

城市桥梁扩建中的路线安全性评价

李晓梅¹,张富强²

(1.上海市政工程设计研究总院集团第十市政设计院有限公司,甘肃 兰州 730000;

2.中国市政工程西北设计研究院有限公司,甘肃 兰州 730000)

摘 要: 桥梁作为城市道路网中的关键节点,除了承担着重要的交通功能,往往还兼有地标性建筑的作用,因此桥梁扩建工程往往受到众多控制因素的影响,路线的设计指标很难达到较高标准。如何将提升交通容量和景观品质完美结合,同时又能坚守交通安全的根本原则,成为城市桥梁改扩建工程方案评价的重要标准之一。结合昆仑桥工程实例,通过总体方案介绍和计算分析,综合考虑城市道路与公路对路线安全性评价的要求,对相邻路段运行速度的协调性、同一路段设计速度和运行速度的协调性、行车视距及弯道行驶的舒适性等指标和标准进行分析评价,确保了工程的安全可靠。

关键词: 城市桥梁;改扩建;路线安全性评价

中图分类号: U447

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)06-0128-03

0 引言

城市桥梁的设计,需要综合考虑工程建设投资、社会稳定、环境影响等多种因素,受到市政管线、建筑物、地上地下各种构筑物的限制,设计指标往往难以达到一个较高的标准,这在改扩建工程中表现得尤为突出。

然而,安全可靠是工程设计的根本所在,在市政工程中,安全与美观又是需要综合考虑的两大重要原则,两者兼而有之是工程师们锲而不舍追求的目标。文章以西宁市昆仑桥的改扩建为工程实例,通过改造前后的对比、详实的计算分析和指标及标准评价,介绍了该改扩建工程变不利为有利,将桥梁景观与工程安全性实现完美统一的桥梁方案。

1 工程概况

昆仑桥座落于西宁市南川河之上,呈东西走向,扩建后仍然是西宁市地标性构筑物之一(见图1)。



(a)实景一

(b)实景二

图1 昆仑桥扩建后实景图

收稿日期: 2023-12-14

作者简介: 李晓梅(1974—),女,学士,高级工程师,从事道路桥设计工作。

现在的昆仑桥是老桥拓宽的成果。2016年,在原有桥梁南北两侧对称建设了两座新桥,形成三桥飞架之势。拓宽后的昆仑桥气势恢宏、曲线流畅,新桥老桥完美融合,彰显着夏都的独特魅力。

2 老桥简介

昆仑桥老桥(见图2)结构形式为单塔双层钢筋混凝土连续梁桥,桥塔由4根空心箱型方柱组成,塔顶设置装饰性球体。上层桥梁跨越紧邻河道的黄河路和长江路,分别与两条道路形成分离式立交,主要解决远距离跨河交通的需求;下层桥梁与紧临南川河的黄河路、长江路平面交叉,将两条道路连通,满足跨河及转向交通的需求。图3为桥梁平面布置图。



图2 昆仑桥老桥实景图

3 新建桥梁总体方案

昆仑桥扩建桥梁结构独立,车道分离,道路等级确定为城市次干路。考虑到桥梁与黄河路、长江路两个交叉口距离不足430m,交叉口周边又布置有上层桥梁桥墩,且桥梁跨中分布有塔柱,因此设计速度宜

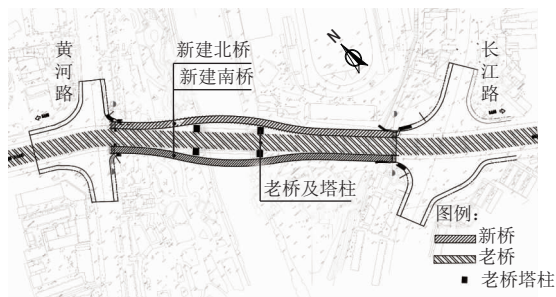


图 3 桥梁平面布置图

采用小值,故设计速度采用 30 km/h。

为了避开老桥塔柱,同时更好地节约用地,综合考虑施工空间的需求,路线设计采用双侧拓宽的双 S 曲线方案。每侧路线设置 3 处圆曲线,半径均为 300 m。南北两线基本对称于老桥中心线,展现出流畅的曲线和对称之美(见图 3)。

4 路线安全性评价

城市道路和公路由于其运行特性的不同,路线安全性评价的侧重点有所差别。在城市道路中,由于交叉口距离较近,单位出入口较多,受慢行交通影响较大,因此行车速度往往较低,通常以行车视距和弯道行车舒适性^[1]作为主要的路线安全性评价标准;公路由于受交叉口和慢行交通的影响较小,因此行车速度较大,通常以相邻路段和同一路段运行速度协调性^[2-3]作为路线安全性评价的标准。

