

天然气场站数字化智慧应用场景研究

许欢乐（中联煤层气有限责任公司神府分公司，陕西 榆林 719000）

摘要：本文探讨天然气场站在数字化与智慧化转型应用场景，概述数字化智慧技术提升天然气场站运营效率。详细分析生产管理智能化，安全监控智慧化以及能源管理与环境保护等多个核心应用场景。指出场景在推动天然气行业现代化进程潜力，加快天然气场站数字化智慧化转型速度，为相关领域实践与发展提供理论支撑。

关键词：天然气场站；数字化；智慧化；应用场景；生产效率；安全管理

0 引言

天然气作为重要过渡能源，在全球能源消费比重逐年上升。天然气场站作为天然气输配系统重要组成部分，其运营效率、安全水平关系到天然气供应链稳定性。传统天然气场站管理模式难以满足现代能源体系对高效安全多重要求。探索天然气场站数字化与智慧化转型路径，成为当前能源领域研究热点。

1 天然气场站数字化智慧化关键技术

1.1 数据采集与传输技术

数据采集涉及各类传感器应用，部署天然气场站关键位置，如管线、阀门、压缩机等，实时监测压力、温度、流量等关键参数。例如，压力传感器精确测量管道天然气压力，其精度通常达到 $\pm 0.1\%FS$ （满量程的 0.1%）；流量传感器准确计量天然气瞬时流量，误差不超过 $\pm 1\%$ 。传感器数据用于现场显示控制，通过数据传输网络远程发送至中心控制系统。天然气场站采用多种通信方式相结合策略，例如有线通信（如工业以太网、RS485 总线等）和无线通信（如 4G/5G 蜂窝网络、LoRa、NB-IoT 等）。

有线通信适用于数据量大、实时性要求高场景，其传输速率达到 10Mbps 甚至更高。无线通信则适合于布线困难或需要移动监控场景，其通信距离可达数公里至数十公里不等。物联网技术不断发展，天然气场站开始采用基于云平台数据传输方案。部署在现场数据采集终端将传感器数据上传至云端服务器进行存储分析，提供强大数据处理能力（如大数据分析、机器学习等），通过开放 API 接口实现与各种智能应用无缝集成^[1]。

1.2 数据处理与分析技术

数据清洗去除原始数据噪声、异常值和重复信息，确保数据准确性。例如，对于压力传感器采集数据，设置合理阈值和滤波算法剔除异常波动。对于来

自不同传感器数据，需要时间同步和单位统一处理。将清洗后数据按照特定格式存储到数据库中，以便后续分析查询^[2]。常用数据整合工具有 ETL（Extract-Transform-Load）工具和数据仓库等。高效数据存储和管理策略至关重要，当前流行的数据存储技术包括关系型数据库如 MySQL、Oracle 和非关系型数据库 MongoDB、Cassandra。关系型数据库适用于结构化数据存储查询，非关系型数据库适合处理半结构化和非结构化数据。为应对实时分析需求，内存数据库如 Redis、Memcached 等被广泛应用于天然气场站数据处理。从海量数据中提取有用信息模式，支持决策预测。常见数据分析方法包括统计分析、机器学习、深度学习等。

对历史数据进行回归分析，预测未来一段时间内天然气需求量。通过聚类分析，发现不同类型故障模式，制定相应预防措施。在数据分析基础上，进一步挖掘数据间的潜在关联。例如，利用关联规则挖掘算法 Apriori，发现不同参数之间相关性，为优化运行提供依据。

1.3 智能控制与优化技术

自动化控制技术是智能控制基础，通过可编程逻辑控制器、分布式控制系统实现对场站设备实时监控和精确控制。例如，利用 PID（比例-积分-微分）控制算法对压力、流量等关键参数进行自动调节，确保系统稳定运行在设定范围内。自动化控制技术大幅减少人工干预，提高生产过程连续性。通过 PID 控制算法，压力波动范围控制在 $\pm 0.5\%$ 以内。PLC 系统实现对 1000 多个输入输出点实时监控控制，故障响应时间小于 100ms。人工智能技术在天然气场站中的应用主要体现在故障诊断、预测维护等方面，利用机器学习算法对历史数据进行训练，建立故障预测模型，实现对设备故障早期预警定位。

