



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105983958 A

(43) 申请公布日 2016. 10. 05

(21) 申请号 201510040839. 2

H02G 1/02(2006. 01)

(22) 申请日 2015. 01. 27

(71) 申请人 中国科学院沈阳自动化研究所
地址 110016 辽宁省沈阳市沈河区南塔街
114 号

申请人 广州供电局有限公司

(72) 发明人 姜勇 许继葵 王洪光 李瀚儒
岳湘 张钰 凌烈 张成巍 罗红
伍衡 宁宇

(74) 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限
公司 21002

代理人 何丽英

(51) Int. Cl.

B25J 5/02(2006. 01)

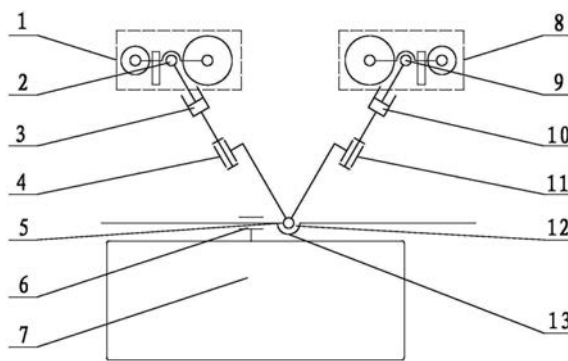
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种双臂仿生可调质心巡检机器人机构

(57) 摘要

本发明涉及移动机器人,具体地说是一种双臂仿生可调质心巡检机器人机构。包括前轮爪机构、前俯仰机构、前升降机构、前回转机构、前手肘机构、质心调节机构、电器箱、后轮爪机构、后俯仰机构、后升降机构、后回转机构、后手肘机构及导轨支架,其中前手肘机构和后手肘机构分别由前至后设置于导轨支架的上方,所述前手肘机构从下至上依次与前回转机构、前升降机构、前俯仰机构及前轮爪机构连接,所述后手肘机构从上至下依次与后回转机构、后升降机构、后俯仰机构及后轮爪机构连接,所述电器箱位于导轨支架的下方,并通过质心调节机构与导轨支架连接。本发明采用仿生机构,仿猿猴手臂的机构,机构简单、紧凑,机构合理,质量轻。



1. 一种双臂仿生可调质心巡检机器人机构,其特征在于:包括前轮爪机构(1)、前俯仰机构(2)、前升降机构(3)、前回转机构(4)、前手肘机构(5)、质心调节机构(6)、电器箱(7)、后轮爪机构(8)、后俯仰机构(9)、后升降机构(10)、后回转机构(11)、后手肘机构(12)及导轨支架(13),其中前手肘机构(5)和后手肘机构(12)分别由前至后设置于导轨支架(13)的上方,所述前手肘机构(5)从下至上依次与前回转机构(4)、前升降机构(3)、前俯仰机构(2)及前轮爪机构(1)连接,所述后手肘机构(12)从上至下依次与后回转机构(11)、后升降机构(10)、后俯仰机构(9)及后轮爪机构(8)连接,所述电器箱(7)位于导轨支架(13)的下方、并通过质心调节机构(6)与导轨支架(13)连接。

2. 按权利要求1所述的双臂仿生可调质心巡检机器人机构,其特征在于:所述前轮爪机构(1)和后轮爪机构(8)结构相同,均包括轮架(14)、行走电机(15)、行走轮(16)、行走轮轴(17)、夹紧电机(18)、夹紧丝杠(19)、导轮(24)、导轮轴(25)及夹爪机构,其中行走轮轴(17)、夹紧丝杠(19)及导轮轴(25)依次相互平行地设置于轮架(14)上,所述行走轮轴(17)的一端与行走电机(15)的输出轴连接,所述夹紧丝杠(19)的一端与夹紧电机(18)的输出轴连接,所述行走轮(16)和导轮(24)分别套设于行走轮轴(17)和导轮轴(25)上,所述夹爪机构与轮架(14)滑动连接、并与夹紧丝杠(19)螺纹连接。

3. 按权利要求2所述的双臂仿生可调质心巡检机器人机构,其特征在于:所述夹爪机构包括左夹爪(26)和右夹爪(27),所述夹紧丝杠(19)上设有旋向相反的两段螺纹,所述左夹爪(26)和右夹爪(27)的一端分别与夹紧丝杠(19)上旋向相反的两段螺纹连接,另一端均与轮架(14)上设有的导杆(28)滑动连接。

4. 按权利要求1所述的双臂仿生可调质心巡检机器人机构,其特征在于:所述前升降机构(3)和后升降机构(10)结构相同,均包括升降架(29)、升降电机(30)、第一主动齿轮(31)、第一从动齿轮(32)、升降螺母(33)、升降丝杆(34)、升降导轨(35)及升降滑块(36),其中升降螺母(33)可转动地安装在升降架(29)上,所述升降丝杆(34)与升降螺母(33)螺纹配合,所述升降滑块(36)固定安装在升降架(29)上,所述升降导轨(35)与升降滑块(36)滑动连接,所述升降丝杆(34)和升降导轨(35)相互平行、并下端相连,所述升降电机(30)安装在升降架(29)上、并输出端设有第一主动齿轮(31),所述第一从动齿轮(32)套装于升降螺母(33)的外侧、并与第一主动齿轮(31)啮合,所述升降丝杆(34)的上端与前俯仰机构(2)或后俯仰机构(9)连接。

5. 按权利要求1-4任一项所述的双臂仿生可调质心巡检机器人机构,其特征在于:所述前回转机构(4)和后回转机构(11)结构相同,均包括支撑架(37)、回转电机(38)、蜗杆轴(39)、蜗杆(40)及蜗轮(41),其中支撑架(37)与前升降机构(3)或后升降机构(10)连接,所述蜗杆轴(39)转动安装在支撑架(37)上、并一端与安装在支撑架(37)上的回转电机(38)的输出轴连接,所述蜗轮(41)套设于蜗杆轴(39)上、并与安装在前升降机构(3)或后升降机构(10)上的蜗杆(40)啮合。

6. 按权利要求5所述的双臂仿生可调质心巡检机器人机构,其特征在于:所述前俯仰机构(2)、后俯仰机构(9)、前手肘机构(5)及后手肘机构(12)均与前回转机构(4)和后回转机构(11)结构相同,均为蜗轮蜗杆传动机构。

