

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqfh.240812

城市老城区市政路与铁路交叉平改立方案研究

罗叶军

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 陕西 西安 710043)

摘要: 咸铜铁路电气化改造使其运输能力增长, 却导致与其平交的朝阳一路运输效率降低, 亟须对朝阳一路与咸铜铁路交叉口进行优化。采用调研、Trans CAD 和四阶段推算得到改造前交叉口的交通量, 预测通车 15 a 内交通量与服务水平; 综合考虑工程量、交通组织等因素分析铁路平改立跨越方式、道路平断面型式、桥涵型式及投资。结果表明: 朝阳一路单向交通量已达到 544 pcu/h, 2030 年交通量增幅达 33.3%, 服务水平四级, 故采用双向 4 车道; 采用平改立框架桥下穿铁路、32.5 m 宽双向 4 车道路方案、三孔连续框架桥涵, 可解决建筑密集、空间狭小等问题, 满足功能性齐全、红线宽度窄, 投资额小的要求。研究成果可为同类城市道路与铁路交叉道口设计提供参考和借鉴。

关键词: 老城区铁路; 平改立; 四阶段推算法; 框架桥; 关键技术

中图分类号: U412.35

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)06-0060-05

Research on at-Grade-to-Grade-Separation Scheme of Municipal Road and Railway Intersection in Old Urban Area

LUO Yejun

(China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Xi'an 716643, China)

Abstract: The electrification reconstruction of the Xiantong Railway makes the increase of transportation capacity, but leads to low transport efficiency of Chaoyang Road I intersected with the railway at grade. It is urgent to optimize the intersection of Chaoyang Road I and the Xiantong Railway. The traffic volume at the intersection before the reconstruction is obtained by the survey analysis, Trans CAD and four-stage calculation method to predict the traffic volume and service level within 15 a after its opening to traffic. Comprehensively considering the factors such as engineering quantity and traffic organization, the railway at-grade-to-grade-separation crossing method, road planar section form, bridge culvert forms and investment are analyzed. The results show that the one-way traffic volume of Chaoyang Road I has reached 544 pcu/h, the traffic volume of this road will increase by 33.3% in 2030, and the service level will be Level 4. Therefore, the two-way four-lane design is adopted. The scheme of at-grade-to-grade-separation frame bridge crossing railway, 32.5 m two-way four-lane road and three-span continuous frame bridge culvert is adopted able to solve the problems such as dense buildings and limited space, which can meet the requirements of complete functionality, narrow red line width and small investment. The research results can provide reference and inspiration for the design of similar urban road and railway intersections.

Keywords: old urban area railway; at grade to grade separation; four-stage calculation method; frame bridge; key technology

0 引言

随着我国交通需求量的大幅增长及交通线路连续性要求的提升, 城市老城区公路与铁路的平面交叉道口对交通运输服务体验的不利影响逐渐显现。尤其对于交通运输量较大的铁路与公路路线, 平交叉口的存在会直接降低运输效率并放大安全隐患^[1-4]。

因此, 提高城市老城区道路交叉口的通行能力, 成为提升城市老城区运输安全与效率的重点。

目前, 主要采用平交转立交的方式改善城市老城区道路的交叉口通行能力^[5-7]。平改立是将直行交通量大的交通路线以桥梁形式跨越或下穿被交铁路, 上跨方式对既有道路的影响相对较小, 而有些工程由于其环境等条件具有特殊性, 需采用下穿方式实现道口平改立, 该方法直接影响着上覆铁路的运营安全^[8-11]。因此, 提出安全可行的平改立方案关键技术对改善道路平面交叉口现状具有重要意义。众