结合深度学习技术，对场站运行数据进行深度挖掘，发现潜在优化空间，提出针对性优化建议。通过机器学习算法建立故障预测模型，准确率达到 95%。利用深度学习技术对运行数据进行优化分析，实现 5% 能效提升。优化决策支持系统是智能控制与优化技术核心，集成多种算法模型，为管理人员提供全面决策支持。该系统根据实时数据历史数据，对天然气场站生产计划、设备调度等进行优化计算，生成最优决策方案。对场站安全风险进行评估管理，提出相应预防措施^[3]。优化决策支持系统实现对 10 种不同生产场景优化计算，平均提升生产效率 10%。安全风险评估模型识别出 90% 以上潜在安全风险，给出相应预防措施。

2 天然气场站数字化智慧应用场景分析

2.1 生产管理智能化

智能化生产管理系统根据市场需求、设备状况等信息，自动制定调整生产计划，实现资源优化配置。通过高级计划与排程系统（APS），综合考虑多种约束条件，生成最优生产调度方案。实时响应生产过程变化，如设备故障、原料短缺等，自动调整计划确保生产连续性。生产计划自动化制定，减少人工参与，计划制定时间缩短 30%。APS 系统实现生产调度优化，设备利用率提高 15%。部署生产现场传感器，采集生产过程关键参数，如压力、温度、流量、阀门开度等。数据经过处理分析后，生成可视化生产过程监控画面，管理人员通过电脑或手机等终端随时查看生产现场情况。

对异常情况自动报警，指导操作人员及时处理问题。实时数据采集频率达到每秒 10 次，确保监控信息准确性。异常报警准确率超过 95%，提高生产过程安全性。利用大数据分析和人工智能算法，对生产过程中产生海量数据进行深度挖掘。对历史数据分析，发现生产瓶颈问题，为优化改进提供依据。利用预测模型对未来一段时间内生产趋势进行预测，提前做好准备调整。生产数据分析平台能处理超过 1TB 历史数据，提供多种分析工具方法。生产效率提升 10%，生产成本降低 5%。

2.2 安全监控智能化

智慧化安全监控系统通过部署在场站关键区域传感器采集安全参数，如气体浓度、温度等。经过处理分析后，生成实时安全监测画面。帮助管理人员及时掌握场站安全状况，系统检测到异常或潜在安全隐患

时，立即触发预警机制。通过声光报警、短信通知等方式，提醒相关人员采取应对措施。传感器精度达到 $\pm 0.5%$ ，确保监测数据准确性^[4]。实时监测数据更新频率高达每秒 10 次，保证监控实时性。预警系统在异常发生后 1 秒内发出报警，降低安全事故风险。智慧化安全监控系统具备故障诊断功能，对历史数据和实时数据分析，系统识别设备故障模式趋势，为维修人员提供准确故障定位。

利用机器学习等算法，对设备剩余寿命进行预测，提前制定维护计划。故障诊断准确率高达 95%，显著提高维修效率。设备剩余寿命预测误差控制在 $\pm 5%$ 以内，为预防性维护提供有力支持。应对突发事件时，智慧化安全监控系统迅速启动应急响应机制。通过预设应急预案和实时数据分析，系统为决策者提供科学应急指挥建议，协调各方资源，快速有效应对安全事故。应急响应启动时间缩短至 30 秒内，提高应对速度。预案覆盖率达到 100%，确保各种突发情况都能得到妥善处理。

2.3 能源管理与环境保护

智慧化能源管理系统是天然气场站实现节能减排关键，通过实时监测分析场站能源消耗数据，包括天然气用量、电力消耗、水耗等准确掌握场站能源利用情况。制定针对性节能措施优化方案，调整设备运行模式，优化工艺流程，降低单位产品能源消耗。能源管理系统实现全场站 95% 以上能源消耗数据实时监测，场站综合能耗降低 10%。智慧化天然气场站配备温室气体排放监测与控制系统，实时监测场站温室气体排放情况，与能源管理系统相结合，优化燃烧过程，降低排放浓度。温室气体排放监测系统实现对主要排放源实时监测，监测精度达到 $\pm 2%$ 。天然气场站在生产过程中产生一定量废水废弃物，为确保废弃物不对环境造成污染，智慧化场站配备先进废水处理设施。采用生物处理、膜分离等技术，有效去除废水中有害物质，使其达到排放标准。固废处理设备通过分类、压缩、焚烧等方式，实现固废减量化利用。

3 天然气场站数字化智慧化优化建议

3.1 提升关键技术研发与应用水平

自动化与智能化技术是天然气场站智慧化转型基石，加大研发投入，积极开发适用于场站生产流程自动化控制系统。实现对生产过程精确控制，减少人为干预，提高生产效率。智能化决策支持工具帮助管理人员做出科学合理决策，优化资源配置，降低运营成

