

地铁改变生活

北京轨道交通十年创新成果
理论与实践（2003-2013）

规划与投资篇

北京市基础设施投资有限公司



人民交通出版社
China Communications Press

Ditie Gaibian Shenghuo

地铁改变生活

Beijing Guida Jiaotong Shinian Chuangxin Chengguo Lilun yu Shijian (2003—2013)

——北京轨道交通十年创新成果理论与实践(2003—2013)

Guihua yu Touzi pian

规划与投资篇

北京市基础设施投资有限公司

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是从北京市基础设施投资有限公司承担和开展的市级以上重要课题和获得市级以上奖励创新成果中精选汇编而成的,共收录 20 项创新成果,包括前期规划、投融资、资产管理、路网运营、资源开发、产业投资和基础管理等内容。

图书在版编目(CIP)数据

地铁改变生活——北京轨道交通十年创新成果理论与实践:2003~2013. 规划与投资篇 / 北京市基础设施投资有限公司编. —北京:人民交通出版社,2014.01

ISBN 978-7-114-11021-4

I. ①北… II. ①北… III. ①城市轨道交通—轨道交通—北京市—文集②城市轨道交通—基本建设投资—北京市—文集 IV. ①U239.5-53②F532.81-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 277407 号

书 名:地铁改变生活——北京轨道交通十年创新成果理论与实践(2003—2013) 规划与投资篇

著 者:北京市基础设施投资有限公司

责任编辑:闫东坡

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盛通印刷股份有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:19.25

字 数:330千

版 次:2014年1月 第1版

印 次:2014年1月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11021-4

定 价:77.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

北京轨道交通十年创新成果理论与实践(2003—2013)

编委会名单

编撰单位

北京市基础设施投资有限公司

北京市轨道交通建设管理有限公司

北京市地铁运营有限公司

指导委员会 (排名不分先后)

主 任:田振清 吴宏建 谢正光

副 主 任:丁树奎 张树人

编 委 会

主 编:王文璇 寅燕燕 杜秀君

执行主编:王燕凯 严志和 贾 鹏 王洪伟

编 委:何彦斌 刘 莉 康悦颖 吴 雷

李泽江 王晓慧 马 硕

序

同心共筑“轨道梦”

——写在北京市基础设施投资有限公司成立十周年之际

十年峥嵘岁月,筚路蓝缕;十年自主创新,一路凯歌。十年来,北京市基础设施投资有限公司(京投公司)紧密围绕北京市轨道交通建设热点、难点问题,加强基础性研究,拓宽与政府、企业的合作,承担和开展了一大批重要的科研项目,为不断提升公司核心竞争力、引领公司健康持续发展创造了源源动力。

京投公司立足主业,全面满足轨道交通建设资金需求,PPP、BT等多项创新成果获得国家级奖励;履行轨道交通“顶层设计”职责,在线网规划、工可研阶段引入了多项新制式、新技术,真正建设“人文、科技、绿色”的轨道交通;自主设计、投资、建设的北京市轨道交通指挥中心成为全国学习和借鉴的典范;车辆段上盖综合利用开发模式创新,实现了土地资源集约高效利用,带来了土地增值收益,节省了轨道交通建设资金;轨道交通产业链逐步完善,为做大做强轨道交通产业,有效落实北京市推进“北京创造”的产业发展思路打下了坚实基础。这些创新举措,搭建了公司不断向上攀升的阶梯,铸造了公司十年的辉煌,促进了北京市轨道交通建设又好又快发展。

本书是从公司承担和开展的市级以上重要课题和获得市级以上奖励创新成果中精选汇编而成,包括前期规划、投融资、资产管理、路网运营、资源开发、产业投资和基础管理等内容,共收录20项创新成

果,是一部公司科研人员潜心钻研的集锦。本书真实记录了公司科技创新工作的艰辛发展历程,集中展示了多年来京投公司取得的丰硕创新成果,是全体京投人矢志不移、开拓进取、艰辛创业的精神写照。

抚今追昔,感慨万千;展望未来,豪情满怀。这一部创新成果集是京投人智慧的结晶;是京投公司十年辉煌的见证;更是新征程的基础和动力。新的起点,希望京投人继续保持“坚实、质朴、开拓、承载”的企业文化精神,以干创事业的激情与豪迈,为公司科学健康快速发展不懈努力,为北京城市基础设施建设做出实实在在的贡献!