7. 按权利要求1所述的双臂仿生可调质心巡检机器人机构,其特征在于:所述质心调节机构(6)包括移动电机(42)、第一导轮(43)、第二导轮(44)、移动滑块(45)及移动丝杠

(46),其中移动丝杠(46)的两端转动安装在导轨支架(13)上、并一端与安装在导轨支架(13)上的移动电机(42)的输出端连接,所述电器箱(7)的两端分别通过第一导轮(43)和第二导轮(44)与导轨支架(13)滚动连接,所述移动滑块(45)与移动丝杠(46)螺纹连接、并与电器箱(7)固连。

8.按权利要求1所述的双臂仿生可调质心巡检机器人机构,其特征在于:所述质心调节机构(6)包括同步带主动轮(47)、同步带(48)、同步带被动轮(49)及同步带滑块(50),其中同步带主动轮(47)和同步带被动轮(49)转动安装在导轨支架(13)上、并通过同步带(48)连接,所述电器箱(7)通过同步带滑块(50)与同步带(48)固连。

一种双臂仿生可调质心巡检机器人机构

技术领域

[0001] 本发明涉及移动机器人,具体地说是一种双臂仿生可调质心巡检机器人机构。

背景技术

[0002] 输电线路是电力系统的重要设施,为了保证输电线路的安全稳定的运行,需要定期进行巡视检查。目前采用的方法主要有人工巡检和直升机巡检。人工巡检的效率低,劳动强度大,危险性高;直升机巡检的成本高,巡检质量易受气候影响。因此,需要研制能够携带巡检设备和作业工具的机器人来代替人工对输电线路进行自动巡检,以提高效率,确保输电线路的安全运行。在现有的超高压输电线路巡检机器人机构中,大部分采用由轮式移动和复合连杆机构组合而成的复合移动机构(参见文献1:Jun Sawada, Kazuyuki Kusumoto, Tadashi Munakata, Yasuhisa Maikawa, Yoshinobu Ishikawa, "A Mobile Robot For Inspection of Power Transmission Lines", IEEE Trans. Power Delivery, 1991, Vol. 6, No. 1 :pp. 309-315;文献2:Mineo Higuchi, Yoichiro Maeda, Sadahiro Tsutani, Shiro Hagihara, "Development of a Mobile Inspection Robot for Power Transmission Lines", J. of the Robotics Society of Japan, Japan, Vol. 9, No. 4, pp. 457-463, 1991),或者采用多组移动单元串联组成的多自由度移动机构(文献3:Shin-ichi Aoshima, Takeshi Tsujimura, Tetsuro Yabuta, "A Wire Mobile Robot with Multi-unit Structure", IEEE/RSJ International Workshop on Intelligent Robots and Systems, Sep. 4-6, 1989, Tsukuba, Japan, pp. 414-421)。这些机构的结构复杂、重量大,跨越障碍物过程复杂,不宜控制,对于线路环境中较复杂的障碍物无法跨越,绝大部分巡检机器人只能用于地线巡检,因此,难以应用于实际的超高压输电线路巡检作业中。

发明内容

[0003] 针对上述问题,本发明的目的在于提供一种双臂仿生可调质心巡检机器人机构。该机器人机构结构简单、易于控制,同时越障能力强、作业时安全稳定性高。

[0004] 为了实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0005] 一种双臂仿生可调质心巡检机器人机构,包括前轮爪机构、前俯仰机构、前升降机构、前回转机构、前手肘机构、质心调节机构、电器箱、后轮爪机构、后俯仰机构、后升降机构、后回转机构、后手肘机构及导轨支架,其中前手肘机构和后手肘机构分别由前至后设置于导轨支架的上方,所述前手肘机构从下至上依次与前回转机构、前升降机构、前俯仰机构及前轮爪机构连接,所述后手肘机构从上至下依次与后回转机构、后升降机构、后俯仰机构及后轮爪机构连接,所述电器箱位于导轨支架的下方、并通过质心调节机构与导轨支架连接。

[0006] 所述前轮爪机构和后轮爪机构结构相同,均包括轮架、行走电机、行走轮、行走轮轴、夹紧电机、夹紧丝杠、导轮、导轮轴及夹爪机构,其中行走轮轴、夹紧丝杠及导轮轴依次相互平行地设置于轮架上,所述行走轮轴的一端与行走电机的输出轴连接,所述夹紧丝杠

的一端与夹紧电机的输出轴连接,所述行走轮和导轮分别套设于行走轮轴和导轮轴上,所述夹爪机构与轮架滑动连接、并与夹紧丝杠螺纹连接。

[0007] 所述夹爪机构包括左夹爪和右夹爪,所述夹紧丝杠上设有旋向相反的两段螺纹,所述左夹爪和右夹爪的一端分别与夹紧丝杠上旋向相反的两段螺纹连接,另一端均与轮架上设有的导杆滑动连接。

[0008] 所述前升降机构和后升降机构结构相同,均包括升降架、升降电机、第一主动齿轮、第一从动齿轮、升降螺母、升降丝杆、升降导轨及升降滑块,其中升降螺母可转动地安装在升降架上,所述升降丝杆与升降螺母螺纹配合,所述升降滑块固定安装在升降架上,所述升降导轨与升降滑块滑动连接,所述升降丝杆和升降导轨相互平行、并下端相连,所述升降电机安装在升降架上、并输出端设有第一主动齿轮,所述第一从动齿轮套装于升降螺母的外侧、并与第一主动齿轮啮合,所述升降丝杆的上端与前俯仰机构或后俯仰机构连接。

[0009] 所述前回转机构和后回转机构结构相同,均包括支撑架、回转电机、蜗杆轴、蜗杆及蜗轮,其中支撑架与前升降机构或后升降机构连接,所述蜗杆轴转动安装在支撑架上、并一端与安装在支撑架上的回转电机的输出轴连接,所述蜗轮套设于蜗杆轴上、并与安装在前升降机构或后升降机构上的蜗杆啮合。

