

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.04.069

综合管廊污水入廊分析及工程探究

岳崇峰,李驰昊,许江城,余雪花,王宁,郭世豪
(中国电建成都勘测设计研究院,四川成都 611130)

摘要:现阶段我国管廊建设已成规模,并以给水管、中水管、电力和通信排管入廊的单舱支线管廊为主,少数建设有污水舱、雨水舱和燃气舱。由于重力雨水、污水管对高程、支管衔接和运维的要求较高,建设工程中雨污水入廊并线案例较少。以成都市玉虹路综合管廊为例,从工程总体和污水入廊方案分析,介绍综合管廊横断面、入廊管线、管廊平纵、典型节点设计,根据污水入廊方案介绍污水管材、接驳井、自动冲洗系统等针对性措施,总结污水入廊的基本条件,以期为类似管廊项目提供借鉴。

关键词:综合管廊;污水入廊;污水出线;简洁集约化设计

中图分类号: TU992.24

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)04-0299-05

0 引言

综合管廊作为城市道路下构筑物,廊内包含给水、中水、电力、通信等管线。综合管廊内的管线大多采用支架、桥架方式敷设,可避免城市道路重复开挖,有效提升管线运行和管理,对改善基础设施环境具有重要作用。

2016年成都市入选国家综合管理试点城市。现阶段成都市开工建设综合管廊约240 km,以压力管电力、通信、给水、中水等单舱支线管廊为主,包含重力管雨水、污水和危险程度较高的燃气管线主线管廊较少^[1]。重力管入廊主要存在以下几个问题:

(1)污水管道与管廊竖向标高及纵坡差异。市政综合管廊一般沿道路敷设,其竖向高程和纵度也随道路高程和纵坡变化,管廊覆土一般为3.5~5 m。污水管一般按重力流设计,其竖向高程按上位市政排水规划确定,污水竖向控制点一般在远点和片区污水收集最低点,控制点降低将造成整个污水系统埋深增加,污水竖向高程一般很难调整。污水管一般沿道路纵坡敷设,特殊段会根据污水厂的位置设计逆坡段,造成污水管道覆土变化范围大约3.5~10 m,污水管道相比管廊覆土范围更大,竖向高程和管道纵坡控制严格,不易调整。

(2)入廊污水管道的进出线问题。由于功能需求,污水管需在道路交叉口、路段一定距离(120~150 m)设置预埋管。由于污水管道对规划标高有着严格的

要求,无法像其他管线一样可以自由交叉,污水管舱与支管的接入和接出问题成为十分复杂的问题。

(3)污水管道后续运行维护安全要求。污水会产生CH₄、H₂S等有毒有害气体,在密闭的地下空间,这一问题尤其突出。污水管道的通风方式和清通方式、管道密闭性能、污水舱内强制通风安全和安全运维等问题都需在设计时着重思考^[2]。

根据上述问题,本文以成都市玉虹路综合管廊为例,总结重力污水管进入综合管廊工程技术要点及实施方案,以期为类似工程提供参考借鉴。

1 工程概况

玉虹路位于成都中心城区东南方向,属于东村大面片区,道路南北贯穿整个大面片区,如图1所示。玉虹路南起洪源一路,北至东西轴线,道路红线宽40 m,道路长约2.4 km,管廊和道路同步设计,管廊全段与鹤经四路和鹤翔路支线管廊相交,共设2个管廊交叉综合节点。



图1 玉虹路综合管廊总体平面

收稿日期: 2023-04-26

作者简介:岳崇峰(1984—),男,硕士,高级工程师、注册设备工程师,从事水处理研究设计、管廊管线设计工作。

根据大面片区污水工程和综合管廊规划,玉虹路作为片区内污水管排放主通道,设有DN1000污水主干管,如图2所示。片区综合管廊与排水方案结合紧密,污水干管和综合管廊可以协调并线,充分利用地形地势,周边管网建设顺道路纵坡接入,埋深较小,满足污水重力流排放、精简道路地下空间。

