

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2023.04.047

中国、美国和澳大利亚三国公路安全性评价规范对比

李洁¹, 韩欢欢¹, 李嘉¹, 任亚博², 龚瑞铭^{1*}

(1. 湖南大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410082; 2. 河南省新融高速公路建设有限公司, 河南 洛阳 471000)

摘要:交通安全问题是交通的三大难题之一。中国为建设交通强国,提出“推动交通发展由追求速度和规模向更加注重质量和安全转变”的号召,完善公路安全性评价规范是提高交通安全水平的一项重要基础性工作。该文首先介绍中国、美国和澳大利亚道路安全性评价规范的颁布背景,然后对比3个国家在公路安全性评价流程、评价指标及内容等方面的不同,最后通过分析发达国家在公路安全性评价方面的先进理念和经验,揭示中国现行规范的不足,可为改善公路安全性评价规范提供参考。

关键词:公路安全;评价规范;评价指标;评价流程

中图分类号:U491.5

文献标志码:A

0 引言

随着国家、社会对公路运输能力需求的日益增长,中国公路建设从1990年开始加速,截至2022年已建成通车的公路总里程达535万km^[1]。据统计,2006年至2022年间,中国共新增公路里程189.35万km,年均新增里程达到11.9万km/年,民用汽车拥有量从3 697.35万辆增长至31 903万辆,机动车驾驶员从14 213.87万人增长至5.02亿人^[1]。伴随着机动车和驾驶人数量的持续快速增长,道路交通安全面临更大的挑战。世界卫生组织^[2]和经济合作与发展组织统计数据^[3]表明(图1):中、美、澳三国2000—2016年道路交通死亡率整体呈现下降趋势。其中,美国和澳大利亚道路死亡率在世界水平之下,而中国道路死亡率位于世界水平之上,说明在交通安全方面,中国距世界水平仍有一定的差距,仍然存在较多的安全隐患,交通事故的防控能力仍需进一步加强。

公路安全性评价以保障行车安全为目的,从预防交通事故、降低事故发生的可能性和严重度入手,对公路项目建设的全过程,即规划、设计、施工和运

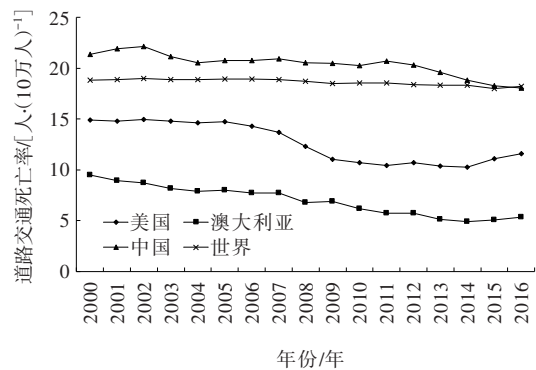


图1 2000—2016年中、美、澳三国与世界道路交通死亡率对比图

营期进行全方位评价,分析公路项目的潜在危险因素与安全隐患。大量工程实践证明:公路安全性评价是一项能有效预防交通事故、提高交通安全水平的实用技术。美国、澳大利亚公路建设发展比中国早,在中国实施公路安全性评价之前已形成较为完善的公路安全性评价规范。例如,美国于1951—1979年处于公路快速发展阶段,1995年建成总长达24.94万km的国家公路系统,标志着美国公路网主骨架基本完成。目前美国公路工作重心已转向道路养护和修缮,其安全性评价技术和指导规范相对趋于

收稿日期:2022-05-06

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:51878264);长沙市科技基础研究项目(编号:kq1801010);河南省交通运输厅科技项目(编号:2020G11)

作者简介:李洁,女,博士,副教授.E-mail:lijie_civil@hnu.edu.cn

*通信作者:龚瑞铭,男,硕士研究生.E-mail:645497523@qq.com

成熟。澳大利亚在1975—2018年间,公路通车总里程维持为80万~90万km,没有进行大规模的公路建设,公路安全性评价重点转向运营期间的公路交通安全,且更关注如何减轻道路使用者在交通事故中的伤亡程度。

