

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2021.03.012

跨越俄罗斯等级道路的高铁桥式解决方案研究

韩国庆, 郭建勋, 文 刚
(中铁二院工程集团有限责任公司, 四川 成都 610031)

摘 要: 根据俄罗斯首都莫斯科及周边的地形、地物、地质特点,研究适用于跨越各等级道路的高铁结构物解决方案,包括常用跨度简支梁和变高连续梁、等高连续梁、连续刚构、刚架桥、(异型)框架桥、下承式拱桥等高铁桥跨结构物。针对不同规模的道路障碍物,提出可供选择的常用跨越结构物适用原则,为其他类似铁路工程的涉路跨越结构的方案选择提供借鉴。
关键词: 桥梁结构物;解决方案;道路跨越
中图分类号: U442.5+4 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2021)03-0036-04

1 研究背景

俄罗斯首都莫斯科及周边地区地处东欧平原,地面起伏不大,以微丘地形、平原地形、河间地带和冰川起源的多丘陵地形为主,是俄罗斯经济最发达的地区,在该区域进行高铁研究有其客观需求。该地区高速公路及其他各类等级道路纵横交错,开展跨越各等级道路的铁路桥梁结构物方案研究是一个现实问题。由于高速铁路的设计标准高,铺设无砟轨道,行车要求高,对桥梁跨越构筑物的要求苛刻。如何满足工程建设需要,又贴合俄罗斯具体国情,设计出经济合理的跨越方案是一个综合性课题。

1.1 俄罗斯公路概况

1.1.1 等级道路净空

按照俄罗斯联邦区域发展部颁布的现行的俄罗斯公路规范汇编 C II 34.13330.2012^[1],道路分为公路干线、快速公路和普通公路,按照俄罗斯联邦国家标准 ГОСТ 52748—2007^[2],桥梁和天桥跨越公路时,公路的净空应不小于表 1 的限值。

表 1 公路净空值

道路分类	道路等级	净空高度 /m
公路干线	IA	5.0
快速公路	IB	
	IB	
普通公路	II	4.5
	III	
	IV	
	V	

收稿日期: 2020-07-19
作者简介: 韩国庆(1982—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计与研究工作。

1.1.2 等级道路宽度

各等级道路的车道数与道路宽度详见表 2^[3]。

表 2 公路行车道和路基横断面的主要参数

路基宽度 /m	道路等级	行车道数量	宽度 /m					
			行车道	路肩的加固道	中央隔离道	停车道	路肩	隔离道的加固道
28.5	IA	4						
36		6	3.75	0.75	6	2.50	3.75	1
43.5		8						
27.5	IB	4						
35		6	3.75	0.75	5	2.50	3.75	1
42.5		8						
21	IB	4	3.75	0.75				
28		6			5	2.50	3.75	1
17.5		8	3.50	0.50				
15	II	2	3.75	0.75	—	2.50	3.75	—
12		4	3.50	0.50			2.5	
12	III	2	3.0	0.5	—	—	2.5	—
10	IV	2	3.0	0.5	—	—	2.0	—
4.5+3.5=8	V	1	4.5	—	—	—	1.75	—

1.1.3 非等级道路

除各等级道路外,还有分布其间的乡村道路和牲畜通道,在没有专门机构的特殊要求时,按照表 3 所述的净高和净宽值来确定构筑物的规模大小。

表 3 其他通道限值^[4]

道路用途	宽度 /m	高度 /m
田间公路	6	4.5
牲畜通道	4	2.5
人行道	0.75*	2.5

注:带*的数字,表示单个人行道的宽度为 0.75 m。根据通行人流量确定合适的道数。

1.2 道路与高铁的交叉情况

本文所研究的高铁地处俄罗斯经济最发达的地区之一,各类、各等级的公路网密集,其中最重要的道路是M-7公路。M-7伏尔加联邦公路是莫斯科—弗拉基米尔—下诺夫哥罗德—喀山—乌法的国家公路,是莫斯科与东部地区之间最短的通道,是连接俄罗斯欧洲部分与西伯利亚和远东的主干道,公路总长度为1 351 km。根据C П34.13330.2012标准,M-7公路的等级为IБ。M7公路的走向与高铁的线路走向相同,很多地带并行,也不可避免的出现交叉。除M-7外,还有联通M-7的等级稍低的(规划)快速公路和普通公路与高铁发生交叉,共有10处交叉。

