

天然气冷喷加湿工艺的研究与应用

中国海洋大学环境科学与工程学院(266061) 李 亭

摘要 我国大部分城市曾用铸铁管道输送人工煤气,城市燃气管网中的铸铁管道一般采用机械接口的方式连接,机械接口的密封材料采用橡胶垫圈。近几年,城市燃气管道由人工煤气转输天然气后,铸铁管道的接口逐渐出现了泄漏问题。本文探讨了人工煤气转换为天然气后,采用天然气冷喷加湿工艺解决铸铁燃气管道接口泄漏的机理、天然气加湿剂的试验及选择、冷喷加湿系统的工艺的研究以及投资运行经济分析。

关键词 天然气 冷喷加湿 铸铁管 承插式接口 燃气转换

The Research and Application of Cold Spray Humidification to Distribute Natural Gas

Ocean University of China College of Environmental Science and Engineering(266061) Li Ting

Abstract Our country majority of cities once used the cast iron pipeline to transport the manufactured gas. Cast-iron pipe was used in the urban gas pipe network. The way of connecting cast-iron pipe is bell and spigot. The cast-iron pipe joints' s packing material uses the rubber gasket. In recent years, after conversion from manufactured gas to natural gas, the cast iron pipeline' s connection had the divulging problem gradually. This article has discussed the leakage of Cast-iron pipe joints is solved by humidification after conversion from manufactured gas to natural gas. The mechanism choice of humidification agents, cold spray humidification system' s craft research as well as the investment movement economic analysis.

Keywords natural gas cold humidification cast-iron pipe bell and spigot joint gas conversion

1 前言

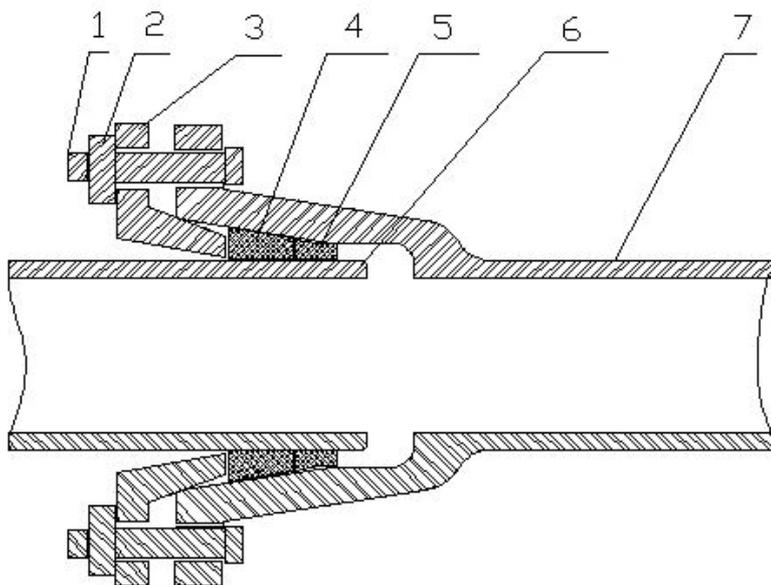
我国大部分城市曾用铸铁管道输送燃气,城市燃气管网中的铸铁管道一般采用机械接口的方式连接,机械接口的密封材料采用橡胶圈,接口构造如图1所示。

我国大部分城市以前管道燃气为人工煤气(煤制气)。近几年,为加强环境保护,减少大气污染,大部分城市引进了洁净能源——天然气,地下燃气管网由人工煤气转输天然气。由于人工煤气具有一定的水蒸气和微量的芳香烃成分,使机械接头橡胶圈吸收微量芳香烃后适度膨胀,因此能保证其在输送

人工煤气的过程中的密封性能。置换为天然气后,天然气中几乎不含有水蒸气和芳香烃成分,密封橡胶圈就会失去水蒸气或芳香烃类物质,造成干燥收缩,从而引起泄漏,带来大量管道抢修工作和安全隐患。

解决铸铁管泄漏问题,最直接有效的方法就是将铸铁管全部更换为钢管或PE管;但由于城市燃气管网规模庞大,若更换管道,投资巨大,实施过程时间也非常长,短时间内更换全部铸铁管是不现实的。

