

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

*B25F 5/00 (2006.01)*

*B23D 57/02 (2006.01)*

*B27B 17/00 (2006.01)*



## [12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200820003509.1

[45] 授权公告日 2009年4月8日

[11] 授权公告号 CN 201217206Y

[22] 申请日 2008.3.7

[21] 申请号 200820003509.1

[30] 优先权

[32] 2007.3.7 [33] US [31] 11/683,179

[73] 专利权人 布莱克和戴克公司

地址 美国特拉华州

[72] 发明人 丹尼尔·C·布罗托 卡伦·迪劳拉

基思·穆尔 弗朗西斯·恩格

克里斯廷·波特 科里·G·罗伯逊

威廉·J·罗滨逊

詹姆斯·B·沃森 马克·威廉斯

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 葛飞

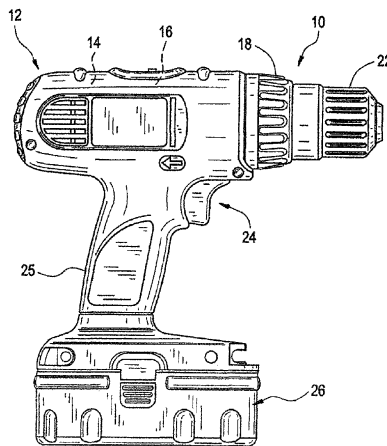
权利要求书 3 页 说明书 30 页 附图 18 页

[54] 实用新型名称

无绳户外电动工具系统

[57] 摘要

一种无绳户外电动工具系统，包括多个手持无绳户外电动工具，每个户外电动工具具有工具和壳体和带有马达的马达组件。该系统可以包括至少一个蓄电池组，其可拆卸地连接到一个或多个所述户外电动工具。所述至少一个蓄电池组在连接到给定工具时，为该工具的马达提供约 28V 或更高的标称输出电压。带有连接的蓄电池组的一个或多个户外电动工具具有的功率输出对重量比率为 70 瓦特每磅 (W/lb) 或更大。



1. 一种无绳户外电动工具系统，包括：

多个手持无绳户外电动工具，每个户外电动工具具有工具壳体和带有马达的马达组件；

至少一个蓄电池组，其可拆卸地连接到所述工具至少其中之一并为其所连接的工具的马达提供约 28V 或更高的标称输出电压；

其中带有至少一个连接到其上的蓄电池组的所述至少一个户外电动工具具有的功率输出对重量的比率为 70 瓦特每磅或更大。

2. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述至少一个户外电动工具的功率输出对重量的比率介于约 76 和约 129W/lb 之间。

3. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述至少一个户外电动工具具有的功率输出为 475 瓦特或更大。

4. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述至少一个蓄电池组具有设定于其中的电流极限。

5. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述至少一个蓄电池组具有 60A 的电流极限。

6. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述至少一个蓄电池组包含多个锂离子电池单元。

7. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述至少一个蓄电池组包含多个向所述马达提供约 36V 标称电压的锂离子电池单元。

8. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述至少一个蓄电池组的重量介于约 2.0 至 2.9 磅之间。

9. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述多个手持无绳户外电动工具包括链锯、硬面清扫机、树篱修剪机、线式剪草机、高枝锯和螺旋钻机至少其中之一。

10. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述至少一个蓄电池组是单个蓄电池组，其可以与各个户外电动工具互换。

11. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述至少一个蓄电池组包括多个蓄电池组。

12. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，至少其中一个户外电动工

具的马达是 DC 马达。

13. 一种手持无绳户外电动工具系统，包括：

壳体；

带有马达的马达组件；和

至少一个可拆卸的蓄电池组，其包括多个锂离子电池单元；

所述系统具有的功率输出对重量的比率介于约 76 和约 129 瓦特每磅之间。

14. 如权利要求 13 所述的系统，其特征在于，所述系统具有的功率输出为 475 瓦特或更高。

15. 如权利要求 13 所述的系统，其特征在于，所述多个锂离子电池向所述马达提供约 36V 或更高的标称电压。

16. 如权利要求 13 所述的系统，其特征在于，所述至少一个蓄电池组的重量介于约 2.0 至 2.9 磅之间。

17. 如权利要求 13 所述的系统，其特征在于，所述系统的手持无绳户外电动工具包括链锯、硬面清扫机、树篱修剪机、线式剪草机、高枝锯和螺旋钻机至少其中之一。

18. 如权利要求 17 所述的系统，其特征在于，所述至少一个蓄电池组可以与各个手持无绳户外电动工具互换。

19. 如权利要求 13 所述的系统，其特征在于，所述至少一个蓄电池组包括多个蓄电池组。

20. 如权利要求 13 所述的系统，其特征在于，所述马达是 DC 马达。

21. 一种链锯，包括：

工具壳体；

至少局部位于所述壳体内并具有马达的马达组件；

至少局部位于所述壳体内的传动组件；

从所述工具壳体延伸的链杆；

可旋转的链条，其连接到所述链杆，并带有多个互联切割齿联杆，所述链条可操作地连接到所述传动组件；和

至少一个可拆卸地连接到所述工具壳体的蓄电池组，所述蓄电池组包括多个锂离子电池单元；

其中所述带有连接于其上的至少一个蓄电池组的链锯具有的功率输出

至少为 700 瓦特，功率输出对重量的比率为 75 瓦特每磅或更大。

22. 如权利要求 21 所述的链锯，其特征在于，所述至少一个蓄电池组的重量介于约 2.0 至 2.9 磅之间。

23. 如权利要求 21 所述的链锯，其特征在于，所述至少一个蓄电池组的锂离子电池单元向所述马达提供至少 28V 的标称电压。

24. 如权利要求 21 所述的链锯，其特征在于，所述至少一个蓄电池组的锂离子电池单元向所述马达提供约 36V 或更高的标称电压。

25. 如权利要求 21 所述的链锯，其特征在于，所述马达是 DC 马达。

## 无绳户外电动工具系统

### 优先权声明

本申请是2007年2月5日提交的Daniele C. Brotto的共同待审和共同转让美国专利申请No. 11/702,208的部分延续并依据35U.S.C.§120要求其本国优先权,该申请No. 11/702,208是2005年11月4日提交的Daniele C. Brotto的美国专利申请No. 11/266,242的部分延续,所述申请各自全部内容通过引用包含在此处。

### 技术领域

本实用新型的示例性实施例一般涉及提供人机工程学有效的无绳户外电动工具,有效之处在于具有希望的功率对重量比率同时保持或提高其功率输出。

### 背景技术

无绳电动工具诸如钻机、往复锯、圆锯、冲击钻机等的使用者通常牺牲有绳工具的动力特征来换取无绳环境的优势,即灵活性和便携性。虽然有绳电动工具通常为使用者提供更大的功率,但是无绳电动工具为使用者带来了易用性。

无绳电动工具包括自维持电力源(连接的蓄电池组),并具有较之有绳工具降低的功率输出,原因在于因阻抗和电压而限制了蓄电池组中的电池单元能量密度。因此有绳工具较之无绳电动工具系统而言,以较小的重量提供较大的功率。因此,一个问题在于,无绳电动工具一般无法接近有绳电动工具的性能。另一个问题在于,对于给定功率输出而言,无绳电动工具的重量可能更重和/或显著高于其对应的有绳工具。

从人机工程学的角度来说,评估无绳工具的工具系统性能的方式是判断给定无绳电动工具的功率对重量比率,以及例如与与其对应的有绳工具的功率对重量比率比较。功率对重量比率可以定义为给定电动工具马达最大功率输出除以工具总系统重量(系统重量=无绳电动工具的工具和蓄电池组重量、

有绳工具的工具重量)。以下提供对 MWO 的一般含义。

### 最大瓦特输出 (MWO)

最大瓦特输出 (MWO) 通常描述电动工具系统的最大功率输出量。例如, MWO 可以认为是工具系统马达的最大功率输出。许多因素可能影响 MWO 值, 主要因素是源电压 (所述源在无绳电动工具系统中为蓄电池, 而在有绳工具系统中为外部 AC 电力)、源阻抗、马达阻抗、流过系统的电流、传动损失和马达效率。次要因素可能影响电动工具系统的 MWO (诸如触点阻抗、开关阻抗等)。在某些情况下, 对于主要因素来说, 这些次要因素可以认为没有明显影响。

图 1 是一般无绳电动工具系统的框图, 用来说明蓄电池源和马达输出之间的功率损失。系统 100 可以包括蓄电池组 110, 蓄电池组 110 可以包括一个或多个电池单元 (cell)。对于有绳工具来说, 蓄电池 (battery) 110 不适用, 由外部 AC 电源诸如通用 15A、120VAC 源取代。Rb130 表示构成蓄电池 110 的电池单元的内阻 (包括连接电池的片条和焊接件), Rm140 表示马达 120 的内阻。马达 120 在重载下消耗更大的电流。开关 150 可以是机械开关或电气开关 (诸如场效应管 (FET)、SCR 或其他晶体管设备), 将蓄电池 110 连接到马达 120。

在图 1 中, “Vev” 表示蓄电池 110 的电动势 (EV) 电压或理论无负载电压。“Vbat” 表示蓄电池 110 实际可测量电压, “Vmotor” 表示马达 120 上的实际可测量电压。“Vemf” 表示提供给马达 120 用来转换成功率的理论电压。

马达功率输出受到机械低效性的不良影响, 这些机械低效性归因于诸如摩擦、传动损失、风阻 (冷却风扇、边界层摩擦等) 的因素。为了说明的目的, 这些损失认为非常小, 小到不存在。

开关 150 闭合时, 电路完整, 允许电流流动。表达式 (1) 至 (3) 中的以下电压表示为对地电压:

$$V_{bat} = V_{ev} - (\text{电流} * R_b) \quad (1)$$

$$V_{motor} = V_{bat} \quad (2)$$

$$V_{emf} = V_{motor} - (\text{电流} * R_m) \quad (3)$$

假设机械损失可忽略, 马达功率输出 (WO, 瓦特输出) 由表达式 (4) 描述:

$$WO = \text{电流} * V_{emf} \quad (4)$$

在马达轻载时，电流较低且瓦特输出（WO）较小。在马达载荷较高时，电流较大且 WO 较大。在马达载荷最高所时，WO 从最大值减小，且主要能量损失在 Rb 和 Rm 上。Rb 和 Rm 上的功率损失可以如下通过表达式（5）和（6）计算：

$$Rb \text{ 上的功率损失} = \text{电流}^2 * Rb \text{ 值} (I^2 Rb) \quad (5)$$

$$Rm \text{ 上的功率损失} = \text{电流}^2 * Rm \text{ 值} (I^2 Rm) \quad (6)$$

表 1 提供了由内阻为 150 毫欧姆和内阻为 60 毫欧姆的 18 伏特蓄电池构成的 DC 马达系统的功率损失示例。

表 1——DC 马达系统功率损失

电流	Rb 上的功率损失	Vbat&Vmotor	Rmotor 上的功率损失	Vemf	马达功率输出(WO)
(安培)	(瓦特)	(伏特)	(瓦特)	(伏特)	(瓦特)
0	0	18	0	18	0
5	4	17	2	17	85
10	15	17	6	16	159
15	34	16	14	15	223
20	60	15	24	14	276
25	94	14	38	13	319
30	135	14	54	12	351
35	184	13	74	11	373
40	240	12	96	10	384
45	304	11	122	9	385
50	375	11	150	8	375
55	454	10	182	6	355
60	540	9	216	5	324
65	634	8	254	4	283
70	735	8	294	3	231
75	844	7	338	2	169

80	960	6	384	1	96
85	1084	5	434	0	13

参照表 1，最大功率输出值 385 瓦特发生在 45 安培的情况下。当电流增大超过 45 安培时，马达瓦特输出实际上降低，因为越来越多的能量转化为  $R_b$  和  $R_m$  上的热量。这种发生在 45 安培时的马达峰值功率输出 385 瓦特就定义为马达最大瓦特输出或 MWO。

在描述了 MWO 的含义之后，比较有绳电动工具的功率对重量比率和传统无绳电动工具系统的功率对重量比率说明了性能的强烈对照。示例中，传统有绳手持电动钻机可以从通用马达产生的功率（MWO）介于 520-600 瓦特之间。该钻机总重量约为 3.3 至 4.3 磅。这导致功率对重量比率介于约 140W/lb 至 158W/lb 之间。相比来说，传统 12 伏特无绳电动工具系统诸如带有连接的镍镉蓄电池组的无绳钻机，在总工具+池组重量为 4.9 磅（工具重量约 3.4 磅，12V 镍镉蓄电池组重量约为 1.5 磅）时，从马达产生的 MWO 约为 225 瓦特。这样导致功率对重量比率约为 46W/lb。

至少两个原因可以解释有绳电动工具和无绳电动工具系统之间功率对重量比率方面的显著差别。第一，有绳工具的电力源（交流电）不增加系统整体重量，因为其不是工具的组成元件。相反，无绳工具的电力源，即蓄电池组，是工具重量的最大贡献者。第二，有绳电动工具中的马达是以交流电操作的通用马达，其磁场由电枢绕组中相对较轻的导线产生。相反，无绳系统通常采用带有永磁马达的 DC 马达，该 DC 马达较之通用马达相对较重，因为磁场是由永磁体而不是较轻的导线产生的。

增大无绳电动工具中传统蓄电池组的功率和尺寸并不是缩小有绳电动工具与无绳电动工具系统功率对重量比率之间差距的现实解决方案。根据无绳工具的预计用途，产生与相应有绳工具一致的功率水平所要求的传统蓄电池组的重量使得无绳系统在人机工程学上低效，因为无绳工具变得太重而无法使用，尤其是持续使用较长的时间周期。

用于 12 伏特以上无绳电动工具的传统蓄电池组通常包括具有镍镉（“NiCd”）或镍金属混合物（“NiMH”）电池单元化学特性的蓄电池组。随着功率输出要求增涨，则池组重量也增大。在无绳工具诸如 DEWALT 生产的 Heavy-Duty 3/8” 12V Compact Drill 中能输送 12 伏特（或 225MWO）功率的传统镍镉蓄电池组重量约为 1.5 磅，而工具和池组重量约为 4.9 磅。因此，



主要单手使用的 12V 电动钻机几乎三分之一（31%）的总体重量归属于蓄电池组。

传统 18V 镍镉蓄电池组重量约为 2.4 磅（2.36 磅），占据电动工具诸如 DEWALT 生产的 Heavy Duty  $1/2$ " 18V Cordless Drill 重量的约 46%（各种 18V 型号的总系统重量（池组+工具）约为 5.2 磅）。传统 24V 镍镉池组的重量约为 3.3 磅，占据电动工具诸如 DEWALT 生产的 Heavy Duty  $1/2$ " 24V Cordless Hammerdrill Model DW006 重量的约 38%（总系统重量约为 8.7 磅）。

因此，通过增加能提供更高功率水平的蓄电池组而增加无绳电动工具的总体重量也因总体重量的增加超过了可接受的水平而负面影响了工具的人机工程学方面。对于 NiCd 和 NiMH 电力源来说，更高的功率意味则显然更重的蓄电池组。无绳工具总体重量的相应增加使得工具更难于长时期操控和/或使用。例如，24 伏特镍镉蓄电池组（约 3.3 磅）的重量对于 12 伏特镍镉蓄电池组（1.5 磅）来说，表示重量增加 100%。

与更重的蓄电池组关联的额外重量也对无绳工具的总体平衡及其人机工程学质量造成了不良影响。蓄电池组通常连接到无绳钻机抓握件远端（诸如工具底部）或靠近工具后部，诸如对于无绳圆锯来说。随着电压增大且蓄电池组变得更重，池组重量相对于无绳工具系统剩余部分显现杠杆作用，潜在地让工具更难控制和使用。

### 实用新型内容

为了解决无绳电动工具一般无法接近有绳电动工具的性能以及为了解决对于给定功率输出而言，无绳电动工具的重量可能更重和/或显著高于其对应的有绳工具的问题。示例实施例提供一种无绳户外电动工具系统。该系统包括多种手持无绳户外电动工具。每种户外电动工具具有壳体和带有马达的马达组件。该系统可以包括至少一个可拆卸地连接到一种或多种户外电动工具的蓄电池组。所述至少一个蓄电池组连接到给定户外电动工具上的时候，为该工具的马达提供约 28 伏特的标称（nominal）输出电压。一种或多种带有连接的至少一个蓄电池组的户外电动工具的功率输出对重量的比率为 70 瓦特每磅（W/lb）或更大。

另一种示例实施例提供一种手持无绳户外电动工具系统。该系统包括壳体、带有马达的马达组件和至少一个可拆卸地连接到其上的蓄电池组。所述蓄电池组包含多个锂离子电池单元。所述系统的功率输出对重量的比率介于约 76 至 129 瓦特每磅（W/lb）之间。

另一种示例实施例提供一种链锯。所述链锯包括工具壳体、至少局部位于所述壳体中且带有马达的马达组件、和至少局部位于所述壳体中的传动组件。所述链锯进一步包括从所述工具壳体延伸的链杆(chain bar);借助其上的多个互联切割齿联杆连接到所述链杆的链条(bar chain),所述链条连接到所述传动组件;和至少一个可拆卸地连接到所述工具壳体的蓄电池组。所述蓄电池组包括多个锂离子电池单元。带有连接的至少一个锂离子电池组的所述链锯的功率输出至少为700瓦特,且功率输出对重量的比率为75瓦特每磅(W/lb)或更大。

