



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118273895 A

(43) 申请公布日 2024.07.02

(21) 申请号 202211736903.7

B05B 16/20 (2018.01)

(22) 申请日 2022.12.30

B05B 12/12 (2006.01)

(71) 申请人 西安量子智能科技有限公司

地址 710018 陕西省西安市未央区凤城十
二路凯瑞G座407室

(72) 发明人 赵磊 张伟 周少华 李汉舟

陈国栋 李思衡

(74) 专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限

公司 61211

专利代理师 王少文

(51) Int. Cl.

F03D 80/50 (2016.01)

B24B 27/033 (2006.01)

B24B 47/12 (2006.01)

B24B 55/12 (2006.01)

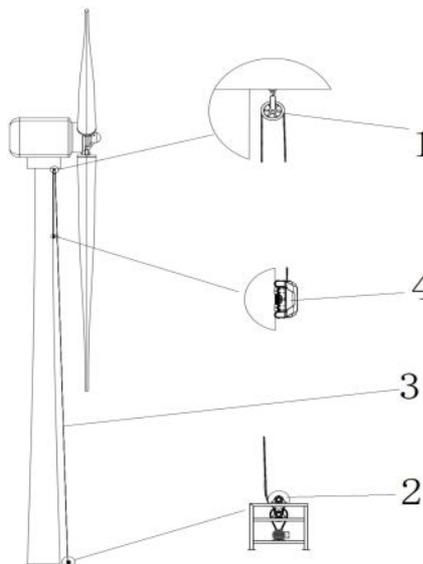
权利要求书3页 说明书10页 附图5页

(54) 发明名称

一种大曲率风电塔筒表面维护系统及维护方法

(57) 摘要

本发明提供了一种大曲率风电塔筒表面维护系统及维护方法,主要解决现有对风电塔筒的表面维护主要采用人工维护,风电塔筒的维护属于高空作业,由于气象多变,多处于风力较大的地方,进行人工维护时,维护人员的工作姿态不易保持,导致安全性较差,而且影响维护质量和工作效率的技术问题。包括上位机、安装于风电塔筒上端的定滑轮、放置于风电塔筒底部的卷扬机、绕设于卷扬机上的线缆、可在风电塔筒上进行纵向和横向移动的爬壁机器人,以及打磨装置和喷漆装置;线缆一端与风力发电机的输电口连接,或与便携式发电机的输电口连接;线缆另一端绕过定滑轮后连接于维护机器人的接线端口上;爬壁机器人上设置有路径记录装置和多个视觉装置。



1. 一种大曲率风电塔筒表面维护系统,其特征在于:包括上位机、安装于风电塔筒上端的定滑轮(1)、放置于风电塔筒底部的卷扬机(2)、绕设于卷扬机(2)上的线缆(3)、可在风电塔筒上进行纵向和横向移动的爬壁机器人(4),以及打磨装置(5)和喷漆装置;

所述线缆(3)一端与风力发电机的输电口连接,或与便携式发电机的输电口连接;线缆(3)另一端绕过定滑轮(1)后连接于爬壁机器人(4)的接线端口上;

所述爬壁机器人(4)上设置有路径记录装置(6)和视觉装置(7),所述视觉装置(7)用于获取爬壁机器人(4)所处位置周围的风电塔筒表面状态,所述路径记录装置(6)用于记录爬壁机器人(4)的移动路径;所述爬壁机器人(4)、卷扬机(2)、视觉装置(7)和路径记录装置(6)均与上位机电连接;

打磨装置(5)用于在打磨作业时安装于爬壁机器人(4)上,通过路径记录装置(6)实时记录爬壁机器人(4)打磨作业的移动路径;所述喷漆装置用于在喷漆作业时安装于爬壁机器人(4)上,按照打磨作业时爬壁机器人(4)的移动路径进行喷漆作业;所述打磨装置(5)和喷漆装置均与上位机电连接。

2. 根据权利要求1所述的一种大曲率风电塔筒表面维护系统,其特征在于:所述爬壁机器人(4)包括安装架(41),以及安装于安装架(41)上的两组磁力吸附模块(42)、四个动力轮(43)、两个转向机构(44)和用于磁力吸附模块(42)与风电塔筒分离的顶升模块(45);

所述安装架(41)的中心设置有安装槽,所述安装槽用于安装打磨装置(5)或喷漆装置;

定义安装架(41)沿风电塔筒的上下方向,位于上端的一端为前端,位于下端的一端为后端;两个所述转向机构(44)分别设置于安装架(41)的前端和后端,四个所述动力轮(43)分别安装于安装架(41)的四个边角处;位于安装架(41)前端的转向机构(44)与前端的两个动力轮(43)连接,用于驱动前端两个动力轮(43)同步转向;位于安装架(41)后端的转向机构(44)与后端的两个动力轮(43)连接,用于驱动后端的两个动力轮(43)同步转向;

两组所述磁力吸附模块(42)分别设置于安装架(1)的两侧,且位于同侧的前端和后端两个动力轮(43)的连线上,两组所述磁力吸附模块(42)中磁块与风电塔筒接触的表面分别位于金属柱外周面的切平面内,所述动力轮(43)的胎面为中间高两边低的弧形面,当所述磁力吸附模块(42)中磁块贴合于风电塔筒外周面上时,所述动力轮(43)的胎面内半边贴合于风电塔筒的外周面上;

所述顶升模块设置在安装架(1)上且位于安装架(1)与金属柱之间;所述转向机构(44)、顶升模块(45)均与上位机电连接。

3. 根据权利要求2所述的一种大曲率风电塔筒表面维护系统,其特征在于:所述磁力吸附模块(42)包括连接板(421)以及若干磁铁(422);

所述连接板(421)一侧与安装架(41)连接,若干所述磁铁(422)沿连接板(421)的长度方向布设于连接板(421)另一侧,且分别通过可锁止的铰接件与连接板(421)连接,用于根据风电塔筒的直径大小对磁铁(422)的倾斜角度进行调节。

4. 根据权利要求3所述的一种风电塔筒表面维护系统,其特征在于:所述转向机构(44)包括转向电机(441)、滚珠丝杠(442)、转向滑块(443)、刹车盘(444)、导向组件(445)以及两个转向连杆(446);

所述转向电机(441)安装于安装架(41)上,且位于同一端两个动力轮(43)之间;所述转向电机(441)的输出端与滚珠丝杠(442)的一端连接,所述刹车盘(444)与滚珠丝杠(442)的

另一端连接,所述转向滑块(443)套装且螺纹连接于滚珠丝杠(442)上,所述转向滑块(443)通过导向组件(445)与安装架(41)连接;

两个所述转向连杆(446)沿转向电机(441)输出轴的轴向设置,两个所述转向连杆(446)的一端分别与转向滑块(443)铰接,另一端分别与同一端的两个动力轮(43)铰接;

所述转向电机(441)与上位机电连接。

5.根据权利要求4所述的一种大曲率风电塔筒表面维护系统,其特征在于:所述转向电机(441)安装于安装架(41)设有磁力吸附模块(42)的一侧表面,所述转向连杆(446)设置于安装架(41)另一侧表面;

所述安装架(41)上开设有与转向滑块(443)运动轨迹相适配的贯穿槽,所述转向滑块(443)穿过贯穿槽与转向连杆(446)的一端连接。

6.根据权利要求5所述的一种大曲率风电塔筒表面维护系统,其特征在于:所述转向机构(44)还包括分别与上位机电连接的接触传感器(447)和编码器(448);

所述接触传感器(447)安装于安装架(41)上,且位于转向滑块(443)运动轨迹的一端,用于动力轮(43)的调零限位,当所述转向滑块(443)接触到接触传感器(447)上时,动力轮(43)处于初始位置;

所述编码器(448)安装于动力轮(43)上,用于监测动力轮(43)的转向角度;

所述接触传感器(447)、编码器(448)均与上位机电连接。

7.根据权利要求6所述的一种大曲率风电塔筒表面维护系统,其特征在于:所述打磨装置(5)包括固定架(51)、打磨组件(52)、调节组件(53)以及用于收集打磨组件(52)打磨时产生废屑的吸尘装置(54);