对天然气进行加湿处理,能有效抑止铸铁管接口密封材料的收缩,减少接口的燃气泄漏,是天然气转换过程中延缓更换铸铁管道的一种有效过渡方



1—螺栓；2—螺母；3—压兰；4—胶圈；5—支撑圈；6—管体插口；7—管体承口

图1 铸铁管接口示意

法。国外许多城市采用天然气加湿技术作为天然气转换后铸铁管道接口泄漏问题，并取得了良好的效果^[1]。

2 加湿机理分析

铸铁管道接口处主要采用插口、承口、压兰、胶圈进行连接和密封，起密封作用的是胶圈，其主要成份为丁腈橡胶。而城市燃气管网以前输送人工煤气，除 H_2 、 CO 、 CH_4 等主要成份外，还含有一定量的水、煤焦油以及苯族芳香烃等杂质。苯族芳香烃尤其是苯，对橡胶具有较强的溶胀作用，胶圈接触人工煤气的一侧由于常年与人工煤气接触，胶圈就会逐渐吸收人工煤气中的苯等芳香烃、焦油等而膨胀，正好起到密封作用。

随着季节的变换，地下管道在受到地温变化的影响而有规律地收缩或膨胀时，会造成管道接口间隙在管道胀缩过程中发生变化，虽然这种间隙的变化很小，但在客观上是存在的，若没有密封就会发生燃气泄漏。在接口间隙的变化过程中，管道接口的密封靠的就是密封胶圈的可压缩性和可回弹性。

但是，在人工煤气管网转输天然气后，由于天然气中并不含有苯等芳香烃、焦油等杂质，而且这些杂

质在天然气中存在极大的不饱和度，而随着天然气的不断经过，渗入到胶圈橡胶中的苯等芳香烃就会从橡胶圈中析出，日积月累导致橡胶圈收缩变干，会失去部分可压缩性和回弹性。因此在冬季地下燃气管网因地温下降而收缩时，接口之间的间隙变大，而此时橡胶圈已经失去了一部分回弹性，无法回弹密封变大的接口间隙，或者回弹变化不均匀，从而导致了原有人工煤气铸铁管网在输送天然气时，出现大面积的铸铁管道机械接口处燃气泄漏。为了避免这个问题，对天然气进行加湿处理即向天然气中加入适量的芳香烃溶剂可以有效解决泄漏问题。

3 加湿剂试验

根据我们对加湿工艺及管网状况的理解。天然气缺少苯族芳香烃化合物，若能补加一定浓度的苯族芳香烃化合物可将干缩的密封胶圈溶胀，使其具有足够的回弹性和密封性。

基于以上分析，我们对管网中的密封胶圈进行了相关的分析和验证。从铸铁管道接口泄漏处挖出的胶圈，在外观上与初始状态的密封胶圈几乎没有变化，具有完好的形状和一定的弹性，但弹性比新胶圈降低。因此，我们对挖出的胶圈进行溶剂适应性试

验,试验胶圈吸收加湿剂后能否恢复回弹性。

3.1 试验方法

根据前面的思路,我们选择了粗苯作为试验加湿剂。采用液相浸泡和气相接触两种方法来测定加湿剂与橡胶圈之间的吸附溶胀作用。

3.2 液相浸泡试验

将从泄漏管道接口拆下的橡胶圈切成一定大小的3块,测出其初始胶圈厚度,做好记录后,并列放置在干燥皿中,在干燥皿中倒入粗苯,并试验胶圈块全部浸泡在液体中。记录时间后放置阴凉避光处,在一定时间后,分别取出测量其厚度变化情况。

3.3 气相接触试验

同液相接触试验一样,在做液相试验的同时,将从泄漏管道接口拆下的橡胶圈切成一定大小的3块,测出其初始胶圈厚度,做好记录后,并列放置在液相上面的网格托架上,在测量液相浸泡胶圈的同时,测量气相胶圈的厚度变化情况。

3.4 试验记录统计

分别对液相浸泡和气相接触后9天、15天、21天胶圈厚度进行了测量。具体数据如表1。

3.5 试验结果

通过对所得到的试验数据进行比较分析,可以得到以下结果:

(1)液相中胶圈的变化速度和变化量明显高于

气相中胶圈的变化。

(2)浸泡在液相中的胶圈初期的变化较大,后期变化较小,前期变化明显强于后期变化。而气相中的胶圈,虽然前期变化也较后期变化要快,但变化速度相对液相来讲比较均匀,只是后期接近饱和后变化速度变小。

(3)无论是浸泡实验,还是气相接触时粗苯对于橡胶块的吸附溶胀作用都非常强烈。液相浸泡一定时间后体积变化率约40%,气相接触一定时间后体积变化率约20%。

(4)液相试验证明,丁腈橡胶密封圈在粗苯中发生严重溶胀,但虽经浸泡仍不会溶解,仍呈固体状态并具有弹性。

3.6 试验结论

粗苯对橡胶具有较好的溶胀作用,通过在天然气中添加粗苯可以对转换为天然气管道接口处的橡胶圈回弹性起到良好的作用,使干燥后橡胶圈重新回弹起到密封作用。而且,即使加湿剂加注不均匀,个别部位的胶圈吸收较多的加湿剂,也不会使密封圈过度膨胀,更不会使密封圈变粘或溶解。根据实验中反应的溶剂对橡胶圈的溶胀速度和考虑到原人工煤气中含有粗苯,我们确定在天然气管网中添加粗苯来调节管道胶圈的膨胀。

3.7 加湿剂加注量分析

表1 试验数据统计表

	粗苯气相试验数据			粗苯液相试验数据		
	1号样本	2号样本	3号样本	1号样本	2号样本	3号样本
试验前胶圈厚 (cm)	1.506	1.536	1.522	1.504	1.560	1.552
9天胶圈厚度 (cm)	1.764	1.764	1.774	2.080	2.160	2.160
变化比	17.13%	14.84%	16.56%	38.28%	38.46%	39.17%
15天胶圈厚度 (cm)	1.786	1.792	1.798	2.118	2.168	2.196
变化比	18.59%	16.67%	18.13%	40.82%	38.97%	41.49%
21天胶圈厚度 (cm)	1.854	1.858	1.814	2.128	2.182	2.226
变化比	23.11%	20.96%	19.18%	41.49%	39.87%	43.43%

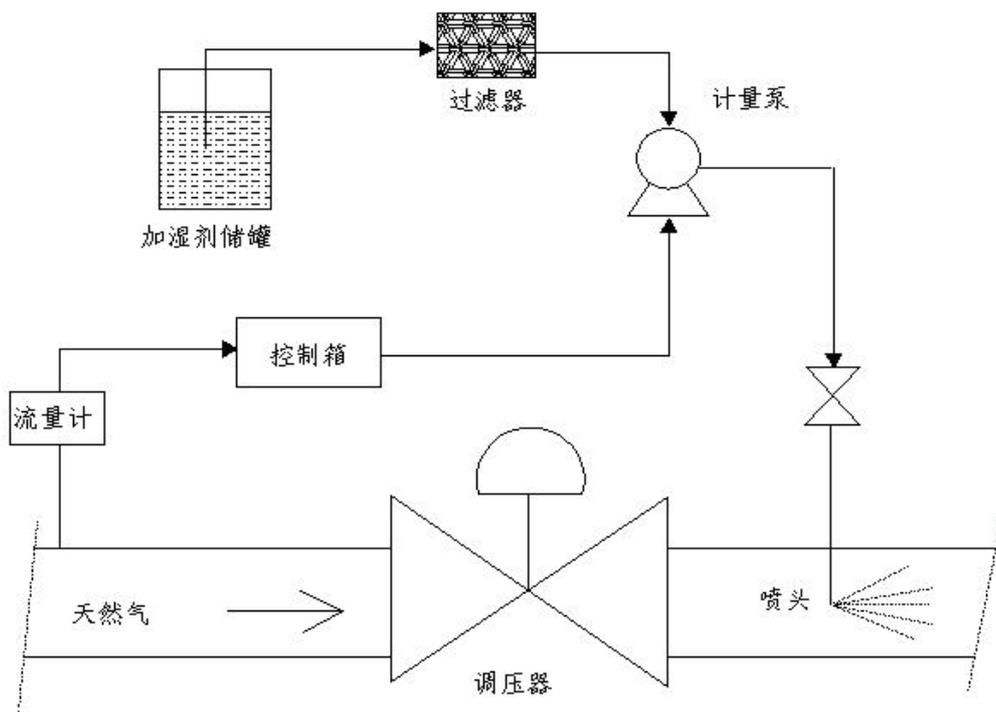


图2 天然气加湿工艺

资料介绍,人工煤气中的粗苯含量在 $28\text{g}/\text{Nm}^3$ — $42\text{g}/\text{Nm}^3$,因此苯在天然气中存在极大的不饱和度。

