

基于结构方程模型的交通安全行为、态度、认知关系分析

雷 虎¹, 邓浩彭^{2*}, 马楷祥², 詹 琳², 邱雨曦³

(1. 广州航海学院, 航运学院, 广东 广州, 510725;

2. 广州航海学院, 智能交通与工程学院, 广东 广州, 510725;

3. 广州航海学院, 低空装备与智能控制学院, 广东 广州, 510725)

摘 要: 为深入探讨交通安全行为、态度与认知之间的相互作用, 在广东省开平市进行了居民交通安全意识的问卷调查。首先通过专家咨询、预调查和信效度分析, 构建了问卷的指标体系, 并收集相关数据。随后利用主成分分析, 从数据中提取出安全行为、安全态度与安全认知三个关键因子, 并建立结构方程模型分析其间的影响路径及中介效应。研究结果显示, 全认知和安全态度均对安全行为产生显著正向影响, 其中安全认知的影响更为突出。安全认知与安全态度存在协同作用, 共同解释 71.1% 安全行为变异。此外, 安全态度在安全认知和安全行为间发挥部分中介效应, 占总效应的 33.8%。研究结论指出, 为了提升交通安全管理效果, 需要增强安全认知与培养安全态度并驾齐驱, 并拓宽安全教育普及面。

关键词: 交通安全; 安全意识; 主成分分析; 结构方程模型; 中介效应分析

中图分类号: U491 **文献标志码:** A **文章编号:**

1 引 言

近年来, 城市化进程加速和机动车保有量增长使交通安全问题愈加突显。国家统计局数据显示, 2022 年我国共发生 256409 起交通事故, 致使 60676 人死亡, 263621 人受伤, 直接财产损失高达 123926 万元^[1]。在道路交通“人、车、路”三大要素中, 人的因素最不稳定且占比最大, 出行者的安全意识直接影响事故发生率^[2]。安全行为、安全态度和安全认知作为衡量安全意识的核心指标, 研究其间的影响机制对优化交通安全管理具有重要意义。

现有研究强调了交通安全意识对出行者行为模式的重要影响。戎靖^[3]对行人、出租车司机和地铁司机的调查研究揭示了交通安全意识与安全行为间的正向关联。李海琴等^[4]通过问卷调查探究了机动车不安全驾驶行为, 指出驾驶员的交通安全意识薄弱是造成交通事故的关键原因。Dinh 等^[5]应用结构方程模型 (Structural Equation Modeling, SEM) 和回归分析, 发现交通安全态度与风险感知对行人行为影响明显。

在交通安全干预方面, 石琦等^[6]通过对中学生的调查分析, 揭示了该群体对交通法规的了解不够深入, 亟需加强教育干预。裴玉龙等^[7]的研究表明, 交通安全知识对非机动车骑行者的危险行为发生率有显著的调节作用, 而石建军等^[8]通过行为控制理论进一步探讨了提升交通意识的重要性, 指出提高交通意识是有效减少交通事故发生的有效策略。

尽管已有研究对交通安全意识的影响因素进行了较为广泛的探讨^[9], 但关于安全行为、态度、认知三者关系的系统性研究仍有待深入。因此, 本研究在广东省开平市开展了问卷调查, 并基于调查数据构建 SEM, 分析了三者之间的影响路径及中介效应, 旨在为开平市乃至其他类似中小城市的交通安全管理提供科学参考依据。

2 调查问卷情况

收稿日期:

基金项目: 2024 年广东省科技创新战略专项资金资助项目 (项目号: PDJH2024A289)

第一作者简介: 雷虎 (1978—), 男, 湖北十堰人, 讲师, 工学博士, 主要从事交通安全研究, E-mail: lei_zeyu@126.com

通讯作者简介: 邓浩彭 (2003—), 男, 广东广州人, 在读本科, 工程管理专业, E-mail: qianyh@pmail.com

问卷包括基本信息与主体内容，主体部分采用五级 Likert 量表^[10]。具体设计步骤如下：首先参考相关研究给出的量表^[11,12]以及常用的 KAP（Knowledge, Attitude, Practice）、DBQ（Driver Behavior Questionnaire）问卷构建了评价指标体系。接着咨询本校交通专业教授和开平市交通局专家，确保问卷内容科学合理且适用于当地。随后在开平市主城区对 40 名居民进行预调查，根据反馈调整问卷问卷的内容、形式和措辞。采用信度系数与因子分析评估问卷的信效度，并针对性修改不达标的指标，以保证问卷结果可靠有效。最终构建针对开平市的公众交通安全意识指标体系，如表 1 所示。