所述打磨组件(52)包括打磨轮(521)、两个相对设置于打磨轮(521)两端的驱动电机(522)以及连接架(523);所述打磨轮(21)的外周面用于在打磨作业时与圆柱金属塔筒表面接触;两个所述驱动电机(522)均安装于连接架(523)上,所述驱动电机(522)的输出轴通过连接件与打磨轮(521)的轮轴连接;

所述调节组件(53)包括安装于固定架(51)上的调节电机(531)、多个导向柱(532)以及压力反馈单元;所述调节电机(531)的输出端穿过固定架(51)与连接架(523)连接,用于带动连接架(523)远离或靠近风电塔筒表面;所述压力反馈单元设置于固定架(51)远离连接架(523)一侧,多个所述导向柱(532)的轴向与调节电机(531)的输出方向平行设置,所述导向柱(532)一端与压力反馈单元连接,另一端穿过固定架(51)与连接架(523)连接;

所述驱动电机(522)、调节电机(531)、压力反馈单元以及吸尘装置(54)均与上位机电连接。

8.根据权利要求7所述的一种大曲率风电塔筒表面维护系统,其特征在于:所述吸尘装置(54)包括吸尘组件(541)、吸尘管(542)以及吸尘密封舱(543);

所述吸尘组件(541)安装于固定架(51)上,所述吸尘密封舱(543)安装于连接架(523)上且与打磨轮(21)位于同一侧,所述吸尘密封舱(543)上设置有与打磨轮(521)相适配的安装槽,所述打磨轮(521)位于吸尘密封舱(43)内且外周面穿出安装槽,用于在打磨作业时与圆柱金属塔筒的表面接触;所述吸尘组件(541)与上位机电连接;

所述吸尘管(542)一端与吸尘组件(541)连接,另一端置于吸尘密封舱(543)内。

9.根据权利要求8所述的一种大曲率风电塔筒表面维护系统,其特征在于:所述视觉装

置(7)为广角摄像头,数量为四个;四个所述视觉装置(7)分别设置于安装架(41)的四个不同方位,用于分别获取爬壁机器人(4)四周的风电塔筒表面图像信息;

所述路径记录装置(6)为轨迹球装置。

10.一种大曲率风电塔筒表面维护方法,基于权利要求1-9任一所述的一种大曲率风电塔筒表面维护系统,其特征在于,具体按照以下步骤实施:

步骤1、通过外部的无人机初步获取风电塔筒表面的图像信息;通过上位机根据风电塔筒表面的图像信息初步确定待维护位置,将风电塔筒的外周面沿其轴向划分为N个等分的待维护区域,N为大于等于2的偶数,根据待维护位置确定爬壁机器人(4)在N个待维护区域内的理论移动路径;

步骤2、将打磨装置(5)安装至爬壁机器人(4)上,将卷扬机(2)和定滑轮(1)均置于一个待维护区域内;

步骤3、通过上位机控制爬壁机器人(4)从下至上根据理论移动路径在该待维护区域内移动;

步骤4、在爬壁机器人(4)移动过程中,使用视觉装置(7)实时获取风电塔筒表面的图像信息,通过上位机最终确定该待维护区域内的待维护位置,通过打磨装置(5)对最终确定的待维护位置进行打磨除锈,同时通过路径记录装置(6)实时记录爬壁机器人(4)的实际移动路径,完成该待维护区域内待维护位置的打磨除锈;

步骤5、控制爬壁机器人(4)从风电塔筒上端横移至下一待维护区域内,将卷扬机(2)和定滑轮(1)均置于该待维护区域内,控制爬壁机器人(4)从上至下移动,按照步骤4完成该待维护区域内待维护位置的打磨除锈;

步骤6、控制爬壁机器人(4)从风电塔筒下端横移至下一待维护区域内,将卷扬机(2)和定滑轮(1)均置于该待维护区域内,返回步骤3,直至完成N个待维护区域内待维护位置的打磨除锈;

步骤7、使用喷漆装置替换打磨装置(5),控制爬壁机器人(4)根据打磨时爬壁机器人(4)的实际移动路径移动,依次对N个待维护区域内完成打磨除锈的位置进行喷漆;

步骤8、完成风电塔筒表面的维护。

一种大曲率风电塔筒表面维护系统及维护方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种金属柱表面维护系统及维护方法,具体涉及一种大曲率风电塔筒表面维护系统及维护方法。

背景技术

[0002] 风力发电机大多是在远郊、高山或者沿海等条件恶劣的环境下建设,风力发电机的风电塔筒长时间暴露在恶劣环境下会发生表面腐蚀,在表面腐蚀部分会产生大量锈迹,从而容易造成风电塔筒的工作寿命缩短,因此,需要对风电塔筒进行定期维护。

[0003] 现有对风电塔筒的表面维护主要采用人工维护,而风电塔筒的维护不仅属于高空作业,而且由于气象多变,多处于风力较大的地方,进行人工维护时,维护人员的工作姿态不易保持,导致安全性较差,而且影响维护质量和工作效率。

发明内容

[0004] 本发明的目的是解决现有对风电塔筒的表面维护主要采用人工维护,而风电塔筒的维护不仅属于高空作业,而且由于气象多变,多处于风力较大的地方,进行人工维护时,维护人员的工作姿态不易保持,导致安全性较差,而且影响维护质量和工作效率的技术问题,而提供一种大曲率风电塔筒表面维护系统及维护方法。

[0005] 为实现上述目的,本发明所采用的技术方案为:

[0006] 一种大曲率风电塔筒表面维护系统,其特殊之处在于:包括上位机、安装于风电塔筒上端的定滑轮、放置于风电塔筒底部的卷扬机、绕设于卷扬机上的线缆、可在风电塔筒上进行纵向和横向移动的爬壁机器人,以及打磨装置和喷漆装置;

[0007] 所述线缆一端与风力发电机的输电口连接,或与便携式发电机的输电口连接;线缆另一端绕过定滑轮后连接于维护机器人的接线端口上;

[0008] 所述爬壁机器人上设置有路径记录装置和多个视觉装置,多个所述视觉装置用于获取爬壁机器人所处位置周围的风电塔筒表面状态,所述路径记录装置用于记录爬壁机器人的移动路径;所述爬壁机器人、卷扬机、视觉装置和路径记录装置均与上位机电连接;

[0009] 所述打磨装置用于在打磨作业时安装于爬壁机器人上,通过路径记录装置实时记录爬壁机器人打磨作业的移动路径;所述喷漆装置用于在喷漆作业时安装于爬壁机器人上,按照打磨作业的移动路径进行喷漆作业;所述打磨装置和喷漆装置与上位机电连接。

[0010] 进一步地,所述爬壁机器人包括安装架,以及安装于安装架上的两组磁力吸附模块、四个动力轮、两个转向机构和用于磁力吸附模块与风电塔筒分离的顶升模块;

[0011] 所述安装架的中心设置有安装槽,所述安装槽用于安装打磨装置或喷漆装置;

[0012] 定义安装架沿风电塔筒的上下方向,位于上端的一端为前端,位于下端的一端为后端;两个所述转向机构分别设置于安装架的前端和后端,四个所述动力轮分别安装于安装架的四个边角处;位于安装架前端的转向机构与前端的两个动力轮连接,用于驱动前端两个动力轮同步转向;位于安装架后端的转向机构与后端的两个动力轮连接,用于驱动后

端的两个动力轮同步转向；

[0013] 两组所述磁力吸附模块分别设置于安装架的两侧，且位于同侧的前端和后端两个动力轮的连线上，两组所述磁力吸附模块中磁块与风电塔筒接触的表面分别位于金属柱外周面的切平面内，所述动力轮的胎面为中间高两边低的弧形面，当所述磁力吸附模块中磁块贴合于风电塔筒外周面上时，所述动力轮的胎面内半边贴合于风电塔筒的外周面上；

