

加筋聚乙烯 (PE) 复合管在供排水工程中的应用探讨

戚伯龙, 郭韦利, 陈孟

(山东省水利勘测设计院有限公司, 山东 济南 250013)

摘要: 通过对某供、排水改造工程设计中使用的管材的研究, 探讨了加筋聚乙烯 (PE) 复合管的适用性。文中阐述了该管材的材料、结构、性能、生产情况和施工方式, 列举了该管材主要性能指标的要求和计算方式, 将该管材与其他常用管材进行了经济和技术对比, 并从设计角度优化了该管材施工的工艺, 列举了该管材应用时的注意事项, 分析并总结了该管材适用的工程类型, 对该管材在工程应用中的前景进行了展望。

关键词: 加筋聚乙烯 (PE) 复合管; 供排水管道; 管材比选; 技术要求; 施工工艺

中图分类号: TQ325.12

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2024)08-0007-05

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2024.08.002

伴随着我国城市化进程的不断发

1 工程背景

1.1 项目概况

本项

交叉, 故要求更换项目区域内供排水管道。

经项目背景调查和现场查勘, 现状供排水管道敷

经与镇村、管线权属单位多次对接, 污水与供水

1.2 工程地质

根据本项目地勘报告, 通过室内试验结果对本场

场区地下水对混凝土具硫酸盐型弱腐蚀性, 对钢

在勘察范围内, 治理段河道由于组成岸坡存在抗

作者简介: 戚伯龙 (1988-), 男, 本科, 工学学士, 中级

收稿日期: 2024-04-30

态。部分河段河道弯曲,岸坡组成岩性抗冲刷、抗掏蚀能力差,在河道凹岸主流冲刷河床,岸坡迎流处受水流冲刷,岸坡稳定性差,一旦发生险情,危害性较大。

场区最大冻土深度 0.4 m。

2 项目特点分析

结合项目背景调查、现场查勘、地勘报告等相关资料,本项目涉及的配套管道改造工程主要有以下特点

2.1 管道敷设空间限制大

为满足管道施工条件,结合实际情况,将污水及供水管线仍需布置于河道内,仅对清淤段进行下挖加深埋设。经河道冲刷计算,管道敷设管顶最小覆土深度为 2.0 m。

2.2 管材防腐要求高

项目区土和水对混凝土和钢结构具腐蚀性,故选择管材时应重点考虑防腐措施。

2.3 管道施工工期短

根据工程内容及水文气象资料,流域内多年平均降水量为 698.1 mm,汛期占全年降水量的 74.6%,雨量集中在 6 月下旬至 9 月上旬。为了降低施工导流建筑物规模,加快施工进度,减少临时工程投资,本工程安排于 10 月至翌年 5 月非汛期内施工。

配套管道改造工程先于主体工程实施,为保证主体工程施工工期充足,应尽可能缩短管道施工工期。

3 加筋聚乙烯 (PE) 复合管技术参数和性能

管材由多层高分子量聚乙烯片材和高强度碳素弹簧钢丝层,经专用设备螺旋缠绕、加热加压复合而成。对于中大口径或高环刚度要求的管材,可使用塑钢加强肋来增强管材本体的环刚度。

3.1 材料选用

3.1.1 基材

管材市场上用量很大的 PE100,有一些明显的弱点,如拉伸强度一般,只有约 22 MPa;抗冲击性能差,缺口冲击强度只有 20 kJ/m² 左右,不耐水锤作用的冲击。

超高分子量聚乙烯的各项机械性能优秀,但其表面极性基本为零,几乎不与任何粘合剂相作用。这是由于超高分子量聚乙烯分子链甚长,上百万单位分子

连接在一起,构成饱和链结构,只有在分子链的两头才能表现出微弱的极性。这决定了超高分子量聚乙烯在制作成复合产品时,表现出致命的弱点,即粘结性差,一体性弱,其剥离强度只能达到 70 N/cm,这既增加了成本,也在有压管材的制作中表现出固有的隐患。

