



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114571985 A

(43) 申请公布日 2022. 06. 03

(21) 申请号 202210269589.X

B60K 6/24 (2007.01)

(22) 申请日 2022.03.18

B60K 6/26 (2007.10)

B60K 6/28 (2007.01)

(71) 申请人 第一拖拉机股份有限公司

地址 471004 河南省洛阳市涧西区建设路  
154号

(72) 发明人 刘孟楠 王东青 王炜 杨彦朋  
赵一荣 徐书雷 薛志飞 赵心  
薛占坡 赵晨辉 赵静慧 杨婉丽  
王富凯

(74) 专利代理机构 洛阳公信联创知识产权代理  
有限公司 41190  
专利代理师 王学鹏

(51) Int.Cl.

B60K 6/547 (2007.01)

B60K 6/365 (2007.10)

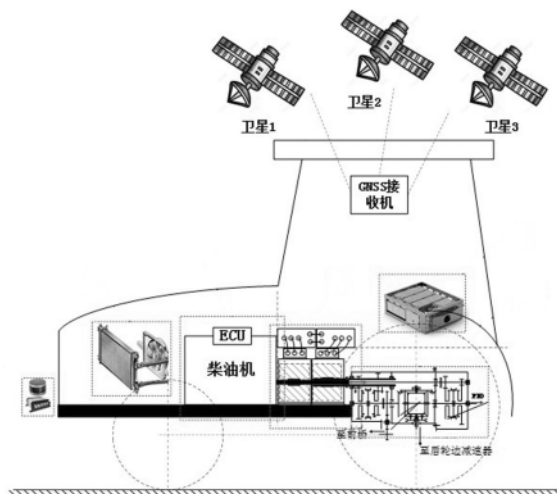
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

(54) 发明名称

一种串联式混合动力拖拉机及智能控制方法

(57) 摘要

本发明涉及一种串联式混合动力拖拉机及智能控制方法,通过电动机驱动实现拖拉机无级变速行驶,可在0~40km/h内任意调节行驶速度,具有连续无级调速的优点;采用二挡机械换挡,挡内无级变速行驶,具有田间作业挡和道路运输挡;电驱动传动系结构简单,耐久性强,故障率低,传动效率高,性能稳定;柴电驱动动力响应快,功率储备大,柴油机始终稳定在最佳经济区工作,拖拉机动力系统高效节油;采用电控智能管理系统,智能控制发动机转速,整机操控简单舒适快捷,操纵强度低。



1. 一种串联式混合动力拖拉机,其特征在于,包括发动机系统、电驱动系统、蓄电池组、机械传动系统、控制系统、电气系统、热管理系统和无人驾驶系统;其中,所述发动机系统包括发动机本体、后处理装置、发动机控制器(ECU)、冷却系、供油系统,所述的蓄电池组包括低压电池和高压电池包,所述电驱动系统包括发电机和电动机,发电机和电动机呈同轴布置并将转子轴套加长作为动力输出/输入端,发动机通过扭转减震器与发电机输入端连接,所述发动机本体取消启动电机,由发电机拖动发动机启动,发电机为高压电池包和电动机提供电源,电动机输出端连接机械传动系统;所述的机械传动系统包括机械换挡机构、分动器机构、液压泵机构、后驱动桥和动力输出机构;所述电动机连接主驱动轴直接驱动机械换挡机构,机械换挡机构一侧连接分动器机构,用于驱动前驱动桥,机械换挡机构连另一侧连接后差速器机构,用于驱动行星减速机构和后驱动轮轴;通过改变电动机的工作输出转向,实现拖拉机的前进行驶和倒退行驶;动力输出机构通过动力输出驱动轴由发动机直接驱动,与动力输出驱动轴同轴的液压泵驱动齿轮驱动液压泵驱动齿轮副,带动液压泵工作。

2. 如权利要求1所述的一种串联式混合动力拖拉机,其特征在于,所述机械换挡机构包括工作挡齿轮副、运输挡齿轮副、同步器和主离合器,工作挡主动齿轮和运输挡主动齿轮连接在主驱动轴上,工作挡主动齿轮与工作挡从动齿轮啮合组成工作挡,运输挡主动齿轮与运输挡从动齿轮啮合组成运输挡,两组齿轮副中间设同步器,能够在工作挡和运输挡之间切换,动力通过主离合器和分动器机构传递至前轮,经主离合器、差速器和行星差速机构和后驱动轮轴传递至后轮。

3. 如权利要求1所述的一种串联式混合动力拖拉机,其特征在于,所述低压电池与高压电池包放置于同一箱体内,包含BMS(电池管理系统),布置在驾驶室座椅下方,采用自然冷却或风冷;高压电池包自身管理通过BMS实现,并通过VCU(整机控制器)实现功能控制;所述低压电池为铅酸蓄电池,主要为散热风扇、水泵、大灯等低压电电器提供电能;高压电池包为三元锂离子电池,主要为发动机启动和电动机大扭矩驱动提供电能。

4. 如权利要求1所述的一种串联式混合动力拖拉机,其特征在于,所述热管理系统能够确保发电机、电动机和高压电池包在正常的温度下工作,包括膨胀水壶、冷却水管、散热器、水泵、电磁阀和电阻丝;冷却液采用水+50%乙二醇组成,与发动机冷却液一致。

5. 如权利要求1所述的一种串联式混合动力拖拉机,其特征在于,所述电气系统分为低压电气系统和高压电气系统,高、低压电气系统分开,采用两路高低压转换装置,一路为540V转换12V,一路为选装540V转换交流380/220V市电。

6. 如权利要求1所述的一种串联式混合动力拖拉机,其特征在于,所述控制系统包括整机控制器、发动机控制器、发电机控制器、电动机控制器和电池管理系统,并预留虚拟仪表节点与自动驾驶控制器节点,采用SAE J1939协议通信,控制系统通过CAN总线分别与整机控制器、发动机控制器、发电机控制器、电动机控制器、电池管理系统连接,进行数据信息相互传输。

7. 如权利要求1所述的一种串联式混合动力拖拉机,其特征在于,所述无人驾驶系统包括组合导航系统、激光雷达(LiDAR)、激光里程计,组合导航系统又包括全球导航卫星系统(GNSS)和惯性导航系统(INS),通过组合导航系统和激光雷达、激光里程计对实时环境进行三维地图构建,并对各传感器采集的位姿信息进行融合,对拖拉机的运行轨迹实时更正,实现拖拉机的无人驾驶功能。

8. 一种串联式混合动力拖拉机的智能控制方法,其特征在于,使用发电机启动发动机,发动机启动后,发动机进入怠速运转,发电机再由发动机驱动,拖拉机进入正常使用状态;

发动机启动前,拖拉机上电后,整机控制器通过CAN总线检测各个传感器、发电机控制器、电动机控制器、发动机控制器、电池管理系统等控制系统反馈信号,检测正常后进入待机状态;如果发现故障信号,将在仪表盘上提示警告信息,便于驾驶员及时排除故障;

发动机启动完成后,拖拉机行驶速度为0,拖拉机制动器结合,主离合器断开,驾驶员可根据需要选择工作挡或运输挡;确认工作挡位后,驾驶员可操纵换向手柄,选择前进或后退,随后可进行起步操纵;

在拖拉机起步或加速阶段,根据驾驶员操纵加速踏板或加速手柄的信号,综合判断拖拉机行驶状态后整机控制器向电动机控制器发送请求,电动机将根据电动机控制器信号选择合适的转矩驱动传动系统,实现拖拉机加速行驶;同时发电机控制器和电池管理系统将根据整机控制器的指令,向电动机提供合适的电能,满足拖拉机起步或加速的实际转矩需求;

在拖拉机正常作业过程中,电动机的输出功率受到电池包放电功率限制和发电机发电功率限制,因此电动机的输出功率是电池包放电功率与发电机发电功率之和;整机控制器判断驾驶员的操控指令和电动机实际输出功率后,向发电机控制器和电池管理系统请求合适的供电功率,以满足电动机输出转矩的实际需要,并使电动机工作在高效区,同时确保发动机工作在最佳燃油消耗区。

