

矿山机械电气设备故障检修与分析

杨晓光

招金矿业有限公司奥德兰矿业 山东 烟台 265400

摘要：矿山机械电气设备在矿山生产中作用关键，但受恶劣环境等因素影响易出现故障。本文梳理了电气元件、电路、控制系统及电源系统等常见故障类型，介绍了直观检查、仪器检测等故障检修方法，阐述了故障分析流程，包括现象确认、原因假设与验证等环节，并从定期维护保养、加强设备监测等方面提出故障预防措施，为保障矿山机械电气设备稳定运行提供参考。

关键词：矿山机械；电气设备；故障检修；故障分析；预防措施

引言：矿山生产对机械电气设备依赖程度高，其稳定运行关乎生产效率与安全。然而，矿山作业环境恶劣，粉尘多、振动大、湿度波动明显，这些因素给设备带来诸多挑战，导致故障频发。故障一旦出现，不仅影响生产进度，还可能引发安全事故。因此，深入研究矿山机械电气设备故障检修与分析方法，准确识别故障类型，及时采取有效检修措施，并做好故障预防，对保障矿山生产顺利进行具有重要意义。

1 矿山机械电气设备常见故障类型

1.1 电气元件故障

电气元件故障是矿山机械电气设备运行中的主要故障形式，受矿山井下粉尘多、振动大的作业环境影响显著。电气元件老化是长期高负荷运行与环境侵蚀共同作用的结果，性能随使用时长逐步衰减^[1]。电气元件损坏多由电流过载、瞬时过电压或制造工艺缺陷引发，直接丧失工作能力。电气元件连接松动或脱落源于设备运行时的持续振动，紧固件松动后导致接触不良，影响回路导通。电气元件参数漂移则是长期使用中，受环境与自身损耗影响，固有参数偏离设计标准，导致设备运行精度下降。

1.2 电路故障

电路故障直接影响矿山机械电气设备的动力传输和信号传递，其发生与电路设计合理性、线路敷设质量及使用维护水平密切相关。短路故障多由线路绝缘层破损、导体裸露接触，或电气元件绝缘性能下降导致，短路发生时会产生过大电流，极易损坏电气设备并引发安全隐患。断路故障主要因线路断裂、连接部位接触不良或元件内部断路导致，使得电气回路无法形成完整通路，设备无法获得正常供电或信号传输中断。接地故障源于线路或元件绝缘损坏，导致带电导体与设备外壳或大地形成非正常连接，不仅影响设备正常运行，还可能

对操作人员的人身安全构成威胁。

1.3 控制系统故障

控制系统作为设备指挥核心，其故障会导致运行失控，与工作环境及元件性能相关。传感器故障表现为信号采集不准、丢失或传输异常，多因长期暴露在粉尘、振动环境中，敏感元件损坏或线路异常。控制器故障由内部电路损坏、程序异常或电源不稳引发，无法正常接收处理信号、下达控制指令。执行器故障体现为无法响应指令或动作不到位，源于内部机械磨损、电气部件损坏或传动卡滞。

1.4 电源系统故障

电源系统为矿山机械电气设备提供稳定能量供应，故障会导致设备无法正常启动或运行中断。供电电压不稳定受电网波动、变压器运行异常及线路损耗过大影响，过高或过低都会损坏电气元件，降低设备运行可靠性。电源线路故障包括老化、破损、接触不良等，会造成供电中断或电压波动，影响设备正常供电。电源设备故障主要发生在变压器、整流器、蓄电池等核心部件，部件性能衰减或损坏会导致电源转换、存储功能失效，无法为电气系统提供稳定合格的电能。

2 矿山机械电气设备故障检修方法

2.1 直观检查法

直观检查法是矿山机械电气设备故障检修中最基础且应用广泛的方法，无需借助复杂检测仪器，凭借检修人员专业经验即可开展。检修人员通过肉眼观察设备外观状态，查看外壳是否存在破损、变形、锈蚀等异常情况，同时关注设备指示灯显示状态，通过灯光颜色及闪烁规律初步判断故障大致范围^[2]。检查过程中需重点排查设备连接线路，仔细查看线路表面是否存在破损、老化、龟裂等问题，同时逐一检查线路连接部位，确认各节点是否存在松动、脱落等情况，避免因接触不良引发