经管材行业多年探讨研究,加筋聚乙烯复合管材选用一种较为理想的基本材料——特种高分子量线性低密度聚乙烯 (LLDPE)。该材料具有强柔韧性,抗环境应力开裂能力强;粘合力强大,所制复合管剥离强度可达 400 N/cm 以上;而且耐腐蚀性(绝大多数酸碱和有机溶剂)、耐低温性、耐老化性(埋地管材预期寿命 50 年)也远超 PE100 和其他管道材料。该材料主要力学性能详见表 1。

表 1 线性低密度聚乙烯 (LLDPE) 的主要性能指标表

项目	单位	数值
密度	g/cm ³	0.922
屈服拉伸强度	MPa	10.0
断裂拉伸强度	MPa	9.5
断裂伸长率	%	600
拉伸弹性模量	MPa	350

3.1.2 钢丝

加筋聚乙烯复合管所用钢丝为碳素弹簧钢丝,拉伸强度为 1 800 MPa 至 2 600 MPa,是普通钢材约 300 MPa 拉伸强度的 6 倍以上;钢丝弹性模量为 900 GPa,为普通钢材弹性模量 200 GPa 的 4.5 倍,这两项指标对于管材的强度和环刚度有直接的作用。

管材用钢丝采用镀铜工艺,并且在使用之前经过“过塑”处理,即在钢丝镀铜表面覆合一薄层聚乙烯粘材料,保证它与聚乙烯基底材料的良好熔合。

管壁中钢丝分内外多层分布,管壁要想弯曲就极为不易,除非将上层钢丝或下层钢丝扯断。以 1 根 1.6 mm 直径的钢丝为例,其横截面积是 2 mm²,若拉伸强度是 2 000 MPa,则拉断的力需要 4 000 N。在实际应用中,毫米级的空间范围内受到 4 000 N 的力,几乎是不可能的,所以用较少的材料就可以提供管材很大的稳定性和很高的环刚度。

同时,因钢丝的弹性模量很高,管材受到外力也不易变形,变形后一旦撤除外力,管材立即弹回原样,这也是一般管材特别是挤塑管所不曾具有的特性。

此外,管材环向设置加强肋,加强肋为空心波纹状,并采用内肋增强结构,最大限度地加大管材强度和环刚度,以及减低材料消耗。

剥离强度是复合管材极关键的性能指标,特别是供水管。这保证了我们管材的一体性。

3.2 管材结构特点

加筋聚乙烯复合管的钢丝分布为内外多层,即钢丝在管壁和加强筋中分为内层钢丝和外层钢丝,两层钢丝之间有显著的空间间隔和材料立体支撑。钢丝的这种分布以较少的材料大幅度地增强了管材的环刚度,特别是大口径管材的环刚度。管材截面实例见图1。

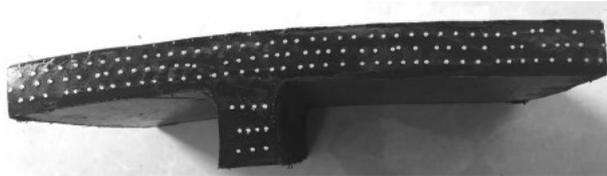


图1 管材截面实例图

3.3 管材生产工艺特点

管体由聚乙烯带材和钢丝缠绕热合成,其生产工艺是管体本身随钢模在生产线上自行转动并进动,带动聚乙烯片材和各钢丝卷原地绕轴旋转输出,降低了对场地和空间的要求。同时,因管体由缠绕工艺而不是挤出工艺生产,又采用了管体旋转的工艺,所以管材的管径理论上只由钢芯模具的尺寸决定,从而可以完成大口径管材的生产。

管材采用了独创的接缝热熔合工艺,从而可以使螺旋缠绕工艺制成管达到与挤出管同等的密封性。生产线结构简单,拆装方便,用电量小,管道可以由一道生产线一次完成,单节管道长度区间为12~18 m。

