

电厂电力系统自动化可靠性提升路径

于正

大唐南京发电厂，江苏 南京 210059

DOI:10.61369/EPTSM.2025060017

摘 要： 伴随电力行业向智能化、数字化转型，电厂电力系统自动化已成为保障电力平稳供应的基础条件。但受复杂运行环境、设备老化及技术迭代等因素的影响，导致自动化系统可靠性面对诸多挑战，一旦问题没有得到有效解决和处理，将直接影响电厂安全高效能运行与电力系统整体稳定性。基于此，本文从电厂电力系统自动化可靠性提升的必要性出发，提出优化设备选型与运维、完善监控预警体系、健全管理机制及加强人员技术培训等四条具体提升路径，希望为电厂提升电力系统自动化可靠性提供参考。

关 键 词： 电厂电力系统；自动化；可靠性；提升路径

Reliability Improvement Path of Power Plant Power System Automation

Yu Zheng

Datang Nanjing Power Plant, Nanjing, Jiangsu 210059

Abstract： As the power industry undergoes intelligent and digital transformation, power plant automation has become a fundamental requirement for ensuring stable electricity supply. However, challenges such as complex operational environments, aging equipment, and technological iterations have led to reliability issues in automation systems. If not properly addressed, these problems could directly impact the safe and efficient operation of power plants and the overall stability of the power system. To address this, this paper proposes four concrete improvement pathways—optimizing equipment selection and maintenance, enhancing monitoring and early warning systems, refining management mechanisms, and strengthening technical training—for enhancing the reliability of power plant automation. These measures aim to provide actionable references for improving automation reliability in power plants.

Keywords： power plant power system; automation; reliability; improvement path

引言

在社会经济高速发展背景下，各行各业对电力依赖水平持续加深，从而对电力供应的稳定性、连续性提出更高要求。电厂作为电力生产的重要场所，其电力系统自动化水平将直接决定电力生产效能和供电质量。近些年伴随自动化技术在电厂中的广泛应用，系统结构日益复杂涉及的设备、软件及通信链路增多，可靠性问题逐渐凸显，一旦自动化系统发生故障，不但会导致电厂生产中断，造成巨大经济损失，而且还会诱发区域性停电等问题，影响社会正常秩序。所以深入分析电厂电力系统自动化可靠性提升的必要性，探索科学有效的提升路径，成为当前电厂运营管理与电力行业发展的重要课题，对保障电力系统安全平稳运行具有一定的现实意义。

一、电厂电力系统自动化可靠性提升必要性分析

（一）保障电厂安全稳定运行的核心需求

电厂电力系统自动化涵盖发电、输电、配电等多个环节，其可靠性直接关系到电厂的安全运行。对于电厂电力自动化系统而言，对锅炉、汽轮机等重点设备实施自动控制，以及电网负荷自动调节，每一个环节的平稳运行都依赖于自动化系统的正常工

作。换言之若自动化系统发生可靠性问题如控制信号传输中断、设备自动调节失效，则会导致设备超温、超压运行引发设备损坏甚至爆炸、火灾等安全事故。例如某火电厂曾因自动化控制系统中的 PLC 模块故障导致锅炉水位无法自动调节，最后引发锅炉缺水停机不仅仅造成设备维修成本提升，还导致电厂停产 12 小时影响区域电力供应。由此可见提升自动化系统可靠性是防止安全事故、保障电厂持续平稳运行的基础前提，只有确保自动化系统各

环节平稳可靠能力为电厂安全生产筑牢防线。

（二）降低经济损失与提升运营效益的关键手段

基于实际情况分析，电厂电力系统自动化故障会直接导致生产中断带来显著的经济损失，继而扩大运维成本降低运营效益。从直接经济损失分析，根据行业统计数据，大型火电厂每停机一小时因发电量减少造成的直接经济损失可达50万-100万元。比如某水电厂因自动化系统故障导致机组停机，每小时经济损失约20万-30万元。从间接成本来看，故障后设备维修、备件更换以及因供电中断对下游企业赔偿费用，继而进一步加剧经济压力^[1]。以下为某地区不同类型电厂自动化系统故障导致的经济损失统计（如表1所示），从数据可清晰地看出，自动化系统可靠性不足将会对电厂经济效益负面影响。经过优化和完善自动化系统运维策略，能够进一步提升自动化系统可靠性，能够减少故障发生频率，缩短故障修复时间降低停机损失和运维成本。例如某电厂将自动化系统年均故障次数从15次降至5次，年均停机时间从80小时缩短至25小时每年减少经济损失约4000万元显著提升电厂运营效益，所以提升自动化可靠性是电厂控制成本、提升经济效益核心手段。

