

中文摘要

摘要：近年来，铁路得到了快速的发展，高速列车和客运专线的推出，能够较好地缓解铁路运输运力紧张的局面，将在更大程度上提升铁路运输的服务水平，促进地区间的人员和经贸往来。本文以铁路旅客为研究对象，通过实际 SP 调查数据研究旅客对运输服务产品的选择，构建了旅客对高速列车以及对换乘和直达列车的选择模型，所得结论为客运专线运输服务产品的设计提供了依据。

论文首先论述了选题研究的背景，分析了国内外对相关问题的研究现状，提出了选题研究的重要意义以及本文的主要研究内容和方法。

其次介绍了旅客出行调查的理论与实施。重点介绍了 SP 调查与 RP 调查的区别和各自的适用条件，阐述了调查问卷的设计及调查方法。

再次对旅客出行进行调查。对旅客的基本信息、未来高速列车的票价、旅客中长途旅行的交通方式选择、旅客出行的到发时刻选择、旅客对直达和换乘的选择及高速列车与既有线夕发朝至列车的选择进行了详细的分析，为模型建立提供了数据支持。

最后分析了铁路旅客乘车选择行为的影响因素，介绍了非集计分析的理论，包括效用理论和常见的模型，对铁路旅客的出行影响因素进行量化描述，在此基础上分别建立了铁路旅客对高速列车以及换乘和直达列车选择的二项 Logit 模型，并给出了求解方法，结果表明模型的精确度分别为 87.8% 和 82.28%，模型精确度较高。

本文所做的研究工作，为未来客运专线成网条件下运输服务产品的设计提供了依据，对铁路客流分配及旅客列车开行方案的设计和优化具有一定的参考价值。

关键词：非集计模型；SP 调查；客运专线；旅客选择行为；直达列车；换乘；

分类号：U293.1

ABSTRACT

ABSTRACT: In recent years, there is a rapid development in railway. The appearance of high-speed trains and passenger dedicated line eases the tension in railway transportation, enhances the level of rail transport service, and promotes personnel and interregional economic and trade exchanges. In this paper, we choose rail passengers as study objects, research on the choice of passenger about transport service products based on Stated Preference data, and build the model of passengers' choice on high-speed trains, as well as transfer and nonstop trains. The results provide a basis for the design of transport service products for passenger dedicated line.

Firstly the background of the research is dissertated. The actuality of the related issue is analyzed. The important meaning of the research and the main content and methods in the paper are put forward.

Secondly the paper tends to introduce the theory and the implementation of the passengers' travel survey. We focus on the difference between Revealed Preference survey and Stated Preference survey as well as the respective applying conditions. Next the questionnaire design and survey method are expatiated.

Thirdly we make a survey on passengers' trip. A detailed analysis is made including the basic information for travelers, the future high-speed train fare, the transportation mode of passengers' options on the long-distance and middle distance travel, the choice about the arrival and departure time of the passengers' trip, the choice about transfer mode and nonstop trains, as well as the choice between high-speed train and the sunset-departure and sunrise-arrival train in existing railways. These data support the built of final model.

Last but not least we analyze the important factors that influence the passengers' choice behavior. Disaggregate theories are introduced, containing the utility theory and the familiar models. We make a quantified description on the impact of each factor of passengers' choice behavior. On these bases we establish binary logit model of passengers' choices on high-speed train, as well as transfer mode and nonstop train, meanwhile the models are solved. Finally the experimental results indicate that 87.8% and 82.28% of the predicted data fit the observed data. The results show the higher accuracy of the model.

The research in this paper provides the foundation for the design of transport

service products in the future passenger dedicated line network. The results provide a certain reference value for railway passenger assignment and the design and optimization of passenger train running-plan.

KEYWORDS: Disaggregate model; Stated preference survey; Passenger dedicated line; Passenger's choice behavior; Nonstop train; Transfer;

CLASSNO: U293.1

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果，除了文中特别加以标注和致谢之处外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得北京交通大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名：丁洁冰 签字日期：2009 年 6 月 9 日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解北京交通大学有关保留、使用学位论文的规定。特授权北京交通大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，提供阅览服务，并采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编以供查阅和借阅。同意学校向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘。

(保密的学位论文在解密后适用本授权说明)

学位论文作者签名: 丁洁冰

导师签名: 孙丽萍

签字日期: 2019 年 6 月 9 日

签字日期: 2019 年 6 月 9 日

致谢

本论文的工作是在我的导师赵鹏教授的悉心指导下完成的，赵鹏教授不仅在学业上对我悉心指导、严格要求，在生活上，乃至我个人将来的发展上，都给了我莫大的关心和帮助。赵老师以渊博的知识、严谨的治学态度、科学的工作方法宽厚待人的为人之道，不仅教会了我怎样做学问，更教会了我怎样做人，这使我的人生受用无穷。在此我由衷地向尊敬的导师说一声：谢谢您！

感谢论文开题答辩时对我的论文提出有建设性意见的杨浩教授、张星臣教授、韩宝明教授，还要感谢交通运输学院传授我专业知识的各位老师，感谢学院学办对我指导、帮助过的各位老师。

感谢我的同门师兄弟、课题组成员和我的同学，他们在我的学习、生活等各方面都给了我大力的支持和帮助，尤其感谢王爽师姐，无论是在平时的学习中、发表论文的修改中，还是在学位论文的撰写中，她都给了我很多的指点和帮助。此外还要感谢鲁放老师、李得伟老师、张琦师姐、牛永涛师兄，他们在平时的学术活动以及论文的修改过程中都提出了很多宝贵的意见。

感谢我的父母和家人，是他们含辛茹苦，十几年如一日，为我的学业提供生活和精神上的支持，他们的理解和支持使我能够在学校专心完成我的学业。

1 引言

1.1 研究背景及意义

随着我国经济的快速发展，人们的生活水平日益提高，人们对出行数量和质量方面的要求也日益提高。旅客出行不再简单地追求自身位移的实现，而更看重从出行地到目的地之间的方便快捷、安全、舒适、高质量的全程服务。同时由于旅客运输细分市场的形成，不同收入水平的旅客对出行费用、服务水平等的要求也不尽相同。为了更好地满足旅客的多种出行需求，需要研究旅客出行的乘车行为特点及其影响因素，进而研究客流在运输网络上的分配，根据运输需求调整运输组织方案和手段，为旅客提供高质量的出行服务。

近年来，铁路通过推出夕发朝至、朝发夕归、城际列车等多种方便出行的品牌，大大提升了铁路企业的服务水平与客运竞争力。在既有的路网环境、运输设施条件下，如何最大程度地满足铁路旅客的出行需求，建立良好的旅客列车开行方案和组织手段，组织好各种品牌的旅客列车，是铁路运输组织中越来越重要的运输组织系统工程问题。

在这种情况下，我国铁路部门为了加快铁路发展、增强铁路客运的竞争能力和缓解铁路既有路网运输压力而推出了新型高速地面有轨客运系统—客运专线。铁道部在 2004 年经国务院审议通过的国家《中长期铁路网规划》中，规划方案主要涉及客运专线、完善路网布局和西部开发性新线、路网既有线等三方面。《中长期铁路网规划》提出，实施客货分线，专门建设客运专线，在建设较高技术标准“四纵四横”客运专线的同时，为满足经济发达的城市密集群的城际间旅客运输日益增长的需求，规划以环渤海地区、长江三角洲地区、珠江三角洲地区为重点，建设城际快速客运系统。按照《规划》，到 2020 年我国将建设客运专线 1.2 万公里以上，客车速度目标值达到每小时 200 公里及以上。2008 年，铁道部对《规划》进行了调整，明确了全国铁路营业里程达到 12 万公里以上的路网结构与布局方案，提出了要基本形成布局合理、结构清晰、功能完善、衔接顺畅的铁路网络，运输能力满足国民经济和社会发展需要，主要技术装备达到或接近国际先进水平的规划目标。

高速铁路和客运专线的推出，能够较好地缓解铁路运输运力紧张的局面，将在更大程度上提升铁路运输的服务水平，促进地区的人员和经贸往来。同时也对铁路运输企业提出了更高层次的出行服务要求，市场竞争也迫使铁路企业通过

提供高水平运输服务来争得恰当的市场份额，市场经济要求铁路企业在既有的硬件投入条件下获得最大的经济利益回报。这就需要铁路运输企业相关部门对铁路客流的结构和铁路旅客的乘车行为进行研究，重视旅客的各种出行服务需求，进一步完善客运产品结构，才能在市场竞争中立于不败之地。

铁路旅客出行选择行为问题，对优化旅客列车开行方案、提高铁路旅客运输服务质量、以及加强客运产品的开发及市场营销都具有重要意义，同时也是研究铁路客流分配的基础。通过本文的研究，全面分析铁路旅客乘车行为的特点及其影响因素，揭示铁路旅客乘车选择的内在原因。在此基础上，为铁路旅客列车开行方案的制定和旅客运输组织政策的制订提供依据，为提高铁路旅客运输组织水平和客运服务水平奠定理论基础。

1.2 国内外研究现状

目前，国内外基于道路交通的旅客交通方式选择行为和交通流分配的理论研究较多，而基于铁路旅客出行选择行为问题的研究尚较少。目前研究铁路旅客乘车选择行为方法主要有 2 类：一类是基于旅客调查的定性分析方法，通过对调查结果的分析，得出影响旅客交通方式选择行为的因素。此类方法比较接近实际情况，但得出的结果不够精确，只能进行定性分析，并没有揭示选择行为的内在机理；另一类是基于计量经济学的随机效用理论而建立定量的非集计描述模型，其中较具代表性的是 Logit 模型，它通过把效用表达为确定性效用和随机性效用两部分，并且假定随机效用服从一定的概率分布，得出旅客选择各种交通方式的概率。

1.2.1 国外研究现状

有关旅客出行选择行为的研究，早在 1973 年 Watson 就通过建立非集计模型，分析了城际旅客运输方式的选择行为^[1]。Ben-Akiva、McFadden 对 Logit 模型及其特性进行完整的论述，其中包括了各种改进的 Logit 模型，逐步形成了非集计方法的理论体系，促进了非集计模型在出行选择行为分析中的运用^[2]。随着非集计理论的不断发展，分析个体社会经济特征、时空限制因素对其出行选择行为的影响，取得了大量的成果，例如 Hensher、Bhat 等人的研究^[3-4]。这些研究主要是针对旅客运输方式选择行为进行的分析，模型焦点集中在交通方式的出行时间及出行费用对旅客选择行为的影响。但旅客的实际选择行为是包括一系列的选择过程，如出发时间、运输方式选择，而且各个选择过程又是相互影响的。将各个选择过程分开分析，难以反映旅客实际的出行选择行为。

1.2.2 国内研究现状

在国内，对旅客出行选择行为也进行了许多研究，特别是客运专线修建之前，许多研究部门也曾对我国的京沪、合武、京津、石太等客运专线(城际轨道交通)旅客出行选择行为进行大量的调查，并积累了许多数据。

石定宇、高旭敏^[5]提出logit模型参数估计的算法，并用该模型对成渝走廊旅客运输进行分析预测，显示出模型的适用性。

陈团生、毛保华等^[6]在考虑影响旅客出行选择行为的各种因素的基础上，模拟了旅客出行的选择过程。利用非集计方法，构造了旅客出发时刻和运输方式选择行为的双层巢式逻辑决策模型，并对模型参数的估计方法进行分析。在大量问卷调查基础上，收集了石太客运专线旅客出行选择行为的叙述性偏好和显示性偏好数据，并对数据进行深层次的挖掘工作。利用最大似然法，对模型的上下选择层的参数进行估计。根据回归得到的参数，分析了当城际之间的客运通道引入客运专线时，旅客的个人社会经济因素、时间因素、运输方式等属性对旅客出行选择行为的影响。

史峰、邓连波等^[7]通过分析铁路客流构成和旅客列车分类，将铁路旅客乘车选择行为的影响因素归结为旅客主体特性、列车特性和随机因素，构造可以直观描述列车特性的时间、费用和舒适度3个因素之间关系的曲线图。采用随机效用理论建立铁路旅客乘车选择行为非集计模型，给出个体旅客对列车选择概率的多项Logit模型，并通过影响因素选择及参数标定等设计求解方法。以某区段不同收入旅客群的乘车选择行为为例进行计算分析。

李军等^[8]以长株潭城际轨道交通方式划分为例，分别建立基于RP和SP数据的Logit模型，鉴于RP与SP模型中随机项的差异性，通过引入SP比例参数，构造RP / SP联合数据模型，并利用3种模型对未来的交通方式分担量进行了预测，最后对预测结果进行了比较分析。实例结果表明，基于RP / SP联合数据的logit模型能够平衡两类数据之间的误差相互影响，并能够得到更为合理的交通方式划分预测结果。

赵鹏等^[9]比较了SP调查与RP调查，对SP调查的主要过程、注意事项等进行了说明。介绍了实际调查案倒，利用调查数据对PCI模型进行了推算。并对交通方式分担率进行了研究，结果证明PCI模型比MNL模型具有更高的精度。

甄静^[10]通过对京沪铁路沿线的客流进行抽样调查和搜集的车站客流数据，从客流出行时间、客流结构、旅客出行频率、高速铁路对客流的吸引程度、旅客对各种交通工具的评价等方面对京沪线铁路客流规律进行了计算和分析，以期为未来京沪高速铁路的客流组织和客车方案提供研究依据。

徐行方等^[11]通过对沪宁线旅客旅行费用来源、票价承受能力及对不同车次偏好等方面的调查探索长三角地区铁路短途市场的客流规律，从而为制定铁路客运营销策略提供决策依据。

胡辉^[12]在对南昌站2005年春运客流状况的问卷抽样调查的基础上，利用SPSS软件提供的交叉列联、对应分析等功能，对调查数据进行了实证研究。选择乘车目的、购票途径、出行考虑因素、客流流向等问卷的代表性项目进行统计分析，得到南昌站春运客流相关因素的关系，为改善运输组织和提高服务质量提供依据。

目前，国内外基于道路交通的旅客交通方式选择行为和交通流分配的理论研究较多，而基于铁路旅客出行的选择行为的研究尚较少。大多数研究只对旅客出行规律进行一些简单的统计分析，未能对调查数据进行深层次的挖掘，从而浪费了大量的调查数据。另外，由于这些研究大多数是使用实际调查RP数据(Revealed preference Data)，当城际之间的客运通道准备引入一种新的运输方式时，在新运输方式尚未投入使用时，要想仅仅使用RP数据进行需求分析就比较困难。这时就需要通过意向调查即SP(Stated preference)调查采集旅客的选择意向数据。即在假设条件下，调查旅客的选择意向，而并不是实际发生的行为。

现有旅客出行行为研究的对象多数是客运专线与其它运输方式（如既有铁路、高速公路、民航等）或者各种运输方式的客流分担比，而本文是针对铁路运输自身而言，研究旅客选择意向调查工作的方法，通过实际 SP 调查得到的数据可以研究铁路旅客对运输产品的选择行为，进一步得到旅客对高速列车的需求以及对换乘方式和直达输送方式的选择偏好。

1.3 研究的目的、内容和研究思路

本文是针对铁路运输方式，研究旅客选择意向调查工作的方法，通过旅客出行调查的基本理论、调查的设计与实施以及实际 SP 调查得到的数据，运用定性分析和非集计模型的定量分析研究铁路旅客对高速列车的选择行为，进一步得到旅客对一些重要运输产品的选择倾向及这些选择行为与各种影响因素之间的关系。

本文的研究思路为：

- 1.根据国内外有关资料，分析总结旅客出行选择的模型。
- 2.设计客运专线条件下旅客出行意愿调查表，使用数据统计分析软件(excel 及 SPSS) 对调查结果进行分析，得出客运专线条件下旅客选择行为的特征。
- 3.基于非集计分析建立本文的旅客出行选择模型，并验证此模型。
- 4.本文所用的数据主要来源于作者参与的课题，数据真实可用，为论文所从事的研究提供了详实可靠的基础资料。

技术路线如图所示：

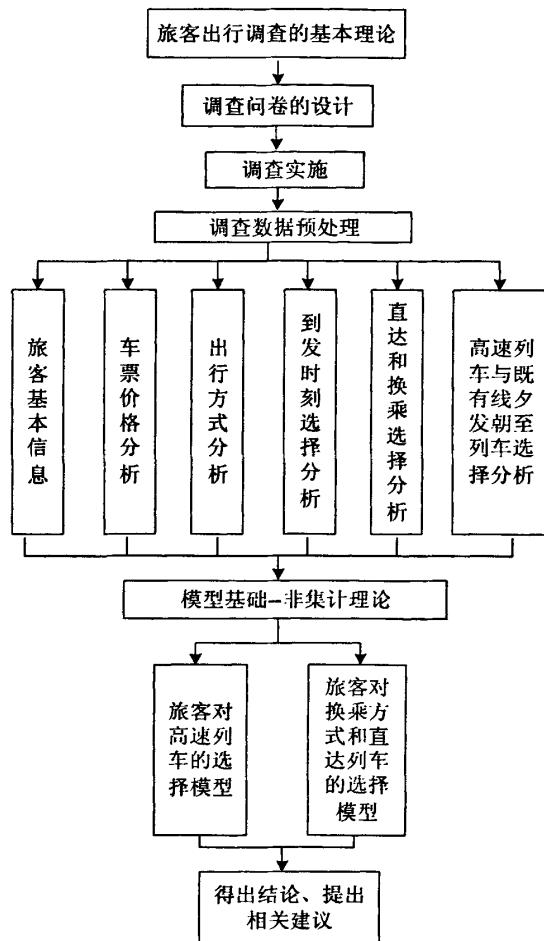


图 1-1 技术路线图

Fig.1-1 Technical route

2 旅客出行选择行为调查的理论与实施

2.1 旅客出行调查的基本理论

旅客出行行为调查可以分为已经完成的选择性行为的调查和在假设条件下选择主体如何选择以及如何考虑的选择意向调查。前者称为行为调查或者 RP 调查(Revealed Preference Survey)，而后者称为意向调查或 SP 调查(Stated Preference Survey)^[13]。

通常，建立非集计模型使用过去的每个人的选择结果及相关数据，即 RP 数据。但是，在许多实际的交通需求分析中，例如要在某些地区建立磁悬浮列车、高速轮船、合乘私家车等从前并不存在的交通服务以及在城市建立停车泊位证明制度、交通拥挤收费制度等从前没有实行过的政策等新政策措施时，要想仅仅使用 RP 数据建立非集计模型就比较困难。由于这些交通服务或交通政策应用较少，所以在预测它们的需求、分析它们的效果时，要么 RP 数据过少，要么根本就没有这些数据。

