

结合政策法规解读我国城市轨道交通的发展历程

梅建萍

(中国城市轨道交通协会, 100038, 北京//统计师)

摘要 回顾了我国近 60 a 城市轨道交通的发展历程, 尤其是改革开放 40 a 来的发展情况。从各城市维护建设资金投入和支出等方面, 结合政策法规的引导来解读城市轨道交通从起步到成长再到快速发展的过程。对新形势下的城市轨道交通发展提出了相应的建议。

关键词 中国; 城市轨道交通; 发展历程; 政策法规

中图分类号 F570.73

DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.03.001

Interpretation of Urban Rail Transit Development in China Based on Policies and Regulations

MEI Jianping

Abstract The development history of urban rail transit in China in the past 60 years, especially the reform and opening policies over the past 40 years are reviewed. From the perspective of urban capital income for construction and rail investment expenditure, and combined with the guidance of policies and regulations, the process of urban rail transit development from the starting stage to growth then on to rapid development is interpreted. On this basis, corresponding suggestions for the development of urban rail transit in the new situation are put forward.

Key words China; urban rail transit; development history; policies and regulations

Author's address China Urban Rail Transit Association, 100038, Beijing, China

城市轨道交通(以下简称“城轨交通”)作为大容量、快速、高效、环保的公共交通系统,对促进经济社会发展、优化城市空间布局、转变交通出行模式和提高出行质量具有巨大作用。我国城轨交通作为城市的重要基础设施,其发展伴随着改革开放的发展进程,与城市经济增长密切相关,对经济的增长有明显的拉动作用,其产生的宏观社会效益大于企业本身的微观经济效益。近年来,通过国家政策和自主创新的推动,城轨交通快速发展,并且不

断向世界先进水平迈进。

1 城轨交通发展的两个主要时期

回顾我国近 60 a 城轨交通的发展历史,大体可分为起步和快速发展两个主要时期^[1]。

1.1 起步时期(1965—2000 年)

1965—2000 年是我国城轨交通的起步时期,以 1978 年改革开放为界划分为起步和成长两个阶段。

1.1.1 起步阶段(1965—1978 年)

1953 年开始实施国民经济第一个五年计划,北京市委从城市发展和战备的角度出发,首次提出了修建地下铁道的战略设想,并得到中央的认可。1956 年 10 月北京市地下铁道筹建处成立后,地铁筹建、规划、设计和勘探试验工作在苏联专家指导下相继展开,1961 年底因国民经济困难而暂时搁置。1965 年中央批准了北京地下铁道“一环两线”实施方案,1965 年 7 月 1 日举行北京地铁开工典礼,标志着中国第一条地铁线路正式开建。

1969 年 10 月 1 日“北京站—苹果站”开通运营 21 km,成为我国第一条开通的地铁线路,开创了城轨交通的新时代。这比 1863 年伦敦开通的世界第一条地铁线路晚了 100 多年。1970 年 6 月天津开始修建地铁作为地下战备堡垒,1976 年天津地铁试通车运营 4 km。截止 1978 年全国只有北京和天津两个城市总共开通 28 km 的地铁线路。

1978 年以前,我国城轨交通建设以北京和天津两个城市为代表,针对当时的国际形势,城轨交通兼具极高的战备、防空和疏散等功能。老一代地铁人靠战天斗地的革命精神,克服困难,开创了中国城轨交通的新纪元。

1.1.2 成长阶段(1978—2000 年)

1978 年党的十一届三中全会是新中国成立以来党和国家历史上的伟大转折,开辟了改革开放和集中力量进行社会主义现代化建设的历史新时期。城轨交通建设随着政治、经济和社会的不断发展,

发挥着日益重要的社会公益性职能。

1993 年上海轨道交通 1 号线南段开通观光运营线路 6 km,1995 年上海火车站—锦江乐园段开通运营线路 16 km。1997 广州地铁开通观光运营线路 5 km。至 2000 年底,全国仅有北京、上海、天津、广州 4 个城市共 7 条地铁线路,全国城轨交通运营总里程达到 146 km。

