(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109850007 A
(43)申请公布日 2019.06.07

(21)申请号 201811626183.2

(22)申请日 2018.12.28

(71)申请人 山东先河荣悦智能科技有限公司
地址 255100 山东省淄博市淄川区洪山镇洪山大街6号

(72)发明人 张炳荣 刘惟栋 曲宝军 吕斌 成卫之 张英震

(74)专利代理机构 淄博佳和专利代理事务所 37223
代理人 孙爱华

(51)Int.Cl.
B62D 5/04(2006.01)

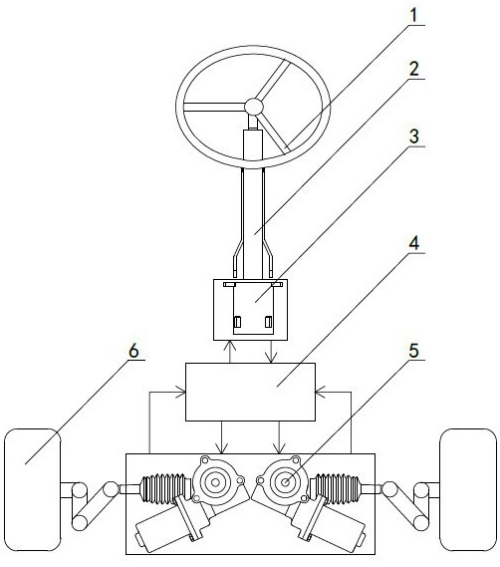
权利要求书2页 说明书8页 附图9页

(54)发明名称

一种电动叉车线控助力系统及助力控制方法

(57)摘要

一种电动叉车线控助力系统及助力控制方法，属于车辆用转向设备领域。包括转向机构以及助力执行机构(5)，其特征在于：转向机构与助力执行机构(5)通过控制器(4)内的控制电路电相连，转向机构包括方向盘(1)以及路感反馈电机(3)；助力执行机构(5)包括球头拉杆组件(9)以及两个助力总成(7)，每个助力总成(7)中设置有转向助力电机(18)，转向助力电机(18)与球头拉杆组件(9)转动连接，并通过球头拉杆组件(9)与车辆转向轮(6)连接，转向助力电机(18)同时由控制电路控制。在本电动叉车线控助力系统中，针对电动叉车实现了转向机构以及助力执行机构的电连接，降低了成本同时提高了操控性。



CN 109850007 A

1.一种电动叉车线控助力系统，包括转向机构以及助力执行机构(5)，其特征在于：设置有控制器(4)，转向机构与助力执行机构(5)通过控制器(4)内的控制电路电相连，转向机构包括方向盘(1)以及与方向盘(1)连接的路感反馈电机(3)，路感反馈电机(3)由控制电路控制；

助力执行机构(5)包括球头拉杆组件(9)以及两个助力总成(7)，球头拉杆组件(9)间隔设置有两个，每个助力总成(7)均与两个球头拉杆组件(9)相连，每个助力总成(7)中设置有转向助力电机(18)，转向助力电机(18)与球头拉杆组件(9)转动连接，并通过球头拉杆组件(9)与车辆转向轮(6)连接，转向助力电机(18)同时由控制电路控制。

2.根据权利要求1所述的电动叉车线控助力系统，其特征在于：所述的控制电路包括微处理器以及连接在微处理器输入端的传感器，传感器包括分别用于检测转向助力电机(18)和路感反馈电机(3)工作电流的电流传感器，用于检测所述转向助力电机(18)转速和转角的转向助力电机传感器，用于检测所述路感反馈电机(3)转速和转角的路感反馈电机传感器、用于检测方向盘(1)转动角度和扭矩的方向检测传感器以及用于检测电动叉车车速的车速传感器，微处理器的输出端驱动转向助力电机(18)以及路感反馈电机(3)转动。

3.根据权利要求1所述的电动叉车线控助力系统，其特征在于：所述微处理器通过H桥驱动电路驱动转向助力电机(18)转动，H桥驱动电路包括四组MOS管，每组MOS管包括并联连接的两只，驱动电源同时连接第一组和第三组MOS管的漏极，第一组MOS管的源极同时连接第二组MOS管的漏极以及转向助力电机(18)的一个输入端，第二组MOS管的源极接地，，第三组MOS管的源极同时连接第四组MOS管的漏极以及转向助力电机(18)的另一个输入端，第四组MOS管的源极接地；四组MOS管的栅极分别连接MOS管驱动芯片的四个不同的信号输出端，MOS管驱动芯片的四个不同的输入端分别连接微处理器送入的四组驱动信号。

4.根据权利要求1所述的电动叉车线控助力系统，其特征在于：在所述转向助力电机(18)与球头拉杆组件(9)之间设置有齿轮齿条机构，齿轮齿条机构的齿条设置在两个球头拉杆组件(9)之间，齿轮齿条机构的齿轮与转向助力电机(18)一一对应，转向助力电机(18)的输出轴对应的齿轮相连并带动齿轮同步转动，齿条的端部与对应侧的球头拉杆组件(9)转动连接。

5.根据权利要求1所述的电动叉车线控助力系统，其特征在于：所述的齿轮齿条机构包括相啮合的齿轮轴(12)和齿条轴(11)，齿条轴(11)的端部与对应侧的球头拉杆组件(9)转动连接，齿轮轴(12)与转向助力电机(18)一一对应，转向助力电机(18)的输出轴与对应的齿轮轴(12)相连并带动其转动；所述的齿条轴(11)远离齿轮轴(12)的一侧设置有推动其压紧齿轮轴(12)的压缩弹簧(23)。

6.根据权利要求5所述的电动叉车线控助力系统，其特征在于：所述的齿条轴(11)外滑动套设有套筒(8)，套筒(8)的端部与对应侧的球头拉杆组件(9)之间通过防尘罩(10)密封。

7.根据权利要求1所述的电动叉车线控助力系统，其特征在于：每个所述的转向助力电机(18)与对应的齿轮之间设置有减速传动机构，减速传动机构包括相啮合的蜗轮(15)和蜗杆(20)，蜗杆(20)与对应的转向助力电机(18)的输出轴相连，蜗轮(15)与对应的齿轮相连并与其保持同步转动。

8.一种利用权利要求1~7任一项所述的电动叉车线控助力系统实现的助力控制方法，其特征在于：包括如下步骤：

步骤1001，方向盘(1)转动时，通过设置在方向盘(1)处的方向检测传感器得到方向盘(1)转动过程中的角度信号以及扭矩信号；

步骤1002，控制器(4)中的控制电路判断此时电动叉车是否处于回正状态，如果处于回正状态，则执行回正补偿流程，如果未处于回正状态，执行步骤1003；

步骤1003，确定曲线控制策略、直线控制策略以及折线控制策略其中之一作为电动叉车的控制策略；

步骤1004，控制器(4)中的控制电路进对转向助力电机(18)进行惯量补偿计算；

步骤1005，控制器(4)中的控制电路根据设置在方向盘(1)处的方向检测传感器得到方向盘(1)转动过程中的角度信号以及扭矩信号，判断方向盘(1)的转动速度和/或角度是否超过预设定的阈值，如果超过预设定的阈值，则判定此时方向盘(1)进行了快速转向，执行步骤1006，如果未超出预设定的阈值，则方向盘(1)未执行快速转向，执行步骤1007；