昆仑桥扩建桥梁上层通行机动车,下层通行非机动车和行人,且沿线封闭,基本不受慢行交通的影响,相邻路段的运行速度、同一路段的设计速度和运

行速度均会不同,因此以运行速度为基础,综合采用相邻路段运行速度协调性、同一路段设计速度和运行速度协调性^[4-5]、行车视距、弯道行车舒适性等 4 项标准对其进行路线安全性评价。

昆仑桥扩建工程采用纬地道路交通安全评价软件,通过输入设计速度、路拱横坡等参数和导入路线的平面及纵断面数据文件,使其形成运行速度计算模型,模拟计算运行速度,并以其为基础分别计算相邻路段运行速度差、同一路段设计速度与运行速度差、行车视距、弯道行驶舒适性等评价指标值,通过与评价标准值进行对比,综合分析路线是否安全。

4.1 相邻路段运行速度协调性

4.1.1 评价标准

昆仑桥扩建工程对南线和北线桥梁进行运行速度评价时,分别计算相邻路段运行速度差的绝对值 $|\Delta V_{85}|$ 、运行速度梯度绝对值 $|\Delta I_v|$,并与评价标准进行对比。评价标准详见表 1。

表 1 相邻路段运行速度协调性评价标准

评价对象	评价标准	评价结果
$ \Delta V_{85} $ $ \Delta I_v $	$ \Delta V_{85} < 10 \text{ km/h}$ 且 $ \Delta I_v \leq 10 \text{ km}/(\text{h} \cdot \text{m})$	运行速度协调性好
	$10 \text{ km/h} \leq \Delta V_{85} < 20 \text{ km/h}$ 且 $ \Delta I_v \leq 10 \text{ km}/(\text{h} \cdot \text{m})$	运行速度协调性较好
	$ \Delta V_{85} \geq 20 \text{ km/h}$ 或 $ \Delta I_v > 10 \text{ km}/(\text{h} \cdot \text{m})$	运行速度协调性不良

4.1.2 评价指标及结论

计算分析时按北线、南线分别进行计算,计算结果详见表 2、表 3。

表 2 北线运行速度分析测算表

序号	起点桩号	终点桩号	半径 R / m	修正坡 度 / %	修正长 度 / m	车道宽 度 / m	路缘宽 度 / m	类型	设计速度 / (km·h ⁻¹)	运行速度 / (km·h ⁻¹)	速度差 ΔV_{85} /(km·h ⁻¹)	速度梯度 ΔI_v / [km·(h·m) ⁻¹]
1	NK0+380	NK0+286.652		0	93.35	3.5	0.5	直线	30	45.00	0.00	0.00
2	NK0+286.652	NK0+226.185	300	0	60.47	3.5	0.5	曲线	30	45.00	0.00	0.00
3	NK0+226.185	NK0+165.999	300	0	60.19	3.5	0.5	曲线	30	44.99	-0.02	-0.03
4	NK0+165.999	NK0+105.812	300	0	60.19	3.5	0.5	曲线	30	48.73	3.75	6.23
5	NK0+105.812	NK0+045.344	300	0	60.47	3.5	0.5	曲线	30	48.73	0.00	0.00
6	NK0+045.344	NK0+000		0	45.34	3.5	0.5	直线	30	48.73	0.00	0.00

表 3 南线运行速度分析测算表

序号	起点桩号	终点桩号	半径 R / m	修正坡 度 / %	修正长 度 / m	车道宽 度 / m	路缘宽 度 / m	类型	设计速度 / (km·h ⁻¹)	运行速度 / (km·h ⁻¹)	速度差 ΔV_{85} /(km·h ⁻¹)	速度梯度 ΔI_v / [km·(h·m) ⁻¹]
1	SK0+000	SK0+041.078		0	41.08	3.5	0.5	直线	30	45.00	0.00	0.00
2	SK0+041.078	SK0+101.545	300	0	60.47	3.5	0.5	曲线	30	45.00	0.00	0.00
3	SK0+101.545	SK0+161.732	300	0	60.19	3.5	0.5	曲线	30	44.99	-0.02	-0.03
4	SK0+161.732	SK0+221.918	300	0	60.19	3.5	0.5	曲线	30	48.73	3.75	6.23
5	SK0+221.918	SK0+282.386	300	0	60.47	3.5	0.5	曲线	30	48.73	0.00	0.00
6	SK0+282.386	SK0+380		0	97.61	3.5	0.5	直线	30	48.73	0.00	0.00

