

论物联网 – 星闪实现城镇管道天然气供应本质安全

阙道好（四川博德蚁穴建设工程有限公司，四川 成都 610300）

张 敏（四川博能燃气股份有限公司，四川 成都 610300）

摘要：本文深入探讨了NB-星闪技术在提升城镇管道天然气供应安全方面的应用价值与实践路径。通过分析当前城镇天然气供应系统的安全挑战，详细阐述了NB-星闪技术如何利用其通信优势，在实时监测、泄漏检测及应急响应等方面发挥作用，进而实现天然气供应系统的本质安全。研究指出，NB-星闪技术的集成应用将为城镇能源安全带来革命性的变革。

关键词：星闪技术；城镇管道；天然气供应；安全监测；物联网技术

中图分类号：TE88 文献标识码：A 文章编号：1674-5167 (2025) 025-0001-04

On Achieving Intrinsic Safety in Urban Pipeline Natural Gas Supply through IoT-SparkLink Technology

Que Daohao (Sichuan Bode Yixue Construction Engineering Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610300, China)

Zhang Min (Sichuan Boneng Gas Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610300, China)

Abstract: This study explores the application value and implementation pathways of NB-SparkLink technology in enhancing the intrinsic safety of urban pipeline natural gas supply systems. By analyzing current safety challenges in urban gas distribution networks, the paper elaborates on how NB-SparkLink technology leverages its communication advantages to enable real-time monitoring, leakage detection, and emergency response mechanisms, thereby achieving inherently safe gas supply systems. The research highlights that the integrated application of NB-SparkLink technology will drive transformative advancements in urban energy security, offering robust technical support for risk prevention and operational stability.

Keywords: SparkLink Technology; Urban Pipelines; Natural Gas Supply; Safety Monitoring; IoT Technology

随着城镇化进程的快速推进，天然气作为清洁、高效的能源，在城镇能源结构中的地位日益凸显。然而，天然气管道的安全问题也日益成为社会关注的焦点。城镇管道天然气供应系统的安全性直接关系到人民生命财产安全和社会稳定。因此，探索新的技术手段以提升管道安全性能显得尤为重要。物联网 – 星闪技术作为一种新兴的无线通信技术，以其独特的优势为城镇管道天然气供应安全提供了新的解决方案。

1 城镇管道天然气供应安全现状与挑战

据博燃网统计数据，2022–2024H1 期间我国燃气事故呈现结构性风险：三年累计管道天然气事故 640 起，年均增长 5.6%，其中居民端事故占比持续超 53% (2022 年 57% → 2024H1 53%)。死亡人数呈波动上升趋势 (2024H1 年化死亡率较 2022 年上升 18.2%)，值得注意的是用户端事故贡献率达 92.2% 伤亡率。

2023 年较 2022 年数据显示：① 天然气事故总量攀升 5.6% (15 起)，伤亡增幅显著 (受伤 +87.6%)；② 用户端事故占据绝对权重 (数量 64.8%、伤亡超 92%)，其中居民户内事故贡献近 50% 伤亡。图表印证户内风险持续攀升，室内场景伤

