

中美高速公路几何设计分析及其在工程实践中的应用

孔永博, 谢忠涛

(四川公路桥梁建设集团有限公司勘察设计分公司, 四川 成都 610000)

摘要: 依托孟加拉达卡绕城高速公路项目, 介绍了美国 AASHTO 规范在高速公路几何设计中各项技术指标的规范值和选用, 并与我国《公路路线设计规范》(JTG D20—2017) 进行对比, 得到2个国家对于各个参数取值的相似和不同之处, 供设计人员借鉴和参考。

关键词: 高速公路; 几何设计; 规范对比分析

中图分类号: U412.36

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)04-0055-04

Analysis of Geometric Design and Its Application in Engineering Practice of Sino-American Expressways

KONG Yongbo, XIE Zhongtao

[Survey and Design Company of Sichuan Road and Bridge (Group) Co., Ltd., Chengdu 610000, China]

Abstract: Supported by the Dhaka Bypass Expressway Project in Bangladesh, the standard values and selection of various technical indexes in the geometric design of expressways in American AASHTO Code are introduced. And compared with the Specification for Highway Route Design (JTG D20—2017) in China, the similarities and differences of each parameter value in the two countries are obtained, which can be used as reference for designers.

Keywords: expressway; geometric design; standard comparative analysis

0 引言

美国拥有世界一流的国家高速公路网, 到2015年, 美国高速公路总里程约10万 km, 其路网几乎贯通全国所有城市^[1]。美国国家公路与运输协会(AASHTO)编制和推广的 A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (以下简称 AASHTO 规范)是指导公路和城市道路设计的专业书籍, 该规范具有丰富的内容和全新的理念与内涵, 对我国公路与城市道路设计产生了深远的影响^[2]。我国自20世纪90年代即进入公路建设的高速发展期, 在道路总量显著增长、等级显著提高的同时, 也暴露出设计与建设经验的不足。因此充分学习, 理解和借鉴美国先进的设计理念, 对提高我国的公路设计水平具有重要意义。

收稿日期: 2024-04-26

作者简介: 孔永博(1984—), 男, 本科, 高级工程师, 从事道路设计工作。

通信作者: 谢忠涛(1994—), 男, 硕士, 工程师, 从事道路设计工作。电子邮箱: 414693147@qq.com

AASHTO 规范在巴基斯坦、孟加拉、马来西亚等国得到广泛应用^[3-4]。孟加拉达卡绕城高速公路项目采用 PPP 模式, 根据工程招标文件的规定, 项目勘察设计主要采用 AASHTO 规范作为标准。

1 项目介绍

达卡绕城高速公路项目位于孟加拉国恒河冲积平原上, 地势平坦、开阔, 海拔较低, 平均海拔 0~11 m。区域地形以河流堆积冲积平原为特征, 覆盖层深厚, 厚度达 200 m 以上。孟加拉国主要是冲积平原, 工程区主要为冲积堆积的黏土和砂。

本项目为既有国道改造升级成全封闭式高速公路, 采用 AASHTO 规范, 按照双向 4 车道公路+辅路标准设计, 设计速度为 80 km/h, 路基宽度为 32.2 m。

2 平面设计

2.1 超高

公路曲线的设计应该以速度和曲率与超高和横向摩擦力之间的联系为根据^[5]。受气候、施工难易

性、土地使用状况以及慢速车辆占比等条件限制,超高在平曲线中有其实际最大值。根据 AASHTO 规范积累的研究和经验,已经得出曲线设计中的最大超高值。而最大超高的选择需要结合实际设计和具体道路状况来确定,如在考虑冰雪条件下,无冰雪地区的公路通常使用 10% 的最大超高值,有时也会使用 12%,这有助于驾驶员的高速行驶;而在有冰雪地区,8% 的超高值即被认为是最大理论值;在交通拥挤或者被限制高速行驶的地方,通常采用 4% 或 6% 的最大超高值。

我国《公路路线设计规范》(JTG D20—2017)(以下简称《路线规范》)规定,正常情况下高速公路和一级公路最大超高采用 8%,在主要交通组成为中小型客车时可采用 10%;对于冰雪地区,出于安全考虑,由于我国货车占比高,采用 6% 的最大超高值^[6]。

在具体项目中确定圆曲线超高值时,应结合实际情况,再根据设计时速和圆曲线半径计算得出。计算设计超高值的基本公式为:

$$0.01e + f = 0.0079V^2/R \quad (1)$$

式中: e 为设计超高值,%; f 为横向摩擦系数; V 为设计速度,km/h; R 为圆曲线半径,m。

根据式(1)并结合 AASHTO 规范中的图 3~8,可以确定在不同设计速度下 f 的分配曲线,接着计算出 $0.01e + f$ 值,从中减去 f 的计算值,就可以得出 e 值的分配。