通过计算分析可以看出:南线和北线车辆行驶时,相邻路段运行速度差绝对值 $|\Delta V_{85}|$ 的最大值均为3.75 km/h,小于20 km/h;运行速度梯度绝对值 $|\Delta I_v|$ 的最大值均为6.23 km/(h·m),小于10 km/(h·m),相邻路段运行速度协调性较好。

4.2 同一路段设计速度和运行速度协调性

4.2.1 评价标准

在运行速度协调性的分析中,还应对同一路段的设计速度和运行速度差绝对值 $|\Delta V_{85}'|$ 进行分析评价。评价标准详见表4。

表4 设计速度与运行速度协调性评价标准		
指标	评价标准	评价结果
设计速度与运行速度的差值	$ \Delta V_{85}' < 20 \text{ km/h}$	运行速度协调性良好

4.2.2 评价指标及结论

通过表2、表3可以看出,南北线同一路段运行速度与设计速度差绝对值 $|\Delta V_{85}'|$ 的最大值均为48.734-30=18.734 km/h,小于20 km/h,设计速度和运行速度的协调性良好。

4.3 行车视距验算

4.3.1 评价标准

由于新建桥梁位于旧桥两侧,分道分向通行,车道规模为单向2车道,因此不考虑会车视距和超车视距,行车视距采用停车视距。

同时,由于纵断面设计中未设置竖曲线,故视距检查的重点是检查路线平曲线内侧有没有阻碍驾驶员视线的障碍物。

4.3.2 评价指标及结论

根据表2、表3的计算结果:最大运行速度为48.73 km/h,验算时采用50 km/h对应的停车视距,也就是采用60 m的行车视距;驾驶员视点轨迹线距护栏内边缘线2.25 m,按5 m间距在视点轨迹线上画出对应的视线,与视线相切的曲线则形成视距曲线,即视距包络线(见图4、图5)。

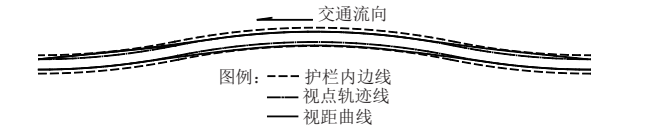


图4 行车视距曲线包络图

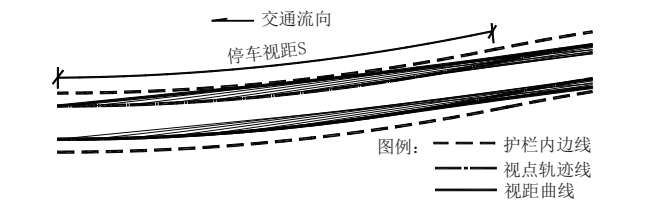


图5 行车视距曲线大样图

可以看出,视距曲线与行车轨迹线之间是通视的,没有阻碍驾驶员视线的障碍物存在,行车视距满足规范中视距安全性的要求。

4.4 弯道行驶舒适性评价

4.4.1 评价标准

昆仑桥扩建工程弯道行驶舒适性评价以现行规范^[1]为依据,以横向力系数 μ 作为评价指标。评价标准详见表5。

表5 乘客舒适感评价标准	
横向力系数 μ	乘客舒适感
≤ 0.10	转弯时不感到有曲线存在,很平稳
0.15	转弯时略感到有曲线存在,尚平稳
0.20	转弯时已感到有曲线存在,略感到不平稳
0.35	转弯时明显感到有曲线存在,已感到不稳定
≥ 0.40	转弯时非常不稳定,站立不住且有倾倒危险

表5中:

$$\mu = \frac{v^2}{127R} - i_h$$

式中: μ 为横向力系数; R 为圆曲线半径,m; v 为速度,km/h; i_h 为路面横坡或超高横坡,%。

4.4.2 评价指标及结论

路线采用的圆曲线半径为 $R=300 \text{ m}$,路拱横坡 $i=0.015$,根据表2、表3的计算结果,当最大运行速度为48.73 km/h时,计算得到 $\mu=0.047$,其值小于0.1。由评价标准可以看出,车辆在曲线上行驶时状态稳定,没有曲线存在的体验感,弯道行驶的舒适性较高。

4.5 综合分析评价

综合各项计算结果分析得出如下结论:

(1)南线及北线相邻路段运行速度差的绝对值 $|\Delta V_{85}|$ 均小于20 km/h,运行速度梯度绝对值 $|\Delta I_v|$ 均小于10 km/(h·m),相邻路段运行速度协调性较好。