9. 如权利要求8所述的一种串联式混合动力拖拉机的智能控制方法,其特征在于,在作业过程中,拖拉机行驶阻力增大,需要电动机输出更大的转矩克服阻力时,整机控制器指令电池控制系统提供更大的电池包放电功率,用于增加电动机实际输出功率,使得拖拉机顺利克服阻力继续行驶;若拖拉机作业过程中,电动机输出功率小于或等于发电机发电功率,则电池包停止放电,同时整机控制器判断电池包电量,将根据需要对电池包进行充电;在拖拉机制动、换向操纵或下坡行驶阶段,拖拉机不需要电动机驱动,此时整机控制器将控制电动机输出反向转矩实现电力回馈,该部分发电功率将用于电池包的充电,此时发电机发电功率将减少,达到拖拉机电驱动系统电平衡,以确保电池包的安全。

10. 如权利要求8所述的一种串联式混合动力拖拉机的智能控制方法,其特征在于,无人驾驶系统通过三维地图进行路径规划,拖拉机在预定路径行驶时,利用差分卫星定位技术进行导航及定位,通过惯性导航系统对拖拉机的在惯性系中的加速度、角加速度等信息进行采集,对时间积分计算得出拖拉机行驶车速、位置、姿态等信息,激光雷达装置和激光里程计用于采集拖拉机实时环境信息,通过与既有三维地图比较、和组合导航系统采集的位姿信息融合,进行路径更正和地图更新,再由无人驾驶模块将路径信息对整车控制器进行反馈,整车控制器通过控制油门、刹车、转向、工作模式等信号,完成无人驾驶操作。

## 一种串联式混合动力拖拉机及智能控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及拖拉机领域,具体涉及一种串联式混合动力拖拉机及智能控制方法。

### 背景技术

[0002] 电驱动系统具有连续无级调速的技术优点,较液压传动,效率较高,是解决拖拉机由于作业载荷较大导致难以通过机械式有级变速器不间断换挡问题的可行技术方案之一。近年来,国内新能源汽车行业快速发展,适用于车辆的电驱动技术取得了较大突破,自主化程度较高;电动机、直流/交流逆变器与动力型蓄电装置等核心部件的各项性能指标均已达到了世界先进水平,成本优势明显。

[0003] 电动拖拉机不等于电动汽车,工况特性的差异决定了二者实现方法的不同,低速重负荷、地面环境复杂、多工作装置、高频随机载荷等都是汽车不会面临的。但电动汽车及其驱动技术的快速发展为电动拖拉机及其电驱动技术的研发提供了成熟而完备的基础性通用技术。现阶段,电池能量密度逐年提高,近年达到150~160Wh/kg,根据前期研究,忽略底盘布置情况下,纯电动拖拉机的犁耕作业时间由其本身的最大使用重力约束,最长为3小时;但充电需要10~30个小时。此外,使用成本较高,按目前条件,50马力纯电动拖拉机犁耕3小时所需的电池成本达到了17~20万元。因此,除蓄电池技术发生重大技术突破并快速成熟应用外,中短期内,纯电动拖拉机没有技术可行性与市场化可能。

[0004] 混合动力拖拉机是指使用燃油与电能共同作为能源的新型拖拉机产品。较纯电动拖拉机,混合动力拖拉机的蓄电池不是唯一能源,可以根据蓄电池技术、成本现状与目标产品的成本需求调整蓄电池所占比重,控制成本与技术边界条件;受新能源汽车产业带动,我国电机及车用高压电池产业发展较快,技术与成本优势较大,适合开展混合动力拖拉机研发。

### 发明内容

[0005] 针对现有拖拉机传动技术的缺陷,本发明提供一种串联式混合动力拖拉机,还包括其智能控制方法,该混合动力拖拉机具有连续无级调速的优点,核心部件加工难度和制造成本较低,传动系统复杂度较低,工作效率较高,柴电驱动动力响应快,功率储备大,柴油机始终稳定在最佳经济区工作,拖拉机动力系统高效节油。

[0006] 为了达到上述目的,本发明所采用的技术方案是:

一种串联式混合动力拖拉机,包括发动机系统、电驱动系统、蓄电池组、机械传动系统、控制系统、电气系统、热管理系统和无人驾驶系统;其中,所述发动机系统包括发动机本体(柴油机)、后处理装置、发动机控制器(ECU)、冷却系统、供油系统,所述的蓄电池组包括低压电池和高压电池包,所述电驱动系统包括发电机和电动机,发电机和电动机呈同轴布置并将转子轴套加长作为动力输出/输入端,发动机通过扭转减震器与发电机输入端连接,所述发动机本体取消启动电机,由发电机拖动发动机启动,发电机为高压电池包和电动机提供电源,电动机输出端连接机械传动系统;所述的机械传动系统包括机械换挡机构、分

动器机构、液压泵机构、后驱动桥和动力输出机构；所述电动机连接主驱动轴直接驱动机械换挡机构，机械换挡机构一侧连接分动器机构，用于驱动前驱动桥，机械换挡机构连另一侧连接后差速器机构，用于驱动行星减速机构和后驱动轮轴；通过改变电动机的工作输出转向，实现拖拉机的前进行驶和倒退行驶；动力输出机构通过动力输出驱动轴由发动机直接驱动；与动力输出驱动轴同轴的液压泵驱动齿轮驱动液压泵驱动齿轮副，带动液压泵工作。

[0007] 所述机械换挡机构包括工作挡齿轮副、运输挡齿轮副、同步器和主离合器，工作挡主动齿轮和运输挡主动齿轮连接在主驱动轴上，工作挡主动齿轮与工作挡从动齿轮啮合组成工作挡，运输挡主动齿轮与运输挡从动齿轮啮合组成运输挡，两组齿轮副中间设同步器，能够在工作挡和运输挡之间切换，动力一侧通过主离合器和分动器机构传递至前轮，一侧经主离合器、差速器和行星差速机构和后驱动轮轴传递至后轮。

[0008] 所述低压电池与高压电池包放置于同一箱体内，包含BMS(电池管理系统)，布置在驾驶室座椅下方，采用自然冷却或风冷；高压电池包自身管理通过BMS实现，并通过VCU(整机控制器)实现功能控制；所述低压电池为铅酸蓄电池，主要为散热风扇、水泵、大灯等低压电电器提供电能；高压电池包为三元锂离子电池，主要为发动机启动和电动机大扭矩驱动提供电能。

[0009] 所述热管理系统能够确保发电机、电动机和高压电池包在正常的温度下工作，包括膨胀水壶、冷却水管、散热器、水泵、电磁阀和电阻丝；冷却液采用水+50%乙二醇组成，与发动机冷却液一致。

[0010] 所述电气系统分为低压电气系统和高压电气系统，高、低压电气系统分开，采用两路高低压转换装置，一路为540V转换12V，一路为选装540V转换交流380/220V市电。

[0011] 所述控制系统包括整机控制器、发动机控制器、发电机控制器、电动机控制器和电池管理系统，并预留虚拟仪表节点与自动驾驶控制器节点，采用SAE J1939协议通信，控制系统通过CAN总线分别与整机控制器、发动机控制器、发电机控制器、电动机控制器、电池管理系统连接，进行数据信息相互传输。

[0012] 所述无人驾驶系统包括组合导航系统、激光雷达(LiDAR)、激光里程计，组合导航系统又包括全球导航卫星系统(GNSS)和惯性导航系统(INS)，通过组合导航系统和激光雷达、激光里程计对实时环境进行三维地图构建，并对各传感器采集的位姿信息进行融合，对拖拉机的运行轨迹实时更正，实现拖拉机的无人驾驶功能。

[0013] 一种串联式混合动力拖拉机的智能控制方法，发动机启动前，拖拉机上电后，整机控制器通过CAN总线检测各个传感器、发电机控制器、电动机控制器、发动机控制器、电池管理系统等控制系统反馈信号，检测正常后进入待机状态；如果发现故障信号，将在仪表盘上提示警告信息，便于驾驶员及时排除故障；

