



“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国隧道及地下工程修建关键技术研究书系

地铁域地下空间利用 的工程实践与创新

陈湘生 等◇著

THE ENGINEERING PRACTICE AND
INNOVATION OF UNDERGROUND SPACE
UTILIZATION IN METRO ZONE



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

国家重点图书出版规划项目
地下工程修建关键技术研究书系

地铁域地下空间利用 的工程实践与创新

陈湘生 等◇著

THE ENGINEERING PRACTICE AND
INNOVATION OF UNDERGROUND SPACE
UTILIZATION IN METRO ZONE



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书从地铁的属性、地铁域地下空间与非地铁域差异、地铁域地下空间与所关联城市空间的关系、地铁域地下空间商业业态与关联建筑物的业态关系、人的需求、地下空间的安全、功能的划分、全寿命成本,以及运营管理和利益分配的确权等角度出发,对地铁域地下空间开发利用的设计创新、技术创新、施工工艺创新、节能减排技术和绿色低碳环保材料使用,商业业态策划、选择及业态空间布局,以及开发利用模式等在深圳地铁的创新进行了全面总结。

全书共分7章,主要内容包括:第一章地铁域地下空间工程和综合利用现状,第二章地铁域地下空间利用政策及规划导向,第三章地铁域地下空间工程设计,第四章地铁域地下空间施工技术实践与创新,第五章地铁域地下空间工程典型实例,第六章地铁域地下空间经营与安全管理,第七章地铁域地下空间利用展望。

本书可供国内外从事地铁域地下空间开发利用的规划、设计、施工、管理人员及相关科研院校的师生参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

地铁域地下空间利用的工程实践与创新 / 陈湘生等

著. — 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2015.1

ISBN 978-7-114-12026-8

I. ①地… II. ①陈… III. ①地下铁道—工程施工
IV. ①U231

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 020637 号

书 名: 地铁域地下空间利用的工程实践与创新

著 作 者: 陈湘生 等

责任编辑: 刘彩云

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 880×1230 1/16

印 张: 31.75

字 数: 1020 千

版 次: 2015 年 1 月 第 1 版

印 次: 2015 年 1 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12026-8

定 价: 198.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

序/Preface

随着我国经济的快速发展和城市化水平的不断提高,我国正面临着越来越加剧的土地资源短缺和以交通拥堵与空气污染为特点的环境恶化的严峻形势。

城市人口的急剧增加与地域规模的限制,已成为制约我国城市发展的突出矛盾;城市发展与土地稀缺的矛盾,是可持续城市化面临的最大挑战,纵观世界发达国家的成功经验,出路在于集约使用城市土地,开发利用地下空间。

近30年来,我国地铁建设的高速发展,不仅在缓解城市交通压力方面起到了重大作用,同时也为城市地下空间开发利用、拓展城市发展空间、实现土地集约开发利用提供了绝佳机遇。由于地铁带来了巨大的客流,又将沿线原来分割的城市空间有机地联系起来,所以地铁域地下空间成为地下空间中最具有开发价值的部分,并成为城市开发地下空间的引擎和加速器,在集约使用土地、拓展城市空间方面将起到巨大作用。目前,结合大规模地铁规划建设,北京、上海、广州、深圳和天津等城市的地铁域地下空间开发利用正处于一个飞跃时期,并且在这方面做了大量而富有成效的工作。如何在极大地发挥地铁本身效能的同时,把城市地下空间特别是地铁域地下空间开发利用与整个城市空间上位规划、区域规划结合起来,使土地集约开发利用,实现地铁域地下空开发利用的效能最大化,是目前地铁域地下空间开发利用的一个重大课题。依靠中央政府给予深圳特区先试先行的政策,深圳地铁在这方做了若干很有成效的探索与实践。作者试图通过本书把深圳这方面先试先行的探索与实践介绍给同行,起到抛砖引玉之用。

深圳地铁域地下空间开发利用有以下几大特点。

首先,深圳市政府统一主导地铁域地下空间开发利用的规划和政策导向。按照深圳市整个城市地下空间统一上位规划实施地铁网络规划和相应的地铁域地下空间开发利用规划,并根据实时发展需要做必要的优化调整。同时,根据沿线需求,某些地段地铁域地下空间向社会投资人放开,鼓励并激活社会力量,按混合所有制、合作开发、协议开发、招拍挂等方式进行开发利用。

其次,地铁建设业主——深圳市地铁集团有限公司主导的地铁域地下空间设计优化是关键。实现地铁域地下空间效能最大化(关联各方获得的社会效益和经济效益总和最大化),优化地铁出入口,创造一切可能条件让地铁域地下空间与周边无缝驳接。同时,规划

阶段就请地下空间商业开发专业公司对周边业态和可能客流的需求进行全面调查,根据需要,事先做好地铁域地下空间面积和空间建筑设计的规划、业态选项和布局,尤其是流畅温馨安全的空间布局,即“设计优化、人本至上、工艺创新、布局均衡、环境匹配、业态互补、联通共赢、节能减排、低碳生态、信息共享、安全第一”,创造地铁域地下空间综合开发利用效能最大化的流畅、温馨、智慧化立体空间。目前已经取得初步成效。

