

城市电力管廊土建结构设计分析

王 伟¹ 王熠辰²

1. 广州市市政工程机械施工有限公司 广东广州 510000

2. 捷普电子(广州)有限公司 广东广州 510700

摘 要: 地下综合管廊是一种在地下埋设的隧道或沟道, 它可以充分发挥城市的地下空间和美化环境。本文结合综合管廊工程, 阐述了该系统的设计方法与施工技术要点。

关键词: 地下综合管廊; 设计; 施工; 泥水平衡顶管法; 注浆; 施工监测

Design and analysis of civil construction of urban power pipe corridor

Wei Wang¹, Yichen Wang²

1. Guangzhou Municipal Engineering Machinery Construction Co., LTD., Guangzhou, Guangdong 510000

2. Jip Electronics (Guangzhou) Co., LTD., Guangzhou 510700, China

Abstract: The underground comprehensive pipe corridor is a tunnel or channel buried in the ground, which can give full play to the underground space of the city and beautify the environment. Combined with the comprehensive pipe corridor project, this paper expounds the design method and key points of construction technology of the system.

Keywords: Underground comprehensive pipe gallery; Design; Construction; Mud-water balanced pipe jacking method; Grouting; Construction monitoring

引言:

随着我国城镇化的不断深入, 小城镇建设的加快, 管道工程日益受到人们的关注。为了促进城市地下管道的发展, 国家办公厅出台了《关于加强城市地下管线建设管理的指导意见》。城市建设中, 电力管线入地是一个重要的问题, 目前, 在10kV以上的城市, 大部分使用了地下管线, 而在高压线路上, 却很少使用地下管道, 这主要是由于工程技术复杂, 造价高, 运营管理难度大。随着城市化的发展, 原本在城市外围的高压变电站逐渐被纳入市区, 变电站架空线路对周边环境和地块开发产生了负面影响。本文正是在此背景下提出的, 经过精心设计施工, 比较完善的地下高压电力管廊的建设、施工。结合电力管道工程施工实例, 阐述了施工过程中遇到的困难, 并对主要结构进行了详细的计算和分析。

一、城市地下管廊的类别

1. 市政管道

(1) 给水管道: 供水管路是城市生活用水、工业用水、园林绿化灌溉用水的重要组成部分。(2) 污水管道:

我们日常的生产和生活废水, 以及城镇的工业废水, 将由自流或增压的排水管输送。(3) 采暖管线: 是我国南方较为普遍的采暖方式, 多用于城市居民、事业单位和工业园区。(4) 燃气管道: 为住户提供煤气用的输气管。(5) 原料供给管道: 是一种主要供应原材料的工业产品。(6) 交通运输管道: 在城市地下修建地铁, 以降低道路上的交通流量。

2. 城市线缆

(1) 供电: 将地上的电缆传输至地下, 节省了大量的地面空间, 减少了电缆在地表的风吹日晒中的损耗, 确保了电力的可靠与安全。(2) 信息通讯: 现代通讯技术的发展需要依靠通信线缆, 随着通讯的迅速发展, 通讯电缆的重要性不言而喻, 而在这个技术的推动下, 城市的高速化发展也正是在此技术基础上不断发展起来。