发动机启动时，使用发电机启动发动机，发动机启动后，发动机进入怠速运转，发电机由发动机驱动进入发电模式，拖拉机进入正常使用状态；

发动机启动完成后，拖拉机行驶速度为0，拖拉机制动器结合，主离合器断开，驾驶员可根据需要选择工作挡或运输挡；确认工作挡位后，驾驶员可操纵换向手柄，选择前进或后退，随后可进行起步操纵；

在拖拉机起步或加速阶段，根据驾驶员操纵加速踏板或加速手柄的信号，综合判断拖拉机行驶状态后整机控制器向电动机控制器发送请求，电动机将根据电动机控制器信

号选择合适的转矩驱动传动系统,实现拖拉机加速行驶;同时发电机控制器和电池管理系统将根据整机控制器的指令,向电动机提供合适的电能,满足拖拉机起步或加速的实际转矩需求;

在拖拉机正常作业过程中,电动机的输出功率受到电池包放电功率限制和发电机发电功率限制,因此电动机的输出功率是电池包放电功率与发电机发电功率之和;整机控制器判断驾驶员的操控指令和电动机实际输出功率后,向发电机控制器和电池管理系统请求合适的供电功率,以满足电动机输出转矩的实际需要,并使电动机工作在高效区,同时确保发动机工作在最佳燃油消耗区。

[0014] 进一步地,在作业过程中,拖拉机行驶阻力增大,需要电动机输出更大的转矩克服阻力时,整机控制器指令电池控制系统提供更大的电池包放电功率,用于增加电动机实际输出功率,使得拖拉机顺利克服阻力继续行驶;若拖拉机作业过程中,电动机输出功率小于或等于发电机发电功率,则电池包停止放电,同时整机控制器判断电池包电量,将根据需要对电池包进行充电;在拖拉机制动、换向操纵或下坡行驶阶段,拖拉机不需要电动机驱动,此时整机控制器将控制电动机输出反向转矩实现电力回馈,该部分发电功率将用于电池包的充电,此时发电机发电功率将减少,达到拖拉机电驱动系统电平衡,以确保电池包的安全。

[0015] 无人驾驶系统通过三维地图进行路径规划,拖拉机在预定路径行驶时,利用差分卫星定位技术进行导航及定位,通过惯性导航系统对拖拉机的在惯性系中的加速度、角加速度等信息进行采集,对时间积分计算得出拖拉机行驶车速、位置、姿态等信息,激光雷达装置和激光里程计用于采集拖拉机实时环境信息,通过与既有三维地图比较、和组合导航系统采集的位姿信息融合,进行路径更正和地图更新,再由无人驾驶模块将路径信息对整车控制器进行反馈,整车控制器通过控制油门、刹车、转向、工作模式等信号,完成无人驾驶操作。

[0016] 有益效果:本发明的串联式混合动力拖拉机,通过电动机驱动实现拖拉机无级变速行驶,可在0~40km/h内任意调节行驶速度,具有连续无级调速的优点;采用二挡机械换挡,挡内无级变速行驶,具有田间工作挡和道路运输挡;电驱动传动结构简单,耐久性强,故障率低,传动效率高,性能稳定;柴电驱动动力响应快,功率储备大,柴油机始终稳定在最佳经济区工作,拖拉机动力系统高效节油;采用电控智能管理系统,智能控制发动机转速,整机操控简单舒适快捷,操纵强度低。

## 附图说明

- [0017] 图1串联式混合动力拖拉机整机结构图;  
图2串联式混合动力技术方案图;  
图3发动机与电驱动系统结构原理图;  
图4串联式混合动力驱动系统原理图;  
图5电驱动热管理系统结构图;  
图6串联式混合动力拖拉机控制系统架构图;  
图7串联式混合动力拖拉机CAN总线结构图;  
图8无人驾驶模块技术原理。

[0018] 附图标记:1、发动机,2、扭转减震器,3、发电机,4、电动机,5、前箱壳体,6、主驱动轴,7、工作挡主动齿轮,8、运输挡主动齿轮,9、后箱壳体,10、液压泵,11、液压泵齿轮副,12、液压泵主动齿轮,13、行星减速机构,14、后驱动轮轴,15、制动器,16、末端壳体,17、动力输出驱动轴,18、动力输出离合器,19、动力输出高速主动齿轮,20、动力输出低速主动齿轮,21、动力输出啮合套,22、动力输出轴,23、动力输出低速从动齿轮,24、动力输出高速从动齿轮,25、动力输出壳体,26、大锥齿轮,27、差速器,28、小锥齿轮轴,29、分动器主动齿轮,30、分动器驱动齿轮副,31、分动器啮合套,32、分动器壳体,33、四驱轴,34、主离合器,35、运输挡从动齿轮,36、同步器,37、工作挡从动齿轮。

### 具体实施方式

[0019] 下面结合附图和具体实施例对本发明做进一步详细的说明。

[0020] 一种串联式混合动力拖拉机,包括发动机系统、电驱动系统、机械传动系统、控制系统、电气系统、热管理系统、无人驾驶系统。图1所示为本发明拖拉机的整机系统结构图,从车头往后,分别布置激光雷达(LiDAR)和惯性测量单元(IMU)、散热系统、发动机系统、电驱动系统、蓄电池组、机械传动系统。

[0021] 所述发动机系统包括发动机本体、后处理装置、ECU(发动机控制器)、冷却系、供油系统等;所述发动机采用电控柴油机总成;在原发动机基础上,取消启动电机,由电驱动系统的发电机代替原有启动电机,拖动发动机启动;在启动信号发出后,发电机输出正向转矩,带动发动机曲轴转动,柴油机接收整车控制器的启动信号之后ECU再开始控制喷油,同时ECU控制燃油喷射,完成柴油机启动过程。

[0022] 如图1-4,电驱动系统包括发电机3、电动机4和蓄电池组,所述发电机3与电动机4均为永磁同步电机,二者呈同轴布置,安装在前箱壳体5内,发电机3和电动机4取消原有机械输出轴,转子轴套中空,将转子轴套加长作为动力输出(入)端,并根据要求增加连接装置,连接机械传动系统的主驱动轴6;为节省开发费用,双电机原有后端面取消,二者定子壳连接为一体,发电机3与电动机4均采用直接转矩控制。

[0023] 所述的蓄电池组包括低压电池和高压电池包;低压电池为铅酸蓄电池,主要为散热风扇、水泵、大灯等低压电电器提供电能;高压电池包为三元锂离子电池,主要为发动机启动和电动机大扭矩驱动提供电能;辅助能源系统的低压电池与高压电池包放置于同一箱体内,包含BMS(电池管理系统),布置在驾驶室座椅下方,采用自然冷却或风冷;高压电池包自身管理通过BMS实现,通过VCU(整机控制器)实现功能控制。

[0024] 如图2发电机和电动机分别经逆变系统与高压电池包连接,发电机的电力输出通过逆变器和高压电池包的输入连接,以给高压电池包进行充电;高压电池包的电力输出可以通过逆变器给电动机供电,当发电机处于电动模式时,高压电池包的电力输出还可以通过逆变器给发电机供电。

[0025] 如图4所示,本发明的串联式混合动力技术方案,发动机1通过扭转减震器2与发电机3输入端连接,扭转减震器2的一侧安装在发动机1飞轮上,另外一侧与发电机3连接,发动机1通过扭转减震器2直接驱动发电机3中心轴套,发电机3与电动机4同轴设置,电动机4中心轴套连接主驱动轴6驱动机械传动系统,其中发电机3和电动机4将转子轴套加长作为输入/输出端,发电机3为高压电池包和电动机4提供电源。

[0026] 本发明的机械传动系统大程度的维持拖拉机原有变速器的设计,利用原有拖拉机变速器,在后箱内保留两个机械挡位的基础上,取消倒挡轴,中央传动前端分动器、前桥、后桥依然采用拖拉机原有设计。

