

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B60L 11/12 (2007.10)

B60K 6/22 (2007.10)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680035965.8

[43] 公开日 2008年10月1日

[11] 公开号 CN 101277837A

[22] 申请日 2006.8.9

[21] 申请号 200680035965.8

[30] 优先权

[32] 2005.9.29 [33] US [31] 11/237,873

[86] 国际申请 PCT/US2006/030973 2006.8.9

[87] 国际公布 WO2007/040820 英 2007.4.12

[85] 进入国家阶段日期 2008.3.28

[71] 申请人 卡特彼勒公司

地址 美国伊利诺伊州

[72] 发明人 M·D·贝茨 K·A·凯西

S·C·加尼特 C·C·梁

A·J·通绍尔 M·E·范德尔翰

E·L·茨维林格

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 杨晓光 于 静

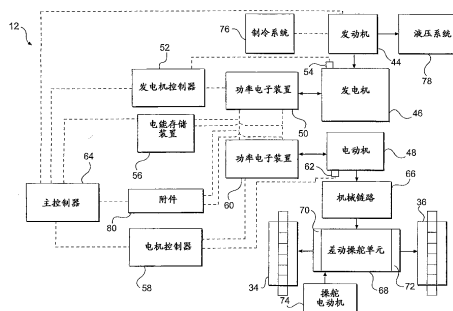
权利要求书 2 页 说明书 16 页 附图 6 页

## [54] 发明名称

用于工程机械的电传动系

## [57] 摘要

一种电传动系(12)，其包含：发动机(44)，其被配置为提供机械能；发电机(46)，其可操作地耦合到发动机，并被配置为将机械能的至少一部分转换为电能。电传动系还包含：至少一个电动机(48)，其可操作地耦合到发电机；多个驱动元件(34, 36)；至少一个功率电子装置单元(50, 60)，其被配置为控制发动机与发电机中的至少一个。所述至少一个电动机被配置为对于所述多个驱动元件提供转矩。



1.一种电传动系(12),其包含:

发动机(44),其被配置为提供机械能;

发电机(46),其可操作地耦合到所述发动机,并被配置为将所述机械能的至少一部分转换为电能;

至少一个电动机(48),其可操作地耦合到所述发电机;

多个驱动元件(34,36);以及

至少一个功率电子装置单元(50,60),其被配置为控制所述发动机与所述发电机中的至少一个,

其中,所述至少一个电动机被配置为对于所述多个驱动元件提供转矩。

2.根据权利要求1的电传动系,其中,所述至少一个电动机包含密封无刷液冷式电动机。

3.根据权利要求1的电传动系,其还包含差动操舵单元(68),该单元可操作地耦合到所述至少一个电动机,所述差动操舵单元被配置为可选择地控制提供给所述多个驱动元件中的每一个的转矩的量。

4.根据权利要求3的电传动系,其还包含操舵电动机(74),该电动机可操作地耦合到所述差动操舵单元,所述操舵电动机被配置为有选择地控制提供给所述多个驱动元件中的每一个的转矩的量。

5.根据权利要求1的电传动系,其中,所述至少一个电动机包含永磁体型电动机、感应型电动机、开关磁阻型电动机中的至少一个。

6.根据权利要求1的电传动系,其中,所述发电机与所述至少一个功率电子装置单元是密封且液冷式的。

7.根据权利要求1的电传动系,其还包含再生制动系统(70,72),该系统被配置为将与所述多个驱动元件中的至少一个相关联的动能转换为对于在所述电传动系中存储和使用中的至少一种的电能。

8.一种工程机械(10),其包含根据权利要求1的电传动系。

9.一种运行工程机械(10)的方法,该工程机械包含多个地面接合元

件(22)和至少一个工程器具(26),该方法包含:

操作被配置为向所述工程机械提供机械能的发动机(44);

通过可操作地耦合到所述发动机的发电机(46),将所述机械能的至少一部分转换为电能;

通过经由由可操作地耦合到所述发电机的至少一个电动机(48)供给的转矩驱动所述地面接合元件,推进所述工程机械;以及

通过可操作地将至少一个功率电子装置单元(50,60)耦合到所述发动机与所述发电机并经由所述至少一个功率电子装置单元控制所述发动机与所述发电机中的至少一个,控制所述发动机与所述发电机中的至少一个。

10. 根据权利要求9的方法,其中,控制所述发动机与所述发电机中的至少一个包含下列中的至少一种:对所述发动机的速度进行控制以便使所述速度被保持在被配置为减小废气排放的速度范围内,对所述发电机的负载进行控制,使得所述发动机的废气排放降低。

## 用于工程机械的电传动系

### 技术领域

本公开一般涉及电传动系（electric powertrain），具体涉及用于工程机械的电传动系。

### 背景技术

传统的工程机械（例如前端装载机、推土机、开凿机）通常可使用例如柴油发动机、汽油发动机等内燃机或现有技术中已知的其他内燃机供给动力。这些内燃机可在运行过程中发出不受欢迎的废气排放以及其他污染物。近些年来以及对于可预见的将来，减小一般对于内燃机、特别是对于工程机械的废气排放已经成为管理关注的事。另外，例如，为了降低与化石燃料价格上涨有关的上涨成本和/或进口油依赖，提高的车辆与工程机械燃料效率已经变得愈来愈重要。

至少在某种程度上受到新型的、未来的废气排放规章以及减小燃料消耗的希望所驱动，已经在寻求对机械供给动力的替代方法。一种这样的替代方式与具有电气部件（例如电动机、发电机、电子控制系统）的传动系的使用有关。这种电气部件先前已用在某些车辆传动系应用中。然而，这种电气部件一般在工程机械、特别在具有地面接合履带的工程机械中的使用可存在不与其他类型车辆相关的几种困难。

具有地面接合履带的工程机械通常可用于实现需要高输出转矩和相对较低最大地面速度的功能。另外，具有地面接合履带的工程机械通常可用于需要特别的牵引的环境和/或用于实现需要高牵引杆拉力的功能，例如一般在大约一和一点五倍的工程机械重量范围内的牵引杆拉力，以便实现例如推拉泥土等功能。这样的应用通常需要高输出转矩和小于大约例如9mph的、相对较低的地面速度。另外，人们可能希望具有地面接合履带的工程

机械具有这样的无限可变变速机构 (transmission)：其防止发动机的过度过载 (lugging)、消除漂移 (shifting) 并降低对过度的操作者控制的需求，同时，仍提供高效的传动系统。结果，一般对于工程机械、特别是对于具有地面接合履带的工程机械来说，希望具有这样的传动系：其具有高的效率和可变速度控制，以便实现这些功能。