第三,制定灵活机制激励非地铁业主企业资本,包括民间资本,投资地铁域地下空间开发利用。一方面是深圳市政府出台多项政策引导和支持;另一方面是深圳市地铁集团有限公司从规划、设计和施工等方面全面积极支持配合,并尽可能为投资人的地下空间与地铁的无缝驳接创造条件。使许多非地铁业主积极地投资地铁域地下空间的开发利用,激活整个深圳新建建筑物驳接地铁的新浪潮。目前只要离地铁线站位不是很远(甚至320m远)的新建筑物,几乎全部都要求与地铁驳接。

第四,深圳地铁域地下空间综合开发形式灵活多样,使地铁域土地真正得到集约开发利用,实现了开发效能最大化。一是投资开发的主体多样性、权属多样性;二是地铁域地下空间开发的空间和结构的多样性,从地下开发利用发展到地下+地面+地面上立体空间一体化开发、交通一体化规划、安全和信息化规划装备并共享,不同功能区域产权和管理权多种形式事先合同约定等。

深圳这种全方位创造条件开发利用地铁域土地,使得地铁域土地拓展后形成四通八达的通道而带来更多的客流,获得更多的商业开发面积,已经取得初步成效并且正进一步加速。这种基于地下空间地铁域的立体空间综合开发利用,不仅仅使沿线土地得到积极开发,拓展城市空间,改善市民生活和交通环境,给开发商带来巨大效益,还给地铁建设和运营商可持续发展带来新增的高收益,补充地铁建设和运营的资金,可谓一举多得,功在当代、利在千秋!

本书作者,长期以来一直从事困难地层中的地下空间与隧道工程技术研究和管理工作。作者从地铁的属性、地铁域地下空间与所关联城市空间的关系、地铁域地下空间与关联建筑物的业态关系、人的需求、地下空间的安全、功能的划分、全寿命成本,以及运营管理和利益分配的确权等出发,把其所亲历和参与的深圳地铁域地下空间开发利用等进行总结,呈献给同行。本书主要介绍深圳地铁域地下空间开发利用全过程中,深圳市政府政策导向创新和政府在规划和设计方面的主导作用成效;深圳市地铁集团有限公司在设计、施工、招商、运营和维护方面的创新成果;深圳市地铁集团有限公司在各类不同企业在地铁域地下空间开发利用的合作方式;作者所主持的地铁域地下空间和地铁站内或通道商业空间

开发利用的设计审查会、相关的技术委员会和技术评审会,其他企业投资建设的地铁域地下空间合作项目评审会等中的设计创新、技术创新、施工工艺创新、节能技术和绿色环保材料使用等,以及开发利用模式创新等。着重介绍与周边环境和谐、共赢的互联互通,基于全寿命成本的规划、设计以及困难地层施工技术创新等;土地不同权属、地下空间多种功能或混合功能、不同投资主体、不同经营方式、多种开发模式,以及联合开发共同或委托经营等进行地铁域地下空间综合开发利用的创新等。强调城市发展轴、周边土地开发利用及对应业态布局、客流等综合效能最大化导向的地铁线站位规划和设计理念。希望本书能给大家一些启发并希望得到同行讨论和建议,以利我国地下空间效能最大化的开发利用。

金建虎

二〇一五年一月廿一日

前言/Foreword

我国改革开放 30 多年,经济高速发展,城市化进程加快,但原来城市容量有限,开始占用大量农田,极大地浪费了土地资源。而城市快速粗放发展的另一恶果,是“城市综合征”——交通阻塞、生态恶化。

国外经验告诉我们,有效地结合地铁建设开发地下空间是解决上述难题的主要出路。因为地铁建设,一方面具有高效、快捷、大运量特性;另一方面又把地铁沿线原来分割的城市单元或分割的地下空间有效地连接在一起,使地下空间、地面和地面以上形成城市真正的三维空间,可极大地方便城市居民生活、工作、出勤、娱乐和信息共享。

据统计,截至 2014 年年末,我国境内累计有 22 个城市建成投运城轨线路 95 条,运营里程 2933.3km,运营车站 1947 座,共有 37 个城市获准修建城市轨道交通。截至 2020 年年底,城市轨道交通规划总里程超过 8500km(不含有轨电车和市域轨道)。地铁建设的巨大作用,除极大地开发效能最大化的地下空间使土地得到集约利用外,还拓展了城市空间,给业主带来更多的收益,尤其是地铁业主可通过地铁域地下空间,甚至地下和地面及地面以上立体空间的开发,带来额外的巨大土地开发收益和商业受益,为地铁企业可持续发展奠定了良好的经济基础。

地铁域地下空间利用,首先上位规划是关键,即政府主导;其次地铁业主在地铁和地铁域地下空间设计上的创新。在规划、设计和使用功能及安全管理等方面,地铁域地下空间与非地铁域地下空间的主要不同体现在:首先是前者交通(人、物等)功能特别显著;其次是地铁域地下空间因与地铁直接关联,故和地铁车站、枢纽、场段等统一规划、统一设计、同步或分步建设,省时省投资,可实现出入口共享、与地铁通道共享、施工场地部分共享,但由此也带来了规划和设计上的更大难度;再次是风水电接入干线段共享以及风水电本身的共享;还有运营、安全管理共享,实现客流无缝驳接,达到客流互补性的增加,集购物、信息、休闲娱乐、交通、办公和居住等为一个集合体,实现各方共赢。由此可适度降低地下空间的造价,提高地下空间的效能,极大地积聚地铁和地下空间的人气(客流)。通过汇聚客流的方式,增加运营收入,创造新型的城市空间,供人们在最短的时间采用最方便、最简洁的方式实现以往费时不便的各种目的。由此带来新增物业管理收入、商业等服务业收入,可以极大地补充地铁运营和地铁建设资金。因此,设计上,必须考虑地铁域地下空间的体量、埋

