

我国 I 型大城市的城市轨道交通线网规划思考

冷海洋 秦国栋

(中国城市建设研究院有限公司,100120,北京/第一作者,工程师)

摘要 以南通市为例,探讨了 I 型大城市城市轨道交通线网规划中面临的主要问题。从功能定位、服务范围、规模、布局思路等论述了 I 型大城市的城市轨道交通线网规划思路及目标,估算了南通轨道交通线网规模,并制定了南通轨道交通线网规划方案。I 型大城市的城市轨道交通线网规划应结合交通需求与城市经济能力,合理把握建设时机和时序。

关键词 城市轨道交通; I 型大城市; 线网规划

中图分类号 U231.1

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.08.001

Consideration on Urban Rail Transit Network Planning in Big Cities

LENG Haiyang, QIN Guodong

Abstract Taking Nantong City as a case, the main problems in urban rail transit network planning of the Type I big city in China are discussed. The planning ideas and objectives for the network planning in Type I big cities are elaborated from the perspectives of functional orientation, service scope and scale, network layout idea and so on. On this basis, the scale of Nantong rail transit network planning is calculated, appropriate planning for Nantong is developed. It is pointed out that the urban rail transit network planning in Type I big cities should grasp the construction opportunities and time sequence reasonably according to the traffic demands and urban economic capacity.

Key words urban rail transit; Type I big city; network planning

Author's address China Urban Construction Design & Research Institute Co., Ltd., 100120, Beijing, China

随着我国城市轨道交通的快速发展,大城市,特别是人口在 300 万至 500 万人的 I 型大城市^[1],已逐步成为城市轨道交通规划和建设重要参与者。根据文献[2],截至 2017 年,I 型大城市的城市轨道交通里程占比已达 58.46%^[2]。目前,我国城市轨道交通线网规划的思路和方法主要是从超大城市和特大城市的城市轨道交通规划和建设中总结而得

的;而同超大城市与特大城市相比,大城市的城市轨道交通发展规律及交通出行特征等明显不同。因此,超大城市与特大城市的相关经验并不太适用于大城市。此外,针对大城市的城市轨道交通线网规划研究较少,大多直接套用现有方法进行,由此产生了一系列的问题:

1) 过度强调城市轨道交通在客运体系及交通体系中的功能,盲目扩大城市轨道交通的服务范围以及提高城市轨道交通分担率。

2) 基于不稳定的城市土地利用布局 and 开发强度,结合较高的城市轨道交通分担率,测算出过高的城市轨道交通线网规模;并在不考虑客流强度的情况下,构建高密度的城市轨道交通线网。

3) 借“以公共交通为导向的开发”之名,在城市轨道交通建设时机和时序的选择上偏离需求。

本文基于 I 型大城市(以下简称“大城市”)的发展特征,分析其城市轨道交通的发展需求,提出大城市发展城市轨道交通的目的及策略;并以南通市为例,提出对大城市轨道交通线网规划的认识与思考。

1 基于大城市发展特征的城市轨道交通需求分析

城市轨道交通作为客运体系中交通供给方式之一,其服务模式需要与需求匹配^[3-5]。大城市的城市轨道交通线网规划,应先明确发展城市轨道交通的目的,再分析城市空间尺度及人口密度等特征对城市轨道交通线网的影响。

1.1 大城市发展城市轨道交通的目的

目前,在大城市的城市轨道交通线网规划编制过程中,城市轨道交通的功能定位和目标呈现雷同化发展的趋势。在缺少必要性分析的情况下,城市轨道交通功能被无差别地定位为“公共交通客运系统的骨干”,发挥“缓解城市交通拥堵”、“优化出行结构”的功能,并在未考虑城市实际公交分担率的基础上盲目提升城市公交出行比例。

在超大城市和特大城市中,已运营的城市轨道交通并未带来“公交分担率快速增长”及“个体化机动车出行比例显著降低”的效果。上海中心城区不同交通方式的构成如图1所示:公共交通分担率由2004年的25.10%变化为2017年的29.30%,其中城市轨道交通分担率不断增加,由4.30%增至17.80%,公共汽(电)车分担率由20.80%下降至11.50%;个体机动化交通比例出现了明显的增长,而步行和自行车出现了明显的下降。北京(见图2)公交出行量的变化上也体现出相同规律。由此可见,城市轨道交通的建设并没有带来明显的公共交通客运总量的上升,而是主要分担了公共汽(电)车的客运量。

