

文章编号: 0451-0712(2005)07-0154-05

中图分类号: U491.115

文献标识码: A

高速公路线形安全评价综合指标体系的建立

李欣¹, 丁立¹, 何玉川², 刘文章²

(1. 昆明理工大学交通工程学院 昆明市 650224; 2. 大理交警支队 大理市 671000)

摘 要: 提出采用改进德尔菲法建立高速公路线形安全评价综合指标体系。利用该方法确定出的 27 个高速公路评价指标, 对高速公路设计专家、熟练驾驶员和高速公路交警等人员进行了两轮咨询, 在对咨询结果进行统计处理的基础上, 得出道路安全评价各个指标的权重。该指标体系的建立为高速公路设计进行有效的安全性评价奠定了基础。

关键词: 高速公路; 改进德尔菲法; 安全评价; 指标体系

随着我国高速公路建设的迅猛发展, 高速公路的安全评价越来越成为研究高速公路安全的重要问题。线形安全评价是高速公路安全评价的最主要方面。

目前, 高速公路安全评价在我国开展的还不多, 大多是基于车速、道路环境或交通状况对道路进行安全评价^[1], 如河海大学孙宁等人提出了高速公路环境的综合评价指标体系的建立^[2], 而很少有人对道路设计本身的线形安全性能进行研究。国外关于道路线形的安全评价始于英国, 澳大利亚在 1994 年完成了《道路安全审计指南》, 美国在 1994 年提出了交互式道路安全设计的概念。道路安全审计的内容包括道路线形、道路路况、车速等多方面的内容, 本文针对道路线形设计的各种因素, 通过对道路设计专家、熟练驾驶员和高速公路交警进行调查, 根据道路设计专家的理论 and 经验、熟练驾驶员多年在行车过程中的经验和交警管理高速公路、处理交通事故的经验, 找出影响道路设计安全的因素及其影响程

度, 建立评价道路安全的德尔菲模型, 确定高速公路设计中各个设计成分对道路安全影响的权重。用此模型对道路设计进行安全性评价, 以便为今后的道路设计和事故多发地段的改造提供必要的理论依据。

1 指标体系建立过程

指标体系建立的方法有两类^[3]: 专家主观评定和比较判定法及数据统计分析法。第一类方法适用于资料有限, 主要依据专家经验知识来确定指标的被评价对象。第二类方法适用于具有定量指标的被评价对象。在国内外公开发表的资料中, 还未见到有关道路安全综合评价指标这方面的研究。为了探讨高速公路安全综合评价指标体系, 本文通过对现有国家道路设计标准和有关文献进行研究和分析^[4~7], 参照其他指标体系相关的研究^[9~11], 并征求有关道路设计专家的意见, 依据建立指标体系的系统全面性、层次性、简明科学性、灵活可操作性以及可评价性原则, 初步确定出一个比较全面的三层次

基金项目: 云南省自然科学基金项目(2002E0010Q), 公安部资助项目(道路安全评价及对策的研究)

收稿日期: 2005-03-15

来确定更方便实用、费用更低的永久性措施。

应重视基础资料的收集整理工作, 对技术资料进行分析总结, 形成系统的技术档案, 提高试验工作的技术性和针对性。要把安保工程贯穿于公路建设和改造的全过程, 把公路交通安全管理列入公路建设和日常养护的重要内容, 加强安全防护设施的建设与维护, 积极研究和探索适合国情的安全技术措

施, 为公路建设提供有效的安全技术保障。

参考文献:

- [1] GB5768-1999, 道路交通标志和标线[S].
- [2] 公路安全保障工程实施技术指南(试行)[S].
- [3] JTJ 074-94, 高速公路交通安全设施设计及施工技术规范[S].

综合评价指标体系。

1.1 高速公路安全评价指标体系

从高速公路路线设计方面来看(路线设计是指确定路线空间位置和各部分几何尺寸的工作),为研究和使用方便,把它们分解为路线平面设计、路线纵断面设计。二者是相互关联的,既分别进行,又综合考虑。

