

工程实例

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.14.017

长距离尾水排海管道内防腐设计及试验研究

宋晓阳, 杨欣, 徐保祥, 蒋平

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381)

摘要: 防腐处理是长距离尾水排海管道设计的重要内容之一。传统排海管道内防腐涂层补口施工困难,质量控制难度极大,施工周期较长,无法保证管道使用寿命。根据长距离尾水排海管道的特点,在辽东湾新区尾水排海管道工程中提出取消内防腐涂层,适当增加管道壁厚、加大腐蚀余量补偿内防腐的设计方案,并通过管道内腐蚀检测试验确定适当的内防腐余量。该工程已于2017年9月竣工通水,目前运行状况良好,相关试验结论及设计方法可为后续工程设计提供参考。

关键词: 排海管道; 内防腐; 腐蚀余量; 内腐蚀检测试验

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)14-0105-04

Internal Anticorrosion Design and Experimental Study of Long Distance Submarine Outfall Pipelines

SONG Xiao-yang, YANG Xin, XU Bao-xiang, JIANG Ping

(North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China)

Abstract: The anticorrosion treatment is an important content in the design of submarine outfall pipelines. It is difficult to repair the anticorrosive coating in the traditional sea discharge pipeline, due to great difficulty in quality control and long construction cycle, which cannot guarantee the service life of the pipeline. According to the characteristics of long distance submarine outfall pipeline, this paper puts forward the design scheme of canceling the internal anticorrosive coating and compensating the internal corrosion by appropriately increasing the corrosion allowance of the pipeline wall thickness, and selecting the appropriate corrosion allowance through the internal corrosion detection test of the pipeline in the new area pipeline project of Liaodong Bay. The project was completed in September 2017 and has been running well. The relevant test conclusions and design methods can provide reference for subsequent engineering design.

Key words: submarine outfall pipeline; internal anticorrosion; corrosion allowance; internal corrosion detection test

《中国海洋21世纪议程》中指出:合理利用海洋自净能力,深水管道排污可以减少污水处理费用。沿海城市应逐步推广污水深水管道排海工程。海上工程风险大、施工难度高、投资巨大,且国内可参考的类似工程较少,因此要求综合考虑施工、运行、事故等多方面因素,全面优化设计。

长距离尾水排海管道通常管径较大,考虑到工

程投资,普遍采用钢管,因铺设距离较长,大多采用铺管船施工方式。根据所处海域环境、结构稳定性等要求,一般采用挖沟埋设的铺设形式,海底管道由于长期浸泡在腐蚀性特别强的海水和海泥中,腐蚀现象十分严重。为保证管道在使用期限内正常运行,必须采取有效措施以预防钢管内部和外部可能出现的腐蚀问题,否则,一旦管道出现腐蚀穿孔,就

会污染海洋环境。

钢材在海水中的平均腐蚀速度为 $125 \mu\text{m/a}$, 实验和实践都证明, 海底金属管道的腐蚀, 主要是电化学腐蚀。它像在电解质溶液中的两块不同金属产生的原电池, 使金属管道某些部位处于电位较高的阳极区遭受腐蚀, 而在某些部位电位较低的阴极区得到保护^[1]。一般情况下, 钢管用某种方式将材料和环境介质分开, 以达到防腐目的, 如隔离绝缘层法、防腐涂料法及牺牲阳极电化学防腐等。目前, 埋地或海底金属管道的外防腐方法一般是在金属表面涂刷耐蚀保护层或隔离层、牺牲阳极电化学防腐和涂层加牺牲阳极电化学防腐相结合的三种方法。

传统排海管道内防腐及所有钢管通常采用涂层防腐措施^[2]。依据《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50268—2008), 内防腐层补口的要求不应低于管体内防腐层的要求, 现场补口涂敷后, 外观、膜厚检测需要涂层实干, 漏点检测需要涂层固化, 等待时间为 $1 \sim 3 \text{ d}$ ^[3], 周期过长, 严重影响施工进度。采用铺管船海上施工, 内补口涂层的施工难度很大, 质量难以控制, 采用充水铺设, 连续流水作业线施工无法等待涂层完全实干及固化。另一方面, 排海管道的使用寿命为 50 年, 一旦管体内部涂层和接头部分涂层出现破损, 无法进行修补。内防腐涂层不能保证将金属基底完全隔离, 会有一定程度涂层缺陷, 出现局部锈蚀和局部脱落, 存在不确定因素^[4]。

