

地下综合管廊与地铁车站同期建设方案优化研究

曾国华,史金栋,台启民

(北京京投城市管廊投资有限公司,北京 101500)

摘要:以北京市王府井地下综合管廊与地铁8号线王府井北站同期建设为工程背景,根据地下综合管廊、车站主体和降水导洞三者的不同结合程度,研究对比综合管廊与地铁车站共构和地铁车站降水导洞兼作综合管廊2种同期建设方案。从2种方案的工程造价、施工风险、环境影响、使用要求等方面进行了对比分析,得出了铁车站降水导洞兼作综合管廊的设计方案相对较好。

关键词:地下综合管廊;地铁车站;降水导洞;方案优选

中图分类号: TU 990.3; U 231.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7767(2017)03-0072-05

Scheme Optimization of Synchronous Construction of Utility Tunnel and Metro Station

Zeng Guohua, Shi Jindong, Tai Qimin

地下综合管廊是指在城市地下用于集中敷设电力、通信、广播电视、给水、排水、热力、燃气等市政管线的公共隧道,并设置专门的检修口、吊装口和监测系统,实施统一规划、设计、建设,共同维护、集中管理^[1-2]。与直埋管线相比,综合管廊既可以集约化敷设管线,节省地下空间,又可以保护管线免受地下水和土壤的腐蚀,且便于施工和运营管理,能避免道路重复开挖,优势明显^[3-5]。综合管廊是城市市政基础设施建设现代化的重要标志之一^[6]。

随着城镇化的不断发展,我国正在大力推进城市地下综合管廊建设^[7]。国务院办公厅于2015年8月发布了《国务院办公厅关于推进城市地下综合管廊建设的指导意见》(国办发[2015]61号),从总体要求、统筹规划、有序建设、严格管理和支持政策5个方面对我国城市地下综合管廊建设给出了指导意见。目前,全国有30多个大中城市陆续开始启动地下综合管廊试点工程。

近年来城市地铁建设已成为全国各大城市解决人口和交通等问题的首选方案,发展十分迅速。以北京市为例,2016年在建地铁线路达16条,到“十三五”规划末(2020年)预期运营里程将达900 km。

地下综合管廊与地铁车站虽然都是对城市地下空间进行有效地开发利用,但是二者尚缺乏统一规划、

综合利用以及同期建设方面的研究和经验^[8]。地下综合管廊与地铁车站同期规划建设能够更加合理、经济地利用地下空间资源,是值得关注的方向。

笔者以北京市王府井地下综合管廊与地铁8号线王府井北站工程为背景,提出地下综合管廊与地铁车站同期建设的思路,从经济性、风险性、功能性等多个方面对2种同期建设方案进行比较分析,最后给出较优的方案,以供类似工程参考。

1 工程概况

1.1 工程位置

王府井地下综合管廊(一期)工程位于北京市王府井大街道下方,北起地铁8号线三期工程右线设计起点,南至东单三条路口北,与规划地铁8号线三期的王府井北站及其两端区间段同路由,总长约1 828 m,如图1所示。

1.2 工程地质与水文地质概况

1.2.1 工程地质概况

地层自上而下共分为11个大层,主要包括人工堆积层、新近沉积层和第四纪沉积层。第1大层为人工堆积层,一般厚度为2.50~7.40 m;缺失的第2大层为新近沉积层;车站主体的开挖位于第四纪沉积层,即第3~11大层,其中卵石、圆砾④层的层顶标高为30.13~35.57 m,下面依次是粉质黏土⑤层,层顶标



图1 王府井地下综合管廊(一期)工程

高为 24.73~27.77 m,卵石、圆砾⑥层,层顶标高为 21.73~24.77 m,卵石、圆砾⑦层,层顶标高为 10.83~13.37 m。

1.2.2 水文地质概况

该车站勘察期间于拟建场区内(最深 54 m)量测到 4 层地下水,各层地下水水位情况及类型见表 1。

1.3 工程周边环境

该车站拟建场区所涉及的建(构)筑物、地下管线、道路及交通情况包括:

1)建(构)筑物:拟建车站附近分布有懋隆黄金、海港城等建筑,其中车站南端的懋隆黄金的半地下室

表 1 地下水水位量测情况一览表

序号	地下水类型	地下水稳定水位(承压水测压水头)/m		主要含水层
		水位埋深	水位标高	
1	上层滞水	4.00~6.00	40.33~41.98	黏质粉土、砂质粉土③层及杂填土①层、黏质粉土① ₁ 层
2	层间水	19.10~21.10	25.13~27.32	卵石、圆砾④层及细砂、中砂④ ₁ 层
3	潜水-承压水	26.30~27.10	19.16~20.03	卵石、圆砾⑥层及细砂、中砂⑥ ₁ 层
4	承压水	27.60~30.70	15.53~18.59	卵石、圆砾⑦层及细砂、中砂⑦ ₁ 层

结构西侧与主体导洞最小间距为 12.68 m;另外,海港城已施工至地面 3 层,基坑已部分回填,在海港城在建项目完成前,地铁施工需截断其地下围护结构锚索(杆)。

2)地下管线:车站主体暗挖拱顶分布着大量有水有压管线。管线大部分与车站顺行,其中 $\varnothing 400$ mm 以上管线有 11 根,另外主体结构纵向下穿 DN1 050 mm 雨、污水管,竖向与导洞拱顶间最小距离分别为 8.86 m 和 7.78 m。

3)道路及交通:拟建场地位于王府井大街与东安门大街相交处北侧,路面人流量及车流量较大,对施工影响均较大。

2 地下综合管廊与地铁车站同期建设方案论证比选

针对该工程所提出的地下综合管廊与地铁车站同期建设方案可以分为综合管廊与地铁车站共构方案(方案 1)和地铁车站降水导洞兼作综合管廊方案(方案 2)2 种。

2.1 方案介绍

2.1.1 方案 1

为实现城市地下综合管廊与地铁车站同期建设的目标,将综合管廊结构设置于地铁车站结构之上,综合管廊与地铁车站共构,采用两层半结构,利用上层 2 跨的空间作为管廊舱室和出支线层,该方案称之为

综合管廊与地铁车站共构方案,如图 2 所示。

该方案采用洞桩法施工,施工的主要特点是将上边导洞尺寸适当扩大,使之既满足施工边桩的需要,又满足降水空间的需求。

该方案中管线集中设置,综合管廊、地铁车站与降水导洞三者占据空间 25.4 m(道路红线宽 40 m),横向占据空间相对较小,但存在如下问题:

1)结构形式为异型断面,距离既有 DN1 050 mm 污水管线和 DN1 050 mm 雨水管线 3.1 m 和 4.0 m,距离直埋 2x700 mm 热力管线 3.9 m;

2)主体结构覆土较浅,地下开挖施工期间,地铁运营线存在 0 覆土情况,需分步开挖、分步卸载;

3)因地面不具备降水条件,需要开挖降水导洞,施工完成后需回填,工程废弃量大,造价高。

2.1.2 方案 2

将地下综合管廊与地铁车站结构分开,采取分离式布置,利用地铁车站降水导洞,实现综合管廊与出支线。在地铁车站东西两侧降水导洞的基础上,适当扩大其断面尺寸,使其满足入廊管线布置要求,前期作为地铁暗挖车站的降水导洞,待车站建成后,后期作为地下综合管廊的初期支护结构,在此基础上施作管廊二次衬砌结构。该方案称为地铁车站降水导洞兼作综合管廊方案,如图 3 所示。

