

双组分气体示踪的供热管道泄漏定位技术的研究

梁金凤 程小伟 赵冉 霍雪霁

北京市公用事业科学研究所有限公司 北京 100011

摘要: 自供热行业发展以来,造成管道发生泄漏的原因诸多,也是行业内管网运行安全方面首要解决的问题。供热管道的泄漏易造成大面积长时间停暖事故,不仅影响终端用户的用热需求,还会影响供热系统的整体稳定性,甚至为管网运行人员、泄漏位置周边人员带来安全隐患。因此,及时定位泄漏点并对漏水区域进行抢修是供热企业最为关注的。本文通过研究双组分气体示踪法在供热管道泄漏定位方面的研究。探讨气体示踪技术在供热领域的可行性。

关键词: 供热管道; 泄漏定位; 气体示踪; 双组分

Research on leakage location technology of two-component gas tracing heating pipeline

Liang Jinfeng, Cheng Xiaowei, Zhao Ran, Huo Xueji

Beijing Institute of Public Utilities Science Co., Ltd. Beijing 100011

Abstract: Since the development of the heating industry, there are many causes of pipeline leakage, and it is also the primary problem to be solved in the safety of pipe network operation in the industry. The leakage of heating pipelines is easy to cause large-scale long-term heating accidents, which not only affects the heat demand of end users, but also affects the overall stability of the heating system, and even brings potential safety hazards to pipe network operators and personnel around the leakage location. Therefore, locating the leakage point in time and repairing the leakage area is the most concerned by heating enterprises. In this paper, the two-component gas tracing method is studied in the location of leakage in heating pipelines. To explore the feasibility of gas tracing technology in the field of heat supply.

Keywords: heating pipes; Leak location; gas tracing; Two-component

引言

国内供热管道敷设方式多以直埋为主,供热管道发生泄漏原因十分复杂,是影响供热管网安全运行的重点问题,目前供热管道常用泄漏定位方法有听音法、红外热像仪技术、相关分析法,对于新建管道常采用直埋预警线或分布式光纤实现在线监测^[1-3]。由于管道埋深较深、漏点区域环境杂乱、管道走向错综复杂、测漏人员的检测技术及经验水平不同等因素,且通过单一的检测仪器或技术并不能进行快速准确的定位^[4],以上因素叠加对泄漏点精确定位难度大大提升。若漏点不能及时发现还易造成影响公共安全的恶性事故。

1 气体示踪技术发展现状

示踪技术最早应用于油田生产作业中,主要作用是油气开采提供参考技术数据,通过示踪监测数据了解气体的流动趋势、判断油藏运移通道、确定剩余油饱和度等数据,为后续的开发提供指导和依据。

目前应用示踪气体有两大类:放射性气体和化学气体^[5]。60年代放射性气体示踪剂开始投入现场应用,这些示踪剂包括氡、氟化烷烃、14C 标记的碳氢化合物及 85Kr 等。

2 双组分示踪气体研究

2.1 双组分示踪气体应用

双组分示踪法又称氢气示踪法(以下简称“氢气示踪法”),其基本原理是将 5% 氢气和 95% 氮气混合注入管道中,然后用氢气检测仪在管道上方检测示踪气体。利用氢气比重小、穿透性强、粘度低、易探测且自然界中氢气含量极低的技术背景,将氢气作为示踪气体。氢气出现溢出后能快速从泄漏处渗透到地面而被仪器检测到,通过检测泄漏处冒出到地面的示踪气体,便可准确查到泄漏部位。

2.2 氢气示踪法在供热管道泄漏定位应用的技术理论

(1) 氢气的分子具有体积小、重量轻、向上游离的特性,不易被土壤所吸收,可以穿过泥土、冰块、水泥、沥青路面等物质一直向上,并以漏点中心的浓度最大,在漏点正上方的地面上使用氢气泄漏探测检测仪可以探测到。氢气是在一定程度上溶解于水,在标准条件下(101.325kPa、20℃),氢气的溶解度为 16ppm,满足检测要求。

(2) 国内市场氢气探测仪产品技术发展已经处于成熟阶段,该种仪器足够灵敏,以致

对空气中含有 1ppm 浓度的氢气即可报警,抗干扰能力强,只对氢气泄漏报警,对其他可燃性气体则不报警,能够精确定位管道泄漏点。

2.3 氢气示踪法在供热管道泄漏定位模拟研究

选取某小区供热管道一次水主管,建立二维物理模型并进行网格划分,利用 CFD 软件 Fluent 建立二维的埋地管道泄漏氢气示踪模型。本文研究的对象过程为已经从管道泄漏出来的氢气在土壤或水泥中扩散阶段,通过研究不同泄漏压力、土壤性质等因素对氢气扩散的影响,了解氢气的扩散速度、氢气在土壤及空气中的浓度和扩散范围。通过分析不同泄漏工况的扩散结果和相应的供热管道流动情况,验证氢气示踪法用于供热管道的可行性。

