



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107962589 B

(45)授权公告日 2020.07.28

(21)申请号 201710432671.9

(22)申请日 2017.06.09

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107962589 A

(43)申请公布日 2018.04.27

(73)专利权人 国网山东省电力公司电力科学研究院

地址 250002 山东省济南市市中区望岳路2000号

专利权人 国网智能科技股份有限公司
国网山东省电力公司济宁供电公司
国家电网有限公司

(72)发明人 李超英 苏建军 李振杰 王彦良
许玮 慕世友 韩克存 李华东

陈晓红 李建祥 李健 王振利
陈强 张岩 赵金龙 许磊
刘宗杰

(74)专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 张勇

(51)Int.Cl.

B25J 19/00(2006.01)

审查员 张琼

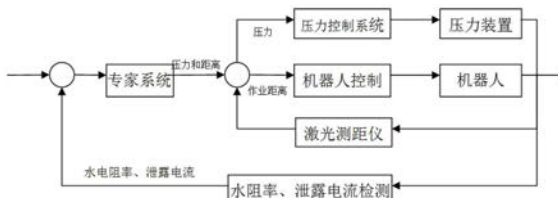
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人绝缘防护系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人绝缘防护系统,包括控制系统和传感器组,所述传感器组采集带电变电站设备带电水冲洗机器人的倾斜角度、风速、水枪的旋转和俯仰角度,控制系统融合传感器组中各个传感器采集的工作参数,对绝缘子进行标定,结合机器人本身的倾斜角度,对标定结果进行修正,确定带电变电站设备带电水冲洗机器人相对于绝缘子的位置和状态,对带电变电站设备带电水冲洗机器人进行高度和位移调节控制,使得机器人在保证绝缘防护的基础上自主完成冲洗作业。



1. 一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人绝缘防护系统,其特征是:包括控制系统和传感器组,所述传感器组采集带电变电站设备带电水冲洗机器人的倾斜角度、风速、水枪的旋转和俯仰角度,控制系统融合传感器组中各个传感器采集的工作参数,对绝缘子进行标定,冲洗作业前激光传感器在理想环境下对绝缘子进行标定,作业开始后倾斜角传感器检测机器人本体的倾斜角度,根据标定结果和激光传感器检测到的实时状态,控制器判断绝缘子的位置和状态,合理的水冲洗策略;同时旋转角度传感器和俯仰角度传感器检测二垂直自由度机构的旋转和俯仰角度,以此作为水枪冲洗位置的反馈依据,直线位移传感器检测升降装置的状态;与此同时,风速传感器检测风速的情况,控制器判断对水柱造成的影响,并在水枪的控制上对水枪状态进行补偿,结合机器人本身的倾斜角度,对标定结果进行修正,确定带电变电站设备带电水冲洗机器人相对于绝缘子的位置和状态,对带电变电站设备带电水冲洗机器人进行高度和位移调节控制,使得机器人在保证绝缘防护的基础上自主完成冲洗作业;

所述控制系统以激光传感器数据为主,视觉传感器数据为辅,利用激光传感器采集作业现场的实际位置信息,利用该信息作为主要伺服定位数据,驱动水枪两个关节的运动,利用视觉传感器采集的数据,作为远程遥控的视频展示,与激光数据进行融合,作为伺服定位的辅助手段,实现水枪关节的准确伺服定位。

2. 如权利要求1所述的一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人绝缘防护系统,其特征是:所述传感器组包括激光传感器、倾斜角度传感器、水电阻率传感器、风速传感器、超声波传感器、旋转角度传感器、俯仰角度传感器和直线位移传感器,所述直线位移传感器和倾斜角度传感器位于带电变电站设备带电水冲洗机器人底部,激光传感器位于带电变电站设备带电水冲洗机器人上,旋转角度传感器、俯仰角度传感器位于水枪上,风速传感器位于带电变电站设备带电水冲洗机器人上方,压力传感器位于水箱的出口压力处,水电阻率传感器位于水箱的出口处,超声波传感器设置于带电变电站设备带电水冲洗机器人前端,带电变电站设备带电水冲洗机器人上还设置有泄露电流检测仪。

3. 如权利要求1所述的一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人绝缘防护系统,其特征是:所述控制系统包括主控系统和智能冲洗系统,主控系统包括信息采集模块、运动控制模块和无线遥控模块;智能冲洗系统包括激光定位模块、安全防护模块和双机协同模块,其中:

信息采集模块被配置为完成对传感器组信号的采集,所述运动控制模块被配置为完成机器人本体的运动控制,无线遥控模块被配置为辅助控制系统和主控制中心的无线远程通讯以实现远程控制;

激光定位模块被配置为对绝缘子位置进行检测,以保持冲洗过程的绝缘安全,安全防护模块被配置为对控制系统的安全保护,双机协同模块被配置为与其他辅助冲洗机器人通信,以进行协同作业。

4. 如权利要求1所述的一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人绝缘防护系统,其特征是:所述传感器组还包括视觉传感器和图像传感器,设置于带电变电站设备带电水冲洗机器人上端。

5. 如权利要求1所述的一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人绝缘防护系统,其特征是:还包括超声波检测模块,所述超声波检测模块用设置于带电变电站设备

带电水冲洗机器人本体上,用于实时检测带电变电站设备带电水冲洗机器人本体行进方向的障碍物信息并传送至控制系统进行相应避障。

6.一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人工作方法,其特征是:实时采集带电变电站设备带电水冲洗机器人的倾斜角度、风速、水枪的旋转和俯仰角度,融合采集的工作参数,对绝缘子进行标定,结合机器人本身的倾斜角度,对标定结果进行修正,确定带电变电站设备带电水冲洗机器人相对于绝缘子的位置和状态,对带电变电站设备带电水冲洗机器人进行高度和位移调节控制,使得机器人在保证绝缘防护的基础上自主完成冲洗作业;

对于绝缘子进行标定和机器人本体的倾斜角度的调整的方法,假设待冲洗设备区域为理想环境,建立理想情况模型,确定水枪的冲洗角度范围与激光传感器在水平方向及垂直方向的伺服控制量;读取实际操作环境中机器人的倾斜角度,以及机器人倾斜后喷枪位置的改变参数,修订机器人倾斜后水枪的俯仰区间。

7.如权利要求6所述的一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人工作方法,其特征是:在工作过程中进行双闭环控制,外环为实时检测带电变电站设备带电水冲洗机器人冲洗过程中冲洗水的水阻率变化及带电变电站设备带电水冲洗机器人本体的泄露电流变化,根据接收到的信息及预设的专家库,得到带电变电站设备带电水冲洗机器人的理想作业距离和喷水压力信息,进而输出至带电变电站设备带电水冲洗机器人来控制其作业距离和喷水压力;所述专家库内存储有水阻率及泄露电流分别与作业距离和喷水压力信息的对应关系;

