

高压带电作业机器人系统研制

蒋邦亮¹ 毛敏纳²

中数智科(杭州)科技有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 高压带电作业机器人系统是一种新兴的高压电气作业技术,它利用机器人技术实现了在高电压环境下的带电作业,具有安全性高、效率高、作业范围广等优点,被广泛应用于电力、能源等领域。本文将介绍高压带电作业机器人系统的研制过程,包括系统构成、关键技术和应用前景等方面。

关键词: 高压带电作业; 机器人系统; 系统研制

引言

为提高配电可靠性和带电作业效率,保证带电作业人员人身安全,减低作业劳动强度,针对我国配电线路特点以及带电作业工艺要求,研制了人机协同的带电作业机器人,消除带电作业人员由于相间距离紧凑严重威胁人身安全的隐患,可最大限度减轻作业人员的劳动强度和确保带电作业的安全性。

1 高压带电作业概述

1.1 基本概念

高压带电作业是指在110KV及以上的高电压环境下进行的作业。高电压设备通常包括高压电缆、变压器、开关柜等。操作人员需要具备高压电气设备的操作资格和经验,并遵守相关的安全规定和操作流程。

1.2 技术要求

高压带电作业对操作人员和设备有着较高的技术要求。操作人员需要具备高压电气设备的操作资格和经验,熟悉高压电气设备的结构、原理和性能。在进行高压带电作业前,操作人员需要接受专业培训和考核,并取得相应的资格证书。

在进行高压带电作业时,需要遵守一系列的安全规定和操作流程,如戴上专用的防护装备、遵守工作票制度、检查设备状态、确认安全距离等。此外,在高压带电作业过程中,还需要注意设备的维护和检查,及时发现和处理问题,确保作业过程的安全和顺利进行。

1.3 危险性

高压带电作业具有一定的危险性。操作人员需要严格遵守安全规定和操作流程,避免发生人身事故和设备事故。在高压带电作业过程中,可能会遇到电弧放电、噪音、气味等危险因素,对操作人员的身体健康造成一定的影响。因此,操作人员需要具备较强的心理素质和适应能力,保持良好的身体状态和工作态度。

1.4 高压带电作业的特点

1.4.1 危险性高

高压带电作业是一项高风险的作业,作业人员需要在高电压环境下进行操作,面临着很高的危险性。一旦发生事故,后果往往是灾难性的。因此,高压带电作业需要严格的安全管理和操作规范,确保作业人员的人身安全。

1.4.2 技术要求高

高压带电作业需要操作人员具备丰富的电气知识和专业技能,能够熟练操作高压设备。作业人员需要掌握带电作业的技术要求和安全规范,了解高压电气设备的结构、原理和性能,能够正确判断和处理异常情况。此外,高压带电作业还需要使用先进的设备和技术手段,提高工作效率和安全性。

1.4.3 时间紧迫

高压带电作业通常需要在短时间内完成,时间紧迫。操作人员需要在有限的时间内完成各项任务,并确保工作质量和安全性。因此,高压带电作业需要具备高效率 and 快速反应能力,以应对突发情况和紧急任务。

1.4.4 需要团队协作

高压带电作业通常需要多个操作人员协同完成,需要建立良好的团队协作机制。操作人员需要相互配合,协调一致,及时沟通,处理异常情况,确保工作的顺利进行。

1.4.5 需要严格的安全管理

高压带电作业是一项极其重要的工作,需要严格的安全管理和监督。操作人员需要接受专业培训和考核,并取得相应的资格证书。在作业过程中,需要严格遵守安全规定和操作流程,确保工作质量和安全性。同时,还需要建立健全的安全管理制度,加强安全监督和检查,及时发现和纠正问题,预防事故的发生。

2 高压带电作业机器人系统研制的意义

高压带电作业机器人系统是一种具有自主导航、自主抓取、自主绝缘处理等功能的机器人系统，专门用于高电压领域的带电作业。该系统采用了多种先进技术，包括机器人控制、传感器技术、图像处理技术等，可以在高电压环境下完成带电作业任务，具有高效率、高精度、高可靠性等优点。

2.1 提高工作效率

高压带电作业机器人系统可以在高电压环境下自主完成带电作业任务，相比传统的人工作业，具有更高的效率和更好的安全性。机器人可以在无人值守的情况下进行带电作业，节省了人力成本，提高了工作效率。

2.2 降低人员伤亡风险

高压带电作业机器人系统采用了自主控制和抓取等先进技术，可以在一定程度上减少操作人员的参与，降低了人员伤亡风险。同时，机器人在作业过程中具有更高的稳定性和安全性，降低了操作风险和意外事件的发生率。

