

摘要

城市公交一体化是将城市各种公共交通方式的各子系统之间以及与外部因素之间进行高度协调，即将城市轨道交通、BTR、公共汽 / 电车、出租车等组成一体公交系统，发挥各种公共交通方式的优势，为乘客提供便捷的出行条件。要形成城市公交一体化，需要规划建设客流换乘枢纽，实现各种交通方式之间的耦合转换。在我国以发展轨道交通为主的大城市公共交通系统中，需要研究基于轨道交通的城市客流转换耦合模式，通过合理的客流耦合转换，以充分发挥城市轨道交通的大运量、速度快、污染小的优势，提高城市公共交通的运输效率。

本文首先采用“交通工程学的理论与方法”对城市客流交通换乘状况进行评估，分析我国城市公共交通系统中换乘枢纽规划建设存在问题，并研究解决问题的方法和措施；然后结合城市轨道交通接驳方式的抽样调查，分析基于轨道交通出行的客流接驳特征，阐述各种交通方式接驳的时间与距离分布及客流接驳的规律，并对车站进行聚类分析，指导未来城市轨道交通节点设置和城市交通耦合换乘枢纽规划；最后采用“现代预测技术与‘四阶段’方法”对城市客流需求发展进行预测，建立应用“耦合模型”，提出优化城市客流交通转换模式。

本论文通过对轨道交通车站的聚类分析，得出轨道交通的区位特征和影响范围，并且建立了耦合转换模型和各种交通方式之间耦合模式。针对重庆市实际情况，运用以上原理和方法，提出了重庆市轨道交通节点设置和分类，并根据重庆市综合交通规划，建议建立以轨道交通节点为中心的大型换乘枢纽。研究结果为我国大城市客流换乘枢纽的规划建设提供借鉴。

关键词：一体化公共交通；耦合换乘；轨道交通；接驳；聚类分析

ABSTRACT

Urban Transit integration is the coordination between the subsystem of the city public transportation and the external factors , that the forthcoming urban mass transit, BTR, cars / trams, taxis and other public transportation component stereo system. the advantages of various means of public transport for passengers with a convenient transportation conditions. To form a city bus integration, planning and construction of passenger traffic commuter hub, the conversion of various coupling between modes of transport. For the development of rail transportation in the city to the main public transport system. Track traffic flow based on the needs of the city change coupling model by coupling a reasonable flow change to give full play to the largest urban rail traffic volume, high speed and low pollution advantages, raise the efficiency of public transport.

In this paper, "traffic engineering theory and method" to transport passengers to transfer the city to assess the situation. analysis of the urban public transportation system planning and construction of commuter hub there. and to examine ways and means to solve the problem; ; Then, a sample survey of urban rail transport connections, based on analysis of mass transit passengers traveling on the connecting feature a description of the time and distance distribution feeder way traffic flow and access laws, and the station cluster analysis guide future urban mass transit node and urban transport planning coupling transfer hub; Finally, the "modern forecasting technology and 'four-stage' approach" to the development of urban passenger traffic demand forecasts. To establish the "coupling model," and proposed to optimize traffic flow patterns change.

In this paper, the cluster analysis of rail transit stations, rail transportation come to the location and characteristics of the affected areas. and the establishment of a coupling between the coupling mode conversion model and the various traffic patterns. In view of the actual situation in Chongqing, using the above principles and methods of the Chongqing Urban Rail Transit Node configuration and classification According to Chongqing Municipality and integrated transport planning, recommended the establishment of a rail transportation hub node for a large commute center. The results for the planning and construction of China's large cities, with passengers boarding from the hub.

KEYWORDS: integrated public transport; Coupling transfer; Rail transportation; Feeder; Cluster analysis

重庆交通大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名： 李松武

日期： 2007年 4月 9日

重庆交通大学学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权重庆交通大学可以将本学位论文的全部内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

学位论文作者签名： 李松武

指导教师签名： 吴国强

日期： 2007年 4月 9日

日期： 07年 4月 9日

第一章 绪论

1.1 问题的提出

随着城市化进程的加快、经济水平和城市机动化水平的不断提高，城市交通拥挤、堵塞、事故和环境污染等交通问题日益严重。要解决这一世界性难题，只有优先大力发展战略公共交通系统，满足不断增长的居民出行需求，减少居民对私人小轿车的需求，缓解拥挤的城市道路。在城市公共交通系统中，由于城市用地日益紧张，城市人口数量不断增长，公交客流量的猛增，公交车次、公交车辆、出租车等也不断增加，地面交通已无法满足人们出行的需要，因此许多大城市都开始着手规划实施轻轨、地铁、市郊铁路等快速交通系统，以满足客流增加的需要。我国大城市客流交通发展战略是优先发展公交，尽快形成以快速轨道交通为骨干、地面常规公交为主体、出租的士为补充的城市公交系统，积极引导城市公交系统与对外交通系统（长途汽车、火车、飞机、轮船）和社会客运交通系统（包括单位交通车辆运输和个体私人交通，特别是私人小汽车交通）的相互协调与配合，形成立体化（或一体化）的城市客流综合交通系统。

要形成立体化的城市客流综合交通系统，就需要研究客流综合交通系统中的各种交通方式的接驳、转换与换乘这一课题，提出城市客流交通转换最佳耦合模式。这包括城市内部公交系统的轨道交通、BRT 交通、地面常规公交、出租的士的相互接驳、转换与换乘及最佳耦合；城市公共交通与社会客运交通的相互接驳、转换与换乘及最佳耦合；以及城市公交系统与对外客流交通系统的相互接驳、转换与换乘及最佳耦合。

“耦合转换”是指在交通换乘中，为了方便顾客换乘，缩短换乘间的步行距离，增加换乘方式的选择，均衡客流换乘量，共享交通走廊及其他软硬件设施，而使整个交通达到和谐一体，各种交通方式良好接驳的状态。

耦合不局限于点（即枢纽），也不局限于一条线，耦合还要扩展到整个面，即要针对整个交通体系进行的交通资源共享和整合。交通换乘枢纽是耦合的一种结果，是各种交通线路，各种交通方式相互接驳的一个联络点，交通换乘枢纽的有序链接，进而形成了有序的网络。因此本文将重点研究交通换乘枢纽规划、各种交通方式耦合模式设计研究及客运交通耦合换乘量模型的建立，旨在指引一体化交通的发展。

1.2 本文研究的目的意义

近年来，我国各大城市都在大力发展城市轨道交通，然而，在城市轨道交通线路的运营中，城市轨道交通和其他各种交通方式间不协调极为突出。一方面浪费了交通资源，另一方面存在相互竞争，无法发挥各种交通方式的优势和作用，各种交通方式间的不协调已成为城市交通中的桎梏，极大妨碍了城市交通的现代化发展。耦合研究就是要解决这种不和谐的因素，其目的和意义如下。

① 减少空驶率

耦合是建立在乘客出行和交通量预测的基础上的，目的就是让各种交通方式能够合理衔接，最大程度的发挥各种交通方式的运输能力。例如通过预测轨道交通车站“吞吐”的量，计算需要多少公交汽车去承担接驳，进而得出公交车接驳的线路和数量。

② 发挥各种交通方式的优势长处

轨道交通如果能发挥其大运量的运输能力，需要常规公交、出租车等地面交通和其他轨道交通的相互供给配合，只有轨道交通和其他各种交通方式合理衔接，才能发挥其优势长处。另外出租车、常规公交比较灵活，BRT 投入成本相对较低，这些都是轨道交通在市区和郊区的有效补充，一定程度上也发挥了其他各种交通方式的优势。

③ 方便交通控制和调度

根据耦合模型，可以预测在换乘枢纽内及时到的客流量，方便交通控制和调度。综合交通换乘枢纽的建立，将各种交通方式有效的衔接在一起，改变以往一盘散沙的格局，有利于智能化公交的实施，采用先进的信息技术和计算机技术，通过智能化控制和调度，使交通系统达到和谐有序。

④ 是实现“一体化交通”的关键

一体化交通^[1]是指交通各子系统（或各种交通方式）之间以及与外部因素的高度协调。大都市一体化交通包括交通体系内部整合和外部关联两个方面。内部整合包括“设施平衡”、“运行协调”和“管理统一”三层含义：即以枢纽建设为纲，发挥交通设施的整体效益；以换乘服务为中心，促进各种方式协调运行、合理分工和紧密衔接；依托法制与体制，充分发挥政府、市场和公众各种作用的组合优势。外部关联是指充分重视交通与城市功能提升的互动作用，交通发展必须与土地使用、社会、经济和环境等诸多城市发展领域紧密结合在一起，从而推动城市全面发展。

城市公共交通的一体化管理随着我国大型城市公共交通换乘枢纽的建立，为城市轨道交通与其它城市交通实行一体化管理创造了条件，如北京的西直门、东直

门、四惠,上海的上海站、上海南站。在这些大型公共交通枢纽站上,往往有多条城市轨道交通线路汇聚在一起,其中有轨道交通、机场快速线、公共汽/电车、出租车等,组成了立体公交系统,为乘客的便捷换乘创造了条件。

1.3 国内外研究状况

国外先进发达的城市十分注重城市客流交通的相互接驳、换乘与转换的研究与应用,城市客流交通换乘最佳耦合能充分发挥城市各种客流交通方式的作用,使城市客流交通顺畅、快速、高效、安全。

1986年3月,美国交通工程师学会(*Institute of Transport Engineering*)召开了有关土地使用和交通的专门会议,在此会议上着重强调了研究交通换乘的重要性。在随后几年当中,国外一些大城市逐渐兴起建立大型综合换乘枢纽的热潮。如莫斯科现有的地铁换乘站^[2](包括地铁与地铁及地面铁路之间的换乘)共计35个,其中地铁与地面铁路之间的换乘站16个。地铁与地面公交站的结合也很普遍,全市600多条地面公交线路能与地铁换乘的就有500多条。

1990年,纽约交通专家哈奇森,对城市交通系统规划原则进行了系统的研究,提出了城市交通发展方向是要以快速交通系统为主,社会车辆接驳快速交通系统的思想,为以后的接驳换乘奠定了一定的理论基础。

1992年,新泽西交通专家约翰·爱德华,编著了《城市交通枢纽》一书,为交通枢纽的规划设计提出了蓝图。

1995年,美国专家迈克德勒斯著作了《城市线网规划》一书,提出了城市线网规划应该围绕轨道交通、BRT等大运量交通为重心,外围交通通过换乘到达市中心,减轻市内交通压力,耦合换乘的理念初现端倪。

我国的许多大城市(如北京、上海、广州、深圳),通过许多深刻的教训,已经认识到了城市客流交通的相互接驳、换乘与转换的重要性,并在着手研究城市客流交通转换最佳耦合模式。

2005年11月26日上午,在北京交通大学科学会堂成功举办了“节约型都市快轨交通与技术创新”学术会议,在此会议上强调建立节约型的以轨道交通为骨干的城市交通体系,各种交通方式要有效的接驳轨道交通,发挥轨道交通应有的作用,逐渐实现一体化交通的发展目标。

厦门市规划局边经卫教授提出以轨道交通为基轴的公共交通系统^[3],从“面”的角度提出城市公共交通体系化的重构。从“点”的角度,建立以轨道交通系统为主题的“枢纽型”运输组织模式,以合理集散不同功能层次运输系统的衔接和换乘,提高公共交通运输的一体化和连续性。

深圳市城市交通规划研究中心的宗传苓等人结合深圳市轨道交通二期工程详细规划的时间，对轨道交通接驳系统规划方法进行了探讨^[4]。提出了轨道交通和其他各种交通方式间的接驳原则和接驳通道的宽度问题。

上海同济大学的覃裔教授根据轨道交通接驳换乘的客流大小、接驳线路数量与配车数量、换乘候车时间及空间需求等因素，建立了接驳服务水平评估指标体系^[5]。

中国城市规划设计研究院的殷广涛等针对北京西直门交通枢纽内部交通情况进行了分析论证^[6]，提出了一些换乘的问题和客流预测方法。

但就目前而言，城市客流交通的相互接驳、换乘与转换的研究还没有形成系统的理论框架，缺乏实际的调查数据对换乘节点的吸引力（影响范围）进行有力的证明，没有形成完善的理论模型分析换乘客流量，无法指导换乘枢纽规模的确定，对各种交通方式耦合的研究上仅仅着重于点，而不注重面，片面地研究导致各种交通线路间、枢纽间的不协调，影响交通的畅通。所以几乎我国的所有大城市的客流交通都显得混乱，表现为越来越拥挤、越来越堵车、越来越低效。

本文将基于轨道交通的城市客流转换耦合模式进行研究，为城市公交立体化客流交通综合系统的形成，达到顺畅、快速、高效、安全的“一体化交通”的最终目标具有重大的意义。

1.4 主要研究内容、研究方法与技术路线

1.4.1 主要研究内容

本论文主要研究内容如下：

- ① 轨道交通规划与换乘枢纽存在的问题分析；
- ② 换乘耦合模型的建立，主要目的是预测交通枢纽内各种交通方式分担的交通量；
- ③ 换乘耦合模式设计，主要指轨道交通和常规公交、步行、自行车、社会车辆、出租车的接驳耦合模式；
- ④ 耦合转换耦合水平评估；
- ⑤ 根据重庆市 2002 年交通大调查和 2 号轻轨线交通调查结果，总结分析耦合转换规律（轨道车站的区位特征和影响范围），并对各个轨道车站进行分类。根据以上原理和方法结合重庆市综合交通规划，对规划的轻轨车站进行调整和分类，并提出几个以轨道交通车站为中心的大型换乘枢纽规划的建议。

1.4.2 本文研究方法及技术路线

本文的研究思想是：根据轨道交通是城市公共交通主体的思路，最大限度的发挥轨道交通的作用，将轨道交通作为城市客流的吸引源，各种交通方式规划以轨道交通为重心，达到和轨道交通的合理接驳、换乘和耦合。本论文首先采用“交通工程学的理论与方法”对城市客流交通换乘枢纽设施状况进行评估，从而发现换乘枢纽的问题，分析问题，并研究解决问题的方法和措施。然后根据交通调查数据，采用聚类分析的方法，分析轨道交通对乘客的吸引状态、轨道交通车站的区位特征（接驳换乘的影响范围），并采用“现代预测技术与‘四阶段’方法”对城市客流需求发展进行预测^[7]，建立应用“耦合模型”，提出优化城市客流交通转换模式。最后以重庆市为例，分析轨道交通规划和轨道车站的分类，并提出以轨道交通车站为中心建立大型换乘枢纽的建议。本论文研究得技术路线结构图，如图 1.1 所示。

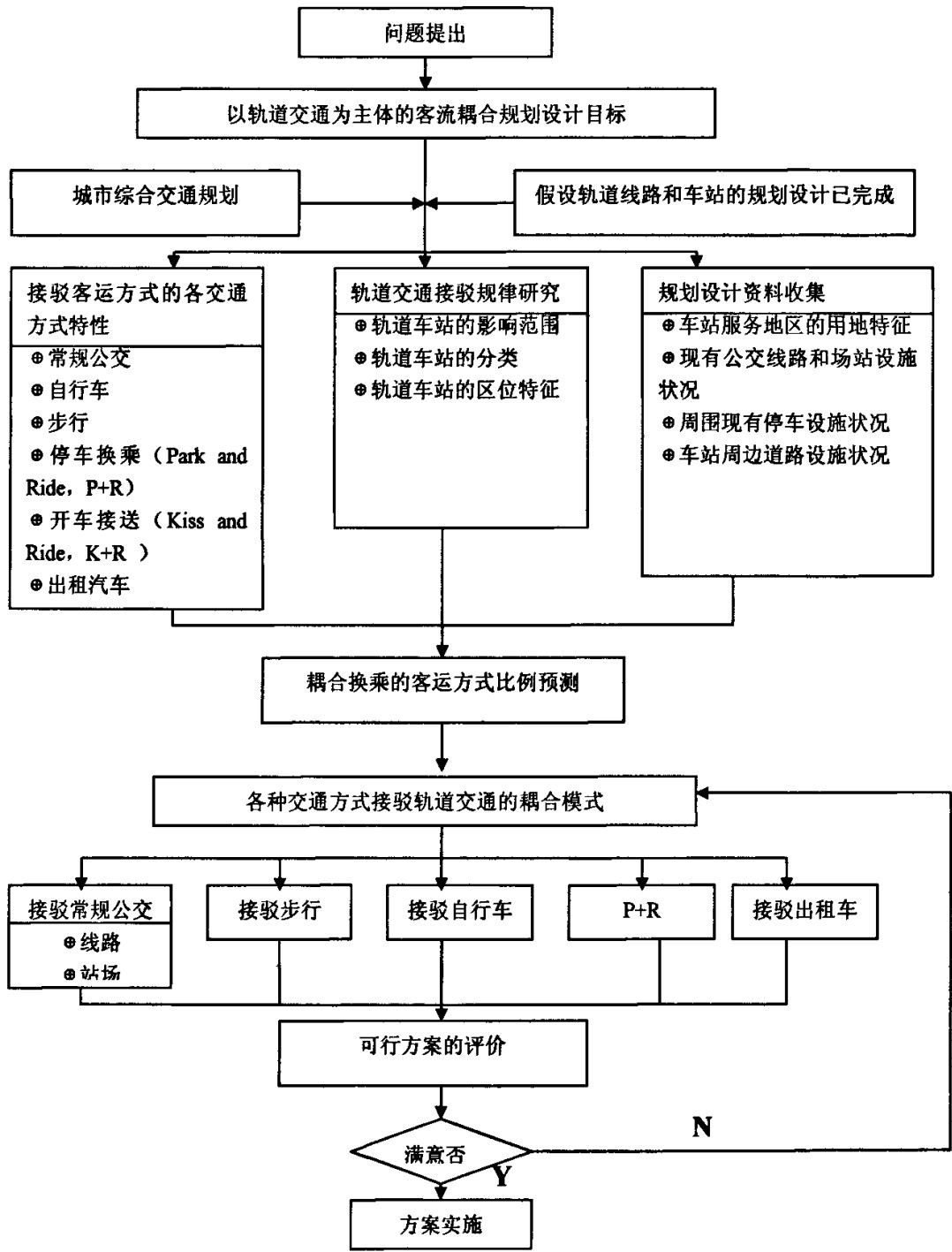


图 1.1 本文研究技术路线结构图

Figure 1.1 The technical route chart of this paper

第二章 城市轨道交通规划与换乘枢纽问题分析

在我国城市，尤其是大城市，土地利用与交通之间存在的问题和矛盾已经十分突出，高密度的城市土地开发和人口聚集使得城市交通需求与生成无论在时间上还是空间上都呈现高度集中的状态。因此，公交优先策略成为我国城市交通发展的要求。但是随着城市规模的逐渐增大，城市在不断完善公交出行线路，增加公共汽车数量的同时，客运效率低，道路空间占用率高、道路交通拥堵加剧、服务水平差，无疑是公共汽车交通发展陷入恶性循环状态。从城市可持续发展与交通发展的目标出发，最有效的方法是有效提高公共交通的体系化配置。建立以轨道交通为支撑、各种交通方式为补充的大城市公共交通体系。

因此，本章从研究城市公共交通主要问题出发，找出解决问题的突破口，然后重点分析轨道交通规划和客流换乘问题。

2.1 城市公共交通主要问题分析

城市公共交通虽然得到了较快的发展，但目前还远远满足不了城市经济社会发展的要求，各地进展也不平衡，有些城市存在的问题依然十分严重。当前城市公共交通面临的形势和存在的问题主要表现在以下几个方面。