3. 综合管道

主要用于敷设城市某方面的专业管网和; 城市地下管网通常都是沿着城市街道沿路铺设的, 而人行道通常

都是用于铺设供热管线。

4. 城市地下综合管廊的组织结构

图1就是一个典型的城市综合管廊结构图：

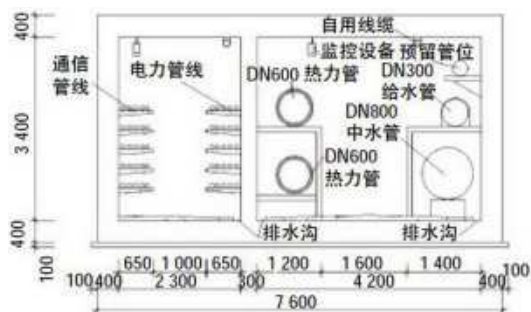


图1 城市综合管廊剖面结构图

(1) 管廊的本身：管廊本身为钢筋水泥，一般是现场浇筑和预制施工，用于支撑各种管线。(2) 管线：管线是管道系统的基础设施，最初是由电力、煤气、污水、供水等管道组成，从现在的情况来看，所有的管线都可以连接到城市管廊中。(3) 监视装置：对管廊内的湿度、气体浓度、气温进行监测，以确保管道内的空气品质，并发掘出可能存在的隐患。(4) 通风：在地下埋设管线时，通常会在施工期间采用机械通风，以确保工人的生命安全，并确保管道的使用寿命。(5) 排水系统：在管道工程中，不可避免的会发生渗漏、雨水等问题，给工程带来一定的影响，所以在工程建设中要设置排水系统。

二、城市综合化管廊设计规划的主要优势

在新的历史条件下，城市综合管廊的设计要合理、科学，它的主要优点是：城市的综合管廊可以实现城市的一体化管理，提高城市的地下空间利用率，有效的节省城市的建设费用。

1. 有助于市政管线统一管理的实现

在我国的城市管廊系统中，存在着许多具有特殊性的管道，与地区的安全的、稳定的运行有着密切的联系。其中，加强对城市管道的统一监管，可以有效地提高管道维护工作的效果，从而极大提升城市管道管理工作的效率和水平。

2. 有助于提升城市地下空间利用率

随着城市化进程的加快，城市的可利用用地日益减少，土地的供应也日益紧缺。因此，为了让这座城市看起来更加美观，电话线、电线、通信线路、高架线路等，都被搬到了地底，这就造成了越来越多的地下管道，使得地下管道的规划和设计越来越复杂。而在这种情况下，管道系统的布置也会越来越严格。在这种情况下，可以

极大地提高地下空间的使用效果。

3. 有利于有效节约城市建设的成本

(1) 在城市管廊工程中，初期投资会比较高，但一旦建成，将极大地降低管廊的维修和运营费用，从而提高工程的经济效益。在管道更换时，无需反复挖掘，降低了对车辆的运输造成的损失，降低了对路面的养护费用。(2) 地下管道分布不均匀，易被地下水或土壤中的酸性和碱性物质侵蚀，但在管道库内设置多种管道，可以提高管道的寿命，降低管道维修和改造费用。(3) 常规管道铺设作业时，很难准确掌握铺设地点，加之采用高距离埋设管道等反复开挖，会给城市的交通带来很大的不便。采用一体化的管道系统，能够对各类管道进行统一的维修和管理，从而有效地降低管道重复挖掘造成的经济损失。

三、综合管廊设计技术水平

国外已经有了相当长的时间来设计和使用地下综合管廊，其设计技术和施工技术都在逐步完善。目前，国外一些发达国家已经制定了相应的施工技术，并且已经形成了较为成熟的技术，但是，在实际应用中，国内相关设计规范常常需要参考国外的经验，根据管线特性、施工工艺、材料性能、地质情况等因素，再结合我国的实际情况，进行相应的设计与施工。

2015年《城市综合管廊工程技术规范》的颁布，使得我国的综合管廊在设计和施工上得到了进一步的规范和规范，并在一定程度上得到了发展。加强市政管道施工的安全和标准，必须严格遵守有关规定。近年来，BIM技术的迅猛发展，为城市综合管廊的设计问题提供了技术支撑。将BIM技术引入到综合管廊的设计中，可以显著提高整体管廊的设计效率和质量。

1. 综合管廊规划

综合管廊规划要与城市总体规划、地下管线总体规划、地下空间规划、道路规划等保持联系。在规划中，要合理地确定综合管廊的建设范围、时间范围，并与城市总体规划相适应，并为长远发展提供一定的空间。综合管廊的规划要因因地制宜，科学合理，统筹考虑城市新区和老城区的发展。

2. 断面布置

根据入廊管道类型、规模、施工方式、预留空间等因素，决定了管廊的分仓、断面形式和控制尺度。综合管廊的管线布局，要考虑管线类型、规模和周边土地用途。综合管廊标准截面的内部净宽度，要根据所能容纳的管道类型、数量、安全距离、铺设维护空间、人员通

