

综合管廊结构设计要点及实例应用

秦亚琼, 吴立鹏

(武汉市政工程设计研究院有限责任公司, 湖北 武汉 430014)

摘要: 阐述了综合管廊结构设计要点,并结合工程实例,对综合管廊的设计要点进行深入分析。旨在从管廊施工工法选择、防水、管廊节点结构设计、关键性节点时应采取的措施等方面进行探讨,为综合管廊工程设计提供参考。

关键词: 综合管廊;结构设计;节点设计;防水设计;大直径顶管

中图分类号: TU990.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)09-0288-04

0 引言

城市综合管廊可高效利用土地资源,实现城市的可持续发展。对于综合管廊这种新兴的地下工程,设计或施工时不但容易受现状地下管网、轨道交通的影响,地下水的侵蚀也是必需要考虑的因素。近年来,城市管网的布置越来越复杂,作为百年工程,综合管廊的结构设计及施工中遇到的难点及考虑的因素越来越多,因此对综合管廊的结构设计进行必要的总结和探讨非常有必要^[1]。

1 综合管廊结构设计要点

结构设计应根据沿线的工程水文地质、总体规划要求、环境条件,对技术、经济、环保和使用效果作综合比较从而确定管廊的设计标准、防水做法、地基处理及施工工法。主要考虑因素有^[2]:(1)应考虑减少施工中和建成后对环境造成的不利影响,并考虑城市已有规划对本工程的影响;(2)贯彻落实国家的技术政策及经济政策,按政策及标准要求,使结构设计兼具技术先进,安全可靠,方便施工,经济合理的特点;(3)结构净空尺寸除满足工艺及其它使用要求外,并考虑施工误差、测量误差、结构变形及后期沉降的影响;(4)合理控制工程费用,节省工程总投资。

1.1 综合管廊结构验算

综合管廊是作为城市地下管线的“共同沟”,是重要的生命线工程,破坏后果严重,故结构的安全等

级为一级,主体结构设计使用年限为100 a^[3],管廊结构荷载分类详见表1。

表1 管廊结构荷载分类表

编号	作用分类	作用名称
1	永久作用	竖向及水平岩土压力(按实计算)
2		水压力(按实计算)
3		结构自重
4		装修或设备自重
5		地面建筑物的影响力(按时计算)
6		地面超载
7		混凝土收缩及徐变作用
8	基本可变作用	地面车辆影响力(按实计算)
9		风机等设备引起的动荷载
10		温度作用
11	其它可变作用	地面施工影响力
12		地震作用
13	偶然作用	火灾影响力

单、双、三舱综合管廊荷载类型和计算取值按下表采用。结构设计时应根据结构类型,对整体结构及单个构件进行力学分析,并分析可能出现的最不利组合,依相应的规范要求计算,并充分考虑施工过程中荷载的变化及运营过程中荷载的分布及演变分阶段计算。荷载按结构承载能力极限状态及正常使用极限状态进行组合,采用荷载—结构模式,按荷载最不利组合进行结构的抗弯、抗剪、抗压、抗扭强度和裂缝宽度验算^[4,5]。

综合管廊作为长线型地下工程,可取沿主体结构纵向1 m作为计算单元,采用“荷载—结构”模型进行分析,按平面应变问题考虑,计算结构的受力特

收稿日期: 2023-05-29

作者简介: 秦亚琼(1983—),女,硕士,工程师,从事市政结构设计研究工作。

性。明挖综合管廊典型结构计算模型见图 1,非开挖综合管廊典型结构计算模型见图 2。综合管廊的节点结构验算可根据工艺布置利用有限元软件进行结构的受力分析。

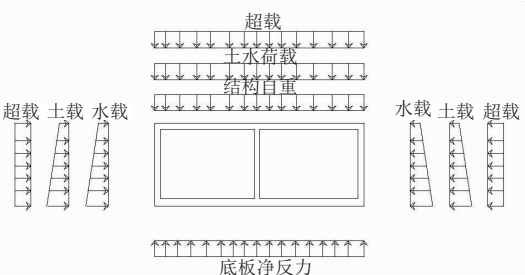


图 1 明挖综合管廊标准段结构计算简图

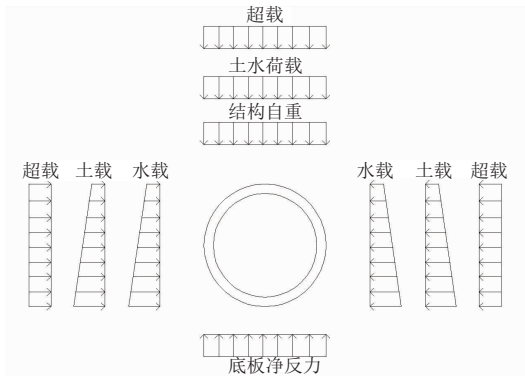


图 2 非开挖综合管廊标准段结构计算简图

1.2 综合管廊的抗浮设计与抗震设计

综合管廊结构抗浮工程措施常用的有：结构自重抗浮、锚杆(或基桩)抗浮、配重抗浮、通过地下水导渗系统使得在放空检修期间降低地下水位来确保抗浮安全等。综合管廊抗浮设计时,应综合结构特性、地下水位、地质土层情况、地形地貌、施工水平等因素,经技术、经济比选后最终确定抗浮措施。管廊基础存在浮力作用时应进行抗浮稳定性验算,抗浮稳定系数,一般情况下可取 1.05^[4]。

