

电缆除冰机器人的智能化探索运用

李春轩¹ 王子琪²

1. 晋中学院 物理与电子工程系, 山西 晋中 030619

2. 晋中学院 经济管理系, 山西 晋中 030619

摘要: 随着全球气候变化的加剧, 极端天气事件频发, 电缆覆冰现象已成为影响电力传输和电网安全运行的重要问题。传统的电缆除冰方法往往依赖大量人工, 效率低下且存在安全风险。在此背景下, 电缆除冰机器人的研发与应用逐渐成为解决这一问题的关键途径。本文围绕除冰机器人及其智能代替人工的技术优势, 深入探讨了电缆除冰机器人的工作原理、关键技术、应用场景及未来发展趋势, 旨在为推动电力行业的智能化进程提供参考。

关键词: 除冰机器人; 自动化; 自动除冰

1 智能电缆除冰小机器人的战略背景

习近平总书记曾指出: “领导干部要胸怀二个大局, 一个是中华民族伟大复兴的战略全局, 一个是世界百年未有之大变局, 这是我们谋划工作的基本出发点。” 我们必须更加敏锐了解中华民族伟大复兴战略及其全局演变以及同世界前所未有之重大变局的内在关系, 进一步提高全球机遇意识和风险意识, 善于在巨大风险中发育其优势、在重大变局中国和开曼群岛创新局, 把工作重心聚焦于完成在“十四五”规划中提出的形成国民经济崭新发展局面的所有目标方面^[1]。

时代背景电缆除冰作为电力系统维护的重要环节, 直接关系到电网的稳定运行和电力供应的可靠性。传统的人工除冰方法不仅效率低下, 且对工人生命安全构成威胁。随着科技的进步, 特别是机器人技术和人工智能的快速发展, 电缆除冰机器人应运而生, 为电力行业带来了革命性的变革。除冰机器人凭借其高效、安全、智能等优势, 正在逐步取代传统的人工除冰方式, 成为未来电缆除冰的主要手段。

2 除冰机器人概述

2.1 定义与分类

除冰机器人是一种专为清除电力线、公路或其他结构上的冰雪而设计的自动化设备。它们通常配备有传感器、执行机构和控制系统, 能够在恶劣天气条件下自主或遥控进行除冰作业, 以保障交通安全和电力设施的稳定运行。根据应用场景和功能特点, 除冰机器人可分为多种类型, 如高压线路除冰机器人、风电叶片除冰机器人等。本文重点讨论的是智能电缆除冰机器人, 特指应用于电力传输线路上的除冰机器人。

2.2 工作原理

电缆除冰机器人的工作原理主要依赖于机械力、热能或综合多种除冰方式。机械除冰方式通过旋转刀具、振动器或碾压轮等机械装置直接作用于覆冰, 使其破碎脱落。热能除冰方式则利用热风、电热丝或微波加热等手段提高电缆表面温度, 使覆冰融化脱落。部分高端除冰机器人还融合了智能控制技术, 通过视觉识别、无线控制等技术实现自主导航、精准除冰和实时监测^[2]。

2.3 实施思路

项目确立前重点任务就是学习与设计除冰机器人的相关专业知识, 项目初期要考虑项

目的可行性、预算成本、机器人的外观造型以及机器人的操作难度。本项目致力于能够解放除冰工人的劳动力，减少他们的工作难度和工作量。在设计过程中需要考虑机器人的成本，成本必须适中。在设计好合理的外观造型之后即可购买原材料进行组装。组装好之后即可投放在学校周边试运行，检测机器人的不足，及时地进行改进。在最终答辩结束后根据相关建议再次进行改进，改进完成后即可与相关厂家联系进行投产。机器人投产后除冰工人即可通过机器人进行远程操控，从而安全且高效地工作。

3 关键技术分析

3.1 除冰技术分析

机械除冰技术是电缆除冰机器人应用最为广泛的技术之一。该技术通过设计精巧的除冰装置，如旋转刀具、振动器和碾压轮等，实现对电缆表面覆冰的高效清除。除冰装置的设计需考虑到电缆的材质、直径、覆冰厚度及形状等因素，以确保除冰过程中不损伤电缆本体。同时，为了提高除冰效率和质量，还需配备精确的控制系统和传感器，以实现除冰装置的精准控制和实时监测。

智能电缆除冰技术是指应用于电力电缆除冰作业的一系列自动化和智能化技术。这些技术旨在提高除冰效率，降低劳动强度，并确保作业人员的安全。随着技术的发展，现代的智能电缆除冰系统通常集成了多种传感器、执行器、控制系统以及能源管理系统，以实现自主导航、精确除冰和长期作业能力。