收稿日期: 2024-07-30

作者简介: 罗叶军(1982—), 男, 本科, 高级工程师, 从事公路工程设计工作。

多学者针对道路交叉口“平改立”的关键技术开展了研究。葛德书^[12]以平齐铁路与国省干线公路平面交叉口改建工程为例,从交通量预测、方案比选等方面全面介绍了采用上跨立交实现平改立方案的可行性与关键技术;姚杰^[13]依托集包铁路跨越京包铁路工程实例,总结了跨线桥的设计与施工原则,给出了跨线桥平面转体关键技术;陈志涛^[14]研究了平改立大跨度框架桥改进铁路道口的线路加固关键技术,给出了满洲里铁路下跨立交箱涵顶进施工方案;董佳佳^[15]研究了采用箱涵下穿铁路等方式在公路与铁路交叉口实现平改立方案,给出了箱涵整体顶进施工关键技术;崔德海^[16]依托沪杭铁路,研究了软土地区下跨式交通道口平改立方案中,箱涵桥施工方法和基础沉降的物探检测方法。

本文以现有研究为基础,依托咸阳市朝阳一路与咸铜铁路平交口改进工程,分析公路与铁路道口平交的关键问题,研究城市老城区铁路平改立方法的可行性,从设计方案、效益分析、施工节点等方面给出城市老城区铁路平改立关键技术,以期类似老城区平改立工程提供工程借鉴。

1 工程概况

朝阳一路位于咸阳市渭城区西南部,地处区域交通流的重要转换路径,承担着各个区域的联通功能,双向2车道+2非机动车道,路面宽15 m,人行道5 m,沥青混凝土路面。咸铜铁路是连接咸阳市与铜川市及向北接延安的重要铁路大动脉。目前,朝阳一路于K1+035处与咸铜铁路平交。

1.1 工程现状存在的问题

咸铜铁路交通繁忙,每天远期全线列车运行达到100~120列,每列车经过需封闭让行4 min左右。两路交叉口附近为生活性支路,道路两侧集中了学校、住宅小区、工厂、企业、居民小区等交通发生点和吸引点,是行人外出休闲、行政办事的必经场所,人流量与交通量较大,而平交导致朝阳一路的通行能力受限且存在一定的安全隐患。此外,道路交叉口沿线存在居住区密集,征拆难度大等问题,如图1所示。为保障出行安全,提高通行效率,该工程亟需采用合理可行的平改立方式进行平交道口改造,以消除了朝阳一路和咸铜铁路的冲突。

1.2 交通量预测与服务水平分析

(1)交通量预测

本文交通量预测综合考虑项目影响区内社会经



图1 未改造前平面交叉现场

济、人口规模及交通运输发展规划对交通量的影响,结合Trans CAD软件并采用四阶段推算法进行预测与迭代修正^[17-19]。根据《城市道路工程设计规范》(CJJ37—2012)(2016版)^[20],该项目交通量预测年限为项目建成后的15 a,因此,确定各特征年分别为2025年、2030年、2035年、2039年,交通量预测结果见表1。

表1 交通量预测结果

特征年	年平均预测		高峰小时单项预测	
	交通量/ (pcu·d ⁻¹)	增长率/%	交通量/ (pcu·h ⁻¹)	增长率/%
2025	9 164	—	660	—
2030	12 214	33.3	879	33.2
2035	14 875	21.8	1 071	21.8
2039	16 177	8.8	1 165	8.8

通过对朝阳一路各交叉口和朝阳一路与咸铜线平交道口早高峰7:30—8:30现状交通量进行调查发现,朝阳一路现状单向高峰小时交通量已达到544 pcu/h,相对目前双向两车道的道路规模交通量较大,同时受朝阳一路与咸铜线平交道口实际通行不足两车道的道路条件影响,早晚高峰期间车辆通行缓慢,易造成交通拥堵。

(2)交通服务水平分析

交通服务水平是衡量交通流运行条件及驾驶人和乘客所感受的服务质量的一项指标,通常根据交通量、行驶时间、行驶自由度、交通中断、舒适和方便等指标确定。根据规范^[20]评价朝阳一路与咸铜铁路交叉口改造工程通车后15 a的规划末年高峰小时服务水平,评价结果见表2。