[0010] 所述前俯仰机构、后俯仰机构、前手肘机构及后手肘机构均与前回转机构和后回转机构结构相同,均为蜗轮蜗杆传动机构。

[0011] 所述质心调节机构包括移动电机、第一导轮、第二导轮、移动滑块及移动丝杠,其中移动丝杠的两端转动安装在导轨支架上、并一端与安装在导轨支架上的移动电机的输出端连接,所述电器箱的两端分别通过第一导轮和第二导轮与导轨支架滚动连接,所述移动滑块与移动丝杠螺纹连接、并与电器箱固连。

[0012] 所述质心调节机构包括同步带主动轮、同步带、同步带被动轮及同步带滑块,其中同步带主动轮和同步带被动轮转动安装在导轨支架上、并通过同步带连接,所述电器箱通过同步带滑块与同步带固连。

[0013] 本发明的优点及有益效果是:

[0014] 1. 本发明采用仿生机构设计,结构紧凑、质量轻。本发明采用仿生机构,仿猿猴手臂的机构,机构简单、紧凑,机构合理,质量轻。

[0015] 2. 本发明操作方便,控制简单。本发明采用仿生机构,关节数量少,双臂对称配置,控制简单,运动序列便于规划。

[0016] 3. 本发明运动稳定,巡检作业可靠性高。本发明机器人机构具有质心调节机构,通过调节机器人重心使机器人能够保持较好稳定姿态,同时减小由于重力影响的导线变形。

[0017] 4. 本发明越障能力强。本发明机器人机构的轮爪机构采用行走轮和导轮的双轮结构,中间放置夹爪,通过夹爪、行走轮、导轮三者夹持导线,从而使机器人具有能够夹持不同导线截面的能力,当机器人跨越复杂障碍物时,机器人可以单臂挂线,通过仿生机构设计的手臂联动使机器人跨越障碍物。

[0018] 5. 本发明应用范围广。本发明可广泛应用于高压输电线路及电话线路的巡检机器人移动机构,可以跨越引流线、悬垂线夹等复杂障碍物等。

附图说明

- [0019] 图 1 为本发明的整体结构示意图；
- [0020] 图 2 为本发明中前、后轮爪机构的结构示意图（去掉了上侧的导轨及滑块）；
- [0021] 图 3 为本发明中前、后轮爪机构的夹爪机构的结构示意图；
- [0022] 图 4 为本发明中升降机构的结构示意图；
- [0023] 图 5 为本发明中回转机构的结构示意图；
- [0024] 图 6 为本发明中质心调节机构的结构示意图；
- [0025] 图 7 为本发明中质心调节机构的另一种结构示意图；
- [0026] 图 8 为超高压输电线路的障碍环境（耐张线夹、引流线）示意图；
- [0027] 图 9a 为本发明越障过程第一个动作的示意图；
- [0028] 图 9b 为本发明越障过程第二个动作的示意图；
- [0029] 图 9c 为本发明越障过程第三个动作的示意图；
- [0030] 图 9d 为本发明越障过程第四个动作的示意图。
- [0031] 其中：1 为前轮爪机构，2 为前俯仰机构，3 为前升降机构，4 为前回转机构，5 为前手肘机构，6 为质心调节机构，7 为电器箱，8 为后轮爪机构，9 为后俯仰机构，10 为后升降机构，11 为后回转机构，12 为后手肘机构，13 为导轨支架，14 为轮架，15 为行走电机，16 为行走轮，17 为行走轮轴，18 为夹紧电机，19 为夹紧丝杠，20 为加紧丝杠左螺纹，21 为左夹爪的左螺纹，22 为加紧丝杠右螺纹，23 为右夹爪的右螺纹，24 为导轮，25 为导轮轴，26 为左夹爪，27 为右夹爪，28 为导杆，29 为升降架，30 升降电机，31 第一主动齿轮，32 为第一从动齿轮，33 为升降螺母，34 为升降丝杠，35 为升降导轨，36 为升降滑块，37 为支撑架，38 为回转电机，39 为蜗杆轴，40 为蜗杆，41 为蜗轮，42 为移动电机，43 为第一导轮，44 第二导轮，45 为移动滑块，46 为移动丝杠，47 为同步带主动轮，48 为同步带，49 为同步带被动轮，50 为同步带滑块，51 为导线，52 为耐张线夹，53 为绝缘子串，54 为引流线，55 为杆塔。

具体实施方式

[0032] 下面结合附图对本发明作进一步详述。

[0033] 如图 1 所示，本发明包括前轮爪机构 1、前俯仰机构 2、前升降机构 3、前回转机构 4、前手肘机构 5、质心调节机构 6、电器箱 7、后轮爪机构 8、后俯仰机构 9、后升降机构 10、后回转机构 11、后手肘机构 12 及导轨支架 13，其中前手肘机构 5 和后手肘机构 12 分别由前至后设置于导轨支架 13 的上方，所述前手肘机构 5 从下至上依次与前回转机构 4、前升降机构 3、前俯仰机构 2 及前轮爪机构 1 连接，所述后手肘机构 12 从上至下依次与后回转机构 11、后升降机构 10、后俯仰机构 9 及后轮爪机构 8 连接，所述电器箱 7 位于导轨支架 13 的下方、并通过质心调节机构 6 与导轨支架 13 连接。质心调节机构 6 安装于导轨支架 13 上，通过质心调节机构 6 实现机器人质心的调节。

[0034] 如图 2 所示，所述前轮爪机构 1 和后轮爪机构 8 结构相同，均包括轮架 14、行走电机 15、行走轮 16、行走轮轴 17、夹紧电机 18、夹紧丝杠 19、导轮 24、导轮轴 25 及夹爪机构，其中行走轮轴 17、夹紧丝杠 19 及导轮轴 25 依次相互平行地设置于轮架 14 上，所述行走轮轴 17 的一端与行走电机 15 的输出轴连接，所述夹紧丝杠 19 的一端与夹紧电机 18 的输出轴连接，所述行走轮 16 和导轮 24 分别套设于行走轮轴 17 和导轮轴 25 上，所述夹爪机构与轮架 14 滑动连接、并与夹紧丝杠 19 螺纹连接。