步骤1006，控制电路判断出方向盘(1)发生快速转向之后，进行变参数PID调节，对转向轮(6)进行控制；

步骤1007，当方向盘(1)未进行快速转向时，控制电路按照预设定的参数得到转向助力电机(18)的控制电压，对转向轮(6)进行控制；

步骤1008，进行固定阻尼补偿；

控制器(4)中的控制电路通过路感反馈电机(3)对方向盘(1)进行阻尼补偿；

步骤1009，控制电路向转向助力电机(18)输出控制信号。

9.根据权利要求8所述的助力控制方法，其特征在于：步骤1002中所述的回正补偿流程，包括如下步骤：

步骤2001，方向盘(1)转动时，通过设置在方向盘(1)处的方向检测传感器得到方向盘(1)的转向；

步骤2002，得到转向助力电机(18)的偏移角度；

步骤2003，计算得到转向助力电机(18)需要回正的剩余角度；

步骤2004，控制器(4)中的控制电路同时控制路感反馈电机(3)带动方向盘(1)回正；

步骤2005，控制器(4)中的控制电路判断转向助力电机(18)和方向盘(1)是否同时回正，如果同时回正则回正结束，执行步骤2006，如果未同时回正，则返回步骤2001；

步骤2006，回正结束。

一种电动叉车线控助力系统及助力控制方法

技术领域

[0001] 一种电动叉车线控助力系统及助力控制方法，属于车辆用转向设备领域。

背景技术

[0002] 目前，车辆已经由液压助力转向结构成功转为电动助力转向结构，主要有C-EPS、P-EPS、R-EPS三种结构形式，并且由操纵机构到执行机构都需要采用机械连接进行传导力矩，而来自地面的反向作用力会传导驾驶员手上。作为国内大多数电动叉车来说还都在使用传统液压助力结构，对于电动叉车来说使用液压系统的话，不管在节能减排、成本控制及操控性上都已经不是最佳选择。同时叉车后轮转向及电池下沉式结构限制，C-EPS、P-EPS、R-EPS三种结构也都使叉车使用电动助力比较困难。

[0003] 在现有技术中，线控助力结构的提出在一定程度上解决了上述问题，但是目前线控转向助力机构普遍应用在汽车领域，并且常规用于电动汽车上的线性助力机构无法直接应用到电动叉车上，其原因在于：电动叉车与普通电动汽车相比属于特种车辆，其正常行驶时的车速远远低于普通电动汽车，但是电动叉车的载重量远远大于普通汽车，并且电动叉车在行驶过程中出现频繁大幅度转向的场合较多，因此电动叉车对转向灵活性以及转向的助力要求极高，因此研发一种适用于电动叉车的线控助力系统是本领域亟待解决的问题。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是：克服现有技术的不足，提供一种针对电动叉车实现了转向机构以及助力执行机构的电连接，降低了成本同时提高了操控性的电动叉车线控助力系统及助力控制方法。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：该电动叉车线控助力系统，包括转向机构以及助力执行机构，其特征在于：设置有控制器，转向机构与助力执行机构通过控制器内的控制电路电相连，转向机构包括方向盘以及与方向盘连接的路感反馈电机，路感反馈电机由控制电路控制；

助力执行机构包括球头拉杆组件以及两个助力总成，球头拉杆组件间隔设置有两个，每个助力总成均与两个球头拉杆组件相连，每个助力总成中设置有转向助力电机，转向助力电机与球头拉杆组件转动连接，并通过球头拉杆组件与车辆转向轮连接，转向助力电机同时由控制电路控制。

[0006] 优选的，所述的控制电路包括微处理器以及连接在微处理器输入端的传感器，传感器包括分别用于检测转向助力电机和路感反馈电机工作电流的电流传感器，用于检测所述转向助力电机转速和转角的转向助力电机传感器，用于检测所述路感反馈电机转速和转角的路感反馈电机传感器、用于检测方向盘转动角度和扭矩的方向检测传感器以及用于检测电动叉车车速的车速传感器，微处理器的输出端驱动转向助力电机以及路感反馈电机转动。

[0007] 优选的，所述微处理器通过H桥驱动电路驱动转向助力电机转动，H桥驱动电路包

括四组MOS管，每组MOS管包括并联连接的两只，驱动电源同时连接第一组和第三组MOS管的漏极，第一组MOS管的源极同时连接第二组MOS管的漏极以及转向助力电机的一个输入端，第二组MOS管的源极接地，，第三组MOS管的源极同时连接第四组MOS管的漏极以及转向助力电机的另一个输入端，第四组MOS管的源极接地；四组MOS管的栅极分别连接MOS管驱动芯片的四个不同的信号输出端，MOS管驱动芯片的四个不同的输入端分别连接微处理器送入的四组驱动信号。

[0008] 优选的，在所述转向助力电机与球头拉杆组件之间设置有齿轮齿条机构，齿轮齿条机构的齿条设置在两个球头拉杆组件之间，齿轮齿条机构的齿轮与转向助力电机一一对应，转向助力电机的输出轴对应的齿轮相连并带动齿轮同步转动，齿条的端部与对应侧的球头拉杆组件转动连接。

[0009] 优选的，所述的齿轮齿条机构包括相啮合的齿轮轴和齿条轴，齿条轴的端部与对应侧的球头拉杆组件转动连接，齿轮轴与转向助力电机一一对应，转向助力电机的输出轴与对应的齿轮轴相连并带动其转动；所述的齿条轴远离齿轮轴的一侧设置有推动其压紧齿轮轴的压缩弹簧。

[0010] 优选的，所述的齿条轴外滑动套设有套筒，套筒的端部与对应侧的球头拉杆组件之间通过防尘罩密封。

[0011] 优选的，每个所述的转向助力电机与对应的齿轮之间设置有减速传动机构，减速传动机构包括相啮合的蜗轮和蜗杆，蜗杆与对应的转向助力电机的输出轴相连，蜗轮与对应的齿轮相连并与其保持同步转动。

[0012] 一种电动叉车用助力执行机构实现的助力控制方法，其特征在于：包括如下步骤：

步骤1001，方向盘转动时，通过设置在方向盘处的方向检测传感器得到方向盘转动过程中的角度信号以及扭矩信号；

步骤1002，控制器中的控制电路判断此时电动叉车是否处于回正状态，如果处于回正状态，则执行回正补偿流程，如果未处于回正状态，执行步骤1003；

步骤1003，确定曲线控制策略、直线控制策略以及折线控制策略其中之一作为电动叉车的控制策略；

步骤1004，控制器中的控制电路进对转向助力电机进行惯量补偿计算；

步骤1005，控制器中的控制电路根据设置在方向盘处的方向检测传感器得到方向盘转动过程中的角度信号以及扭矩信号，判断方向盘的转动速度和/或角度是否超过预设定的阈值，如果超过预设定的阈值，则判定此时方向盘进行了快速转向，执行步骤1006，如果未超出预设定的阈值，则方向盘未执行快速转向，执行步骤1007；

步骤1006，控制电路判断出方向盘发生快速转向之后，进行变参数PID调节，对转向轮进行控制；

步骤1007，当方向盘未进行快速转向时，控制电路按照预设定的参数得到转向助力电机的控制电压，对转向轮进行控制；

步骤1008，进行固定阻尼补偿；

控制器中的控制电路通过路感反馈电机对方向盘进行阻尼补偿；

步骤1009，控制电路向转向助力电机输出控制信号。

[0013] 优选的，步骤1002中所述的回正补偿流程，包括如下步骤：

步骤2001，方向盘转动时，通过设置在方向盘处的方向检测传感器得到方向盘的转向；

步骤2002，得到转向助力电机的偏移角度；

步骤2003，计算得到转向助力电机需要回正的剩余角度；

步骤2004，控制器中的控制电路同时控制路感反馈电机带动方向盘回正；

步骤2005，控制器中的控制电路判断转向助力电机和方向盘是否同时回正，如果同时回正则回正结束，执行步骤2006，如果未同时回正，则返回步骤2001；

步骤2006，回正结束。

[0014] 与现有技术相比，本发明所具有的有益效果是：

1、在本电动叉车线控助力系统中，针对电动叉车实现了转向机构以及助力执行机构的电连接，降低了成本同时提高了操控性。

[0015] 2、本电动叉车线控助力系统采用两个电机驱动，且电机通过齿轮齿条机构与两个球头拉杆组件相连，球头拉杆组件通过弯臂与车辆转向轮相配合，并通过弯臂带动转向轮实现了左右方向控制，解决了电动叉车采用电动助力系统时的结构瓶颈，设计结构更简单，加工更易实现，采用双助力系统转向更轻便、灵活，精度更高，由于电机控制方便，因此可实现主动回正功能，采用双助力系统，保证当出现转向失效的情况下还可以实现转向功能，保证了转向器的可靠性和安全性。