[0014] 所述顶升模块设置在安装架上且位于安装架与金属柱之间所述顶升模块设置在安装架上且位于安装架与金属柱之间；所述转向机构、顶升模块均与上位机电连接。

[0015] 进一步地，所述磁力吸附模块包括连接板以及若干磁铁；

[0016] 所述连接板一侧与安装架连接，若干所述磁铁沿连接板的长度方向布设于连接板另一侧，且分别通过可锁止的铰接件与连接板连接，用于根据风电塔筒的直径大小对磁铁的倾斜角度进行调节。

[0017] 进一步地，所述转向机构包括转向电机、滚珠丝杠、转向滑块、刹车盘、导向组件以及两个转向连杆；

[0018] 所述转向电机安装于安装架上，且位于同一端两个动力轮之间；所述转向电机的输出端与滚珠丝杠的一端连接，所述刹车盘与滚珠丝杠的另一端连接，所述转向滑块套装且螺纹连接于滚珠丝杠上，所述转向滑块通过导向组件与安装架连接；

[0019] 两个所述转向连杆沿转向电机输出轴的轴向对称设置，两个所述转向连杆的一端分别与转向滑块铰接，另一端分别与同一端的两个动力轮铰接；

[0020] 所述转向电机与上位机电连接。

[0021] 进一步地，所述转向电机安装于安装架设有磁力吸附模块的一侧表面，所述转向连杆设置于安装架另一侧表面；

[0022] 所述安装架上开设有与转向滑块运动轨迹相适配的贯穿槽，所述转向滑块穿过贯穿槽与转向连杆的一端连接。

[0023] 进一步地，所述转向机构还包括分别与上位机电连接的接触传感器和编码器；

[0024] 所述接触传感器安装于安装架上，且位于转向滑块运动轨迹的一端，用于动力轮的调零限位，当所述转向滑块接触到接触传感器上时，动力轮处于初始位置；

[0025] 所述编码器安装于动力轮上，用于监测动力轮的转向角度；

[0026] 所述接触传感器、编码器均与上位机电连接。

[0027] 进一步地，所述打磨装置包括固定架、打磨组件、调节组件以及用于收集打磨组件打磨时产生废屑的吸尘装置；

[0028] 所述打磨组件包括打磨轮、两个相对设置于打磨轮两端的驱动电机以及连接架；所述打磨轮的外周面用于在打磨作业时与圆柱金属塔筒表面接触；两个所述驱动电机均安装于连接架上，所述驱动电机的输出轴通过连接件与打磨轮的轮轴连接；

[0029] 所述调节组件包括安装于固定架上的调节电机、多个导向柱以及压力反馈单元；所述调节电机的输出端穿过固定架与连接架连接，用于带动连接架远离或靠近风电塔筒表面，所述压力反馈单元设置于固定架远离连接架一侧，多个所述导向柱的轴向与调节电机的输出方向平行设置，所述导向柱一端与压力反馈单元连接，另一端穿过固定架与连接架连接；

[0030] 所述驱动电机、调节电机、压力反馈单元以及吸尘装置均与上位机电连接。

[0031] 进一步地,所述吸尘装置包括吸尘组件、吸尘管以及吸尘密封舱;

[0032] 所述吸尘组件安装于固定架上,所述吸尘密封舱安装于连接架上且与打磨轮位于同一侧,所述吸尘密封舱上设置有与打磨轮相适配的安装槽,所述打磨轮位于吸尘密封舱内且外周面穿出安装槽,用于在打磨作业时与风电塔筒的表面接触;所述吸尘组件与上位机电连接;

[0033] 所述吸尘管一端与吸尘组件连接,另一端置于吸尘密封舱内。

[0034] 进一步地,所述视觉装置为广角摄像头,数量为四个;四个所述视觉装置分别设置于安装架的四个不同方位,用于分别获取爬壁机器人四周的风电塔筒表面图像信息;

[0035] 所述路径记录装置为轨迹球装置。

[0036] 同时,本发明还提供了一种大曲率风电塔筒表面维护方法,基于一种大曲率风电塔筒表面维护系统,其特殊之处在于,具体按照以下步骤实施:

[0037] 步骤1、通过外部的无人机初步获取风电塔筒表面的图像信息;通过上位机根据风电塔筒表面的图像信息初步确定待维护位置,将风电塔筒的外周面沿其轴向划分为N个等分的待维护区域,N为大于等于2的偶数,根据待维护位置确定爬壁机器人在四个待维护区域内的理论移动路径;

[0038] 步骤2、将打磨装置安装至爬壁机器人上,将卷扬机和定滑轮均置于一个待维护区域内;

[0039] 步骤3、通过上位机控制爬壁机器人从下至上根据理论移动路径在该待维护区域内移动;

[0040] 步骤4、在爬壁机器人移动过程中,使用视觉装置实时获取风电塔筒表面的图像信息,通过上位机最终确定该待维护区域内的待维护位置,通过打磨装置对最终确定的待维护位置进行打磨除锈,同时通过路径记录装置实时记录爬壁机器人的实际移动路径,完成该待维护区域内待维护位置的打磨除锈;

[0041] 步骤5、控制爬壁机器人从风电塔筒上端横移至下一待维护区域内,将卷扬机和定滑轮均置于该待维护区域内,控制爬壁机器人从上至下移动,按照步骤4完成该待维护区域内待维护位置的打磨除锈;

[0042] 步骤6、控制爬壁机器人从风电塔筒上端横移至下一待维护区域内,将卷扬机和定滑轮均置于该待维护区域内,返回步骤3,直至完成N个待维护区域内待维护位置的打磨除锈;

[0043] 步骤7、使用喷漆装置替换打磨装置,控制爬壁机器人根据打磨时爬壁机器人的实际移动路径移动,依次对N个待维护区域内完成打磨除锈的位置进行喷漆;

[0044] 步骤8、完成风电塔筒表面的维护。

[0045] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0046] 1、本发明通过爬壁机器人在打磨时搭载打磨装置,在喷漆时搭载喷漆装置,并通过轨迹记录装置记录打磨时爬壁机器人的移动路径,控制爬壁机器人在喷漆时按照打磨时的移动路径移动,可以实现打磨除锈+喷漆的表面维护作业,相比于采用人工维护的方式,采用爬壁机器人风阻较小,可以更好的贴合在风电塔筒表面,适用于条件恶劣的环境,实现稳定、高效地维护作业;通过上位机实施控制卷扬机和爬壁机器人同步工作,可以通过电缆长时间为爬壁机器人提供工作所述电能;通过设置的视觉装置可以实时发现待维护的位

置、监测打磨效果和喷漆效果,实现精准、高质量的维护作业。

[0047] 2、本发明的爬壁机器人通过采用将两个转向机构分别驱动四个动力轮、将磁力吸附模块设置于前后端一侧两个动力轮的连线上、将工作的打磨装置和喷漆装置搭载在安装架的中心位置,实现了爬壁机器人的紧凑布局,不仅简化了结构、减小体积降低风阻,而且降低了重量、降低了功耗;并且通过设计磁铁沿风电塔筒外周面的切线方向设置、动力轮的胎面为中间高两点低的弧形面,不仅可以更好的贴合大曲率金属柱表面,并在一定的直径变化范围内,均可稳定移动;同时在动力轮转向时,通过设置的胎面结构可以在其最高点处转动,防止转向时爬壁机器人与风电塔筒之间间距发生变化,导致磁力吸附失效。

[0048] 3、本发明通过设置磁铁通过可锁止的铰接件与连接板连接,使得磁铁可根据不同直径的风电塔筒进行调节,使得磁铁在风电塔筒表面直径变化范围内均可稳定移动。

[0049] 4、本发明通过设置的转向电机带动滚珠丝杠转动,从而通过转向滑块带动两个转向连杆移动,相比于采用直线电机的方式,本发明采用的结构扭转力更大,能够承受更大的负载,不易出现转向失效的情况;同时,通过设置的刹车盘可以使滚珠丝杠稳定、精准的停在某一转动角度上,实现动力轮的精准转向控制,不易出现晃动的情况。