深和分层、空间布局、功能分配、与周边地下空间无缝驳接形式、业态选择、业态分布、环境、人文、生态、信息、空气质量(包括温度和湿度)、格调氛围等一系列要素与上部建筑、周边环境以及人群的需求和习惯等和谐统一关系;还有人流和物流的顺畅,特别是安全疏散等设计空间要素。此外,还涉及政策、管理、权属及权益等多种利益问题。特别是地铁与地下空间利用涉及整个城市的上位规划及城市地下空间规划,以及两者的统一协调。城市地下空间规划和城市地面规划最大的不同是,除了受到工程地质和水文地质条件约束外,还特别受到地下既有各类管线和既有地下空间等建(构)筑物等条件的约束。因此,在落实地下空间规划到设计(施工之前)中,还要在这些约束条件下仔细反复比较各方案实现效能最大化时空间对地下空间上位规划的调整(优化)。这样的互动是非常必要的,特别是能使地铁域地下空间寿命成本趋于最低。也就是要真正营造使人们愿意来、乐意来,甚至渴望来地铁域地下空间消费和享受的立体空间。在这些方面深圳做了许多有益的研究和实践。

本书主要介绍深圳地铁域地下空间开发利用全过程中,深圳市政府政策导向创新和政府在规划和设计方面的主导作用成效,深圳市地铁集团有限公司在设计、施工、招商、业态选择及分布、运营和维护方面的创新成果,作者所主持的地铁域地下空间和地铁站内或通道商业空间开发利用的设计审查会、相关的技术委员会和技术评审会及其他企业投资建设的地铁域地下空间合作项目评审会所体现的设计创新、技术创新、施工工艺创新、节能技术和绿色环保材料使用,以及开发利用模式创新等。

地铁域地下空间的高效综合开发利用是一个巨系统。它涉及政府部门、地铁建设业主、设计单位、施工单位、监理单位以及地铁周边关联单位和开发商。深圳市政府、深圳市政府轨道办、深圳市规划与国土资源委员会等在城市上位规划和地铁域地下空间规划等方面起到了主导作用。书中许多规划和设计资料参考或取自深圳市城市交通研究中心、深圳市交通发展研究中心、深圳市规划设计研究院、深圳市市政设计研究院、铁道第二勘察设计研究院、铁道第三勘察设计研究院、上海隧道设计研究院、广州地铁设计研究院、北京城建设计研究院、铁道第四勘察设计研究院等设计单位的有关设计文件。以赵鹏林高级工程师(原深圳市规划局总工程师、深圳市政府副秘书长、深圳市轨道办副总指挥)等为代表的专家型领导在深圳地铁域地下空间规划和政策导向等决策方面起到了导向作用。郑爱元博士补充完善了第四章并对书稿进行了部分校核,朱斌高级工程师补充完善了第一、第二和第三章,深圳市城市交通研究中心宗传苓高级工程师及其同事编写了地下交通部分内容,铁道第三勘察设计研究院刘刚高级工程师编写了加盖地铁车辆段消防设计内容,中国电建华东设计研究院彭加强高级工程师等提供了华强北地下空间 BIM 设计技术资料。书籍成稿过程中,曾与深圳市地铁集团有限公司设计部、规划部、总工办、资源开发公司和设备部

等部门的同事进行了有益的探讨。在此,表示衷心感谢!

限于作者水平,而且有些方面还处于探索过程中,书中难免存在谬误,恳请读者给予指正,以利我国地铁域地下空间的高效综合利用,作者不胜感激。

作者

2015 年 1 月

目录/Contents

第一章 地铁域地下空间工程 and 综合利用现状	1
第一节 地铁特征及属性	2
第二节 地铁域地下空间的基本概念和功能定位	7
第三节 国内外地铁域地下空间工程现状和分析	19
第四节 地铁域地下空间工程的发展趋势	36
第二章 地铁域地下空间利用政策及规划导向	39
第一节 国内地铁域地下空间利用政策及立法	39
第二节 地铁域地下空间各类权属的确权	43
第三节 政府导向的地铁域地下空间利用规划	48
第四节 政府主导的地铁域地下空间开发利用规划原则	54
第五节 深圳地铁域地下空间规划和开发利用政策创新	69
第三章 地铁域地下空间工程设计	71
第一节 地铁域地下空间结构设计	71
第二节 防水及抗渗技术	75
第三节 地铁域地下空间建筑的环境设计需求	78
第四节 地铁域地下空间建筑设计原则	80
第五节 地铁车辆基地上盖以下“准地下空间”设计	119
第六节 与地铁域关联的地下交通系统工程设计	131
第七节 城市共同沟与地下物流系统	139
第八节 工程数字化技术(BIM)在华强北路地下空间项目的应用	144
第四章 地铁域地下空间施工技术实践与创新	162
第一节 基于工程类比的敏感参数逼近的“人—机—环—测—控”准智能化盾构施工技术	162
第二节 特殊车站换乘节点施工技术	206
第三节 繁华交通干道上军用梁盖挖技术	225
第四节 新近填海区富水复杂条件下地铁施工软基处理技术	232
第五节 填海区特殊地层地下工程施工技术	249
第六节 地铁高铁枢纽大型综合体施工关键技术	280
第七节 地铁地下枢纽工程施工关键技术	302
第八节 繁华城区地铁域地下空间绿色施工技术与管理创新	313