表2 特征年改造工程服务水平评价

车道数(双向)	2025年		2030年		2035年		2039年	
	饱和度	服务水平	饱和度	服务水平	饱和度	服务水平	饱和度	服务水平
2车道	0.59	三级	0.85	四级	1.03	四级	1.10	四级
4车道	0.32	二级	0.45	二级	0.55	三级	0.59	三级

由表2可知,双向2车道设计方案在2030年及规划期末服务水平达到四级,形成强制流阻塞,道路拥

挤,车辆通行严重受限。双向4车道设计方案至2039年道路服务水平为三级,交通流状态处于稳定流的状态,道路服务水平较高。考虑设计年限内须满足的服务水平要求为三级,朝阳一路与咸铜铁路交叉口改造工程设计为双向4车道。

2 平改立设计方案研究

2.1 跨越方式研究

咸铜线咸阳—咸阳北段最大限制坡度6‰,区间长度7 km,中间设有咸铜铁路联络线、货场专用线、长庆石化专用线等控制因素分布,无法整体抬升咸铜铁路咸阳—咸阳北区间段铁路路基标高。朝阳一路和咸铜铁路交叉口可采用道路上跨铁路和道路下穿铁路两种方案。

(1)方案A:上跨方案

由于工程沿线小区密集,同时结合地形条件,按照规划道路标准,可采用40孔20 m小箱梁桥跨越咸铜线,主桥设置辅道与非机动车道,设置梯道供行人非机动车跨越铁路。上跨方案的效果图如图2所示。



图2 平改立工程上跨铁路效果图

(2)方案B:下穿方案

朝阳一路与咸铜铁路平改立工程还可采用道路下穿铁路的方式进行改造。采用机动车道+两侧非机动车道框架桥下穿咸铜铁路,引道采用下挖式U形槽,在地面沿下挖段边缘两侧布设6 m宽车行辅道。平改立工程下穿方案效果如图3所示。



图3 平改立工程下穿方案效果图

(3)方案比选

道路上跨铁路与下穿铁路两种平改立改造方

案,基于现有工程量资料可以发现,采用上跨铁路方案时,道路改造长度为1 117.080 m,桥梁长度为835 m;采用下穿铁路方案时,道路改造长度为600 m,隧道长度为46.5 m。由此可以发现,上跨铁路方案的工程量远远超过下穿铁路方案,投资额高。两种方案的优缺点见表3。经比选,该次改造工程方案选用框架桥下穿咸铜铁路。

表3 不同跨越方式优缺点

项目	上跨方案	下穿方案
优点	适应大流量、快速度交通,道路与城市道路总体规划契合度较好,对现有的地下综合管线影响较小	结构所需净空远小于上跨立交的净空要求,下坡段引道长度短,工程造价较低;利用地下空间布设管线,节约土地;非机动车和人行道坡度小,通行方便
缺点	铁路电气化改造,净空要求较高,桥梁上跨高度较高,立交桥引桥长度较长,降低周边土地利用率及土地开发价值;桥梁工程量大,投资较大,经济性较差。对道路两侧居民楼采光有影响。人行及非机动车跨越铁路坡度大	施工难度较大,施工时间较长;对城市地下综合管线影响较大,管线迁改较大;下穿方案对于重力流排水不利,需设置泵站解决雨水的排放

