

DITIE HUANCHENGZHAN
TONGXING
NENGLI YINGXIANG
JILI YANJIU

地铁换乘站 通行能力影响机理研究

李卫军 王丹 等 著



时代出版传媒股份有限公司
安徽科学技术出版社

地铁换乘站通行能力 影响机理研究

李卫军 王 丹 等著



时代出版传媒股份有限公司
安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

地铁换乘站通行能力影响机理研究/李卫军等著.
—合肥:安徽科学技术出版社,2016.1
ISBN 978-7-5337-6867-6

I. ①地… II. ①李… III. ①地下铁道-换乘站-
交通通过能力-研究 IV. ①U231

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 312819 号

地铁换乘站通行能力影响机理研究

李卫军 王 丹 等 著

出 版 人:黄和平 选题策划:刘三珊 责任编辑:刘三珊
责任校对:程 苗 责任印制:廖小青 封面设计:王天然
出版发行:时代出版传媒股份有限公司 <http://www.press-mart.com>
安徽科学技术出版社 <http://www.ahstp.net>
(合肥市政务文化新区翡翠路 1118 号出版传媒广场,邮编:230071)
电话:(0551)63533323
印 制:合肥华云印务有限责任公司 电话:(0551)63418899
(如发现印装质量问题,影响阅读,请与印刷厂商联系调换)

开本:787×1092 1/16 印张:13 字数:255 千
版次:2016 年 1 月第 1 版 印次:2016 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5337-6867-6

定价:45.00 元

版权所有,侵权必究

“地铁全路网换乘站通行能力影响机理研究”课题组

成员名单

主持人:李卫军 王 丹

成 员:刘 正 康海燕 张劭阳

张在龙 程 晏 刘浩然

吴 倩 吴海燕 李小红

王 洁

前 言

2000年以来,我国城市轨道交通迅猛发展。截止到2014年底,全国已有22座城市开通了轨道交通,运营里程超过3000千米(包括地铁、有轨电车等),中国城市轨道交通进入快速发展时期。随着多数城市的轨道交通已经或即将迈入网络化运营时代,作为网络化运营节点的换乘车站,除要承担进出站客流的引导作业外,还需承担脉冲式的换乘客流引导作业。换乘站作业需要协调各线之间的客流交织问题,其管理组织水平对网络化运营的影响极其重大。

在整体提升城市轨道交通能力的环节中,换乘站通行能力既是提升地铁线网整体运力的重要因素,同时也是乘客安全出行的重要保障,是提高网络化运营服务质量的重要条件。因此,研究换乘站通行能力影响机理,是保证地铁运营安全、提升运力、提高运营服务质量的迫切需要。本书可为地铁换乘站问题研究提供参考,为换乘站客运组织管理制定提供参考依据,为进一步的设施改造和设备布设提供依据,为今后换乘站站点的合理规划提供依据。

本书的内容主要源于2013年北京市地铁运营有限公司科研项目“地铁全路网换乘站通行能力影响机理研究”(项目编号:2013000510000021)的研究成果。本书从乘客换乘需求角度出发,结合地铁企业运营管理需求,立足北京地铁换乘车站现状,从车站结构、车站客运组织方案、车站设备设施组合、换乘车站行车协调、换乘引导标识、乘客换乘心理等多方面进行综合分析。

本书共包括10章内容,第1章绪论,主要论述在城市轨道交通快速发展、客运量持续攀高情况下,换乘车站出现的一些问题,提出本项目的研究思路及技术路线,并简单介绍了研究方法、创新之处;第2章地铁换乘站研究综述,主要阐述国内外地铁换乘站现状,梳理近年换乘站相关研究,通过梳理结果确定进一步问题方向,针对具体问题进行二次文献分析;第3章地铁换乘站通行能力影响因素分析,主要阐述地铁换乘站通行能力相关定义,分析并确定换乘站通行能力的影响因素;第4章地铁换乘站土建结构,通过对换乘站土建结构的分类,分析结构对换乘的影响;第5章地铁换乘站乘客特征分析,从多角度阐述换乘站乘客特征,对乘客心理特征、交通特性以及换乘心理时间进行系统的分析研究;第6章地铁换乘站导向标识系统,主要阐述地铁换乘站导向标识的分类以及档期地铁换乘站的导向标识现状,并提出设置原则;第7章地铁换乘站乘客服务设备设施,研究地铁