在建设交通强国的背景下,如何评估公路的事故风险,采取有效措施提升公路的安全水平,为道路使用者营造更安全的行车环境,已成为公路行业亟须解决的问题。美国和澳大利亚的公路安全性评价技术开展较早,因此积累了大量成功经验。为便于中国借鉴国外成功经验和理念,使中国公路安全性规范进一步完善,本文对中、美、澳三国安全性评价规范的评价流程、评价指标及内容进行对比和分析。

1 概况

本节简要介绍澳大利亚、美国及中国三国的公路项目安全性评价规范的发展历程和现行版本。

(1) 澳大利亚《道路安全指南》

自20世纪90年代初开始,澳大利亚和新西兰便开始建立道路安全性评价制度,是世界上较早开展公路安全性评价研究的国家。由澳大利亚与新西兰两国共同组建的公路运输与交通管理最高组织——Austroads于2006年推出第一版《道路安全指南》^[4](Guide to Road Safety),于2018年8月更新至3.1最新版本。

(2) 美国《公路安全手册》

美国联邦公路局于1996年资助考察团对公路安全性评价在澳大利亚、新西兰等国家的应用情况进行了调研^[2]。考察得到的一个重要结论是公路安全性评价能够改善公路的设计,为公路运营提供很大程度的安全保证。美国于2000年成立专门小组对公路交通安全的研究成果进行归纳整理,于2006年颁布了《公路安全手册》^[5](Highway Safety Manual, HSM)。经过修改和完善后,最新版本《公路安全手册》(第2版)于2010年颁布。美国各州根据当地实际情况制定地方性安全性评价规范。本文选择联邦公路局颁布的《公路安全手册》(第2版)为分析对象,与中国和澳大利亚的相关规范进行对比分析。

(3) 中国《公路项目安全性评价规范》

随着中国公路建设的快速发展,汽车保有量和

驾驶人也大幅度增加,急需对公路项目建设的全生命周期进行安全性评价。在此背景下,交通运输部于2004年颁布了《公路项目安全性评价指南》。在对《公路项目安全性评价指南》^[6]进行修订和补充的基础上,交通运输部于2015年12月发布《公路项目安全性评价规范》(JTGB05—2015)^[7],于2016年4月在中国全面实施,同时废除原《公路项目安全性评价指南》。

综上,随着公路安全性评价技术在各国的快速发展,澳、美、中三国分别制定了本国公路安全性评价规范。在时间节点上,澳大利亚和美国公路安全性评价技术的发展略早于中国,这与各国公路建设发展所处的阶段和需求有关。澳、美两国公路建设及安全性评价技术的先发性,使得两国在公路安全性评价方面积累了丰富的经验。下文将从评价流程、评价指标及风险评估等方面对三国公路安全性评价规范进行对比,分析差异及原因,为中国下阶段公路安全性评价规范的修订提供参考和建议。

2 评价流程对比

2.1 澳大利亚《道路安全指南》评价流程

澳大利亚《道路安全指南》对道路安全管理及评价分为5步。

(1) 风险识别

通过分析交通风险事故发生前后以及过程中的内外部环境状态、道路使用者状态、风险发生源状态的变化情况,建立Haddon矩阵,获取事故发生前、中、后三个阶段在各影响因素作用下的风险指标,为安全性评价提供参考。

(2) 风险分析

在风险识别的基础上,对确定的风险源进行分析,确定其风险水平。由于可调配资源的有限性,常采用定性方法对风险源进行初步筛选,对重要风险源,采集充足数据后继续进行定量分析。

(3) 风险评估

由于可调配资源有限,在确定风险水平后,对各类风险进行评估排序。对于排序等级较高的风险类型,优先调用资源进行处理。

(4) 风险处理

由于引起交通事故的原因有多种,对不同的原

因所采取的处理措施也应不同。《道路安全指南》推荐采用以下三方面措施降低碰撞风险:①减少风险敞口;②降低事故发生概率,力求创造“无意外”环境;③降低事故的严重程度,提高道路环境的容错能力。

(5) 监测和审查

在风险管理的所有阶段进行持续的监测与审查,以确保在实施优化措施后,其结果符合管理预期。同时,记录优化措施产生的所有积极与消极后果,将风险管理过程中吸取的经验教训记录并纳入未来的风险管理。

