

# 一种适用于远期拆解的线路与站型设计方法

任碧能

(广州地铁设计研究院股份有限公司, 510010, 广州//高级工程师)

**摘要** 目的:随着城市规划和地铁线网的发展,远期地铁线网不可避免出现拆解的情况,为降低远期地铁线路拆解的难度和代价,通过对我国既有的丰富的地铁线路拆解项目案例的调研,充分吸收和分析了众多拆解方法的优点和不足,提出了一种适用于远期拆解的地铁线路与站型设计方法。方法:通过线路平纵设计软件,进行数字化线路平面设计和纵断面设计,设计2条线路交汇处具备站台平行换乘条件,设置四线双岛站台,站台前后配置丰富灵活的配线组合,考虑前后线路立交段的纵向施工安全净距,预留好近远期延伸施工条件,利用道岔的分向功能实现拆解。结果及结论:该地铁线路与站型设计方法只适用于在规划、设计阶段提前进行设计预留且具备两线站台平行换乘和区间立交条件的情况。该地铁线路与站型设计方法不仅适用于地下敷设形式,也适用于高架或者地面敷设形式。结果表明,该地铁线路与站型设计方法能避免对既有结构造成破坏,不会产生废弃工程,施工风险和难度低,工程费用低,换乘便捷,运营组织丰富灵活,具备互联互通和线网资源共享功能,既能服务近期的客流发展需求,又能满足远期城市规划调整的变化需求,能产生很好的社会、经济和技术效益。

**关键词** 城市轨道交通;地铁线路设计;拆解;数字化;建筑信息模型

**中图分类号** U231

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2023.08.044

## A Method of Line and Station Design Suitable for Future Disassembly

REN Bineng

**Abstract** Objective: With the development of urban planning and metro line networks, the future disassembly of metro line networks becomes inevitable. To reduce the difficulty and cost of this assignment, by investigating numerous existing metro line disassembly projects in China, the merits and shortcomings of various disassembly methods are fully taken in and analyzed, thus a new method of metro line and station design suitable for future disassembly is researched and proposed.

**Method:** Using line level and longitudinal design software, the line planar layout and longitudinal cross-section are digitally designed. The intersection of two lines equipped with parallel

interchange platform is designed, a four-track, double-island platform with various and flexible auxiliary line combinations at platform front and end is set up. Considering the vertical construction safety clearance between the front and rear elevated lines in intersecting sections, the future extension construction conditions are preserved pertaining to the directional function of turnout to facilitate disassembly. **Result & Conclusion:** This method of metro line and station design is applicable only when it is preserved in the planning and design stages, including parallel interchange platforms and interval vertical intersecting conditions. The proposed method can be applied to underground laying, as well as elevated or ground level laying. Results show that the proposed method can avoid damage to existing structures, prevent wasteful projects, reduce construction risks and difficulties, lower project costs, provide convenient interchange options, enable flexible operation organization, and facilitate interoperation and resource sharing within the network. It can meet the demands of both serving current passenger flow development and satisfying future urban planning adjustments, thereby generating significant social, economic, and technological benefits.

**Key words** urban rail transit; metro line design; disassembly; digitalization; BIM

**Author's address** Guangzhou Metro Design and Research Institute Co., Ltd., 510010, Guangzhou, China

随着地铁线网建设规划的发展,规划及客流等会发生较大变化,需要对已建的地铁线路进行拆解,以便满足未来地铁线网及其他地铁线路发展的需要,可见,当城市地铁线网建设发展到一定阶段时,地铁线路拆解是需要攻克的重要课题和技术难点。

我国学者已对我国有关城市的地铁线路拆解项目进行过研究和总结。这些拆解方法形式丰富且具有实用性,但又各有不足。本文深入分析众多拆解案例的优点及不足,提出了一种适用于远期拆解的地铁线路与站型设计方法,对于如何实现该地

