

摘 要

随着城乡公交一体化和乡村振兴战略的实施，城乡之间变得越来越密切，城乡公交驾驶员作为公共交通出行的重要主体，对城乡公共交通的安全运行至关重要。因此，本文以城乡公交驾驶员为研究对象，开展问卷调查，探究城乡公交驾驶员驾驶行为特征及其主要影响因素，构建驾驶行为影响因素路径整合模型和事故风险预测模型，并提出相应的改善措施。

基于系统分析理论，在对现有驾驶行为量表分析的基础上，采用文献学习、交流访谈和监控录像观察等方法，设计出符合我国城乡公交驾驶员特点的驾驶行为量表，并通过因子分析方法将量表归为积极驾驶行为和不良驾驶行为两大类，其中不良驾驶行为包括疏忽大意驾驶行为、违规驾驶行为和错误驾驶行为，共 4 个维度，对驾驶行为调查表中的个人属性和自我评估部分进行描述性统计分析。通过信度分析，得出总量表的克朗巴赫系数为 0.864，4 个分量表的内部一致性分别为 0.841、0.820、0.774、0.708，并验证了驾驶行为量表的信效度。

基于数理统计分析理论，主要探究人口学因素、驾驶经验、驾驶时间、经济收入、交通事故和自我评估分别与 4 种驾驶行为之间的关系。基于结构方程模型理论，运用 Amos 软件构建驾驶行为结构方程整合模型，采用偏最小二乘法进行结构模型适配度分析，结果表明建立的结构方程模型具有较好的解释效果，得出影响驾驶行为的主要因素。

基于二元 Logistic 回归理论，通过共线性诊断和自变量的筛选，运用 SPSS 软件构建出城乡公交驾驶员事故风险预测模型，通过 Hosmer-Lemeshow 统计量拟合优度检验城乡公交驾驶员事故风险预测模型的拟合效果，模型的总体正确率达到 87.5%，并得出交通事故的影响因素。

本文研究结果揭示了城乡公交驾驶员驾驶行为的关键影响因素和影响程度，有助于提高对城乡公交安全驾驶的重视程度，并从不良驾驶行为和积极驾驶行为方面为驾驶员提出改善措施，可以预防和减少城乡公交车交通事故的发生，保障乘客出行安全。

关键词：城乡公交，交通安全，驾驶行为量表，结构方程，事故风险

Abstract

With the implementation of the integration of urban and rural public transport and rural revitalization strategy, urban and rural areas have become increasingly close. As an important subject of public transport travel, urban and rural bus drivers are crucial to the safe operation of urban and rural public transport. Therefore, this paper takes urban and rural bus drivers as the research object, carries out questionnaire survey, explores the driving behavior characteristics and main influencing factors of urban and rural bus drivers, constructs the path integration model of driving behavior influencing factors and accident risk prediction model, and puts forward corresponding improvement measures.

Based on the theory of system analysis, on the basis of the analysis of the existing driving behavior scale, the driving behavior scale conforming to the characteristics of urban and rural bus drivers in China is designed by using the methods of literature learning, communication interviews and monitoring video observation. The scale is classified into two categories : positive driving behavior and bad driving behavior by factor analysis method. Among them, bad driving behavior includes negligent driving behavior, illegal driving behavior and wrong driving behavior. A total of four dimensions are used to conduct descriptive statistical analysis on the personal attributes and self-assessment part of the driving behavior questionnaire. The Cronbach ' s coefficient of the total scale was 0.864, and the internal consistency of the four subscales was 0.841, 0.820, 0.774 and 0.708, respectively. The reliability and validity of the driving behavior scale were verified.

Based on the theory of mathematical statistics, this paper mainly explores the relationship between demographic factors, driving experience, driving time, economic income, traffic accidents and self-assessment and four driving behaviors. Based on the structural equation model theory, the structural equation integration model of driving behavior is constructed by Amos software, and the partial least squares method is used to analyze the fitness of the structural model. The results show that the structural equation model has a good interpretation effect, and the main factors affecting driving behavior are obtained.

Based on the binary logistic regression theory, through the collinearity diagnosis and the screening of independent variables, the urban and rural bus driver accident risk prediction

model is constructed by SPSS software. The fitting effect of the urban and rural bus driver accident risk prediction model is tested by the goodness of fit of Hosmer-Lemeshow statistics. The overall accuracy of the model reaches 87.5 %, and the factors affecting traffic accidents are obtained.

The research results of this study reveal the key influencing factors and degree of influence of urban and rural bus drivers ' driving behavior, help to improve the attention of urban and rural bus safety driving, and put forward improvement measures for drivers from the aspects of bad driving behavior and positive driving behavior, which can prevent and reduce the occurrence of urban and rural bus traffic accidents and ensure the safety of passengers.

Key words: Urban and rural public transport, Traffic safety, Driving behavior scale, Structural equation, Accident risk

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.2 国内外研究现状	3
1.2.1 驾驶行为研究	3
1.2.2 驾驶行为量表研究	5
1.2.3 公交车安全研究	6
1.2.4 既有研究评述	7
1.3 研究内容	8
1.4 研究方法和技术路线	9
1.4.1 研究方法	9
1.4.2 技术路线	10
第二章 城乡公交驾驶员驾驶行为及交通事故特征分析	12
2.1 城乡公交定义及其驾驶员特征	12
2.2 驾驶行为形成过程及分类	13
2.2.1 驾驶行为形成过程	13
2.2.2 驾驶行为分类	13
2.3 城乡公交驾驶员交通心理分析	14
2.3.1 社会责任感	14
2.3.2 主观安全感	15
2.3.3 期望心理	15
2.4 公交车交通事故特征及事故成因	15
2.4.1 公交车交通事故特征	15
2.4.2 事故成因分布	16
2.4.3 事故成因分析	16
2.5 本章小结	17
第三章 城乡公交驾驶员驾驶行为量表设计及其信度、效度分析	18

3.1研究问题和思路	18
3.1.1 问题描述	18
3.1.2 研究思路	18
3.2研究方法	19
3.2.1 调查方法	19
3.2.2 因子分析法	19
3.3行为量表编制	19
3.3.1 确定量表题项	19
3.3.2 量表初步构建	20
3.4问卷调查实施	20
3.4.1 调查区域概况	20
3.4.2 确定样本量	20
3.4.3 调查内容	21
3.5问卷处理与分析	21
3.5.1 描述性统计	21
3.5.2 探索性因素分析	22
3.5.3 驾驶行为量表构建	24
3.5.4 驾驶行为量表信度分析	26
3.5.5 驾驶行为量表效度分析	26
3.6本章小结	27
第四章 城乡公交驾驶员驾驶行为影响因素整合模型构建	28
4.1结构方程模型理论	28
4.1.1 模型组成	28
4.1.2 参数估计	29
4.1.3 模型评价	30
4.2城乡公交驾驶员驾驶行为影响因素分析	30
4.2.1 驾驶员自我评估与驾驶行为的关系	30
4.2.2 人口学因素与驾驶行为的关系	31
4.2.3 驾驶经验与驾驶行为的关系	33
4.2.4 驾驶时间、休息时间与驾驶行为的关系	35

4.2.5 经济状况与驾驶行为的关系	36
4.2.6 交通事故与驾驶行为的关系	37
4.3 驾驶行为影响因素整合模型构建	37
4.3.1 路径假设	37
4.3.2 适配度分析	38
4.3.3 模型路径构建	38
4.4 路径分析	40
4.4.1 相互关系分析	40
4.4.2 影响程度分析	41
4.5 本章小结	44
第五章 城乡公交驾驶员事故风险预测模型	45
5.1 研究方法	45
5.1.1 多重线性回归	45
5.1.2 二元 Logistic 回归模型	46
5.1.3 模型检验	46
5.2 预测模型数据分析	47
5.2.1 自变量筛选	48
5.2.2 共线性诊断	49
5.3 城乡公交驾驶员事故风险预测模型	49
5.3.1 二元 Logistic 回归模型构建	49
5.3.2 模型检验	51
5.4 本章小结	51
第六章 城乡公交驾驶员驾驶行为改善措施	52
6.1 驾驶行为规范	52
6.1.1 不良驾驶行为矫正	52
6.1.2 积极驾驶行为的培训	53
6.2 强化企业管理	53
6.2.1 安全教育工作	53
6.2.2 完善体制机制	54
6.3 完善公交基础设施	55

6.4加强公共交通信息化管理	55
6.5本章小结	56
结论与展望	57
结论	57
展望	58
参考文献	59
附录	64
攻读学位期间取得的科研成果	66
致谢	67

第一章 绪论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

随着我国社会经济的持续增长，公交优先和乡村振兴的深入开展，全国公交事业发展迅速，截至 2020 年底，全国城市公共汽电车数量同比增长 1.6%，已突破 70 万辆；在运营线路方面，同比增加 4913 条，达到 70643 条；运营线路总长度 148.21 万公里，增加 14.60 万公里，其中公交专用车道 16551.6 公里，增加 1599.9 公里；此外，我国在道路建设方面也有着快速发展，道路里程的增多为城乡居民的出行提供了前提条件，农村公路里程达到 438.23 万公里，其中县道里程、乡道里程和村道里程分别达到了 66.14 万公里、123.85 万公里和 248.24 万公里^[1]。2004 年—2020 年全国公共汽电车数量，如图 1.1 所示。

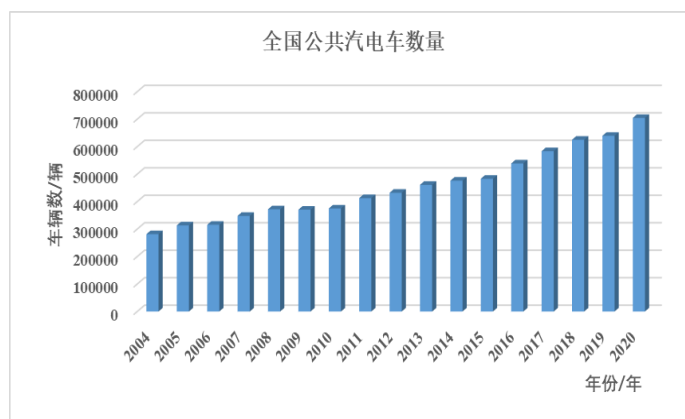


图 1.1 2004 年—2020 年全国公共汽电车数量

与此同时，公交车引起的交通事故不容忽视。近年来公交客运安全行车有所改善，但形势依然严峻，仅 2020 年 7 月至 2021 年 9 月间，全国城市公交道路交通事故 617 起，造成 100 人死亡，616 人受伤^[2]，事故统计如图 1.2 所示。

