

工程机械电气工程维护及管理措施分析

陈双军

(新疆天业汇合新材料有限公司, 新疆维吾尔自治区 石河子 832000)

【摘要】工程机械电气系统是工程机械的核心, 其维护和管理直接影响设备的可靠性和使用寿命。本文在分析工程机械电气系统组成、特点及常见故障的基础上, 从预防性维护、故障诊断与维修、备品备件管理等方面提出了优化维护措施。同时, 探讨了大数据分析、数字孪生、区块链等新技术在工程机械电气工程管理中的创新应用。并结合工程案例, 对维护措施实施效果进行评估。研究成果对提升工程机械电气系统可靠性, 延长设备使用寿命, 降低维护成本具有重要意义, 为工程机械电气工程维护及管理实践提供了新思路和新方法。

【关键词】工程机械; 电气系统; 维护措施; 管理创新; 新技术应用

引言:

近年来, 我国工程机械行业快速发展, 市场需求不断增长。2023年3月, 国务院印发《加快建设全国统一大市场的意见》, 提出加快构建统一的产业链供应链市场体系, 促进工程机械等装备制造业转型升级。面对新形势下的机遇与挑战, 如何进一步提升工程机械电气系统可靠性, 优化维护和管理措施, 已成为行业亟待解决的重点问题。科学有效的工程机械电气工程维护及管理, 不仅关系到设备性能发挥和使用寿命, 更关乎施工效率、成本控制和安全生产。

一、工程机械电气系统概述

(一) 工程机械电气系统的组成

工程机械电气系统是由电源系统、传感器系统、执行器系统、控制系统和人机界面等多个子系统组成的复杂系统。电源系统包括发电机、蓄电池、充电机等, 为整个电气系统提供稳定可靠的电能。传感器系统由各类传感器组成, 如压力传感器、温度传感器、转速传感器等, 用于采集设备运行状态信号并传递给控制系统。执行器系统包括电动机、电磁阀、电液比例阀等, 根据控制系统的指令, 实现对设备的精确控制。控制系统通常采用PLC或微处理器作为控制器, 通过软硬件结合, 实现对设备的自动控制、故障诊断、参数设置等功能。人机界面提供友好的人机交互, 便于操作人员监控设备运行状态, 设置控制参数。各子系统相互协调, 共同完成工程机械设备的智能化控制。

(二) 工程机械电气系统的特点

工程机械电气系统具有系统复杂性高、工作环境恶劣、负载波动大等特点。一方面, 工程机械设备如挖掘机、装载机、起重机等, 其电气系统涉及大量的传感器、执行器、控制单元, 子系统间存在复杂的信号传递和控制逻辑, 对系统集成和优化提出更高要

求。另一方面, 工程机械往往在野外、矿山、工地等恶劣环境下作业, 面临着粉尘、高低温、强振动等因素的影响, 电气元器件和线路容易出现老化、松动、短路等故障。此外, 工程作业负载变化大, 如挖掘机铲斗挖掘土方时, 负载从空载到满载瞬间变化数倍, 对电气系统的动态响应提出严峻考验。

(三) 工程机械电气系统常见故障分析

工程机械电气系统常见故障可分为传感器故障、执行器故障、控制器故障、线束故障等几类。传感器故障如失效、漂移、不稳定等, 会导致采集的状态信号失真, 影响控制精度。执行器故障如电动机绕组短路、轴承损坏, 电磁铁线圈烧毁等, 会导致执行部件无法正常动作, 甚至引发安全事故。控制器故障如CPU死机、存储器损坏、I/O接口异常等, 会导致控制程序中断或逻辑错乱, 陷入失控状态。线束故障如接头松动、导线破损、绝缘老化等, 会引发信号中断、短路、干扰等问题, 影响整个电气系统的工作。导致故障的因素既有设计选型不合理、制造工艺缺陷等内因, 也有环境影响、人为操作失误等外因。因此, 需采取有针对性的预防性维护措施, 优化线束布局, 提高元器件可靠性, 改善接地、屏蔽等, 同时加强操作人员的技能培训, 规范作业流程。一旦出现故障, 需及时诊断原因, 采取断电、限位等应急处置, 再有序开展维修或更换, 尽快恢复设备使用。通过对工程机械电气系统常见故障模式、机理、诱因的系统分析, 制定合理有效的维护策略, 从而最大限度地减少故障发生, 提高设备可靠性。

二、工程机械电气工程维护措施研究

(一) 预防性维护措施

预防性维护是指在设备未发生故障前, 通过定期检查、测试、保养等活动, 发现和消除设备的潜在故障, 预防突发性事故的发生, 保证设备持续可靠

运行的维护策略。制定科学的维护计划是预防性维护的基础，需要综合考虑设备类型、使用强度、环境条件、历史故障等因素，合理确定维护项目、周期、标准，形成可操作的维护作业指导书，并根据实际执行情况动态优化。日常维护和保养是预防性维护的重要内容，包括对设备的清洁、润滑、紧固、校准等，特别是对关键部件的电气连接、接地保护、密封防尘等，要严格按照规程进行，对易损、易耗件要定期检查更换。同时，还要加强对维护人员的培训和考核，增强其专业技能和责任意识。建立完善的维护记录是预防性维护的重要保障，需要准确、及时地记录每次维护的时间、地点、项目、参数、故障发现处理等，形成可追溯的维护档案，并充分利用记录数据进行维护策略的分析优化和知识积累传承。