换乘站设备设施服务水平及其通行能力,并对设施组合优化进行仿真分析研究;第8章地铁换乘站运输能力,针对换乘站列车发车间隔对其通行能力的影响问题展开研究,通过仿真计算分析相关影响;第9章典型车站通行能力分析,选择一座换乘站进行全面系统分析,提出改进方案并应用仿真手段进行分析;第10章结语,总结本书的几点研究成果,并提出未来换乘站管理的研究方向。其中,康海燕负责编写第1章,王丹负责编写第2章及第9章,张在龙负责编写第3章、第4章以及第10章,吴倩负责编写第5章,程晏负责编写第6章,张劭阳负责编写第7章,刘浩然负责编写第8章。

在研究过程中,特别感谢张欣、李卫军、徐田坤对项目组的大力帮助与支持;感谢北京建筑大学土木与交通工程学院的吴海燕老师,以及郭彧鑫等同学在“设备设施通行能力研究”中所做的工作;感谢北京交通大学土建学院的李晓红老师,以及张赞等同学在“列车运输能力研究”中所做的工作;感谢首都经济贸易大学安全与环境工程学院王洁老师,以及薛元杰等同学在“乘客换乘时间研究”“导向标识研究”中所做的工作。在本书撰写过程中,特别感谢李卫军对本书大纲及内容所提供的支持与指导建议,感谢刘正对本书工作的大力支持。

在研究与编著本书过程中,我们参考了大量文献资料,并借鉴了一些国内外专家学者的研究成果。本书的出版凝聚了课题组全体成员的共同努力,也得到了各相关单位及专家的大力支持。在此,对为本书出版做出贡献的全体参编者表示由衷的感谢,并感谢出版社编辑为本书出版所付出的辛勤劳动!

由于编著者水平所限,书中难免有不当和疏漏之处,恳请各位专家、学者和广大读者批评指正,以期共同推进地铁换乘站通行能力影响机理研究的深入。

编著者

2015年12月于北京

目 录

1	绪论	1
1.1	研究背景	1
1.2	研究思路及技术路线	4
1.3	研究方法	4
1.4	创新之处	7
2	地铁换乘站研究综述	9
2.1	换乘站的研究趋势	9
2.2	乘客特征的研究	11
2.2.1	地铁客流特征相关研究	11
2.2.2	乘客心理特征相关研究	12
2.3	车站结构的研究	15
2.3.1	换乘站规划设计相关研究	15
2.3.2	换乘方式相关研究	16
2.3.3	换乘流线相关优选	18
2.3.4	换乘时间相关研究	19
2.4	导向标识的研究	21
2.4.1	导向标识设计方法和理论角度相关研究	21
2.4.2	地铁空间和寻路角度相关研究	22
2.4.3	视觉导向设计角度相关研究	23
2.5	设备设施能力的研究	23
2.5.1	服务水平相关研究	23
2.5.2	布局优化相关研究	25
2.6	行车组织优化的研究	26
3	地铁换乘站通行能力影响因素分析	28
3.1	地铁换乘站	28
3.1.1	相关定义	28
3.1.2	功能	29
3.1.3	典型代表站	30

3.2 换乘站通行能力	34
3.2.1 通行能力的界定	34
3.2.2 当前换乘站现状分析	36
3.2.3 通行能力的影响因素	38
4 地铁换乘站土建结构	44
4.1 换乘站土建结构及其分类	44
4.1.1 车站土建结构	44
4.1.2 分类	49
4.2 换乘站土建结构影响分析	55
4.2.1 不同站厅形式的影响	55
4.2.2 不同站台形式的影响	57
4.2.3 不同换乘形式的影响	58
4.3 小结	60
4.3.1 换乘方式与客流量的匹配性对运能的影响	60
4.3.2 运营管理模式与换乘方式对运能的影响	61
5 地铁换乘站乘客特征分析	62
5.1 乘客的换乘心理特征	62
5.1.1 出行行为影响因素	62
5.1.2 乘客换乘行为的共性心理	63
5.1.3 乘客换乘行为的个性心理	63
5.1.4 乘客个体换乘行为影响因素	64
5.1.5 换乘设施对乘客行为影响因素	64
5.1.6 其他影响因素	65
5.2 乘客的交通特性	66
5.2.1 个体交通特性	66
5.2.2 群体交通特性	69
5.3 乘客在不同设施处的行为交通流模型	70
5.3.1 通道内乘客交通流模型	70
5.3.2 楼梯乘客交通流模型	71
5.4 乘客换乘心理时间	73
5.4.1 乘客换乘心理-空间时间关系分析	73
5.4.2 不同类型乘客平均心理-空间时间关系分析	76
5.4.3 乘客换乘心理时间阈值的修订	78
5.4.4 基于心理时间乘客换乘时间阈值研究	79
5.5 小结	81