1998 年亚洲金融危机期间,国家采取扩大内需的宏观调控政策后重新启动一度暂缓的城轨项目的审批工作,把城轨交通建设作为扩大内需的重要内容之一,并且陆续批准了北京、上海、广州、深圳、武汉等十余个城市轨道交通项目。

1999 年 2 月国务院办公厅转发国家计委发布的《关于城市轨道交通设备国产化的实施意见》。意见要求全部城轨交通车辆和机电设备平均国产化率不低于 70%,且从当年起启动城轨交通项目报国家计委审查后再报国务院审批的制度,以及出台鼓励国产化的相关措施等,这使城轨交通国产化的工作得到长足进展,造价进而显著降低,达到了国办文件的政策效果。

该阶段将十一届三中全会后党的工作重心转移到经济建设上来,我国城轨交通建设亦随之从以战备为主、兼顾交通需求的目标转向解决大城市核心地区交通拥堵问题。但由于城轨交通设备主要依靠进口,价格昂贵,受经济发展水平和财力的限制,建设进程相对缓慢,相关产业发展孱弱。这一时期装备国产化工作的开展,为城轨交通产业发展创造了条件,从而为此后城轨交通的快速发展奠定了基础。

1.2 快速发展时期(2000—2018 年)

从 2000 年起我国城轨交通建设开始提速,并很快进入快速发展新时期。这一时期划分为发展和快速发展两个阶段。

1.2.1 提速发展阶段(2000—2008 年)

为建设国际化大都市交通先行,2001 年 7 月 13 日北京申奥成功,明确提出到 2008 年新建地铁 200 km。2004 年上海市提出“到 2010 年世博会前建成总运营线路长度达到 400 km、共 11 条轨道交通线”的目标。这一发展阶段随着经济的不断增长,城镇化的推进,房地产的崛起,交通拥堵压力的加大,各城市对高效率、低能耗的城轨交通需求日益增加,再加上城轨交通装备国产化发展带来的建设成本下降、地方政府财力的增加,使得城轨交通建设投

资逐年增长。

针对部分城市地铁过度超前建设的现象,2003 年 9 月发布的《国务院办公厅关于加强城市快速轨道交通建设管理的通知》(国办发[2003]81 号)拟定了可以建设城轨交通的基本条件,要求申报建设地铁的城市应同时满足以下条件(见表 1)。

表 1 国办发[2003]81 号文件对城轨交通申报条件的要求

申报条件	地铁	轻轨
地方财政一般预算收入/亿元	≥100	≥60
国内生产总值/亿元	≥1 000	≥600
城区人口/万人	≥300	≥150
单向高峰小时线路客流/(万人次/h)	≥3	≥1

按国办发[2003]81 号通知,当时全国共有 15 个城市符合表 1 中的申报条件。通知同时规定,提出拟建轨道交通的城市要编制城轨交通建设规划,并由建设规划替代原来的项目建议书,自此城轨交通建设形成了基本的立项建设程序:建设规划—工程可行性研究报告—初步设计—施工图设计—实施建设—运营。同时建设规划由发展改革委员会和建设部组织审核后报国务院审批。

为加强运营管理,保证安全运营,维护运营秩序,以及保障乘客和运营者的合法权益,2005 年建设部出台了《城市轨道交通运营管理办法》(建设部令第 140 号)。

至 2008 年底,我国城轨交通运营城市不断增加,并初具一定的线网规模。北京、上海、天津、广州、深圳、武汉、重庆、南京、长春、大连等 10 个城市的轨道交通运营总里程达到 800 km;15 个城市的建设规划线路达 61 条、长 1 700 km,总投资超过 6 000 亿元。特别是北京申奥成功后北京地铁加快了建设步伐,2000—2008 年运营线路从 2 条增加到 8 条,运营里程从 54 km 增加到 230 km,确保了北京奥运会期间交通顺畅。