[0050] 5、本发明通过设置的接触传感器可以当转向滑块与其接触时发出电信号,用于动力轮的调零限位,提高转向精度,从而实现爬壁机器人稳定地横移和竖移;通过设置编码器可以实时监测动力轮的转向角度,以便于精准控制爬壁机器人的行走轨迹。

[0051] 6、本发明通过双驱动电机驱动打磨轮转动,不仅增强了打磨轮转动时的稳定性,而且增大了打磨轮的扭矩,提高了打磨效果;通过设置的调节电机和压力反馈板可以实时监测打磨轮与风电塔筒表面的接触应力,并进行自适应调整,防止出现由于接触不到位导致的打磨失效或效果不佳问题。

[0052] 7、本发明通过设置的吸尘密封舱可以将打磨轮的周围围成一个较为封闭的环境,使得打磨产生的残渣聚集在舱体内,并通过吸尘组件和吸尘管将残渣进行吸收暂存,防止打磨产生的残渣造成环境污染。

[0053] 8、本发明通过经风电塔筒外周面划分四个待维护区域,控制爬壁机器人搭载打磨装置进行“上-下-上-下”的工作顺序分别对N个待维护区域进行打磨除锈,防止直接控制爬壁机器人进行一周的环形维护作业出现线缆缠绕打结的情况;并通过爬壁机器人搭载喷漆装置按照打磨时的移动路径移动,进而实现风电塔筒的表面维护操作,维护效率高、维护效果好。

附图说明

[0054] 图1是本发明一种大曲率风电塔筒表面维护系统的结构示意图;

[0055] 图2是本发明一种大曲率风电塔筒表面维护系统实施例中爬壁机器人和打磨装置的装配示意图;

[0056] 图3是本发明一种大曲率风电塔筒表面维护系统实施例中爬壁机器人的结构示意图;

[0057] 图4是本发明一种大曲率风电塔筒表面维护系统实施例中磁力吸附模块的结构示意图;(a为磁力吸附模块的主视图,b为a的侧视图)

[0058] 图5是本发明一种大曲率风电塔筒表面维护系统实施例中转向机构的主视图;

[0059] 图6是图5的俯视图；

[0060] 图7是本发明一种大曲率风电塔筒表面维护系统实施例中打磨装置的结构示意图。

[0061] 图中：

[0062] 1-定滑轮,2-卷扬机,3-线缆；

[0063] 4-爬壁机器人,41-安装架,42-磁力吸附模块,421-连接板,422-磁铁,43-动力轮,44-转向机构,441-转向电机,442-滚珠丝杠,443-转向滑块,444-刹车盘,445-导向组件,446-转向连杆,447-接触传感器,448-编码器,45-顶升模块；

[0064] 5-打磨装置,51-固定架,52-打磨组件,521-打磨轮,522-驱动电机,523-连接架；53-调节组件,531-调节电机,532-导向柱,533-压力反馈板；54-吸尘装置,541-吸尘组件,542-吸尘管,543-吸尘密封舱；

[0065] 6-路径记录装置,7-视觉装置。

具体实施方式

[0066] 为使本发明的目的、优点和特征更加清楚,以下结合附图和具体实施例对本发明提出的一种大曲率风电塔筒表面维护系统及维护方法作进一步详细说明。根据下面具体实施方式,本发明的优点和特征将更清楚。需要说明的是:附图均采用非常简化的形式且均使用非精准的比例,仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例的目的;其次,附图所展示的结构往往是实际结构的一部分。

[0067] 如图1-图7所示,本发明一种大曲率风电塔筒表面维护系统,能够适应弯曲半径在2m以上的金属表面移动场景;包括上位机、安装于风电塔筒上端的定滑轮1、放置于风电塔筒底部的卷扬机2、绕设于卷扬机2上的线缆3、可在风电塔筒上进行纵向和横向移动的爬壁机器人4,以及打磨装置5和喷漆装置(图中为示出);由于采用车载蓄电池不仅会增大爬壁机器人4自重,而且车载蓄电池的电量难以满足工作需要,因此本实施例中的爬壁机器人4采用外部供电方式,不仅可以减轻自重,而且无电量焦虑,通过将线缆3一端与风力发电机的输电口连接,或与便携式发电机的输电口连接,线缆3另一端绕过定滑轮1后连接于维护机器人的接线端口上,来对系统的用电设备进行供电;通过设置的定滑轮1可以改变线缆3的方向,爬壁机器人4、卷扬机2分别与上位机电连接,从而在爬壁机器人4移动至任意位置时,均可通过上位机控制卷扬机2同步调解线缆3长度,使得线缆3始终保持足够的张紧力,防止线缆3在风力作用下摆动,造成线缆3缠绕和线缆3摆动造成的爬壁机器人4不稳定现象;在本发明的一个优选实施例中,在爬壁机器人4上设置有穿线孔,安全绳的一端穿过穿线孔与爬壁机器人4连接,另一端绕过定滑轮1缠绕至卷扬机2上,与线缆3同步伸缩,起到安全防坠作用。

[0068] 爬壁机器人4上设置有路径记录装置6和多个视觉装置7,在本实施例中,视觉装置7采用广角摄像头,数量为四个,四个广角摄像头分别设置于爬壁机器人4的四个不同方位上,通过设置的四个视觉装置7可以实时获取爬壁机器人4所处位置周围的风电塔筒表面状态,视觉装置7与上位机电连接,将获取的图像信息传送至上位机进行显示,可以实时观察风电塔筒表面的状况,确定待维护位置,同时可以观察维护效果;在本发明的其他实施例中,也可在爬壁机器人4远离风电套筒一端设置一个安装杆,在安装杆的端部安装一个全景

摄像头,将全景摄像头与风电塔筒表面间隔一定距离,使得全景摄像头的视场满足使用需要;路径记录装置6用于记录爬壁机器人4的运动轨迹,在本实施例中采用轨迹球装置,并在轨迹球的球体的外周面上设置有一圈橡胶皮,可以将轨迹球上的杂质擦除,保证轨迹球装置的正常工作;在本发明的其他实施例中,也可通过在爬壁机器人4上搭载北斗定位装置、GPS定位装置等其他装置来记录爬壁机器人4的移动路径;路径记录装置6均与上位机电连接,打磨作业时,将打磨装置5安装于爬壁机器人4上,通过路径记录装置6实时记录爬壁机器人4的移动路径,并将打磨时爬壁机器人4的移动路径发送给上位机;喷漆作业时,将喷漆装置安装于爬壁机器人4上,通过上位机控制爬壁机器人4按照打磨作业时的移动路径进行移动,对风电塔筒的表面进行维护。

[0069] 在本发明的一个优选实施例中,还可在爬壁机器人4上设置工作指示灯,在爬壁机器人4上的打磨装置5或喷漆装置工作时,工作指示灯以特定方式进行指示,例如:指示灯亮暗程度、闪烁方式等方式,便于从陆地上可以直观看到爬壁机器人4上的打磨装置5或喷漆装置是否正常工作。

[0070] 如图2和图3所示,爬壁机器人4包括安装架41,两组磁力吸附模块42、四个动力轮43、转向机构44和用于磁力吸附模块42与风电塔筒分离的顶升模块45;为了充分利用安装架41的空间,减小爬壁机器人4整体的体积和重量,在安装架41的中心设置有安装槽,使安装架41的整体构型呈“口”字型,将磁力吸附模块42、动力轮43、转向机构44和顶升模块45分别围绕安装架41的安装槽布设;将打磨装置5或喷漆装置根据工况需要安装于安装槽内,形成一个较为紧凑的布局方式。

[0071] 定义安装架41沿风电塔筒的上下方向,位于上端的一端为前端,位于下端的一端为后端;将四个动力轮43分别安装于安装架41的四个边角处,由于对四个动力轮43分别进行控制会导致四个动力轮43的同步性较差,而将四个动力轮43通过一个转向机构44进行控制会影响爬壁机器人4的整体布局,使得安装架41中间部分无法开设安装槽,导致爬壁机器人4上的空间利用不充分,从而导致爬壁机器人4整体体积增大,因此在本实施例中,将转向机构44设置为两个,两个转向机构44分别设置于安装架41的前端和后端;位于安装架41前端的转向机构44与前端的两个动力轮43连接,用于驱动前端两个动力轮43同步转向;位于安装架41后端的转向机构44与后端的两个动力轮43连接,用于驱动后端的两个动力轮43同步转向;既可以满足同步性要求,又可以充分利用安装架41上的体积,达到紧凑布局的目的;