内环为实时检测带电变电站设备带电水冲洗机器人的作业距离实现对作业距离的闭环控制,同时实时检测带电变电站设备带电水冲洗机器人的喷水压力实现对喷水压力的控制,进而保证变电站设备带电水冲洗机器人的绝缘性能。

8.如权利要求6所述的一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人工作方法,其特征是:利用激光传感器采集作业现场绝缘子串的实际位置信息,将该信息作为主要伺服定位数据,利用视觉传感器采集的数据,与激光数据进行融合,作为伺服定位的辅助手段,实现水枪关节的准确伺服定位,同时利用倾斜角传感器实时检测机器人的倾斜角度,依此角度信息,对伺服定位指令进行修正,驱动水枪运动,瞄准绝缘子串。

一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人绝缘防护系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人绝缘防护系统。

背景技术

[0002] 电力系统中在户外运行的绝缘子长期暴露在大自然中,特别是在工业、沿海和盐碱地区域,受到工业废气、海水或自然界盐碱、粉尘等作用,通常会在绝缘子表面形成一定程度的污秽累积。受污染的绝缘子,在气候干燥的情况,污秽层电阻很大,对电力系统运行危险不大。但是,当遇到雾和阴雨等潮湿气候条件时,绝缘子表面的污秽层被湿润,电导增大,绝缘性能降低,泄漏电流急剧增加,闪络电压大大降低,此时就可能发生污秽闪络。尤其是当绝缘子设计的爬电比距不够或采用的绝缘子不能满足污秽要求时,污闪就必然出现。由于污闪跳闸后的重合闸成功率很低,绝缘子污闪容易发展成大面积、长时间的恶性停电事故,因此污闪的危害性极大,是影响电网设备安全运行的主要隐患。

[0003] 目前常利用变电站设备带电水冲洗机器人进行清洗工作,但目前的带电变电站设备带电水冲洗机器人只能对于水阻率、安全距离进行检测,参考的工作参数并不全面,无法融合各个采集信息,并不能很好的保障机器人的绝缘安全性。

发明内容

[0004] 本发明为了解决上述问题,提出了一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人绝缘防护系统,本发明基于多种传感器,利用各个传感器采集的信息进行融合判断,保持绝缘安全性,保护机器人的安全和电力系统的正常运行。

[0005] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0006] 一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人绝缘防护系统,包括控制系统和传感器组,所述传感器组采集带电变电站设备带电水冲洗机器人的倾斜角度、风速、水枪的旋转和俯仰角度,控制系统融合传感器组中各个传感器采集的工作参数,对绝缘子进行标定,结合机器人本身的倾斜角度,对标定结果进行修正,确定带电变电站设备带电水冲洗机器人相对于绝缘子的位置和状态,对带电变电站设备带电水冲洗机器人进行高度和位移调节控制,使得机器人在保证绝缘防护的基础上自主完成冲洗作业。

[0007] 具体的,所述传感器组包括激光传感器、倾斜角度传感器、水电阻率传感器、风速传感器、超声波传感器、旋转角度传感器、俯仰角度传感器和直线位移传感器,所述直线位移传感器和倾角传感器位于带电变电站设备带电水冲洗机器人底部,激光传感器位于带电变电站设备带电水冲洗机器人上,旋转角度传感器、俯仰角度传感器位于水枪上,风速传感器位于带电变电站设备带电水冲洗机器人上方,压力传感器位于水箱的出口压力处,水电阻率传感器位于水箱的出口处,超声波传感器设置于带电变电站设备带电水冲洗机器人前端,带电变电站设备带电水冲洗机器人上还设置有泄露电流检测仪。

[0008] 所述控制系统包括主控系统和智能冲洗系统,主控系统包括信息采集模块、运动控制模块和无线遥控模块;智能冲洗系统包括激光定位模块、安全防护模块和双机协同模块,其中:

[0009] 信息采集模块被配置为完成对传感器组信号的采集,所述运动控制模块被配置为完成机器人本体的运动控制,无线遥控模块被配置为辅助控制系统和主控制中心的无线远程通讯以实现远程控制;

[0010] 激光定位模块被配置为对绝缘子位置进行检测,以保持冲洗过程的绝缘安全,安全防护模块被配置为对控制系统的安全保护,双机协同模块被配置为与其他辅助冲洗机器人通信,以进行协同作业。

[0011] 所述传感器组还包括视觉传感器和图像传感器,设置于带电变电站设备带电水冲洗机器人上端。

[0012] 所述主控系统还配置有抗干扰模块,具体包括JTAG模块与磁耦隔离模块。

[0013] 所述控制系统以激光传感器数据为主,视觉传感器数据为辅,利用激光传感器采集作业现场的实际位置信息,利用该信息作为主要伺服定位数据,驱动水枪两个关节的运动,利用视觉传感器采集的数据,作为远程遥控的视频展示,与激光数据进行融合,作为伺服定位的辅助手段,实现水枪关节的准确伺服定位。

[0014] 进一步的,还包括超声波检测模块,所述超声波检测模块用设置于带电变电站设备带电水冲洗机器人本体上,用于实时检测带电变电站设备带电水冲洗机器人本体行进方向的障碍物信息并传送至控制系统进行相应避障。

[0015] 一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人工作方法,实时采集带电变电站设备带电水冲洗机器人的倾斜角度、风速、水枪的旋转和俯仰角度,融合采集的工作参数,对绝缘子进行标定,结合机器人本身的倾斜角度,对标定结果进行修正,确定带电变电站设备带电水冲洗机器人相对于绝缘子的位置和状态,对带电变电站设备带电水冲洗机器人进行高度和位移调节控制,使得机器人在保证绝缘防护的基础上自主完成一冲两回或一冲多回的冲洗作业。

[0016] 在工作过程中进行双闭环控制,外环为实时检测带电变电站设备带电水冲洗机器人冲洗过程中冲洗水的水阻率变化及带电变电站设备带电水冲洗机器人本体的泄露电流变化,根据接收到的信息及预设的专家库,得到带电变电站设备带电水冲洗机器人的理想作业距离和喷水压力信息,进而输出至带电变电站设备带电水冲洗机器人来控制其作业距离和喷水压力;所述专家库内存储有水阻率及泄露电流分别与作业距离和喷水压力信息的对应关系;

[0017] 内环为实时检测带电变电站设备带电水冲洗机器人的作业距离实现对作业距离的闭环控制,同时实时检测带电变电站设备带电水冲洗机器人的喷水压力实现对喷水压力的控制,进而保证变电站设备带电水冲洗机器人的绝缘性能。

[0018] 对于绝缘子进行标定和机器人本体的倾斜角度的调整的方法,假设待冲洗设备区域为理想环境,建立理想情况模型,确定水枪的冲洗角度范围与激光传感器在水平方向及垂直方向的伺服控制量;读取实际操作环境中机器人的倾斜角度,以及机器人倾斜后喷枪位置的改变参数,修订机器人倾斜后水枪的俯仰区间。

