冶金电气自动化设备故障诊断及维护

姬长远

天津冶金集团天材科技发展有限公司 天津 300000

摘要: 本文探讨冶金电气自动化设备故障诊断及维护。阐述常见故障类型与成因,涵盖电气系统、控制系统、驱动系统故障。介绍传统与现代智能诊断方法,如感官诊断、仪表测量、专家系统等。提出日常、定期、预防性维护策略,旨在保障设备稳定运行,降低故障风险,提升冶金生产效率与质量。

关键词: 冶金电气自动化设备;故障诊断;维护策略;专家系统;神经网络

引言:冶金电气自动化设备是冶金生产的核心支撑,其稳定运行关乎生产效率与产品质量。然而,复杂生产环境与高强度运行使设备易出现各类故障。准确诊断故障并采取有效维护措施,是保障设备可靠运行的关键。本文深入剖析设备故障类型、诊断方法及维护策略,为冶金企业设备管理提供理论依据与实践指导。

1 冶金电气自动化设备常见故障类型及成因

1.1 电气系统故障

1.1.1 电源故障

在冶金电气自动化设备运行中,电源故障较为常见。电源电压异常包含过高、过低、波动三种情形。当电压过高时,设备电子元件承受超出额定值的电压,绝缘层极易被击穿,直接导致元件损坏;电机绕组在高电压作用下,电流急剧增大,产生大量热量,加速绝缘材料老化,严重时甚至烧毁。电压过低会使电机无法达到额定转速,输出功率显著下降,长期处于低电压运行状态,电流持续增大引发电机过热^[1]。而电压频繁波动,会使电子元件反复遭受冲击,缩短使用寿命,干扰设备正常运行。电源缺相直接影响三相电机正常运转。三相电机依靠三相平衡电流产生旋转磁场,当电源缺相时,三相电流失衡,磁场紊乱,电机振动加剧并发出异常声响,转速和负载能力降低,电流上升伴随发热现象,长时间运行必然导致绕组绝缘损坏,最终造成电机烧毁。

1.1.2 电路故障

电路故障里,短路危害极大。冶金环境的高温、粉尘和腐蚀性气体加速线路绝缘材料老化,致使导线直接接触短路;误操作如接线错误等也会引发短路。短路瞬间电流骤增,产生高温,烧毁导线和电气元件,甚至引发火灾。断路多因导线断裂或接触不良。长期机械应力和环境腐蚀使导线内部金属丝断裂,电气连接部位因振动、氧化导致接触电阻增大,最终断路,使设备部件失电,影响生产连续性。接地故障威胁设备与人身安全。

设备绝缘损坏后,带电部分与金属外壳接触,若接地系统失效,外壳带电,易引发触电事故,故障电流产生的高温还可能点燃易燃物。

1.1.3 电气元件故障

在电气元件故障方面,继电器、接触器是常见的故障源。其触点在频繁通断过程中会产生电弧,电弧产生的高温使触点表面金属熔化,冷却后粘连在一起,导致电路无法正常通断。而线圈长期通电,若散热不良,温度持续升高会融化绝缘层,进而影响电路的控制功能。传感器出现精度下降或失灵问题时,设备会依据错误数据进行控制。这将导致生产参数失准,自动化系统无法正常运行,无法实现对设备的精准控制,影响生产过程的稳定性和产品质量。

1.2 控制系统故障

可编程逻辑控制器(PLC)故障分为硬件和软件故障。硬件故障中,PLC模块损坏会导致程序无法正常运行,输入输出信号异常。如输入模块损坏,外部信号无法准确传入PLC;输出模块故障,PLC控制指令无法传递到执行机构。PLC电源故障,会使整个系统失去供电,导致设备停机。软件故障表现为PLC程序错误、数据丢失。程序编写过程中逻辑错误,会使设备动作紊乱,无法按预定流程运行。数据丢失导致参数设置失效,设备运行参数混乱,影响生产质量。分布式控制系统(DCS)故障中,网络通信故障影响各控制节点协同工作。网络通信中断,控制节点间无法传输数据,各设备失去统一调度,生产过程失控。数据传输错误,导致控制指令错误,设备误动作,可能引发生产事故。操作站故障阻碍操作人员监控和干预生产过程。操作站死机,操作人员无法获取设备运行状态信息,不能及时调整生产参数。显示异常使设备运行数据显示错误,误导操作人员决策,影响设备正常操作和生产效率。

