

软土地区城市综合管廊防水工程研究与实践

孙建海, 石磊

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 同隧道工程一样,防水工程是城市综合管廊建设质量控制的关键环节。通过介绍防水设计原则、防水等级选择,并以上海市松江区某综合管廊工程为例进行研究,总结软土地区综合管廊防水工程的实施要点,如主体结构自防水、主体结构外(底板、侧墙和顶板)防水和细部结构(变形缝、施工缝和预埋管)防水,为今后国内类似工程提供借鉴。

关键词: 城市综合管廊;主体结构自防水;主体结构外防水;细部节点防水

中图分类号: TU99

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)02-0300-05

1 防水设计原则

因为种种原因,综合管廊容易出现渗漏水现象。这导致钢筋被锈蚀,结构被破坏,严重影响综合管廊的安全使用功能。为了让综合管廊在城市正常运转中实现更大价值,处理好综合管廊防水的问题是关键。

为保障安全使用功能,综合管廊防水工程一般应遵循“以防为主、刚柔结合、多道防线、因地制宜、综合治理”的原则^[1]。

(1)“以防为主”:以主体结构自防水为主。在施工过程中利用有效的技术手段,提高钢筋混凝土结构的密实性、抗渗性、抗裂性、防腐性和耐久性,从而保证城市综合管廊的防渗能力。

(2)“刚柔结合”:软土地区综合管廊一般水位较高,土层含水丰富,为避免地下水对钢筋混凝土的侵蚀,需提高主体结构的密封功能。综合管廊主体结构一般以混凝土自防水为主,同时辅以外包的柔性防水层作为结构外防水,改善主体结构的工作环境。

(3)“多道防线”:在综合管廊细部节点建造中,增设多道防水措施。变形缝、施工缝、预埋管、排风口等,是城市综合管廊工程发生渗漏水的重点部位。针对这些节点位置,应加强局部构造,增设多道防水措施。

(4)“因地制宜”:为抵御植物根系穿透,综合管廊顶板外防水材料应具有抗穿刺能力。同时,综合管

廊长线型结构带来不均匀沉降等问题。因此,主体结构外防水材料应具有良好的抗变形、抗开裂能力。

(5)“综合治理”:在综合管廊结构混凝土中添加一定量的抗裂纤维和抗渗剂,在变形缝等薄弱环节使用橡胶钢边止水带,能有效提高综合管廊防水性能。

2 防水等级选择

综合管廊作为重要的市政基础设施,《城市综合管廊工程技术规范》要求其结构设计使用年限应为100 a。在进行防水设计时,应综合考虑建设项目所在地的气候、水文、地质情况,并根据综合管廊结构特点、施工工艺、使用条件等进行防水设计。防水等级标准应为二级,结构必须满足安全性、耐久性和适用性的要求^[2]。

3 综合管廊防水工程

松江某综合管廊工程是上海市委、市政府确定的三个管廊项目试点之一,是松江新型城镇化建设的30项重点任务之一,更是“十三五”上海市级重大工程。松江某综合管廊一期工程拟容纳的管线包括110 kV和10 kV电力、通信、给水、燃气、雨水、污水等,全长约7.425 km。本工程具体建设范围见表1。

综合管廊防水工程主要以主体结构自防水为根本(防水混凝土),增强钢筋混凝土结构的抗裂、防渗能力(合理的混凝土级配、优质的外加剂)。同时,以变形缝、施工缝、预埋管等细部节点防水为重点,辅以外包的柔性防水层作为结构外防水。

综合管廊防水工程一般包括主体结构自防水、主体结构外防水和细部结构防水。

收稿日期: 2022-12-27

作者简介: 孙建海(1982—),男,硕士,高级工程师,从事工程管理工作。

表 1 本工程范围一览

工程名称	范围	断面形式	断面净尺寸 $(B\times H)/(m\times m)$	断面外包尺寸 $(B\times H)/(m\times m)$	管廊长度 / km
旗亭路	松金公路—松卫北路	双舱	$(2.6+2.7)\times 3.0$	6.3×3.7	2.749
白粮路	申嘉湖高速公路—玉阳大道	单舱	2.9×2.8	3.5×3.4	0.699
玉阳大道标准段	白茆路—官绍一号河、陈家浜— 披云门路	三舱	$(2+4.4+2.6)\times 3.8$	10.6×4.65	1.239
玉阳大道示范段	官绍一号河—陈家浜	双层六舱	$(2+4.4+2.6)\times 3.8;(2.95+1.45)\times 2.1$	10.6×7.15	2.768