[0072] 在本发明的一个优选实施例中,如图5和图6所示,转向机构44包括设置于第一保护罩内的转向电机441、滚珠丝杠442、转向滑块443、电磁刹车盘444、接触传感器447、导向组件445以及设置于第二保护罩内的两个转向连杆446;第一保护罩和转向电机441安装于安装架41设置有磁力吸附模块42的一侧表面,且位于同一端两个动力轮43之间;转向电机441的输出轴与同一端两个动力轮43的连线平行设置,转向电机441的输出端与滚珠丝杠442的一端连接,刹车盘444与滚珠丝杠442的另一端连接,通过将刹车盘444和转向电机441分别设置于滚珠丝杠442的两端,不仅可以增强滚珠丝杠442转动时的稳定性,还可通过刹车盘444将滚珠丝杠442稳定锁止,防止动力轮43在定位后发生晃动,导致整体工作精度受影响;转向滑块443套装且螺纹连接于滚珠丝杠442上,安装架41上开设有与转向滑块443运动轨迹相适配的贯穿槽,具体的,在实现爬壁机器人4横向移动时,当动力轮43的端面处于

水平状态时,在重力作用下,爬壁机器人4不可避免的会向下滑动,因此,在实现爬壁机器人4横移时,需要将动力轮43根据整体重量不同向上倾斜 $0-13^{\circ}$,从而在横移时产生向上的分力来抵消爬壁机器人4本身的重量,实现爬壁机器人4的横向移动,因此,在设计时,需要根据动力轮43的最大转向角度对贯穿槽的长度和滚珠丝杠442的长度进行适应性设计;第二保护罩和两个转向连杆446均设置于另一侧表面,两个转向连杆446沿转向电机441输出轴的轴向设置,转向滑块443穿过贯穿槽与两个转向连杆446的一端铰接,转向连杆446另一端分别与同一端的两个动力轮43铰接;转向滑块443通过导向组件445与安装架41连接,导向组件445包括连接于转向滑块443上的一个导向块和导向槽,导向槽的方向与滚珠丝杠442的轴向同向,导向块连接于导向槽内,防止转向滑块443在滚珠丝杠442的作用下发生周转;接触传感器447安装于安装架41上,且位于转向滑块443运动轨迹的一端,用于动力轮43的调零限位,当转向滑块443接触到接触传感器447上时,动力轮43处于初始位置,以保证后续工作的精准度;需要说明的是,以上转向机构44仅为本发明的优选方式,在本发明的其他实施例中,本领域技术人员还可采用其他转向机构44来实现前端和后端两个动力轮43的同步控制。

[0073] 在本发明的一个优选实施例中,动力轮43包括轮子本体、编码器448、回转支承、安装壳以及安装于安装壳内部的动力电机;动力电机的输出轴与轮子本体的轮轴连接;安装架41上开设有与回转支承外圈相适配的安装孔,回转支承的外圈通过安装孔与安装架41连接,回转支承的内圈通过连轴与安装壳连接,编码器448的转子安装于回转支承的内圈上,定子安装于回转支承的外圈上,转向连杆446与回转支承内圈的端面连接;通过采用四个动力轮43分别驱动的结构,在实际使用时,即便其中一个动力轮43中的动力电机出现状况,通过其余的动力轮43也可驱动爬壁机器人4进行移动。

[0074] 顶升模块设置在安装架1上且位于安装架1与金属柱之间,在本发明的一个优选实施例中,顶升模块45包括四个顶升电机,四个顶升电机均匀连接于安装架41上,相邻于连接板421设置;当需要将爬壁机器人4与风电塔筒表面分离时,通过驱动顶升电机伸长即可推动爬壁机器人4与风电塔筒表面分离。

[0075] 如图4所示,两组磁力吸附模块42分别设置于安装架1的两侧,且位于同侧的前端和后端两个动力轮43的连线上,通过磁力吸附模块42将动力轮43的胎面紧密贴合在风电塔筒外周面上,可以防止轮胎打滑,从而导致爬壁功能失效;磁力吸附模块42包括连接板421以及若干磁铁422;在本实施例中,磁铁422采用强磁铁422,在本发明的其他实施例,也可根据负载的不同,采用永磁铁422和电磁铁422,来增强吸附效果,匹配更大负载的爬壁机器人4需求;连接板421一侧与安装架41连接且位于同一侧的前端和后端两个动力轮3之间,若干所述磁铁22分为两组磁体,两组磁体分别位于连接板的前端和后端且关于连接板21对称设置;每组磁体包括相邻设置的两个磁铁块,且分别通过可锁止的铰接件与连接板421连接,用于根据风电塔筒的直径大小对磁铁422的倾斜角度进行调节,两组磁力吸附模块42中磁块与风电塔筒接触的表面分别位于金属柱外周面的切平面内;在实际使用中,由于风电塔筒的外周面直径是变化的,调整时,可以取风电塔筒直径的中间值对磁铁422的角度进行设置,在整个维护工作中,始终保持磁铁422与风电塔筒表面的接触效果;动力轮43的胎面为中间高两边低的弧形面,即胎面的整体轮廓为一圆弧的一部分,当磁力吸附模块42中磁块贴合于风电塔筒外周面上时,动力轮43的胎面内半边贴合于风电塔筒的外周面上;在

转向时,使得动力轮43在最高点处进行转动,保证转向时,爬壁机器人4相对于风电塔筒表面的径向间距不发生改变,从而保持磁力吸附模块42的吸附效果。

[0076] 如图7所示,打磨装置5包括固定架51、打磨组件52、调节组件53以及用于收集打磨组件52打磨时产生废屑的吸尘装置54;固定架51为“工”字型结构,能够为后续部件提供安装位置,通过将固定架51连接至安装架41上,实现打磨装置5与爬壁机器人4的快速拆装;打磨组件52包括打磨轮521、两个相对设置于打磨轮521两端的驱动电机522,以及连接架523;打磨轮521轮轴的轴向、驱动电机522输出轴的轴向以及连接架523均平行于安装架41最大面积的端面设置;连接架523为长方形的框体,可以为后续部件提供安装位置,两个驱动电机522均安装于连接架523的两端,驱动电机522的输出轴通过连接件与打磨轮521的轮轴连接;在本实施例中,连接件包括连接螺栓以及安装于驱动电机522输出轴上的套筒,套筒内径与打磨轮521轮轴外径相适配,在套筒上开设有连接孔,在打磨轮521轮轴上开设有相应的螺纹孔,通过将连接螺栓穿过连接孔与螺纹孔连接,从而将打磨轮521轮轴和驱动电机522的输出轴连为一体;进一步,为了便于快速拆卸以对打磨轮521进行更换,连接螺栓可采用快拆螺栓;在本发明的其他实施例中,也可采用其他结构的快速拆卸连接件来实现驱动电机522和打磨轮521的连接;由于本发明的打磨装置5多应用于金属表面,金属一般具有较大的硬度,为了实现较好的打磨效果,减少打磨轮521的拆装更换次数,在本实施例中,打磨轮521采用纤维材质制造;