具有地面接合履带的工程机械可常常进行循环 (cycling) 应用。循环应用是这样的应用：其中，工程机械的使用可需要重复的起动、停止和方向反转。例如，推土机可在前进方向上推土、停止、反转方向、再次停止、再次在前进方向上推土。这种循环应用的另一实例发生在履带型前端装载机的典型运行过程中，其可重复地在拾取泥土负载的同时向前移动、在承载负载的同时向反转方向移动、回转、在承载负载的同时在前进方向上移动、抬升负载并将负载倒入翻斗车中，并反转方向以便从翻斗车处退走。这些示例性的循环通常在快速序列中重复多次。作为这种循环应用的结果，当工程机械停止时，必须吸收与移动工程机械相关联的动能。另外，由于高的最终驱动齿轮比（其可与例如具有高牵引杆拉力的需求相关联），与工程机械的移动相关联的大量惯性在停止时通常可被反射回到工程机械的传动系。因此，由于可能与具有地面接合履带的工程机械相关联的、典型的循环应用，人们希望提供这样的工程机械传动系：其能够传送大量动能并具有相对较低的惯性，以便减小循环应用过程中惯性的影响。

可能需要具有地面接合履带的工程机械在典型地对冷气式机械有害的环境中运行，例如沼泽状条件或灰尘很多的条件。这些条件可能使得使用传统的、依赖于可能迅速堵塞的空气过滤器的冷却系统令人较不满意。另外，气冷式部件迅速充满尘土或泥巴，由此妨碍了充分制冷，并导致过早的部件故障。结果，传统的气冷式电气部件可能不适用于在这些环境下运行的工程机械。

具有地面接合履带的工程机械可能具有用于安放传动系部件的有限的空间。结果，人们可能希望使用相对于其功率和/或转矩输出相对较为紧凑的传动系部件，使得它们具有高的功率密度。然而，许多传统的气冷式电

动机缺乏用于工程机械的足够功率密度。因此，人们可能希望提供一种具有有着高功率密度的传动系的、带有地面接合履带的工程机械。

具有地面接合履带的工程机械一般可包含一个或一个以上的、用于执行与特定工程机械相关联的任务的工程器具 (work implement)，其可经由例如一个或一个以上由液压系统致动的液压汽缸来运行。例如，一个或一个以上的液压汽缸的致动可用于升高和降低推土机的刀片，和/或升高和降低前端装载机或开凿机的铲斗。这种液压系统可包含用于将压力传至液压系统的一个或一个以上的泵。这种泵一般可经由内燃机得到驱动。结果，内燃机不仅可用于推进工程机械，其还可用于对由液压汽缸致动的多种工程器具提供动力。结果，随着液压泵上的要求变大，例如当开凿机铲斗中的负载被升高时，可要求内燃机提供更多的动力，这通常可通过增加提供给发动机的空气与燃料量以增加其发动机速度来实现。

然而，有些时候，不能响应于向液压泵提供动力的动力需求的突然增大而足够快地实现空气与燃料的增加。这可导致发动机过载或失速 (stalling)。另外，当内燃机能够通过增大其发动机速度来充分响应突然的液压泵需求时，通常可导致更多的废气排放和更小的燃料效率。因此，人们可能希望提供这样的系统：其可对于机动力以及操作工程机械器具提供充足的动力以便不使内燃机过载或失速，并且不产生任何明显的附加排放或减小的燃料效率。

2004年2月17日授予 Wolfgang 等人的美国专利 No.6,691,806 ('806 专利) 介绍了一种具有与用于推进的电动机结合的内燃机的履带车。'806 专利介绍了用于这样的履带车的驱动单元：该履带车具有第一与第二发电机和驱动发动机的第一与第二内燃机以便对两对第一与第二电动机供给动力，每对电动机用于驱动位于车辆一侧的履带。对部件进行布线，使得如果车辆、特别是军用车辆被部分损坏，车辆能够继续移动。

尽管 '806 专利的履带车包含用于移动的电动机、内燃机、发电机的组合，'806 的车辆不是工程机械，不能解决这里在上面列出的、与工程机械相关联的问题。

所公开的工程机械可被指向克服上面所述的一个或一个以上的问题。

## 发明内容

在一个实施形态中，本公开包含一种电传动系，该电传动系包含：发动机，其被配置为提供机械能；发电机，其可操作地耦合到发动机，并被配置为将至少一部分机械能转换为电能。该电传动系还包含可操作地耦合到发电机的至少一个电动机、多个驱动元件、至少一个被配置为对发动机与发电机中的至少一个进行控制的功率电子单元。所述至少一个电动机被配置为提供用于所述多个驱动元件的转矩。

在另一实施形态中，本公开包含一种工程机械，该工程机械包含：发动机，其被配置为向工程机械提供机械能；发电机，其可操作地耦合到发动机，并被配置为将至少一部分机械能转换为电能。该工程机械还包含可操作地耦合到发电机的至少一个电动机，所述至少一个电动机具有高的功率密度。该工程机械还包含位于工程机械各侧的驱动元件以及可操作地耦合到所述至少一个电动机与驱动元件的差动操舵单元。差动操舵单元被配置为有选择地控制供给各个驱动元件的转矩量。工程机械还包含被配置为推进工程机械的地面接合元件。地面接合元件可操作地耦合到驱动元件，所述至少一个电动机被配置为提供用于驱动元件的转矩，使得地面接合元件推进工程机械。

在又一实施形态中，本公开包含一种工程机械，该工程机械包含至少一个工程器具、被配置为向工程机械提供机械能的发动机、可操作地耦合到发动机且被配置为将至少一部分机械能转换为电能的发电机。工程机械还包含至少两个可操作地耦合到发电机的电动机以及位于工程机械各侧的至少两个驱动元件。工程机械还包含被配置为推进工程机械的地面接合元件，地面接合元件可操作地耦合到驱动元件。所述至少两个电动机可操作地耦合到所述至少两个驱动元件，使得转矩经由所述至少两个电动机中的一个被提供到所述至少两个地面接合元件中的一个，且转矩经由所述至少两个电动机中的另一个被提供到所述至少两个地面接合元件中的另一个。

在又一实施形态中，本公开包含一种工程机械，该工程机械包含至少一个工程器具、被配置为向工程机械提供机械能的发动机、可操作地耦合到发动机且被配置为将至少一部分机械能转换为电能的发电机。工程机械还包含至少一个可操作地耦合到发电机的电动机，所述至少一个电动机包含密封无刷液冷式电动机。该工程机械还包含位于工程机械各侧的履带驱动元件以及被配置为对工程机械进行推进的地面接合元件。地面接合元件可操作地耦合到驱动元件，且所述至少一个电动机被配置为对驱动元件提供转矩，使得地面接合元件推进工程机械。

在又一实施形态中，本公开包含一种运行工程机械的方法，该工程机械包含多个地面接合元件以及至少一个工程器具。该方法包含运行被配置为向工程机械提供机械能的发动机，并经由可操作地耦合到发动机的发电机将至少一部分机械能转换为电能。该方法还包含通过经由供自可操作地耦合到发电机的至少一个电动机的转矩驱动地面接合元件来推进工程机械，并通过可操作地将至少一个功率电子单元耦合到发动机与电动机以及经由所述至少一个功率电子单元控制发动机与发电机中的至少一个来控制发动机与发电机中的至少一个。

