

新型输水涂塑复合钢管及接口的研制与应用

高印军¹, 王大勇¹, 杨华杰², 张 钊¹, 刘学杰², 安凯军¹

(1. 山东省水利科学研究院, 山东 济南 250013; 2. 山东沃亚森曼机械科技有限公司, 山东 高密 261500)

摘 要: 针对目前国内外涂塑复合钢管应用现状,以及加工工艺和接口方式中存在的问题,设计了新型接口结构和连接方式。通过室内外试验和工程应用证明,该新型涂塑复合钢管和接口具备优良的机械性能和防腐性,结构稳定,涂层光滑,密封可靠,能满足输水工程对管道的要求。同时降低了加工成本,安装便捷、效率高,节省工期,质量易控制。

关键词: 涂塑复合钢管; 接口; 承插式连接; 密封; 输水工程

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)06-0116-04

Development and Application of New Plastic-coated Steel Pipe and Its Connection

GAO Yin-jun¹, WANG Da-yong¹, YANG Hua-jie², ZHANG Zhao¹, LIU Xue-jie², AN Kai-jun¹

(1. Shandong Hydraulic Research Institute, Jinan 250013, China; 2. Shandong Warman Machinery Technology Co. Ltd., Gaomi 261500, China)

Abstract: Based on the worldwide application situation of the plastic-coated steel pipes and their problems in manufacture and connection style, a new kind of plastic-coated pipe with innovative joint structure and connection style was developed. Through indoor and outdoor trials and engineering application, it has been demonstrated that the new plastic-coated steel pipe and its connection had perfect mechanical properties, strong corrosion resistance, stable structure, smooth coating and reliable sealing, which can meet the requirements of pipelines in engineering projects. In addition, it owns advantages such as lower cost, easy installation, high efficiency, time saving, easily controlled quality etc.

Key words: plastic coating steel pipe; interface; socket connection; seal performance; water distribution project

涂塑复合钢管是以钢管(焊接钢管、无缝钢管等)为基体,以高分子粉末(聚乙烯、环氧树脂等)为涂层材料,通过特定涂塑工艺,在基体内外表面分别熔融涂敷高分子涂层而形成的一种复合材料。涂塑复合钢管集中了金属管材和塑料管材的优势,具有

耐腐蚀、强度高、耐冲击、流体阻力小等优点。

目前,涂塑复合钢管在国内外输水工程中的应用越来越广泛,多为埋地式,接口大多采用焊接或法兰连接^[1,2]。据统计,运行过程中出现问题较多的是接口部位,常见腐蚀、焊缝开裂、渗漏等问题,原因

主要有现场焊接、焊缝质量不合格或有缺陷、二次防腐质量不合格,连接及密封方式不适宜、位移导致接口错位密封失效等^[3,4]。为解决上述问题,提高管道接口的结构稳定性和密封可靠性,在理论研究和试验基础上,改进和优化涂塑工艺,研制了一种新型涂塑复合钢管接口结构和密封方式,并通过了实验测试和工程实践验证。

1 研究和设计

1.1 涂塑工艺

针对涂料粉末飞溅,涂层不均匀,易出现淌挂,涂层厚时需多次涂敷,用时长,涂层质量不稳定等问题,通过优化工艺流程和试验参数,改进了涂塑工艺。将钢管涂塑由流化井式浸涂改为匀速旋转水平喷涂,管内外涂层材料由同质粉末改为异质粉末(如内环氧树脂、外聚乙烯)。主要包括以下流程:管材表面喷砂抛丸除锈、钢管密封性液压试验、预热、涂塑、固化、冷却下架。通过试验确定了温度控制、时间、粉末配比、喷涂流量、钢管旋转速度、喷杆水平移动速度等组合工艺控制参数。研制的涂塑复合钢管涂层厚度均匀,表面光滑,无针孔、漏涂;经附着力试验测试,乙烯涂层附着力 ≥ 30 N/10 mm,环氧树脂涂层附着力为1~3级;在弯曲、压扁、冲击性试验中,涂层不产生裂纹和剥离,质量稳定可靠。

1.2 工序改进

研究了两种主要工序,一是接口(承头、插头)加工成型后,与钢管焊接,再进行涂塑;二是接口的承头和插头分别由钢管的两端加工成型后,进行涂塑。二者相比,后者省去焊接工序,节省时间、人力和材料;但均需要设计承插头的加工制作设备。

1.3 接口结构

接口由承头、密封圈和插头三部分组成。钢管一端为承头,一端为插头。插头的外径与承头的内径相匹配,插头伸入承头一定长度;承头内有凹型腔,橡胶密封圈安放于腔内并固定。

① 承头结构。主要包括导向面,引导插头对中安装;定位面,直径略大于插头外径,对安装的插头起定心作用;型腔,由圆弧面和圆锥面组成,安放密封圈;过渡圆弧,连接导向面和定位面。承头的最大外径不应大于钢管直径的10%。