[0077] 调节组件53包括安装于固定架51上的调节电机531、多个导向柱532以及压力反馈单元;调节电机531为直线电机,其输出方向垂直于风电塔筒的外周面,从而将打磨轮521带动至紧密贴合风电塔筒外周面的位置,调节电机531的输出端穿过固定架51与连接架523连接,用于带动连接架523远离或靠近风电塔筒表面,从而带动连接架523上连接的驱动电机522跟随运动,进而带动打磨轮521移动;为了便于对打磨轮521与风电塔筒表面的接触应力进行实时监测,防止出现由于打磨轮521与风电塔筒之间接触应力较小,导致出现打磨失效或打磨效果不好的现象,本发明通过设置压力反馈单元来进行实时监测,将压力反馈单元设置于固定架51远离连接架523一侧,压力反馈单元包括安装于安装架41上的压力传感器和压力触发板;压力触发板平行于连接架523设置,压力触发板上开设有与调节电机531外形相适配的贯穿孔,调节电机531穿过贯穿孔与压力触发板配合;多个导向柱532的轴向与调节电机531的输出方向平行设置,在本实施例中,导向柱532的数量为四个,四个导向柱532均匀布设于压力触发板的四个边角处,导向柱532一端与压力触发板连接,另一端穿过固定架51与连接架523连接,当调节电机531带动连接架523移动时,通过导向柱532可以同步带动压力触发板进行移动,当打磨轮521贴合于风电塔筒表面时,压力反馈板533可以贴合安装架41上的压力传感器上,将压力传感器的信号输出端接入上位机中,即可通过压力触发板与压力传感器之间的压力大小实时反馈打磨轮521与风电塔筒表面的接触应力;

[0078] 吸尘装置54包括吸尘组件541、吸尘管542以及吸尘密封舱543;吸尘组件541安装于固定架51上且与打磨轮21位于同一侧,吸尘密封舱543安装于连接架523上,吸尘密封舱543上设置有与打磨轮521相适配的安装槽,打磨轮521位于吸尘密封舱43内且外周面穿出安装槽,用于在打磨作业时与风电塔筒的表面接触,通过吸尘密封舱543可将打磨轮521除过与风电塔筒接触的部分表面外,均置于吸尘密封舱543内部,从而将打磨轮521的工作区域置于一个较为密封的环境中,减少除锈残渣的扩散,为后续通过吸尘组件541吸走除锈残

渣提供实施基础;吸尘组件541的结构类似于吸尘器的结构,吸尘组件541包括安装于固定架51上的箱体、以及设置于箱体内的吸尘电机、导管、积尘箱和防护箱;吸尘电机安装于防护箱内,吸尘电机的输入端与吸尘管一端连接,输出端与导管一端连接,导管另一端穿过防护箱置于积尘箱内;工作时,在重力作用和吸尘风机双重作用下使灰尘吸入的颗粒落入积尘箱内,吸尘管542另一端置于吸尘密封舱543内,吸尘管542为软性材质,由于吸尘密封舱543是跟随连接架523进行移动的,因此需要吸尘管542具有一定的富余量,能够满足吸尘密封舱543的移动需要;打磨装置5中的线缆3均采用快插式接头,可以实现电路的快速拆装;使用时,通过调节电机531将打磨轮521调节至与风电塔筒表面接触的位置,然后通过驱动电机522带动打磨轮521进行高速旋转进行打磨,在打磨的同时,通过压力反馈单元实时反馈接触应力,并做出压力补偿,保证打磨轮521与风电塔筒表面的接触应力始终处于最合适的范围内;与此同时,通过吸尘管542将打磨时产生的颗粒吸入积尘箱中,防止污染环境。

[0079] 在本实施例中,喷漆装置采用常规的喷漆装置,能够对打磨后的风电塔筒进行喷漆维护,其具体结构本实施例中不做详细赘述,本领域技术人员可根据需求进行选择。

[0080] 进一步,在本发明的一个优选实施例中,还可在喷漆装置上搭载烘干装置,烘干装置可吹出热风,对喷漆后的风电塔筒表面进行快速烘干,防止漆面干燥不及时,导致喷漆效果达不到预期效果。

[0081] 本发明一种大曲率风电塔筒表面维护方法,基于一种大曲率风电塔筒表面维护系统,具体按照以下步骤实施:

[0082] 步骤1、通过外部的无人机初步获取风电塔筒表面的图像信息;通过上位机根据风电塔筒表面的图像信息初步确定待维护位置,将风电塔筒的外周面沿其轴向划分为N个等分的待维护区域,N为大于等于2的偶数,在本实施例中N取四,在本发明的其他实施例中也可根据风电塔筒的直径取六、八等;根据待维护位置确定爬壁机器人4在四个待维护区域内的理论移动路径;

[0083] 步骤2、将打磨装置5安装至爬壁机器人4上,将卷扬机2和定滑轮1均置于一个待维护区域内;

[0084] 步骤3、通过上位机控制爬壁机器人4从下至上根据理论移动路径在该待维护区域内移动;

[0085] 步骤4、在爬壁机器人4移动过程中,使用视觉装置7实时获取风电塔筒表面的图像信息,通过上位机最终确定该待维护区域内的待维护位置,通过打磨装置5对最终确定的待维护位置进行打磨除锈,同时通过路径记录装置6实时记录爬壁机器人4的实际移动路径,完成该待维护区域内待维护位置的打磨除锈;

[0086] 步骤5、控制爬壁机器人4从风电塔筒上端横移至相邻的下一待维护区域内,将卷扬机2和定滑轮1均置于该待维护区域内,控制爬壁机器人4从上至下移动,按照步骤4完成该待维护区域内待维护位置的打磨除锈;

[0087] 步骤6、控制爬壁机器人4从风电塔筒上端横移至下一待维护区域内,将卷扬机2和定滑轮1均置于该待维护区域内,返回步骤3,直至完成四个待维护区域内待维护位置的打磨除锈;

[0088] 步骤7、使用喷漆装置替换打磨装置5,控制爬壁机器人4根据打磨时爬壁机器人4的实际移动路径移动,依次对四个待维护区域内完成打磨除锈的位置进行喷漆;