的故障误判。该方法适用于故障特征较为明显的场景,能够快速锁定表层故障,为后续深入检修奠定基础,符合矿山现场快速排查故障的实际需求。

2.2 仪器检测法

仪器检测法依赖专业检测设备,可实现对电气设备故障的精准定位,是矿山电气设备精细化检修的核心方法。检修过程中可使用万用表对设备电路中的电压、电流、电阻等关键参数进行精准测量,通过测量数据与设备设计标准参数的对比,判断电路是否存在异常。示波器可用于检测电气信号波形,清晰呈现信号的幅值、频率及波形形态,帮助检修人员识别信号传输过程中的畸变、中断等问题。绝缘电阻测试仪则主要用于检测电气设备及线路的绝缘性能,排查绝缘层破损、老化等导致的漏电隐患,保障检修过程的安全性和检修结果的准确性,该方法广泛应用于矿山高压电气设备及精密控制系统的故障检修。

2.3 替换法

替换法是解决疑似故障元件的高效检修方法,适用于无法通过仪器精准判断故障元件的场景。检修人员结合前期排查结果,确定故障范围及疑似故障元件后,选用规格、参数与原元件一致的合格备件进行替换。替换完成后启动设备,观察设备运行状态是否恢复正常,若设备恢复正常,则可确认原元件存在故障;若设备仍存在异常,则需进一步排查其他相关元件及线路。该方法操作简便、针对性强,能够有效缩短故障排查时间,契合矿山机械电气设备故障应急检修的需求,是现场检修中常用的便捷手段。

2.4 分段排查法

分段排查法适用于复杂电路或大型控制系统的故障检修,核心思路是将整个电路或控制系统按照功能模块划分为若干独立段落。检修人员按照从电源端到负载端、从输入到输出的顺序,逐段对各模块进行排查,通过切断某一段落的电路连接,观察设备运行状态的变化,逐步缩小故障范围。排查过程中结合直观检查和仪器检测,对每一段落的线路、元件进行全面检查,直至锁定故障所在段落及具体故障点。该方法能够有效避免因系统复杂导致的故障排查混乱,提升检修效率,适用于矿山机械中多模块协同工作的电气系统故障检修。

2.5 信号追踪法

信号追踪法主要应用于控制系统及信号传输线路的故障检修,核心是沿着信号传输路径逐步追踪,排查信号中断或异常的具体位置。检修人员从信号源出发,按照信号传输的先后顺序,依次检查信号传输线路及相关

元件,确认信号在各节点的传输状态,判断是否存在信号衰减、畸变、中断等异常情况。通过对信号传输全过程的追踪,能够精准定位信号异常点,明确故障根源,为故障处理提供精准依据。该方法适配矿山机械电气控制系统中信号传输复杂、故障隐蔽性强的特点,是保障控制系统正常运行的重要检修手段。

3 矿山机械电气设备故障分析流程

3.1 故障现象确认

故障现象确认是矿山机械电气设备故障分析的首要环节,直接决定后续分析工作的方向与准确性^[3]。检修人员需在故障发生后及时抵达现场,全面记录设备运行状态,包括设备停机前的运行参数、有无异常声响或异味、设备指示灯及显示面板的具体状态。同时详细记录故障发生时的操作流程,明确操作人员执行的具体操作步骤、操作时间及操作顺序,梳理操作过程中是否存在违规操作行为。记录内容需全面、精准,涵盖故障发生的时间、环境条件等关键信息,为后续故障原因假设和验证提供可靠依据,符合矿山电气设备故障分析的标准流程要求。

3.2 故障原因假设

故障原因假设需基于确认的故障现象,结合矿山机械电气设备的结构原理、电路设计及运行特性开展。检修人员依托专业知识和现场检修经验,结合设备运行规律,对故障产生的可能原因进行合理推测。推测过程需结合设备各部件的功能逻辑,关联故障现象与设备内部结构的内在联系,排除与故障现象无关联的因素,聚焦可能导致故障发生的关键环节,形成具有针对性的故障原因假设,确保假设内容科学合理,贴合设备实际运行情况,为后续验证工作提供明确方向。

3.3 故障原因验证

故障原因验证是排查假设、缩小故障范围的关键步骤,需采用规范的矿山电气设备检修方法开展,符合电气设备故障诊断技术要求。根据提出的故障原因假设,选取对应的检修工具与检测方法,对假设的各类故障原因逐一进行排查验证。验证过程中需规范操作流程,精准记录检测数据,通过数据对比与逻辑分析,判断假设的故障原因是否成立,逐步排除不成立的假设,聚焦可能导致故障发生的核心因素,为故障定位提供精准支撑。

3.4 故障定位

故障定位是在故障原因验证的基础上,进一步精准锁定故障发生的具体位置或损坏元件。检修人员结合验证结果,聚焦故障关联部位,通过分段排查、信号追踪等方法,对设备电路、元件及控制系统进行细致检查。