3.1 主体结构自防水

综合管廊结构一般采用抗压强度等级 C35 及以上防渗混凝土，主体结构自防水主要依托于防渗混凝土的选择。根据综合管廊的埋置深度及地下水位情况,选用不同抗渗等级的混凝土。在地下水位较高处(如过河段),可加大结构壁厚,同时提高混凝土抗渗等级。防水混凝土设计抗渗等级见表 2。

表 2 防水混凝土设计抗渗等级

埋置深度 H/m	设计抗渗等级
$H<10$	P6
$10\leq H<20$	P8
$20\leq H<30$	P10
$H\geq 30$	P12

3.2 主体结构外防水

主体结构外防水主要采用柔性防水层（防水涂料、防水卷材）外包形式,以便使综合管廊结构形成闭合空间。主体结构外防水层可以有效保护综合管廊接缝,进一步阻断地下水渗入内部舱室。综合管廊外防水材料主要包括有机防水涂料、无机防水涂料、高聚物改性沥青类防水卷材、合成高分子类防水卷材等。本工程采用高分子自粘胶膜防水卷材,具体性能指标见表 3。

本工程玉阳大道示范段(双层六舱)一般断面防水工艺如图 1 所示。

3.2.1 底板

在底板浇筑前,预铺反粘(冷粘)1.2 mm 厚高分子自粘胶膜防水卷材(撒砂型)(见图 2)。高分子自粘胶膜防水卷材和底板混凝土中未初凝的水泥,在压力作用下,相向渗透、互穿黏结,形成巨大的分子间作用力。综合管廊主体结构和高分子自粘胶膜防水卷材之间的空隙,经过一系列物理、化学反应后(混凝土固化),基本上得到填充,消除了窜水通道。本施工工艺无需动火作业,同时避免了环境污染。

底板结构外防水一般施工工艺流程:基层清理→

表 3 高分子自粘胶膜防水卷材性能指标

序号	项目	性能要求
1	厚度/mm	≥ 1.2
2	拉伸性能	拉力 $I/(N\cdot 50\text{ mm}^{-1})$ ≥ 500 (纵横向)
3		膜断裂伸长率/% ≥ 400 (纵横向)
4	钉杆撕裂强度/N	≥ 400
5	冲击性能	直径 $(10\pm 0.1)\text{ mm}$,无渗漏
6	静态荷载	20 kg,无渗漏
7	耐热性	70℃,2 h 无位移、流淌、滴落
8	低温弯折性	-25℃无裂纹
9	防水水性	0.6 MPa,不窜水
10	与后浇混凝土剥离强度/ ($N\cdot\text{mm}^{-1}$)	无处理 ≥ 2.0
11	与后浇混凝土浸水后剥离强度/ ($N\cdot\text{mm}^{-1}$)	≥ 1.5
12	热老化 (70℃,168 h)	拉力保持率/% ≥ 90
13		伸长率保持率/% ≥ 80
14	低温弯折性	-23℃无裂纹
15	热稳定性	外观 无起皱、滑动、流淌
16	尺度变化/% ≤ 2.0	

卷材试铺→铺贴防水卷材→卷材接缝处理→末端收头→撒水泥粉→绑扎底板钢筋→浇筑混凝土。

防水层施工前,作业人员应将待施工结构基层清理干净。当基面出现潮湿现象时,利用空铺工艺进行处理。由于管廊防水层一般采用冷作业施工,如有钢筋焊接需要时,需在焊接处卷材面增设临时保护措施;当温度较低影响搭接时,可采用热风焊枪加热卷材搭接部位^[3]。

3.2.2 侧墙

管廊侧墙采用 1.2 mm 厚高分子自粘胶膜防水卷材(覆膜型),侧墙外立面的防水卷材施工完成后,再使用 40 mm 厚聚苯乙烯泡沫板外贴对其进行保护(见图 3)。聚苯乙烯泡沫板物理性能应符合表 4 要求。

