

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2025.07.005

在线远传压力表 在天然气管道施工保压监测中的应用探究

徐龙春, 刘 涛, 周建航, 李劲松
安徽深燃天然气有限公司

摘 要: 在建天然气管道竣工验收过程中, 保压试验是必不可少的关键环节, 通常需要员工进行长时间现场监测记录, 但这种方式存在数据记录不准确、压降发现不及时、管道破坏应急响应时间过长等问题, 一旦发生破坏事故, 将导致严重的安全后果, 并需承担较高的工程修复费用。本文设计并研制了一种在线远传压力表, 利用承压金属管直连管道阀门进行压力数据的定位采集, 通过5G网络及NB-IOT基站在SmartGas系统完成监测数据的实时存储、展示、定位和报警功能。实际工程应用表明: 相比人工监测方式, 在线远传压力表系统监测精度相对误差为 $\pm 0.01\%RD$, 管道破坏事故前端应急响应时间缩减180倍, 工程损失及修复成本降低41.5%, 应用远传压力表可为在建天然气管道现场保压试验过程提供更加便利、安全和经济的监测方式。

关 键 词: 在建管道; 在线远传压力表; 保压监测; SmartGas系统

1 引言

《“十四五”现代能源体系规划》明确提出要加快天然气管网建设, 完善天然气输配网络, 提升天然气供应保障能力。随着城市的快速扩张, 现有的管网布局已然与城市的规划建设存在“冲突”, 管线的迁改更新及基础设施规划逐年增多。需要验收投产的城市天然气管道在保压试验过程中, 需要实时监测管道压力数值, 以防止被第三方施工单位破坏或者出现工程质量问题。目前在建天然气管道保压试验监测方式多为人工现场记录, 数据采集耗时耗力, 且时间跨度大, 一旦发生破坏事故, 常常错过应急响应的“黄金期”, 导致管道持续进污, 工程修复成本会随着时间成倍增长, 若后续进污管道吹扫不全, 会造成冰堵、

水封以及杂质堵塞等问题, 对天然气管网设备及下游用户带来巨大的安全隐患^[1-3]。本文所设计的在线远传压力表可实现对压力监测数据的实时存储、展示、定位、报警功能, 可便利地安装在1.6MPa压力等级的城市天然气管道保压试验的施工现场, 为在建天然气管道现场保压试验过程提供更加便利、安全、经济的监测方式。

2 在线远传压力表

2.1 系统构成

在线远传压力表系统构成包括承压金属管、在线远传压力表(高精度无线压力传感器、放大器、模数转换器、微处理器)、5G无线传输模块、移动端

[第一作者简介] 徐龙春, 工程建设部部长, 高级工程师, 从事燃气工程建设管理工作。

SmartGas数据中心等。系统构成如图1所示。

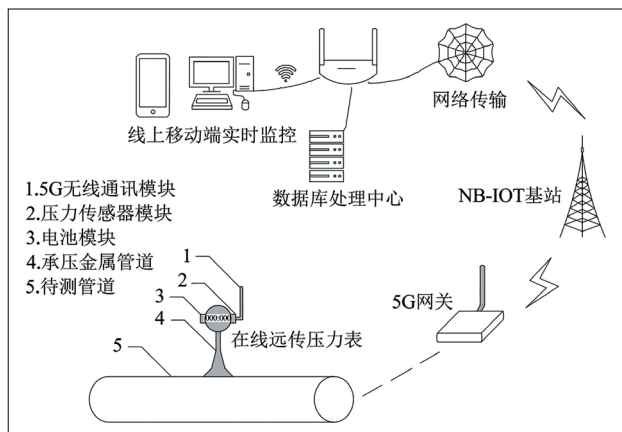


图1 在线远传压力表系统构成示意

2.2 系统原理

(1) 工作原理

系统从待测施工保压天然气管道阀门经承压金属管连接在线远传压力表，远传压力表上设有独立的Ocean Connect无线传感器网络，负责采集管道压力以及泄漏瞬变压力波参数，利用压阻效应技术将传感器节点采集的物理压力信号转换为数字信号，通过多跳路由的方式在Ocean Connect网络中传输，将传感器节点上报的数据通过5G模块进行融合处理，后经过5G网关上传至远程移动端数据中心，并在Smart Gas平台系统上对监测数据进行记录、存储、监视，并完成超限压降报警功能，结合广义互相关时延估计方法实现事故破坏泄露点的精准定位，同时监测数据也可在在线远传压力表本体设备上显示。在线远传压力表系统各模块功能结构简单，性能可靠，便于扩展和升级，能够根据实际使用需求灵活调整，可应用在城市天然气管道竣工验收保压试验施工作业场景中，远程实现压力的实时精准监测。