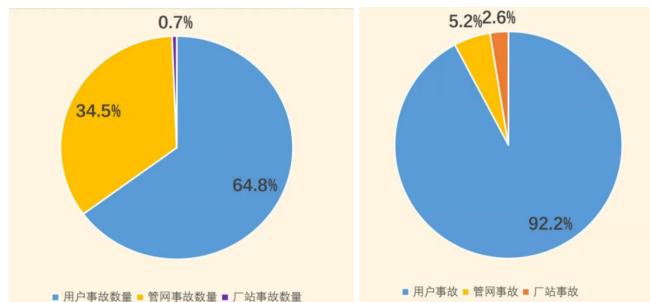


图 1 2023 年各类事故情况



图 2 2023 年各类事故死亡情况



图 3 2023 年各类事故受伤人数情况

亡贡献率达 86.7% (估算值)。建议实施“三强化一推广”策略：强化安规体系迭代（立法）、强化安全

意识渗透（宣传）、强化用气行为监管（执法）、推广智能防护设备（技防），构建“前端预警+终端阻断”的本质安全体系。

传统燃气安全管理面临三重困局：①监测手段滞后（78%企业依赖人工巡检）；②设备功能缺陷（自闭阀小流量漏气检出率低至31%）；③有线系统脆弱性（故障排查耗时超4h/次）。典型案例揭示：现有熄火保护对管路泄漏失效率高达68%，有线报警器误报率达42%。物联网技术通过多源传感网络重构（部署成本降低57%）、无线自组网（传输可靠性提升至99.99%）、智能诊断算法（误报率下降至7.2%），实现从被动处置到主动预防的范式转型。

2 物联网-星闪技术概述及其在安全监测中的应用优势

物联网安全天然气系统由三个层级构成：数据感知层、网络通信层以及调度应用层。

数据感知层主要负责户内燃气管道设施的监控与数据采集，通过多种传感器和设备实现这一功能。这一层包括燃气户内远程测控终端、智能仪表、各类传感器、变送器和执行设备等，能够实时收集并传输现场数据至燃气公司的监控中心。此外，它还能根据监控中心的指令对设备进行控制。数据感知层由多种类型的传感器节点和感知终端组成，这些传感器用于监测现场温度、燃烧器温度、工作压力、燃气流量、CO含量、氧气含量以及燃气泄漏情况，是监控中心不可或缺的组成部分。感知终端则涵盖了户内感知设备、探测头、全球定位系统（GPS）等，旨在实现户内物体的识别和数据信息的全面采集。

网络通信层由移动通信网络和互联网构成。互联网部分通过TCP/IP协议在调度中心各系统间进行通信，而移动通信网络则负责SCADA系统的广域网通信，确保调度中心与传感器及终端设备的连接。利用全球定位系统GPRS、NB-IOT（窄带蜂窝物联网）、星闪等技术，以及通信公司的相关信道，实现远程指令和数据的交换。网络通信层的主要任务是处理和传输感知层收集的数据信息。

调度应用层主要依托SCADA系统，涵盖了调度中心、站点控制系统、各类传感器和终端设备以及数据传输网络，能够实时高效地收集天然气设施的所有数据，确保从户外到户内的天然气设施得到有效监控。通过将物联网技术与天然气设施的需求紧密结合，调度应用层实现了数据和信息的无缝连接与交换，成功将物联网技术应用于管道天然气管理中。

在物联网领域，无线通信技术的选择多样，主要可以归类为两大类：一类是包括WiFi、蓝牙和星闪

在内的短距离通信技术；另一类则是低功耗广域网（LPWAN），即广域通信技术。低功耗广域网技术又细分为两个子类别：一是使用未授权频段的LoRa和SigFox等技术；二是基于授权频段，由3GPP标准支持的2/3/4G蜂窝通信技术，如EC-GSM、LTE Cat-m和NB-IoT等。

选择适合天然气用户终端环境的物联网通信技术和星闪技术组合，是一个较为理想的选择，这主要归因于以下几点优势。

优势一：海量连接

与现有的2G、3G和4G技术相比，NB-IoT在上行容量方面实现了50到100倍的显著提升。在200kHz的带宽下，单个基站能够支持多达50,000个用户连接。因此，NB-IoT不仅大幅提高了接入数量，还通过优化海量存储和接入控制，特别适合需要大量设备连接的场景。

优势二：深度覆盖

通过增强功率谱密度，NB-IoT无线技术相较于LTE实现了20dB的增益，相当于覆盖能力提高了100倍，成功实现了广泛的区域覆盖。这项技术的优势在于，即使在地下车库、地下室和地下管道等传统信号难以触及的环境中，也能确保通信畅通。这有效解决了现有LTE无线信号在楼宇、地下车库、地下室或地下管道内的气表等应用场景中覆盖不足的问题。

优势三：低功耗

通过减少不必要的信令交互，并在PSM（省电模式）下不接收寻呼信息，NB-IoT的节电技术DRX和PSM能够显著降低能耗，使设备能够长时间保持在线状态，确保电池寿命超过5年。这项技术满足了物联网设备对低功耗和长时间待机的严格要求，尤其适用于那些无法持续供电或不便更换电池的场景，例如部署在恶劣环境中的传感器设备，这些设备通常需要超过5年的待机时间。