[0019] 利用激光传感器采集作业现场绝缘子串的实际位置信息,将该信息作为主要伺服

定位数据,利用视觉传感器采集的数据,与激光数据进行融合,作为伺服定位的辅助手段,实现水枪关节的准确伺服定位,同时利用倾斜角传感器实时检测机器人的倾斜角度,依此角度信息,对伺服定位指令进行修正,驱动水枪运动,瞄准绝缘子串。

[0020] 得到伺服定位指令前先确定绝缘子顶部高度,激光传感器安装位置距地面高度,激光传感器与绝缘支柱间距离,水枪最小冲洗角度以及其最大冲洗角度。

[0021] 当变电站设备带电水冲洗机器人本体自身发生角度倾斜时,利用机器人的倾斜角度对水枪最小冲洗角度以及其最大冲洗角度进行修正。

[0022] 对于倾斜式绝缘子,检测X轴方向和Y轴方向的两个方向的位移值,以此修正得到水枪在Y轴方向的检测范围和在X轴方向的冲洗范围。

[0023] 水枪打击的有效角度区域于激光传感器的安装角度有关。

[0024] 对于水枪的水平方向伺服控制量为在激光测量坐标系下,绝缘子方向角度与水枪打击有效角度间的偏差。

[0025] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:

[0026] (1) 本发明采用全自动实时监测,能够保证变电站设备带电水冲洗机器人在清洗绝缘子串时能够正确根据自身姿态以及与绝缘子串的距离和相对角度进行自瞄准,进而自调整,实现自动精确冲洗;

[0027] (2) 本发明提出的变电站设备带电水冲洗机器人的控制系统,采用激光的扇幅扫描的控制方式,能够使机器人在不平整路面发生倾斜时,有效的偏移瞄准;

[0028] (3) 本发明综合了风速、机器人本体的倾斜等众多传感数据,能够对机器人与绝缘子的相对位置和状态有全面、详细的掌握,能够精确进行冲洗的同时,保证机器人的绝缘防护。

附图说明

[0029] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解,本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。

[0030] 图1是本发明的垂直式绝缘子时水枪冲洗范围的确定流程示意图;

[0031] 图2是本发明的变电站设备带电水冲洗机器人倾斜任意角度时对于水枪冲洗范围的确定的修正示意图;

[0032] 图3是本发明的倾斜式绝缘子时水枪冲洗范围的确定流程示意图;

[0033] 图4是本发明的激光传感器检测原理示意图;

[0034] 图5是本发明的控制原理图;

[0035] 图6是本发明的系统示意图;

[0036] 图7是本发明的安全防护功能模块图;

[0037] 图8是本发明的机器人本体倾斜时的计算流程示意图。

具体实施方式:

[0038] 下面结合附图与实施例对本发明作进一步说明。

[0039] 应该指出,以下详细说明都是例示性的,旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常

理解的相同含义。

[0040] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0041] 术语解释部分:包括自定义术语、不常见术语、需要解释限定清楚的术语、引用文献涉及内容等。

[0042] 正如背景技术所介绍的,现有技术中存在带电变电站设备带电水冲洗机器人只能对于水阻率、安全距离进行检测,参考的工作参数并不全面,无法融合各个采集信息不足,为了解决如上的技术问题,本申请提出了一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人绝缘防护系统。

[0043] 本申请的一种典型的实施方式中,如图6所示,一种基于多传感器融合的变电站设备带电水冲洗机器人绝缘防护系统主要包括:主控制器、传感器、执行器、遥控器、通讯装置等部分。其中,传感器包括:激光传感器、倾斜角度传感器、旋转角度传感器、俯仰角度传感器和直线位移传感器组成。执行器包括:机器人行走执行器和机器人作业执行器;机器人作业执行器包括:顶部旋转伺服阀、俯仰伺服阀和直线位移电机,机器人行走执行器包括两个行走电机。

[0044] 主控制器位于机器人前端,绝缘臂下的底盘上;直线位移传感器和倾角传感器位于机器人前端,绝缘臂下的底盘上,激光传感器位于绝缘臂上,角度传感器位于两垂直自由度执行器上,工业相机位于水枪上方,风速传感器位于绝缘臂上方,压力传感器位于水箱的出口压力处,水电阻率传感器位于水箱的出口处;上述执行器通过位于控制器旁边的端子板与控制器进行通讯,端子板和控制器之间通过网线进行通讯;比例阀位于两垂直自由度执行器前,绝缘臂升降电机位于绝缘臂下方,两个行走伺服电机分别置于轮子内侧。

[0045] 按系统功能模块分类,变电站设备带电水冲洗机器人控制系统主要包括变电站设备带电水冲洗机器人主控系统和变电站设备带电水冲洗机器人智能冲洗系统,其中,主控系统包括:信息采集模块、运动控制模块和无线遥控模块;智能冲洗系统包括:激光定位模块、安全防护模块和双机协同模块。其中信息采集模块主要完成对各个传感器信号的采集、运动控制模块主要完成的是机器人本体的运动控制、无线遥控模块主要完成的是和主控制器的无线远程通讯来完成对机器人的远程控制,激光定位模块主要完成的是对绝缘子位置的检测,安全防护模块主要完成的是对控制系统的安全保护,双机协同模块主要完成的是主冲机器人和辅冲机器人的协同作业。

[0046] 激光传感器和倾斜角度传感器通过串口通讯模块与工控机进行通讯,旋转角传感器、俯仰角传感器和直线位移传感器通过模拟量信号采集模块与工控机进行通讯。工控机通过继电器对各个电磁阀和电机进行控制。

[0047] 主控系统包括信息采集模块、运动控制模块、无线遥控模块和抗干扰模块设计。其中,信息采集模块通过光纤通讯,将采集到的信息发送给工控机,工控机接收处理将控制信号通过EtherCAT通讯传递到运动控制模块,基于ADLINK MXE-201工控机开发的自主作业系统通过rocket M网桥和air MAX Omni与工控机进行通讯,实现对机器人运动和作业的远程控制,另外为了提高系统的稳定性,还设计了抗干扰模块,系统详细设计如下所示。

[0048] 机器人信息采集系统是机器人进行冲洗作业的依据,信息采集的及时有效可以为控制器提供及时有效的判断依据,指定科学合理的控制策略。机器人的信息采集系统包括机器人作业信息采集系统、系统误差信息采集系统。其中机器人作业信息采集包括机器人本体状态信息采集和作业对象状态信息采集,系统误差信息采集包括干扰信息和环境状态信息采集。

