

智慧燃气技术在场站端管两端和用户端的协同应用研究

苍 松（中石油昆仑燃气江西分公司，江西 南昌 330000）

摘要：智慧燃气技术是现代信息技术与燃气管理深度融合的产物，通过物联网、大数据和人工智能技术，在城市燃气场站端、管两端和用户端实现了协同管理和安全优化。本文基于理论模型和多区域风险数据，分析了智慧燃气在提升城市燃气安全管理中的具体应用及其效果。研究表明，智慧燃气技术显著降低了燃气系统的风险值，并通过数据融合、智能决策和用户参与机制提高了管理效率，为未来智慧城市的能源管理提供了重要支持。

关键词：智慧燃气技术；城市燃气；安全管理；三端协同

中图分类号：TU996 文献标识码：B 文章编号：1674-5167 (2025) 022-097-03

Research on the Collaborative Application of Smart Gas Technology at the Station End Pipeline Network End and User End

Cang song (PetroChina Kunlun Gas Jiangxi Branch, Nanchang Jiangxi 330000, China)

Abstract: Smart gas technology is a product of the deep integration of modern information technology and gas management. Through the Internet of Things, big data, and artificial intelligence technology, collaborative management and safety optimization have been achieved at urban gas stations, pipeline networks, and user ends. This article analyzes the specific application and effectiveness of smart gas in improving urban gas safety management level based on theoretical models and multi regional risk data. Research has shown that smart gas technology significantly reduces the risk value of gas systems and improves management efficiency through data fusion, intelligent decision-making, and user participation mechanisms, providing important support for energy management in future smart cities.

Keywords: Smart Gas Technology; Urban gas; Safety management; Three end collaboration

智慧燃气技术作为现代信息技术与燃气管理深度融合的产物，为提升燃气安全管理提供了全新解决方案。本研究聚焦智慧燃气技术在场站端、管两端和用户端的安全管理中的应用，提出基于物联网、大数据和人工智能的优化策略，为构建更加高效、安全的燃气管理体系提供理论支持。本文旨在通过理论分析和案例实证，探讨智慧燃气在三端安全管理中的应用现状与优化路径，重点解决数据互联互通、多端协同决策和应急响应效率等问题。

1 理论基础与技术框架

1.1 智慧燃气的定义与核心技术

智慧燃气是指通过物联网、云计算、大数据、人工智能等技术，实现燃气输配、使用全流程的数字化和智能化管理。核心技术包括：①物联网传感器：用于监测管网压力、流量和用户端泄漏。②大数据分析：支持海量燃气数据的实时处理和预测分析。③人工智能（AI）：实现安全风险的智能预警与决策。

1.2 城市燃气三端管理模式

①场站端：燃气场站是燃气输配的核心节点，涉及气源输送、储存和调压等功能。智慧燃气技术可通过实时监测设备确保场站运行的安全性和稳定性。②管两端：管网是燃气输配的骨干网络，智能传感器和

动态监测系统能有效检测管网泄漏和压力波动。③用户端：用户端是燃气的最终使用环节，通过智能燃气表和家庭监测报警设备，用户可实时监控燃气使用情况，减少安全隐患。

1.3 物联网在智慧燃气中的支持作用

物联网技术连接三端设备，实现数据的采集、传输与处理，构建端到端的实时监控网络。通过边缘计算和云平台，燃气管理者能够实现远程监控和智能决策。

2 智慧燃气三端协同管理的优化策略

①数据融合与共享平台的构建：建立三端数据的共享平台，整合场站、管网和用户端的实时监测数据，实现信息互联互通。通过统一的数据标准，采用区块链技术保障数据安全。

②多端协同的智能决策机制：引入 AI 算法，对多端数据进行综合分析，识别潜在安全风险。实现三端的协同响应，如管两端发现泄漏时自动通知场站调节供气量，同时提醒用户端减少燃气使用。

③用户端参与与反馈机制：通过智能手机应用向用户推送燃气安全使用建议，提高用户安全意识。建立用户反馈通道，将实际问题快速上报管理平台，形成闭环管理。

3 智慧燃气三端协同管理的优化理论模型与对比分析

3.1 模型的核心构成

3.1.1 数据采集层

实时采集场站、管网和用户端的关键运行数据，形成数据基础。场站端部署监测设备（如压力传感器、温度传感器）以实时监测气源储存和输配数据。管网端在燃气管网中安装泄漏传感器、流量计等设备，用于监测压力波动和泄漏点。用户端通过智能燃气表、燃气泄漏报警器等设备监测用户用气情况。实现燃气系统的全流程、全方位数据覆盖，确保高效准确的数据采集。