#### 附图说明

图 1 为示例性工程机械的侧视图；

图 2 为工程机械的原理框图，该工程机械具有根据示例性公开实施例的电传动系；

图 2A 为工程机械的原理框图，该工程机械具有根据示例性公开实施例的电传动系；

图 3 为工程机械的原理框图，该工程机械具有根据示例性公开实施例的电传动系；

图 4 为工程机械的原理框图，该工程机械具有根据示例性公开实施例的电传动系；

图 5 为工程机械的原理框图，该工程机械具有根据示例性公开实施例



的电传动系。

### 具体实施方式

图 1 示出了示例性工程机械 10，其可包含电传动系 12（参见例如图 2-5）。尽管图 1 所示的工程机械 10 为履带型拖拉机，工程机械 10 可以为履带型装载机、液压开凿机、滑移操纵装载机、农用拖拉机、轮式装载机或本领域技术人员所知的其他工程机械。工程机械 10 可包含用于容纳动力源 16 的主框架 14。动力源 16 可被配置为向工程机械 10 的多种系统提供动力。工程机械 10 还可包含工作站 18，并可进一步包含承载位于主框架 14 的相向侧的地面接合元件 22（例如两个地面接合履带）的底盘 20，地面接合元件 22 被配置为接合地面并推进工程机械 10。

底盘 20 可被配置为支撑位于主框架 14 的相向侧的两个推臂 24。推臂 24 可在一端连接到工程器具 26，例如被配置为推和/或拉例如泥土的、推土机的刀片。各个推臂 24 的另一端可被连接到位于主框架 14 的相向侧的滚轴框架（roller frame）28。工程机械 26 或刀片的替代性布置通过功率角倾斜布置或 PAT（未示出）连接到主框架 14。工程机械 10 还可包含一个或一个以上的位于工程机械 10 的相向侧的抬升汽缸 30，其可在一端连接到底盘 20，并在另一端连接到工程器具 26。抬升汽缸 30 各自可包含被配置为响应于操作者指令伸缩的液压致动器，使得可经由推臂 24 相对于底盘 20 的绕轴旋转将工程器具 26 相对于地面升高或降低。

工程机械 10 可进一步包含一个或一个以上的位于工程机械 10 前端附近的倾斜汽缸 32，其可被连接到工程机械 26 和推臂 24。所述一个或一个以上的倾斜汽缸可被配置为响应于操作者指令伸缩，使得工程器具 26 可相对于工程机械 10 左右倾斜或前后仰俯。

底盘 20 可包含一个或一个以上的驱动元件 34 与 36（参见图 2-5），例如履带驱动元件，其各自位于工程机械 10 的相向侧。例如，驱动元件 34 与 36 为齿轮减速最终驱动器，其被配置为从电传动系 12 向各个地面接合履带 22 传送转矩。底盘 20 还可包含一个或一个以上的情轮 38、一个或

一个以上的中辊 40 以及一个或一个以上的与各地面接合履带 22 相关联的托辊 42, 其可被配置为引导地面接合履带 22 并将工程机械 10 的重量分布到与地面毗连的地面接合履带 22 上。

图 2-5 示出了被配置为向工程机械 10 提供动力的电传动系 12 的几个示例性实施例。参照图 2, 电传动系 12 包含发动机 44, 例如柴油发动机、汽油发动机、天然气发动机、燃气轮机发动机或现有技术中已知的任何其他发动机。发动机 44 可以有效地与发电机 46 相关联, 并可驱动发电机 46, 使得来自发动机 44 的机械能被转变为电能。发电机 46 可为任何已知 AC 或 DC 发电机, 例如永磁体、感应、开关磁阻或以上的混合组合, 也可为例如密封、无刷和/或液冷式, 以便提供更为耐用的设计。发电机 46 可用于提供电能以便对一个或一个以上的电动机 48 供给动力。电传动系 12 可进一步包含可操作地耦合到发电机传感器 54 (例如速度传感器) 的发电机控制器 52 和功率电气装置 50。功率电子装置 50 可包含功率变换器、变换器控制器和/或被配置为控制至少一部分机械能到电能的转换的发电机软件。作为替代方式 (未示出), 发电机可包含代替功率电子装置 50 的整流器, 且基于所用控制逻辑不需要速度传感器。发电机控制器 52 可被配置为控制来自发电机 46 的交流到直流高电压的转换, 并可经由发电机传感器 54 监视发电机 46 的运行。

电传动系 12 还可包含电能存储系统 56, 例如电池和/或超级电容器或飞轮 (flywheel), 以便存储由发电机 46 产生的任何多余电能和/或用于提供当起动工程机械 10 和/或在工程机械 10 运行过程中可能需要的任何附加电能。举例而言, 当工程机械 10 在低负载条件下运行时, 例如其既不在地面上行驶也不操作其任何器具 (例如工程器具 26) 时, 发动机 44 可持续以给定的发动机速度或发动机速度范围运行。在这种相对较低的负载条件下, 例如, 可以更为高效地运行工程机械 10, 且发电机 46 可继续将机械能转换为可被存储在电能存储系统 56 中的电能。作为替代的是, 对于工程机械 10 以给定速度在地面上行驶以及操作者命令工程器具执行任务 (例如操作者命令容纳泥土负载的铲斗在工程机械保持移动的同时升高) 的情况,

电能存储系统 56 可提供超过发电机 46 所产生电能的附加能量，并可防止发动机过载或失速，和/或可防止工程机械 10 变慢。

电传动系 12 可进一步包含电动机控制器 58、可操作地耦合到电动机 48 和至少一个电动机控制器 58 的功率电子装置 60 和/或电动机传感器 62（例如速度传感器）。然而，应当明了，基于所使用的逻辑，可不需要速度传感器 62。功率电子装置 60 可包含功率变换器、变换器控制器和/或电动机软件，并可被配置为对提供到电动机 48 的电量进行转换和控制，由此提供对于工程机械 10 的推进的转矩与速度控制。功率电子装置 60 可被容纳在密封且液冷式的舱室中。例如，发电机 46 可经由功率电子装置 50、发电机控制器 52、电动机控制器 58 和/或功率电子装置 60 与电动机 48 有效关联。

尽管以单数被谈及，电动机 48 可为一个以上的电动机，且电动机 48 在图 2 中的图示可表示一个以上的电动机，例如两个或两个以上通过齿轮或齿轮系机械结合的电动机。借助从发电机 46 和/或电能存储系统 56 接收电能，电动机 48 产生用于驱动机械链路（link）66——例如齿轮组件——的转矩。电动机 48 可为任何已知 AC 或 DC 电动机，例如永磁体、感应、开关磁阻或上述的混合结合，也可为密封、无刷和/或液冷式。电传动系 12 可还包含主控制器 64，其被配置为对发动机 44、发电机控制器 52、电能存储系统 56 和/或电动机控制器 58 进行控制，使得电传动系 12 可以以协调和受控方式运行。

