

钢管表面水洗装置在 3PE 防腐线上的设计与应用

张云龙¹, 王志明¹, 石梦蕊², 于辉荣¹

(1. 辽阳石油钢管制造有限公司, 辽宁 辽阳 111000;

2. 宝鸡石油机械有限责任公司泵业分公司, 陕西 宝鸡 721016)

摘要: 介绍了 3PE 防腐层涂敷生产线现状, 分析了钢管表面水洗装置的设计思路和设计方

案, 阐述了钢管表面水洗装置的使用效果。分析认为: 钢管水洗处理后, 降低了表面灰

尘度等级和表面盐分含量, 提高了 3PE 防腐层性能; 钢管表面水洗工艺具有节能环保等优点, 避免了传统酸洗工艺带来的环境污染问题; 水洗装置投资少, 操作简单, 风险低。

关键词: 钢管; 防腐; 3PE 涂敷; 除锈; 水洗装置

DOI:10.19938/j.steelpipe.1001-2311.2023.5.62.64

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Design and Application of Steel Pipe Surface Washing Device on 3PE Anti-corrosion Line

ZHANG Yunlong¹, WANG Zhiming¹, SHI Mengrui², YU Huirong¹

(1. Liaoyang Petroleum Steel Pipe Manufacturing Co., Ltd., Liaoyang 111000, China;

2. Pump Co., Baoji Petroleum Machinery Co., Ltd., Baoji 721016, China)

Abstract: Described here in the paper is the current situation of the 3PE anti-corrosion coating line. And analyzed are the design thinking and design scheme of the steel pipe washing device as installed on the said coating line. Moreover the operation effectiveness of the said washing device is elaborated. It is regarded via the analysis that due to the water-washing treatment, the surface dust level and the surface salt content of the steel pipe are improved so as to get the corrosion-resistance of the 3PE pipe enhanced; the above mentioned steel pipe water-washing process possesses the advantages like energysaving and environment protection to avoid the environment pollution as caused by conventional pickling treatment process; and finally the said water-washing device features such advantages as moderate investment, easy operation, and low risk.

Key words: steel pipe; anti-corrosion; 3PE coating; derusting; water-washing device

目前, 国内主流三层结构聚乙烯防腐层(3PE)涂敷生产线均采用抛丸除锈对钢管外表面进行处理^[1-4]。钢管锈蚀严重时, 除锈后钢管表面灰

1 3PE 防腐层涂敷生产线现状

尘度等级和盐分含量有偏高问题, 影响粉末喷涂后的附着力和性能指标。为解决钢管外表面除锈后灰

尘度等级和盐分含量偏高问题, 提高 3PE 防腐层性能, 在 3PE 涂敷生产线上设计应用了一套钢管表面水洗装置, 现对该装置的设计思路、设计方案及使用效果进行介绍。

目前, 国内主流 3PE 涂敷生产线的工艺流程为: 钢管上线→除锈前预热→外抛丸除锈→内吹扫→除锈检验→管端贴纸→中频加热→粉末喷涂→胶粘剂和聚乙烯缠绕→水冷却→漏点检测→防腐层检测→管端打磨→外标志喷制。

钢管上线检验, 先进行表面抛丸除锈, 再内吹扫, 随后清理钢管内表面残留钢砂钢丸, 然后检验除锈后的质量, 测量钢管表面盐分含量和灰

张云龙(1988-), 男, 高级工程师, 主要从事石油钢管制造、质量检测、工艺研究及理化检验工作。

面,目前涂敷生产线均采用吹扫的方法对钢管表面灰尘进行清除。表面灰尘较大的钢管需要进行二次处理,在连续生产涂敷时,二次处理影响作业效率,极易有局部粉尘污染物漏检,表面残留污染物,由于微尘阻隔环氧粉末与管体表面基材的机械连接,将严重影响粉末与钢管表面的附着力,影响涂敷防腐层质量。盐分方面,盐分含量测试的原理为测量钢管表面 Cl⁻含量,Cl⁻含量越高,越容易腐蚀钢管表面,对防腐涂层影响就越大^[5]。如果在连续涂敷生产中不控制除锈后钢管表面的灰尘度和盐分含量将严重影响服役后钢管 3PE 防腐层的使用寿命^[6]。