② 插头结构。主要包括插口端过渡段、平行面和装配标识线,形状与承头相匹配。

③ 密封圈。密封圈横截面见图1,有与型腔

尺寸对应的圆弧面、圆锥面,两道长短与插头结合的密封环,密封环与插头成一定角度,适于插头的伸入。

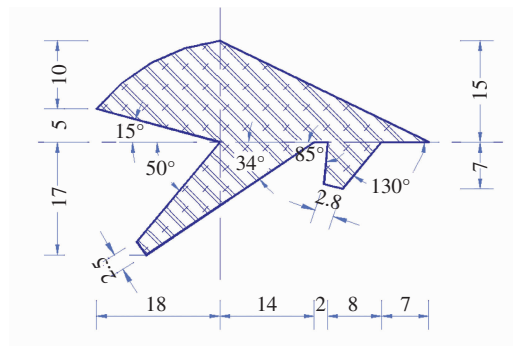


图1 密封圈横截面

Fig. 1 Cross-section of sealing ring

④ 研制了承头成型机、插头成型机及配套模具,采用扩胀工艺,加工与钢管直径匹配的承头和插头。承插头成型机由液压油缸、连接座、工作底座、外模、内模、扩孔头等组成。其加工管材尺寸范围:最大管径为2.4 m,最大管长为12.25 m。

1.4 连接形式

将密封圈安放于承头型腔内,使密封圈的圆弧面、圆锥面与型腔内壁相切;在承头内壁和插头外壁上涂抹润滑剂,将插头外径与承头内径对齐,通过吊拉装置将插头慢慢伸入承头,至装配标识线与承口重合,完成承插连接。插头进入承头型腔,压紧密封圈,使密封圈与承头、插头紧密接合形成止水环。

2 性能检测

2.1 内压密封试验

① 单接口试验。测试接口在内部水压下的密封性能。试验装置见图2。

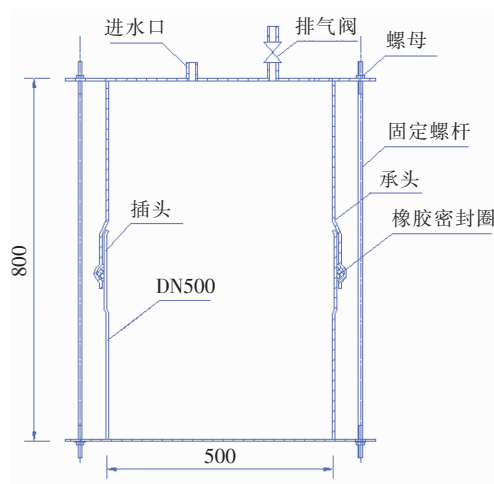


图2 内压密封试验装置

Fig. 2 Internal pressure sealing test device

试验压力选定 2 MPa。启动压力泵注水加压,至压力表读数稳定在 2 MPa,并保持 24 h。经检测,在 2 MPa 试验压力下,承插接口处无渗漏、无损坏,试验装置拆开后,检查橡胶密封圈无损坏、无位移。

② 多接口试验。用于测试多管连接时管道系统的密封性能。将 3 根钢管相连,两端封堵,试验装置与图 2 类似,试验压力选定 2 MPa,向管内注水加压。

试验分两种情况:

a. 将管道平放在地面,使 3 根钢管呈直线状态。加压至压力表计数稳定在 2 MPa 后,保持 24 h。经检测,在 2 MPa 试验压力下,管道各接口处无渗漏、无损坏,橡胶密封圈无损坏。

b. 将管道两端吊起,两管与地面形成的夹角为 5° ,加压至压力表计数稳定在 2 MPa,保持 24 h。经检测,在试验压力 2 MPa 下,管道各接口处无渗漏、无损坏,橡胶密封圈无损坏。

2.2 外压密封试验

管内无水时,测试接口在外部水压下的密封性能,试验装置如图 3 所示,试验压力选定 1.5 MPa。

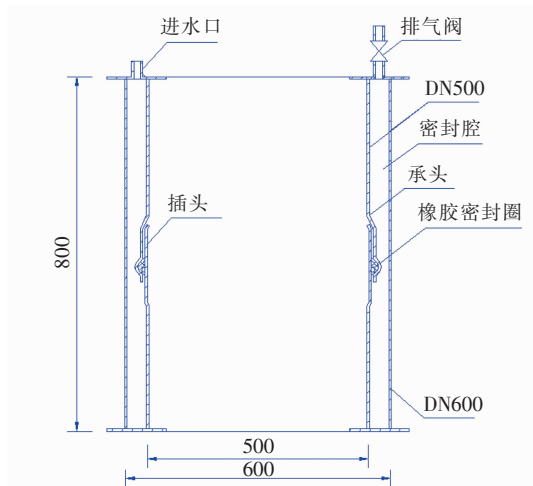


图3 外压密封试验装置

Fig. 3 External pressure sealing test device

通过压力泵注水加压,至压力表读数稳定在 1.5 MPa,并保持 24 h。经检查,在 1.5 MPa 试验压力下,管内无水渗入,接口处无损坏,橡胶密封圈无损坏、无位移。

