

九江长江大桥正交异性钢桥面板架设关键技术

宋冬冬

(中铁大桥局武汉桥梁特种技术有限公司, 湖北 武汉 430205)

摘要: 九江长江大桥为上下层布置式公铁两用桥,此次公路桥加固改造为中国首座公铁两用跨江大桥大规模升级改造,主要内容为原混凝土桥面板更换为正交异性钢桥面板。该文详细介绍了其架设方案及主要施工要点,并选定了操作简单、自动化程度较高的 TJ50 型架板机。最终,在保证铁路的正常运营及航道的正常通行前提下,高效地完成了架板工作,保障了工期、节约了成本。

关键词: 公铁两用桥; 加固改造; 钢桥面板; 架设施工; 关键技术

1 工程概况

九江长江大桥于 1973 年动工修建,1993 年公路桥通车,1995 年正式开通运营。大桥由正桥和南北两岸公路、铁路引桥组成,铁路桥全长 7 676.09 m,公路桥全长 4 460.122 m。其中正桥为上下层布置式公铁两用桥,两侧引桥各有三跨为公铁合用,其余桥跨引桥为公、铁分离的桥梁。

大桥经过 20 余年的运营,随着交通压力增大等方

面原因,桥梁已出现严重病害,期间也经过了历次检修。其中,2013 年中国铁道科学研究院检测认定公路正桥出现了桥面板普遍开裂、疲劳破损、公路横梁腹板竖向加劲肋末端开裂较多、公路正桥钢结构的锈蚀和油漆涂装的老化程度相对较为严重,公路正桥桥面伸缩缝普遍漏水等病害。故对其进行加固改造,其中主要内容为采用正交异性板更换原混凝土桥面板。更换后的正交异性板整体桥面结构,由纵肋(梁)、横梁及其加劲的钢桥面板组成,其中纵梁布置及纵梁间距与原设计一致,如图 1 所示。

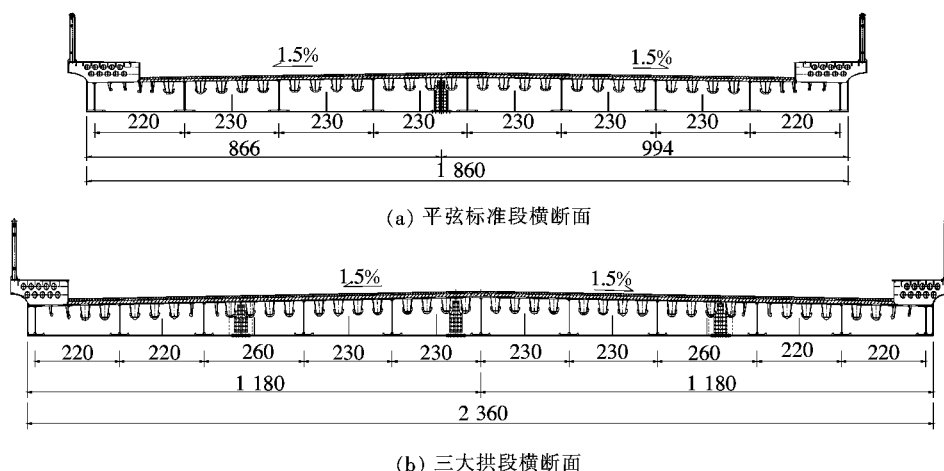


图 1 正交异性板构造图(单位:cm)

2 架设方案

基于九江长江大桥维修加固工程总体交通组织情

况,施工期间预留不少于 5 m 宽的社会通道,正桥正交异性板安装采用半幅施工,按照先下游、后上游的原则,自南北提升站位置分别向两侧进行,合龙段拟定在 6# 墩变宽段 6E14 正交异性板位置。正交异性板安装

