

天然气长输管道内涂层应用技术研究

Research on Application Technology of Natural Gas Pipeline

何军 王立业* 史晓青

Jun He Liye Wang* Xiaoqing Shi

国家管网集团西气东输苏北输气分公司 中国·江苏扬州 225000

National Pipeline Network Group West-east Gas Transmission Branch North Jiangsu, Yangzhou, Jiangsu, 225000, China

摘要: 天然气长输管道内涂层技术的应用,可以减少管道内部户的腐蚀性,并优化管道内部结构,减少气体摩擦力。论文主要对天然气长输管道内涂层技术的应用途径进行分析,旨在进一步提高天然气长输管道施工效果。

Abstract: The application of the internal coating technology of the natural gas long-distance transmission pipeline can reduce the corrosion of the pipeline internal households, optimize the internal structure of the pipeline, and reduce the gas friction. This paper mainly analyzes the application ways of internal coating technology, aiming to further improve the construction effect of natural gas pipeline.

关键词: 天然气;长输管道;内涂层;应用技术

keywords: natural gas; long-distance pipeline; undercoat; applied technology

DOI: 10.12346/etr.v4i9.7088

1 引言

天然气长输管道内涂层技术在管道内壁中的应用,需要对内涂材质进行优化选择,提高内涂层技术的应用水平,对天然气管道内壁腐蚀现象进行有效控制。

2 内涂层的优缺点

内涂层的优点:①可以减少管道内的摩阻,提升管道性能,促进管道流动性的增加,增加管道的介质流通性。其中,管道内涂层对气体介质流动效率的影响如表1所示。在敷设内涂层的管道内壁粗糙度保持不变,没有内涂层的管道粗糙度每年都会增加^[1]。②内涂层管道可以有效减少摩擦系数,对天然气的流动性进行改善和优化,降低增压站的压差,并拓展增压站的间距,控制增压站数量。③减少施工费和材料费用,通过内涂层技术的应用,可以减少管道内壁的粗糙度,从而降低水利摩擦,当输气量增加、出气量不变的情况下,可以对设计管径进行调节,从而节约管材费用和施工费。④对管道内部进行保护,把气体介质中的腐蚀性组分与管道内壁分割开来,这样可以减少管道腐蚀现象,确保输送天然

气干净无杂质。⑤减少输送力的消耗,节省大量燃料费用。⑥为管道检测提供便利,在内涂层技术应用下,可以保障内壁光滑性,方便展开管道检测工作,及时发现裂纹、腐蚀问题。⑦控制维修成本。内涂层管道拥有较强的驱动力,而且管道内部会沾染杂质,方便进行清洁,并减少清洁次数,减少维护费用。⑧内涂层的应用,可以减少腐蚀问题的出现几率,确保管道安全运行,延长管道的使用寿命。

表1 管道内涂层对气体介质流动效率的影响

管道	管道内表面粗糙度 (μm)	气体介质流动效率 (%)
有内涂层(涂层厚度 45 μm)	7.1	103.8
无内涂层,管道内部光滑	11.4	100
普通管道	17.8	96.5
有一定内部腐蚀的管道	33	91.6

内涂层的缺点:当内涂层失效时,会对管道生产运行带来不利影响。在管道生产过程中,管壁清理、涂料流动性等因素,导致管道内涂层会出现气泡、针孔、凹坑、二次污染等问题。其中引起管道内涂层失效的因素有地质结构、环境

【作者简介】何军(1989-),男,中国江苏泰州人,本科,助理工程师,从事天然气长输管道研究。

【通讯作者】王立业(1996-),男,中国吉林舒兰人,本科,助理工程师,从事油气储运研究。

条件、介质流态、介质组分。当涂层老化出现脱离问题时，会随着气体介质向下游移动，严重情况下会引起设备故障问题^[2]。其中管道内涂层的质量指标如表2所示。

表2 管道内涂层的质量指标

项目	质量标准	检测方法
外观	表面光滑、平整、无气泡	目测
针孔数	≤3个/m ²	SY/t0063—1999
涂层厚度	≥50μm	SY/t0066—1999
附着力	合格	SYJ4047—1990
硬度	无划痕	GB/T6739—2006

3 内涂层材质

3.1 有机材质

①液体环氧涂料。代表材料就是环氧树脂，涂覆效果较好，而且具有较强附着力，经济性能好。其中环氧树脂涂层包含环氧、树脂两种。前者为固化剂，可以发挥固化、活化效果；后者为基础涂层。在具体应用中，可以对这两种液体组分进行混合，形成环氧树脂涂料，然后在管道内涂覆。环氧树脂涂料在使用前不需要加热，该材料可以在多种温度范围内进行使用，固化时间比较长，而且工艺操作较为简单^[3]。其中，环氧树脂内涂层生产工艺流程如图1所示。
 ②粉末环氧涂料。其中涉及到固体环氧树脂、固化剂、催化剂等，在使用环氧树脂涂料时，可以与钢制管道内壁形成化学键结合，产生强有力的附着力。在高温作用下，产生熔融、固化等作用，从而形成溶结式环氧粉末防腐层，从而形成较强的粘结力。其中包含单层和双层防腐层类型。在单层熔结环氧粉末涂层难以对较大的冲击损伤力进行有效性抵抗，而且其抗弯曲力会随着防腐涂层的加厚而逐渐降低，只有对防腐层厚度进行有效性控制，才能保障防腐性能；双层环氧粉末涂层是在单层基础上增加塑性材料，从而促进其抗冲击能力的提高。
 ③酚醛环氧树脂，该材质具有较好的耐热性，而且抗酸性能较高，但是该类材质的内应力较大，质量较脆，难以对较轻的冲击力进行有效性抵抗，逐渐被弃用(见图2)。