北京市基础设施投资有限公司

目录

- 现代有轨电车系统在北京的应用研究 /1
- 北京市 140km/h 速度等级快速轨道交通系统设计研究 /17
- 城市轨道交通投融资模式研究及实践 /41
- 北京地铁四号线 PPP 投融资模式 /52
- BT 模式在城市轨道交通项目建设中的应用 /68
- 城市轨道交通企业多渠道低成本债务融资管理创新 /78
- 北京市轨道交通运营财政补贴方案研究 /88
- 北京市轨道交通固定资产更新改造模式的研究 /104
- 北京轨道交通网络化运营管理模式创新与实践 /122
- 城市轨道交通试运行评估工作标准化研究 /138
- 2010 年北京轨道交通新线开通对既有路网运营影响分析及应对措施 /151
- 北京市轨道交通自动售检票系统清算管理中心(ACC)清分方法研究 /171
- 北京城市轨道交通联网收费系统标准化规范化研究 /183
- 轨道交通沿线资源开发实施模式研究 /194
- 轨道交通车辆段上盖综合利用 /221
- 城市轨道交通地下空间资源的集约化综合利用 /234
- 创立国内第一只轨道交通产业投资基金 /247
- 城市轨道交通建设期装备业务投资价值分析研究(节选) /260
- 构建和谐企业是个系统工程 /274
- 开展京投公司企业文化创新 服务首都基础设施建设发展 /285

现代有轨电车系统在北京的应用研究

北京市基础设施投资有限公司前期规划部

摘要:通过对国内外现代有轨电车系统应用的分析,研究现代有轨电车的功能定位;对北京市建设现代有轨电车系统适用性进行研究,提出适合于北京市的现代有轨电车系统主要技术标准,希望能够为北京市今后现代有轨电车的规划设计建设提供指导。

关键词:现代有轨电车;综述;适用性分析;技术标准

1 现代有轨电车系统综述

现代有轨电车是采用新型低地板、钢轮钢轨、多模块化、电力牵引的现代有轨电车车辆,具有多种路权方式,是以地面线路为主,与城市环境相协调的中低运量的生态环保型城市轨道交通系统。虽然是从旧式有轨电车的基础上发展而来的,但无论从系统的运能、路权等级还是旅行速度等方面都远远超出了有轨电车的范畴。同时,现代有轨电车与轻轨系统有着不可分割的密切联系。国内的文献也普遍将现代有轨电车划为“低运量轻轨交通”的范畴。而随着近年来业内对有轨电车认识的逐步清晰,更多的是将其作为大容量公共交通的一种,同时是与城市环境相融合的环保生态型的城市轨道交通的一种。

1.1 国内外有轨电车应用情况介绍

表1介绍了国内外部分城市有轨电车的情况,介绍的内容包括城市人口、有轨电车线路长度、采用车型、最小行车间隔、行驶路权。

国内外有轨电车情况介绍

表1

国家	城市	人口(人)	线路长度	车型	最小行车间隔(min)	路权	状态
澳大利亚	墨尔本	407万	245km(28条线路成网)	W、Z、A、B、C、D系列, 20%车辆为低地板	6	68%混行	运营中
	悉尼	440万	7.2km(1条线)	—	10	混行	