2001 年 12 月 11 日,中国加入世贸组织,开放的市场加快了与世界经济、技术的融合,为城轨交通的技术发展带来了机遇和挑战。随着科技的不断发展和自主创新工作的不断推进,城轨交通装备逐步实现国产化并向自主化迈进。车辆牵引控制技术、制动系统、监控系统的不断完善发展,以及轻轨、单轨、有轨电车等研发技术的不断创新,为城轨交通多制式协调发展打下一定的基础。通风空调、给排水、动力照明、环境与设备监控、火灾自动报

警、自动扶梯、站台门等机电运营设备亦随之不断完善。同时通信、信号系统不断引进国外先进技术,列车自动监控、自动防护等新技术、新设备得到推广应用。浅埋暗挖、盖挖逆筑等技术应用于地铁土建施工。AFC(自动售检票)系统亦陆续投入使用。一代又一代地铁人砥砺前行、攻坚克难,为推动城轨交通快速发展打下了坚实的基础。

1.2.2 快速发展阶段(2008—2018 年)

为应对 2008 年国际金融危机和汶川大地震灾后重建,中央及时提出了扩大内需、加大基础设施

建设力度的决策,以及总规模达到 4 万亿元的投资计划。投资范围包括民生和铁路、公路、机场等重大基础设施建设,带动地方经济的同时,为城轨交通快速发展创造了机遇。

1.2.2.1 政策法规引领

2012—2017 年,我国出台了一系列城轨交通政策法规(见表 2),对城轨交通规划、建设、资金、技术、装备制造具有重要指导作用,同时引领了行业发展方向。

表 2 2012—2017 年我国出台的城轨交通政策法规

日期	文号	文件名称	主要内容
2012 年 12 月	国务院(国发〔2012〕64 号)	《国务院关于城市优先发展公共交通的指导意见》	将公共交通发展放在城市交通发展的首要位置,着力提升城市公共交通保障水平,有条件的特大城市、大城市有序推进轨道交通系统建设
2013 年 5 月	国务院(国发〔2013〕19 号)	《关于取消和下放一批行政审批项目等事项的决定》	取消国家发改委发布的“企业投资城轨交通车辆、信号系统和牵引传动控制系统制造项目核准”;国家发改委发布的“企业投资城市快速轨道交通项目按照国家批准的规划核准”下放省级投资主管部门
2013 年 9 月	国务院(国发〔2013〕36 号)	《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》	加强城市基础设施建设,有利于推动经济结构调整和发展方式转变,拉动投资和消费增长,扩大就业,促进节能减排
2014 年 10 月	国务院(国发〔2014〕43 号)	《关于加强地方政府性债务管理的意见》	提出建立规范的地方政府举债融资机制,建立“借、用、还”相统一的地方政府性债务管理机制;规范城轨交通项目建设的投融资模式,有效发挥地方政府规范举债的积极作用,防范化解金融风险
2014 年 11 月	住房和城乡建设部(建城〔2014〕169 号)	《关于加强城市轨道交通线网规划编制的通知》	提出城轨交通线网规划的编制要求,遵照以人为本、适度超前、统筹协调、因地制宜的原则进行线网规划。线网规划是指导城轨交通近期建设和长远发展的重要依据
2015 年 1 月	国家发展改革委(发改基础〔2015〕49 号)	《关于加强城市轨道交通规划建设管理的通知》	要求超前编制线网规划,提出项目资本金比例不低于 40%,政府资本金占当年城市公共财政预算收入的比例一般不超过 5%;规范了规划审批流程,提出坚持“量力而行,有序发展”的方针,按照统筹衔接、经济适用、便捷高效和安全可靠的原则,科学编制规划,有序发展地铁,鼓励发展轻轨、有轨电车等高架或地面敷设的轨道交通制式;把握好建设节奏,确保建设规模和速度与城市交通需求、政府财力和建设管理能力相适应
2015 年 7 月	国务院(国发〔2015〕40 号)	《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》	推动互联网向经济社会各领域加速渗透,以融合促创新,最大程度汇聚各类市场要素的创新力量,推动融合性新兴产业成为经济发展的新动力和新支柱
2016 年 7 月	国家发展改革委、交通运输部(发改基础〔2016〕1681 号)	《推进“互联网+”便捷交通促进智能交通发展的实施方案》	以智能交通发展为引领,增强行业创新能力,培育发展新业态和新模式
2017 年 12 月	国家发展改革委(发改产业〔2017〕2000 号)、(发改办产业〔2017〕2063 号)	《增强制造业核心竞争力三年行动计划(2018—2020 年)》、《重点领域关键技术产业化实施方案的通知》	在轨道交通领域的产业化任务中,要求发展先进适用的城轨交通装备,构建新型技术装备研发试验检测平台;为城轨交通装备领域指明了未来 3 年技术发展方向,有利于进一步提高城轨交通自主技术装备的核心竞争力

