(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 114914844 A
(43)申请公布日 2022.08.16

(21)申请号 202111534407.9

(22)申请日 2021.12.15

(71)申请人 长沙理工大学
地址 410114 湖南省长沙市天心区万家丽南路二段960号

(72)发明人 樊绍胜 易智豪 康轩源 刘铮 龙东川

(74)专利代理机构 湖南兆弘专利事务所(普通合伙) 43008
专利代理师 谭武艺

(51)Int.Cl.
H02G 1/02(2006.01)
H02G 1/04(2006.01)

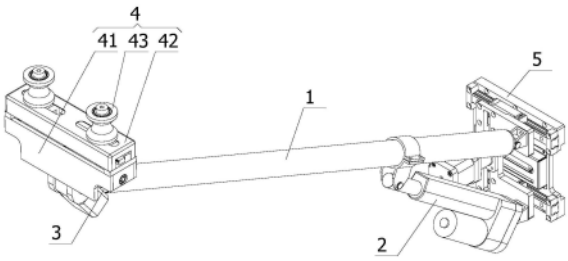
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

一种输电线路带电作业机器人及其等电位操作机构

(57)摘要

本发明公开了一种输电线路带电作业机器人及其等电位操作机构,本发明输电线路带电作业机器人用等电位操作机构包括支撑臂和抬臂推杆,所述抬臂推杆与支撑臂的中部活动连接以用于抬高或降低支撑臂,所述支撑臂的端部设有伸缩组件,所述伸缩组件的端部设有用于与输电线连接导通的抓线组件,所述抓线组件、伸缩组件以及支撑臂电连接导通;本发明的输电线路带电作业机器人包括前述等电位操作机构。本发明能够在输电线路带电作业机器人上线作业的上升过程中未发生空气击穿之前进行与输电线路等电位,防止输电线路带电作业机器人与输电线路之间发生电弧放电损坏输电线路带电作业机器人。



CN 114914844 A

1.一种输电线路带电作业机器人用等电位操作机构,其特征在于,包括支撑臂(1)和抬臂推杆(2),所述抬臂推杆(2)与支撑臂(1)的中部活动连接以用于抬高或降低支撑臂(1),所述支撑臂(1)的端部设有伸缩组件(3),所述伸缩组件(3)的端部设有用于与输电线连接导通的抓线组件(4),所述抓线组件(4)、伸缩组件(3)以及支撑臂(1)电连接导通。

2.根据权利要求1所述的输电线路带电作业机器人用等电位操作机构,其特征在于,所述抓线组件(4)包括底座(41)和设于底座(41)上的滑轨模块(42),所述滑轨模块(42)的滑块上设有可受滑轨模块(42)控制沿着滑轨模块(42)运动的两个夹线部件(43)。

3.根据权利要求2所述的输电线路带电作业机器人用等电位操作机构,其特征在于,所述夹线部件(43)为中部内凹的轮式结构。

4.根据权利要求3所述的输电线路带电作业机器人用等电位操作机构,其特征在于,还包括安装底座(5),所述支撑臂(1)和抬臂推杆(2)均活动连接在安装底座(5)上。

5.一种输电线路带电作业机器人,包括机器人本体,其特征在于,所述机器人本体上安装有权利要求1～4中任意一项所述的输电线路带电作业机器人用等电位操作机构。

6.根据权利要求5所述的输电线路带电作业机器人,其特征在于,所述机器人本体上还设有用于在四分裂输电线行走上的两对行走机构(6),所述行走机构(6)包括行走轮(61)和伸缩臂(63),两对行走机构(6)带有顶紧机构(62),所述行走轮(61)、顶紧机构(62)均通过伸缩臂(63)安装在机器人本体上,所述行走轮(61)包括滚轮(611)及用于驱动滚轮(611)的伺服电机(612),所述顶紧机构(62)包括顶紧轮(621)和推杆(622),所述顶紧轮(621)位于滚轮(611)下侧且通过推杆(622)与伸缩臂(63)相连;所述伸缩臂(63)通过转轴(64)与机器人本体连接,且所述伸缩臂(63)的中部与机器人本体之间还连接有用于实现伸缩臂(63)外翻或内收的推拉驱动部件(65)。

7.根据权利要求6所述的输电线路带电作业机器人,其特征在于,所述输电线路带电作业机器人还包括用于辅助实现输电线路带电作业机器人上/下线的吊绳支架(7),所述吊绳支架(7)上设有四根绝缘牵引绳(71),所述机器人本体上还包括用于通过收拢或松开绝缘牵引绳(71)以实现输电线路带电作业机器人上/下线的起吊机构(8);所述机器人本体上还设有多根用于将吊绳支架(7)顶升以使得行走机构(6)可沿输电线行走的顶升杆(9),所述顶升杆(9)的底部固定在机器人本体上。

8.根据权利要求7所述的输电线路带电作业机器人,其特征在于,所述起吊机构(8)包括两对往复丝杆(81)和两对卷筒(82),且两对卷筒(82)中的两个卷筒(82)分别套设安装在不同的往复丝杆(81)上,每一个卷筒(82)带有一个对应的伺服电机,所述伺服电机通过涡轮蜗杆传动机构与对应的卷筒(82)传动连接以驱动卷筒(82)转动以收拢或松开绝缘牵引绳(71),所述机器人本体的侧面上位于每一个卷筒(82)的外侧设有牵引绳定位孔(83),所述牵引绳定位孔(83)中设有平行布置的两个定滑轮,且两个定滑轮外壁的凹槽之间形成用于放置绝缘牵引绳(71)的定位间隙。

9.根据权利要求8所述的输电线路带电作业机器人,其特征在于,所述机器人本体还设有视觉监控单元和作业臂,所述视觉监控单元包括3个摄像头,其中两个摄像头分别安置在机器人本体的两端、且摄像机方向分别成指定角度对着前后两对行走机构(6)的行走轮(61),用于识别机器人行走轮与输电线之间的位置以方便上线操作;另一个摄像头安装在支撑臂(1)与机器人本体连接处的上方,用于识别抓线组件(4)与输电线之间的位置;所述

作业臂设有可更换的作业末端。

10.一种权利要求9所述的输电线路带电作业机器人的应用方法，其特征在于，包括：

1)将吊绳支架(7)上的四根绝缘牵引绳(71)分别卷起，使用带夹爪的无人机将吊绳支架(7)及其绝缘牵引绳(71)上升到四分裂输电线路的上方，对准输电线上放下吊绳支架(7)使得吊绳支架(7)落在四分裂输电线路上侧的两根输电线上，并将吊绳支架(7)上卷起的四根绝缘牵引绳(71)松开，使得四根绝缘牵引绳(71)的末端自由松开下落到地面侧，完成放绳操作；