机械链路 66 可与差动操舵单元 68（例如授予 Riediger 等人的美国专利 No.4,434,680 所公开的差动操舵单元）或任何其他已知操舵单元有效关联，以便将电动机 48 的速度与转矩匹配到驱动元件 34 与 36 的希望推进输出。差动操舵单元 68 可被配置为将来自机械链路 66 的转矩传送到履带驱动元件 34 和 36 中的一个或二者，以便操作地面接合履带 22。差动操舵单元 68 可包含一个或一个以上的行星齿轮系（未示出），该齿轮系允许根据操作者指令调节从机械链路 66 传送到各驱动元件 34 与 36 的转矩量。

差动操舵单元 68 也可与可被配置为有选择地施加导致驱动元件 34 和

36 中的一个或二者的变慢的制动力的制动装置 70 与 72 相关联。作为替代或作为附加的是,例如,在工程机械 10 的制动过程中和/或在电动机 48 和/或发电机 46 的变慢过程中,电动机 48 可作为发电机运行,发电机 46 可作为电动机运行。例如,电动机 48 可被配置和控制为使得工程机械 10 可在将电动机 48 用作发电机的同时变慢,由此将与工程机械 10 相关联的动能转换为可在电能存储系统 56 中存储的电能。另外,电动机 48 的惯性和速度还可在电动机 48 变慢过程中转换为电能。另外,例如,发电机 46 可作为电动机运行,以便提供回到发动机 44 的输入,从而在电传动系 12 经受能量过剩的时间段中对发动机 44 进行超速。这可减低发动机 44 的排放和/或燃料消耗。作为替代方案,这种过剩的能量可在阻抗性网络(resistive grid)(未示出)中耗散。

电传动系 12 还可包含与差动操舵单元 68 有效关联的操舵电动机 74。操舵电动机 74 被配置为有选择地调节传送到各驱动元件 34 与 36 的转矩量,使得基于操作者指令工程机械 10 可在径直向前的方向、径直向后的方向被推进以及借助有选择地调节传送到各驱动元件 34 与 36 的转矩量在前进或反向方向上行驶的同时转向。操舵电动机 74 可通过液压流体压力、电力和/或其他动力源供以动力。操舵电动机 74 可通过有选择地固定、在前进方向上旋转或在反向方向上旋转差动操舵单元 68 的一个行星齿轮系的一部分(例如环形齿轮)来有选择地调节传送到驱动元件 34 和 36 的转矩,从而对施加到驱动元件 34 和 36 的转矩进行偏置。或者,根据操舵电动机 74 的旋转方向和速度改变,改变操舵电动机 74 的速度可分别增大或减小驱动元件 34 和 36 的速度。

根据某些实施例,传动系 12 可包含替代性的操舵控制,例如如图 2A 所示。代替差动操舵单元 68 的是,机械链路 66 可以可操作地直接连接到离合器与制动器系统 69。离合器与制动器系统 69 可包含分别用于驱动元件 34 与 36 的离合器 71 与 73 以及制动器 79 与 72。制动器 70 与 72 以及离合器 71 与 73 可响应于来自主控制器 64 的电气信号和/或液压源(未示出)来对工程机械 10 进行操舵。离合器 71 与 73 可交替接合和解除接合,

以便分别连接和断开施加到工程机械 10 的驱动元件 34 与 36 的驱动力。离合器 71 与 73 可用控制压力或信号进行操作以便接合驱动元件 34 与 36。具体而言，离合器 71 和/或 73 可被完全接合，并以最大压力或控制信号向驱动元件 34 和 36 传送动力。在最小压力或控制信号下，离合器 71 和/或 73 可完全解除接合，没有动力传送到驱动元件 34 与 36。在这些极端之间，离合器 71 和/或 73 可被配置为通过与控制压力或信号成比例的百分比“滑移 (slip)”，使得例如仅部分动力可被传送到驱动元件 34 与 36。控制压力的精确调制可产生驱动元件 34 与 36 之间的准确速度差动。

根据某些实施例，离合器与制动器系统 69 可被配置为例如使得液压或电力的损耗必然使得离合器 71 和 73 被完全解除接合，以便作为故障安全条件从驱动元件 34 和 36 移除动力。应当明了，离合器 71 和 73 可二者择一地施加弹力 (spring-applied) 和释放压力。

类似地，离合器与制动器系统 69 可进一步包含制动器 70 与 72，制动器 70 与 72 可交替致动和释放，以便分别制动与释放工程机械 10 的驱动元件 34 与 36。典型地，制动器 70 与 72 可为液压操作盘状，压力用于对施加弹力的制动器进行解除接合。例如，最大制动压力可完全解除接合制动器 70 和/或 72，最小压力可完全接合制动器 70 和/或 72。对应地，中间压力可产生初始制动，其通常被称为“触式 (touch up)”。离合器与制动器系统 69 可被配置为例如使得液压的损耗必然导致制动器 70 与 72 被完全弹簧接合，以便作为故障安全条件停止工程机械 10。

也可为工程机械 10 提供冷却系统 76，并将之配置为为工程机械 10 的多种系统提供足够的冷却，这些系统包括例如发动机 44、发电机 46、电动机 48、机械链路 66、差动操舵单元 68、操舵电动机 74、功率电子装置 50 和/或 60、电能存储系统 56 和/或可与工程机械 10 相关联的液压系统 78。制冷系统 76 可包含与发动机 44 相关联的水(和/或乙二醇和/或其他防冻剂/制冷剂液体)和/或油制冷系统，其可被扩展为对于一个或一个以上的上述系统提供制冷。作为替代或作为附加的是，液压系统 78 可包含冷却器(未示出)并可被扩展为经由液压流体为一个或一个以上的上述系统提供制冷。

现有技术中已知的其他制冷系统可用于为工程机械 10 提供制冷。

在某些实施例中，工程机械 10 可包含液压系统 78，其用于操作工程机械 10 的多个液压部件，例如用于操作工程器具（例如图 1 所示的示例性工程器具 26）的液压致动器。液压系统 78 可包含一个或一个以上的用于对液压系统 78 中的液压流体进行加压以便操作液压致动器的泵。如上所述，液压系统 78 可包含用于对液压流体进行制冷的制冷系统，例如制冷系统 76，其可在多个工程器具的操作过程中经受温度的上升。用于液压系统的制冷系统 76 可包含制冷器，并可被扩展为对工程机械 10 的其他系统——例如可与工程机械 10 相关联的发动机 44、发电机 46、电动机 48、机械链路 66、差动操舵单元 68、操舵电动机 74、功率电子装置 50 与 60 和/或电能存储系统 56——进行制冷。

