长三角一体化背景下上海轨道交通崇明线规划研究*

沈　坚

（上海申通地铁集团有限公司技术中心，201103，上海//高级工程师）

摘　要　面对落实长三角一体化发展的国家战略及崇明岛新定位为世界级生态岛的形势，对上海轨道交通第三期建设规划中的市域铁路崇明线的工程特征、功能定位和建设需求进行分析，提出了崇明线建设的总体目标。为实现区域交通一体化的高质量、高水平发展，经综合分析，提出了前瞻性的线路总体规划方案，并分析及确定了线路的速度目标等级、系统制式和运营组织模式，可为崇明线未来的发展提供借鉴。

关键词　上海轨道交通崇明线；长三角一体化；线路规划

中图分类号　U212

DOI：10.16037/j.1007-869x.2022.01.002

Planning and Research of Shanghai Rail Transit Chongming Line Under the Background of Yangtze River Delta Integration

SHEN Jian

Abstract　In the situation of implementing Yangtze River Delta integration development as national strategy, and new positioning of Chongming island as a world-class ecological island, the engineering features, function orientation and construction requirements of the suburban railway Chongming Line in the third round of Shanghai rail transit construction planning are analyzed. The overall target for Chongming Line construction is put forward. Prospective route master plan is proposed for the development of higher quality and better level of regional transportation integration. The speed target, system format and operation organization mode of the line have been also analyzed and determined through comprehensive analysis, providing reference ideas for better future development of Chongming Line.

Key words　Shanghai rail transit Chongming Line; integration of Yangtze River Delta; line planning

Author's address　Technical Center of Shanghai Shentong Metro Group Co., Ltd., 201103, Shanghai, China

上海轨道交通崇明线（见图 1）是上海城市轨道交通第三期建设规划（2018—2023 年）中的一条市域铁路，沿线串联了重要枢纽、重要功能组团和崇明、长兴两岛的主要城镇，是崇明、长兴两岛间联动发展以及与上海中心城区快速联系的重要通道。规划的崇明线线路全长 44.6 km，共设 8 座车站、1 座车辆段和 1 座停车场。

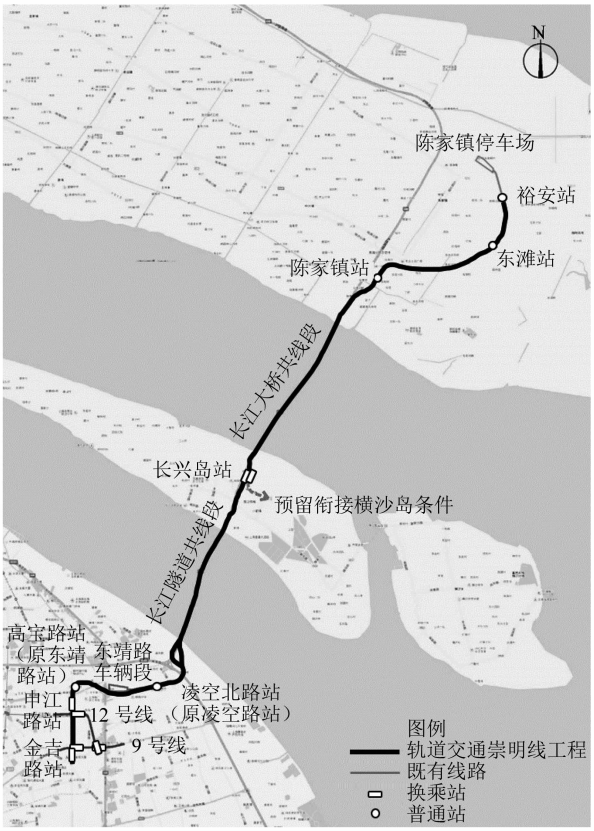

图 1　上海轨道交通崇明线建设规划线路示意图

Fig. 1　Schematic diagram of Chongming Line of Shanghai Rail Transit

在落实国家区域发展战略的特定历史时期，崇明岛规划新定位为世界级生态岛。崇明线作为联系上海市区与崇明岛的可辐射北上海的重大交通基础设施，如何前瞻性预留发展条件、积极响应网

