

工业电气自动化控制系统设计及可靠性应用研究

作者：李佳琴

身份证号：530113198008311127

摘要：随着工业 4.0 时代的到来，工业生产向智能化、自动化转型趋势愈发明显，工业电气自动化控制系统作为工业生产的“神经中枢”，其设计科学性与运行可靠性直接决定生产效率、产品质量及生产安全。本文梳理工业电气自动化控制系统的设计核心与可靠性内涵，剖析当前设计与应用中的突出问题，结合相关研究成果提出优化策略，为提升控制系统设计水平、增强运行可靠性，推动工业生产高效、安全、稳定发展提供技术参考。

关键词：工业电气自动化；控制系统；设计要点；可靠性；应用研究

一、引言

在现代工业生产中，工业电气自动化控制系统融合了电气技术、自动化技术、计算机技术等多领域技术，广泛应用于制造业、化工、冶金等各类工业场景，承担着生产设备调控、生产流程管控、安全预警等核心功能。电气自动化控制系统是现代工业生产线的神经中枢，其性能直接关系到生产效率、产品质量及能源消耗。当前，工业生产对控制系统的精准度、稳定性、安全性要求不断提升，但部分控制系统在设计环节存在不合理之处，运行过程中易出现故障，影响生产连续性。电气自动化控制系统于现代工业领域扮演着核心且至关重要的角色，其可靠性是衡量生产效率与产品质量的关键标尺。因此，深入研究工业电气自动化控制系统的设计要点与可靠性优化路径，具有重要的工程应用价值。

二、工业电气自动化控制系统设计核心与可靠性内涵

（一）设计核心

工业电气自动化控制系统设计以“高效、安全、可靠、节能”为核心目标，围绕控制逻辑、硬件选型、软件设计三大核心环节展开。控制逻辑设计需

结合工业生产工艺要求，明确控制流程、信号传输路径，确保控制系统能够精准响应生产指令；硬件选型需兼顾性能、兼容性与经济性，优先选用稳定性高、抗干扰能力强的元器件，如 PLC、传感器、变频器等，同时考虑系统扩展性；软件设计需注重操作便捷性、逻辑严谨性，优化控制算法，实现生产流程的自动化调控与故障预警。

（二）可靠性内涵

控制系统的可靠性是指在规定的工作环境与时间内，能够稳定完成预设控制功能、避免故障发生的能力，是控制系统正常运行的核心保障。其内涵主要包括三个层面：一是稳定性，控制系统在长期运行中能够保持稳定性能，不受外界干扰影响；二是容错性，当系统出现轻微故障时，能够自动容错、快速恢复，避免故障扩大；三是耐久性，元器件与系统整体能够承受工业生产中的复杂环境，延长使用寿命，降低故障发生率。

三、工业电气自动化控制系统设计及可靠性应用现存问题

（一）设计环节存在短板

部分设计人员缺乏对工业生产工艺的深入了解，设计方案与实际生产需求脱节，控制逻辑设计不合理，导致控制系统响应滞后、调控精度不足。同时，硬件选型存在盲目性，要么过度追求高端元器件导致成本浪费，要么选用质量不达标产品，影响系统稳定性；软件设计缺乏冗余设计，逻辑漏洞较多，易出现程序崩溃、指令误执行等问题。此外，部分设计未充分考虑抗干扰需求，布线不合理，易受电磁干扰影响控制精度。

（二）硬件可靠性不足

硬件作为控制系统的基础，其质量与兼容性直接影响系统可靠性。部分工业场景中，元器件长期处于高温、高湿度、高粉尘的复杂环境中，缺乏有效的防护措施，导致元器件老化、损坏速度加快，频繁出现故障；部分硬件设备兼容性较差，不同厂家的元器件搭配使用时，易出现信号传输不畅、协同工作异常等问题，影响系统整体运行稳定性。同时，部分硬件缺乏冗余配置，一旦核心元器件故障，整个系统将陷入瘫痪。