2.2 美国《公路安全手册》评价流程

美国《公路安全手册》对道路安全管理及评价分为6步。

(1) 网络筛选

通过滑动窗口法或峰值搜索法识别事故黑点场所。

(2) 诊断

使用3~5年的碰撞数据评估碰撞位置、碰撞类型及碰撞严重程度。

(3) 选择安全对策

借助Haddon矩阵(将碰撞因素分为人、车和道路类别)分析碰撞类型的影响因素^[8-11]。确定影响因素后,选择适当对策提升道路的安全性。

(4) 经济评价

评估改善方案的经济效益。

(5) 方案优先排序

通过比较不同方案的经济可行性以及对环境的影响程度,确定改善方案的优先级。

(6) 方案有效性评估

评估改善方案对减少某个事故率或事故严重程度

的有效性。

2.3 澳大利亚、美国道路安全管理及评价流程差异性

澳大利亚《道路安全指南》和美国《公路安全手册》对道路安全管理及评价流程的差异表现在4个方面:

(1) 澳大利亚规范采用定性分析方法初步确定风险源,美国规范则基于多年碰撞数据定量识别事故黑点及碰撞类型。

(2) 澳大利亚规范依据风险水平等级的排序进行资源优先调用,侧重于资源的优先调用。美国规范是根据不同改善方案的经济可行性及对环境的影响程度进行优先排序,侧重于改善方案产生的后果。

(3) 美国规范规定对改善方案进行经济效益评估,澳大利亚规范则没有。

(4) 澳大利亚规范对采取优化措施后产生的各种后果进行记录,作为经验积累纳入未来的安全管理。美国规范则利用事故率或事故严重程度的变化情况来看检验改善方案的有效性。

澳大利亚《道路安全指南》和美国《公路安全手册》均利用Haddon矩阵将导致碰撞的因素分为人、车和道路3个类别进行分析,并根据分析结果选择提升道路安全性的对策。Haddon模型是美国William Haddon于1972年提出的一种道路安全分析系统框架^[12]。Haddon矩阵作为Haddon模型的组成部分之一,由3个纵标目与3个横标目组成。3个纵标目指事故发生的3个阶段——发生前、发生时、发生后,3个横标目指3类影响因素——宿主、致伤因子、社会环境3个因素。澳大利亚与美国规范中所用的Haddon矩阵^[12]采用“三因素、三阶段”的形式(表1)分析事故发生的原因,以便于制定对应预防措施。

表1 美国及澳大利亚规范Haddon矩阵模型对比

事故阶段	人		车		道路环境	
	美国	澳大利亚	美国	澳大利亚	美国	澳大利亚
导致事故风险增加的因素	注意力、判断力、年龄、是否使用手机、驾驶经验、驾驶行为	驾驶训练、安全教育、驾驶行为(如喝酒)、态度、行人衣着色彩度	轮胎磨损、制动装置	车辆性能	路面湿滑度、坡度、信号系统协调性	道路轮廓、道路几何线形,路面状况,能见度
导致事故严重度的因素	年龄、是否系安全带、行车速度、清醒程度	是否佩戴车内安全设备(安全带)	保险杠的高度及能量消除、头枕设计、安全气囊操作	辅助安全保护装置(例如安全气囊)	路面摩擦系数、技术等级、路边环境	路侧设施(例如电线杆、护栏)
发生后影响事故处理结果的因素	年龄、性别	急救响应	是否易于转移伤者	事故警告设施	应急响应时间和质量、后续服务	高速公路是否提供紧急中间休息和路肩带

2.4 中国、美国和澳大利亚规范差异性

相比美国和澳大利亚规范,中国《公路项目安全性评价规范》(JTG B05—2015)缺少具体的道路安全性评价流程。中国规范规定公路项目需在工程可行性研究、初步设计、施工图设计、交工、运营阶段接受安全性评价,不同阶段选用的评价清单见表2。每个评价清单板块下又列出具体的安全性评价对象,主要评价依据是相关设计规范,缺乏与安全性直接相关的指标。

表2 中国规范不同评价阶段评价清单

评价阶段	评价清单			
	总体评价	比选方案评价	设计要素评价	公路安全状况评价
工程可行性研究				
初步设计	✓	✓	✓	
施工图设计	✓		✓	
交工	✓			✓
后评价	✓			✓

