

燃气管道智能阴保在线检测系统的应用

毕瑞龙, 王国栋, 郭 强, 伏双智, 王 文
陕西城市燃气产业发展有限公司

摘 要: 本文聚焦燃气管道智能阴保在线检测系统, 深入剖析其关键组成部分、核心技术原理、实际安装实施流程、功能强大的监测平台以及显著应用成效。详细阐述智能阴保测试桩的构成与技术参数, 对比传统检测手段凸显其优势, 全面展示系统架构与功能模块协同作业机制。通过实际案例解析系统在不同场景下的安装实施细节与操作要点, 论证其在保障燃气管道安全、提升阴极保护管理效能方面的关键作用与广阔应用前景, 为燃气管道运维提供重要技术支撑与实践指导。

关 键 词: 燃气管道; 智能阴保; 在线检测; 阴极保护

1 引言

在燃气输送领域, 金属材质的燃气管道长期与土壤、空气等介质接触, 面临严重腐蚀风险, 这对管道安全运行构成极大威胁, 可能引发燃气泄漏、爆炸等灾难性事故。阴极保护技术作为防止金属腐蚀的关键手段, 传统人工检测方式存在效率低、准确性差、数据传输不便及无法及时预警等诸多弊端。随着科技飞速发展, 智能阴保在线检测系统应运而生, 它能实时、精准监测管道阴极保护参数, 自动上传和分析数据, 及时发现并处理管道腐蚀问题, 在燃气管道安全保障中发挥着不可或缺的作用。

2 智能阴保测试桩产品剖析

2.1 组成结构

智能阴保测试桩核心部件为阴极保护电位自动采集仪, 集成4G通信、GPS定位等功能模块。配套设备包括采集仪专用供电电池、防雷板、4G和GPS天线、

钢管测试桩及相关接线端子、参比管电极、测试试片(自然电位、断电电位、电流试片各1个)、铭牌、测试桩通用钥匙、电位自动采集仪调试线等, 各组件紧密配合构成完整检测体系。

2.2 功能参数

2.2.1 环境适应性强

智能阴保测试产品能在 -40°C ~ $+85^{\circ}\text{C}$ 宽温域内稳定工作, 适应多种安装场景且抗干扰, 对安装环境要求合理, 可在无强烈振动、冲击、强电磁干扰且具有通讯条件、无危险介质的场所正常运行, 确保长期可靠监测。

2.2.2 采集精度高

测试桩通电、断电、自然电位采样误差均小于 $\pm 5\text{mV}$, 交流干扰电位采集误差 $\leq 0.1\text{V}$, 流经试片交流电流采集误差 $\leq 1\%$ 且分辨率达 $10\mu\text{A}$, 满足高精度管道阴极保护参数精确监测需求, 能为评估管道腐蚀状况提供可靠数据依据。

2.2.3 通讯多元可靠

该系统支持GPRS、NB-IOT、4G、北斗卫星等多

[第一作者简介] 毕瑞龙, 安全生产技术办公室主任, 工程师, 从事燃气管理、研发工作。

种通讯方式，在不同信号覆盖区域均可实现数据传输，如4G网络覆盖区高速传输，无信号偏远地区借助北斗短报文通讯保障数据连续性，确保数据及时上传至监测平台。

2.2.4 工作模式灵活

该系统的常规与自动触发密集采集模式可按需切换，如在管道周边环境突变或特定时段可启动密集采集，全面捕捉电位变化，配合远程控制功能，用户可通过软件便捷调整采样时间、频率等参数，实现个性化监测策略。

2.2.5 供电续航可选

该系统具有一次性电池、太阳能电池、充电电池多种供电方案，用户可依据应用场景灵活选择。一次性电池安装便捷，太阳能电池适用于阳光充足的偏远地段，充电电池便于维护，且设备功耗低，待机和通讯电流分别控制在30μA和400mA以内，延长续航时间，降低维护频次。

2.2.6 数据保障有力

该系统的数据补报功能在通讯异常时自动重拨3次，失败后存储半年以上数据并补报，结合与服务器自动校时（时钟误差<1s/d）及无线远程升级功能，能确保数据完整性、准确性与设备性能持续优化，进而保证系统的可靠性与适应性。

3 系统平台架构与功能深度解析

3.1 架构分层协同

3.1.1 感知层采集基石

恒电位仪智能采集仪与智能阴保测试桩是数据源头。恒电位仪采集仪监测恒电位仪输出信号保障其稳定运行；智能测试桩定时采集管道多参数数据并上传，其广泛分布于管道沿线，按预设程序自动采集，确保数据全面、及时获取，为系统运行提供基础数据支撑。

3.1.2 数据层存储中枢

依托成熟数据库管理软件构建企业管理信息平台数据库，结构化与非结构化数据分类存储。结构化数据采用PostgreSQL存储，依应用分专题管理；非结构化数据由MongoDB存储，PCSYS建立数据关联，实现海量数据高效管理与快速检索，为系统分析决策提供数据储备。见图1。