以达卡绕城高速公路项目为例。该项目处于交通拥挤地区,故全线统一采用 6% 的最大超高值。为方便比较中美两国规范选用的超高值差异,采用相同设计速度 80 km/h 以及圆曲线半径,得出的比较见表 1。

表 1 中美设计超高值比较表 单位:%

圆曲线半径/m	中国	美国
890~1 360	3	
600~890	4	
1 300		2.6
1 200		2.7
1 000		3.1
900		3.4
800		3.6
700		4.0
600		4.3

由表 1 可知,在相同的设计速度下,中美两国对于超高设计值的选取大致相同,《路线规范》根据圆曲线半径所处区间来选择设计超高值,而 AASHTO

规范对于超高值的选取则具体到了某一个半径值。

2.2 圆曲线最小半径

AASHTO 规范中,圆曲线最小半径是在给定设计速度下,由最大超高值和最大横向摩擦系数所确定的半径极限值,其基本公式通过力学定律得到:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{\max} + f_{\max})} \quad (2)$$

式中: V 为设计速度,km/h; $e_{\max}$ 为最大超高值,%; $f_{\max}$ 为最大横向摩擦系数。

本项目设计速度为 80 km/h,最大超高值 $e_{\max}$ 取 6%,最大横向摩擦系数 $f_{\max}$ 根据 NCHRP 项目^[4]的研究成果确定为 0.14,应用式(2)得出最小圆曲线半径 $R_{\min} = 252$ m。

为方便与我国《路线规范》进行比较,采用最大超高值为 6%,对不同设计时速情况下中美圆曲线最小半径进行比较,结果见表 2。

表 2 中美圆曲线最小半径比较表 单位:m

设计速度/(km·h ⁻¹)	AASHTO 规范	《路线规范》
80	252	270
100	437	440
120	756	710

由表 2 可知,中美两国对于最小圆曲线半径的取值大致相同,这是因为两国均是以汽车在曲线上能安全而又舒适地行驶这一设计理念来确定的。

2.3 缓和曲线

缓和曲线是设置在直线与圆曲线或半径不同的两同向圆曲线之间的曲率连续变化的曲线^[7]。回旋线、三次抛物线和双纽线都可作为缓和曲线,中美两国均推荐使用回旋缓和曲线。回旋线的长度是设计中的重要控制值,在 AASHTO 规范中,其最小长度基本公式为:

$$L_{s,\min} = \sqrt{24(P_{\min})R} \quad (3)$$

式中: $L_{s,\min}$ 为回旋线最小长度,m; $P_{\min}$ 为车辆在直线与圆曲线之间缓和曲线上的最小侧移量,0.2 m; R 为圆曲线半径,m。

AASHTO 规范推荐使用的回旋线最小长度是车辆在设计速度下运行 2 s 时的曲线长度,但若该长度小于公式(3)所计算的最小值,那么在设计中还是要采用由公式(3)计算的最小值。我国《路线规范》规定回旋线最小长度应满足行程时间不少于 3 s,其推荐值与 AASHTO 规范的对比结果见表 3。

本项目中的圆曲线均按规定设置了缓和曲线,最短缓和曲线长度为 50 m,满足 AASHTO 规范设计

表 3 中美缓和曲线最小长度比较表 单位:m

设计速度/(km·h ⁻¹)	AASHTO 规范	《路线规范》
80	44	70
100	56	85
120	67	100

时速 80 km/h 下的规定,但却不满足我国《路线规范》的规定。我国的设计理念认为,较长的缓和曲线在行车时会更加安全和平顺舒适^[8]。

此外,AASHTO 规范还对缓和曲线的最大长度进行了限制,认为缓和曲线过长会导致驾驶员认为前方圆曲线的半径较小,可能出现安全问题。我国则没有最大缓和曲线长度的限制,只是建议在满足最小长度的前提下尽量与圆曲线长度相协调。

3 纵断面设计

3.1 最大纵坡

最大纵坡值是道路纵断面设计的重要控制指标。AASHTO 规范通过对不同类型车辆在坡道上运行特性的分析以及综合考虑地形类别来控制最大纵坡^[9]。我国《路线规范》有关最大纵坡的规定除了考虑车辆的动力特性,还综合分析了道路等级和运营经济等因素的影响。表 4 给出了中美两国在不同设计速度下高速公路的推荐最大纵坡值。

表 4 中美最大纵坡比较表 单位:%

规范名称	地形类别	设计速度/(km·h ⁻¹)		
		80	100	120
AASHTO 规范	平原	4	3	3
	丘陵	5	4	4
	山区	7	6	5
《路线规范》		5	4	3

