

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.08.043

高密度聚乙烯板内衬钢筋混凝土管接口构造研究

张 威

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: 高密度聚乙烯(HDPE)内衬通过锚固键机械式嵌入钢筋混凝土管管体内,以增强钢筋混凝土管防腐性能。为获得 HDPE 内衬在管节接口处不同处理形式下的特性,开展了内衬 HDPE 钢筋混凝土管接口处抗外水压试验研究。试验结果表明,接口处 HDPE 内衬焊接处理后,在较大的外水压力条件下,现场焊接质量达不到原材料的水密性并同时产生鼓胀变形的不利情况。根据试验结果,分析了管节接口处内衬不焊接,完全焊接,部分焊接三种构造形式,并提出了内衬构造形式的选用建议。

关键词: 污水管道;HDPE 内衬;钢筋混凝土管;管节接口
中图分类号: TU992.24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-7716(2023)08-0171-03

0 引 言

污水管道中的悬浮物及颗粒逐渐沉积在管道底部形成淤泥,会被微生物代谢作用转化为生物硫酸,随后生物硫酸与混凝土发生一系列反应生成石膏和膨胀性的钙矾石,而且还会造成水化硅酸钙分解,导致混凝土劣化^[1]。从已建污水管道的探检报告可以看出,钢筋混凝土管长期在污水环境下会出现保护层脱落、粗骨料外露、钢筋锈蚀、钢筋锈断脱落的腐蚀情况,影响管道使用寿命,增加管道运营安全风险^[1-3]。

目前,污水管道工程中采用内衬的形式已逐渐成为污水用钢筋混凝土管防腐的一种新型解决方案。内衬式钢筋混凝土管可以实现防腐设计年限与管道结构同寿命,避免了城市中因污水管道腐蚀破坏造成的次生灾害,同时也解决了管道反复开挖检修或重新敷设的城市“痛点”。

常用的内衬材料有高密度聚乙烯(HDPE)、聚氯乙烯(PVC)和玻璃钢(FRP)等。LOGANATHAN 等^[4]介绍了新加坡深层污水隧道工程中内衬 HDPE 的应用情况。张翥照^[5]介绍了东郊污水处理厂迁建管网配套工程中 HDPE 内衬锚固键抗拉拔强度检测、内衬焊接工艺控制及设备研发应用、焊接质量检测等方面的应用情况。吕彦莉^[6]对西张水源地输水管线工程中穿插 HDPE 内衬的修复技术原理进行的阐述。柳献等^[7]基于广州深层排水隧道,研究了内衬

PVC 结构的盾构隧道,并且通过试验研究了 PVC 内衬与管体连接的可靠性及 PVC 内衬与管片衬砌结构的协同变形能力。沈龙辉等^[8]介绍了内衬玻璃钢钢筋混凝土管的工艺原理及特点,并通过试验检验和工程应用情况说明该复合管应用的可行性。

内衬 HDPE 钢筋混凝土管作为一种新型管材,是以钢筋混凝土管为基体,成形过程中在管内壁嵌入 HDPE 衬里的管材。其中 HDPE 内衬,是以聚乙烯为原料挤出成形,一面是光滑平面,另一面是梅花形布置的“V”字形锚固键的 HDPE 内衬,如图 1 所示。管节接口处内衬构造形式按照 HDPE 内衬焊接情况可分为三种,即不焊接,完全焊接,部分焊接。通过内衬 HDPE 钢筋混凝土管接口处抗外水压试验,获得 HDPE 内衬在管节接口处不同处理型式下的特性,为内衬构造形式提出了选用建议。

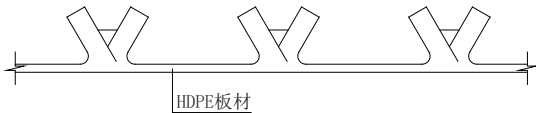


图 1 HDPE 内衬断面示意图

1 内衬HDPE 钢筋混凝土管接口处抗外水压试验

1.1 试验方案与实施

试验采用两节 DN3500 内衬 HDPE 钢筋混凝土管,管节壁厚 320 mm,接口采用 2 道楔形橡胶圈止水密封的钢承插口形式。HDPE 内衬厚度 2 mm,采用 V 形锚固键,锚固键长度 13 mm,锚固键数量 380 个/m²,每个锚固键抗拉拔强度≥800 N。试验共进行 2 组,分别为 A 组、B 组。