工程机械 10 可进一步包含多种附件 80，例如用于使来自发动机 44 的制冷水（和/或乙二醇和/或其他防冻剂/制冷剂液体）循环的水泵、空气调节压缩机、用于起动发动机 44 的起动机电动机和/或其他传统上可由被发动机 44 驱动的皮带供给动力的多种装置。这多种附件 80 可由电动机通过电能驱动，而不是由皮带。因为不再要求这多种装置可通过一个或一个以上的皮带由发动机 44 驱动，在它们将布置在工程机械 10 上时，这可提供更大的多样性，并可减小与皮带故障相关联并导致更换的维护费用以及部件与组装费用。

图 3 示出了具有电传动系 12 的工程机械 10 的另一示例性实施例。与图 2 的示例性实施例形成对照，图 3 中的电传动系 12 不包含机械链路 66。相反，电动机 48 以直接方式有效连接到差动操舵单元 68。这样的配置可消除可能在机械链路 66——其可包含例如正齿轮和/或伞齿轮等齿轮组件——中发生的固有效率低下。另外，图 3 所示示例性实施例可在工程机械 10 的主框架 14 内产生更为高效的空间使用，并可产生与差动操舵单元 68 相结合的电动机 48 的更为高效的封装。

图 4 示出了具有电传动系 12 的工程机械 10 的又一示例性实施例。与图 2 与 3 的实施例形成对比的是，图 4 所示电传动系 12 包含一个以上的电

动机 18 (例如两个电动机 48), 其各自配置为驱动地面接合元件对 22 (例如地面接合履带) 中的一个。

根据图 4 的实施例, 发电机 46 经由与发电机 46 相关联的功率电子装置 50 以及与两个电动机 48 相关联的至少一个 (例如两个) 功率电子装置单元 62 电气连接。电动机 48 各自分别耦合到驱动元件 34 与 36 中的一个。功率电子装置 60 控制两个电动机 48, 使得它们可以以协调的方式运行以便以操作者指令的方向推进工程机械 10。例如, 通过有选择地在前进或反向方向向驱动元件 34 与 36 施加更大或更小的转矩, 电动机 48 可在径直前进方向、径直反向方向、在前进方向上弯向左或右的方向或在反向方向上弯向左或向右的方向推进工程机械。由于电动机 48 可彼此独立地有选择地在前进或反向旋转方向上向驱动元件 34 和 36 施加更大或更小的转矩, 可从此实施例省略差动操舵单元、操舵电动机、动力传送装置和/或操舵离合器与制动器系统。

图 5 示出了具有电传动系 12 的工程机械 10 的另一示例性实施例。与图 2-4 的示例性实施例形成对比的是, 图 5 所示电传动系 12 包含三个电动机 48, 然而, 应当明了, 两个或两个以上的电动机 48 与所示出的三个功能类似, 各自向行星齿轮单元 68' 提供输入。各电动机 48 可以可操作地耦合到可被配置为供给各电动机 48 的电力和/或控制运行的、对应的电动机控制器 58 和功率电子装置单元 60。各电动机 48 可向行星齿轮单元 68' 供给转矩输入, 使得工程机械 10 以操作者指令的方式被推进和操舵。

### 工业应用性

所公开的具有电传动系的工程机械可适用于任何工程机械, 例如具有地面接合履带的工程机械, 或现有技术中已知的任何其他工程机械, 其中, 除其他的以外, 人们可能希望降低废气排放和/或改进燃料效率。借助在工程机械上使用电传动系, 废气排放可得到降低, 燃料效率可得到提高。具有电传动系的示例性工程机械的运行将在下面阐述。

参照图 2, 发动机 44 与发电机 46 有效关联, 使得发电机 46 旋转, 由

此将来自发动机 44 的机械能转换为电能。发电机 44 可以以一个或一个以上的预定发动机速度（例如发动机速度范围）运行，使得其废气排放最小化，且其燃料效率最大化，因为发动机速度不与施加到履带驱动元件 34 和 36 的转矩直接相关。另外，发动机 44 和发电机 46 可经由例如适当的齿轮装置有效连接，使得发电机 46 以用于最大化其电能转换效率的最优旋转速度被驱动。

例如，功率电子装置 50 和发电机控制器 52 可与发电机 46 协调关联，以便控制机械能到电能的转换。功率电子装置 60 和电动机控制器 58 可与电动机 48 协调关联，以便以受控方式将电能供给电动机 48。主控制器 64 可控制发动机 44、发电机控制器 52 和/或电动机控制器 58、附件 80、电能存储装置 56 或阻抗性网络（未示出），以便最优化发动机速度和发动机负载和/或发电机速度和/或发电机负载，从而减小（例如最小化）废气排放和/或增大（例如最大化）发动机 44 的燃料效率。主控制器 64 可最大化发电机 46 的电能转换效率。例如，主控制器 64 可用于允许发动机 44 以相对较低的发动机速度运行以便最大化燃料效率和/或最小化废气排放，无论工程机械 10 的实时功率需求如何。另外，通过最优化其负载和/或旋转速度，主控制器 64 可用于最大化发动机 46 的运行效率。

发电机 46 可向电能存储系统 56 和/或电动机 48 提供电能。例如，当工程机械操作者向电传动系 12 发送指令时，可为电动机 48 提供适当的量的电能。电动机 48 将电能转换为转矩并根据操作者的指令以前进或反向方向旋转。电动机 48 所产生的转矩施加到机械链路 66，其将来自电动机 48 的转矩转换为由差动操舵单元 68 使用的适当的速度和方向。差动操舵单元 68 使用一个或一个以上的行星齿轮系，以便以适当的量向每个驱动元件 34 和 36（例如履带驱动元件）传送转矩。操舵电动机 74 通过有选择地防止差动操舵单元 68 的一个行星齿轮系的一部分（例如环形齿轮）旋转、以第一方向旋转该部分或以第二方向旋转该部分来操作该部分。通过防止该部分的旋转，基本上相等的量的速度被传送到驱动元件 34 与 36。通过以第一方向旋转该部分，相对较大的速度可被传送到驱动元件 34 与 36 中的一



个，通过以另一方向旋转该部分，相对较大的速度可被传送到另一驱动元件 34 和 36。基本相等量的速度向各个驱动元件 34 与 36 的传送导致工程机械 10 以基本直线行驶。向驱动元件 34 与 36 中的一个传送相对较大的速度导致工程机械 10 以非线性方式行驶或枢轴转动。为了协助对工程机械 10 进行转向、停止工程机械 10 的行驶和/或减缓工程机械 10 的行驶速度，工程机械 10 的制动装置 70 与 72 中的一个或二者可被致动，以便在驱动元件 34 和 36 上施加阻抗性转矩。

