

高压线路除冰巡检机器人结构设计

王晓蓉¹ 麻桃花² 郭媛媛³ 车路⁴ 张 铨⁵
内蒙古机电职业技术学院 内蒙古 呼和浩特 010070

摘要: 借助新型轻盈材料设计了一款多模块化、结构简易、适用于特殊地形、复杂气候高海拔地区的高压输电线路智能除冰机器人。该机器人借鉴了国内外现有除冰装置的设计理念,深入分析了多数除冰装置的优缺点。首先定位杆对转动轮的固定随后蜗轮蜗杆的传动带动螺杆转动进行移动和除冰,之后破碎辊对大块冰进行破碎,改进了现有除冰装置结构复杂、体积庞大的缺点,提高了高压输电线路除冰过程中的可靠性和安全性。详细讨论除冰机器人的结构设计、工作原理以及在实际应用中的潜在优势。

关键词: 高压输电线路; 除冰; 机器人

中图分类号: N34

引言

党的二十大报告强调,确保能源安全,提高防灾减灾处置保障能力水平直接关系到社会的稳定与经济安全,近年来输电线路覆冰对世界各国均造成过巨大危害。当覆冰积雪产生的挂冰载荷超过一定的极限值,会使杆塔倒塌令供电中断,危及输电安全,造成较大的经济损失。因此及时高效地去除高压输电线路覆冰对保障电力的安全供应具有重要意义。

1 除冰装置研究背景

上世纪,世界各国对输电线路除冰已经开始了研究,并取得了一定的成效。已有的除冰方法有:机械除冰法、热力融冰法、化学涂料法、声波振动法和被动除冰等。传统的除冰方法存在许多弊端。^[1]

1988年,日本东芝公司与东京电力公司研制出架空地线巡检机器人。1989年,TRC公司研制了一款多臂自主控制巡线机器人。1991年日本研制一款多关节蛇形巡检机器人。^[2]1993年,日本佐藤公司研制了一台输电线探伤巡检机器人。2000年,加拿大水电研究中心首次提出HQ LineROVer除冰机器人应用到电力系统中。2001年,泰国研制了一台自取电的巡线机器人。2017年,美国研制了一台轻量化的双臂巡线机器人Tarzan。

国内对于电力除冰机器人是1990年后期开始进行研发。^[3]1998年,华中科技大学与武汉大学合作研制出了一

款自动巡线小车。2002-2007年,中国科学院自动化所国家重点实验室和中国科学院沈阳自动化研究所相继开展了对于架空高压线路巡线机器人和除冰巡检机器人的研究。2008年山东电科院先后研制架空输电线路除冰机器人,2015年沈阳航空航天大学开发了有效越障的三臂结构高压线巡检机器人。

2 除冰装置总体方案设计

虽然已有的高压线路除冰机器人研究已经取得了很大的进步,但是相关机器人结构复杂、庞大沉重、除冰工作效率低,不能很好地适应我国复杂气候、特殊地理位置高压线路的普遍应用。^[4]针对此,我们提出了一种可悬挂式除冰机器人。该机器人由夹紧模块、行走模块、除冰模块以及碎冰模块四大部分组成。夹紧模块由夹持轮的转动使其固定在高压线路上,行走模块通过使蜗轮蜗杆的啮合传动带动两个螺杆进行行走使除冰机器人能够双向移动,除冰模块通过除冰轮的转动可以带动装置在高压线上进行移动,从而对高压线上的结冰进行充分清理,碎冰模块通过破碎辊的转动对进入机器人主体内部的冰块进行二次破碎,避免除冰辊在清除结冰过程中结冰体积较大并在掉落的过程中砸伤路人的情况发生。除冰机器人的结构组成如图1所示。

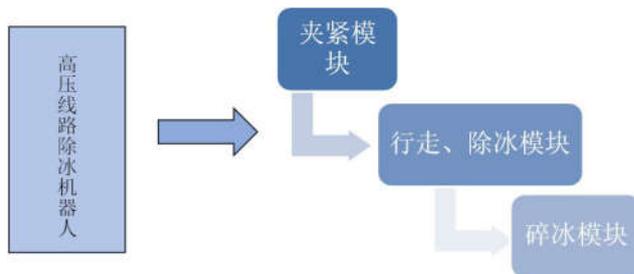


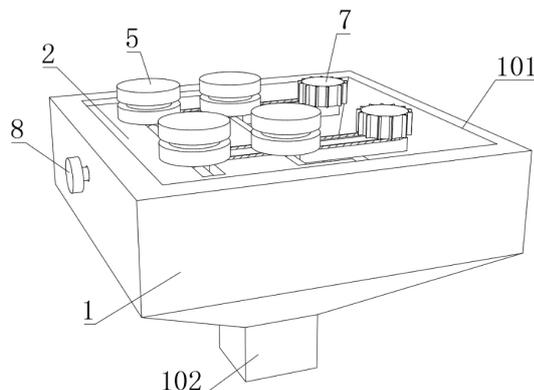
图1 除冰机器人的组成

作者简介: 王晓蓉(1980-)女,内蒙古人,副教授,研究方向:电气自动化。

麻桃花(1976-)女,内蒙古人,教授,研究方向:计算机

基金项目: 电力线路除冰巡检机器人设计与应用研究(编号:NJDZR2308)