第一、城市公共交通发展滞后，城市交通拥堵日益加剧^[8]

从总体上讲，我国城市公共交通建设严重滞后的局面并没有得到根本的改变。目前我国公交出行的分担率平均不足 10%，特大城市也仅有 20% 左右，比欧洲、日本、南美等国大城市 40%—60% 的出行比例低 1—2 倍。我国特大城市近几年公交出行比例平均下降约 6 个百分点。随着城市机动化进程的加快，公交出行比例将可能出现加速下滑的局面，这在某种程度上意味着能源浪费的急剧上升和空气污染的急剧增加。城市交通结构出现了向个体小汽车为主转化的趋势，城市公共交通服务水平随之明显下降。公交车速越来越低，现在平均车速只有 10 公里/小时，已低于自行车 12 公里/小时和小汽车 20 公里/小时。与 10 年前相比，公交出行时间平均延长 10 分钟，居民对城市公共交通服务的不满意率高达 70%。等车时间长、站点不足、准点率差等因素又刺激了个体交通特别是小汽车的增长。有限的道路资源被无效的或者低效的个体交通占用，导致交通拥堵急剧蔓延，同时也恶化了公共交通出行的质量，形成了一个恶性循环。交通拥堵已成为中国大、中城市的普遍灾害。有的特大城市干道平均车速比 10 年前降低约 50%，干道网的平均饱和度达到 0.8—0.9。交通高峰期大城市的主干道路成了缓慢移动的停车场。交通拥堵也造成了巨大的损失。据专家测算，2003 年因交通拥堵造成的经济损失高达

2500亿元，相当于当年GDP的2%，也相当于少了500公里地铁的总投资。可以预见，伴随着个体小汽车使用无节制地快速增长，城市道路交通拥挤阻塞现象将会日趋严重。如果我们还不采取断然措施，加快发展城市公共交通，对道路资源使用进行合理调控，某些城市的交通瘫痪将会指日可待。

第二、城市公共交通基础设施投入不足

2004年，全国城市公共交通固定资产投资328.5亿元，占城市建设固定资产投资的6.9%，同期道路桥梁投资占44.7%。在城市公共交通固定资产投资中，超大城市262.6亿元，占全国公交固定资产投资的80.0%；特大城市13.4亿元，占4.1%；大城市12.3亿元，占3.7%；中小城市40.2亿元，占12.2%。总体上呈现投资不足。公共财政转移支付投资到公交优先发展，解决老百姓的出行问题，体现社会公平目标，让所有的人都能享受城市的机动化，也是解决能耗以及城市污染急剧上升的有效手段。正因为如此，世界各国都对城市公共交通采取了大量的补贴。比如，德国柏林，政府对公交企业的财政补贴占运营成本的57%，法国巴黎占57.5%，美国华盛顿占66.1%，意大利罗马占74.5%，俄罗斯莫斯科占89%。日本在新建公共交通设施时，中央政府资助50-60%。而我国大中城市对公交企业的财政补贴不到10%。据2006年对117个城市的调查，66个城市在公交场站建设以及车辆、设施装备和配置更新方面得不到政府资金和政策支持，占被调查城市的56.4%，情况相当严重。有的城市在上世纪80年代后期，在市区规划建设的十几处公交转乘站、停车保养场用地，现在全部被政府收回用于其他开发项目，90年代初规划建设的20多个小型枢纽站也大部分被蚕食、挤占。由于政府投入严重不足，公交场站等基础设施严重短缺，严重影响和制约了城市公共交通的正常运营和健康发展。

第三、大运量公交严重不足，常规公交服务水平偏低

当前，我国城市公共交通结构单一，服务设施单一，不能满足群众多样化的交通需求。具体表现为：一是大运量公交系统建设缓慢，城市轨道交通建设推进速度不快。目前，全国600多个城市轨道交通运营线路总计只有440公里，仅相当于英国伦敦一个城市的规模。二是公交线网覆盖不均衡。许多城市普遍存在着公交线路重复设置，有的道路上重复线路多达20多条，而城市边缘的居民小区、街道却没有一条公交线路，居民出行很不方便。三是线路设置缺乏分级服务的概念，线路运行时间过长，降低了对长距离出行乘客的吸引力。四是出租汽车盲目发展。出租汽车作为公共交通的补充，应该与公交巴士系统均衡发展。由于公共交通的投资不足，出租汽车急剧发展，反过来导致了道路空间分配的不合理，使城市交通拥堵加剧，也危及到出租行业本身。受利益驱动，一些城市盲目拍卖出让出租汽车经营权，导致出租汽车运量严重供过于求，空驶率高达40%以上，严

重影响出租汽车行业的稳定。

第四、城市综合交通体系规划编制与实施不足

长期以来，城市综合交通体系规划没有完全纳入到法定的城市总体规划内容之中。城市总体规划应包括三方面的内容：一是土地功能规划；二是综合交通体系规划；三是资源保护利用规划，如水系规划，历史名城保护规划等。这三方面的内容合在一起组成城市的总体规划。但是一些地方至今没有编制城市综合交通体系规划。一些地方虽然编制了，但是没有按照规定的程序进行审批，导致了规划编制的随意性。综合交通体系规划滞后就会导致单项交通规划超前，交通系统整体功能错位和混乱，造成项目重复建设，损失巨大。城市综合交通体系规划应该统筹其它专项交通规划，各专项交通规划应该服从于城市综合交通体系规划。城市综合交通体系规划的编制应以建设紧凑型城市和节约型社会为目标，贯彻社会公平、节约资源、保护环境、统筹城乡发展的原则，保护自然及文化资源，考虑城乡建设和国防建设需要，处理好各项交通设施的长远发展和近期建设问题。规划内容应贯彻公交优先这个主题，统筹城市道路布局、城市对外交通（包括水运、铁路、民航、高速公路等等）与市内交通的衔接，统筹城市与周边卫星城、邻近城市、郊区村镇以及附近区域中心城市的交通，统筹城市内部非机动车运输（包括自行车、步行）与一般机动车、公交车、轨道交通、出租汽车等运输工具之间的协调和配合，尤其是要保持我国城乡自行车出行和步行比率较高的优势。

第五、公交企业经营困难，亏损加剧

近年来，由于国内燃油、车辆购置、保险和维修等基本生产资料价格上涨，企业承担社会公益性服务增加、长期低票价管制等原因，使相当一部分公交企业入不敷出，亏损严重，难以为继。长期亏损使公交企业停止或者放缓车辆的更新速度，也使得企业不得不自谋其利，有的对经济效益低下的线路停止运营，有的增大发车间隔和减少发车密度。有的城市将公交视为经济“包袱”，片面推行公交市场化改革，导致企业重经济指标、轻服务质量，忽视安全投入，管理缺位等问题日趋严重，安全事故时有发生。重庆市“10·1”交通事故一次死亡人数高达30人，究其原因与企业追求营利、挂靠经营、个体承包、重复设线、恶性竞争，以及长期严重交通违法、疲劳驾驶有直接的关系。

综上所述，城市交通问题主要表现为各交通方式之间的不和谐，缺乏大运量快轨交通体系，常规公交已日益不能满足城市社会经济发展的需求。不解决这些问题，也就难以实现公平、公正、构建和谐社会的目标。要达到城市交通的和谐，实现城市交通快捷、准时、有序，形成一体化交通，最主要的是要解决好各种交通方式耦合换乘的问题，结合本文研究重点，现对城市轨道交通规划问题和客流换乘问题进行总结分析，以找出耦合换乘的出发点。

2.2 城市轨道交通规划问题研究

城市轨道交通的最主要特点是运量大、速度快，提供的服务是“站到站”的服务，但不能提供“门到门”的服务，它的集输能力往往与所接驳交通工具的特点和周围的道路系统疏解能力密切相关，与周围的开发强度也有关系，只有通过馈送客流才能充分发挥运输效益。因此必须有良好的换乘系统，建成各种交通方式的一体化交通系统，才能充分发挥其大运量、快捷、准时地优势，促进各种交通方式的合理分工使用，提高综合效益，避免不必要的互相竞争而造成的浪费。目前一些城市的轨道交通规划考虑的影响范围比较狭窄，特别是轨道交通车站的设置没有很好的考虑与各种交通方式的接驳，没有弄清楚轨道车站的区位特征和影响范围，以至于客流量比较少，有些建成的轨道线网流量还没有常规公交的大，严重浪费了轨道交通资源。

城市快速轨道交通规划是一项城市总体规划的专项（专业）规划，在世界范围内都是一个新鲜的课题。我国对轨道交通规划的研究起步较早，但受理论体系的制约，进行现代意义上的轨道交通规划却是九十年代后期才开始。因此轨道交通规划难免会出现以下一些问题。

① 忽视城市总体规划

在我国城市规划体系中，《城市总体规划》是一切规划研究的指导性纲领规划，所有专性项规划都应在城市总体规划意图框架下完成。轨道交通规划是《城市总体规划》下的专项规划，同时轨道交通规划对城市土地利用格局、交通特征和发展战略、经济发展等方面都会产生强大的引导作用。如果轨道交通规划与城市总体规划意图发生偏差，可能引起整个规划体系的混乱，或者是线网规划本身不可行。因此，轨道交通规划必须依据和支持总体规划，尤其在土地利用、交通发展战略、经济发展战略三个方面应与城市总体规划一致。

② 忽视可实施规划研究

衡量轨道交通规划优劣最关键的标准是这个规划能否实施。城市快速轨道交通是技术非常复杂和专业的系统，而且规划的可实施性受多方面技术因素的制约，比如修建计划、车辆基地配置、运营组织可行性、三维的线路设计、换乘站形式、联络线建设等许多因素均能直接决定规划能否实施，因此轨道交通规划可实施性的研究是专业要求非常高的规划。目前一些线网规划由于种种原因，专业研究非常欠缺，甚至只进行所谓概念规划不进行起码的专业可行性研究，这样的规划是否具有价值是值得怀疑的。

③ 研究对象界定不明确

城市快速轨道交通规划的首要工作就是要明确研究对象，因为一个城市的快速轨道交通系统是一个非常庞大的系统，如果研究对象含糊不清或面面俱到，很可能影响规划实际效果。在此，对一个城市的快速轨道交通进行模式分析是十分必要的。所谓模式分析就是要回答以下问题：

- 1) 从服务对象上讲，城市的轨道交通系统分为市际轨道交通系统和城市轨道交通系统；从旅行速度上讲，可分为快速和低速系统；从运行方式上讲，可分为封闭独立运行系统和开放混合运行系统。那么，城市快速轨道交通系统应包含什么范畴要弄清楚；
- 2) 城市快速轨道交通系统与其它轨道交通的功能和空间关系如何处理；
- 3) 快速轨道交通系统应如何划分层次，各层次适宜选用何种模式并达到何种服务水平，各种模式技术发展水平和发展动态等。

以上这些问题都是对轨道交通规划方向产生重要影响的前提性课题，目前各城市轨道交通规划均对这些问题研究较少。

④ 客流预测工作中的问题

客流预测是轨道交通规划中进行定量分析的主要手段，因此客流预测工作的好坏直接影响轨道交通规划的效果。但从目前线网规划中的客流预测情况看，还存在诸多问题，其中主要表现在：

1) 城市交通换乘模型还未完善建立

轨道交通客流预测是一种宏观层次的客流预测，因此要求模型在宏观方面性能要突出。但从目前掌握的情况看，除广州使用了 START 模型外，还未见到其它城市建立了自己的宏观层次交通模型。所使用的模型基本上是微观层次的详细交通分析模型。即便是这些模型，本身受基础数据丰富、真实程度以及对模型和城市规律熟悉程度的制约，在模型运用上也存在相当的问题。因此，在全国各大城市进行科学的轨道交通规划，就应在这些城市中建立从微观到宏观的，完善的模型体系，而且这些模型应在本城市中有一个相当的积累完善过程，成为相对成熟的模型。

2) 难以建立土地发展和交通预测的动态联系

土地利用和交通之间有明显的互动联系，但是目前的客流预测工作对土地开发强度影响基本不能作出动态的反映。尽管土地发展和交通预测方面都有各自领域内的分析模型，但由于两类模型的原理和数学语言差异很大，而且从事土地发展和交通预测研究的人员对彼此领域研究甚少，因此到目前为止还未发现两个方面的研究能实现模型兼容，因此对彼此的考虑只能是定性分析或静态层次的计算。这实际上是整个规划领域存在的一个突出的技术瓶颈，但这个问题不解决，客流预测工作就很难保证可信性。

3) 缺乏交通影响分析研究

轨道交通客流预测的工作集中在两个方面，一是对线网内部客流增长及特征进行预测，二是对线网对于城市综合交通影响进行分析。现在，线网规划中对线网自身的客流预测工作进行得比较深入，但对线网外部交通影响的工作进行得不够充分，难以回答“轨道交通建设后，城市交通的变化是什么”这样的问题。

⑤用道路规划的思路进行线网规划

道路上的交通载体是汽车，汽车运行的特点是方向灵活、彼此干扰、客货混杂；轨道交通系统上的交通载体是列车，运行的特点是方向一定、干扰较少，客运为主。正是由于其交通载体的不同，这两大交通系统表现出明显的差异性。这些差异主要表现在网络形态、网络节点、中心区网络影响、环线功能、对沿线土地发展影响等多个方面。由于道路网络建设发展较早，规划理论和经验比较成熟，因此在轨道交通规划的起步阶段，比较多地借鉴了道路网络规划经验。随着快速轨道交通线网规划理论的逐步完善，业内人士应逐渐认识到与道路网络规划的区别。由于这些区别的存在，就必须注意在规划和建设阶段，协调二者的关系。

⑥重视轨道交通规划，忽视用地控制和管理

线网规划的成果必须落实到土地管理体系，对快速轨道交通设施用地进行有效控制。但是，一些城市出现了重轨道交通规划，忽视土地控制规划的现象。实际上土地控制规划是一项同样复杂和专业的工作。其中不但要根据专业要求绘制合理的用地红线，还要对规划控制方法进行研究。轨道交通建设往往是几十年上百年的长期工程，对如此漫长时间建设项目的土地控制管理肯定不能简单“严格控制”，而是应针对不同建设时间和不同设施性质进行分类管理，最大程度利用城市土地的价值。

⑦ 换乘节点和分布不合理

轨道交通如果想获得较好的客流效益，一般都希望通过城市中心区。因此整个线网的换乘节点都集中在中心区。一种意见认为换乘节点这样分布可以符合一般城市客流中心区为 O 点或 D 点集散的规律，因此也符合主客流方向。而且换乘发生在地下或相对封闭的轨道交通换乘车站，不会增加地面交通压力。而且会给城市中心区提供强大的交通供给和方向周到的交通可达性。另一种观点认为换乘节点分布在中心区，势必吸引部分出行 OD 点均在外围区的客流在中心区换乘，也势必加大中心区交通压力。而且换乘站工程复杂，集中在中心区进一步增加了工程难度和代价，因此换乘节点应外移。以上两种观点都有各自的道理，因此如何分布换乘节点应根据具体情况，进行充分的论证，尤其是交通影响分析和工程费效比论证。

在研究国内外大城市轨道交通经验的基础上，上海提出了“枢纽锚定全网”的轨道交通网络优化理论。这种“先枢纽后网络”的规划思想的理论依据在于：“用地布局决定客源生成；客源分布决定枢纽位置；枢纽布置决定网络形成；网络系统决定交通功能。”即在进行网络规划时，首先应根据交通集散点的分布情况，确定不同等级和不同类型枢纽的布局，然后根据枢纽布局调整网络，以满足各集散点之间的交通联系。

因此，轨道交通车站的区位特征和影响范围，以及以轨道交通车站为中心的各种交通方式间的耦合模式是本文研究的重点，以期为城市耦合换乘提供一定的理论基础。

2.3 城市公共交通换乘枢纽问题分析

综合各大城市交通现状，换乘问题主要突出表现在以下几个方面：

①公交线路一般都是客源直接连通，穿过主要干道或繁忙街区，没有快速公交通道，公交运行速度慢，运营效率低。城市中心区公交线路多沿主干道布置，穿过闹市区，没有BRT等快速公交通道，公交线路重复严重，公交站站停，运行速度慢，客流运送效率极其低下，造成“公交火车现象”；

②公交通换乘枢纽少，换乘不便。目前，有些城市中已经有或者在修建一些换乘枢纽，以重庆为例，具有一定换乘条件的有南坪、牛角沱、菜园坝、朝天门、江北枢纽站、陈家坪等6个换乘点，但这些点换乘枢纽功能没有形成，客流换乘不方便；

③公交线路与长途、远郊客运功能界线不明，接驳换乘不便，加重城市道路负荷。从长途及远郊客运线路分布看，许多城市公交线路的起点或终点大部分深入到主城区核心区域，加剧了城市中心区的交通拥挤程度；

④目前很多城市的换乘枢纽主要针对常规公交，没有很好的结合其它各种公交方式，另外枢纽内的软、硬件设施比较缺乏，客流组织和调度很多还在原始的基础上，达不到客流转换要求的标准；

⑤随着各种交通方式规划的出台，客流量、车流量等也随着变化，很多现有的枢纽分布不合理，枢纽的位置需要重新定位；

在一些已经建成运营轨道交通的城市中，轨道交通与常规公交换乘问题主要表现在以下两个方面：

①换乘设备接续问题分析

乘客在轨道交通与常规公交之间的转换过程如图2.1所示。为保证两种交通换乘衔接的协调，要求各环节的客运设备具有一定的适应性，轨道交通的客运能

力、车站站台与公交通换枢纽的容纳能力、车站检票口的通过能力及常规公交的运输能力要相互适应与协调。



图 2.1 轨道交通与常规公交的换乘过程图

Figure 2.1 the transfer process between rail transit and Bus transportation

图 2.1 中椭圆虚线表示换乘设备接续过程中容易出现问题的环节，只有当各换乘环节的客运设备及组织能及时地“消化、吸收”换乘的客流，才能实现不同运输模式相互间的协调换乘。通常存在的问题是设施间空间距离过大，地上、地下换乘不便，步行时间长，绕行现象严重等。如北京西直门交通枢纽，由于设备配置存在问题，轨道交通与常规公交之间的换乘绕行严重，造成换乘非常不便。

② 换乘组织协调性问题分析

1) 换乘时间过长。换乘时间即乘客完成轨道交通与常规公交之间的转换所占用衔接设施的服务时间。换乘时间如表 2.1 所示。换乘时间过长是由于换乘组织协调问题造成乘客在各换乘环节上滞留，影响乘客换乘的通畅性和舒适性。

表 2.1 换乘环节占用时间取值表

Table 2.1 Transfer link occupancy time table values

乘客类型	从常规公交换乘轨道交通乘客	从轨道交通换乘常规公交乘客
T1	乘坐常规公交车的运行时间	乘坐轨道交通通车的运行时间
T2	常规公交换乘站至轨道交通车站售票厅的步行时间	站台至出站检票口的步行时间
T3	售票排队等待时间，进站检票排队时间	出站检票排队时间
T4	检票口至站台的步行时间和候车时间	出站检票口至常规公交换乘站的步行时间和候车时间
T5	乘坐轨道交通通车的运行时间	乘坐常规公交车的运行时间

2) 常规公交的运送能力满足不了轨道交通客流的换乘需求。轨道交通的客流量一般比较大，特别是在客流高峰期，需要足够运输能力的常规公交进行接运。若公交车数量不足或发车间隔过长等，都将难以满足轨道交通客流的需要。