铁线路设计拆解方法进行了详细的论述,以便于读者能够掌握该地铁线路拆解方法,应用到地铁线路拆解领域,创造更好的社会、经济及技术效益。

## 1 既有的拆解项目

目前,我国众多拆解项目存在诸多不足。

广州地铁 2 号线与 8 号线的拆解工程<sup>[1-2]</sup>、广佛线与佛山 6 号线的拆解工程<sup>[3-4]</sup>、厦门地铁 6 号线与 9 号线的拆解工程<sup>[5]</sup>等项目:均为地下拆解;均提前进行线网规划预留,在车站端部预留了道岔分向条件;与延伸线路相冲突的一个既有区间土建结构需要废除,产生废弃工程,另一个既有区间变成联络线使用;拆解的 2 条地铁线还需要延伸一站一区间,新增 1 座换乘站实现换乘,增加了工程投资。

南通市地铁 1 号线拆解工程<sup>[6]</sup>项目:为地下拆解,提前进行了规划预留;既有的 1 段区间结构可以拆解后转换为 2 条联络线,不会产生废弃工程;需要在区间中部增设道岔井进行明挖施工,增加了工程费用。

广州地铁 3 号线支线拆解工程项目<sup>[7]</sup>:为地下拆解;没有提前进行线网规划预留,也没有预留设置道岔分向;需要对既有区间结构进行凿除,施工风险和难度都很大;需要停运很长时间,对运营和社会影响大。

宁奉(宁波—奉化)城际铁路拆解工程项目<sup>[8]</sup>:为高架拆解;在高架区间提前规划预留了高架拆解条件;拆解后可以实现 2 条独立运营的线路;近期实施条件好、投资小,远期车站换乘通道长、换乘不便捷;拆解后无联络线,无法实现线网资源共享,运营组织灵活性差。

天津 6 号线和 8 号线拆解工程项目<sup>[9]</sup>:为地下拆解;双岛四线方案没有充分利用土建结构已建空间来丰富配线形式组合,不利于运营组织、调度和线网资源共享;叠岛四线方案,需采用地下三层,增加了车站埋深;仅有单渡线,无法在该站运营灵活调度;区间需要叠线立交,增加运营能耗,不利于区间联络通道设置。

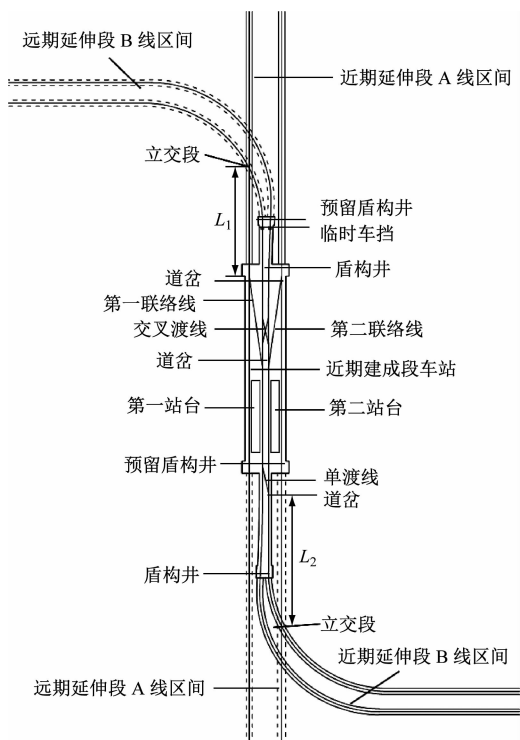
## 2 地铁线路与站型设计方法

基于对既有拆解项目的分析,本文提出一种适用于远期拆解的地铁线路与站型设计方法。

### 2.1 设计思路

该地铁线路与站型设计方法的设计思路是根

据地铁设计规范<sup>[10]</sup>要求,通过线路平纵设计软件进行数字化线路平纵设计,设计 2 条线路汇交处具备站台平行换乘条件,设置四线双岛站台,在站台前后配置丰富灵活的配线组合,预留好近远期施工延伸条件,利用道岔分向功能进行拆解,从而实现地铁线路设计的拆解、互联互通及线网资源共享。适用于远期拆解的地铁线路与站型设计思路如图 1 所示。