为此，人们设想通过一种实验来收集数据。即请被实验者想象一种假象的状况，并根据被实验者自身的条件，回答如果这种假想状况一旦实现将如何选择，以此数据代替以往的对于实际情况的选择结果。如果进一步要求被实验者将想象的范围扩大，可以请被实验者将若干个选择方案排序或根据个人的喜好给这些选择方案打分。如此方法得到的数据不是通过行为显在化的数据，而是口头表述的意向数据，即 SP 数据。通过这种 SP 调查可以获得一些“并不存在”的偏好数据。

SP 数据和 RP 数据相比具有如下一些优点：

(1) 可操作性极高

由于构成选择方案的特性值可以由实验者自由设定，因此，可以人为地扩大特性值的范围、降低特性值之间的相关性。

例如，市内公共汽车和高速公路收费多采用一价制。要研究旅客的价格弹性，就可以将“票价”这个变量设定为若干个值 (SP 数据)。

(2) 数据误差可以调节

由于特性值是由实验者给出的，因此该特性值中可以没有误差，也可以根据需要人为的加入可以控制的误差，以分析带有误差的信息对于被实验者行为的反应。

(3) SP 调查中选择方案集合明确

非集计模型的前提条件之一是每个人的选择方案集合明确。但是，有时分析人员并不明确 RP 数据所表现的实际情况，而这样有时可能给参数估计带来重大误差。

2.1.1 RP 调查

RP 调查的目的是想了解被调查者在某选择状态下的选择结果以及选择的条件。例如，有时需要了解被调查者上个周三出行时，出行方式的选择结果、选择条件等。RP 调查的最大特点在于调查的内容是已经发生过的事情。

在 RP 调查中，认为选择的结果是由实际的选择行为、选择条件决定的，并且无论调查对象是否意识到了影响因素或如何重视这些因素，选择行为是在这些所有的因素影响下进行的，即现象的机理本身就潜藏在选择结果的里面。在 RP 调查中，在现象的可测性方面常存在以下问题：

(1)选择方案的信息模糊，这是由于有时选择的状况要追溯过去，被调查者因记忆模糊所致。

(2)替代方案的信息模糊，对替代方案的条件不够了解、信息量因人而异是导致被选择方案的信息模糊不清的重要原因。

2.1.2 SP 调查

SP 调查则是对某一选择状态，了解被调查者在这一选择状态下的选择结果。例如，有时需要了解被调查者在未来提供了某种交通服务时，将如何选择等。SP 调查的最大的特点在于调查的内容是尚未发生的事情。在 SP 调查中，选择的状态，即选择方案的特性值为假定值。SP 调查具有可以根据未来的状况，任意设定选择条件的优点，因而克服了以往预测方法中的外插性的问题。这一点对于在分析对象区域内建立过去没有的选择方案的分析十分有利。另外，由于可以调查相同条件下的许多人的反应，因而可以研究由于个人属性的不同而产生的选择结果的差异，计算在每个选择条件下特定的选择方案的选择概率并由此进行集计型分析。

SP 调查的上述优点有时恰恰又成为它的缺点。

首先，如果调查时考虑的影响因素太多，调查表的内容将会增加，这不仅会增加调查工作的难度，而且会导致被调查者无法回答或者出现拒绝合作的现象。因此，调查时需要适当地设定影响因素，以减少各因素的组合数，这也就很难将现实选择状况的所有条件都表现出来。

其次，由于受访者的回答容易被限定在一定的范围内，被调查者有时是在非

现实、未体验的条件下做出的选择，更多的认为“应该”如何选择，从而放宽判断的标准。因此，有可能发生 SP 数据与实际选择行为之间背离的现象。此外，由于调查限定了影响因素，因此常常无法对提示因素以外的因素进行分析。

尽管如此，作为非集计模型的优点之一，在研究新的交通方式、交通政策时 SP 调查还是被频繁使用。

在本文客运专线旅客乘车方案选择偏好的研究中，新的快速客运网络条件下提供的一些旅客运输服务是以前并不存在的，在多等级列车和不同等级线路共存的网络条件下要实施新的开行方案，在这样的条件下，要想仅仅使用 RP 数据进行需求分析就比较困难。这时就需要通过 SP 调查采集旅客的选择意向数据。即在假设条件下，调查旅客的选择意向，而并不是实际发生的行为。

2.2 SP 调查的设计与实施

2.2.1 调查问卷的设计

SP 数据与 RP 数据相比可操作性较高，构成选择方案的特性值可以由调查者根据需要自由调整，而且有效的 SP 数据能够反映旅客的真实意愿和偏好，统计分析结果能够描述旅客对可选服务产品的需求。假设意向调查能否成功，主要取决于调查问卷的设计。问卷应反映出各种选择方案、影响方案选择的服务属性以及旅客自身特性。具体包含哪些影响因素取决于调查的目的，这一点也体现了 SP 调查的灵活性。

设定调查项目时，首先应明确要探讨的问题，通过对调查对象的现象系统（相关变量、相互关系以及变量的值域等）进行预见性分析，确定调查的范围。从总体来说，非集计模型需要同时调查以下 3 个方面的数据。

1. 选择方案相关数据

首先，需要了解选择了怎样的方案，选择时怎样进行的方案比较，替代选择方案的范围。以目的地的选择为例，选择的可能性有时会很多，很难想象选择主体同时比较几个替代方案。因此，选择主体必须从比较选择对象的选择方案中划定明确的范围。

2. 选择主体的属性与状态相关数据

一般来说，即使对于相同的选择范围，选择了相同的选择方案，不同的选择主体也有着不同的效用，其不同的部分可以通过选择主体的属性来说明。

3. 选择方案的特性相关数据

由于非集计模型是根据各个替代方案的效用大小来确定选择的结果。在建模

时，就同时需要计算实际中未被选择的方案的效用。因此需要调查那些未被选择的方案的特性变量。通常称那些与选择方案有关的变量为服务水平(level of service, LOS)变量，与实际被选择的方案有关的数据称为显在数据(表面数据)，而与未被选择的选择方案有关的数据称为潜在数据(背后数据)。

调查表应当尽量满足简洁、问题明确、语言通俗易懂以及问题的顺序合理的要求。通常，调查表有以下几个部分组成。

1. 调查的说明

其中包括：向被调查者的致意、调查者的自我介绍、调查目的、数据的用途以及调查者的联系方法等。这是取得被调查者信任、争取合作的最为重要的一步。

2. 填写注意事项

其中包括简要的说明以及填写例题等。

3. 选择主体的特性

被调查者自身的特性变量。如年龄、性别、职业、收入等。

4. 与实际的选择方案特性有关的问题

如选择了哪个方案，该方案的成本、时间等。

5. 与替代方案特性有关的问题

如替代方案的成本、时间等。

问卷设计阶段常存在一种矛盾，即一方面为得到尽量全面的调查资料，调查者希望被调查者回答尽量多的问题；另一方面，为保证调查过程得到被调查者的全面配合而不引起其反感，又希望合理地、尽量少地设计调查问题。为解决这一矛盾，SP 调查问卷要紧密围绕调查目的设计问题，在涵盖主要调查内容的前提下，尽可能精简问题，控制问题数量。

对于本文，调查的目的是要了解在客运专线成网后，客运专线与既有线并存的铁路网条件下，为旅客提供的乘车方案种类大大增加以后，旅客将怎样选择自己的乘车方案，以此为目标确定调查问卷的内容。本文主要想了解：

1. 旅客对未来高速列车的选择情况。按短、中、长途的出行距离，调查客运专线上高速列车的潜在客流有哪些，以及旅客对高速列车的票价、旅行时间、出发到达时间的偏好。

2. 旅客对直达列车和换乘方案的选择情况。包括直达列车的开行频率；在中长途旅行时选择换乘的条件，包括换乘时间、换乘联票的折扣、换乘距离。

3. 旅客对夕发朝至卧铺列车的偏好，以及未来高速列车与其相比的竞争优势。

除了以上内容中的旅客可选方案及与服务属性相关的影响因素，调查内容还应包括旅客自身属性特征，尤其是出行目的和收入水平，它们对旅客的选择行为起着很大的决定作用。

根据以上总结的调查内容，问卷当中设计的具体问题如下：

1. 旅客基本信息

包括性别、年龄、职业、月收入、出行目的（如出差、探亲、旅游、购物、务工、上学等）、出行费用来源（包括自费、公费和铁路公免）。

2. 旅客对未来高速列车的选择情况

(1) 分别询问旅客目前在进行短距离旅行(<300公里)、中距离旅行(300~1000公里)、长距离旅行(>1000公里)时通常选择的交通方式；在客运专线建成后是否会选择高速列车；

(2) 旅客可接受的客运专线高速列车的票价（以目前的动车组票价做参照）；

(3) 旅客可承受的乘坐高速列车的最长旅途时间；

(4) 一天24小时当中，旅客认为乘坐高速列车出行最适宜的出发和到达时间段。

3. 旅客对直达列车和换乘方案的选择情况

(1) 询问旅客在进行中长距离旅行时，是否愿意选择高频率的换乘一次的方案；

(2) 旅客期望的直达列车的开行频率，设计的问题为：如果不愿意换乘，您能容忍直达列车多长时间开行一趟？(A) 2小时以内 (B) 2-4小时 (C) 4-8小时 (D) 8-12小时 (E) 12小时以上；

(3) 旅客在进行中长距离旅行时，愿意选择换乘的条件（包括同站换乘时的等待时间、换乘联票折扣幅度、异站换乘时的换乘距离）。例如，为了测试换乘时间，设计的问题为：如果在中间站原地换乘（同站换乘），等待换乘列车所花费的时间最长在什么范围以内？(A) 15分钟 (B) 30分钟 (C) 45分钟 (D) 1小时 (E) 1.5小时 (F) 2小时 (G) 多长时间都不选择换乘

4. 旅客对夜间列车和高速列车的选择情况

(1) 询问旅客目前在进行中长距离的旅行时，对日间列车和夕发朝至列车的选择情况；

(2) 询问旅客对未来客运专线上日间运行的高速列车和既有线上运行的夜间列车的选择倾向。

由于本次调查的内容较为复杂，在设计问题时为了阐述清楚，让旅客没有歧义，对问题做了尽可能详细的解释。在正式调查之前，对问卷进行了测试调查，根据反馈意见对问卷的格式及提问方式等进行了修改，确定所设计的问题无歧义，回答问卷的总时间基本控制在6~8分钟。

本次调查的调查表见附件A。

2.2.2 交通调查的实施

主要调查方法有：

1. 家庭访问法

面对面交谈，听取被调查者的回答，由调查员记入调查表。

2. 访问留置法

将调查表留置于家庭，数日后再次访问家庭回收。

3. 邮送调查

邮寄发放和回收调查表。

4. 电话调查

用于交通调查的例子较少。

5. 现场询问调查

在调查地点随机选定被调查者，由调查员填写调查表。拒绝合作的情况多，调查员容易选择那些看上去可能会合作的人提问，从而造成样本偏差。

6. 现场分发问卷调查

在候车室、检票口等地发放调查表，在下车的出站口回收。也可以由调查员进入车内，在车内散发、回收调查表。

7. 现场分发问卷邮寄回收

在调查地随机选择被调查者，发放调查表，请被调查者以邮寄方法回收。

8. 网络问卷调查

在网上发布调查问卷，请被调查者填写。

本次旅客调查应以意向调查为主，行为调查为辅，即以未来客运专线成网条件下旅客的选择偏好调查为主，现有的行为调查数据为辅。

考虑到实际情况等原因，本次调查选择现场询问调查，调查地点在北京火车站各候车厅。北京站是全国铁路客运重要枢纽，主要担当京山、京秦、京沪、京哈、京承、京原、京包线旅客运输任务，年发送旅客能力为 2600 多万人，日始发列车 130 多列。目前选择铁路出行的旅客也是未来客运专线高速列车的主要客流，选择在候车室调查一方面能够获得这部分旅客的对高速列车的选择意愿，另一方面，候车的旅客有较充足的时间和耐心配合调查工作。为了尽可能全面调查各出行方向的旅客，将问卷按调查对象的主次以一定的比例分配到各候车室，包括一、二、三、四候车室，和谐号候车室和一、二软席候车室；调查时间为 2008 年 6 月 18 日，选择一个平时工作日（周三）从早 8 点到晚 10 点，问卷在时间上由各调查员把握时间平均分配。

3 旅客选择意向调查结果分析

3.1 调查数据的预处理

取得原始调查数据后，在调查数据的收集过程中必须对数据进行有效的校核，以剔除无效数据。数据的校核通常分为两个步骤：

首先，检查数据录入的精度，建立数据库，并保证录入数据和调查数据的一致性。

其次，数据库建立完成之后，还必须对每份调查问卷的数据信息进行有效的验证，确保其符合逻辑。这就要求在对数据进行有效的分析之前，排除那些非逻辑数据，保证数据结果的有效性，以提高模型的精度。

对于本文来说就是数据的一致性标准检验。受访者选择结果前后矛盾，在调查时，受访者可能随意地回答调查问卷或者是提供了部分非逻辑结果。在调查中，每一个受访者对一年中出行的次数和其中乘坐火车的次数进行了选择，在这些记录中，少数调查数据出现后者大于前者的状况，这是不合逻辑的。数据校核的一致性测试即是找出这种不合逻辑的数据，以提高问卷调查的精度。

此外，有的 SP 调查还要用到控制性标准。例如：在研究不同的运输方式选择和时间、费用之间的关系时，无论何种情况下，受访者均明显受某一选择结果(如：一定选择飞机)影响，该数据应当予以剔除。由于受访者在这种情况下并不考虑不同时间和费用水平值之间的相互关系，也就体现不出受访者在选择情况下对时间和费用之间的权衡。因此，它违背了 SP 调查的目的(选择效用最好的选项)。

3.2 旅客基本信息

本次调查共发放问卷 630 份，回收有效问卷 615 份，有效率为 97.62%。其中男性 389 位，女性 226 位；调查对象年龄主要在 18 至 49 岁之间，占了样本总量的 89%，50 岁以上的调查对象仅占 10%，具体数据情况见表 3-1。

表 3-1 旅客年龄分布表

Tab.3-1 Age distribution of passengers

年龄段分布	年龄段人数	所占比例
18 岁及以下	9	1%
18-25 岁	241	40%

26-35岁	163	27%
36-49岁	138	22%
50-59岁	45	7%
60岁及以上	19	3%

旅客的职业分布中，把旅客分为了公务员、事业单位人员、企业员工、个体经营者、务工人员、军人、学生、自由职业者、离退休人员和其他。调查结果显示，企业员工最多，占30%，其次是学生19%，原因可能是邻近暑期，学生客流增多。旅客的职业分布如图3-1所示。

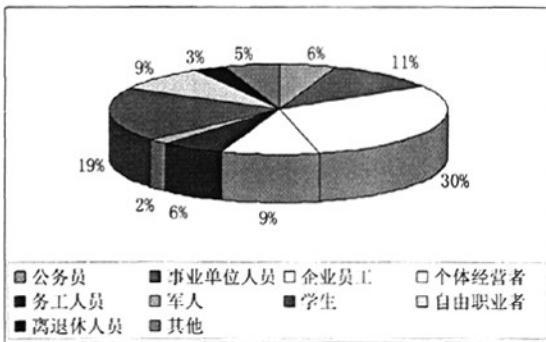


图3-1 旅客职业分布比例图

Fig.3-1 Proportion of occupation distribution

问卷中，把旅客的月收入分为了2000元以下、2000-4000元、4000-6000元、6000-10000元以及一万元以上五个选项。结果在被调查旅客的收入中，如果将学生除外，月收入在2000至4000之间的占46%，月收入4000元以上的占22%，也就是说调查对象多数处在中等收入水平，对于高速列车有着较高的需求。

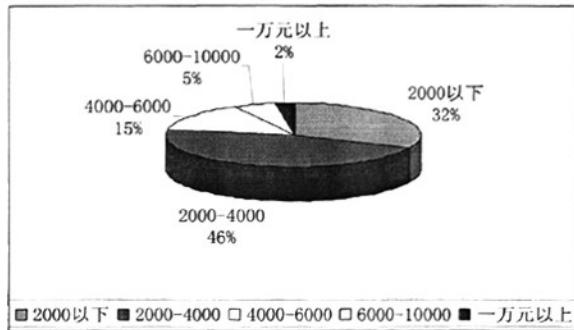


图3-2 旅客收入分布比例图

Fig.3-2 Proportion of income distribution

调查问卷中，把旅客的出行目的分为：出差、旅游、探亲、购物、务工、上学和其他。调查结果显示出行目的为出差的旅客数量最多，占38%，而出差、探亲、旅游的共占72%；这三种出行目的的旅客也是未来高速铁路的主要客流。

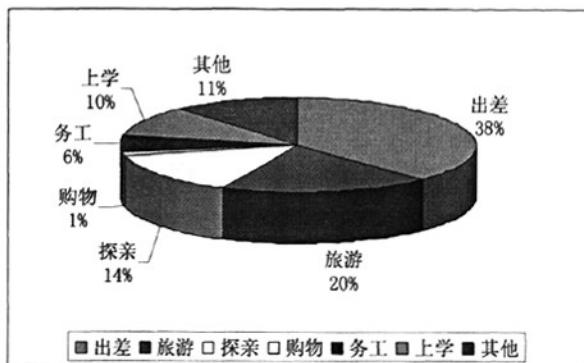


图 3-3 旅客出行目的比例图

Fig.3-3 Proportion of trip purpose

调查问卷中把旅客的出行费用来源分为自费、公费和铁路公免三项，结果显示旅客的出行费用来源多为自费，占 68%，公费占 31%，其中 83% 的旅客出行目的为出差。

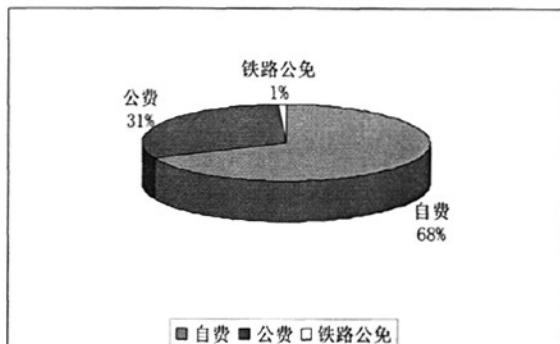


图 3-4 旅客出行费用来源比例图

Fig.3-4 Source proportion of trip cost

旅客的出行次数对于未来高速列车的开行是一个重要的衡量指标。问卷中把旅客一年的出行次数和其中乘坐火车的次数设为：5 次以下、5-10 次、10-20 次、20 次以上。旅客一年中的出行次数和其中乘坐火车的次数分别如图 3-5、图 3-6 所示。从中可以看出我国的旅客年出行次数普遍比较低。从图 3-7 可以看出，一年的出行次数在 5-10 次的乘客，73.58% 会选择乘坐火车。但是随着出行次数的增加，一些乘客会出于各种因素选择别的交通方式出行。所以，如何解决这部分客流的需求是未来高速列车开行方案的编制一个重要方面。