2)将四根绝缘牵引绳(71)的端部分别穿过牵引绳定位孔(83)后固定到对应的卷筒(82)上，分别控制四个卷筒(82)的伺服电机驱动卷筒(82)沿着往复丝杆(81)转动将绝缘牵引绳(71)收拢、使得机器人本体沿着绝缘牵引绳(71)起吊上升，当机器人本体上升到距离输电线指定高度时停止上升，完成起吊操作；

3)将处于收起状态的等电位操作机构的伸缩组件(3)伸长，通过机器人本体的摄像头拍摄抓线组件(4)和输电线的图像并确定抓线组件(4)和输电线之间的距离，控制抬臂推杆(2)抬升支撑臂(1)使得抓线组件(4)接触并抓住输电线，完成等电位操作；

4)通过推拉驱动部件(65)推动行走机构(6)外翻指定角度，控制卷筒(82)的伺服电机驱动卷筒(82)沿着往复丝杆(81)转动将绝缘牵引绳(71)收拢、使得机器人本体沿着绝缘牵引绳(71)起吊上升，直至行走机构(6)的行走轮(61)高于四分裂输电线路下侧的两根输电线；通过推拉驱动部件(65)推动行走机构(6)内翻恢复至竖直状态，使得行走轮(61)的凹槽部分已经对准输电线；控制卷筒(82)的伺服电机驱动卷筒(82)沿着往复丝杆(81)转动将绝缘牵引绳(71)松开，使得行走轮(61)完全支承在输电线上后，控制顶紧机构(62)的推杆(622)将顶紧轮(621)推出，使得顶紧轮(621)、行走轮(61)两者将输电线抱紧，然后再继续控制卷筒(82)的伺服电机驱动卷筒(82)沿着往复丝杆(81)转动将绝缘牵引绳(71)松开一段长度为将吊绳支架(7)顶升做准备，完成搭线操作；

5)控制行走机构(6)的伸缩臂(63)收缩，使得机器人本体连通顶升杆(9)一起提升，且在顶升杆(9)将吊绳支架(7)顶升高于四分裂输电线路上侧的两根输电线指定距离时停止继续伸缩臂(63)，此时将抓线组件(4)松开输电线并通过抬臂推杆(2)将支撑臂(1)收回，完成上线操作。

一种输电线路带电作业机器人及其等电位操作机构

技术领域

[0001] 本发明涉及输电线路带电作业机器人，具体涉及一种输电线路带电作业机器人及其等电位操作机构。

背景技术

[0002] 双分裂和四分裂输电线路是我国电网的骨干网络，合理、高效的运维检修是保障其安全稳定的重要手段。由于输电设备长期暴露在野外的环境中，长此以往会产生不同程度的损坏，特别是输电线路的螺栓和销钉很容易产生松动，由此需要定期进行维护。目前输电线路的检修维护主要靠人工停电进行，经济损失大，而且输电线路检修作业环境位于高空，人工带电检修劳动强度大、安全风险高，同时国内外现有的输电线路作业机器人大多不能带电作业，并且自身具备上下线功能机器人几乎没有。传统的输电线路专业机器人大多都采用人工爬塔吊装上下线、斗臂车或云梯车吊装上下线以及大型上下线平台上下线，以上方法对人力以及上下线辅助设备要求极高，并且当地理环境复杂时，适应性低且实用性不强，极大的影响了运维检修的效率。因此，本领域亟需一种适应性强、安全性高、能够带电作业并且具有自动上下线功能的输电线路作业机器人。同时，机器人上升过程中会造成原生电场畸变，当机器人越来越靠近输电线路时，机器人与输电线路之间的场强越来越大，当达到击穿场强阈值时会则会发生空气击穿造成电弧放电从而损坏机器人，如何在机器人上线作业的上升过程中进行等电位保护，也已经成为一项亟待解决的关键技术问题。

发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题：针对现有技术的上述问题，提供一种输电线路带电作业机器人及其等电位操作机构，本发明能够在输电线路带电作业机器人上线作业的上升过程中未发生空气击穿之前进行与输电线路等电位，防止输电线路带电作业机器人与输电线路之间发生电弧放电损坏机输电线路带电作业器人。

[0004] 为了解决上述技术问题，本发明采用的技术方案为：

[0005] 一种输电线路带电作业机器人用等电位操作机构，包括支撑臂和抬臂推杆，所述抬臂推杆与支撑臂的中部活动连接以用于抬高或降低支撑臂，所述支撑臂的端部设有伸缩组件，所述伸缩组件的端部设有用于与输电线连接导通的抓线组件，所述抓线组件、伸缩组件以及支撑臂电连接导通。

[0006] 可选地，所述抓线组件包括底座和设于底座上的滑轨模块，所述滑轨模块的滑块上设有可受滑轨模块控制沿着滑轨模块运动的两个夹线部件。

[0007] 可选地，所述夹线部件为中部内凹的轮式结构。

[0008] 可选地，还包括安装底座，所述支撑臂和抬臂推杆均活动连接在安装底座上。

[0009] 此外，本发明还提供一种输电线路带电作业机器人，包括机器人本体，所述机器人本体上安装有前述的输电线路带电作业机器人用等电位操作机构。

[0010] 可选地，所述机器人本体上还设有用于在四分裂输电线行走上的两对行走机构，

所述行走机构包括行走轮和伸缩臂，两对行走机构带有顶紧机构，所述行走轮、顶紧机构均通过伸缩臂安装在机器人本体上，所述行走轮包括滚轮及用于驱动滚轮的伺服电机，所述顶紧机构包括顶紧轮和推杆，所述顶紧轮位于滚轮下侧且通过推杆与伸缩臂相连；所述伸缩臂通过转轴与机器人本体连接，且所述伸缩臂的中部与机器人本体之间还连接有用于实现伸缩臂外翻或内收的推拉驱动部件。

[0011] 可选地，所述输电线路带电作业机器人还包括用于辅助实现输电线路带电作业机器人上/下线的吊绳支架，所述吊绳支架上设有四根绝缘牵引绳，所述机器人本体上还包括用于通过收拢或松开绝缘牵引绳以实现输电线路带电作业机器人上/下线的起吊机构；所述机器人本体上还设有多根用于将吊绳支架顶升以使得行走机构可沿输电线行走的顶升杆，所述顶升杆的底部固定在机器人本体上。

[0012] 可选地，所述起吊机构包括两对往复丝杆和两对卷筒，且两对卷筒中的两个卷筒分别套设安装在不同的往复丝杆上，每一个卷筒带有一个对应的伺服电机，所述伺服电机通过涡轮蜗杆传动机构与对应的卷筒传动连接以驱动卷筒转动以收拢或松开绝缘牵引绳，所述机器人本体的侧面上位于每一个卷筒的外侧设有牵引绳定位孔，所述牵引绳定位孔中设有平行布置的两个定滑轮，且两个定滑轮外壁的凹槽之间形成用于放置绝缘牵引绳的定位间隙。