（三）运维管理体系不完善

控制系统的长期稳定运行离不开完善的运维管理，但当前部分企业缺乏专业的运维团队，运维人员专业素养不足，难以快速排查故障、维护设备；缺乏常态化运维机制，未定期对控制系统进行检修、校准，导致潜在故障无法及时发现，小故障逐渐扩大为大故障；运维记录不规范，难以追溯故障原因，不利于后续系统优化与故障预防。

四、工业电气自动化控制系统设计及可靠性优化策略

（一）优化设计方案，贴合生产需求

设计前期深入调研工业生产工艺、生产需求及现场环境，结合实际场景制定个性化设计方案。优化控制逻辑设计，简化冗余环节，提升系统响应速度与调控精度；硬件选型坚持“适配性、稳定性、经济性”原则，根据生产环境与控制需求，选用质量可靠、抗干扰能力强、兼容性好的元器件，同时预留扩展接口，便于后续系统升级；软件设计引入冗余设计，完善逻辑校验，减少程序漏洞，提升软件运行稳定性；合理规划布线，采取屏蔽、接地等抗干扰措施，降低电磁干扰影响。

（二）强化硬件防护，提升可靠性

针对工业复杂环境，对硬件设备采取针对性防护措施，如对元器件进行密封、防腐、散热处理，延长元器件使用寿命；优化硬件布局，避免元器件之间的相互干扰，提升系统协同工作能力；采用冗余设计，对核心元器件、关键控制模块进行备份，确保某一设备故障时，系统能够快速切换至备份设备，避免生产中断；定期对硬件设备进行校准、检修，及时更换老化、损坏的元器件。

（三）完善运维管理，保障长期稳定运行

建立专业化运维团队，加强运维人员专业培训，提升其对控制系统、元器件的操作、维护及故障排查能力；建立常态化运维机制，制定定期检修、校准计划，及时发现并处理潜在故障；规范运维记录，详细记录故障发生时间、原

因、处理过程及结果，为后续系统优化、故障预防提供依据；引入智能运维技术，通过传感器实时监测系统运行状态，实现故障提前预警，提升运维效率。

（四）引入智能技术，提升管控水平

结合人工智能、大数据等技术，优化控制系统设计与可靠性管控。引入模糊控制、模型预测控制等智能算法，提升控制系统的调控精度与自适应能力，应对工业生产中的复杂工况；利用大数据技术采集系统运行数据，挖掘故障规律，优化控制策略与运维方案；搭建智能监控平台，实时监测系统运行状态，实现故障快速定位、远程调控，提升系统运行可靠性与管控效率。

五、结论

工业电气自动化控制系统的设计水平与可靠性，直接关系到工业生产的高效性、安全性与稳定性，是推动工业智能化转型的重要支撑。当前，控制系统在设计、硬件、运维等方面仍存在诸多问题，制约了其可靠性与应用效能的充分发挥。通过优化设计方案、强化硬件防护、完善运维管理、引入智能技术等策略，能够有效提升控制系统的设计科学性与运行可靠性，适配工业生产的多元化需求。未来，需进一步推动电气自动化技术与工业生产的深度融合，持续优化设计与运维模式，研发高性能、高可靠的控制系统，为工业高质量发展注入新动能。

参考文献

- [1] 李永刚，姚阿萍. 基于 PLC 的电气自动化控制系统设计与实现[J]. 机械与电子控制工程，2025，7(3)：67-70.
- [2] 于君文. 电气自动化工程中电气自动化控制设备的可靠性分析[J]. 新潮电子，2024(6)：121-123.
- [3] 张潮. 自动化工程中的控制系统分析[J]. 集成电路应用，2023(1)：271-273.
- [4] 邢伟华，蔡文彬，王茹. PLC 在电气自动化工程中的应用与发展[J]. 内蒙古科技与经济，2015(4)：103.

[5] 杨润东, 贾慧领. 电气自动化工程控制系统的发展应用[J]. 现代信息科技, 2019, 3(4): 182-183.