注: $L_1$ 、 $L_2$  分别为 2 条线路从车站道岔端部到远期区间立交段端部的距离。

图 1 适用于远期拆解的地铁线路与站型设计思路示意图

Fig. 1 Diagram of metro line and station design idea applicable for future disassembly

#### 2.1.1 线路汇交处应具备站台平行换乘条件

对于在线路规划阶段和设计阶段就考虑线路进行远期拆解的线路,在线网规划、建设规划、工可阶段及初步设计等阶段,可应用线路平纵设计软件进行数字化线路平面设计:一条线路沿直线敷设走向不变;对于另一条线路,通过在站台前后分别设置交点  $J_D$ 、圆曲线半径  $R$ 、前缓和曲线长度  $L_q$ 、后缓和曲线长度  $L_h$  等平面交点曲线要素,来实现线路站台前后区间线路的平面转弯,进而确保 2 条线路交汇具备站台平行换乘条件。线路平面交点曲线要素如图 2 所示。

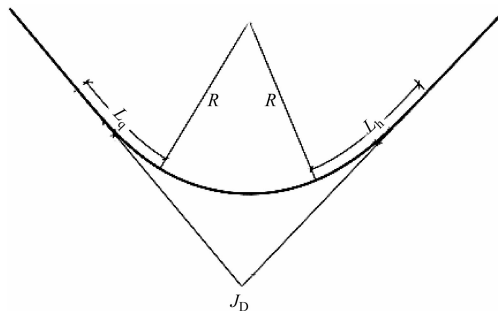


图2 线路平面交点曲线要素示意图

Fig. 2 Diagram of line planar intersection curve elements

### 2.1.2 设置四线双岛站台

在2条线路汇交处具备站台平行换乘条件后,设置四线双岛站台。两站台内侧中间的两线为一条地铁线路的上下行线,两站台外侧两线为另一条地铁线路的上下行线,从而实现每个站台两侧不同线路之间的同站台换乘。同站台换乘时,乘客从一条地铁线路的站台一侧下车以后,可以马上到站台的另一侧等待另一条地铁线路上车,换乘十分便捷。四线双岛站台建筑信息模型横截面如图3所示。



图3 四线双岛站台建筑信息模型横截面示意图

Fig. 3 Profile diagram of four-track double-island platform BIM

### 2.1.3 配置丰富灵活的配线组合

如图1所示:在站台的一端,内侧的地铁线路设置单渡线;在站台的另外一端,内侧的地铁线路设置交叉渡线及临时车挡,并在内外侧地铁线路之间分别设置第一联络线及第二联络线。列车通过2条联络线,可以实现互联互通。利用单渡线和交叉渡线,可以实现折返调度。利用临时车挡,可以实现临时停车或存在。上述配线组合可实现线网资源共享、互联互通及列车折返,从而实现运营组织的丰富灵活调度。

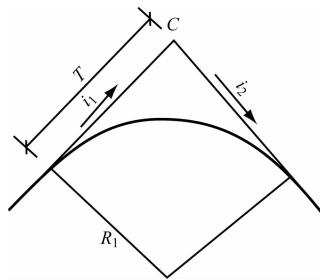
### 2.1.4 预留好近远期施工延伸条件

在应用线路平纵设计软件进行数字化平纵设计时,应考虑并预留好近远期施工延伸条件。

如图1所示,数字化平面设计需在车站两端设置盾构井或预留盾构井位置。平面线间距应满足

盾构施工的安全平面净距,平面线间距结合地质条件宜大于 $1.5D$  ( $D$ 为盾构井直径)。此外, $L_1$ 及 $L_2$ 须大于距离最小限值 $L_{\min}$ ,才能确保立交段纵向净距满足交叉施工安全净距要求。

