

复杂条件下城市下穿式隧道总体设计分析

王 威

(南京智慧新城工程管理有限公司, 江苏 南京 210001)

摘 要: 下穿式隧道为提升城市发展质量提供了更顺畅和便利的交通条件。其总体设计不但影响路网交通功能的发挥,也制约着其它地下工程的空间布局,对地下空间资源的统筹利用意义重大。以南京市国际路隧道工程为例,分析了下穿式隧道周边复杂的工程环境,概括了下穿式隧道总体设计的关键要点,提出了相关地下工程协同设计的技术策略,可为类似条件下相关工程提供借鉴和参考。

关键词: 下穿式隧道;总体设计;地下工程;协同设计

中图分类号: U412.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)12-0037-04

0 引言

下穿式隧道通过构建竖向立体交通拓宽了地下空间资源的利用,一方面对改善城市交通环境起着显著的效益,另一方面也为促进城市可持续发展注入更多的活力。但下穿式隧道作为地下工程,往往面临与地下管线、轨道交通、地下通道等工程相交织的矛盾。如何在有限的地下空间资源下,布设满足交通功能的下穿式隧道,统筹相关工程一体化设计,实现地下工程共构集约化的理念,减少后期工程实施的难度和风险,是下穿式隧道总体设计中需要关注的重点问题^[1]。

1 工程概况

国际路为南京市南部新城区域贯穿南北向的重要交通干道,道路等级为城市主干路,设计速度40 km/h,红线宽45~47 m,四幅路型式,双向六车道标准。其中与机场跑道(历史建筑)交叉节点,国际路机动车道设置短隧下穿,非机动车道及人行道与其平交。下穿式隧道全长256 m,暗埋段长86 m,北侧敞开段长95 m,南侧敞开段长75 m。受制于相交节点的复杂条件,下穿式隧道总体设计中需要考虑的因素多、内容广。经过内部细致研究与外部对接统筹,国际路下穿式隧道有效整合了地铁10号线区间、地下通道、综合管廊工程一并实施,为地下工程的统筹设计和协同建设提供了相关路径。

2 控制因素分析

(1)原机场跑道(历史建筑)

根据勘察报告及相关资料,原大校场机场跑道长约2 600 m,宽约60 m,建成后历经多次加固及加铺。国际路范围内机场跑道上层为沥青混凝土加铺层,中间层为旧混凝土结构,下层为稳定碎石基层,总体结构为0.08~0.15 m 沥青+0.5 m 旧水泥混凝土结构+0.5 m 稳定碎石基层,总厚度1~1.2 m。机场跑道今后将打造成供市民休憩、观光的广场公园,发挥城市会客厅的功能。根据机场跑道历史建筑保护要求,国际路下穿式隧道设计中需优化相关工法,减少对机场跑道的切割,保持其相对完整性。

(2)地铁10号线及地下慢行空间

沿机场跑道北侧规划有15 m宽绿带,其下方敷设轨道交通10号线,沿线共设置3座地铁车站、2处地铁区间。地铁区间段上方规划有960 m长、15~20 m宽公共的、连续的地下慢行空间,连接3座地铁车站的站厅层。地铁区间段与地下慢行空间整体采用两层明挖结构。其中,地下一层为贯穿东西向的地下公共通道,地下二层为地铁10号线轨行区。国际路与地铁10号线及地下慢行空间垂直交叉,下穿式隧道总体设计涉及相关地下工程的衔接和协同。

(3)地下管线及综合管廊

国际路下方规划管线众多,路灯、燃气、能源、气力垃圾管、电力、通信、管线贯穿项目范围,雨水、污水管线分布于道路相关区段。其中,气力垃圾管、电力、通信管线纳入综合管廊集中布置。下穿式隧道总体设计需统筹各管线的管位排布及覆土深度,

收稿日期:2020-05-29

作者简介:王威(1988—),男,硕士,工程师,从事工程设计研究与管理工。

确定各管线穿越机场跑道的结构工法及建设时序。

3 下穿式隧道总体设计的关键要点

3.1 平面定线及渠化布置

国际路下穿式隧道平面走向按照规划线位敷设,隧道定线中线为直线,两侧非机动车道定线中线位于侧分带外边缘,平行于道路中线,相距13.75 m。平面渠化布置的关键是确定车道数及车道过渡段。结合交叉口转向交通量预测资料及服务水平分级,起、终点处交叉口进口道共设5股车道(1条左转+3条直行+1条右转),出口道设3股车道。为满足各车道的布设空间,进口道小客车车道宽度由3.25 m压缩为3 m,同时采用右侧车道展宽与左侧中分带偏移相结合的技术措施。车道展宽段及展宽渐变段长度按照主干路的标准取值,展宽段为70 m,渐变段为30 m。中分带偏移采用线性渐变方式,渐变段起、终点处设置半径100 m的圆弧过渡,渐变段长度为30 m。同时,为保证隧道出洞3S行程内车辆行驶轨迹不产生变化,避免车辆变道带来潜在行车风险,将进口道停车线往交叉口方向前移,保证展宽渐变段起点及中分带偏移起点位于隧道出洞3S行程以外。