对于工程需求量较大的大口径管材,可以将管材生产线、成卷片材和钢丝运到施工现场附近就地组装生产,降低运输成本。

表2 各种管材的性能优缺点比较表

管材	优点	缺点
PCCP管	其混凝土、钢筒、缠绕预应力钢丝和保护层的复合结构、承受内外压较高、接头密封性好、抗震能力强、维护方便性,适用范围广,经济寿命长、抗震性能好、基本不漏水等优点。自身较重,在地下水水位高的地方,抗浮能力好。	自身较重,安装运输费用较高,在腐蚀性土壤地区对埋管需做阴极保护。
接口焊接涂漆钢管	材质较轻、强度高、韧性好,可以承受较高内压,制造使用灵活,并且能适应复杂或恶劣的地质情况。	整体造价较高;施工受天气影响大,雨天遮挡施工,难度大,对工期有影响;焊接接口现场做防腐处理。
螺旋承插涂塑复合钢管	材质较轻、强度高、韧性好,可以承受较高内压,制造使用灵活。稳定性好,承插连接,无需现场焊接,施工方便快捷;内壁采用环氧粉末,糙率小,相同水力条件下,供水能力大;外防腐3PE,防腐能力较强。	造价较高;弯头及接口等现场焊接接口需做防腐处理;生产供应保障性差;现行规范无相关施工及验收的规定。
球墨铸铁管	球墨铸铁管具有运行安全可靠,破损率低,施工维修方便、快捷,防腐性能优异。	管体相对笨重,打压测试后出现漏水,必须把所有管道全部挖出,把管道吊起至能放进卡箍的高度,安装上卡箍阻止漏水。造价高。
玻璃纤维增强塑料夹砂管	耐腐蚀、水力性能好、自重轻、强度高	韧性差、管道埋设对基础的要求高,价格贵。
PVC-O管	重量轻,安装方便快捷,安装费低、连接可靠、耐压高,耐腐蚀、寿命长强度大、韧性好、抗冲击	生产效率较低,造价较高。
加筋聚乙烯(PE)复合管	重量轻,安装方便快捷,安装费低、连接可靠、耐压高,耐腐蚀、寿命长。	抗外压能力差,施工需要专业人员操作,抗浮性差,不耐高温。

4 常用管材经济技术对比

4.1 加筋聚乙烯(PE)复合管与PE100实壁管性能比较

共性:由于二者都是以聚乙烯作为基材,因此二者在抗腐蚀性、耐老化性、耐磨性、柔韧性、耐沉降性以及管材连接有共性。

差异:①管材口径:加筋聚乙烯复合管可生产DN300至DN3000口径内的管材,而PE100实壁管一般生产DN1200及以下口径的管材;②工程造价:相同口径于压力要求下,加筋聚乙烯(PE)复合管材米重大约为PE100实壁管重量的一半,因此吊装、运输、安装成本较低,管材的综合价格约为PE实壁管的80%。