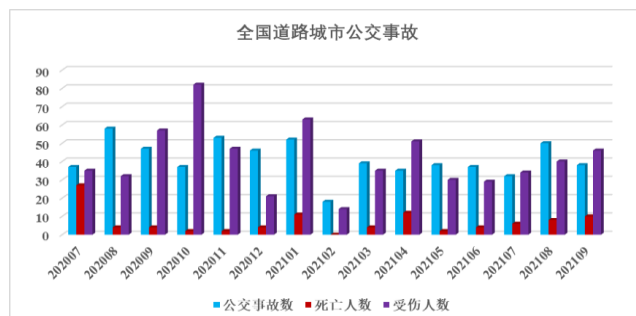


图 1.2 全国城市公交道路交通事故

在城乡公交体系发展带动下，乡镇的交通基础设施得以快速建设，出现的一些城乡公共交通安全问题也亟待解决。为此，本文以陕西省渭南市华州区城乡公交车驾驶员为研究对象，并依托于陕西省交通运输厅科技项目“乡村振兴战略下城乡公共交通创新融合应用研究”（项目编号：18-27R）开展城乡公交驾驶员驾驶行为影响因素及改善措施的研究。在驾驶行为调查研究中，通过设计出符合城乡公交驾驶员驾驶行为特征的量表，以及监控视频回看的方式，探究城乡公交驾驶员在驾驶过程中的行为特征；通过采集的调查表数据，基于量表和结构方程模型理论，构建出城乡公交驾驶员驾驶行为影响因素的路径模型；基于二元 Logistic 回归，构建城乡公交驾驶员事故风险预测模型；根据影响因素整合模型和事故风险预测模型提出有针对性的改善措施。对预防和减少城乡公交车交通事故的发生，保障乘客的安全出行具有重要意义。

1.1.2 研究意义

近年来，各国的学者对公交车驾驶员的驾驶行为的研究已经逐渐形成系统性的成果，驾驶员产生不良驾驶行为会受到多方面因素的影响，给乘客带来安全风险，而积极驾驶行为可以为交通参与者创造良好的出行环境，减少交通冲突和事故的发生。对现有研究成果的比较，因国家和地区文化的不同，驾驶员的行为会呈现不同的特性。公交车驾驶员特别是城乡公交驾驶员作为职业驾驶员的重要组成部分，长期处在压力较大的道路环境中，极易产生不良驾驶行为，导致严重后果，威胁乘客和周围行车人员的安全。因此，本文以城乡公交驾驶员为研究对象，以驾驶行为的影响因素以及事故风险因素为主要研究内容开展研究工作，有以下三个方面的意义：

（1）为城乡公交驾驶员安全培训提供依据

作为职业驾驶员，城乡公交驾驶员持续工作时间要长，加上个人属性的不同，驾驶员的家庭责任、社会责任、职业理念方面参差不齐，导致呈现出不同的行为特征，并且公交车辆要占用较多的道路交通资源，若产生交通事故会带来严重的后果。从国家到公交企业越来越重视职业驾驶员的教育培训问题，而公交车驾驶员的教育和培训选拔在安全行车方面具有重要的作用，因此从不良驾驶行为和积极驾驶行为两个方面进行驾驶行为的分析，为考核城乡公交职业驾驶工作提供方案，对存在不良驾驶行为的驾驶人员进行筛选和分级、分类管理，积极的驾驶行为进行培训和加强，实现从驾驶员这一源头上的管理。

（2）为公交车安全辅助驾驶及防控技术提供参考

公交车安全辅助驾驶是智能交通信息技术在公共交通领域的重要应用。综合安全驾驶功能的安全管理技术通过智能大数据分析和处理,在公交车运营过程中起到规范管理的作用。建立的城乡公交驾驶员结构方程模型和事故风险预测模型,探究影响城乡公交驾驶员的行为因素和交通事故因素,为公交车驾驶员驾驶行为的识别和预警提供依据。驾驶员在行驶中产生一些可能影响乘客安全,包括急加速、急减速、超速等驾驶行为时,相关防控技术可以警示驾驶员采取有效的应急措施,消除隐患。

(3) 减少交通事故,提高居民出行满意度

研究城乡公交驾驶员的驾驶行为特征有利于从驾驶员角度探究道路交通环境,可以完善相关的道路交通基础设施和交通管理。将驾驶行为安全水平与交通事故风险关联研究,可以减少城乡公交驾驶员不良驾驶行为倾向所带来的操作上的失误,减少交通风险和安全隐患,提高公交车行车的稳定性和安全性,为乘客提供良好的公共交通出行环境。

1.2 国内外研究现状

公交车驾驶员的驾驶行为关系到公交车能否安全行驶,进而影响到公共交通环境中的参与者,目前国内外在驾驶行为方面的研究较为丰富,本文从驾驶行为、驾驶行为量表和公交车安全驾驶 3 方面,对国内外研究进行归纳分析。

1.2.1 驾驶行为研究

驾驶行为方面的研究主要在驾驶员驾驶行为意图和行为预测方面。国外研究中,Matthias 等人通过实车实验,对收集的数据进行分析和建模,研究可能预测变道意图的指标。实验结果表明,左转向灯和左外后视镜扫视是两个重要的预测指标,其中左外后视镜以两种方式增加预测能力。一方面,向左侧车外后视镜的扫视比左转向信号灯可以更早地预测;另一方面,当驾驶员不使用转向灯,向左外后视镜的注视也可以预测换道意图^[3]; Cristea 等人基于计划行为理论开展调查,利用结构方程模型构建出危险行为意图模型,通过路径分析得出,驾驶态度、社会规范和感知行为控制可以预测交通环境中采取危险行为的意图^[4]; Bocklisch 等人设计出一种新的模糊系统,使用自适应模糊模式分类对驾驶员数据进行实时的采集和分析,用于识别驾驶员在汽车行驶中的换道意图^[5]; Álvarez 等人在城市道路中开展实验,针对车道变换数据,使用多层感知机(MLP)和卷积神经网络(CNN)架构对换道行为进行建模,通过对模型的测试和验证,得出 MLP 模型精度为 82.91%,CNN 模型精度达到 89.64%^[6]; Xie 等人利用现有的深度学习方法,

基于神经网络的相关理论,分析车辆轨迹数据,并对所提出的模型进行了训练和测试,在换道预测上具有较高的准确度^[7];Shawky 对肇事司机的危险换道行为而导致的交通事故进行了深入分析,根据行为调查结果,导致驾驶员突然变道的主要原因是驾驶员分心,有 21.0%的参与者表示他们很少或从不使用转向信号灯,有 6.7%的参与者很少或从不在变道前看后视镜。构建的回归模型结果显示,突然变道的驾驶员比其他人更容易发生 2.5 次的交通事故,研究的结果证明了驾驶员的意识和教育在改善危险变道行为及其对道路安全方面的重要性^[8];Ali 等人设计了高速公路驾驶模拟器实验,探究驾驶员在 3 种随机驾驶环境下强制性和任意变道操作期间,网联环境对换道执行时间的影响。研究得出与任意变道操作相比,通信延迟驾驶环境对强制变道操作的影响更大^[9];Berndt 等基于隐马尔可夫模型的相关理论,利用车载传感器研究出对特定操作下的驾驶意图识别和分类方法^[10];Kim 等采用人工神经网络,对车载传感器采集到的行驶信息进行处理和换道意图的识别,最终实现了换道意图识别准确率的提高^[11]。

近几年,国内学者在行为意图和换道行为方面也做了大量研究。龙彦等开展高速公路驾驶模拟实验,运用 Aprior 算法对采集到的驾驶员眼动数据和车辆运行数据进行分析,提取驾驶员在换道过程中眼睛对环境的感知和手脚操作的特征,分析发现左、右换道在驾驶员感知时间和驾驶操作方面的差异性,研究结果可以为无人驾驶和换道决策提供依据^[12];王玉海等基于模糊推理理论,研究出一种可以有效识别停车、减速、维持、加速和急加速等 5 种驾驶意图,并应用到自动变速器换挡策略选择和修正中的意图识别模型^[13];张鹏程通过对驾驶员在不同驾驶场景下驾驶行为的分析,构建出无人车的运动学模型和驾驶环境模型,在换道安全性下,设计出包含 4 种换道意图的决策系统,并用模拟器验证了决策系统换道选择的合理性^[14];吕岸等采集驾驶员在驾驶模拟环境下的相关行车数据,基于马尔科夫链,提出相应的行为预测方法,并分析和判断驾驶员的驾驶意图和驾驶行为是否正常,以减少交通事故的发生^[15];贺玉龙等提取高速公路换道轨迹数据,通过对车辆在换道过程不同位置的运动参数,建立出高速公路安全距离换道模型,并使用 MATLAB 对换道车和前车安全距离的仿真模拟,模型可为车辆换道行车预警提供参考^[16];孙纯基于 Logistic 回归模型,通过实车试验对采集的车道保持和意图阶段的视觉数据进行处理和分析,得出视觉特性参数的变化和视线转移规律^[17];张琳分析自动驾驶车辆的换道场景和换道特性,处理高速公路车辆行驶轨迹数据,基于相关算法,建立目标函数和约束条件,探究出最优的车辆换道轨迹,运用 CarSim 软件对不同场景下的车辆换道进行仿真,验证了规划轨迹方法的有效性^[18];李瑶在对智能网联车的研究中,