[0016] 3、两个齿轮轴均与齿条轴配合，从而实现了两个电机均可带动齿条轴平移。

[0017] 4、齿条轴通过压缩弹簧压紧，保证齿条轴与齿轮轴啮合可靠。

[0018] 5、齿条轴外安装有套筒，套筒两端均设置有防尘罩，从而能够避免齿条轴上粘附有尘土，影响齿轮轴与齿条轴的啮合。

[0019] 6、电机通过蜗轮蜗杆机构与齿轮相连，既能够实现减速功能，蜗轮蜗杆机构具有反向自锁的特性，即仅仅能够通过方向盘实现转向，保证方向控制稳定。

[0020] 7、在本电动叉车线控助力系统中，由于转向机构和助力执行机构之间没有机械连接，因此通过回正补偿流程，可以实现方向盘和转向轮的同步回正。

[0021] 8、针对电动叉车的载重量较大且在行驶过程中出现频繁大幅度转向的场合较多，因此电动叉车在行驶过程中需要控制器对电流的承载能力要求较高的特点，采用了双MOS管并联的H桥驱动法，因此使得转向助力电机的电机电流可以平均分配到两个MOS管上，由此不仅提高了控制器对电流的承载能力，同时使单个MOS管的发热量降低。

附图说明

[0022] 图1为电动叉车线控助力系统示意图。

[0023] 图2为电动叉车线控助力系统用助力执行机构主视剖视图。

[0024] 图3为图2中A处的局部放大图。

[0025] 图4为电动叉车线控助力系统用助力执行机构俯视图。

[0026] 图5为图4中B处的局部放大图。

[0027] 图6为电动叉车线控助力系统用助力执行机构助力总成主视剖视示意图。

[0028] 图7为电动叉车线控助力系统控制电路原理方框图。

[0029] 图8为电动叉车线控助力系统转向助力电机驱动电路原理图。

[0030] 图9为电动叉车线控系统的助力控制方法流程图。

[0031] 图10为电动叉车线控系统的助力控制方法回正补偿流程图。

[0032] 其中:1、方向盘 2、连杆 3、路感反馈电机 4、控制器 5、助力执行机构 6、转向轮 7、助力总成 8、套筒 9、球头拉杆组件 10、防尘罩 11、齿条轴 12、齿轮轴 13、轴承 14、上盖组件 15、蜗轮 16、壳体组件 17、角度传感器 18、转向助力电机 19、联轴器 20、蜗杆 21、锁紧螺母 22、齿条导向块 23、压缩弹簧 24、压簧螺塞。

具体实施方式

[0033] 图1~10是本发明的最佳实施例,下面结合附图1~10对本发明做进一步说明。

[0034] 如图1所示,一种电动叉车线控助力系统,包括转向机构、控制器4、助力执行机构5,转向机构与助力执行机构5之间没有机械连接,通过控制器4进行电路连接。转向机构包括方向盘1、连杆2以及路感反馈电机3,方向盘1通过常规的连杆2与路感反馈电机3的电机轴相连。控制器4内设置有控制电路,转向机构与控制器4内的控制电路双向连接,助力执行机构5同时与控制器4中的控制电路双向连接。

[0035] 方向盘1的转向信号发送至控制器4,控制器4相助力执行机构5发出控制信号,助力执行机构5在控制信号的驱动下工作,进一步带动转向轮6转动,完成电动叉车的转向;在行驶过程中,助力执行机构5同时将路况信息反馈给控制器4,控制器4控制路感反馈电机3工作,将路感信息反馈给驾驶司机。

[0036] 上述助力执行机构5包括球头拉杆组件9以及两个助力总成7,球头拉杆组件9有间隔设置的两个,每个助力总成7均与两个球头拉杆组件9相连,并通过球头拉杆组件9与车辆转向轮6配合;每个助力总成7均包括转向助力电机18,转向助力电机18与球头拉杆组件9之间设置有齿轮齿条机构,齿轮齿条机构的齿条设置在两个球头拉杆组件9之间,齿轮齿条机构的齿轮与转向助力电机18一一对应,转向助力电机18的输出轴对应的齿轮相连并带动齿轮同步转动,齿条的端部与对应侧的球头拉杆组件9转动连接。助力执行机构5采用两个转向助力电机18驱动,且转向助力电机18通过齿轮齿条机构与两个球头拉杆组件9相连,球头拉杆组件9通过弯臂与车辆转向轮6相配合,并通过弯臂带动转向轮6实现了左右方向控制,解决了电动叉车采用电动助力系统时的结构瓶颈,设计结构更简单,加工更易与实现,采用双助力系统转向更轻便、灵活,精度更高,并可实现主动回正功能,采用双助力系统,保证当出现转向失效的情况下还可以实现转向功能,保证了转向器的可靠性和安全性。

[0037] 具体而言:如图2~5所示:两个球头拉杆组件9间隔设置,助力总成7设置在两个球头拉杆组件9之间,两个助力总成7均与两个球头拉杆组件9相连并带动其摆动,球头拉杆组件9通过往弯臂与车辆的转向轮6相配合,并通过弯臂带动转向轮6实现转向。

[0038] 每个助力总成7包括转向助力电机18,两个转向助力电机18通过齿轮齿条机构同时与两个球头拉杆组件9相连,齿轮齿条机构包括齿轮轴12和齿条轴11,齿条轴11设置在两个球头拉杆组件9之间,且齿条轴11的端部与对应侧的球头拉杆组件9通过球头转动连接,转向助力电机18的输出轴与对应的齿轮轴12相连,并带动齿轮轴12转动,两个齿轮轴12均与齿条轴11相结合,从而可同时带动两个球头拉杆组件9摆动。

[0039] 齿条轴11的中部外套设有套筒8,齿条轴11与套筒8滑动连接,套筒8的端部与对应侧的球头拉杆组件9之间均通过防尘罩10密封,在本实施例中,防尘罩10为波纹管,从而避免球头拉杆组件9与齿条轴11相对摆动导致防尘罩10损坏,影响防尘效果。

[0040] 齿轮轴12转动安装在助力总成壳体内，齿轮轴12为由左至右逐渐向下的倾斜状，助力总成壳体为与齿轮轴12相配合的倾斜状，助力总成壳体与齿轮轴12一一对应，齿轮轴12通过轴承13转动安装在对应的助力总成壳体内。

[0041] 助力总成壳体包括壳体组件16和上盖组件14，壳体组件16与套筒8可拆卸的连接，上盖组件14设置在壳体组件16远离套筒8的一端，上盖组件14与壳体组件16通过螺栓可拆卸的连接。

[0042] 每个转向助力电机18均通过减速传动机构与齿轮轴12相连，减速传动机构包括蜗轮15和蜗杆20，蜗轮15转动安装在对应的助力总成壳体内，蜗轮15与对应的齿轮轴12同轴连接并与其保持同步转动，蜗杆20通过联轴器19与对应的转向助力电机18的输出轴同轴连接并保持同步转动，蜗杆20与对应的蜗轮15相啮合。

[0043] 每个助力总成壳体内均安装有传感器17，在本实施例中，传感器17采用市售常见的非接触式扭矩转角传感器实现，如上海海拉电子有限公司生产的型号为TAS-71的非接触式扭矩转角传感器，传感器17与齿轮轴12相配合，并实时监测齿轮轴12转动时的扭矩和角度。