由表 4 可知,AASHTO 规范中最大纵坡受地形的影响显著,尤其在山区条件下的最大纵坡值明显大于《路线规范》的取值。

本项目中最大纵坡设计值为 3.6%,满足 AASHTO 规范在平原地区设计时速为 80 km/h 下的最大纵坡值要求。

3.2 最小纵坡

中美两国对于高速公路最小纵坡的考虑是一致的,为了保证排水需要,均要求设置不小于 0.3% 的最小纵坡。如受条件限制采用小于 0.3% 的纵坡时,需对边沟做纵向排水设计。

本项目中最小设计纵坡为 0.5%,满足两国规范要求。

3.3 竖曲线

为实现直线坡之间的渐变,保证行车安全舒适、路容美观,需要设置凹形或凸形竖曲线。AASHTO 规范通常采用以通过变坡点竖直轴为对称轴的抛物线作为竖曲线,并用曲率 K 控制,其表达式为^[10]:

$$K = \frac{L}{A} \tag{4}$$

式中: K 为坡度差为 1% 时的曲线长度, m; L 为竖曲线长度, m; A 为坡度代数差, %。

K 值还用于确定在不同设计速度下竖曲线的最小长度。AASHTO 规范对于凸形和凹形曲线的控制不同,凸形曲线主要通过停车视距来控制,而凹形曲线则需要综合考虑车头灯视距、乘员舒适性、排水控制和一般路容等因素。AASHTO 规范中给出了凸形和凹形曲线所需竖曲线长度的计算 K 值,根据公式 (4) 即可得出最小竖曲线长度。

我国《路线规范》考虑到竖曲线的前后坡差较小,抛物线曲率变化因而较小,实际上与圆曲线基本无差,所以为了方便计算,我国采用圆曲线作为竖曲线,并规定了竖曲线的最小半径和长度。表 5 对比了中美两国在不同设计速度下高速公路的竖曲线最小长度。

表 5 中美最小竖曲线长度比较表 单位:m

规范名称	坡度代数差/%	设计速度/(km·h ⁻¹)		
		80	100	120
AASHTO 规范	10	260	520	950
	8	208	416	760
	6	156	312	570
《路线规范》		170	210	250

值得注意的是,表 5 中《路线规范》给出的最小竖曲线长度一般为一般值,在实际设计中,为了安全和舒适,应采用一般值的 1.5 ~ 2.0 倍甚至更大值。

4 结 语

本文依托孟加拉达卡绕城高速公路项目,对美国现行 AASHTO 规范中的几何设计相关参数进行深入分析,并与我国《路线规范》进行对比,得到 2 个国家对各个参数取值的相似和不同之处。美国 AASHTO 规范和我国《路线规范》在高速公路几何设计的基本理论上是基本一致的,不同的是 AASHTO 规范更为灵活,许多条文并非强制性规定,更侧重于对设计的引导。因此,对于具体的项目,业主会规定各项技术指标,如该项目在 PPP 合同中就对视距、圆曲线半径、竖曲线半径作出了具体规定。我国《路线

规范》对于几何设计参数的规定在参考国外经验的基础上结合了中国的实际情况,并注重安全性和行车舒适性,通过细化设计参数,让设计人员更易把控具体设计参数。在现实工程的设计上,设计人员应根据不同地区的特点,因地制宜地选取几何设计参数,在满足规范的基础上,使工程更加安全、经济。

参考文献:

- [1] 胡海宗.中美两国高速公路平面几何设计对比分析[J].交通科技,2017(6):98-100.
- [2] 刘子剑.美国高速公路几何设计(上)[J].国外公路,2001(2):1-6.
- [3] 赵春广.浅谈美国规范几何设计在工程实践中的运用[J].低碳世界,2017(25):219-220.
- [4] 汪涯,王涛,霍磊.中美标准停车视距指标对比研究分析[J].中外公路,2021,41(增刊2):223-226.
- [5] A Policy on Geometric Design of Highway and Streets[S]. Washington, D.C.: AASHTO, 2011.
- [6] JTG D20—2017,公路路线设计规范[S].
- [7] BONNESON J A. Superelevation distribution methods and transition designs, NCHPR Project 439[R]. Washington D. C.: Transportation Research Board, 2000.
- [8] 严作人,陈雨人,张宏超.道路工程[M].2版.北京:人民交通出版社,2011:65.
- [9] 池育源.中美两国公路设计参数对比分析[J].山西交通科技,2015(6):47-49.
- [10] 吕艳平.美国高速公路几何设计的技术要点[J].科技资讯,2019,17(6):54-56.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:roadfloodbridge@163.com

