



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108616154 B

(45) 授权公告日 2021.09.14

(21) 申请号 201711428723.1
(22) 申请日 2015.05.18
(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108616154 A

迈克尔·维里帕斯
约翰·C·万科 安德鲁·E·西曼
迈克尔·罗伯茨
内森·J·奥斯波恩 赖安·克莱
阿尔弗雷德·M·艾德古 (续)

(43) 申请公布日 2018.10.02

(74) 专利代理机构 北京冠和权律师事务所
11399

(30) 优先权数据
61/994,953 2014.05.18 US
62/000,112 2014.05.19 US
62/000,307 2014.05.19 US
62/046,546 2014.09.05 US
62/091,134 2014.12.12 US
62/093,513 2014.12.18 US
62/114,645 2015.02.11 US
62/118,917 2015.02.20 US

代理人 朱健 陈国军

(62) 分案原申请数据
201580038681.3 2015.05.18

(51) Int.Cl.
H02J 7/02 (2016.01)
H02J 7/00 (2006.01)
H02P 27/08 (2006.01)
H02P 29/40 (2016.01)

(73) 专利权人 百得有限公司
地址 美国特拉华州纽瓦克德拉蒙德广场
1207号

(56) 对比文件
CN 102933353 A, 2013.02.13
EP 1710888 A1, 2006.10.11
JP 2002000524 A, 2002.01.08
CN 1520968 A, 2004.08.18
US 2011279090 A1, 2011.11.17

(72) 发明人 丹尼尔·J·怀特
马修·J·维尔德曼

审查员 吉荔

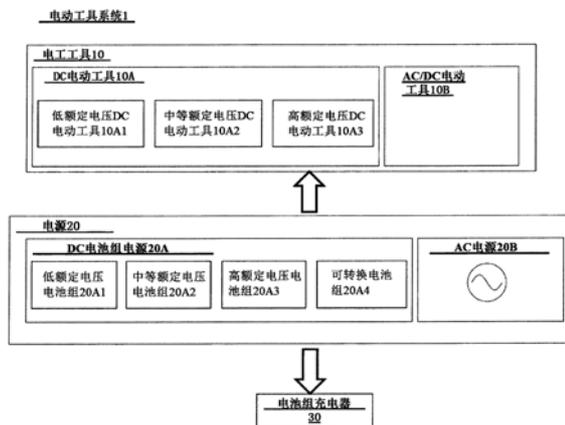
权利要求书3页 说明书132页 附图248页

(54) 发明名称
电动工具系统

池组被配置在第二配置中,其中所述可转换电池组具有与所述第二电动工具额定电压相对应的第二电池组额定电压。

(57) 摘要

电动工具系统包括:具有第一电动工具额定电压和第一电池组接口的第一电动工具;具有不同于所述第一电动工具额定电压的第二电动工具额定电压和第二电池组接口的第二电动工具;和可转换电池组,所述可转换电池组具有可耦合到所述第一电池组接口和所述第二电池组接口两者的电动工具接口,其中当所述电动工具接口耦合到所述第一电池组接口时,所述可转换电池组被配置在第一配置中,其中所述可转换电池组具有与所述第一电动工具额定电压相对应的第一电池组额定电压,以及其中当所述电动工具接口耦合到所述第二电池组接口时,所述可转换电



CN 108616154 B

[接上页]

(72) 发明人 塔·戈特斯曼

巴纳普拉萨德·戈蒂

菲利普·吉尔德

尼古拉斯·J·加里巴尔迪

布赖恩·E·弗里德曼

迈克尔·K·福斯特

约翰·D·考克斯

丹尼尔·P·菲茨杰拉德

1. 一种电动工具系统,包括:

具有第一电动工具额定电压和第一电池组接口的第一电动工具;

具有不同于所述第一电动工具额定电压的第二电动工具额定电压和第二电池组接口的第二电动工具;和

可转换电池组,所述可转换电池组具有可耦合到所述第一电池组接口和所述第二电池组接口两者的电动工具接口,所述可转换电池组是具有壳体的电池包,并且所述壳体包括所述电动工具接口;

其中当所述电动工具接口耦合到所述第一电池组接口时,所述可转换电池组被配置在第一配置中,其中所述可转换电池组具有与所述第一电动工具额定电压相对应的第一电池组额定电压,以及

其中当所述电动工具接口耦合到所述第二电池组接口时,所述可转换电池组被配置在第二配置中,其中所述可转换电池组具有与所述第二电动工具额定电压相对应的第二电池组额定电压。

2. 根据权利要求1所述的电动工具系统,其中,当将所述电动工具接口耦合到所述第一电池组接口时,所述可转换电池组自动地配置到所述第一配置中。

3. 根据权利要求1所述的电动工具系统,其中,当将所述电动工具接口耦合到所述第二电池组接口时,所述可转换电池组自动地配置到所述第二配置中。

4. 根据权利要求1所述的电动工具系统,其中,所述第一电池组接口具有轨道/凹槽系统,所述第二电池组接口具有与所述第一电池组接口轨道/凹槽系统基本类似的轨道/凹槽系统,并且所述电动工具接口具有轨道/凹槽系统,所述电动工具接口的所述轨道/凹槽系统在所述电动工具接口耦合到所述第一电池组接口时与所述第一电池组接口轨道/凹槽系统配合,并且在所述电动工具接口耦合到所述第二电池组接口时与所述第二电池组接口轨道/凹槽系统配合。

5. 根据权利要求1所述的电动工具系统,其中,所述电动工具接口包括槽隙,所述第二电池组接口包括接收在所述槽隙中的突起,以当将所述电动工具接口耦合到所述第二电池组接口时将所述可转换电池组自动地转换为可操作在所述第二配置中,并且所述第一电池组接口不包括接收在所述槽隙中的突起,因此当所述电动工具接口耦合到所述第一电池组接口时所述可转换电池组可操作在所述第一配置中。

6. 根据权利要求1所述的电动工具系统,其中,所述第一电池组接口具有第一组电气端子,所述第二电池组接口具有第二组电气端子,并且所述电动工具接口具有第三组电气端子,在将所述电动工具接口耦合到所述第一电池组接口时所述第三组电气端子电气连接到所述第一组电气端子,并且在将所述电动工具接口耦合到所述第二电池组接口时所述第三组电气端子电气连接到所述第二组电气端子。

7. 根据权利要求1所述的电动工具系统,其中,所述第二电动工具额定电压高于所述第一电动工具额定电压。

8. 根据权利要求1所述的电动工具系统,其中,所述可转换电池组包括多组电池单元,当所述可转换电池组处于所述第一配置中时,所述多组电池单元彼此并联连接,并且当所述可转换电池组处于所述第二配置中时所述多组电池单元彼此串联连接。

9. 根据权利要求1所述的电动工具系统,还包括:具有与所述第一电动工具额定电压和

所述第二电动工具额定电压不同的第三电动工具额定电压的第三电动工具,所述第三电动工具具有多个第三电池组接口,其中多个所述可转换电池组各自可耦合到所述第三电池组接口中的一个,其中在将每个所述可转换电池组耦合到所述第三电池组接口的每一个时,每个所述可转换电池组被配置到所述第二配置中。

10. 根据权利要求1所述的电动工具系统,还包括:具有与所述第一电动工具额定电压相对应的额定电压的不可转换电池组,所述不可转换电池组可与所述第一电池组接口耦合以向所述第一电动工具提供功率,而不能与所述第二电池组接口耦合以向所述第二电动工具提供功率。

11. 一种电动工具系统,包括:

第一电动工具,所述第一电动工具具有第一电动工具额定电压和耦合到第一工具负载以向所述第一工具负载提供功率的第一组配合功率端子;

第二电动工具,所述第二电动工具具有与所述第一电动工具额定电压不同的第二电动工具额定电压和耦合到第二工具负载以向所述第二工具负载提供功率的第二组配合功率端子;

电池组,所述电池组具有一个壳体(338)和在壳体上的第三组配合功率端子,所述第三组配合功率端子耦合到多个电池单元并且被配置为与所述第一电动工具的所述第一组配合功率端子和所述第二电动工具的所述第二组配合功率端子配合,

其中当所述第三组配合功率端子与所述第一组配合功率端子配合时,所述电池组可操作在与所述第一电动工具额定电压相对应的第一电池组额定电压,并且当所述第三组配合功率端子与所述第二组配合功率端子配合时,所述电池组可操作在与第二电动工具额定电压相对应的第二电池组额定电压。

12. 根据权利要求11所述的电动工具系统,其中,所述第一组配合功率端子和所述第二组配合功率端子基本上相同。

13. 根据权利要求12所述的电动工具系统,其中,所述第二电动工具还包括未被包括在所述第一电动工具上的第四组配合功率端子。

14. 根据权利要求12所述的电动工具系统,其中,所述第一组配合功率端子、所述第二组配合功率端子和所述第三组配合功率端子中的每一个包括单对配合功率端子。

15. 根据权利要求11所述的电动工具系统,其中,所述电池组可在第一配置和第二配置之间转换,在所述第一配置中,所述电池组可操作在所述第一电池组额定电压,在所述第二配置中,所述电池组可操作在所述第二电池组额定电压。

16. 根据权利要求15所述的电动工具系统,其中,在将所述第三组配合功率端子与所述第二组配合功率端子配合时,将所述电池组转换到所述第二配置。

17. 根据权利要求15所述的电动工具系统,其中,所述电池组包括槽隙,并且所述第二电动工具包括接收在所述槽隙中的突起,以当所述第三组配合功率端子与第二组配合功率端子配合时将所述电池组自动地转换为可操作在所述第二配置中。

18. 根据权利要求11所述的电动工具系统,其中,所述第一电动工具还包括第一轨道/凹槽系统,所述第二电动工具还包括与所述第一轨道/凹槽系统基本类似的第二轨道/凹槽系统,并且所述电池组还包括第三轨道/凹槽系统,其中当所述第三组配合功率端子与所述第一组配合功率端子配合时,所述第三轨道/凹槽系统与所述第一轨道/凹槽系统配合,并

且当所述第三组配合功率端子与所述第二组配合功率端子配合时,所述第三轨道/凹槽系统与所述第二轨道/凹槽系统配合。

19. 根据权利要求11所述的电动工具系统,其中,所述第二电动工具额定电压高于所述第一电动工具额定电压。

20. 根据权利要求11所述的电动工具系统,其中,所述电池组包括多组电池单元,当所述电池组可操作在所述第一电池组额定电压时,所述多组电池单元彼此并联连接,当所述电池组可操作在第二电池组额定电压时,所述多组电池单元彼此串联连接。

电动工具系统

[0001] 本申请是分案申请,原案的申请号为201580038681.3,申请日为2015年05月18日,发明名称为“电动工具系统”。

技术领域

[0002] 本申请涉及一种电动工具系统,其包括各种电动工具和使用各种AC电源和DC电源可操作的其它电气设备。

背景技术

[0003] 各种类型的电动工具通常被使用在建筑、家居装修、户外和自己动手的项目中。电动工具通常分为两类——可以使用一个或多个AC电源(比如AC主电源或发电机)来操作的AC电动工具(通常也称为有绳电动工具),以及可以使用一个或多个DC电源(比如可移除和可充电电池组)来操作的DC电动工具(通常也称为无绳电动工具)。

[0004] 与无绳电动工具应用相比,有绳或AC电动工具通常用于要求较高功率和/或较长运行时间的重负载应用,诸如重负载锯切,重负载钻孔和锤击,以及重负载金属加工。然而,顾名思义,有绳工具需要使用可以连接到AC电源的电线。在许多应用中,例如在建筑工地上,连接到AC电源是不实际的和/或AC功率必须由单独的交流发电机例如汽油发电机来产生。

[0005] 与有绳电动工具应用相比,无绳或DC电动工具通常用于要求较低功率和/或较短运行时间的轻负载应用,例如轻负载锯切,轻负载钻孔,紧固。因为无绳工具在其功率和/或运行时间上可能更受限制,所以它们一般不被针对许多较重负载应用的工业所接受。无绳工具也受重量的限制,因为较高电压和/或容量的电池倾向于具有较大的重量,产生人机工程学的缺点。

[0006] AC电动工具和DC电动工具也可以使用许多不同类型的电机和电机控制电路来操作。例如,有绳或AC电动工具可以使用AC有刷电机,通用有刷电机(其可以使用AC或DC来操作)或无刷电机来操作。有绳工具中的电机可以使其结构被优化或额定运行在具有与AC市电(例如,在美国为120V,欧洲的大部分地区为230V)近似相同的额定电压的AC电压源上。通常使用可以包含双位开关(on-off switch)的AC控制电路(例如,用于以基本上恒定的空载速度操作的工具)或者使用诸如三端双向可控硅开关控制电路(triac control circuit)之类的变速控制电路(例如,用于以可变空载速度操作的电动工具)来控制AC或有线工具中的电机。三端双向可控硅开关控制电路的示例可以在美国专利No.7,928,673中找到,该专利通过引用并入本文。

[0007] 无绳或DC电动工具也可以使用许多不同类型的电机和控制电路来操作。例如,无绳或DC电动工具可以使用DC有刷电机,通用有刷电机或无刷电机操作。由于无绳电动工具的电池倾向于是在比AC电源较低的额定电压(例如,12V,20V,40V等),所以用于无绳或DC电动工具的电机通常使其结构被优化或额定以与具有这些较低电压中的一个或多个的DC电源一起使用。用于无绳或DC电动工具的控制电路可以包括双位开关(例如,用于以基本上恒

定的空载速度操作的工具)或者变速控制电路(例如,用于以可变空载速度操作的工具)。变速控制电路可以包括例如模拟电压调节器或数字脉冲宽度调制(PWM)控制以控制到电机的功率递送。PWM控制电路的示例可以在美国专利No.7,821,217中找到,该专利通过引用并入本文。

发明内容

[0008] 在一个方面中,电动工具系统包括具有低电动工具额定电压的第一电动工具,具有高于低电动工具额定电压的中等电动工具额定电压的第二电动工具,具有高于中等电动工具额定电压的高电动工具额定电压的第三电动工具,具有对应于低电动工具额定电压的低电池组额定电压的第一电池组,以及可转换电池组。可转换电池组可操作在第一配置中,其中可转换电池组具有对应于第一电动工具额定电压的可转换电池组额定电压,并且可转换电池组可操作在第二配置中,其中可转换电池组具有对应于第二电动工具额定电压的第二可转换电池组额定电压。第一电池组可耦合到第一电动工具以使得能够操作第一电动工具。可转换电池组在第一配置中可耦合到第一电动工具,以使得能够操作第一电动工具。可转换电池组在第二配置中可耦合到第二电动工具,以使得能够操作第二电动工具。多个可转换电池组在它们的第二配置中可耦合到第三电动工具,以使得能够操作第三电动工具。

[0009] 此方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。第三电动工具可以可替代地可耦合到具有与AC市电电源的电压额定值相对应的额定电压的AC电源,以使得能够使用多个可转换电池组或AC电源来操作第三电动工具。AC市电电压额定值可以是大约100伏特至120伏特或大约220伏特至240伏特。高电动工具额定电压可以对应于AC市电电源的电压额定值。系统还可以包括电池组充电器,其具有对应于低电池组额定电压和可转换电池组额定电压的低充电器电压,其中电池组充电器被配置为耦合到第一电池组以对第一电池组充电,并且当可转换电池组处于第一配置中时耦合到可转换电池组以对可转换电池组充电。

[0010] 中等电动工具额定电压可以是低电动工具额定电压的整数倍,并且高额定电动工具额定电压可以是中等电动工具额定电压的整数倍。低电动工具额定电压可以在大约17伏特至20伏特之间,中等电动工具额定电压可以在大约51伏特至60伏特之间,并且高电动工具额定电压可以在大约102伏特至120伏特之间。第一电动工具可以在2014年5月18日之前已经在销售,并且第二电动工具和第三电动工具可以在2014年5月18日之前未被销售。第一电动工具可以是仅DC的电动工具,第二电动工具可以是仅DC的电动工具,并且第三电动工具可以是AC/DC电动工具。

[0011] 可转换电池组当被耦合到第一电动工具时可以被自动地配置在第一配置中,并且当被耦合到第二电动工具或第三电动工具时可以被自动地配置在第二配置中。该系统可以包括具有中等电池组额定电压的第三电池组。第三电池组可以可耦合到第二电动工具以使得能够操作第二电动工具。多个第三电池组可以可耦合到第三电动工具以使得能够操作第三电动工具。第一电池组可能不能够使得能操作第二电动工具或第三电动工具。

[0012] 在另一方面中,一种电动工具系统包括具有第一电池组额定电压的第一电池组和可转换电池组,所述可转换电池组可操作在第一配置中,其中可转换电池组具有第一电池组额定电压,并且所述可转换电池组可操作在第二配置中,其中可转换电池组具有高于第一可转换电池组额定电压的第二可转换电池组额定电压。第一电动工具具有第一电机,第

一电机控制电路和第一电源接口。第一电动工具具有与第一电池组额定电压和第一可转换电池组额定电压相对应的第一电动工具额定电压。当第一电源接口耦合到第一电池组时第一电动工具可以使用第一电池组来操作或者当第一电源接口被耦合到可转换电池组使得可转换电池组处于第一配置中时第一电动工具可以使用可转换电池组来操作。第二电动工具具有第二电机,第二电机控制电路和第二电源接口。第二电动工具具有与第二可转换电池组额定电压相对应的第二电动工具额定电压。当第二电源接口被耦合到可转换电池组使得可转换电池组处于第二配置中时第二电动工具可以使用可转换电池组来操作。第三电动工具具有第三电机,第三电机控制电路和第三电源接口。第三电动工具具有是第二可转换电池组额定电压的整数倍的第三额定电压。当第三电动工具接口被耦合到多个可转换电池组使得可转换电池组均处于第二配置时第三电动工具可以使用该多个可转换电池组来操作。

[0013] 此方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。第三电动工具的第三电源接口可以可替代地可耦合到具有与AC市电电源的电压额定值相对应的额定电压的AC电源,以使得能够使用多个可转换电池组或AC电源来操作第三电动工具。AC市电电压额定值可以是大约100伏特至120伏特或大约220伏特至240伏特。高电动工具额定电压可以对应于AC市电电源的电压额定值。

[0014] 该系统可以包括电池组充电器,其具有对应于第一电池组额定电压和第一可转换电池组额定电压的第一充电器额定电压。电池组充电器可以被配置为耦合到第一电池组以对第一电池组充电,并且当可转换电池组处于第一配置中时耦合到可转换电池组以对可转换电池组充电。第二电动工具额定电压可以是第一电动工具额定电压的整数倍。第一电动工具额定电压可以在大约17伏特至20伏特之间,第二电动工具额定电压可以在大约51伏特至60伏特之间,并且第三电动工具额定电压在大约100伏特至120伏特之间。第一电动工具可以在2014年5月18日之前已经在销售,并且第二电动工具和第三电动工具可以在2014年5月18日之前未被销售。

[0015] 第一电动工具可以是仅DC的电动工具。第二电动工具可以是仅DC的电动工具。第三电动工具可以是AC/DC电动工具。可转换电池组当被耦合到第一电动工具时可以被自动地配置在第一配置中,并且当被耦合到第二电动工具或第三电动工具时可以被自动地配置在第二配置中。该系统可以包括具有第三电池组额定电压的第三电池组,其中所述第三电池组额定电压对应于第二电动工具额定电压。第三电池组可以可耦合到第二电动工具,以使得能够操作第二电动工具,并且多个第三电池组可以可耦合到第三电动工具,以使得能够操作第三电动工具。第一电池组可能不能够使能操作第二电动工具或第三电动工具。

[0016] 在另一方面中,一种电动工具包括电源接口,电机和电机控制电路。电源接口被配置为从具有与AC市电额定电压相对应的额定AC电压的AC电源接收AC功率,并且从具有也与AC市电额定电压相对应的总额定DC电压的一个或多个可拆卸电池组接收DC功率。电机具有与额定AC电压和额定DC电压相对应的额定电压。电机可使用来自AC电源的AC功率和来自DC电源的DC功率两者来操作。电机控制电路被配置为在不减小额定AC电压的幅度、不减小额定DC电压的幅度、并且不将DC功率转换AC功率的情况下使用AC功率和DC功率中的一个来控制电机的操作。

[0017] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。额定AC电压可以在大约100伏

特和120伏特之间。DC额定电压可以在大约102伏特和大约120伏特之间。电机额定电压大约为100伏特和120伏特。额定AC电压可以包括120VAC的RMS电压,并且额定DC电压可以包括120伏特的标称电压。额定AC电压可以包括大约108伏特的平均电压,并且额定DC电压可以包括大约108伏特的标称电压。AC电源可以包括AC市电。

[0018] 一个或多个可拆卸电池组可以包括至少两个可拆卸电池组。所述至少两个电池组可以彼此串联连接。每个电池组可以具有大约为额定AC电压的一半的额定DC电压。电机可以是通用电机。控制电路可以被配置为以恒定空载速度操作通用电机。控制电路被配置为基于用户输入以可变空载速度操作通用电机。电机可以包括无刷电机。

[0019] 在另一方面中,一种电动工具系统包括DC电源和电动工具。DC电源包括一个或多个电池组,其一起具有与AC市电额定电压相对应的额定DC电压。电动工具具有电源接口,电机和电机控制电路。电源接口被配置为从具有AC市电额定电压的AC电源接收AC功率并从DC电源接收DC功率。电机具有与AC电源额定电压以及与额定DC电压相对应的额定电压。电机可使用来自AC市电电源的AC功率和来自DC电源的DC功率两者来操作。电机控制电路被配置为在不减小额定AC电压的幅度、不减小额定DC电压的幅度、以及不将DC功率转换AC功率的情况下使用AC功率和DC功率中的一个来控制电机的操作。

[0020] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。额定AC电压可以在大约100伏特和120伏特之间。DC额定电压可以在大约102伏特和大约120伏特之间。电机额定电压大约为100伏特和120伏特。额定AC电压可以包括120VAC的RMS电压,并且额定DC电压可以包括120伏特的标称电压。额定AC电压可以包括大约108伏特的平均电压,并且额定DC电压可以包括大约108伏特的标称电压。AC电源可以包括AC市电。

[0021] 一个或多个可拆卸电池组可以包括至少两个可拆卸电池组。所述至少两个电池组可以彼此串联连接。每个电池组可以具有大约为额定AC电压的一半的额定DC电压。电机可以是通用电机。控制电路可以被配置为以恒定空载速度操作通用电机。控制电路被配置为基于用户输入以可变空载速度操作通用电机。电机可以包括无刷电机。

[0022] 在另一方面中,一种电动工具包括电源接口,电机和电机控制电路。该电源接口被配置为从具有额定AC电压的AC市电电源接收AC功率,并且从包括一个或多个电池组的DC电源接收DC功率,所述一个或多个电池组一起具有不同于额定AC电压的额定DC电压。电机具有与额定AC电压和额定DC电压中的一个相对应的额定电压。电机可使用来自AC电源的AC功率和来自DC电源的DC功率两者来操作。电机控制电路被配置为使得能够使用AC功率和DC功率中的一个来操作电机,使得当使用AC电源和DC电源进行操作时电机具有基本上相同的输出速度性能。

[0023] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。额定DC电压可以小于额定AC电压。额定AC电压可以是大约100伏特至120伏特,并且额定DC电压可以小于100伏特。额定DC电压可以是大约51伏特至60伏特。额定AC电压可以小于额定DC电压。一个或多个电池组可以包括彼此串联连接的两个电池组,其中每个电池组具有大约为额定AC电压的一半的额定电压。电机可以是通用电机。控制电路可以以恒定空载速度操作通用电机。控制电路可以基于用户输入以可变空载速度操作通用电机。控制电路可以根据AC电源和DC电源的额定电压来优化脉冲宽度调制的范围,使得当使用AC电源和DC电源进行操作时电机具有基本相同的输出速度性能。电机可以是无刷电机。控制电路可以使用逐周期电流限制、导带

(conduction band)控制和提前角控制中的至少一个,使得当使用AC电源和DC电源进行操作时电机具有基本相同的输出速度性能。

[0024] 在另一方面中,一种电动工具包括用于从具有额定AC电压的AC市电电源接收AC功率的装置和用于从包括一个或多个电池组的DC电源接收DC功率的装置,所述一个或多个电池组一起具有不同于额定AC电压的额定DC电压。电动工具还具有电机,该电机具有与额定AC电压和额定DC电压中的较高者相对应的额定电压。电机可使用来自AC电源的AC功率和来自DC电源的DC功率两者来操作。电动工具还具有用于使用AC功率和DC功率中的一个来操作电机的装置,使得当使用AC电源和DC电源进行操作时电机具有基本上相同的输出速度性能。

[0025] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。额定DC电压可以小于额定AC电压。额定AC电压可以是大约100伏特至120伏特,并且额定DC电压可以小于100伏特。额定DC电压可以是大约51伏特至60伏特。额定AC电压可以小于额定DC电压。一个或多个电池组可以包括彼此串联连接的两个电池组,其中每个电池组具有大约为额定AC电压的一半的额定电压。电机可以是通用电机。用于操作电机的装置可以以恒定的空载速度操作通用电机。用于操作电机的装置可以基于用户输入以可变空载速度操作通用电机。用于操作电机的装置可以根据AC电源和DC电源的额定电压来优化脉冲宽度调制的范围,使得当使用AC电源和DC电源进行操作时电机具有基本相同的输出速度性能。电机可以是无刷电机。用于操作电机的装置可以使用逐周期电流限制、导带控制和提前角控制中的至少一个,使得当使用AC电源和DC电源进行操作时电机具有基本相同的输出速度性能。

[0026] 在另一方面中,电动工具系统包括具有第一电动工具额定电压的第一电动工具,具有不同于第一电动工具额定电压的第二电动工具额定电压的第二电动工具,以及可耦合到第一电动工具和第二电动工具的第一电池组。第一电池组可在第一配置和第二配置之间切换,所述第一配置具有与第一电动工具额定电压相对应的第一电池组额定电压,使得第一电池组使第一电动工具能够操作,所述第二配置具有与第二电动工具额定电压相对应的可转换电池组额定电压,使得所述电池组使第二电动工具能够操作。

[0027] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。该系统可以包括第二可拆卸电池组,所述第二可拆卸电池组具有第一电池组额定电压并且被配置为耦合到第一电动工具以使得能够操作第一电动工具但是不能够操作第二电动工具。第二电动工具额定电压可以大于第一电动工具额定电压。第一电动工具额定电压可以是第二电动工具额定电压的整数倍。第一电动工具额定电压可以是大约17伏特至20伏特,并且第二电动工具额定电压范围可以是大约51伏特至60伏特。第一电动工具可以在2014年5月18日之前已经在销售,并且第二电动工具可以在2014年5月18日之前未被销售。第一电动工具可以是仅DC的电动工具,并且第二电动工具工具可以是仅DC的电动工具或AC/DC电动工具。第二功率可以可替代地可耦合到具有与AC市电电源的电压额定值相对应的额定电压的AC电源,以使得能够使用可转换电池组或AC电源来操作第二电动工具。

[0028] 根据本发明的另一方面,提供了一种电动工具,包括:壳体;电气通用电机,其具有正端子、负端子和与耦合到正端子和负端子的一对电刷接合的换向器,所述电机被配置为在大约90V至132V的操作电压范围内操作;电源接口,其被布置为接收来自具有第一标称电压的AC电源的AC功率或者来自具有第二标称电压的DC电源的DC功率中的至少一个,所述DC

电源包括被耦合到所述电源接口的至少一个可拆卸电池组,所述电源接口被配置为经由AC电源线(包括功率线)输出所述AC功率,并且经由DC电源线输出所述DC功率,其中所述第一和第二标称电压大约落在电机的操作电压范围内;以及电机控制电路,所述电机控制电路被配置为从所述AC电源线或所述DC电源线中的一个经由公共节点向所述电机提供电气功率,使得所述电刷电气耦合到所述AC或DC电源中的一个。

[0029] 在实施例中,电机控制电路包括被布置在AC和DC电源线的公共节点与电机之间的ON/OFF开关。

[0030] 在实施例中,电机控制电路包括耦合到被布置在DC电源线上的电开关(包括功率开关)的控制单元。在实施例中,控制单元被配置为监控与DC电源相关联的故障状况,并关闭电开关以切断从DC电源到电机的功率供应。

[0031] 在实施例中,电动工具还包括被布置为隔离AC电源线和DC电源线的电源切换单元。在实施例中,电源切换单元包括被布置在DC电源线上并且由耦合到AC电源线的线圈激活的继电器开关。在实施例中,电源切换单元包括被布置在AC和DC电源线的公共节点与电源接口之间的至少一个双刀双掷开关。在实施例中,电源切换单元包括至少一个单刀双掷开关,其具有耦合到AC和DC电源线的公共节点的输出端子。

[0032] 在实施例中,DC电源包括高额定电压电池组。

[0033] 在实施例中,DC电源包括至少两个中等额定电压电池组,并且电源接口被配置为串联连接至少两个电池组中的两个或更多个。

[0034] 根据本发明的另一方面,上述电动工具是如本文所述的变速工具。

[0035] 在实施例中,电动工具还包括:被布置在DC电源线和电机之间的DC开关电路;被布置在所述AC电源线和所述电机之间的AC开关;以及控制单元,所述控制单元被配置为控制所述DC开关电路或所述AC开关的切换操作,以控制所述电机的速度,从而使得所述电机能够以恒定扭矩进行变速操作。

[0036] 在实施例中,DC开关电路包括在斩波电路、半桥电路或全桥电路中的至少一个中配置的一个或多个可控半导体开关,并且控制单元被配置为根据电机的期望速度来控制一个或多个半导体开关的脉冲宽度调制(PWM)占空比。

[0037] 在实施例中,AC开关包括相位控制开关,所述相位控制开关包括三端双向可控硅开关(triac)、晶闸管(thyristor)或SCR开关中的至少一个,并且控制单元被配置为根据电机的期望速度来控制AC开关的相位。

[0038] 在实施例中,控制单元被配置为感测AC电源线或DC电源线中的一个上的电流,以将操作模式设置为AC操作模式或DC操作模式中的一个,并且基于操作模式来控制DC开关电路或AC开关中的非此即彼的切换操作。

[0039] 在替代实施例中,电动工具还包括:功率切换单元,其包括二极管桥和嵌套在二极管桥内的可控半导体开关,其中电源接口的AC和DC电源线被共同耦合到二极管桥的第一节点,以及电机被耦合到二极管桥的第二节点;以及控制单元,其被配置为控制半导体开关的切换操作以控制电机的速度,从而使得电机能够以恒定扭矩进行变速操作。

[0040] 在实施例中,控制单元被配置为感测AC电源线或DC电源线中的一个上的电流,以将操作模式设置为AC操作模式或DC操作模式中的一个,并且根据操作模式来控制半导体开关的切换操作。

[0041] 在实施例中,在DC操作模式中,控制单元被配置为根据电机的期望速度来设置脉冲宽度调制(PWM)占空比,并且根据PWM占空比来周期性地接通和关闭半导体开关。

[0042] 在实施例中,在AC操作模式中,控制单元被配置为根据电机的期望速度来设置导带,并且在每个AC线路半周期内,在大约导带的开始处接通半导体开关,并且在大约AC电源线的过零点处关闭半导体开关。

[0043] 在实施例中,电动工具还包括与电机串联布置的续流二极管和第二半导体开关,以在DC操作模式中在半导体开关的断开周期期间允许电机电流的电流路径。

[0044] 在实施例中,半导体开关包括场效应晶体管(FET)或绝缘栅双极晶体管(IGBT)中的一个。

[0045] 在实施例中,二极管桥被布置为对通过半导体开关但不通过电机的AC电源线进行整流。

[0046] 在实施例中,半导体切换单元被布置在AC和DC电源线的公共节点之间。

[0047] 根据本发明的另一方面,提供了一种电动工具,包括:壳体;通用电机,其具有正端子、负端子和与耦合到正端子和负端子的一对电刷接合的换向器,所述电机被配置为在操作电压范围内操作;电源接口,其被布置成接收来自具有第一标称电压的AC电源的AC功率或者来自具有第二标称电压的DC电源的DC功率中的至少一个,所述DC电源包括被耦合到所述电源接口的至少一个可拆卸电池组,所述电源接口被配置为经由AC电源线输出所述AC功率,并且经由DC电源线输出所述DC功率,其中所述第二标称电压大约落在电机的操作电压范围内,但所述第一标称电压基本上高于电机的操作电压范围;以及电机控制电路,其被配置为从所述AC电源线或所述DC电源线中的一个经由公共节点向所述电机提供电气功率,使得所述电刷电气耦合到所述AC或DC电源中的一个,所述电机控制电路被配置为将从所述AC电源线到所述电机的功率供应减小到与所述电机的操作电压范围的操作电压相对应的水平。

[0048] 在实施例中,电机控制电路包括与AC电源线串联布置的AC开关,以及控制单元,其被配置为经由AC开关来控制AC电源线的相位并且设置AC开关的固定导带以将AC线上的平均电压量减小到与电机的操作电压范围相对应的水平。

[0049] 在实施例中,电机控制电路包括被布置在AC和DC电源线的公共节点与电机之间的ON/OFF开关。

[0050] 在实施例中,电机控制电路包括耦合到被布置在DC电源线上的电开关的控制单元。在实施例中,控制单元被配置为监控与DC电源相关联的故障状况,并关闭电开关以切断从DC电源到电机的功率供应。

[0051] 在实施例中,电动工具还包括被布置为隔离AC电源线和DC电源线的电源切换单元。在实施例中,电源切换单元包括被布置在DC电源线上并且由耦合到AC电源线的线圈激活的继电器开关。在实施例中,电源切换单元包括被布置在AC和DC电源线的公共节点与电源接口之间的至少一个双刀双掷开关。在实施例中,电源切换单元包括至少一个单刀双掷开关,其具有耦合到AC和DC电源线的公共节点的输出端子。

[0052] 在实施例中,DC电源包括高额定电压电池组。

[0053] 在实施例中,DC电源包括至少两个中等额定电压电池组,并且电源接口被配置为串联连接至少两个电池组中的两个或更多个。在实施例中,电机的操作电压范围大约在包

括第二标称电压的100V至120V的范围内,并且第一标称电压在220VAC至240VAC的范围内。在实施例中,控制单元被配置为将AC开关的固定导带设置为在100度至140度的范围内的值。

[0054] 在实施例中,电机的操作电压范围大约在包括第二标称电压的60V至90V的范围内,并且第一标称电压在100VAC至120VAC的范围内。在实施例中,控制单元被配置为将AC开关的固定导带设置为在70至110度的范围内的值。

[0055] 在实施例中,控制单元被配置为在固定导带处以恒定速度操作工具。

[0056] 在实施例中,AC开关包括相位控制开关,所述相位控制开关包括三端双向可控硅开关、晶闸管或SCR开关中的一个,并且控制器被配置为根据电机的期望速度来控制AC开关的相位。

[0057] 根据本发明的另一方面,上述电动工具是如本文所述的变速电动工具。

[0058] 根据实施例,电机控制电路还包括被布置在DC电源线和电机之间的DC开关电路,其中控制单元被配置为控制DC开关电路或AC开关的切换操作以控制电机的速度,从而使得电机能够以恒定负载进行变速操作。

[0059] 根据实施例,DC开关电路包括配置在斩波电路,半桥电路或全桥电路中的至少一个中的一个或多个可控半导体开关,并且控制单元被配置为根据所述电机的期望速度来控制一个或多个半导体开关的脉冲宽度调制(PWM)占空比。

[0060] 根据实施例,控制单元被配置为根据电机的期望速度来将AC开关的导通角从零向上改变到固定导带。

[0061] 根据实施例,控制单元被配置为感测AC电源线或DC电源线中的一个上的电流,以将操作模式设置为AC操作模式或DC操作模式中的一个,以及基于操作模式来控制DC开关电路或AC开关中的非此即彼的切换操作。

[0062] 根据实施例,电机控制电路包括:功率切换单元,其包括二极管桥和嵌套在二极管桥内的可控半导体开关,其中电源接口的AC和DC电源线被共同耦合到二极管桥的第一节点,以及电机被耦合到二极管桥的第二节点;以及控制单元,被配置为控制半导体开关的切换操作以控制电机的速度,从而使得电机能够以恒定负载进行变速操作,其中所述控制单元被配置为经由所述半导体开关来控制AC电源线的相位。

[0063] 在实施例中,控制单元被配置为感测AC电源线或DC电源线中的一个上的电流,以将操作模式设置为AC操作模式或DC操作模式中的一个,并且根据操作模式来控制半导体开关在AC模式或DC模式操作之一中的切换操作。

[0064] 在实施例中,在DC操作模式中,控制单元被配置为根据电机的期望速度设置脉冲宽度调制(PWM)占空比,并且根据PWM占空比来周期性地导通和关闭半导体开关。

[0065] 在实施例中,在AC操作模式中,控制单元被配置为设置与电机的操作电压范围相对应的最大导带。

[0066] 在实施例中,控制单元被配置为根据电机的期望速度来将导带从零向上设置到最大导带并与其成比例,并且在每个AC线路半周期内,在大约导带的开始处接通半导体开关,并且在大约AC电源线的过零点处关闭半导体开关。

[0067] 在实施例中,电机的操作电压范围大约在包括第二标称电压的100V至120V的范围内,并且第一标称电压在220VAC至240VAC的范围内。在实施例中,控制单元被配置为将最大

导带设置为在100到140度的范围内的值。

[0068] 在实施例中,电机的操作电压范围大约在包括第二标称电压的60V至100V的范围内,并且第一标称电压在100VAC至120VAC的范围内。在实施例中,控制单元被配置为将AC开关的最大导带设置为在70至110度的范围内的值。

[0069] 在实施例中,二极管桥被布置成对通过半导体开关但不通过电机的AC电源线进行整流。

[0070] 在实施例中,电机控制电路还包括与电机串联布置的续流二极管和第二半导体开关,以在DC操作模式中在半导体开关的断开周期期间允许电机电流的电流路径。

[0071] 在实施例中,半导体开关包括场效应晶体管(FET)或绝缘栅双极晶体管(IGBT)中的一个。

[0072] 根据本发明的另一方面,提供了一种电动工具,包括:壳体;通用电机,其具有正端子、负端子和与耦合到所述正端子和所述负端子的一对电刷接合的换向器;电源接口,其被布置为接收来自AC电源的AC功率或来自DC电源的DC功率中的至少一个,并且经由AC电源线输出AC功率以及经由DC电源线输出DC功率;功率切换单元,包括二极管桥和嵌套在所述二极管桥内的可控半导体开关,其中电源接口的AC和DC电源线被共同耦合到二极管桥的第一节点,并且电机被耦合到二极管桥的第二节点;以及控制单元,其被配置为控制半导体开关的切换操作以控制电机的速度,从而使所述电机能够以恒定扭矩进行变速操作。

[0073] 在实施例中,控制单元被配置为感测AC电源线或DC电源线中的一个上的电流,以将操作模式设置为AC操作模式或DC操作模式中的一个,并且根据操作模式来控制半导体开关的切换操作。

[0074] 在实施例中,在DC操作模式中,控制单元被配置为根据电机的期望速度来设置脉冲宽度调制(PWM)占空比,并且根据PWM占空比来周期性地接通和关闭半导体开关。

[0075] 在实施例中,在AC操作模式中,控制单元被配置为根据电机的期望速度来设置导带,并且在每个AC线路半周期内,在大约导带的开始处接通半导体开关并且在大约AC电源线的过零点处关闭半导体开关。

[0076] 在实施例中,电动工具还包括与电机串联布置的续流二极管和第二半导体开关,以在DC操作模式中在半导体开关的断开周期期间允许电机电流的电流路径。

[0077] 在实施例中,半导体开关包括场效应晶体管(FET)或绝缘栅双极晶体管(IGBT)中的一个。

[0078] 在实施例中,二极管桥被布置为对通过半导体开关但不通过电机的AC电源线进行整流。

[0079] 在实施例中,功率切换单元被布置在AC和DC电源线的公共节点之间。

[0080] 根据本发明的另一方面,提供了一种电动工具,包括:壳体;直流(DC)电机,其具有正端子、负端子和与耦合到所述正端子和所述负端子的一对电刷接合的换向器,所述电机被配置为在大约90V至132V范围内的操作电压范围内操作;电源接口,其被布置成接收来自具有第一标称电压的AC电源的AC功率或者来自具有第二标称电压的DC电源的DC功率中的至少一个,所述DC电源包括被耦合到所述电源接口的至少一个可拆卸电池组,所述电源接口被配置为经由AC电源线输出所述AC功率,并且经由DC电源线输出所述DC功率,其中所述第一和第二标称电压大约落在电机的操作电压范围内;以及电机控制电路,其包括被配置

为将交流信号整流为AC电源线上的整流信号的整流器电路,所述电机控制电路被配置为经由公共节点将来自AC电源线或DC电源线中的一个的电气功率供应给所述电机,使得所述电刷电气耦合到AC或DC电源中的一个。

[0081] 在实施例中,整流器电路包括全波二极管桥式整流器。

[0082] 在实施例中,电机控制电路包括被布置在AC和DC电源线的公共节点与电机之间的ON/OFF开关。

[0083] 在实施例中,电机控制电路包括耦合到被布置在DC电源线上的电开关的控制单元。在实施例中,控制单元被配置为监控与DC电源相关联的故障状况,并关闭电开关以切断从DC电源到电机的功率供应。

[0084] 在实施例中,电动工具还包括布置为隔离AC电源线和DC电源线的电源切换单元。在实施例中,电源切换单元包括被布置在DC电源线上并且由耦合到AC电源线的线圈激活的继电器开关。在实施例中,电源切换单元包括被布置在AC和DC电源线的公共节点与电源接口之间的至少一个双刀双掷开关。在实施例中,电源切换单元包括至少一个单刀双掷开关,其具有耦合到AC和DC电源线的公共节点的输出端子。

[0085] 在实施例中,DC电源包括高额定电压电池组。

[0086] 在实施例中,DC电源包括至少两个中等额定电压电池组,并且电源接口被配置为串联连接至少两个电池组中的两个或更多个。

[0087] 根据本发明的另一方面,上述电动工具是如本文所述的变速工具。

[0088] 在实施例中,电动工具还包括:被布置在AC和DC电源线的公共节点与电机之间的切换电路;以及控制单元,其被配置为控制切换电路的切换操作以控制电机的速度,从而使得所述电机能够以恒定扭矩进行变速操作。

[0089] 在实施例中,切换电路包括被配置在斩波电路、半桥电路或全桥电路中的至少一个中的一个或多个可控半导体开关,并且控制单元被配置为根据电机的期望速度来控制一个或多个半导体开关的脉冲宽度调制(PWM)占空比。

[0090] 在实施例中,电机是永磁DC电机。

[0091] 根据本发明的另一方面,提供了一种电动工具,包括:壳体;直流(DC)电机,其具有正端子、负端子和与耦合到正端子和负端子的一对电刷接合的换向器,所述电机被配置为在操作电压范围内操作;电源接口,其被布置为接收来自具有第一标称电压的AC电源的AC功率或者来自具有第二标称电压的DC电源的DC功率中的至少一个,所述DC电源包括耦合到所述电源接口的至少一个可拆卸电池组,所述电源接口被配置为经由AC电源线输出AC功率,并经由DC电源线输出DC功率,其中所述第二标称电压大约在电机的操作电压范围内,但第一标称电压基本上高于电机的操作电压范围;以及电机控制电路,其包括被配置为将交流信号整流成AC电源线上的整流信号的整流器电路,所述电机控制电路被配置为经由公共节点将来自AC电源线或DC电源线中的一个的电气功率供应给所述电机,使得所述电刷电气耦合到AC或DC电源中的一个,所述电机控制电路被配置为将从AC电源线到所述电机的功率供应减小到对应于所述电机的操作电压范围的水平。

[0092] 在实施例中,整流器电路包括半波二极管桥电路,其被布置为将AC电源线上的平均电压量减小大约一半。

[0093] 在实施例中,电机控制电路包括被布置在AC和DC电源线的公共节点之间的电开关

和被配置为控制电开关的脉冲宽度调制 (PWM) 的控制单元,其中控制单元被配置为将电开关的脉冲宽度调制 (PWM) 占空比设置为小于100%的固定值,以将AC线上的平均电压量减小到与电机的操作电压范围相对应的水平。在实施例,电开关包括场效应晶体管 (FET) 或绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 中的一个。

[0094] 在实施例,电机控制电路包括与电源接口和整流器电路之间的AC电源线串联布置的AC开关,以及控制单元,所述控制单元被配置为经由AC开关控制AC电源线的相位并且设置所述AC开关的固定导带以将所述AC电源线上的平均电压量减小到与所述电机的操作电压范围相对应的水平。

[0095] 在实施例,AC开关包括相位控制开关,所述相位控制开关包括三端双向可控硅开关、晶闸管或SCR开关中的一个,并且控制器被配置为根据电机的期望速度来控制AC开关的相位。

[0096] 在实施例,电机控制电路包括被布置在AC和DC电源线的公共节点与电机之间的ON/OFF开关。

[0097] 在实施例,电机控制电路包括耦合到被布置在DC电源线上的电开关的控制单元。在实施例,控制单元被配置为监控与DC电源相关联的故障状况,并关闭电开关以切断从DC电源到电机的功率供应。

[0098] 在实施例,电动工具还包括被布置为隔离AC电源线和DC电源线的电源切换单元。在实施例,电源切换单元包括被布置在DC电源线上并且由耦合到AC电源线的线圈激活的继电器开关。在实施例,电源切换单元包括被布置在AC和DC电源线的公共节点与电源接口之间的至少一个双刀双掷开关。在实施例,电源切换单元包括至少一个单刀双掷开关,其具有耦合到AC和DC电源线的公共节点的输出端子。

[0099] 在实施例,DC电源包括高额定电压电池组。

[0100] 在实施例,DC电源包括至少两个中等额定电压电池组,并且电源接口被配置为串联连接至少两个电池组中的两个或更多个。在另一个实施例,电机的操作电压范围大约在包括第二标称电压的100V至120V的范围内,并且第一标称电压在220VAC至240VAC的范围内。在实施例,控制单元被配置为将AC开关的固定导带设置为在100度至140度的范围内的值。

[0101] 在实施例,电机的操作电压范围大约在包括第二标称电压的60V至90V的范围内,并且第一标称电压在100VAC至120VAC的范围内。在实施例,控制单元被配置为将AC开关的固定导带设置为在70至110度的范围内的值。

[0102] 在实施例,控制单元被配置为在固定导带处以恒定速度操作工具。

[0103] 根据本发明的另一方面,上述电动工具是如本文所述的变速工具。

[0104] 在实施例,电动工具还包括:被布置在AC和DC电源线的公共节点与电机之间的切换电路;以及控制单元,所述控制单元被配置为控制所述切换电路的脉冲宽度调制 (PWM) 切换操作以控制所述电机的速度,从而使所述电机能够以恒定扭矩进行变速操作。

[0105] 在实施例,切换电路包括在斩波电路,半桥电路或全桥电路中的至少一个中配置的一个或多个可控半导体开关,并且控制单元被配置为根据所述电机的期望速度来控制一个或多个半导体开关的脉冲宽度调制 (PWM) 占空比。

[0106] 根据实施例,控制单元被配置为感测AC电源线或DC电源线中的一个上的电流,以

将操作模式设置为AC操作模式或DC操作模式中的一个。

[0107] 在实施例中,控制器被配置为在AC操作模式中将通过切换电路的功率供应减小到与电机的操作电压范围相对应的水平。

[0108] 在实施例中,控制单元被配置为在DC操作模式中将切换电路的切换操作控制在第一占空比范围内,并且在AC操作模式中将切换电路的切换操作控制在第二占空比范围内,其中所述第二占空比范围小于所述第一占空比范围。

[0109] 在实施例中,控制单元被配置为在DC操作模式中将切换电路的切换操作控制在0到100%占空比,并且在AC操作模式中将切换电路的切换操作控制在从零到小于100%的阈值。

[0110] 根据本发明的另一方面,提供了一种电动工具,包括:壳体;包括转子和定子的无刷直流(BLDC)电机,所述定子具有对应于所述电机的至少三相的至少三个定子绕组,当所述定子绕组在相应相位内被适当通电时,所述转子可由所述定子移动,每个相位由对相应定子绕组通电的相应电压波形来表征,所述电机被配置为在操作电压范围内操作;电源接口,其被布置为接收来自具有第一标称电压的AC电源的AC功率或者来自具有第二标称电压的DC电源的DC功率中的至少一个,所述DC电源包括耦合到所述电源接口的至少一个可拆卸电池组,所述电源接口被配置为经由AC电源线输出所述AC功率,并且经由DC电源线输出所述DC功率;以及电机控制电路,其被配置为接收所述AC电源线和所述DC电源线,并以对应于所述电机的操作电压范围的水平向所述电机提供电气功率,所述电机控制电路具有被配置为将AC电源线上的交流信号整流为DC总线线路上的整流电压信号的整流器电路,以及被配置为调节从所述DC总线线路到所述电机的电气功率供应的电开关电路。

[0111] 在实施例中,整流器电路包括二极管桥。在实施例中,整流器电路还包括与DC总线线路上的二极管桥并联布置的链路电容器。在实施例中,二极管桥包括全波桥。在替代实施例中,二极管桥包括半波桥。

[0112] 在实施例中,DC电源线绕过整流器电路直接连接到DC总线线路上的节点。在替代实施例中,DC电源线和AC电源线被共同耦合到整流器电路的输入节点。

[0113] 在实施例中,电动工具还包括被布置为隔离AC电源线和DC电源线的电源切换单元。在实施例中,切换单元包括被布置在DC电源线上并且由耦合到AC电源线的线圈激活的继电器开关。在实施例中,电源切换单元包括至少一个单刀双掷开关,其具有耦合到AC和DC电源线的输入端子以及耦合到整流器电路的输入节点的输出端子。在实施例中,电源切换单元包括至少一个双刀双掷开关,其具有耦合到AC和DC电源线的输入端子、耦合到整流器电路的输入节点的第一输出端子、和绕过整流器电路直接耦合到所述DC总线线路上的节点的第二输出端子。

[0114] 在实施例中,电机控制电路还包括控制器,其被配置为控制电开关电路的切换操作。在实施例中,控制器是可编程设备,包括微控制器、微处理器、计算机处理器、信号处理器。可替代地,控制器是被配置和定制以控制功率切换单元的切换操作的集成电路。在实施例中,控制单元还被配置为监控与电动工具或DC电源相关联的故障状况,并且停用电开关电路以切断对电机的功率供应。在实施例中,控制单元被配置为感测AC电源线或DC电源线中的一个上的电流,以将操作模式设置为AC操作模式或DC操作模式中的一个,并且基于操作模式来控制电开关电路的切换操作。在替代实施例中,控制单元被配置为不管是AC或是

DC操作模式都控制电开关电路的切换操作。

[0115] 在实施例中,电开关电路包括多个电开关,其包括被配置为耦合到电机的相位的三相桥式电路的三对高侧和低侧电开关。

[0116] 在实施例中,电机控制电路还包括栅极驱动器电路,其被耦合到控制器和电开关电路,并且被配置为基于来自控制器的一个或多个驱动信号来驱动多个电开关的栅极。

[0117] 在实施例中,电机控制电路还包括电源调节器,其包括至少一个电压调节器,所述至少一个电压调节器被配置为输出电压信号以对栅极驱动器电路或控制器中的至少一个供电。

[0118] 在实施例中,电机控制电路还包括ON/OFF开关,其被耦合到ON/OFF致动器或触发开关中的至少一个,并且被布置成切断来自电源调节器和栅极驱动器电路的功率供应。

[0119] 在实施例中,电动工具还包括多个位置传感器,其被布置在紧邻转子处,以向控制单元提供转子的旋转位置信号。在实施例中,控制器被配置为基于位置信号控制电开关电路的切换操作,以适当地通电相应相位内的定子绕组。

[0120] 根据实施例,在电机的每个相位内,控制器被配置为在与电机的相位相对应的导带内激活用于多个电开关中的相应一个的驱动信号。

[0121] 在实施例中,控制器被配置为根据电机的期望速度设置脉冲宽度调制(PWM)占空比,并且根据PWM占空比来控制驱动信号以在导带内周期性地使多个电开关中的相应一个开启和关断,以使电机以恒定负载进行变速操作。

[0122] 根据本发明的一个方面,第一和第二标称电压都大致落在电机的操作电压范围内。

[0123] 在实施例中,电机的操作电压范围大约在包括第二标称电压的90V至132V的范围内,并且第一标称电压在大约100VAC至120VAC的范围内。在实施例中,DC电源包括高额定电压电池组。在实施例中,DC电源包括至少两个中等额定电压电池组,并且电源接口被配置为串联连接至少两个电池组中的两个或更多个。

[0124] 在实施例中,当电动工具由AC电源供电时,链路电容器具有被优化为在DC总线线路上提供大约小于或等于110V的平均电压的电容值,其中第一标称电压约为120VAC。在实施例中,链路电容器具有小于或等于大约50 μ F的电容值。

[0125] 在实施例中,当电动工具由AC电源供电时,链路电容器具有被优化以在DC总线线路上提供大约120V的平均电压的电容值,其中第一标称电压大约为120VAC。在实施例中,链路电容器具有小于或等于大约200到600 μ F的电容值。在实施例中,DC电源具有大约120VDC的标称电压。

[0126] 根据本发明的一个方面,第一和第二标称电压中的至少一个没有近似对应于电机的操作电压范围。

[0127] 在实施例中,电机控制电路被配置为将来自AC电源线或DC电源线中的至少一个到电机的功率供应优化至对应于电机的操作电压范围的水平。

[0128] 在实施例中,控制器被配置为将操作模式设置为AC操作模式或DC操作模式中的一个,并且基于操作模式控制电开关电路的切换操作。在实施例中,控制器被配置为感测AC电源线或DC电源线中的一个上的电流以设置操作模式。在实施例中,控制器被配置为从电源接口接收指示操作模式的信号。

[0129] 在实施例中,电机的操作电压范围包括第一标称电压,但不包括第二标称电压。在实施例中,电机的操作电压范围大约在包括第一标称电压的100V至120V的范围内,并且第二标称电压在大约60VDC至100VDC的范围内。在实施例中,控制器可以被配置为在DC操作模式中提高对电机的有效功率供应以对应于电机的操作电压范围。

[0130] 在实施例中,电机的操作电压范围包括第二标称电压,但不包括第一标称电压。在实施例中,电机的操作电压范围大约在包括第二标称电压的60V至100V的范围内,并且第一标称电压在大约100VAC至120VAC的范围内。在实施例中,控制器可以被配置为在AC操作模式中降低对电机的有效功率供应以对应于电机的操作电压范围。

[0131] 在实施例中,电机的操作电压范围既不包括第一标称电压也不包括第二标称电压。在实施例中,电机控制电路被配置为将从AC电源线和DC电源线两者到电机的功率供应优化至对应于电机的操作电压范围的水平。

[0132] 在实施例中,电机的操作电压范围大约在150V至170V的范围内,第一标称电压在大约100VAC至120VAC的范围内,第二标称电压在大约90VDC至120VDC的范围内。在实施例中,控制器可以被配置为在AC操作模式和DC操作模式中都提高对电机的有效功率供应以对应于电机的操作电压范围。

[0133] 在实施例中,电机的操作电压范围大约在150V至170V的范围内,第一标称电压在大约220VAC至240VAC的范围内,第二标称电压在大约90VDC到120VDC的范围内。在实施例中,控制器可以被配置为在DC操作模式中提高对电机的有效功率供应,但是在AC操作模式中降低对电机的有效功率供应,以对应于电机的操作电压范围。

[0134] 在实施例中,控制器被配置为经由一个或多个驱动信号以固定脉冲宽度调制(PWM)占空比来控制电开关电路的切换操作,当由所述AC电源供电时,控制器将固定PWM占空比设置为与第一标称电压相关的第一值,以及当由所述DC电源供电时,设置为与第二标称电压相关并且与第一值不同的第二值。

[0135] 在实施例中,控制器被配置为在AC操作模式中经由一个或多个驱动信号以小于100%的固定脉冲宽度调制(PWM)占空比来控制电开关电路的切换操作,以在AC操作模式中降低对电机的有效功率供应,以对应于电机的操作电压范围。

[0136] 在实施例中,控制器被配置为经由一个或多个驱动信号以高达阈值的脉冲宽度调制(PWM)占空比来控制电开关电路的切换操作,当由所述AC电源供电时,控制器将阈值设置为与第一标称电压相关的第一值,以及当由所述DC电源供电时,设置为与第二标称电压相关并且与第一值不同的第二值。

[0137] 在实施例中,控制器被配置为在DC操作模式中在第一占空比范围内控制电开关电路的切换操作,并且在AC操作模式中在第二占空比范围内控制电开关电路的切换操作,其中第二PWM占空比范围小于第一占空比范围,以便在AC操作模式中降低对电机的有效功率供应,以对应于电机的操作电压范围。

[0138] 在实施例中,控制器被配置为在DC操作模式中从零至100%占空比来控制电开关电路的切换操作,并且在AC操作模式中从零到小于100%的阈值来控制电开关电路的切换操作,以便在AC操作模式中降低对电机的有效功率供应,以对应于电机的操作电压范围。

[0139] 在实施例中,控制器被配置为接收DC总线线路上的瞬时电流的测量,并且通过将瞬时电流测量与电流限制进行比较来对通过电开关电路的电流强制施加电流限制,并且响

应于瞬时电流测量超过电流限制,在当前时间间隔的剩余时间关闭多个电开关以中断流向电气电机的电流,其中每个时间间隔的持续时间作为给定频率的函数被固定,电机由控制器控制在所述给定频率处。

[0140] 在实施例中,控制器在当前时间间隔结束时接通选择电开关,从而恢复到电机的电流。

[0141] 在实施例中,每个时间间隔的持续时间大约是电机由控制器控制的给定频率的倒数的十倍。在实施例中,每个时间间隔的持续时间约为100微秒量级。

[0142] 在实施例中,每个时间间隔的持续时间对应于脉冲宽度调制(PWM)周期的周期。

[0143] 在实施例中,控制器被配置为接收DC总线线路上的电流的测量,并且通过设置或调整一个或多个驱动信号的PWM占空比来对通过电开关电路的电流强制施加电流限制。在实施例中,控制器被配置为监控通过DC总线线路的电流,并且如果通过DC总线线路的电流超过电流限制,则调整PWM占空比。

[0144] 在实施例中,控制器被配置为根据AC或DC电源中的一个的电压额定值来设置电流限制。

[0145] 在实施例中,控制器被配置为将电流限制在AC操作模式中设置为第一阈值和在DC操作模式中设置为第二阈值,其中第二阈值高于第一阈值,以便在AC操作模式中降低对电机的有效功率供应以对应于电机的操作电压范围。

[0146] 根据实施例,控制器被配置为在对应于电机相位的导带(CB)内针对多个电开关中的相应一个激活电机的每个相位内的驱动信号。根据实施例,CB被设置为大约120度。

[0147] 在实施例中,控制器被配置为将CB偏移一个提前角(AA),使得CB领先于电机的反向电动势(EMF)电流。根据实施例,AA被设置为大约30度。

[0148] 在实施例中,控制器被配置为根据AC或DC电源中的一个或多个的电压额定值来设置CB或AA中的至少一个。在实施例中,控制器被配置为:当由AC电源供电时将CB或AA中的至少一个设置为与第一标称电压相关的第一值,并且当由DC电源供电时将其设置为与第二标称电压相关并且与第一值不同的第二值。

[0149] 在实施例中,控制器被配置为在AC操作模式期间将CB设置为第一CB值,并且在DC操作模式期间将CB设置为大于第一CB值的第二CB值。在实施例中,确定第二CB值以便在DC操作模式中提高对电机的有效功率供应,以对应于电机的操作电压范围。在实施例中,第一CB值约为120度,第二CB值大于约130度。

[0150] 在实施例中,控制器被配置为在AC操作模式期间将AA设置为第一AA值,并且在DC操作模式期间将AA设置为大于第一AA值的第二AA值。在实施例中,确定第二AA值以便在DC操作模式中提高对电机的有效功率供应,以对应于电机的操作电压范围。在实施例中,第一AA值大约为30度,第二AA值大于约35度。

[0151] 在实施例中,控制器被配置为根据AC或DC电源的电压额定值来串联设置CB和AA。

[0152] 在实施例中,控制器被配置为将CB或AA中的至少一个设置为与大约空载时的电机的最大速度相对应的基本值,并且相关于扭矩的增加将CB或AA中的至少一个从基本值逐渐增加到阈值,以产生基本上线性的速度-扭矩曲线。在实施例中,控制器被配置为在速度-扭矩曲线上保持基本恒定的速度。在实施例中,基本值和阈值对应于其中速度-扭矩曲线基本上是线性的低扭矩范围。在实施例中,控制器被配置成将CB或AA中的至少一个保持在大于

低扭矩范围的扭矩处。

[0153] 根据本发明的另一方面,提供了一种电动工具,包括:壳体;包括转子和定子的无刷直流(BLDC)电机,所述定子具有对应于所述电机的至少三相的至少三个定子绕组,当所述定子绕组在相应相位内被适当通电时,所述转子可由所述定子移动,每个相位由对相应定子绕组通电的相应电压波形来表征,所述电机被配置为操作在操作电压范围内;以及电机控制电路,被配置为从具有第一标称电压的第一电源或具有不同于所述第一标称电压的第二标称电压的第二电源接收电气功率,并且以对应于电机的操作电压范围的水平向电机提供电气功率。在实施例中,第一电源和第二电源各自包括AC电源或DC电源。

[0154] 在实施例中,第一和第二标称电压中的至少一个不近似对应于、不同于或在电机的操作电压范围之外。在实施例中,电机控制电路被配置为将从第一或第二电源中的至少一个到电机的功率供应优化至对应于电机的操作电压范围的水平。

[0155] 在实施例中,电机的操作电压范围包括第一标称电压,但不包括第二标称电压。在实施例中,电机的操作电压范围大约在包括第一标称电压的100V至120V的范围内,并且第二标称电压在大约60V至100V的范围内。在实施例中,控制器可以被配置为当由第二电源供电时提高对电机的有效功率供应以对应于电机的操作电压范围。

[0156] 在实施例中,电机的操作电压范围包括第二标称电压,但不包括第一标称电压。在实施例中,电机的操作电压范围大约在包括第二标称电压的60V至100V的范围内,并且第一标称电压在大约100VAC至120VAC的范围内。在实施例中,控制器可以被配置为在由第一电源供电时降低对电机的有效功率供应以对应于电机的操作电压范围。

[0157] 在实施例中,电机的操作电压范围既不包括第一标称电压也不包括第二标称电压。在实施例中,电机控制电路被配置为将从第一和第二电源到电机的功率供应优化至对应于电机的操作电压范围的水平。

[0158] 在实施例中,第一或第二电源中的至少一个包括AC电源,并且电机控制电路包括整流器电路,整流器电路包括二极管桥。在实施例中,整流电路还包括在DC总线上与二极管桥并联布置的链路电容器。在实施例中,二极管桥包括全波桥。在替代实施例中,二极管桥包括半波桥。

[0159] 在实施例中,第一和第二电源包括具有不同标称电压水平的DC电源。

[0160] 在实施例中,电机控制电路还包括被配置为控制电开关电路的切换操作的控制器。在实施例中,控制器是可编程设备,包括微控制器、微处理器、计算机处理器、信号处理器。可替代地,控制器是被配置和定制来控制功率切换单元的切换操作的集成电路。

[0161] 在实施例中,电开关电路包括多个电开关,其包括被配置为耦合到电机的相位的三相桥式电路的三对高侧和低侧电开关。在实施例中,电机控制电路还包括耦合到控制器和电开关电路的栅极驱动器电路,并且被配置为基于来自控制器的一个或多个驱动信号来驱动多个电开关的栅极。在实施例中,电机控制电路还包括电源调节器,其包括至少一个电压调节器,其被配置为输出电压信号以对栅极驱动器电路或控制器中的至少一个供电。在实施例中,电机控制电路还包括ON/OFF开关,其被耦合到ON/OFF致动器或触发开关中的至少一个,并且被布置为切断来自电源调节器和栅极驱动器电路的功率供应。

[0162] 在实施例中,电动工具还包括多个位置传感器,其被布置在紧邻转子处,以向控制单元提供转子的旋转位置信号。在实施例中,控制器被配置为基于位置信号控制电开关电

路的切换操作,以适当地通电相应相位内的定子绕组。

[0163] 根据实施例,在电机的每个相位内,控制器被配置为在与电机的相位相对应的导带内激活多个电开关中相应的一个的驱动信号。

[0164] 在实施例中,控制器被配置为根据电机的期望速度来设置脉冲宽度调制(PWM)占空比,并且根据PWM占空比控制驱动信号以使多个电开关中的相应一个在导带内周期性地开启和关断,以使电机在恒定负载下进行变速操作。

[0165] 在实施例中,链路电容器具有小于或等于大约50 μ F的电容量。

[0166] 在实施例中,控制器被配置为经由一个或多个驱动信号以固定脉冲宽度调制(PWM)占空比来控制电开关电路的切换操作,当由所述第一电源供电时,控制器将固定PWM占空比设置为与第一标称电压相关的第一值,以及当由所述第二电源供电时,设置为与第二标称电压相关并且与第一值不同的第二值。

[0167] 在实施例中,控制器被配置为经由一个或多个驱动信号以高达阈值的脉冲宽度调制(PWM)占空比来控制电开关电路的切换操作,当由所述第一电源供电时,控制器将阈值设置为与第一标称电压相关的第一值,以及当由所述第二电源供电时,设置为与第二标称电压相关并且与第一值不同的第二值。

[0168] 在实施例中,控制器被配置为当耦合到第一电源时在第一占空比范围内控制电开关电路的切换操作,并且当耦合到第二电源时在第二占空比范围内控制电开关电路的切换操作,其中所述第二PWM占空比范围小于所述第一占空比范围,以便在由所述第一或第二电源供电时优化对所述电机的有效功率供应,以对应于电机的操作电压范围。

[0169] 在实施例中,控制器被配置为接收DC总线线路上的瞬时电流的测量,并且通过将瞬时电流测量与电流限制进行比较来对通过电开关电路的电流强制施加电流限制,并且响应于瞬时电流测量超过电流限制,在当前时间间隔的剩余时间关闭多个电开关以中断流向电气电机的电流,其中每个时间间隔的持续时间作为给定频率的函数被固定,电机由控制器控制在所述给定频率处。

[0170] 在实施例中,控制器在当前时间间隔结束时接通选择电开关,从而恢复到电机的电流。

[0171] 在实施例中,每个时间间隔的持续时间大约是电机由控制器控制的给定频率的倒数的十倍。在实施例中,每个时间间隔的持续时间约为100微秒量级。

[0172] 在实施例中,每个时间间隔的持续时间对应于脉冲宽度调制(PWM)周期的周期。

[0173] 在实施例中,控制器被配置为接收DC总线线路上的电流的测量,并且通过设置或调整一个或多个驱动信号的PWM占空比来对通过电开关电路的电流强制施加电流限制。在实施例中,控制器被配置为监控通过DC总线线路的电流,并且如果通过DC总线线路的电流超过电流限制,则调整PWM占空比。

[0174] 在实施例中,控制器被配置为根据第一或第二电源中的一个的电压额定值来设置电流限制。

[0175] 在实施例中,控制器被配置为当电动工具由第一电源供电时将电流限制设置为第一阈值,并且当电动工具由第二电源供电时将电流限制设置为第二阈值,其中第二阈值高于第一阈值,以便优化从第一或第二电源到电机的有效功率供应,以对应于电机的操作电压范围。

[0176] 根据实施例,控制器被配置为在与电机的相位相对应的导带(CB)内针对多个电开关中的相应一个激活电机的每个相位内的驱动信号。根据实施例,CB被设置为大约120度。

[0177] 在实施例中,控制器被配置为将CB偏移一个提前角(AA),使得CB领先于电机的反向电磁场(反向电动势)(Back EMF)电流。根据实施例,AA被设置为大约30度。

[0178] 在实施例中,控制器被配置为根据第一或第二电源中的一个或多个的电压额定值来设置CB或AA中的至少一个。

[0179] 在实施例中,控制器被配置为:当电动工具由第一电源供电时将CB设置为第一CB值,并且在电动工具由第二电源供电时将CB设置为大于第一CB值的第二CB值。在实施例中,确定第二CB值以便在由第一或第二电源供电时提高或降低对电机的有效功率供应,以对应于电机的操作电压范围。在实施例中,第一CB值约为120度,第二CB值大于约130度。

[0180] 在实施例中,控制器被配置为:当电动工具由第一电源供电时将AA设置为第一AA值,并且当电动工具由第二电源供电时将AA设置为大于第一AA值的第二AA值。在实施例中,确定第二AA值,以便当在由第一或第二电源供电时提高或降低对电机的有效功率供应,以对应于电机的操作电压范围。在实施例中,第一AA值大约为30度,第二AA值大于约35度。

[0181] 在实施例中,控制器被配置为根据第一电源或第二电源的电压额定值来串联设置CB和AA。

[0182] 在实施例中,控制器被配置为将CB或AA中的至少一个设置为与大约空载时的电机的最大速度相对应的基本值,并且因应扭矩的增加逐渐将CB或AA中的至少一个从基本值增加到阈值,以产生基本上线性的速度-扭矩曲线。在实施例中,控制器被配置为在速度-扭矩曲线上保持基本恒定的速度。在实施例中,基本值和阈值对应于其中速度-扭矩曲线基本上是线性的低扭矩范围。在实施例中,控制器被配置成将CB或AA中的至少一个保持在大于低扭矩范围的扭矩处。

[0183] 在另一方面中,电池组可在低额定电压/高容量配置和中等额定电压/低容量配置之间来回转换。

[0184] 在另一方面中,电动工具系统包括电池组和电动工具,其中所述电池组可在低额定电压/高容量配置和中等额定电压/低容量配置之间来回转换,所述电动工具与电池组耦合,将电池组从低额定电压/高容量配置转换为中等额定电压/低容量配置,并且与处于中等额定电压/低容量配置中的电池组一起操作。

[0185] 在另一方面中,电动工具系统包括电池组、第一电动工具以及第二电动工具,其中所述电池组可在低额定电压/高容量配置和中等额定电压/低容量配置之间来回转换;所述第一电动工具与电池组耦合,将电池组从低额定电压/高容量配置转换为中等额定电压/低容量配置,并且与处于其中等额定电压/低容量配置中的电池组一起操作;所述第二电动工具与电池组耦合并且与处于其低额定电压/高容量配置中的电池组一起操作。

[0186] 在另一方面中,电动工具系统包括第一电池组、第二电池组以及电动工具,其中所述第一电池组可在低额定电压/高容量配置和中等额定电压/低容量配置之间来回转换;所述第二电池组总是处于低额定电压/高容量配置中,所述电动工具与第一电池组耦合并且与处于其低额定电压/高容量配置中的第一电池组一起操作,并且与第二电池组耦合并且与处于其低额定电压/高容量配置中的第二电池组一起操作。

[0187] 在另一方面中,电动工具系统包括第一电池组、第二电池组、第一电动工具以及第

二电动工具,其中所述第一电池组可在低额定电压/高容量配置和中等额定电压/低容量配置之间来回转换;所述第二电池组总是处于低额定电压/高容量配置中,所述第一电动工具与第一电池组耦合并且与处于其低额定电压/高容量配置中的第一电池组一起操作,并且与第二电池组耦合并且与处于其低额定电压/高容量配置中的第二电池组一起操作;所述第二电动工具与第一电池组耦合但不与第二电池组耦合,并且与处于其高额定电压/低容量配置中的第一电池组一起操作。

[0188] 在另一方面中,电动工具系统包括电池组、第一中等额定电压电动工具以及第二高额定电压电动工具,其中所述电池组可在低额定电压/高容量配置和中等额定电压/低容量配置之间来回转换,所述第一中等额定电压电动工具与电池组耦合,将电池组从低额定电压/高容量配置转换为中等额定电压/低容量配置,并且与处于其中等额定电压/低容量配置中的电池组一起操作,所述第二高额定电压电动工具与多个电池组耦合,将每个电池组从低额定电压/高容量配置转换为中等额定电压/低容量配置,并且与处于它们的中等额定电压/低容量配置中的电池组一起操作。

[0189] 在另一方面中,电动工具系统包括电池组、高额定电压电动工具,其中所述电池组可在低额定电压/高容量配置和中等额定电压/低容量配置之间来回转换,所述高额定电压电动工具与多个电池组耦合,将每个电池组从低额定电压/高容量配置转换为中等额定电压/低容量配置,和/或与高额定电压交流电电源耦合,并且与处于其中等额定电压/低容量配置中的电池组和/或高额定电压交流电电源一起操作在高额定电压处。

[0190] 在另一方面中,第一电池组可在低额定电压/高容量配置与中等额定电压/低容量配置之间来回转换,第二电池组总是处于低额定电压/高容量配置中,并且电池组充电器可电气地和机械地连接到第一电池组和第二电池组,并且电池组充电器能够对第一电池组和第二电池组充电。

[0191] 在另一方面中,电池组包括壳体和位于壳体中的电池。电池可以包括多个可再充电电池单元和耦合到多个可再充电电池单元的切换网络。切换网络可以具有第一配置和第二配置。切换网络可以从第一配置切换到第二配置,并且从第二配置切换到第一配置。当切换网络处于第一配置中时,多个可再充电电池单元可以处于第一配置中,当切换网络处于第二配置中时,多个可再充电电池单元可以处于第二配置中。第二配置不同于第一配置。

[0192] 此实施例的电池组的切换网络可以具有第三配置,其中当切换网络处于第三配置中时,多个可再充电电池单元处于第三配置中。此实施例的电池组的切换网络可以通过到电池组的外部输入而在第一配置和第二配置之间切换。此实施例的电池组的可再充电电池单元的第一配置可以是相对低电压和高容量配置,并且电池组的可再充电电池单元的第二配置可以是相对高电压和低容量配置。该实施例的电池组可以包括电池单元配置,其中第一配置提供第一额定组电压,第二配置提供第二额定组电压,其中第一额定组电压不同于第二额定组电压。此实施例的电池组的第三配置可以是开路配置。

[0193] 在第一和第二配置之间转换时,第一配置的电池组的可再充电电池单元可以进入第三配置。此实施例的电池组可以包括连接到多个可再充电电池单元和切换网络的端子块,其中端子块接收切换元件以将切换网络从第一配置切换到第二配置。

[0194] 在另一方面中,电池组包括壳体和位于壳体中的电池。电池可以包括0个可充电电池单元Q的集合P,其中0是 ≥ 2 的数。可再充电电池单元Q的集合P可以包括电池单元Q的N个

子集R,其中N是 ≥ 2 的数。电池单元Q的每个子集R可以包括M个电池单元Q,其中M是 ≥ 1 的数,其中 $M \times N = 0$ 。电池可以包括耦合到可再充电电池单元的切换网络,其中切换网络可以具有第一配置和第二配置,并且可以从第一配置切换到第二配置,以及从第二配置切换到第一配置。可再充电电池单元Q的所有子集R可以在切换网络处于第一配置中时并联连接,并且当切换网络处于第二配置中时断开。第一组配合功率端子可以耦合到电池单元Q1的正端子,并且第二组配合功率端子可以耦合到Q0的负端子,其中第一和第二组配合功率端子从电池组提供功率。负转换端子可以耦合到每个子集R1到RN-1的负端子,并且正转换端子可以耦合到每个子集R2到RN的正端子。此实施例的电池组的负转换端子和正转换端子可从电池壳体的外部访问。

[0195] 在另一方面中,电池组包括壳体和位于壳体中的电池。该实施例的电池可以包括驻留在壳体中的电池。此实施例的电池可以包括0个可再充电电池单元Q的集合P,其中0是 ≥ 2 的数。可再充电电池单元Q的集合P可以包括电池单元Q的N个子集R,其中N是 ≥ 2 的数。电池单元Q的每个子集R可以包括M个电池单元Q,其中M是 ≥ 1 的数,其中 $M \times N = 0$ 。该实施例的电池组可以包括耦合到可再充电电池单元的切换网络。切换网络可以具有第一配置和第二配置,并且可以从第一配置切换到第二配置,以及从第二配置切换到第一配置。可再充电电池单元Q的所有子集R可以在切换网络处于第一配置中时并联连接,并且当切换网络处于第二配置中时断开。电池组可以包括耦合到Q1的正端子的第一组配合功率端子和耦合到Q0的负端子的第二组配合功率端子,其中第一和第二组配合功率端子从电池组提供功率。电池组可以包括耦合到电池单元的每个子集的负端子的负转换端子和耦合到电池单元的每个子集的正端子的正转换端子。

[0196] 在另一方面中,一种电动工具包括:来自具有额定AC电压的AC输入的第一电源;来自具有额定DC电压的多个可再充电电池单元的第二电源;可耦合到所述第一电源和所述第二电源的电机;以及被配置为当操作在第一电源和第二电源上时以基本上相同的输出功率操作电机的控制电路。此实施例的电动工具的额定DC电压可以近似等于额定AC电压。此实施例的电动工具的电机是有刷电机。此实施例的电动工具的控制电路可以以恒定空载速度操作有刷电机,而不管电机是操作在第一电源还是第二电源上。此实施例的电动工具的控制电路可以基于用户输入以可变空载速度操作有刷电机。此实施例的电动工具的控制电路可以包括被配置为使用第一电源或第二电源来以可变空载速度操作电机的IGBT/MOSFET电路。此实施例的电动工具的电机可以是无刷电机。此实施例的电动工具的控制电路可以包括小电容器和逐周期电流限制器。此实施例的电动工具的额定DC电压可以小于额定AC电压。此实施例的电动工具的控制电路可以包括小电容器和逐周期电流限制器。此实施例的控制电路电动工具可以包括提前角和导带控制中的至少一个。此实施例的电动工具的控制电路可以检测第一电源和第二电源是否被激活。此实施例的电动工具的控制电路可以在每当第一电源是活动的(active)时选择第一电源。此实施例的电动工具的控制电路可以在第一电源变为不活动的情况下切换到第二电源。此实施例的电动工具的控制电路可以包括提高模式,由此控制电路同时使用第一电源和第二电源二者以较高输出功率来操作电源。此实施例的电动工具的电源可以由电线组提供。此实施例的电动工具的第一电源和第二电源可以同时向电机提供功率,并且可以提供比第一或第二电源单独可以提供的更多的功率。

[0197] 在另一方面中,电动工具包括用于从AC电源接收功率的输入端;用于从可再充电

DC电源接收功率的输入端;用于利用AC电源对可再充电DC电源进行充电的充电器;以及被配置为由所述AC电源和所述可再充电DC电源中的至少一个供电的电机。此实施例的电动工具的AC电源可以是市电线。此实施例的电动工具的可再充电DC电源可以是可拆卸电池组。

[0198] 在另一方面中,电动工具包括这样的电动工具,该电动工具包括:用于从AC电源接收AC功率的输入端,所述AC电源具有额定AC电压,所述AC电源在电动工具外部;用于从DC电源接收DC功率的输入端,所述DC电源具有额定DC电压,所述DC电源是多个可再充电电池单元,所述额定DC电压大约等于所述额定AC电压;以及被配置为由所述AC电源和所述DC电源中的至少一个供电的电机。此实施例的电动工具的AC电源可以是市电线。此实施例的电动工具的可再充电DC电源可以是电池组。此实施例的电动工具的AC电源和DC电源可以具有120伏的额定电压。

[0199] 在另一方面中,电动工具包括电机;来自AC输入线的第一电源;来自可再充电电池的第二电源,所述第二电源提供的功率大约等于所述第一电源的功率。此实施例的电动工具的第一电源和第二电源可以同时向电机供电。此实施例的电动工具的第一电源和第二电源可以交替地向电机供电。

[0200] 在另一方面中,电动工具包括电机;来自AC输入线的第一电源;来自可再充电电池的第二电源,所述第二电源的功率提供大约等于所述第一电源的功率。此实施例的电动工具的第一电源和第二电源可以同时向电机供电。此实施例的电动工具的第一电源和第二电源可以交替地向电机供电。

[0201] 在另一方面中,电池组可以包括:壳体;多个电池单元;和转换器元件,所述转换器元件可在第一位置和第二位置之间移动,其中在所述第一位置,所述多个电池单元被配置为提供第一额定电压,在第二位置,所述多个电池单元被配置为提供与所述第一额定电压不同的第二额定电压。

[0202] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。如上所述的电池组,其中转换器元件包括壳体和多个触点。如上所述的电池组,其中所述壳体形成内部空腔,并且所述多个电池单元容纳在所述内部空腔中。如上所述的电池组,其中所述壳体形成内部空腔,并且所述转换器元件容纳在所述内部空腔中并且可从所述壳体的外部访问。如上所述的电池组还包括电池以及切换网络,所述电池包括多个电池单元和转换器元件。如上所述的电池组,其中所述壳体还包括外部槽隙,在所述槽隙的第一端处的通孔,所述通孔从所述壳体的外表面延伸到所述壳体的内部空腔。如上所述的电池组,其中所述转换器元件还包括延伸穿过所述通孔的突出部和多个触点。如上所述的电池组,其中所述转换器元件包括跳线开关。一种电池组,还包括电池,所述电池包括:所述多个电池单元;多个导电接触焊盘;在相邻电气连接的电池单元之间的节点,所述多个导电接触焊盘中的每一个耦合到单个节点;所述转换器元件包括多个触点,以及(a)当所述转换器元件处于所述第一位置时,所述多个转换器元件触点中的每一个电气连接到第一组所述多个导电接触焊盘,所述多个导电接触焊盘中的每一个在单个第一组所述多个导电接触焊盘中,以及(b)当转换器元件处于第二位置时,转换器元件触点中的每一个电气连接到第二组多个导电接触焊盘,每个第二组所述多个导电接触焊盘与所有其他的第二组所述多个导电接触焊盘不同,并且每个第一组所述多个导电接触焊盘与每个第二组所述多个导电接触焊盘不同。如上所述的电池组还包括电池,所述电池包括:所述多个电池单元;多个导电接触焊盘;在相邻电气连接的电池单元之

间的节点,所述多个导电接触焊盘中的每一个耦合到单个节点;其中当所述转换器元件处于所述第一位置时,所述多个转换器元件触点中的每一个是在所述相应的第一组多个导电接触焊盘中的导电接触焊盘之间的分路,并且当所述转换器元件处于所述第二位置时,所述多个转换器元件触点中的每一个是所述相应的第二组多个导电接触焊盘中的导电接触焊盘之间的分路。

[0203] 在另一方面中,电池组包括:壳体;多个电池单元;以及转换器元件,所述转换器元件可在第一位置和第二位置之间移动,在所述第一位置中,所述多个电池单元被电气连接于第一电池单元配置中,在所述第二位置中,所述多个电池单元被电气连接于第二电池单元配置中,所述第一电池单元配置不同于所述第二电池单元配置。

[0204] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。如上所述的电池组,其中所述转换器元件包括壳体和多个触点。如上所述的电池组,其中所述壳体形成内部空腔,并且所述多个电池单元容纳在所述内部空腔中。如上所述的电池组,其中所述壳体形成内部空腔,并且所述转换器元件容纳在所述内部空腔中并且可从所述壳体的外部访问。如上所述的电池组还包括电池以及切换网络,所述电池包括多个电池单元和转换器元件。如上所述的电池组,其中所述壳体还包括外部槽隙,在所述槽隙的第一端处的通孔,所述通孔从所述壳体的外表面延伸到所述壳体的内部空腔。如上所述的电池组,其中所述转换器元件还包括延伸穿过所述通孔的突出部和多个触点。如上所述的电池组,其中所述转换器元件包括跳线开关。如上所述的电池组还包括电池,所述电池包括:所述多个电池单元;多个导电接触焊盘;在相邻电气连接的电池单元之间的节点,所述多个导电接触焊盘中的每一个耦合到单个节点;并且其中所述转换器元件包括多个触点,以及(a)当所述转换器元件处于所述第一位置时,所述多个转换器元件触点中的每一个电气连接到所述多个导电接触焊盘的第一子集,并且(b)当所述转换器元件处于所述第二位置时,所述多个转换器元件触点中的每一个电气连接到所述多个导电接触焊盘的第二子集,所述多个导电接触焊盘的第二子集不同于所述多个导电接触焊盘的第一子集。一种电池组还包括电池,所述电池包括:所述多个电池单元;多个导电接触焊盘;在相邻电气连接的电池单元之间的节点,所述多个导电接触焊盘中的每一个耦合到单个节点;其中当所述转换器元件处于所述第一位置时,所述多个转换器元件触点中的每一个是所述多个导电接触焊盘的第一子集中的所述导电接触焊盘之间的分路,并且当所述转换器元件处于所述第二位置时,所述多个转换器元件触点中的每一个是所述多个导电接触焊盘的第二子集中的导电接触焊盘之间的分路。

[0205] 在另一方面中,电池组包括:壳体,一组电池单元,所述一组电池单元具有至少两个电池单元,所述一组电池单元的两个子集,所述一组电池单元中的每个电池单元处于单个子集中,电池单元的每个子集被串联电气连接并且具有正节点和负节点;切换网络,具有将第一子集的正端连接到第二子集的正端的第一开关,将所述第一子集的负端连接到所述第二子集的负端的第二开关,以及将所述第一子集的负端连接到所述第二子集的正端的第三开关;转换器元件,所述转换器元件与所述切换网络一起操作以打开和闭合所述第一、第二和第三开关,以将所述一组电池单元在低额定电压配置和中等额定电压配置之间转换。

[0206] 在另一方面中,电池组包括:壳体,一组电池单元,所述一组电池单元具有至少两个电池单元,所述一组电池单元的两个子集,所述一组电池单元的每个电池单元处于单个子集中,电池单元的每个子集被串联电气连接并且具有正节点和负节点;切换网络,具有将

第一子集的正端连接到第二子集的正端的第一开关,将所述第一子集的负端连接到所述第二子集的负端的第二开关,以及将所述第一子集的负端连接到所述第二子集的正端的第三开关;转换器元件,其在致动时与所述切换网络一起操作以将所述第一、第二和第三开关配置在第一状态中,其中所述一组电池单元被电气连接于第一电池单元配置中,以及配置在第二状态中,其中所述一组电池单元被电气连接于第二电池单元配置中,所述第一电池单元配置不同于所述第二电池单元配置。

[0207] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。如上所述的电池组,其中当所述电池组与电气设备配合时,所述转换器元件被致动。如上所述的电池组,其中所述转换器元件包括一组端子,并且当所述电池组与电气设备配合时所述转换器元件被致动。

[0208] 在另一方面中,电气设备和电池组的组合包括:电池组,包括(1)壳体,所述壳体包括电池组接口,(2)多个电池单元,以及(3)转换器元件,所述转换器元件可在第一位置和第二位置之间移动,在所述第一位置中,所述多个电池单元被配置为提供第一额定电压,在所述第二位置中,所述多个电池单元被配置为提供不同于所述第一额定电压的第二额定电压;以及包括壳体的电气设备,所述壳体包括电气设备接口,所述电气设备接口被配置为与所述电池组接口配合以将所述电气设备机械地耦合到所述电池组,所述电气设备接口包括转换构件,用于当所述电气设备机械耦合到所述电池组时将所述转换器元件从所述第一位置移动到所述第二位置。

[0209] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。一种组合,其中所述转换器元件包括多个电池端子,并且转换构件包括多个电气设备端子。如上所述的组合,其中转换器元件包括壳体和多个触点。如上所述的组合,其中所述壳体形成内部空腔,并且所述多个电池单元容纳在所述内部空腔中。如上所述的组合,其中所述壳体形成内部空腔,并且所述转换器元件容纳在所述内部空腔中。如上所述的组合还包括电池,所述电池包括所述多个电池单元。一种组合,其中电气设备是电动工具。一种组合,其中如上所述的电气设备是充电器。如上所述的组合,其中电气设备是电池保持托盘。

[0210] 在另一方面中,电池组包括:壳体;多个电池单元;电气耦合到所述多个电池单元的第一组端子,所述第一组端子提供输出功率;电气耦合到所述多个电池单元的第二组端子,所述第二组端子被配置为使得所述多个电池单元能够在第一配置和第二配置之间转换。

[0211] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。如上所述的电池组,其中所述壳体形成空腔,并且所述多个电池单元、所述第一组端子和所述第二组端子容纳在所述内部空腔中。如上所述的电池组还包括电池,所述电池包括所述多个电池单元。如上所述的电池组,其中所述第二组端子包括一组开关。如上所述的电池组,其中所述第二组端子被配置为接收切换器件,所述切换器件使得所述开关能够将所述多个电池单元从所述第一配置转换为所述第二配置。如上所述的电池组,其中所述第二组端子被配置为在接收到切换器件时将所述多个电池单元从所述第一配置转换为所述第二配置。如上所述的电池组,其中,所述多个电池单元在所述第二组端子接收切换器件时从所述第一配置转换为所述第二配置。如上所述的电池组,其中所述第二组端子被配置为使得能够将所述多个电池单元转换为第三配置。如上所述的电池组,其中所述多个电池单元在从所述第一和第二配置切换之间进入所述第三配置。

[0212] 在另一方面中,电池组和电气设备组合包括:(a) 电池组,包括:壳体;多个电池单元;电气耦合到所述多个电池单元的第一组电池端子,所述第一组端子提供输出功率;电气耦合到所述多个电池单元的第二组电池端子,所述第二组端子被配置为允许所述多个电池单元从第一配置转换为第二配置;(b) 电气设备,包括:第一组电气设备端子,其被配置为电气耦合到所述第一组电池端子;转换器元件,其被配置为电气耦合到所述第二组电池端子,以使得能够将所述多个电池单元从所述第一配置转换到所述第二配置。

[0213] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。如上所述的电池组还包括电池,所述电池包括所述多个电池单元。如上所述的电池组,其中所述电气设备是包括电机的电动工具,所述第一组电动工具端子电气耦合到所述电机并且被配置为电气耦合到所述第一组电池端子,并且所述第一组工具端子提供输入功率。如上所述的电池组,其中所述电气设备是充电器。如上所述的电池组,其中所述电气设备是电池保持器。

[0214] 在另一方面中,电池组包括:壳体;多个电池单元;以及一组配合端子,所述配合端子可在第一位置和第二位置之间移动,在所述第一位置中,所述多个电池单元被配置为提供第一额定电压,在第二位置中,所述多个电池单元被配置为提供不同于第一额定电压的第二额定电压。

[0215] 在另一方面中,电池组包括:壳体;多个电池单元;以及一组配合端子,所述配合端子可在第一端子配置和第二端子配置之间移动,其中在所述第一端子配置中,所述多个电池单元被电气连接于第一电池单元配置中;在所述第二端子配置中,所述多个电池单元被电气连接于第二电池单元配置中,所述第一电池单元配置不同于所述第二电池单元配置。

[0216] 在另一方面中,可转换电池组包括:壳体;多个电池单元;一组电池端子;以及包括转换器元件的转换子系统,所述转换器元件可在第一位置和第二位置之间移动,其中在所述第一位置中,所述多个电池单元被配置为在所述一组电池端子处提供第一额定电压,在所述第二位置中,所述多个电池单元被配置为在所述一组电池端子处提供第二额定电压,所述第二额定电压不同于所述第一额定电压。

[0217] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。该示例性实施例的电池组,其中转换器元件包括壳体和多个触点,并且其中壳体形成内部空腔,并且多个电池单元容纳在内部空腔中。在该示例性实施例中,转换器元件容纳在内部空腔中并且可从壳体外部访问。在该示例性实施例中,电池组还包括电池和切换网络,所述电池包括多个电池单元和包括转换器元件的转换子系统。在该示例性实施例中,电池组还包括外部槽隙,在槽隙的第一端处的通孔,所述通孔从所述壳体的外表面延伸到所述壳体的内部空腔。该示例性实施例的电池组,其中所述转换器元件还包括延伸穿过通孔的突出部和多个触点。该示例性实施例的电池组,其中所述转换子系统切换网络包括用于通过第二组电池端子发送功率电流的开关。在该示例性实施例中,电池组的电池端子组还包括电气耦合到多个电池单元的第一组电池端子和电气耦合到多个电池单元的第二组电池端子,所述第一组电池端子被配置为当所述电池组处于所述第一额定电压配置中和处于所述第二额定电压配置中时提供功率,并且所述第二组电池端子被配置为仅当所述电池组处于所述第二额定电压配置中时提供功率。

[0218] 在另一方面中,可转换电池组的示例性实施例包括:壳体;多个电池单元串;以及转换子系统,转换子系统包括转换器元件,其中所述转换器元件可在第一位置和第二位置

之间移动,其中在所述第一位置中,所述多个电池单元串被电气连接于第一电池单元配置中;在所述第二位置中,所述多个电池单元串被电气连接于第二电池单元配置中,所述第一电池单元配置不同于所述第二电池单元配置。

[0219] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。该示例性实施例的电池组,其中所述转换器元件包括壳体和多个触点,并且所述壳体形成内部空腔,并且所述多个电池单元串容纳在内部空腔中。该示例性实施例的电池组,其中所述转换器元件容纳在内部空腔中并且可从壳体外部接触(accessible)。该示例性电池组还包括电池以及切换网络,所述电池包括多个电池单元串和转换器元件。该示例性实施例的电池组,其中所述壳体还包括外部槽隙,在槽隙的第一端处的通孔,所述通孔从所述壳体的外表面延伸到所述壳体的内部空腔。该示例性实施例的电池组,其中所述转换器元件还包括延伸穿过通孔的突出部和多个接触焊盘。该示例性实施例的电池组,其中所述转换器元件包括多个切换触点。

[0220] 在另一方面中,可转换电池组的示例性实施例包括:壳体,一组电池单元,所述一组电池单元具有两个电池单元串,每个电池单元串包括至少一个电池单元,每个电池单元串的电池单元串联电气连接,其中每个电池单元串具有正端子和负端子;切换网络,具有将第一电池单元串的正端子连接到第二电池单元串的正端子的第一开关,将第一电池单元串的负端子连接到第二电池单元串的负端子的第二开关,以及将所述第一电池单元串的负端子连接到所述第二电池单元串的正端子的第三开关;转换器元件,其与所述切换网络一起操作以打开和闭合所述第一、第二和第三开关,以将所述一组电池单元在低额定电压配置和中等额定电压配置之间转换。

[0221] 在另一方面中,可转换电池组的示例性实施例包括壳体,一组电池单元,所述一组电池单元具有两个电池单元串,每个电池单元串包括至少一个电池单元,每个电池单元串的电池单元串联电气连接,其中每个电池单元串具有正端子和负端子;切换网络,具有将第一电池单元串的正端子连接到第二电池单元串的正端子的第一开关,将第一电池单元串的负端子连接到第二电池单元串的负端子的第二开关,以及将所述第一电池单元串的负端子连接到所述第二电池单元串的正端子的第三开关;转换器元件,其在致动时与所述切换网络一起操作以将所述第一、第二和第三开关配置在第一状态中,其中所述组电池单元被电气连接于第一电池单元配置中,以及配置在第二状态中,其中所述组电池单元被电气连接于第二电池单元配置中,所述第一电池单元配置不同于所述第二电池单元配置。

[0222] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。该示例性实施例的电池组,其中转换器元件在所述电池组与电气设备配合时被致动并且包括一组切换触点。

[0223] 在另一方面中,电气设备和可转换电池组的组合的示例性实施例包括:电池组,所述电池组包括(1)壳体,所述壳体包括电池组接口,(2)多个电池单元和(3)转换器元件,所述转换器元件可在第一位置和第二位置之间移动,其中在所述第一位置中,所述多个电池单元被配置为提供第一额定电压并具有第一容量,在所述第二位置中,所述多个电池单元被配置为提供第二额定电压和第二容量,其中所述第二额定电压和第二容量不同于所述第一额定电压和第一容量;以及电气设备,所述电气设备包括壳体,所述壳体包括电气设备接口,所述电气设备接口被配置为与所述电池组接口配合以将所述电气设备机械地耦合到所述电池组,所述电气设备接口包括转换构件,用于当所述电气设备机械耦合到所述电池组时将所述转换器元件从所述第一位置移动到所述第二位置。

[0224] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。该示例性可转换电池组还包括用于向所述电气设备的负载提供功率的第一组电池组端子和用于向所述电气设备的负载提供功率的第二组电池组端子。

[0225] 在另一方面中,可转换电池组的示例性实施例包括:壳体;多个电池单元;电气耦合到所述多个电池单元的第一组电池组端子,所述第一组电池组端子提供输出功率;电气耦合到所述多个电池单元的第二组电池组端子,所述第二组电池组端子被配置为使得能够将所述多个电池单元在第一配置和第二配置之间转换。

[0226] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。该示例性实施例的电池组,其中所述第二组电池组端子电气耦合到一组开关。该示例性实施例的电池组,其中当所述一组开关处于第一状态时,第二组电池组端子被配置为使得能够将多个电池单元从第一配置转换为第二配置。该示例性实施例的电池组,其中在接收到所述切换器件时,所述一组开关被置于第一状态。该示例性实施例的电池组,其中当所述一组开关处于第一状态时,第二组电池组端子被配置为将功率电流从电池组传送到耦合的电气设备。本示例性实施例的电池组,其中当所述电池组接收转换元件时,所述多个电池单元从第一配置转换到第二配置。

[0227] 在另一方面中,电池组和电气设备组合的示例性实施例包括:(a) 电池组,包括:壳体;多个电池单元;电气耦合到所述多个电池单元的第一组电池组端子和电气耦合到所述多个电池单元的第二组电池组端子,所述多个电池单元可配置为提供第一额定电压和第二额定电压,第一组电池组端子被配置为当所述电池组处于所述第一额定电压配置中和所述第二额定电压配置中时提供功率,并且所述第二组电池组端子被配置为仅当所述电池组处于所述第二额定电压配置中时提供功率;和(b) 电气设备,包括:被配置为电气耦合到第一组电池组端子的第一组电气设备端子和被配置为电气耦合到第二组电池组端子的第二组电气设备端子,以向电气设备的负载提供功率。在示例性组合中,电气设备包括将电池组从第一额定电压转换为第二额定电压的转换元件。

[0228] 该方面的实现可以包括以下特征中的一个或多个。在示例性组合中,电气设备是包括电机的电动工具,第一组电动工具端子电气耦合到电机,并且被配置为电气耦合到第一组电池组端子,并且第一组工具端子提供输入功率。

[0229] 在另一方面中,电池组和电气设备组合的示例性实施例包括:(a) 电池组,包括:壳体;多个电池单元;电气耦合到所述多个电池单元的第一组电池组端子和电气耦合到所述多个电池单元的第二组电池组端子,所述多个电池单元可配置为提供第一额定电压和第二额定电压,所述第一组电池组端子被配置为当所述电池组处于所述第一额定电压配置中和所述第二额定电压配置中时提供功率,并且所述第二组电池组端子被配置为仅当所述电池组处于所述第二额定电压配置中时提供功率;和(b) 充电器,包括:被配置为电气耦合到第一组电池组端子的第一组充电器端子和被配置为电气耦合到第二组电池组端子的第二组充电器端子,以从所述充电器提供功率到所述多个电池单元。在示例性组合中,所述充电器包括将所述电池组从第一额定电压转换为第二额定电压的转换元件。

[0230] 优点可以包括以下的一个或多个。电动工具系统可以实现包括低功率、中等功率和高功率无绳电动工具和高功率AC/DC电动工具的完全兼容的电动工具系统。可转换电池组可以实现系统与预先存在的电动工具的向后兼容性。该系统可以包括使用电池组功率给具有与用于电动工具的高功率操作的AC市电额定电压相对应的DC额定电压的电动工具提

供动力。根据说明书、附图和权利要求,这些和其他优点和特征将是显而易见的。

附图说明

[0231] 图1A是电动工具系统的示意图。

[0232] 图1B是电动工具系统的一个特定实现的示意图。

[0233] 图2A-图2C是电池的电池单元配置的示例性简化电路图。

[0234] 图3A是图1A的电动工具系统的一组低额定电压DC电动工具,一组DC电池组电源和一组电池组充电器的示意图。

[0235] 图3B是图1A的电动工具系统的一组中等额定电压DC电动工具,一组DC电池组电源和一组电池组充电器的示意图。

[0236] 图3C是图1A的电动工具系统的一组高额定电压DC电动工具,一组DC电池组电源和一组电池组充电器的示意图。

[0237] 图4是图1A的电动工具系统的一组高额定电压AC/DC电动工具,一组DC电池组电源,一组AC电源和一组电池组充电器的示意图。

[0238] 图5A-图5B是图1A的电动工具系统的AC/DC电动工具的分类的示意图。

[0239] 图6A描绘了根据实施例的具有通用电机的恒速AC/DC电动工具的示例性系统框图。

[0240] 图6B描绘了根据实施例的另外还提供有示例性电源切换单元的图6A的恒速AC/DC电动工具的示例性系统框图。

[0241] 图6C描绘了根据实施例的另外还提供有替代示例性电源切换单元的图6A的恒速AC/DC电动工具的示例性系统框图。

[0242] 图6D描绘了根据实施例的另外还提供有另一示例性电源切换单元的图6A的恒速AC/DC电动工具的示例性系统框图。

[0243] 图6E描绘了根据实施例的具有通用电机的恒速AC/DC电动工具的示例性系统框图,其中从AC电源提供的功率具有与从DC电源提供的标称电压显著不同的标称电压。

[0244] 图7A描绘了根据实施例的具有通用电机的变速AC/DC电动工具的示例性系统框图。

[0245] 图7B描绘了根据实施例的另外还提供有电源切换单元的图7A的恒速AC/DC电动工具的示例性系统框图。

[0246] 图7C-图7E描绘了DC开关电路的各种实施例的示例性电路图。

[0247] 图7F描绘根据替代实施例的具有通用电机的变速AC/DC电动工具的示范性系统框图,其中所述通用电机具有集成AC/DC电源切换电路。

[0248] 图7G和图7H描绘了集成AC/DC电源切换电路的各种实施例的示例性电路图。

[0249] 图8A描绘了根据实施例的具有有刷直流(DC)电机的恒速AC/DC电动工具的示例性系统框图。

[0250] 图8B描绘了根据实施例的另外还提供有示例性电源切换单元的图8A的恒速AC/DC电动工具的示例性系统框图。

[0251] 图8C描绘了根据实施例的具有有刷DC电机的恒速AC/DC电动工具的示例性系统框图,其中从AC电源提供的功率具有与从DC电源提供的标称电压显著不同的标称电压。

[0252] 图8D描绘了根据替代实施例的具有有刷DC电机的恒速AC/DC电动工具的另一示例性系统框图,其中从AC电源提供的功率具有与从DC电源提供的标称电压显著不同的标称电压。

[0253] 图9A描绘了根据实施例的具有有刷DC电机的变速AC/DC电动工具的示例性系统框图。

[0254] 图9B描绘了根据实施例的另外还提供有电源切换单元的图9A的恒速AC/DC电动工具的示例性系统框图。

[0255] 图10A描绘了根据实施例的具有三相无刷DC电机的AC/DC电动工具的示例性系统框图,其中所述AC/DC电动工具具有电源切换单元和电机控制电路。

[0256] 图10B描绘了根据实施例的具有替代电源切换单元的图10A的AC/DC电动工具的示例性系统框图。

[0257] 图10C描绘根据实施例的具有三相逆变桥的示例性电开关电路。

[0258] 图11A描绘了根据实施例在用于无刷电机的变速操作的各种脉冲宽度调制(PWM)占空比水平处电机的相位的单个导带内的电开关电路的驱动信号的示例性波形图。

[0259] 图11B描绘了根据实施例的实现示例性20安培逐周期电流限制的示例性电流-时间波形。

[0260] 图11C描绘了用于实现逐周期电流限制的示例性流程图。

[0261] 图12A描绘了根据实施例在全360度导通周期内图10C三相逆变桥电路的脉冲宽度调制(PWM)驱动序列的示例性波形图,其中每个相位在120度导带(CB)处被驱动。

[0262] 图12B描绘了根据实施例的全速操作的图12A的驱动序列的示例性波形图。

[0263] 图12C描绘了根据实施例的具有 $\Upsilon=30^\circ$ 提前角(AA)的与图12B的驱动序列相对应的示例性波形图。

[0264] 图12D描绘了根据实施例的示例性高电动工具的示例性速度-扭矩波形图,其示出了在 120° 的固定CB处增加AA对速度/扭矩曲线的影响。

[0265] 图12E描绘了根据实施例的相同高电动工具的示例性功率-扭矩波形图,其示出了在 120° 的固定CB处增加AA对功率/扭矩曲线的影响。

[0266] 图12F描绘了根据实施例的相同高电动工具的示例性效率-扭矩波形图,其示出了在 120° 的固定CB处增加AA对效率/扭矩曲线的影响。

[0267] 图13A描绘了根据实施例的三相发电机桥电路的驱动序列的示例性波形图,其中每个相位在 150° 的CB处被驱动。

[0268] 图13B描绘了根据实施例的三相发电机桥电路的驱动序列的示例性波形图,其中每个相位以 $\Upsilon=30^\circ$ 的AA且在 150° 的CB处被驱动。

[0269] 图13C描绘了根据实施例的示例性高电动工具的示例性速度-扭矩波形图,其示出了同时增加CB和AA对速度/扭矩曲线的影响。

[0270] 图13D描绘了根据实施例的相同高电动工具的示例性功率-扭矩波形图,示出了同时增加CB和AA对功率/扭矩曲线的影响。

[0271] 图13E描绘了根据实施例的相同高电动工具的示例性效率-扭矩波形图,其示出了同时增加CB和AA对效率/扭矩曲线的影响。

[0272] 图13F描绘了根据实施例的使用可变CB/AA的示例性高电动工具的示例性改进的

速度-扭矩波形图。

[0273] 图13G描绘了根据替代实施例的使用可变CB/AA的相同高电动工具的另一改进的速度-扭矩波形图。

[0274] 图14A描绘了根据替代实施例的基于各种CB和AA值的针对示例性电动工具的示例性最大功率输出等高线图。

[0275] 图14B描绘了根据替代实施例的基于各种CB和AA值的针对相同电动工具的示例性效率等高线图。

[0276] 图14C描绘了根据替代实施例的基于各种CB和AA值的针对相同电动工具的示例性组合效率和最大功率输出等高线图。

[0277] 图14D描绘了根据替代实施例示出了在各种输入电压水平处的最佳组合效率和最大功率输出等高线的示范性等高线图。

[0278] 图15A描绘了根据实施例的在负载状况下提供给电机控制电路的整流AC波形的示例性波形图。

[0279] 图15B描绘了根据实施例的在整流的AC电源线(在本文中称为DC总线线路)上使用相对大电容器的示例性整流电压波形图和对应的电流波形图。

[0280] 图15C描绘了根据实施例的在DC总线线路上使用相对中等大小电容器的示例性整流电压波形图和对应的电流波形图。

[0281] 图15D描绘了根据实施例的在DC总线线路上使用相对小电容器的示例性整流电压波形图和对应的电流波形图。

[0282] 图15E描绘了根据实施例示出在各种RMS电流额定值处的功率输出/电容和平均DC总线电压/电容波形的示例性组合图。

[0283] 图16是可转换电池组的示例性实施例的透视图。

[0284] 图17是连接到图16的可转换电池组的低额定电压工具的示例性实施例的透视图。

[0285] 图18是连接到可转换电池组的示例性实施例的中等额定电压工具的示例性实施例的透视图。

[0286] 图19A是示例性低额定电压电动工具的电池插座的局部剖切透视图,图19B是示例性中等额定电压电动工具的电池插座的局部剖切透视图。

[0287] 图20A是连接到示例性可转换电池组的示例性中等额定电压电动工具的局部剖切透视图;图20B-图20D示出了替代实施例中的可转换电池组、转换器元件和中等额定电压DC电动工具。

[0288] 图21A是处于低电压/高容量电池单元配置和中等电压/低容量电池单元配置中的第一可转换电池的示例性简化电路图。

[0289] 图21B是处于低电压/高容量电池单元配置和中等电压/低容量电池单元配置中的第二可转换电池的示例性简化电路图。

[0290] 图21C是处于低电压/高容量电池单元配置和中等电压/低容量电池单元配置中的第三可转换电池的示例性简化电路图。

[0291] 图21D是处于低电压/高容量电池单元配置和中等额定电压/低容量电池单元配置中的第四可转换电池的示例性简化电路图。

[0292] 图21E是处于低电压/高容量电池单元配置和中等额定电压/高容量电池单元配置

中的可转换电池的示例性简化通用电路图。

[0293] 图22A是示例性可转换电池组和示例性转换器元件的透视图;图22B是示例性可转换电池的透视图;图22C是图22B的放大图。

[0294] 图23A是处于第一配置中的示例性转换器元件和示例性可转换电池第二端子块的透视图;图23B是处于第二配置中的示例性转换器元件和示例性可转换电池第二端子块的透视图;图23C是处于第三配置中的示例性转换器元件和示例性可转换电池第二端子块的透视图。

[0295] 图24A是对应于图23A的示例性可转换电池组和示例性中等额定电压或高额定电压或非常高额定电压电动工具的局部电路图/局部框图;图24B是对应于图23B的示例性可转换电池组和示例性中等额定电压或高额定电压或非常高额定电压电动工具的局部电路图/局部框图;以及图24C是对应于图23C的示例性可转换电池组和示例性中等额定电压或高额定电压或非常高额定电压电动工具的局部电路图/局部框图。

[0296] 图25A是示例性可转换电池组和示例性转换器元件的透视图;图25B是示例性可转换电池的透视图;以及图25C是图25B的放大图。

[0297] 图26A是处于第一配置中的示例性转换器元件和示例性可转换电池第二端子块的透视图;图26B是处于第二配置中的示例性转换器元件和示例性可转换电池第二端子块的透视图;图26C是处于第三配置中的示例性转换器元件和示例性可转换电池第二端子块的透视图。

[0298] 图27A是对应于图26A的示例性可转换电池组和示例性中等额定电压或高额定电压或非常高额定电压电动工具的局部电路图/局部框图;图27B是对应于图26B的示例性可转换电池组和示例性中等额定电压或高额定电压或非常高额定电压电动工具的局部电路图/局部框图;图27C是对应于图26C的示例性可转换电池组和示例性中等额定电压或高额定电压或非常高额定电压电动工具的局部电路图/局部框图。

[0299] 图28A-图28C示出了可转换电池组和示例性中等额定电压或高额定电压或非常高额定电压电动工具的替代示例性实施例的局部电路图/局部框图。

[0300] 图29A-图29C示出了可转换电池组和示例性中等额定电压或高额定电压或非常高额定电压电动工具的替代示例性实施例的局部电路图/局部框图。

[0301] 图30示出了可转换电池组和示例性中等额定电压或高额定电压或非常高额定电压电动工具的替代示例性实施例的框图。

[0302] 图31示出了可转换电池组的替代示例性实施例的框图。

[0303] 图32A示出了处于低电压/高容量电池单元配置和中等电压/低容量电池单元配置中的可转换电池的示例性简化电路图。

[0304] 图32B示出了处于低电压/高容量电池单元配置和中等电压/低容量电池单元配置中的可转换电池的示例性简化电路图。

[0305] 图32C示出了处于低电压/高容量电池单元配置和中等额定电压/高容量电池单元配置中的可转换电池的示例性简化通用电路图。

[0306] 图33示出了利用用于产生高电压DC输出的转换器盒的电动工具系统的示例性替代实施例。

[0307] 图34是可转换电池组的示例性实施例的视图。

- [0308] 图35是图34的示例性实施例的另一视图。
- [0309] 图36A和图36B是处于第一电池单元配置和第二电池单元配置中的可转换电池的示例性实施例的电路图。
- [0310] 图37A和图37B是处于第一电池单元配置和第二电池单元配置中的可转换电池的另一示例性实施例的电路图。
- [0311] 图38是图34的示例性实施例的局部详细视图。
- [0312] 图39A,图39B和图39C是可以与可转换电池组配合的示例性电气设备的一部分的视图。
- [0313] 图40是移除了壳体的一部分的可转换电池组的示例性实施例的视图。
- [0314] 图41A和图41B是图40的示例性实施例的视图,其示出了可转换电池组的第一配置和可转换电池组的第二配置。
- [0315] 图42是其中移除了转换器元件的图40的示例性实施例的视图。
- [0316] 图43A和图43B是图42的示例性实施例的视图,其示出了电池组的第一配置和电池组的第二配置。
- [0317] 图44A和图44B是可转换电池的示例性实施例的侧视图。
- [0318] 图45A,图45B,图45C和图45D是转换器元件的示例性实施例的视图。
- [0319] 图46A,图46B,图46C,图46D和图46E是示例性可转换电池组的转换过程的五个示例性阶段中的示例性可转换电池组的端子块和端子,接触焊盘布局和触点的示例性实施例。
- [0320] 图47是示例性可转换电池组的切换网络的示例性连接表的表。
- [0321] 图48A和图48B是可转换电池组的替代示例性实施例的视图。
- [0322] 图49A,图49B,图49C和图49D是可以与可转换电池组配合的电气设备的一部分的视图。
- [0323] 图50A,图50B和图50C是移除了电池组壳体的可转换电池组的示例性实施例的视图。
- [0324] 图51是可转换电池组的示例性端子块和端子的视图。
- [0325] 图52A和图52B是图51的示例性端子块的端子块的一部分和示例性端子的端子的子集的视图。
- [0326] 图53A,图53B,图53C和图53D是可以与可转换电池组的端子块配合的电气设备的示例性端子块和端子。
- [0327] 图54A,图54B和图54C是图53的示例性端子组。
- [0328] 图55A,图55B,图55C和图55D是图54的示例性端子的替代视图。
- [0329] 图56A和图56B是处于第一接合位置中的可转换电池组的示例性电池端子和电气设备的示例性端子的视图。
- [0330] 图57A和图57B是处于第二接合位置中的图56的示例性电池端子和示例性电气设备端子的视图。
- [0331] 图58A和图58B是处于第三接合位置中的图56的示例性电池端子和示例性电气设备端子的视图。
- [0332] 图59A,图59B和图59C是移除了电池组壳体的可转换电池组的替代示例性实施例

的视图。

[0333] 图60是可转换电池组的示例性端子块和端子的透视图。

[0334] 图61A和图61B是图60的示例性端子块的端子块的一部分和示例性端子的端子的子集的视图。

[0335] 图62A,图62B,图62C和图62D是可以与可转换电池组的端子块配合的电气设备的示例性端子块和端子。

[0336] 图63A,图63B和图63C是图62的示例性端子组。

[0337] 图64A,图64B,图64C和图64D是图63的示例性端子的替代视图。

[0338] 图65是在接合之前的可转换电池组的示例性电池端子组和电气设备的示例性端子组的视图。

[0339] 图66是处于第一接合位置中的图65的示例性电池端子组和示例性电气设备端子组的视图。

[0340] 图67是处于第二接合位置中的图65的示例性电池端子组和示例性电气设备端子组的视图。

[0341] 图68是可转换电池组的示例性实施例的视图。

[0342] 图69A和图69B是图68的示例性电池组和示例性中等额定电压电动工具的工具脚的视图。

[0343] 图70是处于配合位置中的图69的示例性电池组和工具脚的视图。

[0344] 图71A和图71B是图70的示例性电池组和工具脚的截面图。

[0345] 图72是图68的示例性可转换电池组的分解图。

[0346] 图73是图68的示例性可转换电池组的电池的示例性实施例的视图。

[0347] 图74是图73的示例性电池的分解图。

[0348] 图75A和图75B是图73的示例性电池的电池单元保持器和电池的电池单元的侧视图。

[0349] 图76A和图76B分别是处于低额定电压配置和中等额定电压配置中的本公开的示例性电池的简单电路图。

[0350] 图77A和图77B是分别处于低额定电压配置和中等额定电压配置中的图73的示例性电池的转换机构的详细视图。

[0351] 图78是图73的示例性电池的转换子系统的分解图。

[0352] 图79A,图79B,图79C,图79D,图79E是图78的转换器元件和转换器元件的切换触点的视图。

[0353] 图80A,图80B,图80C和图80D是图78的转换子系统的支撑板的视图。

[0354] 图81A,图81B,图81C和图81D示出了图78的转换子系统的支撑板的制造步骤。

[0355] 图82是图74的转换子系统的支撑板的平面图。

[0356] 图83是图74的转换子系统的支撑板的替代平面图。

[0357] 图84A,图84B和图84C是图68的示例性电池组的简化电路图和框图。

[0358] 图85A-图85F示出了当图68的示例性电池组从低额定电压配置转换到中等额定电压配置时,图68的示例性电池组的转换机构的状态。

[0359] 图86A和图86B示出了图69的示例性中等额定电压工具的示例性端子块的透视图。

- [0360] 图87A和图87B是图69的端子和端子块的前视图。
- [0361] 图88A和图88B是图69的端子和端子块的后视图。
- [0362] 图89A和图89B是图69的端子和端子块的顶视图。
- [0363] 图90A和图90B是具有替代示例性转换子系统的图73的示例性电池的简化电路图和框图。
- [0364] 图91A,图91B和图91C是具有替代示例性转换子系统的图73的示例性电池的简化电路图和框图。
- [0365] 图92A,图92B和图92C是具有替代示例性转换子系统的图73的示例性电池的简化电路图和框图。
- [0366] 图93A和图93B是具有替代示例性转换子系统的图73的示例性电池的简化电路图和框图。
- [0367] 图94A和图94B是具有替代示例性转换子系统的图73的示例性电池的简化电路图和框图。
- [0368] 图95A和图95B是具有替代示例性转换子系统的图73的示例性电池的简化电路图和框图。
- [0369] 图96A和图96B是替代示例性可转换电池组。
- [0370] 图97A-图97G示出了图96的电池组的示例性转换子系统。
- [0371] 图98A和图98B示出了图30的转换子系统的示例性转换器元件。
- [0372] 图99A,图99B,图99C和图99D示出了替代示例性转换子系统。
- [0373] 图100A,图100B,图100C和图100D示出了替代示例性转换子系统。
- [0374] 图101A1,图101A2,图101B1和图101B2示出了替代示例性转换子系统。
- [0375] 图102A1,图102A2,图102B1和图102B2示出了替代示例性转换子系统。
- [0376] 图103A,图103B和图103C示出了替代示例性转换子系统。
- [0377] 图104A和图104B示出了处于低额定电压配置中的替代示例性转换系统。
- [0378] 图105A和图105B示出了处于中等额定电压配置中的图104的替代示例性转换系统。
- [0379] 图106A-图106G示出了用于转换可转换电池组的系统。
- [0380] 图107示出了常规的接触冲压。
- [0381] 图108示出了本公开的接触冲压。
- [0382] 图109示出了处于组装状态中的图108的接触冲压。
- [0383] 图110示出了在制品中的图109的接触冲压。
- [0384] 图111示出用于将AC/DC电源耦合到AC/DC电动工具的AC/DC电动工具接口的示例性实施例。
- [0385] 图112示出了图111的AC/DC电动工具接口的内部视图。
- [0386] 图113示出了图111的AC/DC电动工具接口的替代内视视图。
- [0387] 图114示出了耦合到AC/DC电动工具的示例性实施例的图111的AC/DC电动工具接口。
- [0388] 图115示出了用于将AC/DC电动工具耦合到AC电源和/或DC电池组电源的电源接口的示例性实施例。

- [0389] 图116示出了耦合到DC电池组电源的示例性实施例的图115的电源接口。
- [0390] 图117示出了耦合到DC电池组电源的两个示例性实施例的图115的电源接口。
- [0391] 图118A-图118C示出了可转换电池组的可转换电池的示例性实施例的电子模块的局部电路图。
- [0392] 图119示出了图118A-图118C的可转换电池的电子模块的监控电路的示例性实施例的局部电路图。
- [0393] 图120示出了图118A-图118C的可转换电池的电子模块的监控电路的替代实施例的局部电路图。
- [0394] 图121A-图121C示出了可转换电池组的可转换电池的替代示例性实施例的电子模块的局部电路图。
- [0395] 图122示出了图121A-图121C的可转换电池的电子模块的监控电路的示例性实施例的局部电路图。
- [0396] 图123示出了图121A-图121C的可转换电池的电子模块的监控和控制电路的示例性实施例的局部电路图。
- [0397] 图124A-图124C示出了示例性可转换电池组的转换子系统的示例性实施例。
- [0398] 图125示出了本发明的电池单元开关的示例性实施例的局部电路图。
- [0399] 图126示出了本发明的电池单元开关的替代示例性实施例的局部电路图。
- [0400] 图127A-图127B示出了本发明的可转换电池组的可转换电池的切换网络的示例性实施例。
- [0401] 图128示出了在60V中充电的可变充电终止截止电压。
- [0402] 图129至图134示出了将电池组从低额定电压配置转换为中等额定电压配置的替代实施例。
- [0403] 图135至图140示出了类似于图129至图134所示实施例的可转换电池组的替代实施例。
- [0404] 图141示出了与工具端子块接合的可转换电池组的示例性实施例。
- [0405] 图142A-图142B示出了可转换元件盖的示例性实施例。

具体实施方式

[0406] I. 电动工具系统

[0407] 如图1A所示,在一个实施例中,电动工具系统1包括一组电动工具10(其包括DC电动工具10A和AC/DC电动工具10B),一组电源20(其包括DC电池组电源20A和AC电源20B)和一组电池组充电器30。电动工具、电源和电池组充电器中的每一个可以说具有额定电压(rated voltage)。如本申请中所使用的,额定电压可以取决于上下文而指通告电压(advertised voltage)、操作电压、标称电压(nominal voltage)或最大电压中的一个或多个。额定电压还可以包括单个电压、若干分离的电压或一个或多个电压范围。如在本申请中所使用的,额定电压可以指这些类型的电压中的任何一个或这些类型的电压中的任何类型的范围。

[0408] 通告电压。关于电动工具,电池组(battery packs)和充电器,通告电压通常是指由制造商或卖方在标签、包装、用户手册、说明书、广告、营销或这些产品的其他支持文件上

指明的电压,使得通知用户哪些电动工具、电池组和充电器将彼此操作。通告电压可以包括数字电压值或向用户指示哪些电动工具、电池组和充电器将彼此操作的另一词语、短语、字母数字字符组合、图标或标志。在一些实施例中,如下面所讨论的,电动工具、电池组或充电器可以具有单个通告电压(例如20V)、通告电压范围(例如20V-60V)或多个分离的通告电压(例如,20V/60V)。如下面进一步讨论的,电动工具还可以用指示其将与DC电源和AC电源(例如,AC/DC或AC/60V)两者一起操作的指示来被通告或标记。AC电源也可以说是具有通告电压,其是在给定国家中一般而言通常已知为AC市电电压的电压(例如,在美国为120VAC,在欧洲为220VAC-240VAC)。

[0409] 操作电压。对于电动工具,操作电压通常是指电动工具、其电机及其电子部件被设计用于操作的AC和/或DC电源的电压或电压范围。例如,被通告为120V AC/DC工具的电动工具可以具有92V-132V的操作电压范围。电动工具操作电压还可以是指耦合到电动工具的多个电源(例如,120V电动工具可以使用串联连接的两个60V电池组来操作)的操作电压的总和。对于电池组和充电器,操作电压是指电池组或充电器被设计来操作在其上的DC电压或DC电压范围。例如,被通告为20V电池组或充电器的电池组或充电器可以具有17V-19V的操作电压范围。对于AC电源,操作电压可以是指AC波形的电压值的均方根(RMS)和/或是指AC波形的每个正半周期内的平均电压。例如,120VAC市电电源可以说具有120V的RMS操作电压和108V的平均正操作电压。

[0410] 标称电压。对于电池组,标称电压通常是指从电池组输出的平均DC电压。例如,被通告为20V电池组的电池组,其操作电压为17V-19V,可以具有18V的标称电压。对于AC电源,操作电压可以是指AC波形的电压值的均方根(RMS)和/或是指AC波形的每个正半周期内的平均电压。例如,120VAC市电电源可以说具有120V的RMS标称电压和108V的平均正标称电压。

[0411] 最大电压。对于电池组,最大电压可以指电池组的完全充电电压。例如,被通告为20V电池组的电池组可以具有20V的最大完全充电电压。对于充电器,最大电压可以指电池组可以由充电器再充电的最大电压。例如,20V充电器可以具有20V的最大充电电压。

[0412] 还应该注意,电动工具、电池组和充电器的某些部件本身可以说具有电压额定值,其中每一个可以是指通告电压、操作电压、标称电压或最大电压中的一个或多个。这些部件中的每一个的额定电压可以包括单个电压、若干分离的电压或一个或多个电压范围。这些电压额定值可以与电动工具、电池组和充电器的额定电压相同或不同。例如,可以说电动工具电机具有其自身的电机被设计来操作在其上的操作电压或电压范围。电机额定电压可以与电动工具的操作电压或电压范围相同或不同。例如,具有60V-120V电压额定值的电动工具可以具有操作电压为60V-120V的电机或具有90V-100V的操作电压的电机。

[0413] 电动工具、电源和充电器也可以具有针对除电压以外的特征的额定值。例如,电动工具可以具有针对电机性能的额定值,例如输出功率(例如,如美国专利No. 7, 497, 275中所描述的最大瓦特输出(MWO),其通过引用被并入)或在给定负载状况下的电机速度。在另一个示例中,电池组可以具有额定容量,其是指存储在电池组中的总能量。电池组额定容量可以取决于单个电池的额定容量以及电池电连接的方式。

[0414] 本申请还涉及使用针对诸如低、中等、高和非常高之类的相对术语的电压(和其它特征)的额定值。术语低额定值、中等额定值、高额定值和非常高额定值是用于指示电动工

具、电池组、AC电源、充电器及其部件的各种额定值之间的相对关系的相对术语,并且不旨在限于任何特定的数值或范围。例如,应当理解,低额定电压通常低于中等额定电压,中等额定电压通常低于高额定电压,高额定电压通常低于非常高额定电压。在一个特定实现中,不同的额定电压可以是彼此的整数倍或因数。例如,中等额定电压可以是低额定电压的整数倍,并且高额定电压可以是中等额定电压的整数倍。例如,低额定电压可以是20V,中等额定电压可以是60V ($3 \times 20V$),高额定电压可以是120V ($2 \times 60V$ 和 $6 \times 20V$)。在本申请中,名称“XY”有时可以用作术语低、中等、高和非常高的通用名称。

[0415] 在一些情况下,电动工具、电源或充电器可以说具有多个额定电压。例如,电动工具或电池组可以具有低/中等额定电压或中等/高额定电压。如下面更详细讨论的,该多重额定值是指电动工具、电源或充电器具有多于一个最大、标称或实际电压,多于一个通告电压,或者被配置为与具有彼此不同的额定电压的两个或更多个电动工具、电池组、AC电源或充电器一起操作。例如,中等/高额定电压电动工具可以标记有中等和高电压,并且可以被配置为与中等额定电压电池组或高额定电压AC电源一起操作。应当理解,多重额定电压可以意味着额定电压包括跨越两个不同额定电压的范围或者意味着额定电压具有两个分离的不同额定值。

[0416] 本申请有时还涉及电动工具、电源、充电器或其部件中的第一个具有第一额定电压,所述第一额定电压对应于、匹配或等效于电动工具、电源、充电器或其部件中的第二个的第二额定电压。该比较通常是指第一额定电压具有一个或多个值或值范围,其基本上等于、重叠或落在第二额定电压的一个或多个值或值范围内,或者电动工具、电源、充电器或部件中的第一个被配置为与电动工具、电源、充电器或其部件中的第二个一起操作。例如,具有120V(通告的)或90V-132V(操作)的额定电压的AC/DC电动工具可以对应于具有120V(通告的和最大)、108V(标称)或102V-120V(操作)的总额定电压的一对电池组,以及对应于额定电压范围为100VAC-120VAC的若干AC电源。

[0417] 相反,本申请有时涉及电动工具、电源、充电器或其部件中的第一个具有第一额定电压,所述第一额定电压不对应于、不同于或不等于电动工具、电源、充电器或其部件中的第二个的第二额定电压。这些比较通常是指第一额定电压具有一个或多个值或值范围,其不等于、不重叠或落在第二额定电压的一个或多个值或值范围之外,或者电动工具、电源、充电器或其部件中的第一个没有被配置为与电动工具、电源、充电器或其部件中的第二个一起操作。例如,具有120V(通告的)或90V-132V(操作)的额定电压的AC/DC电动工具可能不对应于具有60V(通告的和最大),54V(标称)或51V-60V(操作)的总额定电压的电池组,或者不对应于额定电压范围为220VAC-240VAC的AC电源。

[0418] 再次参见图1A,电动工具10包括一组仅无绳或DC电动工具10A和一组有绳/无绳或AC/DC电动工具10B。该组DC电动工具10A可以包括一组低额定电压DC电动工具10A1(例如,在40V以下,诸如4V,8V,12V,18V,20V,24V和/或36V),一组中等额定电压DC电动工具10A2(例如,40V至80V,诸如40V,54V,60V,72V和/或80V)以及一组高额定电压DC电动工具10A3(例如100V至240V,诸如100V,110V,120V,220V,230V和/或240V)。也可以说,高额定电压DC电动工具包括高额定电压DC电动工具的子集(例如,100V至120V,例如美国,加拿大,墨西哥和日本的100V,110V或120V)以及非常高额定电压DC电动工具的子集(例如,220V至240V,对于例如欧洲,南美洲,非洲和亚洲的大多数国家,例如220V,230V或240V)。为了方便起见,高

额定和非常高额定电压DC电动工具统称为一组高额定电压DC电动工具10A3。

[0419] AC/DC电动工具10B通常具有与工具将在其中操作或销售的国家中的AC市电电源的额定电压相对应的额定电压(例如,100V至120V,诸如在美国,加拿大,墨西哥和日本等国家中的100V,110V或120V;以及220V至240V,诸如在欧洲,南美洲,亚洲和非洲的大多数国家中的220V,230V和/或240V)。在一些情况下,这些高额定电压AC/DC电动工具10B可替代地被称为AC额定AC/DC电动工具,其中AC额定是指AC/DC电动工具的高电压额定值对应于在电动工具可操作和/或销售的国家中的AC市电电源的电压额定值这一事实。为了方便,高额定值和非常高额定电压AC/DC电动工具被统称为一组高额定电压AC/DC电动工具10B。

[0420] A. 电源

[0421] 电源组20可以包括一组DC电池组电源20A和一组AC电源20B。该组DC电池组电源20A可以包括以下中的一个或多个:一组低额定电压电池组20A1(例如,在40V以下,诸如4V,8V,12V,18V,20V,24V和/或36V),一组中等额定电压电池组20A2(例如40V至80V,例如40V,54V,60V,72V和/或80V),一组高额定电压电池组20A3(例如,100V至120V和220V至240V,例如100V,110V,120V,220V,230V和/或240V)以及一组可转换电压范围电池组20A4(下面更详细地讨论)。AC电源20B可以包括具有高电压额定值的电源,其对应于工具可操作和/或销售的国家中的AC电源的电压额定值(例如,100V至120V,比如在诸如美国,加拿大,墨西哥和日本的国家中的100V,110V或120V;以及220V至240V,比如在欧洲,南美洲,亚洲和非洲的大多数国家中的220V,230V和/或240V)。AC电源可以包括AC市电电源或具有类似额定电压的替代电源,诸如AC发电机或另一便携式AC电源。

[0422] 一个或多个DC电池组电源20A被配置成:为一组低额定电压DC电动工具10A1、一组中等额定电压DC电动工具10A2以及一组高额定电压DC电动工具10A3中的一个或多个供电,如下面进一步描述的。AC/DC电动工具10B可以由一个或多个DC电池组电源20A或由一个或多个AC电源20B供电。图111-图114示出了用于从AC电源20B向AC/DC电动工具10B提供AC功率(power)的AC/DC电动工具接口22B的示例性实施例。AC/DC电动工具接口22B包括壳体23和绳索25,绳索25包括在第一端处的二或三插脚插头(未示出),并且在第二端处耦合到壳体23。壳体23包括一对DC电动工具接口27,其在形状和尺寸上与DC电池组电源20A的DC电动工具接口22A基本相同。壳体23还包括位于一对DC电动工具接口27之间的三插脚插座29(或者可替代地,两插脚插座)。在图114和图115中示出和描述的AC/DC电动工具的示例性电源接口16中接收示出的AC电源20B的AC/DC电动工具接口22B。如图113所示,AC/DC电动工具接口22B可以包括用于从某些AC电源,例如气体动力发电机,接收“脏”AC信号的电路31。该组电池组充电器30包括一个或多个电池组充电器30,其被配置为对一个或多个DC电池组电源20A充电。下面是电源20、电池组充电器30和电动工具10的更详细描述。

[0423] 1. DC电池组电源

[0424] 参见图1,如上所指出,DC电池组电源20A包括一组低额定电压电池组20A1,一组中等额定电压电池组20A2,一组高额定电压电池组20A3,以及一组可转换电池组20A4。每个电池组可以包括壳体,多个电池单元以及被配置为将电池组耦合到电动工具或充电器的电动工具接口。每个电池单元具有通常以伏特(V)表示的额定电压和通常以安培-小时(Ah)表示的额定容量(指存储在电池单元中的能量)。如本领域普通技术人员所公知的,当电池组中的电池单元彼此串联连接时,电池单元的电压是相加的。当电池单元彼此并联连接时,电池

单元的容量是相加的。电池组可以包括若干电池单元串。在每个串内,电池单元可以彼此串联连接,并且每个串可以并联地连接到其他电池单元。电池单元和电池单元串的布置、电压和容量确定了电池组的总额定电压和额定容量。在每组DC电池组电源20A内,可以存在具有相同电压但是具有多个不同额定容量的电池组,所述多个不同额定容量的电池组例如是1.5安培小时(Ah),2Ah,3Ah或4Ah。

[0425] 图2A-图2C示出了作为一组DC电池组电源20A的一部分的电池24的示例性电池单元配置。这些示例不旨在限制每组DC电池组电源20A中的电池24的可能的电池单元配置。图2A示出了具有串联连接的五个电池单元26的电池24。在该实施例中,如果每个电池单元26具有4V的额定电压和1.5Ah的额定容量,则该电池24将具有20V的额定电压和1.5Ah的额定容量。图2B示出了具有十个电池单元的电池24。电池24包括电池单元26的五个子集28,每个子集28包括两个电池单元26。每个子集28的电池单元26并联连接,并且子集28串联连接。在该示例中,如果每个电池单元26具有4V的额定电压和1.5Ah的额定容量,则该电池24将具有20V的额定电压和3Ah的额定容量。图2C示出了具有十五个电池单元120的电池24。电池24包括电池单元26的五个子集28,每个子集28包括三个电池单元26。每个子集28的电池单元26并联连接,并且子集28串联连接。在该示例中,如果每个电池26具有4V的额定电压和1.5Ah的额定容量,则该电池24将具有20V的额定电压和4.5Ah的额定容量。

[0426] a. 低额定电压电池组

[0427] 参见图1A和图3A,每个低额定电压电池组20A1包括DC电动工具接口22A,其被配置为耦合到相应的低额定电压电动工具10A1上的电池组接口16A和耦合到相应的低额定电压电池组充电器30上的电池组接口16A。DC电动工具接口22A可以包括DC功率in/out+(输入/输出+)端子,DC功率in/out-(输入/输出-)端子和COMM(通信)端子。一组低额定电压电池组20A1可以包括具有第一额定电压和第一额定容量的一个或多个电池组。与DC电池组电源20A中的其他电池组相比,第一额定电压相对来说是低额定电压。例如,低额定电压电池组20A1可以包括具有17V-20V额定电压(其可以包括20V的通告电压,17V-19V的操作电压,18V的标称电压和20V的最大电压)的电池组。然而,一组低额定电压电池组20A1不限于20V的额定电压。一组低额定电压电池组20A1可以具有其他相对低的额定电压,例如4V,8V,12V,18V,24V或36V。在一组低额定电压电池组20A1内,可以存在具有相同额定电压但具有不同额定容量的电池组。例如,一组低额定电压电池组20A1可以包括20V/1.5Ah电池组,20V/2Ah电池组,20V/3Ah电池组和/或20V/4Ah电池组。当提及一组低额定电压电池组20A1的低额定电压时,意味着该组低额定电压电池组20A1的额定电压低于一组中等额定电压电池组20A2和一组高额定电压电池组20A3的额定电压。

[0428] 在一组低额定电压电池组120A中的电池组的示例可以包括由马里兰州陶森的DEWALT工业工具公司销售的DEWALT 20V MAX电池组集合。可以包括在第一组电池组110中的电池组的其他示例在美国专利No.8,653,787和美国专利申请No.13/079,158;13/475,002;和13/080,887中被描述,其通过引用并入本文。

[0429] 一组低额定电压电池组20A1的额定电压通常对应于一组低额定电压DC电动工具10A1的额定电压,使得该组低额定电压电池组20A1可以向该低额定电压DC电动工具10A1供电并且与低额定电压DC电动工具10A1一起操作。如下面进一步详细描述,一组低额定电压电池组20A1还可以能够向一个或多个中等额定电压DC电动工具10A2、高额定电压DC电动

工具10A3或高额定电压AC/DC电动工具10B供电——例如通过将两个以上的低额定电压电池组20A1与这些工具串联连接使得低额定电压电池组20A1的电压相加并且对应于所述电池组被耦合到的电动工具的额定电压。低额定电压电池组20A1可以附加地或替代地与一个或多个中等额定电压电池组20A2、高额定电压电池组20A3或可转换电池组20A4串联耦合,以便为中等和高额定电压的DC电动工具10A2、10A3和/或AC/DC电动工具10B输出任何期望的电压水平。

[0430] b. 中等额定电压电池组

[0431] 参见图1A和图3B,每个中等额定电压电池组20A2包括DC电动工具接口22A,其被配置为耦合到相应的中等额定电压DC电动工具10A2上的电池组接口16A以及耦合到相应的中等额定电压电池组充电器30上的电池组接口16A。DC电动工具接口22A可以包括DC功率in/out+ (输入/输出+) 端子,DC功率in/out- (输入/输出-) 端子和COMM (通信) 端子。一组中等额定电压电池组20A2可以包括具有第二额定电压和第二额定容量的一个或多个电池组。与一组DC电池组电源20A中的其他电池组相比,第二额定电压相对来说是中等额定电压。例如,一组中等额定电压电池组20A2可以包括具有51V-60V额定电压(其可以包括60V的通告电压,51V-57V的操作电压,54V的标称电压,以及60V的最大值电压)的电池组。然而,一组中等额定电压电池组20A2不限于60V的额定电压。一组中等额定电压电池组20A2可以具有其他相对中等的额定电压,例如40V,54V,72V或80V。在一组中等额定电压电池组20A2内,可以存在具有相同额定电压但具有不同额定容量的电池组。例如,一组中等额定电压电池组20A2可以包括60V/1.5Ah电池组,60V/2Ah电池组,60V/3Ah电池组和/或60V/4Ah电池组。当提及一组中等额定电压电池组20A2的中等额定电压时,意味着该组中等额定电压电池组20A2的额定电压高于一组低额定电压电池组20A1的额定电压,但是低于一组高额定电压电池组20A3的额定电压。

[0432] 中等额定电压电池组20A2组的额定电压一般对应于中等额定电压DC电动工具10A2的额定电压,使得该组中等额定电压电池组20A2可以向中等额定电压DC电动工具10A2供电并且与中等额定电压DC电动工具10A2一起操作。如下面进一步详细描述,一组中等额定电压电池组20A2还可以能够向高额定电压DC电动工具10A3或AC/DC电动工具10B供电——例如通过将两个以上的中等额定电压电池组20A2耦合到其它串联的这些工具使得中等额定电压电池组20A2的电压相加并且对应于所述电池组耦合到的电动工具的额定电压。中等额定电压电池组20A2可以附加地或替代地与低额定电压电池组20A1,高额定电压电池组20A3或可转换电池组20A4中的任何一个串联耦合,以便为任何高额定电压DC电动工具10A或AC/DC电动工具10B输出任何期望的电压水平。

[0433] c. 高额定电压电池组

[0434] 参见图1A和图3C,每个高额定电压电池组20A3包括DC电动工具接口22A,其被配置为耦合到相应的高额定电压DC电动工具10A3上的电池组接口16A和耦合到相应的中等额定电压电池组充电器30上的电池组接口16A。DC电动工具接口22A可以包括DC功率in/out+ (输入/输出+) 端子,DC功率in/out- (输入/输出-) 端子和COMM (通信) 端子。一组高额定电压电池组20A3可以包括具有第三额定电压和第三额定容量的一个或多个电池组。与一组DC电池组电源220A中的其他电池组相比,第三额定电压相对来说是高额定电压。例如,一组高额定电压电池组20A3可以包括具有102V-120V额定电压(其可以包括120V的通告电压,102V-

114V的操作电压,108V的标称电压和120V的最大电压)的电池组。然而,一组高额定电压电池组20A3不限于120V的额定电压。一组高额定电压电池组20A3可以具有其他相对高的额定电压,例如90V,100V,110V或120V。一组高额定电压电池组20A3的高额定电压可以可替代地被称为AC额定电压,因为高额定电压可以对应于在电动工具可操作和/或销售的国家中的AC市电电源的额定电压。在一组高额定电压电池组20A3内,可以存在具有相同额定电压但具有不同额定容量的电池组。例如,一组高额定电压电池组20A3可以包括120V/1.5Ah电池组,120V/2Ah电池组,120V/3Ah电池组和/或120V/4Ah电池组。当提及一组高额定电压电池组20A3的高额定电压时,意味着一组高额定电压电池组20A3的额定电压高于一组低额定电压电池组20A1的额定电压和一组中等额定电压电池组20A2的额定电压。

[0435] 一组高额定电压电池组20A3的额定电压通常对应于高额定电压DC电动工具10A3和AC/DC电动工具10B的额定电压,使得该组高额定电压电池组20A3可以向高额定电压DC电动工具10A3和AC/DC电动工具10B供应电力并且与之一起操作。如下面进一步详细描述,一组高额定电压电池组20A3还可以能够向非常高额定电压AC/DC电动工具128供电——例如通过将一个以上的高额定电压电池组20A3串联连接到工具,使得高额定电压电池组20A3的电压相加。高额定电压电池组20A3可以附加地或替代地与低额定电压电池组20A1、中等额定电压电池组20A2或可转换电池组20A4中的任一个串联耦合,以便为任何AC/DC电动工具10B输出。

[0436] d. 可转换电池组

[0437] 参见图1A并且如下面更详细地讨论的,一组可转换电池组20A4是这样的可转换电池组,每个可转换电池组可以在(1)第一额定电压和第一额定容量与(2)不同于第一额定电压和第一额定容量的第二额定电压和第二额定容量之间转换。例如,驻留在电池组20A4中的电池单元的配置可以在将可转换电池组20A4置于第一电池组配置中的第一电池单元配置与将可转换电池组20A4置于第二电池组配置中的第二电池单元配置之间改变。在一个实现中,在第一电池组配置中,可转换电池组20A4具有低额定电压和高额定容量,并且在第二电池组配置中,电池组具有中等额定电压和低额定容量。换句话说,该组可转换电池组20A4的电池组能够具有至少两个不同的额定电压,例如较低的额定电压和较高的额定电压,以及至少两个不同的容量,例如较高的额定容量和较低的额定容量。

[0438] 如上所述,低、中等和高额定值是相对的术语,并且不旨在将一组可转换电池组20A4的电池组限制到特定额定值。相反,一组可转换电池组20A4的可转换电池组可以能够与低额定电压电动工具10A1以及与中等额定电压电动工具20A2一起操作,其中中等额定电压大于低额定电压。在一个特定实施例中,可转换电池组20A4可在与低额定电压DC电动工具10A1的低额定电压相对应的低额定电压(例如,17V-20V,其可以包括20V的通告电压,17V-19V的操作电压,18V的标称电压和20V的最大电压)和与中等额定电压DC电动工具10A2的中等额定电压相对应的中等额定电压(例如,60V,其可以包括60V的通告电压,51V-57V的操作电压,54V的标称电压,60V的最大电压)之间转换。此外,如下面进一步描述的,例如,利用可转换电池组20A4操作在它们的中等额定电压处并且彼此串联连接,使得它们的电压相加以对应于高额定电压DC电动工具10A3或AC/DC电动工具10B的额定电压,则可转换电池组20A4可以能够向高额定电压DC电动工具10A3和高电压AC/DC电动工具10B供电。

[0439] 在其它实施例中,当处于第一额定电压配置时,可转换电池组可以与具有第一额

定电压的第一组预先存在的电动工具向后兼容,并且与具有第二额定电压的第二组新的电动工具向前兼容。例如,当处于第一额定电压配置时,可转换电池组可以可耦合到第一组电动工具,其中第一组电动工具是在2014年5月18日之前销售的现有电动工具,以及当处于第二额定电压配置时,可转换电池组可以可耦合到第二组电动工具,其中第二组电动工具在2014年5月18日之前未被销售。例如,在一个可能的实现中,低/中等额定可转换电池组在20V额定电压配置中可以可耦合到一个或多个DeWALT®20V MAX无绳电动工具(由位于马里兰州陶森的DeWALT工业工具公司销售,其在2014年5月18日之前销售)并且在60V额定电压配置中可以可耦合到一个或多个在2014年5月18日之前未销售的60V额定电动工具。因此,可转换电池组促进了具有预先存在的和新的电动工具组的电动工具系统中的兼容性。

[0440] 参见图1A和图3A-图3C,可转换电池组20A4每个都包括多个电池单元和DC电动工具接口22A,所述DC电动工具接口22A被配置为耦合到相应的低、中等或高额定电压DC电动工具10A1、10A2或10A3上的电池组接口16A。DC电动工具接口22A还被配置为耦合在相应的电池组充电器30上的电池组接口16A。如下面更详细讨论的,可转换电池组20A4可以耦合到一个或多个额定电压电池组充电器30,其中当可转换电池组20A4耦合到该电池组充电器30时,可转换电池组20A4被置于对应于该电池组充电器30的电压额定值配置中。例如,DC电动工具接口22A可以包括DC功率in/out+ (输入/输出+) 端子,DC功率in/out- (输入/输出-) 端子,以及COMM (通信) 端子。下面更详细地描述可转换电池组及其接口的若干可能的实施例。

[0441] B. 电池组充电器

[0442] 参见图1A和图3A-图3C,一组电池组充电器30包含一个或多个电池组充电器,其能够机械地和电气地连接到低额定电压电池组20A1、中等额定电压电池组20A2、高额定电压电池组20A3和可转换电池组20A4中的一个或多个的电池组。一组电池组充电器30能够对任何电池组20A1,20A2,20A3,20A4充电。电池组充电器30可以具有不同的额定电压。例如,电池组充电器30可以具有一个或多个额定电压,比如低额定电压、中等额定电压和/或高额定电压,以匹配系统中的电池组集合的额定电压。电池组充电器30还可以具有多种或一定范围的额定电压(例如,低-中等额定电压),以使得电池组充电器30能够对具有不同额定电压的电池组充电。电池组充电器30还可以具有电池组接口16A,其被配置为耦合到电池组上的DC电动工具接口22A。电池组接口16A可以包括DC功率in/out+ (输入/输出+) 端子,DC功率in/out- (输入/输出-) 端子和COMM (通信) 端子。在某些实施例中,电池组接口16A可以包括转换器,其被配置为使得可转换电池组中的一个被置于期望的额定电压配置中以用于对电池组充电,如下面更详细地讨论的。

[0443] C. 电动工具

[0444] 1. 低额定电压DC电动工具

[0445] 参见图1A和图3A,一组低额定电压电动工具10A1包括一个或多个不同类型的无绳或仅DC电动工具,其利用从具有低额定电压的一个或多个DC电池组电源20A(比如可拆卸和可再充电电池组)供应的DC功率。低额定电压DC电动工具10A1的额定电压一般对应于低额定电压电池组20A1的额定电压或者对应于当可转换电池组20A4被置于低额定电压配置中的可转换电池组20A4的额定电压。例如,具有20V额定电压的低额定电压DC电动工具10A1可以使用20V电池组20A1或者处于20V配置中的20V/60V可转换电池组20A4来供电。20V的电动工具额定电压本身可以是用于17-20V的更宽额定电压的速记,其可以包括例如17V-20V

的操作电压范围,该范围包括了低额定电压电池组的额定电压范围。

[0446] 低额定电压DC电动工具10A1每个都包括可以由仅DC电源供电的电机12A。电机12A可以是任何有刷或无刷DC电机,包括但不限于永磁无刷DC电机(BLDC)、永磁有刷电机、通用电机等。低额定电压DC电动工具10A1还可以包括电机控制电路14A,其被配置为经由DC线路输入DC+/-从电池组接口16A接收DC功率,并控制从DC电源到电机12A的功率递送。在示例性实施例中,电机控制电路14A可以包括具有被布置在电源和电机12A之间的一个或多个电开关(未示出)的功率单元18A。电开关可以是机电on/off(开启/关闭)开关、功率半导体器件(例如,二极管,FET,BJT,IGBT等)或其组合。在示例性实施例中,电机控制电路14A还可以包括控制单元11。控制单元11可以被布置为控制功率单元18A中的电开关的切换操作。在示例性实施例中,控制单元11可以包括被配置为控制电开关的栅极的微控制器或类似的可编程模块。附加地或替代地,控制单元11可以被配置为监控和管理DC电池组电源20A的操作。附加地或替代地,控制单元11可以被配置为监控和管理各种工具操作和状况,比如温度控制,过速控制,制动控制等。

[0447] 在示例性实施例中,如下面更详细地讨论的,低额定电压DC电动工具10A1可以是恒速工具(例如,手持灯,锯,研磨机等)。在这种电动工具中,功率单元18A可以简单地包括可由工具使用者接合的机电on/off开关。可替代地,功率单元18A可以包括一个或多个半导体器件,其由控制单元11以固定的空载速度控制以打开或关闭工具电机12A。

[0448] 在另一个实施例中,如下面更详细地讨论的,低额定电压DC电动工具10A1可以是变速工具(例如,手持钻,冲击驱动器,往复锯等)。在这样的电动工具中,功率单元18A的电开关可以包括被布置在各种配置(例如,FET和二极管,H桥等)中的一个或多个半导体器件,并且控制单元11可以控制电开关的脉冲宽度调制以控制电机12A的速度。

[0449] 低额定电压DC电动工具10A1可以包括手持式无绳工具,比如钻头,圆锯,螺丝刀,往复锯,振荡工具,冲击驱动器和手电筒等。低额定电压电动工具可以包括在2014年5月18日之前销售的现有无绳电动工具。这种低额定电压DC电动工具10A1的示例可以包括一个或多个由位于马里兰州陶森的DeWALT工业工具公司销售的DeWALT® 20V MAX无绳电动工具组。低额定电压DC电动工具10A1可以可替代地包括在2014年5月18日之前未销售的无绳电动工具。在其他示例中,美国专利8,381,830,8,317,350,8,267,192,D646,947和D644,494通过引用并入本文,其公开了包括或类似于低额定电压无绳电动工具10A1的工具。

[0450] 2. 中等额定电压DC电动工具

[0451] 参见图1A和图3B,一组中等额定电压DC电动工具10A2可以包括一个或多个不同类型的无绳或仅DC电动工具,其利用从单独或一起具有中等额定电压的一个或多个DC电池组电源20A(比如可拆卸和可再充电电池组)供应的DC功率。中等额定电压DC电动工具10A2的额定电压通常对应于中等额定电压电池组20A2的额定电压或者对应于当可转换电池组20A4被置于中等额定电压配置时的可转换电池组20A4的额定电压。例如,中等额定电压DC电动工具10A2可以具有60V的额定电压,并且可以由60V中等额定电压电池组20A2或者或者处于60V配置中的20V/60V可转换电池组20A4来供电。60V的电动工具额定电压可以是用于17-20V的更宽额定电压的速记,其可以包括例如51V-60V的操作范围,该操作范围包括中等额定电压电池组的额定电压。在示例性实施例中,中等额定电压DC电动工具10A2可以包括被配置为接收两个或更多个低额定电压电池组20A1的多个电池接口。在示例性实施例中,

中等额定电压DC电动工具10A2可以附加地包括用于串联耦合DC电池组电源20A以产生与中等额定电压DC电动工具10A2的额定电压相对应的期望中等额定电压的电路。

[0452] 类似于上面讨论的低额定电压DC电动工具10A1,中等额定电压DC电动工具10A2每个都包括可以由DC电池组电源20A供电的电机12A。电机12A可以是任何有刷或无刷DC电机,包括但不限于永磁无刷DC电机(BLDC),永磁有刷电机,通用电机等。中等额定电压DC电动工具10A2还包括电机控制电路14A,其被配置为经由DC线路输入DC+/-从电池组接口16A接收DC功率,并控制从DC电源到电机12A的功率递送。在示例性实施例中,电机控制电路14A可以包括具有被布置在电源和电机12A之间的一个或多个电开关(未示出)的功率单元18A。电开关可以是机电on/off(开启/关闭)开关、功率半导体器件(例如,二极管,FET,BJT,IGBT等)或其组合。在示例性实施例中,电机控制电路14A还可以包括控制单元11。控制单元11可以被布置为控制功率单元18A中的电开关的切换操作。类似于上述用于低额定电压DC电动工具10A1的电机控制电路14A,电机控制电路14A可以以固定速度或变速控制电机12A。在示例性实施例中,控制单元11可以包括被配置为控制电开关的栅极的微控制器或类似的可编程模块。附加地或替代地,控制单元11可以被配置为监控和管理DC电池组电源20A的操作。附加地或替代地,控制单元11可以被配置为监控和管理各种工具操作和状况,例如温度控制,过速控制,制动控制等。

[0453] 中等额定电压DC电动工具10A2可以包括与低额定电压DC电动工具10A1类似类型的具有相对较高的功率输出要求的工具,比如钻头,圆锯,螺丝刀,往复锯,振荡工具,冲击驱动器和手电筒。中等额定电压DC电动工具10A2还可以或可替代地具有需要比低额定电压DC电动工具10A1更高的功率或容量的其它类型的工具,例如链锯,串式修剪机,树篱修剪机,割草机,打钉机和/或旋转锤。

[0454] 在另一个和/或另外的实施例中,如下面更详细讨论的,中等额定电压DC电动工具10A2的电机控制电路14A使得电机12A能够使用具有彼此不同且比中等额定电压更小的额定电压的DC电池组电源20A来供电。换句话说,中等额定电压DC电动工具10A2可以被配置为在多于一个额定电压(例如,在低额定电压或在中等额定电压)处操作。这种中等额定电压DC电动工具10A2可以说具有多于一个的电压额定值,其对应于可为该工具供电的DC电源的电压额定值中的每一个。例如,图3B的中等额定电压DC电动工具10A2可以具有低/中等额定电压(例如,20V/60V额定电压,40V/60V额定电压),其能够可替代地由低额定电压电池组20A1(例如,20V电池组)中的一个、由中等额定电压电池组20A2(例如,60V电池组)中的一个、或由处于低额定电压配置或中等额定电压配置中的可转换电池组20A4来供电。在替代实现中,中等额定电压DC电动工具10A2可以使用一对串联连接的低额定电压电池组20A1(例如,串联连接两个低额定电压18V电池组20A1以产生36V的组合低额定电压)来操作,以在与中等额定电压DC电动工具10A2中的电机12A的中等额定电压不同的另一个低或中等额定电压处操作。

[0455] 在显著不同的电压水平处操作电动工具电机12A将产生在电动工具性能、特别是电机的旋转速度方面的显著差异,其可能是明显的并且在一些情况下对于用户而言不令人满意。因此,在本文描述的本发明的实施例中,电机控制电路14A被配置为基于电源的额定电压,即基于中等额定电压DC电动工具10A2是耦合低额定电压DC电源(例如,低额定电压电池组20A1)还是中等额定电压电源(例如,中等额定电压电池组20A2,其中中等额定电压DC

电动工具10A2中的电机212A被优化或者额定),来优化电机12A的性能。在这样做时,工具的输出性能的差异被最小化,或者至少减小到最终用户满意的水平。

[0456] 在该实施例中,电机控制电路14A被配置为将来自电源的有效电机性能提高或降低到对应于中等额定电压DC电动工具10A2的操作电压范围(或电压额定值)的水平。具体而言,以最终用户满意的方式,电机控制电路14A可以降低当与中等额定电压电池组20A2一起使用时的工具10A的功率输出,以匹配(或合理地接近)当以低额定电压电池组20A1使用时的工具10A的输出水平。替代地或另外地,以最终用户满意的方式,电机控制电路14A可以提高当与低额定电压电池组20A1一起使用时的中等额定电压DC电动工具10A2的功率输出,以匹配(或合理地接近)当与中等额定电压电池组20A2一起使用时的中等额定电压DC电动工具10A2的输出水平。在实施例中,低/中等额定电压DC电动工具10A2可以被配置为通过例如电池ID来识别电源的额定电压,并相应地优化电机性能。用于优化(即,提高或降低)有效电机性能的这些方法在本公开中稍后详细讨论。

[0457] 3. 高额定电压DC电动工具

[0458] 参见图1A和图3C,一组高额定电压DC电动工具10A3可以包括无绳(仅DC)高额定(或AC额定)电压电动工具,其具有被配置为在高额定电压和高输出功率(例如,大约1000到1500瓦)处操作的电机。类似于低和中等额定电压DC电动工具10A1,10A2,高额定电压DC电动工具10A3可以包括用于高功率输出应用的各种无绳工具(即,电动工具,户外工具等)。高额定电压DC电动工具10A3可以包括例如与低额定电压和中等额定电压DC电动工具类似类型的工具,例如钻头,圆锯,螺丝刀,往复锯,振荡工具,冲击驱动器,手电筒,串式修剪机,树篱修剪机,割草机,打钉机和/或旋转锤。高额定电压DC电动工具还可以或替代地包括需要较高功率或容量的其它类型的工具,例如斜切锯,链锯,锤钻,研磨机和压缩机。

[0459] 类似于低和中等额定电压DC电动工具10A1,10A2,高额定电压DC电动工具10A3每个都包括电机12A、电机控制电路14A和电池组接口16A,所述电池组接口16A被配置为从一起具有与电动工具10A的额定电压相对应的高额定电压的一个或多个DC电池组电源20A来实现操作。类似于上面参照图3A描述的电机12A,电机12A可以是任何有刷或无刷DC电机,包括但不限于永磁无刷DC电机(BLDC)、永磁DC有刷电机(PMDC)、通用电机等。类似于电机控制电路14A可以包括具有被布置在电源和电机12A之间的一个或多个电开关(未示出)的功率单元18A。电开关可以是机电on/off(开/关)开关,功率半导体器件(例如,二极管,FET,BJT,IGBT等)或其组合。在实施例中,电机控制电路14A还可以包括控制单元11。控制单元11可以被布置为控制功率单元18A中的电开关的切换操作。电机控制电路14A可以以固定速度或变速控制电机12A。在实施例中,控制单元11可以包括被配置为控制电开关的栅极的微控制器或类似的可编程模块。附加地或替代地,控制单元11可以被配置为监控和管理DC电池组电源20A的操作。附加地或替代地,控制单元11可以被配置为监控和管理各种工具操作和状况。

[0460] 参见图3C,高额定电压DC电动工具10A3可以由在电池组接口(或电池插座)16A中接收的单个DC电池组电源20A供电。在实施例中,DC电池组电源20A可以是具有与高额定电压DC电动工具10A3的额定电压相对应的高额定电压(例如120V)的高额定电压电池组20A3。

[0461] 参见图3C,在替代实施例中,高额定电压DC电动工具10A3的电池组接口16A可以包括在给定时间接收两个或更多个DC电池组电源20A的两个或更多个电池插座16A1,16A2。在