[0013] 可选地，所述机器人本体还设有视觉监控单元和作业臂，所述视觉监控单元包括3个摄像头，其中两个摄像头分别安置在机器人本体的两端、且摄像机方向分别成指定角度对着前后两对行走机构的行走轮，用于识别机器人行走轮与输电线之间的位置以方便上线操作；另一个摄像头安装在支撑臂与机器人本体连接处的上方，用于识别抓线组件与输电线之间的位置；所述作业臂设有可更换的作业末端。

[0014] 此外，本发明还提供一种前述的输电线路带电作业机器人的应用方法，包括：

[0015] 1)将吊绳支架上的四根绝缘牵引绳分别卷起，使用带夹爪的无人机将吊绳支架及其绝缘牵引绳上升到四分裂输电线路的上方，对准输电线上放下吊绳支架使得吊绳支架落在四分裂输电线路上侧的两根输电线上，并将吊绳支架上卷起的四根绝缘牵引绳松开，使得四根绝缘牵引绳的末端自由松开下落到地面侧，完成放绳操作；

[0016] 2)将四根绝缘牵引绳的端部分别穿过牵引绳定位孔后固定到对应的卷筒上，分别控制四个卷筒的伺服电机驱动卷筒沿着往复丝杆转动将绝缘牵引绳收拢、使得机器人本体沿着绝缘牵引绳起吊上升，当机器人本体上升到距离输电线指定高度时停止上升，完成起吊操作；

[0017] 3)将处于收起状态的等电位操作机构的伸缩组件伸长，通过机器人本体的摄像头拍摄抓线组件和输电线的图像并确定抓线组件和输电线之间的距离，控制抬臂推杆抬升支撑臂使得抓线组件接触并抓住输电线，完成等电位操作；

[0018] 4)通过推拉驱动部件推动行走机构外翻指定角度，控制卷筒的伺服电机驱动卷筒沿着往复丝杆转动将绝缘牵引绳收拢、使得机器人本体沿着绝缘牵引绳起吊上升，直至行走机构的行走轮高于四分裂输电线路下侧的两根输电线；通过推拉驱动部件推动行走机构内翻恢复至竖直状态，使得行走轮的凹槽部分已经对准输电线；控制卷筒的伺服电机驱动卷筒沿着往复丝杆转动将绝缘牵引绳松开，使得行走轮完全支承在输电线上后，控制顶紧机构的推杆将顶紧轮推出，使得顶紧轮、行走轮两者将输电线抱紧，然后再继续控制卷筒的

伺服电机驱动卷筒沿着往复丝杆转动将绝缘牵引绳松开一段长度为将吊绳支架顶升做准备，完成搭线操作；

[0019] 5)控制行走机构的伸缩臂收缩，使得机器人本体连通顶升杆一起提升，且在顶升杆将吊绳支架顶升高于四分裂输电线路上侧的两根输电线指定距离时停止继续伸缩臂，此时将抓线组件松开输电线并通过抬臂推杆将支撑臂收回，完成上线操作。

[0020] 和现有技术相比，本发明主要具有下述优点：

[0021] 1、本发明输电线路带电作业机器人用等电位操作机构包括支撑臂和抬臂推杆，支撑臂的端部设有伸缩组件，伸缩组件的端部设有用于与输电线连接导通的抓线组件，抓线组件、伸缩组件以及支撑臂电连接导通，能够在输电线路带电作业机器人上线作业的上升过程中未发生空气击穿之前进行与输电线路等电位，防止输电线路带电作业机器人与输电线路之间发生电弧放电损坏机输电线路带电作业器人。

[0022] 2、本发明输电线路带电作业机器人用等电位操作机构包括支撑臂和抬臂推杆，抬臂推杆与支撑臂的中部活动连接以用于抬高或降低支撑臂，一方面可以方便地实现支撑臂的打开和折叠，从而在上升过程中进行等电位操作，在作业时收起支撑臂，不影响机器人的线上作业。

[0023] 3、本发明输电线路带电作业机器人用等电位操作机构包括支撑臂和抬臂推杆，支撑臂的端部设有伸缩组件，由于抬臂推杆可调节抓线组件的转动范围，伸缩组件可进行伸缩以调节抓线组件的行程，因此可方便控制抓线组件的抓线作业。

附图说明

[0024] 图1为本发明实施例中输电线路带电作业机器人用等电位操作机构的结构示意图。

[0025] 图2为本发明实施例中滑轨模块的结构示意图。

[0026] 图3为本发明实施例中输电线路带电作业机器人在输电线上的侧视结构示意图。

[0027] 图4为本发明实施例中输电线路带电作业机器人在输电线上的立体结构示意图。

[0028] 图5为本发明实施例中起吊机构的立体结构示意图。

[0029] 图6为本发明实施例中吊绳支架的立体结构示意图。

[0030] 图例说明：1、支撑臂；2、抬臂推杆；3、伸缩组件；4、抓线组件；41、底座；42、滑轨模块；421、滑轨；422、驱动电机；423、丝杆；424、滑块；43、夹线部件；5、安装底座；6、行走机构；61、行走轮；611、滚轮；612、伺服电机；62、顶紧机构；621、顶紧轮；622、推杆；63、伸缩臂；64、转轴；65、推拉驱动部件；7、吊绳支架；71、绝缘牵引绳；8、起吊机构；81、往复丝杆；82、卷筒；83、牵引绳定位孔；9、顶升杆。

具体实施方式

[0031] 因为输电线路带电作业机器人上升过程中会造成原生电场畸变，当输电线路带电作业机器人越来越靠近输电线路时，输电线路带电作业机器人与输电线路之间的场强越来越大，当达到击穿场强阈值时会发生空气击穿，造成电弧放电，因此需要在输电线路带电作业机器人上升过程中未发生空气击穿之前进行与输电线路等电位。

[0032] 如图1所示，本实施例输电线路带电作业机器人用等电位操作机构包括支撑臂1和

抬臂推杆2，抬臂推杆2与支撑臂1的中部活动连接以用于抬高或降低支撑臂1，支撑臂1的端部设有伸缩组件3，伸缩组件3的端部设有用于与输电线连接导通的抓线组件4，抓线组件4、伸缩组件3以及支撑臂1电连接导通。

[0033] 支撑臂1主要用于支承伸缩组件3以及抓线组件4。参见图1，本实施例中支撑臂1为圆形臂，此外也可以采用方形或其他形状。

[0034] 抬臂推杆2用于抬高或降低支撑臂1。本实施例中抬臂推杆2包括电机座、电机以及丝杆，所述电机安装在电机座中且输出轴与丝杆传动连接(例如通过蜗轮蜗杆组件相连等)，丝杆安装在电机座中且与电机座螺纹配合，电机的输出轴可通过正转或反转带动丝杆正转或反转，从而使得丝杆在电机座中伸出或收回，从而实现抬高或降低支撑臂1。

