

城市预制综合管廊设计与研究

杨 兵¹, 黄冬辉²

(1. 南京市市政设计研究院有限责任公司, 江苏 南京 210098; 2. 金陵科技学院建筑工程学院, 江苏 南京 211169)

摘 要: 城市综合管廊是地下空间集约式开发利用的一种形式, 而装配式预制综合管廊又是目前国家大力推动的管廊结构形式。结合北方某城市综合管廊的工程实例, 分别从预制综合管廊结构设计、止水设计及基坑设计中出现的新方法进行详细阐述、总结。尤其是对预制管廊止水设计提出了一种新的设计方法, 在实际工程应用中取得了较好的效果。

关键词: 预制综合管廊; 设计; 止水设计

中图分类号: TU990.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-755X(2019)03-0056-05

Design and Research on Urban Assembled Utility Tunnel

YANG Bing¹, HUANG Dong-hui²

(1. Nanjing Municipal Design Research Institute Co., Ltd., Nanjing 210098, China;

2. Jinling Institute of Technology, Nanjing 211169, China)

Abstract: Urban utility tunnel is a form of intensive development and utilization of underground space, and assembled utility tunnel is vigorously promoted by the state at present. Combining with the engineering example of a utility tunnel in the northern city, this paper elaborates and summarizes the new design methods of assembled utility tunnel structure, water sealing design and foundation pit design. A new design method for water sealing design of assembled utility tunnel is proposed in the paper, which has achieved good results in practical engineering application.

Key words: assembled utility tunnel; design; water sealing design

城市综合管廊是将排水、电力、燃气、通信等市政管线汇集并容纳于综合管廊中, 不仅有利于利用地下空间, 而且避免了由于埋设或者维修管线将路面重复开挖导致道路不畅以及维修费用较高的情况。城市综合管廊通常采用钢筋混凝土结构, 根据目前的综合管廊设计研究发展方向, 管廊主体结构形式可以分为预制拼装综合管廊结构和现浇混凝土综合管廊结构^[1]。

1 综合管廊的设计要点

1.1 预制管廊与现浇管廊优劣分析

预制拼装综合管廊与现浇整体式综合管廊的主要优缺点如下: 1) 现浇整体式结构布置灵活, 可适用于各种断面形式。预制拼装综合管廊需现场吊装, 受吊装能力的限制, 每个预制构件重量不宜过大, 同时截面变化不宜太多, 否则吊装困难, 一般情况下只能应用于综合管廊标准段, 如遇进料口, 进、出风口等非标

收稿日期: 2019-06-24

基金项目: 江苏省高校自然科学研究面上项目(16KJB560004); 江苏省基础研究计划青年基金项目(BK20160106)

作者简介: 杨兵(1981—), 男, 湖北荆州人, 高级工程师, 硕士, 主要从事结构工程研究。

准段应采用现浇整体式结构方案。2)现浇整体式综合管廊与预制综合管廊断面形式相同,且构件截面尺寸相同,故材料用量相同,同时两者对基坑开挖要求基本相同,故预制综合管廊与现浇整体式综合管廊的土建总成本相当。3)预制拼装综合管廊现场施工(场外施工)速度比现浇整体式综合管廊快,有比较明显的施工工期优势,一个标准施工段内,预制综合管廊比现浇整体式综合管廊缩短近 1/3 的工期。4)预制拼装结构整体性和防水性能较现浇整体式差,尤其是预制综合管廊的接头防水是薄弱环节,还有待研究^[2]。5)预制拼装综合管廊采用预制厂预制的方式,质量可靠,对环境影响小,在目前城市对大气管控比较严格的前提下,具有比较明显的优势。