(2) 监测原理

远传压力表采用机械静态平衡的原理实现对压力的实时采集，在线远传压力表的齿轮传动机构上安置了滑动变阻器，齿轮传动机构中的扇形齿轮产生偏转的同时带动滑动变阻器的电刷偏转，使得被测压力值由物理变化转换为电阻值的变化，利用压阻效应技术，经过放大器、模数转换器将物理信号转换为数字信号，最后由5G通讯模块实现无线传输。在线远传压

力表系统监测精度在 $\pm 0.1\%FS$ 之间^[4]，灵敏度高，可以满足在建燃气管道保压试验的监测精确性要求^[5-6]。

2.3 系统特点

(1) 移动端数据展示，可显示实时压力和配置参数的设定。

(2) 系统支持手机移动端布置，实现远程启闭放散、采集时间间隔调整（10s-2 550s）、预警报警、定时唤醒等便携操作。

(3) 支持平均150mA标准信号及调整压降限量报警输出。

(4) 具有IP68防爆、IP66防水、二级防雷、防静电能力。

(5) 多径接头设计：系统承压金属管接头具有多种变径型号，对于不同规格管道可通过多种变径连接，无需改造原有管道。

3 在线远传压力表应用

3.1 市政中压天然气管道保压试验监测应用场景

根据GB/T 51455-2023《城镇燃气输配工程施工及验收标准》要求^[7]，中压管道气密性试验压力为设计压力的1.15倍，应连续记录24h管道压力，记录频率不应少于1次/h，强度试验压力为设计压力的1.5倍，现场连续记录1h管道压力。为了测试在线远传压力表系统实际工程应用情况，选取新安佳通（凤湖东路至佳通轮胎）市政中压段（位于合肥市长丰县，全长1 858m，管径参数为SDR11、DN200）与人工监测对比研究在线远传压力表系统的实际工程监测精度。在线远传压力表安装与人工压力表监测现场布置如图2所示。

选取气密性强度试验Smart Gas系统移动端实时监控数据并进行展示，如图3所示。

为了研究不同工况下的监测系统性能可靠性，以系统监测与人工监测的数值差值作为误差，对设计试验所得系统监测结果与人工监测结果进行分析，如图4—图5所示。

结果表明，在不同工况条件下，强度压力实验系统监测与人工监测的差值在0.041kPa以内，气密性压力实验系统监测与人工监测的差值在-0.04kPa—0.048kPa之间，系统监测与人工监测的精度相对误差

为 $\pm 0.01RD\%$ 以内，在线远传压力表系统可以很好的满足工程保压监测应用场景的精度与稳定性要求。

3.2 市政中压天然气管道保压试验破坏监测应用场景

需要验收投产的天然气管道在保压试验过程中常常被第三方施工单位破坏或者出现工程质量问题，从而产生泄露压降。选取新安徽佳通轮胎市政中压任意

段进行压降试验，用于模拟事故破坏场景，设定在线远传压力表系统监测负责人应急团队及人工监测负责人应急团队，以工程抢修队伍到达事故精确地点为限确定应急响应总时间。随机选定时间与地点，打开放散阀模拟管道事故破坏压降信号，测试对比系统监测与人工监测综合应急响应时间差值，同时进行远传压



