

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqfh.240195

大口径 PCCP 管道接口漏水抢修及加固实践

黄仕香

(广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司, 广东 广州 510507)

摘 要: 广州市西江引水工程主干管主要采用 2 根 DN3600 PCCP 管并行敷设, 局部穿越障碍物或与附属设施连接处为钢管。通水运行一段时间后, 敷设于某鱼塘边坡内的 PCCP 管与钢管接口处发生渗漏水。根据漏水点管道破损程度、周边环境、地质条件及施工可行性, 首先采用填料封堵缝隙并内衬钢套箍的方法进行接口加固修复, 其后采用袖阀管注浆对该段鱼塘边坡进行永久加固。根据项目实施情况, 详细介绍了其接口抢修及边坡加固的设计方案与施工过程, 为类似项目工程提供借鉴参考。

关键词: PCCP 管道; 接口漏水; 抢修; 袖阀管注浆; 边坡加固

中图分类号: TU991.36 文献标志码: B 文章编号: 1009-7716(2025)05-0235-04

Practice of Emergency Repair and Reinforcement of Water Leakage of Large-diameter PCCP Pipeline Junction

HUANG Shixiang

(Guangdong Transportation Planning and Design Institute Group Co., Ltd., Guangzhou 510507, China)

Abstract: The main pipe of Xijiang Water Diversion Project in Guangzhou is mainly laid in parallel with two DN3600 PCCP pipes. Local crossing obstacles or connections with ancillary facilities are steel pipes. After running for a period of time, the water leakage is occurred at the junction between PCCP pipe and steel pipe laid in the slope of a fish pond. According to the damage degree of leakage point pipeline, surrounding environment, geological conditions and construction feasibility, firstly, the junction is reinforced and repaired by using the packing to block off the cracks and lining the steel hoop, and then the sleeve valve pipe grouting is used to reinforce the fish pond slope permanently. Based on the project implementation, the design scheme and the construction process of the junction emergency repair and slope reinforcement are introduced in detail, which provides the reference for the construction of the similar projects.

Keywords: PCCP pipeline; junction leakage; emergency repair; sleeve-valve-pipe grouting; slope reinforcement

0 引 言

预应力钢筒混凝土管(PCCP)由于耐腐蚀性好, 强度高, 刚度大, 抗震能力强等特性被广泛应用于大口径长距离引水管线、压力倒虹吸、城市供水等工程中。随着 PCCP 管道运行年限的增加, 管道发生损伤破坏的风险也在增加。人们开始关注并研究其破坏模式及修复方法。美国自来水协会研究基金会在 2008 年发布了“PCCP 失效”专题报告, 总结了美国自上世纪 40 年代至 2006 年间 PCCP 管失效的模式, 将其破坏失效模式划分为 3 类^[1]。在此基础上, 张海鹏等分析了从设计、制造、检查、安装、运行等环节导致

的破坏形式及其相应的防治措施^[2]。张海鹏、张海丰等针对 PCCP 管的破坏形式, 研究分析了换管法、内部加固法和外部加固法等几种方法的适用性和优缺点^[3-4]。宋志远等介绍了采用特殊纤维复合材料进行管壁加固和修复的新方法^[5]。王利恒介绍了运输及倒运过程中导致的 PCCP 管保护层受损、预应力钢丝断裂等情况下进行修补加固的施工工艺^[6]。黎晓林针对受钻探误钻穿 100 mm 孔洞的 PCCP 管, 采用了焊接连接钢丝, 钢丝张拉预应力的布局修补措施^[7]。杜玉柱等介绍了针对 PCCP 管之间接口以及 PCCP 管和钢管连接阴极保护管件渗漏水的抢修技术方法^[8]。张正荣针对 PCCP 管道接口在打压试验中的不合格程度给出了三种维修措施: 第三次打压不合格采用在接口处填塞聚硫密封膏和 1:2 水泥砂浆; 压力达不到设计保持的压力, 采用新填塞聚硫密