3.2 横断面布置型式

3.2.1 暗埋段车道布置需求

下穿式隧道具有暗埋段、U槽段、挡墙段多样化的结构型式,国际路需完成各类横断面型式的顺接过渡。其中,暗埋段横断面是最为关键的部分,不但制约总体方案的确定,也对工程投资影响显著。其布置的主要影响因素有道路等级、建筑限界、交通组成等,同时需为附属设施、建筑装饰的布设提供空间。根据相关规范及技术标准,经反复论证,国际路隧道内小客车车道宽度采用3.25 m,大客车车道宽度采用3.5 m,路缘带宽度0.5 m,侧向余宽0.25 m,横坡1.5%,净高4.5 m。

3.2.2 暗埋段管综布置需求

考虑相邻地下管线的间距要求,对国际路地下规划管线统筹分析,确定了各管线的平面布局 and 排列顺序,见表1。

雨、污水管道不穿越机场跑道,于隧道暗埋段以外敷设。路灯管道结合隧道明挖施工于结构侧墙外直埋敷设,在隧道主体施作完成后实施,路灯杆件基础与隧道U槽和挡墙结构共构,一体化设计。能源管道及燃气管道穿越机场跑道处采用顶管法施工,在隧道主体施作完成后实施。综合管廊随隧道暗埋段闭合框架一同穿越机场跑道。

表1 国际路地下管线设施一览表

序号	管线类型	管径尺寸 /mm	覆土厚度 /mm	管位
1	雨水	D600/D1500	>2 000	机场跑道以外
2	污水	D400	>2 500	机场跑道以外
3	燃气	DN500	2 100	西侧人行道下
4	能源	DN600×2	2 300	西侧非机动车道下
5	路灯	8孔	700	两侧侧分带下
6	综合管廊	2 800×2 700	1 500	东侧人行道下

3.2.3 暗埋段横断面布置

结合以上车道及管综需求,确定了隧道暗埋段横断面布置,见图1。暗埋段横断面采用闭合框架型式,横向为单箱三室结构,箱体外轮廓为矩形,左侧两个箱室为车行通道,右侧附属箱室为综合管廊和排水通道。整体空间布置为0.7 m侧墙+0.4 m防撞护栏+11 m机动车道(含路缘带)+1.5 m中分带(0.4 m防撞护栏+0.7 m中隔墙+0.4 m防撞护栏)+11 m机动车道(含路缘带)+0.4 m防撞护栏+0.7 m侧墙(与综合管廊共构)+2.7 m管廊结构,结构总宽28.4 m(见图1)。非机动车道及人行道与机场跑道平交,采用移动花箱予以分隔,非机动车道宽3.5 m,人行道宽5.25 m。

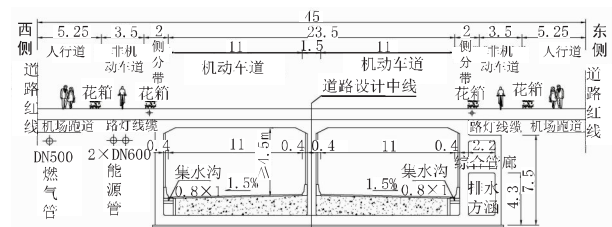


图1 下穿式隧道暗埋段横断面布置图(单位:m)

3.3 纵断面优化设计

由于项目起、终点至机场跑道的距离分别仅150m、187m,平面距离短,竖向设计需要克服的高差大。为满足机动车下穿机场跑道的净高要求,同时减小隧道纵坡、降低交叉口纵坡、规避交通安全隐患,针对以下几个方面进行了优化。

3.3.1 起终点竖向标高优化

国际路南侧起点与校场大道交叉,交叉口中心规划标高7.08 m,北侧终点与机场大道交叉,交叉口中心规划标高7.0 m。总体设计中结合片区防洪排涝标准,按照主干路5 a一遇重现期标准,对项目起终点交叉口的排水系统进行了分析和校核。在保障交叉口排水安全的前提下,起、终点处交叉口中心高程可优化为6.88 m,给予竖向设计更多空间富余。