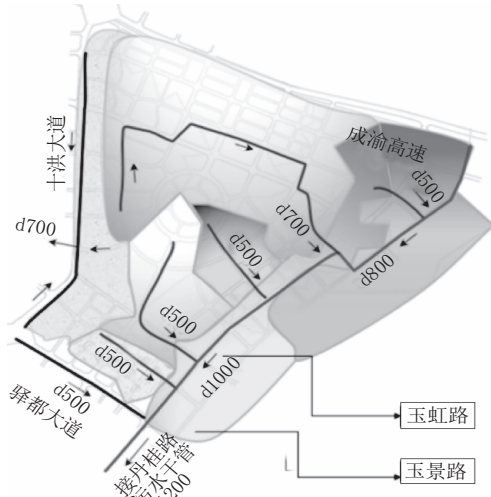


图2 大面片区污水工程规划

2 工程总体方案

2.1 综合管廊标准横断面及入廊管线

玉虹路综合管廊工程除雨水管线因排向和污水冲突无法协调入廊,其余管线全部入廊。管廊内空间应在满足各管线安装、检修所需空间,同时根据规划适当预留空间的基础上尽量精简,断面尺寸不能太大或太小,保证入廊的管线合理敷设和维护,为其他管线或通道预留地下空间。

管线入廊结构尺寸如图3、图4所示。污水干管段管廊净空横断面尺寸为(4.0 m+1.8 m+3.3 m)×3.0 m,污水支管段管廊断面为(4.0 m+1.8 m+2.5 m)×3.0 m,包含综合舱、燃气舱和污水舱。其中,综合舱设有给水输水管 DN600、给水配水管 DN300、10 kV 电力 35 孔、通信管线 32 孔,燃气舱设有 DN250 燃气管,污水舱设有污水管 DN1000 和中水管 DN300。

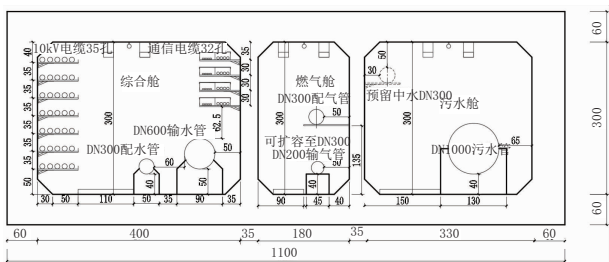


图3 污水干管段管廊断面(单位:cm)

2.2 管线标准横断面

管廊标准横断面位置选择主要考虑以下因素:

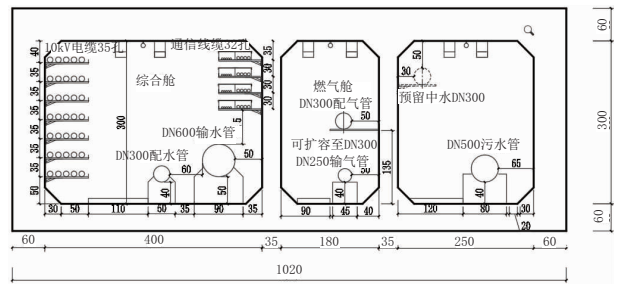


图4 污水支管段管廊断面(单位:cm)

(1)管廊结构不超出红线。(2)管廊外露构筑物布置在侧分带内。(3)污水检查井不影响行车轨迹线为宜。结合道路设计断面及周边用地等情况,玉虹路综合管廊布置在道路西侧机动车道、侧分带及非机动车道下方,距道路中线 11.5 m 西侧位置,具体管线综合横断面如图5所示。

