

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.07.029

宁波机场路南延工程绿色建造的技术措施

罗干生

(宁波市城市基础设施建设发展中心, 浙江 宁波 315040)

摘 要: 绿色建造是可持续发展的重要内容,宁波机场路南延工程针对公铁一体化双层高架桥的特点,建设全过程执行绿色建造的理念。采取多项绿色建造技术措施,包括规划阶段节约用地的公铁共通道建设方案;设计阶段减振降噪技术研究、U 形轨道梁设计、建桥合一双层高架车站;施工阶段“共用架桥机,架设双层预制梁”的创新绿色施工工艺,以及 UHPC 新材料预制装配技术的施工、验收标准体系研究等。采取的技术措施大幅集约用地、优化城市空间布局、减少施工期间对环境的影响,而且注重改善运营期间的环境噪声保护、减少运营养护工作。

关键词: 绿色建造;公铁一体化双层高架桥;减振降噪;绿色建筑;绿色施工,工业化施工

中图分类号: U415

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)07-0106-04

1 概 述

20 世纪 80 年代,联合国提出可持续发展的概念。20 世纪末世界范围的能源危机以及全球环境问题,使可持续发展思想和理论成为全球关注的热点。我国将“推动绿色发展,促进人与自然和谐共生”写入国家纲领性文件中。建筑业的能源消耗占全球能源消耗的 30%左右,是可持续发展的重要内容^[1]。在建设领域,绿色建造是实现绿色发展的重要途径,是实现绿色建筑的必要手段^[2]。

绿色建造是着眼于建筑全生命周期,在保证质量和安全前提下,践行可持续发展理念,通过科学管理和先进技术,最大限度地节约资源和保护环境。绿色建造的基本理念是“环境友好,资源节约、过程安全、品质保证”^[3]。

宁波机场路南延工程为机场快速路与宁奉城际线共通道建设的公铁一体化工程。机场快速路为宁波市“四横五纵”的快速路网中服务南部地区快速射线,宁奉城际线是衔接奉化与宁波主城之间一条重要的轨道交通骨架线路,线路示意图 1。工程全线采用“主线高架+地面辅道”的建设形式,总长约 18.8 km,共建段长 11.8 km,含“4 站 5 区间”。上层高架为城市快速路,双向六车道规模。轨道层宁奉城际线列车最高运行速度 120 km/h。地面辅道为双向 6 车道规模。

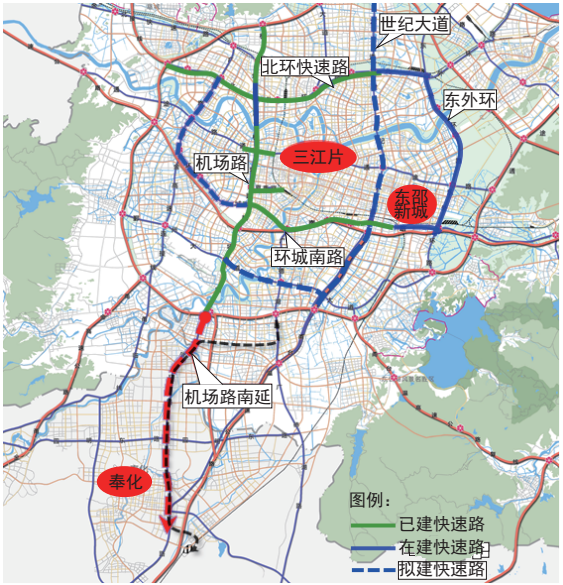


图 1 机场路南延工程线位示意图

本工程于 2017 年 7 月开工建设,至 2020 年 10 月建成通车。

本工程建设全过程执行绿色建造的理念。绿色建造包括前期规划、设计、施工三个阶段,重视规划和全过程管理。从工程项目总体的角度,通过一体化设计、工厂化预制、装配化施工、信息化管理,统筹资源,减少环境负影响,实现资源和能源的高效利用,降低工程建成后的运营养护成本。