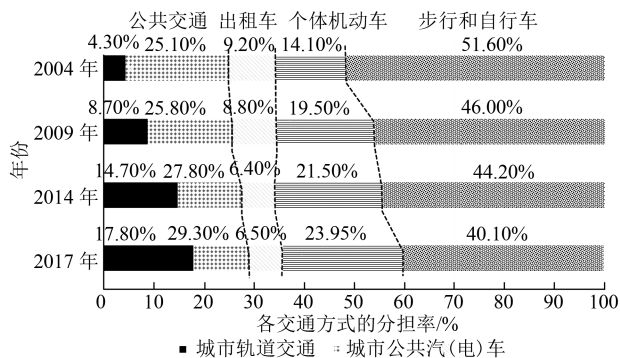


图1 上海中心城区的交通方式构成

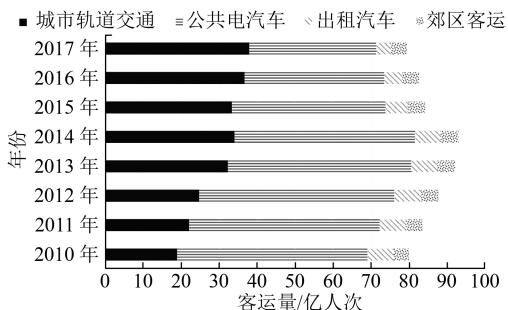


图2 北京中心城区不同交通方式的客运量

由北京与上海的发展经验可以看出:新建城市轨道交通线路所吸引的客流近乎90%都是由公共汽(电)车出行客流或步行及自行车出行客流转移而来;单纯扩展城市轨道交通规模、提升其服务水平,很难改变小汽车使用者的出行习惯。

对于大城市而言,其城市开发强度、人口及就业密度要远小于超大城市及特大城市,其整体客流强度相对较弱。在道路交通设施相对完善的情况下,大城市机动化发展的空间更大,故相比私人小汽车出行方式,公共交通出行方式的竞争力更弱。

北部某大城市2013年开通了城市轨道交通线路,2012年年底江苏省某大城市轨道交通开通,两座城市的交通方式结构如图3及图4所示。由图3及图4可见,城市轨道交通开通后,其客运比例一直较低,机动车增长显著,而道路公交总体上呈下降趋势。由此可见,大城市的城市轨道交通难以发挥“应对小汽车迅猛增长,缓解道路交通压力,引导出行结构转型”的功能,建议以“与公共汽(电)车形成多层次的公交服务体系,优化城市公共交通客运结构,提高公交服务水平”的功能为主。

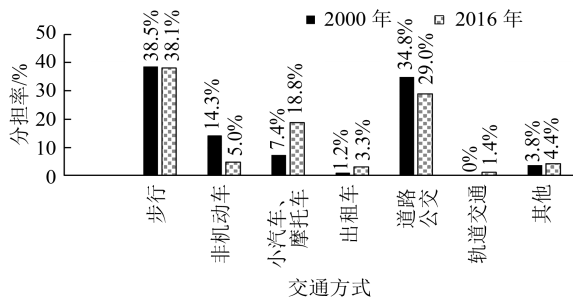


图3 北部某大城市交通方式的分担率

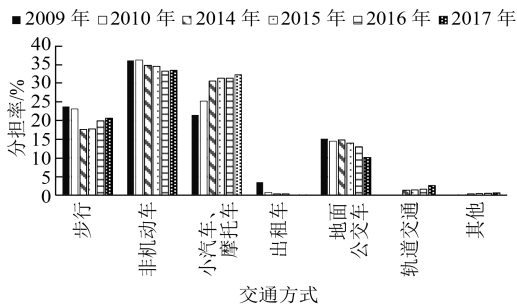


图4 江苏某大城市交通方式的分担率

1.2 城市空间尺度与城市轨道交通

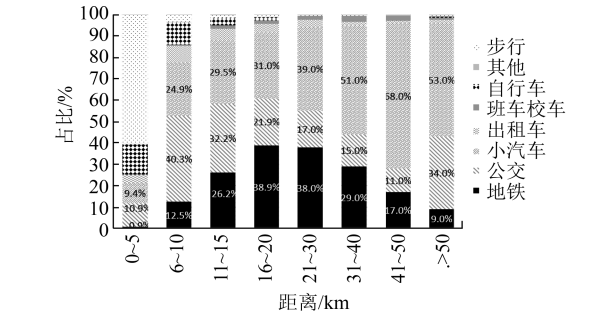
根据《2017年城市建设统计年鉴》^[6],超大城市及特大城市的城区面积和建成区面积要明显大于大城市。城市空间尺度的差异影响了居民出行距离特征。由表1可见,北京及上海的城市轨道交通平均出行距离超过17 km,公共汽(电)车的平均出行距离明显小于城市轨道交通,约为8~10 km。北京中心城区的分距离出行方式构成如图5所示。由图5可知,城市轨道交通主要是为中长距离出行提供服务的。因此,对于超大城市,当出行距离超过15 km时,城市轨道交通占比才能超越公共汽(电)车。