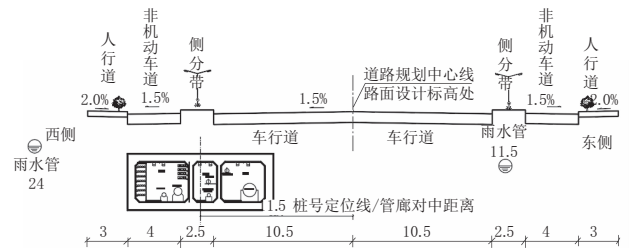


图5 玉虹路道路管线横断面(单位:m)

管廊主要位于侧分带及车道下,占部分人行道,管廊临绿带侧结构外边线在红线内 2 m,额外占用的绿带少(仅雨水管道进入绿带);线路顺直,输水管等干管水头损失较小。西侧绿化带留出雨水管位,减小雨水支管高程对管廊的影响,使污水入廊技术可行。

管廊横断面舱室布置为:综合舱在最外侧,污水舱在道路中间,方便接驳两侧道路和交叉口污水管线。

2.3 管廊平面设计

玉虹路综合管廊长约 2.4 km,综合舱和污水舱采用统一通风分区、防火分区。防火区间间距按 200 m 控制,一个设计单元对应一个防火区间,共 12 个防火单元。800 m 左右设置一个吊装口,尺寸为 6.5 m×1.5 m。在道路交叉口位置及路段间隔 120~150 m 设置一座出线井。规范要求人行出入口间距不大于 2 km,玉虹路管廊全线设置人行出入口 1 处,运营管理中心和出入口合建。管廊内外污水通过声顶污水检查井连接,污水管道在道路交叉口或路段间每隔 120~150 m 设置一座接入井,中间设污水管检修人孔。

2.4 管廊纵断设计

玉虹路管廊段道路设计高差较大,最高点 524.3 m,最低点 510.2 m,道路起伏波动较大,道路纵断面呈

波浪形。由于污水入廊且污水全线重力流,管廊纵断竖向设计除需满足常规管廊需满足的覆土、坡度外,还需考虑以下几点:

(1)管廊高程按照道路坡度走向敷设,考虑到污水管高程管廊常规管顶覆土按照 3.5 m 控制。

(2)管廊主体部分段为避让沟渠等构筑物设置倒虹段,污水管可在管廊下降段出线,上升段进线,保证污水管排水效果并且减少管廊主体深度,如图 6 所示。

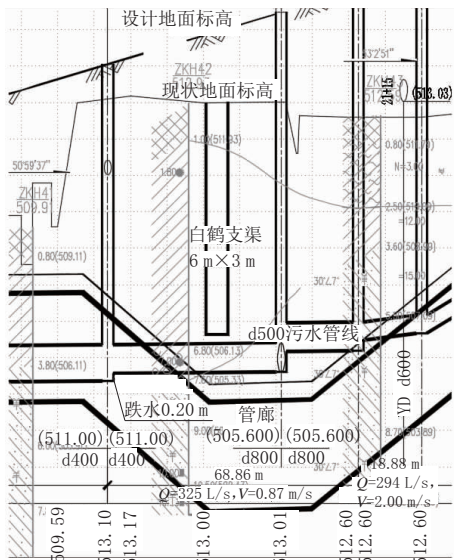


图 6 综合管廊避让地下构筑物示意图

(3)考虑到管廊排水需求,管廊纵坡最小为 0.2%^[3]。

(4)特殊节点如白鹤支渠横穿管廊处、鹤翔路相交管廊处,根据实际情况在白鹤支渠河底通过、十字路口采用 2 层相交处理。

2.5 管廊典型节点设计

2.5.1 污水支管入廊节点

污水舱竖向高程设计,首先考虑利用地形坡度,避免出现逆坡。其次尽可能减小管廊埋深,既减少管廊主体开挖深度,又能有效保障下游排水通畅^[4]。因此,本次玉虹路综合管廊设计覆土大约为 1.5~8 m。