* 上海市科学技术委员会项目（20dz1202902）

络高质量转型要求和建成何种模式的轨道交通系统是项目建设策划阶段需重点研究的问题。

1　崇明线的功能定位分析

1.1　规划条件变化

在 2006 版的《上海市轨道交通网络深化规划》中指出,利用长江隧桥工程的富余空间修建轨道交通崇明线,实现崇明三岛(崇明岛、长兴岛、横沙岛)联动。而在研究利用越江通道复合功能通行轨道交通可行性的同时,上海-崇明桥隧越江工程已开工建设,并将大桥的紧急停车带(硬路肩)和隧道段车道板下部空间作为预留空间待崇明线建设使用。由于当时预留通道条件有限,导致北港桥梁公路通行能力、公路和轨道交通同层布置安全性、南港隧道消防疏散能力、事故灾害状况下公路和轨道交通联动能力及轨道交通线路运能等方面不能满足现状标准及要求,故采用新建越江隧道方式,以确保公路与轨道交通的运营安全和各自的功能实现。

崇明线越江模式及方案的变更为线路建设提供了新的发展条件。在避免原预留通道方案带来运营安全风险的同时,崇明线在制式选型、建设规模、运营能力和预留发展等方面的选择空间更加充分。

1.2　区域交通一体发展的必要性

1.2.1　优势显著的地理区位可扩大影响力

崇明岛位于长江入海口,是长江口战略协同区的重要组成部分;北面与上海“北大门”江苏启东隔江相望,是与江苏接壤的直接门户地区;地理上有着上海大都市圈一体化发展的天然纽带作用。从崇明岛向北仅需一次越江即可与启东连接,能够极大地缩减沪苏两地的时空距离。崇明线作为长三角北部区域的战略通道,更应充分发挥其在区域交通一体化进程中的区位优势,可突破城市行政边界,进一步扩大上海对周边城市的核心影响力。

1.2.2　资源宝贵紧缺的长江口通道可充分发挥通道运输效益

既有长江口仅有 1 条上海—崇明—启东的公路过江通道(G40 沪陕高速公路),逢节假日交通异常拥堵,未来规划崇明岛越江通道有 S7 沪崇高速、北沿江高铁和沪崇线(远景)等。以上规划方案仅实现了崇明城桥镇及以西地区与上海的快速通达,但对于崇明岛东部地区的服务能力仍然较弱。崇明线作为唯一一条全地下的全天候东部越江通道,属于非常紧缺且重要的通道资源。其向北延伸至启东地区将能充分发挥长江口东部通道的廊道效应。

1.2.3　打通南北生态旅游走廊以实现区域生态共建发展

崇明岛是国家生态文明先行示范区创建的示范基地,主动对接服务长三角一体化国家战略,并与南通地区建立起规划协同机制。启东市沿江岸线策应崇明世界级生态岛的建设,已作详细的旅游发展带规划,未来将充分发挥圆陀角、吕四港和启隆北湖旅游增长极作用。崇明线延伸后将推动启东沿海和沿江旅游发展带与上海旅游资源的无缝对接,可以有效带动崇明与启东旅游经济的发展,引导和促进沿线开发,为启东和崇明生态岛城市化地区的建设提供交通基础,加快大量旅游产业类项目集聚。

1.2.4　上海与南通一体化发展的衔接可为各领域的全方位对接合作创造基础条件

江苏省启东市未来将充分发挥资源优势,形成“三极、两带、一心”(“三极”为圆陀角旅游增长极、吕四港旅游增长极、启隆北湖旅游增长级,“两带”为沿海旅游发展带、沿江旅游发展带,“一心”为汇龙镇旅游服务中心)的旅游发展格局,定位为“江苏沿海开发先导区,接轨上海港口城,江海交汇宜居地”;海门市滨江新区作为海门未来 20 年的核心发展板块,未来将逐步成为面向苏南、连通上海的门户发展区;南通新机场作为《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》中的重点发展任务,将建设为上海国际航空枢纽的重要组成部分。江苏省的海门、启东将在各个领域内全方位、深层次与上海接轨,崇明线应积极响应跨区域发展需求,进行北上连接江苏的方案研究。

综上,基于当前长三角区域发展一体化战略的新背景,崇明线不仅是崇明两岛与上海市区快速连接的越江通道,更是可以建设成为一条跨江、沿海、跨省的长江口协同战略发展的区域动脉线,未来还可与海门、启东地区铁路干线及市域线换乘衔接,以充分发挥市域线的快速直达、高度集约土地利用、促进客流走廊形成和带动沿线区域发展的强大作用。