实施例中,高额定电压DC电动工具10A3可以由一起被接收在电池插座216A1,216A2中的一对DC电池组电源20A供电。在该实施例中,电池组接口16A还可以包括被配置为串联连接两个DC电池组电源20A的切换单元(未示出)。切换单元可以例如包括被提供在电池组接口16A内或在电机控制电路14A内的电路。可替代地,DC电池组电源20A可以是经由切换单元120-10串联连接的中等额定电压电池组20A2,以便类似地输出高额定电压(例如,对于组合额定电压120V,串联连接两个60V电池组)。在另一个实施例中,单个高额定电压电池组20A3可以被耦合到电池插座中的一个,以提供120V的额定电压。例如,高额定电压DC电动工具10A2可以具有60V的额定电压,并且可以由两个60V中等额定电压电池组20A2或者由处于其60V配置中的两个20V/60V可转换电池组20A4来供电。120V的电动工具额定电压本身可以是用于102V-120V的更宽额定电压范围的速记,其可以包括例如102V-120V的操作范围,所述操作范围包括了两个中等额定电压电池组的操作范围。

[0462] 在实施例中,在无绳电动工具电池插座16A中接收的电池组的总额定电压可以对应于无绳DC电动工具10A自身的额定电压。然而,在其它实施例中,高额定电压无绳DC电动工具10A3可以附加地使用一个或多个DC电池组电源20A操作,其一起具有比高额定无绳DC电动工具10A3中的电机12A和电机控制电路14A的额定电压更低的额定电压。在后一种情况下,无绳DC电动工具10A可以说具有与高额定电压DC电动工具10A3将接受的DC电池组电源20A的额定电压相对应的多个额定电压。例如,如果高额定电压DC电动工具10A3能够使用高额定电压电池组20A3或中等额定电压电池组20A2(例如,60V/120V,60-120V电动工具,80V/120V或80-120V电动工具)操作,则高额定电压DC电动工具10A3可以是中等/高额定电压DC电动工具,其能够替代地由多个低额定电压电池组20A1(例如,20V电池组)、一个或多个中等额定电压电池组20A2(例如,60V电池组)、一个高额定电压电池组20A3或一个或多个可转换电池组20A4供电。用户可以混合和匹配任何DC电池组电源20A,以与高额定电压DC电动工具10A3一起使用。

[0463] 为了使高额定电压DC电动工具10A3(其如所讨论的可以被优化成在高功率和高电压额定值处工作)中的电机可接受地与具有总电压额定值小于电机的电压额定值的DC电源一起工作,电机控制电路14A可以被配置为基于低额定电压DC电池组20A1的额定电压来优化电机性能。如上面简要讨论并且在本公开中稍后详细讨论的,这可以通过将来自电源的有效电机性能优化(即,提高或降低)到对应于高额定电压DC电动工具10A3的操作电压范围(或电压额定值)的水平来完成。

[0464] 在替代或附加的实施例(未示出)中,可以提供AC/DC适配器,其将AC电源耦合到电池组接口16A,并将来自AC电源的AC功率转换成可比较额定电压的DC信号以通过电池组接口16A向高额定电压DC电动工具10A3提供高额定电压DC电源。

[0465] 4. 高(AC)额定电压AC/DC电动工具

[0466] 参见图1A和图4,有绳/无绳(AC/DC)电动工具10B每一个都具有AC/DC电源接口16,其具有耦合到电机控制电路14B的DC线路输入DC+/- (16A),AC线路输入ACH,ACL (16B)和通信线路(COMM)。AC/DC电源接口16被配置为耦合到DC电池组电源20A和AC电源20B中的一个或多个的工具接口。DC电池组电源20A可以具有DC功率输入/输出+端子,DC功率输入/输出-端子和通信(COMM)端子,其可以耦合到AC/DC电动工具10B中的AC/DC电源接口16中的DC+/-线路输入和通信线路(COMM)。DC电池组电源20A的DC功率输入/输出+端子,DC功率输入/输

出-端子和COMM(通信)端子也可以能够将DC电池组电源20A耦合到电池组充电器30的电池组接口16A,如上所述。AC电源20B可以通过AC功率H和AC功率L端子或线路以及通过COMM(通信)端子或线路耦合到AC/DC电动工具10B中的电源接口16B的ACH,ACL和/或COMM(通信)端子。在每个AC/DC电动工具10B中,电机控制电路14B和电机12B被设计成针对电动工具的和电源的给定额定电压而优化电机的性能。

[0467] 如下面进一步讨论的,电机12B可以是有刷电机或无刷电机,诸如永磁无刷DC电机(BLDC),永磁DC有刷电机(PMDC)或通用电机。电机控制电路14B可以实现恒速操作或变速操作,并且取决于速度控制和电机的类型,可以包括不同的功率切换和控制电路,如下面更详细地描述的。

[0468] 在示例性实施例中,AC/DC电源接口16可以被配置为包括单个电池组接口(例如电池组插座)16A和AC电源接口16B(例如,接收在工具壳体中的AC电力电缆)。此实施例中的电机控制电路14B可以被配置为在AC电源20B和DC电池组电源20A之间选择性地切换。在该实施例中,DC电池组电源20A可以是高额定电压电池组20A3,其具有与AC/DC电动工具10B的额定电压和/或AC电源20B的额定电压相对应的高额定电压(例如120V)。电机控制单元14B可以被配置为例如当它感测到来自AC电源20B的电流时默认地从AC电源20B供应AC功率,否则从DC电池组电源20A供应功率。

[0469] 参见图114-图117,在另一示例性实施例中,AC/DC电源接口16可以被配置为除了AC电源接口16B之外还包括一对电池接口16A,比如两个电池插座16A1,16A2。这种布置允许AC/DC电动工具10B由多于一个的DC电池组电源20A供电,DC电池组电源20A在串联连接时一起具有与市电电源的AC额定电压相对应的高额定电压。在该实施例中,AC/DC电动工具10B可以由被接收在电池插座16A1,16A2中的一对DC电池组电源20A供电。在实施例中,切换单元可以被提供并被配置为串联连接两个DC电池组电源20A。这种切换单元可以例如包括提供在AC/DC电源接口16中的连接电池插座16A1,16A2的简单的导线连接。可替代地,这种切换单元可以作为电机控制电路14B的一部分而被提供。

[0470] 在该实施例中,DC电池组电源20A可以通过切换单元串联连接以类似地输出高额定电压的两个中等额定电压电池组20A2(例如,对于120V的组合额定电压,串联连接两个60V电池组)。参见图116,在另一示例性实施例中,单个高额定电压电池组20A3可以被耦合到电池插座16A2中的一个,以提供120V的额定电压,并且另一个电池插座16A1可以保持未被使用。在该实施例中,电机控制电路14B可以被配置为选择AC电源20B或组合DC电池组电源20A中的一个以用于向电机12B供电。

[0471] 在这些实施例中,在AC/DC电动工具电池组插座16A中接收的DC电池组电源20A的总额定电压可以对应于AC/DC电动工具10B的额定电压水平,其通常对应于AC市电电源20B的额定电压。如前所述,用于高额定电压DC电动工具10A3或AC/DC电动工具10B的电源20是高额定电压市电AC电源20B。例如,AC/DC电动工具10A2可以具有120V的额定电压,并且可以能够由120VAC AC市电电源或由处于其60V配置中并且串联连接的两个20V/60V可转换电池组20A4来供电。120V的电动工具额定电压可以是例如100V-120V的更宽额定电压的速记,其包括电动工具的操作范围和两个中等额定电压电池组的操作范围。在一个实现中,120V的电动工具额定电压可以是90V-132V的甚至更宽的操作范围的速记,其包括所有北美和日本提供的AC电源(例如,100VAC,110VAC,120VAC)和两个中等额定电压电池组(例如102VDC-

120VDC)的整个操作范围,其具有 $\pm 10\%$ 的误差因数,以应对AC市电电源的电压中的变化)。

[0472] 在其它实施例中,AC/DC电动工具10B可以附加地使用一个或多个DC电池组电源20A来操作,所述多个DC电池组电源20A一起具有低于AC市电电源的AC额定电压的额定电压,并且小于电机12A和电机控制电路14A的电压额定值。在该实施例中,AC/DC电动工具10B可以说具有与AC/DC电动工具10B将接受的AC电源20B和DC电池组电源20A的额定电压相对应的多个额定电压。例如,如果AC/DC电动工具10B能够使用中等额定电压电池组20A2或高额定电压AC电源20B(例如,60V/120V或60-120V或60VDC/120VAC)来操作,则AC/DC电动工具10B是中等/高额定电动工具。根据该实施例,可以给予用户混合和匹配任何DC电池组电源20A的能力,以用于与AC/DC电动工具10B一起使用。例如,AC/DC电动工具10B可以能够与通过切换单元串联连接以输出40V至80V之间的额定电压的两个低额定电压组20A1(例如,20V,30V或40V组)一起使用。在另一示例中,AC/DC电动工具10B可以与总额定电压在80V至100V之间的低额定电压电池组20A1和中等额定电压电池组20A2一起使用。

[0473] 为了使AC/DC电动工具10B(其如上所讨论的被优化成在高输出功率和高电压额定值处工作)中的电机12B可接受地与总电压额定值小于工具的高电压额定值的DC电池组电源(例如,如上所讨论的,在40V至100V的范围内)一起工作,电机控制电路14B可以被配置为基于DC电池组电源20A的额定电压来优化电机性能。如上面简要讨论并且在本公开中稍后详细讨论的,这可以通过将来自电源的有效电机性能优化(即,提高或降低)到对应于高额定电压DC电动工具10A3的操作电压范围(或电压额定值)的水平来完成。

[0474] II.AC/DC电动工具和电机控制器

[0475] 参见图1A和图5A,高额定电压AC/DC电动工具10B可以基于电机的类型来分类,即具有有刷电机的高额定电压AC/DC电动工具122和具有无刷电机的高额定电压AC/DC电动工具128。还参见图5B,具有有刷电机的AC额定电压AC/DC电动工具122可以基于速度控制和电机类型进一步分类为四个子集:具有通用电机的恒速AC/DC电动工具123,具有通用电机的变速AC/DC电动工具124,具有DC有刷电机的恒速AC/DC电动工具125以及具有通用电机的变速AC/DC电动工具126。下面更详细地讨论这些高额定电压AC/DC电动工具的各种组和子集。

[0476] 在随后的图5A-图15E中,电动工具123,124,125,126和128可以各自对应于图4中所描绘的电动工具10B。类似地,在随后的图5A-图15E中,电机123-2,124-2,125-2,126-2和202可以各自对应于图4中的电机12B;电机控制电路123-4,124-4,125-4,126-4和204可以各自对应于图4中的电机控制电路14B;功率单元123-6,124-6,125-6,126-6和206可以各自对应于图4中的功率单元18B;控制单元123-8,124-8,125-8,126-8和208可以各自对应于图4中的控制单元11B;并且电源接口123-5,124-5,125-5,126-5和128-5可以各自对应于图4中的电源接口16B。

[0477] A.具有通用电机的恒速AC/DC电动工具

[0478] 现在转到图6A-图6D,具有有刷电机的AC/DC电动工具122的第一子集包括具有通用电机的恒速AC/DC电动工具123(在本文中被称为恒速通用电机工具123)。这些包括在空载(或恒定负载)下以恒定速度操作的有绳/无绳(AC/DC)电动工具,并且包括被配置为在高额定电压(例如,100V至120V或更宽的90V至132V)和高功率(例如,1500至2500瓦)处操作的有刷通用电机123-2。通用电机是具有定子场线圈和串联连接到场线圈的换向器的串联电机。通用电机以这种方式可以与DC电源以及AC电源一起操作。在实施例中,恒速通用电机工

具123可以包括用于高功率应用的高电动工具,比如混凝土锤,斜切锯,台锯,吸尘器,鼓风机和割草机等。

[0479] 在实施例中,恒速通用电机工具123包括在空载下以恒定速度操作通用电机123-2的电机控制电路123-4。电动工具123还包括电源接口123-5,其被布置成从上述DC电源和/或AC电源中的一个或多个接收电力。电源接口123-5通过DC电源线DC+和DC- (用于从DC电源递送功率) 和AC电源线ACH和ACL (用于从AC电源递送功率) 电气耦合到电机控制电路123-4。

[0480] 在实施例中,电机控制电路123-4可以包括功率单元123-6。在实施例中,功率单元123-6包括机电ON/OFF开关123-12。在实施例中,工具123包括耦合到ON/OFF开关123-12的ON/OFF触发器或致动器(未示出),使得用户能够打开或关闭电机123-2。ON/OFF开关123-12与电源串联提供,以电气连接或断开从电源接口123-5到电机123-2的功率供应。

[0481] 参见图6A,根据实施例描绘了恒速通用电机工具123,其中ACH和DC+电源线在公共正节点123-11a处耦合在一起,并且ACL和DC-电源线在公共负节点123-11b处耦合在一起。在该实施例中,ON/OFF开关123-12被布置在正公共节点123-11a和电机123-2之间。在实施例中,为了确保在任何给定时间仅使用AC或DC电源中的一个,可以利用机械锁定。在示例性实施例中,机械锁定可以在任何给定时间物理地阻挡对AC或DC电源中的一个的访问。

[0482] 另外,如图6A所示,恒速通用电机工具123可进一步提供有控制单元123-8。在实施例中,控制单元123-8可以耦合到电开关123-13,所述电开关123-13被布置在电源接口123-5的DC+电源线和ON/OFF开关123-12之间的电源单元123-6内。在实施例中,可以提供控制单元123-8以监控电动工具123和/或电池状况。在实施例中,控制单元123-8可以耦合到工具123的元件,比如工具内的热敏电阻。在实施例中,控制单元123-8还可以经由从电源接口123-5提供的通信信号线COMM耦合到电池组。COMM信号线可以向控制单元123-8提供与电池组的操作或状况有关的控制或信息信号。在实施例中,控制单元123-8可以被配置为:如果检测到工具故障状况(例如,工具过温,工具过电流等)或电池故障状况(例如,电池过温,电池过电流,电池过电压,电池欠电压等),则使用电开关123-13切断来自电源接口123-5的DC+电源线的功率。在实施例中,电开关123-13可以包括由控制单元123-8控制的FET或其他可控开关。

[0483] 图6B-图6D描绘了根据替代实施例的恒速通用电机工具123,其中DC电源线DC+/DC-和AC电源线ACH/ACL经由电源切换单元123-15而被隔离,以确保功率不能同时从AC电源和DC电源两者供应(即使电源接口123-5耦合到AC电源和DC电源两者)。

[0484] 在一个实施例中,如图6B所示,电源切换单元123-15可以包括被布置在DC电源线DC+和ON/OFF开关123-12之间的常闭单刀单掷继电器,其中线圈耦合到AC电源线ACH和ACL。ACH电源线和电源切换单元123-15的输出共同耦合到电开关123-13。当没有供应AC功率时,继电器是不活动的,并且DC电源线DC+被耦合到电开关123-13。当供应AC功率时,线圈被通电并且继电器变成活动的,从而将DC电源线DC+与电开关123-13断开。

[0485] 在替代或附加的实施例中,如图6C所示,电源切换单元123-15可以包括具有耦合到电源接口123-5的DC+和ACH电源线的输入端子和共同耦合到电开关123-13的输出端子的双刀双掷开关123-16。在实施例中,提供第二双刀双掷开关123-17,其具有耦合到电源接口123-5的负DC-和ACL电源线的输入端子和共同耦合到电机123-2的负端子的输出端子。在实施例中,开关123-16和123-17可以通过类似于图6的继电器线圈来控制。可替代地,开关

123-16和123-17可以通过机械切换机构(例如,提供在电池插座上的移动触点,当电池组被插入电池插座时,所述移动触点闭合开关)来控制。

[0486] 在另一个实施例中,如图6D所示,电源切换单元123-15可以包括单刀双掷开关123-18,其具有耦合到电源接口123-5的DC+和ACH电源线的输入端子,以及耦合到电开关123-13的输出端子。在实施例中,提供第二单刀双掷开关123-19,其具有耦合到电源接口123-5的负DC-和ACL电源线的输入端子,以及耦合到电机123-2的负端子的输出端子。在实施例中,开关123-18和123-19可以通过类似于图6B的继电器线圈来控制。可替代地,开关123-18和123-19可以通过机械切换机构(例如,提供在电池插座上的移动触点,当电池组被插入电池插座时,所述移动触点闭合开关)来控制。

[0487] 必须理解,虽然图6A-图6D中的工具123提供有控制单元123-8和电开关123-13以在工具或电池故障状况的情况下切断功率供应,但是工具123可以被提供为没有控制单元123-8和开关123-13。例如,电池组可以提供有其自己的控制器,以监控其故障状况并管理其操作。

[0488] 1. 具有可比较电压额定值的电源的恒速通用电机工具

[0489] 在上述图6A-图6D中,电动工具123被设计成操作在例如100V至120V(其对应于北美和日本的100VAC至120VAC的AC电源电压范围)或者更宽的90V至132V(其是100至120VAC的AC电源电压范围 $\pm 10\%$)的高额定电压范围以及在高功率(例如,1500至2500瓦)处。具体地,电动工具123的电机123-2和功率单元123-6部件被设计和优化以处理100到120V或更宽的90V到132V的高额定电压。这可以通过选择电压兼容的功率器件、并设计具有适当尺寸和绕组配置的电机以处理高额定电压范围来完成。电机123-2还具有可以等同于、落入或对应于工具123的操作电压或操作电压范围的操作电压或操作电压范围。

[0490] 在实施例中,电源接口123-5被布置成从AC电源提供具有在100至120V范围内的标称电压(例如,在美国为50-60Hz的120VAC或在日本为100VAC)的AC电源线,或从DC电源提供具有在100到120V(例如,108VDC)的范围内的标称电压的DC电源线。换句话说,通过电源接口123-5提供的DC标称电压和AC标称电压二者都对应于(例如,匹配,重叠或落入)电机123-2的操作电压范围(即,高额定电压100V至120V,或更宽的大约90V至132V)。注意,当在AC正弦波形的正半周期上测量时,120VAC的标称电压对应于大约108V的平均电压,这提供了与108VDC功率相等的速度性能。

[0491] 2. 具有不同电压额定值的电源的恒速通用电机工具

[0492] 图6E描绘了根据本发明另一实施例的电动工具123,其中由AC电源提供的功率供应具有与从DC电源提供的标称电压显著不同的标称电压。例如,电源接口123-5的AC电源线(power line)可以提供在100至120V的范围内的标称电压,并且DC电源线可以提供在60V-100V(例如,72VDC或90VDC)的范围内的标称电压。在另一个示例中,AC电源线可以提供在220至240V(例如,在许多欧洲国家中为230V或在许多非洲国家中为220V)的范围内的标称电压,并且DC电源线可以提供在100-120V(例如,108VDC)的范围内的标称电压。

[0493] 操作在显著不同的电压水平处的电动工具电机123-2可以在电动工具性能、特别是电机的旋转速度方面产生显著的差异,其可能是明显的并且在一些情况下对于用户而言不令人满意。同样,提供在电机123-2的操作电压范围之外的电压水平可能损坏电机和相关联的切换部件(switching components)。因此,在本文描述的本发明的实施例中,电机控制

电路123-4被配置为根据AC或DC电源线的标称电压来优化对电机的功率供应(并且因此优化电机性能)123-2,使得不管AC或DC电源线上提供的标称电压如何,电机123-2都以最终用户满意的方式产生基本上均匀的速度和功率性能。

[0494] 在该实施例中,电机123-2可以被设计和配置为操作在包括DC电源线的标称电压的电压范围处。在示例性实施例中,电动工具123可以被设计成操作在例如60V至90V(或更宽的 $\pm 10\%$ 在54V至99V)的电压范围处,该电压范围包括电源接口123-5的DC电源线的标称电压(例如,72VDC或90VDC),但是低于AC电源线的标称电压(例如,220V-240V)。在另一示例性实施例中,电机123-2可以被设计成操作在100V至120V(或更宽的 $\pm 10\%$ 在90V至132V)的电压范围处,该电压范围包括电源接口123-5的DC电源线的标称电压(例如,108VDC),但是低于AC电源线的220-240V的标称电压范围。

[0495] 在实施例中,为了工具123操作在AC电源线的较高标称电压处,工具123还提供有相位控制的AC开关123-16。在实施例中,AC开关123-16可以包括由控制单元123-8控制的三端双向可控硅开关或SRC开关。在实施例中,控制单元123-8可以被配置为设置与工具123的操作电压相对应的AC开关123-16的固定导带(conductin band)(或触发角firing angle)。

[0496] 例如,对于具有操作电压范围为60V至100V但接收具有100V-120V标称电压的AC功率的电机123-2的工具123,AC开关123-16的导带可以被设置为在100至140度的范围内的值,例如,大约120度。在该示例中,AC开关123-16的触发角可以被设置为60度。通过将触发角设置为大约60度,提供给电机的AC电压将大约处在70-90V的范围内,其对应于工具123的操作电压。以这种方式,控制单元123-8优化了向电机123-2的功率供应。

[0497] 在另一示例中,对于具有操作电压范围为100至120V但接收具有220-240V标称电压的AC功率的电机123-2的工具123,AC开关123-16的导带可以被设置为70至110度的范围内的值,例如大约90度。在该示例中,AC开关123-16的触发角可以被设置为90度。通过将触发角设置为90度,提供给电机的AC电压将大约在100-120V的范围内,其对应于工具123的操作电压。

[0498] 以这种方式,电机控制电路123-4根据AC或DC电源线的标称电压来优化向电机123-2的功率供应,使得不管在AC或DC电源线上提供的标称电压如何,电机123-2都以最终用户令人满意的方式产生基本上均匀的速度和功率性能。

[0499] B. 具有通用电机的变速AC/DC电动工具

[0500] 现在转到图7A-图7H所示,具有有刷电机的AC/DC电动工具122的第二子集包括具有通用电机的变速AC/DC电动工具124(在本文中也称为变速通用电机工具124)。这些包括在空载下以变速进行操作的有绳/无绳(AC/DC)电动工具,并且包括被配置为操作在高额定电压(例如100V至120V,更宽的90V至132V)和高功率(例如,1500至2500瓦)处的有刷通用电机124-2。如上所讨论,通用电机是具有定子场线圈和串联连接到场线圈的换向器的串联电机(series-wound motor)。通用电机以这种方式可以与DC电源以及AC电源一起操作。在实施例中,变速通用电机工具124可以包括具有变速控制的高电动工具,比如混凝土钻,锤,研磨机,锯等。

[0501] 在实施例中,变速通用电机工具124提供有变速致动器(未示出),例如触发开关,触摸传感开关,电容开关,陀螺仪或者其它可由用户接合的变速输入机构(未示出)。在实施例中,变速致动器耦合到或包括电位计或用于产生指示电机124-2的期望速度的变速信号

(例如,可变电压信号,可变电流信号等)的其它电路。在实施例中,变速通用电机工具124可以附加地提供有使得用户能够启动电机124-2的ON/OFF触发器或致动器(未示出)。可替代地,功能上可以将ON/OFF触发器并入变速致动器(即,没有单独的ON/OFF致动器)中,使得用户对变速触发器的初始致动用于启动电机124-2。

[0502] 在实施例中,变速通用电机工具124包括在空载或恒定负载下以变速操作通用电机124-2的电机控制电路124-4。电动工具124还包括被布置为从一个或多个上述DC电源和/或AC电源接收功率的电源接口124-5。电源接口124-5通过DC电源线DC+和DC- (用于从DC电源递送功率)以及通过AC电源线ACH和ACL (用于从AC电源递送功率)被电气耦合到电机控制电路124-4。

[0503] 在实施例中,电机控制电路124-4可以包括功率单元124-6。在实施例中,功率单元124-6可以包括被布置在DC电源线DC+/DC-和电机124-2之间的DC开关电路124-14,以及被布置在AC电源线ACH/ACL和电机124-2之间的AC开关电路124-16。在实施例中,DC开关电路124-14可以包括被布置为可切换地从DC电源线DC+/DC-向电机124-2提供功率的一个或多个功率半导体器件(例如,二极管,FET,BJT,IGBT等)。在实施例中,AC开关124-16可以包括被布置为可切换地从AC电源线ACH/ACL向电机124-2提供功率的相位控制AC开关(例如,三端双向可控硅开关元件,SCR,晶闸管等)。

[0504] 在实施例中,电机控制电路124-4还可以包括控制单元124-8。控制单元124-8可以被布置为控制DC开关电路124-14和AC开关124-16的切换操作。在实施例中,控制单元124-8可以包括被配置为控制电开关的栅极的微控制器或类似的可编程模块。在实施例中,控制单元124-8被配置为控制DC开关电路124-14中的一个或多个半导体开关的PWM占空比,以便当正在通过DC电源线DC+/DC-从一个或多个电池组供应功率时基于来自变速致动器的速度信号来控制电机124-2的速度。类似地,控制单元124-8被配置为控制AC开关124-16的触发角(或导通角),以便当正在通过AC电源线ACH/ACL从AC电源供应功率时基于来自变速致动器的速度信号来控制电机124-2的速度。

[0505] 在实施例中,控制单元124-8还可以经由从电源接口124-5提供的通信信号线COMM而耦合到电池组。COMM信号线可以向控制单元124-8提供与电池组的操作或状况有关的控制或信息信号。在实施例中,控制单元124-8可以被配置为:如果检测到电池故障状况(例如,电池过温,电池过电流,电池过电压,电池欠电压等),则使用DC开关电路124-14切断来自电源接口124-5的DC输出线的功率。控制单元124-8还可以被配置为:如果检测到工具故障状况(例如,工具过温,工具过电流等),则使用DC开关电路124-14和/或AC开关124-16切断来自电源接口124-5的AC或DC输出线的功率。

[0506] 在实施例中,功率单元124-6可以进一步提供有耦合到上面讨论的ON/OFF触发器或致动器的机电ON/OFF开关124-12。ON/OFF开关简单地连接或断开从电源接口124-5到电机124-2的功率供应。可替代地,控制单元124-8可以被配置为停用DC开关电路124-14和AC开关124-16,直到它检测到ON/OFF触发器或致动器的用户致动(或者如果ON/OFF触发器在功能上被并入到变速致动器中则是指变速致动器的初始致动器)。控制单元124-8然后可以经由DC开关电路124-14或AC开关124-16开始操作电机124-2。以这种方式,功率单元124-6可以在没有机电ON/OFF开关124-12的情况下操作。

[0507] 参见图7A,根据一个实施例描绘了变速通用电机工具124,其中ACH和DC+电源线在

公共正节点 (common positive node) 124-11a 处被耦合在一起, 并且 ACL 和 DC-电源线在公共负节点 (common negative node) 124-11b 处被耦合在一起。在该实施例中, ON/OFF 开关 124-12 被布置在正公共节点 124-11a 和电机 124-2 之间。为了确保在任何给定时间仅使用 AC 或 DC 电源中的一个, 在实施例中, 控制单元 124-8 可以被配置为在任何给定时间仅激活 DC 开关电路 124-14 和 AC 开关 124-16 中的一个。

[0508] 在另一实施例中, 作为冗余措施并且为了将漏电最小化, 可以利用机械锁定。在示例性实施例中, 机械锁定可以在任何给定时间物理地阻挡对 AC 或 DC 电源的访问。

[0509] 图 7B 描绘了根据替代实施例的变速通用电机工具 124, 其中 DC 电源线 DC+/DC- 和 AC 电源线 ACH/ACL 经由电源切换单元 124-15 而被隔离, 以确保功率不能同时从 AC 电源和 DC 电源两者供应 (即使电源接口 124-5 耦合到 AC 电源和 DC 电源两者)。切换单元 124-15 可以被配置为包括继电器, 单刀双掷开关, 双刀双掷开关或其组合, 如参考图 6B 至图 6D 所示出和所描述的。应当理解, 虽然图 7B 中的功率切换单元 124-15 被描绘位于一侧上的电源接口 124-5 与在另一侧上的 DC 开关电路 124-14 和 AC 开关 124-16 之间, 但是电源切换单元 124-15 可以可替代地被提供在一侧上的 DC 开关电路 124-14 和 AC 开关 124-16 与在另一侧上的电机 124-2 之间, 这取决于在电源切换单元 124-15 中使用的切换布置。

[0510] 如上所述, DC 开关电路 124-14 可以包括一个或多个半导体器件的组合。图 7C 至图 7E 描绘了 DC 开关电路 124-14 的各种布置和实施例。在图 7C 所示的一个实施例中, 在所谓的斩波电路 (chopper circuit) 中使用 FET 和二极管的组合, 并且控制单元 124-8 (经由未示出的栅极驱动器) 驱动 FET 的栅极以控制电机 124-2 的 PWM 占空比 (duty cycle)。在另一个实施例中, 如图 7D 所示, 两个 FET 的组合被串联使用 (即, 半桥)。在这种情况下, 控制单元 124-8 可以驱动栅极或一个或两个 FET (即, 单开关 PWM 控制或具有同步整流的 PWM 控制)。在另一个实施例中, 如图 7E 所示, 四个 FET 的组合被用作 H 桥 (全桥)。在这种情况下, 控制单元 124-8 可以驱动栅极或两个或四个 FET (即, 没有或具有同步整流) 与从零到全速的电机的期望速度相关的从 0% 到 100% PWM 占空比。注意, 可以使用诸如 BJT, IGBT 等之类的任何类型的可控半导体器件来代替这些图中所示出的 FET。对于这些电路和相关联的 PWM 控制机构的详细描述, 参考题为 “Electronic Switch Module for a Power Tool” 的美国专利 No. 8, 446, 120, 其通过引用整体被并入本文。

[0511] 再次参见图 7A 和图 7B, AC 开关 124-16 可以包括串联布置在 AC 电源线 ACH 和/或 AC 电源线 ACL 上的诸如三端双向可控硅开关, SCR, 晶闸管等等之类的相位控制的 AC 电开关。在实施例中, 控制单元 124-8 通过以相对于 AC 电流或电压波形的过零点的周期性间隔打开和关闭电机电流来控制电机的速度。控制单元 124-8 可以在与从零到全速的电机的期望速度相关的每个 AC 半周期内以 0 至 180 度之间的导通角度触发 (fire) AC 开关 124-16。例如, 如果期望的电机速度是全速的 50%, 则控制单元 124-8 可以以 90 度触发 AC 开关 124-16, 90 度是半周期的中点。优选地, 使得这种周期性间隔与原始 AC 波形同步地发生。导通角确定 AC 波形内 AC 开关 124-16 被触发即接通的点, 从而将电能递送到电机 124-2。AC 开关 124-16 在所选周期结束时 -- 即在 AC 波形的过零点处 -- 关闭。因此, 从 AC 开关 124-16 被触发的点到过零点测量导通角。对于电动工具中的三端双向可控硅开关或其它相位控制的 AC 开关的相位控制的详细描述, 参考标题为 “Universal Control Module” 的美国专利 No. 8, 657, 031, 标题为 “Generic Motor Control” 的美国专利 No. 7, 834, 566, 以及标题为 “Sensorless Universal

Motor Speed Controller”的美国专利No.5,986,417,其全部内容通过引用并入本文。

[0512] 如所讨论的,控制单元124-8控制DC开关电路124-14和AC开关124-16二者的切换操作。当工具124耦合到AC电源时,控制单元124-8可以感测通过AC电源线ACH/ACL的电流,并且设置其操作模式以控制AC开关124-16。在实施例中,当工具124耦合到DC电源时,控制单元124-8可以感测到AC电源线ACH/ACL上的过零点的缺乏并且改变其操作模式以控制DC开关电路124-14。注意,控制单元124-8可以以各种方式设置其操作模式,例如通过感测来自COMM信号线的信号,通过感测DC电源线DC+/DC-上的电压等等。

[0513] 1.集成电开关/二极管桥

[0514] 现在参见图7F-图7H,根据替代实施例描述了变速通用电机工具124,其中电源接口124-5的AC和DC电源线耦合到集成AC/DC电开关电路124-18。

[0515] 如图7G和图7H所示,集成AC/DC电开关电路124-18包括嵌套在由二极管D1-D4构成的二极管桥内的半导体开关Q1。半导体开关Q1可以是如图7H所示的场效应晶体管(FET),或者如图7G所示的绝缘栅双极晶体管(IGBT)。半导体开关Q1一端被配置在D1和D3之间,另一端被配置在D2和D4之间。线路输入DC+和ACH共同耦合到D1和D4之间的二极管桥的节点。正电机端子M+耦合到D2和D3之间的二极管桥的节点。

[0516] 当工具124耦合到DC电源时,在实施例中,控制单元124-8将其操作模式设置为DC模式,如上所讨论的。在该模式中,控制单元124-8通过PWM技术控制半导体开关Q1——即通过将开关Q1接通和断开以提供脉冲电压——以控制电机速度。PWM占空比或PWM信号中的ON(接通)和OFF(断开)周期的比率是根据电机的期望速度来选择。

[0517] 当工具124耦合到AC电源时,在实施例中,控制单元124-8将其操作模式设置为AC,如上所讨论的。在该模式中,控制单元124-8以类似于诸如三端双向可控硅开关之类的相位控制开关的切换操作的方式控制半导体开关Q1。具体地,开关Q1由控制单元124-8相应于AC半周期的点而被接通,其中三端双向可控硅开关通常被触发。控制单元124-8继续保持开关Q1接通,直到达到表示AC半周期的结束的过零点。在那一点处,控制单元124-8相应于电流过零点使开关Q1断开。以这种方式,控制单元124-8通过在每个半周期内接通开关Q1来根据电机的期望速度控制每个AC半周期的导通角从而控制电机的速度。

[0518] 当通过DC电源线DC+/DC-提供功率时,电流流过D1-Q1-D2进入电机124-2。如上所提及,控制单元124-8通过控制开关Q1的PWM占空比来控制电机的速度。当通过AC电源线ACH/ACL提供功率时,电流在每个正半周期期间流过D1-Q1-D2,并且在每个负半周期期间流过D3-Q1-D4。因此,二极管桥D1-D4用于对通过开关Q1的AC功率进行整流,但是其不对通过电机端子M+/M-的AC功率进行整流。如上所提及,控制单元124-8通过经由开关Q1控制每个半周期的导带来控制电机的速度。

[0519] 注意,在实施例中,控制单元124-8可以在AC和DC操作模式中均对开关Q1执行PWM控制。具体地,代替在每个半周期内控制AC线的导带,控制单元124-8可以选择PWM占空比并使用上面讨论的PWM技术来控制电机的速度。

[0520] 取决于电机124-2的尺寸和性质,电机124-2可以具有相对于AC线电流稍微延迟的感应电流。在AC操作模式中,允许该电流在每个AC半周期结束时——即在每个电压过零之后——衰减到零。然而,在DC操作模式中,期望为电机124-2的感应电流提供电流路径。因此,根据实施例,进一步提供续流开关Q2和续流二极管D5,与电机124-2并联,以在Q1已经断

开时为流过电机124-2的感应电流提供路径。在实施例中,在AC操作模式中,控制单元124-8被配置为始终保持Q2断开。然而,在DC操作模式中,控制单元124-8被配置为保持续流开关Q2接通。

[0521] 在另一实施例中,控制单元124-8被配置为当开关Q1断开时接通Q2,反之亦然。换句话说,当Q1被脉冲宽度调制时,开关Q1的ON和OFF周期将与开关Q2的OFF和ON周期同步地重合。这确保了Q2/D5的续流电流路径(freewheeling current path)在任何Q1导通周期期间不会使电机124-8短路。

[0522] 通过这种布置,不管电动工具124是连接到AC还是DC电源,都可以控制电机124-2的速度。

[0523] 2. 具有可比较电压额定值的电源的变速通用电机工具

[0524] 如在上面的图7A,图7B和7F中所述,电动工具124被设计为操作在例如100V至120V(对应于100V至120VAC的AC电源电压范围)或更宽的90V至132V(其对应于100至120VAC的AC电源电压范围 $\pm 10\%$)的高额定电压范围和高功率(例如,1500至2500瓦特)处。电机124-2还具有可以等同于、落入或对应于工具124的操作电压或操作电压范围的操作电压或操作电压范围。

[0525] 在实施例中,电源接口124-5被布置为提供具有与从DC电源提供的标称电压显著不同的标称电压的AC电压。例如,电源接口124-5的AC电源线可以提供在100至120V的范围内的标称电压,并且DC电源线可以提供在60V-100V(例如,72VDC或90VDC)的范围内的标称电压。在另一个示例中,AC电源线可以提供在220至240V(例如,在许多欧洲国家中为230V或者在许多非洲国家中为220V)的范围内的标称电压,并且DC电源线可以提供在100-120V(例如,108VDC)的范围内的标称电压。

[0526] 3. 具有不同电压额定值的电源的变速通用电机工具

[0527] 根据本发明的替代实施例,由AC电源提供的电压具有与从DC电源提供的标称电压显著不同的标称电压。例如,电源接口124-5的AC电源线可以提供在100至120V的范围内的标称电压,并且DC电源线可以提供在60V-100V(例如,72VDC或90VDC)的范围内的标称电压。在另一个示例中,AC电源线可以提供在220至240V(例如,在许多欧洲国家中为230V或者在许多非洲国家中为220V)的范围内的标称电压,并且DC电源线可以提供在100-120V(例如,108VDC)的范围内的标称电压。

[0528] 在显著不同的电压水平下操作电动工具电机124-2可能产生在电动工具性能、特别是电机的旋转速度方面的显著差异,其可能是明显的并且在一些情况下对于用户而言不令人满意。同样,提供在电机124-2的操作电压范围之外的电压水平可能损坏电机和相关联的切换部件。因此,在本文描述的本发明的实施例中,电机控制电路124-4被配置为根据AC或DC电源线的标称电压来优化对电机的功率供应(并且因此优化电机性能)124-2,使得不管AC或DC电源线上提供的标称电压如何,电机124-2都以最终用户满意的方式产生基本上均匀的速度和功率性能。

[0529] 在该实施例中,电机124-2可以被设计和配置为操作在包括DC电源线的标称电压的电压范围处。在示例性实施例中,电机124-2可以被设计成操作在例如60V至90V(或更宽的 $\pm 10\%$ 在54V至99V)的电压范围处,该电压范围包括电源接口124-5的DC电源线的标称电压(例如,72VDC或90VDC),但是低于AC电源线的标称电压(例如,220V-240V)。在另一示例性

实施例中,电机124-2可设计成操作在100V至120V(或更宽的 $\pm 10\%$ 在90V至132V)的电压范围处,该电压范围包括电源接口124-5的DC电源线的标称电压(例如,108VDC),但是低于AC电源线的220-240V的标称电压范围。

[0530] 在实施例中,为了电机124-2操作从而以AC电源线的较高标称电压进行操作,控制单元124-8可以被配置为针对相位控制的AC开关124-16设置与工具124的操作电压相对应的固定最大导带。具体地,控制单元124-8可以被配置为设置与工具的最大速度相对应的固定触发角(例如,在100%触发位移处),导致了在最大空载速度处在每个AC半周期内小于180度的导带。这允许控制单元124-8通过有效地减少从AC电源提供给电机124-2的总电压来优化对电机的功率供应。

[0531] 例如,对于具有操作电压范围为60至100V但接收具有100-120V标称电压的AC功率的电机124-2,AC开关124-16的导带可以被设置为最大大约120度。换句话说,AC开关124-16的触发角可以从完全期望速度处的60度(对应于120度导通角)变化到无速度处的180度(对应于0度导通角)。通过将最大触发角设置为大约60度,提供给完全期望速度的电机的AC电压将大约处在70-90V的范围内,其对应于工具124的操作电压。

[0532] 以这种方式,电机控制电路124-4根据AC或DC电源线的标称电压来优化对电机124-2的功率供应,使得不管在AC或DC电源线上提供的标称电压如何,电机124-2都以最终用户满意的方式产生基本上均匀的速度和功率性能。

[0533] C. 具有有刷PMDC电机的恒速AC/DC电动工具

[0534] 现在转到图8A和图8B,具有有刷电机的AC/DC电动工具122的第三子集包括具有永磁DC(PMDC)有刷电机的恒速AC/DC电动工具125(在本文中被称为恒速PMDC工具125),其往往比通用电机更有效率。这些包括在空载(或恒定负载)下以恒定速度操作的有绳/无绳(AC/DC)电动工具,并且包括被配置为在高额定电压(例如100V至120V)和高功率(例如,1500至2500瓦)处操作的PMDC有刷电机125-2。PMDC有刷电机通常包括耦合到换向器的绕线转子和其中固定有永磁体的定子。PMDC电机,顾名思义,只使用DC功率来工作。这是因为定子上的永磁体不改变极性,并且随着AC功率从正半周期改变到负半周期,电刷中的极性改变将电机带入停滞。为此,在实施例中,如图8A和图8B所示,来自AC电源的功率经过整流器电路125-20以转换或去除AC功率的负半周期。在实施例中,整流器电路125-20可以是全波整流器,其被配置为通过将AC功率的负半周期转换为正半周期来对AC电压波形进行整流。可替代地,在实施例中,整流器电路125-20可以是用于消除AC功率的半周期的半波整流器电路。在实施例中,整流器电路125-20可以附加地提供有链路电容器或平滑电容器(未示出)。在实施例中,恒速PMDC电动工具125可以包括用于高功率应用的高电动工具,例如混凝土锤,斜切锯,台锯,吸尘器,鼓风机和割草机等。

[0535] 恒速PMDC电机工具125的许多方面类似于先前参考图6A-图6E所讨论的恒速通用电机工具123的那些方面。在实施例中,恒速PMDC电机工具125包括在空载下以恒定速度操作PMDC电机125-2的电机控制电路125-4。电动工具125还包括被布置为从一个或多个上述DC电源和/或AC电源接收功率的电源接口125-5。电源接口125-5通过DC电源线DC+和DC-(用于从DC电源递送功率)以及通过AC电源线ACH和ACL(用于从AC电源递送功率)电气耦合到电机控制电路125-4。

[0536] 在实施例中,电机控制电路125-4包括功率单元125-6。功率单元125-6可以包括与

电机125-2串联提供并且耦合到ON/OFF触发器或致动器(未示出)的机电ON/OFF开关125-12。附加地和/或替代地,功率单元125可以包括耦合到DC电源线DC+/DC-和耦合到控制单元125-8的电开关125-13。在实施例中,可以提供控制单元125-8以监控电动工具125和/或电池状况。在实施例中,控制单元125-8可以耦合到工具125的元件,比如工具内的热敏电阻。在实施例中,控制单元125-8还可以经由从电源接口125-5提供的通信信号线COMM耦合到电池组。COMM信号线可以向控制单元125-8提供与电池组的操作或状况有关的控制或信息信号。在实施例中,控制单元125-8可以被配置为:如果检测到工具故障状况(例如,工具过温,工具过电流等)或电池故障状况(例如,电池过温,电池过电流,电池过电压,电池欠电压等),则使用电开关125-13切断来自电源接口125-5的DC+电源线的功率。在实施例中,电开关125-13可以包括由控制单元125-8控制的FET或其他可控开关。应当注意,在替代实施例中的电开关125-13可以被提供在一侧上的两个AC电源线ACH/ACL和DC电源线DC+/DC-和另一侧的电机125-2之间,以允许控制单元125-8在工具故障状况的情况下切断AC电源或DC电源的功率。同样在另一个实施例中,恒速PMDC电机工具125可以被提供为没有ON/OFF开关125-12,并且控制单元125-8可以被配置为当NO/OFF触发器或致动器由用户致动时开始激活电开关125-13。换句话说,电开关125-13可以被用于ON/OFF和故障状况控制。注意,在此实施例中,电开关125-13不被用来控制电机125-2的变速控制(例如,PWM控制)。

[0537] 参见图8A,根据一个实施例描绘了恒速PMDC电机工具125,其中DC+电源线和整流器电路125-20的V+输出(其承载整流的ACH电源线)在公共正节点125-11a处耦合在一起,并且DC-电源线和来自整流器电路125-20的Gnd输出(对应于ACL电源线)在公共负节点125-11b处耦合在一起。在此实施例中,ON/OFF开关125-12被布置在正公共节点125-11a和电机125-2之间。在实施例中,为了确保在任何给定时间仅使用AC或DC电源中的一个,可以利用机械锁定。在示例性实施例中,机械锁定可以在任何给定时间物理地阻挡对AC或DC电源中的一个的访问。

[0538] 在图8B中,根据替代实施例描绘了恒速PMDC电机工具125,其中DC电源线DC+/DC-和AC电源线ACH/ACL经由电源切换单元125-15被隔离,以确保功率不能同时从AC电源和DC电源两者供应(即使电源接口125-5耦合到AC电源和DC电源两者)。电源切换单元125-15可以被配置为类似于图6B-图6D中的电源切换单元123-15的任何配置。注意,在替代实施例中,电源切换单元125-15可以被布置在AC电源线ACH/ACL和整流器电路125-20之间。在又一个实施例中,电源切换单元125-15可以被布置在电开关125-13和ON/OFF开关125-12之间。

[0539] 应当理解,虽然图8A和图8B中的工具125提供有控制单元125-8和电开关125-13以在工具或电池故障状况的情况下切断功率供应,但是工具125可以提供为不具有控制单元125-8和电开关125-13。例如,电池组可以设置有其自己的控制器,以监控其故障状况并管理其操作。

[0540] 1. 具有可比较电压额定值的电源的恒速PMDC工具

[0541] 在上述的图8A和图8B中,电动工具125被设计成操作在例如100V至120V(其对应于100V至120VAC的AC电源电压范围),更宽的90V至132V的高额定电压范围(其对应于100至120VAC的AC电源电压范围 $\pm 10\%$)处以及在高功率(例如,1500至2500瓦)处。电机125-2还具有可以等同于、落入或对应于工具125的操作电压或操作电压范围的操作电压或操作电压范围。

[0542] 在实施例中,电源接口125-5被布置为从AC电源提供具有在100至120V范围内的标称电压(例如,在美国为50-60Hz的120VAC或在日本为100VAC)的AC电源线,或从DC电源提供具有在100到120V(例如,108VDC)的范围内的标称电压的DC电源线。换句话说,通过电源接口125-5提供的DC标称电压和AC标称电压二者都对应于(例如,匹配,重叠或落入)电动工具125的操作电压范围(即,高额定电压100V至120V,或更宽的大约90V至132V)。注意,当在AC正弦波形的正半周期上测量时,120VAC的标称电压对应于大约108V的平均电压,这提供了与108VDC功率相等的速度性能。

[0543] 2. 具有不同电压额定值的电源的恒速PMDC工具

[0544] 根据本发明的另一个实施例,由AC电源提供的电压具有与从DC电源提供的标称电压显著不同的标称电压。例如,电源接口125-5的AC电源线可以提供在100至120V的范围内的标称电压,并且DC电源线可以提供在60V-100V(例如,72VDC或90VDC)的范围内的标称电压。在另一示例中,AC电源线可以提供在220至240V范围内的标称电压,并且DC电源线可以提供在100-120V(例如,108VDC)的范围内的标称电压。

[0545] 在显著不同的电压水平处操作电动工具电机125-2可以产生在电动工具性能、特别是电机的旋转速度方面的显著差异,其可能是明显的并且在一些情况下对于用户而言不令人满意。同样,提供在电机125-2的操作电压范围之外的电压水平可能损坏电机和相关的开关部件。因此,在本文描述的本发明的实施例中,电机控制电路125-4被配置为根据AC或DC电源线的标称电压来优化对电机125-2的功率供应(并且因此优化电机性能),使得不管AC或DC电源线上提供的标称电压如何,电机125-2都以最终用户满意的方式产生基本上均匀的速度和功率性能。

[0546] 在该实施例中,电动工具电机125-2可以被设计和配置为操作在包括DC电源线的标称电压的电压范围处。在示例性实施例中,电机125-2可以被设计成操作在例如60V至90V(或更宽的 $\pm 10\%$ 在54V至99V)的电压范围处,该电压范围包括电源接口125-5的DC电源线的标称电压(例如,72VDC或90VDC),但是低于AC电源线的标称电压(例如,220V-240V)。在另一示例性实施例中,电机125-2可以被设计成操作在100V至120V(或更宽的 $\pm 10\%$ 在90V至132V)的电压范围处,该电压范围包括电源接口125-5的DC电源线的标称电压(例如,108VDC),但是低于AC电源线的220-240V的标称电压范围。

[0547] 在实施例中,为了电机125-2操作在AC电源线的较高标称电压处,电机控制电路125-4可以被设计为根据本文所讨论的各种实现来优化对电机125-2的功率供应。

[0548] 在一个实现中,整流器电路125-20可以被提供为半波二极管桥式整流器。如本领域技术人员将认识到的,半波整流波形将具有约为输入AC波形的平均标称电压的一半。因此,在AC电源线的标称电压在220-240V的范围内并且电机125-2被设计为操作在100V至120V的电压范围处的情况下,整流器电路125-20可以被配置为半波整流器,以向电机125-2提供110V至120V的平均标称AC电压,该电压在电动工具125的操作电压范围内。

[0549] 在另一实现中,如图8C所示,整流器电路125-20的V+输出可以被提供为电开关125-13的输入,并且控制单元125-8可以被配置为以与工具125的操作电压相对应的固定占空比对V+信号进行脉冲宽度调制(PWM)。例如,对于具有60至100V操作电压范围但接收具有100-120V的标称电压的AC功率的工具125,当控制单元125-8感测到电源接口125-5的AC电源线上的AC电流时,其以60%至80%(例如,70%)的范围内的固定占空比控制电开关125-

13的PWM切换操作。这导致当从AC电源进行操作时,大约70-90V的电压水平被提供给电机125-2,这对应于工具125的操作电压。

[0550] 在另一实现中,如图8D所示,工具125可以进一步被提供有相位控制的AC开关125-16。在实施例中,AC开关125-16与整流器电路125-20的V+输出串联布置。在实施例中,AC开关125-16可以包括由控制单元125-8控制的三端双向可控硅开关或SRC开关。在实施例中,控制单元125-8可以被配置为对应于工具125的操作电压来设置AC开关125-16的固定导带(或触发角)。例如,对于具有60至100V的操作电压范围但接收具有100-120V的标称电压的AC功率的电机125-2,AC开关125-16的导带可被固定地设置为大约120度。换句话说,AC开关125-16的触发角可以被设置为60度。通过将触发角设置为大约60度,提供给电机125-2的AC电压将大约在70-90V的范围内,这对应于电机125-2的操作电压。在另一示例中,对于具有100至120V的操作电压范围但接收具有220-240V的标称电压的AC功率的电机125-2,AC开关125-16的导带可被固定地设置为大约90度。换句话说,AC开关125-16的触发角可以被设置为90度。通过将触发角设置为90度,提供给电机125-2的AC电压将大约在100-120V的范围内,其对应于电机125-2的操作电压。以这种方式,控制单元125-8优化向电机125-2的功率供应。

[0551] 以这种方式,电机控制电路125-4根据AC或DC电源线的标称电压优化对电机125-2的功率供应,使得不管在AC或DC电源线上提供的标称电压如何,电机125-2都以最终用户满意的方式产生基本上均匀的速度和功率性能。

[0552] D. 具有有刷DC电机的变速AC/DC电动工具

[0553] 现在转到图9A-图9B,具有有刷电机的AC/DC电动工具122的第四子集包括具有PMDC电机的变速AC/DC电动工具126(这里也称为变速PMDC电机工具126)。这些包括在空载下以变速进行操作的有绳/无绳(AC/DC)电动工具,并且包括被配置为操作在高额定电压(例如100至120V)和高功率(例如,1500至2500瓦)处的有刷永磁DC(PMDC)电机126-2。如上所讨论,PMDC有刷电机通常包括耦合到换向器的绕线转子和其中固定有永磁体的定子。PMDC电机,顾名思义,只使用DC功率来工作。这是因为定子上的永磁体不改变极性,并且随着AC功率从正半周期改变到负半周期,电刷中的极性改变将电机带入停滞。为此,在实施例中,如图9A和图9B所示,来自AC电源的功率经过整流器电路126-20以转换或去除AC功率的负半周期。在实施例中,整流器电路126-20可以是AC功率的负半周期转换为正半周期的全波整流器。可替代地,在实施例中,整流器电路126-20可以是消除AC功率的半周期的半波整流器电路。在实施例中,变速PMDC电机工具126可以包括具有变速控制的高电动工具,例如混凝土钻,锤,研磨机,锯等。

[0554] 变速PMDC电机工具126的许多方面类似于先前参考图7A-图7E讨论的变速通用电机工具124的那些方面。在实施例中,变速PMDC电机工具126提供有可由用户接合的变速致动器(未示出,例如触发开关,触摸感测开关,电容开关,陀螺仪或其他变速输入机构)。在实施例中,变速致动器耦合到或包括电位计或用于产生指示电机126-2的期望速度的变速信号(例如,可变电压信号,可变电流信号等)的其它电路。在实施例中,变速PMDC电机工具126可以附加地提供有使得用户能够启动电机126-2的ON/OFF触发器或致动器(未示出)。可替代地,功能上可以将ON/OFF触发器并入变速致动器(即,没有单独的ON/OFF致动器)中,使得用户对变速触发器的初始致动用于启动电机126-2。

[0555] 在实施例中,变速PMDC电机工具126包括在空载或恒定负载下以变速操作PMDC电机126-2的电机控制电路126-4。电动工具126还包括布置为从一个或多个上述DC电源和/或AC电源接收功率的电源接口126-5。电源接口126-5通过DC电源线DC+和DC- (用于从DC电源递送功率) 以及通过AC电源线ACH和ACL (用于从AC电源递送功率) 被电气耦合到电机控制电路126-4。AC电源线ACH和ACL被输入到整流器电路126-20中。

[0556] 由于AC线路经过整流器电路126-20,因此它不再包括负分量,因此在实施例中,不与用于变速控制的相位控制开关一起操作。因此,在实施例中,代替如7A和图7B所示的单独的DC和AC开关电路,电机控制电路126-4提供有PWM切换电路126-14。PWM切换电路可以包括被布置为斩波电路、半桥或H桥的一个或多个功率半导体器件(例如,二极管,FET,BJT,IGBT等)的组合,例如如图7C-图7E所示。

[0557] 在实施例中,电机控制电路126-4还包括控制单元126-8。控制单元126-8可以被布置为控制PWM切换电路126-14的切换操作。在实施例中,控制单元126-8可以包括被配置为控制电开关的栅极的微控制器或类似的可编程模块。在实施例中,控制单元126-8被配置为控制PWM切换电路126-14中的一个或多个半导体开关的PWM占空比,以便控制电机126-2的速度。此外,控制单元126-8可以被配置为监控和管理耦合到电源接口126-5的电动工具或电池组的操作,并且在工具或电池故障状况(例如,电池过温,工具过温,电池过电流,工具过电流,电池过电压,电池欠电压等)的情况下中断到电机126-2的功率。在实施例中,控制单元126-8可以经由从电源接口126-5提供的通信信号线COMM耦合到电池组。COMM信号线可以向控制单元126-6提供与电池组的操作或状况有关的控制或信息信号。在实施例中,如果COMM线指示电池故障或故障状况,则控制单元126-6可以被配置为切断来自电源接口126-5的DC输出线的功率。

[0558] 类似于先前参照7A-图7E讨论的变速通用电机工具124,变速PMDC电机工具126可以进一步提供有耦合到上面讨论的ON/OFF触发器或致动器的机电ON/OFF开关126-12。ON/OFF开关126-12简单地连接或断开从电源到电机126-2的功率供应。可替代地,可以提供没有ON/OFF开关126-12的工具126。在这种情况下,控制单元126-8可以被配置为停用PWM切换电路126-14,直到其检测到ON/OFF触发器或致动器的用户致动(或者如果ON/OFF触发器在功能上被并入到变速致动器中则是变速致动器的初始致动器)。然后,控制单元126-8可以通过激活PWM切换电路126-14中的一个或多个开关来开始操作电机126-2。

[0559] 参见图9A,根据一个实施例描绘了工具126,其中ACH和DC+电源线在公共正节点126-11a处耦合在一起,并且ACL和DC-电源线在公共负节点126-11b处耦合在一起。在该实施例中,ON/OFF开关126-12和PWM切换电路126-14被布置在正公共节点126-11a和电机126-2之间。在实施例中,为了确保在任何给定时间仅使用AC或DC电源中的一个并且使泄漏最小化,可以利用机械锁定(其实施例在下面更详细地讨论)。在示例性实施例中,机械锁定可以在任何给定时间物理地阻挡对AC或DC电源的访问。

[0560] 在图9B中,根据替代实施例描绘了变速PMDC电机工具126,其中DC电源线DC+/DC-和AC电源线ACH/ACL经由电源切换单元126-15彼此隔离,以确保功率不能同时从AC电源和电池组两者供应(即使电源接口耦合到AC电源和DC电源两者)。电源切换单元126-15可以被配置为类似于图6B-图6D中的电源切换单元123-15的任何配置,即继电器,单刀双掷开关,双刀双掷开关或其组合。必须理解,虽然图9B中的电源切换单元126-15被描绘位于整流器

电路126-20和PWM切换电路126-14之间,但是电源切换单元126-15可以直接被提供在电源接口126-5的AC和DC线路输出上。

[0561] 1.具有可比较电压额定值的电源的变速有刷DC工具

[0562] 在上述图9A和图9B中,电动工具126被设计为操作在例如100V至120V(其对应于100V至120VAC的AC电源电压范围)、更宽的90V至132V(其对应于100至120VAC的AC电源电压范围 $\pm 10\%$)的高额定电压范围处以及在高功率(例如,1500至2500瓦)处。具体地,电动工具126的电机126-2和功率单元126-6部件被设计和优化以处理100至120V——优选地90V至132V——的高额定电压。电机126-2还具有可以等同于、落入或对应于工具126的操作电压或操作电压范围的操作电压或操作电压范围。

[0563] 在实施例中,电源接口126-5被布置为从AC电源提供具有在100至120V范围内的标称电压(例如,在美国为50-60Hz的120VAC或在日本为100VAC)的AC电源线,或从DC电源提供具有在100到120V(例如,108VDC)的范围内的标称电压的DC电源线。换句话说,通过电源接口126-5提供的DC标称电压和AC标称电压二者都对应于(例如,匹配,重叠或落入)电动工具126的操作电压范围(即,高额定电压100V至120V,或更宽的大约90V至132V)。注意,当在AC正弦波形的正半周期上测量时,120VAC的标称电压对应于大约108V的平均电压,这提供了与108VDC功率相等的速度性能。

[0564] 2.具有不同电压额定值的电源的变速有刷DC工具

[0565] 根据本发明的另一个实施例,由AC电源提供的电压具有与从DC电源提供的标称电压显著不同的标称电压。例如,电源接口126-5的AC电源线可以提供在100至120V范围内的标称电压,并且DC电源线可以提供在60V-100V(例如,72VDC或90VDC)的范围内的标称电压。在另一示例中,AC电源线可以提供在220至240V范围内的标称电压,并且DC电源线可以提供在100-120V(例如,108VDC)范围内的标称电压。

[0566] 在显著不同的电压水平处操作电动工具电机126-2可以产生在电动工具性能、特别是电机的旋转速度方面的显著差异,其可能是明显的并且在一些情况下对于用户而言不令人满意。同样,提供在电机126-2的操作电压范围之外的电压水平可能损坏电机和相关联的开关部件。因此,在本文描述的本发明的实施例中,电机控制电路126-4被配置为根据AC或DC电源线的标称电压来优化对电机126-2的功率供应(并且因此优化电机性能),使得不管AC或DC电源线上提供的标称电压如何,电机126-2都以最终用户满意的方式产生基本上均匀的速度和功率性能。

[0567] 在该实施例中,电机126-2可以被设计和配置为操作在包括DC电源线的标称电压的电压范围处。在示例性实施例中,电机126-2可以被设计成操作在例如60V至90V(或更广泛地 $\pm 10\%$ 至54V至99V)的电压范围处,该电压范围包括电源接口126-5的DC电源线的标称电压(例如,72VDC或90VDC),但是低于AC电源线的标称电压(例如,220V-240V)。在另一示例性实施例中,电机126-2可以被设计为操作在100V至120V(或更广泛地 $\pm 10\%$ 在90V至132V)的电压范围处,该电压范围包括电源接口126-5的DC电源线的标称电压(例如,108VDC),但是低于AC电源线的220-240V的标称电压范围。

[0568] 为了电机126-2以AC电源线的较高标称电压进行操作,电机控制电路126-4可以被设计成根据本文讨论的各种实现来优化对电机126-2的功率供应。

[0569] 在一个实现中,整流器电路126-20可以被提供为半波二极管桥式整流器。如本领域

域技术人员将认识到的,半波整流波形将具有约为输入AC波形的平均标称电压的一半。因此,在AC电源线的标称电压在220-240V的范围内并且电机126-2被设计为操作在100V至120V的电压范围处的情况下,整流器电路126-20被配置为半波整流器,将向电机126-2提供110-120V的平均标称AC电压,该电压在电机126-2的操作电压范围内。

[0570] 在另一实现中,控制单元126-8可被配置为基于所提供的输入电压而不同地控制PWM切换电路126-14。具体地,控制单元126-8可以被配置为在DC模式中(即,当通过DC+/DC-线路提供功率时)在0至100%的正常占空比范围内对PWM切换电路126-14开关执行PWM,并且在AC模式中(即,当通过ACH/ACL线路供应功率时)在从0到与电机126-2的操作电压相对应的最大阈值的占空比范围内对开关执行PWM。

[0571] 例如,对于具有60至100V的操作电压范围但接收具有100-120V标称电压的AC功率的电机126-2,当控制单元126-8检测到电源接口126-5的AC电源线上的AC电流时,其以从0上至最大阈值(例如,70%)的范围内的占空比控制PWM切换电路126-14的PWM切换操作。在该实施例中,以变速运行,占空比将根据最大阈值占空比来调整。因此,例如,当以半速运行时,PWM切换电路126-14可以以35%的占空比运行。这导致当从AC电源进行操作时,大约70-90V的电压水平被提供给电机126-2,这对应于电机126-2的操作电压。

[0572] 以这种方式,电机控制电路126-4根据AC或DC电源线的标称电压来优化对电机126-2的功率供应,使得不管在AC或DC电源线上提供的标称电压如何,电机126-2都以最终用户满意的方式产生基本上均匀的速度和功率性能。

[0573] E. 具有无刷电机的AC/DC电动工具

[0574] 现在参见图10A-图10C,这里描述了具有无刷电机的AC/DC电动工具组128(这里称为无刷工具128)。在实施例中,这些包括具有无刷DC(BLDC)电机202的恒速或变速AC/DC电动工具,其被电子换向(即,不经由电刷而被换向)并且被配置为操作在高额定电压(例如,100-120V,优选地90V至132V)和高功率(例如,1500至2500瓦)处。本文描述无刷电机可以是三相永磁同步电机,其包括具有永磁体的转子和如下所述的电子换向的绕线定子。定子绕组在本文中指定为与电机202的三相相对应的U,V和W绕组。当电机202(即,定子绕组)的相位被适当地通电时,转子可相对于定子旋转地移动。然而,应当理解,其它类型的无刷电机,比如开关磁阻电机和感应电机,也在本公开的范围之内。还应当理解,BLDC电机202可以包括少于或多于三个相位。对于BLDC电机构造和控制的细节,参考美国专利No.6,538,403,美国专利No.6,975,050,美国专利公开No.2013/0270934,所有这些专利均被转让给Black&Decker公司,并且每一个都通过引用整体并入本文。

[0575] 在实施例中,无刷工具128可以包括用于变速应用的高电动工具,例如混凝土钻,锤,研磨器和往复锯等。无刷工具128还可以包括用于恒速应用的高电动工具,例如混凝土锤,斜切锯,台锯,吸尘器,鼓风机和割草机等。

[0576] 在实施例中,基于来自被布置为提供指示BLDC电机202的期望速度的可变模拟信号(例如,可变电压信号,可变电流信号等)的变速致动器(未示出,例如触发开关,触摸传感开关,电容开关,陀螺仪或可由用户接合的其它可变速度输入机构)的输入,无刷工具128可以在空载(或恒定负载)下以恒定速度操作或者在空载(或恒定负载)下以变速操作。在实施例中,无刷工具128可以附加地提供有使用户能够启动电机202的ON/OFF触发器或致动器(未示出)。可替代地,可以在功能上将ON/OFF触发器并入到变速致动器中(即,没有单独的

ON/OFF致动器),使得用户对变速触发器的初始致动用于启动电机202。

[0577] 在实施例中,无刷工具128包括能够从一个或多个上述DC电源和/或AC电源接收功率的电源接口128-5。电源接口128-5通过DC电源线DC+和DC- (用于从DC电源递送功率) 以及通过AC电源线ACH和ACL (用于从AC电源递送功率) 被电气耦合到电机控制电路204。

[0578] 在实施例中,无刷工具128还包括被布置为控制从电源接口128-5到BLDC电机202的功率供应的电机控制电路204。在实施例中,电机控制电路204包括下面讨论的功率单元206和控制单元208。

[0579] 顾名思义,BLDC电机被设计成与DC功率一起操作。因此,在实施例中,如图10A和图10B所示,在实施例中,功率单元206提供有整流器电路220。在实施例中,来自AC电源线ACH和ACL的功率经过整流器电路220,以转换或去除AC功率的负半周期。在实施例中,整流器电路220可以包括全波桥式二极管整流器222,以将AC功率的负半周期转换为正半周期。可替代地,在实施例中,整流器电路220可以包括用于消除AC功率的半周期的半波整流器。在实施例中,整流器电路220可以进一步包括链路电容器(link capacitor) 224。如在本公开中稍后讨论的,在实施例中,链路电容器224具有相对小的值,并且不平滑全波整流的AC电压,如下所讨论。在实施例中,电容器224是从总线电压去除高频噪声的旁路电容器。

[0580] 在实施例中,功率单元206还可以包括耦合在电源接口128-5和电机绕组之间以驱动BLDC电机202的电开关电路226。在实施例中,电开关电路226可以是包括六个可控半导体功率器件(例如FET,BJT,IGBT等)的三相桥式驱动器电路。

[0581] 图10C描绘了根据实施例的具有三相逆变桥电路的示例性电开关电路226。如本文所示,三相逆变桥电路包括三个高侧FET (high-side FETs) 和三个低侧FET (low-side FETs)。高侧FET的栅极经由驱动信号UH,VH和WH驱动,并且低侧FET的栅极经由驱动信号UL,VL和WL驱动,如下所讨论的。在实施例中,高侧FET的漏极(drains) 耦合到低侧FET的源极(sources),以输出用于驱动BLDC电机202的功率信号PU,PV和PW。

[0582] 回去参见图10A和图10B,控制单元208包括控制器230,栅极驱动器232,电源调节器234和电开关236。在实施例中,控制器230是可编程设备,其被布置为控制电开关电路226中的功率器件的切换操作。在实施例中,控制器230从紧邻电机202转子而提供的一组位置传感器238接收转子旋转位置信号。在实施例中,位置传感器238可以是霍尔传感器。然而,应当注意,可替代地,其他类型的位置传感器可被使用。还应当注意,在没有任何位置传感器情况下,控制器230可以被配置为计算或检测与电机202转子有关的旋转位置信息(在本领域中称为无传感器无刷电机控制)。控制器230还从上面讨论的变速致动器(未示出)接收变速信号。基于来自位置传感器238的转子旋转位置信号和来自变速致动器的变速信号,控制器230通过栅极驱动器232输出驱动信号UH,VH,WH,UL,VL和WL,其提供驱动电开关电路226内的半导体开关的栅极所需的电压水平,以便控制电开关电路226的PWM切换操作。

[0583] 在实施例中,电源调节器234可以包括一个或多个电压调节器,以将来自电源接口128-5的电源降压到与操作控制器230和/或栅极驱动器232兼容的电压水平。在实施例中,电源调节器234可以包括降压转换器和/或线性调节器,以将电源接口128-5的功率电压降低到例如15V以用于为栅极驱动器232供电,以及降低到例如3.2V以用于为控制器230供电。

[0584] 在实施例中,电开关236可以被提供在电源调节器234和栅极驱动器232之间。电开关236可以是耦合到ON/OFF触发器或变速致动器的ON/OFF开关,以允许用户开始操作电机

202,如上所讨论。在该实施例中,电开关236通过切断到栅极驱动器232的功率来禁止向电机202供电。然而,应当注意,电开关236可以被提供在不同的位置,例如在功率单元206内在整流器电路220和电开关电路226之间。还要注意的,在实施例中,可以提供没有ON/OFF开关236的电动工具128,并且当用户启动ON/OFF触发器(或变速致动器)时,控制器230可以被配置为激活电开关电路226中的功率器件。

[0585] 在本发明的实施例中,为了使泄漏最小化并将DC电源线DC+/DC-与AC电源线ACH/ACL隔离,电源切换单元215可以被提供在电源接口128-5和电机控制电路204之间。电源切换单元215可以用于选择性地将电机202耦合到AC或DC电源中的仅一个。切换单元215可以被配置为包括继电器、单刀双掷开关、双刀双掷开关或其组合。

[0586] 在图10A的实施例中,电源切换单元215包括耦合到DC电源线DC+/DC-和AC电源线ACH/ACL的两个双刀单掷开关212,214。开关212包括分别耦合到DC和AC线路的DC+和ACH端子的两个输入端子。类似地,开关214包括分别耦合到DC和AC线路的DC-和ACL端子的两个输入端子。每个开关212,214包括单个输出端子,其耦合到整流器222。

[0587] 在图10B所示的替代实施例中,电源切换单元215包括耦合到DC电源线DC+/DC-和AC电源线ACH/ACL的两个双刀双掷开关216,218。开关216,218包括两个输出端子而不是一个输出端子,这允许DC电源线DC+/DC-绕过整流器222并且直接耦合到电开关电路226的+/-端子。

[0588] 1.具有可比较电压额定值的电源的无刷工具

[0589] 在实施例中,上述电动工具128可以被设计成操作在例如100V至120V(其对应于100V至120VAC的AC电源电压范围)的较高额定电压范围,更宽的90V到132V(其对应于100到120VAC的AC电源电压范围 $\pm 10\%$)和高功率(例如,1500到2500瓦特)处。具体地,BLDC电机202以及功率单元206和控制单元208部件被设计和优化以处理100到120V,优选地90V到132V的高额定电压。电机202还具有可以等同于、落入或对应于工具128的操作电压或操作电压范围的操作电压或操作电压范围。

[0590] 在实施例中,电源接口128-5被布置为从AC电源提供具有在100V至120V范围内的标称电压(例如,在美国为50-60Hz的120VAC或在日本为100VAC)的AC电源线,或从DC电源提供具有在100到120V(例如,108VDC)的范围内的标称电压的DC电源线。换句话说,通过电源接口128-5提供的DC标称电压和AC标称电压二者都对应于彼此(例如,匹配,重叠或落入)和电动工具128的操作电压范围(即,高额定电压100V至120V,或更宽的大约90V至132V)。注意,当在AC正弦波形的正半周期上测量时,120VAC的标称电压对应于大约108V的平均电压,这提供了与108VDC功率相等的速度性能。在实施例中,如下面详细讨论的,链路电容器224被选择为具有从1210VAC电源在DC总线线路上提供小于大约110V的最佳值。在实施例中,链路电容器224可以在一个实施例中小于或等于50 μF ,在一个实施例中小于或等于20 μF ,或者在一个实施例中小于或等于10 μF 。

[0591] 2.具有不同电压额定值的电源的无刷工具

[0592] 根据本发明的替代实施例,由AC电源提供的电压具有与从DC电源提供的标称电压显著不同的标称电压。例如,电源接口128-5的AC电源线可以提供在100至120V范围内的标称电压,并且DC电源线可以提供在60V-100V(例如,72VDC或90VDC)的范围内的标称电压。在另一示例中,AC电源线可以提供在220至240V范围内的标称电压,并且DC电源线可以提供在

100-120V (例如,108VDC) 的范围内的标称电压。

[0593] 在显著不同的电压水平处操作BLDC电机202可以产生在电动工具性能、特别是电机的旋转速度方面的显著差异,其可能是明显的并且在一些情况下对于用户而言不令人满意。同样,提供在电机202的操作电压范围之外的电压水平可能损坏电机和相关联的开关部件。因此,在本文描述的本发明的实施例中,电机控制电路204被配置为根据AC或DC电源线的标称电压来优化对电机202的功率供应(并且因此优化电机性能),使得不管在AC或DC电源线上提供的标称电压如何,电机202都以最终用户满意的方式产生基本上均匀的速度和功率性能。

[0594] 因此,在实施例中,虽然电机202可以被设计和配置为操作在与AC电源线和DC电源线的标称或额定电压相对应的一个或多个操作电压范围处,但是电机202可以被设计和配置成操作在与AC和DC电源额定(或标称)电压中的一个相对应(例如,匹配,重叠和/或包含)或与两个都不对应的更有限的操作电压范围处。

[0595] 例如,在一个实现中,电机202可以被设计和配置为在对应于DC电源线的标称电压的电压范围下操作。在示例性实施例中,电机202可以被设计成操作在例如60V至100V的电压范围处,该电压范围对应于DC电源的标称电压(例如,72VDC或90VDC),但是低于AC电源的标称电压(100V-120V)。在另一示例性实施例中,电机202可以被设计为操作在例如100V至120V或更宽的90V至132V的电压范围处,该电压范围对应于DC电源的标称电压(例如,108VDC),但是低于AC电源220-240V的标称电压范围。在该实现中,控制单元208可以被配置为将与电源接口128-5的AC电源线相关联的有效电机性能减小为对应于电机202的操作电压范围,如下面详细描述。

[0596] 在另一个实现中,电机202可以被设计和配置为操作在与AC电源的标称电压相对应的电压范围处。例如,电机202可以被设计成操作在对应于AC电源的标称电压(例如,100VAC至120VAC)但是高于DC电源的标称电压(例如,72VDC或90VDC)的电压范围(例如120V至120V)处。在该实现中,控制单元208可以被配置为将与DC电源线相关联的有效电机性能提高到对应于电机202的操作电压范围的水平,如下面详细描述。

[0597] 在又一个实现中,电机202可以被设计为操作在不对应于AC或DC标称电压的电压范围处。例如,电机202可以设计成操作在150V至170V或更广泛地135V至187V(其为150至170VAC的电压范围 $\pm 10\%$)的电压范围处,其可以高于电源接口128-5的DC电源线的标称电压(例如,108VDC),但是低于AC电源线的标称电压范围(例如,220-240V)。在该实现中,控制单元208可以被配置为降低与AC电源线相关联的有效电机性能并且提高与DC电源线相关联的有效电机性能,如下面详细描述。

[0598] 在又一个实现中,电机202可以被设计为取决于所使用的电池组的类型和额定值而操作在可以对应于或可以不对应于DC标称电压的电压范围处。例如,电机202可以被设计成操作在例如90V至132V的电压范围处。该电压范围可以对应于前面讨论的一些组合电池组的组合标称电压(例如两个中等额定电压组成为108VDC的组合标称电压),但高于其他电池组的标称电压(例如,中等额定电压组和低额定电压组一起使用成为72VDC的组合标称电压)。在该实现中,控制单元208可以被配置为感测从一个或多个电池组接收的电压并且相应地优化对电机202的功率供应。可替代地,控制单元208可从耦合的电池组或电池供应接口128-5接收信号,指示所使用的电池组的类型或额定电压。在此实施例中,控制单元208可

以被配置为取决于所使用的电池组的标称电压或电压额定值来降低或提高与DC电源线相关联的有效电机性能,如下文详细描述。具体地,在实施例,控制单元208可以被配置为当DC电源具有比电机202的操作电压范围更高的标称电压时,降低与DC电源线相关联的有效电机性能,并且当DC电源具有比电机202的操作电压范围低的标称电压时提高与DC电源线相关联的有效电机性能,如下面详细描述。

[0599] 在下文中,在用于相对于AC和/或DC电源的标称电压水平并且对应于电机202的操作电压范围而优化(即,提高或降低)电机202的有效性能的技术的详细讨论中,在实施例中对“较低额定电压电源”和“较高额定电压电源”进行参考。

[0600] 最初注意到,虽然下面的实施例是参考可操作以接收具有不同标称(或额定)电压水平的电源的AC/DC电动工具来描述的,但是这里公开的原理可以应用于仅无绳的电动工具和/或仅有绳的电动工具。例如,为了使之前讨论的高额定电压DC电动工具10A3(其可以被优化成操作在高功率和高电压额定值处)用总电压额定值小于电机的电压额定值的DC电源来工作,电机控制电路14A可以被配置为基于低额定电压DC电池组20A1的额定电压来优化电机性能(即,电机的速度和/或功率输出性能)。如上面简要讨论的并且在本公开中稍后详细讨论的,这可以通过将来自电源的有效电机性能优化(即,提高或降低)到与高额定电压DC电动工具10A3的操作电压范围(或电压额定值)相对应的水平。

[0601] 3. 基于电源的物理电机特性的优化

[0602] 在上述实施例中,对被设计为根据工具的期望操作电压范围而操作在给定操作电压范围处的电机202进行参考。根据实施例,可以针对期望的操作电压范围来优化电机202的物理设计。在实施例中,对电机进行优化通常涉及:增加或减少组长度(stack length)、定子绕组(即场绕组)的厚度、以及定子绕组的长度。当定子绕组的匝数成比例地减少时,可以提供更高的速度,但是结果是电机扭矩受到影响。为了补偿扭矩,电机组长度可以成比例地增加。此外,随着定子绕组的匝数减少,在定子槽中留下更多的空间以成比例地提供更厚的定子线。换句话说,定子绕组的厚度可以随着场绕组的匝数减少而增加,反之亦然。随着定子绕组的厚度增加,电机电阻也减小。电机功率(即最大冷功率输出)是电阻和电机电压(即电机的反EMF)的函数。因此,随着组长度和绕组厚度的厚度增加以及匝数减少,对于给定的输入电压而言,电机功率提高。

[0603] 在实施例中,电机特性中的这些变化可以用于改进具有较低额定电源的电动工具128的性能以匹配期望的工具性能。换句话说,电机202的电压范围范围以这种方式增加以便对应于电动工具128的操作电压范围。在示例性实施例中,其中DC电源具有比AC电源低的标称电压,修改电机的这些设计特性可以用于将使用60V DC电源操作的电动工具的最大冷功率输出加倍(例如从850W至大约1700W)。在实施例中,电机控制单元208然后可以被配置为降低使用AC功率的电动工具128的最佳性能以匹配期望的工具性能。这可以通过在下面的下一部分中描述的任何技术来完成。

[0604] 4. 用于基于电源来优化电机性能的PWM控制技术

[0605] 图11A描绘了由控制器230在电机的相应相位(即,U,V或H)的单导带内输出的驱动信号(即,与高侧开关相关联的UH,VH或WH驱动信号中的任一者)的示例性波形图。在所示示例中,为了说明,以100%占空比,80%占空比,50%占空比,20%占空比和0%占空比来调制驱动信号。以这种方式,控制器230基于其从变速致动器(如前面所讨论的)接收的变速信号

来控制电机202的速度,以使得电机202能够以恒定负载进行变速操作。

[0606] 为了在由较高额定电压电源供电时优化(即,降低)电机202的有效性能,在本发明的实施例中,较高额定电压电源的有效标称电压(以及因此对电机的供电)可以通过PWM控制技术来降低。在实施例中,控制单元208可以被配置为当从高额定电压电源接收功率时,以较低的PWM占空比控制电开关电路226的切换操作,如先前参考图7A,图7B,图9A和图9B所讨论的。

[0607] 例如,在其中电机202被设计成操作在60V至90V的电压范围处但是从具有标称电压在100-120V范围内的电源接收AC功率的实施例中,控制单元208可以被配置为当从AC电源线从电机202操作时将PWM切换电路226部件的最大PWM占空比设置在60%至80%(例如,70%)的范围内的值处。在其中电机202被设计成操作在100V至120V或更宽的90V至130V的电压范围处但是从具有标称电压在220V至240V范围内的电源接收AC功率的另一个示例中,控制单元208可以被配置为当从AC电源线操作电机202时将PWM切换电路226配件的最大PWM占空比设置在40%至60%(例如,50%)的范围内的值处。控制单元208因此对调制的AC电源(以下称为DC总线电压,其是跨电容器224测量的电压)从0%上至最大PWM占空比成比例地执行PWM控制。

[0608] 在示例性实施例中,如果最大占空比被设置为50%,则控制单元208在零速度下以0%占空比、在半速以25%占空比、在全速以高达50%占空比接通DC总线上的驱动信号UH, VH或WH。

[0609] 注意,可以附加地或替代地利用先前参考电动工具123-126所讨论的任何其它方法(例如,使用半波二极管整流器桥)来降低由AC电源提供到电开关电路226的有效标称电压。

[0610] 还应注意,上面讨论的用于电机性能优化的PWM控制技术可与本公开中稍后讨论的其它技术结合使用,以便无论电源电压额定值如何,都从电机202获得稍微可比较的速度和功率性能。

[0611] 还应注意,在一些电动工具应用中,本文所讨论的PWM控制方案可适用于两个电源。具体地,对于诸如具有最大功率输出1500W的小角度研磨机的电动工具应用,可能期望当由120V AC电源(其中最大PWM占空比可以被设置为例如50%)或72V DC电源(其中最大PWM占空比可以被设置为例如75%)供电时优化(即,降低)电机202的有效性能。

[0612] 5. 基于电源的电机性能的优化的电流限制

[0613] 根据本发明的实施例,为了在由较高电压电源供电时优化(即,降低)电机202的有效性能,电机控制单元208可被配置为使用本文所讨论的电流限制技术。

[0614] 在实施例中,控制单元208可以强制施加逐周期(cycle-by-cycle)电流限制以在操作较高额定电压电源时限制来自电机202的最大瓦特以匹配或落入与电机202的操作电压范围相关联的性能内。当给定周期中的瞬时总线电流超过规定的电流限制时,到PWM切换电路226中的开关的驱动信号从周期的剩余部分关闭。在下一个周期的开始,驱动信号被恢复。对于每个周期,以类似的方式继续评估瞬时电流。该原理在图11B中示出,实线指示无限制的瞬时电流,虚线指示具有20安培限制的瞬时电流。逐周期电流限制使得电动工具能够在不同类型的电源以及在变化的操作状况下实现类似的性能,如将在下面进一步描述的那样。

[0615] 逐周期电流限制可以通过被布置在DC总线 (bus line) 上并被耦合到控制器230上的电流传感器(未示出)来实现。具体地,电流传感器被配置为感测通过DC总线的电流,并将指示感测到的电流的信号提供给控制器230。在示例性实施例中,使用串联布置在整流器222和PWM切换电路226之间的分流电阻器来实现电流传感器。虽然不限于此,但是分流电阻器可以位于DC总线的低压侧。以这种方式,控制器230能够检测经过DC总线的瞬时电流。

[0616] 控制器230被配置为接收从整流器到切换布置的瞬时电流的测量,其在周期性时间间隔(即,逐周期)上操作以强制施加电流限制。参考图11C,控制器230通过在290处周期性地(例如,每5微秒)测量电流并且在291处将瞬时电流测量与电流限制进行比较来强制施加电流限制。如果瞬时电流测量超过电流限制,则控制器230在292处针对当前时间间隔的剩余部分停用电开关电路226开关,并从而中断流向电机的电流。如果瞬时电流测量小于或等于电流限制,则控制器230继续针对当前时间间隔的剩余部分周期性地测量瞬时电流测量与电流限制进行比较,如在293处所指示的。在实施例中,在每个时间间隔(即周期)期间多次发生这样的比较。当到达当前时间间隔的结束时,控制器230在294处重新激活电开关电路226开关,并且由此针对下一个周期恢复流向电机的电流。在实施例中,每个时间间隔的持续时间被固定为电气电机由控制器230控制的给定频率的函数。例如,每个时间间隔的持续时间被设置为电气电机由控制器230控制的频率的倒数的十倍。在电机被控制在10千赫的频率处的情况下,时间间隔被设置为100微秒。在其他实施例中,每个时间间隔的持续时间可以具有固定值,并且与电机由控制器控制的频率无相关性。

[0617] 在示例实施例中,每个时间间隔等于PWM信号的周期。在恒定速度工具中在空载(或恒定负载)状况下,PWM驱动信号的占空比如被设置为60%。在实施例中,在负载下,控制器230操作以通过增加占空比来保持恒定速度。如果通过DC总线的电流增加到高于电流限制,则如上所述,控制器230中断电流流动,这实际上减小了PWM信号的占空比。对于在空载状况下的变速工具,根据诸如快速拨号(speed dial)或触发开关之类的用户控制的输入,PWM驱动信号的占空比范围例如从15%至60%。控制器230可以以与上述相同的方式在负载状况或过电流限制状况期间增加或减少PWM信号的占空比。在一个实施例中,可以通过使用用于速度控制的三个上部高侧电开关和用于电流限制的三个低侧电开关来彼此独立地实现速度控制和电流限制。可以设想,两个功能可以在上部开关和下部开关之间交换或者组合在一起成为一组开关。

[0618] 在上述实施例中,时间间隔保持固定。当该周期(时间间隔)保持固定时,那么由该切换产生的电子噪声将具有良好定义的基频及其谐波。对于某些频率,噪声的峰值可能是不期望的。通过随着时间对周期进行调制,噪声在频谱上更均匀地分布,从而减小在任何一个频率处的噪声幅度。在一些实施例中,设想可以随着时间调制(即,变化)时间间隔的方向,以帮助将任何噪声分布在更宽的频率范围上。

[0619] 在另一实施例中,控制器230通过设置或调整从栅极驱动器电路232输出到电开关电路226的PWM驱动信号的占空比来强制施加逐周期电流限制。在实施例中,可以在瞬时电流周期之后(即,在下一个周期的开始处)以这种方式调整PWM驱动信号的占空比。在固定速度工具中,控制器230将最初将驱动信号的占空比设置为固定值(例如,75%的占空比)。只要通过DC总线的电流保持低于逐周期电流限制,驱动信号的占空比将保持固定。控制器230将独立地监控通过DC总线的电流,并且如果通过DC总线的电流超过逐周期电流限制,则控

制器230将调整电机驱动信号的占空比。例如,控制器230可以将占空比降低到27%,以强制施加20安培电流限制。尽管本公开预期了用于导出占空比值的其他方法,但是在一个实施例中,占空比值可以通过查找表的方式而与特定的电流限制相关。对于变速工具,控制器230根据来自变速致动器的变速信号而以常规方式控制电机驱动信号的占空比。逐周期电流限制由控制器230独立地强制施加。也就是说,控制器将独立地监控通过DC总线的电流,并且如上所述仅当通过DC总线的电流超过逐周期电流限制时,控制器才调整驱动信号的占空比。

[0620] 在一个实施例中,逐周期电流限制取决于电源的类型和/或标称电压。在实施例中,取决于AC或DC电源的标称电压,控制器230选择在电动工具的操作期间强制施加的电流限制。在实施例中,电流限制由控制器230从查找表中检索。示例查找表如下:

	源类型	标称电压	电流限制
	AC	120V	40A
	AC	230V	20A
[0621]	DC	120V	35A
	DC	108V	40A
	DC	60V	70A
	DC	54V	80A

[0622] 也就是说,在该示例性实施例中,在具有100V至120V的操作电压范围的电机202中,当工具耦合到120V AC电源时,控制器230将强制施加40安培电流限制,但当工具耦合到230VAC电源时,将强制施加20安培电流限制。结果,工具的有效输出功率基本上相同。在电动工具具有150V至170V的操作电压范围的替代实施例中,控制器230可以强制施加30A电流限制,以便在由230V AC电源供电时降低电机202的有效性能。

[0623] 此外,控制器230被配置为当工具耦合到108V DC电源时强制施加40安培电流限制,但是当工具耦合到120V DC电源时(例如,当工具正从发电机或焊接机供应DC功率时)将强制施加略微更低的电流限制(例如35安培)。类似地,控制器230被配置成当工具耦合到54V DC电源时强制施加80安培电流限制,但是当工具耦合到60V DC电源时将强制施加略微更低的电流限制(例如,70安培)。这些电流限制导致来自AC或DC电源的输出功率水平全部与具有100V至120V的操作电压范围的电机202兼容。

[0624] 在2014年5月19日提交的题为“Cycle-by-Cycle Current Limit For Power Tools Having A Brushless Motor”的美国临时申请No.62/000,307以及根据代理人摘要No.0275-001677随附的同时提交的具有相同标题的相关美国实用新型专利申请中讨论了逐周期电流限制及其应用的进一步细节,其每一个通过引用整体并入本文。

[0625] 注意,上面讨论的用于优化电机性能的逐周期电流限制技术可以与本公开中讨论的任何其它电机性能优化技术组合使用,以便从电动机202获得稍微可比较的速度和功率性能,而与电源电压额定值无关。

[0626] 6. 用于基于电源调节电机性能的导带和/或提前角控制

[0627] 根据本发明的实施例,为了在由较高额定电压电源供电时优化(即,提高或增强)

电机202的有效性能,控制单元208可以被配置为使用涉及本文所述的导带和/或提前角(advance angle)的技术(本文称为“CB/AA技术”)。

[0628] 图12A描绘了在完全的360度传导周期内图10C的三相发电机桥电路的脉冲宽度调制(PWM)驱动序列的示例性波形。如图所示,在完全的360度周期内,与高侧和低侧电开关相关联的每个驱动信号在120°导带(“CB”)期间被激活。以这种方式,BLDC 202电机的每个关联相位在120°CB内由脉冲宽度调制电压波形通电,实施脉冲宽度调制电压波形作为期望电机202的转速的函数而由控制单元208来控制。对于每个相位,UH在120°CB内由控制单元208进行脉冲宽度调制。在高侧开关的CB期间,相应的UL保持为低。然后,在与UL信号相关联的CB之后的半个周期(180°)内,针对完全的120°CB激活UL信号。控制单元208经由高侧开关的PWM控制来控制提供给电机的电压量,并从而控制电机的速度。

[0629] 注意,虽然图12A的波形图描绘了在120°CB的一种示例性PWM技术,但是也可以使用其它PWM方法。一个这样的示例是具有同步整流的PWM控制,其中每个相位的高侧和低侧开关驱动信号(例如,UH和UL)在相同120°CB内利用同步整流来进行PWM控制。

[0630] 图12B描绘了上面讨论的三相发电机桥以全速(即在恒定负载状况下的最大速度)操作的驱动序列的示例性波形图。在该图中,三个高侧开关在其各自的120°CB期间以100% PWM占空比导通,为电机提供最大功率以全速操作。

[0631] 在BLDC电机中,由于电开关的换向和电机本身的电感的缺陷,电流将稍微滞后于电机的反电动势(back-EMF)。这引起电机扭矩输出的低效率。因此,在实践中,电机的相位偏移几度的提前角(“AA”),使得供应给电机的电流不再滞后于电机的反电动势。AA是指领先于相应相位的旋转EMF的已施加相位电压的偏移角 Υ 。

[0632] 此外,在实施例中,电机202可以是内部永磁体(IPM)电机或其他凸极磁体电机。凸极磁体电机会比表面安装永磁体电机更高效。具体地,除了磁体扭矩之外,凸极磁体电机包括作为电机电流的函数(具体地,作为电机电流的平方的函数)而变化的磁阻扭矩,并且因此滞后于磁体扭矩。为了利用这种磁阻扭矩,在实施例中,增大AA偏移角 Υ 以包含磁阻扭矩的滞后。添加的磁阻扭矩使得凸极磁体电机比它没有角度 Υ 的进一步偏移时产生每安培大15%或更多的扭矩。

[0633] 在实施例中,AA可以在硬件中实现,其中位置传感器相对于电机的相位物理地偏移一角度。替代地或附加地,AA可以被植入软件中,其中控制器230被配置为使电机的每个相位的导带提前一个角度 Υ ,如本文所讨论的。

[0634] 图12C描绘了根据实施例示出了 $\Upsilon=30^\circ$ 的AA的图12B的驱动序列的波形图。在实施例中,在BLDC应用中30度的AA是足够的(并且是本领域技术人员通常使用的),以考虑到相对于电机的反电动势的电流滞后,并且利用凸极磁体电机的磁阻扭矩。

[0635] 根据实施例,将AA增加到大于 $\Upsilon=30^\circ$ 的值可以导致提高的电机速度性能。图12D描绘了示例性电动工具128的速度/扭矩波形图,其中在120°的固定CB处增加AA导致速度/扭矩曲线向上偏移,即从252($\Upsilon=30^\circ$),到253($\Upsilon=40^\circ$),到254($\Upsilon=50^\circ$)。此偏移在低扭矩范围(例如,0到1N.m.)处特别显著,其中电机速度可以提高大约20%从252到253,并且甚至更多从253到254(例如在非常低的扭矩范围,0.2N.m.,其中速度可以大于两倍)。在中等扭矩范围(例如,1至2N.m.)处,电机速度的提高是明显的,但不是非常显著的。在高扭矩范围(例如,2N.m.及以上),电机速度的提高是最小的。

[0636] 类似地,将AA增加到大于 $Y=30^\circ$ 的值可以导致提高的功率输出。图12E描绘了示例性工具128的功率输出/扭矩波形图,其中在 120° 的固定CB处增加AA导致功率输出/扭矩曲线向上移动,即从255(AA= 30°),到256(AA= 40°),到257(AA= 50°)。这种偏移在低和中等扭矩范围有些显著,例如,在大约1N.m.时高达20%,但在高扭矩范围对功率输出没有相当大的影响。

[0637] 尽管未在这些图中描绘,但应当理解,在本公开的范围并且与上述讨论的附图一致,如果AA被设置为低于 $Y=30^\circ$ 的值(例如, $Y=10^\circ$ 或 20°),则功率输出和速度性能可以类似地降低。

[0638] 根据本发明的实施例,为了在工具128由具有高于或低于电机202的操作电压的标称(或额定)电压的电源供电时优化电机202的有效性能,可以根据电源的额定电压或标称电压来设置用于电机202的相位的AA。具体地,可以将AA设置为较高的值,以便在由较低额定电压电源供电时提高电机202的性能,并且设置为较低的值,以便在由较高额定电压电源供电时降低电机202的性能,使得无论电源电压额定值如何都从电机202获得某种程度上等效或可比较的速度和功率性能。例如,在实施例中,控制单元208可以被配置为当电源具有落入或匹配电机202的操作电压范围(例如,70-90V)的标称电压时将AA设定为 $Y=30^\circ$,但是当电动工具128耦合到较低额定电压电源(例如,54VDC)时,将AA设定为较高值(例如, $Y=50^\circ$),和/或当电动工具128耦合到较高额定电压电源(例如,120VAC)时将AA设定为较低值(例如, $Y=20^\circ$)。在实施例中,控制单元208可以提供有查找表或定义AA和电源电压额定值之间的函数关系的方程式。

[0639] 当将AA增加到大于 $Y=30^\circ$ 的值可以用于提高电机速度和功率性能时,在固定CB处单独增加AA会导致效率降低。如本领域技术人员将理解的,效率作为(功率输出/功率输入)的函数而被测量。图12F描绘了工具128的示例性效率/扭矩波形图,其中在 120° 的固定CB处增加AA导致效率/扭矩曲线向下偏移,即从258($Y=30^\circ$)到259($Y=40^\circ$),到265($Y=50^\circ$)。该偏移在低扭矩范围特别显著,其中效率在0.5N.m.附近可以降低例如大约20%,并且在更低的扭矩处降低更多。换句话说,虽然单独增加AA(在固定CB处)到大于 $Y=30^\circ$ 的值可以提供在低和中等扭矩范围的速度和功率输出,但是它是通过显著牺牲工具效率来实现的。

[0640] 本申请的发明人发现,增加针对BLDC电机的每个相位的CB增加了电机208的总功率输出和速度——特别是当如本文所讨论的与AA配合执行时。

[0641] 现在参考图13A,根据本发明的实施例,描绘了前面讨论的电开关电路226的三相发电机桥的驱动序列的波形图,其中CB值大于 120° 。在实施例中,无刷电机的每个相位的CB可以从 120° (其是本领域技术人员常规使用的CB值)增加到例如 150° ,如该说明性示例中所示出的那样。与图12A所示的 120° 的CB相比,CB可以在每端扩展 15° 以获得 150° 的CB。将CB增加到大于 120° 的值允许三相发电机桥中的三个开关同时导通(例如,在说明性示例中在 45° 至 75° 和 105° 至 135° 之间),并且电压在较大的传导周期期间被提供给电机的每个相位。这实际上增加了从DC总线提供给电机202的总电压量,这因此提高了电机速度和功率输出性能,如下所述。

[0642] 图13B描绘了本发明的实施例,其中无刷电机的每个相位的AA也与CB串联并相应地变化。在说明性示例中,其中CB在 150° 处,AA被设置为 $Y=45^\circ$ 的角度。在实施例中,可

以在控制器230中将各种CB和AA相关性实现为查找表或定义CB和相关联的AA之间的函数关系的方程式。

[0643] 示出各种CB和相关联的AA值的示例性表格如下：

	<u>CB</u>	<u>AA (Y)</u>
	120°	30°
	130°	35°
[0644]	140°	40°
	150°	45°
	160°	50°
	170°	55°

[0645] 应注意,尽管参考120°/30°,140°/40°,160°/50°的CB/AA水平得出这些示例性实施例,但这些值仅是示例性的,并且可以替代地使用任何CB/AA值(例如,162°/50.6°等)。此外,贯穿本公开内容以及在该表中提供的AA和CB之间的相关性仅仅是示例性的,而不以任何方式进行限制。具体地,虽然上表中的CB和AA之间的关系是线性的,但是可替代地,该关系可以是非线性的。此外,这里针对每个CB给出的AA值绝不是固定的,并且可以从一个范围中进行选择。例如,在实施例中,150°的CB可以与在35°至55°的范围内的任何AA组合,优选地与在40°至50°的范围内的任何AA组合,优选地与在43°至47°的范围内的任何AA组合,以及160°的CB可以与在40°至60°的范围内的任何AA组合,优选地与在45°至55°的范围内的任何AA组合,优选地与在48°至52°的范围内的任何AA组合等。此外,在一些电动工具应用中,CB和AA可以与上表中提供的示例性数值大不相同。

[0646] 现在参考图13C和图13D,与图12D和图12E的波形图相比,将如上所述的CB和AA(以下称为“CB/AA”)同时增加到大于120°/30°的CB/AA的水平可以导致在更宽的扭矩范围上的更好的速度和功率输出性。

[0647] 如对于工具128的图13C的示例性速度/扭矩波形图所示,根据实施例增加CB/AA导致速度/扭矩曲线显著向上偏移,即从262(CB/AA=120°/30°)、到263(CB/AA=140°/40°)、到264(CB/AA=160°/50°)。这种增加在低扭矩范围(其中速度性能可以提高至少大约60%)是最大的,但在中等扭矩范围上仍然是显著的(其中速度性能可以提高大约20%至60%)。应当注意,在实施例中,速度/扭矩曲线262,263,264开始在非常低速/非常高扭矩范围(例如,在7,000rpm至10,000rpm之间)处收敛,在那之后增加CB/AA不再导致更好的速度性能。

[0648] 类似地,如针对工具128的图13D的示例性功率输出/扭矩波形图所示,根据实施例增加CB/AA导致功率输出/扭矩曲线显著向上偏移,即从265(CB/AA=120°/30°)到266(CB/AA=140°/40°)、到267(CB/AA=160°/50°)。在实施例中,这种增加在中等和高扭矩范围处从265(CB/AA=120°/30°)至266(CB/AA=140°/40°)以及在低扭矩范围处从266(CB/AA=140°/40°)到267(CB/AA=160°/50°)是最大的。注意,在该图中,对于一些扭矩状况,CB/AA从120°/30°增加到160°/50°可以产生高达50%的增加,但是(在高负载以最大速度测量的)电机最大功率输出可以增加10-30%。

[0649] 虽然未在这些图中描绘,但应理解,在本发明的范围内并且与上面讨论的附图一

致,如果将CB/AA设置为较低水平(例如,80°/10°或100°/20°),则可以类似地降低功率输出和速度性能。

[0650] 根据本发明的实施例,为了在工具128由具有高于或低于电动工具128的操作电压的标称(或额定)电压的电源供电时优化电机202的有效性能,用于电机202的相位的CB/AA可以根据电源的电压额定值或标称电压来设置。具体地,可以将CB/AA设置为较高的值,以便在由较低额定电压电源供电时提高电机202的性能,并且将CB/AA设置为较低值,以便在由较高额定电压电源供电时降低电机202的性能,使得无论电源电压额定值如何,都从电机202获得几乎可比较的速度和功率性能。

[0651] 在实施例中,控制单元208可以被配置为当电源具有对应于电机202的操作电压范围的标称电压时将CB/AA设置为120°/30°,但是当耦合到较低额定电压电源时将CB/AA设置为较高水平。类似地,当耦合到较高额定电压电源时,控制单元208将CB/AA设置为较低水平。例如,对于具有70V-90V的操作电压范围的电机202,控制单元208可以被配置为:对于72VDC或90VDC电源,将CB/AA设置为120°/30°,但是对于54VDC电源,将CB/AA例如设置为140°/40°,对于120VAC电源,将CB/AA设置为为100°/20°。在另一示例中,对于具有90V至132V的操作电压范围的电机202,控制单元208可以被配置为:对于120VAC电源,将CB/AA设置为120°/30°,但是对于54VDC电源和72VDC电源,将CB/AA设置为成比例地更高的值,例如分别160°/50°和140°/40°。在另一个示例中,对于具有135V至187V的操作电压范围的电机202,控制单元208可以被配置为:对于108VDC电源或120VAC电源,将CB/AA设置为例如140°/40°,对于220VAC电源,将CB/AA设置为100°/20°。在实施例中,控制单元208可以提供有查找表或定义CB/AA和电源电压额定值之间的函数关系的方程式。

[0652] 在实施例中,本文所述的CB/AA控制技术可以与本公开中公开的任何其它电机优化技术组合使用。例如,CB/AA控制技术可以被用来在由较低额定电压电源供电时提高电机202的性能,并且上面讨论的PWM控制技术或上面讨论的逐周期电流限制技术,或两者的组合可以被用来在由较高额定电压电源供电时降低电机202的性能,使得无论电源电压额定值如何,都从电机202获得稍微可比较的速度和功率性能。然而,在实施例中,与PWM控制技术相比,利用上述CB/AA技术以针对较高额定电压电源降低电机的性能可能是有利的——特别是对于恒速电动工具应用。这是因为电开关的PWM切换产生热量并增加电压谐波因数。使用所述的CB/AA技术减轻了对热和电压谐波的这些影响。

[0653] 注意,尽管上面的描述涉及基于电源额定电压与AA同时调节CB,但是根据电源额定电压单独调节CB(即,在固定的AA水平处)也在本公开的范围内。具体地,正如在恒定CB处改变AA水平对某些扭矩范围的功率和速度性能具有影响一样(如上面参照图12D-图12F所述),在恒定AA下将CB水平改变为高于和低于120度也会增加或降低供应到电机的总电压,并且因此增强或减少电机速度和功率输出,在某些扭矩范围中工具效率可能会被牺牲。因此,在本发明的实施例中,其中工具128由具有高于或低于电机202的操作电压的标称(或额定)电压的电源供电,可以通过根据电源的电压额定值或标称电压调整针对电机202的相位的CB(恒定AA)来优化有效电机性能。具体地,CB可以被设置为高于120度的值,以便当由较低额定电压电源供电时提高电机202的性能,并且被设置为较低的值,以便在由较高额定电压电源供电时降低电机202的性能,从而获得稍微等同的速度和功率性能。

[0654] 再次重申,在任何这些实施例(以及下面讨论的实施例)中提到的120°/30°,140°/

40°, 160°/50°的CB/AA水平仅仅是示例并且根据本公开的教导导致提高的功率和/或速度性能的任何其它CB/AA水平或组合落在本公开的范围內。

[0655] 还应注意,在这些附图中的任何附图中示出和在上面讨论的(以及我们在下面讨论的附图和实施例)的所有速度、扭矩和功率参数和范围本质上都是示例性的,并且不限制本公开的范围。虽然一些电动工具可以表现出这些图中所示的类似的性能特性,但是其他工具可以具有基本上不同的操作范围。

[0656] 7.改进的扭矩-速度曲线

[0657] 现在参见图13E,根据实施例描绘了工具128在268 (CB/AA=120°/30°), 269 (CB/AA=140°/40°) 和270 (CB/AA=160°/50°) 处的各种CB/AA值的示例性效率/扭矩图。正如在该图中可以看出的那样,120°/30°的CB/AA在大约低到中等范围(例如,在说明性示例中为0到大约1.5N.m.)处产生最佳效率,140°/40°的CB/AA在大约中等到高扭矩范围(在说明性示例中为大约1.5N.m.至大约2.5N.m.)处产生最佳效率,并且160°/50°的CB/AA在大约高扭矩范围(在说明性示例中大约高于2.5N.m.)处产生最佳效率。因此,在超过120°/30°水平时增加CB/AA极大地改善了在所有扭矩范围的速度和功率性能,但是在某些操作状况下,特别是在相对低的扭矩范围处,这样做会损害效率。

[0658] 此外,电动工具应用通常具有最高额定速度,其是指在空载时电动工具电机的最大速度。在变速工具中,最大速度通常对应于电机设计为在完全触发器拉动时产生的期望速度。此外,先前讨论的电机的额定电压或操作电压(或电压范围)对应于电动工具的期望的最高额定速度。先前讨论的电机的物理特性(例如,尺寸,绕组数量,绕组配置等)通常也被设计为与电动工具的扭矩和最大速度要求兼容。事实上,通常需要保护电机和电动工具传动免于超过最高额定速度。在电机有能力输出比工具的最高额定速度更高的速度的工具中,通常将电机的速度限制在其最高额定速度。因此,虽然通过上述CB/AA技术提高速度性能在某些扭矩/速度范围内当然是期望的,但是如果增加CB/AA导致电机速度超过工具的最大额定速度,则在某些操作状况下是不切实际的。这在低扭矩范围中尤其如此,其中,如图13C所示,增加CB/AA在速度曲线中产生非常大的偏移。

[0659] 在示例性实施例中,图13C的工具具有25,000rpm的最高额定速度,以120°/30°的CB/AA操作电机202允许工具操作在其最高额定速度内,但是以更高的CB/AA操作工具在低扭矩范围超过了最高额定速度(例如,在1N.m.的扭矩下160°/50°的CB/AA,或者在0.6N.m.的扭矩下140°/40°的CB/AA,速度超过25,000rpm)。

[0660] 因此,在本发明的实施例中,如图13F所示,提供了改进的速度-扭矩曲线,其中在工具的最高额定速度处,将电机速度在第一扭矩范围例如0到大约1.2N.m.内保持在恒定速率(即,包括基本平坦的曲线280),并且在第二扭矩范围(例如大于1.2N.m.)内保持变速。在实施例中,在第一扭矩范围期间,CB/AA作为扭矩的函数从其基本值(例如,120/30°)到阈值(例如,160/50°)逐渐增加。一旦达到该CB/AA阈值,速度-扭矩曲线遵循以对应于阈值的CB/AA操作的正常速度-扭矩曲线的弯曲曲线282(例如,以160/50°操作的曲线264)。换句话说,在CB/AA为160/50°处的速度-扭矩曲线被“限幅”低于工具的最大速度,在该示例中为25,000RPM。

[0661] 根据该改进的速度-扭矩曲线的工具的性能在若干方面得到改进。首先,在其中效率最大程度地受到以高CB/AA操作困扰的示例性实施例中(参见上面的图13E),它避免在低

扭矩范围特别是在低于0.5N.m.的非常低的扭矩下以高CB/AA水平例如160/50°操作电机。这在低扭矩范围显著地提高了电机效率。此外,它给予用户在操作扭矩的一个宽广的范围上(在示例性实施例中为0至1.2N.m.)以最大速度操作工具的能力,这对用户是有利的。此外,该工具在用户通常期望的中等和高扭矩范围处、但是以如参考13D和图13E所描述的更高的功率输出和更高的效率根据速度-扭矩曲线操作。因此,这种布置提高了总体的工具效率和功率输出。

[0662] 为了在速度/扭矩曲线的平坦部分280处保持恒定速度,控制单元208可以被配置为以从基点CB/AA值(例如,120/30°,其对应于略高于零的扭矩)到阈值CB/AA值(例如,160/50°)、作为扭矩的函数而被计算出或确定的可变CB/AA来操作电机,如上所述。在实施例中,控制单元208可以根据实施例使用查找表或算法来计算并如所需地逐渐增加CB/AA,以获得作为扭矩的函数的期望恒定速度。此后,根据实施例,控制单元208被配置为以对应于CB/AA阈值(例如,160/50°)的恒定CB/AA操作电机。

[0663] 根据替代实施例,控制单元208可以被配置为从低扭矩阈值(例如,零或稍高于零,其对应于例如,120/30°的CB/AA)至高扭矩阈值(例如,1.2N.m.,其对应于例如160/50°的CB/AA)、作为扭矩的函数计算出的可变CB/AA操作电机。同样,根据实施例,控制单元208可以使用查找表或者作为扭矩的函数计算并逐渐增加所需的CB/AA以实现期望恒定速度的算法。此后,根据实施例,控制单元208被配置为以对应于高扭矩阈值的恒定CB/AA(例如,对应于1.2N.m.的160/50°)操作电机。

[0664] 如参考图13C所讨论的,速度/扭矩曲线262,263,264开始在非常低速/非常高扭矩范围(例如,在7,000rpm至10,000rpm之间和约3N.m.周围)处收敛,在那之后增加CB/AA不再导致更好的速度性能。在该点之后,速度/扭矩曲线262(120/30°)产生比更高CB/AA水平更高的速度性能。因此,根据实施例,高于高阈值扭矩值(例如,在该示例中为3N.m.)或低于低阈值速度(例如,在该示例中大约8,500rpm),速度/扭矩曲线可以从对应于160/50°CB/AA的曲线282往回恢复到对应于120/30°CB/AA的另一个曲线284,以便在高扭矩和低速度水平获得更高的性能。此实施例中的控制单元208可以被配置为一旦到达高阈值扭矩(或低阈值速度)就将CB/AA从高阈值160/50°降低到120/30°。该恢复(reversion)可以瞬时或逐渐地进行以获得平滑的过渡。

[0665] 图13G描绘了对图13F的速度-扭矩曲线的进一步改进,其中代替在低扭矩保持电机速度恒定,在第一扭矩范围(在这种情况下例如为0至大约1.5N.m.)内根据第一曲线286以及在第二扭矩范围例如大于1.5N.m.内根据第二曲线288以变速操作电机速度。在实施例中,类似于图13F的实施例,CB/AA在第一扭矩范围期间作为扭矩的函数从其基本值(例如,120/30°)到阈值(例如,160/50°)逐渐地增加。一旦达到该CB/AA阈值,速度-扭矩曲线遵循以对应于阈值的CB/AA操作的正常速度-扭矩曲线(例如,以160/50°操作的曲线264)的弯曲曲线288。然而,与图13F的实施例相反,CB/AA的增加被设计成在第一扭矩范围内从最高额定速度向下逐渐降低速度到第二速度值,例如12,000rpm。这种配置允许以较慢的速率过渡到较高的CB/AA水平,这导致在第一扭矩范围内的效率的进一步增加。

[0666] 注意,虽然在该实施例中的第一曲线286是线性的,但是在第一扭矩范围内可以替代地采用任何其它非线性曲线,或者平坦、线性和非线性曲线的任何组合,以便以提高效率。例如,在实施例中,第一曲线286可以包括在非常小的扭矩范围(例如,0至0.5N.m.)的整

个持续时间沿着曲线262(其中将CB/AA保持在120°/30°水平处或附近)的陡峭部分,接着是将陡峭部分连接到第二曲线282的平坦或半平坦部分。

[0667] 根据本发明的实施例,当工具128由具有标称(或额定)电压高于或低于电机202的操作电压的电源供电时,本文所述的改进的速度-扭矩曲线可用于以高效率优化电机202的有效性能。具体地,在实施例中,代替以根据电源的电压额定值或标称电压来设置的恒定CB/AA水平操作电机,CB/AA可以以如上所述地进行变化以将电机效率最大化。具体地,在实施例中,为了在由较低额定电压电源供电时提高电机202的性能,代替如图13C所示将CB/AA固定地设置为较高水平(例如160°/50°)以获得扭矩-速度曲线,可以对可变CB/AA进行部分地适配(例如,对于低扭矩范围)以获得根据图13C或图13D的扭矩-速度曲线。

[0668] 在实施例中,控制单元208可以被配置为当电源具有对应于电机202的操作电压范围的标称电压时将CB/AA设置为120°/30°,但是当耦合到较低额定电压电源时针对低扭矩如上所述地设置可变CB/AA。例如,在具有70V-90V操作电压范围的电机202的电动工具128中,控制单元208可以被配置为对于72VDC或90VDC电源将CB/AA设置为120°/30°,但是对于54VDC电源,设置为可变CB/AA,例如120°/30°至140°/40°。在另一示例中,在具有90V至132V操作电压范围的电机202的电动工具128中,控制单元208可以被配置为对于120VAC电源将CB/AA设置为120°/30°,而对于54VDC电源,设置为可变CB/AA,从120°/30°直到160°/50°(或140°/40°直到160°/50°)。

[0669] 8. 优化导带和提前角以提高效率

[0670] 图14A描绘了根据实施例的以恒定中等速度例如大约15,000rpm测量的基于各种CB和AA值的针对电动工具128的示例性最大功率输出等高线图。注意,取决于CB/AA水平,该中等速度值对应于中等到高扭矩值(例如,根据图13C,在CB/AA=120°/30°时大约1.5N.m.,在CB/AA=140°/40°时大约1.85N.m.,在CB/AA=160°/50°时大约为2.2N.m.)。在该图中,最大功率输出从区域'a'(代表约3,500W或更多的最大功率输出)逐渐降低到区域'h'(代表约200W或更小的最大功率输出)。基于该示例性图可以看出,在大约150°-180°的最佳范围内的CB以及在约为50°-70°最佳范围中的AA处,可以获得在中等工具速度(和中等扭矩)处的电动工具128的最高的最大功率输出量。

[0671] 图14B描绘了根据实施例的以相同速度测量的基于各种CB和AA值的针对电动工具128的示例性输出效率等高线图。在该图中,计算出的效率从区域'a'(代表≥90%效率)逐渐降低到区域'h'(代表≤10%效率)。基于该示例性图可以看出,在大约120°-170°的最佳范围内的CB以及在约10°-50°的最佳范围中的AA处,可以获得在中等工具速度(和中等扭矩)处的电动工具128的最高效率。

[0672] 图14C是根据实施例的以相同速度测量的基于各种CB和AA值的针对电动工具128的示例性组合的效率和最大功率输出等高线图。该等高线基于((效率³)*功率)的示例性函数获得,其中目标是在保持效率处于高水平的同时将功率输出最大化。该图中计算出的组合的等高线从区域'a'逐渐降低到区域'1'。基于该示例性等高线图可以看出,在区域'a'内在大约158°-172°范围内的CB结合大约40°-58°范围内的AA处,可以获得在中等工具速度(和中等扭矩)处的电动工具128的效率和功率输出的最高组合。

[0673] 该图示出,虽然如前所述增加串联的CB和AA提供了提高速度和功率性能水平的简单方法,但是这种增加不需要串联。例如,160°/50°的CB/AA水平提供了与落入区域'a'等高

线内的其它CB/AA组合(例如170°/40°)基本上等效的组合的效率和最大功率输出性能。

[0674] 如上所提及,在该图中获得的最佳CB/AA等高线(区域‘a’)对应于恒定中等速度例如约15,000rpm,以及恒定的扭矩例如约2.2N.m.--按照图13C。该恒定的中等速度与输入电源的额定或标称电压成比例。在该特定示例中,在120V的输入电压处构建组合的效率和最大功率输出等高线图。将输入电压修改为高于和低于120V导致不同的最佳CB和AA等高线。

[0675] 图14D描绘了示出基于各种输入电压水平的最优CB/AA等高线的示例性图。如图所示,在大约200V的输入电压水平处,最佳CB和AA分别大约在115°至135°和5°至30°的范围内;在大约160V的输入电压水平处,分别在140°至155°和25°至40°的范围内;在大约90V的输入电压水平处,分别在大约165°至175°和60°至70°的范围内;并且在大约72V的输入电压水平处,分别大约在170°至178°和70°至76°的范围内。换句话说,当输入电压从200V降低到72V时,最佳CB/AA等高线变得更小(从而提供更窄的组合范围)。此外,最佳CB范围和AA范围二者都随着输入电压的降低而增加。注意,本文中的等高线被优化以以最佳效率输出基本上等同水平的最大功率输出。

[0676] 因此,在本发明的实施例中,本文所述的组合的效率和功率等高线可以被用来基于电源的标称(或额定)电压水平以最佳效率以高的最大功率输出来优化电机202的有效性能。具体地,在实施例中,当由120V电源供电时,CB/AA值可以选自第一范围(例如,在158°-172°范围内的CB和在40°-58°范围内的AA),但是当由90V电源供电时CB/AA值可以选自第二范围(例如,在170°-178°范围内的CB和在70°-76°范围内的AA)从而不管在AC或DC电源线上提供的标称电压如何,都以最终用户满意的方式在每个电压输入水平产生最佳效率和功率性能。

[0677] 在实施例中,控制单元208可以被配置为:当电源具有对应于电机202的操作电压范围的标称电压时将CB/AA设置为120°/30°,但是当耦合到较低额定电压电源时针对低扭矩如上所述地设置变量CB/AA。例如,在具有70V-90V操作电压范围的电机202的电动工具128中,控制单元208可以被配置为:对于72VDC或90VDC电源,将CB/AA设置为120°/30°;而对于54VDC电源,设置可变CB/AA例如120°/30°至140°/40°。在另一示例中,在具有90V至132V操作电压范围的电机202的电动工具128中,控制单元208可以被配置为:对于120VAC电源,将CB/AA设置为120°/30°;而对于54VDC电源,设置可变CB/AA,例如从120°/30°直到160°/50°(或140°/40°直到160°/50°)。

[0678] 9. 使用链路电容器优化电机性能

[0679] 图15A描绘了根据实施例的在负载状况下提供给电机控制电路206的整流AC波形的示例性波形图。标号240和242表示跨电容器224测量的全波整流AC波形(以下称为“DC总线电压”)。注意,在该图中,假设工具正操作在工具额定处理的最大重负载下。

[0680] 标号240表示在电容器224具有例如0至50微法的小值的负载状况下的DC总线电压波形。在该实施例中,电容器224对DC总线的影响是可忽略的。在此实施例中,在负载状况下从DC总线提供给电机控制电路206的平均电压为:

$$[0681] \quad V(\text{avg}) = \frac{120 * 2 * \sqrt{2}}{\pi} = 108 \text{ VDC}$$

[0682] 标号204表示在电容器224具有例如1000微法或更高的相对较大值的负载状况下的DC总线电压波形。在此实施例中,从DC总线提供给电机控制电路206的平均电压接近直

线,其为:

$$[0683] \quad V(\text{avg}) = 120 * \sqrt{2} = 170VD$$

[0684] 可以看出,通过适当地选择电容器224的大小,可以将平均DC总线电压优化到期望的水平。因此,对于被设计为接收大约108VDC的标称DC电压的无刷AC/DC电动工具系统,用于整流器电路220的小电容器224在负载状况下从具有120VAC标称电压的AC电源产生108V的平均电压。

[0685] 图15B-图15D突出显示了使用小电容器的另一个优点。图15B在实施例中描绘了在重负载下使用大电容器(例如,大约4000微法)的电压波形和相关联的电流波形。图15C描绘了在重负载下使用中等大小的电容器(例如,大约1000微法)的电压波形和相关联的电流波形。图15D描绘了在重负载下使用小电容器(例如,大约200微法)的电压波形和相关联的电流波形。

[0686] 当使用如图15B的示例性波形图中所示的大电容器时,提供给电机的电流在每个周期的大部分中从电容器汲取。这实际上收缩了每个周期中从AC电源汲取电流的周期部分,这导致在每个周期内发生大的电流尖峰。例如,为了从AC电源获得10安培的恒定RMS电流,小时间窗口(time window)内的电流水平大大增加。这种增加通常导致大的电流尖峰。这种电流尖峰出于两个原因而是期望的。首先,工具的功率因数变低,并且AC电流的谐波含量(harmonic content)变高。其次,对于从AC源转送到工具的给定量的能量,电流的RMS值将为高。这种布置的实际结果是需要不必要的大的AC断路器来处理给定工作量的电流尖峰。

[0687] 通过比较,当使用如图15C所示的中等大小的电容器时,在更宽的时间窗内在每个周期内从AC电源汲取电流,这提供了较低的谐波含量和较高的功率因数。类似地,当使用如图15D所示的小电容器时,在每个周期内从电容器汲取的电流非常小(几乎可以忽略),为从AC电源汲取的电流提供更大的窗口。与图15C和图15D相比,这提供甚至更低的谐波含量和更高的功率因数。如稍后将讨论的(参见下面的图12),通过小电容器向电机控制电路204提供较低的平均电压,由于较低的谐波含量和较高的功率因数,确实可以从小电容器224获得较高的功率输出。

[0688] 使用小电容器的另一个优点是尺寸。市场上可用的电容器具有电容比为 1cm^3 比 $1\mu\text{F}$ 的典型尺寸。因此,取决于电动工具尺寸和应用,将小电容器(例如,10-200 μF)安装到电动工具壳体中是实用的,但是从人体工程学的观点来看,使用更大的电容器可能会产生挑战。例如,1000 μF 电容器的尺寸约为 1000cm^3 。需要大电容器的常规电动工具应用通常使用外部适配器来容纳电容器。在本发明的实施例中,电容器224足够小以致于可以被布置在工具壳体内,例如被布置在工具手柄内部。

[0689] 根据本发明的实施例,本发明的电动工具128可以由DC电源例如DC发电机供电,比如具有DC输出电源线、具有120V的DC输出电压的焊接机。使用大约0-50微法的小电容器224值,电动工具128可以从具有120V平均电压的DC电源提供较高的最大功率输出,相比其可以从来自具有108V平均电压的120V AC市电电源电压。如上所讨论的,使用0-50微法的小电容器,由120V AC市电电源产生的DC总线电压保持在大约108V的平均值。示例性电动工具可以从108V DC总线提供大约1600W的最大冷功率输出。相比之下,当由120VDC电源供电时,相同的电动工具从DC总线提供大于2200W的最大冷功率输出。该改进示出了一个 $2200/1600 =$

1.37 (其对应于电压比 $\sqrt[3]{3}$,即 $(120/108)^{\sqrt[3]{3}}$)的比率。

[0690] 根据本发明的实施例,可以通过调节电容器224的值来从AC和DC电源提供可比较的功率输出。图15E描绘了示出功率输出/电容、以及平均DC总线电压/电容波形的示例性组合图。该图中的x轴描绘了从0到1000 μ F的变化电容器值。Y轴分别表示范围从0-2500W的电动工具的最大功率瓦特输出(W)和由虚线表示的范围从100-180V的平均DC总线电压(V)。三个RMS电流值表示AC电源的额定RMS电流。例如,在美国,墙上插座可以由15安培RMS电流断路器保护。在该示例中,假设电动工具在重负载下接近其最大电流额定值进行操作。

[0691] 如该图所示,对于被配置为由10安培RMS电流电源供电的电动工具(即,具有大约10安培RMS电流的电流额定值的工具,或具有10安培RMS电流的电流额定值的电源),重负载下的平均DC总线电压:对于0-200 μ F的电容器范围,是在大约108-118V的范围内;对于200至400 μ F的电容器范围,是大约为118-133V;对于400-600 μ F的电容器范围,是大约为133-144V等。

[0692] 类似地,对于被配置为由15安培RMS电流电源供电的电动工具(即,具有大约15安培RMS电流的电流额定值的工具或者具有15安培RMS电流的电流额定值的电源),重负载下的平均DC总线电压:对于0-200 μ F的电容器范围,是在大约108-112V的范围内;对于200至400 μ F的电容器范围,是大约为112-123V;对于400-600 μ F的电容器范围,是大约为123-133V等。

[0693] 类似地,对于被配置为由20安培RMS电流电源供电的电动工具(即,具有大约20安培RMS电流的电流额定值的工具或者具有20安培RMS电流的电流额定值的电源),在重负载下的平均DC总线电压:对于0-200 μ F的电容器范围,是在大约108-110V的范围内;对于200至400 μ F的电容器范围,是大约为110-117V;对于400-600 μ F的电容器范围,是大约为117-124V等。

[0694] 在实施例中,为了从AC市电电源(例如,108V标称RSM电压)提供与从DC电源(120VDC)接收的标称电压可比较的平均DC总线电压,可以基于电动工具的电流额定值和目标DC总线电压来调节电容器值。例如,大约230 μ F的电容器值可以用于由10安培RMS电流电源供电的工具(即,具有大约10安培RMS电流的电流额定值或者被配置为由具有电流额定值为10安培RMS电流的电源供电的工具),以从AC市电提供大约120V的平均DC总线电压。这允许电动工具提供与来自120V DC电源基本相似的针对120V AC电源的输出水平。

[0695] 类似地,大约350 μ F的电容器值可以用于由15安培RMS电流电源供电的工具(即,具有大约15安培RMS电流的电流额定值或者被配置为由具有15安培RMS电流的电流额定值的电源供电的工具),以从AC市电提供大约120V的平均DC总线电压。更一般地,对于由15安培RMS电流电源供电的工具,电容器可以具有在290-410 μ F范围内的值,以在来自AC市电的DC总线上提供基本上接近120V的平均电压。这允许电动工具提供与来自120V DC电源基本相似的针对120V AC电源的输出水平。

[0696] 最后,大约500 μ F的电容器值可以用于由20安培RMS电流电源供电的工具(即,具有大约20安培RMS电流的电流额定值或者被配置为由具有20安培RMS电流的电流额定值的电源供电的工具),以从AC市电提供大约120V的平均DC总线电压。更一般地,对于由20安培RMS电流电源供电的工具,电容器可以具有在430-570 μ F范围内的值,以在来自AC市电的DC总线上提供基本上接近120V的平均电压。这允许电动工具提供与来自120V DC电源基本相似的

针对120V AC电源的输出水平。

[0697] III.可转换电池组和电源接口

[0698] 图16示出了一组可转换电池组20A4中的电池组的示例性实施例。一组可转换电池组20A4可以包括一个或多个电池组。类似于所述一组低额定电压电池组20A1的电池组,所述一组可转换电池组20A4中的每个电池组包括壳体338。壳体338包括顶部339和底部340。顶部339包括用于连接到电动工具的第一工具接口341。顶部339还包括多个开口342。

[0699] 这些开口342对应于第一端子块344的多个端子343(也被称为第一组端子)。工具接口341使得可转换电池组20A4能够电气地并且机械地连接到低额定电压DC电动工具101A、中等额定电压DC电动工具10A2、高额定电压DC电动工具10A3和AC/DC电动工具10B。也类似于所述一组低额定电压电池组20A1,所述一组可转换电池组20A4中的每个电池组包括驻留在壳体338中的电池330。也类似于所述一组低额定电压电池组120A的电池组,每个电池330除了为了简单起见未示出的其他元件之外还包括多个电池单元332。第一端子块344包括多个端子343和用于将端子343保持在相对固定位置中的塑料壳体145。端子343包括一对功率端子(“+”和“-”),并且可以包括多个电池单元抽头(tap)端子和至少一个数据端子。存在将“+”功率端子连接到多个电池单元332的正极侧和将“-”功率端子连接到多个电池单元332的负极侧的电气连接。

[0700] 在将可转换电池组322A连接到工具时,“+”和“-”功率端子电气耦合到电动工具的相应的“+”和“-”功率端子。电动工具的“+”和“-”功率端子电气连接到电动工具电机以向电机供电。

[0701] 与一组低额定电压电池组20A1的电池组不同,一组可转换电池组20A4的电池组是可转换电池组。在可转换电池组中,驻留在电池组壳体338中的电池单元330的配置可以在将电池330置于第一电池配置中的第一电池单元配置与将电池330放置在第二电池配置中的第二电池单元配置之间来回改变。在第一电池配置中,电池是低额定电压/高容量电池330,并且在第二电池配置中,电池是中等额定电压/低容量电池。换句话说,该组可转换电池组20A4的电池组能够具有两个额定电压——低额定电压和中等额定电压。如上所指出,低和中等是相对术语,并且不旨在将可转换电池组的电池组限制到特定电压。目的只是指出该组可转换电池组20A4的可转换电池组能够与具有低额定电压的第一电动工具和具有中等额定电压的第二电动工具一起操作,其中中等仅仅是大于低。在图16的示例性实施例中,顶部还包括包含辅助开口或槽隙347的第二工具接口346。辅助开口347对应于下面更详细描述的第二端子块348。

[0702] 图17示出了连接到可转换电池组20A4的低额定电压工具10A1。如图所示,低额定电压工具10A1不包括转换器元件350,并且槽隙347保持为空。在所示的实施例中,低额定电压工具允许槽隙347保持暴露于元件。在替代实施例中,低额定电压工具可以包括覆盖槽隙347以保护其免受元件损害的塑料部分。

[0703] 图18示出了连接到可转换电池组20A4的中等额定电压工具10A2。可转换组20A4以类似的方式连接到高额定电压电动工具10A3,10B。

[0704] 图19A示出了低额定电压工具10A1的脚的局部剖视图,其示出了工具的电池接口,所述电池接口包括工具端子块351,所述工具端子块351包括多个端子352,所述多个端子352接合第一电池端子块344以从电池组20A1或20A4向低额定电压工具10A1供电。

[0705] 图19B示出了中等额定电压工具110B的脚的局部剖视图,其示出了工具的电池接口,所述电池接口包括工具端子块351,所述工具端子块351包括多个端子352,所述多个端子352接合第一电池端子块344以从电池组322A向中等额定电压工具10A2供电。图19B还示出了中等额定电压工具10A2的转换器元件350。在该示例性实施例中,转换器元件350被定位在工具端子块351下方。转换器元件350连接到工具脚的壁并且朝向工具的接收电池组322A的一侧延伸。高额定电压电动工具和非常高额定电压电动工具将包括类似的电池接口、工具端子块和端子。

[0706] 图20A示出了中等额定电压工具10A2的脚的局部剖视图,其中工具的电池接口与电池的工具体接口接合。转换器元件350被接收在电池的槽隙347中——虽然从该视图不能看出。

[0707] 图21示出了该组可转换电池组20A4的电池330的示例性电池单元配置。默认(default)电池单元配置是当在下面更详细描述转换器元件没有被插入到电池组中时电池单元的配置。在该示例性实施例中,默认电池单元配置是图20B-图20D中的水平箭头的左边的配置。在可转换电池组的替代实施例中,默认电池单元配置可以是水平箭头的右边的电池单元配置。这些示例不旨在限制该组可转换电池组20A4的电池的可能的电池单元配置。

[0708] 如图21A中所示,第一示例性电池330包括2个电池单元332。在该示例中,每个电池单元332具有4V的电压和1.5Ah(安时)的容量。在默认配置中,存在1个电池单元332的2个子集。这两个子集并联连接,提供4V的电池电压和3Ah的容量。如图21B中所示,第二示例性电池包括3个电池单元332。在该示例中,每个电池单元332具有4V的电压和1.5Ah的容量。在默认配置中,存在1个电池单元332的3个子集。子集334并联连接,提供4V的电池电压和4.5Ah的容量。如图21C中所示,第三示例性电池330包括10个电池单元332。在该示例中,每个电池单元332具有4V的电压和1.5Ah的容量。在默认配置中,存在5个电池单元的2个子集334。电池单元的每个子集中的电池单元串联连接,并且电池单元的子集并联连接,提供20V的电池电压和3Ah的容量。如图21D中所示,第四示例性电池组包括15个电池单元。在该示例中,每个电池单元具有4V的电压和1.5Ah的容量。在默认配置中存在5个电池单元的3个子集。电池单元的每个子集中的电池单元串联连接,并且电池单元的子集并联连接,提供20V的电池电压和4.5Ah的容量。图21E示出了第二组电池组的电池的电池单元配置的一般化。通常,电池可以包括电池单元的N个子集,并且每个子集中有M个电池单元,成为电池中的总共 $M \times N$ 个电池单元。每个电池单元具有X伏特的电压和Y Ah的容量。因此,电池将具有这样的默认配置:其中每个子集的M个电池单元串联连接,并且N个子集并联连接。因此,默认配置提供了 $X \times M$ 伏特的电池电压和 $Y \times N$ 安培小时的容量。

[0709] 如上所指出,该组可转换电池组322A的每个电池组包括第二工具接口346和第二端子块348。图16和图22示出了第二工具接口346。第二工具接口346包括用于接收转换器元件350的槽隙347,这在下面更详细地讨论。槽隙347被定位成对耦合到电动工具的电池组20A4的端部打开——类似于第一工具接口和第一端子块。

[0710] 在所示的示例性实施例中,一组可转换电池组20A4中的电池组的每个电池330包括切换网络(switching network) 353。此外,每个电池330包括第二端子块348。在所示的示例性实施例中,端子块348包括第二多个端子349——也称为第二组端子。在该实施例中,第

二组端子349被配置为用作切换网络353。在其他实施例中,开关可以是其它类型的机械开关,例如单刀单掷开关或诸如晶体管的电子开关,并且可以位于电池组的其他部分中或者位于工具或者工具和电池组的组合中。在替代实施例中,第一组端子和第二组端子可以容纳在单个端子块中。

[0711] 参考图22,图23,图24,示出了可转换电池组20A4和一组可转换电池组20A4中的电池330的示例性实施例。该示例性电池330具有10个电池单元,并且具有如图21C所示的默认配置。电池330包括第一端子块344,所述第一端子块344包括用于向连接的电动工具提供功率的+端子和-端子343。+端子343连接到节点A。节点A是电池单元332的第一子集的正端子。-端子343连接到节点D。节点D是电池单元332的最后一个子集的负端子。电池330还可以包括第二端子块348,所述第二端子块348包括四个端子——在该实施例中为第二组端子349。存在耦合到节点A的A端子349,耦合到节点B的B端子349,耦合到节点C的C端子349和耦合到节点D的D端子349。在该示例性实施例中,C端子349位于A端子349上方,B端子349位于D端子349上方。

[0712] 图24示出了多个配置中的可转换电池组20A4的局部示意性/局部框图。虽然图24在每个子集334中仅仅示出单个电池单元332,但是在子集334中可以存在任何数量的电池单元332。更具体地,在子集334中在正节点A,C和相应的负节点B,D之间的电池单元332的数量可以是大于或等于1的任何数。在电池330的这个示例中,在节点A和节点B之间的子集334中有五个电池单元332,在节点C和节点D之间的子集334中有五个电池单元。第二端子块348中的端子349的数量与电池单元332的子集334的数量相关。在该示例性电池中,第二组端子包括四个端子349。如图24所示,A端子349对应于节点A并且电气耦合到节点A,B端子349对应于节点B并且电气耦合到节点B,C端子349对应于节点C并且电气耦合到节点C,D端子349对应于节点D并且电气耦合到节点D。

[0713] 参见图23A和图24A,在默认配置中——当转换器元件350不位于槽隙347中时——A和C端子349彼此电气耦合,并且B和D端子349彼此电气耦合。通过使A和C端子349彼此电气耦合,这有效地形成闭合的开关1。通过使B和D端子349彼此电气耦合,这有效地形成闭合的开关(switch)2。由于B和C端子349没有彼此耦合,这有效地形成打开的开关3。在该配置中,也如图21C中向左箭头所示,电池组20A4处于其低额定电压/高容量配置中。

[0714] 参见图22,图23和图24,该系统包括转换器元件350。在图22和图23中,转换器元件350被示出为独立元件——未附接到任何工具。转换器元件350可以是独立元件,或者可以固定地连接到电动工具,如图19B和图24所示。如图19B和图24所示,转换器元件可以容纳在工具(第二组工具,第三组工具或第四组工具中的一个工具)中。尽管图22示出了在其独立实施例中的转换器元件350,但是以下内容也适用于工具中的实施例。转换器元件350包括由塑料或其他电绝缘材料制成的基座部分354。附接到基座部分354的上表面的是比如铜之类的导电材料,在下文中称为跳线(jumper)355。基座部分354包括前缘(leading edge)356。前缘356是转换器元件350的边缘,当转换器元件350插入到槽隙347中时所述边缘最初接合第二组端子349的端子。

[0715] 如图23所示,当转换器元件350插入到槽隙347中时,前缘356接合第二组端子349的所有端子。如图23B和图24B所示,当这发生时,A端子349与C端子349分离,从而打开开关1,B端子349与D端子349分离,从而打开开关2。这种配置将电池单元332的子集334置于打开

配置中。当从第一电池单元配置——并联——与第二电池单元配置——串联——来回切换时,通常非常希望进入第三打开配置——或开路——因为否则电池单元将被置于短路状况中。

[0716] 将电池单元置于短路状况中可能对电池产生严重的有害影响。例如,如果电池单元的全部或一些被置于短路状况中,则可能发生大量的不安全放电。

[0717] 如图23C和图24C所示,当转换器元件350被进一步插入槽隙347中时,C和B端子349接合跳线355。这电气耦合B和C端子349、连接节点B和C并有效地闭合开关3。将子集334置于串联配置中——如图21C中向右箭头所示——并且电池组20A4进入中等额定电压/低容量配置中。为了清楚起见,转换器元件350的基座部分的底侧——与附接到跳线355的一侧相对——是绝缘表面,因此,A端子349与C端子349电绝缘——有效地保持开关1打开,并且B端子349与D端子349电绝缘——有效地保持开关2打开。

[0718] 如图21E所示,在将转换器元件350插入到槽隙347中时,该组可转换电池组20A4的电池组将从其低额定电压/高容量配置转换到其中等额定电压/低容量配置。在中等额定电压/低容量配置中,可转换电池组20A4将具有 $X \times M \times N$ 伏特的额定电压和Y安培小时的容量。

[0719] 参见图25,图26和图27,示出了可转换电池组20A4和该组可转换电池组20A4的电池330的另一示例性实施例。该示例性电池330具有15个电池单元,并且具有如图21D所示的默认配置。电池330包括第一端子块344,所述第一端子块344包括用于向连接的电动工具提供功率的+端子和-端子343。+端子343连接到节点A。节点A是电池单元332的第一子集的正端子。-端子343连接到节点F。节点F是电池单元332的最后一个子集的负端子。电池330还可以包括第二端子块348,所述第二端子块348包括六个端子——在该实施例中为第二组端子349。存在耦合到节点A的A端子349,耦合到节点B的B端子349,耦合到节点C的C端子349,耦合到节点D的D端子349,耦合到节点E的E端子349和耦合到节点F的F端子349。在该示例性实施例中,C和E端子349位于A端子349上方,B和D端子349位于F端子349上方。

[0720] 图27示出了多个配置中的电池组20A4的局部示意性/局部框图。虽然图27在每个子集334中仅仅示出单个电池单元332,但是在子集334中可以存在任何数量的电池单元332。更具体地,在子集334中在正节点A,C,E与相应的负节点B,D,F之间的电池单元332的数量可以是大于或等于1的任何数。在电池330的这个示例中,在节点A和节点B之间的子集334中有五个电池单元332,在节点C和节点D之间的子集334中有五个电池单元332,以及在节点E和节点F之间的子集334中有五个电池单元332。第二端子块348中的端子349的数量与电池单元332的子集334的数量相关。在该示例性电池中,第二组端子包括六个端子349。如图27所示,A端子349对应于节点A并且电气耦合到节点A,B端子349对应于节点B并且电气耦合到节点B,C端子349对应于节点C并且电气耦合到节点C,D端子349对应于节点D并且电气耦合到节点D,E端子349对应于节点E并且电气耦合到节点E,且F端子349对应于节点F并且电气耦合到节点F。

[0721] 参见图26A和图27A,在默认配置中——当转换器元件350不位于槽隙347中时——A,C和E端子349彼此电气耦合,并且B,D和F端子349彼此电气耦合。通过使A和C端子349彼此电气耦合,这有效地形成闭合的开关1,并且通过使C和E端子349——通过A端子349——彼此电气耦合,这有效地形成闭合的开关4。通过使B和D端子349——通过F端子349——彼此电气耦合,这有效地形成闭合的开关2,并且通过使D和F端子349彼此电气耦合,这有效地形

成闭合的开关5。由于B和C端子349没有彼此耦合,这有效地形成打开的开关3,并且由于D和E端子349没有彼此耦合,这有效地形成打开的开关6。在该配置中,也如图21D中向左箭头所示,可转换电池组20A4处于其低额定电压/大容量配置中。

[0722] 参见图25,图26和图27,该系统包括转换器元件350。在图25和图26中,转换器元件350被示出为独立元件——未附接到任何工具。转换器元件350可以是独立元件,或者可以固定地连接到电动工具,如图19B和图27所示。如图19B和图27所示,转换器元件350可以容纳在工具(第二组工具,第三组工具和第四组工具中的每个工具)中。尽管图25和图26示出了在其独立实施例中的转换器元件,但是以下内容也适用于工具中的实施例。转换器元件350包括由塑料或其他电绝缘材料制成的基座部分354。附接到基座部分354的上表面的是比如铜之类的导电材料,在下文中称为跳线355。在该实施例中,存在两个跳线355。基座部分354包括前缘356。前缘356是转换器元件350的边缘,当转换器元件350插入到槽隙347中时,所述边缘最初接合第二组端子349的端子。如图26A所示,当转换器元件350插入到槽隙347中时,前缘356接合第二组端子349的所有端子。如图26B和图27B所示,当这种情况发生时,A端子349与C和E端子349分离,从而打开开关1和4,F端子349与B和D端子349分离,从而打开开关2和5。这种配置将子集334电池单元332置于打开配置中,其具有上述优点。

[0723] 如图26C和图27C所示,当转换器元件350进一步插入槽隙347时,C和B端子349接合第一跳线355。这电气耦合B和C端子349、连接节点B和C并有效地闭合开关3。同时,D和E端子349接合第二跳线355。这电气耦合D和E端子349、连接节点D和E并有效地闭合开关6。这将电池单元332的子集334置于串联配置中——如图21D向右箭头所示——并且将电池组置于中等额定电压/低容量配置中。为了清楚起见,转换器元件350的基座部分的底侧——与附接到跳线355的一侧相对——是绝缘表面,并且同样地,A端子349与C和E端子349电绝缘——有效地保持开关1和4打开,并且F端子349与B和D端子349电绝缘——有效地保持开关2和5打开。

[0724] 电池组充电器30能够机械地和电气地连接到该组低额定电压电池组20A1和该组可转换电池组20A4的电池组。电池组充电器30能够对该组低额定电压电池组20A1和该组可转换电池组20A4的电池组充电。由于低额定电压电池组20A1和可转换电池组20A4的电池组具有用于将电池组连接到低额定电压DC电动工具的共同工具接口16A,因此该组低额定电压电池组20A1和该组可转换电池组20A4的电池组都将与低额定电压电池充电器30进行接口,所述低额定电压电池充电器30包括与低额定电压DC电动工具10A1的电池接口16A大致相同的电池接口16A。

[0725] 参见图20B,在替代实施例中,转换器元件350可以被实现为可转换电池组20A4的一部分。参见图20C,在另一替代实施例中,转换器元件350可以被实现为转换中等额定电压DC电动工具10A2的一部分。类似地,转换器元件350可以被实现为转换高额定电压DC电动工具10A3和转换AC/DC电动工具10B的一部分。参见图20D,在另一个替代实施例中,转换器元件350可以被实现为可以与可转换电池组20A4、中等额定电压DC电动工具10A2或两者进行接口的单独部件。类似地,转换器元件350可以被实现为可以与高额定电压DC电动工具10A3和AC/DC电动工具10B进行接口的单独部件。

[0726] 参见图3B,低额定电压/中等额定电压DC电动工具10A2(例如,60VDC电动工具)能够替代地由低额定电压电池组20A1(例如,20V电池组),中等额定电压电池组20A2(例如,

60V电池组)和/或可转换低额定电压/中等额定电压电池组20A4来供电——具有或不具有转换器元件350(在具有转换器元件350的工具10和可转换电池组20A4的示例中,工具将被认为是转换工具10)。在替代实施例中,低额定电压/中等额定电压DC电动工具10A2可操作在串联连接的一对这种低额定电压电池组20A1上。例如,串联放置两个20V电池组20A1产生40V DC的组合额定电压。低额定电压电池组20A1或者处于低额定电压配置中的可转换低额定电压/中等额定电压电池组20A4不可以提供中等额定电压DC电动工具10A2所额定的60V中等额定电压电池组20A2的等效功率输出。为了使低额定电压/中等额定电压DC电动工具10A2(例如,额定为20V/60V或40V/60V)中的电机12A与低额定电压电池组20A1(其产生例如20V或40V电压)一起工作,则低额定电压/中等额定电压DC电动工具10A2包括电机控制电路14A,其被配置为基于电池额定电压来优化电机性能,如本申请中更详细地讨论的。

[0727] 参见图3C,中等额定电压/高额定电压电动工具10A3可以替代地由中等额定电压电池组20A2(例如,一对20V,30V或40V电池组或单个40V,60V或90V电池组)来供电。例如,中等额定电压/高额定电压DC电动工具10A3可以使用一对串联连接的40V电池来操作,以产生80V的组合额定电压。为了使高额定电压DC电动工具10A3(其如上所述被优化成以更高的功率和电压额定值例如120V工作)中的电机12A与中等额定电压电池组20A2一起工作,高额定电压DC电动工具10A3包括被配置为基于电池输入电压来优化电机性能的电机控制电路14A(类似于前述的电机控制电路14A)。

[0728] 参见图28,系统的替代实施例包括替代的可转换电池组20A4'和来自中等额定电压DC电动工具10A2'或高额定电压DC电动工具10A3'或AC/DC电动工具10B'中的一个替代工具,系统的所述替代实施例可以包括替代的切换网络。替代的切换网络可以部分位于电池组20A4'中,并且部分位于工具10A2',10A3',10B'中。如图28A所示,电池组20A4'包括类似于电池330的电池330'。然而,电池330'包括两个开关1,2。这些是并联开关。类似于上述的电池330,当开关1,2闭合时,替代电池330'的电池单元332处于提供低额定电压/高额定容量电池组20A4'的并联配置中。第二端子块包括B端子349和C端子349。如图28B和图28C所示,电动工具10A2',10A3',10B'包括开关3。如图28B所示,电动工具10A2',10A3',10B'耦合到电池组20A4',并且工具开关3处于打开状态,并且电池开关1,2处于闭合状态。因此,电池组20A4'处于低额定电压配置中。如图28C所示,电动工具10A2',10A3',10B'耦合到电池组20A4',并且工具开关3处于闭合状态,并且电池开关1,2处于打开状态。因此,电池组20A4'处于中等额定电压配置中。类似于上面参照图3B描述的实施例,当与低额定电压电池组组合时,电动工具10A2',10A3',10B'可以操作为低额定电压DC电动工具;或者当与中等额定电压电池组组合时,电动工具10A2',10A3',10B'可以操作为中等额定电压DC电动工具。工具开关3例如可以是晶体管。工具开关3可以由工具触发器或工具10A2',10A3',10B'上的单独的用户控制开关来控制。

[0729] 参见图29,系统的另一替代实施例包括替代的可转换组20A4''和来自中等额定电压DC电动工具10A2''或高额定电压DC电动工具10A3''或AC/DC电动工具10B''中的一个替代工具,系统的所述另一替代实施例可以包括类似于上面关于图28所述的替代切换网络。在该实施例中,电池330''包括电池单元的三个子集和四个电池开关1,2,4,5,并且工具包括两个开关3,6。

[0730] 参见图30和图31,转换器元件330''和切换网络可以使用作为开关的晶体管和控制

器362来实现。还参见图29,示出了另一个实施例,其中工具上的控制开关来回控制可转换电池组20A4在低额定电压/高容量配置和中等额定电压/低容量配置之间的转换。可转换电池组20A4包括如上所述的多个电池单元,开关网络361和控制器362。控制器362耦合到开关网络361,开关网络361耦合到电池单元。开关网络361在使用晶体管实现时等效于上面关于图24和27描述的开关网络。可转换电池组20A4还包括第一端子块363和第二端子块364。第一电池端子块363连接到多个电池单元以向电动工具10提供功率。第二电池端子块364连接到控制器362,以用于从工具10接收控制信号。工具10包括连接到电机12并且可连接到第一电池端子块363的第一端子块365,用于从可转换电池组20A4接收功率。工具10还包括连接到控制开关360并且可连接到第二电池端子块364的第二端子块366。当可转换电池组20A4连接到工具10时,第一电池端子块363电气连接到第一工具端子块365,并且第二电池端子块364电气连接到第二工具端子块366。因此,工具控制开关360能够向控制器362发送信号,引导控制器管理开关网络361以将电池单元置于提供低额定电压/高容量组配置的第一配置或提供中等额定电压/低容量组配置的第二配置中。工具控制开关360可以是任何类型的双位置开关。第一和第二电池端子块363,364可以被实现为单个端子块。第一和第二工具端子块364,366也可以被实现为单个端子块。

[0731] 参见图31,另一个实施例被示出为类似于图30的实施例——除了控制开关360'是可转换电池组20A4的一部分而不是电动工具10的一部分之外。因此,可转换电池组20A4和电动工具10都不需要第二端子块。

[0732] 高额定电压工具不仅可以使使用高额定电压可再充电电池组来进行接收和操作,而且高额定电压工具还可以并入能够对高额定电压电池组充电的电池充电器。无论电动工具是否正在给电池组放电,电池充电器都可以对高额定电压电池组充电。

[0733] 图32A,图32B和图32C示出了用于可转换电池组20A4的可替代电池单元配置。

[0734] 参见图1,该组高额定电压电动工具可以包括一个或多个不同类型的高功率AC/DC(即有绳/无绳)电动工具10B。与低额定电压电动工具10A1和中等额定电压电动工具10A2不同,高额定电压AC/DC电动工具10B可以交替地由AC额定电压AC电源20B(例如,在诸如美国,加拿大,墨西哥,日本等国家(地区)通过AC电源线提供的100VAC至130VAC市电AC功率)或者一个或多个DC电源20A(例如,从可移动和可再充电电池组提供的)供电。

[0735] 非常高额定电压电动工具组可以包括一个或多个不同类型的AC/DC或有绳/无绳电动工具。类似于高额定电压AC/DC电动工具10B,非常高额定电压AC/DC电动工具可以交替地由非常高额定AC电源20B(例如,在欧洲,南美洲,亚洲和非洲等的大多数国家中通过AC电源线提供的200VAC至240VAC的市电AC功率),或者一起具有非常高额定电压的一个或多个DC电源20A(例如,从可移动和可再充电电池组提供的)供电。换句话说,非常高额定电压电动工具被设计为使用非常高额定电压AC或DC电源来操作。

[0736] 在一组中等额定电压DC电动工具10A2被配置为由中等额定电压电池组20A2供电的情况下,如果电池组接口16A被适当地配置,则中等额定电压DC电动工具10A2也可以由被置于它们的中等额定电压配置中的可转换电池组20A4来供电,或者由彼此串联连接以具有总的中等额定电压的多个低额定电压电池组20A1来供电。例如,具有20V额定电压的低额定电压DC电动工具10A1可以用20V电池组20A1或被置于其20V低额定电压配置中的可转换电池组20A4来供电。

[0737] 具有60V额定电压的中等额定电压DC电动工具10A2可以由60V中等额定电压电池组20A2供电,或者如果电池组接口16A被适当地配置则由被配置处于其60V中等额定电压配置中的可转换电池组20A4来供电,或者如果电池组接口16A被适当地配置则由三个串联连接以具有60V总额定电压的20V低额定电压电池组来供电。

[0738] 图33示出了本发明的电动工具系统的示例性替代实施例。该实施例的电动工具系统可以包括如上所述的电动工具10A3,10B的组中的一个或多个。该实施例的电动工具系统还可以包括如上所述的可转换电池组20A4中的两个。该实施例的电动工具系统还可以包括转换器盒394。转换器盒394可以包括一对电池组插座396。电池组插座396每个接收可转换电池组20A4中的一个。该实施例的电动工具系统还可以包括一对转换器元件350。转换器元件350可以是独立的设备,或者作为电池组20A4的一部分被包括或者作为转换器盒396的一部分被包括。无论怎样实现转换器元件350,当可转换电池组20A4驻留于电池组插座396中时,该电池组处于其中等额定电压/低容量配置中(例如,每个20V/60V电池组20A4处于60V配置中)。转换器盒394将两个电池组20A4置于串联组合配置中,从而提供高额定电压转换器盒396(例如,两个60V电池组串联连接以提供120VDC输出)。使用与AC/DC电动工具122,126,128相关联的电线组,这些AC/DC电动工具中的任一个可以被插入转换器盒396中,以使用可再充电DC电池电源在高额定电压处操作。可替代地,使用相同的电线组,这些AC/DC电动工具可以被插入高额定电压AC电源20B中。在该实施例中,AC/DC电动工具122,126,128可以利用没有并入转换器元件350的任何适当的可再充电DC电池组电源20A。

[0739] 图34和图35示出了可转换电池组20A4的替代示例性实施例。电池组包括壳体412。壳体可以包括用于创建壳体的替代配置,例如顶部和底部耦合在一起以形成壳体,或者两个侧部耦合在一起以形成壳体。不管结构如何,壳体将形成内部空腔414。本发明预期并包括了用于形成壳体的其它配置。壳体412包括电动工具接口416,用于与电气设备例如电动工具20或电池充电器30的相应电池组接口418机械耦合。在所示的示例性实施例中,电动工具接口416包括轨道和凹槽系统,其包括一对轨道422和一对凹槽424。本发明预期和包括了其它类型的接口。电动工具接口416还可以包括用于将电池组10固定到电气设备20的闩锁系统426。

[0740] 壳体412还包括在壳体412的顶部430中的多个槽隙428。槽隙428可以被定位在壳体412的其他部分中。多个槽隙428形成一组槽隙428。多个槽隙428对应于多个电池端子432。多个电池端子432形成一组电池端子432。多个槽隙428也对应于电气设备20的多个端子434。多个电气设备端子434形成一组电气设备端子434。电气设备端子434由电池端子槽隙428接收并且与电池端子432接合和配合,如下面将更详细地讨论的。壳体412还包括在电池端子槽隙428的相对侧上沿壳体412的顶部430延伸的一对转换槽隙或槽道436。在所示的示例性实施例中,槽道436从壳体412的边缘438延伸到壳体412的顶部430的中心部分440。每个槽道436终止于壳体412的顶部430中的通孔442处。通孔442从壳体412的外表面44延伸到内部空腔414。在所示的实施例中,通孔442被定位于电动工具接口416的轨道422下方。转换槽隙436和通孔442可以被定位于壳体412的其他部分中。替代实施例可以包括更多或更少的转换槽隙。

[0741] 图36A和图36B示出了处于第一电池单元配置和第二电池单元配置中的可转换电池446的示例性实施例的示例性简化电路图。电池446除了为了简单起见未示出的其它元件

之外还包括多个可再充电电池单元448——也称为电池单元。多个电池单元448形成一组电池单元448。在所示的电路图中, 示例性电池446包括一组十五(15)个电池单元448。如本领域的普通技术人员将理解的那样, 电池的替代示例性实施例可以包括更大或更小数量的电池单元, 并且被本公开预期和包括。在所示的示例性实施例中, 电池包括五(5)个电池单元A1, A2, A3, A4, A5的第一子集A; 五(5)个电池单元B1, B2, B3, B4, B5的第二子集B; 和五(5)个电池单元C1, C2, C3, C4, C5的第三子集C。电池单元448的每个子集中的电池单元448串联电气连接。更具体地, 电池单元A1与电池单元A2串联连接, 电池单元A2与电池单元A3串联连接, 电池单元A3与电池单元A4串联连接, 电池单元A4与电池单元A5串联。子集B和C以相同的方式连接。如本领域普通技术人员清楚地理解的那样, 每个电池单元448包括正(+)端子或阴极和负(-)端子或阳极。电池单元448的每个子集包括正端子(A+, B+, C+)和负端子(A-, B-, C-)。并且电池446包括正端子(BATT+)和负端子(BATT-)。

[0742] 在电池单元448的子集中的相邻电池单元448之间是节点449。节点将由相关联的电池单元的正极侧来指代。例如, 电池单元A1和电池单元A2之间的节点将被称为A1+, 而电池单元A2和A3之间的节点将被称为A2+。这个约定将在整个申请中使用。应当理解, A1和A2之间的节点也可以称为A2-。

[0743] 如本领域普通技术人员清楚理解的那样, 电池单元448具有最大电压电势(voltage potential)——电池单元448在它被完全充电时的电压。为了本申请的目的, 除非另有具体说明, 否则当提及电池单元448的电压时, 参考将是电池单元的最大电压。例如, 当完全充电时, 电池单元448可以具有4伏特的电压。在该示例中, 电池单元将被称为4V电池单元。虽然电池单元448可以在放电期间放电到较小的电压, 但其仍将被称为4V电池单元。在所示的示例性实施例中, 电池单元448都是4V电池单元。因此, 电池单元448的每个子集的电压电势将被表示为20V。当然, 替代示例性实施例的一个或多个电池单元可以具有更大或更小的最大电压电势, 并且被本公开预期和包括。

[0744] 如本领域普通技术人员清楚地理解的那样, 电池单元448具有最大容量——电池单元448在它被完全充电时的安培小时数。为了本申请的目的, 除非另有具体说明, 否则当提及电池单元448的容量时, 参考将是电池单元的最大容量。例如, 当完全充电时, 电池单元448可以具有3安培小时的容量。在该示例中, 电池单元448将被称为3Ah电池单元。虽然电池单元448可以在放电期间放电到较小的容量, 但是它仍将被称为3Ah电池单元。在所示的示例性实施例中, 电池单元448都是3Ah电池单元。因此, 电池单元的每个子集的容量将表示为3Ah。当然, 替代示例性实施例的电池单元中的一个或多个可以具有更大或更小的最大容量, 并且被本公开预期和包括。

[0745] 电池446还包括多个切换元件450——其也可被称为开关450。多个开关450形成一组开关450。在所示的电路图中, 示例性电池446包括一组十四(14)个开关S1-S14。电池446的替代示例性实施例可以包括更多或更少数量的开关450, 并且被本公开预期和包括。在所示的示例性实施例中, 电池446包括六(6)个开关的第一子集450a——也称为电开关/功率开关(power switches)——和八(8)个开关的第二子集450b——也称为信号开关。在示例性实施例中, 电开关的第一子集450a电气连接在电池单元448的子集的正端子与电池单元448的子集的负端子之间。具体地, 电开关S1连接端子A+和B+, 电开关S2连接端子B+和端子C+, 电开关S3连接端子A-和端子B-, 电开关S4连接端子B-和端子C-。在示例性实施例中, 电开

关450b的第二子集在电池单元的子集的负端子和电池单元的子集的正端子之间。具体地,电开关S5连接端子A-和端子B+,电开关S4连接端子B-和端子C+。电开关450a可以被实现为简单的单掷开关、端子/接触开关或者如本领域普通技术人员将理解的其它机电、电气或电子开关。

[0746] 在示例性实施例中,信号开关450b电气连接在电池单元448的每个子集的对应节点449之间。更具体地,信号开关S7在节点A4+和节点B4+之间,信号开关S8在节点B4+和C4+之间,信号开关S9在节点A3+和B3+之间,信号开关S10在节点B3+和C3+之间,信号开关S11在节点A2+和B2+之间,信号开关S12在B2+和C2+之间,信号开关S13在节点A1+和B1+之间,以及信号开关S14在B1+和C1+之间。信号开关450b可以被实现为简单的单掷开关、端子/接触开关或如本领域普通技术人员将理解的其它机电、电气或电子开关。

[0747] 在第一电池配置中,在图36A中所示,电开关的第一子集S1,S2,S3,S4闭合,电开关的第二子集S5,S6打开,信号开关S7,S8,S9,S10,S11,S12,S13,S14闭合。在该配置中,电池单元的子集A,B,C并联连接。此外,电池单元448的每个子集的相应电池单元448并联连接。更具体地,电池单元A5,B5,C5并联连接;电池单元A4,B4,C4并联连接;电池单元A3,B3,C3并联连接;电池单元A2,B2,C2并联连接;和电池单元A1,B1,C1并联连接。在该配置中,电池446被称为处于低额定电压配置中。电池446也可以称为处于高容量配置中。如本领域普通技术人员将理解的那样,由于电池单元448的子集并联连接,所以该配置的电压将是电池单元448的每个子集上的电压,并且因为存在电池单元的多个子集,所以电池的容量将是电池单元448的每个子集的容量的总和。在该示例性实施例中,如果每个电池单元448是4V,3Ah电池单元,则五个电池单元448的每个子集将是20V,3Ah子集,并且包括五个电池单元448的三个子集的电池446将是20V,9Ah电池。在替代实施例中,可以闭合少于所有的信号开关。

