

# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102412526 A

(43) 申请公布日 2012. 04. 11

(21) 申请号 201110365331. 1

H02G 7/16(2006. 01)

(22) 申请日 2011. 11. 17

(71) 申请人 北京国网富达科技发展有限责任公司

地址 100070 北京市丰台区南四环西路 188 号总部基地六区 13 栋

(72) 发明人 李红旗 郭志广 王启源 曹向勇  
解玉文 邓占云 王睿

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 戴云霓

(51) Int. Cl.

H02G 1/02(2006. 01)

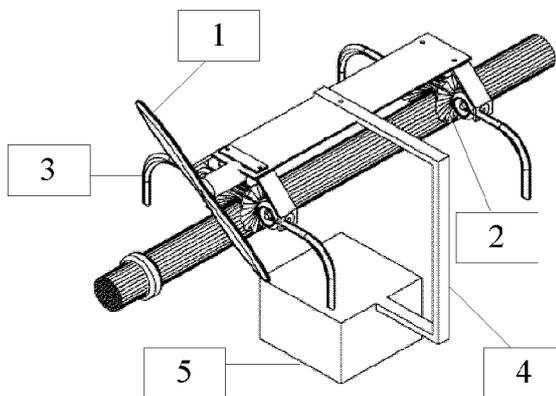
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

## (54) 发明名称

电力线路综合维护轻便型机器人系统及其越障方法

## (57) 摘要

一种电力线路综合维护轻便型机器人系统及其越障方法,所述机器人系统包括:行走组件和控制组件;所述行走组件包括:棘式轮和抱爪;所述棘式轮,用于在电力线路上行走;所述抱爪,用于接收控制组件的控制,在抱紧与张开状态之间进行切换;所述控制组件,用于当所述机器人在电力线路上遇到小型障碍时,控制所述抱爪处于抱紧状态,通过所述棘式轮跨越该小型障碍;当所述机器人在电力线路上遇到大型障碍时,控制所述抱爪处于张开状态,等待所述机器人从电力线路上被卸下。该机器人系统在越障性方面选择越过占大多数的小型障碍,而放弃耐张塔等大型障碍,取得越障性和重量之间的平衡,从而使机器人的实用性大大提高。



1. 一种电力线路综合维护轻便型机器人系统,其特征在于,所述机器人系统包括:行走组件和控制组件;所述行走组件包括:棘式轮和抱爪;

所述棘式轮,用于在电力线路上行走;

所述抱爪,用于接收控制组件的控制,在抱紧与张开状态之间进行切换;

所述控制组件,用于当所述机器人在电力线路上遇到小型障碍时,控制所述抱爪处于抱紧状态,通过所述棘式轮跨越该小型障碍;当所述机器人在电力线路上遇到大型障碍时,控制所述抱爪处于张开状态,等待所述机器人从电力线路上被卸下。

2. 根据权利要求1所述的电力线路综合维护轻便型机器人系统,其特征在于,所述机器人系统还包括:主框架,连接所述行走组件和所述控制组件。

3. 根据权利要求1所述的电力线路综合维护轻便型机器人系统,其特征在于,所述机器人系统还包括:机械除冰组件,位于所述机器人的前端,在所述控制组件的控制下旋转敲击电力线路除冰。

4. 根据权利要求1所述的电力线路综合维护轻便型机器人系统,其特征在于,所述控制组件包括:自主作业控制系统和远端地面控制系统;

所述自主作业控制系统,用于根据线路模型和传感器反馈信息,自主控制所述机器人系统的工作状态;

所述远端地面控制系统,用于根据传感器反馈的信息,向所述自主作业控制系统发送遥操作指令,由所述自主作业控制系统根据所述遥操作指令对所述机器人系统的工作状态进行控制。

5. 根据权利要求4所述的电力线路综合维护轻便型机器人系统,其特征在于,所述机器人系统还包括:

无线数据通信系统,用于将所述传感器采集的视频信息无线传输给所述远端地面控制系统,以及将所述远端地面控制系统的控制命令无线传输给所述自主作业控制系统。

6. 根据权利要求1所述的电力线路综合维护轻便型机器人系统,其特征在于,

所述控制组件,还用于当所述机器人处于初始作业的上线过程以及脱离作业的下线过程时,控制所述抱爪处于张开状态。

7. 一种电力线路综合维护轻便型机器人系统的越障方法,其特征在于,所述方法包括:

实时监测电力线路的障碍,根据所述电力线路的障碍情况对所述机器人的工作状态进行控制;

当所述机器人在电力线路上遇到小型障碍时,控制所述机器人的抱爪处于抱紧状态,通过所述机器人的棘式轮跨越该小型障碍;

当所述机器人在电力线路上遇到大型障碍时,控制所述机器人的抱爪处于张开状态,等待所述机器人从电力线路上被卸下。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,实时监测电力线路的障碍,根据所述电力线路的障碍情况对所述机器人的工作状态进行控制包括:

由所述机器人自身的自主作业控制系统根据线路模型和传感器反馈信息,控制所述机器人系统的工作状态;或者

由远端地面控制系统根据传感器反馈的信息,向所述自主作业控制系统发送遥操作指

令,并由所述自主作业控制系统根据所述遥操作指令对所述机器人系统的工作状态进行控制。

9. 根据权利要求 8 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

将传感器采集的视频信息无线传输给远端地面控制系统,以及将所述远端地面控制系统的控制命令无线传输给所述自主作业控制系统。

10. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

当所述机器人处于初始作业的上线过程以及脱离作业的下线过程时,控制所述抱爪处于张开状态。

## 电力线路综合维护轻便型机器人系统及其越障方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电力线路日常维护技术领域,特别涉及一种电力线路综合维护轻便型机器人系统及其越障方法。

### 背景技术

[0002] 我国幅员辽阔、地形多变,而且近年极端天气频繁,这都对智能电网的可靠性、安全性提出了更高的要求。保障电网“坚强”、提高智能电网可靠性的重要一环是线路的巡检与维护。

[0003] 现行高压输电线路的运行维护模式多为人工常规作业方式,不仅劳动强度大、工作条件艰苦,而且劳动效率低,特别是在电网穿越高山、大川等特殊地形,以及线路紧急故障、异常气候条件、滑坡、泥石流、冰雪等地质灾害等情况下,线路维护人员要依靠地面交通工具或徒步行走、利用肉眼来巡查电网设施、利用普通工具处理设备缺陷、人工进行覆冰清除、清障等线路作业。

[0004] 国家电网、南方电网统计结果显示,2008年初的冰雪灾害造成36740条10KV及以上电力线路、1743座变电站停运,各电压等级线路杆塔倒塌及损坏97万多基,导致3348万户、1亿多人口停电,对国民经济建设及社会生活造成了严重后果。然而,目前对于输电线路覆冰多采用人工除冰的方法,不但效率低、除冰效果不好,而且作业难度大、容易造成伤亡事故。随着我国国民经济的持续快速发展,这种人工作业方式已经不适应现代化电网建设与发展的需求。“坚强智能电网”急需“坚强”、“智能”的电力巡检和维护方式。

[0005] 基于此,以现代智能技术为基础,研究一种高效的智能维护装备,以实现输电线路的自动日常巡检和紧急处理,进而保障智能电网的“坚强”,具有重要的现实价值和社会意义。为了实现电网的智能化,国内外的科研机构已经对巡线机器人和除冰机器人进行了实验阶段的研究,以实现巡检、除冰、异物清除、质量检查、紧急事故处理等综合作业。