表 1 公众交通安全意识指标体系

Table 1 Public Traffic Safety Awareness Index System		
一级指标	条目编号	二级指标
安全行为	Q7	在短路程骑行或驾驶过程中，您会佩戴安全头盔或安全带
	Q8	步行、骑行或者驾驶车辆时，您会关注交通警示牌的指示
	Q9	在无人、无车、无监控的路口，如遇到红灯，您会选择继续过马路
安全态度	Q11	交通安全教育没什么用，去参加只是浪费时间
	Q12	交通事故发生的几率很低，因此出行没有必要太小心谨慎
	Q13	坐在汽车后排还系安全带的人都是怕死的
	Q14	交通法规主要针对开车的，对行人和非机动车驾驶人没什么约束
	Q15	在等红绿灯时，如果有很多人首先闯红灯了，我也会跟着闯红灯
安全认知	Q16	您对以下交通标志的熟悉程度如何
	Q17	您熟悉和了解交通安全法规
	Q18	您接受交通安全教育的频率如何
	Q19	您认为使用手机等分心行为在驾驶或骑行时是非常危险的
	Q20	您在过马路时，有多大程度会注意左右方来车

2.1 样本特征

问卷发放对象为开平市各年龄段居民，涵盖学生、司机、自主经营者等不同群体。正式调查共发放 120 份问卷，剔除其中不完整、用时较短、明显规律性作答的问卷后，回收有效问卷 109 份，回收率为 90.83%。据统计，样本的性别比例基本平衡，18-40 岁的受访者占 57.8%，41-65 岁的受访者次之。78.7%的参与者具备驾驶经验。样本的学历层次从小学到本科及以上不等，其中高中、专科、本科及以上学历者较多。总体来看，各人口统计学变量的分布较为均衡，满足抽样调查的代表性要求。

2.2 效度检验

本文采用因子分析法检验问卷的结构效度。首先应用 SPSS 软件进行 KMO 与 Bartlett 球形度检验，确定数据是否适用于因子分析。在 KMO 检验中，KMO 值越趋近 1，数据越适用因子分析。在 Bartlett 检验中，若显著性水平 Sig.小于 0.01，说明数据适用因子分析。

表 2 KMO 和与 Bartlett 检验

Table 2 KMO and Bartlett's test		
KMO 取样适切性量数	Bartlett 球形度检验	
0.796	近似卡方 (χ^2)	543.231
	自由度 (DF)	78
	显著性 (Sig.)	0.000

问卷数据的 KMO 与 Bartlett 检验结果如表 2 所示。KMO 值为 0.796，Bartlett 检验的 Sig. 值为 0.000，达到极显著水平，说明数据可以进行因子分析。

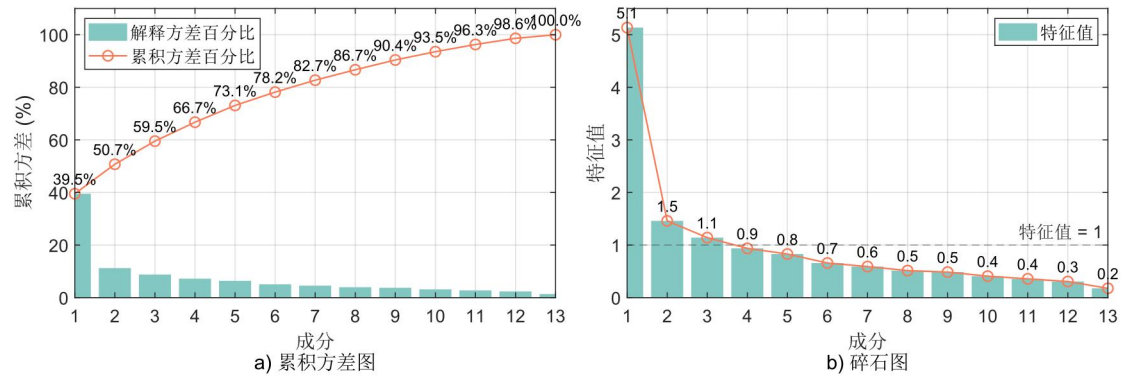


图 1 累积方差曲线与碎石图

Figure 1 Cumulative Variance Curve and Scree Plot

本文采用主成分分析法（Principal Component Analysis, PCA）提取因子^[13]。首先由原始数据的协方差矩阵计算出一组线性无关的主成分。随后使用最大方差法正交旋转法旋转因子载荷矩阵，得到因子分析结果如图 1、表 3 所示。根据碎石检验，以特征值大于 1.0 作为确定提取因子数量的标准，问卷提取了 3 个主成分，累计解释了总方差的 59.521%，分别命名为安全行为、安全态度、安全认知。累计解释的总方差 $\geq 50\%$ ，问卷的结构效度合格。