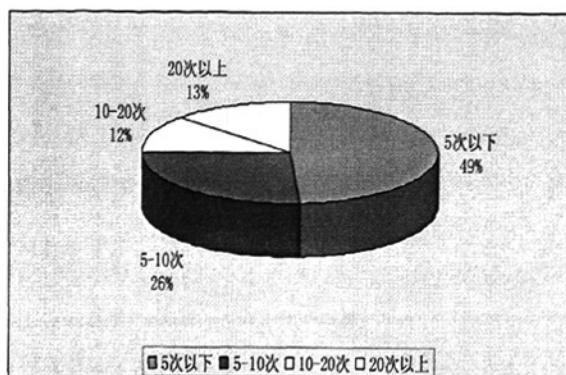


图 3-5 旅客一年中出行次数比例图

Fig.3-5 Proportion of trip times one year

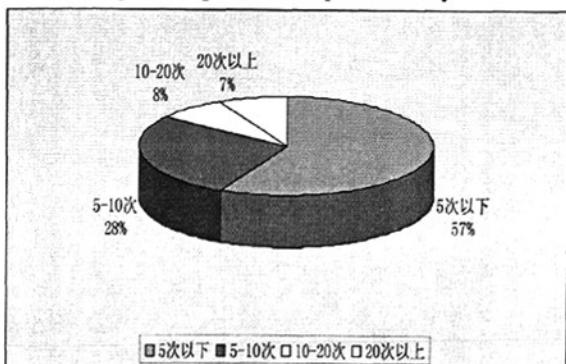


图 3-6 旅客出行乘坐火车的次数比例图

Fig.3-6 Proportion of trip times by train

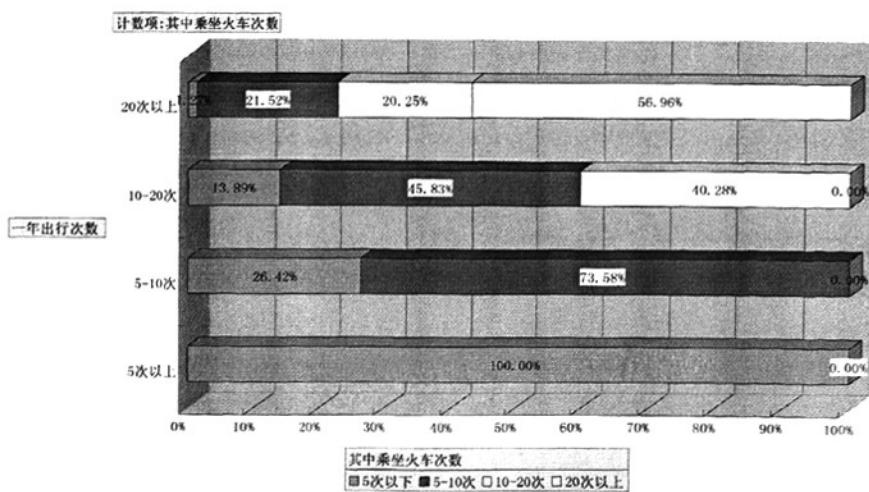


图 3-7 旅客一年中出行次数与乘坐火车次数关系图

Fig.3-7 Relation of trip times and the number of trip by train one year

通过以上对旅客样本年龄、职业、收入、出行目的、出行费用和出行次数的简单的分析，我们可以得出该次抽样调查的旅客样本具有如下特征：样本旅客以18-49岁为主；职业主要为企业员工、学生和事业单位员工；样本旅客的收入大多在4000元以下；出行目的主要是出差，探亲与旅游；而出行费用中公费自费的比例大致为1:2。

3.3 车票价格分析

3.3.1 旅客承受票价分析

问卷中把未来时速300km的高速列车票价设定为当前动车组票价的1.0倍、1.2倍、1.5倍、都太贵了四个选项。接受调查的乘客中有35%认为高速列车的票价是当前动车组票价的1.2倍是可以接受的，还有18%的乘客可以接受高速列车的票价是动车组票价的1.5倍，31%的乘客选择与动车组票价持平，只有16%的乘客认为动车组的票价和高速列车的票价都太贵而难以接受。可以看出有一半以上的乘客可以接受高速列车比动车组稍高的票价，即1.2倍，所以未来高速列车票价定为现在动车组票价的1.2倍是比较合适的。

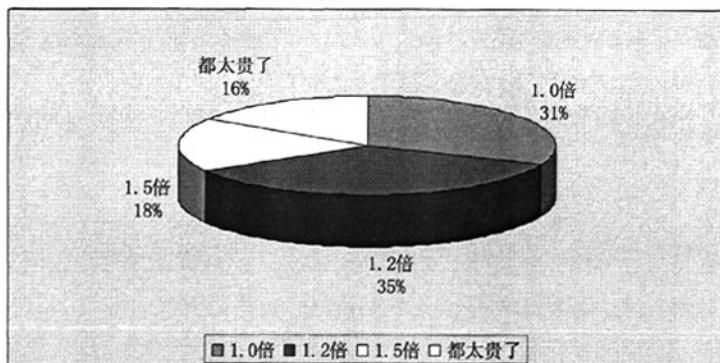


图 3-8 旅客承受票价图

Fig.3-8 Proportion of supported fare

选择1.2倍票价和1.5倍票价的乘客收入情况如图3-9、图3-10所示，从中可以看出，选择1.5倍票价的旅客收入情况普遍比选择1.2倍票价的旅客收入情况高一些。相应的他们的承受能力也比较强。

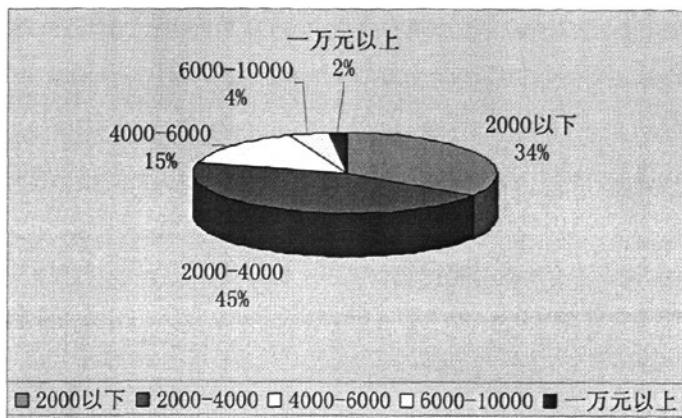


图 3-9 选择 1.2 倍票价乘客收入情况比例图

Fig.3-9 Proportion of income distribution who elects 1.2 times fare

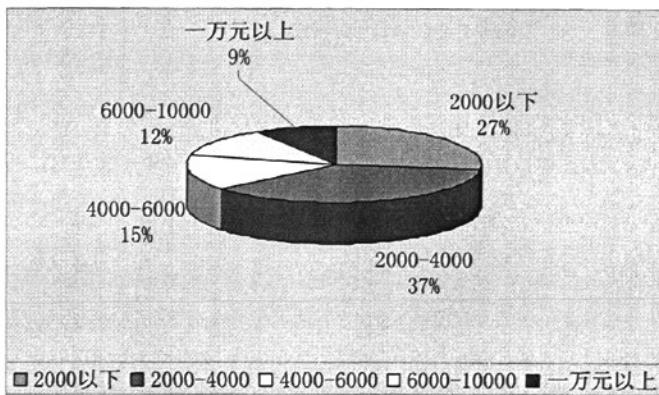


图 3-10 选择 1.5 倍票价乘客收入情况比例图

Fig.3-10 Proportion of income distribution who elects 1.5 times fare

3.3.2 价格敏感度

未来高速列车票价的制定，应该结合旅客的职业，收入，出行费用来源等因素来分析。

票价与职业的关系图如图 3-11 所示，可以看出，企业员工、事业单位人员、个体经营者都有大部分的旅客选择 1.2 倍及以上的票价，从中还可以看出务工人员中有 38.46% 的旅客觉得票价都太贵了，这是因为他们的收入比较低，对价格承受能力也比较低，但是对于高速列车来说，务工人员不是其主要吸引人群，可以不用考虑。

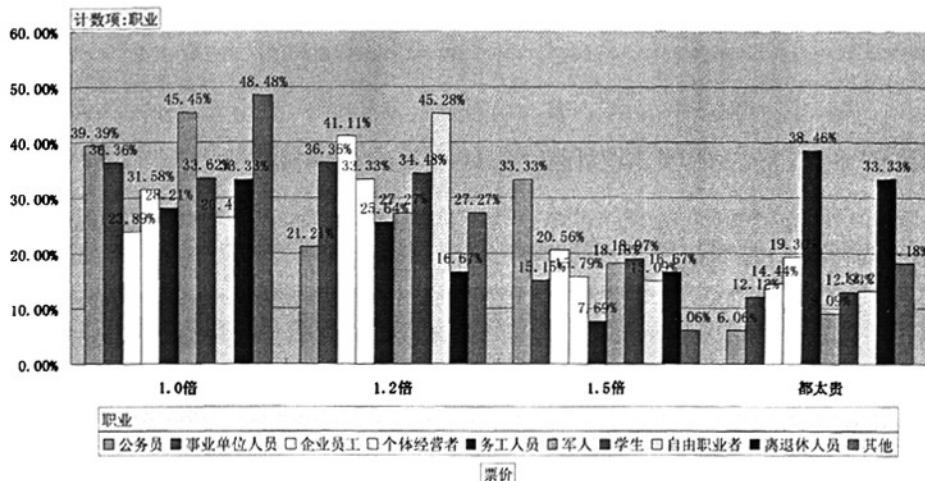


图 3-11 旅客承受高速列车票价与职业的关系

Fig.3-11 Relationship between high-speed train fares and the occupation of the passengers

票价与收入的关系如表 3-2 所示，从中我们可以清楚的看出，旅客的收入对票价的敏感程度。旅客的收入越低，他们对票价的昂贵程度越难以接受，而收入比较高例如 10000 元以上的旅客，没有人选择票价太贵了，说明他们能够承受的票价更高，他们的出行将不会过多的考虑票价的影响，而会考虑更加舒适，便捷等方面。

表 3-2 旅客承受高速列车票价与旅客收入关系表

Tab.3-2 Relationship between high-speed train fares and the income of the passengers

票价	10000 以上					总计
	2000 以下	2000-4000	4000-6000	6000-10000	上	
1.0 倍	47.16%	39.77%	9.09%	2.84%	1.14%	100.00%
1.2 倍	34.34%	45.96%	14.65%	3.54%	1.52%	100.00%
1.5 倍	26.53%	36.73%	15.31%	12.24%	9.18%	100.00%
都太贵	64.21%	24.21%	10.53%	1.05%	0.00%	100.00%

票价与职业的关系如图 3-12 所示，公费的旅客对价格不是很敏感，66.67% 的旅客都能承受 1.2 倍及以上的票价，而自费出行的旅客对价格就比较敏感，承受 1.2 倍及以上票价的旅客还不到一半，铁路公免的旅客很少，也不是我们考虑的重点。

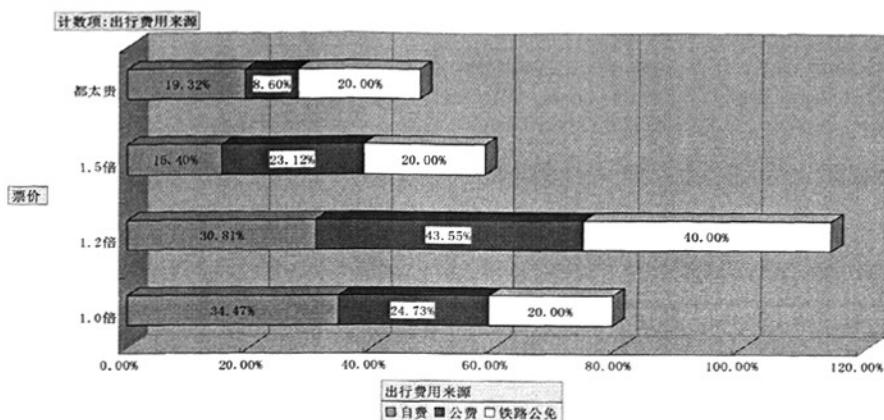


图 3-12 旅客承受高速列车票价与出行费用来源关系图

Fig.3-12 Relationship between high-speed train fares and the source of trip cost

经过以上分析可以看出，统计结果和预想的调查结果基本吻合（例如，高收入的人和公费的人员对价格不十分敏感），调查结果可信。

3.4 出行方式选择

3.4.1 不同距离旅客出行方式选择分析

问卷中把不同距离的出行方式选项设定为：长途汽车、自驾车、普通列车、动车组、其他/飞机。图 3-13 表示短途、中途、长途旅客交通方式的选择。

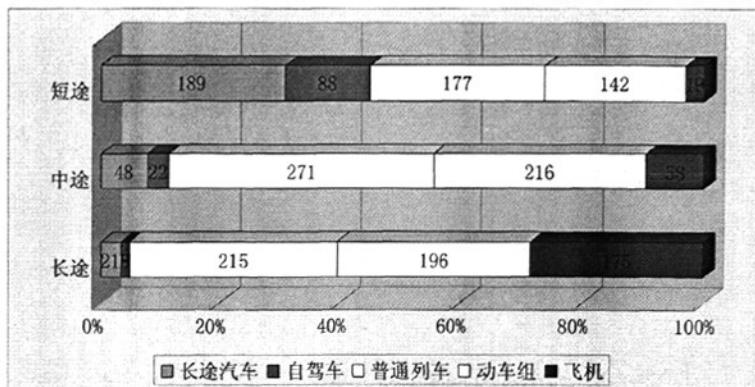


图 3-13 不同距离旅客对交通方式的选择图

Fig.3-13 The choice about travel mode among different distance passengers

从上图分析可以得出：

- 1) 短途运输中，长途汽车占了 31%，说明在短途运输市场，有将近三分之一的旅客还是愿意选择长途汽车的，因为其方便性，基本上做到随到随走、门到门

运输。所以未来高速列车在短途运输市场主要的竞争对手还是长途汽车。高速列车可以通过优化运输组织，开行节拍式列车，加大发车密度来争取长途汽车的那部分客流，在方便性上面和其竞争。

2) 随着旅途距离的增加，长途汽车所占的比例越来越少，而普通列车在中途旅行中占了将近一半的份额，在长途旅行中，飞机所占比例明显增加，所以高速列车不仅要面对中途旅行来自普通列车的竞争，还要面对长途旅行中飞机的竞争。由于高速列车面对的主要是高端客流，所以和飞机的竞争将是主要需要解决的问题。这就需要高速列车充分发挥自己的优势，提供更多更便捷的服务来吸引原本乘坐飞机的那部分客流。

3.4.2 不同距离旅客对高速列车的选择分析

不同出行距离的旅客对高速列车的选择项设定为：会、不会、不一定。按短、中、长途分别统计选择高速列车的人数，结果（如图 3-14）表明未来选择高速列车乘客的比例和出行距离没有太大关系，三种出行距离旅客对高速列车选择的比例基本相同，都占到一半以上；不选择高速列车的旅客人数很少，其主要原因是认为票价比较昂贵；还有很多旅客不能确定未来如何选择，他们认为应视具体情况而定，主要取决于出行目的、票价、费用来源等因素。

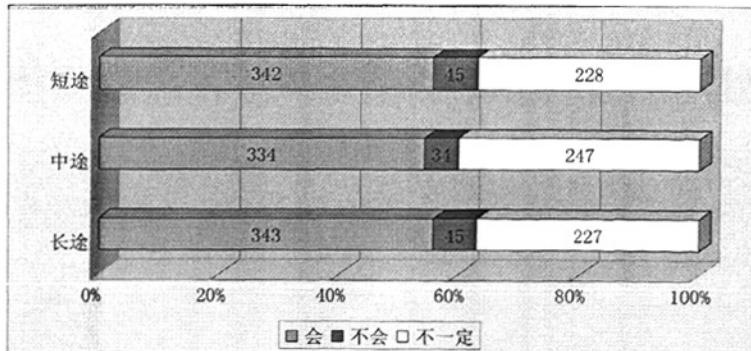


图 3-14 不同距离旅客对高速列车的选择

Fig.3-14 The choice about high-speed train among different distance passengers

上图中选择未来高速列车的旅客是从目前的各种交通方式转移过来的，其数量如图 3-15 所示。对于每种出行距离，用图 3-15 中标示的各运输方式的转移旅客数量除以总的选择高速列车的旅客数量就可以得到转移比例^[16]。例如，对于短距离出行的、愿意选择未来高速列车的旅客，有 32.16% 转移自目前的长途汽车，30.41% 来源于目前时速 200 公里的动车组，17.54% 来自目前选择普通列车出行的乘客。三个比例值分别用长途汽车、动车组和普通列车的转移旅客人数 110、104

和 60 人，除以选择高速列车的总人数 342 人即可得到。对于中途和长途旅客来说，相应的转移数量和比例也可以得到。

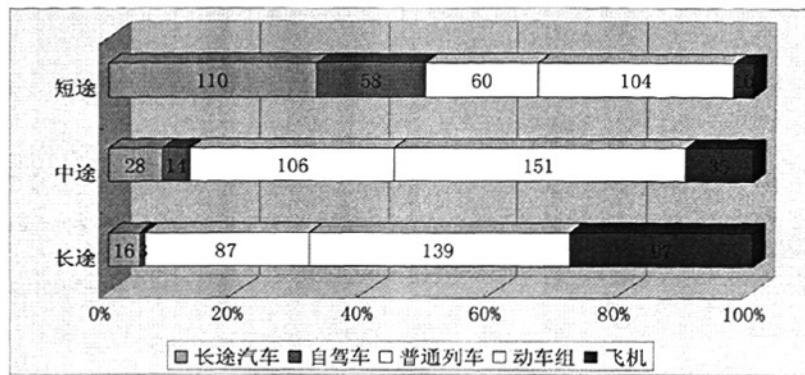


图 3-15 选择目前各种交通方式的旅客未来选择高速列车情况图

Fig.3-15 The high-speed train choice of the passengers who select the current travel mode