智能除冰小机器人通常具有以下技术特点：

自主导航：机器人能够在无外部干预的情况下，根据预设程序或实时数据自主导航至指定的电缆除冰位置。

精确除冰：机器人配备的除冰机构能够有效地去除电缆表面的冰层，可能包括机械摩擦、热融或其他物理化学方法。

环境适应性：机器人设计考虑到不同的气

候和地理环境条件，能够在恶劣天气中稳定工作^[3]。

能量自给：一些机器人设计采用太阳能或其他可再生能源作为辅助电源，以延长在无外接电源区域的作业时间。

远程监控与控制：机器人可以通过无线通信技术实现远程监控和控制，便于操作人员随时了解机器人状态和作业进展^[4]。

根据最新的搜索结果，有关智能电缆除冰的技术正在不断进步：

苏州光声纳米科技有限公司申请的“一种电线自动除雪除冰机器人”专利展示了一种能够直接从电线获取电能，并根据气候条件自动启停的机器人，这种机器人具有上下分体结构，便于部署和回收。中国葛洲坝集团电力有限责任公司取得的“用于输变电路的智能除冰装置”专利提供了一种无需工作人员攀爬即可对线路进行清除的装置，通过固定支架、伸缩块、约束轴和移动组件等组成的清除组件实现，减少了劳动强度并提高了作业安全。

这些最新的技术和产品表明，智能电缆除冰技术正朝着更高度的自动化、智能化和环境适应性发展。随着这些技术的商业化和普及，未来的电缆除冰作业将更加高效和安全。

3.2 智能控制技术

智能控制技术是电缆除冰机器人实现自主导航、精准除冰和实时监测的关键。该技术融合了机器视觉、路径规划、无线通讯和数据处理等多种先进技术。通过视觉识别技术，机器人能够准确识别电缆表面的覆冰情况；通过路径规划技术，机器人能够自主规划除冰路径并避开障碍物；通过无线通讯技术，机器人能够与地面控制中心实时交互信息；通过数据处理技术，机器人能够对采集到的数据进行分析处理并生成除冰报告^[5]。

智能电缆除冰小机器人的智能控制技术通常涉及多种传感器、执行机构、控制算法以及人机交互界面。这些技术的集成使得机器人

能够在不同的气候条件下自动识别冰情、定位和执行除冰任务，同时最大限度地减少人工干预和提升作业效率。智能控制技术在这些机器人中的应用可能包括使用先进的传感器来感知环境温度、湿度、风速等，以及电线上的冰层厚度；使用机器学习和人工智能算法来优化除冰路径和方法；以及通过无线通信技术实现远程监控和控制。

3.3 能源与动力系统

能源与动力系统是电缆除冰机器人正常运行的基础。根据应用场景和作业需求的不同，除冰机器人可采用电池供电、太阳能供电或有线供电等多种方式。电池供电方式具有灵活便捷的优点，但续航能力有限；太阳能供电方式环保节能但受天气影响较大；有线供电方式则能保证长时间连续作业但存在线路布置复杂的问题。动力系统方面，除冰机器人多采用电机驱动方式，通过减速器、联轴器等传动装置将电机的动力传递给除冰装置。

智能电缆除冰小机器人的设计旨在解决高压输电线在冬季覆冰对线路造成的威胁，提高除冰效率，降低劳动强度，并保障工作人员的安全。这些机器人通常集成了先进的能源管理系统和智能控制技术，以适应恶劣的环境条件和复杂的地形。

智能电缆除冰小机器人的能源供应通常来自于其自身携带的电池或通过太阳能板等可再生能源系统。例如，有的除冰机器人设计为能够直接从输电线上获取电能，这样可以延长机器人的工作时间，减少外部充电的需求。此外，机器人可能还配备了能量回收系统，如刹车能量回收系统，以提高能源利用效率。

控制系统是智能电缆除冰小机器人的核心，它负责机器人的导航、除冰操作以及与其他系统的通信。现代的除冰机器人控制系统可能采用递阶式架构，将机器人的各种功能实现进行分层级划分，以便更有效地处理任务的重点与难点。控制系统还可能集成机器学习算法

和人工智能技术，以实现自我优化和决策制定，提高除冰效率和适应性。

智能电缆除冰小机器人的设计还考虑了机器人的机动性和多功能性。例如，一些机器人设计为涵道式，可以在输电线路上方飞行，并通过伸缩机构跨越障碍物，实现长距离破冰工作。此外，机器人的除冰装置可能包括多种机制，如超声波振动除冰、热融冰或机械破冰，以适应不同类型的覆冰条件。