2 解决交叉问题的总体思路

在充分借鉴中国高速铁路的设计和建设经验的基础上,遵守俄罗斯法律和工程建设制度体系,尽量尊重现有等级道路,注重每个工点的差异性,制定安全、实用、经济、美观的桥梁结构物,提出适合具体工点特点的桥式解决方案。

(1)满足俄罗斯现行工程建设规范^[5],满足高铁技术标准《特殊技术条款》^[6]的要求,具备满足铺设无砟轨道的条件,有助于有效控制线路标高和优化平面线位,进而有效控制总体投资。

(2)满足高铁桥梁技术指标,综合考虑结构与地基的变形,严格控制工后沉降。跨越的桥梁结构物必须具有良好的整体性,较强的竖向、横向和扭转刚度,满足对桥梁刚度和变形提出的限值要求。

(3)结构物须具备足够的车—线—桥耦合动力响应。通过列车、轨道和桥梁的动态响应,来评判列车通过桥梁结构物时运行的安全性、乘坐的舒适性、车辆运行稳定性、桥梁结构的稳定性。

(4)便于施工、减少施工过程中对既有各类等级公路的干扰。必要时,进行交通安全及临时交通管制措施的专项设计。注重经济性指标,综合考虑建设的经济成本和时间成本。

(5)考虑俄罗斯公路相关的新旧规范更新的影响,并根据可能的远期规划行车强度(流量)、车道数目,确定跨越方案的规模。

3 交叉工点的解决方案

3.1 简支梁

在条件成熟时,采用简支梁是最简单的跨越方

案。混凝土简支梁具有受力简单明确、形式简洁、外形美观、抗扭刚度大、施工速度快、基础适应性强、便于运营管理以及噪音小等特点,在中国高速铁路桥梁中广泛采用。在高铁与道路交叉位置中,当道路宽度较窄、二者近乎正交、标高合适、施工干扰小的时候,或道路中央隔离带具备设墩条件时,可采用常用跨度简支梁跨越,以34.2 m简支梁为主,以23.6 m简支梁为辅。采用简支梁时,可使用最常规的运架设备和施组方案,不受其他因素的干扰。

3.2 连续梁

连续梁是跨越方案的采用的主要梁型,因其跨越能力强、线型流畅优美、施工技术成熟而普遍采用。施工方法常采用悬臂浇筑、满堂支架、转体施工等方法。

3.2.1 变高度连续梁

中心里程П K 4314+54.2,采用40 m+66 m+40 m连续梁跨越M-7公路,类似的连续梁跨度还有48 m+88 m+48 m、58 m+110 m+58 m,可以在合适的交叉位置选用,见图1。

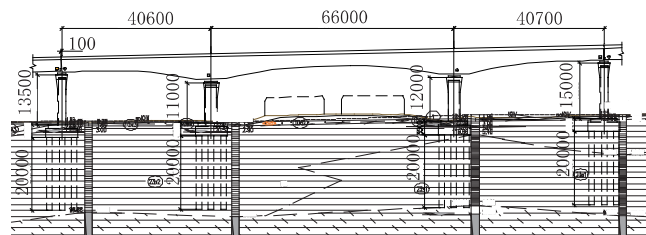


图1 连续梁跨越总布置图(单位:mm)

此处,该连续梁采用悬臂浇筑法施工,连续梁下方的公路净空远大于5.0 m,富余量较大,该交叉处不是线路标高的控制点。

3.2.2 等高连续梁

25 m+50 m+25 m等高连续梁,支座中心线到梁端的距离为60 cm,梁长101.2 m,梁高3.2 m,桥面布置与34.2 m简支梁相同。在П K 7497+12、П K 7582+72等交叉处,采用此种跨度的等高连续梁,该连续梁采用支架现浇施工或节段拼装方法施工。

