

某地下快速路下穿 S20 立交方案比选研究

李志刚

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要: 漕宝路地下快速路工程下穿 S20 立交节点,该节点交通流量大,地面环境复杂,在工程建设中需满足地面交通需求并尽量减小环境影响。结合工程实际情况,针对下穿 S20 立交节点,分别提出 2 种不同的设计方案,并从环境影响、施工难度、工程经济性等多个方面对方案进行综合比选。在选取合适的方案后,针对方案中关键节点分别进行设计,并对方案进行分析,结果表明方案安全可行。

关键词: 地下快速路;地下穿越;明挖法;MJS 隔离桩

中图分类号: TU47

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2022)05-0037-04

0 引言

随着我国城市化率的提升,城市的规模及人口都在快速增加。城市快速路工程作为城市路网规划的重要一环,可以缓解不断加剧的交通拥堵状况,增加重要枢纽和重要发展地区的互联互通,从而得到了大力的推广^[1]。由于城市地面及地下状况复杂,城市地上与地下建(构)筑物对沉降等变形要求非常严苛,当地下通道下穿道路、桥梁或其他重要建(构)筑物时,结构变形一旦超标,将影响其安全运营,甚至导致重大安全事故^[2,3]。因此,在地下快速路工程建设中,应对其不同施工方案进行比选,优选下穿方案,在尽可能减小环境影响的同时考虑工程经济性,并对关键节点采取针对性的专项防护措施。

近年来,国内外大量学者针对盾构隧道下穿高层建筑、立交桥等重要建(构)筑物的环境影响以及方案比选开展了大量的研究工作。李亚鹏依托杭州地铁 6 号线,分析了盾构隧道下穿公路桥梁后桩基的竖向及水平方向变形^[4]。魏纲等采用理论分析的方法研究了盾构穿越既有盾构隧道的纵向变形,并提出既有隧道结构安全状态的判断方法^[5]。张斌等依托南通地铁,综合考虑上部建筑荷载和盾构施工对围岩的扰动,采用数值模拟对建筑物基础沉降进行了分析^[6]。耿飞依托佛山市 13 号线,研究了轨道交通跨越通航河道的方案比选方法^[7]。郑长青和齐春依托广湛高铁湛江湾海底隧道,对不同盾构施工

方案进行比选,并针对盾构机选型进行了研究^[8]。

综上所述,以往大部分研究或聚焦于隧道下穿建构筑物环境影响分析,或综合考虑多种因素对隧道下穿工况进行方案比选。本文依托漕宝路地下快速路工程,针对下穿 S20 立交节点,从环境影响、施工难度、工程经济性等方面综合比选设计方案,并对关键工程节点进行分析,研究结论可为类似下穿立交工程提供参考。

1 项目概况

1.1 工程规划方案

上海市漕宝路地下快速路工程,西起中春路,下穿蒲汇塘河道及外环,东至漕宝路-万源路,全长约 5 km,是连接虹桥商务区与中心城南部地区之间的快速联络通道,如图 1 所示。

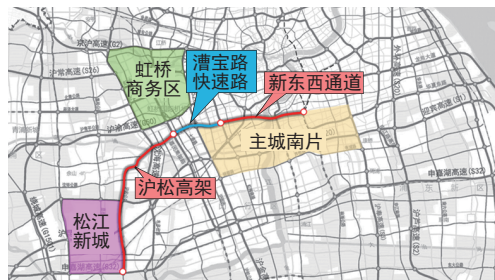


图 1 上海市城市总体规划中的漕宝路快速路工程

漕宝路地下快速路工程根据不同的功能要求和施工方法,结构形式分为明挖段、盾构段。在下穿 S20 立交节点处,主线为盾构工法,盾构采用单层衬砌,外径为 15 m,内径为 13.7 m,管片厚度为 0.65 m。下穿 S20 节点处共设置 4 根匝道,采用明挖法施工。WN 匝道下穿外环地面道路处采用顶管法施工。WN

收稿日期: 2021-10-08

作者简介: 李志刚(1980—),男,硕士,高级工程师,主要从事地下工程的设计与科研工作。

匝道、NW 匝道上跨地铁 9 号线处采用明挖法施工。

1.2 S20 立交节点现状

S20 立交为上海市规划主要货运通道之一。其节点现状为漕宝路地面道路与 S20 的一般菱形互通立交,地面层为现状漕宝路,S20 主线上跨,在南北两侧各设一对地面出入口辅道与现状漕宝路平交。其中 S20 过漕宝路跨线桥采用两幅桥形式,双向 8 车道对称布置,桥梁长 420 m,上部空心板梁结构,下部结构为双柱盖梁墩+方桩基础,共计 19 跨,标准跨径 22 m。