行空间、工程经济等因素来确定；管道的净宽应满足管道、配件和设备的输送。

3. 消防系统

在综合管廊中，电缆的耐火性能必须满足GB 50217-2007《电力工程电缆设计规范》中有关规定。当前的灭火系统有喷雾灭火系统、自动水灭火系统和移动水灭火系统。2003年，上海市安亭新镇的总管道工程总长5.8公里，包括自来水、电力（10kV、35kV）和通信管线，管道上方设有独立的煤气储罐，并配有自动喷水灭火装置。

4. 通风系统

综合管廊采用自然进风和机械排风相结合的通风方式。天然气管道仓采用机械进、排风的通风方式。机械排风系统为自然进风和机械排风，配有全自动排烟百叶、双速风机、全自动排烟防火阀、止回阀等。

四、工程概述

某电力管道工程是根据某市政城市道路南北两旁地块内部的现状的220kV输电线路在地面上铺设的。全线采用顶管敷设方式新建成D2400mm电力管道569m，D3000mm电力管道1622m；新建2孔3米X3米的电力管道，采用开挖敷设方式施工，新增9m环形电力顶管工作井2个，接收井1个；一口16.5米*9米的矩形顶管工作井，一口15m*15m的矩形电力顶管接受井。

本文主要叙述电力管廊土建设计中的难点内容，主要有以下几点：

1. 大直径顶管管节的设计

(1) 顶管管节结构

顶管管节有3种类型：P1：3米的内径、0.3米的壁厚和2.5米的节长；P2：3米的内径，0.3米的厚度，1.5米的节长；P3：2.4米的内径，0.24米的壁厚，2.5米的节长。管节节段采用插头形式，其主要防水方法是将插头钢环与节节侧壁之间填入管节侧壁间填充楔形橡胶圈和两条遇水膨胀胶条，然后在管节的外侧填充聚硫胶。在施工完毕后，在管节内壁接口焊接钢环，以达到更好的止水作用。

(2) 顶管计算条件

利用有限元分析软件，对1米长度的钢管节段模型进行了数值模拟。在附图2中显示了该有限元建模。边界条件：在120°的水平面上设一般支撑，约束顶管3个方向的位移，120°以下采用节点弹性支撑，并以“m”的形式进行刚性分析。荷载：考虑自重、垂直土压力、侧土压力、静水压力、地面堆载、整体升降温和梯度温

度等因素。

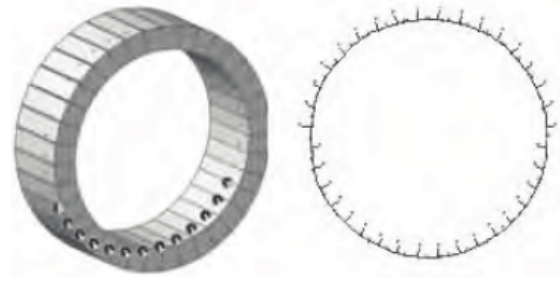


图2 管节模型图

计算顶管顶进过程中的顶力，计算公式为：①在顶管工程中，应选用泥水平衡式顶管；②在管道内应用了触变泥浆减阻，降低了管道的摩阻力，摩擦系数为7kN/m²；③顶管顶进长度为150米，大于120米时，可采用并设置中继间。

2. 顶推工作井的设计

(1) 工作井构造

在4#工作井中，4#井是一种9m*16.5m的正方形工作井。井壁上部为80厘米，下部为110厘米，下部为2个3.8米的顶管出洞口，在北面的井壁上预留一个3米宽×2.2米的顶管出口，而在上部的东侧，则留有一个3米×2.2米的预留孔。在井底设有刃角，刃角长为140厘米，踏面宽度为20厘米，刃角斜面与水平面刃的角度为54°。底板为80厘米，下设60厘米混凝土，40厘米为MU30浆砌块石。

(2) 沉井计算条件

根据《给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规程》(CECS137:2002)，对该沉箱进行了结构计算，并对其进行了分析。以下是计算的条件：