2　崇明线的建设需求与目标

2.1　需求分析

1) 促进区域一体化发展。上海将与近沪地区形成同城化都市圈格局,崇明线作为长三角洲北面

的重要战略通道,需要为将来上海与南通融合发展所需的良好交通条件做好系统预留。

2）通道综合利用。崇明线作为唯一一条不受天气因素影响的过江通道,在满足技术条件和安全性要求的前提下,应更加高效地利用该通道资源。大盾构隧道空间除具备满足抢修人员运送和物资运输的功能外,也可考虑其他重大管线的综合铺设,并在灾害和特殊条件下,可承担应急战略物资运输的功能。

3）运营组织灵活。崇明线早晚高峰客流与非高峰客流差异显著。其客流影响因素多、敏感性高,尤其在节假日时段存在极端大客流。为兼顾运能、服务品质和经济效益的平衡,需采用更加灵活的运营组织模式。

4）运行速度更高。考虑战略通道的地位并预留向北或向南延伸的实施条件后,全线的旅行时间和速度应统筹考虑,相关专业接口及土建预留应满足都市圈与市域范围内乘客高效出行、快速通达的要求。

2.2 总体目标与要求

崇明线总体建设目标是建成为长三角区域(上海市域)轨道交通网络中的一条全天候、智能化和集约型生态市域线,主要建设要求如下:

1）大容量。受票制票价、节假日客流和越江条件等客流预测敏感性因素影响,崇明线各期全日客运量变化范围较大;部分车站节假日极端进出站客流可达工作日的 4.45 倍,因而,对车站和线路的快速疏解客流能力提出了更高要求,需采用大隧道、大车型、大编组的方案,为将来区域一体化发展的客流不确定性做好预留条件。

2）灵活性。本线高峰与非高峰时段客流差异大,早晚高峰小时客流占比分别达到 17%和 15%左右,而非高峰小时客流占比却不足 4%,故非高峰时段宜采用小编组列车以降低能耗、节省成本,同时还能保证较高的服务水平。而为应对特殊时段的大客流,在列车编组形式上应具备灵活多变性和快速响应能力。

3）快捷性。根据客流预测,本线中长距离出行客流比重高,平均运距达 17~20 km,且组团客流明显。浦东段与崇明段之间的通勤客流、旅游客流在整条线路中的占比较高。其中浦东段、长兴岛、崇明岛各组团交换客流中,浦东段与长兴岛之间的交换客流约占 35%,浦东段与崇明岛之间的交换客流约占 25.7%,与两岛相关的客流约占 64%。本线应考虑南、北端延伸后,以及直通运营条件下对更高旅行速度的需求,以实现组团客流的快速直达。

4）舒适性。崇明线的定位是兼顾通勤和旅游功能的市域线。根据市域线舒适度要求、乘客平均旅行距离和旅游线服务品质需求,应采用低站立密度标准,并针对客流情况优化坐席布置。

5）安全性。目前越江段区间站由长江北港和南港两段组成,隧道全长分别为 9.8 km 和 9.0 km,对应的两个长区间站间距达 12.1 km 和 12.9 km。长大隧道的防灾及特殊工况下的区间救援方案设计是线路建设的重要问题,应确保紧急情况下人员的安全和应急救援的高效率。

3 崇明线的总体方案

3.1 线路总体方案设想

1）与市域网络融合。崇明线南端可与上海轨道交通 9 号线、上海轨道交通 12 号线换乘,为充分体现生态旅游线定位以及与市域网的融合性,崇明线南端预留延伸条件后可与规划的上海轨道交通 21 号线和曹奉线联通,或选择在迪士尼站与机场联络线、曹奉线、上海轨道交通 21 号线进行换乘,从而在市域范围内增强与迪士尼国际旅游度假区的通达性,进一步提升浦东综合交通枢纽作为长三角区域核心门枢纽的服务能力,设想方案如图 2 所示。

2）与市郊地区发展结合。崇明线具有市域线路客流特征,可借鉴巴黎 RER 线和道克兰轻轨的线路敷设经验,利用规划的横沙岛支线和崇明岛东西向局域线通道,预留长兴岛通往横沙岛和崇明岛通往城桥镇的支线接岔条件。通过末端支线可增加客流效益,开行更加灵活的运营交路,在提升崇明地区居民、游客和通勤乘客出行便捷性的同时,也提高了共线通道的利用率。

3）与区域交通衔接。崇明线北端终点预留向启东市延伸互联的条件,从上海三次越江后可直达启东市,与启东市旅游产业规划发展区域直接对接,以弥补北沿江高铁对启东东部地区服务的不足。线路在启东市域范围也可与宁启铁路和规划沪崇启铁路对接,充分发挥区域一体化交通不同层次和功能的线网融合优势,进一步促进江苏省海门、启东与上海跨界协作发展。设想方案如图 3 所示。