若仅对于各种交通方式而言，转移到高速列车的旅客比例如图 3-16 所示。从数量上看，随着出行距离的增长，旅客转移到高速列车的数量逐渐增多；从各种交通方式看，随着出行距离的增长，选择长途汽车和普通列车出行的旅客向高速列车的转移比例逐渐增大；结合图 3-15 可以看出，无论短、中、长途，目前选择普通列车和动车组出行的旅客是未来高速列车的主要潜在客流；对于中距离客流，高速列车表现出了与公路、航空运输的竞争优势；而对于短途和长途客流，高速列车对于公路与航空的竞争力分别有所减弱。

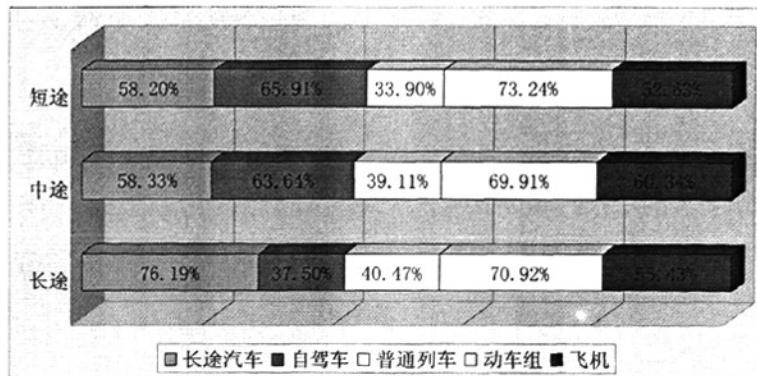


图 3-16 各种交通方式旅客向高速列车的转移比例图

Fig.3-16 Transfer proportion from current travel mode to high-speed train in the future

3.5 到发时刻选择分析

3.5.1 旅途时间选择分析

问卷中对于高速列车的旅行时间设定的选项为：3 小时、4 小时、5 小时、6 小时、7 小时、7 小时以上。调查结果如图 3-17，大部分旅客认为应在 6 小时以内，能够承受 7 小时及以上旅行的旅客仅占 17%。因此，高速列车的运行距离不应过长，否则旅客容易产生疲惫感，高速列车也没有竞争优势，很有可能导致资源的浪费，建议高速列车的运行距离能够保证在途时间不超过 6 小时。

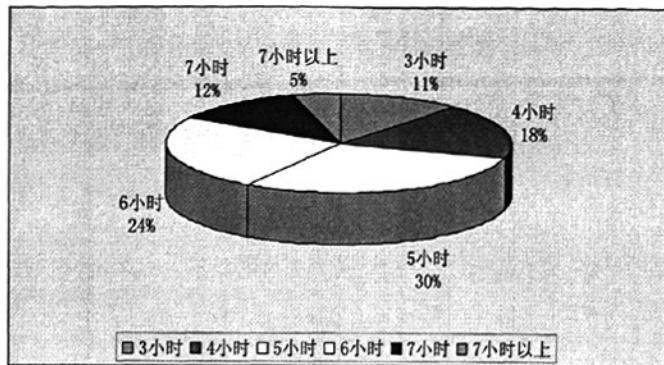


图 3-17 旅客承受的高速列车旅途时间

Fig.3-17 Travel time supported by passengers of high-speed train

3.5.2 到发时刻选择分析

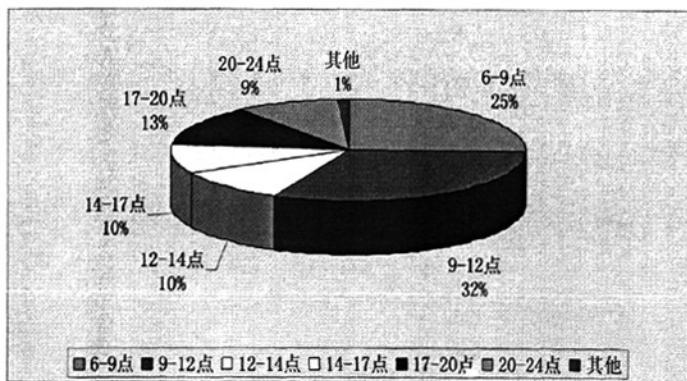


图 3-18 高速列车出发时刻

Fig.3-18 Departure time of high-speed train

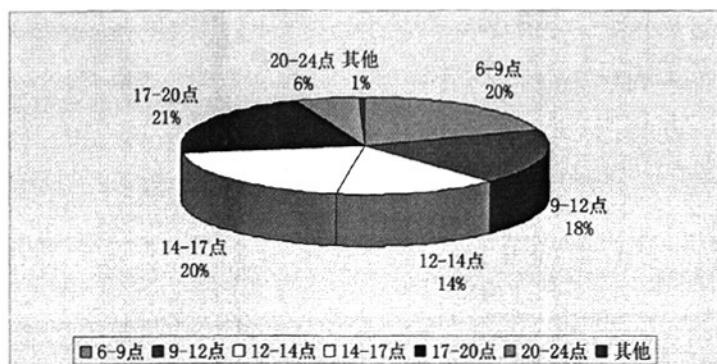


图 3-19 高速列车到达时刻

Fig.3-19 Arrival time of high-speed train

对于高速列车的出发和到达时刻选择项都为：6-9 点、9-12 点、12-14 点、14-17 点、17-20 点、20-24 点、其他。由图 3-18、图 3-19 可以看出，对于乘坐高速列车的最适宜出发时间，绝大多数旅客喜欢上午出行，选择在 6 点至 12 点之间出发的旅客占 57%；到达时间的选择结果较均衡，20% 的旅客希望早上到达，20% 的旅客偏向于中午到达，还有 21% 的旅客觉得 17 点到 20 点之间到达更加方便。总体来说高速列车开行的到达时间应该在上午或者下午 17-20 点，所以结合出发时间，高速列车的到发时刻应该符合朝九晚五的规律。可以看出，乘高速列车出行的客流有可能形成早晚高峰，尤其是短途客流，列车的发车频率有必要随旅客对出行时间的要求进行调整，加大早晚高峰列车的开行密度。

出发时刻与职业、年龄、出行目的的关系如图 3-20~3-22 所示。可以看出，无论是什么职业、年龄、出行目的的旅客都偏好选择上午 6-12 点的时刻出行，也有相当一部分的旅客选择 17-23 点出行。选择其他时间段出行的旅客很少，这与人们的生活习惯是相符合的。

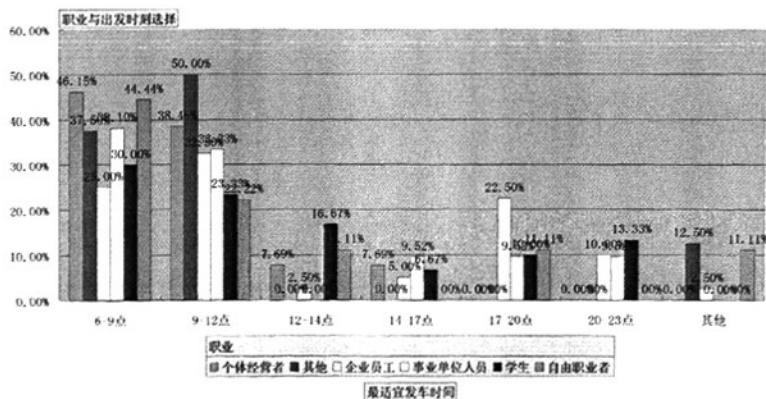


图 3-20 旅客职业与出发时刻选择关系

Fig.3-20 Relationship between occupation and departure time

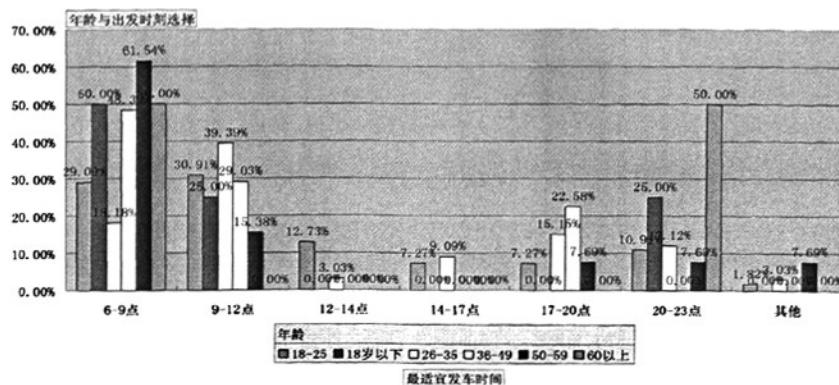


图 3-21 旅客年龄与出发时刻选择关系

Fig.3-21 Relationship between the age and departure time

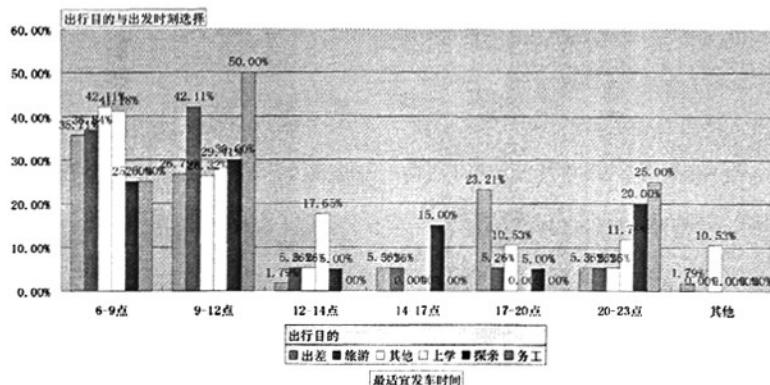


图 3-22 旅客出行目的与出发时刻选择关系

Fig.3-22 Relationship between the trip purpose and departure time

到达时刻与年龄、职业、出行目的的关系如图 3-23~3-25 所示。相对于出发时刻，旅客对到达时刻的选择相对均匀些，但是仍然可以看出无论是任何年龄、职业、出行目的的旅客仍然偏好选择上午 6-12 点和 17-20 点到达。

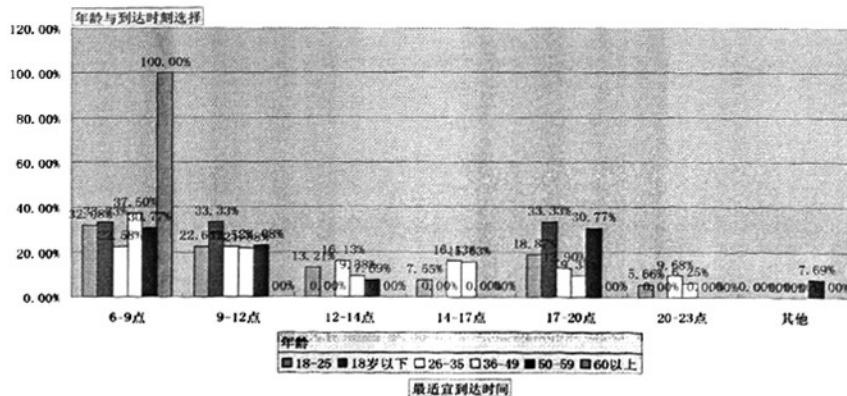


图 3-23 旅客年龄与到达时刻选择关系

Fig.3-23 Relationship between the age and arrival time

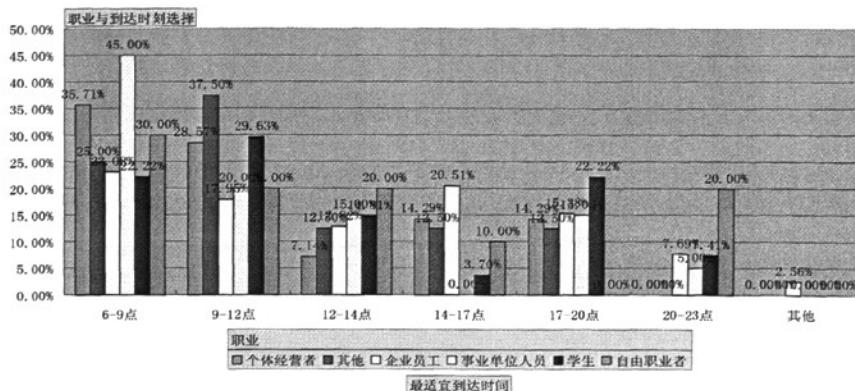


图 3-24 旅客职业与到达时刻选择关系

Fig.3-24 Relationship between occupation and arrival time

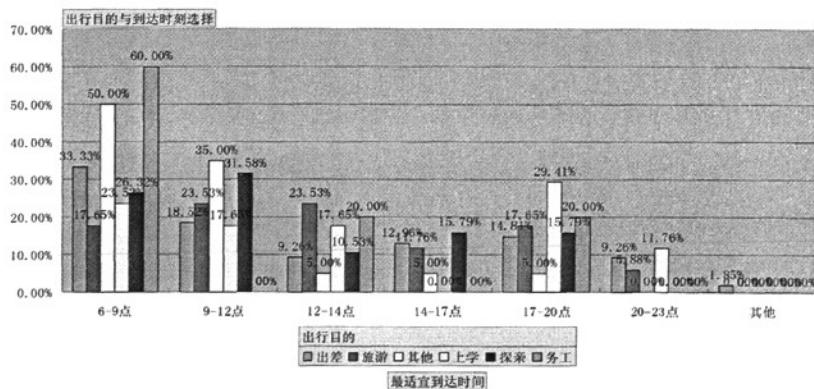


图 3-25 旅客出行目的与到达时刻选择关系

Fig.3-25 Relationship between the trip purpose and arrival time

3.6 直达和换乘选择分析

3.6.1 换乘意愿选择分析

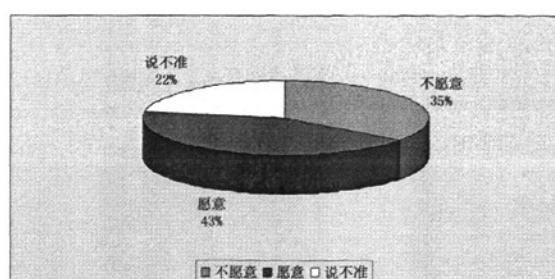


图 3-26 旅客换乘意愿选择

Fig.3-26 The choice of passenger's transfer will

对于换乘方式的选择，问卷的题目为：假设要进行中长途旅行，您可以乘坐直达列车或中途换乘一次的列车到达目的地，但直达车较少（例如每日开行 3~4 次直达列车），您选择的机会少，而换乘方式的列车很多（例如每 1 小时最少开行一列），您可以随时出发，且从出发地一次购全程票，保证换乘后有座位，那么您愿意选择换乘方式吗？（A）不愿意（B）愿意（C）说不准。从图 3-26 中可以看出，有 43% 的旅客愿意选择换乘，比例还比较大，可能是由于问卷中提供的条件比较优越；仍有 35% 的旅客无法改变旧的乘车观念，觉得换乘必然带来麻烦，不愿意换乘；还有 22% 的旅客选择说不准，认为是否选择换乘要视具体情况而定，尤其是当次出行对时间要求的高低，另外就是要看实际换乘的方便程度，未来高速列车应该提供更便捷的换乘服务，把这部分选择说不准的旅客争取过来，使更多的旅客愿意选择换乘。

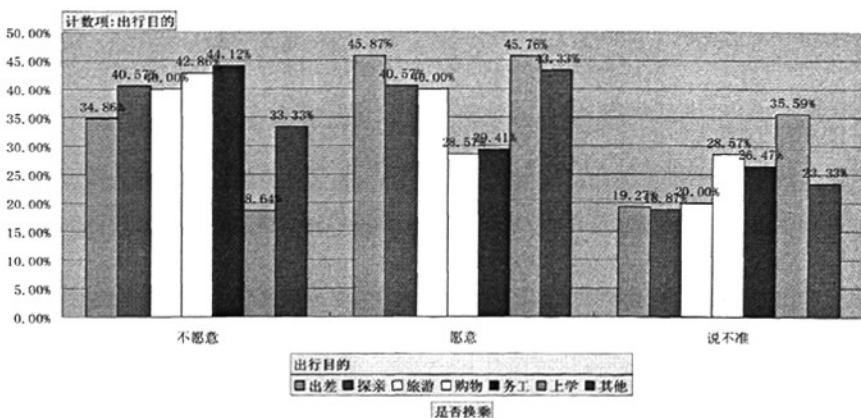


图 3-27 旅客换乘选择与出行目的关系

Fig.3-27 Relationship between the transfer choice and the trip purpose

旅客换乘选择与出行目的关系途中，出差、上学的旅客有将近一半愿意换乘，他们主要是考虑换乘方便性，可以节约时间。而探亲、旅游的旅客也都有超过 40% 的旅客选择换乘，这可能是因为票价的原因，他们对时间的要求不是很高，因此愿意选择票价比较便宜的换乘方式。

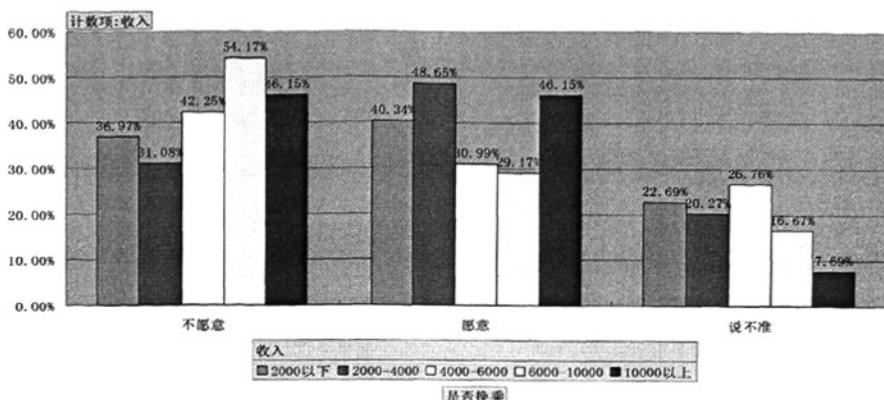


图 3-28 旅客换乘选择与收入关系图

Fig.3-28 Relationship between the transfer choice and the income

由旅客换乘选择与收入关系图中可以看出，收入在 2000 元以下和 2000-4000 元的旅客分别有 40.34% 和 48.65% 愿意选择换乘，他们可能是考虑到选择换乘的话票价比直达的车票便宜，而收入在 4000-6000 元和 6000-10000 元的旅客分别有 42.25% 和 54.17% 不愿意选择换乘，他们对票价不是很敏感，还是认为换乘比较麻烦。