3) 换乘设施面积不足。换乘设施面积不足易造成乘客拥挤、环境质量差，

严重影响换乘的舒适性和效率，破坏换乘组织的协调性。

4) 换乘站内客流交叉干扰。换乘客流具有混合性、多向性和冲击性等特征。若进、出站客流方向混杂，对换乘客流的疏导不够，极易造成换乘客流交叉和相互冲击。

综上所述，城市交通换乘问题主要表现为换乘枢纽的缺乏，各种交通方式接驳不明显，尤其各种交通方式不能很好的和大运量的轨道交通接驳，不能发挥轨道交通的明显优势等。

第三章 城市客流交通转换耦合规律研究

轨道交通作为城市交通的主体，成为日后大城市交通发展的趋势。弄清楚哪些人愿意转乘轻轨，轻轨车站对周围乘客的吸引情况，充分发挥轻轨的优势和特点，是本次研究调查的重点之一。本文针对重庆市轨道交通运营情况进行了大量的调查，基于这样大量的调查数据，采用聚类分析的方法研究客流交通转换耦合的一般规律，并对轨道交通车站进行分类，旨在得出耦合的一些建议性结论，为城市轨道交通规划以及综合交通规划和枢纽规划提出参考。

3.1 轨道交通在大城市中的地位

随着城市机动车数量的迅猛发展，城市交通拥挤现象十分普遍，并呈进一步恶化趋势。如果私人轿车、出租车、公交车总数持续快速增加，使本来就缺乏的石油资源将更趋紧张。再加上对城市道路和停车场的需求增加，城市交通将更加拥挤、混乱，城市环境更加恶化，加上大城市空间结构不合理的问题也日益突出，快捷、环保、经济型的轨道交通应运而生。轨道交通使城市结构由“摊大饼”式的浸润型发展转变为“伸开的手掌”式的轴向发展，从而在郊区出现了很多沿轨道交通分布的节点城镇。例如^[9]，在上海郊区 22 个中心镇中共有安亭、南翔等 12 个节点城镇在镇域范围内设有轨道交通站点；尤其是上海近郊闵行区的节点城镇较多，闵行区内有 9 个可依托 3 条轨道交通主干线开发的节点城镇。轨道交通的发展，可直接带动这些节点城镇的 GDP 增长，促进相关产业链的形成，创造财政收入新的增长点。如能利用轨道交通经济带的理念合理地开发这些沿线的节点城镇，可促进它们相互联系、合理分工、形成配套、联成整体，大大提升郊区经济的产业结构与能级，提高郊区经济发展效益。

3.1.1 轨道交通带来城市经济的飞速发展

在轨道交通车站及沿线的一定范围内^[10]（一般路段为 100 米，重点路段为 500 米），有效地开发一切有形资源，带动沿线地区的房地产和土地的大幅度升值及其他产业的发展，并形成轨道交通车站周边地区商贸业的繁荣。由于沿线地区经济的繁荣，吸引大量的居民居住和出行，大量的人流不但带动了沿线商贸的发展，而且还增加了轨道交通的客流量及利用率。这种相互影响、相互发展、相互推动、相互受益，推动了沿线区域经济发展的新型经济现象，称为轨道交通经济带。

我国大城市郊区轨道交通节点城镇大多刚刚设立，城镇效应尚未形成，人流

不足，商贸业及其他相关产业尚待发展。通过轨道交通经济带的开发，可把相对分散的节点城镇组团联成一个整体，强化它们之间的联系与分工，合理配置它们的功能，提高郊区经济发展能级，促使郊区产业得到升级和转型，把郊区经济上升到一个崭新的台阶。大城市郊区轨道交通经济带的产生，可改变郊区居民传统的出行习惯和购物观念，使人们产生全新的生活方式。由于轨道交通的舒适性、准确性和快捷性，使之成为人们出行、观光和购物的主要交通工具，从而使轨道交通经济带沿线和车站集聚大量的人气。大量的人流出行又繁荣经济带沿线的商贸业，并为节点城镇提供大量的就业机会，其产生的社会经济不可估量。例如^[11]，重庆轨道交通建设投资对GDP的直接贡献为1:2.63，每1亿元的投资会提供8466个就业机会。

3.1.2 轨道交通成为城市交通的主体

城市化是世界各国共同的发展趋势，世界上许多发达国家在小汽车进入家庭后，仍然实施的是“公交优先”的交通管理模式，公共交通中又以轨道交通为主题。形成规模和网络的纽约、伦敦、巴黎、莫斯科、东京等轨道交通较为发达的城市，基本形成一定的轨道交通规模和网络，可以延伸到城市的各个方向。以东京和伦敦为例^[12]，轨道交通分别承担了86%和71%的客运量，是居民出行的主要方式。

除了发达国家，一些新兴的工业化国家和地区也在大力发展城市轨道交通。墨西哥城地铁^[13]于1966年动工兴建，目前已有10条线路，总长为178 km，居世界第6位，日均客运量为450万人次，总运量仅次于莫斯科和东京，居世界第3位。汉城地铁自1971年开始兴建，目前已建成8条线路，总长度为285 km。

从长远看，轨道交通具有运量大、速度快、安全性能好、污染小的优点。据国外经验^[14]，1公里的轨道运输线路，吸引范围可达2平方公里左右。市区面积在200平方公里左右的大城市修建100公里的城市轨道运输线路，基本可以解决城市主要通道的运输问题。此外，轨道运输的发展对缓解城市污染也将起到非常好的作用。

鉴于此，我国大城市应建立以轨道运输为主导，其他运输方式相互衔接配合的高效节能综合运输体系。交通规划的思想也要以轨道交通为主，对于中长距离出行的人们，要想办法吸引他们采用各种交通方式到轨道车站换乘。主城区土地资源稀缺，城市人口密集，人民群众的总体生活水平不高，依靠公共交通满足群众生产生活出行的需要，是发挥城市功能，维护群众利益的客观需要，也是节约能源的有效途径。要实行以轨道交通为主的城市公交优先战略，要坚持体制创新和科

技创新，以创新为动力，推动轨道交通的发展。要科学配置和利用交通资源，建立以轨道交通为导向的城市发展和土地配置模式；进行体制创新，改革投融资体制，以轨道交通综合开发等方式拓宽建设资金渠道；同时加强监督管理，进一步规范经营行为，不断提高服务水平。

3.2 城市轨道交通接驳研究的思路

城市轨道交通是大运量的交通方式，提供快捷的“站到站”服务，但不能提供“门到门”服务。它的技术能力往往与所接驳的交通工具的特点和周围的道路系统疏解能力密切相关，与周围的开发强度也有关系，只有通过馈送客流才能充分发挥运输效益。因此，必须有良好的换乘系统，建成各种交通方式的一体化交通系统，才能充分发挥其大运量、快捷、准时的优势，促进各种交通方式的合理分工使用，提高综合效益，避免不必要的互相竞争而造成的浪费。

研究城市轨道交通接驳就是要分析哪些乘客愿意去轨道交通车站换乘出行。而到达轨道交通车站又分为各种交通方式，包括步行、自行车、公共汽车、出租车、小汽车等（本论文的研究是基于重庆市的轨道调查数据展开，因此，没有涉及自行车的交通方式，在开展其他大城市，尤其北方平原城市的轨道交通接驳研究中，需要重视自行车的交通方式）。因此研究的主要内容是出行者从出发点采用这些交通方式到达和离开轨道交通车站所需的总时间，以及总路径的距离。通过总结分析，并采用聚类分析的方式得出轨道交通车站客流交通转换耦合的规律。

3.3 各种交通方式在枢纽地区使用的主要特征

根据以上分析，要研究轨道交通车站客流交通转换耦合的规律，充分发挥城市轨道交通的能力，必须了解各种交通方式在枢纽地区（本文着重指轨道车站内）使用的主要特征，即充分认识各种运输方式的运输特点。各种交通方式在枢纽地区的使用特征^[16]如表 3.1 所示：

表 3.1 各种交通方式在枢纽地区使用的主要特征 (共二页 第一页)

Table 3.1 The main features hub in the region to use all means of transport (for a total of two pages on page 1)

交通方式	乘客行为特征	车辆使用特征	需求的设施特征
步行	<ul style="list-style-type: none"> ★ 个体或群体人流 ★ 短距离安全性差、离散 ★ 行人的眼睛可接受各种信息，通常都希望走最短路径 ★ 在等车时间内，出行者还有购物、休闲需要 		<ul style="list-style-type: none"> ★ 需要人流大的空间 ★ 需要便捷、有序、保障安全的设施 ★ 需有清楚的指示标志 ★ 需要一定的公共服务、购物、休闲设施
公共汽车	<ul style="list-style-type: none"> ★ 集中人流 ★ 部分乘客往往不熟悉城市或该区域情况 ★ 部分乘客随身携带物品较多 	<ul style="list-style-type: none"> ★ 到站往往不准时 ★ 车辆转弯半径达 ★ 发车间隔固定 ★ 车均停放面积大 	<ul style="list-style-type: none"> ★ 需要有清楚的换乘指示标志和信息服务 ★ 滞留的乘客需要候车空间 ★ 需要有序和方便的进出通道，联系外围的疏散道路 ★ 需要调度式管理空间 ★ 需待停车面积，有一定规模
出租车	<ul style="list-style-type: none"> ★ 个体人流 ★ 乘客往往不熟悉城市或该地区 ★ 部分乘客随身携带物品较多 	★ 上下客随意性强	<ul style="list-style-type: none"> ★ 需要有清楚的换乘标志 ★ 需要上下车停放管理

表 3.1 各种交通方式在枢纽地区使用的主要特征 (共二页 第二页)

Table 3.1 The main features hub in the region to use all means of transport (for a total of two pages on page 2)

交通方式	乘客行为特征	车辆使用特征	需求的设施特征
小汽车	<ul style="list-style-type: none"> ★ 个体客流 ★ 驾驶员往往比较熟悉城市或该区域的情况 ★ 对出入口位置清楚 ★ 部分乘客随身携带物品比较多 	<ul style="list-style-type: none"> ★ 机动性好、灵活 ★ 不怕慢, 就怕停 ★ 进出枢纽的流量具有突变性, 均衡性差 ★ 时空消耗大 ★ 停放时间长 	<ul style="list-style-type: none"> ★ 需要直接连接到高速公路、快速路和交通型主干道 ★ 需要到轨道出入口, 步行距离短 ★ 需要密集的集散型道路, 方便小汽车进出 ★ 所需的道路和停车场址的用地大
轨道交通	<ul style="list-style-type: none"> ★ 到达为个体客流, 离开位群体客流 ★ 部分乘客随身携带物品较多 ★ 需馈送客流 	<ul style="list-style-type: none"> ★ 快速大运量 ★ 全封闭、设施固定 ★ 不能提供“门到门服务” 	<ul style="list-style-type: none"> ★ 需要大运量公共汽车直接疏解客流 ★ 需要周围有快速疏解的道路网络 ★ 需要多出口的通道 ★ 需要有明确的指示标志

3.4 调查方法和结果

3.4.1 轻轨车站和常规公交的接驳情况

根据重庆公交集团提供的资料^[16]显示, 各轻轨车站均与数条常规公交接驳, 具体接驳情况如下表 3.2 所示:

表 3.2 重庆轻轨 2 号线轨道车站与常规公交接驳一览表（共二页 第一页）

Table 3.2 Chongqing Light Rail Transit Line 2 orbital stations connected with the conventional list(for a total of two pages on page 1)

轻轨车站	公交换乘线路	备注
较场口站	109、124、301、302、303、306、308、321、346、348、361、383、429、871、800、810	杨家坪、朝天门、沙坪坝、江北、南岸、巴南、弹子石方向
临江门站	103、104、105、111、112、114、122、124、132、135、139、181、215、261、262、265、810、862、866 等	杨家坪、朝天门、大溪沟、沙坪坝、九龙坡、大渡口、江北、南岸、弹子石方向
黄花园站	103、104、105、111、112、122、130、132、135、181、215、261、262、265、810、866 等	朝天门、解放碑、上清寺、江北、五里店、沙坪坝、大渡口、九龙坡、南坪、南岸方向
大溪沟站	105、112、122、132、181、215、261、262、265、421、810、829、866、868 等	朝天门、五里店、江北、陈家坪、沙坪坝、石坪桥方向
曾家岩站	103、104、105、111、112、122、132、215、261、262、338、800、829、862、866、868	朝天门、五里店、江北、沙坪坝、南岸、九龙坡方向
牛角沱站	103、104、108、114、181、215、261、265、411、461、611、626、605、465、416、502、602、815、818 等	朝天门、五里店、江北、大溪沟、沙坪坝、大渡口、九龙坡、南岸、巴南方向
李子坝站	104、116、143、210、215、216、217、251、261、262、265、802、808 等	上清寺、沙坪坝、江北、南岸方向

表 3.2 重庆轻轨 2 号线轨道车站与常规公交接驳一览表（共二页 第一页）

Table 3.2 Chongqing Light Rail Transit Line 2 orbital stations connected with the conventional list(for a total of two pages on page 2)

轻轨车站	公交换乘线路	备注
佛图关站	104、116、143、210、215、217、251、261、262、265、802、808 等	朝天门、五里店、沙坪坝、南坪、大渡口、渔洞、江北、大溪沟、南岸、巴南方向
大坪站	109、128、224、225、402、403、413、416、418、462、466、421、815、818、819、839、871、873 等	杨家坪、朝天门、沙坪坝、南坪、大渡口、渔洞、江北、南岸、渝中方向
袁家岗站	203、206、207、223、224、225、235、231、232、325、365、403、411、412、413、416、419、429、464、466、606、818、828、839 等	杨家坪、朝天门、南坪、大渡口方向
谢家湾站	148、207、223、232、403、411、3412、413、416、419、466、800、823、828、838、839、962 等	杨家坪、朝天门、南坪、大渡口、渔洞、江北、南岸、渝中、沙坪坝方向
杨家坪站	148、204、207、223、226、229、232、310、411、412、413、416、419、454、469、466、800、828、838 等	杨家坪、朝天门、沙坪坝、南坪、大渡口、渔洞、江北、南岸、渝中方向
动物园站	148、204、207、226、232、229、310、341、416、419、962 等	杨家坪、朝天门、沙坪坝、南坪、大渡口、渔洞、江北、巴南、渝中方向

3.4.2 问卷调查结果分析

本研究采用了重庆市综合交通调查报告的数据^[17]，并补充调查人们愿意转乘轻轨的意愿、居住地点、上班地点（目的地）、采用交通方式，本调查主要采用问

问卷调查的方法，根据调查的结果，了解不同地点的乘客乘坐轻轨的意愿，进而了解轻轨位置对不同位置乘客的吸引情况；计算出各主要接驳方式在一定时间内的乘客比例。例如如果接驳交通时间在 20 分钟之内（乘客可以选择其他接驳方式和单一的方式），在所有步行者中，有 94% 的人们选择接驳。根据接驳时间的不同，将采用换乘轻轨的人们进行归类，如下图 3.1 所示：

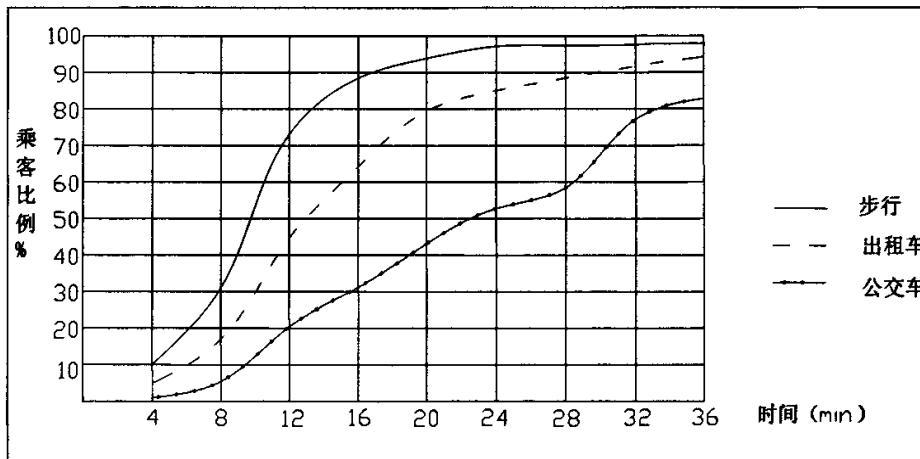


图 3.1 乘客利用各种交通方式选择轻轨换乘的接驳时间累计频率

Figure 3.1 Passengers boarding the connecting traffic light time to choose a total frequency

从图中可以看出，约 80% 的轻轨乘客采用接驳交通方式的时间少于 20–25 分钟，接驳时间多于 30 分钟的轻轨乘客仅占 10%。

如果接驳交通时间在 20 分钟之内，在所有步行者中，有 94% 的人们选择换乘轻轨；在所有乘坐出租车要换乘的人们中，有 80% 的人选择换乘轻轨；在所有乘坐公交车要换乘的人们中，有 43% 的人选择换乘轻轨。

另外，根据调查结果，统计出各种交通方式转乘轻轨所利用的时间和行走的距离，进而了解轻轨车站的影响范围，指导轻轨站点的设置和其他交通方式的接驳。

3.5 各种交通方式与轨道交通接驳时间、接驳距离分析

3.5.1 重庆轻轨 2 号线各种交通方式换乘轻轨的比例统计

根据调查分析，步行接驳方式占总量的 36.9%，具有很大的比重，所以必须

重视步行通道和步行引导设施的建立。公交车接驳方式占总量的 51.1%，出租车接驳方式占总量的 8.7%，其他占 5.9%。统计结果表明，轻轨 2 号线和其他各种交通方式接驳尚不完善，特别是公交接驳方式不尽合理，造成步行范围外稍偏远的居民出门乘公交再转乘轻轨的比例较小，需要进一步加强公交线路的调整和接驳换乘设施的建设力度。

各种交通方式换乘轻轨的比例图如图 3.2 所示：

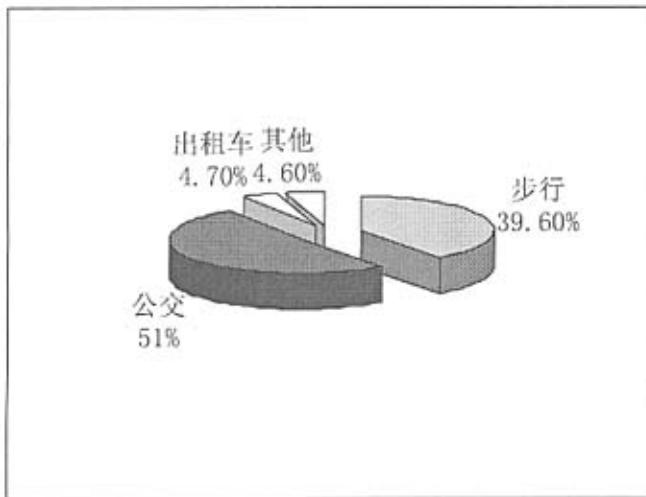


图 3.2 各种交通方式换乘轻轨的比例图

Figure 3.1 The ratio plan which all traffic means transfer rail transit

3.5.2 各种交通方式与轨道交通接驳时间分析

与城市轨道相衔接的各种方式有与具有不同的特性，其影响范围可以通过交通方式所采用的方式所用时间计算出来。

针对经常乘坐轻轨出行的人们进行调查，主要采集的数据是乘坐轻轨的乘客采用步行、乘坐公交、出租车到达轻轨车站的时间，然后统计分析得出各种交通方式到达轻轨车站得平均时耗。结果如下表 3.3 所示：

表 3.3 各种交通方式到达各轨道车站的平均耗时 (min)

Table 3.3 The average time of orbital stations serving all manner of traffic (min)