控制粗苯加注量的目的是:使天然气中的粗苯达到一定浓度,起到对橡胶圈的溶胀,但天然气中的粗苯不会达到饱和。目前考虑到粗苯在天然气中有极大的不饱和度,确定添加量为 $2\text{L}/\text{万 m}^3$ 。

4 加湿工艺的研究

通过研究,我们设计了一种采用喷雾的加湿方法。工艺如图2所示。

该天然气加湿工艺的设备安装在燃气调压站内,主要设备有流量计、加湿剂储罐、加湿剂过滤器、高压计量泵(电力驱动)、阀门、精细雾化喷头、管道以及控制装置组成。

喷雾方法通常不需要配备复杂的控制功能,由于燃气的流量有比较明显的高峰和低谷时段,因此如何根据燃气流量的变化而控制高压计量泵的注入频率和连续性是我们需要重点解决的问题。针对这

个问题,经过咨询和考察专业做计量泵以及自动化控制的公司,专业公司能帮我们实现以上计量泵的配置以及自动化控制的开发。因为此处的燃气流量计量不是用于贸易结算,不需要很高的精确度,考虑到加装方便,可采用一般的国产超声波流量计。

影响加湿效果的主要因素是雾化喷头的性能,良好的喷头可以起到很好的雾化作用,保证有较小的液滴,并容易在天然气中扩散并被吸收。如果液滴直径较大,会由于重力的作用而滴落在管道壁上不容易被燃气带走。经过考察和试验,发现柴油机燃油喷嘴和我们需要的雾化喷嘴的功能类似,而且该喷嘴比较耐用,因此选择柴油机燃油喷嘴作为加湿剂的精细雾化喷头。喷雾法是将喷头置入燃气管道中轴线处,直接顺燃气流动方向喷出加湿剂。

目前,加湿设备安装在中-中压调压站内,向调压站内天然气管道进行加注,通过运行约半年时间,已加湿区域的天然气管网接口的泄漏次数明显少于未加湿区域。

(下转第47页)

(上接第 26 页)

5 经济分析

5.1 设备投资概算

该工艺流程简单,所需设备简单,每套投资为:

计量泵:3 万元;

流量计:5 万元;

储罐及过滤器:2 万元;

喷头及连接管道:2 万元;

控制箱:5 万元;

安装费:3 万元;

合计:20 万元。

该工艺投资远低于国外的天然气加湿设备的投资。

5.2 运行费用概算

加湿剂的添加量按 2L/万 m³ 计算,每年的供气

量按 1.2 亿 m³ 计算,每吨粗苯的价格按 5 000 元计算,每年的添加剂的费用为:10.5 万元,平均 8.75×10⁻⁴ 元/m³ 天然气。

6 结论

通过上述的分析论证,我们认为,在燃气管网的调压站安装喷雾加湿设备,向天然气中添加粗苯能够解决转换后出现的铸铁管道接口泄漏问题,而且采用的冷喷加湿工艺简单,投资经济,且运行成本低。

参考文献

- 1 冯良等. 转输天然气后铸铁管接头泄漏的加湿法处理. 煤气与热力. 2002. (12)

·广告·



- 采用新型耐磨高分子聚合材料制作,嵌入式文字图案,清晰美观,经久耐磨。
- 配备专用胶粘剂,粘贴于城市各种路面,粘贴强度高,施工简便。已在众多城市应用多年。

南京夜视丽公路标志材料有限公司

地址:南京市铁心桥恒丰园工业区

电话:025-52454809 (传真) 手机:13305195806

E-mail:njhongli@sohu.com

http://www.njysl.com