[0035] 此外，抬臂推杆2也可以采用直线电机，或者采用驱动油缸或驱动气缸等同样也可以实现抬高或降低支撑臂1的功能。

[0036] 伸缩组件3用于实现抓线组件4的位置调节以满足抓线的要求。本实施例中，伸缩组件3为直线电机，此外采用驱动油缸、或驱动气缸、或其他具有伸缩调节功能的执行部件等，同样也可以实现抬高或降低支撑臂1的功能。参见图1，本实施例中支撑臂1的端部设有空腔结构，其中安装有伸缩组件3，使得支撑臂1和伸缩组件3两者形成一体式设计。毫无疑问，支撑臂1和伸缩组件3两者仅仅是功能上的逻辑划分，支撑臂1和伸缩组件3两者既可以采用一体式设计，也可以采用分体式设计并通过连接件连接固定。

[0037] 抓线组件4用于与输电线连接导通以实现等电位操作。由于机器人上线是先进行等电位操作，为了使后续的上线过程中机器人始终保持与输电线等电位的状态，需要等电位辅助臂贴近输电线不能脱开，因此如图1所示，本实施例中抓线组件4包括底座41和设于底座41上的滑轨模块42，滑轨模块42的滑块上设有可受滑轨模块42控制沿着滑轨模块42运动的两个夹线部件43，当抓线组件4触碰到输电线时，两个张开的夹线部件43能立刻沿着滑轨模块42向中间靠拢并夹住输电线，完成等电位操作，同时抓线组件4抓住输电线也起到了固定机器人的作用，在一定程度能减少机器人的晃动，提高了机器人的搭线稳定性。

[0038] 滑轨模块42控制两个夹线部件43的方式既可以采用独立控制的方式(例如采用两个电机分别控制)，也可以采用共同控制的方式(例如采用同一个电机来控制)。作为一种可选的实施方式，两个夹线部件43采用共同控制的方式由同一个驱动电机驱动，如图2所示，滑轨模块42包括滑轨421、驱动电机422以及与驱动电机传动连接的丝杆423，其中丝杆423两侧设有螺纹方向相反的螺纹段，且螺纹段上带有滑块424，两个夹线部件43分别滑动布置在滑轨421上且与丝杆423上不同的滑块424相连，通过驱动电机驱动丝杆正向或反向转动，即可使得两个夹线部件43向中间靠拢或者向两侧打开。

[0039] 参见图1，本实施例中夹线部件43为中部内凹的轮式结构，由于采用轮式结构，一方面可使得与输电线的接触更加稳定可靠；另一方面，在抓线组件4夹住输电线的情况下本实施例输电线路带电作业机器人用等电位操作机构依旧能前后移动，不会顶住在搭线过程中的输电线路带电作业机器人，而且还可以利用本实施例输电线路带电作业机器人用等电位操作机构的输电线固定功能进行相应的辅助越障操作。

[0040] 为了便于本实施例输电线路带电作业机器人用等电位操作机构的安装，如图1所示，本实施例输电线路带电作业机器人用等电位操作机构还包括安装底座5，支撑臂1和抬臂推杆2均活动连接在安装底座5上，例如本实施例中均为通过转轴活动连接在安装底座5

上，此外也可以根据需要采用万向节或其他方式的活动连接，以确保支撑臂1、抬臂推杆2、安装底座5三者形成可活动的三角形结构以调节支撑臂1的角度。

[0041] 如图3所示，本实施例中的输电线路带电作业机器人包括机器人本体，机器人本体上安装有前述的输电线路带电作业机器人用等电位操作机构，从而能够在输电线路带电作业机器人上线作业的上升过程中未发生空气击穿之前进行与输电线路等电位，防止输电线路带电作业机器人与输电线路之间发生电弧放电损坏机输电线路带电作业器人。

[0042] 如图3和图4所示，为了保证在双分裂或四分裂输电线行走时的平衡性与稳定性，本实施例中机器人本体上还设有用于在四分裂输电线行走上的两对行走机构6，行走机构6用于机器人本体的上线搭线操作和输电线上的移动操作，本实施例中行走机构6包括行走轮61和伸缩臂63，两对行走机构6带有顶紧机构62，行走轮61、顶紧机构62均通过伸缩臂63安装在机器人本体上，行走轮61包括滚轮611及用于驱动滚轮611的伺服电机612，顶紧机构62包括顶紧轮621和推杆622，顶紧轮621位于滚轮611下侧且通过推杆622与伸缩臂63相连；伸缩臂63通过转轴64与机器人本体连接，且伸缩臂63的中部与机器人本体之间还连接有用于实现伸缩臂63外翻或内收的推拉驱动部件65。滚轮611侧壁上带有凹槽结构，用于在伺服电机612的驱动下在输电线上行走。顶紧机构62包括顶紧轮621和推杆622，本实施例中顶紧机构62的顶紧轮621数量为两个，两个顶紧轮621之间通过支架相连，推杆622采用直线电机实现，通过支架可驱动两个顶紧轮621升高，同时支架和机器人本体之间设有复位弹簧，用于将两个顶紧轮621复位；此外，推杆622也可以采用驱动电机和传动机构来实现，或者采用驱动油缸、驱动气缸来实现。顶紧轮621位于滚轮611下侧，可与滚轮611一起夹紧输电线，防止输电线路带电作业机器人因风摆而使行走轮61从输电线从中脱出，造成输电线路带电作业机器人的坠落。

[0043] 伸缩臂63用于实现机器人本体和两对行走机构6之间的高度调节，伸缩臂63可根据需要采用直线电机或其他伸缩结构，例如本实施例中伸缩臂63由两段关节构成，通过丝杆的旋转带动两个关节伸缩，机器人可以通过伸缩臂63进行相关的越障操作。

[0044] 由于四分裂输电线的特性，使得两对行走机构6不能够从四分裂输电线的一侧挂上四分裂输电线，本实施例在伸缩臂63的中部与机器人本体之间还连接有用于实现伸缩臂63外翻或内收的推拉驱动部件65，通过推拉驱动部件65可实现伸缩臂63外翻或内收，从而可使得两对行走机构6同时挂上四分裂输电线，而且可解决机器人上线时行走轮在上线之前就顶到输电线的问题。推拉驱动部件65可根据需要采用直线电机、驱动油缸或驱动气缸实现，本实施例中，推拉驱动部件65包括设于机器人本体上的滑轨和滑块，滑块和伸缩臂63之间设有活动连杆，滑轨和滑块之间滑动配合且带有用于驱动滑块相对滑轨发生位移的驱动电机，驱动电机通过驱动丝杆旋转以带动滑块沿着导轨移动，通过驱动电机可使得伸缩臂63外翻角度范围为0度到30度，这样设计不仅能避免上线时与输电线发生干涉，同时还提高了对不同间距的输电线的适应程度，当输电线之间过宽时，适当调整行走臂外翻角度以使得行走轮的间距能匹配两输电线之间的间距。