[0006] 巡线机器人的发展大致经历了两个阶段。始于20世纪80年代末的早期巡线机器人没有越障能力,只能在一个档距内运行。这类巡线机器人的代表机型有日本佐藤建设工业株式会社于1993年研制的“架空输电导线损伤自动检测机器人”和加拿大魁北克水电研究院的Serge Montambault等人研制的HQ LineROVer。此外,泰国国王科技大学和日本工业大学于2001年合作研制的“自主巡线机器人”也只能在一个档距内运行、不具备越障能力。此后,加拿大魁北克水电研究院开发的LineScout、日本多家机构合作开发的Expliner等多种机器人可以在一个耐张段内行走,但存在机构复杂、重量大、控制难度大等缺点。

[0007] 从上世纪末开始,国内也对巡检机器人进行了大量的研究和开发。沈阳自动化研究所研制的机器人,通过手臂绕垂直方向的轴线旋转实现越障。山东科技大学、山东大学等研制了三臂巡检机器人由行走驱动装置和柔性摆动臂机构组成。其中行走驱动装置由三个独立的单体(或称为手掌)组成,柔性摆动臂由肩关节、大臂、肘关节、小臂、腕关节和手等部分组成。武汉大学、上海大学、北京航空航天大学、中科院自动化研究所等也进行了巡线机器人的研究。北京国网富达科技发展有限责任公司也在线航两栖机器人方面做了大量了

研究。

[0008] 上述巡线机器人中,具有越障能力的,一般结构尺寸大、质量大、实用性差;不具备越障能力的,其巡线作业范围则受到极大限制。目前仍没有十分成熟、可靠的产品可用。

[0009] 国内外对输电线路覆冰的除冰技术和装置的开发也相当重视,先后提出了 30 余种除冰技术,其中只有 7 种方法通过了防冰或除冰检验(4 种为热力法,3 种为机械法)。根据工作原理,这些除冰技术可归纳为 4 类:热力除冰法、机械除冰法、自然被动法和其他方法,应用最多的是热力除冰和机械除冰两种方式。热力除冰方法虽然除冰效果好,但是采用的融冰技术耗费的成本较高,能耗比机械除冰方法高出 100 多倍,并且有的需要增加线路负荷,还有的线路不便进行融冰,因此,热力融冰方法存在一定的弊端。而采用能耗低的机械碰撞除冰法,其效果比热力除冰法要高出 30 ~ 100 倍,其成本也远远低于热力融冰。

[0010] 已知的除冰机器人包括:加拿大魁北克水电局研制出一种手动牵拉滑轮除冰装置,通过操作人员在地面拉动牵引绳,使滑轮沿着导线除冰方向运动,利用滚轮上前端的刀片将冰破坏;为克服手动牵拉滑轮除冰装置的不足,加拿大魁北克水电局还研制出一种远程遥控紧凑型电车除冰装置,但该装置无越障能力;此外,美国 Roger Hansen 于 2001 年发明了一种架空输电线路振动除冰装置,该装置为可控电子机械式振动器,半永久性安装于导线上,冰雪传感器安装于传感器附近,振动器通过一个安装于附近的电流变压器驱动;进入 21 世纪,随着线路覆冰现象的增多,国内对输电线路除冰的研究也在增多,例如山东电力科学研究院的非越障除冰机器人、中国科学院自动化所研制的多臂除冰机器人系统、哈尔滨工业大学的小型单导线除冰机器人等。

[0011] 然而,已有的机器人平台大都处于科研和实验室阶段,离实际应用还有一段距离,在越障结构、工作电源、线路检测技术、多传感器集成及融合技术等方面尚有很多需要解决的问题。已有的电力线路机器人系统或者不能越障,或者能够越障但是机构过于复杂、质量过重、不便于到达作业现场和上、下线操作。而电力线路的现实状况是大障碍较少、小障碍很多,现有机器人实用性难于保障。

## 发明内容

[0012] 针对现有技术的缺陷,本发明实施例提供一种电力线路综合维护轻便型机器人系统及其越障方法,该系统采用独特的棘轮结构以及越障模式,能够应付电力线路上的大量小障碍,结构简单而实用。