[0748] 在第二电池配置中,在图36B中所示,电开关的第一子集S1,S2,S3,S4打开,电开关的第二子集S5,S6闭合,信号开关S7,S8,S9,S10,S11,S12,S13,S14打开。在该配置中,电池单元的子集A,B,C是串联的。在该配置中,电池446被称为处于中等额定电压配置中。电池446也可以被称为处于低容量配置中。如本领域普通技术人员将理解的那样,由于电池单元448的子集被串联连接,所以该配置的电压将是电池单元448的所有子集上的电压,并且因为在该配置中实际上存在并联的电池单元的一个超集,所以电池的容量将是电池单元448的超集内的单个电池单元448的容量。在该示例性实施例中,如果每个电池单元448是4V,3Ah电池单元,则五个电池单元448的每个子集将是20V,3Ah子集,并且包括电池单元448的三个子集的电池446将是60V,3Ah电池。

[0749] 下面将更详细地描述电池从低电压配置转换到中等电压配置的方式。应当理解,术语“低”和“中等”仅仅意指相对的术语,因为低额定电压配置具有小于中等额定电压配置的电压,并且中等额定电压配置具有大于低额定电压配置的电压。

[0750] 图37A和图37B示出了可转换电池组20A4的示例性实施例的替代示例性电池446'的简化电路图。图37A和图37B的电池446'类似于图36A和图36B的电池446。图36A和图36B的电池446与图37A和图37B的电池446'之间的一个区别是:电池446'不包括信号开关450b。

[0751] 在本发明中,电池组20A4可在低额定电压配置和中等额定电压配置之间转换。如图33-图47所示,一个机构建立和断开电池端子432之间的连接,以有效地打开和闭合图36和图37中所示的开关450并且如上所述。图40示出了示例性可转换电池组20A4的详细视图。

如上所述,电池组20A4包括槽道436和通孔442。如图38所示,转换器元件452——也称为转换卡、滑块或滑块卡并在下面更详细地描述——包括一对突出部454;每个突出部454延伸穿过通孔442中的一个并且在槽道436上方。当转换器元件452处于第一位置中时,如下所述,突出部454被定位在相应通孔442的第一端处。当转换器元件452处于第二位置中时,如下所述,突出部454被定位在相应通孔442的第二端处。壳体412还可以包括排出端口456。排出端口456允许灰尘或其它碎屑当转换器元件452和转换器元件突出部454移动到第二位置时被推出通孔442,如下所述。

[0752] 图39A,图39B和图39C示出了示例性电池组接口418,在这种情况下是与可转换电池组20A4配合的中等额定电压电动工具10A2示例性电池组接口418。电池组接口418包括与电动工具接口416机械地配合的一对轨道458和凹槽460,如上所述。电池组接口418还包括端子块462和电气设备端子434。电池组接口418还包括一对转换元件466。电气设备/中等额定电压电动工具10A2的替代示例性实施例可以包括更多或更少的转换元件466,并且被本公开预期和包括。在示例性实施例中,转换元件466可以是可以从轨道458向下延伸的简单的突出部或突起。转换元件466的尺寸和位置被定位成被接收在相应的电池组转换槽隙436中。由于电池组接口418在——如箭头A所示的——配合方向上滑动到与电动工具接口416配合接合,所以转换元件466被接收在相应的转换槽隙436中并沿着相应的转换槽隙436滑动。在配合过程中的某一点处,如下面更详细描述,转换突出部466将接合转换器突出部454。当配合过程在配合方向上继续时,转换元件466将迫使转换器突出部454在配合方向上移动。这样,转换器元件452被迫沿配合方向移动或滑动。

[0753] 如图40所示,电池446的示例性实施例包括多个电池单元448。电池446还包括诸如条带(straps)或导线之类的多个电池单元互连(cell interconnects)468,将一个电池单元448的电池单元端子电气连接到另一个电池单元448的电池单元端子和/或将电池单元448的端子连接到印刷电路板470(PCB)或柔性印刷电路,柔性印刷电路又连接到PCB 470。还示出了用于耦合到电气设备10A2的闩锁系统426。电池446还包括端子块472和电池端子432。在一端,电池端子432被配置为电气耦合到电气设备端子434,并且在另一端,电池端子432电气耦合到电池单元448,如下面更详细描述。如上所指出,电池446包括转换器元件452。转换器元件452包括支撑结构或壳体474。如上所指出,转换器元件452包括一对转换器突出部454。转换器元件突出部从转换器元件支撑结构474的上表面476延伸。在所示的示例性实施例中,转换器元件支撑结构474具有H形状。更具体地,转换器元件支撑结构474包括两个平行腿478和横杆480。转换器元件突出部454从平行腿478延伸。电池446还包括一对压缩弹簧482。替代示例性实施例可以包括更多或更少的弹簧和其他类型的弹簧,并且被本公开预期和包括。每个平行腿478的第一端484包括弹簧连接突出部486。每个压缩弹簧482的第一端附接到相应的弹簧连接突出部486。每个压缩弹簧482的第二端附接到电池单元保持器488。压缩弹簧482被配置为迫使转换器元件452进入第一位置中,如图40和图41A所示。当电气设备/中等额定电压电动工具10A2在配合方向上与电池组20A4配合并且电气设备转换元件466与转换器元件突出部454接合时,转换器元件452从其第一位置(在图41A中示出)移动并且被迫作用于弹簧482从而压缩弹簧482。当电动工具10A2与电池组20A4完全配合时,转换器元件452将已经从第一位置移动到第二位置,并且弹簧482将处于其完全压缩中(如图41B所示)。当电气设备10A2从电池组20A4分离时,弹簧482迫使转换器元件452从第二位

置(在图41B中示出)移动到第一位置(在图41A中示出)。电池446还可以包括例如在转换器元件452和电池单元448之间的PCB 470和/或一些其他类型的绝缘板490,如下面更详细描述。

[0754] 如图41A和图41B所示,电池PCB 470和/或绝缘板490包括多个接触焊盘492。多个接触焊盘492形成一组接触焊盘492。多个接触焊盘492是导电元件。多个接触焊盘492可通过导线或PCB迹线或一些其它类型的导电连接元件——为简明起见未示出——电气连接到电池单元端子或节点。在示例性实施例中,多个接触焊盘492允许触点沿着接触焊盘492滑动以进行和断开与其的连接——从而有效地打开和闭合上述功率和/或信号开关450。下面更详细地描述该过程。

[0755] 如图42,图43A和图43B更详细地示出的——其示出了没有转换器元件452的示例性电池446,电池446包括多个接触焊盘492。如上所指出,示例性电池446包括在分离的绝缘板490上的接触焊盘的第一子集492a——也称为功率接触焊盘492a和在PCB 470上的接触焊盘的第二子集492b——也称为信号接触焊盘492b。在替代实施例中,接触焊盘492的第一和第二子集可以全部被放置在单个PCB、单个绝缘板或一些其他支撑元件上。图42,图43A和图43B中所示的接触焊盘配置是示例性配置。替代示例性实施例可以包括其他接触焊盘配置,并且被本公开预期和包括。

[0756] 如图42,图43A和图43B所示,电池条带468的子集缠绕电池单元保持器488并延伸到PCB 470和/或绝缘卡490。条带468的这个子集中的每个条带468电气耦合到电池单元448的特定子集的单个端子。具体地,第一条带468a耦合到端子A+,第二条带468b耦合到端子B+,第三条带468c耦合到端子C+,第四条带468d耦合到端子A-,第五条带468e耦合到端子B-,而第六条带468f耦合到端子C-。

[0757] 如图43A和图43B所示,接触焊盘的第一子集492a的每个接触焊盘492也电气耦合到电池单元448的特定子集的单个端子。具体地,第一接触焊盘492a1耦合到端子A+,第二接触焊盘492a2耦合到端子B+,第三接触焊盘492a3耦合到端子C+,第四接触焊盘492a4耦合到端子B-,第五接触焊盘492a5耦合到端子A-,第六接触焊盘492a6也耦合到端子B-,第七接触焊盘492a7耦合到端子C-,并且第八接触焊盘492a8也耦合到端子B+。此外,接触焊盘的第二子集492b中的每个接触焊盘492电气耦合到电池446的单个节点。具体地,第九接触焊盘492b1耦合到节点B1+,第十接触焊盘492b2耦合到节点C1+,第十一接触焊盘492b3耦合到节点A1+,第十二接触焊盘492b4耦合到节点C2+,第十三接触焊盘492b5耦合到节点B2+,第十四接触焊盘492b6耦合到节点A2+,第十五接触焊盘492b7耦合到节点A3+,第十六接触焊盘492b8耦合到节点B3+,第十七接触焊盘492b9耦合到节点C3+,第十八接触焊盘492b10耦合到节点B4+,第十九接触焊盘492b11耦合到节点C4+并且第二十接触焊盘492b12耦合到A4+。

[0758] 图44示出了示例性可转换电池446的侧视图。电池单元保持器488内的特定电池单元布置允许了容易的条带连接,以允许在电池单元448的子集中的电池单元448串的最负和最正位置处的电池单元448的正端子和负端子被放置为最靠近PCB 470和绝缘板490,其允许电池单元的子集的正端子和负端子与PCB 470和绝缘板490之间的容易连接。具体地,如图44A所示,端子A1- (其对应于端子A-),B1- (其对应于端子B-)和C1- (其对应于端子C-)在电池单元保持器488中被物理地定位在PCB 470和绝缘板490处或附近。关于端子A1-和B1-,这些端子在集群(cluster)的顶部,并且相关联的条带可以非常短并且直接到PCB 470或绝

缘板490。关于C1⁻，该端子靠近集群的顶部，并且相关联的条带延伸通过单个电池单元端子(C5⁻)，并且连接到PCB 470或绝缘板490。如图44B所示，端子A5⁺（其对应于端子A⁺），B5⁺（其对应于端子B⁺）和C1⁺（其对应于端子C⁺）在电池单元保持器488中被物理地定位在PCB 470和绝缘板490处或附近。关于端子A5⁺，B5⁺和C5⁺，这些端子在集群的顶部，并且相关联的条带可以非常短并且直接到PCB 470或绝缘板490。利用这种配置，这些电池单元端子和接触焊盘的第一子集之间的连接可以比在其他配置中更容易进行。

[0759] 图45A，图45B，图45C和图45D示出了可转换电池组20A4的示例性实施例的转换器元件452的示例性实施例。如上所指出，转换器元件452包括支撑结构474。支撑结构474可以由塑料材料或将用于下述功能的任何其它材料制成。在所示的实施例中，支撑结构474为H形状，具有两个平行腿478和横杆480。转换器元件452可以采取其他形状。如上所指出，转换器元件452包括两个突出部454。其中一个突出部从支撑结构474的第一侧上的每个腿478的表面476延伸。转换器元件452可以包括更多或更少的突出部。转换器元件452还包括多个触点494。多个触点494形成一组触点494。该组触点494包括触点的第一子集494a和触点的第二子集494b。在转换器元件452的所示示例性实施例中，触点的第一子集494a是功率触点494a，而触点的第二子集494b是信号触点494b。支撑结构474还包括底表面496。触点的第一子集494a被固定到横杆480的底表面496。触点的第二子集494b被固定到平行腿478的底表面496。转换器元件452还包括在每个平行支腿478的端部484处的弹簧连接突出部486，以连接到压缩弹簧482。图45A和图45C示出了转换器元件452的第二侧或下侧。图45B示出了转换器元件452的侧视图，图45D示出了转换器元件452的顶部等距视图，其中支撑结构474被示出为透明的，使得多个触点494可见。

[0760] 图46A-图46E示出了当电池组从低额定电压配置转换到打开状态配置到中等额定电压配置时的示例性可转换电池446的各种阶段或配置。这些图还示出了电池端子块472和多个电池端子432。该组电池端子432包括电池端子的第一子集432a——也称为电池功率端子432a和电池端子的第二子集432b——也称为电池信号端子432b。电池功率端子432a——也称为BATT⁺，BATT⁻——输出来自电池446的电流。电池功率端子BATT⁺，BATT⁻分别电气耦合到A⁺端子和C⁻端子。电池信号端子B1⁺，A2⁺，C3⁺，B4⁺输出来自电池446中的节点的信号。电池信号端子B1⁺，A2⁺，C3⁺，B4⁺分别电气耦合到B1⁺，A2⁺，C3⁺，B4⁺节点。替代示例性实施例可以包括电气耦合到其他节点的电池信号端子，并且被本公开预期和包括。

[0761] 图46A-图46E中所示的接触焊盘布局类似于图43A和图43B中所示的接触焊盘布局。这些接触焊盘布局是可互换的。替代示例性实施例可以包括其他接触焊盘布局，并且被本公开预期和包括。如上所指出，该示例性焊盘布局可以被支撑在PCB 470、绝缘板490或一些其他支撑结构上。接触焊盘布局包括一组接触焊盘492。如上所指出，该组接触焊盘492包括一组功率接触焊盘492a和一组信号接触焊盘492b。另外参考图36，多个接触焊盘492根据可能情况电气耦合到所指出的端子或节点。具体地，第一功率接触焊盘492a1耦合到端子A⁺，第二功率接触焊盘492a2耦合到端子B⁺，第三功率接触焊盘492a3耦合到端子C⁺，第四功率接触焊盘492a4耦合到端子B⁻，第五功率接触焊盘492a5也耦合到A⁻，第六功率接触焊盘492a6也耦合到B⁻，第七功率接触焊盘492a7耦合到C⁻，以及第八功率接触焊盘492a8也耦合到B⁺。此外，第一信号接触焊盘492b1耦合到节点B1⁺，第二信号接触焊盘492b2耦合到节点C1⁺，第三信号接触焊盘492b3耦合到节点A1⁺，第四信号接触焊盘492b4耦合到节点C2⁺，第

五信号接触焊盘492b5耦合到节点B2+,第六信号接触焊盘492b6耦合到节点A2+,第七信号接触焊盘492b7耦合到节点A3+,第八信号接触焊盘492b8耦合到节点B3+,第九信号接触焊盘492b9是耦合节点C3+,第十信号接触焊盘492b10耦合到节点B4+,第十一信号接触焊盘492b11耦合到节点C4+,第十二信号接触焊盘492b12耦合到节点A4+。

[0762] 图46A-图46E还示出了转换器元件功率触点494a和信号触点494b。接触焊盘492和转换器元件触点494一起有效地用作图36中所示的电池单元子集端子和电池单元节点之间的开关S1-S14。由于电气设备10A2在配合方向上与可转换电池组20A4配合,并且转换器元件452从图41A中所示的第一位置移动到图41B中所示的第二位置;转换器元件触点494也从图43A和图46A中所示的第一位置移动到图43B和图46B中所示的第二位置。当转换器元件触点494从第一位置移动到第二位置时,触点494从接触焊盘492断开以及连接到接触焊盘492。当断开和连接发生时,电池单元子集端子和电池单元节点之间的开关450打开和闭合。当开关450打开和闭合时,电池446从低额定电压配置转换到打开配置到中等额定电压配置。相反,当转换器元件452从第二位置移动到第一位置时,电池446从中等额定电压配置转换到打开状态配置到低额定电压配置。

[0763] 图46A示出了当转换器元件452处于第一位置——低额定电压配置时转换器元件触点494和接触焊盘492的状态。同样,特定接触焊盘的位置是示例性的,并且其它配置被本公开所预期。在该配置中,第一功率触点494a1电气耦合到A+,B+,C+接触焊盘492a1,492a2,492a3,并且第二功率触点494a2电气耦合到A-,B-,C-接触焊盘492a5,492a6,492a7。当第一和第二功率触点494a1,494a2处于该位置中时,转换器开关S1,S2,S3,S4闭合,并且转换器开关S5,S6打开。这将电池单元的A子集和电池单元的B子集和电池单元的C子集并联放置。此外,第一信号触点494b1电气耦合到A1+,B1+,C1+接触焊盘492b3,492b1,492b2,第二信号触点494b2电气耦合到A2+,B2+,C2+接触焊盘492b6,492b5,492b4,第三信号触点494b3电气耦合到A3+,B3+,C3+接触焊盘492b7,492b8,492b9,并且第四信号触点494b4电气耦合到A4+,B4+,C4+接触焊盘492b12,492b10,492b11。当第一,第二,第三和第四信号触点494b1,494b2,494b3,494b4处于该位置中时,开关S7-S14闭合。这将电池单元448的三个子集中的相应电池单元448并联放置。换句话说,电池单元A1,B1,C1并联连接,电池单元A2,B2,C2并联连接,电池单元A3,B3,C3并联连接,电池单元A4,B4,C4并联连接,电池单元A5,B5,C5并联连接。

[0764] 图46E示出了当转换器元件452处于第二位置——中等额定电压配置中时的转换器元件触点494和接触焊盘492的状态。在该配置中,第一功率触点494a1电气耦合到B-,C+接触焊盘492a4,492a3,第二功率触点494a2电气耦合到A-,B+接触焊盘492a5,492a8。当第一和第二功率触点494a1,494a2处于该位置中时,转换器开关S1,S2,S3,S4打开并且转换器开关S5,S6闭合。这将电池单元的A子集和电池单元的B子集和电池单元的C子集串联放置。此外,第一信号触点494b1仅电气耦合到B1+接触焊盘492b1,第二信号触点494b2仅电气耦合到C2+接触焊盘492b4,第三信号触点494b3仅电气耦合到A3+接触焊盘492b7,第四信号触点494b4仅电气耦合到B4+接触焊盘492b10。当第一,第二,第三和第四信号触点494b1,494b2,494b3,494b4处于该位置中时,转换器开关S7-S14打开。这将电池单元448的三个子集中的相应电池单元448彼此断开。换句话说,电池单元A1,B1,C1没有彼此连接,电池单元A2,B2,C2没有彼此连接,电池单元A3,B3,C3没有彼此连接,电池单元A4,B4,C4没有彼此连

接,电池单元A5,B5,C5没有彼此连接。

[0765] 在示例性实施例中,图46B,图46C和图46D示出了当转换器元件452在第一位置——低额定电压配置和第二位置——中等额定电压配置之间移动时的开关450的状态。一般来说,开关450打开和闭合,不希望的电压/电流可能积聚在电池单元上和/或在电池单元之间移动。为了解决这些不希望的电压/电流,电池可以被放置在中间级或阶段中。这样,开关450可以以特定顺序打开和闭合。如图46B所示并且参考图47的示例性表格,当转换器元件452沿配合方向行进时,最初功率触点494a1,494a2将与接触焊盘492a1,492a2,492a6,492a7断开,但保持连接到接触焊盘492a3,492a5。这有效地打开了所有电开关S1-S6,同时所有信号开关S7-S14保持闭合。如图46C所示并且参考图47的示例性表格,当转换器元件452在配合方向上进一步行进时,信号触点的第一子集494b1,494b4将与接触焊盘A1+,C1+,A4+,C4+断开。这有效地打开了信号开关S7,S8,S13,S14。如图46D所示并且参考图47的示例性表格,当转换器元件452沿配合方向进一步行进时,信号触点的第二子集494b2,494b3将与接触焊盘A2+,B2+,B3+,C3+断开。这有效地打开了信号开关S9,S10,S11,S12。当然,当电气设备10A2沿着与配合方向相反的方向——也称为脱离方向——从可转换电池组20A4断开时,转换器元件452将从第二位置移动到第一位置,并且转换器元件触点94将以上述相反的顺序与接触焊盘492连接和断开。此外,可以预期可转换电池组20A4可以被配置为使得当电池组20A4不与电气设备10A2配合并且转换器元件452处于第一位置中时,电池组处于中等额定电压配置中,并且当电池组与电气设备配合时,电池组20A4处于低额定电压配置中。当然,各种连接和开关将相应地调整。

[0766] 图47示出了当转换器元件在第一位置和第二位置之间行进时的切换网络的各个阶段。第一阶段对应于转换器元件的第一位置(第一/低额定电压配置),并且第五阶段对应于转换器元件的第二位置(第二/中等额定电压配置)。第二,第三和第四阶段是中间阶段/级,并且对应于打开状态配置。

[0767] 当转换器元件452从第一位置移动到第二位置并且开关450打开和闭合时,各个端子块端子上的电压将改变。更具体地,在图36所示的实施例中并且其中电池单元是4V电池单元并且电池完全充电,当转换器元件452处于第一位置中时BATT+=20V,BATT-=0V,B1+=4V,A2+=8V,C3+=12V,B4+=16V。当转换器处于第二位置中时,BATT+=60V,BATT-=0V,B1+=24V,A2+=48V,C3+=12V,B4+=36V。使用电池信号端子,无论端子块信号端子连接到哪个节点,都可以监控电池单元的过充电、过放电和不平衡。上面以及在图中指出的特定配置允许监控偶数的电池单元448群组。替代示例性实施例可以包括用于将端子块信号端子连接到节点的其它配置,并且本公开预期和包括这些配置。

[0768] 另外,在可转换电池组20A4的替代实施例中,可以实现图37中所示的电池配置。在这样的实施例中,一组接触焊盘492将不包括信号接触焊盘492b,并且转换器元件452将不包括一组信号触点494b。

[0769] 图48和图49示出了可转换电池组20A4的替代示例性实施例。类似于上述可转换电池组20A4,可转换电池组20A4包括壳体512。壳体512包括顶部和底部。壳体512包括电动工具接口516,用于与电气设备例如电动工具10或电池充电器30的相应电池组接口518机械耦合。在所示的示例性实施例中,电动工具接口包括轨道和凹槽系统,所述轨道和凹槽系统包括一对轨道522和一对凹槽524。本发明预期并预期其它类型的接口。电动工具接口516还可

以包括用于将可转换电池组20A4固定到电气设备10的闩锁系统526。

[0770] 壳体512还包括在壳体512的顶部530中的多个槽隙528。槽隙528可以被定位在壳体512的其他部分中。多个槽隙528形成一组槽隙528。所述一组槽隙528包括槽隙的第一子集528a和槽隙的第二子集528b。所述一组槽隙528对应于多个电池端子532。多个电池端子532形成一组电池端子532。所述一组电池端子包括电池端子的第一子集532a和电池端子的第二子集532b。电池端子的第二子集532b也被称为转换端子532b。多个槽隙528也对应于电气设备10的多个端子534。多个电气设备端子534形成一组电气设备端子534。所述一组电气设备端子534包括电气设备端子的第一子集534a和电气设备端子的第二子集534b。电气设备端子的第一子集534a也被称为功率/信号端子534a,并且电气设备端子的第二子集534b也被称为转换器端子534b。电气设备端子534由电池端子槽隙528接收,并且与电池端子532接合和配合,如下面将更详细讨论的。

[0771] 图37示出了该示例性实施例的电池的电池单元的示例性配置。默认电池单元配置是当下面更详细描述转换器元件没有被插入到电池组中时电池单元的配置。在该示例性实施例中,默认电池单元配置是图37中的水平箭头的左边的配置。在可转换电池组的替代实施例中,默认电池单元配置可以是水平箭头的右边电池单元配置。这些示例不旨在限制电池546的可能的电池单元配置。

[0772] 如图37所示,示例性电池组包括15个电池单元。在该示例中,每个电池单元448具有4V的电压和3Ah的容量。在默认配置中存在5个电池单元的3个子集。电池单元的每个子集的电池单元串联连接,并且电池单元的子集并联连接,提供20V的电池电压和9Ah的容量。通常,对于电池中的总共 $M \times N$ 个电池单元,电池可以包括电池单元的 N 个子集并且每个子集中有 M 个电池单元。每个电池单元具有 X 伏特的电压和 Y Ah的容量。因此,电池将具有每个子集的 M 个电池单元串联连接并且 N 个子集并联连接的默认配置。因此,低额定电压配置提供了 $X \times M$ 伏特的电池电压和 $Y \times N$ 安培小时的容量。

[0773] 图48示出了电动工具接口516。电动工具接口516包括用于接收转换器端子534b的槽隙的第二子集528b,这在下面更详细地讨论。槽隙的第二子集528a被定位为对耦合到电气设备10的电池组110的端部开放。

[0774] 图49A,图49B和图49C示出了示例性电气设备10的局部壳体,在这种情况下是中等额定电压工具10a2的电动工具脚壳体。电气设备10包括与可转换电池组20A4配合的示例性电池组接口518。电池组接口518包括与电动工具接口516机械配合的一对轨道558和凹槽560,如上所述。电池组接口518还包括端子块562和电气设备端子534。如上所指出,该组电气设备端子534包括功率/信号端子的子集534a和转换器端子的子集534b。图49C示出了中等额定电压工具10A2的脚的截面图,其示出了包括工具端子块562的电池组接口518,所述工具端子块562包括多个工具端子534。图49B还示出了一组转换器端子534b——也被统称为转换器元件552。在该示例性实施例中,转换器端子534b被定位在工具功率/信号端子534a下方。转换器端子534b保持在工具端子块562中并沿着配合方向——箭头A——延伸。高额定电压电动工具和非常高额定电压电动工具将包括类似的电池组接口,工具端子块和端子。

[0775] 在所示的示例性实施例中,每个可转换电池546包括切换网络。在本实施例中,一组转换端子532b被配置为用作切换网络。如本领域的普通技术人员所理解的那样并且被本

公开预期和包括,替代示例性实施例可以包括其他类型的开关,比如简单的单刀单掷开关或其他机电、电气或电子开关,并且可以位于电池组的其他部分中或者位于工具或者工具和电池组的组合中。

[0776] 参见图50A,图50B,图50C,示出了可转换电池组20A4的示例性实施例的电池546的示例性实施例。该示例性电池546具有15个电池单元568。电池单元保持器574可以将电池单元568保持在固定的集群中。在替代实施例中,电池可以具有数量更多或更少的电池单元。电池单元568被物理地配置以使得电池单元568的第一子集处于第一平面中,电池单元568的第二子集处于与第一平面平行并相邻的第二平面中,并且电池单元568的第三子集处于与第二平面平行并相邻的第三平面中。电池单元568的子集中的电池单元568被定位为使得一个电池单元568的正端子紧邻相邻电池单元568的负端子。例如,A5⁻与A4⁺相邻。一个电池单元568的端子通过电池单元互连或条带568连接到相邻的电池单元568。这是示例性物理配置,并且其他物理配置被本公开所预期。

[0777] 多个电池单元568具有第一电气连接配置,如图37A所示。该配置仅仅是示例性的,并且其他配置被本公开所预期。电池546包括端子块572。端子块保持多个电池端子532。电池端子的第一子集532a包括用于向连接的电气设备10A2提供功率或者从连接的电气设备10A2接收功率的一对功率端子(BATT⁺和BATT⁻)和用于向电气设备提供电池信息的信号端子532a,所述电池信息包括但不限于电池单元信息。BATT⁺功率端子532a1连接到节点A⁺,节点A⁺是电池单元568的第一子集A的正端子。BATT⁻功率端子532a2连接到节点C⁻,其是电池单元568的第三子集C的负端子。电池546还可以包括从个体电池单元端子中的一个或多个到PCB 170的电气连接——也被称为电池单元抽头(cell taps)。这些电池单元抽头可以连接到控制器,处理器,或PCB 170上的其他电子部件。

[0778] 图51示出了该示例性可转换电池组546的电池端子块572和多个电池端子532的示例性实施例。端子块572包括保持端子的第一子集532a的第一部分572a和保持端子的第二子集532b的第二部分572b。在替代实施例中,端子块可以包括用于端子的每个子集的分离端子块。如上所指出并且参考图37,端子的第一子集532a包括一对功率端子532a1,532a2和多个信号端子532a3,532a4,532a5,532a6,532a7,532a8。第一组配合功率端子532a1电气耦合到节点A⁺,并且第二组配合功率端子532a2电气耦合到节点C⁻。第一信号端子532a3电气耦合到节点A1⁺,第二信号端子532a4电气耦合到节点A2⁺,第三信号端子532a5电气耦合到节点A3⁺,第四信号端子532a6电气耦合到节点A4⁺。

[0779] 该组转换端子532b包括电气耦合到电池单元的每个子集的每个端子的端子。更具体地,第一A⁺转换端子532b1耦合到节点A⁺,第二B⁺转换端子532b2耦合到节点B⁺,第三C⁺转换端子532b3耦合到节点C⁺,第四A⁻转换端子532b4耦合到节点A⁻,第五B⁻转换端子532b5耦合到节点B⁻,第六C⁻转换端子532b6耦合到节点C⁻。每个转换端子532b包括接收电气设备转换器端子534b的配合端,如下面更详细描述。

[0780] 另外,如图52所示,当电池组20A4不与电气设备10配合时并且处于低额定电压配置中,在它们的配合端处,A⁺转换端子532b1电气耦合到B⁺转换端子532b2和C⁺转换端子532b3。参考图37A,A⁺转换端子532b1和B⁺转换端子532b2之间的连接用作闭合开关S1,B⁺转换端子532b2和C⁺转换端子532b3之间的连接——通过A⁺转换端子532b1——用作闭合开关S2。此外,在它们的配合端处,C⁻转换端子532b6电气耦合到B⁻转换端子532b5和A⁻转换端子

532b4。再一次,参考图37A,A-转换端子532b4和B-转换端子532b5之间的连接——通过C-转换端子532b6——用作闭合开关S3,B-转换端子532b5和C-转换端子532b6之间的连接用作闭合开关S4。对于每个平面转换端子532b1,532b6,存在相关联的支撑弹簧598,其迫使转换端子532b1,532b6的平坦部分朝向相关联的转换端子532b2,532b3,532b5,532b4的郁金香型部分(tulip section)。

[0781] 图53A,图53B,图53C和图53D示出了能够将可转换电池组20A4从低额定电压配置转换为中等额定电压配置的电气设备端子块562的示例性实施例。电气设备端子块562保持多个电气设备端子534。在该示例性实施例中,其中电气设备是电动工具,电动工具将被额定在中等额定电压。

[0782] 电气设备端子块562包括保持上述电气设备端子的第一子集534a的第一部分578和保持电气设备端子的第二子集534b——转换器端子——的第二部分580。端子块562还包括用于支撑下面更详细描述转换器端子534的擦拭/断开构件(wiping/breaking feature)的支撑结构582。

[0783] 图54A,图54B和图54C示出了没有端子块562和支撑结构582的电气设备端子534。转换器端子534b包括内部转换器端子534b1和外部转换器端子534b2。内部转换器端子534b1将与一对内部转换端子532b3,532b5配合并电气耦合,并且外部转换器端子534b2将与一对外部转换端子532b2,532b4配合并电气耦合。转换器端子534b包括擦拭/断开构件584,配合部分586和跳线部分588。转换器端子534b用于两个目的。首先,它们必须断开转换端子532b之间的第一配置的连接,并且它们必须在转换端子532b之间进行交替连接(跳转/分路)以形成第二配置。

[0784] 擦拭/断开构件584用于第一目的。擦拭/断开构件584在转换器端子534的前端处,并且由非导电材料构成。擦拭/断开构件584可以是与转换器端子532和端子块562分离的元件,或者可以是端子块562的一部分,或者可以是转换器端子534的一部分。擦拭/断开构件584的擦拭部分590将分离转换端子532b的郁金香型部分592,使得它们擦拭相关联的转换端子532b的接触部分594。这个动作将在下面更详细地描述。擦拭/断开构件584的断开部分596包括一个斜坡(ramp),该斜坡将迫使相关联的转换端子532与其电气耦合的转换端子532的郁金香型部分592分离。

[0785] 配合部分586由导电材料构成,并且将电气耦合到与其配合的转换端子532的郁金香型部分592。跳线部分588电气耦合两个配合部分586以有效地连接与特定转换器端子534配合的转换端子532。例如,内部转换器端子534b1的跳线部分588将电气耦合C+转换端子532b3和B-转换端子532b5,而外部转换器端子534b2的跳线部分将电气耦合B+转换端子532b2和A-转换端子532b4。

[0786] 图55A,图55B和图55C更详细地示出了两个不同的转换器端子和擦拭/断开构件。

[0787] 图56-图58示出了电池转换端子532b和电气设备转换器端子534b的配合过程。具体地,图56A和图56B示出了当转换器端子534b首先接合转换端子532b时的第一配合阶段——例如,转换器端子534b1接合转换端子532b3。在配合的这个阶段中,转换器端子534b——例如转换器端子534b2——的擦拭部分590接合相关联的转换端子532b——例如转换端子532b2——的郁金香型部分592。当擦拭部分590接合转换端子532b时,郁金香型部分592展开并且郁金香型部分592的可以弯曲的下部部分滑过或擦拭相关联的转换端子

532b例如A+转换端子532b1的平坦接触部分594。在该阶段中,转换端子532b的郁金香型部分592仍然电气耦合到相关联的转换端子532b,并且因此相关联的开关仍然闭合——在B+转换端子532b2和A+转换端子532b1的情况下这将是开关S1。在该阶段期间对于所有转换端子532b也是如此。具体地,C+转换端子532b3擦拭A+转换端子532b1的另一接触部分594,B-转换端子532b5擦拭C-转换端子532b6的接触部分594,并且A-转换端子532b4擦拭C-转换端子532b6的另一接触部分594。

[0788] 图57A和图57B示出了当转换器端子534前进经过擦拭阶段时的第二配合阶段。在这个配合阶段中,擦拭/断开构件584的断开部分596的斜坡构件接合相关联的转换端子532例如A+转换端子532b1的擦拭部分590,并且从而将转换端子532例如B+转换端子532b2的郁金香型部分592从相关联的转换端子532——在该示例中为A+转换端子532b1——分离。同时,B+转换端子532b2的郁金香型部分592移动穿过断开部分596的绝缘部分200。如图57B中所指出,在虚线的电池侧上是绝缘部分200,并且在虚线的设备侧上是转换器端子534b的导电或配合部分。在这个阶段中,当B+转换端子532b2和C+转换端子532b3从A+转换端子532b1分离时,开关S1和S2打开,并且当A-转换端子532b4和B-转换端子532b5从C-转换端子532b6分离时,开关S3和S4打开。在这个阶段中,电池546处于打开状态配置中。

[0789] 通过包括打开状态配置,电池避免了将电池单元置于短路状况。将电池单元置于短路状况可能会对电池产生严重的有害影响。例如,如果电池单元的全部或一些被置于短路状况,则可能发生大量的放电。

[0790] 图58A和图58B示出了当转换器端子534b前进经过断开阶段并进入跳线阶段时的第三配合阶段。在这个配合阶段中,转换器端子534b的配合部分586接合转换端子532b的郁金香型部分592。当这发生时,转换端子532b中的一个通过转换器端子534b的跳线部分588而连接到另一个转换端子532b。这用于闭合串联开关。在所示的示例性实施例中,B+转换端子532b2通过外部转换器端子534b2和相关联的跳线部分588而连接到A-转换端子532b4,并且C+转换端子532b3通过内部转换器端子534b1和相关联的跳线部分588而连接到B-转换端子532b5。这个阶段闭合了开关S5和S6。

[0791] 一旦电气设备和电池组完全配合并且第三配合阶段完成,则电池单元将被配置为如图37B所示的串联的中等额定电压配置中。

[0792] 图59-图67示出了可转换电池组20A4的另一个替代实施例。该实施例类似于图50-图58的前述实施例。两个实施例之间的区别在于电池端子632特别是转换端子632b以及电气设备端子634特别是转换器端子634b。如图37和图59所示,电池单元的物理和电气配置与前述实施例相同并且将不再赘述。

[0793] 如图60所示,电池端子块672与前述实施例类似,并且将不再赘述。此外,包括功率端子和信号端子的电池端子的第一子集632a与之前的实施例相同并且将不再赘述。如图60和图61所示,包括转换端子的电池端子的第二子集632b与前述实施例不同,并且将详细描述。

[0794] 如图61所示,该组转换端子632b包括电气耦合到电池单元的每个子集的正端子的端子和电气耦合到电池单元的每个子集的负端子的端子。具体地,第一A+转换端子632b1耦合到节点A+,第二B+转换端子632b2耦合到节点B+,第三C+转换端子632b3耦合到节点C+,第四A-转换端子632b4耦合到节点A-,第五B-转换端子632b5耦合到节点B-,并且第六C-转换

端子632b6耦合到节点C-。如图28所示,转换端子632b包括三种类型的端子:完全端子632b3,632b5,部分端子632b1,632b6和组装端子632b2,632b4。完全端子632b3,632b5包括单个端子元件并且从超出端子块672的电池侧延伸到超出端子块672的设备侧。部分端子632b1,632b6从超出端子块672的电池侧仅延伸到端子块672的内部位置。组装端子632b2,632b4包括:从超出端子块672的电池侧延伸到端子块672的内部位置的第一组装端子元件680;从端子块672的内部位置延伸到超出端子块672的设备侧的第二组装端子元件682;从端子块672的内部位置延伸到超出端子块672的设备侧的第三组装端子元件684;和被定位在第二组装端子元件682和第三组装端子元件684之间的弹簧元件686。装配端子632b2,632b4形成弹簧和支点(fulcrum)设计,下面将更详细地描述。这种端子配置仅仅是示例性的,并且本公开预期并包括了其它端子配置和连接方案。

[0795] 该示例性转换端子配置利用弹簧和支点设计。第二和第三组装端子元件682,684也被称为杆682a,682b,684a,684b。杆682,684中的每一个包括配合端688和连接端690。在第一端子配置——低额定电压配置中,一个杆682a的配合端688电气耦合到另一个杆684a的配合端688。端子配置还包括用于每个杆682,684的支点692。在端子块的内部位置处的第一组装端子元件的端部用作第二组装端子元件682的支点692,并且在端子块中形成分离的支点以用作第三组装端子元件684的支点692。弹簧元件686例如可以是压缩弹簧。压缩弹簧686保持每个杆682,684的连接端690与相关联的完全端子674或部分端子676接触,如下面更详细描述。

[0796] 在其第一状态——在本示例性实施例中的低电压配置——中,A+转换端子632b1通过相关联的第一杆682a而电气耦合到B+转换端子632b2。这形成电开关S1。此外,B+转换端子632b2通过相关联的第一杆682a和相关联的第二杆684a而电气耦合到C+转换端子632b3。这形成电开关S2。此外,A-转换端子632b4通过相关联的第一杆682b和相关联的第二杆684b而电气耦合到B-转换端子632b5。这形成了电开关S3。此外,B-转换端子632b5通过相关联的第一杆682b和相关联的第二杆684b而电气耦合到C-转换端子632b6。这形成电开关S4。

[0797] 图62-图64示出了电气设备端子块662和电气设备端子634。设备端子块662类似于前述实施例中的端子块562,并且将不再赘述。设备电源(power)和信号端子634a类似于前面实施例的电源和信号端子634a,并且将不再赘述。转换器端子634b包括断开构件694,配合部分696和跳线部分698。转换器端子634b包括内部端子634b1和外部端子634b2。

[0798] 图65示出了处于第一配置——在这种情况下为低额定电压配置——中的转换端子632b和就在与转换端子632b配合之前的转换器端子634b。在这个配置中,A+转换端子632b1电气耦合到B+转换端子632b2,并且B+转换端子632b2电气耦合到C+转换端子632b3。因此,电开关S1和S2处于闭合状态。此外,A-转换端子632b4电气耦合到B-转换端子632b5,B-转换端子632b5电气耦合到C-转换端子632b6。因此,电开关S3和S4处于闭合状态。而且,电开关S5和S6有效地处于打开状态。在这个配置中,电池单元648的A,B,C子集并联电气耦合。

[0799] 如图66所示,在第一配合阶段中,转换器端子634b2在配合方向(箭头A)上移动,并且首先接合杆682,684并断开转换端子632b之间的连接。具体地,当在外部转换器端子634b2上的断开构件694——其与配合部分电绝缘并且可以是绝缘材料或导电材料——接

合杆682,684时,杆682,684的配合端688被迫分开。当配合端688被迫分开时,与每个杆682,684相关联的支点692使得杆682,684的连接端690能够克服压缩弹簧686的力而朝向彼此移动。由于杆682,684的连接端690朝向彼此移动,杆682,684的连接端690与部分转换端子632b1,632b6和完全转换端子632b3m,632b5之间的电气连接被断开。具体地,当外部转换器端子634b2的断开构件294a接合第一对杆682a,684a时,第一杆682a的连接端690与A+转换端子632b1之间的连接分离,并且第二杆684a的连接端690从C+转换端子632b3分离。这用于打开电开关S1和S2。而且,当外部转换端子634b2的断开构件694b接合第二对杆682b,684b时,第三杆682b的连接端690与C-转换端子632b6之间的连接分离,并且第四杆684b从B-转换端子632b5分离。这用于打开电开关S3和S4。在这个阶段中,电池处于打开状态配置。

[0800] 如图67所示,在第二配合阶段中,转换器端子634b继续在配合方向(箭头A)上移动并进一步接合杆682,684,直到外部转换器端子634b2的导电配合部分296接合杆682,684的配合端688并且内部转换器端子634b1的导电配合部分296接合完全端子632b3,632b5的配合端674。在这个阶段中,两个组装端子632b2,632b4电气连接,并且两个完全端子632b3,632b5电气连接。换句话说,A-转换端子632b4电气连接到B+转换端子632b2,并且B-转换端子632b5电气连接到C+转换端子632b3。这用于闭合电开关S5和S6。这将电池单元的A,B,C子集串联,并将电池置于中等额定电压配置中。

[0801] 驻留在电池组壳体中的电池的电池单元的先前描述的配置可以从将电池置于第一电池配置中的第一电池单元配置来回改变为将电池置于第二电池配置中的第二电池单元配置。在第一电池配置中电池是低额定电压/大容量电池,并且在第二电池配置中电池是中等额定电压/低容量电池。换句话说,可转换电池组能够具有多个额定电压,例如低额定电压和中等额定电压。如上所提及,低和中等是相对术语,并且不旨在将可转换电池组限制到特定电压。目的只是指出可转换电池组能够利用具有低额定电压的第一电动工具和具有中等额定电压的第二电动工具,其中中等仅仅是大于低。此外,多个可转换电池组能够利用具有高额定电压的第三电动工具操作,高额定电压仅仅是大于中等额定电压的额定电压。

[0802] 图68示出了可转换电池组20A4的另一示例性实施例。可转换电池组20A4包括壳体712。可转换电池组20A4可以包括用于创建电池组壳体712的各种替代配置,例如,顶部714和底部716耦合在一起以形成电池组壳体712,或者两个侧部713与顶部715耦合以形成电池组壳体712。不管结构如何,电池组壳体712将形成内部空腔718。用于形成电池组壳体712的其它配置可以被本公开预期并包括。电池组壳体712包括电气设备接口720,用于与电气设备例如电动工具10或电池充电器30的相应电池组接口722机械耦合。在所示的示例性实施例中,电气设备接口720包括轨道和凹槽系统,所述轨道和凹槽系统包括一对轨道724和一对凹槽726。其它类型的接口被本公开预期和包括。电气设备接口720还可以包括用于将可转换电池组20A4附接到电气设备10/30的闩锁系统728。

[0803] 电池组壳体712还包括在电池组壳体712的顶部714中的多个槽隙730。槽隙730可以被定位在电池组壳体712的其他部分中。多个槽隙730形成一组槽隙730。多个槽隙730对应于多个电池端子732。多个电池端子732形成一组电池端子732。多个槽隙730还对应于电气设备的多个端子734。多个电气设备端子734形成一组电气设备端子734。电气设备端子734由电池端子槽隙730接收,并且与电池端子732接合和配合,如下面将更详细地讨论的。

[0804] 常规的电池组和电气设备包括功率端子和信号端子。功率端子在电池组和电气设

备之间传送功率水平电压和电流。这些水平可以在约9V至约240V和100mA至200A的范围内，这取决于设备和应用。这些端子通常被称为B+和B-端子。此外，这些端子通常是较高导电性等级的材料以处理与前述电压和电流水平相关联的功率(W)要求。信号端子在电池组和电气设备之间传送信号水平电压和电流。这些水平通常在0V至30V和0A至10mA的范围内，这取决于设备和应用。这些端子可以是较低电导性等级的材料，因为它们不需要处理高功率(W)水平。

[0805] 在本发明的这个实施例中，电池组壳体712还包括在电池端子槽隙730的相对侧上沿着电池组壳体712的顶部714延伸的一对转换槽隙或槽道736。在所示的示例性实施例中，槽道736从电池组壳体712的向前(在图1所示的取向)边缘或表面738延伸到电池组壳体712的顶部714的中心部分740。每个槽道736终止于电池组壳体712的顶部714中的通孔742处。通孔742从电池组壳体712的外表面延伸到内部空腔718。在所示实施例中，通孔742被定位在电动工具接口的轨道724的前面并且与电池组壳体槽隙730相邻。转换槽隙730和通孔742可以被定位在电池组壳体712的其他部分中。替代实施例可以包括更多或更少的转换槽隙730。

[0806] 图69,图70和图71示出了示例性电池组接口722,在这种情况下是电动工具10的、与可转换电池组20A4配合的接口。电池组接口722包括与电动工具接口机械配合的一对轨道和凹槽,如上所述。电池组接口722还包括电气设备端子块723。电气设备端子块723保持电气设备端子734。电池组接口722还包括一对转换元件或突出部746。电气设备的替代示例性实施例可以包括更多或更少的转换元件746,并且被本公开所预期和包括。在示例性实施例中,转换元件746可以是可以从电池组接口722向下延伸的简单的突出部或突起。转换元件746的尺寸和位置被确定为接收在相应的电池组转换槽隙730中。可转换电池组20A4包括转换器元件750。转换器元件包括从转换器元件750延伸的一对转换器元件突出部748。当电池组接口722在配合方向——如由箭头A所示——上滑动到与电气设备接口720配合接合时,转换元件746被接收在相应的转换槽隙730中并沿着相应的转换槽隙730滑动。在配合过程中的某一点处,如下面更详细描述,转换突出部746将接合转换器元件突出部748。当配合过程在配合方向上继续时,转换元件746将迫使转换器元件突出部748并且因此将整个转换器元件750在配合方向上移动或滑动。

[0807] 参考图72-图74,电池752的示例性实施例包括多个电池单元754。电池752还包括诸如条带或导线之类的多个电池单元互连756,将一个电池单元的电池单元端子758电气连接到另一个电池单元的电池单元端子758和/或提供用于将电池单元的端子连接到主印刷电路板(PCB)760或柔性印刷电路的电气耦合器,柔性印刷电路又连接到PCB或连接到容纳电气连接的一些其它类型的支撑板761。还示出了用于耦合到电气设备的闩锁系统。电池752还包括端子块762和电池端子732。如下面更详细地描述的,部分地通过诸如带状电缆763之类的连接器,在一端,电池端子732被配置为电气耦合到电气设备端子734,并且在另一端,电池端子732被电气耦合到电池的电池单元754。

[0808] 图75A和图75B示出了示例性可转换电池20A4的侧视图。电池单元保持器764内的特定电池单元布置允许容易的条带连接,从而允许在电池单元的子集中的电池单元串的最负和最正位置处的电池单元的正端子和负端子被置于最靠近PCB 760和支撑板761,其允许电池单元的子集的正端子和负端子与PCB 760和支撑板761之间的容易连接。具体地,如图

75A所示,端子A1⁻(其对应于电池单元串A的A⁻端子),B1⁻(其对应于电池单元串B的B⁻端子)和C1⁻(其对应于电池单元串C的C⁻端子)在电池单元保持器764中被物理地定位在PCB 760或支撑板761处或附近。关于端子A1⁻,B1⁻和C1⁻,这些端子在集群的顶部,并且相关联的条带可以非常短并且直接到PCB 760或支撑板761。如图75B所示,端子A5⁺(其对应于电池单元串A的A⁺端子),B5⁺(其对应于电池单元串B的B⁺端子)和C1⁺(其对应于电池单元串C的C⁺端子)在电池单元保持器764中被物理地定位在PCB 760和支撑板761处或附近。关于端子B5⁺和C5⁺,这些端子在集群的顶部,并且相关联的条带可以非常短并且直接到PCB 760或支撑板761。关于A5⁺,该端子靠近群集的顶部,并且相关联的条带延伸通过单个电池单元端子758(A1⁺),并且连接到PCB 760或支撑板761。利用这种配置,这些电池单元端子758和一组接触焊盘766之间的连接可以比其它配置更容易进行。常规电池单元布局将电池单元的离散串(discrete string)中的电池单元放置在单个平面中(在电池组位于水平表面上时通常是在水平面中),并且相邻的电池单元串沿着大致垂直的方向彼此相邻。本公开的电池单元布局是非常规的,因为在大致垂直群组中的电池单元的离散串的电池单元和电池单元的相邻串中的电池单元沿着大致水平的方向彼此相邻。

[0809] 下面将更详细地描述电池752从低额定电压配置转换到中等额定电压配置的方式。应当理解,术语“低”和“中等”仅仅旨在是相对术语,因为低额定电压配置具有小于中等额定电压配置的额定电压,并且中等额定电压配置具有大于低额定电压配置的额定电压。

[0810] 图76A和图76B示出了可转换电池组20A4的示例性实施例的示例性电池752的简化电路图。

[0811] 在本发明中,可转换电池组20A4可在低额定电压配置和中等额定电压配置之间转换。仅仅为了示例的目的,低额定电压可以是20伏特,并且中等额定电压可以是60伏特。其它电压被本公开所预期和包括。如图76A所示,电池752包括三串电池单元——A串,B串和C串——每一串包括5个电池单元754。其它示例性的替代实施例可以包括更少或更多的串和/或每串包括更少或更多的电池单元。每串电池单元包括正端子例如A⁺,B⁺,C⁺和负端子例如A⁻,B⁻,C⁻。每个电池单元由串及其在串中的位置来表示,例如,当在串中从负移动到正时C_{A1}是A串中的第一电池单元,并且当从负移动到正时C_{C5}是C串中的第五电池单元。这种表示法仅仅是示例性的,并且可以使用其他表示法来实现相同的效果。相邻电池单元之间的电池单元节点(或简称为电池单元节点)由串及其在串中的位置来表示,例如,A2是A串中的电池单元C_{A2}和电池单元C_{A3}之间的电池单元节点。而B3是B串中的电池单元C_{B3}和电池单元C_{B4}之间的电池单元节点。电池752还包括多个开关——也称为切换网络。多个开关可以是机械开关、电子开关或机电开关或其任何组合。电池752还包括用于通过通常为信号端子的端子传送功率的连接。这些特殊端子和/或到这些特殊端子的连接在图76A和图76B的示意图中由被标记为BT1和BT3的块来表示。这些连接和端子将在下面更详细地描述。

[0812] 当可转换电池组20A4处于低额定电压状态中——未连接到任何电气设备或连接到低额定电压电气设备时,开关SW1,SW2,SW3和SW4处于闭合状态,开关SW5,SW6和SW7处于打开状态。当可转换电池组20A4处于中等额定电压状态中——连接到中等额定电压电气设备时,开关SW1,SW2,SW3和SW4处于打开状态,开关SW5,SW6和SW7处于闭合状态。除了被配置用于将功率从可转换电池组20A4传送到电气设备的功率负载的第一组常规端子(或电气设备端子734的子集)734a之外,中等额定电压电气设备10A2还将包括用于传送功率的第二组

端子(或电气设备端子734的子集)734b。常规的电气设备功率端子通常被称为T00L+和T00L-端子,并且耦合到通常分别被称为BATT+和BATT-端子的电池功率端子。第二组工具功率端子和/或到第二组电动工具端子的连接由被标记为TT1和TT3的块来表示,并且这些块之间的连接可以是简单的电气连接,比如导线。这些开关和特殊端子将在下面更详细地讨论。

[0813] 如图77-图85中所示,转换子系统772在电池单元串端子之间进行连接或者断开连接,以有效地打开和闭合图76A和图76B中所示的开关SW1-SW7,如上所述。转换子系统772包括转换机构盖765和转换器元件750。图77-图79示出了图68-图71的可转换电池组20A4的示例性实施例的转换器元件750——也称为转换卡、滑块或滑块卡——的示例性实施例。

[0814] 转换器元件750包括支撑结构,板或壳体774。支撑结构774可以是塑料材料或将用于下述功能的任何其它材料。在所示的示例性实施例中,转换器元件支撑结构为U形。更具体地,转换器元件支撑结构包括两个平行腿776和连接平行腿776的横杆778。转换器元件750可以采取其他形状。转换器元件750包括一对突出部780。转换器元件突出部748从转换器元件支撑结构的顶表面782延伸。其中一个突出部可以从每个平行腿776的表面延伸。转换器元件750可以包括更多或更少的突出部。每个突出部延伸穿过通孔742中的一个并进入相关联的槽道736中。当转换器元件750处于第一位置中时,如图77A所示且如下所述,突出部被定位在相应通孔的第一端处。当转换器元件750处于第二位置中时,如图77B所示且如下所述,突出部被定位在相应通孔的第二端处。

[0815] 转换器元件750还包括多个切换触点(SC)784。多个切换触点784形成一组切换触点784。在转换器元件750的所示的示例性实施例中,一组触点是功率触点,因为它们将传送相对高的功率电流。支撑结构还包括底表面。该组功率触点从横杆的底表面延伸。

[0816] 转换子系统772还包括一对压缩弹簧786。替代示例性实施例可以包括更多或更少的弹簧786、其他类型的弹簧和/或定位在不同位置中的弹簧,并且被本公开所预期和包括。每个平行腿包括弹簧连接突出部788。每个压缩弹簧的第一端被附接到相应的弹簧连接突出部788。每个压缩弹簧的第二端耦合到支撑板。压缩弹簧786被配置为迫使转换器元件750进入第一位置中,如图77A所示。当电气设备10A2/10A3/10B与可转换电池组20A4在配合方向上配合并且电气设备转换元件746接合转换器元件突出部748时,转换器元件750从其第一位置(在图77A中示出)移动并且被迫作用在弹簧786上,从而压缩弹簧786。当电气设备10A2/10A3/10B与可转换电池组20A4完全配合时,转换器元件750将已经从第一位置移动到第二位置,并且弹簧786将处于它们的完全压缩中(如图77B所示)。当电气设备10A2/10A3/10B从可转换电池组20A4分离时,弹簧786迫使转换器元件750从第二位置(如图77B所示)移动到第一位置(如图77A所示)。电池752还可以包括例如在转换子系统和电池单元之间和/或与转换子系统相邻的PCB 760和/或一些其它类型的绝缘支撑板,如下面更详细描述。

[0817] 图79B和图79D示出了转换器元件750的第二侧——或下侧。图79C示出了转换器元件750的侧视图,并且图79A示出转换器元件750的顶部等距视图。

[0818] 图81和图82示出了用于制造示例性支撑板761的过程,其包括多个功率迹线790和所得到的接触焊盘766。在图81A中,从一片材料(例如0.5mm厚的C18080铜)切割特定迹线布局791。图81a示出了从一片材料切割的三个迹线790。取决于接触焊盘和端子标志(terminal flags)的特定期望布局,可以从材料切割具有替代布局的替代数量——更少或

更多一一的迹线。布局的替代数量和布局的配置被本公开所预期和包括。如图81B所示，一旦迹线790被切割，将材料弯曲以提供一组端子标志。如图81C所示，一旦将迹线790弯曲，它们被放置在注塑模具（为简明起见未示出）中。具体地，将迹线1放置在模具中，然后将迹线2添加到模具中，然后将迹线3添加到模具中。如图81D所示，在那之后将塑料注入模具中例如至约1.5mm的厚度。如图81D所示，作为注塑模具配置的结果，功率迹线790的一部分以多个接触焊盘766的形式保持暴露。可以使用其他制造工艺来制造支撑件。通过任何制造工艺提供支撑板761被本发明所预期和包括。

[0819] 图82示出了在支撑板761从注塑模具中移出之后的支撑板761，其中支撑板761的外表面被示出为透明的，以便看到嵌入的功率迹线790。一旦支撑板761从注塑模具中移出，则在预定位置处冲压支撑板孔794以从单个迹线布局791创造多个功率迹线790，使得单个功率迹线790连接到单个功率迹线耦合器796，用于耦合到相应的电池条带798。例如，A+功率迹线792a留下暴露的A+接触焊盘766，并且包括用于耦合到A+电池条带耦合器800a——其连接到C_{A5}正端子——的A+功率迹线耦合器796a。图82还示出了BT1功率迹线790g和暴露的接触焊盘766以及BT1标志792a和BT3功率迹线790h以及暴露的接触焊盘766和BT3标志792b。这些将在下面更详细地描述。在一个迹线790与另一迹线790重叠的情况下，布局被配置为使得迹线790处于不同的高度（相对于支撑板761），这允许注射成型材料位于迹线790之间，并从而电隔离重叠的迹线790。可以使用其他制造工艺来形成接触焊盘766。例如，接触焊盘766可以在PCB上创造。支撑板761包括用于容纳带状电缆763的槽隙793。

[0820] 图83示出支撑板761和多个接触焊盘766。多个接触焊盘766形成一组接触焊盘766。多个接触焊盘766是导电元件。多个接触焊盘766中的每一个通过一一嵌入在支撑板761材料中并且在下面更详细描述的一一功率迹线790和电池单元耦合器可电气连接到特定电池的电池单元串的特定端子。将支撑板761放置在电池单元保持器764上，使得每个功率迹线耦合器796与相应的电池条带耦合器800对准并耦合到相应的电池条带耦合器800。功率迹线耦合器796通过焊接或某些其他连接技术而连接到电池条带耦合器800。图83还清楚地示出了示例性接触焊盘布局。第一组接触焊盘766 (A+, B+, C+, A-, B-, C-) 中的每个接触焊盘766电气耦合到指示的电池单元串端子，具体地，A+接触焊盘766电气耦合到电池单元串A的A+端子，B+接触焊盘766电气耦合到电池单元串B的B+端子，C+接触焊盘766电气耦合到电池单元串C的C+端子，A-接触焊盘766电气耦合到电池单元串A的A-端子，B-接触焊盘766电气耦合到电池单元串B的B-端子，并且C-接触焊盘766电气耦合到电池单元串C的C-端子。

[0821] 此外，附加地参见图73，A+接触焊盘766经由BATT+/A+标志和相关联的功率迹线而电气耦合到BATT+电池端子，并且C-接触焊盘766经由BATT-/C-标志和相关联的功率迹线而电气耦合到BATT-电池端子。第二组接触焊盘766 (BT1, BT3) 的每个接触焊盘766经由相关联的功率迹线而电气耦合到所指示的电池端子标志，并且如图73所示，每个电池端子标志电气耦合到相应的电池端子——BT1标志耦合到电池端子BT1，BT3标志耦合到电池端子BT3。如此，BT1接触焊盘766电气耦合到BT1电池端子，BT3接触焊盘766电气耦合到BT3电池端子。

[0822] 在示例性实施例中，多个接触焊盘766允许转换器元件切换触点784沿着支撑板761和切换触点784滑动，以在分离的接触焊盘766之间断开连接以及形成连接——有效地

打开以及闭合电开关SW1-SW7,如上参考图76A和图76B所述。该过程在下面被更详细地描述。

[0823] 图84更详细地示出了示例性电池752。电池752包括转换子系统772。转换子系统772包括支撑板761和转换器元件750。图84示出了多个接触焊盘766和转换器元件切换触点784,但没有转换器元件壳体。如上所指出,示例性电池752包括支撑板761上的接触焊盘766的第一子集。图84A和图84B中示出的示例性接触焊盘配置是示例性配置。替代示例性实施例可以包括其他接触焊盘配置,并且被本公开所预期和包括。

[0824] 参见图84A和图84B,在该示例性实施例中,主PCB 760还可以包括多个接触焊盘766。这些接触焊盘766将电池信号端子耦合到电池的电池单元节点。具体地,主PCB 760包括BT1,BT2,BT3和BT4接触焊盘766。电池752还包括多个感测线806(在图73和图74中示出),其将电池的电池单元节点例如C1,C2,C3和C4连接到主PCB760上的相应接触焊盘766。电池单元节点接触焊盘766直接或间接地电气耦合到相应的电池端子接触焊盘766。具体地,(1)感测线将C2电池单元节点耦合到主PCB 760上的C2电池单元节点接触焊盘766,并且主PCB 760上的C2电池单元节点接触焊盘766耦合到BT2电池端子接触焊盘766,并且BT2电池端子接触焊盘766例如通过带状电缆耦合到BT2电池端子,并且(2)感测线将C4电池单元节点耦合到主PCB 760上的C4电池单元节点接触焊盘766,并且主PCB 760上的C4电池单元节点接触焊盘766耦合到BT4电池端子接触焊盘766,并且BT4电池端子接触焊盘766通过带状电缆耦合到BT4电池端子。并且(1)感测线将C1电池单元节点耦合到主PCB 760上的C1电池单元节点接触焊盘766,并且主PCB 760上的C1电池单元节点接触焊盘766耦合到开关S1,并且取决于开关S1的状态,如下面将更详细讨论的,C1电池单元节点接触焊盘766可以耦合到BT1电池端子接触焊盘766,并且BT1电池端子接触焊盘766通过BT1标志耦合到BT1电池端子和(2)感测线将C3电池单元节点耦合到主PCB 760上的C3电池单元节点接触焊盘766,并且主PCB 760上的C3电池单元节点接触焊盘766耦合到开关S2,并且取决于开关S2的状态,如下面将更详细讨论的,C3电池单元节点接触焊盘766可以耦合到BT3电池端子接触焊盘766,并且BT3电池端子接触焊盘766通过BT3标志耦合到BT3电池端子。在替代实施例中,主PCB 760上的接触焊盘766可以仅仅是电气连接。例如,电池单元节点接触焊盘766可以仅仅是感测线连接到主PCB 760的位置,并且电池端子接触焊盘766可以仅仅是主PCB 760上的用于连接到带状电缆的连接位置(在BT2和BT4电池端子接触焊盘766的情况下),并且电池单元节点连接位置和电池端子连接位置之间的连接可以仅仅是主PCB760上的迹线。

[0825] 可转换电池组20A4——比如本公开中描述的可转换电池组——的非常重要的特性是电池组在正确的时间处于适当的操作配置。换句话说,如果可转换电池组20A4在它从中等额定电压电气设备中被移除并且然后被置于低额定电压电气设备中或者被置于低额定电压充电器中之后保持在中等额定电压配置中,则电池组20A4、电气设备和/或充电器可能被损坏或者可能发生某些其他类型的不希望的事件。为了确保可转换电池组20A4不能将中等额定电压传送到低额定电压电气设备10A1,可转换电池组20A4包括防止中等额定电压被传送到未被设计为使用中等额定电压来操作的设备的构件。具体地,当被置于中等额定电压配置中时,可转换电池组20A4除了通过电池功率端子(BATT+和BATT-)和工具功率端子(TOOL+和TOOL-)向电气设备传送功率之外,还将通过至少一对电池信号端子和第二对工具功率端子将功率传送到电气设备,其中第二对工具功率端子通过跳线812(也称为短路棒)

在工具端子块723中彼此耦合。

[0826] 图84A和图84B分别示出了低额定电压配置和中等额定电压配置。图84C示出了主PCB 760上的电池端子接触焊盘766和开关S1和S2的简化电路图。

[0827] 参见图84A和图84C,将描述低额定电压配置。当图67的示例性可转换电池组20A4未被耦合到电气设备时或者当它耦合到低额定电压电动工具10A1或充电器30时,它处于低额定电压配置中。当处于这个低额定电压配置中时,第一转换器元件切换触点(SC1)电气耦合A+接触焊盘766和B+触点,第二转换器元件切换触点(SC2)电气耦合A+接触焊盘766和C+接触焊盘766,第三转换器元件切换触点(SC3)电气耦合C-接触焊盘766和A-接触焊盘766,第四转换器元件切换触点(SC4)电气耦合C-接触焊盘766和B-接触焊盘766。这有效地将开关SW1,SW2,SW3和SW4(在图76A和图76B中示出)置于闭合状态,并且由于BT1接触焊盘766和A-接触焊盘766或者BT3接触焊盘766和B+接触焊盘766之间没有连接,所以这有效地将开关SW5,SW6和SW7(在图76A和图76B中示出)置于打开状态。如此,电池单元串A,电池单元串B和电池单元串C的正端子全都电气连接并耦合到BATT+电池端子,并且电池单元串A,电池单元串B和电池单元串C的负端子全都电气连接并耦合到BATT-电池端子。因此,电池单元串全都是并联的。

[0828] 参见图84C,将解释电子开关S1和S2。首先,注意Q11和Q21是p沟道MOSFET晶体管,Q12和Q22是n沟道MOSFET晶体管。一般来说,对于p沟道MOSFET晶体管,当栅极电压小于源极电压时,晶体管将导通(闭合状态),否则晶体管将截止(打开状态),而对于n沟道MOSFET晶体管,当栅极电压大于源极电压时,晶体管将导通(闭合状态),否则晶体管将截止(打开状态)。当电池752处于低额定电压状态时,电池单元串C的C+端子处的电压大于电池单元串B的B-端子处的电压,并且在C1电池单元节点处的电压小于电池单元串C的C+端子处的电压但大于接地,并且在C3电池单元节点处的电压小于电池单元串C的C+端子处的电压但大于接地。这样,当电池752处于低额定电压配置中时,Q11将导通,Q12将导通,并且BT1电池端子将耦合到C1电池单元节点,并且Q21将导通,Q22将导通,并且BT3电池端子将被耦合到C3电池单元节点。

[0829] 当可转换电池组20A4与中等额定电压电动工具10A2配合时,电动工具转换元件突出部将接合转换器元件突出部748,并迫使转换器元件750移动到它的第二位置。此外,工具端子TT1和TT3将分别接合电池端子BT1和BT3。如图76-图89所示,在中等电压额定电压电动工具10A2中的工具端子TT1和TT3通过跳线812(短路棒)耦合在一起。因此,当中等额定电压电动工具10A2接合可转换电池组20A4时,电池端子BT1和BT3通过工具端子TT1和TT3以及工具端子TT1和TT3之间的跳线812电气耦合,并将完成在BATT+和BATT-电池端子732之间的电路。否则将耦合到可转换电池组20A4的低额定电压电动工具10A1将不包括耦合的工具端子TT1和TT3,并且因此将不会完成BATT+和BATT-电池端子732之间的电路,如下面更详细解释的。因此,如果可转换电池组20A4在从中等额定电压电动工具10A2中被移除之后保持在它的中等额定电压配置中,则它将不会与低额定电压工具10A1一起操作。

[0830] 参见图84B和图85F,当转换器元件750移动到中等额定电压位置时,第一转换器元件切换触点SC1将从A+和B+接触焊盘766解耦合并且耦合B+和BT3接触焊盘766,第二转换器元件切换触点SC2将从A+和C+接触焊盘766解耦合,第三转换器元件切换触点SC3将从A-和C-接触焊盘766解耦合并且耦合A-和BT1接触焊盘766,并且第四转换器元件切换触点SC4将

从C-和B-接触焊盘766解耦合并耦合B-和C+接触焊盘766。这有效地将开关SW1, SW2, SW3和SW4置于打开状态,并且有效地将开关SW5, SW6和SW7置于闭合状态(如图76B所示)。如此, BATT-电池端子耦合到电池单元串C的C-端子, 电池单元串C的C+端子耦合到电池单元串B的B-端子, 电池单元串B的B+端子耦合到BT3电池端子, BT3电池端子耦合到TT3工具端子, 该TT3工具端子耦合到TT1工具端子(经由跳线812), 该TT1工具端子耦合到BT1电池端子, BT1电池端子耦合到电池单元串A的A-端子, 并且电池单元串A的A+端子耦合到BATT+电池端子。因此, 电池单元串A, B和C都是串联的。在该配置中, 通过BATT+和BATT-电池端子732、BT1和BT3电池端子732、T00L+和T00L-工具端子以及TT1和TT3工具端子来提供用于操作工具负载的功率(电压和电流)。

[0831] 再次参见图84C, 当电池752处于中等额定电压状态时, 电池单元串C的C+端子处的电压等于电池单元串B的B-端子处的电压, 并且在C1电池单元节点处的电压小于在电池单元串C的C+端子处的电压但大于接地, 并且在C3电池单元节点处的电压小于在电池单元串C的C+端子处的电压但大于接地。因此, 当电池752处于中等额定电压状态时, Q11将截止, Q12将截止, 并且BT1电池端子将不会耦合到C1电池单元节点, 并且Q21将截止, Q22将截止, 并且BT3电池端子不会耦合到C3电池单元节点。相反, 如上所指出, BT1电池端子将通过TT1和TT3工具端子耦合到BT3电池端子。

[0832] 图85A-图85F示出了当电池组从低额定电压配置转换到打开状态配置到中等额定电压配置时的示例性可转换电池752的各种阶段或配置。这些图还示出了电池端子块762和多个电池端子732。这些图示出了当电池752从低额定电压状态转换到中等额定电压状态时这些电池端子732处的电压。

[0833] 图85A-图85F还示出了: (1) 当可转换电池组20A4与中等额定电压工具10A2(例如60V)配合而沿着支撑板761移动的转换器元件750, (2) 当它们沿着支撑板761移动时的转换器元件切换触点784SC1-SC4, 以及(3) 表示各种接触焊盘766之间的各种连接的状态的表格。如上所指出, 接触焊盘766和转换器元件切换触点784一起有效地用作电池单元串端子之间的开关SW1-SW7。由于电气设备10A2在配合方向上与可转换电池组20A4配合——如图69-图71所示, 并且转换器元件750从第一位置——如图77A所示——移动到第二位置——如图77B所示——转换器元件切换触点784也从第一位置——如图84A和图85A所示——移动到第二位置——如图84B和图85F所示。当转换器元件切换触点784从第一位置移动到第二位置时, 切换触点784从接触焊盘766断开以及连接到接触焊盘766。随着断开和连接发生, 电池单元串端子之间的开关SW1-SW7分别打开和闭合。当开关打开和闭合时, 电池752从低额定电压配置转换到打开配置到中等额定电压配置。相反, 当转换器元件750从第二位置移动到第一位置时, 电池752从中等额定电压配置转换到打开状态配置到低额定电压配置。

[0834] 图85A示出了当转换器元件750处于第一位置——低额定电压配置时转换器元件切换触点784SC1-SC4和接触焊盘766的状态。再次, 特定接触焊盘766的位置是示例性的, 并且其它配置被本公开所预期。在该配置中, 第一转换器元件切换触点SC1电气耦合A+和B+接触焊盘766, 第二转换器元件切换触点SC2电气耦合A+和C+接触焊盘766, 第三转换器元件切换触点SC3电气耦合C-和A-接触焊盘766, 并且第四转换器元件切换触点SC4电气耦合C-和B-接触焊盘766。当四个转换器元件切换触点784处于此位置中时, 网络开关SW1, SW2, SW3, SW4处于闭合状态, 并且网络开关SW5, SW6和SW7处于打开状态。这将电池单元串A和电池单

元串B和电池单元串C置于并联。

[0835] 图85F示出了当转换器元件750处于第二位置时的转换器元件切换触点784SC1-SC4和接触焊盘766的状态,该位置是当可转换电池组20A4耦合到在工具端子TT1和TT3之间具有跳线812的中等额定电压电动工具10A2时的中等额定电压配置。在该配置中,第一转换器元件切换触点SC1电气耦合B+和BT3接触焊盘766,第二转换器元件切换触点SC2不耦合到任何接触焊盘766,第三转换器元件切换触点SC3电气耦合A-和BT1接触焊盘766,并且第四转换器元件触点SC4电气耦合C+和B-接触焊盘766。当四个转换器元件切换触点784处于此位置中时,网络开关SW1,SW2,SW3,SW4处于打开状态并且网络开关SW5,SW6和SW7处于闭合状态。这将电池单元串A和电池单元串B和电池单元串C置于串联。

[0836] 在示例性实施例中,图85C,图85D和图85E示出了当转换器元件750在第一位置——低额定电压配置——和第二位置——中等额定电压配置——之间移动时的网络开关的状态。一般来说,当开关打开和闭合时,不希望的电压/电流可能积聚在电池单元上和/或在电池单元之间移动。为了解决这些不希望的电压/电流,电池752可以被放置在中间级或阶段。因此,网络开关可以以特定顺序打开和闭合。如图85C所示并且参考图85C的示例性表格,当转换器元件750沿配合方向行进时,最初转换器元件切换触点784将与接触焊盘766断开。这有效地打开了所有网络开关SW1-SW7。

[0837] 图85A-图85F中所示的表格示出了当转换器元件750在第一位置和第二位置之间行进时切换网络的各个阶段。第一阶段对应于转换器元件750的第一位置(第一/低额定电压配置),第六阶段对应于转换器元件750的第二位置(第二/中等额定电压配置)。第三和第四阶段是中间阶段/级,并且对应于打开状态配置。

[0838] 当转换器元件750从第一位置移动到第二位置并且网络开关打开和闭合时,各个电池端子732上的电压将变化。更具体地,在图76和图84所示的示例性实施例中并且其中电池单元是4V电池单元并且电池752完全充电,当转换器元件750处于第一位置中时,BATT+=20V,BATT-=0V,C1=4V,C2=8V,C3=12V,C4=16V。当转换器元件750处于第二位置中时,BATT+=60V,BATT-=0V,BT1=40V,BT2=8V,BT3=40V,BT4=16V。使用电池信号端子BT2和BT4,无论电池信号端子连接到哪些电池单元节点,都可以监控电池单元754的过充电、过放电和不平衡。替代示例性实施例可以包括用于将电池信号端子连接到电池单元节点的其它配置,并且被本公开预期和包括。

[0839] 当然,当电气设备10A2在与配合方向相反的方向——也称为脱离方向——上从可转换电池组20A4断开时,转换器元件750将从第二位置移动到第一位置,并且转换器元件切换触点784将以上述相反的顺序连接和断开接触焊盘766。

[0840] 此外,预期在替代示例性实施例中,可转换电池组20A4和电池转换子系统772可以被配置为使得:当可转换电池组20A4不与任何电气设备10A配合或者被配合到中等额定电压电气设备10A2时,转换器元件750处于第一位置,其将可转换电池组20A4置于中等额定电压配置中;并且当可转换电池组20A4与低额定电压电气设备10A1配合时,转换器元件750处于第二位置,其将可转换电池组20A4置于低额定电压配置中。在这样的实施例中,如上所述,可转换电池组20A4也可以被置于第一位置和第二位置之间的第三配置(状态),在其中可转换电池组20A4处于“打开”状态。在该位置中,所有网络开关SW1-SW7处于打开状态,并且在BATT+和BATT-电池端子732之间没有电压电势。转换器元件750可以被置于该位置,例

如用于运输目的。

[0841] 此外,预期在替代示例性实施例中,可转换电池组20A4和电池转换子系统772可以被配置为使得:当可转换电池组20A4不与任何电气设备10A配合时,转换器元件750处于第一位置,其将可转换电池组20A4置于打开状态,并且当可转换电池组20A4与低额定电压电气设备10A配合时,转换器元件750处于第二位置,其将可转换电池组20A4置于低额定电压配置中,并且当可转换电池组20A4与中等额定电压电气设备10A2配合时,转换器元件750处于第三位置,其将可转换电池组20A4置于中等额定电压配置中。

[0842] 此外,预期在替代示例性实施例中,可转换电池组20A4和电池转换子系统772可以被配置为使得:当可转换电池组20A4不与任何电气设备10A配合时,转换器元件750处于第一位置,其将可转换电池组20A4置于打开状态,并且当可转换电池组20A4与低额定电压电气设备10A1配合时,转换器元件750处于第三位置,其将可转换电池组20A4置于低额定电压配置中,并且当可转换电池组20A4与中等额定电压电气设备20A2配合时,转换器元件750处于第二位置,其将可转换电池组20A4置于中等额定电压配置中。

[0843] 另外,可转换电池组20A4可以被配置为使其能够被置于四种状态:打开状态,低额定电压配置,中等额定电压配置和高额定电压配置。当然,各种接触焊盘766和接触开关将相应地调整。

[0844] 图86-图89示出了中等额定电压电气设备10A2例如60V电动工具的示例性工具端子块723和工具端子。中等额定电压电气设备10A2的工具端子块723的尺寸与低额定电压电气设备10A1例如20V电动工具的工具端子块723相同。工具端子块723被配置为与可转换电池组端子块762配合。工具端子块723包括壳体801。壳体801由非导电材料例如塑料构成。壳体801保持工具端子734。工具端子734包括T00L+端子734和T00L-端子734。这些工具端子734分别被定位为与BATT+端子和BATT-端子配合。这些工具端子734为工具负载例如电机12提供功率。工具端子734还可以包括ID端子。该端子可以是热敏电阻端子。热敏电阻端子被定位为与电池组端子例如BT5配合,电池组端子将电气耦合到可转换电池组20A4中的热敏电阻。热敏电阻端子将电气耦合到工具控制器,用于监控可转换电池组20A4的温度或其他电池管理目的。此端子还可以被用于向工具10A2标识可转换电池组20A4和/或向可转换电池组20A4标识工具10A2。工具端子734还可以包括电池单元电压端子。工具端子734TT4可以是电池单元电压端子。TT4工具端子734被定位为与BT4电池端子732b配合。当中等额定电压工具10A2与图68-图85中所示的示例性可转换电池组20A4配合时,BT4电池端子732将电气耦合到C4电池单元节点。因此,TT4工具端子734将电气耦合到C4电池单元节点。为了监控电池单元754的电压或其他电池管理目的,TT4工具端子734还可以电气耦合到工具控制器816。为了工具和电池管理的目的,TT3工具端子734还可以电气耦合到工具控制器816。

[0845] 如上所指出,工具端子734包括将TT1工具端子734和TT3工具端子734电气耦合的跳线812。因此,当中等额定电压电气设备10A2耦合到可转换电池组20A4时,BT1和BT3电池端子732通过TT1和TT3工具端子734电气耦合。当发生这种情况时,除了通过T00L+和T00L-端子734之外,还通过TT1和TT3工具端子734进行电池功率供应。

[0846] 替代示例性实施例可以包括其它接触焊盘布局,并且被本公开所预期和包括。图90至图95示出了替代的示例性电池焊盘布局。如上所指出,这些示例性焊盘布局可以被支撑在PCB、支撑板或一些其它支撑结构上。

[0847] 替代转换机构和子系统:在可拆卸电池组和工具的上下文中示出和描述这些实施例。然而,可转换电池组可以与需要电能的任何电气设备一起操作,包括但不限于诸如电视和冰箱之类的电器;电动自行车;轮椅和光源。可转换电池组还可以耦合到将可转换电池组置于其低额定电压配置或其中等额定电压配置中的充电设备。

[0848] 图96-图98示出了可转换电池组20A4和转换子系统772的替代示例性实施例。图96示出了示例性可转换电池组20A4。电池组壳体712包括一对槽道736。槽道736被配置为接收并入到中等额定电压工具脚中的相应突起。当工具10A2与可转换电池组20A4配合时,工具突起被接收在槽道736中并接合延伸穿过电池组壳体712中的孔的突出部。突出部从转换器元件750从电池组壳体712内部延伸到电池组壳体712外部。

[0849] 如图97A-图97G所示,转换子系统772包括与上述支撑板761类似的支撑板761'。支撑板761'包括多个功率迹线790——每个电池单元串端子一条迹线。具体地,存在耦合到相应电池单元串端子的A+迹线,B+迹线,C+迹线,A-迹线,B-迹线和C-迹线。支撑板761'还包括多个接触焊盘766。然而,与上述实施例不同,本实施例的接触焊盘766被竖直地(大体上垂直于支撑板761')配置。转换子系统772还包括转换器元件750。转换器元件750包括横杆778和一对平行腿776。转换器元件750被配置为使得其中一个突出部从每个平行腿776延伸。转换器元件750还包括多个短路触点818(也称为跳线)。然而,与上述实施例不同,本实施例的转换器元件750被竖直地(大体上垂直于支撑板761')配置,类似于壁,并且该壁包括在壁的每一侧上的短路触点。图98A和图98B中所示的转换器元件750没有示出在图97A-图97G中转换器元件750所示的腿776和转换器突出部。转换器元件750由非导电材料构成。转换器元件750的第一侧——在图98A中示出——包括两个短路触点。短路触点可以包括用于更好地与从支撑板761'延伸的接触焊盘766接合的突出部分。第一短路触点是正触点并且包括用于A+,B+和C+接触焊盘766中的每一个的接触部分。第二短路触点是负触点并且包括用于A-,B-和C-接触焊盘766中的每一个的接触部分。转换器元件750的第二侧——在图98B中示出——还包括两个短路触点。第三短路触点包括用于A-接触焊盘766的接触部分和用于B+接触焊盘766的接触部分。第四短路触点包括用于B-接触焊盘766的接触部分和用于C+接触焊盘766的接触部分766。

[0850] 如图97A和图97C所示,当可转换电池组20A4未附接到任何电气设备10A或附接到低额定电压电动工具10A1(例如20V)时,压缩弹簧786迫使转换器元件750到达前向(第一)位置。通过将滑动壁转换元件750向前压入第一位置(低额定电压配置)中,弹簧786在滑动壁的短路触点和从支撑板761'延伸的向前竖直接触焊盘766之间提供接触力。因此,第一和第二短路触点分别电气耦合到A+,B+,C+和A-,B-,C-接触焊盘766。在该位置,电池单元串A,B和C的A+,B+和C+端子电气耦合,并且电池单元串A,B和C的A-,B-和C-端子电气耦合。在该配置中,可转换电池组20A4处于低额定电压配置中。

[0851] 如图97B和图97D所示,当可转换电池组20A4附接到中等额定电压电动工具10A2(例如60V)时,工具转换元件迫使转换器元件750到达后向(第二)位置,并且压缩弹簧786压缩。这提供了滑动壁的短路触点和从支撑板761'延伸的向后竖直接触焊盘766之间的接触力。因此,第一和第二短路触点分别从A+,B+,C+和A-,B-,C-接触焊盘766电气耦合。并且第三短路触点电气耦合A-接触焊盘766和B+接触焊盘766,并且第四短路触点电气耦合B-接触焊盘766和C+接触焊盘766。在该位置中,电池单元串A的A-端子电气耦合到电池单元串B的B

+端子, 电池单元串B的B-端子电气耦合到电池单元串C+的C端子。在这种配置中, 可转换电池组20A4处于中等额定电压配置中。

[0852] 图99A-图99D示出了用于转换子系统772的替代示例性实施例。类似于上述子系统, 该子系统提供用于将可转换电池组20A4从低额定电压电池组例如20V转换到中等额定电压电池组例如60V的系统。如图99A所示, 子系统包括非导电支撑板761” (也称为固定功率路由卡组件(stationary power routing card assembly))。在本实施例中, 电池752包括三个串(或组)的电池单元754(A串, B串和C串)。因此, 存在六个导电功率端子852——也称为触点, 电池单元754的每个串的每个最正极一个触点以及每个最负极节点一个触点。因此, 存在A+, A-, B+, B-, C+和C-功率端子852。替代实施例可以包括两个电池单元串或多于三个电池单元串。如果有两个电池单元串, 则只有四个功率端子, 如果有四个电池单元串, 则有八个功率端子。在该实施例中, 每个串包括五个电池单元754。替代实施例可以包括更少或更多的电池单元。例如, 一串可以包括少至一个电池单元和多至与人们可能认为实际的电池单元一样多的电池单元。但是不管每个串中电池单元的数量如何, 每串都将有两个功率端子。

[0853] 在该实施例中, 功率端子852是郁金香型端子。在该实施例中, 功率端子852被放置成行。然而, 替代的功率端子配置被预期并且被包括在本公开的范围内。每个功率端子852包括配合端854和非配合端856。每个端子852的非配合端854电气耦合到电池单元754的特定串的特定节点。在该实施例中, 功率端子852的非配合端856耦合到接触焊盘766, 并且接触焊盘766耦合到电池单元754的串。具体地, 第一组配合功率端子852a耦合到A+接触焊盘766a, A+接触焊盘766a耦合到电池单元串A的被称为A+的最正端子, 第二组配合功率端子852b耦合到B+接触焊盘766b, B+接触焊盘766b耦合到电池单元串B的被称为B+的最正端子, 第三组配合功率端子852c耦合到C+接触焊盘766c, C+接触焊盘766c耦合到电池单元串C的被称为C+的最正端子, 第四组配合功率端子852d耦合到B-接触焊盘766d, B-接触焊盘766d耦合到电池单元串B的被称为B-的最负端子, 第五组配合功率端子852e耦合到A-接触焊盘766e, A-接触焊盘766e耦合到电池单元串A的最被称为A-的最负端子, 以及第六组配合功率端子852f耦合到C-接触焊盘766f, C-接触焊盘766f耦合到电池单元串C的被称为C-的最负端子。此外, A+接触焊盘766a电气耦合到被称为BATT+的第一电池端子734, 并且C-接触焊盘766f电气耦合到被称为BATT-的第二电池端子734。

[0854] 功率端子852的配合端854被配置为与下面描述的相应插入端子860(也称为短路端子)配合。当可转换电池组20A4处于这种状态时——没有转换器元件750”就位或者转换器元件750”处于中间状态时, 如下所述, 可转换电池组20A4处于打开状态。在打开状态中, 电池单元754的串不彼此连接, 如图99A所示的示意图所指出。因此, 可转换电池组20A4将不向外界提供电压。换句话说, 在BATT+和BATT-之间将没有电压电势。

[0855] 参见图99B, 示出了滑动转换器元件750”。转换器元件750”包括多个导电插入或短路端子860和用于保持短路端子的非导电支撑结构。存在两种类型的短路端子860。第一类型的短路端子860a包括跳线部分864和三个插入部分866。第二类型的短路端子860b包括跳线部分864和两个插入部分866。在本实施例中, 第一类型的短路端子860a的数量将是两个, 同时第一类型的短路端子860a的插入部分866的数量是基于电池752中的电池单元串的数量, 并且第二类型的短路端子860b的数量是基于电池752中的电池单元串的数量, 同时第二

类型的短路端子860b的插入部分866的数量将是两个。短路端子860的替代配置被预期并包括在本公开的范围之内。

[0856] 如图99C所示,当转换器元件750”被置于称为低额定电压位置的第一位置中时,第一类型短路端子860a被接合并电气耦合到功率端子852。换句话说,两个第一类型短路端子860a的每个插入部分866被接合并电气耦合到特定功率端子852的配合端854。具体地,第一第一类型短路端子860a的三个插入部分866被插入到三个正功率端子852a,852b,852c,并且第二第一类型短路端子860a的三个插入部分866被插入三个负功率端子852d,852e,852f中。在该配置中,所有三个串的正端子彼此连接,并且所有三个串的负端子彼此连接。此外,在该配置中,BATT-电池端子734电气耦合到C-接触焊盘858f,C-接触焊盘858f电气耦合到C-功率端子852f,C-功率端子852f电气耦合到A-功率端子852d和B-功率端子852e,它们电气耦合到电池单元的相应串的C-,A-和B-端子。BATT-电池端子734是BATT+电池端子734的接地参考。并且,BATT+电池端子734电气耦合到A+接触焊盘858a,A+接触焊盘858a电气耦合到A+功率端子852a,A+功率端子852a电气耦合到B+功率端子852b和C+功率端子852c,它们电气耦合到电池单元的相应串的A+,B+和C+端子。这在BATT+上提供了低额定电压(无论如何,低额定电压可以基于串中的电池单元的数量和电池单元的额定电压,例如对于每串具有五个电池单元的4伏特额定电池单元的低额定电压将是20V)。当转换器元件750”处于该位置中时,第二类型短路端子860b被定位于功率端子852的非配合端856处,并且未被电气耦合到功率端子852。这将电池单元串并且因此电池752置于并联配置中,如电路图所示。

[0857] 如图99D所示,当转换器元件750”位于称为中等额定电压位置的第二位置中时,第一类型短路端子860a不被接合并不电气耦合到功率端子852,并且第二类型短路端子860b被接合并电气耦合到功率端子852。换句话说,两个第二类型短路端子860b的每个插入部分866被接合并电气耦合到特定功率端子852的配合端854。具体来说,第一第二类型短路端子860b的第一插入部分866被插入到B+功率端子852b中,并且第一第二类型短路端子860b的第二插入部分866被插入到A-功率端子852e中(从而通过第一第二类型短路端子860b的跳线部分864将B+功率端子852b电气耦合到A-功率端子852e,并且其中将电池单元串B的B+端子耦合到电池单元串A的A-端子),并且第二第二类型短路端子860b的第一插入部分866被插入到C+功率端子852c中,并且第二第二类型短路端子860b的第二插入部分866被插入到B-功率端子852d中(从而通过第二第二类型短路端子860b的跳线部分864将C+功率端子852c电气耦合到B-功率端子852d,并且其中将电池单元串C的C+端子耦合到电池单元串B的B-端子)。这将电池单元串并且因此电池752置于串联配置中,如电路图所示。

[0858] 图100A-图100D示出了用于转换子系统772的替代示例性实施例。类似于上述子系统,该子系统提供用于将可转换电池组20A4从低额定电压电池组转换到中等额定电压电池组的系统。该实施例非常类似于图99所示的实施例。该实施例也包括郁金香型功率端子852,然而,功率端子852被定位在不同的配置中。功率端子配置在图100A中示出。图100B中所示的转换器元件750”也类似于但不同于图99B中所示的转换器元件750”并如上所述。如上所指出,短路端子860的跳线部分864——连接插入部分866的部分——可以被嵌入转换器元件壳体中,并且因此不从壳体朝向支撑板760”延伸。从转换器元件750”的侧视图中,将不容易看见跳线部分864,而20v短路端子860a和60v短路端子860b两者的插入部分866是可见的。在该实施例中,两个短路端子860a,860b的跳线部分864可以在不同层上被嵌入PCB

中,使得它们彼此电隔离。

[0859] 在其它方面中,在图100A-图100D中所示的实施例以与如上所述在图99A-图99D中所示的实施例相同的方式进行操作。

[0860] 图101A1-图101B2示出了转换子系统772'的替代示例性实施例。类似于上述子系统,该子系统提供用于将可转换电池组20A4从低额定电压电池组转换为中等额定电压电池组的系统。图101A1和图101A2示出了从两个不同的角度看的处于低额定电压配置例如20V中的示例性实施例。图101B1和图101B2示出了从两个不同的角度看的处于中等额定电压配置例如60V中的示例性实施例。转换子系统772'包括两个转换器元件900。每个转换器元件900包括支撑结构902,在该实施例中为三角形壁。存在用于耦合电池单元串的正端子的第一转换器元件900a和用于耦合电池单元串的负端子的第二转换器元件900b。在每个转换元件900中,存在位于支撑结构902顶部和支撑结构902的两个竖直壁上的短路棒904。每个转换器元件900包括用于每个支撑结构902的支撑臂系统,其中每个支撑臂系统包括三对支撑臂906。支撑臂系统还包括用于每个支撑臂906的压缩弹簧908,其将支撑臂906保持在延伸位置。该系统还包括致动器910。致动器910包括接合端912和接合腿914。致动器910被配置成使得接合腿914被配置为接合被附接到每个支撑臂906上的接合臂916。支撑臂906的子集还包括接触弹簧918,例如叶型弹簧。接触弹簧918的第一端耦合到支撑臂906的端部,并且接触弹簧918的第二端压在支撑结构902上。每个接触弹簧918电气耦合到电池单元串的相应端子。具体地,A+接触弹簧918电气耦合到电池单元串A的A+端子,B+接触弹簧918电气耦合到电池单元串B的B+端子,C+接触弹簧918电气耦合到电池单元串C的C+端子,A-接触弹簧918电气耦合到电池单元串A的A-端子,B-接触弹簧918电气耦合到电池单元串B的B-端子,并且C-接触弹簧918电气耦合到电池单元串C的C-端子。第一转换器元件900a还包括B-接触弹簧918和第二C+接触弹簧918。B-接触弹簧918电气耦合到电池单元串B的B-端子,第二C+接触弹簧918电气耦合到电池单元串C的C+端子。第二转换器元件900b还包括第二A-接触弹簧918和B+接触弹簧918。第二A-接触弹簧918电气耦合到电池单元串A的A-端子,并且B+接触弹簧918电气耦合到电池单元串B的B+端子。

[0861] 如图101A1和图101A2所示,当可转换电池组20A4没有被连接到任何工具10A或者被配合到低额定电压工具10A或低额定电压充电器30时,转换子系统772'处于低额定电压配置中,致动器910a,b不与支撑臂系统接合,压缩弹簧908处于它们的未压缩状态,并且支撑臂系统处于第一位置中。在该第一位置中,第一转换器元件900a的A+接触弹簧918,B+接触弹簧918和第一C+接触弹簧918被迫处于向上位置中,使得它们与短路棒904a耦合,并且第一转换器元件900a的B-接触弹簧918和第二C+接触弹簧918处于松弛的向下位置中,使得它们不与短路棒904a耦合。此外,第二转换器元件900b的第一A-接触弹簧918,B-接触弹簧918和C-接触弹簧918被迫处于向上位置中,使得它们与短路棒904b耦合,并且第二转换器元件900b的第二A-接触弹簧918和B+接触弹簧918处于松弛的向下位置中,使得它们不与短路棒904b耦合。短路棒904b用作接触弹簧918之间的闭合开关。在该第一位置中,A+接触弹簧918,B+接触弹簧918和第一C+接触弹簧918彼此电气耦合,并且第一A-接触弹簧918,B-接触弹簧918和C-接触弹簧918彼此电气耦合。因此,A+,B+和C+端子彼此电气耦合,并且A-,B-和C-端子彼此电气耦合。当转换器元件900处于该第一位置中时,电池的电池单元串754并联连接,并且可转换电池组20A4处于低额定电压配置中。

[0862] 如图101B1和图101B2所示,当可转换电池组20A4与中等额定电压电动工具或其它中等额定电压电气设备10A2配合时,转换子系统772'被置于中等额定电压配置中。中等额定电压工具10A2将包括接合致动器910a,910b的接合端的转换构件。当致动器910移动(在图中的朝向中向页面的右侧)时,致动器910的接合端将与每个支撑臂的接合臂接合。接合臂将迫使压缩弹簧908压缩,并且支撑臂系统被置于第二位置中。在该第二位置中,允许第一转换元件900a的A+接触弹簧918,B+接触弹簧918和第一C+接触弹簧918移动到松弛的向下位置中,使得它们与短路棒904a解耦合,并且第一转换元件900a的B-接触弹簧918和第二C+接触弹簧918被迫进入向上位置中,使得它们与短路棒904a电气耦合。此外,允许第二转换元件900b的第一A-接触弹簧918,B-接触弹簧918和C-接触弹簧918移动到松弛的向下位置中,使得它们与短路棒904b解耦合,并且第二转换元件900b的第二A-接触弹簧918和B+接触弹簧918被迫进入向上位置中,使得它们与短路棒904b电气耦合。同样,短路棒904用作接触弹簧918之间的闭合开关。在该第二位置中,B-接触弹簧918和第二C+接触弹簧918彼此电气耦合,并且第二A-接触弹簧918和B+接触弹簧918彼此电气耦合。这样,A-和B+端子彼此电气耦合,并且B-和C+端子彼此电气耦合。当转换元件900处于该第二位置中时,电池的电池单元串754串联连接,并且可转换电池组20A4处于中等额定电压配置中。

[0863] 图102A1-图102B2示出了转换子系统772"的替代示例性实施例。类似于上述子系统,该子系统提供用于将可转换电池组20A4从低额定电压电池组转换为中等额定电压电池组的系统。图102A1和图102A2示出了从两个不同的角度看的处于低额定电压配置例如20V中的示例性实施例。图102B1和图102B2示出了从两个不同的角度看的处于中等额定电压配置例如60V中的示例性实施例。转换子系统772"包括两个转换器元件921a,921b。每个转换器元件921包括支撑结构922,在该实施例中是矩形壁。存在用于耦合电池单元串的正端子的第一转换器元件921a和用于耦合电池单元串的负端子的第二转换器元件921b。在该实施例中,支撑结构922是短路棒。每个转换器元件921包括支撑臂系统。每个支撑臂系统包括三对支撑臂923。支撑臂系统还包括用于每对支撑臂的第一压缩弹簧924和用于每对支撑臂的第二压缩弹簧925,所述第一压缩弹簧924将该对支撑臂923保持在第一位置中,所述第二压缩弹簧925将该对支撑臂保持在第二位置中。支撑臂系统还包括致动器926。致动器926包括接合端928和接合腿929。致动器926被配置为使得接合腿929被配置为接合每对支撑臂923中的一个支撑臂923。触点930耦合到支撑臂923的子集的一端,并且触点930的一部分被配置为压在短路棒922上。每个触点930电气耦合到电池单元串的相应端子。具体地,A+触点930a1电气耦合到电池单元串A的A+端子,B+触点930a2电气耦合到电池单元串B的B+端子,C+触点930a3电气耦合到电池单元串C的C+端子,A-触点930b1电气耦合到电池单元串A的A-端子,B-触点930b2电气耦合到电池单元串B的B-端子,并且C-触点930b3电气耦合到电池单元串C的C-端子。第一转换器元件921a还包括B-触点930a4和第二C+触点930a5。B-触点930a4电气耦合到电池单元串B的B-端子,第二C+触点930a5电气耦合到电池单元串C的C+端子。第二转换器元件921b还包括第二A-触点930b4和B+触点930b5。第二A-触点930b4电气耦合到电池单元串A的A-端子,B+触点930b5电气耦合到电池单元串B的B+端子。

[0864] 如图102A1和图102A2所示,当可转换电池组20A4未被连接到任何电动工具10A或者被配合到低额定电压电动工具10A2或低额定电压充电器30时,转换子系统772"处于低额定电压配置中,致动器926不与支撑臂923接合,一组第一压缩弹簧924处于它们的未压缩状

态中,并且支撑臂923处于第一位置中。在该第一位置中,第一转换器元件921a的A+触点930a1,B+触点930a2和第一C+触点930a3被迫处于接合位置中,使得它们与短路棒922a耦合,并且第一转换器元件921a的B-触点930a4和第二C+触点930a5处于非接合位置,使得它们不与短路棒922a耦合。此外,第二转换器元件921b的第一A-触点930b1,B-触点930b2和C-触点930b3被迫处于接合位置中,使得它们与短路棒922b耦合,并且第二转换器元件921b的第二A-触点930b4以及B+触点930b5处于非接合位置中,使得它们不与短路棒922b耦合。短路棒922用作触点930之间的闭合开关。在该第一位置中,A+触点930a1,B+触点930a2和第一C+触点930a3通过短路棒922a彼此电气耦合,并且第一A-触点930b1,B-触点930b2和C-触点930b3通过短路棒922b彼此电气耦合。因此,A+,B+和C+端子彼此电气耦合,并且A-,B-和C-端子彼此电气耦合。当转换器元件921处于该第一位置中时,电池的电池单元串754并联连接,并且电池752处于低额定电压配置中。

[0865] 如图102B1和图102B2所示,当可转换电池组20A4与中等额定电压电动工具或其他中等额定电压电气设备10A2配合时,转换子系统772”被置于中等额定电压配置中。中等额定电压电动工具10A2将包括接合致动器926的接合端928的转换构件。当致动器926移动(在图中的朝向向页面的右侧)时,致动器926的接合腿929将与每对支撑臂923的一个支撑臂923接合。接合的支撑臂923将围绕支撑结构/短路棒922的角部枢转,并将迫使一组第一压缩弹簧924压缩并允许一组第二压缩弹簧925膨胀,并且支撑臂系统在其中被放置在第二位置中。在该第二位置中,允许第一转换器元件921a的A+触点930a1,B+触点930a2和第一C+触点930a3移动远离短路棒922a,使得它们与短路棒922a解耦合,并且第一转换器元件921a的B-触点930a4以及第二C+触点930a5被迫与短路棒922a接触,使得它们与短路棒922a电气耦合。此外,允许第二转换器元件921b的第一A-触点930b1,B-触点930b2和C-触点930b3移动远离短路棒922b,使得它们与短路棒922b解耦合,并且第二转换器元件921b的第二A-触点930b4和B+触点930b5被迫与短路棒922b接触,使得它们与短路棒922b电气耦合。同样,短路棒922用作触点930之间的闭合开关。在该第二位置中,B-触点930a4和第二C+触点930a5通过短路棒922a彼此电气耦合,并且第二A-触点930b4和B+触点930b5通过短路棒922b彼此电气耦合。因此,A-和B+端子彼此电气耦合,并且B-和C+端子彼此电气耦合。当转换器元件921处于该第二位置中时,电池的电池单元串754串联连接,并且电池752处于中等额定电压配置中。

[0866] 图103A,图103B和图103C示出了可转换电池组20A4的转换子系统772”的另一个替代示例性实施例。该子系统使用齿条和齿轮(rack and pinion)配置。类似于前述配置,该转换器元件941包括支撑壳体942。支撑壳体942包括两个转换器元件突出部943,其从支撑壳体942延伸穿过电池组壳体712中的孔并且从电池组壳体712延伸。配合电动工具10A2将包括相应的突出部以接合转换器元件突出部943并迫使转换器元件941在配合方向A上移动。转换器元件941还包括齿条(rack gear)945。齿条945固定地耦合到支撑壳体942,使得齿条945将与支撑壳体942同步地移动。转换子系统772”还包括小齿轮(pinion gear)946。小齿轮946可旋转地耦合到支撑板(为了简化未示出)。转换子系统772”还包括有利于顺时针(在图的定向中)方向的扭转弹簧(torsion spring)947。在该实施例中,顺时针方向是低额定电压配置,如下所述。小齿轮946包括一对低电压(例如20v)短路棒948和一对中等电压(例如60v)短路棒950。低电压短路棒948包括三条腿,中等电压短路棒950包括两条腿。转换

子系统772”还包括电气耦合到电池单元串的特定端子的多个触点952。当小齿轮946旋转时,触点952将相对于小齿轮946保持静止。具体地,当考虑图103A时从大约9点开始并沿顺时针方向移动,存在耦合到B+端子的B+触点952a,耦合到A-端子的A-触点952b,耦合到B-端子的B-触点952c,耦合到C+端子的C+触点952d,耦合到C-端子的C-触点952e,耦合到B-端子的B-触点952f,耦合到A-端子的A-触点952g,耦合到C+端子的C+触点952h和耦合到A+端子的A+触点952i。这种配置假设如上所述的三个电池单元串。包括在相反方向上旋转的转换子系统772”、其他电池单元配置、触点配置和短路棒配置的实施例被预期并且包括在本公开的范围之内。

[0867] 如图103A所示,在低额定电压配置中,第一低电压短路棒948a电气耦合触点的第一子集——具体是B+触点952a,A+触点952i和C+触点952h,第二低电压短路棒948b电气耦合触点的第二子集——具体是A-触点952g,B-触点952f和C-触点952d。这将电池单元串置于并联配置中并且将可转换电池组20A4置于低额定电压配置中。

[0868] 如图103B所示,当电动工具10A2接合可转换电池组20A4并进一步在配合方向A上移动时,转换器元件941在配合方向A上移动。这个动作将齿条45在配合方向A上移动。当齿条945在配合方向A上移动,小齿轮946将被迫在逆时针方向上移动。当小齿轮946在逆时针方向上移动时,第一和第二低电压短路棒948将分别从触点的第一和第二子集952解耦合。在该位置中,可转换电池组20A4将处于打开状态——既不是低额定电压也不是中等额定电压。在电池752的BATT+和BATT-端子之间将没有电压电势。

[0869] 如图103C所示,当电动工具10A2进一步接合可转换电池组20A4并进一步在配合方向A上移动时,转换器元件941在配合方向A上移动。这个动作使齿条945在配合方向A上移动。当齿条945在配合方向A上移动时,小齿轮946将被迫沿在逆时针方向上进一步移动。当小齿轮946在逆时针方向上移动时,第一中等电压短路棒950a将电气耦合触点的第三子集——具体是A-触点952b和B+触点952a,并且第二中等电压短路棒950b将电气耦合触点的第四子集——具体是B-触点952c和C+触点952d。这将电池单元串置于串联配置中并将可转换电池组20A4置于中等额定电压配置中。

[0870] 当电动工具10A2从可转换电池组20A4解除配合时,工具10A2将相对于可转换电池组20A4在与配合方向A相反的方向上移动。当电动工具10A2从可转换电池组20A4解除配合时,扭转弹簧947将迫使小齿轮946在顺时针方向上移动。结果,中等电压短路棒950将从触点的第三和第四子集解耦合。这将使可转换电池组20A4移动到打开状态。当电动工具10A2进一步从可转换电池组20A4解除配合时,扭转弹簧947将迫使小齿轮946进一步在顺时针方向上移动。结果,低电压短路棒948将电气耦合到触点的第一和第二子集。这将使可转换电池组20A4移动到低额定电压状态中。

[0871] 图104和图105示出了用于致动可转换电池组20A4的转换器元件960的替代实施例。在该实施例中,可转换电池组20A4包括居中地位于电池组壳体962的顶部963上的按钮961。按钮961可在未接合位置——图104A和图104B中所示——以及接合位置——图105A和图105B中所示——之间移动。按钮961可沿着可转换电池组20A4的长轴在与其将耦合的电气设备10A2附接和分离的方向上移动。按钮961机械地耦合到U形致动构件964。致动构件964包括耦合到按钮961的横杆965和两个平行腿966。平行腿966中的一个附接到横杆965的每个端部。腿966被配置为使得每个腿966邻接U形转换器元件960的平行腿967中的一

个——类似于上述转换器元件。类似于上述可转换电池组,图104和图105中所示的可转换电池组20A4包括一对压缩弹簧968。压缩弹簧968的一端附接到转换器元件横杆969的端部,并且压缩弹簧968的另一端附接到转换器元件壳体。

[0872] 被配置为与可转换电池组20A4配合的中等额定电压电动工具10A2将包括在电动工具脚中的突出部或延伸部(类似于上述的突出部),其被定位为当电动工具10A2配合到可转换电池组20A4时配合按钮961。当电动工具10A2与可转换电池组20A4配合时,工具脚突出部将迫使按钮961进入电池组壳体962中,从而迫使U形致动构件964迫使转换器元件960沿着配合方向移动。这将压缩弹簧968。如上所述,转换器元件960将可转换电池组20A4从低额定电压配置转换到中等额定电压配置。当可转换电池组20A4从电动工具10A2移除时,弹簧968将迫使转换器元件960到它的初始位置。这将把可转换电池组20A4转换回低额定电压配置。

[0873] 关于在本公开中示出和描述的可转换电池组20A4的问题在于:当可转换电池组从中等额定电压工具或其它转换工具移除时,可转换电池组20A4保持在它的中等额定电压配置中。如果可转换电池组20A4保持在中等额定电压配置中并且然后与低额定电压电动工具配合,则可能损坏低额定电压电动工具。图106A-图106G示出了用于解决这个问题的系统和方法。

[0874] 在上述可转换电池组20A4的某些示例性实施例中以及在相关申请中,可转换电池组20A4包括类似于上述转换器元件的转换器元件。转换器元件包括转换器突出部971。如上所述,转换器突出部971可以位于槽道中(未示出,但如上所述),并且可以不从可转换电池组20A4的顶部延伸。在图106中,转换器突出部971被示出为从可转换电池组20A4的顶部延伸,这是为了说明的目的并且不旨在限制转换器突出部971的布置。此外,在上述中等额定电压工具的某些示例性实施例中以及在相关应用中,电动工具包括转换元件972。转换元件972可从转换工具脚延伸。当中等额定电压电动工具10A2(或其他转换电动工具10)与可转换电池组20A4配合时,转换元件972接合转换器突出部971,并迫使转换器突出部971并且因此转换器元件从第一低电压位置移动到第二中等电压位置。当可转换电池组20A4从中等电压额定电动工具10A2(或其他转换电动工具10)移除时,可转换电池组20A4中的弹簧机构(如上所述)应该迫使转换器元件回到第一、低额定电压位置。然而,如果弹簧机构故障或发生其它故障,则转换器元件可以保持在第二、中等电压位置中。

[0875] 在图106A所示的中等额定电压电动工具10A2和可转换电池组20A4的示例性实施例中,中等额定电压电动工具10A2包括被称为返回元件973的附加构件。返回元件973被定位在转换元件972的前面(相对于可转换电池组20A4),并且还从工具脚延伸。如上所指出,转换元件972已被描述为在槽道中移动以接合转换器突出部971。返回元件973将被定位成与转换元件972成一直线并且也将在槽道中移动。转换元件972和返回元件973都被示为沿着可转换电池组20A4的顶部移动。这仅仅是为了说明的目的,并且不旨在限制转换元件972或返回元件973的布置。返回元件973被配置为具有圆形或圆角前边缘974,并且由可变形的橡胶材料或弹簧加载销钉或具有允许其回缩或压缩的机械特性的其它成分、材料或组件来制成。如图106B所示,当电动工具10A2接合可转换电池组20A4时,返回元件973将接合转换器突出部971。由于返回元件973的形状和材料,返回元件973将在不移动转换器突出部971或仅稍微移动它的情况下越过转换器突出部971。在那之后,如图106C和图106D所示,转换

元件972将如上所述接合转换器突出部971,直到电池752从低电压配置转换到中等电压配置。

[0876] 当从电动工具10A2移除可转换电池组20A4时,如图106E所示,返回元件973的后侧975将接合转换器突出部971。同样由于返回元件973的形状和/或材料,其将不会越过转换器突出部971。在弹簧机构有故障或发生了一些其它故障的情况下,返回元件973将压迫转换器突出部971并且因此转换器元件从中等额定电压配置移动到低额定电压配置,如图106F所示。在那之后,可转换电池组20A4可以从电动工具10A2移除并保持在低电压配置。

[0877] 图108,图109和图110示出了触点980和制造触点980的方法。电动工具通常使用具有主on/off(导通/关断)触点的开关来产生和断开电流。坚固的触点由高导电性材料或合金制成,以减少接触电阻、局部生热和随后的接触磨损。触点980通常铆接或焊接到镀银铜母线冲压件上。在某些示例性可转换电池组设计中,触点980连接到复杂的冲压母线(stamped busbar),以便将电池752从低额定电压配置例如20伏特转换到中等额定电压配置例如60伏特。这种冲压的使用增加了模具(tooling)成本、制造复杂性和单位成本。

[0878] 上述复杂的个体冲压触点在图110中示出。如果将个体冲压件制成两个分立的冲压件然后连接,则模具复杂性将降低,并且可以实现节省——因为从单个冲压件产生的废料较少。图107示出了常规的个体复杂冲压件(表示为冲压件1)和在较浅阴影中的相关联的废料。图108示出了两个分立的冲压件(表示为冲压件2和冲压件3)。用于新的分立冲压件的废料也以较浅的阴影示出并且与常规冲压方法相比而言略微减少。一旦废料被移除,两个新的冲压件通过铆钉或焊接而机械地接合。铆钉然后用作图43中所示的配合的相对杆臂的坚固的电触点。如果冲压件2变得更长,则废料进一步减少。

[0879] 如下面所讨论的,一组低额定电压电池组20A1还可以能够向其它组的中等额定电压DC电动工具10A2、高额定电压电动工具10A3,10B中的一个或多个供电——例如通过将一个以上的低额定电压电池组20A1串联耦合到这些工具使得电池组的电压是相加的。低电压电池组20A1可以附加地或替代地与任何可转换电池组20A4或任何高电压电池组20A3串联耦合,以输出任何电动工具10的期望电压水平。

[0880] 在示例性实施例中,中等额定电压DC电动工具10A2可以被配置为与串联连接以呈现中等额定电压的多个低额定电压电池组20A1、中等额定电压电池组20A1、和/或操作于其中等额定电压配置中的低/中等额定电压可转换电池组20A4耦合并从其接收电气功率。相对而言,中等额定电压电动工具10A2具有中等额定电压。换句话说,一组中等额定电压工具10A2被设计为使用相对中等额定电压DC电源操作。中等额定电压是与上述的低额定电压DC电动工具10A1、高额定电压电动工具10A3,10B相比的相对术语。在示例性实施例中,中等额定电压电动工具10A2可以具有40V至80V的额定电压,例如40V,54V,72V和/或80V。

[0881] 例如,高额定电压电动工具10A3,10B可以被配置为从彼此串联连接以具有总的高额定电压的多个低额定电压电池组20A1或中等额定电压电池组20A2、操作在其中等额定电压配置中并且彼此串联连接以具有总的高额定电压的多个低/中等额定电压可转换电池组20A、或单个高额定电压电池组20A3接收电气功率。可替代地,DC功率源20A的组合DC电压可以在比AC功率源20B的AC电压水平(例如,40VDC至90VDC)更低的范围内。

[0882] 例如,非常高额定电压电动工具可以被配置为从彼此串联连接以具有总的非常高额定电压的多个低额定电压电池组20A1、中等额定电压电池组20A2或高额定电压电池组

20A3、操作在其中等或高额定电压配置中并且彼此串联连接以具有总的非常高额定电压的多个低/中等额定电压或中等/高额定电压可转换电池组20A4接收电气功率。在一个实现中,电动工具10包括用于耦合到任何可拆卸电池组20A的一个或多个电池组接口,用于从电池组20A接收功率的端子块,以及用于将电动工具耦合到AC功率的电源20B的单独的AC电源线或插座。在另一实现中,工具10可以包括电源接口,所述电源接口可以经由适配器将工具10连接到可拆卸电池组或AC功率的电源。在实施例中,电池接口被配置为接收低额定电压电池组20A1,中等额定电压电池组20A2,高额定电压电池组20A3和/或可转换电池组20A4。

[0883] 非常高额定电压电动工具108可以包括例如与高额定电压电动工具106相似类型的工具,例如钻头,圆锯,螺丝刀,往复锯,振荡工具,冲击驱动器,手电筒,串式修剪机,树篱修剪机,割草机,打钉机,旋转锤,斜切锯,链锯,锤钻和/或压缩机,其被优化以与非常高额定电压电源一起工作。如下面更详细地描述的,在非常高额定电压电动工具108中的每个工具包括被配置为将工具耦合到AC电源和/或DC电源的电源接口。

[0884] 参考图118A-图123,本发明的另一方面是用于可转换电池组20A4的电子模块。在可转换电池组20A4的示例性实施例中,可转换电池组20A4可以在BATT+/BATT-电池端子处递送低额定电压例如20V或中等额定电压例如60伏,如上所述。在某些实施例中,可转换电池组20A4可以仅在低额定电压配置中充电。然而,在替代实施例中,可转换电池组20A4可以在低额定电压配置或中等额定电压配置中充电。电子模块必须提供监控在任一配置中在充电期间的所有电池的电池单元的方法。监控需要承受充电终止和过电压保护(OVP)。电子模块还需要在放电期间容许串联和并联操作。在优选实施例中,可转换电池组向后兼容现有的电池组充电器。电子模块不得产生电池单元不平衡。

[0885] 本发明的这方面的电池组电池单元电压监控电路1500在电池单元串处于并联配置中时提供用于充电和/或过电压保护的电池单元监控。当电池单元串被重新配置至串联配置中时,这个相同的电路被保护(使用二极管隔离)以防短路和损坏。

[0886] 电池组电池单元电压监控电路1500产生仿真电池单元电压(imitation cell voltage),将其本身作为实际电池单元电压呈现给电池组充电器30,目的是向现有电池组充电器提供向后兼容性。此仿真电池单元电压被用来向电池组充电器30发送信号以停止对可转换电池组20A4充电。

[0887] 电池组电池单元电压监控电路1500还可以监控个体电池单元的放电电压并产生将其本身呈现为实际电池单元电压的仿真电池单元电压,目的是向电动工具10提供向后兼容性。此仿真电池单元电压被用来向电动工具10发送信号以停止对可转换电池组20A4放电。

[0888] 用于选择仿真电池单元电压的控制参数是被监控的电池组参数,诸如电池单元电压,电池组电压,电池单元或电池组温度,放电电流,充电状态,电流,用户可选开关或者关注的其他可预见参数。

[0889] 参考图118A,来自C串(在中等额定电压配置中最负的串)的电池单元节点/电池单元抽头(CX)连接到电池端子块,以向电池组充电器提供电池单元电压。具体地,电池单元串C的C-端子耦合到BATT-电池端子,C1电池单元节点耦合到BT1电池端子,C2电池单元节点耦合到BT2电池端子,C3电池单元节点耦合到BT3电池端子,C4电池单元节点耦合到BT4电池端子,电池单元串C的C+端子耦合到BATT+电池端子。因此,可转换电池组20A4耦合到电池组充

电器30, BATT-电池端子耦合到CHT-充电器端子, BT1电池端子耦合到CHT1充电器端子, BT2电池端子耦合到CHT2充电器端子, BT3电池端子耦合到CHT3充电器端子, BT4电池端子耦合到CHT4充电器端子, 并且BATT+电池端子耦合到CHT+充电器端子, 并且CHT-, CHT1, CHT2, CHT3, CHT4, CHT+充电器端子耦合到充电器中的主过电压保护电路(OVP 1)。如此, C串中的每个电池单元的电压被呈现给主OVP1。如果任何电池单元CC1, CC2, CC3, CC4, CC5的电压超过主过电压阈值(primary overvoltage threshold), 例如4.1伏特, 则充电器/主OVP1终止可转换电池组20A4的充电过程。在该配置中, 充电器中的主OVP 1可以监控电池单元串C。

[0890] 参考图118B, 使用可转换电池组20A4中的主过电压保护电路(OVP 2)来监控来自电池单元串B的电池单元。更具体地, 电池单元串B的B-端子和B+端子以及电池单元串B的电池单元节点B1, B2, B3和B4耦合到主OVP 2, 允许主OVP 2监控电池单元串B。参考图118C, 使用可转换电池组20A4中的主过保护电路(OVP 3)来监控来自电池单元串A的电池单元。更具体地, 电池单元串A的A-端子和A+端子以及电池单元串A的电池单元节点A1, A2, A3, A4耦合到主OVP 3, 允许主OVP 3监控电池单元串A。

[0891] 如果任何电池单元CB1, CB2, CB3, CB4, CB5的电压超过主过电压阈值, 则主OVP 2将变为激活并输出“停止充电”信号, 并且如果任何电池单元CA1, CA2, CA3, CA4, CA5的电压超过主过电压阈值, 则主OVP 3将变为激活并输出“停止充电”信号。

[0892] 参考图118B, 在所示的示例性实施例中, 当主OVP 2的输出为高时, 被监控的电池单元全部都低于主电压阈值, 并且当主OVP 2的输出为低时, 一个或多个被监控的电池单元处于或高于主电压阈值。换句话说, 当所有电池单元CB1-CB5都低于主过电压阈值时, 主OVP 2的输出将是正常(高), 指示充电可以继续。当电池单元CB1-CB5中的任何一个超过主过电压阈值时, 主OVP 2的输出将为激活(低), 指示充电应停止。

[0893] 参考图118C, 在所示的示例性实施例中, 主OVP 3以与主OVP 2相同的方式操作。换句话说, 当所有电池单元CA1-CA5低于主电压阈值时, 主OVP 3的输出是正常(高), 表示充电可以继续。当电池单元CA1-CA5中的任何一个超过主过电压阈值时, 主OVP 3的输出将为激活(低), 指示充电应停止。

[0894] 参考图119, 在电池单元电压监控电路1500的充电控制电路1530的示例性实施例中, 将图118B和图118C的电池组主OVP的输出提供给充电控制电路1530。将电压调节器1532设置为过电压阈值例如4.3V, 以防止在隔离故障的情况下电池单元CC1的过充电。当电池处于低额定电压配置中并且电池单元CC1电压低于主电压阈值(默认状态)时, 充电控制电路1530的电流(I_{cq})小于4 μ A。在该实施例中, 主OVP 2和主OVP 3是开漏、有源低(open drain, active low)构件。当因为A串或B串的电池单元中的一个已经达到或超过主电压阈值, 从而主OVP 2或主OVP 3被拉低时, 电池组充电器30将把CC1电池单元的电压(即, 来自C1电池单元节点/电池单元抽头在BT1电池端子处提供的电压)读为4.3V(高于主电压阈值)——即使CC1电池单元的电压没有超过主电压阈值。当电池处于低额定电压配置中并且电池单元CC1电压处于或高于主电压阈值(激活状态)时, 控制电路1530的电流(I_{cq})等于12 μ A。当可转换电池组20A4处于中等额定电压配置中并且电池单元串彼此串联时, 二极管D2和D3提供隔离。

[0895] 充电终止信号产生过程

[0896] 在该实施例中, 在充电过程开始时, 假设所有的A串电池单元和所有的B串电池单

元都在主电压阈值以下。因为所有的A串电池单元和所有的B串电池单元都在主电压阈值以下,所以主OVP 2和主OVP 3都处于低/默认状态都不激活。可以说在主OVP 2和主OVP 3的输出处不存在停止充电信号。主OVP 2和主OVP 3都不激活。在这种状况中(当在主OVP 1或20的任何一个的输出都不存在停止充电信号时),二极管D2和D3被反向偏置(reverse biased)。同样在这种状态中,没有电流流过电阻R5或R6。在此示例中,当Q3的VGS=0V和Q4的VGS \geq +0.1V经由R5被拉高时,两个晶体管都截止,并且当Q1和Q2的VGS=-VCT-1 \approx -4.2V经由R6被拉低时,两个晶体管都导通。因此,在C1电池单元抽头处的电压(CA1电池单元的电压)将被呈现至BT1电池端子和CHT1充电器端子以及充电器中的主OVP 1的相应输入。只要主OVP 2和主OVP 3在其输出处不具有停止充电信号,则充电器主OVP 1将监控电池单元串C,并且只要C串电池单元——包括CA1电池单元——中的电压没有超过主电压阈值,则充电器中的主OVP 1将继续允许充电。因此,主OVP 1将不输出停止充电信号,并且充电器将继续对所有电池单元充电,除非并且直到C串电池单元中的任何电池单元——包括CA1电池单元——超过主电压阈值。因此,当电池单元中的任何一个超过主电压阈值时,主OVP 1输出停止充电信号,并且充电器将停止对所有电池单元充电。

[0897] 在充电过程中的某一点,A串电池单元或B串电池单元中的一个或多个可以等于或大于主电压阈值。在这种情况下,当存在于主OVP 2或主OVP3的输出处的信号是停止充电信号时,相应的二极管D2和/或D3将被正向偏置(forward biased)。此外,电流将流过电阻R5和R6。在此示例中,当Q1和Q2的VGS \geq -0.6V(体二极管压降)经由Q3被拉高时,两个晶体管都截止(OFF),当Q3和Q4的VGS \approx 3.6V经由D2和/或D3被拉低时,两个晶体管都导通(ON)。因此,从电压调节器输出的电压例如4.3V(称为仿真或假电压)将被呈现于BT1电池端子处并耦合到CHT1充电器端子。因此,电池组充电器中的主OVP 1将接收大于主电压阈值的电压信号,并且因此将向充电器控制器发送停止充电信号。

[0898] 该电路允许低额定电压(例如,20V)配置——串A,B,C彼此并联连接,即A+连接到B+,B+连接到C+,A-连接到B-,B-连接到C——中充电,但是不允许在中等额定电压(例如60V)配置——串A,B,C串联连接,即A-连接到B+,B-连接到C+——中充电。

[0899] 当两个主OVP 2,3中的任一个的输出是“停止充电”信号时,针对电池的电池单元中的一个,例如CC1,的比主过电压阈值更高的“假”或仿真电压,例如4.2V,被呈现在BT1电池端子处。这个假电压被呈现至CHT1充电器端子,该端子将假电压提供给主OVP 1。主OVP 1将其看作过电压情形并输出终止电池组的充电过程的“停止充电”信号。

[0900] 在该实施例中,当所有连接的电池单元都低于主电压阈值时,OVP芯片输出高信号,并且当任何连接的电池单元处于或高于主电压阈值时,OVP芯片输出低信号。如果主OVP 2和3都输出高信号(A或B串中没有电池单元已经达到主过电压阈值),则Q3和Q4将截止/打开,以及Q1和Q2将导通/闭合。因此,C1电池单元抽头处的电压将被呈现至BT1电池端子和CHT1充电器端子,并且充电器将为了过电压保护而监控C1电池单元抽头的电压。

[0901] 如果主OVP 2或主OVP 3输出低信号(A或B串中的至少一个已经达到/超过主电压阈值),则Q1和Q2将截止/打开,并且Q3和Q4将被导通/闭合。在该配置中,电压调节器的输出将被耦合/呈现给BT1电池端子和CHT1充电器端子。电压调节器的输出将被设置为大于主电压阈值的一些电压,例如4.2伏。由于4.2伏特被呈现给BT1电池端子和CHT1充电器端子,并且因此被呈现给否则将读取C1电池抽头的充电器中的主OVP 1的输入,所以OVP 1将这个电

压视为过电压情况,并且因此主OVP 1将终止电池组的充电过程。

[0902] 再次,参考图118A,图118B和图118C,当由次OVP监控的电池单元电压低于次过电压阈值(secondary overvoltage threshold)时,次OVP处于其正常/默认状态中,并且次OVP的输出为高。当由次OVP监控的任何电池单元电压处于或高于次过电压阈值时,次OVP被置于其激活状态,并且次OVP的输出为低。当所有电池单元CC1-CC5都低于次过电压阈值时:次OVP1输出=正常(高),并且当电池单元CC1-CC5中的任一个超过次过电压阈值时:次OVP1输出=激活(低)。次OVP 2以与次OVP 1相同的方式操作。换句话说,当所有电池单元CB1-CB5都低于次电压阈值时:次OVP2输出=正常(高),并且当任何电池单元CB1-CB5超过次电压阈值:次OVP 2输出=激活(低)。次OVP 3以与次OVP 1和OVP 2相同的方式操作。换句话说,当所有电池单元CA1-CA5都低于次电压阈值时:次OVP 3输出=正常(高),并且当任何电池单元CA1-CA5超过次电压阈值时:次OVP 3输出=激活(低)。

[0903] 参考图120,如果次OVP 1或次OVP 2或次OVP 3输出指示任何电池单元(CA1-CA5, CB1-CB5,CC1-CC5)的电压已经超过预定的次过电压阈值的信号,例如4.275伏,那么组合器电路将向电池组充电器30输出信号以停止充电。在该实施例中,只有当所有三个串(A,B,C)并联连接时——即低额定电压配置时,可转换电池组20A4才被充电。当串(A,B,C)串联连接时——即中等额定电压配置时,二极管D4和D6隔离较高电压串。次OVP 1不需要二极管,因为C串的负极连接参考接地电势。组合器电路的输出在耦合到CHT6/ID充电器端子的BT6/ID电池端子处呈现信号。在该实施例中,电池端子块将被配置为使得电池组仅在所有三个串并联连接时才被充电。

[0904] 该电路允许在低额定电压(例如,20V)配置——串A,B,C彼此并联连接,即A+连接到B+,B+连接到C+,A-连接到B-,B-连接到C——中充电,但是不允许在中等额定电压(例如60V)配置——串A,B,C串联连接,即A-连接到B+,B-连接到C+——中充电。

[0905] 图121A-图121C,图122和图123示出了图118A-图118C,图119和图120中所示的电路的替代实施例电路。

[0906] 类似于图118A,在图121A的电池中,来自C串(在中等额定电压配置中的最负串)的电池单元节点/电池单元抽头(CX)被连接到端子块,以向充电器提供电池单元电压。具体地,电池单元串C的C-端子耦合到BATT-电池端子,C1电池单元节点耦合到BT1电池端子,C2电池单元节点耦合到BT2电池端子,C3电池单元节点耦合到BT3电池端子,C4电池单元节点耦合到BT4电池端子,电池单元串C的C+端子耦合到BATT+电池端子。因此,可转换电池组20A4继而耦合到电池组充电器30,BATT-电池端子耦合到CHT-充电器端子,BT1电池端子耦合到CHT1充电器端子,BT2电池端子耦合到CHT2充电器端子,BT3电池端子耦合到CHT3充电器端子,BT4电池端子耦合到CHT4充电器端子,并且BATT+电池端子耦合到CHT+充电器端子,以及CHT-,CHT1,CHT2,CHT3,CHT4,CHT+充电器端子耦合到充电器中的主过电压保护电路(OVP 1)。如此,C串中的每个电池单元的电压被呈现给充电器/主OVP 1。如果任何电池单元CC1,CC2,CC3,CC4,CC5的电压超过主过电压阈值,例如4.1伏,则充电器/主OVP 1终止电池组的充电过程。在该配置中,充电器中的主OVP 1可以监控电池单元串C。

[0907] 参考121B,使用可转换电池组20A4中的主过电压保护电路(OVP 2)来监控来自电池单元串B的电池单元。更具体地,电池单元串B的B-端子和B+端子以及B1,B2,B3和B4电池单元节点耦合到主OVP 2,允许主OVP2监控电池单元串B。参考图121C,使用可转换电池组

20A4中的主过保护电路(OVP 3)来监控来自电池单元串A的电池单元。更具体地,电池单元串A的A-端子和A+端子以及A1,A2,A3,A4电池单元节点耦合到主OVP3,允许主OVP 3监控电池单元串A。

[0908] 如果任何电池单元CB1, CB2, CB3, CB4, CB5的电压超过主过电压阈值,则主OVP 2将变为激活并输出“停止充电”信号,并且如果任何电池单元CA1, CA2, CA3, CA4, CA5的电压超过主过电压阈值,则主OVP 3将变为激活并输出“停止充电”信号。

[0909] 参考图121B,在所示的示例性实施例中,当主OVP 2的输出为低时,被监控的电池单元全部都低于主电压阈值,并且当主OVP 2的输出为高时,一个或多个被监控的电池单元处于或高于主电压阈值。换句话说,当所有电池单元CB1-CB5都低于主过电压阈值时,Q203晶体管将处于其打开/截止状态,并且Q202晶体管将处于其打开/截止状态,结果,主OVP 2的输出将为正常(低),指示充电可以继续。当电池单元CB1-CB5中的任何一个超过主过电压阈值时,Q203晶体管将处于其闭合/导通状态,并且Q202晶体管将处于其闭合/导通状态,并且主OVP 2的输出将是激活的(高),指示充电应该停止。

[0910] 参考图121C,在所示的示例性实施例中,主OVP 3以与主OVP 2相同的方式操作。换句话说,当所有电池单元CA1-CA5的电压低于主过电压阈值时,Q303晶体管将处于其打开/截止状态,并且Q302晶体管将处于其打开/截止状态,因此主OVP 3的输出将是正常(低),指示充电可以继续。当电池单元CA1-CA5中的任何一个超过主过电压阈值时,Q303晶体管将处于其闭合/导通状态,并且Q302晶体管将处于其闭合/导通状态,并且主OVP 3的输出将是激活的(高),指示充电应该停止。

[0911] 参考图122,当串A和B的所有电池单元都低于主过电压阈值时,主OVP 2和主OVP 3的输出为低(不激活/高Z),因此Q109晶体管的栅极被拉至C-并且Q109晶体管处于其打开/截止状态。然后Q108晶体管打开/截止并且电压调节器关闭。Q104A晶体管和Q104B晶体管的栅极连接到C1(4V),并且源极连接到C2(8V),因此Q104A晶体管和Q104B晶体管处于它们的闭合/导通状态,并且BT2电池端子耦合到C2电池单元节点,并且将C2电池单元节点的实际电压提供给电池组充电器,用于由充电器主OVP1进行充电终止分析。

[0912] 当串A和串B的电池单元中的任一个高于主阈值时,主OVP 2或3的输出为高(激活/低Z),因此Q109的栅极耦合到大于C-/接地的电压,并且因此导通/闭合。这将导致Q108导通。这向电压调节器提供电源(C+),并且电压调节器输出电压以使Q104A和Q104B截止/打开,并且在BT2处提供高于主阈值的电压。当充电器(其包括耦合到BT2的充电器端子CHT2)接收到高于主电压阈值的电压信号时,充电器终止对电池组的充电。

[0913] 该电路是对图119的改进,因为该电路允许在低额定电压(例如20V)配置——串A, B, C彼此并联连接,即A+连接到B+, B+连接到C+, A-连接到B-, B-连接到C-——中充电,并且允许在中等额定电压(例如,60V)配置——串A, B, C串联连接,即A-连接到B+, B-连接到C+——中充电。

[0914] 参考图121A,次OVP 1输出:正常=>低,激活=>高。当所有电池单元CC1-CC5都低于次电压阈值时:Q101=OFF(截止), Q100=OFF(截止),结果,次OVP 1输出=正常(低)。当任何电池单元CC1-CC5超过次电压阈值:Q101=ON(导通), Q100=ON(导通),结果,次OVP 1输出=激活(高)。

[0915] 参考图121B,次OVP 2输出:正常=>低,激活=>高。当所有电池单元CB1-CB5都低

于次电压阈值时:Q201=OFF(截止),Q200=OFF(截止),结果,次OVP 2输出=正常(低)。当任何电池单元CB1-CB5超过次电压阈值时:Q201=ON(导通),Q200=ON(导通),结果,次OVP 2输出=激活(高)。

[0916] 参考图121C,次OVP 3输出:正常=>低,激活=>高。当所有电池单元CA1-CA5都低于次电压阈值时:Q301=OFF(截止),Q300=OFF(截止),结果,次OVP 3输出=正常(低)。当任何电池单元CA1-CA5超过次电压阈值时:Q301=ON(导通),Q300=ON(导通),结果,次OVP 3输出=激活(高)。

[0917] 次OVP输出信号用作触发器(trigger)。在默认/正常状况中(可充电/放电):次OVP 1,OVP 2,OVP 3输出=低(不激活-所有电池单元电压都低于次过电压阈值)。因此,Q102为截止,Q101为截止,Q100为导通,因此BT6/ID为低(耦合到C-)=>可充电。如果次OVP 1输出和/或次OVP 2输出和/或次OVP 3输出=高(激活)——任何电池单元电压等于或大于次过电压阈值,则Q102导通,这导致Q101导通,其(从C+)提供恒定的高电压到Q102(栅极)。当Q102导通时,Q100截止,因此BT6/ID为高Z。BT6/ID电池端子通过电阻网络(未示出)耦合到VDD=>并且不可充电信号被呈现在BT6/ID电池端子上,其被呈现给CHT6/ID充电器端子。该信号指令充电器停止充电,就好像存在单个串的电池单元或者并联连接的多个电池单元串。

[0918] 在图120上的改进——该电路允许在低额定电压(例如20V)配置——串A,B,C彼此并联连接,即A+连接到B+,B+连接到C+,A-连接到B-,B-连接到C-——中充电,并且允许在中等额定电压(例如,60V)配置——串A,B,C串联连接,即A-连接到B+,B-连接到C+——中充电。

[0919] 再次参见图123,因为Q102提供恒定的高电压(C+),即使变高的次OVP然后下降到低于预定的次电压阈值,锁存器(latch)将保持导通/闭合(Q102和Q101保持导通,Q100保持截止),并且电池将无法接受充电。

[0920] 图124A-图124C更详细地示出了示例性电池。电池包括转换子系统。转换子系统包括支撑板和转换器元件。图124A-图124C示出了多个接触焊盘和转换器元件切换触点,但没有转换器元件壳体。如上所指出,示例性电池包括在支撑板上的接触焊盘的第一子集。图124A和图124B中所示的接触焊盘配置是示例性配置。替代示例性实施例可以包括其他接触焊盘配置,并且被本公开所预期和包括。

[0921] 参见图124A和图124B,在该示例性实施例中,主PCB还可以包括多个接触焊盘。这些接触焊盘将电池信号端子耦合到电池的电池单元节点。具体地,主PCB包括BT1,BT2,BT3和BT4接触焊盘。电池还包括将电池的电池单元节点例如C1,C2,C3和C4连接到主PCB上的对应接触焊盘的多条感测线(如图_和_所示)。电池单元节点接触焊盘直接或间接地电气耦合到相应的电池端子接触焊盘。具体地,(1)感测线将C2电池单元节点耦合到主PCB上的C2电池单元节点接触焊盘,并且主PCB上的C2电池单元节点接触焊盘耦合到BT2电池端子接触焊盘,并且BT2电池端子接触焊盘例如通过带状电缆耦合到BT2电池端子,(2)感测线将C4电池单元节点耦合到主PCB上的C4电池单元节点接触焊盘,并且主PCB上的C4电池单元节点接触焊盘耦合到BT4电池端子接触焊盘,并且BT4电池端子接触焊盘通过带状电缆耦合到BT4电池端子。并且,(1)感测线将C1电池单元节点耦合到主PCB上的C1电池单元节点接触焊盘,并且主PCB上的C1电池单元节点接触焊盘耦合到开关S1,并且取决于开关S1的状态,如将在下

面将更详细讨论的,C1电池单元节点接触焊盘可以耦合到BT1电池端子接触焊盘,并且BT1电池端子接触焊盘通过BT1标志而耦合到BT1电池端子,并且(2)感测线将C3电池单元节点耦合到主PCB上的C3电池单元节点接触焊盘,并且主PCB上的C3电池单元节点接触焊盘耦合到开关S2,并且取决于开关S2的状态,如将在下面将更详细讨论的,C3电池单元节点接触焊盘可以耦合到BT3电池端子接触焊盘,并且BT3电池端子接触焊盘通过BT3标志而耦合到BT3电池端子。在替代实施例中,主PCB上的接触焊盘可以仅仅是电气连接。例如,电池单元节点接触焊盘可以仅仅是感测线连接到主PCB的位置,并且电池端子接触焊盘可以仅仅是用于连接到带状电缆的主PCB上的连接位置(在BT2和BT4电池端子接触焊盘的情况下),并且电池单元节点连接位置和电池端子连接位置之间的连接可以仅仅是主PCB上的迹线。

[0922] 诸如在本公开中描述的可转换电池组之类的可转换电池组的非常重要的特性是电池组在正确的时间处于适当的操作配置。换句话说,如果可转换电池组在它从中等额定电压电气设备中被移除然后被置于低额定电压电气设备中或者被置于低额定电压充电器中之后保持在中等额定电压配置中,则电池、电气设备和/或充电器可能被损坏或者可能发生某些其他类型的不希望的事件。为了确保可转换电池组不能将中等额定电压传送到低额定电压电气设备,电池组包括防止中等额定电压被传送到未被设计为接受中等额定电压的设备的特征。具体地,当被置于中等额定电压配置中时,可转换电池组除了通过电池功率端子(BATT+和BATT-)和工具功率端子(TOOL+和TOOL-)向电气设备传送功率之外,还将通过至少一对电池信号端子和第二对工具功率端子将功率传送到电气设备,其中第二对工具功率端子通过跳线(也称为短路棒)在工具端子块中彼此耦合。

[0923] 图124A和图124B分别示出了低额定电压配置和中等额定电压配置。图124C示出了主PCB上的电池端子接触焊盘的子集的简化电路图。

[0924] 参见图124A和图124C,将描述低额定电压配置。当图1的示例性电池未被耦合到电气设备,或者当它耦合到低额定电压工具或充电器时,它处于低额定电压配置中。当处于该低额定电压配置中时,第一转换器元件切换触点(SC1)电气耦合A+接触焊盘和B+触点,第二转换器元件切换触点(SC2)电气耦合A+接触焊盘和C+接触焊盘,第三转换器元件切换触点(SC3)电气耦合C-接触焊盘和A-接触焊盘,第四转换器元件切换触点(SC4)电气耦合C-接触焊盘和B-接触焊盘。这有效地将开关SW1,SW2,SW3和SW4(在图127A和图127B中示出)置于闭合状态,并且由于BT1接触焊盘和A-接触焊盘或者BT3接触焊盘和B+接触焊盘之间没有连接,所以这有效地将开关SW5,SW6和SW7(图127A和图127B中所示)置于打开状态。如此,电池单元串A,电池单元串B和电池单元串C的正端子全都电气连接并耦合到BATT+电池端子,并且电池单元串A,电池单元串B和电池单元串C的负端子全都电气连接并耦合到BATT-电池端子。因此,电池单元串全都是并联的。

[0925] 参见图124C,将解释电子开关。首先,注意Q110是p沟道MOSFET晶体管,Q105,Q106和Q107是n沟道MOSFET晶体管。一般来说,对于p沟道MOSFET晶体管,当栅极电压小于源极电压时,晶体管将导通(闭合状态),否则晶体管将截止(打开状态),而对于n沟道MOSFET晶体管,当栅极电压大于源极电压,晶体管将导通(闭合状态),否则晶体管将截止(打开状态)。当电池处于低额定电压配置时,电池单元串B的B-端子处的电压与电池单元串C的C-端子处的电压相同,C4电池单元节点处的电压大于电池单元串B的B-端子处的电压,大于C3电池单元节点处的电压和C1电池单元节点处的电压。因此,当电池处于低额定电压配置中时,Q105

将为OFF(截止),Q110将为ON(导通),Q106将为ON(导通),Q107将为ON(导通)。结果,BT1电池端子将耦合到C1电池单元节点,并且BT3电池端子将耦合到C3电池单元节点。

[0926] 当电池组与中等额定电压工具配合时,工具转换元件突出部将接合转换器元件突出部并迫使转换器元件移动到它的第二位置。此外,工具端子TT1和TT3将分别接合电池端子BT1和BT3。中等额定电压工具中的工具端子TT1和TT3通过跳线(短路棒)连接在一起。因此,当中等额定电压工具接合电池组时,电池端子BT1和BT3通过工具端子TT1和TT3以及工具端子TT1和TT3之间的跳线电气耦合,并且将完成BATT+和BATT-电池端子之间的电路。否则将耦合到可转换电池组的低额定电压工具将不包括耦合的工具端子TT1和TT3,因此将不会完成BATT+和BATT-电池端子之间的电路。因此,如果可转换电池组在从中等额定电压工具中被移除之后保持在它的中等额定电压配置中,则它将不会与低额定电压工具一起操作。

[0927] 参见图124B,当转换器元件移动到中等额定电压位置时,第一转换器元件切换触点SC1将从A+和B+接触焊盘解耦合并且耦合B+和BT3接触焊盘,第二转换器元件切换触点SC2将从A+和C+接触焊盘解耦合,第三转换器元件切换触点SC3将从A-接触焊盘和C-接触焊盘解耦合并且耦合A-和BT1接触焊盘,并且第四转换器元件切换触点SC4将从C-和B-接触焊盘解耦合并且耦合B-和C+接触焊盘。这有效地将开关SW1,SW2,SW3和SW4置于打开状态并且有效地将开关SW5,SW6和SW7置于闭合状态(如图127B所示)。如此,BATT-电池端子耦合到电池单元串C的C-端子,电池单元串C的C+端子耦合到电池单元串B的B-端子,电池单元串B的B+端子耦合到BT3电池端子,BT3电池端子耦合到TT3工具端子,该TT3工具端子耦合到TT1工具端子(经由跳线),该TT1工具端子耦合到BT1电池端子,该BT1电池端子耦合到电池单元串A的A-端子,并且电池单元串A的A+端子耦合到BATT+电池端子。因此,电池单元串A,B和C都是串联的。在此配置中,通过BATT+和BATT-电池端子,BT1和BT3电池端子,TOOL+和TOOL-工具端子以及TT1和TT3工具端子来提供用于操作工具负载的功率(电压和电流)。

[0928] 再次参见图124C,当电池处于中等额定电压配置中时,电池单元串B的B-端子处的电压大于电池单元串C的C-端子处的电压,C4电池单元节点处的电压小于电池单元串B的B-端子处的电压,大于C3电池单元节点处的电压和C1电池单元节点处的电压。因此,当电池处于中等额定电压配置中时,Q105将为ON(导通),Q110将为OFF(截止),Q106将为OFF(截止),Q107将为OFF(截止)。因此,BT1电池端子不会耦合到C1电池单元节点,并且BT3电池端子不会耦合到C3电池单元节点。相反,如上所指出,BT1电池端子将通过TT1和TT3工具端子耦合到BT3电池端子。

[0929] 参考图125,示出了图124C中所示的电池单元开关的替代电池单元开关。在该实施例中,电池单元开关包括光电开关。在该实施例中,在低额定电压配置中,LED1和LED2导通,其依次激活/闭合相应的电子开关。当电子开关闭合时,BT1耦合到C1,BT3耦合到C3。在中等额定电压配置中,LED1和LED2被关闭,其依次停用/打开相应的电子开关。当电子开关打开时,BT1没有耦合到C1,BT3没有耦合到C3。

[0930] 参考图126,示出了当电池组处于低额定电压配置并且将BT1和BT3电池端子从C1和C3电池单元抽头解耦合时,用于将BT1和BT3电池端子分别耦合到C1和C3电池单元抽头的替代设计。在该实施例中,电池组包括一组辅助电池端子BT7和BT8。此外,中等额定电压工具包括一组辅助工具端子TT7和TT8。当电池组没有耦合到任何工具或耦合到低额定电压工

具(其不包括辅助工具端子)时,在辅助电池端子BT7和BT8之间将存在开路。当电池组机械耦合到中等额定电压工具时,辅助工具端子TT7和TT8分别电气耦合到辅助电池端子BT7和BT8。

[0931] 首先,注意Q501是p沟道MOSFET晶体管,Q502,Q503和Q504是n沟道MOSFET晶体管。一般来说,对于p沟道MOSFET晶体管,当栅极电压小于源极电压时,晶体管将导通(闭合状态),否则晶体管将截止(打开状态),并且对于n沟道MOSFET晶体管,当栅极电压大于源极电压,晶体管将导通(闭合状态),否则晶体管将截止(打开状态)。

[0932] 当电池处于低额定电压配置(并且在BT7和BT8端子之间存在开路)时,C4电池单元节点处的电压大于电池单元串C的C-端子处的电压,大于C3电池单元节点处的电压并且大于C1电池单元节点处的电压。因此,当电池处于低额定电压配置中时,Q501将为ON(导通),Q502将为OFF(截止),Q503将为ON(导通),Q504将为ON(导通)。结果,BT1电池端子将耦合到C1电池单元节点,并且BT3电池端子将耦合到C3电池单元节点。

[0933] 当电池与中等额定电压工具(其包括辅助电池端子)配合时,电池单元串C的C+端子处的电压大于C4节点处的电压,大于C3节点处的电压,大于C1节点处的电压,并且大于电池单元串C的C-端子处的电压。因此,当电池与具有如所指出的辅助工具端子的中等额定电压工具配合并被置于中等额定电压配置中时,Q501将OFF(截止),Q502将ON(导通),Q503将OFF(截止),Q504将OFF(截止)。结果,BT1电池端子将不耦合到C1电池单元节点,并且BT3电池端子将不耦合到C3电池单元节点。相反,如上所指出,BT1电池端子将通过TT1和TT3工具端子耦合到BT3电池端子。

[0934] 参见图127A和图127B,这些图示出了处于第一电池单元配置(图127A)和第二电池单元配置(图127B)中的可转换电池的示例性实施例的示例性简化电路图。除了为了简单起见未示出的其它元件之外,电池还包括多个可再充电电池单元——也称为电池单元。多个电池单元形成一组电池单元。在所示的电路图中,示例性电池包括一组十五(15)个电池单元。如本领域的普通技术人员将理解的,电池的替代示例性实施例可以包括更大或更小数量的电池单元,并且被本公开预期和包括。在所示的示例性实施例中,电池包括五(5)个电池单元A1,A2,A3,A4,A5的第一子集A;五(5)个电池单元B1,B2,B3,B4,B5的第二子集B;和五(5)个电池单元C1,C2,C3,C4,C5的第三子集C。电池单元的每个子集中的电池单元被串联电气连接。更具体地,电池单元A1与电池单元A2串联连接,电池单元A2与电池单元A3串联连接,电池单元A3与电池单元A4串联连接,电池单元A4与电池单元A5串联连接。子集B和C以相同的方式连接。如本领域普通技术人员清楚地理解的那样,每个电池单元包括正(+)端子或阴极和负(-)端子或阳极。电池单元的每个子集包括正端子(A+,B+,C+)和负端子(A-,B-,C-)。并且电池包括正端子(BATT+)和负端子(BATT-)。

[0935] 在电池单元48的子集中的相邻电池单元48之间是节点49。节点将由相关联的电池单元的正极侧指代。例如,电池单元A1和电池单元A2之间的节点将被称为A1+,而电池单元A2和A3之间的节点将被称为A2+。这个约定将在整个申请中使用。应当理解,A1和A2之间的节点也可以称为A2-。

[0936] 电池还包括多个切换元件SW——其也可以被称为开关SW。多个开关SW形成一组开关。在所示的电路图中,示例性电池包括一组十四(14)个开关SW1-SW14。电池的替代示例性实施例可以包括更多或更少数量的开关SW,并且被本公开预期和包括。在所示的示例性实

施例中,电池包括六(6)个开关SW1-SW6的第一子集——也称为电开关(power switch)——和八(8)个开关SW7-SW14的第二子集——也称为信号开关。在示例性实施例中,电开关子集的第一子集电气连接在电池单元的子集的正端子与电池单元的子集的负端子之间。具体地,电开关SW1连接端子A+和端子B+,电开关SW2连接端子B+和端子C+,电开关SW3连接端子A-和端子B-,电开关SW4连接端子B-和端子C-。在示例性实施例中,电开关子集的第二子集电气连接在电池单元的第一子集的负端子和电池单元的第二子集的正端子之间。具体地,电开关SW5连接端子A-和端子B+,电开关SW6连接端子B-和端子C+。电开关可以被实现为简单的单掷开关、端子/接触开关或者如本领域普通技术人员将理解的其它机电、电气或电子开关。

[0937] 在示例性实施例中,信号开关电气连接在电池单元的每个子集的对应节点之间。更具体地,信号开关SW7在节点A4+和节点B4+之间,信号开关SW8在节点B4+和C4+之间,信号开关SW9在节点A3+和B3+之间,信号开关SW10在节点B3+和C3+之间,信号开关SW11在节点A2+和B2+,信号开关SW12在B2+和C2+之间,信号开关SW13在节点A1+和B1+之间,信号开关SW14在B1+和C1+之间。在所示的实施例中,信号开关被实现为电子开关,例如晶体管,并且更具体地,场效应晶体管(FET)。在替代实施例中,如本领域普通技术人员将理解的,信号开关可以实现为简单的单掷开关、端子/接触开关或其他机电或电子开关。

[0938] 除了信号开关SW7-SW14之外,电池包括第一和第二控制开关电路CSW1和CSW2。控制开关电路提供控制信号以接通和关断信号开关。

[0939] 在第一电池配置中,如图127A中所示,电开关的第一子集SW1,SW2,SW3,SW4闭合,电开关的第二子集SW5,SW6打开(如在所并入的申请中的各种实施例中所描述的)。基于电开关的这种配置,第一和第二控制开关电路CSW1和CSW2将提供控制信号以使信号开关SW7-SW14导通,并且信号开关SW7,SW8,SW9,SW10,SW11,SW12,SW13,SW14将闭合。在该配置中,电池单元的子集A,B,C并联连接。此外,电池单元的每个子集的相应电池单元并联连接。更具体地,电池单元A5,B5,C5并联连接;电池单元A4,B4,C4并联连接;电池单元A3,B3,C3并联连接;电池单元A2,B2,C2并联连接;和电池单元A1,B1,C1并联连接。在该配置中,电池被称为处于低额定电压配置中。电池也可以称为处于高容量配置中。如本领域普通技术人员所理解的那样,由于电池单元的子集并联连接,所以该配置的电压将是电池单元的每个子集上的电压,并且因为存在电池单元的多个子集,电池的容量将是电池单元的每个子集的容量的总和。在该示例性实施例中,如果每个电池单元是4V,3Ah电池单元,则五个电池单元的每个子集将是20V,3Ah子集,并且包括五个电池单元的三个子集的电池将是20V,9Ah电池。在替代实施例中,可以闭合少于所有的信号开关。

[0940] 在第二电池配置中,在图127B中所示,电开关的第一子集SW1,SW2,SW3,SW4打开,电开关SW5,SW6的第二子集闭合(如在所并入的申请中的各种实施例中所描述的)。基于电开关的这种配置,第一和第二控制开关电路CSW1和CSW2将提供控制信号以使信号开关SW7-SW14截止,并且信号开关SW7,SW8,SW9,SW10,SW11,SW12,SW13,SW14将打开。在该配置中,电池单元的子集A,B,C是串联的。在该配置中,电池被称为处于中等额定电压配置中。电池也可以称为处于低容量配置中。如本领域的普通技术人员将理解的那样,由于电池单元的子集被串联连接,所以该配置的电压将是电池单元的所有子集上的电压,并且因为在该配置中实际上存在并联的电池单元的一个超集,所以电池的容量将是电池单元的超集内的单个

电池单元的容量。在该示例性实施例中,如果每个电池单元是4V,3Ah电池单元,则五个电池单元的每个子集将是20V,3Ah子集,并且包括电池单元的三个子集的电池将是60V,3Ah电池。

[0941] 图129至图134示出了将电池组从低额定电压配置转换为中等额定电压配置的替代实施例。该实施例利用一组辅助电池端子将能量从电池组传送到电气设备(电动工具)。类似于先前描述的(除了BATT+和BATT-电池端子之外还)利用主电池端子的子集将能量从电池组传送到中等额定电压电动工具的实施例,本实施例利用该组辅助电池端子。

[0942] 该实施例以与前述实施例中所述相同的方式将电池从低额定电压配置转换为中等额定电压配置。例如,电池组包括转换器元件,其当处于第一位置中时,将电池的电池单元组连接于并联的低额定电压配置中,并且当转换器元件通过电动工具中的转换元件而被移动到第二位置时,将电池的电池单元组连接于串联的中等额定电压配置中。

[0943] 如图132所示,电池包括一组辅助电池端子。在该示例性实施例中,辅助电池端子被置于主电池端子的前面(在图132的取向中)。如图129所示,电池组壳体包括对应于该组辅助电池端子的多个槽隙。槽隙允许工具中的端子进入电池组壳体并接合辅助电池端子,如下面将更详细地描述的那样。如图130所示,中等额定电压工具将包括工具端子块,其包括一组主要工具端子,例如Tool+,TT5,TT3,Tool-,和一组辅助工具端子,例如工具跳线和工具信号端子。

[0944] 如图133A和图133B所示,并且如替代实施例中所述,当电池组未连接到工具或者当它与不包括辅助工具端子的低额定电压工具配合时,转换器元件的切换触点SC将A+,B+和C+端子彼此耦合并且将A-,B-和C-端子彼此耦合。这将电池组置于低额定电压配置中。

[0945] 如图134A和图134B所示,并且如替代实施例中所述,当电池组与包括辅助工具端子的中等额定电压工具配合时,转换器元件的切换触点SC将A+,B+和C+端子彼此解耦合并且将A-,B-和C-端子彼此解耦合。并且,转换器元件切换触点SC4将C+端子耦合到B-端子。此外,辅助工具端子/跳线耦合到辅助电池端子中的两个。两个辅助电池端子中的一个电气耦合到B+端子,并且两个辅助电池端子中的另一个电气耦合到A-端子。因此,电池处于中等额定电压配置中,并且电流将不需要通过信号端子,如在先前描述的实施例中那样。在该实施例中,如果在电池组从中等额定电压工具被移除之后转换器元件保持在中等额定电压配置位置中,则电池组不能在低额定电压工具中操作,从而防止损坏低额定电压工具。

[0946] 图135-图140示出了类似于图129-图134所示实施例的可转换电池组的替代实施例。该实施例包括第二辅助工具端子/跳线,并且该组辅助电池端子包括分别耦合到B+,A-,C+和B-端子的四个电池端子——BT9,BT10,BT11,BT12。在该实施例中,转换器元件切换触点SC不耦合C+端子和B-端子。当中等额定电压工具与电池组配合时,第一工具跳线耦合该组辅助电池端子的第一子集BT9,BT10,并且第二工具跳线耦合该组辅助电池端子的第二子集BT11,BT12。

[0947] IV. 示例电动工具系统

[0948] 图1B示出了根据上述公开的电动工具系统5001的一个特定实现,其包括一组低额定电压DC电动工具5002,一组中等额定电压DC电动工具5003,一组高额定电压DC电动工具5004,一组高或AC额定电压AC/DC电动工具5005,一组低额定电压电池组5006,一组低/中等额定可转换电池组5007,高额定电压AC电源5008,和低额定电压电池组充电器5009。

[0949] 低额定电压电池组5006具有17V-20V的额定电压范围,通告电压为20V,操作电压范围为17V-19V,标称电压为18V,最大电压为20V。每个低额定电压电池组包括电动工具接口或端子块,其使得电池组5006能够耦合到低额定电压电动工具5002和低额定电压电池充电器5009。在一个实现中,低额定电压电池组5006中的至少一些是在2014年5月18日之前被销售。例如,低额定电压电池组5006可以包括由位于马里兰州陶森的DEWALT工业工具公司销售的某些DEWALT 20V MAX电池组。

[0950] 低/中等额定电压可转换电池组5007可在具有低额定电压和较高容量的第一配置与具有中等额定电压和较低容量的第二配置之间转换。在第一配置中,低额定电压为大约17V-20V,通告电压为20V,操作电压范围为17V-19V,标称电压为18V,最大电压为20V。可转换电池组5007的低额定电压对应于低额定电压电池组5006的低额定电压。在第二配置中,中等额定电压可以是大约51V-60V,通告电压为60V,操作电压范围为51V-57V,标称电压为54V,最大电压为60V。例如,可以将可转换电池组5007标记为20V/60V MAX电池组,以指示这些可转换电池组5007的多个电压额定值。

[0951] 可转换电池组5007在2014年5月18日之前不会对公众可用或被销售。每个低/中等额定电压电池组5007包括电动工具接口或端子块,其使得电池组5007在处于低额定电压配置时能够耦合到低额定电压电动工具5002和低额定电压电池充电器5009,以及在处于中等额定电压配置时耦合到中等额定电压DC电动工具5003,高额定电压DC电动工具5004,和AC/DC电动工具5005。

[0952] AC电源5008具有与北美和日本的AC市电额定电压相对应的高额定电压(例如,100V-120V)或与欧洲,南美洲,亚洲和非洲的AC市电额定电压相对应的高额定电压(例如,220V-240V)。

[0953] 低额定电压DC电动工具5002是无绳工具。低额定电压DC工具5002具有大约17V-20V的额定电压范围,通告电压为20V,操作电压范围为17V-20V。低额定电压DC电动工具包括具有永磁DC有刷电机、通用电机和永磁无刷DC电机的工具,并且可以包括恒速和变速工具。低额定电压DC电动工具可以包括具有相对低的功率输出要求的无绳电动工具,诸如钻头,圆锯,螺丝刀,往复锯,振荡工具,冲击驱动器和手电筒等。低额定电压DC额定电压电动工具5002可以包括在2014年5月18日之前销售的电动工具。低额定电压电动工具5002的示例可以包括由位于马里兰州陶森的DEWALT®工业工具公司销售的一个或多个20V MAX无绳电动工具组。

[0954] 每个低额定电压电动工具5002包括具有端子块的单个电池组接口或插座,所述端子块用于耦合到低额定电压电池组5006之一的电动工具接口,或者耦合到可转换低/中等额定电压电池组5007之一的电动工具接口。电池组接口或插座被配置为将可转换电池组5007放置或保持在其低额定电压配置中。因此,低额定电压电动工具5002可以使用低额定电压电池组5006或者处于低额定电压配置中的可转换低/中等额定电压电池组5007来进行操作。这是因为电池组5006,5007的17V-20V额定电压对应于电动工具5002的低额定电压的17V-20V额定电压。

[0955] 中等额定电压DC电动工具5003是仅无绳工具。中等额定电压DC电动工具5003具有大约51V-60V的额定电压范围,通告电压为60V,操作电压范围为51V-60V。中等额定电压DC电动工具包括具有永磁DC有刷电机、通用电机和永磁无刷DC电机的工具,并且可以包括恒

速和变速工具。中等额定电压DC电动工具可以包括与具有相对较高功率要求的低额定电压DC工具5002(例如钻头,圆锯,螺丝刀,往复锯,振荡工具,冲击驱动器和手电筒)类似类型的工具。中等额定电压工具5003还可以或可替代地具有需要比低额定电压DC工具5002更高的功率或容量的其它类型的工具,诸如链锯(如图所示),串式修剪机,树篱修剪机,割草机,打钉机和/或旋转锤。中等额定电压DC额定电压电动工具3不包括在2014年5月18日之前销售的电动工具。