收稿日期: 2024-02-26
作者简介: 黄仕香(1980—), 女, 博士, 高级工程师, 从事结构岩土工程设计研究工作。

封膏和XO环氧砂浆外加胎基布和SK手刮聚脲封面;接口打压无压力情况,在接口处切除部分混凝土内壁,形成90 mm宽度槽,新填塞聚硫密封膏,外贴止水条及30 mm钢涨圈,再外敷胎基布和SK手刮聚脲封面^[9]。潘雪松针对PCCP管之间的接口渗漏,提出了采用依据内漏、外漏、内外漏等形式采用注油反复打压、振动传力复位的物理方法或采用PU灌浆止漏+聚硫密封膏+抗渗1号抹缝+聚脲涂层和碳纤维布封面的化学处理方法,或两者联合采用的修复方法^[10]。

文献报道及实践中多为PCCP管道结构性修复,或局部修复,较少涉及接口修复。少数涉及接口修复的文章较多的是针对PCCP管道之间的接口,并且适用于接口变形较小的情况。本文介绍一种适用于PCCP管与钢管接口变形较大导致漏水的修复方法。

1 工程概况

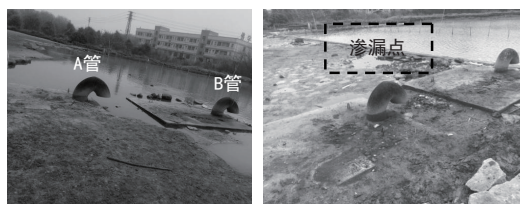
广州市西江引水工程水源取自广东省佛山市下陈村的西江,途径佛山三水区、南海区、广州市白云区,将原水输送至广州白云区的鹤岗配水泵站后分别向江村水厂、石门水厂和西村水厂供水,输水规模为350万t/d,主干线全长47.6 km,管材主要采用PCCP管,局部为钢管。该项目于2010年9月建成通水,通水后一直运行良好。2018年4月在管网巡查中发现位于三水区高速公路旁某鱼塘边的管道漏水,通过管线探测,发现在2根并行的管道中,靠近鱼塘侧的B管道接口发生渗漏。为尽量减小B管渗漏水对居民供水需求的影响,A管需增压调配水并对漏水的B管接口进行抢修并对该段管位土体进行加固。

2 接口漏水原因分析及抢修措施

2.1 接口漏水原因分析

渗漏点位于排气阀门井的下游约30 m处,为与排气阀井相连的钢管段与PCCP管段的接口处(见图1)。该段管PCCP管为DN3600双胶圈内衬式,钢管采用D3640(内径)×26,管顶覆土约1.6 m。查阅该段管道竣工图,管道地基淤泥厚度约10 m,施工时采用D500单轴深层搅拌桩进行地基处理。为方便阀门的安装和设置进人孔,设计时与排气阀井连接段采用钢管。由于钢管壁厚小,整体刚度比PCCP管小,为减小钢管与PCCP管之间的刚度差异导致的变形不协调,井外范围钢管采用C30外包混凝土

包封300厚。外包混凝土的浇筑使得两根钢管与钢筋混凝土井体三者形成一个刚度较大的整体,其单米重量明显比单根PCCP管大,在一定程度上造成竖向的不均匀沉降;其次,管道位于鱼塘边,鱼塘深度约3 m,管道两侧土压力不平衡,鱼塘的水位变化以及鱼塘运营者不定期进行塘泥的挖除,导致靠近鱼塘侧边坡局部向鱼塘滑移,钢管与PCCP管刚度与重量的不同也导致了管道的横向水平位移差异,从而最终导致了两种管材接口处的变形增大,引发渗漏水。



(a) 渗漏现状

(b) 鱼塘抽水后

图1 管道渗漏点现场

为及时解决接口渗漏水问题,同时避免该段后续出现类似问题,抢修加固分两步进行,第一步:接口抢修恢复正常通水;第二步:对管侧鱼塘边坡进行加固并修复。

2.2 接口抢修措施

关于各类管道接口修复的方法目前并无相关规范规程统一或规定,根据前述相关文献常见的方法有开挖重新敷设管道、开挖原位管外修复、机械复位、非开挖化学等材质堵漏、新增内衬^[11-13]等方法。通过管内探测及查看,本漏水点管体本身无损坏,同时该项目管道停水时间不能过长,由于管径大,重量大,重新敷设管道和机械调整复位都难以达到目的。因此抢修方法选择非开挖堵漏结合增加内箍的方法。