一般地块预留污水支管埋深大约 2.5~3.5 m,故出线部分支管在管廊顶部,一部分在管廊底部。为保证地块污水顺畅排入廊内污水管,污水支管在管廊顶部设计工况,则在该节点设污水接收井,支管排入接收井后溢流进入廊内污水管,示意图如图 7 所示。污水支管在管廊主体下部设计工况,该节点压缩综合舱和燃气舱净空尺寸,污水支管由底部接入污水舱,通过溢流井溢流进入廊内污水管,示意图如图 8 所示。综上,污水节点设计方案可保证地块污水排水通畅,避免管廊主体高程为衔接地块支管

而增加埋深。

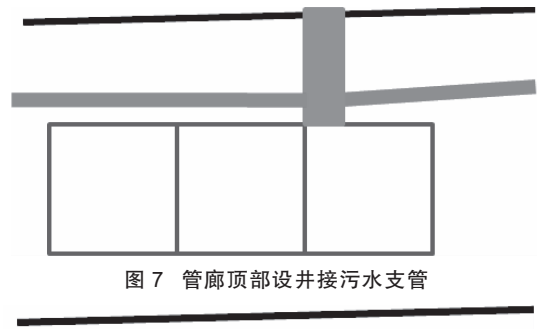


图 7 管廊顶部设井接污水支管



图 8 管廊底部接污水支管

2.5.2 相交道路综合管廊交叉节点

大面片区规划综合管廊为环形,玉虹路综合管廊和鹤翔路综合管廊 T 字相交,如图 9 所示。两个三舱综合管廊相交,采用立交结构,鹤翔路管廊在上层,玉虹路在下层。为满足电力管线、通信管线的转弯半径要求,分别设计电力交叉孔、通信交叉孔。污水管高程相差较大,采用跌水井连接,给水管道设置三通竖向连接。电力、通信和给水管线在竖向有交叉,考虑在综合舱增加 8 m × 8 m 的三角区域,玉虹路电力桥架外绕行 4 m,通信线桥架外绕行 2.2 m。其中电力交叉孔 3 m × 4 m、通信交叉孔 3.5 m × 4.0 m。燃气舱位独立连接舱室,采用 1.65 m × 1.80 m 交叉孔连接。

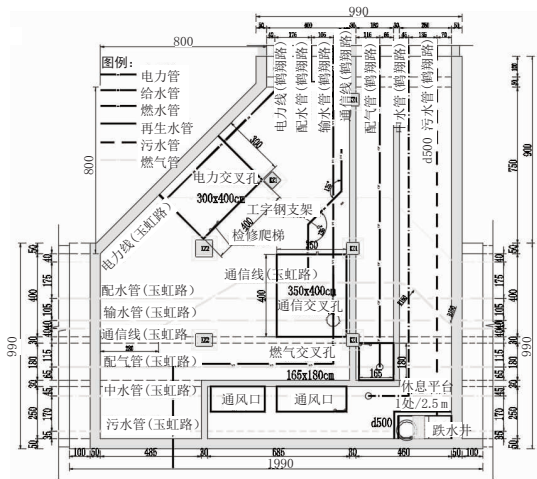


图 9 玉虹路与鹤翔路综合管廊交叉节点

2.5.3 精简集约化节点

综合管廊节点众多,根据《城市综合管廊工程技术规范》要求,综合管廊每舱需设置人逃生口、进风

口、排风口、设备吊装口、管线分支口、人员出入口。管廊节点的间距要求见表1。

表1 综合管廊节点间距要求

节点名称	进风口	排风口	吊装口	逃生口	集水坑
间距/m	200	200	400	200	200

根据规范上述设计要求,每个节点单独设置,本次玉虹路管廊共设56个节点,其中排风口和吊装口节点共18个需外露地面。为减少地面外露节点,本次玉虹路综合管廊采用精简化处理通风口、逃生口、集水坑等设施集多功能于一身^[5]。玉虹路通风口尺寸9m×9m×2.5m,在综合舱与污水舱顶部设置转换夹层,综合舱、污水舱、通风口功能合并,并在上部设置逃生口,管廊底设置集水坑。在中间转换夹层空间可以作为配电设施使用。此种做法不仅节约综合管廊节点数量,还可以减少地面外露部分。节点剖面如图10所示。