[0049] 信息采集系统的具体工作原理为:传感器判断机器人本体的运动状态,作为控制机器人运动的依据。冲洗作业前激光传感器在相对理想环境下对绝缘子进行标定,作业开始后倾斜角传感器检测机器人本体的倾斜角度,根据标定结果和激光传感器检测到的实时状态,控制器判断绝缘子的位置和状态,制定合理的水冲洗策略。根据上述策略机器人进行冲洗作业,同时旋转角度传感器和俯仰角度传感器检测二垂直自由度机构的旋转和俯仰角度,以此作为水枪冲洗位置的反馈依据,直线位移传感器检测升降装置的状态。与此同时,风速传感器检测风速的情况,控制器判断对水柱造成的影响,并在水枪的控制上对水枪状态进行补偿,电流传感器实时检测电流的泄漏情况,控制器以此制定合理的电源管理策略。

[0050] 运动控制系统包括机器人本体运动控制系统和作业模块运动控制系统,其中机器人本体运动控制系统包括两个伺服电机的控制,机器人作业模块运动控制系统包括水枪的俯仰和旋转、绝缘支柱的升降和作业模块的旋转等四个部分的运动控制。

[0051] 水冲洗作业系统包括水枪的俯仰和旋转以及冲洗装置的升降总计三个自由度,均由电机进行控制。整机共用一套电源系统,当检测到水枪到位时,变电站设备带电水冲洗机器人开始进行冲洗作业,并根据绝缘子的状态和作业前的设定采用一冲N回的形式进行冲洗作业。完成整套冲洗作业时,水枪迅速向下冲洗,然后回位到特定的安全区域。在作业过程中,若作业系统存在故障,系统会开启作业系统异常报警灯,以示警报。

[0052] 底盘驱动系统采用电机驱动,由两个电机共同控制,控制方式为半自主控制。控制器通过特定的控制介质采用网桥实现和底盘驱动系统的远程通讯,人工的实现远程控制机器人完成相应的作业路径行走。在行走过程中,驱动系统作业常开警示灯会闪烁以示警示,在光线条件较暗的情况下,可开启照明灯保证机器人的安全运动。

[0053] 电源管理模块是整个机器人系统正常工作的重要判断标准,由于底盘驱动系统和水冲洗作业系统共用一套电源,所以应该对电源系统进行实时的监测。该系统会对电源剩余电量、电流值、电源温度等指标进行检测。既要保证电源本身处于正常、足电的状态,也要保证输出电流处于合理范围以内。

[0054] 系统状态指示灯系统是机器人系统正常工作与否的外在指示标志。驱动系统和作业系统工作时会有相应的警示灯进行警示作业人员,当系统出现异常时会有相应的报警灯进行报警,当光线条件不好时,会有照明灯保证作业环境内的光照充足。

[0055] 电池的SOC部分是经过对电流的积分得到的,电流信号检测的精度直接影响系统的SOC准确度,因此要求电流转换隔离放大单元在较大范围内有较高的精度,较快的响应速度,较强的抗干扰能力,较好的零飘、温飘抑制能力和较高的线性度。另外,机器人在不同工作状态下工作的电流不同,而电流传感器测量范围越小,其分辨精度越高,考虑到机器人工作的实际情况和SOC测量精度的要求,选用三种量程的电流霍尔传感器,0-30A,0-100,A,0-600A通过判断蓄电池电流状态来决定所采用的传感器,以提高计算精度。

[0056] 电池的温度是判断电池能否正常使用的关键性参数,如果电池的温度超过一定

值,有可能造成电池的不可恢复性破坏。电池组之间的温度差异造成电池组的单体之间的不均衡,从而会造成电池寿命的降低,系统中温度采样单元,是通过总线数字化温度传感器完成。

[0057] 由于作业环境为高压变电站,有较强的干扰,所以主控系统需要有较强的抗干扰能力。其中,主控制器采用工控机,通过网线与信息采集端子板进行通讯;端子板之间通过EtherCAT方式进行通讯,这都保证了信号的准确、稳定。作业过程中需要采集的信号较多,所以需要多种类型的信号采集端子板进行信号的采集,具体的方式和原理分析如下:

[0058] 磁耦隔离模块分为初级驱动电路和次级驱动电路,其中初级驱动电路由 InputS和Drive两个单元组成,次级驱动电路主要由Receive单元构成。其中, InputS单元完成对输入电路的复位,Drive单元用于产生与输入信号状态变化相关的窄脉冲驱动信号,Receive单元完成的功能为:在复位信号到来后,接收电路复位输出为‘0’,而后每接收到一个脉冲,输出反转一次。

[0059] 变电站设备带电水冲洗机器人操作的智能化水平是机器人实用化的重要性能指标,设计一套结构合理、功能完备、使用方便的机器人智能控制系统是项目研发的主要工作之一。根据现场实际需求设计了变电站设备带电水冲洗机器人智能冲洗系统,其按功能层次分人机交互层、运动规划层、运动控制层等三层。

[0060] 其中,运动控制层采用Ethecat总线技术,EtherCAT技术具有微妙级的总线周期,可以实现用传统现场总线系统所无法实现的控制方法。这样,通过总线也可以形成超高速控制回路。以前需要本地专用硬件支持的功能现在可在软件中加以映射。巨大的带宽资源使状态数据与任何数据可并行传输。Ether CAT 技术使得通讯技术与现代高性能的工业PC相匹配。总线系统不再是控制理念的瓶颈。分布式I/O的数据传递超过了只能由本地I/O接口才能实现的性能。

[0061] 从功能模块的层次分,可以分为激光伺服模块,安全防护模块,双机协同模块等,其中水枪伺服模块可实现机器人水枪的冲洗俯仰和摆动两个自由度的伺服控制,有效提高机器人系统的实用性;安全防护模块主要解决水冲洗作业过程中安全防护的功能,保证水冲洗作业的安全性;双机协同模块可实现双机器人协同控制,模拟人工双枪作业的功能,提高水冲洗作业的有效性。

[0062] 如图1所示,变电站设备带电水冲洗机器人工作在变电站环境内,对于变电站设备区这种半结构化、室外环境下,采用单一视觉定位方法,很难消除室外光线对图像识别的影响,为此本系统设计一种基于激光传感器的定位伺服方法,该方法以激光传感器数据为主,视觉传感器数据为辅,激光传感器安装与机器人中部,视觉传感器安装在水枪后方,利用激光传感器采集作业现场的实际位置信息,利用该信息作为主要伺服定位数据,驱动水枪两个关节的运动,利用视觉传感器采集的数据,既可作为远程遥控的视频展示,也可与激光数据进行融合,作为伺服定位的辅助手段,实现水枪关节的准确伺服定位。

[0063] 要解决变电站设备带电水冲洗机器人的自动冲洗的问题,关键是解决被冲洗绝缘子的范围(及被冲洗绝缘子的冲洗区域在水枪坐标系内的角度范围)和冲洗过程中的水枪的伺服控制。其中,首先由于激光传感器与水枪平行安装,水枪冲洗范围主要是垂直方向范围的确定,水平方向的调整量可以通过冲洗过程中的伺服控制来解决。