2.2 道路、桥涵设计研究

本次城市老城区铁路平改立工程平、断面设计主要遵循的原则有:满足规范、安全为基;功能齐全、出行便利;减少征拆、推进落地。

2.2.1 道路平面型式研究

该城市老城区铁路平改立道路推荐城市支路的技术标准修建,拟设计方案分别为方案一:32.5 m道路+步梯和方案二:36.5 m道路+梯道两种型式。

考虑朝阳一路原本的机动、非机动功能,在主线下穿铁路的设计中,设置机动、非机动车道。此外,还须考虑道路两侧居住区居民的出行需求,在主线两侧增加地面辅道,辅道车流可通过框架桥上方进行调头。行人通行功能的设计中,可通过辅道进入框架桥步行道实现南北侧转换。在下穿铁路两侧设置梯道供人行穿越铁路,下穿段U形槽宽度22.5 m,框架桥两侧有人行专用空间,梯步进出行人与非机动车流独立分开,不产生冲突。主线机动车道为双向四车道,机动车道宽度15.0 m,机动车道两侧非机动车道宽度为3.0 m。地面辅道宽5.0 m。在下穿引道段,局部红线宽度达32.5 m,与现状道路相接段落为22.0~25.0 m,局部突破规划红线宽度。线形设计为穿越铁路段为直线段,为避让多层居住建筑、最大化减少拆迁为原则布置,终点衔接既有路处设置S型曲线,半径均为1 000 m。在道路两侧与现状道路

衔接段,采取两处渐变段设计。小里程段,设计渐变段长度 35.0 m,大里程段设计渐变段长度 40.0 m。本方案线形顺直,远期可扩建人行道。

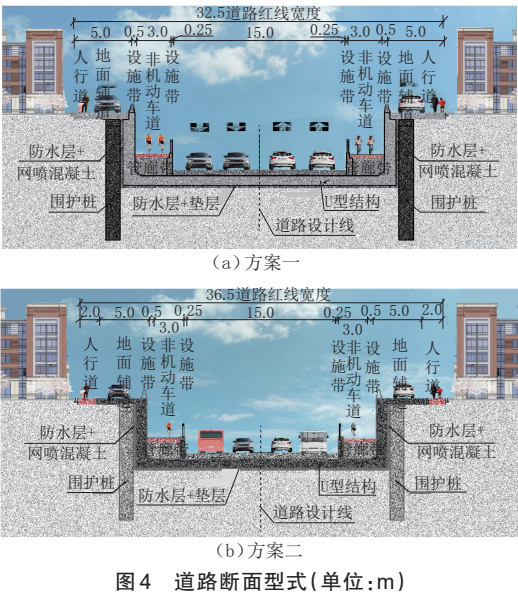
方案二与方案一相比,主要是下穿段两侧非机动车道上的人行道宽度增加了 2 m,其余与方案一一致。两种道路平面型式方案的优缺点见表 4,对比不同方案的优缺点,本次改造工程采用方案一(下穿段断面总宽度 32.5 m,铁路框架桥两侧对称设置四处梯步)。

表 4 不同道路平面型式优缺点

项目	方案一	方案二
优点	道路线形较好,行车安全;下穿段机动车非机动车分离设计,安全性高;整体拆迁量较小;下穿段宽度较标准段断面有调整,节省投资	道路线形好,行车安全;下穿段机动车非机动车分离设计,安全性高;整体拆迁量较小;非机动车道宽,舒适性高
缺点	受拆迁限制,辅道宽度窄	下穿段,无大车道

2.2.2 道路断面型式研究

朝阳一路应采用双向 4 车道才能满足通行需要,采用方案一 32.5 m 的双向 4 车道(图 4(a))和方案二 36.5 m 双向 4 车道两种型式(图 4(b))。



方案一的道路断面布置为 5.0 m(地面辅道)+0.5 m(设施带)+3.0 m(非机动车道)+0.25 m(设施带)+15.0 m(0.25+0.25+3.5+3.25+0.5+3.25+3.5+0.25+0.25)+0.25 m(设施带)+3.0 m(非机动车道)+0.5 m(设施带)+5.0 m(地面辅道),共 32.5 m 双向 4 车道。而方案二则在方案一的基础上在两侧各增加了宽 2.0 m 的人行道,共 36.5 m 宽的双向 4 车道。