#### 附图说明

本实用新型的示例实施例从以下给出的详细说明和附图中能得到更为全面的理解,其中类似的元件由类似的附图标记表示,类似的元件仅借助图示给出,因此并未限制本实用新型的示例实施例。

图1是一般无绳系统的框图,用来描述蓄电池源和马达输出之间的功率损失;

图2是根据本实用新型示例实施例的无绳主要单手使用的无绳电动工具侧视图;

图3是根据本实用新型示例实施例的无绳主要双手使用的无绳电动工具侧视图;

图4是根据本实用新型示例实施例的无绳主要支撑使用的无绳电动工具的透视图;

图5是图1所示单时无绳电动工具的分解视图;

图6A-6C图示了传统18V镍镉蓄电池组和两种根据本实用新型示例实施例的示例锂离子电池组的蓄电池组尺寸;

图7A和7B图示了根据本实用新型示例实施例的36V锂离子电池组的示例电池单元配置;

图8A和8B图示了根据本实用新型示例实施例的36V锂离子电池组的示例电池单元配置;

图9是带有传统蓄电池组的无绳单手电动工具、单手有绳电动工具和带有根据本实用新型示例实施例的锂离子电池组的无绳单手电动工具的最大功率输出对工具重量的曲线图;

图 10 是带有传统蓄电池组的无绳双手电动工具、双手有绳电动工具和带有根据本实用新型示例实施例的锂离子蓄电池组的无绳双手电动工具的最大功率输出对工具重量的曲线图；

图 11 是带有传统蓄电池组的无绳支撑使用的电动工具、支撑使用的有绳电动工具和带有根据本实用新型示例实施例的锂离子蓄电池组的无绳支撑使用的电动工具的最大功率输出对工具重量的曲线图；

图 12 是 18V 和 36V 蓄电池组电流抽取对功率输出的曲线图；

图 13 是图示由 36V 蓄电池组供电的工具相对于由 18V 池组供电的工具带来的运行时间改善的曲线图；

图 14 图示了根据示例实施例的无绳链锯；

图 15 图示了根据示例实施例的无绳硬面清扫机；

图 16 图示了根据示例实施例的无绳线式剪草机；

图 17 图示了根据示例实施例的无绳草坪剪边机；

图 18 图示了根据示例实施例的无绳电动螺旋钻机；

图 19 图示了根据示例实施例的无绳树篱修剪机；

图 20 图示了根据示例实施例的无绳高枝锯。

### 具体实施方式

如本实用新型所述，电动工具可能偶尔通过以下术语表征和/或分类：“主要单手使用”或“单手”、“主要双手使用”或“双手”、“主要支撑使用”或“支撑使用”。单手无绳电动工具可以理解为通常以一只手使用的电动工具。双手工具可以理解为通常以两只手使用的电动工具。支撑使用的工具可以理解为正确操作需要支撑表面的电动工具，例如可以贴靠或穿过支撑表面操作的工具。这些分类并不是旨在包括本实用新型示例实施例可以适用于其中的全部电动工具，而仅仅是为了说明。

示例性的主要单手电动工具可以包括但不限于：钻机（钻机驱动件）、冲击扳手、闪光灯具、户外电动工具诸如硬面清扫机或吹风机、单手金属加工工具诸如剪刀等。示例性的主要双手电动工具包括但不限于：往复锯、双手钻机诸如旋转爆破锤钻、角度研磨机、切断工具、户外电动工具诸如链锯、草坪剪边机、剪草机和高枝锯、以及具有手柄抓握部和可延伸侧手柄的钻机驱动件等。这些工具中的一些可能目前仅以有绳型号出售，但是利用本实用

新型所述的轻体便携式电力源，则可以变成无绳型的，所述轻体便携式电力源诸如锂离子蓄电池组，其可以为无绳型电动工具提供相当于其有绳型号的电力。由多块锂离子蓄电池组供电的无绳闪光灯具可以例如根据该闪光灯具的尺寸和/或长度，作为单手或双手电动工具。

示例性的主要支撑使用的工具可以包括但不限于：圆锯、竖锯、刨圆削片机、手刨机、动力钻孔机、切开工具、板结合机等。这些工具中的一些目前仅以有绳型号出售，但是利用本实用新型所述的轻体便携式电力源，则可以变成无绳型的，所述轻体便携式电力源可以是诸如锂离子蓄电池组。

此外，如本实用新型所述，术语“功率对重量比率”可以定义为给定电动工具马达最大功率输出除以工具总系统重量（系统重量=无绳电动工具的工具和蓄电池组重量、有绳工具的工具重量）。适用于可拆卸电力源或蓄电池组而采用的术语“高功率”表示对于无绳电动工具的电力源至少为 18V 和/或对于无绳电动工具的工具马达最大功率输出（最大瓦特输出（MWO））至少为 385W。

图 2 是根据本实用新型示例实施例的无绳主要单手使用的无绳电动工具。参照图 2，示例单时无绳电动工具一般由附图标记 10 表示，指代钻机，可以包括壳体 12、马达组件 14、多速传动组件 16、离合器组件 18、夹盘 22、触发器组件 24、手柄 25 和蓄电池组 26。蓄电池组 26 可以是可充电高功率蓄电池组，诸如锂离子高功率源或其他高功率源，例如包括一个或多个电池单元。电动工具 10 具有单个抓握区域，如图 2 所示，并设计成以单手操作。

在一个示例实施例中，电池单元可以是锂离子电池单元，就正极（阳极）材料中的活性成分来说，该锂离子电池单元例如具有一个或多个金属锂氧化物化学电池单元、锂离子磷酸盐（LPF）化学电池单元和/或其他锂基化学结构。作为示例，具有金属氧化物化学特性的电池单元的阳极活性材料可以是锂钴复合氧化物、锂镍复合氧化物、锂锰复合氧化物尖晶石其中之一，它们的混合物或者其他锂金属复合氧化物。具有 LPF 化学特性的电池单元阴极活性材料是锂金属磷酸盐，作为另一种示例。这些电池单元可以是柱状的并具有针对阴极、隔件和阳极的螺旋绕线或者“卷饼”结构，正如电池单元领域公知的。负极材料可以是铜收集器上的石墨碳材料或其他已知阳极材料，正如锂离子电池领域所公知的。

本领域技术人员应该理解，电动工具 10 的若干部件，诸如夹盘 22 和触

发器组件 24 本身是常规的，因此在本实用新型中不重点详细讨论。可以参照各种专利公开来更为完整地理解电动工具 10 的常规特征。这种专利公开的一个示例为美国专利 No. 5,897,454，其公开内容通过引用方式全文包含在本实用新型中。另一个包括这些常规部件的示例性单手使用的电动工具是 DEWALT 生产的型号为 DC759KA 的 Heavy Duty 18V Drill Driver，该工具在手柄上具有单个抓握表面，设计成以一只手操作。

图 3 是根据本实用新型示例实施例的无绳主要双手使用的无绳电动工具的侧视图。参照图 3，示例性双手无绳电动工具一般由附图标记 10' 表示，其指代示例性的无绳往复锯。工具 10' 可以包括壳体 12'、马达组件 14'、多速齿轮链（传动）组件 16'、触发器组件 24'、手柄 25'、输出轴（一般指定在 27 处）和锯刃 30。工具 10' 主要设计为双手使用，抓握手柄 25' 和包围传动组件 16' 的杆部 15。工具 10' 还包括单独的可拆卸蓄电池组 26'。蓄电池组 26' 可以是可充电高功率蓄电池组，诸如锂离子池组，例如由一个或多个电池单元构成。本领域专业人员应该理解，若干部件本身是常规的，因此为了简洁而省略了对其详细的解释。包括这些常规部件的双手使用的电动工具示例为 DEWALT 生产的，型号 DC385K 的 Heavy Duty 18V 无绳往复锯。这种工具包括两个抓握表面，设计成用双手操作。

图 4 是根据本实用新型示例实施例的主要支撑使用的无绳电动工具透视图。参照图 4，支撑使用的无绳电动工具示例一般用附图标记 10'' 表示，其指代示例性的无绳圆锯。工具 10'' 包括锯刃 30'，锯刃至少局部被刀片护具 130 包围。锯刃 30' 和刀片护具 130 穿过导向组件 20 上的开口伸出。锯刃 30'' 由马达 14'' 驱动。马达 14'' 被壳体 12'' 覆盖。

工具 10'' 还可以具有蓄电池组 26''，其连接到马达 14''。蓄电池组 26'' 可以安装到工具手柄 25'' 远端，以使其不与锯刃 30'' 的锯切动作干涉。蓄电池组 26'' 可以是可充电高功率蓄电池组，诸如锂离子池组，例如由一个或多个电池单元构成。

本领域技术人员应该理解，电动工具 10' 的若干部件本身是常规部件，因此为了简洁省略对其详细解释。包括这些常规部件的支撑使用的电动工具示例例如是 DEWALT 生产的、型号为 DC390K 的 Heavy Duty XRP™ 18V 无绳圆锯。

应该在无绳电动工具设计中考虑若干参数或技术方面或特征。例如，工

具的功率、其尺寸、总系统重量（即，带有附带蓄电池组的工具重量）、蓄电池组的循环寿命、工具组成部件的成本、存放和/或操作工具的温度，全都表示选择工具的适当组成元件以使希望的工具性能最大化和/或获取希望的工具性能。在致力于实现人机工程学设计时，应该相对于彼此来权衡这些考虑中的至少一些内容，所述的人机工程学设计支持无绳电动工具系统的性能改善。

在构造人机工程学有效的无绳电动工具时的一项考虑是总系统总量，或带有蓄电池组的工具合计重量，为了简洁和/或清晰起见，所述带有蓄电池组的工具偶尔也称为“无绳工具系统”或“系统”。系统合计重量可以包括系统中4个组成重量组的重量：（1）电力源（蓄电池组）；（2）传动机构（和齿轮）；（3）壳体和支撑基座；和（4）马达。

图5是根据本实用新型示例实施例的图2所示主要单手使用的无绳电动工具的分解视图。图5图示了4个主要重量贡献元件或组，在确定无绳工具总重量时应该评估它们，从而实现希望的功率对重量比率。这4个重量贡献组可以包括：（1）电力源260（即蓄电池组26）；（2）传动机构和齿轮210；（3）壳体220和其他基础结构；和（4）马达组件230。显然对于本领域技术人员来说，图3所示主要双手无绳电动工具实施例和图4所示主要支撑使用的无绳电动工具也可以分隔成上述4个重量贡献组，因此为了简洁，这里省略了图3和4的分解图。

电力源260代表主要单手使用的工具中最重的单个元件。例如，镍镉蓄电池组可以占据18伏电动工具系统的总工具重量的三分之一。常规18V镍镉池组重量约为2.4磅，而单手无绳工具系统诸如示例的18V动力钻机的组合总重量约为6磅。

传动机构和齿轮210（包括传动组件16和离合器机构18及其它们的组成部件）可能通常是无绳电动工具中第二大重量贡献者。在常规18V镍镉无绳工具系统诸如图2所述动力钻机中，传动元件和齿轮/离合器元件合起来重约2磅，这是工具总重量的约1/3。

第三个主要重量组是壳体和基础结构（包括壳体12和夹盘22），其支撑马达组件组230、蓄电池组（在图5中示为组260）和传动组210。壳体220可以包括一对配合的手柄罩壳34，其协作来限定手柄部分36和驱动链或主体部分38。主体部分38可以包括马达舱40和传动舱42。在该示例中，壳

体 220 合起来的重量可以在约 0.6 到 1.0 磅之间。

马达组件 230 和相关部件构成第四个主要的重量组。在该示例中，马达组件组 230 收容在马达舱 40 中，包括带有旋转输出轴 44 的马达 14，所述输出轴伸入传动舱 42。具有多个轮齿 48 的马达小齿轮 46 与输出轴 44 耦接旋转。触发器组件 24 和蓄电池组 26 协作从而以本领域一般熟知的方式有选择地向马达组件 230 提供电力，从而允许电动工具 10 的使用者控制输出轴 44 旋转的速度和方向。

对于本领域技术人员来说，用于无绳电动工具的永磁（“PM”）马达是熟知的。较之使用通用马达的有绳系统来说，PM 马达相对来说明显更重，因为利用永磁体将电力转化为电动势以产生磁场。马达组件组 230 的近似总重量可能约为 1.0 磅。

图 6A-6C 图示了用于常规 18V 镍镉蓄电池组和根据本实用新型示例实施例的两个示例锂离子蓄电池组的蓄电池组尺寸。设计人机工程学有效的工具的一项考虑就是尺寸。图 6A 示出了常规 18V 镍镉蓄电池组的尺寸。高功率锂离子蓄电池组，可以表示任何池组 26、26'和/或 26''，可以与其将要替换的常规蓄电池组尺寸要求一致，当然壳体尺寸至少可以比常规 18V 和/或 24V 镍镉或 NiMH 池组所用的壳体更小。

相应地，图 6B 图示了示例 36V 锂离子池组的尺寸，其与图 6A 中常规 18V 镍镉池组的尺寸一致。图 6C 图示了 25.2V 锂离子池组的尺寸，其与图 6A 中常规 18V 镍镉池组的尺寸一致。尽管图 6B 和 6C 中的池组示出用于约 36V 和 25.2V 的池组，但是构造和尺寸例如可以适用于不同标称的锂离子池组。图 6B 和/或图 6C 中示出的锂离子蓄电池组的池组电压至少约为 18V。在另一种示例中，图 6B 和 6C 的池组可以提供约 28V 的标称电压。

图 7A 和 7B 图示了根据本实用新型示例实施例、用于 36V 锂离子池组的示例电池单元配置。具体来说，图 7A 和 7B 图示了用于图 6B 所示 36V 池组的替代电池单元结构。

参照图 7A，图 6B 所示的池组内的电池单元布置可以是多个处于图示电池单元取向的 26650 锂离子电池单元（每个电池单元直径 26mm，长度 65mm）。图 7A 图示了 10 个 26650 电池单元，标称电池单元电压约为 3.6V/电池单元。可替代地，图 6B 所示的池组中电池单元布置可以包括 20 个 18650 锂离子电池单元（每个电池单元直径 18mm，长度 65mm），处于图 7B 所示

电池单元取向。图 7B 示出了三列电池单元，它们与标称电池单元电压约为 3.6V/电池单元的电池单元并联组合，从而实现 36V 的池组电压。池组电压约为 36V，而该池组内每电池单元电压可以因锂离子电池单元的具体化学特性而变化。例如，具有锂金属磷酸盐基电池单元化学特性的电池单元标称电压约为 3.3V/电池单元，而具有锂金属氧化物基电池单元化学特性的电池单元标称电压约为 3.6V/电池单元。

图 8A 和 8B 图示了根据本实用新型示例实施例的 25.2 锂离子池组的示例电池单元配置。具体来说，图 8A 和 8B 图示了图 6C 所示 25.2V 池组的替代电池单元构造。参照图 8A，图 6C 所示池组内的电池单元布置可以是 7 个 26650 锂离子电池单元，处于图示电池单元取向。可替代地，图 8B 所示池组内的电池单元布置可以包括 14 个 18650 锂离子电池单元，处于图示电池单元取向。因此蓄电池组的标称电压约为 25V，而该池组内每电池单元电压可以因锂离子电池单元具体化学特性而略微变化，如上所述。

图 7A 至 8B 所示取向时，每电池单元电压和电池单元数目可以根据高功率锂离子蓄电池组所需总功率而定制，并可以处于约 3.3 至 4.6V/电池单元的标称电压范围内，根据工业电化学电压电势指南，该电压范围处于可接受范围内。当然，根据电池单元的充电状态（电池单元是否充电完全）以及电池单元的特定化学特性，这些值可以变化。

电池单元取向如图 7A 和/或 7B 所示的图 6B 所示 36V 锂离子蓄电池组的总池组重量可以介于约 2.4-2.9 磅之间。在另一种示例中，重量可以介于约 2.36-2.91 磅之间，所述池组重量根据电池单元和/或池组的特定制造商而存在变化。电池单元取向如图 8A 和 8B 所示的图 6C 所示 25.2V 锂离子蓄电池组的总池组重量约为 2.0 至 2.4 磅。在另一示例中，所述重量范围可以处于大约 1.88 至 2.17 磅之间，并且根据电池单元和/或池组的特定制造商而存在变化。25.2V 和 36V 池组的重量范围可以根据若干因素而变化，包括电池单元壳体是用钢还是铝制成、包括池组外壳的厚度和/或材料、池组中相关电极和/或散热器的重量等。

在另外的示例中，图 2 至 4 所示的高功率锂离子蓄电池组 26、26'和/或 26''可以实施为这样一种蓄电池组，其具有多个锂基化学特性的电池单元，这些电池单元配置成为无绳电动工具马达提供约 28V 的标称电压。该 28V 锂离子蓄电池组的总池组重量介于约 1.9 至 2.1 磅之间，且在特别示例中重



量为 2.02 磅。较之图 8A 所示 25.2V 蓄电池组的配置来说，该 28V 蓄电池组包括额外的电池单元。因此，该 28V 锂离子蓄电池组的电池单元布置包括约 3.6V/电池单元的 8 个串接的 26650 锂离子电池单元，总标称电压约为 28V。该蓄电池组内每电池单元电压可以因锂离子电池单元的具体化学特性而略微变化，如上所述。

