

漕宝路工程立交改造涉铁桥梁特点分析

王晓靖

(上海东华地方铁路开发有限公司, 上海市 200071)

摘要:上海市漕宝路快速路新建工程涉及对现状嘉闵立交的改造,主要介绍了嘉闵立交的改造方案,重点介绍了跨铁路廊道主桥工程的控制因素、设计特点及项目重难点。工程范围内的涉铁主桥采用异型连续钢箱梁T形刚构桥转体施工跨越高速铁路、普通铁路共7条铁路线路。漕宝路跨铁路主桥宽度非常宽、平面尺寸变化大、断面布置异形,桥梁纵坡达到6%。异形的结构布置带来了纵向、横向极不平衡转体的问题,通过精确配重、临时斜拉索辅助结构受力等措施,解决大跨度桥梁极不平衡转体的难点,可为类似工程提供参考。

关键词: 立交桥;改造;异形;钢箱梁桥;转体;不平衡;辅助结构

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)03-0098-04

1 概述

为发挥虹桥枢纽外围配套“一纵三横”快速路的整体功能,支撑虹桥商务区的可持续发展,均衡快速路路网流量,实施漕宝路快速路新建工程。

漕宝路快速路西起嘉闵高架,东至桂平路交口,长约7.1 km。采用高架与地道敷设形式,快速路标准,基本建设规模为双线6车道。漕宝路地面道路改建长约3.9 km,主干路标准,由双向4快2慢拓宽为6快2慢。由西向东依次下穿嘉闵高架,上跨改线沪昆铁路、沪苏湖铁路、沪昆高铁、规划磁浮线、机场联络线、规划竖河路^[1]。

2 嘉闵立交改造方案

规划嘉闵立交位于现状漕宝路立交的南侧,以漕宝路快速路主线与嘉闵高快速路互通功能为主。结合沪苏湖铁路的建设,需要对现状沪松—嘉闵立交进行改建(见图1)。

嘉闵立交改建涉及包括既有WN匝道,拆除既有EN、SE匝道,新建EN、ES、NE、SE 4根匝道,形成一座喇叭立交,实现漕宝路与嘉闵高架互通。

既有立交与新建立交形成组合立交,既有T型立交实现地区服务功能,新建喇叭立交实现快速路转换功能。往西预留沪松公路与快速路的直连通道、与嘉闵高架的互通匝道。同时,因漕宝路快速路建设需要对嘉闵高架主线(沪松公路~G50段)东侧进行

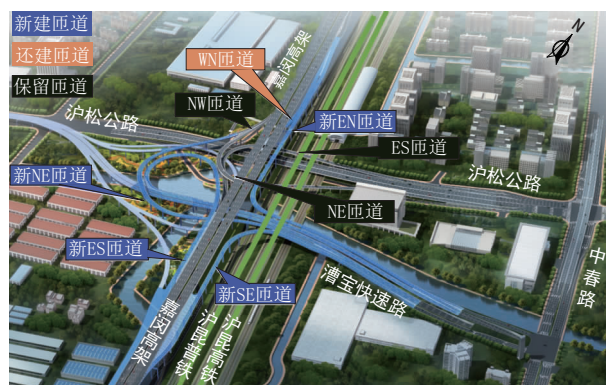


图1 嘉闵立交改建方案示意图

拓宽(单向4拓5),缓解嘉闵高架的交通压力。

属于本工程范围的嘉闵立交部分,又分为涉铁段和非涉铁段。涉铁段主要指上跨铁路走廊及与铁路走廊平行相邻的匝道,包括新建EN匝道、ES匝道、NE匝道、SE匝道涉铁部分,其余匝道属于非涉铁段(见图2)。