3.2.3 带暗横梁的等高连续梁

把简支梁+门式墩的上下叠布模式进一步优化,让门式墩的盖梁与简支梁重叠交叉合一,将有效的减低结构高度。在线路标高比较苛刻的交叉位置,采用这种带暗横梁的连续梁解决跨越问题。在П K 4322+31交叉处,采用30.3 m+42 m+30.3 m的连续梁,见图2。

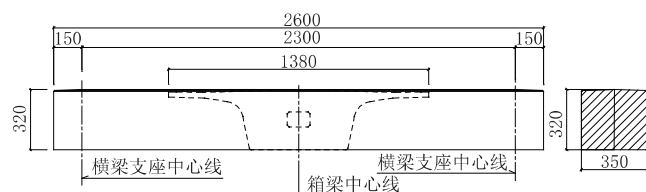


图2 等高连续梁的典型断面(单位:cm)

主梁与暗横梁正交,呈“+”字形,现浇完成,暗横梁与下方墩柱之间设支座,基础斜置,见图3。



图3 国内某类似工点施工时的照片

3.3 连续刚构

小跨度混凝土连续梁刚构桥的梁板薄、墩壁可以斜作,非常适合斜交跨越道路时采用,因此在国内大量推广应用。施工方法主要采用支架现浇。采用的16 m+22 m+16 m连续刚构,支座中心线到梁端0.5 m,总梁长55.0 m,梁高1.5 m,墩宽1.35 m,墩梁固接处设2.5 m×0.7 m的梗腋。墩壁可以根据需要设为斜交。

以ⅡK 4249+47.5处为例,线路方向与公路基本正交,道路等级不高。采用16 m+22 m+16 m连续刚构跨越。此种结构受地质条件影响较大,温度应力敏感,墩高度不宜太高,见图4。

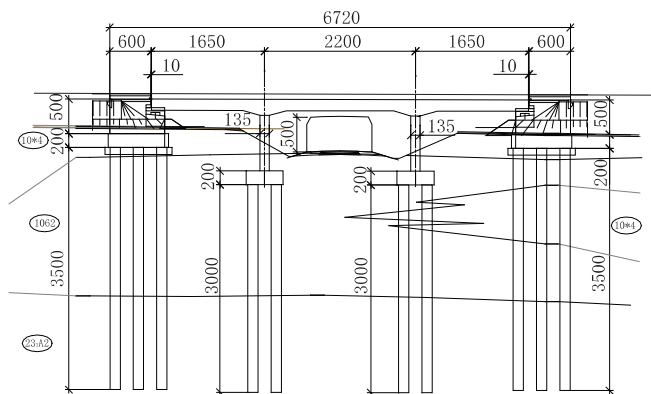


图4 16 m+22 m+16 m 刚构总布置图(单位:cm)

3.4 框架桥

在ⅡK 6410+78里程处,公路等级为IV级,路面宽度10 m,满足公路通行要求和控制线路标高,采用整孔框架桥,结构净宽×净高为13.0×6.5 m,视野开阔,结构整体性好^[7],见图5。



图5 框架桥效果图

在IV级及以下等级的道路交叉处,或满足野外乡村道路和牲畜通道需求时,也可以采用类似结构,跨度根据具体需要确定,如12.0 m×6.5 m、10 m×6.5 m、8 m×5.0 m等。

3.5 斜交异型刚架桥

在所有的道路交叉工点中,斜交角度越小,解决方案越复杂,在ⅡK 3750+09、ⅡK 3880+99处,线路平面因避让喀斯特地带,两次与M-7公路相交。在设计和研究过程中,对跨越M-7公路的桥式方案进行了多方案比选:

- (1)大跨度连续梁方案;
- (2)门式墩连续结构方案;
- (3)斜交斜作的刚架方案。

方案一因连续梁梁部结构高度高,须抬坡导致引桥加长,增大工程规模,带来投资额度增大,经济性差、景观效果差。方案二因斜交角度小,且路中不能设墩,引起门式墩跨度过大,结构设计不合理。结合三方案的工程规模、经济性能和M-7公路管理部门的协商意见,综合分析决定采用斜交斜作的异型刚架桥方案^[8],见图6。



方案(1)

方案(2)

方案(3)