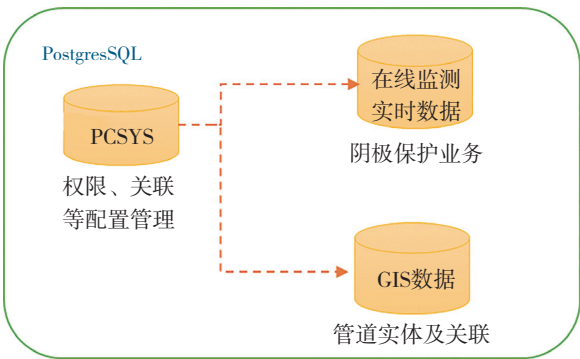


图1 数据架构图

3.1.3 服务层交互枢纽

在应用与数据层间起桥梁作用，进行数据有效性验证与业务逻辑处理，如严格校验上传数据准确性、完整性，执行数据添加、修改、查询操作，保障系统数据质量与运行稳定性，确保各层数据交互顺畅、安全。

3.1.4 应用层功能核心

涵盖PC端监控系统与移动管理端APP，集成设备管理、实时数据监测、异常报警、阴保有效性评价等功能模块。设备管理实现设备全生命周期管控；数据监测实时展示管道状态；报警功能依阈值及时预警；有效性评价综合分析数据指导运维，各模块协同构建高效管理平台。如图2所示。

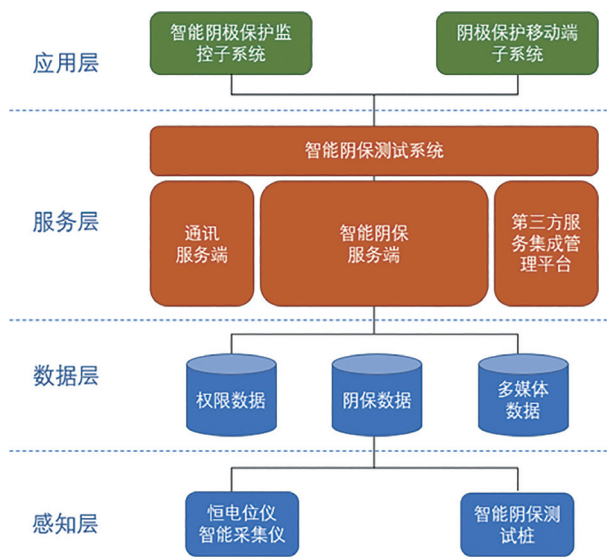


图2 系统总体架构

3.2 功能模块详述

3.2.1 GIS 监控可视化

以地图为载体集成多种工具，量测、缩放、漫游

等操作助力用户精准查看管道位置与周边环境；地图气泡、书签、标记功能方便信息快速检索与重点标注；影像叠加与底图切换提供丰富地理信息，多维度呈现管道分布与状态，辅助决策制定。

3.2.2 数据管理全方位

管线与智能桩管理模块支持数据创建与编辑，实现管线-智能桩数据关联，精准定位与分析；动态数据展示汇总智能桩实时数据，预警信息突出异常；表格与定位监测分别以列表和地图形式直观呈现采集数据，多视角满足用户数据查看需求。

3.2.3 分析预警智能化

统计分析绘制电位数据曲线，剖析历史趋势挖掘异常；监测报表规范输出数据；异常提醒依据阈值自动报警并定位，如电位超时迅速响应，以可视化方式提示管理人员，确保管道隐患及时发现与处置，保障安全运行。

4 现场实施关键环节与策略

4.1 安装选址优化

选址综合考量多因素，优先选择电流干扰高风险区（如高压线、站场周边）便于监测干扰影响，同时要求通讯良好确保数据传输。兼顾征地成本与桩体条件，优先用碳钢材质、无明显损坏且接线柱良好、高度适宜（约2m）的普通桩改造；陕西城市燃气产业发展有限公司扶风分公司依此筛选改造与新建位点，合理布局测试桩，平衡成本与监测效果，为后续安装提供选址范例。如图3所示。

4.2 安装流程细化

类似新安装，浸泡参比电极后在桩体底部开挖坑道，固定参比电极与PVC管。在桩体顶部钻孔安装天线，穿线连接采集仪与各线路，经万用表和调试软件双重校验数据、设置参数后，回填坑道、浇水，固定采集仪与天线，实现普通桩向智能桩高效升级。