第五章 地铁域地下空间工程典型实例 343

第一节 地铁域通道 343

第二节 地铁域纯地下空间商业开发 347

第三节 地铁车站直接上盖建筑(深大站) 366

第四节 地铁地下枢纽立体开发(车公庙枢纽) 367

第五节 综合交通枢纽城市综合体开发利用 373

第六节 车辆段/停车场上盖 386

第七节 地铁域大规模地下空间开发利用 391

第八节 地铁域地下交通系统 411

第九节 生态和谐的地铁车辆段和停车场 419

第六章 地铁域地下空间经营与安全管理 423

第一节 地铁域地下空间经营管理 423

第二节 地铁域地下空间的社会效益与经济效益 429

第三节 地铁域地下空间安全管理 434

第四节 地铁建筑物安全管理 446

第五节 地铁域地下管线与地质资料三维信息管理系统 463

第七章 地铁域地下空间利用展望 486

参考文献 495

第一章 地铁域地下空间工程和综合利用现状

地下空间(Underground Space),从开发和利用的建筑方面来说,是指在地面以下土层或岩层中形成或经人工形成的空间,包括天然形成的地下空间和人工的地下空间,本书的地下空间指的是后者。地下空间是指地表以下,为了满足人类社会生产、生活、交通、环保、能源、安全、防灾减灾等需求而进行开发、建设与利用的空间。目前,我国的地下空间利用主要集中于城市及其周边,地下空间的功能丰富多样,包括商业、交通、市政设施、文化设施等,它与城市生活密切相关,既受到城市环境的制约和影响,又能够对城市的各项机能发挥重要作用。地下空间按开发利用的深度可分为浅层空间($0 \sim -10\text{m}$)、中层空间($-10 \sim -50\text{m}$)和深层空间(-50m 以下)三大类。目前,国外一些大城市已向深层地下空间发展,如日本东京,由于浅层和中层地下空间资源已基本开发完成,已开始对地下 100m 以下的深层空间开发进行研究。

地下空间工程(Underground Space Engineering),是指地面以下土层或岩层中使各种类型的建筑物或结构物得以实现的过程。它主要包括地下铁路、隧道、地下人行通道、地下商城、地下工业空间、地下储库、地下停车场、矿井、地下人防空间、地下军事掩护空间、城市地下管线等建筑空间的工程。

“地铁域”(Metro Zone),是指因为地铁存在而进行的地铁工程本身及其关联的周边地下、地面和地面以上三维空间开发利用的范围。有的学者把极有开发价值的地铁车站站口为圆心的 500m 半径范围叫核心开发圈、 1000m 半径的内环圈、 $1000 \sim 2000\text{m}$ 的外环圈等。其实,因地铁而进行土地开发的范围除了以车站站口为中心的那些区域,还包括区间、车辆段和停车场等关联范围内进行的开发,也有依托枢纽或者换乘站等进行的城市综合体开发。因此,为了概括全面而又比较切合实际,应把地铁域定义为与地铁工程密切关联的地下、地面和地面以上的三维空间。本文着重研究地铁域的核心价值范围,并力求通过研究达到地铁域空间效能最大化。

地铁域地下空间(Underground Space in Metro Zone),是指地铁域范围地面以下土层或岩层中的各种类型的建筑空间或结构空间。

地铁域地下空间工程(Underground Space Engineering in Metro Zone),是在地铁域范围地面以下土层或岩层中人工采用科学知识和技术手段使地铁域地下各种类型的建筑物或结构物得以实现的过程。

地铁域地下空间利用就是通过各种途径,包括政策法规研究,以及地铁和地铁域空间从规划、设计、施工到营运等全过程的管理,使地铁域地下空间充分发挥其社会和经济价值。1863年,世界上第一条地铁在英国伦敦建成通车,标志着地铁方式的诞生。随后,在不同国家、不同发展阶段,凡经济发达的国家与城市几乎都建有地铁。地铁已成为一个国家综合国力、城市经济实力、人们生活水平、最大限度改善地面交通及现代化的重要标志。建设地铁也是城市地下空间开发利用最好的途径,也即是建设城市。各地都充分认识到建设地铁的这些优越性和重要性。因为地铁的存在,它把原来分割的城市单元或建筑联系在一起,同时通过地铁域的地下空间开发又把这些原来分割的城市单元或建筑的地下空间串联起来,形成一种新型的地下空间链和新型人流流线,从而使地铁沿线形成新型的经济发展带。

自1956年毛泽东主席在北京首倡建造地铁以来,我国内地的地铁企业已经探索了50多年。我国第一条地铁诞生于北京,于1969年10月1日建成通车。此后,天津(1970年)、上海(1990年)、广州(1993年)和深圳(1999年)等多个城市开始了地铁建设。到2014年年底,我国建成地铁的城市有北京、上海、广州、深圳等22个城市,建成投入运营的地铁线路95条,运营里程 2933.3km 。目前,我国进入了一个地铁高速发展阶段。