3.3.2 下穿式隧道顶板厚度优化

通过对隧道结构顶板的荷载条件分析以及荷载工况组合,经模型分析与结构计算,进一步优化隧道结构尺寸。经校核,隧道结构顶板厚度由0.7 m优化为0.65 m,给予竖向设计一定有利条件。

3.3.3 下穿式隧道覆土厚度确定

为进一步降低隧道覆土厚度,考虑将机场跑道结构层切割移除,待隧道主体结构施作完成后,直接加铺路面结构层,并按原标高予以恢复。结合机场跑道现状横坡,于隧道闭合框架顶铺设0.2~0.47 m的水泥混凝土调平层,中间设置防水层,后采用0.04 m+0.06 m的沥青混凝土罩面。

3.3.4 纵断面技术指标

(1) 机动车道纵断面技术指标

考虑隧道结构尺寸、覆土要求、建筑限界、隧道排水等因素,完成机动车道纵断面设计^[2]。为避免机场大道交叉口雨水向隧道方向汇聚,该交叉口设置0.3%的反坡。校场大道交叉口因地形标高限制,不具备设置反坡条件,考虑前后纵坡衔接及路口安全,该交叉口设置0.9%的缓坡。经纵坡组合,纵断面最低点位于隧道下方,南侧纵坡4.9%,北侧纵坡3.9%,最小坡长119.568 m,凹曲线半径900 m。下穿式隧道纵断面总体技术指标满足设计速度40 km/h下的要求^[3]。

(2) 非机动车道纵断面技术指标

非机动车道纵断面起、终点与机动车道纵坡顺接,中间与机场跑道平交,衔接处维持机场跑道现状路拱。为避免非机动车道进口段路面产生雍水,非机动车道与机场跑道间设置纵断面低点,路面水由低点汇集后接入下游雨水井。非机动车道南侧纵坡组合为0.45%+0.48%,北侧纵坡组合为0.3%+1.12%,见图2。

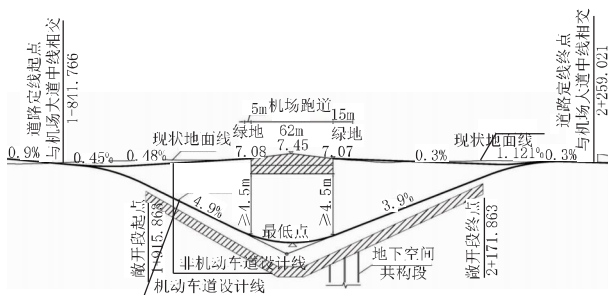


图2 下穿式隧道纵断面设计图

3.4 下穿式隧道排水系统设计

3.4.1 雨水系统设计

(1) 雨水排放原则的制定

机场跑道为片区内的低点,两侧规划建设排水边沟,其排水系统自成体系,不与市政道路排水

系统相联系。国际路下穿式隧道建立了高水高排、低水低排、互不联通的雨水排放系统。

高区雨水系统:非机动车、人行道及地块汇水面积3.38 hm²,纳入高区系统,依靠重力流管道排除。高区雨水系统用于排除道路重现期的雨水径流量,超5 a重现期的暴雨径流量随道路坡向排入低区雨水系统。下穿式隧道两端接地点设置横截沟截流高水,分别排入下游雨水系统。

低区雨水系统:机动车道路面汇水面积1.15 hm²,纳入低区系统,依靠泵站提升排除。通过在隧道U型槽两侧沿道路方向增加线性排水沟,将雨水接入闭合框架内集水沟,最终由低点汇入泵站排水系统。为最大限度地降低泵站排水压力,通过增加雨水口、设置挡水墙等措施尽可能截流高水,防止客水流入低区系统。

(2) 泵站规模的确定

根据路面汇水面积分析确定泵站设计流量为1 m³/s,潜污泵采用两用一备,单泵流量0.55 m³/s。经核算,排水边沟及泵站系统满足重现期P=30 a的要求,抽升后的雨水经新建泵站出水管向南排入下游机场河。

3.4.2 污水系统设计

由于道路下方管位限制,污水管布设空间受限。经统筹地块污水排放需求,国际路在机场跑道南侧不规划污水管,仅在机场跑道北侧规划2根D400污水管,用于接收地铁车站及地下空间的污水排放需求,污水由南向北接入机场大道污水系统。

4 相关地下工程协同设计的技术策略

4.1 下穿式隧道泵站与综合管廊的协同

国际路下穿式隧道纵断面最低点设置于机场跑道下方闭合框架内,雨水泵站原则上应靠近低点布置,但由于机场跑道历史建筑相对完整性的保护要求,下穿区域仅主路范围允许切割跑道。经充分论证,将雨水泵站设置于机场跑道南侧、国际路东侧非机动车道与人行道下方,采用全地下形式,沿隧道方向布置,并与隧道U型槽共构。受场地条件控制,泵站进水渠、格栅间、变配电室、水泵间及集水池合建,分两层布置。泵站整体结构外尺寸为23.3 m×12.9 m×10.0 m,覆土厚度约0.5~1 m。