1.3 驱动系统故障

电机故障包含机械和电气故障。机械故障如轴承损坏、转子偏心,会使电机振动、噪声增大。轴承磨损、润滑不良,导致转动阻力增大,加剧电机振动,影响电机运行稳定性,缩短使用寿命。转子偏心使电机内部气隙不均匀,磁场不平衡,进一步加重振动,降低电机输出功率。电机电气故障如绕组短路、接地,会引发电机发热、绝缘损坏。绕组短路,电流不经过正常路径,局部电流过大,产生高温,烧毁绕组。绕组接地,电机外壳带电,不仅威胁人员安全,还会导致电机绝缘性能下降,最终烧毁电机^[2]。变频器故障中,过流、过压、欠压故障由多种原因引发。负载突变,如冶金设备突然启动、停止,会使变频器电流瞬间增大,触发过流保护。电网电压波动,超出变频器正常工作范围,会导致过压或欠压故障。变频器散热故障同样影响其正常运行。散热不良,内部电子元件温度升高,性能下降,严重时损坏元件,使变频器无法正常工作。

2 冶金电气自动化设备故障诊断方法

2.1 传统诊断方法

2.1.1 感官诊断法

视觉诊断聚焦设备外部直观特征。检查设备外壳,变形、凹陷可能由机械撞击或内部应力异常引发,如配电柜受外力挤压变形,可能导致内部线路错位、短路;观察指示灯颜色与闪烁规律,绿色常表示正常运行,红色闪烁可能提示过载、故障报警,如变频器故障指示灯持续红色闪烁,暗示内部元件异常。查看电气连接部位,烧焦痕迹、变色表明曾出现过热,接触点发黑可能因氧化、松动导致接触不良,这些细节都是故障的直观线索。听觉诊断依据设备运行声响差异识别故障。电机正常运转声音平稳均匀,若出现尖锐啸叫,可能是轴承滚珠磨损、润滑不足;周期性“嗡嗡”声伴随振动加剧,可能由转子与定子摩擦引起。接触器吸合时应发出清脆“啪”声,若出现“咔咔”异响或延迟吸合,表明触点氧化、铁芯卡滞,影响电路正常通断。齿轮传动装置发出不规则撞击声,可能是齿轮磨损、啮合间隙过大,长期运行会加剧部件损坏。触觉诊断通过感知设备表面温度与振动判断运行状态。设备正常运行时外壳温度适中,局部过热区域需重点排查,如电机外壳某部位发烫,可能是绕组短路、过载,热量无法及时散发;触摸旋转部件外壳,感受振动强度与频率,异常振动可能源于机械不平衡、部件松动,如风机叶片积灰导致重心偏移,振动幅度随转速增加而增大,长期持续将加速轴承、轴颈磨损。

2.1.2 仪表测量法

万用表测量用于获取电路基础参数。测量电阻时,将万用表调至欧姆档,表笔连接元件两端,若阻值为零或无穷大,偏离标准范围,表明元件可能短路或断路;检测电压时,选择对应量程并联于电路两端,电压值异常波动或超出额定范围,说明电源或负载存在问题;测量电流需串联接入电路,电流过大可能由负载过重、短路引起。通过这些参数检测,可判断电路通断状态与元件性能。示波器测量专注于信号波形分析。传感器输出信号、控制回路脉冲信号等接入示波器,将实时波形与标准波形对比,诊断信号异常。如压力传感器输出波形出现杂波、幅值衰减,表明传感器性能下降或线路存在电磁干扰;控制信号波形畸变、频率偏移,可能是PLC输出模块故障或传输线路接触不良,通过分析波形特征,能精准定位故障环节。

2.2 现代智能诊断方法

2.2.1 基于专家系统的诊断

专家系统将领域专家知识经验转化为计算机程序。构建知识库时,收集设备故障现象、原因及对应解决方案,形成规则库。例如,“若电机温度异常升高且三相电流不平衡,则可能存在绕组匝间短路”作为一条诊断规则存储其中。推理机制接收设备运行状态信息,通过正向推理从现象推导原因,或反向推理假设故障原因验证现象,在规则库中匹配规则,逐步缩小故障范围,最终得出诊断结论,为维修人员提供专业参考。

2.2.2 基于神经网络的诊断

适用于故障诊断的神经网络模型各有优势。BP神经网络通过多层神经元结构,利用误差反向传播算法调整连接权重,能处理复杂非线性数据,适合分析多因素耦合故障;RBF神经网络以径向基函数为激活函数,具备局部逼近能力,学习速度快,可快速识别典型故障模式。训练阶段,大量标注的故障样本数据输入网络,网络自动调整参数,学习故障特征与类型的映射关系。当设备出现新故障,实时监测数据输入训练好的网络,经计算分析,输出故障诊断结果。

2.2.3 基于模糊逻辑的诊断

模糊逻辑擅长处理故障诊断中的不确定性信息。冶金设备故障症状常具模糊性,如“设备发热明显”“振动较大”等描述难以用精确数值界定^[3]。模糊逻辑将这些模糊概念转化为数学表达,通过隶属度函数量化模糊程度,建立模糊诊断模型。制定模糊规则,如“若温度偏高且电流偏大,则故障为过载可能性高”。模糊推理过程中,输入的模糊症状信息依据规则运算,得出故障的模糊结论,再经清晰化处理,转化为明确诊断结果,为