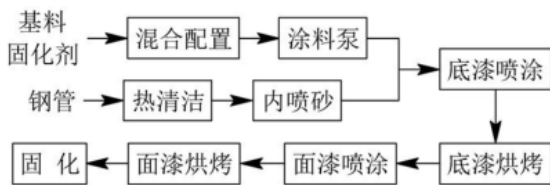


图1 环氧树脂内涂层生产工艺流程

3.2 无机材质

①耐腐蚀金属涂层。该类材质主要是把Zn、Sn、Cd、Pb、Al等金属材料，通过电镀、化学镀、热喷涂、热渗度等方式，将其在管道内部形成防腐层。该材质主要是通过阳极优先腐蚀的方式对管道进行保护，并对管壁进行隔绝，充分发挥腐蚀性介质的作用。该涂层对天然气的输送影响不

大，但是费用较高，主要在管径不大、压力较小的管道中进行使用^[4]。
 ②陶瓷类涂层。该涂层主要是利用烧附、喷镀、蒸镀等工艺把氧化物、磷酸盐、硅酸盐等涂覆在管道内壁上，从而形成防腐涂层。国内主要利用磷酸二氢铝、二氧化硅等成分的钢质管道进行试验。该类涂层具有较为稳定的化学性能，耐腐蚀性较好，具有较强的抗氧化性，但是生产工艺较为复杂，应用不多。
 ③类金刚石碳膜。该材质的涂层具有较高的硬度，而且摩擦系数比较低，化学稳定性好，是一种新型的管道内防腐层。其生产工艺包含物理气相沉积和化学气相沉积。但是该类涂层的热稳定性不足，内应力较高，实际应用不多。
 ④玻璃钢涂层，该类涂层具有较高的物理性能，电绝缘性能较高，生产工艺较为简单，生产周期短。其中玻璃钢内防腐层的成员有环氧树脂、聚酰胺、水杨酸、玻璃纤维、增塑剂等^[5]。

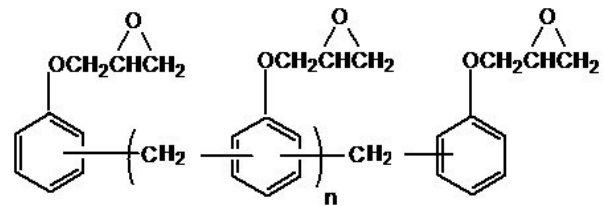


图2 酚醛环氧树脂 F51

4 天然气管道内涂层技术应用

4.1 表面处理

在内涂之前，需要对管道内壁进行良好的处理，只有做好表面处理工作，才能确保内涂层施工质量的提升。通过表面处理作业，可以对管道内壁的杂质、油污等实施彻底清洗，尤其要对氧化皮质、疏松锈渣等清除出去，这样可以实现对管道内壁全方位、多角度的清洁。在对管道内壁表面进行清理时，需要确保作业温度要高于周边环境温度，但是最高温度不能大于10℃，湿度需要超过80%。一般情况下，管道内壁表面处理法包含机械法和化学法^[6]。通常来说，在大型工厂主要是利用机械法进行处理，其中管道外壁防腐法为喷砂法和抛丸法。要结合实际环境、经济条件等情况，选择合适的内涂工艺方法，确保表面处理工作的高质量开展。在喷砂后，可以利用吸尘装置进行清理，确保内壁的干燥、干净。但是抛丸法费用较低，在实际工作中较为适用。在使用化学法进行表面处理时，要通过一系列的操作后才能进行，如脱脂、除垢、冲洗、处理磷酸、水洗、干燥等。在完成表面处理工作后，需要在第一时间展开喷涂作业，从而防止再次出现生锈问题。表面处理工作是整体天然气长输管道内涂层技术的应用前提和基础，只有做好表面处理工作，对管道表面的杂质进行彻底清除，确保其清洁度，才能为后续内喷涂作业的开展创建良好条件，提高整体内涂层技术应用质量的提高。在具体应用中，需要结合实际情况，选择合适的处理方法和技术，确保作业效果。