图 9 是带有传统蓄电池组的无绳单手电动工具、单手有绳电动工具以及带有根据本实用新型示例实施例的锂离子蓄电池组的无绳单手电动工具的功率输出对工具重量的曲线图。参照图 9，y 轴图示工具的最大瓦特输出（MWO），而 x 轴表示工具（有绳）重量（单位为磅）或带有蓄电池组的工具（无绳系统）重量（单位为磅）。

相对于传统无绳电动工具来说，传统 12 伏镍镉蓄电池组重量约为 1.5 磅。与此对照，14.4 伏镍镉蓄电池组重量约为 2.0 磅，18 伏镍镉池组重量约为 2.4 磅，而 24 伏镍镉池组重量约为 3.3 磅。随着功率增加，池组中所需镍镉电池单元数目也会显著增加，导致电压为 18 伏以上的工具在人机工程学方面更加低效，主要归咎于重量增加。

正如下文中将在图 9-11 所示，本实用新型示例实施例教导一种无绳电动工具系统，其配置成输出至少约 475 瓦特的最大功率输出（MWO），且此时该无绳电动工具系统具有至少约 70 瓦特每磅（W/lb）的最大功率输出对重量的比率。一种无绳电动工具系统可以实施为图 2 至 4 所示的一种或多种示例实施例，相当于单手、双手和支撑使用的工具。该系统的无绳电动工具可以至少包括：工具壳体、马达组件、某种传动组件和电力源诸如蓄电池组，该电力源可能代表工具总重量的主要贡献者。

在示例中，组合系统重量（无绳工具+池组）可以至少约为 4 磅，而且对于某些支撑使用的无绳工具可以超过 10 磅。单手使用并由 25 至 36V 蓄电池组供电的无绳工具系统的示例工具系统的重量可以介于约 5.5 至 7.5 磅之间。对于双手工具系统而言，重量可以介于约 6.5 至 10 磅之间。这些重量范围示例列出了对于各种单手和双手电动工具系统来说，人机工程学上可接受的合理重量。支撑使用的无绳工具系统重量可以至少约为 8 磅，而对某些工具系统则超过 10 磅，因为这些工具系统的部分工具重量受到支撑（例如，圆锯、数据）。在另一种示例中，正如以下所述的表 2-4 所支持的，例如带有根据示例实施例的高功率蓄电池组诸如锂离子蓄电池组的无绳电动工具

组合系统的重量可以介于约 5.5 至约 10.4 磅之间。

在另一种示例中，其中无绳电动工具系统配置成包括标称电压为 28V 的锂离子蓄电池组，总系统重量至少约为 6.2 磅，而给定配置有 28V 锂离子蓄电池组的电动工具示例重量介于约 6.2 至 8.7 磅之间。配置有 28V 锂离子蓄电池组的无绳电动工具的示例最大瓦特输出 (MWO) 介于约 500 至 900 瓦特之间，而在另一种示例中，MWO 介于约 680 至 800 瓦特之间。

为了说明无绳电动工具中采用高功率蓄电池组诸如锂离子蓄电池组的优势，在带有传统镍镉蓄电池组的单手使用的电动工具、有绳单手使用的工具以及配置有根据本实用新型示例实施例的高功率锂离子蓄电池组的单手使用电动工具之间进行了比较。表 2 图示了评估数据，以产生图 9 的曲线。有绳和传统无绳工具的数据来自现有型号的 DEWALT 无绳和 AC 有绳电动钻机。为了比较，对所选型号示出了单纯工具和单纯蓄电池组的重量。

下表 2 表示了标称电压额定值 (rating)、所选无绳和有绳工具的型号、总工具系统重量 (工具重量+蓄电池组)、这些单手使用的动力钻机的 MWO 和功率对重量比率。电动钻机 (也称为钻机驱动器) 是单手使用的无绳电动工具的示例。

对于示例无绳电动工具系统实施例中的 25.2V 锂离子池组来说，单独工具的重量为 3.54 磅，这与 DEWALT DC987 型 18V 无绳钻机相同。该配置有 28V 蓄电池组的钻机单独蓄电池组的重量为 2.02 磅，而系统重量为 6.2 磅。

分析了带有两种不同 36V 锂离子池组的示例 36V 无绳电动钻机。空钻机重量为 4.53 磅，36V 锂离子池组 “A” 重 2.4 磅，而 36V 锂离子池组 “B” 重 2.91 磅。池组 A 和 B 之间的重量差归因于蓄电池组中锂离子电池单元的电池单元构造。

表 2 中对于 25.2V、28V 和 36.0V 锂离子蓄电池组供电的无绳电动工具实施例的 MWO (608W、800W 和 775W) 建立在为该蓄电池组设定的最大电流极限的基础上。用于测定的电流极限设定在 30A。

一般来说，无绳电动工具产品不给蓄电池组设定电流极限来保护工具内部件。工具马达、壳体、齿轮等中的部件通常配置成承受蓄电池组的额定最大电流。但是，如果在该池组上设定电流极限，如示例实施例中的那种情况，则可以允许使用更轻的材料和子系统部件，例如马达、壳体、齿轮等，从而实现无绳电动工具系统的人机工程学优势。

蓄电池组输出的示例电流极限 30A 是与维持马达和齿轮元件足够小和足够轻相一致的电流值，使其在重量方面至少相等于传统无绳型号的工具中的相应部件。该示例电流极限也用作功率极限，即电压和电流的函数，可以用作限制，从而避免因示例锂离子蓄电池组产生过大的电流而损坏工具马达和相关齿轮。该 30A 电流极限仅仅是示例，可以基于特定工具系统承受更高功率水平的能力（例如，工具系统机械部件承受更高电流所施加的机械应力和热应力的能力）来改变或者调节该电流极限。例如，电流极限可以设为 40A、60A 或可能更高的值，只要工具系统机械部件能承受该 40A 和 60A 以上的电流所施加的机械应力和热应力即可。

表 2——无绳单手操作的工具功率、重量数据

池组电压	型号	单纯蓄 电 池 组 重 量 (磅)	单 纯 工 具 重 量 (磅)	系 统 重 量 (磅)	MWO (瓦特)	MWO 时 的 W/lb
12V 镍镉	DC727	1.54	2.36	3.90	225	58
12V 镍镉	DW927	1.54	2.36	3.90	225	58
12V 镍镉	DC980	1.54	3.36	4.90	225	46
14.4V 镍镉	DW928	1.92	2.28	4.20	288	69
14.4V 镍镉	DC728	1.92	2.78	4.70	288	61
14.4V 镍镉	DC983	1.92	3.28	5.20	288	55
18V 镍镉	DC759	2.36	2.84	5.20	385	74
18V 镍镉	DC959	2.36	2.84	5.20	385	74
18V 镍镉	DC987	2.36	3.54	5.90	420	71
AC 有绳	D21002	N/A	3.65	3.65	480	132
AC 有绳	DW223	N/A	3.60	3.60	560	156
AC 有绳	DW600	N/A	4.40	4.40	600	136
25.2V 锂	N/A	2.00	3.54	5.54	608	110
28.0V 锂	N/A	2.02	4.18	6.20	800	129
36V 锂 A	N/A	2.40	4.53	6.93	775	112
36V 锂 B	N/A	2.91	4.53	7.44	775	104

参照图 9 中的曲线，传统有绳单手 AC 工具可以在总重量介于约 3.6 至 4.4 磅的条件下，产生出约 480 瓦特至 600 瓦特的功率。这些功率和重量范围导致功率对重量比率从约 132 瓦特/磅至 156 瓦特/磅。这些比率用作比较传统无绳电动工具系统和本实用新型所述示例无绳电动工具系统的指标。锂离子蓄电池组重量相对减小，加上功率输出更大，较之传统镍镉蓄电池组来说，可以实现远远超过传统无绳电动工具的功率对重量比率。

参照表 2 和图 9，传统无绳电动工具可以实现介于约 46MWO/磅（组合工具系统重量（工具+12V 镍镉池组）4.9 磅时，为 225MWO）至约 74W/lb（组合工具系统重量（工具+18V 镍镉池组）5.2 磅时，为 385MWO）的功率对重量比率。如上所述和表 1 所示，表 2-4 中无绳工具的功率输出表示为最大瓦特输出（MWO）。该功率输出是工具系统给定电流值条件下的最大功率输出值，此时电流值超过给定电流值将导致工具功率输出在实践中减小。这是因为电流增大导致更多的能量转化为蓄电池组和工具马达中的热损耗。

进一步参照图 9，粗实线表示根据示例实施例的单手使用无绳电动工具希望 MWO 和 W/lb 比率的分界线。该示例实施例的无绳电动工具系统位于该线以上。参照图 9，无绳单手电动工具由示例锂离子池组供电，并具有大约至少 5.5 磅的系统重量，最小 MWO 至少 475 瓦特，在 MWO 条件下功率对重量比率至少为 70W/lb。表 2 中所述 25.2V、28.0V 和 36.0V 锂离子供电单手使用无绳电动工具系统实施例也示于图 9。配备 28.0V 锂离子蓄电池组的钻机在 MWO 条件下具有 129W/lb 的最大功率对重量比率。

在总工具系统重量方面作为最接近的比较示例，并参照表 2，适配传统 18V 镍镉蓄电池组的单手电动工具（诸如表 2 中 DC987 型钻机）单独重量为 3.54 磅。注意，DC987 型也可以任选用作双手工具，因为其除了传统手柄抓握件之外还包括侧手柄。但是，该钻机包括在进行重量比较的单手工具中。对于总工具系统重量为 5.9 磅时，该 18V 镍镉蓄电池组重量为 2.36 磅。在该示例中，根据示例实施例的 25.2V 锂离子池组重量为 2.0 磅。18V 钻机“空工具”重量对于 DC987 型和 25.2V 锂离子池组的工具来说都是 3.54 磅。对于示例单手电动工具系统来说，25.2V 锂离子池组比 18V 镍镉供电的相同型号传统无绳工具重量轻 0.36 磅，同时提供基本上更大的功率输出。

因此，带有 25.2V 池组的无绳电动工具系统实现了计算所得 MWO=608W，而带有 18V 镍镉池组的相同单手使用无绳电动工具

MWO=420W。参照图 9，容易辨别出功率对重量比率的改进：对于 18V 镍镉和 25V 锂离子电池组给定常量空工具重量，在 MWO 条件下为 110W/lb 对 71W/lb。对于基本上相同的总系统重量来说，这表示由高功率低重量锂离子电池组供电的单手使用工具系统的功率对重量比率提高了约 55%。

再参照表 2，在蓄电池组的标称电压额定值方面作为最接近的比较示例，由 18V 镍镉供电的单手电动工具（DC759 型或 DC959 型）在 385 瓦特的 MWO 条件下可以实现功率对重量比率为 74W/lb。由 25.2V 锂离子电池组供电的单手电动工具（此时总系统重量比 DC759 型或 DC959 型重 0.34 磅）在 608 瓦特的 MWO 条件下可以实现功率对重量比率为 110W/lb。

图 10 是带有传统蓄电池组的无绳双手电动工具、双手有绳电动工具和带有根据本实用新型示例实施例的锂离子电池组的无绳双手电动工具的最大功率输出对工具重量的曲线图。图 10 中的轴与图 9 中相同。

在另一个比较示例中，对带有传统镍镉蓄电池组的双手使用电动工具、双手使用有绳电动工具以及带有根据本实用新型示例实施例的高功率锂离子电池组的双手使用电动工具进行了评估。表 3 图示了评估数据，以产生图 10 的曲线。类似于表 2，用于有绳和传统无绳工具的数据采自现有型号的 DEWALT 无绳和 AC 有绳往复锯，而且为了比较示出了所选型号的单纯工具重量和单纯蓄电池组重量。

对于示例无绳电动工具系统实施例中的 25.2V 锂离子电池组来说，往复锯工具重量为 4.74 磅（与 DC385 型往复锯相同），而池组重量为 2.00 磅。带有 28V 锂离子电池组的无绳往复锯总系统重量约为 8.00 磅（池组重量 2.02 磅）且 MWO 为 680 瓦特。配置有 36V 锂离子电池组的示例无绳往复锯针对两种不同 36V 锂离子池组进行了分析。往复锯空工具重量为 5.78 磅，36V 池组“A”重 2.4 磅，而 36V 池组“B”重 2.91 磅。与针对图 9 所讨论的内容相同，锂离子电池组 A 和 B 之间的重量差异归因于蓄电池组中的电池单元构造。

而且，由锂离子电池组供电的示例工具系统的 MWO 承受 30 安培的电流极限。如上所述，30 安培的极限用作系统限制，以避免因示例锂离子电池组产生的过大电流而损坏工具马达和相关齿轮。

表 3——无绳双手操作工具的功率、重量数据

池组电压	型号	单纯蓄 电池组 重 量 (磅)	单纯工 具重量 (磅)	系 统 重 量 (磅)	MWO (瓦特)	MWO 时 的 W/lb
14.4V 镍镉	DW937	1.92	4.08	6.00	288	48
18V 镍镉	DC385	2.36	4.74	7.10	385	54
24V 镍镉	DW006	3.30	5.40	8.70	570	66
AC 有绳	DW309	N/A	8.4	8.40	940	112
AC 有绳	DW304	N/A	7.0	7.00	820	117
25.2V Li	N/A	2.00	4.74	6.74	608	90
28.0V Li	N/A	2.02	5.98	8.00	680	85
36V Li-A	N/A	2.40	5.78	8.18	825	101
36V Li-B	N/A	2.91	5.78	8.69	825	95

现在参照图 10,传统有绳双手 AC 电动工具在系统重量介于约 7.0 至 8.4 磅之间的条件下,产生的 MWO 介于约 820 至 940 之间,因此实现的功率对重量比率介于约 112 至 117MWO/lb 之间。传统双手无绳电动工具重量介于约 6 至 8.7 磅之间,且产生的 MWO 约为 288 至 570。如表 3 和图 10 所示,传统双手无绳电动工具可以实现的功率对重量比率介于约 48 至 66MWO/lb 之间。

参照图 10,在功率输出至少为 575MWO 时,带有根据示例实施例的锂离子池组的双手无绳电动工具的功率对重量比率可以至少约为 70W/lb。图 10 还图示了配备有示例 25.2V、28V 和 36V 锂离子池组的工具的功率对重量比率。如表 3 和图 10 所示,在至少约为 600MWO 以上,重量介于约 6.7 至 8.7 磅之间的双手工系统重量可以实现至少 85W/lb 的功率对重量比率。在另一种示例中,由示例锂离子蓄电池组供电的双手无绳电动工具的功率对重量比率可以介于约 85 至 101W/lb 之间。

在比较总系统重量基本相同的工具系统的比较示例中,带有示例 25.2V 锂离子池组的双手无绳电动工具系统实现的功率对重量比率为 90W/lb,而带有 18V 镍镉池组的传统双手无绳电动工具系统为 54W/lb。在比较池组标称电压额定值相对相等的工具系统的比较示例中,由传统 24V 镍镉蓄电池组供电的双手电动工具在 MWO 条件下可以实现的功率对重量比率为 66W/lb。

由 25.2V 锂离子池组供电的双手电动工具(此时总系统重量比带有 24V 镍镉池组的双手工具轻约 1.66 磅)在 MWO 条件下可以实现的功率对重量比率为 90W/lb, 与带有传统镍镉池组的工具的 66W/lb 相对照。

图 11 是带有传统蓄电池组的无绳支撑使用电动工具、支撑使用有绳电动工具和带有根据本实用新型示例实施例的锂离子蓄电池组的无绳支撑使用电动工具的最大功率输出对总工具系统重量的曲线图。图 11 中的轴与图 9 和图 10 类似。

类似于表 2 和 3, 有绳和传统无绳工具的数据来自现有型号的 DEWALT 的无绳和 AC 有绳圆锯, 为了比较示出了所选型号的单纯工具重量和单纯蓄电池组重量。另外, 由锂离子池组供电的示例工具系统的 MWO 建立在 30 安培的电流极限基础上。对于 AC 有绳工具, MWO 计算为 15 安培\*120VAC\*工具马达效率额定值 0.6。这是基于通常 120VAC 电力线电流极限的实际额定值。对于无限电流源来说, 实际 MWO 将为 2200 瓦特。

在进一步的比较示例中, 对带有传统镍镉蓄电池组的支撑使用的电动工具、支撑使用的有绳电动工具以及配置有根据本实用新型示例实施例的高功率锂离子蓄电池组的支撑使用的电动工具进行了评估。对于 25.2V 锂离子池组来说, 圆锯工具重量为 6.04 磅, 而池组重量为 2.00 磅。对于 28V 锂离子池组来说, 圆锯工具重量为 6.68 磅, 而池组重量为 2.02 磅, 总系统重量为 8.7 磅。对示例 36V 无绳圆锯针对两种锂离子池组 A 和 B 进行了分析。36V 圆锯空工具重量为 7.50 磅, 36V 池组“A”重量为 2.4 磅, 36V 池组“B”重量为 2.91 磅。如针对图 9 所述, 锂离子蓄电池组 A 和 B 之间的重量差异归因于蓄电池组内的电池单元构造。