综合管廊结构设计应具有良好的整体性,避免抗侧力构件的刚度及承载力突变,通风口、进风口及人员出入口等出地面结构应根据功能、地形、地质条件选用合理的结构类型,提高其抗震稳定性。综合管廊的地震响应分析模型一般采用平面应变分析模型。对于交叉口等空间受力模型,应采用空间分析模型。

1.3 综合管廊防水设计

综合管廊为地下结构,设计施工用年限为 100 a,一旦出现漏水很难修补,故对管廊的防水等级要求较高。明挖综合管廊及节点工程防水类别为乙类,工程防水使用环境类别为 I 类,防水等级为一级;非开挖综合管廊及沉井法电力井工程防水类别为乙类,

工程防水使用环境类别为 I 类,防水等级为二级。

设计应依据综合管廊自身特点,确立钢筋混凝土结构自防水体系,即以结构自防水为基础,变形缝、施工缝等接缝防水为设计重点,并附加防水层加强防水,并根据工程防水类别、使用环境类别、结构特点、设计使用年限、技术经济指标、施工方法等综合确定防水方案,满足结构的耐久性和使用要求^[5-6]。

1.4 综合管廊施工工法选择

综合管廊常用的施工方法有:顶管法、盾构法、现浇法、预制拼装法、浅埋暗挖法等。

对于城市老城区现状道路下的综合管廊建设宜与道路改造、城区改造项目同步实施,宜采用非开挖的形式,如:顶管法、盾构法、浅埋暗挖法等。工作井、接收井加固体边线离区间边线最小距离要满足既有线路或重要构筑物的控制线要求。

对于新城区或者新建道路下的综合管廊,宜采用明挖施工。

1.5 综合管廊的支架设计

综合管廊支架设计包括层架、主架设计及二者的连接设计。层架、主架可采用钢质材质,也可采用铝合金材质,具体形式可采用型钢也可采用成品支架。但设计时都必须充分考虑受力特性、耐火性能、防腐、抗震^[7]等要求。

支架固定,通常采用埋件先置或后置的方法。预先埋设支架预埋件,优点为:耐久性好,力学性能好。缺点为:混凝土振捣时易引起埋件走位,有的埋件会陷入混凝土中 3~4 cm,由于埋件数量大,修补工程量巨大,为支架的后期安装增加很大困难。采用后期打化学锚栓固定支架的方案,优点为:保证了混凝土内表面的平整光滑,避免了埋件走位引起的后期修补,安装具有相当大的灵活性。缺点为:化学锚栓或者膨胀螺栓所用化学胶耐久性较差。管廊内支架的设计应考虑使用的要求、管线的布置、力学性能的要求、施工便利性、工期的安排等因素选择工程适用的支架。

2 工程应用

2.1 工程概述

岳阳赶山路综合管廊东起湘北大道,沿赶山路至在建的岷中路,南至樊陈路,东至规划的东坡路,形成环状的综合管廊系统。本次研究范围综合管廊全长约 6 055.1 m,其中三舱断面长约 3 523.131 m,双舱断面长约 2 451.969 m。管廊标准横断面见图

3 至图 5。

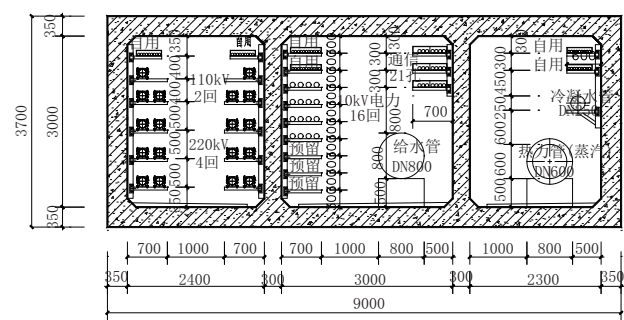


图 3 三舱综合管廊横断面(单位:mm)