	步行	公交	出租车
较场口站	15.6	25.3	12.8
临江门站	16.8	18.1	15.6
黄花园站	12.8	28.9	12.1
大溪沟站	12.9	22.3	16.8
曾家岩站	15.6	25.6	13.6
牛角沱站	10.1	25.8	13.3
李子坝站	9.8	23.6	15.0
佛图关站	8.9	22.5	13.8
袁家岗站	11.2	28.1	14.7
谢家湾站	15.2	21.2	12.5
杨家坪站	18.9	28.3	13.1
动物园站	8.7	26.2	15.1
总平均耗时	13.04	24.66	14.03

3.5.3 各种交通方式与轨道交通接驳距离分析

步行方式平均耗时 13.04min, 按正常步行速度为 4km/h 计算, 采用步行接驳方式乘客的影响范围应该是距车站 0.9km 以内。

公交车接驳平均耗时 24.66min, 按常规公交车正常的行驶速度(含停车、等车等)15km/h 计算, 采用常规公交接驳方式乘客的影响范围应该是距离车站 6.2km 以内。

出租车接驳方式平均耗时 14.03min, 按出租车正常的行驶速度 35km/h 计算, 采用出租车接驳方式的乘客的影响范围应该是距离轻轨车站 8.2km 以内。

私人小汽车的影响范围与出租车基本相同, 即 8.2km 以内。

3.5.4 各种交通方式与轨道交通接驳时间、距离分析结论

各种接驳方式的平均耗时与理论影响距离如下表 3.4 所示

表 3.4 各种接驳方式的平均耗时与理论影响距离

Table 3.4 Various connections with the average time from the impact theory

	步行	公交	出租车
比例%	39.6	51.1	4.7
平均接驳时间/min	13.04	24.66	14.03
理论影响距离/km	0.9	6.2	8.2

根据调查和目前重庆市已开通的轻轨的营运时间统计，居民乘坐轻轨的平均距离在 15km 以内，平均时间约为 15-20min，较长距离出行的乘客乘坐轻轨时间约在 25-30min 内，由此可得出两点结论：一是接驳交通方式的时间小于等于乘用城市轨道交通的时间；二是接驳方式的距离一般小于乘用城市轨道交通的距离。

3.6 聚类分析

3.6.1 聚类分析概述

聚类分析^[18] (Cluster Analysis) 就是根据事务彼此不同的属性进行辨认，将具有相似属性的聚为一类，集中显现其突出特性和本质。俗话说：“物以类聚，人以群分”，在自然科学和社会科学中，存在着大量的分类问题。所谓类，通俗地说，就是指相似元素的集合。聚类分析又称群分析，它是研究（样品或指标）分类问题的一种统计分析方法。聚类分析起源于分类学，在古老的分类学中，人们主要依靠经验和专业知识来实现分类，很少利用数学工具进行定量的分类。随着人类科学技术的发展，对分类的要求越来越高，以致有时仅凭经验和专业知识难以确切地进行分类，于是人们逐渐地把数学工具引用到了分类学中，形成了数值分类学，之后又将多元分析的技术引入到数值分类学形成了聚类分析。聚类分析内容非常丰富，有系统聚类法、有序样品聚类法、动态聚类法、模糊聚类法、图论聚类法、聚类预报法等。聚类分析计算方法主要有如下几种：

① 分裂法 (partitioning methods)：给定一个有 N 个元组或者纪录的数据集，分裂法将构造 K 个分组，每一个分组就代表一个聚类， $K < N$ 。而且这 K 个分组满足下列条件：(1) 每一个分组至少包含一个数据纪录；(2) 每一个数据纪录属于且仅属于一个分组（注意：这个要求在某些模糊聚类算法中可以放宽）；对于给定的 K，算法首先给出一个初始的分组方法，以后通过反复迭代的方法改变分组，使得每一次改进之后的分组方案都较前一次好，而所谓好的标准就是：同一分组中的记录越近越好，而不同分组中的纪录越远越好。使用这个基本思想的算法有：

K-MEANS 算法、K-MEDOIDS 算法、CLARANS 算法;

②层次法(hierarchical methods): 这种方法对给定的数据集进行层次似的分解, 直到某种条件满足为止。具体又可分为“自底向上”和“自顶向下”两种方案。例如在“自底向上”方案中, 初始时每一个数据纪录都组成一个单独的组, 在接下来的迭代中, 它把那些相互邻近的组合并成一个组, 直到所有的记录组成一个分组或者某个条件满足为止。代表算法有: BIRCH 算法、CURE 算法、CHAMELEON 算法等;

③基于密度的方法(density-based methods): 基于密度的方法与其它方法的一个根本区别是: 它不是基于各种各样的距离的, 而是基于密度的。这样就能克服基于距离的算法只能发现“类圆形”的聚类的缺点。这个方法知道思想就是, 只要一个区域中的点的密度大过某个阀值, 就把它加到与之相近的聚类中去。代表算法有: DBSCAN 算法、OPTICS 算法、DENCLUE 算法等;

④基于网格的方法(grid-based methods): 这种方法首先将数据空间划分成为有限个单元(cell)的网格结构, 所有的处理都是以单个的单元为对象的。这么处理的一个突出的优点就是处理速度很快, 通常这是与目标数据库中记录的个数无关的, 它只与把数据空间分为多少个单元有关。代表算法有: STING 算法、CLIQUE 算法、WAVE-CLUSTER 算法;

⑤基于模型的方法(model-based methods): 基于模型的方法给每一个聚类假定一个模型, 然后去寻找能很好地满足这个模型的数据集。这样一个模型可能是数据点在空间中的密度分布函数或者其它。它的一个潜在的假定就是: 目标数据集是由一系列的概率分布所决定的。通常有两种尝试方向: 统计的方案和神经网络的方案。

本论文采用了层次法的聚类分析方式。由于城市轨道交通车站处于不同的地理位置, 与其衔接的客流性质和比例存在较大的出入, 因此未提对未来车站的衔接不同交通方式客流的研究水平, 这次预测以既有的轨道交通车站客流调查为基础, 采集了大量交通线路、车站客流的衔接信息, 并根据样本的各种特性参数对车站进行了聚类分析。

在对轨道交通车站进行聚类分析的具体方式就是将若干车站不同的参数置于一个多维空间, 按照各点之间亲属程度, 使得同一类的事物具有高度的相似性, 从他们共同的性质中找出其共同点。

3.6.2 重庆市轨道交通车站的聚类分析

这次调查研究了轻轨轻轨 2 号线的沿线一共有 17 座车站, 把这些车站分为 5 类, 分别是: 1) A 类站: 市中心区交通服务范围较大的车站; 2) B 类站: 市中心

区交通服务范围相对较小的车站；3) C类站：外围区交通服务范围大的车站；4) D类站：外围地区交通服务范围较小的车站；5) E类站：城市轨道交通线路尽端车站。

各种接驳方式的服务范围如图 3.4 所示：

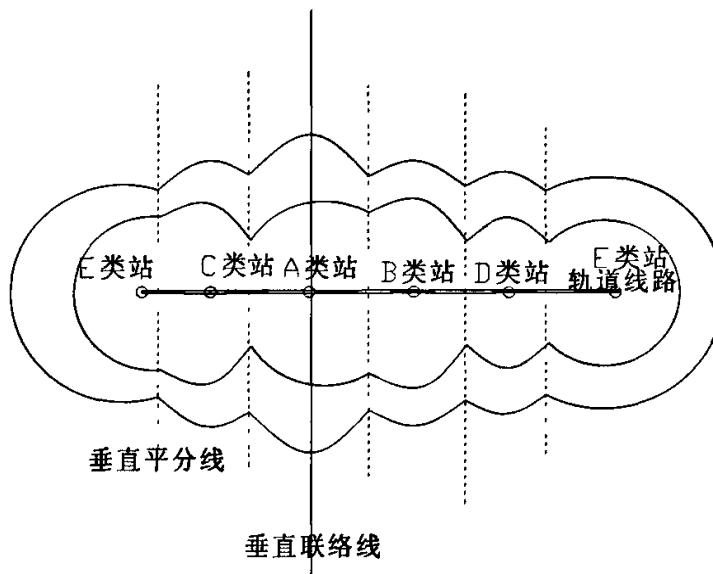


图 3.4 各种接驳方式的服务范围

Figure 3.4 Various connections services plan

①A类站

A类车站的各种衔接方式的客流比例，如下表 3.5 所示：

表 3.5 A类车站的各种衔接方式的客流比例 (%)

Table 3.5 A convergence of various forms of flow stations ratio (%)

	步行	公共汽车	出租车（小汽车）	其他
临江门	42.3	48.1	5.8	3.8
牛角沱	38.6	53.2	5.1	3.1
袁家岗	38.8	51.2	4.6	5.4
谢家湾	31.2	53.2	3.9	11.7
黄花园	45.8	44.1	3.6	6.5
平均比例	39.34	49.96	4.6	6.1

A类车站的显著特点是：以公共交通换乘方式为主，约占50%左右，其次是步行方式约占40%左右；公共交通比例由一定的正相关性；出租汽车和小汽车等其他交通方式的比例较小。

②B类站

B类车站的各种衔接方式的客流比例，如下表3.6所示：

表3.6 B类车站的各种衔接方式的客流比例

Table 3.6 B convergence of various forms of flow stations ratio (%)

	步行	公共汽车	出租车（小汽车）	其他
杨家坪	55.1	26.8	4.7	13.4
大溪沟	48.2	27.8	4.6	19.4
李子坝	47.1	29.7	4.3	18.9
佛图关	46.2	31.2	5.1	17.5
动物园	51.0	35.1	5.3	8.6
平均比例	49.52	30.12	4.8	15.56

B类车站的显著特点是：以步行衔接方式为主，约占50%左右，其次是利用根据公交换乘方式，约占30%左右，公交比例由一定的正相关性，出租汽车和小汽车等其他方式比例较小。

③C类站

C类车站的各种衔接方式的客流比例，如下表3.7所示：

表3.7 C类车站的各种衔接方式的客流比例

Table 3.7 C convergence of various forms of flow stations ratio (%)

	步行	公共汽车	出租车（小汽车）	其他
大堰	39.3	49.5	3.6	7.6

C类车站的特点和A类车站的特点相似，这些车站接驳的客流主要是非本站附近的远程客流，根据换乘比例为主的特征相当明显。

④D类站

D类车站的各种衔接方式的客流比例，如下表3.8所示：

表 3.8 D 类车站的各种衔接方式的客流比例
Table 3.8 D convergence of various forms of flow stations ratio (%)

	步行	公共汽车	出租车（小汽车）	其他
马王乡	49.5	29.8	4.6	16.1
平安	51.1	28.6	5.3	15
平均比例	50.3	29.2	4.95	15.55

D类车站的特点和B类车站的特点类似，以附近产生的近程客流为主要接驳方式，自然以步行居多。

⑤E类站

E类车站的各种衔接方式的客流比例，如下表 3.9 所示：

表 3.9 E 类车站的各种衔接方式的客流比例
Table 3.9 E convergence of various forms of flow stations ratio (%)

	步行	公共汽车	出租车（小汽车）	其他
新山村	18.7	61.3	2.1	17.9
校场口	46.3	40.1	2.8	10.8

新山村站离城市中心区偏远，选择乘坐轻轨到城市中心区的居民较多，因此，很多人更愿意由公交转乘轻轨的方式，其他比例中，摩托车、机动三轮车也较多。较场口站位于城市中心区，步行居多，达到 46.3%。由此可见，轨道尽端车站由于所处的区域不同，其接驳方式结构也各有显著的自身特点。

⑥各类车站

各类车站的各种衔接方式的客流比例，如下表 3.10 所示：

表 3.10 各类车站的各种衔接方式的客流比例

Table 3.10 The proportion of the passenger of the various types of stations means

	步行	公共汽车	出租车（小汽车）	其他
A	39.34	49.96	4.6	6.1
B	49.52	30.12	4.8	15.56
C	39.3	49.5	3.6	7.6
D	50.3	29.2	4.95	15.55
E (外围区)	18.7	61.3	2.1	17.9
E (中心区)	46.3	40.1	2.8	10.8

3.7 聚类分析的启示

3.7.1 市区车站的区位特征

从 A、B 两类车站所处的地理位置分析，它们的共性都是出于人口、就业较为稠密的城市中心区。通过研究发现，A、B 两类车站的特点不在于周边土地利用性质，不在于周边人口和就业密度，而突出地表现为与城市轨道交通线路垂直方向的交通服务覆盖范围。

以杨家坪和黄花园站为例，两者同属市级商业中心，周边土地使用性质基本相同，在交通方面，杨家坪步行街，禁止一般机动车通行，商业稠密，机动车单行，垂直方向的交通服务范围受到限制，以步行衔接方式为主，与此不同的是，黄花园轻轨站附近仍然是市内交通主干道，并未加限行措施，因此以公交通换衔接方式为主，同时，通过调查和分析也不难发现，黄花园车站由于地处垂直方向交通便利地区，以公交衔接为主，杨家坪车站由于垂直方向交通不畅，以步行衔接为主。

3.7.2 郊区车站的区位特征

根据实地考察，袁家岗车站与菜园路相交，谢家湾车站与谢陈路相交，这些车站接驳的客流主要来自本站附近的远程客流，公交通换比例为主的特征相当明显。而动物园车站、平安站均处于小区附近，以附近产生的近程客流为主，自然以步行为主要接驳方式。因此，为更好发挥城市轨道交通的作用，要有目的地加强与其垂直方向的相关交通方式与城市轨道交通的联系。

3.7.3 不同类型车站的区位特征

造就不同类型车站的主要原因在于各个车站所处的地理位置和周边环境不

同，使得各种交通方式的使用和发挥受到该地区地形地物不同程度的影响同时，我们也能看到：

- ①在两种及以上交通方式覆盖的区域内，出行速度较低的交通方式被选择的概率大，如在 1Km 范围内，人们选择步行的概率要大得多。
- ②在影响范围内，如果有河流、建筑物等地形地物阻隔时，出行速度较高的交通方式由于对相应的道路设施等要求高，在受到限制时会因为绕行等而降低其被选择的概率。

第四章 客流换乘耦合模型的建立

耦合模式建立的前提是要弄清楚耦合处客流总量、各交通方式承担的客流量大小，因此，需要预测出交通量，然后建立客流转换耦合模型，最后再研究各种交通方式间耦合的模式。

4.1 交通枢纽客流需求分析

建立客流转换耦合模型的目的是计算分析枢纽内各种交通转换的客流量的比例，因此，要计算各种交通转换的客流数量还需要预测分析枢纽内客流交通总量。由于本文重在研究客流换乘模型，因此本文仅对客流预测作一般的说明，具体方法和模型的建立还有待进一步深入研究。

根据高峰时段乘客出行调查分析结果和社会经济调查结果，通过将经济发展指标、城市人口总量及分布、就业岗位疏集分布、土地利用性质及规模等指标与乘客出行特征进行相关分析，寻找出乘客交通需求与城市人口、社会经济发展、就业岗位、土地利用性质之间的关系，从而构造出基于城市人口规模、就业岗位和土地利用性质的交通需求（交通产生和交通吸引）预测模型^[19]，最后确定设计年的公交、铁路和轨道交通乘客流向、流量、交通方式结构等，这将用于预测综合交通枢纽设计中对交通服务的空间需求^[20]。

所有的预测数据必须按照方式划分，落实到带有方向性及上、下行和上客、下客的量，停靠的车辆也一样。可以通过未来交通枢纽的客流量增长，分别推算轨道交通、公交、出租汽车和接送车辆的增长。通过就业市场人口的增长率，推算轨道交通、小汽车和自行车的增长；通过人口和居民住宅面积增长，推算步行、公交和轨道交通客流量的增长；通过 CBD 商业面积的增加推算步行、轨道交通、公交客流以及小汽车、出租汽车的增长^[21]。

4.2 轨道交通的客流预测

本文研究是建立在轨道交通规划的基础上的，本节将对轨道交通的客流预测作进一步的说明。

4.2.1 轨道交通预测的一般性原则

(1) 理论与实践相结合

城市轨道交通客流预测是一项实际操作性很强的工作，将预测理论和实践工作进行有机的结合，并灵活的运用预测理论，是得出科学预测结果的基本保证。虽

然，“四阶段”法是一种被大多数学者所接受的、精度较高的预测方法，但由于目前城市规划人员的素质参差不齐，操作步骤的不规范，一定程度影响了预测的精度。针对这种情况，一方面应提高人员的素质，另一方面，应对其预测结果应用其他理论反复验证，直到满意为止^[22]。

(2) 宏观与微观相结合^[23]

这里的宏观是指城市的总体规划，宏观与微观相结合指每个小区、每条街道的预测都要结合城市的总体规划，而且预测中既要充分考虑社会经济与政策变化的影响，又要充分考虑经济水平和人们的风俗习惯和个体的差异。

(3) 定性和定量相结合

定性分析着眼于对事物的判断，其正确与否主要依靠预测者的洞察事物的能力，并借助经验和逻辑推理完成，而定量分析预测是在前者的基础上采用数学方法完成，着眼于统计资料的积累。二者的有机结合才能对城市轨道交通线路的客流进行科学的、客观的预测^[24]。

(4) 系统化和合理化的原则

客流预测是一门新型的边缘学科，虽然城市主体客流预测趋于成熟，但轨道交通客流预测还处于探索和不断完善的阶段，因此我们应积极借鉴其他客流预测理论，及时提出新的理论模型，并使之不断完善。例如：目前比较流行的“四阶段”法虽然可以比较准确的预测轨道交通客流，但由于调查的工作量大，数据利用率低，一定程度又影响其精度。为了克服“四阶段”的上述缺点，近年来，又提出以出行者个人为研究对象，以随机效用理论、出行效用最大化理论为基础的非集计模型。另外以通过研究土地使用性质来研究客流发展规律，以达到远期预测目的的土地利用法已在许多城市成功利用。

(5) 强调理论先进性的同时，注重数据积累

先进的理论无疑对预测结果的可靠性有直接的影响，但客流预测是从当前出行情况中摸索规律，并以此来推测未来出行的过程。调查资料是否丰富、准确、连续，从根本上决定了预测结果是否可靠。因此，建议不妨效仿经济发达的国家，对定期客流预测的数据进行法制化管理。此外，由于轨道交通客流预测时间长（运营后25年为规划年），还应注意规划年限与预测年限的一致性等问题^[25]。

(6) 坚持协调发展的原则

客流预测要考虑城市规模和经济的可持续发展，轨道交通引入城市，满足大量日常通勤交通，缓解了道路压力。但要充分认识其适用条件和服务范围，既要充分发挥轨道交通的优点，又要使其分工合理化，从而发挥整个交通系统的作用，取得合理的社会效益和环境效益。

4.2.2 针对不同城市的具体性原则

目前,我国除北京、上海、广州、香港、台北、天津、重庆、南京等城市已建成轨道交通线网外,国家计委已批准了青岛、沈阳等城市的轨道交通规划方案,另外大连、长春、哈尔滨、兰州等 17 个城市正在进行或已完成了规划和客流的可行性报告。各个城市在具备客流密集的同时又各有其不同,那么我们做客流预测在合理借鉴其他城市经验的同时,必须针对城市的特点提出合适的模型。主要应考虑如下因素:

① 城市人口规模的大小和分布特点

城市人口规模的大小和分布从根本上决定了轨道交通的规划方向。一个人口密集的重工业城市,例如鞍山市,它的居民出行的目的主要为上班、上学、购物等,客流分布比较有规律,轨道交通的规划就应当满足居民出行的需要。而青岛、大连等旅游城市客流中的一大部分来自旅游人口,这样居民出行规律的工业城市与旅游城市的客流预测模型并不相同。同理,拥有百万人口的佛山市的客流预测并不应照搬拥有千万人口的北京市的客流预测模式。

② 城市的地形特点

城市的地形特点对城市客流的分布有决定作用,例如:兰州市,其狭长的地形为客流预测提供了便利,针对其特点采用线状 OD 取代面状 OD,不但可以简化计算,而且由于影响因素少,精度反而较高。

③ 城市的未来发展规划

城市的未来发展规划对城市的客流预测也起着重要的作用。各个城市应当根据城市的性质、规模、用地布局、经济发展水平及有关国家政策,明确城市交通设施发展建设的宏观构架与目标,据此对轨道交通项目和客流预测进行控制。例如深圳作为经济特区,其政策有异于内陆城市,这样在做客流远景预测和交通客流分配时,应当考虑政策对城市的影响和轨道交通对城市规划的反作用。

④ 城市的地理位置、居民的生活习惯、气候特点

城市的地理位置、居民的生活习惯、气候特点对客流预测具有重要的作用。城市规模相仿的广州和西安在采用“四阶段”法预测客流时,气候相对干燥的西安为步行和骑自行车提供了便利,而经济相对发达和多雨气候为私家车提供了可能。

4.2.3 轨道交通客流预测模式

城市轨道交通建设的模式和规模既要适应近期城市交通需求,又要适应远期城市交通发展的要求。自 20 世纪 70 年代以来交通规划技术传入我国,运用定量的方法进行科学的预测已成为规划的主要手段。城市轨道交通的客流预测基本上采

用交通规划的常规方法:即搜集或利用居民出行调查资料,在预测城市客运总需求的基础上,通过交通方式划分预测城市轨道交通的客流量。目前我国轨道交通客流预测模式主要可以分下面几类:

① 不基于现状客流分布(OD 分布)的预测模式。

这类预测模式的主要思路为:将相关的公交线路的现状客流和自行车流量,向轨道交通线路转移,得到虚拟的基年轨道交通客流。然后按照相关公交线路的历史资料和增长规律,确定轨道交通客流的增长率,推算远期轨道交通需求客流量;或者由公交预测资料,直接转换为远期城市轨道交通客流量。因此,这一类方法主要为趋势外推,在确定轨道交通客流增长率时可采用指数平滑法、多元回归法等方法。

② 基于现状客流分布(OD 分布)的预测模式

基于现状客流分布(OD 分布)的预测模式的主要思路为通过居民出行调查,掌握现状全方式的出行分布,在此基础上,预测未来年的全方式出行分布,然后通过方式划分,得到轨道交通的站间 OD,即可计算出轨道交通客流量。基于上述理论的城市轨道交通客流预测的“四阶段”法已得到广泛的应用,即城市轨道交通客流的产生、客流的分布、交通方式的划分、客流在路网上的分配。该方式结合土地利用规划分析城市轨道交通客流,能较好的反映城市远期客流的分布,且精度相对较高。但对数据要求高、操作复杂。

③ 非集聚模型

近年来,由于城市轨道交通“四阶段”法缺少明确的行为假说,特别是模型系统本质上并非有关个体行为的,即它不是与个体出行行为相一致的,针对其不足,一些专家提出了非集聚模型。

非集聚模型又称交通特征模型,它以实际产生交通活动的个人为单位,对个人是否进行出行、去何处、利用何种交通工具以及选择哪条路线等活动分别进行预测,并按出行分布、交通方式和交通线路分别进行统计,得到交通需求总量的一类模型。这一模型在理论上利用了现代心理学的成果,引入了随机效用的概念,其核心是效用最大化理论。它着眼于研究出行者个体的出行行为。非集聚模型相比传统模型的优势是有明确的行为假说、模型的一致性好、模型标定所需调查样本少、模型有较好的时间和地区可转移性等特点。

4.3 客流转换量模型

4.3.3 换乘原理分析

交通换乘量即为枢纽区域内各种交通方式之间交换的客流量，换乘结果可以用矩阵的形式表达。依据现代交通规划学有关四阶段法交通规划的第三阶段出行方式划分的预测，先确定客运枢纽的系统总量，再研究子系统的分担情况，对客运换乘枢纽内不同交通方式间的换乘量进行分析与预测，得出不同交通方式间的换乘量。

4.3.3 客流换乘分析模型的建立与求解

参考交通方式划分的原理，在建立交通换乘分析模型时，拟采用方式划分的非集计 Logit^[26]模型，在模型建立之前先给出以下的概念和假定：

在换乘枢纽内可能提供的接驳交通方式叫做“选择枝”，如果换乘枢纽内一共只有两个选择枝可供选择，就是一个二项选择问题，否则就是多项选择问题，实际上出行者到达一个枢纽或从枢纽离开一般有多种交通方式可供选择，因此多数情况是多项选择问题。

选择某种接驳交通具有的令人满意的程度叫效用。关于效用首先作如下假定，这些假定是基于人们通常的心理选择行为，是非集计模型的基础：出行者在选择换乘交通方式时，总是选效用值最大的选择枝；出行者关于每个选择枝的效用值由出行者自身的特点和选择枝的特征共同决定。

对于某一交通换乘枢纽来说，若干线运输存在 n 种接驳方式交通方式，假设某乘客选择第 i 种接驳交通的概率比选择第 j 种接驳交通的概率大，具体含义表示选择第 i 种换乘交通的效用能够大于选择第 j 种换乘交通的效用。决定选择 i 的效用用 S_i 表示，决定选择 j 的效用用 S_j 表示，运用概率知识，则有选择 i 的概率 $p(i)$ 等于 $S_i \geq S_j$ 的概率，如式（4.1）所示：

$$p(i) = p(S_i \geq S_j) \quad \text{式 (4.1)}$$

选择第 i 种接驳交通的效用可用确定变量和随机误差项来表示：

$$S_i = X_i + E_i \quad \text{式 (4.2)}$$

$$\text{同理 } S_j = X_j + E_j \quad \text{式 (4.3)}$$

式中， E_i 、 E_j 为随机误差。

为了推导出多个选择枝的概率模型，先假定一共只有两个选择枝。则出行者

选择选择枝 i 的概率为：

$$\begin{aligned} p(i) &= p(S_i \geq S_j) = p(E_j \leq X_i - X_j + E_i) = \int_{-\infty}^{+\infty} p(E_i = y, E_j < X_i - X_j + y) dy \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\int_{-\infty}^{X_i - X_j + y} f_{12}(y, z) dz \right] dy \end{aligned} \quad \text{式 (4.4)}$$

式中， $f_{12}(y, z)$ 是 E_i 和 E_j 的联合概率密度函数。

假定 E_i 、 E_j 相互独立且具有相同的概率分布，并且 E_i 、 E_j 都服从二重指数分布，则其概率分布函数和概率密度函数分别为：

$$F(y) = \exp[-\exp(-by)] \quad f(y) = bF(y)\exp(-by) \quad \text{式 (4.5)}$$

式中， b 为大于 0 的参数（要不断调整，控制下面所计算的 p 值之和的精度在 0.95 和 1 之间）。将式 (4.5) 代入式 (4.4)，得出两个选择枝的二项 Logit 模型：

$$p(i) = \frac{\exp(bX_i)}{\exp(bX_i) + \exp(bX_j)} \quad \text{式 (4.6)}$$

现在推导多个选择枝的情况，设个人 n 选择枝的集合为 A_n ，令 A 为全体出行者所有可能选择枝的集合： $A = \bigcup_{n=1}^N A_n$

式 (4.7)

用 J 表示 A 中选择枝的数目。如果某人根本不可能选择选择枝 j，就设 U_{nj} 为一个明显小于所有选择枝效用的值。同理可得多项 Logit 模型：

$$p(i) = \frac{\exp(bX_i)}{\sum_{j=1}^J \exp(bX_j)} = \frac{1}{1 + \sum_{j \neq i} \exp[b(X_i - X_j)]} \quad \text{式 (4.8)}$$

在上式的计算过程中，关键需要求出枢纽不同接驳方式的效用确定项 X_i ，为简化计算，定义换乘接驳交通方式 i 的效用确定项 X_i 为接驳费用、在乘时间、换乘时间和舒适参数（根据各种交通方式的舒适参数可以在常规公交的基础上衡量各个交通方式的舒适参数。如设常规公交的舒适参数为 1，则轻轨可取值为 3，地

铁为 4, BRT 为 2, 出租车为 5, 自行车为 0.5, 步行为 0.2) 四个量值得出的线性组合。 X_i 用如下的特征函数来表示:

$$X_i = a_1 + a_2 * C + a_3 * T + a_4 * TT + a_5 * N \quad \text{式 (4.9)}$$

式中,

C ——接驳费用 (元);

T ——在乘时间 (min);

TT ——换乘时间 (min);

N ——舒适参数;

a_1 ——不可预测因素对选择接驳交通方式 i 的影响; 建议取值为 0.05;

a_2 ——接驳费用对选择接驳交通方式 i 的影响参数; 建议取值为 0.5;

a_3 ——在乘时间对选择接驳交通方式 i 的影响参数; 建议取值为 0.2;

a_4 ——换乘时间对选择接驳交通方式 i 的影响参数; 建议取值为 0.05;

a_5 ——舒适参数对选择接驳交通方式 i 的影响参数; 建议取值为 0.05。

则交通换乘枢纽 j 内不同交通方式的客流换乘量为

$$Q_{\text{换乘}j} = Q_j * P(k) \quad \text{式 (4.10)}$$

式中,

$Q_{\text{换乘}j}$ ——转换枢纽 j 内第 k 种接驳具体方式的客运转换量;

Q_j ——交通转换枢纽 j 的客运产生/吸引总量(根据换乘枢纽历年客流数据预测);

$P(k)$ ——交通换乘枢纽内选择第 k 种接驳交通方式的概率。

由于客流分布时间的不均匀性, 满足高峰时段的客流需求是进行交通转换分析的一个重要问题, 在进行换乘枢纽的客流组织时, 需要对式 (4.10) 计算得到的客流转换量进行修正, 转换成高峰小时客流转换量, 转化表达式如下:

$$Q_{\text{高峰换乘}j} = Q_{\text{换乘}j} * \lambda \quad \text{式 (4.11)}$$

式中, λ 为修正系数。

第五章 轨道交通与其它各种交通方式间的耦合模式研究

在轨道交通线路的运营中，城市轨道交通和其他各种交通方式间的不协调比较突出。比如常规公交和轨道交通线路的过多重合，一方面浪费了公交资源，另一方面两者在重合地段竞争，城市轨道交通因其票价和灵活性上的相对劣势，很难提高其使用率，无法发挥其大运量的特点，因此无法缓解地面交通拥挤的巨大压力。部分地区因换乘间距不理想，导致客流换乘时间较长，在一定程度上阻碍了客流出行。

城市轨道交通与其他各种交通方式都有其庞大的客运量和强大的客运能力，它们之间的有机衔接对整个城市交通网络的正常运营起着决定作用。为了充分发挥交通资源的综合效应，形成城市公共交通的优化配置，本文以城市轨道交通车站为核心进行平面扩张，城市轨道交通和其他各种交通方式分别实现方向上和最终出行目标上的可达性，保持轨道和道路快速平衡发展的同时，重视换乘、停车和管理设施的建设，各种交通方式彼此协调，紧密衔接，安全运行。

为了使城市轨道交通与其他各种交通方式有效的接驳，真正达到一体化，应协调好他们的路线布局、耦合换乘布局，努力做到无缝换乘，避免资源浪费。

5.1 轨道交通与常规公交路线布局耦合

城市轨道交通一般建在城市的主要客流走廊上，以中远距离客流为主。地面常规公交运量小，机动灵活，以中、短途客流为主。为使两者更紧密衔接，保证城市交通结构更合理，地面常规公交应多考虑网状覆盖范围，为区内出行提供便捷条件。因此，在地面常规公交布局时刻进行如下规划。

①在城市轨道交通沿线取消重合或平行段长的地面常规公交线路，将其改设在城市轨道交通线服务半径以外的地区。城市轨道交通服务半径^[27]一般为600~800m，当两者线路重合或平行时，其区段一般不得超过3~4个半径的距离。只有这样才能更好地发挥城市轨道交通的作用，为公交一体化创造条件，同时真正缓解地面交通的压力。

②在城市某些繁华地区，客流集中，单靠城市轨道交通难以承担所有的客运任务。这是，局部客流较大的城市轨道交通线附近的公交路线应保留部分，以使地面公共交通起到辅助分流的作用，但这一段路线的重叠长度不宜超过4km，否则将会失去分流优势。

③调整或更改地面常规公共交通的线路，使其站点尽量做到与城市轨道交通车站交会，以便乘客换乘。这种调整或更改主要在与城市轨道交通线垂直的公交

线路上进行，同时公共汽车站点应尽量与城市轨道交通枢纽出入口靠近。这段距离不宜过长，一般应小于120m^[28]，否则会加重客流的换乘难度。同时为避免客流在公交站点用地，可在地铁出入口设置较大的换乘厅和换乘通道。

④地面公交的功能应转向以轨道交通车站为中心的终端接驳功能，而不再长驱直入的贯通整条线路，如下面几个示意图为例，地面公交线网可采用小区公交系统和循环式公交系统，以形成轨道交通客流的有效“喂给”。

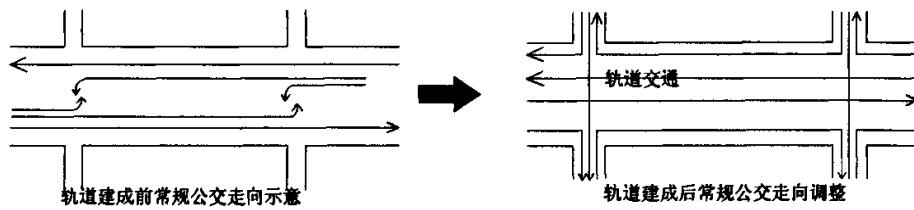


图 5.1 轨道建成前后公交线路走向调整

Figure 5.1 The bus lines to adjust before and after the rail transit be builded

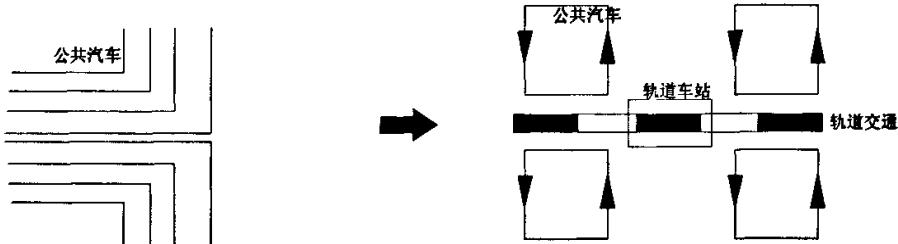


图 5.2 “喂给式”公交系统示意图

Figure 5.2 "feed" transportation system maps

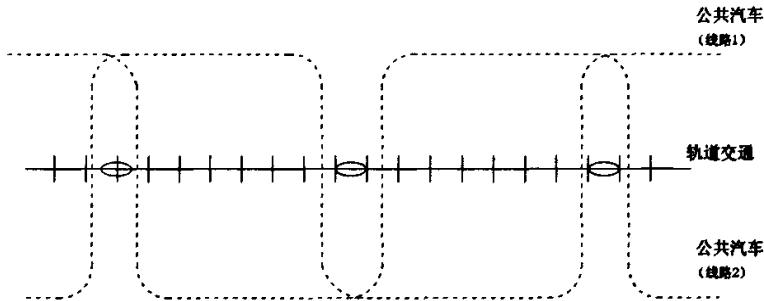


图 5.3 “循环式”公交系统示意图
Figure 5.3 "cycle" transportation system maps

综上，轨道交通周围的常规公交线路，应多考虑网状布置，各条公交线路尽量与轨道交通线路垂直交叉，而不重叠和平行。例如重庆市轻轨 2 号线杨家坪站附近公交线路图，如图 5.4 所示：

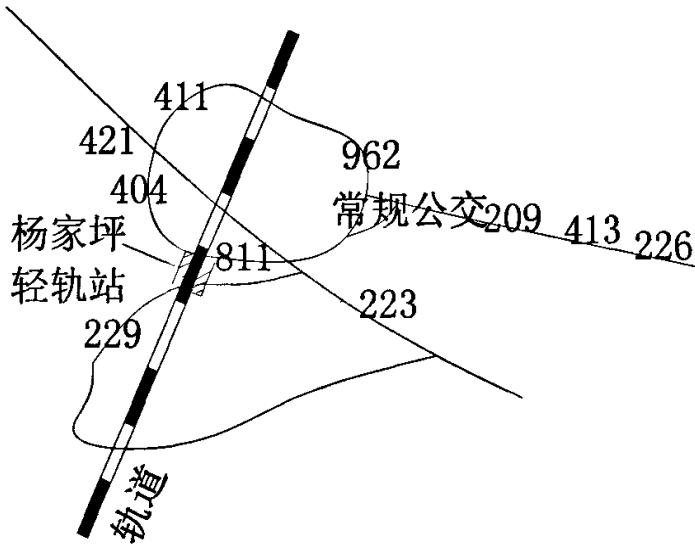


图 5.4 轨道交通周围的常规公交线路布置示意图
Figure 5.4 Conventional bus lines around the rail transit maps

5.2 轨道交通车站与常规公交车站换乘耦合

5.2.1 轨道交通车站与常规公交车站衔接的分类

快速轨道交通车站与地面常规公共交通线路车站的衔接可分为 3 种等级和规模^[20]：

①综合枢纽站 综合枢纽站一般位于城市对外交通进出口处,能吸引多种交通方式汇集的客运中心地段。在此,公交线路一般呈放射型布置,可以多达十几条,站场规模一般在 10000 m² 以上。城市中的综合枢纽站一般不仅限于城市快速轨道交通和城市常规地面公交,有时还包括长途汽车、单位班车、地面铁路甚至水运设施等,其具有客流集中,换乘量大,辐射面广等特点。这样的综合交通枢纽站,在设计时要进行综合的详细规划布局,一般采用先进的设施和空间立体化衔接,合理组织人、车流分离,使人流换乘便捷,车流进出顺畅,便于管理。

②大型接驳站 大型接驳站是指位于快速轨道交通首末站、地区中心及换乘量较大的车站的换乘点,在此布置的地面常规公共交通线路主要为某一个扇面方向的地区提供服务。公交车站可采用总站或规模较大的中途站两种形式,总站的规模一般在 3000~5000 m²,中途站需提供 3~4 个车位或线外有超车功能的港湾式停靠设施。大型接驳站的布置宜设于快速轨道交通车站 200 m 范围内,有条件时,可考虑与快轨车站建筑结合,在规划设计时,除考虑尽可能减少人流、车流交叉外,要配备必要的营运服务设施和导向标志。

③一般换乘站 一般换乘站为快速轨道交通的一般中间站与地面常规公共交通线路的中间站的换乘点,其一般多位于市区,由于土地紧张,不可能也不必要进行大规模的站场布置,但在规划设计时,要充分考虑到快速轨道交通换乘量大的特点,将公交车站设置成港湾式停车站,尽可能靠近快轨车站出入口。

5.2.2 轨道交通车站与常规公交车站接驳耦合模式

从城市轨道交通车站换乘地面常规公交的客流,应通过行人天桥或地道进入街道外的公共汽车站台,使人流与车流分别在不同层面上流动,互不干扰。城市轨道交通与地面常规公交衔接是有以下模式。