(a) 系统监测 (b) 人工监测

图2 在建天然气管道保压试验



图3 Smart Gas系统移动端线上实时展示压力试验监测数据

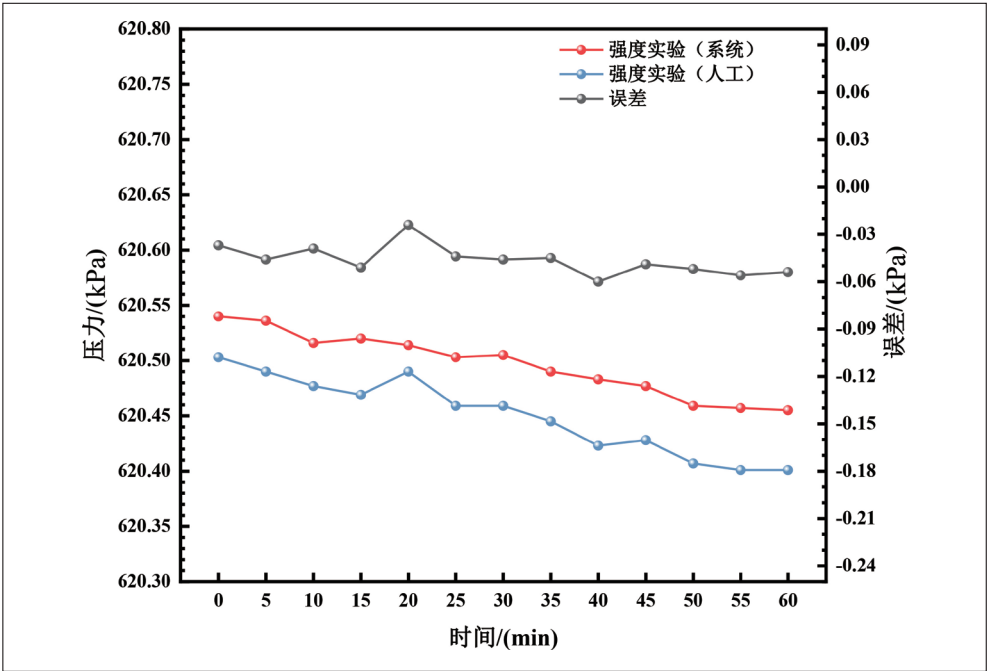


图4 强度压力试验结果

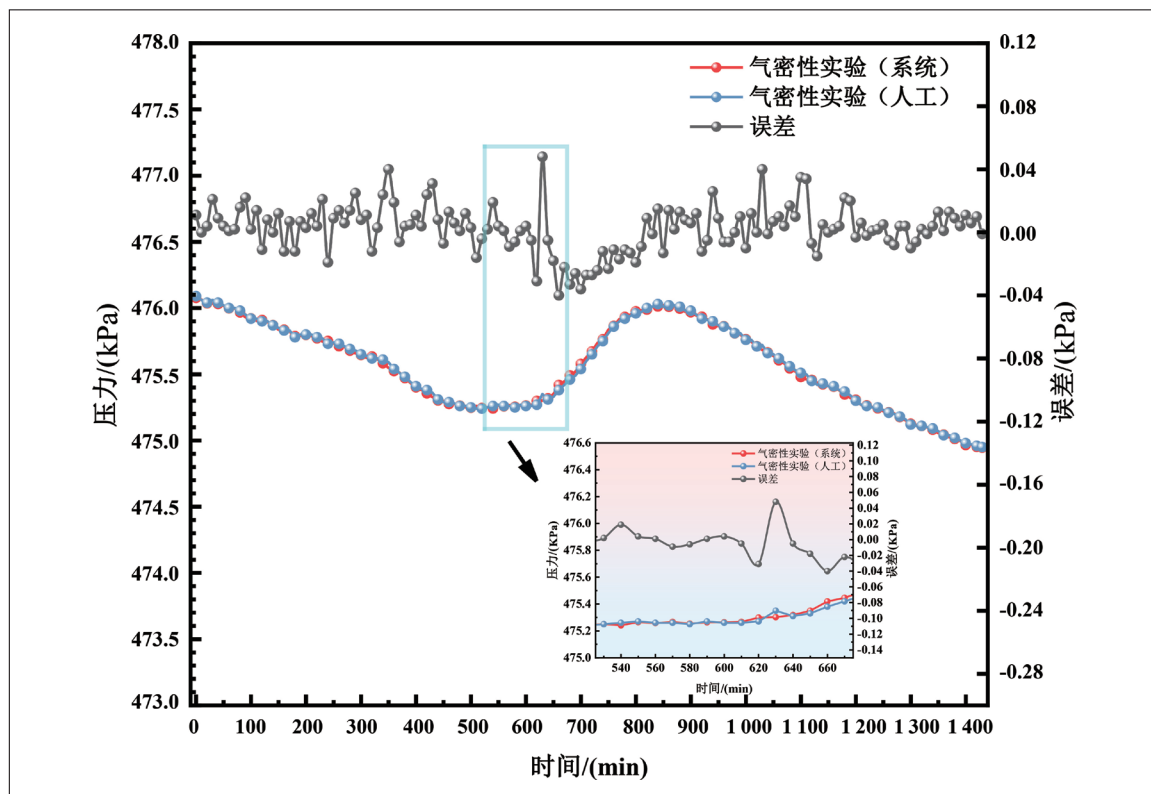


图5 气密性压力试验结果

力表系统监测可靠性及事故地点定位准确性研究，人工监测采取规范标准记录方式（1次/h）。

如图6所示，系统监测与人工监测的差值在 -0.08kPa — 0.024kPa ，相对误差在 $\pm 0.01\text{RD}\%$ 以内。压降发生10s内系统监测到压力异常，同步在移动端向工程、安全及抢修相关负责人报警并发送管道压降点定位。试验结果表明：系统事故破坏点定位准确，作业人员仅用时20min便到达事故地点，系统监测应急响应总时间相比人工监测缩短了20min，前端响应时间由传统规范标准的30min缩短至10s以内，提升180倍^[8]。在线远传压力表系统可为在建燃气管道保压试验破坏场景提供实时安全保障，缩短应急响应时间。

4 在线远传压力表在应用方面的优势

4.1 降低运营成本，提高监测效率

在新建的天然气管道投产前及进行竣工验收保压工作过程中，需要对天然气管道进行实时压力监测，通常采用的监测方式是两位员工现场安装压力表并间隔固定时间记录。首先进行连续1h的强度试验，合格