[0027] 机械传动系统包括机械换挡机构、分动器机构、液压泵机构、后驱动桥和动力输出机构;机械换挡机构、分动器机构和液压泵驱动机构安装在后箱壳体16内;电动机4直接驱动机械换挡机构,机械换挡机构一侧连接分动器机构,用于驱动前驱动桥;机械换挡机构连另一侧连接后差速器机构,用于驱动行星减速机构和后驱动轮轴;动力输出机构通过动力输出驱动轴17由发动机1直接驱动;与动力输出驱动轴17同轴的液压泵驱动齿轮12驱动液压泵驱动齿轮副,带动液压泵10工作。

[0028] 机械换挡机构包括主驱动轴6、工作挡齿轮副(工作挡主动齿轮7和工作挡从动齿轮37)、运输挡齿轮副(运输挡主动齿轮8和运输挡从动齿轮35)、同步器36和主离合器34,工作挡主动齿轮7和运输挡主动齿轮8与主驱动轴6同轴,工作挡从动齿轮37和运输挡从动齿轮35与同步器36和主离合器34同轴,同步器36的两侧分别设有工作挡齿轮副、运输挡齿轮副,通过同步器36与高速挡齿轮副或低速挡齿轮副接合,驾驶员通过换挡手柄控制在工作挡和运输挡的切换;主离合器34一侧连接机械换挡机构,另一侧连接小锥齿轮轴28,其主要用于实现拖拉机行驶动力的结合和分离。

[0029] 分动器机构包括分动器主动齿轮29、分动器驱动齿轮副30、分动器啮合套31、分动器壳体32和前桥驱动轴33,其中分动器驱动齿轮副30和分动器啮合套31安装在分动器壳体32内,分动器主动齿轮29与主离合器34和小锥齿轮轴28同轴,分动器主动齿轮29与分动器驱动齿轮副30啮合,分动器驱动齿轮副30与分动器啮合套31连接,分动器啮合套31与四驱轴33同轴连接。

[0030] 所述的后驱动桥包括后箱壳体9、小锥齿轮轴28、大锥齿轮26、差速器27、行星减速机构13、制动器15、末端壳体16和后驱动轮轴14,小锥齿轮轴28、大锥齿轮26、差速器27和制动器15安装在后箱壳体内,行星减速机构13和后驱动轮轴14安装在末端壳体16内,机械换挡机构的主离合器34与小锥齿轮轴28连接,小锥齿轮轴28上的小锥齿轮与大锥齿轮26呈直角垂直啮合,大锥齿轮26连接差速器27、制动器15和行星减速机构13,行星减速机构13与后驱动轮轴14连接。

[0031] 电动机4通过主驱动轴6将动力传递到机械传动系统中;工作挡主动齿轮7和运输挡主动齿轮8连接在主驱动轴6上,工作挡主动齿轮7与工作挡从动齿轮37啮合组成工作挡(低速挡位),运输挡主动齿轮8与运输挡从动齿轮35啮合组成运输挡位(高速挡位),两组齿轮副中间设同步器36,能够在工作挡和运输挡之间切换,动力通过主离合器34和分动器机构传递至前轮,经主离合器34、差速器27和行星差速机构13和后驱动轮轴14传递至后轮。

[0032] 工作挡状态下,主离合器34结合,驾驶员操纵油门开度增大,整机控制器将所采集的油门模拟量通过报文发送给电动机4,电动机4带动工作挡主动齿轮7和运输挡主动齿轮8开始转动,同步器36与左侧工作挡齿轮副接合,动力由工作挡主动齿轮7传递至工作挡从动齿轮37,然后传递至前轮和后轮,拖拉机开始低速行驶;运输挡与工作挡原理相同,运输挡状态下,主离合器34结合,驾驶员操纵油门开度增大,整机控制器将所采集的油门模拟量通过报文发送给电动机4,电动机4带动工作挡主动齿轮7和运输挡主动齿轮8开始转动,同步器36与右侧运输挡齿轮副结合,动力由运输挡主动齿轮8传递至运输挡从动齿轮35,然后分



别传递至前轮和后轮相应的减速器,车辆进行道路高速行驶。倒挡原理与工作挡、运输挡相似,电机反转即可实现。

[0033] 动力输出机构包括动力输出驱动轴17、动力输出离合器18、动力输出换挡机构和动力输出轴22,动力输出离合器18、动力输出换挡机构和动力输出轴22安装在动力输出壳体25内,动力输出驱动轴17穿过电动机4的中心轴套直接与发电机3中心轴套通过内花键形式连接,发动机1的输出动力经空心轴套直接传递至动力输出驱动轴17,动力输出驱动轴17与动力输出离合器18连接,动力输出离合器18通过动力输出换挡机构与动力输出轴22连接。

[0034] 动力输出换挡机构包括动力输出高速主动齿轮19、动力输出低速主动齿轮20、动力输出啮合套21、动力输出低速从动齿轮23、动力输出高速从动齿轮24,动力输出高速主动齿轮19、动力输出低速主动齿轮20设置在动力输出驱动轴17上,动力输出高速挡从动齿轮24、动力输出啮合套21、动力输出低速档从动齿轮23依次安装在动力输出轴22上,动力输出高速主动齿轮19与动力输出高速从动齿轮24相啮合,形成动力输出高速挡(1000rpm),动力输出低速主动齿轮20与动力输出低速从动齿轮23相啮合,形成动力输出低速档(540rpm),两对齿轮副中间设动力输出啮合套21。

[0035] 如图4所示,所示液压泵驱动机构包括液压泵主动齿轮12、液压泵齿轮副11和液压泵10,与动力输出驱动轴17同轴的液压泵主动齿轮12和液压泵齿轮副11啮合驱动液压泵10,液压泵10通过液压管路为拖拉机液压系统部件提供液压动力。

[0036] 在前述基础上,本发明分别针对中小马力和大马力拖拉机提出了串联式混合动力的两种底盘布置方案。如图3所示,对于发动机、发电机、电动机和变速器的连接方式,方案A采取的是双电机(即发电机和电动机)与发动机、机械传动系统(或变速器)呈端面连接,发电机和电动机之间通过周布螺栓刚性连接,之后,双电机再通过下方或侧方车架与发动机、后箱变速器刚性连接。方案A的优点为:当车架刚度充足的情况下,可以限制双电机系统的弯曲形变,同轴度较好,系统集成度较高,双电机系统拆装性较好,成本较低。方案B为方案A的拓扑结构,采取的方案是发动机、双电机、变速器通只过端面螺栓紧固,与方案A相比,方案B集成程度更高,但装配和拆卸维修较为繁琐。因此,对于大马力拖拉机采取方案A,对于中小马力拖拉机采取方案B。

[0037] 所述的控制系统包括整机控制器、发动机控制器、发电机控制器、电动机控制器和电池管理系统,并预留虚拟仪表节点与自动驾驶控制器节点;控制系统采用SAE J1939协议通信。

[0038] 控制系统通过CAN总线分别与整机控制器、发动机控制器、发电机控制器、电动机控制器、电池管理系统连接,进行数据信息相互传输。

[0039] 所述电气系统分为低压电气系统和高压电气系统,高、低压电气系统分开,采用两路高低压转换装置,一路为540V转换12V,用于拖拉机驾驶室空调、电动(辅助)风扇、电动(辅助)风扇变频控制器、仪表系统、电子操纵系统、传感器、照明装置与其他12V低压电器部件;一路为选装540V转换交流380/220V市电,可用于其他工作或生活电器供电使用,例如水泵、电磁炉。

[0040] 如图5所示,所述热管理系统是指发电机和电动机的散热系统,包括膨胀水壶、冷却水管、散热器、水泵、电磁阀和电阻丝;该系统可确保发电机、电动机和电池包在正常的温

