

基于天然气站场电气自动化设备的安全防护与可靠性分析

廖 涛 胡耀宇（江西省天然气管道有限公司，江西 南昌 330000）

摘要：天然气广泛应用，天然气站场电气自动化设备运行状况关乎能源供应和安全生产，研究设备安全防护与可靠性，分析自身故障隐患、外部环境威胁、人为操作风险，用多种方法确定影响因素。采取加强故障监测维护、优化外部环境、规范人员操作措施，提升设备安全防护，实施设备选型升级、建立冗余备份、完善管理体系策略，增强设备可靠性，保障天然气站场稳定运行。

关键词：天然气站场；电气自动化设备；安全防护；可靠性；影响因素

中图分类号：TE974 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)032-0154-03

Safety protection and reliability analysis based on electrical automation equipment in natural gas stations

Liao Tao, Hu Yaoyu (Jiangxi Natural Gas Pipeline Co., Ltd., Nanchang Jiangxi 330000, China)

Abstract: Natural gas is widely used, and the operation status of electrical automation equipment in natural gas stations is related to energy supply and safety production. Research on equipment safety protection and reliability, analysis of self failure hazards, external environmental threats, and human operation risks, and use various methods to determine influencing factors. Adopting measures to strengthen fault monitoring and maintenance, optimize external environment, standardize personnel operation, enhance equipment safety protection, implement equipment selection and upgrading, establish redundant backups, improve management system strategies, enhance equipment reliability, and ensure stable operation of natural gas stations.

Keywords: natural gas station; Electrical automation equipment; Security protection; Reliability; influencing factors

能源行业迅猛发展，天然气在经济社会地位日益关键，天然气站场是天然气输送关键之处，电气自动化设备性能左右整个输送系统稳定，当下设备运行存在不少难题，故障频发危及供气安全，复杂环境损害设备寿命。寻求提升电气自动化设备安全防护与可靠性的办法十分紧要，剖析各类问题，提出创新举措，为天然气站场高效、安全运行增添动力，推动能源输送领域稳步前行。

1 天然气站场电气自动化设备概述

压力变送器、温度传感器等检测仪表实时采集压力、温度等关键数据，PLC等控制装置接收数据进行运算处理，再发出指令，执行机构依据指令精准操控阀门与泵，通信系统则保障数据在各设备间稳定传输^[1]。检测仪表将物理量变化转化为便于传输和处理的电信号，控制装置经分析决策后，由执行机构执行对应操作。在天然气站场，这些设备构成生产运行的核心系统，它们对天然气各项参数进行不间断监测调控，确保输送过程安全稳定；支持远程操作，实现管理效率大幅提升、运营成本有效降低；凭借采集的数据，为故障诊断和预测维护提供有力依据，显著增强运行可靠性与安全性，从而有力推动天然气资源实现高效利用。

2 天然气站场电气自动化设备安全防护面临的问题

2.1 设备自身故障隐患

生产制造阶段，部分电气设备存在质量瑕疵，零

部件精度差、材质不达标，运行中易磨损，老化速度加快，故障频发，技术更新换代快，早期投入使用过的设备技术落后，难以适应复杂运行环境，稳定性和可靠性降低。设备内电子元件长期运行，受温度变化、电压波动影响，性能下降，出现电容漏电、电阻值改变等状况，导致设备控制精度变差、信号传输异常，严重时设备停止运行，干扰天然气站场正常生产。

2.2 外部环境带来的威胁

气候影响不容小觑，高温下设备散热受阻，内部元件老化加速，使用寿命缩短。雨水持续侵蚀，设备外壳易被腐蚀，还会引发短路，破坏绝缘性能，强风裹挟沙尘等恶劣天气，冲击设备结构，致使连接部件松动，传感器精度下滑^[2]。天然气站场周边电磁环境复杂，附近高压输电线路、通信基站释放电磁波，干扰设备运行，造成控制信号误判，引发设备异常运转，站场内部机械环境复杂，大型压缩机、泵运转时产生振动与噪音，让电气自动化设备零部件长期承受疲劳负荷，大幅提升设备故障几率。

2.3 人为操作不当引发的风险

设备安装调试环节，操作人员若专业素养不足、实操经验欠缺，常出现线路排布零乱无序、参数设定偏离标准的状况，这无疑为设备后续稳定运行埋下诸多隐患。日常作业中，部分人员无视既定操作规范，贸然进行带电作业，肆意修改设备运行参数，此类违

规行为极有可能直接引发设备故障，甚至酿成安全事故。一旦设备发生故障，若操作人员无法在第一时间快速且准确地诊断故障根源，并及时采取有效处置措施，小故障很容易演变成大问题，导致故障范围不断扩大。人员培训不到位同样加剧了操作风险，对新设备特性、新技术原理缺乏深入了解，使得操作人员在面对复杂工况时，往往难以做出正确判断与有效应对，严重影响设备稳定运行和站场安全生产秩序。