根据道路的设计特点,道路安全评价指标体系分为三个层次。如表 1 所示。

表 1 高速公路安全评价指标

O:安全评价指标			指标代号
评价指标		具体指标	
(O ₁) 平面	(O ₁₁)直线	直线长度	U ₁
	(O ₁₂) 圆曲线	半径大小	U ₂
		曲线长度	U ₃
		偏角大小	U ₄
	(O ₁₃) 缓和 曲线	曲率变化情况	U ₅
曲线长度		U ₆	
	缓和参数比值	U ₇	
(O ₁₄) 视距	停车视距	U ₈	
	超车视距	U ₉	
(O ₂) 平面组 合指标		与地形地物及景观协调性	U ₁₀
		线形的统一与连贯性	U ₁₁
		曲线的总长度	U ₁₂
(O ₃) 纵断面	基本指标	坡度	U ₁₃
		坡长	U ₁₄
		竖曲线半径大小	U ₁₅
		竖曲线长度	U ₁₆
		爬坡车道	U ₁₇
(O ₄) 平纵组合		平竖曲线重合	U ₁₈
		平竖曲线大小均衡	U ₁₉
(O ₅) 横 断 面	基本指标	行车道宽度	U ₂₀
		中间带宽度	U ₂₁
		加宽	U ₂₂
		超高	U ₂₃
		横坡	U ₂₄
		路肩宽度	U ₂₅
(O ₆)停车带 基本指标		停车带长度	U ₂₆
		停车带宽度	U ₂₇

其中,O 表示评价总目标,O_i(i=1,2,...,6)表示评价子目标,O_{ij}表示评价子子目标,U_k(k=1,2,...)表示评价指标集。每个指标集中包括多项指标,例如,U₁= {直线长度},U₂= {半径大小},等等。U_k中包括的评价指标共 27 个。根据确定出的评价指标集 U_k 中包括的指标,拟定出专家咨询表。表中首先介绍了改进德尔菲法、研究目的以及相关的背景资

料,供参考。然后,要求每位被调查者根据已有的知识和经验判断出每个指标对高速公路安全的影响程度,影响程度等级的划分采用 5 点 Likert 型标度,各评价指标的重要等级分为五等,它们分别是很重要、重要、一般、略有点、不重要。对五个重要等级赋予权重,1 表示“很重要”,0.8 表示“重要”,0.6 表示“一般”,0.4 表示“略有点”,0.2 表示“不重要”,以便定性的东西能做定量的计算。专家在评价这些指标时,要求说明做出此评价的原因。

1.2 德尔菲法

德尔菲法最早出现于 20 世纪 50 年代末。1964 年美国兰德(RAND)公司的赫尔默(Helmer)和戈登(Gordon)发表了“长远预测研究报告”,首次将德尔菲法用于技术预测中,以后便迅速地应用于美国和其他国家^[11]。除了科技领域之外,还几乎可以用于任何领域的预测,如军事预测、人口预测、医疗保健预测、经营和需求预测、教育预测等。20 世纪 80 年代以来,我国不少单位也采用德尔菲法进行了预测、决策分析和编制规划工作。德尔菲法是一种主观、定性的方法,不仅可以用于预测领域,而且可以广泛应用于各种评价指标体系的建立和具体指标的确定过程^[12~14]。

德尔菲法本质上是一种反馈匿名函询法。其基本原理是以调查征询的形式向选定的专家提出一系列问题,并汇总整理专家意见。每完成一次提问和回答的过程称为一轮。将上轮咨询所得意见的一致程度和各位专家的不同观点等信息,匿名反馈给每一位专家,再次征询意见。如此反复多次(一般情况下,经典德尔菲法为 3~4 轮,改进德尔菲法为 2~3 轮),使意见趋于一致。它是一种利用函询形式的集体匿名思想交流过程。它有区别于其他专家预测方法的三个明显的特点,使其成为征求和提炼专家群体意见的一种有效方法^[14],这三个特点如下。

(1)匿名性。从事预测的专家是在完全匿名的情况下交流思想的,因而消除了专家之间的心理影响,做到充分地自由地发表意见。

(2)多次有控制的反馈。小组成员的交流是通过回答组织者的问题来实现的。它一般要经过若干轮反馈才能完成预测。

(3)小组的统计回答。预测结果不仅要反映多数人的观点,也要表示出小组的不同意见的状况。在最后一轮,要适当集结每个专家的意见,组合成专家群体的集体意见。

经典德尔菲法中第一轮咨询的目的是针对调查负责人提出的决策或预测问题,包括要达到的目标,让专家提出要达到目标的各种可能的方案,或各种可能发生的事件。然后,调查负责人收回第一轮咨询表并进行分析,主要是对专家提出的决策方法,或预测事件进行筛选、分类、归纳和整理,再把整理的一览表发给专家咨询人员,进行第二轮咨询。本研究为了减轻受聘参加专家的负担和缩短咨询周期,在建立指标体系时采用改进德尔菲法,即取消了经典德尔菲法中的第一轮咨询工作,由咨询负责人员针对研究主题,直接确定出初步的指标体系,然后再进行专家咨询。