地铁成网在缓解城市交通压力、改善居民出勤等方面发挥了巨大的作用。同时因为地铁的建设,不但把沿线分割的建筑物或建筑群有机联系起来了,而且也是地铁域地下空间建设和利用千载难逢的良机。地铁域地下空间开发利用可产生下列效能。

集约化的土地利用:可节约土地、缓解城市拥堵、拓展城市空间发展、使城市空间向真正的三维空间发展,提供必要的服务设施,提升都市人的生活品质。

形成交通快捷体系:可形成地下步行系统而更加方便市民乘坐地铁、鼓励步行,为市民提供方便舒适的步行环境,从而减少机动车的使用,缓解地面交通压力,改善地面交通环境。

实现环境和谐:通过地铁域地下空间的综合开发利用,减少城市地面建筑并使市民许多地面活动转到地下,使城市景观更加优美。

增强城市防灾能力:所开发的地铁域地下空间为整个城市防灾体系的重要组成部分,建立相互连通的地下防灾系统,可增强城市的防灾能力。

经济效益新的增长点:地铁域地下空间的综合开发利用,使原来无法利用的地下土地得到了开发而产生新的价值,与此同时,还给业主带来物业管理方面的收入,并使得地面以上乃至周边建筑进一步升值,充分激活地铁周边地区的活力并产生磁场形式的吸引力。

如果这种地铁域地下空间和地面空间结合一体由地铁业主开发利用,所获得土地增值和新的效益就可以补充地铁建设和运营费用,为地铁建设和运营可持续发展奠定可靠的经济基础。可见,地铁域地下空间综合开发利用是功在当代、利在千秋的地铁建设中机会难得的重大举措。

第一节 地铁特征及属性

一、轨道交通若干名词

1. 地铁

地铁(Metro 或 Underground Railway 或 Subway)是地下铁道的简称,是城市快速轨道交通的先驱。国际公共交通联合会(UITP)使用重型轨道交通系统(Heavy Rail System)或快速轨道交通系统(Rail Rapid Transit)来定义地铁。

地下铁道是由电气牵引、轮轨导向、车辆编组运行在全封闭的地下隧道内,或根据城市的具体条件,运行在地面或高架线路上的大容量快速轨道交通系统,最大运量单向每小时达3万~8万人。地铁最高速度可达120km/h,旅行速度可达40km/h以上,可4~10辆编组,车辆运行最小间隔可低于1.5min。驱动方式有直流电机、交流电机、直线电机等。据文献统计,地铁每公里线路年客运量可达100万人次以上,最高达到1200万人次,如莫斯科地铁、东京地铁、北京地铁等。地铁不仅具有运量大、速度快、安全、准时、节省能源、不污染环境等优点,而且可以在建筑群密集而不便于发展地面和高架轨道交通的地区大力发展。

一般情况下,地铁线路全封闭,在市区内全部或部分位于地下隧道中,据不完全统计,目前世界上地下铁道地下部分约占70%,地面和高架部分约占30%。

地铁路网的基本形式,有单线式、单环线式、多线式、蛛网式。每一条地铁线路都是由区间隧道(地面上为地面线路或高架线路)、车站及附属建筑物组成。根据地铁主要在地下运行,具有运量大、造价高的特点,比较适合在大城市的中心区客流密集度极高的路段建设。

2. 轻轨

轻轨是反映在轨道上的荷载相对于铁路和地铁的荷载较轻的一种交通系统,称之为轻轨。公共交通国际联合会(UITP)关于轻轨运输系统(Light Rail Transit)的解释文件中提到:轻轨铁路是一种使用电力牵

引,介于标准有轨电车和快运交通系统(包括地铁和城市铁路),用于城市旅客运输的轨道交通系统。

在我国《城市轨道交通工程项目建设标准》中,把每小时单向客流量为0.6万~3万人次的轨道交通定义为中运量轨道交通,即轻轨。根据不同城市的地理特征和具体情况,可采用地下、地面和高架相结合的方式建设。经过100多年的发展,轻轨已形成有轨电车系统、线性电机牵引系统、单轨交通系统三种主要类型。

3. 城际轨道交通

城市的发展离不开区域的支撑,区域城市一体化的进程,能更好地促进中心城市与城市次中心、周边主要城镇之间的协调发展。城际轨道交通(Inter-city Railway)是由电气或者内燃牵引、轮轨导向、车辆编组运行在城市内部和城市群之间,线路技术、设施与干线铁路基本相同,以提高市民旅行速度为目的的公交型轨道交通。

其特性是大能力、高密度、公交化。

城市轨道交通系统分类及主要技术参数见表1-1。

城市轨道交通系统分类及主要技术参数 表 1-1

类型	平均运行速度 (km/h)	最短行车间隔 (min)	编组 (辆)	线路	平均站距 (m)	运输能力 (万人次/h)
地铁	25~40	1.5	4~10	全封闭	800~1000	3~6
轻轨	25~35	2	2~3	专用	500~800	1~4
单轨	25~30	1	4~6		500~1000	1~1.5
有轨电车	15~20	1	1~2		500~1000	0.8~1
直流电机牵引	25~35	1.5	1~2		400~800	1~3
城际轨道交通	35~40	2	4~10	全封闭	1000~3000	5~8