6 地铁换乘站导向标识系统	82
6.1 地铁换乘站导向标识概述	82
6.1.1 标识	82
6.1.2 地铁换乘站导向标识	83
6.2 地铁导向标识现状	84
6.2.1 西方国家的地铁标识	84
6.2.2 亚洲部分地区的地铁标识	84
6.2.3 我国的地铁标识	85
6.3 地铁换乘站导向标识分类	86
6.3.1 标识的分类	86
6.3.2 地铁导向标识的分类	87
6.4 地铁换乘站导向标识设置原则	87
6.4.1 基于国家标准的地铁换乘站导向标识设置原则	87
6.4.2 基于乘客寻路行为的地铁换乘站导向标识设置原则	89
6.4.3 基于人体测量学的地铁换乘站导向标识设置原则	91
6.5 合理设计地铁换乘站标识	93
6.5.1 位置合理	93
6.5.2 高度合理	94
6.5.3 符合乘客接收信息的心理与行为	95
6.5.4 颜色、选材和制作达到效果统一	96
6.5.5 具有优先地位	96
6.6 小结	97
7 地铁换乘站乘客服务设备设施	98
7.1 地铁换乘站设备设施服务水平	98
7.1.1 设备设施服务水平概述	98
7.1.2 步行通道服务水平	99
7.1.3 楼梯服务水平	100
7.1.4 等候区服务水平	101
7.2 地铁换乘站设备设施通行能力	102
7.2.1 通道通行能力	102
7.2.2 楼梯通行能力	103
7.2.3 扶梯通行能力	104
7.2.4 售检票设备通行能力	105
7.2.5 进站设施通行能力	105
7.2.6 安检设备通行能力	106

7.3	地铁换乘站设备设施组合能力研究	106
7.3.1	仿真基础数据	106
7.3.2	楼扶梯及换乘通道组合方案研究	109
7.3.3	导流护栏设置方案研究	113
7.4	小结	117
7.4.1	车站设备设施行人流特性	117
7.4.2	车站设备设施通行能力及服务水平	117
7.4.3	提高车站设备设施能力方案策略	117
8	地铁换乘站运输能力	119
8.1	运输能力的概念	119
8.1.1	设计能力	119
8.1.2	可用能力	119
8.2	影响换乘站运输能力的因素	120
8.2.1	线路能力因素	120
8.2.2	列车能力因素	121
8.2.3	其他能力因素	122
8.3	运输能力研究	122
8.3.1	研究方案	122
8.3.2	模型建立方法	123
8.3.3	行人走行参数标定	123
8.3.4	案例分析	123
8.4	地铁换乘站运输能力影响分析	137
8.4.1	列车满载率与乘降效率分析	137
8.4.2	列车发车间隔对换乘能力影响分析	138
8.4.3	车站换乘形式匹配性分析	139
8.5	小结	141
9	典型车站通行能力分析	142
9.1	车站概况	142
9.1.1	车站周边环境	142
9.1.2	车站土建结构及设施布局	143
9.1.3	车站客运组织方案	143
9.2	车站客流特点	146
9.3	通行能力影响分析	147
9.3.1	基础数据调查	147
9.3.2	仿真分析	150

9.4 优化改进方案	157
9.4.1 标识优化建议	157
9.4.2 客运组织方案调整	163
9.4.3 发车间隔调整	174
10 结语	179
10.1 工作总结	179
10.2 研究展望	180
附录1 地铁换乘站乘客换乘时间心理阈值调查问卷	182
附录2 网络调查	183
参考文献	189

1 绪 论

1.1 研究背景

当前,我国经济飞速发展,城市化进程日益加快。在一些大城市中,流动人口大幅增加,居民出行更为频繁,城市交通量日益增长,地面交通拥堵加剧。在解决城市严重的交通问题上,轨道交通发挥了其土地利用、能源消耗、空气质量、客运量等方面的优势,成为大城市发展战略中的骨干交通线网。同时,随着现代化进程以及人们工作节奏加快和时间观念的加强,城市轨道交通以其准时、安全、快捷的交通方式适应了时代的发展需求。