本文重点从新技术、新工艺的角度,介绍本工程的绿色建造的技术措施。

2 绿色建造的技术措施

2.1 快速路和城际铁路共通道规划,集约用地

机场快速路南延高架与宁奉城际铁路共交通廊

收稿日期: 2022-04-26

作者简介: 罗干生(1970—),男,本科,高级工程师,从事工程项目管理工作。

道建设,采用双层一体化高架布置,有利于城市空间布局的优化及土地资源集约利用。

对于一体化双层高架桥墩,有 H 型和 Y 型两种截面形式。与 H 型墩相比,Y 型墩可减小下立柱间距约 1.5 m,减小地面中央隔离带宽度。本工程采用 Y 型墩,可进一步节约用地,结构透视图见图 2。



图 2 公铁一体化双层高架桥透视图

通过前期规划的共通道总体方案,共节约土地资源近 12 hm²。

2.2 绿色桥梁结构设计

(1)开展减振降噪技术研究,保护环境

机场路南延穿越规划宁南新城,中交未来城等多个规划新区,部分区域对噪音尤为敏感。

与独立轨道交通高架桥相比,公铁一体化双层高架具有交通量平面叠加、双层框架几何外形的突出特点,噪声影响显著不同。

目前国内外对轨道交通桥梁振动噪声的研究主要针对独立轨道交通或道路交通进行了噪声实测或预测研究。有文献对已建成的上海共和新路双层高架进行了噪声测试,仅能反映几个测试点位的噪声频谱特性,缺乏对噪声空间传播规律的精细预测,尚未提出有针对性的降噪措施。

为实现减振降噪的目标,本工程在国内首次系统研究双层高架结构减振降噪技术。采用经过实测验证的声振耦合模型计算结果阐明了双层高架的上层道路桥梁对下层轨道交通噪声传播规律的影响,明确了合建桥梁在降噪方面的优势,提出了进一步减小合建桥梁噪声影响的综合措施。

合建系统的噪声,包括上层快速路噪声和轨道层噪声。经研究得到以下结论:

- a. 快速路路面以上、距轨道中心线 20 m 以内(红线内),公路噪声大于轨道交通噪声,混和噪声由公路交通噪声决定;
- b. 人行道位置噪声和红线外建筑,公路交通噪声远小于轨道交通噪声,混合噪声决定于轨道交通噪声。

由于轨道层噪声控制绝大多数的区域,下面重点说明公铁合建系统中轨道层噪声的传播规律。

由于公路小箱梁形成的锯齿形反射面比大箱梁的平板型反射面形成的反射次数更多(凹凸部分可多次反射),延长了声传播的路径,能量衰减也会有所增大。双层高架轨道层声场云图见图 3。

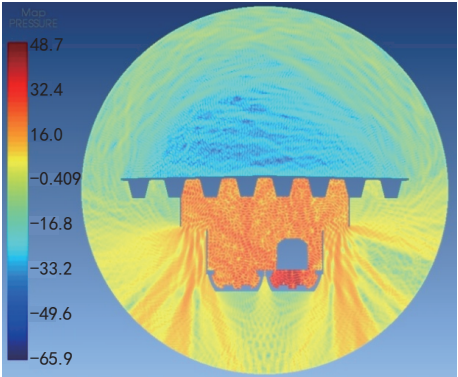


图 3 公铁合建轨道层声场云图

上层公路桥的出现,改变了轨道交通声能量的传播扩散方向,将耗散在路面上方的能量转移到了侧面区域,使得公路桥上方附近有限空间的轨道交通噪声降低的同时,加剧公路桥高度以下空间的噪声污染,见图 4,图 4 中数据的增减值,相对独立轨道交通线路而言。由图 4 可得上层公路和下层铁路的双层合建桥梁主要噪声分布规律如下:

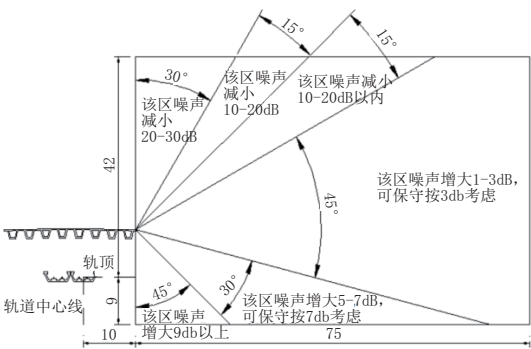


图 4 公铁合建轨道噪声增减分区示意图(单位:m)

- a. 合建将增加公路桥高度以下空间的噪声,尤其是人行道和非机动车道位置;
- b. 红线外居住区位于公路桥面高度以下的楼层,噪声增幅随层高增大而减弱;
- c. 当层高超过公路桥面高度一定范围时,将转为噪声降低,且楼层越高降幅越大。