[0089] 步骤8、完成风电塔筒表面的维护。

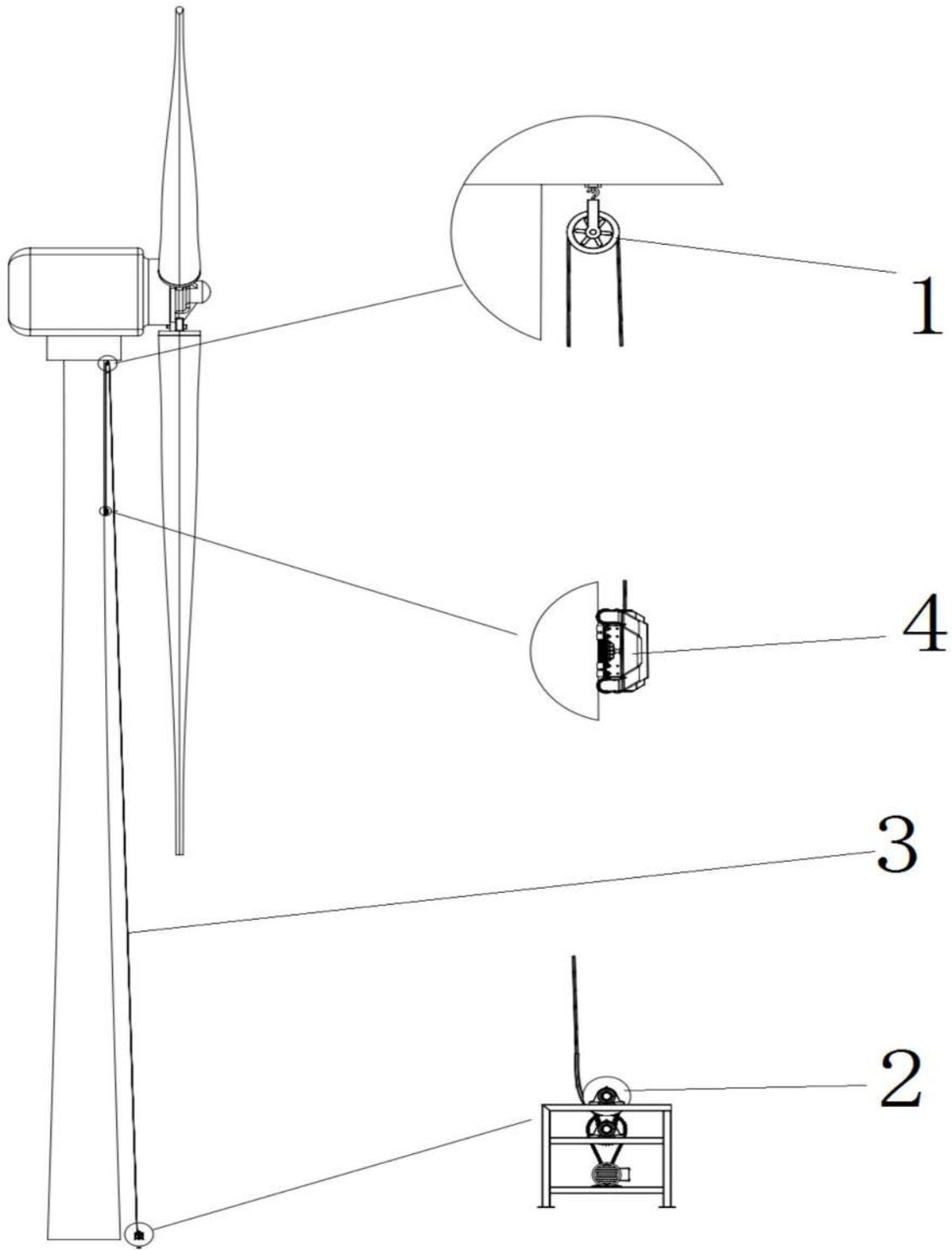


图1

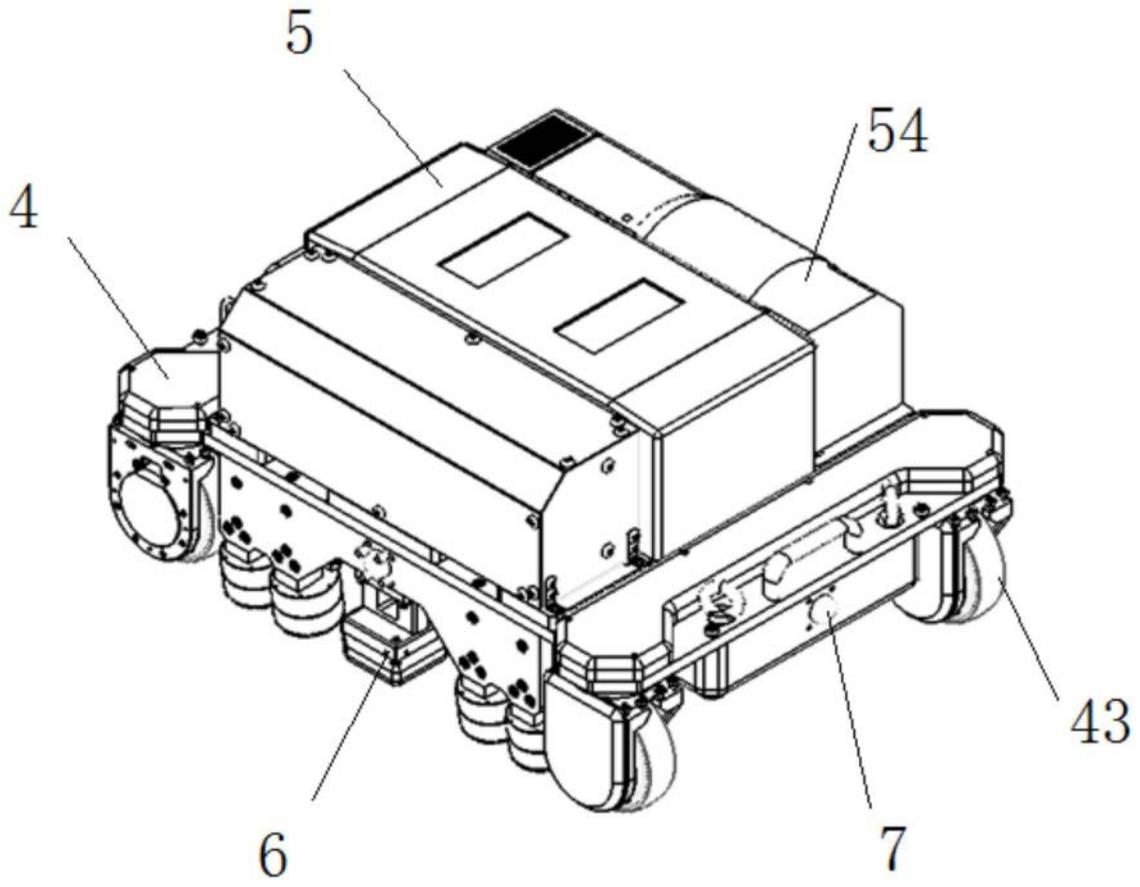


图2

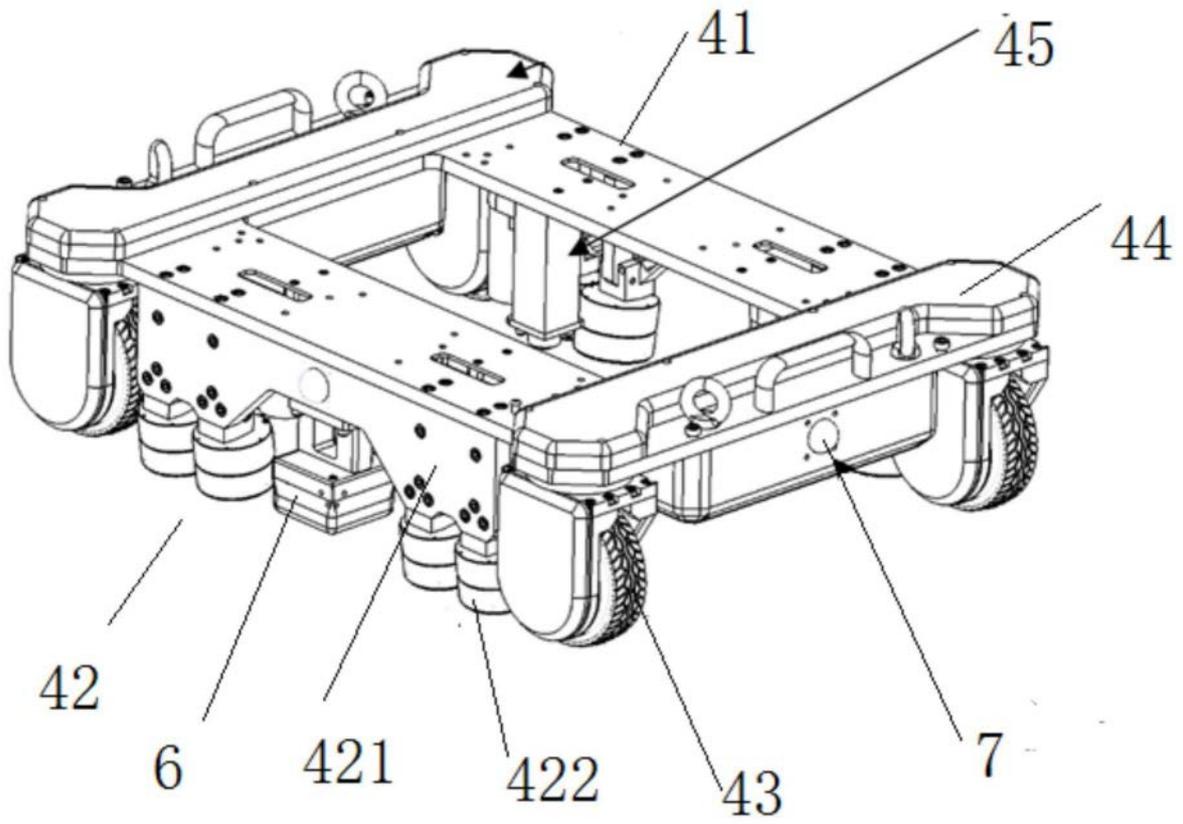


图3