[0044] 如图6所示：齿条轴11的远离齿轮轴12的一侧设置有压缩弹簧23，压缩弹簧23外侧的套筒8上可拆卸的安装有压簧螺塞24，压簧螺塞24外通过锁紧螺母21锁紧，避免使用过程中压簧螺塞24松动，影响齿轮轴12和齿条轴11的传动精度。压缩弹簧23一端支撑在压簧螺塞24上，另一端支撑在齿条轴11上，通过将齿条轴11压紧在齿轮轴12上，保证齿轮轴12与齿条轴11啮合可靠。

[0045] 压缩弹簧23与齿条轴11之间设置有齿条导向块22，压缩弹簧23通过齿条导向块22压紧齿条轴11，齿条导向块22与齿条轴11滑动连接，从而既能够将齿条轴11压紧在齿轮轴12上，还能够避免对齿条轴11的轴向移动造成妨碍。

[0046] 如图7所示，设置在控制器4中的控制电路包括：微处理器、转向助力电机传感器、助力执行机构传感器、方向检测传感器、路感反馈电机传感器以及车速传感器。转向助力电机传感器、助力执行机构传感器、方向检测传感器、路感反馈电机传感器以及车速传感器的输出端连接微处理器的输入端，微处理器的输出端通过驱动电路驱动上述的转向助力电机18以及路感反馈电机3转动，在转向助力电机18以及路感反馈电机3上分别设置有电流传感器，分别用于将转向助力电机18以及路感反馈电机3的工作电流反馈给微处理器。

[0047] 转向助力电机传感器和路感反馈电机传感器分别安装在转向助力电机18和路感反馈电机3的尾部，分别用于获得相应电机的转速和转角。助力执行机构传感器为上述的传感器17，用于实时监测齿轮轴12转过的角度。方向检测传感器设置在方向盘1处，采用市售常见的非接触式扭矩转角传感器实现，如上海海拉电子有限公司生产的型号为TAS-71的非接触式扭矩转角传感器，用于检测方向盘1在转动过程中的扭矩和转角。车速传感器采用电动叉车自带的车速传感器。

[0048] 由上述可知，电动叉车的载重量较大且在行驶过程中出现频繁大幅度转向的场合较多，因此电动叉车在行驶过程中需要控制器4对电流的承载能力要求较高，根据实验测量得知，电动叉车需要控制承载高达100A的电流，同时对控制器4的散热能力有一定要求，以便出现因元器件温度过高而出现性能降低的问题，影响电动叉车的转向灵活性。

[0049] 针对上述电动叉车的具体要求，转向助力电机18的驱动电路如图8所示，包括用于

驱动MOS动作的集成芯片U1,集成芯片U1采用市售常见的MOS管驱动芯片实现,还包括MOS管T1~T4以及MOS管T1'~T4',其中MOS管T1和MOS管T1'并联设置,MOS管T2和MOS管T2'并联设置,MOS管T3和MOS管T3'并联设置,MOS管T4和MOS管T4'并联设置。

[0050] 电源Vcc同时连接MOS管T1、MOS管T1'、MOS管T3以及MOS管T3'的漏极,MOS管T1和MOS管T1'的源极同时连接MOS管T2和MOS管T2'的漏极以及电机M1的一个电源输入端,MOS管T2和MOS管T2'的源极接地。MOS管T3和MOS管T3'的源极同时连接MOS管T4和MOS管T4'的漏极以及电机M1的另一个电源输入端,MOS管T4和MOS管T4'的源极接地,在电机M1的供电回路中还串联有分流器H1。

[0051] MOS管T1和MOS管T1'的栅极、MOS管T2和MOS管T2'的栅极、MOS管T3和MOS管T3'的栅极以及MOS管T4和MOS管T4'的栅极分别连接集成芯片U1不同的输出端。集成芯片U1不同的四个输入端分别接入四个驱动信号:信号PWM1~信号PWM4,信号PWM1~信号PWM4由微处理器,通过四个驱动信号分别驱动上述并联连接的四组MOS管通断。电机M1为其中一个转向助力电机18,,还设置有与图8相同的驱动电路用以驱动另一个转向助力电机18同步工作。

[0052] 为了提高电动叉车的功率和扭矩,电机M1(转向助力电机18)采用48V直流有刷电机实现,相比较传统的电动叉车中的12V或24V而言具有更大的功率和扭矩(可达7NM),因此可以提供更大的助力效果,使得叉车在重载情况下,也能灵活转向。另外电机M1的驱动电路采用了双MOS管并联的H桥驱动法,因此使得电机M1的电机电流可以平均分配到两个MOS管上,由此不仅提高了控制器4对电流的承载能力,同时使单个MOS管的发热量降低。

[0053] 如图9所示,电动叉车线控系统的助力控制方法,包括如下步骤:

步骤1001,得到方向盘1的角度及扭矩信号。

[0054] 方向盘1转动时,通过设置在方向盘1处的方向检测传感器得到方向盘1转动过程中的角度信号以及扭矩信号。

[0055] 步骤1002,是否正在进行回正补偿;

控制器4中的控制电路判断此时电动叉车是否处于回正状态,如果处于回正状态,则执行回正补偿流程,如果未处于回正状态,执行步骤1003;

判断电动叉车是否处于回正状态的依据是通过设置在方向盘1处的方向检测传感器得到方向盘1在单位时间内的扭矩,如果在单位时间内的变化量是否超过阈值,如果超过阈值则表示方向盘1正处于回正状态。

[0056] 如图10所述,回正补偿流程包括如下步骤:

步骤2001,判断方向盘1的转向;

根据设置在方向盘1处的方向检测传感器得到方向盘1的转向;

步骤2002,实时监测转向助力电机18的偏移角度;

根据上述的助力执行机构传感器对齿轮轴12角度的监测实时得到转向助力电机18的偏移角度。

[0057] 步骤2003,计算转向助力电机18剩余回正角度;

根据转向助力电机18的偏移角度计算得到转向助力电机18需要回正的剩余角度。

[0058] 步骤2004,路感反馈电机3带动方向盘1回正;

控制器4中的控制电路同时控制路感反馈电机3带动方向盘1回正;

步骤2005,是否完成回正;

控制器4根据助力执行机构传感器的数据和方向检测传感器的数据判断转向助力电机18和方向盘1是否同时回正，如果同时回正则回正结束，执行步骤2006，如果未同时回正，则返回步骤2001。

[0059] 步骤2006，回正结束。

[0060] 在本电动叉车线控助力系统中，由于转向机构(方向盘1)和助力执行机构5(转向轮6)之间没有机械连接，因此通过回正补偿流程，可以实现方向盘1和转向轮6的同步回正。

[0061] 步骤1003，确定电动叉车的控制策略；

在本助力控制方法中，可以根据电动叉车的具体规格，在电动叉车出厂前进行控制策略的选择，可选择的控制策略包括常规的曲线控制策略、直线控制策略以及折线控制策略，曲线控制策略注重于使电动叉车的手感柔和，直线控制策略注重于使电动叉车反应灵敏，而折线则控制策略介于曲线控制策略以及直线控制策略之间，在进行控制策略的选择时，优选采用曲线控制策略，可以更好的改善驾驶感。

[0062] 步骤1004，进对转向助力电机18进行惯量补偿计算；

由于电动机在转动过程中会存在一定转动惯量，导致转向轮6在转向或回正时出现转动误差，因此在本助力控制方法中，根据转向助力电机18的电流得到此时转向助力电机18的转速，然后根据常规的计算方法计算的得到转向助力电机18的转动惯量，提前对转向助力电机18进行速度调制，以保证转向助力电机18转动到位。