4.2 内喷涂作业

在内喷涂作业中,主要是使用无漆喷涂方法。在具体操作中,主要是在避风、防尘、防污等环境中,并对环境温度进行合理控制,才能提高涂覆质量。其中内涂层的厚度一般为 $60\mu\text{m}$,在管端两头需要预留一定的非涂表面,这样才能在内涂后展开覆盖,减少灰尘污染概率^[7]。在喷涂作业中,需要在平台上进行,利用旋转管架把管子输送到喷涂平台中,在平台两端箱罩内对管子两端进行封闭。在喷头从远端返回时,需要开始对环氧涂料进行喷涂,喷嘴与罐子表面距离为 $0.15\sim 0.5\text{m}$ 范围内,然后才能展开喷涂作业。必要情况下,需要对管子旋转速度、喷水速度进行有效调试,保障覆盖层厚度符合设计要求。在喷涂作业完成后,需要旋转罐子,然后去除保护胶带。内喷涂作业是天然气长输管道内涂层作业的关键环节,对技术要求较高,需要选择具备较高技术水平和丰富实践经验的技术人员进行操作,确保整体操作效果,强化内喷涂质量。

5 优化策略

5.1 质量检验

内覆盖作业的难度较大,需要对施工质量进行严格把关,通过气泡、水泡法方式对内覆盖的使用寿命进行检测。在喷砂后需要立即涂覆,如果不能及时喷涂,需要间隔八小时才能开展涂覆作业,并对新锈进行重新处理,确保其符合设计要求,从而形成相应的膜^[8]。在涂覆后的关在进入固化环节后,在温度达到一定程度后,会形成自然固化。在对天然气长输管道完成内涂层作业后,需要展开科学合理的质量检验工作,确保内涂层作业符合设计质量要求,保障整体作业过程的规范性和标准性,才能真正发挥其防腐功能,确保天然气长输管道的长期稳定性运行。

5.2 关注难点

在开展管道内涂技术时,需要对管道内壁表面粗糙度取值问题进行综合考量,在直缝钢管的输气管中,需要确保内涂覆层厚度为 $20\mu\text{m}$,在螺旋缝钢管内,需要确保内涂覆层厚度为 $30\mu\text{m}$;同时需要对焊缝部位进行优化处理,手动处理大口径焊接处,通过焊缝处理防腐蚀部位,如果是非腐蚀性管传输管道不需要进行焊缝处理^[9]。由此可见,在天然气长输管道内涂层作业中,存在很多作业难点和重点,而且不同类型的钢管中需要涂覆的厚度也存在很大差异性,尤其要对焊缝展开科学管理,从而促进管道内涂层作业质量的提升,真正发挥内涂层的功能效用。

5.3 参数设计

设计参数的合理选择与整体工程设计的质量和效果息息

相关。在传统管道施工中没有内涂层,引起对内壁粗糙度缺乏考虑。因此,在内涂技术的应用背景下,需要对管道内壁粗糙度进行合理考量,确保设计规范性,一般情况下需要利用抛丸法对大口径管道进行处理,从而优化参数设计。在内涂层技术应用下,可以对管道的相关参数进行优化设计和控制,如内壁粗糙度等,全面提高整体作业效果,确保天然气长输管道的安全可靠运行。

5.4 设备选用

在管道内涂设备中,包含表面处理、涂覆、快速固化等部分。其中,在涂覆作用下,主要是高压无气喷涂为主,需要确保喷洒的均匀性;在快速固化作业中,需要采用加热装置,提高土层固化速度。由此可见,需要确保设备质量的优化,才能提高涂覆质量,推动整体施工效果的提升。

6 结语

综上所述,在天然气长输管道内涂层技术应用中,需要对内涂材质进行优化选择,并要对内涂层技术的优点与缺点进行正确认知,并对其应用途径进行合理操作,同时需要采取一定的优化策略,保障各项工作的规范性开展,促进天然气管道工程施工质量的提升。

参考文献

- [1] 张雨.探究天然气长输管道内涂层应用技术[J].石化技术,2020,27(9):210+223.
- [2] 赵霞,刘英杰,孙洪滨.论节能降耗技术在天然气长输管道项目中的应用[J].工程造价管理,2015(1):46-49.
- [3] 陈耿,潘代波,骆晖,等.长输天然气管道内涂层技术及其应用[J].管道技术与设备,2009(4):15-17.
- [4] 王智,王圣伟,孙国华.天然气长输管道内防腐的研究与应用[J].胜利油田职工大学学报,2004(3):17-18.
- [5] 林竹,袁中立,张丽萍,等.长输天然气管道内涂层减阻试验研究[J].天然气工业,2002(1):75-79.
- [6] 郑安升,黄留群,杨学强,等.节能环保型无溶剂环氧减阻内涂层技术——以中俄东线天然气管道工程黑河—长岭段为例[J].天然气工业,2020,40(10):120-125.
- [7] 刘建新,王玉尧,朱玉杰.含大量黑色粉末长输天然气管道的内检测前清管实践[J].油气田地面工程,2016,35(3):68-71.
- [8] 张兴水,曹杰.输气管道减阻内涂层与减阻剂应用现状及效益分析[J].油气储运,2013,32(6):675-678.
- [9] 李国民,颜腊红,宋兆军,等.旋转气流法内涂层防腐技术在冀东陆上油田集输管道中的应用[J].油气田地面工程,2019,38(5):82-86.