采用博弈论的方法,通过设计算法构建出网联场景下的多车协同换道博弈决策模型,通过 SUMO 进行仿真实验,验证了模型可以有效提高多车协同环境下道路的使用效率^[19];杨建坤等通过模拟驾驶采集与车辆运行特征相关数据,利用支持向量机,进行换道意图识别分类,准确率达到 92.51%^[20];江昱山利用高斯混合隐马尔科夫模型,对 NGSIM 数据集进行分析,得出最能描述可观测状态与换道意图关系的模型参数,并进一步建立换道意图识别模型^[21]。

综上所述,国内外在驾驶行为方面的研究大都是基于相关理论围绕驾驶意图和换道模型展开,选用小型乘用车为试验车辆或是在驾驶模拟环境下进行实验,通过采集的车辆运行状态数据或者眼动数据(主要为高速公路和城市道路跟驰、换道下的场景)分析普通驾驶员的驾驶行为,最终实现对驾驶行为的识别和预测。

1.2.2 驾驶行为量表研究

研究驾驶行为的实验方法主要包括驾驶模拟实验和问卷调查及量表,常见的驾驶模拟实验有环境感知实验(peripheral detection task, PDT)和换道实验(lane-change test, LCT)2 种^[22]。在对驾驶行为量表(DBQ)的研究中,最初是由 Reason 开发,他提出事故中的错误行为和违规行为之间存在着差别,需要采取不同的策略^[23];Sullman 等人通过量表研究得出,人口结构、驾驶技能、对其他司机的态度和驾驶时间是导致私家车驾驶员和职业驾驶员驾驶行为差异的 4 个最重要的因素^[24];Taubman 等通过在 DBQ 中加入“耐心和谨慎驾驶风格”的因素,设计了一种驾驶员行为的多维测量方法^[25];Jomnonkwao 等为探究驾驶员在驾驶过程中发送短信和使用社交媒体状态下的驾驶行为特征,设计出包含 30 个问题共 6 个因素的驾驶行为量表,根据开发的测量模型制定出相应的驾驶员自我评估报告,并应用于获得驾驶执照之前风险行为的评估^[26];Ludivin 等人开发了针对法国驾驶人员的 6 因素结构的 DBQ,通过驾驶行为量表探究出驾驶员的个人特性与交通事故的内在联系^[27];Marko 等人在对危险货物运输驾驶员的研究中,设计出包含不当驾驶行为、疲劳驾驶和错误驾驶行为在内的驾驶行为量表,探究出驾驶员驾驶时间和不当驾驶行为,疲劳驾驶和错误驾驶行为之间的相关关系^[28];近年来,驾驶行为量表的研究中发现“积极驾驶行为”也是驾驶行为影响因素中的重要部分,积极驾驶行为更愿意关注道路交通环境和其他驾驶员,并愿意为其他交通参与者提供方便^[29];现有研究已经证明积极驾驶行为和异常驾驶行为之间存在着显著的负相关^[28],同时积极驾驶行为与职业驾驶员的事故记录相关联^[30]。

相对于国外,在国内使用驾驶行为量表的研究相对较少,最早是 Xie 等根据中国人的驾驶习惯,在传统驾驶行为量表的基础上,设计出适合中国驾驶员的驾驶行为问卷^[31];张磊等基于计划行为理论,开展问卷调查,设计出驾驶分心行为量表,通过构建结构方程模型,探究出影响分心驾驶行为的因素和影响程度^[32];张晖等运用驾驶行为量表对危险品车辆驾驶员实施调查,探究影响危险品车辆驾驶员驾驶行为的潜在因素,基于二元 Logistic 回归分析,构建出驾驶员攻击性预测模型,拟合优度检验模型的有效性,并得出与小型乘用车驾驶员驾驶行为存在的差异^[33];周春雪等对驾驶行为量表进行修订,通过项目分析与因素分析对驾驶员问卷数据进行处理,最终获得 3 个维度在内的共 21 个题目的中文版驾驶行为量表^[34];石京等通过设计驾驶员“抢行”行为量表,基于结构方程研究驾驶态度和驾驶技能对驾驶行为的影响,并提出相应的驾驶行为干预方法^[35],在后续的研究中利用驾驶行为量表,对扣满 12 分机动车驾驶员中 3 种不同类型的群体及其对应的驾驶特性展开研究,结果表明他们的驾驶技术存在差异,研究可以为存在多发不当驾驶行为的驾驶员培训教育工作提供重要的参考^[36]。

综上所述,驾驶行为量表最先由国外学者设计并开展驾驶行为影响因素方面的研究,后将积极驾驶行为列入量表中,国内研究人员根据国内实际交通环境和不同研究场景,对基础的驾驶行为量表进行修订,得到不同研究角度的多种中文版驾驶行为量表,主要以机动车驾驶员为研究对象,分析他们的不良驾驶行为。

1.2.3 公交车安全研究

国外的很多发达国家面对城市、环境、交通问题,在城市公共交通方面开展大量的研究工作。Lebacque 等在研究中归纳了公交车行驶的特点,提出有别于其他机动车辆的几个方面,涉及运行线路、车流、运行线路、停靠站点、运行速度和加速度^[37];Fernandaz 在对公交车停靠站通行能力的研究中,综合考虑了公交车辆的运行特点和临近交叉口的交通流状况等因素,并得出相应的计算方法^[38];Collet 等人通过相关系统工具测试公交车驾驶员的皮电指标,以此探究他们的心理工作负荷情况。研究结果表明,当公交车驾驶员的工作负载减少,工作量降低时,他们的心理负荷也会相应变低^[39];Folake 等探究公共汽车乘客在车上或车站的安全问题,通过实地调查,使用层次分析法对相关等级分数调查数据进行探究,建立公交车站安全水平模型,调查结果为乘客安全出行和公交站点的改进提供了依据^[40];Ebrahim 等通过对德黑兰的公交车驾驶员进行调查,并分析其与交通事故之间的关系,研究结果表明婚姻状况、年龄和睡眠与交通事故的发生之间存

在显著的关系,针对公交公司提出,要在公交车驾驶员睡眠方面加强重视和管理^[41];同时, Sigal Kaplan 等人对公交车辆事故和公交车驾驶员因素的关系做了进一步的研究,利用广义有序 Logit 模型,对采集的交通事故数据进行分析并得出,驾驶员年龄低于 25 岁以及 55 至 65 岁之间,公交车的运行速度在 20mph 以下和 65mph 以上都更易引发交通事故^[42]。

国内在公交车安全方面的研究,起步较晚但研究成果丰富。周佳胜在对城市公交安全问题的研究中,采集公交车驾驶员个人健康和心理期望方面的数据,利用 SPSS 软件进行处理,得出影响城市公交驾驶员安全驾驶的心理因素和环境因素,并提出重视驾驶员的健康状况和安全教育等相关措施^[43];李储岩在对驾驶员行为研究中,基于 K-means 算法探究其潜在影响因素,通过对各指标的对比分析,验证了改进算法的准确率,为规范驾驶员的行为提供了参考^[44];冯敏在公交车自主靠站研究中,探究公交车自动停靠最优轨迹,考虑车辆自身约束、环境约束和规划路径的实用性,建立多约束方程,利用 MATLAB 软件对无车和有车情况下的公交车停靠轨迹进行仿真分析,仿真的运行轨迹可以满足公交车的停靠要求^[45];李庆定等采用元胞自动机模型,研究公交车在港湾式和非港湾式两种不同混合交通流环境下的交通瓶颈问题,港湾式站点在一定程度上能够降低对交通流的影响^[46];任超伟在对西安市城市公交驾驶员的研究中发现,针对他们在驾驶过程和进出公交站点存在的典型不安全驾驶行为,并相对应地将改进的混合机动车运行速度模型、跟车距离控制系统和车门控制系统运用其中,形成的体系能够实现对公交车辆和驾驶员的动态监管^[47]。

综上所述,在公交车安全方面的研究,主要集中在城市公交车驾驶员生理心理状况,公交车在不同交通区段下对交通流的影响,视觉特性分析,公交车事故与驾驶行为关系等方面。通过实验仪器采集公交车驾驶员的生理、眼动数据,搭建驾驶行为监控系统和评价模型对不良驾驶行为进行干预。

1.2.4 既有研究评述

通过对国内外在驾驶行为、驾驶行为量表、公交车安全研究 3 个方面的文献学习,现有研究理论成果比较丰富。

(1) 在驾驶行为研究方面,国内外的研究大都以驾驶员的驾驶意图和换道过程为探究内容,选择城市道路或者高速公路为研究环境,采取实车实验和驾驶模拟相结合的方式,即选用小型乘用车为试验车辆或是在驾驶模拟仓下进行实验,采集车辆运动数据

或者驾驶员的眼动数据，以此来分析驾驶员在跟驰换道下的驾驶行为特征，运用相应的算法和仿真软件对构建的模型进行验证，为自动驾驶和安全事故风险方面提供参考。

(2) 在驾驶行为量表研究方面，国外最先开展驾驶行为量表在驾驶行为影响因素方面的研究工作，也最先将积极驾驶行为加入到量表中，国内对驾驶行为量表加以改进并应用到了多个场景，集中在机动车驾驶员、货物运输驾驶员和城市公交驾驶员的不良驾驶行为，分析他们驾驶行为的影响因素以及事故风险因素。

(3) 在公交车安全研究方面，国外的研究内容涉及公交线路规划、场站设计、公交车驾驶员安全行为和公交车交通事故等方面，国内的研究从驾驶员生理心理方面开始，并逐步涉及到公交车安全运行系统的设计和驾驶行为模型的构建上，针对公交车驾驶员的不良驾驶行为提出方案。

可以看出，对于职业驾驶员，鲜有对城乡公交驾驶员方面的研究。公交车安全方面的工作主要集中在公交车对混合交通流的影响以及公交车驾驶员的视觉特性，而驾驶行为量表的应用更多的针对于城市公交驾驶员的不良驾驶行为，加上不同国家和地区驾驶员的驾驶习惯和驾驶环境存在着较大的差异，因此有必要在新的环境下开发适用于城乡公交驾驶员的驾驶行为量表。本文将针对目前研究中存在的问题进行深入研究，以渭南市华州区城乡公交驾驶员为研究对象，设计出符合我国城乡公交驾驶员驾驶行为特点的量表，构建出相应的驾驶行为影响因素模型，以提高城乡公交的安全水平。