两种道路断面型式设计的优缺点对比见表 5,方案一共 32.5 m 宽的双向 4 车道,在保证交通功能性齐全,保障地上地下通行的基础上,红线宽度相比方案

二较窄,征地拆迁小,因此,采用方案一。

表 5 两种道路断面型式设计优缺点

项目	方案一	方案二
优点	交通功能性齐全,能保障地上地下通行;红线宽度较窄,征地拆迁小,投资较小	功能性齐全,保障地上地下交通通行;地面辅道宽,有利于居民出行安全及交通组织
缺点	地面辅道较窄,居民出行安全及功能性较差	红线宽,征拆多,投资大,道路与居民楼距离小

2.2.3 下穿框架桥型式研究

针对拟采用的道路断面设计型式,该城市老城区铁路平改立工程可采用框架桥方案主要有 2 种。

(1) 方案 a: 两孔连续框架

框架桥横向布置为 1.0 m(边墙)+13.5 m(机动车道、非机动车道)+1.0 m(中墙)+13.5 m(机动车道、非机动车道)+1.0 m(边墙),共 30.0 m,具体如图 5 所示。

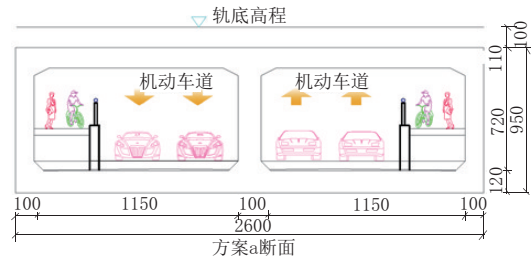


图 5 方案 a 框架桥正断面(单位:cm)

(2) 方案 b: 三孔连续框架

框架桥横向布置为 1.0 m(边墙)+5.0 m(非机动车道)+1.0 m(中墙)+15.0 m(机动车道)+1.0 m(中墙)+5.0 m(非机动车道)+1.0 m(边墙),共 29.0 m,具体如图 6 所示。

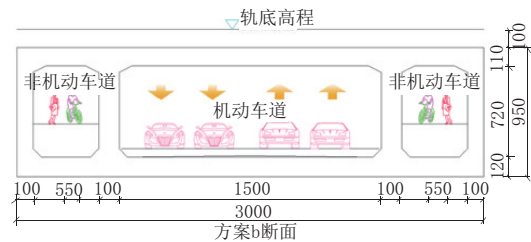


图 6 方案 b 框架桥正断面(单位:cm)

两种框架桥设计优缺点见表 6。由表 6 可知,从经济性、施工难易度、工期等方面进行综合比较,方案 a(两孔连续框架)解决了行车道的长期任务,适应了机动车的可持续发展,但是对非机动车和机动车道均需顺接设置变换段,对交通组织造成不利,箱内工程后期工程较多,对未来非机动车的考虑较少,结构本身对称,但是受力较大。方案 b(三孔连续框架)比方案 a 不仅桥梁工程规模减少 40 余 m²,还在施工组织、施工工艺、对铁路运营干扰、施工工期、特别是行车平顺度、长期经济性和城市交通增长的可持续

性发展等方面的适应性有很大的优势。因此,确定最优断面布置为方案b。

表6 两种框架桥型式设计优缺点

比较项目	方案a	方案b
1 截面形式	(13.5+13.5)m连续框架	(5+15+5)m连续框架
2 施工工艺	架空后整幅现浇	架空后整幅现浇
3 桥梁面积	1 245 m ²	1 203 m ²
4 施工难度	箱体最大跨度适中,施工工程量较大,难度适中,施工风险一般;结构对称,受力较大	箱体最大跨度适中,施工工程量大,难度适中,施工风险一般;结构对称,中墙较多,刚度好
5 施工工期	施工周期较长	施工周期较长
6 经济性	长期较好、短期较差	长期好、短期较差
7 适用性	机动车道与非机动车道均需采用渐变段顺接两侧道路断面,渐变段长度较短。4车道满足较长时间车流增长,长期经济性较好。非机动车道两侧设置,箱内工程多,中墙影响行车顺直,交通组织不畅,形成交通冲突点	非机动车道需采用渐变段顺接两侧道路断面,渐变段长度较短。机动车道与正常段一致,无须变化段过度。4车道满足较长时间车流增长,长期经济性较好
8 景观效果	不好	好