预制拼装综合管廊是目前国家大力推动的管廊结构形式,本文主要针对预制综合管廊的设计研究做出阐述^[3]。

1.2 预制管廊止水设计要点

1)预制拼装综合管廊拼缝防水应采用预制成型弹性密封垫为主要防水措施,弹性密封垫的界面应力不应低于 1.5 MPa^[4]。2)接缝弹性密封垫应沿环、纵面兜绕成框型。沟槽形式、截面尺寸应与弹性密封垫的形式和尺寸相匹配^[4]。3)预制管廊接缝处应最少设置一道密封垫槽口。其中,密封垫槽口的截面积应为 1.0~1.5 倍的密封垫截面积。

1.3 预制管廊结构计算要点

1)综合管廊的土压力根据所处行业规范规定,宜为主动土压力或静止土压力,主动土压力可采用朗肯土压力理论计算。作用于综合管廊本体结构的土压力计算均按水土分算。不带横向拼缝接头的预制拼装综合管廊结构的截面内力计算模型宜采用闭合框架模型。2)管廊节点部分(如出入口、通风口、吊装口、交叉口等)结构计算,若有框架柱,宜按框架+剪力墙结构模型进行计算并根据框架+剪力墙结构来采用相应的抗震等级^[4]。

1.4 预制管廊结构基坑设计要点

综合管廊工程中,基坑工程的造价基本能占到工程总造价的 1/3~1/2,因此基坑设计尤为重要。在综合管廊基坑设计中,常用的基坑支护结构一般有水泥土重力式挡墙、钢板桩、三轴 SWM 工法、排桩挡墙支护、土钉墙支护+放坡开挖等形式,各种基坑设计方案的综合比较详见表 1 所示。

表 1 综合管廊基坑设计方案综合比较

序号	项目	综合造价	环境影响	围护施工周期	围护对内部结构 施工影响	对地下空间的 占用
1	水泥土挡墙重力式	较大	小	较长	无	大
2	钢板桩	较小	小	短	一般	小
3	三轴 SMW 工法	较大	小	较短	一般	小
4	钻孔东灌注桩+止水帷幕	大	小	长	一般	较小
5	土钉墙支护+放坡开挖	较小	较小	较短	无	较大

2 工程实例

2.1 工程简介

北方某地级市新建一条综合管廊,本工程主线管廊及 5 处过路管廊的标准段采用预制形式,其余节点采用现浇形式。

本综合管廊确定为四舱结构,标准断面采用两部分预制模块拼装而成,其中:电力、电信共舱,断面 2.2 m×3 m;给水、热力、中水共舱,断面 3.3 m×3 m;燃气舱 1.8 m×3 m;污水舱 2.95 m×3 m。综合管廊标准断面如图 1 所示。

2.2 预制管廊防水关键技术设计

预制综合管廊的接头防水设计是预制综合管廊成功与否的关键性问题,现行国家标准《城市综合管廊工程技术规范》(以下简称《规范》)中由于只要求设一条止水橡胶圈而使得预制管廊接缝处具有较低的抗

渗强度(图2),在管廊震动或者其他原因造成的变形时在承接机构处容易漏水或渗水而影响管廊的实用功能。《规范》中是通过规定拼缝接头的外缘最大张开量来防止管廊漏水,但该规定无法彻底解决管廊漏水的问题。

钢筋混凝土顶管施工期间要承受较大的顶力,使用期间承受内外水压力、土压力,要求接头有一定强度和良好的抗渗性能。这一点同管廊设计较相似。混凝土顶管接头有多种形式,如企口式、平接口式、双插口式和钢承口式等^[5]。钢承口式接头密封性能好、结构性能优,是目前顶管工程中最常用的接头形式(图3)。顶管钢承口式接头使用楔型橡胶圈,楔型橡胶圈适合于设置在管节互相咬合的地方,这一点可以为管廊工程所用。