1.2.2.2 土地资金推动

城轨交通具有建设造价高和周期长的特点,资金主要来源于政府财政资金和融资,运营主要靠财政补贴。城轨交通作为城镇化的重要内容之一,若要取得快速发展,应亟待解决资金来源问题。从全球地铁建设运营情况来看,大多数城市的地铁建设运营均处于政府补贴状态。我国参考香港以地养铁及“轨道+土地”的运作模式来解决地铁项目市

场化融资难题。

1994 年的分税制改革,极大地压缩了地方政府的税收分成比例,但却将当时规模还很少的土地收益划给了地方政府,奠定了地方政府走向土地财政的制度基础。随着 1998 年住房制度改革和 2003 年土地招拍挂等一系列制度创新,国有的城市土地所有权与使用权分离,即将 70 a 使用权批租给企业市场化进行运作。随后形成了大量的国有土地使用

权出让收入,将该收入扣除成本后运用于城市基础设施建设,包括道路、桥梁和轨道交通等,即土地财政是地方财政的主要经济支撑,通过此促进了地方经济的快速发展。修建地铁,以及进行土地利用为主的集资,成为了地方政府的首选,亦推动了我国城轨交通的快速发展,我国仅用了十几年便走完了发达国家百年走过的历程。

城轨交通建设专项资金主要来自于城市市政公用设施建设维护管理财政性资金收入,通过近几年住建部发布的《城市建设统计年鉴》数据分析可以看出,市政公用设施建设维护管理财政性资金收入主要依靠市级地方财政,其占比为 90% 左右。在市级预算资金中,城市维护建设税占城市维护建设资金的比率基本稳定在 12% 的水平,难以满足城市快速发展的需求;国有土地使用权出让收入占城市维护建设资金的比率近年来快速提升,从 2002 年的 9% 提升到 2016 年的 55.5%,特别是 2008 年后所占的比重大幅增长。

近年来,我国国有土地使用权出让收入、城市维护建设税在城市维护建设资金收入中所占的份额,如图 1 所示。我国城轨交通投资支出占城市市政公用设施建设固定资产投资支出的份额,如图 2 所示。我国历年城轨交通投资支出与国有土地使用权出让收入等的增长,如图 3 所示。