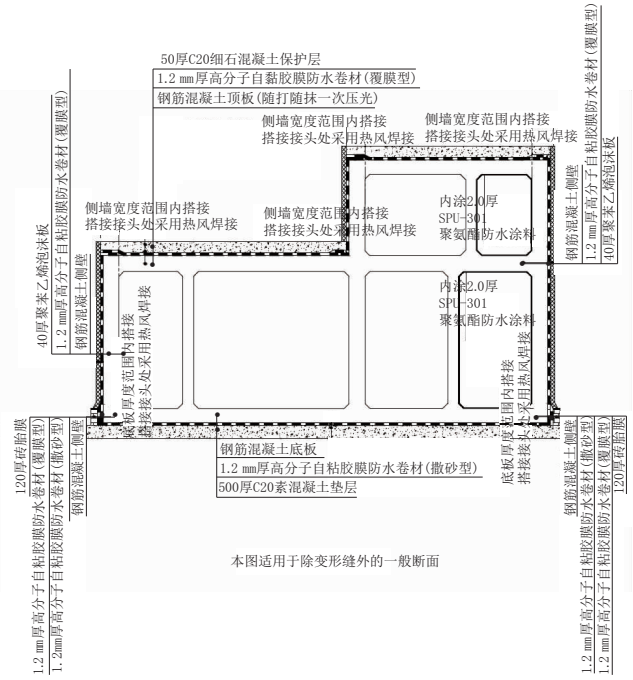


图1 玉阳大道示范段(双层六舱)综合管廊一般断面防水工艺

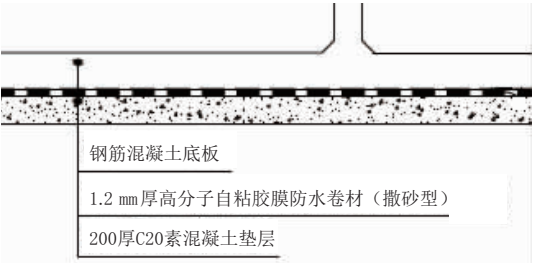


图2 主体结构底板外防水

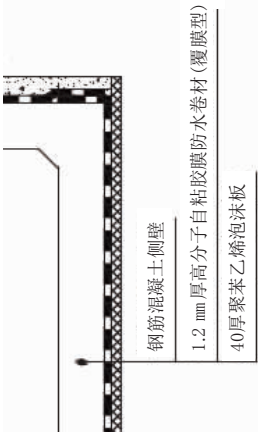


图3 主体结构侧墙外防水

侧墙结构外防水一般施工工艺流程:基面清理→涂刷基面处理剂→刮涂水泥素浆→卷材试铺→铺贴防水卷材→保护层施工→覆土回填。

3.2.3 顶板

综合管廊顶板常处于道路的绿化带正下方,覆土厚度一般约为2.0m。考虑到根系穿刺的问题,防水层可采用具有耐根穿刺性能的防水卷材(见图4)。顶板及侧墙防水卷材施工完成后,再使用C20细石

表4 聚苯乙烯泡沫板技术性能指标	
项目	性能要求
拉伸强度 /MPa	≥10
断裂延伸率 /%	≥200
不透水性(120 min) / MPa	≥0.3
低温弯折性 /℃	≤-20
热处理尺寸变化率 /%	≤2

混凝土做50mm厚保护层。

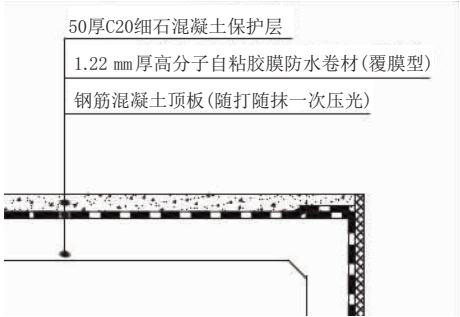


图4 主体结构顶板外防水

顶板结构外防水一般施工工艺流程:基面清理→刮涂水泥素浆→卷材试铺→铺贴防水卷材→保护层施工→覆土回填。

3.3 细部节点防水

综合管廊的细部节点部位较多,主要包括变形缝、施工缝、穿墙套管、对拉螺栓等。这些细部节点由于材料膨胀系数不一样,在外部环境发生变化时,结构界面处容易发生开裂,导致综合管廊产生渗漏水现象。细部节点防水措施,一是要保证不同材质组件紧密结合,二是要实现节点部位的全密封。