续上表

国家	城市	人口 (人)	线路长度	车型	最小行车间隔 (min)	路权	状态
美国	圣地亚哥	127.9 万	95km(橙/绿/蓝线, 不包括银线)	U2 Model,SD 100 Model、S70 Model	5	混行	运营中
	波特兰	55.8 万	15.05km(1 条线)	Škoda 10T、Inekon Trio、United Streetcar	13	混行	
法国	斯特拉斯堡	27.7 万	55.8km(A/B/C/D/E/F 线)	Citadis 403	3	独立	运营中
	波尔多	25 万	43.9km(A/B/C3 条线)	Alstom Citadis 402	10	独立	
	巴黎	220 万	38.1km(T1/T2/T3/T4 线)	Alstom(1991/92) M17、Alstom(1996) M22	5	独立	
	里昂	130 万	74.3km(T1/T2/T3/T4 线)	Alstom 公司的 Citidas 系列	—	半独立	
英国	伦敦	750 万	28km(3 条线)	Bombardier 公司 Fleixty 系列	—	独立	运营中
	诺丁汉	29.24 万	14km(1 条线)	Bombardier 公司 Fleixty 系列	5	半独立	
德国	柏林	339 万	293.78km(22 条线成网)	Bombardier 公司 Fleixty 系列	3	独立	运营中
日本	广岛	110 万	16.1km(1 条线)	5001 型	5	独立	运营中
中国	天津	1355 万	7.86 km(1 条线)	法国 LOHR Translohr STE 3 型	5	独立	运营中
	长春	869 万	16.33 km(1 条线)	国标 C 型 CCQG3041、CCQG3000、CCQG2000	目前 5 远期 2	独立	
	大连	669 万	23.5km(201、202 两条线)	DL3000、DL6WA	5、3	混行	
	上海	2348 万	10km(1 条线)	法国 LOHR Translohr STE 3 型	10	混行	
	沈阳	规划 100 万	64km(5 条线)	首期 70% 低地板 远期 100% 低地板	3	半独立	
	苏州	规划 120 万	17.8km(1 条线)	钢轮钢轨 100% 低地板	近期 5 远期 3	半独立	建设中
	南京	规划 110 万	40.71km(4 条线)	Flexity2 100% 低地板	3	半独立	
	深圳	规划 190 万	11.48km(1 条线)	100% 低地板	主线: 初期 6 近期 3.3 远期 2.4	独立	规划中
	珠海	规划 303 万	156km(7 条线)	100% 低地板	2	独立	
泰州	规划 100 万	88km(线网)	低地板	—	独立		

(1)从国内外有轨电车已运营线路长度来看,在一些城市有轨电车经过发展已经具备一定的规模,尤其是国外的城市,已经形成有轨电车网络化运营,以法国最具代表性,每个城市都形成了网络化运营,线路总长度在 38 ~ 75km。目前有轨电车网线路长度最长的城市是德国柏林,总长度达到 293.78km,共有 22 条线路。其次是澳大利亚墨尔本,线路总长度为 245km,共有 28 条线路。国内城市已建成运营的有轨电车线路基本都是单一线路,主要为某一区域服务。

(2)从采用的车型可以看出,有轨电车主要采用低地板、钢轮钢轨形式,也有胶轮形式。采用较多的生产厂家主要是法国的阿尔斯通和劳尔,另外还有加拿大庞巴迪、德国西门子也是较为著名的制造商。国内生产厂家主要介绍长春客车厂。

(3)从国内外城市有轨电车行车间隔可以看出,目前运营的情况,最小行车间隔 3min,例如德国柏林有轨电车。最大行车间隔是 13min,例如美国波特兰。采用 5min 行车间隔的较多。

1.2 现代有轨电车应用趋势

1.2.1 100% 低地板车辆

低地板车辆是指地板面距轨面高度一般在 250 ~ 350 mm 以下的轨道交通车辆,其优点如下:

(1)低地板轻轨车可在地面(不设站台)或接近地面处上车,更适合城市内地面交通的环境,与城市一体化相吻合,能更好地融入整体化的城市环境中。

(2)乘客上下车十分方便,提高上下车速度,缩短站停时间。

(3)方便老人、儿童、乘轮椅的残障乘客,更加体现了人性化。

目前国内已运营和规划的有轨电车车辆,大部分以采用 100% 低地板车辆为主,而国内车辆生产厂商已具备自主生产 100% 低地板车辆的能力。因此,100% 低地板车辆是未来现代有轨电车主流。

1.2.2 模块化结构

采用模块化结构车体有利于车辆的标准化设计和组织生产,有利于缩短产品开发周期,便于组织小批量生产和降低车辆造价,便于运营部门调整车辆编组。模块化在轻轨车辆上的应用主要是以车辆的一部分作为模块,车辆长短、载客人数都可根据需要灵活调整。在运营初期,由于客流量较小,可采用基本模块编组。随着客流量的增加,可在原车的基础上增加相应的模块,延长列车长度,运能具有较大弹性空间。