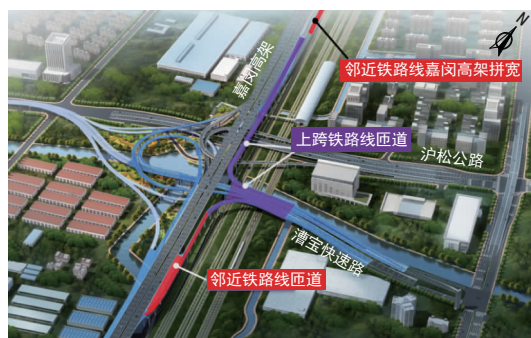


图2 涉铁工程位置示意图

3 跨铁路廊道主桥总体设计

本次设计范围内的涉铁主桥工程,主线桥梁采用异型连续钢箱梁T构转体桥由东往西依次跨越机场

收稿日期: 2022-03-29

作者简介: 王晓靖(1989—),男,硕士,工程师,从事铁路工程及涉铁工程管理工作。

联络线(在建、双线)、沪昆高铁(运营、双线)、沪苏湖铁路(在建、双线)、沪昆铁路(迁改、单线)共7条铁路线路。

3.1 桥梁设计控制因素

桥梁结构布置和施工需考虑对不可拆除建筑进行避让,满足与铁路线的净距和净空控制要求,同时为规划设施预留实施条件。

桥梁位于蒲汇塘南侧。蒲汇塘北侧有现状国利大楼(7层,顶标高44.45m)和一座单层临时厂棚,国利大楼围临时厂棚可拆除。国利大楼和厂棚间的空地规划有生产车间。蒲汇塘南侧分布有一片国利公司的单层厂棚,厂棚占用的规划红线内用地,后期将会进行拆除。蒲汇塘中规划一座水闸,最高点标高15m。场地建筑物分布情况如图3所示。



图3 跨铁路节点场地构筑物分布情况示意图

本桥平面主要特点为异形变宽,桥面宽度变化范围为40.5~99.3m。转体施工桥梁跨径布置除避开竖河路的车行道外,满足两侧施工场地的限制要求。由于桥梁宽度较大,桥梁转体前横位拼装期间,与沪杭铁路距离要求不小于15m。受该条件控制,桥梁跨铁路跨径为95m,配跨由于桥宽度较主跨小,为平衡重量并尽量减小对周边建筑物影响,跨径也采用95m,及采用(95+95)m两跨T型刚构布置。

根据道路总体设计,跨铁路走廊节点为CBS、CBX主线与EN、NE、SE3条匝道的合流区域。其中,CBS、CBX主线及NE、SE匝道位于同一标高,北侧EN匝道高于南侧主线2~4.5m。

西侧边墩位于规划改线沪昆铁路的东、西线之间,控制桥墩距离改线后沪昆铁路中心线最小净距为4.0m,该桥墩需与改线沪昆普铁同步施工。主墩与既有铁路夹角79°,布置于机场联络线西侧、规划河道以东。中墩墩柱边缘距离机场联络线中心线最小距离为9.29m。因桥墩位于改线后沪昆铁路线上、下行线之间,桥梁需和改线沪昆普铁同步施工,机场

联络线和沪苏湖铁路待桥梁转体结束后再施工^[2-3]。桥梁与铁路平面关系如图4所示。

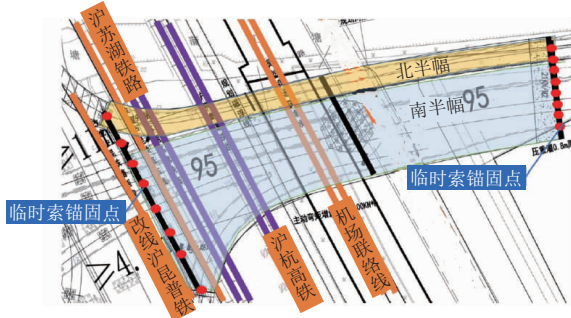


图4 跨铁路廊道桥总体布置

纵断面控制因素:道路总体纵断面根据桥址范围内构筑物(主要为跨越的铁路)控制标高进行设计(见表1)。

表1 桥梁纵断面控制因素

铁路名称	轨面 标高/m	限界 要求/m	梁底控制 标高/m	时速/ (km·h ⁻¹)
机场联络线	6.500	7.25	14.500	160
沪昆高速铁路	6.428	7.25	14.428	200
沪苏湖铁路	5.946	7.25	13.946	200
沪昆铁路改线	5.950	7.96	14.410	160