[0064] 水枪冲洗范围的确定,如图2所示,对于垂直式绝缘子,首先假设变电站设备区内

环境为理想条件,地面平整,不同间隔内同类设备安装高度一致并且已知,且假设作业时,冲洗水柱近似为直线,机器人水枪平台安装绝对水平,且无风的影响。

[0065] 绝缘子顶部高度为 H_1 ,激光传感器安装位置距地面高度为 H_3 ,激光传感器与绝缘支柱间距离为 D ,水枪最小冲洗角度为 θ_1 ,最大冲洗角度为 θ_2 。

[0066] 系统定义水枪初始位为水平位置(该水平位置为水枪关节的编码器0位,并不一定是真正水平位置,后续可以再用倾角传感器来矫正改水平位置,这时可以测出水枪水平时,激光到绝缘子的水平距离,在 H_1, H_2 已知的情况下可以算出冲洗的边界角度)

[0067] 其中 H_1, H_2, H_3 为已知变量, L 为枪口距离绝缘子的距离, α 为倾角传感器测得的角度, D 可以通过激光测距仪和倾角传感器获取, θ_1, θ_2 为所求的水枪的冲洗角度未知变量,由图2可得:

$$[0068] \quad \theta_1 = \arctan((H_2 - H_3) / D)$$

$$[0069] \quad \theta_2 = \arctan((H_1 - H_3) / D)$$

[0070] 其中: $D = L * \alpha$

[0071] 当机器人倾斜任意角度时的范围确定:

[0072] 由于变电站设备区内道路情况复杂,理想情况很难到达,如道路起伏不平,造成激光机水枪平台的安装位置不是绝对水平状态,为此系统引入倾斜角传感器,其主要作用是实时检测机器人的倾斜角度,依此角度信息,通过计算修正机器人系统的各种参数,实现实际环境下的水冲洗作业。

[0073] 如图8所示,设机器人本体倾斜 β 角度,则激光传感器会倾斜 β 角度。当激光传感器发生倾斜之后,其基准坐标原点也会出现倾斜,如图所示倾斜角度为 β 角。当基准座标倾斜 β 角度后,基准坐标原点在 X 轴和 Y 轴方向会产生位移,位移值分别为:

$$[0074] \quad S_x = H_3 * \sin \beta$$

$$[0075] \quad S_y = H_3 * \cos \beta。$$

[0076] 根据上述分析知:

$$[0077] \quad \alpha_1 = \arctan \frac{H_2 - H_3 * \cos \beta}{D + H_3 * \sin \beta}$$

$$[0078] \quad \alpha_2 = \arctan \frac{H_1 - H_3 * \cos \beta}{D + H_3 * \sin \beta}$$

[0079] 如图3所示,针对倾斜式绝缘子,需要检测 X 轴方向和 Y 轴方向的两个方向的位移值。

[0080] 激光传感器在 Y 轴方向的检测范围为 (θ_1, θ_2) ,在 X 轴方向的检测范围为 (β_1, β_2) 。

[0081] 绝缘子顶部高度为 H_1 ,绝缘子底部高度为 H_2 ,激光传感器安装位置距地面高度为 H_3 ,激光传感器与绝缘支柱间距离为 D ,水枪在竖直方向上的最小冲洗角度为 $\theta_{水}$,最大冲洗角度为 $\theta_{最}$;水枪在水平方向上的最小冲洗角度为 $\beta_{水}$,最大冲洗角度为 $\beta_{最大}$ 。

[0082] 系统定义水枪初始位为水平位置(该水平位置为水枪关节的编码器0位,并不一定是真正水平位置,后续可以再用倾角传感器来矫正改水平位置,这时可以测出水枪水平时,激光到绝缘子的水平距离,在 H_1, H_2 已知的情况下可以算出冲洗的边界角度);

[0083] 其中 H_1, H_2, H_3 为已知变量, L 为枪口距离绝缘子的距离, α 为倾角传感器测得的角度, D 可以通过激光测距仪和倾角传感器获取, θ_1, θ_2 为所求的水枪的冲洗角度未知变量,由

图3可得:

$$[0084] \quad \theta_1 = \arctan((H_2 - H_3) / D)$$

$$[0085] \quad \theta_2 = \arctan((H_1 - H_3) / D)$$

[0086] 其中: $D = L * \alpha$

[0087] β 值可通过控制器的插补运算,根据 θ 值进行校正逐步对准绝缘子,无需测量计算精确值。

[0088] 针对机器人在复杂工况下的倾斜角度计算,同垂直绝缘子分析过程。

[0089] 图4为伺服过程中激光传感器测量平面示意图,图中圆柱形物体为绝缘子在测量平面内的投影,黑区域为水枪打击的有效角度区域,该区域由激光传感器的安装角度有关,如安装角度固定,可以通过实验方法获取,由图可知,水平方向伺服控制量 θ ,为在激光测量坐标系下,绝缘子方向角度与水枪打击有效角度间的偏差。在冲洗过程中可以根据激光传感器返回的数据,实时调整水枪的冲洗角度,保证水柱时刻打击在绝缘支柱之上。

[0090] 综上所述,利用激光传感器在水平方向及垂直方向的伺服控制量都容易求取,为此利用水枪水平轴和俯仰轴上安装的角度传感器,结合激光传感器的数据可以组成变电站设备带电水冲洗机器人的水枪智能控制系统,其控制原理图如图5所示。

[0091] 在变电站设备带电水冲洗机器人冲洗过程中,绝缘安全是十分重要的,不仅影响到变电站设备带电水冲洗机器人本身的设备安全,更重要的是可能会对变电站带电设备造成影响,从而可能对电网的安全运行带来影响。变电站水冲洗过程中,对绝缘安全造成影响的因素主要包括:水的电阻率、水柱的长度和机器人与带电设备间的距离、冲洗时的环境湿度、机器人整机泄露电流等等,为此改控制系统设有专门的安全防护功能模块,其主要有泄露电流传感器、水阻率传感器、水压传感器、流量传感器、激光传感器等组成。其安全防护功能模块图如图7所示。

[0092] 安全防护模块控制子系统为一双闭环控制算法,内环为作业距离和压力环,外环为水阻率、泄露电流环。当高纯水由于某种原因水阻率发生变化或者机器人本体泄露电流发生变化时,在线式水阻率检测仪及泄露电流检测仪检测到该变化,通过事先通过实验建立好的水阻率与作业距离、喷水压力的专家系统得到与之对应的理想作业距离和喷水压力信息,由此进入内环系统,一方面通过激光测距仪的实时反馈信息,实现对作业距离的闭环控制,另一方面通过压力传感器返回的压力信息,实现对压力装置的输出压力及流量的控制,进而保证变电站设备带电水冲洗机器人控制系统的绝缘性能,起到安全防护的作用。