[0063] 步骤1005，判断方向盘1是否进行了快速转向；

控制器4中的控制电路根据设置在方向盘1处的方向检测传感器得到方向盘1转动过程中的角度信号以及扭矩信号，判断方向盘1的转动速度和/或角度是否超过预设定的阈值，如果超过预设定的阈值，则判定此时方向盘1进行了快速转向，执行步骤1006，如果未超出预设定的阈值，则方向盘1未执行快速转向，执行步骤1007；

步骤1006，变参数PID调节；

控制电路中的微处理器判断出方向盘1发生快速转向之后，进行变参数PID调节，实现电流快速跟随，得到转向助力电机18的控制电压，保证转向轮6的转动状态可以符合方向盘1的转动状态。

[0064] 步骤1007，进行固定PID调节；

当方向盘1未进行快速转向时，微处理器按照预设定的参数得到转向助力电机18的控制电压，对转向轮6进行控制。

[0065] 步骤1008，进行固定阻尼补偿；

控制器4根据电动叉车的车速，对路感反馈电机3进行控制，当电动叉车车速较高时，提高方向盘1在转动时的阻尼感，避免方向盘1在电动叉车高速转动时进行快速转向，提高行驶的安全性；当电动叉车车速较低时，控制器4控制降低方向盘1在转动时的阻尼感，有助于提高转向时的灵活性。

[0066] 步骤1009，向转向助力电机18输出控制信号；

微处理器通过驱动电路向转向助力电机18输出控制信号，驱动转向助力电机18按照计算得到的电压进行转动。

[0067] 在本电动叉车线控助力系统中，由于转向机构(方向盘1)和助力执行机构5之间没有机械连接，因此电动叉车在行驶过程中的四级无法通过常规的机械连接对路感进行感

知，因此当电动叉车的行驶路况较差时，驾驶员无法及时获知电动叉车的行驶状态，容易发生危险，因此在执行图9所示的流程时，在电动叉车的行驶过程中，通过控制器4中的控制电路同时执行路感反馈流程，在执行路感反馈流程中，包括如下执行步骤：

在电动叉车的行驶过程中，通过设置在转向助力电机18上的电流传感器测得转向助力电机18的工作电流，当转向助力电机18的工作电流发生突变(变化率超过某一阈值)时，表示转向轮6在行驶过程中出现异常，如行驶遇到障碍、转弯角度过大等，此时微处理器向路感反馈电机3，路感反馈电机3通过连杆2将信号反馈到方向盘1，对驾驶员进行提醒，以便驾驶员对路况进行即时确认。

[0068] 以上所述，仅是本发明的较佳实施例而已，并非是对本发明作其它形式的限制，任何熟悉本专业的技术人员可能利用上述揭示的技术内容加以变更或改型为等同变化的等效实施例。但是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、等同变化与改型，仍属于本发明技术方案的保护范围。