选取泄漏口附近的土壤,水泥和空气作为模拟对象,建立二维模型并选取泄漏口。如图 1 所示。

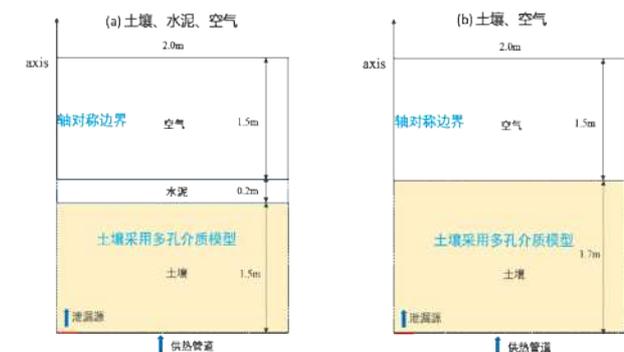


图 1 模型建立

工况设置一共 4 种,包括两种泄漏口面积和两种泄漏环境,泄漏口半径分别为 0.001 m 和 0.002 m。氢气通过泄漏口流出管道后,分别在纯土壤和土壤-水泥环境中扩散。观察一段时间后的氢气的分布情况,进行氢气示踪技术对埋地供热管道泄漏定位可行性研究。

表 2 模拟工况表

泄漏半径 (m)	泄漏环境
0.001	纯土壤
0.002	土壤和水泥

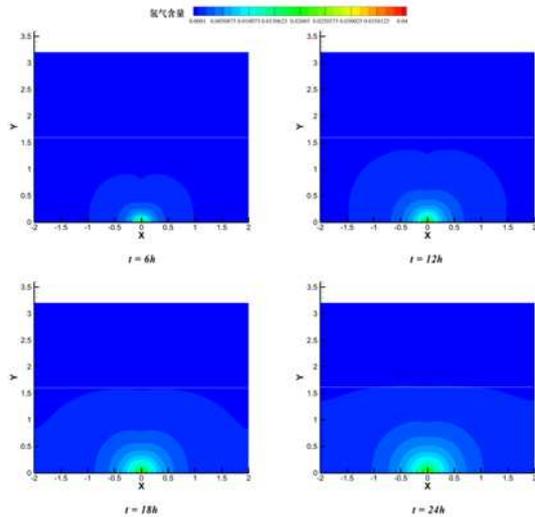


图2 泄漏口半径为0.001m时氢气在土壤中分布图

从上图可以看出,泄漏发生18小时后,地面上可以检测到1ppm的含氢气体。且该气体分布在泄漏口正上方半径约0.7m的区域中。

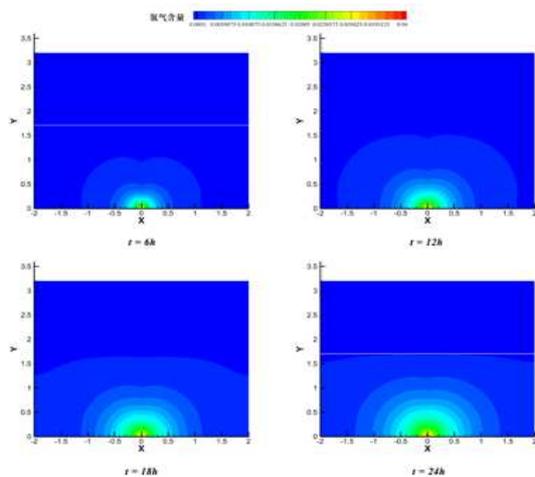


图3 泄漏口半径为0.02m时氢气在土壤中分布图

从上图可以看出,氢气从埋地管道发生泄漏进入土壤,在土壤中扩散形成半圆形的区域。泄漏发生18小时后,地面上可以检测到1ppm含氢气体。且该气体分布在泄漏口正上方半径约1.2m的区域中。