截止到 2014 年,全国拥有城市轨道交通的城市已经由 2000 年的 3 座(北京、上海、广州)上升至 22 座,地铁线路总计 88 条,且总里程已经超过 3 000 千米。

在我国现有城市轨道交通中,北京城市轨道交通(以下简称“北京地铁”)近 8 年进入了迅速发展期,线网不断完善。截止到 2014 年年底,北京地铁共拥有 18 条(17 条地铁线和 1 条机场线)计 527 千米长运营线路和 318 座车站。地铁客运量也在不断攀升,平均工作日客运量最高可达 1 000 万人次。北京地铁按运营里程统计,已经成为世界上规模第二大地铁交通系统,且从客运总量来看,北京地铁也是我国最繁忙的城市交通系统。

在北京地铁路网中,目前换乘站为 46 座,占有车站的 14.5%。随着地铁线路的不断扩展和客运量的不断增长,乘客平均出行距离和出行时间逐渐延长,乘客出行的换乘次数也在不断增加,如图 1-1 所示。

由图 1-1 可知,北京地铁中仅占不到 15%的换乘站点需要承担客运总量约 46%。因此,换乘站的通行能力和客运组织等方面正在经受着严峻的考验。

由客运量统计可知,在北京地铁全线网中,高峰小时换乘量超过 1 万人次以上的换乘站有 26 座,其中 2 万人次以上的换乘站 10 座,如图 1-2 所示。

大量换乘客流导致换乘站压力巨大,部分换乘站通行能力明显不足,高峰期北京地铁部分换乘站内的楼扶梯、长窄通道、候车站台等区域乘客集中滞留拥挤已成为常态,如图 1-3、图 1-4 所示。这种状况不仅引起乘客对地铁服务质量的

