

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.02.046

基坑工程对下穿运营铁路立交的影响与保护

徐 鑫

(苏州交投规划设计建设管理有限公司, 江苏 苏州 215000)

摘 要: 结合苏州城北路改建工程下穿京沪铁路、沪宁高铁立交节点工程,分析基坑工程对下穿运营铁路立交的影响及建议措施,并着重从设计、施工、监测等方面探讨基坑施工期间为确保铁路立交运营安全采取的各项保护措施。通过对施工过程和监测数据的分析,认为所采取的基坑围护方案、铁路慢行等各项保护措施具有必要性及可实施性,通过监测数据实时指导基坑工程施工可确保京沪铁路、沪宁高铁的安全运营。

关键词: 基坑工程;下穿;围护结构;铁路立交;监测

中图分类号: TU473 文献标志码: B 文章编号: 1009-7716(2023)02-0178-05

0 引 言

随着城市建设发展进程逐步加快,市政道路快速化改造的范围在逐步扩大,改造的难度、投入及风险程度亦逐年提升。主要体现在市政道路改造中限制因素增多,时常需要边通车边施工;工程体量不断提高,周边环境条件愈加复杂,影响范围相应加大。对于下穿铁路立交道路的提升改造,就需要同时考虑道路建设本身因素和下穿铁路两方面的安全影响,此时方案的选择及保护措施的实施就尤为重要。现结合工程实例对基坑工程下穿运营铁路立交施工中的相关问题进行分析探讨。

1 工程概况

1.1 工程简介及铁路线位资料

苏州城北路是沟通工业园区、相城区、姑苏区、高新区的东西向主干道,项目建成后 will 有效缓解北环快速路的交通压力及主城区东西向交通的拥堵矛盾。其中下穿京沪铁路、沪宁高铁立交节点段为本工程控制性节点工程,采用增建 2 孔立交铁路箱涵及 U 槽,由南向北依次下穿京沪铁路及沪宁高铁桥孔。基坑宽度最宽处为 26 m 左右,其中下穿京沪铁路箱涵采用箱涵顶进法施工,下穿沪宁高铁 U 槽基坑采用明挖法施工。其平面关系见图 1,铁路信息见表 1。

1.2 工程地质

根据现场地质勘察报告,在工程建设红线范围内,除表层 1~3 m 范围为杂填土,向下 20 m 范围内

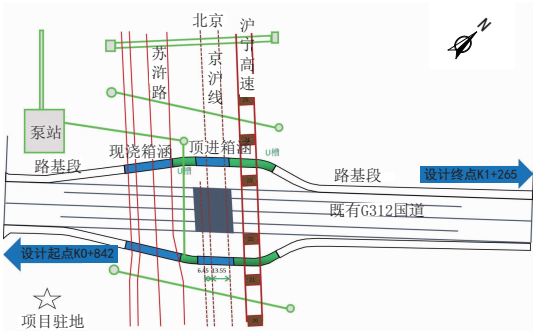


图 1 下穿铁路箱涵、U 槽与铁路平面关系图

表 1 下穿京沪铁路、沪宁高铁信息表

铁路名称	铁路等级	正线数目	闭塞类型	限制坡度 /‰	牵引种类	运行速度 / (km·h ⁻¹)
京沪铁路	国铁 I 级	双线	自动	4.1	电力	200
沪宁高铁	国铁 I 级	双线	自动	12	电力	250

较为为黏土、粉质黏土类,场地地层层序见图 2。

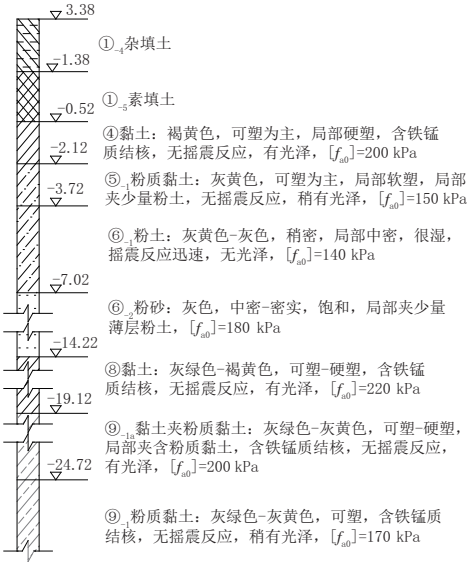


图 2 下穿铁路立交沿线地质剖面图

收稿日期: 2022-05-17
作者简介: 徐鑫(1986—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事市政道路、交通高速公路等建设及管理工作。