优势四：低成本

NB-IoT核心网络相比传统的EPC核心网络，引入了“小包数据控制面传输优化”和“节电优化（PSM、eDRX）”等特性。通过简化信号流程，大幅减少了消息交互，从而支持了NB-IoT的低移动性接入。其低速率和低复杂度的设计使得NB-IoT芯片体积小巧，进而降低了成本。芯片的成本与尺寸密切相关，尺寸越小，成本越低。此外，NB-IoT在射频方面进行了优化，进一步降低了模块的成本，预计未来成本可降至5美元以下。

星闪技术与现有无线技术（如蓝牙和Wi-Fi）相比，具备以下显著竞争优势：

优势一：低功耗

星闪技术：通过SLE（低功耗接入）版本，针对需要长期运行且难以频繁充电的设备进行了优化，如智能手表、健康监测器械等，提供了更长的续航能力。

优势二：高速率

星闪技术：传输速率可达2Mbps，比传统蓝牙技术快10倍以上，适合需要快速大量数据交换的场景，如高清音频和视频的实时传输。

优势三：低延迟

星闪技术：可以实现20微秒级的延迟，这是无线连接技术首次进入微秒级，显著优于Wi-Fi的最低延迟（10毫秒）。

优势四：高可靠性

星闪技术：具备强大的抗干扰能力，能够在复杂环境中保持稳定的通信质量。

优势五：广覆盖和大组网

星闪技术：支持最大4096台设备的互联，覆盖范围更广，适用于大范围、高密度的环境。

优势六：安全性

星闪技术：通过双向认证及算法协同机制，提供高水平的安全性。

综上所述，物联网技术的海量连接、深度覆盖、低成本，配以星闪技术在低功耗、高速率、低延迟、高可靠性、广覆盖和大组网等方面具有显著优势，能够更好地满足未来智能设备和应用场景的需求。

3 管道天然气户内物联网监控系统

首先介绍管道天然气室内智能燃气表户内物联网监控系统，系统包括星闪智能燃气表、星闪智能燃气灶、星闪智能热水器、星闪网联网激光可燃气体检测器。

功能介绍：星闪网联网激光可燃气体检测器具有检测天然气泄漏浓度和数据变化传输功能；星闪智能热水器具有检测环境温度、燃烧器温度、CO浓度、氧气含量和数据变化传输功能；星闪智能燃气灶具有检测环境温度、燃烧器温度、CO浓度、氧气含量和数据变化传输功能；星闪智能燃气表具有压力、流量、燃气泄漏、倾斜探测功能、断电数据存储、断电关阀、电源欠压保护、开阀保护、充值功能、调价功能、数据冻结功能，带有星闪切断阀和数据传输功能、全球定位系统(GPS/北斗)、收集室内其他燃气设施数据和分析处置功能。

设计目的：物联网智能表通过星闪与室内各燃气设施交换数据，与物联网安全监控管理系统对接，并通过用户手机APP进行远程控制。采用多种监测手段和控制措施以及配套应急系统，全方位解决户内燃气

安全问题以及降低燃气企业人力及运营管理成本。以下就对实现这一目的做简要论述。

3.1 未使用时系统运行情况

户内各种燃气设施将处于休眠状态，当燃气企业通过物联网安全监控管理系统远程抄表、调整价格、对用户终端进行操作以及用户持卡或在线充值时，燃气表才会被唤醒。

3.2 正常使用时系统运行情况

当智能燃气表检测到有流量时，会自动收集各传感器数值，根据反馈的数值进行分析判断，当在正常值范围类。自动判断为正常。

3.3 燃气泄漏时系统运行情况

智能燃气表检测到有流量时，会自动收集各燃气具燃烧器温度值、智能可燃气体检测器可燃气体浓度值、根据反馈的各类温度值、浓度值进行分析判断，任其一个数值达到异常值时智能燃气表会关闭表内阀；同时燃气灶、热水器本身带有安全装置，自动切断燃气具气源。同时并向用户发送短信及app告知用户燃气异常，保持通讯畅通，工作人员将及时与你联系和向燃气企业物联网安全监控管理系统平台发出警报，显示用户信息（包括GPS位置）、异常分析情况。异常情况排除后，工作人员可以现场通过气表发出指令恢复供气。这个功能能够解决包括软管在类的各种燃气泄漏隐患。