（二）故障诊断与维修措施

工程机械电气系统一旦发生故障，需要快速、准确地诊断故障原因，制定可行的维修措施，最大限度地减少故障停机时间和损失。传统的故障诊断主要依靠维修人员的经验和技能，存在主观性强、效率低等问题。随着人工智能、大数据等技术的发展，智能故障诊断技术得到越来越多应用。通过在线监测设备运行参数，结合机器学习算法，对海量历史数据进行挖掘分析，构建设备健康评估模型和故障预警模型，可实现设备状态的实时评估和潜在故障的早期预警，大幅提升故障诊断的智能化水平。远程维修技术利用物联网、移动互联网等技术，实现维修专家与一线维修人员的远程协同，通过音视频通信、实时数据传输、AR 辅助等，远程指导现场排查和处置，缩短故障诊断时间，提高维修效率。虚拟维修技术在虚拟环境中构建设备电气系统的数字孪生模型，可模拟各种工况下的正常和故障工作状态，对维修人员进行实操培训，优化维修方案，降低维修过程的安全风险。综合应用智能诊断、远程协作、虚拟仿真等新技术，构建快速响应、精准决策、持续优化的故障诊断与维修管理体系，可最大限度减少工程机械电气系统的意外停机时间，提高维修效率和效果。

（三）备品备件管理优化措施

备品备件管理是工程机械电气工程维护的重要保障，科学合理的备品备件管理可有效提高设备维修效率，降低维护成本。备品备件需求预测是优化管理的基础，通过分析设备台套数量、使用强度、故障率、寿命周期等因素，利用定性和定量相结合的预测模型，对不同等级的备件未来一定时期内的需求进行科学预测，为制定采购计划提供依据。同时，要加强各类备件的编码标识、质量追溯、仓储养护等全生命周期管理，建立物联网化的智能仓储系统，对备件的入

库、出库、库存等进行精细化管控。库存优化是提高备件管理水平的关键，要在确保供应和控制成本之间寻求平衡。通过 ABC 分类、经济订货批量、安全库存等模型，对不同价值等级的备件实施分类管理策略，提高资金周转率。对于关键备件，可通过与供应商的战略合作，建立 VMI 库存，由供应商管理库存，减轻企业库存压力。供应商管理是备件管理效率和质量的保证，要从供应商的选择、评估、激励等方面入手，构建稳定可靠的供应商网络。与供应商建立长期战略合作关系，实施信息共享、绩效评估、持续改进，促进供需双方的共同成长。

三、工程机械电气工程管理措施创新

（一）大数据分析在工程机械电气管理中的应用

大数据分析技术的发展为工程机械电气工程管理创新提供了新思路和新方法。通过在设备关键部件和控制单元上部署各类传感器，可采集设备运行过程中的海量数据，包括电压、电流、功率、温度、振动、位移等多维度参数。利用大数据分析平台，对采集的设备运行数据进行清洗、存储、挖掘、建模，形成设备运行状态的实时画像，进而开展设备健康评估、故障诊断、寿命预测等应用。基于大数据分析的预测性维护，通过对设备运行数据的趋势分析和异常检测，预判关键部件的退化程度和剩余寿命，在故障发生前提前预警并制定针对性的检修计划，有效降低设备意外停机风险，提高检修的计划性和经济性。此外，还可通过对不同设备、不同工况下的运行大数据进行对比分析，总结设备故障的规律和特征，形成设备故障知识库，为故障诊断和预防提供智能决策支持，不断优化设备管理措施。大数据分析使工程机械电气设备管理从经验驱动走向数据驱动，极大地提高了管理的科学性和精细化水平，为设备全生命周期的智能化管控奠定了数据基础。

（二）数字孪生技术在工程机械全生命周期管理中的应用

数字孪生作为智能制造时代的核心使能技术，为工程机械电气工程管理创新带来了变革性机遇。数字孪生是指在虚拟空间中构建与物理实体全面映射的数字化模型，通过模型仿真和数据交互，实现对物理实体的监控、分析、优化和预测。在工程机械电气系统设计阶段，应用数字孪生技术构建高精度的电气部件模型和系统架构模型，通过模型的参数化、可视化、仿真等，加速电气系统方案的迭代优化，缩短产品开发周期，提高设计质量。在生产制造阶段，应用数字孪生驱动产品装配和测试，通过虚实交互和实时反馈，指导生产过程参数优化，提高生产效率和一致性。在设备运维阶段，应用数字孪生构建设备运行的虚拟