度下工作,延长工作寿命和提高工作效率。

[0041] 如图1和图5所示,散热器位于发动机风扇前部,依靠发动机风扇吸入的冷风进行散热,所述冷却液从散热器出来后,经水泵驱动循环至电池包、发电机和电动机,此后冷却液再回到散热器进行散热,所述散热器还连接膨胀水壶,散热器内的冷却液受热膨胀时,可外溢至膨胀水壶中,散热器中冷却液损耗时,可通过膨胀水壶进行补给,该系统可确保发电机、电动机和电池包在正常的温度下工作,延长工作寿命和提高工作效率。

[0042] 散热器内冷却液采用水+50%乙二醇组成,与发动机冷却液一致,冷却液加水口位置明确标注介质,所述电池包、发电机和电动机的前方管路上均设有电磁阀,电磁阀用于调节冷却液流量,并同时具有开启和关闭管路的功能。

[0043] 在通常工作状态下,电池包、发电机和电动机需要进行散热冷却时,散热器中的冷却液经水泵循环至电池包、发电机和电动机,冷却液将热量带走,循环回散热器,通过散热器将冷却液温度降低至电池包、发电机和电动机的工作温度范围内。

[0044] 拖拉机在极寒天气下作业时,过低的温度会影响电池的放电性能和充电性能,热管理系统可以保证电池包在寒冷条件下的充放电性能;此时,热管理系统主要通过电驱动系统产生的热量,经冷却液循环将热量带到电池包,从而实现对电池包内单体电池的温度进行调节。拖拉机刚启动时,电驱动系统温度与外界温度一致,此时无法通过冷却液对电池包加热,热管理系统首先通过电阻丝对冷却液加热至电池最合适的工作温度,待电驱动系统带载工作一段时间,所产生的热量能够满足热管理所交换热量,即冷却液温度达到了电池包、发电机和电动机的工作温度范围内,电阻丝则停止工作;当冷却液温度较高,同时电池包已达到合适工作温度,整机控制器会关闭电池包前端的电磁阀,确保电池包在安全的温度下工作。

[0045] 如图6-7所示,所述控制系统为电控智能管理系统,采用SAE J1939协议通信,在现有拖拉机CAN网络中新增整机控制器节点、发电机控制节点、电动机控制节点、BMS(电池管理系统)节点,并预留虚拟仪表节点与无人驾驶控制器节点,基本控制系统主要采用星形控制架构,整机控制器主要包含能量管理模块、驾驶员意图推断/执行模块;根据驾驶员信号与控制阈值,为发电机/电动机控制器、BMS等其他子系统控制器提供控制信号,各子系统控制器根据控制信号进行相应闭环控制,实现被控元件执行过程;发动机转速、油量等整机参数采用原有仪表显示;电动机转速、蓄电池SOC、风扇转速、驾驶室温度等另采用车载虚拟仪表显示,虚拟仪表副界面配有故障诊断系统。

[0046] 如图8,无人驾驶系统由组合导航系统、激光雷达(LiDAR)、激光里程计组成,组合导航系统又包括全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System,GNSS)和惯性导航系统(Inertial Navigation System,INS)。无人驾驶通过三维地图进行路径规划,三维地图较二维地图相比,能够更加准确的反应环境状况,尤其适用于丘陵、山地。搭配激光雷达装置,可以及时避障。拖拉机在预定路径行驶时,利用差分卫星定位技术进行导航及定位,通过惯性导航系统对拖拉机的在惯性系中的加速度、角加速度等信息进行采集,对时间积分计算得出拖拉机行驶车速、位置、姿态等信息。激光雷达装置和激光里程计用于采集拖拉机实时环境信息,通过与既有三维地图比较、和组合导航系统采集的位姿信息融合,进行路径更正和地图更新,再由无人驾驶模块将路径信息对整机控制器进行反馈,整机控制器通过控制油门、刹车、转向、工作模式等信号,完成无人驾驶操作。

[0047] 本发明所述串联式混合动力拖拉机的控制方法如下：

本发明所述的混合动力驱动系统中由发电机代替原有启动电机，在驾驶员发出启动信号后，整机控制器通过CAN总线将启动信号发送至发电机控制器和电池管理系统(BMS)，BMS接通发电机控制器为发电机供电，同时发电机控制器控制发电机输出正向转矩，发电机以设定转速带动发动机曲轴转动至发动机启动；同时发动机控制器(ECU)接收整机控制器的启动信号之后，ECU再开始控制发动机供油系统喷油，同时ECU控制燃油喷射，完成发动机启动过程。

[0048] 启动之后，发动机保持怠速状态，并对电驱动回路进行预充电，发电机进入发电状态；发动机进入怠速状态后，整机控制器接收驾驶员操纵加速踏板或加速手柄信号，通过整机控制器判断为有效信号后，整机控制器发送信号至ECU，发动机供油系统按照最大供油量的80%供油，并根据发动机附件或其他拖拉机部件(驾驶室空调系统)驱动需要自适应调整供油量，将发动机转速保持在1900~2000r/min附近，在此区域发动机工作效率最高，燃油经济性最好。

[0049] 发动机启动完成后，拖拉机行驶速度为0，拖拉机制动器结合，主离合器断开，驾驶员可根据需要选择工作挡或运输挡；确认工作挡位后，驾驶员可操纵换向手柄，选择前进或后退，随后可进行起步操纵。

[0050] 在拖拉机起步或加速阶段，根据驾驶员操纵加速踏板或加速手柄的信号，综合判断拖拉机行驶状态后整机控制器向电动机控制器发送请求，电动机将根据电动机控制器的信号选择合适的转矩驱动机械传动系统，实现拖拉机加速行驶直至目标转速或转矩；同时发电机控制器和电池管理系统将根据整机控制器的指令，向电动机提供合适的电能，满足拖拉机起步或加速的实际转矩需求。

[0051] 在拖拉机正常作业过程中，电动机的输出功率受到电池包放电功率限制和发电机发电功率限制，因此电动机的输出功率是电池包放电功率与发电机发电功率之和。整机控制器判断驾驶员的操控指令和电动机实际输出功率后，向发电机控制器和电池管理系统请求合适的供电功率，以满足电动机输出转矩的实际需要，并使电动机工作在高效区，同时确保发动机转速始终保持在最佳燃油消耗区。

[0052] 进一步的，在作业过程中，拖拉机行驶阻力增大，需要电动机保持转速的同时并输出更大的转矩克服阻力时，整机控制器指令电池控制系统提供更大的电池包放电功率，用于增加电动机实际输出功率，使得拖拉机顺利克服阻力继续行驶，同时发电机保持恒定转矩控制为电动机平稳提供电力。

[0053] 进一步的，若拖拉机作业过程中，电动机输出功率小于或等于发电机发电功率，则电池包停止放电，同时整机控制器判断电池包电量，将根据需要对电池包进行充电。

[0054] 进一步的，若拖拉机田间作业或运输作业过程中，拖拉机行驶阻力较小，电动机实际输出转矩较小输出转速较高时，整机控制器指令发电机控制器降低发电机转矩，减少发电量，同时整机控制器指令发动机控制器控制发动机转速大约维持在1900rpm，进一步降低燃油消耗。

[0055] 在拖拉机制动、换向操纵或下坡行驶阶段，拖拉机不需要电动机驱动，此时整机控制器将控制电动机输出反向转矩实现电力回馈，该部分发电功率将用于电池包的充电，此时发电机的发电功率将减少，整机控制器自动控制发动机控制器，将发动机转速维持在

1900rpm,达到拖拉机电驱动系统电平衡,以确保电池包的安全。

[0056] 本发明中发电机与电动机均采用直接转矩控制,基于模糊逻辑算法从加速踏板、制动踏板操纵装置处判断驾驶员意图,在整车控制器中建立目标转矩推断模块,与双电机控制器反馈转速信号共同作为驱动控制信号,控制驱动系统无级调速。

[0057] 电池自身管理通过电池管理系统实现,功能控制通过整车控制器实现,采用发电机定点启停策略的拓扑方法进行控制,基于蓄电池组SOC阈值,设计发电机加载功率控制变量,采用电量补偿的总体原则实现对辅助能源系统供能与运输制动回收储能过程。