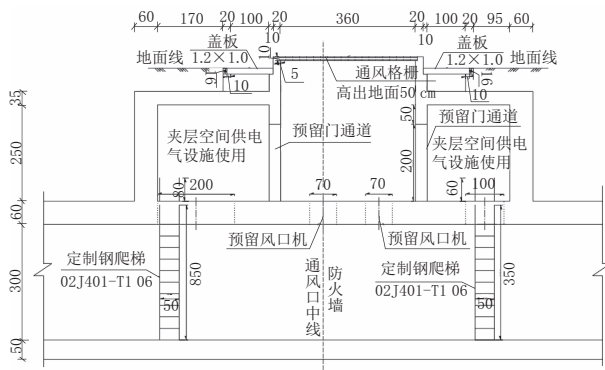


图10 玉虹路通风口精简化设计(单位:cm)

3 污水管入廊设计方案

3.1 污水管线管材选取

目前,综合管廊内常见的重力流管管材有钢管、球墨铸铁管、高密度聚乙烯等。综合管廊中设有进出舱、检修口、出线井等附属设施,气密性要求与市政直埋污水管不同。因此,管材选取主要从接口数量、气密性和管件设置是否灵活等因素进行综合考虑。

球墨铸铁管在使用耐久性、防腐性能、接口密封性三方面优于钢管和高密度聚乙烯,但在管配件设置灵活性方面劣于其他两种管材^[6]。为提高铸铁管材在设配件等处稳定性,在开孔、特殊分支等节点置换为钢制配件。管廊结构设计使用年限为100a,因此,污水管选用抗腐蚀性强的球墨铸铁管,管材等级为K9,接口采用T型橡胶圈承插接口以保证抗震和管道密封性,特殊节点处采用球墨铸铁盘承或盘承短管。此外,管节长6m减少接口数量,出厂前做好内

外防腐,使用年限可达50a,有效减少换管次数。

3.2 接驳井、检查井、检查口

污水管道入廊和传统污水管道设计在管道检修、污水接驳、管道通气、运行维护等方面有差别,需要重点解决。

污水管道在道路交叉口交汇处、污水管道转弯处、坡度变化处、跌水处,以及直线段一定距离处,需设置检查井。污水管线入廊后,还需考虑廊内通风和检查井升顶通气。升顶检查井做法如图11所示。在道路交叉口支管接入处、地块预留支管处和转弯处设置升顶污水检查井,检查井升至地面兼有污水管道通气功能^[7]。接驳井总尺寸为2.7m×1.2m分两格,第一格为跌水区1.0m×1.2m底部采用C40混凝土抗冲刷,中间设挡水板防止检修冲刷。第二个为检查井1.7m×1.2m,底部按照污水管控制。其余在管廊内污水检查井采用密封检查井,做法类似于建筑排水管道的检查口。密封检查口在平时封闭,仅在升顶检查井无法清掏时才在廊内打开。密封检查口采用DN1000×800钢制三通加法兰盲板封堵。

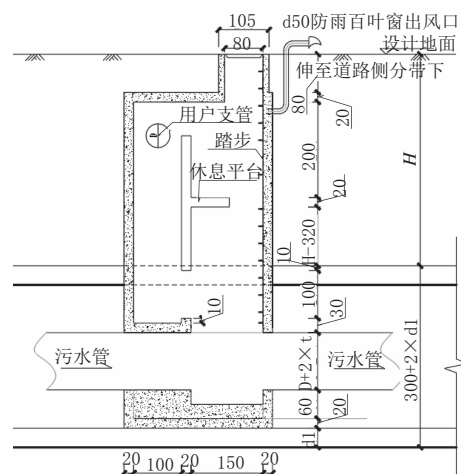
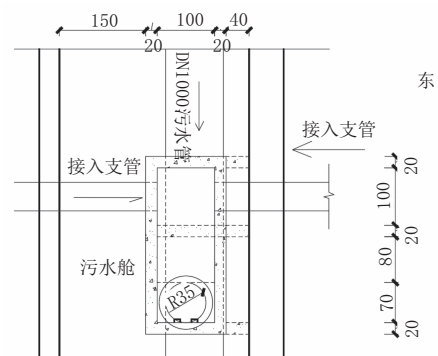