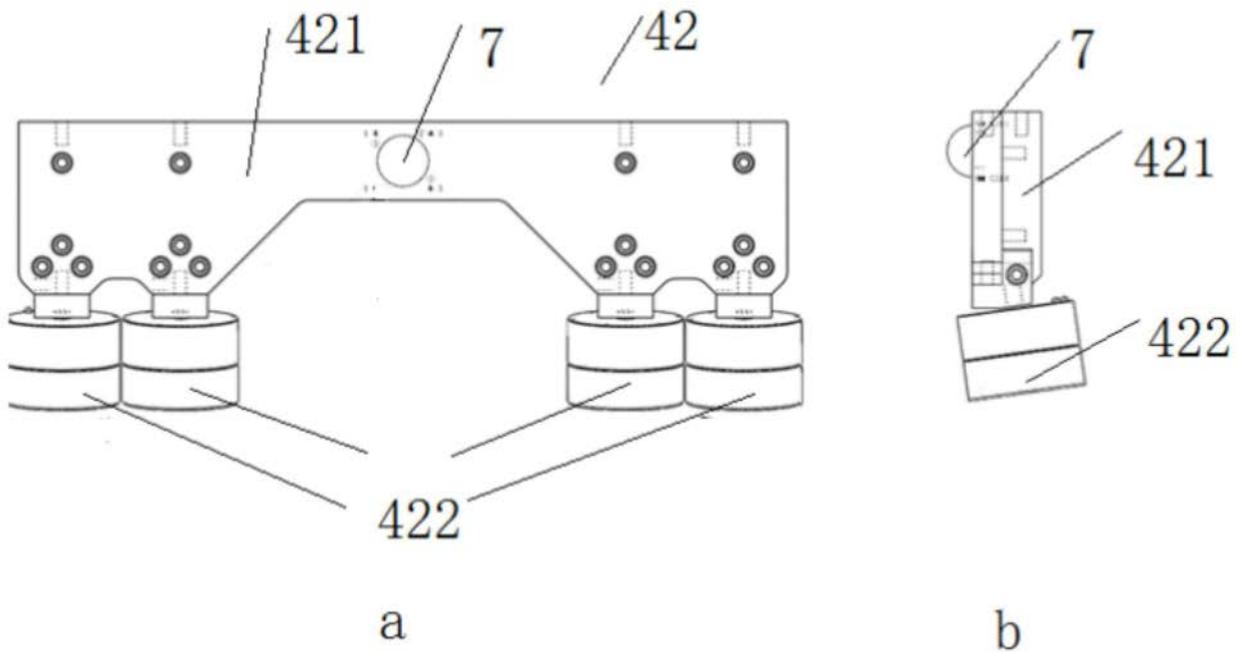


图4

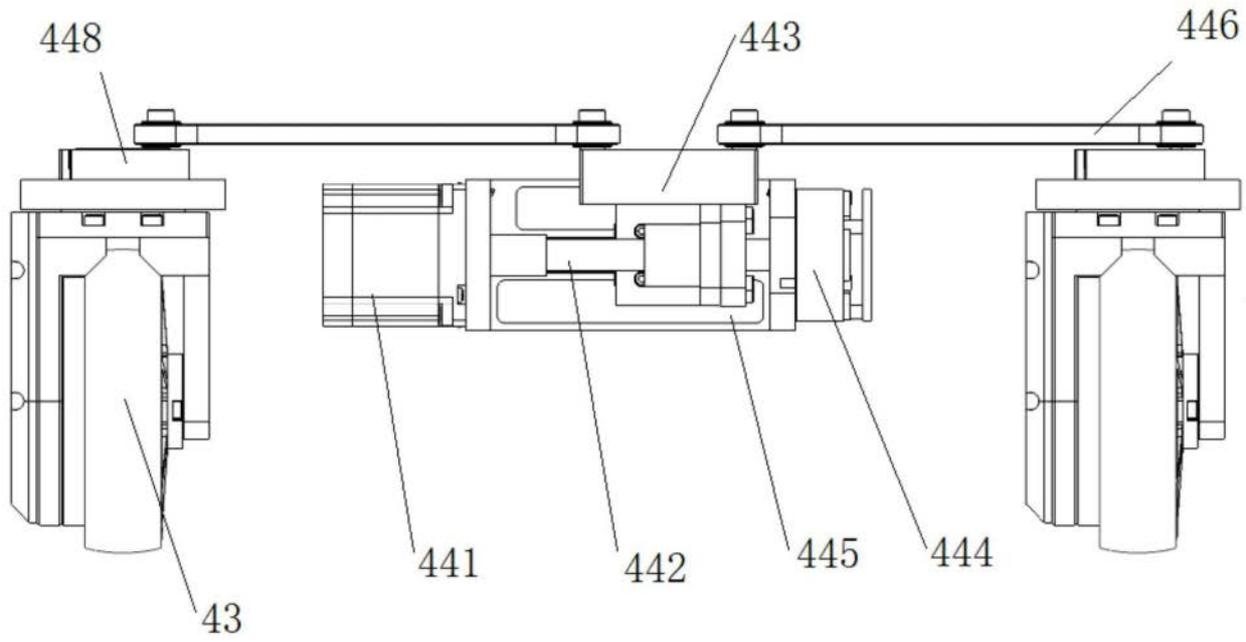


图5

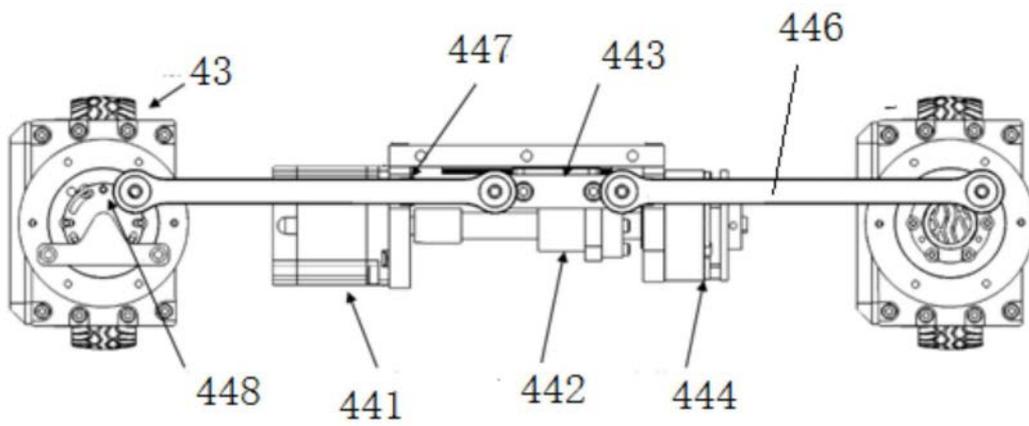


图6

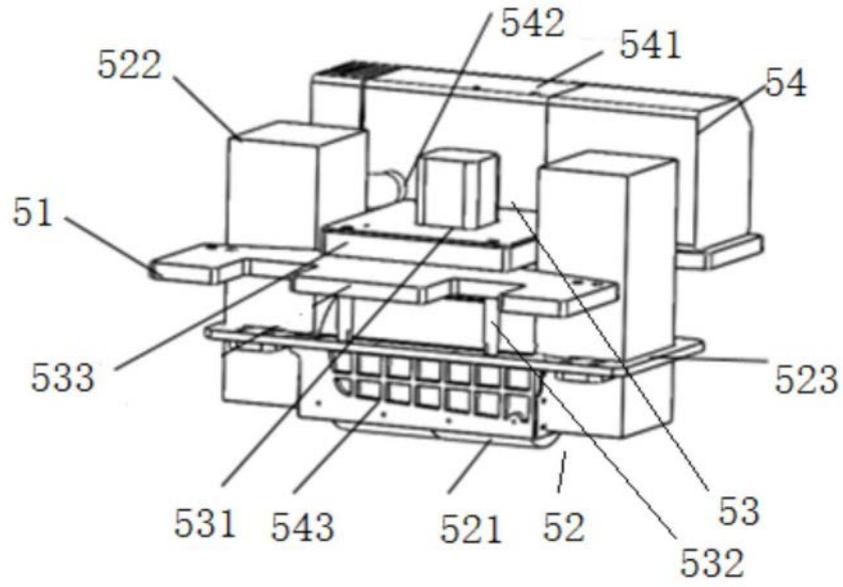


图7