1.3 研究内容

本文针对城乡公交的安全问题进行研究，在现有驾驶行为量表的基础上，根据城乡公交驾驶员的行为特点，设计出与城乡公交驾驶员相适应的量表，通过对问卷和量表的数据分析，基于结构方程构建城乡公交驾驶员驾驶行为影响因素整合模型，基于二元 Logistic 回归构建事故风险预测模型，根据各路径的影响程度和影响因素，提出针对两类驾驶行为和事故风险防范的措施。主要研究内容如下：

(1) 从驾驶行为研究、驾驶行为量表和公交车安全研究 3 个方面对国内外的研究成果进行分析与评述，在国内外驾驶行为分类研究的基础上，将城乡公交驾驶员驾驶行为进行分类，分析城乡公交驾驶员驾驶行为的形成过程和机制，探究城乡公交车事故成因。

(2) 设计城乡公交驾驶员驾驶行为量表，利用因子分析方法对量表的结构进行归类，并检验构建出的量表的信效度，对驾驶员的个人属性信息、驾驶自我评估进行统计

分析,综合相关性分析、单因素方差分析、差异性分析等方法探究城乡公交驾驶员驾驶行为特性。

(3) 基于结构方程模型理论,构建城乡公交驾驶员驾驶行为影响因素整合模型,并进行适配度的调整,得出潜变量和观测变量之间的相互关系,并根据模型的路径系数来分析两者的影响程度。

(4) 基于二元 Logistic 回归理论,构建城乡公交驾驶员事故风险预测模型,通过拟合优度检验城乡公交驾驶员事故风险预测模型的拟合效果,得出影响交通事故的因素。

(5) 基于量表数据的相关性分析以及结构方程模型和事故风险预测模型的分析结果,确定影响驾驶员驾驶行为的因素和事故影响因素,提出针对性的驾驶行为改善措施。

1.4 研究方法和技术路线

1.4.1 研究方法

本文通过查阅文献、问卷调查和监控视频观察等方法,以城乡公交驾驶员为研究对象,设计出考虑积极驾驶行为因素的城乡公交驾驶员驾驶行为量表。基于结构方程模型理论和优化方法,得出影响驾驶员驾驶行为的因素整合模型,利用二元 Logistic 回归模型构建城乡公交驾驶员事故风险预测模型,并提出相对应的措施。主要采用的研究方法如下:

(1) 文献分析

通过国内外文献的学习,提炼出相应的成熟理论,确定本文的研究对象和切入点:即城乡公交驾驶员驾驶行为特性和影响因素。

(2) 问卷调查

对城乡公交驾驶员进行问卷调研,确定量表题项,构建出城乡公交驾驶员驾驶行为调查表,获取驾驶员个人属性和自我评估等相关数据。

(3) 数理统计

通过数理统计方法对调查数据进行分析。用探索性因子分析确定量表的因素结构;用克隆巴赫系数信度法和平均方差萃取量进行信效度检验;利用 SPSS 软件综合相关性分析、单因素方差分析、事后差异性检验和独立样本 T 检验等方法进行城乡公交驾驶员驾驶行为特性分析。

(4) 模型构建

基于结构方程模型理论,利用 Amos 软件构建城乡公交驾驶员驾驶行为影响因素整

合模型，采用偏最小二乘法和 M.I.指标进行模型适配度分析和优化，得出结构方程模型的路径系数；基于二元 Logistic 回归理论，运用 SPSS 软件构建城乡公交驾驶员事故风险预测模型，通过 Hosmer-Lemeshow 统计量拟合优度检验城乡公交驾驶员事故风险预测模型的拟合效果，得出影响因素。

1.4.2 技术路线

关于城乡公交驾驶员驾驶行为特性及事故风险研究的技术路线，如图 1.3 所示。

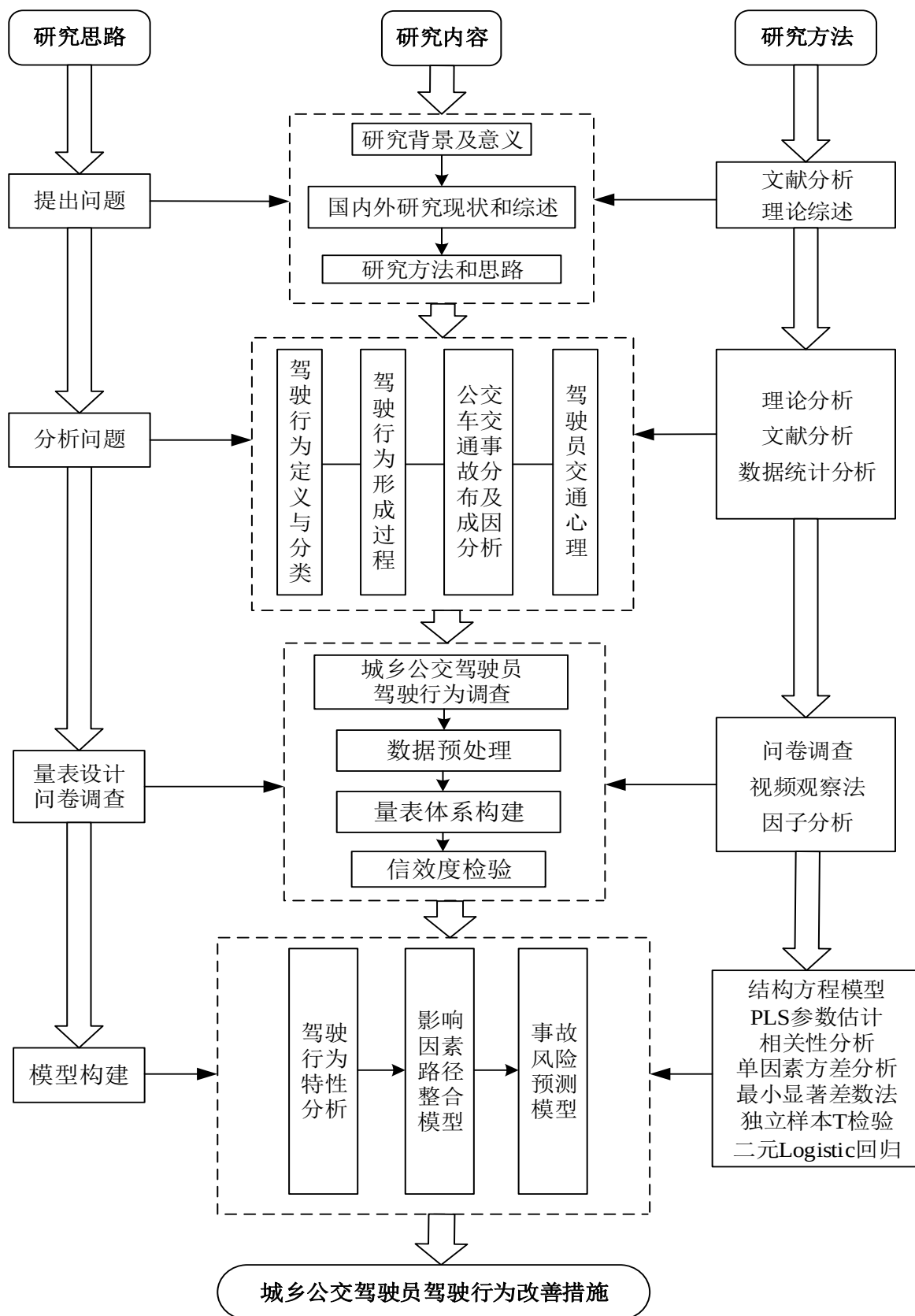


图 1.3 技术路线图

第二章 城乡公交驾驶员驾驶行为及交通事故特征分析

城乡公交驾驶员在行车的过程中对道路交通环境信息进行收集和处理,从而做出行动操作公交车辆。通过分析城乡公交驾驶员的驾驶行为形成过程和交通心理,以及发生交通事故的内在原因,为城乡公交驾驶员驾驶行为量表的编制提供理论支撑。

2.1 城乡公交定义及其驾驶员特征

城乡公交是指城区(或中心镇)与乡镇(或村)间的公共客运交通,依托城市道路与区域公路布设固定线路并统一编号,设置沿途停靠站点与首末回车场,采用公交车型并借鉴城市公交的运营管理方式^[48]。城乡公交主要指联系农村地区的公共客运交通,并注重与城市公共交通的协调。

根据《道路交通安全法》(GA802-2019)将机动车分为载客汽车和载货汽车。对于载客汽车而言,依据车辆的长度和乘坐人数分为大型、中型、小型及微型^[49]。

不同车型的驾驶员需要不同的驾驶证类型,见表 2.1。

表 2.1 准驾车型和代号

准驾车型	代号	准驾的车辆	准予驾驶的其他准驾车型
大型客车	A1	大型载客汽车	A3、B1、B2、C1、C2、C3、C4、M
牵引车	A2	重型、中型全挂、半挂汽车	B1、B2、C1、C2、C3、C4、M
城市公交车	A3	核载10人以上的城市公共汽车	C1、C2、C3、C4
中型客车	B1	中型载客汽车(含核载10人以上、19人以下的城市公共汽车)	C1、C2、C3、C4、M
大型货车	B2	重型、中型载货汽车;重型、中型专项作业车	

对驾驶大型车的驾驶员要求更为严格。申请城市公交车准驾车型的,身高为 155 厘米以上;申请中型客车准驾车型的,身高为 150 厘米以上。年龄在 20 周岁以上,60 周岁以下,同时视力在 5.0 以上才有资格申请该车型驾照。初次申领机动车驾驶证的,可以申请准驾车型为城市公交车的机动车驾驶证,而申请增加中型客车准驾车型的,要在已取得驾驶城市公交车准驾车型资格二年以上^[50]。由此看出,公交车等大型车辆对驾驶员的年龄、身高和驾驶经验都有着严格的要求。

2.2 驾驶行为形成过程及分类

2.2.1 驾驶行为形成过程

在驾驶过程中，城乡公交驾驶员首先要感知周围的交通环境，通过自身的驾驶经验分析做出判断，根据不同的道路场景进行车辆操作。因此可以将此过程分为交通信息感知-分析判断决策-执行操作三个阶段，驾驶行为的形成过程如图 2.1 所示。