3.3.1 变形缝

当综合管廊地基承受荷载差别较大时,应设置变形缝。变形缝的设计要满足密封防水、适应变形、施工方便、检修容易等要求,一般包括天然橡胶止水带、聚硫密封膏、低发泡聚乙烯板等。本工程玉阳大道示范段(双层六舱)综合管廊变形缝处防水工艺见图5。

(1)变形缝的形式。变形缝主要包括平接变形缝和咬口变形缝两种形式。平接变形缝一般适用于地基承载力较好的地质情况。咬口变形缝对外力扰动适应性较好,一般适用于地基承载力较差的地质情况。本工程采用平接变形缝(平缝)防水工艺,具体见图6。

(2)橡胶止水带的安装。橡胶止水带按照工艺主要分为中埋式止水带和外贴式止水带两类。对于中埋式止水带,变形缝的中心十字线要与中间的空心圆环一致,止水带的连接缝要牢固、密实。对于外贴



图8 PVC防水密封组件样图

防水密封组件应具有可变径、阻燃防火、水密、气密等功能,能够通过内置橡胶分层剥离实现变径,通过螺丝拧紧实现压紧功能,最终达到长期防渗漏效果。

给水、中水、燃气等入廊管线一般采用预埋套管。预埋套管要防水性能好,有一定的抗变形能力。预埋套管铺贴高分子防水卷材时,加贴两层同类防水卷材,并使用防水密封膏嵌缝,套管中部使用沥青麻丝填严。套管式穿墙管防水构造示意图如图9所示。

4 结 语

综合管廊是目前世界上比较先进的城市基础设施建设方式。为实现现代城市可持续发展,采用有别于传统市政管线铺设方式将成为必然。城市地下综

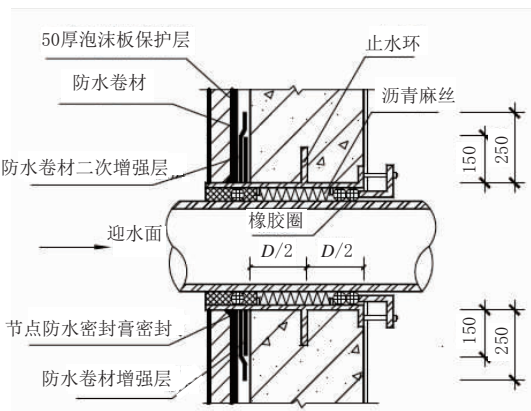


图9 套管式穿墙管防水构造示意图(单位:mm)

合管廊因其线性结构特点,设置有诸多变形缝或其他结构节点。这些部位若出现渗漏问题,将对主体结构和入廊管线的安全造成极其不利的影响,防水工程对于综合管廊的重要性不言而喻。

与其他地下工程一样,防水工程是城市综合管廊建设质量控制的关键环节。细部节点如变形缝、施工缝、预埋管等,是综合管廊防水的重点,因此应高度重视这些节点结构的防水设计与施工。

参考文献:

- [1] 张炳恒.三亚海棠湾城市地下综合管廊防水施工技术[J].中国建筑防水,2018,4(2):19-23.
- [2] 张勇.明挖法综合管廊防水技术探讨[J].中国建筑防水,2018,8(4):26-30.
- [3] 张浩,李小溪.明挖现浇综合管廊防水设计与施工技术探讨[J].中国建筑防水,2018,21(11):16-21.

(上接第299页)

- [8] 张海燕,周全,夏金东.超声缺陷回波信号的小波包降噪及特征提取[J].仪器仪表学报,2006,27(1):94-97.
- [9] 侯静.基于小波包分析的激光超声缺陷信号处理方法研究[D].太原:中北大学,2017.
- [10] 薛岩波,杨波,陈贞翔.小波分析在土木工程结构健康监测系统中的应用研究[J].山东大学学报:理学版,2009,44(9):28-31.
- [11] 丁幼亮,李爱群,缪长青.基于小波包能量谱的结构损伤预警方法研究[J].工程力学,2006,23(8):42-48.
- [12] 赵志宏.基于振动信号的机械故障特征提取与诊断研究[D].北京:北京交通大学,2012.
- [13] 翟文鹏,张小内,侯惠让,等.基于小波能量矩的嗅觉脑电信号识别[J].生物医学工程学杂志,2020,37(3):399-404.