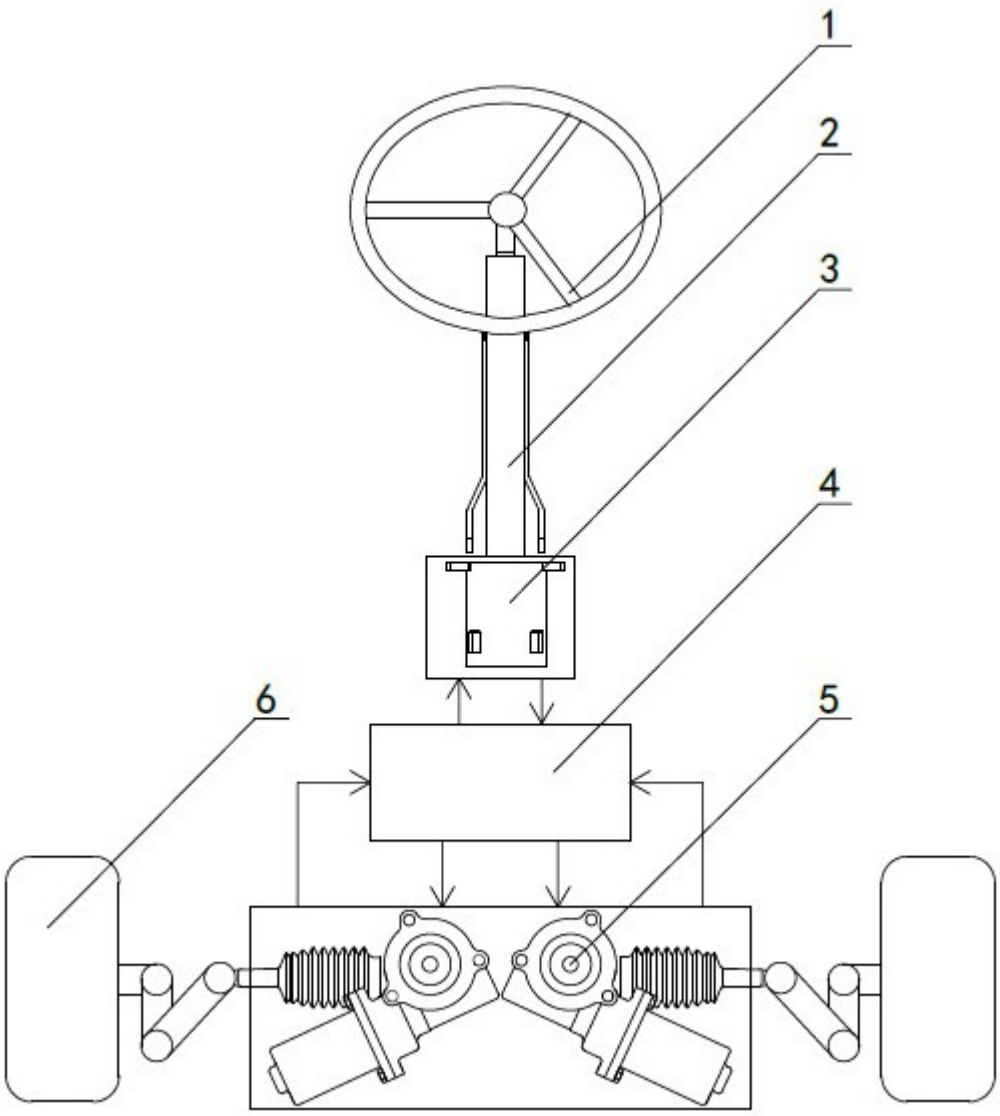


图1

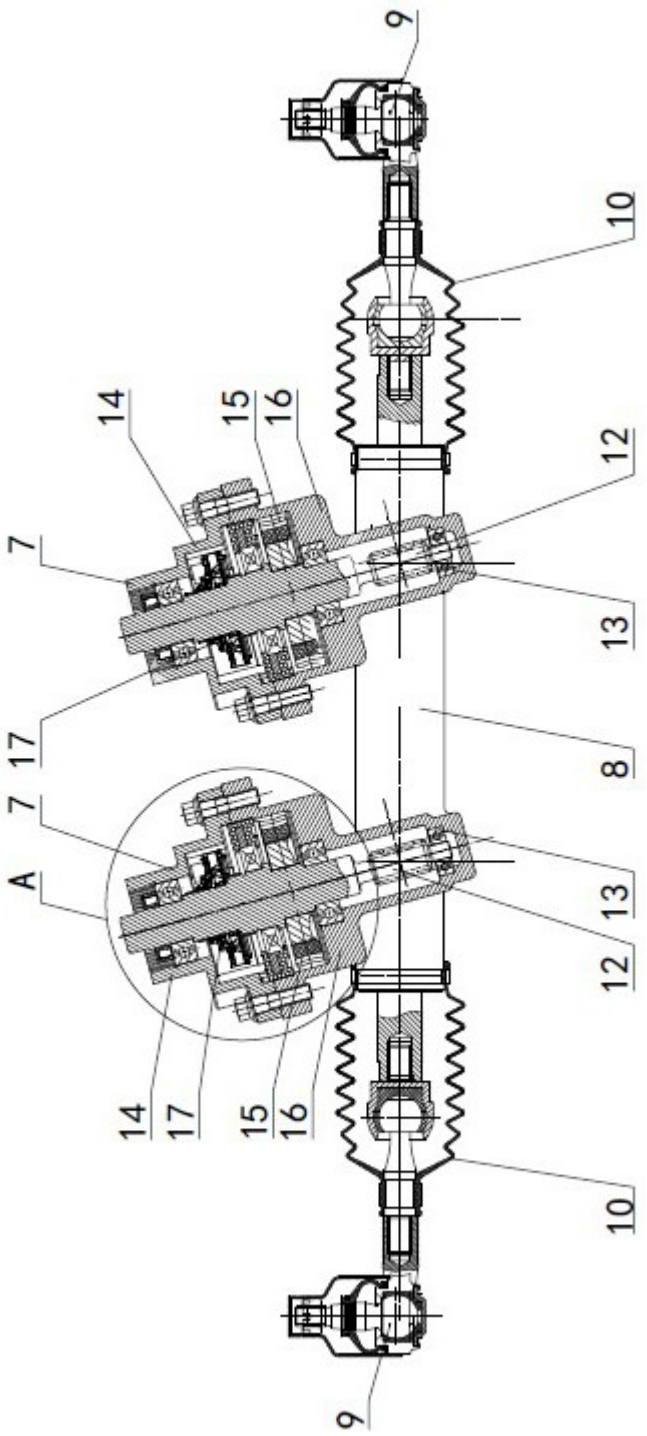


图2

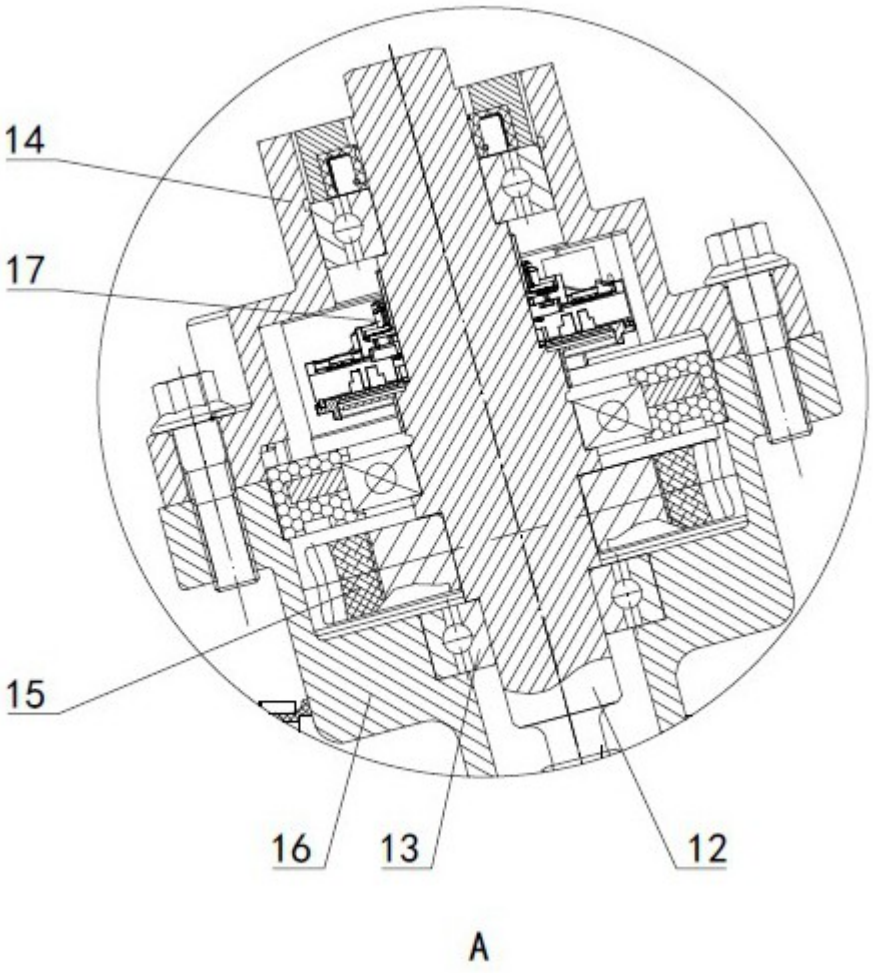


图3

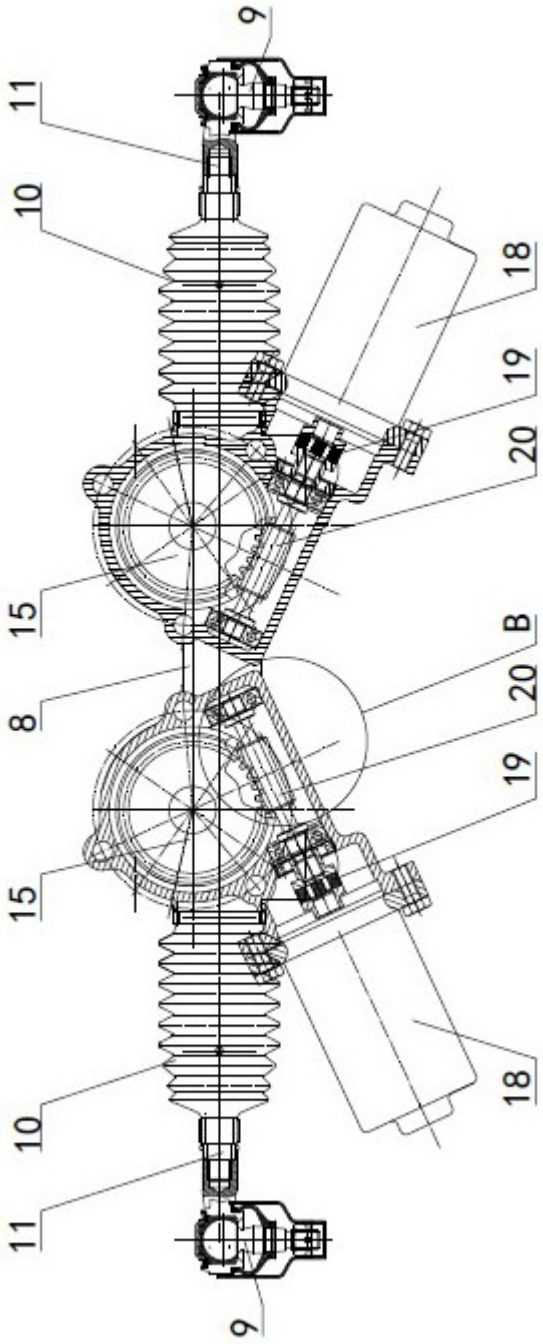


图4

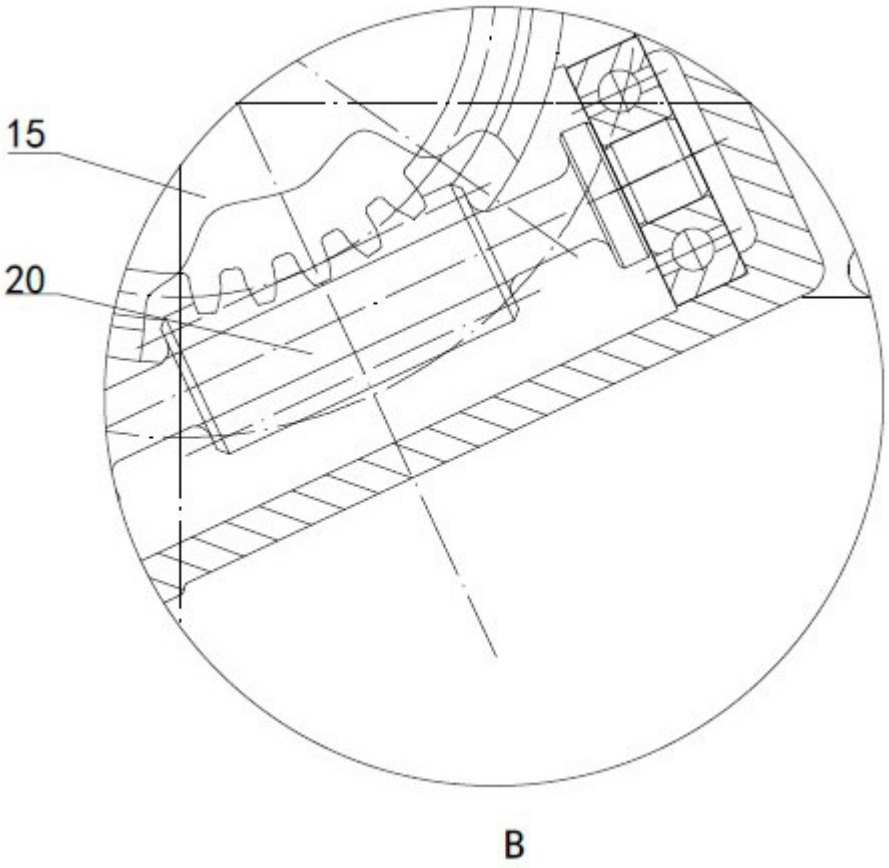


图5

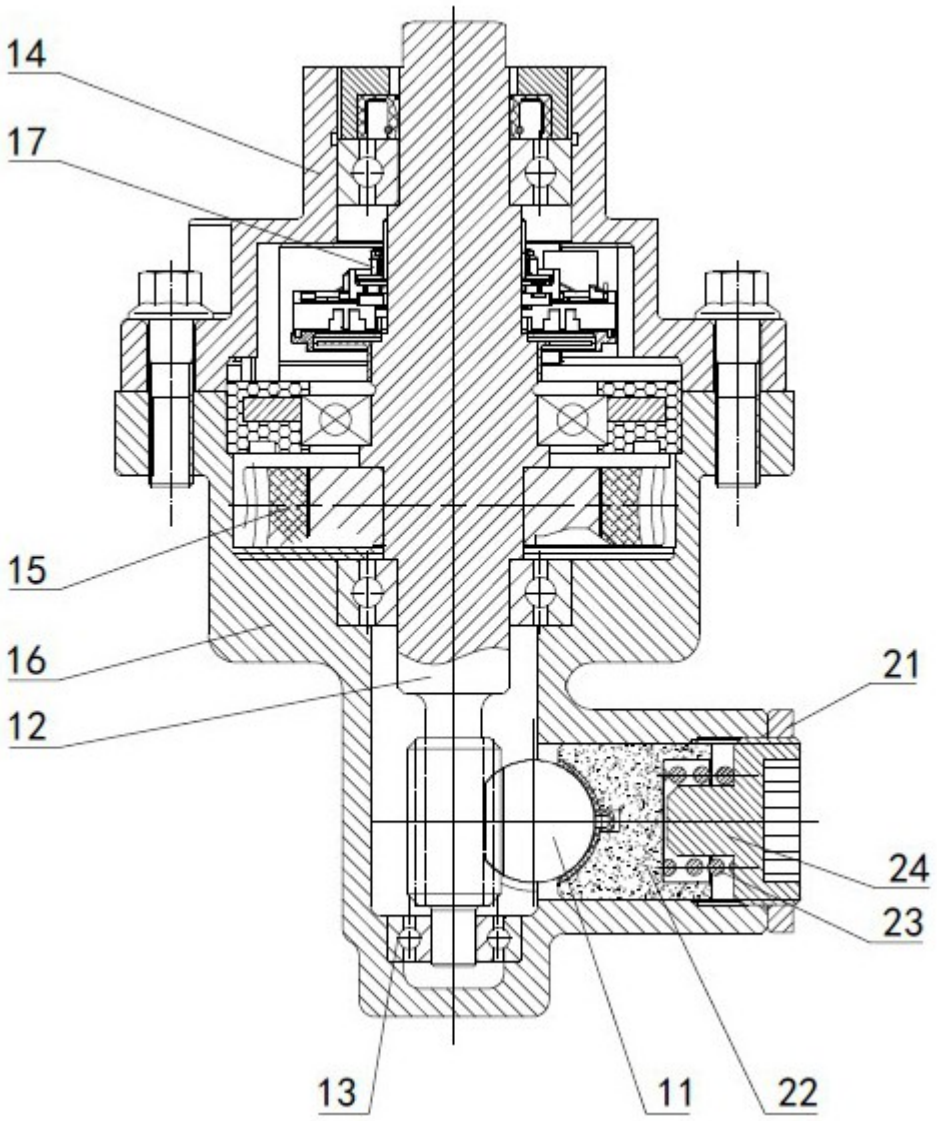


图6