对比中、美、澳三国的评价流程发现,美国和澳大利亚的评价流程对应中国《公路项目安全性评价规范》(JTG B05—2015)的后评价阶段。3个国家交通基础设施建设的阶段不同,美国和澳大利亚公路建设当前处于平缓阶段,中国自1990年以来一直处于公路建设加快发展阶段。中国《公路项目安全性评价规范》(JTG B05—2015)侧重于对项目可行性研究到交工阶段的全局指导,这与国家公路建设发展阶段的需求紧密相关。美国和澳大利亚公路建设阶段领先于中国,其公路里程总规模已基本完成^[1-2],因而安全性规范侧重于公路运营阶段的安全性评价。

3 评价指标及内容对比

中国、美国和澳大利亚3个国家公路项目安全性评价规范的主要内容包括人、车、道路、环境4个方面,如表3所示。本节从4个方面展开3个国家评价指标及内容的对比分析。

(1) 人

在交通运输系统中,人为因素是交通事故的重要原因^[1]。因此,在对公路进行安全性评价时,需着重考虑与人为因素相关的评价指标。美国《公路安全手册》采用视角变化率和知觉-反应时间等指标,

综合考虑视力、视觉搜索能力、信息处理能力、知觉反应能力等多种生理因素。澳大利亚《道路安全指南》主要是对驾驶员危险驾驶行为的后果进行评价。比如,量化评价驾驶员体内酒精含量导致的事故后果。中国《公路项目安全性评价规范》(JTG B05—2015)考虑视距和通视三角区两个指标,规定基于运行速度进行计算,相比之下考虑的因素比较单一。

表3 中、美、澳三国安全性评价规范评价内容对比

评价内容	《公路项目安全性评价规范》(中)	《公路安全手册》(美)	《道路安全指南》(澳)
人	视距、通视三角区	视角变化率、知觉-反应时间(发现、决定和响应时间)	酒精和非法药物使用、驾驶员行为、安全带和儿童约束装置的使用情况
车	运行速度差	运行速度、交通量	车辆使用年限和安全性、速度限制、交通量
道路	交通标志标线、视线诱导设施、线形设计、护栏	交通标志标线、照明设施、线形设计	道路状况、线形设计、路边环境
环境	气候条件	天气条件	能见度、天气条件

(2) 车

运行速度可表征车辆在道路上的实际运行情况,三国规范均将运行速度列为安全性评价内容。中国《公路项目安全性评价规范》(JTG B05—2015)选用相邻路段运行速度差值和运行速度梯度绝对值两个指标进行运行速度协调性评价。美国《公路安全手册》基于大量事故数据建立运行速度与事故概率、速度变化与事故严重度、平均运行速度与事故数等“六指标、三对应”的影响关系,利用图示或公式展现速度与安全之间的关系。澳大利亚《道路安全指南》采用速度变化率与伤亡率变化两个指标来进行安全性评价。中国规范侧重于线形的协调性评价,美国和澳大利亚规范则基于大量的历史数据建立运行速度与事故发生数之间的预测模型。

(3) 道路

中国《公路项目安全性评价规范》(JTG B05—2015)目前只是列举对道路线形及交通设施等内容进行安全性评价的清单,并未规定具体的评价标准及方法。美国《公路安全手册》的事故预测模型包括

道路线形指标及交通安全措施的影响系数,通过分析道路设计或交通设施改变前后事故数量的变化评价公路的安全性。澳大利亚《道路安全指南》的事故预测模型主要涉及道路线形指标,通过分析道路横断面、平曲线、竖曲线和坡度等几何要素的变化对事故发生时碰撞能量的影响来评价公路的安全性。

(4) 环境

针对天气条件对交通安全的影响,中国和澳大利亚均只列举出可参考的天气条件(雨雾天气、冰冻),缺少具体说明。比如中国《公路项目安全性评价规范》(JTG B05—2015)只规定“应根据降雨、冰冻、积雪、雾、侧风等自然气象条件,评价气象条件对交通安全的影响”,并没有规定评价的标准和办法。澳大利亚《道路安全指南》只是列举出安全性评价可参考的天气条件(雨雾天气、冰冻),但未对其进行详细的说明。而美国《公路安全手册》针对不同的公路类型(乡村公路、高速公路),分别总结了适用不同天气条件下的改善措施,评价内容较为详细。比如,雾天应使用低能见度警告系统(闪烁灯、可变信息板),用来提醒驾驶员恶劣天气。雪天应通过提升冬季道路维护标准来降低事故发生的概率,并采用事故修正系数对道路维护标准提升前后进行量化评价。