维修决策提供依据。

3 冶金电气自动化设备维护策略

3.1 日常维护

日常维护是保障设备正常运行的基础工作，主要包括设备清洁、紧固检查和运行参数监测三个环节。冶金环境复杂，设备易积聚灰尘、油污和金属碎屑，若不及时清理，可能影响散热性能，导致内部元件过热老化甚至损坏。外部清洁使用干燥软布擦拭，顽固污渍可配合专用清洁剂处理；内部关键部件如电路板和散热器则需断电后用压缩空气吹扫或无尘布蘸取电子清洁剂轻擦，操作过程中应避免触碰精密元件并注意静电防护。设备在持续运行中会因振动造成连接部位松动，进而引发接触不良、局部过热等问题。定期检查各接线端子、螺栓螺母等连接点，按标准扭矩重新拧紧，确保电气连接可靠；观察是否存在氧化、烧焦痕迹，发现问题及时处理。电机、减速机等机械部件也需关注安装底座及支架的紧固状态，通过工具检测张紧度和同轴度，减少因机械松动造成的磨损与故障。运行参数反映设备当前状态是否正常，包括电压、电流、功率以及温度、压力等指标。使用专业仪器定期测量并与额定值比对，可提前发现异常波动，防止因电气问题引发连锁反应。对发热元件进行红外测温，监控液压气压系统压力变化，确保其处于安全范围，有效控制潜在风险，延长设备使用寿命。

3.2 定期维护

定期维护是在日常基础上开展更深入的检查与调整，涵盖电气元件更换、控制系统优化和驱动系统保养等方面。继电器、接触器、传感器等频繁动作元件易出现触点氧化、烧蚀等问题，需定期检测接触电阻和输出信号，判断其工作状态，必要时进行修复或更换。部分元件虽未明显损坏，但长期运行仍会性能下降，应根据使用年限制定更换计划，避免突发失效影响整体运行。控制系统作为自动化设备的核心，其程序数据至关重要。必须定期备份PLC与DCS系统的控制逻辑，采用外部存储或云端方式保存，防止意外丢失。软件版本应适时更新，修复漏洞并优化功能，但在更新前需充分验证，确保兼容性和稳定性。网络通信线路与设备也应定期检查，测试传输速率与稳定性，排查延迟、丢包现象，清理交换设备缓存，提升系统协同控制能力^[4]。驱动系统的

维护重点在于电机和变频器。电机运行时间长，需定期检测绕组绝缘性能、轴承润滑状况，并进行转子动平衡校正，降低振动与噪声。变频器则需清理散热系统，确保风扇与散热器畅通；校准频率、电压等参数，保障输出稳定；对其保护功能进行全面测试，确保在异常情况下能及时响应，避免设备损坏。

3.3 预防性维护

预防性维护强调从源头上减少故障发生的可能性，主要通过状态监测与趋势分析、科学制定维护计划实现。选取振动、温度、电流等关键参数实时采集，借助传感器技术掌握设备运行状态，特别是电机等旋转设备的运行健康水平。将采集到的数据与历史数据对比，分析变化趋势，识别潜在风险，建立预警模型，设定合理阈值，当参数接近临界值时触发预警机制，便于运维人员提前介入处理。可结合设备运行工况，对预警阈值进行动态微调。基于监测结果与风险评估，制定维护计划并动态调整。依据设备重要性、运行周期及故障后果划分优先级，对高风险、关键设备加大维护力度，次要设备则适当减少频次。结合实际运行状况和生产安排，灵活调整维护时间和内容，既保证设备安全运行，又不影响生产任务推进，提升维护工作的针对性与有效性。

结束语

冶金电气自动化设备故障诊断与维护，需兼顾技术适配性与管理科学性。通过融合传统经验诊断与智能算法分析，可实现故障的快速定位与趋势预测；结合日常清洁、定期检修与动态预防计划，可有效降低设备失效风险，延长使用寿命。未来需进一步深化AI、数字孪生等技术在故障预测与健康中的应用，推动冶金装备运维向智能化、绿色化方向升级。

参考文献

- [1]陈新敏.冶金企业电气自动化设备故障维修与维护探讨[J].价值工程,2025,44(3):154-157.
- [2]张翔松.冶金电气自动化设备故障分析及维护研究[J].电气防爆,2024(6):37-39.
- [3]张兰静.电气自动化设备故障预防及检修方法探讨[J].电气技术与经济,2024(2):317-319.
- [4]陈刚.电气自动化设备故障诊断与预测维护技术进展探究[J].仪器仪表用户,2024,31(11):93-95.