下表 4 图示了评估的数据, 以产生图 11 的曲线。

表 4——无绳支撑使用的电动工具功率、重量数据

池组电压	型号	单纯蓄电池组重量 (磅)	单纯工具重量(磅)	系统重量 (磅)	MWO (瓦特)	MWO 时的 W/lb
14.4V NiCd	DW935	1.92	4.88	6.80	288	42
18V 镍镉	DC390	2.36	6.34	8.70	385	44
18V 镍镉	DW 936	2.36	5.24	7.60	385	51

24V 镍镉	DW007	3.27	6.53	9.80	570	58
AC 有绳	DW364	N/A	12.30	12.30	1080	88
AC 有绳	DW368	N/A	9.50	9.50	1080	114
AC 有绳	DW369	N/A	9.80	9.80	1080	110
25.2V Li	N/A	2.00	6.04	8.04	608	76
28.0V Li	N/A	2.02	6.68	8.70	700	80
36V Li-A	N/A	2.40	7.50	9.90	880	89
36V Li-B	N/A	2.91	7.50	10.41	880	85

现在参照表 4 和图 11, 传统有绳支撑使用的工具重量介于约 9.5 至 12.3 磅之间, 产生的最大功率输出为 1080W, 在 MWO 情况下可以实现的功率对重量比率介于约 88 至 114W/lb 之间。传统支撑使用的无绳电动工具重量介于约 6.8 至 9.8 磅之间, 可以产生约 288 至 570 的 MWO, 在 MWO 情况下实现的功率对重量比率介于约 42 至 58W/lb 之间。25.2V 和 36.0V 单手使用的实施例也示于图 11 中。表 4 和图 11 还图示了支撑使用的工具诸如配置有示例 25.2V、28V 和 36V 锂离子电池组的圆锯的功率对重量比率。

如图 11 所示, 在至少为 600MWO 的最大功率输出情况下, 具有根据示例实施例的锂离子电池组的支撑使用的无绳电动工具功率对重量比率至少约为 70W/lb。在示例中, 带有锂离子电池组的支撑使用的无绳电动工具系统重量至少约为 8.0 磅, 在至少 700W/lb 的 MWO 情况下, 最小功率对重量比率至少为 70W/lb。对于重量介于约 8.0 至 10.4 磅之间的支撑工具来说, 在 MWO 情况下, 功率对重量比率范围约为 70-90W/lb。

带有锂离子电池组的支撑使用的工具与传统镍镉池组供电的支撑使用的工具之间的差别尤为明显。参照表 4, 对于总系统重量 (带有 36V 锂离子电池组的圆锯为 9.9 和 10.4 磅, 而带有 18V 镍镉池组的 DC390 型圆锯为 8.70 磅) 相对相等的最接近比较中, MWO 情况下的 W/lb 大致翻倍 (89W/lb 对 44W/lb)。对于大致相等的标称电压额定值来说, 由 25.2V 锂离子电池组供电的支撑使用的无绳圆锯 (此时总系统重量比带有 24V 镍镉池组的传统支撑使用的工具诸如 DW007 型圆锯少 1.76 磅) 在 MWO 情况下, 可以实现的功率对重量比率为 76W/lb, 相对于 24V 的 DW307 型圆锯的 58W/lb。

较之采用传统镍镉 (或 NiMH) 蓄电池组的无绳电动工具来说, 图 9-11 图示了采用本实用新型所述的示例锂离子电池组的无绳电动工具可以以相对



较小的重量，以显著更高的功率操作。因此，采用锂离子池组可以用一种人机工程学更有效的方式实现了高功率操作，原因在于具有镍镉(和/或 NiMH) 电池单元化学特性的蓄电池组在 24V 以上的时候是人机工程学不利的，归因于随着密度比锂离子池单元高得多的电池单元增多，重量也增加。

为无绳电动工具实现更高功率的蓄电池组诸如 36V 池组的另一项潜在优势在于，给定安培值条件下可以得到更多的功率输出，原因在于带有额定值更高的蓄电池组的工具所固有的  $I^2R$  热损失减小（热损失可以由电流的平方乘以阻抗来表示）。因此，这样会得到运行时间更长的更为有效的无绳电动工具。

图 12 是 18V 和 36V 蓄电池组电流抽取 (draw) 对功率输出的曲线图，而图 13 是图示了以理论 36V 蓄电池组供电的工具的运行时间改进，与理论 18V 蓄电池组供电的工具相比较来说。

这种分析中并未考虑蓄电池组的化学特性，因为这种分析用来显示 18V 和 36V 两种池组（与化学特性相独立）的运行时间特性。为了比较，使用相同的内阻和池组容量特性对 18V 和 36V 蓄电池组的电流对功率输出和运行时间进行分析：池组内阻为 0.15 欧姆，（工具中）马达内阻为 0.06 欧姆，而池组容量为 2.4A-hr。

这种分析是用来图示无绳工具采用电压更高的蓄电池组时的好处。参照图 12 和 13，对于相同的功率输出，带有 36V 蓄电池组的工具抽取更少的电流。因此，带有 36V 功率池组的工具的  $I^2R$  热损失小于带有 18V 池组的工具。

例如，在 300W 功率输出时，带有 18V 池组的工具抽取的电流约为 22.6 安培，而 36V 工具约为 8.8 安培。因此，对于 300W 的输出来说，与带有 18V 池组的工具相比，带有 36V 池组的工具可以实现运行时间延长超过 2.5 倍。下表 5 图示了这种分析得出的数据，并示出了不同功率水平条件下 18V 和 36V 池组的电流（单位为安培）和运行时间（单位为小时）。此外，最右边的那一列表示 36V 池组比 18V 池组运行时间延长的百分比。

表 5——18V 与 36V 功率源比较

功率(瓦特)	18V 池组的电流 (安培)	36V 池组的电流 (安培)	18V 池组的运行时间 (小时)	36V 池组的运行时间 (小时)	36V 对 18V 延长的百分比 (%)

10	0.559204	0.278229	257.5089676	517.5586345	201%
20	1.1259	0.557368	127.8976386	258.35726	202%
30	1.700399	0.837424	84.68599764	171.9558765	203%
40	2.283032	1.118408	63.0740281	128.7544838	204%
50	2.874153	1.400328	50.1017121	102.8330819	205%
60	3.474146	1.683193	41.4490302	85.55167057	206%
70	4.083423	1.967014	35.26453274	73.20739261	208%
80	4.702427	2.251801	30.62248245	63.94881931	209%
90	5.331641	2.537562	27.00856852	56.74737913	210%
100	5.971587	2.824309	24.1149204	50.98592907	211%
110	6.622834	3.112051	21.74295921	46.27174174	213%
120	7.286001	3.400798	19.76392771	42.34299882	214%
130	7.96177	3.690563	18.08643144	39.01844144	216%
140	8.650886	3.981354	16.6456944	36.16859894	217%
150	9.354173	4.273184	15.39419869	33.69852612	219%
160	10.07254	4.566063	14.29628921	31.53701405	221%
170	10.80701	4.860003	13.32468209	29.6296088	222%
180	11.55871	5.155016	12.45813655	27.93395729	224%
190	12.32891	5.451113	11.67986135	26.41662283	226%
200	13.11906	5.748307	10.97639856	25.05085605	228%
210	13.93078	6.046609	10.33682538	23.81500265	230%
220	14.76594	6.346032	9.752172533	22.69134545	233%
230	15.62671	6.646589	9.214992865	21.66524849	235%
240	16.51559	6.948293	8.719036005	20.7245151	238%
250	17.43553	7.251157	8.258998537	19.85890006	240%
260	18.39003	7.555195	7.830328448	19.0597343	243%
270	19.38332	7.860419	7.429068276	18.31963302	247%
280	20.42054	8.166846	7.051725049	17.63226637	250%
290	21.50808	8.474488	6.695157031	16.99217756	254%
300	22.65409	8.78336	6.35646753	16.39463732	258%

310	23.86914	9.093477	6.032894125	15.83552661	262%
320	25.16745	9.404855	5.721675806	15.31124122	268%
330	26.56892	9.717508	5.419866011	14.8186138	273%
340	28.10292	10.03145	5.124022593	14.35484959	280%
350	29.81613	10.34671	4.82960069	13.91747319	288%
360	31.79148	10.66328	4.529516003	13.50428426	298%
370	34.20671	10.9812	4.209699975	13.11332026	312%
380	37.64074	11.30048	3.825642359	12.74282522	333%
381	38.11911	11.33248	3.777633047	12.7068394	336%
382	38.65154	11.3645	3.725595174	12.67104091	340%
383	39.26198	11.39653	3.667670015	12.63542826	345%
384	40	11.42857	3.6	12.6	350%
385	41.01287	11.46063	3.511093403	12.5647547	358%
386	-	11.4927	-	12.52969094	-
387	-	11.52479	-	12.4948073	-
388	-	11.55689	-	12.46010239	-
389	-	11.589	-	12.42557483	-
390	-	11.62113	-	12.39122325	-
391	-	11.65327	-	12.35704631	-
392	-	11.68543	-	12.32304267	-
393	-	11.7176	-	12.28921099	-
394	-	11.74978	-	12.25554998	-
395	-	11.78198	-	12.22205833	-
396	-	11.81419	-	12.18873476	-
397	-	11.84641	-	12.15557799	-
398	-	11.87865	-	12.12258678	-
399	-	11.91091	-	12.08975986	-
400	-	11.94317	-	12.05709602	-
401	-	11.97546	-	12.02459402	-
402	-	12.00775	-	11.99225266	-

403	-	12.04006	-	11.96007074	-
404	-	12.07239	-	11.92804707	-

在表 5 中，由理论 18V 池组（化学特性独立）供电的工具因抽取的电流在 40 安培以上而无法提供超过约 385W。在该电流抽取值以上，蓄电池组和/或工具马达中产生的热损失超过了转动马达所需的能量。因此，对于 300W 的输出来说，较之带有 18V 池组的工具而言，带有理论 36V 池组的无绳工具可以实现运行时间方面几乎 260% 的改善。而且，较之 18V 池组来说，36V 池组的电流抽取值越低，加上电压越高，则使得该蓄电池组产生越高的功率。如以下所示，较之具有镍镉化学特性的传统 18V 蓄电池组来说，由本实用新型所述示例锂离子蓄电池组供电的无绳电动工具可以实现运行时间加倍或者更大的延长。

图 14-20 图示了根据本实用新型另外示例实施例的一组无绳户外电动工具。在图 14-20 所示每一种无绳户外电动工具中，所述无绳户外电动工具最大功率输出（MWO）为 475 瓦特或者更大，且图 14-20 所示的一种或多种示例工具的功率输出对重量的比率为 70W/lb 或更大，类似于上面表 2-4 中所述。在另一种示例中，图 14-20 所示一种、多种或全部户外电动工具的功率输出对重量比率介于约 76 和约 129W/lb 之间，与表 2-4 所示数据一致。

另外，图 14-20 所示每一种无绳户外电动工具具有内设电流极限。电流极限的一种示例可以为 60 安培的电流极限，但是示例实施例并不局限于此，电流极限也可以是其他的设定电流，诸如 30 安培、40 安培、50 安培或甚至超过 60 安培，取决于该无绳户外电动工具中马达的效率以及系统部件的结实程度。

图 14-20 所示每一种无绳户外电动工具包括至少一个（或多个）蓄电池组，每个池组包含多个锂离子电池单元。在一种示例中，单个池组的多个锂离子电池单元为该无绳户外电动工具中的马达组件提供约 28V 或更高的标称电压。在另一种示例中，具有锂离子电池单元的单个蓄电池组为各个电动工具的马达提供约 36V 的标称电压。在图 14-20 所示的每一种户外电动工具中，单个蓄电池组是可互换的。在一个示例中，马达可以是 DC 马达。在另一种示例中，马达可以是通用马达，在 AC 电压或 DC 电压下运行。

此外，图 14-20 所示的这一组户外无绳电动工具可以配置有至少一个锂离子蓄电池组，该蓄电池组标称电压超过 36V，诸如 40V、42V 或例如 36V

以上直到 50V 范围内的任何标称电压。蓄电池组重量从约 2.0 磅的低值（对于 28V 锂离子的蓄电池组来说）直到对于 36V 蓄电池组的约 2.9 磅，或者更大。因此，以下针对图 14-20，更为详细地解释所述系统的具体户外电动工具。

而且，单个锂离子蓄电池组可以与图 14-20 所示的一种、一些或每一个示例户外电动工具互换。而且，可以在图 14-20 所示的一种、一些或每一种示例户外电动工具中可拆卸地一次安装多个锂离子蓄电池组。

图 14 图示了根据示例实施例的无绳链锯。链锯 1400 包括工具壳体，一般在 1420 处表示。在工具壳体 1420 中包括马达组件，一般在 1416 处表示，以及包括传动组件，一般在 1418 处表示。在示例中，传统组件 1418 包括许多齿轮和/或衔接的旋转部件，正如链锯领域中熟知的那样。链锯 1400 包括后手柄 1425 和前手柄 1427。链锯 1400 还包括储油罐 1430，其位于传统组件 1418 之后，用于存储链条油，正如已知的那样。链锯 1400 进一步包括制动器 1440，位于前手柄 1427 之前，防止倒转，正如链锯领域所熟知的那样。

此外，链锯 1400 包括链杆 1450，其从壳体 1420 延伸。链杆 1450 连接到工具壳体 1420 并包括可旋转的链条 1460，其具有多个互联的切割齿联杆。链条 1460 连接到传动组件 1418 的减速齿轮（未示出），正如链锯领域已知的那样。链锯 1400 的操作和切割是熟知的，因此为了简洁，本实用新型省略对其详细说明。

而且，无绳链锯 1400 包括可拆卸的蓄电池组 1426。蓄电池组 1426 可以具有导轨类型的端子布置，诸如例如图 6B 和 6C 所示，并啮合工具壳体 1420 上的相应端子块。蓄电池组 1426 包括多个锂离子电池单元，并且可以配置成为马达组件 1416 中的马达（诸如 DC 马达，未示出）提供至少 28V 的电压。在另一种示例中，蓄电池组 1426 可以提供约 36V 或更高的标称电压来驱动链锯 1400。

链锯 1400 的总系统重量可以根据链杆长度、为链锯 1400 设计的期望效率、蓄电池组 1426 的重量以及为标称 36V 以上更为强力的锂离子蓄电池组 1426 而添加到传动组件 1418 内的任何更多耐用传动构件的重量增加而改变。例如，链杆 1450 的链条长度可以为介于约 12 英寸到 20 英寸长度范围的任何值，而蓄电池组 1426 的重量约为 2.0 至 2.9 磅。

因此，链锯 1400 总工具系统重量可以介于约 8.0 至 13.0 磅之间。例如，

在配置有至少 28V 蓄电池组的情况下,总工具系统重量介于约 8 至 9 磅之间的链锯 1400 的最大瓦特输出 (MWO) 介于约 700 至 800 瓦特之间。在配置有 36V 锂离子蓄电池组或超过标称 36V 锂离子蓄电池组的情况下,链锯 1400 通过 DC 马达可以实现的 MWO 超过 900W。总系统重量介于约 10 至 12 磅之间、带有 36V 池组 1426 (或标称电压超过 36V 的锂离子蓄电池组 1426) 的结构更重的链锯 1400 具有的 MWO 介于约 900 至 1200W 之间。在任何情况下,链锯 1400 的最大功率输出至少为 700W,且功率输出对重量的比率为 75W/lb 或更大。

图 15-20 图示了根据示例实施例的其他示例无绳户外电动工具。图 15 图示了根据示例实施例的无绳硬面清扫机,还已知为吹风机 1500。吹风机 1500 包括工具壳体 1520、马达组件 1516,并具有连接于其上的锂离子蓄电池组 1526。吹风机 1500 包括手柄 1525 和连接到壳体 1520 的吹风机臂 1550。吹风机 1500 总工具系统重量介于约 5.5 至 6.0 磅之间,并可以提供至少约 120mph 的最大空气速度。吹风机 1500 的马达组件 1516 中的 DC 马达的 MWO 至少为 475W。

图 16 图示了根据示例实施例的无绳线式剪草机。剪草机 1600 包括手柄壳体 1618,其具有后手柄 1625 和连接于此并包含多个锂离子电池单元的可拆卸蓄电池组 1626。蓄电池组 1626 可以具有导轨类型的端子布置诸如例如图 6B 和 6C 所示,并啮合工具壳体 1620 上相应的端子块。

在一种示例中,蓄电池组 1626 配置成向位于延伸杆 1628 远端的工具壳体 1620 内的马达组件 1616 的 DC 马达提供至少 28V 的标称电压,所述延伸杆将手柄壳体 1618 连接到工具壳体 1620 并将蓄电池组 1626 电连接到马达组件 1616 的 DC 马达。在另一种示例中,锂离子蓄电池组 1626 可以具有约 36V 或更大的标称电压。延伸杆 1628 上具有前手柄 1627。其上携带切割线的线轴 1630 连接到工具壳体 1620。线轴 1630 被保护罩 1635 遮盖。

剪草机 1600 总工具系统重量介于约 7.0 至 7.6 磅之间,且剪草机 1600 配置成最小以 6800 转每分 (rpm) 的速度旋转线轴 1630。无绳线式剪草机 1500 的马达组件 1616 中的 DC 马达的 MWO 至少为 550W,其中该剪草机配置有向 DC 马达提供至少 28V 标称电压的锂离子蓄电池组。