在数字化纵断面设计时,通过设置变坡点( $C$ )的里程和标高、竖曲线半径 $R_1$ 及变坡点前后坡度( $i_1$ 及 $i_2$ )来实现线路纵断面设计轨面标高的标高渐变(升高或降低),从而拉开立交段两线路的轨面高差。线路纵断面变坡点竖曲线要素如图4所示。



注: $T$ —竖曲线切线长。

图4 线路纵断面变坡点竖曲线要素示意图

Fig. 4 Diagram of vertical curve elements of line longitudinal section ramp points

由图4,有:

$$T = R |i_1 - i_2| / 2 \quad (1)$$

根据地铁设计规范要求, $i_1$ 、 $i_2$ 应小于30‰, $R_1$ 取5 000 m。

在区间段,对于一般立交段,2条线路轨面高差 $H_1$ 及 $H_2$ 的最小值 $H_{\min}$ 为:

$$H_{\min} = h + D \quad (2)$$

进而可计算:

$$L_{\min} = H_{\min} / (2i) + T + L_F, i < 30\text{‰} \quad (3)$$

式中:

$h$ ——施工纵向安全净距;一般地质条件下, $h > 0.33D$ ;

$L_F$ ——附加安全距离,根据《地铁设计规范》要求取5 m;

$i$ ——坡度。

为确保盾构施工安全,减少盾构施工过程中对已建成地铁区间结构的影响,最好是远期延伸段区间上跨近期建成段区间。推荐的地铁线路拆解方法纵断面设计示意图如图5所示。2条线路在站台(包括第一站台、第二站台)及配线(包括单渡线、交叉渡线、第一联络线、第二联络线等)范围的纵断面设计设置在相同坡向的2‰的坡度上,保证轨面标高一致,出来配线范围后,在两端2条线路纵断面设

计分别设置反向变坡点,从而实现在立交段拉开 2 条线路的轨面高差( $H_1$ 、 $H_2$ )。

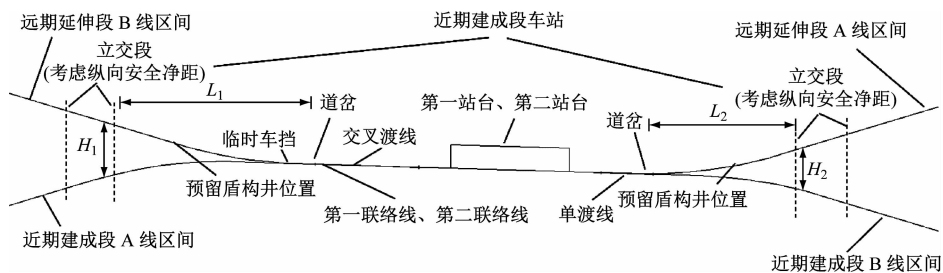


图5 推荐地铁线路拆解方法纵断面设计示意图

Fig. 5 Diagram of recommended metro line disassembly method longitudinal section design

### 2.1.5 利用道岔的分向功能实现拆解

完成站台前后的配线组合设置以后,利用 2 条联络线两端的道岔分向功能即可实现拆解。

线路拆解前,利用 2 条联络线连接 2 条地铁线,利用 2 条联络线两端道岔的分向功能,通过道岔侧向过岔,实现 2 条地铁线和联络线的贯通运营;拆解后,利用 2 条联络线两端的道岔正向过岔,实现 2 条线路的拆解,2 条线独立运营,不再经过联络线贯通运营,利用 2 条联络线可以实现互联互通运营和线网资源共享,中间那条地铁线路上的临时车挡被取消,单渡线和交叉渡线作为折返调度使用。

### 2.1.6 设计的关键性控制点

本文所提地铁线路与站型设计方法的关键性控制点主要为:

1) 2 条线路交汇处的选择,需要选在具备平行条件,满足长度和宽度要求的规划或现状道路路段,且要兼顾四段区间路由延伸辐射的可行性,尽量绕建构筑物,避免或减少征地拆迁。

