

工程机械电气控制系统故障研究

王建国

宁波梅东集装箱码头有限公司 浙江 宁波 315000

摘要: 工程机械电气控制系统是设备正常运行的核心, 直接决定施工效率与作业安全。本文以工程机械电气控制系统为研究对象, 阐述了其组成结构、工作原理及核心功能, 分析了电源系统、执行元件、控制模块、线路连接四类常见故障的类型及特征, 深入剖析环境、人为、元件自身、维护保养及系统设计五大故障成因, 最终提出针对性的故障防控措施。研究可为工程机械电气控制系统故障的精准识别、有效防控及快速修复提供理论支撑与实践参考行。

关键词: 工程机械; 电气控制系统; 故障类型; 防控措施

引言: 随着工程机械向自动化、智能化发展, 电气控制系统的作用愈发凸显, 但其长期处于露天、多粉尘、高振动的恶劣工况, 故障频发, 严重影响施工进度, 甚至引发安全事故。当前, 部分施工单位对电气控制系统故障识别不精准、防控措施不到位, 导致故障处置效率低、损失扩大。基于此, 本文围绕工程机械电气控制系统的理论基础、常见故障、成因及防控措施展开系统研究, 旨在解决实际施工中故障防控难题, 完善故障管理体系。

1 工程机械电气控制系统相关理论基础

1.1 工程机械电气控制系统的组成结构

结合实际施工设备, 该系统主要由三大模块组成, 结构简洁且关联性强。(1) 电源模块, 包括发电机、蓄电池及稳压装置, 为整个系统提供稳定的直流或交流电源, 如挖掘机常用24V蓄电池, 保障启动、操控等核心环节供电;(2) 控制模块, 由PLC控制器、单片机、传感器等组成, 是系统的“大脑”, 如装载机的PLC控制器, 负责接收各类指令并下达执行信号;(3) 执行与连接模块, 包括电机、电磁阀、接触器及线路、接口等, 将控制信号转化为实际动作, 同时实现各模块间的信号传输, 是系统正常运行的“手脚”。

1.2 工程机械电气控制系统的工作原理

其工作原理围绕“信号采集—处理—执行—反馈”的闭环流程展开, 贴合工程实际操控场景。(1) 通过各类传感器(如位置传感器、压力传感器)采集设备运行状态及操作指令, 如起重机的高度传感器采集吊臂位置信号;(2) 控制模块对采集到的信号进行分析处理, 排除干扰信号, 转化为可执行的电信号;(3) 执行模块接收电信号, 驱动电机、电磁阀等元件动作, 实现设备的启动、停止、调速、转向等操控;(4) 反馈模块将执行后的状态信号传回控制模块, 形成闭环控制, 及时修正偏

差, 确保设备按预期完成作业, 如挖掘机液压泵的转速调节, 通过反馈信号实现精准控制。

1.3 工程机械电气控制系统的核心功能

结合工程施工需求, 其核心功能集中在以下三个方面:(1) 操控控制功能, 实现设备的精准操作, 如挖掘机的铲斗升降、旋转, 通过电气控制实现无级调速, 适配不同施工工况;(2) 状态监测与保护功能, 实时监测电源电压、电机转速、线路温度等参数, 当出现过载、短路、欠压等异常时, 自动切断电源或发出警报, 避免设备损坏, 如起重机的过载保护装置, 通过电气信号触发停机;(3) 辅助控制功能, 包括设备启动、预热、照明、报警等, 保障设备正常启动和作业安全, 如冬季施工时, 电气系统的预热功能, 防止蓄电池亏电影响设备启动^[1]。

2 工程机械电气控制系统常见故障类型及特征

2.1 电源系统故障类型及特征

电源系统故障主要表现为供电不稳定或无法供电, 直接导致整个电气系统瘫痪或部分功能失效。其常见故障及特征如下:(1) 电源输出电压异常, 分为过高和过低两种情况。电压过高易烧毁控制模块、执行元件等精密部件;电压过低则导致设备启动困难、操控响应迟缓, 甚至元件无法正常工作。故障典型特征为仪表显示电压偏离标准范围, 系统频繁断电、重启。

2.2 执行元件故障类型及特征

执行元件是将电气控制信号转化为机械动作的核心部件, 直接影响工程机械操控性能, 故障主要表现为动作异常或无法动作。常见类型及特征如下:(1) 执行元件卡滞, 因长期磨损、粉尘堆积、润滑不足, 导致活动部件无法正常运转, 特征为接收控制信号后无响应、动作迟缓卡顿, 部分伴随部件发热、抖动, 严重时卡死且无法手动复位。(2) 执行元件烧毁, 因过流、过压、短

