

# 城市级天然气管网智慧综合管理平台设计与实现

张强<sup>1</sup> 郭伟<sup>2</sup> 刘浩<sup>1</sup>

(1. 山东交发新能源投资有限公司, 山东 日照 276800)

(2. 日照市钢铁产业发展服务中心, 山东 日照 276800)

**摘要:** 本文系统地分析了天然气管网管理现状问题及智慧平台建设的必要性, 提出了智慧天然气管网管理平台的总体架构、具体设计与实现路径。智慧管网管理平台通过整合地理信息系统、数字孪生、物联网传感技术等先进技术, 构建了覆盖天然气管网全流程的智能监控体系。该平台可实现天然气管网精准监测、智能预警与快速响应, 加速天然气管网管理的数字化、智能化转型, 为智慧城市能源系统建设提供重要技术支撑。

**关键词:** 智慧天然气管网; 管理平台; 管网安全; 数字孪生

**中图分类号:** TE973; TP311.52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 009-0016-03

## Design and Implementation of an Intelligent Comprehensive Management Platform for City-Level Natural Gas Networks

Zhang Qiang<sup>1</sup>, Guo Wei<sup>2</sup>, Liu Hao<sup>1</sup>

(1. Shandong Jiaofa New Energy Investment Co., Ltd., Rizhao Shandong 276800, China)

(2. Rizhao Steel Industry Development Service Center, Rizhao Shandong 276800, China)

**Abstract:** This paper systematically analyzes the current issues in natural gas pipeline network management and the necessity of building an intelligent platform. It proposes the overall architecture, specific design, and implementation path of an intelligent natural gas pipeline management platform. By integrating advanced technologies such as geographic information systems, digital twins, and IoT sensing technology, the intelligent pipeline management platform establishes a comprehensive intelligent monitoring system covering the entire natural gas pipeline network process. The platform can achieve precise monitoring of the natural gas pipeline network, intelligent early warning, and rapid response, accelerating the digital and intelligent transformation of natural gas pipeline management and providing essential technical support for the construction of smart city energy systems.

**Key words:** smart natural gas network; management platform; pipeline safety; digital twin

### 1 设计背景

2024年全国天然气消费量达 $3.99 \times 10^{11} \text{ m}^3$ <sup>[1]</sup>。随着我国城镇化率不断提高,天然气管网规模持续扩大,截至2024年末,全国城市天然气管网总长度约为1037600km,快速增长的同时也带来了严峻的安全管理挑战。近年来,天然气安全事故时有发生,不仅造成重大经济损失,更威胁人民群众的生命财产安全。传统的天然气管网管理方式已难以适应现代城市安全发展的需求。国内天然气管网建设早期,人们对天然气的运行状况,基本都是依赖于人工操作和人工监视,后来为实现管网完整性管理的要求,开始建设天然气管网自控系统,实现了基本的实时监控<sup>[2]</sup>。目前城市天然气管网管理公司主要通过数据采集与监视控制系统(Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA)和地理信息系统(Geographic Information System, GIS)进行天然气管网的实时运维管理<sup>[3]</sup>。但多数城市天然气管网管理仍存在信息化程度低、“信息孤岛”

现象严重、数据分析能力不足等问题。

随着物联网、大数据、云计算和人工智能等新一代信息技术的迅猛发展,技术的成熟为智慧平台建设提供了技术可行性。本文从天然气管网管理的实际需求出发,系统地探讨了城市级天然气智慧管理平台的设计框架、关键技术及实现路径。

### 2 总体目标与平台架构组成

本城市级智慧综合管理平台通过管网集中管控模式,采用更科学的控制手段、更合理的调配模式、更优化的运营机制,可以确保天然气管网运行的长期安全平稳,有效降低管网运营成本,切实增强企业的核心竞争力。本平台通过精细化管理,可以提升企业综合竞争能力,提高企业管理效率和经营效益。本文在国家规范和标准的指导下,建立以软硬件资源、网络为基础,以数据中心为核心的,以生产调控平台、智慧综合管控平台、综合决策支持平台为支撑的,覆盖区域内各项天然气业务的信息系统。

## 2.1 建立数据中台

本设计形成标准统一、上下一致、源点唯一、结构先进、覆盖天然气管网生产经营全过程的数据管理架构,实现数据集成管理、安全共享,形成企业级数据仓库,支撑决策分析。

## 2.2 以数据驱动为核心构建智慧综合管控平台

本管网智慧平台以数据中台的数据为基础,提供设备远程运维、总体视频监控、场站运行管理、巡线数据展示、工程项目管理、场站能耗管理、天然气营销决策、应急管理为一体的综合服务。智慧综合管控平台整体架构充分考虑了现有系统的功能和服务,结合天然气管网调度控制和生产运营业务需求,按照业务功能分层、数据充分共享、保障数据安全的原则进行设计。通过汇聚可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)和 SCADA 生产数据、大屏幕显示、监控系统、巡线管理等系统数据,实现各类数据综合管控。