①沉井施工中在不考虑水压力和浮力的情况下，采取了井外排水下沉法，并对结构在自重、土压、土抗力、顶管顶力等方面进行了计算。

②混凝土容重为25kN/m³，素混凝土为23公斤/立方米，土容重按19kN/m³，内摩擦角为30°。

③根据技术规范，结合各层的力学参数，对井壁与土体的摩擦系数进行计算。

④顶管机后座的垫板以3米×3米为单位。由于4#工作井具有2个方向的顶力，3#和4#井间有2个3m的顶管，在施工过程中可能会出现两个3m的顶管，为了对结构在施工过程中的受力进行精确的计算，采用有限元软件对4#沉井进行了三维有限元建模。计算分为工况1：1#井到5#井的一次顶管施工；工况2：4#井到3#井2孔顶管施工。在图3中显示了有限元模型。

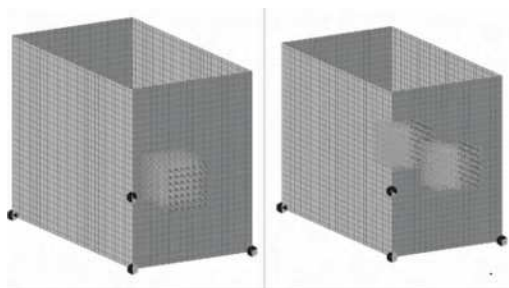


图3 4#工作井有限元模型

3.顶管施工地面沉降模拟分析

电力管廊在2#供电井与3#供电井之间,电力管廊与2#供电井的距离比较近,在3#供电井与4#供电井之间通过天朗桥,对两个顶管施工的地表沉降进行了计算,并利用专业的岩土工程分析软件对顶管进行了平面建模。

(1) 铁塔处地面沉降

管道顶标高为-5.1米,管外直径为2.88米,壁厚0.24米。通过仿真分析,得到了地表沉降的计算结果。由分析结果得知,在顶管施工期间,管道顶地面向上升3mm左右,周围地表轻微下陷。

(2) 天朗桥处地面沉降

管道顶标高为-5.9米,管的外径为3.6m,壁厚0.3m。根据计算结果,在顶管施工期间,管道顶地面向上隆起6mm左右,周围地表轻微下陷。在有效的施工控制下,顶管施工对周边铁塔、桥楼等的影响是可以控制的。管线顶部略有隆起,位移均在允许的范围内。

五、结束语

综上所述,本文认为,随着我国城市化进程的不断加快,城市基础设施的建设也越来越迫切。为确保所采取的设计方案具有合理性和科学性,必须根据城市地下综合管廊结构的特点和施工要求,对各个关键环节进行明确,明确各个参数,从而提高其设计的正确性和科学性。

参考文献:

- [1]杨斌,杜贞爱,柳琦,龚哲,姜学鹏.城市综合管廊电力舱火灾数值模拟[J].消防界(电子版),2021,7(09):74-75.
- [2]张晋,徐大军,宋文琦,陶鹏宇,薛岗.城市综合管廊电力舱火灾行为试验研究[J].地下空间与工程学报,2020,16(06):1818-1825.
- [3]夏至.浅谈城市电力管廊土建结构设计[J].江苏建筑,2020(03):51-53.
- [4]王薇.城市地下综合管廊电力设备故障诊断研究[D].吉林建筑大学,2020.
- [5]朱俊栋,赵峻峰,罗永斌,唐宝锋,刘敬文,张章.城市地下综合管廊政策标准概况及对电力线路入廊的影响[J].河北电力技术,2019,38(05):58-62.
- [6]张立丰.复杂水文地质条件下城市装配式电力管廊施工关键技术开发研究.山东省,中铁十四局集团第四工程有限公司,2018-09-09.
- [7]王清标.濒海滩涂地带城市预制拼装式电力管廊施工关键技术研究.山东省,山东科技大学,2018-09-09.
- [8]朱新红,林惊.城市地下综合管廊的体系构建与电力电缆通道规划的关系——以《南京市城市地下综合管廊总体规划》为例[C].规划60年:成就与挑战——2016中国城市规划年会论文集(02城市工程规划),2016:371-379.
- [9]中国混凝土与水泥制品协会排水管工作部.积极推进城市综合管廊在市政基础设施建设中的推广与应用——现阶段我国地下综合管廊发展应用现状调查[J].混凝土世界,2014(7):22-27.
- [10]宋文波.北京市综合管廊规划建设现状及发展趋势[J].建筑机械,2016(6):16-21.