1.3 水文地质

(1)地表水:苏州市地处长江流域太湖水系区,区内地表水系及其发育主要由太湖、阳澄湖湖群及大小规模不等的河港沟塘组成。常年水位(黄海标高)在 1.1~1.3 m,其年变幅在 1.0 m 左右。

(2)地下水:根据区域水文地质资料,苏州市历史最高潜水位为 2.63 m(本文水位均为 1956 黄海高程),最低水位为 -0.21 m,潜水位年变幅一般为 1~2 m^[1-2];历史最高微承压水位为 1.74 m,近 3~5 a 最高微承压水位为 1.60 m,年变幅 0.80 m 左右^[2];区内承压水主要赋存于深部的砂性土层中,埋深大于 25 m。

2 基坑工程与下穿运营铁路立交的影响及建议措施

根据城市发展总体要求,城市道路规划应考虑相交、平行、临近工程实施的同期性。如为后期改造工程,应在设计阶段即考虑对现状周边建构筑物等的影响及保护措施方案,同时,在实施阶段提出相应配合施工的保护措施。

2.1 空间关系

本工程为下穿现状京沪铁路立交(见图 3)增建 2 孔(6 m+6 m)立交箱涵;向北采用 U 槽顺接下穿沪宁高铁(见图 4),供非机动车和行人通行,原非机动车道和行人通道改造为公交专用道。



图 3 既有下穿京沪铁路立交桥



图 4 既有下穿沪宁高铁现状

2.2 下穿铁路立交的建议保护措施

经调查,京沪铁路为国家 I 级干线铁路,本工程箱涵穿越点位于京沪线苏州西站—浒墅关站区间,下行线里程 K1360+49.6 和 K1360+128.4 处;下穿沪

宁高铁处为黄花泾河特大桥,位于京沪铁路北侧,U 槽南京、上海侧分别从现状黄花泾河特大桥 24# 与 23# 桥墩间、22# 与 21# 桥墩间穿过。在设计阶段多次与铁路相关部门进行对接,形成如下结论:

(1)京沪铁路分为上下 2 股道,有砟道床、无缝线路、轨道电路。本区段线间距为 13.5 m。据调查目前该区段每日行驶上行 122 对,下行 123 对列车,旅客列车速度目标值 200 km/h,货物列车牵引质量 5 500 t;沪宁高铁有无砟轨道、无缝钢轨,最高运营速度控制在 300 km/h 以内,日发送旅客均达 40 万人次,运输十分繁忙。

(2)京沪铁路、沪宁高铁的运营压力及安全等级皆为铁路部门重点关注点,在运营期间对城北路下穿京沪铁路、沪宁高铁节点施工的安全措施及防护措施要求亦是较为严格,对项目各参建单位的建设造成很大压力。

(3)京沪铁路下方箱身均采用架设在混凝土条形支墩上 D24 型施工便梁防护铁路顶进法施工。施工期间,对京沪上下行申请慢行措施手续,限速 45 km/h。

综合项目各参建单位及铁路相关单位意见,在项目施工期间采取常规安全防护措施的基础上,同步考虑对京沪铁路采取慢行措施及基坑施工监测措施,确保基坑开挖及箱涵顶进施工期间的基坑及铁路运营安全。