3.1.2 数据分析层

对采集的数据进行实时处理和风险评估，生成决策支持信息。对海量数据进行存储、清洗和分类，分析运行数据的异常模式。通过机器学习和预测模型，对管网压力异常、泄漏点定位等风险因素进行预警。提高隐患识别的准确性和及时性。支持动态风险评估与趋势预测。

3.1.3 协同决策层

基于数据分析结果，协调场站端、管网端和用户端采取联动响应措施。场站端根据实时数据调整气源供应，平衡系统压力。管网端在检测到泄漏时，智能分区控制阀门，隔离泄漏区域。

用户端通过智能燃气表和用户端设备向用户发送警报，并提供应急处理指导。实现三端的高效协同，优化燃气事故的响应效率和处置效果。

3.2 三端协同管理的优化理论模型

智慧燃气技术的核心在于三端协同的安全管理模式。为此，本文基于燃气管理的关键目标，构建了优化理论模型，并通过数据模拟验证其实际效果，力求实现场站端、管网端、用户端的深度融合与动态协作。

3.2.1 数据采集层

通过在场站端、管网端和用户端部署多类型传感器，实现对压力、流量、温度、泄漏等关键参数的全面采集，保证数据的实时性和高精度。

数据采集公式：设 $D_i(t)$ 为时间 t 时某端的数据集，三端的数据采集总量为：

$$D(t) = \sum_{i=1}^3 D_i(t)$$

假设 $D_1(t)$ 为场站端数据，包含压力和温度监测数据，数据量约占整体的 40%； $D_2(t)$ 为管网端数据，包含流量和泄漏检测数据，数据量占 50%； $D_3(t)$ 为用户端数据，包含用气量和报警频率数据，占 10%。

3.2.2 数据分析层

利用大数据分析平台对采集的数据进行分类处理，生成安全风险评估报告。假设风险函数 $R(t)$ 的权重参数为 $\alpha=0.5$, $\beta=0.3$, $\gamma=0.2$ ，风险函数为：

$$R(t)=0.5P(t)+0.3L(t)+0.2V(t)$$

其中：

$P(t)$: 管网压力异常值；

$L(t)$: 泄漏传感器报警频率；

$V(t)$: 流量波动值；

α, β, γ : 权重参数，反映各指标对整体风险的相对影响。

模拟数据设置：

管网压力异常值 $P(t)$: [10, 8, 12, 15, 7, 10]

泄漏传感器报警频率 $L(t)$: [2, 1, 3, 5, 0, 1]

流量波动值 $V(t)$: [8, 6, 10, 12, 5, 7]

计算结果：根据公式计算不同时间点的风险值 $R(t)$ ，模拟得到：

时间点 t	P(t)	L(t)	V(t)	R(t)
1	10	2	8	7.6
2	8	1	6	6.0
3	12	3	10	8.9
4	15	5	12	11.1
5	7	0	5	5.3
6	10	1	7	7.2