[0956] 每个中等额定电压DC电动工具5003包括具有端子块的单个电池组接口或插座,所述端子块用于耦合到可转换低/中等额定电压电池组5007的电动工具接口。电池组接口或插座被配置为将可转换电池组5007放置或保持在中等额定电压配置中。因此,中等额定电压电动工具5003可以使用处于中等额定电压配置中的可转换低/中等额定电压电池组5007来进行操作。这是因为电池组5007的51V-60V额定电压对应于中等额定电压电动工具5003的51V-60V额定电压。

[0957] 高额定电压DC电动工具4是仅无绳工具。高额定电压DC工具5004具有大约100V-120V的额定电压范围,通告电压为120V,操作电压范围为100V-120V。高额定电压DC电动工具包括具有永磁DC有刷电机、通用电机和永磁无刷DC电机的工具,并且可以包括恒速和变速工具。中等额定电压DC电动工具可以包括诸如钻头,圆锯,螺丝刀,往复锯,振荡工具,冲击驱动器,手电筒,串式修剪机,树篱修剪机,割草机,打钉机和/或旋转锤之类的工具。高额定DC电动工具还可以或者可替代地包括需要更高功率或容量的其它类型的工具,例如旋转锤(如图所示),斜切锯,链锯,锤钻,研磨机和压缩机。高额定电压DC额定电压电动工具4不包括在2014年5月18日之前销售的电动工具。

[0958] 每个高额定电压DC电动工具5004包括具有一对插座的电池组接口,每个插座具有用于耦合到可转换低/中等额定电压电池组5007的电动工具接口的端子块。电池组插座被配置为将可转换电池组5007放置或保持到其中等额定电压配置中。电动工具5004还包括切换电路(未示出),以将两个电池组5007彼此连接并且串联连接到工具,使得电池组5007的电压相加。高额定电压电动工具5004可以由处于其中等额定电压配置中的可转换低/中等额定电压电池组5007供电和操作。这是因为串联连接的两个电池组5007一起具有102V-120V(为单个电池组7的两倍)的额定电压,其对应于高额定电压电动工具5004的100V-120V额定电压。

[0959] 高额定电压AC/DC电动工具5005是有绳/无绳工具,意味着它们可以由AC电源5008或可转换低/中等额定电压电池组5007供电。高额定电压AC/DC工具5005具有大约100V-120V(并且可能大至90V-132V)的额定电压范围,通告电压为120V,操作电压范围为100V-120V(并且可能大至90V-132V)。高额定电压AC/DC电动工具5005包括具有通用电机或无刷电机(例如,永磁无刷DC电机)的工具,并且可以包括恒速和变速工具。高额定电压AC/DC电动工具5005可以包括诸如钻头,圆锯,螺丝刀,往复锯,振荡工具,冲击驱动器,手电筒,串式修剪机,树篱修剪机,割草机,打钉机和/或旋转锤之类的工具。高额定DC电动工具还可以或者可替代地包括需要更高功率或容量的其它类型的工具,例如斜切锯(如图所示),链锯,锤钻,研磨机和压缩机。高额定电压AC/DC额定电压电动工具5004不包括在2014年5月18日之前销售的电动工具。

[0960] 每个高额定电压AC/DC电动工具5005包括具有一对电池组插座和AC绳或插座的电

源接口。电池组插座每一个都具有用于耦合到可转换的低/中等额定电压电池组之一的电动工具接口的端子块。电池组插座被配置为将可转换电池组5007放置或保持在其中等额定电压配置中。AC绳或插座被配置为从AC电源5008接收功率。电动工具5005包括切换电路(未示出),其被配置为在由AC电源5008或可转换电池组5007供电之间进行选择并且将两个可转换电池组5007彼此连接并且串联连接到工具,使得电池组5007的电压相加。高额定电压AC/DC电动工具5005可以由处于其中等额定电压配置的两个可转换低/中等额定电压电池组5007或者AC电源5008供电和操作。这是因为串联连接的两个电池组5007一起具有102V-120V的额定电压(单个电池组5007的两倍),并且AC电源可以具有100V-120V的额定电压(取决于国家),其对应于高额定电压AC/DC电动工具5005的100V-120V额定电压。在具有额定值为220V-240V的AC电源的国家中,AC/DC电动工具可以被配置为降低来自AC市电源电压的电压,以对应于AC/DC电动工具的额定电压(例如,通过使用变压器将220VAC-240VAC转换为100VAC-120VA)。

[0961] 在某些实施例中,电动工具5002,5003,5004和5005的电机控制电路可以被配置为使用电机控制技术(例如,导带,提前角,逐周期电流限制等)基于较低额定电压电源的额定电压来优化电机性能。

[0962] 电池组充电器5009具有17V-20V的额定电压范围,通告电压为20V,操作电压范围为17V-20V,标称电压为18V,最大电压为20V。每个低额定电压电池组充电器包括电池组接口或插座,其使得电池组充电器5009能够耦合到低额定电压电池组5006之一的电动工具接口,或者耦合到可转换低/中等额定电压电池组5007之一的电动工具接口。电池组接口或插座被配置为将可转换电池组5007放置或保持在低额定电压配置中。因此,电池组充电器5009可以对低额定电压电池组5006和低/中等额定电压电池组5007(处于其低额定电压配置中)充电。这是因为电池组5006,5007的17V-20V额定电压对应于低额定电压充电器5009的17V-20V额定电压。在一个实现中,低额定电压电池组充电器5009中的至少一些是在2014年5月18日之前被销售。例如,低额定电压电池组充电器5009可以包括由位于马里兰州陶森的DEWALT工业工具公司销售的某些DEWALT 20V MAX电池组充电器。

[0963] 注意,低/中等额定电压(例如,17V-20V/51V-60V)可转换电池组5007与预先存在的低额定电压(例如,17V-20V)DC电动工具5002以及低额定电压(例如,17V-20V)电池组充电器5009向后兼容,并且还可以用于为中等额定电压(例如51V-60V)DC电动工具5003、高额定电压(例如100V-120V)DC电动工具5004和高额定电压(例如100V-120V)AC/DC电动工具5005供电。还应注意,一对低/中等额定电压(例如17V-20V/51V-60V)可转换电池组5007可以串联连接以产生通常与北美和日本的AC额定电压(例如,100V-120V)相对应的高额定电压(例如,100V-120V)。因此,可转换电池组5007能够为范围从预先存在的低额定电压电动工具到高额定AC/DC电压电动工具的宽范围的额定电压电动工具供电。

[0964] V. 杂项

[0965] 本文描述的技术中的一些可以由驻留在例如电动工具上的一个或多个处理器执行的一个或多个计算机程序来实现。计算机程序包括存储在非暂时性有形计算机可读介质上的处理器可执行指令。计算机程序还可以包括存储的数据。非暂时性有形计算机可读介质的非限制性示例是非易失性存储器、磁存储器和光学存储器。

[0966] 以上描述的一些部分根据关于信息的操作的算法和符号表示来呈现了本文所描

述的技术。这些算法描述和表示是数据处理领域的技术人员用来将他们的工作的实质最有效地传达给本领域其他技术人员的手段。这些操作虽然在功能上或逻辑上进行了描述,但是应理解为由计算机程序实现。此外,也已经证明有时在不失一般性的情况下将这些操作布置称为模块或功能名称是方便的。

[0967] 除非特别说明,否则从上述讨论中显而易见,应当理解在整个描述中利用诸如“处理”或“计算”或“计算出”或“确定”或“显示”等等之类的术语的讨论是指计算机系统或类似的电子计算设备的动作和处理,其操纵和变换在计算机系统存储器或寄存器或其他这样的信息存储、传输或显示设备内表示为物理(电子)量的数据。

[0968] 在本公开中,“控制单元”是指处理电路。处理电路可以是可编程控制器,比如微控制器,微处理器,计算机处理器,信号处理器等,或者可以是为特定用途而配置和定制的集成电路,比如专用集成电路(ASIC),现场可编程门阵列(FPGA)等,其被封装到芯片中并且可操作来如上所述地操纵和处理数据。“控制单元”还可以包括如上所述的用于存储由处理电路执行、使用和存储的处理器可执行指令和数据的计算机可读介质。

[0969] 所描述的技术的某些方面包括以算法的形式在此描述的处理步骤和指令。应当注意,所描述的处理步骤和指令可以以软件、固件或硬件实现,并且当以软件实现时,可以被下载以驻留在由实时网络操作系统使用的不同平台上并且从不同平台操作。

[0970] 已经出于说明和描述的目的提供了实施例的前述描述。它并不旨在穷尽或限制本公开。特定实施例的单个元件或特征通常不限于该特定实施例,而是在可应用的情况下是可互换的并且可以使用在所选实施例中——即使没有具体示出或描述。同样也可以以许多方式进行变化。这样的变化不被认为偏离本公开,并且所有这样的修改旨在被包括在本公开的范围之内。

[0971] 提供示例性实施例以使得本公开将是彻底的,并且将向本领域技术人员充分地传达该范围。诸如具体部件、设备和方法的示例之类的许多具体细节被阐述以提供对本公开的实施例的透彻理解。对于本领域技术人员而言显而易见的是,不需要采用具体细节,示例实施例可以以许多不同的形式实施,并且两者都不应被解释为限制本公开的范围。在一些示例实施例中,没有详细地描述公知的处理、公知的设备结构和公知的技术。

[0972] 本文所使用的术语仅用于描述特定示例实施例的目的,而不旨在限制。如本文所使用的,除非上下文另有明确说明,否则单数形式的“一”、“一个”和“所述”也可旨在包括复数形式。术语“包括”、“包含”、“含有”和“具有”是包括性的,并且因此指定所述特征,整数,步骤,操作,元件和/或组件的存在,但不排除一个或多个其它特征,整数,步骤,操作,元件,组件和/或其群组的存在或添加。除非特别地被标识为执行顺序,否则本文所描述的方法步骤,过程和操作不应被解释为必须要求它们以所讨论或示出的特定顺序来执行。还应当理解,可以采用附加的或替换的步骤。可以对上面已经描述的示例性实现进行许多修改。这些和其它实现在所附权利要求的范围内。

电动工具系统1

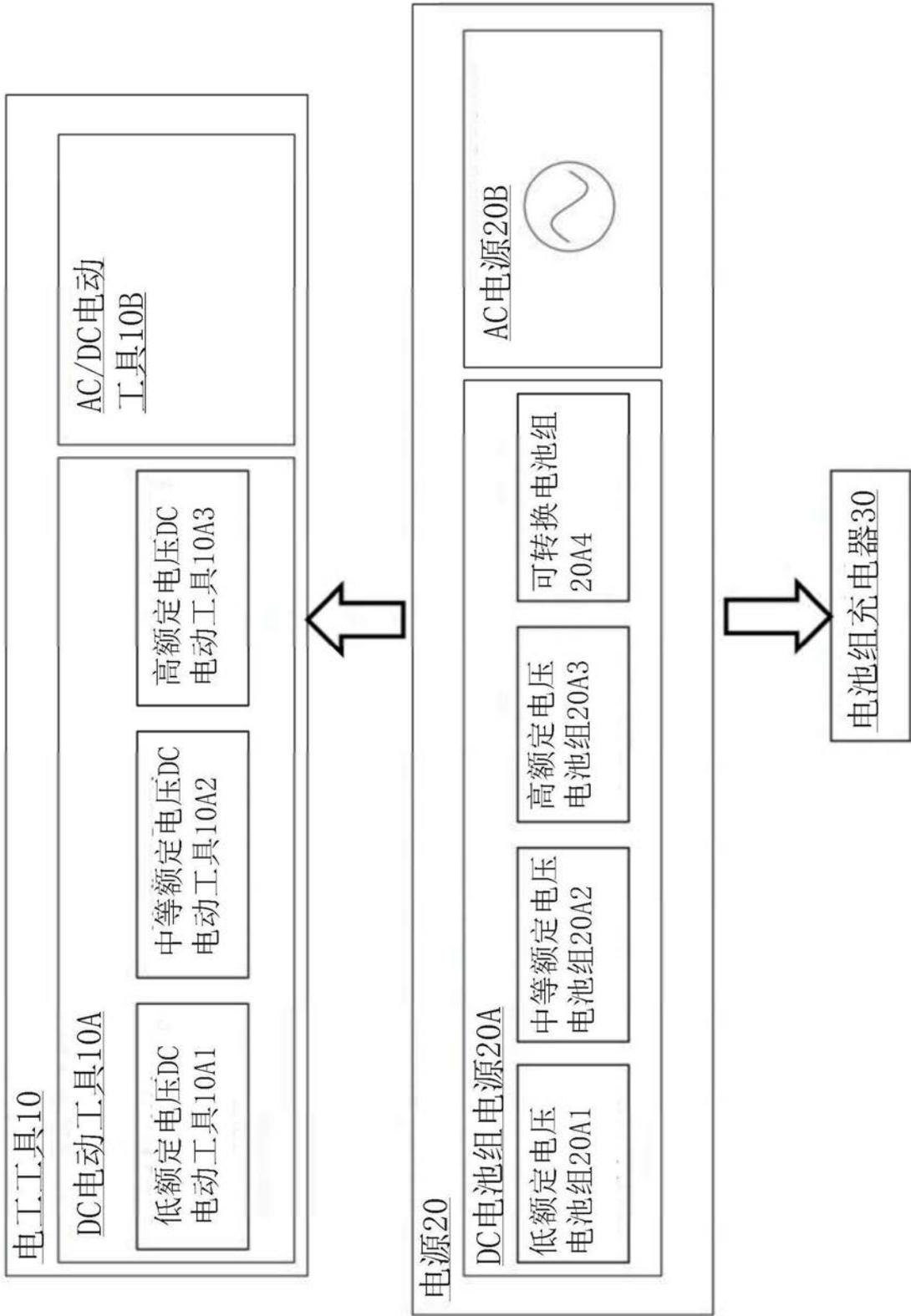


图1A

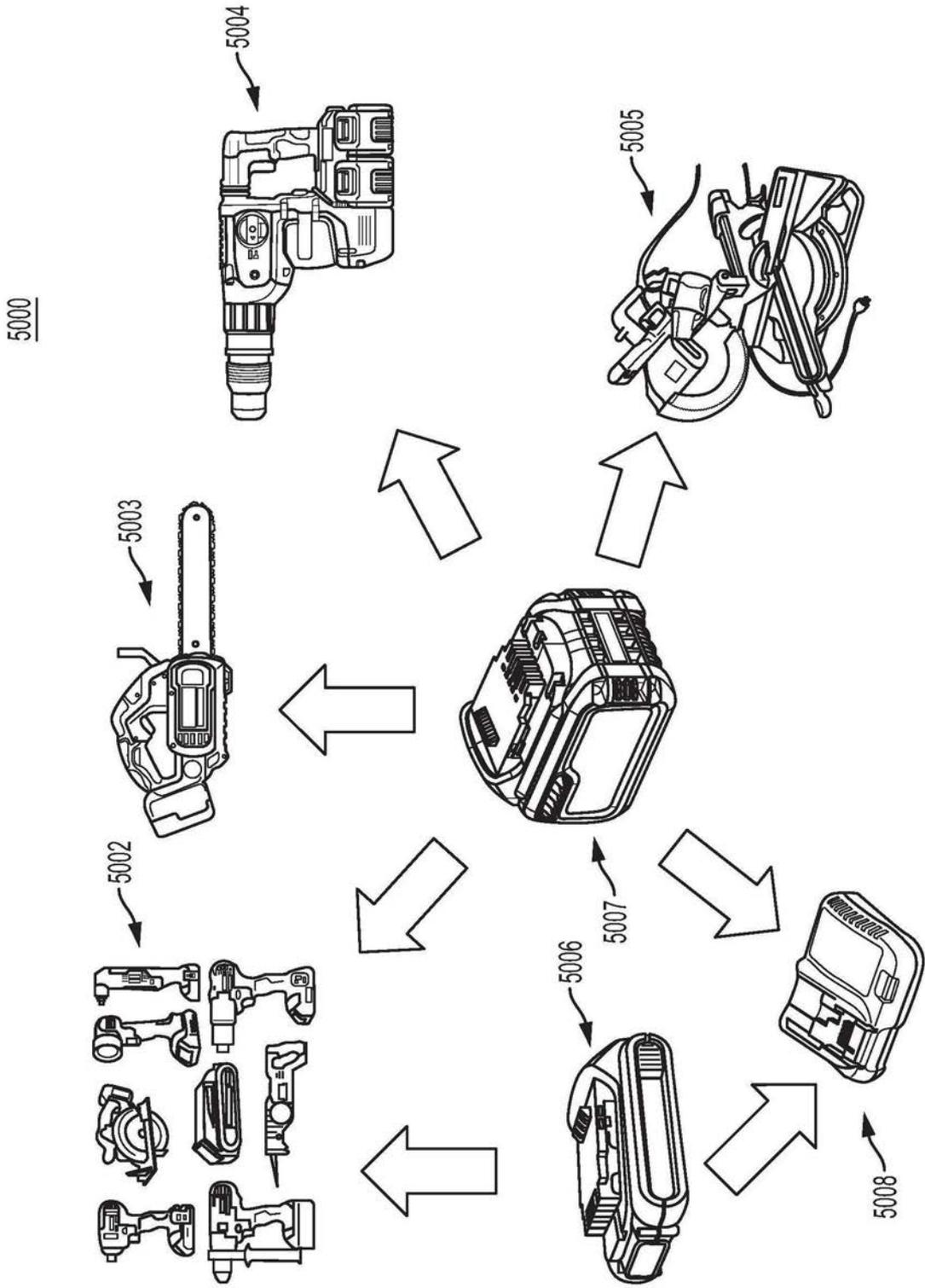


图1B

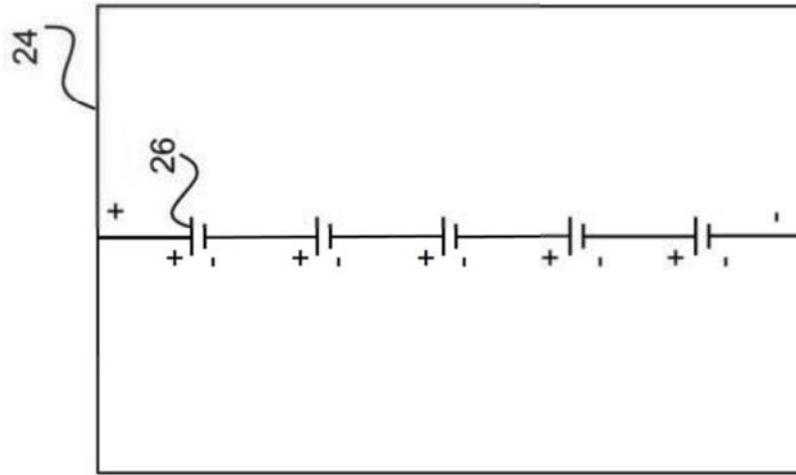


图2A

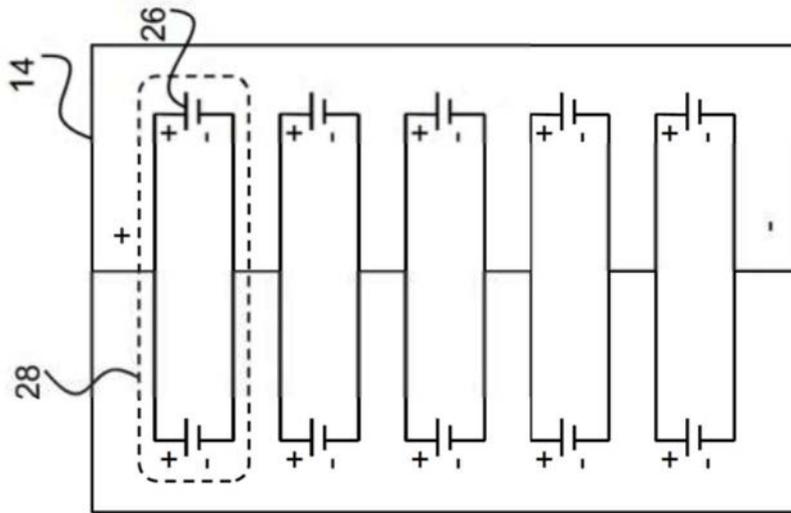


图2B

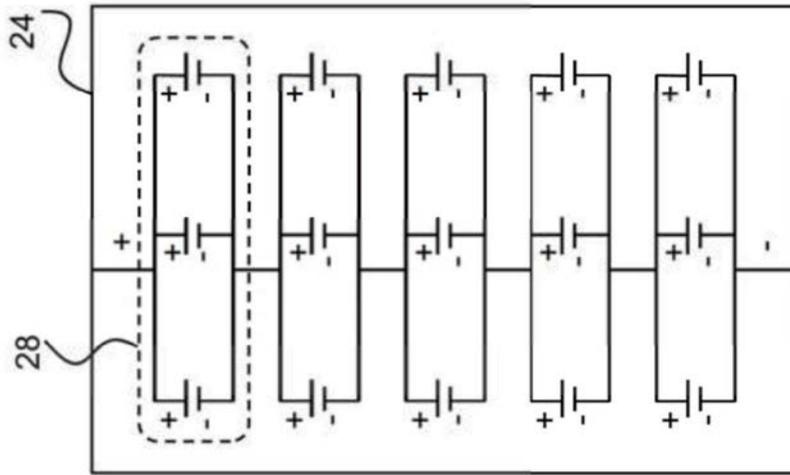


图2C

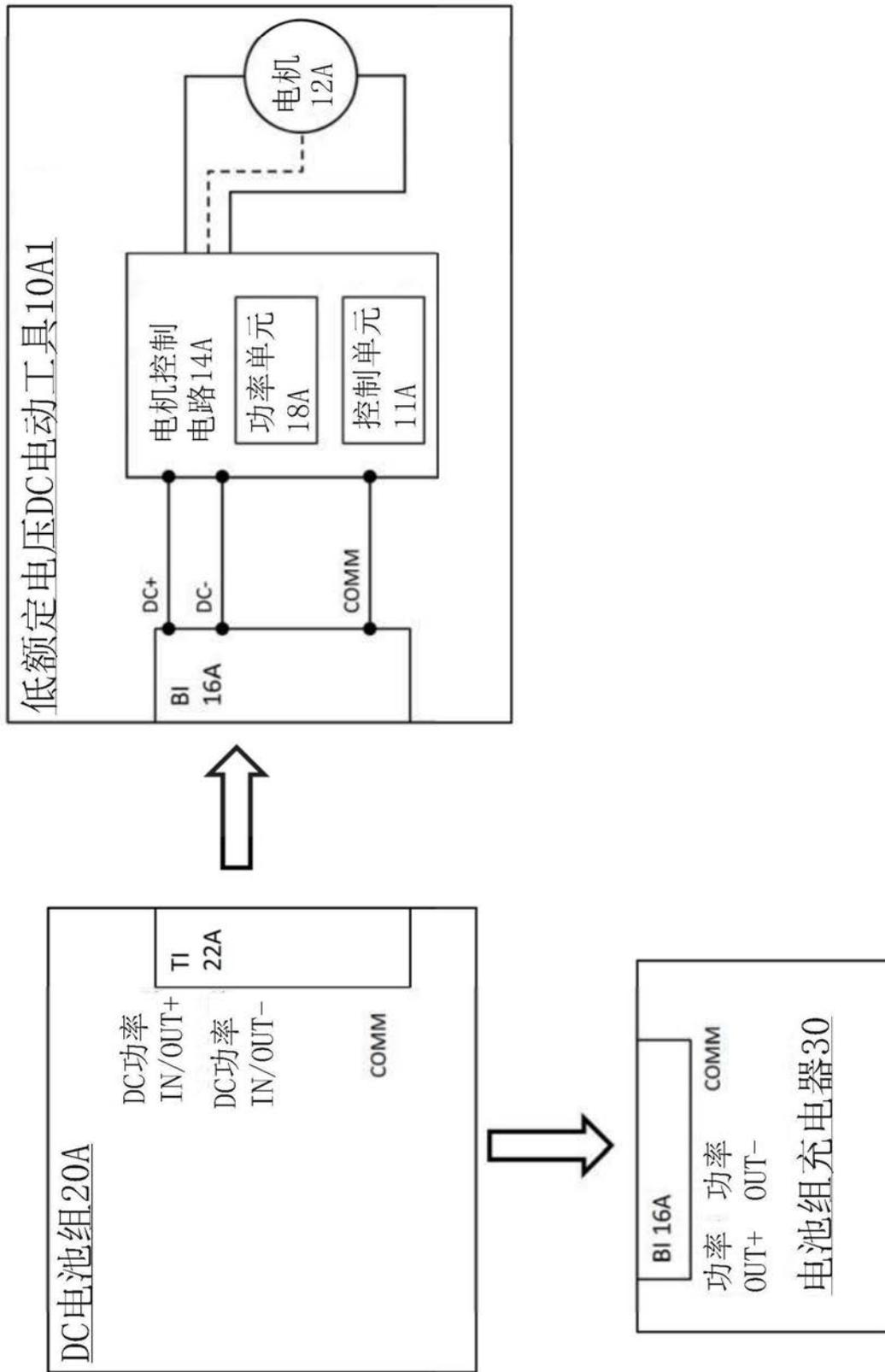


图3A

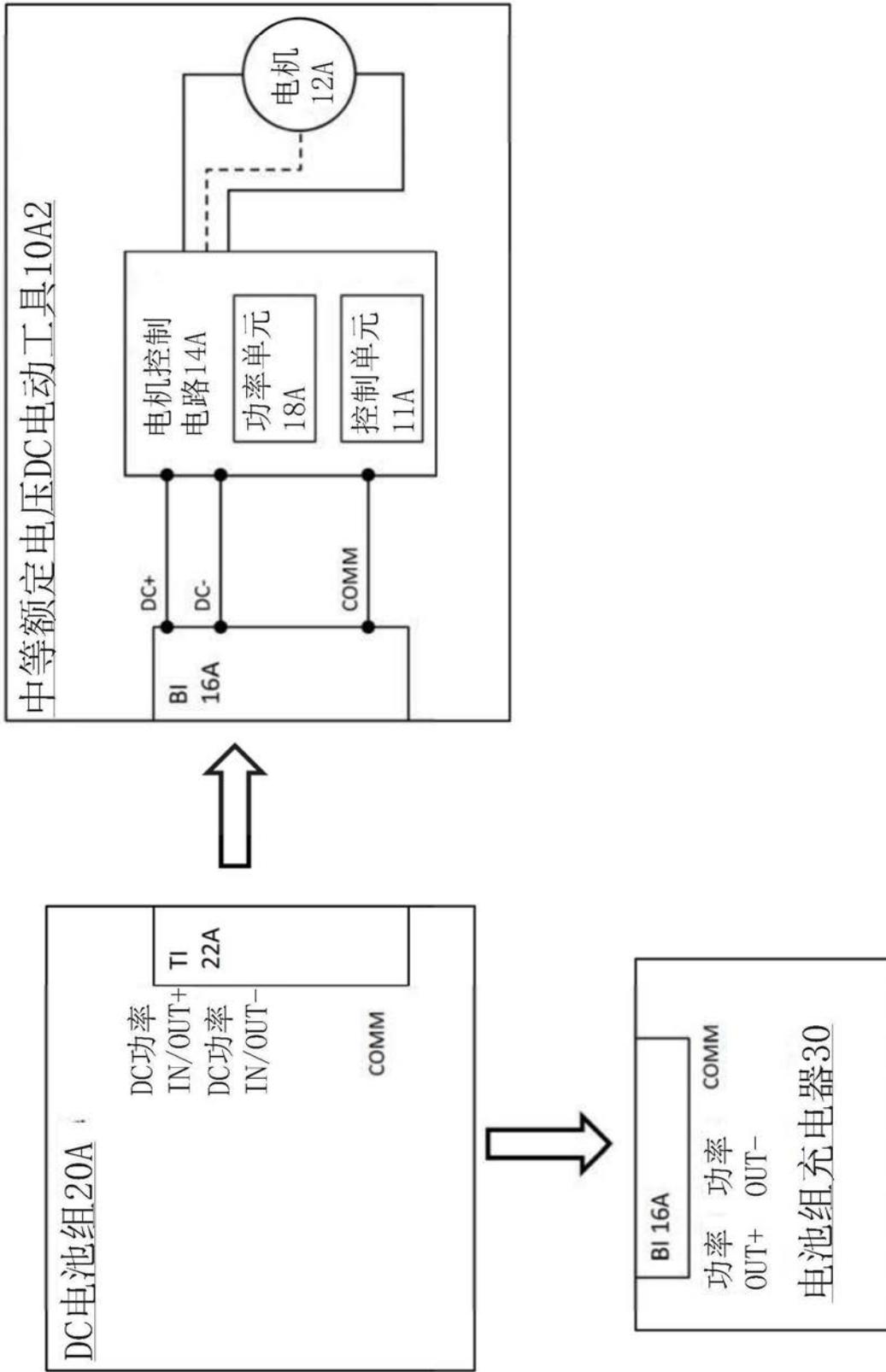


图3B

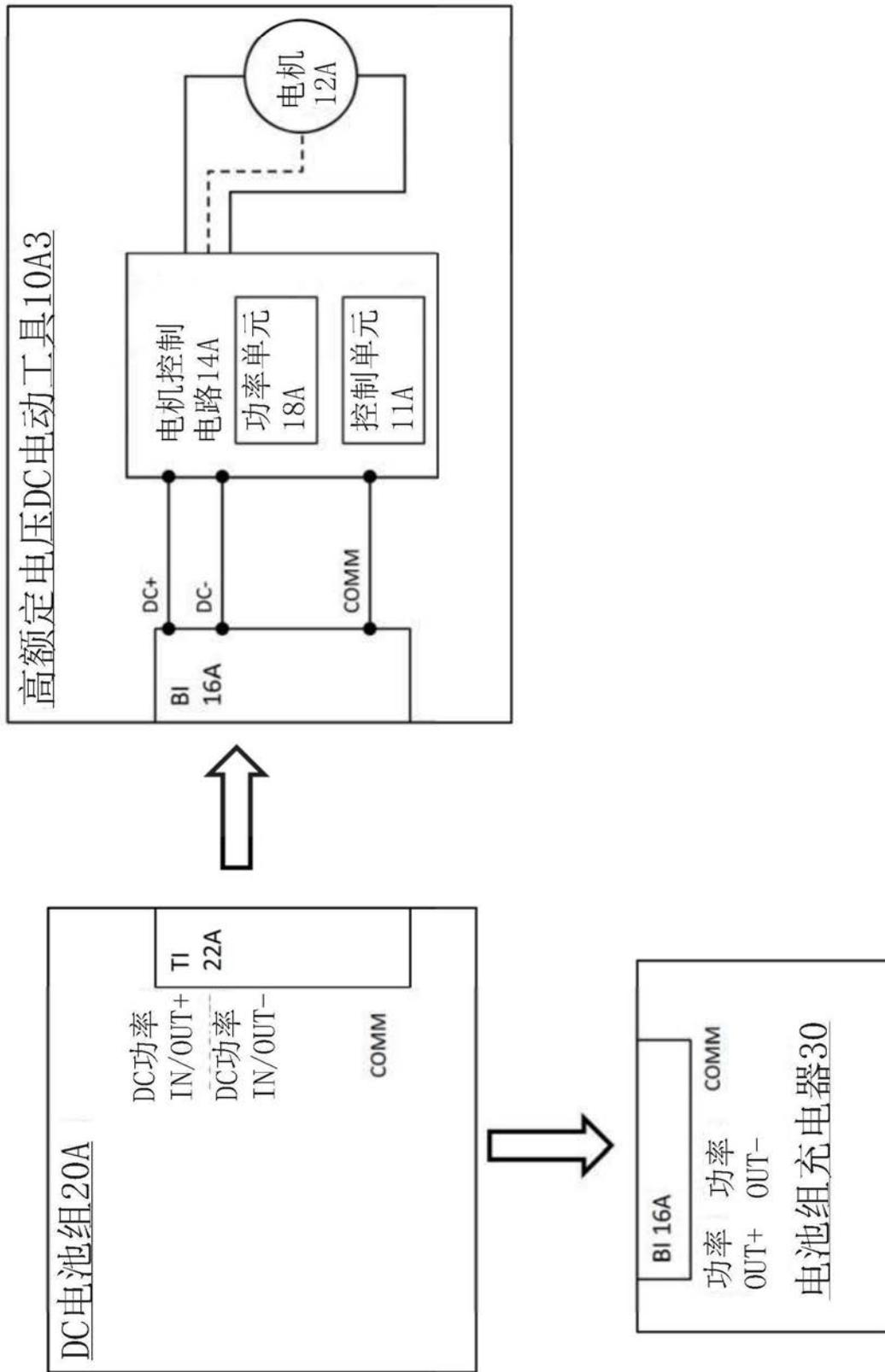


图3C

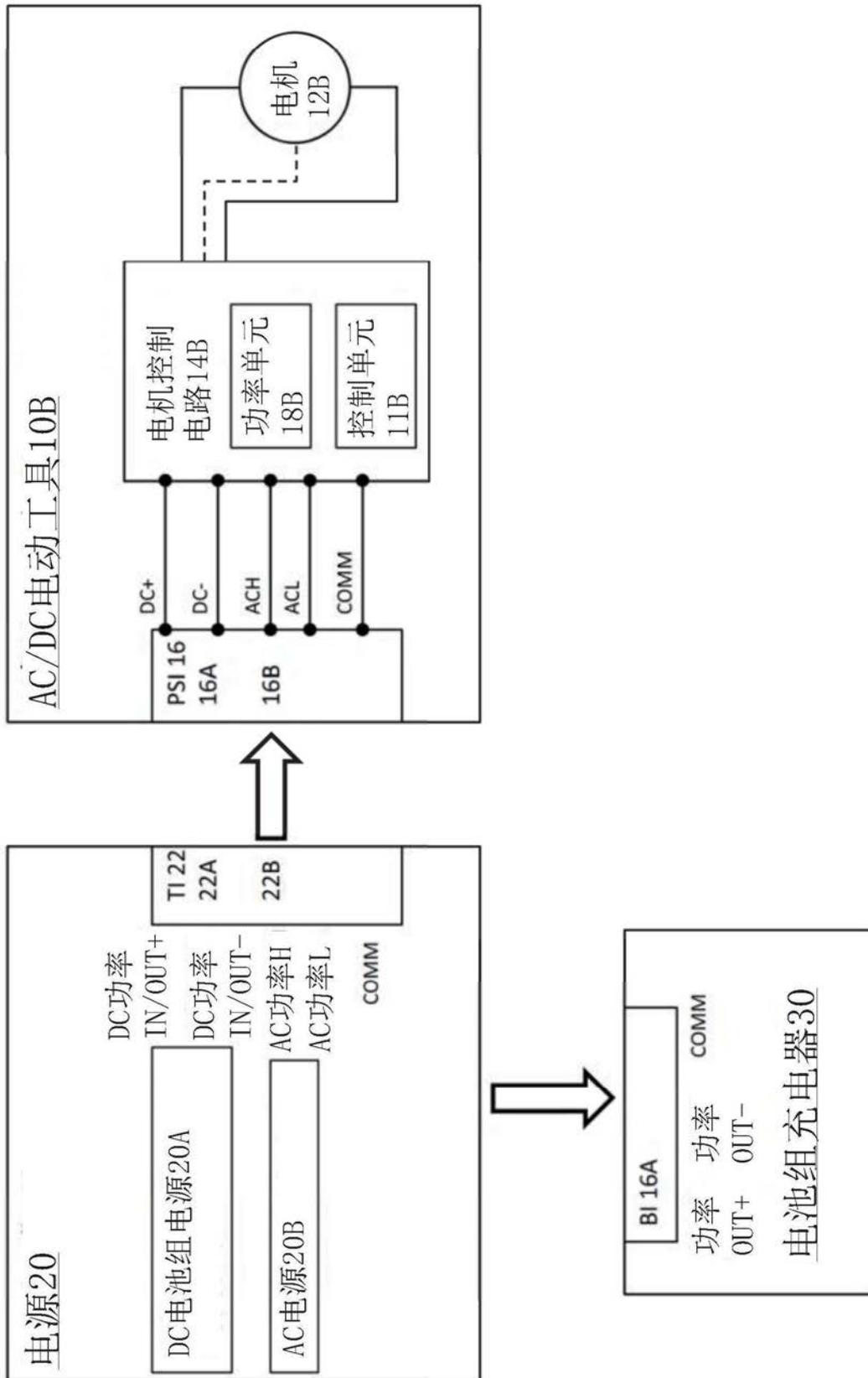


图4

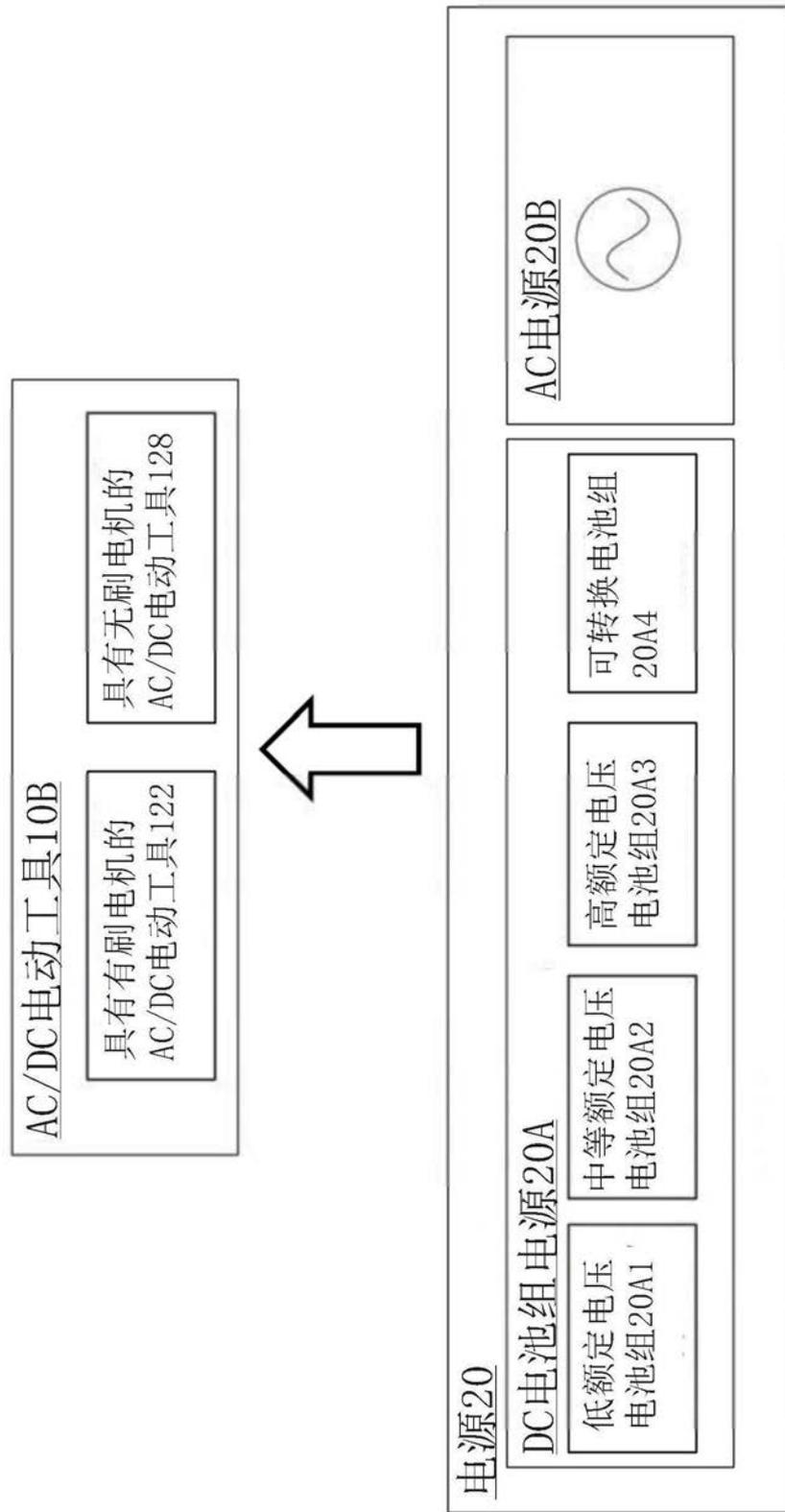


图5A

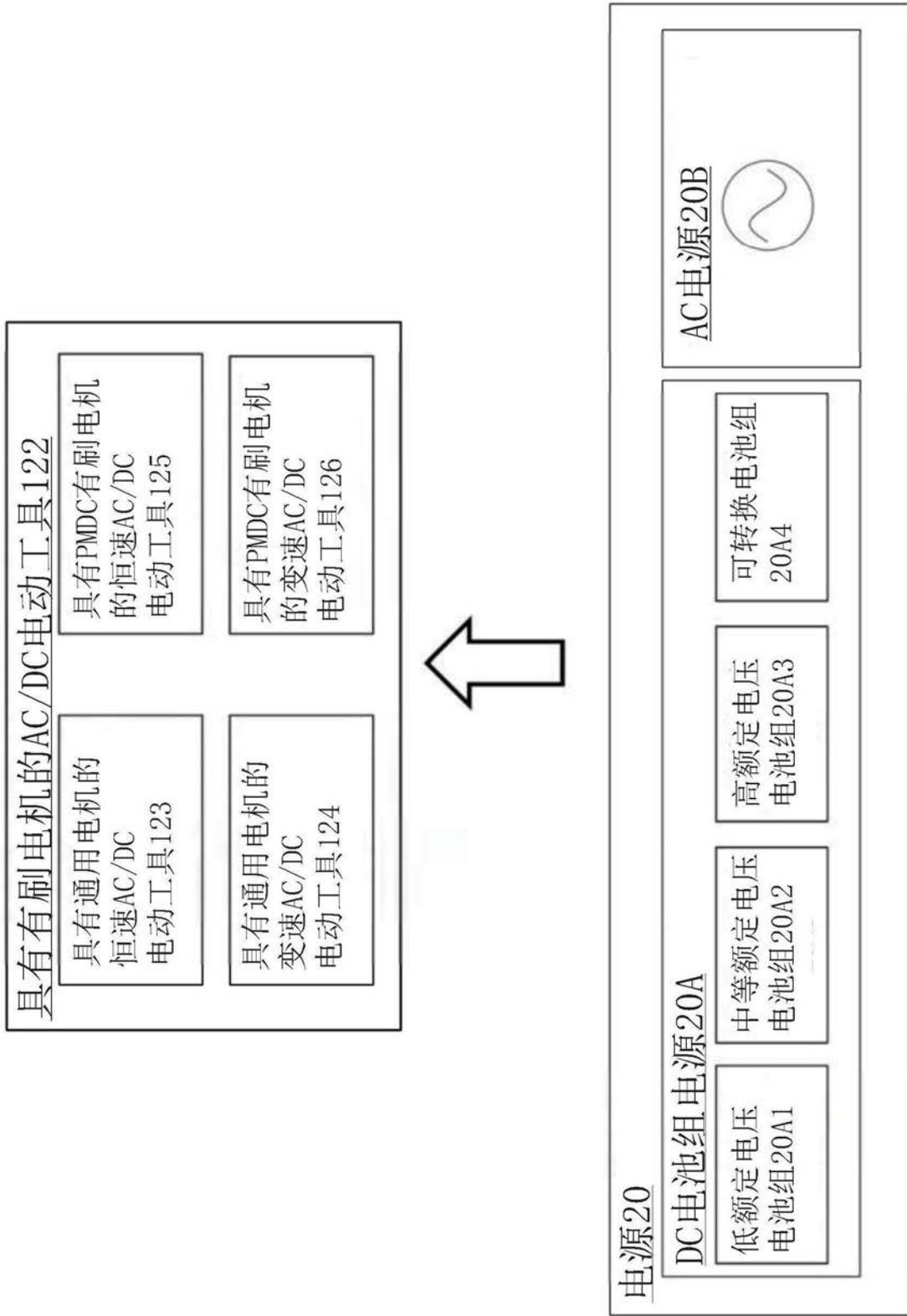


图5B

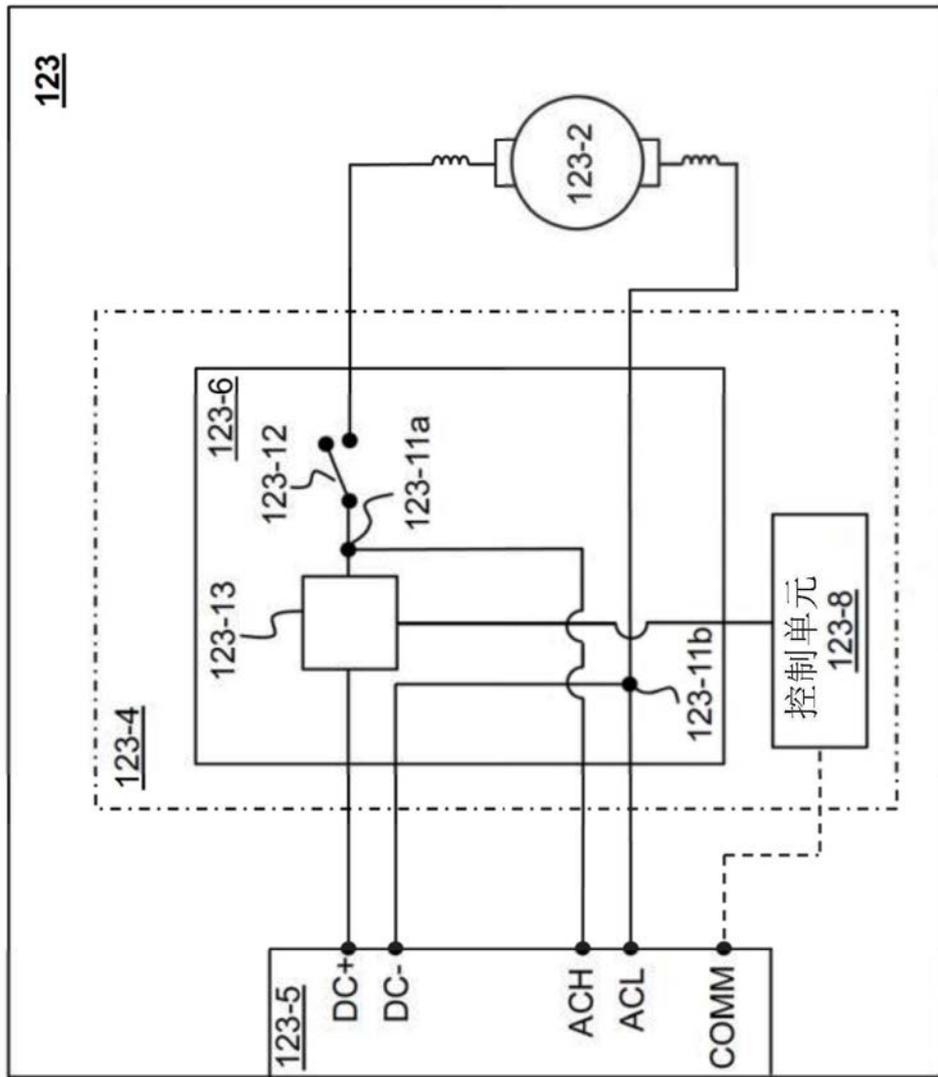


图6A

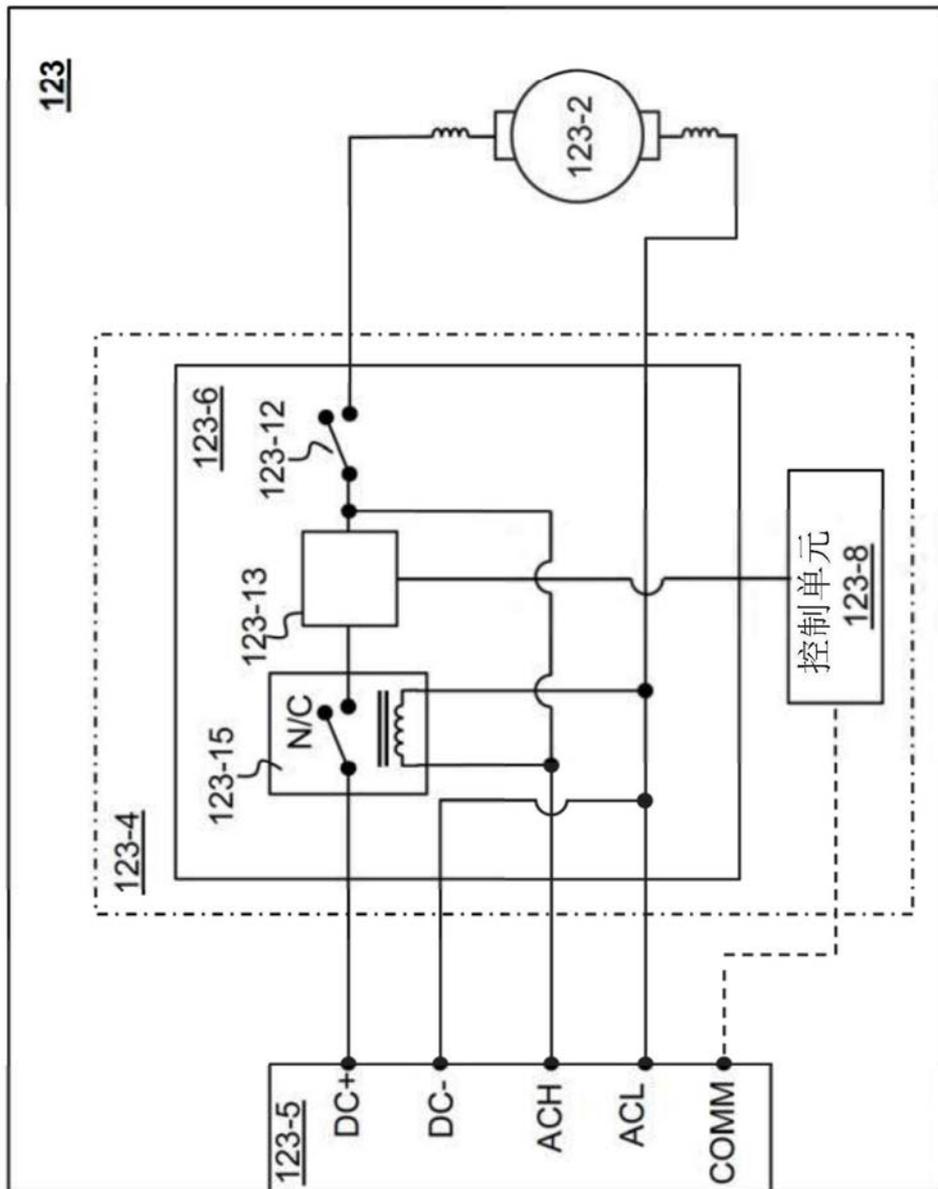


图6B

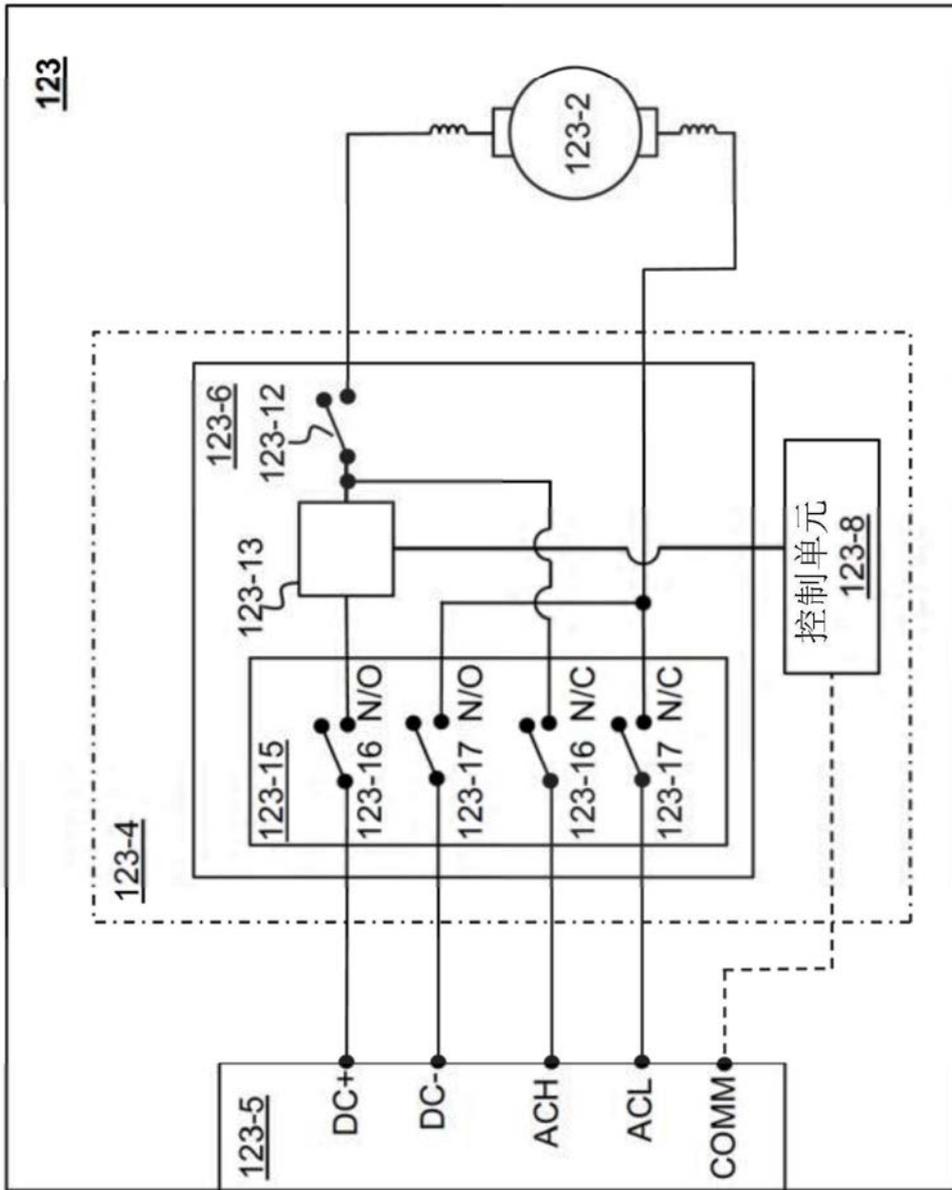


图6C

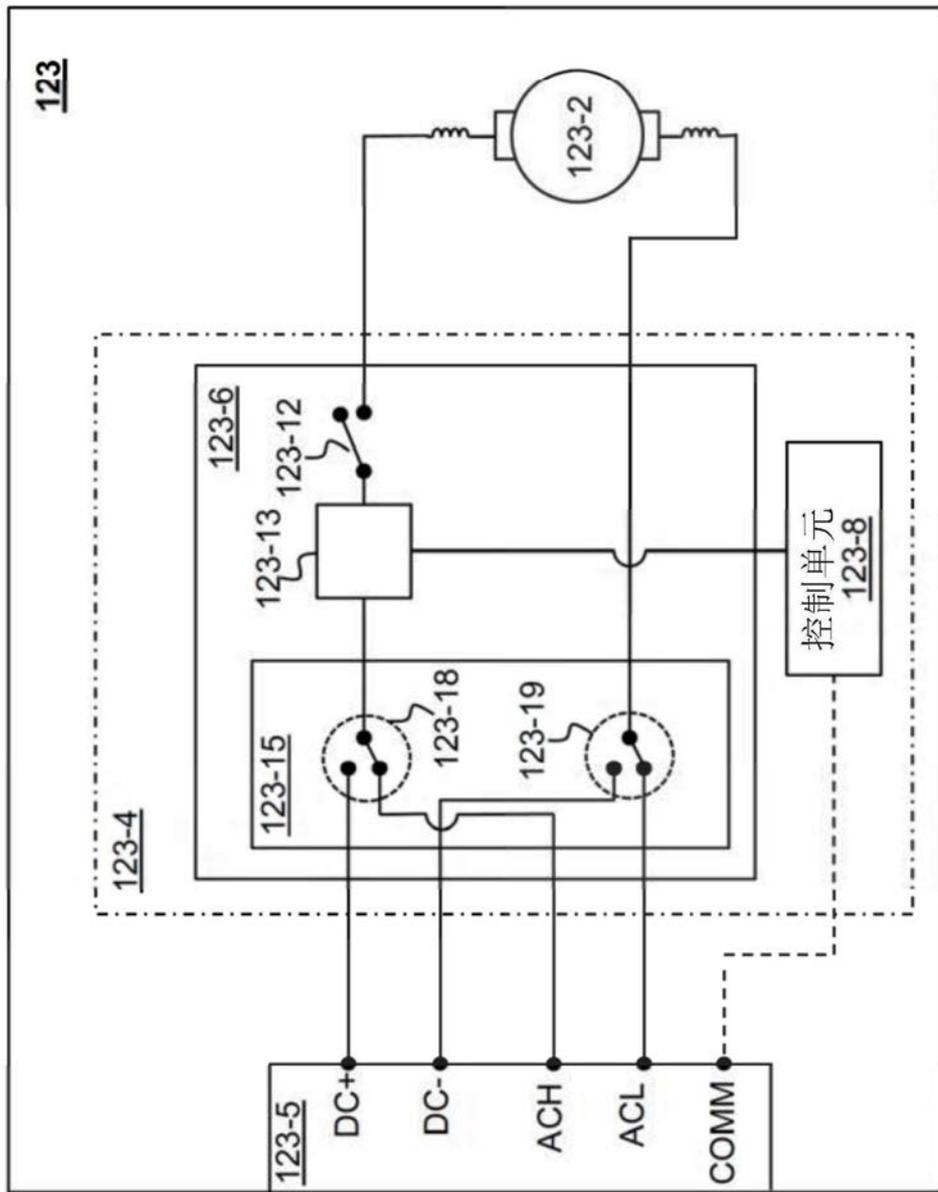


图6D

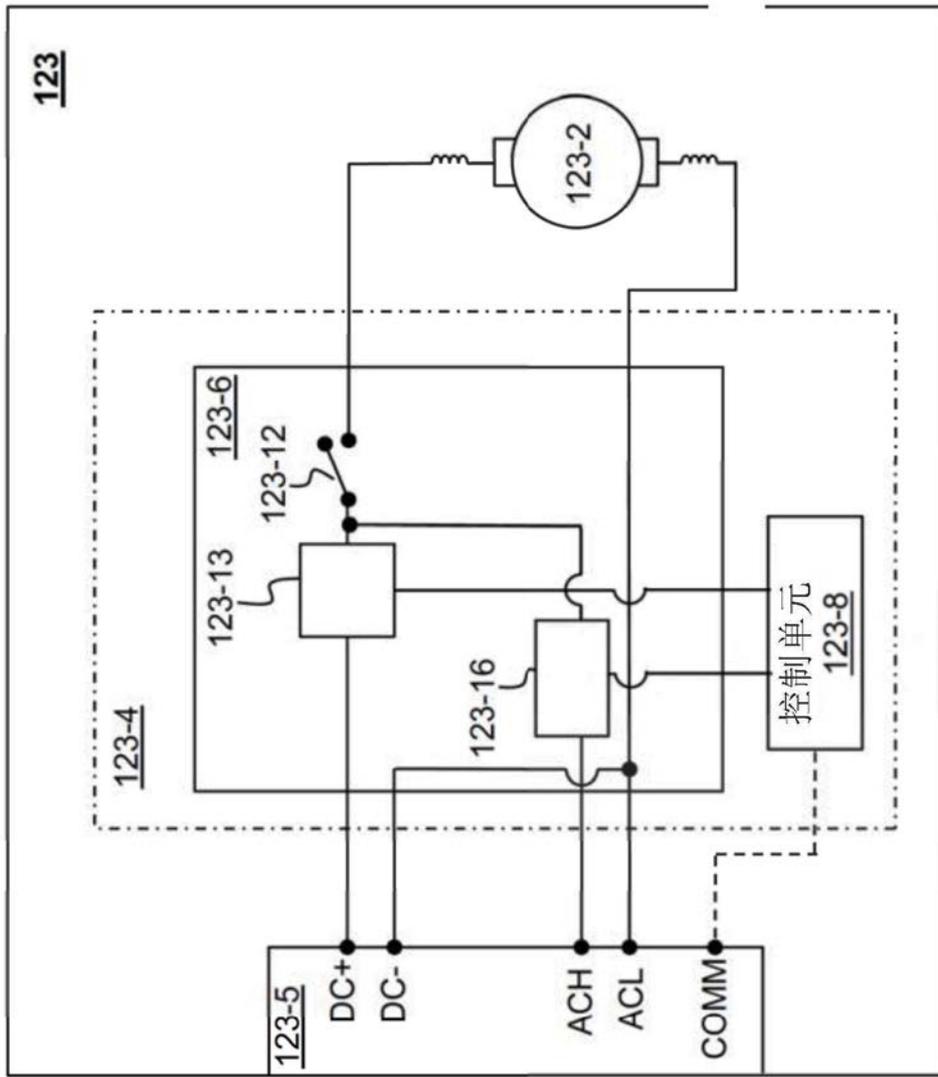


图6E

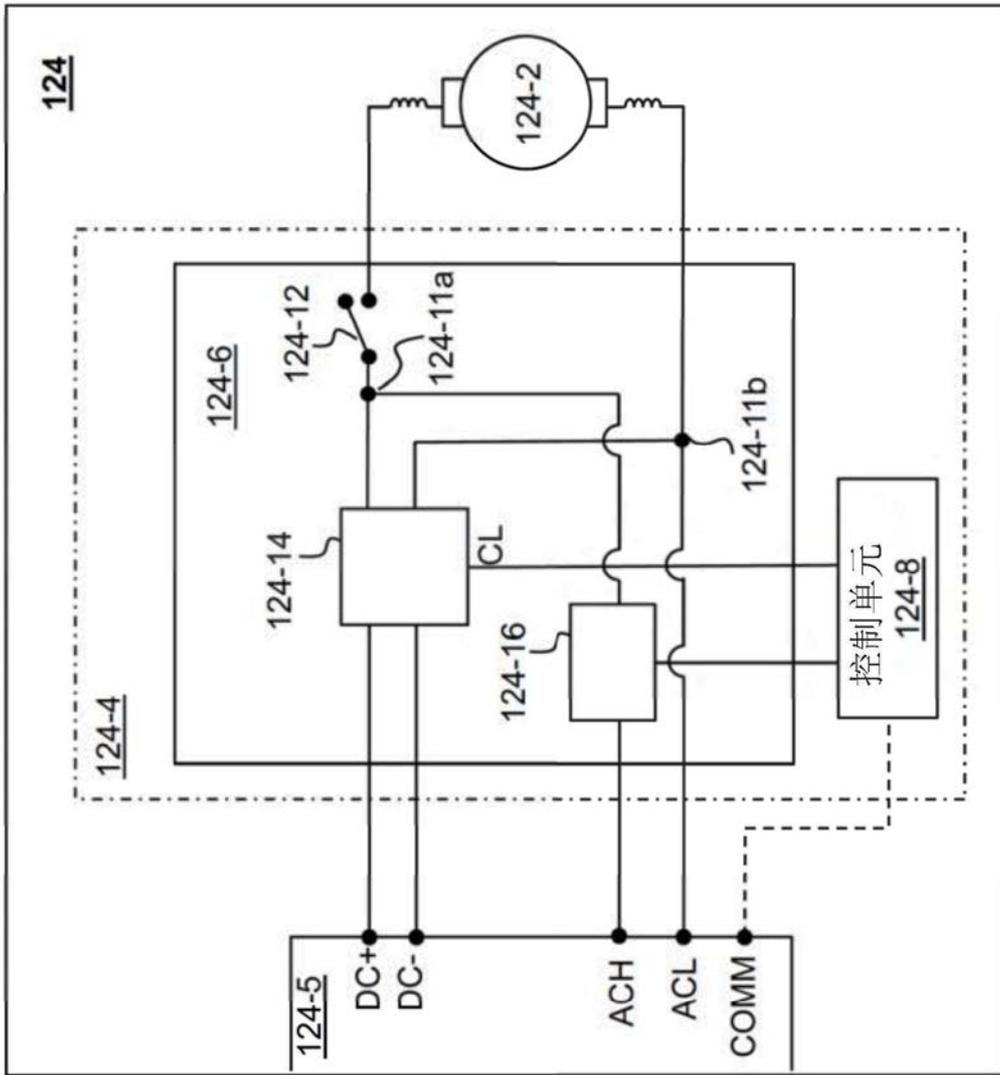


图7A

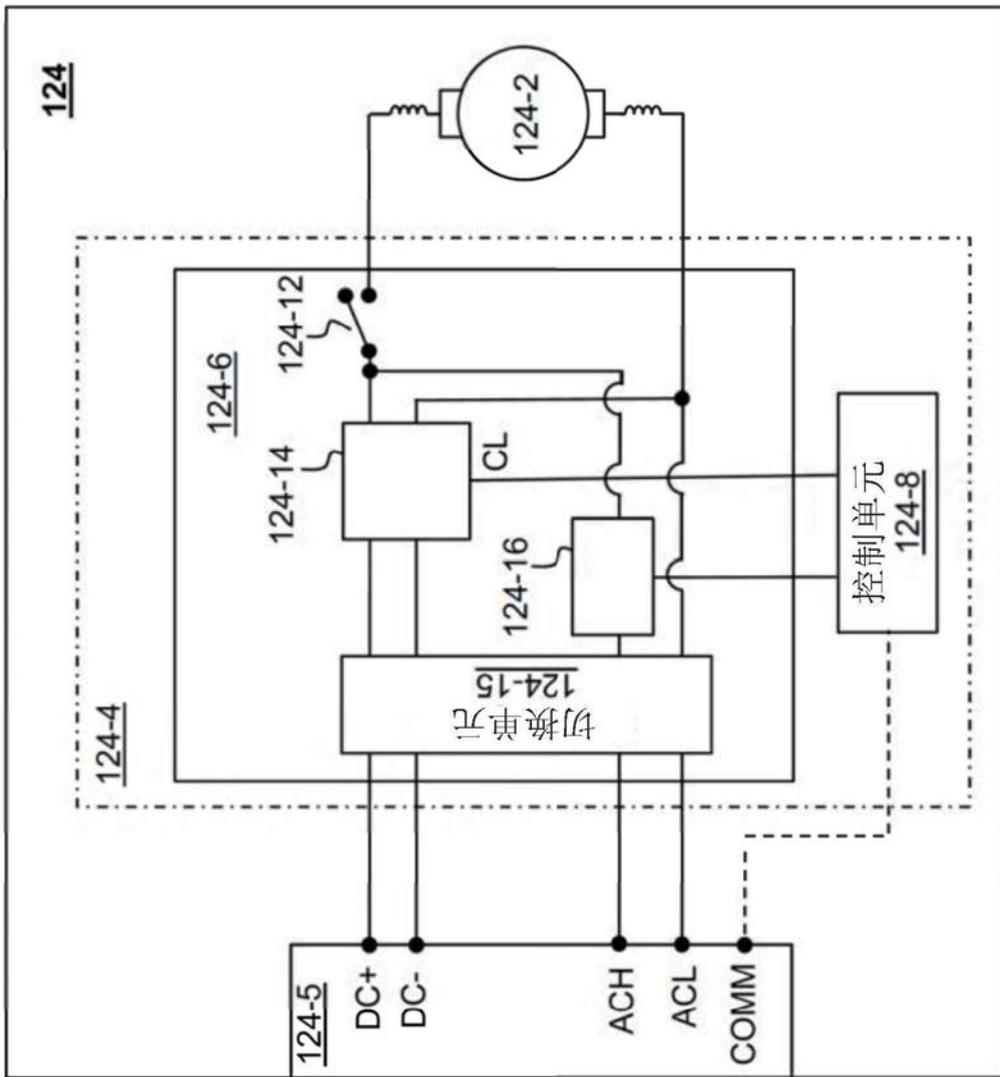


图7B

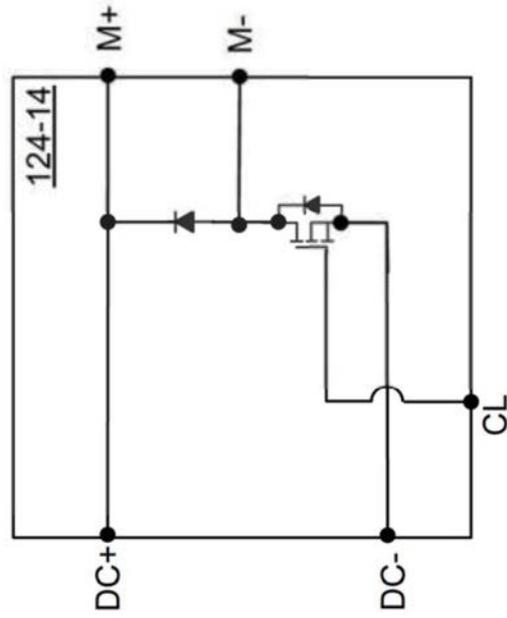


图7C

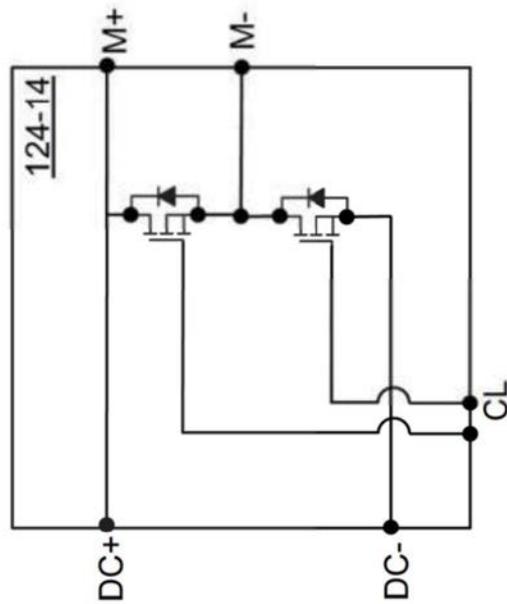


图7D

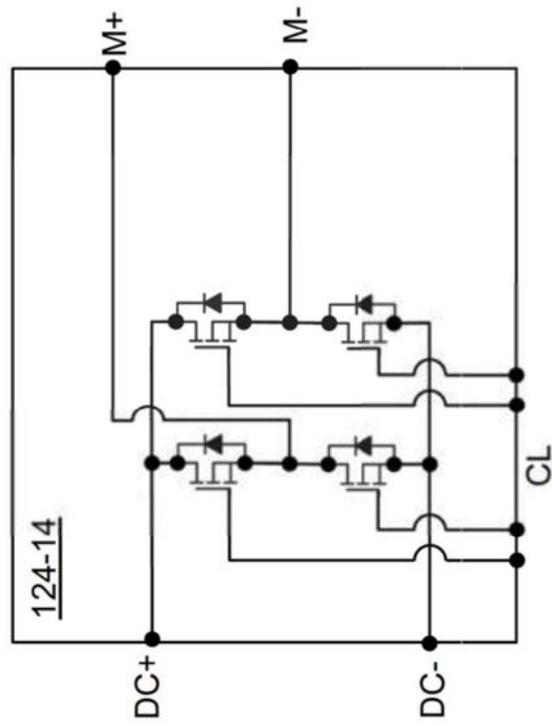


图7E

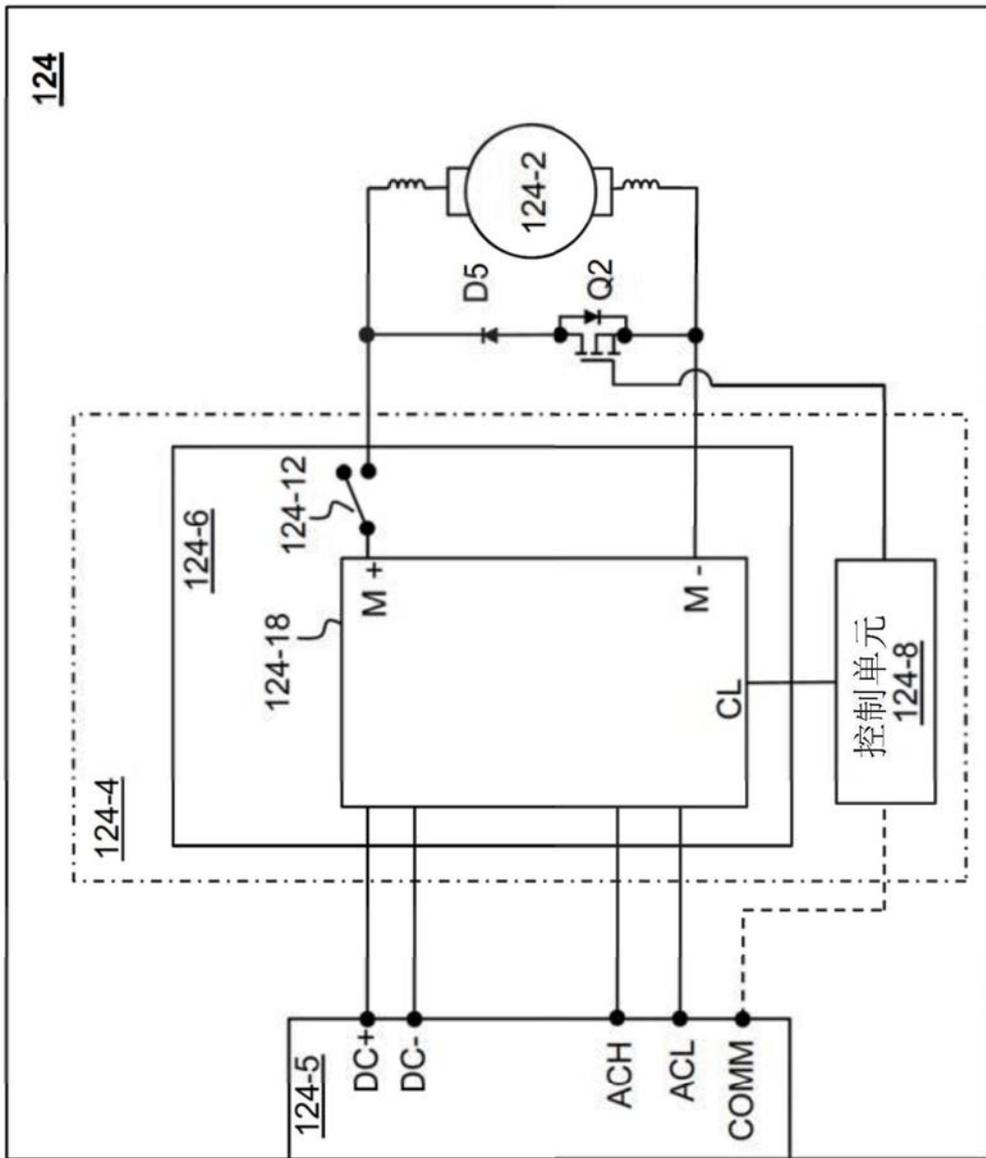


图7F

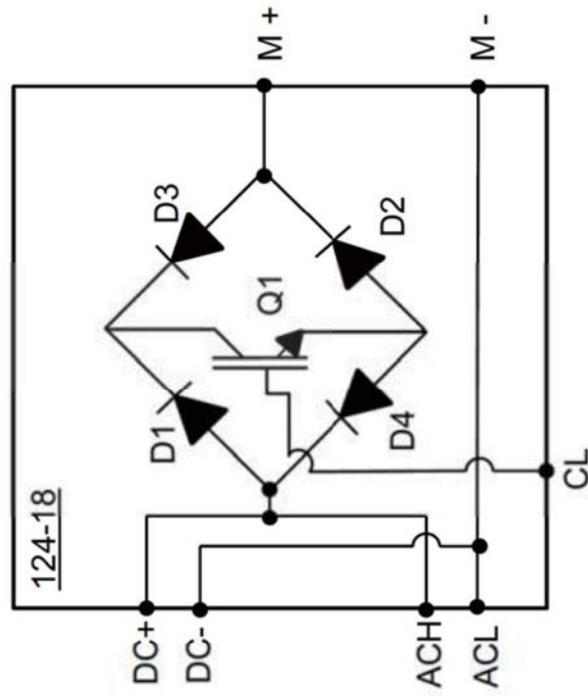


图7G

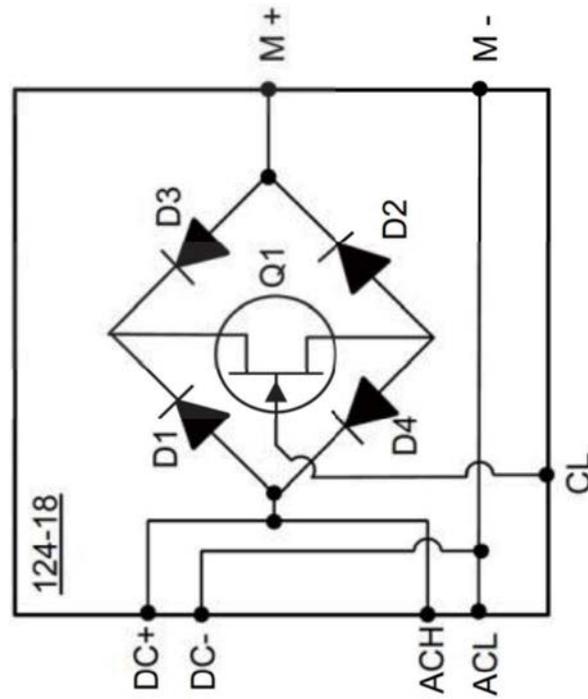


图7H

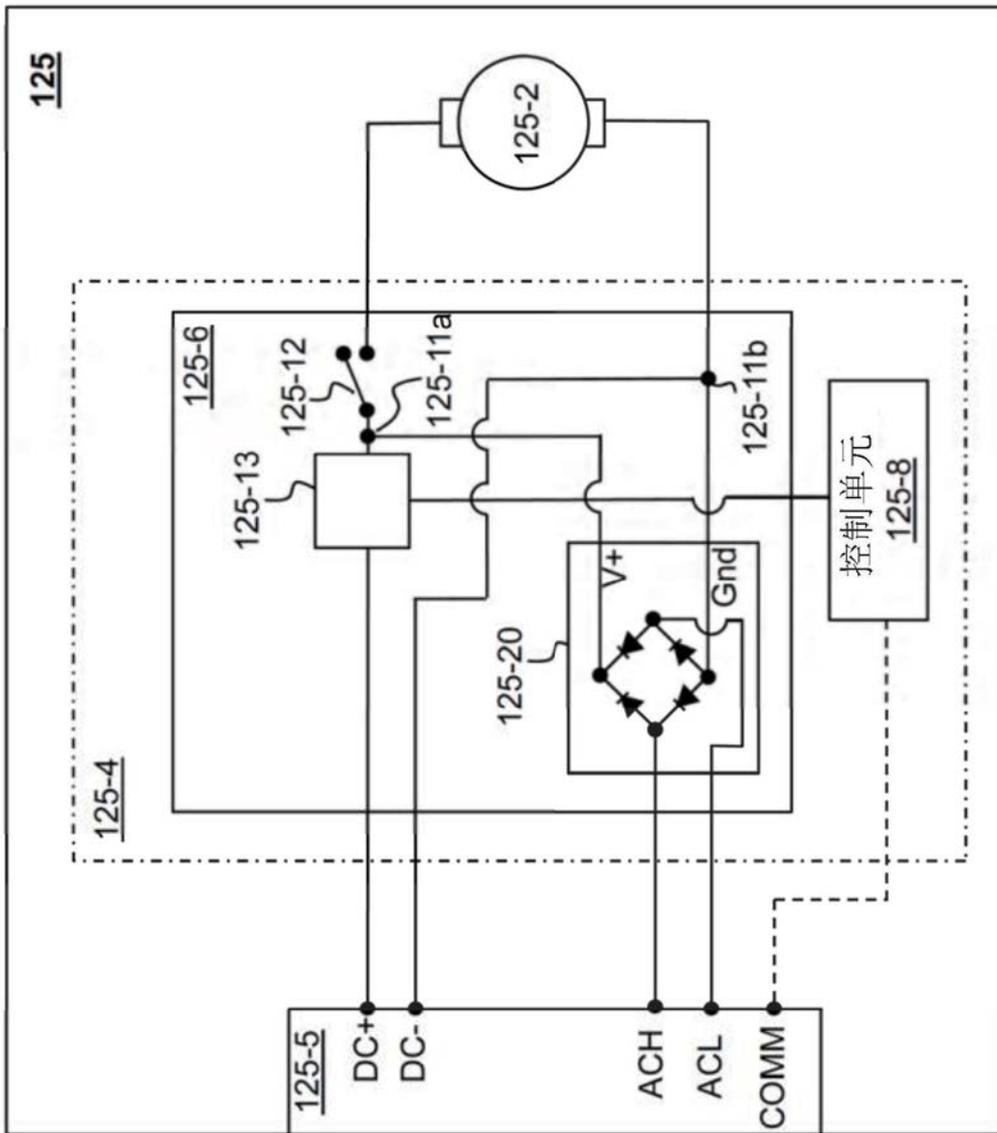


图8A

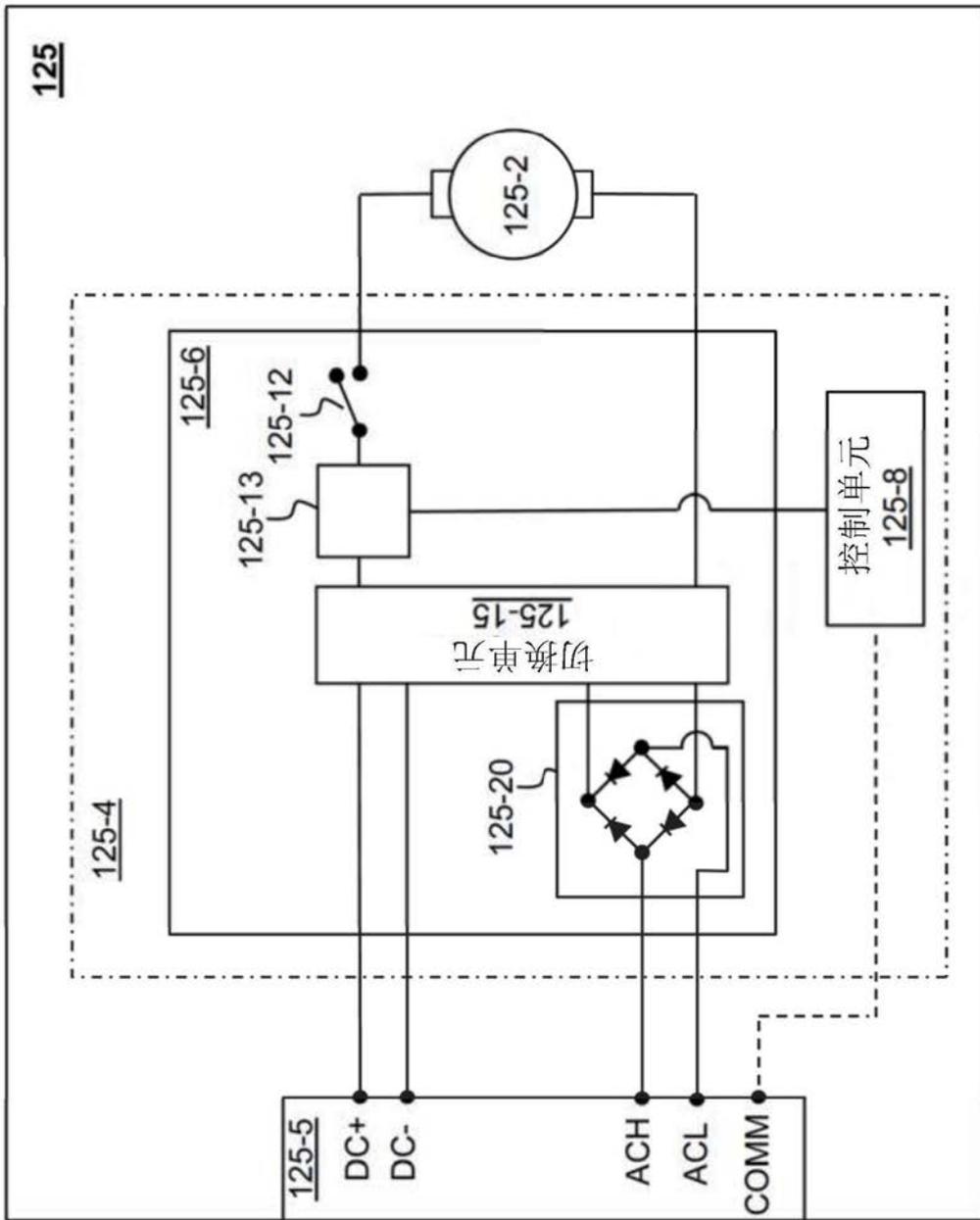


图8B

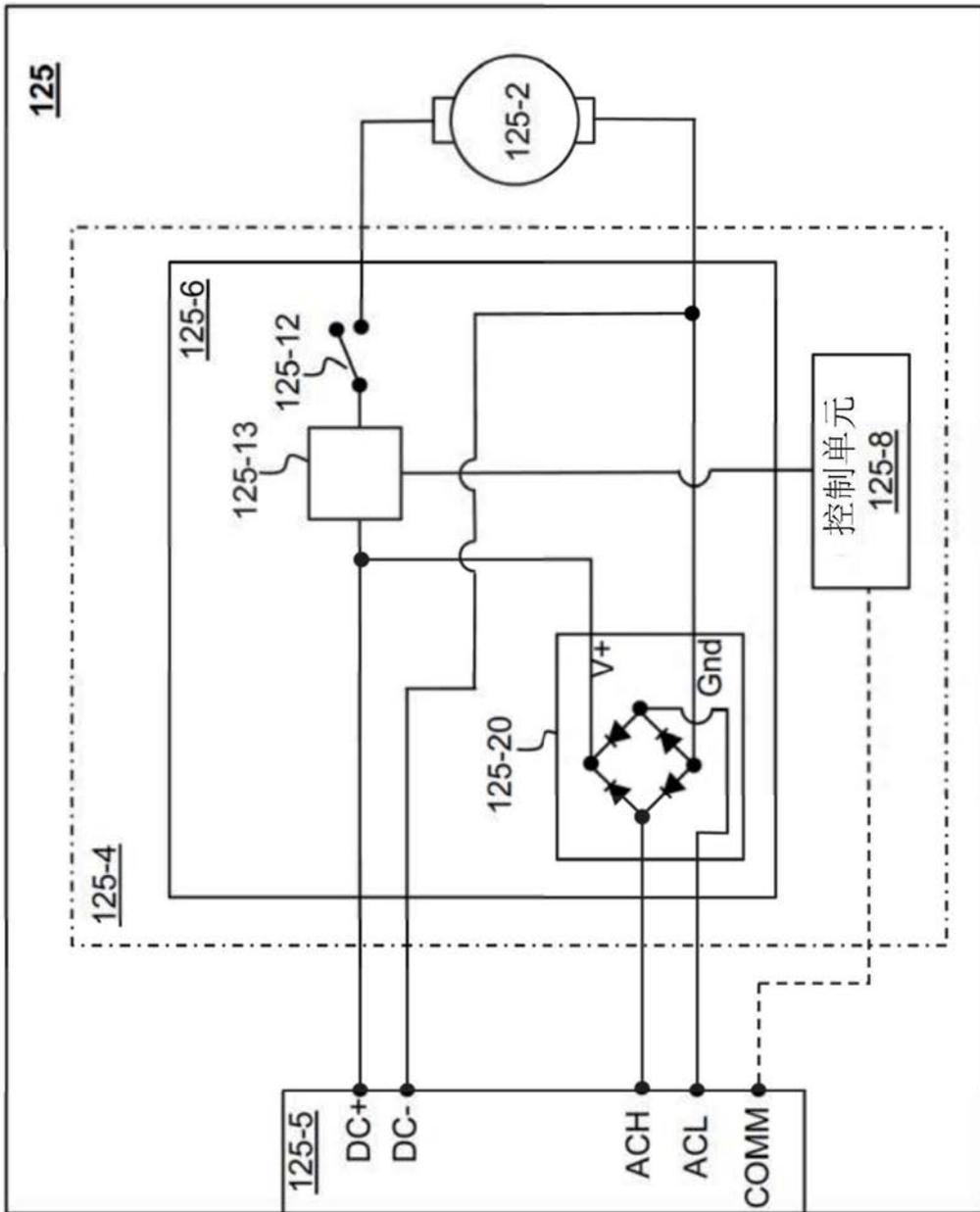


图8C

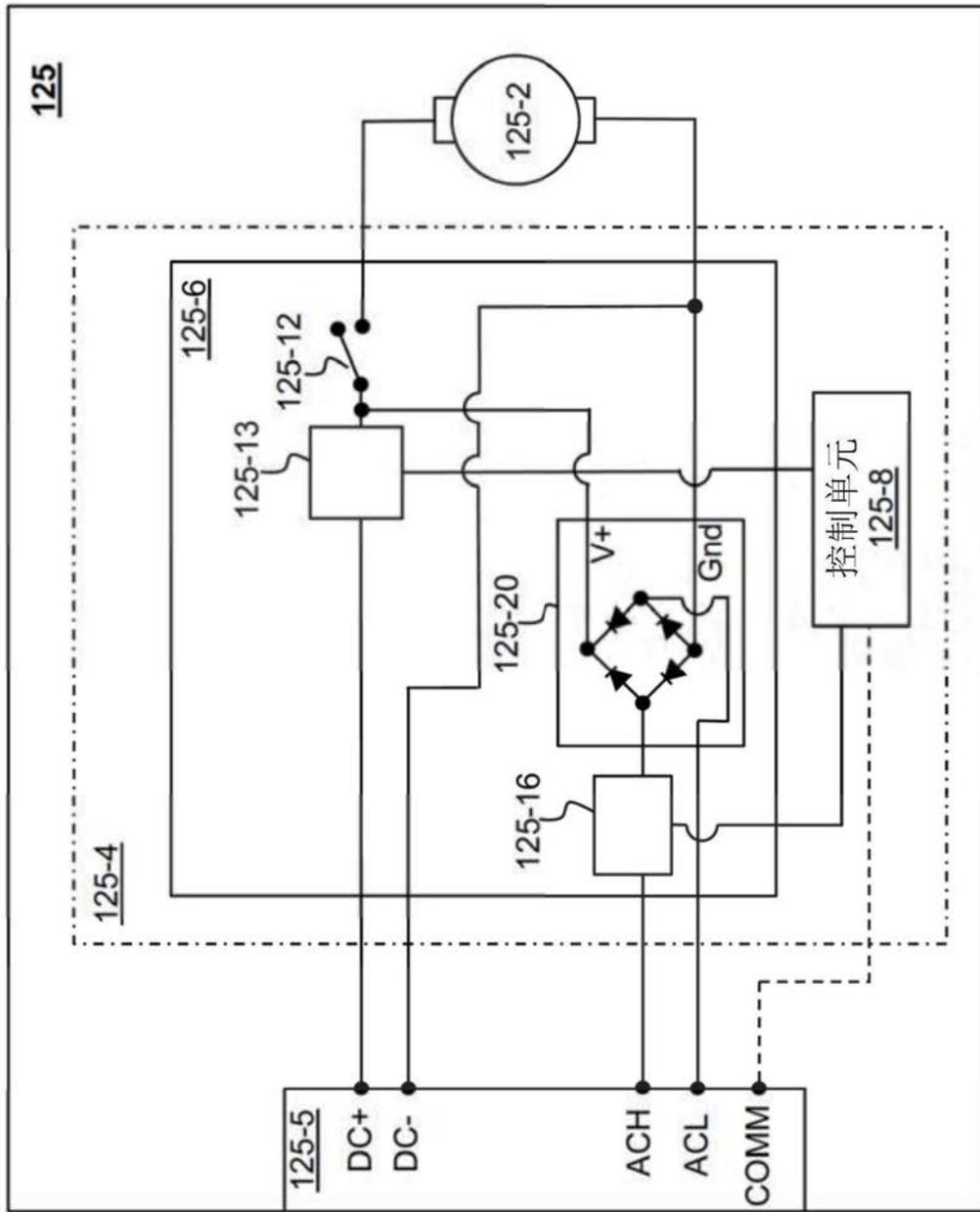


图8D

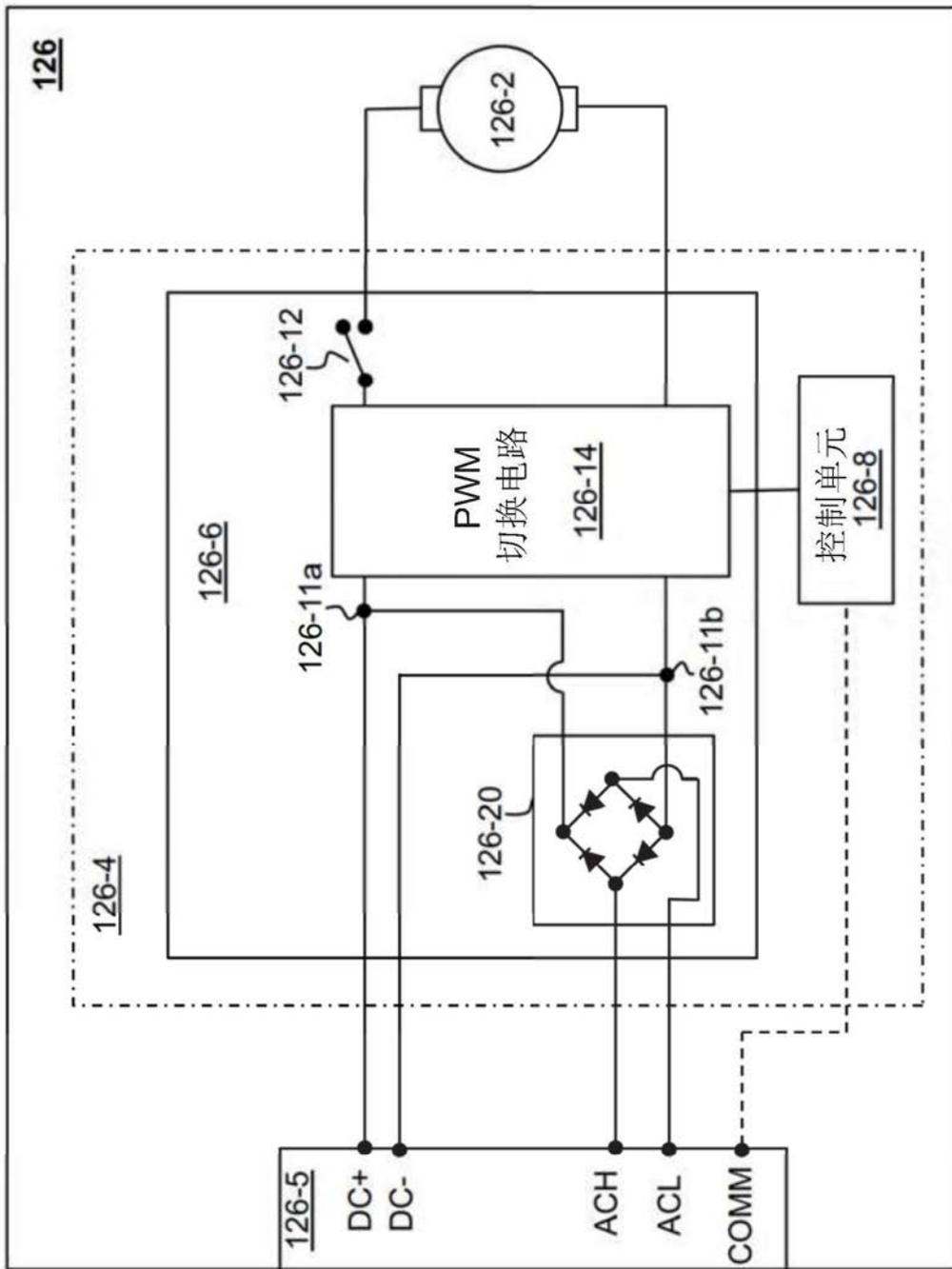


图9A

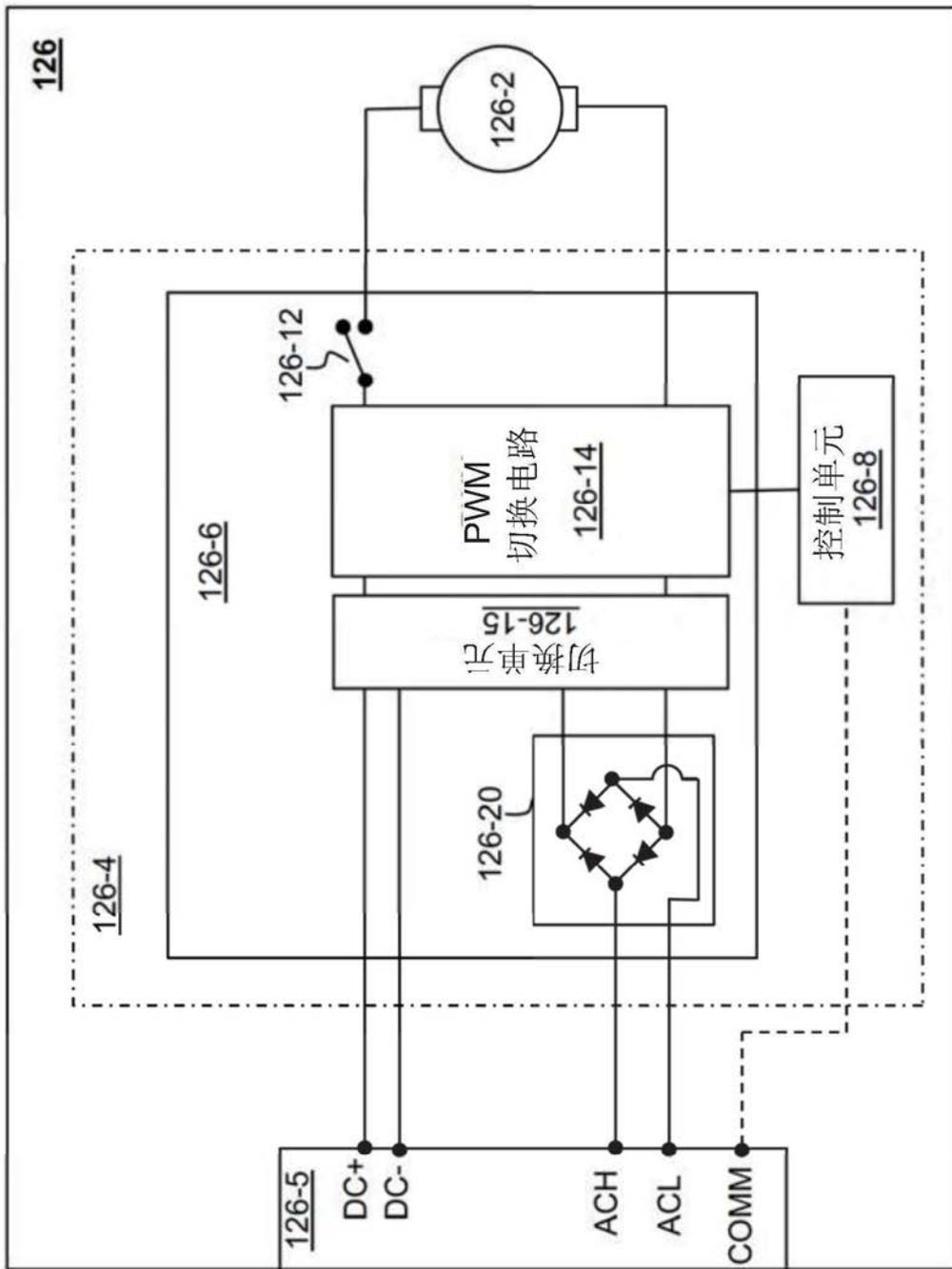


图9B

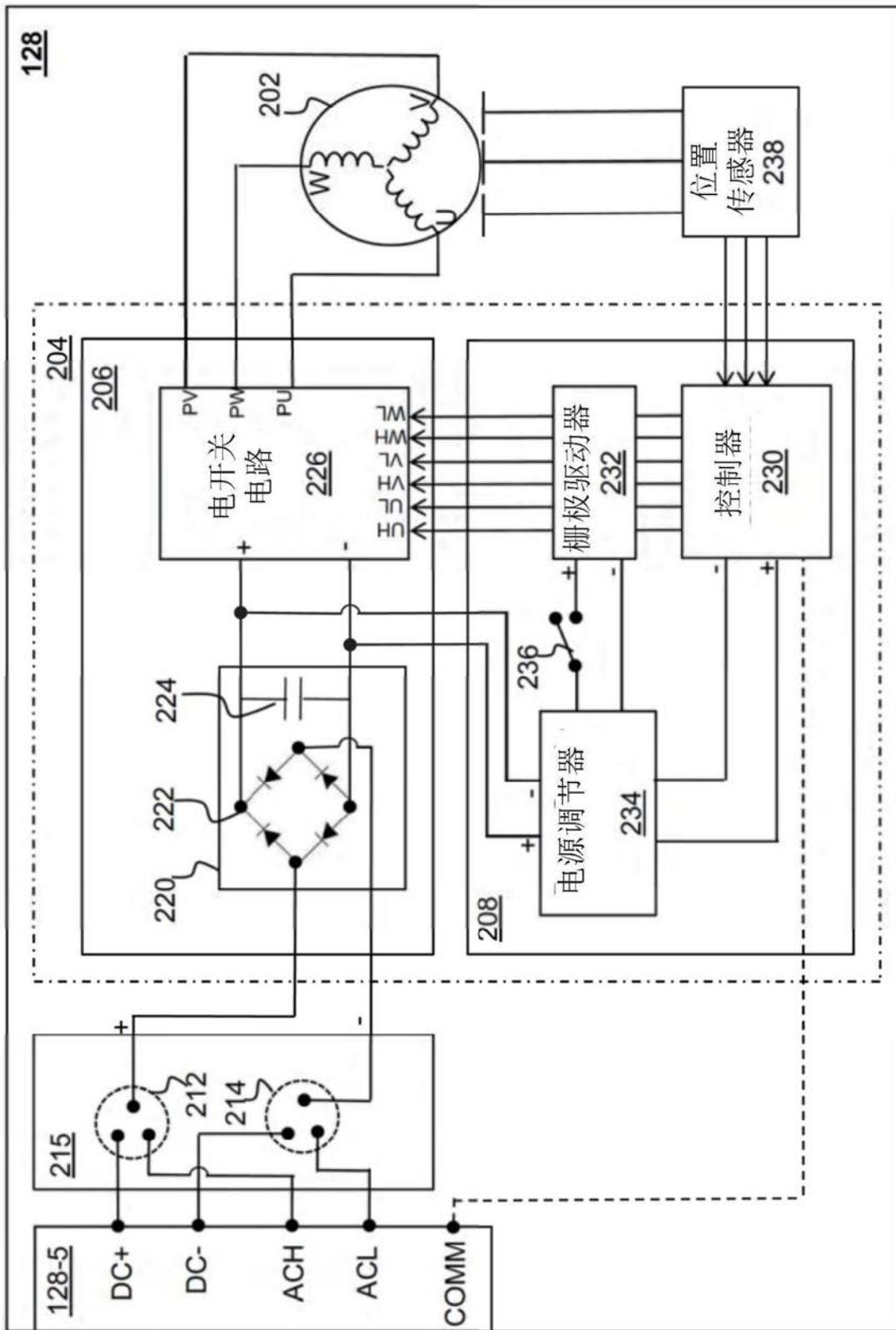


图10A

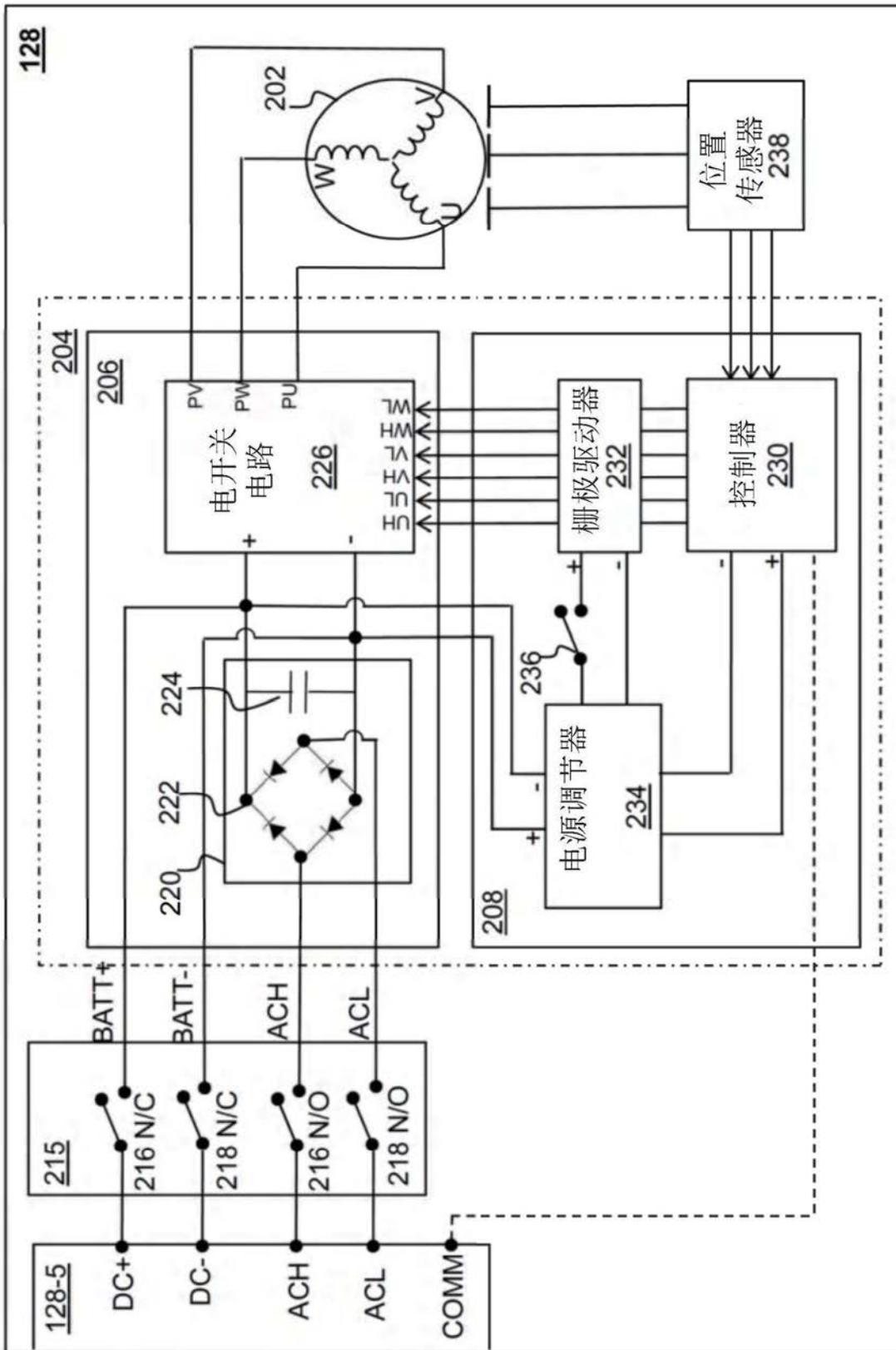


图10B

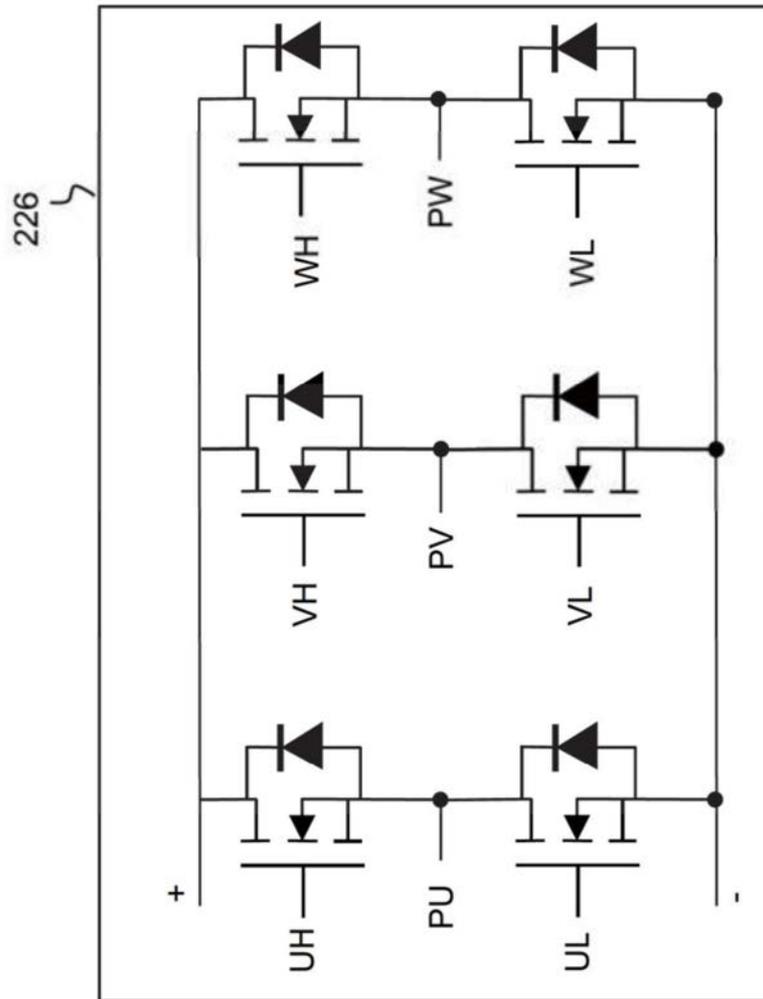


图10C

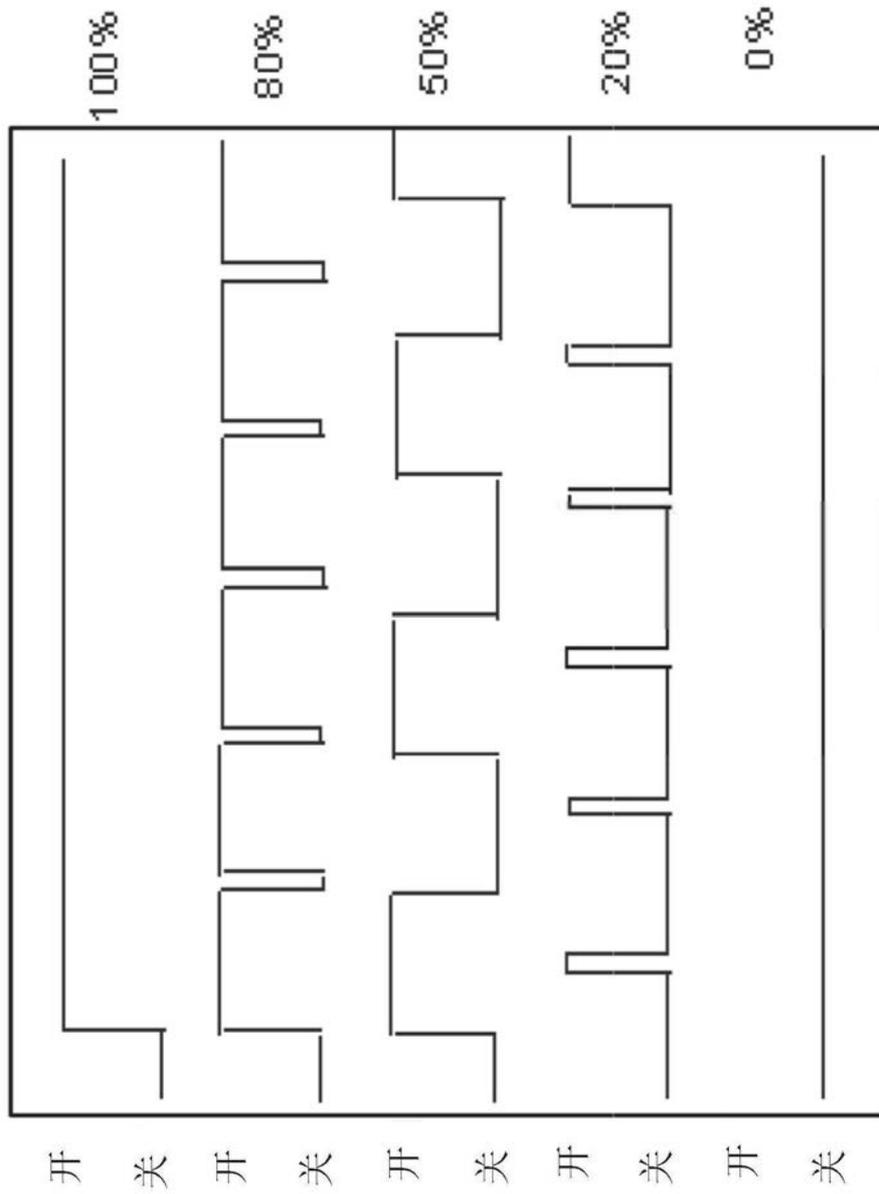


图11A

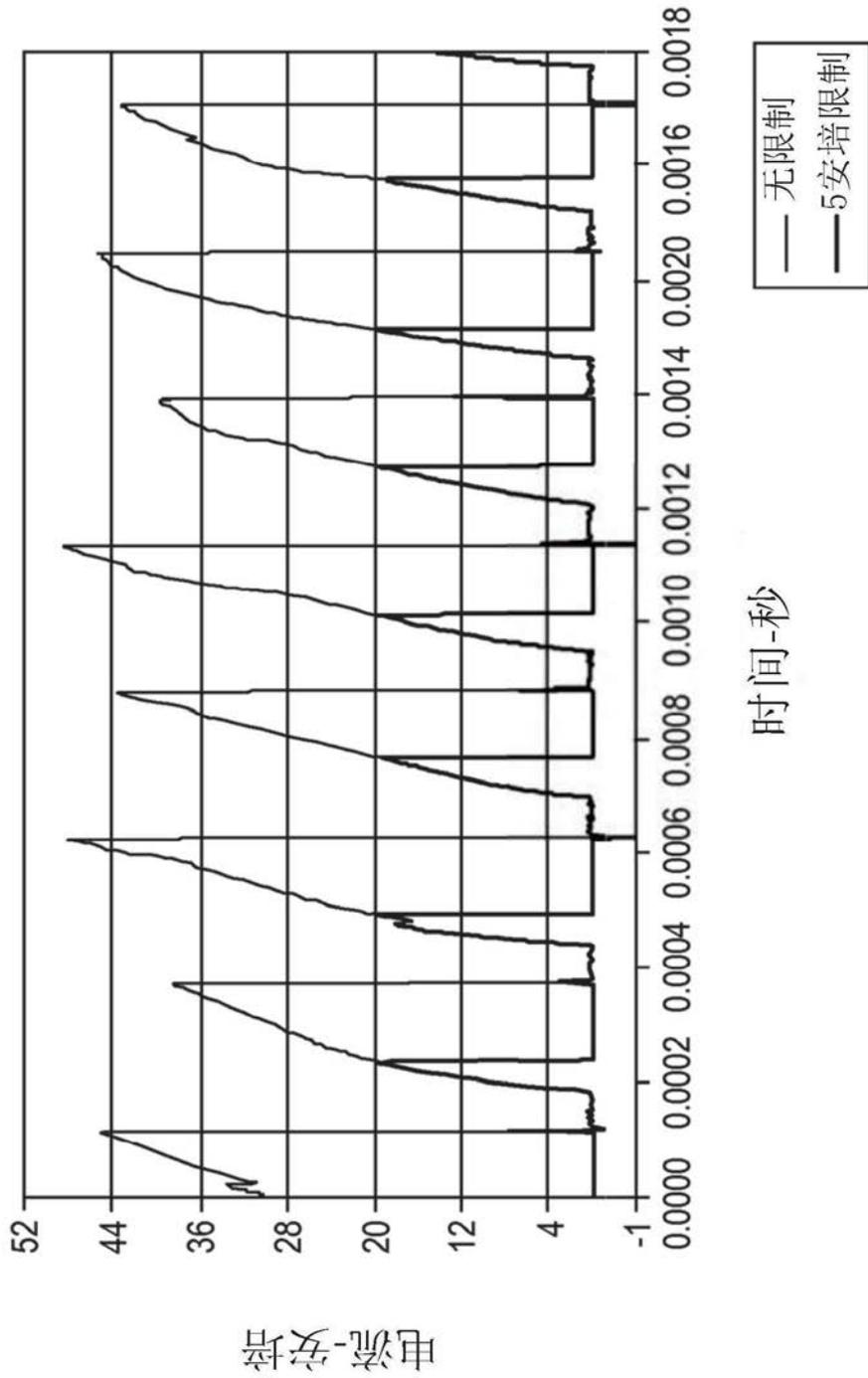


图11B

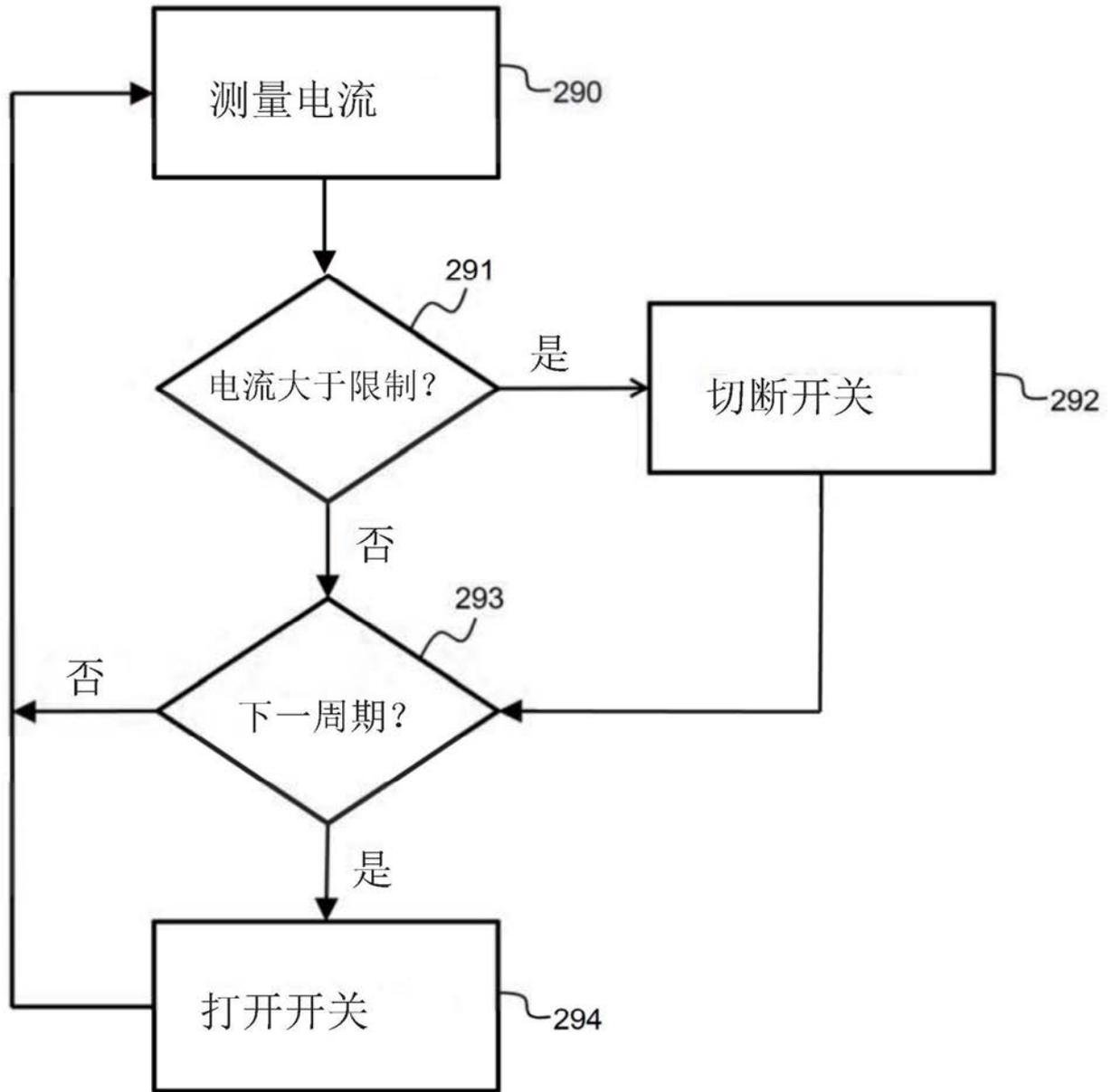


图11C

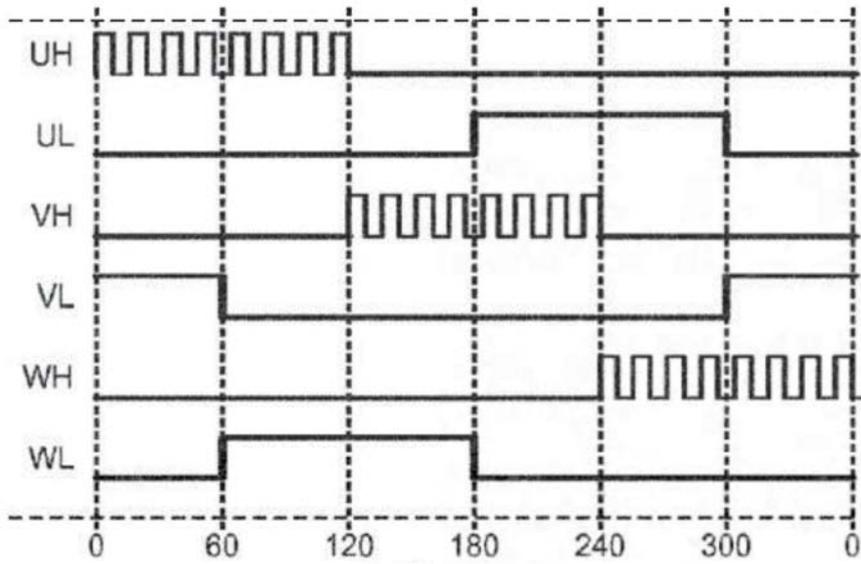


图12A

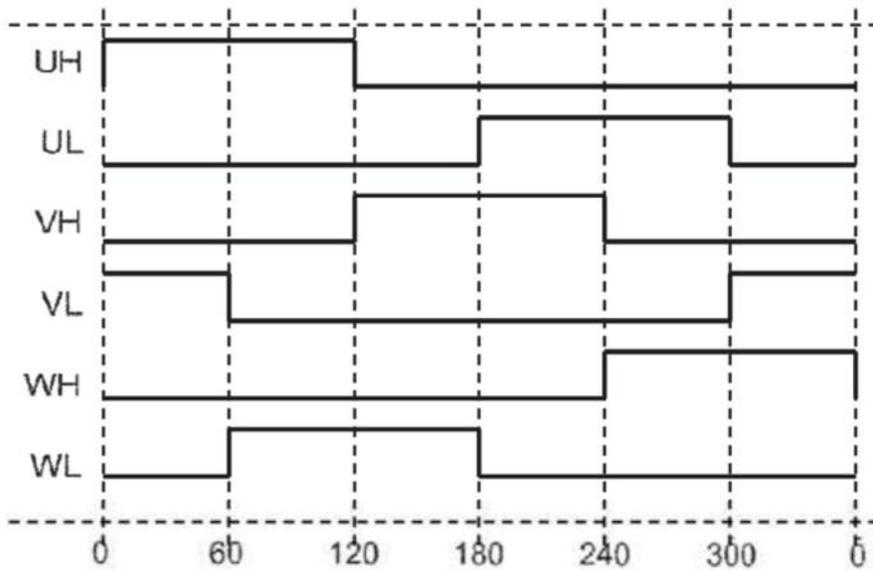


图12B

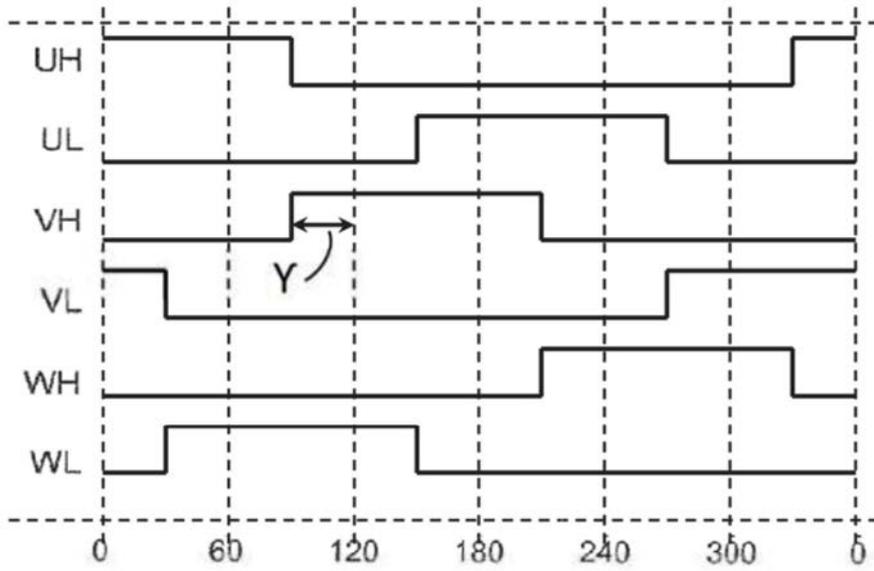


图12C

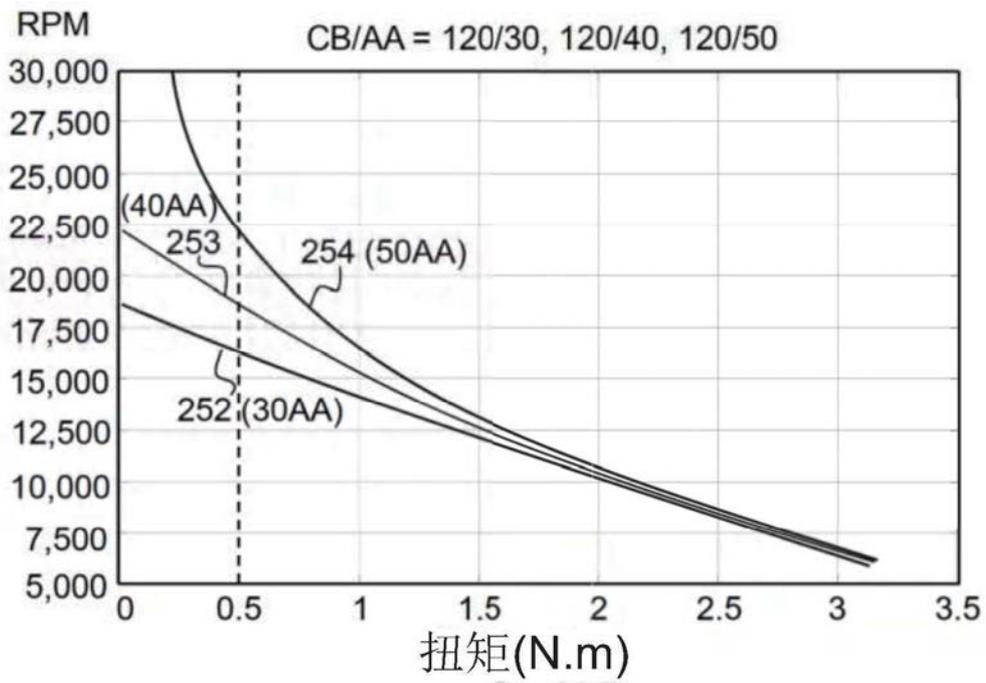


图12D

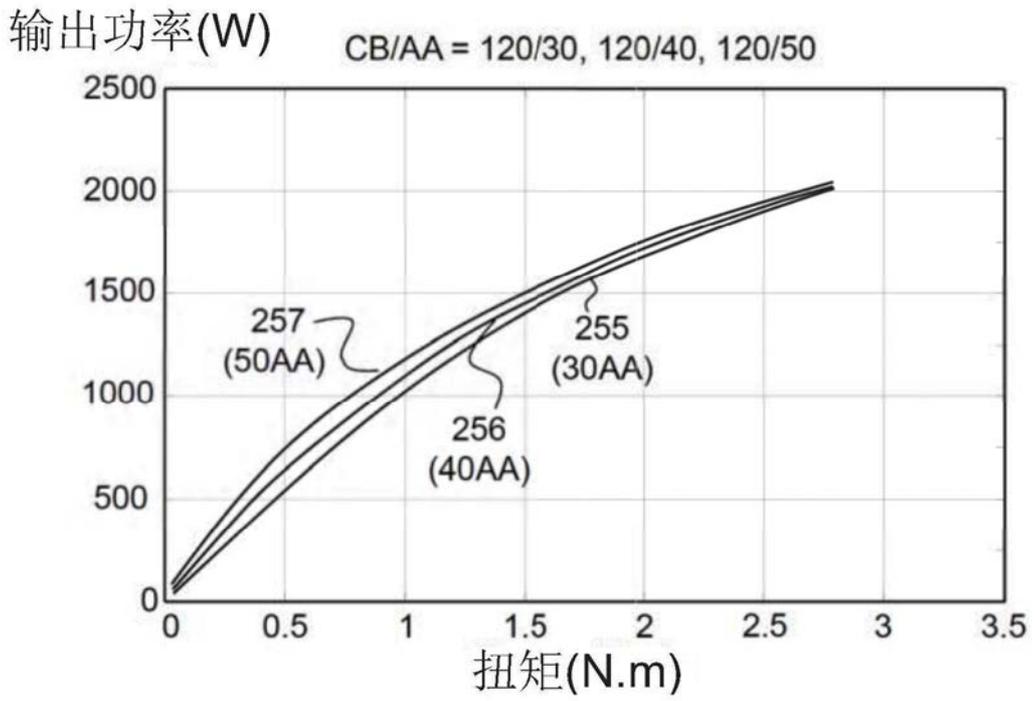


图12E

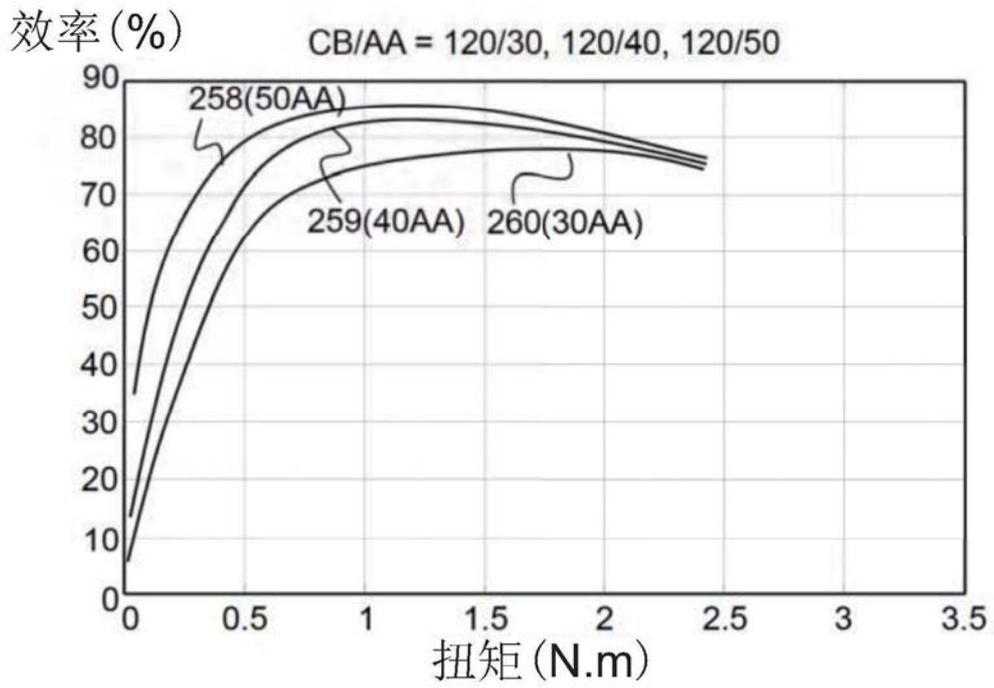


图12F

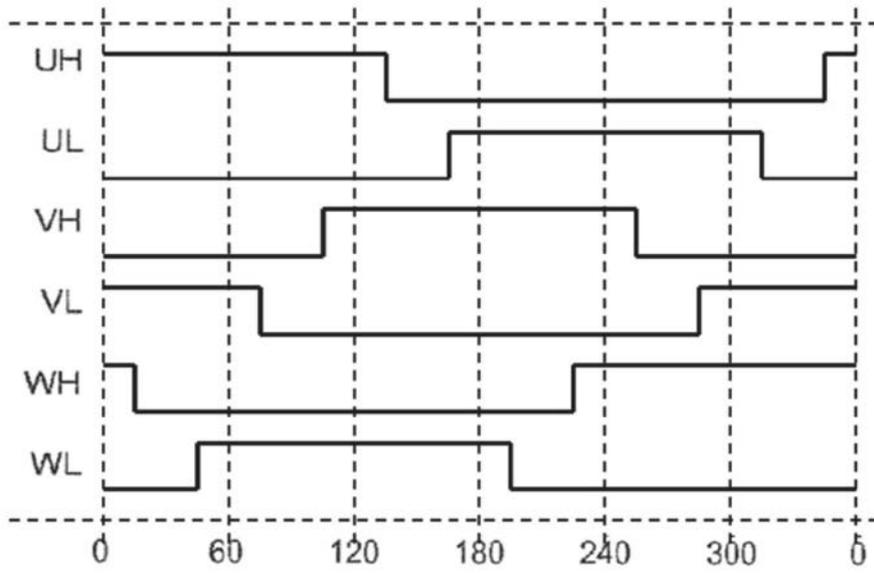


图13A

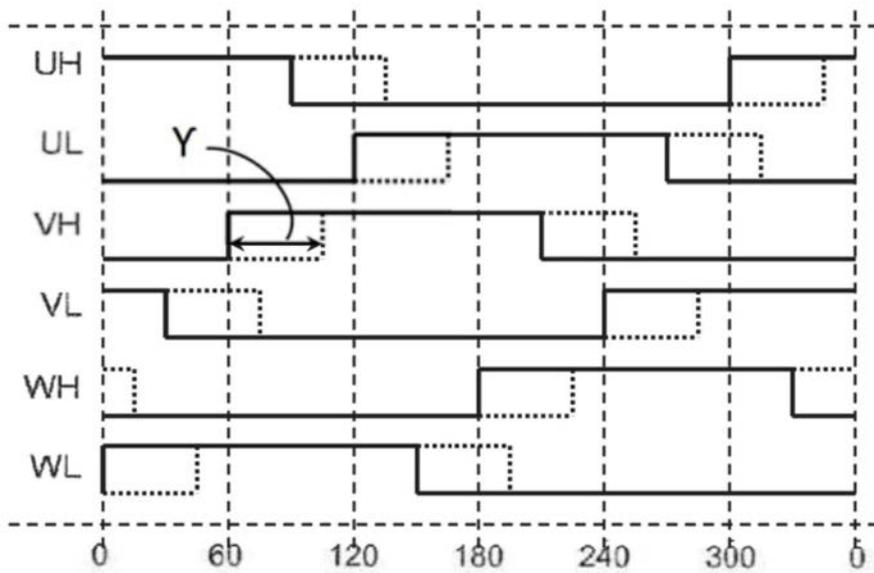


图13B

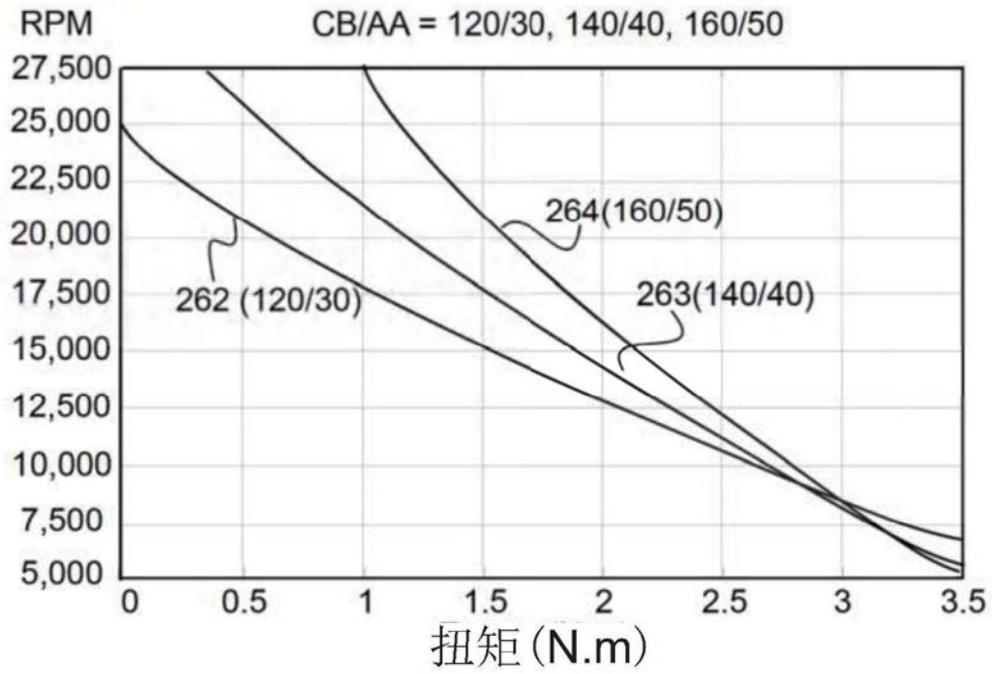


图13C

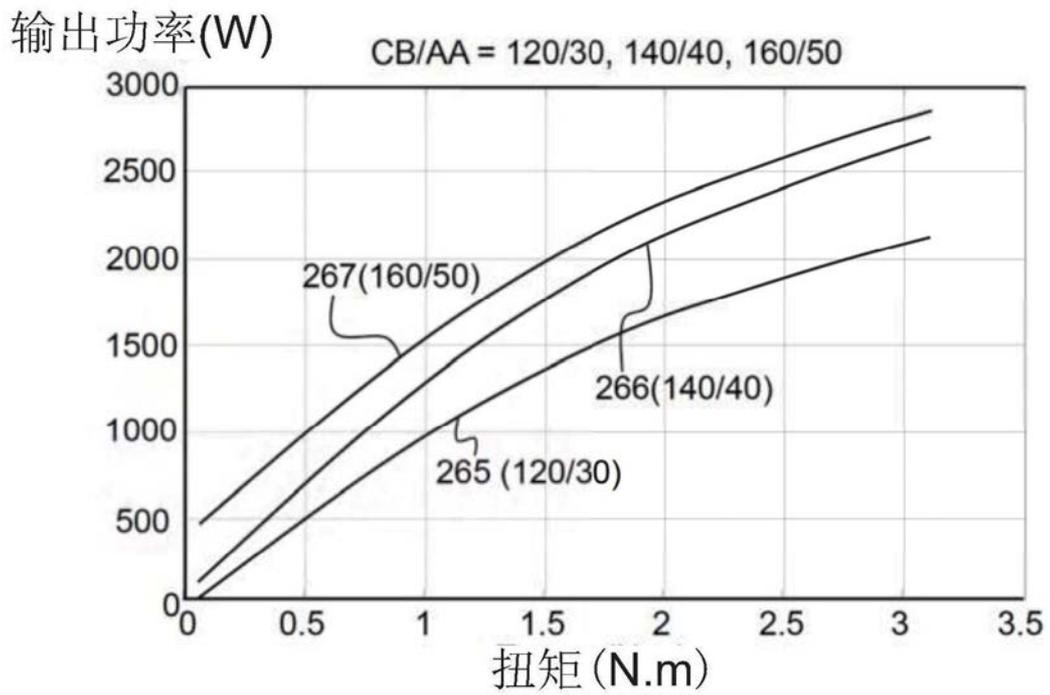


图13D

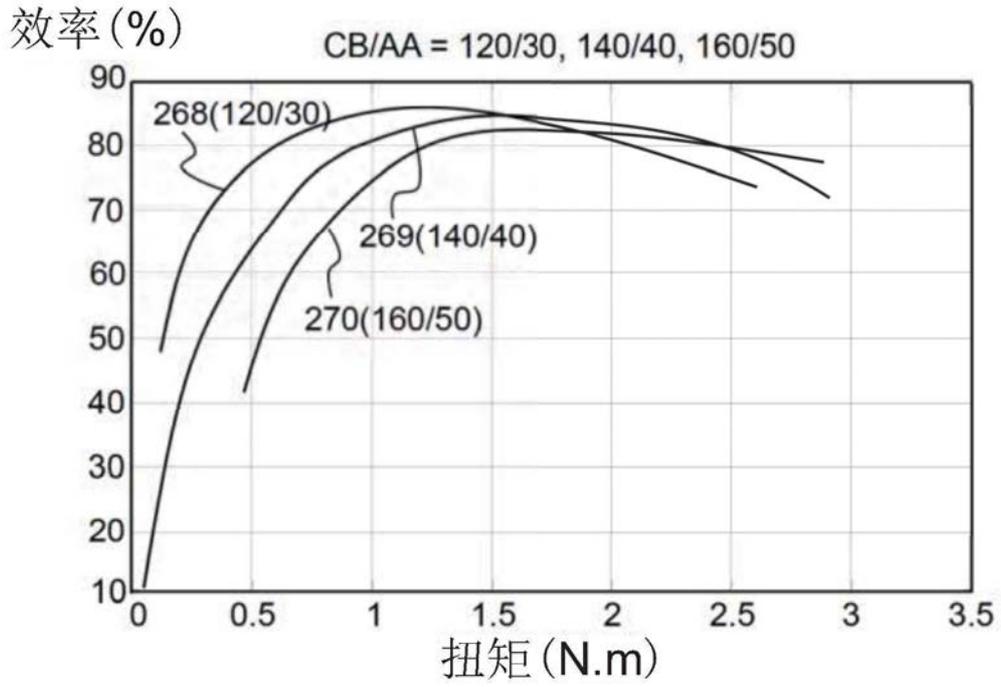


图13E

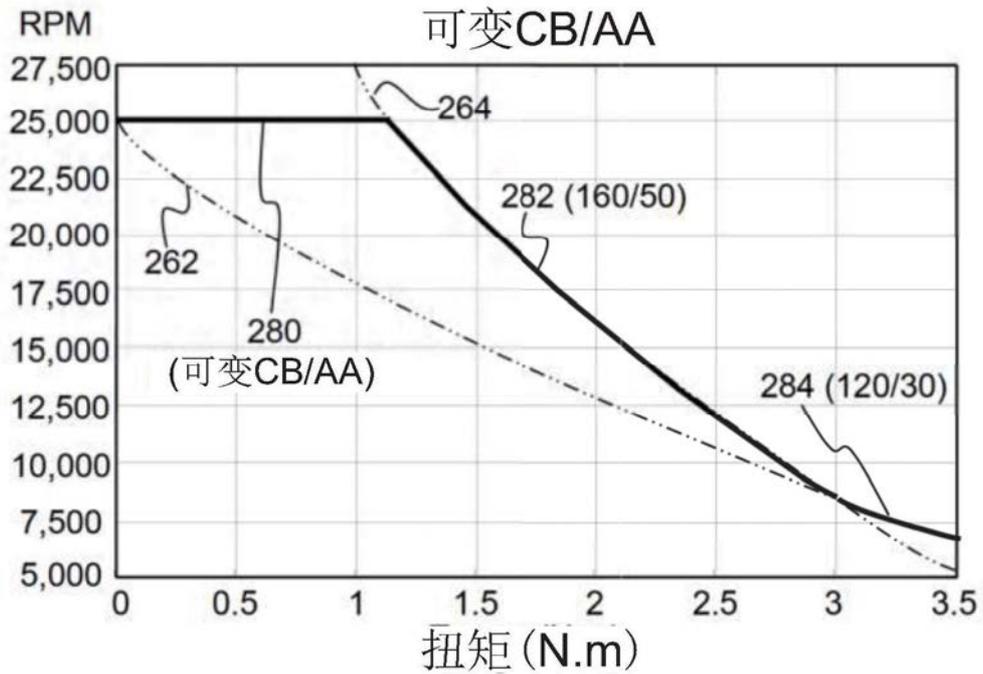


图13F

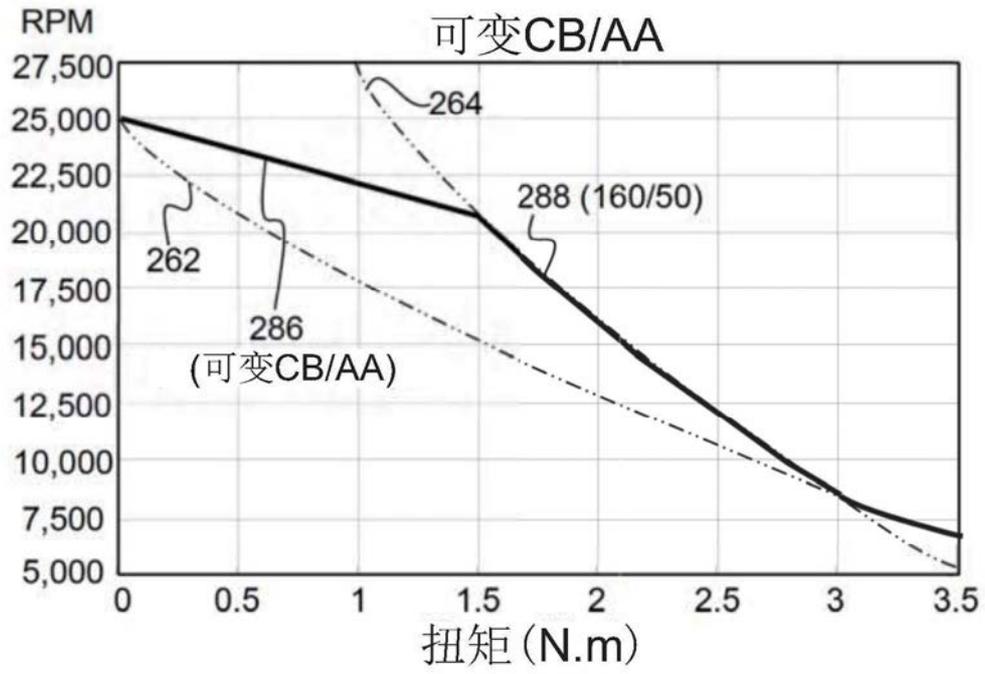


图13G

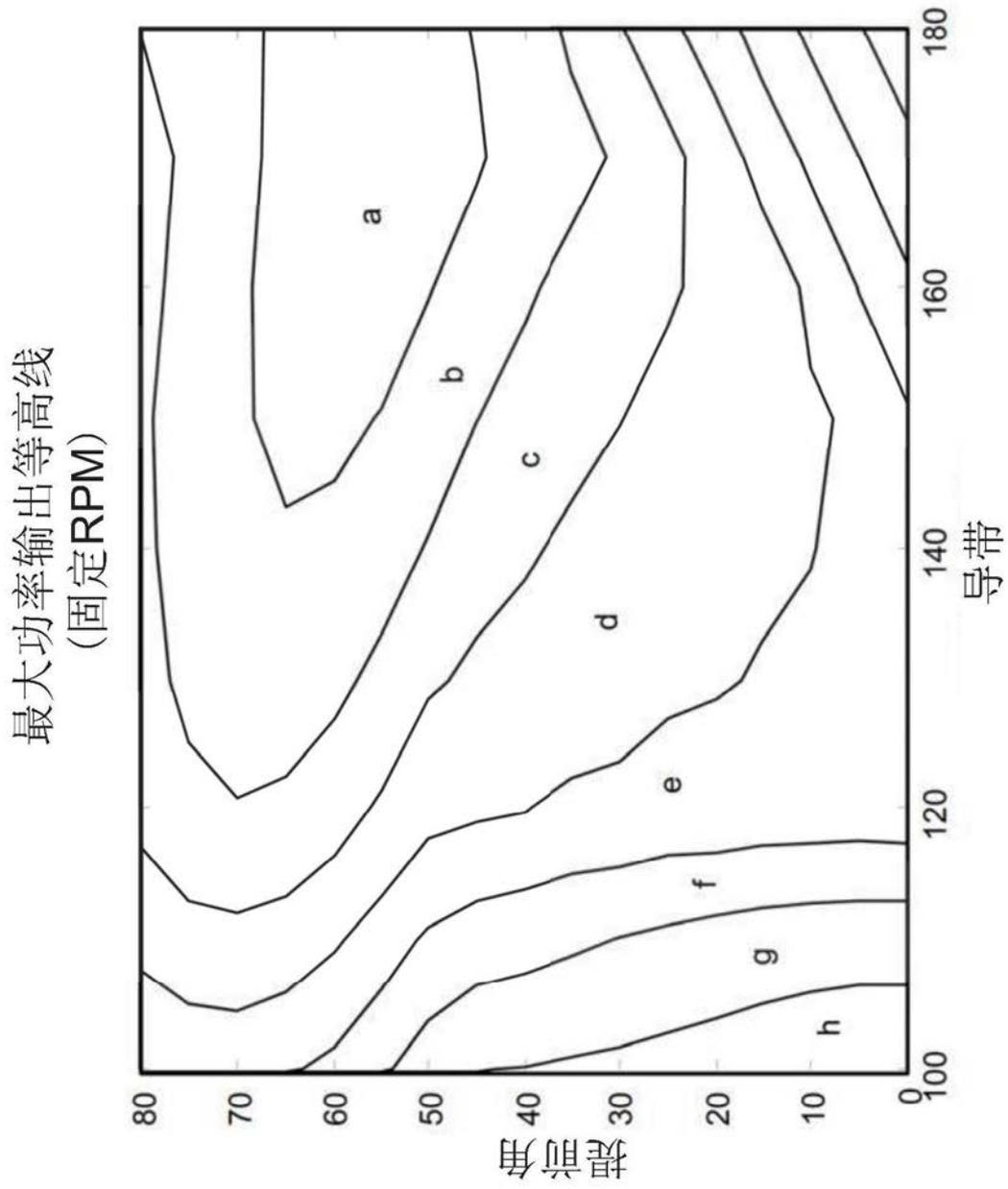


图14A

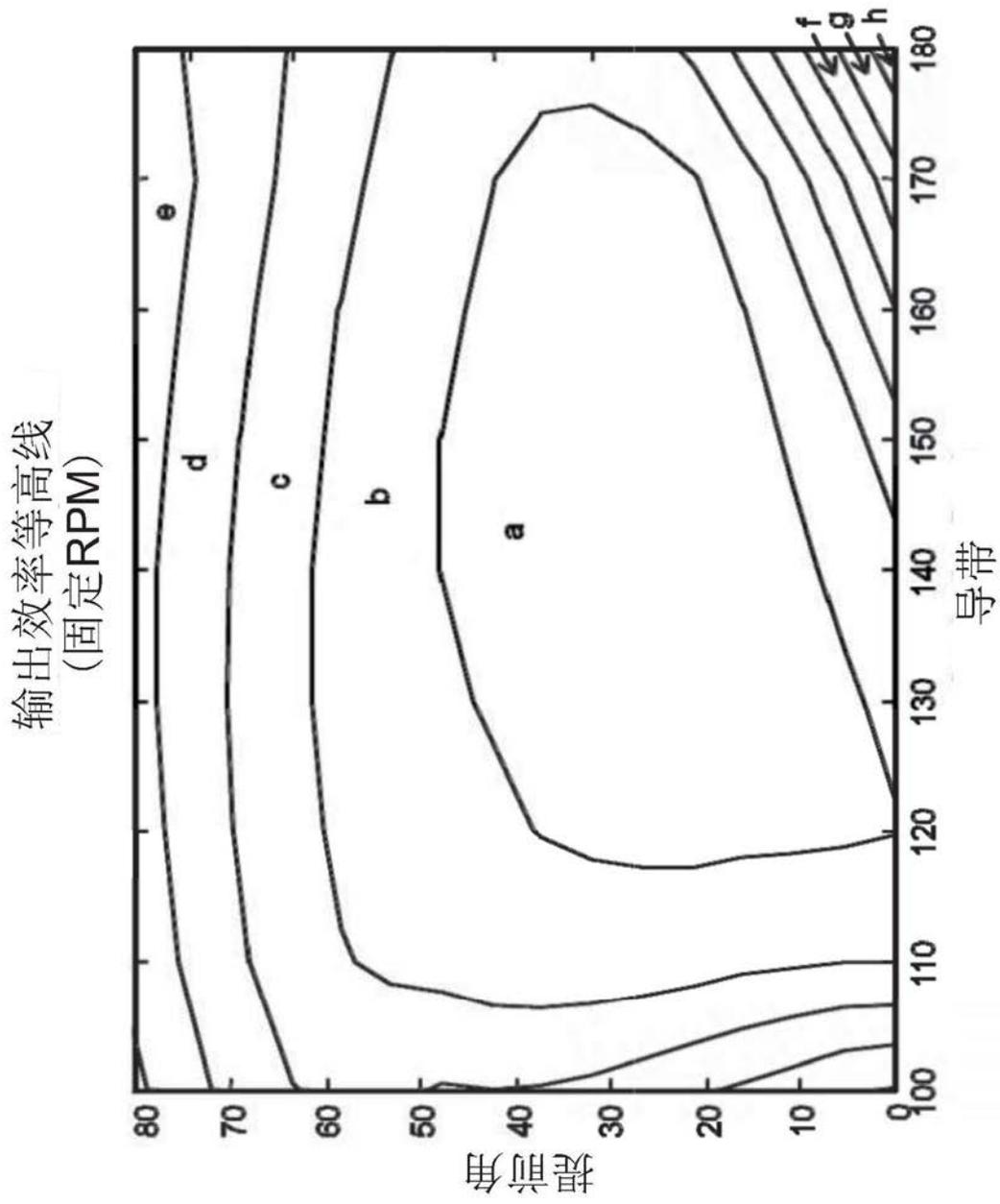


图14B

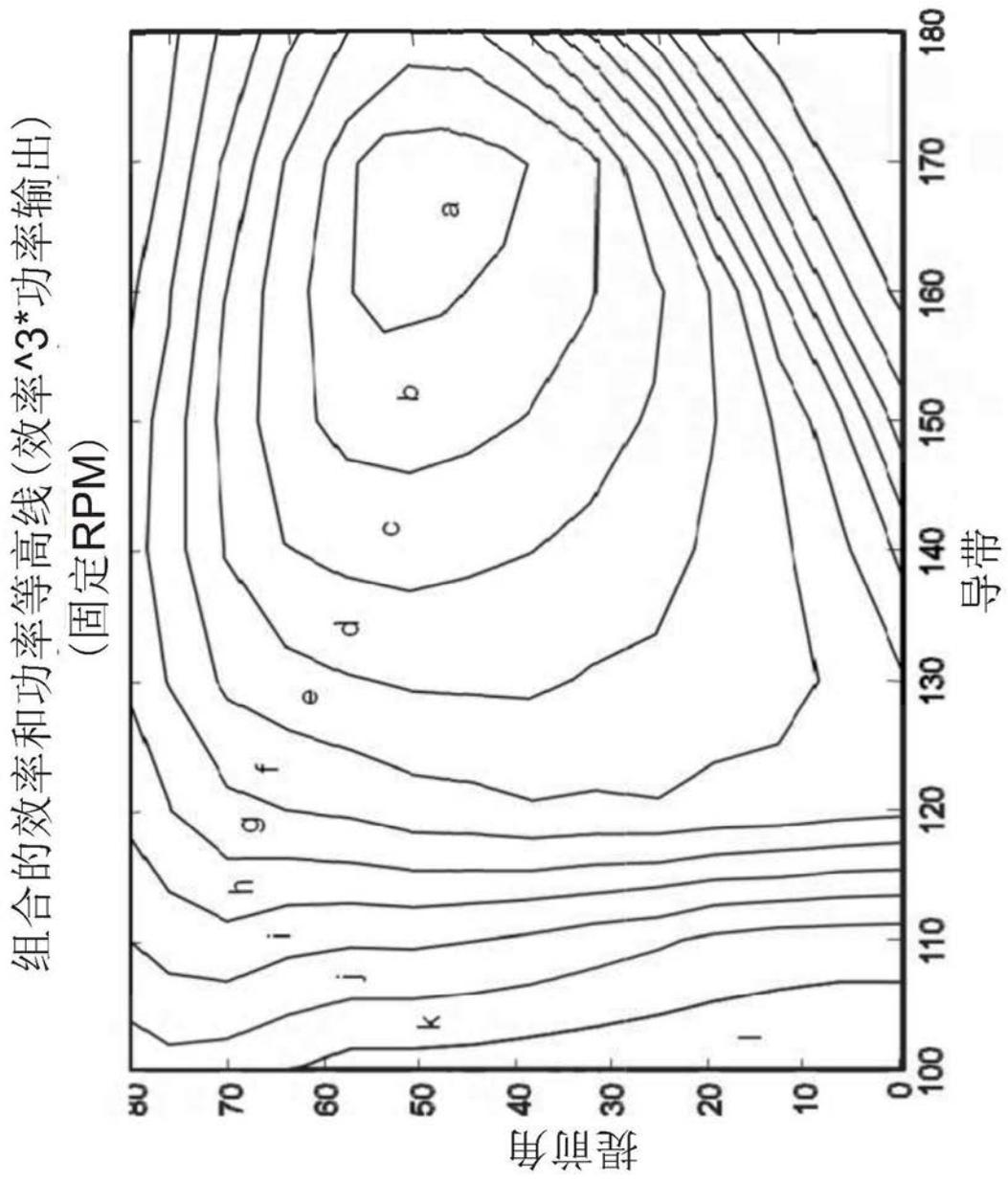


图14C

组合的效率和功率等高线
(各种输入电压电平)