3.4 其他时系统运行情况

①CO检测主要是预防燃气不完全燃烧造成CO中毒，CO浓度达到异常值时，会发送数据给智能燃气表，智能燃气表会关闭表内阀；同时向用户发送短信及app告知用户燃气异常，开窗通风，保持通讯畅通，工作人员将及时与你联系和向燃气企业物联网安全监控管理系统平台发出警报，显示用户信息（包括GPS位置）、异常分析情况。异常情况排除后，工作人员可以现场通过气表发出指令恢复供气。

②环境温度检测主要是预防其他火灾造成燃气二次事故发生，环境温度达到异常值时，会发送数据给智能燃气表，智能燃气表会关闭表内阀；同时向用户发送短信及app告知用户家中用气环境异常，保持通讯畅通，工作人员将及时与你联系和向燃气企业物联网安全监控管理系统平台发出警报，显示用户信息（包括GPS位置）、异常分析情况。异常情况排除后，工作人员可以现场通过气表发出指令恢复供气。

③氧含量检测主要是预防窒息，同时降低不完全燃烧的可能性，氧含量达到异常值时，会发送数据给智能燃气表，智能燃气表会关闭表内阀；同时向用户发送短信及app告知用户家中用气环境异常，开窗通

风，保持通讯畅通，工作人员将及时与你联系和向燃气企业物联网安全监控管理系统平台发出警报，显示用户信息（包括 GPS 位置）、异常分析情况。异常情况排除后，工作人员可以现场通过气表发出指令恢复供气。

④气表检测压力小于 1kPa 时，判断为主管网停气，关闭表内阀，待压力 2—8kPa 时，开启表内阀。

接下来介绍管道天然气室外燃气表户内物联网监控系统，系统包括物联网智能多功能机械手、智能燃气灶、智能热水器、智能可燃气体检测器。

管道天然气室外燃气表户内物联网监控系统相对于室内智能燃气表户内物联网监控系统区别在于，使用物联网智能多功能机械手取代智能燃气表中的压力、流量、燃气泄漏探测功能。以达到与室内燃气表模式同等安全效果。

该系统能有效杜绝人为破坏盗气及利用天然气自杀、室内管道燃气安全事故的发生。对用户的实时监控，使得燃气从源头到使用终端全过程的监控管理得以实现，使得燃气的安全管理、安全输送、安全存储、安全使用得以有效监控，从而避免燃气泄漏产生中毒

和爆炸事故对公共安全造成巨大威胁，而且因能实时掌握并分析用户燃气使用状态，有助于提高入户安检率，并能提高各运营环节及作业效率，节约人力成本。同时燃气经营单位可取得各项探测器的效验资质，与用户签订协议合同，定期上门提供有偿检测服务，从而弥补因市场饱和率带来的利润指标下降，物联网智慧燃气是未来燃气行业发展的一个必然趋势。

参考文献：

- [1] 深圳燃气集团等 .NB-IoT 智慧燃气解决方案白皮书 [R/OL]. 深圳 ,2021.
- [2] 王某某 . 物联网在燃气安全中的应用研究 [J]. 能源技术 ,2023,45(2):56-62.
- [3] 新奥能源研究院 . 智能报警器项目验收报告 (2022-Q3) [R]. 廊坊 : 新奥集团 ,2022.
- [4] 济南市燃气监测中心 . 泉城北斗 + 星闪技术试点数据集 (2023.6-2024.6) [DS/OL]. 济南 ,2024.
- [5] 国家燃气器具质量监督检验中心 . 自闭阀性能试验数据集 [DS]. 北京 ,2023.
- [6] 华为技术有限公司 . 星闪技术行业应用可靠性测试报告 (能源篇) [R]. 深圳 ,2023.