[0035] 如图 3 所示,所述夹爪机构包括左夹爪 26 和右夹爪 27,所述夹紧丝杠 19 上设有旋向相反的两段螺纹(夹紧丝杠左螺纹 20 和夹紧丝杠右螺纹 22),所述左夹爪 26 和右夹爪 27 的一端分别与夹紧丝杠 19 上旋向相反的两段螺纹连接(左夹爪 26 和右夹爪 27 通过端部设有的左螺纹和右螺纹分别与夹紧丝杠 19 上的左、右螺纹形成螺旋移动连接),另一端均与轮架 14 上设有的导杆 28 滑动连接,导杆 28 的两端安装在轮架 14 上。

[0036] 所述前轮爪机构 1 和后轮爪机构 8 的具体工作过程是:

[0037] 所述行走电机 15 工作,驱动行走轮轴 17 旋转,进而带动行走轮 16 转动,使行走轮 16 在导线 51 上往复移动;夹紧电机 15 转动,带动夹紧丝杠 19 旋转,在导杆 28 的作用下,使得左夹爪 26 和右夹爪 27 相互靠近和分开,从而实现左夹爪 26 和右夹爪 27 对导线 51 的夹紧和松开功能。

[0038] 所述前轮爪机构 1 和后轮爪机构 8 的一端通过左夹爪 26 和右夹爪 27 与导线 51 夹持、并通过行走轮 16 和导轮 24 在导线 51 上行走。所述前轮爪机构 1 和后轮爪机构 8 的另一端分别与前俯仰机构 2 和后俯仰机构 9 相连,通过前俯仰机构 2 和后俯仰机构 9 的驱动实现前轮爪机构 1 和后轮爪机构 8 的俯仰转动。

[0039] 如图 4 所示,所述前升降机构 3 和后升降机构 10 结构相同,均包括升降架 29、升降电机 30、第一主动齿轮 31、第一从动齿轮 32、升降螺母 33、升降丝杆 34、升降导轨 35 及升降滑块 36,其中升降螺母 33 可转动地安装在升降架 29 上,所述升降丝杆 34 与升降螺母 33 螺纹配合。所述升降滑块 36 固定安装在升降架 29 上,所述升降导轨 35 与升降滑块 36 滑动连接,所述升降丝杆 34 和升降导轨 35 相互平行、并下端相连。所述升降电机 30 安装在升降架 29 上、并输出端设有第一主动齿轮 31,所述第一从动齿轮 32 套装于升降螺母 33 的外侧、并与第一主动齿轮 31 啮合,所述升降丝杆 34 的上端与前俯仰机构 2 或后俯仰机构 9 连接。

[0040] 所述升降电机 30 工作,驱动第一主动齿轮 31 旋转,带动与第一主动齿轮 31 啮合的第一从动齿轮 32 转动,进而使与第一从动齿轮 32 固接的升降螺母 33 转动,利用升降螺母 33 与升降丝杠 34 的螺纹连接,带动升降丝杠 34 通过升降导轨 35 沿升降滑块 36 上升或下降。

[0041] 所述前升降机构 3 和后升降机构 10 的一端分别与前俯仰机构 2 和后俯仰机构 9 相连,另一端分别与前回转机构 4 和后会转机构 11 相连,通过前升降机构 3 实现前俯仰机构 2 及前轮爪机构 1 的升降,通过后升降机构 10 实现后俯仰机构 9 及后轮爪机构 8 的升降。

[0042] 如图 5 所示,所述前回转机构 4 和后会转机构 11 结构相同,均包括支撑架 37、回转电机 38、蜗杆轴 39、蜗杆 40 及蜗轮 41,其中支撑架 37 与前升降机构 3 或后升降机构 10 连接,所述蜗杆轴 39 转动安装在支撑架 37 上、并一端与安装在支撑架 37 上的回转电机 38 的输出轴连接,所述蜗轮 41 套设于蜗杆轴 39 上、并与安装在前升降机构 3 或后升降机构 10 上的蜗杆 40 啮合。

[0043] 所述回转电机 38 工作,驱动蜗杆 40 旋转,通过蜗杆 40 与蜗轮 41 的啮合,带动蜗轮 41 转动,进而使升降架 29 转动,带动前轮爪机构 1 和后轮爪机构 8 等转动。

[0044] 所述前俯仰机构 2、后俯仰机构 9、前手肘机构 5 及后手肘机构 12 均与前回转机构 4 和后会转机构 11 结构相同,均为蜗轮蜗杆传动机构。

[0045] 所述前手肘机构 5 和后手肘机构 12 的一端分别与前回转机构 4 和后会转机构 11

相连,另一端分别与导轨支架 13 的两侧相连,通过前手肘机构 5 的驱动实现前回转机构 4、前俯仰机构 2 及前轮爪机构 1 的俯仰;通过后手肘机构 12 的驱动实现后回转机构 11、后俯仰机构 9 及后轮爪机构 8 的俯仰。

[0046] 如图 6 所示,所述质心调节机构 6 包括移动电机 42、第一导轮 43、第二导轮 44、移动滑块 45 及移动丝杠 46,其中移动丝杠 46 的两端转动安装在导轨支架 13 上、并一端与安装在导轨支架 13 上的移动电机 42 的输出端连接。所述电器箱 7 的两端分别通过第一导轮 43 和第二导轮 44 与导轨支架 13 滚动连接,所述第一导轮 43 和第二导轮 44 分别容置于导轨支架 13 的凹槽内。所述移动滑块 45 与移动丝杠 46 螺纹连接、并与电器箱 7 固连,实现移动滑块 45 在移动丝杠 46 上的螺旋移动,电器箱 7 与移动滑块 45 连动;移动电机 42 工作,驱动移动丝杠 46 旋转,利用移动滑块 45 与移动丝杠 46 的螺纹连接,使移动滑块 45 及电器箱 7 通过第一导轮 43 和第二导轮 44 沿着导轨支架 13 的凹槽往复移动,实现重心的调节,改善了挂线的行走夹持机构的受力状态,有利于机器人机构手臂的抬升及越障。