目前,大城市一般平均出行距离为5~6 km。远小于超大城市和特大城市。由于居民的短距离出行占据主导,故适合城市轨道交通分担的出行

表 1 超大城市公共交通出行特征表

城市	范围	城市轨道交通 平均出行距离/km	公共汽(电)车 平均出行距离/km
北京	中心城区	17.8	10.9
上海	全市	18.3	8.7

注:数据来源文献[7-8]



注:数据来源文献[7]

图 5 北京市中心城区内分距离的出行方式结构

量十分有限,不应盲目追求城市轨道交通的出行高占比指标。部分典型大城市出行距离特征见表 2。

表 2 部分典型大城市出行距离特征

典型大城市	范围	年份	出行距离/km	
			平均出行距离	公交出行距离
哈尔滨	主城	2016	5.1	7.4
南通	主城	2015	4.4	6.7

1.3 城市人口密度与城市轨道交通

根据《2017 年城市建设统计年鉴》^[6]及《城市轨道交通 2017 年度统计和分析报告》中的城市建设及城市轨道交通发展数据(见表 3):超大城市的市区人口密度指标一般为 1.2 万人/km² 以上,城市轨道交通客运强度达 1.5 万人次/(km·d) 以上;特大城市的市区人口密度指标一般为 1 万人/km² 以上,而城市轨道交通客运强度在 1.0 万人次/(km·d) 左右;大城市的市区人口密度指标与特大城市相近。根据前文分析,大城市出行距离相对较短,出行需求与城市轨道交通的服务存在差异,因此大城市城市轨道交通客运强度相对较低。

表 3 2017 年城市建设及城市轨道交通发展数据

城市规模	名称	市区人口/ 万人	市区暂住 人口/万人	建成区 面积/km ²	市区人口 密度/(万人/km ²)	城市轨道交通运营 线路/km	客运强度/ (万人次/(km·d))
超大城市	上海	2 418.3		998.75	2.42	637.3	1.45
	北京	2 293.7	13.0	1 445.50	1.60	685.1	1.84
	深圳	1 252.8		925.20	1.35	297.6	1.43
	广州	897.9	677.2	1 263.30	1.25	364.8	1.93
	四城市平均值				1.63	496.2	1.66
特大城市	天津	1 050.0	186.5	1 087.60	1.14	175.3	0.55
	成都	811.6	173.9	885.61	1.11	269.3	1.22
	武汉	853.7	341.7	628.11	1.90	251.2	1.08
	郑州	506.0	264.2	500.77	1.54	136.6	0.74
	杭州	600.3	416.8	591.08	1.72	103.7	0.90
	南京	682.7	39.2	796.35	0.91	364.3	0.77
	西安	733.7	1.2	661.08	1.11	89.0	1.86
	沈阳	590.6	128.9	553.00	1.30	123.4	0.71
	哈尔滨	550.8	78.6	438.34	1.44	22.7	1.37
	九城市平均值				1.34	114.9	1.03
大城市	昆明	443.0	6.2	438.23	1.03	88.7	0.39
	青岛	387.4	115.4	638.44	0.79	53.6	0.40
	大连	382.8	77.9	404.50	1.14	182.1	0.27
	长春	428.4	82.2	520.56	0.98	82.0	0.38
	合肥	270.1	251.5	461.00	1.13	52.3	0.22
	石家庄	409.5	68.9	285.62	1.67	28.4	0.75
	苏州	356.3	131.5	473.33	1.03	138.4	0.49
	七城市平均值				1.11	89.4	0.41

注:市区人口密度=(市区人口+市区暂住人口)/建成区面积;城市规划划分标准参见参考文献[1]

由以上分析可以看出,大城市难以像超大城市和特大城市一样形成“高密度、高客流”的城市轨道交通线网,但其“低密度、高客流”走廊的城市轨道交通会有较高的客流强度。表 3 中的哈尔滨及西

