

电气智能化在医药仓储建筑中的应用与优化

李 周

中国医药集团联合工程有限公司广州公司 广东 广州 510000

【摘要】：医药仓储是药品流通环节的核心载体，其运营质量直接关系药品安全与合规性，受《药品经营质量管理规范》严格约束，对温湿度管控、作业精准度、供电稳定性、安全防控均有特殊高标准。传统医药仓储电气系统存在自动化程度低、能耗偏高、子系统协同性差、合规管控薄弱等问题，难以适配现代医药物流规模化、精细化、智能化发展需求。本文结合医药仓储建筑的功能特性与合规要求，分析电气智能化技术的核心应用场景，梳理现有应用短板，从系统集成、能耗管控、安全防护、运维升级等方面提出优化策略，同时结合实际应用效益验证优化方案的可行性，为医药仓储建筑电气智能化升级与改造提供参考，助力医药仓储行业实现合规运营、高效管控与绿色发展。

【关键词】：电气智能化；医药仓储；GSP 合规；系统优化；能耗管控

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.003

引言

随着医药行业高质量发展与药品监管体系日趋完善，医药仓储不再是单纯的货物存储场所，而是集温湿度精准管控、药品全流程追溯、自动化作业、安全应急于一体的智能化物流节点。电气智能化技术融合物联网、自动控制、大数据分析、配电监控等技术，能够有效解决传统医药仓储人工依赖度高、环境管控误差大、供电保障不足、运维效率低等痛点，同时满足 GSP 对药品存储环境、操作记录、应急处置的强制性要求。医药仓储建筑分为常温库、阴凉库、冷藏库、冷冻库、拣选作业区、质检区等多个功能分区，各分区电气需求差异显著，冷链区域需 24 小时不间断供电与温湿度监控，作业区需适配自动化设备的稳定配电与智能照明，库区需全方位安全监控与应急响应。基于此，深入研究电气智能化在医药仓储中的落地应用，针对性优化系统架构与运行模式，对提升医药仓储运营效率、保障药品质量安全、降低运营成本具有重要现实意义，也符合建筑电气行业与医药流通行业协同发展的趋势。

1 医药仓储建筑电气智能化核心应用场景

1.1 智能供配电与应急保障系统

医药仓储对供电连续性要求极高，尤其是冷链仓储区域，断电极易导致药品变质失效，造成重大经济损失与安全风险。智能供配电系统是电气智能化的基础核心，主要实现分级分区供电、负荷动态监测、故障快速定位与应急电源自动切换功能。系统配备智能配电柜、多功能电力仪表、无功补偿装置，实时监测各库区电压、电流、功率因数等参数，针对冷藏冷冻区设置双回路供电，搭配 UPS 不间断电源与应急发电

机联动系统，突发断电时可在毫秒级完成切换，保障冷链设备、监控系统、应急照明持续运行。同时，系统可自动识别过载、漏电、短路等故障，精准定位故障点位，避免大范围停电，配合电气火灾监控模块，提前预警线路老化、温度异常等安全隐患，符合医药仓储消防安全与供电保障双重要求。

1.2 温湿度智能调控电气系统

温湿度管控是医药仓储的核心合规要点，GSP 明确要求库区温湿度 24 小时不间断监测、自动记录、超限报警，且数据不可篡改。电气智能化系统通过温湿度传感器、智能调控执行器、变频控制设备联动，实现环境精准管控。传感器按库区面积与货架高度均匀布设，实时采集数据并传输至中央监控平台，当温湿度超出预设范围时，系统自动启动空调、除湿机、冷风机等设备，通过变频技术调节运行功率，避免设备频繁启停，既保证环境参数稳定，又降低能耗。报警功能支持声光报警与移动端信息推送，确保管理人员及时处置异常，所有监测数据自动存储、生成报表，满足药监部门飞行检查与追溯要求。

1.3 仓储作业电气智能化设备

现代医药仓储逐步实现自动化作业，电气智能化技术为自动化设备提供稳定运行支撑，主要包括自动输送线、巷道堆垛机、AGV 搬运机器人、电子标签拣选系统等。这类设备通过电气控制系统与仓储管理系统（WMS）、设备控制系统（WCS）联动，实现药品入库、上架、拣选、出库全流程自动化作业，替代人工操作，降低人为差错率，提升作业效率。同时，设备配套智能配电模块，可实时监测运行状态、能耗数据，自动识别设备故障，发出维护预警，保障作业

