

# 城市轨道交通既有有线扩能改造分类及其实实施要点

王少楠 邱丽丽

(北京城建设计发展集团股份有限公司, 100037, 北京//第一作者, 高级工程师)

**摘要** 基于现阶段轨道交通线路面临着设备寿命到期需要更换,以及新建线难以缓解既有有线客流压力的现状,从既有有线扩能改造的定义入手,分析其必要性。阐释了既有有线车站工程升级、车辆扩编、运能扩能、线路调整及综合类与其他类等改造,对其实施要点进行了分析。

**关键词** 城市轨道交通;既有有线;扩能改造

**中图分类号** U231.3

**DOI**:10.16037/j.1007-869x.2022.10.033

## Types of Urban Rail Transit Existing Line Capacity Expansion and Implementation Key Points

WANG Shaonan, QIU Lili

**Abstract** Based on the current situation that rail transit lines face the need to replace equipment at the end of service life, and the newly built lines find it difficult to relieve the passenger flow pressure of the existing lines, the necessity is analyzed from the definition of existing line capacity expansion and reconstruction. Different types of transformation such as the upgrading of existing line stations, vehicle formation expansion, transportation capacity expansion, line adjustment, as well as comprehensive reconstruction and others are expounded with an analysis of the implementation key points.

**Key words** urban rail transit; existing line; capacity expansion and reconstruction

**Author's address** Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Ltd., 100037, Beijing, China

目前,随着城市发展及城市轨道交通运营时间的推移,先期建设的城市轨道交通线路运营已经 10 多年,例如北京地铁 13 号线、长春轻轨 3 号线等,面临着设备系统到期,各条线路的运营问题逐渐凸显而影响运营安全的问题。因此,有必要对既有有线进行改造。

近几年,随着北京市城市轨道交通二期建设规划修编,北京市提出“改造一批、优化一批、新建一批”的指导思路,以期通过对既有有线的提质增效,解

决北京城市轨道交通面临的困境。参照日本近 30 年的改造经验<sup>[1]</sup>,北京近年来进行了很多对于既有有线扩能改造的尝试,如 1 号线-八通线贯通工程、房山线-9 号线跨线改造工程。

本文主要对城市轨道交通既有有线的扩能改造进行分析,提出不同的扩能改造类型及相应的实施要点,旨在为后续城市轨道交通既有有线扩能改造的设计提供借鉴。

## 1 城市轨道交通既有有线扩能改造的定义

### 1.1 既有有线扩能改造的内涵

既有有线改造,是指对既有城市轨道交通线路进行的相关改造;既有有线扩能改造是指对既有城市轨道交通线路的客流承载能力进行的改造,使之能够满足既有有线的正常运营以及乘客的基本出行需求。这种能力既可指线路的系统能力,包括提高线路运能、供电能力等;亦可指单个车站的使用能力,包括楼梯扶梯的通过能力、站台的客流承载能力等。总体而言,城市轨道交通扩能改造就是为了满足安全运营及乘客出行而进行的扩大能力的改造。既有有线扩能改造的同时,往往会伴随其他专业,如风、水、电等的改造。

### 1.2 扩能改造的必要性

首先,随着运营时间的推移,既有有线的设备系统面临着寿命到期、老化等问题。同时随着科学技术的发展以及设备系统的更新,既有系统已不能满足正常运营,需要通过扩能改造,提升线路的安全性及稳定性。

另外,随着城市的发展、城市轨道交通沿线土地开发利用成熟区的建成,既有有线的设计能力已经不能满足乘客的出行需求,出现了线路满载率过高、车站站台拥挤、站外排队时间长等诟病,不能体现“以人为本”的设计理念。而且,随着城市轨道交通多年的运营,车站周边已经形成稳定的客流,新建地铁线路难以缓解既有有线的压力<sup>[2]</sup>。因此,需要

通过扩能改造,解决既有系统运能不足的问题。

此外,随着近年来国家政策的影响,国家对城市轨道交通等基础设施的投入越来越谨慎,各省市决策者着眼于对既有线的改造,希望借由既有线扩能改造,通过较少的代价解决城市交通问题。

## 2 扩能改造的类型

城市轨道交通是一种庞大而复杂的系统,涉及到的改造内容非常多。扩能改造的类型如下:

### 2.1 既有线路站工程升级改造

此类改造主要是针对车站、线路土建部分的改造。车站改造的主要原因是单个车站不能满足客流承载能力,引起的出入口和楼扶梯数量的增加,站台和通道的加宽,以及站厅扩建等的改造,使之满足客流需求,从而提高车站的使用能力。这种扩能改造属于单点能力的提升改造。