[0013] 为了实现上述目的,本发明实施例提供一种电力线路综合维护轻便型机器人系统,所述机器人系统包括:行走组件和控制组件;所述行走组件包括:棘式轮和抱爪;所述棘式轮,用于在电力线路上行走;所述抱爪,用于接收控制组件的控制,在抱紧与张开状态之间进行切换;所述控制组件,用于当所述机器人在电力线路上遇到小型障碍时,控制所述抱爪处于抱紧状态,通过所述棘式轮跨越该小型障碍;当所述机器人在电力线路上遇到大型障碍时,控制所述抱爪处于张开状态,等待所述机器人从电力线路上被卸下。

[0014] 所述机器人系统还包括:主框架,连接所述行走组件和所述控制组件。

[0015] 所述机器人系统还包括:机械除冰组件,位于所述机器人的前端,在所述控制组件的控制下旋转敲击电力线路除冰。

[0016] 所述控制组件包括:自主作业控制系统和远端地面控制系统;所述自主作业控制

系统,用于根据线路模型和传感器反馈信息,自主控制所述机器人系统的工作状态;所述远端地面控制系统,用于根据传感器反馈的信息,向所述自主作业控制系统发送遥控指令,由所述自主作业控制系统根据所述遥控指令对所述机器人系统的工作状态进行控制。

[0017] 所述机器人系统还包括:无线数据通信系统,用于将所述传感器采集的视频信息无线传输给所述远端地面控制系统,以及将所述远端地面控制系统的控制命令无线传输给所述自主作业控制系统。

[0018] 所述控制组件,还用于当所述机器人处于初始作业的上线过程以及脱离作业的下线过程时,控制所述抱爪处于张开状态。

[0019] 为了实现上述目的,本发明实施例还提供一种电力线路综合维护轻便型机器人系统的越障方法,所述方法包括:实时监测电力线路的障碍,根据所述电力线路的障碍情况对所述机器人的工作状态进行控制;当所述机器人在电力线路上遇到小型障碍时,控制所述机器人的抱爪处于抱紧状态,通过所述机器人的棘式轮跨越该小型障碍;当所述机器人在电力线路上遇到大型障碍时,控制所述机器人的抱爪处于张开状态,等待所述机器人从电力线路上被卸下。

[0020] 实时监测电力线路的障碍,根据所述电力线路的障碍情况对所述机器人的工作状态进行控制包括:由所述机器人自身的自主作业控制系统根据线路模型和传感器反馈信息,控制所述机器人系统的工作状态;或者由远端地面控制系统根据传感器反馈的信息,向所述自主作业控制系统发送遥控指令,并由所述自主作业控制系统根据所述遥控指令对所述机器人系统的工作状态进行控制。

[0021] 所述方法还包括:将传感器采集的视频信息无线传输给远端地面控制系统,以及将所述远端地面控制系统的控制命令无线传输给所述自主作业控制系统。

[0022] 所述方法还包括:当所述机器人处于初始作业的上线过程以及脱离作业的下线过程时,控制所述抱爪处于张开状态。

[0023] 本发明实施例提供的电力线路综合维护轻便型机器人系统及其越障方法,改变以往相同功能机器人或者不能越障或者能越障但是体形庞大、重量较重的缺点,革新以往机器人所有障碍均尝试越过的的方法,在越障性方面选择越过占大多数的小型障碍,而放弃耐张塔等大型障碍,取得越障性和重量之间的平衡,从而使机器人的实用性大大提高。

#### 附图说明

[0024] 图 1a 为本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统在线行走时的主视图;

[0025] 图 1b 为本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统在线行走时的侧视图;

[0026] 图 1c 为本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统在线行走时的俯视图;

[0027] 图 2a 为本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统处于线下模式时的侧视图;

[0028] 图 2b 为本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统处于线下模式时的主视图;

