

老旧工厂电气系统升级改造方案设计

崔春辉 李 良

华晨宝马汽车有限公司 辽宁 沈阳 110000

摘 要：老旧工厂电气系统升级改造需系统梳理现状，明确功能性、能效、安全及智能化需求。技术方案涵盖供电系统优化、控制系统升级、能效提升及安全强化。实施规划分阶段推进，明确资源协调与风险管理措施。运维体系通过日常维护、故障处理、技术迭代及人员能力建设，保障系统长期稳定运行。改造方案旨在提升系统可靠性、降低能耗、消除安全隐患，推动电气系统向智能化、精细化方向发展。

关键词：电气系统升级；能效提升；安全防护；智能化改造；运维优化

引言：老旧工厂电气系统因设备老化、布局不合理等问题，面临供电中断频发、能耗高、安全隐患突出等挑战，直接影响生产效率与运营成本。现有系统自动化程度低、控制逻辑冗余，难以适配现代化生产需求；线路老化导致线损增加，能源利用效率低下；接地与防雷措施不完善，存在触电、火灾等风险。升级改造需从供电架构、控制系统、能效管理及安全防护等多维度切入，通过技术优化与资源整合，提升系统稳定性、降低运行成本、消除安全隐患，为工厂数字化转型奠定基础。

1 现状诊断与改造需求分析

1.1 电气系统现状梳理

供电架构是电气系统稳定运行的核心支撑，需系统梳理现有电源配置情况，明确接入电源的类型、规格及供电范围，全面核查变压器实际运行容量，判断是否与工厂当前生产负荷相匹配，同时梳理配电线路的整体布局，明确线路走向、敷设路径及各区域线路分布情况，排查线路布局是否存在不合理之处^[1]。关键电气设备的运行状态直接影响系统整体可靠性，需精准核查开关柜、电机、电缆等核心设备的实际使用年限，结合设备出厂标准及行业运行规范，评估设备当前性能表现，判断设备是否存在性能衰减、部件损耗等问题，明确设备运行短板。控制系统的运行水平与工厂生产效率密切相关，需分析系统当前自动化运行程度，研判控制逻辑的合理性与完善性，核查各类控制设备之间的兼容性，判断是否存在控制滞后、设备衔接不畅等问题，明确控制系统优化空间。能效与安全是电气系统运行的基本要求，需依据电力系统能效检测标准，核算当前系统能耗水平，排查线路老化情况，判断老化程度是否影响系统安全运行，同时核查接地系统的完整性与防雷措施的有效性，明确当前能效与安全方面存在的薄弱环节。

1.2 改造需求明确

功能性需求基于工厂生产运营的实际需求制定，核心是提升供电系统的可靠性，减少供电中断频次，保障生产活动连续稳定开展，优化控制逻辑，简化操作流程，提升控制精度，同时兼顾生产扩容需求，确保升级后的电气系统能够适配未来生产规模扩大带来的负荷增长。能效需求聚焦于降低电气系统运行损耗，通过优化线路配置、升级节能型设备等方式，减少线损产生，提升各类电气设备的运行效率，实现能源合理利用，降低工厂生产能耗成本。安全需求是改造工作的重中之重，核心是消除电气系统存在的触电、火灾等安全隐患，通过完善线路防护、升级老化部件等措施，提升系统安全防护水平，同时优化接地与防雷系统，增强系统抵御雷击、静电等风险的能力，保障人员与设备安全。智能化需求立足工厂数字化发展趋势，在电气系统升级过程中预留数字化管理接口，为后续接入智能监控、数据分析等数字化管理系统提供支撑，推动电气系统向智能化、精细化方向发展。

2 升级改造技术方案设计

2.1 供电系统升级

电源优化需依托供配电系统安全运行规范，采用双电源切换架构或分布式电源接入模式，保障供电连续性与稳定性，满足生产运营对供电可靠性的核心需求。双电源切换架构能够在主电源故障时迅速切换到备用电源，确保生产不受影响^[2]。变压器更新依据负荷计算结果与能效管理标准，合理调整设备容量，选用一级能效等级产品，降低变压器运行损耗，提升能源利用效率，契合工业节能降耗的行业要求。配电线路改造结合现场实际布局优化路径，减少线路损耗与施工维护难度，同步升级线径规格以适配负荷增长需求，增设无功补偿装置优化电能质量，降低电网无功损耗，保障供电系统稳定高效运行。