## 3 具体设计与建设内容

本管网综合管控平台各中心以大屏和数字孪生技术为基础,提供各类数据展示。其中,视频融合监控中心结合数字孪生,以更加直观的形式,展示各视频监控数据;场站运管中心通过三维 GIS 地图,展示管网当前运行情况;巡检数据中心通过三维 GIS 地图,展示管网巡线结果、现场照片、上报巡线问题等信息;设备远程运维提供设备当前运行状态,结合传感器,可对设备进行预测性维护管理;工程管理中心通过三维 GIS 地图,可实时标注当前管网工程实施项目,标注实施状态,施工信息等内容;能耗管理中心结合管网数字孪生,能够展示管网使用能耗情况,展示能耗数据统计等各类信息;天然气营销中心结合管网生产数据、销售数据,统一展示目前天然气生产和销售数据,预测未来销量和公司收入情况。

### 3.1 物信融合平台

管网物信融合平台向下打通设备与平台的双向通道,实现管网设备数据采集和反向控制;中间通过大数据技术进行管网数据聚合和数据沉淀;向上通过能力开放支撑智慧管网的发展。

物信融合平台属于云计算三种服务模型中平台即服务(Platform as a Service, PaaS)层的一部分。物信融合平台以数据为核心,管理二者之间的所有连接与交互。物信融合平台包含管网边缘侧设备连接与云平台物联网服务两大部分。管网边缘网关通过不同的协议和网络拓扑,负责管网设备接入和从设备端收集数据;平台核心物联网由规则引擎负责消息处理,进行数据流转和场景联动,实现管网设备管理、配置管理、消息传递、控制管网远程设备等功能。物信融合平台

采用以流式计算为核心的架构,管网边缘侧设备接入服务和云平台物联网核心服务都支持弹性伸缩,可以应对海量高频设备数据采集、存储场景,支持大规模物联网设备接入需求。本平台同时采用云原生微服务架构,支持总部和分支机构云边端协同,平台采用开放式接口设计,提供 API 服务,支持应用开发与集成。

### 3.2 数据中台

数据中台是管网综合管理平台项目整体架构的基石,是实现集中管理和统一决策的数据基础。数据中心建设过程中,首先建立管网数据中心标准模型规范;其次根据管网数据标准模型建设的实际情况,完成数据服务系统、数据仓库的建设,从而实现数据中心对于其他信息系统的数据抽取和采集以及为其他管网信息系统提供数据应用和数据服务;最后根据前期建设过程中遇到的各类问题,完善数据标准、数据管理体系、数据服务体系等。

工业数据中台汇聚天然气管网资源库及数据服务模式,依据长输管线、场站、管网等生产业务场景构建相应创新模型,以满足不同业务服务应用需求。工业数据中台以数据创新应用为驱动,基于工业数据汇聚、处理、管理及利用需求,以生产部门管理和服务对象为基础,汇聚、整合管网生产加工数据、主题场景数据、专题场景数据,构建以基础库、对象库、专题库、主题库、综合库为核心的数据架构,完成数据全生命周期管理,解决跨部门、跨区域、跨层级的数据流通和治理。数据安全系统贯穿于数据治理全过程,提供对隐私数据的加密、脱敏、模糊化处理、风险识别等多种数据安全保护措施,全方位保障数据的安全运作<sup>[4]</sup>。

### 3.3 数字孪生平台

管网数字孪生平台是一款基于零代码的数字孪生领域可视化系统,能够实现地图级、园区级、可视化管网业务场景的呈现,如智慧管网设备、智慧管网、智慧场站等业务,帮助用户打通整个生产链。支持融合工业大数据、物联网、机理模型、标识解析、人工智能等各类信息技术,实现工业数字空间全业务流程闭环优化<sup>[5]</sup>。本管网数字孪生平台通过统一平台集成进气量、供气量、储罐存量、关键压力等核心生产指标,以可视化面板集中展示,实现场站全局运行态势一屏感知。该平台是本城市级天然气管网智慧综合管理的核心载体,集成 SCADA、设备监测、视频监控、人员定位等系统的实时数据。平台通过三维可视化界面,动态呈现地上地下管线、储气设施、调压设备等全要素运行状态,支持工艺监控、智能巡检、泄漏预警、应急模拟等核心功能,实现场站运行可知、可视、可管、可控,全面提升智慧管理水平与运营效率。