表 3 因子分析结果

Table 3 Factor Analysis Results

因子编号	初始特征值	方差百分比 (%)	累积方差 (%)	反映维度
1	5.136	39.510	39.510	安全行为
2	1.460	11.234	50.744	安全认知
3	1.141	8.778	59.521	安全态度
4	0.937	7.207	66.728	\
5	0.829	6.378	73.106	\
6	0.658	5.062	78.168	\
7	0.591	4.544	82.712	\
8	0.514	3.955	86.667	\
9	0.486	3.740	90.407	\
10	0.408	3.136	93.544	\
11	0.357	2.744	96.288	\
12	0.306	2.353	98.641	\
13	0.177	1.359	100.000	\

2.3 信度检验

为了检验问卷在相同条件下多次测量时结果的一致性，这里采用 Cronbach's α 系数法进行信度检验，其公式如下：

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_T^2} \right) \quad (1)$$

其中, k 为题目数量, σ_i^2 是第 i 个题目的方差, σ_t^2 是所有题目总和的方差。系数 α 的取值范围为 0 到 1, α 值越高, 表明问卷的内部一致性越强, 测量结果的稳定性越高。

计算得到, 问卷 3 个主成分的 Cronbach's α 系数分别为 0.723, 0.777, 0.716, 总量表的 Cronbach's α 系数为 0.869, 显示问卷高度可信。

3 实证分析

3.1 模型构建与检验

为进一步探究交通安全认知、安全态度、安全行为之间的关系, 首先假设安全认知和安全态度对安全行为具有正向影响, 且安全态度与安全认知之间存在协同作用^[14]。本节以问卷的一级指标作为潜在变量, 二级指标作为观测变量, 构建了关于交通安全行为、态度、认知的 SEM 如图 2 所示。图中箭头表示假设的影响关系, 其上数值表示影响强度。

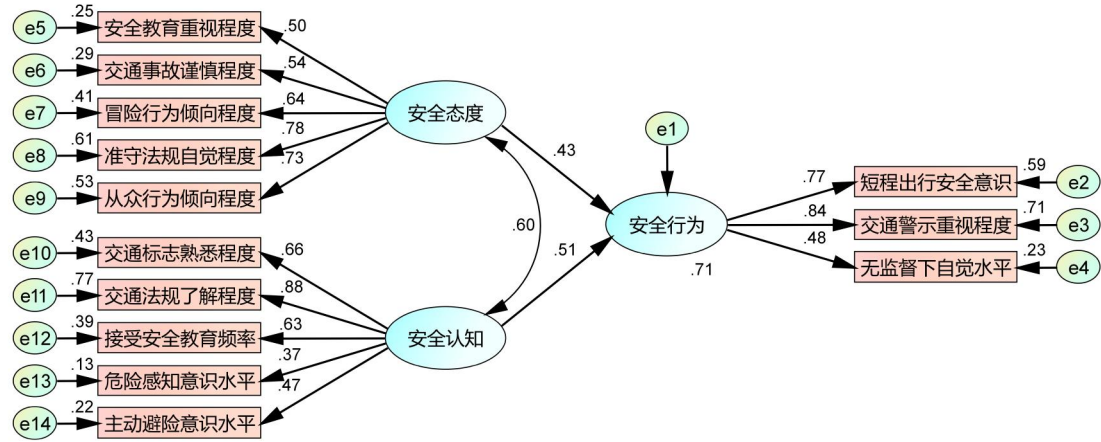


图 2 交通安全认知、态度、行为的关系路径分析

Figure 2 Analysis of the Relationship Path between Traffic Safety Cognition, Attitude, and Behavior

使用 SPSS Amos 软件拟合模型, 所得拟合指标列于表 4。卡方值 (CMID) 为 132.972, 自由度 (DF) 为 62, 卡方与自由度之比 (CMIN/DF) 为 2.145, 符合检验标准, 属于良好拟合。比较拟合指数 (CFI) 为 0.856, 拟合优度指数 (GFI) 为 0.846, Tucker-Lewis 指数 (TLI) 为 0.818, 均大于 0.8, 表明所建立的模型拟合度达标。