例如,日本东京的北绫濑站,位于千代田线支线上的一个车站,1979 年开通运营以来,3 辆编组的列车在该支线上折返运行。北绫濑站原先仅能应对 3 辆编组的较短站台。由于乘客的增加,对既有车站进行了站台延长、增设联络通道、新建出入口等改造(见图 1),从而提高了车站的使用能力。

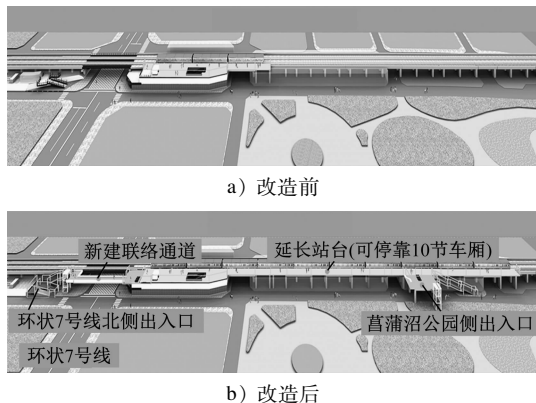


图 1 日本东京千代田线北绫濑站改造前后对比方案

Fig.1 Comparison schemes before and the reconstruction of Kita-ayase Station on Chiyoda Line in Tokyo, Japan

目前,北京地铁 13 号线既有车站上地站,通过增长站台、扩大站厅、增加出入口和楼扶梯等措施进行更新改造<sup>[3]</sup>,以满足乘客使用需求。

另外,存在道岔号数、配线形式等不满足要求引起车站起、终点站折返能力的不足。此类改造通过对道岔、配线形式进行改造,以满足折返要求,可提高既有线的运能。如上海轨道交通 1 号线莘庄站<sup>[4]</sup>,通过对既有道岔进行改造,将折返最小间隔 2

min 45 s 调整为 2 min,提升了线路通过能力。

### 2.2 既有车辆扩编改造

此类改造往往以扩编为主要目的,即通过扩大编组形式,解决线路满载率过高问题。但这种改造不仅增加了站台长度的土建改造,往往还涉及到设备、车辆、车辆段等的改造。

日本东京目黑线目黑站—田园调布站区间的车站,以及田园都市线的各座车站等均进行过相关改造,即将原先的 4 节编组扩编为 6 节编组。

上海轨道交通 1 号线<sup>[5]</sup>建成后,客流不断增长。为扩大运能,实施了 6 节编组改 8 节编组的工程,以满足客流需求。

### 2.3 既有线路系统扩能改造

系统扩能改造一般指的是为提高线路通过能力,而进行的相关专业系统的改造。

设备类的扩能改造主要是与系统追踪能力相关的,如供电及信号系统进行的改造。将既有线的使用能力通过对信号、供电的改造,使之实现与客流相匹配的运能,使线路通过能力与供电能力相匹配,以及信号系统性能与列车追踪能力相匹配。城市轨道交通投资巨大,因此信号、供电等的扩能改造,往往伴随着设备寿命到期而改造,在提高系统能力的同时,可提高线路运营的稳定性。

如北京地铁 2 号线通过信号系统改造,最小发车间隔由原来的 3.5 min 缩短至 2.5 min,2015 年最小发车间隔再次缩短至 2.0 min,大大缓解了客流压力,为乘客提供了安全、便捷、稳定、可靠的出行体验。

### 2.4 既有线路网线路调整类改造

此类改造往往受既有线路自身条件限制,不能对该线路进行改造,或通过自身改造仍解决不了客流需求,或城市发展用地发生调整,既有线路已不能满足沿线客流需求。在此情况下可通过对既有线路网中的线路进行调整,或通过新建线或与其他既有线路进行组合改造,以提高运能。

如日本目蒲线的拆分改造可作为一个例。该线于 1923 年开通运营,在 2000 年被拆分为目黑线和多摩川线(见图 2),其改造原因是近邻的东横线因考虑向东京都心区域方向的客流需求会增加,使得东横线的拥挤情况可能会进一步加剧,因此,提出了将目蒲线的目黑站至田园调布站进行拆分,改名为目黑线,并由原来 4 节编组调整为 6 节编组的方案。