在地面交通量上,S20-漕宝路地面交叉口现状高峰小时交通量较大,交叉口容量已达到极限。如图 2 所示,远期随着漕宝路沿线地块开发诱增新交通量,S20-漕宝路交叉口将面临经常性交通拥堵的情况。



图 2 S20 节点现状平面图

2 方案比选

综合考虑交通功能、环境影响、工程经济性,结合道路现状,分别提出 S20 跨线桥改造方案与下穿九星安置房小区方案。

2.1 方案一:S20 跨线桥改造方案

(1) 方案介绍

方案一:主线避让九星安置房小区,采用盾构形式穿越 S20 西半幅桥梁 17 号桥墩桩基,在东半幅桥梁 17~18 号桥梁桩基当中穿越,与桩基最小距离 1.0 m,之后进入海上新村选择非居建筑通道,其线位如图 3 所示。由于主线盾构穿越桥墩桩基,需对 S20 跨线桥西半幅桥梁进行改建,在 S20 跨线桥西侧搭设一幅临时保通便桥保证其交通不中断,S20 西侧地面道路同步改造。

方案一立交形式采用部分互通地下立交方案实现 S20 与漕宝路西向的半互通,保留现状外环与漕宝路地面道路衔接的两对平行匝道。地下二层为漕宝路主线,地下一层为匝道,地上一层为地面道路,地上二层为 S20 跨线桥。SW 匝道、WN 匝道局部采用叠层设计。

(2) 优缺点分析

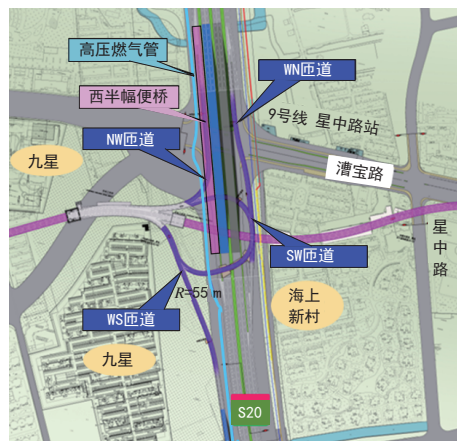


图 3 方案一平面布置图

方案一避让九星安置房小区,并从海上新村非居住建筑通道穿越,很大程度上减小了工程实施对九星安置房和海上新村小区的影响,提高了工程的可实施性。但是,方案一主线与 S20 跨线桥西半幅桥墩冲突,需对 S20 跨线桥西半幅进行改建。施工期间架设临时钢便桥保证 S20 交通,西侧地面辅道临时改道。施工期间对 S20 主线和地面辅道交通存在一定影响。

2.2 方案二:下穿九星安置房小区方案

(1) 方案介绍

相比方案一,方案二主线下穿九星安置房小区,正下穿其 1# 变电所,之后从 S20 跨线桥墩当中穿越,最后接回海上新村非居建筑通道。方案二平面布置图如图 4 所示。



图 4 方案二平面布置图

方案二立交形式与方案一基本一致,在主线已避让 S20 跨线桥桥墩的基础上,调整 SW、NW 匝道线形,避让 S20 跨线桥桥墩。

(2) 优缺点分析

方案二的优点在于对 S20 跨线桥和其地面交通进行避让,降低施工风险和维稳压力,节约投资,提高工程可实施性。同时,由于主线下穿九星安置房小区,需将其 1# 变电所临时搬迁。

2.3 方案综合对比分析

对比方案一与方案二可知,两者的主要区别在于 S20 跨线桥和九星安置房小区的穿越方式。方案一避让九星安置房小区,穿越 S20 西侧桥墩桩基,施工期间需要对 S20 跨线桥西半幅改建并在西侧搭设临时保通便桥,其西侧地面交通临时改道;而方案二下穿九星安置房小区,之后从 S20 跨线桥墩桩基之间穿越,需要将九星安置房 1# 变电所临时搬迁。因此,方案一在实施中会对 S20 主线和地面交通有一定影响,工程投资较大;而方案二可降低施工风险,节约投资,工程可实施性较强。方案分析比较见表 1。