二、我国城市轨道交通发展现状

地铁的兴起是城市化加剧、城市迅速膨胀的必然需要。我国是世界上特大城市数量最多的国家,人多地少,在城市实现交通机动化之前已经形成了高密度的人口聚集,必须走低占地、低能耗、低污染、高效率的发展道路。在借鉴国际特大城市交通发展的经验和教训的基础上,我国大多数城市已认识到选择城市轨道交通作为城市交通的骨干,符合我国城市交通可持续发展战略的需要。

我国的城市轨道交通经历了60多年的发展历程。总结发展过程,大致经历以下几个阶段。

1. 起步阶段

20世纪50年代,我国开始筹备地铁建设,规划了北京地铁网络。1965~1976年建设了北京地铁一期工程(54km),全线23.6km,共设17座车站。当时地铁建设的指导思想更注重人防功能。随后建设了天津地铁(7.1km,现已拆除重建)、哈尔滨人防隧道等工程。

2. 开始建设阶段

20世纪80年代末至90年代初,由于城市规模限制及道路等基础设施比较薄弱,北京、上海、广州等特大城市的交通问题非常突出。以上海轨道交通1号线(21km)、北京地铁复八线(13.6km)和地铁一期工程改造、广州地铁1号线(18.5km)等建设项目为标志,我国内地真正以城市交通为目的的地铁项目开始建设。台湾省台北市也于1997年3月开通了第一条地铁线路。

进入20世纪90年代,随着上海、广州地铁项目的建设,一批城市包括沈阳、天津、南京、重庆、武汉、深圳、成都、青岛等开始规划建设轨道交通项目,并进行了大量的前期工作。

3. 调整阶段

由于各大城市要求建设的地铁项目较多,且在建地铁项目的工程造价较高,1995年12月国务院发

布国办 60 号文,暂停了地铁项目的审批,并要求做好发展规划和国产化工作。同时,原国家计委开始研究制定城市轨道交通设备国产化政策。截至 1997 年年底,提出了以深圳地铁 1 号线(19.5km)、上海轨道交通 3 号线(24.5km)和广州地铁 2 号线(23km)作为国产化依托项目,并于 1998 年批复了上述三个项目的立项,从此,城市轨道交通建设项目重新开始启动。

4. 建设高潮阶段

随着实施积极的财政政策以进一步扩大内需,我国于 1999 年陆续放开城市轨道交通项目建设。由于我国经济跨越式发展,轨道交通建设也进入了黄金时期。截至 2014 年 8 月南通市城市快速轨道交通近期建设规划获得国家发改委批复,目前国家总共批复了北京、上海、广州、深圳、天津、重庆、哈尔滨、长春、沈阳、大连等 37 个城市轨道交通建设规划(直辖市、省会城市 25 个,经济比较发达的二线城市 12 个),其中上海、广州、深圳、重庆等 17 个城市已批复第二轮规划,天津、南京、福州、合肥、南宁、南昌、大连等城市的第二轮建设规划正在报批中,苏州、武汉的第三轮规划已在报批中;济南、洛阳、呼和浩特等城市的建设规划正在报批中;拟报建设规划的城市有西宁、包头、绍兴等。

目前已建成运营的轨道交通线路,截至 2014 年年底的统计情况如前所述,至 2020 年,城市轨道交通规划总里程将超过 8500km(不含有轨电车和市域轨道),扣除已开通运营线路,平均每年开通运营里程约 900km,全国开通运营城市轨道交通的城市将达到 40 个左右。目前地铁运行里程最多的内地 6 个城市分别是北京、上海、广州、重庆、南京和深圳。

北京地铁规划始于 1953 年,工程始建于 1965 年,最早的线路竣工于 1969 年,是我国内地第一个地铁系统。截至 2014 年年底,北京地铁共有 18 条运营线路。组成覆盖北京市 11 个市辖区,拥有 318 座运营车站、总长 526.2km 运营线路的轨道交通系统(不计 S2 线),工作日日均客流约 1000 万人次,峰值日客运量 1155.92 万人次。北京地铁是我国内地最繁忙的城市轨道交通系统,是我国运营时间最久、乘客运载最多、早晚峰值最忙的地铁线路。北京地铁也是世界上规模最大的城市地铁系统之一。

上海地铁 1 号线于 1995 年 4 月 10 日正式运营,是继北京地铁、天津地铁建成通车后我国内地投入运营的第三个城市轨道交通系统。截至 2014 年年底,上海轨道交通全网运营线路总长 548.7km(不含磁悬浮、金山铁路,3、4 号线共线段不重复计算),车站共计 337 座。2014 年日均客运总量 1028.6 万人次。

广州地铁 1 号线于 1997 年 6 月 28 日开通,是我国内地第四个开通并运营地铁的城市。截至 2013 年 12 月 28 日,广州地铁共有 9 条运营路线(1 号线、2 号线、3 号线、4 号线、5 号线、6 号线、8 号线、广佛线及 APM 线),总长 260.5km,共 164 座车站,日均客流已达 623.4 万人次,峰值日客运量 861 万人次。广州地铁仍在进行大规模的扩建工程,正在建设的路线包括 4 号线南延段、6 号线二期、7 号线一期、8 号线北延段、9 号线、广佛线后通段、13 号线一期、14 号线一期和支线、21 号线。经过数次修订,广州地铁的远期规划长度将达到 751km。