接口抢修主要分为准备阶段、实施阶段以及试压运行阶段。准备阶段该主要包括:抽鱼塘水至水位降低1 m(为铺设施工便道创造条件)→铺设施工便道、准备管内施工的材料及照明通风机具、关闭上游阀门→在下游段排水井放置排水泵抽干管内存水。为减少重型机械碾压管道,施工便道见图2。

实施阶段:吊除排气阀井预制盖板→拆开DN1200法兰封板进人孔→通过钢梯进入管道检查漏水位置(同时开启照明通风设施)(见图3(a)、图3(b))→人工运输材料机具等→拆除原有聚硫密封膏并重新灌注→吊运及拼装焊接环形钢板(分六等块运进管内,见图3(c))成钢制内箍→在管内漏水点处搭建钢管脚手架工作平台(见图3(d))→钢制内箍

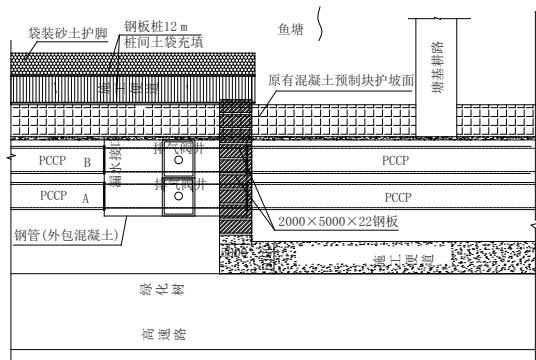


图2 施工便道布置平面图

两侧打桩施工并焊接加强钢筋及环形加强板→钢制内箍内防腐施工(采用无毒环氧防腐涂料,二底四面,为特加强级)→清理管内材料及杂物→安装DN1200法兰封板,恢复供水。接口大样见图4。试压阶段:打开上游阀门→探测管线压力,待正常后则接口修复完毕。

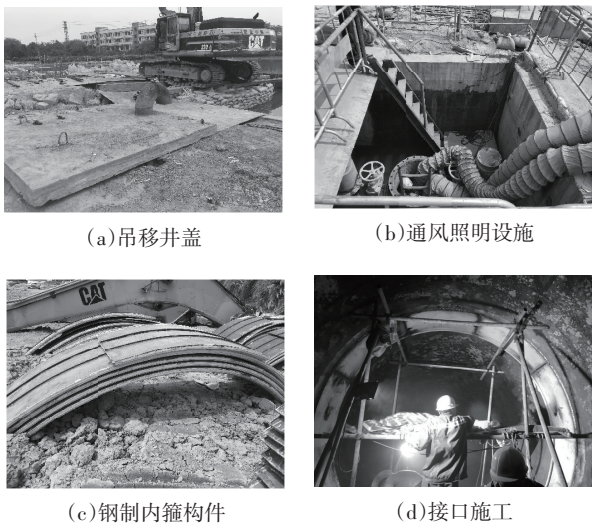


图3 接口修复施工

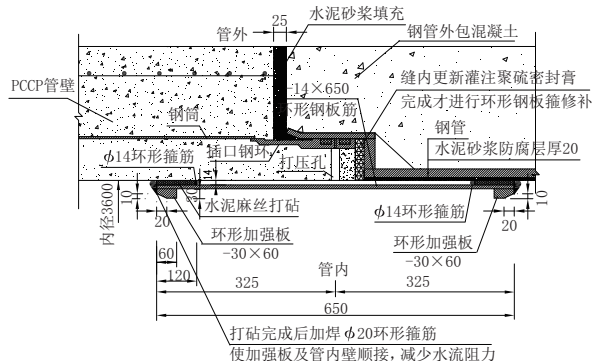


图4 接口修复大样(单位:mm)