3 提升天然气站场电气自动化设备安全防护的措施

3.1 加强设备故障监测与维护

在设备关键处布设传感器，对温度、压力、振动等参数实时监测，借物联网技术把数据传至监控中心，用数据分析软件剖析实时数据，参数出现异常波动，即刻发出预警，让维护人员迅速处置。定期开展离线检测，以专业设备对设备全面检查，像对电气设备开展绝缘电阻测试、接地电阻检测等，排查潜在故障。依设备运行情况、使用时长等，制定科学维护计划，确定维护周期与内容，维护时严格遵循标准，更换磨损部件，对设备清洁、润滑、调试，保障设备性能良好。

3.2 优化设备外部运行环境

对气候环境影响，雨水多的区域，给设备搭建防雨棚，选用耐腐蚀材质构建棚体，防止设备遭雨水侵蚀；高温地区，安装空调或通风散热装置，保持设备运行环境温度适宜，为削弱电磁干扰，对电气设备实施电磁屏蔽，使用屏蔽电缆传输信号，将控制柜与通信柜隔离，还定期检测电磁环境，适时调整防护手段^[3]。面对机械振动与噪音干扰，给设备加装减震垫，优化布局使其远离大型设备，减轻振动噪音影响，强化站场环境管控，定时清理设备周边杂物，保障设备周围通风顺畅，减少灰尘堆积。

3.3 强化人员操作规范与培训

制定周全且详实的设备操作规范手册，详细阐明设备操作的每个步骤及标准，涉及设备启动、运行、结束的操作次序，参数设置的范畴跟办法等，并把操作规范手册交到每一位操作人员手里。按周期组织操作人员实施操作规范培训，借助理论讲解、现场演示及案例分析相配套的教学手段，让操作人员深刻领会操作规范的重要意义。邀请专家开展技术交流讲座，介绍新设备、新技术操作的关键环节及注意事项，增长操作人员的专业技术本领，搭建操作考核架构。定期对操作人员实施考核，考核内容包含操作规范、故障处理能力等范畴，为考核不合格的人员进行二次培训，直至考核结果合格，引导操作人员分享操作经验，营造积极的学习风气，稳步增进整体操作素养，降低人为操作错误引发的风险系数。

4 天然气站场电气自动化设备可靠性分析

4.1 影响设备可靠性的因素剖析

生产制造环节，部分厂家出于压缩成本考量，选用品质低劣的原材料，或沿用陈旧落后的生产工艺，致使设备自出厂便存在先天缺陷，电气设备所采用的绝缘材料质量堪忧，在长时间持续运行过程中，极易出现漏电、短路等故障状况。电子元件性能表现极不稳定，直接导致设备控制精准度与信号传输准确性大打折扣。设备使用年限因素同样不可小觑，随着运转时长不断增加，设备内部零部件逐步出现磨损、老化现象，整体性能持续下滑，故障发生几率大幅攀升。天然气站场大多处于复杂多变的环境之中，各地气候条件差异显著，高温环境下，设备散热面临极大困难，电子元件老化进程显著加快；高湿度环境极易致使设备受潮，从而造成绝缘性能严重下降。雷电、风沙等极端恶劣天气，更可能对设备造成直接性损坏。站场内部电磁环境错综复杂，附近高压输电线路、通信基站等产生的电磁干扰，会干扰设备正常运行，造成控制信号出现偏差，设备安装位置周边存在的机械振动，诸如大型压缩机、泵等设备运行时产生的强烈震动，会使电气自动化设备零部件逐渐松动，进而严重影响设备运行可靠性。在设备安装过程中，倘若施工人员技术能力不足，极易出现布线错乱、设备固定不稳固等问题，为设备后续运行埋下诸多隐患。实际操作环节，操作人员若不严格遵循操作规程，擅自随意更改设备参数、违规开展带电作业等行为，极易诱发设备故障，设备维护保养方面，一旦维护人员缺乏责任心，未能按照既定周期与标准实施维护作业，无法及时察觉并处置设备潜在问题，同样会致使设备可靠性明显降低。

4.2 设备可靠性评估方法探讨

实践过程中，需将天然气站场电气自动化设备进行全面系统分解，仔细罗列设备的各个构成单元，从用于数据采集的检测仪表，到承担逻辑运算的控制装置，再到实现具体动作的执行机构等，均一一详尽列出，对每个部件深入分析潜在故障模式，检测仪表可能出现数据偏离真实值、信号传输中途中断的情况。控制装置会面临程序指令错误、运行过程死机等问题，评估这些故障模式对设备整体功能发挥以及站场正常生产运行的影响程度，并按照影响严重性划分等级。经过广泛收集设备过往故障数据，结合同行业丰富实践经验，判断故障发生原因和出现概率，根据分析所得结论，制定对应预防和改进手段，如增设冗余设计提升容错能力、优化维护计划保障设备状态，以此增强设备可靠性^[4]。实际操作阶段，先明确与天然气站场电气自动化设备相关的可靠性关键指标，常见的包