后进行放散，降低压力进行连续24h的气密性试验，大概需要连续2d时间。若采用在线远传压力表，单台设备可替代2名—3名监测人员，按8h工作制计算，可减少66.7%—75%的人力投入^[9]，并能确保数据的准确性，提高压力试验效率。

4.2 优化应急响应流程，固定应急响应效率

相比于传统的人工监测预警方式，在线远传压力表系统可布置在手机移动端，并且能够根据预设的压降阈值进行实时智能分析与预警，应用在线远传压力表系统可在事故发生后直接跳过多级上报前端应急处理流程，固定前端应急响应效率，前端响应时间由传统规范标准的30min缩短至10s以内^[8]，提升180倍，同步向相关负责人发送精准定位报警，减少排查时间，尤其是针对施工复杂环境（如居民小区等），各级单位可以依托系统报警信息同步协调最佳抢修方案，提高事故后端流程处理效率，大幅提高安全水平。

4.3 降低事故工程损失及修复成本

选取应用在线远传压力表发生的事故损失与同类型人工监测事故损失进行对比^[9]，结果分析如表1所示，精确的破碎点定位可以显著降低现场勘察时间，

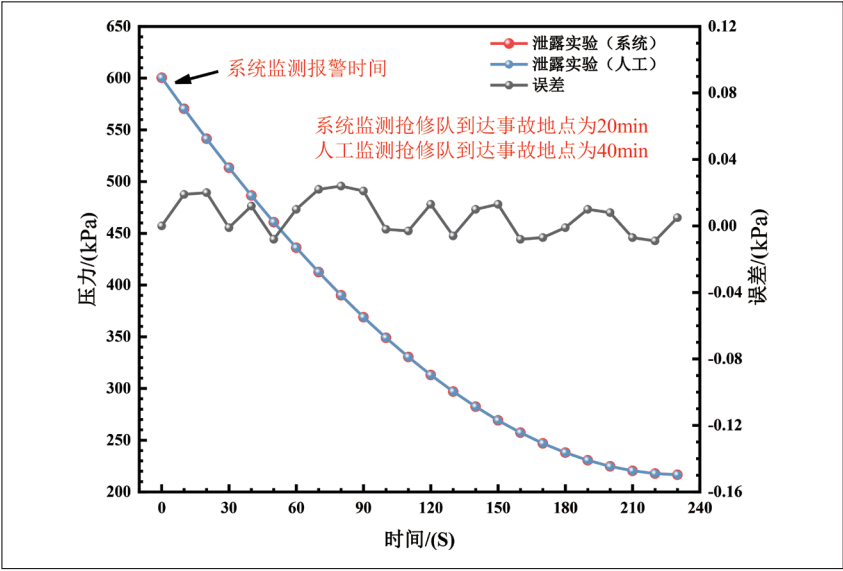


图6 压力泄露试验及应急响应速度

减少事故时效性损失及工程修复成本；应用在线远传压力表监测可以降低事故损失总计41.5%。

表1 核定事故损失结果对比

损失及修复费用类型	系统监测	人工监测	差值（%）
人员作业	2 000	4 000	100.0
材料修复	10 850	15 300	41.0
机具设备	8 750	11 500	31.4
抢修处置	3 000	4 000	33.3
总计费用	24 600	34 800	41.5