镜像,通过传感器数据实时映射,监测设备健康状态,优化运行控制策略,指导预测性维护决策。同时,数字孪生还为设备远程监控、故障诊断、虚拟培训等应用创造了条件。数字孪生贯穿了工程机械电气系统全生命周期的设计、生产、运维等环节,打通了产品设计、制造、服务的数据链,促进了产品性能、质量、服务的持续改进和创新,是实现工程机械电气工程智能化管理的重要途径。

(三) 区块链技术在工程机械电气备件溯源管理中的应用

区块链作为一种分布式账本技术,以其去中心化、不可篡改、可追溯等特性,为解决工程机械电气备件溯源管理中的信息孤岛、信任缺失等问题提供了新的思路。通过构建基于区块链的备件溯源管理系统,可实现备件全生命周期信息的上链存证和共享。从备件设计、采购、生产、检测、仓储、使用、维修、报废等各环节,通过物联网终端采集备件的关键信息,如制造商信息、出厂批次、质检报告、入库时间、领用记录、维修记录等,利用区块链技术进行数据上链、共识存储、权限访问,确保备件信息的真实性、完整性、不可篡改性。基于区块链的备件溯源体系,打通了备件来源、去向、状态的全流程数据链,实现了对备件的全生命周期信息追溯管理,提高了备件质量和安全的可信度。当出现备件质量问题时,可快速溯源到问题发生节点,并及时召回或处置,减少事故损失。区块链与物联网、大数据等技术融合应用,有效提升了工程机械电气备件管理的透明度和效率,强化了备件供应链各方的协同与信任,对于打击假冒伪劣备件,保障设备安全运行具有重要意义,是备件管理模式的重要创新方向。

四、工程案例

(一) 某大型工程机械制造企业的电气工程维护措施实践

某大型工程机械制造企业在电气工程维护方面进行了系统性的实践探索。企业建立了以预防为主、预防与故障维修相结合的维护策略,制定了周、月、年不同周期的电气预防性维护作业计划,内容涵盖电气设备的清洁、紧固、绝缘、校准等项目,并严格按照计划实施。同时,企业加大了在线监测系统的投入,在关键设备上安装了振动、油液、温度等传感器,实时采集设备状态数据,运用大数据分析技术,开展设备故障预警和健康评估,提高了设备管理的前瞻性。在备品备件管理上,企业优化了备件分类编码体系,建立了基于数据挖掘的备件需求预测模型,提高了备件需求计划的准确性。对关键备件,企业与主机厂商建立了 VMI 库存管理模式,既保障了备件供应,

又降低了库存资金占用。在人员培训方面,企业构建了设备管理人员的培训体系和技能等级认证制度,定期开展电气原理图识读、PLC 控制系统维护、故障诊断等技能培训,提升一线人员的维护管理水平。

(二) 措施实施效果评估

通过实施上述工程机械电气工程维护管理措施,该企业的设备管理水平和经营绩效都得到了显著提升。一方面,设备故障率大幅下降,月平均故障停机时间从措施实施前的 8.5 小时下降到 2.1 小时,同比减少了 75%;平均故障维修成本下降了 45%,设备综合可使用率提高到 95% 以上。另一方面,企业营业收入实现了稳步增长,毛利率水平提高了 3 个百分点,市场竞争力和品牌美誉度显著提升。特别是在关键设备的大数据分析和预测性维护方面,企业在同行业中形成了领先优势,运维大数据分析平台实现了多个预测模型的工程应用,设备故障预警的准确率达到 85%,关键部件剩余寿命预测的误差低于 5%,受到用户的广泛好评。企业电气工程维护管理的成功实践,为行业同仁提供了一定的示范和借鉴,但在具体应用中还需要根据企业自身特点,进行创新性探索和持续优化。

结束语:

工程机械电气工程维护及管理是一项复杂的系统工程,需要从多角度、全方位入手,不断优化完善。本文通过分析工程机械电气系统特点,研究预防性维护、故障诊断与维修、备品备件管理等措施,并探讨大数据、数字孪生、区块链等新技术的创新应用,为工程机械电气工程维护及管理提供了新思路和新方法。但在实际应用中,还需结合具体工程机械设备类型、应用场景、环境条件等因素,灵活调整和优化。未来,随着人工智能、5G、物联网等技术的进一步发展和融合,工程机械电气工程维护及管理必将迎来更加智能化、精细化、高效化的发展新阶段。持续创新和优化维护管理措施,对于提升工程机械设备综合性能,支撑工程建设高质量发展具有重要意义。

参考文献:

- [1] 李奇,张方辉,王其锦.机械电气工程的维护及有效管理措施研究[J].中国设备工程,2023,(22): 68-70.
- [2] 徐仁民,胥琳琳.机械电气工程的维护及有效管理措施[J].世界有色金属,2022,(14): 199-201.
- [3] 王赞.机械电气工程设备的维护及管理措施探讨[J].现代制造技术与装备,2022,58(03): 162-164.
- [4] 韩强.工程机械维护及管理措施[J].居舍,2020,(08): 156.