安,虽然城市轨道交通线路里程较低,但选择了合理的走廊,实现了“低密度、高客流”。因此,大城市的城市轨道交通线网要在合理的线网规模下,提高大城市城市轨道交通线路的客运强度,主要应从以

下几方面着手:

1) 在城市轨道交通线路布局上,应优先选择主要客流走廊。

2) 在时序上,要优先建设城市轨道交通的骨架线网,不应盲目套用“以公共交通为导向的开发”的发展理念,在近期就将城市轨道交通线路延伸到城市新区,导致城市轨道交通客流初期客流强度较低。在大城市城市轨道交通建设承受能力有限的情况下,外围线路过多或者过早的建设可能会引发中心城区内城市轨道交通建设不足、服务弱,外围新城服务过剩、客流强度低的问题。

3) 在建设时机上,相比超大城市和特大城市,大城市的道路公交服务提升空间较大。大城市宜在道路公交服务难以满足居民公交出行需求或者道路公交分担率已经较高的情况下,发展城市轨道交通,以更好地发挥城市轨道交通在公共交通体系中的功能。

2 大城市的轨道交通线网规划案例研究

下面以南通市为例,说明大城市的城市轨道交通线网规划要点。

2.1 功能定位与发展目标

根据南通市居民出行调查数据,南通市现状居民出行距离约 4.4 km。

从南通市出行方式的统计(见图 6 a))可以看出:非机动化出行是南通市居民出行中占比最高的方式,其中电动自行车最为突出,出行比例高达

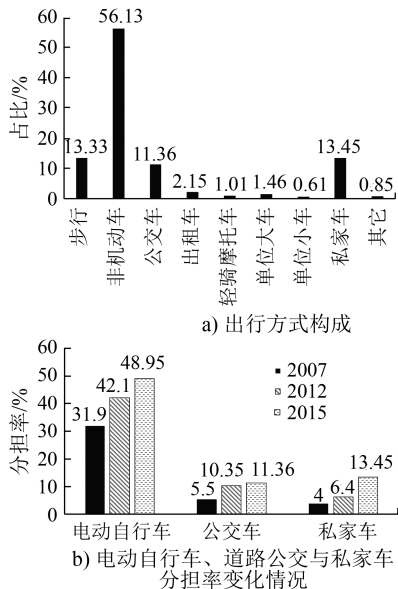


图 6 南通市居民出行方式构成及变化情况

56.13%;道路公交出行分担率仅为 11.36%,处于较低水平;私家车的分担率高达 13.45%,是最主要的机动化出行方式。

从南通市电动自行车、公交及私家车分担率的变化情况(见图 6 b))也可以看出,道路公交发展相对缓慢,电动自行车增长明显。

在出行分布上,南通市有明显的早晚高峰,且早高峰的出行量超过出行总量的 20%,通勤压力较为突出。

考虑南通市现状公共交通发展相对滞后、公交分担率偏低、现状出行距离与城市轨道交通的服务距离差异较大,近期不宜大规模发展城市轨道交通,而应着重缓解通勤交通压力。所以,南通市近期轨道交通功能主要是以缓解通勤交通压力为目标,进而提升公共交通整体服务水平。

根据南通市远期交通发展战略模型测试结果,随着城市空间的不断拓展,用地开发强度,不断提高,居住人口密度及就业岗位密度不断增大,远期居民出行的平均距离会逐渐增至 6~7 km,届时可以有条件强化城市轨道交通在公共交通体系中的作用。此外,在远期可基于南通中心城区与通州-家纺组团、海门等重要组团的一体化发展,以及沪通枢纽等重要综合枢纽的布局,构建中心城区同组团间、区域综合交通枢纽之间的快速衔接。因此,远期南通市可构建多层次的城市轨道交通系统,支撑城市空间结构的调整与功能的提升。

2.2 功能层次

大城市轨道交通的功能层次应基于服务需求特征来确定。在中心城区可设置普线(旅行速度为 45 km/h 以下);当中心城区与其他城市中心、外围组团需要城市轨道交通服务,且普线无法满足服务要求时,应考虑设置快线(旅行速度为 45 km/h 及以上)。南通的主要组团分布如图 7 所示。