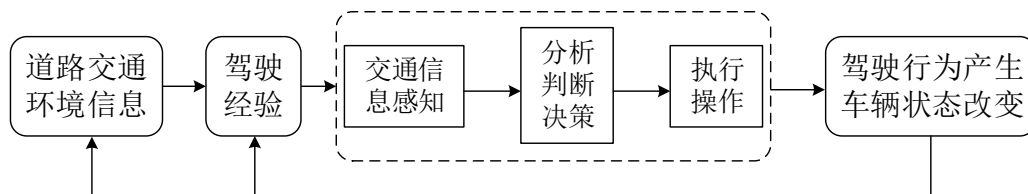


图 2.1 驾驶行为形成过程

2.2.2 驾驶行为分类

对驾驶行为分类的研究源于 Reason 等将驾驶行为分为错误和违规行为，他在后续的研究中将积极驾驶因素考虑到驾驶行为量表中加以研究^[23]；美国和欧洲一些国家对驾驶行为的分类主要在不良驾驶行为方面，包括攻击性违规驾驶行为、一般违规驾驶行为、错误驾驶行为、失误/疏忽大意，同时也开展了积极驾驶行为方面的研究工作^[51]。

国内在对驾驶员驾驶行为的研究集中在不良驾驶行为上，其中机动车驾驶员不良驾驶行为分为陋习行为、过失行为和故意违规行为^[52]；非职业驾驶员不良驾驶行为分为违规行为和错误行为，其中违规行为包括情绪化违规、冒险性违规和随意性违规，错误行为包括分析和经验不足导致的错误行为；重型货车驾驶员的不良驾驶行为包括攻击性违规驾驶行为、一般违规驾驶行为，错误驾驶行为、失误/疏忽大意^[51]；城市公交驾驶员的驾驶行为主要分成冒险性、习惯性、随意性、个体特征性 4 种不良驾驶行为^[53]。

综合驾驶行为的分类研究，在对城乡公交驾驶员行为实际调查的基础上，本文将驾驶员的驾驶行为归为积极驾驶行为和不良驾驶行为两大类，其中不良驾驶行为包括错误驾驶行为、疏忽大意驾驶行为和违规驾驶行为，如图 2.2 所示。

（1）错误驾驶行为

一般是指驾驶员的驾驶行为没有违反相关的交通法规，但操作不当，或不利于行车安全的驾驶行为，属于非故意行为。如“估错了绿灯亮的时间，以至于无法安全停车”、“超车或左转时，低估了被超车辆或迎面驶来的车辆速度”、“排队行车时，几乎撞到了前车”等行为。此类行为主要由驾驶员经验不足，或交通安全意识淡薄所导致。

（2）疏忽大意驾驶行为

疏忽大意驾驶行为通常是驾驶员注意力不集中造成的，或是在行车过程中由于认知的疏忽违反了交通法规。如“转弯时忘记了打转向灯”、“前车刹车时，注意力不集中，导致自己急刹车”等。

（3）违规驾驶行为

违规驾驶行为是指包括公交车驾驶员在内的各类交通参与者违反了《中华人民共和国道路交通安全法》及相关法规的行为，如“开车时用手机接打电话或微信语音交流”、“对于靠外道行驶的开得慢的司机，不耐烦地想从内侧超车”等驾驶行为。一般是由于交通法律法规意识淡薄和相关管理的缺失。

（4）积极驾驶行为

积极驾驶行为被定义为受到社会称赞的文明行为，如“礼让行为”、“为了不影响前方车辆，保持适当跟车距离”、“路边停车时，注意并考虑是否影响到其他车辆”、“驾车行驶中，注意路面积水不溅到行人”等。尤其对于在行驶中占用更多的道路时空资源的公交车等大型车辆，驾驶员的积极驾驶行为对交通的运行影响更大。

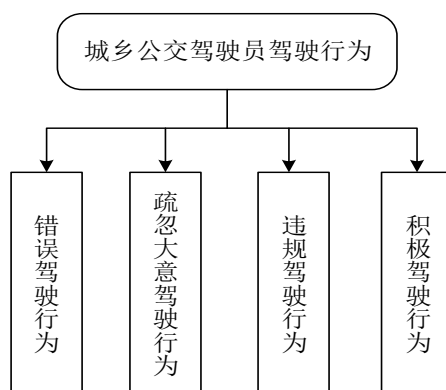


图 2.2 驾驶行为因子结构图

2.3 城乡公交驾驶员交通心理分析

2.3.1 社会责任感

城乡公交驾驶员的社会责任感主要包括将乘客安全送达每一个站点，保障车辆的正常运行，避免所行驶的公共交通环境中意外的发生。公交客运分布多个站点和运行线路，同时城乡居民的出行呈现出“潮汐”现象^[54]，这给驾驶员的工作提出更高的要求，而公交车驾驶员肩负着公共安全的责任，具有一定的公益属性。

2.3.2 主观安全感

城乡公交线路通过城区和乡镇街道，交通条件没有城市道路复杂，在乡镇道路部分路段监控缺失，在缺少平台监管的情况下，城乡公交驾驶员极易放松警惕，主观感知寻求更高的运行速度，导致危险驾驶行为的发生。

2.3.3 期望心理

公交车驾驶员所在的企业或组织会严格他们的驾驶技术，要求履行社会责任，而作为职业驾驶员，城乡公交驾驶员比普通非职业驾驶员每天行驶的时间和里程要多得多，但在一些情景下，机非混行或者公交车与机动车所形成的混合交通流下，与驾驶员期望中的交通环境存在偏差，可能造成公交车驾驶员极大的心理负担，进而影响驾驶员的驾驶状态。

2.4 公交车交通事故特征及事故成因

2.4.1 公交车交通事故特征

根据《道路城市公交事故互联网信息统计报告》中城市公交事故数据，对 2020 年 7 月至 2021 年 9 月间不同时段의 公交事故起数和伤亡人数进行整理汇总，如图 2.3(a)和(b)所示。城市公交事故率相对较高的时段为上午和早晚高峰。整体上看，随着事故数的增多，伤亡人数也相应增加。早 6 时至早 9 时是公交事故集中发生时段，14 时至 15 时和 16 时至 18 时事故波动增长。伤亡人数在上午时段最为集中，14 时至 15 时伤亡人数出现陡然增加，此时段出行量较大，交通意外风险增大，出行者受到的安全威胁也随之增多。

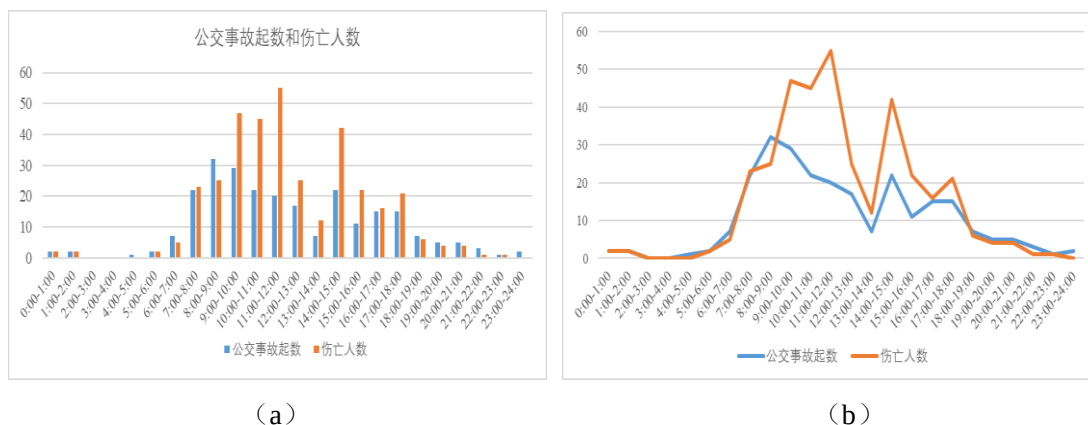


图 2.3 城市公交交通事故数据统计

2.4.2 事故成因分布

在驾驶行为形成过程的三个阶段中，如果协调出现紊乱，交通信息感知输入错误进而导致驾驶决策失误，使得驾驶员最终的操作出现异常，产生不良甚至违规驾驶行为，最终导致交通事故的发生。公交客运交通事故起数和死亡人数占全国道路交通事故相应总数的 1% 左右，但公交车保有量仅占全国机动车保有量总数的 0.2%，93% 的公交车事故由驾驶员交通违法行为肇事导致，其中肇事最多的违法行为是未按规定让行，占总数的 19%；其次为超速行驶，占总数的 7%；未保持安全距离占总数的 3%，有 2% 的事故是由于未关好车门行车所导致^[55]。公交车事故原因分布，如图 2.4 所示。

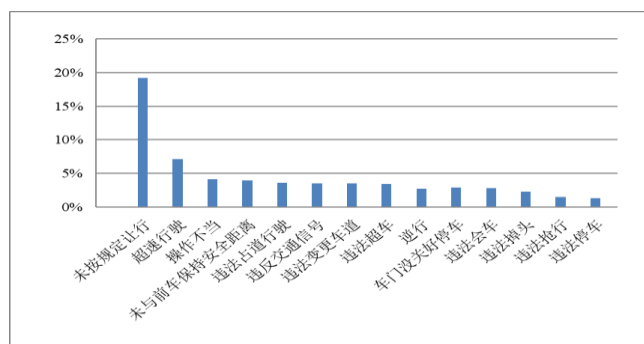


图 2.4 公交车事故原因分布

2.4.3 事故成因分析

涉及公交车事故主要是由驾驶员造成的。公交车驾驶员的心理调节状态与行为选择与非职业驾驶员存在差异。结合城市公交事故特征和原因，基于驾驶行为形成过程，从城乡公交驾驶员的角度，就城乡公交车交通事故，直接原因是城乡公交驾驶员驾驶过程中信息感知、决策和操作产生偏差，导致不良驾驶行为的产生；间接原因是城乡公交驾驶员责任感和交通心理等因素；初始原因是驾驶员的个人属性方面，比如驾驶员的驾驶经验和生理状态，以及驾驶员的驾驶技术、驾驶安全性和情绪驾驶等自我评估方面，构成城乡公交交通事故致因过程，如图 2.5 所示。