图 2　崇明线与市域网络融合方案

Fig. 2　Integration scheme of Chongming Line and suburban network

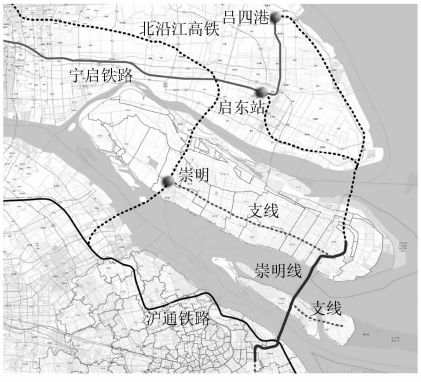

图 3　崇明线与市郊、区域交通衔接方案

Fig. 3　Integration scheme of suburban area and regional traffic with Chongming Line

3.2　系统选型

3.2.1　速度目标值

市域线是中心城、外围城镇、组团和枢纽等之间中长距离客流服务的联系通道，应体现快速到达功能。其可分段限定时间目标，但全程运行时间不宜大于 1 h。依据长三角轨道交通客运网的多层体系，市域线的最高运行速度应在 100 ~ 160 km/h 之间。

通过对东京、巴黎和伦敦等都市圈市域线的最高设计速度与旅行速度分析，其线路等级速度都不低于 110 km/h，且快车旅行速度可达 50~70 km/h。若以新城与中心城 1 h 可达为出行时间目标（系上海交通发展白皮书及上海市城市总体规划的要求），且考虑将启东纳入上海市 1 h 轨道交通通勤圈，选择人民广场为中心城基点进行大站车（仅停靠启东、裕安站、陈家镇站、长兴岛站、申江路站、金吉路站）运行时间测算（金吉路站—人民广场站采用最短地铁路径计算时间为 29 min），分析结果见表 1。崇明线时间目标见图 4。

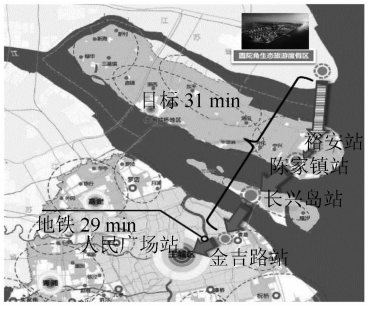

图 4　上海 1 h 轨道通勤圈下的时间目标

Fig. 4　Time target within Shanghai 1-hour rail commuter circle

表 1　崇明线在不同速度等级下采用大站车运行的时间测算结果

Tab. 1　Running time estimation of express train on Chongming Line at different speed

线路等级速度/(km/h)	裕安站—人民广场站用时/min	陈家镇站—人民广场站用时/min	启东(圆陀角)站—人民广场站/min
120	55.4	49.5	68.8
140	53.2	47.7	65.0
160	51.8	46.6	62.7

注：本表不含换乘及等候时间。

若要满足裕安站至中心城的出行时间目标，则崇明线速度目标值最低为 140 km/h；若仅满足陈家镇站至中心城的出行时间目标，则速度目标值最低为 120 km/h；若考虑线路南北端的延伸，服务于长三角区域及更大的上海市域范围时，随着线路长度的增加会对旅行速度提出更高的要求，并且高等级线路速度优势将会发挥得更为显著。因此，综合考虑崇明线在上海市域和长三角区域的服务目的及功能，160 km/h 的速度目标值更适合线路的功能定位。

3.2.2　车辆与供电制式

目前，速度为 120 ~ 160 km/h 的市域轨道交通车辆与供电制式的主要应用情况见表 2。当选择最高运行速度为 160 km/h 车辆时，应采用 AC 25 kV 接触网供电制式（第三轨受流方式的最高速度限制

为 120 km/h),其较长的供电距离能够很好地适应长大越江区间的供电需求,同时具有线损小、牵引所投入低等优势。参照市域线标准规定,崇明线选择市域 A 型车,站立密度为 4 人/m^2。