由于要在特殊地形、复杂气候高海拔地区的高压线路上进行除冰。高压线路除冰机器人必须结构简单、除冰装置轻盈便于携带还要自保安全措施的同时不伤害到工作人员,^[5]为满足上述要求除冰机器人采用悬挂式设计,本文重点介绍除冰机器人各个结构部分。其整体结构如图2所示。



1- 机器人主体; 101- 空腔; 102- 排放口;
2- 安装板; 5- 夹持轮; 7- 除冰辊; 8- 转动杆

图2 整体结构示意图

该机器人主体(1)底部设有排放口(102),机器人主体的内部顶端靠近与其左侧内壁上固定有安装板(2),安装板的底部位于排放口正上方设有破碎组件,安装板上开设有两道互相平行的活动槽(201),两个活动槽内均设有螺纹杆(3),螺纹杆上左右两侧均套设有活动块(4),活动块上设有夹持轮(5)。该结构的机器人操作简单,使用方便,能够充分且快速的清除高压线上的覆冰,同时,对落入机体内的大冰块进行破碎处理,大大提高除冰的效率,保证了人员安全。

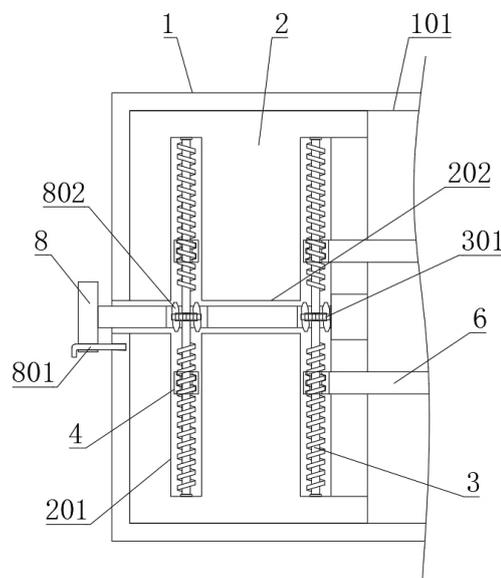
2.1 夹紧模块设计

夹紧模块结构如图3所示。夹紧模块包括转动杆(8)连接的两个滑槽内均装有蜗杆(802),两个活动槽内装有螺纹杆(3),在蜗杆两侧安装涡轮(301),涡轮与蜗杆啮合,通过转动转动杆可以带动蜗杆进行转动,并在蜗杆与涡轮的啮合传动作用下带动螺纹杆进行转动,从而对螺纹杆上的活动块(4)的位置进行调节,使其可以相向或异向移动,从而对夹持轮(5)的位置进行调节,便于机器人在高压线路上的安装,随后通过定位杆(801)对转动杆进行定位,提高装置在高压线路上的稳定性和可靠性,通过涡轮与蜗杆的啮合传动,传动效率高,操作简单,使用方便。

2.2 行走、除冰模块设计

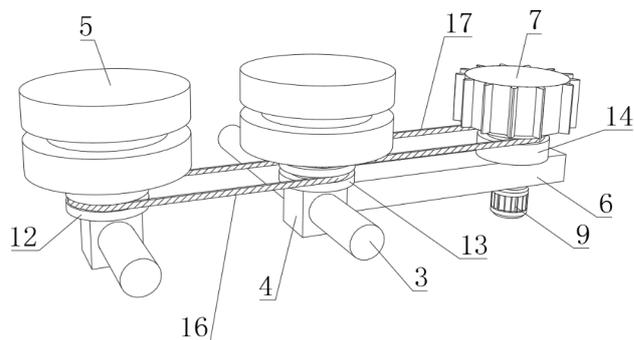
行走、除冰模块结构如图4所示。行走、除冰模块包括三个传动轮(12、13、14)和电机(15)。传动轮