1.2.3 与城市规划统一

有轨电车是城市基础设施建设中的一部分,它使城市空间布局和土地利用

更趋合理,同时为人们创造更加美观、环保的居住环境。有轨电车建设年代较早,因此,不仅新规划和建设的有轨电车需要与城市规划结合,已运营有轨电车线路也需要根据城市的发展进行调整和改造。

1.2.4 与城市公共交通运输结合

现代有轨电车是城市轨道交通的一种,是地铁等高运量系统的重要补充,多存在于运量等级相对较小的走廊、城市边缘组团或新城中。现代有轨电车线网多为局域性的,而非全市性的。有轨电车的项目应该以提高城市公共交通体系的运营服务水平为总目标,以城市总体规划为基础,以绿色环保节能为导向,使有轨电车的建设和城市道路改造、城区建设结合起来。根据工程建设计划、考虑客流预测、沿线城市发展状况和近期规划重点,于线网全局角度,从系统运营组织、工程条件和工程筹划等方面进行全面综合论证,提出合理可行的设计方案。

1.2.5 与市政设施建设结合

现代有轨电车敷设方式以地面线为主,服务的范围在城区内,或者某个组团内部。现代有轨电车的规划与实施需要市政设施的支持,预留现代有轨电车实施的条件。

1.3 现代有轨电车在城市公共交通体系中的定位

《城市公共交通分类标准》将城市公共交通方式分为城市道路公共交通、城市轨道交通、城市水上交通和城市其他公共交通四大类,如图1所示。



图1 现代公共交通体系构成

现代有轨电车属于城市轨道交通范畴。《城市公共交通分类标准》中对有轨电车主要指标和特征描述如下:适用于地面(专用路权)、街面混行或高架,客运能力为0.5~1.5万人次/h,平均运行速度为15~25km/h,是一种属于中低速度、中低运量的城市轨道交通系统,如图2所示。

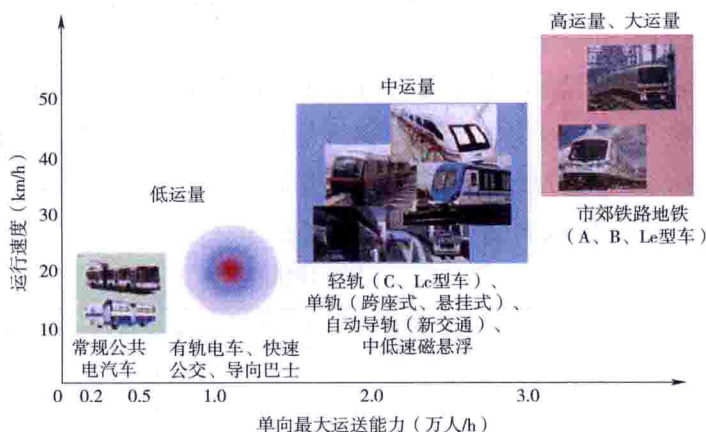


图2 现代公共交通体系运量

1.4 现代有轨电车服务特征分析

现代有轨电车属于城市轨道交通范畴,与地铁、轻轨、市域快线、公共汽车、快速公交、出租汽车等共同构成了城市公共交通体系。与其他公共交通方式相比,现代有轨电车作为一种特殊的轨道交通模式有其自身的特征。

1.4.1 较快的速度

速度体现了公共交通运输乘客的快捷性,是评价交通方式的一个重要指标。现代有轨电车一般沿城市道路以地面线形式敷设,车站比较密集,同时又经常遇到道路交叉口,因此,运营速度不但受车辆的最高速度影响,同时也受车站的停车时间与交叉口的延误时间等多方面因素影响。对于不同城市的有轨电车,由于线路站间距、客流量、车门数量、交叉口的优先方式不同,现代有轨电车的平均运营速度也不同,但是基本上世界范围内的现代有轨电车平均运营速度范围在15~30km/h。