图11 综合管廊升顶检查井(单位:cm)

3.3 污水管自动冲洗系统

大管径污水管由于坡度较小(0.1%~0.2%),长期管内流速低,容易淤堵。常用的维护清通方式主要

有水力高压冲洗、多功能绞车等^[8-9]。玉虹路污水干管管径为 $d1000$,管道敷设坡度 0.1% ,管道内设计流速 0.70 m/s 。根据相关研究,污水管道运行流速较低,约 $0.2\sim 0.3\text{ m/s}$,使管道容易淤堵^[10]。玉虹路在管道 $d1000$ 污水管桩号 $K1+400$ 、 $K2+200$ 、 $K3+000$ 处设置 3 处拦蓄自动冲洗系统。冲洗系统如图 12 所示。冲洗系统分为 4 个步骤,具体为拦蓄、蓄水、管道冲洗和闲置。首先,利用拦蓄盾对管道水流进行拦蓄。拦蓄管道水流工程中,为保证系统的密封性,采用不锈钢材料制成的铅封与拦蓄门。超声波液位计安装于拦蓄截断面的上部,检测拦蓄系统内的水位高度。其次,管道水位在拦蓄门的上游升高,可以预先设定拦蓄水位。当管道上游内污水升高到预设水位,打开拦蓄门后,污水势能转化为动能,拦蓄系统上游污水中的悬浮物和沉积颗粒随水流排入下游管道。拦蓄水将以席卷流的方式对拦蓄门下游管道进行有效、可靠的冲洗。最后,闲置期间,拦蓄门可以锁定在截断面的上方,不占用管道任何排水空间。

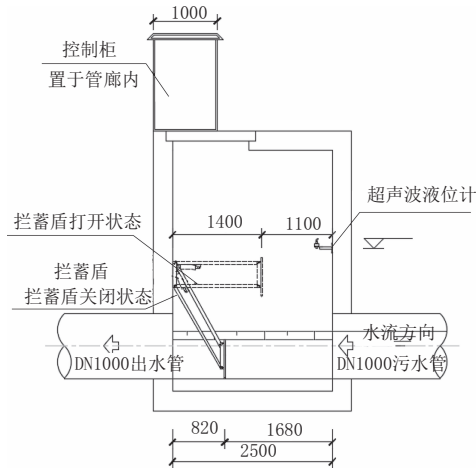


图 12 污水自动冲洗系统

拦蓄盾蓄水高有 0.8 m 、 1.2 m 两档,存蓄容量 180 m^3 ,蓄水长度约 200 m ,冲洗长度 250 m ,冲洗频率 3 次/d 。工程完工后,现状污水量较小,基本为脉冲模式,冲洗时流速在 1.3 m/s ,污水管线上游 200 m 和下游 250 m 以内淤泥得以清除。 1.2 m 水位还可以冲刷出沉积在管道中的碎石等大颗粒物质。

3.4 污水舱通风和检测

污水管纳入综合管廊,有别于传统道路下污水管道全线设置升顶检查井,污水支管接入处路段间距 $120\sim 150\text{ m}$ 处设置升顶检查井,管廊内部设置机械通风系统和有毒有害气体检测系统。有毒有害气体主要由 CH_4 和 H_2S 等组成,在通气孔处溢出。管道内污水流动可以带动管道内有毒有害气体的流通,