1.3 数据处理方法

本课题根据道路安全评价指标和调查的实际情况,采用改进德尔菲法,数据处理方法不采用统计中位数和上、下四分点,而是采用平均算法,一种是算术平均算法,另一种是均方根算法。计算公式如下。

算术平均法:

$$v_j = \frac{1}{m_j} \sum_{i=1}^{m_j} x_{ij} \quad (1)$$

均方根:

$$u_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m_j} x_{ij}^2}{m_j}} \quad (2)$$

式中: v_j 为 j 方案的算术平均得分值; u_j 为 j 方案的均方根得分值; m_j 为对 j 方案做评价的专家数; x_{ij} 为第 i 个专家对 j 方案的评分值。

本方案的关键是要找出我们所列指标在哪个重要程度上,所以算出算术平均值和均方根值之后,还需比较这两种平均值中哪种平均值更趋近于真值。本课题选用下面的方法来计算比较:

$$V_j = \frac{\sum_{i=1}^{m_j} (x_{ij} - v_j)^2}{m_j} \quad (3)$$

$$U_j = \frac{\sum_{i=1}^{m_j} (x_{ij} - u_j)^2}{m_j} \quad (4)$$

式中: V_j 为算术平均值的方差; U_j 为均方根值的方差。

如果 $U_j > V_j$, 则说明 V_j 更趋近于真值;如果 $U_j < V_j$, 则说明 U_j 更趋近于真值。本课题以更趋近于真值的那个平均值作为指标重要程度的量化表示。

1.4 改进德尔菲法的实施

由于参与德尔菲法的专家较多(32名),为了减轻受聘参加专家的负担和缩短咨询周期,在建立指标体系时采用改进德尔菲法,即取消了经典德尔菲法中的第一轮咨询工作。针对研究主题,直接确定出初步的指标体系,然后再进行专家咨询。研究步骤如下。

1.4.1 确定调查目的

本研究的目的是建立起道路设计的各种因素对于道路安全影响程度的德尔菲模型。

1.4.2 专家的选定

要建立道路安全指标体系,需要咨询道路安全相关方面的专家。与道路相关的专家主要有:道路研究者、道路使用者和道路管理者。道路研究者主要是指路桥设计和交通工程方面的专家,这些专家通常在道路建设方面有较丰富的知识和经验,有较高的权威性。道路使用者是指熟练驾驶员,熟练驾驶员虽然不了解道路的设计,但他们通常有多年开车的经验,对路、车、交通标志和路边环境有很好的感觉,能通过经验和直观感官有效地发现道路设计不如意的地方。道路管理者主要指的是高速公路巡警,巡警常年工作在高速公路上,处理过很多交通事故,对道路的各种情况有着很深刻的切身体会。所以本文选定这三方面的专家和工作人员来进行调查。

1.4.3 德尔菲法实施方法

总共进行两轮调查。根据德尔菲法的数据处理方法,选取平均值和均方根值中更接近真实值的优化权重。

为使数据反馈更具全面性,在制作第二轮调查表时,将把上一轮调查结果的优化权重附于第二轮征询表中。再次做调查时,对被调查者解释清楚:表中有关数据是上一轮调查的数据处理结果,让他们理解表中的数据来源,也就是在上一轮调查中各类被调查者对各指标的一个平均看法;然后再请每位被调查者以上一轮的平均结果为基础,结合自己的知识和经验再填一次调查表。

2 结果及分析

两次调查的结果及权重分析结果如表2。

考虑到大部分专家既是长期从事道路研究的专家又是驾驶员,对于道路的研究和了解比驾驶员和交警更深刻些,故在安全评价指标体系中占有最重要的位置。交警经常在高速公路上巡逻,因此也是熟练驾驶员,占据第二重要的位置。驾驶员由于理论知