2.3 减少安全隐患

高压带电作业机器人系统可以实现自主导航和抓取等功能，避免了人工作业过程中存在的安全隐患，例如操作不当、误操作等问题。同时，机器人在作业过程中可以更加精准地抓取带电体，提高了工作精度和效率。

2.4 推动行业技术进步

高压带电作业机器人系统的研制涉及多个领域的科技创新和应用。它是对传统带电作业技术的延伸和升级，可以推动电力行业和机器人技术的发展和进步。同时，也为其他行业和领域的机器人自主化操作提供了经验和参考。

3 高压带电作业机器人系统的应用背景

随着电力行业的快速发展，对带电作业机器人系统的需求越来越迫切。传统的带电作业需要操作人员进行，存在着人身安全风险和效率低下等问题。而高压带电作业机器人系统的出现，解决了这些问题，提高了带电作业的安全性和效率。高压带电作业机器人系统可以在危险的高电压环境下自主完成作业任务，降低了人员参与带电作业的风险。

4 高压带电作业机器人系统的技术实现

高压带电作业机器人系统主要由机器人本体、传感器模块、控制模块、图像处理模块、电源模块等组成。

4.1 机器人本体

机器人本体是高压带电作业机器人系统的核心部

分，它由机器人底盘、移动装置、传感器和电气系统等组成。机器人底盘采用轮式结构，便于移动和适应不同的地形地貌；移动装置包括可旋转的臂部和支架，能够实现机器人的平移和旋转；传感器包括位置传感器和负载传感器，能够实现机器人的自主定位和负载检测；电气系统包括电源系统、控制系统和电气绝缘装置等，能够提供稳定的电力输入和精准的位置控制。

4.2 传感器模块

高压带电作业机器人的传感器模块是用来采集带电体的状态和位置信息的关键部件，包括高清晰度摄像头、激光雷达、超声波传感器、负荷监测仪等多种传感器。这些传感器可以通过各种方式实现对带电体状态和位置的监测和反馈。传感器模块的性能和精度直接影响到高压带电作业机器人的作业效率和安全性。

4.3 控制模块

高压带电作业机器人的控制模块是用来控制机器人本体的运动和抓取动作的核心部件，包括运动控制系统、感知控制系统、绝缘控制系统等。控制模块需要具备高度的精度和稳定性，能够实现复杂的控制算法和逻辑处理。随着人工智能技术的发展，越来越多的高压带电作业机器人开始采用智能控制系统，通过深度学习和神经网络等技术实现机器人的自主决策和控制。

4.4 图像处理模块

高压带电作业机器人的图像处理模块是用来对采集到的图像进行分析和处理的关键部件，包括图像识别和分析系统、三维重建系统等。通过对图像进行识别和分析，可以判断带电体的类型、位置、状态等信息，为机器人的抓取提供重要依据。图像处理模块的精度和速度直接影响到机器人的反应速度和抓取效率。

4.5 电源模块

高压带电作业机器人的电源模块是用来提供稳定的电力输出的关键部件，包括电池模块、太阳能充电模块等。这些模块需要具备较高的稳定性和耐用性，能够在复杂的高电压环境下长时间运行。同时，还需要考虑到电源模块的重量和体积，以便于机器人的携带和安装。

5 高压带电作业机器人系统设计要点

5.1 主从式操作机械臂设计

主从式操作机械臂设计是一种能够在高电压环境下自主完成带电作业任务的机械臂系统。下面将从分工和协作模式、优缺点、控制系统设计和关键部件测试等方面进行介绍。

在设计主从式操作机械臂时，需要明确其分工和协

作模式。通常情况下，主机器人负责抓取和处理带电体，而从机器人则负责对带电体进行绝缘处理和转移。为了提高作业效率和安全性，主机器人需要具备较强的稳定性和控制能力，而从机器人则需要具备较高的灵活性和适应性。

5.2 专用升降系统设计

主从式操作机械臂设计是一种能够在高电压环境下自主完成带电作业任务的关键设备，其设计的合理性和可靠性对机器人的安全和作业效率起着至关重要的作用。本文将从系统概述、设计原则、系统设计、调试与测试等方面进行介绍。

5.2.1 系统概述

机器人专用升降系统是高压带电作业机器人系统中的重要组成部分，主要用于实现机器人与带电体之间的升降和移动。该系统应具备可靠性高、稳定性好、操作简便等特点，以确保机器人在带电作业过程中的安全性和作业效率。