表1：某地区不同类型电厂自动化系统故障经济损失统计

电厂类型	年均故障次数（次）	年均停机时间（小时）	年均直接经济损失（万元）	年均间接经济损失（万元）
火电厂	12-18	60-90	3000-6000	800-1500
水电厂	8-12	40-60	800-1800	300-800
风电厂	15-20	50-70	500-1200	200-500

（三）满足社会用电需求与维护公共利益的重要保障

电力是基础能源，与居民生活、工业生产、公共服务等各领域都息息相关，电厂电力系统自动化可靠性将会直接影响电力供应的连续性和稳定性，关系社会公共利益^[2]。随着城市化发展，居民生活用电日趋增多，夏季空调负荷、冬季供暖负荷高峰阶段如果电厂自动化系统发生故障引发断电、影响居民生活甚至导致电梯停运、供水供电中断、给广大居民生活造成不便。同时在工业方面，精密制造、数据中心等对电力供应连续性有着非常高的要求，电压波动或者断电会导致生产设备损坏、数据丢失给企业造成巨大的损失，比如2023年某数据中心上游电厂自动化发生故障引起断电2小时直接造成数据丢失、业务中断、损失超2000万元、大量互联网用户无法正常服务。再者医院、交通枢纽等公共服务场所因电厂自动化发生故障导致断电、将严重影响医疗救援、交通调度等公共服务领域、影响群众生命和财产安全。因此提升电厂电力系统自动化可靠性、保障社会用电需求、维护公共利益将会对保障社会正常秩序起到非常重要的作用。

二、电厂电力系统自动化可靠性提升路径

（一）优化设备选型，强化运维管理

设备是电厂电力系统自动化得以实现的基础构成内容，科学设备选型和规范运维管理是提升系统可靠性的首要路径。在设备选型阶段，电厂需结合自身实际运行环境跟负荷需求，优先选择技术成熟、性能平稳、具有良好行业口碑设备品牌和型号^[3]。比

如在选择自动化控制系统中的DCS（集散控制系统）时，电厂应对比各类厂商产品的平均无故障工作时间（MTBF），优先选择MTBF大于10万小时产品考量设备的抗干扰能力、兼容性及后期升级潜力。某火电厂在2022年自动化系统改造中经过对比A、B、C三家厂商的DCS产品（如表2所示）最终选择MTBF更高、抗干扰能力更强的A厂商产品，改造后系统故障发生率较改造前降低60%。而在运维管理方面则需奠定全生命周期运维体系，制定具体的设备巡检计划，定期对自动化设备做好性能检测与维护工作；对传感器、执行器等关键部件，每月实行一次精度校准和状态检查；对服务器、通信设备每季度实行一次硬件检测与软件升级。与此同时可利用物联网技术，创建设备状态监测系统，实时采集设备运行数据经过数据分析提前预判设备故障风险，在这种情况下则可实现从“事后维修”向“预防性维护”的转变^[4]。

表2某火电厂DCS设备选型对比

厂商	MTBF（小时）	抗干扰能力（kV）	兼容性	升级潜力
A厂商	120000	6	支持多品牌设备接入	可无缝升级至智能控制系统
B厂商	80000	4	仅支持自有品牌设备	升级需更换核心模块
C厂商	95000	5	部分支持第三方设备	升级成本较高

（二）完善监控预警，构建应急体系

构建全面监控预警体系和高效的应急响应机制是及时发现自动化系统故障、减少故障影响的关键路径。为此电厂应在监控预警方面则需扩大监控覆盖范围，达成对自动化系统硬件、软件、通信链路等全环节的实时监控，经过部署监控软件实时采集系统运行参数，如CPU使用率、内存占用率、数据传输速率等设定合理阈值范围^[5]。这样一来，当参数超出阈值时自动发出报警信号，那么相关技术人员则可选用故障诊断技术，对系统异常数据展开深入分析，并精准定位故障位置与原因，为故障处理工作的高效开展提供依据。比如针对自动化系统中的通信故障，经过监控各类节点间的通信延迟与数据丢包率可高速判断是通信线路故障还是设备接口故障，缩短故障排查时间^[6]。此外在应急体系构建方面则需制定具体的应急预案，明确不同类型故障处理流程、责任分工与时间要求，针对常见故障，如PLC模块故障、软件崩溃等编制标准化的应急处置手册，确保运维人员在故障发生时能高速响应，定期组织应急演练，模拟不同故障场景提升运维人员应急处置能力。与此同时还应创建应急备件库，储备关键设备和部件，如PLC模块、传感器、通信模块等保证故障发生时能及时更换，缩短故障修复时间。经过完善监控预警与应急体系可将自动化系统故障发现时间从平均2小时缩短至15分钟，故障修复时间从平均8小时缩短至2小时大幅降低故障对电厂运行的影响。

（三）健全管理机制，规范运行流程

健全的管理机制和规范运行流程是保障电厂电力系统自动化可靠运行的制度路径。电厂需从制度层面明确自动化系统管理要求制定涵盖系统设计、建设、运维、升级等全流程管理制度，在