[0045] 为了提高输电线路带电作业机器人的作业效率，如图3和图4所示，本实施例的输电线路带电作业机器人还包括用于辅助实现输电线路带电作业机器人上/下线的吊绳支架7，吊绳支架7上设有四根绝缘牵引绳71，机器人本体上还包括用于通过收拢或松开绝缘牵引绳71以实现输电线路带电作业机器人上/下线的起吊机构8；机器人本体上还设有多根用

于将吊绳支架7顶升以使得行走机构6可沿输电线行走的顶升杆9，顶升杆9的底部固定在机器人本体上。通过上述方式，在通过起吊机构8实现输电线路带电作业机器人上线以后，利用顶升杆9可快速将吊绳支架7顶升以使得行走机构6可沿输电线行走，因此不需要解开绝缘牵引绳71，可带着绝缘牵引绳71进行带电作业，在下线时不需要重新固定绝缘牵引绳71，可有效提高输电线路带电作业机器人的作业效率。本实施例中，绝缘牵引绳71直径为7mm，破断力为800KG，耐压为500KV，以保障机器人能在500KV的输电线上进行带电上下线。

[0046] 起吊机构8用于将机器人本体吊起，如图5所示，本实施例中起吊机构8包括两对往复丝杆81和两对卷筒82，且两对卷筒82中的两个卷筒82分别套设安装在不同的往复丝杆81上，每一个卷筒82带有一个对应的伺服电机，伺服电机通过涡轮蜗杆传动机构与对应的卷筒82传动连接以驱动卷筒82转动以收拢或松开绝缘牵引绳71，机器人本体的侧面上位于每一个卷筒82的外侧设有牵引绳定位孔83，牵引绳定位孔83中设有平行布置的两个定滑轮，且两个定滑轮外壁的凹槽之间形成用于放置绝缘牵引绳71的定位间隙。直接采用卷筒82来转动以收拢或松开绝缘牵引绳71时，容易造成卷筒82卷绳不均匀，使得绝缘牵引绳71有脱出卷筒82的风险，而且还会导致机器人本体上升过程中的姿态不平衡甚至侧倾，本实施例中起吊机构8包括往复丝杆81，由于往复丝杆81上带有两种方向的螺纹槽，使得每一个卷筒82沿着往复丝杆81滑动到螺纹槽的末端时会自动反向滑动，从而可在卷筒82转动以收拢或松开绝缘牵引绳71时，使得绝缘牵引绳71可均匀地卷在卷筒82上，从而可防止卷筒82卷绳不均匀、使得绝缘牵引绳71有脱出卷筒82的风险，而且还会导致机器人本体上升过程中的姿态不平衡甚至侧倾的问题。为了使机器人上下线时能平稳的上升或下降，将起吊机构设计成两对卷筒82(四个卷筒82)与四根往复丝杆81，两边各两组呈四边形角放置，当起吊时，四组卷筒82同时卷起四根绝缘牵引绳71。因为卷筒82会左右往复移动，所以为了使四根绝缘牵引绳71在起吊的时候并不会左右摆动，在起吊机构8上各设计了4个牵引绳定位孔83，以此来引导绝缘牵引绳71。

[0047] 本实施例中，卷筒82的侧壁上设有多条沿着轴向步骤的开口槽，可用于方便地固定绝缘牵引绳71，将绝缘牵引绳71的端头插入开口槽中，转动卷筒82将端头压住，即可实现绝缘牵引绳71和卷筒82之间的快速固定，而且在拆解分离是也非常方便快捷。

[0048] 本实施例中，牵引绳定位孔83中设有平行布置的两个定滑轮，且两个定滑轮外壁的凹槽之间形成用于放置绝缘牵引绳71的定位间隙，可确保绝缘牵引绳71定位准确可靠，有利于起吊作业时机器人本体的平衡和稳定，且可防止绝缘牵引绳71磨损。

[0049] 如图6所示，吊绳支架7上设有两对挂绳孔，绝缘牵引绳71穿过挂绳孔，并在其顶端口系一个绳结以达到固定绝缘牵引绳71的作用，为方便拆卸，所使用的绳结为活结。为了使机器人在起吊时保持平稳，吊绳支架7上的四个挂绳孔的孔位排布与起吊机构8上的四个牵引绳定位孔83的位置一一对应。本实施例中，吊绳支架7采用铝合金材质，以在保证硬度的同时减轻总体重量。

[0050] 本实施例中，机器人本体同样也采用铝合金材质，以在保证硬度的同时减轻总体重量。

[0051] 机器人本体设有主控机箱，用于机器人整体的驱动和控制。主控机箱内设有电源模块、电机驱动模块、无线通信模块和控制系统模块。电源模块为机器人供能，机器人通过无线通信模块实现控制系统模块与外部上位机的通信，通过上位机向控制系统发出操作指

令来实现电机驱动对机器人各个关节电机的控制，完成机器人上下线以及作业的各个操作。

[0052] 机器人本体还设有视觉监控单元和作业臂，视觉监控单元包括3个摄像头，其中两个摄像头分别安置在机器人本体的两端、且摄像机方向分别成指定角度(例如本实施例中具体为70度)对着前后两对行走机构6的行走轮61，用于识别机器人行走轮与输电线之间的位置以方便上线操作；另一个摄像头安装在支撑臂1与机器人本体连接处的上方，用于识别抓线组件4与输电线之间的位置；作业臂设有可更换的作业末端。其中，作业末端可根据需要选择，例如常见的作业末端包括螺栓紧固末端、防震锤更换末端以及导线断股修补末端，此外还可以根据需要选择其他的作业末端。其中，作业臂可根据需要选择所需的可动关节数量，例如本实施例中作业臂由三个可动关节构成，可进行灵巧作业。

[0053] 此外，本实施例还提供一种前述的输电线路带电作业机器人的应用方法，包括：

[0054] 1)将吊绳支架7上的四根绝缘牵引绳71分别卷起，使用带夹爪的无人机将吊绳支架7及其绝缘牵引绳71上升到四分裂输电线路的上方，对准输电线上放下吊绳支架7使得吊绳支架7落在四分裂输电线路上侧的两根输电线上，并将吊绳支架7上卷起的四根绝缘牵引绳71松开，使得四根绝缘牵引绳71的末端自由松开下落到地面侧，完成放绳操作；

[0055] 本实施例中使用带夹爪的无人机将吊绳支架7及其绝缘牵引绳71上升到四分裂输电线路的上方时，无人机上带有摄像头，通过视觉算法计算出无人机与输电线的位置差进行自动校正对准；对准输电线后，无人机携带吊绳支架7下降至距离输电线0.5m的位置，夹爪松开放下吊绳支架7，同时将卷起的四根绝缘牵引绳71也放下。