1.4.2 较长的出行距离

任何一种交通方式的适宜出行距离都是和这种交通方式的运营速度以及乘客能够接受的乘车时间来决定的。从各城市的实践经验以及有关数据统计来看,从城市周边到达市中心的出行时间一般宜控制在30~40min内见表2。

不同交通方式的服务范围

表 2

交通方式	运营速度(km/h)	乘车适宜时间(min)	可达到的距离(km)
公共汽车无轨电车	12~20	8~30	1~10
现代有轨电车	15~25	10~50	2.5~21
地铁	35~40	10~60	5~40

与公共汽车和无轨电车相比,现代有轨电车能够提供更长的出行距离。

1.4.3 较大的运输能力

现代有轨电车的运输能力主要受车辆的载客量和最小行车间隔影响。最小行车间隔的影响因素很多,包括车辆控制与信号方式、交叉口的信号处理、列车制动性能、车站的停车时间、列车折返时间等。我们分别按 2min 和 3min 来考虑,结合长春客车厂的车型载客量进行计算,见表 3。

常用车型运输能力

表 3

车辆长度(m)	定员(人)	20 对/h(人/h)	30 对/h(人/h)
23	188	3760	5640
46	376	7520	11280
35	292	5840	8760
48	396	7920	11880
70	584	11680	17520
96	792	15840	23760

根据相关数据显示,公共汽车的 1h 单向运送能力为 2000~5000 人,地铁(含 A 型车、B 型车)1h 单向运送能力为 15000~74000 人,见表 4。

各交通方式运输能力

表 4

交通方式	1h 单向运送能力(人/h)
公共汽车	2000~5000
现代有轨电车	5000~15000
地铁	15000~74000

可以看出,国外各种新型有轨电车,2min 的发车间隔下,客运量为 5000~15000 人/h,运量介于公共汽车和地铁之间,是一种中低运量的交通方式,填补了公共汽车与地铁两种交通方式运能之间的空白。

1.4.4 灵活的运营方式

现代有轨电车以地面形式为主,乘降模式开放,路权形式灵活,与其他轨道交通模式相比,现代有轨电车的运营模式灵活性更强,更倾向于公交特性。可以说,现代有轨电车就是“轨道上的公交车”。

1.4.5 舒适、环保、节能

现代有轨电车采用现代化大容量、铰接、低地板车辆,融合了现代元素的有轨电车拥有比常规公共汽车更为舒适的乘车环境。

(1)环保特征。随着经济的发展,我国机动车辆增长较快,各大城市机动车保有量迅速增长,机动车所排放的尾气以及噪声污染等已经对城市环境形成了重大威胁。

轨道交通使用电力牵引,绿色无污染,其环保特点有目共睹。与其他运送系统相比,城市轨道交通噪声污染为地面交通的 $1/2$,人均二氧化碳排放量是地面交通的 $1/5$ 。有轨电车尽管在上述指标上有所削弱,但是对环境的改善还是非常有利的。

(2)节能特征。城市轨道交通运输效率的能源消耗相对于地面其他交通要小很多,主要在于运量大、效率高的特点。有关文献研究显示城市轨道交通能源消耗约为城市地面其他机动车交通的 $1/6$ 。相比其他轨道交通方式,现代有轨电车由于运输能力较小、运营设备简单,其能耗更低,因此,现代有轨电车系统无论与地面公交车辆还是轻轨地铁系统相比,节能效果都比较显著。

(3)绿色、景观。现代有轨电车采用流线型设计及低地板车辆,能够构成现代都市一道亮丽的风景线,其景观效果好、无污染,环保、节能、噪声低、运量适中、乘坐舒适,具有其他交通方式不可比拟的优势,是实现城市景观结构的最佳交通。

2 北京现代有轨电车应用分析

2.1 必要性分析

受旧城历史风貌保护和土地空间不足的限制,未来中心城道路及停车场资源紧缺现象难以改变。同时,受人口和机动车增量影响,交通需求仍将迅速增长。机动车总量可能突破600万辆,小汽车保有量超过500万辆。居民日出行总量达到5500万人次/日(六环内4400万人次/日),平均出行距离由9.8km跃升至11km,出行周转量增加41%。如不能充分发挥公共交通整体优势,调控小汽车需求膨胀势头,六环路内道路网高峰小时负荷量接近1500万车千米,交通形势严峻。因此,构建多目标、多层次的综合交通体系是十分必要且迫切的。