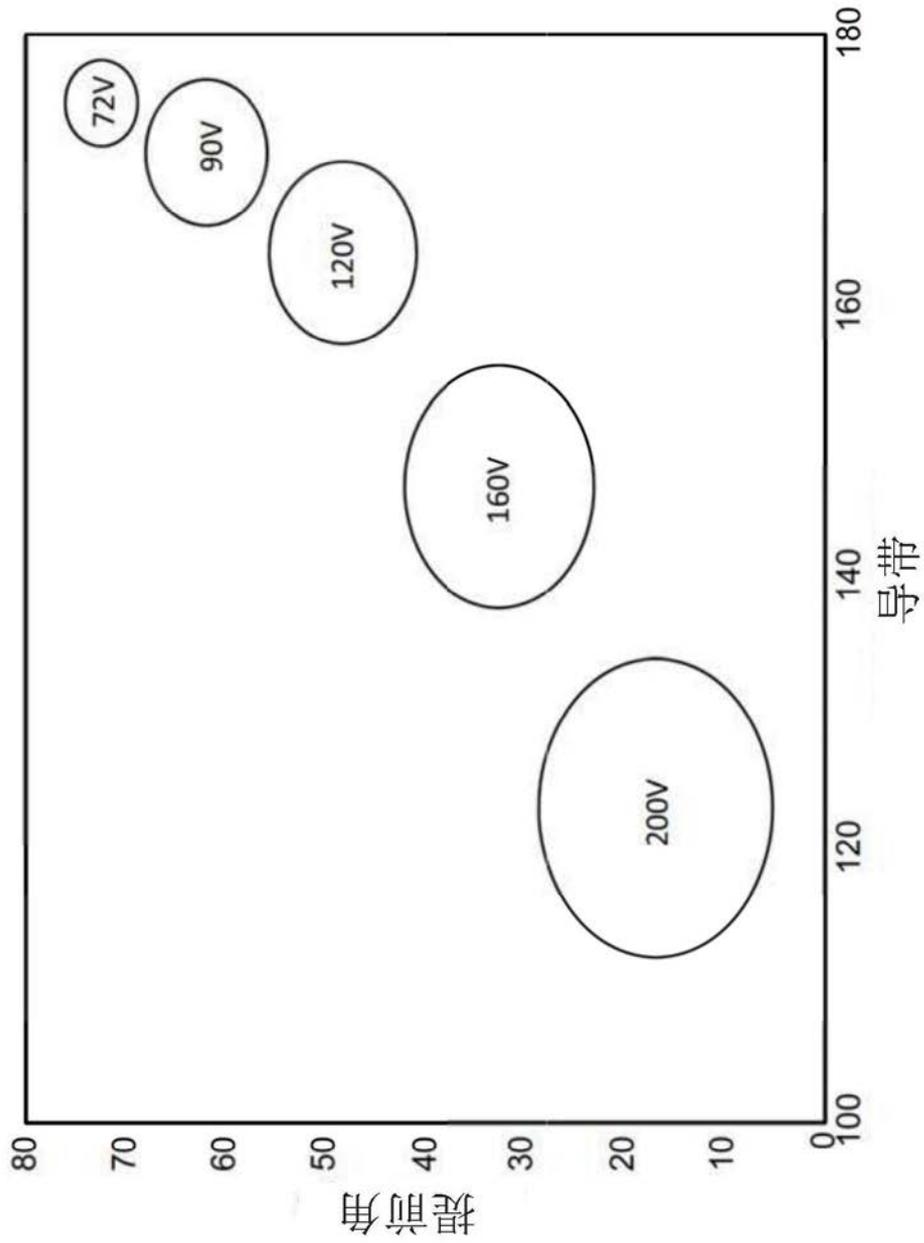


图14D

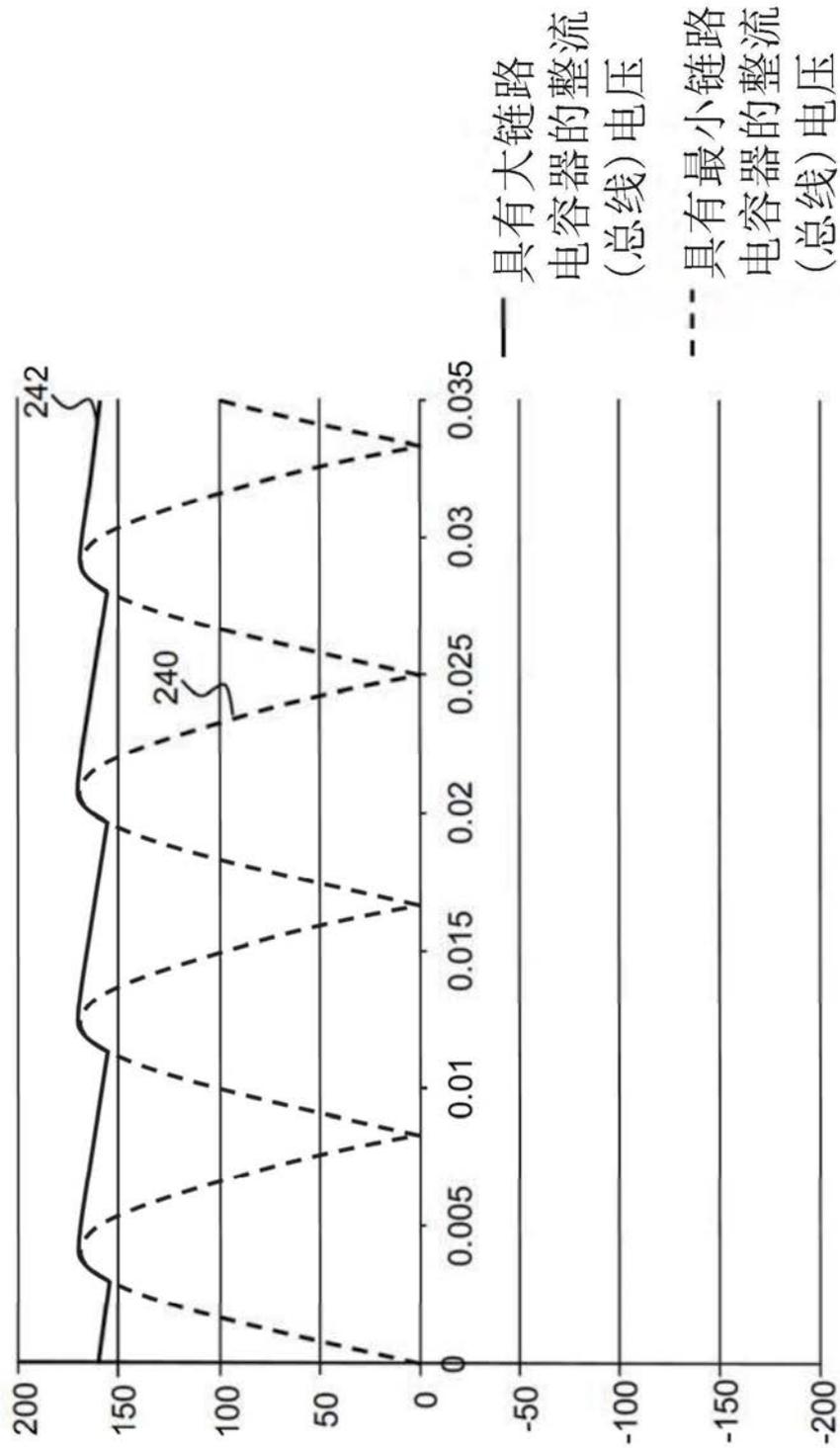


图15A

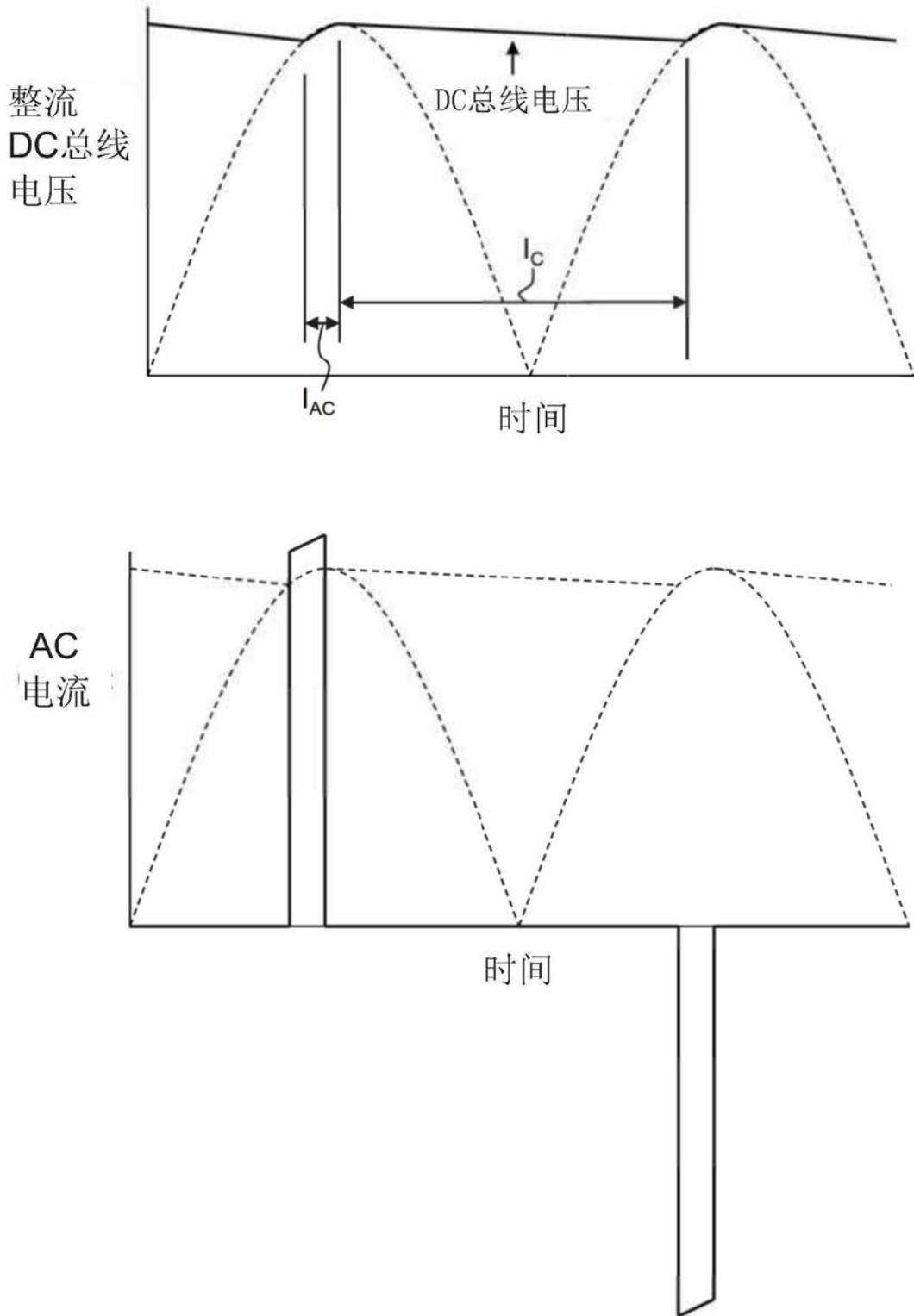


图15B

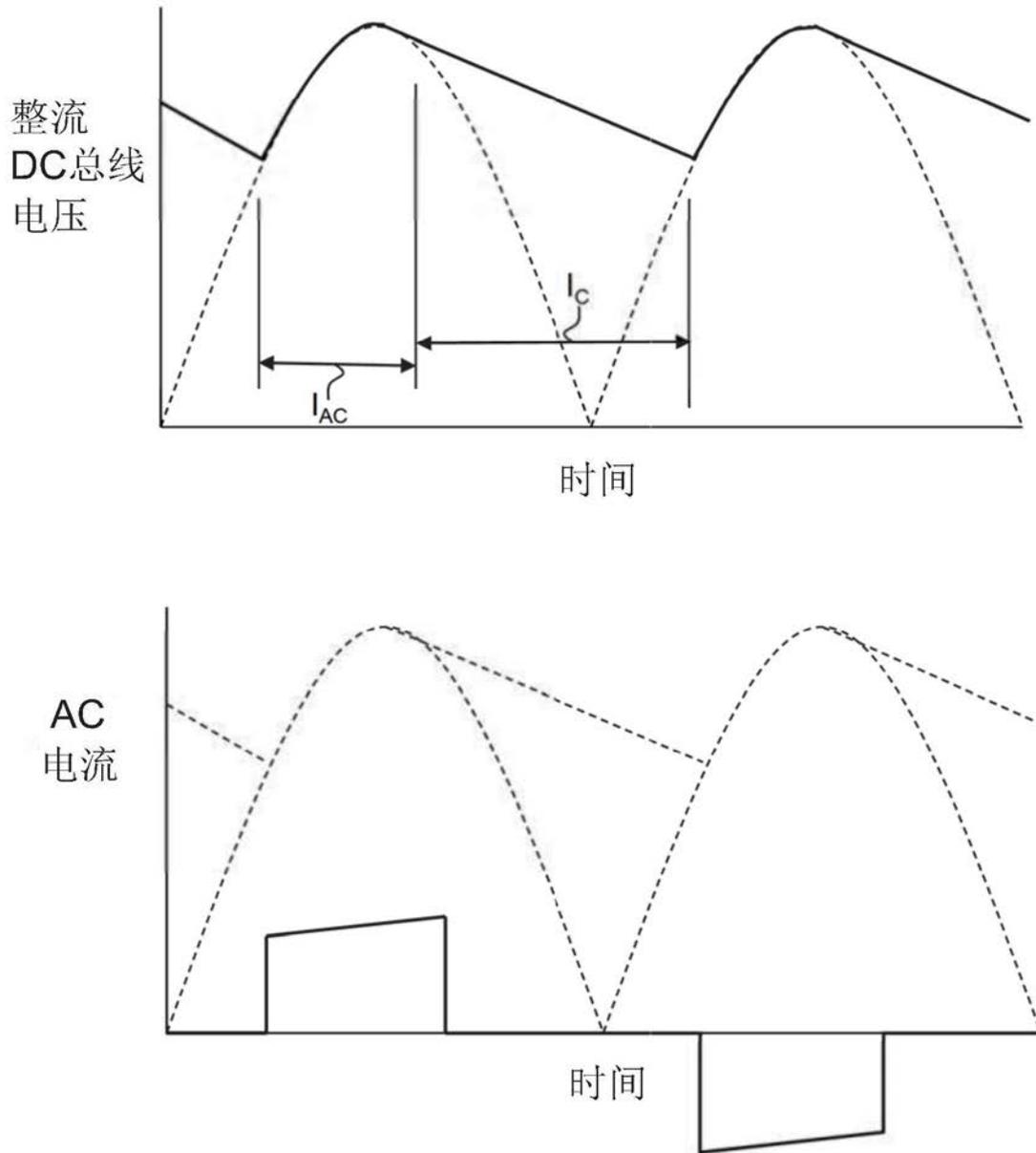


图15C

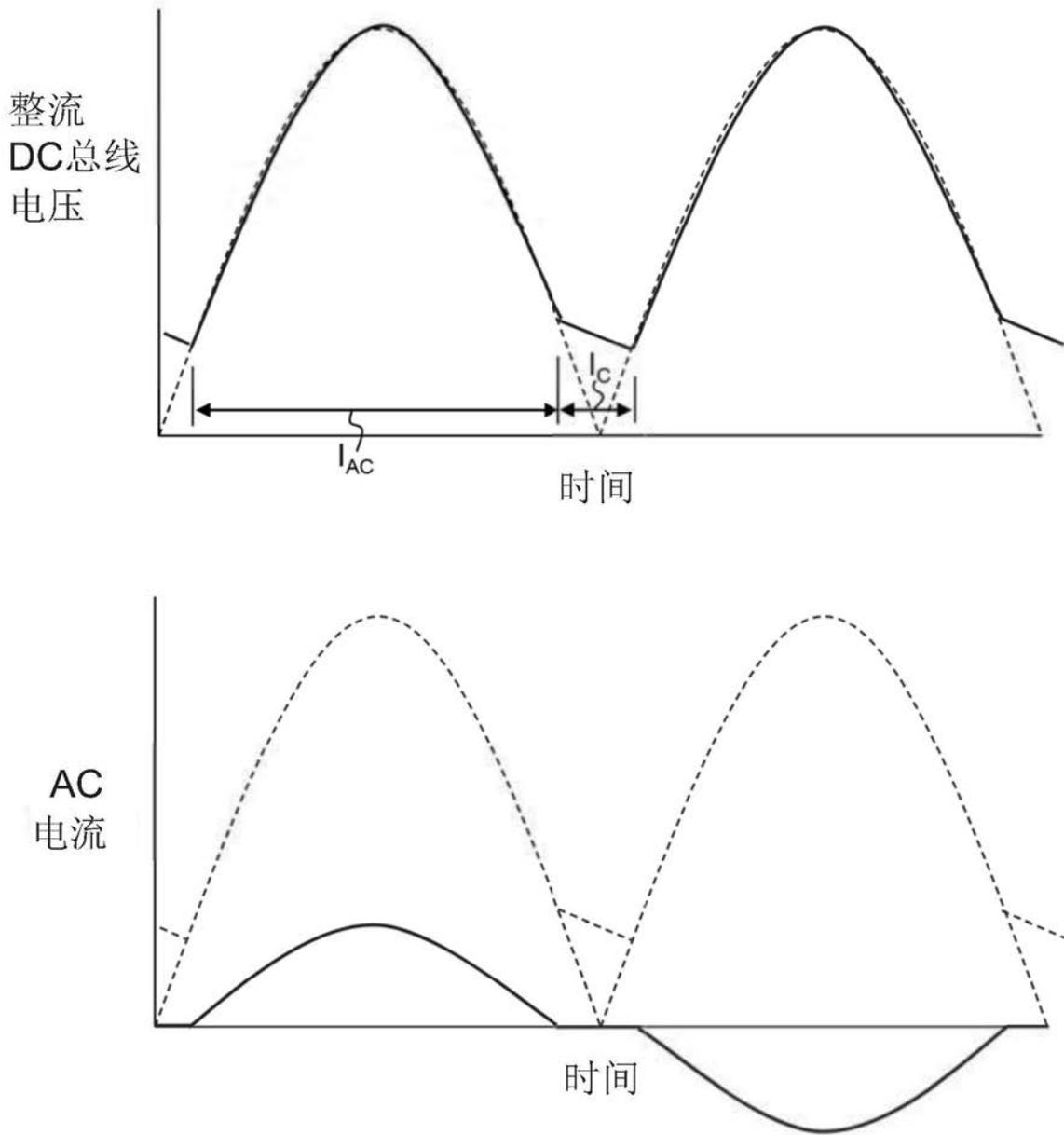


图15D

作为DC总线电容和RMS AC输入电流的函数的桥式整流器的输出功率(对于120VAC/60Hz电源)

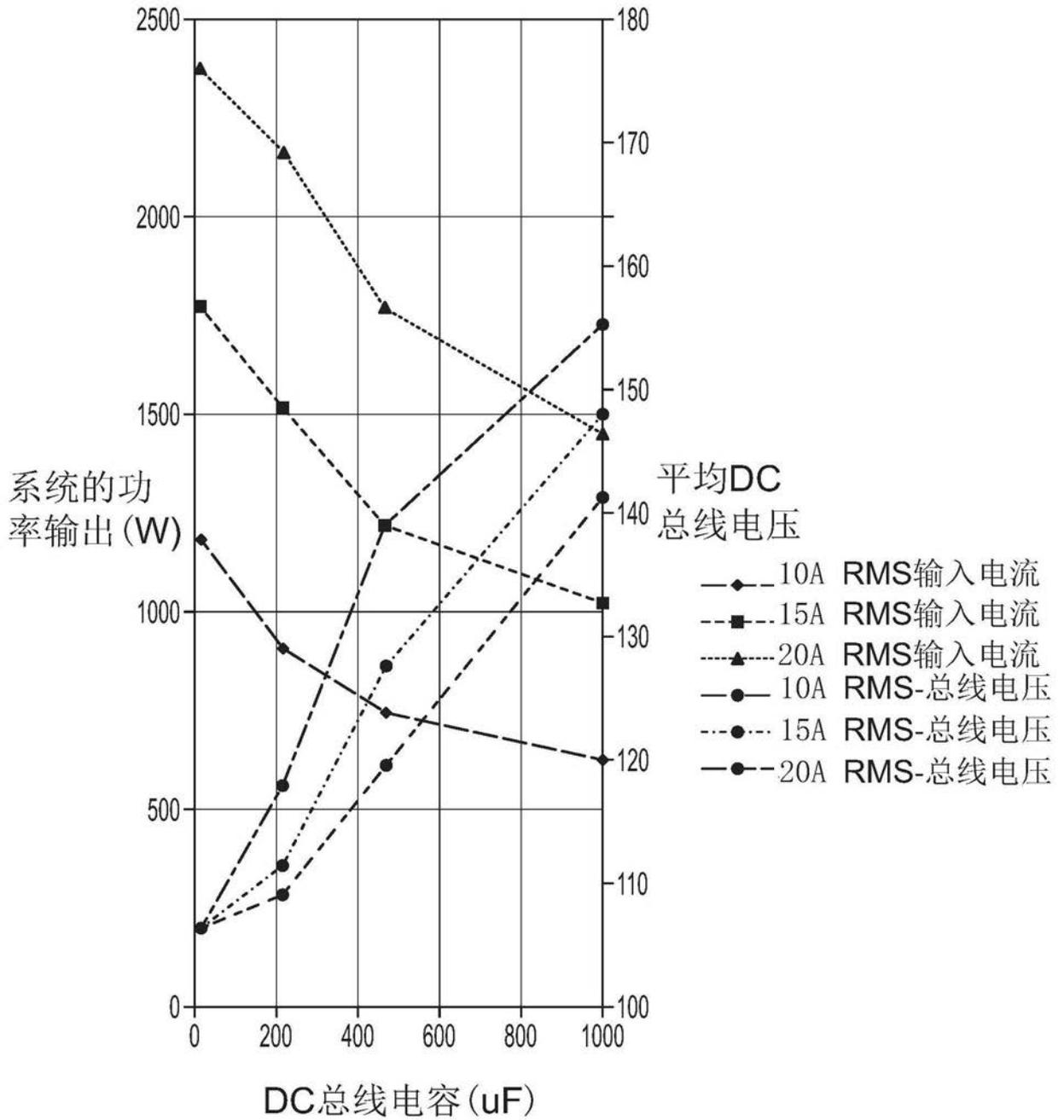


图15E

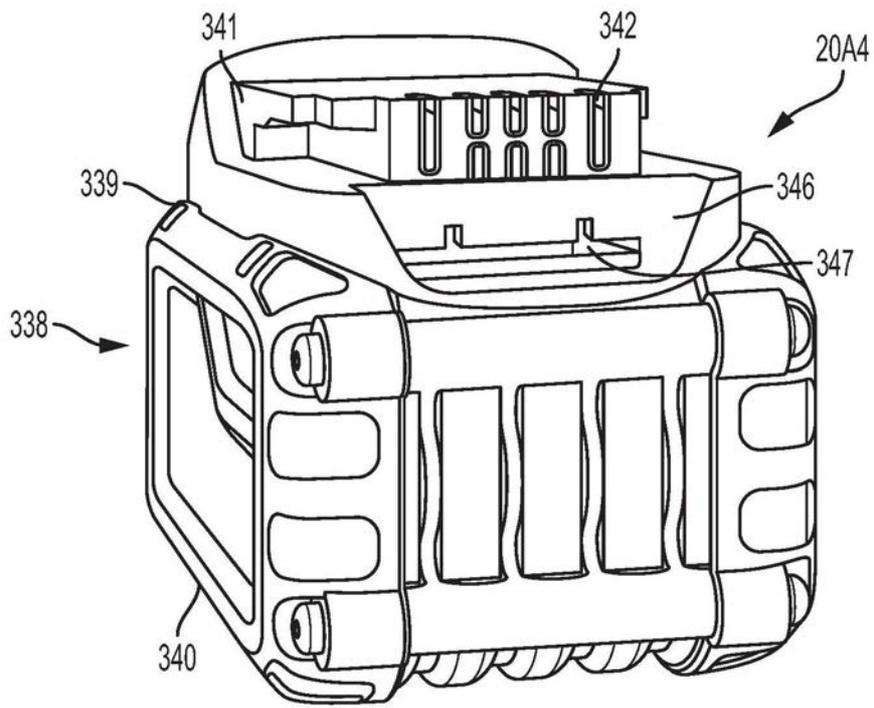


图16

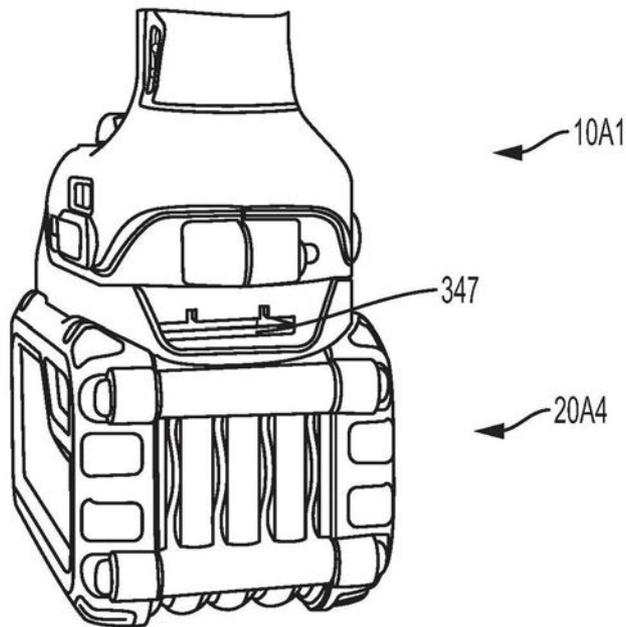


图17

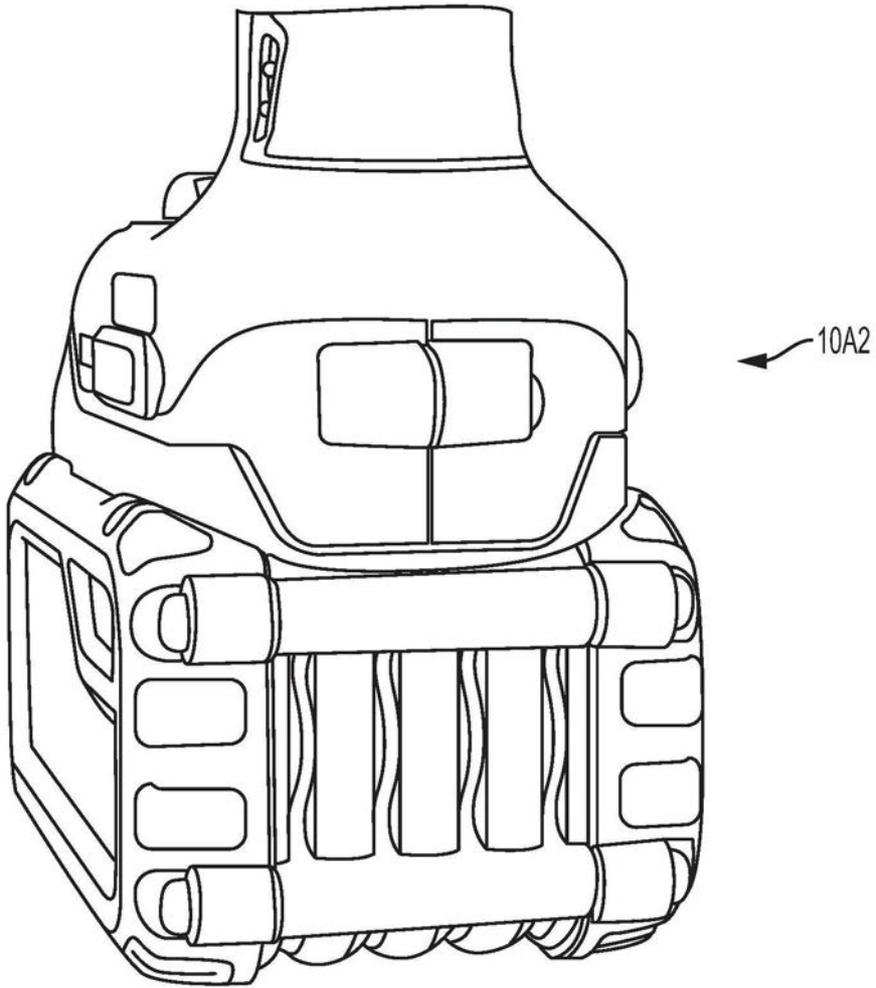


图18

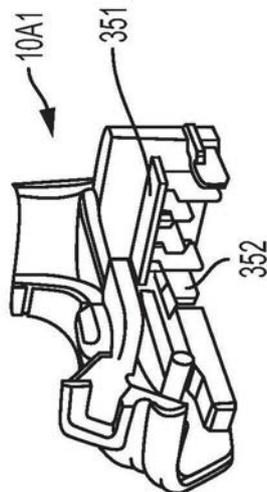


图19A

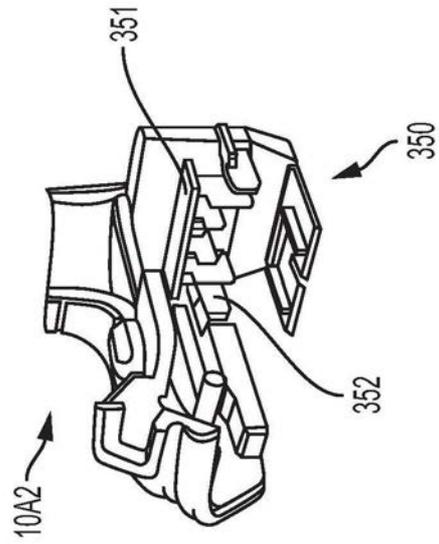


图19B

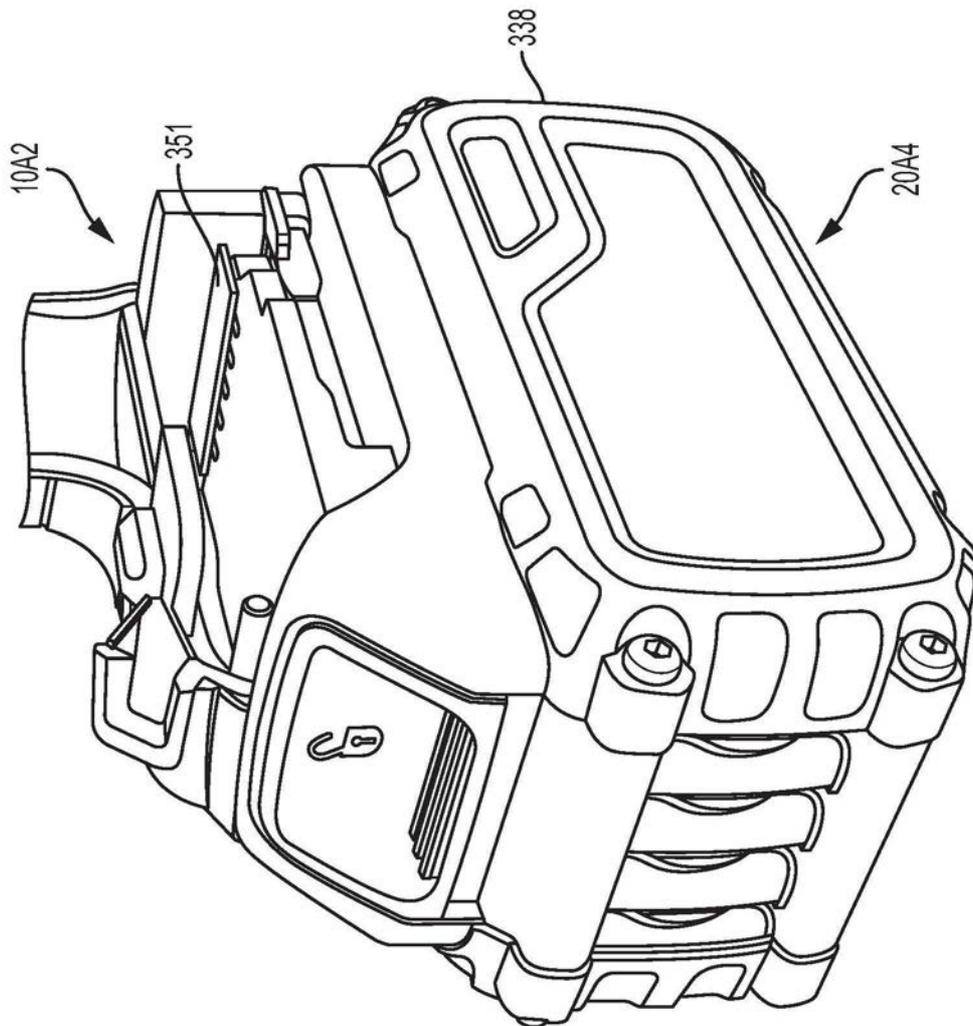


图20A

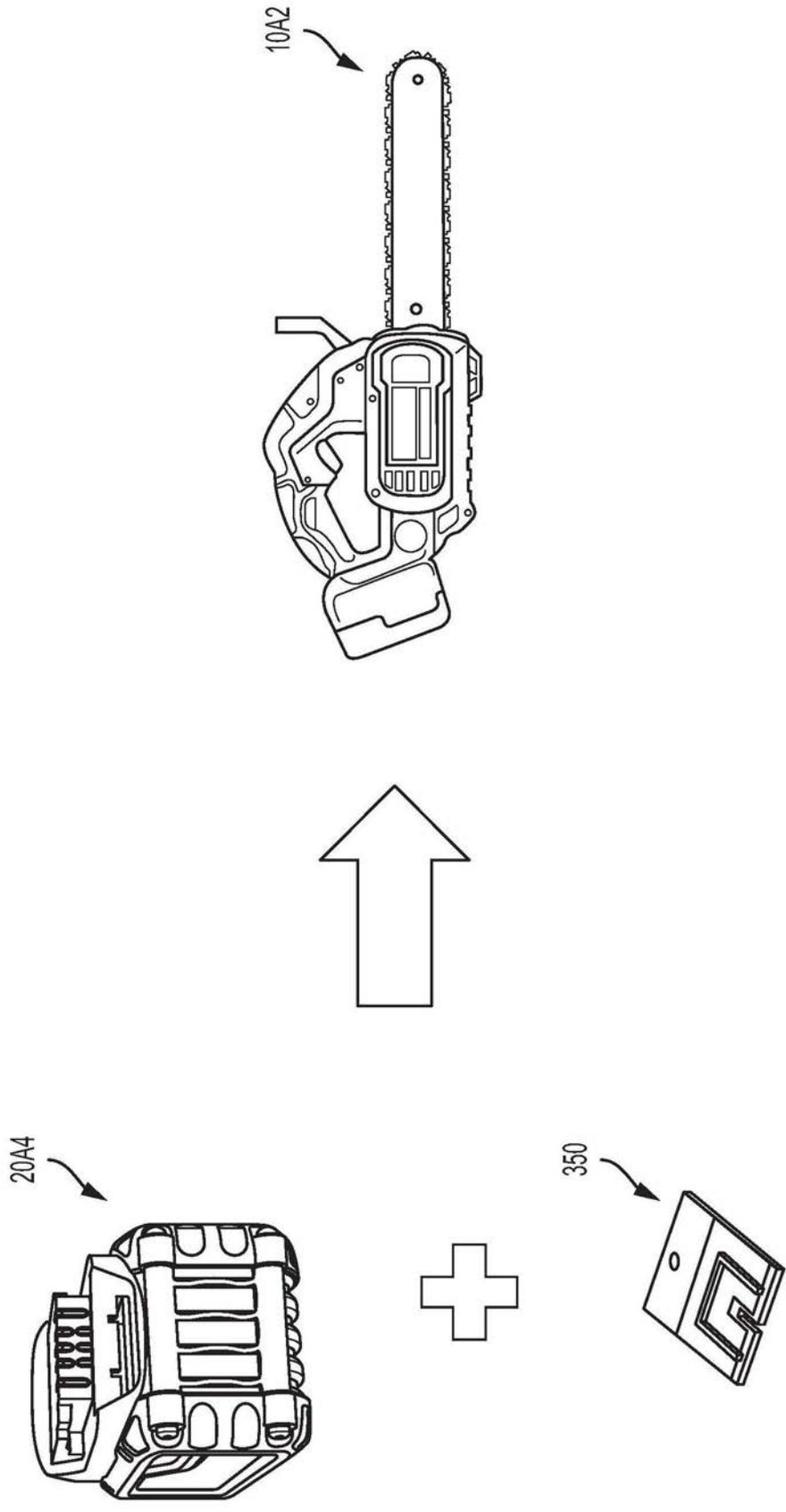


图20B

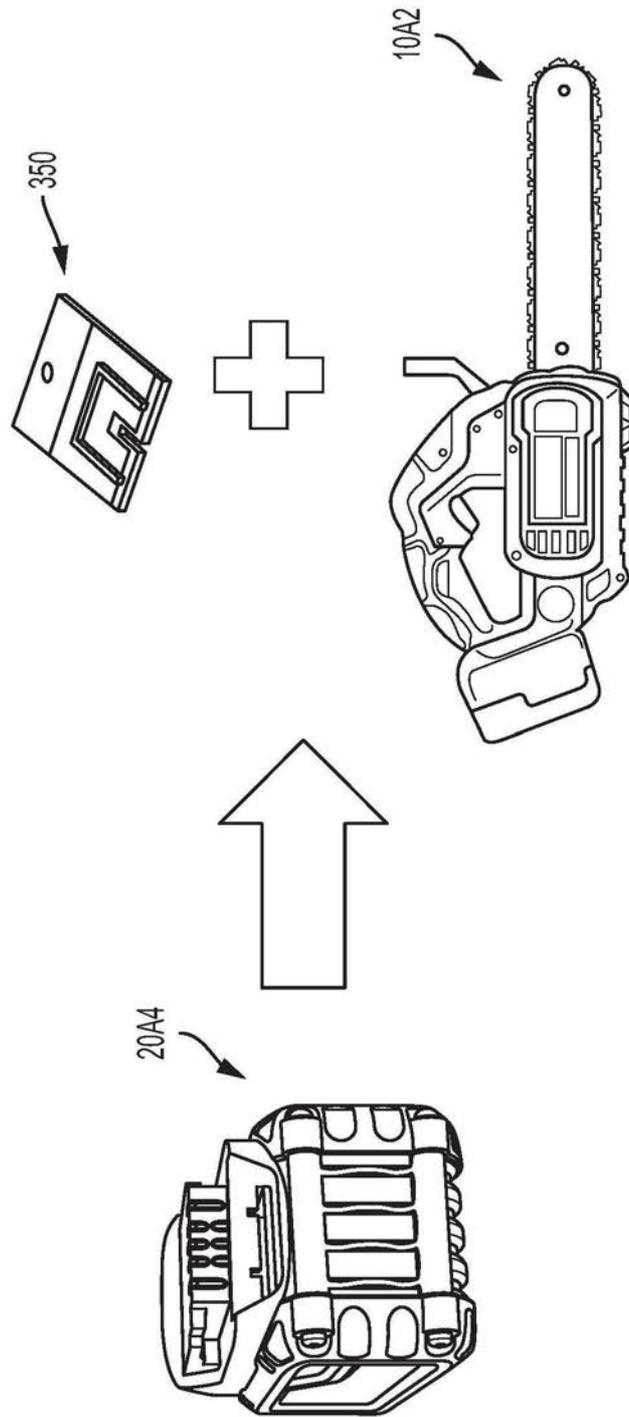


图20C

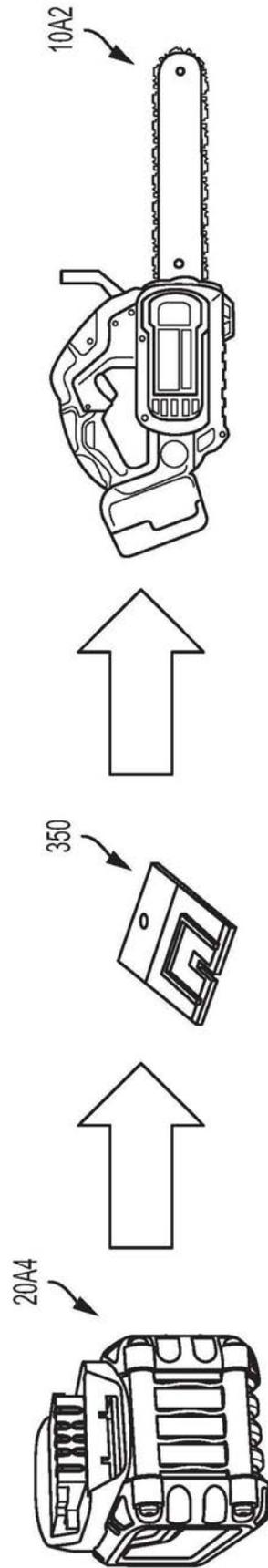


图20D

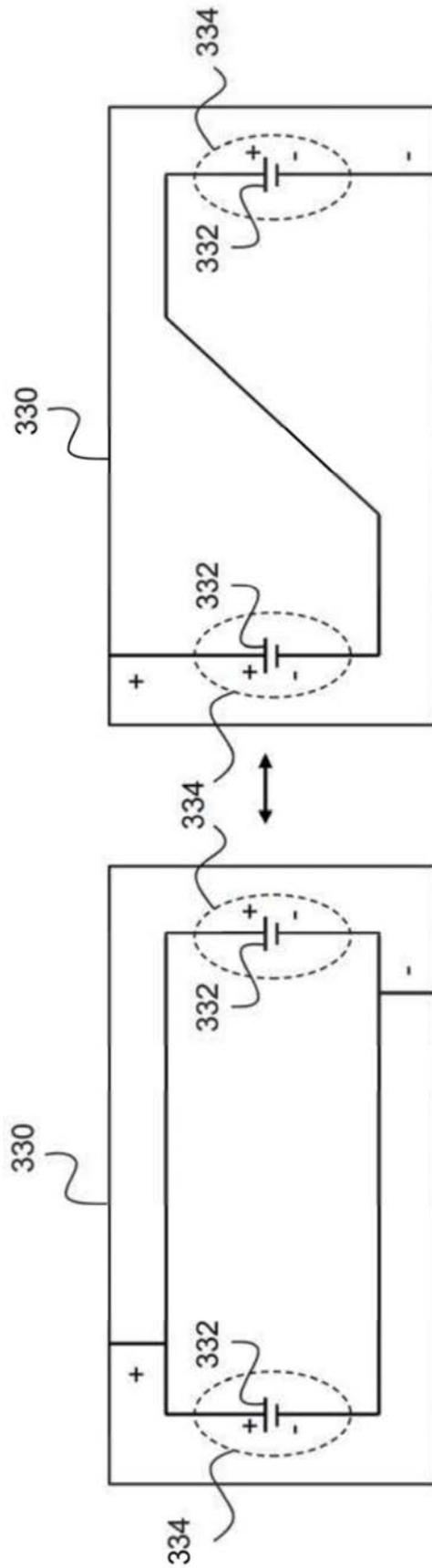


图21A

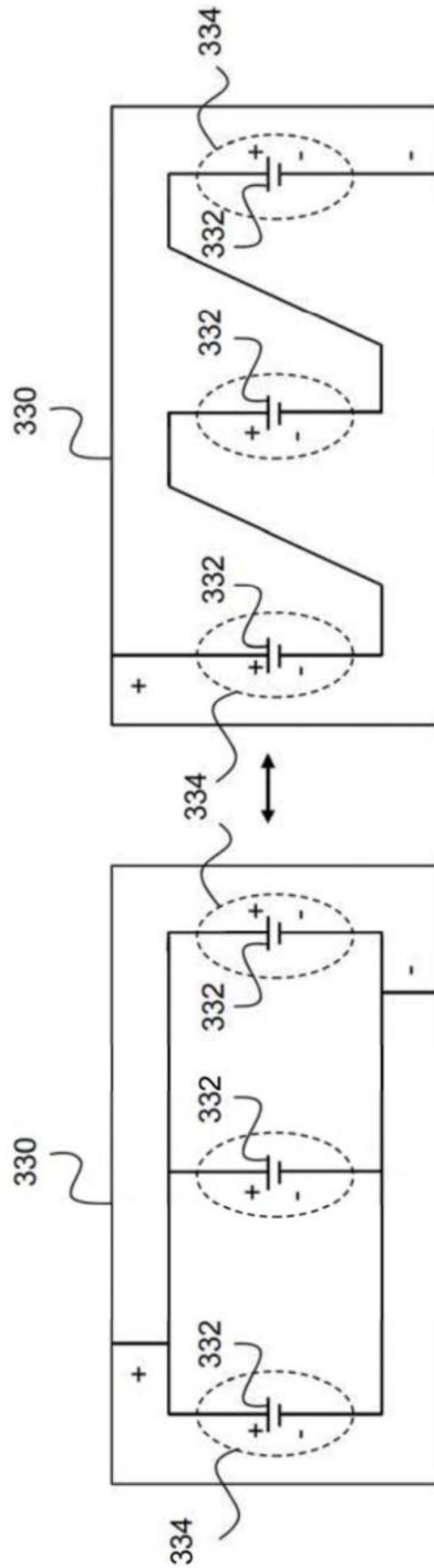


图21B

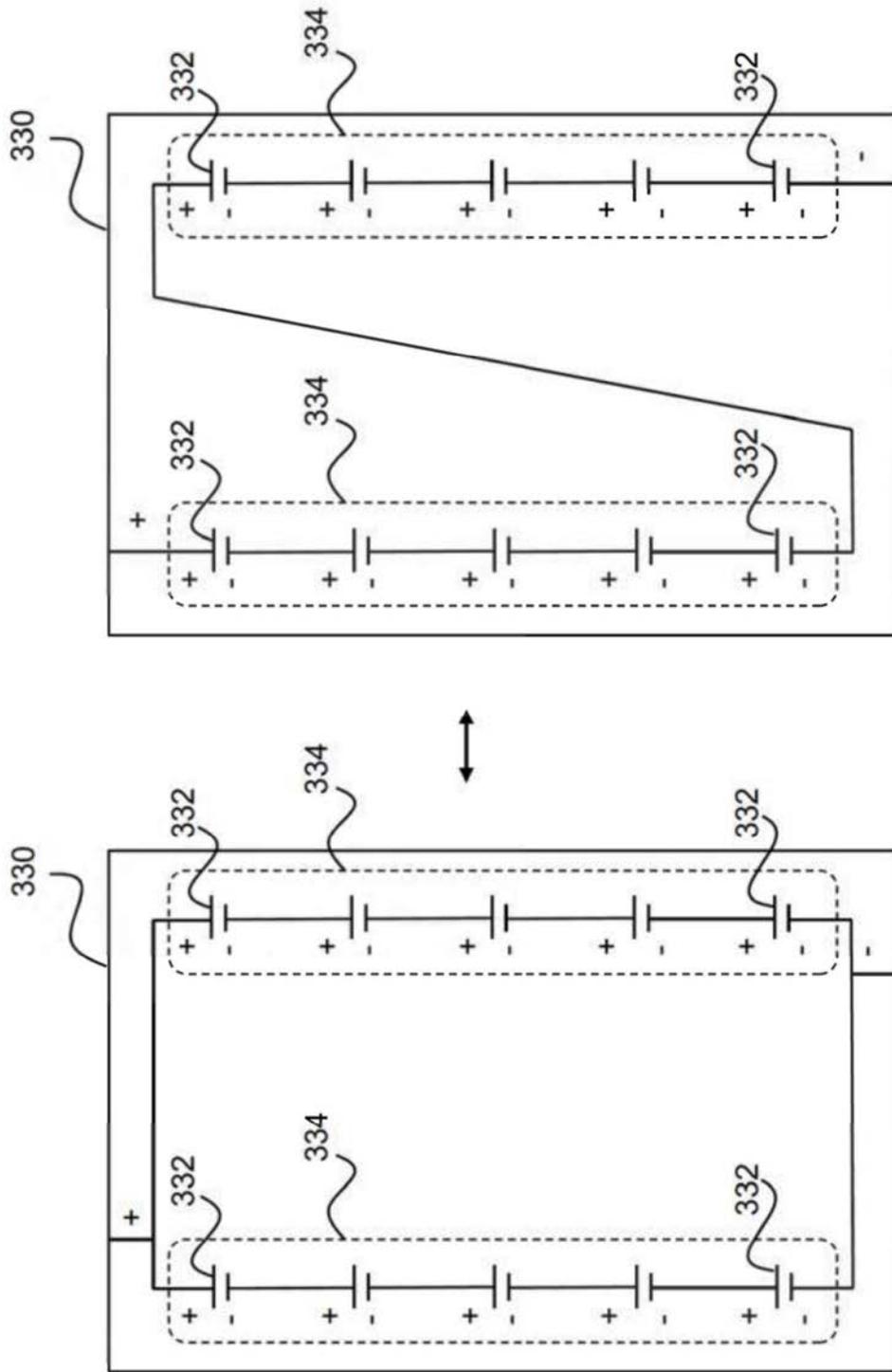


图21C

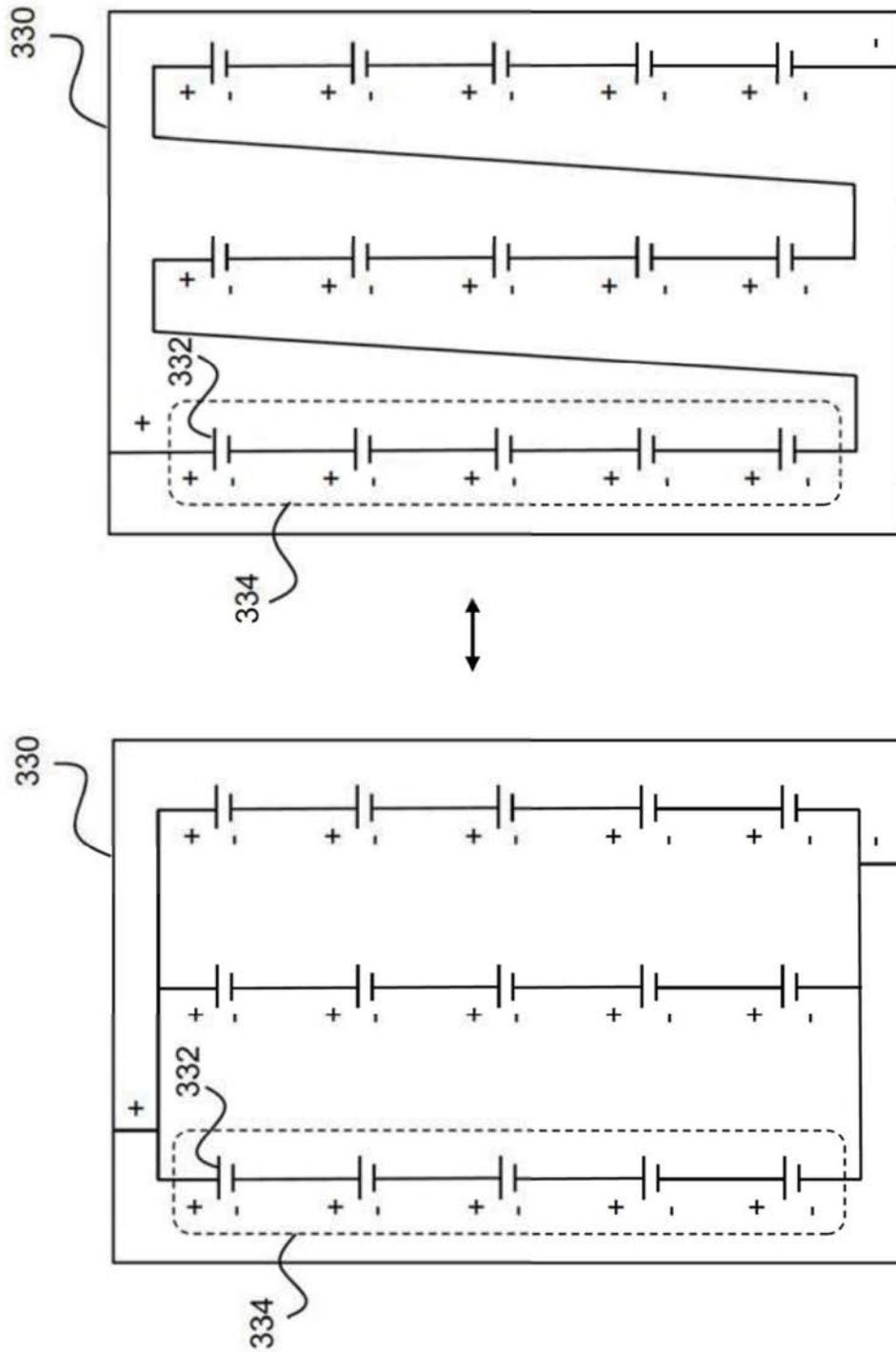


图21D

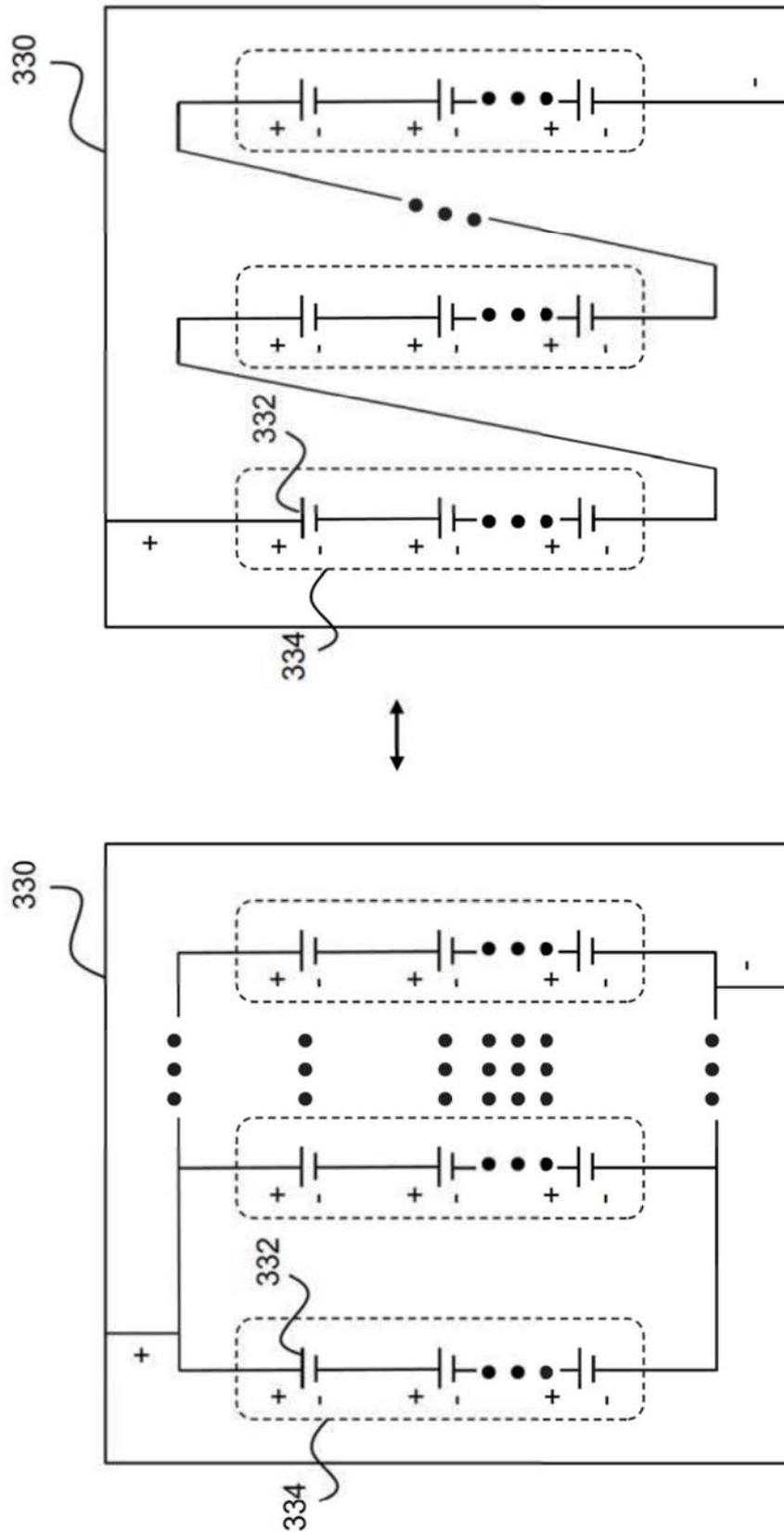


图21E

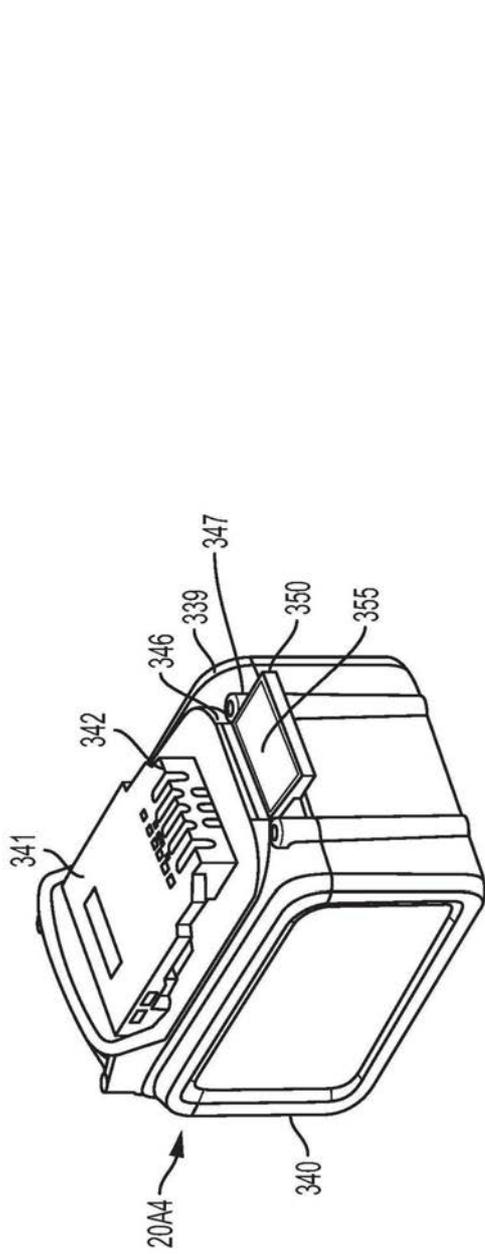


图22A

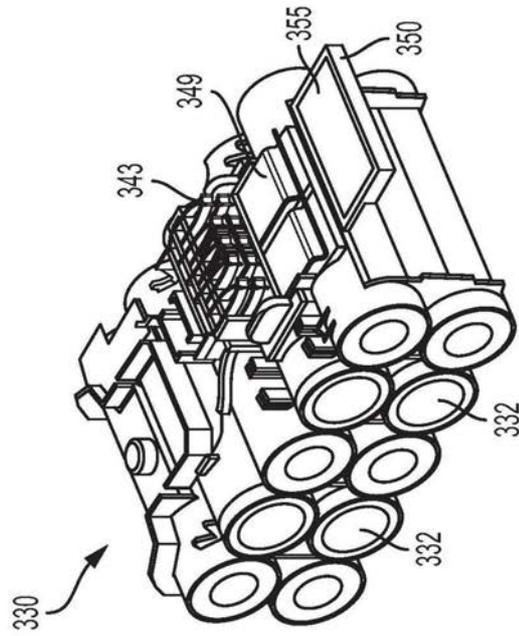


图22B

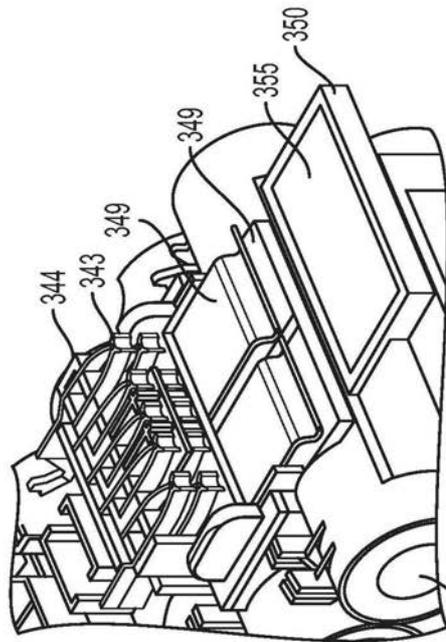


图22C

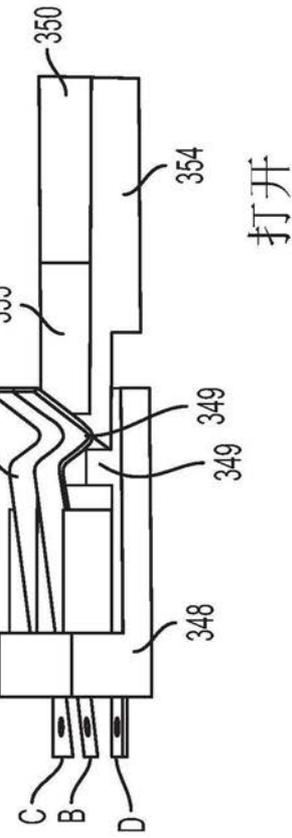
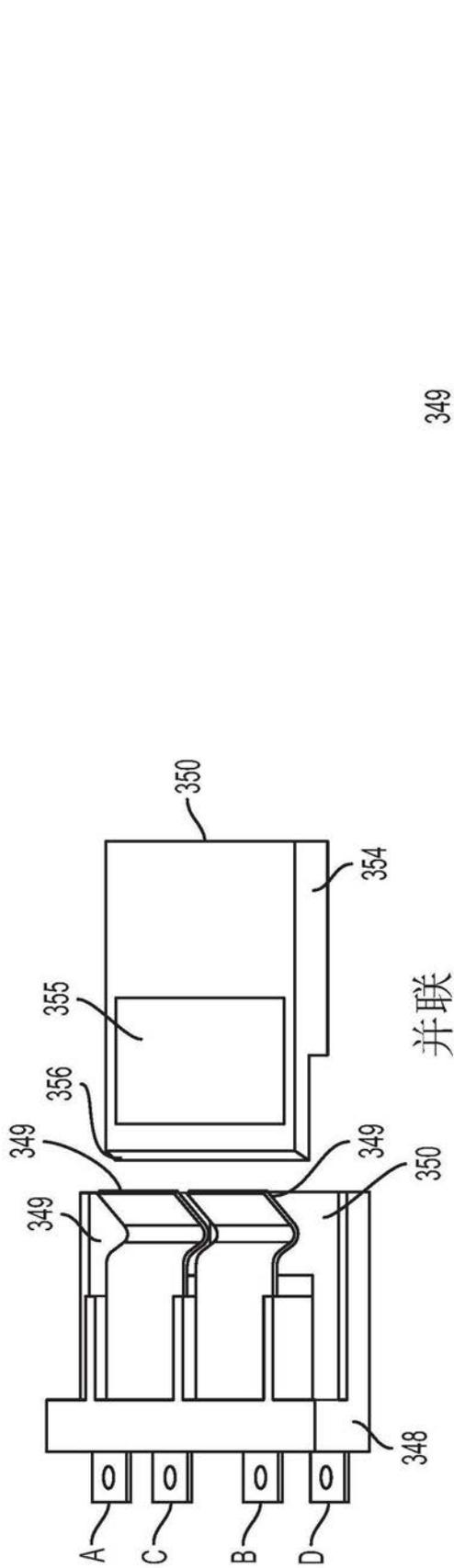


图23B

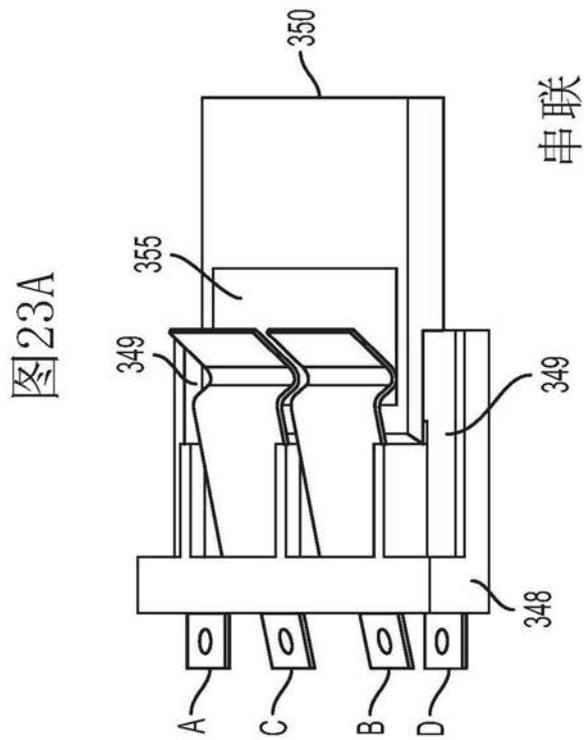


图23C

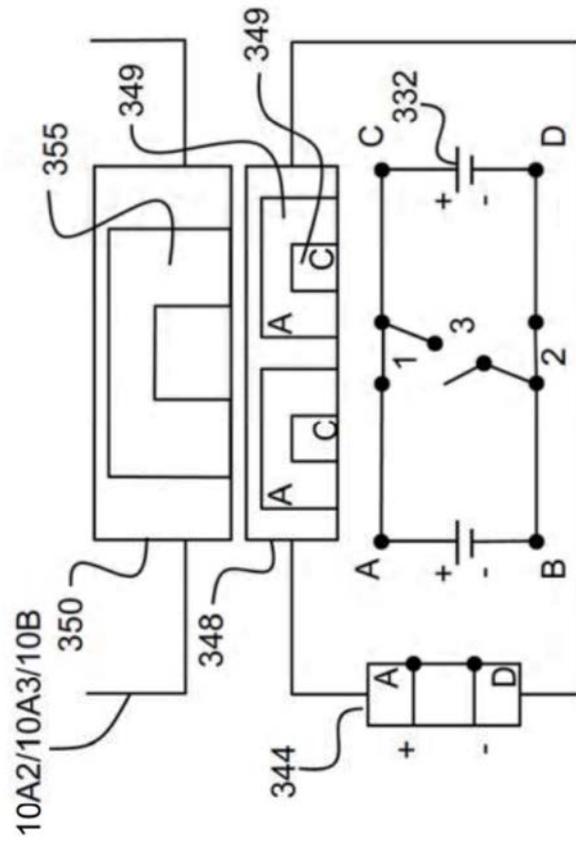


图24A

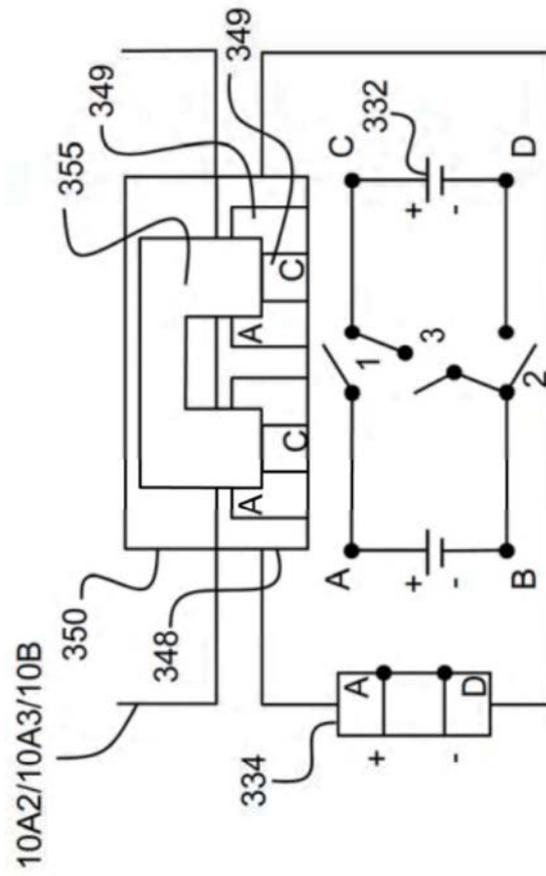


图24B

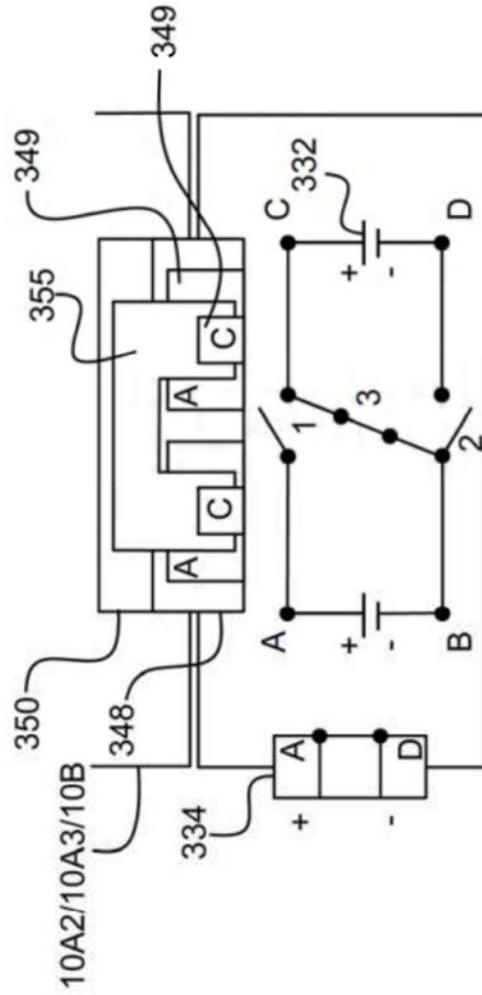


图24C

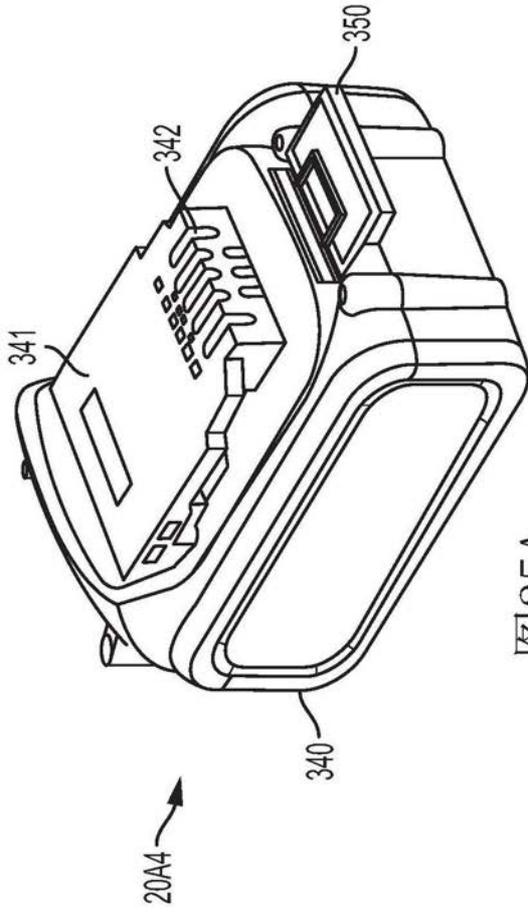


图25A

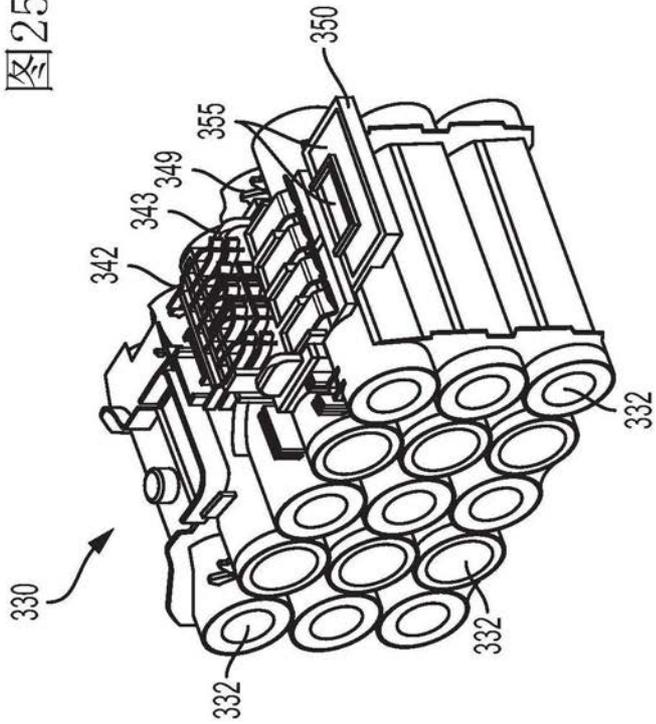


图25B

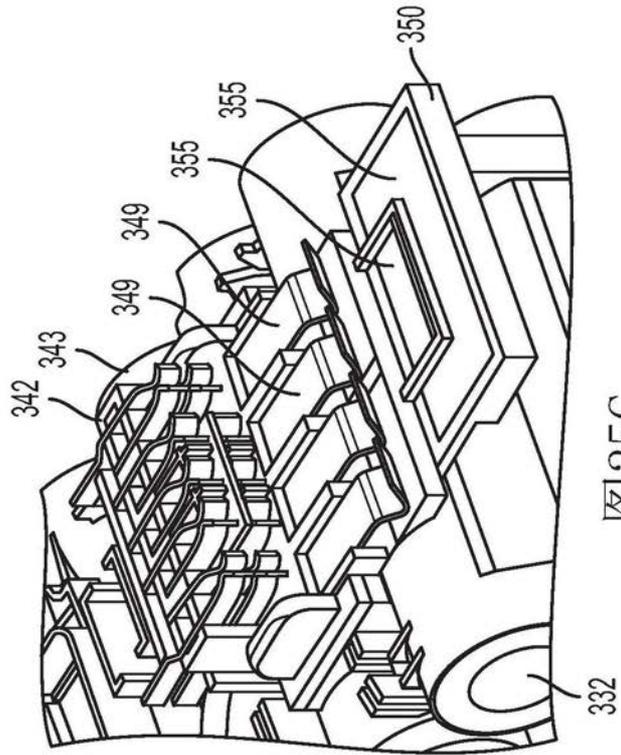


图25C

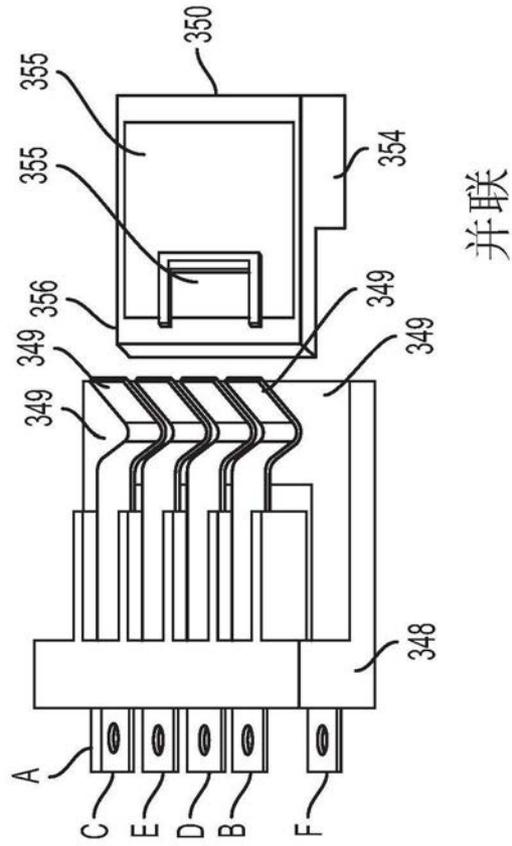


图26A

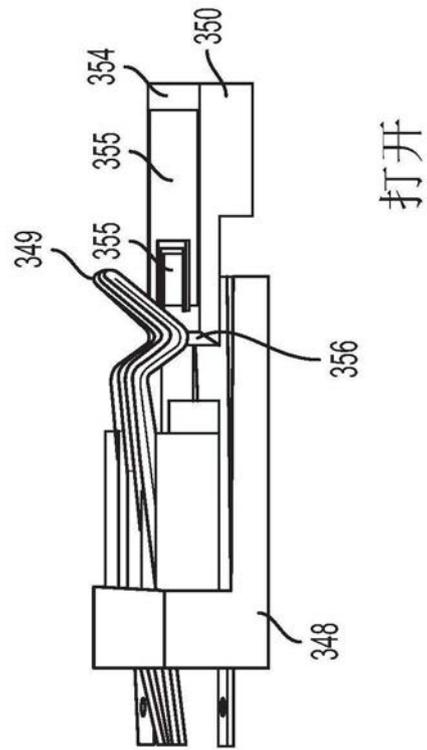


图26B

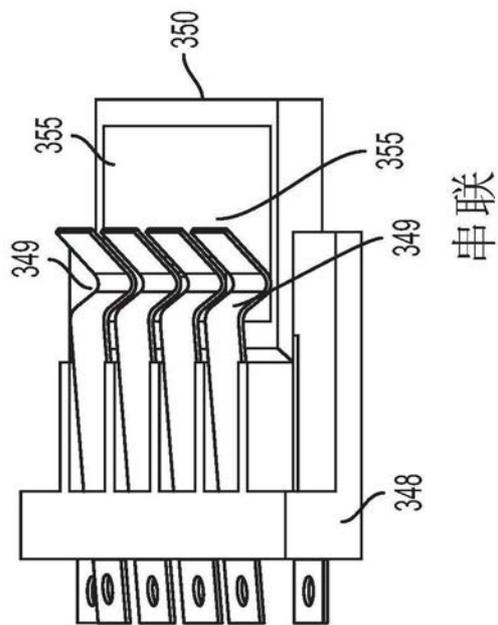


图26C

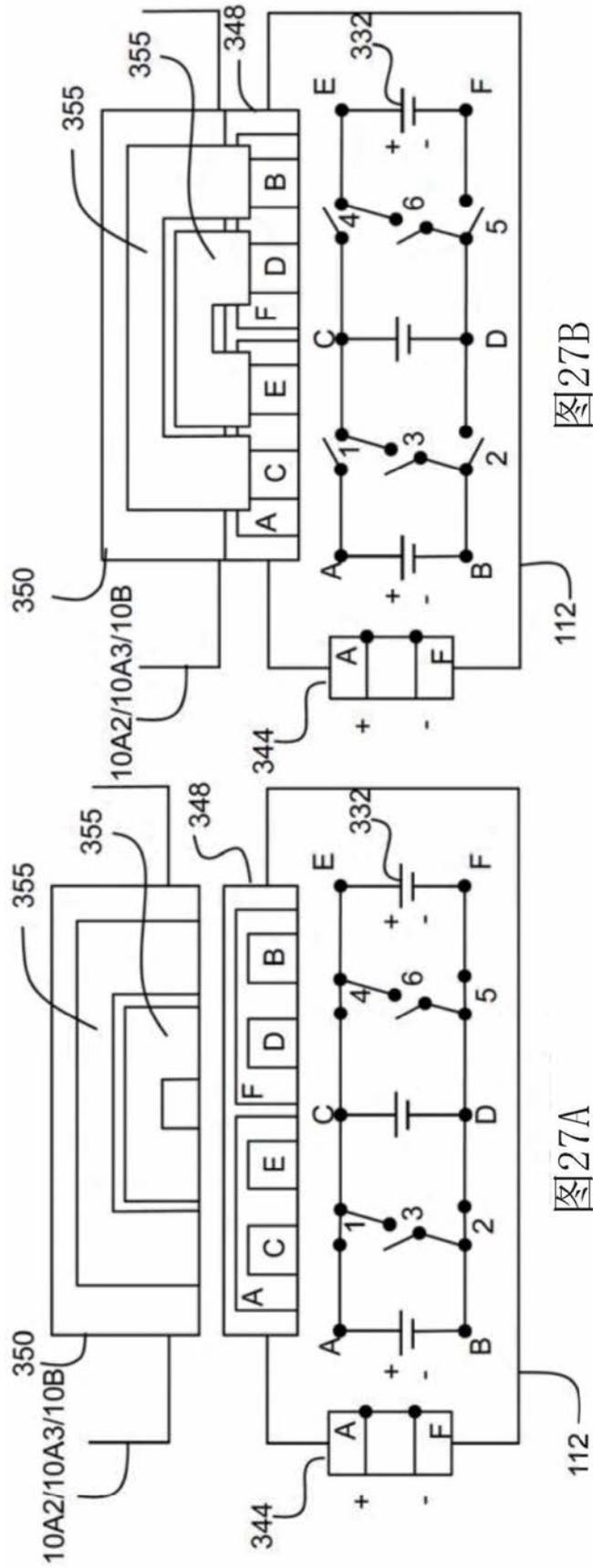


图27A

图27B

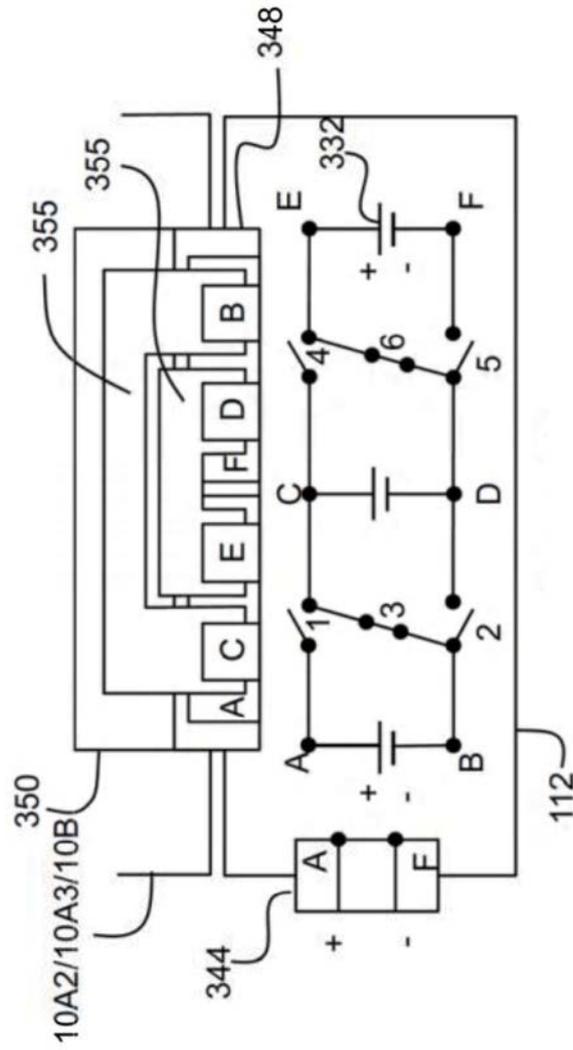


图27C

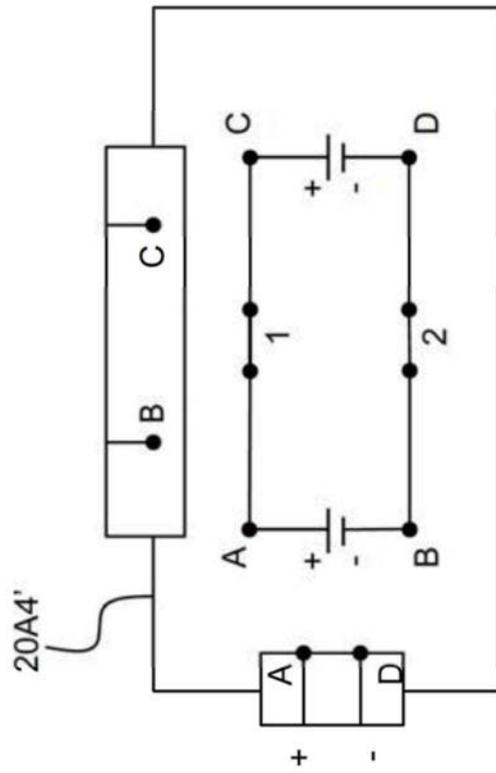


图28A

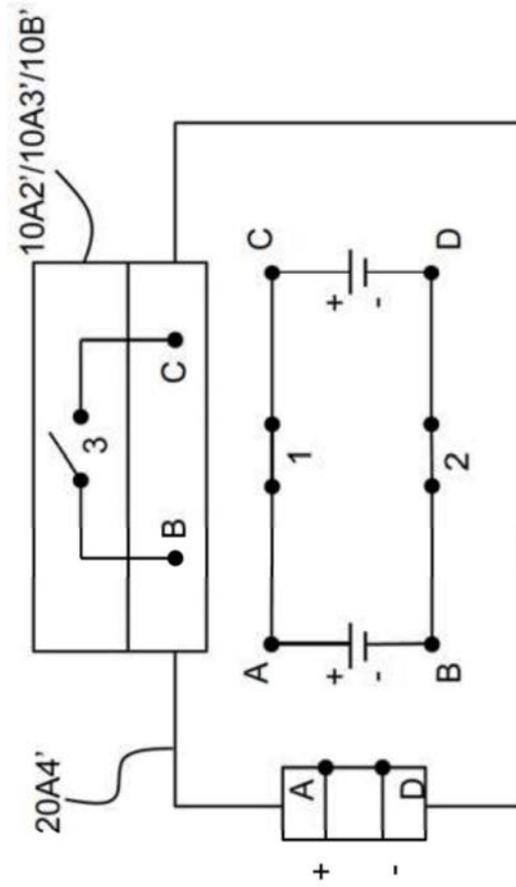


图28B

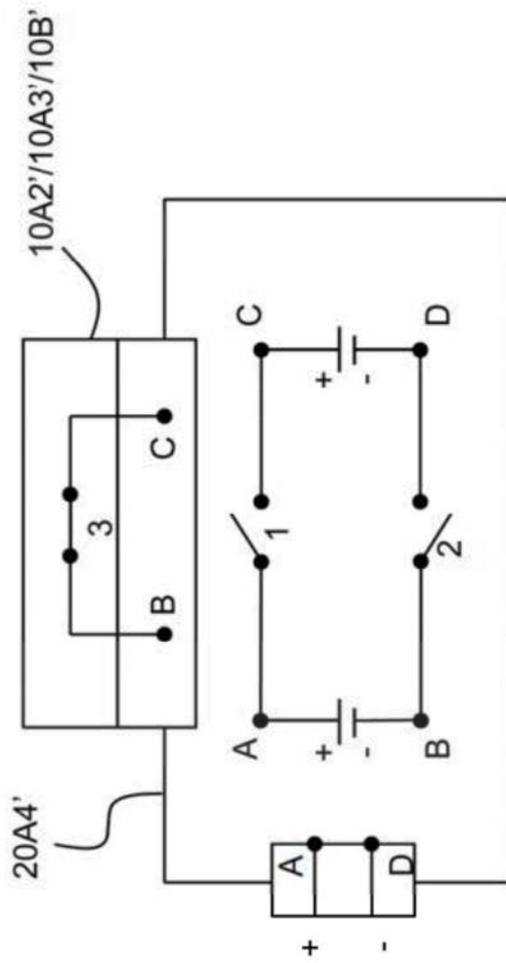


图28C

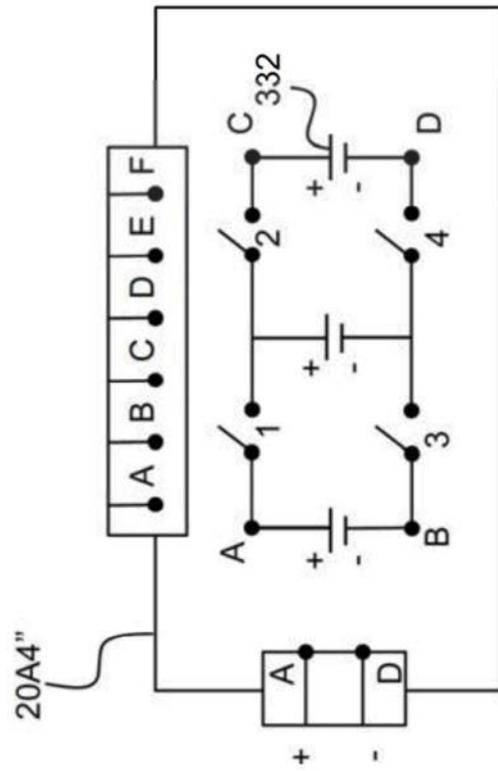


图29A

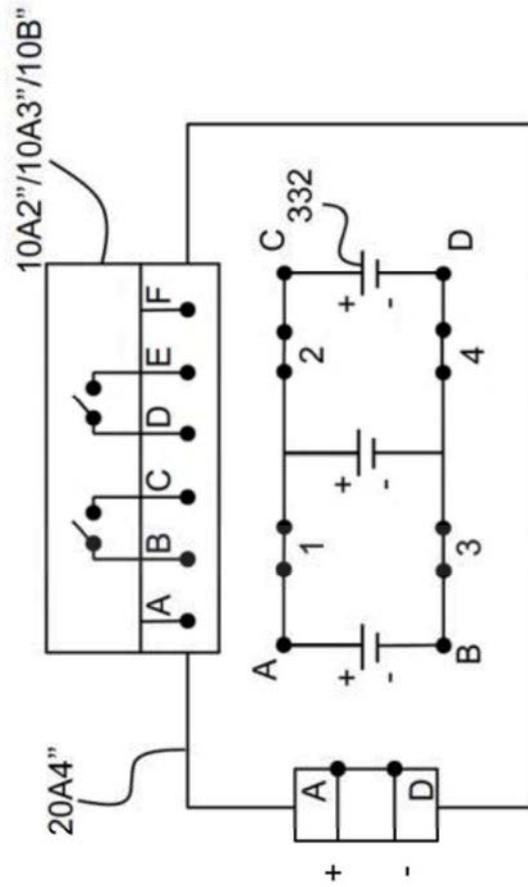


图29B

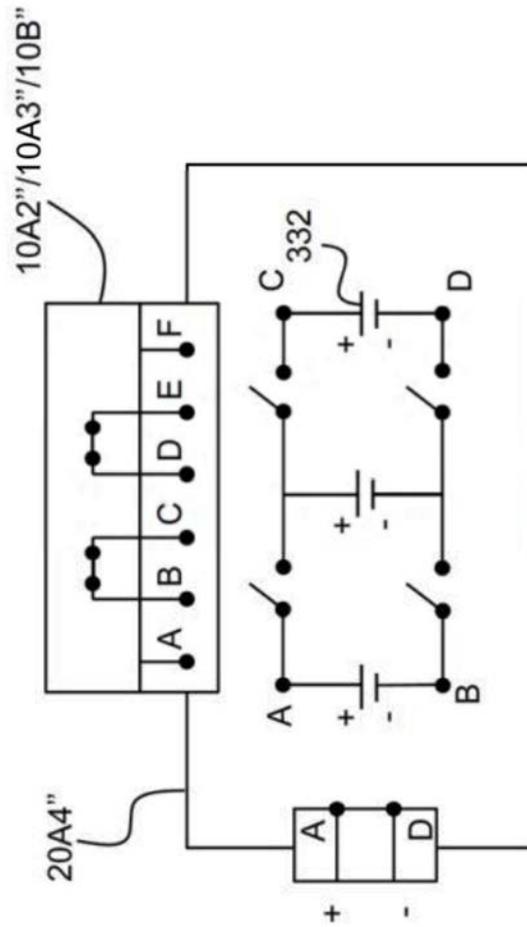


图29C

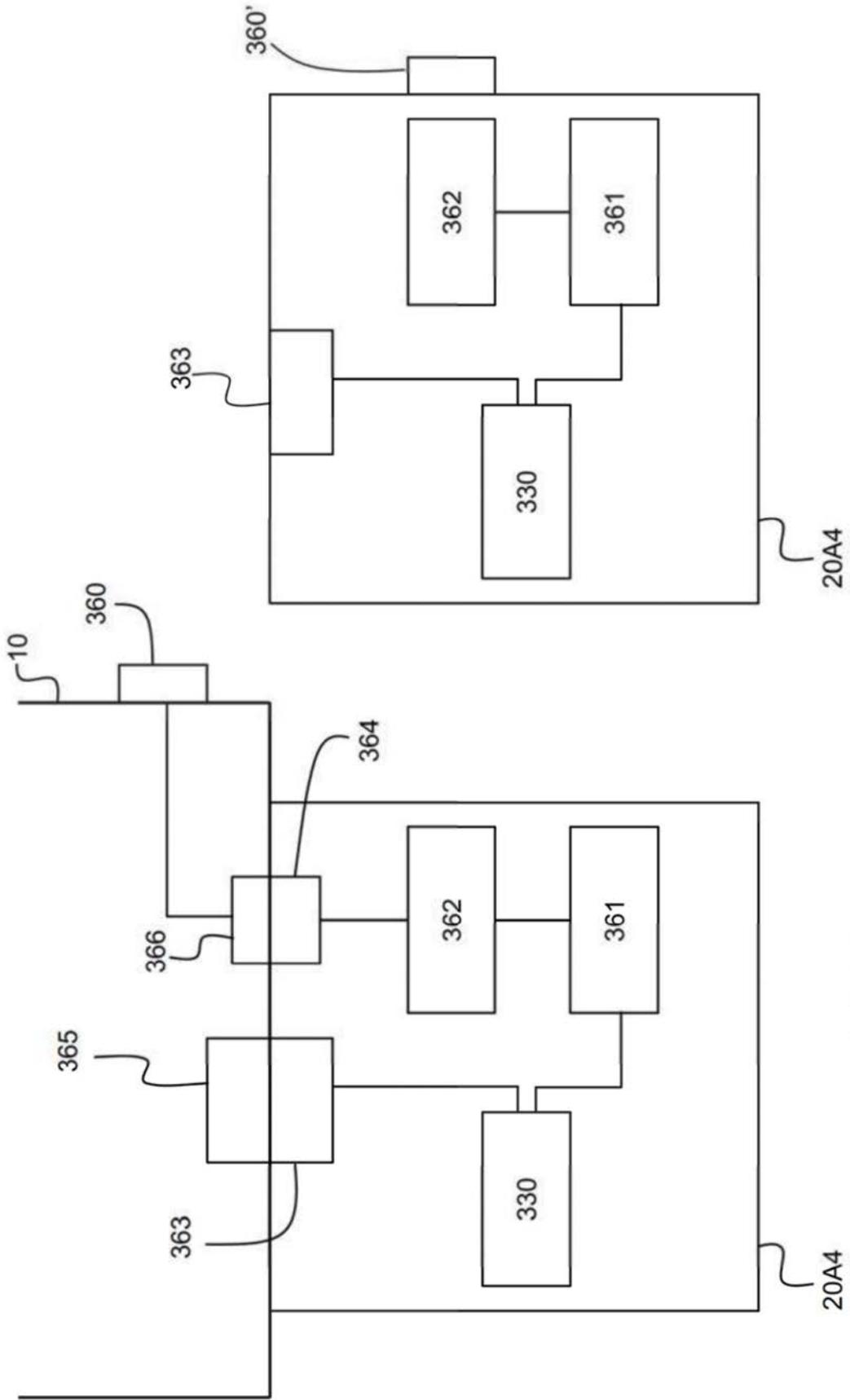


图31

图30

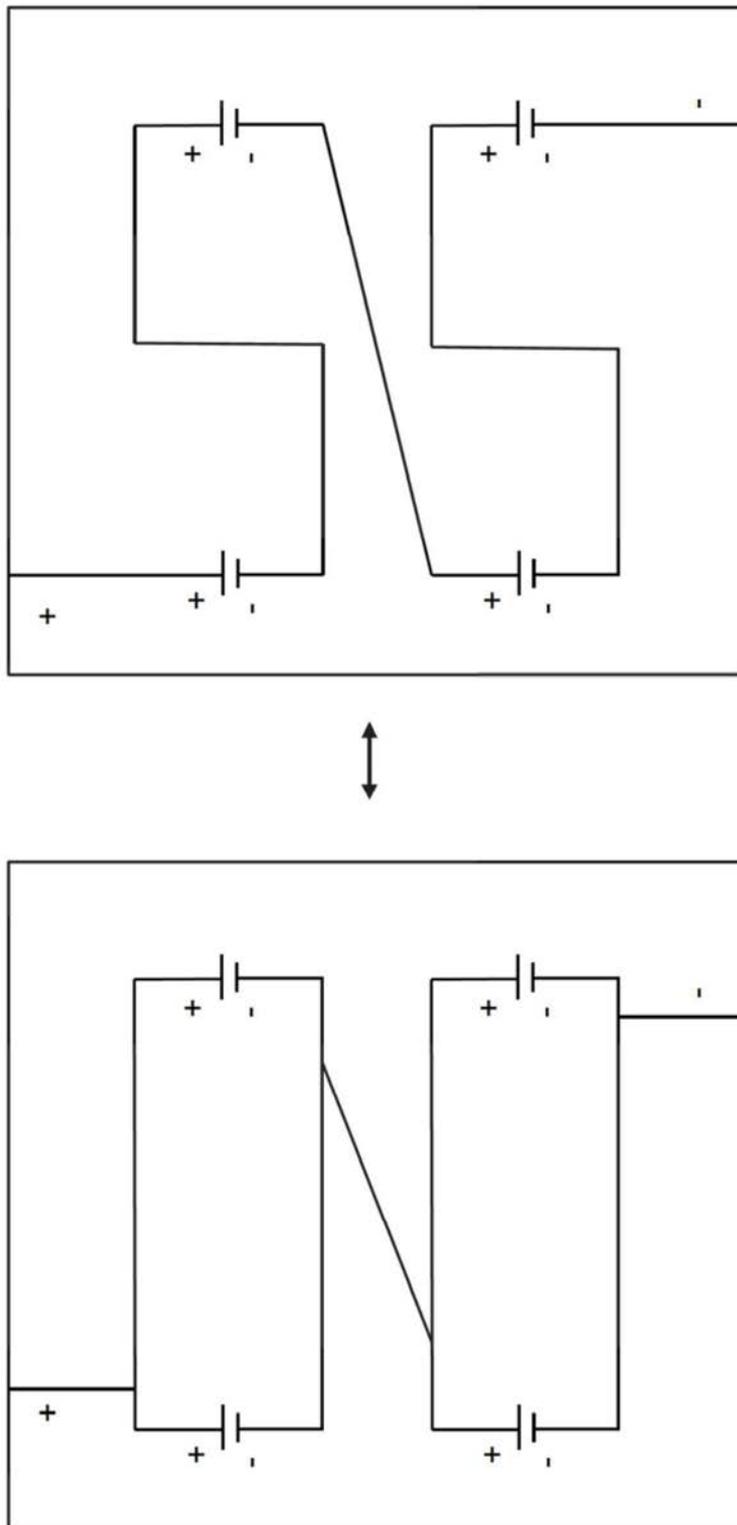


图32A

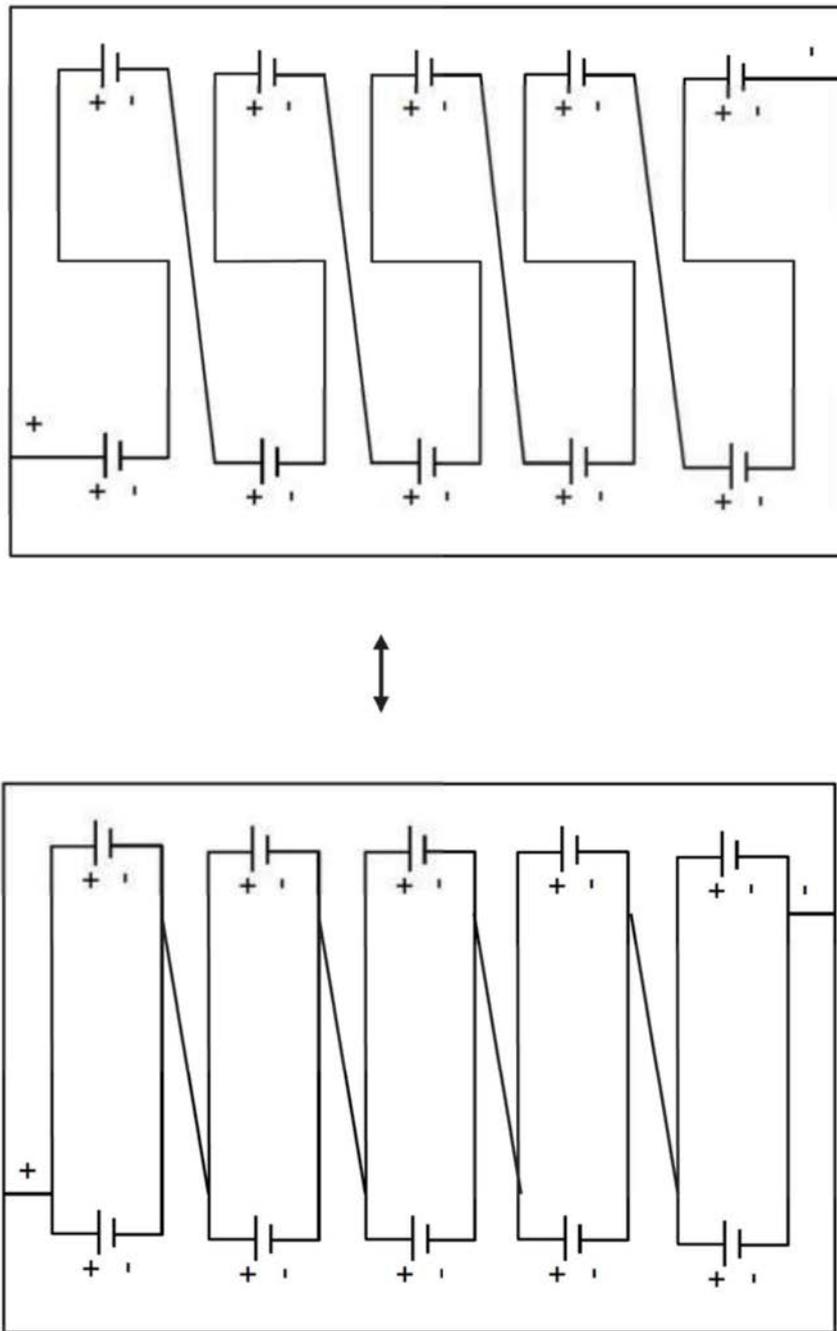


图32B

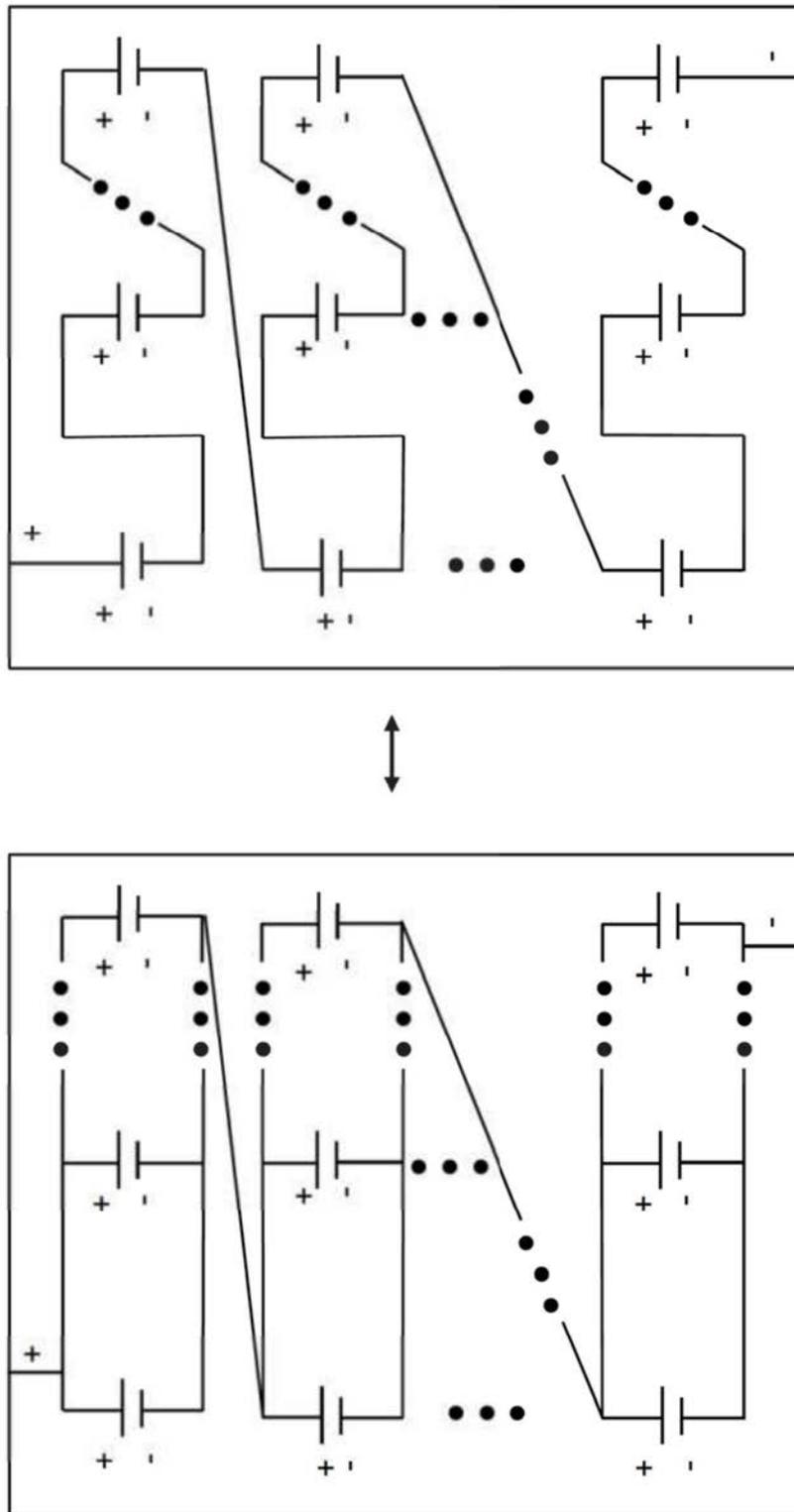


图32C

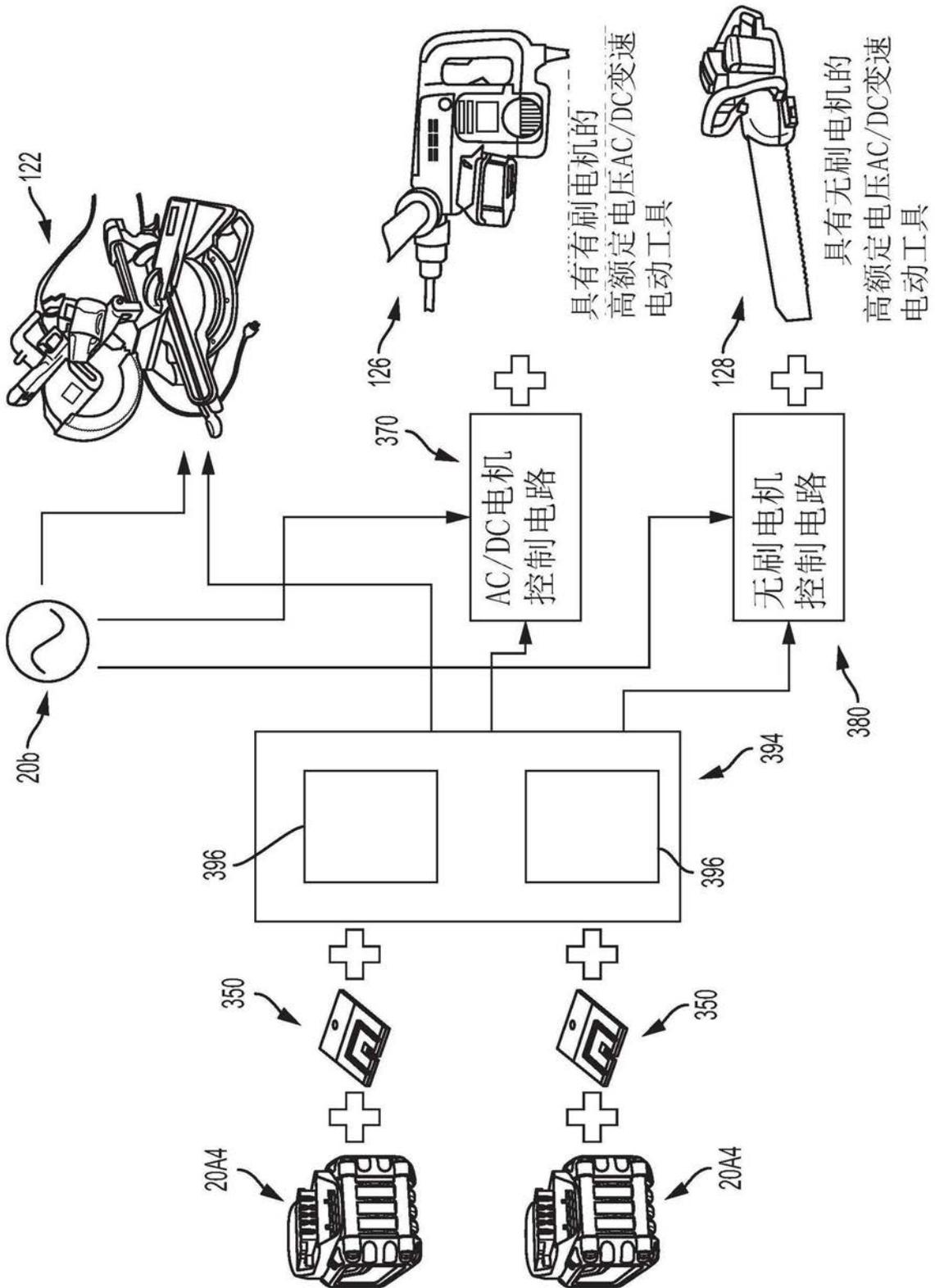


图33

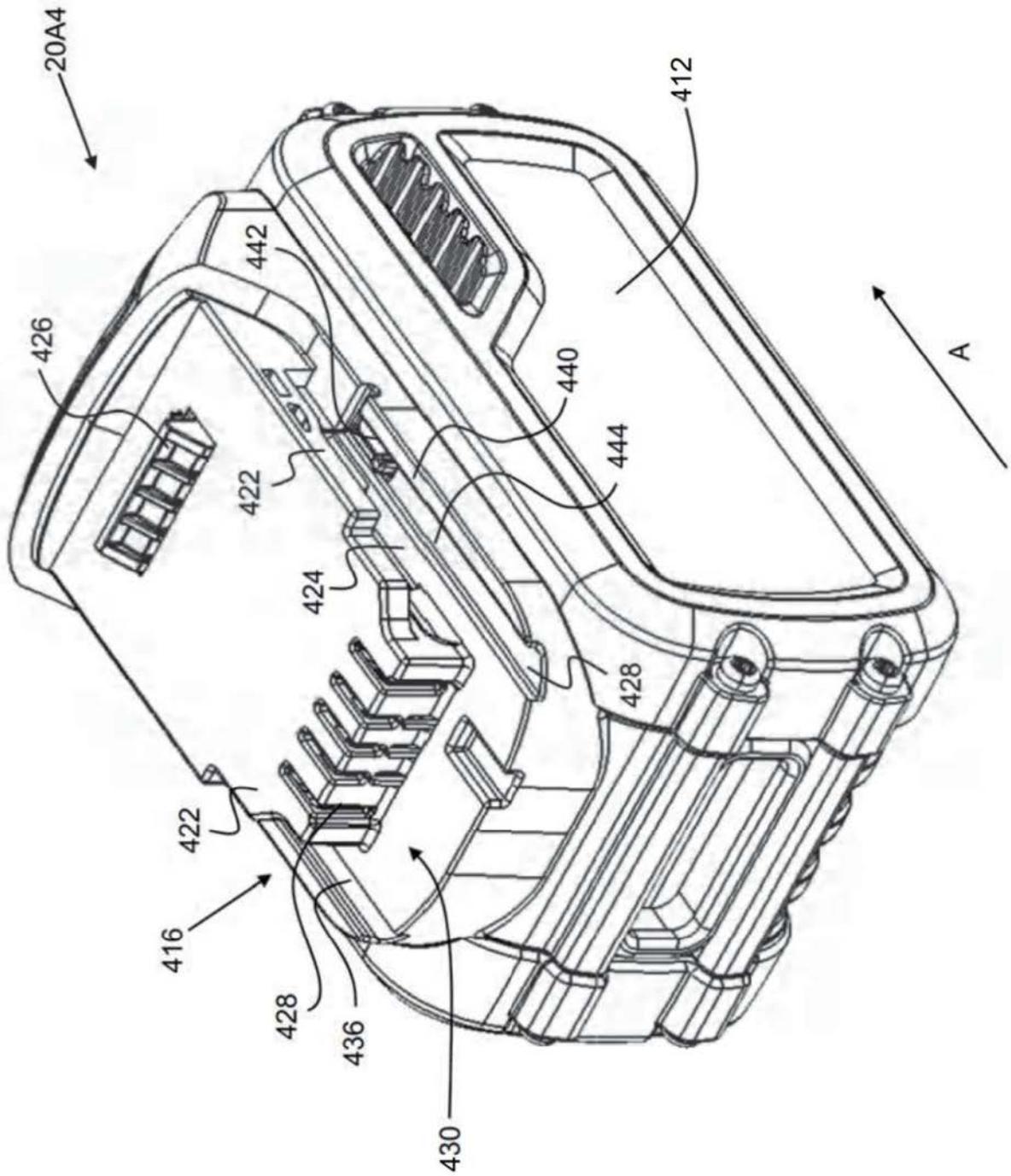


图34

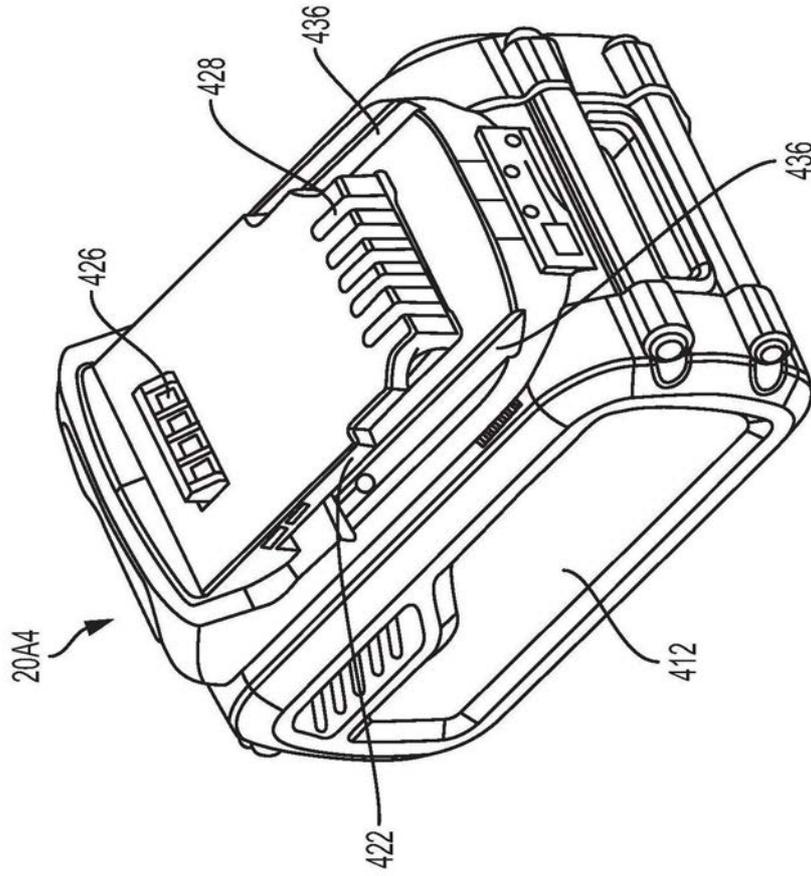


图35

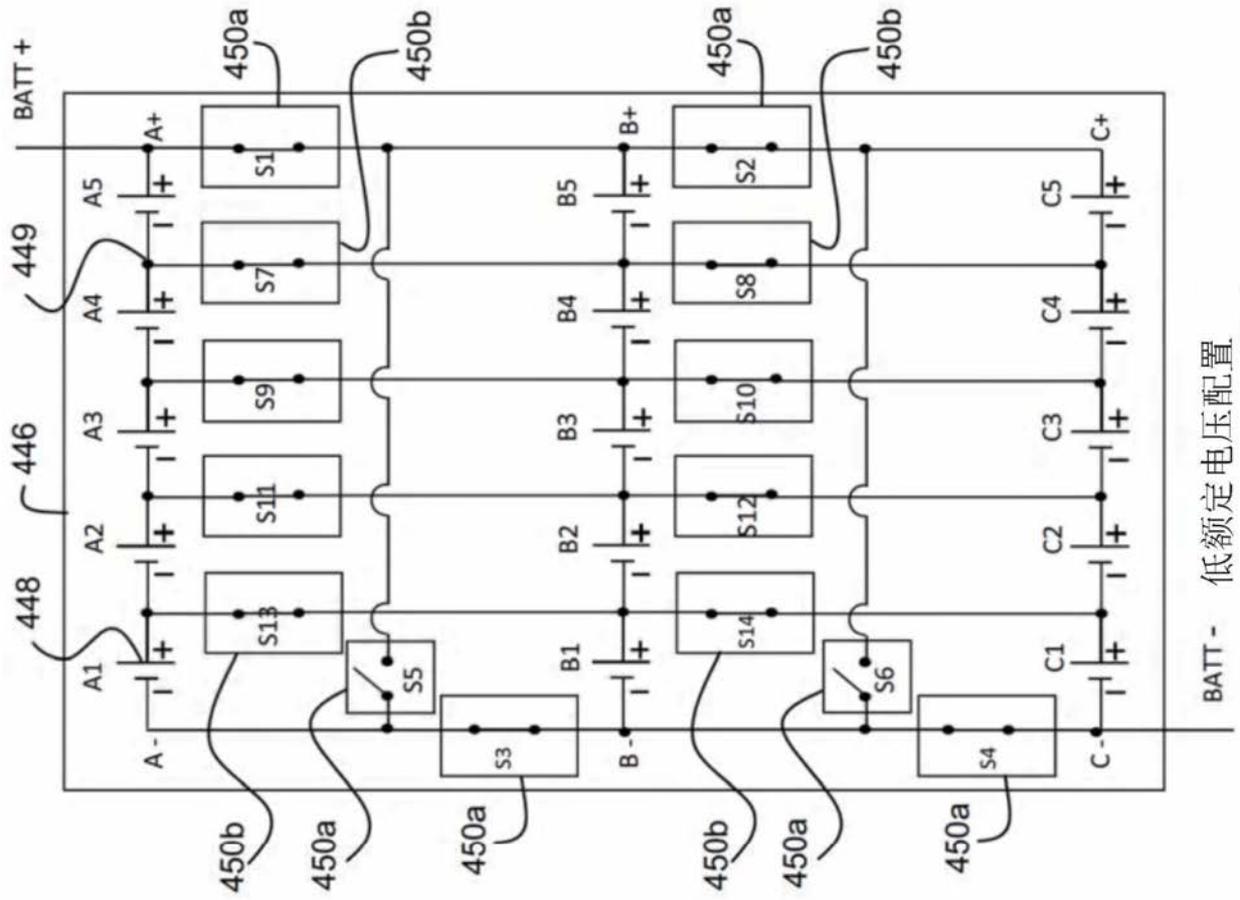


图36A

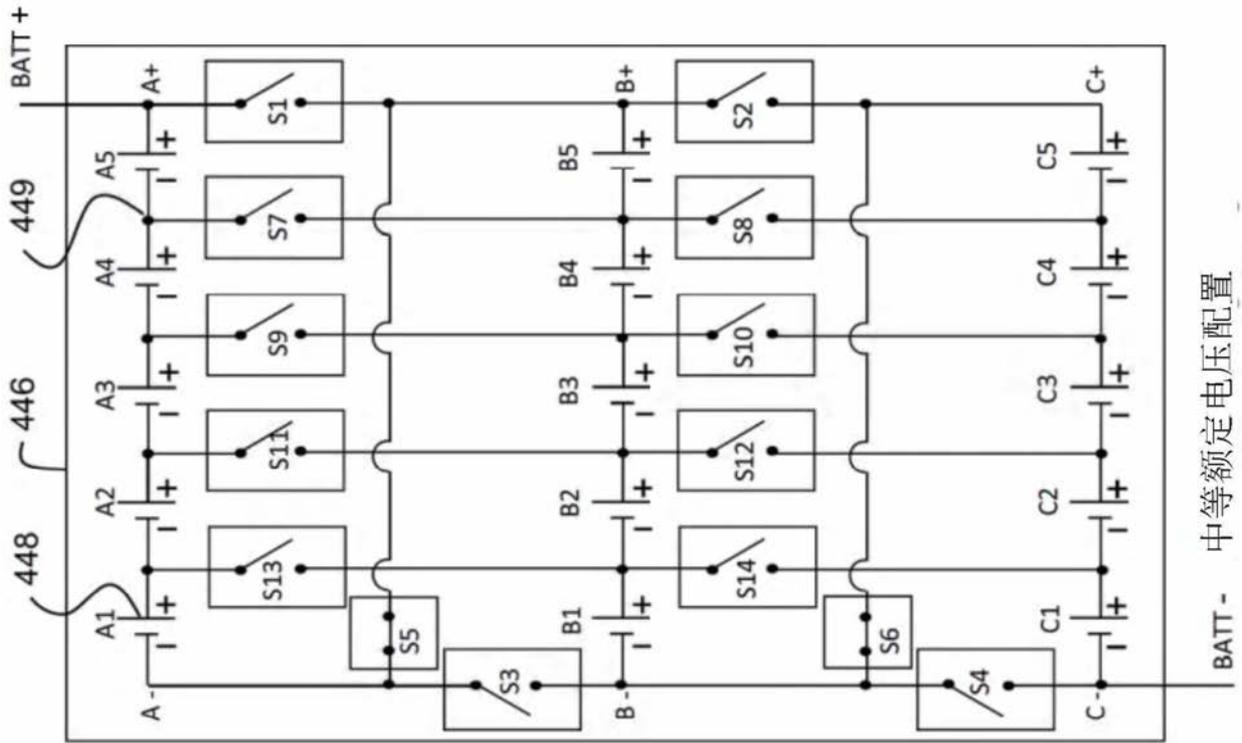


图36B

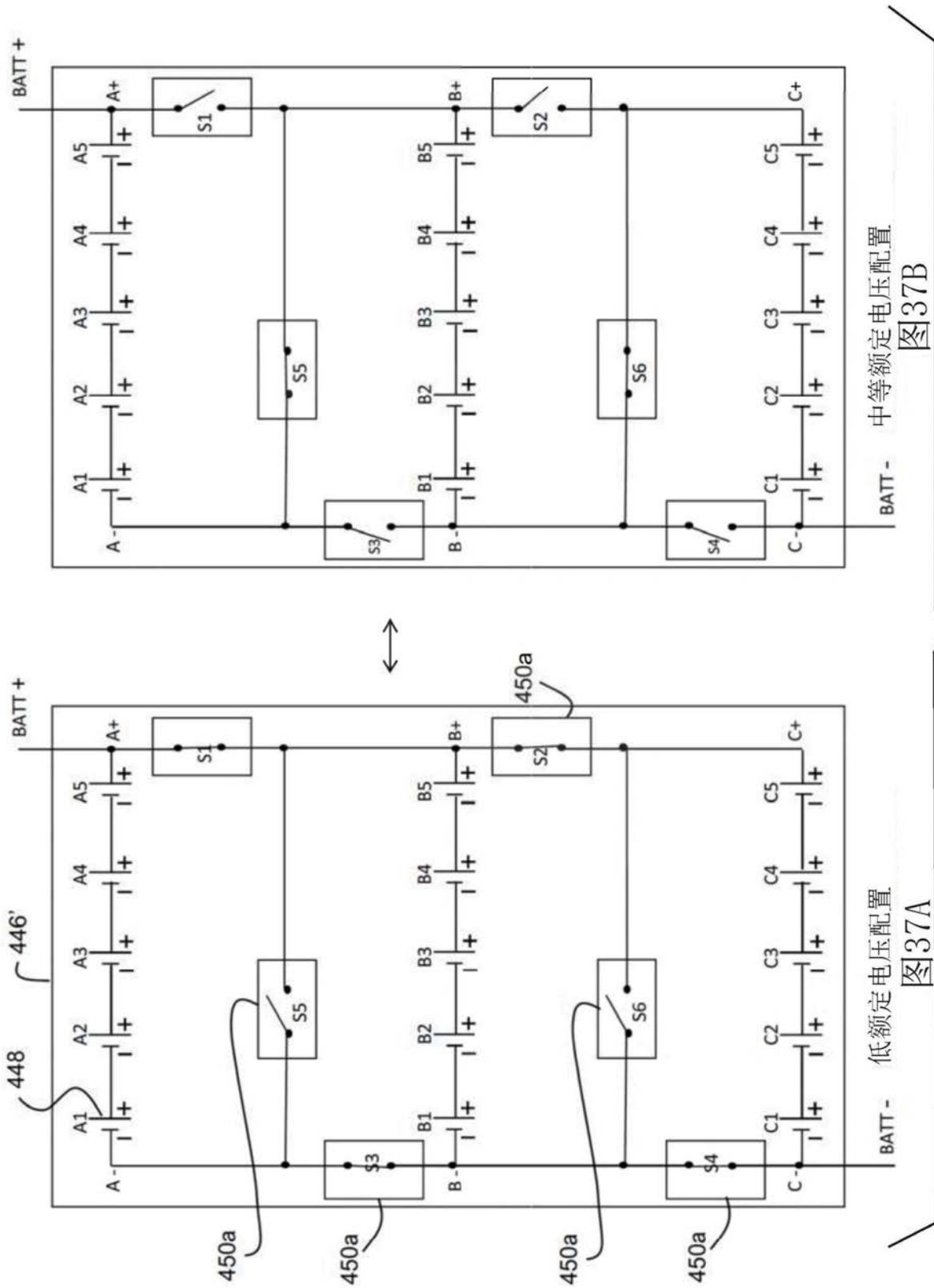


图37

图37A 低额定电压配置

图37B 中等额定电压配置

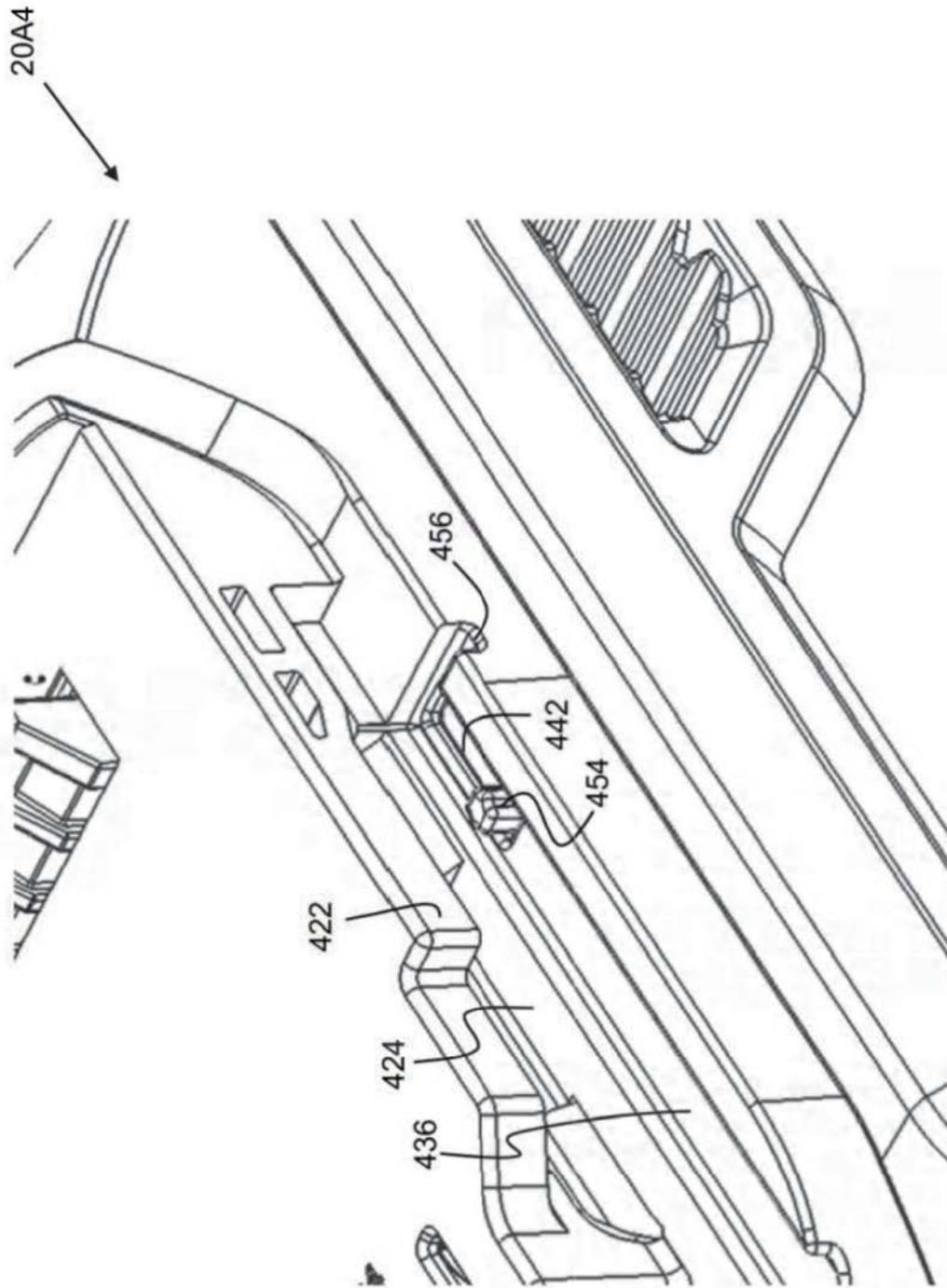


图38

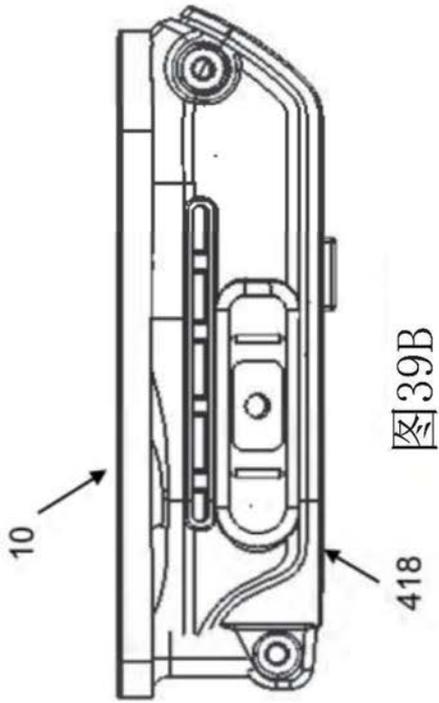


图39B

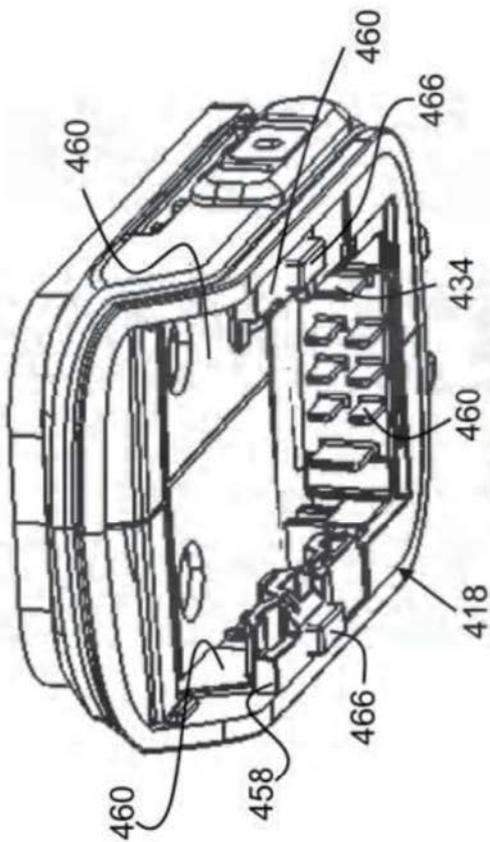


图39A

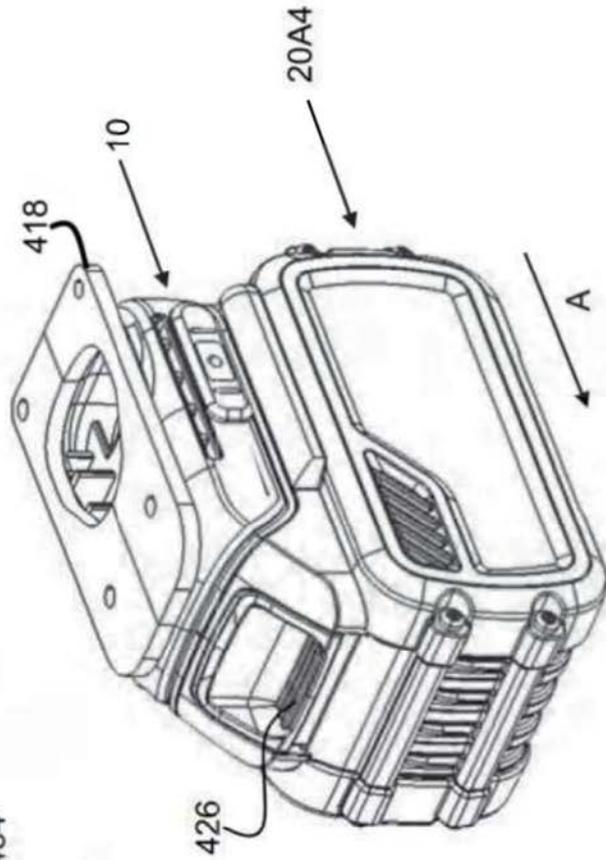


图39C

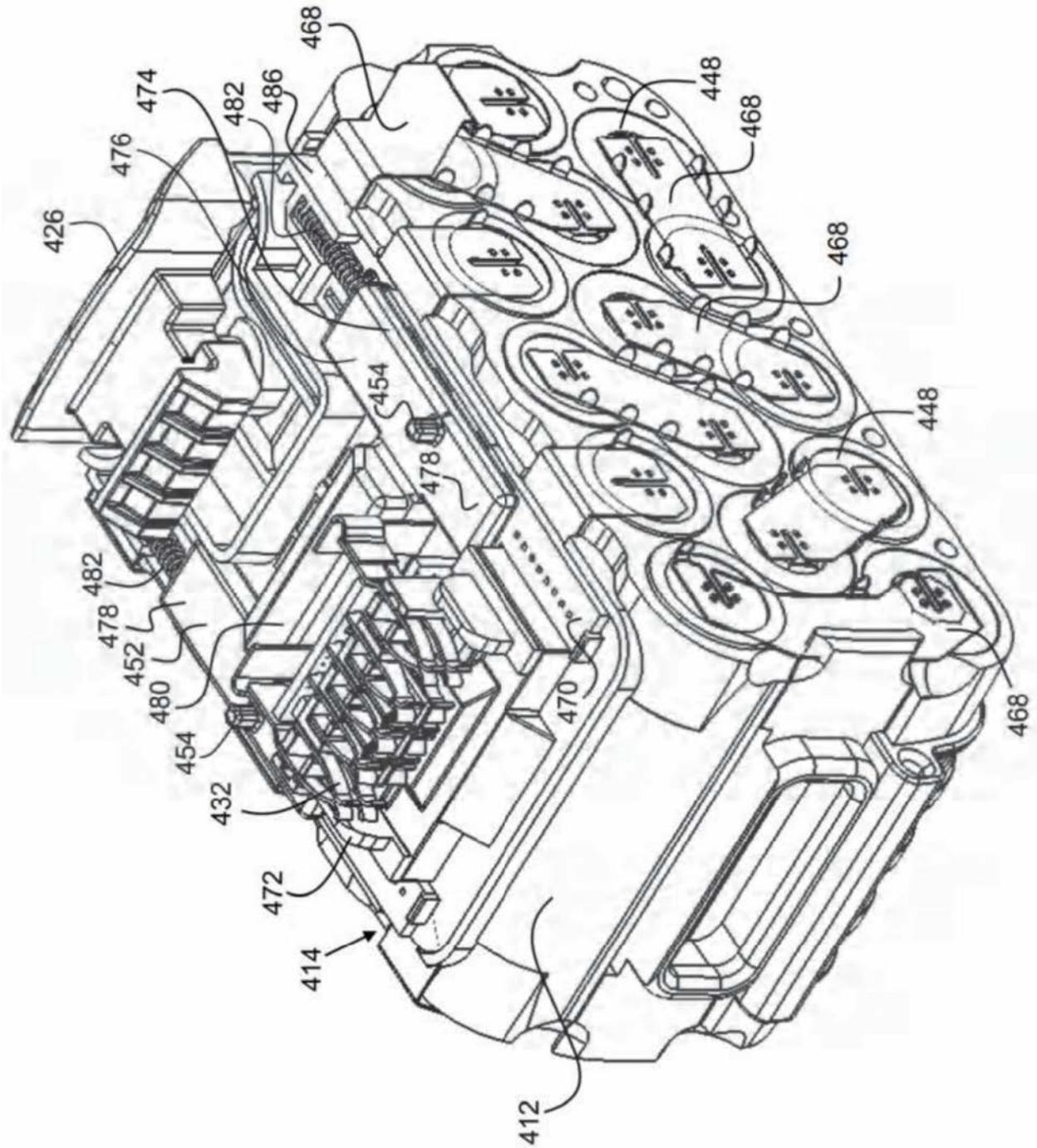


图40

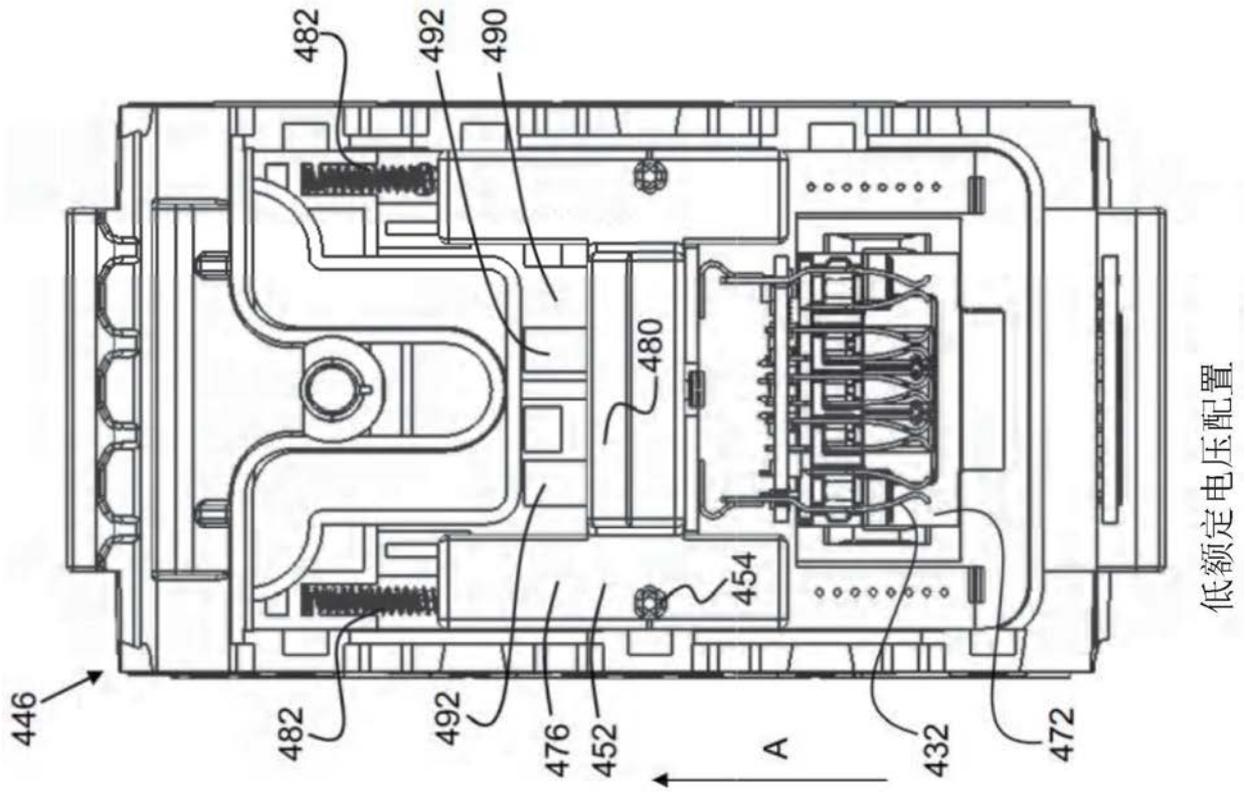


图41A

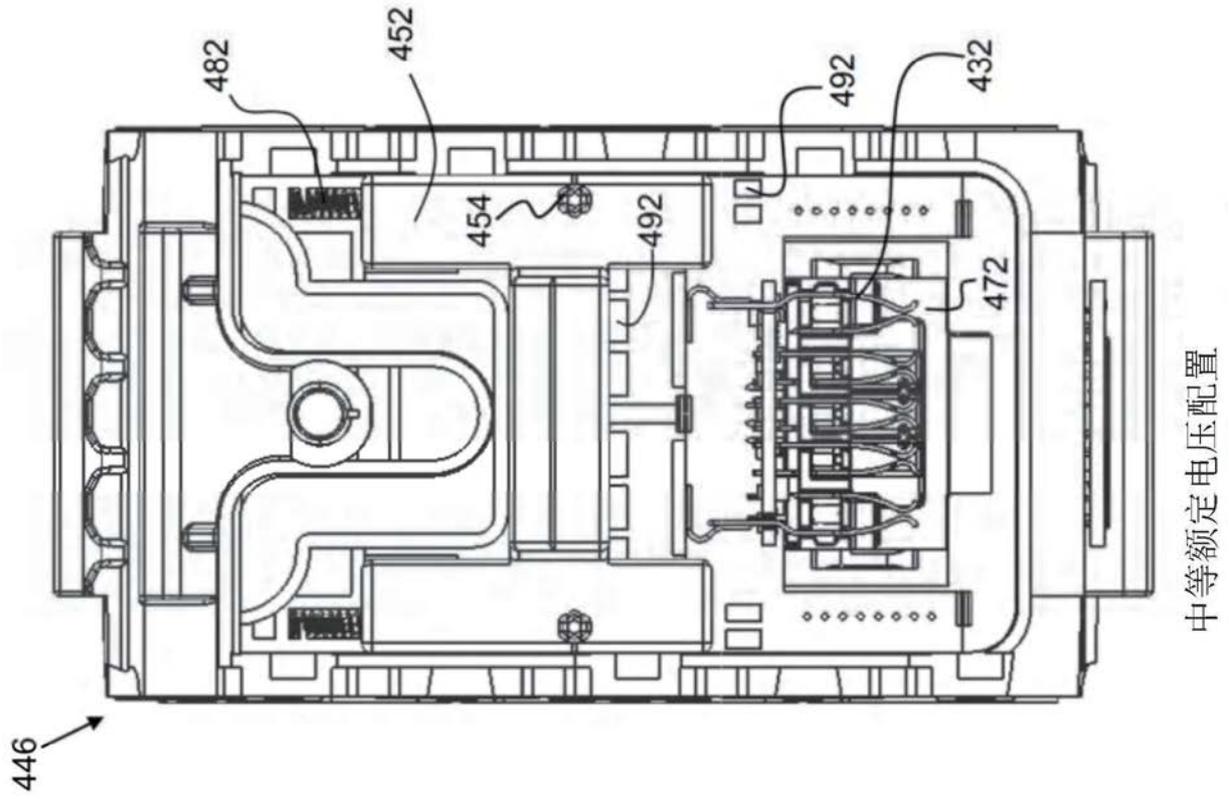


图41B

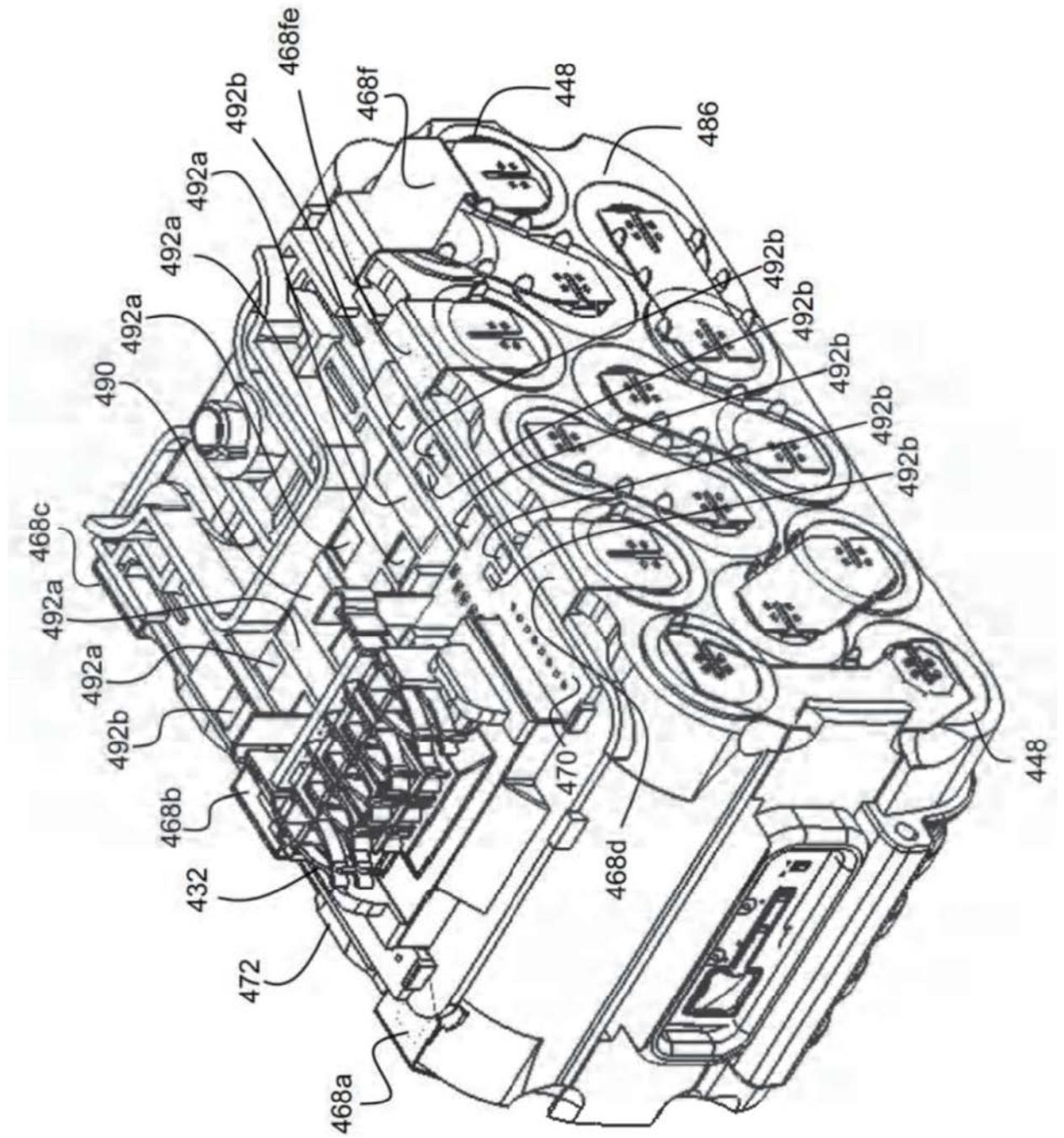
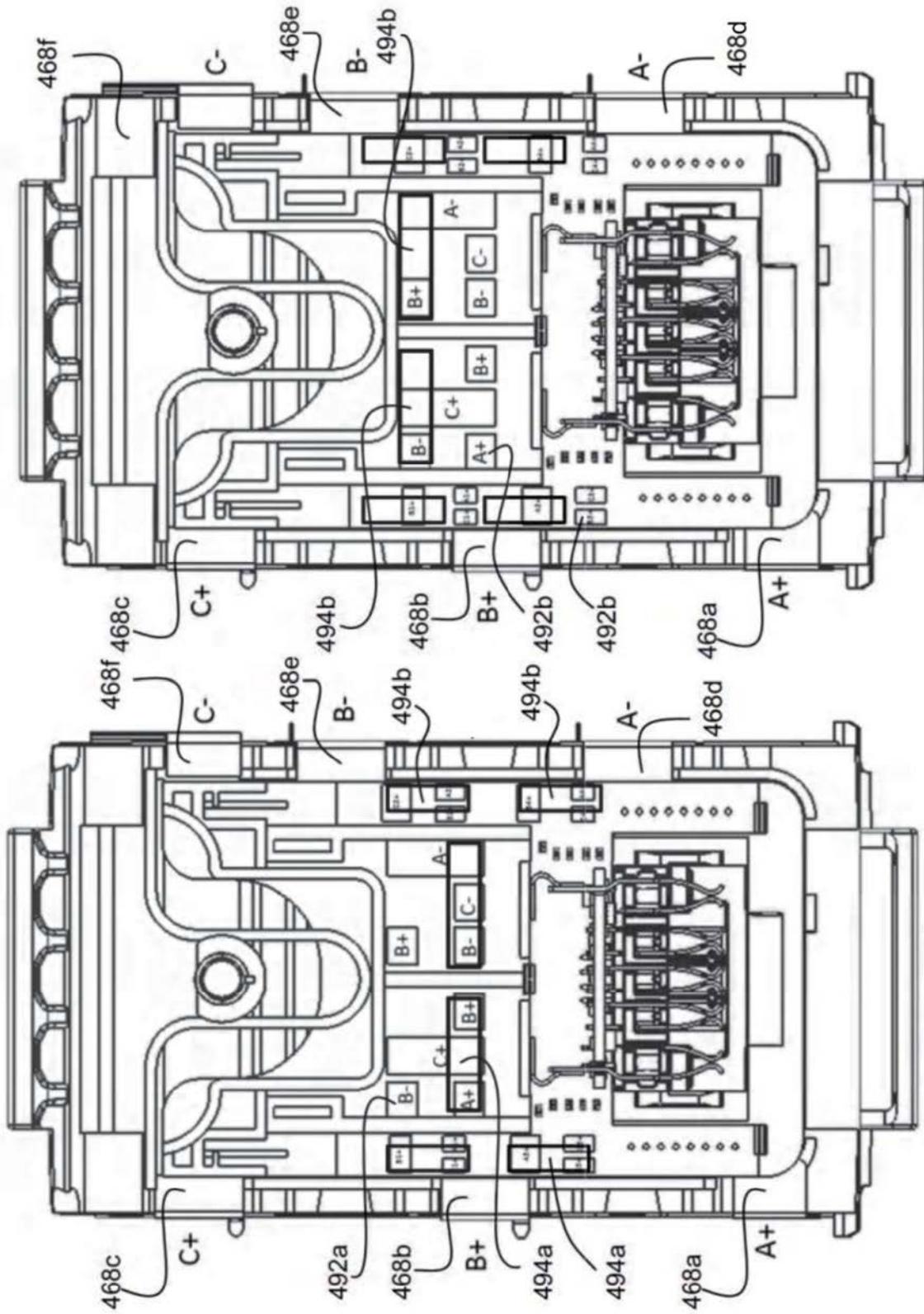


图42



低额定电压配置
图43A

中等额定电压配置
图43B

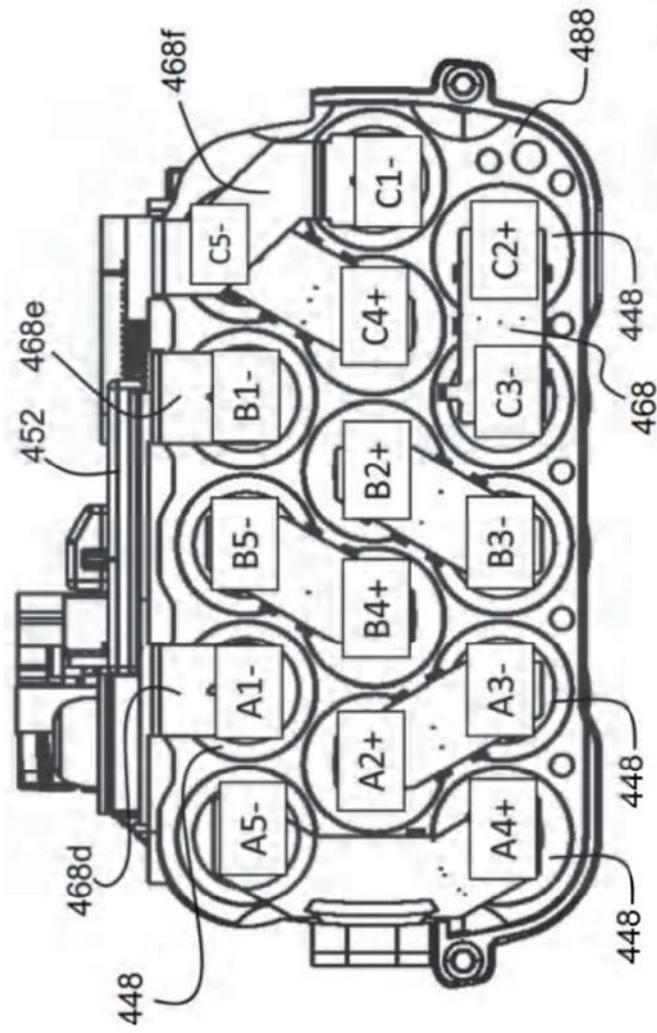


图44A

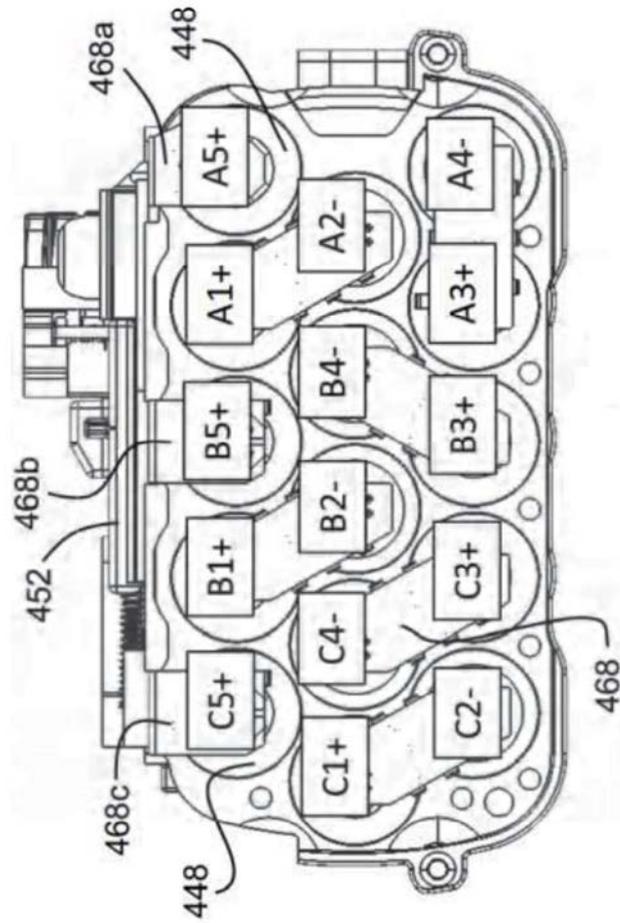


图44B

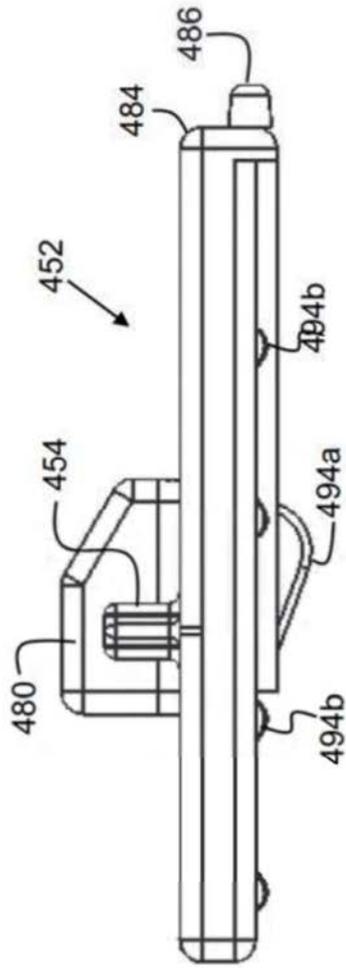


图45B

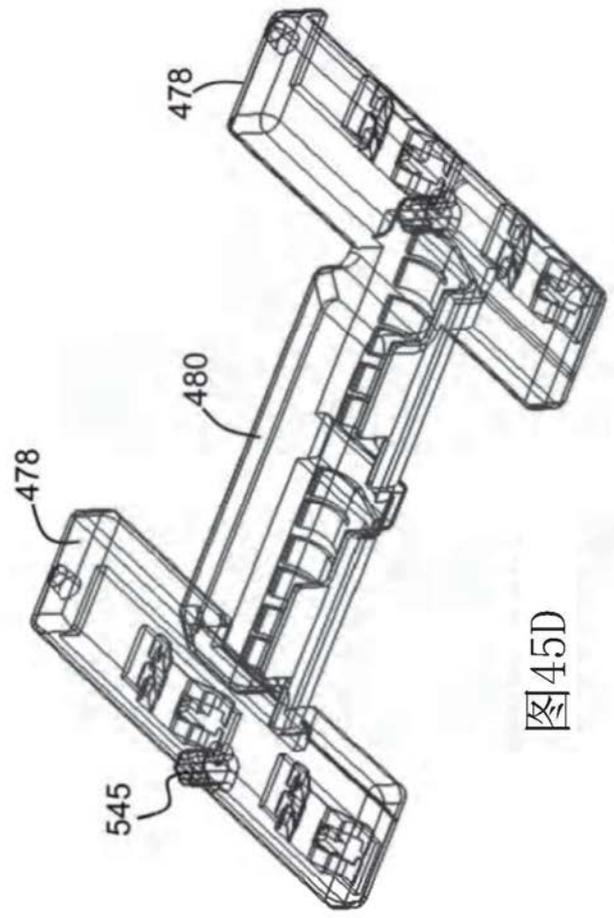


图45D

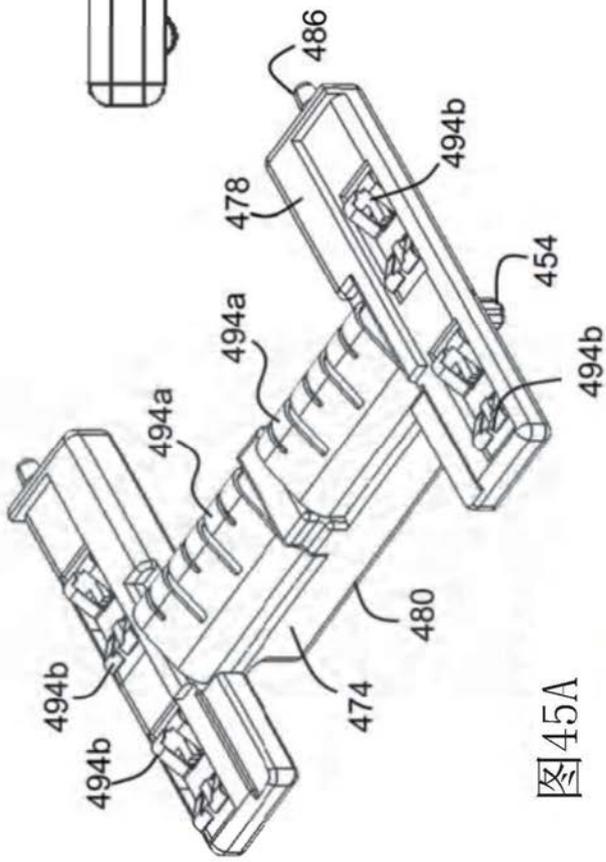


图45A

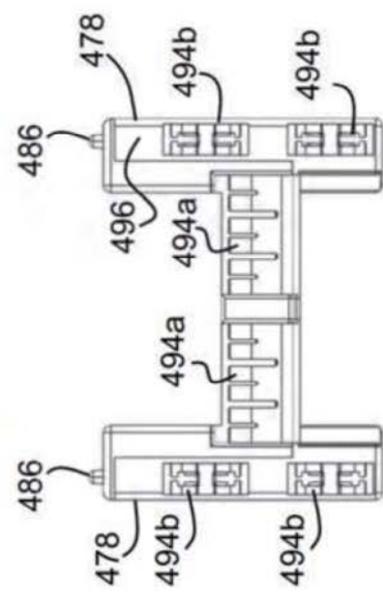


图45C

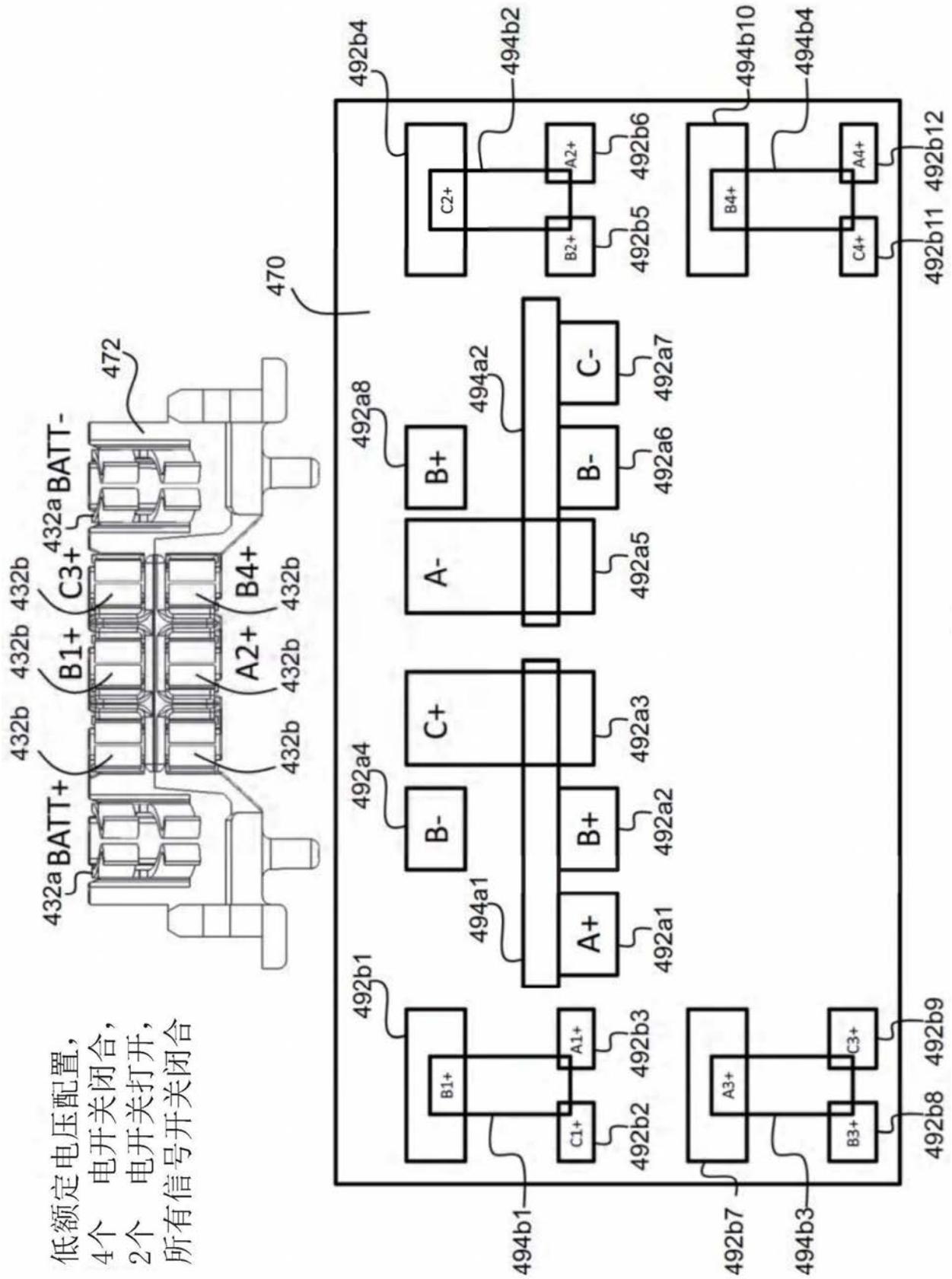
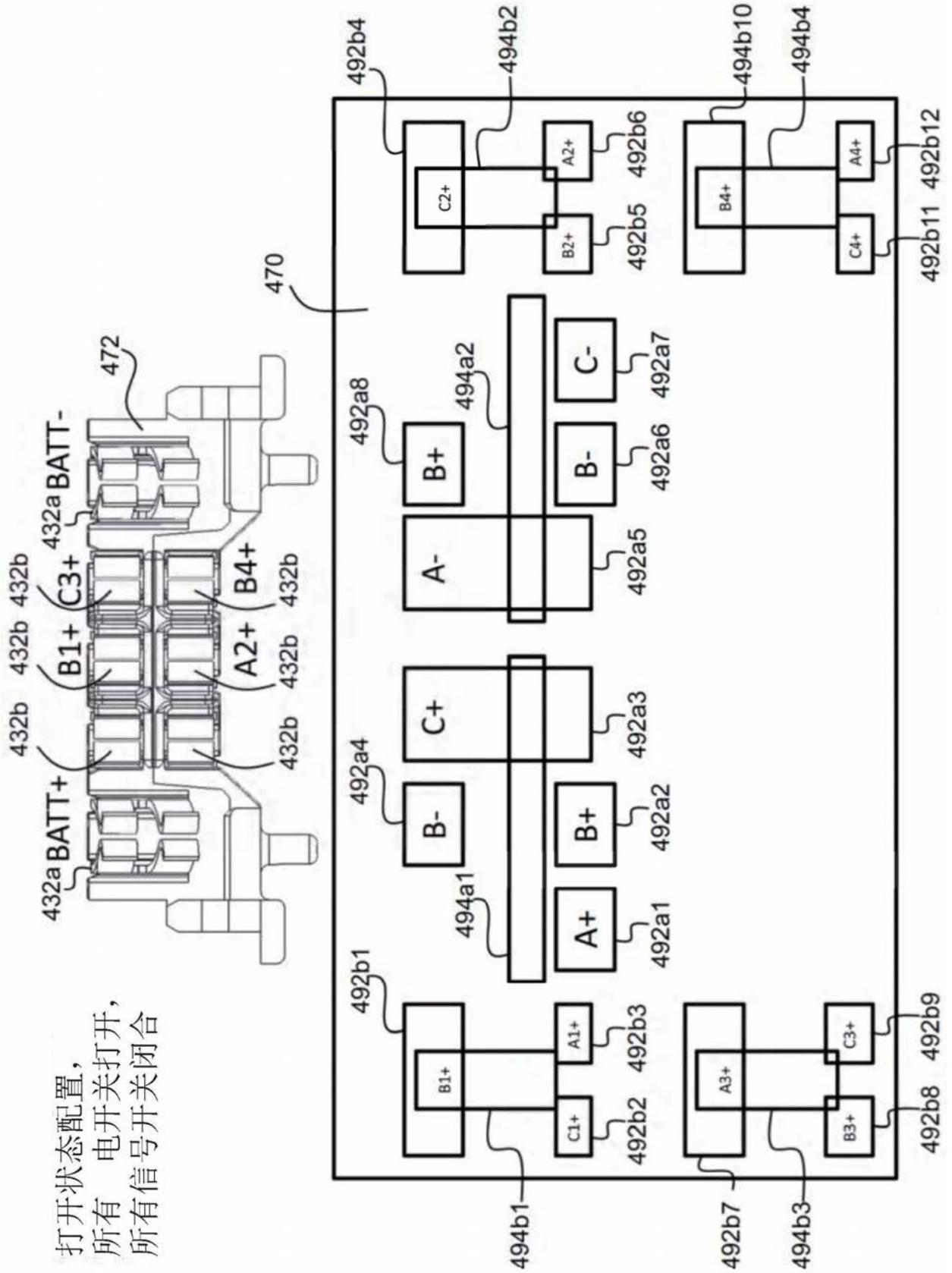