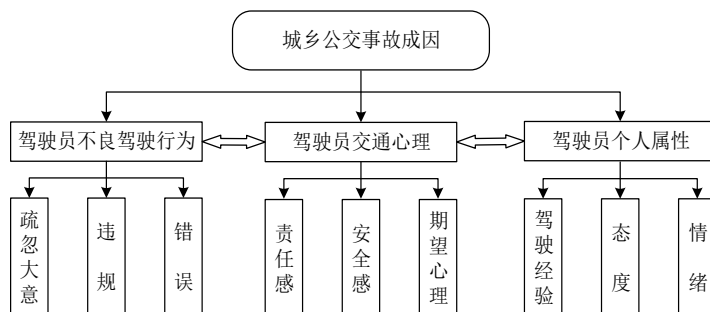


图 2.5 城乡公交交通事故成因结构图

2.5 本章小结

本章从城乡公交定义及其驾驶员特征、驾驶行为过程及分类、交通心理、公交车事故特征及事故成因 4 个角度进行了归纳和梳理。首先对城乡公交定义进行表述，并对公交车驾驶员相关要求进行了汇总；其次，分析了城乡公交驾驶员驾驶行为形成过程，概括现有驾驶行为分类研究，确定城乡公交驾驶员的行为类别；然后从社会责任感、主观安全感和期望心理三个方面分析了城乡公交驾驶员的交通心理，驾驶员所表征的行为是公交车安全行车的重要因素；最后，从研究目的和安全的角度分析城乡公交事故原因，基于驾驶行为形成过程，以驾驶员为出发点，总结出导致城乡公交事故的三方面原因，即驾驶员不良驾驶行为、交通心理和个人属性，从而建立城乡公交事故成因结构。为后文城乡公交驾驶员驾驶行为量表的设计奠定了基础。

第三章 城乡公交驾驶员驾驶行为量表设计及其信度、效度分析

作为职业驾驶员，城乡公交驾驶员在这个特殊的城乡公交运营环境中驾驶行为的表征与以往研究中的职业驾驶员存在着差异，因此需建立一个适用于城乡公交驾驶员的驾驶行为量表，并检验量表的有效性和可信度，探究出驾驶行为的影响因素，为后续驾驶行为模型的构建提供理论和数据支撑。

3.1 研究问题和思路

3.1.1 问题描述

驾驶行为量表是表征驾驶行为和预测交通事故的有效工具，目前基于驾驶行为量表研究驾驶行为的成果丰富。国内驾驶行为量表（包括不良驾驶行为和积极驾驶行为）针对城乡公交驾驶员的研究未有涉及，需探究城乡公交驾驶员驾驶行为影响因素，从驾驶员个人特征和心理角度设计城乡公交驾驶员驾驶行为量表，需解决 3 个关键问题：

- （1）公交车驾驶员的驾驶行为种类较多，需要从中筛选出与城乡公交驾驶员行为频率和相关度较高的解释变量；
- （2）对城乡公交驾驶员驾驶行为进行归类，提炼能表征其行为的指标；
- （3）验证所设计量表的有效性，综合多种方法，确保题项的合理准确，构建的驾驶行为量表有效可靠。

3.1.2 研究思路

目前驾驶行为量表集中于不良驾驶行为方面的研究，而驾驶员的积极驾驶行为对交通安全同样具有较大影响，尤其是公交车这类较大型车辆，行驶状态对公共交通其他参与者的安全有着密切联系，有必要针对城乡公交驾驶员，将驾驶行为量表扩展到调查问卷中。因此，基于文献资料学习、监控视频分析和量表研究开展城乡公交驾驶员驾驶行为调查工作，利用数据统计分析软件，验证量表结构的有效性。在此将城乡公交驾驶员驾驶行为量表的设计工作分为四个阶段。

第一阶段：分析积极驾驶行为因素和现有职业驾驶员驾驶行为量表，形成与城乡公交驾驶员特点相符的驾驶行为题目库。讨论题项的准确性，初步开展问卷调查，汇总题项的计分情况，根据驾驶员监控视频分析，进一步确定量表中的题项是否与城乡公交驾驶员真实驾驶环境下行为习惯相吻合，初步构建出城乡公交驾驶员驾驶行为量表；

第二阶段：根据调查内容和问卷结构，确定样本量，实施问卷调查；

第三阶段：使用数据分析软件对驾驶行为量表进行因子分析、信效度检验；

第四阶段：形成最终的城乡公交驾驶员驾驶行为量表，应用于驾驶行为模型的构建。

3.2 研究方法

3.2.1 调查方法

在问卷调查研究中，大都会对驾驶员进行特定交通场景或者不良驾驶行为情境的访谈，可以深入挖掘驾驶员驾驶行为产生的诱因。除此之外，观察法在驾驶行为的研究中也有重要应用^[51]，根据现有条件，以公交公司提供的驾驶员部分监控视频，通过监控回放的方式，观察驾驶员行驶过程中所表现出的行为特点。

综合上述分析，本文在文献学习的基础上，以“问卷调查+监控视频分析”的方式开展驾驶行为调查工作。

3.2.2 因子分析法

因子分析是从数据内部的特征出发，用较少的相互独立的因子变量代替原来众多的复杂变量^[56]。因子分析的基本模型为：

$$\begin{aligned} x_1 &= a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \cdots + a_{1m}F_m + \varepsilon_1 \\ x_2 &= a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \cdots + a_{2m}F_m + \varepsilon_2 \\ &\dots\dots\dots \\ x_n &= a_{n1}F_1 + a_{n2}F_2 + \cdots + a_{nm}F_m + \varepsilon_n \end{aligned} \quad (3.1)$$

式中， $x_1, x_2, \dots, x_n$ 为 n 个原有变量， $F_1, F_2, \dots, F_m$ 为 m 个因子变量， a 为模型系数。

因子分析的基本步骤：首先要对采集的原始数据进行标准化处理，然后构造因素变量，通过因子旋转，最终得到各因素代表的得分。

3.3 行为量表编制

3.3.1 确定量表题项

首先，形成与城乡公交驾驶员特点相符，并将积极驾驶行为考虑在内的驾驶行为题目库，研究小组讨论进行筛选，并修正与城乡公交驾驶员驾驶行为特点不符的题项，从而符合职业驾驶员的驾驶习惯，将题项“对其他车辆驾驶员采用敌对手势，表达不满和愤怒”替换为“鸣笛或咒骂其他车辆驾驶员，以表达不满和愤怒”。最后对量表的题项进行删除和补充，例如，将“换错档位或者突然忘记挂在哪个档位，重新低头检查”删

除，新能源汽车在城区和乡镇都已相当普及，自动挡位被广泛使用，更容易操作；将“保持好车道，不妨碍后面车辆”添加到积极驾驶行为的部分。

3.3.2 量表初步构建

征集 30 名城乡公交驾驶员，开展问卷调查进行预测试，进行基本的统计分析，并根据驾驶员监控视频分析，进一步确定量表中的题项是否与城乡公交驾驶员真实驾驶环境下行为习惯相吻合，删除或修正鉴别力不佳的题目，初步确立的量表中共有 40 个题项。在答题计分上采用李克特量表（Likert Scale），共分为 5 级，从 1 “从不”到 5 “总是”。

3.4 问卷调查实施

3.4.1 调查区域概况

通过对华州区城乡公交线路的运行情况调查可知，目前共开行公交线路 11 条线，其中最短的 11km，最长的 32km，线路统计情况见表 3.1。

表 3.1 华州区城乡公交线路运行统计表

序号	长度 (km)	起讫点	主要站点
1	11.0	配件厂—朝阳小区	西环路口、政府十字、第三人民医院、水峪路口
2	12.0	公安局—比迪欧	新华书店、子仪路、钢厂
3	12.0	新华书店—车管所	铁路医院、龙山路口、复肥厂
4	15.0	莲花寺—少华山森林公园	党家河、硫酸厂、冶炼厂、长寿坡
5	16.0	区政府—柳枝火车站	管理站、白石、华州公园、石碛厂
6	17.0	区委—辛庄	步行街、侯坊、沙弥、辛庄
7	18.5	区委—柳枝南关	赵村、党家河村、柳枝街道
8	20.0	区委—赤水	君朝、东赵、安门前、赤水街道
9	26.0	区政府—大明	复肥厂、华州公园、赤水火车站
10	27.5	区政府—毕家北拾	社保局、秦家滩、、王宿街道
11	32.0	区政府—高塘	气象站、赤高路口、圣山、高塘

3.4.2 确定样本量

相关研究已表明，样本量要根据量表题项的多少来确定，较为理想的情况取题项数量的 5-10 倍^[57]。本次设计的城乡公交驾驶员驾驶行为量表中题项的数目为 40 个，样本量取上限 10 倍，400 份可满足要求。在华州区公交公司的协助下，共回收 403 份问卷，

有错填、漏填和连续相同极端答案的问卷共 83 份全部删除,有效问卷 320 份,有效回收率为 79.4%。

3.4.3 调查内容

本次研究中城乡公交驾驶员驾驶行为调查表由三部分构成:第一部分是驾驶员个人属性;第二部分是驾驶员的自我评估;第三部分是构建的驾驶行为量表。其中在第二部分,建立了 5 个项目:驾驶员对驾驶技能的评价、驾驶安全评估、交通法规、不当驾驶行为以及情绪对驾驶行为的影响。第一、二部分样本特征分别见表 3.2、3.3。

表 3.2 个人属性样本表

类别	单位或选项
性别	A: 男 B: 女
年龄	() 岁
婚姻状况	A: 单身 B: 已婚
家庭人口	() 人
学历	A: 初中及以下 B: 高中或中专 C: 大专 D: 本科及以上
驾龄	() 年
年平均行驶里程	() 公里
平均每天驾驶时间	() 小时
平均每天睡眠时间	A: 4~6 小时 B: 6~8 小时 C: 8~10 小时
睡眠质量	A: 好 B: 不好
平均月收入	A: 1 万元以上 B: 5 千~1 万元 C: 5 千元以下
平均每月休息天数	A: 1~3 天 B: 4~7 天 C: 8~14 天 D: 15~21 天
非常适合开车的时间段	A: 上午 6~12 点 B: 下午 1~6 点 C: 晚上 7~10 点
近三年发生的交通事故	() 起