现代有轨电车可以与城市大容量轨道交通(地铁、轻轨)、快速公共交通(BRT)等共同构成城市快速公共交通系统,既丰富、增强城市综合交通客运体系,又提高公共交通对国内外旅客的吸引力。现代有轨电车的应用符合北京市



交通优先发展公共交通的发展战略,北京需要建立适合不同服务类别、不同运量等级的运力级配体系。

2.2 功能定位

首都北京是一个常住人口超过 2000 万人的特大城市,是全国最早开展地铁建设的城市,目前已建成通车的线网总规模达 456km。无论从人口规模还是从地铁线网规模来看,大运量的地铁线是北京市公共交通的骨干交通模式,承担大量的公共交通客流。结合现代有轨电车在城市公共交通体系中的定位、自身服务特征以及适用性分析,对现代有轨电车的功能定位分析如下:

2.2.1 作为新城或边缘组团骨干交通,承担大量的公共交通客流

新城或边缘组团一般都具有规模小、人口密度低的特点,不适宜修建运量大、造价高的地铁线或者快速轨道线。而现代有轨电车相比地铁线或者快速轨道线而言造价较为低廉,不会给中小城市或者卫星城、新城带来沉重的财务负担,且现代有轨电车的运营速度、出行距离、服务半径、运输能力等也能够满足这些城市的需要。公交化的运营模式更加能为城市提供便捷的服务。因此,这种地区可以采用现代有轨电车作为其骨干交通模式来承担大量的公共交通客流,例如伦敦市的卫星城 Croydon。

2.2.2 作为大运量轨道交通系统在郊区或末端的延伸和加密

这种情况一般应用于城市中心区已经修建了大量的地铁及快速轨道交通系统,而郊区由于线网密度的降低,公共交通的服务质量有所下降,此时,现代有轨电车系统能作为大运量轨道交通系统在郊区或末端的延伸和加密,有效地提高远郊区公共交通的服务质量,加强城市外围地区与中心城区的联系,例如法国巴黎有轨电车系统。

2.2.3 在城市中心城重点功能区为经济活动提供便利支持

由于现代有轨电车的绿色环保等特性,使得其可以在某些城市中心区(如商业区、步行街等区域)提供便捷绿色的公共交通服务,能有效地减少交通拥堵、空气污染,成为城市的一道亮丽风景。