[0058] 在不同的拖拉机工作模式下,发电机的发电功率要有不同的功率限制,以避免电动机驱动功率不足,进而过多的消耗电池包电量,同时也要避免出现大电流充电造成电池包的损坏。

[0059] 为了满足电池包的充电功率与放电功率的平衡,发电机发电功率由电动机的驱动功率、电动机的回馈功率和电池包的需求充电功率确定,满足以下功率平衡等式: $P_G + P_F = P_C + P_M$ 。

[0060] 其中, $P_G$ 是发电机输出的发电功率, $P_F$ 是电动机通过制动或减速的回馈功率, $P_M$ 是电动机的驱动功率; $P_F$ 和 $P_M$ 是互斥的,当一个值非零时,另外一个值为0; $P_C$ 是电池包SOC获取的充电功率,充电仅在电池包电量SOC比较低且非零状态的情况下进行,如果电池包电量SOC达到预设标定值,那么 $P_C$ 充电功率为0;电池包的预设标定电量通常小于100%,为电动机回馈功率 $P_F$ 充电预留一定电量空间;根据功率平衡等式,整机控制器将控制发电机和电动机的运转,使拖拉机在工作中始终达到电功率平衡。

[0061] 当拖拉机进行单纯的田间牵引作业时,发动机主要带动发电机发电为电动机提供电力,满足拖拉机行驶,此种工况下,发动机始终以最佳工作区的转速工作,保持高效的功率输出和最佳的燃油消耗;在拖拉机进行田间动力输出作业中,拖拉机需要通过动力输出装置驱动机具,动力输出装置直接由发动机驱动,动力输出装置具有高速挡和低速挡,此种工况下,动力输出装置的高速挡和低速挡分别对应两种发动机转速;整机控制器通过判断拖拉机的行驶状态、动力输出离合器状态和动力输出挡位,通过拖拉机CAN总线将当前的请求转速和最大工作转矩发送给发动机控制器,发动机控制器根据指令调整发动机输出转速和转矩,确保发电机和动力输出装置可工作在预设的转速上;同时,整机控制器通过拖拉机CAN总线接收发动机控制器反馈的转速和转矩信号,不断地调整发动机运行状态,始终保持发动机在最佳燃油经济区工作。

[0062] 在动力输出作业的情况下,发动机控制器通过发动机外特性表获取到当前转速的外特性转矩,并限制发电机输出转矩小于当前发动机能输出的最大转矩,避免大功率输出导致发动机熄火,同时确保电动机驱动拖拉机行驶的供电需求,如果拖拉机需要克服较大阻力行驶时,整机控制器控制电池包及时补充行驶所需电力补充。

[0063] 散热风扇和水泵则根据电驱动系统冷却液的温度调整工作状态,利用模糊控制算法,以电驱动系统各部件的温度、负载作为输入,建立相应的模糊子集对应散热风扇和水泵的工作状态,通过CAN网络通讯实时将电驱动系统的温度、负转速、转矩等信息发送至整机控制器,整机控制器按照既定算法实现对热管理系统的控制。

[0064] 本发明在原机械换挡拖拉机的基础上,创新设计开发具有串联式电驱动变速箱的非道路国四柴油机的混合动力轮式拖拉机。机罩、驾驶室、高低压液压系统、工作装置、燃油

箱等整机部件均在原拖拉机零部件的基础上整体借用或局部配套改进设计,电驱动系统均采用国产的电机、高压电池及控制器部件,降低研发成本,提高设计效率;整个拖拉机结构简单,便于维护。

[0065] 本发明的拖拉机通过电动机驱动实现拖拉机无级变速行驶,可在0~40km/h内任意调节行驶速度,具有连续无级调速的优点;采用二挡机械换挡,挡内无级变速行驶,具有田间作业挡和道路运输挡;电驱动传动系结构简单,耐久性强,故障率低,传动效率高,性能稳定;柴电驱动动力响应快,功率储备大,柴油机始终稳定在最佳经济区工作,拖拉机动力系统高效节油;采用电控智能管理系统,智能控制发动机转速,带自主诊断和报警系统,整机操控简单舒适快捷,操纵强度低;可配套北斗导航及无人驾驶控制系统。

[0066] 该串联式混合动力拖拉机,较动力换挡拖拉机具有连续无级调速的优点,平顺性较好,加工难度与制造成本较低;可在运输、植保等小行驶阻力工况下制动回收,并可根据设计需要通过增加电池降低燃油消耗成本;较液压机械式无级变速拖拉机,混合动力拖拉机的核心部件成本较低,国产化程度较高;电驱动系统功率密度较高,可进一步降低配套拖拉机的总体尺寸参数,改善整机的机动性。

[0067] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制,虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然而并非用以限定本发明,任何熟悉本专业的技术人员,在不脱离本发明技术方案范围内,当可利用上述揭示的技术内容做出些许更动或修饰为等同变化的等效实施例,但凡是未脱离本发明技术方案内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属于本发明技术方案的范围。