3.6.2 发车频率选择分析

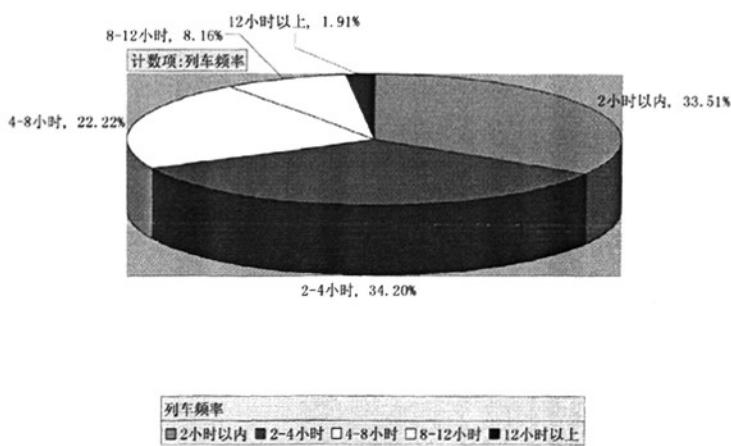


图 3-29 高速列车发车频率选择

Fig.3-29 The choice about departing frequency

如果旅客不愿意选择换乘，那么在直达列车的发车间隔中，选择项为：2 小时以内、2-4 小时、4-8 小时、8-12 小时、12 小时以上。结果显示 33.51% 的旅客容忍直达列车 2 小时内开行一趟，34.20% 容忍 2-4 小时，22.22% 容忍 4-8 小时，8.16%

容忍 8-12 小时，从中可以看出，约 10% 的旅客时间价值不高，可以容忍直达列车较长时间开行一列，而将近四成的旅客容忍 2-4 个小时，对时间的要求也不是很苛刻，33.51% 的旅客的时间价值较高，不能容忍长时间的等车，会选择换乘。这部分旅客的比重比较大，所以要充分考虑这部分旅客的出行需求，尽量开行满足要求的高速列车。

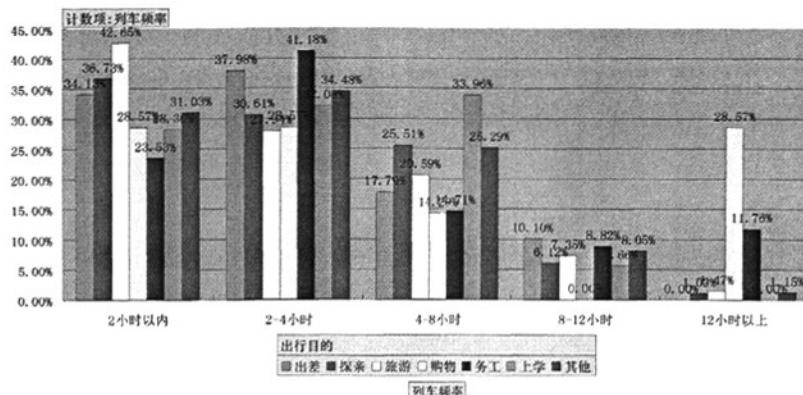


图 3-30 高速列车发车频率和旅客出行目的关系

Fig.3-30 Relationship between departing frequency and the trip purpose

大部分出行目的的旅客都在 4 小时以内达到最大值，上学以及购物的旅客则在 4-8 小时达到最大值，因为他们的需求比较低，对时间的要求不是很高，总的来看，高速列车的发车频率不能高于 8 个小时，才能保证吸引大多数的客流。

3.6.3 同站换乘时间选择分析

为了得到旅客对同站换乘时间的忍受程度，假如旅客要进行中长途 (>600km) 旅行，如果在中间站原地换乘（同站换乘），等待换乘列车所花费的时间范围选项为：15 分钟、30 分钟、45 分钟、1 小时、1.5 小时、2 小时、多长时间都不选择换乘。结果显示：17.67% 旅客只能接受 15 分钟内的换乘，35.67% 的旅客可以接受 30 分钟的换乘，11.83% 可以接受 45 分钟，21.17% 可以接受 1 个小时，可以看出，如果换乘时间在 30 分钟以内，八成多的旅客都可以接受，如果超过 30 分钟，则半数的旅客不能接受，所以换乘时间最好控制在 30 分钟以内，否则半数的旅客很可能不会选择换乘。

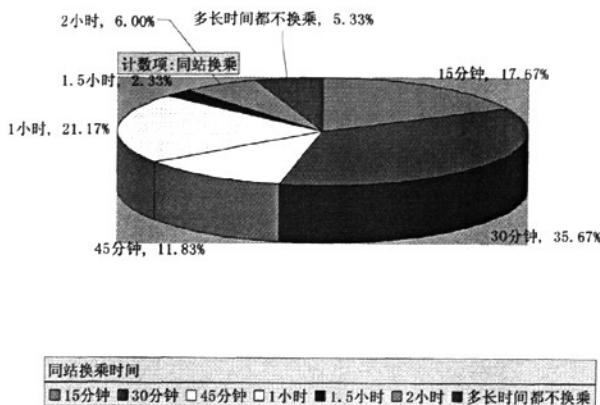


图 3-31 同站换乘旅客换乘时间选择

Fig.3-31 The choice about transfer time at the same station

3.6.4 异站换乘折扣选择分析

在欧洲国家，高速列车的票价种类是很多的，而且不同种类的车票还有不同程度的折扣。我国未来开行的时速 300km 的高速列车也可以借鉴其他国家的营销策略，对票价实施一定的折扣，以吸引更多的客流。假设旅客进行中长途旅行，若选择换乘则联票采取折扣，换乘联票与直达车票相比折扣选项为：5%、5%-10%、10%-15%、15%-20%、20%-30%、多少折扣都不选择换乘。

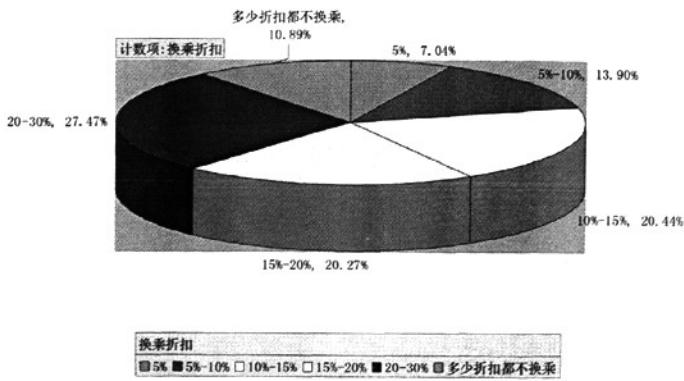


图 3-32 旅客选择换乘联票折扣图

Fig.3-32 The choice on discount ticket

如图 3-32 可以得 7.04% 的旅客在换乘票便宜 5% 的情况下就会选择换乘，13.90% 的旅客在 5%-10% 之间选择换乘，20.44% 在 10%-15% 之间，20.27% 在 15%-20% 之间，27.47% 只有在便宜 20%-30% 之间才选择换乘，还有 10.89% 的旅客无论多少

折扣都不会选择换乘，如果换乘票比直达票便宜 30%，则将近九成的旅客会选择换乘，如果便宜 20%，则有六成的旅客选择换乘，便宜 15%，将近四成的旅客选择换乘，便宜 10%，仍有约 20% 的旅客会选择换乘，为了使大部分旅客选择换乘，则换乘票至少要便宜 20%。

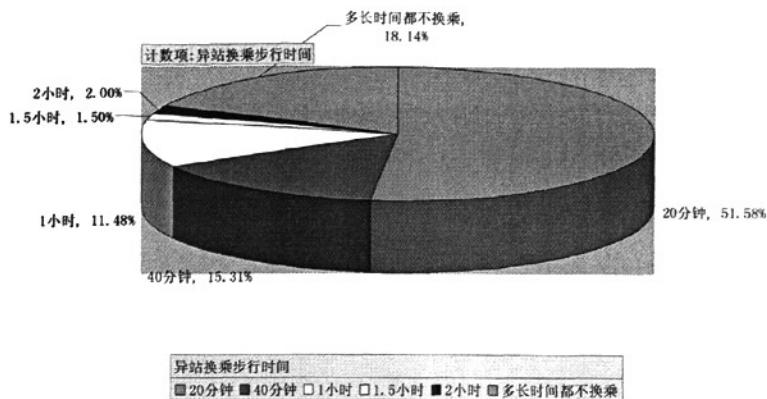


图 3-33 旅客选择异站换乘步行时间图

Fig.3-33 The walk time choice of passengers in different stations

若旅客进行中长途旅行时，换乘需要在不同车站进行（异站换乘），两个车站之间距离用步行时间衡量时，旅客能承受的最长时间范围选择项为：20 分钟、40 分钟、1 小时、1.5 小时、2 小时以上、多长时间都不选择换乘。异站换乘中，51.58% 的旅客在两站之间步行 20 分钟是可以接受的，15.31% 的旅客可以接受步行 40 分钟，11.48% 的旅客接受步行 1 小时，还有 18.14% 的旅客无论如何不会选择异站换乘，可见，超过半数的旅客只能接受 20 分钟的步行换乘，而超过 20 分钟，则会失去将近半数的换乘客流。所以异站换乘的话，两站之间的步行时间在 20 分钟内是比较合适的。

3.7 高速列车与既有线夕发朝至列车的比较

3.7.1 夕发朝至列车与日间列车选择分析

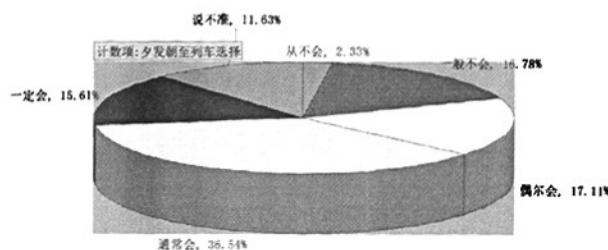


图 3-34 旅客对夕发朝至列车的选择

Fig.3-34 The choice about sunset-departure and sunrise-arrival train

在中长途旅行时,如果出发地与目的地之间同时开行日间列车(运行 6-9 小时)和夕发朝至的夜间列车(运行 8-12 小时),旅客对夕发朝至列车的选择项为:从不会、一般不会、偶尔会、通常会、一定会、说不准。结果显示有超过一半的旅客会选择夕发朝至列车(36.54%+15.61%),只有 19.11%(2.33%+16.78%) 的旅客不会选择夕发朝至列车。由此可见,夕发朝至列车的市场还是很有潜力的,这除了与夕发朝至列车本身具有“列车旅馆”的作用有关,还与人们的出行习惯有关。

图 3-35 所示的是夕发朝至列车的选择和收入的关系,收入在 2000-10000 元之间的旅客有 4 成左右通常都会选择夕发朝至列车,而收入在 10000 元以上的旅客有 30% 的可能偶尔会选择夕发朝至列车,这是因为这部分旅客在中长途交通方式中大多选择飞机,时间价值比较高。

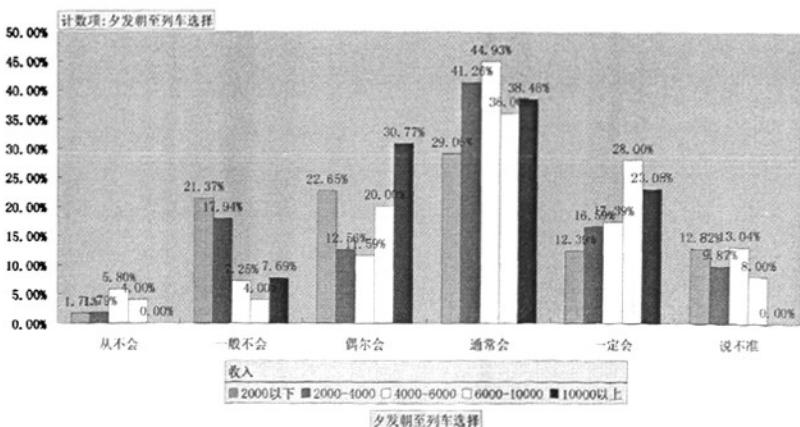


图 3-35 旅客收入与夕发朝至列车选择关系

Fig.3-35 Relationship between the income and the choice about sunset-departure and sunrise-arrival train

3.7.2 夕发朝至列车和高速列车选择分析

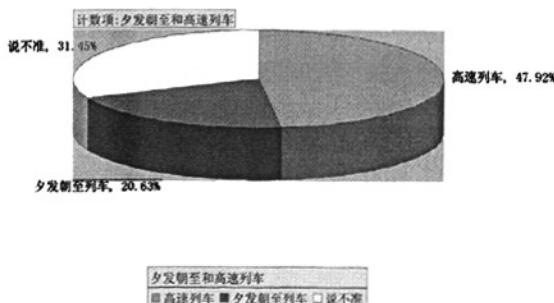


图 3-36 旅客对夕发朝至列车和高速列车的选择

Fig.3-36 The choice between the sunset-departure and sunrise-arrival and high-speed train

如果有高速列车，47.92%的旅客会选择高速列车，20.63%的旅客仍会选择夕发朝至列车，31.45%的旅客选择说不准。在原本通常会选择夕发朝至列车的旅客中有 45.91%会选择高速列车，在原本一定会选择夕发朝至列车的旅客中有 41.49%会选择高速列车，可以看出，高速列车还是很有竞争力的，旅行时间的大大缩短吸引了很多喜欢乘坐夜间卧铺列车出行的旅客。

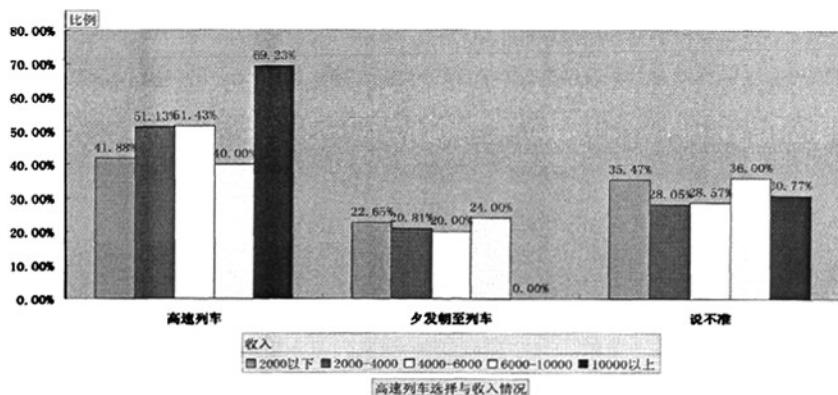


图 3-37 旅客收入与高速列车选择关系

Fig.3-37 Relationship between the income and the choice of high-speed train

在高速列车选择与收入的关系图中可以看出，收入 10000 元以上的旅客 69.23%会选择高速列车，30.77%说不准，没有人选择夕发朝至列车；收入在 4000-6000 元的旅客也有超过一半会选择高速列车，可见，高速列车的主要客流是高收入人群。

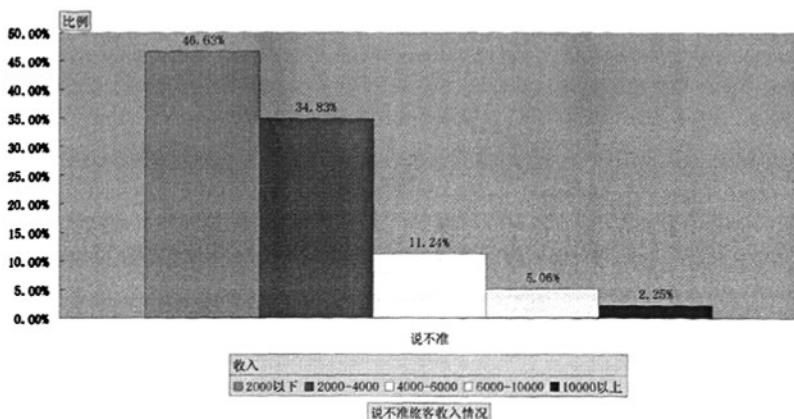


图 3-38 选择“说不准”的旅客收入情况

Fig.3-38 The income of the passengers who select “uncertainty”

在选择说不准的这部分旅客中，分析其收入情况可以发现，接近一半的旅客收入再 2000 元以下，影响他们选择高速列车的主要因素就是票价，如果票价在他们承受的范围之内，他们就会转向高速列车，否则就会转向夕发朝至列车或其他列车。

3.8 小结

本章主要对旅客的基本信息、未来高速列车的票价、旅客中长途旅行的交通方式选择、旅客出行的到发时刻选择、旅客对直达和换乘的选择及高速列车与既有线夕发朝至列车的选择进行了详细的分析，为下一章的模型建立提供了数据支持。

调查的主要结论如下：

1. 该次抽样调查的旅客样本具有如下特征：样本旅客以 18-49 岁为主；职业主要为企业员工、学生和事业单位员工；样本旅客的收入大多在 4000 元以下；出行目的主要是出差，探亲与旅游；而出行费用中公费自费的比例大致为 1: 2。
2. 在对高速列车车票价格分析中，一半以上的乘客可以接受高速列车比动车组稍高的票价，即 1.2 倍，所以未来高速列车票价定为现在动车组票价的 1.2 倍是比较合适的。
3. 一般认为，高速列车的优势运距是中途运输，在短途运输和长途运输中，分别面临长途汽车和飞机的竞争。但本次调查发现，未来选择高速列车乘客的比例和出行距离没有太大关系，三种出行距离旅客对高速列车选择的比例基本相同，都占到一半以上。

4. 高速列车的运行距离能够保证在途时间不超过 6 小时是比较有优势的，超过 6 小时旅客容易产生疲劳感，会流失部分客流。高速列车的到发时刻应该符合朝九晚五的规律。

5. 旅客对换乘的选择还是比较积极的，建议直达列车的发车频率在 4 小时以内，最多不超过 8 小时；同站换乘时间最好控制在 30 分钟以内，而换乘联票的折扣为 8 折，异站换乘时，两站之间的距离步行不超过 20 分钟。