连续性。电气系统还适配设备启停时序，避免多设备同时启动造成负荷冲击，保障配电系统稳定。

1.4 智能照明与安防监控系统

医药仓储库区面积大、分区多，传统照明系统能耗高、管控粗放，智能照明系统采用人体感应、光线感应与分区定时控制模式，有人作业时自动开启照明，无人时自动调暗或关闭，结合 LED 节能灯具，大幅降低照明能耗。安防监控系统融合智能视频监控、入侵报警、消防联动电气控制功能，实现库区全覆盖监控，支持异常行为识别、火焰烟雾检测，一旦发现安全隐患，自动联动声光报警、应急照明、消防排烟设备，同时上传报警信息至管理平台，形成全方位安全防控体系，保障库区人员与药品安全。

1.5 系统集成与智能化管理平台

电气智能化管理平台作为中枢系统，整合供配电、温湿度调控、作业设备、照明、安防等各子系统，实现数据互通、集中管控。平台具备数据监测、参数设置、故障报警、报表生成、运维管理等功能，管理人员可通过电脑端或移动端远程查看各系统运行状态，远程调控设备参数，无需现场值守。同时，平台与医药仓储 WMS 系统对接，实现电气运行数据与药品库存、作业流程数据联动，为仓储运营决策提供数据支撑，真正实现全流程智能化管控。

2 医药仓储电气智能化应用现存问题

2.1 子系统协同性不足，信息孤岛现象突出

部分医药仓储电气智能化系统为分步建设，各子系统独立运行，供配电、温湿度监控、安防、作业设备之间数据无法互通，形成信息孤岛。例如温湿度异常时，无法自动联动供配电系统调整设备供电功率，安防报警后无法同步关闭相关区域非应急设备，整体智能化协同效果不佳，难以发挥系统集成优势。

2.2 能耗管控精细化程度不够

医药仓储属于高能耗建筑，冷链设备、空调系统、照明设备全天运行，部分智能化系统仅实现基础自动控制，未结合库区作业规律、环境变化进行动态能耗优化。变频设备运行参数设置不合理，照明、空调系统存在无效能耗，配电系统无功损耗偏高，整体节能潜力未充分挖掘，增加企业运营成本。

2.3 合规适配性与稳定性有待提升

部分老旧仓储改造项目中，电气智能化设备选型未充分贴合 GSP 合规要求，传感器精度不足、数据记录频次不达标、报警响应不及时，无法满足药监部门

监管标准。同时，部分系统抗干扰能力弱，库区设备运行产生的电磁干扰易影响监控数据准确性，极端天气下供电稳定性不足，应急切换响应速度慢，存在药品质量安全隐患。

2.4 运维管理体系不完善

医药仓储电气智能化系统涉及多类专业设备，对运维人员技术要求较高，但部分企业缺乏专业运维团队，设备日常巡检、校准、维护不到位，传感器漂移、线路老化、设备故障等问题不能及时发现处理。系统故障排查依赖人工，效率低下，且缺乏预防性运维机制，多为事后维修，影响仓储正常运营。

3 医药仓储电气智能化优化策略

3.1 构建一体化集成系统，破除信息孤岛

优化核心在于搭建统一的电气智能化集成管控平台，采用云边协同架构，边缘层负责现场设备实时控制与数据采集，云端负责大数据分析 with 全局调度，实现各子系统深度联动。重新梳理系统接口标准，统一通信协议，推动供配电、温湿度调控、作业设备、照明、安防等系统数据互通，制定协同运行逻辑。例如温湿度超标时，平台自动指令配电系统保障制冷制热设备满负荷供电，同时关闭非必要照明与设备；安防报警时，自动开启应急照明、切断危险区域电源，联动消防设备运行。通过一体化集成，实现全场景智能化联动响应，提升系统运行效率与管控精度。

3.2 精细化能耗优化，实现绿色运营

针对医药仓储高能耗特点，实施全方位电气能耗精细化管控。一是优化供配电系统，加装智能无功补偿装置与谐波治理设备，降低线路损耗，提升功率因数；二是对冷链、空调设备采用变频智能控制，结合温湿度变化曲线与作业时段，动态调节设备运行频率，避免空载与无效运行；三是完善智能照明管控模式，细化分区控制参数，结合自然光亮度与人员流动规律，实现按需照明；四是搭建能耗监测分析模块，统计各区域、各设备能耗数据，分析能耗峰值与异常损耗，制定针对性节能方案，逐步实现能耗数字化管控。