表 1 下穿 S20 立交节点方案比较

方案描述	方案一 S20 跨线桥改造方案	方案二 下穿九星安置房小区方案
主线走向	避让九星安置房小区,穿越 S20 桩基	下穿九星安置房小区,穿越 S20 桥墩中间
路网影响	S20 西半幅高架改造,需搭设便桥,西侧地面辅道临时改道	不影响 S20 交通
相关影响		
小区影响	影响较小	下穿九星 1# 变电所
地块拆迁	无拆迁	变电所临时搬迁
造价	较高	较低
可实施性	一般	较好

综合考虑交通功能和工程实施影响分析,推荐方案二为 S20 节点立交方案。

3 关键节点设计

3.1 主线下穿九星安置房

为避让 S20 桥墩,地道工程主线在九星安置房小区东北角下穿其 1# 变电所,地道距离九星安置房 22# 楼较近。此节点可选取明挖法或管幕箱涵法施工方案。

明挖法施工须临时搬迁九星 1# 变电所,待地道施工完成后回迁 1# 变电所。明挖法基坑开挖深度约 20 m,基坑宽度约 17 m,基坑围护型式采用 1.2 m 地下连续墙,内支撑体系为混凝土支撑和钢支撑相结合形式,坑内土体抽条+裙边加固。

管幕箱涵法下穿九星变电所,不需要对变电所进行搬迁。箱涵外尺寸 18 m×12.8 m,箱涵全长 65 m,最大覆土约 7 m,与变电所竖向净距约 4m,箱涵距九星安置房 22# 楼约 9.4 m,为减小对变电所和附近房屋影响,箱涵四周设置管幕。

采用有限元程序分别对明挖法和管幕箱涵法施工过程进行数值模拟,结果分别如图 5 和图 6 所示。

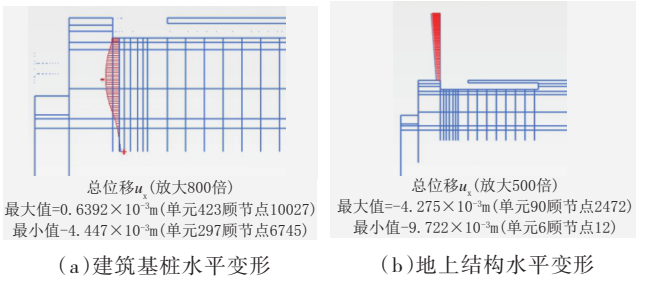


图 5 明挖法周边环境变形

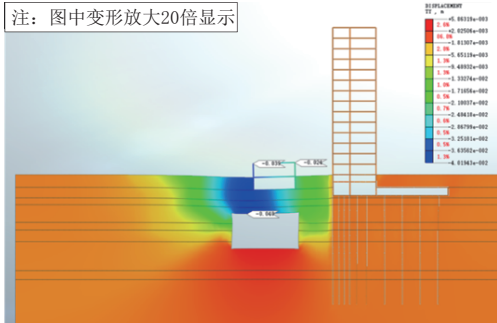


图 6 管幕箱涵法周边环境变形

从图中可以看出,采用明挖法时 22# 楼桩基最大水平位移 4.4 mm,22# 楼最大水平位移 10 mm,均满足上海市基坑规范与地基基础设计规范要求。管幕箱涵法模拟结果显示,变电所最大差异沉降 15 mm;安置房 22# 楼最大沉降 3 mm,最大差异沉降 2 mm,上部结构最大水平位移 7 mm,桩基水平位移 3 mm,均满足上海市基坑规范与地基基础设计规范要求。

通过以上分析,明挖法与管幕箱涵法比较结果见表 2。

表 2 明挖法与管幕箱涵法比较

施工工法	明挖法	暗挖法(管幕+箱涵法)
对变电所影响	临时搬迁	基本不影响
对小区道路影响	局部道路改建	无影响
影响时间/月	15	27
施工难度	施工工艺较为成熟,施工难度较小	箱涵尺寸较大,施工工艺较为复杂,施工难度较大
施工风险	风险较大	风险较小
对安置房影响	影响较大	影响较小
造价	较低	较高

由于明挖法施工工艺成熟、施工难度小、速度快且造价更低,经过比选分析后,下穿九星安置房节点推荐采用明挖法施工。

3.2 主线盾构下穿 S20 桥墩

地道工程主线盾构下穿 S20 节点处位于 18 号桥墩与 19 号桥台中间,距 18 号西侧和东侧桥墩预制桩基最小水平距离分别约 1 m 和 2.65 m,距西侧