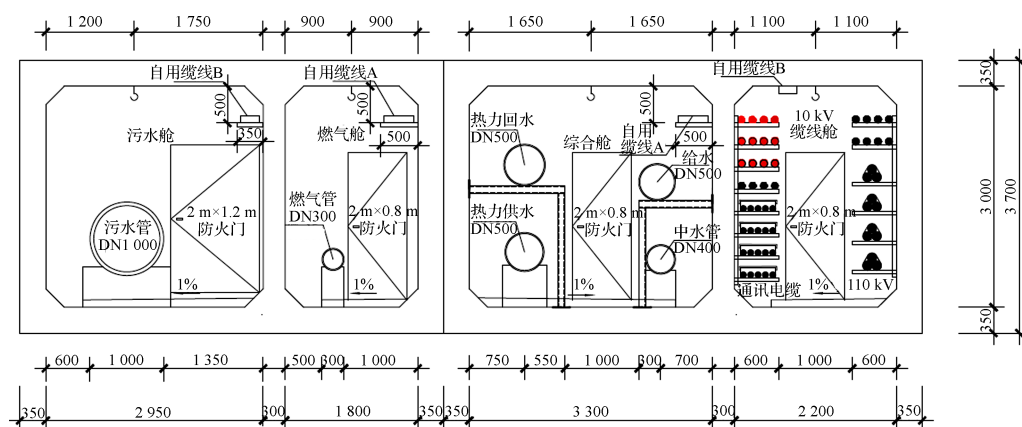


图1 综合管廊标准断面(单位:mm)

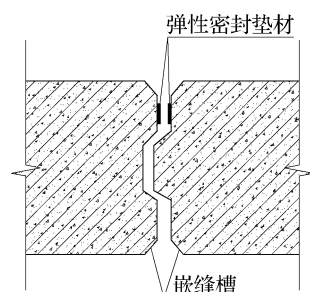


图2 拼缝接头防水构造

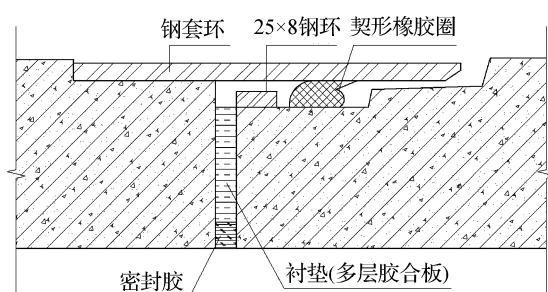


图3 顶管接头防水构造(单位:mm)

本工程管廊止水设计将顶管工程中的钢承口式接头和《规范》中的做法相结合,按照《规范》将复合密封垫1布置在管廊接口的垂直面(图4—图6),同时将楔形橡胶圈布置在管廊接口的斜咬合面(图5、图7),使得管廊在长期荷载作用下拼缝接头的外缘张开量对斜咬合面影响较小。本止水设计的方法将顶管止水技术与管廊止水技术相融合,使得预制综合管廊在使用期间能极少渗水甚至不渗水。极大地提高了工程的安全性。本工程的防水设计成功申请了国家专利(专利号:ZL201720200257.0)。

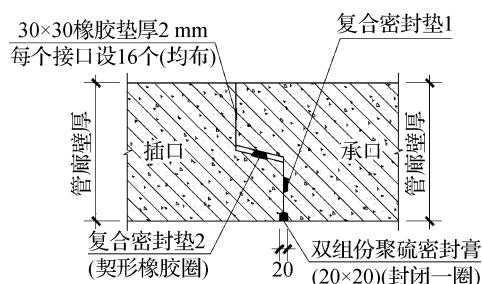


图4 预制管廊接口大样图(单位:mm)

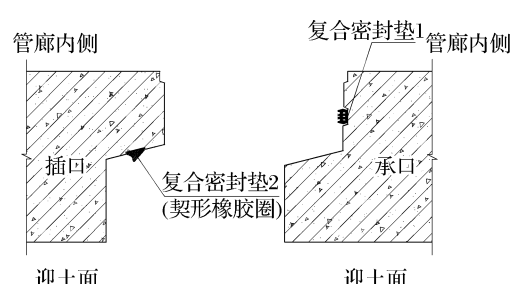


图5 复合密封垫断面(单位:mm)