参照可被发送到电能存储系统 56 的电能，存储在电能存储系统 56 中的电能可被用于例如起动发动机 44 和/或提供用于运行工程机械 10 上的多种附件（例如空气调节单元和用于使冷却流体在发动机 44 和/或工程机械 10 上的多种液冷式系统中循环的电水泵）的补充能量。电能存储系统 56 也可用于在需要附加能量时提供补充电能，例如当工程机械 10 被推进，同时又运行工程器具时。

电传动系 12 可包含制动装置 70 与 72，其可被配置为有选择地施加导致驱动元件 34 和 36 中的一个或二者变慢的制动力。制动还可通过使电动机 48 作为被配置为通过向驱动元件 34 和 36 施加电力再生负载来使工程机械 10 变慢的发电机来提供。例如，在工程机械 10 在斜坡上向下行驶时，工程机械 10 至少可在某种程度上通过由一个或一个以上的电动机 48（其作为被配置为将与驱动元件 34 和 36 相关联的、由重力在斜坡上拉下的工程机械 10 的动能转换为电能并通过例如在电能存储系统 56 中存储电能以便将电能传送到工程机械 10 的发电机）建立的阻抗性转矩或通过发电机 46（其作为驱动发动机 44 的电动机）的向后驱动而减缓。或者，一个或一个以上的电动机 48 所建立的电能可在阻抗性网络上耗散。

制冷系统 76 可用于对发动机 44 以及电传动系 12 的多种元件进行制冷，其可以是密封且液冷式的。特别地，发动机 46 和/或电动机 48 可被密封和液冷，以便提供更为耐久和紧凑的设计，使得例如电动机 48 具有更高的能量密度和更低的惯性，使其能够更为迅速和高效地停止和反转方向。

液压系统 78 可用于向液压致动器提供受压的液压流体，以便操作工程

机械 10 上的工程器具。例如，参照图 1，与一个或一个以上的抬升汽缸 30 相关联的液压致动器可被致动以便升高和降低工程器具 26，与一个或一个以上的倾斜汽缸 32 相关联的液压致动器可被致动以便左右倾斜工程器具 26。另外，受压的液压流体可被用于操作用于对工程机械 10 进行操舵的操舵电动机 74。

参照图 3 所示的示例性工程机械电传动系 12，电动机 48 可以以直接的方式有效连接到差动操舵单元 68，以便直接向差动操舵单元 68 提供转矩。传送到差动操舵单元 68 的转矩用于以与上面参照图 2 所示示例性实施例介绍的相同的方式对驱动元件 34 和 36（例如履带驱动元件）进行驱动。

图 4 所示示例性实施例包含两个电动机 48。发电机 46 可操作地耦合到各电动机 48，各电动机 48 耦合到驱动元件 34 与 36（例如履带驱动元件）中相应的一个。例如，发电机 46 可被可操作地耦合到功率电子装置 50、发电机控制器 52 以及发电机传感器 54，各电动机 48 可被可操作地耦合到电动机控制器 58、功率电子装置 60、电动机传感器 62。主控制器 64 可控制发电机控制器 52 和电动机控制器 58，其又分别控制与发电机 46 相关联的功率电子装置 50 以及与各电动机 48 相关联的各功率电子装置 60，使得它们可以用协调的方式运行，以便在操作者指令的方向上推进工程机械 10。例如，通过有选择地将前进或反向方向上更大或更小的速度施加到驱动元件 34 与 36，电动机 48 可在径直前进的方向、径直反向的方向、在前进或反向方向上弯向左或弯向右的方向上推进工程机械 10。

图 5 所示示例性实施例包含被配置为向行星齿轮单元 68' 提供输入的三个电动机 48，然而，可使用两个或更多的电动机 48。发电机 46 可操作地耦合到各电动机 48，各电动机 48 耦合到行星齿轮单元 68'，其又可操作地耦合到驱动元件 34 与 36。例如，发电机 46 可被可操作地耦合到功率电子装置 50、发电机控制器 52 和发电机传感器 54，（如较早时候所提到的，可代替功率电子装置 52 使用整流器，基于所使用的控制逻辑，可不需要发电机传感器 54），各电动机 48 可被可操作地耦合到电动机控制器 58、功率电子装置 60、电动机传感器 62。主控制器 64 可控制发电机控制器 52

和电动机控制器 58，其又分别控制与发电机 46 相关联的功率电子装置 50 以及与各电动机 48 相关联的各功率电子装置 60，使得它们可以以协调的方式提供到行星齿轮单元 68' 的输入，并以操作者命令的方向推进工程机械 10。例如，通过以协调的方式经由主控制器 64 有选择地操作三个电动机 48，电动机 48 可在径直前进的方向、径直反向的方向、在前进或反向方向上弯向左或弯向右的方向上推进工程机械 10。

本领域技术人员将会明了，可对所公开的具有电传动系的工程机械进行多种修改和改变。本领域技术人员可由对说明书的考虑和对所公开的工程机械实践想到其他的实施例。说明书和示例仅仅是示例性的，真实范围由所附权利要求书及其等价内容指出。