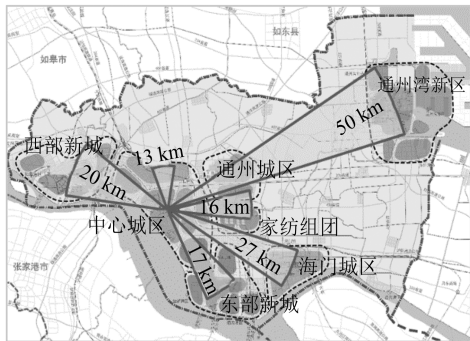


图 7 南通市中心城区与周边空间距离分析

南通的轨道交通网络主要有三个层次:结合南通市在长三角城市群、扬子江城市群及上海大都市圈等区域规划中的功能定位,南通市在区域层面与其他城市的衔接主要由国家干线铁路及城际铁路承担;在南通市域范围内,与中心城区联系密切、但空间距离相对较远的组团(如通州湾新城等)可通过市郊铁路联系;中心城区及与南通市有一体化发展需求的组团则可通过普线及快线联系。本文主要对普线和快线的设置进行论述。

2.3 线网规模

由大城市的空间尺度、人口密度及居民出行特征可知,大城市不能套用超大城市及特大城市“高密度、高客流”的城市轨道交通线网发展模式。GB/T 50546—2018《城市轨道交通线网规划标准》提出:以商业商务服务或就业为主的市级中心,规划人口规模为 150 万~500 万人的城市宜由 2 条及以上的轨道交通线路服务^[8-9]。

大城市的城市轨道交通线网不应通过简单套用居住及就业指标、或直接类比其他城市来确定其城市轨道交通线网总规模,而应以城市发展背景下的交通需求状况和客流为依据,重点确定线路的运量等级规模,并强调城市轨道交通对通道的服务。

2.4 线网布局

南通城市轨道交通线网服务区域布局如图 8 所示。在南通市中心城区内部,以及与中心城区衔接密切的西部组团、东部组团之间,宜采用普线衔接。根据需求预测,南通市中心城区与通州城区、家纺城及海门的联系较强,相应的城市轨道交通日客运预测量分别达 17 万人次、10.05 万人次及 11 万人次。由于通州-家纺组团及海门同南通中心城区的空间距离较远,普线难以满足服务要求的组团,故应考虑设置快线。沪通枢纽与中心城区较远,其走廊沿线开发较少,故也宜采用快线衔接。

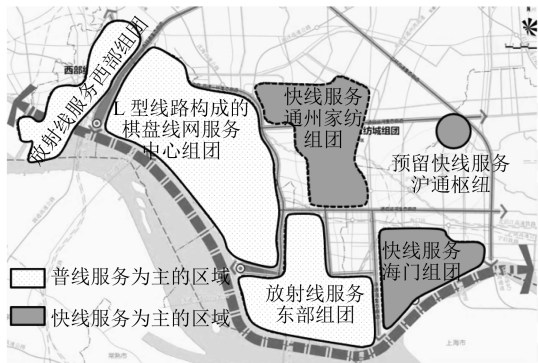


图 8 南通城市轨道交通线网服务区域布局示意图

在线网布局上,考虑南通市城区南北狭长的特征,通过对“无环放射”、“有环放射”、“棋盘式”及“棋盘放射式”等线网形式的对比分析,“以 L 型线路构成的棋盘放射式”线网更符合南通的城市空间,对南通市交通走廊的服务效果最佳。

在线路选择时,应优先服务中心城区的客流主走廊,保证客流强度。在线路走向上,侧重衔接大型商业商务中心、行政中心、对外客运枢纽、城市人口与就业密集区等公共服务设施和地区,但如果单条城市轨道交通线路为串联过多重要节点而过于曲折,则会影响客流主方向的直达客流,增加线网换乘客流量,增大换乘系数,进而影响线网的整体运行效率。

需要利用快线衔接的区域为通州-家纺组团、海门组团及沪通枢纽。中心城区联接通州-家纺组团及海门组团的快线建议采用贯穿式布局方式,使快线既能与其他线路便捷换乘,又能吸引较高客流量。考虑到重大区域交通设施建设的不确定性,为保证各阶段线网方案的合理性,建议预留与沪通枢纽衔接的快线。

综上所述,南通城市轨道交通规划方案示意图见图 9。



图 9 南通城市轨道交通规划方案示意图

3 结语

大城市的城市轨道交通线网规划不宜直接套用超大城市及特大城市的发展思路,应认清大城市同超大城市及特大城市在城市发展及交通特征等方面的差异。以南通市为例,分析论证了大城市的城市轨道交通线网规划思路及目标,估算了南通轨道交通线网规模,制定了南通轨道交通线网规划方案。大城市的城市轨道交通线网规划应结合交通需求与城市经济能力,合理把握建设时机和时序。