进一步研究表明,双层高架的轨道声传播方向性强,声屏障高度影响低楼层噪声。声屏障超过 3.5 m 后,红线外低楼层降噪效果反而降低。因此,声屏障高度以 3.5 为宜,降噪 3~5 dB。

(2)新型 U 形轨道梁,提升绿色品质

本工程对 U 形梁进行了结构优化设计(见图 5),具有噪声振动小,重量轻的优点,结合声屏障能够满足沿线对噪音控制的需求。综合降噪 10 dB 以上,并有效减少梁上附属设备振动,利于运营养护。

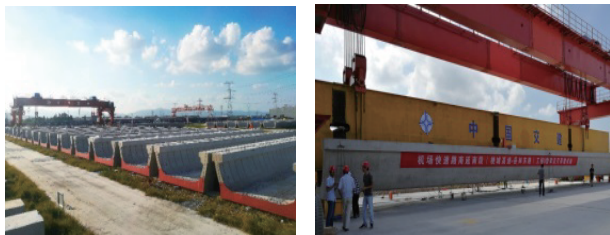


图 5 U 形轨道梁

国内首创设计的槽型梁横向预应力试验研究、试点应用,能够避免 U 形梁底板在列车运营荷载作用下开裂,进一步减小轨道梁的噪音、振动,提高耐久性。

(3)建桥合一的双层高架车站,优化建筑空间,提高整体性

已建公铁共建车站一般采用建桥分离或者建桥组合的结构形式,轨道梁单独设置,结构整体性差,对车站净空影响较大。

本车站采用轨道梁、车站站体、快速路桥墩盖梁整体浇筑的多层一体化结构,从下至上依次为设备夹层和设备层(两侧为地面道路)、站厅层、轨行区及站台层、公路层。车站纵向不设置变形缝,所有盖梁、墩柱承台和基础梁板、各层梁板(包括轨道梁)均整体浇筑,仅上层快速路梁设支座搁置在桥墩盖梁上,见图 6。纵向布置 4 排快速路墩柱和 9 排车站结构框架柱,横向布置为双柱三跨,两边悬挑,其中快速路墩柱在轨行区及站台层设置转换梁,以满足站台疏散要求。

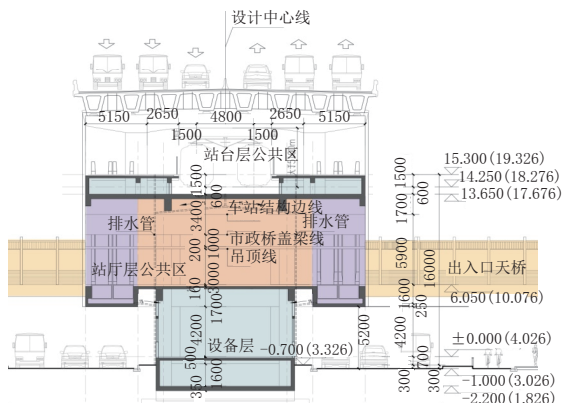


图 6 车站横断面图(单位:mm)

本工程车站形式的站内建筑空间布置灵活,有效减小车站体量,增加站厅净空。站内所有构件整体浇筑且不设变形缝,整体性和抗震性能好。

2.3 “共用架桥机,架设双层预制梁”的创新工艺,实现双层高架桥的工业化施工

工业化施工是推进绿色建造的有效方式。工业化施工的主要标志是实现“四化”即设计体系标准化、构配件生产工厂化、现场施工装配机械化和工程项目管理科学化。采用工厂化生产的建筑,具有进度可控、质量可控、成本可控等优势,大大减少了施工现场粉尘、噪声、污水等污染^[5]。

针对施工期间保交和低影响建设的要求,在公铁一体化的闭口型框架桥墩中采用“双层预制梁”结构,以往类似工程轨道梁全部采用现浇梁^[5-6]。与现浇轨道梁相比,本工程 35 m 跨径以下均为预制梁,预制梁占比提高到 70%,有力推进了轨道梁制造快速化、集约化。