图46A



打开状态配置，
 所有 电开关打开，
 所有信号开关闭合

图46B

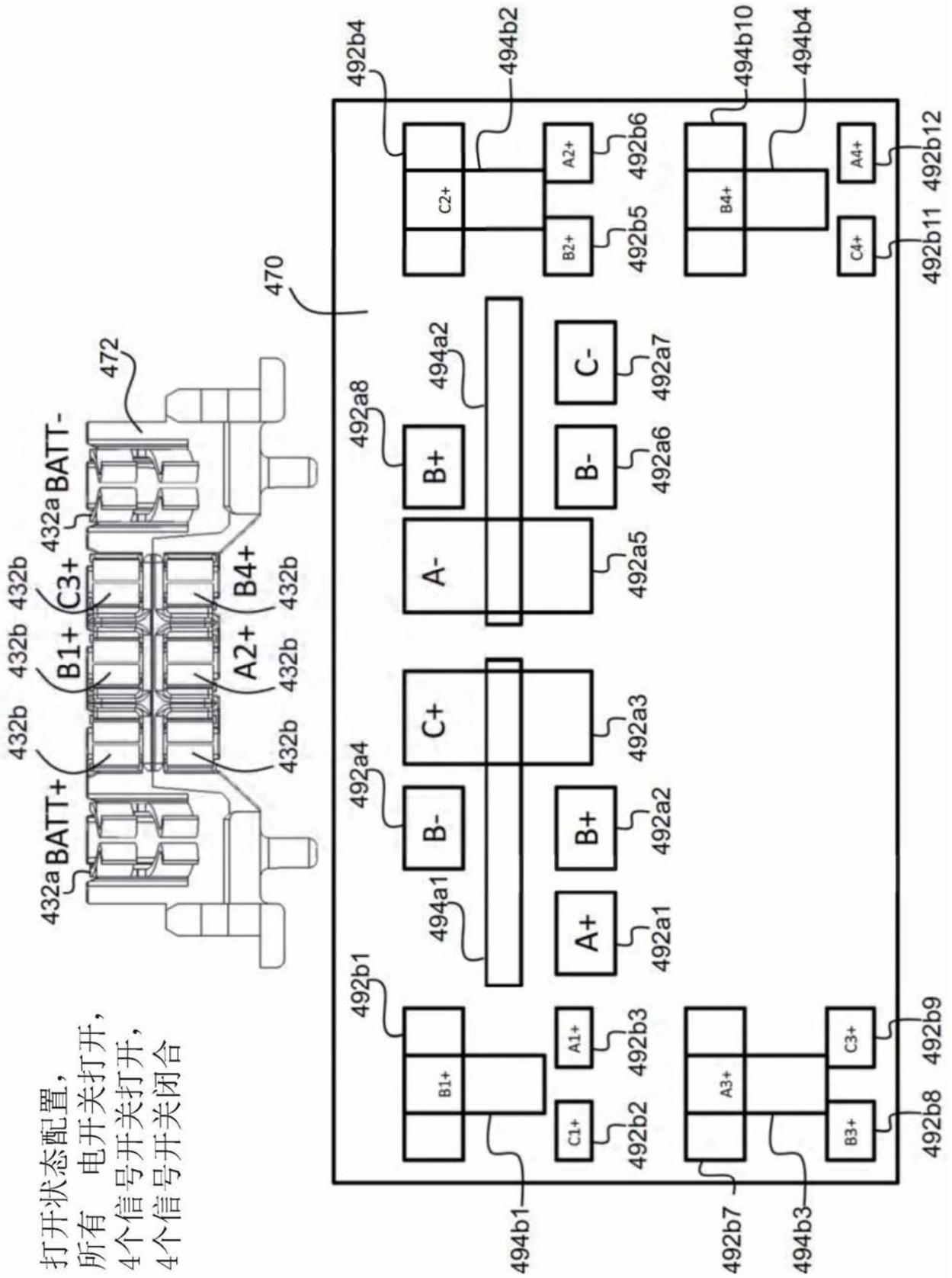
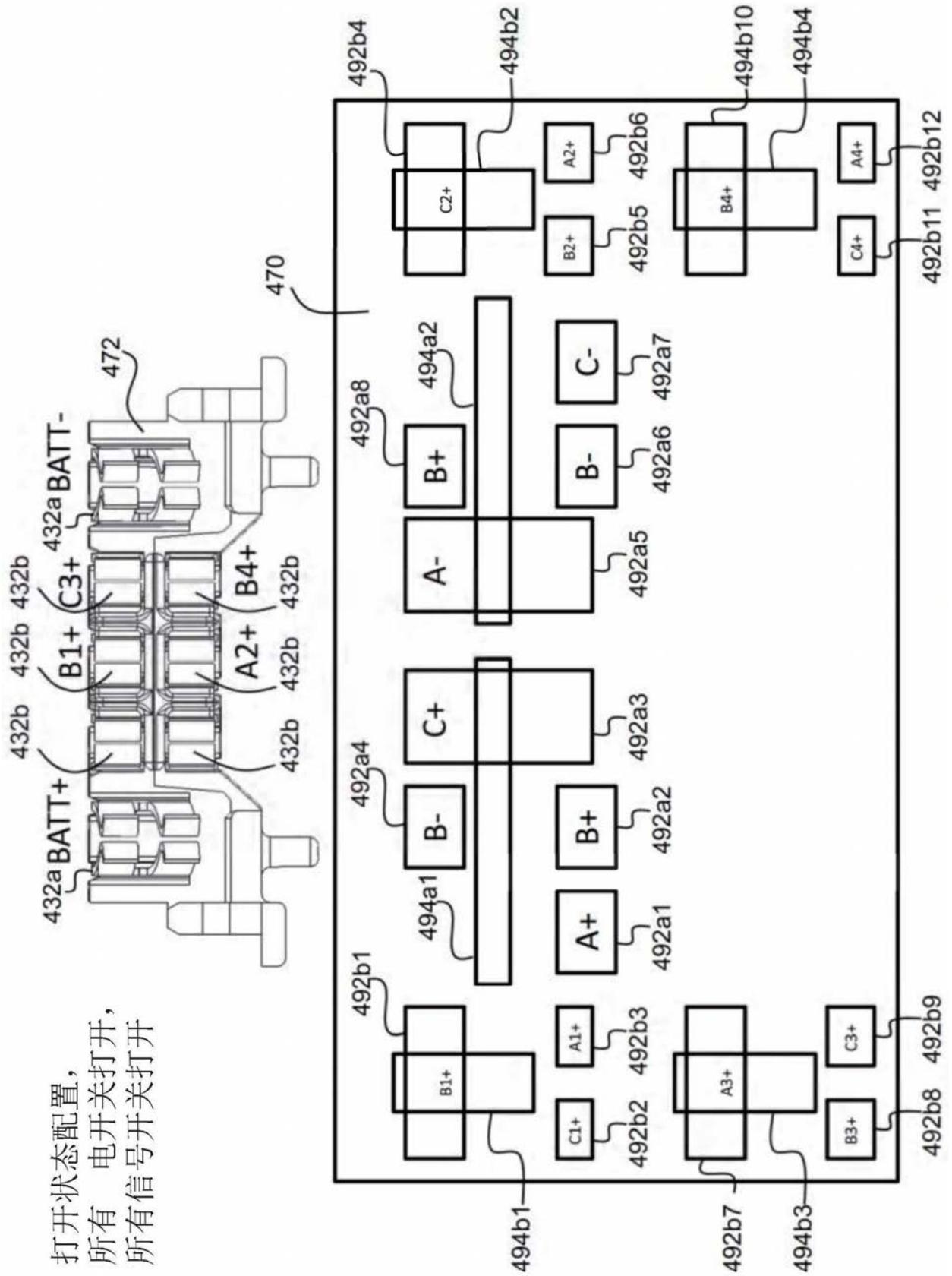
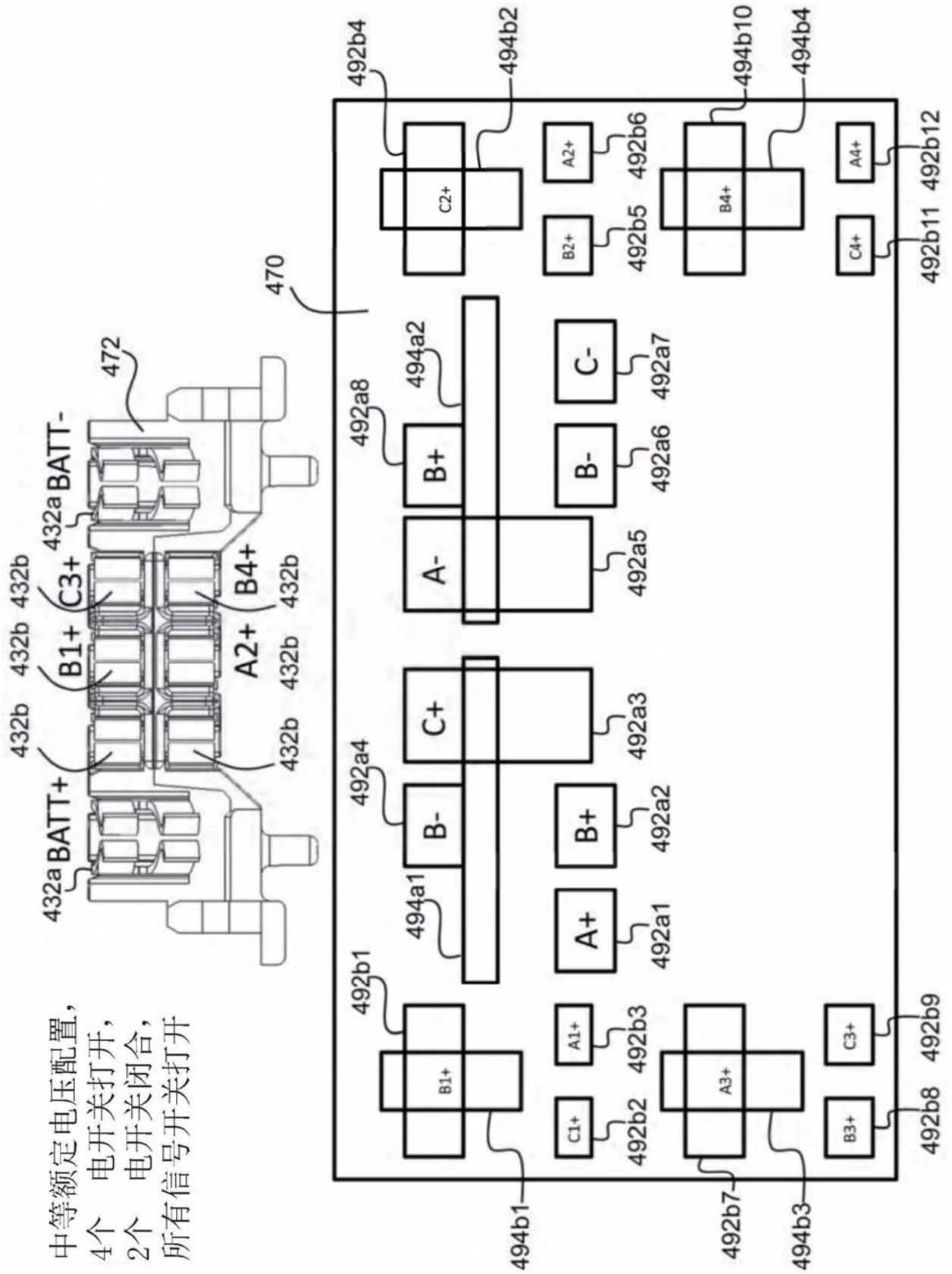


图46C



打开状态配置，
所有 电开关打开，
所有信号开关打开

图46D



中等额定电压配置，
 4个电开关打开，
 2个电开关关闭，
 所有信号开关打开

图46E

	功率连接				信号连接			
	S1, S2	S3, S4	S5	S6	S7, S8	S9, S10	S11, S12	S13, S14
在第一配置 和第二配置 之间的转换 器单元行进	闭合	闭合	打开	打开	闭合	闭合	闭合	闭合
0.0mm	闭合	闭合	打开	打开	闭合	闭合	闭合	闭合
2.5mm	闭合	闭合	打开	打开	闭合	闭合	闭合	闭合
3.0mm	打开	打开	打开	打开	闭合	闭合	闭合	闭合
3.5mm	打开	打开	打开	打开	打开	闭合	闭合	打开
4.0mm	打开	打开	打开	打开	打开	打开	打开	打开
5.5mm	打开	打开	打开	打开	打开	打开	打开	打开
6.0mm	打开	打开	闭合	闭合	打开	打开	打开	打开
8.0mm	打开	打开	闭合	闭合	打开	打开	打开	打开

图47

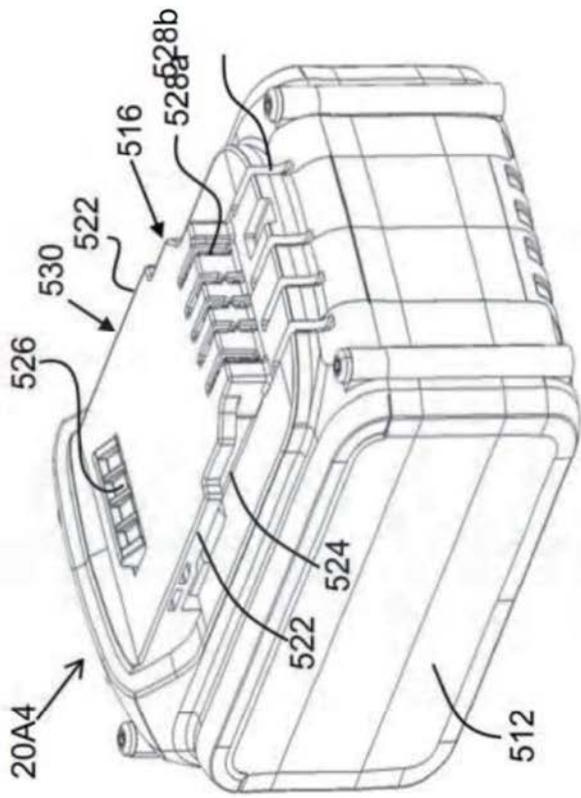


图48A

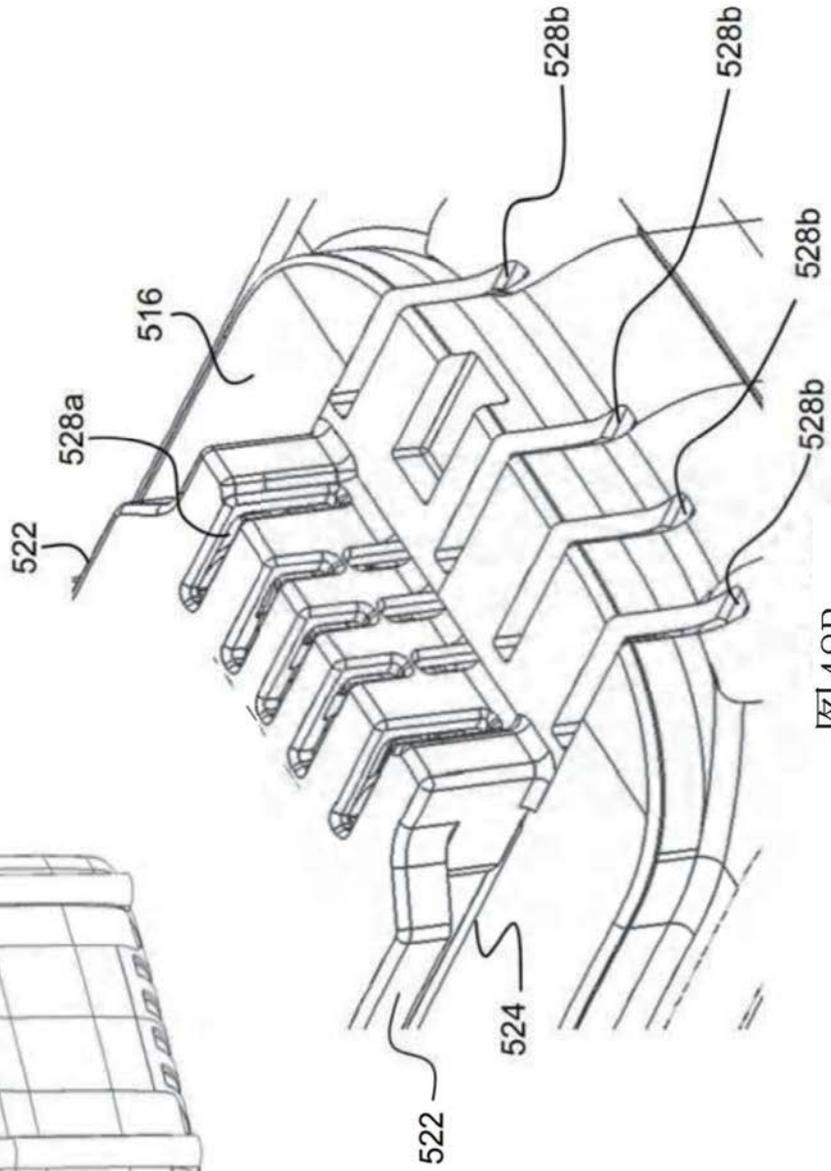


图48B

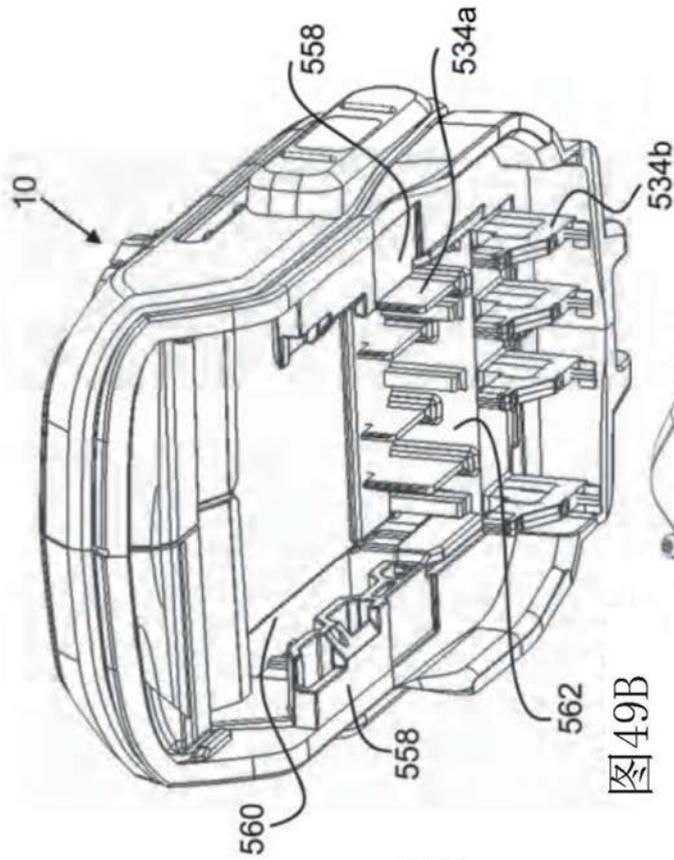


图49B

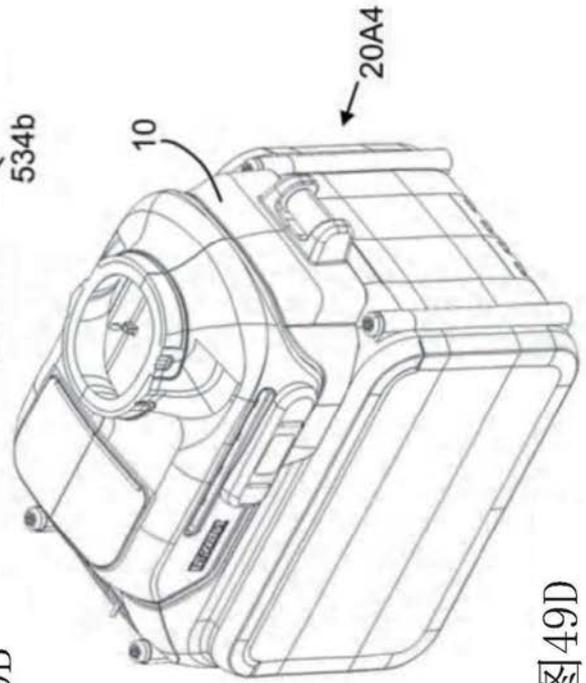


图49D

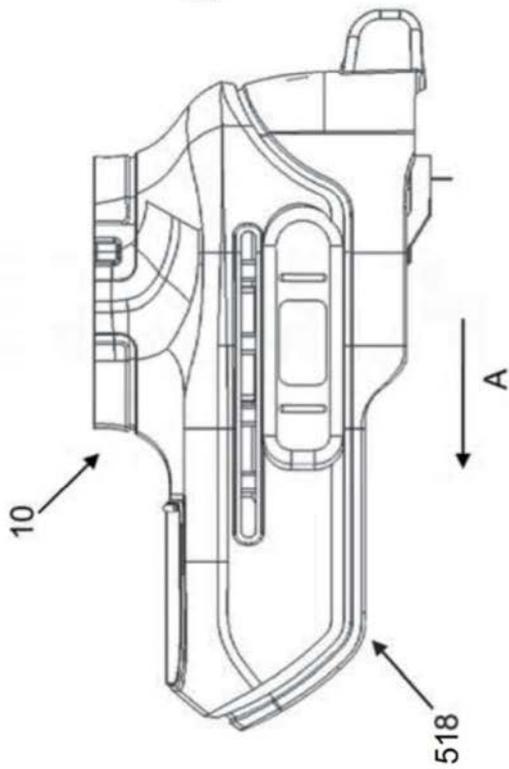


图49A

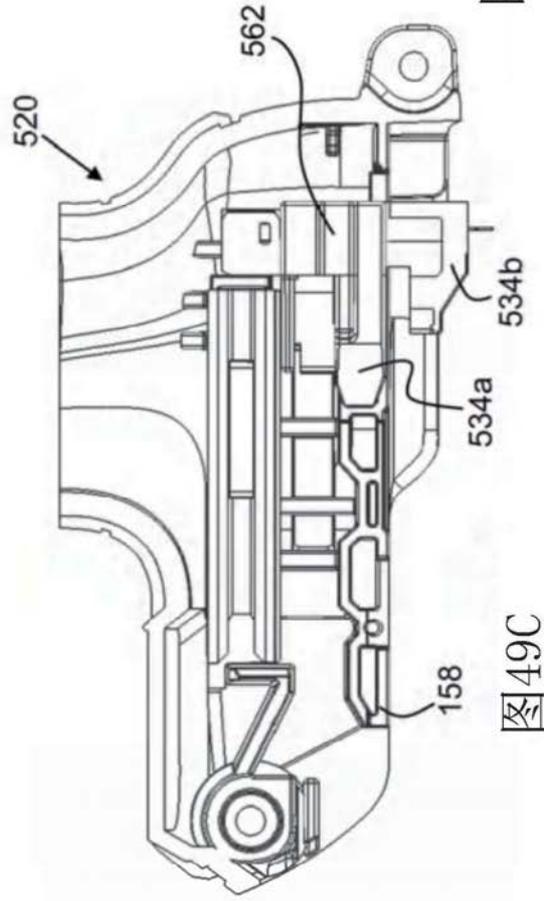


图49C

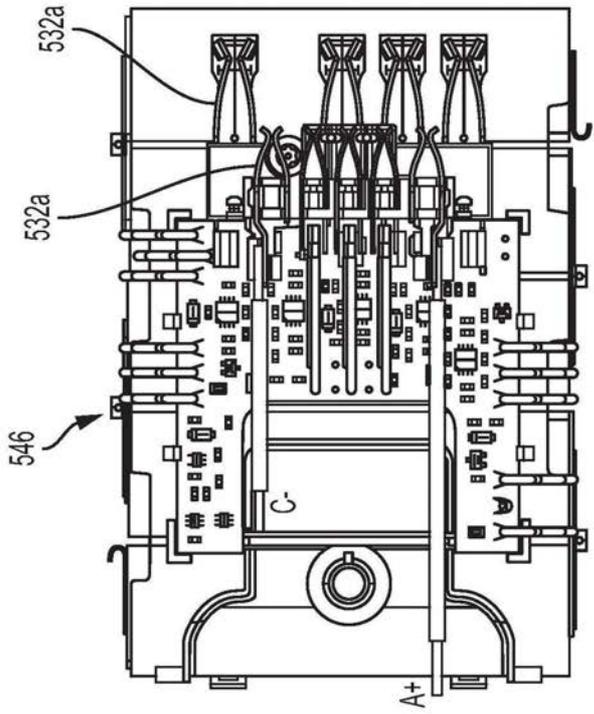


图50C

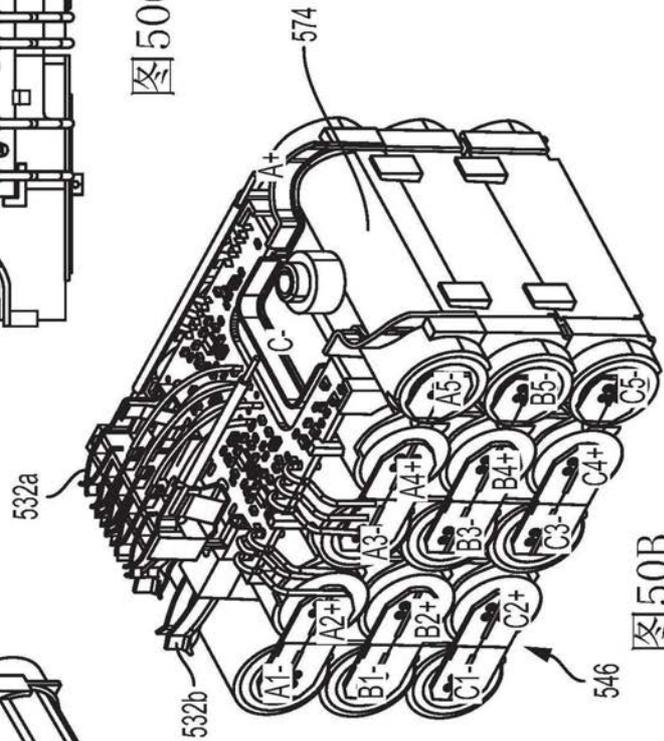


图50B

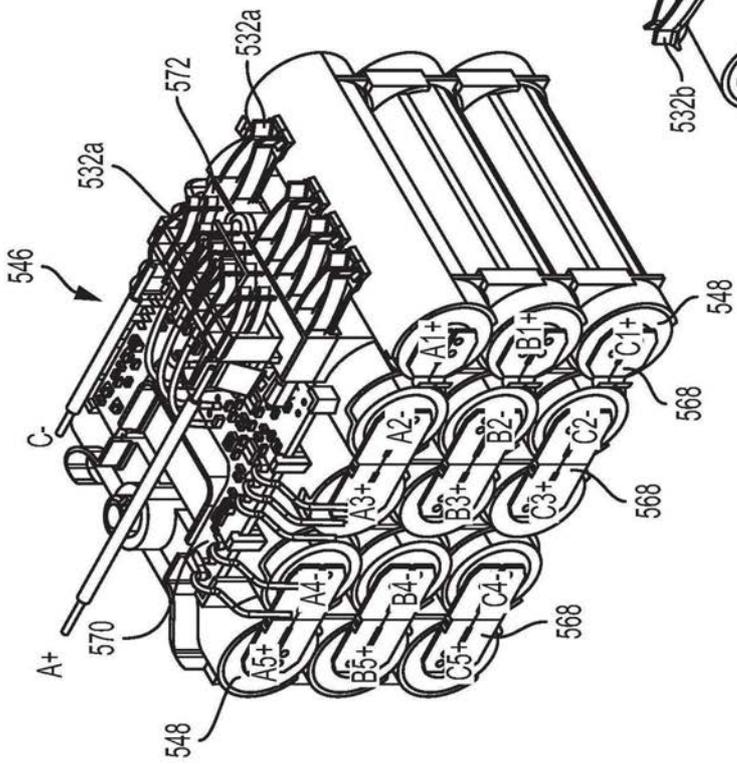


图50A

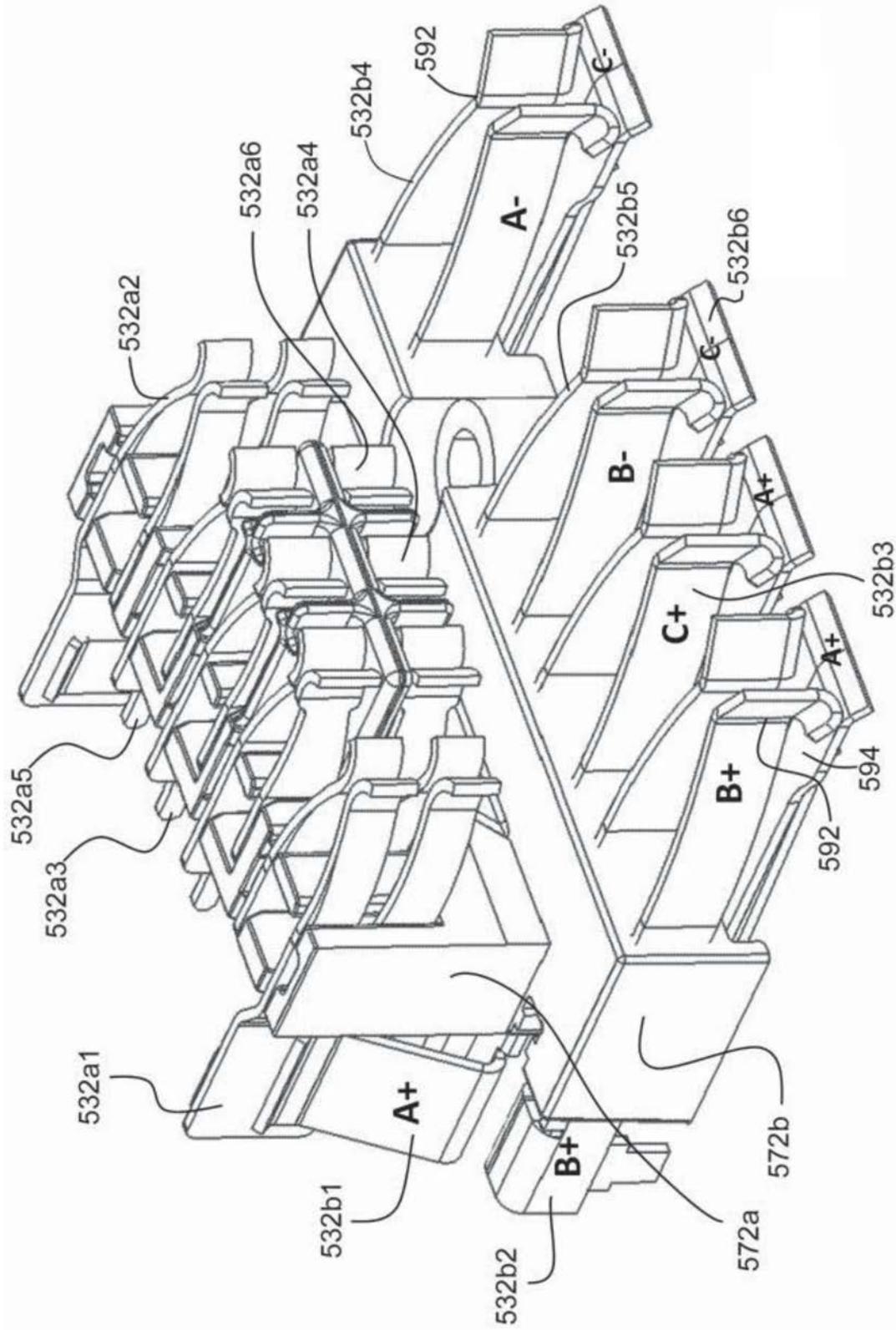


图51

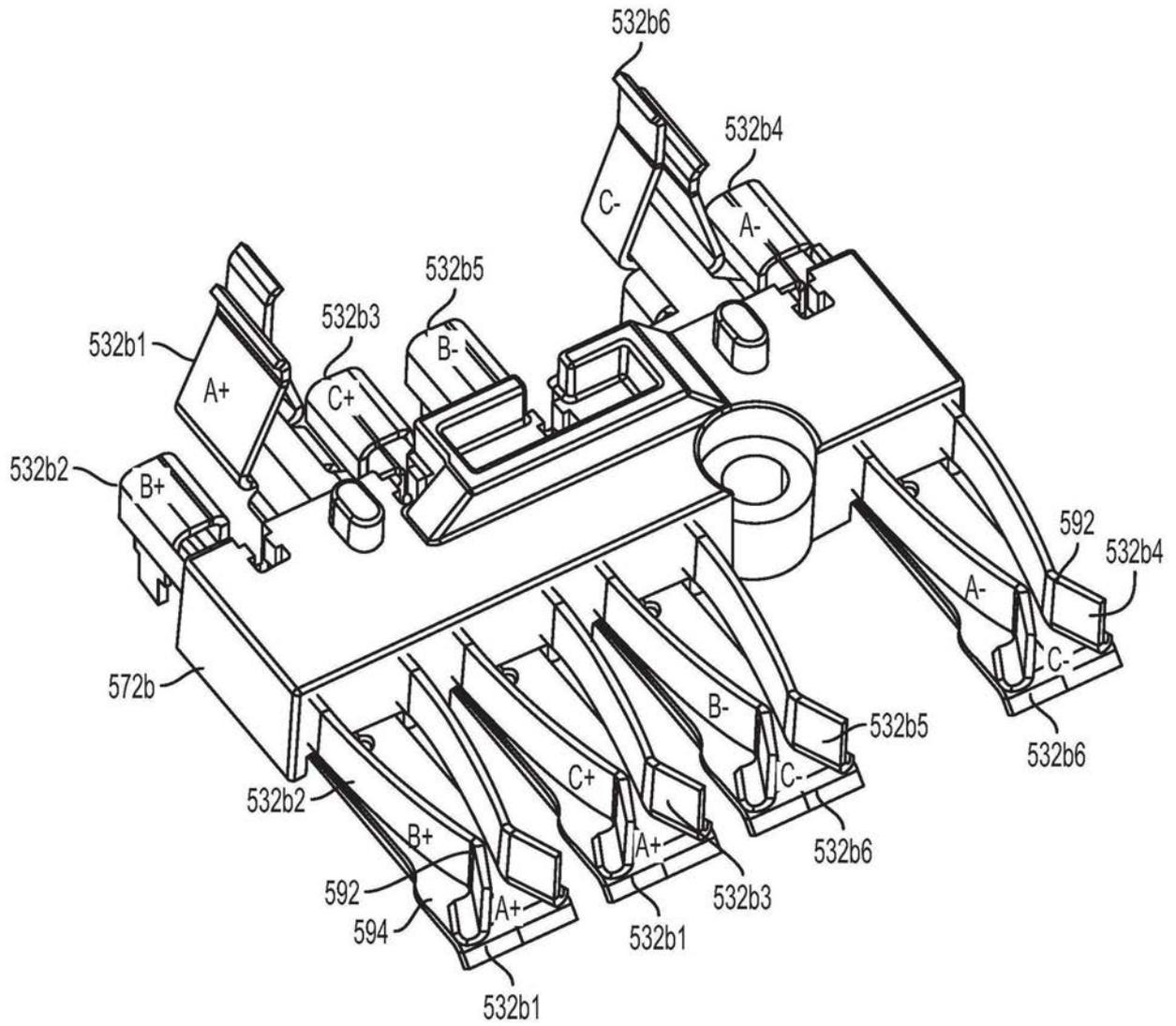


图52A

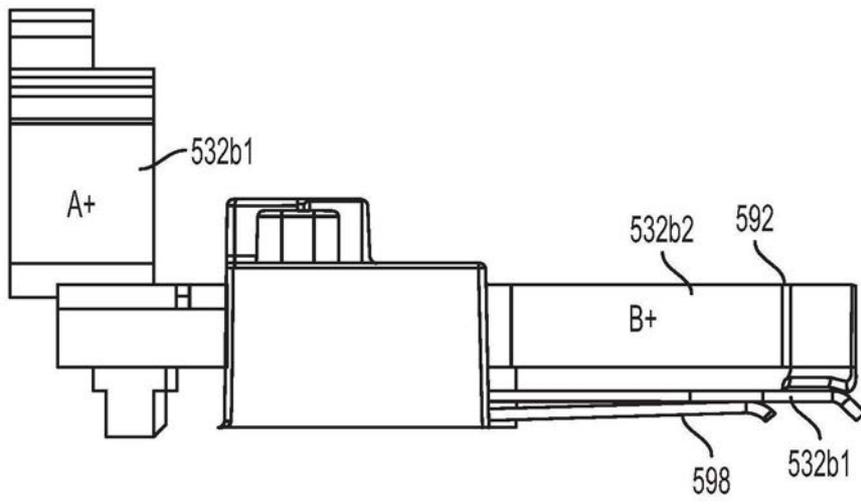


图52B

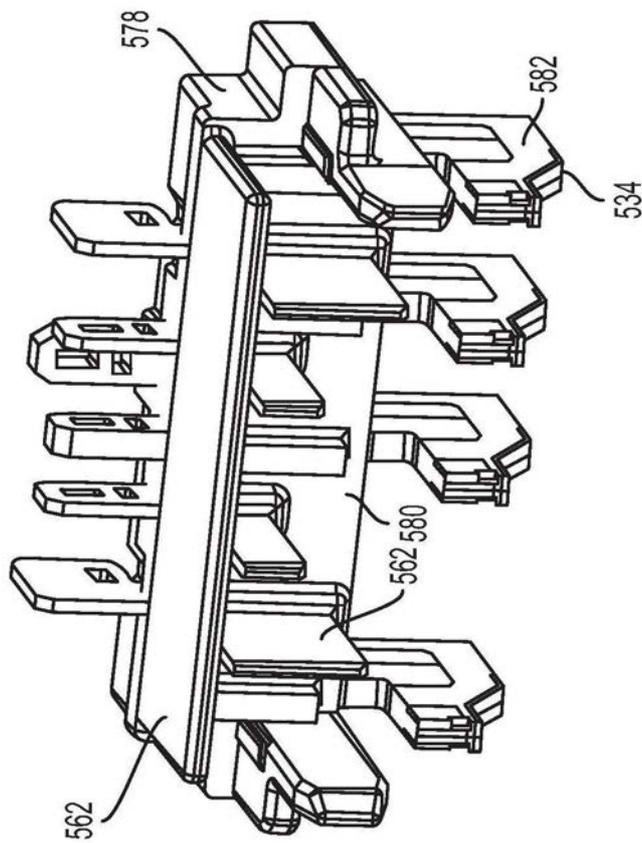


图53A

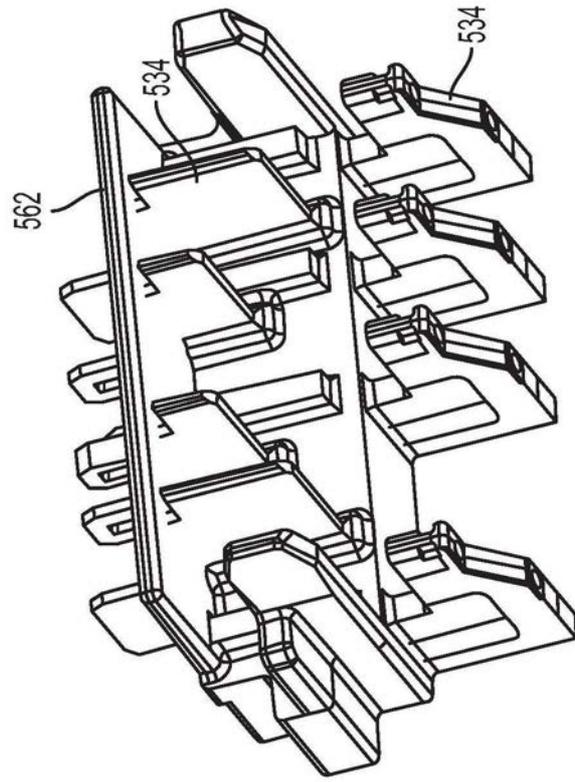


图53B

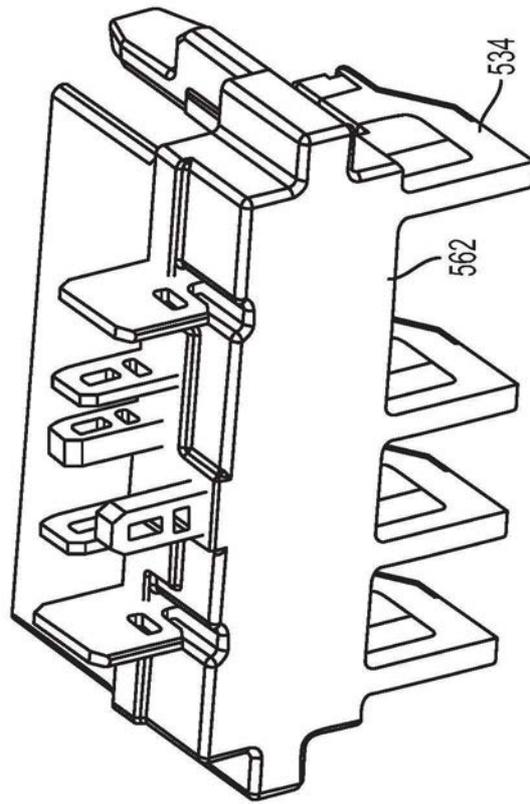


图53C

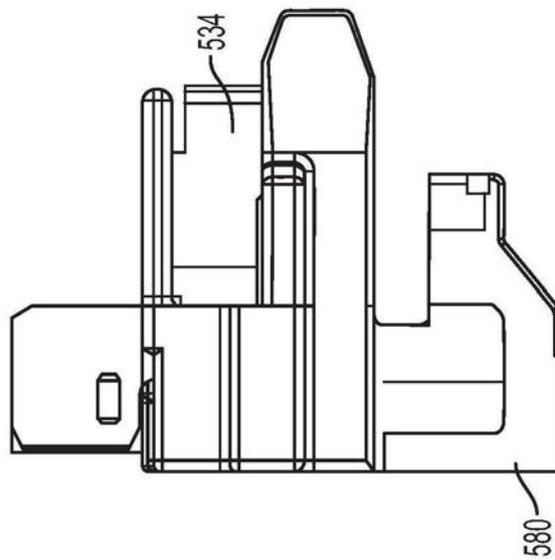


图53D

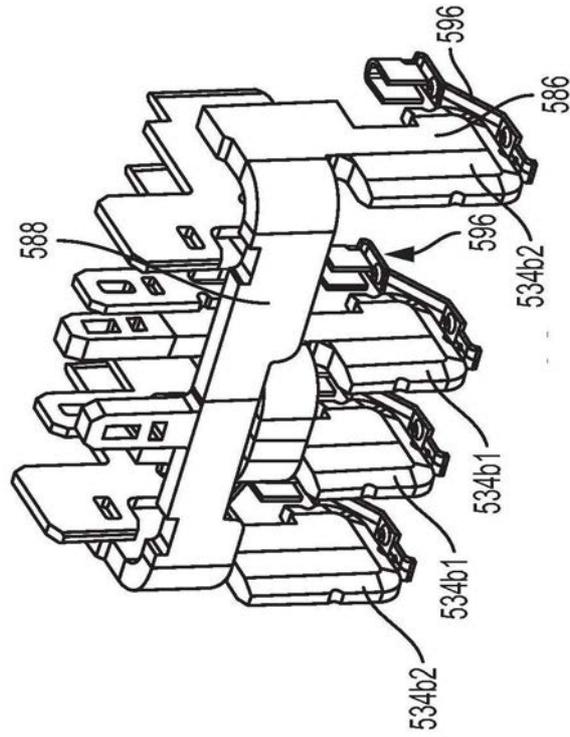


图54A

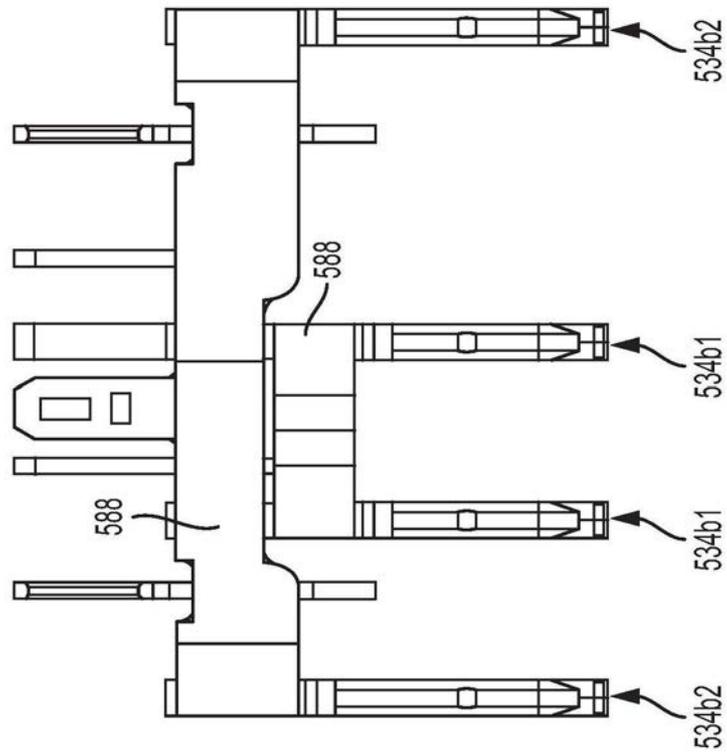


图54B

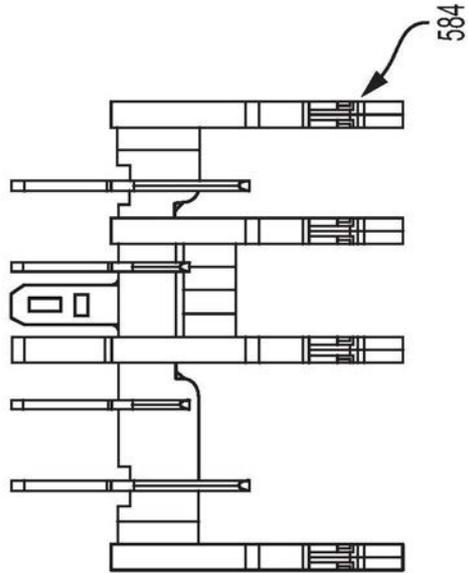


图54C

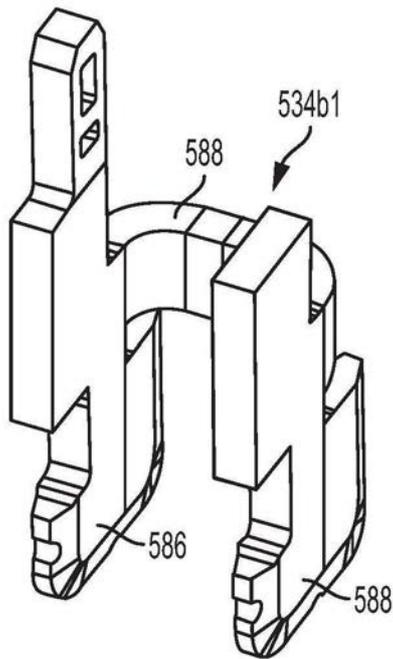


图55A

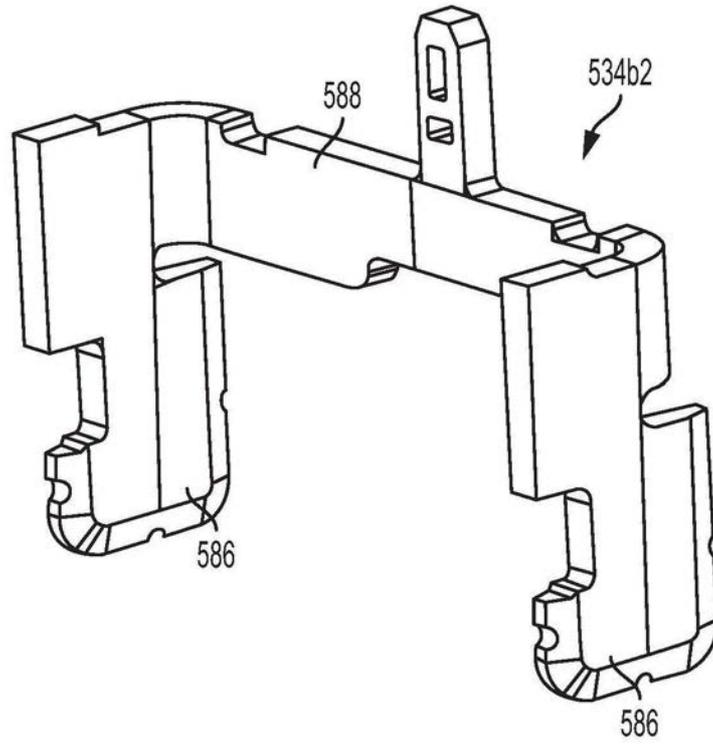


图55B

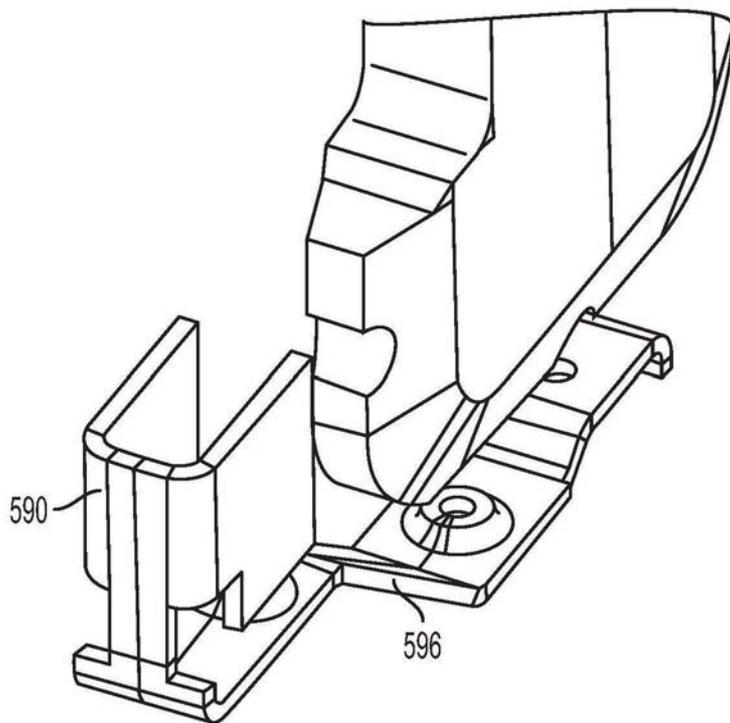


图55C

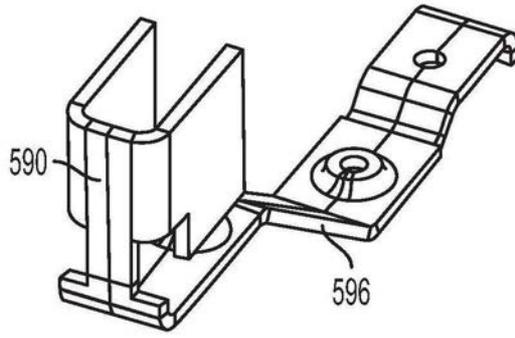


图55D

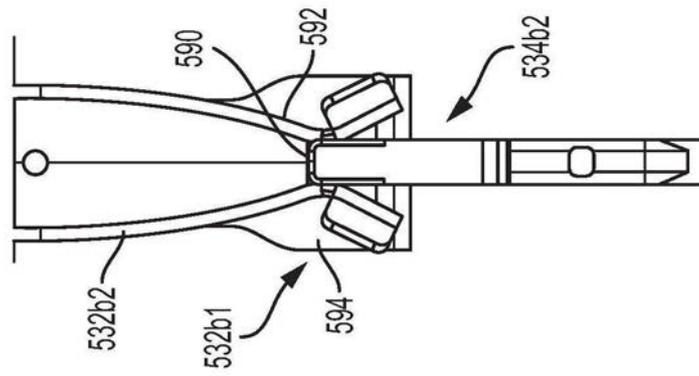


图56A

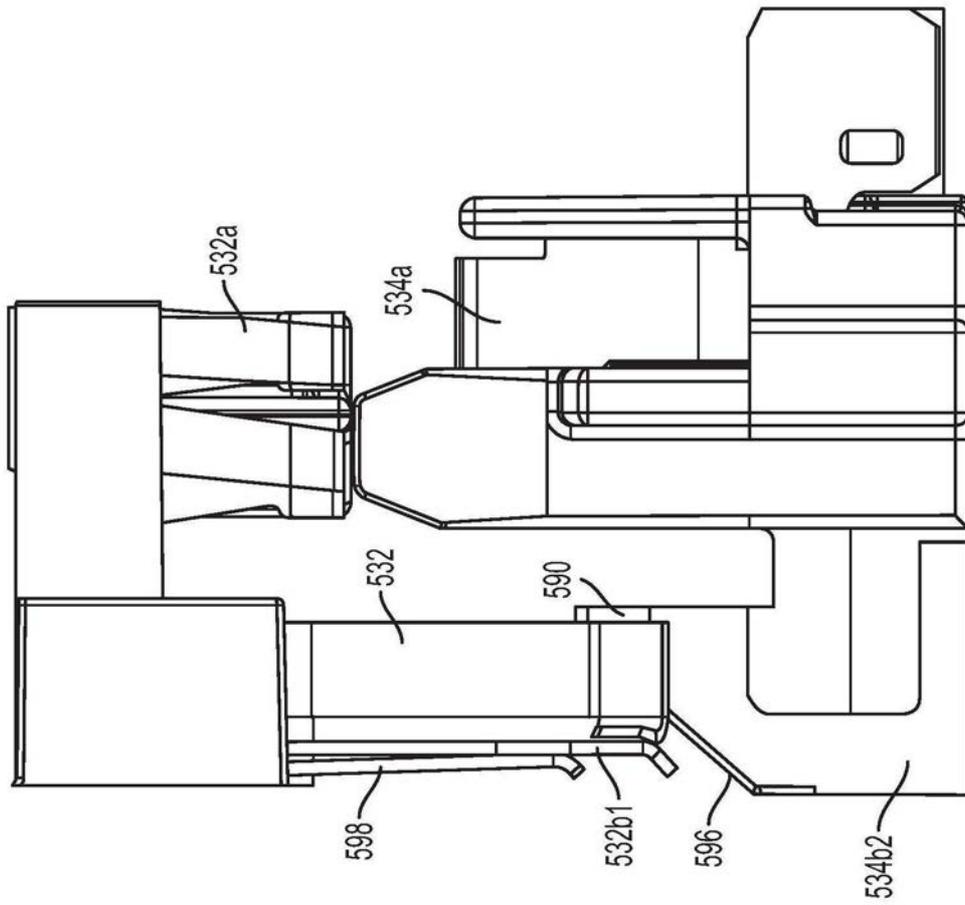


图56B

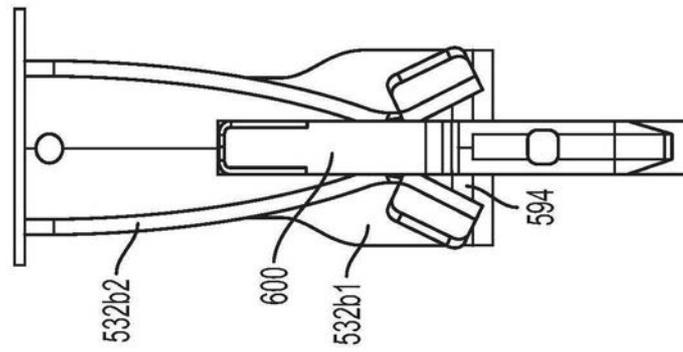


图57A

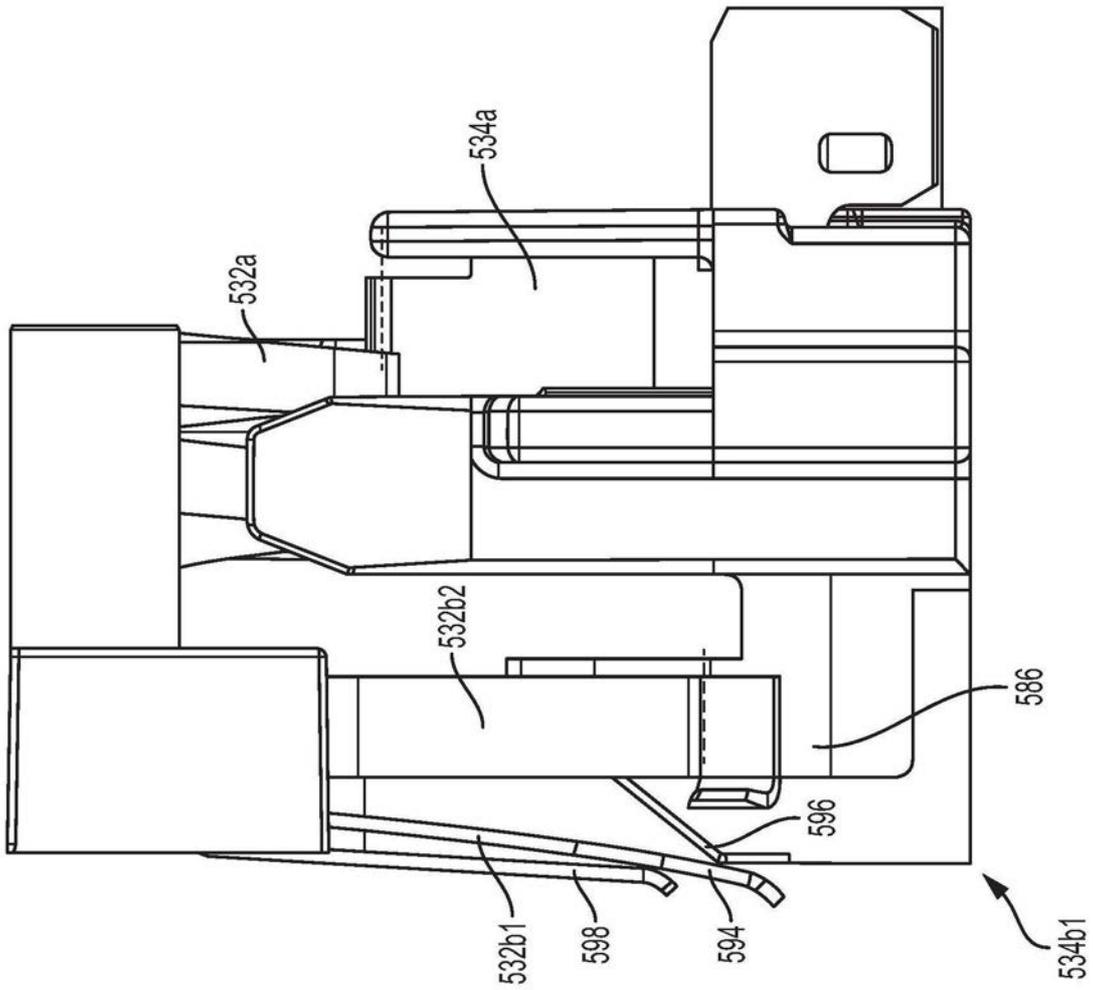


图57B

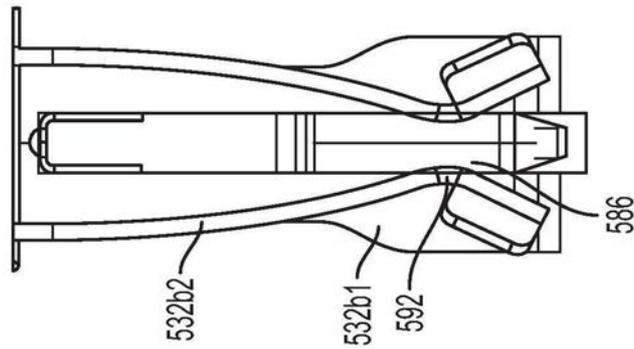


图58A

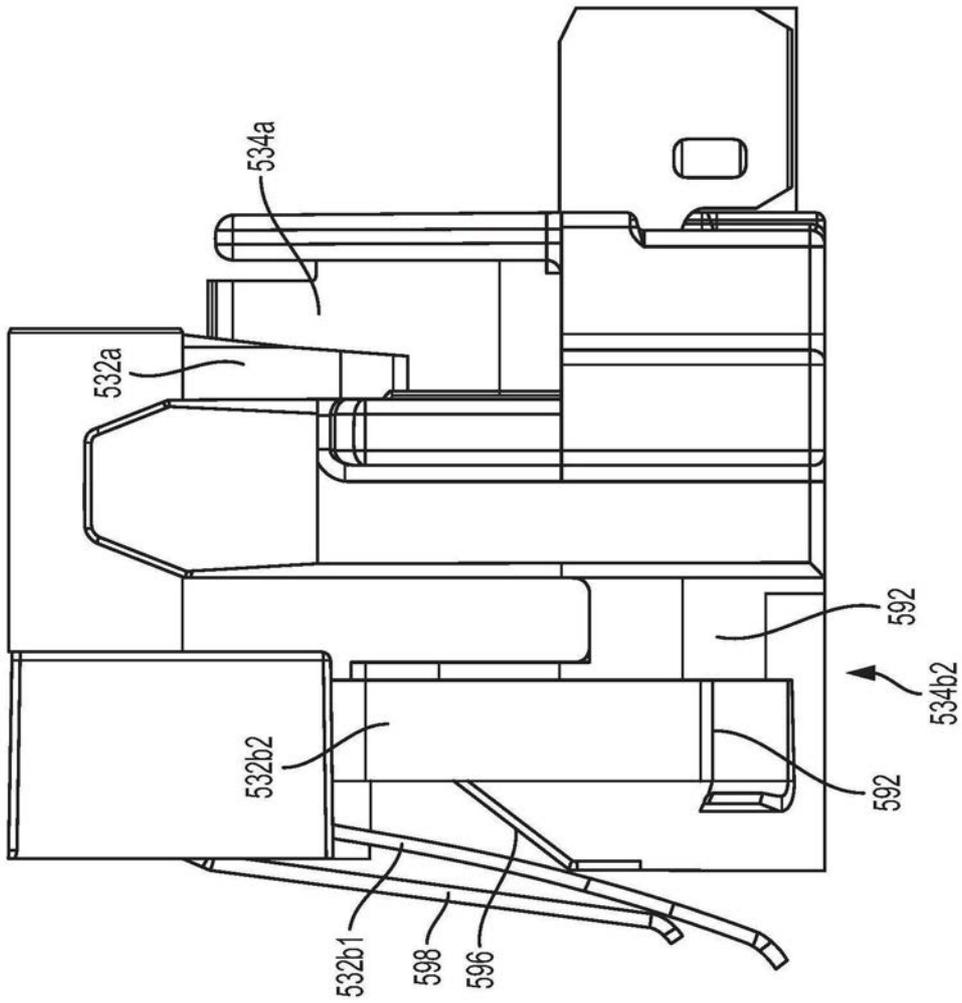


图58B

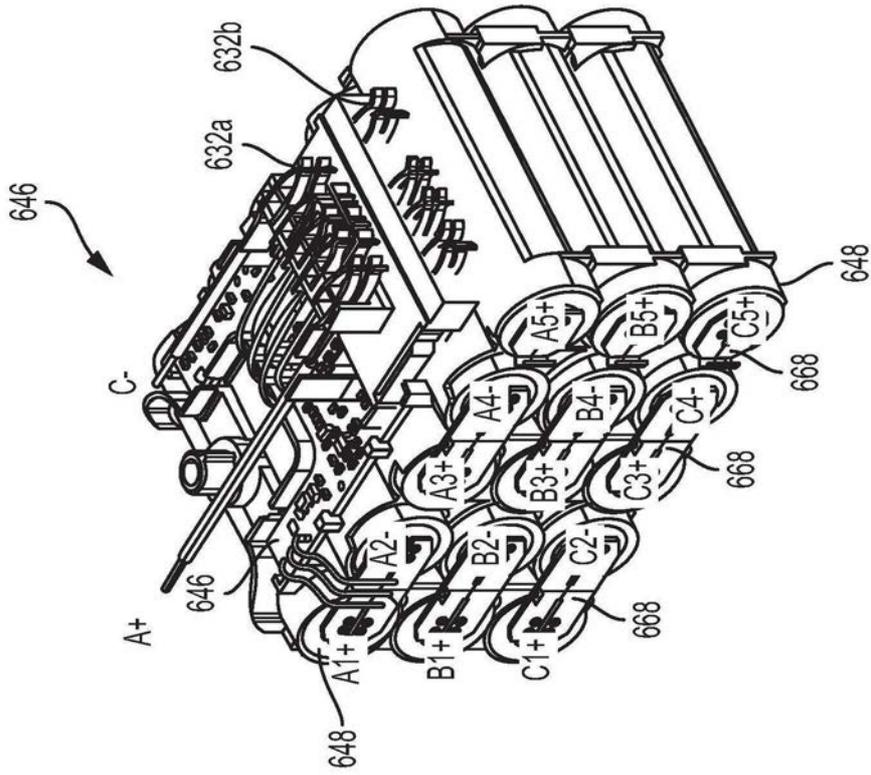


图59A

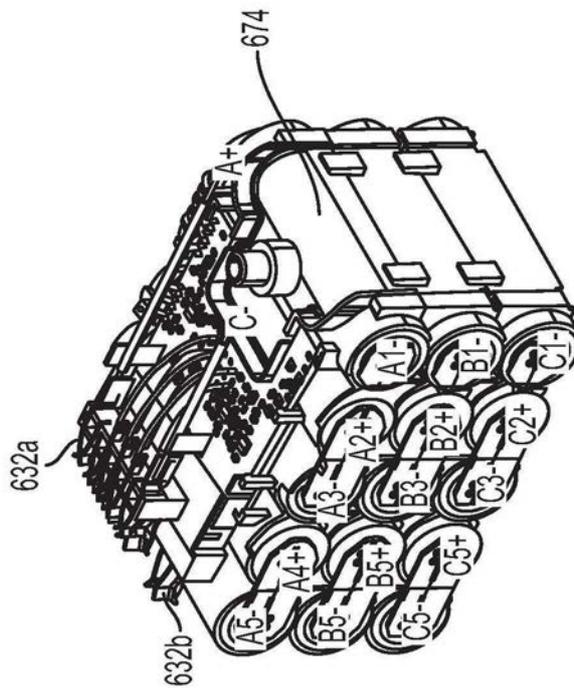


图59B

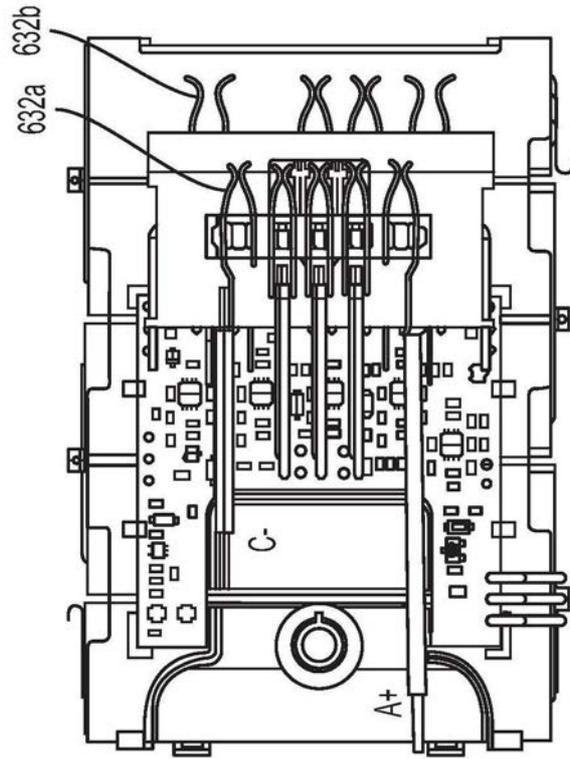


图59C

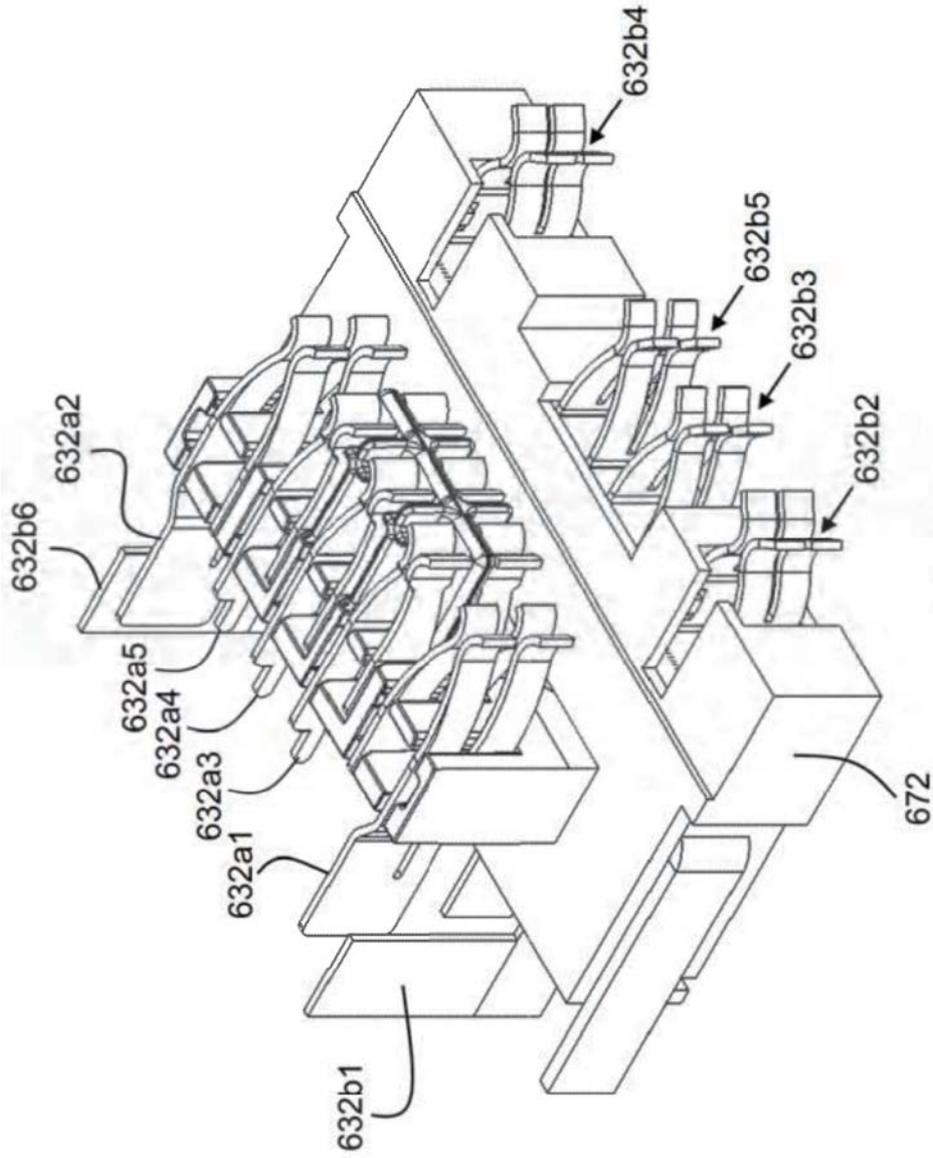


图60

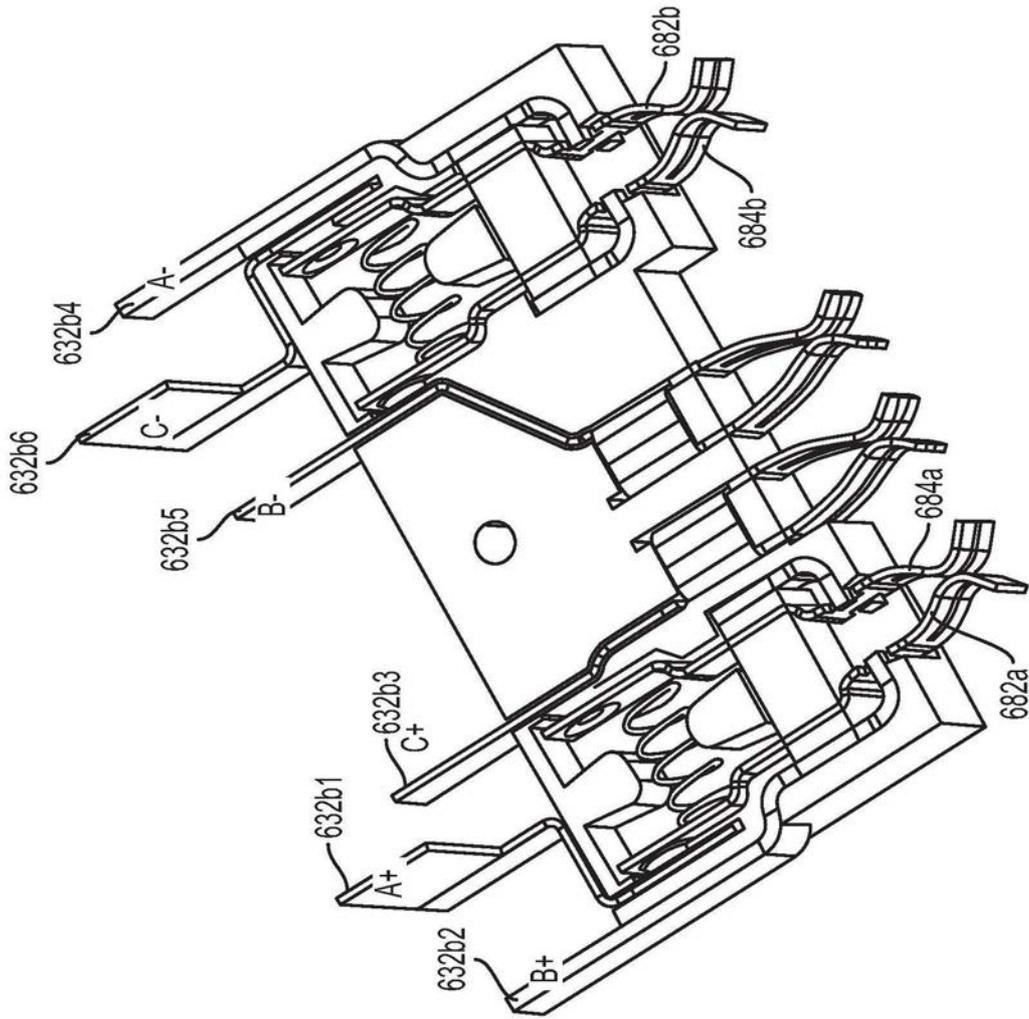


图61A

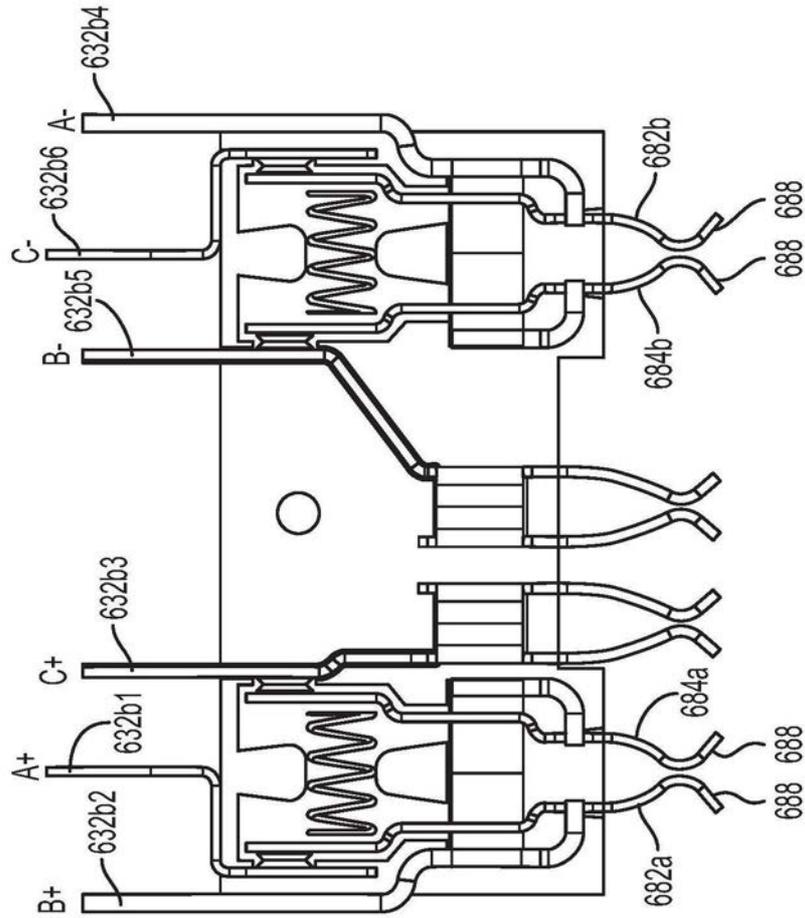


图61B

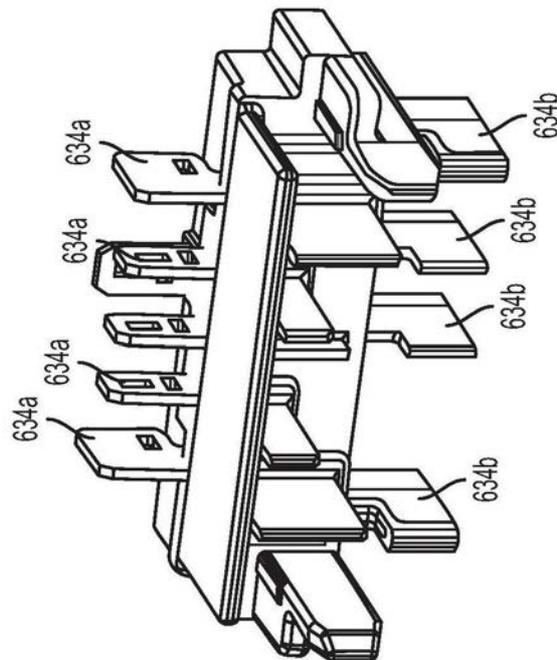


图62A

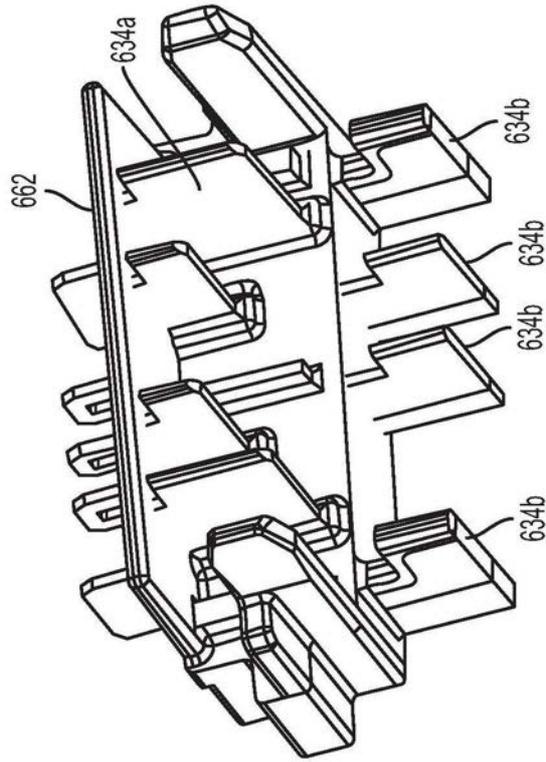


图62B

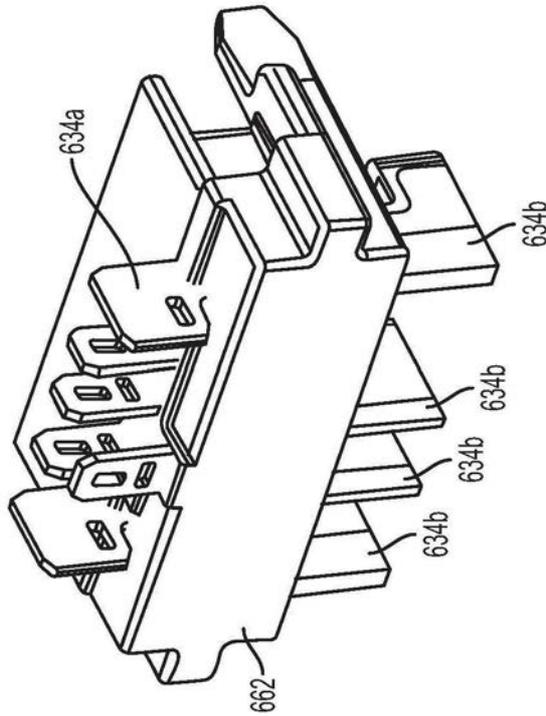


图62C

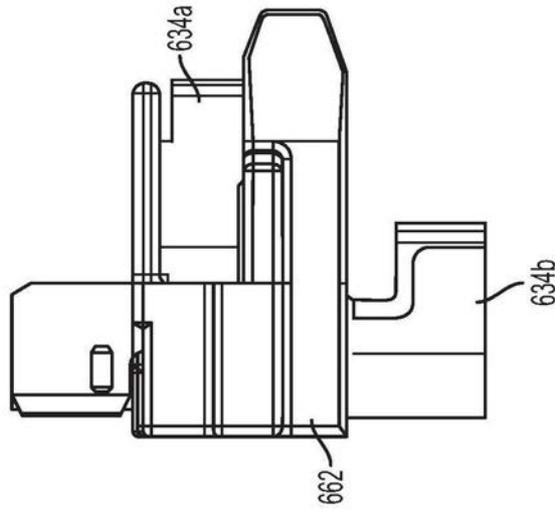


图62D

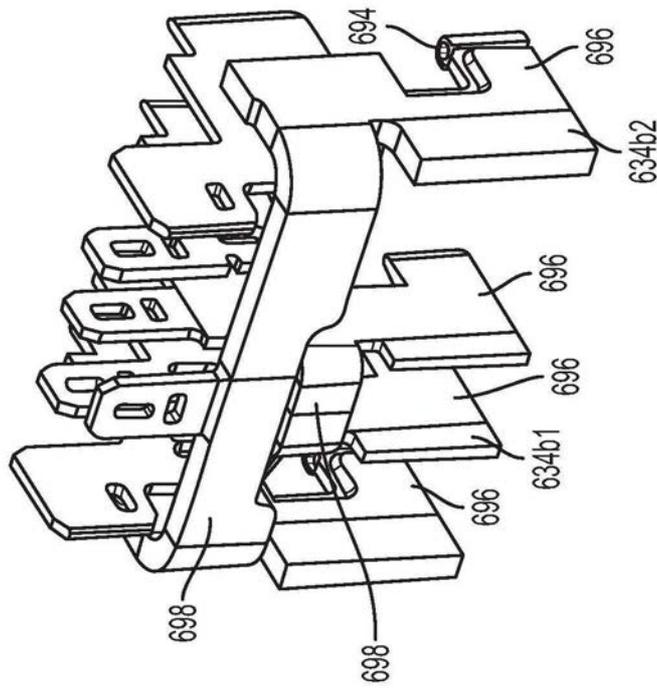


图63A

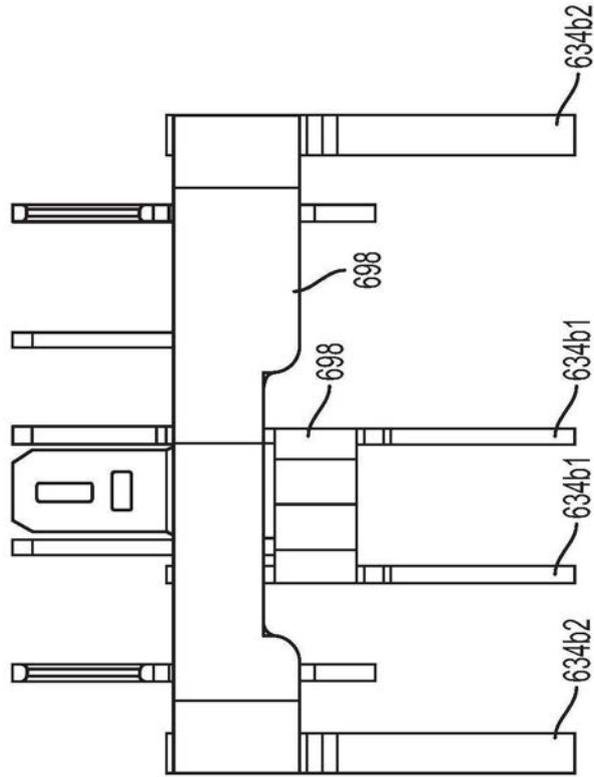


图63B

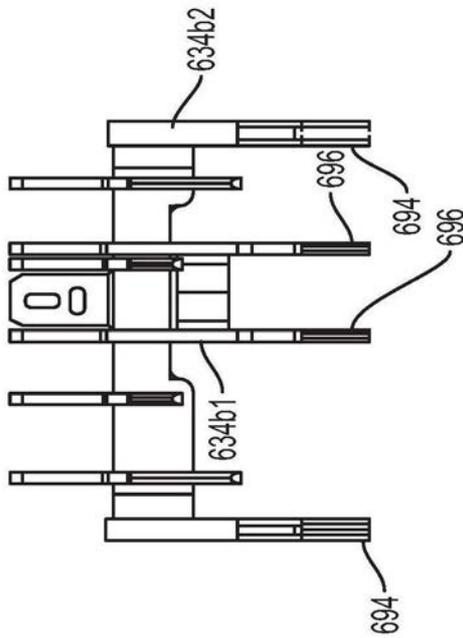


图63C

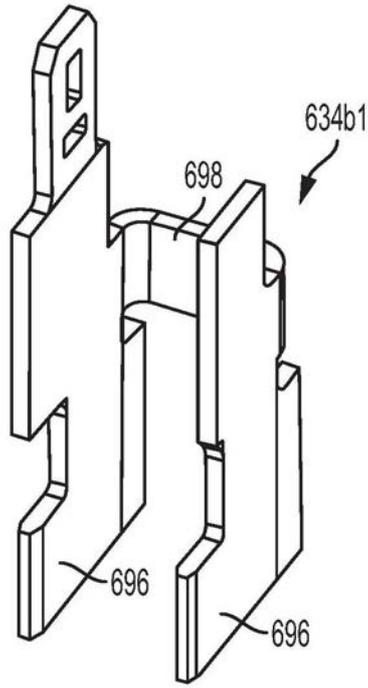


图64A

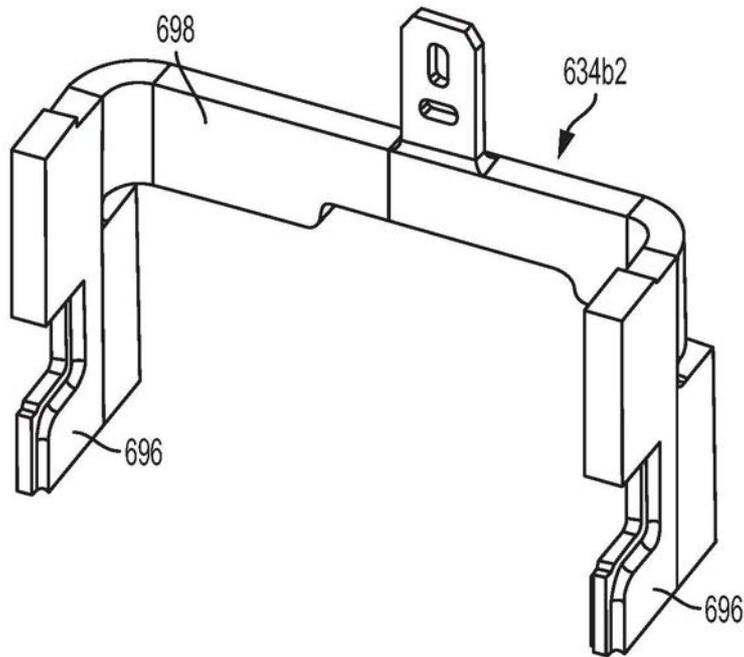


图64B

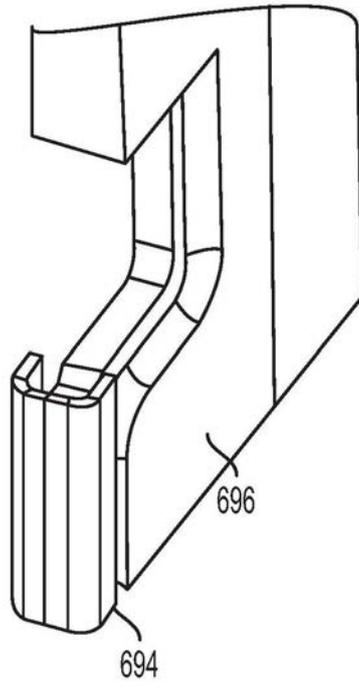


图64C

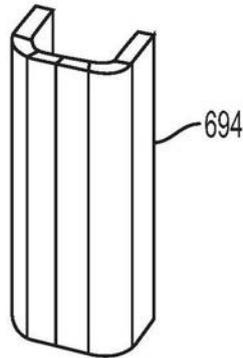


图64D

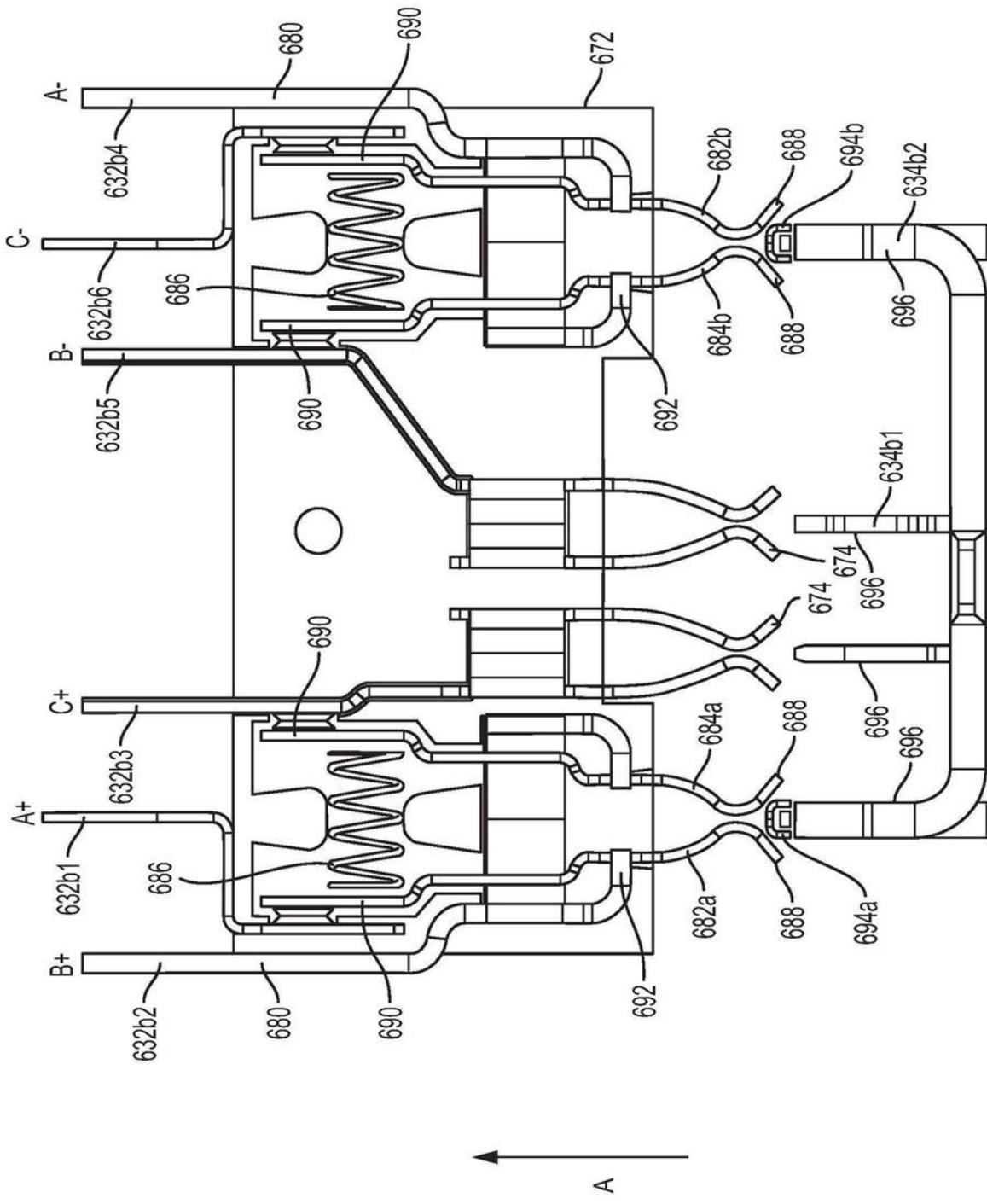


图65

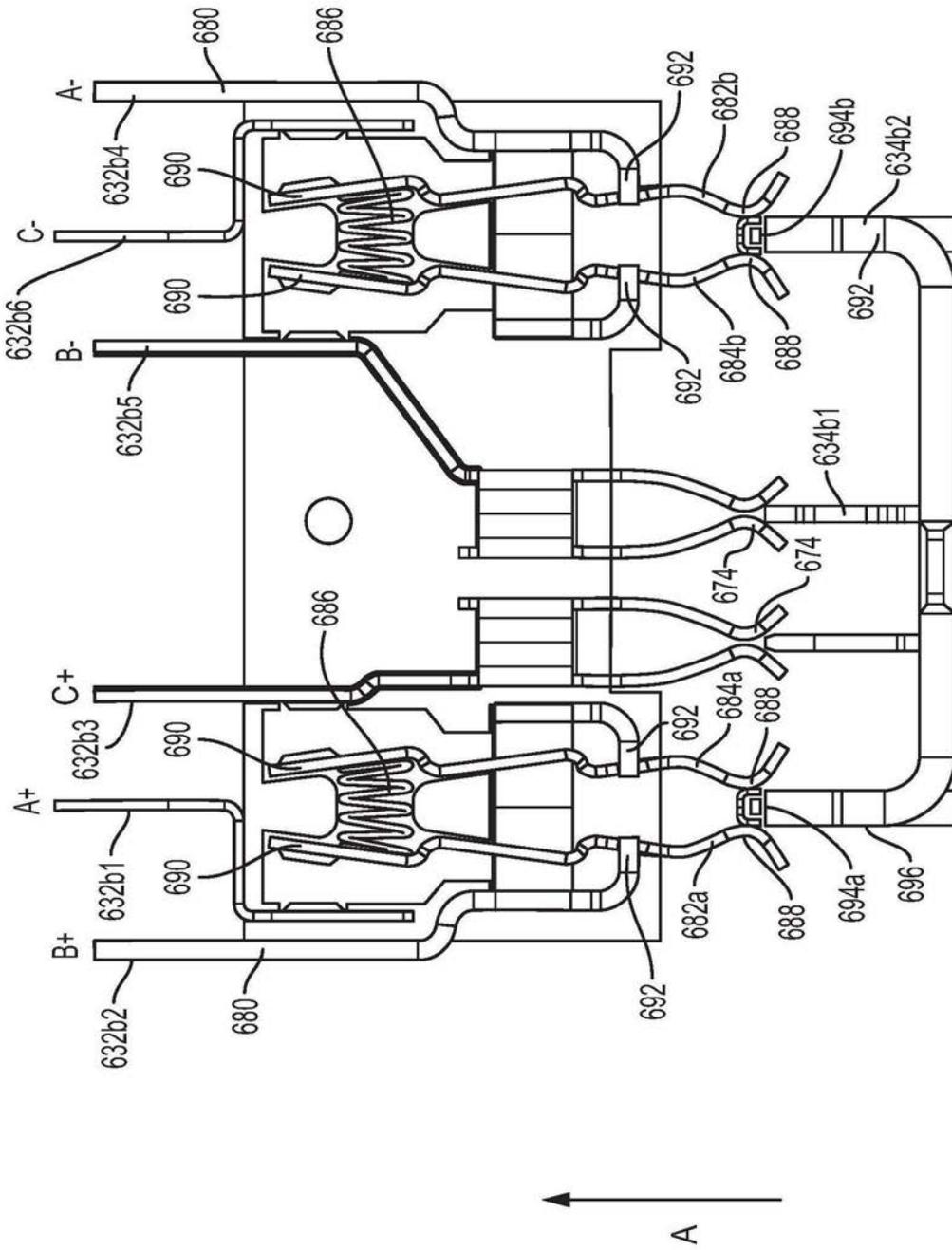


图66

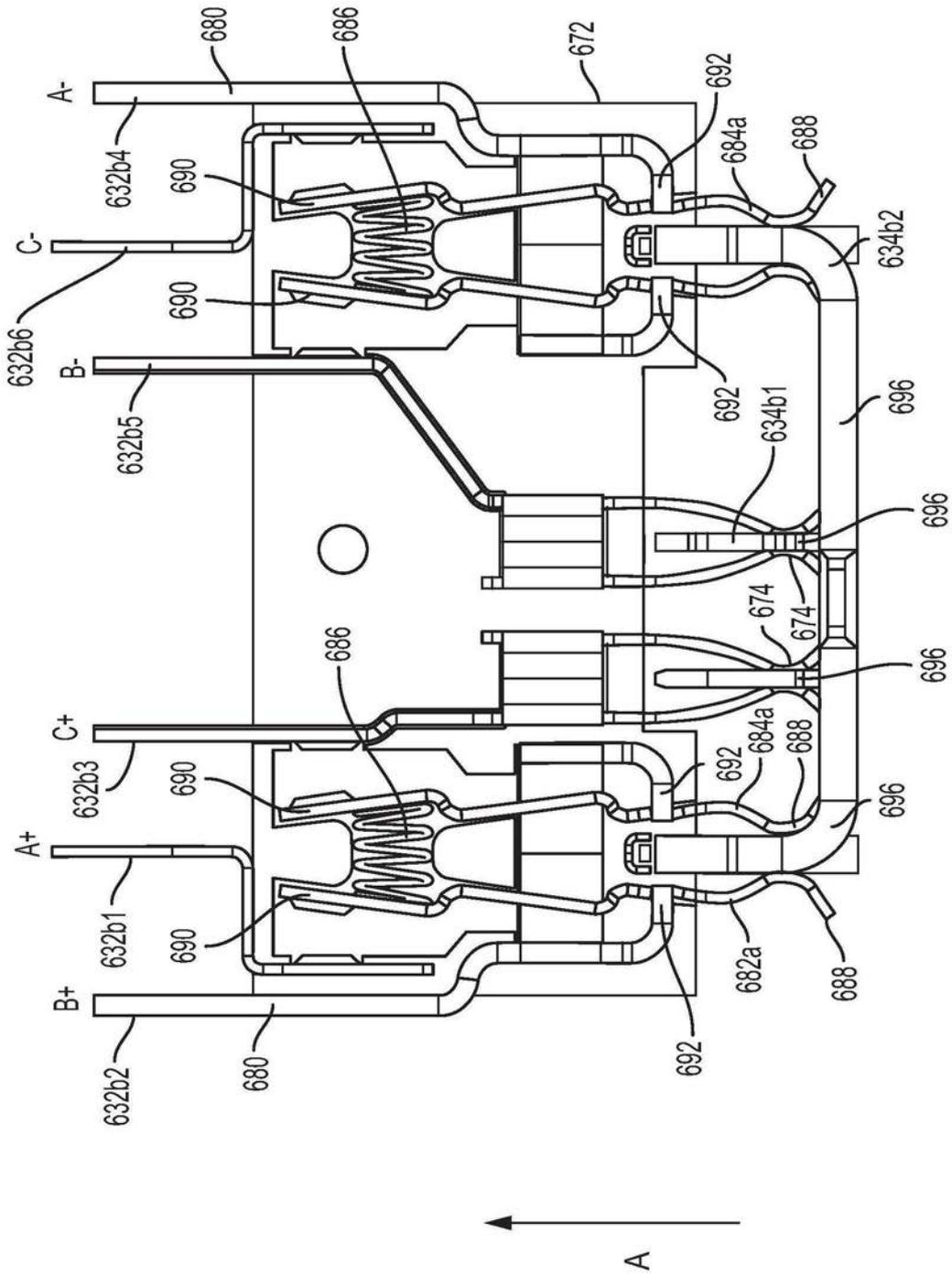


图67

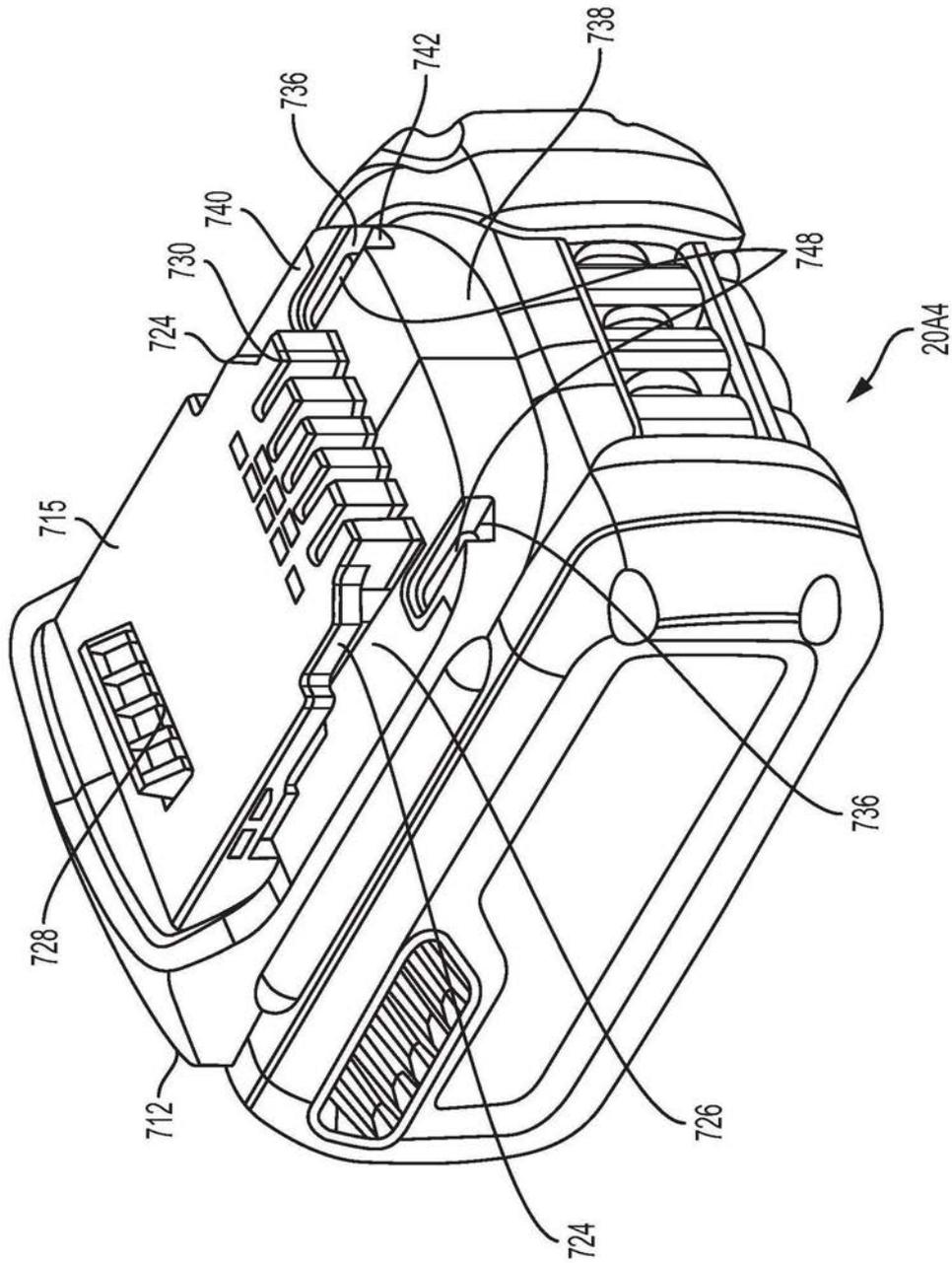


图68

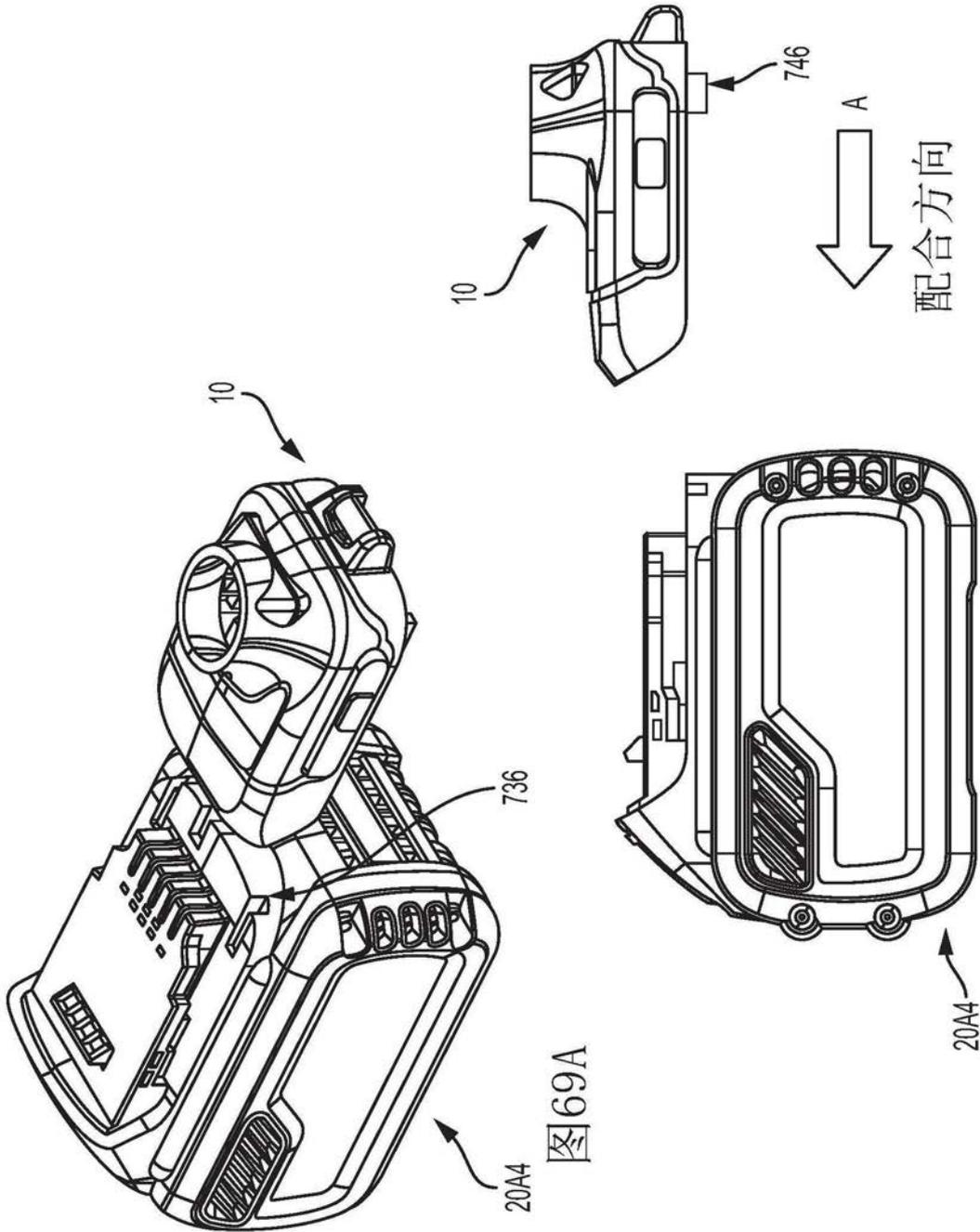


图69A

图69B

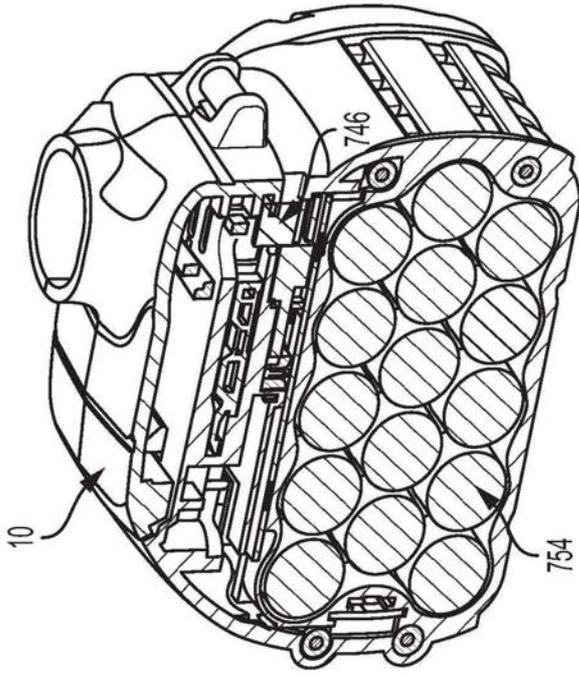


图71A

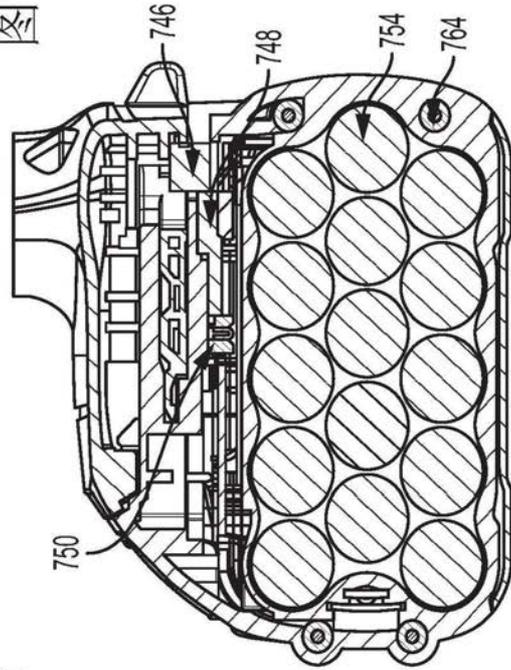


图71B

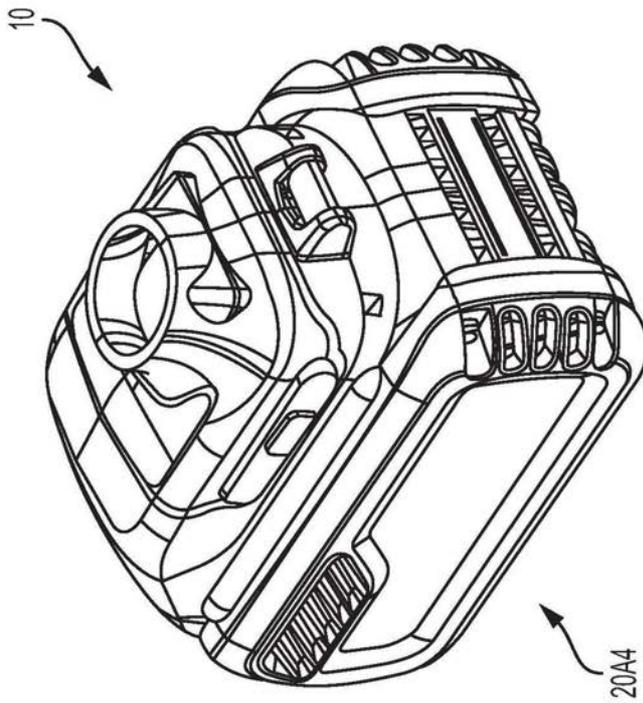


图70

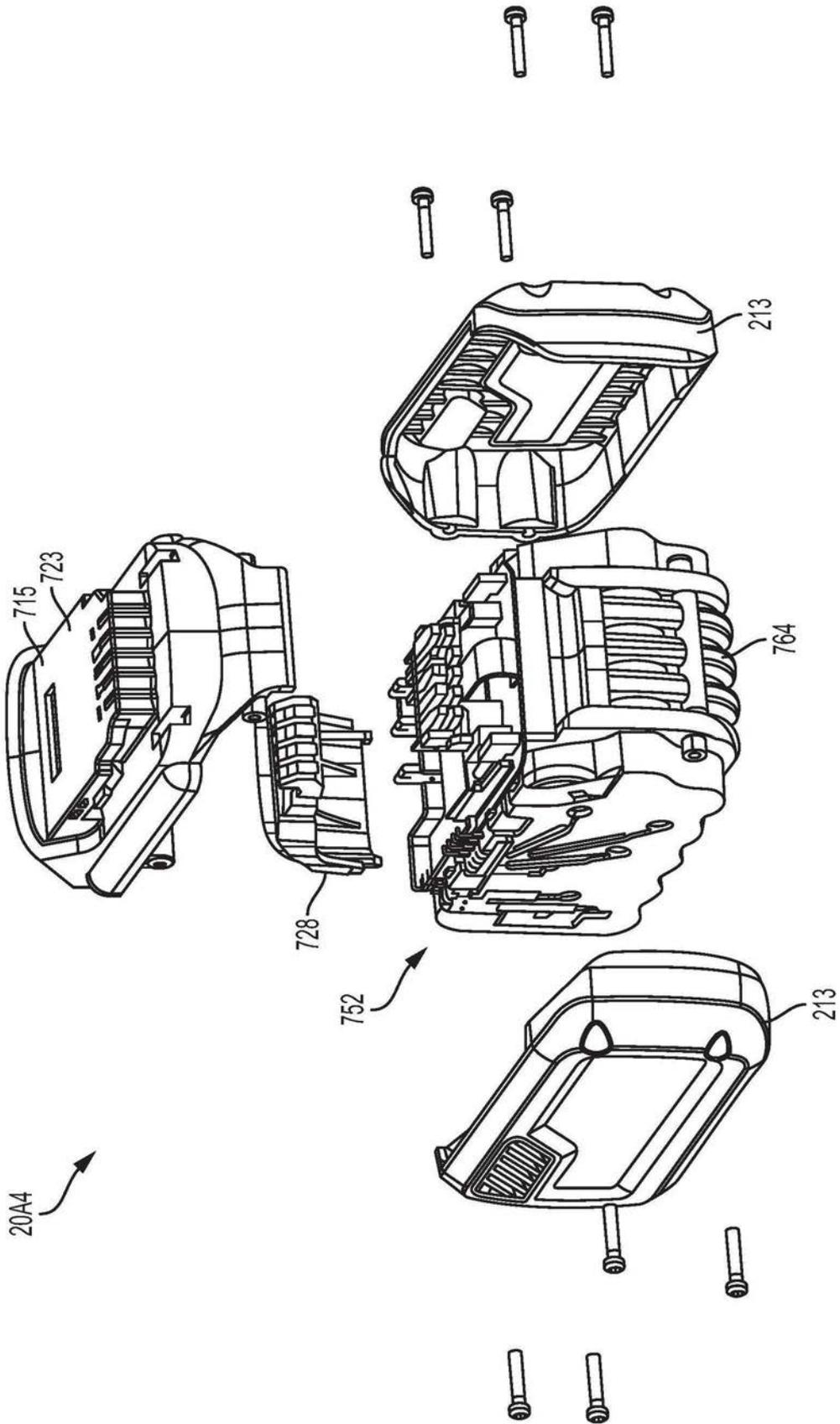


图72

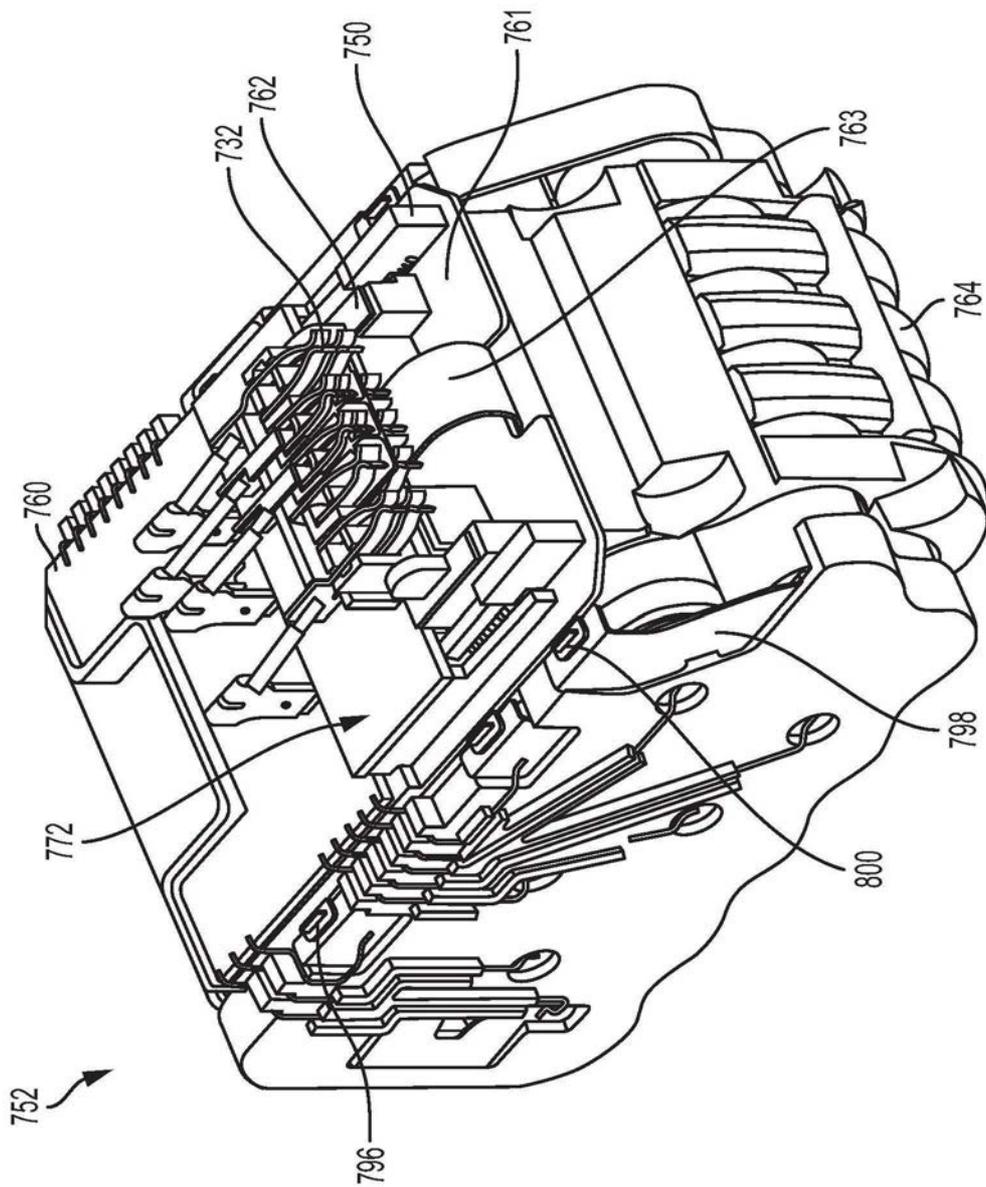


图73

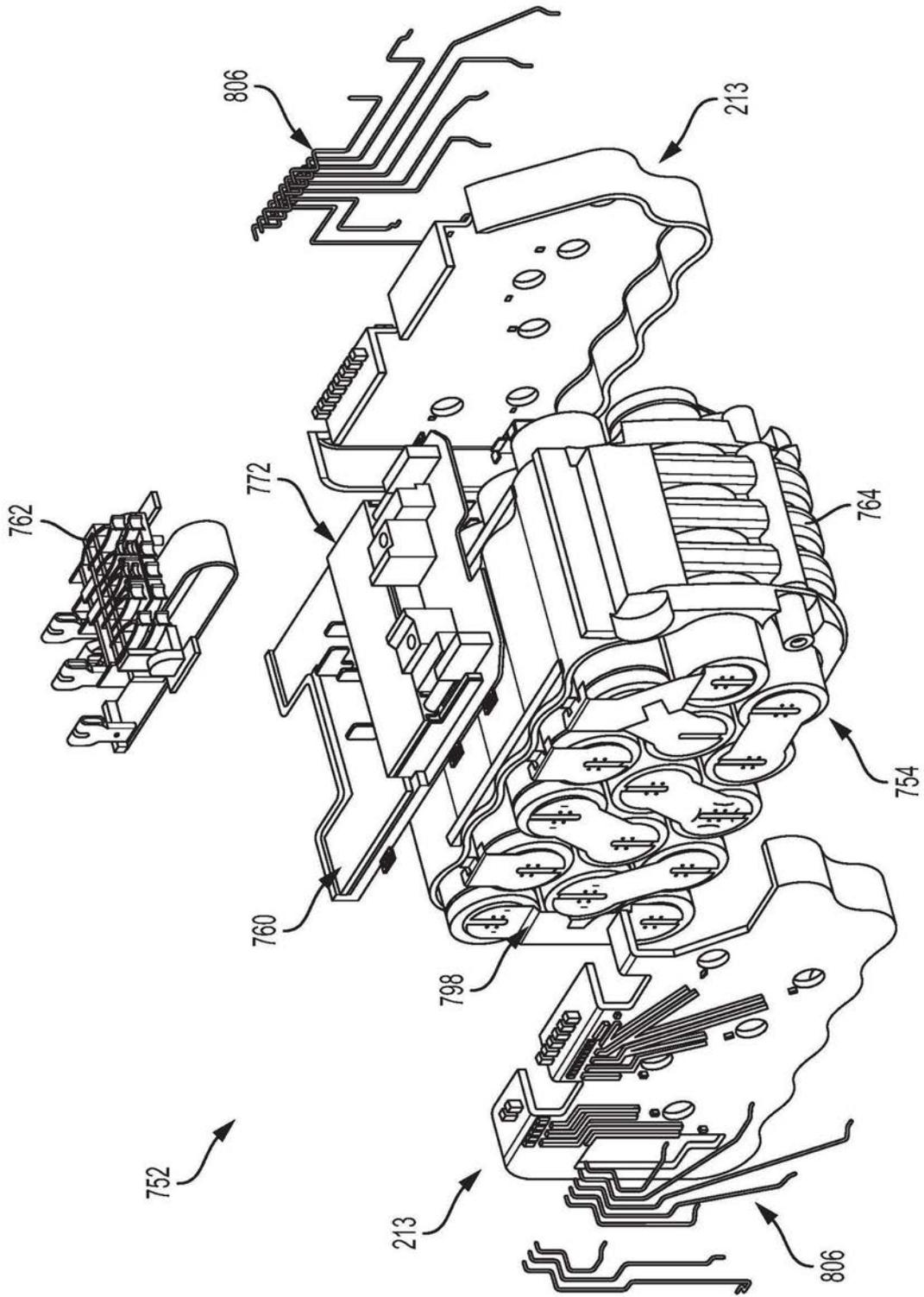


图74

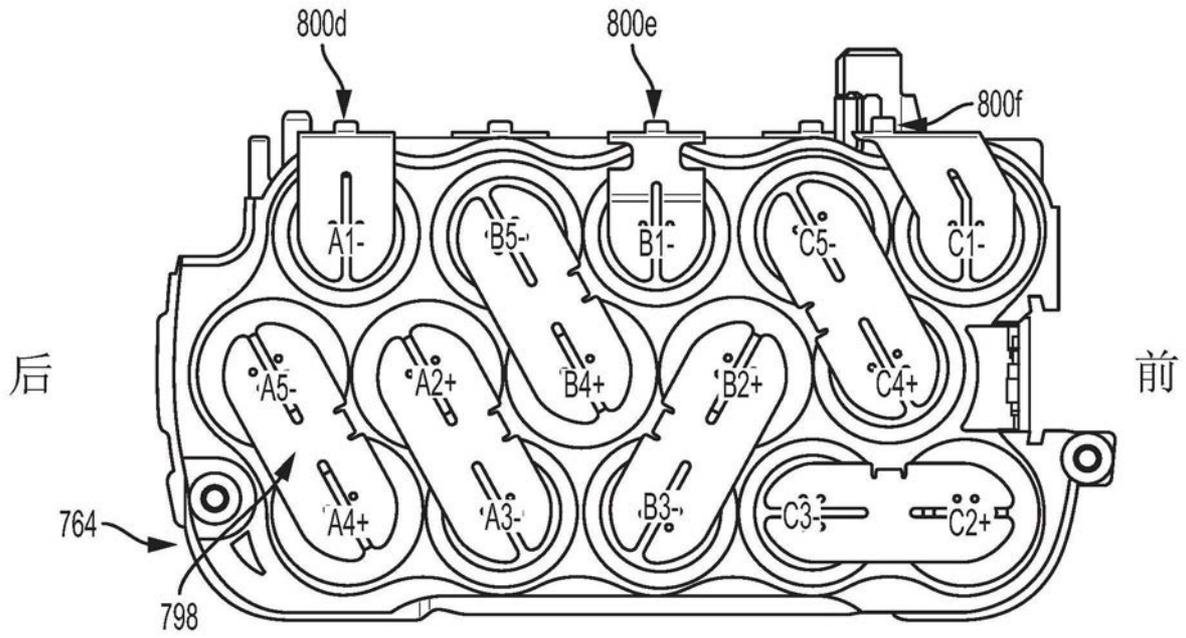


图75A

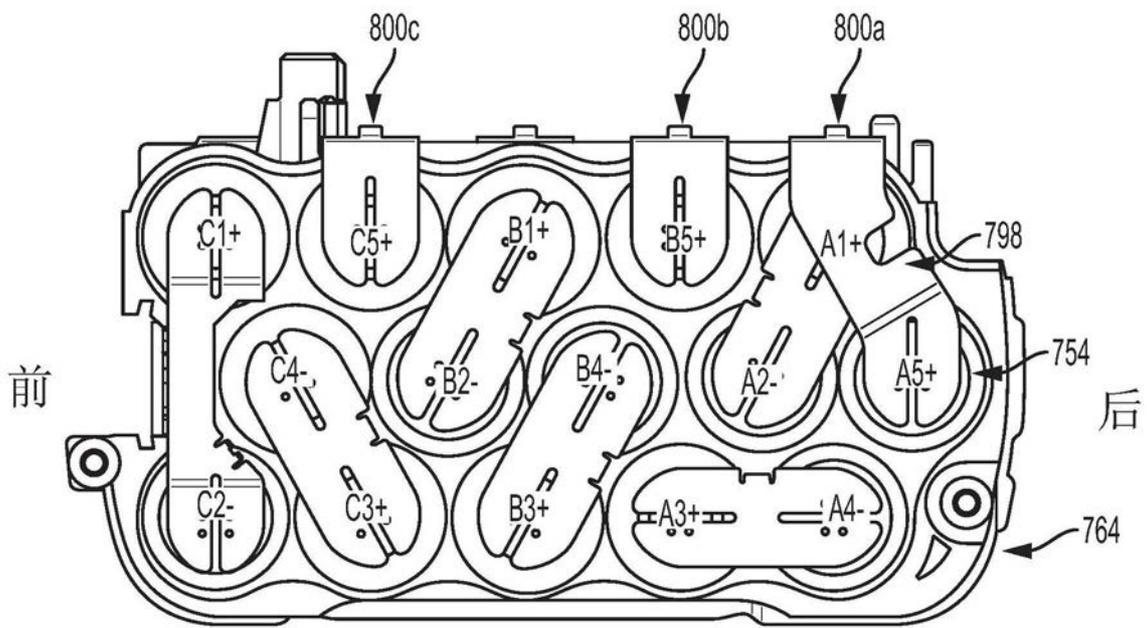
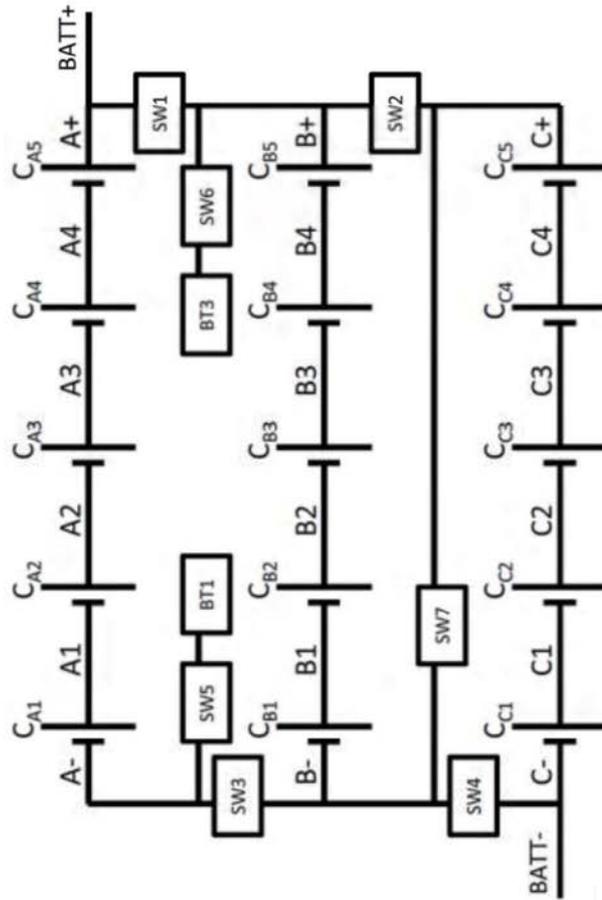
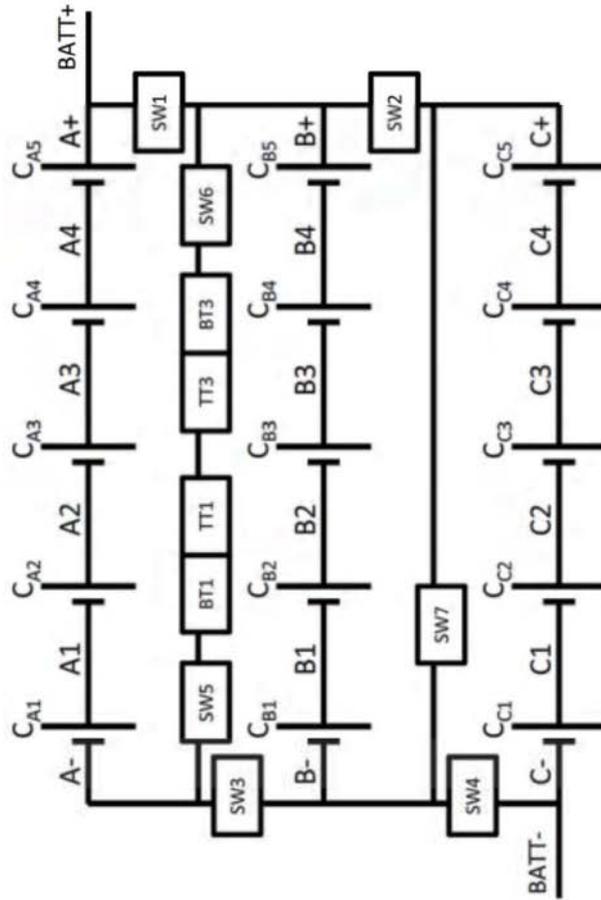


图75B



低额定电压：
SW1, SW2, SW3, SW4闭合
SW5, SW6, SW7打开

图76A



中等额定电压：
SW1, SW2, SW3, SW4打开
SW5, SW6, SW7闭合
TT1-TT3存在于BT3和BT1之间

图76B

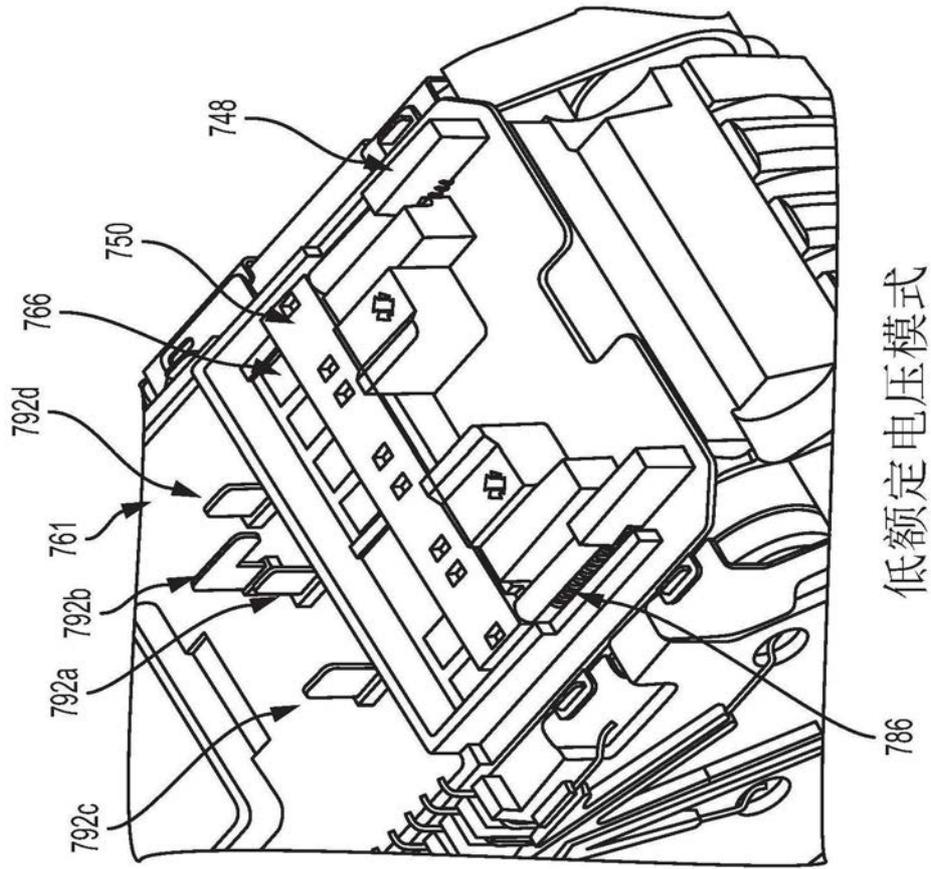
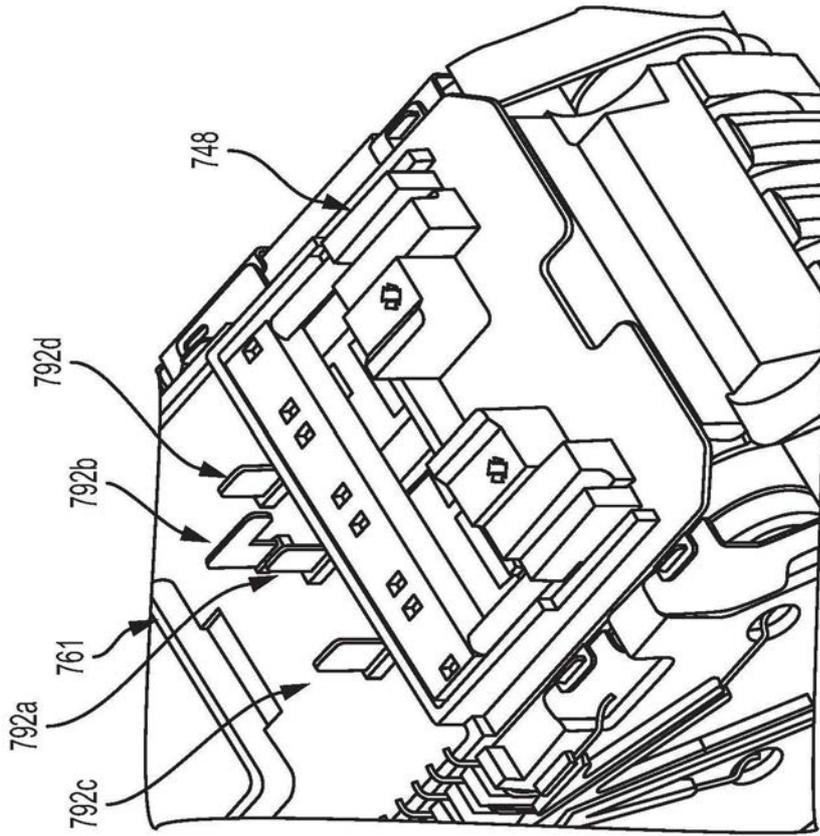