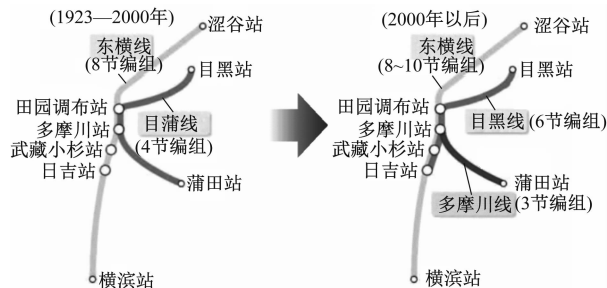


图2 日本目蒲线拆分改造案例

Fig. 2 Line split reconstruction case of Mekama Line in Japan

## 2.5 综合类改造

综合类改造是对上述改造类型进行多种组合,通过扩编或新增线路,在提高线路通过能力的同时,对个别车站进行土建改造,提高单个车站的使用能力;通过信号和供电系统的改造,对线路进行更新改造或提质增效。此类改造越多,往往涉及其他相关专业的改造亦越多。

如北京地铁13号线扩能改造(见图3)。目前,13号线东、西两段客流差异较大,且西段客流满载率高,不能满足线路西部区域的客流需求;北部回龙观及天通苑设站少、限流严重;13号线设备系统老化,需要全线更新改造。因此,在西二旗至回龙观区间附近将既有13号线拆分,形成两条位于城市北部的交叉“X”型线路,即13A线和13B线。

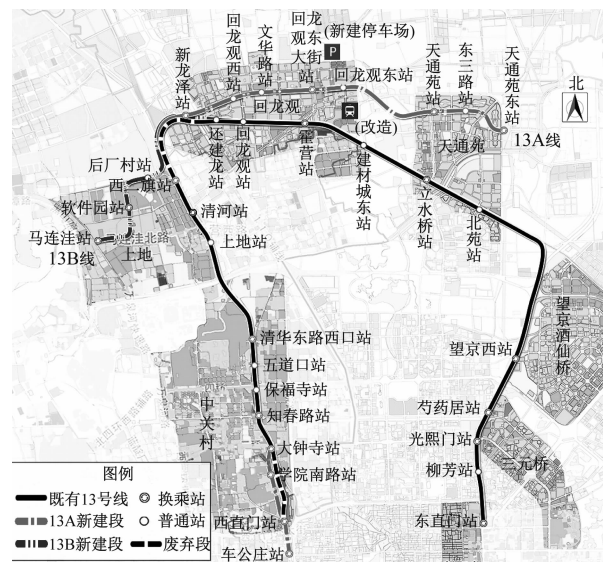


图3 北京地铁13号线扩能改造方案示意

Fig. 3 Diagram of Beijing Metro Line 13 capacity expansion and transformation

## 2.6 其他类改造

### 2.6.1 运营组织方案优化

通过采用区间插车、超强超常运营图等措施对

运营组织方案进行调整及优化,以提高局部线路的运能。

如北京地铁1号线为增加晚高峰时段运能,削减上行方向建国门站以东列车的拥挤度,于17:40、17:55、18:10从四惠车辆段发送3组空车至东单站,于18:00、18:15、18:30、18:45分别从东单站发车,东单站—四惠东站共开行4列列车。列车在四惠东站使用双折返和下行通过的方式减少压车,最终列车返回四惠车辆段。通过采取该措施,使得1号线局部区段晚高峰时段最小行车间隔突破2 min,其中上行线为1 min 46 s;上行线最大列车拥挤度预计由原来的67.0%降至58.9%。

### 2.6.2 拆除座椅

在确保车辆结构安全的前提下,拆除既有列车部分客室座椅,增加乘客站立面积以实现运能的提升。

如,北京地铁10号线于2019年对10列列车进行拆除座椅改造,将车辆满载率降低。

## 3 不同扩能改造工程的实施要点

不管何种类型改造,都是在既有线的基础上进行的改造。因此,其均应遵循的原则是,在不中断既有运营的前提下(根据实际情况,中断运营的时间可不大于7 d),最大限度地减少对既有运营的影响<sup>[6]</sup>。

另外,旧标准与现行标准中存在的冲突问题,需从实际出发,从对既有运营的影响、投资的控制等角度合理制定改造的标准和原则。

### 3.1 既有线路站工程升级改造

此类改造的特点是既有车站设计难以承载客流压力或服务水平较低,需对站厅、站台规模扩大并增加相应设施;既有车站受周边现状环境的影响及控制,往往改造的空间有限,改造难度较大。

此类改造的实施要点主要有:

1) 改造应结合城市更新同步进行。建议从区域层面统筹,结合周边用地、交通等进行一体化改造,以提升城市活力、解决交通问题。

2) 合理选择改造标准。既有车站结构往往不能满足抗震等现行标准的要求。若采用现行标准,将会对既有结构产生颠覆性影响。建议新建线采用现行标准,既有线采用旧标准。

3) 实施过程中应加强对既有线的防护。在既有轨道上方搭建防护罩棚,尽可能采用装配式构件

或钢结构构件,以减少现场施工作业、提高施工效率。

4) 道岔类的改造,一般情况下会引起信号系统、车辆等其他设备专业的调整。若进行整体道床的改造,则需要考虑混凝土的养护周期;若因限界不足而引起土建的改造,将会涉及到线路的停运。

### 3.2 既有车辆扩编改造

既有车辆扩编改造的实施难点主要体现在因扩编引起的其他项目的改造。这些改造的实施要点如下:

1) 若土建未预留,则将涉及到车站土建的扩编改造。

2) 需核实车辆扩编对设备系统的影响,尤其是供电能力是否满足要求。

3) 需核实车辆段是否能够满足扩编后车辆的停车及检修,以及进行相应改造的需求。

### 3.3 既有系统扩能改造

既有系统扩能改造涉及到的设备系统改造的实施要点主要是:

1) 新旧设备共存,注重过渡方案。为不中断运营,需要新旧设备共存,而既有用房有限,需要考虑安装、调试等空间;倒接时新旧管线交织,管线较为复杂且安装空间可能不足。

2) 倒接调试需与运营密切配合。新系统安装、新旧系统倒接调试、最终的联调联试和系统验收、运营接管等,应与运营密切配合。

3) 处理专业之间的接口。一个系统的改造往往会引起其他相关系统的改造,应做好系统间接口专业的调整、接口位置的处理、接口协议的制定等工作。

### 3.4 线路调整类及综合类改造

此类改造多为多种改造同步进行,涉及到改造的专业亦更多,改造更为复杂,往往“牵一发而动全身”。多专业交叉作业,改造实施难度大、周期长、风险高。实施改造的难点主要包括:

1) 梳理改造原则,明确改造范围,制定改造标准,确保改造工程的可实施性及可控性。

2) 各专业协调配合,需要进行全过程、全方位的总体统筹,精心做好总体工序筹划方案。

3) 做好供电、通信等系统的过渡方案,提出保护措施及应急预案,以确保运营安全。

4) 制定运营专项保护措施,降低运营风险,保证不停运或停运时间最小。

### 3.5 其他类改造

通过运营组织调整、拆改座椅等提升运能的改造难度相对较小。其特点是固定投资少、见效快、扩能效果针对性强、实施较容易、安全性较高。

通过运营组织调整,即通过优化行车组织及运营管理等“软措施”,挖掘系统潜力,实现高客流区域的运能提升。如加开空车、增加折返等。其实施要点是在避免造成压车、晚点等运营问题的前提下,挖掘系统潜力,对运行图进行优化调整。

## 4 结语

1) 任何类型的改造,都需要保证既有线的运营安全、乘客的方便使用,避免产生较大的社会影响。如2017年春运期间,对上海轨道交通1、2、8号线的相关车站进行停运改造,最大程度上保证了施工质量,同时对乘客的出行影响降到了最低。

2) 既有改造项目应与负责运营的相关部门进行配合和沟通,在保证降低运营风险的前提下,尽可能缩短工期、简化实施步骤。

3) 应重视过渡方案,做好实施工序筹划方案,避免对既有产生不利影响。

4) 扩能改造工程采用的标准,应根据实际情况与新建工程采用的现行标准有所区分,通过专题论证对其进行确定,在保证工程安全可靠的同时应具备可实施性。

## 参考文献

- [1] 贺鹏. 东京轨道交通互联互通对北京的启示[J]. 城市轨道交通研究, 2016(3): 87.  
HE Peng. Experiences of Tokyo rail transit inter-connection-inter-working and lessons for Beijing[J]. Urban Mass Transit, 2016(3): 87.
- [2] 徐成永, 叶轩, 宣晶. 轨道交通运行效果评估、客流特征分析和对策研究[J]. 都市快轨交通, 2019(6): 44.  
XU Chengyong, YE Xuan, XUAN Jing. Operational evaluation, characteristic analysis and development strategy of urban rail transit in Beijing[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2019(6): 44.
- [3] 北京城建设计发展集团股份有限公司. 北京轨道交通13号线扩能提升工程可行性研究报告[R]. 北京: 北京城建设计发展集团股份有限公司, 2020: 26-33.  
Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Ltd. Feasibility study report on capacity expansion and upgrading project of Beijing Rail Transit Line 13[R]. Beijing: Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Ltd., 2020: 26-33.

(下转第186页)