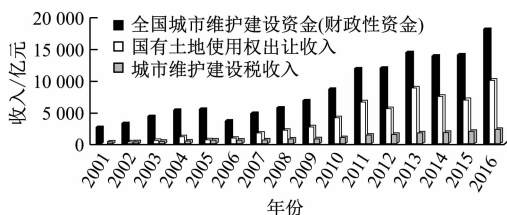


图1 城市维护建设资金收入

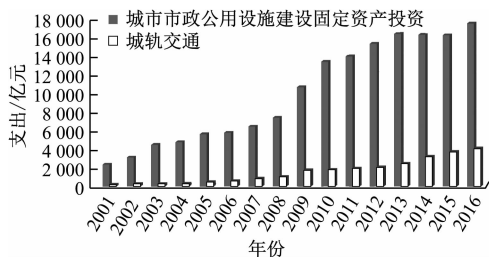


图2 我国轨道交通投资支出占城市市政公用设施建设固定资产投资支出的份额

由图2和图3可以看出:城市基础设施建设中的轨道交通建设资金主要来自于国有土地使用权出让收入,国有土地使用权出让收入与城轨交通投资支

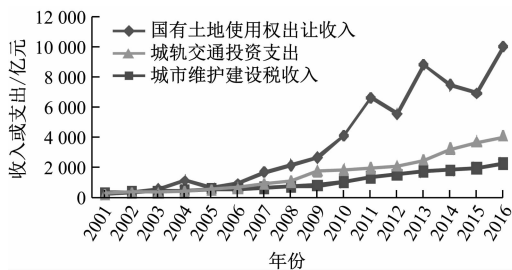


图3 我国历年城轨交通投资支出与国有土地使用权出让收入等的增长曲线

出增长速度成正相关。城市市政公用设施建设固定资产投资支出中城轨交通投资支出在 2008 年后快速增长,进入大规模快速建设阶段,土地财政在城市化的进程中发挥着重要的、积极的作用。地方政府为追求经济增长速度,将土地收入用于扩大投资项目以及加快基础设施建设等方面。然而,地方政府过度依赖土地财政炒房炒地会造成经济结构失衡、部分产能过剩、居民消费不足、两极分化严重等社会问题,导致发展不可持续。

1.2.2.3 技术自主创新

2008 年以来在国家相关产业政策带动下,国产化、自主化装备呈蓬勃发展之势。在规划设计、施工技术、工程建设、装备制造等领域向世界先进水平迈进,信号系统、牵引系统、制动系统和通信系统等关键核心技术有所突破。低地板有轨电车、低速磁浮列车、全自动驾驶等新技术相继投入使用。特别是我国成功研发了自主知识产权的列车控制信号系统,并于 2017 年开通了首条全自动运行地铁线路燕房线。在无线专用频段采用与制定 LTE-M(长期演进-M)制式基础上的信号系统互联互通。LTE 是我国拥有核心自主知识产权的国际通信标准技术,目前基于 1.8 GHz 专用频段和 4 G 技术研发的城轨交通 LTE-M 技术应用情况良好。云支付的推广应用,亦催生 AFC 系统的革新。

1.2.2.4 城轨交通规模快速发展成果

至 2017 年底,我国已有 34 个城市开通城轨交通并投入运营,运营线路共计 165 条,累计运营里程达 5 033 km。在建线路长度为 6 246 km,累计可研批复投资达 38 756 亿元。此外还有 62 个城市的城轨交通线网规划获批(含地方政府批复的 18 个城市),规划线网长度为 7 424 km。全球十大地铁最长的城市中,上海、北京排名领先。

图 4 为我国已建城轨交通的城市数量。图 5 为我国城轨交通新增及累计运营里程。由图 4~5 可

知,至 2018 年底,我国城轨交通新增运营里程 728 km,累计运营里程为 5 761 km。其中,乌鲁木齐成为我国第 35 个开通城轨交通运营的城市。

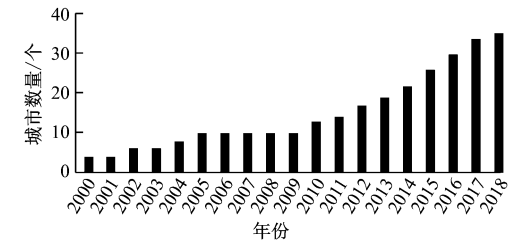


图 4 2000—2018 年我国已建城轨交通的城市数量统计

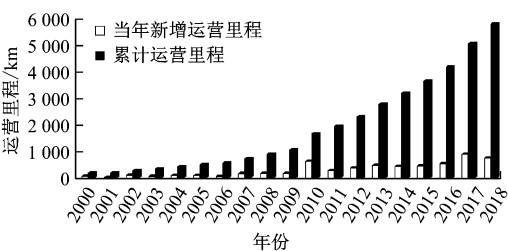


图 5 2000—2018 年我国城轨交通新增及累计运营里程统计

进入“十三五”以来,全国共有 100 多个城市规划了“十三五”城轨交通工程的建设,形成了百城百市同时发展城轨交通的局面。表 3 为我国城轨交通运营线路长度表。

表 3 我国城轨交通运营线路长度表

项目	新增运营线路长度/km	累计运营线路长度/km
“十五”前(1949—2000 年)	146	146
“十五”(2001—2005 年)	399	545
“十一五”(2006—2010 年)	1 054	1 599
“十二五”(2011—2015 年)	2 019	3 618
“十三五”预计(2016—2020 年)	3 882	7 500