收稿日期:2018-08-10

作者简介:宋冬冬,男,硕士,助理工程师.E-mail:455871819@qq.com

总体施工方案如图 2 所示。

2.1 隔离防护

为防止原桥面拆除过程中混凝土碎块及杂物掉落影响铁路运行安全及航道通行安全、环境污染等,同时为拆除工作及新桥面板架设作业提供施工平台,在公路桥桥面下方搭设隔离防护棚架(图 3)。防护棚架由托架、纵向分配梁、面板、安全网、安全护栏及踢脚组成。托架采用 2[20b 槽钢截面,利用高强螺栓抱箍固

定在主桁竖杆上。纵向分配梁焊接 H 形截面(HN300×150),分配梁纵向支撑在两侧托架横梁上。面板分层铺设,自下而上分别为木板、防水薄膜、花纹钢板。

2.2 起始节间架设

南北岸起始 4 节间正交异性板架设均由提升站完成。且南北岸起始 4 节间分别为 3E11~3E14、11E5~11E8 节间、首块正交异性板分别为 3E14、11E8 节间(图 4、5)。

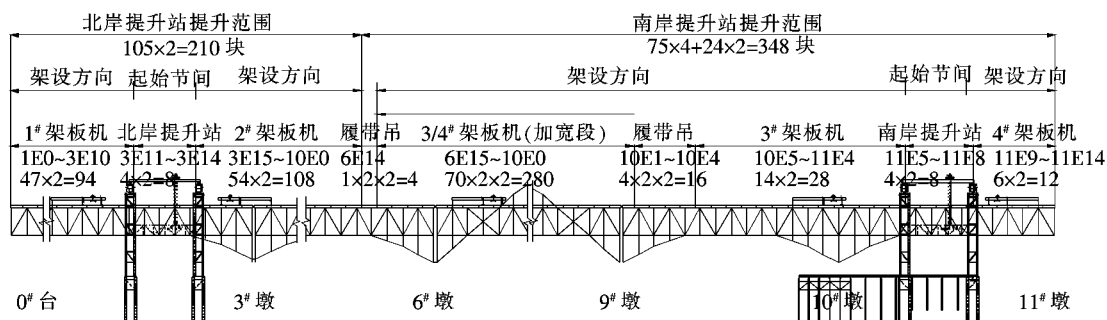


图 2 总体施工方案

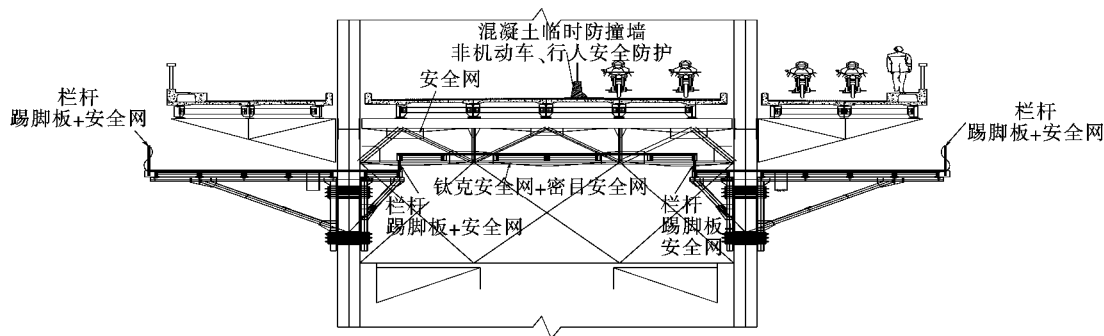


图 3 隔离防护棚架

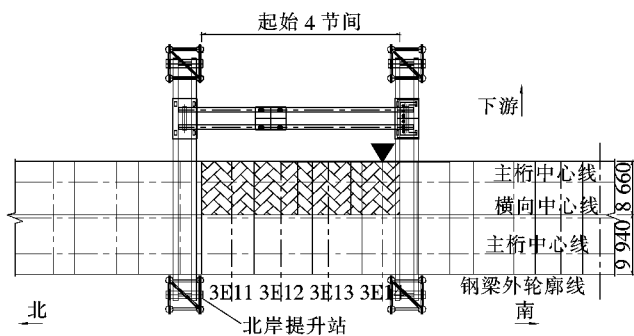


图 4 北岸提升站起始节间布置(单位:mm)