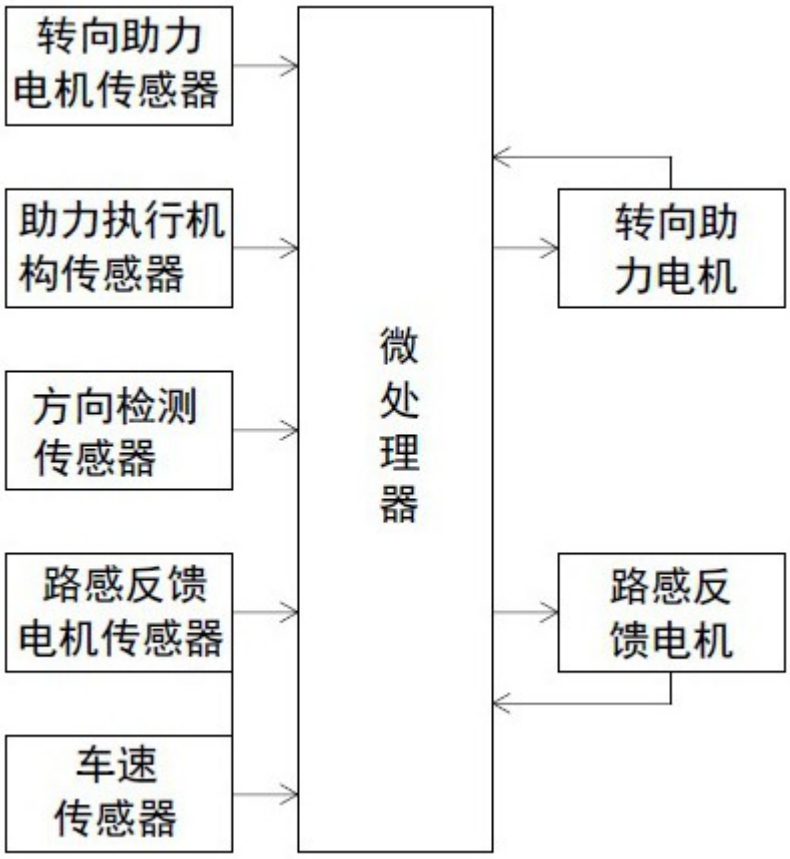

转向助力电机传感器
助力执行机构传感器
方向检测传感器
路感反馈电机传感器
车速传感器
微处理器
转向助力电机
路感反馈电机

图7

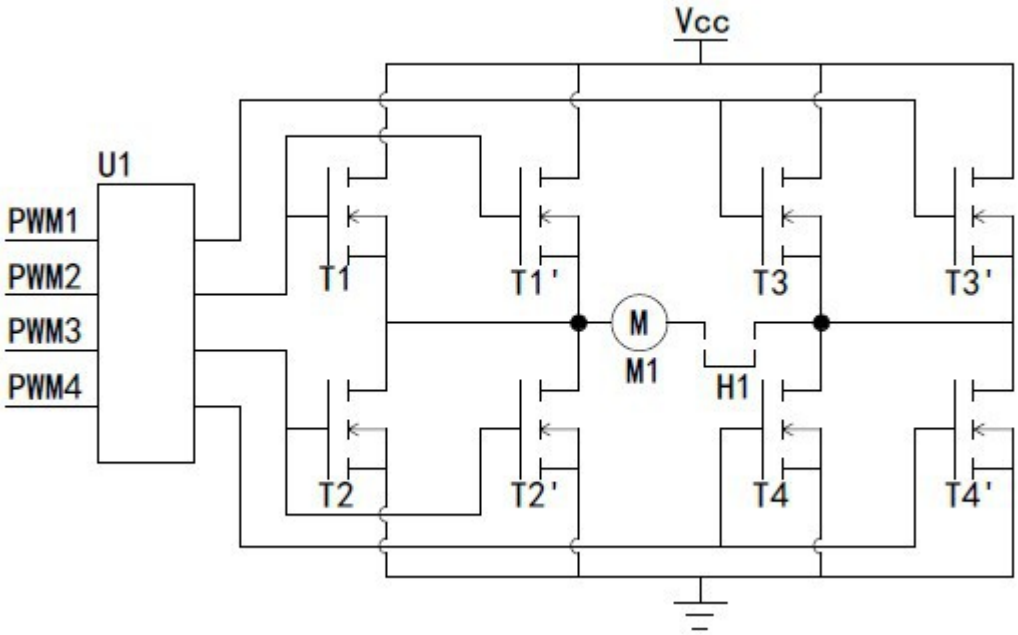

Vcc
U1
PWM1
PWM2
PWM3
PWM4
T1
T1'
T3
T3'
M
M1
H1
T2
T2'
T4
T4'

图8

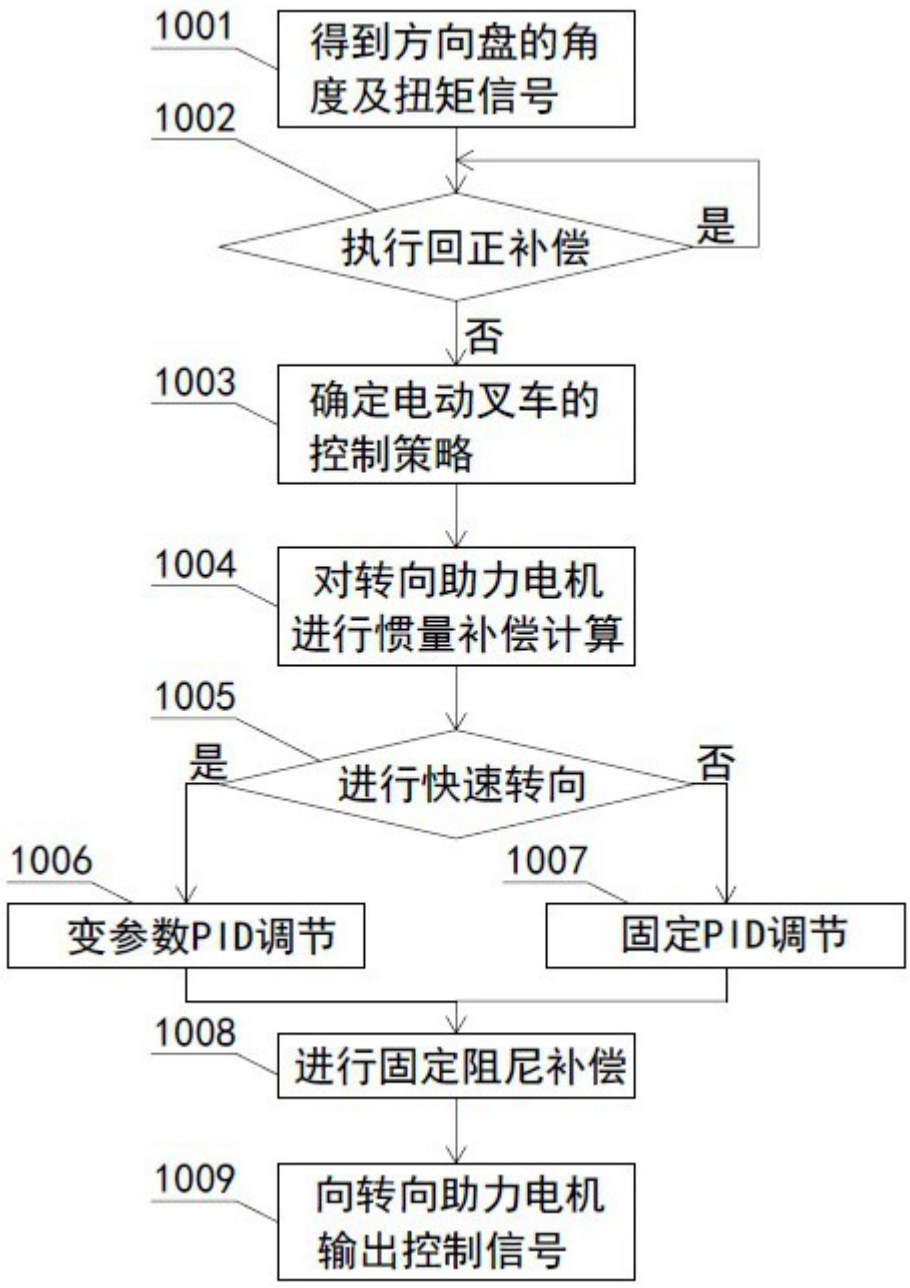

1001
得到方向盘的角度及扭矩信号