深圳地铁的建设设想始于 20 世纪 80 年代,一期工程则于 1999 年开工,首条线路于 2004 年 12 月 28 日正式通车。截至 2014 年年底,深圳地铁共有 5 条线路、131 座车站,运营线路总长 177.6km,日均客流 268.5 万人次。目前,深圳地铁三期工程的多条线路正在建设,预计于 2016 年年底开通,届时深圳地铁线路将达到 10 条,通车里程达 348km,路网的远期规划则超过 700km。

三、地铁的发展特征及属性

城市轨道交通是城市公共交通的主干线,客流运送的大动脉,是城市的生命线工程,建成运营后,将直接关系到城市居民的出行、工作、购物和生活。目前,在我国 2933.3km 的城市轨道交通运营里程中,地铁 2491.4km,占总里程的 84.9%,其他轻轨、单轨、现代有轨电车、磁浮交通、城际快轨等只占 15.1%。因此本文重点论述地铁域地下空间开发利用,重点放在地铁功能区域之外的地铁域开发利用。

地铁自 1863 年在英国伦敦首次建成运营以来,经历了兴起→形成→壮大的过程,并已形成以下发展特征。

(1)立体化的轨道交通网络。在城市中轨道交通发挥着主干交通的作用,因此必须形成完善的轨道交通网络,才能高效地联系城市中心和次中心,住宅区和中心商业区,并与城市其他交通系统构成城市多样化、立体化的综合交通体系。

(2)大型的立体交通换乘枢纽。现代轨道交通的一个重要特征就是重视与各种交通方式的衔接与换乘,在大型地铁站形成综合的立体交通枢纽,把地铁站、机场、高铁、市郊铁路站、公共汽车站、出租车站、停车场以及商店、餐饮、其他配套服务、地下商业街等有机地布置在同一建筑内,或不在同一建筑物但用地下通道或其他通道连接在一起,从而形成地下、地面和地上的立体换乘中心。

(3)引导和促进城市发展。地铁不仅是城市重要的交通工具,而且它的发展还对城市结构和城市经济产生极大的影响。轨道交通枢纽成为各种交通工具的连接点,对客流产生巨大的聚集作用;地铁车站对周边市政、公用、商业产生吸引,会成为城市新的中心。因此,轨道交通是形成城市多中心结构十分重要的工具和手段。轨道交通引导城市发展(Transit Oriented Development,简称 TOD),即以轨道站点为中心、以 400~800m(5~10min 步行路程)为半径建立的城市型 TOD 社区和社区型 TOD 社区是城市发展的重要趋势。

地铁作为重大市政基础设施,具有多种属性。

(1)投资巨大、技术密集、服务年限长的准公共资源、准公益性的社会属性。一般每公里造价在 4 亿~12 亿元(含拆迁)之间,多数在 5 亿~9 亿元之间。地铁建设和运营的技术含量高,可靠性和安全度要求高。由于地铁设计寿命很长,车站和隧道工程寿命一般为 100 年,机电设备周期一般为 10~30 年,相对于其他交通设施,地铁服务年限长。投入运营时,其票价是由政府主导确定的,一般是以多数公众能接受的低于成本的价格提供服务:一方面,吸引更多的客流到地铁以缓解地面交通;另一方面,在使公众承担较低出行成本的同时,享受快捷便利的出行服务,提高公众的社会净福利水平。由于低票价、高服务水平、高安全可靠要求、相应高的维护成本,导致地铁仅靠票务收入回收巨大投资成本几乎不可能。

(2)快捷的交通属性。地铁以其快捷、准点、安全、运载量大等优势已经成为人们在城市中出行活动最主要的交通方式。而地铁站作为地铁交通体系联系城市真三维立体空间的节点,是地铁产业为人们提供活动的集聚点,它能够最大限度地满足人们快捷、方便、准时、安全地到达目的地的出行需求,突显人们优先选择的交通属性。它同时也是一个巨系统。它对比地面其他公共交通工具的优势,不但在于其具有在城市几乎任何地方都可作为骨干交通设施,而且还在于其把原来分割的城市各个功能区、不同建筑和城市各类单元有效地连接起来,把整个城市有机地串联起来形成运转高效、快捷的巨系统。在满足人们日常生活需求的同时,将各种交通工具进行快速、有效地整合,使人们在最短的时间内能够换乘到自己需要的交通工具并到达目的地,是地铁车站点所具备的主要交通属性。随着社会流动效率加快,城市间联系更加紧密。地铁设计时,把地面公交系统、行人系统、关联的建(构)筑物等有机地结合在一起,与地铁同时建成,同时接驳,从而极大地满足了人们在城市中高效快捷的交通需求,也实现了建地铁就是建城市的理念,实现了地铁车站与城市交通和行人体系[包括地面公交或建(构)筑物和地铁车站之间的连廊]的一体化,极大地提高了社会效率。

(3)内部效益外部化的经济属性。地铁工程建设直接涉及相关制造业、新技术产业和建筑业,而运营后直接影响到房地产业、交通运输业和其他服务业等第三产业。我国巨大的地铁建设规模会对前者中的车辆、信号、通信、电扶梯、消防、屏蔽门、供电、环控、自动售检票、防灾报警、监控等系统产业和与建筑业关联的设计、施工、监理、监测和科研产生无限的商机和巨大的经济收益,并刺激就业。由此可见,地铁项目所产生的这些社会经济总收益远远大于其企业本身票务、车站商铺、广告、通信等所有的收益。也即投资巨大的地铁建设和运营本身具有地铁企业有限自我经营的准商业属性,更具显著的经济效益社会化、内部效益外部化的经济属性。