智能电缆除冰小机器人的能源与控制技术是一个多学科交叉的领域，涉及电气工程、机械工程、控制理论、人工智能和材料科学等。随着技术的不断进步，未来的除冰机器人预计将具有更高的智能化水平、更强的环境适应性和更优的能源效率。

4 应用场景与案例分析

4.1 应用场景

电缆除冰机器人广泛应用于各类电力传输线路和风电场等场所。在电力传输线路方面，除冰机器人可用于清除高压线路、中压线路和低压线路上的覆冰；在风电场方面，除冰机器人可用于清除风电叶片上的覆冰以防止因重量增加导致的设备损坏和发电量下降。

4.2 案例分析

以某电力公司在新化 10 千伏温大线神仙岭支线进行的除冰作业为例。面对高寒山区恶劣的低温雨雪天气和迅速发展的线路覆冰情况，该公司采用了配电移动融冰装置与带电除冰机器人相结合的除冰方案。除冰机器人通过机械手臂击碎线路覆冰实现了高效除冰作业。整个作业过程历时 4 小时成功完成了融冰任务保障了配网线路的稳定运行。

5 未来发展趋势

5.1 技术创新

随着科技的不断发展，电缆除冰机器人技术将不断创新和完善。未来除冰机器人将更加

智能化、自动化和多功能化。例如通过引入深度学习等人工智能技术实现更精准的视觉识别和路径规划；通过优化除冰装置和传动系统提高除冰效率和质量；通过增加巡检、维护等功能实现一机多用等。

智能电缆除冰小机器人在技术创新方面需要紧跟市场需求和技术发展趋势，加强技术融合与创新，推动产业链协同发展，同时注重人才培养和团队建设。通过这些策略的实施，可以不断提升产品的性能和竞争力，为电力行业和基础设施维护领域提供更加高效、智能的解决方案。

5.2 应用拓展

电缆除冰机器人的应用范围将不断拓展。除了传统的电力传输线路和风电场外还将逐渐拓展到更多领域如铁路电力线路、通讯基站等。同时随着技术的进步和成本的降低除冰机器人将逐步向家庭和商业用户普及为更广泛的用户提供便捷的除冰服务。

智能电缆除冰小机器人聚焦于拓展应用

场景、提升用户体验和推动产业协同发展。通过这些策略的实施，可以不断提升产品的市场竞争力和应用价值，为电力行业和基础设施维护领域提供更加高效、智能的解决方案。

5.3 标准与规范

随着电缆除冰机器人技术的不断成熟和应用范围的扩大相关标准和规范也将逐步完善。通过制定统一的技术标准和安全规范可以确保除冰机器人的质量和安全性提高整个行业的技术水平和市场竞争力。

结语

电缆除冰机器人作为智能代替人工的创新产物在电力行业具有重要的应用价值和发展前景。通过深入研究其工作原理、关键技术、应用场景及未来发展趋势可以为推动电力行业的智能化进程提供有力支持。未来随着技术的不断创新和应用领域的不断拓展电缆除冰机器人将成为电力行业不可或缺的重要工具为实现安全、高效、绿色的电力供应贡献力量。

参考文献

- [1]肖坚星,王天海,王宁,李顺达,李寒,张漫. 农业机器人障碍物检测与避障技术研究进展[J]. 农业工程学报, 2025, (4): 123-125.
- [2]邢钦淞,丁素明,薛新宇,崔龙飞,乐飞翔,李鹰航. 智能田间除草机器人发展现状研究[J]. 中国农机化学报, 2023, (8): 179-187.
- [3]林欢,许林云. 中国农业机器人发展及应用现状[J]. 浙江农业学报, 2023, (5): 158-164.
- [4]郭亚奎. 基于 ARM 的嵌入式码垛机器人控制系统的设计与实现[D]. 中国优秀硕士学位论文全文数据库, 2022-02
- [5]毕竟,刘俊. 结合 DC-A*与 FE-DWA 的巡检机器人路径规划方法[J/OL]. 计算机工程与应用, [2025-05-12] 1-16.

作者简介:李春轩(2004—),男,汉族,山西晋中人,晋中学院物理与电子工程系2022级电子科学与技术2202班本科生;

王子琪(2006—),女,汉族,山西忻州人,晋中学院经济管理系财务管理2022级01班本科生。

基金项目:本文系2024年度晋中学院大学生创新创业训练项目(项目级别:国家级,项目名称:智能电缆除冰小机器人,项目编号:20241156)阶段性研究成果,并受上述基金计划资助。