表 4 模型拟合指标

Table 4 Model fitting indicators

指标	CMID	DF	CMID/DF	CFI	GFI	TLI(NNFI)
拟合值	132.972	62	2.145	0.856	0.846	0.819
参考值	越小越好	越小越好	≤ 3	[0.70, 0.9)	[0.70, 0.9)	≥ 0.8
拟合度	\	\	良好	可接受	可接受	可接受
参考来源	\	\	Hayduk	Bagozii & Yi	Scott	Hu & Bentler

3.2 影响路径分析

使用 Mplus 软件算得路径系数如表 8 所示。各显变量的因子载荷普遍较高, 大部分在 0.6 以上, 表明这些观测变量与其对应的潜在变量间的关联性很强。其中, 安全认知、安全态度均对安全行为正向影响显著 ($C.R. > 1.96, P \leq 0.001$)。对比两者标准化前后的回归系数 ($UnStd. \beta, Std. \beta$), 均可推断安全认知对安全行为的影响更强。此外, 安全态度和安全

认知之间的标准化回归系数（Std. β ）为 0.601，并且可以共同解释安全行为 71.1%的变异（ R^2 ），可见二者之间存在明显的协同作用。

表 5 影响路径分析

Table 5 Impact Path Analysis							
假设路径	UnStd. β	Std. β	S.E.	C.R.	P	R^2	判断
安全行为 \leftarrow 安全态度	0.500	0.428	0.150	3.329	0.000	0.711	成立
安全行为 \leftarrow 安全认知	0.916	0.513	0.280	3.272	0.001		成立
安全态度 \leftarrow 安全认知	0.082	0.601	0.025	3.274	0.001	\	成立

3.3 中介效应检验

中介效应是指自变量通过中介变量间接影响因变量的作用机制^[15]。假设安全态度在安全认知与安全行为之间存在中介效应，构建中介效应模型见图 3。

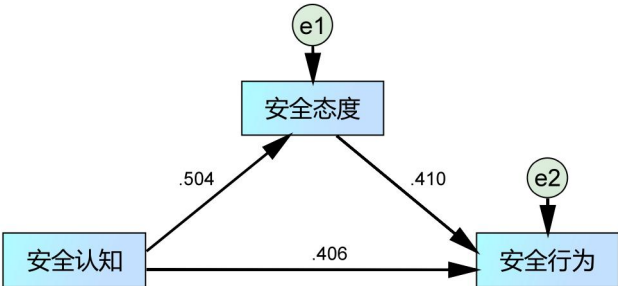


图 3 中介效应模型图

Figure 3 Mediation Effect Model Diagram

为验证前述假设，使用 SPSS Amos 软件对中介效应模型进行 5000 次 Bootstrap 抽样检验，结果如表 6 所示。

表 6 中介效应检测

Table 6 Mediation Effect Test				
效应类型	效应量	效应占比 (%)	95%置信区间	
			下限	上限
直接效应	0.431	66.2	0.243	0.650
间接效应	0.220	33.8	0.088	0.384
总效应	0.651	100	0.370	0.881

由检验结果可知，假设路径在 95%置信区间内不包含 0，说明安全态度在安全认知与安全行为之间的中介效应显著^[16]。安全态度的间接效应占总效应的 33.8%，是安全行为不容忽视的中介变量，表明安全认知不仅直接影响安全行为，还能通过提升安全态度来促使安全行为改善。因此，在交通安全管理中，提升公众的安全认知同时也应注重安全态度的培养，以达到优化安全行为的目标。

4 结 语

本研究综合运用 PCA 和 SEM 方法，深入剖析了交通安全意识、态度和行为之间的内在关系。研究的创新主要体现在两个方面：1) 同时分析了安全认知、态度对安全行为的直接和间接影响。发现安全认知和安全态度对安全行为均具有显著的正向直接影响，安全认知的提升对安全行为的改善效果更为显著。同时，安全认知和安全态度之间存在明显的协同作用，

共同解释了安全行为 71.1%的变异。2) 通过 SEM 揭示了交通安全态度、安全认知与安全行为的复杂互动及中介效应。交通安全态度在安全认知与安全行为之间存在部分中介效应, 占总效应的 33.8%。研究结果启示了安全认知对安全行为的双重影响: 一方面, 安全认知直接影响个体的安全行为; 另一方面, 它还能够通过增强安全态度, 间接地促进安全行为改善。本研究为交通安全干预提供了实证依据, 指出提高公众的交通安全认知的同时不应忽略安全态度的培养。交通安全“认知、态度两手抓”, 拓宽交通安全教育的普及面, 是改善交通安全行为、减少交通事故发生的关键途径。