3 管外边坡加固

管道西侧为鱼塘,由于鱼塘水位的频繁变化以及鱼塘运营者定期清除塘底淤泥,导致鱼塘边坡欠稳定,局部边坡有向鱼塘滑动的趋向。这是管道接

头漏水的重要原因之一。因此除了管道接口修复,还需根除导致接头漏水的管周环境,避免接头渗漏现象再次发生,因此需对该段鱼塘边坡进行加固。

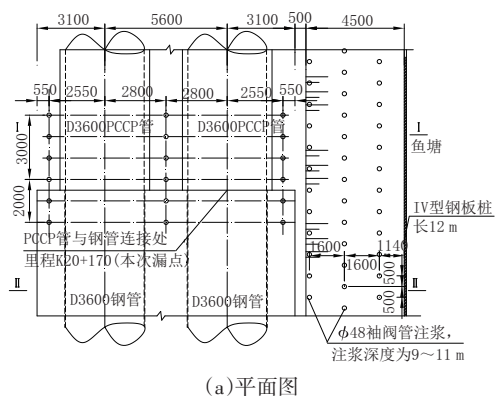
3.1 边坡加固设计

该段边坡坡率为1:1.5,坡高为3 m左右。边坡土质主要为淤泥,基本为流塑状。对常用的边坡加固方法^[14-15]对比见表1。

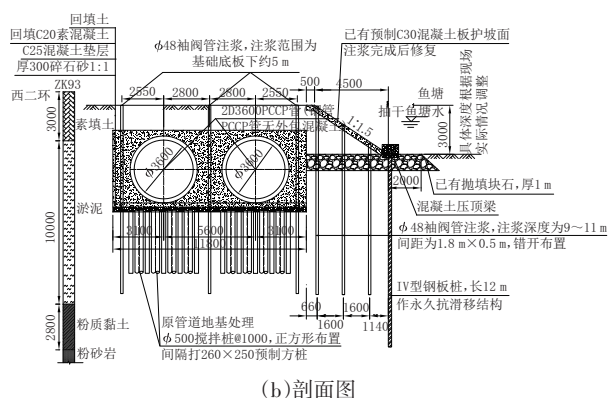
表1 边坡加固方案对比

方案	名称	方案设计	优点	缺点	适宜性
1	新建砌石挡墙	挖除原有边坡淤泥,新建砌石挡墙并进行地基处理	砌石挡墙替代原有淤泥土坡,稳定性好	挡墙需要进行地基处理,且墙身砌筑施工时间较长	由于干塘时间受鱼塘运营者的限制,不利于采用该法
2	土体加固成重力式挡墙	在原边坡范围内回填土至现地面标高,采用搅拌桩加固成重力式挡墙	施工方便,造价较低	一般用于临时挡墙,耐久性较差	耐久性欠佳,改变了原鱼塘边坡形式
3	坡体原位加固	坡体袖阀管注浆加固+坡底钢板桩抗滑	原位加固,施工时间短,坡面及坡率保持原样	钢板桩久置于地下,较易受腐蚀	结合施工时间及加固有效性推荐采用

通过上述表1方案对比,根据工程实际情况,该段鱼塘边坡坡体采用方案3即原位加固。加固主要分为两部分:一是由于管道接头爆漏水导致接头附近土层滑动,部分土体流失,因此需在接头附近加固土体;二是对整个鱼塘边坡进行加固,避免土压力不平衡导致接头再次漏水。接头附近土体加固采用袖阀管注浆,注浆孔沿管纵向间距1 m,横向间距5.35 m,设置于管道两侧及两管中间。边坡加固注浆孔横向间距为1.8 m,纵向间距为1 m,梅花形布置,桩长9~11 m,穿过淤泥层进入粉质黏土层不少于1 m。桩芯采用D48袖阀管,沿管纵向每隔300~500 mm预留φ15~20注浆孔,错开布置。注浆材料为水泥浆,水灰比为1:0.5,加入水泥用量5%的复合型早强减水剂,水泥为42.5R普通硅酸盐水泥,每米水泥用量约120~220 kg。坡底施打12 m长IV型钢板桩,钢板桩涂刷防腐涂料,进入粉质黏土层作为永久抗滑移结构,桩顶增加纵向混凝土冠梁,增大刚度的同时增强钢板桩的整体稳定性,坡面采用预制C30混凝土板护面修复,加固设计平面和剖面见图5。