经济的高速发展和汽车工业的快速发展为城市交通带来拥堵,因此发展城轨交通系统的需求日益迫切。与此同时,城镇化的推动带来城市规模的扩张,土地使用权的出让收入带来地方政府财力增加,为城轨交通建设快速发展提供了强大的资金保障。然而城轨交通过快的发展速度带来了规划过度超前、建设规模过度集中、资金不足、人才欠缺等一系列问题,因此需要合理把握节奏,从而实现城轨交通有序稳定发展。

2 夯实行业发展基础,推动城轨交通高质量发展

2.1 把握节奏、有序发展

2017 年 8 月 10 日,包头地铁项目被中央叫停暂缓施工,因此城轨交通高涨的建设热情在我国开始局部降温。

我国城轨交通行业进入快速发展阶段,取得了显著的成就,积累了宝贵的经验,城轨交通总体发展呈现健康有序的良好状态。但随着时间推移,城市经济的发展,某些城市存在城轨交通规划过度超前、建设规模过于集中、资金落实不到位等问题。国办发〔2003〕81 号文中的相关内容已不能适应当前城轨交通的发展需求,因此需要进行适时调整。

2018 年 6 月 28 日国办印发了《国务院办公厅关于进一步加强城市轨道交通规划建设管理的意见》(国办发〔2018〕52 号),对城轨交通的发展提出了新的要求(见表 4)。

表 4 国办发〔2018〕52 号文件对城轨交通申报条件的要求

申报条件	地铁	轻轨
地方财政一般预算收入/亿元	≥300	≥150
国内生产总值/亿元	≥3 000	≥1 500
城区人口/万人	≥300	≥150
单向高峰小时线路客流/(万人次/h)	≥3	≥1
每日每公里初期客流强度/万人次	≥0.7	≥0.4

表 4 中如此大幅度地提高城市申报建设城轨交通的经济门槛,不仅仅是基于过去 15 年来我国经济显著增长的客观现实,更是出于对地铁和轻轨,尤其是地铁建设投资与回报风险的谨慎考量。

国办发〔2018〕52 号文件涉及城轨交通的申报条件、规划审核、建设速度节奏、资金保障、事中事后监管等内容,为确保城轨交通可持续发展,应坚持量力而行、有序推进的原则,以及应科学把握规模节奏、严格规划审批、强化项目建设和运营资金保障,从而实现严控城轨交通风险的目标。

包头地铁暂停一年后,国家发改委重启了城轨交通项目审批。2018 年 8 月苏州、杭州、重庆、济南、上海、长春、武汉等城市新一轮建设规划获得批复,其中杭州、济南为调整规划。国家发改委历年批复的城轨交通城市数量如图 6 所示。

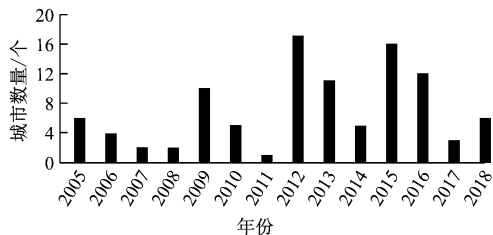


图6 国家发改委历年批复的城轨交通城市数量

2.2 以人为本、科学规划

城轨交通未来建设规划、客流预测要以人为本。根据《中国统计年鉴》2017年全国人口变动情况抽样调查样本数据初步测算,以2017年20~60岁劳动力人口为基数,2027年劳动力人口下降约5.18%,2037年劳动力人口下降约14.1%。由此可知,未来10a以及20a内劳动力人口总体呈下降趋势,因此预计城轨交通建设速度将会放缓。未来10a内城轨交通依然处于快速发展的黄金期,所以要把握发展机遇,一线城市发展地铁,二、三线城市因地制宜选择轻轨、单轨和有轨电车等多种制式,应做好前期规划选型,从而实现城轨交通的发展个性化。