[0029] 图 2c 为本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统处于线下模式时的立体图；

[0030] 图 3 为本发明实施例电力线路综合维护轻便型机器人系统的越障方法流程图。

### 具体实施方式

[0031] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明权利要求保护的范围。

[0032] 本发明实施例将机器人技术应用于电力输电线路的综合维护，提出了一种电力线路综合维护轻便型机器人系统及其越障方法。该机器人系统既可以根据程序自主运行，又可以通过无线网络将采集到的各种信息传输到远端地面控制系统，并接受远端地面控制系统的遥控指令，进行交互式操作，机械部分都以模块化设计为原则，方便快捷，体现出轻便型小型综合维护机器人的实用性。

[0033] 本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统主要包括：行走组件、机械除冰组件、自主作业控制系统、电源供给及管理系统、视频采集及无线数据通信系统、远端地面控制系统，以及巡线模块等多个功能部件。

[0034] 图 1a 为本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统在线行走时的主视图，图 1b 为本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统在线行走时的侧视图，图 1c 为本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统在线行走时的俯视图。

[0035] 如图 1a-图 1c 所示，该系统包括：机械除冰组件 1、棘式轮 2、抱爪 3、主框架 4，以及控制柜 5。其中：棘式轮 2 和抱爪 3 共同构成行走组件；自主作业控制系统、电源供给及管理系统、视频采集及无线数据通信系统、远端地面控制系统，以及巡线模块等都可以位于控制柜 5 中。

[0036] 本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统的工作原理如下：

[0037] 1、机器人的行走组件包括棘式轮 2 以及抱爪 3。正常行走时，抱爪 3 处于抱紧状态，由于棘式轮 2 的每个齿轮之间有固定间隔，因此可以通过棘式轮 2 来跨越小型障碍；当遇到大型障碍时，抱爪 3 处于张开状态，等待工作人员将该机器人从电力线路上卸下；当机器人要再次放置于电力线路时，抱爪 3 也是处于张开状态，直到开始行走，抱爪 3 才会抱紧。

[0038] 2、对应于该行走组件的结构，该机器人的工作模式包括：线上行走模式、越障模式，以及下线模式。

[0039] A、线上行走模式是机器人的正常工作模式。在该模式下，机器人正常进行巡检或者维护作业；

[0040] B、越障模式是当机器人遇到线上小型障碍时的作业模式。针对线路上的一些小的障碍物，如（预搅丝等），机器人利用棘式轮 2 直接越过。而不需要采用现有机器人那样的复杂越障结构。

[0041] C、下线模式是当机器人遇到巨大的非可越障碍时的作业模式，同时也是该机器人初始作业的上线过程和脱离作业的下线过程。处于该模式时机器人张开抱爪 3，等待其操作

员或其他设备操作。

[0042] 图 2a 为本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统处于线下模式时的侧视图 ;图 2b 为本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统处于线下模式时的主视图 ;图 2c 为本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统处于线下模式时的立体图。

[0043] 3、机器人线路故障检测技术。可以利用可见光、红外线,以及紫外线成像检测技术,实现对各种故障的检测、记录、故障点定位等。当前,线路故障检测可以通过图像识别或无伤探测来实现,从而达到对线路故障进行检测。机器人沿地线行走,同时观察多条导线的方式可以提高巡检效率。此外,机器人可以安装多个摄像机,从不同视角采集视频信号,并通过无线视频通信系统实时传输到地面控制器,实现对线路及周边情况的观测。

[0044] 4、采用人机交互的遥操作和自主控制相结合的控制方案是实现机器人可靠应用的基本条件之一。通过线路模型和传感器相结合的自主越障控制模式,解决自主越障控制问题 ;根据视频及其他传感器反馈的信息,可以从远端地面控制系统发送遥操作指令,人工干预机器人的动作 ;通过将通讯方法利用微波及数传实现视频和控制指令的无线传输。

[0045] 5、机器人的无线视频通信及无线数据通信系统。无线通信系统除了将视频信号传输到地面控制器,还负责双向数据通信,即将机器人状态数据传输到地面以及将地面控制器发送的遥操作指令发送到机器人控制器。