3.3 强化合规性与稳定性升级

严格按照 GSP 及药品监管要求，优化电气智能化设备选型与参数设置。温湿度传感器选用高精度设备，确保温度偏差控制在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内，湿度偏差不超过 $\pm 5\% \text{RH}$ ，按规范密度布设测点，数据记录频次不低于每 30 分钟一次，保证数据不可篡改、可长期存储。升级供配电应急保障系统，双回路电源与 UPS、应急发电机联动调试，确保断电切换时间符合规范，关键区

域供电零中断。提升系统抗干扰能力，优化线路布线，加装屏蔽装置，避免电磁干扰影响数据传输与设备运行，定期校准传感器与监控设备，保障系统长期稳定运行。

3.4 完善运维管理体系，实现预防性运维

建立专业化电气智能化运维机制，搭建远程运维模块，通过管理平台实时监测设备运行状态、故障预警、寿命周期，实现预防性运维。制定设备定期巡检、校准、维护计划，明确运维标准与流程，对运维人员开展专业培训，提升系统操作与故障处置能力。建立故障快速响应机制，平台自动生成故障工单，推送至运维人员移动端，缩短故障排查与维修时间。同时，建立设备运维档案，记录维护内容、故障原因、处置结果，为后续系统升级与设备更换提供依据。

3.5 智能化功能拓展，适配行业发展需求

结合大数据与人工智能技术，拓展电气智能化系统高级功能。通过分析历史运行数据，预测温湿度变化趋势、设备故障概率、能耗峰值，提前调控设备参数，实现主动管控。针对特殊药品存储需求，定制专属电气管控方案，实现分区差异化管控。同时，系统预留扩展接口，适配仓储规模扩张与新增设备接入，满足医药仓储长期发展需求，提升系统灵活性与适用性。

3.6 电气智能化优化应用效益分析

为直观体现电气智能化优化方案的应用效果，选取某中型医药仓储改造项目为例，对比优化前后核心指标，具体如下表所示：

表 1 优化前后核心指标

评估指标	优化前	优化后	改善效果
温湿度管控合格率	92.3%	99.8%	合规性大幅提升，满足 GSP 严苛要求

参考文献：

[1] 牛志平,管涛.智慧建筑电气智能化弱电施工与机电安装[J].智慧中国,2026,(02):126-127.
 [2] 史禹谷.大型公共建筑电气智能化系统施工技术研究[J].新城建科技,2026,35(01):161-163.
 [3] 高殿辉,袁一平.建筑电气智能化弱电工程施工技术及质量管理措施分析[J].科技视界,2026,16(01):82-84.
 [4] 袁杉.基于智能建筑理念的电气智能化设计[J].智能建筑与智慧城市,2025,(S2):245-247.
 [5] 蔡泽润.建筑电气智能化系统设计与实践应用[J].智能建筑与智慧城市,2025,(S2):264-266.

供电中断应急响应时间	15 秒以上	0.5 秒以内	避免冷链药品因断电变质
整体建筑能耗	基准值	降低 22.7%	显著降低运营成本，实现绿色节能
人工运维工作量	满负荷日常巡检	减少 65%	降低人力成本，提升运维效率
仓储作业差错率	1.2%	0.1%以下	减少药品混淆损耗，保障运营质量

从效益分析结果来看，电气智能化优化改造后，医药仓储合规性、稳定性、效率均得到显著提升，能耗与人力成本大幅降低，不仅满足药品监管要求，还为企业带来直接经济效益与间接安全效益，验证了优化方案的可行性与实用性。

4 结论与展望

电气智能化技术在医药仓储建筑中的应用，是破解传统仓储运营痛点、满足合规要求、提升运营质量的核心路径。当前医药仓储电气智能化应用仍存在系统协同不足、能耗管控粗放、合规适配性待提升、运维体系不完善等问题，通过构建一体化集成系统、精细化能耗管控、强化合规与稳定性升级、完善预防性运维体系等优化策略，可有效补齐应用短板，实现医药仓储安全、合规、高效、绿色运营。

随着物联网、人工智能、数字孪生等技术的持续发展，医药仓储电气智能化将向更高效、更精准、更自主的方向发展，未来可进一步融合数字孪生技术，搭建仓储电气系统虚拟仿真模型，实现全流程可视化管控；结合 5G 技术提升远程监控与设备联动速度，适配无人化仓储发展需求。同时，电气智能化设计需持续贴合医药行业监管政策更新与仓储运营模式升级，不断优化技术方案，为医药流通行业高质量发展提供坚实的电气保障，推动建筑电气技术与医药仓储行业深度融合。