①常规公交直接在路上停靠,路面大量公交客流因需要换乘城市轨道交通,使得附近交通较为拥挤。为避免密集的地面交通受客流过多干扰,应设置地下步行通道或地下步行广场,与城市轨道交通枢纽相衔接,衔接要以有利于人流沿站台均匀分布,并符合客流量的需求为前提。对城市轨道交通枢纽出入口稍作延伸将便于以上设置。示意图如图 5.5 所示:

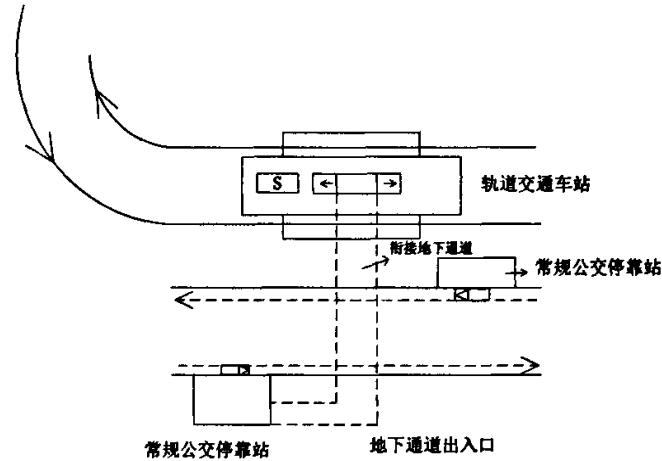


图 5.5 接驳站场分散布局模式一

Figure 5.5 Feeder station plans a decentralized distribution model 1

②地面常规公交与城市轨道交通处于同一平面，地面常规公交停靠站与城市轨道交通的站台合用，并用地下通道联系两个侧式站台，确保有一个方向换乘条件很好，即方位好、步行距离短。示意图如图 5.6 所示：

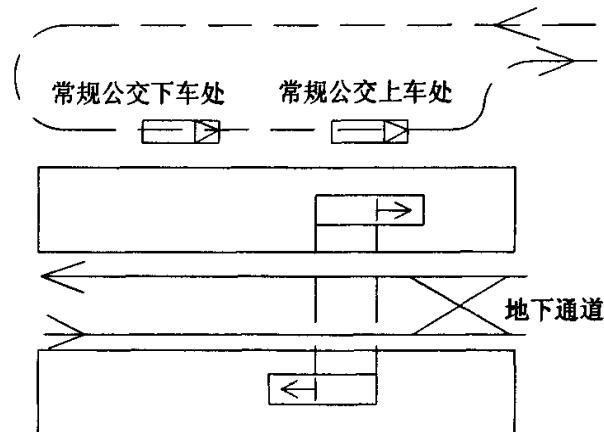


图 5.6 接驳站场分散布局模式二

Figure 5.6 Feeder station plans a decentralized distribution model 2

③地面常规公交与城市轨道交通车站处于不同平面层，通过长方形路径，使地面常规公交到达站和城市轨道交通的出发站同处一侧站台，而地面常规公交的

出站与城市轨道交通的到达站处于异侧站台，这可就近解决换乘并保证两股客流互不干扰，在地面常规公交不多的地方，采用这种模式可保持地面常规公交的单向车流。示意图如图 5.7 所示：

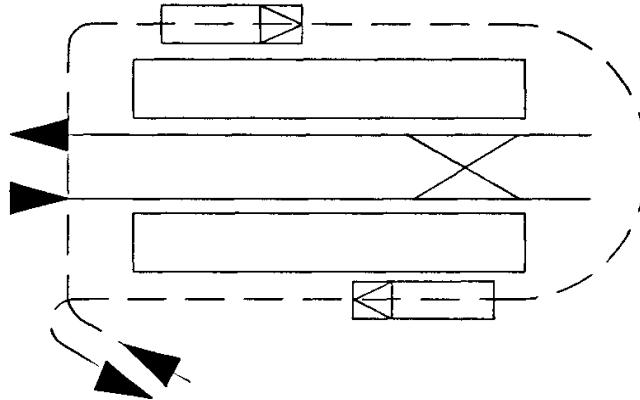


图 5.7 接驳站场分散布局模式三

Figure 5.7 Feeder station plans a decentralized distribution model 3

④在交通繁忙的城市轨道交通枢纽，入站的公共汽车很多，采用上一种沿线停靠法，停靠站将因空间不足而造成拥挤，同时周边道路交通会有一定的阻塞。为避免客流进出站对车流造成相互干扰，每个站台均应以地下通道或人行天桥与城市轨道交通车站相连，形成路外多个站台集中换乘的枢纽。如下图 5.8 所示：

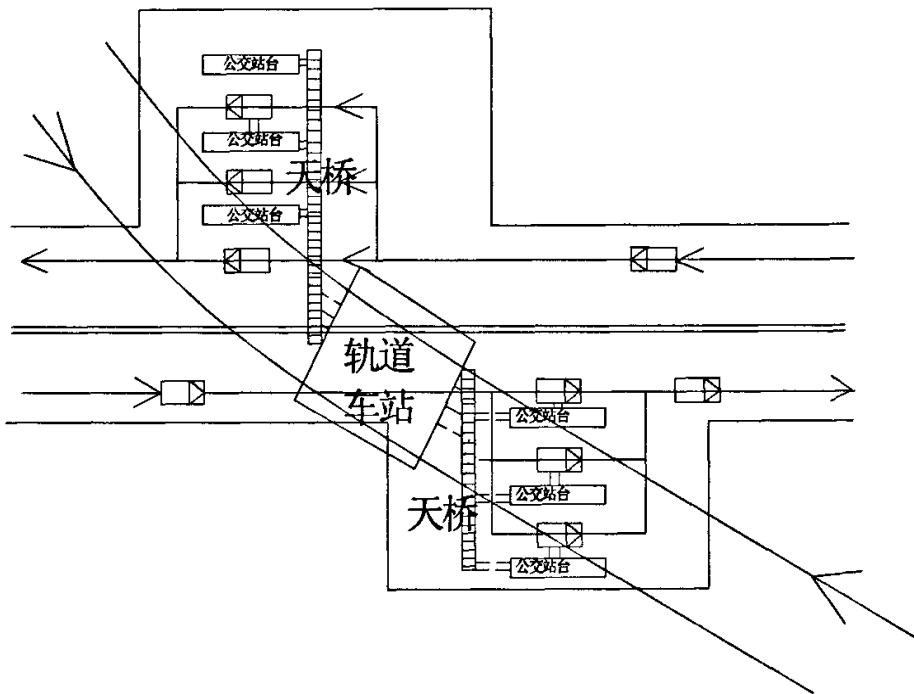


图 5.8 常规公交与轨道交通多站台换乘示意图

Figure 5.8 Bus and rail transportation more conventional transfer matrix platform

5.3 轨道交通间的换乘耦合

5.3.1 地铁与地铁之间的耦合

轨道交通换乘枢纽站内的设施包括站台、人行道、楼梯、自动扶梯等，其中，站台的基本形式有岛式和侧式站台。两条线路同向换乘，可合在同一个侧式站台上，也可合在同一岛式站台的两侧；两条线路异向换乘时，可合在同一岛式站台的两侧，也可分在两层站台上，用步行或电动的梯道相连，但必须重视梯道上的换乘客流的远期流量与梯道的通行能力相符合，否则一旦梯道堵塞，会造成站台上交通秩序混乱，影响列车运行，这种情况在国内外时有发生。因此，轨道交通换乘设施和空间的通过能力要满足远期客流量的需要。轨道交通之间的换乘常见的有以下几种方式^[30]。

①在一个平面内平行布置的同站台换乘方式，供两条线路使用的车站站台互相并列，且平行布置在同一平面上。

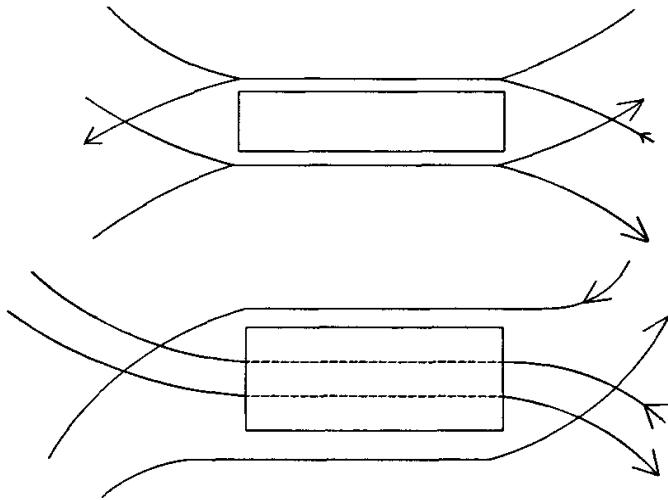


图 5.9 地铁两条平行线路的几种换乘站

Figure 5.9 Several boarded the MTR station two parallel lines

②在两个平面内平行布置的同站台换乘方式，供两条线路使用的车站站台采用上下平行的立体布置形式，且一个站台在另一个站台的正下方。

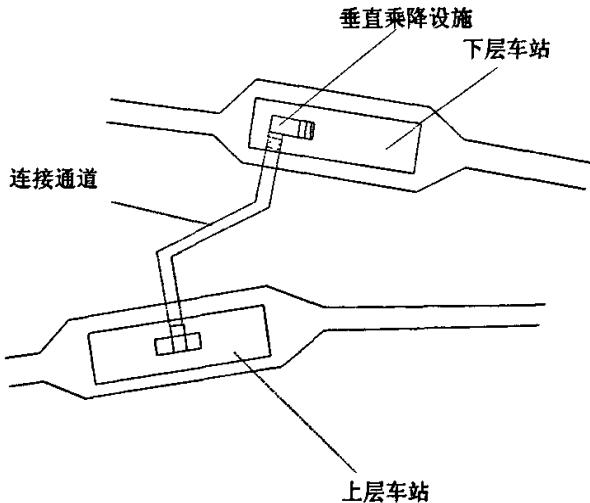


图 5.10 地铁不相交线路的换乘站

Figure 5.10 MTR lines intersecting not transfer station

③十字型立体换乘方式，即两条线路的车站呈十字型由一个车站直接布置在另一个车站的上部，换乘是通过配置在交叉处的短楼梯或自动扶梯进行的。如

北京地铁的北京站、建国门站在规划时就考虑了日后的方便，将车站设计成在同一位置上呈十字型的两层结构，以便组织立体换乘。

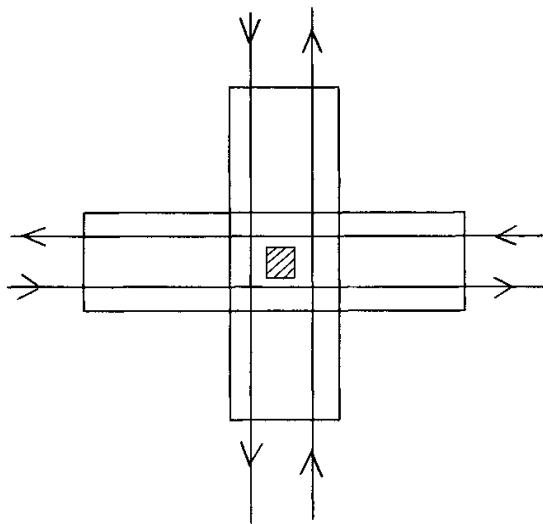


图 5.11 地铁立体“十”字形换乘站

Figure 5.11 MTR four-dimensional "十" font transfer station

5.3.2 轨道交通线路与市郊铁路线的耦合

城市快速轨道交通与市郊铁路是两个不同层次的轨道交通系统，市郊铁路具有站距大、速度快、运量大的特点，是连接中心城市与卫星城或郊区重镇的地区性交通工具，对城市快速轨道交通而言，它是外延和补充。城市快速轨道交通和市郊铁路属于不同性质的轨道交通系统，他们的服务对象和区域都不同，所以在线网布置上，要有所侧重。目前我国市郊铁路的发展还没有形成足够的规模，与城市快速轨道交通如何衔接正处于研究探索阶段，还没有成熟的经验。国外一般有两种做法^[31]：

①市郊铁路深入市区，在市区内形成贯通线向外辐射。在市区内设若干站点与城市快速轨道交通衔接。

②利用原有铁路开行市郊列车，一般不深入市区，起终点站设在市区边缘，在起终点车站上与城市快速轨道交通进行换乘衔接。

以上两种做法各有利弊，取决于城市的发展和经济实力。一般的说，第一种做法，对市区居民出行和换乘比较方便，但所需费用也非常大。第二种做法，完全利用既有铁路，投资小，但关键是要处理好在车站的衔接换乘关系。

5.3.3 轨道交通车站与地面铁路车站的耦合

地面铁路车站往往是一座城市的门户，一般建筑悠久，周围各种设施齐全，聚集的客流量较大，进一步进行空间的开发受到各种条件的限制。城市快速轨道交通与地面铁路衔接时，要充分考虑到这一特点进行总体的规划设计，目前通常的方法有以下几种：

①在既有火车站站前广场地下修建城市快速轨道交通车站，利用出入口通道与铁路车站衔接^[32]。这是目前国内普遍的一种做法。根据线路走向可分为两种型式，一种是城市快速轨道交通车站与地面铁路车站平行布置，如目前北京火车北站；一种是车站交叉布置，即城市快速轨道交通车站与地面铁路车站正交或斜交，线路穿越铁路站场。一般的说，前一种型式有利于与既有的火车站衔接，后一种型式为线路的延伸创造了更好的条件。以上两种型式优点是利用了火车站站前广场空间，明挖施工时不造成大规模的拆迁和改造，相对施工难度较小，但也要充分注意到，施工期对车站客流的影响，在客流聚集比较大，广场规模容量有限时，要考虑分流措施。两种型式对客流的换乘条件一般，规划设计时要尽可能使城市快速轨道交通车站及进出站通道靠近地面铁路出入口，有条件时应设独立通道进行换乘。

②在地面或高架修建城市快速轨道交通车站，进行客流的统一组织规划。城市快速轨道交通车站设于地面或高架时，一般会对火车站周围环境造成比较大的影响，在既有铁路车站设置时，不光会带来较大的拆迁，其换乘客流也不宜组织，应慎重对待。在火车站周围单独修建城市快速轨道交通地面或高架车站时，必须考虑景观问题，其通常的方法是将轨道交通车站置于地面铁路车站一侧或在广场前道路上与地面铁路车站平行布置，换乘客流一般通过地面或天桥疏解后进入地面铁路车站。

③在新建和改建的火车站中，将城市快速轨道交通车站一同考虑，形成综合性交通建筑，方便乘客换乘。此种方法是最好的一种客流衔接换乘方法，目前在我国新建的铁路车站中已逐步采用。如北京西客站，其是将整个地铁车站设于铁路站房下进行合建，地下一层为综合换乘大厅，地面铁路客流可直接通过换乘厅进入地铁车站，对乘客十分方便。在进行此种建筑规划设计时，最佳的方式是实现两种交通方式在站台的直接换乘，但目前我国由于体制、票制等原因，还不能做到这一点，是今后重点解决的问题。

5.4 轨道交通与自行车之间的耦合

按自行车和地面公交两种出行方式等距离、等时耗的临界值^[33]（也称公交转换距离）计算，两种出行方式的公交转换距离为5~6km或30min左右。考虑到地

面公交向轨道交通运送客流的高效率，可将自行车的合理换乘距离定为 3km 以内，在此范围内为骑车者设计安全、舒适、方便的自行车道。对自行车交通网的设计应考虑近距离出行方便，远距离出行限制的原则，并减少其对干道的冲击，用大运量的轨道交通和地面公交解决区域间的交通。但应注意这种换乘只适合于城市外围的车站，以有利于提供自行车的停放场地，对于市区尤其是市中心的车站，由于路面空间和停放空间的不足，不宜采用自行车直接与之换乘的方式，地面公交与自行车的换乘设置也应避免与轨道交通枢纽站重合和过分接近。

对于换乘量较大的车站应集中设置路外停车场，且不宜相距太远，并最好设置专用换乘通道；对于换乘量较小的车站，可根据车站出入口位置，采用车辆就近分散停放方式。停车场可布置在人性到外侧的绿化带内，也可结合周边建筑布置。停车场内须设置适量的指甲和遮挡设施，并安排专人管理，收费力求低廉。合理组织形式路线，将自行车从主、次干道上奋力出来，构成非机动车专用道系统，为乘客提供方便、安全、舒适的换乘环境。

5.5 轨道交通与社会车辆之间的耦合

随着我国经济的发展，小轿车已经开始进入家庭，这不光给城市道路增加了压力，停车难问题更加凸现了出来，城市快速轨道交通的建设为缓解这一矛盾提供了契机。国外的经验表明，在市区周围快速轨道交通车站修建小汽车停车场，限制小汽车进城等是一种有效的做法。这类停车场一般与城市快速轨道交通有良好的换乘条件，因而被乘客所接受。我国受经济发展和人们出行方式的影响，是否采用这一做法还值得仔细研究，但在有条件时，在城市周围一些大的客流集散点做些预留还是可行的，以便为今后小汽车的换乘提供条件。

社会车辆与轨道交通之间的换乘在小汽车拥有率较高的国家非常普遍，即由居住点开车前往大容量轨道交通车站，再利用轨道交通前往目的地。存车换乘 P(Park) + R(Rail transportation) 是现代化公共交通系统中不可缺少的一个组成部分。这种 P + R 系统已使换乘站成为一种交通建筑物，即整幢大楼从地下到地上都是为公交换乘服务的，其间分层布设了各类交通工具的换乘设施，包括联系不同公交线路下客站与上客站及私人交通停车场之间的交通设施、便捷的通道及自动电梯等，给乘客提供种种方便。

接驳设计原则如下：

- ①采用“多层逐步截流”的方式，利用轨道交通载留进入中心城区的小汽车。
- ②一般选取位于建成区边缘、居住小区或城市内外交通转换部位的轨道交通车站作为小汽车接驳的站点。而对于其他区域的车站，由于难以设置规模适量的

停车场，加之车辆进出会对道路交通带来较大的影响，因此不宜采用。

③采用小汽车接驳的车站，宜结合周边建筑，设置足够规模的接驳停车场。

④接驳停车场力求靠近车站出入口，最好设置专用换乘通道与车站相连。

⑤车辆出入口尽量设置在次干路或支路上，也可开辟专用通道与车站相连，尽量减少车辆进出对道路交通的影响。

⑥建立适宜的收费管理措施，收费力求低廉，鼓励乘客转乘轨道交通。

⑦须进行接驳车辆的交通组织设计，并设置明确的指示标志。

⑧宜对周边道路瓶颈路段和交叉口采取增容措施，减少延误时间。

5.6 轨道交通与出租汽车之间的耦合

作为轨道交通的接驳方式，出租车和社会车辆的接送具有相似的接驳特征，可以统一考虑其接驳规划设计。其规划设计原则如下。

①对于换乘量交通的车站宜在路外设置专用的换乘场所，对于换乘量较小的车站，可采用路边停靠的方式。

②换成设置宜尽量靠近车站出入口，以方便乘客。

③当采用路边停靠方式时，宜采用港湾式，并在道路两侧分开设置；若附近有公交停靠站时，应设在公交通靠站上游，并保持适当的距离。

④当采用路外集中设置方式时，宜结合周边建筑布置，不单独占地。

⑤宜结合轨道交通车站的功能，确定接驳设施规模。

文中对城市轨道交通与地面公共交通、铁路运输、市郊铁路以及私人交通、自行车交通等各种方式的耦合模式进行了初步的分析和论述。做好轨道交通与其它交通方式的衔接必须在规划设计阶段，甚至在城市土地利用规划阶段就应该做好系统的、超前的考虑，这样才能从整体上发挥城市轨道交通的快速、大容量的技术特性，也才能从全局的角度来缓解或解决城市交通问题。