3 基坑工程对下穿运营铁路立交的保护措施

3.1 基坑安全等级及监测等级

根据设计文件、周边环境和《建筑基坑工程监测技术规范》(GB 50497—2009)^[3],将本次基坑工程安全等级定为一级,监测测量等级定为变形一等^[4]。

3.2 控制指标的确定

参考相关规范、铁路相关单位意见,并经专家论证会的讨论,确定道路改造基坑工程及铁路路基变形监测报警值,见表 2。

表 2 各监测项目报警值

监测项目	累计值 / 变化速率 /	
	mm	(mm·d ⁻¹)
基坑围护顶部水平及竖向位移(灌注桩段)	20	3
基坑围护顶部水平及竖向位移(钢板桩段)	30	3
围护桩深层水平位移	35	3
周边地表竖向位移	30	2
周边建筑物沉降监测	20	2
周边管线沉降监测	20	2
京沪铁路路基坡脚竖向位移监测	2	1

3.3 基坑工程分坑设计

增建箱涵框架中心线与京沪下行线法线交角为4.692°,箱身结构按斜交设置。为满足箱身上布置铁路及箱涵顶进施工要求,基坑考虑设置为下穿京沪铁路段基坑、箱涵顶进基坑及下穿沪宁高铁段基坑。

根据现场基坑位置、深度、穿越结构物、临边建筑物等条件,把本项目基坑分为以下几种工况,相应参数见表3。

表3 下穿铁路节点基坑各工况参数

工况	名称	深度/m	基坑周边建筑物		临边最近距离/m		基坑等级	备注
			东(北)侧	西(南)侧	东(北)侧	西(南)侧		
①	北京侧箱涵顶进基坑	5.84	京沪铁路	苏浒路	8	1	一级	
②	上海侧箱涵顶进基坑	5.84	京沪铁路	苏浒路	8	1	一级	
③	北京侧下穿京沪铁路基坑	5.95	京沪铁路	京沪铁路			一级	下穿
④	上海侧下穿京沪铁路基坑	5.95	京沪铁路	京沪铁路			一级	下穿
⑤	南京侧下穿沪宁高铁基坑	5.70	沪宁高铁	沪宁高铁	9.29	7.9	一级	24#、23#墩
⑥	上海侧下穿沪宁高铁基坑	6.23	沪宁高铁	沪宁高铁	7.9	9.6	一级	22#、21#墩

3.4.1 箱涵顶进基坑

箱涵顶进基坑设置在京沪铁路南侧。为提高顶进施工的安全性并满足苏浒路半幅道路通行需求,北京侧顶进基坑(见图5)靠近沪宁高铁侧箱端设置单排 $\phi 1\text{ m}$ 钻孔桩防护铁路路基,基坑冠梁顶采用1:1.5放坡,坡面挂网喷厚8 cm细石混凝土^[5],坡顶采用双排 $\phi 0.7\text{ m}$ 深搅桩+双排 $\phi 0.6\text{ m}$ 高压旋喷桩作止水帷幕;临近现状苏浒路桥台侧一侧采用Ⅳ型拉森钢板桩(桩长17.5 m)加强防护,另侧同。

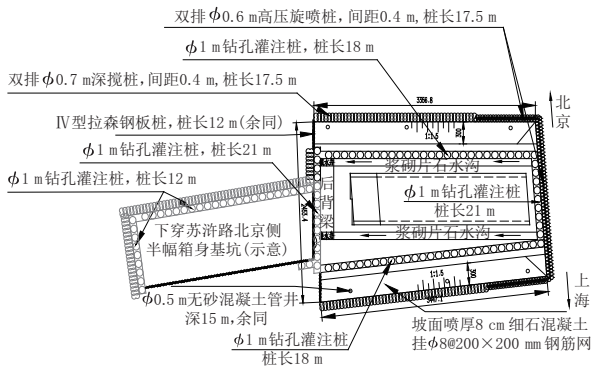


图5 北京侧箱涵顶进基坑平面布置图(单位:mm)

3.4.2 下穿京沪铁路基坑

北京侧下穿京沪铁路基坑采用1:1放坡开挖,坡面挂网喷厚8 cm细石混凝土^[5];为提高铁路路基安全性,沿箱涵边线(平行铁路运行方向)外侧设置双排 $\phi 0.6\text{ m}$ 高压旋喷桩,桩长18.5 m;箱涵四周边线内侧设置双排 $\phi 0.6\text{ m}$ 高压旋喷桩,桩长为13 m;另侧同。