2) 2 条拆解线分别设于 2 个平行站台的内侧或外侧,在两站台端部 2 条拆解线之间设置对称的联络线。2 条联络线的设置方向,要和 2 条拆解线近期和远期的延伸拆解方向,顺接匹配上。

3) 要考虑预留好远期拆解延伸线路平面预留盾构井位置的施工安全平面净距和纵断面立交段纵向施工安全的纵向净距。

## 2.2 拆解过程

明确了地铁线路与站型设计思路后,地铁线路的拆解过程如下:

1) 近期建设。先完成近期建成段车站、近期建成段 A 线区间及近期建成段 B 线区间的施工,其中近期建成段车站采用明挖施工,在车站两端设置盾构井,采用盾构法施工完成近期建成段 A 线区间和近期建成段 B 线区间,同时在车站两段考虑设置预

留盾构井位置,为远期延伸段区间预留好施工延伸条件(如图 1 所示)。另外,应用线路平纵设计软件,进行 2 条线路的平面设计和纵断面设计,在盾构井、预留盾构井位置设置好满足盾构施工条件的安全平面净距,在近期建成段和远期延伸段的立交段设计预留好满足盾构立交的安全纵向净距(如图 1 及图 5 所示)。

2) 近期贯通运营。近期建成段车站、A 线区间、B 线区间建成以后,A 线和 B 线通过第一联络线、第二联络线相连,通过第一联络线、第二联络线两端的道岔侧向过岔,实现 A 线和 B 线的近期贯通运营。临时车挡可以用于列车临时停车,单渡线和交叉渡线的设置可以用于灵活折返和调度(如图 1 所示)。

3) 远期拆解。根据近期建成段车站两端预留好的预留盾构井,采用盾构法完成远期延伸段 A 线区间、B 线区间的建设,为既有结构的延伸,不会与既有结构冲突,不会产生废弃工程。通过第一联络线、第二联络线两端的道岔正向过岔,实现 A 线和 B 线的远期拆解。B 线上的临时车挡被取消,单渡线和交叉渡线可以作为 B 线的折返功能,也可以结合 2 条联络线,实现和 A 线的互联互通及线网资源共享(如图 1 所示)。

## 2.3 主要特点

本文提出的地铁线路与站型设计方法具有如下特点:①换乘不用延伸线路增设站点,节省工程投资;②实现双岛四线同站台换乘,换乘便捷;③配线组合形式丰富,运营组织调度灵活,可以实现互联互通及线网资源共享;④利用道岔的分向功能及地铁限界标准要求,预留车站端部土建结构施工延伸条件,不破坏既有结构,不产生废弃工程;⑤应用线路平纵设计软件进行数字化线路平纵设计,预留近远期线路平面间距和纵断面立交净距满足施工

安全要求,从而降低施工风险和难度,确保施工安全。

## 2.4 适用条件

本文所提的地铁线路与站型设计方法不仅适用于地下拆解,也适用于地面拆解和高架拆解。若是地面拆解或是高架拆解,则车站两端不需预留盾构井,而需预留好远期施工延伸条件,并在两线延伸立交段预留远期延伸段线路上跨或者下穿立交段的施工条件。此外,车站站台及配线若考虑近远期分建,即两站台内侧及配线近期建成,需预留两站台外侧及配线远期建设条件,则需考虑设置好两站台及配线近远期接口条件。

本地铁线路与站型设计方法是利用道岔的分向功能,通过线路平纵设计软件进行数字化线路平面设计和纵断面设计预留了设置道岔条件,只要在规划、设计阶段区间提前考虑预留了道岔分向设置条件,也可以适用于区间拆解工程。

本文所提的地铁线路与站型设计方法,只适用于在规划阶段和设计阶段就考虑预留远期拆解条件的情况,并且只适用于设置2条线路汇交处具备站台平行换乘和纵向立交条件的情况。对于只能线路站台交叉进行拆解的情况,或者没有提前设计预留的情况,不适应本方法。