图6 三种解决方案效果图

该两处跨越结构方案类似,均采用双孔钢筋混凝土刚架结构,每个公路交通方向都有单独的通道,垂直于道路方向结构净宽17.4 m,桥下净空高度不

小于 5.0 m, 框架两端接异形桥台, 用于放置标准跨度的简支梁引桥。刚架桥顶板厚 1.5m, 中墙和边墙厚均为 1.5 m, 并在三墙上开洞, 用于透光和通风^[9]。

该型式结构又称为隧道式公路跨线桥, 类似的, 可根据道路路幅情况, 将刚架桥设计为是单孔结构。

3.6 大跨度系杆拱桥

在跨越道路时, 有时尽管不是跨越主干道, 但由于斜交角度小, 同时受桥下净空限制, 也会采用大跨度的更低高度的桥梁结构形式。

例如: 在 П K 7365+59, 线路与公路的斜交角度为 33.9°, 位于既有互通立交匝道上, 路面为变宽度, 最小路肩宽度 18 m, 道路两侧为水沟。进行多方案比选后, 根据与公路管理部门的协商意见, 采用 1 × 110 m 下承式系杆拱桥跨越既有道路, 系梁为预应力混凝土单箱三室箱型截面, 箱宽 18.4 m, 箱高 2.5 m, 拱肋为钢管混凝土拱, 矢高 22 m, 矢高与跨度比为 1/5, 吊杆为尼尔森体系的网状吊杆, 见图 7。



图 7 系杆拱桥(110 m)效果图

4 结 论

在进行俄罗斯的高铁项目研究中, 不同道路等级的跨越问题, 基本囊括了国内同类跨越的常见情形, 通过对各类跨越点的道路现状研究和分析, 得出如下结论:

(1) 跨越道路的桥式解决方案制约着高铁线路标高, 多数情况是“以桥定线”。须根据高铁线路与各等级公路的斜交角度、地质状况等进行“一桥一议”, 对桥式方案综合分析、慎重决策, 提出科学合理解决方案。

(2) 在应用中国高铁设计和建设经验的基础上, 尊重俄方的设计理念, 对净高、净宽的富余量、施工高度等进行最小化研究, 更加注重经济性指标, 避免不必要的浪费。

(3) 重视对结构动力性能的分析。一般情况下, 跨越等级道路的桥式均为特殊设计的结构物, 应结合高铁技术标准和动力要求, 进行车—轨—桥动力响应分析, 满足全线的技术指标。

(4) 按照俄罗斯规定, 需要与公路隶属部门就涉路跨越方案进行协商, 需要对施组、路面结构、排水、标线、安全防护措施及外部照明及供电等编制专门的章节文件。

参考文献:

- [1] СП 34.13330.2012, 公路规范汇编[S].
- [2] ГОСТ 52748—2007, 公用公路标准荷载, 荷载计算图及接近限界[S].
- [3] СП 35.13330.2011, 桥梁与涵洞—设计[S].
- [4] СП 46.13330.2012, 桥梁与涵洞—施工[S].
- [5] СП 119.13330.2012, 铁路(轨距 1 520 mm)[S].
- [6] 莫喀高铁特殊技术条款 4·人工构筑物·设计施工技术标准和要求[Z]. 圣彼得堡: 圣彼得堡国立交通大学, 2016.
- [7] 卫星, 强士中. 铁路斜交框架立交桥的空间分析[J]. 铁道建筑, 2004(5): 3-4.
- [8] 鞠兴华, 邱志军. 铁路客运专线跨越既有公路施工安全防护[J]. 铁路工程技术与经济, 2016(5): 27-30.
- [9] 伍振宇. 大跨度多孔斜交框架桥的设计与力学分析[J]. 绿色交通, 2017(2): 217-218.

(上接第 35 页)

栏杆), 以及以上因素的综合作用, 共同决定着这城市道路的美学。通过对其中某种因素的强调, 可造就一种主题的道路美学景观, 进而提升城市外部空间的美学, 展示城市魅力。

参考文献:

- [1] 卢原义信. 街道的美学[M]. 南京: 江苏凤凰文艺出版社, 2017.
- [2] 全国城市规划执业制度管理委员会. 城市规划相关知识[M]. 北京: 中国计划出版社, 2011.
- [3] 熊广忠. 城市道路美学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990.