北京侧下穿京沪铁路基坑平面图见图6。

3.4 围护结构及支撑体系

本工程沪宁高铁立交结构及京沪铁路路基在运营期对变形较为敏感,考虑到此相交节点施工风险大、事故后果严重,应适当加强围护结构设计。结合具体工程地质条件、基坑与铁路之间最小距离、周边交通环境及邻水临边情况等因素,对下穿京沪铁路及沪宁高铁立交基坑围护结构及支撑条件的设计包括以下3种。

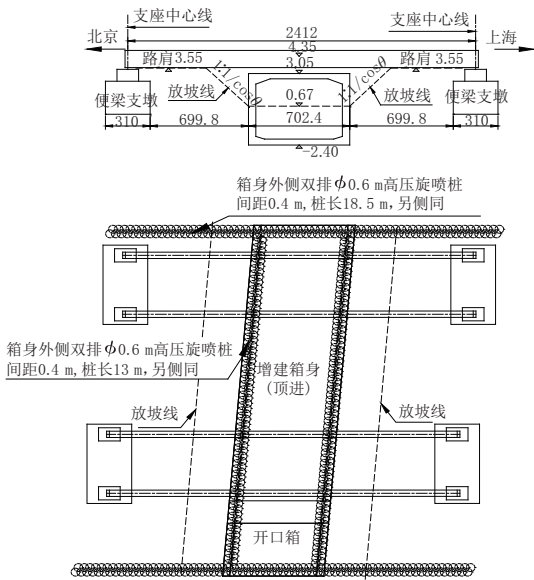


图6 北京侧下穿京沪铁路基坑平面图(单位:mm)

3.4.3 下穿沪宁高铁基坑

下穿沪宁高铁左右幅U槽钻孔支护桩中心距沪宁高铁桥墩钻孔桩中心最小距离分别为7.88 m和7.90 m。为确保沪宁高铁立交墩柱结构安全,南京侧下穿沪宁高铁基坑(见图7)采用 $\phi 1\text{ m}$ 钻孔灌注桩支护,钻孔桩外侧加设Ⅳ型长12 m拉森钢板桩,基坑形成封闭围护结构;钻孔桩与拉森钢板桩之间及钻孔桩之间采用压密注浆,桩顶设冠梁,冠梁宽1.0 m,钻孔桩外设置2 m平台并采用1:1放坡,坡面喷厚8 cm细石混凝土^[5],挂 $\phi 8@200\times 200\text{ mm}$ 钢筋网;另侧同。

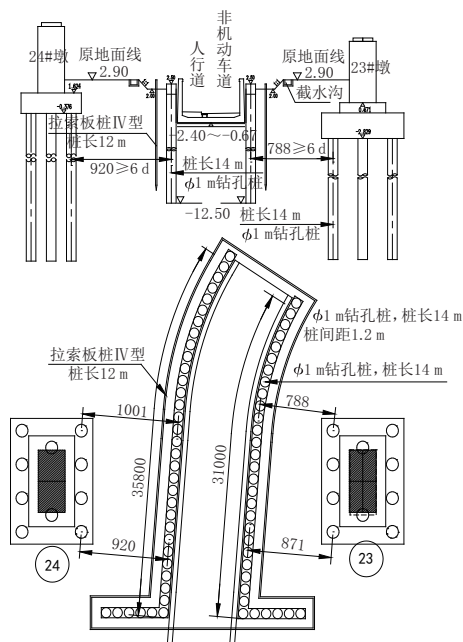


图 7 南京侧下穿沪宁高铁基坑平面布置图(单位:mm)

3.5 监测方案设计

除常规围护结构水平位移、地表沉降、坑底隆起、支撑轴力等变形监测外,对周边管线、地表及建筑物沉降亦考虑在内,并且应重点考虑铁路路基坡脚竖向位移监测。铁路路基坡脚监测测点间距控制在 15~17 m,监测点沿基坑两侧对称布置(见图 8),监测范围应超出基坑外边线 3 倍基坑开挖深度以上。监测频率:基坑开挖及铁路慢行期间不间断监测^[6],项目监测频率见表 4。