图77A



中等额定电压模式

图77B

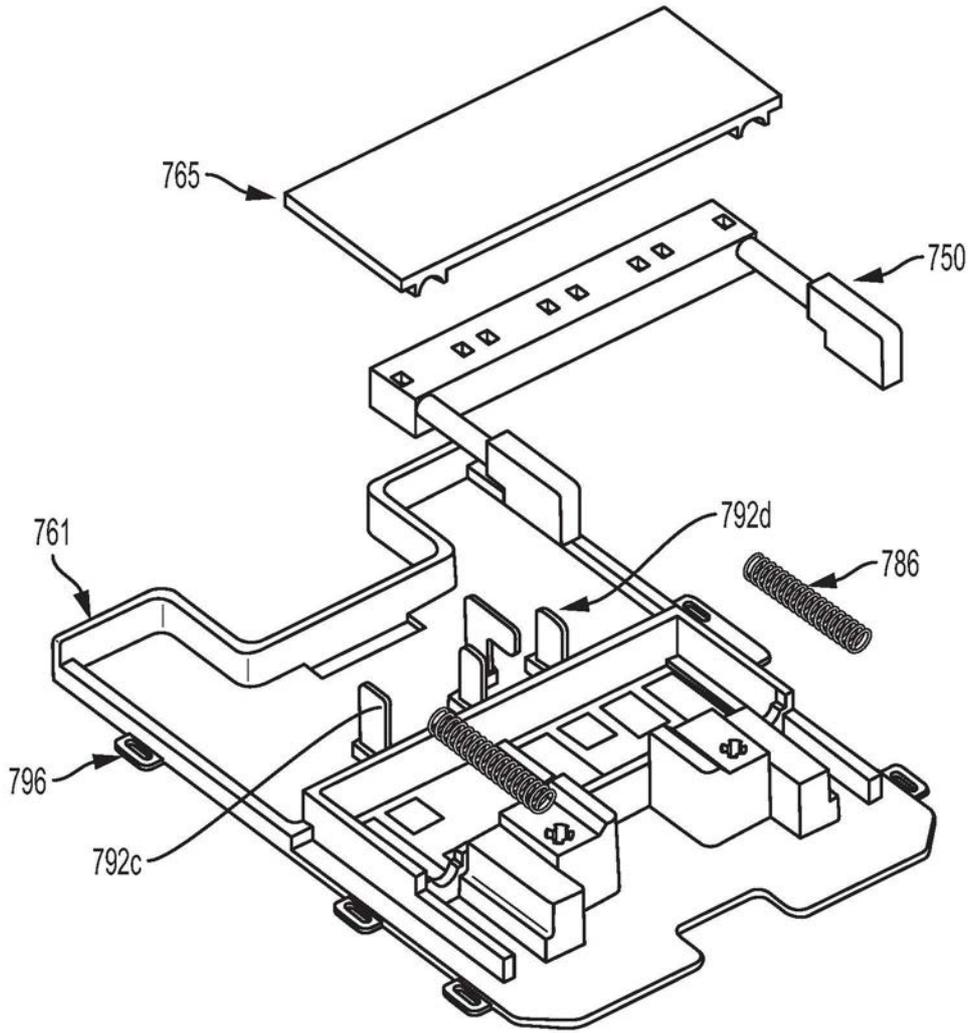


图78

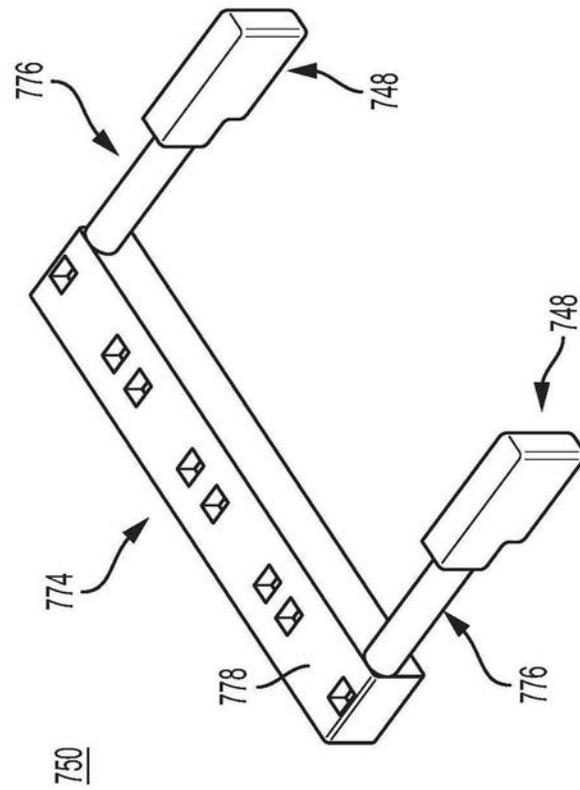


图79A

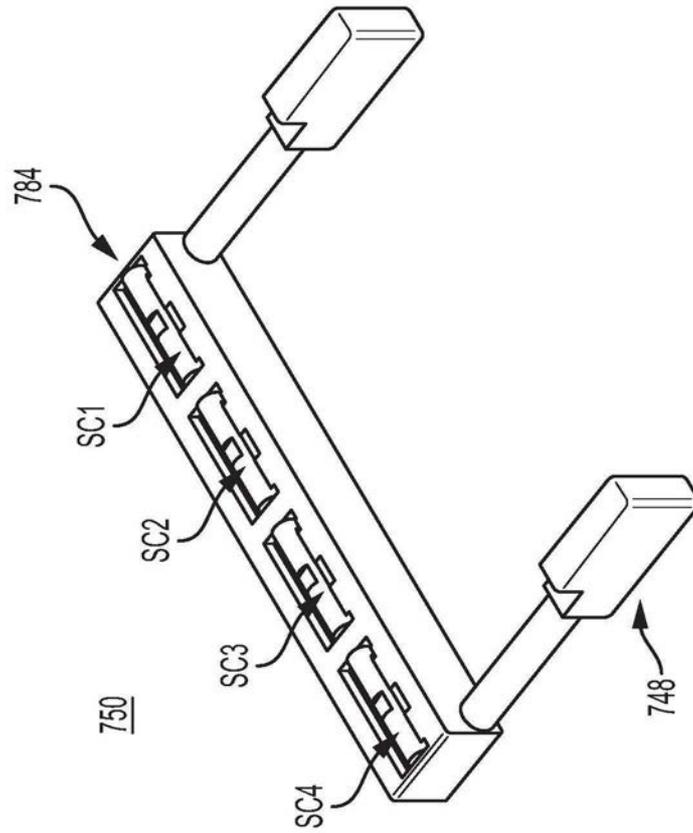


图79B

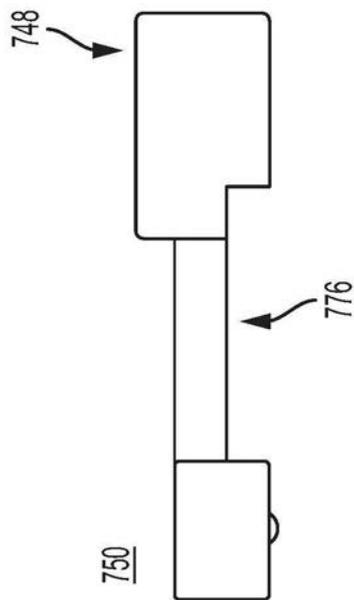


图79C

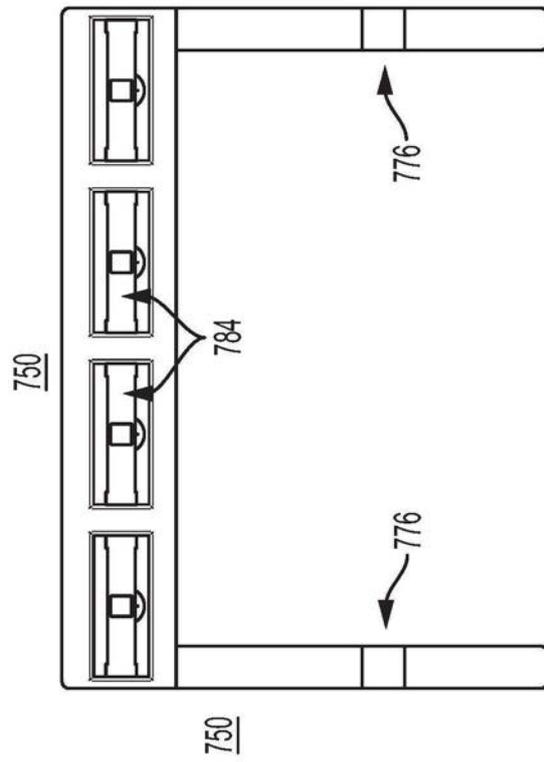


图79D

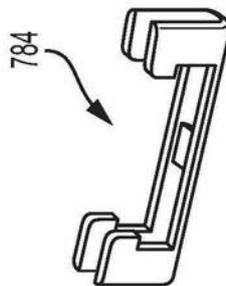


图79E

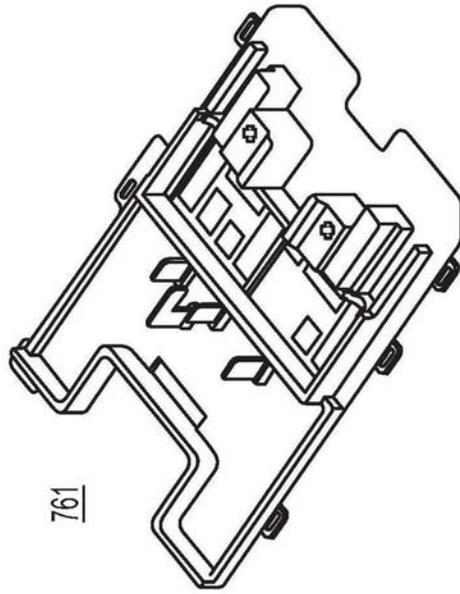


图80A

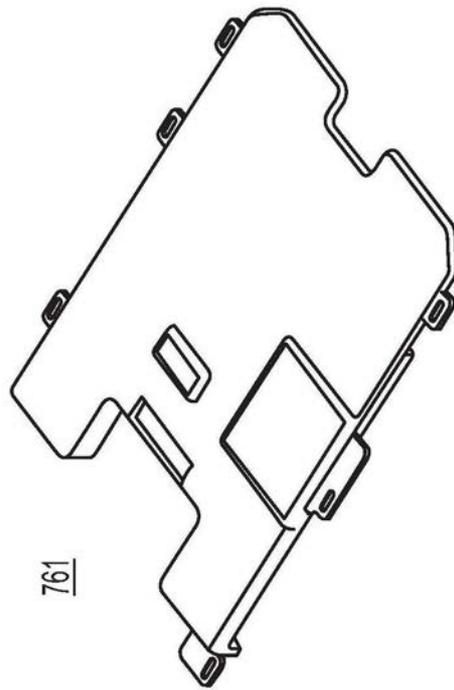


图80B

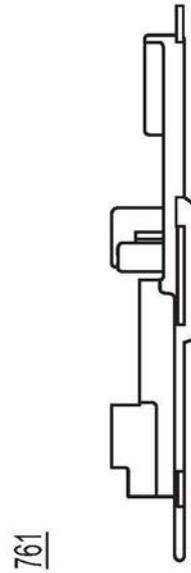


图80C

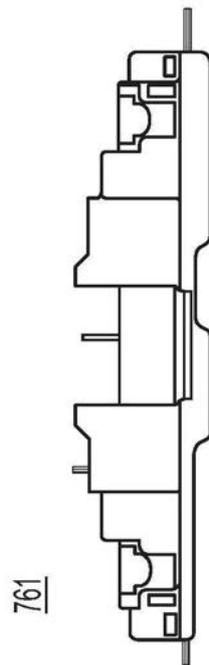


图80D

支撑板761 - 制造步骤

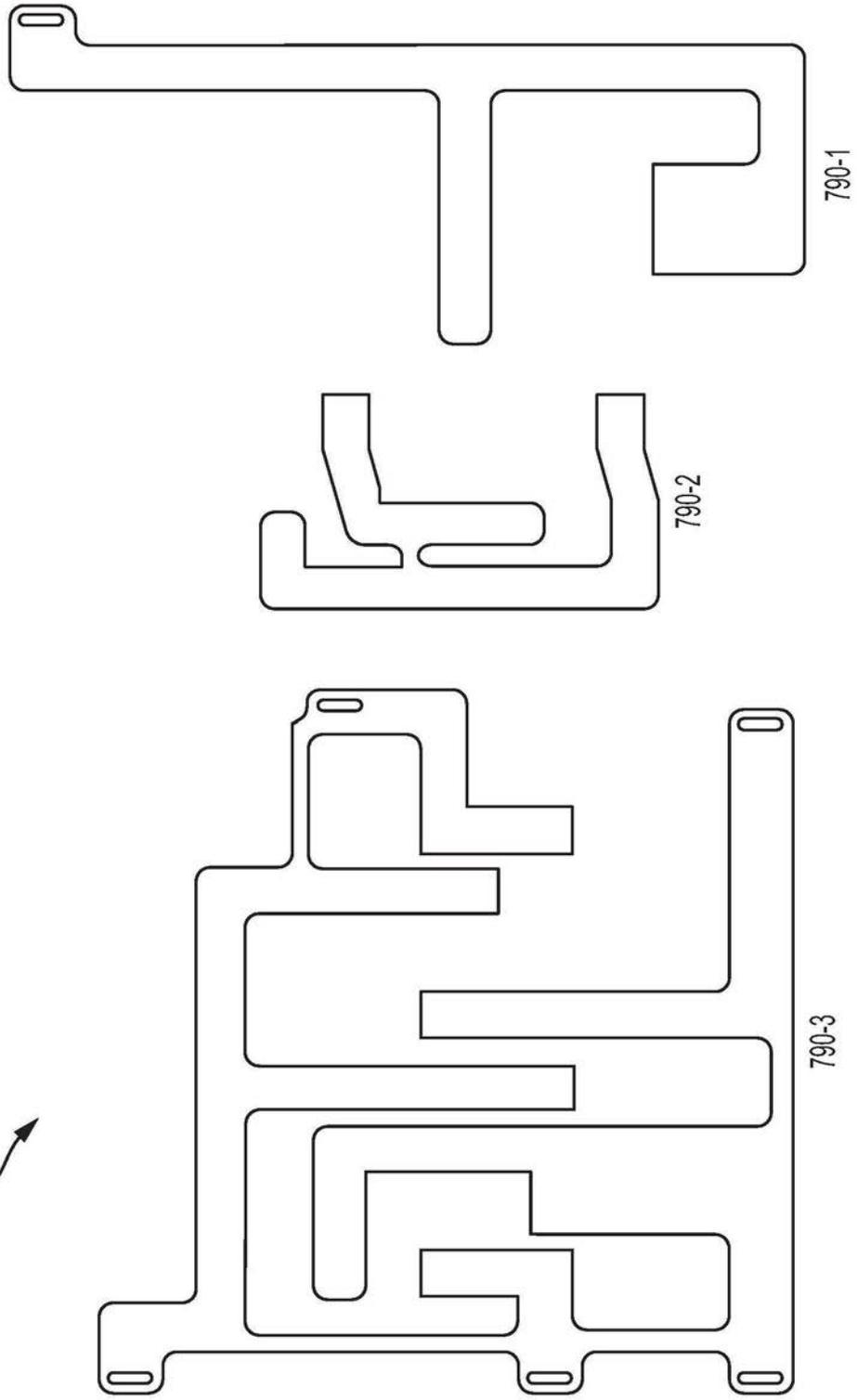


图81A

支撑板761 - 制造步骤

步骤2: 将金属功率迹线790弯曲到渐进冲压模具中

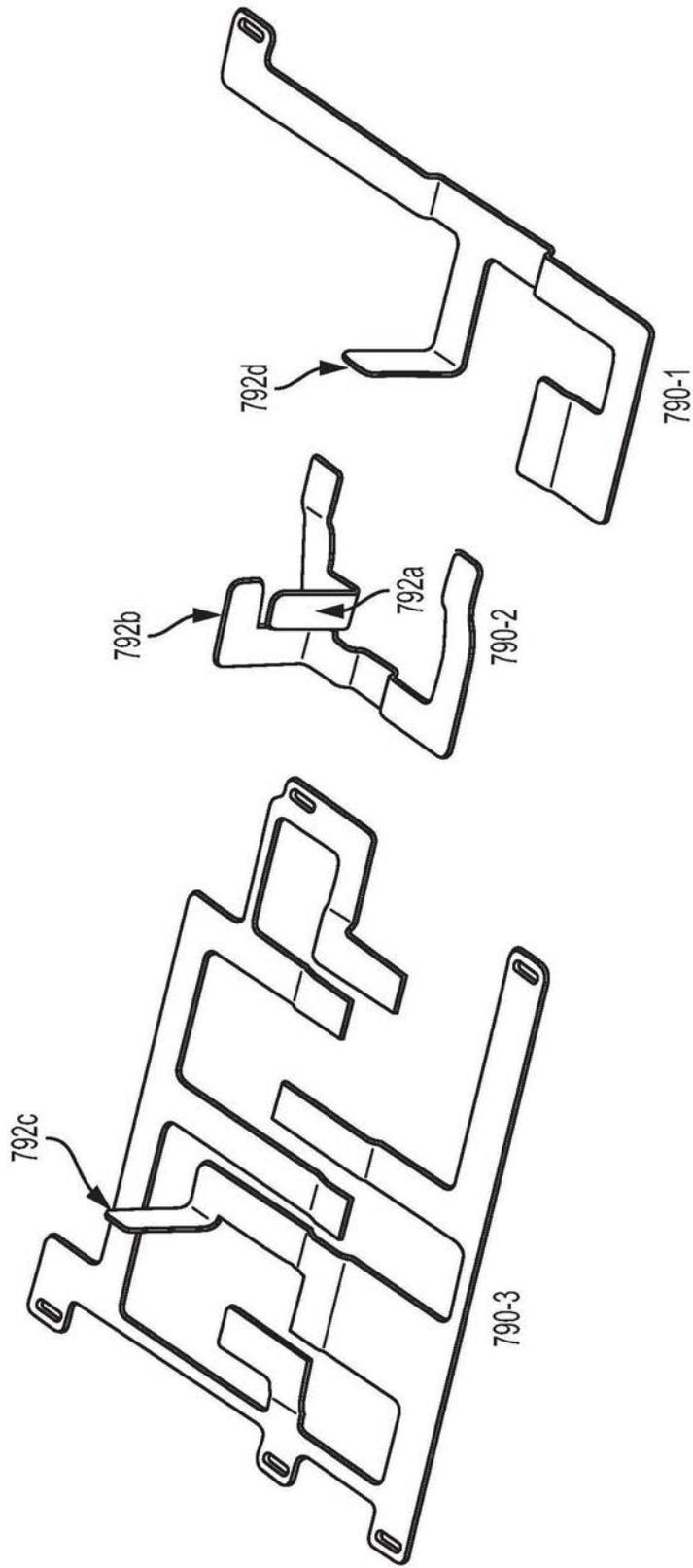


图81B

支撑板761 - 制造步骤

步骤3: 用手将金属功率迹线790放置到注塑模具中

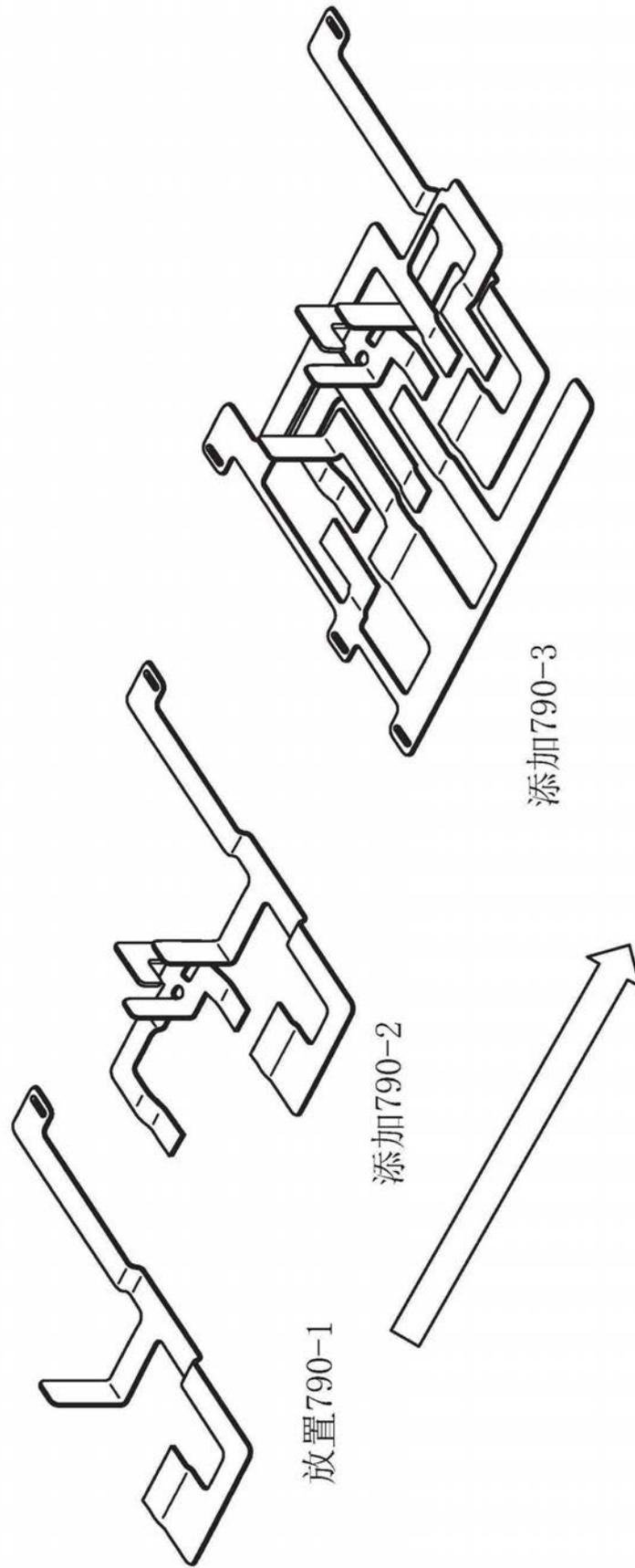


图81C

支撑板761 - 制造步骤

步骤4: 将塑料注射到模具中, 例如1.5mm厚度

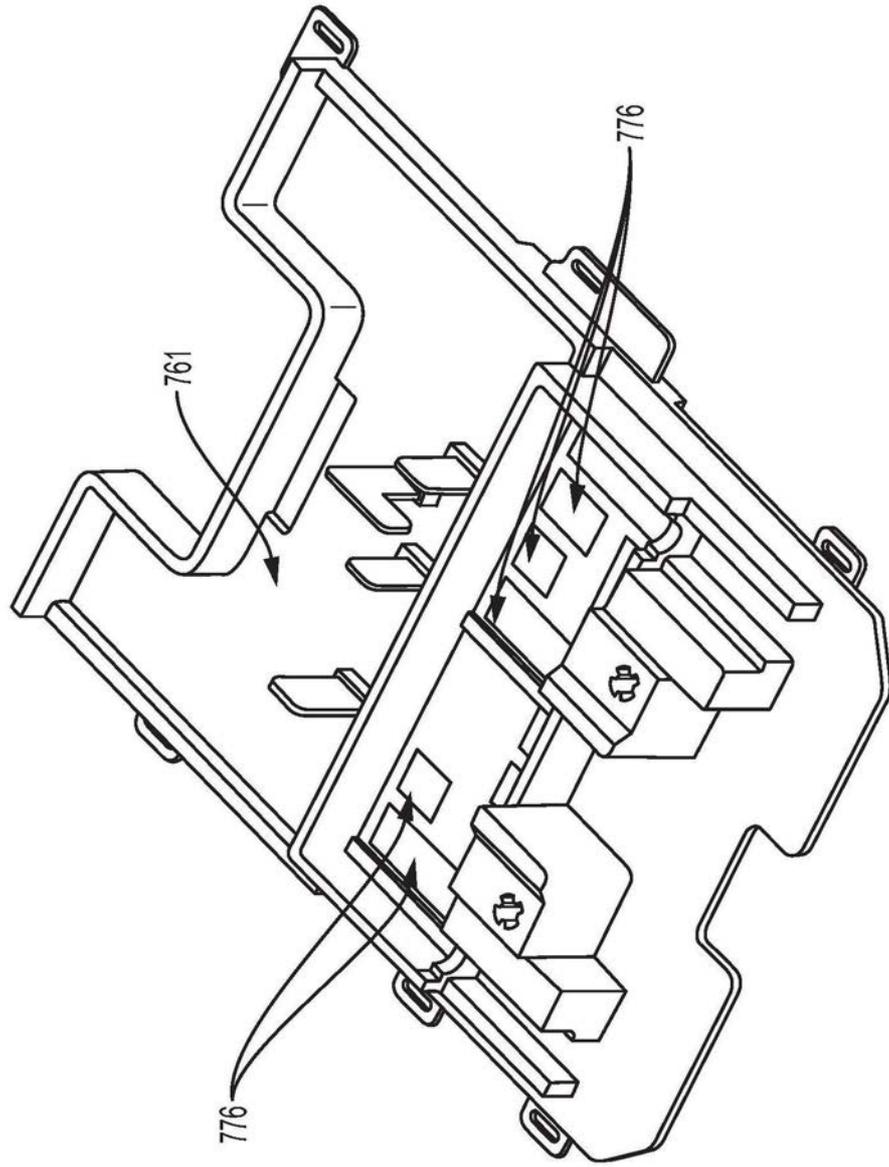


图81D

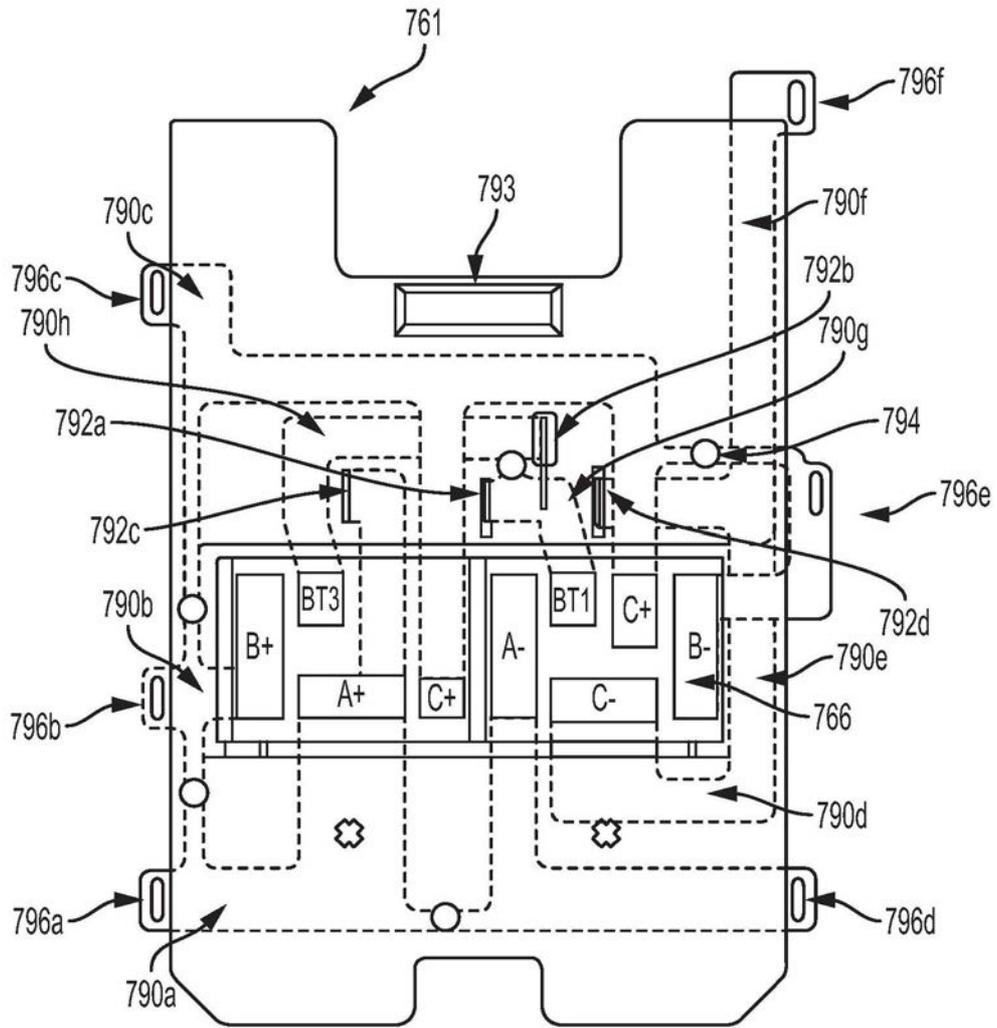


图82

描述：三个金属条带插入塑料成型，
然后被冲出以分离信号

功能：

- 路由功率信号
- 提供用于滑块的端子接口
- 支持模块、主PCB、滑块、POCA盖以及滑块弹簧
- 保护滑块免受环境影响
- 与电池端子块进行接口

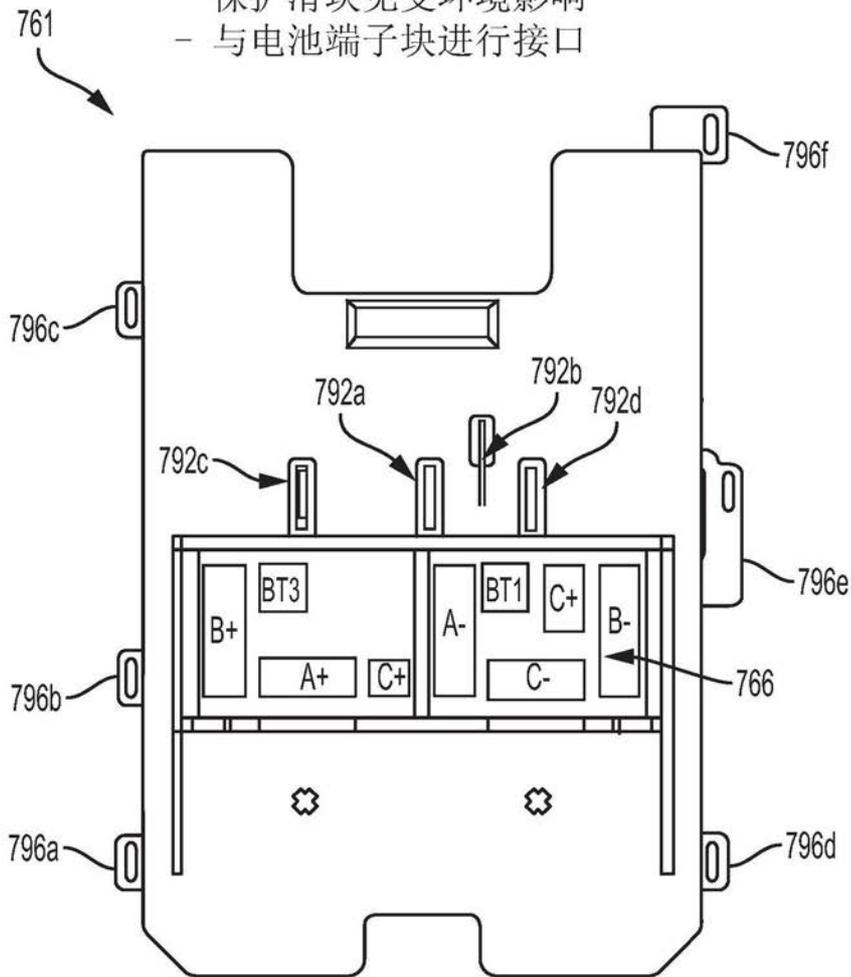


图83

低额定电压配置，
 4个电开关 闭合，
 3个电开关 打开

60V工具中的一个跳线
 断开40V线路
 在C行上的信号
 没有信号 - 信号切换
 2个电子开关

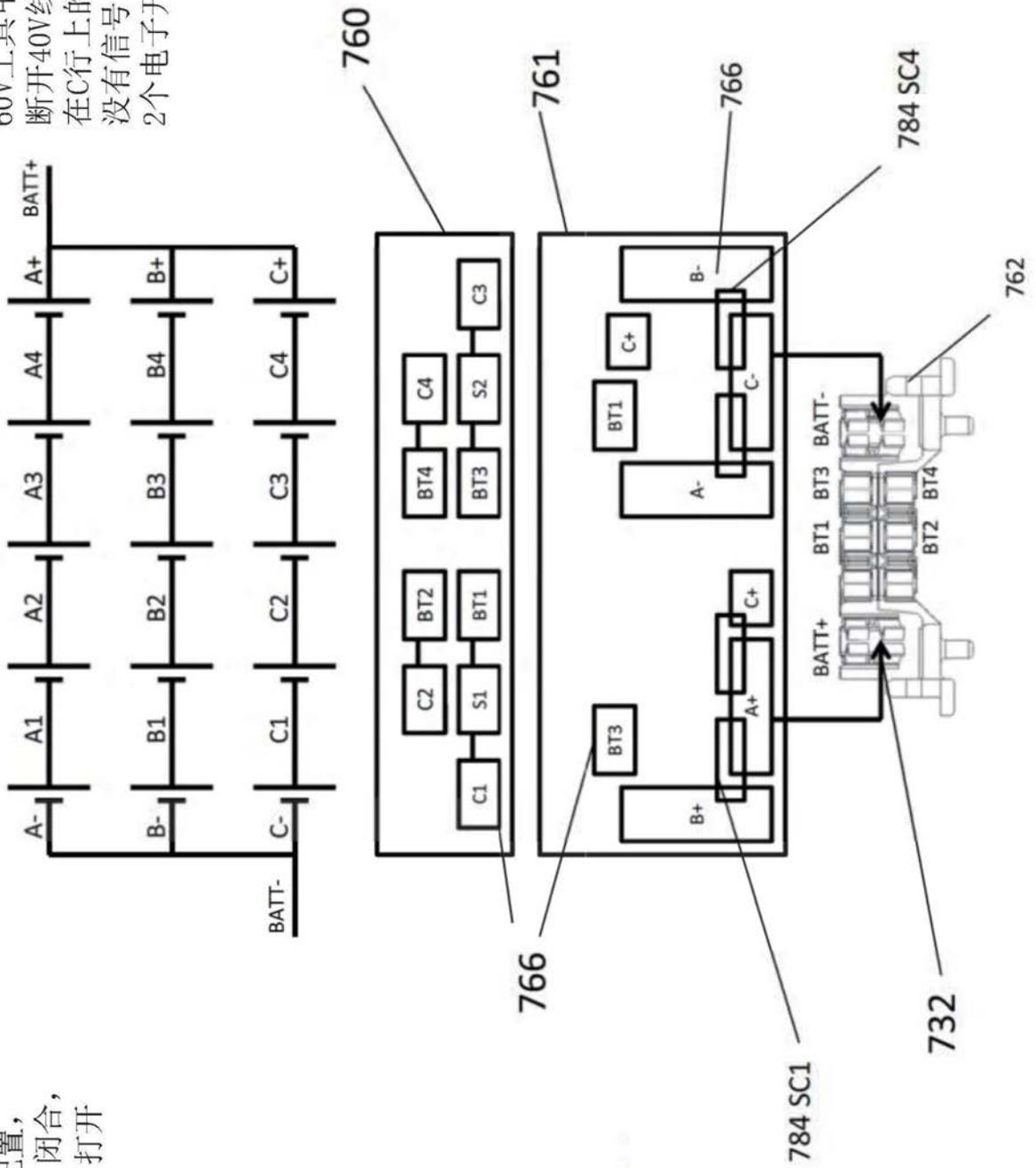


图84A

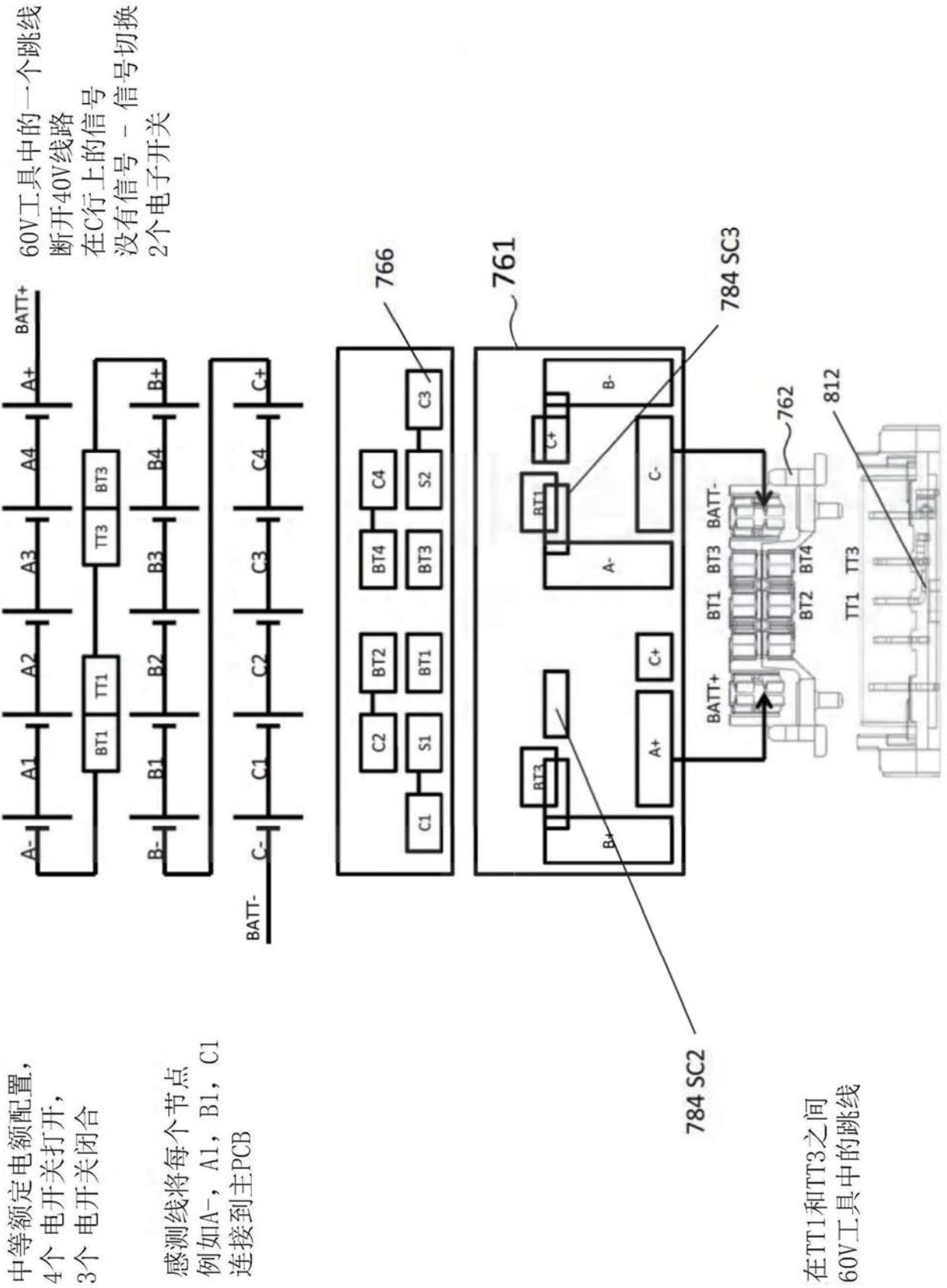


图84B

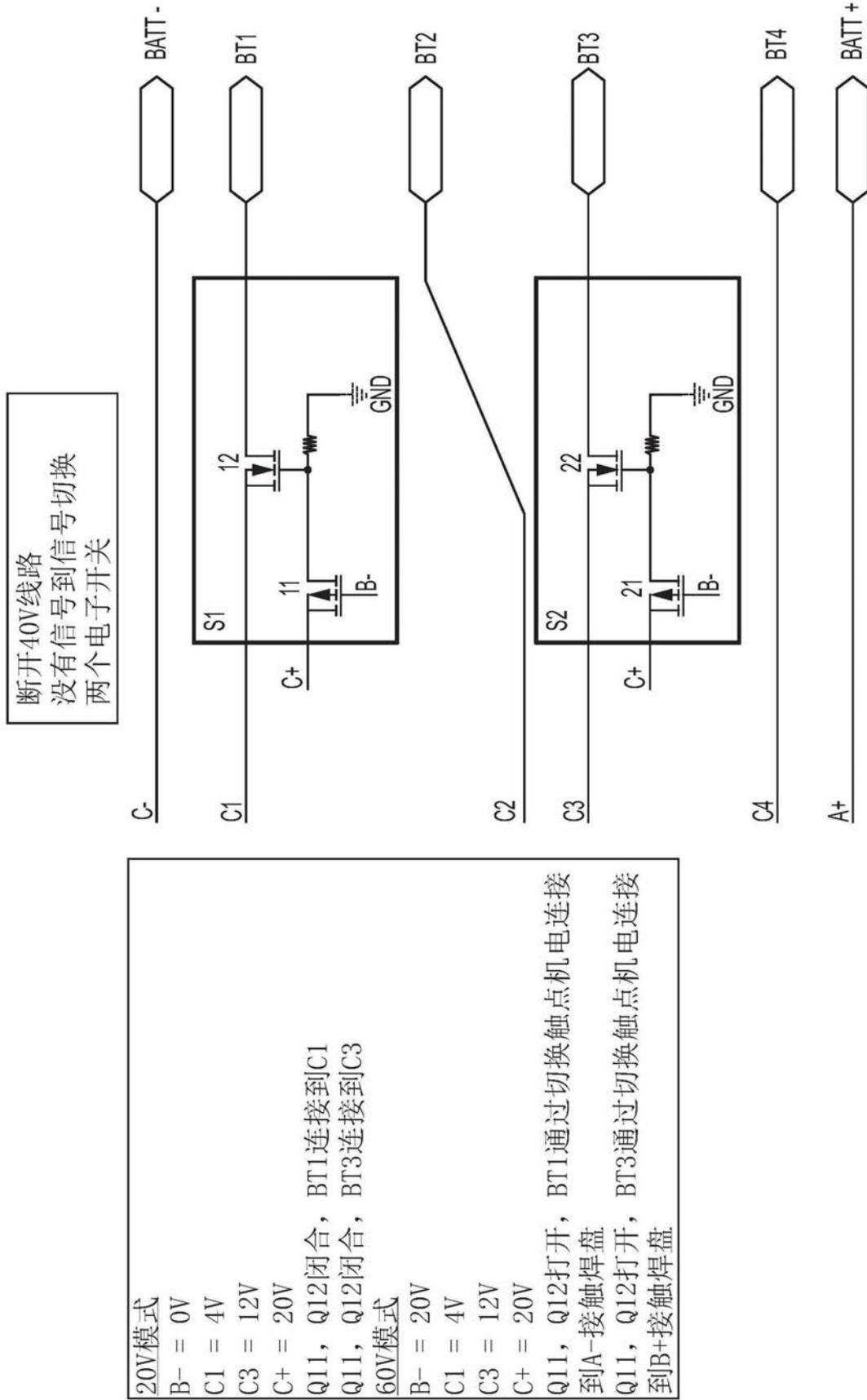


图84C

定时：0mm-2mm (20V模式)

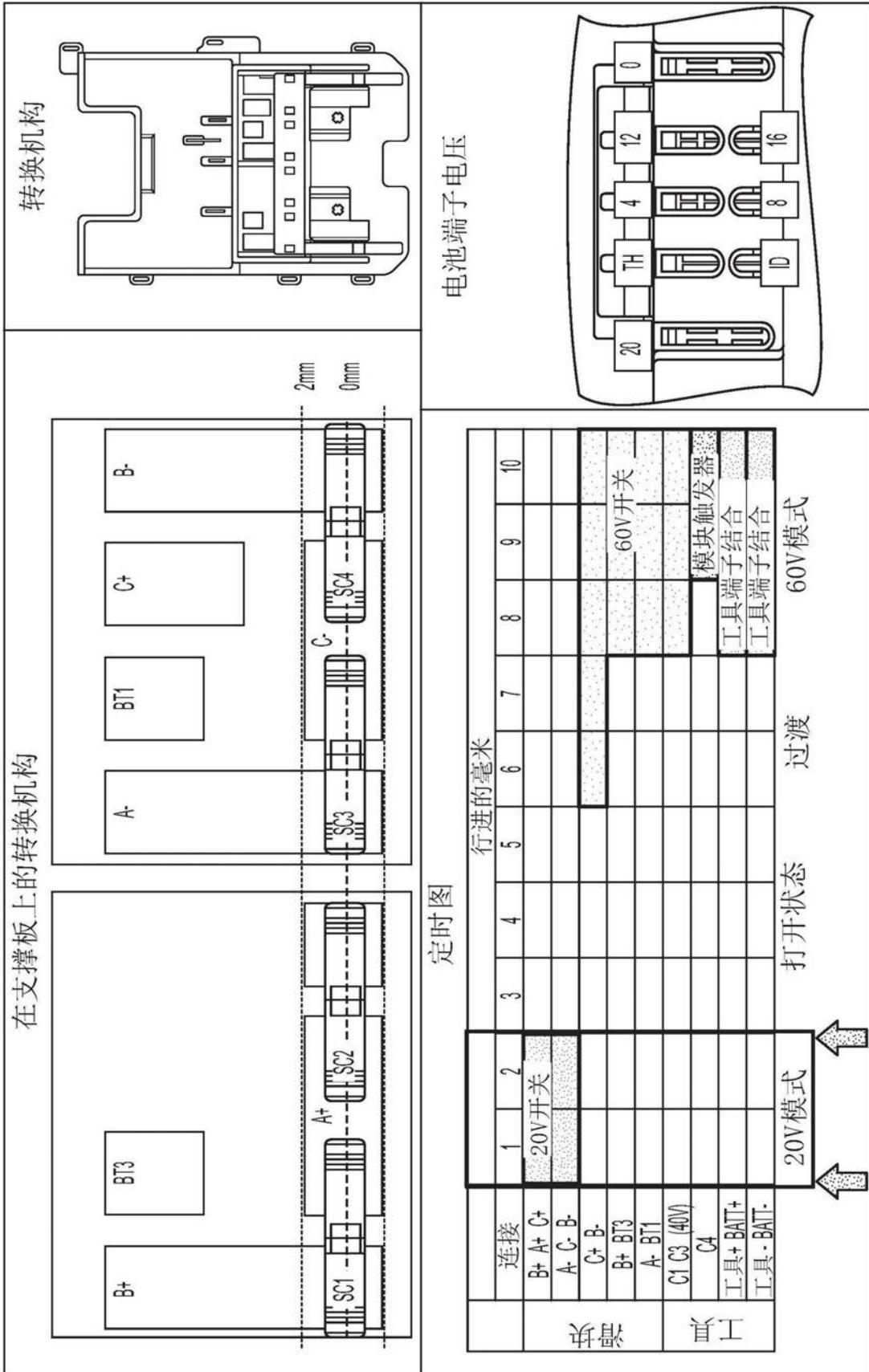


图85A

定时：2mm (20V结束)

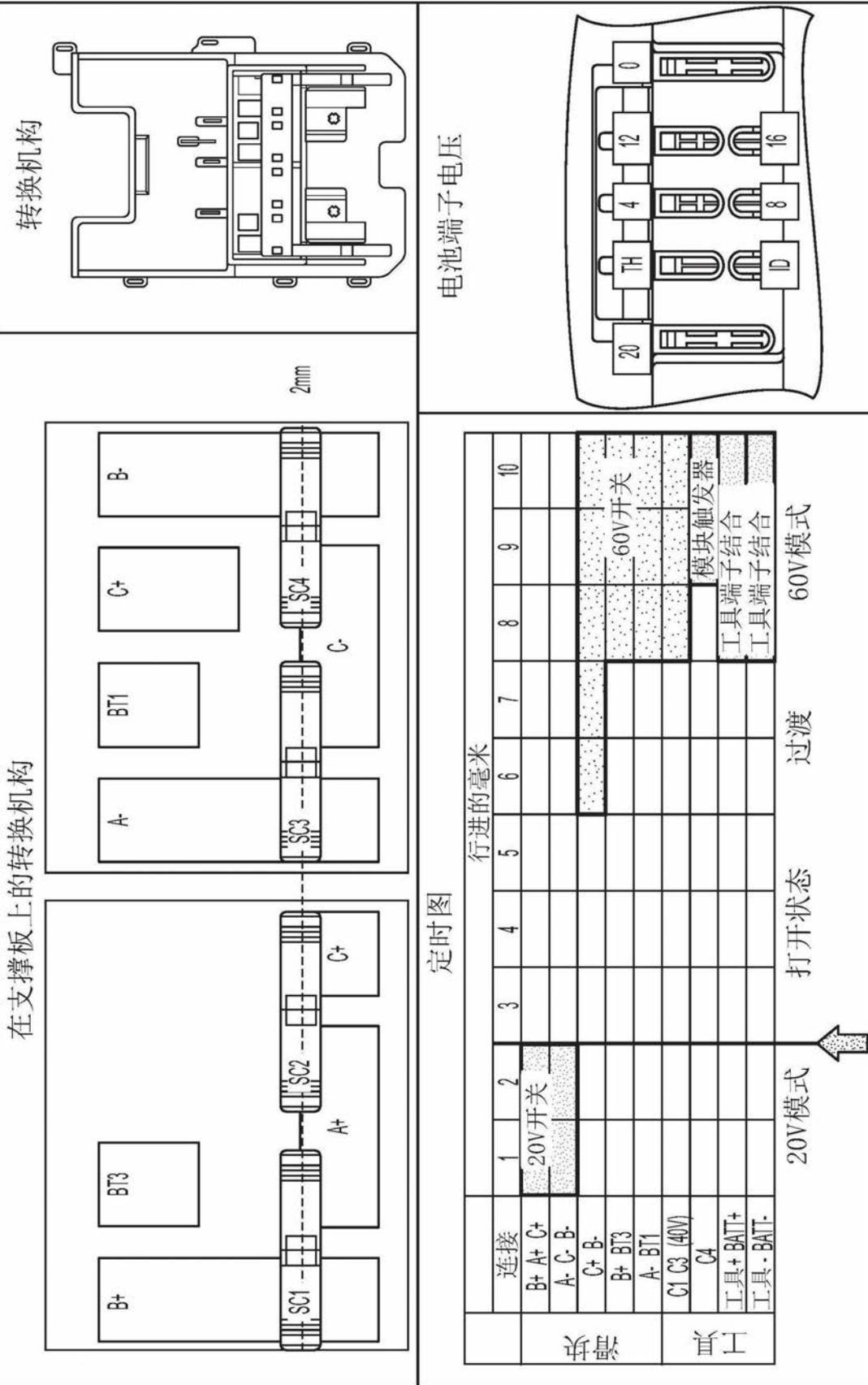


图85B

定时: 2mm-5mm (无)

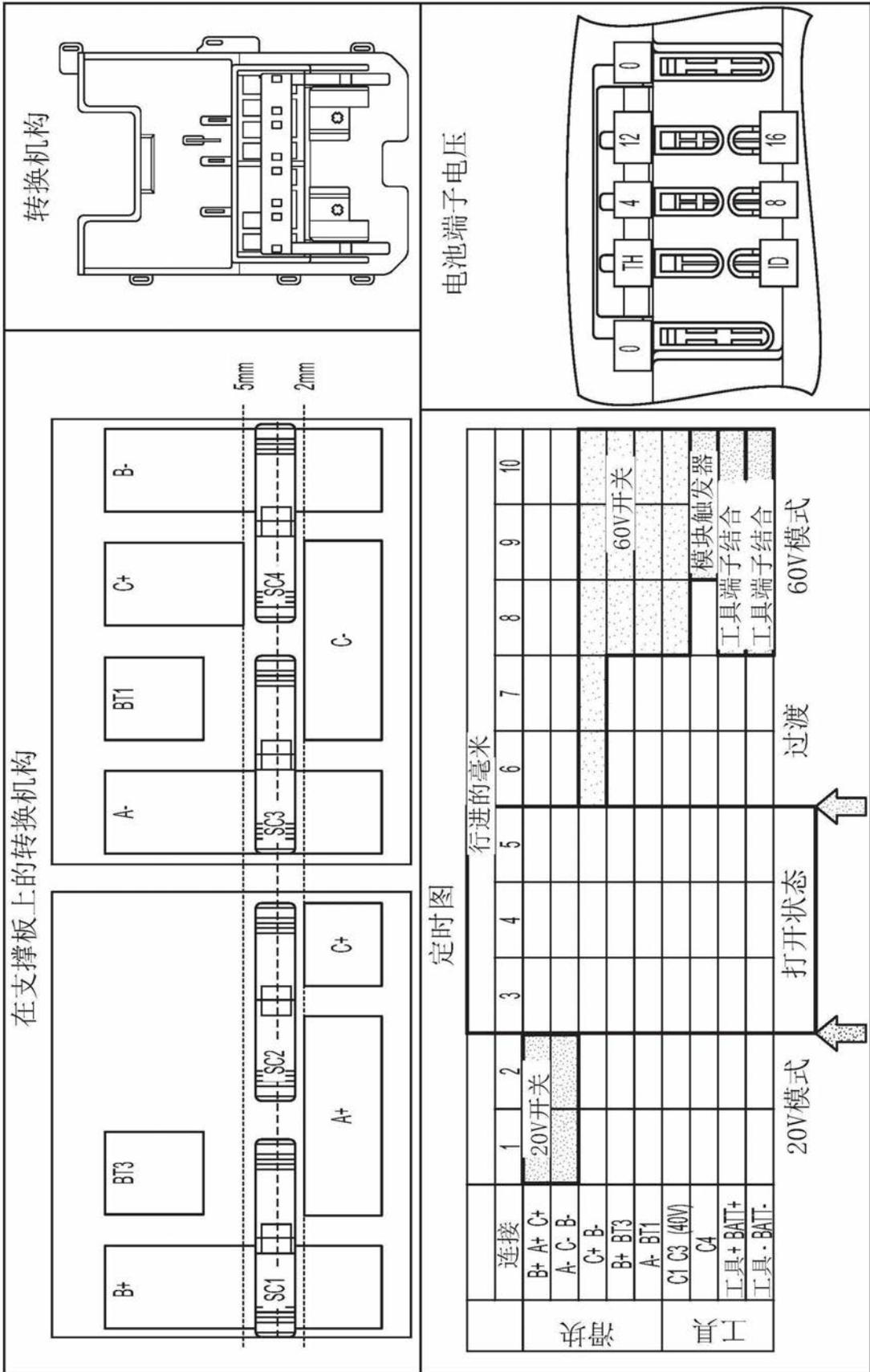


图85C

定时: 7mm (60V开始)

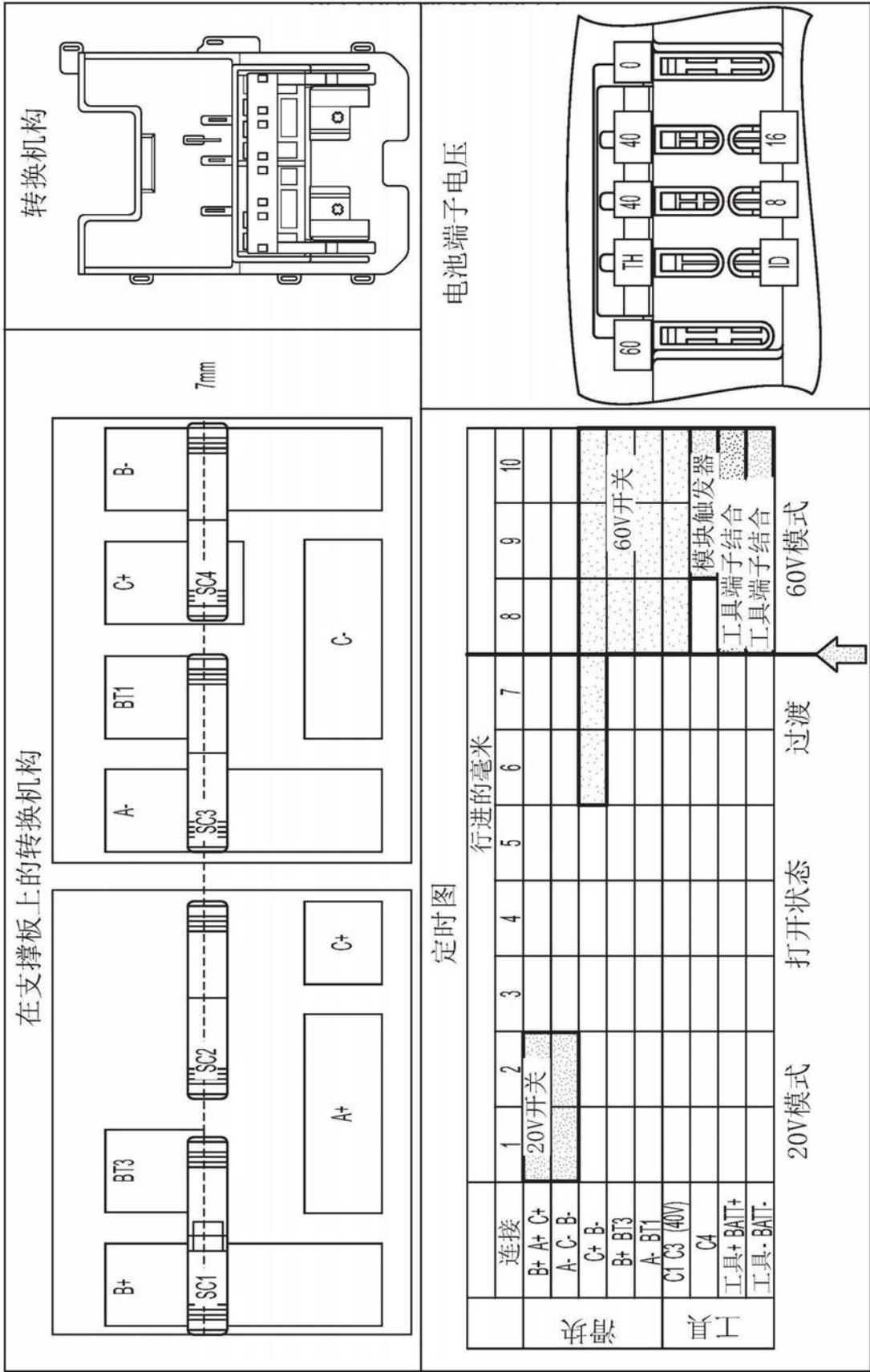


图85E

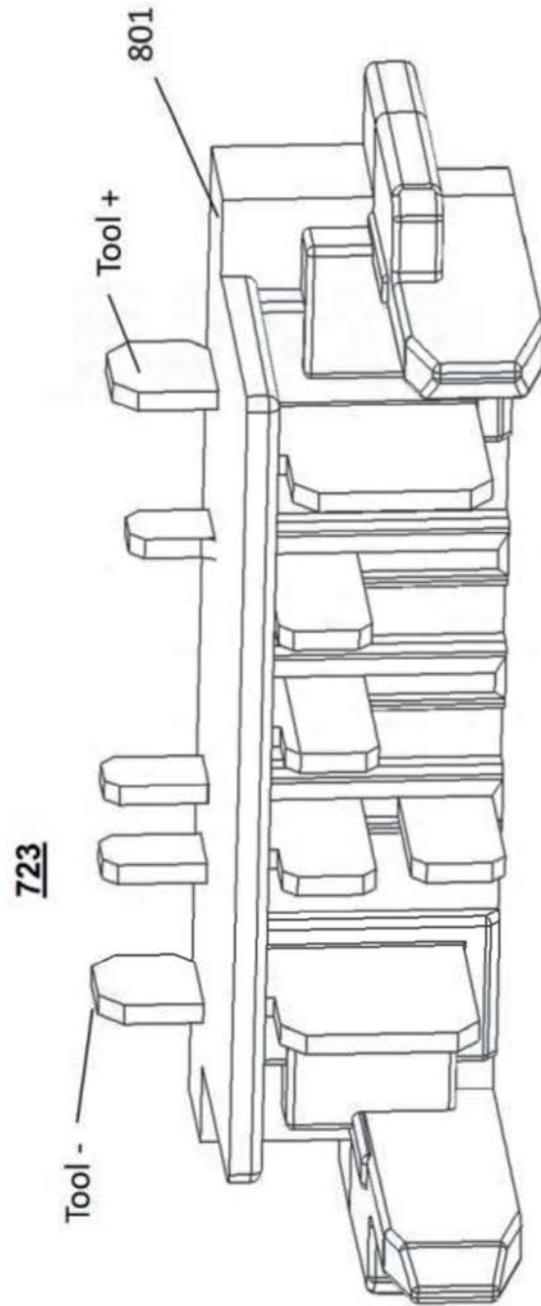


图86A

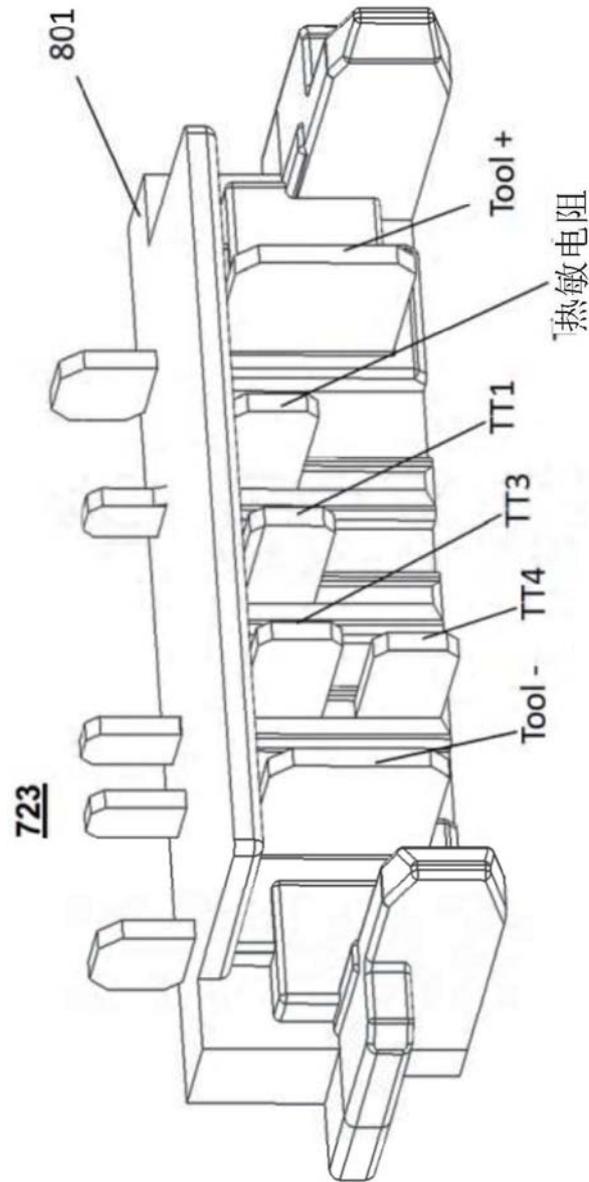


图86B

723 - 前视图, 壳体透明

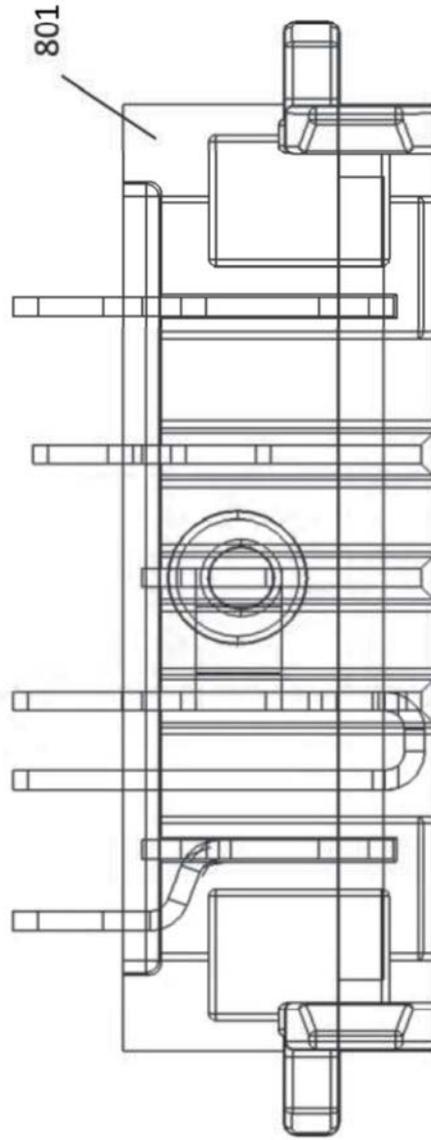


图87A

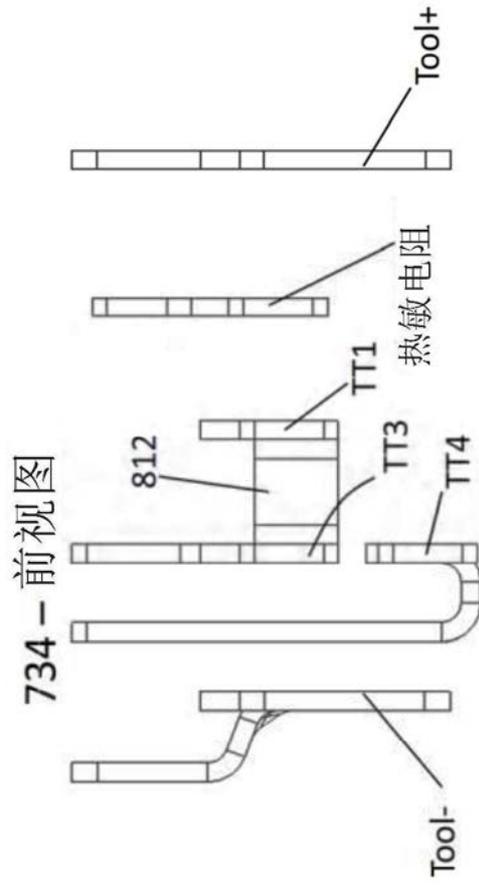


图87B

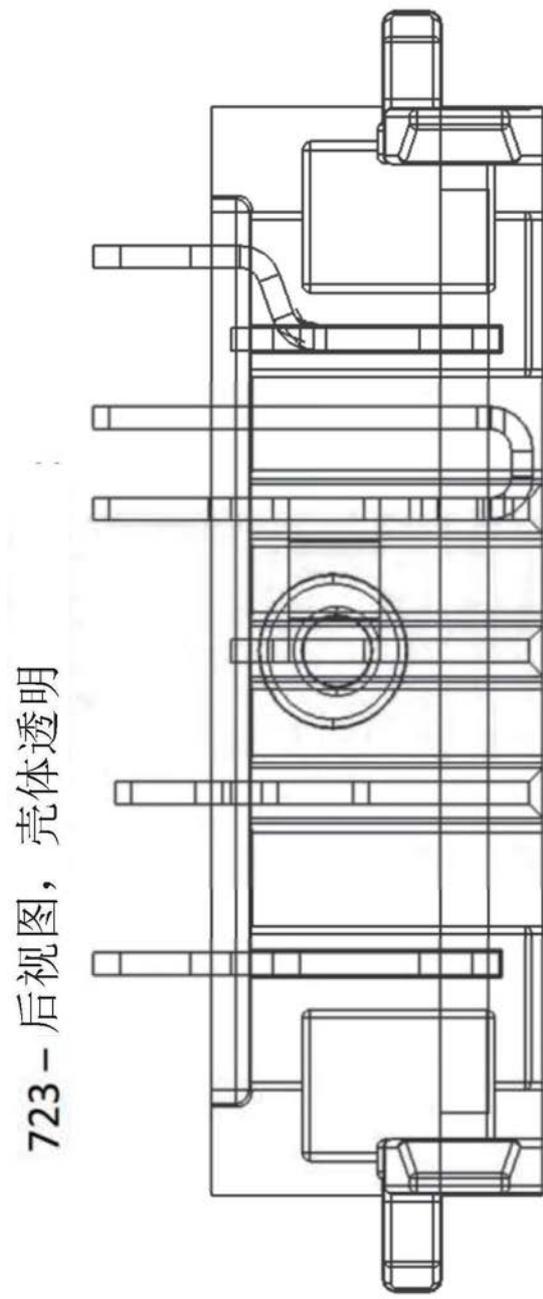


图88A

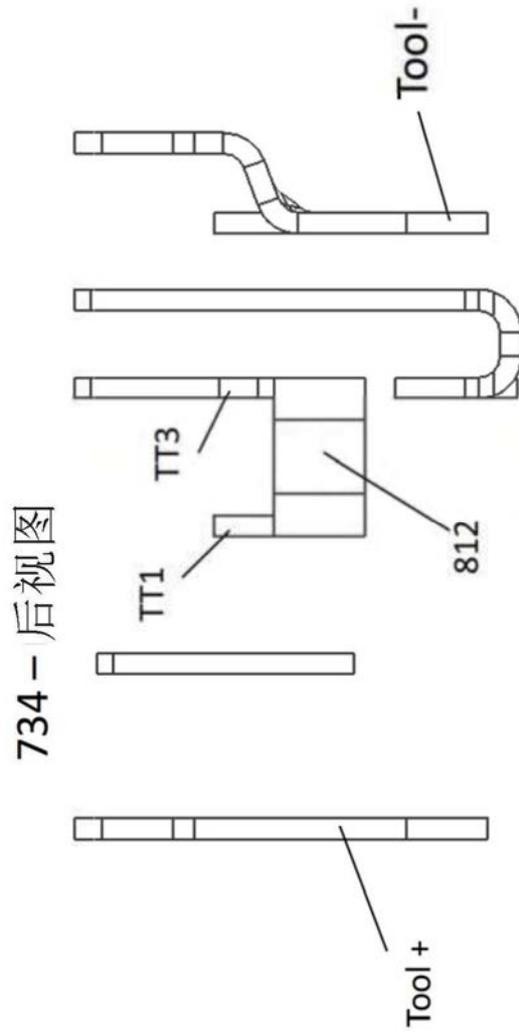


图88B

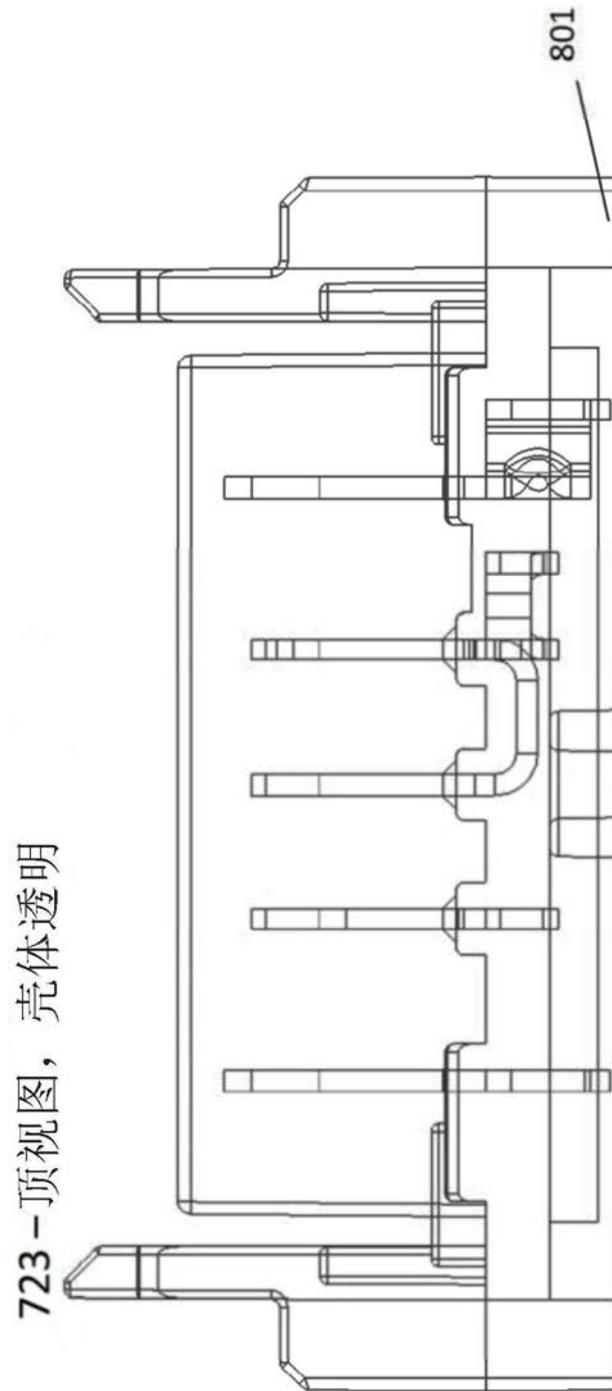


图89A

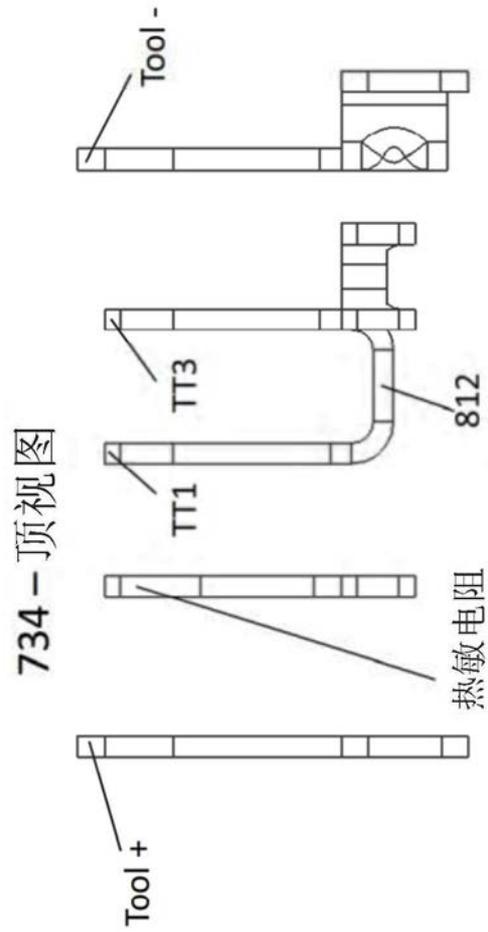


图89B

低额定电压配置，
 4个电开关闭合，
 3个电开关打开

60V工具中的一个跳线
 断开40V线路
 在C行上的信号
 没有信号 - 信号切换
 没有电子开关

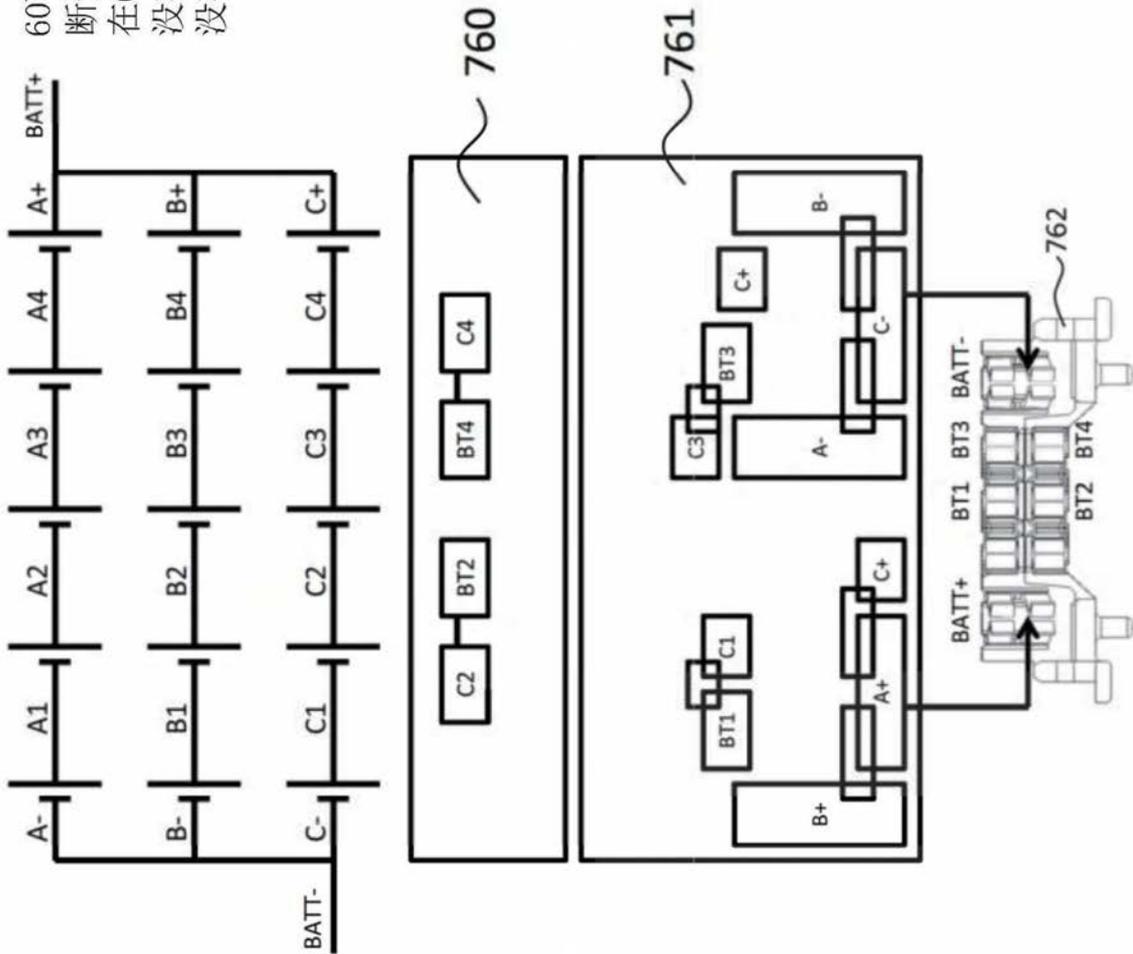
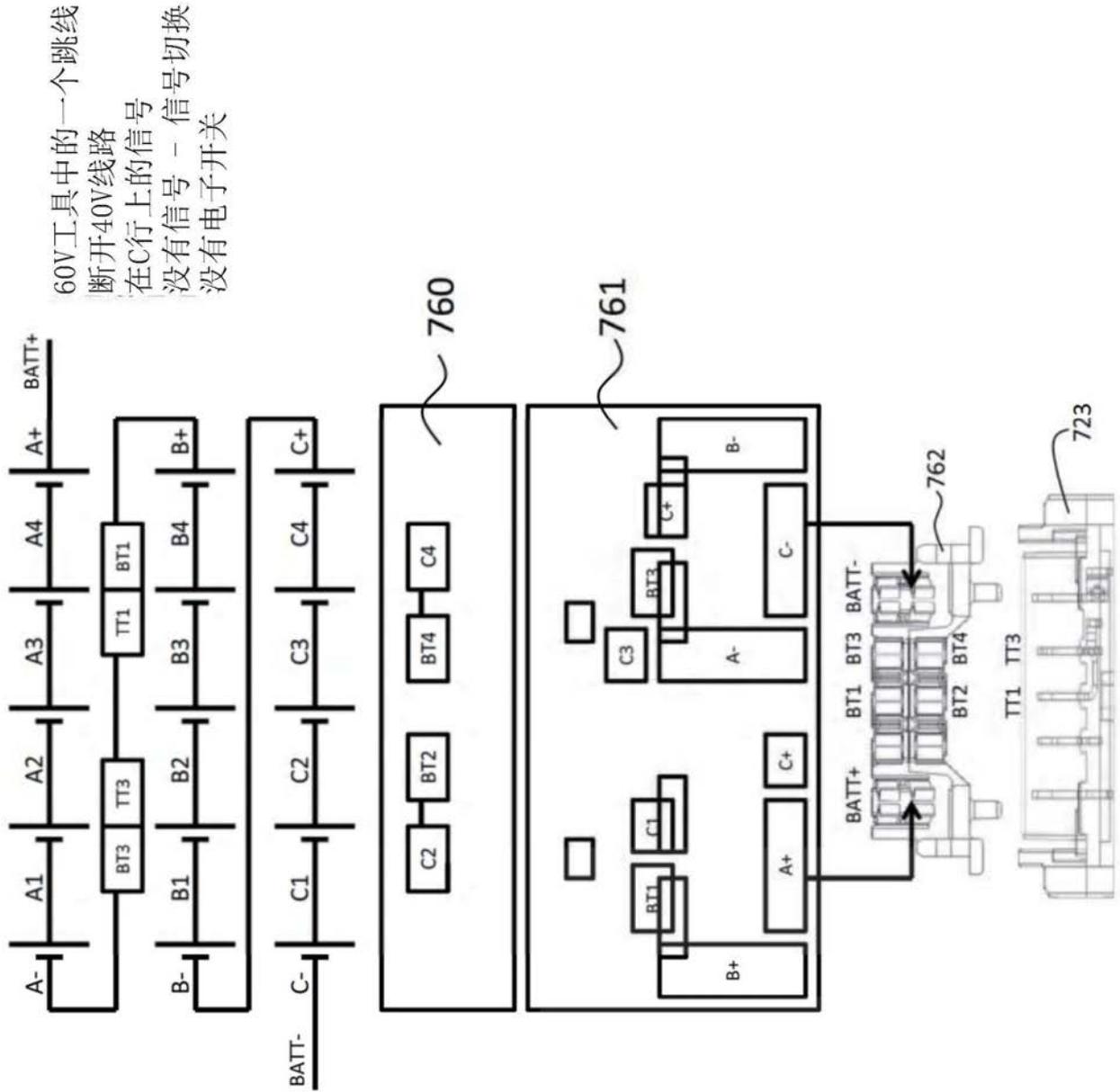


图90A

中等额定电压配置，
 4个 电开关打开，
 3个 电开关关闭



60V工具中的一个跳线
 断开40V线路
 在C行上的信号
 没有信号 - 信号切换
 没有电子开关

在TT1和TT3之间
 60V工具中的跳线

图90B

低额定电压配置，
 4个 电开关闭合，
 3个 电开关打开

60V工具中的一个跳线
 断开40V线路
 在C行上的信号
 没有信号 - 信号切换
 3个电子开关

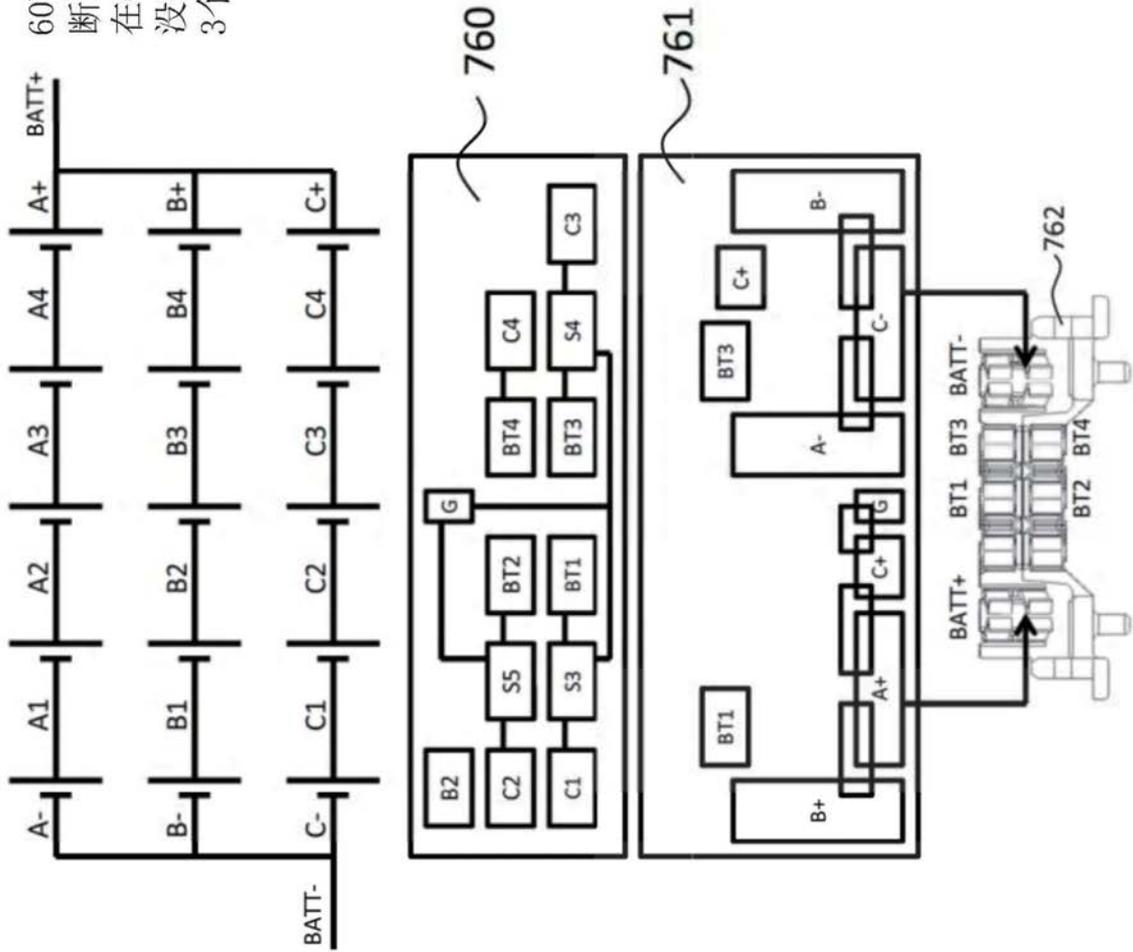
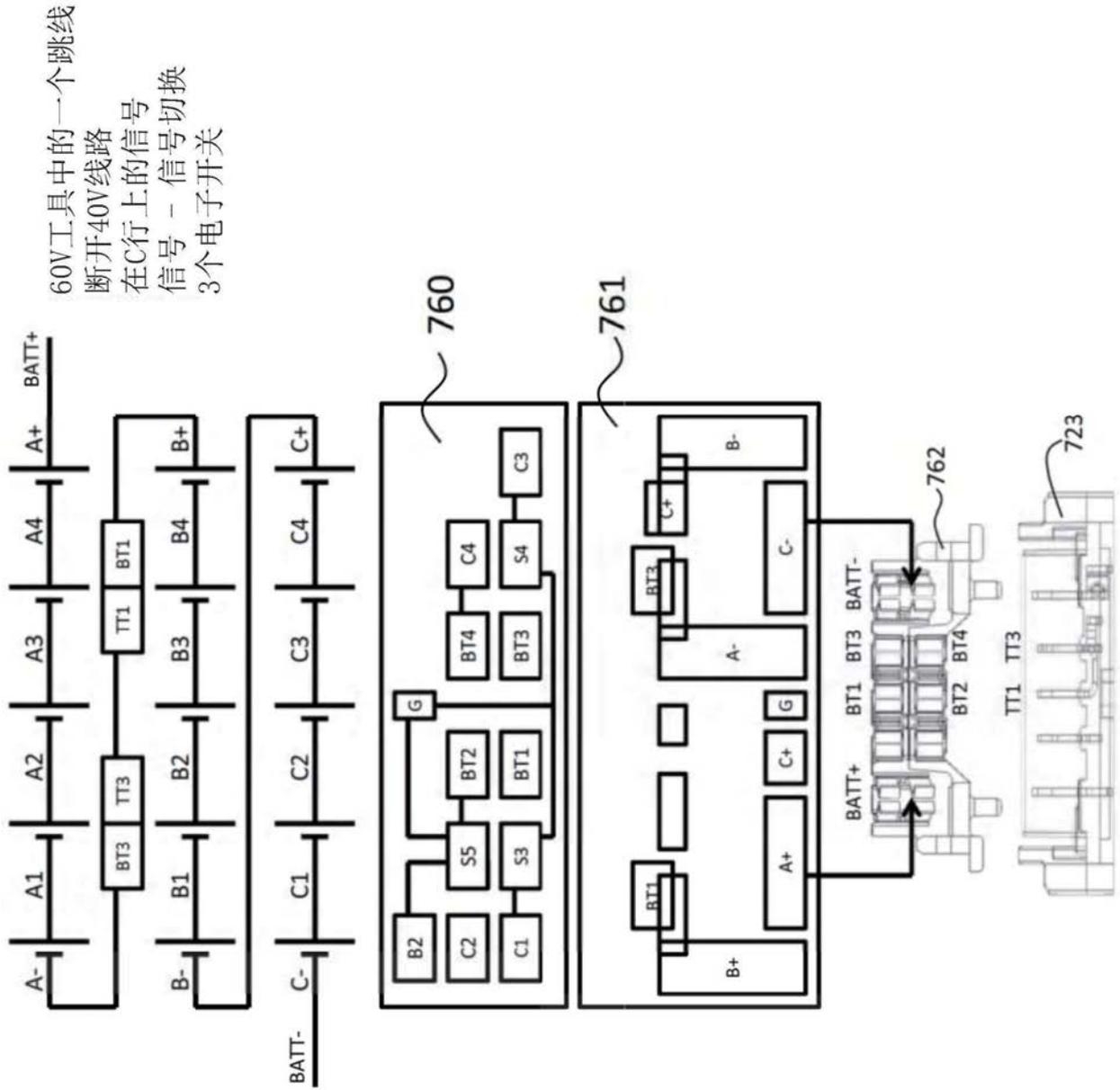


图91A

中等额定电压配置，
 4个 电开关打开，
 3个 电开关闭合



60V工具中的一个跳线
 断开40V线路
 在C行上的信号
 信号 - 信号切换
 3个电子开关

在TT1和TT3之间
 60V工具中的跳线

图91B

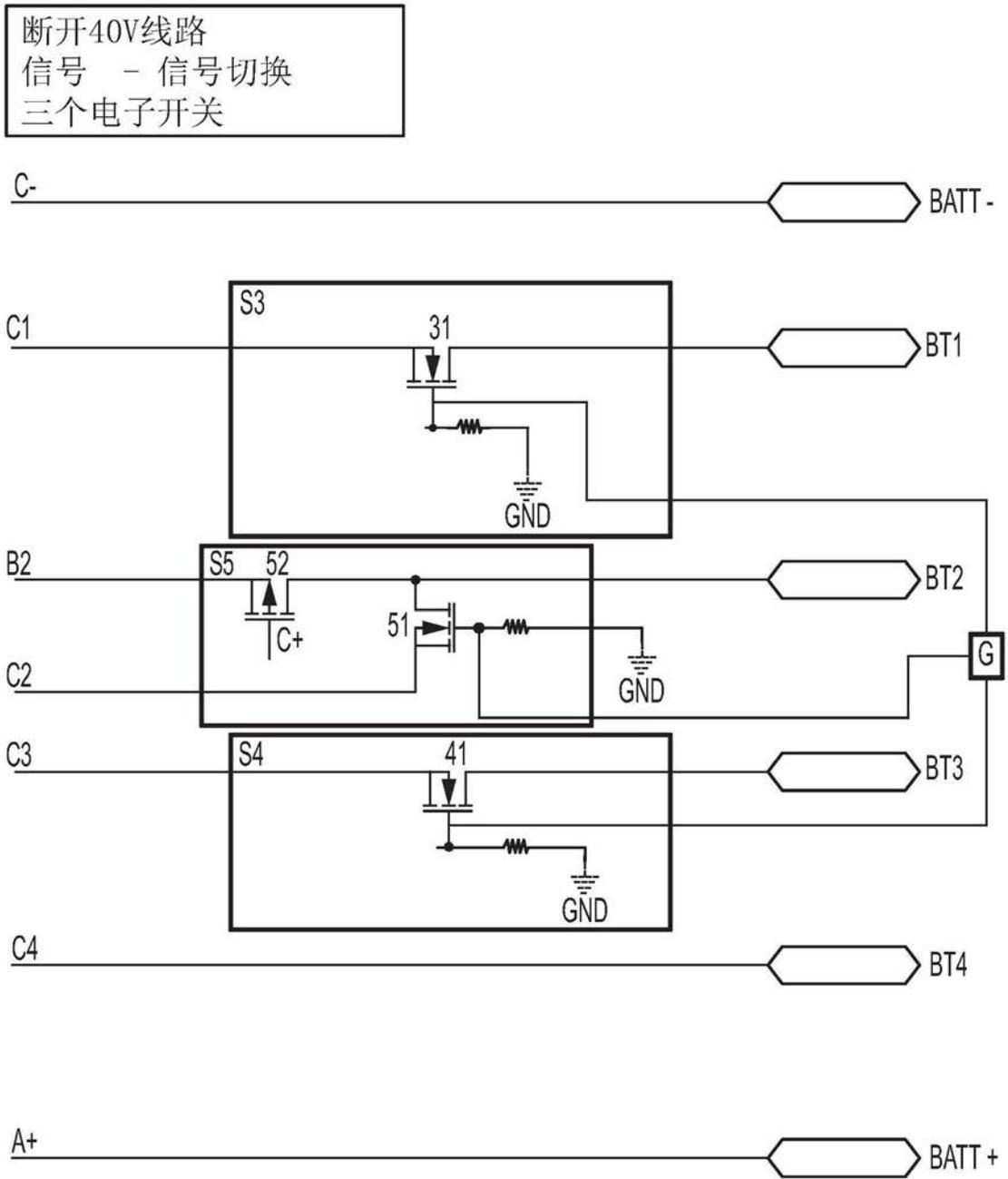


图91C

低额定电压配置，
 4个 电开关闭合，
 3个 电开关打开

60V工具中的一个跳线
 断开40V线路
 在C行上的信号
 信号 - 信号切换
 3个电子开关

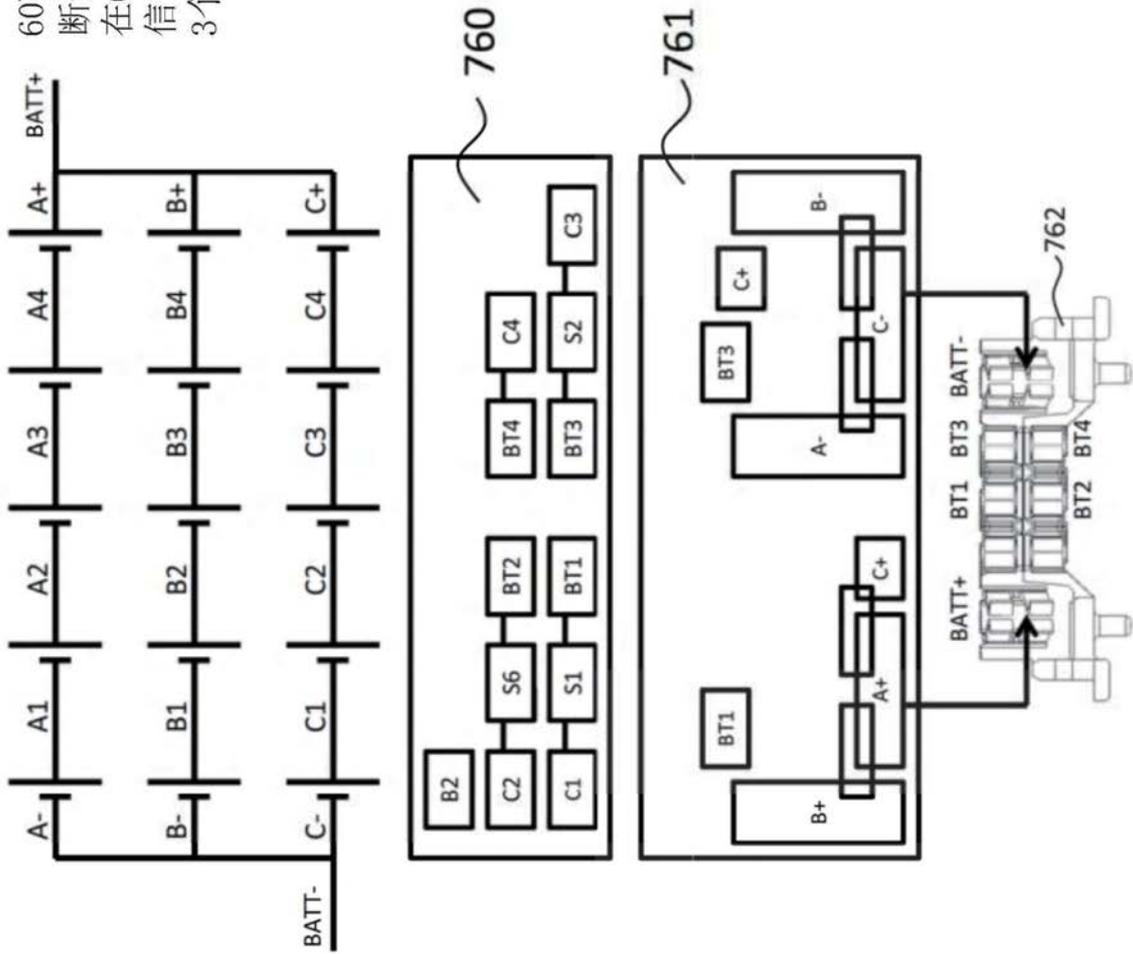
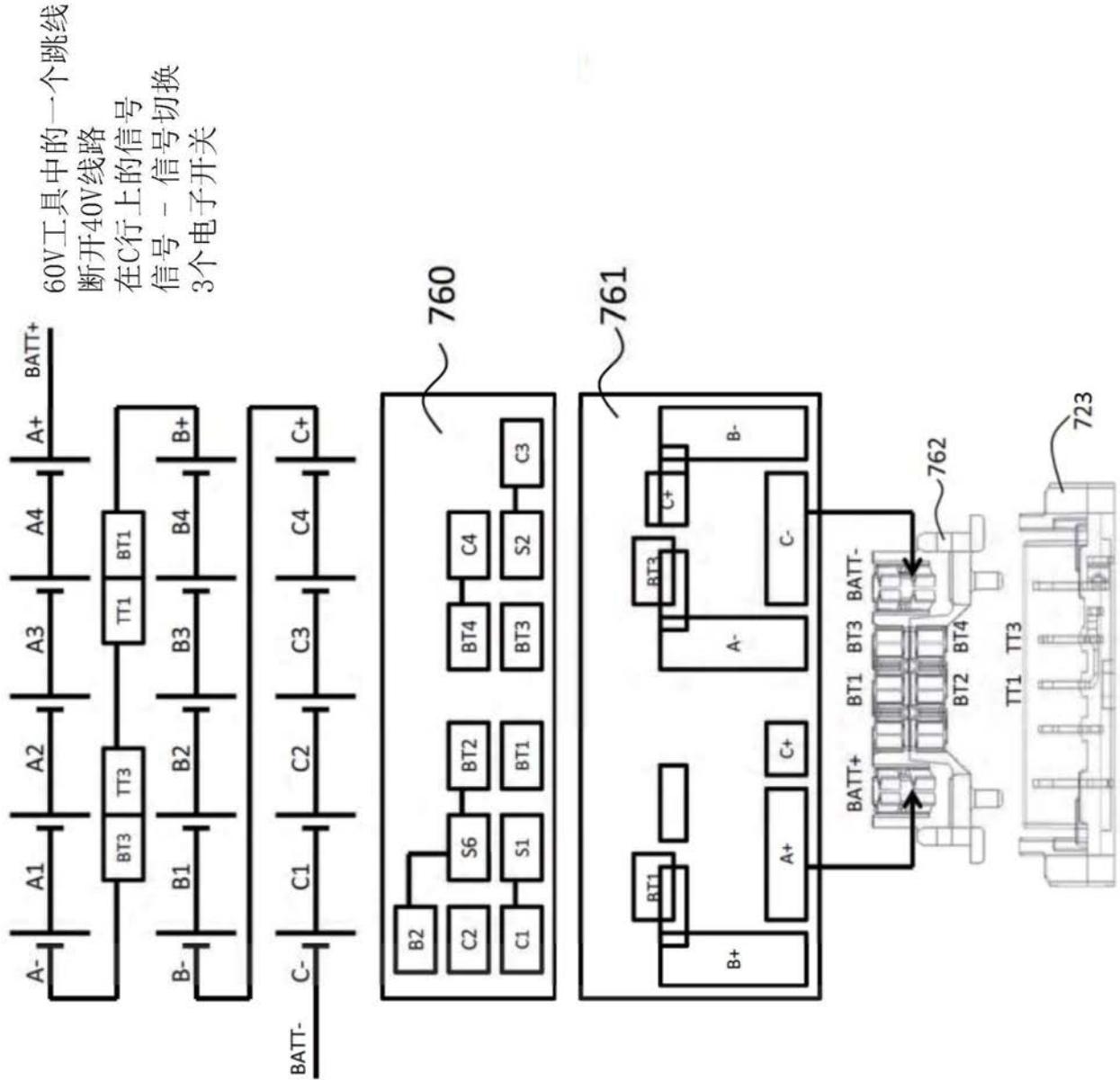


图92A

中等额定电压配置，
 4个 电开关打开，
 3个 电开关闭合



60V工具中的一个跳线
 断开40V线路
 在C行上的信号
 信号 - 信号切换
 3个电子开关

在TT1和TT3之间
 60V工具中的跳线

图92B

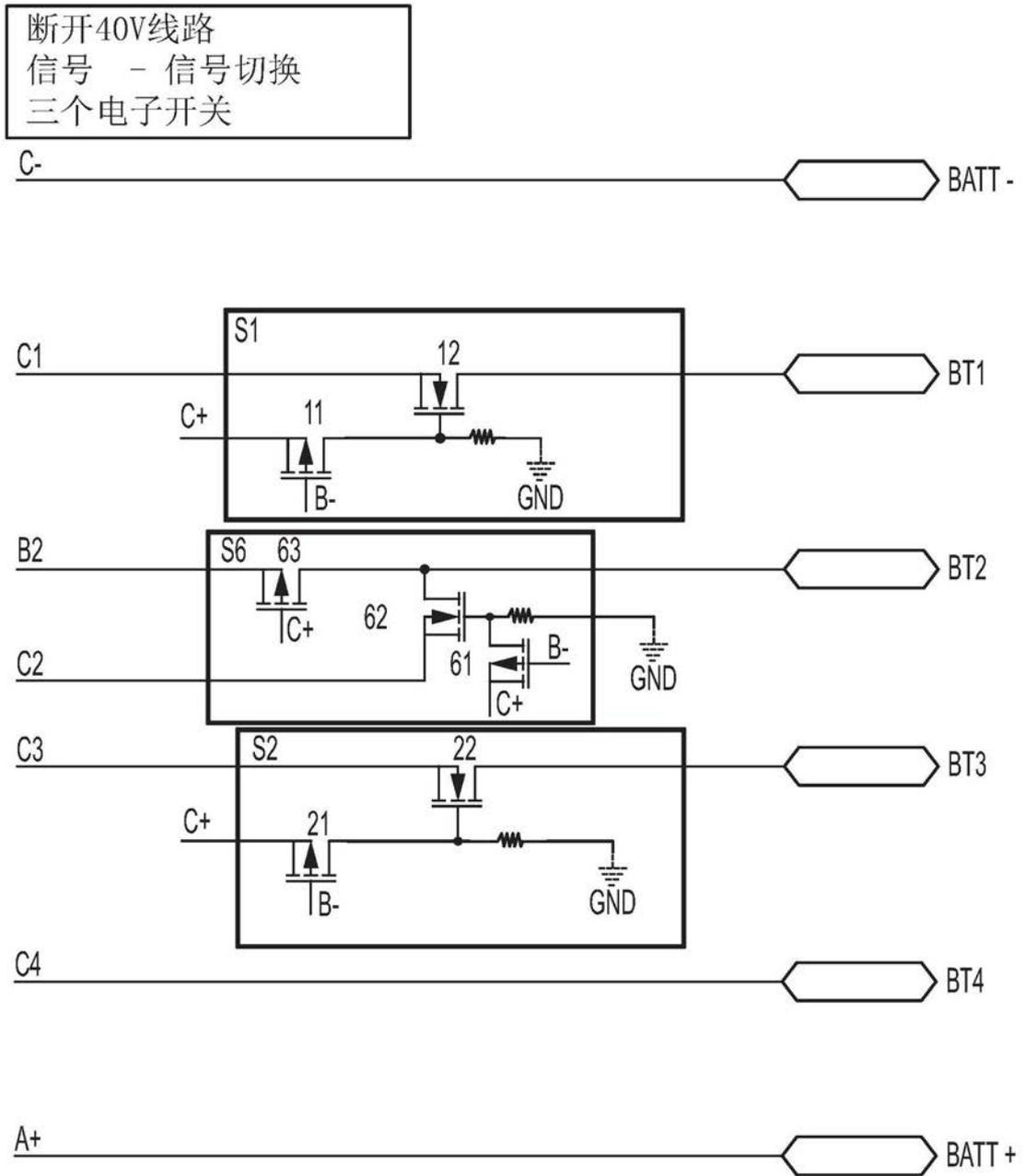


图92C

低额定电压配置，
 4个 电开关闭合，
 3个 电开关打开

60V工具中的一个跳线
 断开40V线路
 在B行上的信号
 没有信号 - 信号切换
 没有电子开关

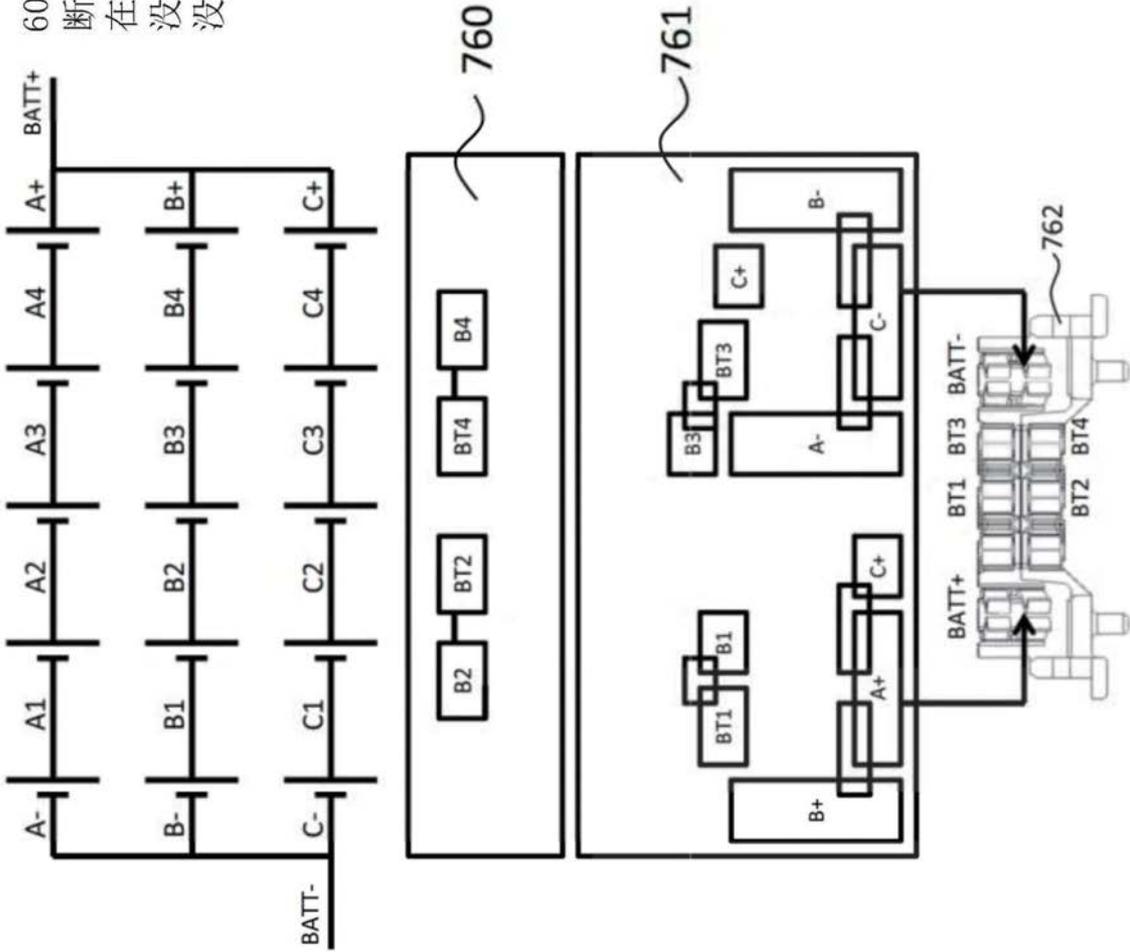
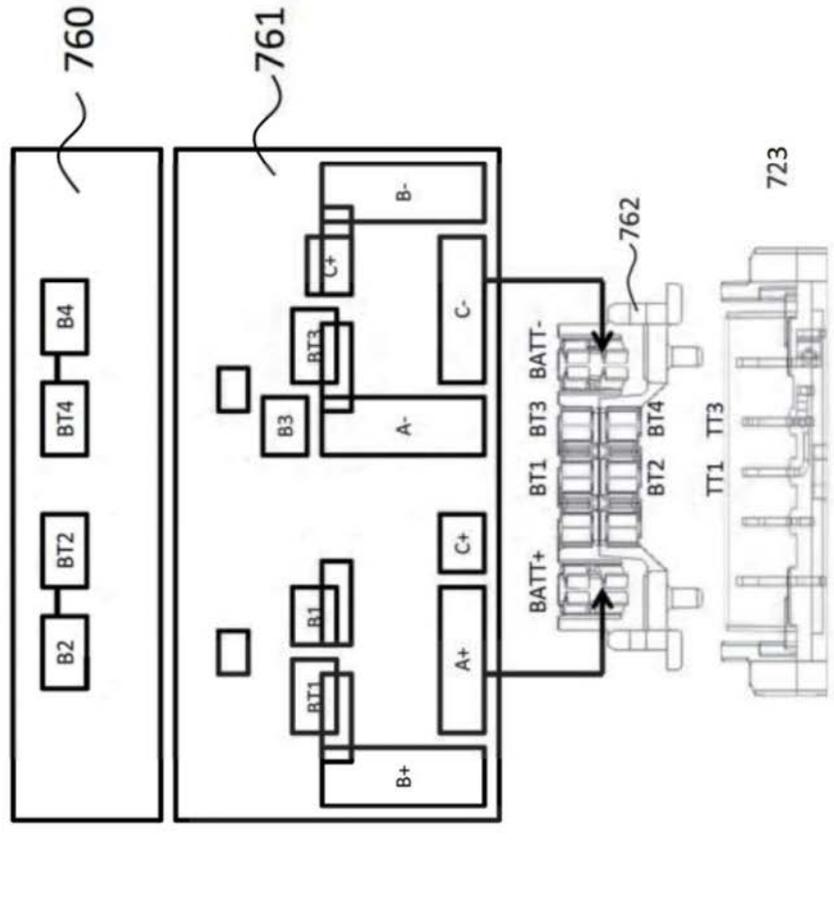
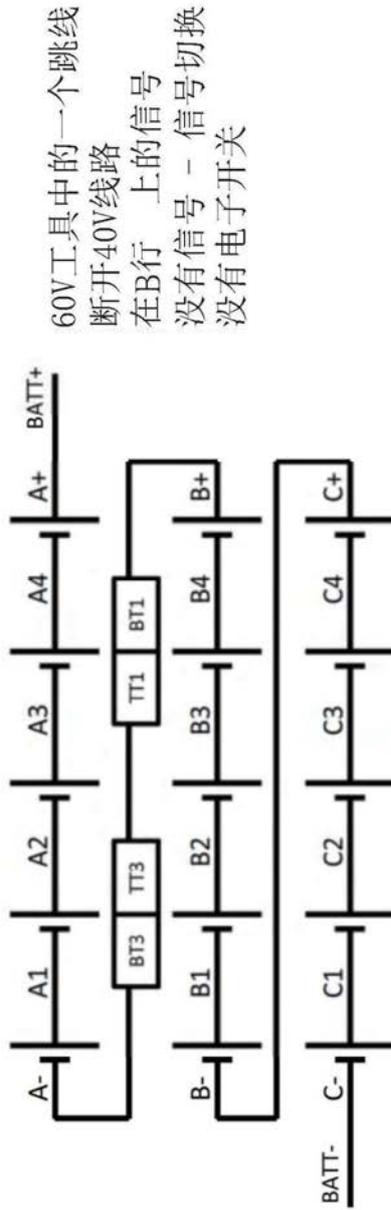


图93A

中等额定电压配置，
 4个 电开关打开，
 3个 电开关闭合



在TT1和TT3之间
 60V工具中的跳线

图93B

低额定电压配置，
 4个 电开关闭合，
 3个 电开关打开

60V工具中的一个跳线
 断开20V线路
 在C行上的信号
 没有信号 - 信号切换
 没有电子开关

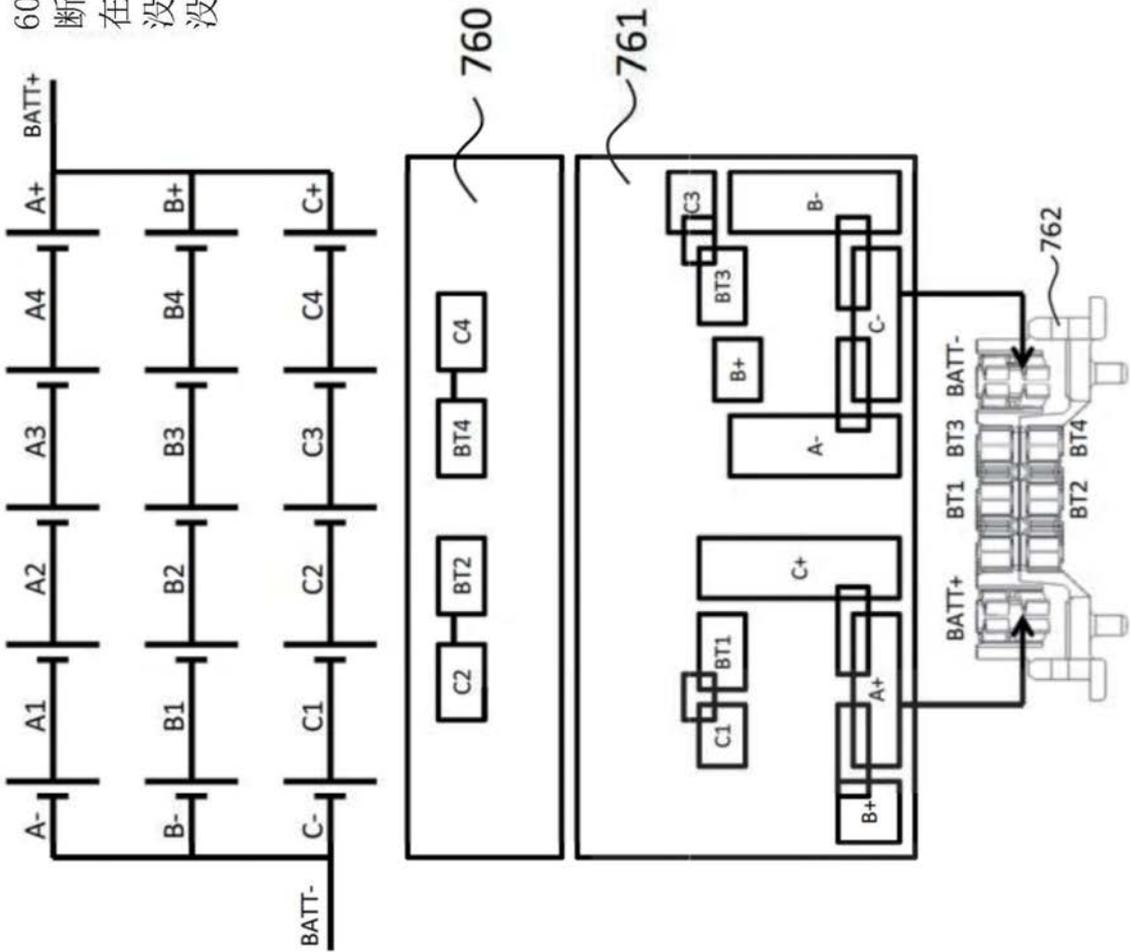
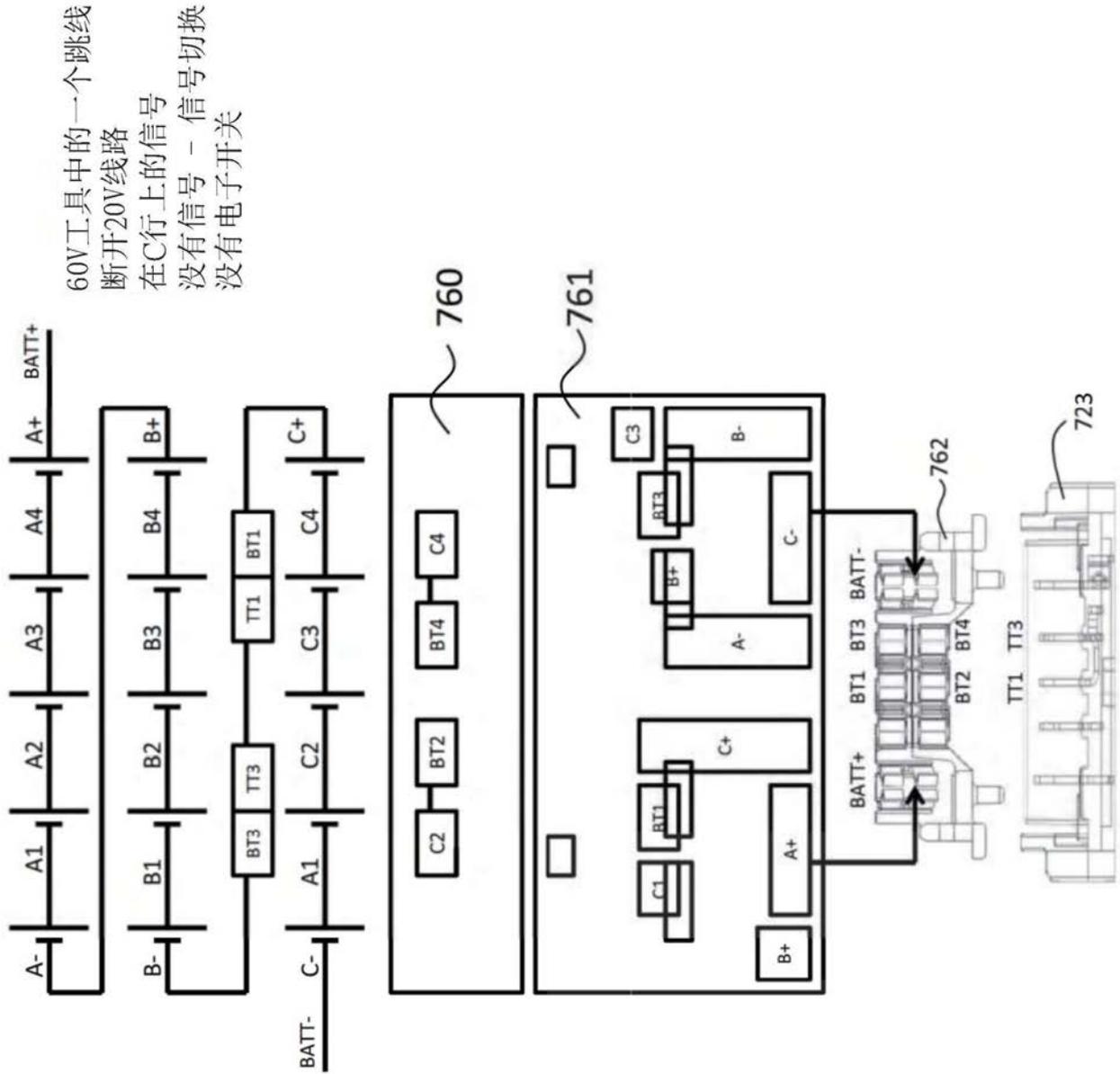


图94A

中等额定电压配置，
4个电开关打开，
3个电开关闭合

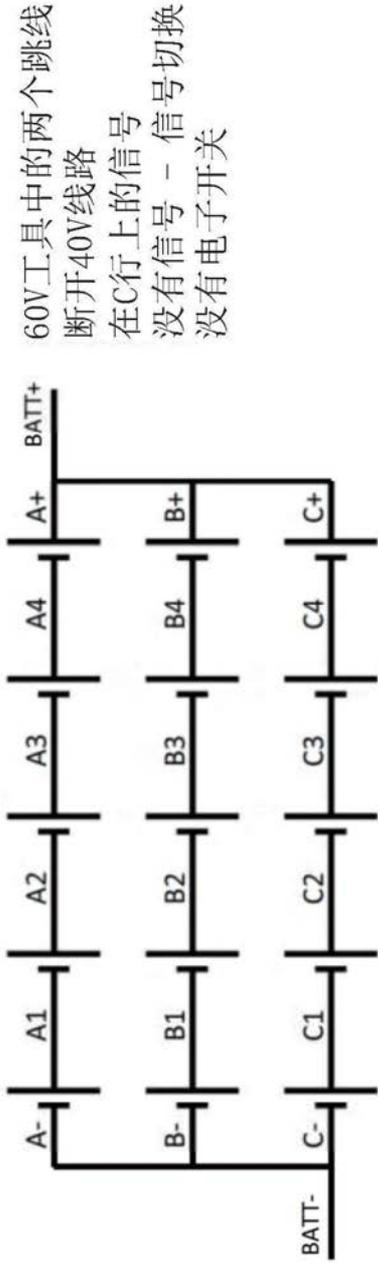


60V工具中的一个跳线
断开20V线路
在C行上的信号
没有信号 - 信号切换
没有电子开关

在TT1和TT3之间
60V工具中的跳线

图94B

低额定电压配置，
 4个 电开关闭合，
 3个 电开关打开



60V工具中的两个跳线
 断开40V线路
 在C行上的信号
 没有信号 - 信号切换
 没有电子开关

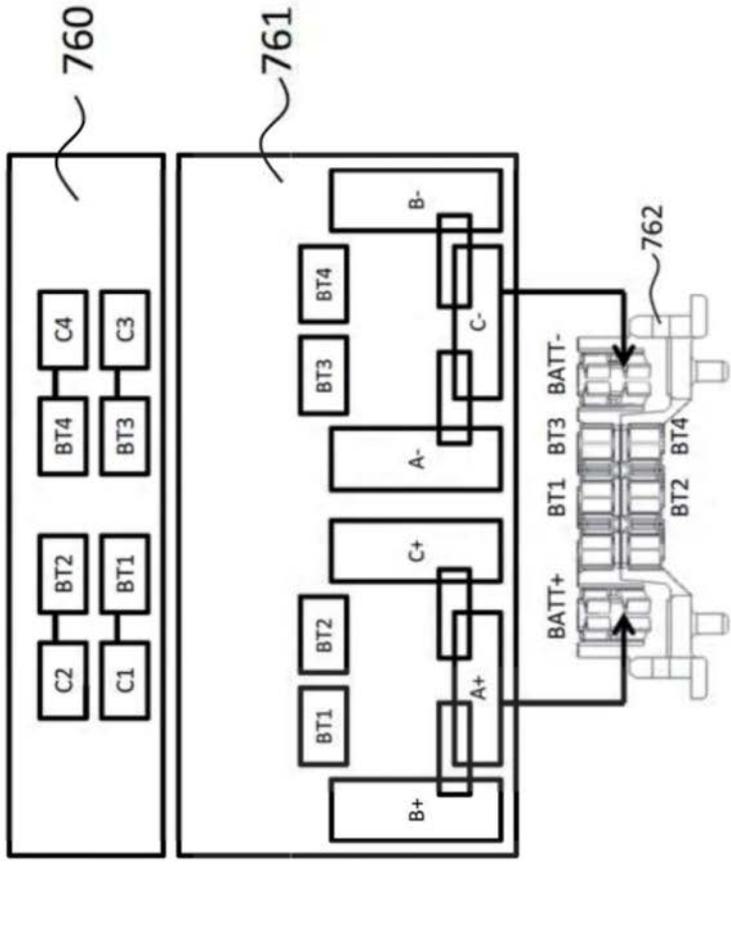
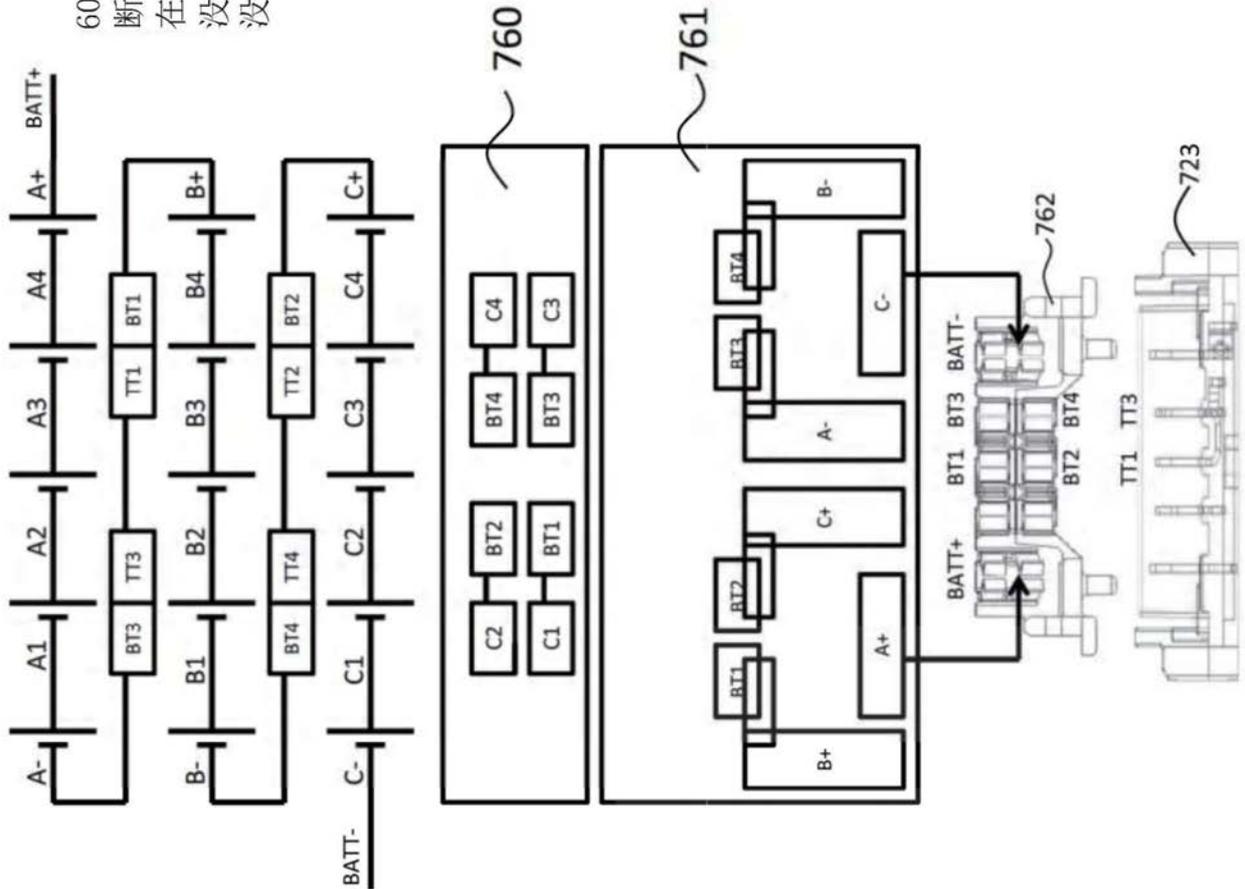


图95A

60V工具中的两个跳线
 断开40V线路
 在C行上的信号
 没有信号 - 信号切换
 没有电子开关



中等额定电压配置，
 4个 电开关打开，
 3个 电开关关闭

在(1) TT1和TT3以及
 (2) TT2和TT3之间
 60V工具中的跳线

图95B

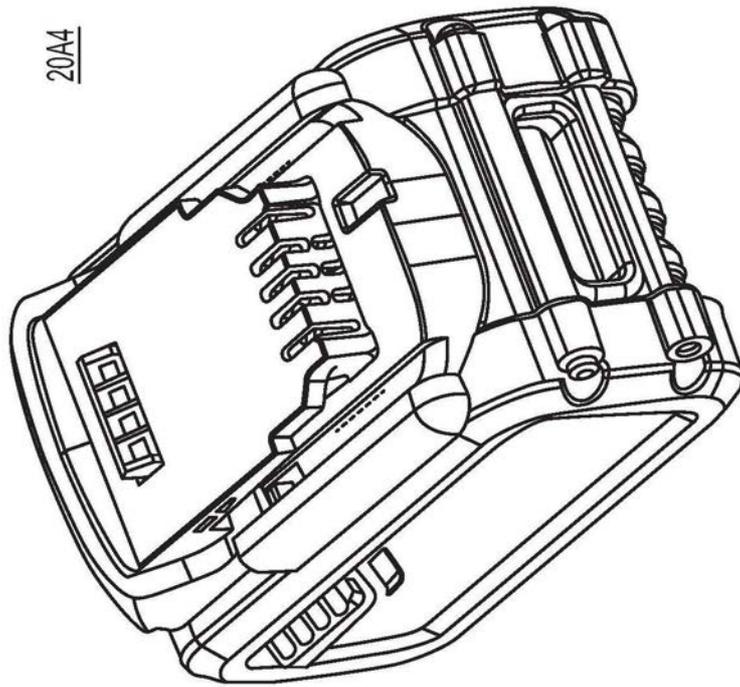


图96A

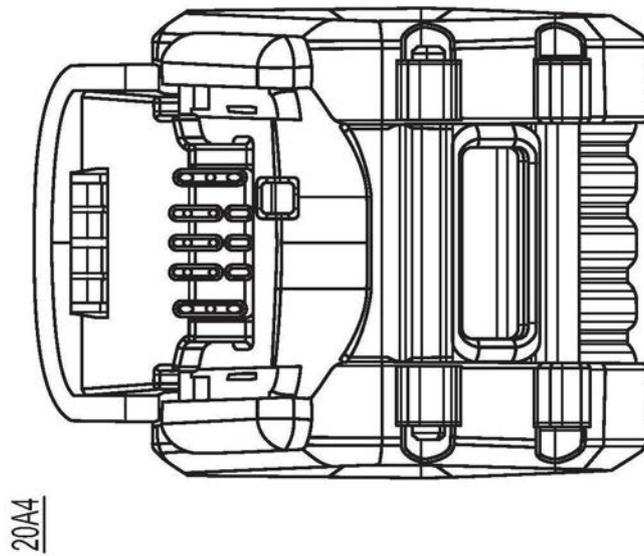


图96B

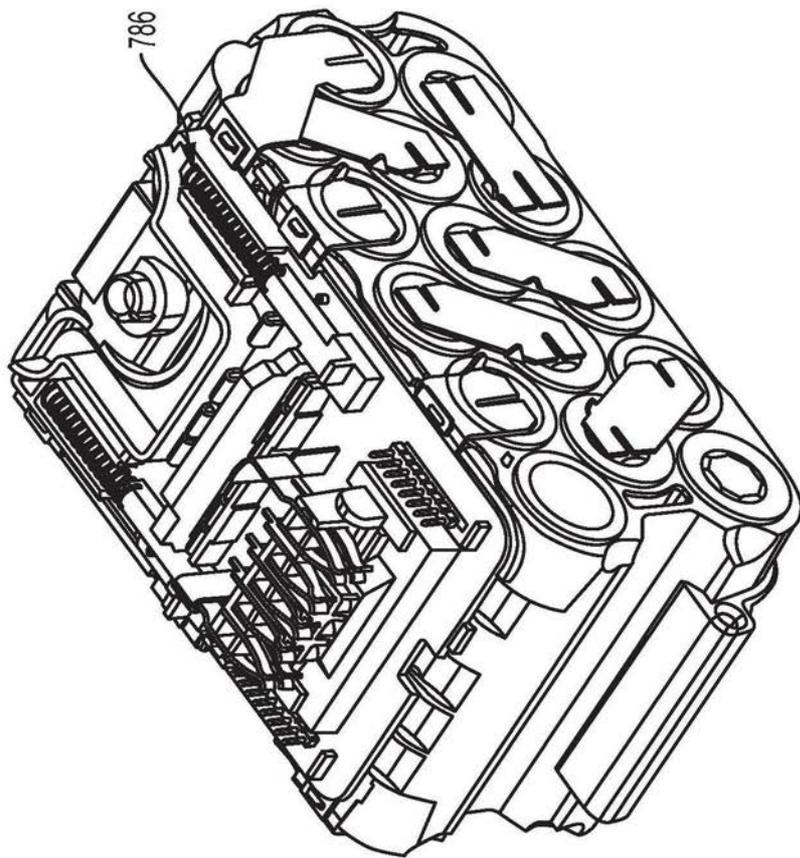


图97A

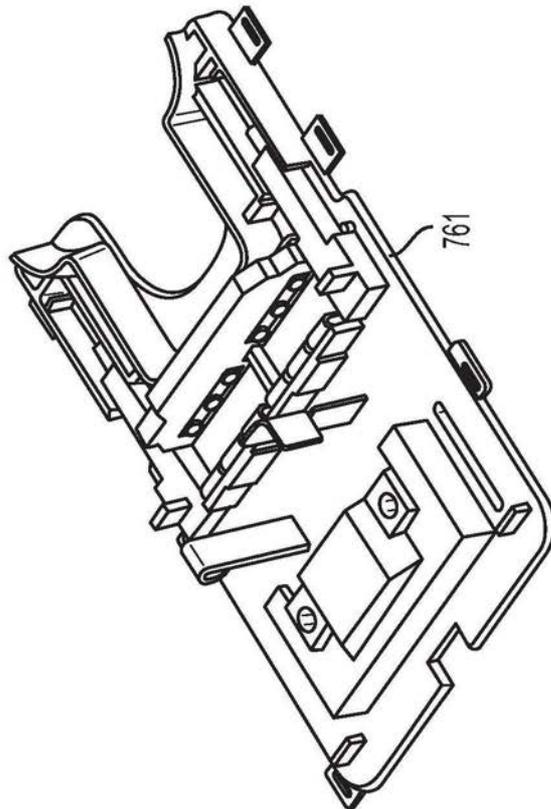


图97B

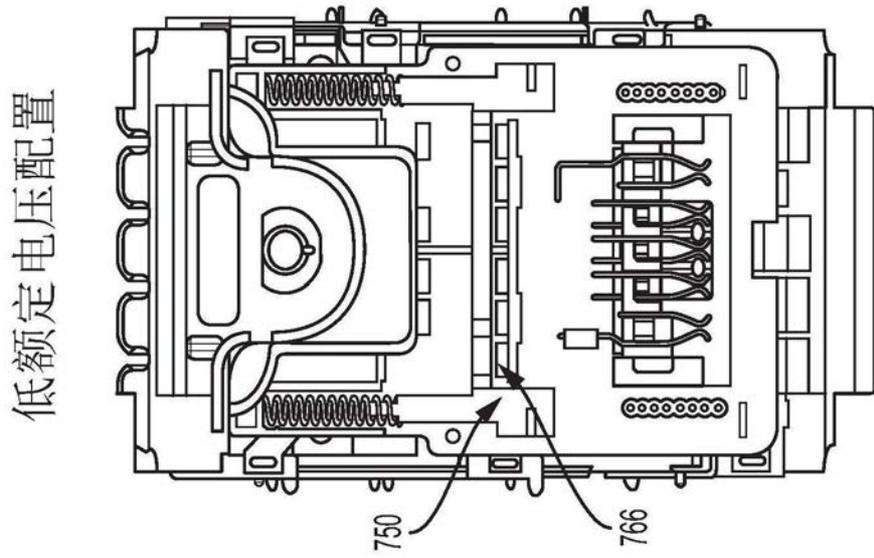


图97C

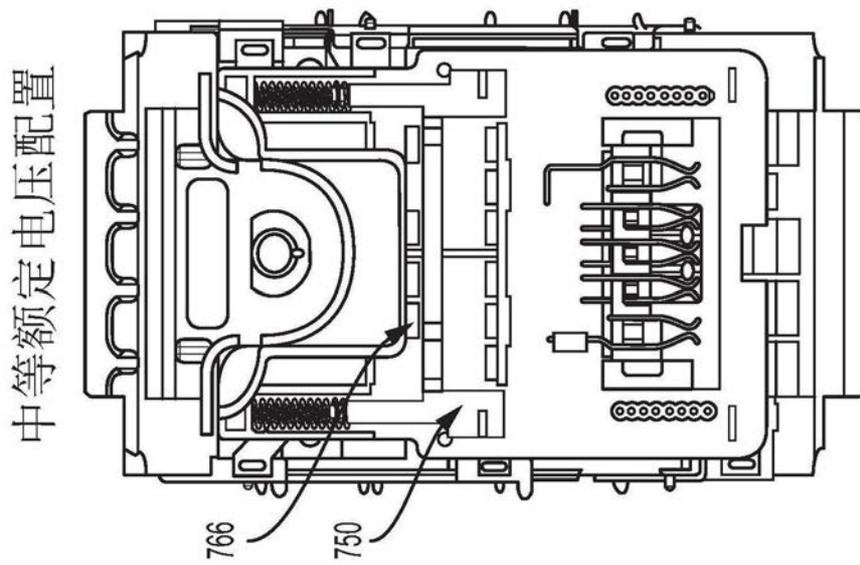


图97D

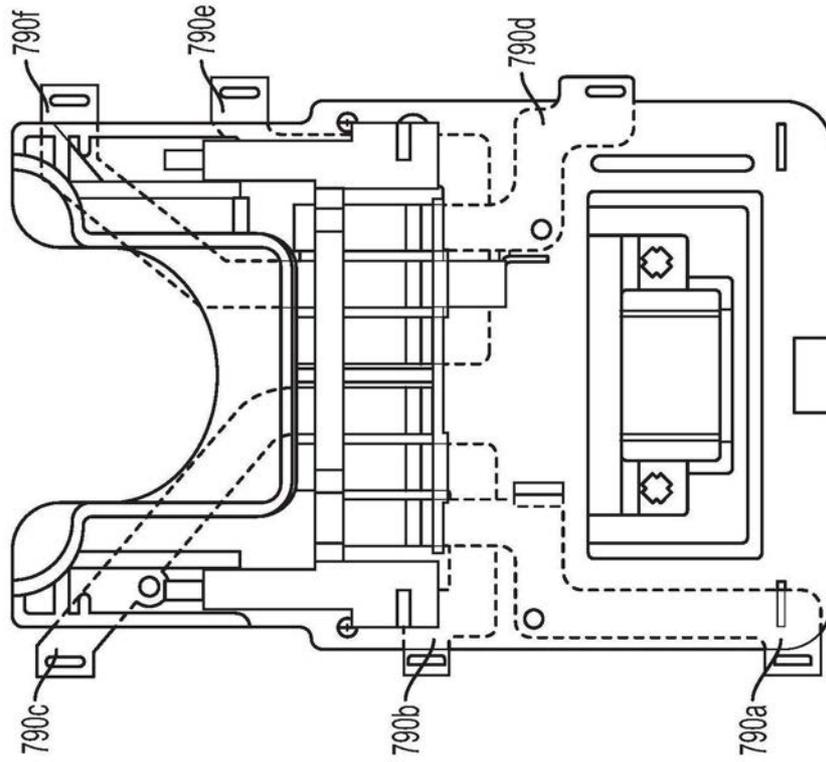


图97E

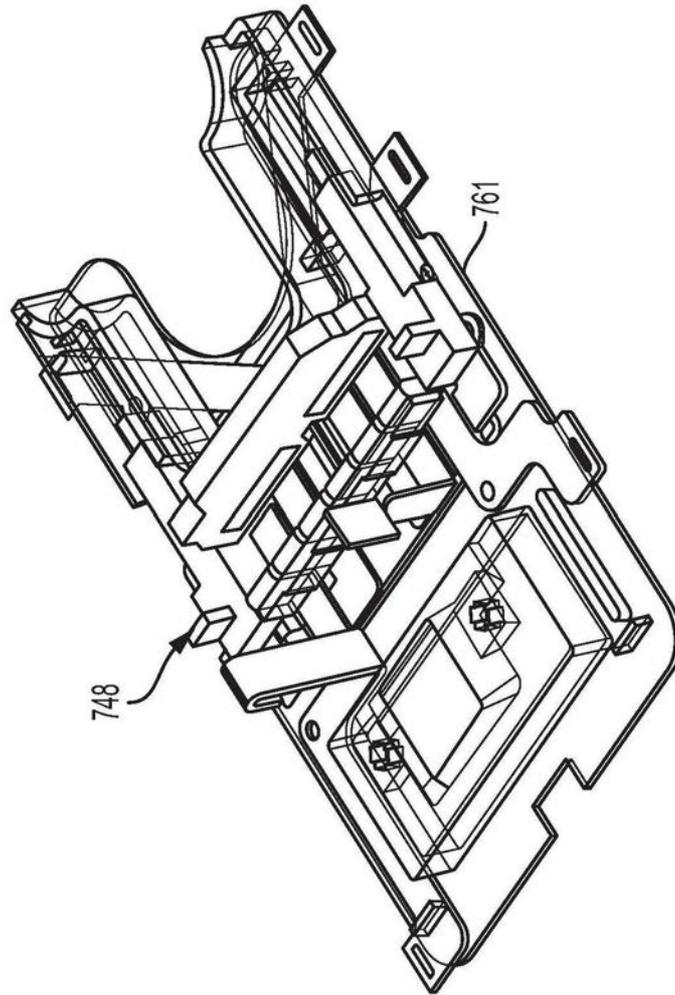


图97F

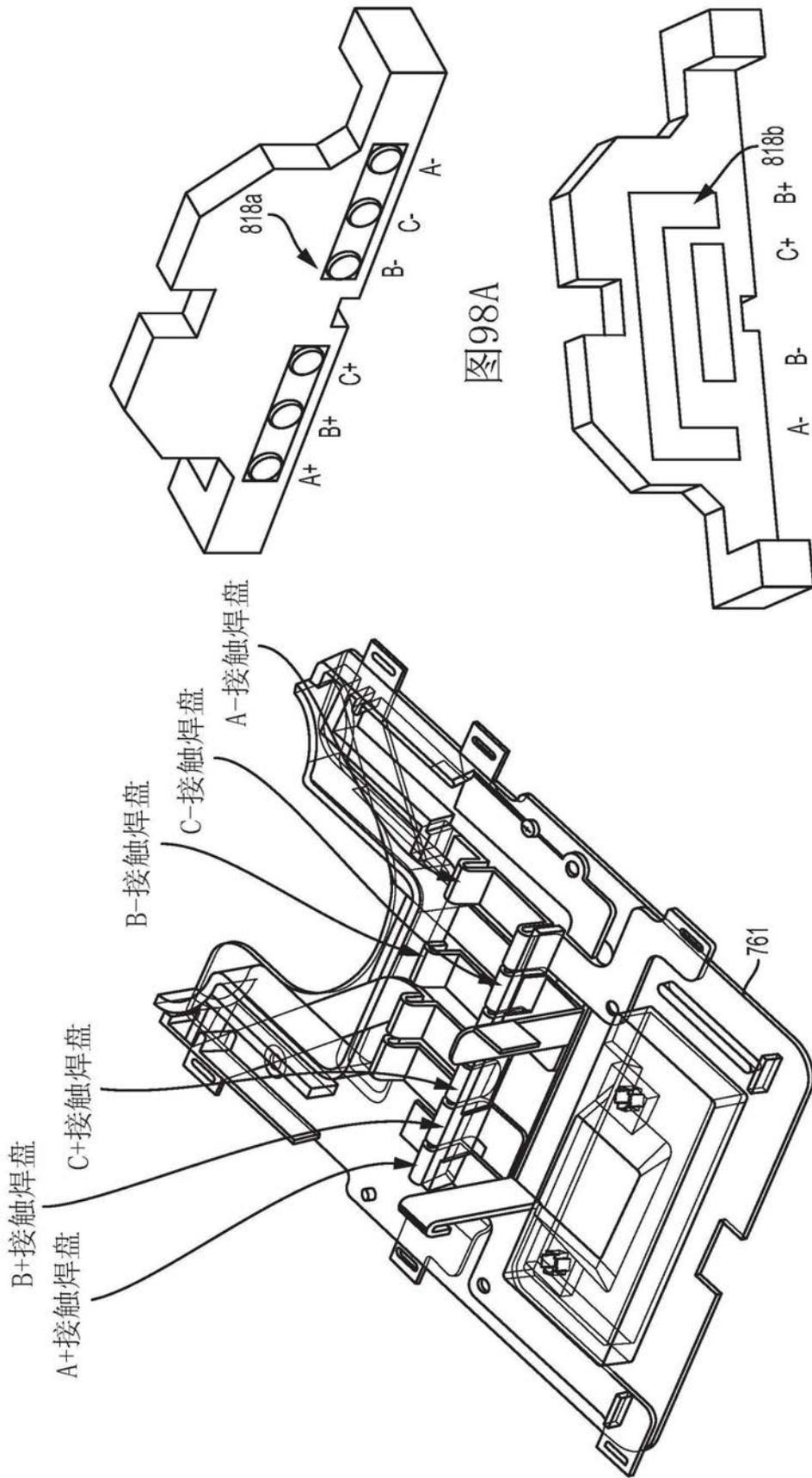


图98A

图98B

图97G

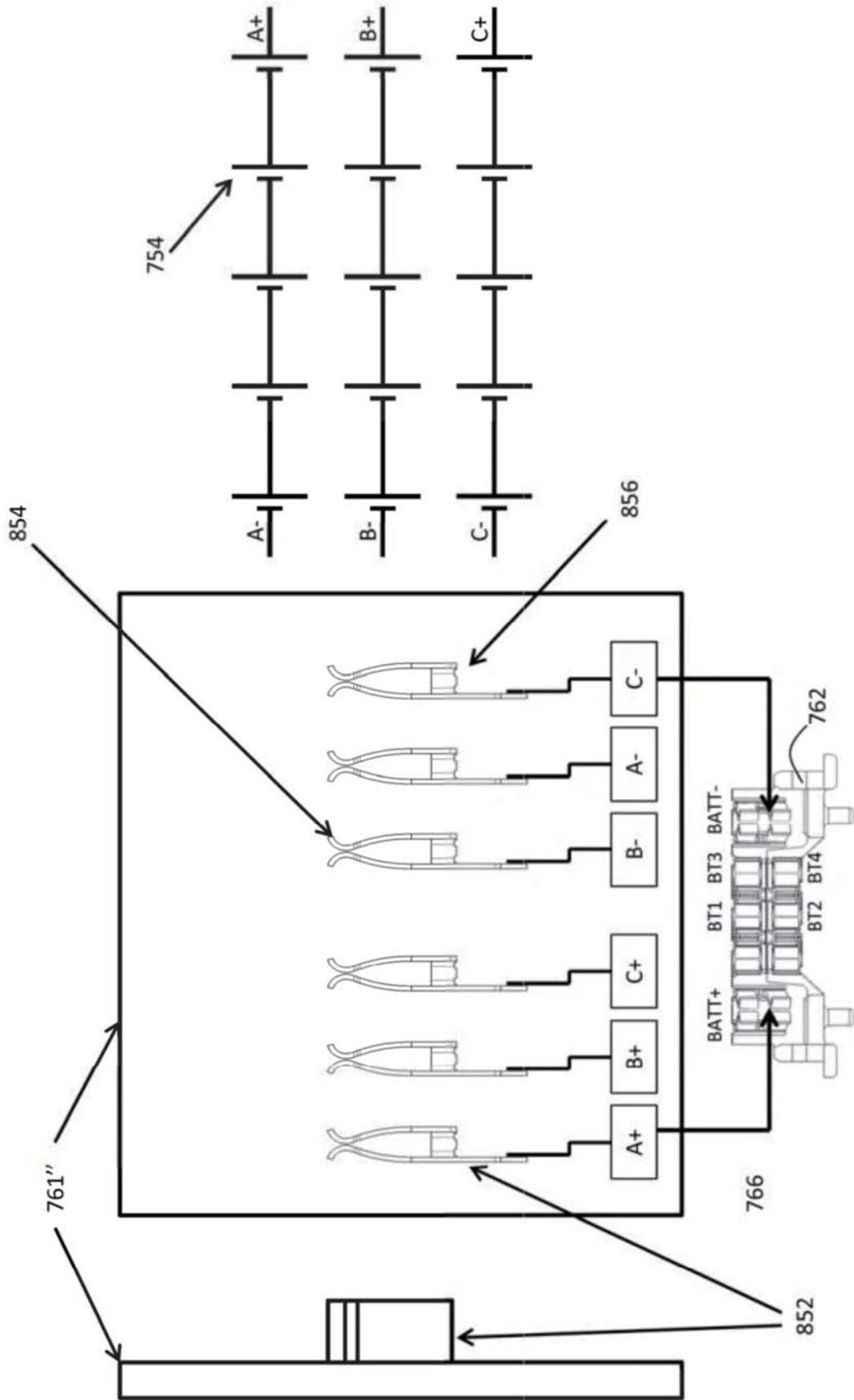


图99A

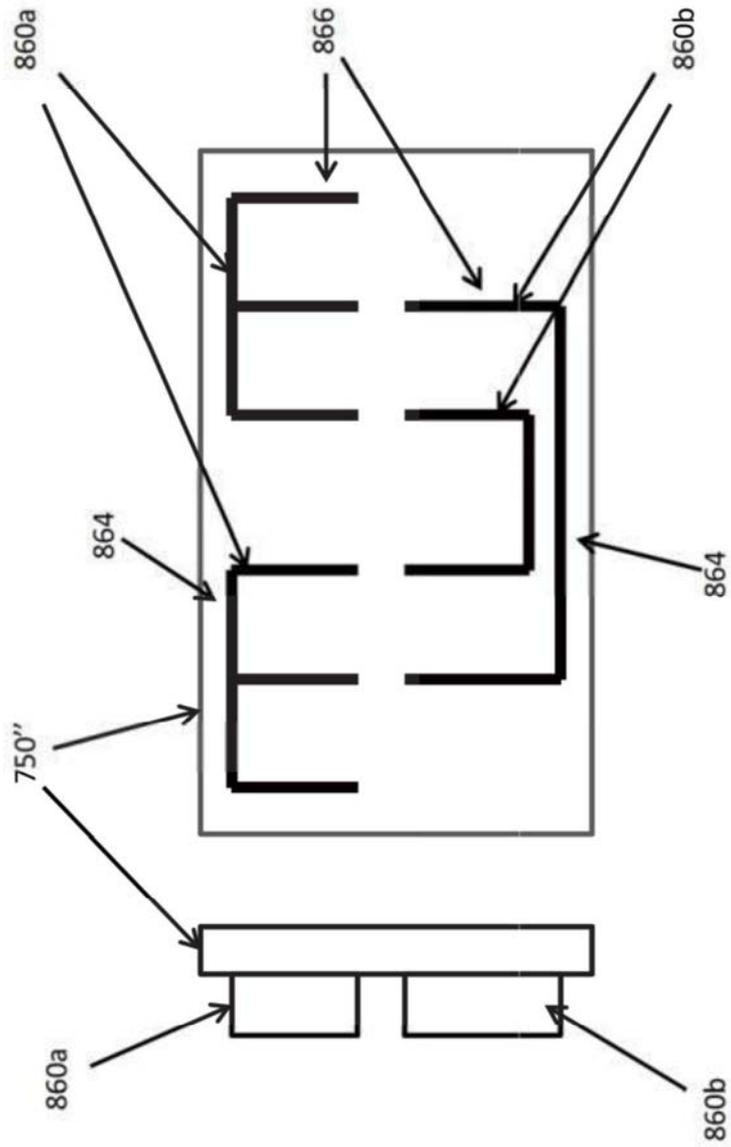


图99B

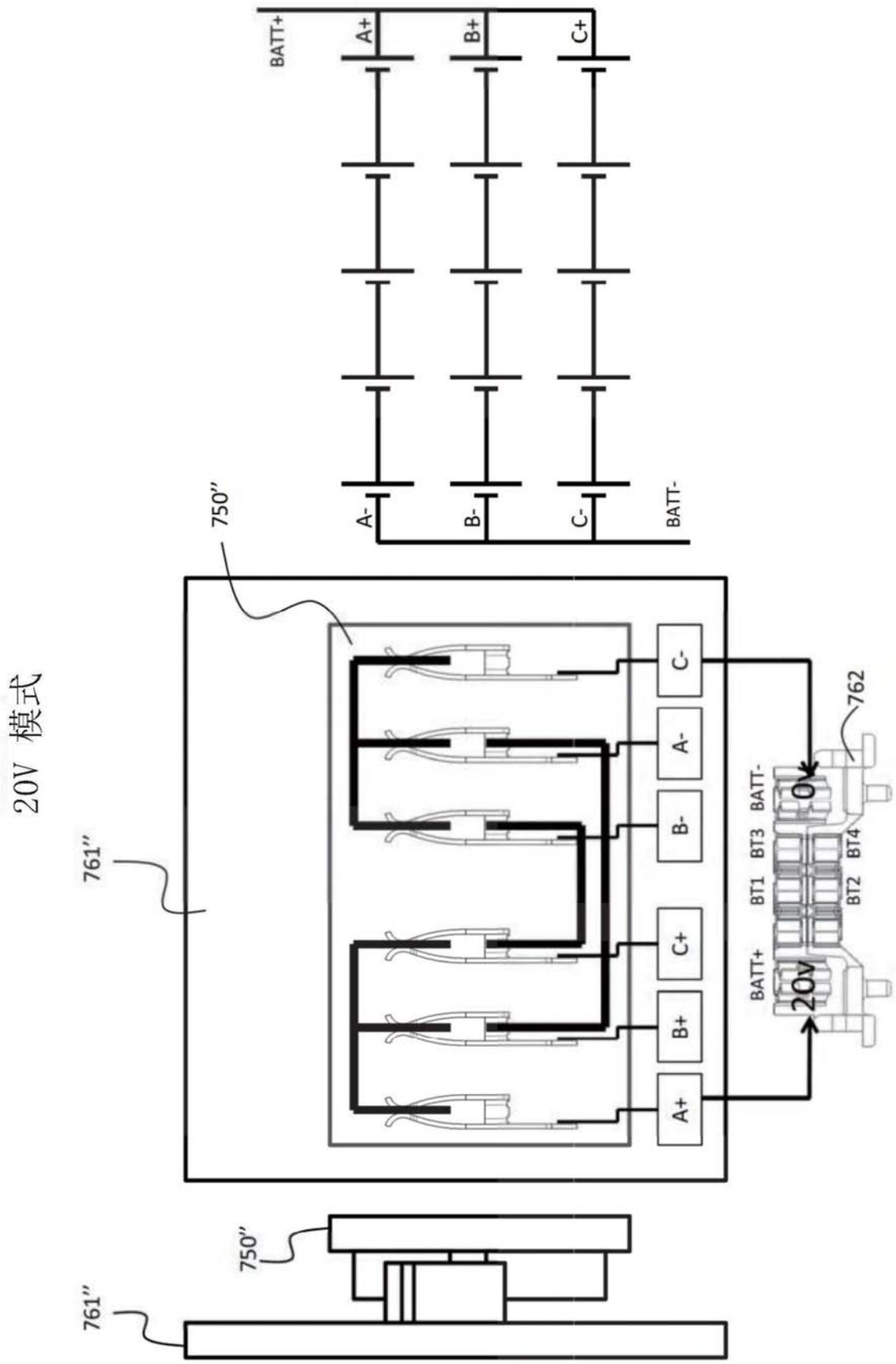


图99C

60V 模式

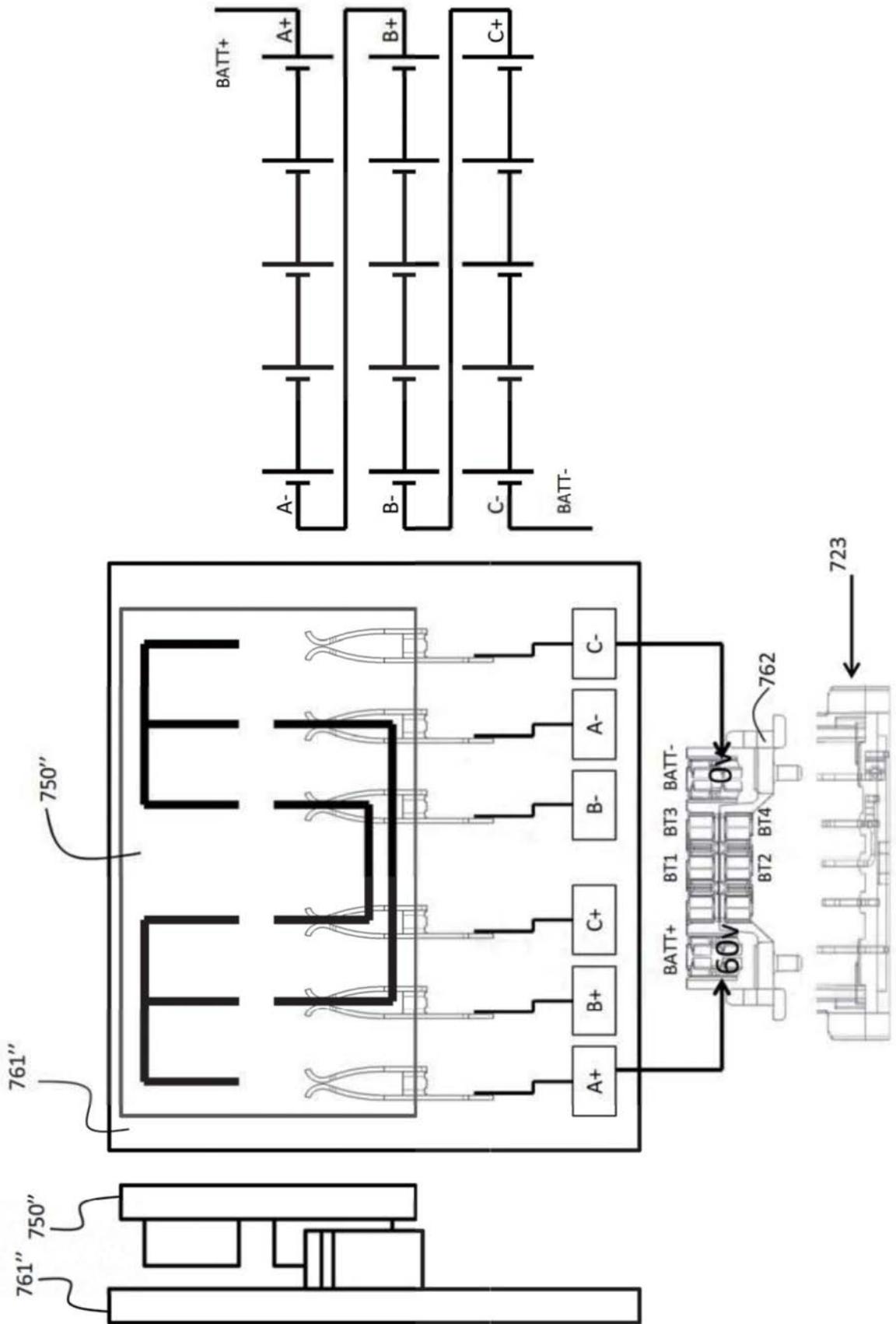


图99D

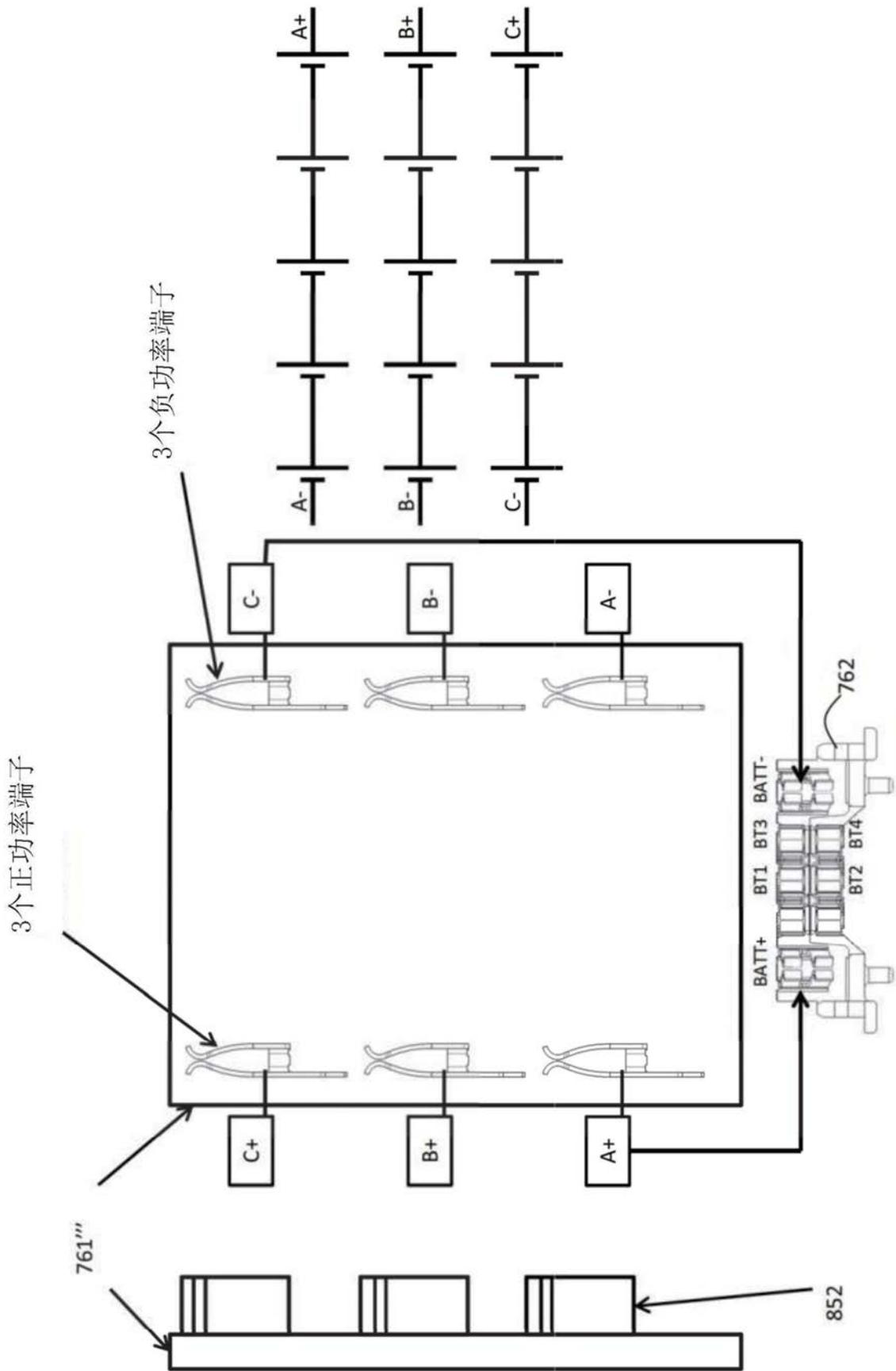


图100A

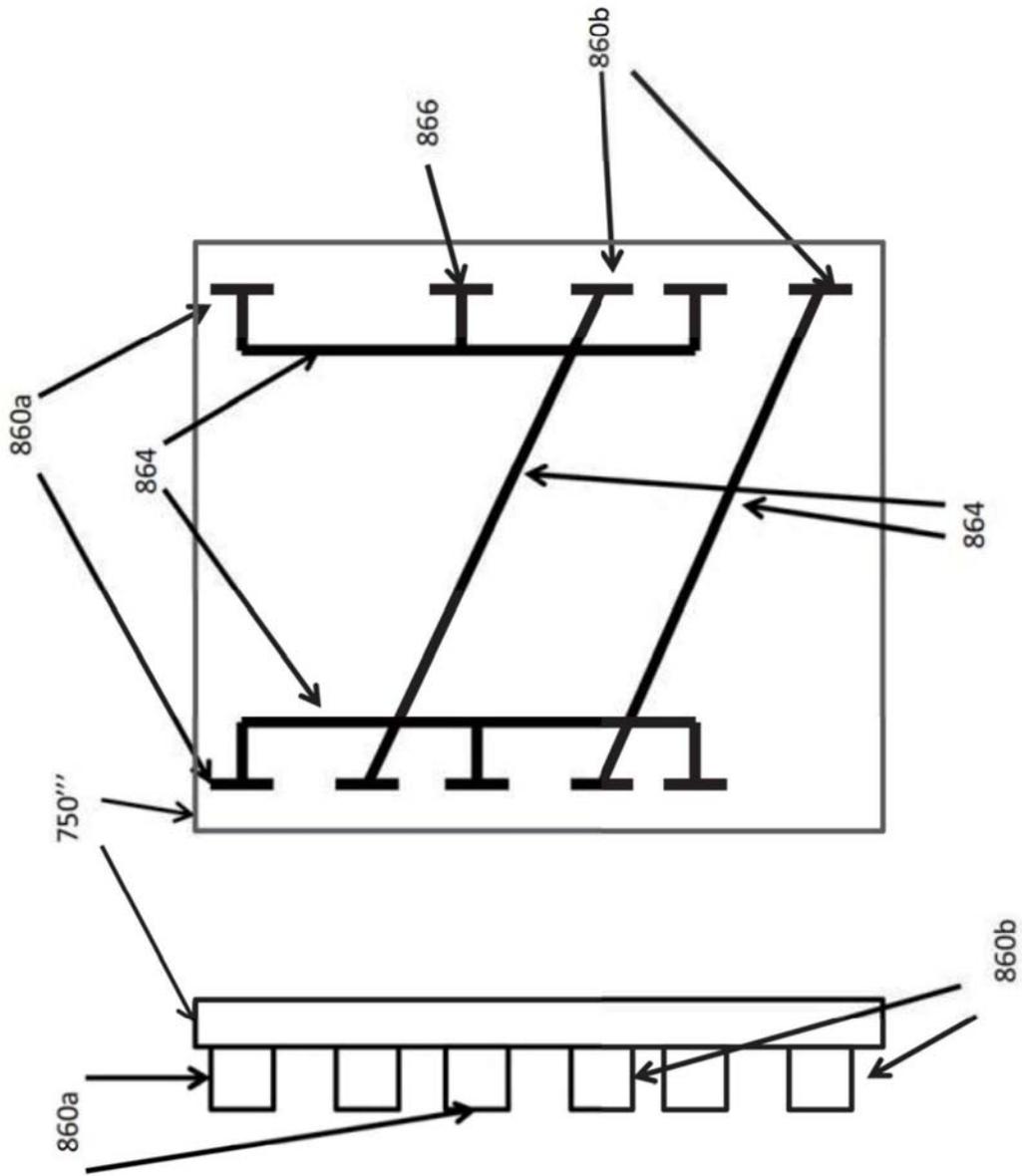


图100B

20V模式

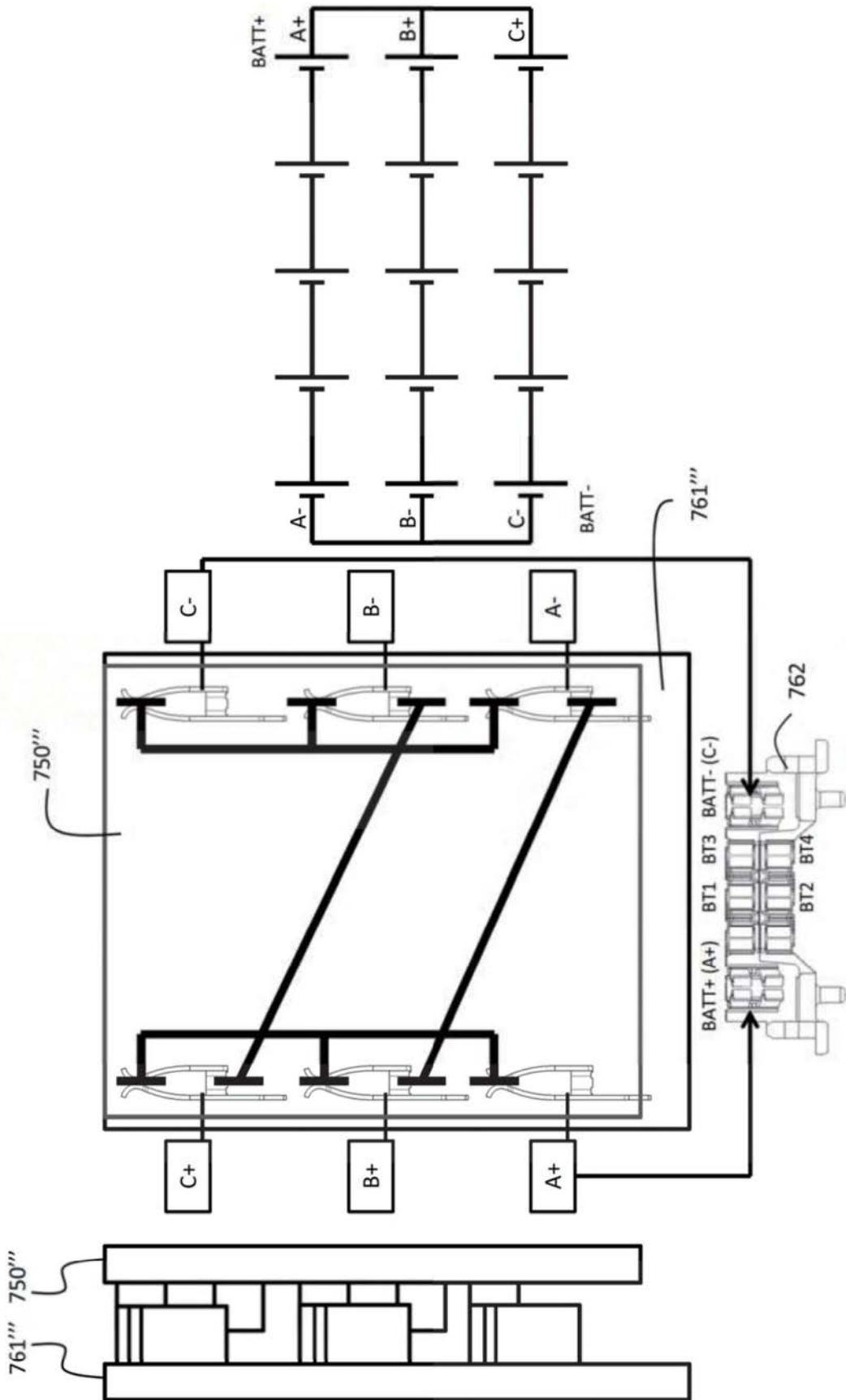


图100C

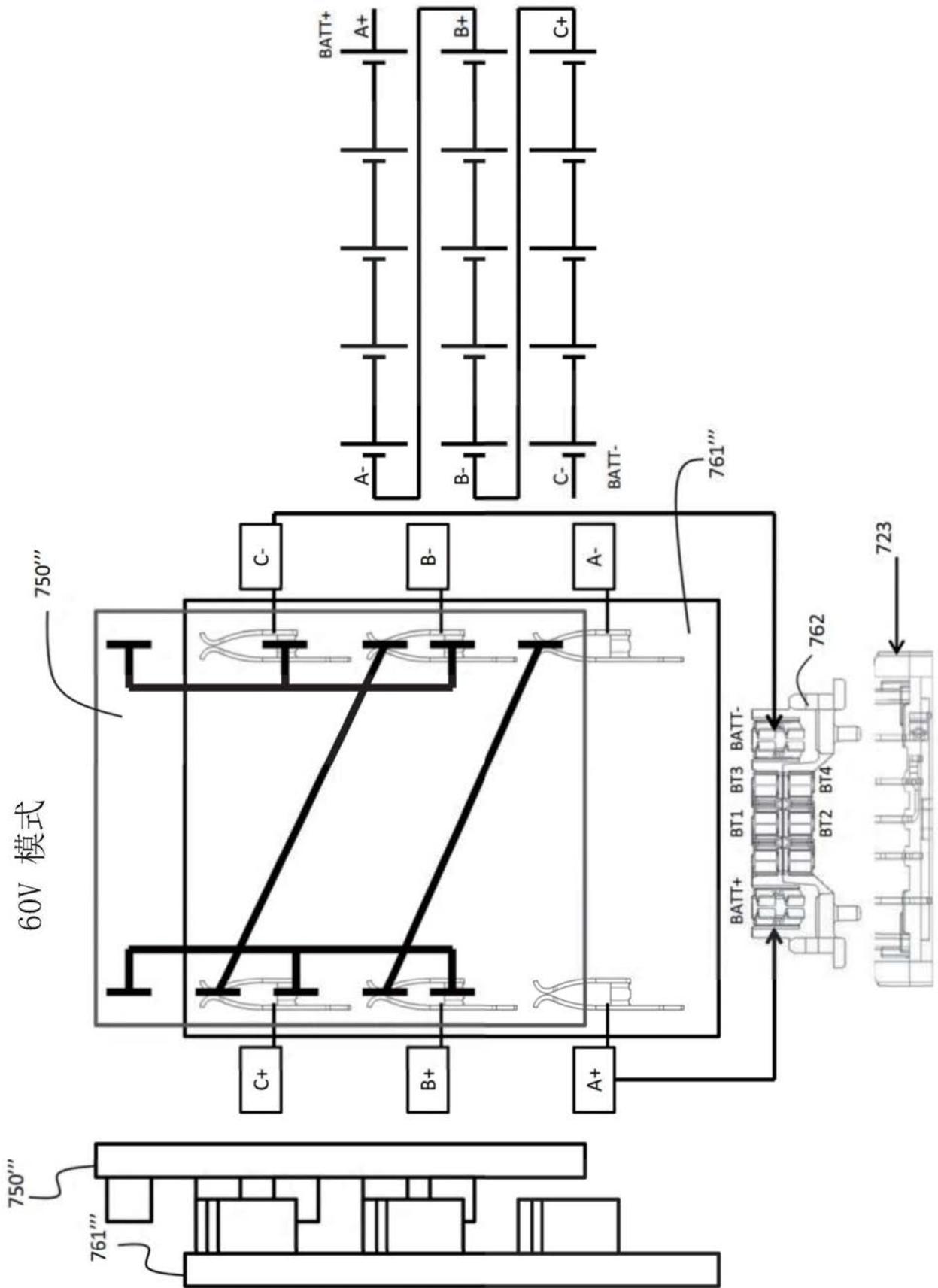


图100D

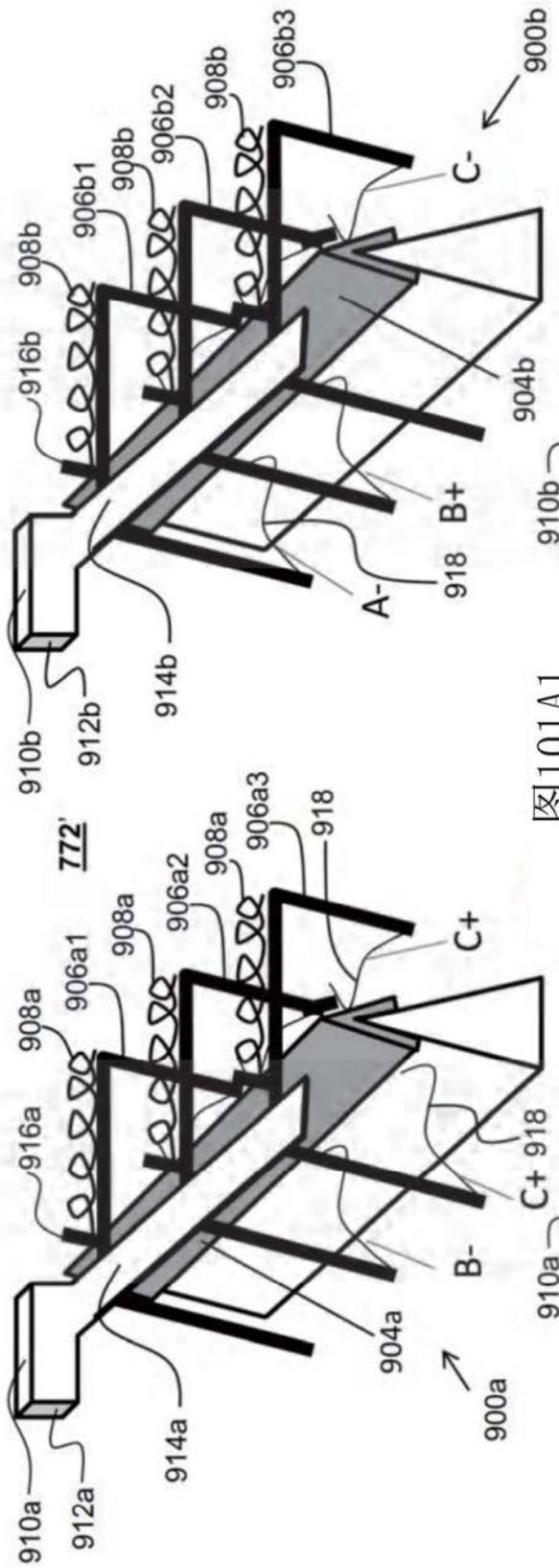


图101A1

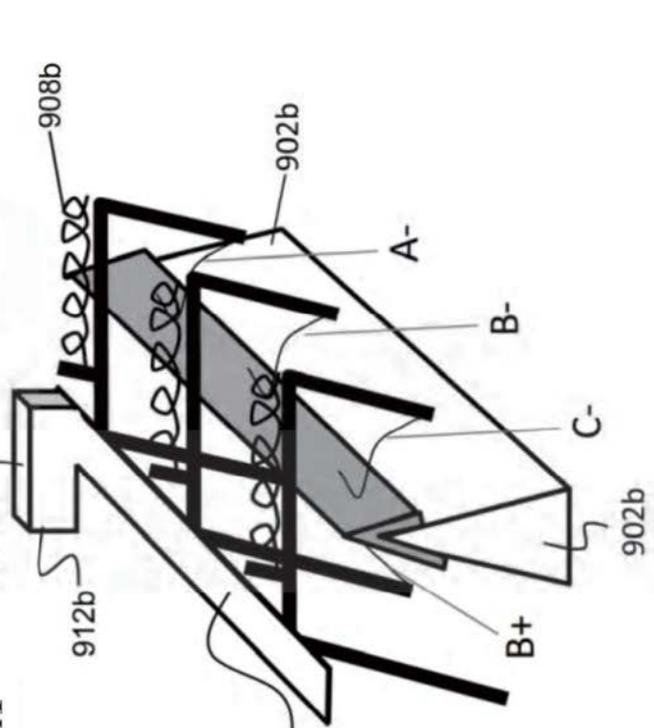
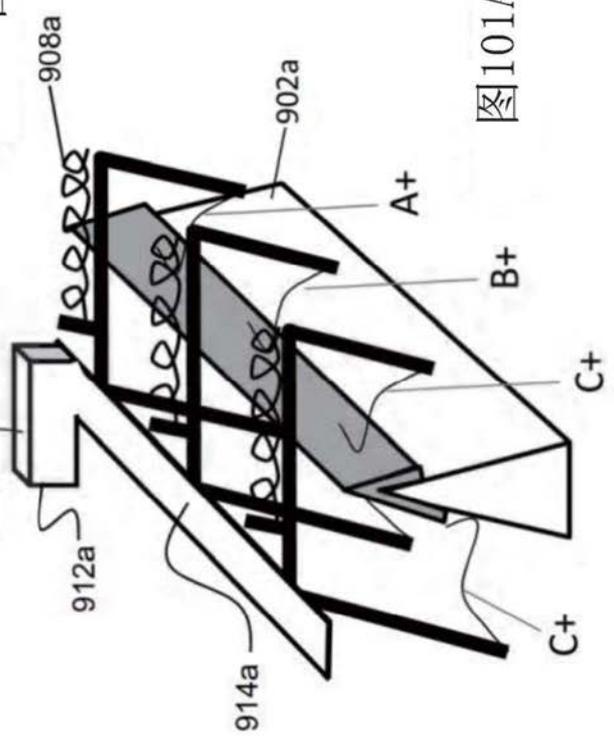