加快管道内气体的更新频率,而管道长度过长和管道坡度变小将造成水流速度减缓和沉积,进而减缓空气更新频率。管道内污水流速与跌水高度相同时,面积越大,通气量越大。增加通气孔面积,可增加管道内空气换气频率,有效降低有毒有害气体的浓度,保证管道的安全运行。有效地处理污水管道通风问题,需要对升顶检查井间距和通气孔面积进行优化设计。本项目在升顶检查井同时设置 $\text{DN}50$ 管加强通气,污水舱采用平时正常通风系统、火灾后的排烟补风系统。污水舱通风设计参数见表 2。

表 2 污水舱通风设计参数

舱室温度	换气次数		风量 $/(m^3 \cdot h^{-1})$	
	进风	排风	进风	排风
$d1000$ 舱 $\leq 36^\circ$	排风量 $\leq 80\%$	平时 2 次	9 504	11 800
	排风量 $\leq 80\%$	事故 6 次	9 504	11 800
$d500$ 舱 $\leq 36^\circ$	排风量 $\leq 80\%$	平时 2 次	7 200	9 000
	排风量 $\leq 80\%$	事故 6 次	7 200	9 000

4 结 语

根据上述工程案例分析,总结重力管线入廊的基本条件。首先,污水管标高大致与管廊高程匹配,若出现高差较高则需考虑压力排污。其次,道路纵向坡度、管廊坡度和污水排向一致,避免管廊埋深过大增加造价。最后,污水规划干管系统布局,入廊污水管以污水干管为主且路径基本相似。

污水管线入廊建议本着实际情况,实事求是避免“能入尽入”盲目做大。玉虹路污水入廊设计经验可以为其他项目提供借鉴经验:(1)污水入廊首先需考虑道路竖向、排水竖向标高关系,做到技术经济合理。(2)污水入廊应尽量节约空间,可与再生水管、配水管合并,高效利用管廊空间。(3)污水管作为大口径管道,管道安装和土建可同步进行,解决了污水管线二次安装的问题。随着国内综合管廊建设运行更加成熟,污水入廊的设计和细节措施会更加完善,建议在污水舱的通风、消防、监控和管道清通方向做进一步研究,以利于综合管廊建设可持续发展。

参考文献:

- [1] 姬永红,张琪,都琳,等.基于管廊收费对电力电缆入廊经济与社会效益分析[J].城市道桥与防洪,2023(2):253-257.
- [2] 龙爱玲,陈钰,孙健.层次分析法对山区城市雨污水入廊适应性分析[J].给水排水,2022,58(增刊1):902-906.
- [3] 肖敏,吴梓鸿,朱少华,等.重力流污水入廊技术方案探讨[J].给水排水,2021,57(增刊2):429-432.

(下转第 306 页)

4 工程案例

某市政污水处理厂生物反应池,设计使用寿命50 a,防水设计工作年限15 a。有水区域防水类别甲类,防水等级为一级,内侧采用1.5 mm 柔性防腐防水涂料;干作业区防水类别参考市政地下工程乙类,防水等级为二级,内侧采用1.2 mm 水泥基渗透结晶型防水涂料。外侧底板采用1.2 mm 高分子自黏胶膜防水卷材,侧壁采用1.5 mm 自黏聚合物改性沥青防水卷材(水池外侧可以选做),外防水的做法可以参考地下工程相关图集。顶板不带压力,按《防水通规》不需要防水,如果顶板考虑种植土绿化,为了防止根系侵入结构,可以做一层耐根穿刺卷材(见图2、表4)。