[0093] 双机协同模块

[0094] 变电站设备带电水冲洗机器人作业时,若采用单枪作业方式,无法覆盖整个设备一周,容易在冲洗侧背面形成污秽堆积,从而降低设备的绝缘性能,严重时会产生污闪事故。因此,在人工带电水冲洗作业时,一般采用双枪作业方式,双枪分别布置于设备两侧,使冲洗水柱能够环抱整个冲洗设备截面,从而有效防止冲洗时污闪事故的发生。变电站设备带电水冲洗机器人作业时,同样需要采用双枪作业方式,实现双枪协同控制,保证冲洗作业的顺利完成。双机协同模块旨在对变电站设备带电水冲洗机器人双枪协同控制算法进行研究,实现上述功能。

[0095] 双机协同模块主要在变电站设备带电水冲洗机器人控制系统的基础上,添加机器人作业流程控制功能模块,利用EtheCAT总线技术实现双机器人控制时钟的同步,利用该实

时总线技术缩短系统的控制时间周期,提高传感器采集系统的采样频率、保证控制信号的下发的实时性和双枪控制命令的同步性;并将机器人双枪双回、双枪多回等作业流程,转换为单个变电站设备带电水冲洗机器人控制系统的控制逻辑,利用该模块可实现变电站设备带电水冲洗机器人双枪协同控制,模仿人工作业时的双枪配合方式,能在不停电的情况下对变电站支柱绝缘子、避雷器、带电设备套管等带电设备外绝缘部分进行机器人水冲洗作业。

[0096] 双机协同的本质是通过两台控制终端的通信实现两台机器人的协同工作。双机协同要求对实时性要求很高,本项目中主冲机器人和辅冲机器人的控制核心都为倍福工控机,所以首先将通过两台工控机的通讯实现双机工作的实时性。两台工控机的通讯通过TwinCAT OPC实现,通过TCP/IP协议实现两机的数据通信。在控制过程中,将通过对参数的调整调节两机的实时性。

[0097] 作业过程要求:主冲机器人完成主冲洗作业,辅冲机器人完成跟随作业,辅冲机器人位于主冲机器人的下方30cm处,主要作用是切断主冲机器人冲洗作业产生的水流,从而达到绝缘的目的。在冲洗作业过程中,存在对绝缘子冲洗的模式选择即一冲一回或一冲多回。在协同作业时,对误差的处置可以通过调速和延时两种方案予以解决。

[0098] 以上所述仅为本申请的优选实施例而已,并不用于限制本申请,对于本领域的技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