括平均故障间隔时间(MTBF)、平均修复时间(MTTR)、可靠度等，对设备运行数据展开长期持续监测与收集工作，运用专业统计分析方法精确计算这些指标实际数值，详细记录设备每次故障发生时刻和修复完成时间，据此准确算出 MTBF 和 MTTR。将计算得到的指标数值与行业通行标准或设备设计预期要求进行对比，全面评估设备可靠性水平，一旦发现指标未达要求，深入挖掘背后原因，判断是设备自身质量缺陷，还是维护管理环节存在不足，进而针对性采取改进举措，如更换性能更优的设备、优化维护策略，确保天然气站场稳定运行。

5 提升天然气站场电气自动化设备可靠性的策略

5.1 设备选型与技术升级

全面剖析天然气站场实际运行所需，考量处理量、压力范围、环境状况等要素，依此筛选适配设备，考察设备供应商信誉与实力，优先挑选技术成熟、经验丰富且售后有保障的厂商，对压缩机、调压装置等关键设备，比对不同品牌型号性能参数、可靠记录及维护成本，保障所选设备性能优、稳定性强，紧跟行业技术动向，积极引入新技术设备，运用智能化监测控制系统，实现设备状态实时感知、故障智能诊断预警，提升运行效率与可靠性。定期评估现有设备技术状况，据评估结果制定升级规划，老旧设备若核心部件老化、技术陈旧且维修成本高，考虑整体更换；部分功能可优化的，针对性更换关键组件，像把传统继电器控制系统升级为可编程逻辑控制器（PLC）系统，提升控制精度与响应速度，升级时注重新老设备兼容，确保平稳过渡，降低对站场运行影响。

5.2 建立冗余备份与应急机制

对关键设备与核心系统，精心设置冗余配置，配置备用压缩机、备用电源、备用通信线路等保障设施，借助先进自动切换装置。一旦主设备出现故障，备用设备能够在极短时间内无缝投入运行，从而切实确保天然气站场实现不间断生产，建立常态化维护机制，定期对冗余设备进行全面测试与细致维护，从性能检测到部件保养，全方位保障其处于良好备用状态，确保任何时刻都能正常启用^[5]。构建系统化应急管理机制，制定涵盖各类突发情况的详细应急预案，明确规定在设备故障、自然灾害等紧急状况下的具体应急处理流程，以及各岗位的责任分工。定期组织多场景应急演练，模拟设备突发故障导致天然气泄漏、电力中断等复杂场景，反复实操训练，让工作人员熟练掌握应急操作流程，显著提高应急响应能力和团队协同配合作能力，每次演练结束后，对应急预案进行深入评估和针对性优化，全面总结经验教训，不断完善应急预案的科学性与实用性^[5]。

5.3 完善可靠性管理体系

搭建科学完备的可靠性管理体系，清晰界定各部门、人员在设备可靠性管理中的具体职责，对设备从采购、安装调试、运行维护直至报废处理的全生命周期进行管控。创立设备档案管理制度，详实记录设备型号、采购时间、安装地点、维护详情、故障状况等信息，为设备维护管理提供有力数据支撑，制定严苛的设备维护规划与标准，明确维护周期、内容及方式，保障设备维护工作规范有序、标准统一。强化设备运行数据的监测分析，借助大数据技术与分析工具，实时采集设备运行参数并深入挖掘。数据分析，及时察觉设备潜在问题与故障走向，提前落实维护举措，达成预防性维护目标。定期开展设备可靠性管理体系内部审核评估，查验各项管理制度与措施的执行状况，发现问题即刻整改，引入外部专业评估机构，对可靠性管理体系开展第三方评估，学习借鉴先进管理经验与方法，持续优化管理体系，提升设备可靠性管理水平，确保天然气站场安全稳定运行。

6 结语

天然气站场电气自动化设备的安全防护与可靠性，直接关乎站场稳定运行及天然气高效输送的核心命脉，系统性剖析设备自身潜在故障隐患，包括制造缺陷、元件老化等；外部环境威胁，如气候影响、电磁干扰等；以及人为操作风险，涵盖操作失误、维护不当等多维度问题，针对性实施强化故障监测维护体系、改善优化运行环境条件、严格规范人员操作流程等安全防护手段。综合运用设备选型升级、构建冗余备份与应急响应机制、完善全生命周期可靠性管理体系等策略，能够切实保障设备稳定可靠运行。

参考文献：

- [1] 王钊 . 加强天然气场站电气自动化设备可靠性分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量 ,2021,41(11):39-40.
- [2] 余文 . 无人值守天然气站电气设备的可靠性分析 [J]. 数字通信世界 ,2020,(09):129-130+132.
- [3] 李行行 . 天然气场站电气自动化设备的可靠性分析 [J]. 工程技术研究 ,2019,4(13):122+168.
- [4] 杜鸿健 . 天然气站场电气自动化设备可靠性分析及优化 [J]. 科技创新与应用 ,2017,(25):84+86.
- [5] 孙永福 . 如何加强天然气场站电气自动化设备的可靠性 [J]. 硅谷 ,2013,(024):120-120.

作者简介：

廖涛（1988-）男，江西丰城，汉族，本科，工程师，研究方向为天然气管网自动化。