2.2.4 作为旅游线、观光线

可以利用现代有轨电车景观、节能、环保、亲民等特性,将其应用于旅游区、风景区,为游客提供旅游观光服务,形成旅游区、风景区的一大特色。

2.3 应用前景分析

2.3.1 服务于新城

北京周围分布着 11 个新城,现代有轨电车可用于服务人口规模较大的新城,

解决新城内部自身的交通需求,以及“饲喂”骨干线路,如顺义新城、亦庄新城、通州新城、昌平新城、良乡新城等。图3所示为北京市新城分布图。

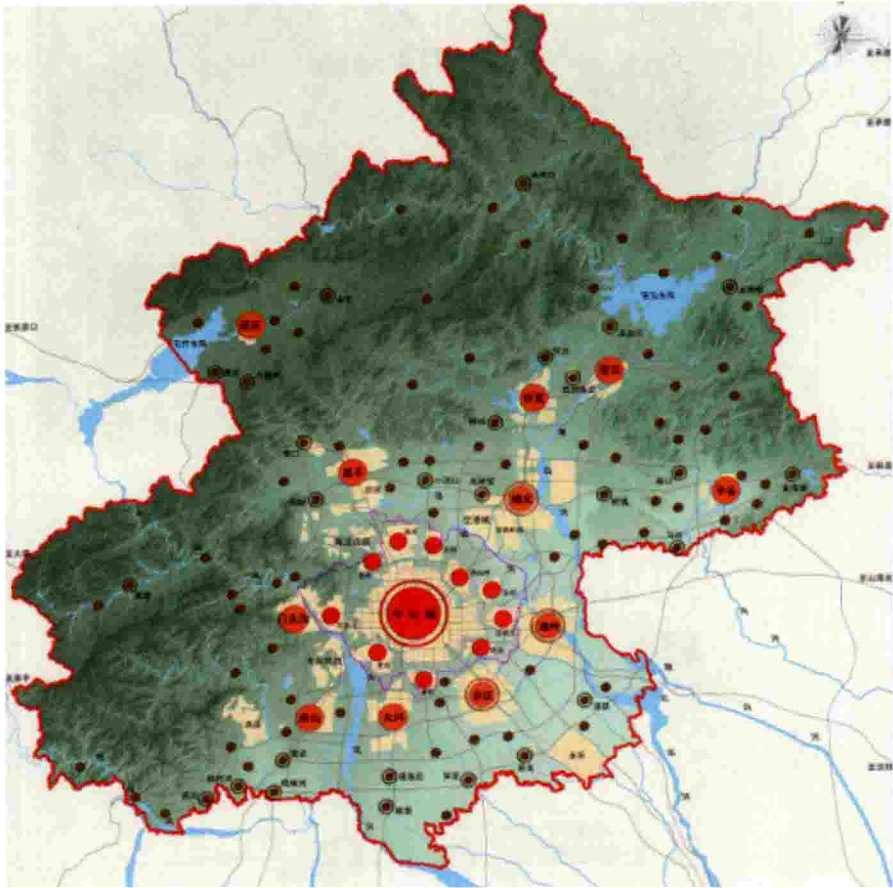


图3 北京市新城分布图

2.3.2 服务于边缘集团

北京周围分布着10个边缘集团,目前小的边缘集团人口在3万~5万人;大的边缘集团人口可达30万~40万人。现代有轨电车可服务于边缘集团,作为地铁网在边缘集团的接驳、延伸、补充和加密,以及边缘集团的内部交通,如丰台河西、东坝、垡头、酒仙桥等。图4所示为北京市边缘集团分布图。

2.3.3 服务于功能组团

现代有轨电车可服务于北京规划或目前已经形成的在中心城范围内具备一定商务功能的重点区域,主要作用是解决小区域内部自身的交通需求,如朝阳CBD地区、西城金融街地区、海淀山后等。图5所示为北京市重点功能组团分布图。

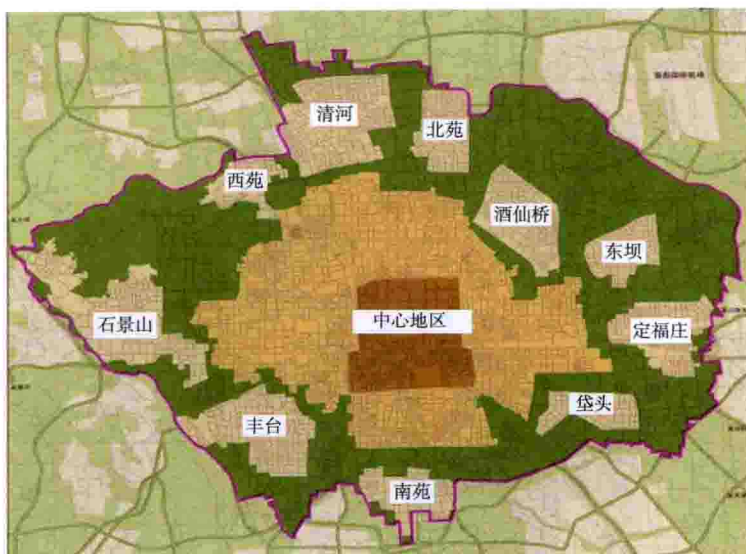


图4 北京市边缘集团分布图



图5 北京市重点功能组团分布图

2.3.4 服务于特定目的地

现代有轨电车以其景观、节能、环保、亲民的特点可用于服务某些特定区域，如北京西郊线将有轨电车以香山为目的，联系颐和园等著名的风景旅游区。图6所示为北京市西郊线线路示意图。