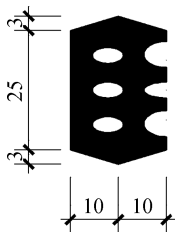


图 6 复合密封垫 1 断面(单位:mm)

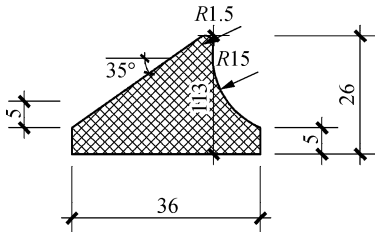


图 7 复合密封垫 2 断面(单位:mm)

2.3 预制管廊结构设计

本工程预制管廊混凝土采用 C40 防水混凝土,抗渗等级为 P8。钢筋采用 HRB400 级钢筋,底部垫层采用 C15 级素混凝土。

预制管廊结构的截面内力采用闭合框架模型,作用于结构底板的基底反力采用直线分布。根据计算结果,预制管廊底板厚度为 350 mm,壁板厚度为 350 mm。预制管廊的配筋根据不同埋深分级采用不同的配筋方式。管廊顶部覆土在 4 m 以内的定为 A 形,管廊顶部覆土在 4~6 m 以内的定为 B 形,管廊顶部覆土在 6~9 m 以上的定为 C 形。通过分级,可以根据管廊埋深确定不同级别的预制管廊,减少了钢筋用量,降低了工程造价。

本工程预制综合管廊采用北京理正结构设计软件进行计算。标准断面采用两部分预制模块拼装而成,每部分可单独建模计算。管廊顶部荷载按实际覆土自重设计,管廊底部荷载按净反力直线分布设计。管廊侧面的土压力采用朗肯土压力理论计算。根据内力计算结果,按照国标《混凝土结构设计规范》进行配筋设计。

2.4 预制管廊结构基坑设计

根据本工程的岩土勘察报告,本工程沟槽开挖后沟槽侧壁土层主要为:①—1 层杂填土,①—2 层杂填土,②层、③—1 层、③—2 层粉质黏土,③—3 层粉质黏土。根据基坑的开挖深度、周围环境的不同,综合管廊沿线分段采用不同的基坑支护形式:

1)对于基坑深度小于 6 m 的基坑:土钉墙支护+放坡开挖。本工程现状拟建用地多为农田,场地条件较为开阔。本标准区间段开挖深度约 4.50~6.00 m,且③—1 层、③—2 层粉质黏土土体工程性质较好,具备放坡开挖的条件,标准区间段可采用放坡开挖方式,放坡坡比约为 1:0.75。考虑到①—1 层杂填土和①—2 层素填土,土质松软,开挖时不能自立,土体易坍塌,且考虑到基坑暴露时间较长,应对坡面进行必要的防护,基坑开挖时可对坡面进行挂网喷浆,喷 80 mm 厚 C25 混凝土,内置钢筋网 $\Phi 8@200$,同时坡面打土钉, $\Phi 18, L=6.0\sim 10.0$ m。根据地质资料,①—1 层杂填土、①—2 层杂填土为弱透水~透水,③—1 层、③—2 层粉质黏土为微透水,坡面设置泄水孔,纵横间距 2 000 mm(图 8)。

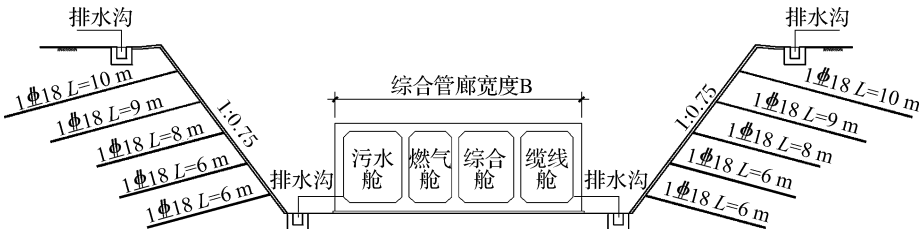


图 8 综合管廊土钉墙支护结构图

该方案工程造价较低,施工速度较快,但放坡开挖基坑宽度较大,对地下空间占用较大,因放坡基坑有部分位于车行道路床下,为避免对道路产生影响,基坑开挖施工后对基坑回填要求较高,需要精心施工。