## 3 工程实例

以某城市某2条地铁线路与站型设计为例,如图6所示,往北和东方向线路为先期建成段,往西和南方向线路为远期延伸段。在拆解背景方面,由于近期建成段A线和近期建成段B线,位于现状客流密集区,需要尽快建设的迫切性更强;远期延伸段A线和远期延伸段B线位于远期规划发展区,近期建设迫切性不强。因此在施工时序上,近期需要把近期建成段A线和近期建成段B线建成贯通运营,远期拆解再分别与远期延伸段A线和远期延伸段B线接驳。从而很好的实现了工程近远期建设影响与现状、规划相匹配。应用地铁线路与站型设计方法的设计思路,设置2条线路汇交处具备站台平行换乘条件,设置四线双岛站台,设置丰富灵活的配线组合,预留好近远期施工延伸条件,最后利用道岔的分向功能,实现拆解。上述方法,是应用线路平纵设计软件进行2条线路的数字化平面设计和纵断面设计完成,并考虑了绕避建筑物,2条线路分别沿道路红线或绿地敷设,拆迁量少。该工程施工

盾构直径为6.2 m;纵断面设计中,立交段2条线路*i*均为28‰,站台坡度取2‰, $R_1$ 取5 000 m。根据式(1)计算可得, $T=75$  m,根据式(1)一式(3)计算可得, $L_{\min}=191$  m,实际设计中 $L_1=403$  m、 $L_2=243$  m,均大于平面延伸最小距离191 m。由此可见,远期立交段仍可以满足纵向施工安全净距要求。



图6 推荐地铁线路拆解方法工程实例示意图

Fig. 6 Diagram of practical example for the recommended metro line disassembly method engineering

该案例中:原线路走向为由北转向东;拆解后,变为2条线路,1条是南北走向,1条为东西走向。远期延伸段线路是沿道路红线敷设的,不会产生额外的拆迁和切割道路红线,并且远期延伸段的线路建设从先期建成段的预留盾构井位置进行施工,不会对既有结构产生破坏,也不会产生废弃工程。先期建成段预留好的、丰富灵活的配线形式组合为拆解后实现线网资源共享、互联互通、运营灵活调度等功能提供了条件。拆解后,站台为双岛四线换乘,从一条地铁线路下车,通过同站台就可以换乘到另外一条地铁线路,换乘便捷,不需要再延伸增设换乘站,节省了工程投资。对该工程应用,本文所提适用于远期拆解的地铁线路与站型设计方法

产生的社会、经济和技术效益分析如表 1 所示。

表 1 社会、经济、技术效益分析表

Tab. 1 Social, economic, and technical benefit analysis		
比选项	优点	缺点
社会效益	①不会造成停运的社会风险;②没有产生废弃工程;③远期可以实现同站台换乘,换乘便捷社会评价高	近期双岛站台两侧空间闲置,对近期而言投资过多,对乘客视觉造成一定影响
	①相比站台交叉换乘的设计预留拆解,远期至少可以节省 1 座地下二层车站和 1 座地下三层车站的规模费用;②可以实现线网资源共享,节省线网投资;③可以实现互联互通,直达缩减换乘时间,降低乘客时间经济成本	近期换乘车站规模偏大,为双岛四线地下二层,但是部分空间可以利用于临时停车和商业开发
技术效益	①施工风险小,难度低;②配线丰富灵活,对运营组织有利;③设计 2 条线路立交处具备站台平行换乘条件下可以应用本线路设计拆解方法,技术效果明显	对于只能线路站台交叉换乘进行拆解的情况,或者没有提前规划、设计预留的情况,不适应本拆解方法