图 17 图示了根据示例实施例的无绳草坪剪边机。草坪剪边机 1700 包括位于延伸杆 1728 远端的工具壳体 1720,所述延伸杆将工具壳体 1720 连接到

手柄壳体 1717, 手柄壳体包括后手柄 1725 并具有连接于其上的锂离子蓄电池组 1726。工具壳体 1720 容纳马达组件 1716 和传动组件 1718。

蓄电池组 1726 可以具有导轨类型的端子布置, 并配置成向马达组件 1616 的 DC 马达提供至少 28V 的标称电压。在另一种示例中, 蓄电池组 1626 可以具有约 36V 或更大的标称电压。

延伸杆 1728 上包括前手柄 1727。工具壳体 1720 还具有连接于其上的剪边刀片组件 1730。保护性的刀片罩 1735 设置在刀片组件 1730 的旋转刀片(未示出)上方, 所述旋转刀片在一种示例中可以包括直径介于约  $6\frac{3}{4}$ " 至  $7\frac{1}{2}$ " 之间的锯片。工具壳体 1720 进一步具有后轮组件 1732 和连接于其上的前自位轮 (forward caster wheel) 1734。

剪边机 1700 可以提供最少 150in-lb 的扭矩, 并配置成以最小 4700rpm 或更大的速度旋转刀片。剪边机 1700 总工具系统重量介于约 12.4 至 13.0 磅之间。无绳草坪剪边机 1700 的马达组件 1726 中 DC 马达的 MWO 至少为 900 瓦特, 其中所述剪边机配置有向 DC 马达提供至少 28V 标称电压的锂离子蓄电池组 1726。

图 18 图示了根据示例实施例的无绳电动螺旋钻机 (augar)。螺旋钻机 1800 包括工具壳体 1820、马达组件 1816 和传动组件 1818。杆延伸部 1828 从传动组件 1818 处的工具壳体 1820 延伸并终止于螺旋钻刀片组件 1830。螺旋钻机 1800 包括一对手柄 1825 和锂离子蓄电池组 1826, 如图所示。如上所述, 蓄电池组 1826 可以具有导轨类型的端子布置, 且配置成向马达组件 1816 中的 DC 马达提供至少 28V 的标称电压。在另一种示例中, 蓄电池组 1826 可以具有约 36V 或更高的标称电压。螺旋钻机 1800 总工具系统重量约为 10.0 磅。无绳螺旋钻机 1800 马达组件 1816 中 DC 马达的 MWO 至少为 700 瓦特或者更大, 其中所述的螺旋钻机配置有向 DC 马达提供至少 28V 标称电压的锂离子蓄电池组 1826。

图 19 图示了根据示例实施例的无绳树篱修剪机。树篱修剪机 1900 包括工具壳体 1920, 其包住马达组件 1916 和传动组件 1918。蓄电池组 1926 连接到工具壳体 1920, 从而向马达组件 1916 内的 DC 马达提供 28V 或更大的标称电压。如上所述, 蓄电池组 1926 可以具有导轨类型的端子布置, 并且在另一种示例中包括多个提供约 36V 或更大标称电压的锂离子电池单元。修剪机横条 1950 连接到工具壳体 1920, 且其上包括多个切割齿 1960。

树篱修剪机重量约为 6.4 至 7.0 磅，并配置成提供每分钟至少 2800 或更大的切割冲程。修剪机横条 1950 的横条长度可以介于约 19 和 24 英寸之间。树篱修剪机 1900 的马达组件 1916 中的 DC 马达，如果配置有提供至少 28V 标称电压的锂离子蓄电池组 1926，则配置成提供至少 550W 或更大的 MWO。

图 20 图示了根据示例实施例的无绳高枝锯。高枝锯 2000 包括手柄壳体 2017，带有后手柄 2025，锂离子蓄电池组 2026 连接到该后手柄。蓄电池组 2026 包括配置成向收容于工具壳体 2020 的马达组件 2016 中的 DC 马达提供至少 28V 标称电压的多个锂离子蓄电池组，位于高枝锯 2000 的远端。在另一种示例中，蓄电池组 2026 具有约 36V 或更大的标称电压。蓄电池组 2026 提供每次充电最少切割 100 次 1 $\frac{1}{2}$ ”松枝的能力，而在另一种示例中可以提供每次充电切割 200 次或更多次。

工具壳体 2020 包住马达组件和传动组件（一般分别在 2016 和 2018 处示出）。工具壳体 2020 连接到下杆部件 2032 远端，该下杆部件的近端经由阳螺纹连接器 2038 和阴螺纹接收器 2040 布置将工具壳体 2020 连接到附加在手柄壳体 2017 上的上杆部件 2031 或连接到中间延伸杆 2028，如图 20 中的虚线所示。上杆部件 2031 上包括抓握手柄表面 2027。中间延伸杆 2028 使可用的总杆长达到至少 10 英尺，从而达到过高的树枝。

链杆 2050 连接到工具壳体 2020，并包括可旋转的链条 2060，其上具有多个互联切割齿联杆。链条 2060 连接到工具壳体 2020 中传动组件 2018 的减速齿轮（未示出），正如链锯领域已知的那样。锯切操作和切割是众所周知的，因此为了简洁省略对其详细说明。高枝锯 2000 配置成以最小 375 转每分钟的速度旋转链条 2060。

高枝锯 2000 总工具系统重量介于约 7.6 至 8.1 磅之间。如果配置有提供至少 28V 标称电压的锂离子蓄电池组 1926，则高枝锯 2000 马达组件 2016 中的 DC 马达可获得的 MWO 至少为 600W。

比较运行时间的分析：双手使用的无绳电动工具

在由表 4 中 36V 锂离子池组 A 供电的无绳冲击钻机和 18V 镍镉蓄电池组供电的 DEWALT 988DC 型无绳冲击钻机之间进行主要双手使用的无绳电动工具比较分析。如下所述，全部比较分析中与不同工具一起使用的 18V 镍镉蓄电池组是 DWALT 18VXRP<sup>TM</sup> 蓄电池组，型号为 DC9096。每个池组在测试前完全充满。测试包括沿着 2 英寸乘 10 英寸（2X10）黄松板的长度钻



1”深的螺旋孔，用来判断在蓄电池组电力失效需要充电为止能钻多少个孔。带有 36V 锂离子池组 A 的冲击钻机钻了 183 个孔，而 18V 的 DC988 型无绳冲击钻机钻了 77 个孔。这表示 36V 冲击钻机相对于 18V 镍镉池组供电的冲击钻机实现了运行时间延长约 238%。

对于双手使用的无绳电动工具的另一个比较分析是在由表 4 中 36V 锂离子池组 A 供电的无绳往复锯和由 18V 镍镉蓄电池组（DEWALT 型号 9096）供电的 DEWALT 的 DC385 型无绳往复锯之间进行的。每个池组在测试前完全充满。测试包括横切 2 英寸乘 4 英寸（2X4）黄松板，来判断直到蓄电池组电力失效需要充电之前能切开多少道。带有 36V 锂离子池组的往复锯切了 183 道，而 18V 的 DC385 型无绳往复锯切了 74 道。这表示 36V 往复锯相对于传统 18V 镍镉池组供电的往复锯实现了运行时间延长约 247%。

运行时间比较分析：支撑使用的无绳电动工具

利用表 4 中 36V 锂离子池组 A 供电的无绳圆锯和 18V 镍镉蓄电池组（DEWALT 型号 9096）供电的 DEWALT 的 DC390 型无绳圆锯进行支撑使用的无绳电动工具比较分析。每个池组在测试前完全充满。测试包括横切 2X10 的黄松板，来判断直到蓄电池组电力失效需要充电为止能切多少道。带有 36V 锂离子池组 A 的圆锯切了 92 道，而 18V 的 DC390 型圆锯切了 38 道。这表示 36V 圆锯相对于传统 18V 镍镉池组供电的圆锯实现了运行时间延长约 242%。

另一项对于支撑使用的工具的比较分析在表 4 中 36V 锂离子池组 A 供电的无绳竖锯和 18V 镍镉蓄电池组（DEWALT 型号 9096）供电的 DEWALT 的 DC330 型无绳竖锯之间进行。每个池组在测试前完全充满。测试包括横切 3 米长的层压板，来判断直到蓄电池组电力失效需要充电为止，能穿过 3m 的层压板切多少道 3 米长的竖锯切口（切道）。带有 36V 锂离子池组 A 的竖锯穿过 3m 层压板长度切了 43.5 条切道，而 18V 的 DC330 数据切了 16.5 条切道。这表示 36V 竖锯相对于传统 18V 镍镉池组供电的竖锯实现了运行时间延长约 264%。

因此，如上所述，较之由具有 NiCd 和/或 NiMH 电池单元化学特性的传统蓄电池组供电的无绳工具来说，采用基于锂离子电池单元化学特性的高功率蓄电池组的无绳电动工具可以为这些工具带来效率和运行时间的显著改善。而且，重量更轻的高功率锂离子池组可以在总工具重量方面提供人机工

程学角度的显著改善，而且相对于传统蓄电池组实现了功率对重量比率的显著改善。

在无绳电动工具系统中使用重量减小、功率更高的锂离子蓄电池组，带来了工具系统其他部分的重量改善。例如，更轻的锂离子池组可以偏移工具系统的重心，这可以通过减小工具马达中马达磁体厚度（因此减小了重量）进行补偿，和/或减小工具中传动件和/或齿轮部件的累计或分布重量进行补偿，以谋求实现希望的工具系统总体平衡。

如表 5 所例述，基于相同的阻抗和池组容量特性，并由于锂离子池组更高的电压，相对于传统 NiCd 或 NiMH 蓄电池组来说，锂离子蓄电池组要求更小的电流来实现给定的功率。这样，更低的电流有利于减小载流部件，即整个工具系统中导线直径更小、热耗散部件诸如散热片更小、因更低电流下退磁影响减小而马达磁体更小等等。

很显然这样说明的本实用新型示例实施例可以以多种方式变化。例如，图 2、6B 和图 14-20 任一图所示的电动工具锂离子蓄电池组的端子块说明为配置有导轨类型的端子布置。但是，该电动工具和锂离子蓄电池组的端子块可以替代地布置成塔形布置，诸如例如图 2 和 3 所示。这种变化不应该认为是背离了本实用新型示例实施例的精神和范围，并且所有这种改动对于本领域技术人员都是明显的，因此应包括在所附权利要求书的范围内。