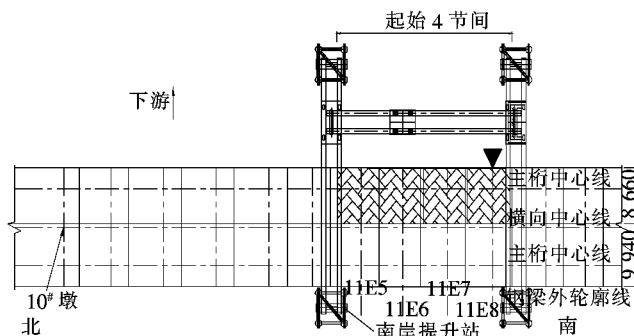


图 5 南岸提升站起始节间布置(单位:mm)

(1) 首块正交异性板架设

首块正交异性板为单点支撑,架设前首先安装临时支撑,利用托架和主桁横联结构搭设临时支撑结构,其中吊挂件采用 U 形螺杆,临时纵横梁均采用工字

钢,顶面布置临时垫块支承正交异性板,如图 6 所示。

(2) 其余 3 块正交异性板架设

第 2 块正交异性板架设完成后进行纵梁及嵌补段拼接,拼接完成后,将首块正交异性板临时支撑拆除,

依次安装第 3、4 块正交异性板。

2.3 平弦段后续节间架设

平弦段后续节间正交异性板以提升站为中心分别向两端同时架设,其中南岸向 9[#]、11[#]墩方向同时进行,且 10E5~11E4 节间(14 块)采用 3[#]架板机安装,

11E9~11E14 节间(6 块)采用 4[#]架板机安装。北岸向 1[#]、6[#]墩方向同时进行,其中 3E10~1E0 节间($47\times 2=94$ 块)采用 1[#]架板机安装,3E14~6E13($54\times 2=108$ 块)采用 2[#]架板机安装。架设示意图 7。

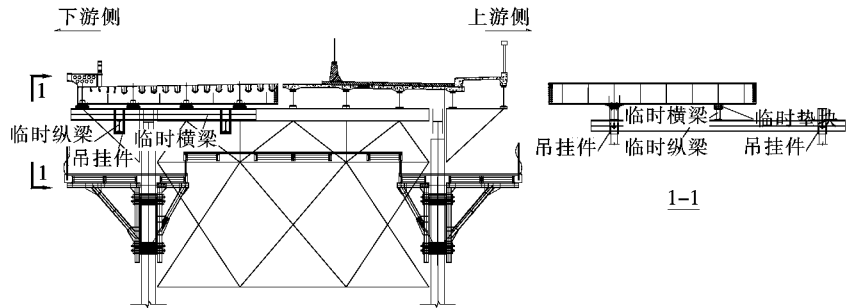


图 6 临时支撑结构示意图

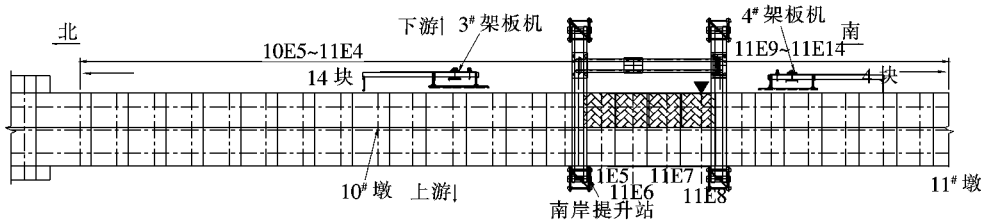


图 7 平弦段后续节间架设示意图

2.4 三大拱区架设

3[#]架板机架设完 10E5 正交异性板后,向后行驶至 11[#]墩附近放置。三大拱段正交异性板前 4 节间 10E4~10E1 节间采用 80 t 履带吊进行架设(图 8),后续采用架板机架设。