(12、13)与对应的夹持轮的底部固定且与对应的活动块(4)连接,连接杆(6)的上端固定于传动轮(14)底部,其下端固定有电机(9),传动轮(14)的上端固定与除冰辊(7)底部,同时传动轮(12、13)通过皮带(16)连接,皮带(17)连接传动轮(13、14)。系统供电之后,电机(9)带动传动轮(14)转动,从而带动除冰辊进行工作,实现对高压输电线路除冰,与此同时,在两个皮带传动作用下带动传动轮(12、13)进行转动,从而使相互配合的左右两侧夹持轮转动,最终带动机器人装置移动除冰。



1- 机器人主体; 2- 安装板; 3- 螺纹杆; 4- 活动块;
6- 连接杆; 8- 转动杆; 101- 空腔; 201- 活动槽;
202- 安装槽; 301- 涡轮; 801- 定位杆; 802- 蜗杆

图3 夹紧模块示意图



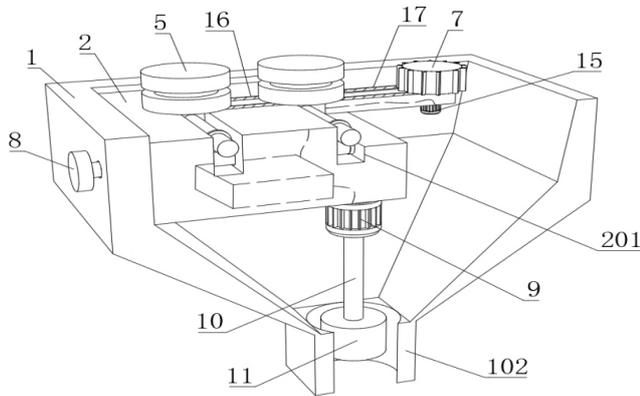
3- 螺纹杆; 4- 活动块; 5- 夹持轮; 6- 连接杆;
7- 除冰辊; 9- 电机; 12- 传动轮a; 13- 传动轮b;
14- 传动轮c; 16- 第一皮带; 17- 第二皮带

图4 行走、除冰模块示意图

2.3 碎冰模块设计

碎冰模块结构如图5所示。碎冰模块由电机(15)、

传动杆（10）和破碎辊（11）三部分组成，其主要功能是将除冰辊清除掉的冰块通过重力作用掉落于除冰机器人装置内部，随着破碎辊的转动将较大的冰块进行二次破碎，然后排出，避免清除冰块体积较大造成安全事故的发生。



1-机器人主体；2-安装板；5-夹持轮；7-除冰辊；
8-转动杆；9-电机；10-传动杆；11-破碎辊；
15-第一电机；16-第一皮带；17-第二皮带；
102-排放口；201-活动槽；

图5 碎冰模块示意图

3 除冰装置工作原理

该除冰装置在使用过程中，依次按照安装、定位、移动除冰和二次碎冰这四个步骤进行工作。首先通过转动杆的转动，带动螺纹杆两侧的活动块进行双向移动，实现机器人装置的安装或拆除，之后通过调节定位杆来固定转动杆的位置实现定位，保障了机器人装置在高压输电线路上的稳定性。然后进入移动除冰步骤，启动第

二电机工作，随着电机的启动带动传动轮（14）和除冰辊转动，清除高压输电线路上的覆冰，同时，传动轮（12、13）和夹持轮在两个皮带的传动作用下带动机器人装置在高压输电线路移动，实现移动除冰。最后为了防止清除的冰块体积较大在掉落的过程中发生安全事故，从而通过驱动第一电机的来带动破碎辊对掉落冰块进行二次破碎。完成了整个工作过程。

结论

本文所设计的适用于高海拔地区，特殊地理位置与气候环境多变化的多模块化除冰装置，减轻除冰装置重量便于进行悬挂，适用于各种环境条件下的除冰工作。整个除冰过程安全高效，无需工作人员携带除冰工具。改善工作条件，降低工作风险。进一步提高除冰装置的除冰效率，同时实现节能除冰。

参考文献

[1]庄红军.杨永谦.陈友坤.输电线路双向除冰机器人系统设计[J].自动化与仪器仪表, 2020(10): 141-144.
[2]易其泽.输电线路主动防冰-除冰机器人控制系统研究[D].四川:西南交通大学2020.
[3]王耀南.魏书宁.印峰.杨易旻.谭磊.曹文明.输电线路除冰机器人关键技术综述[J].机械工程学报,2011,47(23):1-2.
[4]王聪.张晓龙.谢晓全.吴张永.线路除冰装置的机构设计与仿真分析[J].农业装备与车辆工程, 2022.60(03):67-72
[5]侯文琦.王剑.马宏绪.刘建平.输电线路除冰机器人机构设计与动力学仿真[J].机械与电子, 2009(10): 53-55