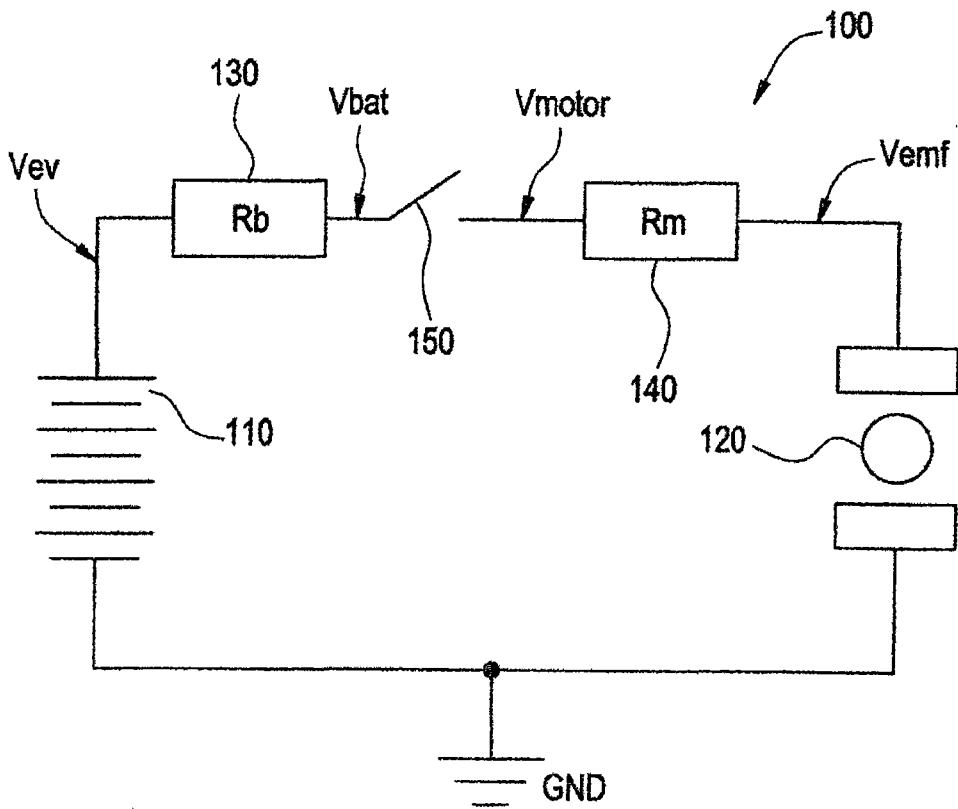


图 1

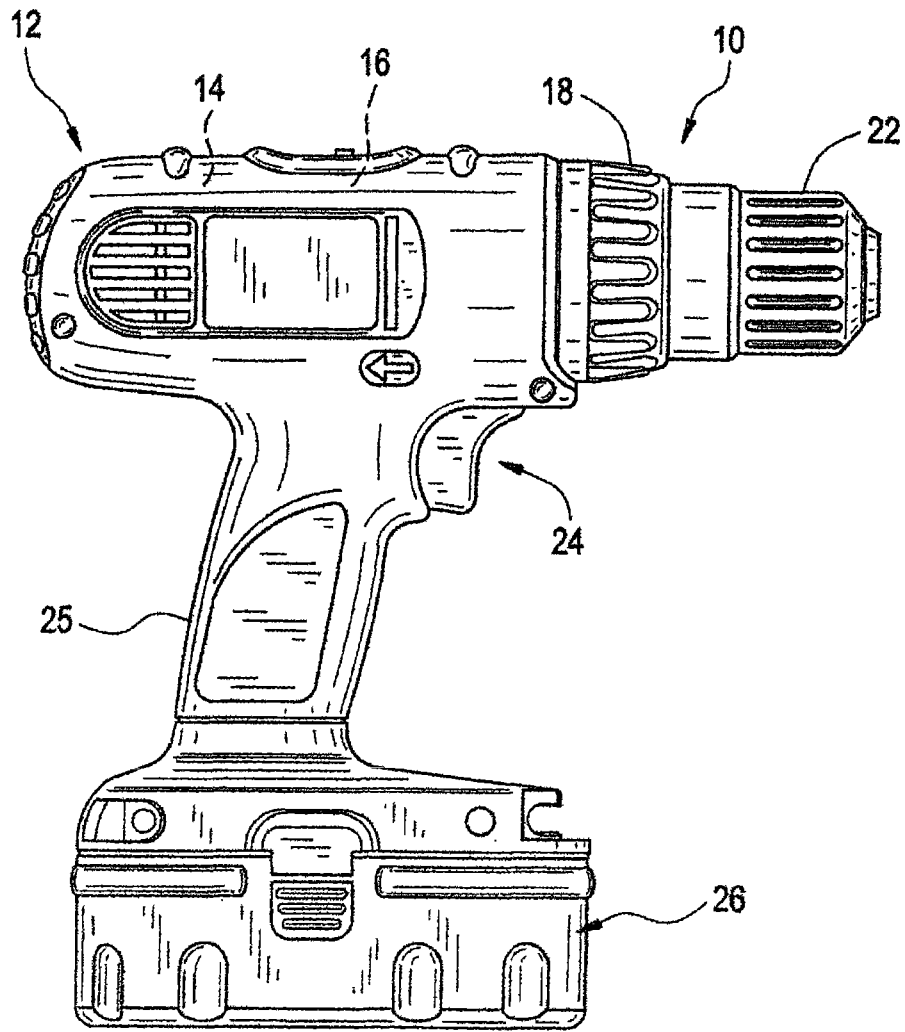


图 2

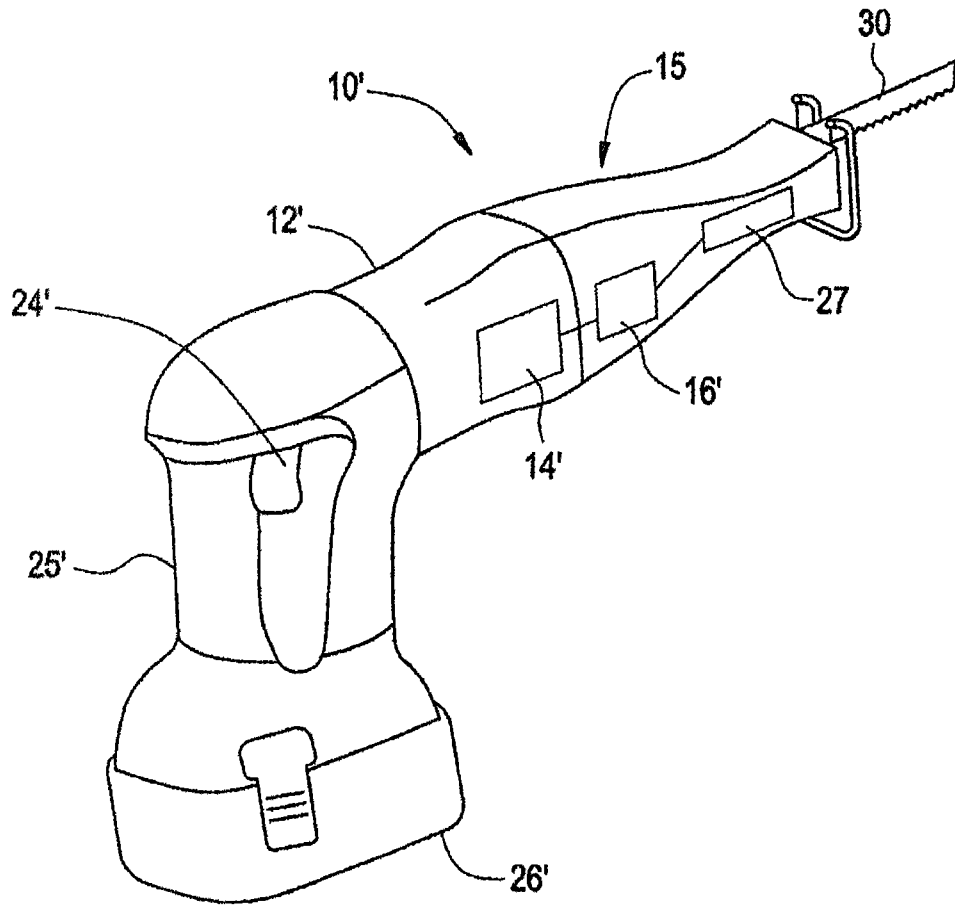


图 3

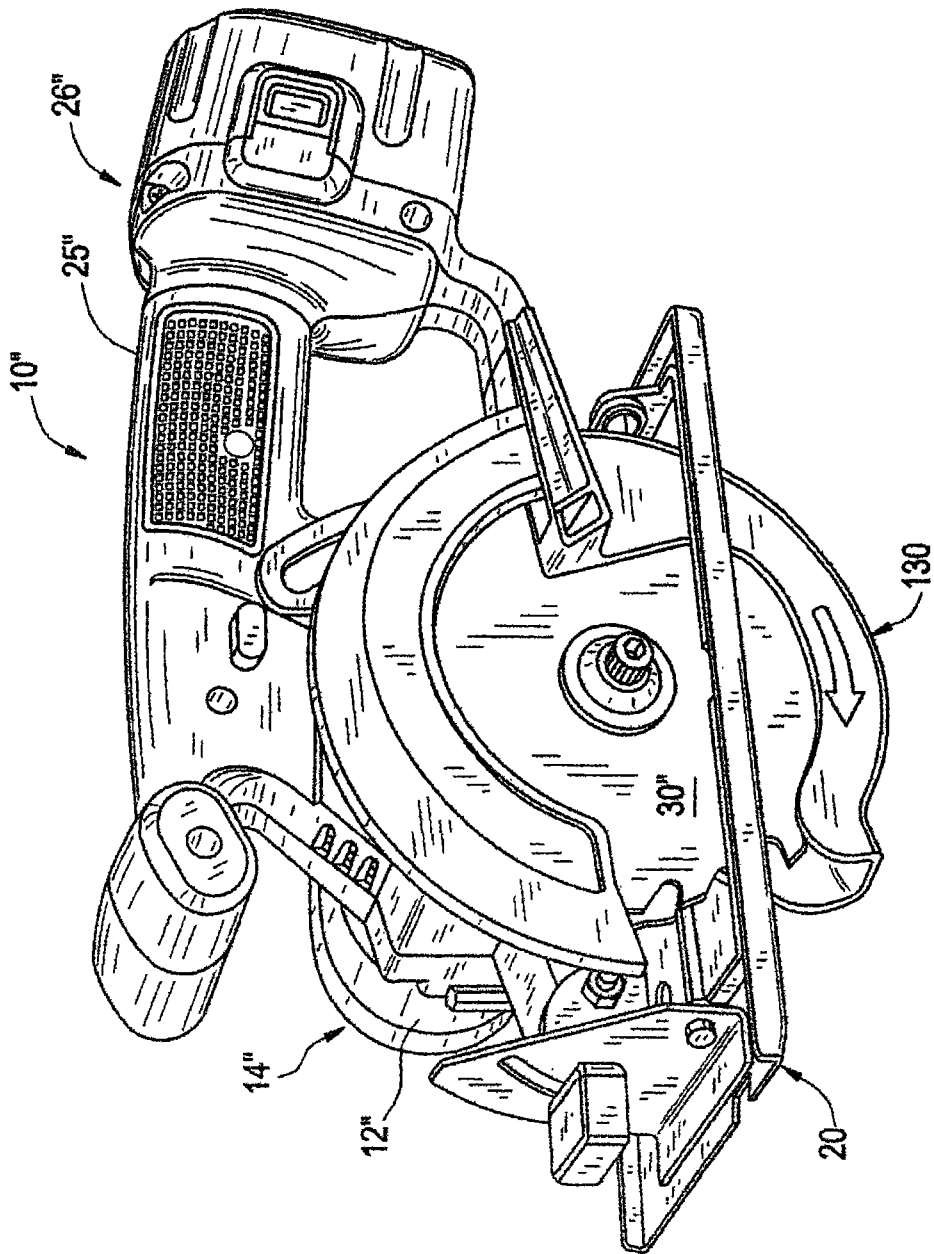


图 4

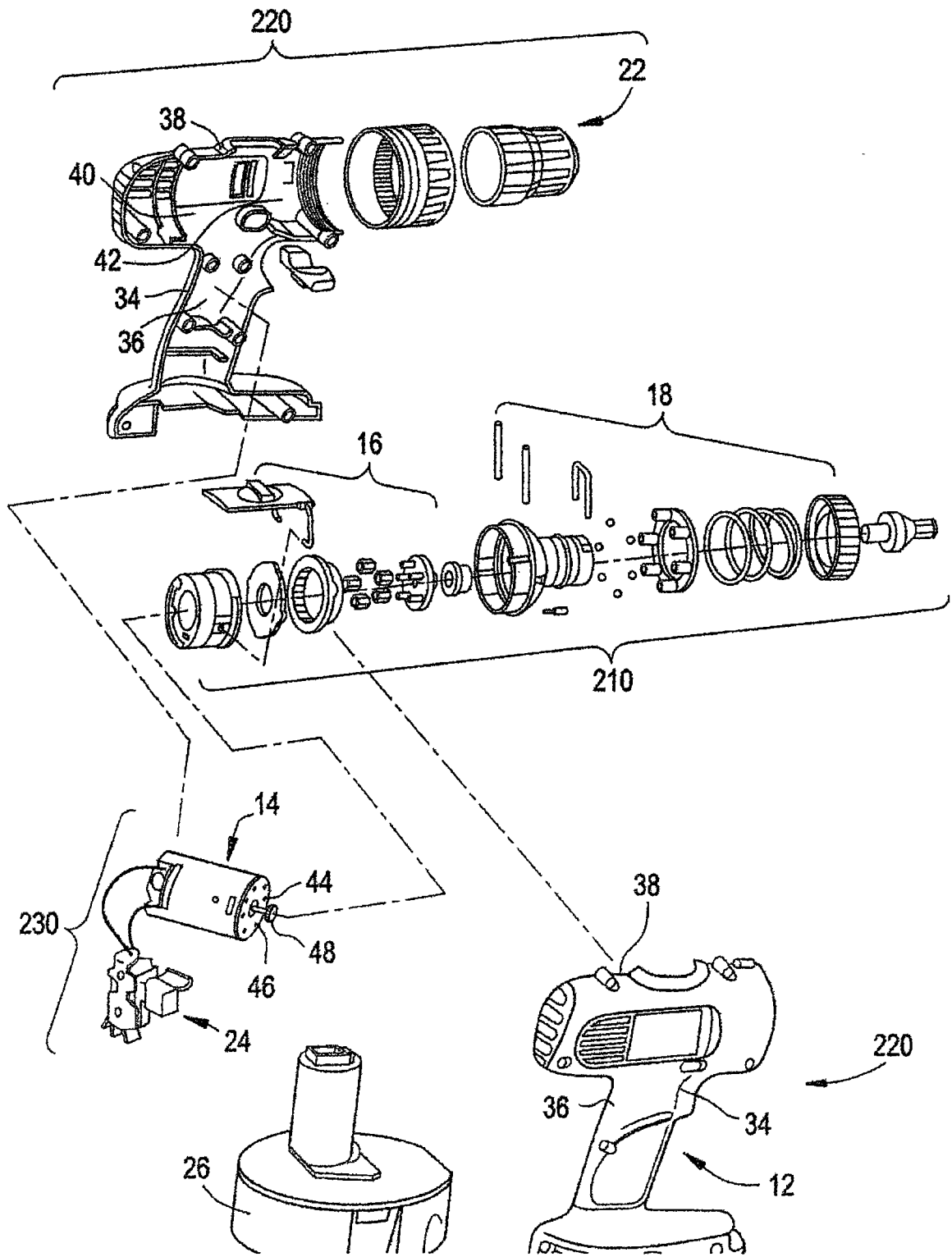


图 5

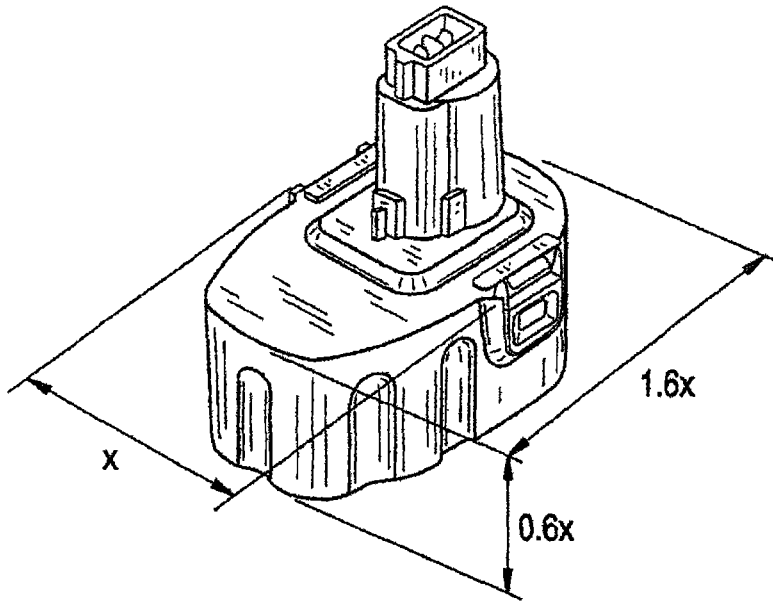


图 6A

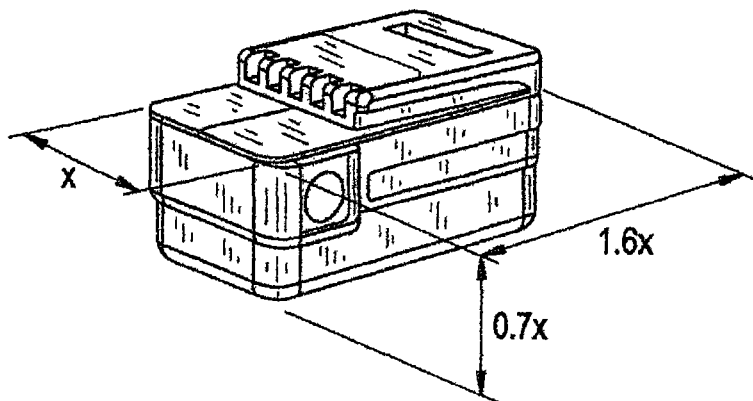


图 6B

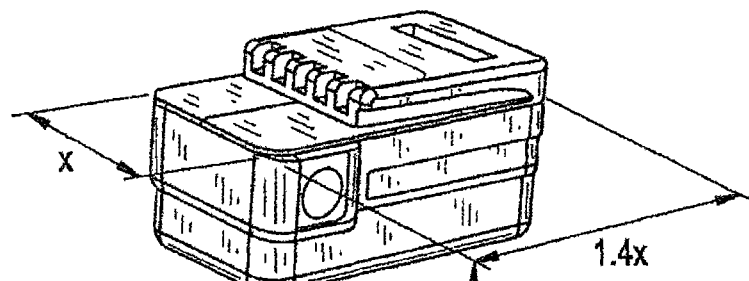


图 6C