2 钢管表面水洗装置设计思路

钢管表面水洗装置安装在中频加热工序之前、除锈检查岗位之后,通过高压水和高压风对钢管表面进行处理。该水洗装置弃用酸洗钢管表面处置技术^[7],采用一种更环保清洗工艺,提高防腐层结合力和耐腐蚀性,且无含磷酸和热气排放,使用成本低,有利于推广使用。新设计水洗装置主要原理为使用环形风刀吹干钢管,环形毛刷清洁钢管表面,两次水清洗,对清洗后钢管表面使用高压风吹干。第一次清洗采用小水量清洗,第二次清洗采用大水量清洗,清洗后立即采用大流量高压风吹干,然后进行中频加热、喷涂粉末及缠绕胶粘剂和聚乙烯^[8]。

3 钢管表面水洗装置设计方案

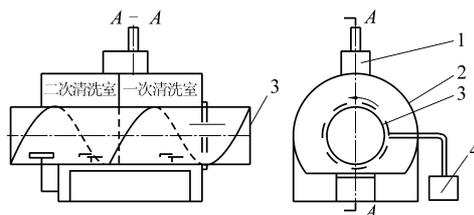
3.1 水洗装置主要结构

该装置主要由排风系统、304 不锈钢清洗室、环形风刀、环形清洁毛刷、高压风干装置、工业用过滤水装置和废水槽组成。其中清洗室分为一次清洗室和二次清洗室。一次清洗室由一次清洗头(前后排列的喷头)、管路和低压泵组成,二次清洗室由二次清洗头(前后排列的喷头)、管路和高压泵组成,吹干系统由吹干风刀、管路和高压风机组成。

3.2 工作流程

清洗室和清洗管路选用 304 不锈钢。两个清洗室通过两个隔板进行隔离,根据不同钢管直径更换不同规格的隔板,一次清洗的水不能喷溅到二次清洗室,保证清洗洁净。钢管从中间密封隔板洞穿过,并螺旋向前运动。先通过环形风刀(环形风室内若干出风口)将钢管吹干,使用环形清洁毛刷清洁钢管表面。然后钢管进入清洗装置,一次清洗水

用低压泵通过管路到清洗头喷到钢管表面,二次清洗水用高压泵通过管路到清洗头喷到钢管表面。二次清洗室出口安装高压风刀,钢管表面二次清洗后吹干钢管表面的残留水迹。清洗头位于钢管侧下方,高压风刀位于钢管另一侧的侧下方。水汽由排风系统排到室外,清洗水温度在 20℃以上,清洗废水经工业过滤装置处理后还可以二次利用。钢管表面水洗装置如图 1 所示。



1—排风管 2—壳体 3—钢管 4—环形风刀风机

图 1 钢管表面水洗装置示意

4 钢管表面水洗装置的使用效果

4.1 钢管表面水洗工艺处理后效果

钢管露天存放时间较短或在库内存放时,表面锈蚀较轻,使用目前国内主流 3PE 涂敷生产线工艺可以保证除锈后的钢管表面灰尘度等级和盐分含量满足要求。如果项目按照合同已制成钢管,出现客户施工暂停需延期交货、钢管露天存放时间长或存放不当等问题时,将导致钢管表面锈蚀严重。外表面锈蚀严重的钢管抛丸除锈后进行涂敷将严重影响 3PE 防腐层质量,主要因钢管表面盐分含量和残留灰尘污染物无法彻底清除。选取 6 根锈蚀严重的钢管,在抛丸除锈后测量表面灰尘度等级和表面盐分含量,并标记测量位置,测量后使用水洗装置对钢管表面进行处理,测量钢管表面同样位置的灰尘度等级和盐分含量,对比结果见表 1。

表 1 水清洗钢管和未清洗钢管表面质量对比

序号	灰尘度等级/级		盐分含量/(mg·m ⁻²)	
	未水洗	水洗后	未水洗	水洗后
1	2	1	18	6
2	2	1	22	8
3	3	1	16	9
4	2	1	15	5
5	3	1	21	7
6	2	1	9	3
要求值	≤2		≤20	

观察表 1 可知,未经过水洗装置处理的钢管,表面灰尘度等级和盐分含量存在个别钢管不满足标

准的情况,需要进行二次处理,影响生产作业效率。经过钢管表面水洗装置处理的钢管表面灰尘度等级和表面盐分含量明显优于未经过水洗装置处理的钢管,表面质量明显优于标准值,且有一定富余量。

根据装置的设备能力,在大批量钢管生产时反复试验和测量,装置采用表2工艺参数对钢管进行表面处理时的效果相对较好。

表2 钢管表面水洗装置工艺参数

项目	水量(风量)/ (L·h ⁻¹)	水压 (风压)/MPa	水温/ ℃	纯水电导率/ (μS·cm ⁻¹)
环形风刀	1 000 000~1 500 000	0.35	-	-
一次清洗室	100	0.20	≥20	≤5
二次清洗室	500	10.00	≥20	≤5
高压风刀	2 000 000~3 000 000	0.35	-	-