[0047] 如图 7 所示,所述质心调节机构 6 还可采用同步带驱动的形式,包括同步带主动轮 47、同步带 48、同步带被动轮 49、同步带滑块 50 及同步带轮驱动电机,其中同步带主动轮 47 和同步带被动轮 49 转动安装在导轨支架 13 上、并通过同步带 48 连接,所述电器箱 7 通过同步带滑块 50 与同步带 48 固连。所述同步带轮驱动电机安装在导轨支架 13 上、并输出端与同步带主动轮 47 连接,所述同步带轮驱动电机驱动同步带主动轮 47 转动,同步带主动轮 47 带动同步带 48 运动,同步带 48 带动同步带滑块 50 移动,电器箱 7 与同步带滑块 50 连动,实现重心的调节。

[0048] 如图 8 所示,在导线 51 上主要的障碍物为耐张线夹 52、绝缘子串 53、引流线 54。本发明机器人机构工作时由行走电机驱动,带动机器人机构在导线 51 上行走,通过本发明的轮爪机构、俯仰机构、升降机构、回转机构、手肘机构和质心调节机构的配合运动,可沿线行进并跨越导线 51 上的障碍物,如图 9a、9b、9c、9d 所示。

[0049] 当前轮爪机构 1 在耐张线夹 52 处停下,这时质心调节机构 6 驱动电器箱 7 向前移动,前手肘机构 5 中的驱动电机运动,使前轮爪机构 1 升起,前回转机构 3 使前轮爪机构 1 回转 180° ,后手肘机构 12、前手肘机构 5 中的驱动电机驱动手臂运动,使前轮爪机构 1 向前下方移动,后升降机构 10 伸长使前轮爪机构 1 下降,当前轮爪机构 1 跨越耐张线夹 52 后,前回转机构 4 反向回转、后回转机构 11 回转,使前轮爪机构 1 位于引流线 54 的正上方,前升降机构 3 收缩,前俯仰机构 2 俯仰使前轮爪机构 1 落线(如图 9b)。重复上述动作序列,使机器人后轮爪机构 8 跨越耐张线夹 49(如图 9d)。机器人在引流线上的运动,就是重复后轮爪机构 1、前轮爪机构 8 的交叉前行。