系统设计阶段编制设计评审机制，组织技术专家对自动化系统设计方案实行审核，核心审查方案可靠性、兼容性与安全性防止因设计缺陷导致后期运行问题^[7]。在系统建设阶段制定施工质量管理体系，明确施工标准和验收流程加大对施工过程的监督力度，保证设备安装、线路敷设等符合规范要求减少因施工质量问题诱发的系统故障，在系统运维阶段落实运维工作责任制，将自动化系统各环节运维责任落实到具体人员明确运维工作的考核指标，如故障处理及时率、设备完好率等，保证运维工作规范有序开展。与此同时还要制定变更管理机制，对自动化系统软件升级、参数调整、设备更换等变更操作，实行严格的审批流程明确变更的必要性、风险评估与实施方案，防止因无序变更导致系统不平稳，另外奠定技术档案管理制度，具体记录自动化系统设计资料、设备参数、运维记录、故障处理情况等为系统的长期运行与升级供给依据。经过健全管理机制和规范运行流程可使自动化系统因管理不当导致的故障发生率降低50%确保系统运行的规范性和稳定性^[8]。

（四）加强人员培训，提升专业素养

运维人员专业素养直接影响电厂电力系统自动化的运行管理质量，为此加大人员培训是提升系统可靠性的基础路径。电厂应构建完善的人员培训体系，实践中根据运维人员岗位需求与技术水平，制定分层分类培训计划，针对新入职人员开展岗前培训，内容涵盖自动化系统基本原理、设备结构、操作流程和安全规范，确保其具备基础运维能力^[9]。针对在岗人员定期开展技能提升培训，核心学习新技术、新设备的应用知识如数字化监控系统操作、人工智能故障诊断技术应用。此外还要进一步提升相关人

员应对复杂问题的能力。在此期间，选用的培训方法应多样化，比如采用理论授课、现场实操、案例分析、外部交流等多种形式，强化培训效果。经过现场实操培训，让运维人员直接参与自动化设备的拆装、调试与故障处理提升其动手能力。经过案例分析共享其他电厂自动化系统故障处理经验，拓宽运维人员思路。通过落实人员考核机制，还可以将培训结果和绩效考核挂钩经过理论考试、实操考核等方法检验培训成果，激励运维人员主动学习，引导运维人员参与行业技术交流和认证，如考取自动化系统工程师、注册电气工程师等证书提升其专业水平^[10]。经过加强人员培训可使运维人员对自动化系统故障排查准确率从75%提升至90%，对新技术应用熟练度从60%提升至85%为自动化系统可靠性提供人员保障。

三、结语

综上所述，上文围绕电厂电力系统自动化可靠性提升展开研究，首先从保障电厂安全运行、降低经济损失、满足社会需求三个方面，分析了可靠性提升的必要性，明确了提升工作的重要意义。在此基础上，提出了优化设备选型与运维管理、完善监控预警与应急体系、健全管理机制与规范流程、加强人员培训与素养提升这四条具体提升路径，主要是为了在提高电厂电力系统运行稳定性以及连续性的基础上，降低电厂电力系统自动化故障的发生率，减少故障处理时间，这样便可为电厂安全高效运行与电力系统整体稳定提供有力保障。

参考文献

[1] 杨光, 高康康, 吴家蔚. 电力系统中关于电气自动化设备可靠性的探讨 [J]. 电工材料, 2025, (03): 99–102.
[2] 曾淑英. 电力系统配电网自动化应用原则及可靠性研究 [J]. 光源与照明, 2024, (11): 177–179.
[3] 庞岑茂, 夏统照, 詹子民. 电力系统继电保护及其自动化装置可靠性研究 [J]. 光源与照明, 2023, (10): 231–233.
[4] 范军勇. 电力系统继电保护及其自动化装置可靠性分析 [J]. 应用能源技术, 2023, (01): 5–9.
[5] 施剑. 电力系统继电保护自动化装置可靠性研究 [J]. 技术与市场, 2021, 28(10): 128–129.
[6] 张壮壮. 发电厂电力系统自动化技术应用分析 [J]. 奥秘, 2024(16): 43–45.
[7] 谭峻云. 基于自动化技术的水电厂电力监控系统可靠性分析 [J]. 模型世界, 2024(17): 121–123.
[8] 姜峰. 电力系统自动化中的大数据分析 with 决策支持技术研究 [J]. 数字通信世界, 2024(11): 107–109.
[9] 焦亚峰. 垃圾发电厂电气自动化系统监控技术探析 [J]. 电力设备管理, 2024(24): 168–170.
[10] 赵溢丰. 电厂热控自动化系统稳定性研究 [J]. 电力设备管理, 2024(1): 78–80.