本工程在国内首次采用“双层独立梁上运梁,共用架桥机架梁”工法,圆满解决了闭口框架桥墩中架设双层预制梁的难题。

在提梁站处,首先通过龙门吊分别将预制的上层梁和下层轨道梁送至上层和下面的轨道层。然后采用梁上运梁的方式,通过上层运梁车、下层运梁车,将预制梁运输至待架跨的前一跨位置,准备架梁。架梁时,上、下两层预制梁共用一套架桥机架梁,架桥机搁置在上层盖梁上,统筹安排。对于同一跨,先架下层轨道梁,再架上层梁,图 7 至图 9 为现场照片。



图 7 提梁站提升轨道梁



图 8 U 形轨道梁 梁上运梁

因共用架桥机,实现了工期和费用的最优化,且对地面道路交通影响小。



图9 上层架桥机架设下层轨道梁

通过该项工艺创新,将轨道梁施工所需的场地宽度由现浇梁的20 m左右减小至12 m左右,为临时保通流出了宝贵空间;与现浇梁相比,减少了支架搭设、混凝土浇筑和养护时间,单跨梁施工时间减少了10~15 d;大幅减小施工对交通环境及居住环境的影响。

2.4 UHPC 预制装配规模化应用,推动绿色建造新技术发展

超高性能混凝土预制装配新技术,经过多年的试验研究和稳步推进的工程应用,在机场路南延工程中进一步实现规模化应用。全线标准宽小箱梁的桥面板湿接缝采用超高性能混凝土连接(见图10),总长约9.2 km。同时,在该工程中试点应用以超高性能混凝土作为湿接缝的预制拼装下部结构。



图10 桥墩 UHPC 湿接缝预制拼装

该项技术具有钢筋定位要求低、取消常规大量现场钢筋焊接、免振捣、缩短工期,降低施工难度等优点,符合绿色建造理念要求。

在项目施工期间,UHPC 材料在国内处于推广应用阶段,缺乏施工和验收的技术标准,且各厂家质量参差不齐。为严格控制施工质量,由建设单位、市质监站、设计院、施工单位、监理单位、UHPC 厂家、第

三方检测单位等单位组成工作团队。施工筹备工作主要分三个阶段进行。

(1)材料筛选:检测各厂家 UHPC 试件是否符合技术指标要求。

(2)材料验证:试件符合技术指标的厂家材料,制作成试验构件,进行构件试验,验证构件性能。

(3)施工和验收技术标准研究:经过深入讨论研究,形成技术文件《UHPC 施工操作技术手册(试行)》、《湿接缝施工阶段 UHPC 检测要求(试行)》,后期的施工和验收均按此执行。

本工程经过大量的研究工作,提出了基于 UHPC 的桥梁预制拼装成套技术,包括设计、施工、检测、验收等较完整的超高性能混凝土预制装配技术标准体系,为后续类似项目积累了宝贵的经验,推动绿色建造新技术发展。

3 结 语

本工程在常规的绿色建造技术基础上,针对公铁一体化双层高架桥的特点,采取多项绿色建造技术措施,包括规划阶段节约用地的公铁共通道建设方案;设计阶段减振降噪技术研究、U 形轨道梁设计、建桥合一双层高架车站;施工阶段“共用架桥机,架设双层预制梁”的创新绿色施工工艺,以及 UHPC 新材料预制装配技术的施工、验收标准体系研究等。

以上绿色建造技术措施不仅大幅集约用地、优化城市空间布局、减少施工期间对环境的影响,而且注重改善运营期间的环境噪声保护、减少运营养护工作。

参考文献:

- [1] 郭汉丁,马辉,郭伟,等.绿色建造与运营管理学科的建设和发展[J].高等建筑教育,2014(1):10-14.
- [2] 黄宁.国外绿色建造发展经验及案例[J].绿色建造,2021(1):37-42.
- [3] 肖绪文,冯大阔.我国推进绿色建造的意义与策略[J].施工技术,2013(4):1-4.
- [4] 唱响“绿色”主旋律 铸就中国建造品牌[N].中国建设报,2021-03-19(006).
- [5] 毛志兵,于震平.关于推进我国绿色建造发展若干问题的思考[J].施工技术,2014,43(1):14-16.
- [6] 陈文艳,吴凤仙,鲍艳玲.上海共和新路一体化高架结构综合设计研究[J].地下工程与隧道,2007(2):6-11.
- [7] 袁胜强,顾民杰.宁波市北环快速路工程总体设计[J].工程设计与设计,2015(S1):102-105.