和东侧桥台预制桩基最小水平距离约 1.89 m 和 1.08 m。

在盾构穿越桩基过程中,需做好保护措施,严格控制地层变形,确保周边高架道路和高层建筑的正常使用或安全。从保障交通、桥梁安全及可行性等角度出发,参考相关类似工程经验^[9],推荐采用 MJS 加固方案,在地道与桩基间设置 MJS 隔离桩,以减小盾构穿越对高架桥墩的影响。

采用 Midas 软件建立盾构下穿 S20 三维数值模型,如图 7 所示。桥梁上部结构采用简支梁结构,梁体采用预制拼装空心板梁。下部承台底标高均为 2.50 m,承台尺寸:6.6 m × 3.8 m × 1.5 m,混凝土强度等级 C25。桩基底标高均为 -30.7 m,桩长 33.2 m,预制方桩:450 mm × 450 mm,混凝土强度等级 C30。

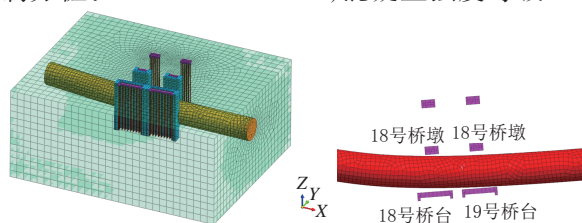


图 7 盾构下穿 S20 数值模型

盾构距离 S20 桥梁桩基距离较近,在主线盾构和桩基间设置隔离加固,考虑全幅(2.4 m 宽 MJS)加固与半幅(1.2 m 宽 MJS)加固两种工况,并与不加固(直接穿越)方案进行对比。地表变形均按 3‰ 地层损失率控制,数值计算结果如图 8 和图 9 各图所示。

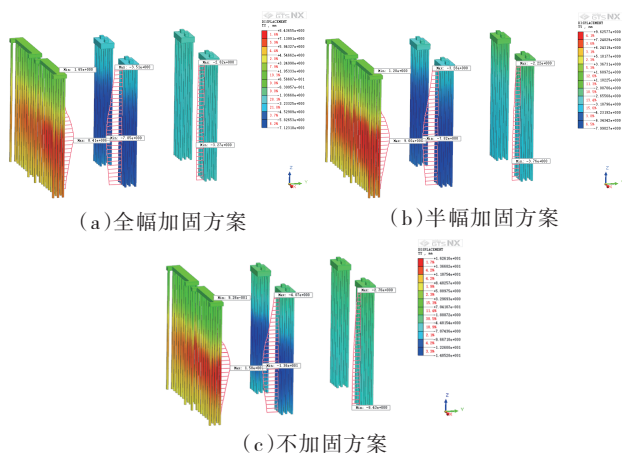


图 8 高架结构横向变形云图(单位:mm)

从计算结果可以看出:(1)采用 MJS 加固能有效控制桥墩变形;(2)增加 MJS 的加固宽度对桩基和地表沉降的控制效果不显著,因为大部分位于盾构切削范围,反而会导致盾构开挖面刀盘切削不均匀软地层扰动;(3)盾构开挖仅对 18 号桥墩、19 号桥台有一定影响,对其余桥墩和桥台影响基本可以忽略;(4)若地层损失率控制在 3‰ 以内时,采用 MJS

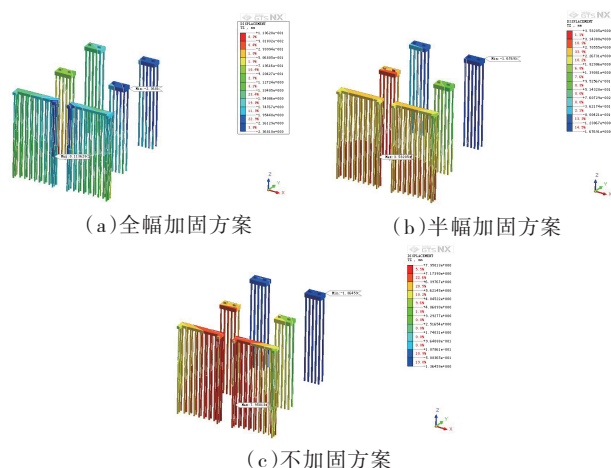


图 9 高架结构竖向变形云图(单位:mm)