第六章 客流转换耦合水平评估

6.1 评估指标体系

客流耦合水平评估涉及乘客在换乘接驳过程中感受到的方便性、安全性、拥挤性，因此，建立如图 6.1 所示的评估指标体系。

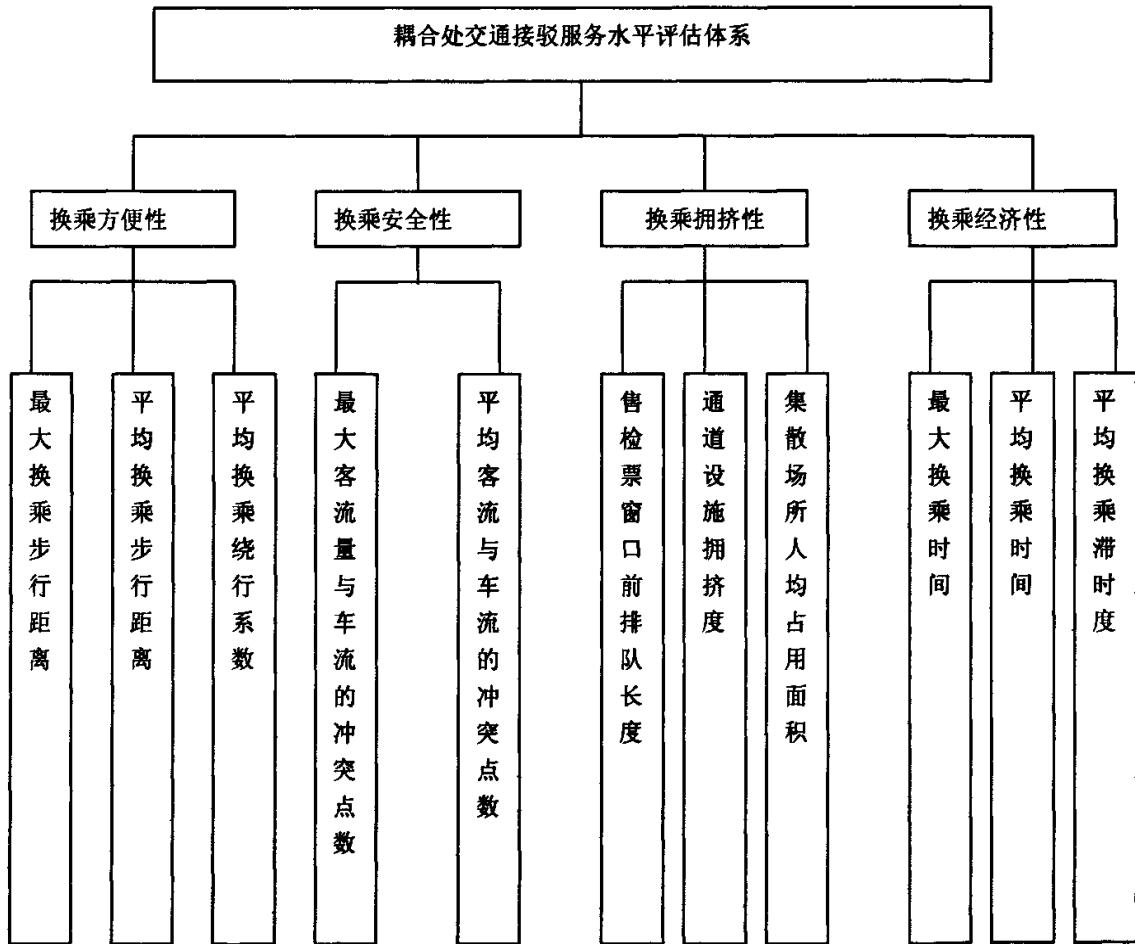


图 6.1 耦合处交通接驳服务水平评估体系图

Figure 6.1 Coupled Department feeder system for assessing the level of service plans

6.2 指标分级与评估方法

① 指标分级

指标量化方法见参考文献[5]，不同服务水平下指标分级范围和评估指数如表 6.1 所示：

表 6.1 评估指标分级范围
Table 6.1 Indicators to assess the scope of classification

高峰小时服务水平		A	B	C	D	E	F
换乘 方便性	评估指数	0.91-1.00	0.76-0.90	0.61-0.75	0.41-0.6	0.21-0.4	0.0-0.2
	最大换乘步行距离/m	≤200	201-275	276-350	351-425	426-500	≥501
	平均换乘步行距离/m	≤150	151-200	201-250	251-325	326-400	≥401
换乘 安全性	平均换乘绕行系数	≤1.0	1.01-1.2	1.21-1.4	1.41-1.7	1.71-2.0	≥2.01
	最大客流量与车流的冲突点数/个	0	1-2	2-4	5-7	7-9	≥10
	平均客流与车流的冲突点数/个	0	0.01-1.5	1.51-3.0	3.01-4.5	4.51-6.0	≥6.01
拥挤性 换乘 拥堵范围	换乘 售检票窗口前排队长度/人	≤2	3-4	5-6	7-9	10-12	≥12
	通道设施拥挤度	≤0.40	0.41-0.60	0.61-0.75	0.76-0.90	0.91-1.00	≥1.00
	集散场所人均占用面积/(m ² /人)	≥1.00	1.0-0.76	0.75-0.51	0.50-0.31	0.30-0.16	0.15-0.11
经济性	最大换乘时间/min	≤6.0	6.1-8.0	8.1-11.0	11.1-15.0	15.1-20.0	≥20.1
	平均换乘时间/min	≤4.0	4.1-6.0	6.1-8.0	8.1-11.0	11.1-5.0	≥15.1
	平均换乘滞时度	≤1.0	1.01-1.2	1.21-1.4	1.41-1.7	1.71-2.0	≥2.01

②评估方法

利用广义效用函数法可以求得交通接驳整体服务水平。首先，采用专家咨询结合层次分析法对评估指标赋予不同权重 W_j ，其次，根据接驳规划方案计算各指标评估值 Y_j ，并按照表 6.1 所示的分级范围，内插得到各指标指数 Z_j ，再次，利用式 6.1 计算整体服务水平评估指数 U ，最后，根据整体服务水平评估指数 U 即可得到交通接驳服务水平。

$$U = \sum_{j=1}^{11} W_j * Z_j \quad \text{式 (6.1)}$$

第七章 重庆市轻轨交通规划及换乘枢纽耦合规划探讨

运用前面几章的原理和方法，针对重庆市轨道交通规划，并结合快速路网和 BRT 交通规划、商业圈、地理位置等因素对轨道车站进行聚类分析，并将一些客流量集中、换乘方便的轨道车站作为大型换乘枢纽的中心，以此指导重庆市枢纽规划。

7.1 重庆市轻轨交通规划及轨道交通车站设置和分类

7.1.1 轻轨线网规划

①基本线网规划^[17]

本次轨道交通线网规划是在都市区 5473 平方千米范围内进行。通过对城市拓展方向、用地布局形态分析以及对交通流量的预测，进行多方案必选后，规划确定都市区轨道线网总长 354 千米，呈“一环六线”布局形态。

基本线网由一条环线和六条放射线组成：

一环线：四公里—上桥—三角碑—冉家坝—江北客站—五里店—弹子石—四公里，长 47 千米

一号线：朝天门—大坪—三角碑—双碑—西永—璧山，长 47 千米。

二号线：较场口—大坪—杨家坪—大堰村—新山村—渔洞，及新山村—中梁山支线，长 39 千米。

三号线：渔洞—李家沱—二塘—南坪—两路口—观音桥—新牌坊—江北客站—福特汽车城—两路—机场，及机场—空港开发区，长 60 千米。

四号线：鱼嘴—唐家沱—寸滩—江北客站—海峡路，长 39 千米。其中四号线江北客站至海峡路段线路走廊与沿线现状用地矛盾较大，该段线路是否成立还需下一步进行深入研究

五号线：冉家坝—松树桥—石桥铺—中梁山—西彭—江津，长 62 千米

六号线：长生—上新街—五里店—松树桥—冉家坝—蔡家—北碚，长 62 千米

表 7.1 都市区轨道交通基本线网长度一览表

Table 7.1 Metropolitan Area Network Rail Transit line length basic list

编号	起止点		长度(千米)	小计
环线	1	四公里—三角碑	18	47
	2	三角碑—江北客站	13	
	3	江北客站—四公里	16	
一号线	1	朝天门—大坪	8	47
	2	大坪—三角碑—双碑 u	15	
	3	双碑—西永	9	
	4	西永—璧山	15	
二号线	1	较场口—新山村	18	39
	2	新山村—渔洞	14	
	3	新山村—中梁山(支线)	7	
三号线	1	渔洞—二塘	16	60
	2	二塘—龙头寺	21	
	3	龙头寺—机场	16	
	4	机场—空港开发区	7	
四号线	1	海峡路—江北客站	12	39
	2	江北客站—鱼嘴	27	
五号线	1	冉家坝—石桥铺—中梁山	20	62
	2	中梁山—西彭	25	
	3	西彭—江津	17	
六号线	1	长生—上新街	9	60
	2	上新街—大竹林	17	
	3	大竹林—北碚	34	
合计			354 千米	

②远景线网规划^[17]

结合城市远景用地拓展情况，在“一环六线”基本线网基础上新增轨道交通七、八、九三条轨道线和轨道交通四号线支线后，形成“一环九线”的远景轨道线网布局形态，远景轨道线网总长 522 千米。

西部片区位于中梁山和缙云山之间，呈狭长条状，南北向全长约 66 公里，东西向宽约 11 公里。结合该片区用地及交通特征，在西部片区规划贯穿南北的轨道交通七号线，线路走向为陶家—石板—西永—凤凰—歇马—北碚，线路全长 62 公里；东部片区位于铜锣山和明月山之间呈狭长条状，南北向全长约 36 公里，东西向宽约 6 公里。结合该片区用地及交通特征，在东部片区规划贯穿南北的轨道交通八号线，线路走向为跳蹬—建胜—中坝大桥—李家沱—茶园—鱼嘴，线路全长 55 公里；为了加强内环以内城市副中心之间的联系，切实增大北部片区线网密度，同时考虑机场和两路组团远景发展的需求，规划增设有沙坪坝经嘉华大桥、观音桥、江北城，然后与环线共同使用朝天门大桥的轨道通道、经弹子石、黄桷沱大桥、唐家沱，远景至江北国际机场。线路全长为 40 公里；为了满足北部新区发展的需求，远景规划增设一条由寸滩经鸳鸯至礼嘉的支线。该支线走向为寸滩—鸳鸯—礼嘉，线路全长 11 公里。

七号线：陶家—石板—西永—凤凰—歇马—北碚，线路全长 62 公里。

八号线：跳蹬—建胜—白居寺大桥—李家沱—茶园—鱼嘴，线路全长 55 公里。

九号线：三角碑—大石坝—观音桥—江北城—弹子石—黄桷沱大桥—唐家沱大桥—江北国际机场，线路全长为 40 千米。

表 7.2 都市区轨道交通远景线网长度一览表

Table 7.2 Metropolitan Area Rail Transit Line vision length list

编号	起止点		长度 (km)	小计
环线	1	四公里—三角碑	18	47
	2	三角碑—江北客站	13	
	3	江北客站—四公里	16	
一号线	1	朝天门—大坪	8	47
	2	大坪—三角碑—双碑 u	15	
	3	双碑—西永	9	
	4	西永—璧山	15	
二号线	1	较场口—新山村	18	39
	2	新山村—渔洞	14	
	3	新山村—中梁山（支线）	7	
三号线	1	渔洞—二塘	16	60
	2	二塘—龙头寺	21	
	3	龙头寺—机场	16	
	4	机场—空港开发区	7	
四号线	1	海峡路—江北客站	12	50
	2	江北客站—鱼嘴	27	
	3	寸滩—礼嘉（支线）	11	
五号线	1	冉家坝—石桥铺—中梁山	20	62
	2	中梁山—西彭	25	
	3	西彭—江津	17	
六号线	1	长生—上新街	9	60
	2	上新街—大竹林	17	
	3	大竹林—北碚	34	
七号线	1	陶家—北碚	62	62
八号线	1	跳蹬—鱼嘴	55	55
九号线	1	三角碑—观音桥—江北国际机场	40	40
合计			522km	

③主要技术指标:

1) 线网总长: 522KM

2) 换乘站数量: 37 座。

3) 内环线以内区域轨道线网密度为 0.84 千米/平方千米, 内环线以外区域线网密度为 0.56 千米/平方千米。

7.1.2 轨道车站规划

根据轨道车站在城市公共交通网络中的客流集散量和重要性, 将车站分为两级, 即主要车站和一般车站。

主要车站: 位于城市中心、副中心和组团中心, 对外交通枢纽(火车站、机场、长途汽车站), 轨道交通换乘站, 重要客流集散中心。

在朝天门、临江门、较场口、小什字、两路口、牛角沱、大坪、沙坪坝、杨家坪、观音桥、红旗河沟、冉家坝、江北客、江北机场、石桥铺、歇台子、谢家湾、二郎、北碚、礼嘉、大竹林、鸳鸯、南坪、李家沱、唐家沱、鱼嘴、虎溪、四公里、工贸、豫东、上新街、江北城、五里店、弹子石、茶园、西永、九宫庙、西彭 38 个地区布置轨道交通主要车站。

一般车站: 除主要车站外的其他轨道车站均为一般车站。

轨道交通主要车站处配置轨道车站运营管理、设备用房所需的用地外, 视其所处的位置还应配备一定规模的公交停车场、社会停车场等其他交通工具所需的设施用地, 以及各种交通工具间的换乘设施用地。

7.1.3 轨道车站的分类

在第三章聚类分析的基础上, 分析各个车站的主导人流和其他各种交通流, 明确各种交通方式的通行空间, 争取在交通设计中做到主导人流设施的有限考虑, 大人流和大车流的空间分离, 增强城市轨道交通的竞争力。

按以上分析思路, 根据各个轨道车站所处的地理位置等, 现将重庆市各个轻轨车站进行分类, 如下表 7.3、7.4、7.5、7.6、7.7 所示:

表 7.3 重庆市轨道车站 A 类车站

Table 7.3 orbital station A station in Chongqing

轨道车站	备注
四公里	以公交通换乘为主，其次是步行
五里店	以公交通换乘为主，其次是步行
大坪	以公交通换乘为主，其次是步行
南坪	以公交通换乘为主，其次是步行
两路口	以公交通换乘为主，其次是步行
石桥铺	以公交通换乘为主，其次是步行

表 7.4 重庆市轨道车站 B 类车站

Table 7.4 orbital station B station in Chongqing

轨道车站	备注
江北客站	以步行衔接为主，其次是公交通换乘
弹子石	以步行衔接为主，其次是公交通换乘
西永	以步行衔接为主，其次是公交通换乘
杨家坪	以步行衔接为主，其次是公交通换乘
观音桥	以步行衔接为主，其次是公交通换乘
新牌坊	以步行衔接为主，其次是公交通换乘
松树桥	以步行衔接为主，其次是公交通换乘
茶园	以步行衔接为主，其次是公交通换乘
江北城	以步行衔接为主，其次是公交通换乘

表 7.5 重庆市轨道车站 C 类车站
Table 7.5 orbital station C station in Chongqing

轨道车站	备注
双碑	接驳非本站附近的远程客流，公交换乘为主
大堰村	接驳非本站附近的远程客流，公交换乘为主
福特汽车城	接驳非本站附近的远程客流，公交换乘为主
两路	接驳非本站附近的远程客流，公交换乘为主
唐家沱	接驳非本站附近的远程客流，公交换乘为主
中梁山	接驳非本站附近的远程客流，公交换乘为主
上新街	接驳非本站附近的远程客流，公交换乘为主
石板	接驳非本站附近的远程客流，公交换乘为主
凤凰	接驳非本站附近的远程客流，公交换乘为主
建胜	接驳非本站附近的远程客流，公交换乘为主

表 7.6 重庆市轨道车站 D 类车站
Table 7.6 orbital station D station in Chongqing

轨道车站	备注
上桥	以附近产生的近程客流为主要接驳方式，步行、摩托车、机动三轮车较多
寸滩	以附近产生的近程客流为主要接驳方式，步行、摩托车、机动三轮车较多
西彭	以附近产生的近程客流为主要接驳方式，步行、摩托车、机动三轮车较多
蔡家	以附近产生的近程客流为主要接驳方式，步行、摩托车、机动三轮车较多
歇马	以附近产生的近程客流为主要接驳方式，步行、摩托车、机动三轮车较多
黄桷沱大桥	以附近产生的近程客流为主要接驳方式，步行、摩托车、机动三轮车较多
唐家沱大桥	以附近产生的近程客流为主要接驳方式，步行、摩托车、机动三轮车较多
大石坝	以附近产生的近程客流为主要接驳方式，步行、摩托车、机动三轮车较多

表 7.7 重庆市轨道车站 E 类车站
Table 7.7 orbital station E station in Chongqing

轨道车站	备注
朝天门	接驳大量步行和公交
璧山	接驳大量步行、摩托车、机动三轮车，其次是公交和社会车辆
渔洞	接驳大量步行和公交
较场口	接驳大量步行和公交
空港开发区	主要与空运、出租车接驳、其次是市内公交
冉家坝	接驳大量步行、摩托车、机动三轮车，其次是公交和社会车辆
江津	接驳大量步行、摩托车、机动三轮车，其次是公交和社会车辆
长生	接驳大量步行、摩托车、机动三轮车，其次是公交和社会车辆
北碚	接驳大量步行、摩托车、机动三轮车，其次是公交和社会车辆
陶家	接驳大量步行、摩托车、机动三轮车，其次是公交和社会车辆
跳蹬	接驳大量步行、摩托车、机动三轮车，其次是公交和社会车辆
鱼嘴	接驳大量步行、摩托车、机动三轮车，其次是公交和社会车辆
三角碑	接驳大量步行、摩托车、机动三轮车，其次是公交和社会车辆
海峡路	接驳大量步行、摩托车、机动三轮车，其次是公交和社会车辆

7.2 以轨道交通车站为中心的换乘枢纽耦合规划

7.2.1 重庆市综合交通规划

结合综合交通规划，对网络节点进行整合分析。

①重庆快速路规划^[34]

根据重庆市政府批准，未来重庆市主城区将建立“五横、六纵、一环、七联络”的城市快速路网系统，具体规划结果如下表 7.8 所示：

表 7.8 重庆主城区“五横、六纵、一环、七联络”快速路网规划一览表

Table 7.8 In Chongqing City, " five horizontal, six vertical, one circle, seven contact" list of road network planning