[0056] 2)将四根绝缘牵引绳71的端部分别穿过牵引绳定位孔83后固定到对应的卷筒82上，分别控制四个卷筒82的伺服电机驱动卷筒82沿着往复丝杆81转动将绝缘牵引绳71收拢、使得机器人本体沿着绝缘牵引绳71起吊上升，当机器人本体上升到距离输电线指定高度(例如本实施例中为距离输电线0.5m)时停止上升，完成起吊操作；

[0057] 3)将处于收起状态的等电位操作机构的伸缩组件3伸长，通过机器人本体的摄像头拍摄抓线组件4和输电线的图像并确定抓线组件4和输电线之间的距离，控制抬臂推杆2抬升支撑臂1使得抓线组件4接触并抓住输电线，完成等电位操作；

[0058] 4)通过推拉驱动部件65推动行走机构6外翻指定角度(本实施例中具体为外翻张开30度)，控制卷筒82的伺服电机驱动卷筒82沿着往复丝杆81转动将绝缘牵引绳71收拢、使得机器人本体沿着绝缘牵引绳71起吊上升，直至行走机构6的行走轮61高于四分裂输电线路下侧的两根输电线；通过推拉驱动部件65推动行走机构6内翻恢复至竖直状态，使得行走轮61的凹槽部分已经对准输电线；控制卷筒82的伺服电机驱动卷筒82沿着往复丝杆81转动将绝缘牵引绳71松开，使得行走轮61完全支承在输电线上后，控制顶紧机构62的推杆622将顶紧轮621推出，使得顶紧轮621、行走轮61两者将输电线抱紧，然后再继续控制卷筒82的伺服电机驱动卷筒82沿着往复丝杆81转动将绝缘牵引绳71松开一段长度为将吊绳支架7顶升做准备，完成搭线操作；

[0059] 5)控制行走机构6的伸缩臂63收缩，使得机器人本体连通顶升杆9一起提升，且在顶升杆9将吊绳支架7顶升高于四分裂输电线路上侧的两根输电线指定距离(例如本实施例中具体为高于输电线0.1m)时停止继续伸缩臂63，此时将抓线组件4松开输电线并通过抬臂推杆2将支撑臂1收回，完成上线操作。机器人的下线操作与上述过程相反。

[0060] 需要说明的是，步骤2)中分别控制四个卷筒82的伺服电机驱动卷筒82沿着往复丝杆81转动将绝缘牵引绳71收拢、使得机器人本体沿着绝缘牵引绳71起吊上升时，尽管起吊机构8通过机械设计能实现相对均匀的卷绳，但在实际情况中，卷筒82卷绳的情况还是会有所偏差，造成在机器人上升过程中卷绳的长度不同，使机器人出现倾斜的状况，所以在机器人的起吊控制中加入了调平算法，即：本实施例中步骤2)中分别控制四个卷筒82的伺服电机驱动卷筒82沿着往复丝杆81转动将绝缘牵引绳71收拢、使得机器人本体沿着绝缘牵引绳71起吊上升时还包括下述步骤：将四个卷筒82的伺服电机中每一对对角线的伺服电机作为一组，得到伺服电机组a和伺服电机组b，采集机器人本体上的陀螺仪所输出的伺服电机组a所在对角线方向的偏差角α、伺服电机组b所在对角线方向的偏差角β，并将偏差角α输入PID控制器得到伺服电机组a的控制信号，控制伺服电机组a中位置较高侧的伺服电机减速、控制伺服电机组a中位置较低侧的伺服电机加速；将偏差角β输入PID控制器得到伺服电机组b的控制信号，控制伺服电机组b中位置较高侧的伺服电机减速、控制伺服电机组b中位置较低侧的伺服电机加速，从而实现对卷筒82的速度补偿控制，无论四组卷筒82卷绳的长度是否相同，都能保证机器人平稳上升。

[0061] 以上所述仅是本发明的优选实施方式，本发明的保护范围并不仅局限于上述实施例，凡属于本发明思路下的技术方案均属于本发明的保护范围。应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理前提下的若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