4 结语

通过对我国既有的丰富的地铁线路拆解项目案例的调研,充分吸收和分析了众多拆解方法的优点和不足,本文提出了一种适用于远期拆解的地铁线路与站型设计方法,并通过实际的工程案例应用表明,该地铁线路与站型设计方法,不会对既有结构造成破坏,不会产生废弃工程,施工风险和难度低,工程费用低,换乘便捷,运营组织丰富灵活,具备互联互通和线网资源共享功能,能产生很好的社会、经济和技术效益。

在应用线路平纵设计软件,进行数字化线路平面设计和纵断面设计,预留 2 条拆解线路的盾构施工平面安全间距条件,立交段纵向预留满足盾构施工的安全净距要求,是确保近远期施工延伸安全、可行的关键。结合目前行业 BIM 设计和数字化发展的趋势,建议后续可以研究运用 BIM 及数字化技术,进行线路平纵三维快速建模设计,实现盾构平面和纵断面立交施工安全净距碰撞检查。

参考文献

[1] 孙元广. 广州市轨道交通二、八号线拆解施工中临时运营方案[J]. 铁道运输与经济, 2006, 28(2): 24.  
SUN Yuanguang. Temporary operation plan for Line 2 and Line 8

of Guangzhou urban mass transit under dismantling engineering [J]. Railway Transport and Economy, 2006, 28(2): 24.

[2] 冯光福, 徐锡江. 广州轨道交通二、八号线轨道拆解方案设计[J]. 国防交通工程与技术, 2019, 17(1): 4.  
FENG Guangfu, XU Xijiang. The design of the disassembling scheme for the tracks of Lines two and eight of the Guangzhou rail transit[J]. Traffic Engineering and Technology for National Defence, 2019, 17(1): 4.

[3] 郑翔. 佛山轨道交通线路及行车运营组织拆解方案研究[J]. 现代城市轨道交通, 2014(3): 76.  
ZHENG Xiang. Study on dismantling for Foshan transit line and operations organization [J]. Modern Urban Transit, 2014 (3): 76.

[4] 刘文武. 广佛线二期轨道工程拆解方案研究[J]. 铁道勘察, 2016, 42(6): 79.  
LIU Wenwu. Study on transformation for the second stages of Guangfo rail transit [J]. Railway Investigation and Surveying, 2016, 42(6): 79.

[5] 杨博. 厦门地铁 6 号线一期工程的拆分及其运营组织方案[J]. 城市轨道交通研究, 2020, 23(3): 156.  
YANG Bo. Study on the division and operation organization of Xiamen Rail Transit Line 6 phase I project [J]. Urban Mass Transit, 2020, 23(3): 156.

[6] 汪时中. 城市轨道交通线路预留拆解及接入条件分析研究[J]. 隧道与轨道交通, 2021(4): 14.  
WANG Shizhong. Analysis on urban rail transit line conditions reserved for dismantling and access [J]. Tunnel and Rail Transit, 2021(4): 14.

[7] 倪冉, 阮莹, 刘延晨. 广州地铁 3 号线支线拆解工程线路方案研究[J]. 都市快轨交通, 2019, 32(4): 19.  
NI Ran, RUAN Ying, LIU Yanchen. Scheme of the disassembly and demolition project of Guangzhou Metro Line 3 [J]. Urban Rapid Rail Transit, 2019, 32(4): 19.

[8] 刘志. 轨道交通高架线路拆解方案研究[J]. 铁道工程学报, 2019, 36(12): 92.  
LIU Zhi. Research on the elevated line disassembling scheme of rail transit [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2019, 36(12): 92.

[9] 李晓飞, 梁素枝, 赵国勇. 城市轨道交通线路组合与拆分的线路方案研究[J]. 铁道标准设计, 2017, 61(6): 34.  
LI Xiaofei, LIANG Suzhi, ZHAO Guoyong. Research on scheme of combination and split of urban rail transit lines [J]. Railway Standard Design, 2017, 61(6): 34.

[10] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 地铁设计规范: GB 50157—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for design of metro: GB 50157—2013 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.

(收稿日期: 2022-09-21)