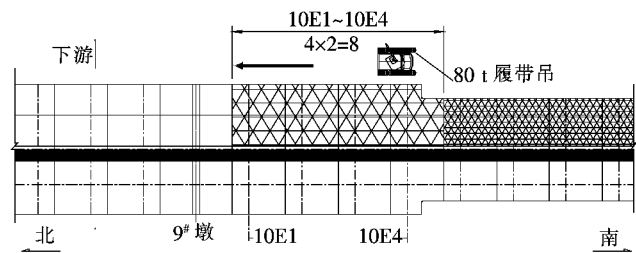


图 8 三大拱段前 4 节间示意图

三大拱段前 4 节间正交异性板最大整体尺寸为 5 620 mm \times 9 010 mm,最大重量约 19.3 t(含人行走道梁结构),最大吊幅约为 11.0 m。首先将吊机站位,再将轨道铺设至吊机最前端,其中 10E3、10E2、10E1 正交异性板规格以及与横梁相对位置相同,仅以 10E4 吊机站位示意,具体吊机站位如图 9 所示,基本吊装参数如表 1 所示。

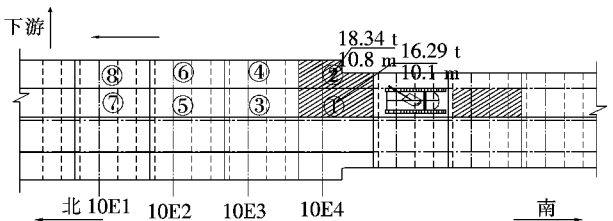


图 9 吊机站位示意图

表 1 吊装参数

正交异性板编号	重量/t	吊幅/m	吊臂/m	容许吊重/t	吊重富余系数
10E4-1	16.29	10.1	28	25.03	1.54
10E4-2	18.34	10.8	28	23.14	1.26

2.5 合龙段架设

合龙段正交异性板拟定在 6E14 节间($1\times 2=2$ 块),采用 80 t 履带吊安装。如图 10 所示。

合龙段中幅梁整体尺寸为 9 010 mm \times 5 610 mm,重量为 16.19 t;边幅梁整体尺寸 9 010 \times 5 540 mm,重量为 18.34 t(含人行道)。合龙段正交异性板通过北岸运板车桥面运输,吊机站位后,将轨道铺设至吊机最前方,具体吊机站位如图 11 所示。

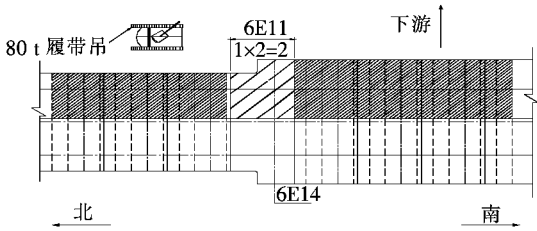


图 10 合龙段示意

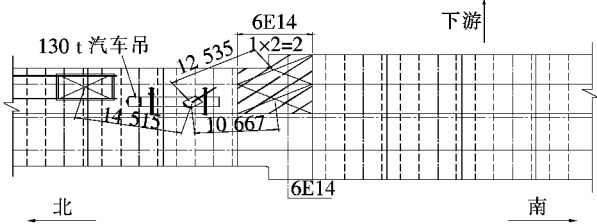


图 11 吊机站位示意(单位:mm)

3 架板机选型及设计

3.1 架板机选型

新制正交异性钢桥面板标准段纵向 9 m 一块,伸节间长 9.01 m,缩节间长 8.99 m,与主桁伸长和缩短节间一致;跨中异形段长 5.7 m,端部异形段长 7.1 m。平

弦段正交异性板横向全宽 18.6 m,分为 2 块,先装幅宽 8.66 m,后装幅宽 9.94 m,全桥共计 258 块;加宽段主梁横向全宽 23.6 m,分为 4 块,两边正交异性板宽 5.54 m,中板宽 5.62、6.9 m,先装幅中板宽 5.62 m,后装幅中板宽 6.9 m,全桥共计 300 块。人行走道梁部分构件与公路钢主梁边梁在工厂焊接完成后,运送至现场整体吊装,钢主梁最大吊重约 34.6 t。结合以上工况,考虑走行方式、吊装方式、功能需求等各方面因素,选择了一种操作简单、自动化程度高的新型 TJ50 架板机,主要技术参数见表 2。