4.2.1 参比电极准备

将参比电极在自来水中浸泡12h-24h，使其电势稳定。

4.2.2 定位与开挖

沿管道沿线确定测试桩安装位置、方向并标记，开挖约100cm（长）×50cm（宽）×100cm（深）坑

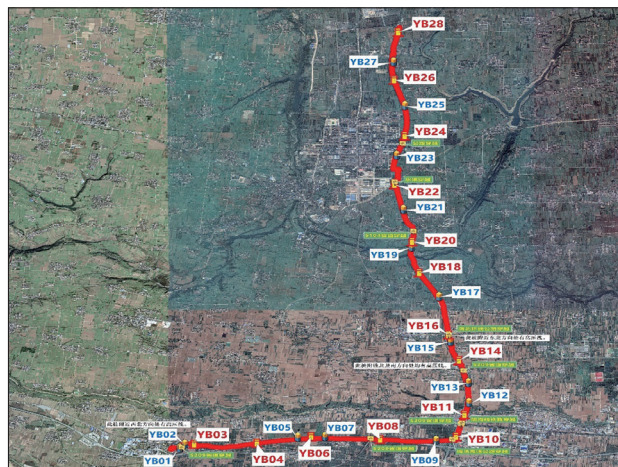


图3 扶风常兴镇-法门镇输气管道阴保测试桩点位图

道，注意勿伤预埋管道线并将其露出。

4.2.3 电极与桩体安装

在PVC管中部距底部50cm-60cm处开孔，引出测试线，将PVC管放于坑道一侧，底部填埋参比电极，上部10cm左右插入3个星型排布试片；往PVC管周围填土初步固定，注意土不高于测试线；将桩体放于坑道另一端，用铠装电缆延长不足的管道线，穿入管道线与测试线；在桩体周围填充 $\geq 10\text{cm}$ 厚水泥初步固定，注意不超穿线孔且不掩盖线路。

4.2.4 仪器连接与数据读取

连接智能电位采集仪、电池、防雷板、通信及GPS天线，按标注连接防雷板测试线、极化探头测试线与管道线；用万用表直流2V档测试并记录电位值，确认数据正常。

4.2.5 收尾工作

回填坑道，往PVC管内浇透，将电池等设备放入桩体固定，扣上盖板固定，记录设备编号、ID号及经纬度信息。

5 应用案例成效展示

在陕西城市燃气产业发展有限公司扶风分公司常兴镇-法门镇输气管道中，应用本智能阴保在线检测系统取得显著成效。于一段长29km且穿越复杂地形与电磁环境的管道，安装14套智能阴保测试桩并部署监测平台。系统运行后，数据采集频率从1次/月提升至1次/h，数据量增长超千倍，及时捕捉到5处因施

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2025.07.004

城镇燃气LNG储配站联锁技术及运行管理研究

韦永金

贵州燃气集团股份有限公司

摘 要：本文主要研究了城镇燃气液化天然气（LNG）储配站联锁技术的现状，阐述了储配站三级联锁系统，结合国家燃气规范执行情况，提出了联锁系统整改思路，以及联锁存在的问题。同时，对联锁管理关键点进行研究、梳理，结合行业发展趋势和技术创新方向，为LNG储配站的联锁技术管理提供参考。

关 键 词：液化天然气；储配站；联锁技术；运行管理

1 引言

LNG作为一种清洁、高效的能源，在城镇燃气供应

中扮演着重要角色。LNG储配站作为城镇燃气供应系统的核心环节，其安全运行至关重要。然而，LNG具有易燃易爆的特性，一旦发生泄漏或火灾事故，后果不堪

工、地质变化引发的电位异常波动，通过预警功能快速响应，维修团队在24h内精准定位修复，有效避免管道腐蚀加剧与潜在泄漏风险，大幅提升管道运维效率与安全性，降低维护成本约30%，有力保障燃气供应稳定可靠，充分验证系统在复杂实际工况下的有效性与优越性，为燃气行业管道安全管理提供成功范例与实践经验。

6 结论与展望

燃气管道智能阴保在线检测系统集成智能测试桩与先进监测平台，有效解决传统阴极保护检测难题，显著提升管道腐蚀监测与防护水平，有力保障燃气管道安全运行。未来，随着物联网、大数据、人工智能深度融合，系统有望在预测性维护、故障智能诊断、多源数据融合分析等方面取得突破，进一步提高管道

运维智能化程度，降低安全风险与运维成本，推动燃气行业管道安全管理向智慧化迈进，为能源基础设施安全稳定运行持续赋能。

在研究过程中，智能阴保测试桩技术参数优化、系统平台数据挖掘算法改进、不同管道环境下系统适应性增强等方面仍有探索空间，需持续深入研究与创新实践，不断完善系统功能与性能，以适应燃气管道运维日益增长的安全需求与复杂工况挑战。

参考文献

- [1] 门程,白冬军,等.智能阴极保护采集监控系统的应用与发展[J].天然气与石油,2014(05):80-83.
- [2] 薛光,黄明军.管道工程智能测试桩和阴极保护监测系统[J].仪表电气,2011,30(6):63-65.

[第一作者简介] 韦永金，高级工程师，从事燃气技术管理工作。