2.2 控制系统升级

硬件更新围绕控制精度与系统兼容性展开,对现有PLC/DCS系统进行替换或扩展升级,选用适配现场生产工艺的控制模块,提升系统响应速度与控制可靠性。软件优化聚焦控制效能提升,简化冗余控制逻辑,减少系统运行故障点,升级人机界面优化操作便捷性,增强参数设置、状态监控与故障排查的直观性,降低操作人员劳动强度。通信网络建设遵循工业通信技术标准,部署工业以太网或现场总线系统,实现各生产设备、控制模块的数据互通与协同联动,构建一体化智能控制网络。

2.3 能效提升措施

设备节能采用高效电机与变频器配套应用模式,高效电机凭借优化的电磁设计降低运行损耗,变频器通过精准调节电机转速适配负荷变化,减少无效能耗,符合工业设备节能改造技术规范。这种配套应用模式能够根据实际生产需求灵活调整电机转速,避免能源的浪费。照明改造全面替换传统照明灯具为LED节能产品,搭配智能调光系统根据现场光照强度自动调节亮度,实现照明能耗的精细化控制,兼顾照明效果与节能目标。能源管理方面部署电能质量监测装置,实时采集供电系统电压、电流、谐波等参数,为能耗分析与节能优化提供数据支撑,推动能源利用效率持续提升。

2.4 安全强化方案

接地系统改造优化等电位联结方式,确保设备金属外壳、管线等导体可靠联结,定期开展接地电阻检测工作,对检测不合格部位进行针对性整改,保障接地系统符合电气安全标准。根据电气安全标准,接地电阻应不大于 4Ω 。防雷系统升级更新现有避雷针或避雷带,优化布置方式提升防雷覆盖范围,增设浪涌保护器抑制雷电过电压与操作过电压,保护电气设备免受瞬时过电压损坏。电气安全防护实现剩余电流保护装置全覆盖,合理设置保护参数,快速切断故障回路,防范漏电引发的安全隐患,保障人员与设备运行安全。

3 实施规划与资源保障

3.1 分阶段实施策略

短期实施聚焦核心安全与基础保障,重点开展关键设备更换与紧急隐患修复工作,优先处理影响系统正常运行的设备故障与安全隐患,依据设备安全运行标准完成老旧关键设备替换,对排查出的紧急隐患采取针对性整改措施,确保系统短期内实现安全稳定运行。短期实施能够迅速解决影响生产的紧急问题,为后续改造工作创造良好的条件^[3]。中期实施侧重系统效能提升,推进控制系统升级与线路改造,结合生产工艺需求完成控制

系统优化,按照线路改造技术规范优化线路布局与规格,逐步提升系统控制精度与运行效率。长期实施致力于实现智能化升级,推进能效管理与智能化系统集成,整合各类监测与控制资源,构建一体化能效管理体系,推动系统向智能化、精细化运行模式转型,实现能源高效利用与系统协同管控。

3.2 资源协调与配置

人员分工明确各参与方职责边界,电气工程师负责方案设计、技术指导与过程管控,依据电气工程技术规范把控施工质量与技术标准;施工团队承担现场施工、设备安装与调试工作,严格按照施工流程规范作业;第三方检测机构负责施工质量与设备性能检测,出具符合行业标准的检测报告,确保改造工程达标。物资管理围绕施工需求开展,制定详细设备采购清单,优先选用符合技术标准与节能要求的合格产品,建立完善的备品备件储备体系,保障施工过程中设备供应及时,应对突发设备故障。资金安排遵循科学合理、重点突出的原则,明确预算分配依据,按照实施阶段与任务优先级排序分配资金,优先保障关键设备采购、紧急隐患整改等核心环节的资金需求,确保资金使用高效合规。

3.3 风险管理预案

技术风险防控立足事前预防与事中应对,提前制定完善的备用方案,针对可能出现的技术难题储备替代技术路径,依托行业专家提供专业技术支持,及时解决施工与调试过程中的技术问题,避免技术偏差影响工程质量。事前预防和事中应对能够降低技术风险对改造工程的影响,确保工程顺利进行。施工风险防控强化现场安全管理,落实全方位安全防护措施,规范施工人员操作流程,开展安全培训提升施工人员安全意识,建立健全应急响应流程,针对施工过程中可能出现的安全事故制定应急处置措施,快速响应、妥善处置。进度风险防控聚焦关键节点管控,明确各实施阶段的关键时间节点,建立常态化监控机制,实时跟踪施工进度,对出现的进度滞后情况分析原因,及时调整实施计划与资源配置,确保工程按既定规划有序推进。