表 3.3 自我评估样本表

问题	选项
驾驶技能评估 SE1	A: 不好 B: 一般 C: 特别好
驾驶安全评估 SE2	A: 不安全 B: 一般 C: 非常安全
交通法规 SE3	A: 不遵守 B: 偶尔不遵守 C: 一直遵守
不当驾驶行为评估 SE4	A: 没有 B: 偶尔有 C: 有
情绪驾驶 SE5	A: 不影响 B: 偶尔影响 C: 有影响

3.5 问卷处理与分析

3.5.1 描述性统计

表 3.4 显示了参与调查的城乡公交驾驶员个人属性信息和评估结果。在所有的参与者中,有 267 名男性驾驶员(83.4%)和 53 名女性驾驶员(16.6%),他们的年龄范围为 26 至 60 周岁($M=43.37$, $SD=6.55$)。过去三年发生的交通事故统计显示,有 14.7%的

城乡公交驾驶员至少发生过一次交通事故。在驾驶技能自我评估方面，23.1%的驾驶员认为他们的驾驶技术特别好；76.3%的驾驶员认为驾驶技术一般；有0.6%的驾驶员认为驾驶技术不好。在驾驶安全评估方面，60.3%的参与者认为他们的驾驶非常安全。在遵守交通法规的调查中，95.3%的驾驶员始终遵守交通法律法规，但仍然有4.7%的参与者偶尔违反交通法规。在是否有不当驾驶行为倾向的调查中，3.8%的人认为自己有此意图，30.6%的人认为这种情况偶尔发生，65.6%的人认为自己从未有。在情绪对驾驶行为的影响中，19.7%的参与者认为驾驶行为受到情绪的影响，39.4%的驾驶员觉得偶尔影响，40.9%的驾驶员认为这两个因素之间没有关系。

表 3.4 样本结果

项目	频数	百分比 (%)
性别	男: 267	83.4
	女: 53	16.6
近三年事故次数	没有: 273	85.3
	至少一次: 47	14.7
驾驶技能评估 SE1	不好: 2	0.6
	一般: 244	76.3
	特别好 74	23.1
驾驶安全评估 SE2	不安全: 1	0.3
	一般: 126	39.4
	非常安全: 193	60.3
交通法规 SE3	偶尔不遵守: 15	4.7
	一直遵守: 305	95.3
不当驾驶行为评估 SE4	没有: 210	65.6
	偶尔有: 98	30.6
	有: 12	3.8
情绪驾驶 SE5	不影响: 131	40.9
	偶尔影响: 126	39.4
	有影响: 63	19.7

3.5.2 探索性因素分析

在做探索性分析时，IBM SPSS 统计软件会根据 KMO 统计量和巴特利特球形检验，从反映像矩阵计算出来的指针来判断量表是否适合做因素分析，对照表见表 3.5。对量表中的 40 个题项进行探索性因素分析，结果显示 KMO 的值为 0.891，巴特利特球形检验结果达到了显著性水平 ($p < 0.001$)。特征值大于 1 的因子共有 10 个，累计方差贡献率达到 57.926%。

表 3.5 因子分析检验取值对照表

检验方法	取值范围	因子分析适合情况
KMO 值	>0.9	非常适合
	0.8~0.9	很适合
	0.7~0.8	适合
	0.6~0.7	勉强适合
	0.5~0.6	不太适合
	<0.5	不适合
Bartlett P 值	≤ 0.001	适合

根据项与总计相关性,为了保证每个题项的共同度大于 0.4,且因子荷载高于 0.4,每个因子至少包括 3 个题项,删除 29、21、13、37、32、23、8、2、15、4、28、11、20、5、1 和 12 共 16 个题项。对剩余的 24 个题项再次进行因素分析,检验结果见表 3.6。显示 KMO=0.903,巴特利特球形检验结果达到了显著性水平 ($p<0.001$)。说明量表非常适合执行因素分析。

表 3.6 KMO 和巴特利特检验结果

KMO 取样适切性量数		.903
巴特利特球形度检验	近似卡方	2818.945
	自由度	276
	显著性	.000

通过对量表数据的处理,共得到特征值大于 1 的因子 4 个,初始特征值分别为 7.057、3.195、1.244、1.096,碎石图如图 3.1 所示。特征值在第 4 个因子处开始变得较为平缓,故选取 4 个主成分因子。

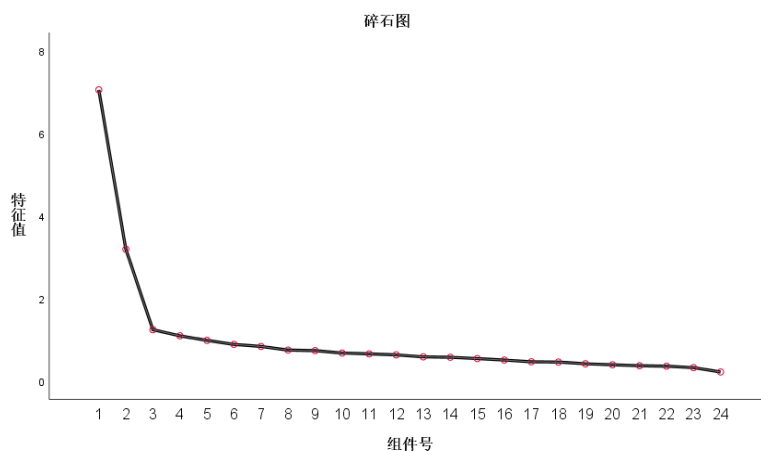


图 3.1 碎石图

总方差解释情况见表 3.7。4 个因子的方差贡献率为 52.467%。

表 3.7 总方差解释报表

成分	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积%	总计	方差百分比	累积%	总计	方差百分比	累积%
1	7.057	29.403	29.403	7.057	29.403	29.403	3.734	15.560	15.560
2	3.195	13.311	42.714	3.195	13.311	42.714	3.637	15.155	30.714
3	1.244	5.185	47.899	1.244	5.185	47.899	2.813	11.720	42.434
4	1.096	4.569	52.467	1.096	4.569	52.467	2.408	10.033	52.467
5	.986	4.109	56.576						
6	.888	3.701	60.277						
7	.839	3.495	63.772						
8	.751	3.131	66.902						
9	.737	3.071	69.974						
10	.679	2.830	72.803						
11	.659	2.747	75.550						
12	.634	2.643	78.194						
13	.587	2.446	80.639						
14	.576	2.401	83.041						
15	.545	2.271	85.312						
16	.509	2.121	87.433						
17	.467	1.944	89.377						
18	.461	1.920	91.297						
19	.418	1.741	93.038						
20	.395	1.645	94.683						
21	.371	1.546	96.229						
22	.360	1.500	97.729						
23	.325	1.355	99.085						
24	.220	.915	100.000						

提取方法：主成分分析法。

3.5.3 驾驶行为量表构建

通过对量表的处理，探究完成并最终确定 24 个题目，并将城乡公交驾驶员驾驶行为量表划分为 4 个子量表，见表 3.8。

因子 1：内部一致性系数 $\alpha = 0.841$ 。包含的题项有 35、38、31、40、24、10、39。根据题项内容“保持好车道，不妨碍后面车辆”、“尽最大能力不妨碍其他驾驶员行车”、“驾车行驶中，注意路面积水不溅到行人”，因此命名为积极驾驶行为。因子 1 占总方差解释变量 $E_v = 29.403\%$ 。

因子 2：内部一致性系数 $\alpha = 0.820$ 。包含的题项有 34、26、6、36、25、3、22、18。根据题项内容“右转的时候，差一点碰到内侧行驶的自行车”、“试图超车，但是没有注

意到该车正在示意要左转”等体现了驾驶过程注意力不集中，因此命名为疏忽大意驾驶行为。因子 2 占总方差解释变量 $E_v=13.311\%$ 。

因子 3：内部一致性系数 $\alpha=0.774$ 。包含的题项有 14、7、33、16、19。根据题项内容“估错了绿灯亮的时间，以至于无法安全停车”、“对于靠外道行驶的开得很慢的司机，不耐烦的想从内侧超车”、等体现了驾驶员的违规行为，因此命名为违规驾驶行为。因子 3 占总方差解释变量 $E_v=5.185\%$ 。

因子 4：内部一致性系数 $\alpha=0.708$ 。包含的题项有 9、30、27、17。根据题项内容“对后面跟车的驾驶员表示不满或激怒后面跟车的驾驶员，故意开慢”、“故意和前面的车靠得很近，以示意前面的司机开快点或者赶紧让路”等体现了在驾驶过程中驾驶员做出不正确的行为决策，因此命名为错误驾驶行为。因子 4 占总方差解释变量 $E_v=4.569\%$ 。

表 3.8 驾驶行为因子结构表

题号	题目	Mean(SD)	载荷量
因子1：积极驾驶行为（ $\alpha=0.841$ ， $E_v=29.403\%$ ）			
35	保持好车道，不妨碍后面车辆	4.27(1.254)	.852
38	尽最大能力不妨碍其他驾驶员行车	4.19(1.312)	.799
31	驾车行驶中，注意路面积水不溅到行人	3.91(1.524)	.759
40	在天气不好时，比其他驾驶员更注意安全	4.52(0.920)	.743
24	尽量不按喇叭，以免影响到别人	3.66(1.455)	.667
10	保持适当跟车距离，不影响前方车辆	4.15(1.324)	.594
39	把先行权让给其他驾驶员	3.79(1.139)	.554
因子2：疏忽大意驾驶行为（ $\alpha=0.820$ ， $E_v=13.311\%$ ）			
34	右转的时候，差一点碰到内侧行驶的自行车	1.34(0.576)	.705
26	主路开到辅路上时，没有注意到行人过街、自行车或电动车的人	1.31(0.615)	.684
6	倒车时，撞到之前没有注意到的东西	1.45(0.684)	.610
36	试图超车，但是没有注意到该车正在示意要左转	1.39(0.709)	.590
25	前车刹车时，注意力不集中，导致自己急刹车	1.50(0.713)	.573
3	忽视居民区、小学等区域的限速要求	1.35(0.644)	.558
22	转弯时忘记了打转向灯	1.50(0.608)	.524
18	跟车太近，紧急情况下很难刹车	1.32(0.601)	.523
因子3：违规驾驶行为（ $\alpha=0.774$ ， $E_v=5.185\%$ ）			
14	鸣笛或咒骂其他车辆驾驶员，表示对其他驾驶员不满和愤怒	1.43(0.664)	.696
7	估错了绿灯亮的时间，以至于无法安全停车	1.34(0.543)	.651
33	对于靠外道行驶的开得很慢的司机，不耐烦的想从内侧超车	1.49(0.759)	.609