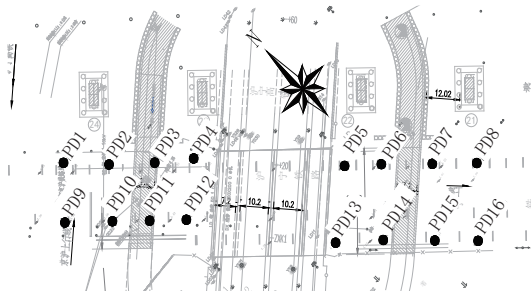


图 8 京沪铁路路基坡脚监测点平面布置图

表 4 监测频率一览表

基坑类别 ^[7]	基坑设计深度 /m	施工进度	监测频率
一级	5.3 ~ 10.8	基坑开挖及拆撑期间	1 次 /d
		≤7	1 次 /d
		底板浇筑后	7 ~ 14 1 次 /2 d
		时间 /d	14 ~ 28 1 次 /3 d
		>28	1 次 /5 d

3.6 施工流程及注意事项

施工单位进场后,应及时与铁路相关单位沟通,并在设计方案的基础上,编制节点施工方案、应急救援抢险预案及交通导改方案,在方案中应针对可能

出现的风险进行预判,明确规避风险方案及抢险措施,同时着重建立建设、设计、施工、监理单位及铁路巡查和监管相关单位之间的联动机制。

施工前,应根据设计图纸,认真核对坐标、高程和里程等数据,若发现与图纸不符,应及时与设计方联系,以便妥善处理。在现状光、电缆拆复建前,做好径路定测,在确保铁路设施安全的条件下进行施工。施工期间须设立路基观测点,对其位移变形进行全过程监测。施工时需加强基坑排水措施,做好降水工作,顶进时精心施工,严格控制,尽量减少箱身就位时的竖向和水平向误差。箱身预制时,注意做好栏板、电气化立柱和止水带等预埋件的预埋工作。为确保铁路路基安全,U槽施工时施工便梁不得拆除。

施工过程中,应重点关注监测数据变化及数值预警信息。监测数据有突变时,监测频率每天增加 1~2 次;遇恶劣天气、突发事件或监测数据有突变时,监测频率加密或连续观测。

4 施工过程及监测结果分析

本工程于 2019 年 5 月份进场,经过前期各项准备工作,8 月份完成顶进工作坑桩基工程、箱涵预制工作,历时 3 个月至 11 月份完成下穿京沪铁路箱涵顶进工作。期间,自 2019 年 7 月 22 日限速慢行,封锁次数约 48 次,其中轨道车配合 16 次,至 11 月 15 日慢行结束,历时 117 d;10 月份下穿南京侧 U 槽交叉开始施工,至 2020 年 6 月份完成下穿沪宁高铁 U 槽施工。施工历时共计 13 个月(含春节放假、铁路慢行申报及疫情影响等因素造成停工 2 个月)。

施工期间,下穿京沪铁路、沪宁高铁路路基坡脚竖向位移未达到预警值,铁路运行正常,路基坡脚位移变形均控制在 1 mm 左右,其随时间变化关系见图 9。

由图 9 可知,路基坡脚各监测点竖向变形趋势及变形量级一致;竖向位移值 PD16>PD15、PD13>PD14、PD9>PD10、PD12>PD11,说明箱涵顶进基坑围护结构有效地减少了对周边的扰动;变形均在基坑开挖后、底板浇筑前达到峰值,累计最大值为 -1.56 mm,小于报警值 -2 mm,说明基坑施工未对铁路路基坡脚造成明显影响。