3.2 架板机结构

架板机主要由主梁、前支腿、中支腿、后支腿、起升天车、配重、液压系统和电气系统组成。其中主梁两列箱形梁利用前后横梁连接在一起重约 33 t;前支腿由上铰座、上横梁、套柱、伸缩节、下横梁、锁紧机构、连接销轴、起升油缸组成,重约 2.6 t;中支腿由起升油缸、伸缩节、连接铰座、纵移走行组成,重约 2.2 t;后支腿由翻折机构、上节、伸缩节、下横梁、连接铰座、纵移走行、支撑机构组成,重约 5 t;天车由定滑轮机构、卷扬、中横梁、联系梁、钢丝绳、吊具、U 形梁、纵移走行、横移机构等组成,重约 11.5 t。

表 2 TJ50 主要技术参数

参数	单位	取值	参数	单位	取值
结构形式		双列箱形主梁	工作/非工作状态风力	级	≤6/11
主梁间距	m	3.8	吊梁起升高度	m	3
额定起重量	t	50	横移微调量	mm	±500
适应纵坡、横坡	%	纵坡≤3,横坡≤2	吊梁起落速度	m/min	0~1.125
支腿间距	m	$L_1=18, L_2=11$	自行过孔速度	m/min	0~4.5
吊梁走行速度	m/min	0~4	整机横移速度	m/min	0~4.5
架设速度	h/片	1.5	装机功率/整机重量	kW/t	44.5/约 55

3.3 架板机受力检算

架板机在架板过程中,工作风载作用下,根据起重机设计规范,进行荷载组合,利用 Midas 及 Ansys 对各个工况的荷载组合及荷载进行了架板机整体稳定性、抗倾覆稳定性、主梁局部受压检算。

(1) 整体稳定性。架板机结构整体分析主要就静载试验跨中和端部两种工况做计算分析,临界荷载系数分别为 13 及 16,均大于 4,满足稳定性要求。

(2) 抗倾覆稳定性。架板机在过孔、喂梁工况(受 6 级风载)容易产生纵向倾覆,经计算风荷载为水平向,过孔、喂梁时架板机抗倾覆安全系数分别为 1.34、1.68,均大于 1.3。

(3) 主梁局部受压。跨中静载试验工况下建立单根主梁模型,以轮压 $P=18.8\text{ t}$ 加载在轨道与主梁接触范围 $0.14\text{ m}\times 0.085\text{ m}$ 内,计算得最大应力为 $220\text{ MPa}<268\text{ MPa}$ 。

4 架设施工

4.1 支座安装

在原公路横梁及托架上按照设计图标出支座十字中心线以及支座底板和顶板中心十字线,安装时保证其重合。

4.2 桥面板提升上桥

钢桥面板水运至南北岸提升站以后,提升上桥至TY50运梁小车之上,然后以平稳速度运至架板位置。

4.3 架设流程

(1) 过孔。架板机前支腿抬起,解除架板机限位装置,天车移至最后端,整机迁移至下一节间,安装限位装置,前支腿垫梁放置时,根据下部螺栓高度采用钢条进行抄垫。运板小车运梁至架板机后方,吊耳对中线与运梁小车中心线对齐。

(2) 喂梁。天车移至最前端,后支腿向上翻折,运板车运输正交异性板至后支腿和中支腿之间。

(3) 提梁。后支腿放下,由液压缸支撑,安装后支腿后拉锚固杆。天车移至钢主梁上方,下放吊具与钢主梁连接。提起钢主梁,运板小车退出,下移钢主梁至梁底距架板机轨道顶面230 mm。