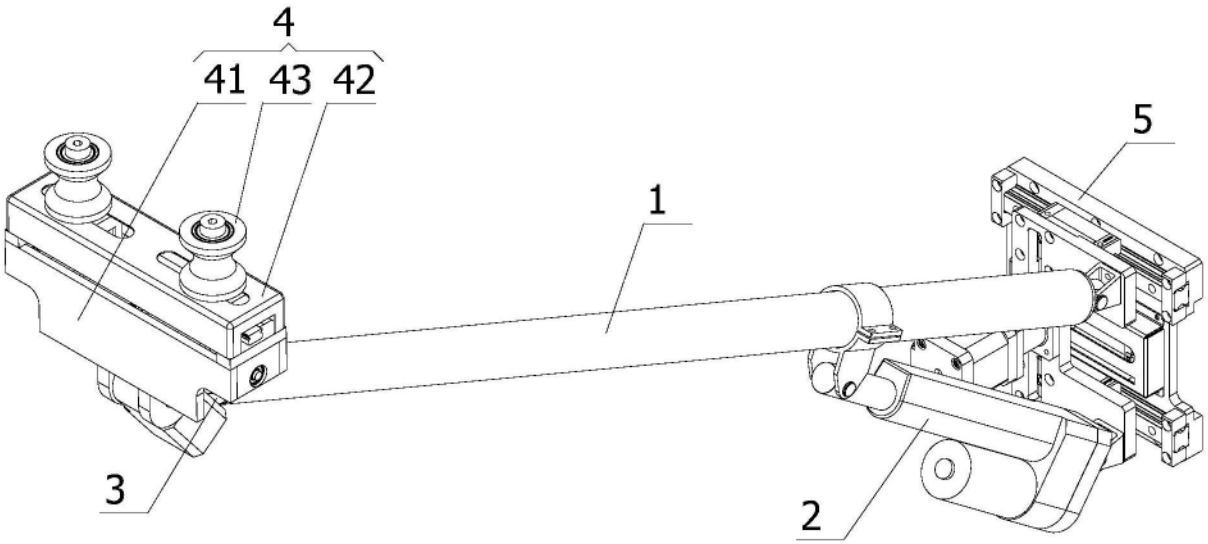


图1

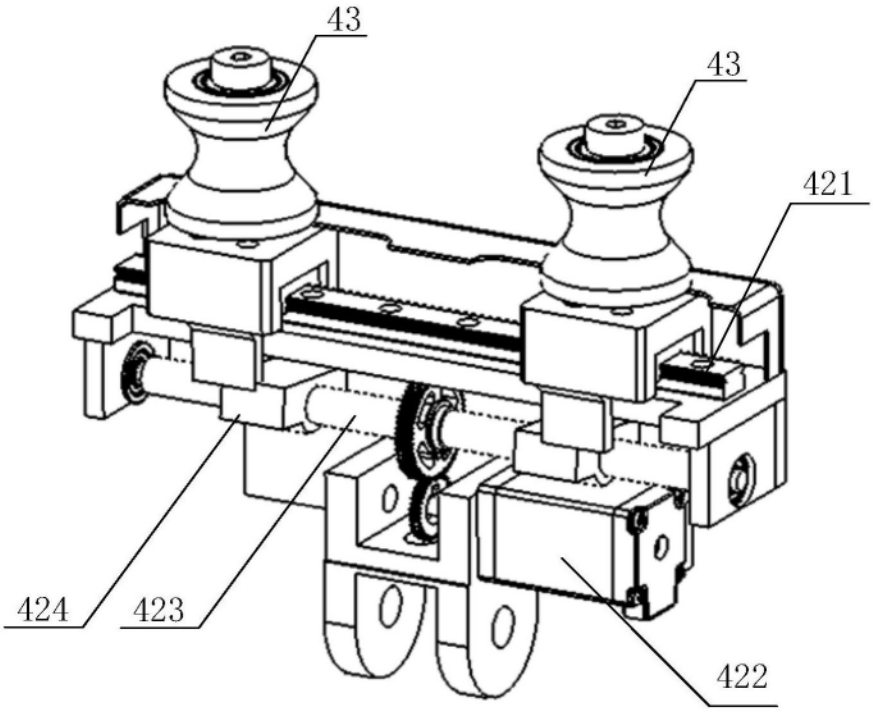


图2

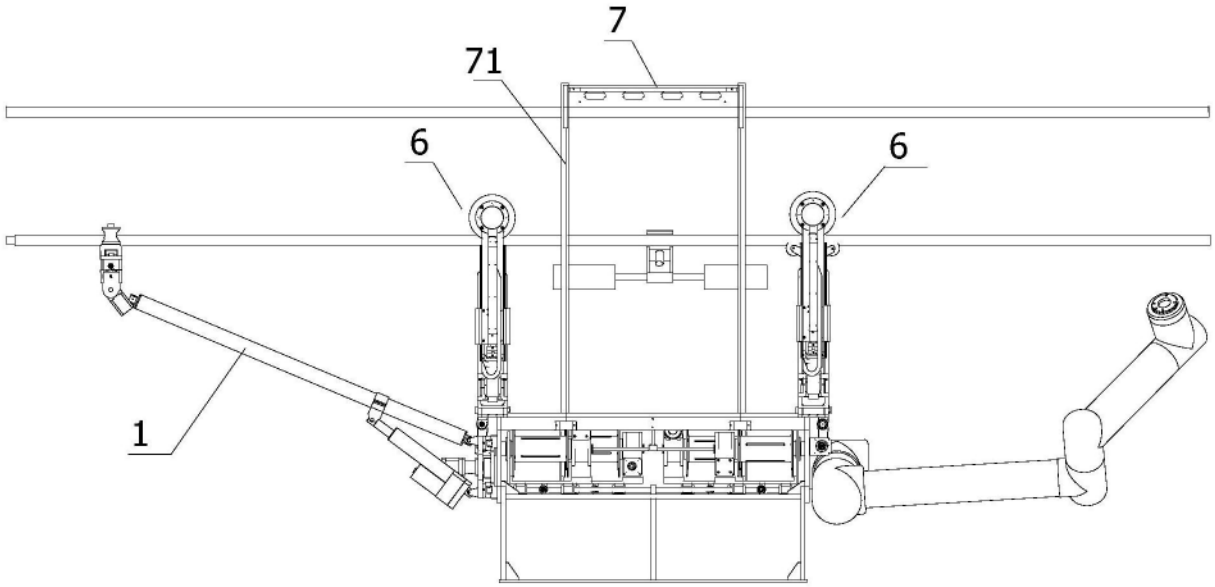


图3