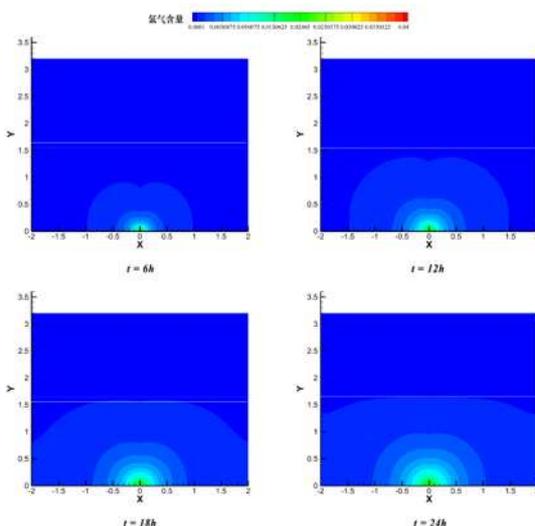


图4 泄漏口半径为0.001m时氢气在土壤-水泥中分布图

从上图可以看出,泄漏发生24小时后,地面上可以检测到1ppm的含氢气体。且该气体分布在泄漏口正上方半径约0.5m的区域中。

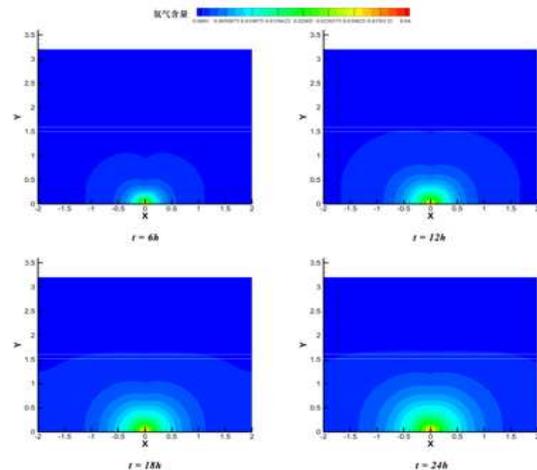


图5 泄漏口半径为0.002m时氢气在土壤-水泥中分布图

从上图可以看出,氢气从埋地管道发生泄漏进入土壤,在土壤中扩散形成半圆形的区域。由于水泥的孔隙率、阻力系数等参数对氢气扩散的阻碍较大,因此氢气在水泥-空气交界面上形成的圆形区域尺寸更小,半径约为1.0m。

通过数值模拟结果可以看出:氢气在土壤和水泥中受到压力差和浓度差的驱动,会向泄漏口周围扩散,形成半圆形的区域。泄漏口尺寸越大,相同时间内泄漏出的氢气量越多,土壤和水泥中氢气含量越高。氢气在土壤和水泥扩散规律基本相同,但由于水泥的密度、孔隙率和阻力系数均大于土壤,因此氢气在水泥中的扩散受到更多的阻力,扩散速度下降,扩散半径减小。氢气扩散至水泥-空气交界面时,受到阻碍,扩散速度明显降低,初步猜测可能是大气环境中气压对氢气向上扩散起到阻碍作用,导致氢气难以扩散至地面或在交接处形成尺寸较大的一层气膜。

3 结论与展望

双组分气体示踪技术已经应用于其他行业中,相比于其他管道泄漏检测方法,此方法有准确性高、适应性强、费用低,通过理论研究证实了该技术在供热管道泄漏定位应用具有一定的可行性,但是在实际运行中需要考虑管道的现场敷设环境、敷设方式、管道的年限、尺寸等多项因素,例如直埋管道的保温层或绝热层,其影响了氢气扩散到地面的浓度,保温层材料的比表面积削弱氢气逸出地面的能力。其次,供热管网是一个循环系统,对于在管道汇中示踪气体后续如何处理,是否对管道本身及管网运行有影响,仍是需要进行考虑及解决的问题。

解决供热管道泄漏定位问题,并非仅靠一项技术就可以得到全面解决,还需要根据实际情况,将现有成熟的泄漏定位技术进行合理的运用,才能高效、准确的辅助供热企业更好管理。

参考文献:

- [1]单立军.供热管网泄漏检测方法探讨[J].区域供热, 2014, No.173 (06): 91-94.
- [2]陈天熙.氢气示踪法在检验埋地燃气管道中应用[J].中小企业管理与科技(下旬刊), 2009, (09): 299
- [3]贾志刚.浅谈供热管网漏点的检测方法[J].民营科技, 2017, No.207 (06): 23.
- [4]刘勇, 徐金锋.地下供热管道漏点检测方法[J].区域供热, 2019, (02): 5-8
- [5]张翼飞, 唐武艺.气体示踪技术在油田中的应用和研究现状[J].中国石油和化工标准与质量, 2011, 31 (05): 188-189+84.
- [6]金龙, 陈樑, 王海燕, 张昇.不同土壤对输气管道泄漏扩散影响模拟分析[J].石油与天然气化工, 2020, 49 (04): 101-108