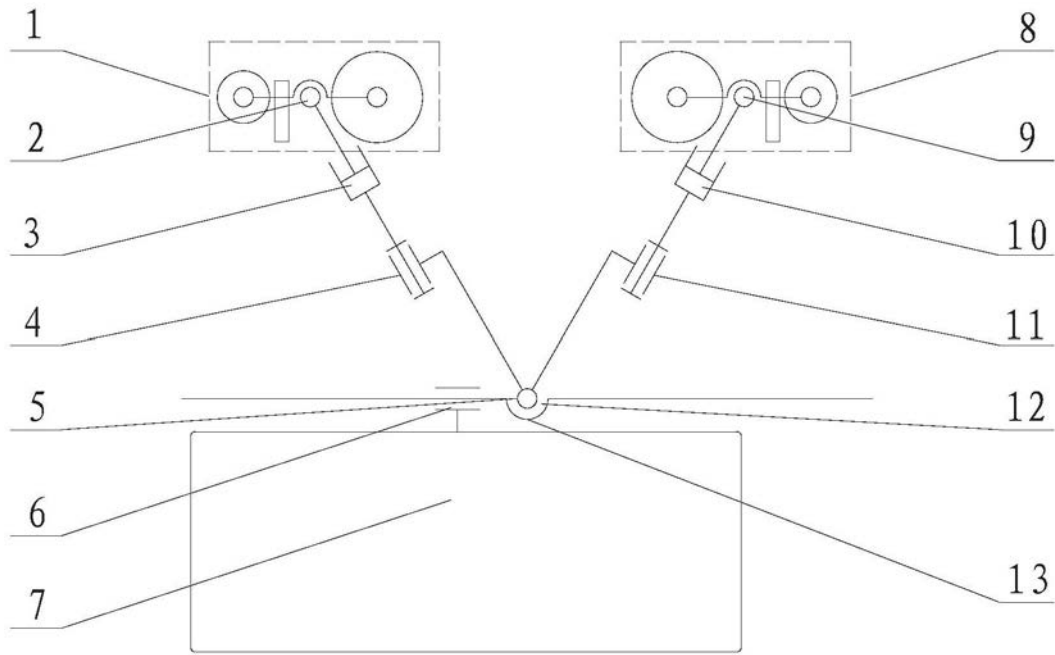


图 1

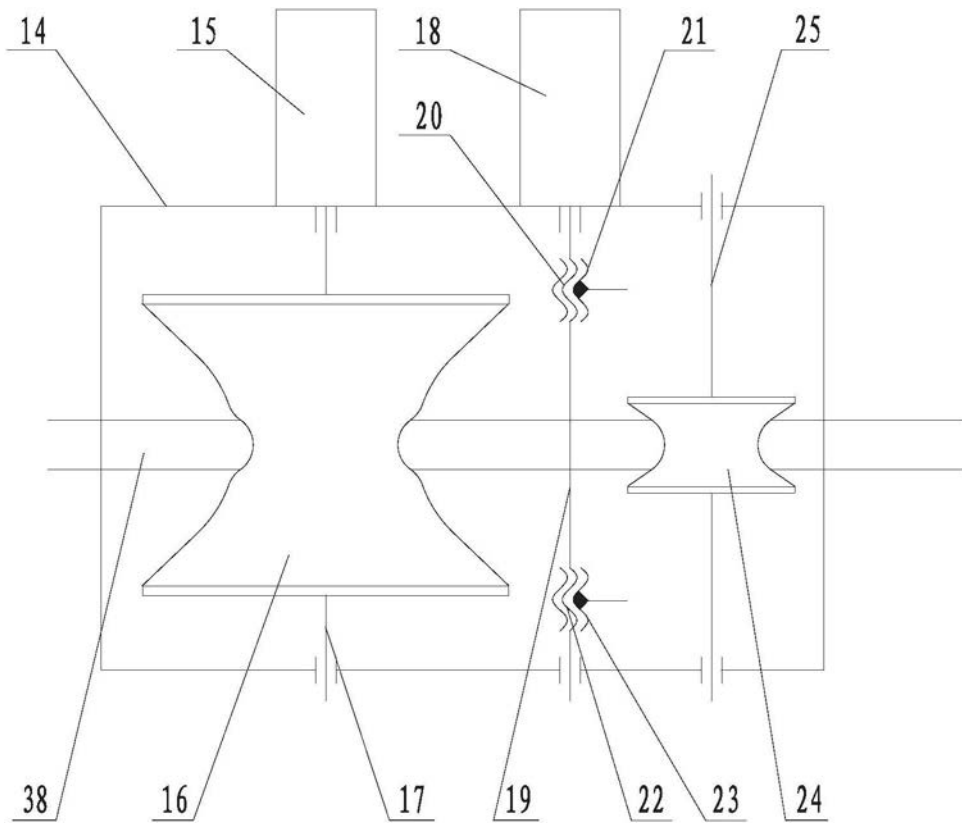


图 2

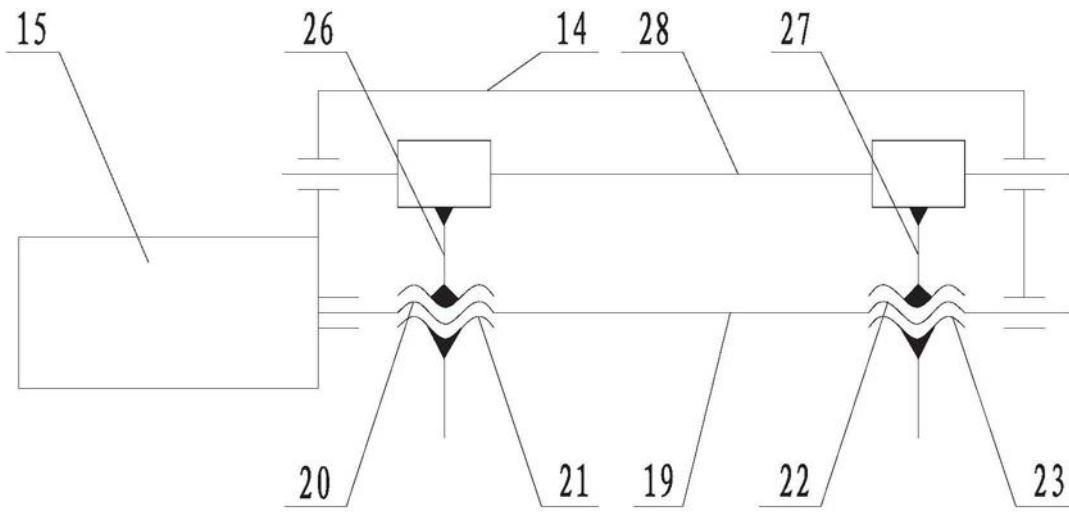


图 3

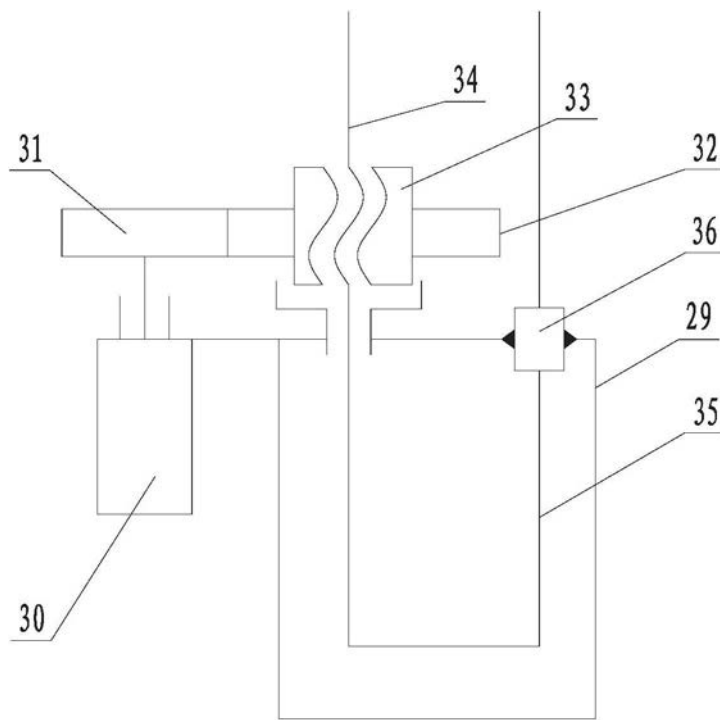


图 4