表 2 安全评价指标调查及统计结果

指标	专家 第 1 轮	专家 第 2 轮	驾驶员 第 1 轮	驾驶员 第 2 轮	交警	指标权重
U_1	0.690	0.665	0.603	0.653	0.733	0.67
U_2	0.915	0.890	0.836	0.836	0.933	0.89
U_3	0.815	0.765	0.817	0.800	0.867	0.81
U_4	0.730	0.730	0.897	0.897	0.795	0.79
U_5	0.860	0.860	0.808	0.808	0.828	0.84
U_6	0.730	0.730	0.758	0.758	0.821	0.76
U_7	0.825	0.825	0.824	0.791	0.781	0.81
U_8	0.850	0.875	0.906	0.906	0.967	0.90
U_9	0.935	0.885	0.950	0.933	0.868	0.91
U_{10}	0.834	0.759	0.825	0.825	0.906	0.83
U_{11}	0.915	0.865	0.686	0.686	0.650	0.78
U_{12}	0.627	0.585	0.706	0.689	0.648	0.64
U_{13}	0.745	0.745	0.653	0.686	0.700	0.71
U_{14}	0.860	0.785	0.629	0.665	0.872	0.78
U_{15}	0.810	0.735	0.714	0.739	0.739	0.75
U_{16}	0.680	0.730	0.603	0.736	0.669	0.69
U_{17}	0.700	0.750	0.767	0.800	0.853	0.77
U_{18}	0.860	0.885	0.668	0.635	0.533	0.74
U_{19}	0.910	0.785	0.711	0.694	0.673	0.77
U_{20}	0.850	0.775	0.836	0.836	0.629	0.78
U_{21}	0.610	0.635	0.783	0.767	0.400	0.62
U_{22}	0.797	0.830	0.785	0.785	0.613	0.76
U_{23}	0.855	0.905	0.783	0.817	0.759	0.83
U_{24}	0.695	0.753	0.762	0.779	0.863	0.77
U_{25}	0.633	0.625	0.725	0.625	0.810	0.68
U_{26}	0.633	0.550	0.921	0.811	0.879	0.73
U_{27}	0.533	0.617	0.813	0.829	0.880	0.71

识的缺乏,故将其比重设为最低。因此,指标权重采用式(5)来进行计算。

指标权重=专家 2×0.5+驾驶员 2×0.2+

交警×0.3

(5)

式中专家 2 中“2”表示是第二轮的结果,其他同。

2.1 第一轮调查结果

从第一轮调查结果可知,专家、驾驶员和交警对于道路的各种评价指标都认为是比较重要、重要或很重要,很少有人认为所列指标不重要。仅专家认为停车带宽度和交警认为中间带宽度、平竖曲线组合得到的权重低于 0.6,即重要性不是很大。

各类人员的调查结果如下。

(1)专家认为圆曲线半径、超车视距、线形的统一与连贯性和平竖曲线大小均衡等对于道路安全很重要,而认为直线长度、平面曲线总长度、竖曲线长

度、中间带宽度、横披、路肩宽度以及停车带长度、宽度等不是很重要。

(2)驾驶员认为超车视距、停车视距、以及停车带长度很重要,而认为直线长度、线形的统一性和连贯性、坡度、坡长、以及竖曲线长度、平竖曲线重合不是很重要。

(3)交警认为圆曲线半径大小、停车视距、以及与地形、地物、景观协调性等指标对于道路安全很重要,而认为平面曲线总长度、竖曲线长度、平竖曲线重合、平竖曲线大小均衡、行车道宽度、道路加宽以及中间带宽度等指标对道路安全不是很重要。

三者相互比较可以知道,专家关心的是道路设计方面比较深入的内容,如道路平面曲线半径、道路各方面的均衡;驾驶员关心的是驾驶中的实际问题,如超车、停车等;交警关注的问题与专家有点相似,但交警认为不重要的内容跟驾驶员有很多相同点。这是由于驾驶员和部分交警对于道路设计方面的专业知识不足,更多的是用实际来考虑,而专家更多的是从理论上来分析考虑的。

2.2 数据反馈与第二轮调查结果

在第一轮调查结果的基础上,针对相同的人员进行第二轮调查,得到的结果如下。

(1)从表 2 可以发现,不同的调查者对于道路的理解是不一样的,专家、驾驶员、交警对于大多数的安全评价指标的评价是不一致的。正如前面所说,专家注重的是理论方面,而驾驶员更注重实际驾驶经验。分歧较大的是线形的统一与连贯性、坡长、平竖曲线重合、平竖曲线大小均衡、行车道宽度、超高以及停车带长度等指标,但是都认为平曲线半径大小、曲率变化情况、超车视距、停车视距等都很重要,而认为曲线总长度、中间带宽度等指标的重要性一般。