综上所述, 采用涂层进行排海管道的内防腐处理施工难度大、进度慢, 且无法保证管道使用寿命, 不适用于长距离尾水排海管道工程。以辽东湾新区尾水排海管道工程为例, 在内防腐的设计中, 取消了内防腐涂层, 通过试验检测管道内腐蚀速率, 采用增加管道壁厚、加大腐蚀余量补偿内防腐的方式, 达到内防腐的目的。增加管道壁厚对管材造价影响较小, 取消内涂层施工节约了防腐涂料费用及涂刷、补口的施工费用, 大大降低了工程造价。同时取消内防腐涂层可节约现场补口及检测的时间, 降低施工难度和缩短工程周期。增加管道壁厚也增加了管道的结构强度和稳定性, 既保证管道长期运行安全, 又最大限度地降低施工难度, 节省工程投资。

1 工程概况

辽东湾新区尾水排海管道工程位于大辽河入渤海口, 用于新区工业废水处理厂高含盐尾水排海, 设

计排水量为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 变化系数 $K_z = 1.384$, 包括陆域排放管道和海域排放管道, 管径为 DN1 000, 其中陆域管道长约 8.4 km, 海域管道长约 9.4 km。管道工作压力为 0.23 MPa, 设计内水压力 0.5 MPa。由于本工程管道排放城市达标尾水, 管道本身无需任何保温要求, 因此设计选用单层钢管结构。具体工艺设计参数见表 1。

表 1 管道工艺设计参数

Tab. 1 Pipeline technological design parameters

项目		数值或说明
管材		《石油天然气工业管线输送系统用钢管》(GB/T 9711—2017) L360MO PSL2 SAWH
管径/mm		1 016
壁厚/mm		14.2 (15.9, 穿越围堰段)
设计工况	设计压力/MPa	0.5
	输送介质	达标污水
	介质密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	1 000
试压工况	水压试验压力/MPa	$0.23 + 0.5 = 0.73 < 0.9$, 取 0.9
	介质	海水
	介质密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	1 025
施工方式		铺管船连续施工

2 管道强度计算及内防腐设计

管道工作压力 0.23 MPa, 设计压力 0.5 MPa, 水压试验压力 0.9 MPa。依据《海底管道系统》(SY/T 10037—2010) 规范, 考虑管道安装及运行期不同工况以及规范对于管道最小径厚比的要求, 计算管道壁厚如表 2 所示, 管道的最小计算壁厚为 10.2 mm。

表 2 管道壁厚计算结果

Tab. 2 Calculation results of pipe wall thickness mm

项 目	计算需要壁厚
操作期承压控制 - 不含内腐蚀	2.33
外压压溃 - 不含内腐蚀, 空管	7.49
水压试验 - 不含内腐蚀	3.54
径厚比 (D/t) 要求	10.20

在管道壁厚计算的基础上, 考虑海上铺管管道内防腐涂层补口施工和质量控制难度较大, 内补口及检测严重影响连续铺管速度, 而且充水铺设无法等待涂层固化, 设计中取消了内防腐涂层, 采用增加管道壁厚、加大腐蚀余量补偿内防腐的方式。进一步开展管道内腐蚀速率检测试验, 选取合理的腐蚀

余量,确定最终管道壁厚。

3 内腐蚀检测试验及评估

为检测尾水排海管道在运行工况环境下的内腐蚀速率,验证设计方案的可行性,并选取合理的腐蚀余量,进一步进行管道内腐蚀检测试验及评估。

试验采集管道起点污水处理厂的尾水原样,针对水样进行水质分析,尾水 pH 偏碱性,溶解氧含量较高,氯化物和其他盐类含量较低。将钢管厂提供的 L360 管线钢,根据试验标准加工成符合要求的 L360-1 和 L360-2 两个挂片试样。利用挂片进行静态(介质流速 0 m/s)和动态(介质流速 0.5 m/s)两种状态下的腐蚀模拟试验。试验周期分别为 3、7、10、15 d,利用失重法获得不同周期的腐蚀速率。