线 路	起终点	途径点	长度(千 米)
一横线	北碚蔡家—鱼嘴	礼嘉、鸳鸯、石坪	27.1
二横线	渝遂高速公路青木关—鱼嘴接绕城高速公路	回龙坝、童家溪、礼嘉、鸳鸯、黑石子、唐家沱	47.7
三横线	西永—江南通道	双碑、石马河、松树桥、红旗河沟、黄泥磅、五里店、弹子石、峡口	37.4
四横线	成渝高速公路走马立交—向家坡立交	白市驿、上桥、二郎、陈家坪、大公馆、谢家湾、四公里	31.9
五横线	江津双福—内环线	巴福、石板、跳蹬、茄子溪、道角	30.5
一纵线	北碚—江津	回龙坝、土主、含谷、白市驿、石板、西彭	62.9
二纵线	蔡家—绕城高速公路	井口、双碑、杨公桥、天星桥、二郎、半山、跳蹬、陶家、西彭	60.2
三纵线	北碚—鱼洞	蔡家、礼嘉、余家湾、柏树堡、红岩村、九宫庙	52.9
四纵线	悦来—内环线	黄茅坪、人和、新牌坊、松树桥、鸿恩寺、华村大桥、谢家湾、青龙嘴、李家沱	38.9
五纵线	木耳—绕城高速公路	两路、回兴、童家院子、黄花园、石板坡、南坪、四公里、七公里、李家沱、鱼洞	65.3
六纵线	鱼嘴—绕城高速公路	郭家沱大桥、渝黔高速公路茶园立交、界石	41.7
一环	童家院子—童家院子	余家湾、杨公桥、上桥、马桑溪、界石、茶园	74
一联络	西永南侧	西永组团南面、绕城高速公路、南北向贯穿西部片区的一纵线	7.8
二联络	渝遂高速公路青木关—上桥		21.8
三联络	西彭组团中部	绕城高速公路、渝泸高速公路	6.1
四联络	九坑子—马家岩		6.4
五联络	华岩—青龙嘴	大堰、水碾	7.9
六联络	渝邻高速公路黑石子—王家段		23.1
七联络	李家沱立交—岔路口		3.5

②巴士快速交通规划

巴士快速交通 (BUS RAPID TRANSIT, 简称 BRT), 根据重庆巴士快速交通发展有限公司有关《重庆市主城区快速公交 (2006-2020) 线网规划》的结论, 未来重庆 BRT 规划情况如表 7.9 所示:

表 7.9 重庆市主城区快速公交 (2006-2020) 线网规划一览表

Table 7.9 BRT Chongqing City (2006-2020) network planning list

编号	控制点	规划长度 (km)
B1	西永、科技大道、遂渝高速、上桥、陈家坪、谢陈路、大公馆立交、谢家湾、鹅公岩大桥、四公里、茶园	45.0
B2	空港、江北机场、经开大道、龙头寺 (火车站、公交站场)、红旗河沟 (汽车北站)、嘉华大桥、大坪、谢家湾、杨家坪 (汽车站)、青龙嘴、李家沱大桥、外河坪	45
B3	沙坪坝、高家花园大桥、松树桥、红旗河沟、五里店、朝天门长江大桥、弹子石	17.4
B4	界石、鹿角、茶园、长生桥北侧	20.5
B5	/ 陈家坪、大学城、含谷、石板、陶家、西彭	47.7
B6	鸳鸯、礼嘉、冉家坝、石马河、红岩村大桥、歇台子、大渡口 (新山村)	34
小计		209.6

7.2.2 以轨道交通车站为中心的换乘枢纽规划

根据重庆市主城区快速路网和 BRT 规划结果, 结合重庆市轨道交通规划和地面常规公交路网系统, 对客流量大的站点进行汇总, 其结果如下表 7.10 所示:

表 7.10 重庆市主城区交通规划主要节点汇总表
Table 7.10 Chongqing City planning major traffic node matrix

节点位置	轻轨	BRT	快速路	公交站场
红旗河沟	√	-	√	√
四公里	√	√	√	-
大坪	√	-	√	-
南坪	√	-	-	√
两路口	√	-	-	-
西永	√	√	√	√
北碚	√	-	-	√

注：“√”表示节点处与相关交通方式或站场相连接，“-”表示节点处没有与相应的交通方式或站场相连接。

根据第三章分析的轨道交通车站的区位特征和影响范围，结合第五章各种交通方式接驳换乘的耦合理念，和上述重庆市主城区交通规划主要节点汇总，现提出以下几个大型换乘节点，并说明将其作为重庆市大型交通枢纽的原因。

①红旗河沟换乘主枢纽：红旗河沟车站位于重庆市商务中心和城市中心与外围的结合部，东西南北均为城市主干道，其中北面为红锦大道，接驳来自渝北两路、空港等方向的外围客流；南面为建新北路，接驳来自渝中方向的客流；东面为红黄路，接驳来自五里店、以及由市中心区发往渝北方向的大量客流；西面为红石路，接驳来自松树桥方向的大量客流。另外，红旗河沟东南向为洋河体育场、海洋公园、重庆市政设计研究院等大型游乐场所和写字楼，西北方向为汽车北站，为接驳换乘提供了良好的场所。建议公交和轨道交通的换乘模式采用同侧换乘模式，即图 5.6 所示的接驳站场分散布局模式二。轨道交通出入口和地下步行通道相联结，以减少行人和地面公交的冲突。

②四公里换乘主枢纽：四公里换乘枢纽与渝湘、渝湛高速路对接，辐射黔、桂粤及湖南地区长途线路；车站北面为江南大道，接驳来自南坪、渝中方向的客流；南面为学府大道，接驳来自李家沱、渔洞等巴南方向的客流；东面连接内环高速公路，接驳长途客运；西面接驳来自九龙坡区方向的大量客流。四公里换乘主枢纽的建立，将大大减轻南坪，以及渝中半岛的交通压力，长途客运不再长驱直入的进入城市中心区，极大缓解城市中心区的交通压力。各种方式间耦合模式建议如下：

将公共汽车站、出租汽车站、地下停车场以及商店、银行、地下商业街等布置在同一建筑物内。形成地下、地面和地上立体换乘中心。轨道进出口与地下人行过街地道相结合，以有效缓解地面车流与行人间的矛盾，而且使行人、乘客、过街乘客都非常方便，保证交通安全。

③西永换乘主枢纽：西永换乘枢纽对接渝遂、成渝高速，辐射成都、遂宁沿线长途客运；根据有关规划，西永将建立重庆市最大的物流基地，物流基地的成立，将带动西永经济社会水平的快速提高，人口、车辆的大幅度增加，而且随着大学城的日渐完善，西永必将成为城市客流的集散地。根据轨道交通车站的分类，将西永站归为B类站，步行接驳占有很大比重，因此，建议西永换乘枢纽要重视步行通道设施的建设，公交和轨道交通的换乘模式采用多站台换乘模式，即图5.8所示的常规公交与轨道交通多站台换乘示意图。

7.3 实例分析

现在以四公里换乘主枢纽为例，计算分析高峰小时各个交通方式接运客运量。

计算过程中，换乘接驳交通方式*i*的效用确定项 X_i 的平均接驳费用、在乘时间、换乘时间以及舒适参数如下表7.11所示：

表7.11 平均接驳费用、在乘时间、换乘时间表

Table 7.11 Average access charges, by the time schedule for transfer

接驳交通方式	平均费用 (元)	平均乘车时间 (min)	平均换乘时间 (min)	舒适参数
出租车	8	15	3	5
轻轨	5	10	8	3
公交	1	20	5	1
步行	0	50	0	0.2
BRT	3	12	4	2

然后根据式(4.9)分别算出确定项 X_i 的效用值。

$$X_i = a_1 + a_2 * C + a_3 * T + a_4 * TT + a_5 * N$$

$$\text{得出, } X_{\text{出租}} = 0.05 + 0.5 * 8 + 0.2 * 15 + 0.05 * 3 + 0.05 * 5 = 7.45;$$

$$X_{\text{轻轨}} = 0.05 + 0.5 * 5 + 0.2 * 10 + 0.05 * 8 + 0.05 * 3 = 5.1$$

$$X_{\text{公交}} = 0.05 + 0.5 * 1 + 0.2 * 20 + 0.05 * 5 + 0.05 * 1 = 4.75$$

$$X_{步行} = 0.05 + 0 + 0.2 * 50 + 0 + 0.05 * 0.2 = 10.06$$

$$X_{BRT} = 0.05 + 0.5 * 3 + 0.2 * 12 + 0.05 * 4 + 0.05 * 2 = 4.25$$

然后把这些值代入式 (4.8), 假定式中的参数 b=1,

$$p(i) = \frac{\exp(bXj)}{\sum_{i=1}^J \exp(bXi)} = \frac{1}{1 + \sum_{i \neq j} \exp[b(Xi - Xj)]}$$

则, 分别得出:

$$p(\text{出租}) = 0.018468$$

$$p(\text{轻轨}) = 0.210653$$

$$p(\text{公交}) = 0.291923$$

$$p(\text{步行}) = 0.001449$$

$$p(\text{BRT}) = 0.4813$$

经过计算, 所有 p 值之和为 1.003793, 大于 1, 因此需要调整 b 值, 现取 b=0.5, 得出:

$$p(\text{出租}) = 0.070815$$

$$p(\text{轻轨}) = 0.24652$$

$$p(\text{公交}) = 0.289606$$

$$p(\text{步行}) = 0.020408$$

$$p(\text{BRT}) = 0.371856$$

经过计算, 所有 p 值之和为 0.999205, 达到 p 值之和的精度要求 (0.95 和 1 之间)。

代入式 (4.10) 分别计算不同交通方式的客流换乘量 (假设 Qj=10000)

$$Q_{换乘} = Q_j * P(k)$$

则, 得出:

Q (出租) = 708 人次

Q (轻轨) = 2465 人次

Q (公交) = 2896 人次

Q (步行) = 204 人次

Q (BRT) = 3718 人次

根据式 (4.11), 对式 (4.10) 计算得到的客流转换量进行修正, 转换成高峰小时客流转换量, 假定 $\lambda=1.2$

$$Q_{\text{高峰换乘}} = Q_{\text{换乘}} * \lambda$$

则, 得出, 高峰小时, 各种交通方式承担的换乘客流量为:

Q (出租) = 850 人次

Q (轻轨) = 2958 人次

Q (公交) = 3475 人次

Q (步行) = 245 人次

Q (BRT) = 4462 人次

第八章 本文结论、创新点及展望

8.1 本文的主要结论

本文立足于重庆市主城区，对主城区轨道交通车站的区位特征和各种交通方式在枢纽位置的耦合模式进行研究，主要得到以下几个方面结论：

①轨道交通对各种交通方式的吸引状况

通过统计分析，得出各种交通方式转乘轨道交通所用的时间和距离，各种接驳方式的平均耗时与理论影响距离如下表 8.1 所示：

表 8.1 各种接驳方式的平均耗时与理论影响距离

Table 8.1 Various connections with the average time from the impact theory

	步行	公交	出租车
比例%	39.6	51.1	4.7
平均接驳时间/min	13.04	24.66	14.03
理论影响距离/km	0.9	6.2	8.2

根据调查和统计分析，也可得出两点结论：一是接驳交通方式的时间小于等于乘用城市轨道交通的时间；二是接驳方式的距离一般小于乘用城市轨道交通的距离。

②轨道交通的聚类分析结论

根据轨道交通的地理位置和服务范围的不同，将轨道车站分为 5 类，分别是：1) A 类站：市中心区交通服务范围较大的车站；2) B 类站：市中心区交通服务范围相对较小的车站；3) C 类站：外围区交通服务范围大的车站；4) D 类站：外围地区交通服务范围较小的车站；5) E 类站：城市轨道交通线路尽端车站。

A 类站的显著特点是：以公共交通换乘方式为主，约占 50% 左右，其次是步行方式约占 40% 左右；公共交通比例由一定的正相关性；出租汽车和小汽车等其他交通方式的比例较小。

B 类站的显著特点是：以步行衔接方式为主，约占 50% 左右，其次是利用根据公交车换乘方式，约占 30% 左右，公交比例由一定的正相关性，出租汽车和小汽车等其他方式比例较小。

C 类站的特点和 A 类车站的特点相似这些车站接驳的客流主要是非本站附

近的远程客流，根据换乘比例为主的特征相当明显。

D类站的特点和B类车站的特点类似，以附近产生的近程客流为主要接驳方式，自然以步行居多。

E类站属于轨道尽端，由于所处的区域不同，其接驳方式结构也各有显著的自身特点。离城市中心区偏远的轨道车站，由于选择乘坐轻轨到城市中心区的居民较多，因此，很多人更愿意由公交转乘轻轨的方式，除此以外摩托车、机动三轮车等也较多。位于城市中心区的轨道车站，选择步行换乘轨道交通的居民居多。

③提出各种交通方式间的耦合模式

具体包括轨道交通和常规公交的线网耦合布局，轨道交通车站和常规公交车站的耦合方式，以及轨道交通和步行、出租车、自行车、社会车辆等耦合模式。

④建立客流转换模型，指导客流组织和车辆调度

⑤根据轨道交通车站的区位特征，针对重庆市主城区提出以轨道交通车站为中心的大型换乘枢纽规划的建议，即建议将红旗河沟、西永、四公里作为重庆市大型换乘枢纽。

8.2 本文的主要创新点

本论文的主要创新点为：

- ①采用聚类分析的方法分析轨道交通车站的区位特征和影响范围；
- ②依据现代交通规划学有关四阶段法交通规划的第三阶段出行方式划分的预测的方式，改进有关参数，建立换乘耦合模型；
- ③提出各种交通方式车站间的耦合模式。

8.3 本论文的不足和展望

8.3.1 本论文不足

由于本人水平有限、时间仓促，加之缺少一些资料，本论文尚存在如下局限性：

- 论文中对轨道交通车站接驳距离和接驳时间的调查不够详细，需要作进一步的调查，更精确的定位轨道交通车站的区位特征和影响范围。

- 耦合换乘规模还需要进一步研究。

8.3.2 展望

城市客流耦合模式研究需要结合大量的调查总结，需要各个交通部门以及社会其他许多部门参与，是一项涉及面广、内容复杂的基础研究。以下是今后进一步研究中需要关注的问题：

- 如何预测换乘枢纽的客流需求量，还需开展大量深入细致的研究。
- 研究分析各种接驳交通方式所需的规模还需要进一步研究。
- 交通换乘模式的研究有待于政策指引。

致 谢

论文完成之际，首先衷心地感谢导师李淑庆教授以其渊博的学识、严谨治学的作风、诲人不倦的长者风范和博大胸怀把我带入交通科学的研究的舞台！其次衷心地感谢导师对我的悉心指导，帮助我选择了基于轨道交通的城市客流转换耦合模式研究题目，而且在读研期间一直安排和支持我参与相关领域的项目和研究。在论文撰写过程中，导师从确定论文大纲、章节结构以及建模研究方法、研究重点、难点和行文等方面都给予了悉心指导，多次审阅论文并提出了大量宝贵意见和建议。导师做学问的严谨性、思维的敏锐性以及对学生的关心和体贴，不仅使我学会了如何做学问、搞研究、独立思考问题，更懂得了如何成为一个完整的人，如何能立足于社会。在此特向他表示衷心的敬意和谢意。

感谢任其亮博士、朱胜雪硕士、杨照寒硕士、常贵智硕士、王芳硕士、姜海燕硕士在学习、科研和生活上的帮助。

最后还要向我的父母、家人，向所有帮助、关心和支持我的人表示衷心的感谢！

2007年3月

参考文献

- [1] 谢玉洁, 韩宝明, 许惠花. 城市轨道交通与地面常规公交的客运一体化[J]. 都市快轨交通. 2006
- [2] 陈昌明, 莫天伟. 莫斯科地铁系统规划[J]. 国外城市规划. 2005
- [3] 边经卫. 发展大城市公共交通体系化的研究[J]. 城市交通. 2006
- [4] 覃裔, 宗传苓. 轨道交通捷运系统规划方法[J]. 城市交通. 2005
- [5] 覃裔. 轨道交通枢纽规划与设计理论研究[D]. 同济大学学报. 2002
- [6] 殷广涛等. 西直门交通枢纽内部交通分析论证报告[R]. 北京. 中国城市规划设计研究院. 2003
- [7] 刘灿齐. 现代交通规划学. 人民交通出版社[M]. 2001
- [8] 赵建有. 道路交通运输系统工程[M]. 人民交通出版社[M]. 2004
- [9] 刘建航, 俞加康. 上海地铁网络的重要枢纽——人民广场站[J]. 地下工程与隧道. 2006
- [10] 中华人民共和国铁道部. GB. 50091-2006. 铁路车站及枢纽设计规范. 北京. 中华计划出版社. 2006
- [11] 重庆市统计年鉴(2000年—2006年)
- [12] 王炜, 陈学武等. 城市交通系统可持续发展理论与体系研究[M]. 科学出版社. 2004
- [13] John D. Edwards. Transportation Planning Handbook[M]. New Jersey:PRENTICE HALL. 1992
- [14] 埃里克·弗格森(美). 刘羽松摘译. TDM-交通需求管理[J]. 国外城市规划. 1994
- [15] 聂英杰. 城市轨道交通的客流特性分析[J]. 地下工程与隧道(季刊). 2003
- [16] 重庆城市总体规划报告(2005年—2020年). 重庆市城市总体规划修编办公室. 2004年
- [17] 重庆市主城区综合交通调查报告. 重庆市主城区综合交通规划办公室. 2002年
- [18] 王炜, 杨新苗, 陈学武. 城市公共交通系统规划方法与管理技术[M]. 科学出版社. 2002
- [19] 何宁, 贺瑞梅. 综合交通枢纽规划和需求分析方法[M]. 城市交通. 2005
- [20] 刘清泉, 顾怀中. 新加坡城市交通需求管理对中国城市交通管理的启示[J]. 城市研究. 2002
- [21] 周鹤龙, 徐吉谦. 大城市交通需求管理研究[J]. 城市规划. 2003
- [22] 胡晓燕, 朱桔妹. 上海轨道交通8号线、6号线淮海路站换乘节点结构设计[J]. 地下工程与隧道(季刊). 2004
- [23] David Schrank, Tim Lomax. The 2002 urban mobility report [R], Texas Transportation Institute, June 2002
- [24] Moyer M. D., MILLER E. J. Urban transportantion planning. McGraw-Hill Book Company. 1984
- [25] Public Satisfaction with travel to Work [R]. Information Report No. 49. National Capital Region Transportation Planning Board 1972
- [26] 关宏志. 非集计模型——交通行为分析的工具[M]. 人民交通出版社. 2004

- [27] 张弛. 地下铁道与城市其他交通工具衔接[J]. 中国地下铁道学术交流会议论文集. 1987
- [28] 宋博. 新建地铁换乘车站对已建车站影响的研究[J]. 地下工程与隧道(季刊). 2004
- [29] Andreasson I. A method for the analysis of transit networks. In: Proceedings of the w2 European congress on operations research (Edited by Mark Roubens) . 1976
- [30] 王午生, 许玉德, 郑其昌. 铁道与城市轨道交通工程[M]. 同济大学出版社. 2003,
- [31] Anon. Baseball deadline hastens opening of Baltimore's light rail corridor. Railway gazette international. 1991
- [32] 肖秋生, 徐慰慈. 城市交通规划[M]. 人民交通出版社. 1990
- [33] Nguyen Sang, Pallottino S. Equilibrium traffic assignment for large scale transit network. European journal of operational research. 1988
- [34] 重庆巴士快速交通发展有限公司. 重庆市主城区快速公交(2006-2020)线网规划. 2006

攻读硕士研究生期间参与的科研项目

- [1] 重庆市公共交通发展规划;
- [2] 重庆市南坪中心交通枢纽建设工程交通组织方案;
- [3] 重庆市公路灾害原因分析及灾害分布;
- [4] 重庆市璧山——大学城通道方案研究;
- [5] 城市公共交通管理机制研究;
- [6] 沙坪坝区“十一五”综合交通规划

攻读硕士研究生期间发表的论文

李淑庆, 李松武, 常贵智. 城市交通换乘量的模型建立与求解, 山西建筑, 2007, 4