收稿日期: 2022-10-15
作者简介: 张威(1990-),男,硕士,工程师,从事排水结构设计工作。

首先安装管节橡胶圈,连接两节管节。对接口处 HDPE 内衬进行焊接处理,焊接采用 200 mm 宽同材质的封口内衬,两侧与 HDPE 内衬搭接,封口内衬端部用挤出焊枪与 HDPE 内衬焊接。再在两节管节接口处外侧安装环形密封箱,打压前需在承口钢板打 10 mm 孔,形成通路,如图 2 所示。然后对外侧环形密封箱进行加压。加压采用手提式打压泵,先按每级 0.05 MPa 的增量分级加载,加载至 0.15 MPa 后,按每级 0.03 MPa 的增量分级加载,每级保持 5 min,记录水压变化情况,并观察接口处 HDPE 内衬是否出现鼓胀、焊缝处是否漏水现象,两个管节内部接缝处漏水状况。加压直至水压无法继续增加为止。

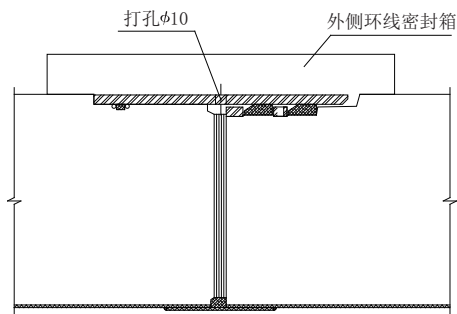


图 2 接口处 HDPE 内衬处理

1.2 试验结果与分析

按照试验方案,一共进行了 2 次 HDPE 内衬接口抗外水压试验,试验现场如图 3 所示,试验结果见表 1。



(a)HDPE 内衬接口
抗外水压试验测试

(b)HDPE 内衬接口
抗外水压试验测点

图 3 试验现场照片

表 1 试验结果表

序号	试验状况描述	试验最大 水压 /MPa
A 组	管节内部接缝处焊接有渗漏点,局部有水流流出,HDPE 内衬接缝处有一定鼓胀	0.15
B 组	管节内部接缝处焊接有渗漏点,局部有水流流出,管节上下端面都有水流出	0.15

两组试验的试验最大水压均为 0.15 MPa,导致水压无法上升的原因均是管节内部接缝处焊接有渗漏点,其中 A 组出现了 HDPE 内衬接缝处有一定鼓胀,B 组管节上下端面都有水流出。可以看出,管节

接口处 HDPE 内衬焊接处理无法做到完全密封,试验最大水压只能达到 0.15 MPa。在 0.15 MPa 压力作用下,接缝处有水流渗出,HDPE 内衬接缝处有一定鼓胀,管节上下端面都有水流出,且水压无法继续上升。

接口处 HDPE 内衬焊接处理后,外水对 HDPE 内衬产生较大的压力,现场焊接质量达不到原材料的水密性,导致管节内部接缝处焊接有渗漏点。由于 HDPE 内衬是以锚固键机械式嵌入钢筋混凝土管体的形式,当 HDPE 内衬承受一定内水压力下,会使得 HDPE 内衬及封口内衬会产生鼓胀变形的不利情况。由于 HDPE 内衬与混凝土界面基本无黏结力,内衬与管壁间可以形成畅通的排水通道,故出现管节上下端面都有水流出。

2 内衬 HDPE 钢筋混凝土管接口处内衬构造

管节接口处内衬构造形式按照 HDPE 内衬焊接情况可分为三种,即不焊接,完全焊接,部分焊接。根据内衬 HDPE 钢筋混凝土管接口抗外水压试验的结果,三种构造形式有以下特性。

2.1 不焊接形式

不焊接型式管节接口是指 HDPE 内衬在接口处不处理,HDPE 内衬到管节端部为止,内衬与端部平齐,缺口处采用聚硫密封膏嵌缝。该形式管节接口与内衬 HDPE 板材不关联,接口处特性同普通钢筋混凝土管管节接口。

在外水压大于内水压的工况下,若外水通过接口处渗入,直接进入管内,内衬完全不受外水压力影响;若外水通过管体裂缝渗入,内衬与管壁间形成畅通的排水通道,沿着混凝土与 HDPE 内衬接触面至管节端部接口处直接进入管内,避免了内衬直接承受外水压,不会对 HDPE 内衬造成变形或损坏。

在外水压小于内水压的工况下,接口处有聚硫密封膏,可避免内水进入内衬与混凝土的界面内;当聚硫密封膏与内衬接缝处漏水时,在管道内压影响下,内水通过内衬与混凝土界面紧密贴合,内水与混凝土接触面有限且渗入量也有限,不会造成大面积腐蚀导致结构性损坏。