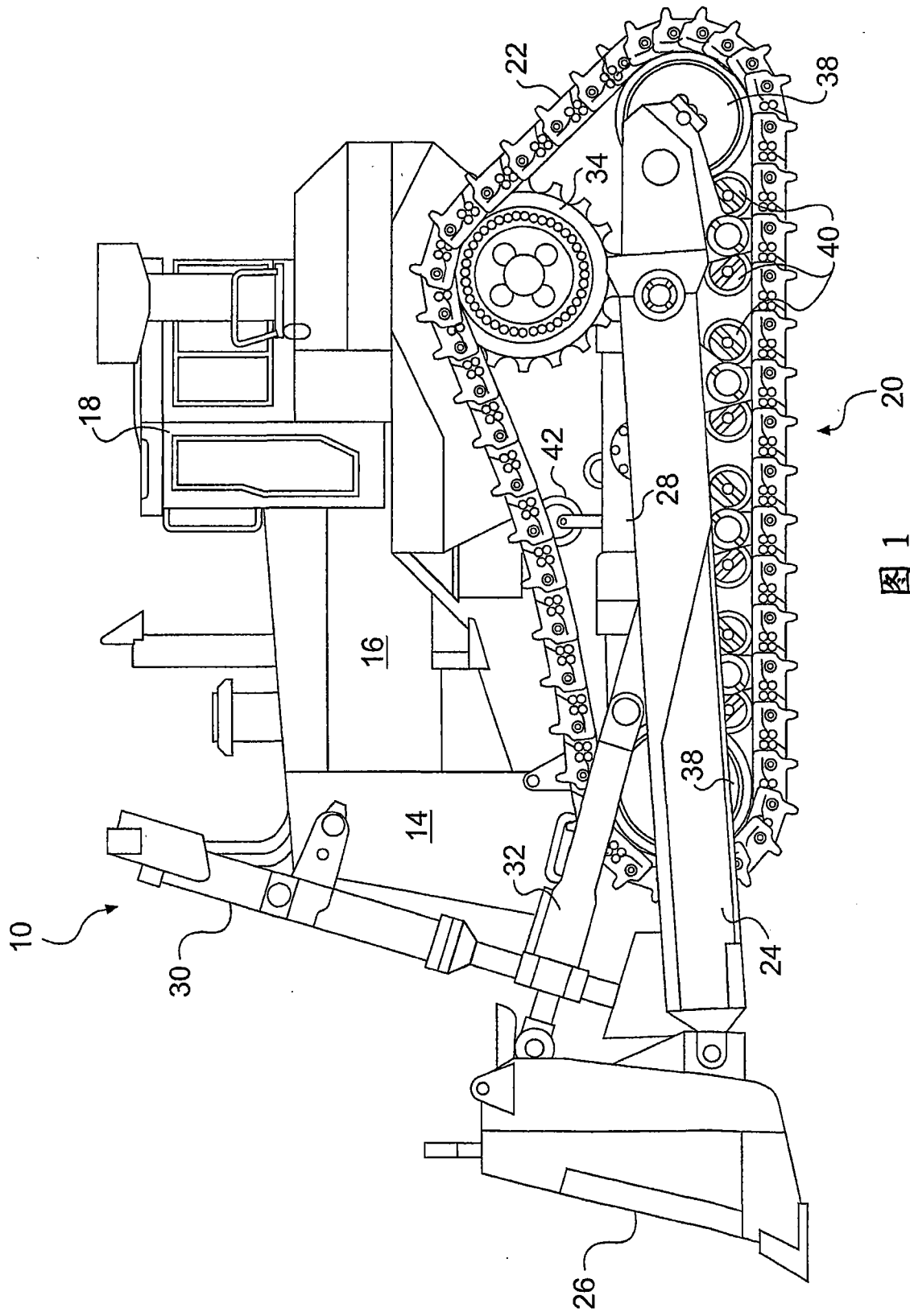


图 1



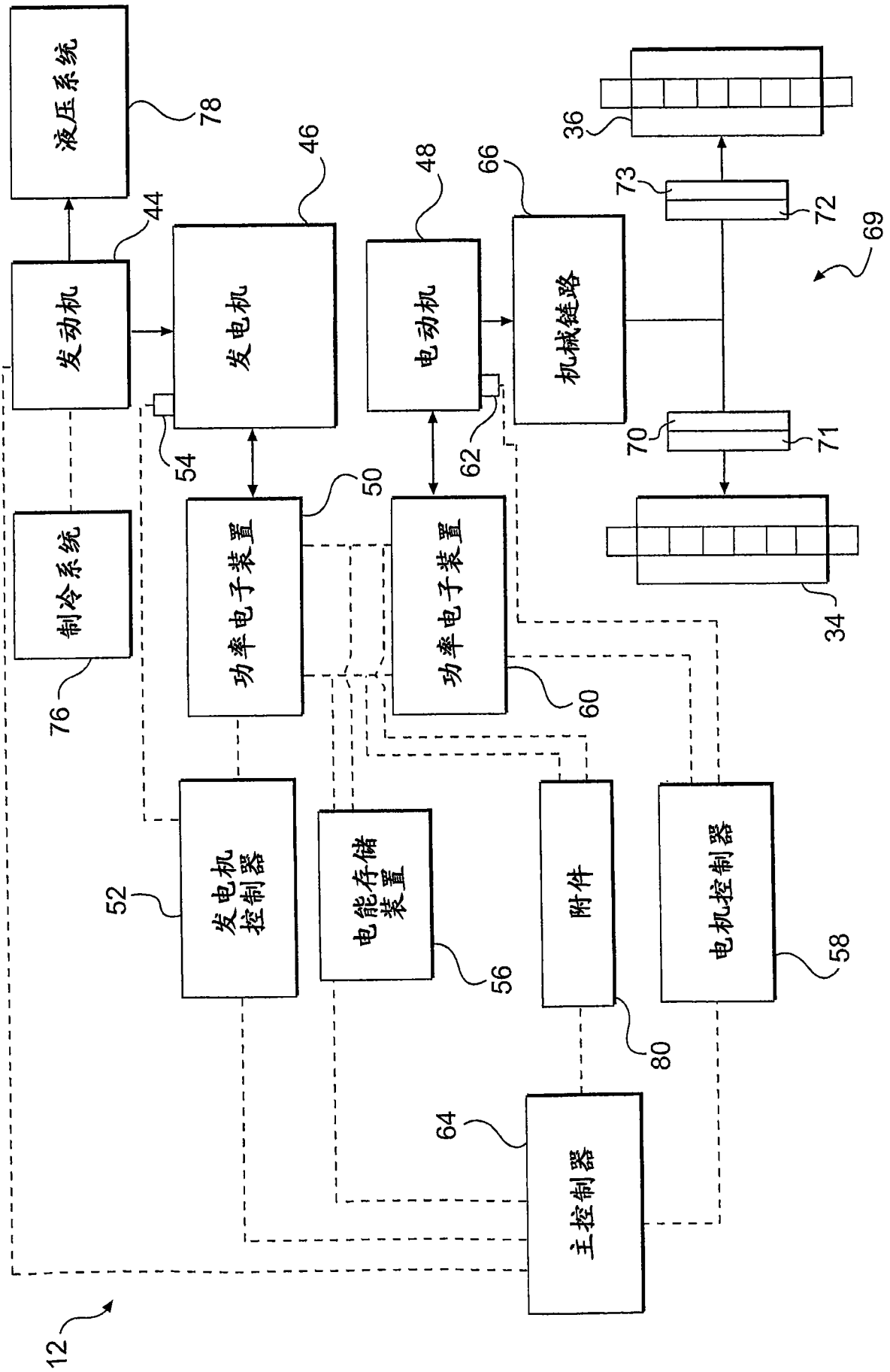


图 2A