参考文献

- [1] 国家统计局. 2022年交通事故统计数据[EB/OL]. (2023-1) [2023-3-17]. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>
- [2] 孔令铮. 交通事故致因中的人为因素分析[J]. 中国安全科学学报, 2013, 23(01): 28-34. DOI:10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2013.01.009.
- [3] 戎靖. 交通安全意识与安全行为之间的关系研究[D]. 北京交通大学, 2008.
- [4] 李海琴, 黎莉. 基于调查问卷的不安全驾驶行为分析[J]. 汽车实用技术, 2015, (02): 145-148.
- [5] Dinh D D, Vŭ N H, McIlroy R C, et al. Effect of attitudes towards traffic safety and risk perceptions on pedestrian behaviours in Vietnam[J]. IATSS research, 2020, 44(3): 238-247.
- [6] 石琦, 王雪松, 杨东援, 等. 中学生交通安全知识、态度、行为调查分析[J]. 中国安全科学学报, 2011, 21(12): 143-152. DOI:10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2011.12.012.
- [7] 裴玉龙, 龙钰, 马丹. 交通安全意识对非机动车骑行者危险骑行行为的影响研究[J]. 交通信息与安全, 2024, 42(01): 49-58+66.
- [8] 石建军, 朱丽丽, 张双红. 交通行为意识的行为控制作用[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(05): 11-17+181. DOI:10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2009.05.022.
- [9] Feng Z, Ji N, Luo Y, et al. Exploring the influencing factors of public traffic safety awareness in China[J]. Cognition, Technology & Work, 2021, 23: 731-742.
- [10] 方宝. Likert等级量表调查结果有效性的影响因素探析[J]. 十堰职业技术学院学报, 2009, 22(02): 25-28.
- [11] 冯忠祥, 季诺亚, 罗毅, 等. 基于问卷调查的公众交通安全意识评价方法[J]. 中国公路学报, 2020, 33(06): 212-223. DOI:10.19721/j.cnki.1001-7372.2020.06.020.
- [12] 赵璨. 不同群体公众交通安全意识特征及水平评价[D]. 合肥工业大学, 2019. DOI:10.27101/d.cnki.ghfgu.2019.000416.
- [13] Greenacre M, Groenen P J F, Hastie T, et al. Principal component analysis[J]. Nature Reviews Methods Primers, 2022, 2(1): 100.
- [14] Zhou B, Feng Z, Liu J, et al. A method to enhance drivers' hazard perception at night based on "knowledge-attitude-practice" theory[J]. Accident Analysis & Prevention, 2024, 200: 107565.
- [15] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. 心理科学进展, 2014, 22(05): 731-745.
- [16] 温忠麟, 方杰, 谢晋艳, 等. 国内中介效应的方法学研究[J]. 心理科学进展, 2022, 30(08): 1692-1702.

An SEM-Based Analysis of the Interrelation Among Traffic Safety Behavior, Attitude, and Cognition

LEI Hu¹, DENG Hao-peng^{*2}, MA Kai-xiang², ZHAN Lin², QIU Yu-xi³

(1. School of Shipping and Maritime Studies, Guangzhou Maritime University, Guangzhou Guangdong 510725, China;

2. School of Intelligent Transportation and Engineering, Guangzhou Maritime University, Guangzhou Guangdong 510725, China)

3. School of Low-Altitude Equipment and Intelligent Control, Guangzhou Maritime University, Guangzhou Guangdong 510725, China)

Abstract: Aiming to explore the interrelationships between traffic safety behavior, attitude, and cognition, a survey was conducted in Kaiping, Guangdong Province, to collect data regarding residents' traffic safety awareness. First, a questionnaire index system was established through expert consultation, a pre-survey, and reliability and validity analyses. Principal component analysis was then employed to extract three key factors: safety behavior, safety attitude, and safety cognition. A structural equation model was subsequently constructed to analyze the influence paths and mediating effects among these factors. The results showed that both safety cognition and safety attitude have significant positive effects on safety behavior, with safety cognition having a more prominent impact. There was also a synergistic relationship between safety cognition and safety attitude, which jointly explained 71.1% of the variance in safety behavior. Additionally, safety attitude partially mediated the relationship between safety cognition and safety behavior, accounting for 33.8% of the total effect. The study concludes that enhancing traffic safety management requires strengthening both safety cognition and safety attitude while expanding safety education.

Key words: traffic safety; safety awareness; principal component analysis; structural equation model; mediation effect analysis