5 结 语

(1)梳理了铁路线位资料,以及下穿铁路立交的影响,明确了铁路立交保护的重要性。

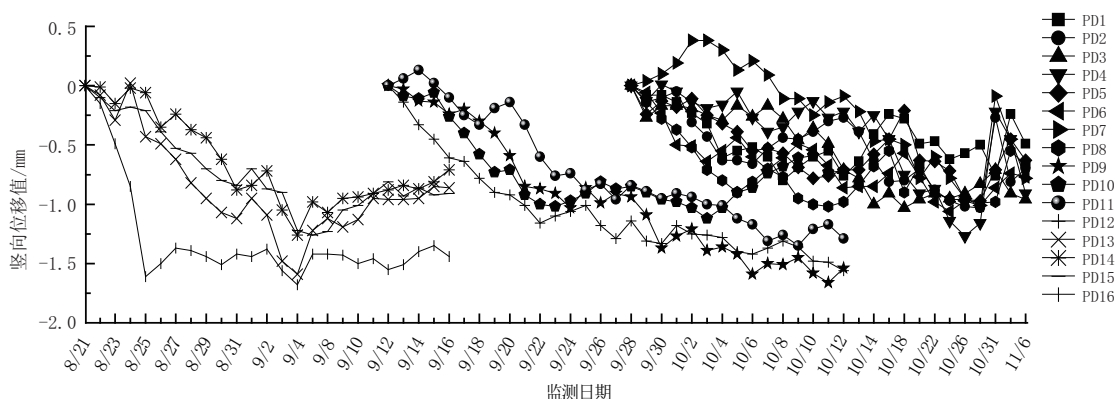


图9 铁路路基坡脚竖向位移随时间变化关系图

(2)在设计阶段,从基坑工程及铁路两方面提出了基坑围护结构方案和铁路慢行措施。

(3)从基坑分坑设计、围护形式、支撑体系等方面重点分析了基坑围护结构方案。

(4)通过对施工过程及监测数据的分析,认为设计的围护结构保护方案及铁路慢行等现场保护措施可将铁路立交范围的变形控制在允许范围内,对类似工程具有一定的指导意义。

参考文献:

[1] 郭恩广.深基坑双排桩支护结构侧向位移分析[D].扬州:扬州大学, 2011.

[2] 温思哲,张宁,李海琳.苏州市某场地地下水对建筑材料腐蚀性评价[J].西部探矿工程,2009,21(10):4.

[3] 贺庭.凤栖长安大厦深基坑施工监控量测技术[D].西安:长安大学, 2016.

[4] 彭川,庞戈,杜海,等.合肥南站南广场基坑开挖对地铁盾构区间影响分析[J].施工技术,2019,48(16):5.

[5] 陈小敏,王志坚,张高伟.复杂地层各种地下障碍物清理施工技术[J].山西建筑,2012,38(16):75-76.

[6] 张双平,黄旭生.桩基施工降水相关影响分析与应对措施[J].建筑施工,2017,39(10):4.

[7] 夏祥忠.深基坑开挖对临近既有刚性支挡结构的影响分析及研究[D].长沙:湘潭大学,2017.

(上接第177页)

造浆的能力,因此在本工程施工过程中,采用回旋钻成孔自然造浆+辅助人工造浆提供旋挖钻成孔泥浆护壁。多种成孔设备综合施工既满足了施工质量的需要,合理缩短了工期,又能达到节能减排绿色施工的目的,完成降本增效的经济效益目标。

3 结 语

(1)验证了在软土地基条件下,回旋钻机、旋挖钻机通过技术手段控制均可满足施工需要。

(2)以3套成孔设备的成孔方式、成孔质量及相应控制要点,对能耗、质量进行对比分析,综合验证了以回旋钻为主,其他设备为辅,多种设备结合才能满足现代化绿色施工节能减排、安全质量达标的需求。

(3)通过本工程的实施,总结了大量施工经验,对于今后浙南软土地质条件下类似工程的开展具有直接的指导意义。

参考文献:

[1] 浙江省交通规划设计研究院有限公司,温州市交通规划设计院.金丽温高速公路东延线工程设计文件[Z].温州:温州市交通规划设计院,2019.

[2] 浙江省交通规划设计研究院有限公司.金丽温高速公路东延线工程JLW-03合同施工图设计阶段工程地质勘察报告[Z].杭州:浙江省交通规划设计研究院有限公司,2019.

[3] JTGT 3650—2020,公路桥涵施工技术规范[S].

[4] JTGF 80/1—2017,公路工程质量检验评定标准[S].

[5] 熊炜.金丽温高速公路东延线工程TJ-03标-桩基施工专项方案[Z].上海:上海市基础工程集团有限公司,2020.