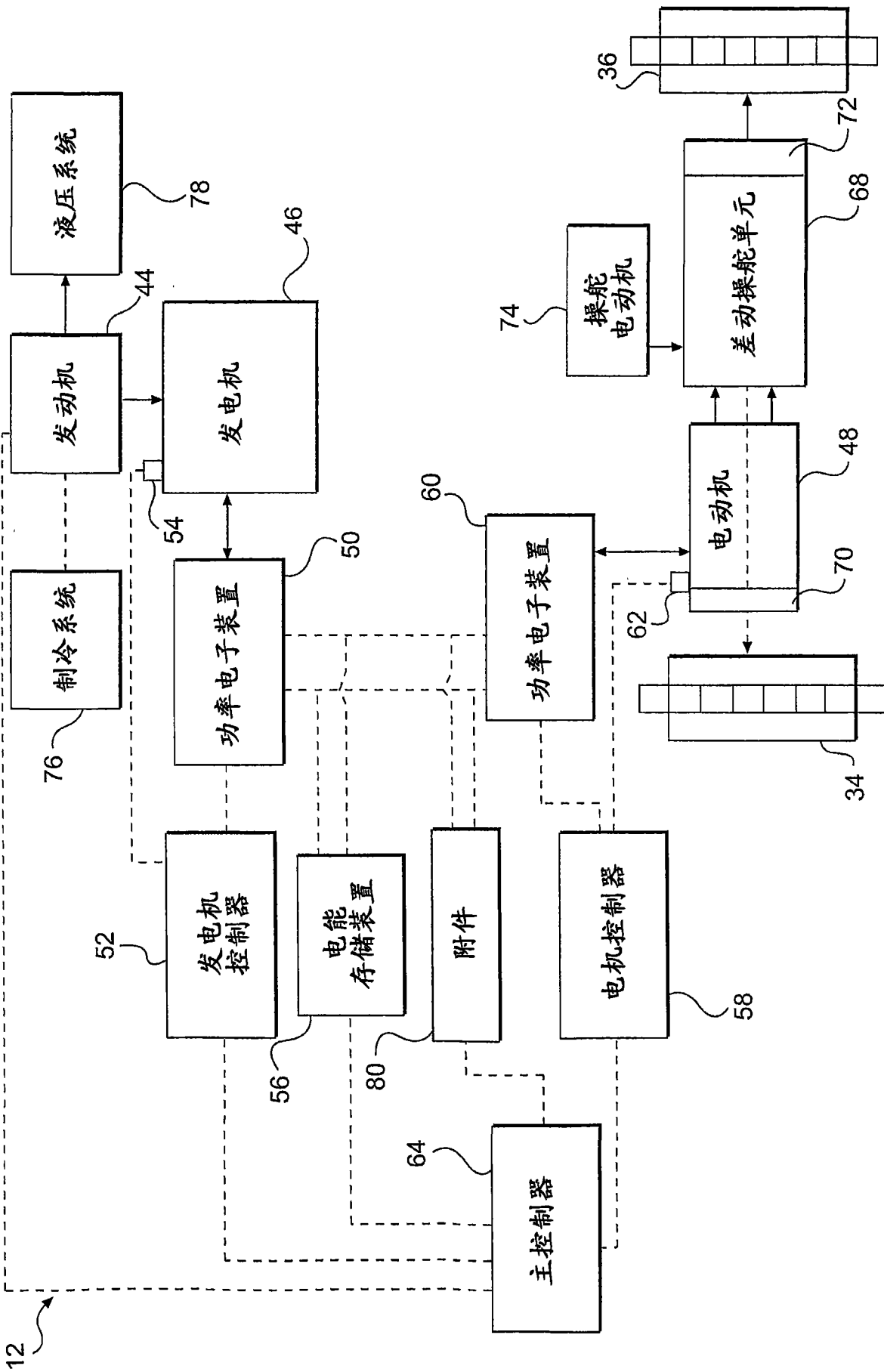


图 3





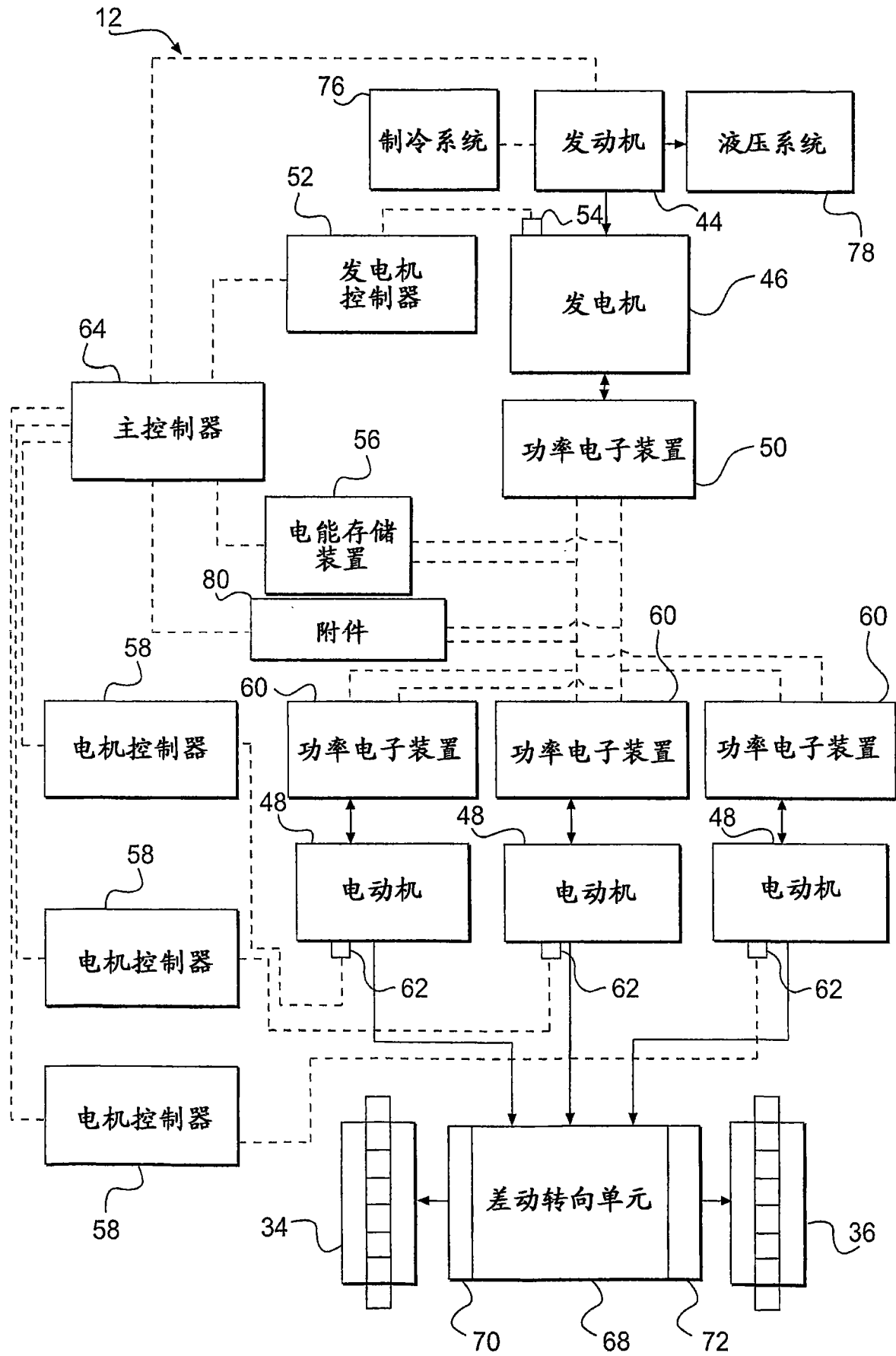


图 5