2.2 完全焊接形式

完全焊接型式是指在环向方向上接口处 HDPE 内衬全部连接,如图 3 所示接口处 HDPE 内衬。管节接口与 HDPE 内衬关联。

在外水压大于内水压的工况下,若外水通过接

口处渗入,由于接口处 HDPE 内衬焊接,无法进入管道,压力聚集在 HDPE 内衬及管体界面,使得内衬承受外水压力。由于 HDPE 内衬是以锚固键机械式嵌入钢筋混凝土管体的形式,会使得内衬出现鼓胀变形现象。当外水压力达到一定压力后,焊缝薄弱处首先出现漏点,外水从该点排出。一旦外水压力超过内衬锚固键的抗拔力后,锚固键将从管体中拔出,HDPE 内衬从管体上脱落,造成管节整体损坏。若外水通过管体裂缝渗入,内衬与管壁间形成畅通的排水通道,但外水无法进入管道,使得内衬承受外水压力,内衬同样会出现鼓胀变形的情况。

在外水压小于内水压的工况下,由于管节接口处 HDPE 内衬完全焊接,且内衬受压不会受到损坏。完全焊接的构造型式形成的内衬复合管内部材质一致。

2.3 部分焊接形式

部分焊接型式是指在环向方向上,大部分区域采用完全焊接,剩余区域(通常在底部)采用不焊接型式。该型式管节接口与 HDPE 内衬有一定程度上的关联。

在外水压大于内水压的工况下,若外水通过接口处渗入,由于部分区域采用不焊接型式,可以形成排水通道,从不焊接位置流入管道,避免了内衬直接承受外水压。若外水通过管体裂缝渗入,内衬与管壁间形成畅通的排水通道,从管节端部接口处不焊接的位置流入管内,避免了内衬直接承受外水压。

在外水压小于内水压的工况下,在管道内压影响下,内水通过内衬与混凝土界面渗入量有限,内水接触管节不焊接位置处混凝土存在可能,但相较于不焊接形成的腐蚀面更小。

2.4 接口处内衬构造选用建议

通过以上分析可以看出三种管节接口处构造型式特点不一,根据内衬 HDPE 钢筋混凝土管接口处抗外水压试验结果及不同接口型式的优缺点,建议按以下情况选用:

(1)当外水压小于 0.1 MPa 时,管节内衬 HDPE 接口建议采用完全焊接方式;

(2)当外水压大于等于 0.1 MPa 时,建议采用不焊接方式;若对外观及防腐蚀性能有较高要求,可采用部分焊接方式。

3 结 论

通过内衬 HDPE 钢筋混凝土管接口处抗外水压试验,可以看出接口处 HDPE 内衬焊接处理后,如果对 HDPE 内衬产生较大的外水压力,现场焊接质量达不到原材料的水密性,并且会产生鼓胀变形的不利情况。

根据内衬 HDPE 钢筋混凝土管接口抗外水压试验的结果,分析了三类构造形式在外水压大于内水压及外水压小于内水压两种工况下的特性,提出管节接口处不焊接,完全焊接,部分焊接三种内衬构造形式。

通过分析三种管节接口处构造型式,根据不同形式的优缺点,建议按以下情况选用:(1)当外水压小于 0.1 MPa 时,管节内衬 HDPE 接口建议采用完全焊接方式;(2)当外水压大于等于 0.1 MPa 时,建议采用不焊接方式;若对外观及防腐蚀性能有较高要求,可采用部分焊接方式。

参考文献:

- [1] 荣辉,於成龙,马国伟,等.污水环境下混凝土的微生物腐蚀研究进展[J].硅酸盐学报,2021,49(5):988-999.
- [2] 高礼雄,丁汝茜,姚燕,等.混凝土的微生物腐蚀:机理、影响因素、评价指标及防护技术[J].材料导报,2018,32(3):503-509.
- [3] 张小伟,张雄.混凝土微生物腐蚀防治研究现状和展望[J].材料保护,2005(11):52-56.
- [4] LOGANATHAN L N, CARROLL J O, Flanagan R, et al. Corrosion Protection Lining (CPL) for the Deep Tunnel Sewer System in Singapore—A Case History[C]//Reston:Geo-Frontiers Congress,2011.
- [5] 张翥照.内衬多点锚固 HDPE 板防腐技术在大型钢筋混凝土排水管道中的应用[J].海河水利,2021(5):118-120.
- [6] 吕彦莉.西张水源地供水管道 HDPE 管穿插内衬改造技术[J].山西建筑,2015,41(13):125-126.
- [7] 柳献,张宸,叶宇航,等.深层盾构排水隧道 PVC 防水防蚀内衬力学性能试验研究[J].隧道建设,2016,36(12):1428-1434.
- [8] 沈龙辉,丁幸福.玻璃钢与钢筋混凝土复合型排水管的应用[J].给水排水,2003,29(1):77-78.