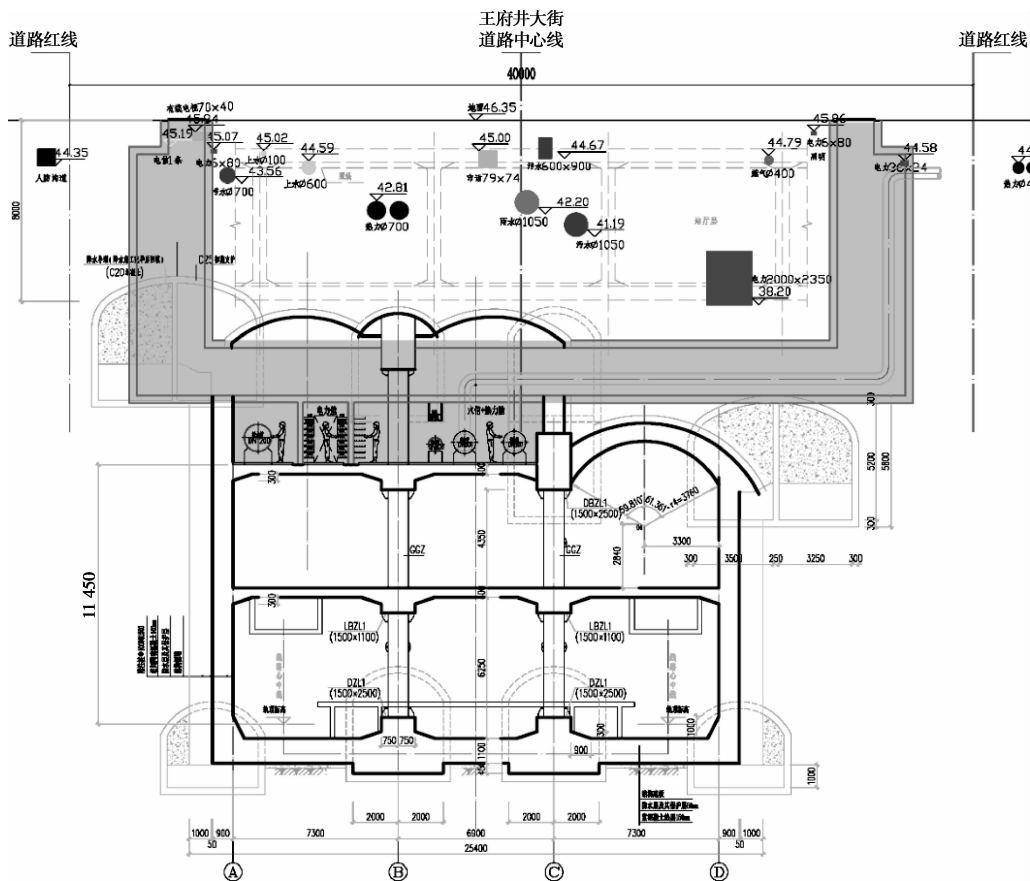


图2 方案1典型剖面图

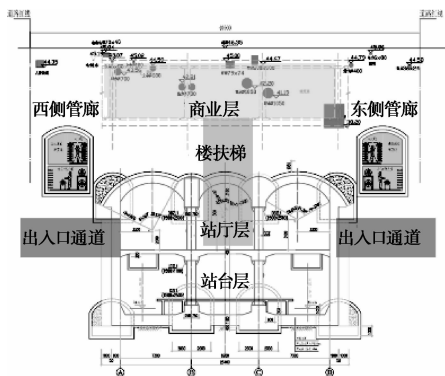


图3 方案2剖面图

该方案采用洞桩法施工,施工过程大致分为6步:
1)开挖车站上层导洞;2)开挖管廊导洞;3)管廊内开挖降水井,并进行地下降水,直至水位降到开挖面以下;4)车站下层导洞的开挖及支护;5)施作车站的二次衬砌结构并闭合;6)施作管廊的二次衬砌结构。

2.2 2种同期建设方案优缺点比较(见表2)