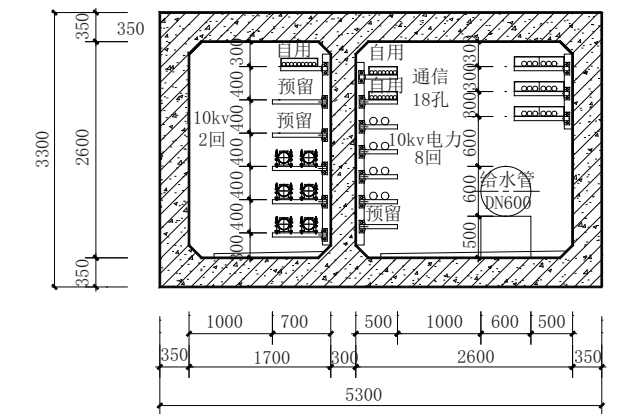


图 4 两舱综合管廊横断面(单位:mm)

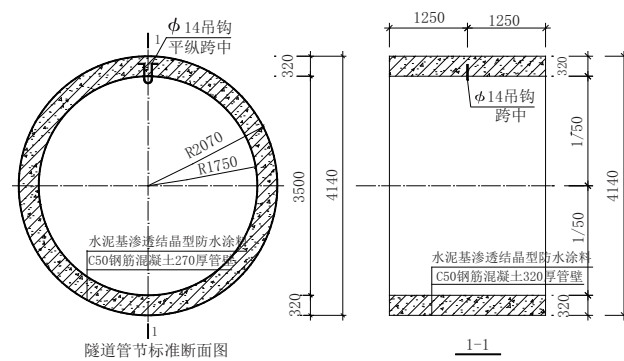


图 5 顶管段综合管廊横断面(单位:mm)

结合入廊管线的实际需求,综合管廊设置为高压舱、综合舱及热力舱。拟建综合管廊沿线地貌为低丘、边坡、水塘、湖泊、湖叉,场地高程范围为 31.62 ~ 59.32 m,地层自上而下分别为素填土、粉质黏土、全风化板岩、强风化板岩、中风化板岩、微风化石英岩。

场区地下水为孔隙水,赋存于素填土、粉质黏土及基岩裂隙中,受季节影响较大,主要接受大气降水补给,受季节影响较大,水量贫乏。

2.2 设计方案

根据管廊结构的设计标准,管廊主体结构采用现浇钢筋混凝土闭合框架结构,按管廊按埋深不同分区段进行设计。综合管廊变形缝间距按照小于 25 m 设计,综合管廊节点处不设置变形缝。在同一变形缝区域内,地基为土岩交界处应将本段的基岩超

挖 0.3 m 再设褥垫层。管廊节点设计主要包括进排风口、分支口、人员出入口、交叉口、吊装口、逃生口、转折点等,节点的结构设计按照工艺布置对节点结构进行受力分析,并考虑三维计算结果对配筋进行进一步优化^[7,8]。

管廊支架的主架及层架均采用 Q355B 材质,主架为成品预埋槽,与主体结构同步浇注,层架为型钢,主架与层架采用连接板及 T 型螺栓连接。并依据抗震计算设置纵向及横向抗震支架。

由于本工程为永久性结构,对抗浮桩(锚杆)施工质量及可靠性要求较高,由于管廊标准段覆土均为 2 ~ 3 m,自重抗浮均满足要求。在覆土较小的管廊节点处依据不同地段的地质状况以及施工的便利性,采用以下措施满足管廊抗浮要求:在基坑无肥槽地段管廊节点采用灌注桩抗浮,在设置基坑肥槽区域管廊节点通过底板外挑方式依靠结构自重及覆土压重满足抗浮要求。

管廊主体结构采用的混凝土强度等级为 C40(抗渗等级为 P8),外防水从工程可操作性分析,采用以下设计方案,见表 2、表 3。

位置	外防水做法
顶板	防水卷材 + 耐根穿刺防水层
底板	防水卷材 + 聚合物水泥防水砂浆
侧墙	有肥槽: 自粘防水卷材 + 防水涂料 无肥槽: 自粘防水卷材 + 预铺反粘防水卷材
侧墙	中埋式橡胶止水带 + 背贴式止水带 + 嵌缝材料 + 防水卷材
变形缝	顶板: 中埋式橡胶止水带 + 嵌缝材料 + 防水卷材 + 耐根穿刺防水层 底板: 中埋式橡胶止水带 + 背贴式止水带 + 嵌缝材料 + 防水卷材 + 聚合物水泥防水砂浆
施工缝	钢板止水带 + 遇水膨胀止水条 + 混凝土界面处理剂

位置	外防水做法
管节	管节外部涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料
管节接缝防水处理	1.采用两道橡胶止水圈、内置遇水膨胀圈及后备钢环焊接三道防水措施; 2.在管节两内侧均预埋环形钢板,管节施工安装后若接缝处出现渗水现象时,加焊一圈钢板止水,同时可在外侧采取注浆加固等措施止水