此外,桥位距离虹桥机场约3km,属于航空限高区域,要求建筑物顶标高不得超过49.3m。主墩处设有转体施工用临时桥塔,转体施工完成后拆除。临时桥塔塔高设计需满足航空限高要求。

3.2 桥梁结构设计

为适应5条道路的并线要求,钢箱梁主梁采用整体超宽异形三维不对称钢梁结构,主桥EN匝道位于6.4%的纵坡上,并高出约2~4.5m,CBS、CBX主线及NE、SE匝道纵坡为6%,西侧梁端为竖曲线段,中主墩与钢箱梁固结。EN匝道钢箱梁西侧接收墩梁端高度为7.984m,主墩处梁高为7.5m,东侧接收墩梁端高度为5.405m,其余主线桥钢箱梁接收墩梁端高度为3.5m,主墩处为5.2m。

跨铁路桥总体布置如图5所示。

主体结构采用Q345qD板,临时钢塔及临时锚固钢结构采用Q345qC板,总用钢量约9300t。

(1)结构支承体系。采用T构支承体系,中支点为墩梁固结,两侧边支点横向布置4个支座。CBX主道对应支座为纵向活动,余均为双向活动。

(2)上部结构。钢箱梁采用为变宽度不等高异形整体钢箱梁,采用密横梁体系,纵向每隔3.0m布置一道横肋,中间1.5m布置一道顶板横肋及腹板竖向加劲肋。

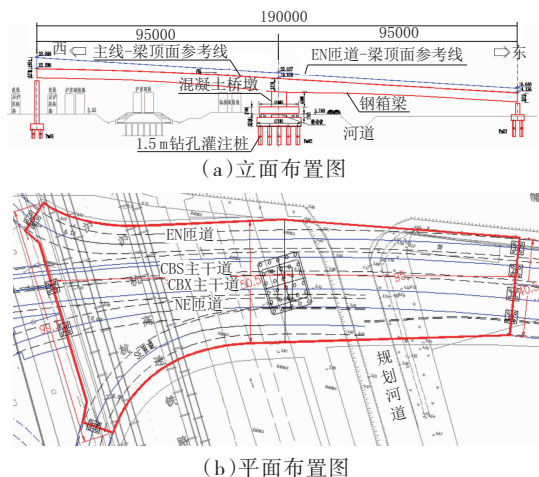


图5 跨铁路(95+95)m钢箱梁T构主桥总体布置图(单位:mm)

标准段钢箱梁梁高4.0 m,顶、底、腹板厚度均为16 mm;中支点处梁高加高至5.7 m,顶、底、腹板厚度均加高至36 mm。桥面板采用U肋加劲,板厚8 mm、高280 mm、宽300 mm;加劲间距为600 mm;底板采用I肋加劲,板厚16 mm、高220 mm,加劲间距为300 mm;腹板采用I肋加劲,板厚16 mm、高200 mm,加劲间距为500 mm。

(3)下部结构。主桥中主墩采用钢筋混凝土实体桥墩,墩高为6 m,墩柱采用矩形截面,纵向宽6 m,横向由墩顶17.95 m宽线性变化至墩底13.6 m宽,墩顶设2 m钢混结合段与钢箱梁固结。基础采用30根 $\phi 1.5$ m钻孔桩,桩长76 m。

4 施工步骤及要点

跨铁路廊道主桥施工主要采用平面转体施工工艺,转体角度为 105.8° ,转体重量为16 850 t。

主要施工步骤及要点如下:

(1)桩基、承台下部结构施工。a.先施工主桩邻近机场联络线的一排桩,钢护筒适当加长,减小对机场联络线已施工的桩板结构桩基的影响。b.施工主墩下转盘,及时回填基础基坑至承台顶,安装转体系统,浇筑主墩上转盘并施工主墩墩身。c.同步施工边墩的桩基础、承台和桥墩,以及主梁拼装支架基础。