通过2种同期建设方案的对比分析可知,方案1虽然横向占用空间小,但车站上方管线密集,对地层变形要求高,近距离施工易导致管线破裂,并且降水导洞后期需回填,增加了施工造价。方案2有效避免了

表2 2种同期建设方案优缺点比较表

建设方案	优点	缺点
方案1	横向占用空间小,距离既有建(构)筑物相对较远,施工风险低;对周边环境扰动较小	地铁车站建筑面积相对较小,工程废弃量大,造价高;纵向占用空间大,本身为异型结构,距离带水带压管线约3 m,自身及环境风险较大
方案2	地铁车站建筑面积大,较第1种方案增加70 m ² ;先期利用地铁车站降水导洞,投资比共构方案低;综合管廊与地铁车站分离施工,工序上互不干扰,可实现车站外包;降水效果好;地铁通车不受地下空间建设制约	横向占用空间大,使降水导洞与两侧建(构)筑物距离较近,增加了施工难度;导洞占出入口侧向爬升空间

地下空间的浪费,同时节约了成本、工期和占地,将两次建设变为一次成型,极大地提升了经济效益和社会效益。

2.3 2种同期建设方案数值模拟分析

针对上述2种同期建设方案,结合典型剖面地层分布情况,采用 PLAXIS 2D 程序建立有限元模型,对王府井北站与综合管廊同期建设洞桩法施工过程进行数值分析,对比2种方案对地表沉降的影响。为便于比较,2种方案中均未考虑地层注浆加固。

根据《北京地铁8号线三期工程勘察03合同段王府井北站岩土工程详细勘察报告》,结合工程经验确定洞周地层的物理力学参数,开挖范围主要穿越粉质黏土、细砂-中砂、卵石-圆砾等地层。

基于圣维南原理及工程分析经验^[9],确定数值模型的范围为宽度160 m(x方向),高度80 m(y方向),2种方案对应的数值模型如图4所示。

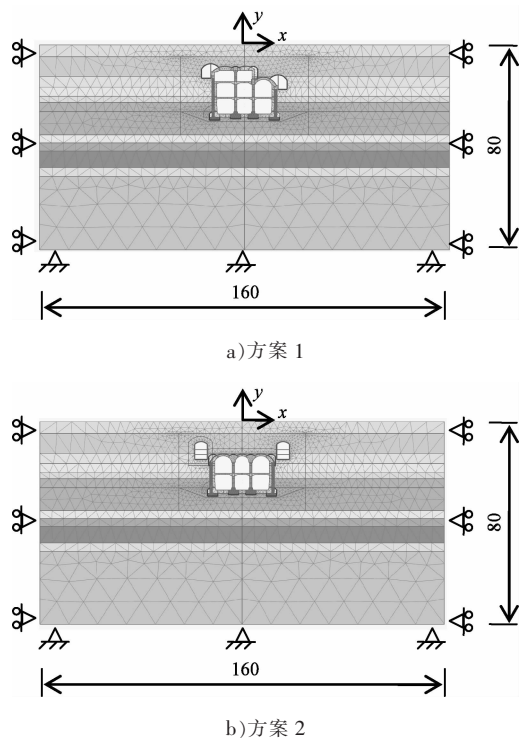


图4 数值计算模型(m)

模型左、右两侧垂直边界设置法向约束,底部边界设置固定约束,上表面为自由边界。

数值模型中初期支护采用线弹性板单元模拟,其余岩土体及结构等均采用实体单元模拟^[10]。其中,岩土体采用硬化土本构模型(HS模型)^[11-13],注浆区域采用莫尔-库仑本构模型(MC模型)^[14],混凝土构件采用线