(2)南北线同一路段运行速度与设计速度差的绝对值 $|\Delta V_{85}'|$ 均小于20 km/h,同一路段设计速度与运行速度的协调性良好。

(3)通过行车视距曲线包络图可以看出,车辆在行驶中视距曲线与行车轨迹线之间没有阻碍驾驶员视线的障碍物存在,呈通视状态,行车视距良好。

(4)汽车在弯道上行驶时状态平稳,没有曲线存在的体验感,满足较高的城市道路关于弯道行车舒适性的要求。

从上述可以看出,昆仑桥路线安全评价指标全部符合路线安全性评价标准的要求,具备良好的路

(下转第137页)

经计算,①⁹桩基和②⁰桩基最大水平位移、沉降及限值见表 2。

表 2 计算结果及规范限值表

部位	桥墩编号		地铁设计 规范(GB 50157— 2013)	铁路桥涵 设计规范 (TB10002— 2017)	城市轨道交通结 构安全保护技术 规程(DB33/T 1139—2018)
	① ⁹	② ⁰			
位移 /mm	+2.01	+2.88	20	24	15
沉降 /mm	-0.18	-0.25	—	20	15
沉降差 /mm	0.07		—	10	13

注:位移向施工方向为正,反之为负;沉降向上为正,反之为负。

根据上述的模型计算结果,道路和河渠施工对高架桥的桩基的影响都满足安全要求。

3 结 论

在工程的施工过程中,通过严密的即时监测,对高架桥墩柱、承台、桩基和地表等进行监测,并根据监测结果及时修正施工进度和施工工艺,可使保护对象各项数据指标整体可控^[4]。

以柯村至国贸大道道路改造工程和柯村渠系连通工程施工对金义东市域轨道交通工程官塘停车场出入线的影响工程分析为例,通过 MIDAS GTS 的有限元二维和三维模型进行数据分析^[5],得到如下结论:

(1)工程施工影响因素包括基坑的形状、土层特

效和周边环境等,在类似类型的工程中,保护对象不同部位的变形值存在着一定的轻微差异^[6]。

(2)本文结果也指出,在各施工步骤,受到土的变形传递效应作用,官塘出入场线高架桥结构均产生相应的的水平位移与沉降现场,控制标准数值均大于变形值。

(3)为保证工程施工期间官塘出入场线高架桥结构和行车运营在的安全,在当前的结构状态基础上,通过统筹变形控制数值和即时检测数值,通过采用相关的手段可以控制基坑施工对既有高架桥桥墩基础的影响,保证轨道交通结构安全^[7]。

参考文献:

[1] 王立峰.盾构施工对桩基的影响及桩基近邻度划分[J].岩土力学, 2014(10):319-320.
[2] 张国亮.基于有限元计算的新建道路下穿既有轨道交通高架桥安全风险[J].交通世界, 2021(23):4-8.
[3] 张杰.高铁盾构隧道施工对邻近桩基影响数值分析[J].城市道桥与防洪, 2022(3):164-167.
[4] 刘庆晨,宋昭煌,李秀峰.基坑开挖对邻近地铁高架线路的影响及保护研究[J].结构工程师, 2016, 32(6):162-170.
[5] 张汝捷,张涛,胡东东.基坑开挖对邻近既有地铁隧道的影响研究[J].安徽建筑, 2021, 28(2):108-110.
[6] 罗小松,徐涛,张良友,等.地下通道基坑开挖对邻近地铁高架桥梁桥墩桩基变形影响分析[J].科学技术创新, 2019(23):114-115.
[7] 黄文彬. 基坑开挖对邻近地铁高架影响的变形计算与监测分析[J]. 广东土木与建筑, 2021, 28(12):46-50.

(上接第 130 页)

线安全性。

5 结 语

昆仑桥的扩建,受老桥桥塔和桥梁两端交叉口的影响,路线设计时受限因素较多,但通过方案的比选与优化,实现了新老桥梁的完美融合。然而,双 S 型曲线的路线线形,使得路线的安全性评价成为设计的关键节点之一。

昆仑桥路线安全性评价,综合考虑城市道路与公路对路线安全性评价的要求,着眼于工程实际情况,以运行速度为基础,通过运行速度协调性、设计

速度和运行速度协调性、行车视距和弯道行驶舒适性等指标与标准的分析评价,确保了工程的安全可靠。

参考文献:

[1] CJJ 193—2012(2016 版),城市道路路线设计规范[S].
[2] JTG D20—2017,公路路线设计规范[S].
[3] JTG B05—2015,公路项目安全性评价规范[S].
[4] 张邢磊,付保明.基于灰色理论的高速公路线形连续性研究[J].公路, 2015(6):11-14.
[5] 陈俊彦,基于运行速度的高速公路线形安全评价研究[J].道路工程, 2015(8):59-61.