排查过程中注重结合设备运行原理,精准判断故障发生的具体节点,明确故障所在的线路、模块或单个元件,确保定位结果精准无误,为后续故障处理和根源分析提供明确靶向,避免盲目检修造成的设备二次损坏。

3.5 故障根源分析

故障根源分析是故障分析流程的最终环节,核心是深入挖掘导致故障发生的本质原因,而非局限于表面故障现象。检修人员在明确故障位置和直接原因后,进一步分析故障背后的深层因素,包括设备设计缺陷、制造工艺不达标、材料质量不符合标准、日常使用操作不规范、维护保养不到位等。通过全面梳理各类影响因素,明确故障发生的根本诱因,为后续设备改进、维护优化及故障预防提供科学依据,从源头减少同类故障的重复发生,保障矿山机械电气设备长期稳定运行。

4 矿山机械电气设备故障预防措施

4.1 定期维护保养

定期维护保养是预防矿山机械电气设备故障的基础手段,需结合设备运行工况和制造商提供的维护标准,制定科学合理的设备维护保养计划。保养计划需明确保养周期、保养内容及责任分工,按照计划定期对设备开展清洁、润滑、紧固等基础保养工作^[4]。清洁工作重点清除设备表面及内部的粉尘、油污,避免粉尘堆积导致电气元件短路或接触不良;润滑工作针对设备运动部件添加适配润滑剂,减少部件磨损;紧固工作聚焦电气连接部位,消除振动导致的松动隐患,通过系统性保养维持设备良好运行状态,降低故障发生概率。

4.2 加强设备监测

加强设备监测是实现故障提前预警的关键手段,需在矿山机械电气设备上安装专业的设备状态监测系统。该系统可实时捕捉设备运行过程中的电压、电流、温度等关键参数,对参数变化进行动态跟踪,及时识别参数异常波动。通过系统数据反馈,检修人员能够提前发现设备潜在故障隐患,在故障发生前采取针对性处理措施,避免故障扩大化,保障设备连续稳定运行,适配矿山机械长时间、高强度的作业需求。

4.3 提高操作人员技能

提高操作人员技能是减少人为因素导致故障的重要途径,需定期对设备操作人员开展专业技能培训。培训内容涵盖设备结构原理、操作规范、故障识别方法及基础处理技巧,结合矿山电气设备的运行特点,提升操作人员对设备运行状态的判断能力。通过系统培训,让操

作人员熟练掌握正确操作方法,能够快速识别设备运行中的异常迹象,及时采取停机检查等措施,避免因操作不当引发设备故障,同时提升设备操作的规范性和安全性。

4.4 优化设备设计

优化设备设计是从源头降低故障发生率的核心举措,需在设备设计阶段充分考虑矿山井下粉尘多、振动大、湿度波动大的作业环境,融入故障预防理念。设计过程中注重提升设备结构的合理性和电气元件的适配性,选用耐磨损、抗粉尘、抗振动的优质元件,优化电路布局减少线路损耗,提升设备的可靠性和可维护性。通过设计优化,减少设备自身缺陷导致的故障,延长设备使用寿命,降低后期维护成本。

4.5 建立故障档案

建立故障档案是实现故障精准预防的重要支撑,需对设备发生的每一次故障进行详细记录和系统分析。记录内容涵盖故障发生时间、环境条件、故障现象、处理过程及结果,在此基础上梳理故障发生规律,明确不同类型故障的高发时段、高发部位及诱发因素^[5]。通过对故障档案的定期分析,总结故障预防经验,为后续维护保养计划调整、设备设计优化及操作培训提供科学依据,实现同类故障的精准防控。

结束语

矿山机械电气设备故障检修与分析是一项系统且复杂的工作,涉及故障类型识别、检修方法应用、分析流程执行以及预防措施落实等多个环节。通过全面掌握常见故障类型,灵活运用各类检修方法,严格遵循故障分析流程,并积极采取有效的预防措施,能够显著降低设备故障发生率,提高设备运行的可靠性和稳定性,保障矿山生产的高效、安全开展,为矿山企业的可持续发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1]史路路.矿山机械电气设备故障检修与分析[J].中国金属通报,2025(24):165-167.
- [2]张奇,刘加琨.矿山机械电气设备故障检修与分析[J].中国设备工程,2024(2):164-166.
- [3]张国新.矿山机械电气设备故障检修与分析[J].机械管理开发,2024,39(12):78-79,95.
- [4]于跃东.矿山机械电气设备故障分析与检修[J].科技视界,2022(27):75-77.
- [5]韩效仲.矿山机械电气设备故障分析与检修[J].电脑爱好者(普及版),2021(7):33-34.