表 2　供电制式与最高运行速度分析

Tab. 2　Analysis of power supply format and highest operation speed

最高运行速度	供电制式				
	DC 1 500 V	AC 25 kV		DC 1 500 V+AC 25 kV 双流制	
	地铁	地铁	铁路	地铁	铁路
120 km/h	已成熟应用	暂无案例	暂无案例	重庆跳江线(建设阶段)	暂无案例
140 km/h	可利用 120 km/h 平台设计(国内暂无)	成都 17 号线、18 号线	温州 S1 市域车(成熟应用)	双流制市域车(策划阶段)	城际市域动车组(试验阶段)
160 km/h	青岛青平线(前期策划)	成都 19 号线二期、重庆璧铜线(前期策划)	北京新机场线	暂无案例	暂无案例

3.3　运营组织方案

3.3.1　快、慢车交替运行

根据时间目标和组团客流分析,崇明线有必要采用快、慢车交替运行的组织模式,考虑早高峰上、下客流总量及车站等级,快、慢车运行设想方案如图 5 所示。高峰时段,大站车与普通车宜 1∶1开行,非高峰时段每小时可根据需要开行 1 列或 2 列大站车。

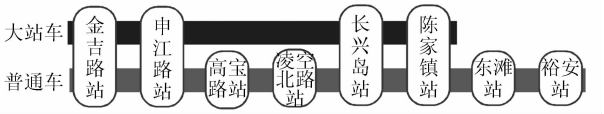

图 5　崇明线高峰时段快、慢车开行方案示意图

Fig. 5　Local and express train operation scheme of Chongming Line during peak hours

若考虑线路向南、北延伸,则迪士尼度假区、金桥、长兴岛、崇明岛和启东之间的组团交换客流对快速直达的需求更为凸显。

3.3.2　灵活编组分析

根据预测客流,线路运营初期和近期高峰时段可考虑 3~6 辆编组列车混跑(初期和近期的大站车采用 3 辆编组,普通车采用 6 辆编组,远期全部为 6 辆编组),运能可满足需求且有一定余量;非高峰时段只开行 3 辆编组列车,既降低牵引能耗及车辆使用成本,又提升了非高峰的服务水平,不同编组列车开行方案见表 3。初期可采购具有灵活编组功能的“3+3”列车,并能在车辆基地、正线和停车线根据客流差异需求实现快速连挂和解编功能,后期车辆增购则直接采购全部贯通的 6 辆编组列车。

此外,受客流预测敏感因素影响,崇明线部分车站宜实现“6+6”大编组列车连挂运行的条件以应对未来区域一体化发展带来的客流增长,可在东滩、长兴岛、金吉路等站预留“6+6”大编组列车的到发条件。

表 3　崇明线高峰及非高峰时段的列车开行方案

Tab. 3　Operation scheme of Chongming Line during peak and off-peak hours

时段	项目	初期	近期	远期
高峰	断面客流/(万人/h)	1.40	1.90	2.09
	列车编组/辆	3、6	3、6	6
	列车定员/(人/列)	588、1176	588、1176	1176
	开行对数/(对/h)	10(快)+10(慢)	11(快)+11(慢)	20
	运能/(万人/h)	1.746	1.940 4	2.352
	运能裕度/%	20.63	2.08	11.14
非高峰	断面客流/(万人/h)	0.35	0.475	0.523
	列车编组/辆	3	3	6
	列车定员/(人/列)	588	588	1176
	开行对数/(对/h)	8	10	10
	运能/(万人/h)	0.470 4	0.588	1.176
	运能富裕/%	25.60	19.22	55.53

4　结论

1)长三角区域发展正迈入一体化的新阶段,在上海要主动融入长三角协同发展的背景下,崇明线的规划设计面临着功能定位与需求、建设目标与理念如何同城市、区域和网络发展战略要求相一致,以及与区位特征相符合等重要问题。崇明线作为长三角北部区域线的重要组成,是上海区域的一条末梢线,应该建设成为一条全天候、大空间、高速度的市域线路。其速度目标值应定为 160 km/h,并预留南、北两端互联或衔接换乘的条件。

2)崇明线线位特殊,基于未来区域交通一体化发展和客流预测的风险性问题,需充分考虑未来发展需求,车站规模及线路运能需要预留一定的空间。可采用市域 A 型车,远期高峰小时最大开行对数为 24 对/h,系统能力应按 30 对/h 预留。

3)崇明线运营组织方案应具备随客流变化的

适应性和灵活性。基于客流在非高峰、高峰时段的显著差异性,以及节假日潜在的极端大客流、远期发展的不确定性等,应具备更加灵活的运营组织模式,主要体现在运行交路、车辆编组和运行时间上的灵活性。

4)崇明线的延伸方案应综合考虑战略通道作用、线路功能定位、乘客出行需求、网内线路换乘与其他市域线路的衔接等问题进行专项研究。

参考文献

[1] 宋键,申伟强. 上海市轨道交通 2 号线系统总体建设目标的思考[J]. 城市轨道交通研究,2005(6):66.
SONG Jian, SHEN Weiqiang. Overall construction target of Shanghai Rail Transit Line 2[J]. Urban Mass Transit, 2005(6):66.