2)对于基坑深度大于 6 m 的基坑:钢板桩支护+放坡开挖。为尽量减小基坑对地下空间的占用,尽量保留路床下地基土体,减少基坑回填的难度,可考虑基坑下部采用钢板桩支护,基坑上部采用放坡开挖的形式。基坑下部采用钢板桩支护,钢板桩长 12~15 m。基坑宽度为综合管廊总宽度+2.0 m。为保证

回填质量,基坑可选用中粗砂进行回填(图 9)。

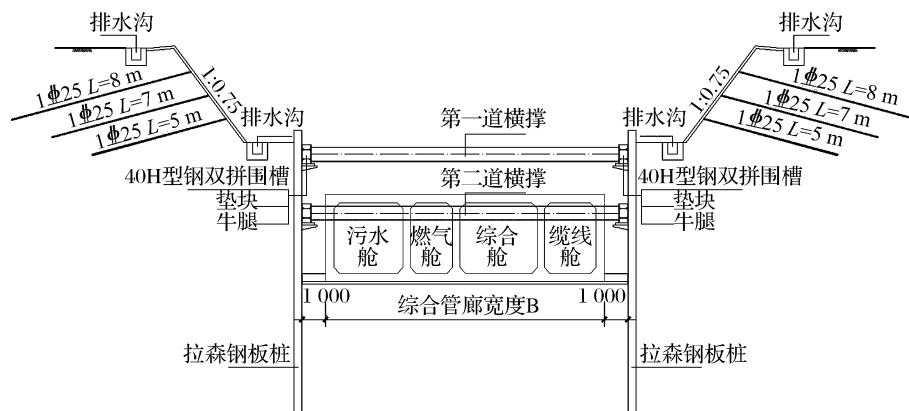


图 9 综合管廊钢板桩支护+放坡开挖支护结构图

放坡开挖+钢板桩支护较为适宜本段施工,同时工程造价较低,为进一步保证基坑的安全,考虑采用拉森钢板桩支护,在基坑中部和顶部设置两道支撑。拉森钢板桩作为一种新型建材,近年来在综合管廊基坑工程有较多的应用,拉森钢板桩不仅绿色、环保而且施工速度快、施工费用低,具有很好的防水功能。

3 结 语

城市综合管廊在城市建设中意义重大,综合管廊的建设是积极响应国家政策、顺应开发建设城市的需要。本文结合北方某地级市新建一条四舱结构综合管廊设计实例,从预制综合管廊结构设计中出现的新方法进行详细阐述、总结。在该工程施工过程中,各技术环节均全面考虑,各项技术措施使用得当,特别是对预制综合管廊的接头防水设计做了深入研究,该工程实施过程顺利,目前已正式运行。本文为类似工程提供了一种可行的结构设计方法,可供借鉴。

参考文献:

- [1] 胡翔,薛伟辰,王恒栋.上海世博园预制预应力综合管廊接头防水性能试验研究[J].特种结构,2009(1):109-113
- [2] 孔祥臣.预制拼装综合管廊接头防水性能研究[J].中国建设信息化,2012(11):50-51
- [3] 闵传杰,刘献伟.预制管廊“双胶圈+带锁紧装置承插式接口”设计及防水试验技术[J].中国市政工程,2018(4):64-66
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部.城市综合管廊工程技术规范:GB 50838—2015[S].北京:中国计划出版社,2015:15-20
- [5] 葛春辉.顶管工程设计与施工[M].北京:中国建筑工业出版社,2012

(责任编辑:谭彩霞)