6. 旅客对现在开行的夕发朝至列车有很大的喜好，如果未来开行高速列车，旅行时间大大缩短，将会吸引很多喜欢乘坐夜间卧铺列车出行的旅客。

4 基于 SP 调查的旅客乘车选择模型

4.1 铁路旅客乘车选择行为的影响因素

铁路旅客的出行乘车选择行为决定了铁路客流在列车网络上的分布。对于铁路运输来说，研究旅客的交通出行和乘车选择行为，是研究铁路客流分配的基础，也是确定开行方案的前提和旅客运输组织的基础。道路交通中，旅客的出行乘车选择包括交通方案选择和交通方案接续选择。旅客根据自己的出行目的、出行距离、收入及消费水平、所在地区的交通条件、各交通方式的技术经济特性等因素选择恰当的交通方式或几种交通方式的组合出行，再根据交通方式的开行方案和运行组织信息(包括开行时刻、经停站、票价等)选择出行方案的具体接续和路线。铁路旅客具有所有运输方式旅客出行的共有特点，又有自身的特点。影响铁路旅客选择出行乘车方案的因素，归纳起来有如下几类^[21]：

(1) 主观因素—铁路旅客主体特性

主观因素指与旅客本身特性直接相关的因素，包括旅客的性别、年龄、职业，以及出行目的、出行距离、经济承受能力、消费观念等。这些主观因素决定了旅客的出行特性，对旅客的乘车选择行为产生影响。

同一地区客流，由于个体之间存在差异，因此，不同旅客的出行行为及乘车选择行为均有所不同。又由于铁路旅客运输跨越的空间十分广阔，这就导致铁路旅客出行乘车选择行为呈现明显的地域特征，不同地区旅客的乘车选择行为具有明显的差异。

(2) 客观因素—旅客列车技术特性

影响铁路旅客乘车选择行为的客观因素主要指与旅客不直接相关，且旅客无法决定的出行外部因素，主要包括开行列车的技术经济特性因素和旅客所在地区的交通条件因素。交通方式本身的技术经济特性主要指衡量铁路客运产品服务质量的安全、舒适、方便、快速、准时、经济等六个因素。因为不同类型列车具有铁路运输的共有特点，安全性高且各列车间差别不大，因此安全因素不作考虑。方便、准时、快速三要素互相关联，均和时间有关，主要包括出行所要耗费时间的长短、列车的始发终到时刻是否方便、候车时段及是否晚点等因素；经济即出行费用因素，铁路旅客的出行中费用主要表现为票价及随乘车时间长短、路程远近不同而变化的其它费用；另一个必须考虑的因素即为舒适度，包括候车环境、乘车环境是否拥挤等。旅客所在地区的经济发展情况和交通条件、地区地理、气候条件等方面差异也是影响旅客出行乘车选择的客观因素。

对铁路旅客乘车行为进行研究，根据所采用的方法不同，主要考虑的影响因素也不尽相同。

(3)随机因素

随机因素是指旅客因知识和认识上的差异而造成的对开行方案的理解偏差及交通流的异常变化等。另外，突发事件如地震、洪水冲跨线路、桥梁以及天气反常等都会影响铁路旅客的乘车行为。

综合以上分析，旅客乘车选择行为的主要影响因素包括旅客出行的主观因素(旅客主体特性)、客观因素(旅客列车技术特性)以及由旅客认知差异形成的随机因素。

上述因素对旅客乘车行为的影响的量化方法，同时，对铁路旅客乘车选择行为随着我国经济和交通运输行业的发展而不断变化的研究，是制定列车开行方案的前提，也是铁路旅客运输组织研究亟待解决的问题。

4.2 非集计理论分析

4.2.1 概述

在传统的四阶段法中，是以交通小区为单位将出行者的交通行动进行集计统计分析，按照出行的发生与吸引、出行的分布、交通方式划分和交通流分配的四阶段，进行模型化预测的。可以说是首先预测总出行数，然后将其按照交通小区之间、交通方式之间、径路之间利用某种经验规则计算。因为将数据按照交通小区统计之后建立预测模型而称之为集计分析^[13]。例如，利用交通小区的人口数和人口密度的函数表示交通小区的出行发生量，用小区质心间的距离（时间）表示小区之间的距离（时间）。而这些距离（时间）在很大程度上意味的是两小区之间的平均距离（时间）。此类的例子还有小区的平均出行次数、小区内出行者的平均年龄、小区之间利用某种交通方式的平均所需时间等等。

从 1970 年代开始，McFadden 等研究者开拓性地研究了非集计(Disaggregate)调查和非集计模型，之后美国 MIT 的研究人员如 Manheim 和 Ben-Akiva 等使非集计模型研究更向实际应用发展。

与集计调查注重于出行者的行动结果比较，非集计调查注重于出行者的出行意识，即出行者所希望的选择。

与集计调查和非集计调查对应，对调查数据的分析也分为集计分析与非集计分析。两者根本的区别在于前者是基于小区、连续的统计分析，而后者是基于个人、离散的统计分析。可以看出，后者是在更符合人们出行的实际的交通分析，

随着分析技术和计算机技术的发展，已经逐渐使用到实际规模的交通规划之中。

通过集计调查处理得到的数据称为集计数据，而用集计数据所建立的模型称为集计模型。与之相对应，不将样本进行上述的集计或者扩大等处理的数据称为非集计数据，而以每一个样本为单位，直接利用非集计数据建立的模型即称为非集计模型。集计、非集计两类模型的比较如表 4-1 所示：

表 4-1 集计模型和非集计模型的比较

Tab.4-1 Compare between aggregate model and disaggregate model

比较项目	集计模型	非集计模型
调查单位	每个出行	每个出行
分析单位	小区	个人（家庭）
被说明变量	小区集计数据（连续量）	个人选择（离散量）
说明变量	分小区数据	个人数据
预测方法	回归分析等	极大似然估计
适用水平	小区	任意
政策表现	小区代表值的变化	个人的说明变量值的变化
交通现象的描述	发生、吸引 分布交通流 交通方式划分 交通分配	出行频率 目的地选择 交通方式选择 路径选择

4.2.2 效用理论

非集计模型是以消费者在选择时追求“效用(utility)”最大化这一假设作为理论基础的。在经济学中，对于效用一词的定义没有统一的标准，简单地说，效用是指商品或劳务满足人的欲望或需要的能力。一种商品或劳务是否具有效用，具有多大效用，取决于它能否满足和在多大程度上满足人的欲望和需要。非集计模型在对交通问题进行分析时，借用了经济学中关于效用的概念，将出行者的选择行为视为和消费者具有相类似的原理，从而将效用理论应用于交通问题中。

效用理论虽然产生于经济决策研究，但其同样可以服务于交通出行行为分析领域。非集计模型正是这一理论在交通领域使用的成果。

非集计模型是基于如下 2 个假设建立的：

- (1)出行者是交通行为意志决定的最基本单位。即何时出行、使用何种方式出行、选择哪条出行路线等问题的最小决策单位是出行者自身。
- (2)根据效用理论，出行者在特定的选择条件下，选择其所认知到的选择方案

中效用最大的方案。同时应当注意到，选择某方案的效用会因该方案本身所具有的特性(如该交通方式所需时间、花费费用等)、出行者的特性(出行目的、职业、收入等)等因素而不同。

根据上述理论，如果假设某出行者 n 的选择方案的集合为 A_n ，选择其中的方案 j 的效用为 U_{jn} ，则该出行者 n 从 A_n 中选择方案 i 的条件为：

$$U_{in} > U_{jn}, i \neq j, i, j \in A_n \quad (4-1)$$

目前，为大部分研究者所接受的决策理论是由 Manski 于 1977 年首先提出的随机效用理论(random utility theory)，即在出行个体和选择肢群既定的情况下，以效用来描述各选择肢的吸引程度。基于如下的原因，我们有理由认为用随机效用理论描述交通行为是合理的，并且由此得到的模型也是合理的。

(1)由于获取信息的非完整性，在很多时候出行者并未获得可选择方案的详细信息。有时即使向出行者提供了正确的信息，在不同的时刻，出行者对这些信息的认知也未必相同。因此，对于这些信息所采取的行为方式也不尽相同。

(2)出行者的行为未必总是服从于合理性的选择原则。

(3)选择方案的特性以及其他影响因素中有些部分难以测定，有些因素相互关系结构过于复杂或测定的数据存在误差，因此难以将这些因素列入函数。故由于随机函数项的存在，则可以使对效用函数的描述大大简化。

随机效用理论同时认为效用是一个随机变量。随机效用理论通常将效用函数 U 分为非随机变化的部分（固定项）和随机变化部分（概率项）两大部分，并假设他们两者之间呈线性关系。

因此，如果假设出行者 n 选择方案 i 的效用为 U_{in} ，则 U_{in} 可以用下式表示：

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (4-2)$$

V_{in} ：出行者 n 选择方案 i 的效用函数中的固定项；

ε_{in} ：出行者 n 选择方案 i 的效用函数中的概率项；

这时，根据效用最大化理论，出行者 n 选择方案 i 的概率 P_{in} 可以写为：

$$P_{in} = prob(U_{in} > U_{jn}; i \neq j, i, j \in A_n) = prob(V_{in} + \varepsilon_{in} > V_{jn} + \varepsilon_{jn}; i \neq j, i, j \in A_n) \quad (4-3)$$

其中 $0 \leq P_{in} \leq 1, \sum_{i \in A_n} P_{in} = 1$

4.2.3 常见模型

1. Probit 模型

将式 (4-2) 代入式 (4-3)，可得式 (4-4)

$$\begin{aligned} P(i/A) &= P_r(U_{in} \geq U_{jn}, \forall j \cup A_n) = P_r(V_{in} + \varepsilon_{in} \geq V_{jn} + \varepsilon_{jn}, \forall j \cup A_n) \\ &= P_r(\varepsilon_{in} \leq \varepsilon_{jn} + (V_{in} - V_{jn}), \forall j \cup A_n) \end{aligned} \quad (4-4)$$

假设 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots, \varepsilon_n$ 满足某种联合分布 $f(\varepsilon) = f(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots, \varepsilon_n)$ 则：

$$P_{in} = \int_{\mathbb{R}^n} f(\varepsilon) d\varepsilon \quad (4-5)$$

这便是随机效用利用所确定的在选择肢群中某一选择肢被选中的概率，可以看出随机效用函数理论并不指明哪一肢会被选中，而只是说明每一肢被选中的可能性有多大。根据 $f(\varepsilon)$ 的形式不同，便可得到不同的模型系统。

假如假设每一个随机项 ε_i 服从多元正态分布，则该类模型被称为 probit 模型：

$$P_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Y_i} \exp(-t^2/2) dt \quad (4-6)$$

其中： Y_i ：两种方式特性的线性函数值的差

Probit 模型的优点是选择方式之间无须相互独立。该模型对于两种方式之间的选择是适用的，而应用于多方式的选择则相对较难。

2. Logit 模型

假设概率项 ε 相互独立且服从统一的二重指数分布（Gumbel distribution），利用其性质可以推导出旅客选择行为的多项 Logit 模型一般形式为

$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in A_n} e^{V_{jn}}} \quad (4-7)$$

效用函数 V_{in} 中可以包含有多个同种性质的变量，也可以包含多种不同性质的变量。其中较为重要的变量是那些能够描述选择方案 i 特性的变量和表示出行者 n 特性的变量，这些变量通常被统称为“特性变量”。前者通常包括利用交通方式 i 所需的时间、费用等；而后者则包括出行者家庭的成员构成、职业、收入等。

Logit 模型与 Probit 模型相比，过大估计选择概率大的选择方案，过小地推算选择概率小的选择方案。其原因在于模型中关于随机项的假设，即 Logit 模型假设各选择方案的随机误差相互独立，而 Probit 模型则假设随机误差具有相关关系。当选择方案重合部分较多时，应当使用 Probit 模型或者 Nest Logit 模型。许多实践结果表明，当假设效用相互独立时，两模型的结果并未有很大不同。由于 Logit 模型适用性强，且模型结构简单，应用也比较成熟，因此本文采用 Logit 模型描述并分析旅客的乘车选择行为。

4.3 旅客对高速列车的选择模型

4.3.1 模型构建

本模型是预测客运专线建成后，旅客是否愿意选择高速列车，因变量只有两个值 1（选择高速列车）和 0（不选择高速列车），因此可用二项 Logit 模型描述。

即选择方案的集合中仅有 2 个选择方案，并从这 2 个选择方案中选择其一的 logit 模型。设旅客选择高速列车的效用 V_n 与特性向量 X_n 呈线性关系，即

$$V_n = \alpha + \beta' X_n = \alpha + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{nk} \quad (4-8)$$

其中， X_{nk} 为影响旅客 n 选择结果的第 k 个特性变量； K 为特性变量的个数； α 为常数项，表示式中未能表示的各种因素影响的总和； β_k 为第 k 个特性变量所对应的未知参数。

如旅客不选择高速列车，设其方案属性变量为 0，旅客自身属性变量已由 X_{nk} 表示，因此，旅客 n 选择高速列车的概率可表示为

$$P_n(1) = \frac{1}{1 + e^{-V_n}} = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{nk})}} \quad (4-9)$$

旅客 n 不选择高速列车的概率为

$$P_n(0) = 1 - P_n(1) \quad (4-10)$$

对旅客选择行为产生影响的变量，除了高速列车的属性如高速列车的票价、旅途时间、出发和到达时段等之外，旅客自身属性也会对其选择行为产生影响，如年龄、收入、出行费用来源、出行距离等等也应纳入模型。据此，根据调查问卷的内容本文选择的能够对旅客选择概率产生影响的因素及其变量表示如表 4-2 所示。

表 4-2 旅客对高速列车选择行为的影响因素及变量表示

Tab.4-2 The influence factors and variables

影响因素		变量表示
旅客自身属性	性别	X_{n0}
	年龄	X_{n1}
	职业	X_{n2}
	月收入	X_{n3}
	出行目的	X_{n4}
	出行费用来源	X_{n5}
	旅行距离	X_{n6}
高速列车属性	票价	X_{n7}
	旅途时间	X_{n8}
	出发时间段	X_{n9}
	到达时间段	X_{n10}

4.3.2 模型求解

当基本选择变量确定后，需要对变量进行参数估计，以确定其对选择概率的影响程度，如果影响程度较小，则可去除该变量，保留影响程度较大的变量构建模型。

这里采用统计分析软件 SPSS (Statistical Product and Service Solutions) 对模型参数进行估计^[40]。具体步骤如下：

1. 建立数据文件

通过图 4-1 所示的图形界面，建立数据文件：高速列车选择.sav (如图 4-1)

Y	Xn0	Xn1	Xn2	Xn3	Xn4	Xn5	Xn6	Xn7	Xn8	Xn9	Xn10
1是	1	2	5	1	2	1	1	1.2	5	1	2
2是	1	2	5	1	2	1	1	1.2	5	1	2
3是	1	2	5	1	2	1	1	1.2	5	1	2
4是	2	2	7	1	3	1	1	4.0	3	2	3
5是	2	2	4	3	3	1	1	1.0	4	2	1
6是	1	3	2	1	1	2	1	1.0	3	1	3
7是	1	2	8	2	2	1	1	1.2	2	3	4
8是	1	2	7	1	7	1	1	4.0	4	1	4
9是	1	2	10	1	2	1	1	1.0	3	2	2
10是	1	4	4	4	1	1	1	1.5	4	2	1
11是	2	5	9	1	2	1	1	1.0	1	2	3
12是	1	3	3	1	1	2	1	1.0	3	2	1
13是	1	4	2	2	1	1	1	1.2	5	2	3
14是	2	2	10	1	2	1	1	1.0	5	2	5
15是	1	3	3	2	1	2	1	1.5	4	1	2
16是	1	5	8	4	1	2	1	1.2	4	2	1
17是	1	3	8	2	1	1	1	1.2	5	1	3
18是	1	4	3	2	1	2	1	1.5	4	1	1
19是	1	3	2	3	1	2	1	1.5	2	1	2
20是	2	2	7	1	6	1	1	1.2	3	2	4
21是	1	4	2	1	1	1	1	4.0	3	2	4
22是	1	2	1	2	1	1	1	1.2	5	1	3
23是	1	2	8	1	5	1	1	1.5	3	2	1
24否	1	2	3	1	1	2	1	1.0	1	1	3
25否	2	3	3	2	2	1	1	1.5	3	2	5

图 4-1 数据文件：高速列车选择.sav (部分)

Fig.4-1 Data file: the choice of high-speed train.sav(portion)

2. 回归分析

在 SPSS 中通过菜单选择[分析]-[回归分析]-[二项 logit 分析]，得到如图 4-2 所示对话框。

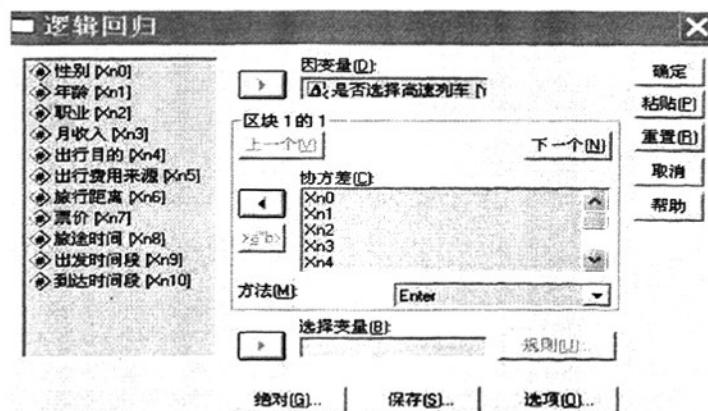


图 4-2 回归分析对话框

Fig.4-2 Logistic regression

Logistic 回归分析引入分析的因变量是 Y，一个以上的协变量，本例是 $X_{n0} \sim X_{n10}$ ，在上图的方法中，提供了 7 种建立 logistic 回归模型的方法，本例选择 Enter 强迫引入法。

3.计算分析

点击[确定]，得到结果文件：高速列车选择.spo

变量选择根据每增加一个变量后的卡方统计量的显著水平值 Sig 确定，若 $Sig > 0.05$ ，说明该变量对选择结果没有影响，可以去掉；反之，若 $Sig < 0.05$ 说明变量对方程有意义，应予以保留。模型的参数标定结果如表 4-3 所示。其中 B 为各变量系数，S.E. 为标准误差，Wald 为统计量，df 为自由度，Sig 为统计量 Wald 的显著水平值。Exp 为当自变量发生一个单位的增长时，其预测值几率的变化。