4.2 与其他管材的性能比较

目前市面上不以聚乙烯为基材的管材如PCCP管、球墨铸铁管、玻璃钢夹砂管、PVC-O管,管材特性优缺点比较如表2所列。

4.3 技术经济比较

各种管材技术经济比较如表3所列。

5 施工工艺

聚乙烯管材之间连接方式主要分为两种,热熔对焊连接和电熔套筒焊接。热熔或电熔连接的聚乙烯管材相比金属管材焊接有施工周期短,施工难度低,接口无需额外防腐等特点。

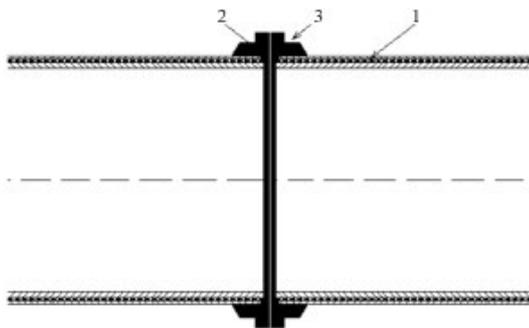
表 3 管材技术经济比较表

管材类别	PE100	PVC-O	螺旋钢管	加筋聚乙烯 (PE) 复合管	球墨铸铁管 K9
管径	DN450	DN450	DN450	DN450	DN450
管道长度 /m			8430		
流量 /m ³ ·s ⁻¹			1.145		
外径 /mm	450	450	480	450	480
壁厚 /mm	26.7	7.9	6	13.5	18.6
内径 /mm	396.6	432.4	468	423	442.8
流速 /m·s ⁻¹	1.21	1.02	0.88	1.07	0.97
Ch 海曾 - 威廉系数	140	140	135	140	135
沿程水头损失 /m	25.67	16.85	12.52	18.76	16.06
总损失 /m	28.24	18.54	13.77	20.63	17.66
单价 /元	412.55	571.33	397	368.95	500
管道总投资 /万元	347.78	481.63	461.96	311.02	421.5

5.1 热熔对接焊

热熔对接焊方法是国际标准和国家标准公认的聚乙烯管的适宜连接方法, 可靠性高, 操作简便, 经过大量生产实践检验。

因加筋聚乙烯复合管壁厚较薄, 直接对接焊接面积小, 施工对口难度大, 同时会造成焊接强度不足, 所以要在管材的两端预制成双平实壁结构, 形成立边, 做成聚乙烯接头, 保证有足够大的焊接面积, 同时便于焊接设备对焊接面保持焊接压力, 从而保证焊接的强度。聚乙烯接头结构见下图。



1—复合管; 2—聚乙烯接头; 3—焊机卡子定位台阶

图 2 聚乙烯接头结构图

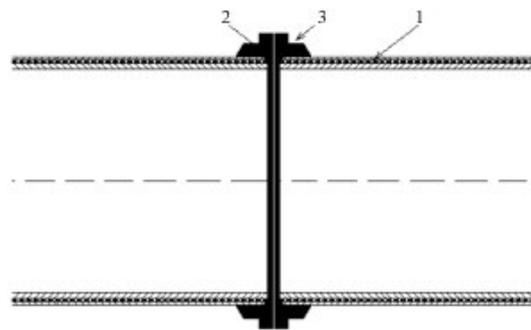
5.2 电熔套筒焊

在生产车间制作钢丝增强聚乙烯套筒, 电熔套筒的内壁均匀布置电阻丝, 电阻丝之间的间距一般为 3 mm 至 5 mm, 电阻丝在套筒内壁圆周均匀分布。施工现场把需连接的两侧管端强力插入到电熔套筒, 然后给电阻丝通电, 电阻丝发热把管道热熔连接起来。

电熔套筒焊的管件结构和实例见图 3。

DN1200 及以上的管材焊接完成后, 需用专用塑料焊接工具, 在管材内部对两根管材的对接缝再进行焊接, 在双重保护下, 确保了管材连接密封性。

这种连接方式快捷便利, 施工速度是热熔对接焊



1—复合管; 2—聚乙烯接头; 3—焊机卡子定位台阶

图 3 电熔套筒焊示例图

的 3~5 倍, DN1 600 口径每天可焊接 6~9 个管口, 还可以通过增加焊接设备进一步提高施工速度。

6 管材适用性分析

综合上述对管道材料性能、经济技术分析和施工方式对比, 加筋聚乙烯复合管管材具备工程造价低, 防腐能力强, 同管径水头损失较低等特点。施工速度较金属管材有优势, 管材强度和抗沉降能力满足河道内敷设需要。故本工程拟采用该管材替换原有 PE100 实壁给水管和混凝土管。