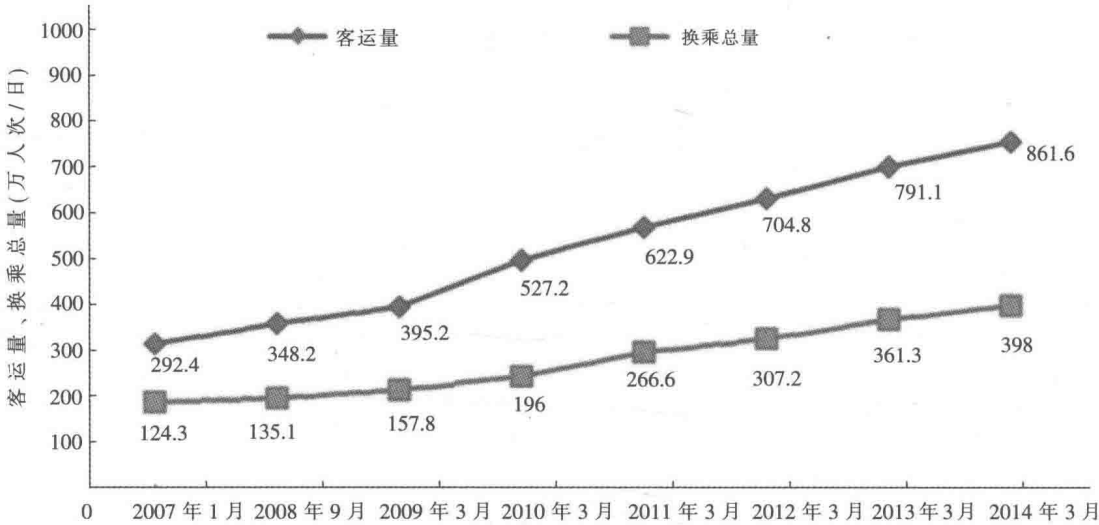


图 1-1 北京地铁日均客运量、换乘总量

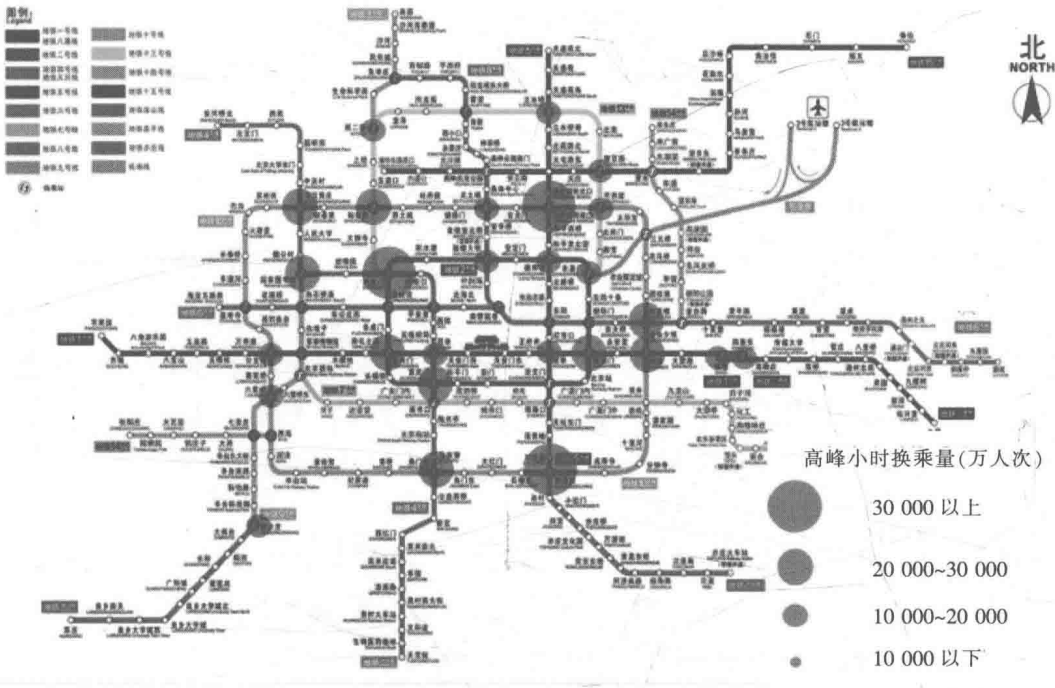


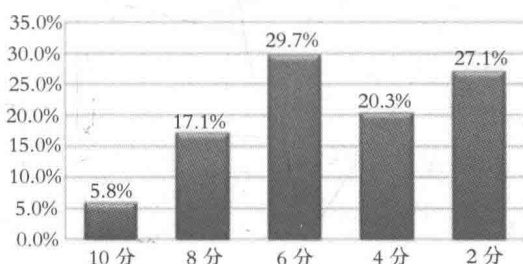
图 1-2 北京地铁换乘站换乘量分布示意

不满,同时也造成客运组织管理的压力和运营安全的隐患。在一项从换乘站的安全角度出发对乘客进行满意度问卷调查的统计中可看出,乘客对换乘站总体满意度打 2 分和 4 分的约占总数的 47.4%。其中,对换乘站内设施,如安检机、换乘通道、楼梯、检票闸机及导向标识等满意度打分较低,如图 1-5 所示。