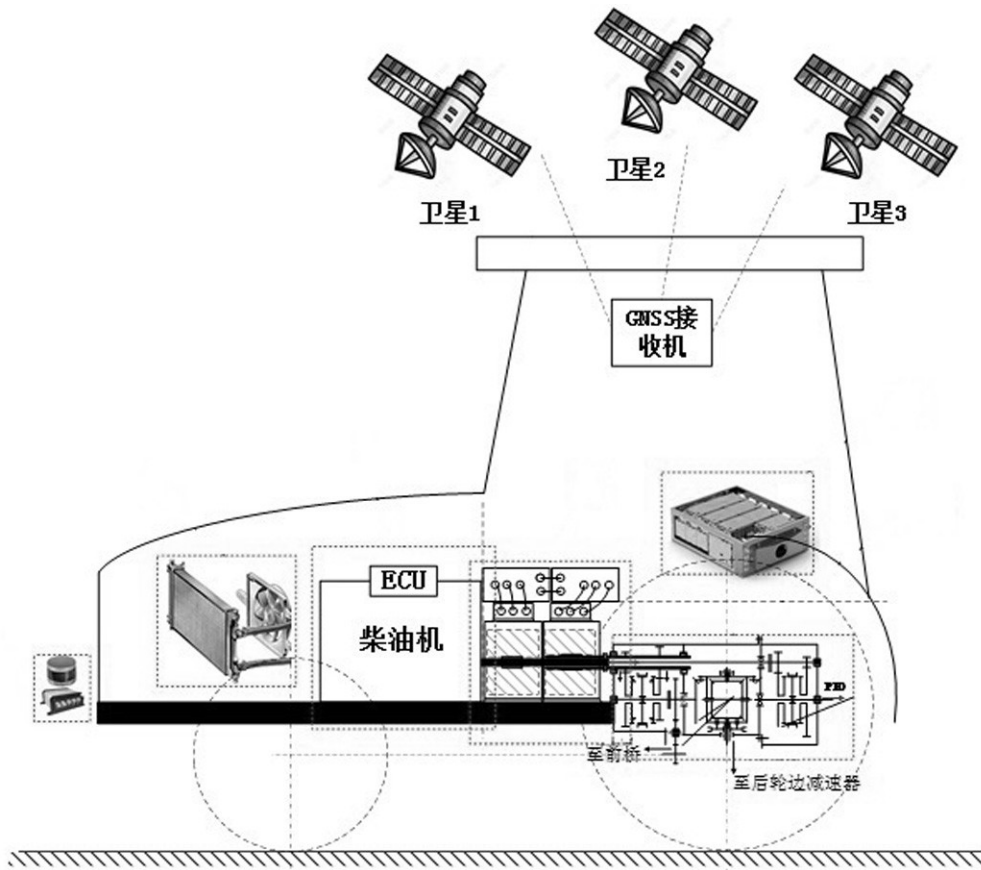


图1

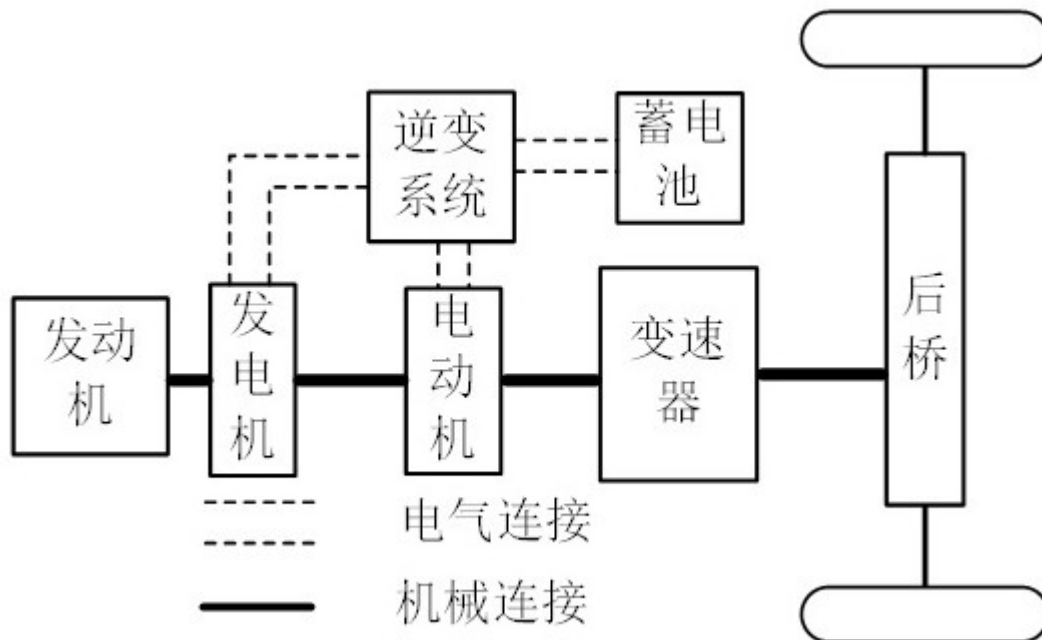


图2

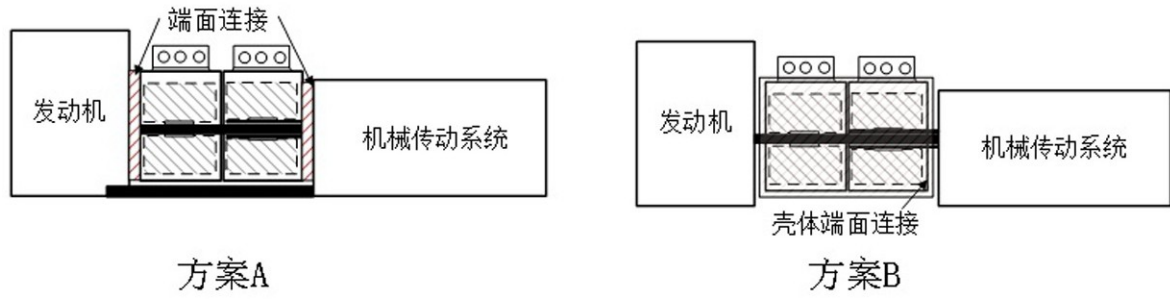


图3

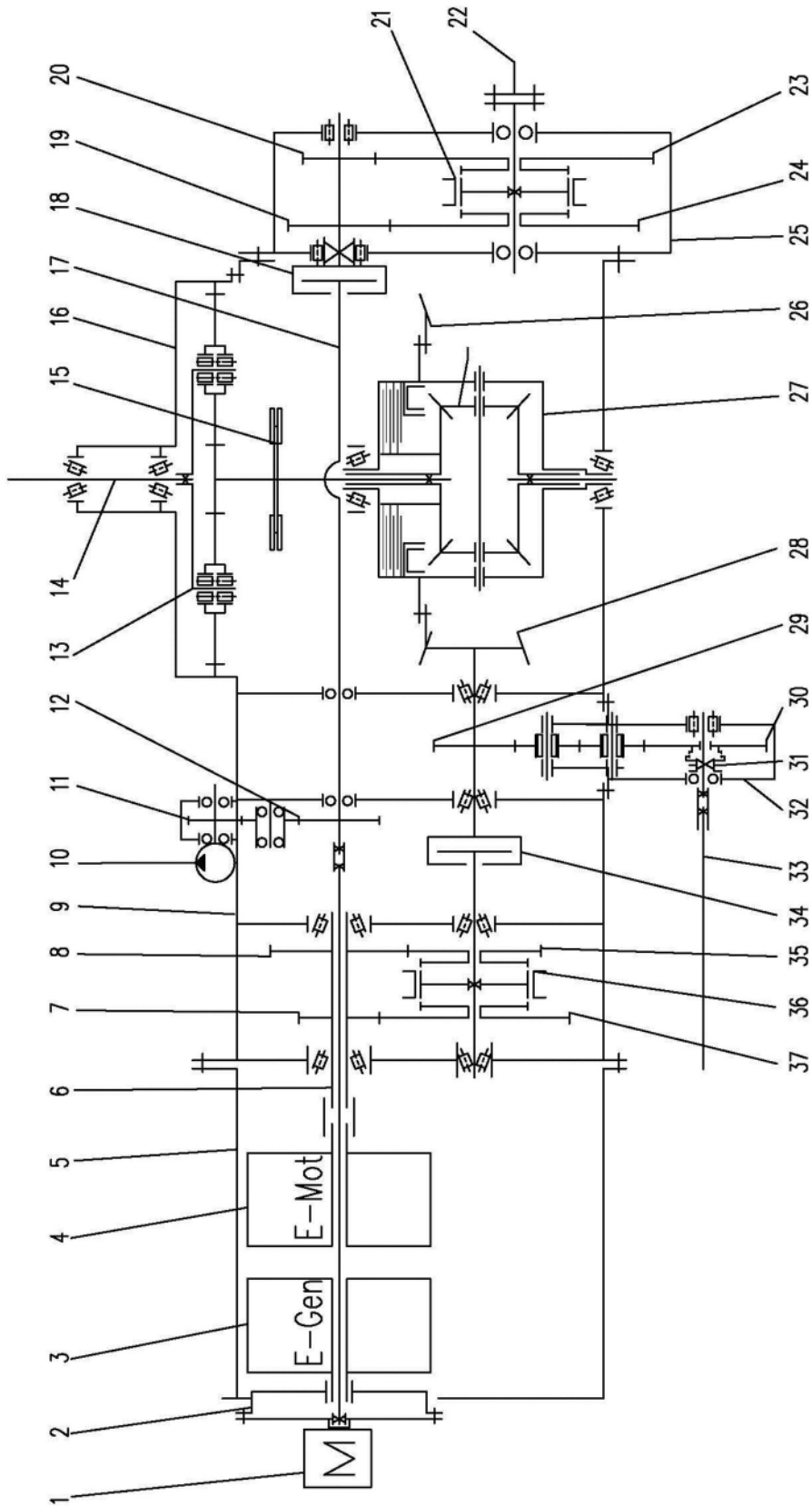


图4