### 3.4 智慧管网管控综合服务平台

#### 3.4.1 视频融合监控中心

视频融合监控中心结合数字孪生,以更加直观的形式,展示管网各视频监控数据;视频感知平台为管网各类视频资源提供联网整合、视频接入、视频处理、媒体流转、视频存储、图像存储等服务,实现对视频级图像的接入、联网、流转、存储的集约化、高效化建设目标。智慧天然气就是将视频联网技术运用到天然气管网生产中去,该项目通过管网视频智能设备对天然气管网生产进行控制,使传统天然气管网生产更具有智慧。视频网联平台所支撑的天然气管网生产应用平台能够将智慧天然气的诸多想法变为现实。由平台所提供的视频汇聚整合能力能够全面实现天然气管网生产的可视化管理,结合物联网设备,对各项天然气管网生产指标进行监测。该平台全面掌握天然气管网生产区域的指标动态,助力科学决策指挥工作的进展。

#### 3.4.2 场站运营中心

场站运营中心通过三维 GIS 地图,动态掌握管网详细情况及重点监管设备分布情况,同时对管网各类重点监管对象,存在高风险的对象,有一个全面的把控,做到管网底数清、情况明。基础信息主要包括管网基本信息、管网安全生产信息、重大危险源信息、传感设备信息、监控设备信息等。

#### 3.4.3 应急管理中心

应急管理中心通过三维 GIS 地图对管网事故情况进行标注,并通过地图查看周围应急资源、联系方式、应急预案等信息。重要场所、重点装置、重大危险源等部位部署温度、可燃气体、液位、压力、有毒气体等各种类型的监测设备,将汇聚信息上传管理平台;增加振动监测仪表、无线声波监测传感器设备,保证监测数据传输的可靠性。实现专业业务信息、运营相关基础信息的图形化显示;实现各类定位目标、宏观运营信息的展示。

#### 3.4.4 巡检数据中心

巡检数据中心通过三维 GIS 地图,展示管网巡线结果照片、上报巡线问题等信息。系统提供管网巡线排查数据上传模板,设定管网巡线排查计划,企业内外部人员按照巡线排查计划实施隐患排查治理,系统支持巡线排查清单一键式上传,实现管网巡线排查计划备案及到期预警跟踪追溯的全闭环管理。管网巡检排查过程能在二维、三维电子地图上实时跟踪、展示与记录。通过手持移动终端随时随地进行隐患登记并推送系统和管网相关管理人员,支持现场拍照和视频上传,系统通过数据分析对隐患进行风险评估,自动生成隐患巡检治理台账,形成排查、整改、验收、追溯的闭环管理。

#### 3.4.5 设备远程运维中心

设备资产管理信息分散、管理流程不够规范,成本控制管理手段较为落后,公司无法对管网设备资产的运行状况进行实时的查询和监控,制约了决策的及时性和科学性。设备远程运维中心提供设备当前运行状态,结合传感器,可对设备进行预测性维护管理。管网设备管理对于设备维护成本的控制、运营效率的提高具有重要作用。在设备台账、检修策略、预防性维护直至设备报废或者变更的整个生命周期管理的各个环节,运用先进的管理手段加强对设备资产的管理。

### 3.5 决策支持系统

决策支持服务是对信息的一种集成,在符合基础门户模块所定义的集成标准的前提下,将各个信息系统中的数据、信息进行提取、分析,抽象成图表、报表或其他的比较直观的方式,在企业门户中进行展示。实施管网业务统计分析系统、加强对管网核心业务应用系统数据的整理、统计和分析。管网业务统计分析系统的建立,将帮助企业更有针对性地指导生产及管理,改善管网生产经营状况,降低成本,提高生产效率;同时,有助于解决企业管网运营信息采集手段落后、信息时效性不高等问题,以全面提升公司决策效率。

## 4 结论与展望

城市级天然气管网智慧管理平台是提升燃气安全管理水平的重要技术手段,是智慧城市的重要组成部分。本文系统地分析了天然气管网管理现状及智慧平台建设的必要性,提出了智慧天然气管网管理平台的总体架构、关键技术路径和具体设计与实现。智慧天然气管网管理平台通过物联网、大数据、云计算等先进技术,可实现天然气管理的数字化、智能化转型。未来,随着技术的不断进步和应用的深入,智慧天然气管网管理平台将在保障城市天然气安全、提高服务质量等方面发挥更加重要的作用。

#### 参考文献:

- [1] 涂多运,明亮,高福特,等.极限思维下天然气供应安全研究[J].天然气技术与经济,2025(06):49-55.
- [2] 沈华.城市天然气智慧管控平台建设与管理[J].工业控制计算机,2023(02):119-121.
- [3] 马鹏岳.城市天然气管网智慧运维平台关键技术研究与实践[D].杭州:浙江大学,2024.
- [4] 李题印,宣成,郁建兴,等.数智赋能时代企业数据治理能力模型研究[J].情报科学,2022(11):20-25.
- [5] 商广勇.LC工业互联网公司发展战略研究[D].济南:山东大学,2024.

#### 作者简介:

张强(1989-),男,学士,工程师,研究方向:电子、信息化、数字化转型、能源项目的研发建设。