(2)两轮调查结果相差不大,仅驾驶员在第二轮调查时认为竖曲线长度更重要、专家在第二轮时认为平竖曲线大小均衡的重要性降低外,其他的评价指标两轮结果基本一致。

3 结语

本研究针对当前高速公路设计工作中存在的实际问题,采用改进德尔菲法对道路设计专家、熟练驾驶员、高速公路交警进行了两轮咨询,筛选出了道路安全综合评价指标体系。研究表明,只要咨询表设计恰当、专家咨询人员选择合适,通过两轮咨询就可以获得比较理想的结果。该研究结果不仅可以为

高速公路安全评价工作提供一定的指导作用,也可
为其他领域的相关研究工作提供参考。

参考文献:

- [1] 杜博英. 车速在道路安全审计中的作用[J]. 公路交通科技, 2004, 21(5).
- [2] 孙宇, 毛荣昌, 殷筱琴, 等. 高速公路环境的综合评价指标体系及方法[J]. 交通科技, 2004, (3).
- [3] 陈晓剑, 梁梁. 系统评价方法及应用[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1993.
- [4] 李清波, 符铎砂, 等. 道路规划与设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
- [5] 高速公路丛书编委会. 高速公路规划与设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.
- [6] 吴瑞麟, 沈建武. 道路规划与勘测设计[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2002.
- [7] JTG C30—2002, 公路工程水文勘测设计规范[S].
- [8] 周明浩, 李延平, 史祖民, 等. 德尔菲法在卫生城市建设综合评价指标体系筛选中的应用[J]. 中国公共卫生管理, 2001, 17(4).
- [9] 程文, 郭忠印, 孔令旗. 路线线形与道路安全关系的研究[J]. 合肥工业大学学报, 2002, 25(5).
- [10] 郑安文, 牛倬民, 郭健忠. 高速公路道路因素与道路交通安全分析[J]. 武汉科技大学学报, 2002, 25(2).
- [11] Penelope M Mullen. Delphi: myths and reality. Journal of Health, Organization and Mana, 2003, 17(1).
- [12] Harold A Linstone, Murray Turoff. The Delphi method: techniques and applications [M]. Mass.: Addison-Wesley Pub. Co, Advanced Book Program, 1975.
- [13] Jianguo Xiao, David Douglas, Andy H Lee, et al. A delphi evaluation of the factors influencing length of stay in Australian hospitals[J]. International Journal of Health Planning And Management, 1997, 12.
- [14] Jonathan Osborne, Sue Collins, Mary Ratcliffe, et al. What “ideas-about-science” school be taught in school science? A Delphi study of the expert community [J]. Journal of Research in Science Teaching, 2003.

Establishment of Comprehensive Index System of Liner Safety Evaluation of Expressways

LI Xin¹, DING Li¹, HE Yu-chuan², LIU Wen-zhang²

(1. School of Transportation, Kunming University of Technology, Kunming 650224, China;

2. Dali Traffic Police Office, Dali 671000, China)

Abstract: The modified Delphi method is proposed to build the evaluation index system of liner safety of expressways. 27 indexes of expressways are selected, experienced expressway designers, well-trained pilots and on expressway policemen are recruited as experts to be solicited their opinions in two rounds. On the basis of solicited results, these index weights are certified. The index system could be used as the evaluation guidance of safety design evaluation of expressways.

Key words: expressway; modified Delphi method; safety evaluation; index system

山西将打通黄河沿岸公路干线

山西省又一条纵贯南北的大动脉——沿黄干线公路目前已列入山西省“十一五”公路建设规划。这条沿黄干线公路等级在二级以上,北起偏关县万家寨,经忻州、吕梁、临汾、运城等沿黄县市,南到平陆县,长达1 028 km。

黄河在山西省流经的地区大都是贫困县,交通落后是制约这些地区经济发展的一大“瓶颈”。

交通部门将结合沿黄区域经济发展以及地形特点,依托原路加宽改造,提高技术等级,力求做到方案科学、标准合理、技术可行、人民群众满意。同时,规划将遵循与区域城乡经济协调发展相结合、与推进小城镇建设相结合、与沿黄产业结构调整相结合、与生态保护相结合、与沿线旅游文化资源开发相结合、与建设小康社会相结合的原则。

据初步估计,沿黄干线公路建成后,仅山西省沿黄地区直接受益的人口即可达200万人左右。