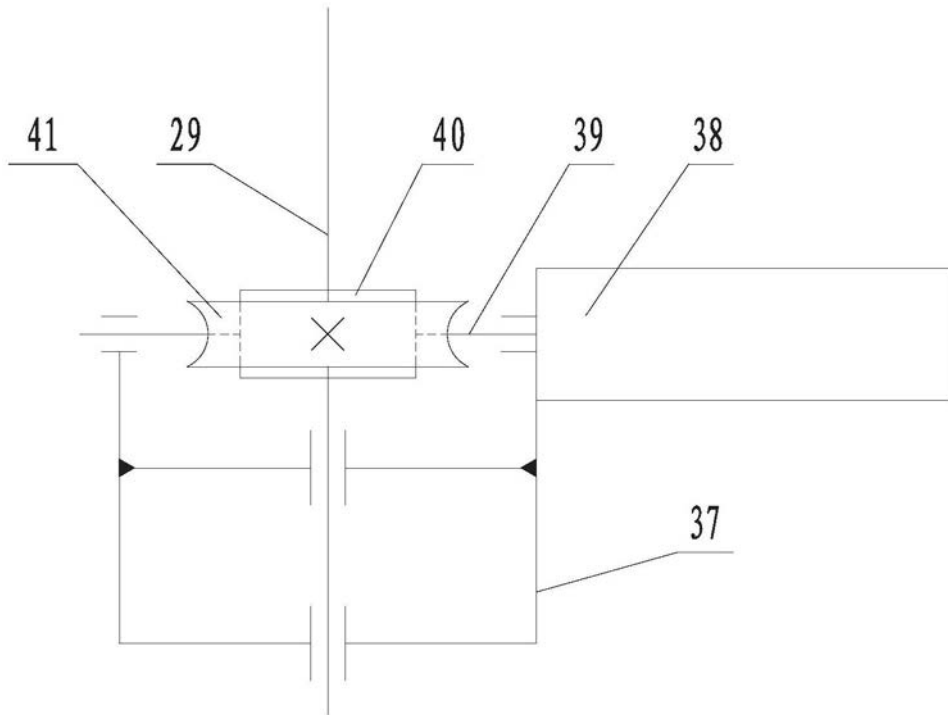


图 5

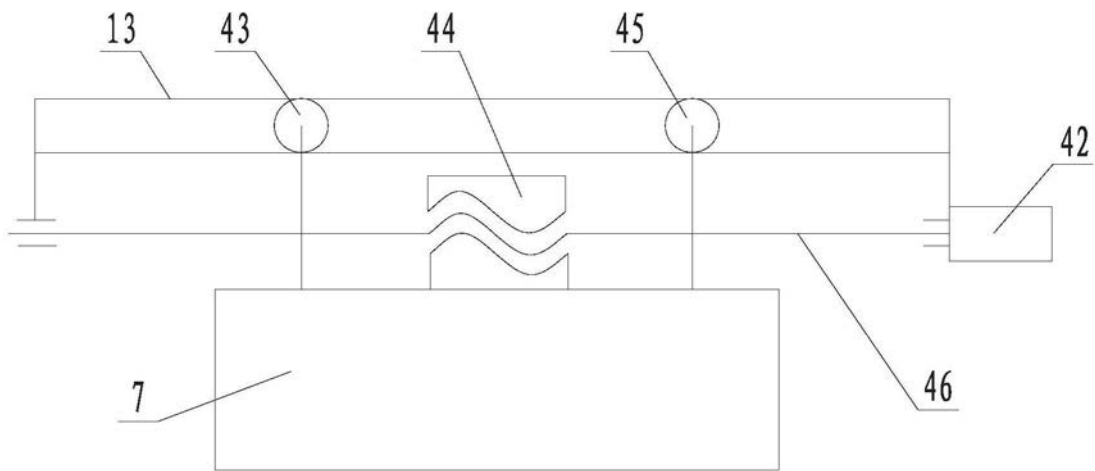


图 6

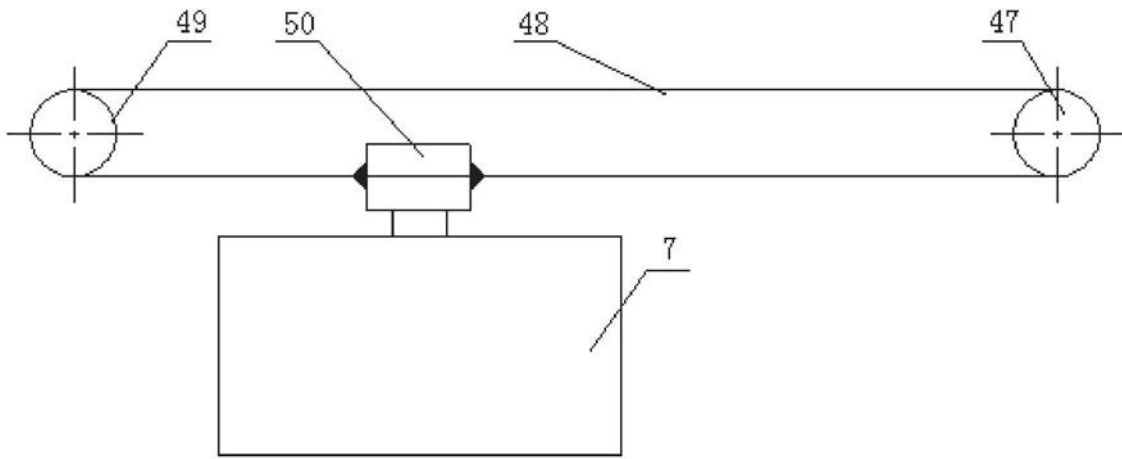


图 7

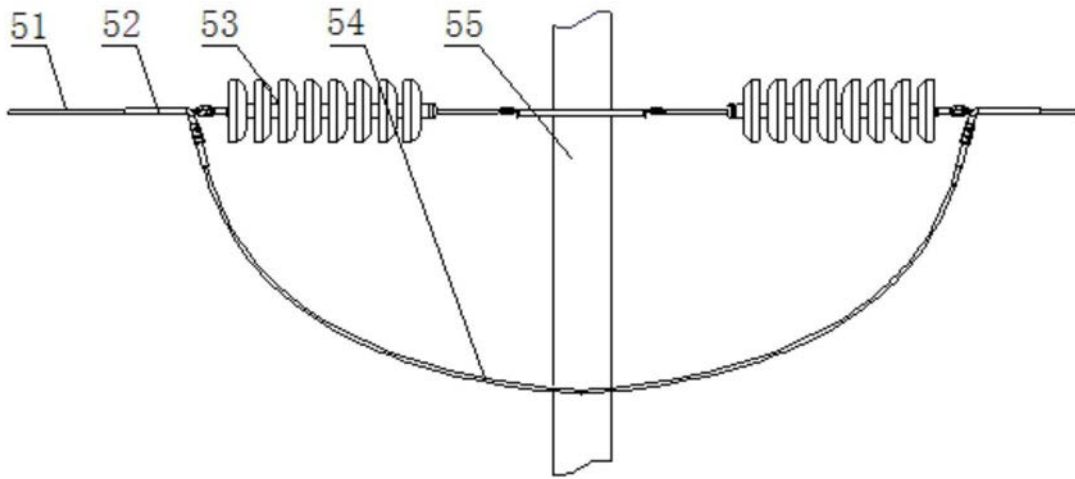


图 8