因地域不同各个城市的城轨交通发展亦应具有其独立的个性。城轨交通线网规划制式的选择上应遵循切合实际、因地制宜、量力而行的原则,同时应考虑人口规模、经济实力和运营成本等因素,此外还要综合考虑建设和运营全生命周期的资金保障,避免出现“建得起养不起”的局面。因此城轨交通应增强自我经营能力,并依托城轨物业、商业等资源反哺运营。

2.3 破解投融资难题

2018年10月,国务院办公厅印发《关于保持基础设施领域补短板力度的指导意见》,提出调动民间投资积极性和通过有序推进PPP(公私合作)项目等方式解决融资难题。由于投资增速回落,一些领域和项目存在较大投资缺口,亟需聚焦基础设施领域的突出短板,保持有效投资力度,促进内需扩大和结构调整,使资金流入关键领域和薄弱环节。

采用专项债券助力基建以补短板,同时可将募集资金用于市政建设、交通运输、保障住房等基础设施建设领域。专项债券发行明显提速,对基建投资起到一定支撑和拉动作用,为地方发展持续提供资金支持,推动在建项目建设,稳妥化解隐形债务风险。

2.4 加强人才培养

随着我国城轨交通的迅猛发展,到2020年,全国将有多个城市开通运营地铁线路,运行里程将达7 000 km,同时地铁人才缺口高达年平均4万人左右。城轨交通规划、建设和运营是个庞大复杂的系统工程,任何一方面的工作都需要人才来支撑。因此采取强化人才建设规划、引领落实企业培养主体责任、加强普通高校学科专业建设、扩大职业教育培养规模、实施高端人才提升工程、深化校企合作培养模式、加快实训基地规划建设、健全人才培养标准体系、搭建人才培养协作平台、优化人才培养政策环境等措施,以及持续强化行业人才培养和继续教育等相关工作,为城轨交通的发展打下基础。

2.5 推动技术自主创新

近年来城轨交通实现了快速跨越式发展,取得了可喜的成绩。新建线路鼓励和推广应用自主创新的装备新技术,如全自动运行技术、CBTC(基于通信的列车控制)互联互通及城轨信息化等技术。这些技术较为领先,可在一定程度上减少后续更新改造成本。

我国虽然是城轨交通规模上的大国,但并不是城轨交通质量强国。目前许多城轨交通的关键核心技术仍未掌握,有些甚至还依赖进口,因此需切实增强自主创新的紧迫感。随着互联网的发展和新技术的应用,“互联网+城轨交通”正在衍生出新技术、新业态和新模式,进一步弘扬自主创新精神驱动产业发展,引领城轨交通向自动化和智能化迈进。

2.6 城轨交通未来发展前景

预计“十三五”期间新增的城轨交通运营里程达到3 800 km,相当于前50a的总和。到2020年末,城轨交通运营里程将达到7 500 km,运营线路成网规模超过400 km的城市将超过8个,其中,北京、上海将形成千公里级的城轨交通“巨网”城市,广州、深圳、南京、成都、重庆、武汉等将形成线网规模超过400 km的城轨交通“大网”城市。二、三线城轨交通建设热情日益高涨,预计2025年末,我国城轨交通运营里程将达到10 000 km,运营规模稳居世界前列。

3 结语

回顾我国城轨交通的发展历程,1965—2000年

(下转第110页)