地铁车站成为城市交通主要人流集散地,尤其是中心站、换乘站和交通枢纽更为显著。城市人流集散又为地铁域带来了活力与商机,并可使该域土地产生地价增值(与其他没有地铁的土地地价之间的差价)。地铁域地块距地铁车站的距离不同,因人的行为特性而进行不同类型的开发利用。这种根据人类行为特点对地铁域土地开发会获得土地开发效益最大化。一般意义上讲,距地铁车站越近的地块,地价越高,开发强度越大,用地性质以商业、商务为主;反之,则地价变低,用地一般以居住、休闲等为主。地铁带来的高通达性提高了沿线土地的价值,影响商业空间结构和土地利用形态,交通重塑了高密度城市的空间,地铁经济带也应运而生。在地铁域这个范围,让地铁族的通勤效率有了保证,让地铁楼盘保值增值的金字招牌长盛不衰。每个地铁站像一个个聚能环,即便是在郊区,也能带动一片片迷你“卫星城”,网罗雨后春笋般的楼盘,笼络地铁族们营建小家的人心。而这些新增效益往往都不属于地铁企业本身。

(4)文化属性。地铁的出现彻底改变了交通工具是“文化沙漠”的枯燥局面,地铁文化成为一种全新的城市文化形态和文化标签。深圳地铁站内有免费的《深圳都市报》、免费的wifi和电子媒体(实时电视和广告等),其地下空间和周边有丰富多彩的商业产品等,上海地铁站及其周边有各式各样的电子媒体和文化产品,纽约和伦敦地铁有乐队演出,巴黎地铁周边的户外咖啡馆遍布,这些都给了城市另一个独特的公众文化空间,它既包罗万象又自成一派。短暂的凝聚性让具备类似身份背景和心理背景的地铁族有了精神交流的可能,新的文化形态也有了生存之地。地铁所提供的除通勤外更多的诸如购物和休闲等快捷便利、孕育出的风尚文化,彰显的地铁时代精神特征、代表的独特形象标识,显然已让它更具魅力,并产生强劲的心理凝聚力和经济催引力。

(5)新商业文化属性。地铁媒体场形成,地铁媒体经济成为商业蓝海。区别于大众媒体与小众媒体,我们把地铁媒体称作聚众媒体或精准媒体,它不像大众媒体那样覆盖面广,也不用为此支付过多的成本,又不像小众媒体只做窄众化的内容满足小部分受众的阅听需求,它顺应地铁渠道这一极富凝聚力的时空而生,主做新闻资讯类、商业广告类的内容,快速、快乐、价值等性征成为阅读到达率的根本保证,新锐成为地铁族形容他们在地铁空间内媒体的关键词,以免费形式的地铁报、生动的地铁电视,还有无处不在的灯箱和招贴等形式出现。简明精确富于价值的“信息条”打败传统媒体的“信息块”和网络媒体的“信息流”,寓广告于娱乐、寄文化于商业,让精明的地铁族的心理防备迅速归零。它开辟了媒体经济的商业蓝海,也“二次销售”最富性价比的眼球到达率。

由于地铁商业蓝海媒体经济现象,地铁成为商品定价等营销的核心要素,成为商业价值和市场前景标杆。地铁展示交通、经济魅力之后,挂“地铁”字号的营销接踵而至。地铁呼啸过处,沿线地段通达性的改变、可开发空间的拓展、消费流的集聚让市场的杠杆偏向地铁地产、地铁商业、地铁旅游等任何一个可能的“地铁”招牌。通勤路上的地铁媒体,加上地铁族离不开的网络媒体,外加写字楼媒体的“捆绑媒体团”就足以将地铁族的视听需求一网打尽,从而形成了地铁沿线的商业发展特定文化和特定模式。

地铁超出交通概念范畴,演变为城市商业概念,全面催熟城市商业,从“一站式消费”向“商圈式消费”、“商业带式消费”过渡。地铁的“市区网络+郊区放射线”的普遍构造模式,让市区的商业点得以链接,让郊区消费流的消费需求得到保证。由点及面、由线而串,地铁输送的人流也成了让商家赚得盆满钵满的资金流、眼球流和价值流。此外,大量人口被吸纳到轨道交通的沿线,特别在交通枢纽的部位,更有助于形成城市的“新中心”,商业中心也由单中心向多中心转变。

(6)独特地铁族人群属性。地铁族作为城市的新群体,他们大多数年龄在18~35岁之间,受过大专以上文化教育,从事职业化的稳定工作,通勤和消费成为他们乘坐地铁的主要目的,他们需要以地铁作为通勤工具,也需要依赖地铁选择衣食物品甚至房产,以完成他们关于都市的“光荣与梦想”。地铁干净舒适、高效快捷,提供给地铁族一个值得信赖的时空,短时间的聚合让他们在心理上得到来自族群的向心力和安定感。地铁不仅仅是他们的生活工具,还有可能上升到生存工具。对于城市来讲,与地铁族紧密相关的职场经济、地产经济、商业经济拔地而起。

(7)形象属性。地铁和地铁域作为人流集散地,在一定程度上给经常进出的客流带来归属感,同样