[0099] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

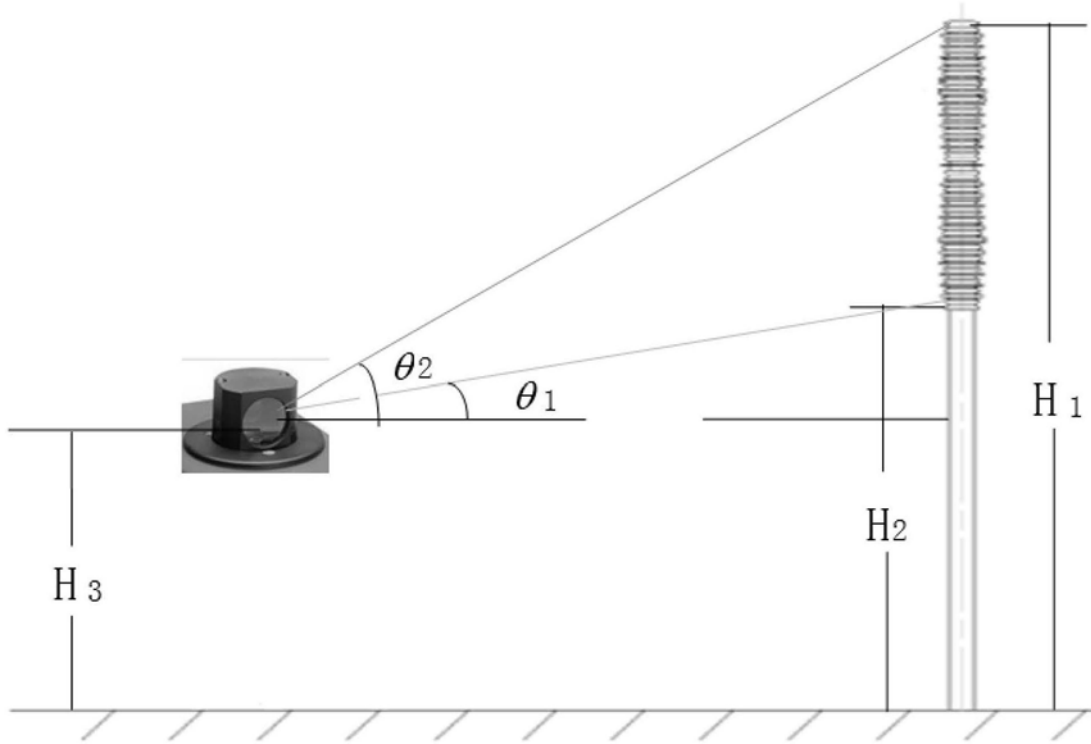


图1

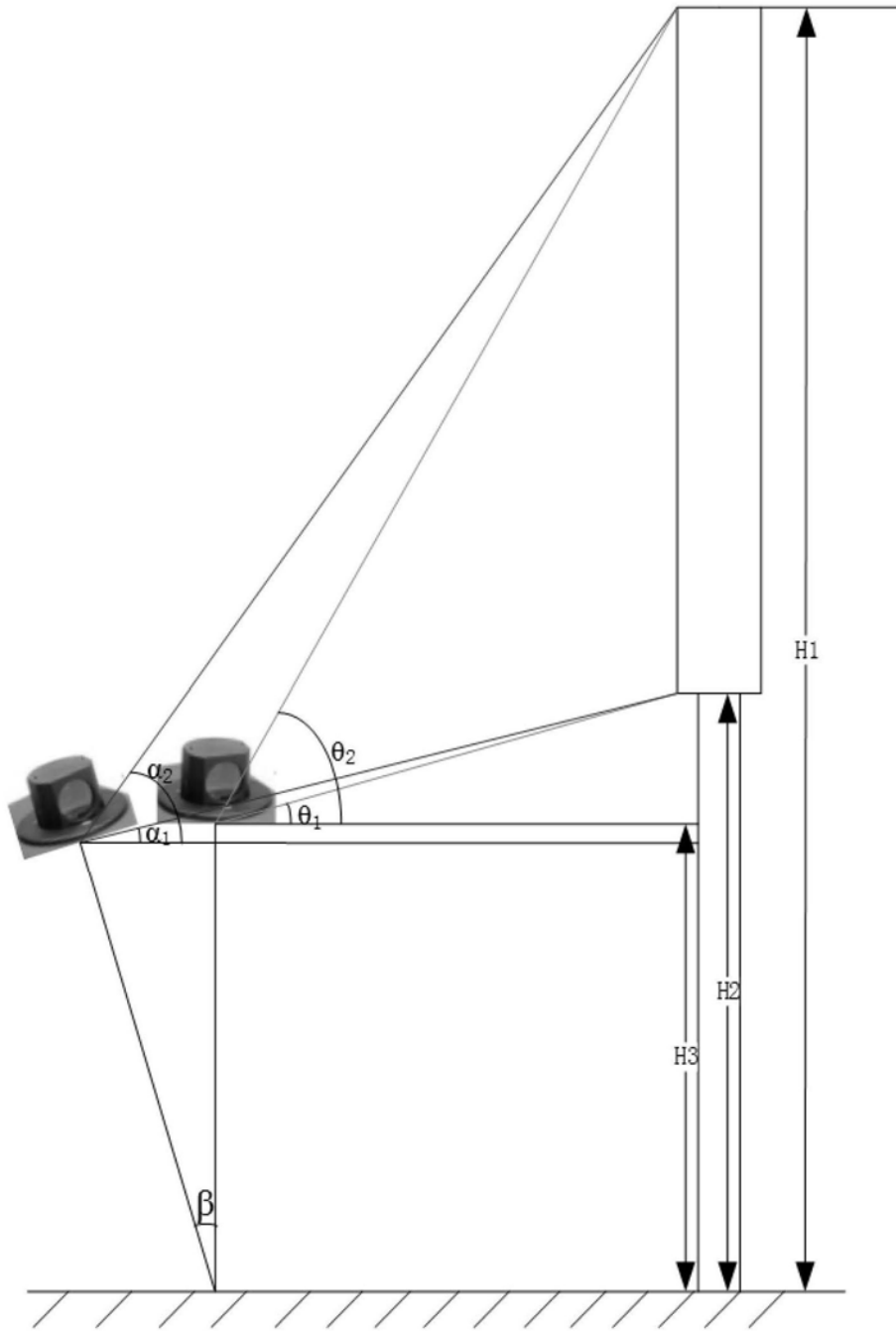


图2

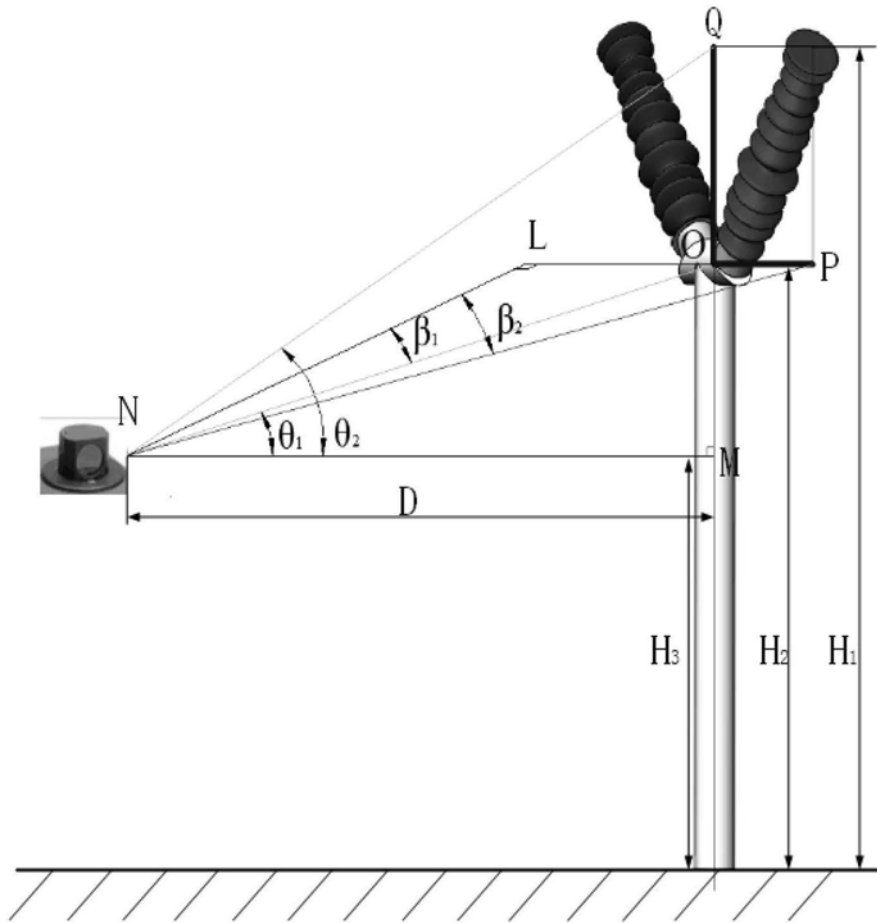


图3