(2)钢梁节段拼装。a.墩梁固结钢-混凝土结合段施工;b.支架搭设,钢梁拼装;c.平衡配重布置;d.施工临时桥塔,张拉临时斜拉索(见图6)。

(3)称重、转体。a.拆除部分支架,使梁底与支架脱离,对转体结构进行纵横称重,实测其重心位置,必要时进行配重调整,使全部转体结构重量主要由中心球铰承担。b.调试牵引系统,清理润滑环道,拆除有碍平转的障碍物,在平转就位处设置限位卡梁。

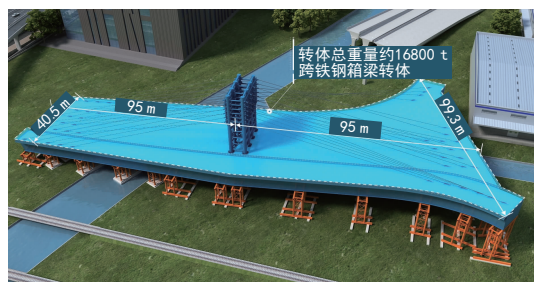


图6 钢箱梁支架上拼装及临时斜拉索张拉

根据铁路确定的转体作业时间对转体结构进行微幅试转,确定转体的各项参数。c.根据铁路确定的转体作业时间,启动千斤顶转动体系,进行正式转体,速度在 $0.012 \sim 0.02$ rad/m内,且梁端不大于2.0 m/s,将转体梁段顺时针方向转体约 105.8° 至成桥位置,并完成锁定。逐步、逐根减小临时斜拉索索力,同步逐渐卸载千斤顶上顶力,完成钢箱梁落梁,完成体系转换。d.拆除转体临时桥塔、斜拉索及其桥面锚固件、所有支架等临时工程。

5 项目特点及实施重难点

漕宝路转体主桥结构构造复杂,采用转体施工工艺,施工难度大,技术含量高,施工控制影响因素繁多,其结构及施工阶段的特点包括:

(1)桥梁平面布置极为异形,桥梁宽40.5~99.3 m,桥梁很宽且宽度变化非常大。钢箱梁面积大,分块数量多(141块),钢梁板件厚度较大,现场焊接量大,焊接变形、温度变化影响大。

(2)桥梁纵坡大(6%),桥梁两端的高差达到12 m多。

(3)桥梁横断面布置极不对称,由于钢梁为匝道与主线合并,钢箱梁顶板标高变化大。

(4)异形的结构布置带来了不平衡转体的问题,两跨桥不平衡、重量差异大,纵横向均存在非常大的不平衡重量,精确称配重难度大。

对于转体桥而言,在施工过程中,结构布置不对称、球铰体系的安装误差、梁体质量分布差异等,均会使桥墩两侧悬臂梁段刚度和质量分布不同,从而产生不平衡力矩。为此,转体施工前,需要对围绕转动轴中心的不平衡力矩进行测试。并以此为依据,进行科学配重,使不平衡力矩处于较小的范围,从而保证转动体系在转动过程中处于中心承重状态。

由于本桥配重的数量较大,配重需充分考虑结构平衡、体系转换过程中的线形变化和内力变化,确保各个施工阶段的状态始终处于可控范围内。

(5)漕宝路跨铁路主桥采用(95+95)m钢箱梁T构桥式,采用临时索塔进行转体辅助施工,在施工过程是独塔斜拉桥体系^[4-5]。

桥梁配重约1 900 t,精确称配重难度大,拉索根数多(48根),张拉力及张拉顺序影响大,斜拉索的控制需考虑其对结构内力及变位的影响。临时索塔及斜拉索布置如图7所示。