试验证明,承插接口在内部水压下结构稳定、密封性能良好,适用于长距离管道输水工程。承插接口在外部水压下密封性能良好,可保证管内水质不受周围环境污染,适用于水下或地埋式输水管道工

程。

3 工程应用效果

3.1 管道水压试验

某市引黄应急调水工程,设计新建提水泵站 1 座,管道长度为 13 180 m,选用 3 台潜水泵,其中备用一台,供水能力为 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,工程预算总投资为 2 012 万元。输水管道采用 DN900 内环氧外 PE 复合钢管,地下埋设,壁厚为 9 mm,节长为 12.0 m。管道接口采用承插式连接,管道安装完成后进行了水压试验。

① 预试验阶段,将管道内水压缓慢升至试验压力 1.5 MPa 并稳压 30 min 后检查,管道接口、配件等处无渗漏水、损坏现象。

② 主试验阶段,保持试验压力为 1.5 MPa,稳压 15 min,15 min 后压力表计数无变化,压力值未下降。将压力降至工作压力 1 MPa,保持恒压 30 min 后进行外观检查,无渗漏水现象,则水压试验合格。

该管道项目自 2014 年建成投入运行以来,未间断供水,未发生漏水情况,运行正常。

3.2 水力沿程损失现场测试

2016 年 4 月,选取姜庄镇镇府街至 G20 高速公路之间的输水管道作为试验段,管道平面呈直线布置,段长为 2 443 m,管径为 DN900,两测点相对高差为 0.815 m。采用 LDTH 电磁流量计测量管道流量,测点水头压力则采用液位计测量,输水水温为 10°C 。管道纵剖面及测点见图 4。

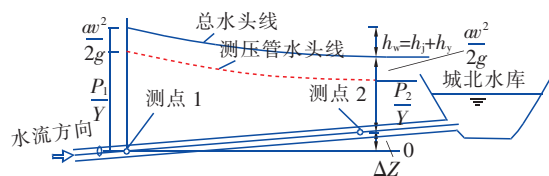


图4 管道纵剖面及测点位置

Fig. 4 Cross-section of pipeline and location of measuring points

试验段水力沿程损失现场测试结果见表 1。

表1 水力沿程损失现场测试结果

Tab. 1 Field test results of hydraulic loss

试验组次	管道长度/m	流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	流速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	实测水力 损失值/ kPa	实测推算 海曾-威廉 系数 C_h
1	2 443	2 445	1.068	16.85	163
2		3 257	1.422	34.55	148
3		3 461	1.511	38.35	148

由表1可知,试验段实测水力损失值与采用规范海曾-威廉公式中的按塑料管材计算沿程水力损失结果相近,表明管壁光滑程度与塑料管相近,其海曾-威廉系数 C_h 取值可采用《室外给水设计规范》(GB 50013—2006)中的化学管材、内衬和内涂塑料的建议值。

3.3 效益分析

涂塑复合钢管承插式连接代替法兰连接可以节省大量成本,且使用寿命可延长3~5倍。采用新型承插接口涂塑钢管,在制作加工环节可节省成本近13%;在安装环节可缩短工期约20%;在后期管理中用于除锈防腐的维护保养成本也较低。

4 结论

① 改进的涂塑工艺可以实现内外壁同时异质涂塑,涂层与基体间界面结合力强,物化性能稳定,涂层厚度均匀,表面光滑,摩擦阻力小,水力损失小。

② 承插式连接头可用承插头专用成型机一次加工成型,装配精度高,生产效率高;承插式接口结构稳定性强,能承受一定轴向线变形和相对角变位。

③ 研制的橡胶密封圈安全环保、耐蚀性强、耐久性高,以特有的结构实现柔性密封,内水压力使密封更加紧密,两道止水环提高了密封可靠度。

④ 新型承插接口涂塑钢管生产成本低,安装效率高。承插头成型、内外涂塑节省生产成本近13%;安装过程无需焊接和二次防腐,连接高效便捷,可缩短工期约20%。

⑤ 新型输水涂塑复合钢管已在远距离调水工程、给排水工程、农村饮水等几十项工程中推广应用,实践证明技术可行、经济合理、效果良好,取得了

较好的经济社会效益,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 孙冰心,庞永俊,柏永清,等. 给水大口径涂塑钢管Y型接口连接工艺[J]. 给水排水,2005,31(12):93-94.
- [2] 庞永俊,郭秀云,孙冰心. 内涂塑钢管接口实用技术研究[J]. 煤矿机械,2013,(5):154-155.
- [3] 刘静云. 涂塑复合钢管双密封焊接的应用[J]. 山西建筑,2014,(1):108-109.
- [4] 贺骏. 给水用钢塑复合管的工艺质量[J]. 城镇供水,2011,(1):39-41.



作者简介:高印军(1967-),男,山东济南人,大学本科,研究员,副院长,主要从事水利水电工程技术与推广、地基与基础防渗、工程质量管理等工作。

E-mail:908007387@qq.com

收稿日期:2016-12-01

推进依法行政,实现依法治水