4 风险评估方法和流程对比

(1) 风险评估方法

澳大利亚《道路安全指南》建议客观数据充足时采用黑点定量分析方法进行风险评估,将黑点地点、道路长度或每年至少发生一定次数车祸区域纳入分析,例如规定如果一个地段在5年内发生3次以上伤亡车祸就需纳入分析。澳大利亚在进行黑点分析时发现,简单事故数量分析难以揭示事故的严重程度,故引入事故成本或社会成本对其进行评价。事故严重程度越高,事故成本就越高,这些成本可以按地点、地区或公众敏感问题进行汇总。美国《公路安全手册》依据不同的公路类型(双向双车道、多车道等),分别推荐了不同的预测方法和相应的预测模型,不少预测模型是基于历史交通事故数据建立的。中国《公路项目安全性评价规范》(JTG B05—2015)中并未规定有关风险评估的方法。

(2) 风险处理过程

澳大利亚《道路安全指南》对交通事故及事故发生地点进行数据采集与分析,初步制定改善方案,进行安全设计审核,审核通过后进行详细设计,并在改善措施实施期间进行监测以评估其改善效果。其风险处理过程如图2所示。

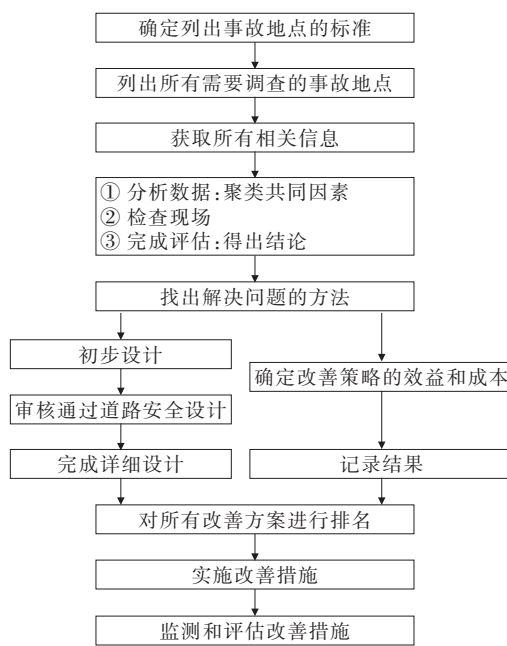


图2 澳大利亚《道路安全指南》风险处理流程图

美国《公路安全手册》规定的安全评估预测流程可根据公路类型进行调整。图3是安全评估流程的一般形式,为初次使用者或不经常使用者提供一个基础的整体框架。评估一条公路的安全性需要几年的时间周期,部分步骤会重复进行。

图3中,SPF表示安全性能函数,是预测某地点每年平均事故率的公式;CMFs表示事故修正系数,是衡量道路设计或交通控制发生改变前后事故数变化的指标;EB表示经验贝叶斯方法^[1],将在给定地点观察的事故频率数据与其他类似地点的预测事故频率数据相结合,用以估计该地点预期事故频率。

美国《公路安全手册》推荐的预测方法与澳大利亚《道路安全指南》推荐的风险评估方法有明显不同。美国《公路安全手册》根据不同公路类型进行预测方法的划分,常用到经典贝叶斯(Empirical Bayes, EB)方法,该方法应用的前提是至少需要2年的事故数据。澳大利亚《道路安全指南》风险评估方法是根据历史事故数据量的大小来选择定量或定性分析。