(4) 运梁。中支腿抬起,天车载着钢主梁前移至纵桥向安装位置,再通过横移至设计安装位置,且钢主梁前移过中支腿后即将中支腿放下。

(5) 落梁。天车下放钢主梁至其底部与支座面处于待载接触状态时,通过措施调整钢主梁位置并进行临时连接,天车松勾。

(6) 天车回位。天车提升吊具,并移至最后端,铺设轨道,循环至下一块钢主梁安装。

4.4 架设精度控制

正交异性板架设时,在正交异性板支座横梁中心线、支座中心线、原主桁横梁中心线三者重合状态下下放正交异性板为最佳,因此在正交异性板下放时应选择正交异性板与原主桁温度一致时进行,避免因温差引起尺寸不一致造成位置偏差。根据经验,早上和傍晚时间段温差较小,应选择该时间段进行。

架设过程中需要在正交异性板上布置由马板及液压千斤顶等组成的精调装置,根据正交异性板支座中心十字线对中原则选择精调措施并安装,推算对应正交异性板的移动方向及距离,在支座上做出记号。借助千斤顶进行正交异性板的顶推或回拉,精确定位至支座中摆移动至记号标识处停止。操作过程应保证千斤顶底面和活塞面均与临时焊接的钢结构紧密贴合,并使千斤顶与精调装置的受力中心线重合。正交异性板顶板接口对接错边调整,一般采用压力矫正的方法进行局部调整,保证板面错边不大于1.0 mm。

4.5 全桥线形控制

全桥线形主要涉及正交异性板面板高程、平面线形的控制测量。横向线形根据横联中心线控制,纵向

线形根据主桁线和桥轴中心线控制。

(1) 高程控制。正交异性板面板测量重点在高程控制,是保证成桥后汽车运行平顺的关键所在。原桥面板拆除后,对横联顶标高进行测量,正交异性板顶面高程以横联高程测量数据为依据,进行适当优化调整,根据需要制备2、4、6、8、10、12 mm等不同厚度钢板,以微调支座高度,保证桥面板整体平顺。

(2) 平面线形控制。根据正交异性板面板四角的坐标以及距桥轴线距离精确测量确定,测量要注意和已架设的桥面板进行闭合测量。测量过程要避开列车运行的区间,在相对平稳的状态下测量,测量过程中尽量减少其他荷载对桥梁的影响。

4.6 全桥体系转换

正交异性板体系为以每联中固定支座为中心左右两侧对称均为活动支座。固定支座主要包括 3×162 m甲式和 3×162 m乙式联中5道横梁、 $(180+216+180)$ m联中7道横梁、 2×126 m联中3道横梁,其余横梁均为活动支座。

南北岸提升站分别位于11E5~11E8和3E11~3E14之间,即正交异性板架设起始节间,均为活动支座,为防止正交异性板安装过程中产生纵向滑动,在起始节间和前半联活动支座正交异性板安装过程中需进行支座体系转换。

在起始节间和前半联正交异性板活动支座安装时,均对支座采用临时锁定装置进行锁死,临时转换为固定支座。首块正交异性板安装完成后将临时锁定装置保留,后续正交异性板安装完成后,均将临时锁定装置拆除,直到首块固定支座正交异性板安装完成后再将首块正交异性板支座临时锁定装置,恢复为活动支座。

5 结语

九江长江大桥公路桥加固改造工程,关键性控制工序为桥面板更换工作,全桥共计558块新制正交异性钢桥面板。为此,特意制造了操作简单、自动化程度较高的新型TJ50型架板机。同时,架板过程中保证了铁路的正常运营及航道的正常通行,未发生安全事故。最终,在较好的隔离防护措施下,安全、环保、高效地完成了架板任务。

参考文献:

- [1] 赵世运,李湘涛.芜湖长江大桥正桥钢梁制造及架设技术[J].中国铁道科学,2001(5).