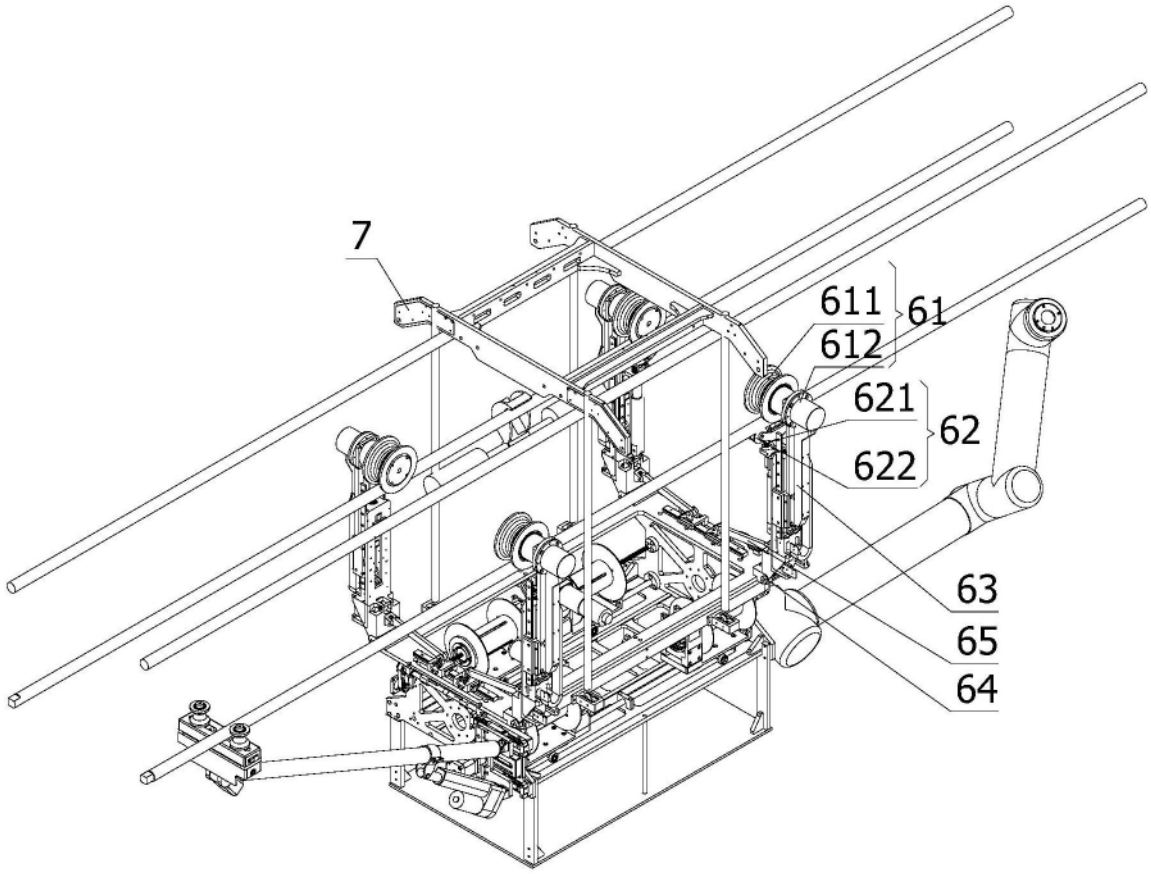


图4

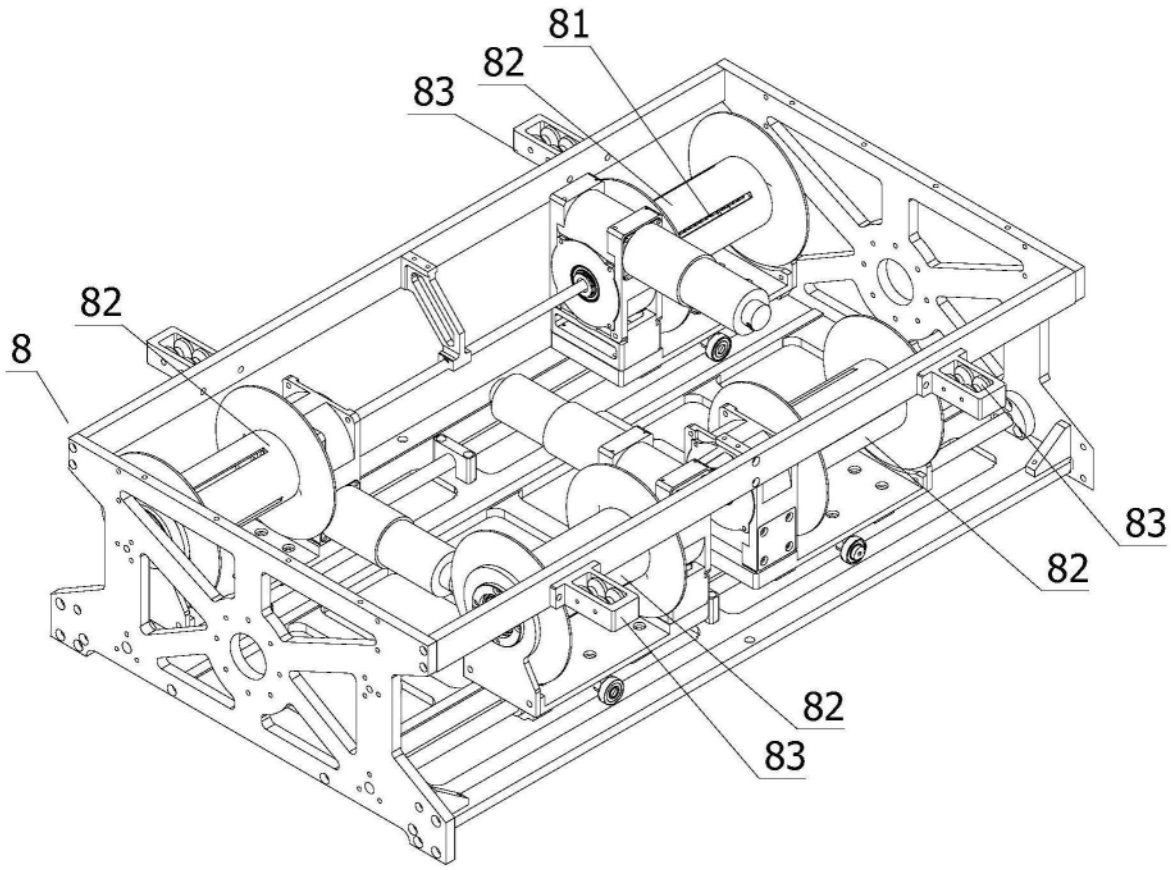


图5

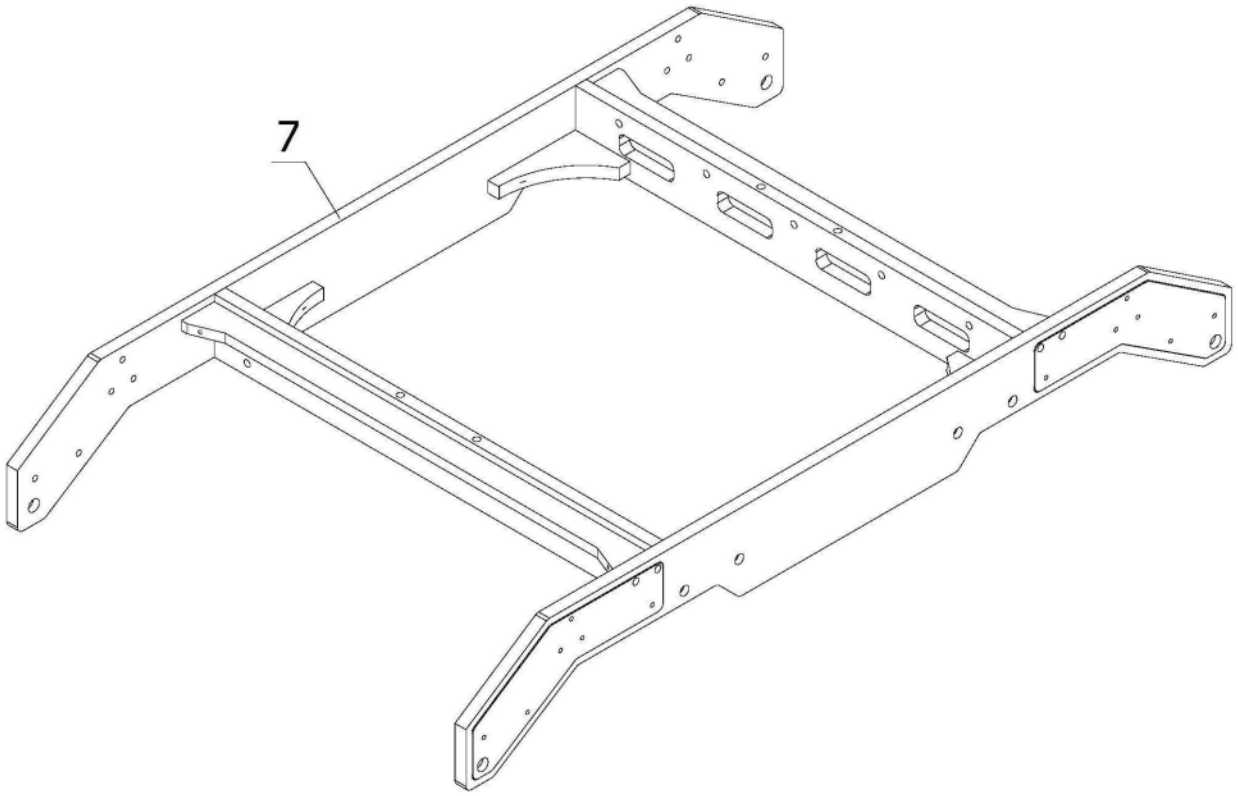


图6