表 3.8 驾驶行为因子结构表（续）

题号	题目	Mean(SD)	载荷量
因子3: 违规驾驶行为 ($\alpha=0.774$, $E_v=5.185\%$)			
16	排队行车时, 几乎撞到了前车	1.26(0.557)	.608
19	为了行驶出车辆交织区, 强行超车或驶离	1.25(0.494)	.553
因子4: 错误驾驶行为 ($\alpha=0.708$, $E_v=4.569\%$)			
9	对后面跟车的驾驶员表示不满或激怒后面跟车的驾驶员, 故意开慢	1.16(0.434)	.693
30	故意和前面的车靠得很近, 以示意前面的司机开快点或者赶紧让路	1.28(0.609)	.692
27	对其他驾驶员比较生气, 或被其他驾驶员激怒, 加速追逐	1.14(0.431)	.649
17	潮湿或其他不良的路面情况下急刹车	1.42(0.667)	.412

城乡公交驾驶员疏忽大意驾驶行为中频率最高的是“前车刹车时, 注意力不集中, 导致自己急刹车($M=1.50$, $SD=0.713$)”和“转弯时忘记了打转向灯($M=1.50$, $SD=0.608$)”; 违规驾驶行为中频率最高的是“对于靠外道行驶的开得很慢的司机, 不耐烦的想从内侧超车 ($M=1.49$, $SD=0.759$)”; 错误驾驶行为中频率最高的是“潮湿或其他不良的路面情况下急刹车 ($M=1.42$, $SD=0.667$)”。积极驾驶行为中频率比较高的是“在天气不好时, 比其他驾驶员更注意安全 ($M=4.52$, $SD=0.920$)”和“保持好车道, 不妨碍后面车辆 ($M=4.52$, $SD=1.254$)”。

3.5.4 驾驶行为量表信度分析

在信度分析中普遍使用克朗巴赫 α (Cronbach's Alpha) 系数信度法, 当 α 系数值高于 0.8, 则说明信度高; α 系数介于 0.7~0.8 之间, 则说明信度较好; α 系数介于 0.6~0.7 之间, 说明信度可接受; α 系数小于 0.6, 说明信度不佳^[58]。信度检验结果见表 3.9, 总量表的克朗巴赫系数为 0.864, 积极驾驶行为、疏忽大意驾驶行为、违规驾驶行为和错误驾驶行为 4 个分量表的内部一致性分别为 0.841、0.820、0.774、0.708。因此, 本文所修订的 24 个题项的城乡公交驾驶员驾驶行为量表具有较高的信度。

表 3.9 信度检验结果

	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	总量表
题项数量	7	8	5	4	24
α 系数	0.841	0.820	0.774	0.708	0.864

3.5.5 驾驶行为量表效度分析

通过相关性分析得出, 各子量表之间、各子量表与总量表的相关性在 0.01 的水平

上达到显著相关, 积极驾驶行为与疏忽大意驾驶行为、违规驾驶行为、错误驾驶行为分别显著负相关。且各子量表之间呈现中低程度的相关, 说明各因子之间具有良好的区分效度, 各子量表与总量表之间呈现较高相关性。

区分效度分析是验证不同因素之间是否有差异, 不同因素的题目应不能呈现高度相关。常用的方法为平均方差萃取量 (AVE)。表 3.10 中斜对角线为每个因子的 AVE 值的均方根, 其值均大于其他因子。

综上所述, 构建的城乡公交驾驶员驾驶行为量表具有较好的关联效度和区分效度。

表 3.10 相关性矩阵

因子	1	2	3	4
积极驾驶行为	0.717			
疏忽大意驾驶行为	0.271**	0.659		
违规驾驶行为	0.209**	0.637**	0.625	
错误驾驶行为	0.241**	0.652**	0.617**	0.622
总量表	0.803**	0.745**	0.657**	0.659**

** $p < 0.01$ (双尾), 相关性显著。

3.6 本章小结

通过文献学习、监控视频分析等方式收集适用于城乡公交驾驶员的驾驶行为量表题项。通过预测试和集中讨论, 确保题项与城乡公交驾驶员真实驾驶环境相符合。对问卷中第一部分驾驶员个人属性和第二部分驾驶员自我评估进行了描述性统计分析, 通过对第三部分量表进行探索性因素分析, 提取出 4 个公因子; 通过信度分析总量表的克朗巴赫系数为 0.864, 积极驾驶行为、疏忽大意驾驶行为、违规驾驶行为和错误驾驶行为 4 个分量表的内部一致性分别为 0.841、0.820、0.774、0.708; 通过检验, 构建的城乡公交驾驶员驾驶行为量表具有较好的信效度。

第四章 城乡公交驾驶员驾驶行为影响因素整合模型构建

研究城乡公交驾驶员驾驶行为的影响因素，是提高驾驶员安全驾驶的前提和基础。本章在城乡公交驾驶员行为量表的基础上，基于结构方程模型，探究不同影响因素对城乡公交驾驶员驾驶行为的重要程度，并验证模型有效性，为城乡公交驾驶员不良驾驶行为的改善和积极驾驶行为的培训提供理论依据。

4.1 结构方程模型理论

结构方程模型（SEM）是 Joreskog 和 Wiley 在 20 世纪 70 年代提出的一种基于变量的协方差矩阵来分析变量之间关系的广义线性模型，也称为协方差结构分析^[59]。用于进行多变量的分析，在因素分析的基础上，开辟了路径分析的维度，在多因素分析中更具有优势，被广泛地应用于心理学、社会科学、行为科学等多个综合领域。

4.1.1 模型组成

结构方程模型有测量模型和结构模型两部分，测量模型是用来描述无法直接测量的潜在变量 ξ 、 η 与可直接测量的变量 x 、 y 之间的相关关系，公式 4.1 和 4.2 是测量模型要素结构。结构模型则是研究多个变量之间的影响路径和关系，见式 4.3。

（1）测量模型：

$$x = \Lambda_x \xi + \delta \quad (4.1)$$

$$y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \quad (4.2)$$

式中： x 代表外生测量变量所组成的向量； y 代表内生测量变量所组成的向量； ξ 为外生潜在变量； η 为内生潜在变量； Λ_x 为外生测量变量在外生潜在变量上的回归系数矩阵，用来解释外生潜在变量 ξ 与其测量变量 x 之间的关系； Λ_y 为内生测量变量在内生潜在变量上的回归系数矩阵，反映内生潜变量 η 和其显变量 y 之间的关系； δ 为外生测量变量的残差； ε 为内生测量变量的残差， δ 与 ξ 、 ε 与 η 之间无相关。

（2）结构模型：

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \varsigma \quad (4.3)$$

式中： B 代表矩阵，由内生潜在变量 η 之间的结构系数组成，表示 η 因素间的相互关系； Γ 为表示外生潜在变量 ξ 对内生潜在变量 η 的影响的结构系数矩阵， ζ 为结构模型的内生潜在变量残差项，反映了 η 在方程中未能被解释的部分。

对结构模型中的外生潜在变量与内生潜在变量的路径载荷因子进行归一化处理，得到两者间的关系方程，计算过程见式 4.4—4.6。

$$\begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \dots \\ \xi_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Lambda_{y1} \\ \Lambda_{y2} \\ \dots \\ \Lambda_{yn} \end{bmatrix} \eta \quad (4.4)$$

$$\begin{cases} A_{y1} = \frac{\Lambda_{y1}}{\Lambda_{y1} + \Lambda_{y2} + \dots + \Lambda_{yn}} \\ A_{y2} = \frac{\Lambda_{y2}}{\Lambda_{y1} + \Lambda_{y2} + \dots + \Lambda_{yn}} \\ \dots \\ A_{yn} = \frac{\Lambda_{yn}}{\Lambda_{y1} + \Lambda_{y2} + \dots + \Lambda_{yn}} \end{cases} \quad (4.5)$$

$$\eta = \Lambda_{y1}\xi_1 + \Lambda_{y2}\xi_2 + \dots + \Lambda_{yn}\xi_n \quad (4.6)$$

4.1.2 参数估计

结构方程模型由 8 个参数矩阵组成： Λ_x ， Λ_y ， B ， Γ ， Φ ， Ψ ， Θ_ε 和 Θ_δ 。 Γ 为潜在变量 ξ 的协方差矩阵， Ψ 为内生潜在变量残差项 ζ 的协方差矩阵， Θ_ε 和 Θ_δ 分别是 ε 和 δ 的协方差矩阵，由测量变量的方差和协方差进行参数估计^[60]。在 SEM 的建模过程中要选择一组合适的样本矩阵 S (通常是测量变量的方差协方差) 及与其对应的总体矩阵 σ ，由参数组成向量 θ ，则可以得到向量方程式 $s = \sigma(\theta)$ ，参数可通过解方程组 $s = \sigma(\theta)$ 以估计。

结构方程模型常用的参数估计方法为极大似然估计法和最小二乘法，最小二乘法包含广义最小二乘法和偏最小二乘法^[61]。

(1) 极大似然法 (Maximum Likelihood, ML)

极大似然估计法是结构方程模型最常用的估计方法^[62]，考虑了样本规模，正态性和

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/265320044041011111>