7 结论

加筋聚乙烯 (PE) 复合管相比其他工程常用管材, 具有造价低, 施工周期短, 抗沉降, 地形地质适应力强等优势, 并且对水锤有较高的防御能力, 适用于各类新建、改建的埋地供排水管道工程。特别适用于土质、水质对金属和混凝土有腐蚀性和施工窗口期短的工程。在工程应用中, 尚应综合考虑供水压力、运输、季节等因素合理选择, 与其他管材或水工建筑物连接处应采取可靠措施防止漏水。施工过程中, 应注意防

高温、太阳曝晒和锐物划伤；管材热熔或电熔焊接前，应特别注意清理管材焊面杂物。

参考文献：

[1] 王勇进. 加筋高密度聚乙烯 (HDPE) 管材. 内蒙古自治区, 乌海市五湖泵业有限责任公司, 2003-01-01.
 [2] 寇建章. 农用大口径加筋耐压高密度聚乙烯管材的生产应用 [J]. 山西水利科技, 2005(01):65-66.
 [3] 段欣瑞. 我国线性低密度聚乙烯行业分析 [J]. 广东化工, 2022,49(19):98-101.
 [4] 张连丰. 聚乙烯管道热熔连接在施工中的应用 [J]. 建材与装饰, 2019(20):228-229.
 [5] 卢丹亚. 热熔连接技术在聚乙烯管道施工中的应用研究 [J]. 科技创新与应用, 2016(18):133.
 [6] GB/T 19472.2—2017. 埋地用聚乙烯 (PE) 结构壁管道系统第 2 部分：聚乙烯缠绕结构壁管材 [S].
 [7] GB 50268—2008. 给水排水管道工程施工及验收规范 [S].

Application of reinforced polyethylene (PE) composite pipe in water supply and drainage engineering

Qi Bolong, Guo Weili, Chen Meng

(Shandong Survey and Design Institute of Water Conservancy Co. LTD., Jinan 250013, Shandong, China)

Abstract: Through the study of the pipes used in the design of a certain water supply and drainage renovation project, the applicability of reinforced polyethylene (PE) composite pipes was explored. The article elaborates on the material, structure, performance, production situation, and construction method of the pipe, and lists the requirements and calculation methods for the main performance indicators of the pipe; Economic and technical comparisons were made between this pipe material and other commonly used pipes, and the construction process of this pipe material was optimized from a design perspective; Listed the precautions for the application of this pipe, analyzed and summarized the engineering types applicable to this pipe; Finally, the prospects of the pipe in engineering applications were discussed.

Key words: Reinforced polyethylene (PE) composite pipe; water supply and drainage pipelines; pipe comparison and selection; technical requirements; construction technology

(R-03)

30 亿轮胎项目，一期马上投产！

The first phase of the 3 billion tire project is about to start production!

位于吉林省吉林市高新北区的箭达天下年产 1 500 万条新能源汽车轮胎项目一期正在进行设备调试，预计 7 月 18 日正式投产，项目二期工程将于 7 月末动工建设。今年 2 月，箭达天下集团与高新区管委会签约，盘活吉星轮胎公司原土地、厂房及设备，追加相关轮胎生产设备，建设年产 1 500 万条新能源汽车轮胎项目。

该项目总投资 30 亿元，占地面积 57 万 m²，分两期建设，项目一期在吉星轮胎原有厂房基础上进行扩建，新增轿车、卡车和客车轮胎生产线，生产半钢子午线轮胎。

目前，项目一期新设备已安装完成，旧设备修复基本完成，正在进行最后设备调试，8 000 余万的生产原材料已经入库。为了确保项目能够顺利落地，早日投产达效。高新区同吉星轮胎就资产盘活问题进行了多轮协商，提出切实可行的盘活方案。同时，积极开展助企服务，消除企业投资顾虑。

项目一期投产后，当年即可实现产值 5 亿元，生产轮胎 240 万条轮胎。目前。今明两年的轮胎订单已经全部预定完毕，产品将销往欧盟、南美、北美、中东、东南亚等地区的 106 个国家。随着吉星轮胎的顺利盘活，也解决了原企业近 200 人的就业问题。

编自“中国轮胎商务网”

(R-03)