3.2.3 协同决策层

基于上述风险分析，利用 AI 算法生成优化的协同决策方案，自动生成最优响应方案，具体包括：

场站端：在第 4 时间点（高风险值 11.1）时，动态调整场站供气量，降低压力异常；

管网端：通过启用分区阀门隔离第 4 时间点检测到的泄漏区域；

用户端：推送实时提醒，通知用户检查燃气设备，并调度维修人员现场处理。

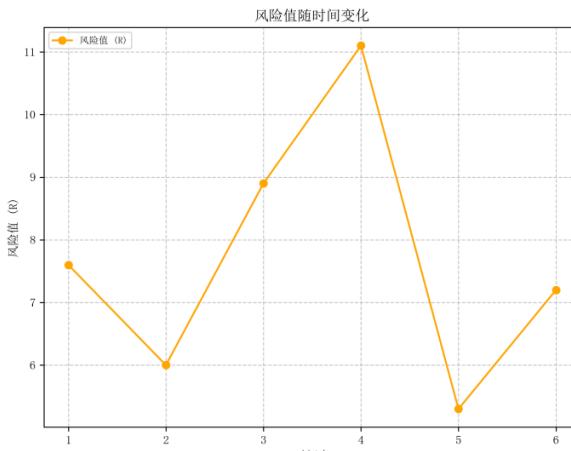


图 1：风险值随时间变化图

图表展示了在六个时间点内，压力异常值、泄漏频率和流量波动如何共同作用于风险值的变化。风险值在第4时间点达到峰值（11.1），表示该时间点存在较大的安全隐患。

3.3 数据模拟验证与对比分析

为了验证智慧燃气技术的效果，本文设计了两组对比模拟情景：

3.3.1 情景 A（传统模式）

①背景设定：传统模式主要依赖人工巡检和基本的监测设备，数据采集存在滞后性。信息孤岛问题突出，场站端、管两端和用户端的数据难以实时互通。

②特点：

数据采集效率较低——传感器覆盖率有限，部分设备依赖人工读取数据。

风险响应时间较长——从事故发生到预警通知再到处置完成，平均需要 90 分钟。

事故率较高——由于无法实时监测和精准定位问题区域，事故发生概率较高，模拟值为 0.05%。

3.3.2 情景 B（智慧燃气模式）

基于智慧燃气技术，采用物联网、大数据和人工智能等现代化技术，实现场站端、管两端和用户端的全面数据采集和协同管理。

①特点：

数据采集效率高——传感器覆盖率接近 100%，并通过边缘计算实现数据的实时处理。

风险响应时间短——智能分析和自动化决策大幅缩短了事故响应时间，平均为 15 分钟。

事故率显著降低——通过实时监测和快速定位问题区域，事故发生概率大幅降低至 0.015%。

②模拟结果展示：

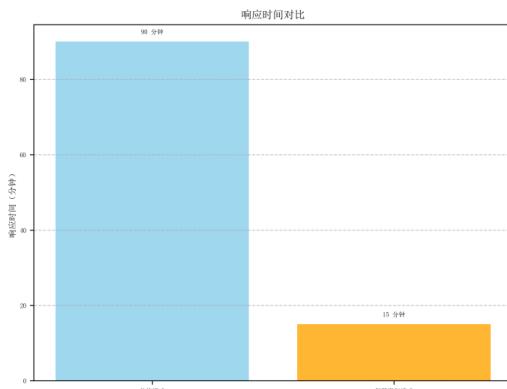


图 2: 响应时间对比图

图表说明对比了传统模式和智慧燃气模式的响应时间，智慧燃气模式显著缩短响应时间至 15 分钟，显示了其应急处理效率的优势。

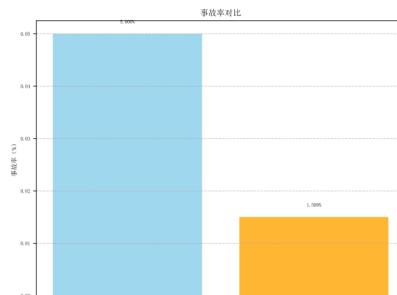


图 3: 事故率对比图

图表说明展示了传统模式与智慧燃气模式下的事故率对比，智慧燃气模式的事故率下降至 0.015%，相比传统模式降低了 70%，体现了其在降低事故发生率方面的显著效果。

3.4 小结

①传统模式的局限性：数据采集效率低下，无法全面覆盖管网和用户端。风险响应时间长，延误了应急处理的最佳时机。高事故率反映了传统模式在安全管理中的不足。②智慧燃气模式的优势：实现了三端协同管理，显著提升了数据采集效率和事故处理速度。智能化的决策机制和实时预警功能有效降低了事故率。响应时间体现了智慧燃气技术在应急处置中的卓越效率。通过数据模拟与图表分析，智慧燃气技术通过实时数据采集和协同决策机制，显著降低了燃气事故率，并提升了应急响应效率，进一步凸显了数据共享平台与 AI 技术在优化燃气安全管理中的关键作用。

4 结语

本文提出了基于智慧燃气技术的三端协同管理理论模型，通过数据采集、分析和协同决策三层结构，实现燃气安全管理的优化。对国内外智慧燃气技术的对比分析表明，三端协同管理模式对燃气事故的预防和应急响应效率的提升具有显著效果。

参考文献：

- [1] 李莉. 基于物联网的燃气安全管理系统设计与实现 [J]. 现代科技研究, 2024, 4(4):35-37.
- [2] 李小明. 燃气管网监测系统的应用研究 [J]. 城市安全, 2020(4):27-33.
- [3] 王建国. 城市燃气安全管理策略探讨 [J]. 燃气工程, 2019(2):15-20.
- [4] 黎君. 城市燃气安全管理现状及其对策分析 [J]. 城市情报, 2023(13):10-12.
- [5] 王建波. 新形势下城市燃气安全管理现状与对策 [J]. 消费导刊, 2020(2):154.

作者简介：

苍松（1981-），男，汉，黑龙江人，硕士，中级工程师，研究方向：城镇燃气生产运行、管道管理、工程以及安全管理。