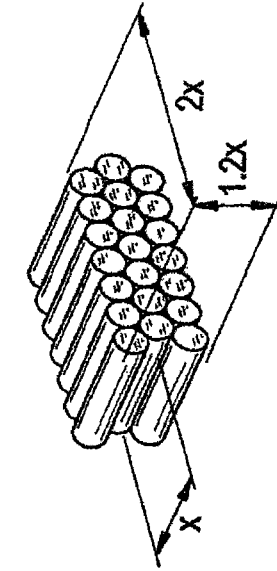


图 7B

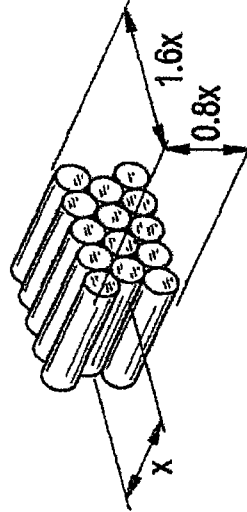


图 8B

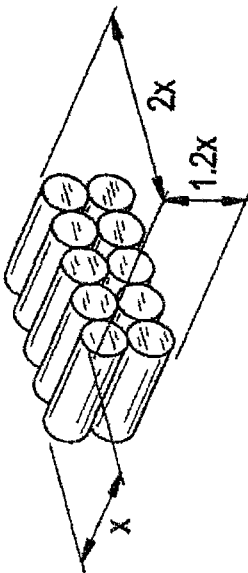


图 7A

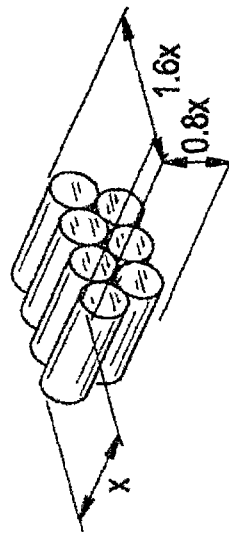


图 8A

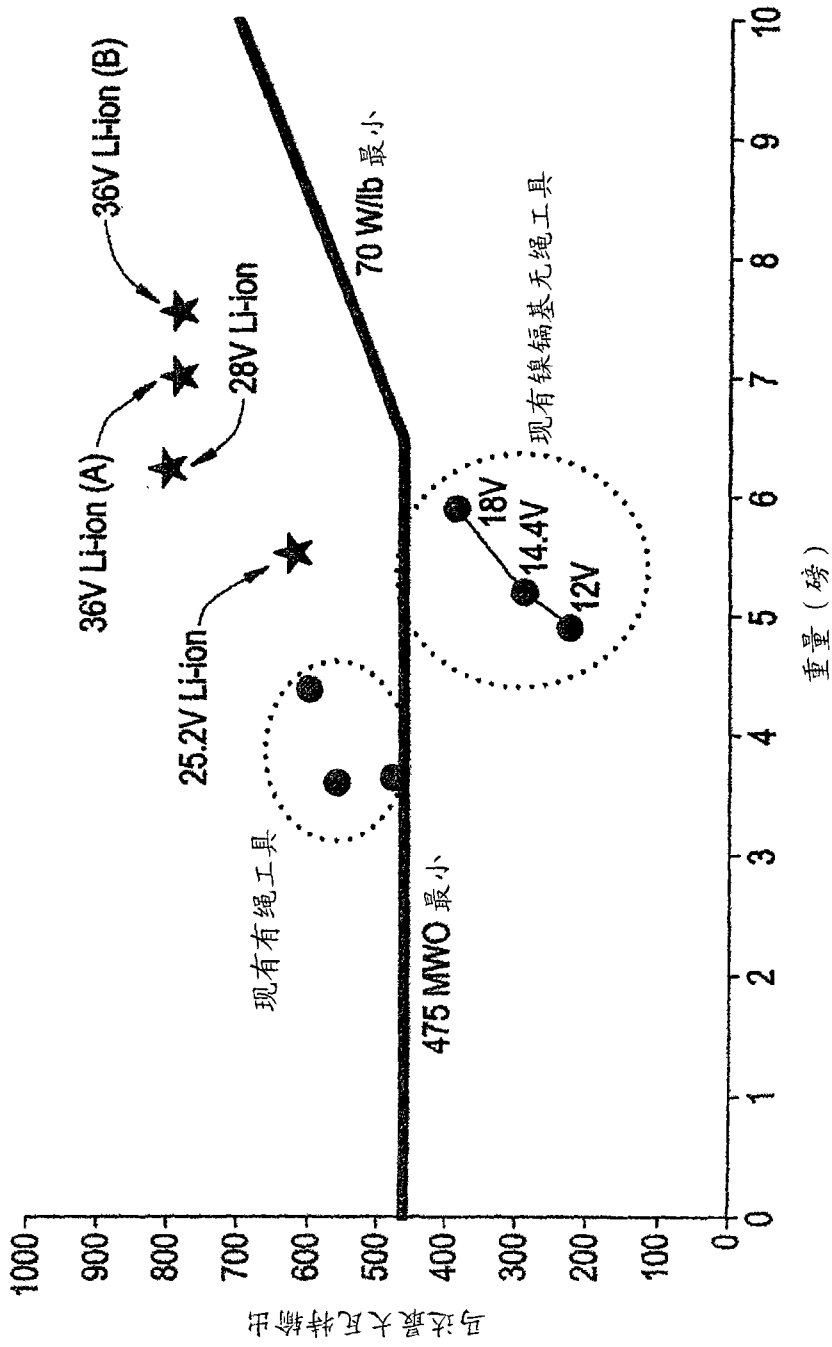


图 9

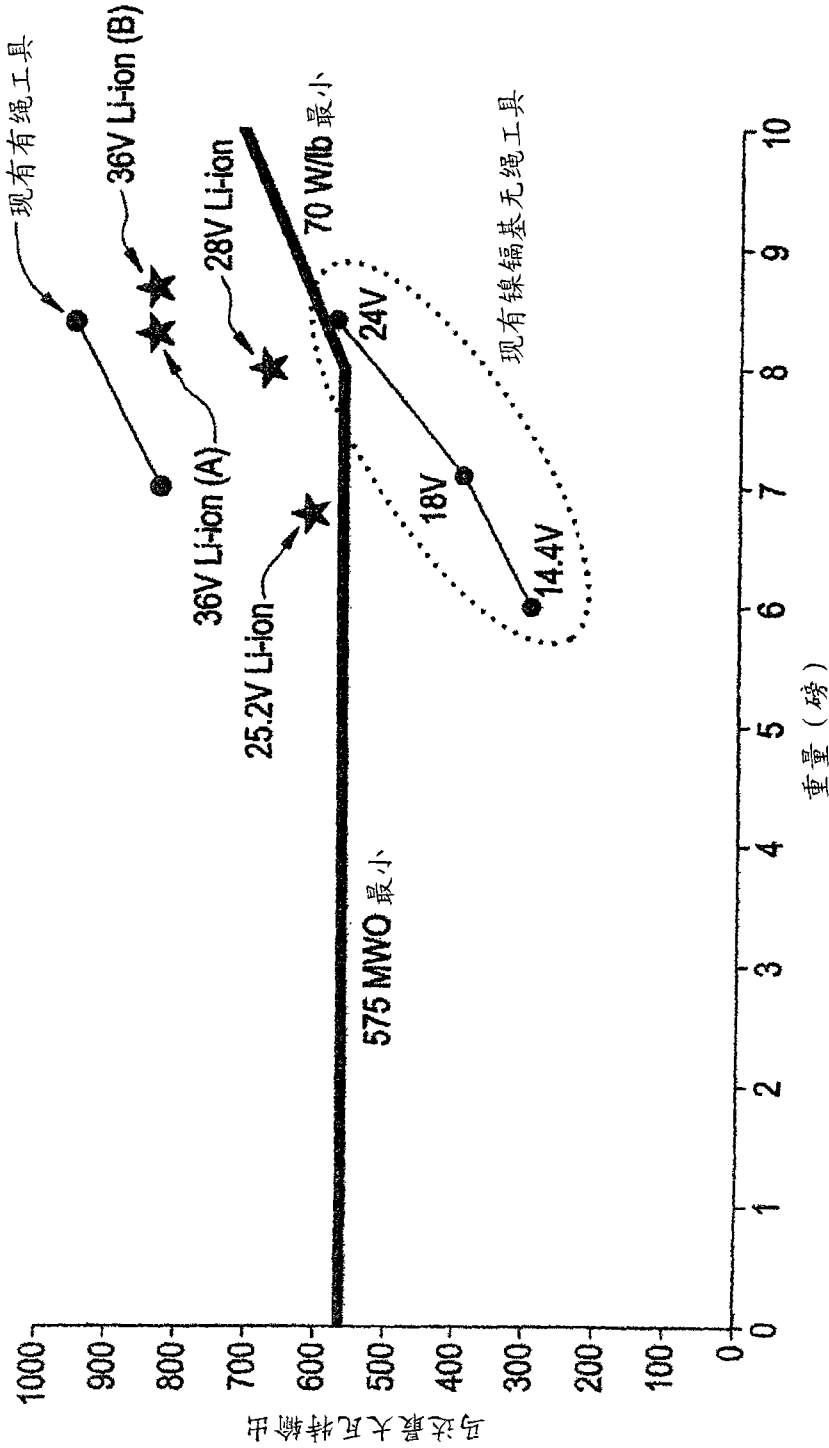


图 10

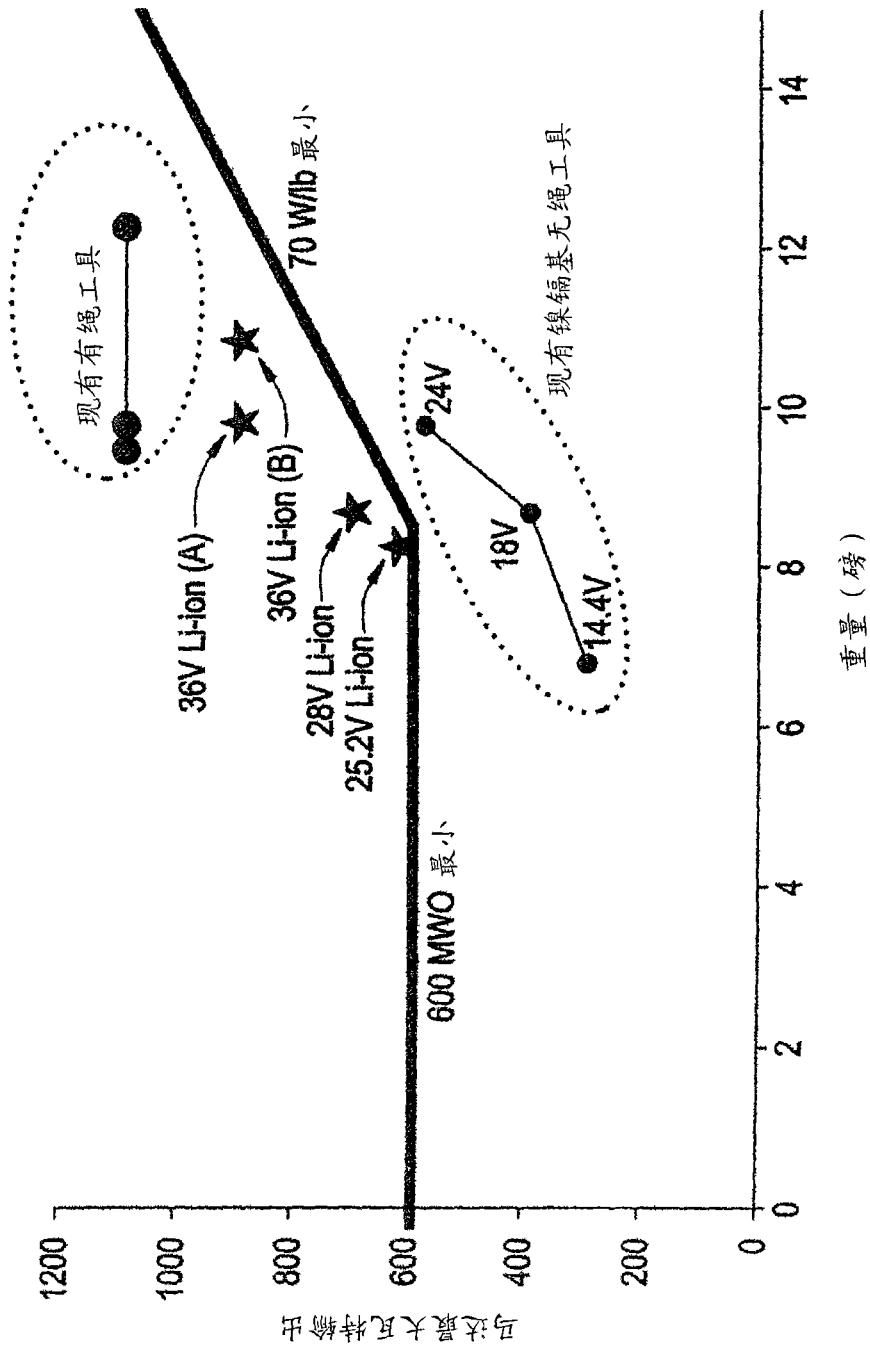


图 11

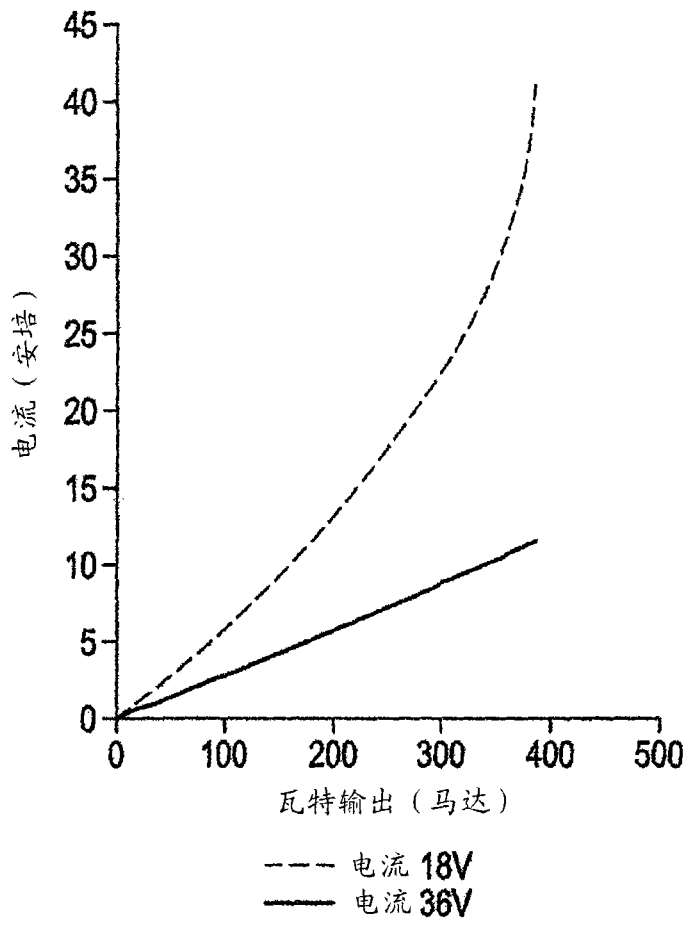


图 12