(下转第 10 页)

比如推送首末班车时间、换乘线路时间等运营信息。

3) 增加 USB 充电端口:设置 USB 充电端口,兼顾付费区内外乘客手机临时充电需要。

4) 智能平衡车:增设智能平衡车(双轮),便于服务人员巡视,可快速到达站内较远距离,能够提高空间服务上的覆盖性。

5.2 服务功能延伸拓展

1) 互联网接入:通过移动网络供应商的 4G/5G 无线网络接入互联网,实现全网图、“百度地图”实时查询功能。

2) LED 滚动屏:利用 LED 滚动屏和显示屏联动,在重大节日或庆典活动时烘托节庆气氛,体现人性化服务意味。

3) 查询数据发送给乘客或打印:开发特制查询软件,在触控屏上查询换乘信息后,可以直接生成二维码,经乘客手机扫描后,其手机上即可获得查询的换乘信息内容。也可以通过连接在服务台内的卷式热敏打印机,打出纸质的“指路条”交给乘客。

4) 增设自助查询、打印一体机:乘客自助查询换乘信息并获得纸质打印“指路条”,避免乘客遗忘信息而返回服务中心询问。

5) 开发特制的虚拟微信导航小程序:服务中心提供特定的二维码,当乘客有需要时,可使用微信扫码运行虚拟微信导航小程序。虚拟微信导航小

程序运行后,将出现虚拟的车站立体图,并有当前位置和行走路径标注;通过程序算法推算乘客行走后的位置,可在重要转折点位显示地标图片;通过非实时定位的虚拟方式,可引导乘客到达目的地。虚拟微信导航小程序解决了乘客难于完全理解和记忆客服人员表述内容的问题。

6 结语

随着万物互联的 5G 时代来临,给各行各业带来了颠覆式的变革,移动数据流量增长快速推动着传统交通行业向数字化转型并深度融合。未来的生活和出行也可能是数字化、智能化的,假以时日,地铁车站的服务中心服务功能将会更趋智慧化。自助信息服务、自助查询服务、自助导航服务,以及脸部识别技术广泛应用后的自助安检服务等一系列车站智慧化服务,将使乘客获得更高效、更便捷的出行体验。

参考文献

- [1] FRED D. SITA:未来机场自助服务愿景[R/OL]. (2018-08-16) [2020-06-10]. <http://news.carnoc.com/list/458/458279.html>.
- [2] 潘文. 5G 时代,哪些变化正在发生? [R/OL]. (2020-05-26) [2020-06-10]. https://www.sohu.com/a/397904513_358836.

(收稿日期:2020-06-20)

(上接第 5 页)

参考文献

- [1] 中华人民共和国国务院. 国务院关于调整城市规模划分标准的通知:国发[2014]51号[S]. 北京:中华人民共和国国务院,2014.
- [2] 中国城市轨道交通协会. 城市轨道交通 2017 年度统计和分析报告[EB/OL]. (2018-04-19) [2018-12-20]. <http://www.camet.org.cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=18&id=13532>.
- [3] 秦国栋. 新时期城市轨道交通发展的思考[J]. 城市交通, 2006(2): 1.
- [4] 沈景炎. 对城市轨道交通线网规划的认识、实践、再认识[J]. 城市轨道交通研究, 2018(5): 16.
- [5] 毛保华. 城市轨道交通规划与设计[M]. 北京:人民交通出版社, 2011.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2017 年城市建设统计年鉴[EB/OL]. (2019-01-04) [2019-03-15]. <http://www.mohurd.gov.cn/xytj/tjzljsxytjgb/jstjnj/w02019012421874448602635000.zip>.

- [7] 北京市基础设施投资有限公司. 北京市轨道交通第二期建设规划(2015—2021)[R]. 调整版. 北京:北京市基础设施投资有限公司, 2019.
- [8] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 关于上海市城市轨道交通第三期建设规划(2018—2023 年)的批复:发改基础[2018]1831号[S]. 北京:中华人民共和国国家发展和改革委员会, 2018.
- [9] 中华人民共和国国务院办公厅. 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[S]. 北京:中华人民共和国国务院办公厅, 2018.
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市轨道交通线网规划标准:GB/T 50546—2018[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2018.
- [11] 李凤军, 韩慧敏. 《城市轨道交通线网规划标准》要点解读[J]. 城市交通, 2018(5): 19.

(收稿日期:2020-03-13)