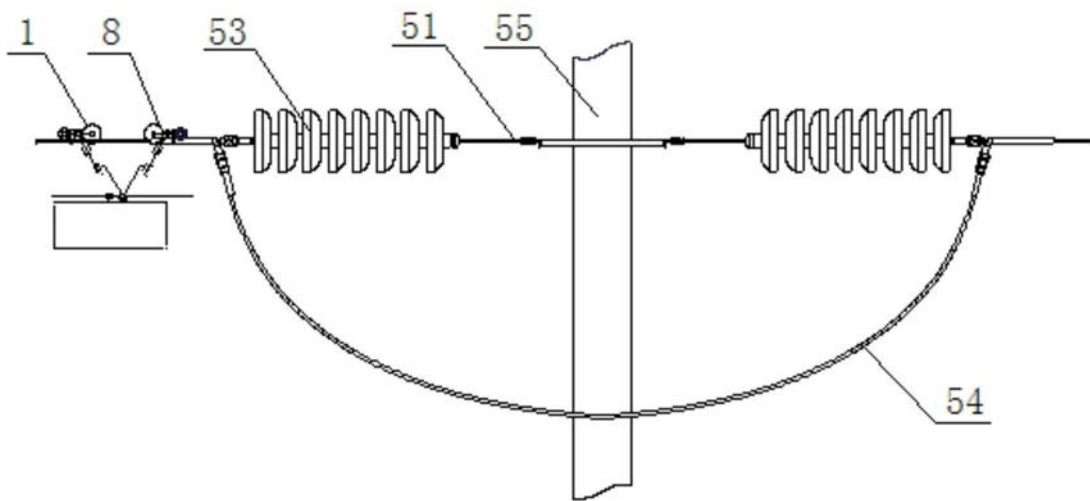


图 9a

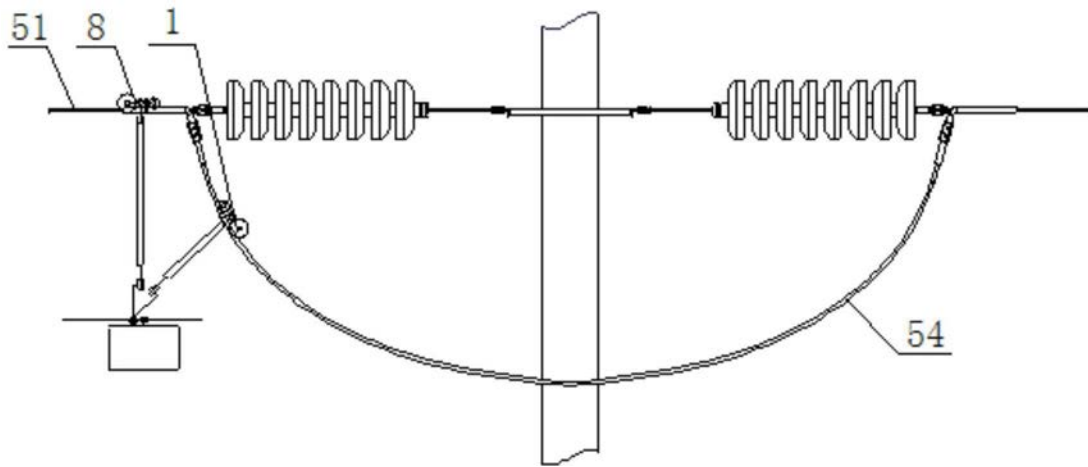


图 9b

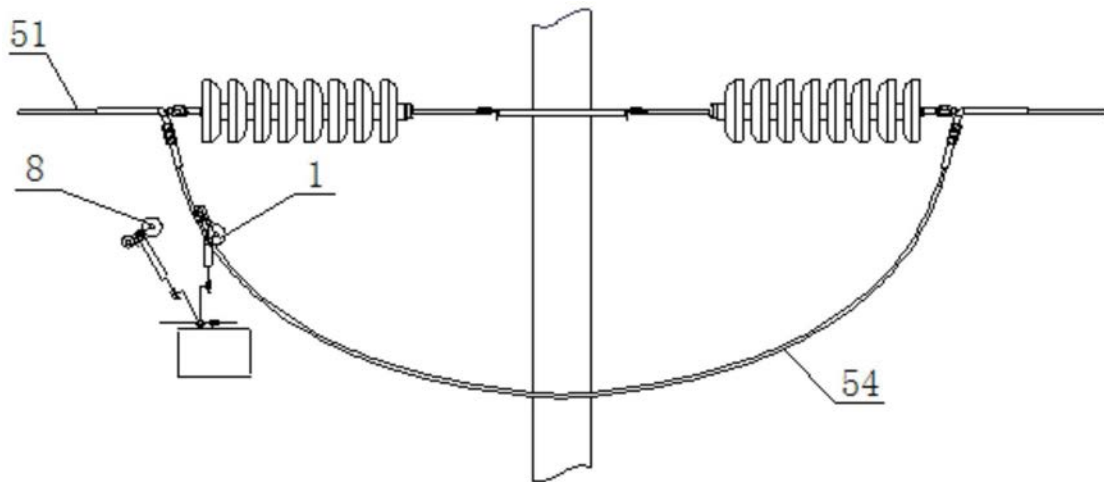


图 9c

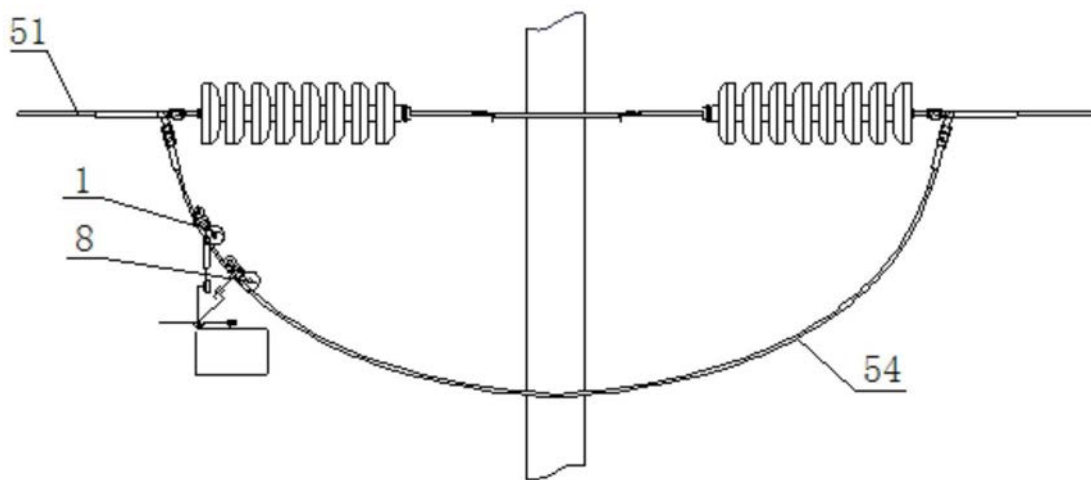


图 9d