(a)平面图



(b)剖面图

图5 边坡加固平面及剖面图(单位:mm)

3.2 边坡加固施工

待管道接口修复完毕试压完成后再施工管外土体及边坡加固。加固顺序为:材料机具准备(包括水泥、袖阀管施工等机具等)→抽除部分鱼塘水→施打坡底钢板桩(需完全密扣)至桩顶高出塘底2~3 m→管道接口附近土体袖阀管注浆加固→边坡袖阀管注浆加固→压入钢板桩顶至设计标高及施工冠梁→坡面预制C30混凝土板护面施工。袖阀管采用可调主轴角度油压岩心回转钻机引孔,垂直角度偏差小于1%。袖阀管成桩施工按跳孔方式进行,采用钻机引孔再沉入袖阀管,待到位后注浆,注浆遵循先外后内的原则。桩成孔时注意避免破坏供水管道。袖阀管应考虑接桩措施。袖阀管注浆施工现场见图6。

该接头修复并加固施工完成至今已有近5 a,管道运行良好,原接口附近也未发现渗漏水现象。

4 结 语

本文以大口径PCCP管与钢管接口漏水的修复及加固实例,详细介绍了接口漏水的抢修方法以及永久加固措施。可得总结如下。

(1)需根据管道材质、接口类型、管径大小及埋深等情况综合考虑选择合适的接口抢修方法和措施。



(a)施打钢板桩



(b)袖阀管注浆

图6 边坡加固施工

(2)对于敷设于边坡上的管道接口漏水除了接口修复以外,需仔细分析漏水原因、研判周边环境及地质条件等对接口漏水的影响,再根据实际情况考虑是否对边坡进行加固处理避免再次发生相同的安全事件。

本文的实践为大口径管道接口漏水及敷设于边坡或鱼塘边的管道抢修及永久加固,积累了可行有效的经验,可供同类型工程借鉴参考。

参考文献:

- [1] AWWA. Failure of prestressed concrete cylinder pipe[R]. AWWA Research Foundation, 2008.
- [2] 张海鹏,程冰清,窦铁生,等.预应力钢筒混凝土管损伤破坏及防治措施[J].混凝土与水泥制品,2019(5):36-39.
- [3] 张海鹏,赵丽君,窦铁生,等.预应力钢筒混凝土管几种常用加固方法的对比研究[J].混凝土与水泥制品,2019(1):36-39.
- [4] 张海丰,董顺,周维,等.预应力钢筒混凝土管(PCCP)结构修复更新技术介绍[J].给水排水,2017,53(8):104-108.
- [5] 宋志远,张达石,刘琼.大口径管道非开挖修复与加固新方法[J].特种结构,2018,35(1):103-107.
- [6] 王利恒.PCCP管道破损修补加固方案[J].科技资讯,2013(36):43-44.
- [7] 黎晓林.大口径预应力钢筒混凝土孔洞破损局部修补措施[J].给水排水,2015,41(12):87-90.
- [8] 杜玉柱,路明,郝毅,等.长输管道接口漏水维修的实践与总结[J].给水排水,2008,34(2):105-106.
- [9] 张正荣.大型预应力钢筒混凝土管道(PCCP)接口维修处理措施[J].山西水利科技,2012(8):16-17.
- [10] 潘雪松.PCCP管道接口渗漏修复施工[J].东北水利水电,2016(5):25-27.
- [11] 蔡晓武,杨克军.非开挖管道修复技术在围垦区域市政管道中的应用[J].中国给水排水,2016,32(12):151-154.
- [12] 张卿.某管网工程新建污水管道修复更换对策研究[J].城市道桥与防洪,2020(5):156-157;169.
- [13] 张伟杰,唐晓旭,李岩,等.紫外光固化非开挖管道修复技术研究进展[J].市政技术,2022,40(6):108-114;125.
- [14] GB 50330—2013,建筑边坡工程技术规范[S].
- [15] JGJ 79—2012,建筑地基处理技术规范[S].