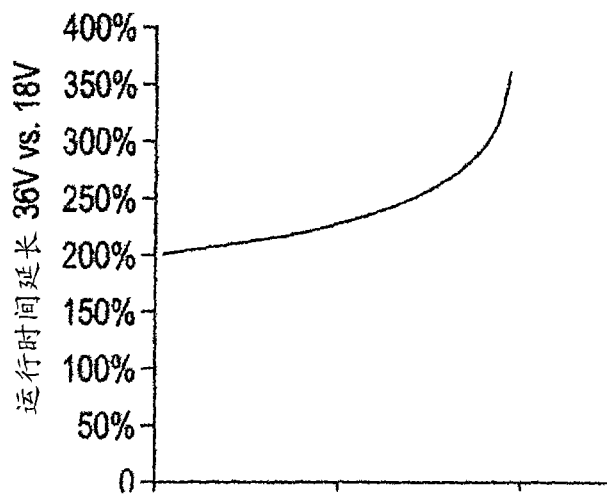


图 13

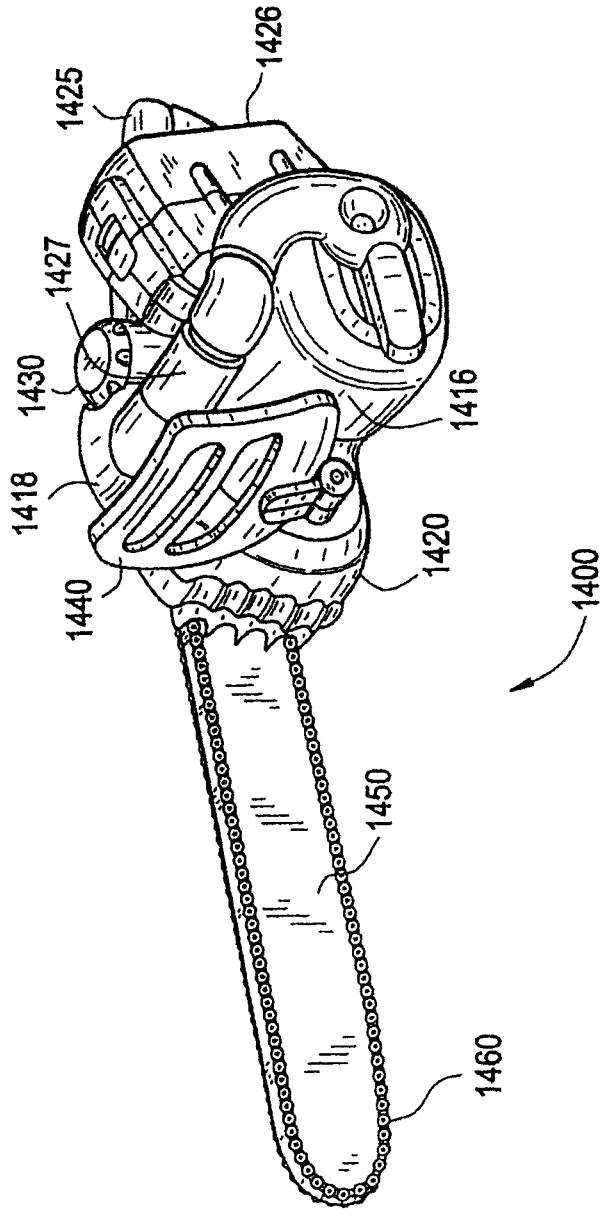


图 14

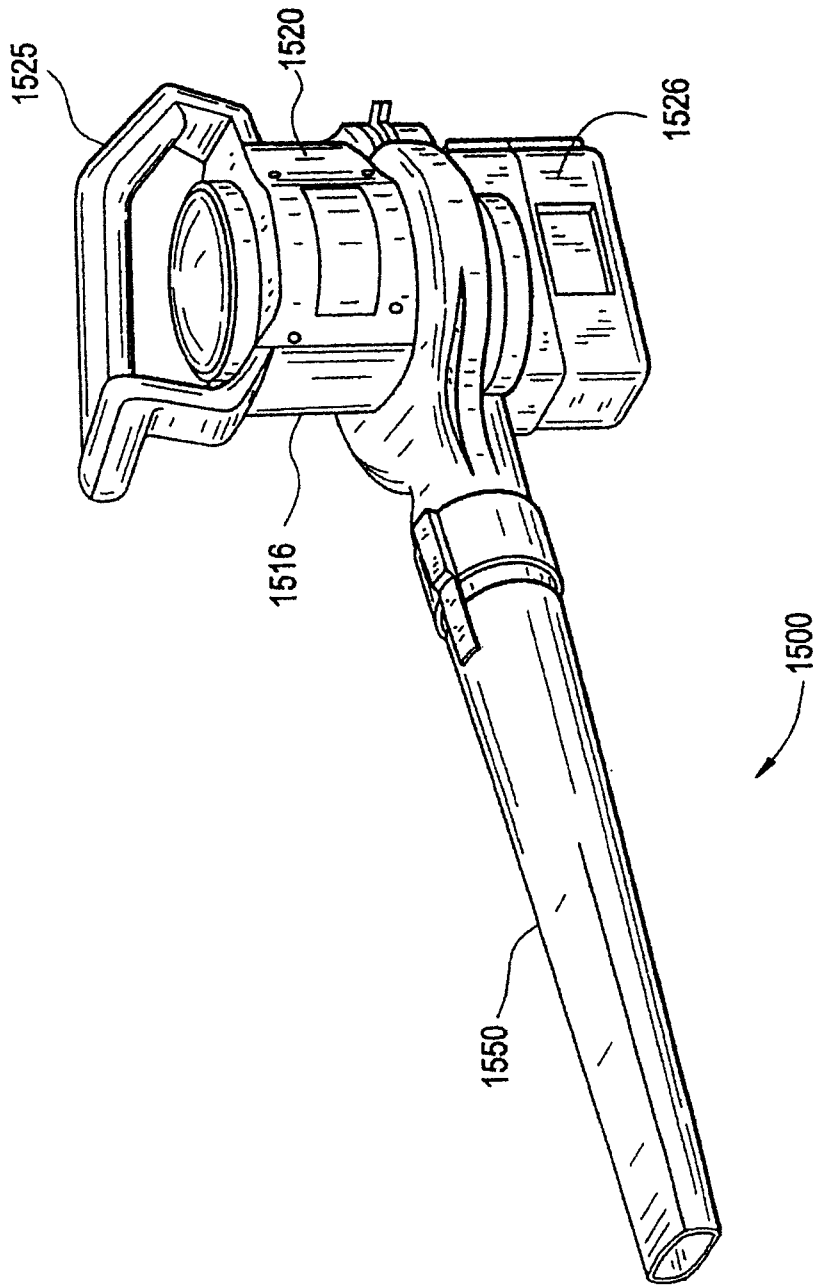


图 15

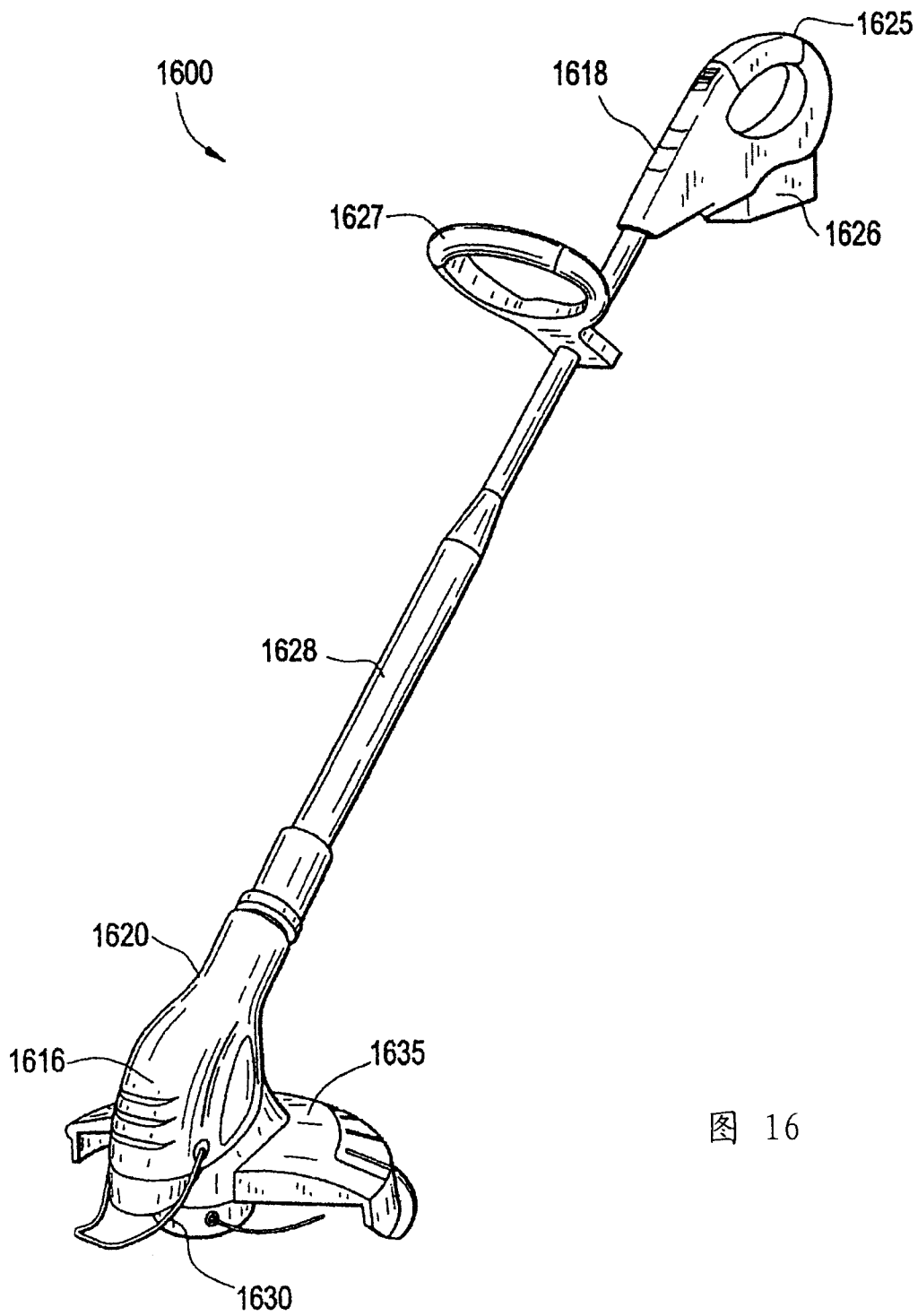


图 16



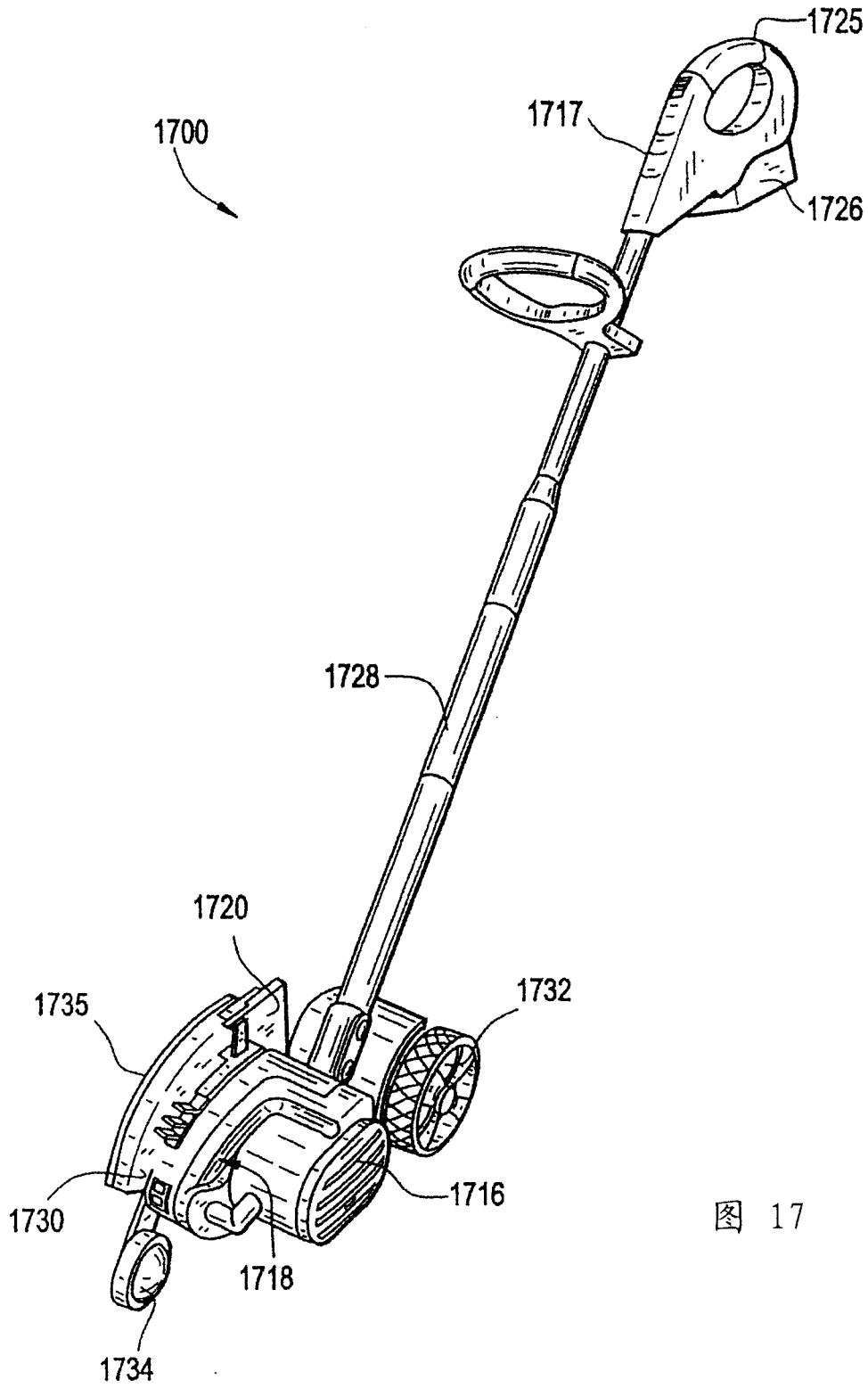


图 17

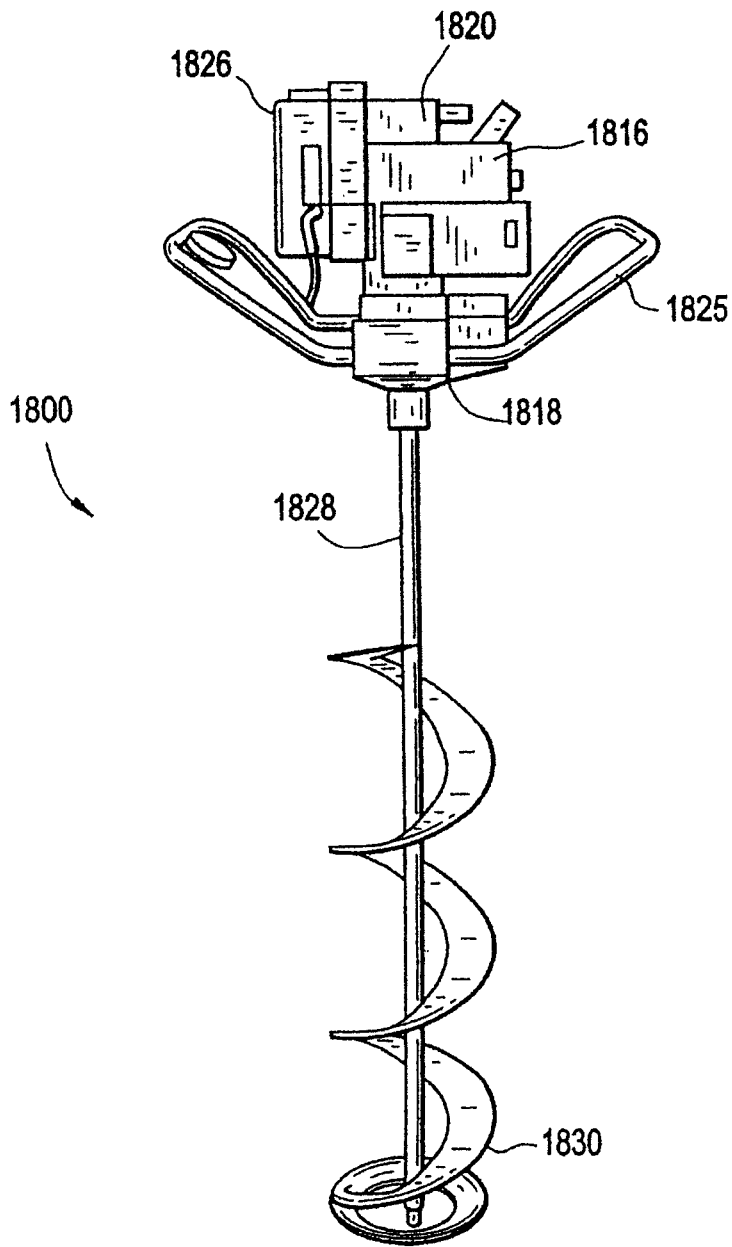


图 18

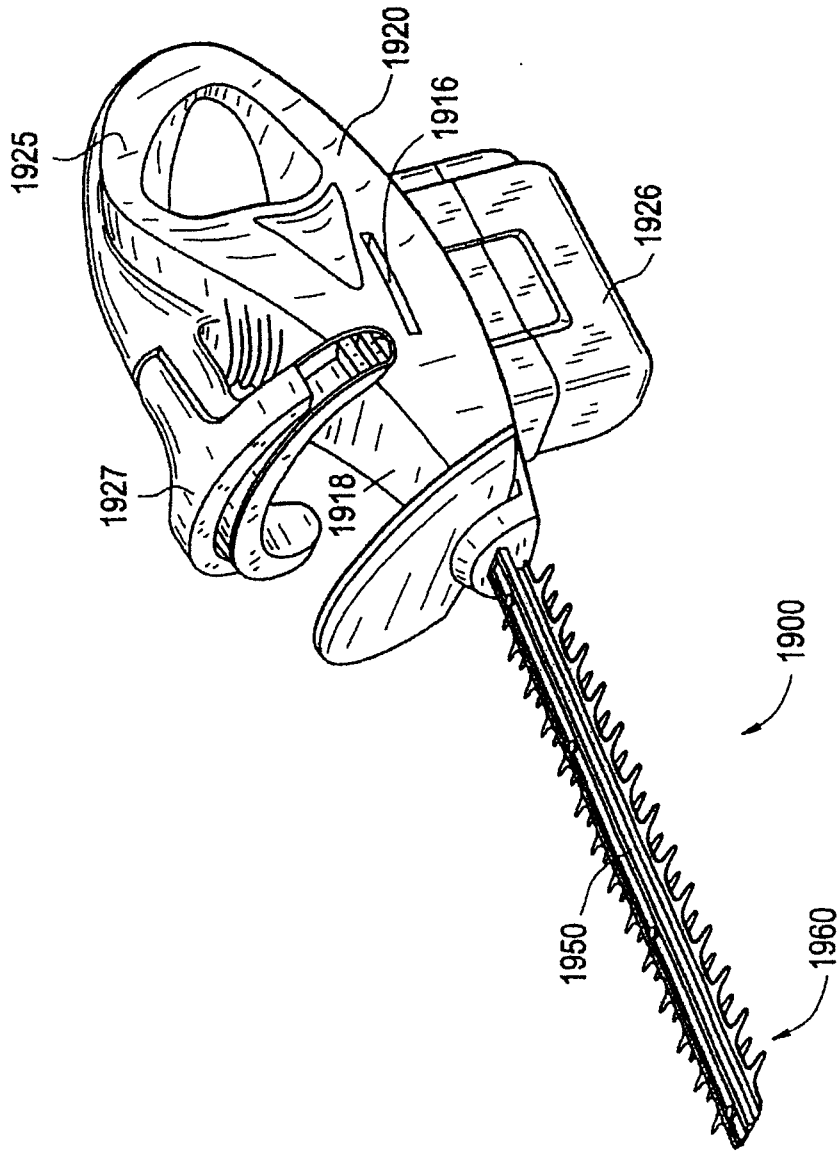


图 19

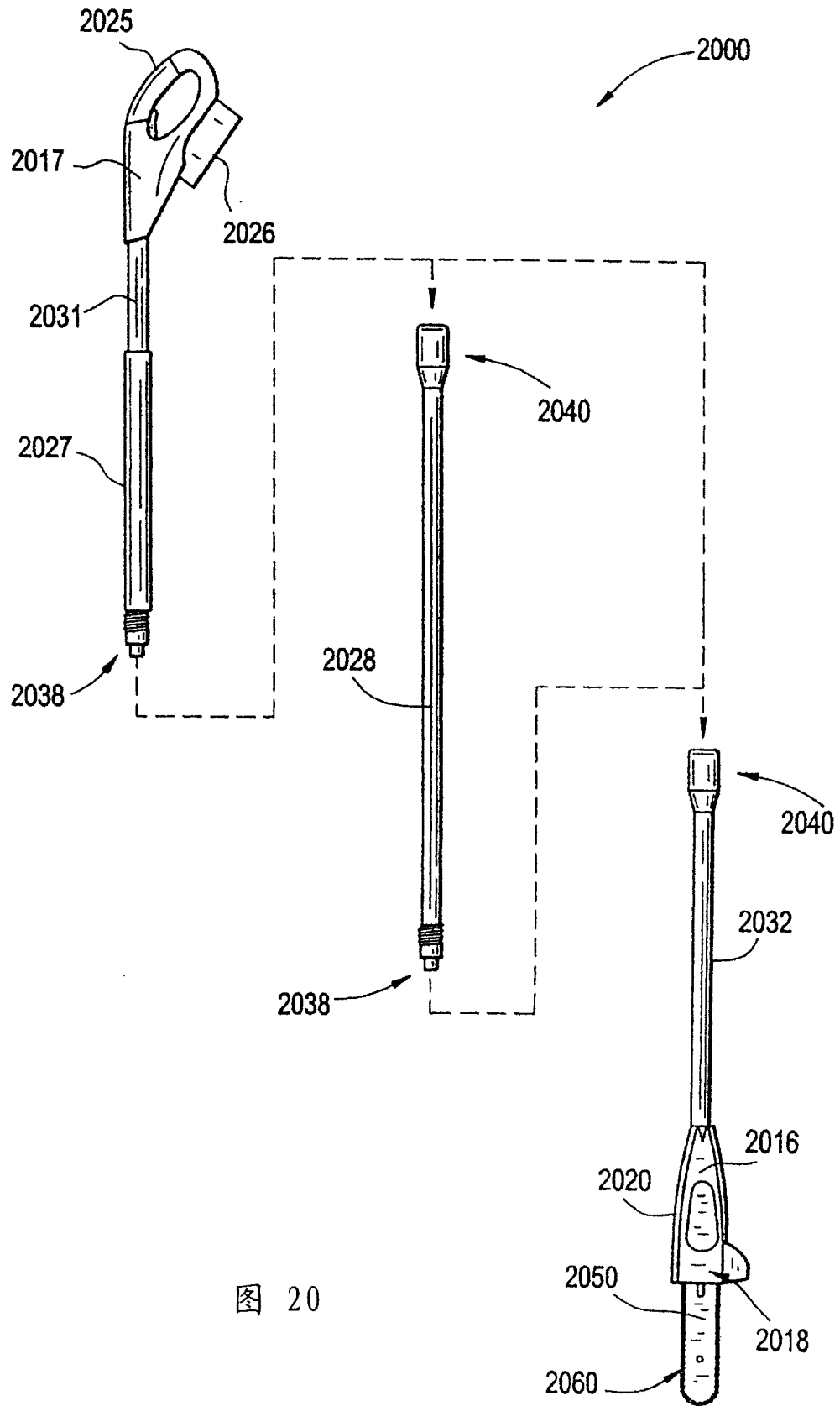


图 20