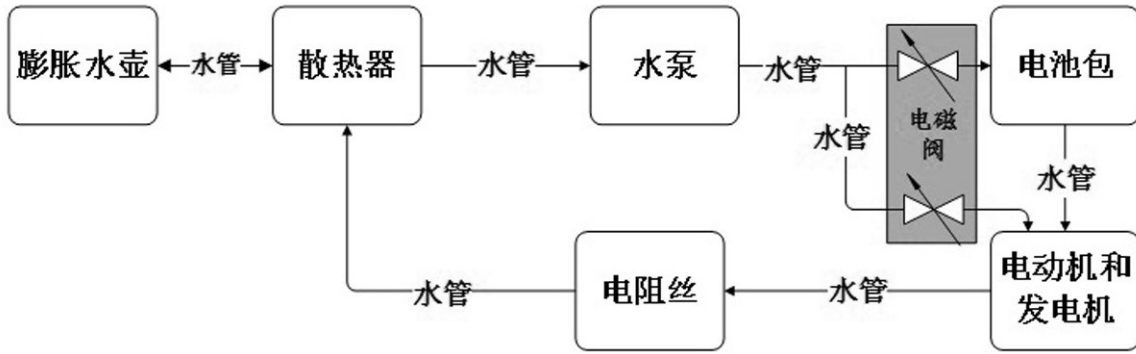


图5

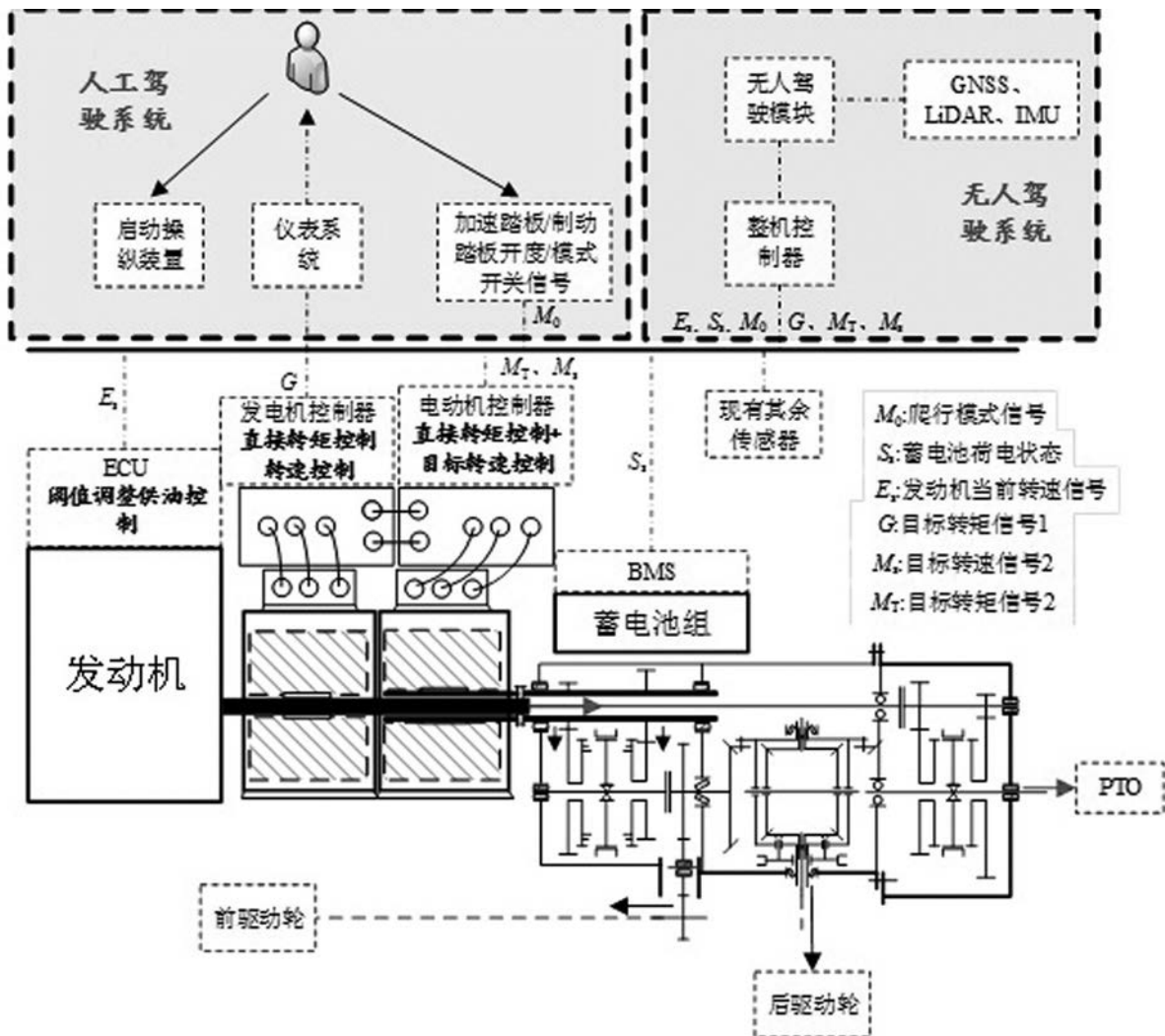


图6

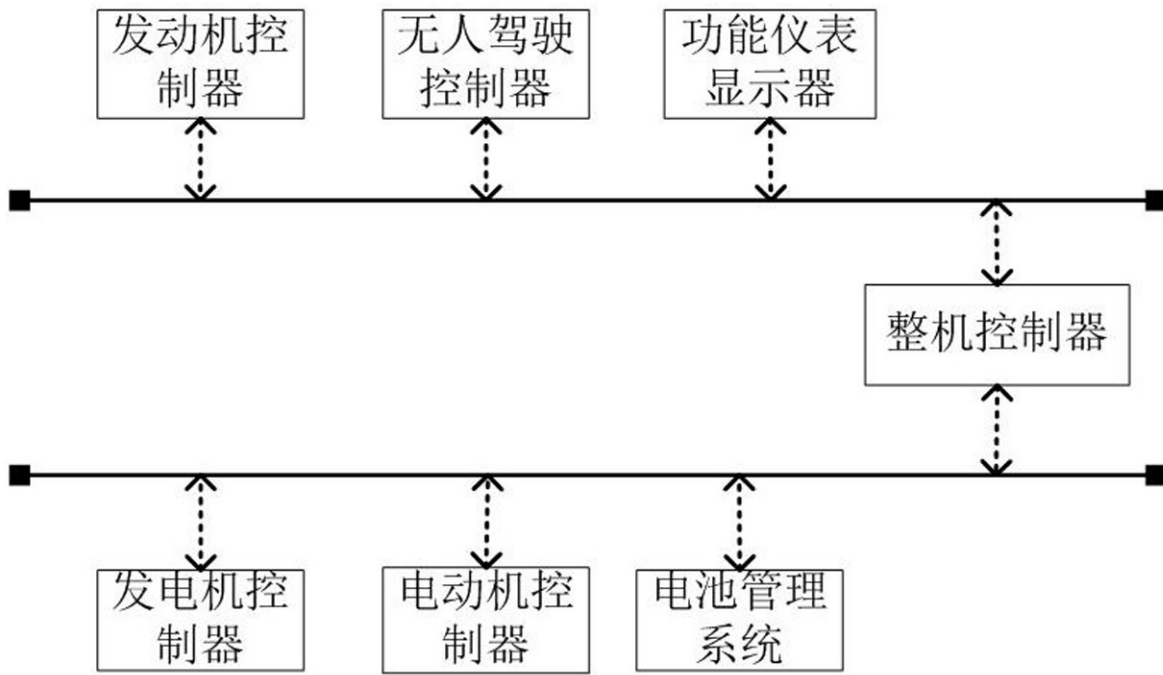


图7

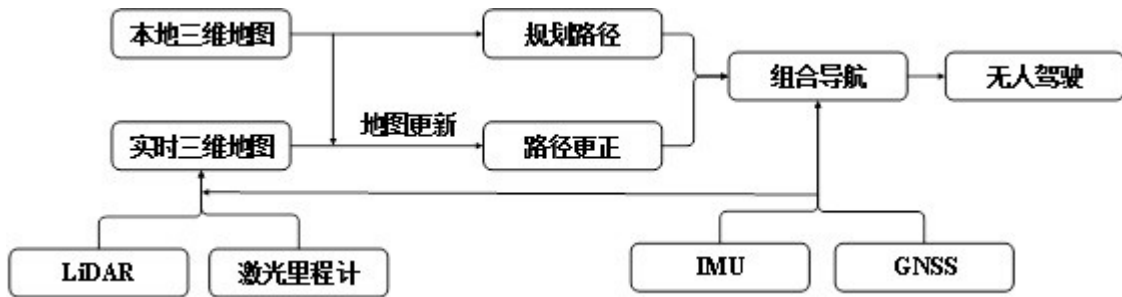


图8