基坑分块开挖参数对邻近地铁盾构隧道的变形影响分析

彭智勇^{1,2}, 杨秀仁¹

(1.北京城建设计发展集团股份有限公司, 北京市 100037; 2.城市轨道交通绿色与安全建造技术 国家工程实验室)

摘要: 合肥市某交通枢纽广场工程存在大面积基坑开挖, 施工区域底部和侧部存在地铁4条盾构隧道下穿和侧穿, 其中一条盾构隧道距离东区基坑底部4.5 m, 距离西区基坑侧部11.3 m, 且已运营, 为了基坑开挖过程中对隧道结构变形进行控制, 拟基坑内开挖保护区采用“双排桩+斜撑”方式支护、“分段+跳挖+底板封闭”方式开挖, 该文采用数值模拟技术, 通过不同开挖方案的对比分析, 得到开挖参数对隧道变形的影响规律, 从而确定开挖参数的合理范围。

关键词: 基坑分块开挖; 邻近盾构隧道; 开挖参数; 分块尺寸; 隧道变形

1 引言

随着城市轨道交通的高速发展, 城市地铁线网密度逐渐增大, 当此类城市开展新建设或改造时, 必然出现各类建筑基坑施工邻近轨道交通结构的情况。在此区域进行基坑开挖, 产生的土体变形容易对地铁结构的内力与变形产生不利影响。针对这种情况, 很多学者和工程师基于工程实际, 展开了基坑开挖对邻近地铁结构的影响机理及处理措施研究。况龙川结合实际工况和隧道监测数据分析了基坑侧向开挖对隧道变形影响的主要因素; 陈郁等利用理论推导出隧道上方土体开挖卸荷引起隧道结构的附加应力, 并进而求解出隧道隆起的定量计算方法; 宋海滨等利用数值分析方法研究了不同基坑开挖方案对隧道水平与竖向变形的影响; 宋伟基于敏感性分析的方法对临近隧道工程的基坑支护方案的影响因素展开了分析; 毕景佩从堆土对盾构隧道结构病害影响的角度分析了既有盾构隧道

结构的围岩环境荷载变化对结构的内力影响。可见, 以往多是从开挖机理和不同开挖方案的角度对邻近隧道施工影响展开的研究, 关于具体开挖参数对隧道的影响规律研究较少。实际上, 开挖参数的合理选择决定了开挖方案的可行性, 该文基于基坑按不同尺寸分段开挖, 通过分析开挖参数对隧道结构变形影响规律, 确定分段开挖参数的合理范围。

2 工程概况

合肥市某交通枢纽广场工程存在大面积基坑开挖, 场地东西长212 m, 南北宽189 m, 场地分东西两区, 主体结构形式采用现浇钢筋混凝土框架结构, 其中西区为地下三层(底板埋深16.4 m)、东区为地下一层(底板埋深6.9 m), 施工区域东区底部和西区侧部邻近两条地铁线, 均为已建盾构隧道, 且其中一条地铁线已开通运营, 该隧道右线距离东区基坑底部4.5 m, 距离西区基坑侧部11.3 m。基坑总体上采用明挖法施

- *****
- [2] 史聪慧. 下行式移动模架制40 m铁路箱梁施工关键技术[J]. 铁道建筑技术, 2006(5).
- [3] 夏建中. 芜湖长江大桥40 m PPC铁路简支箱梁制造和架设技术[J]. 桥梁建设, 2000(3).
- [4] 王东辉, 覃勇刚. 南京大胜关长江大桥钢梁架设及关键技术[J]. 桥梁建设, 2009(3).
- [5] 邓永锋, 余巧宁. 武汉天兴洲公铁两用长江大桥钢梁架设

- 边跨合拢施工技术[J]. 桥梁建设, 2008(6).
- [6] 邓永锋, 周明星, 黄冈公铁两用长江大桥钢桁梁架设技术研究[J]. 桥梁建设, 2013(2).
- [7] 骆双全. 南京大胜关长江大桥主桥钢梁主跨合拢技术[J]. 施工技术, 2009(10).
- [8] 宋伟俊, 董广文. 南京大胜关长江大桥钢梁架设与合拢技术[J]. 桥梁建设, 2009(6).

收稿日期: 2018-10-15(修改稿)

基金项目: 国家重点研发计划项目(编号: 2017YFB1201104-013)

作者简介: 彭智勇, 男, 博士, 工程师. E-mail: 158836310@qq.com