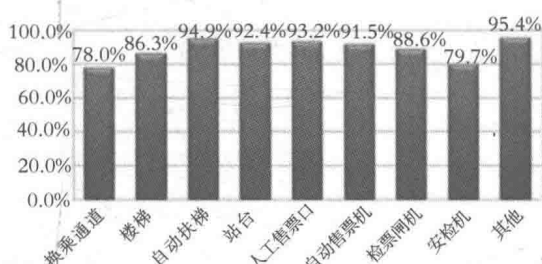


图 1-3 北京地铁国贸站高峰换乘通道情况

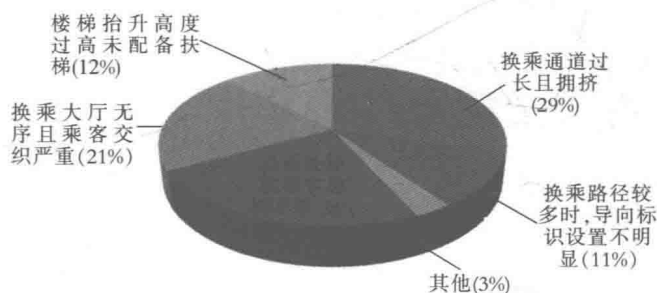
图 1-4 北京地铁西二旗站高峰换乘情况



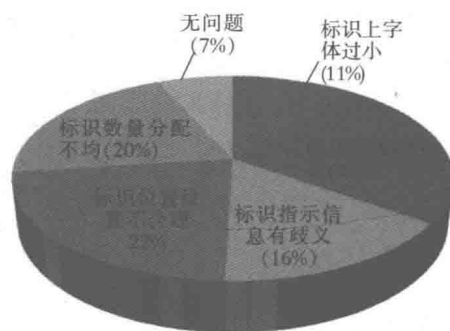
(a) 换乘站总体满意情况分布



(b) 换乘车站设施满意度分布



(c) 换乘设施存在的问题



(d) 地铁站内导向标识存在的问题

图 1-5 换乘站满意度问卷调查结果

在目前北京地铁站换乘方式中,通道式换乘和混合式换乘比例较高,约占总换乘方式的 28%和 34%。在乘客对换乘站满意度调查的结果中,有 29%的被调查者对换乘通道不满意,认为有些通道过长且拥挤,24%的被调查者认为在自动扶梯前十分拥挤,另外 21%的被调查者则认为部分换乘大厅容易造成客流无序交织的现象。

一项乘客对换乘站满意度调查的结果显示,针对换乘站标识系统,有 24%的被调查者认为有些换乘导向标识不够醒目,22%的被调查者认为部分标识的位置不合理,另外 20%的被调查者则认为导向标识配备数量不均,由此造成乘客在换

乘过程中不能快速接收到应有的标识引导和指示信息,容易失去方向感,导致换乘效率降低。

针对换乘站中的上述问题,为缓解换乘站压力,满足乘客安全、便捷的换乘需求,合理设置标识指示引导乘客的换乘,已经成为地铁网络化运营背景下重点关注的问题。因此,“地铁换乘站通行能力影响机制研究”重点分析当前网络化运营中的客流特点,研究影响换乘站通行能力的机制,以期为合理管理换乘车站、制定运营组织方案和改善服务措施等提供依据,并且对地铁运营安全的有序发展提供指导意义。

1.2 研究思路及技术路线

地铁换乘站通行能力影响机制研究以调研为基础,以网络化运营理论为辅,分析和研究地铁换乘站通行能力影响机制,探究其深层次的影响因素。

地铁换乘站通行能力影响机制研究首先收集分析相关学者的研究成果、标准规范、管理规程等资料,分析影响换乘站通行能力的影响因素。结合国内外已有研究成果,定义换乘站通行能力,从车站结构、乘客属性、导向标识设置、设备设施特性以及列车运行特点等不同角度,通过理论分析、案例分析、仿真模拟等手段探寻合理的运营组织和设施配备组合方式,为换乘站客运组织管理制定和设备设施的配备以及改造提供依据,为今后换乘站的合理规划及设计提供技术支持。具体研究思路及技术路线如图 1-6 所示。

1.3 研究方法

1.3.1.1 文献资料分析法

按照研究方向搜集相关专题资料和文献,通过对资料文献的整理和研究,掌握当前相关研究水平、发展方向和有关理论,将其作为研究的基础。通过对地铁客流历史数据的收集和整理,分析换乘站客流增长规律,为研究提供基础数据支持。