根据检测结果,在静态条件下腐蚀速率均在 0.1 mm/a 以下,呈现逐渐降低趋势,15 d 将达到 0.07 mm/a 以下(如图 1 所示)。动态条件下,前 3 天腐蚀速率较高,腐蚀发展较快,很快在试样表面形成产物膜,起到保护作用,7 d 后的腐蚀速率趋于稳定,15 d 平均腐蚀速率在 0.1 mm/a 以下(如图 2 所示)。考虑动态条件下前 3 天腐蚀发展较快,按照挂片单位面积失重推算,3~10 d 及 3~15 d 平均腐蚀速率在 0.05 mm/a 以下(如图 3 所示)。

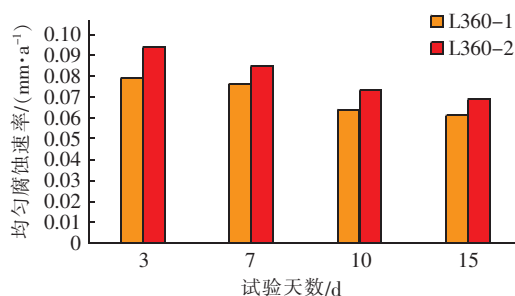


图1 静态腐蚀速率

Fig.1 Static corrosion rate

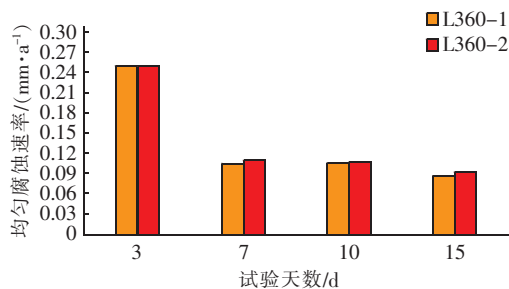


图2 动态腐蚀速率

Fig.2 Dynamic corrosion rate

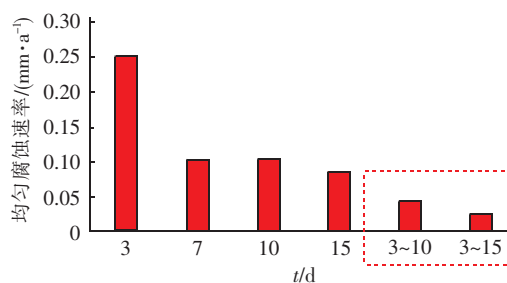


图3 L360-1 试样动态腐蚀速率评估

Fig.3 Dynamic corrosion rate evaluation of L360-1

本工程管道的设计使用年限为 50 年,依据试验检测结果推断,内腐蚀壁厚不超过 2.5 mm,考虑管道可能发生的局部沟腐蚀和点腐蚀,并综合考虑施工、安装、造价等因素,确定管道内壁不做任何防腐处理,在计算壁厚的基础上增加 5 mm 作为管道的内腐蚀余量,最终管道壁厚确定为 15.9 mm。

进一步在该工程下海点阀门井处的管道内设置腐蚀检测挂片,监测管道在实际运行过程中的内腐蚀情况。该工程于 2017 年 9 月竣工通水,运行至今,壁厚检测基本无减薄,排放海域混合区水质经检测满足四类海域水质要求。

4 结语

管道防腐方案的选择是尾水排海管道设计的重要内容。以辽东湾新区长距离尾水排海管道为例,采用工程原状水样,模拟管道运行工况环境,利用管材挂片进行管道内腐蚀检测试验,结果显示管道 3~10 d 及 3~15 d 平均腐蚀速率在 0.05 mm/a 以下。根据检测结果,考虑海上铺管管道内防腐涂层补口施工困难,质量控制难度极大,影响连续铺管速度,且无法保证管道使用寿命,设计中取消了内防腐涂层,采用增加管道壁厚、加大腐蚀余量补偿内防腐的方式。综合考虑,最终确定内腐蚀余量为 5 mm,这种防腐方案更适于长距离敷管船施工,经济安全。

参考文献:

- [1] 曲杰,王志涛,倪剑,等. 海底管道外防腐检测技术浅析[J]. 中国设备工程,2017(12):173-174.
QU Jie, WANG Zhitao, NI Jian, et al. Analysis on external corrosion detection technology of submarine pipeline[J]. China Plant Engineering, 2017(12):173-174(in Chinese).
- [2] 黄文献,秦德全. 废水排海管道防腐措施探讨[J]. 科技资讯,2012(18):58.

(下转第 114 页)