表4-3 模型参数标定结果

Tab.4-3 Parameter estimates

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
X_{n0}	.280	.201	1.937	1	.164	1.323
X_{n1}	.121	.083	2.124	1	.145	1.129
X_{n2}	-.002	.042	.003	1	.955	.998
X_{n3}	.304	.121	6.329	1	.012	1.738
X_{n4}	.039	.048	.640	1	.424	1.039
X_{n5}	.325	.112	20.124	1	.000	1.785
X_{n6}	.031	.118	.072	1	.789	1.032
X_{n7}	-.404	.093	18.844	1	.000	.498
X_{n8}	-.144	.073	3.955	1	.047	.866
X_{n9}	-.212	.023	24.232	1	.000	.602
X_{n10}	-.065	.031	4.543	1	.016	.864
Constant	-2.212	.758	8.509	1	.004	.109

由模型的参数标定结果可以得到保留的变量为 $X_{n3}, X_{n5}, X_{n7}, X_{n8}, X_{n9}, X_{n10}$ ，
 $V_n = -2.212 + 0.304X_{n3} + 0.325X_{n5} - 0.404X_{n7} - 0.144X_{n8} - 0.212X_{n9} - 0.065X_{n10}$ ，因此旅客 n 选择高速列车的概率模型为：

$$P_n(1) = \frac{1}{1 + e^{2.212 - 0.304X_{n3} - 0.325X_{n5} + 0.404X_{n7} + 0.144X_{n8} + 0.212X_{n9} + 0.065X_{n10}}} \quad (4-11)$$

将模型应用于调查数据，计算以该模型预测的选择结果，并以此评估模型的准确率（如表 4-4 所示）。计算结果中，如果旅客对高速列车的选择概率大于 0.5，则定义为旅客选择高速列车，如果预测结果与旅客的实际选择结果一致，则定义为准确预测数据，准确预测数据个数与总的观测值的个数之比定义为准确率。

表 4-4 模型预测结果与调查结果的比较

Tab.4-4 Compare between predicted value and observed value

Observed 观测值	Predicted 预测值			准确率%	
	是否选择高速列车		是		
	否				
是否选择高速列车	是	348	45	88.55	
	否	30	192	86.49	
总准确率%				87.80	

由模型准确率可以判定，该模型准确率较高，能够较好地描述旅客对高速列车的选择偏好，构建模型所选择的因素会影响旅客对高速列车的选择结果。

4.3.3 模型分析

由模型可以看出，旅客收入、出行费用来源、高速列车票价、旅途时间、列车到发时间等因素对旅客选择高速列车与否具有较大影响。

1. 变量系数分析

变量系数的符号表明，收入越高的旅客越倾向于选择高速列车；公费出行的旅客比自费出行的旅客选择高速列车的概率更大；高速列车的票价越高，旅客选择高速列车的概率越小；旅途时间越长，出发和到达的时刻越晚，旅客越不愿意选择高速列车。

由变量系数的大小可以看出，票价在所有影响因素中所占的比例最大，说明旅客最关心高速列车的票价，其系数为负值表示随着票价的升高旅客选择高速列车的概率逐渐变小。按照变量系数绝对值的大小，可以看出旅客对变量的关心程度由大到小依次为票价、出行费用来源、收入、出发时刻、旅途时间、到达时刻。

2. 灵敏度分析

灵敏度分析用于定性或定量地评价模型参数误差对模型结果产生的影响，是模型参数化过程和模型校正过程中的有用工具。即改变模型中一个变量的特性值，保持其余特性不变，可预测旅客选择结果随该变量的变化情况。

若改变模型中高速列车票价的特性值，保持其余特性不变，可预测旅客选择结果随高速列车票价调整的变化，如图 4-3 所示。若未来高速列车的票价相当于目前动车组票价，则 85% 的旅客愿意接受，若提高到目前动车组的 1.2 倍，则只有 54% 的旅客愿意选择高速列车，若提高到目前动车组票价的 1.5 倍，则只有 18% 的

旅客愿意选择高速列车，若将票价从 1.5 倍再降低为目前动车组的 1.4 倍，愿意接受的旅客数量将提高 10%，但仍然有 15% 的旅客认为目前动车的票价已经很贵了，这也是部分旅客不选择高速列车的主要因素。把根据模型预测出的结果和第 3 章中数据分析的结果比较可以发现，两者相差不大，这就更加说明了模型的精确度较高。

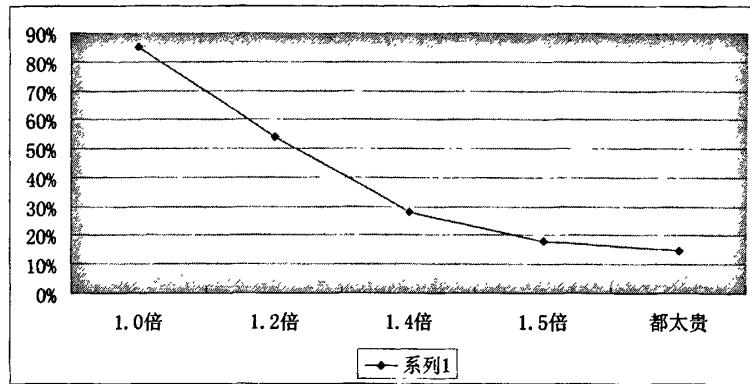


图 4-3 票价敏感度分析

Fig.4-3 Sensitivity analysis of the fare

根据模型同样可以预测旅客选择结果随其他变量的变化。若保持其余特性不变，改变模型中旅客收入的特性值，可预测旅客选择结果随着收入变化的变化。若将旅客的收入从 2000 元提高到 4000 元，愿意选择高速列车的旅客将增加 9%，若收入从 4000 元提高到 5000 元，愿意选择高速列车的旅客将增加 6%，若旅客收入提高到一万元，愿意选择高速列车的旅客将增加 18%。

若改变高速列车的旅途时间，可预测旅客选择结果的变化（如图 4-4 所示）。若旅途时间为 4 小时，则 88% 的旅客愿意选择高速列车，若旅途时间提高到 5 小时，则会流失 19% 的客流，若将旅途时间由 5 小时提高到 6 小时，则选择高速列车的旅客将会减少 30%，若旅途时间再增加 2 个小时即增加到 8 小时，则愿意选择高速列车的旅客只有 7%。

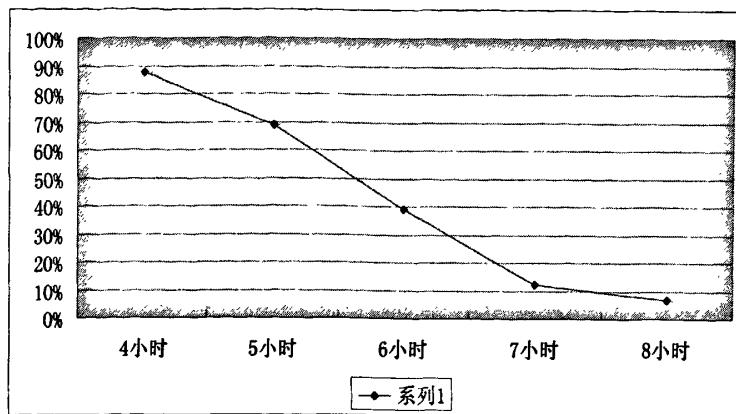


图 4-4 旅途时间灵敏度分析

Fig.4-4 Sensitivity analysis of travel time

铁路部门在组织运输中，要想提高高速列车的上座率，就要充分考虑以上的影响因素，制定合理的票价、确定合理的到发时刻及旅途时间等措施都对提高上座率有重要的促进作用。

4.4 旅客对换乘模式和直达列车的选择模型

目前对于高速铁路换乘和直达列车的研究主要是从运输组织者的角度出发，提出适合的运输组织模式^[41-43]，文献[44]引入了效能函数，得出旅客的时间价值在一定的范围才会选择换乘方式。本文主要从旅客的角度出发，结合各种影响因素，探讨高速列车开行后旅客对换乘和直达列车的选择，试图得出旅客的选择概率。

4.4.1 模型构建

对于中、长距离旅客输送有开行直达列车和高频率换乘两种模式，因此有必要考察旅客对二者的选择情况。此问题也可用二项 Logit 模型描述。假设旅客选择换乘方式为方案 1，选择直达列车为方案 2，则旅客对二者的选择概率可表示为

$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{e^{V_{in}} + e^{V_{2n}}} = \frac{1}{1 + e^{-(V_{in} - V_{2n})}} \quad (4-12)$$

$$P_{2n} = 1 - P_{in} \quad (4-13)$$

其中， P_{in} 为旅客 n 选择方案 $i(=1,2)$ 的概率； V_{in} 为旅客 n 选择方案 $i(=1,2)$ 的效用的固定项，假设其与特性向量 X_{in} 呈线性关系，则效用函数可表示为

$$V_{in} = \alpha + \beta' X_{in} = \alpha + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{ink} \quad (4-14)$$

其中， α 为常数项； β_k 为第 k 个变量所对应的未知参数； X_{ink} 为旅客 n 的第

$i=1,2$ 个选择方案中所包含的第 k 个特性变量; K 为特性变量的个数。

本文选择的能够对旅客选择换乘方式产生影响的因素及其变量表示如表 4-5 所示。

表4-5 旅客对换乘方式选择的影响因素及变量表示

Tab.4-5 The influence factors and variables

影响因素	变量表示	
	换乘方式 ($i=1$)	直达列车 ($i=2$)
旅客自身属性	性别 X_{in0}	X_{1n0}
	年龄 X_{in1}	X_{1n1}
	职业 X_{in2}	X_{1n2}
	月收入 X_{in3}	X_{1n3}
	出行目的 X_{in4}	X_{1n4}
	出行费用来源 X_{in5}	X_{1n5}
方案属性	直达列车发车间隔时间 X_{in6}	0
	同站换乘时间 X_{in7}	X_{1n7}
	换乘联票折扣幅度 X_{in8}	X_{1n8}
	异站换乘距离 X_{in9}	X_{1n9}

4.4.2 模型求解

同旅客对高速列车的选择模型中参数标定方法一样, 利用 SPSS 软件得到本模型的参数标定结果。

1. 建立数据文件:

通过图 4-5 所示的图形界面, 建立数据文件: 换乘和直达列车选择.sav (如图 4-5)

	Y	Xin0	Xin1	Xin2	Xin3	Xin4	Xin5	Xin6	Xin7	Xin8	Xin9
1	是	1	2	5	1	2	1	3	2	2	1
2	是	1	2	5	1	2	1	3	2	2	1
3	是	1	2	5	1	2	1	3	2	2	1
4	是	2	2	7	1	3	1	1	2	1	1
5	是	2	2	8	1	4	1	2	2	3	1
6	是	2	2	4	3	3	1	3	2	2	2
7	是	1	3	2	1	1	2	2	1	1	6
8	是	2	2	7	1	6	1	1	2	5	1
9	是	2	2	7	1	2	1	2	4	5	4
10	否	1	2	10	1	2	1	3	1	2	1
11	否	1	4	4	4	1	1	1	3	5	2
12	否	2	5	9	1	2	1	1	1	6	6
13	是	2	3	3	2	7	1	1	2	2	1
14	是	1	3	3	1	1	2	1	4	2	1
15	否	1	4	2	2	1	1	2	1	3	2
16	是	2	2	10	1	2	1	1	2	4	1
17	否	1	3	3	2	1	2	2	3	3	1
18	否	1	5	8	4	1	2	1	1	5	1
19	是	1	5	2	2	3	1	3	1	3	2
20	否	2	2	4	2	2	1	3	2	2	5
21	是	1	4	3	2	1	2	1	2	3	2
22	否	1	3	2	3	1	2	1	2	3	1
23	否	1	2	8	1	3	1	2	4	6	1

图 4-5 数据文件：换乘和直达列车选择.sav (部分)

Fig.4-5 Data file: the choice of transfer and direct train.sav(portion)

2. 回归分析

在 SPSS 中通过菜单选择[分析]-[回归分析]-[二项 logit 分析]，得到如图 4-6 所示对话框。

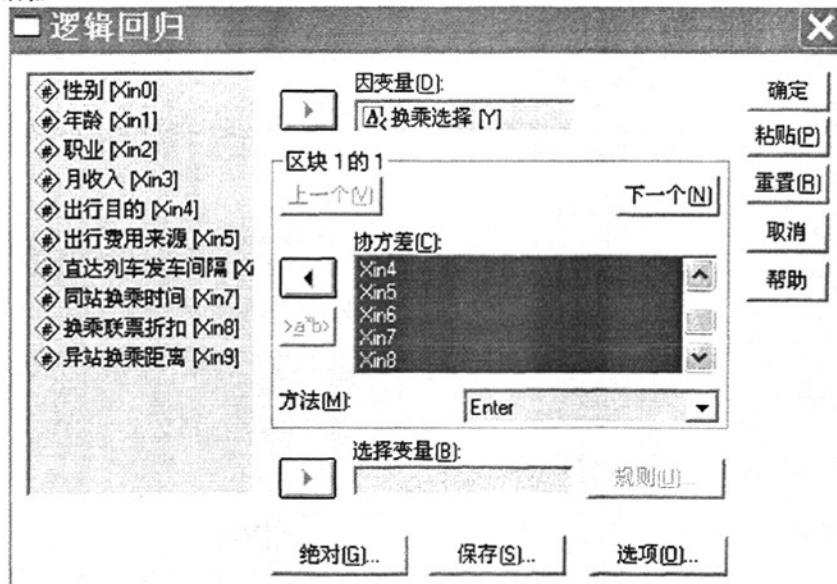


图 4-6 回归分析对话框

Fig.4-6 Logistic regression

3. 计算分析

点击[确定]，得到结果文件：换乘和直达列车选择.spo，模型的参数标定结果

如表 4-6 所示。

表4-6 模型参数标定结果

Tab.4-6 Parameter estimates

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Xin0	.103	.212	.236	1	.627	1.109
Xin1	-.201	.092	10.778	1	.001	.551
Xin2	.008	.043	.038	1	.845	1.008
Xin3	.041	.111	.134	1	.714	1.041
Xin4	-.023	.050	.216	1	.642	.977
Xin5	-.344	.234	2.149	1	.143	.309
Xin6	-.158	.039	10.352	1	.000	.708
Xin7	-.243	.104	7.017	1	.000	.669
Xin8	.203	.073	12.969	1	.000	1.301
Xin9	-.145	.053	7.313	1	.007	.755
Constant	-2.385	.739	10.427	1	.001	.092

由模型的参数标定结果可以得到保留的变量为 $X_{1n1}, X_{1n7}, X_{1n8}, X_{1n9}, X_{2n6}$ ，
 $V_{1n} - V_{2n} = -2.385 - 0.201X_{1n1} - 0.243X_{1n7} + 0.203X_{1n8} - 0.145X_{1n9} + 0.158X_{2n6}$ ，则旅客 n 选择换乘方式的概率模型为：

$$P_{1n} = \frac{1}{1 + e^{2.385+0.201X_{1n1}+0.243X_{1n7}-0.203X_{1n8}+0.145X_{1n9}-0.158X_{2n6}}} \quad (4-15)$$

同样，将模型应用于调查数据，计算以该模型预测的选择结果，并以此评估模型的准确率（如表4-7所示）。计算结果中，如果旅客对换乘方式的选择概率大于 0.5，则定义为旅客选择换乘方式，否则，定义为旅客选择直达列车输送方式。

表4-7 模型预测结果与调查结果的比较

Tab.4-7 Compare between predicted value and observed value

Observed 观测值		Predicted 预测值		准确率%
		是否换乘		
是否换乘	是	295	60	83.10
	否	49	211	81.15
总准确率%				82.28

由模型准确率可以判定，此模型能够较好地描述旅客对换乘方式的选择情况，构建模型所选择的因素会影响旅客的选择结果。

4.4.3 模型分析

由模型可以看出，旅客是否选择换乘方式除了与自身年龄有关系之外，还主要取决于换乘的条件，包括在同一站台换乘时的等待时间、换乘联票的折扣、异站换乘时的走行距离，以及直达列车的发车间隔等。

1. 变量系数分析

变量系数的符号说明，旅客的年龄越小、换乘时等待的时间越短、换乘联票的折扣越大、异站换乘的距离越短，旅客选择换乘方式的概率就越大；并且，直达列车的发车间隔越大，旅客就越倾向于选择换乘方式，因为换乘方式使其出行时间的选择更加自由，并缩短等待时间。由变量系数的大小可以看出，同站换乘等待时间在所有影响因素中所占比例最大，按照变量系数绝对值的大小，可以看出旅客对变量的关心程度由大到小依次为换乘等待时间、换乘折扣、年龄、直达列车发车间隔、异站换乘距离。

2. 敏感度分析

若改变模型中的某个特性变量，保持其余变量不变，利用已有调查数据可以预测该条件下旅客对换乘方式的选择情况。对于在同一车站换乘的时间，同意换乘的旅客当中 77%能接受换乘时间在 30min 以上，换乘时间缩短至 15min，选择换乘的旅客数量将增加 18%，换乘时间为 40min，选择换乘的旅客将流失 8%（如图 4-7 所示）。

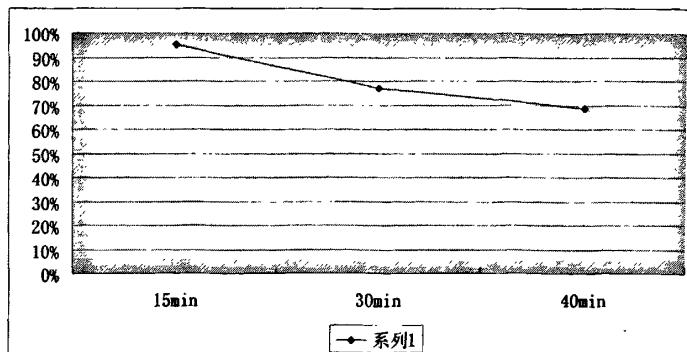


图 4-7 同站换乘时间敏感度分析

Fig.4-7 Sensitivity analysis of transfer time at the same station

对于换乘联票的折扣，61%的旅客认为应打 8 折，若从 8 折降低到 7 折，选择换乘的旅客将提高 27%；对于异站换乘，一半以上的旅客认为两换乘车站之间的距离用步行时间衡量不能超过 20min，若两车站之间的步行时间为 40 分钟，则 30% 的旅客愿意换乘，若步行时间提高为一个小时就只有 15% 的旅客愿意换乘。由此可以看出，即使未来的高速列车采取高频率开行，为旅客选择出行时间带来了方

便，仍有大部分旅客对换乘条件提出了苛刻的要求，他们要求尽可能同站换乘，等待的换乘列车的开行频率保证在 30min 以内，换乘的联票尽可能采取高的折扣，至少 8 折才是合理的。因此，换乘方式必须尽可能保证方便和廉价才能吸引更多的客流。