国际路综合管廊布置于道路东侧人行道下,由于泵站覆土不满足综合管廊通过条件,考虑综合管廊与隧道泵站并行段采取共构的型式。综合管廊顶板与泵房顶板共板,从地下一层机器间出水

管上部、变电室外侧通过,形成整体共构断面,见图3。

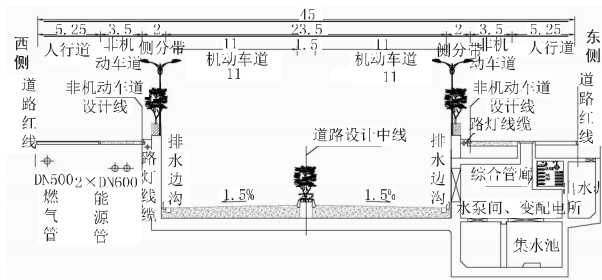


图3 下穿式隧道泵站与综合管廊共构断面图(单位:m)

4.2 下穿式隧道与地下空间的协同

国际路下穿式隧道与地下慢行空间及地铁10号线区间垂直交叉,交叉长度21.1m,涉及相关工程竖向衔接和一体化设计事宜。经统筹,交叉节点处地下一层布设市政隧道层,采用双孔闭合框架型式,框架东侧侧墙与综合管廊共构。地下二层布设地下空间人行通廊层,采用单柱双跨框架结构型式,通道标准段净宽15m。由于交叉节点处人行通廊层临近地铁10号线机场路站,受地铁站厅层竖向标高限制,人行通道净高受限,故在不影响10号线轨道区间限界的情况下,该层进行了局部降板,该段人行通道净高由一般段4m压缩为2.9m。地下三层布设地铁10号线轨行区,与人行通廊层结构同宽,采用单柱双跨框架结构型式,上、下行线路间采用混凝土墙隔离,见图4。

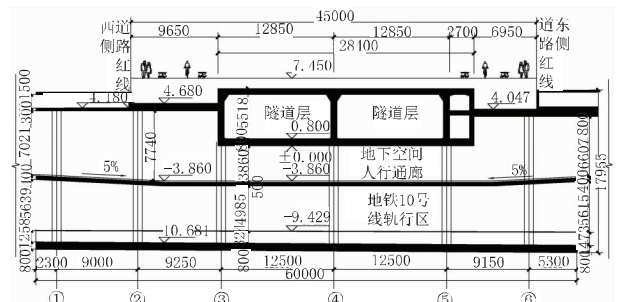


图4 下穿式隧道与地下空间共构断面图(单位:mm)

5 结语

下穿式隧道涉及的专业多、内容广,面对的工程环境也复杂多变。为建设功能合理、交通安全、工程经济的下穿式隧道,总体设计阶段需要对邻近工程、远期工程、周边环境等细致调查、科学研判,并提出技术应对措施。此外,由于不同工程往往分属各家建设主体,需要先期工程的建设单位牵头对边界条件系统梳理、统筹各方需求、制定衔接方案、明确建设时序。

参考文献:

- [1] 叶至盛,杨凤梅.市政下穿隧道与地铁车站合建设计[J].隧道建设,2015,12(35):1301-1305.
- [2] 王晋.浅析城市交叉口下穿隧道影响因素及对策[J].城市道桥与防洪,2016(5):14-17.
- [3] CJJ 193—2012,城市道路路线设计规范[S].
- [4] 济南市统计局.2019年济南市国民经济和社会发展统计公报[EB/OL].(2020-04-03)[2020-05-03].http://sdjn.spb.gov.cn/.
- [5] 济南市人民政府.济南市邮政业十三五发展规划(2016-2020)[R].济南:济南市人民政府,2016.
- [6] 郭东军,陈志龙,钱七虎.发展北京地下物流系统初探[J].地下空间与工程学报,2005(1):37-41.
- [7] 中华人民共和国中央人民政府.交通强国建设纲要[M].北京:人民出版社,2019.
- [8] 钱七虎.建设特大城市地下快速路和地下物流系统——解决中国特大城市交通问题的新思路[J].科技导报,2004,22(4):3-6.
- [9] 济南市规划局.济南新旧动能转换先行区总体规划(2018-2035年)[R].济南:济南市规划局,2018.

(上接第14页)