[0046] 6、该机器人的各个部件采用模块化设计。各模块重量轻,可利用无人机吊装上下线,也可人工背负爬塔上下线 ;棘式轮行走机构能够增加轮与导线之间的摩擦力,模块化设计、一体成型,可快速、方便地组装出一个小型综合维护机器人作业系统。轻便型小型综合维护机器人设计采用快速块化模块化作业部件,还能够快速安全的与其它模块转接,例如模块化单旋翼飞行系统,从而达到机器人利用的效率最大化。

[0047] 图 3 为基于前述实施例的机器人系统结构所采用的越障方法流程图。如图 3 所示,该方法包括 :

[0048] S301、实时监测电力线路的障碍,根据所述电力线路的障碍情况对所述机器人的工作状态进行控制 ;

[0049] 具体地, S301 包括 :由所述机器人自身的自主作业控制系统根据线路模型和传感器反馈信息,控制所述机器人系统的工作状态 ;或者由远端地面控制系统根据传感器反馈的信息,向所述自主作业控制系统发送遥操作指令,并由所述自主作业控制系统根据所述遥操作指令对所述机器人系统的工作状态进行控制。

[0050] S302、当所述机器人在电力线路上遇到小型障碍时,控制所述机器人的抱爪处于抱紧状态,通过所述机器人的棘式轮跨越该小型障碍 ;

[0051] S303、当所述机器人在电力线路上遇到大型障碍时,控制所述机器人的抱爪处于张开状态,等待所述机器人从电力线路上被卸下。

[0052] 该方法还包括 :当所述机器人处于初始作业的上线过程以及脱离作业的下线过程时,控制所述抱爪处于张开状态。

[0053] 该方法还包括 :将传感器采集的视频信息无线传输给远端地面控制系统,以及将所述远端地面控制系统的控制命令无线传输给所述自主作业控制系统。

[0054] 本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统的有益效果包括 :

[0055] 1、改变以往相同功能机器人或者不能越障或者能越障但是体形庞大、重量较重的缺点,革新以往机器人所有障碍均尝试越过的方法,在越障性方面选择越过占大多数的小型障碍,而放弃耐张塔等大型障碍,取得越障性和重量之间的平衡,从而使机器人的实用性大大提高;

[0056] 2、该机器人的行走轮具有类似坦克履带的棘式轮结构,不同于以往任何机器人的轮胎结构,既能够增加摩擦力,又能不改变构型即可有效而简便的越过小型障碍,从而使机器人的适应性大大增强。

[0057] 3、该机器人的整体设计采用模块化方法,主结构中的棘式轮、抱爪、电源模块、控制组件等均为模块化组件,该设计方法使机器人的维修、养护、升级以及换装不同的作业模块都极为简便。

[0058] 4、该机器人系统中的某些组件可用于其他设备,或者在该机器人中加入其他模块化设备,例如加装模块化单旋翼飞行系统,机器人即升级为单旋翼飞行、线路两用机器人,从而达到机器人利用的效益最大化。

[0059] 综上所述可知,本发明实施例的电力线路综合维护轻便型机器人系统,为输电线路的日常巡检和紧急处理提供了一个良好的平台。该机器人平台可安装不同的功能模块以实现不同的功能:既可以用于日常的线路维护(如线路巡检、异物清除等),也可安装除冰模块用于输电线路的覆冰清除工作,还能用于输电线路架线工程施工质量检查验收等等。

[0060] 该机器人系统能够及时发现输电线路的各种诸多原因引发的潜在危害如:如舞动引起的金具损坏、导线断股、断线、金具松动、导线覆冰等,以往的检测方法用望远镜检测,效率低且人为因素有很多,轻便型综合维护机器人能够避免舞动、覆冰、导线断股、等造成的重大的经济损失和社会影响,保障智能电网安全稳定的运行。