3 结构确定与投资估算研究

3.1 结构确定

通过前述多种设计方案对比,综合考虑经济性、施工难易度、工期等多方面因素,为满足功能性齐全、红线宽度较窄且投资较小的要求,保障地上地下交通流通行,最终确定道路与桥涵工程结构采用方案一(32.5 m双向4车道)+方案b(三孔连续框架)的设计型式。

3.2 投资估算

针对上述推荐的结构设计型式,估算该城市老城区铁路平改立工程整体方案的投资金额(见表7)。

表7 投资估算

项目	金额/万元
工程费	17 061.49
建设工程其他费	5 803.05(包含征拆费3 509.97)
预备费	1 935.46
总计	24 800.00

由表7可知,其中工程费达17 061.49万元,占比68.8%;建设安装其他费达5 803.05万元,占比23.4%;预备费达1 935.46万元,占比7.8%,该城市老城区铁路平改立工程总投资估算达24 800.00万元。前述拟推荐采用的平改立关键技术所需征拆面积共

5 569.05 m²,预估费用3 509.97万元,占比14.2%。

4 结 语

朝阳一路和咸铜铁路平交口改造是具有代表性的老城区铁路平改立工程。本文以咸阳市城市总体规划要求为基础,采用调研分析、Trans CAD软件和四阶段推算法等方法,提出了该改造工程存在的主要问题,预测评价了该改造工程未来15 a的交通量与交通服务水平,研究了满足长期交通量规划的老城区铁路平改立工程跨越方式、道路、桥涵与路基关键技术,得到的主要结论如下。

(1)改造升级后朝阳一路作为连通性支路,交通流量增长,到2030年,原双向2车道服务水平达到四级,朝阳一路与咸铜铁路交叉口改造工程双向2车道设计无法满足功能需求,需按照双向4车道设计。

(2)针对上跨方案和下穿方案对分析可知,上跨方案对净空要求较高,立交桥引桥长度较长,周边土地利用率及土地开发价值低,工程量大,投资高,经济性较差。朝阳一路位于老城区,建筑物密集、空间狭小,因此,推荐朝阳一路和咸铜铁路交叉口采用机动车道+两侧非机动车道框架桥下穿铁路方案。

(3)朝阳一路与咸铜铁路交叉口道路采用下穿铁路方案,道路断面型式为方案一(32.5 m双向4车道),下穿框架桥涵型式为方案b(三孔连续框架),框架桥横向布置1.0 m(边墙)+5.0 m(非机动车道)+1.0 m(中墙)+15.0 m(机动车道)+1.0 m(中墙)+5.0 m(非机动车道)+1.0 m(边墙)。该老城区市政路与铁路交叉口方案满足功能性齐全、红线宽度窄、征拆量少、地上地下交通顺畅,投资额低等特点,可为同类城市老城区市政道路与铁路交叉道口设计提供参考和借鉴。

参考文献:

[1] 刘鑫源. 铁路站场既有有线新建立交桥的设计[J]. 铁道建筑, 2007(11): 11-13.

[2] 吴美发. 普速铁路地下设站关键技术研究——以嘉兴站为例[J]. 铁道标准设计, 2022, 66(6): 130-137.

[3] 张文会, 王美娜, 强添纲. 考虑严重程度的城市道路交叉口事故密度空间分布[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2023, 44(2): 133-141.

[4] 关金波. 某城市道路交叉口平改立设计方案研究[J]. 内蒙古公路与运输, 2018(3): 55-58.

[5] 殷志祥, 张春喜. 平改立铁路模块化钢桁架架空体系分析研究[J]. 建筑结构, 2011, 41(增刊2): 249-252.

[6] 郭凤香, 熊昌安. 城市道路平面交叉口复杂度研究进展[J]. 科技