注:①钢管直径范围 323.9~1 620 mm,钢管按照 3PE 涂敷速度运行;②清洗用水均是工业用过滤装置处理后的纯水。

4.2 3PE 防腐层性能情况

随机选取两根锈蚀程度相同的钢管,采用同样除锈工艺进行抛丸除锈,除锈后测量钢管表面锚纹深度接近。一根采用现有工序除锈后对钢管进行涂敷,另一根钢管除锈后按照表1工艺参数对钢管表面水洗,按照 GB/T 23257—2017《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》对涂层性能进行测试,结果见表3。

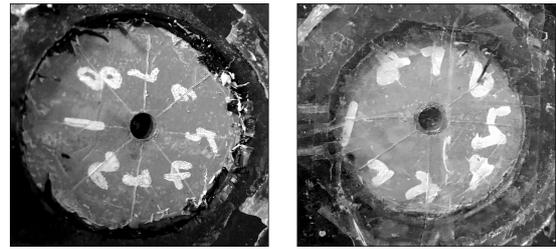
表3 水洗和未水洗钢管 3PE 防腐层性能对比

项目	阴极剥离距离/mm		玻璃化温 度变化值 ΔT _g /℃	剥离深度 (80℃, 48 h)/ mm
	65℃保温 48 h	65℃保温 30 d		平均值 1.8
未水洗	2.30	5.6	2.3	
水洗后	0.39	2.0	0.5	0

从表3可以看出,未使用表面水洗装置处理的钢管,涂层 48 h 耐热水浸泡性能虽满足要求(深度平均值≤2 mm,最大≤3 mm),但试验结果在标准临界值,如果试验量大,极易出现试验不合格情况^[9]。抛丸除锈后采用表面水洗装置处理的钢管,涂层各项指标均满足要求且有提升。水洗和未水洗处理钢管试样经 48 h 阴极剥离试验后形貌如图2所示。抛丸除锈后采用水洗装置处理钢管表面较标准要求有一定富余量,对防腐层质量提高有显著作用。此外,该方法可以有效避免酸洗工艺带来的环境污染问题^[10]。

5 结 语

设计的钢管表面水洗装置已在生产线应用,



(a) 水洗后试样

(b) 未水洗试样

图2 试样经 48 h 阴极剥离试验后形貌

并获得发明专利,专利名称《一种钢管防腐前表面清洗的方法》,专利号 201910867545.5。经过试验证明,水洗工艺对钢管表面清洁度提高有效,主要体现在以下 3 个方面:①水洗处理后,降低了钢管表面灰尘度等级和表面盐分含量,提高了 3PE 防腐层性能指标;②钢管表面水洗工艺节能环保,清洗液加热温度低,表干不用热风,电能消耗小,处理废液无酸和废气,过滤即可,环保处理成本低;③装置投资少,操作简单,水为常温,无酸性腐蚀,操作风险低,废水不需酸碱中和处理。

6 参考文献

- [1] 杜中强,张伟福,李云龙,等.熔结环氧粉末外涂层技术在海底管线中的应用[J].钢管,2011,40(5):54-56.
- [2] 杨耀彬,毕宗岳,黄晓辉,等.热力管道内防腐涂层性能研究[J].钢管,2019,48(6):59-62.
- [3] 刘旭,陈红昌,巩忠旺,等.管道环氧涂层固化度与玻璃化转变温度关系的研究[J].钢管,2019,48(2):68-71.
- [4] 陈小伟,张晓慧,陈红昌,等.天然气输送管涂层加工工艺研究[J].钢管,2019,48(3):68-70.
- [5] 谢挺,廖青云.生产中影响钢管聚乙烯防腐层性能的因素[J].焊管,2019,42(2):63-68.
- [6] 廖宇平,程书旗,郑玉海,等.3PE防腐层缺陷成因分析与防范[J].防腐保温技术,2005,13(3):26-30.
- [7] 熊刚,王铭浩,相政乐,等.钢管表面酸洗工艺在防腐施工中的应用研究[J].中国石油和化工标准与质量,2014,34(3):39-40.
- [8] 张云龙,王玉强,王爱玲.影响钢管 3PE 防腐层离线拉伸试验结果的因素分析[J].钢管,2018,47(3):61-65.
- [9] 王乐,王硕,李剑楠.埋地管道防腐层阴极剥离性能试验[J].河北联合大学学报(自然科学版),2015,37(4):113-116.
- [10] 朱立,孙本良.钢材酸洗技术[M].北京:化学工业出版社,2007.

(收稿日期:2022-05-06;修定日期:2023-05-04)