4.4 实施信息化数据智能管理

在信息化高速发展的今天，城市天然气管网施工保压监测技术还是极大地依赖于人工检测的方式，在线远传压力表可以完成保压试验监测的信息化管理，并可以实现以下优势。

（1）数据实时性：通过在线远传压力表的实时监测，可实现管道压力参数的连续采集与即时传输，可以将压力的实时监测数据以折线图、柱状图等形式展示出来，方便工程管理部门直观地了解保压试验中的压力变化。为应急处置提供更长的时间容错。

（2）数据精确化：通过信息处理系统平台，在线远传压力表采用高精度传感器，可实现 $\pm 0.1\%FS$ 的测量精度，显著优于传统机械式压力表的 $\pm 1.5\%FS$ ^[10]，

系统支持最小10s的采样间隔，较传统1h/次的人工记录频率提升360倍。

（3）数据存储与分析：系统采用分布式数据库技术，可实现监测数据的安全存储与高效管理。方便企业进行历史数据的查询和分析。

（4）预警与报警：通过设定压降阈值，当压降超过设定值时，系统可进行主动式预警并进行精准定位发送。

5 结论

安全生产是燃气行业生产的重中之重，在传统燃气产业的转型升级的今天，智慧燃气的发展促进了燃气行业与信息技术的融合，能够最大限度的在减少人力成本的基础上保障生产安全。本文探究了在线远传压力表在燃气管道施工保压试验全过程压力监测中的实际应用价值，通过智能化、信息化技术手段，针对燃气管道施工保压试验作业安全管理中的薄弱环节构建了新型压力监测系统体系。研究表明，与传统人工监测方式相比，在线远传压力表在监测精度、检测频率、人工成本、应急响应效率等方面具有显著优势，应用在线远传压力表可提高监测精度，缩短应急响应时间，有效降低事故风险，减少事故时效性损失，对于推进城市智慧燃气管理系统的智能化、高效化和安全性建设具有重要的实际意义。

城燃企业供销差率影响因素分析与研究

王珺玮

合肥合燃华润燃气有限公司

摘 要：近年来，随着经济结构的转型和地产行业增速的放缓，城燃企业的市场扩张步伐也在逐步放缓，在此背景下，如何提升城燃企业的运营水平成为一个重要课题，其中，在保障计量公平的前提下，有效控制供销差率的波动成为影响城燃企业经济效益的一个重要因素。本文对城燃企业供销差率影响因素进行了深入阐述和分析，并将其中民用气量受温度影响因素进行了量化分析，明确了如何对民用气量计量偏差进行量化统计，为城燃企业供销差率管控提供了有益的参考和指导。

关 键 词：供销差率；影响因素；量化；温压补偿；数据分析

1 引言

燃气供销差是燃气企业的供气量与销售量之间的

差额。通常情况下，受管道输配和计量的影响，销售量总是低于供气量，这之间的差额即为供销差。供销差率总体计算公式一般为： $(\text{供气量}-\text{销售量})/\text{供气量}$ 。

参考文献

- [1]田长栓,马艳霞,田家诚.6.13事故引发对燃气应急管理的思考[J].城市燃气,2021,(S1):20-124.
- [2]李勇慧,赵彦玲,李立奇,等.聚乙烯燃气管道泄漏事故分析[J].煤气与热力,2021,41(09):35-37+46.
- [3]吴翔飞,赵小龙,方炜,等.邻近电力管道的城市埋地燃气管道泄漏扩散数值模拟研究[J].中国安全生产科学技术,2024,20(10):125-131.
- [4]徐龙春,周新频,万育新,等.一种在建燃气管道保压防破坏压力监测装置[P].安徽省:CN202420728151.8, 2024-11-08.
- [5]林行素,黄瀚萍,官媛媛,等.城镇燃气压力管道全面检

- 验的研究与实践——以聚乙烯燃气管道为例[J].装备制造技术,2023,(06):208-211.
- [6]高相铭,李研达,杨世凤,等.基于物联网的燃气管网泄漏检测系统研究[J].仪表技术与传感器,2016,(12):110-114+135.
- [7]GB/T 51455-2023城镇燃气输配工程施工及验收标准[M].
- [8]徐后佳.城镇燃气管道典型事故场景构建与应急决策研究[D].中国石油大学(北京),2022.
- [9]李华明.关于燃气管道设施第三方施工破坏事故损失计价项目的探讨[J].城市燃气,2019,(05):45-48.
- [10]刘远方,赵明华.智慧燃气管理系统关键技术研究进展[J].城市燃气,2023,48(2):23-30.

[第一作者简介] 王珺玮，从事城市燃气生产运行、计量管理工作。