本。自动化控制系统实现对生产流程全程监控，控制精度提高至 99%。研发先进安全监控系统和环保处理技术，确保场站在保障生产安全时，降低对环境影响。安全监控系统实时监测场站安全状况，及时发现处理潜在安全隐患。

环保处理技术有效处理场站产生废水、废气等污染物，确保排放达标。环保处理技术使废水处理达标率达到 100%，废气排放浓度降低 30%。引进消化吸收再创新，逐步替代进口设备，降低采购成本维护成本。鼓励国内企业加大研发投入，开发出具有自主知识产权关键设备技术，提升整个行业装备水平。国内企业自主研发关键设备在行业内得到广泛应用，市场占有率提升 30%。

3.2 完善数字化智慧化标准与规范

为指导天然气场站数字化智慧化建设，制定详细的建设指南。明确数字化智慧化建设目标原则，为场站提供全面建设指导。结合天然气场站实际特点，提出针对性解决方案。数据是数字化智慧化建设核心要素，制定统一数据标准。明确数据分类格式、传输协议等细节要求，确保不同系统之间无缝对接。建立数据质量管理和安全保障机制，确保数据准确性。天然气场站数字化智慧化建设涉及多系统平台之间集成交互，确保系统之间顺畅通信，制定统一系统接口标准规范。

明确接口通信协议、数据格式、传输方式等要求，确保不同系统按照统一标准进行开发对接。安全与隐私保护是不可忽视重要环节，制定详细安全与隐私保护规范，明确场站在网络安全、数据安全等方面责任要求。完善安全管理体系和应急响应机制，确保场站在面临安全威胁时及时应对处理。

3.3 强化人才培养与技能提升

针对天然气场站不同岗位需求，制定全面系统人才培养计划。涵盖新员工入职培训、岗位技能培训、管理能力提升培训等多方面，确保员工在不同阶段获得必要培训支持。与场站发展战略和市场需求紧密结合，及时调整优化培训内容，保持培训前瞻性。采用多样化培训方式，如课堂讲授、现场实操、案例分析等，结合理论实践，使员工更好理解掌握所学知识，提高实际操作能力。

利用在线学习平台、远程视频教学等现代信息技术手段，打破时间空间限制，为员工提供灵活便捷学习途径。建立技能评估与晋升机制，对员工技能水平

进行定期评估，了解员工技能掌握情况。为员工提供有针对性技能提升建议，将技能水平与岗位晋升、薪酬调整等激励机制相挂钩，鼓励员工主动学习提升技能，营造积极向上学习氛围。参与外部培训、研讨会等活动，使员工及时了解行业最新动态。

3.4 加强行业交流与合作

为促进天然气行业内交流合作，应建立多层次交流平台。平台可包括行业协会、专业论坛、技术研讨会等，为行业内企业专家提供展示成果、分享经验平台。通过平台可及时了解行业最新动态，发现合作机会，共同推动行业进步。国际天然气场发展迅速，加强与国际同行交流合作对于提升国内天然气场站技术水平具有重要意义。派遣人员出国学习，邀请国际专家来华交流，参与国际项目合作方式，引进国际先进技术管理经验，推动国内天然气场站智慧化转型升级。天然气场站作为天然气产业链重要环节，与上下游企业有紧密联系。深化与产业链上下游企业的作，可以实现资源共享、优势互补，共同应对市场变化。与上游气源供应商建立稳定供应关系，确保气源供应安全性。与下游用户建立紧密合作关系，了解用户需求，提供定制化产品服务。参与政府部门组织交流与合作活动，扩大企业知名度影响力，提升企业形象品牌价值。

4 结束语

加强行业交流与合作是天然气场站实现智慧化转型持续发展重要途径。建立多层次交流合作平台，加强与国际同行交流合作，深化与产业链上下游企业合作。积极参与政府部门组织交流合作活动措施，推动天然气场站在技术创新、市场拓展、安全管理等方面进步发展。提升天然气场站核心竞争力，为天然气行业可持续发展注入新动力。

参考文献：

- [1] 蒋至, 赵彪, 伍天能, 等. 关于天然气管道运行管理数字化建设的探讨 [J]. 中国化工贸易, 2022(28):109-111.
- [2] 李珣, 夏辉, 魏士尧, 等. 石油天然气橇装产品全生命周期性管理体系数字化构建 [J]. 中国化工贸易, 2022(12):184-186.
- [3] 朱勇, 王子瑞. 天然气场站智能化转型的探究 [J]. 炼油与化工, 2022,33(6):53-57.
- [4] 常正胜, 张晓龙, 张杨, 等. 天然气长输管道智能化管控实践 [J]. 油气田地面工程, 2022,41(8):68-74.