5 结语

本文仿真分析了上海轨道交通 2 号线车站内 AP 信号强度的变化趋势,阐述了 AP 场强分布规律,解释了较大波动幅度的信号强度对车-地通信的不利影响。当列车进站时,为保证车-地通信顺畅,可提升 AP 信号强度,防止断连影响列车运行。但如果车-地通信时 AP 未及时提升信号强度,导致通信不稳定,列车和控制中心信息不能同步,极可能会影响列车正常运行。通过分析,发现张江高科站和金科路站 AP 的场强分布曲线变化趋势均一致,证明车站内 AP 场强分布具有相似性,符合交叉覆盖规律,列车进站时需优先选择信号最强的 AP 进行连接。测试了上海轨道交通 2 号线江苏路站和娄山关路站等车站,发现均符合以上特点。根据无线通信的共性规律,由以上 4 站分析得到的场强规律均适用 2 号线;同时,采用相同通信机制的其他城市轨道交通车站内 AP 也同样具有相同的场强分布规

律。针对这些场强共性,从降低干扰源、切断干扰路径和合理布置 AP 位置等方面提出增强信号强度和保障通信质量的措施,这对其他车站的车-地通信故障分析和 AP 位置布置也具有参考意义。

参考文献

[1] HIERTZ G R, ZANG Y, MAX S, et al. WLAN mesh standardization and high performance extensions[J]. IEEE Network the Magazine of Global Internetworking, 2008, 22(3):12.

[2] 宁咏梅. 隧道内车站信号系统方案研究[J]. 铁道通信信号, 2013, 49(12):19.

[3] 张志刚. 基于 WLAN 的列车控制系统中轨旁 AP 快速切换方法研究[D]. 西安:西安理工大学, 2011.

[4] 杨兴. 干扰地铁无线通信系统的相关因素和对策探析[J]. 科技与创新, 2014(2):136.

[5] 林福昌, 李化. 电磁兼容原理及应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2009.

[6] 李莉. 关于地铁通信的无线系统覆盖探索与研究[J]. 通讯世界, 2017(23):33.

(收稿日期:2018-03-23)

(上接第 6 页)

长达 35 a 的起步阶段仅有 4 个城市开通 7 条线路,总运营里程为 146 km,年均仅 4.2 km;2000—2018 年短短 18 a 的快速发展,已累计有 35 个城市开通 185 条线路,总运营里程为 5 761 km,年均达 320 km。城轨交通的快速发展带动了城镇化发展,基础设施建设对经济发展亦起到明显的拉动作用。我们要抓住城轨交通的发展机遇,夯实行业发展基础,推动城轨交通由大变强,从快速发展向高质量发展转变。在政策、人才、资金和技术带动下,走出一条建设融资、管理运营、综合开发等可持续发展

之路,推动城轨交通形成自求平衡、滚动推进、高质量发展的良性循环模式。

参考文献

[1] 宋敏华. 我国城市轨道交通发展回顾与思考[J]. 城市轨道交通研究, 2018(5):8.

[2] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于加强城市快速轨道交通建设管理的通知(国办发[2003]81 号)[Z]. 北京:国务院办公厅, 2003.

(收稿日期:2018-10-25)

(上接第 82 页)

[4] 贾晓宏. 地铁车辆段运用库的工艺特点与分析[J]. 科技交流, 2011(1):116.

[5] 肖瑞金. 轨道交通全自动运行车辆段设计研究[J]. 都市快轨交通, 2018(1):58.

[6] 张雄, 李剑虹. 论地铁车辆段洗车线布置型式及能力分析[J]. 铁道工程学报, 2007, 24(6):75.

[7] 步文亮, 王洪昆, 刘光涛. 车辆段调车作业全过程自动化的研究与实现[J]. 铁道机车车辆, 2007, 27(3):44.

[8] 刘迪. 北京轨道交通燕房线(主线)工程阎村北停车场停车

列检库工艺设计[J]. 科技与创新, 2015(2):71.

[9] 中铁第四勘察设计院集团有限公司. 城市轨道交通无人自动运行运营需求规范[R]. 武汉:中铁第四勘察设计院集团有限公司, 2017.

[10] 中铁第四勘察设计院集团有限公司. 城市轨道交通无人自动运行功能需求规范[R]. 武汉:中铁第四勘察设计院集团有限公司, 2018.

(收稿日期:2018-08-03)