弹性本构模型^[15]。

按照洞桩法典型施工工序对2种方案分别进行模拟分析,车站施工完毕后地层沉降云图如图5所示,地表沉降曲线如图6所示。

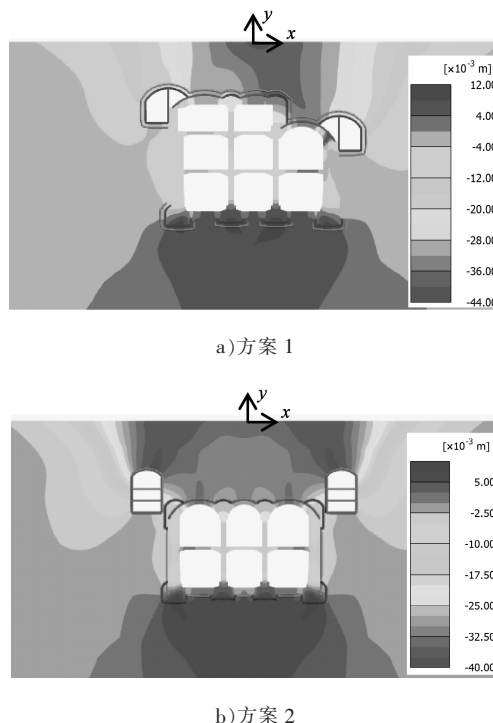


图5 地层沉降云图

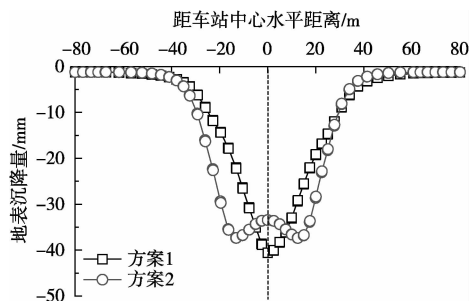


图6 地表沉降曲线

由于方案1和方案2采用的结构形式不同,因此引起的地层变形响应特征也有明显差异,方案1的地层沉降集中区位于顶层变跨处上方,地表沉降曲线为抛物线形,稍向右偏移;方案2的地层沉降集中区则位于降水导洞上方,地表沉降曲线为弓形,对称分布。从沉降量来看,方案1地表最大沉降量为40.58 mm,方案2为37.36 mm。综合来看,方案2影响范围略大,但最大沉降量稍小。从施工诱发的地层变形来看,2种方案的风险等级相近,方案2相对较优。

3 结语

综合管廊与地铁车站共构方案横向占用空间小,对周边环境影响小,但工程废弃量大,且本身为异型结构,造价偏高。地铁车站降水导洞兼作综合管廊的方案,工程废弃量小,地下空间利用率高,且综合管廊与地铁车站分离施工,总体造价低;但也存在横向占用空间大,对邻近建(构)筑物影响大等问题。综合考虑工程造价、工期、施工风险等因素,推荐采用地铁车站降水导洞兼作综合管廊的同期建设方案。 **MET**

参考文献:

- [1] 陈馈,蔡建林. 城市地下综合管廊发展现状与对策[J]. 建筑机械化,2012,33(10):53-55.
- [2] 徐奇,续元庆,王丽娟. 城市综合管廊应用分析[J]. 石油规划设计,2015,26(2):35-38.
- [3] 关欣. 综合管廊与传统管线铺设的经济比较——以中关村西区综合管廊为例[J]. 建筑经济,2009(Sup1):339-342.
- [4] 白海龙. 城市综合管廊发展趋势研究[J]. 中国市政工程,2015(6):78-81.
- [5] 王贝贝,戴素娟. 浅谈我国城市地下综合管廊建设的必要性以及发展前景[J]. 安徽建筑,2015,22(6):43.
- [6] 徐秉章. 建设市政综合管廊中存在的主要问题及对策[J]. 中国

(上接第55页)

该桥建成后,进行了验收,施工质量均达到设计要求。经过1年的使用,该桥未出现损坏,使用性能良好。

5 结论

以某异型桥为例,提出了空间分析软件和平面软件相结合的异型桥梁分析思路,从而达到对异型桥梁的评价。通过研究计算,得到以下结论:

1)在进行了 ANSYS 空间数值仿真分析后,对该异型桥段的配筋作了优化。

2)通过工程实践,验证了该分析及配筋设计方法是可行的,可为类似工程提供一定的参考,并具有一定的研究意义。

3)今后将该工程实例进行跟踪监测,得到长期有效的监测结果,以支撑本文成果。 **MET**

参考文献:

- [1] 顾懋清,李小明,常存德. 刚构连续板桥的分析与设计[J]. 中国公路学报,1992,5(4):40-43.
- [2] 何嘉,李睿,周亦唐,等. 异型箱梁桥受力特点分析[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版),2010,35(4):44-50.
- [3] WU Y P, YU S S, SHI C H, et al. Ultimate load analysis of thin-

walled box beams considering shear lag effect[J]. Thin-walled structures,2004,42(8):1199-1210.

- [7] 于晨龙,张作慧. 国内外城市地下综合管廊的发展历程及现状[J]. 建设科技,2015(17):49-51.
- [8] 吴晓庚. 大型隧道与综合管廊一体化建设应用实例[J]. 中国市政工程,2015(4):88-90.
- [9] 扈世民. 深埋软岩小净距隧道近接既有车站的位移响应[J]. 都市轨道交通,2016,29(6):87-92.
- [10] 李媛. 暗挖隧道下穿既有车站的深孔注浆及保护措施[J]. 都市轨道交通,2014,27(5):76-79.
- [11] 徐中华,王卫东. 敏感环境下基坑数值分析中土体本构模型的选择[J]. 岩土力学,2010,31(1):258-264.
- [12] 王卫东,王浩然,徐中华. 基坑开挖数值分析中土体硬化模型参数的试验研究[J]. 岩土力学,2012,33(8):2283-2290.
- [13] 宋广,宋二祥. 基坑开挖数值模拟中土体本构模型的选取[J]. 工程力学,2014,31(5):86-94.
- [14] 王霆,罗富荣,刘维宁,等. 地铁车站洞桩法施工对地层和刚性接头管线的影 响[J]. 岩土力学,2011,32(8):2533-2538.
- [15] 韩健勇,赵文,关永平,等. 地铁车站洞桩法开挖变形规律分析[J]. 应用力学学报,2015,32(4):623-629.

收稿日期:2017-02-25

基金项目:中央引导地方科技发展专项(Z161100004516014)

作者简介:曾国华,男,工程师,博士,主要从事综合管廊建设管理工作。

walled box beams considering shear lag effect[J]. Thin-walled structures,2004,42(8):1199-1210.

- [4] GAYATHRI V, SHANMUGAM N E, CHOO Y S. Concrete-filled tubular columns: part 1—cross-section analysis[J]. International journal of structural stability and dynamics,2011,4(4):459-478.
- [5] 吴建武,常柱刚,谢海波,等. 复杂异形桥梁结构设计计算分析[J]. 公路与汽运,2007(3):142-144.
- [6] 郑玉国. 基于优化理论的稳定型悬索桥有限元分析[D]. 昆明:昆明理工大学,2006.
- [7] 屈本宁,文宏光. 稳定型悬索桥运输载荷通过时的非线性动态响应[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版). 2001,26(5):8-13.
- [8] 缪莉. 稳定型悬索桥非线性有限元静动力计算[D]. 昆明:昆明理工大学,2002.
- [9] 张胜民. 基于有限元软件 ANSYS7.0 的结构分析[M]. 北京:清华大学出版社,2003:179-191.
- [10] 孙庆新,杨冬波,陈旭勇. 刚构连续弯板桥空间有限元分析[J]. 武汉工程大学学报,2009,31(5):41-43.

收稿日期:2016-11-28

作者简介:仲牲,男,助理工程师,硕士,主要从事建筑工程的建设管理工作。