图101A2



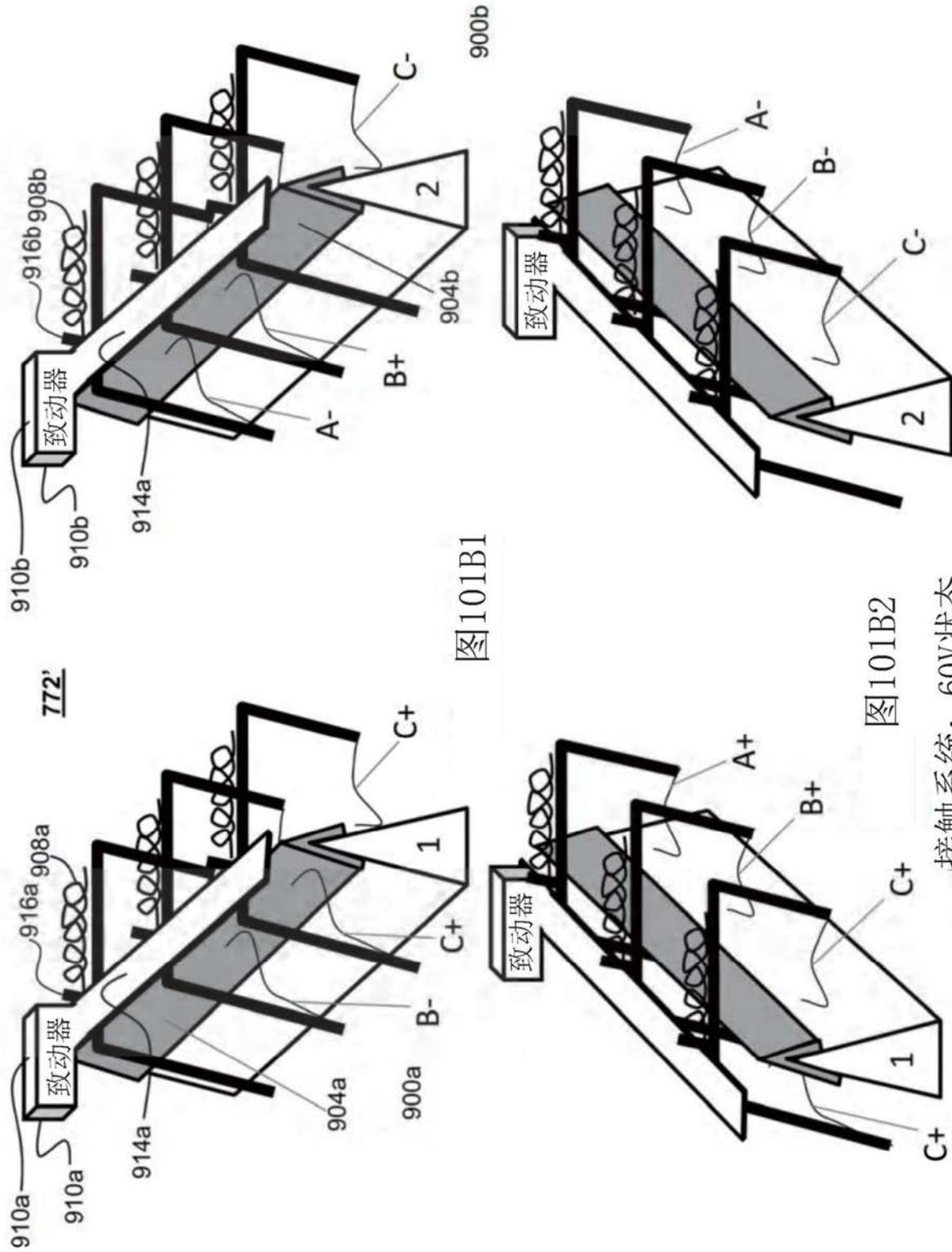


图101B1

图101B2

接触系统: 60V状态

(1)通过短路棒连接B-, C+ (2)通过短路棒连接A-, B+

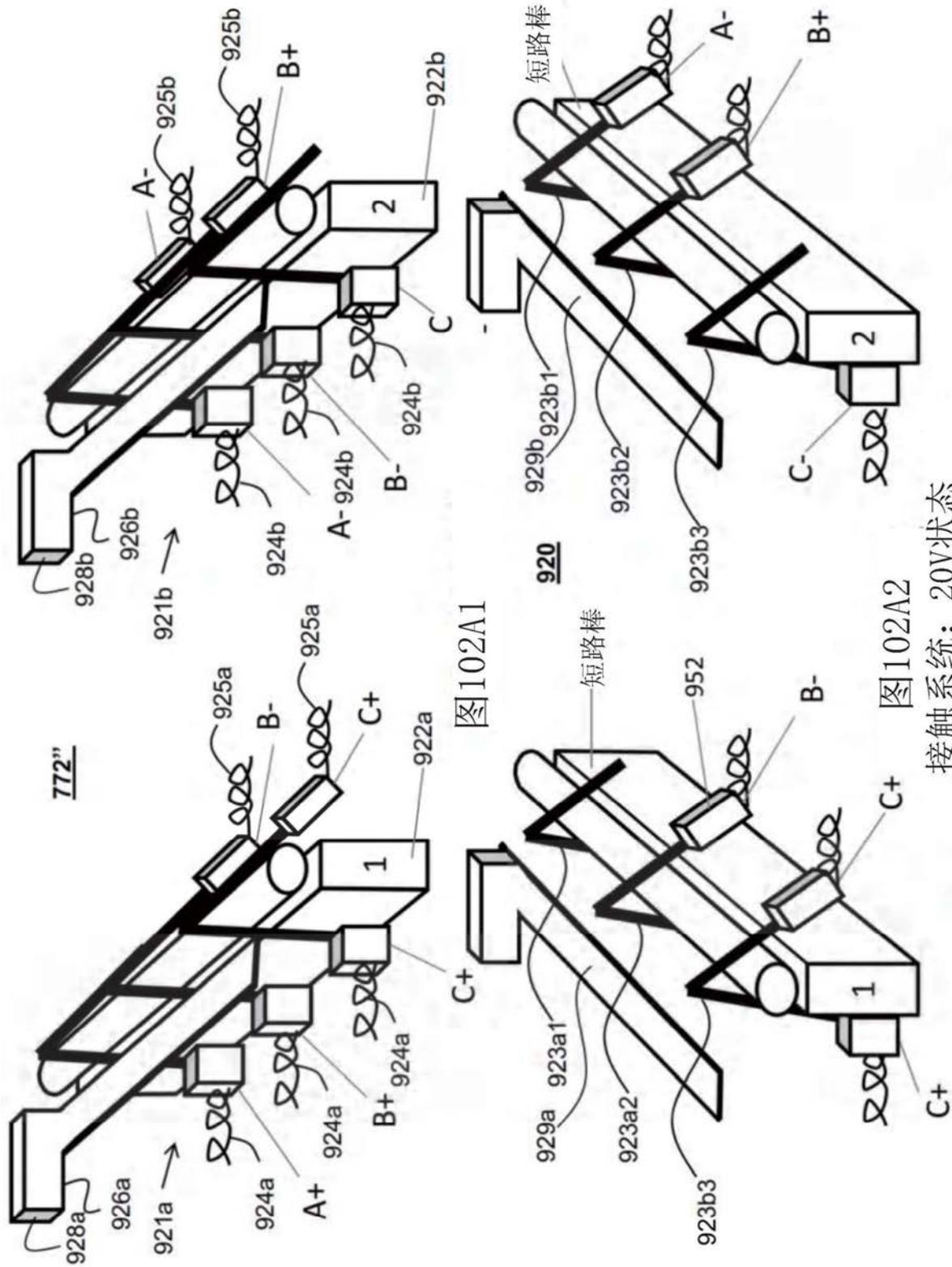


图102A1

图102A2

接触系统：20V状态

(1) 通过短路棒连接A+, B+, C+ (2) 通过短路棒连接A-, B-, C-

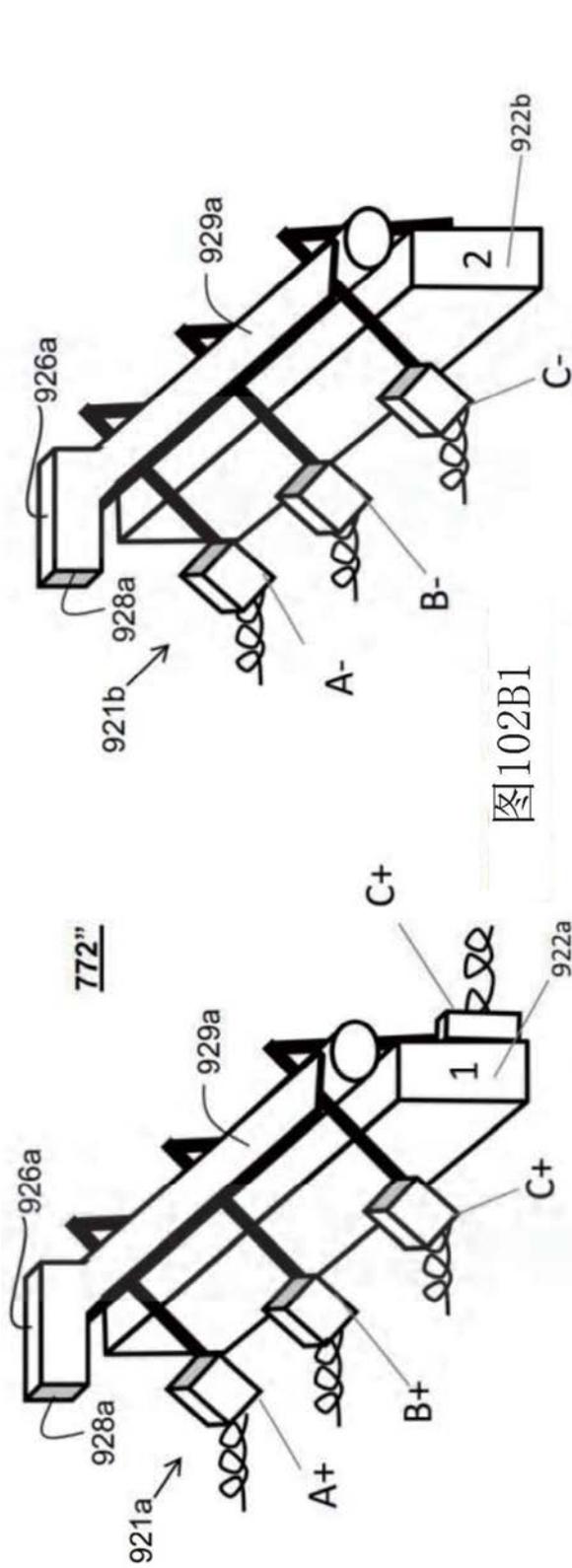


图102B1

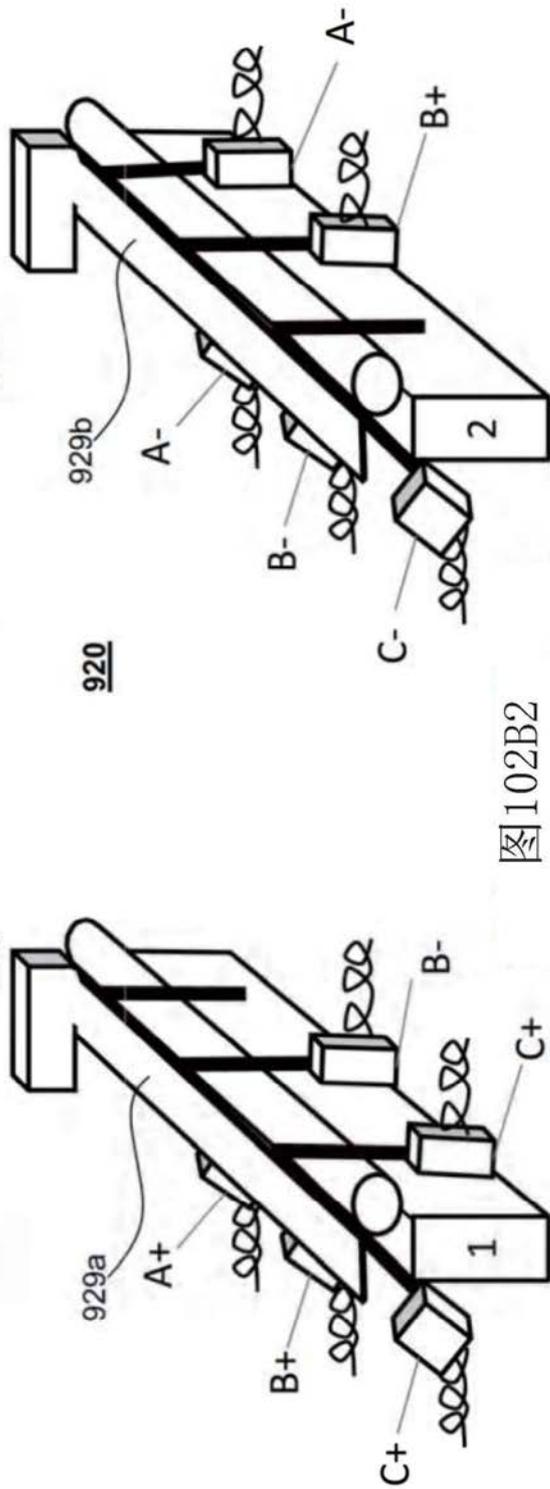


图102B2

接触系统: 60V状态
 (1) 通过短路棒连接B-, C+ (2) 通过短路棒连接A-, B+

20V触点: 打开
60V触点: 闭合

20V触点: 打开
60V触点: 打开

20V触点: 闭合
60V触点: 打开

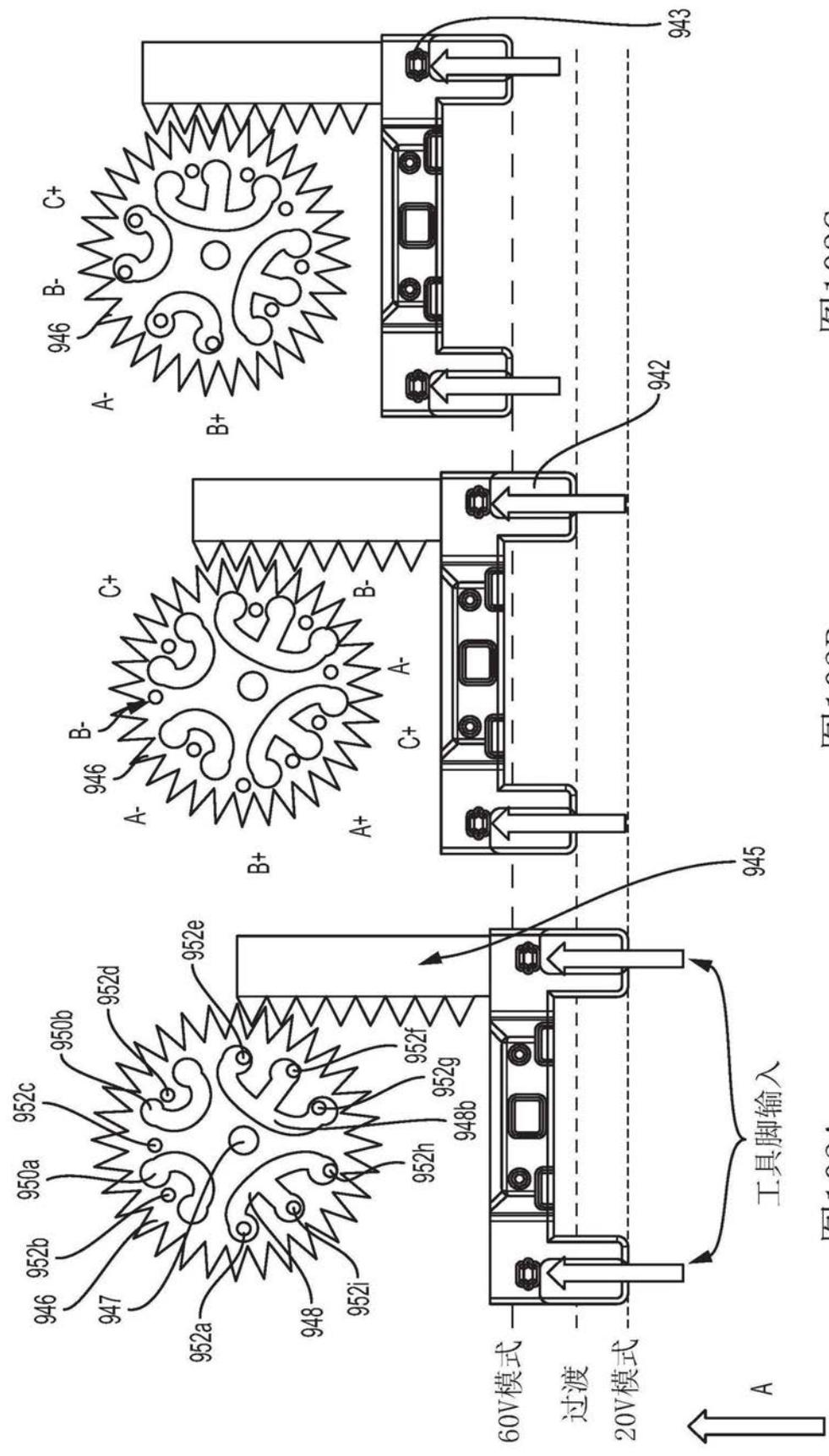


图103C

图103B

图103A

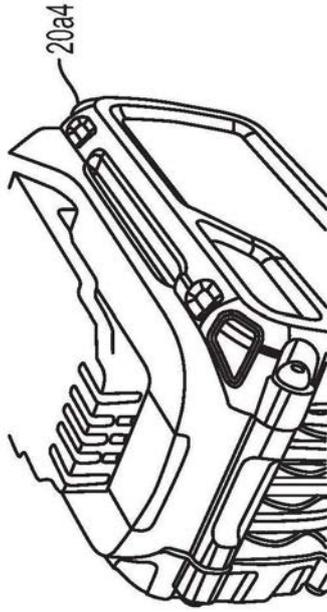


图104A

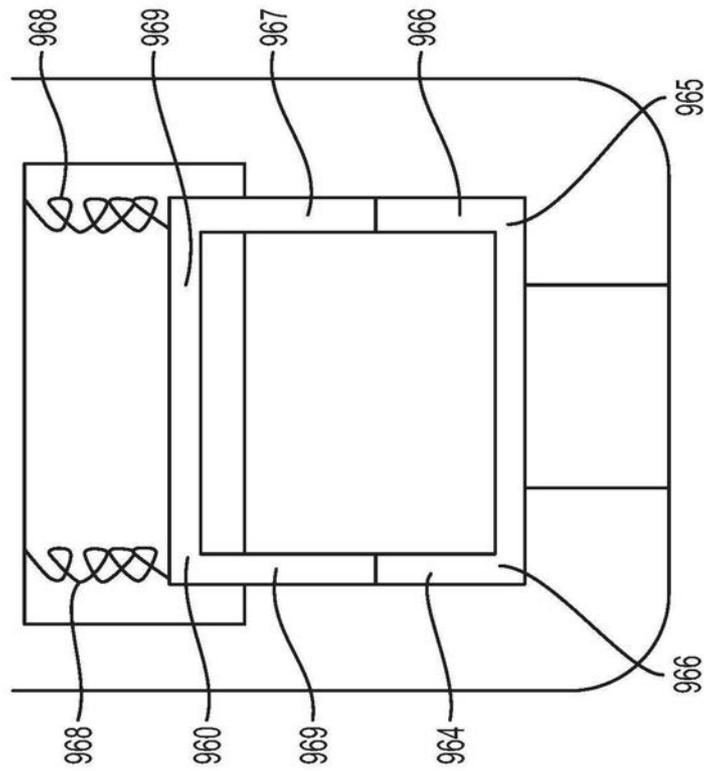


图104B

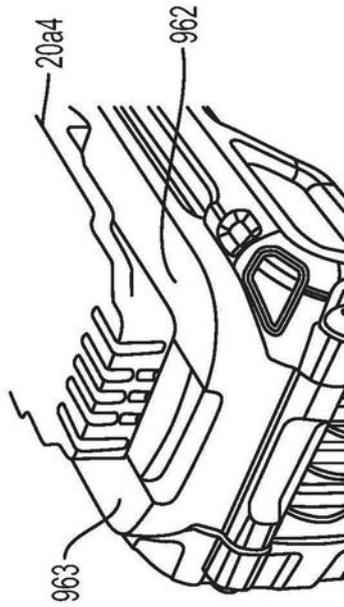


图105A

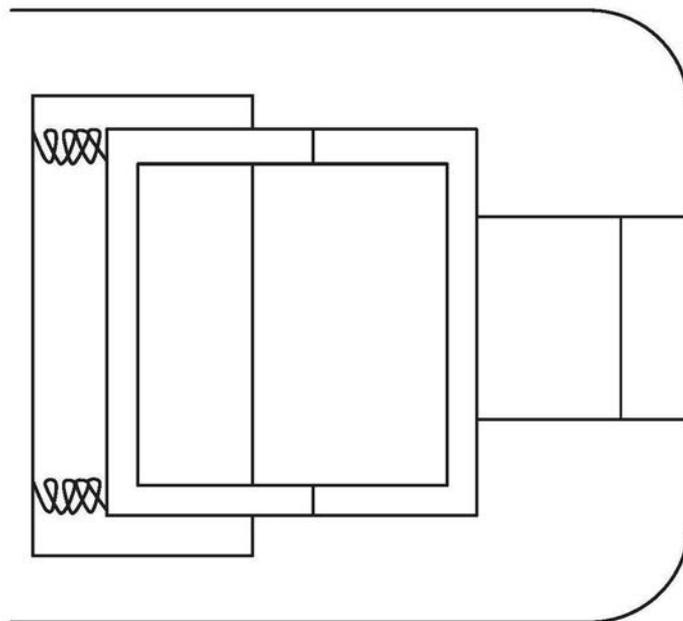
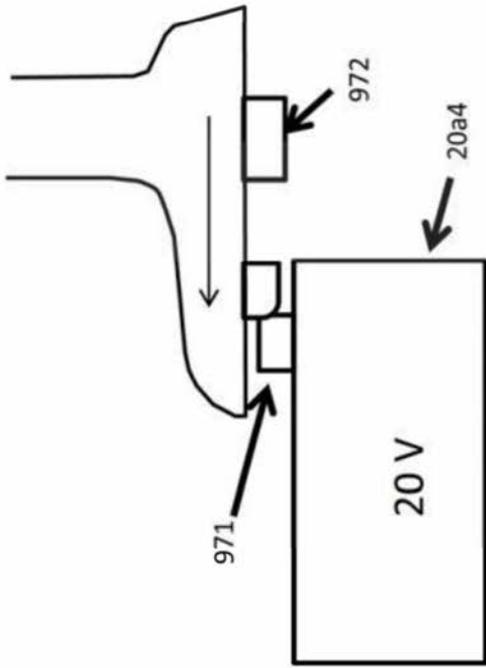
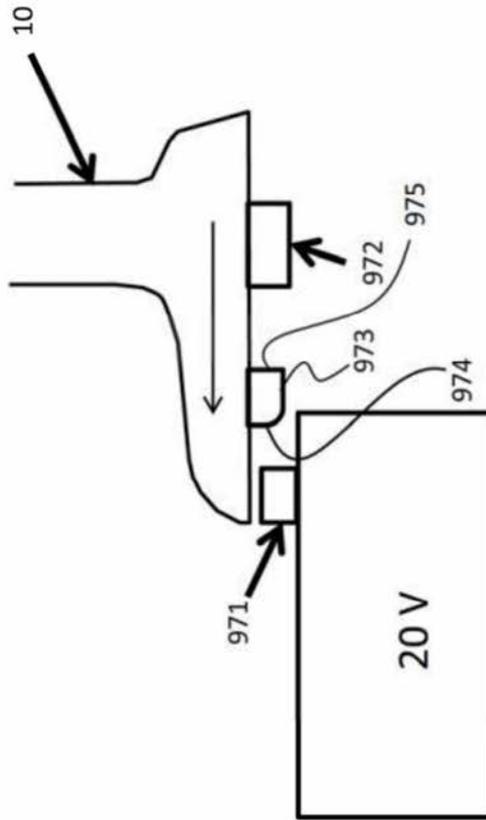


图105B



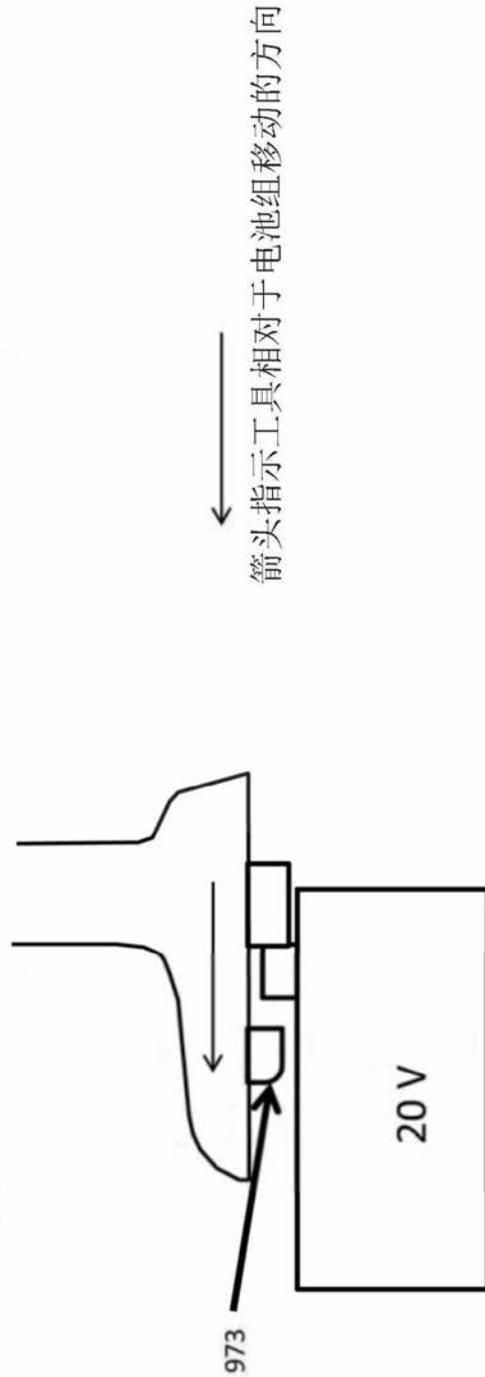
步骤 2

图106B



步骤 1

图106A



步骤 3

图106C

箭头指示工具相对于电池组移动的方向

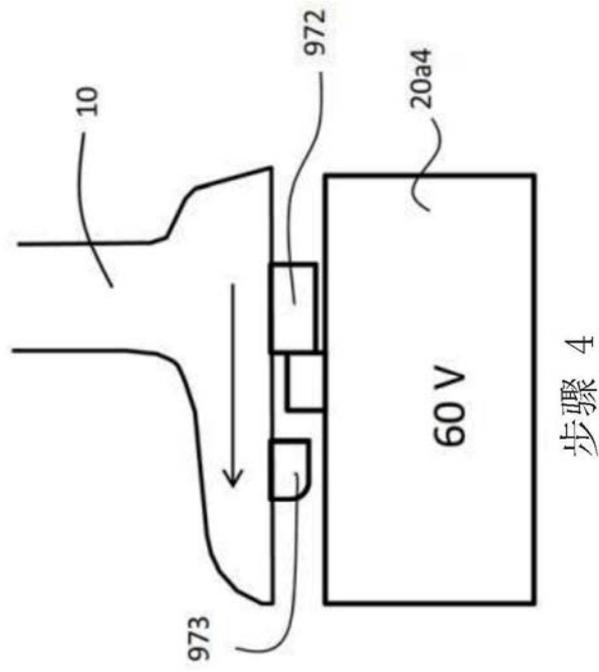


图106D

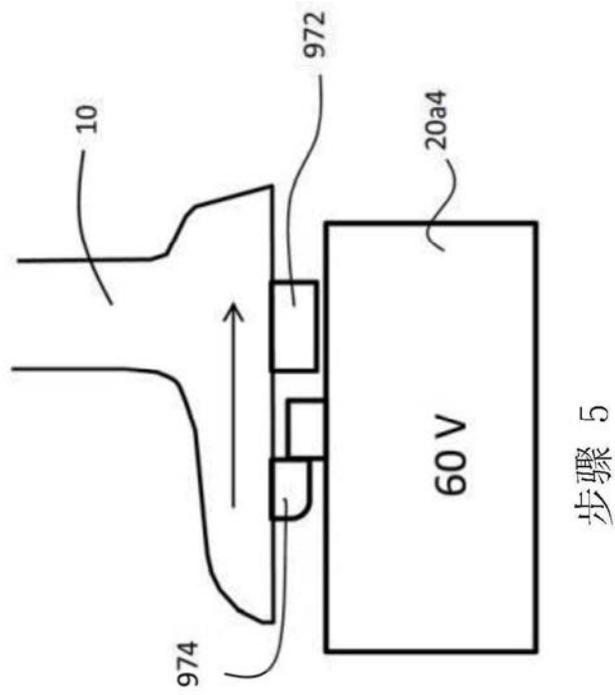


图106E

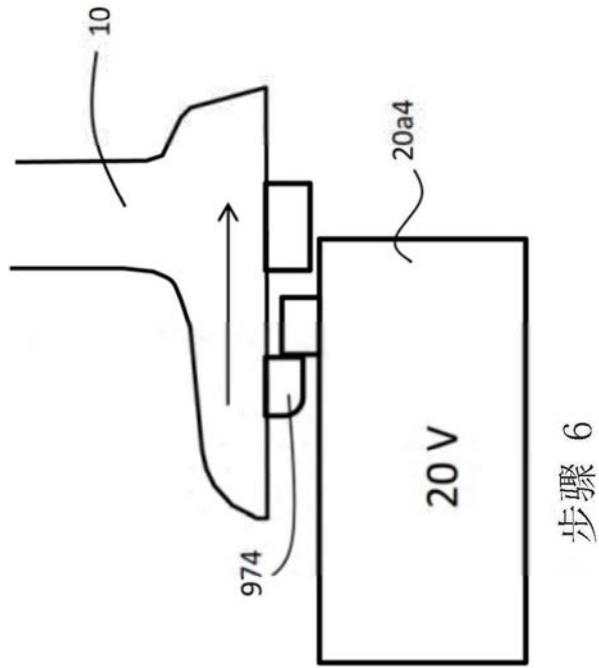


图106F

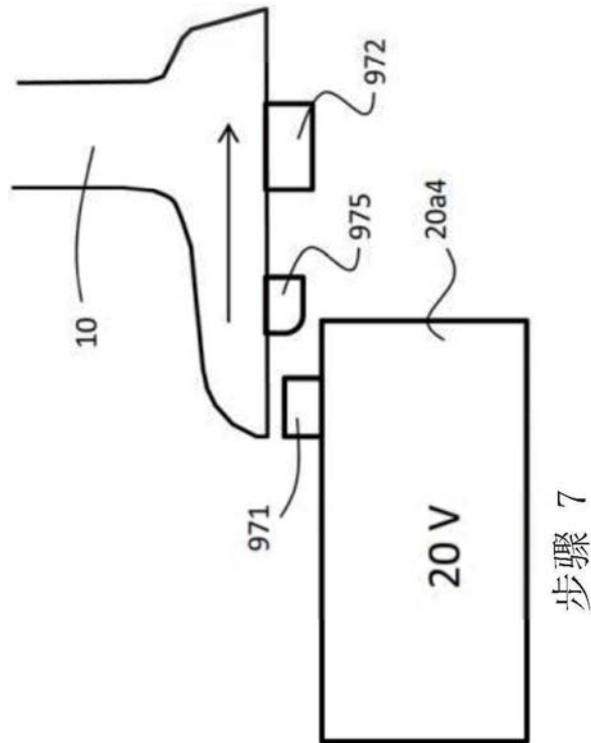


图106G

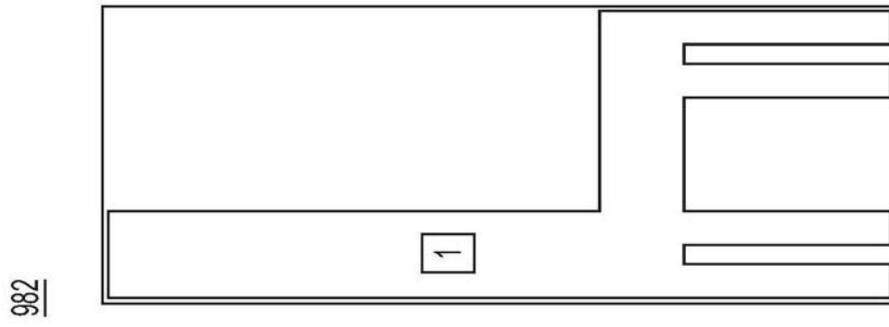


图107

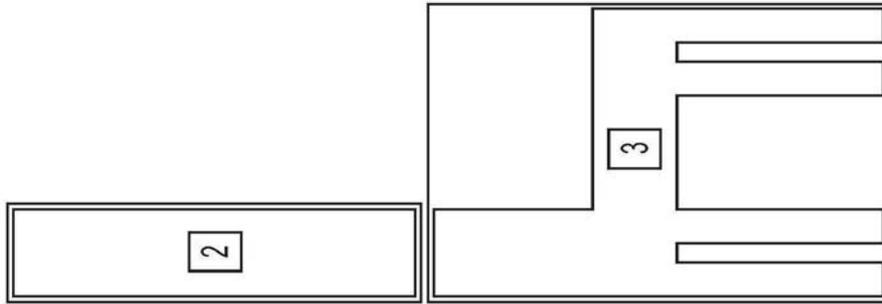


图108

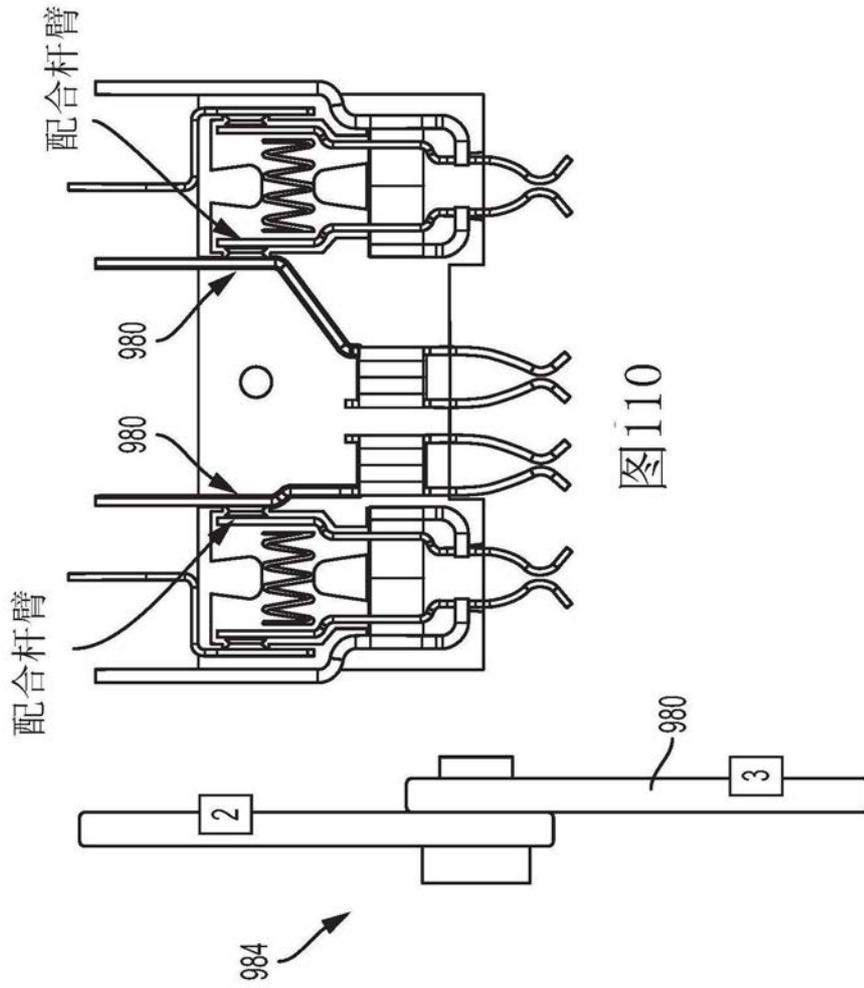


图110

图109

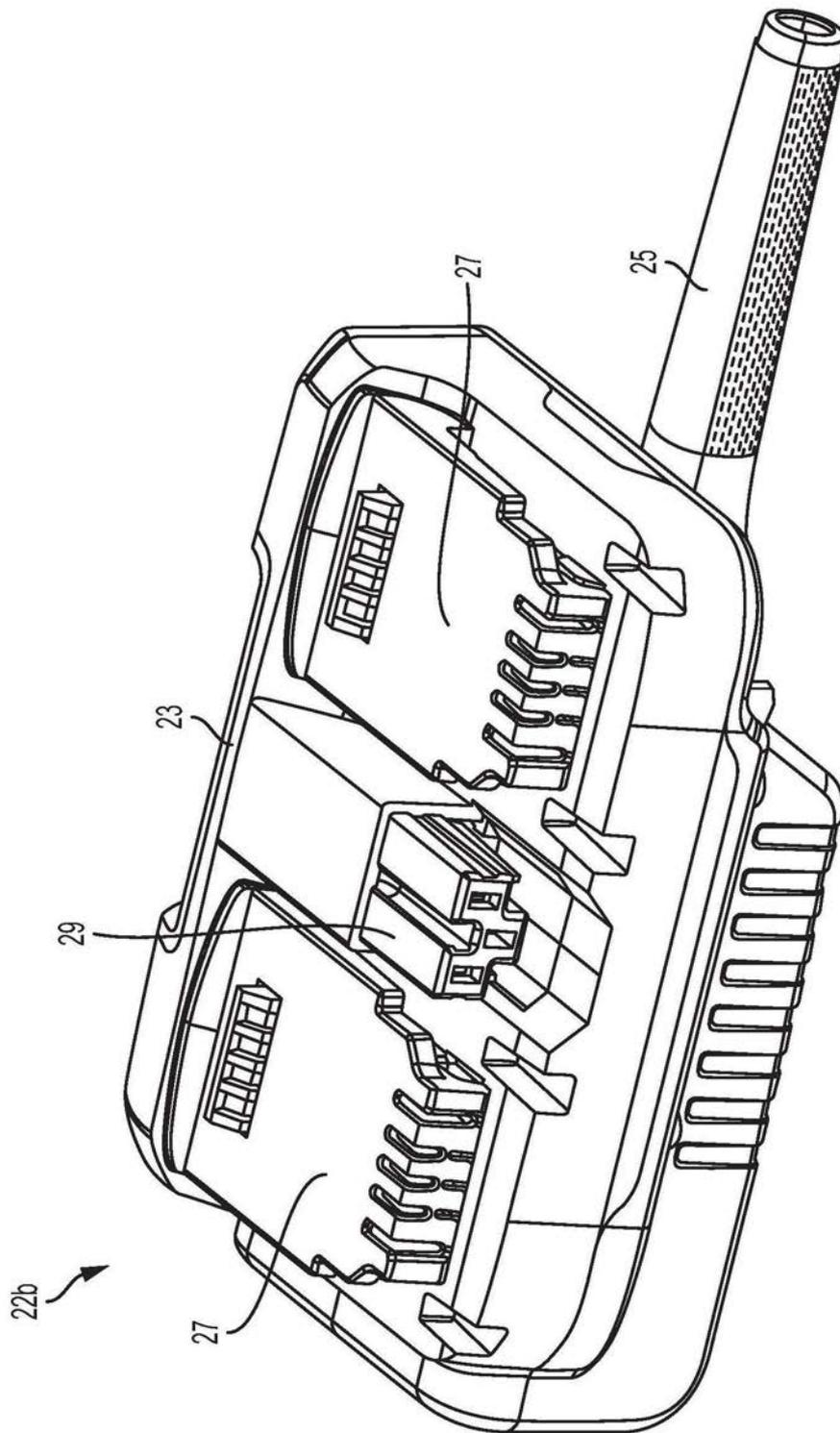


图111

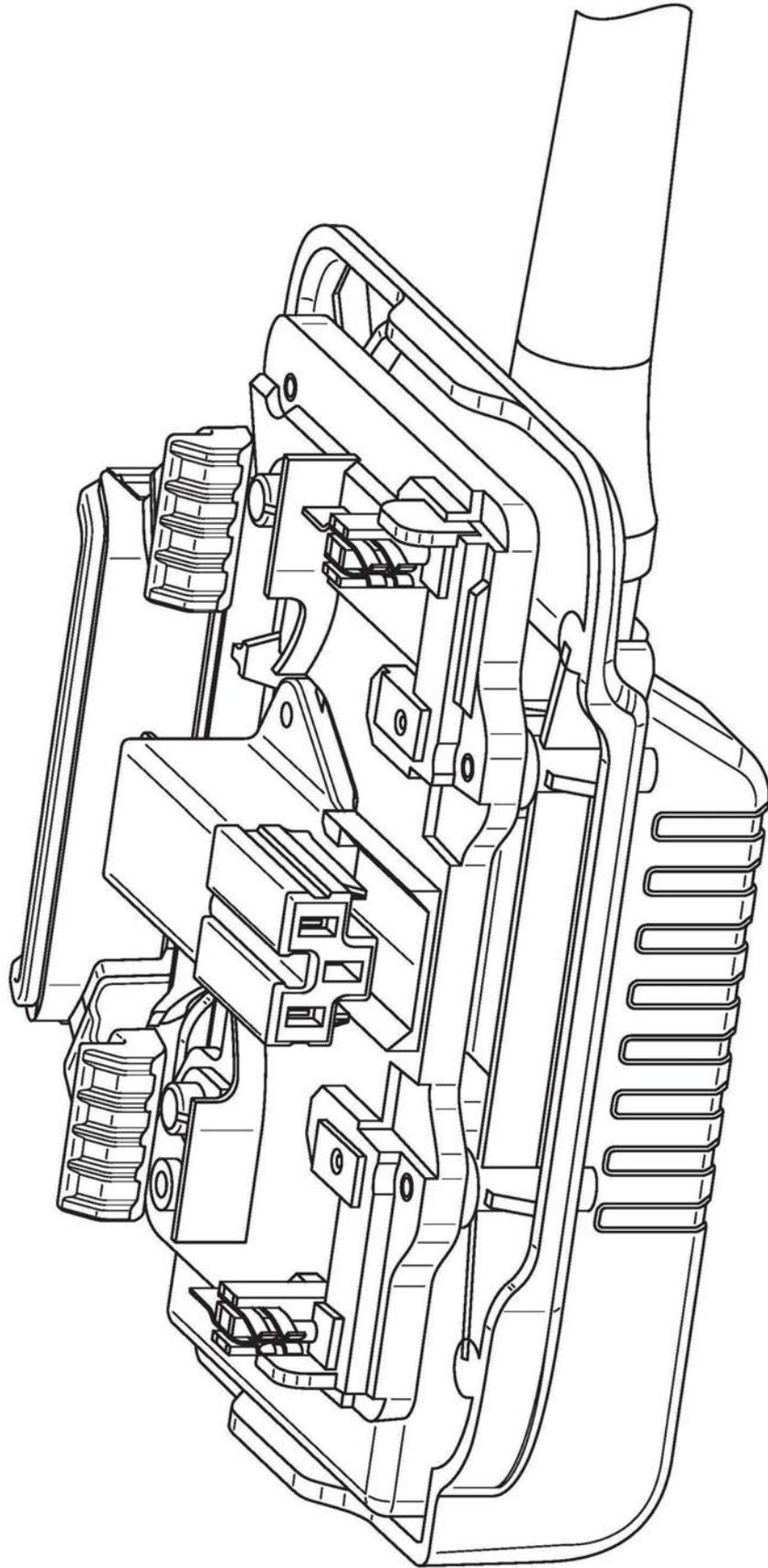


图112

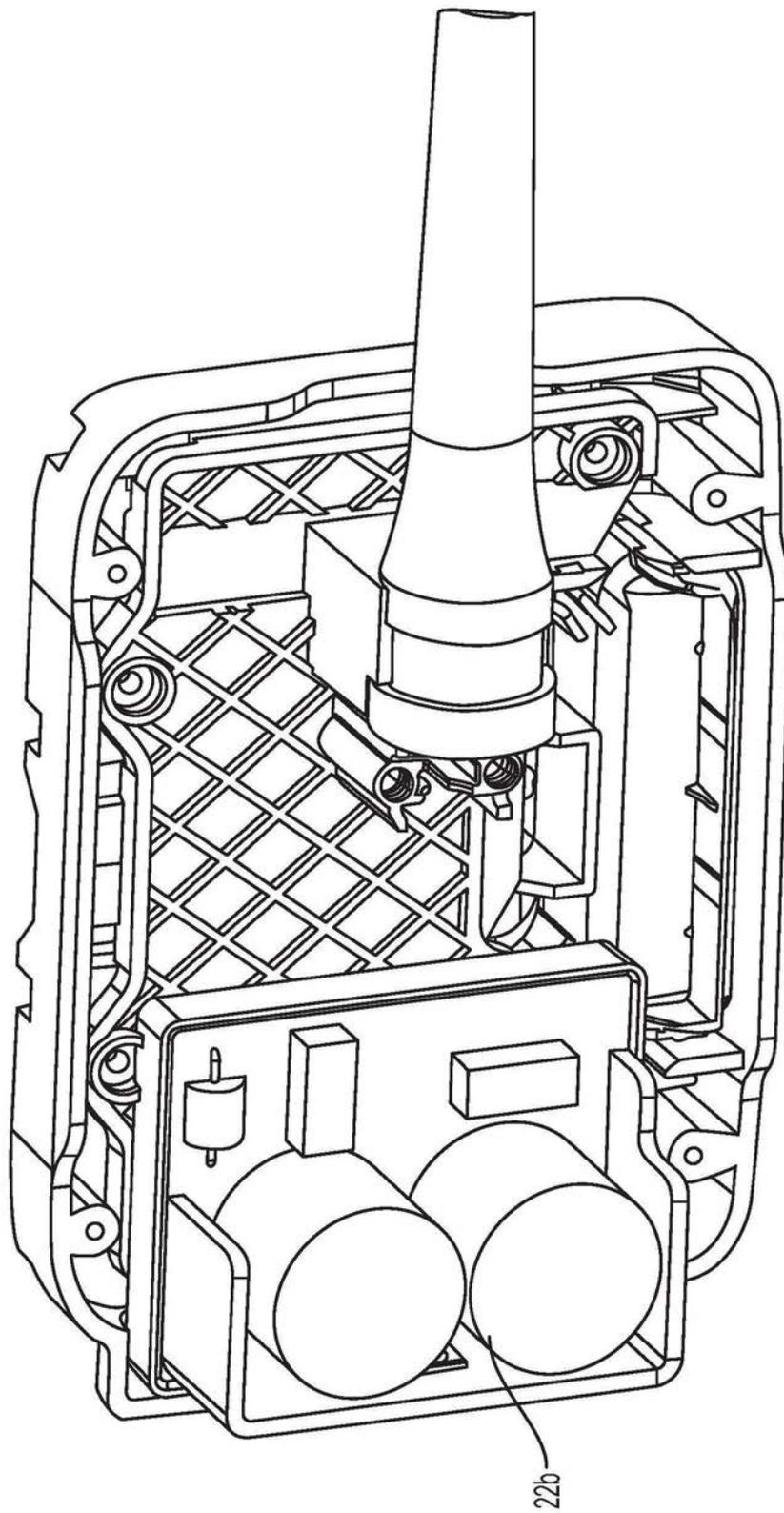


图113

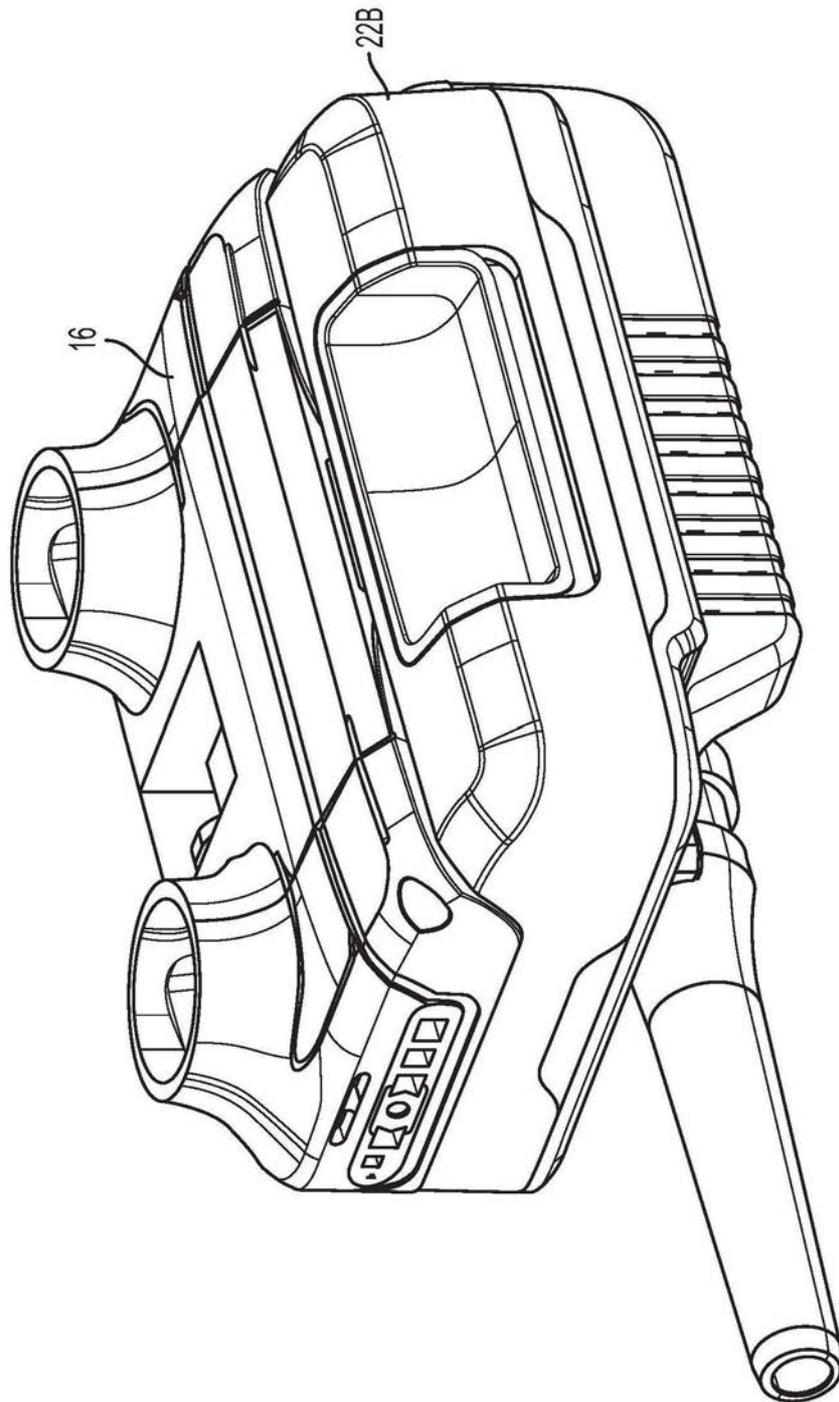


图114

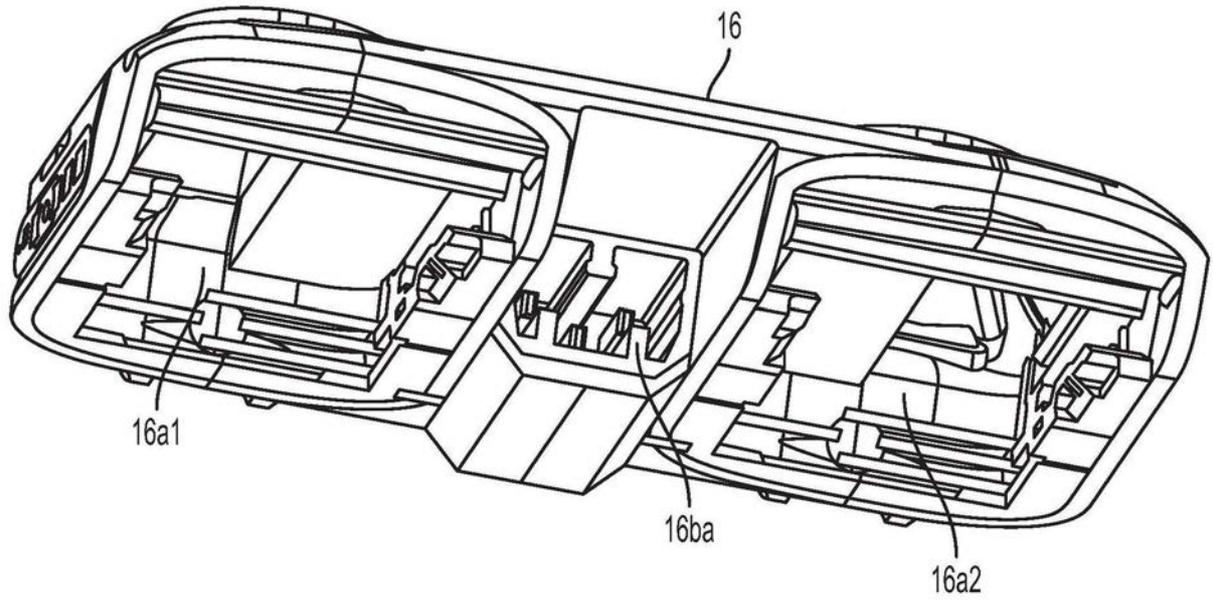


图115

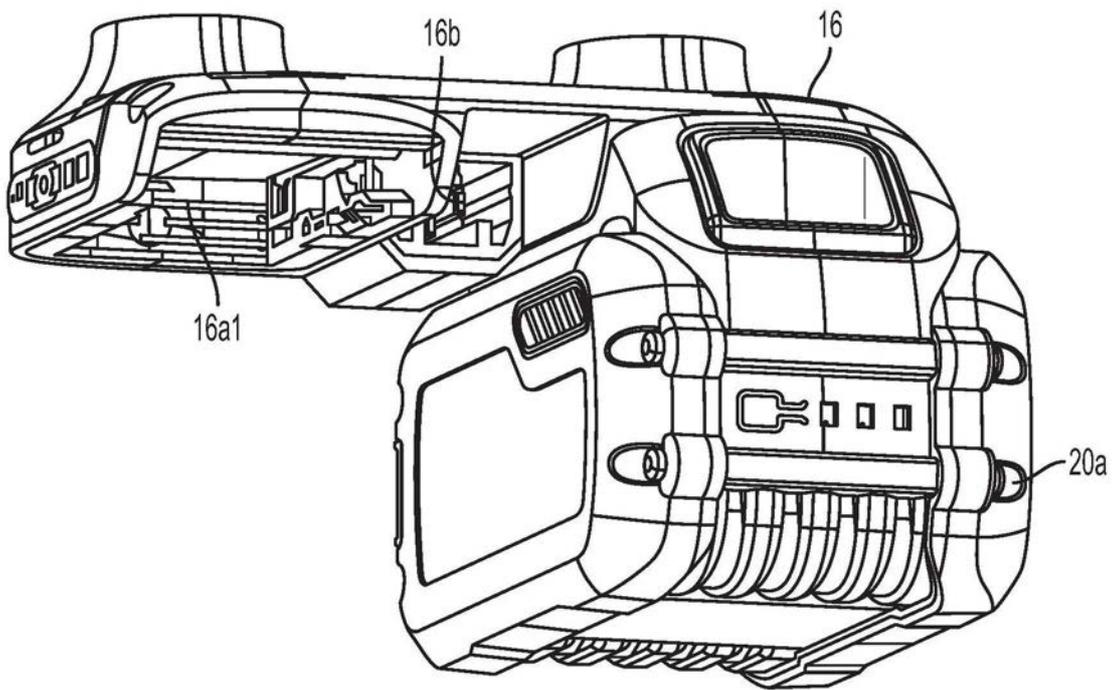


图116

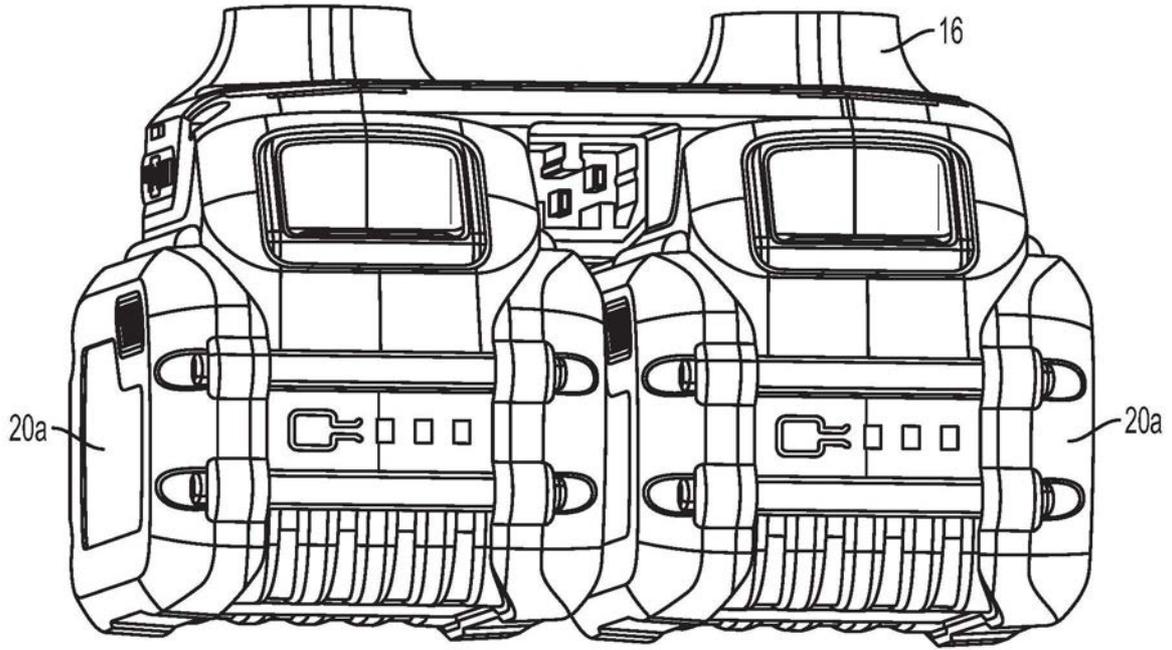


图117

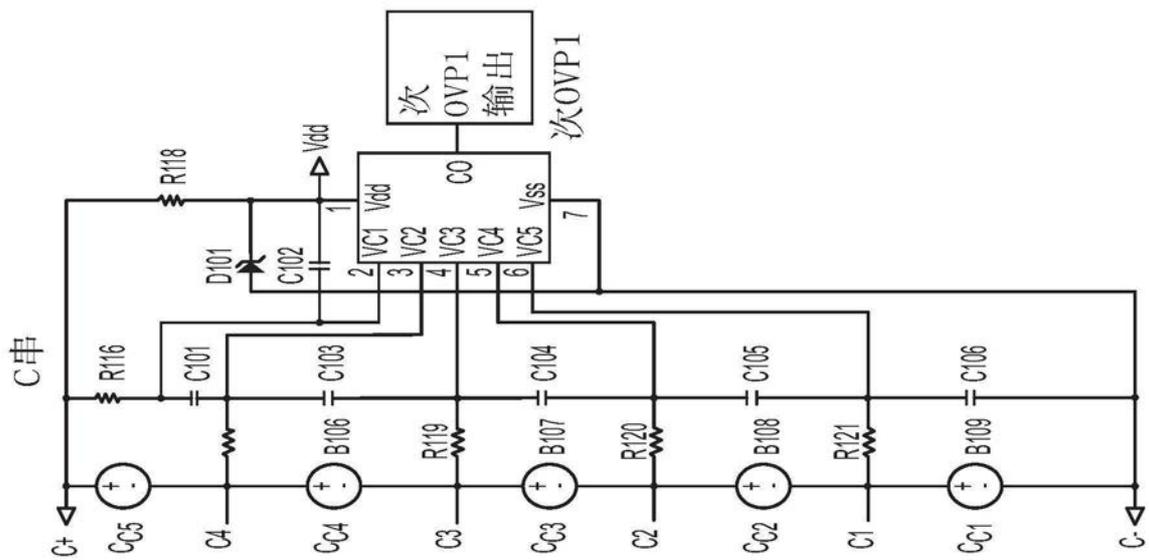


图118A

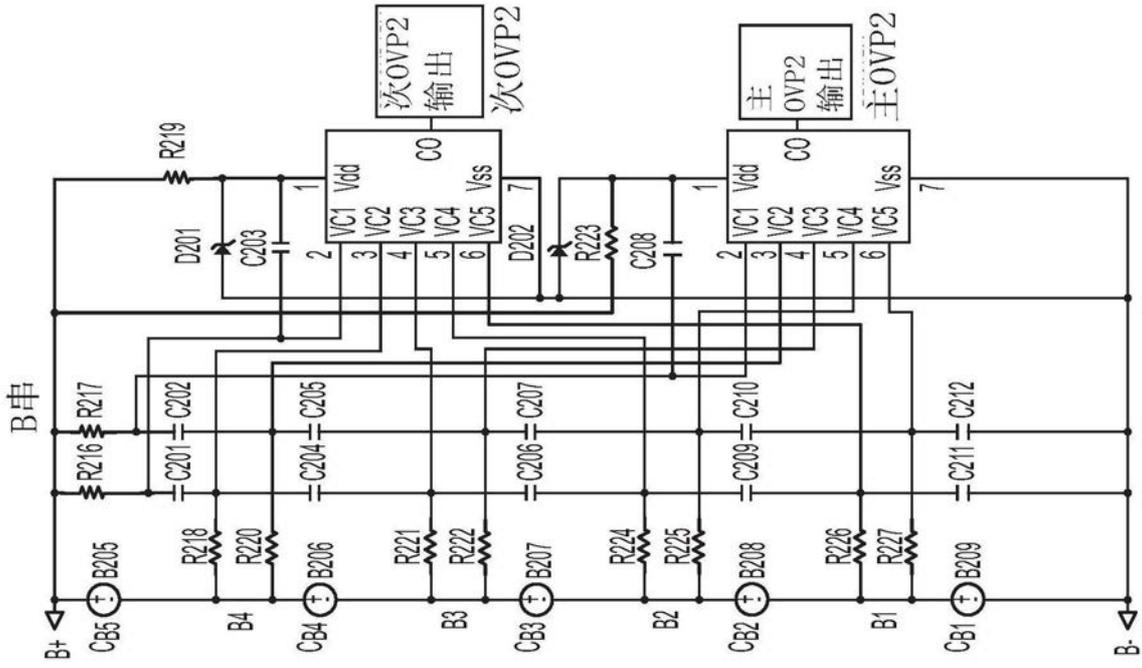


图118B

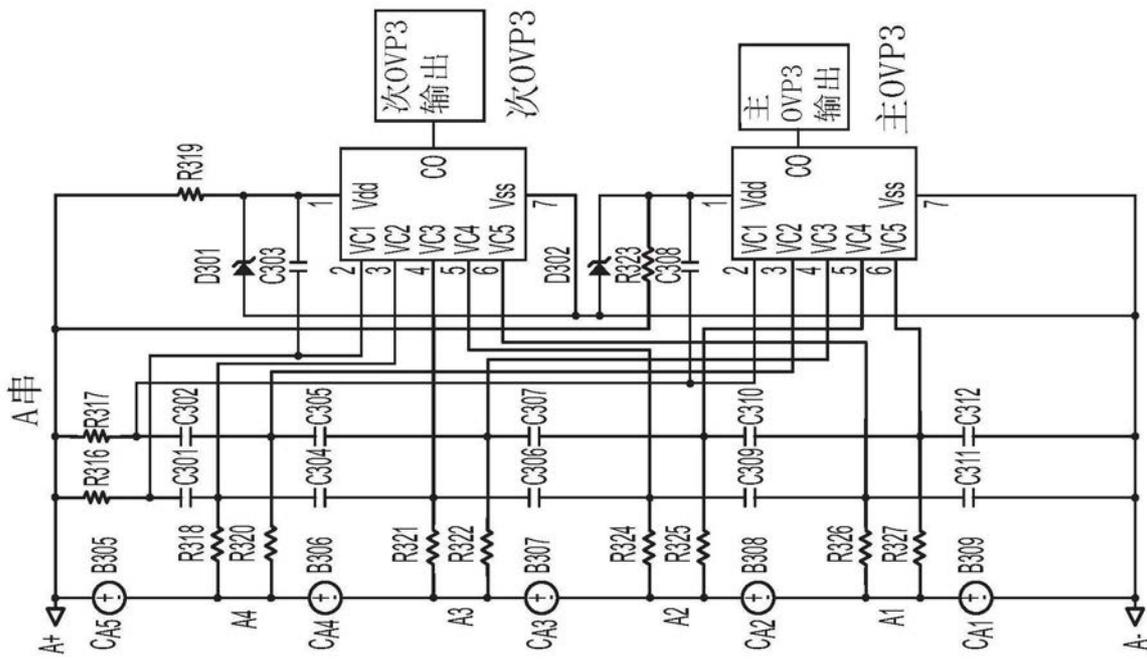


图118C

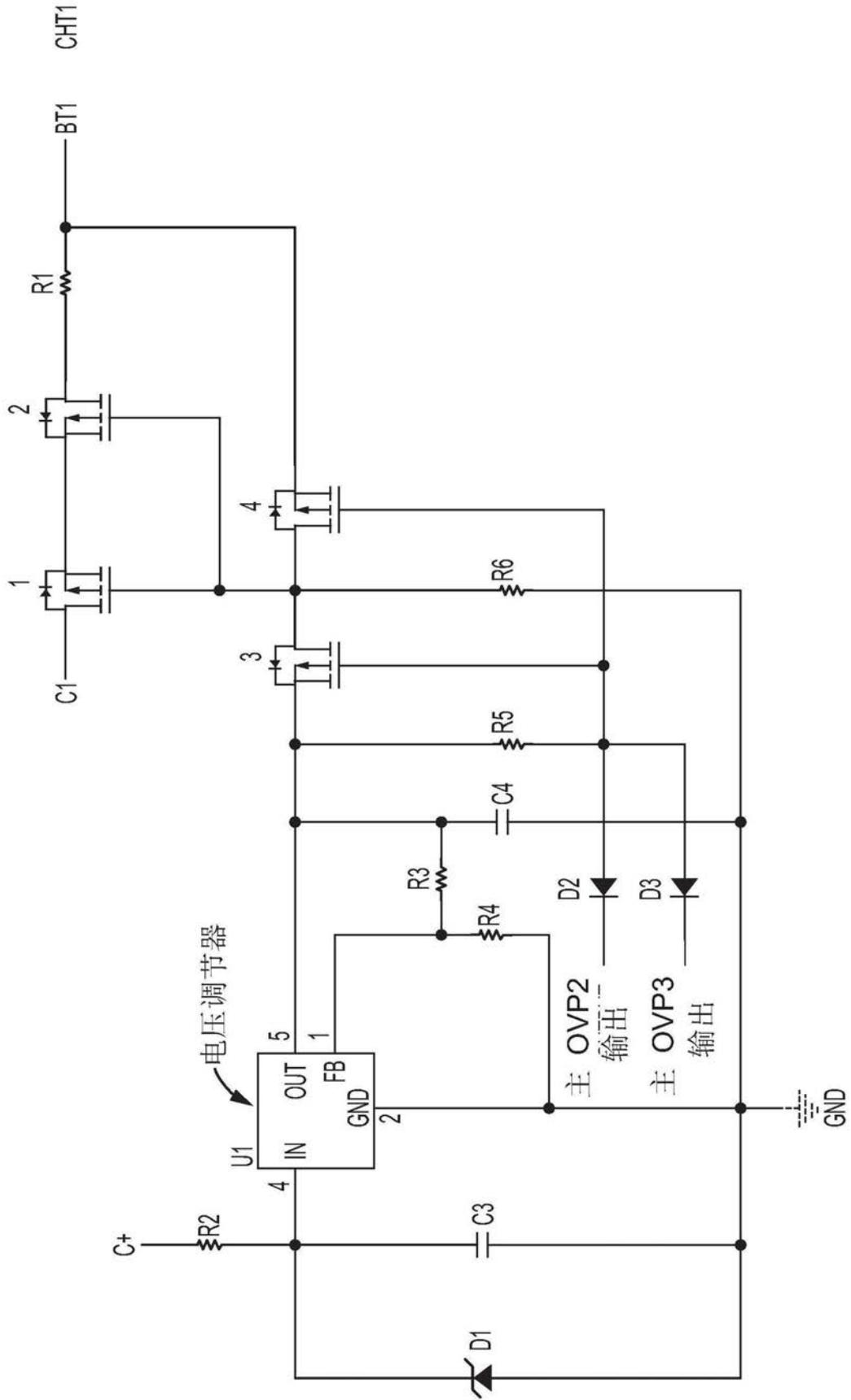


图119

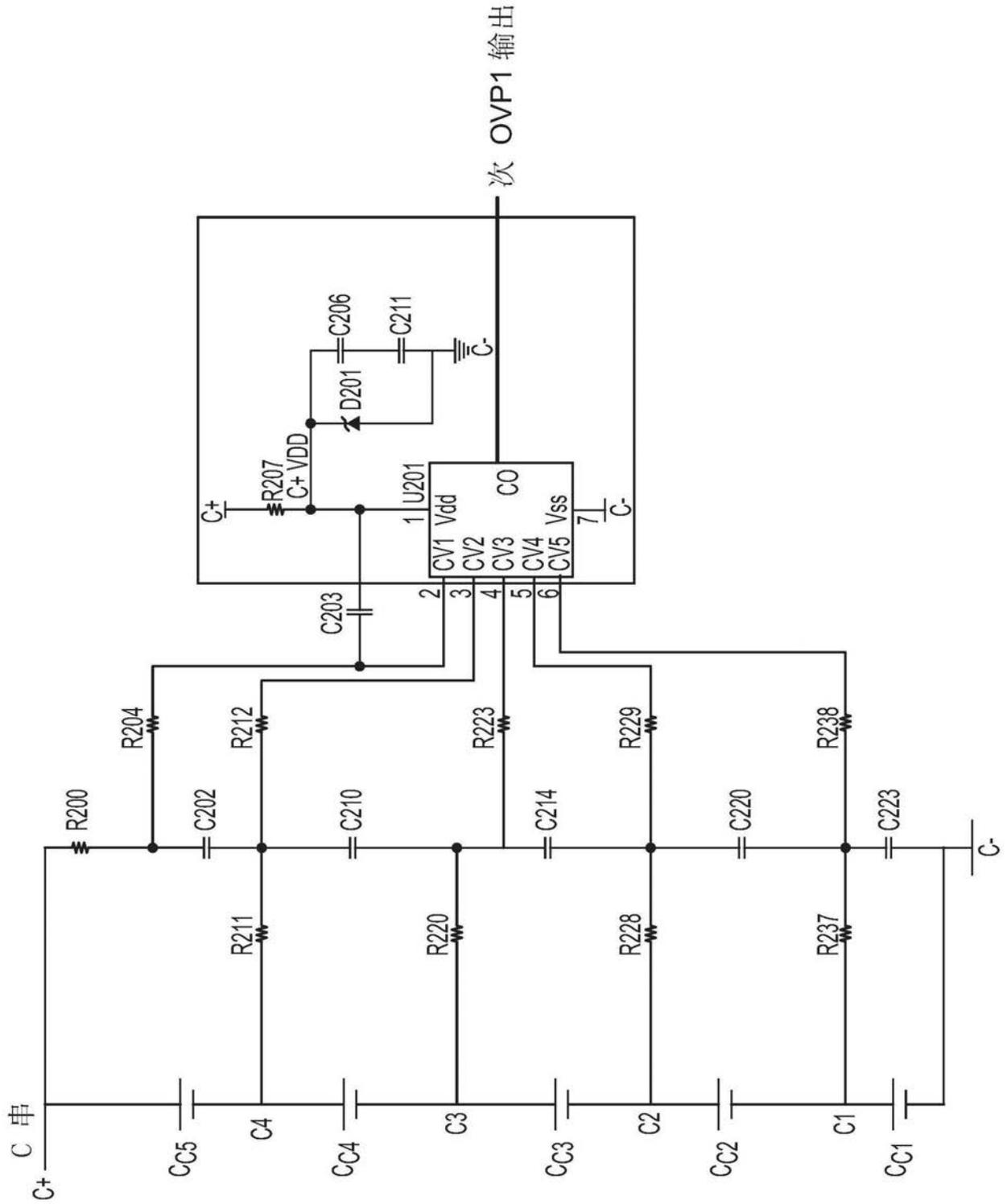


图121A

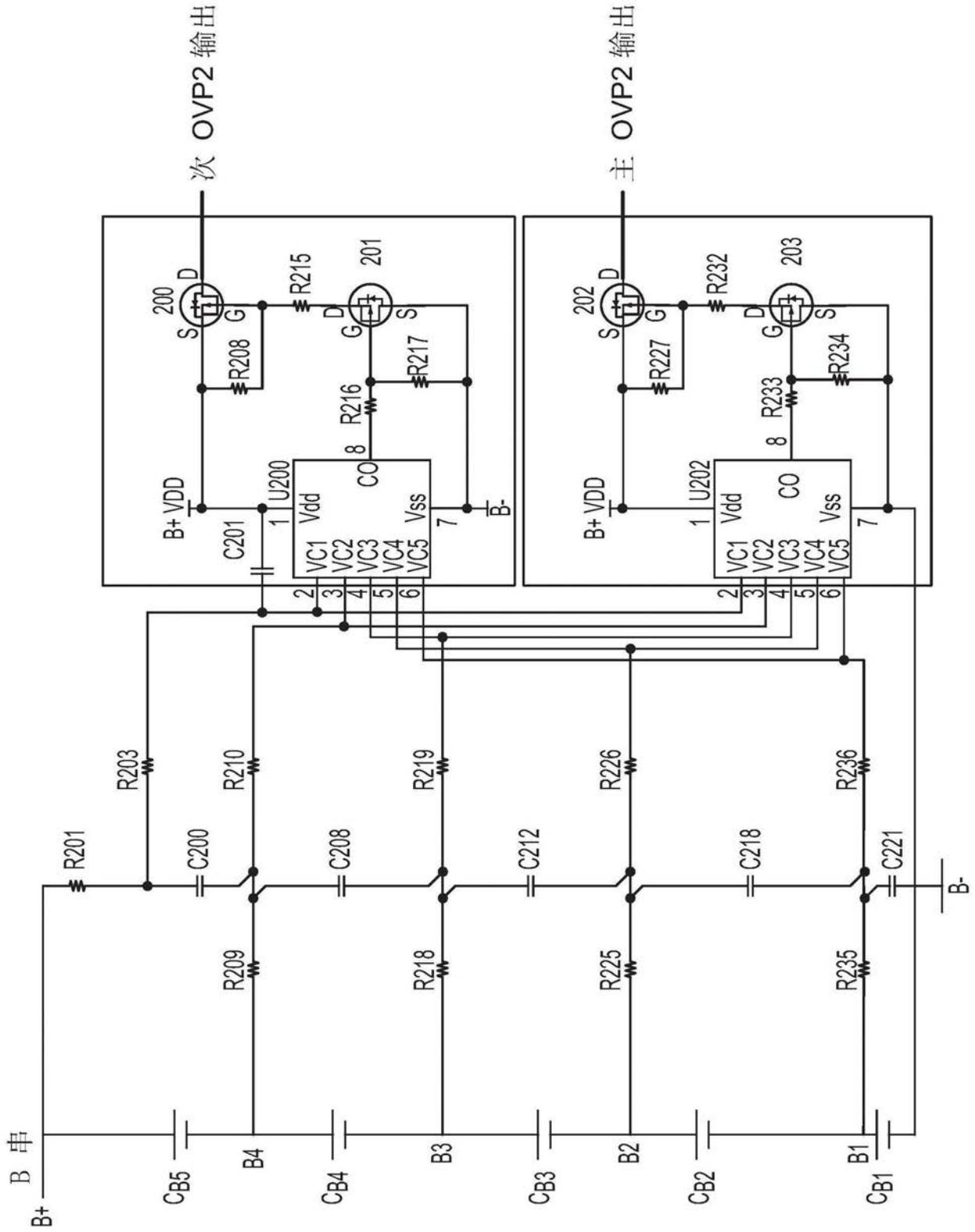


图121B

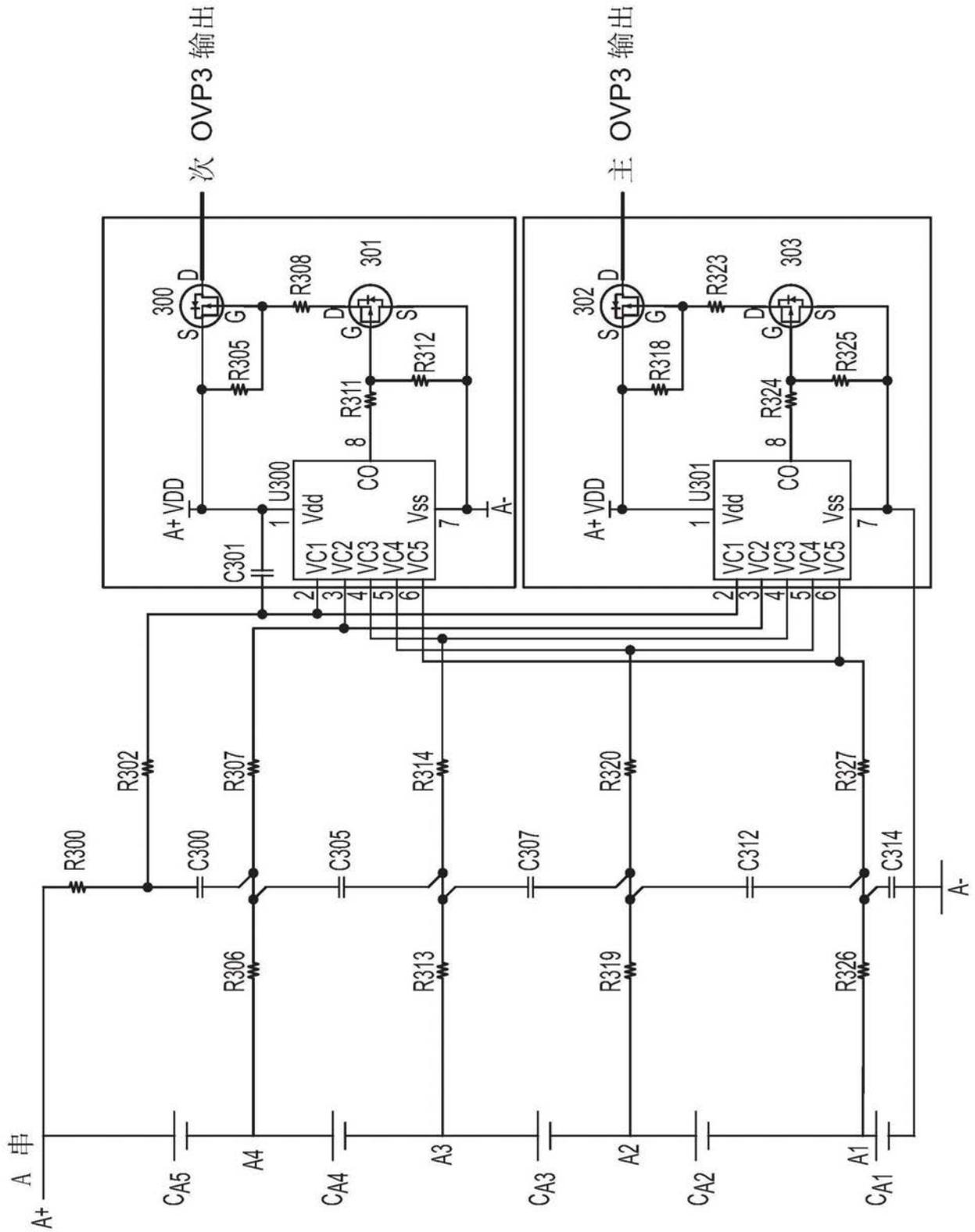


图121C

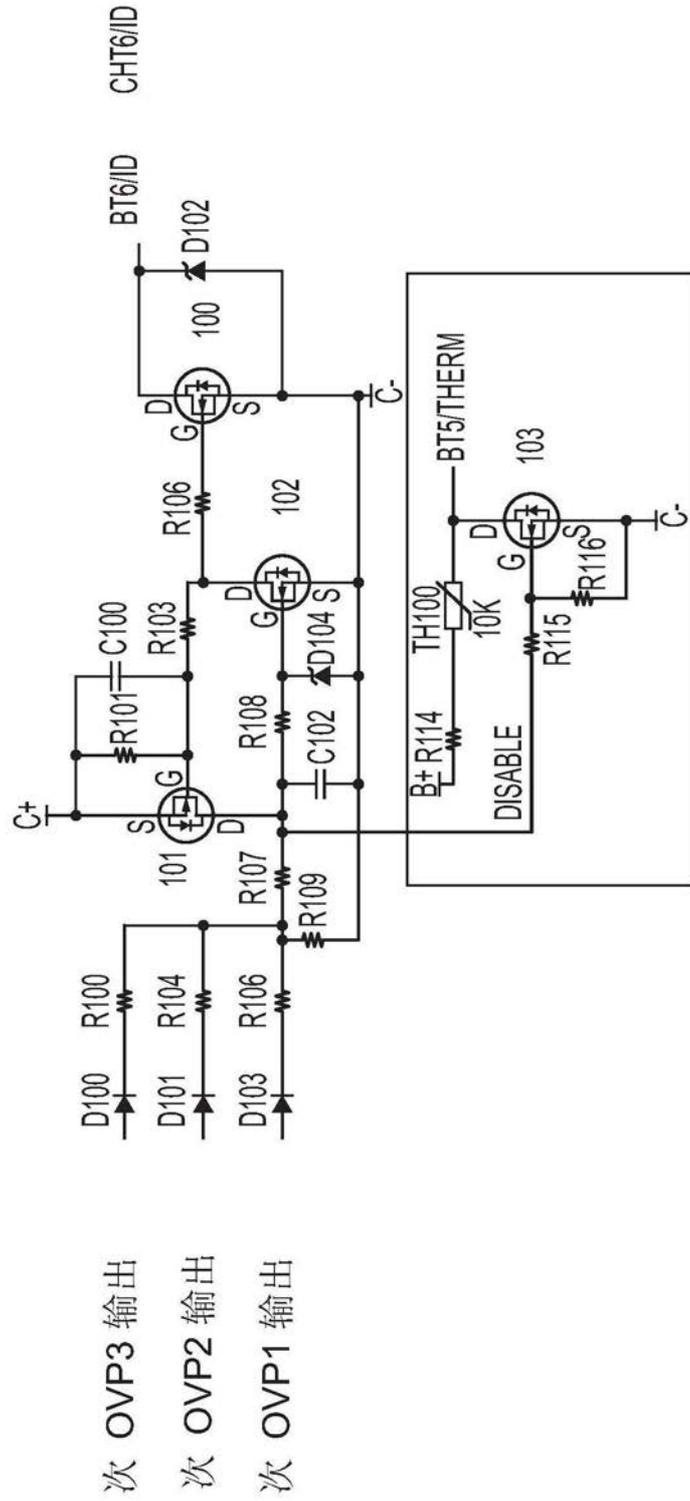


图123

低额定电压配置,
4个 电开关闭合,
3个 电开关打开

60V工具中的一个跳线
断开40V线路
在C行上的信号
没有信号 - 信号切换
2个电子开关

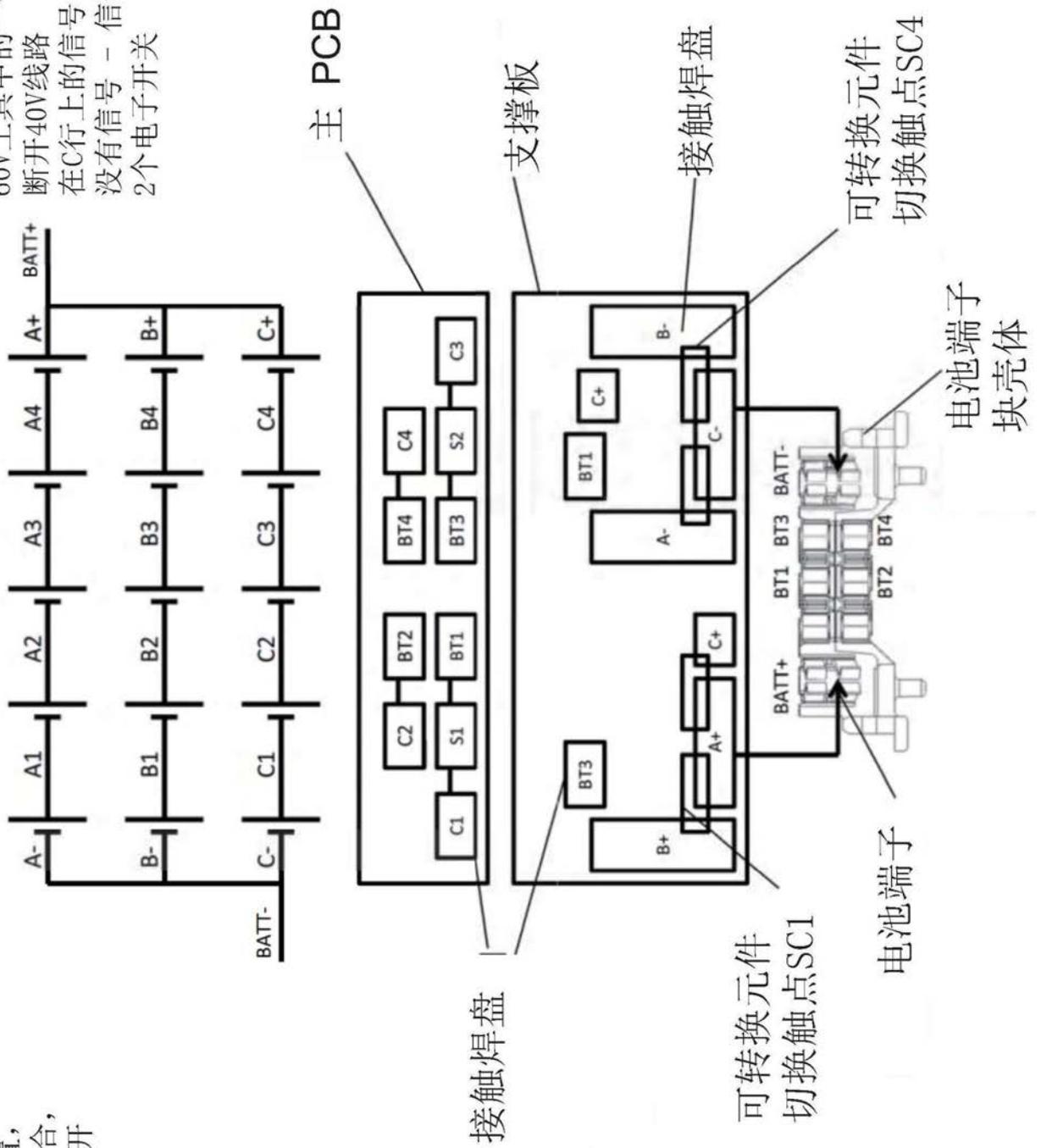
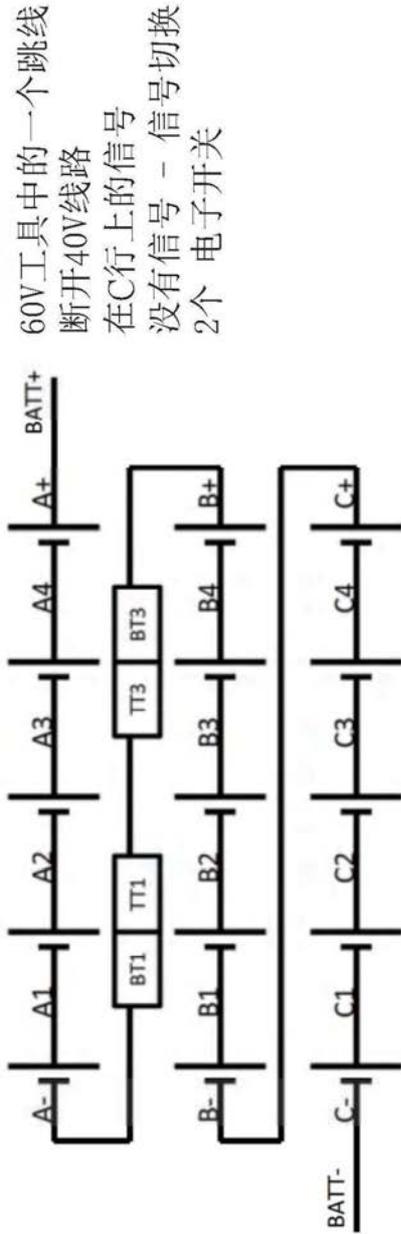


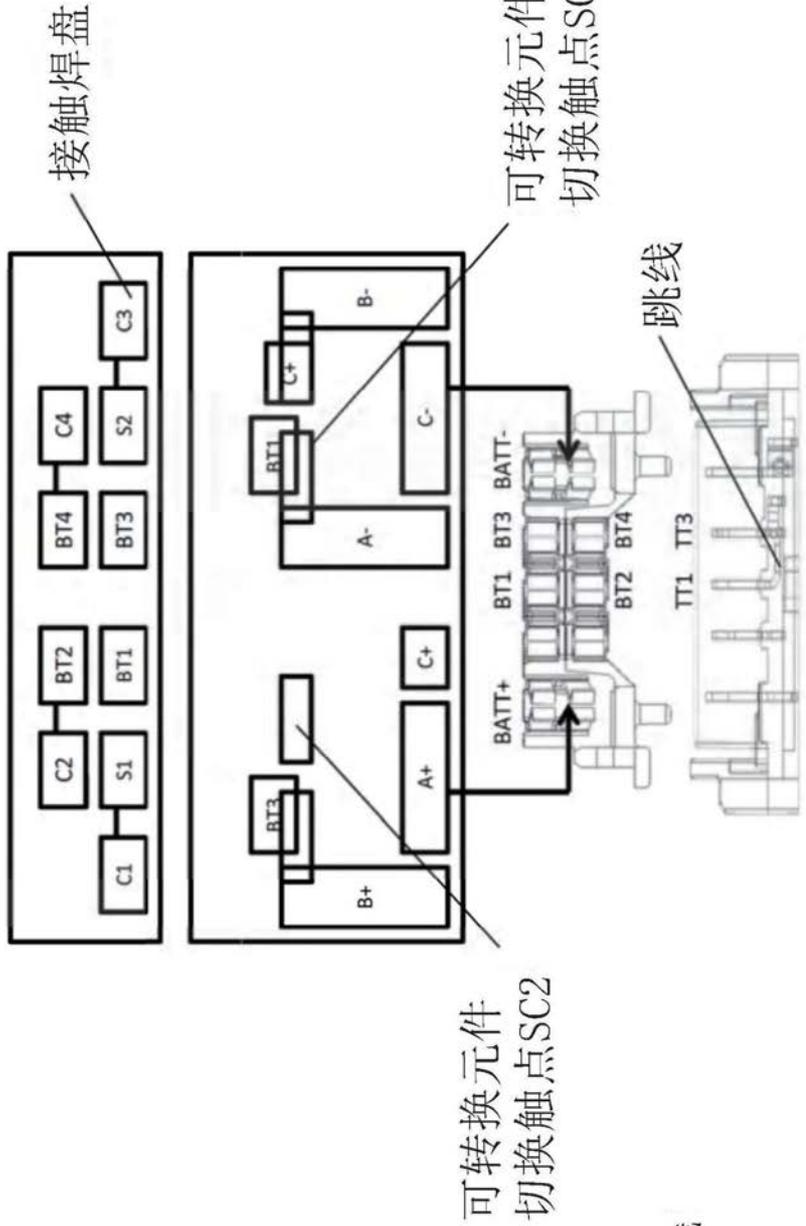
图124A

中等额定电压配置，
4个 电开关打开，
3个 电开关闭合

感测线将每个节点，
例如 A⁻, A1,
B1, C1连接到主PCB



60V工具中的一个跳线
断开40V线路
在C行上的信号
没有信号 - 信号切换
2个 电子开关



可转换元件
切换触点SC2

可转换元件
切换触点SC3

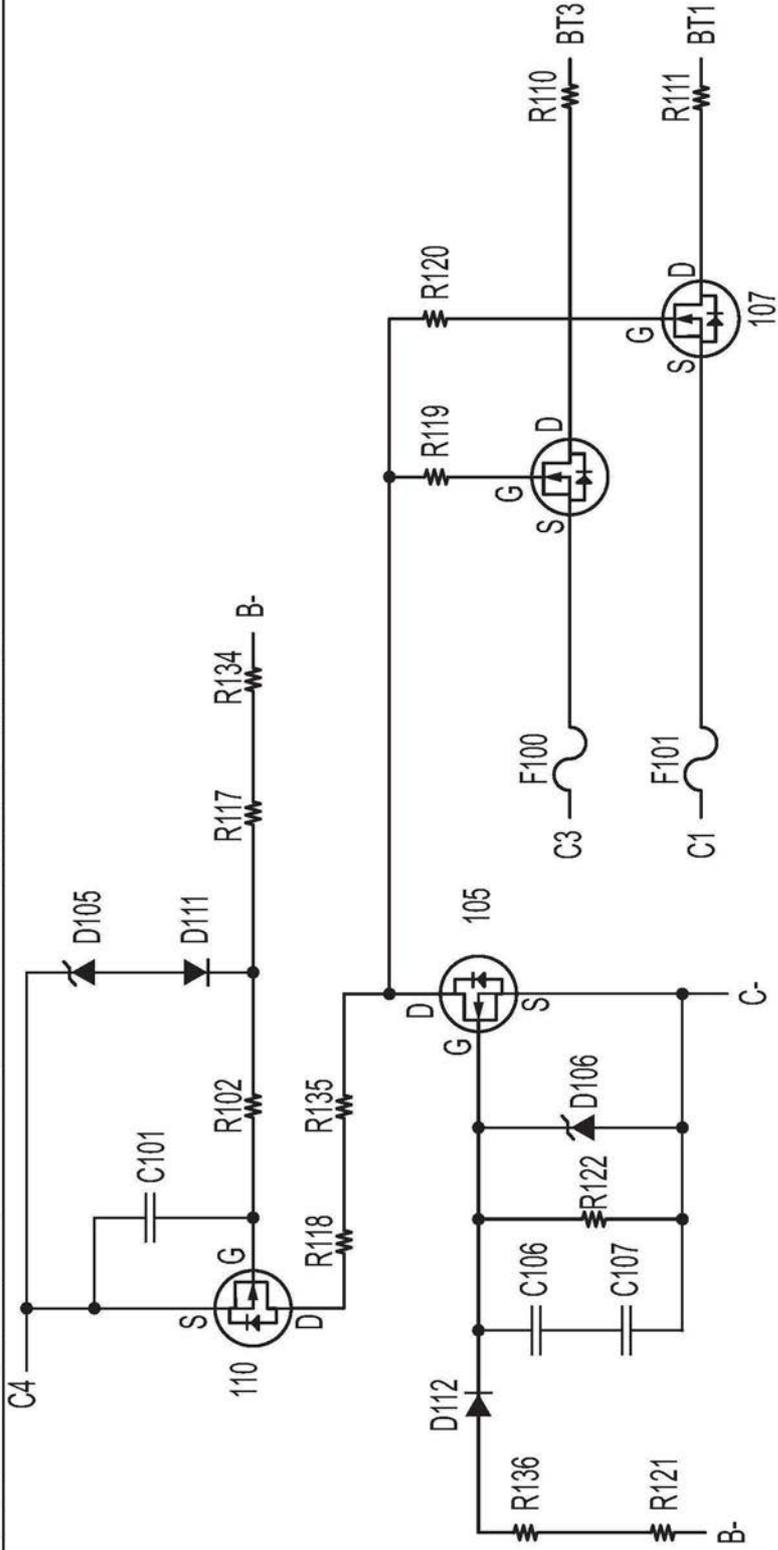
在TT1和TT3之间
60V工具中的跳线

图124B

当在低额定电压配置和中等额定电压配置之间转换组时电池单元开关用于连接/断开端子 (BT) 与电池单元抽头 (C)

在低额定电压配置中, 在BT1-C1和BT3-C3之间存在电气连接

在中等额定电压配置中, 在BT1-B+和BT3-A-之间存在机械连接



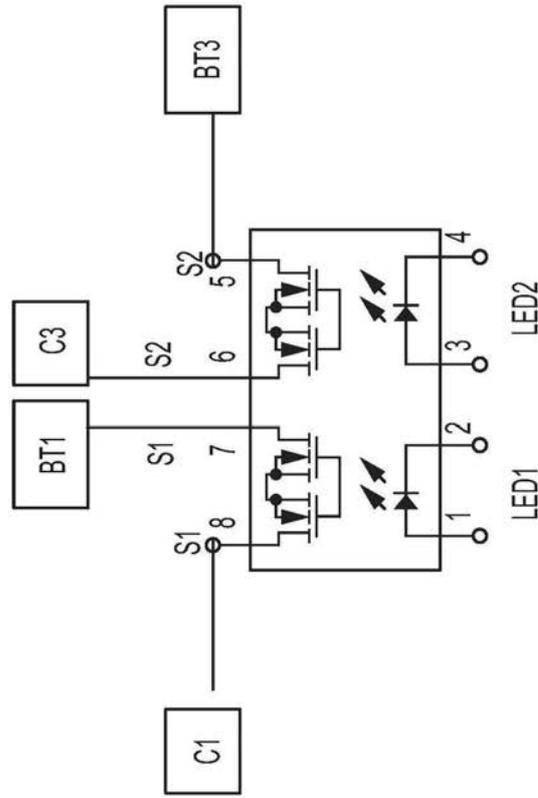
20V	G	S	状态	C3 ↔ BT3	C3未连接到BT3
105	B-	C-	截止	C1 ↔ BT1	C1未连接到BT1
110	B-	C4	导通		
106	C4	C3	导通		
107	C4	C1	导通		
60V	G	S	状态		
	B-	C-	导通		
	B-	C3	截止		
	C-	C1	截止		
	C-	C1	截止		

图124C

当在低额定电压配置和中等额定电压配置之间转换组时替代的电池单元开关用于连接/断开端子 (BT) 与电池单元抽头 (C)

在低额定电压配置中, 在BT1-C1和BT3-C3之间存在电气连接

在中等额定电压配置中, 在BT1-B+和BT3-A-之间存在机械连接



如果B- = C- (低额定电压配置, 例如20V), 那么使能LED1和LED2, 将BT1连接到C1, 将BT3连接到C3

如果B- > C- (中等额定电压配置, 例如60V), 那么禁用LED1和LED2, 断开BT1与C1, 断开BT3与C3

图125

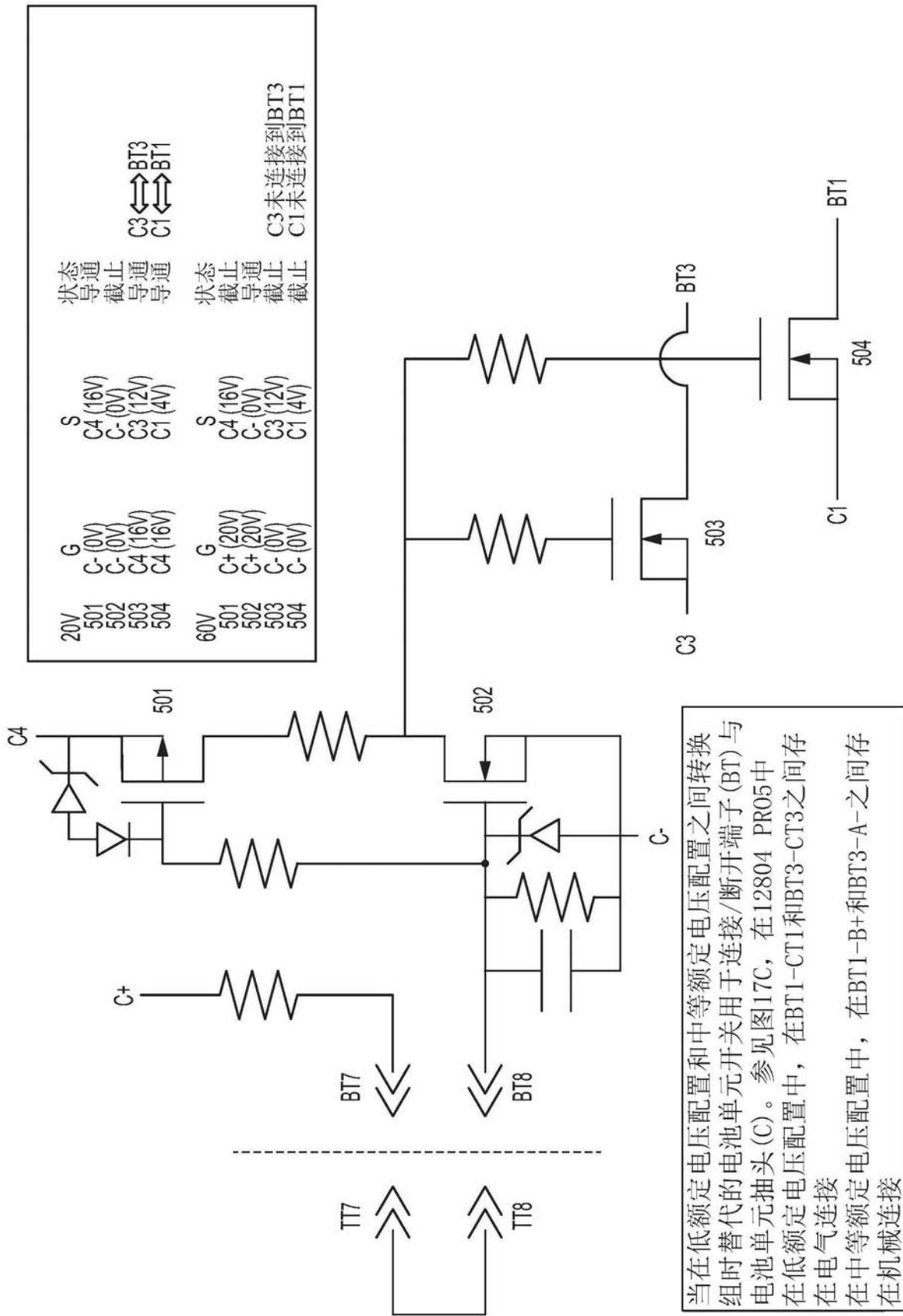


图126

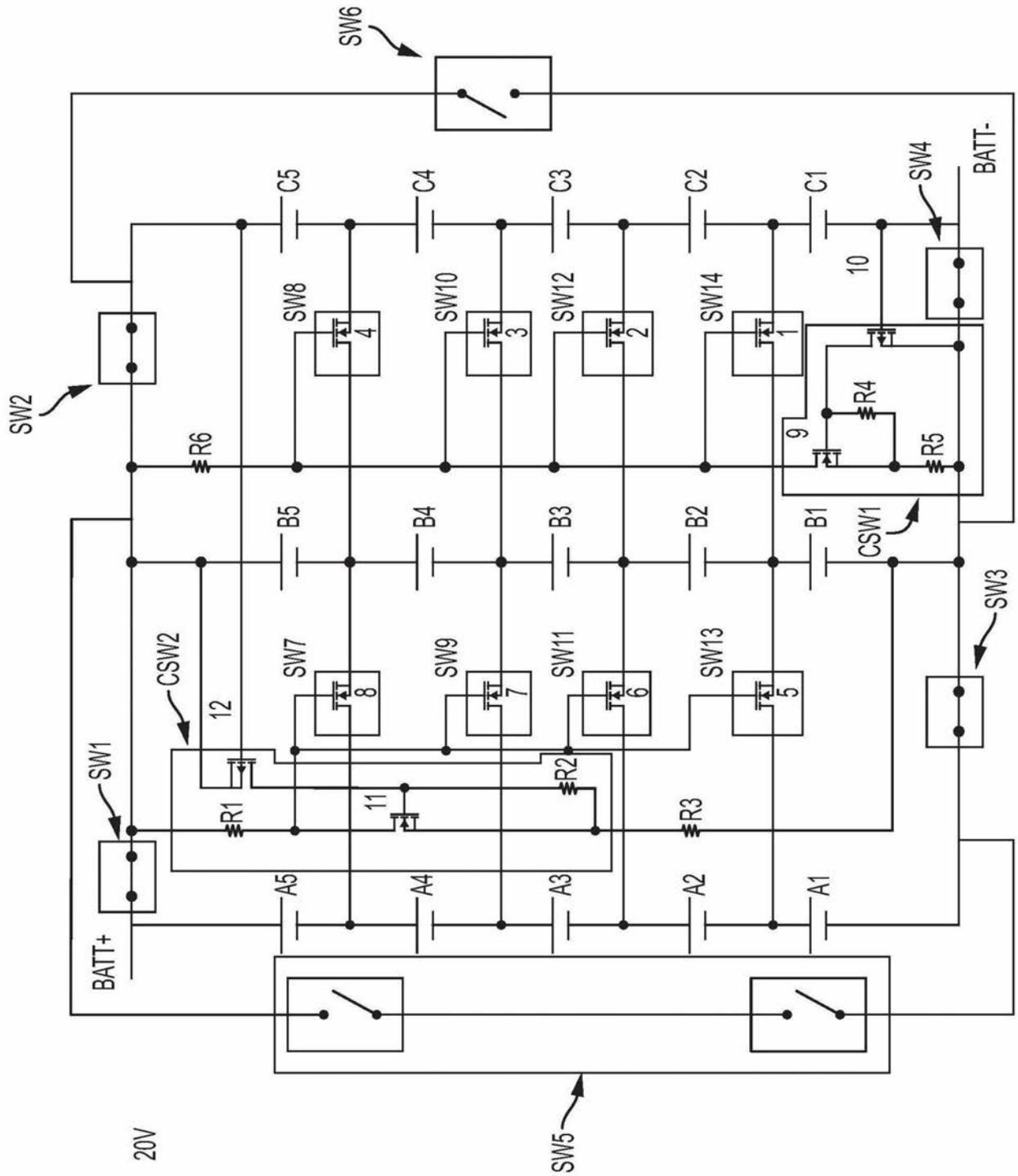


图127A

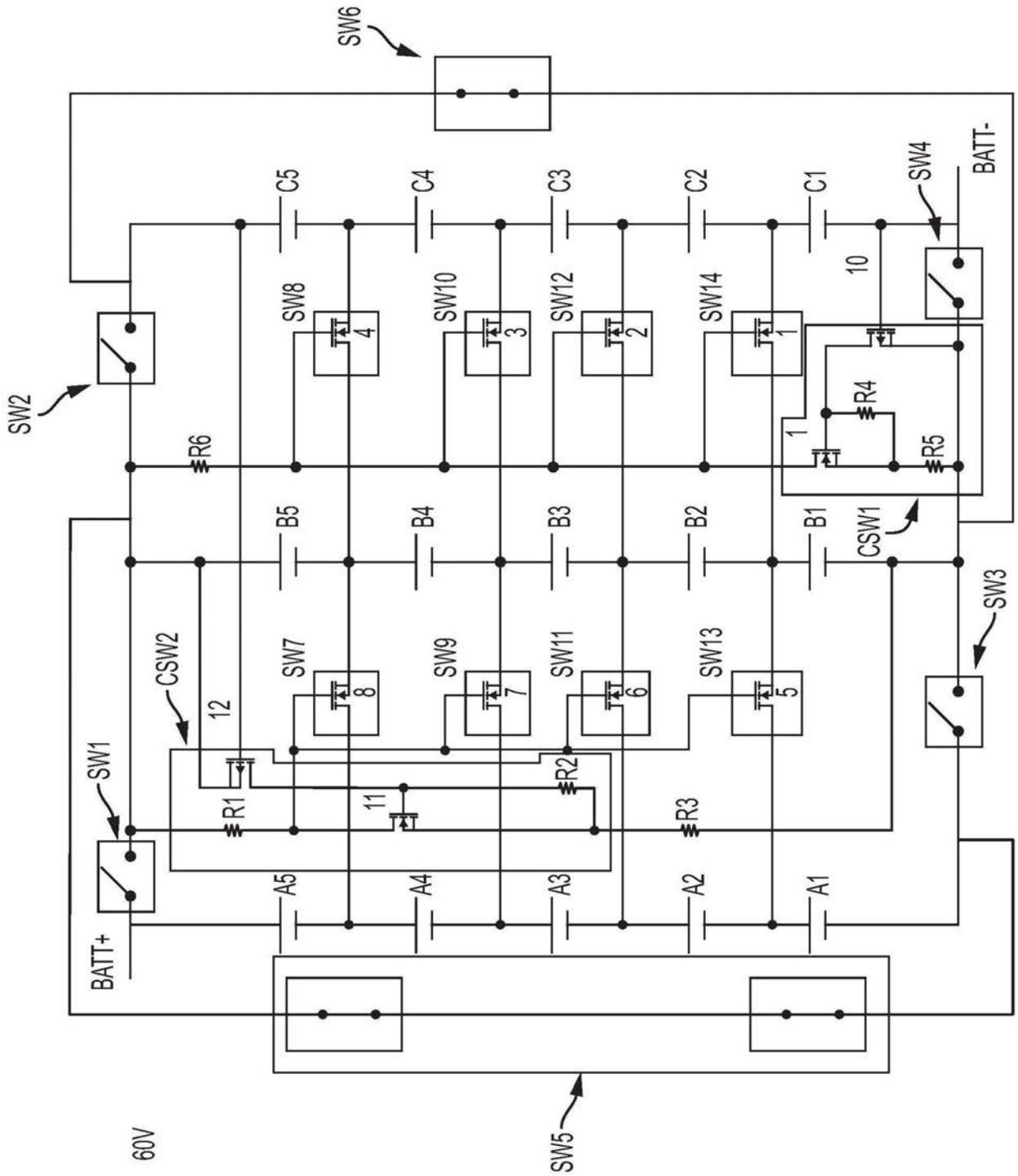


图127B

在60V中充电 - 可变充电终止截止电压

充电器中的IC计算: [60V示例]

等式1) (C2-接地参考)/2[2个电池单元=8V];

等式2) (C4-接地参考)/4[4个电池单元=16V];

等式3) (C1-接地参考)/10[10个电池单元=40V];

等式4) (充电器+-接地参考)/15[15个电池单元=60V];

然后IC计算:

(2) - (1) Δ 21

(3) - (1) Δ 31

(4) - (1) Δ 41

(3) - (2) Δ 32

(4) - (2) Δ 42

(4) - (3) Δ 43

如果任何 $\Delta \geq$ 预定值, 例如0.1V,

那么重置预设充电器主IC的主终止截止电压, 例如4.2V。基于 Δ 来重置新的终止截止电压随着 Δ 增加, 截止电压降低, 例如

Δ 0.1V, 那么截止电压重置为4.1V;

Δ 0.2V, 那么截止电压重置为4.0V;

Δ 0.3V, 那么截止电压重置为3.9V;

Δ 0.4V, 那么截止电压重置为3.8V;

图128

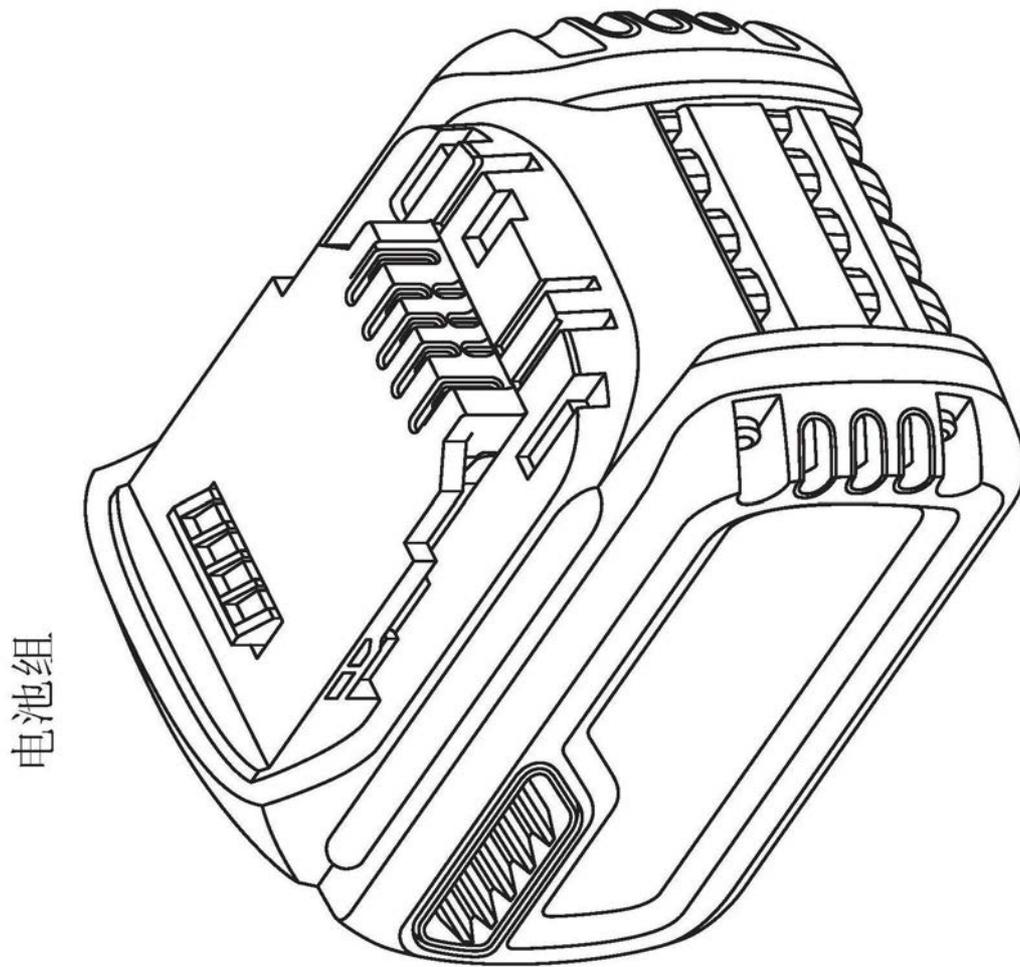


图129

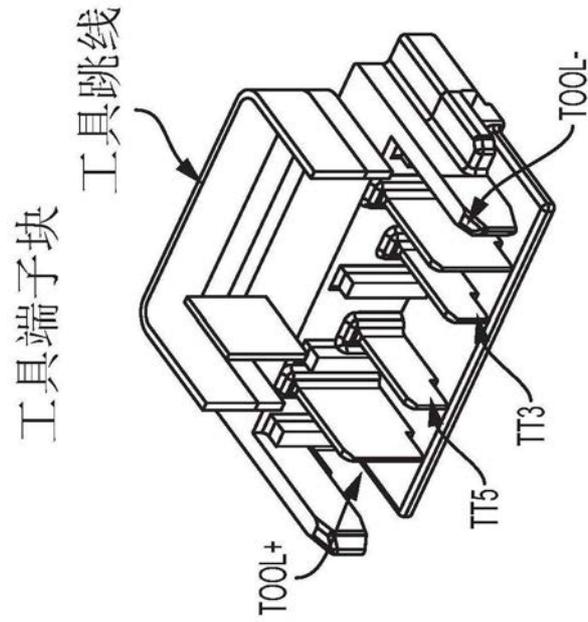


图130

与电池组接合的工具端子块

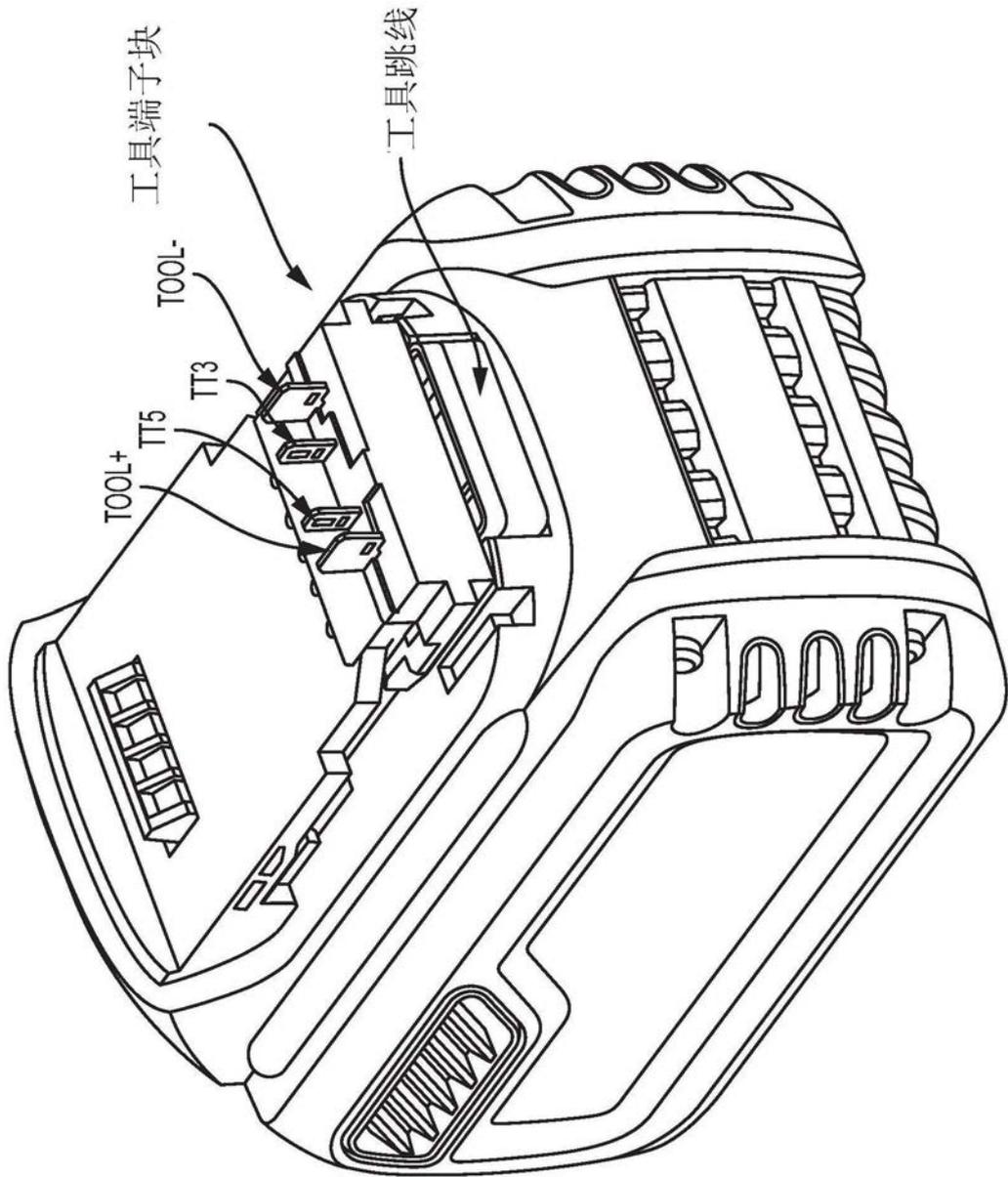


图131

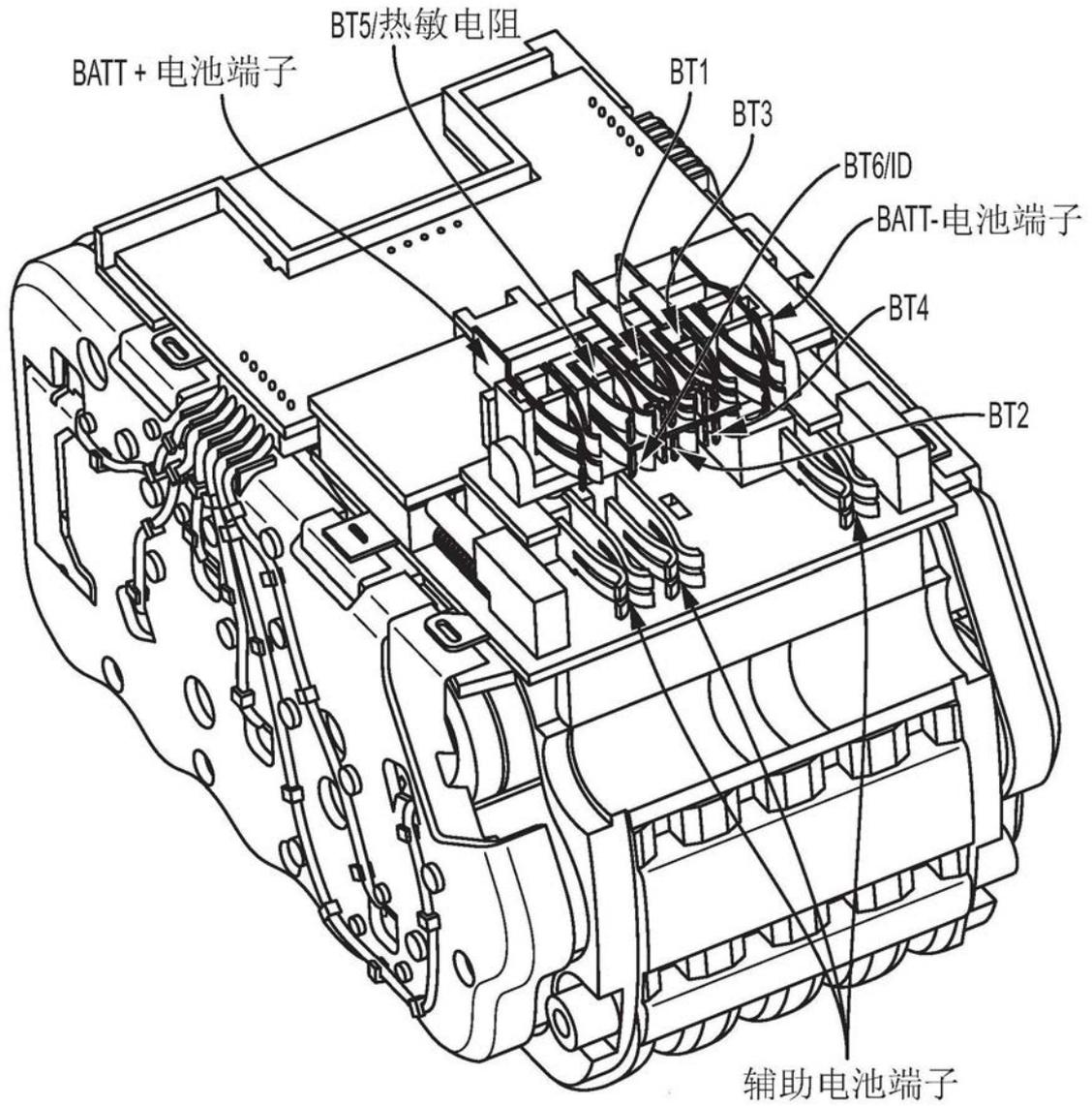


图132

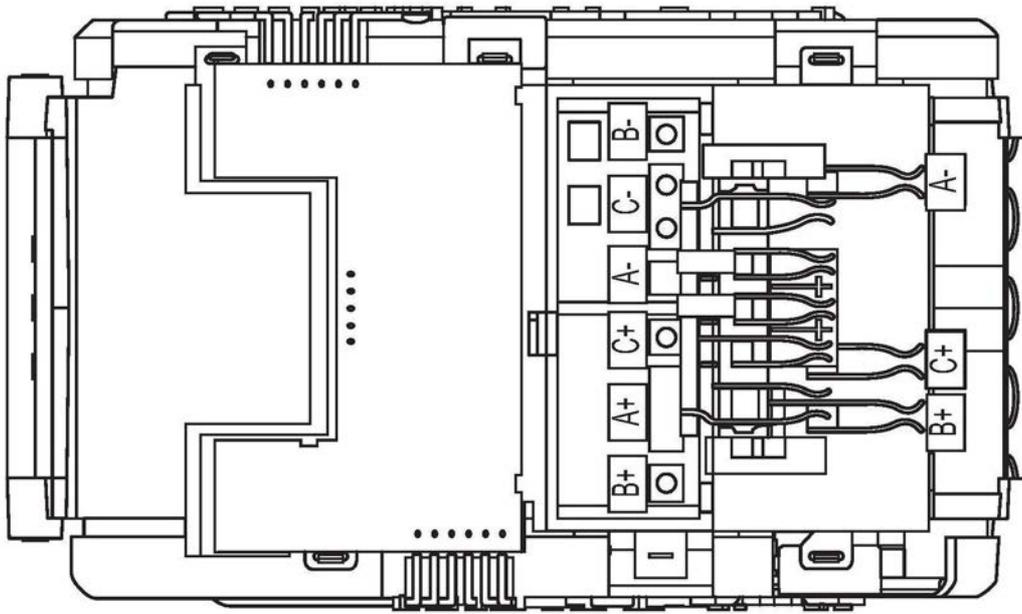


图133A

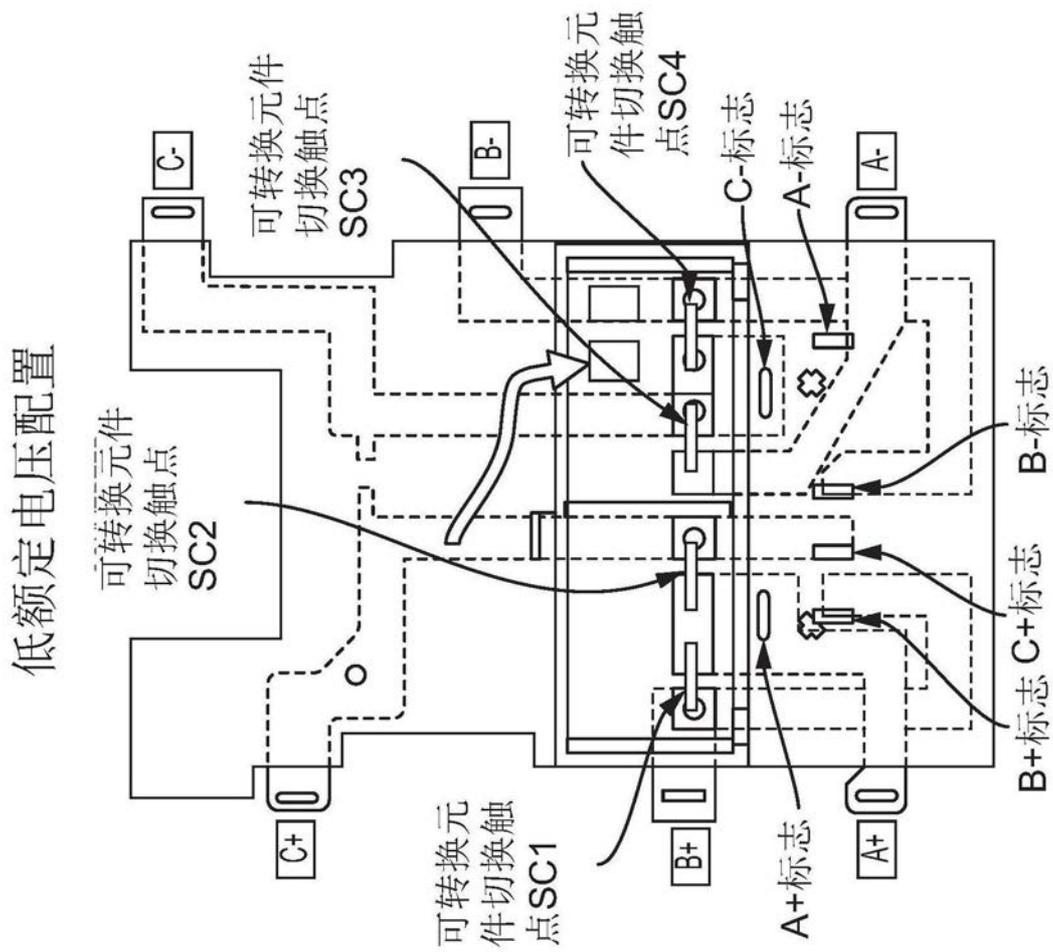
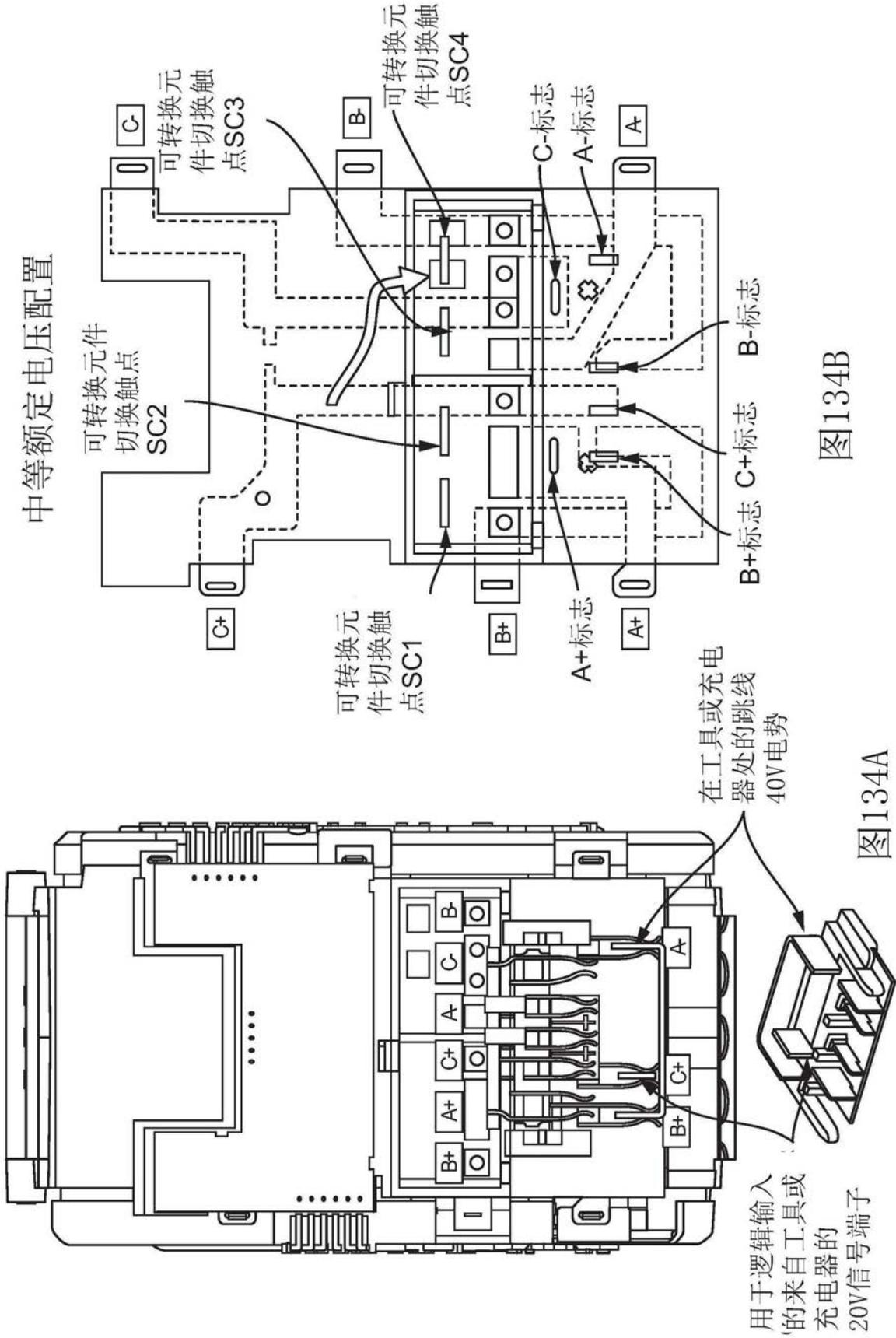


图133B



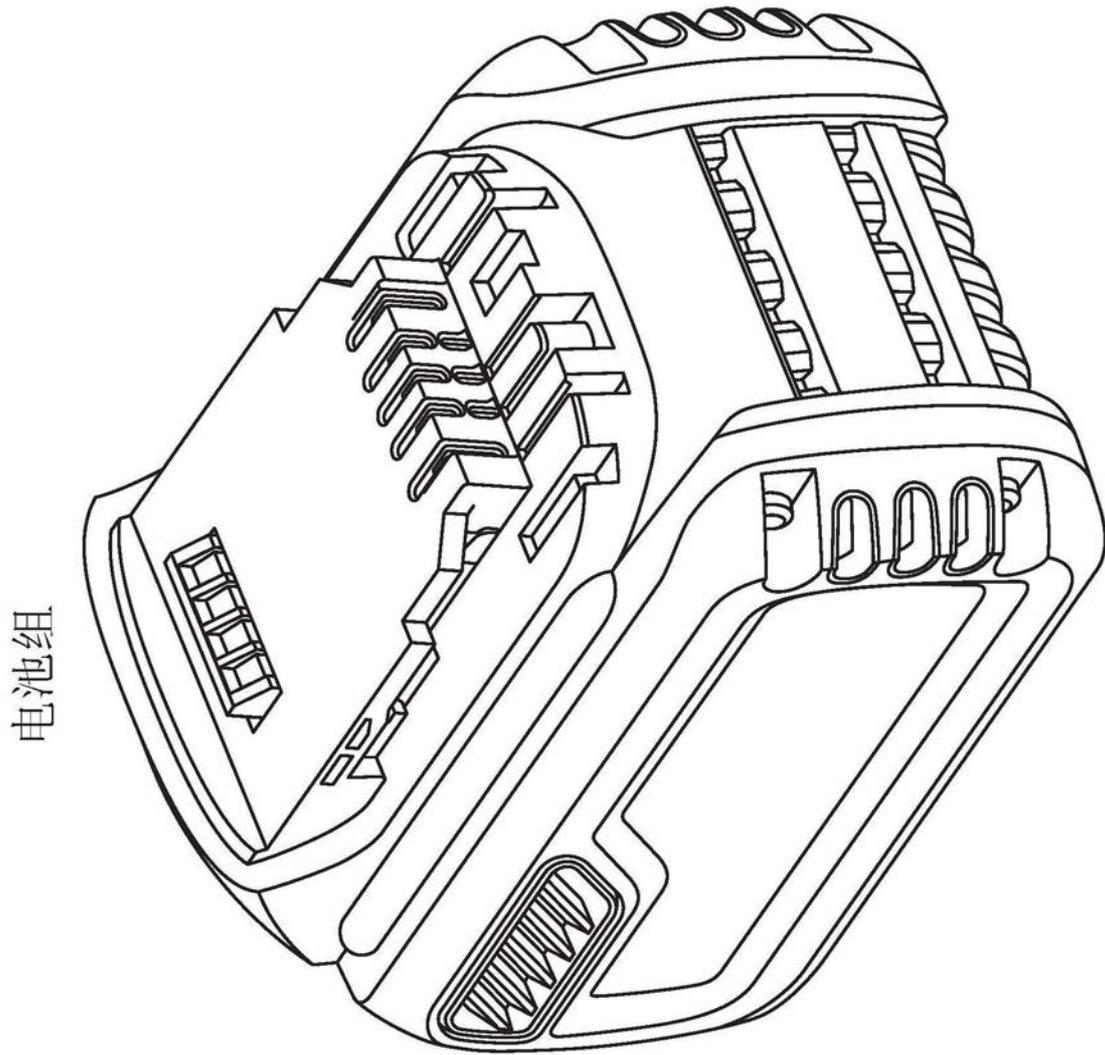


图135

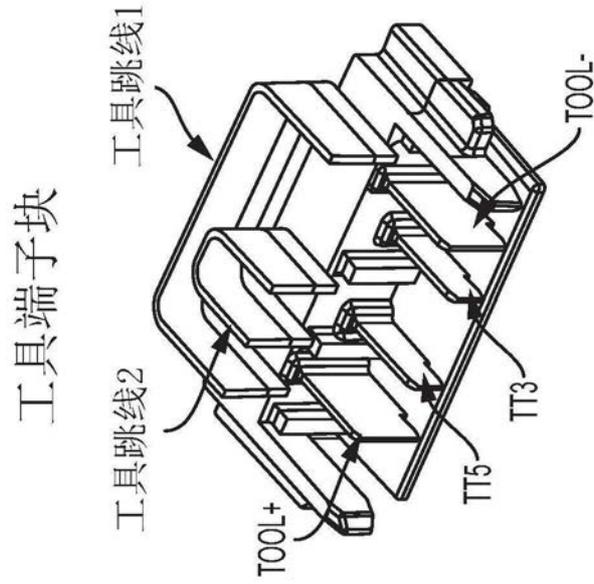


图136

与电池组接合的工具端子块

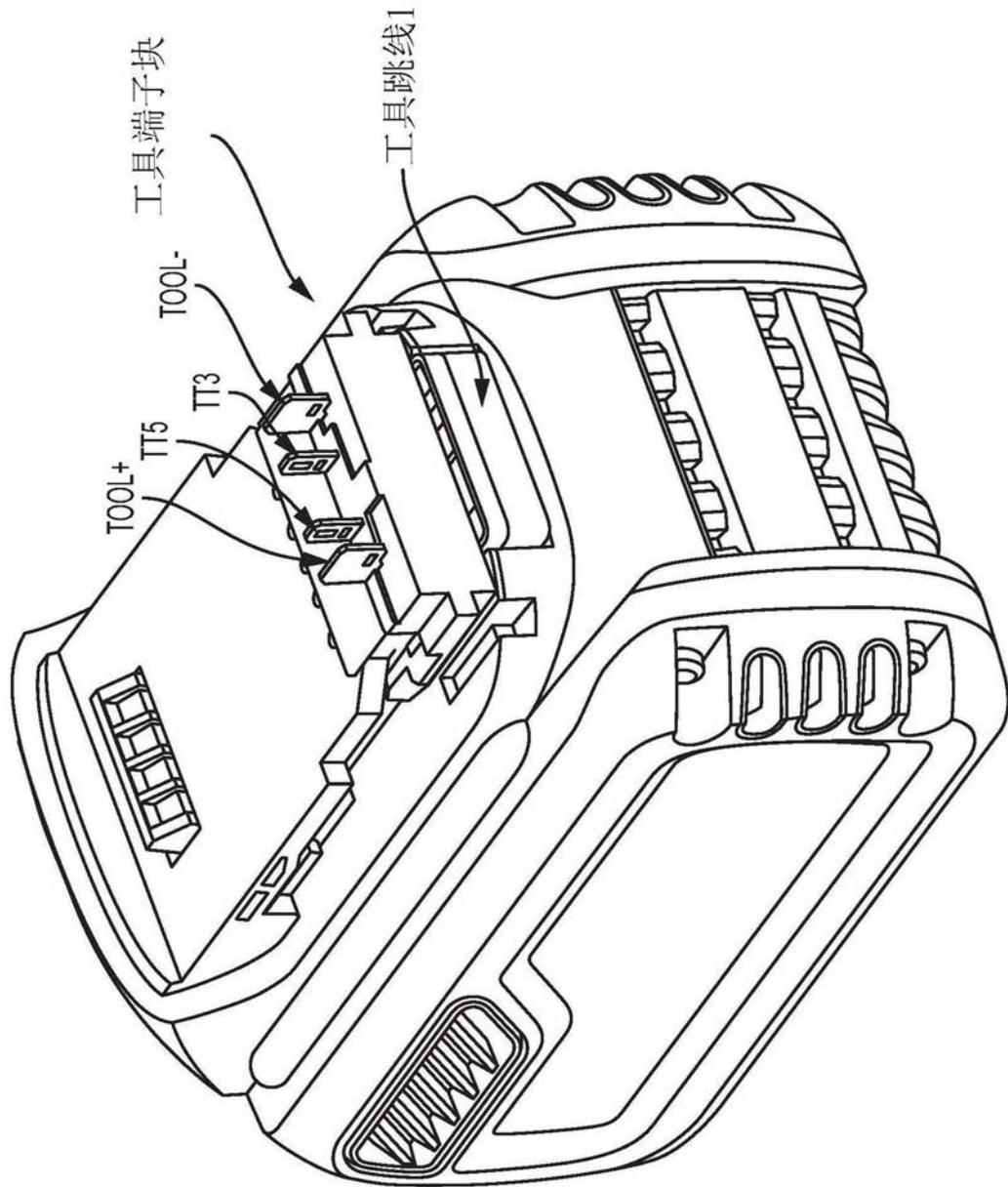


图137

电池

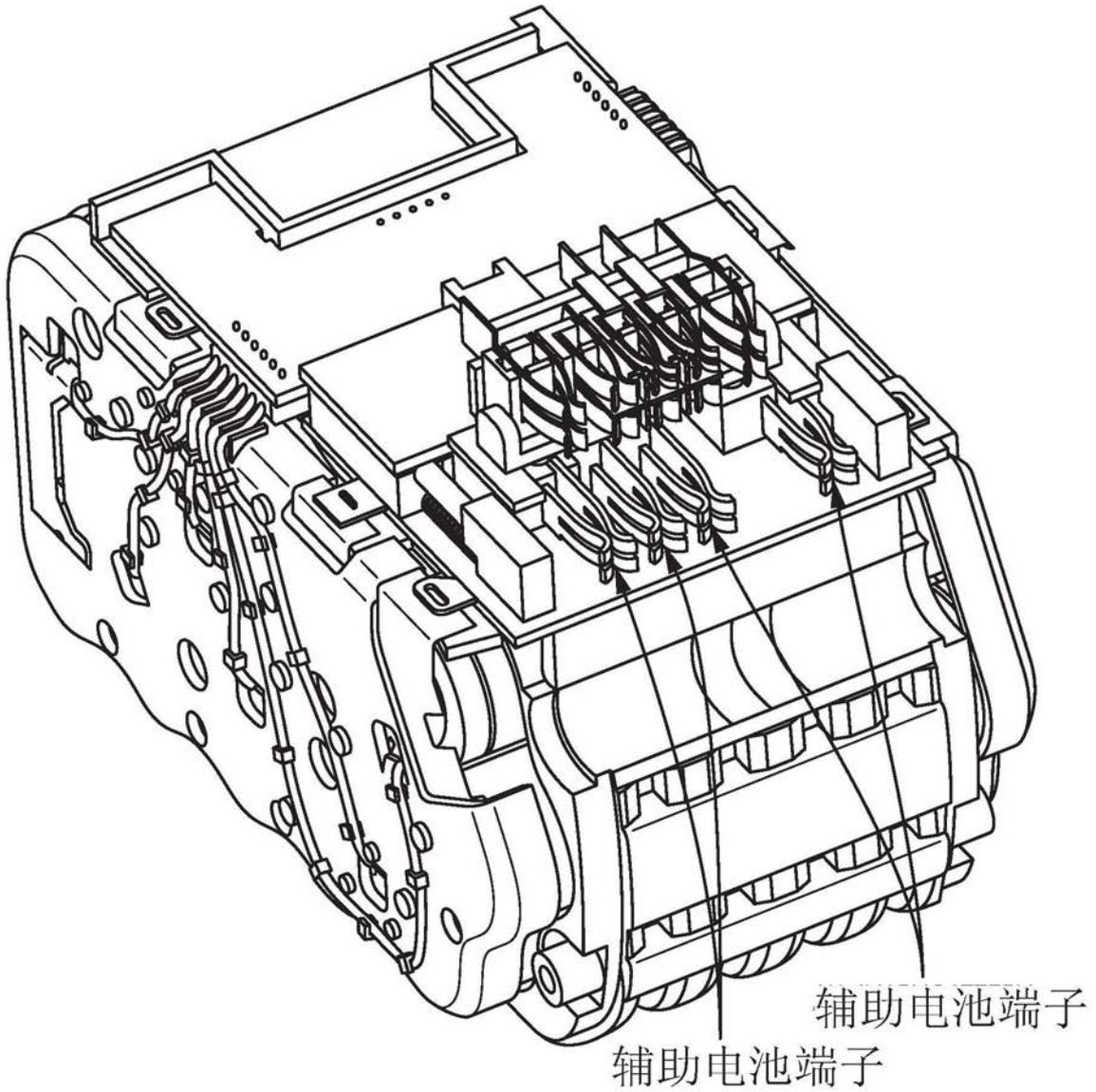


图138

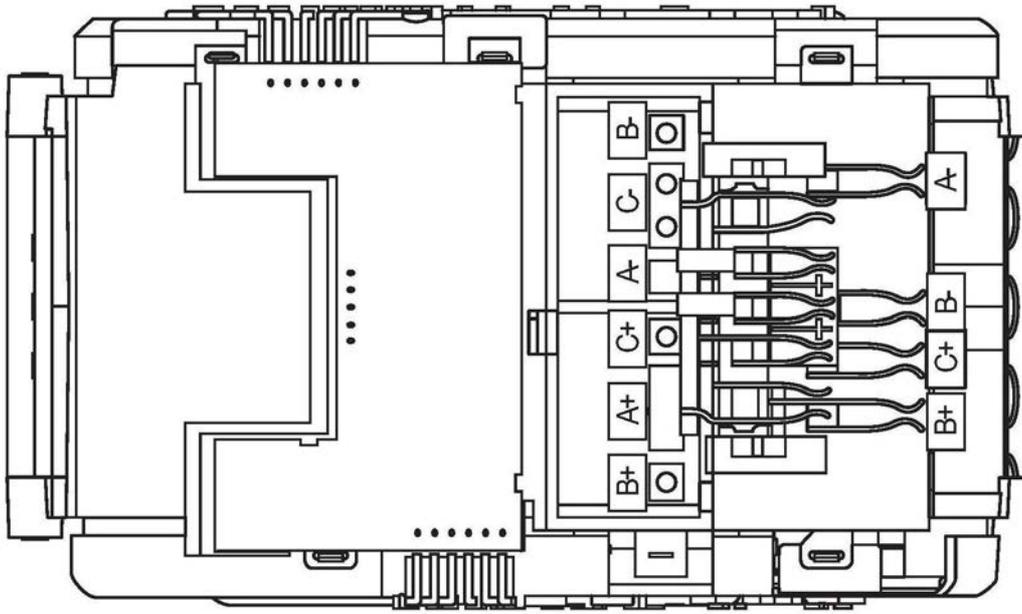


图139A

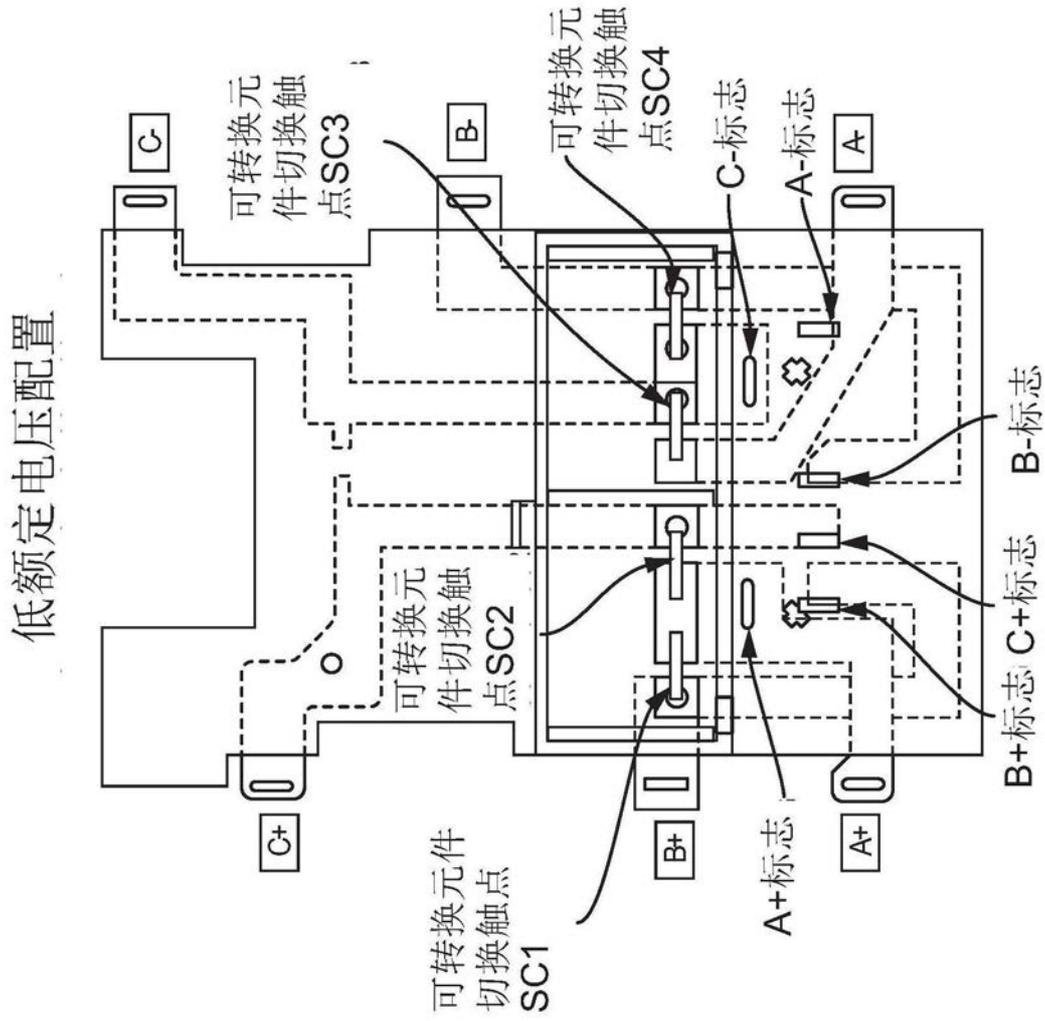


图139B

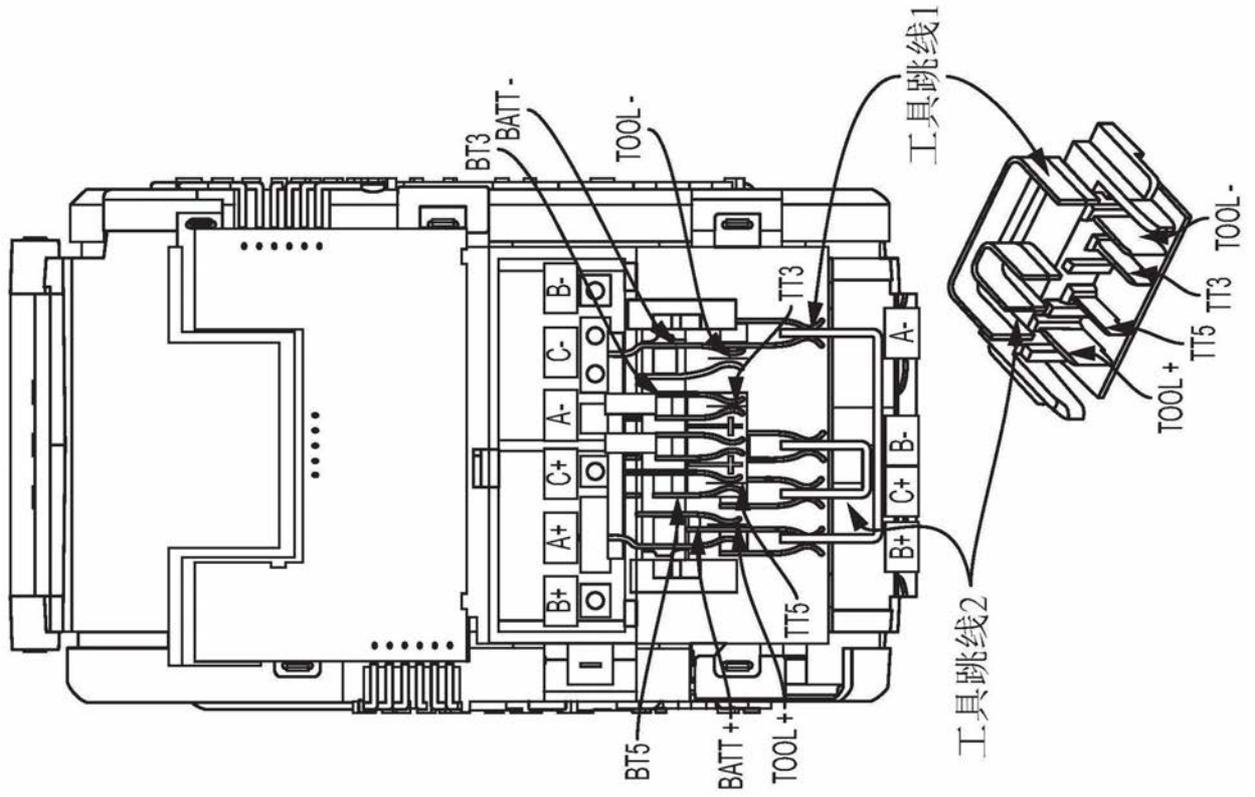


图140A

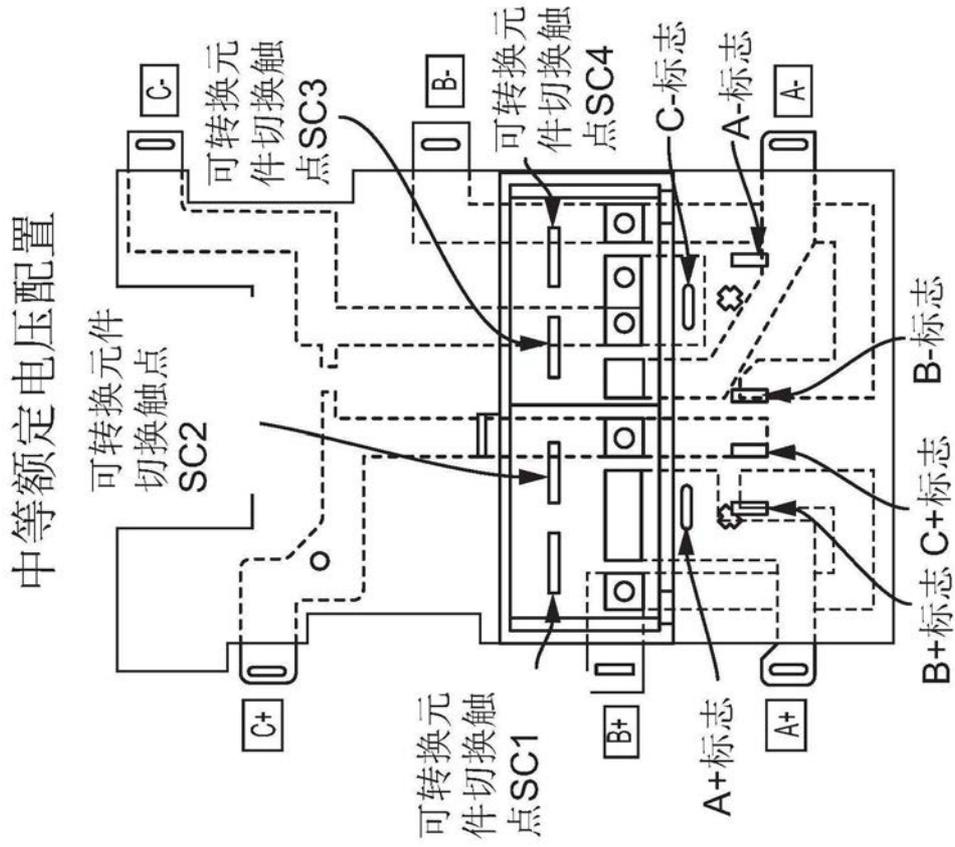


图140B

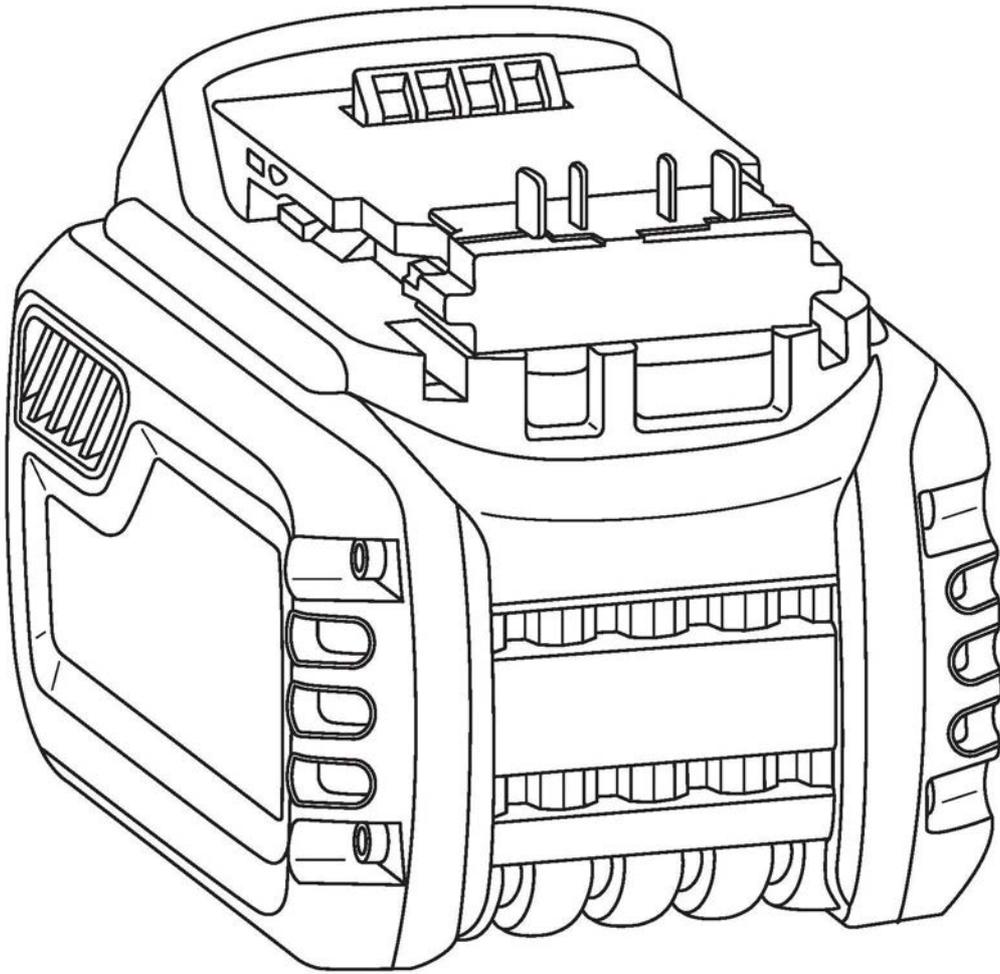


图141