5.2.2 系统设计

1) 液压系统设计：液压系统是机器人专用升降系统的动力来源，应选择高品质的液压元件，并进行严格的过滤和防爆处理，以保证系统的稳定性和安全性。

2) 电气控制系统设计：电气控制系统是升降系统的控制核心，应采用先进的微控制器和智能传感器，实现对升降过程的实时控制和监测，并能够自动完成故障诊断和报警功能。

3) 机械结构设计：机械结构是升降系统的支撑和执行部分，应根据机器人的工作需求进行合理设计，以确保升降过程的平稳、可靠和安全。

5.3 绝缘防护系统设计

绝缘防护系统设计是一种能够在高电压环境下自主完成带电作业任务的重要装置。在本文中，将重点阐述其设计流程、测试验证及优缺点分析。

在设计流程方面，需考虑任务书、院校沟通、样品制作、仿真分析等环节。其中，任务书明确了设计目标和要求，院校沟通确保设计方案符合要求，样品制作用于验证设计方案的可行性，仿真分析用于优化设计方案。

在测试验证方面，应对整体系统进行测试、对关键部件进行单独测试以及对系统进行联合测试。整体测试包括绝缘防护性能测试、控制系统稳定性测试和外观质量测试；关键部件测试涉及机械结构稳定性和防滑性能；联合测试用于检验整个系统的协同工作能力。

机器人绝缘防护系统的优缺点主要体现在以下几个

方面：优点包括提高了作业效率、降低了人员伤亡风险、提高了工作精度等；缺点则包括研发成本较高、维护成本较高、系统重量较大等。

5.4 工具系统设计

工具系统设计是为机器人在高压电力系统中提供必要工具的一种机械装置。在本文中，将从结构设计、传动设计、防护设计等方面进行介绍。

5.4.1 结构设计

机器人工具系统的结构设计应满足机器人的使用需求，具有良好的操作性和稳定性。在设计过程中，应考虑到工具的存放空间、工具的抓取和释放、工具的调节和锁定等问题。

5.4.2 传动设计

机器人工具系统的传动设计应保证工具的抓取和释放速度稳定、准确，能够满足高压电力系统的工作需求。传动系统应具有较高的刚度和强度，避免因工具抓取和释放过程中产生振动和噪音。

5.4.3 防护设计

机器人工具系统的防护设计应满足高压电力系统的安全要求，保证操作人员的安全。在设计过程中，应考虑到操作手套与高压带电体之间的隔离、工具落地时对地面的冲击防护等问题。

6 高压带电作业机器人发展的前景

6.1 应用领域

高压带电作业机器人可以在高电压、强辐射、高空间、多变环境等极端环境下自主完成带电作业任务，具有广泛的应用领域。目前，高压带电作业机器人主要应用于电力行业的变电站、配电站、发电厂等场所，实现带电检测、带电维护、带电清扫等任务。在智能电网建设不断推进的背景下，高压带电作业机器人的应用领域还将不断扩大，例如在智能输电线路中应用高压带电作业机器人，实现线路检测、故障排除等任务。

6.2 技术创新

高压带电作业机器人的技术创新是其发展的重要支撑。随着机器人技术和人工智能技术的发展，高压带电作业机器人的控制系统、传感器系统、导航系统等方面都得到了显著的提升和改进。例如，采用多传感器融合技术，实现对带电体状态和位置的实时监测和反馈；采用视觉识别技术，实现对带电体的精准抓取和处理等。同时，随着云计算、物联网等技术的发展，高压带电作业机器人与人工智能技术的结合将更加紧密，实现更加智能化的作业和控制。

结语

带电作业技术是保障供电设备安全可靠运行的主要手段之一，也是保障电网服务质量的重要方式。目前，我国的带电作业方式仍然存在着高风险性，急需要带电作业机器人等专业化、标准化、智能化的设备工具辅助完成作业，这不仅是高压带电工程发展的机遇也是一个新的挑战。因此，随着社会的发展和技术的进步，相关的供电企业不断的完善自我，实现技术革新，不断推出新技术即高压带电作业机器人，希望能够在新的环境下，提高带电作业的工作效率和质量，从而

提高安全性和经济效益，使供电企业能够得到一个稳定的发展。

参考文献

- [1]孙迪生.机器人控制技术[M].机械工业出版社,1997.
- [2]曾国华.可控扭矩电动扳手的设计[J].工具技术,2002.36(5).
- [3]李邦协.实用电动工具手册[M].机械工业出版社.2007.
- [4]戚晖.高压带电作业机器人绝缘防护技术研究.[J]高电压技术,2003.