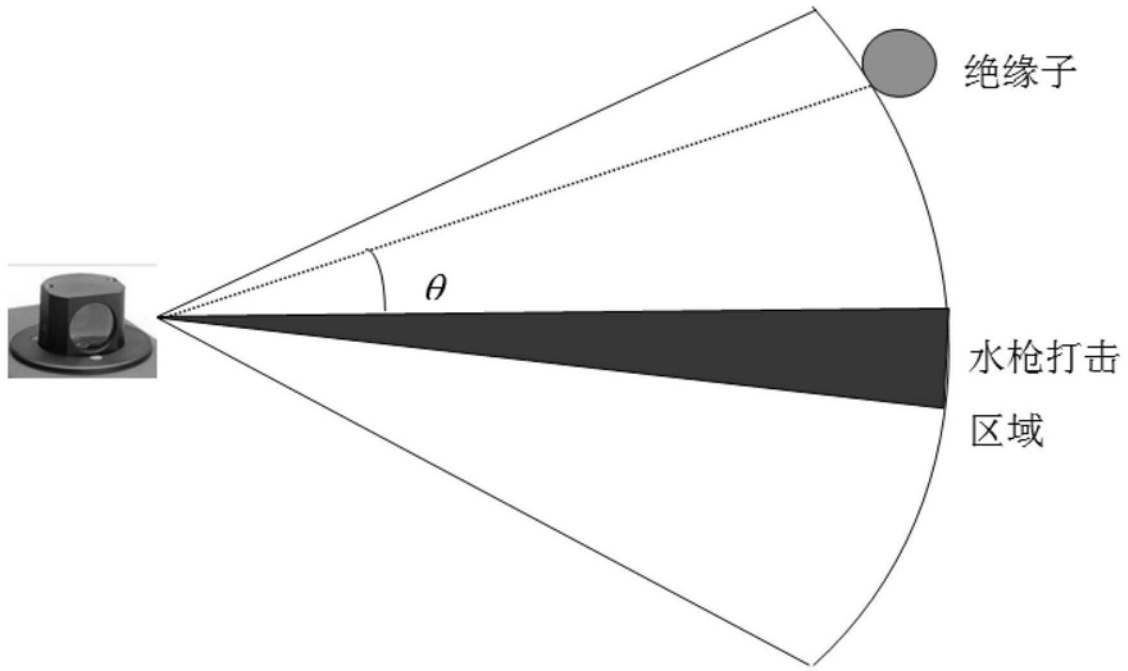


图4

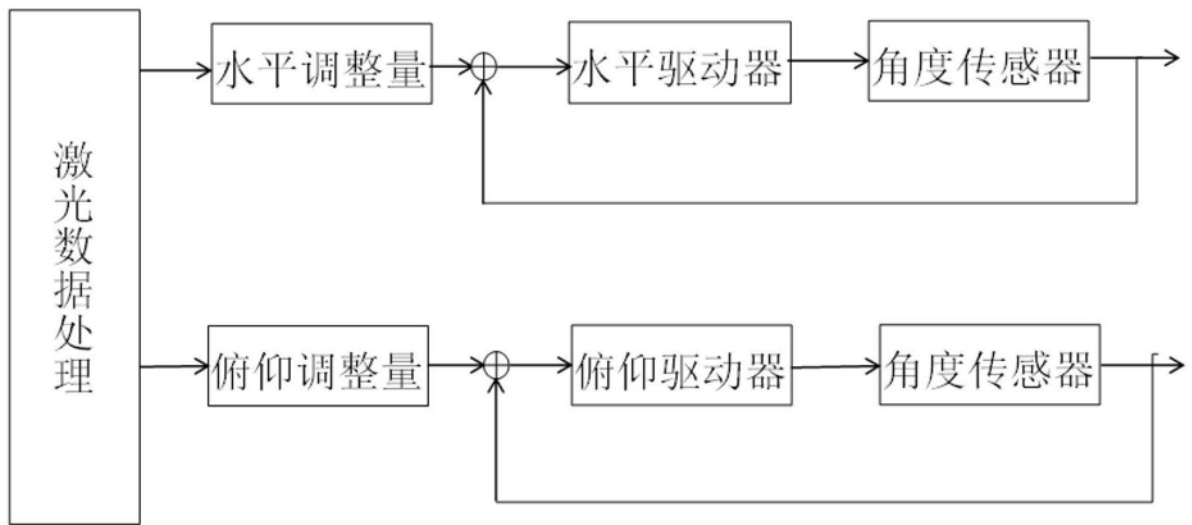


图5

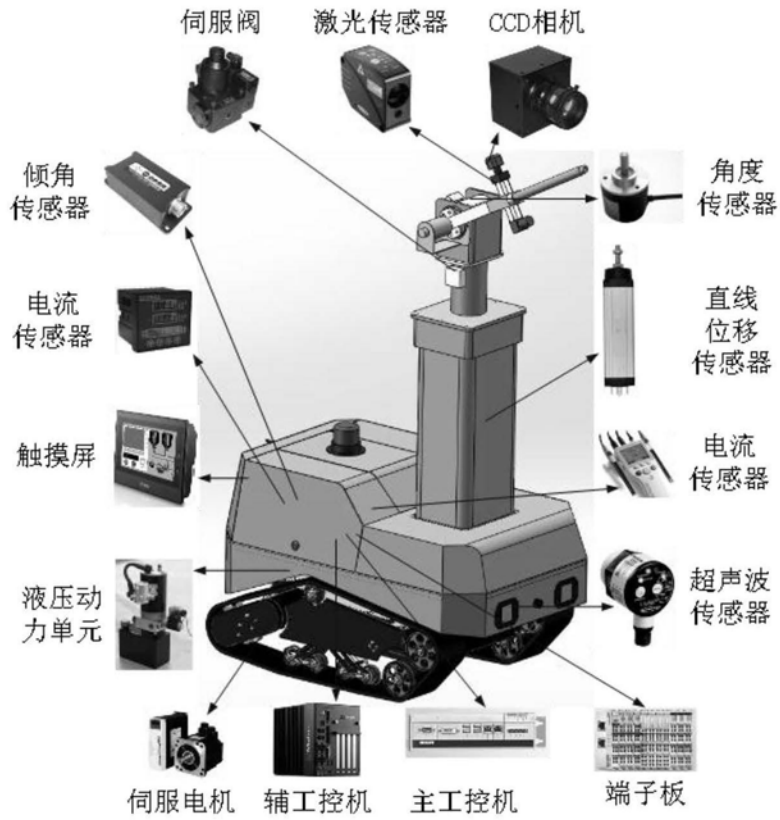


图6

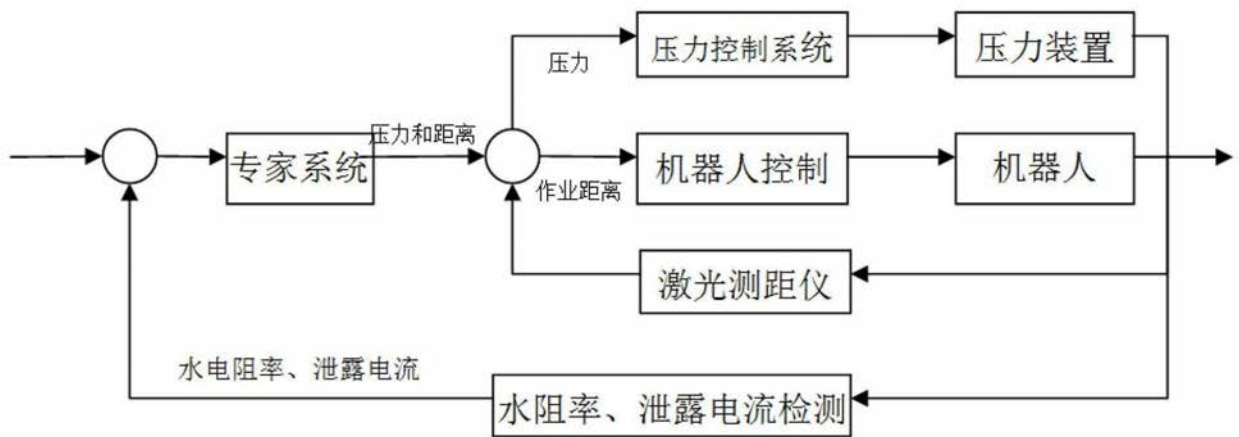


图7

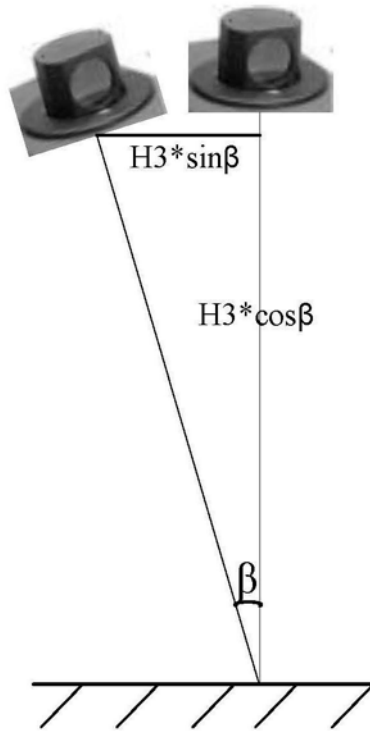


图8