(3) 事故率预测公式

澳大利亚《道路安全指南》介绍了一种事故率预

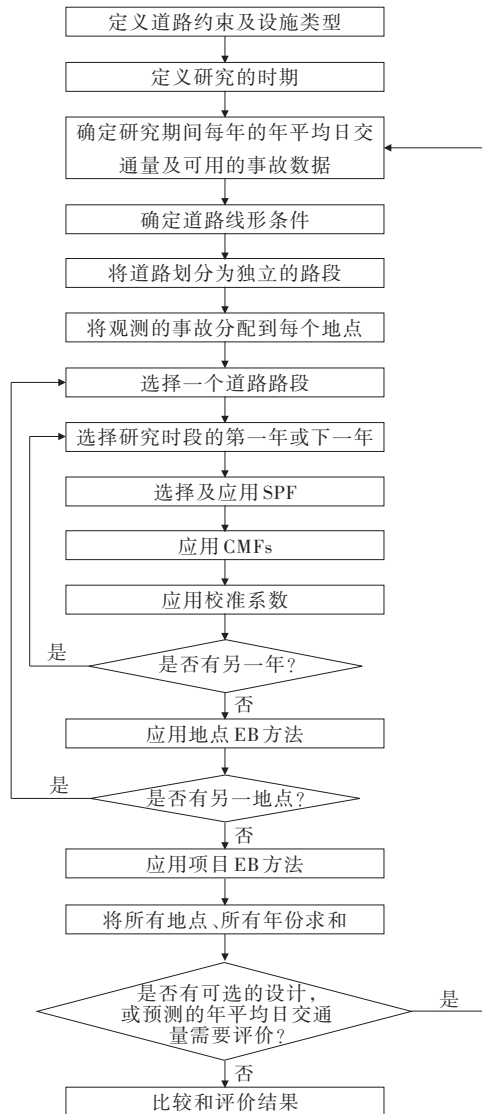


图3 美国《公路安全手册》预测流程图

测方法。该方法要求收集与评价地点相似区域的车祸数据,利用较完整的数据库,计算平均碰撞次数 a 和碰撞次数方差 $\text{var}(a)$,建立趋均数的回归模型,计算潜在事故率 R (百分比):

$$R = \left[\frac{(S_0 + S)n}{(n_0 + n)S} - 1 \right] \times 100\% \quad (1)$$

式中: S 为一年内观测的事故数量; n 为事故记录时间(年)。

$$S_0 = a^2 / [\text{var}(a) - a] \quad (2)$$

$$n_0 = a / [\text{var}(a) - a] \quad (3)$$

S_0 、 n_0 为统计分布参数的估计值,与潜在的真实事故率相关,即真实事故率的概率分布。

美国《公路安全手册》提出的预测方法可评估单个地点的预期平均事故率,并基于所有地点的累加

评估整个设施及路网的安全水平。模型的预测结果是预期平均事故率 R_{expected} ,表达式如下:

$$R_{\text{expected}} = \omega \times R_{\text{predicted}} + (1.00 - \omega) \times R_{\text{observed}} \quad (4)$$

式中: R_{expected} 为研究时段内的预测平均事故率; $R_{\text{predicted}}$ 为路段的预测平均事故率; R_{observed} 为历史事故率; ω 为SPF预测的权重调整。

路段的预测平均事故率 $R_{\text{predicted}}$,是基于道路线形、交通控制特征、该路段的交通流量等评估的,一般借助基于多个类似路段数据开发的回归模型(安全性能函数SPF_s)进行预测。 $R_{\text{predicted}}$ 的一般形式为:

$$R_{\text{predicted}} = R_{\text{SPFx}} \times (C_{\text{CMF1r}} \times C_{\text{CMF2r}} \times \dots \times C_{\text{CMFyr}}) \times C_x \quad (5)$$

式中: R_{SPFx} 为在基准条件下SPFs确定的预测平均事故率; C_{CMF1r} 为不同基准条件下,对安全性能函数SPFs的事故修正系数; C_x 为路段的标定系数,表征模型构建地点与预测模型应用地点间的不同。

在公式(5)中,事故修正系数 C_{CMF1r} 根据不同地点的基准条件(线形设计、交通控制特征)进行修正,当事故修正系数的应用地点与安全性能函数SPFs的预测地点有相同基准条件时, $C_{\text{CMF}}=1.00$;《公路安全手册》附录部分给出不同道路类型标定系数 C_x 的确定方法。

美国和澳大利亚规范基于大量的历史事故数据建立相应预测模型,对公路进行风险预测^[2],并对模型进行持续改进。相比发达国家,中国交通事故数据信息的采集和分析研究机制相对滞后,已有的事故数据获取手续繁杂、难度大、共享困难,影响公路风险评估技术的发展。

5 结论与建议

本文介绍了中国《公路项目安全性评价规范》(JTGB05—2015)与美国《公路安全手册》、澳大利亚《道路安全指南》,采用定性分析的方法比较三国公路安全性评价流程、评价指标及内容、风险评估等方面的差异,得出如下结论及建议:

(1) 中国《公路项目安全性评价规范》(JTGB05—2015)是对项目的工程可行性研究、初步设计、施工图设计、交工及后评价等阶段列出安全性评价内容清单,为安评人员提供设计符合性检查的内容,但缺少各阶段系统的评价流程和标准。美国《公路

安全手册》和澳大利亚《道路安全指南》均提供了较为系统的道路安全性评价流程,但评价流程存在明显不同。为提升交通基础设施的本质安全水平,完善交通基础设施安全技术标准规范,中国亟须完善公路交通安全性评价的标准,规范实施流程。针对新建道路,应依据已建成的相似道路的事故模型对事故黑点进行预测防治,通车后实时监测,定期分析预测防治效果;针对已建成道路,及时采集事故相关数据,全面分析事故发生原因,完善交通事故数据库,制定安全提升对策,分析安全对策的经济成本与优先级,提高资源利用率。

(2) 关于与驾驶员视觉相关的评价指标及内容,中国《公路项目安全性评价规范》(JTGB05—2015)只列出视距和通视三角区,两个指标均由运行速度计算,考虑因素比较单一;美国《公路安全手册》利用视角变化率和知觉-反应时间指标进行定量安全性评价,且定性分析影响驾驶员视觉的众多生理因素,如注意力、信息处理能力及视觉能力等,相比中国规范的考虑因素较为全面;澳大利亚《道路安全指南》并未介绍关于驾驶员视觉的评价指标及内容。视觉干扰因素是事故发生的重要原因,建议中国《公路项目安全性评价规范》(JTGB05—2015)下一步应修订完善与驾驶员视觉相关的评价指标。

(3) 中国《公路项目安全性评价规范》(JTGB05—2015)没有推荐公路风险评估的方法。澳大利亚《道路安全指南》针对事故数据样本量的大小,可采用定量或定性分析方法进行风险评估。美国《公路安全手册》针对不同的公路类型推荐不同的风险评估方法和预测模型。中国在统一事故记录数据标准的同时,应建立事故信息查询共享机制,为公路风险评估研究提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家统计局.中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2022.
- [2] Organization W H.Global status report on road safety 2018 [EB/OL]. [2021-04-05]. <https://www.who.int/publications/item/9789241565684>.
- [3] Organization for Economic Co-operation and Development. Indicators: Safety.Road fatalities per one million inhabitants [EB/OL].[2021-04-05].<https://stats.oecd.org/#>.
- [4] AUSTRROADS. Guide to Road Safety. 3.1 edition[R]. Australia,Sydney,Australia,2018.
- [5] National Research Council,Transportation Research Board, American Association of State Highway and Transportation Officials. Joint task force on the highway safety manual, national cooperative highway research program, highway safety manual[M].U.S.A: AASHTO, 2010: 105-112.
- [6] 华杰工程咨询有限公司.公路项目安全性评价指南: JTGT B 05—2004[S].北京:人民交通出版社,2004.
- [7] 华杰工程咨询有限公司.公路项目安全性评价规范:JTGB05—2015[S].北京:人民交通出版社股份有限公司, 2015.
- [8] MASOUMI K, FOROUZAN A, BARZEGARI H, et al. Effective factors in severity of traffic accident-related traumas; an epidemiologic study based on the haddon matrix [J].Emergency,2016,4(2): 78-82.
- [9] SATRIA R, TSOI K H, CASTRO M, et al. A combined approach to address road traffic crashes beyond cities: Hot zone identification and countermeasures in Indonesia[J]. Sustainability, 2020, 12(5): 1801.
- [10] BARU A, AZAZH A, BEZA L. Injury severity levels and associated factors among road traffic collision victims referred to emergency departments of selected public hospitals in Addis Ababa, Ethiopia; The study based on the Haddon matrix[J].BMC Emergency Medicine, 2019, 19(1): 1-10.
- [11] RUSTAGI N, KUMAR A, NORBU L, et al. Applying haddon matrix for evaluation of road crash victims in Delhi, India[J]. Indian Journal of Surgery, 2018, 80(5): 479-487.
- [12] HADDON W Jr. A logical framework for categorizing highway safety phenomena and activity[J]. The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care, 1972, 12(3): 193-207.