[0061] 该轻便型小型综合维护机器人系统的科研纵深和产业化推广,必将为电力线路的自动巡检、维护和紧急处理,为电力用智能技术的发展,为保障更加稳定、安全、绿色的能源供应,进而为推动社会经济发展、科技创新贡献力量。

[0062] 以上实施例仅用以说明本发明实施例的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明实施例进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明实施例各实施例技术方案的精神和范围。

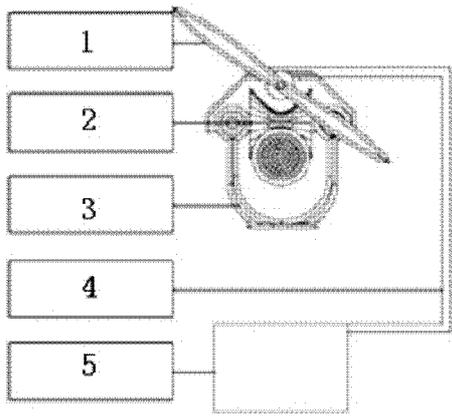


图 1a

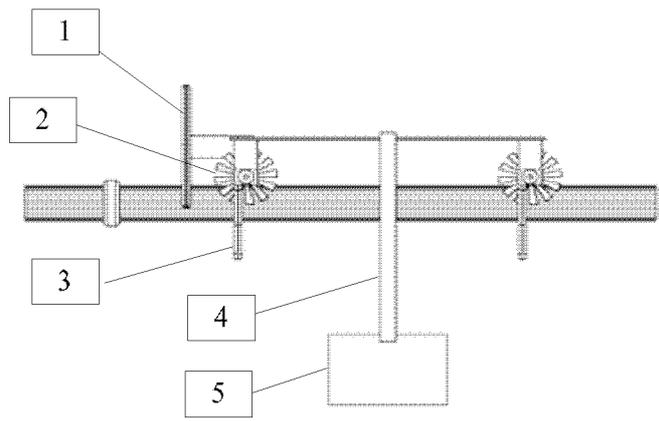


图 1b

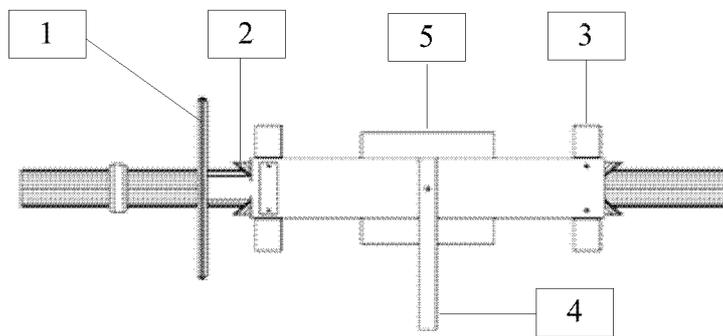


图 1c

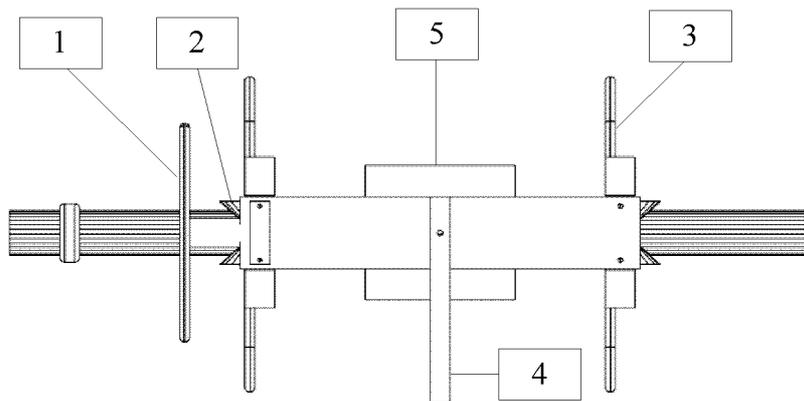


图 2a

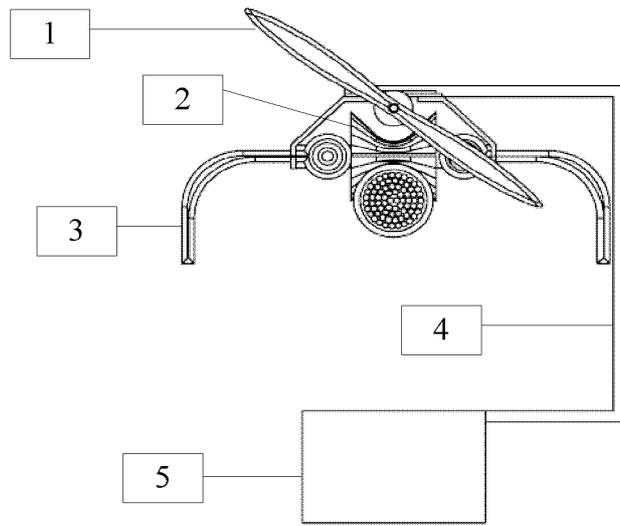


图 2b

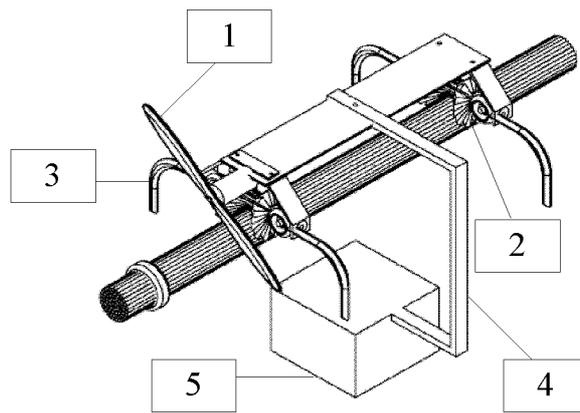


图 2c

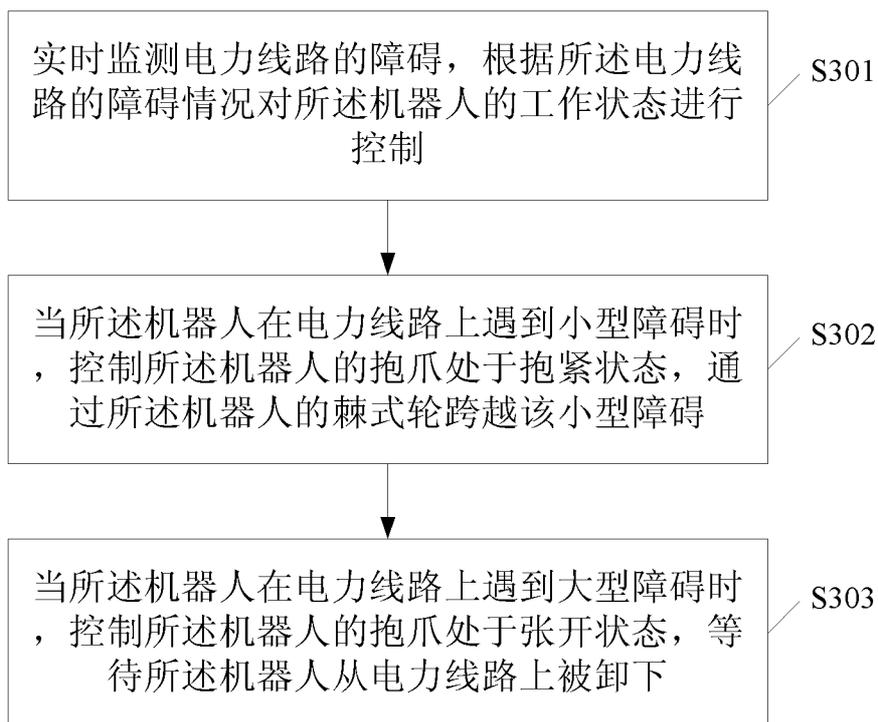


图 3