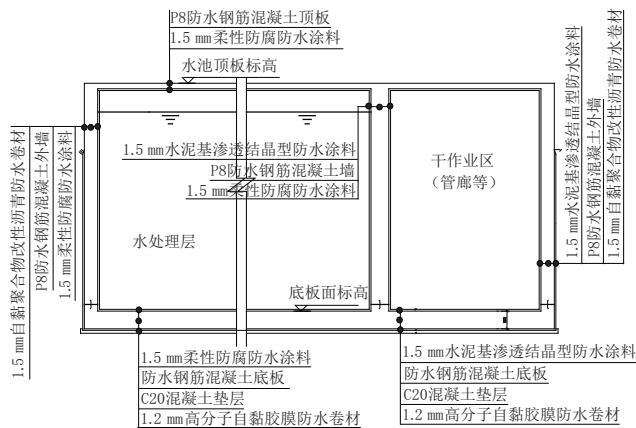


图2 构筑物防腐防水做法示意

二沉池由于底板收到刮泥板的作用,一般防水涂料容易被磨损或破坏,建议采用无机砂浆类防水。其他附属构筑物(如计量井、电缆沟等)防水做法,可以参考市政地下工程,适当降低防水等级。

5 存在问题和建议

《防水通规》刚刚实行不久,污水池防腐的

表4 某污水处理厂水池防腐防水做法汇总表

序号	构筑物名称	防水类别	防水等级	防腐防水做法
1	进水泵房、生物反应池、二沉池等	甲类	一级	内侧1.5 mm 柔性防腐防水涂料;外侧1.5 mm 自黏高分子防水卷材
2	加药池 ^①	甲类	一级	1.2 mm 水泥基渗透结晶型防水涂料+3 mm 玻璃钢防腐
3	计量井	丙类	三级	内壁涂刷20厚防水砂浆
4	电缆沟	丙类	三级	内壁涂刷20厚防水砂浆

注①:加药池由于重腐蚀,所以采用玻璃钢防腐。

设计尚有许多技术问题需要探讨:

(1)新型防腐防水一体化涂料,对涂层材料的物理和化学性能要求较高,成本也会相应提高,相关材料没有定额,需要随着工程实例逐步积累经验和价格数据。

(2)目前主要的防水涂料,如聚氨酯、聚脲等,对基面湿度比较敏感,污水池特别是地下有盖水池,由于混凝土硬化、渗水或揭露等原因,表面含水率较高,防水涂料容易起泡或脱落,需要选择隔水性较好的腻子 and 底涂。

(3)《防水通规》中要求污水池内侧做防水,本意是阻止污水外渗到地下,污染环境。对于全地下污水厂,外侧地下水的水压大于水池内水压,不存在污水外渗的问题,内侧是否必须做防水层,值得商榷。

参考文献:

[1] GB 55030—2022,建筑与市政工程防水通用规范[S].
 [2] GB 50108—2008,地下工程防水技术规范[S].
 [3] 曹志杰,徐震,徐春蕾.城市污水处理厂混凝土结构防腐要点与设计实例[J].城市道桥与防洪,2022(1):234-236.

(上接第303页)

[4] 危有达,胡永兴,徐硕.浅丘地形多舱综合管廊工程设计方案[J].中国给水排水,2021,37(6):56-60.
 [5] 郑铁丽,谢鲁,曾小云.成都地下综合管廊复合型精简化总体设计[J].中国给水排水,2019,35(2):72-78.
 [6] 付朝晖,刘羽.平坡道路综合管廊污水管道入廊案例分析[J].中国给水排水,2020,36(10):76-81.
 [7] 乔怡超.PE 实壁管及塑料检查井在综合管廊中的应用[J].城市道桥

与防洪,2022(7):208-210.
 [8] 杨磊三,李骏飞,周炜峙.污水管道纳入综合管廊的规划及设计探讨[J].中国给水排水,2019,35(18):27-31.
 [9] 陈艳平.综合管廊雨污水和燃气管道入廊关键技术探讨[J].市政技术,2019,37(1):138-142.
 [10] 王志峰,汪宏.污水管道入廊设计研究[J].城市道桥与防洪,2018(3):121-122,151.