4 运维体系与持续优化

4.1 日常维护制度

巡检周期结合设备运行特性与行业运维标准科学设定,聚焦设备状态监测核心需求,规范监测流程与数据记录要求,对设备运行参数、运行状态进行全面采集与精准记录,确保数据真实完整,为设备健康状态评估与维护决策提供可靠数据支撑。例如,关键设备每天巡检一次,一般设备每周巡检一次^[4]。保养计划围绕设备使用

寿命延长与运行稳定性提升展开,制定定期清洁、紧固、润滑等标准化作业流程,清洁工作聚焦设备关键部件与易积尘区域,清除灰尘杂物避免影响设备散热与运行精度,紧固作业针对设备连接部位防止松动隐患,规避振动导致的部件损坏,润滑作业选用适配型号润滑剂减少部件磨损,降低设备运行噪音,严格按照设备维护规范落实各项保养措施,保障设备长期稳定运行。操作规范结合设备运行要求与安全管理标准制定,明确各岗位操作流程与注意事项,规范设备启停、参数调节等操作行为,明确操作权限与操作流程,避免不规范操作引发设备故障或安全隐患,提升操作规范性与安全性。

4.2 故障处理机制

快速响应以故障分级为基础,结合故障影响范围与严重程度划分故障等级,区分一般故障、较大故障与重大故障,对应制定差异化处置流程,明确各等级故障的响应时限与处置责任,明确各岗位人员在故障处置中的职责分工,确保故障发生后能够快速启动处置流程,高效开展故障排查与处置工作,最大限度降低故障对系统运行的影响,减少生产中断损失。一般故障响应时限为30分钟,较大故障响应时限为15分钟,重大故障响应时限为5分钟。根因分析贯穿故障处理全过程,详细记录故障发生时间、现象、处置过程等关键信息,通过专业技术分析排查故障本质原因,规避表面现象误导处置方向,针对根因制定针对性改进措施,明确措施实施步骤与责任人员,建立故障处理闭环管理机制,将改进措施落地执行并跟踪效果,及时优化完善,避免同类故障重复发生,持续提升故障处置能力。

4.3 技术迭代路径

行业趋势跟踪依托行业技术文献、前沿技术报告与专业交流渠道,持续关注AI运维、数字孪生等新兴运维技术发展动态,结合系统运行实际需求与行业技术发展方向,制定科学合理的新技术引入规划,明确引入时机、实施步骤与适配方案,开展技术可行性论证,规避技术适配性不足导致的资源浪费,推动运维模式向智能化、精细化转型。系统扩展性优化聚焦长期运维需求,在设备选型与系统设计阶段预留充足硬件接口,为后续设备扩容、功能升级提供硬件支撑,避免后期改造造成的成本增加

与系统扰动,同时优化软件架构,预留软件升级空间,优化软件兼容性,确保系统能够适配技术迭代与功能拓展需求,提升系统长期运行价值,适配未来数字化、智能化发展趋势。

4.4 人员能力建设

培训计划围绕运维人员专业能力与安全素养提升制定,涵盖设备操作技能、安全管理规范、应急处置方法等核心内容,结合运维工作实际痛点与难点设计培训内容,采用理论授课与实操演练相结合的培训方式,邀请行业专业技术人员开展授课指导,强化实操训练,确保培训内容贴合实际工作需求,提升培训针对性与实效性,确保培训效果落地,全面提升运维人员专业操作能力与应急处置水平。每年至少开展4次培训活动,每次培训时长不少于8小时。知识共享体系聚焦技术经验传承与能力提升,搭建内部技术文档库,整理设备维护技巧、故障处理经验、技术规范等内容并定期更新,确保文档库内容的实用性与时效性,建立常态化经验交流机制,通过技术研讨、岗位帮带等形式,促进运维人员之间的技术交流与经验互补,打破技术壁垒,整体提升运维团队专业水平,为系统稳定运维提供人力保障。

结束语

老旧工厂电气系统升级改造是一项系统且复杂的工程,涉及技术、管理、资源等多个层面。通过科学合理的方案设计、严谨细致的实施规划、完善有效的运维体系,能够成功实现电气系统的升级优化,提升供电可靠性、能效水平与安全防护能力,推动工厂生产向高效、智能、安全方向迈进,为工厂稳定运营与长远发展筑牢坚实基础。

参考文献

- [1]梁卓.发电机组电气系统升级改造关键技术分析[J].汽车博览,2024(12):16-18.
- [2]孙园园.WK-20电铲电气系统升级改造研究[J].世界有色金属,2021(20):227-228.
- [3]吴韬.电厂电气自动化控制系统的升级与改造分析[J].中国设备工程,2026(5):103-105.
- [4]彭健羽.电气控制系统智能化改造路径研究[J].张江科技评论,2026(1):139-141.