[2] 蔡润林. 基于服务导向的长三角城际交通发展模式[J]. 城市交通,2019(1):19.
CAI Runlin. Service-oriented development for intercity passenger transportation within Yangtze River Delta[J]. Urban Transport of China,2019(1):19.

[3] 王仲林. 广州地铁 21 号线快慢线规划设计与实践[J]. 都市快轨交通,2018(3):52.
WANG Zhonglin. Planning and design of the express and local line of Guangzhou Metro Line 21[J]. Urban Rapid Rail Transit,2018(3):52.

[4] 张明辉. 新时代下的长三角铁路系统规划探讨[J]. 交通企业管理,2018(3):81.
ZHANG Minghui. Discussion on the planning of the Yangtze River Delta railway system in the new era[J]. Transportation Enterprise Management,2018(3):81.

[5] 惠彦,单宁. 跨界的轨道交通连接——上海—太仓[J]. 城市轨道交通研究,2009(9):14.
HUI Yan,SHAN Ning. Connection of mass transit between different cities—a case study of Shanghai and Taicang[J]. Urban Mass Transit,2009(9):14.

[6] 沈杨,李泽灏. 专家谈如何促进长三角综合交通一体化、更高质量服务国家战略[J]. 城市轨道交通研究,2018(12):42.
SHEN Yang, LI Zehao. Experts discussing about how to promote the national strategy of comprehensive transportation integration and higher quality service in the Yangtze River Delta[J]. Urban Mass Transit,2018(12):42.

(收稿日期:2020-12-21)

(上接第 5 页)

[6] 王智鹏,武远萍. 城市轨道交通网络动态瓶颈识别方法[J]. 长安大学学报(自然科学版),2015(1):198.
WANG Zhipeng,WU Yuanping. Dynamic bottleneck identification method of urban rail transit network[J]. Journal of Chang′an University (Natural Science Edition),2015(1):198.

[7] 戎亚萍,齐向春,李博,等. 考虑多编组方案的轨道交通车辆购置策略研究[J]. 交通运输系统工程与信息,2017(6):197.
RONG Yaping, QI Xiangchun, LI Bo, et al. Vehicle Purchase strategy considering multi-group train operation for urban rail transit[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology,2017(6):197.

[8] 王志海. 轨道交通终点站折返能力分析及改进研究[J]. 城市轨道交通研究,2012(4):96.
WANG Zhihai. Analysis and improvement of the turn-back capacity at rail transit terminal[J]. Urban Mass Transit, 2012(4):96.

[9] 朱沪生,洪海珠,丁建中. 城市轨道交通车辆基地出入段扩能方法研究[J]. 城市轨道交通研究,2011(4):17.
ZHU Husheng, HONG Haizhu, DING Jianzhong. On capacity enlargement of depot exit-entry of urban rail transit[J]. Urban Mass Transit,2011(4):17.

[10] 李国胜,尹魁元. 大连快轨 3 号线供电系统扩能改造方案研究[J]. 电气化铁道,2014(1):48.
LI Guosheng, YIN Kuiyuan. Study on expansion and reconstruction scheme for power supply system of Line 3 of Dalian Light Rail[J]. Electric Railway,2014(1):48.

[11] 单宁. 上海轨道交通 1 号线莘庄站运营配线能力提升改造研究[J]. 隧道与轨道交通,2019(2):31.
SHAN Ning. Study on improvement of line allocation and operation capacity of Xinzhuang station of Shanghai Rail Transit Line 1[J]. Tunnel and Rail Transit,2019(2):31.

[12] 中国城市轨道交通协会. 中国城市轨道交通 2018 年度统计和分析报告[R]. 北京:中国城市轨道交通协会,2019.
China Association of Metros. Statistics and analysis report of China′s urban rail transit in 2018[R]. Beijing China Association of Metros,2019.

[13] 毕湘利. 当前轨道交通发展中几个技术问题的思考[J]. 城市轨道交通研究,2018(5):36.
BI Xiangli. Reflect on technical problems for urban rail transit development in current China[J]. Urban Mass Transit, 2018(5):36.

(收稿日期:2020-02-10)