路或长期过载,导致元件线圈损坏,特征为完全丧失工作能力,接电后无任何动作,严重烧毁时会出现外壳变形、异味、焦痕,需更换部件。(3)执行元件动作偏差,接收信号后动作幅度、速度偏离标准,无法精准操控,特征为动作不连贯、无规律,偏差超出正常范围,调整控制信号后无改善,故障持续存在。

2.3 控制模块故障类型及特征

控制模块负责信号采集、分析、处理及指令下达,故障会导致系统操控紊乱甚至完全失控。常见类型及特征如下:(1)信号采集异常,无法正常接收传感器传输的设备状态信号和操作指令,特征为系统无响应、操控失灵,或误判信号、下达错误指令,导致设备非预期动作,仪表显示异常或无显示。(2)指令输出异常,可正常采集信号,但无法转化为有效执行指令或输出错误指令,特征为执行元件无动作、动作错乱,与操作指令不匹配,系统逻辑混乱。(3)自身损坏,因过压、过热、振动冲击或元件老化导致内部电路损坏,特征为模块完全失效,设备无法启动或启动后立即停机,部分伴随指示灯熄灭、发热,重启或复位无法解决故障。

2.4 线路连接故障类型及特征

线路连接常见故障类型及特征如下:(1)线路短路,因绝缘层破损、接线错误、异物挤压,导致线路正负极直接连通,特征为短路部位发热、冒烟,甚至引发火灾,同时熔断器熔断、电源跳闸,相关部件立即停机,故障发作迅速且影响范围广。(2)线路断路,因线路老化断裂、接线松动、端子脱落,导致信号或电力传输中断,特征为相关部件无电源、无动作,仪表显示异常,故障部位明确,仅影响断路线路连接的部件。(3)线路绝缘不良,因绝缘层老化、破损或受潮,导致绝缘性能下降,特征为线路泄漏电流增大,部分部件误动作,设备伴随轻微漏电,初期特征不明显易忽视,长期会加速部件损坏甚至引发短路^[1]。

3 工程机械电气控制系统故障成因分析

结合工程机械电气控制系统的作业环境、运行特点及实际故障案例,其故障成因主要集中在以下方面:(1)环境因素,工程机械多在露天、多粉尘、高振动、温差大的场景作业,粉尘易侵入电气部件内部造成接触不良,振动会导致线路松动、元件引脚脱落,高低温交替会加速绝缘层老化、元件性能衰减,潮湿环境还会引发线路漏电、短路,是故障高发的主要外部诱因。(2)人为操作因素,操作人员违规操作、野蛮作业,擅自更改系统参数、乱拉乱接线路,或操作流程不规范,会直接损坏电气元件和线路;操作人员专业技能不足,无法识别故障

前兆、违规处置异常,会扩大故障影响范围。(3)元件自身因素,元件选型不合理,未适配工程恶劣工况,或元件质量不达标、存在生产缺陷,加之长期重载运行导致元件自然老化,会引发各类功能性故障,是故障发生的核心内部因素。(4)维护保养因素,未制定常态化维护计划,或维护保养不到位,未及时清洁、紧固、检测电气部件,导致隐性隐患长期积累,未及时更换老化元件和线路,最终引发故障。(5)系统设计因素,部分电气控制系统设计不合理,线路布局混乱、保护装置缺失,各模块兼容性差,运行过程中易出现信号干扰、负载不均,进而引发系统故障^[3]。

4 工程机械电气控制系统故障防控措施

4.1 元件选型与质量管控措施

元件质量管控要贯穿选型、供应商、进场检验、存储全流程,具体措施如下:(1)明确选型标准。结合工程机械露天、多粉尘、高振动、温差大及重载的工况特点,优先选用抗振动、抗粉尘、抗高低温、耐腐蚀的电气元件,确保元件额定电压、电流、功率等参数与系统设计完全匹配,杜绝参数不符导致的过载、烧毁故障,严禁选用非标、劣质、淘汰类元件。(2)严格供应商管控。建立合格供应商名录,优先选择资质齐全、信誉良好、生产规模大、技术成熟且有工程机械电气元件供货经验的供应商;签订正式供货合同,明确质量标准、质保期限及违约责任,定期考核评估供应商,淘汰质量不稳定、供货不及时商家,持续优化供应商体系。(3)强化进场检验。电气元件进场时,由专业人员逐批次、逐件检验,核对元件型号、规格、参数及合格证、检测报告等资料,通过目视、仪表检测等方式,排查外观破损、引脚变形、绝缘层损坏等问题,严禁不合格元件进场;检验合格后登记备案,建立质量追溯体系,确保元件可查可追。(4)规范元件存储。合格元件需存入干燥、通风、防尘、防潮、防暴晒的库房,分类摆放、标识清晰,避免挤压、碰撞、受潮、腐蚀;存储期间定期检查,对易老化、易受潮元件做好维护,确保安装前处于良好状态。