加固之后,高架结构竖向变形可控制在 3.5 mm 范围以内,横向变形可控制在 10 mm 范围内,可满足高架桥梁变形控制要求。

综上所述,本工程主线盾构侧穿 S20 高架桥墩桩基时,推荐采取 1.2 m MJS 加固处理。

4 结 论

漕宝路快速路工程下穿 S20 立交节点,S20 交通流量大,地面环境复杂。本文结合现场实际情况,从环境影响、施工难度、工程经济性等方面对设计方案进行综合比选,并对主线下穿九星安置房和 S20 桥墩关键节点分别进行设计和分析,结论可为同类型工程设计和研究提供借鉴和指导作用。

(1)对于交通流量大的节点,在方案比选中应重点考虑节点的交通需求,在不影响节点交通的条件下尽可能的减少对周边环境的影响。

(2)在下穿地上建筑的工法选择上,应结合工程实际情况,在满足规范要求的同时,充分考虑施工难度、工程经济性及工期等影响。

(3)对于盾构隧道下穿桥墩桩基,应从保障交通、桥梁安全及可行性等角度出发,所选取方案须严格控制地层变形,确保周边高架道路的正常使用或安全。

参考文献:

- [1] 周济民.盾构区间隧道下穿高架桥桩基群施工技术与环境影响预测[J].现代隧道技术,2016,53(1):165-172.
- [2] 彭坤,陶连金,高玉春,等.盾构隧道下穿桥梁引起桩基变位的数值分析[J].地下空间与工程学报,2012(3):45-49.
- [3] 邓文武,宋彦杰.大直径地铁盾构隧道下穿高铁明挖隧道方案研究[J].铁道勘察,2021,47(1):119-127.
- [4] 李亚鹏.盾构隧道下穿改建桥梁对桩基的影响分析[J].道路桥梁,2021,48(17):117-119.

(下转第 57 页)

(3)针对有退让绿地的道路,可考虑增设多功能雨水口(见图 11),实现综合快速排水、泥沙沉积和雨水弃流的作用。该雨水口能在径流进入管道和其他相关设施前实现预处理,从而增强其他海绵城市设施的作用。

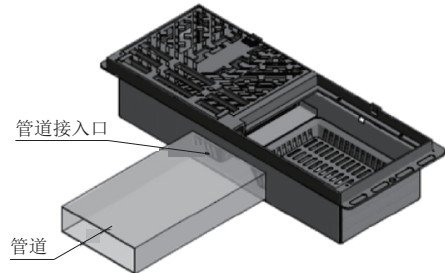


图 11 多功能雨水口

4 结 语

本文依托上海市城市道路设计方案,以横断面分幅形式和绿地退让情况作为控制指标,对 4 条道

路的设计方案进行分析。以景观表现、造价情况、实施难度、指标达成和养护难度 5 个评价指标对道路设计成果进行评估。同时,基于海绵城市建设理念,提出优化思路,研究成果可为现有城市道路优化设计提供参考,并已在上海浦东新区的申启路、轲桥路等城市道路上得到应用,取得了较好的实施效果。

参考文献:

[1] 程涛,黄本胜,邱静,等.基于洪涝削减效果的海绵措施优化布局研究[J].水力发电学报,2021,40(7):32-46.
[2] 张亮,汤钟,俞露,等.新型城镇化背景下城市内涝防治规划的编制思考[J].给水排水,2021,57(6):43-49.
[3] 李俊奇,孙瑶,李小静,等.海绵城市径流雨水水质监测研究[J].给水排水,2021,57(6):68-74.
[4] 杨帆,许莹,段宁.城市洪涝韧性治理体系的智慧化转型与实现路径创新[J].城市发展研究,2021,28(5):119-126.
[5] 陈旺,郑木莲,高骞,等.海绵城市透水路面渗透性能衰减规律[J].长安大学学报(自然科学版),2021,41(3): 12-21.

(上接第 40 页)

[5] 魏纲,杨波,吴华君,等.盾构穿越引起的既有盾构隧道纵向变形研究[J].地下空间与工程学报,2020,16(6):1754-1762.
[6] 张斌,王瑞,汪优.南通地铁盾构下穿既有建筑诱发基础沉降分析[J].土木与环境学报工程(中英文),2021(10):2096-6717.
[7] 耿飞.轨道交通跨越通航河道线路方案比选研究[J].现代交通技术,

2008,18(2): 75-82.
[8] 郑长青,齐春.广湛铁路湛江湾海底隧道设计方案研究[J].现代隧道技术,2019,56(S2):460-466.
[9] 刘小方,杨志豪.上海长江西路超大直径隧道设计关键节点分析[J].地下工程与隧道,2014,2(1):1-6,11.