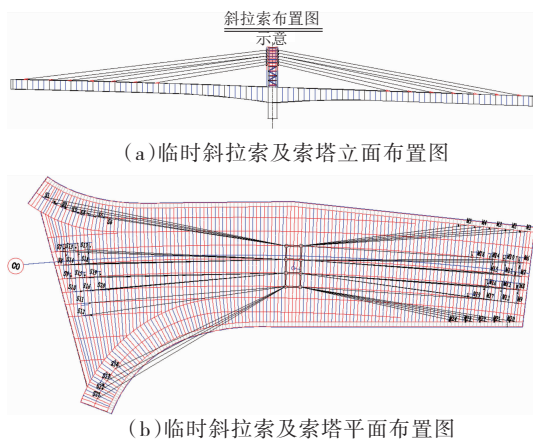


图7 临时索塔及斜拉索布置图

(6)转体施工跨越多条铁路,天窗时间短,安全风险大。

综上所述,根据漕宝路转体桥的特点,如何在转体前精确地称、配重,转体过程中姿态的控制,成桥时达到设计所确定的线形及内力状态是本桥成功实

施的关键。因此,在施工过程中必须采取有效的控制措施,通过在过程中对桥梁状态的实时监视和调整,保证施工过程的安全和成桥时达到设计目标。

6 结语

我国已完成的转体桥梁很多,但类似于漕宝路桥这种宽度极宽、平面变化极大(宽度桥梁宽度40.5~99.3 m)、断面布置(匝道与主线高差大)极其异形的大吨位、大纵坡(6%)的连续梁转体,实属罕见。漕宝路建成后,将成为世界上跨多条高铁线路的整幅转体最宽的桥梁。该桥转体的实施难度极高,转体桥跨高铁施工需夜间天窗点施工,精准度要求高,安全风险高,目前国内外类似工程项目极少,可为类似工程提供有益的参考。

参考文献:

- [1] 上海市漕宝路快速路新建工程I标段施工图[Z].武汉:中铁第四勘察设计院集团有限公司,2021.
- [2] 张联燕.桥梁转体施工[M].北京:人民交通出版社,2003.
- [3] 徐春东,胡洲,关俊锋,等.跨线铁路转体桥施工技术发展综述[J].华东交通大学学报,2021,38(6):54-60.
- [4] 杨海鹏,徐松,朱利明,等.我国转体斜拉桥发展综述[J].现代交通技术,2017,14(6):34-39.
- [5] 曾甲华.不对称转体施工钢箱梁独塔斜拉桥合理转体平衡状态构思与实现[J].交通科技,2015(3):8-10.

(上接第71页)

速、汉道分流比及郑蒲港港区及心滩头部等变化情况影响范围。分析结果表明:(1)物理模型试验结果与实测资料吻合良好,结果可信。(2)对工程河段内的表面流速分布、近岸流速、流向及汉道分流比的影响仅限于桥址上、下游较小范围内,对汉道分流比的影响幅度在0.3%以内,对水流条件的影响较小。(3)桥区下游的郑蒲港港区、心滩滩头及左缘侧流速基本不变。(4)对水动力条件的影响不大,其中,对左汉的影响范围为上游约1 300 m、下游约2 950 m,对右汉的影响范围为上游约1 500 m、下游约3 450 m,不会对该河段的航道维护与稳定产生不利影响。

参考文献:

- [1] 天津水运工程勘察设计院有限公司,中铁武汉勘察设计院有限公司.

- 马鞍山长江公铁大桥航道通航条件影响评价报告[R].武汉,2019.
- [2] 交通运输部天津水运工程科学研究所.马鞍山长江公铁大桥物理模型试验研究报告[R].天津,2019.
- [3] 杜德军,夏云峰,闻云呈,等.沪通长江大桥桥墩布设水动力特性试验研究[J].水道港口,2016,37(1):12-17.
- [4] 陈述,张世钊,赵维阳,等.商合杭铁路芜湖长江大桥通航条件及水动力影响[J].水道港口,2018,39(1):49-54.
- [5] 何侃.航道整治前后大桥通航条件影响的双重评价[J].中国水运,2020(10):117-119.
- [6] 胡勇,赵维阳.常泰长江大桥桥跨布置方案研究[J].桥梁建设,2021,51(1):1-7.
- [7] 张胡,杜德军,夏云峰,等.沪通长江大桥墩位布设适应性分析[J].水利水运工程学报,2018(5):8-13.
- [8] 原贺军.二维水动力分析在桥梁工程航道通航条件影响评价中的应用[J].工程与建设,2021,35(4):660-661.