4.2 日常操作规范与人员培训措施

人为操作不当是电气控制系统故障的重要诱因,需通过规范操作、强化培训、落实责任,降低人为故障发生率,具体如下:(1)制定操作规范。结合不同工程机械电气控制系统的操作特点,编制详细操作手册,明确设备启动、运行、停机的操作步骤,规范控制按钮、开关、旋钮的操作方法,严禁违规、野蛮操作,禁止擅自更改系统参数、拆卸电气部件、乱拉乱接线路。(2)强化人员培训。定期组织操作人员开展电气控制系统知识、

操作规范、故障识别基础培训,邀请专业技术人员现场授课、实操指导,通过理论结合实操的方式,提升操作人员专业技能和安全意识,确保其熟练掌握操作流程,能识别常见故障前兆,避免操作失误引发故障。(3)落实岗位责任制。明确操作人员岗位职责,要求其严格按照规范作业,作业前检查电气系统外观、线路连接,作业中密切关注设备运行状态和仪表显示,发现异常立即停机上报,严禁带病作业;作业后做好设备清洁、断电等收尾工作,详实填写操作记录。(4)加强现场监管。安排专业管理人员定期监督检查操作人员行为,排查违规、不规范操作,及时督促整改。

4.3 定期维护保养与状态监测措施

定期维护保养与状态监测可及时排查隐性故障、处理潜在隐患,避免小隐患扩大,具体措施如下:(1)制定维护计划。结合设备运行时间、作业工况,制定详细的定期维护保养计划,明确维护周期、内容、标准及责任人,分为日常、每周、每月、每季度、年度维护,确保维护工作常态化、规范化、制度化。(2)落实维护内容。日常维护重点清洁电气部件粉尘、杂物,检查线路连接、端子紧固及仪表显示;定期维护重点检查元件老化、磨损情况,测试电源电压、电流参数及线路绝缘性能,紧固松动端子,更换老化线路、密封件等易损部件。(3)强化状态监测。在控制系统关键部位安装监测传感器,实时采集电源电压、电流、线路温度、元件运行状态等参数,建立参数数据库,对比正常阈值,及时捕捉参数异常、元件老化等隐性故障前兆,实现故障早发现、早处理,减少停机时间。(4)规范记录归档。维护过程中,详细记录维护时间、内容、结果、发现的问题及处理措施,对更换元件登记备案;维护记录及时归档,建立完整档案,为后续维护、故障分析、系统优化提供依据,并定期梳理分析档案,优化维护计划。

4.4 故障应急处理与快速修复措施

针对电气控制系统故障突发性特点,需完善应急预案、配齐物资、规范流程,确保快速有效处置,具体如

下:(1)制定应急预案。结合常见故障类型、特征及作业现场实际,制定详细应急处理预案,明确不同故障的处置流程、责任分工、方法及注意事项,细化应急响应、故障排查、现场处置、修复验证各环节要求,确保应急处置有章可循。(2)配备应急物资。在作业现场和库房配备充足的应急修复物资,包括常用电气元件、线路、维修工具、检测仪表等,明确存放位置和管理员,定期检查、补充、维护,确保物资处于良好可用状态,避免因物资短缺延误修复。(3)规范处置流程。故障发生后,操作人员立即停机、切断电源,做好现场安全防护,防止次生灾害,及时上报故障情况;专业维修人员快速赶赴现场,按预案排查故障原因、定位故障部位,严格按照规范修复,避免违规操作引发二次故障。(4)强化修复验证与总结。故障修复后,全面检测系统参数、元件运行、线路连接情况,通过空载、负载试运行验证修复效果,确保故障彻底消除;详细记录故障及处理全过程,总结原因和经验,优化防控措施,杜绝同类故障重复发生^[4]。

结束语:本文围绕工程机械电气控制系统故障展开全面研究,梳理了系统的核心理论的基础,明确了四类常见故障的特征与五大成因,构建了涵盖元件管控、操作规范、维护监测、应急处置的全流程故障防控体系。通过本次研究,有效解决了故障识别模糊、防控针对性不足的问题,为工程实践中故障管控提供了可行路径。

参考文献:

- [1]蔡永斌.工程机械电气控制系统故障研究[J].信息化建设,2021(6):60-60.
- [2]钟磊.工程机械电气控制系统故障研究[J].内燃机与配件,2022(1):79-81.
- [3]何昌锐,江军.基于物联网技术的工程机械电气系统安全监测研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(6):051-054.
- [4]贾亚男.工程机械设备电气控制系统出现故障的探讨[J].经济技术协作信息,2022(3):0140-0142.