此外，旅客是否选择换乘和旅客本身的年龄也是有关系的，随着年龄的增长，旅客愿意选择换乘模式的概率逐渐减小，例如 26-35 岁之间的旅客比 18-25 岁之间的旅客愿意选择换乘模式的概率少 10%，而 36-49 岁之间的旅客比 26-35 岁之间的旅客愿意选择换乘模式的概率又少 11%，50-60 岁之间的旅客比 36-49 岁之间的旅客愿意选择换乘模式的概率少 18%。

对于高速直达列车的发车频率，若发车频率在 2 小时则有 68% 的旅客愿意选择高速列车，发车频率提高到 3 小时，愿意选择高速列车的旅客减少 17%，若发车频率提高到 4 小时，则又有 19% 的旅客不愿意选择高速列车，发车频率若为 6 小时，又会丧失 10% 的旅客（如图 4-8 所示）。

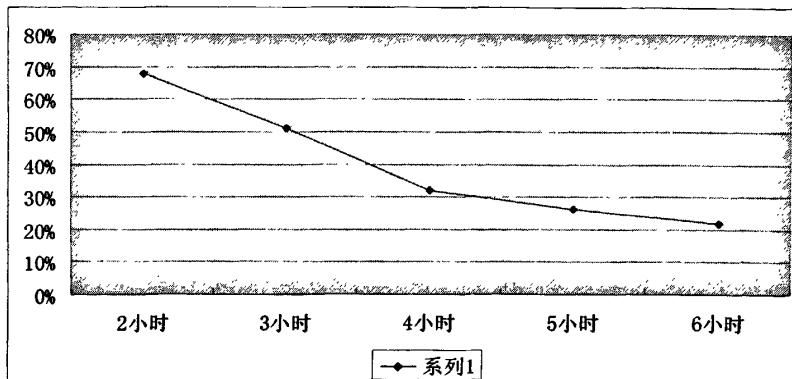


图 4-8 直达列车发车频率敏感度分析

Fig.4-8 Sensitivity analysis about departing frequency of nonstop train

本章利用调查数据，构建了高速列车选择偏好的非集计模型。研究表明：在影响旅客选择行为的各种因素中，旅客收入、出行费用来源、高速列车票价、旅途时间、列车到发时间等因素对旅客选择高速列车与否具有较大影响。旅客是否选择换乘方式与其自身属性中的年龄有关，此外高速列车的方案属性，包括在同一站台换乘时的等待时间、换乘联票的折扣、异站换乘时的走行距离，以及直达列车的发车间隔等都对旅客是否选择换乘方式有较大影响。计算表明，构建的模型准确度较高，可以较好地描述客运专线旅客的选择行为。这为未来高速列车的运营提供了良好的指导意义，对于运输组织者来说，在票价的制定、换乘等待时间、换乘联票的折扣等方面都需注意，尽可能提供方便旅客的服务，才能最大限度的吸引客流。

5 结论与展望

5.1 本文的主要研究工作总结

本文在国内外相关研究的基础上，对铁路旅客乘车选择行为的相关问题进行研究，所做的主要工作如下：

1. 对旅客出行调查的基本理论及调查结果进行了分析。重点介绍了出行调查的基本理论、SP 调查的问卷设计与实施方法及调查结果。调查结果中，对旅客的基本信息、未来高速列车的票价、旅客中长途旅行的交通方式选择、旅客出行的到发时刻选择、旅客对直达和换乘的选择及高速列车与既有线夕发朝至列车的选择进行了详细的分析，为模型建立提供了数据支持。

2. 利用调查数据进行量化分析，建立了旅客对高速列车选择的二项 Logit 模型。通过 SPSS 统计分析软件进行回归分析确定模型系数，得到了不同旅客对高速列车的选择概率。模型表明，旅客收入、出行费用来源、高速列车票价、旅途时间、列车到发时间等因素对旅客选择高速列车与否具有较大影响，其中高速列车的票价影响最大。模型具有较高的准确度，使用该模型能够较全面考虑旅客对高速列车选择的各项因素。

3. 建立了旅客对换乘和直达列车选择的二项 Logit 模型。同样通过 SPSS 进行回归得到进入模型的变量和各自的系数，从而得到旅客对换乘和直达列车的选择概率。由模型可以看出，旅客是否选择换乘方式除了与自身年龄有关系之外，还主要取决于换乘的条件，包括在同一站台换乘时的等待时间、换乘联票的折扣、异站换乘时的走行距离，以及直达列车的发车间隔等，其中同站换乘的等待时间影响最大。由模型准确率可以判定，此模型能够较好地描述旅客对换乘方式的选择情况。

5.2 需要进一步研究的问题

铁路旅客乘车选择行为的研究问题有很多，本文主要基于 SP 调查数据分析了旅客对高速列车的选择及对换乘和直达列车的选择，需要进一步完善和研究的地方还很多：

1. 由于当时条件的限制，本文调查的地点是在北京火车站，由于选择某种方式出行的旅客有选择该种方式的习惯，所以调查的旅客人群不太完善，将来有条件

的情况下，应当在机场、长途汽车站等更多的地点选择调查人群，以使调查更具有全面性，结果更加可信。

2.本文主要是基于 SP 调查的数据分析并建立模型的，实际上 SP 数据也有一定的缺点，在未来高速列车开行以后，旅客目前的选择与其未来的实际选择可能存在一定的偏差，因此可以再利用 RP 数据对模型进行修正，提高本研究的参考价值。

3.铁路旅客选择行为是铁路客流分配的基础，本文进一步的工作就是研究铁路客流分配问题，而研究铁路客流在不同旅客列车上的分配规律对旅客列车开行方案的制定及进一步优化有非常重要的意义。这同样需要进一步研究，确定它们之间的内在联系。

参考文献

- [1] Watson, Peter L. Predictions of Intercity Modal Choice from Disaggregate Behavioral, Stochastic Models [J]. Highway Research Record, 1973, 446:28-35.
- [2] Ben-Akiva m, Steven R L. Discrete Choice Analysis: The Theory and Application to Travel Demand [M]. The MIT Press, Cambridge Massachusetts, 1987:348-349.
- [3] Hensher, David A, Greene, William H. A Latent Class Model for Discrete Choice Analysis: Contrasts with Mixed Logit [J], Transportation Research Part B, 2003,37(8):681-698.
- [4] Bhat C R. An Endogenous Segmentation Mode Choice Model with an Application to Intercity Travel [J]. Transportation Science, 1997,31(1):34-47.
- [5] 石定宇, 高旭敏. 运输通道中公路与铁路旅客选择行为模型研究 [J]. 铁道学报, 1992, 14 (2): 58-63.
- [6] 陈团生, 毛保华, 高利平, 岳芳. 客运专线旅客出行选择行为分析 [J]. 铁道学报, 2007, 29 (3): 8-12.
- [7] 史峰, 邓连波, 霍亮. 铁路旅客乘车选择行为及其效用 [J]. 中国铁道科学, 2007, 28 (6): 117-121.
- [8] 李军, 朱顺应, 王红, 李安勋, 严新平. 基于 RP/SP 联合数据的非集计模型应用研究 [J]. 铁道科学与工程学报, 2007, 4 (1): 87-90.
- [9] 赵鹏, 藤原章正, 杉惠赖宁. SP 调查方法在交通预测中的应用 [J]. 北方交通大学学报, 2000, 24 (6): 29-32.
- [10] 甄静. 京沪线铁路客流规律分析 [J]. 中国铁道科学, 2002, 23 (2): 122-126.
- [11] 徐行方, 王静涛, 童培敏. 沪宁线客流市场的调查与分析 [J]. 铁道运输与经济, 1998, 5: 16-18, 40.
- [12] 胡辉. SPSS 在铁路春运客流调查中的应用 [J]. 铁道运输与经济, 2006, 28 (9): 26-28.
- [13] 关宏志. 非集计模型 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [14] 邵春福. 交通规划原理 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2007.
- [15] 张戎, 吴晓磊, 张天然. 基于 RP/SP 融合数据的沪杭客运通道公铁客流分担率研究 [J]. 铁道学报, 2008, 30 (3): 7-13.
- [16] 孙健. 客运专线条件下旅客选择行为的 SP 调查与分析 [J]. 铁道运输与经济, 2008, 30 (9): 23-26.
- [17] 陆化普. 交通规划理论与方法 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [18] 王慈光. 运输统计基础 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2004.
- [19] 中国交通运输协会. 中国旅客运输发展战略研究 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.
- [20] 毛伟. 基于旅客出行行为分析的通道客运分担率预测研究 [D]. 西南交通大学硕士学位论文, 2008.
- [21] 霍亮. 铁路旅客乘车行为分析与客流分配研究 [D]. 中南大学硕士学位论文, 2006.
- [22] 袁传镔. 客运专线的修建对城际旅客出行的影响研究 [D]. 西南交通大学硕士学位论文, 2007.
- [23] 陈卓. 城市居民对外出行方式选择研究 [D]. 西南交通大学硕士学位论文, 2007.
- [24] 朱君. 铁路客运市场调查及营销策略研究 [D]. 西南交通大学硕士学位论文, 2005.

- [25] Junyi Zhang, Harry Timmermans, Aloys Borgers, Donggen Wang. Modeling Traveler Choice Behavior Using the Concepts of Relative Utility and Relative Interest[J]. Transportation Research Part B, 2004, 38:215-234
- [26] 杜笑飞. 成都铁路局客运市场调查和营销策略研究[D]. 西南交通大学硕士学位论文, 2002.
- [27] 冯俊. 空中交通管制员工作满意度及其影响因素的调查[D]. 华中师范大学硕士学位论文, 2007.
- [28] 孙全欣. 铁路客运专线运输组织理论与方法研究[D]. 北京交通大学博士学位论文, 2006.
- [29] 孙青梅. 铁路旅客换乘相关问题研究[D]. 西南交通大学硕士学位论文, 2008.
- [30] 何宇强. 客运专线运输组织理论中若干问题的研究[D]. 北京交通大学博士学位论文, 2006.
- [31] 胡吉平. 运输选择行为的经济分析[D]. 北京交通大学硕士学位论文, 2004.
- [32] 李晶. 交通分配中出行者路径选择行为的研究[D]. 北京交通大学硕士学位论文, 2006.
- [33] 蒋兴全. 运输方式分工与选择行为研究[D]. 北京交通大学硕士学位论文, 1991.
- [34] 刘卫果, 胡思继. 旅客交通方式选择行为的模糊机会约束规划模型[J]. 北方交通大学学报, 2002, 26 (2): 60-65.
- [35] 焦朋朋, 陆化普. 基于意向调查数据的非集计模型研究[J]. 公路交通科技, 2005, 22 (6): 114-117.
- [36] 乔春江, 肖德江, 王新波, 张顺. 济南铁路局客流调查数据分析[J]. 铁道运输与经济, 2005, 27 (63): 60-61.
- [37] 张峻屹, 藤原章正, Soe Thein. 基于 SP 调查的缅甸仰光市居民收入对其出行方式选择的影响研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2008, 8 (4): 49-62.
- [38] 王英男, 张喜. 基于假设意向调查数据的铁路客运专线客流预测方法研究[J]. 铁道运输与经济, 2007, 29 (11): 18-21.
- [39] 张喜. 基于意向调查数据的非集计运量预测模型估计的研究[J]. 铁道学报, 2000, 22 (2): 10-15.
- [40] 洪楠. Spss for Windows 统计产品和服务解决方案教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [41] 赵鹏, 杨浩. 京沪高速铁路列车开行模式的研究[J]. 北京交通大学学报, 2006, 30 (3): 5-9.
- [42] 兰淑梅, 赵映莲, 汤奇志. 论京沪高速铁路客流及其组织方案[J]. 中国铁道科学, 2002, 23 (3): 124-129.
- [43] 史峰, 邓连波, 黎新华, 方琪根. 客运专线相关旅客列车开行方案研究[J]. 铁道学报, 2004, 26 (2): 16-20.
- [44] 邓强. 高速铁路跨线客流输送方式的探讨[J]. 铁道运输与经济, 2007, 29 (6): 88-90.
- [45] 刘顺忠. 数理统计理论、方法、应用和软件计算[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005.

附录 A

调查问卷

尊敬的旅客：您好！

受铁道部委托，北京交通大学进行铁路客运市场调查，现征询您的宝贵意见，衷心感谢您的合作！请您根据自己的实际感受独立回答以下问题，在相应选项上打√。

1. 您的性别：

- (A) 男 (B) 女

2. 您的年龄：

- (A) 18 以下 (B) 18~25 (C) 26~35 (D) 36~49 (E) 50~59 (F) 60 以上

3. 您的职业：

- (A) 公务员 (B) 事业单位人员 (C) 企业员工 (D) 个体经营者 (E) 务工人员 (F) 军人 (G) 学生 (H) 自由职业者 (I) 离退休人员 (J) 其他

4. 您的月收入：

- (A) 2000 以下 (B) 2000~4000 (C) 4000~6000 (D) 6000~10000 (E) 1 万元以上

5. 您的出行目的多数是：

- (A) 出差 (B) 探亲 (C) 旅游 (D) 购物 (E) 务工 (F) 上学 (G) 其他

6. 您的出行费用来源多为：

- (A) 自费 (B) 公费 (C) 铁路公免

7. 目前，您在一年中外出旅行的次数为：

- (A) 5 次以下 (B) 5~10 次 (C) 10~20 次 (D) 20 次以上

其中乘坐火车的次数为：

- (A) 5 次以下 (B) 5~10 次 (C) 10~20 次 (D) 20 次以上

1. 未来开行的高速列车（时速 300 公里的动车组）旅行时间将比现在的特快列车缩短一半以上，您能接受的高速列车坐席票价是现在的时速 200 公里动车组的多少倍？（目前时速 200 公里动车组二等座票价是特快列车硬座票价的 2 倍左右，特快列车软卧票价是目前动车组二等座票价的 1.5 倍左右）

- (A) 1.0 (B) 1.2 (C) 1.5 (D) 都太贵了，不能接受

2. 您目前在进行短途（<300 公里）旅行时通常选择的交通方式是：

- (A) 长途汽车 (B) 自驾车 (C) 普通列车 (D) 动车组（时速 200 公里）(E) 飞机

客运专线建成后您会选择高速列车（时速 300 公里）吗？

- (A) 会 (B) 不会 (C) 不一定

3. 您目前在进行中途（300~1000 公里）旅行时通常选择的交通方式是：

- (A) 长途汽车 (B) 自驾车 (C) 普通列车 (D) 动车组（时速 200 公里）(E) 飞机

客运专线建成后您会选择高速列车（时速 300 公里）吗？

- (A) 会 (B) 不会 (C) 不一定

4. 您目前在进行长途（>1000 公里）旅行时通常选择的交通方式是：

(A) 长途汽车 (B) 自驾车 (C) 普通列车 (D) 动车组 (时速 200 公里) (E) 飞机
客运专线建成后您会选择高速列车 (时速 300 公里) 吗?

(A) 会 (B) 不会 (C) 不一定

5. 您认为高速列车 (只有坐席, 没有卧铺) 的旅途时间最长为多少合适? (您愿承受的)

(A) 3 小时 (B) 4 小时 (C) 5 小时 (D) 6 小时 (E) 7 小时 (F) 7 小时以上

6. 您认为乘坐高速列车出行最适宜的发车时间是:

(A) 6-9 点 (B) 9-12 点 (C) 12-14 点 (D) 14-17 点 (E) 17-20 点 (F) 20-23 点 (G) 其他

最适宜的到达时间是:

(A) 6-9 点 (B) 9-12 点 (C) 12-14 点 (D) 14-17 点 (E) 17-20 点 (F) 20-23 点 (G) 其他

7. 假设要进行中长途旅行, 您可以乘坐直达列车或中途换乘一次的列车到达目的地, 但直达车较少 (例如每日开行 3~4 次直达列车), 您选择的机会少, 而换乘方式的列车很多 (例如每 1 小时最少开行一列), 您可以随时出发, 且从出发地一次购全程票, 保证换乘后有座位, 那么您愿意选择换乘方式吗?

(A) 不愿意 (B) 愿意 (C) 说不准

8. 如果不愿意换乘, 您能容忍直达列车多长时间开行一趟?

(A) 2 小时以内 (B) 2-4 小时 (C) 4-8 小时 (D) 8-12 小时 (E) 12 小时以上

9. 假如要进行中长途旅行, 在以下什么情况下您可能选择换乘一次:

①如果在中间站原地换乘 (同站换乘), 等待换乘列车所花费的时间最长在什么范围内?

(A) 15 分钟 (B) 30 分钟 (C) 45 分钟 (D) 1 小时 (E) 1.5 小时 (F) 2 小时

(G) 多长时间都不选择换乘

②假设换乘联票采取折扣, 换乘比直达车票便宜多少时换乘?

(A) 5% (B) 5%-10% (C) 10%-15% (D) 15%-20% (E) 20%-30%

(F) 多少折扣都不选择换乘

③如果换乘需要在不同车站进行 (异站换乘), 两个车站之间距离用步行时间衡量时, 最长在什么时间以内?

(A) 20 分钟 (B) 40 分钟 (C) 1 小时 (D) 1.5 小时 (E) 2 小时以上

(F) 多长时间都不选择换乘

10. 目前, 您进行中长途旅行时, 如果出发地与目的地之间同时开行日间列车 (运行 6-9 小时) 和夕发朝至的夜间列车 (运行 8-12 小时), 您会选择夕发朝至的夜间列车 (有卧铺) 吗?

(A) 从不会 (B) 一般不会 (C) 偶尔会 (D) 通常会 (E) 一定会 (F) 说不准

如果将来日间有高速列车 (运行 4-5 个小时), 您选择高速列车还是夕发朝至列车?

(A) 高速列车 (B) 夕发朝至列车 (C) 说不准

以下由调查人员填写

调查时间: 月 日

调查地点:

调查人员: 调查班组:

作者简历

教育经历:

2007年9月至今 北京交通大学 交通运输规划与管理专业 硕士;

2003年9月-2007年6月 中南大学 交通运输专业 学士;

发表论文及参与项目情况:

丁洁冰, 赵鹏.客运专线客流输送模式的研究.《铁道运营技术》, 已录用;

Peng Zhao, Haiyan Guo, Jiebing Ding. Train-set turnover optimization model and algorithm based on SA considering workload balance among maintenance bases. Service Operations and Logistics, and Informatics, 2008;

2008年4月-2009年2月 成网条件下客运专线列车开行方案的研究 参加;

2008年5月-2008年12月 客运专线北京调度所机构建设方案研究 参加;