1002
执行回正补偿
是
否
1003
确定电动叉车的控制策略
1004
对转向助力电机进行惯量补偿计算
1005
进行快速转向
是
否
1006
变参数PID调节
1007
固定PID调节
1008
进行固定阻尼补偿
1009
向转向助力电机输出控制信号

图9

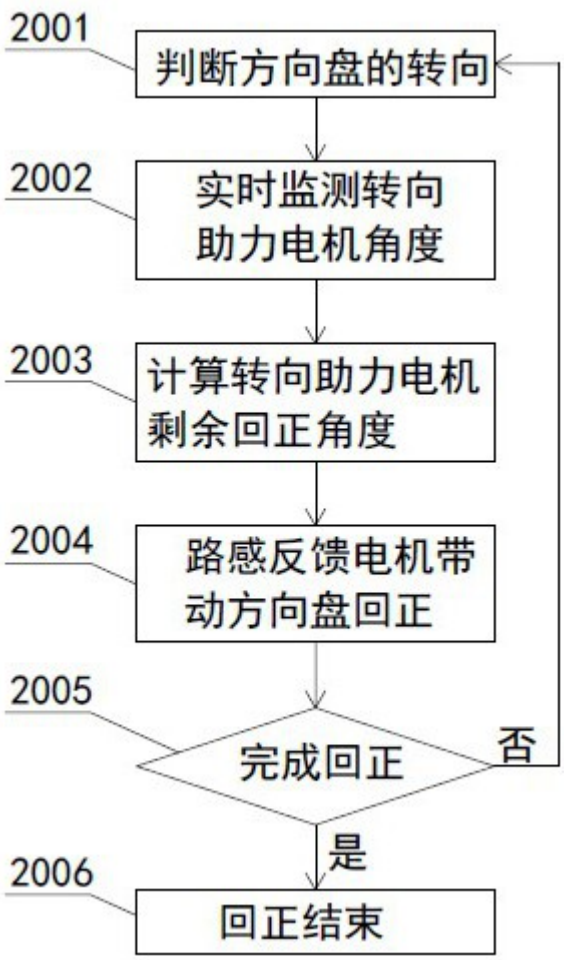

2001
判断方向盘的转向
2002
实时监测转向
助力电机角度
2003
计算转向助力电机
剩余回正角度
2004
路感反馈电机带
动方向盘回正
2005
完成回正
否
是
2006
回正结束

图10