2.2 施工方案

本工程可采取的施工方案及施工方案比选见表 4。

表 4 综合管廊施工工法比选表

工法	盾构法	顶管法	明挖法
对交通的影响	施工竖井占地面积大	施工竖井少,施工场地集中,占地面积少	需要占用道路,占用场地面积大
施工难度及风险	工法成熟,施工难度和风险小	工法成熟,施工难度较小和风险小	工法成熟,难度小,施工风险较小
对环境的影响	施工时控制地面沉降较容易,安全可靠	施工时控制地面沉降较难,对于砂层,易产生沉降,安全可靠	若在道路上,则对交通影响很大
对地下管线的 影响	仅竖井处影响	仅竖井处影响	管线拆迁量大
优点	1.对既有交通、周围环境影响较小; 2.对地表沉降控制方面优势突出; 3.施工较顶管及暗挖安全性高; 4.较顶管法及暗挖法一次性盾构距离较长	1.对既有交通、周围环境影响较小; 2.相对盾构法,顶管一次性顶进的距离较小	1.综合管廊节点较多,明挖法易于管廊节点的施工; 2.结构纵向接缝较少,环向不存在接缝,整体性、防腐性、抗渗性能相对较有优势; 3.方法简单,施工技术较容易控制; 4.工程费用低
缺点	1.结构环向有接缝,采用分块模式,整体性、防腐性、抗渗性能差; 2.施工期间占地面积较大; 3.埋深较深,如果覆土厚度不够,容易造成灾害	1.结构纵向存在接缝,整体性、抗渗性能相对明挖现浇法较差; 2.特殊部位设置比较困难; 3.费用较高	1.混凝土需要养护,混凝土浇筑噪声大,周围环境污染大; 2.交通及环境冲击大,需有妥善的交通维持计划; 3.地下管线需要考虑吊挂或迁移
工期	根据工期目标,决定盾构机的数量;工期比较灵活,施工速度较快。	根据工期目标,决定顶管机的数量;工期比较灵活,施工速度快。	基坑深度浅时施工速度较快
防水性能	一般	一般	好
土建投资	高	高	低

3 方案对比结果及分析

(1)本工程综合管廊在工程范围两侧场地较为开阔,具备大开挖施工条件,且明挖法投资相对较为经济,故推荐采用明挖法进行施工。

(2)在赶山路穿越现状人行通道、现状车行通道段均采用暗挖下卧通过,尽量减少对现状道路及通道的影响。

(3)本工程赶山路两舱综合管廊穿越湘北大道,综合考虑管线需求、工程费用、施工难度等方面因素,为最大程度减小了对现状湘北大道交通影响,采用顶管施工。具体方案如下:穿湘北大道(高架桥结构)段给水、中低压、通信管线敷设于1座内径为3.5 m管廊内(顶管法施工),高压管线敷设于1座内径为3.5 m管廊内(顶管法施工)。该工程工作井及接收井兼做综合管廊进风口、吊装口、排风口等,工作井采用沉井施工,接收井采用明挖法施工^[9]。

(4)依据地勘圆形顶管均位于全风化板岩层、强风化板岩层、中风化板岩层,均为极软岩-软岩。结合现场条件,圆形顶管采用泥水平衡法施工。

4 结 语

(1)对于较复杂管廊设计节点,建议采用三维计

算那软件进行力学分析,了解管廊节点的内力分布特性,保证廊体结构设计的安全及合理。

(2)设计阶段依据综合管廊所在工程区域的不同,确定不同的防水设计及施工工法,对于工程的顺利实施意义重大。

(3)预估可能出现的不利工况,采取必要的预防措施,保证综合管廊的可靠度。

(4)综合管廊支架设计应充分考虑受力特性,施工便利、后期维护方便等因素选择合适的支架系统。

参考文献:

[1] 卜令方,汪明元.我国城市综合管廊建设现状及展望[J].中国给水排水,2016,32(22):57-62.

[2] 荣哲,孙玉品.城市综合管廊的设计与计算[J].工业建筑,2013(S1):230-232.

[3] GB 50838—2015,城市综合管廊技术规范[S].

[4] JGJ 476—2019,建筑工程抗浮技术标准[S].

[5] 李兆峰,王玉芬.城市综合管廊防水难点探讨及复合防水层在其工程中的应用[J].中国建筑防水,2017(9):68-69.

[6] GB 55030—2022,建筑与市政工程防水通用规范通[S].

[7] GB 50191—2012,构筑物抗震设计规范[S].

[8] 魏东方,王斌.合肥高新区综合管廊结构设计要点探究[J].山西建筑,2017(19):51-52.

[9] 陆善佳.某综合管廊顶管工程结构设计要点探讨[J].广东土木与建筑,2019(26):84-86.