1.3.1.2 座谈和访谈法

召集北京地铁运营公司及其分公司相关专业人员以及国内其他城市地铁运营公司或站区相关专业人员进行座谈和项目论证,从乘客和管理部门的需求角度

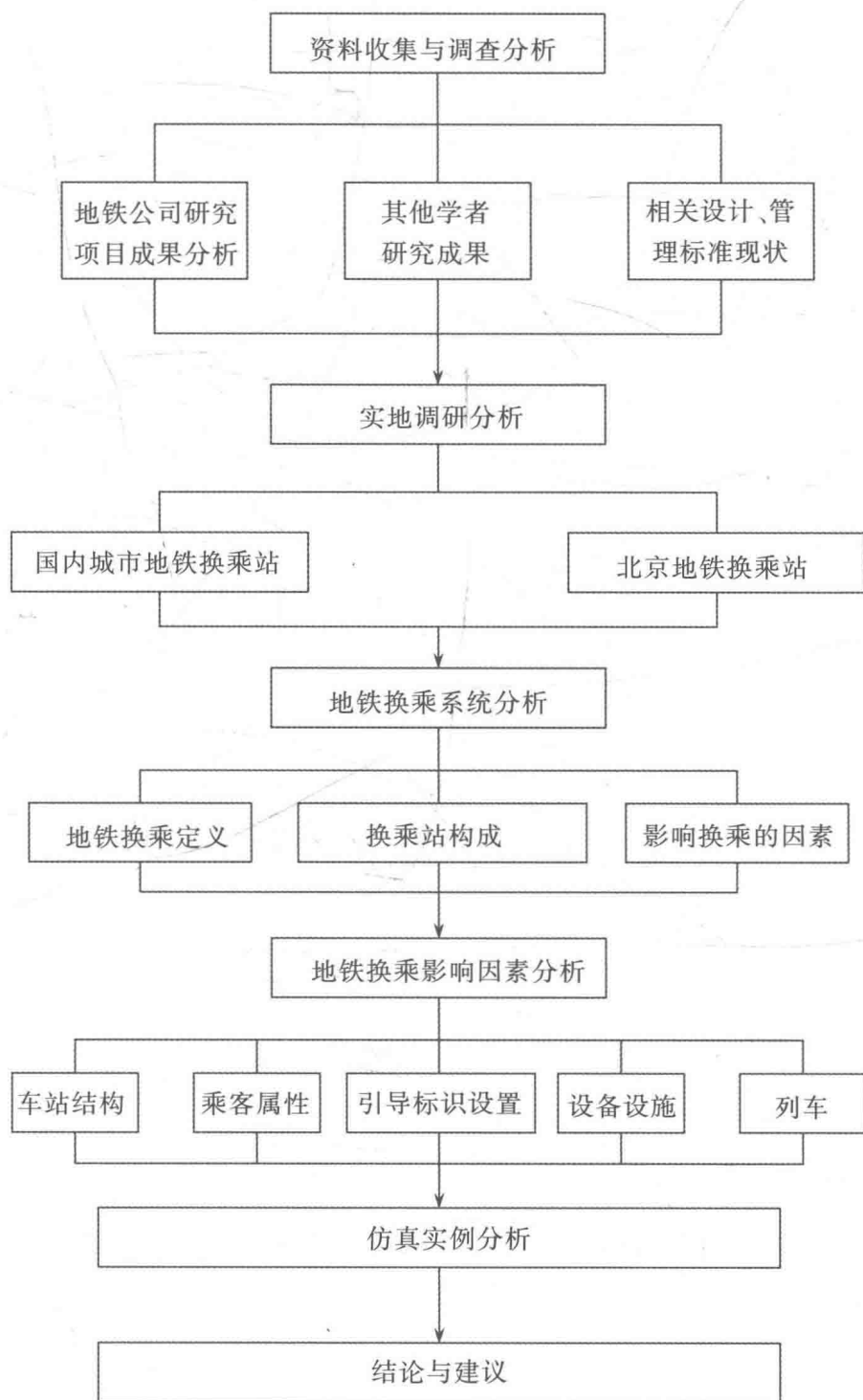


图 1-6 研究思路及技术路线

出发,初步确立研究方向和研究内容。

1.3.1.3 观察法和调查法

走访调研换乘车站的客流特征、客流组织及客运管理流程;观察和调查车站周边的用地性质和周边交通接驳状况,以问卷形式调查乘客对换乘站的满意程度,调查换乘站高峰小时客流量,现场勘测换乘站设备设施的设置。

1.3.1.4 经验总结法

通过对文献资料、调研访谈和相关的研究进行归纳和分析,形成经验的总结,从中揭示相关内容的规律,使之系统化和理论化。通过应用经验总结法,开阔研究视野,拓宽研究领域,提高研究水平。

1.3.1.5 案例研究法

选择地铁路网中具有典型意义的换乘车站,通过收集相关数据并对具体换乘站运营中的案例进行模拟分析和研究,归纳换乘站通行能力的普遍规律,最终得出结论并提出解决问题的方案。

1.3.1.6 统计分析法

通过统计分析得出统计指标,揭示换乘站通行能力影响因素之间的数量关系,认识通行能力影响因素之间的相互关系、变化规律及影响程度,由此解释其影响机制。

1.3.1.7 理论计算法

根据现行《地铁设计规范》中的设计规定和《公共交通出行能力和服务质量手册》确定的服务水平等级,运用标准与现场实际之间的复核计算,找出理论与实际之间的差别,通过进一步的研究,提出相应的指标以及相应的改善措施。

1.3.1.8 仿真分析法

针对典型换乘车站建立构筑物模型,利用数值模拟手段,依照乘客的换乘行为和运营方式,模拟仿真实体原型上客流的流向和集散程度。根据仿真结果,分析研究在不同行车密度和不同客流量的情况下高峰小时换乘客流对换乘站通行能力和站台容纳能力的影响,为优化地铁公司运营服务提供参考依据。