

城市轨道交通轨道工程拆解设计方案研究

胡志鹏

(陕西省铁道及地下交通工程重点实验室(中铁一院), 710043, 西安//高级工程师)

摘要 目的:受建设规划和建设时序的影响,部分城市轨道交通线路在运营远期需要拆解。轨道工程的整体道床一旦浇筑后难以整改,这是轨道拆解的重点和难点。为确保线路拆解的可行性和高效性,在前期设计阶段需优化轨道配置,并预先设计合理的拆解方案。**方法:**以某城市轨道交通1号线的区间轨道工程拆解为例,在介绍该线拆解前后线路走向的基础上,对该线轨道拆解的重点及难点进行分析。对该拆解工程的2个备选方案(树脂枕道床方案及预制板道床方案)进行深入研究,对各方案的具体拆解措施、拆解范围、拆解过程及拆解时间等方面进行了重点分析,并对2个备选方案进行比选,得到推荐方案。**结果及结论:**推荐采用树脂枕(推荐采用一体化树脂枕)道床方案。该方案既可实现前期运营阶段的超高需求,又可具备后期拆解的超高调整要求,还可减小拆除工程量,缩短拆解时间,减小线路中断运营时间。

关键词 城市轨道交通;轨道拆解;树脂枕道床;预制板道床

中图分类号 U213.2

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.11.019

Study on Dismantling Scheme of Urban Rail Transit Line Track Engineering

HU Zhipeng

Abstract **Objective:** Due to the influence of construction plans and sequences, some urban rail transit lines need to be dismantled in the long-term operation. Once the overall track bed in the rail project is poured, it is difficult to make overall changes, which is the key and difficulty in dismantling rail lines. In order to ensure the feasibility and efficiency of line dismantling, it is necessary to optimize the track configuration and pre-set reasonable dismantling plans at the preliminary design stage. **Method:** Taking the dismantling of an interval track project of urban rail transit Line 1 in a city as an example, the key and difficult points of the track dismantling based on the introduction of the line pre-and post-dismantling route direction are analyzed. Two alternative plans for the dismantling project (resin sleeper bed plan and prefabricated slab bed plan) are studied in depth, and the specific dismantling meas-

ures, dismantling scope, dismantling process, and dismantling time of each plan are analyzed in detail. The two alternative plans are compared to obtain the recommended one. **Result & Conclusion:** It is recommended to adopt a resin pillow (integrated resin pillow is recommended) for the roadbed design. This solution can not only meet the extremely high demand in the early operation stage, but also the ultra-high adjustment requirements in the later disassembly stage. It can also reduce the amount of disassembly work, shorten the disassembly time, and decrease the operation interruption time in the route.

Key words urban rail transit; track disassembly; resin sleeper track bed; prefabricated slab track bed

Author's address Shaanxi Key Laboratory of Railway and Underground Traffic Engineering (FSDI), 710043, Xi'an, China

1 概述

近年来,城市轨道交通建设规模不断扩大。部分线路由于线网规划及建设时序的调整,在设计时考虑了兼顾近、远期的运营要求,在运营若干年后需拆解既有线组成新的线路^[1-3]。为降低轨道工程拆解过程中的拆解难度及减少对行车的干扰,一方面需在前期设计阶段合理预留接口,满足近、远期运营条件;另一方面还应针对拆解工程设计合理的拆解方案,以减少对既有线的运营干扰,提升拆解效率^[4-6]。

城市轨道交通线路的轨道结构大多采用整体道床,而整体道床一经浇筑,后期难以整改,这对轨道工程的拆解十分不利。因此,制定合理的拆解方案是轨道拆解工程的重难点,须前期做好规划,以保证后期拆解实施的可行性和高效性。目前,我国城市轨道交通线路拆解的案例较少,广州和上海近10年有过轨道交通线路的拆解工程,这些线路前期运营的时间相对较短,且因线路小半径曲线段通过扣件实现较低超高,导致钢轨磨耗及养护维修量增

加^[7-8]。对于远期拆解工程而言,因线路的运营时间较长,不仅要考虑前期轨道超高的合理设置,以确保行车安全、舒适及快速运行,还需考虑拆解难度、运营干扰等因素,因此有必要对须拆解的轨道工程进行综合设计及研究。

本文以某城市的轨道交通 1 号线(以下简称“1 号线”)的区间轨道工程拆解为例,对其拆解方案进行深入研究。该线在开通初期贯通运营,拟在远期对其中的车站 1 至车站 2 区间线路进行拆解。该区间全长 860 m,曲线半径为 350 m,缓和曲线长度为 60 m。

1 号线拆解前后线路走向如图 1 所示。1 号线拆解时需暂时中断正线运营。线路拆解后,1 号线继续向东行进,新设车站 3;车站 2 往南区段折向东,在车站 3 内设站,与既有的车站 2 及其往北线路另立为 2 号线。拆解后 1 号线与 2 号线在车站 3 平行换乘,1 号线和 2 号线均独立运营。拆解完成后,保留既有线的 AC 段,作为 1 号线和 2 号线的联络线,在 A、C 点插入道岔后各自连通延伸线;废弃既有线的 BD 段,B、D 点各自连通正线。

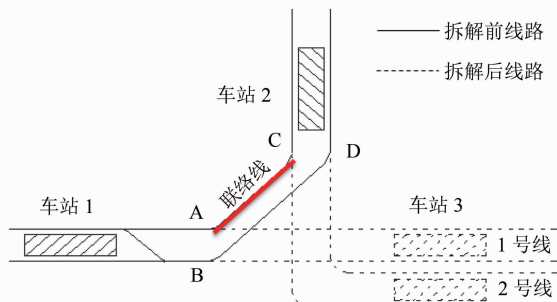


图 1 1 号线拆解前后线路走向示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the route direction for Line 1 before and after disassembly

2 轨道工程拆解的重点及难点分析

2.1 轨道结构的兼容性

根据规划,1 号线在远期进行拆解。考虑到初、近期运营时间较长,轨道结构不仅要兼顾拆解前、后的曲线超高需求,还要确保轨道结构满足强度、稳定性及耐久性等性能要求。

2.2 中断运营时间短

1 号线拆解时,列车分别在车站 1 和车站 2 实现折返,即在起点至车站 1、车站 2 至终点站分别组建 2 个临时小交路,车站 1 至车站 2 区段中断运营。

为减小轨道拆解对 1 号线运营的影响,轨道系统需在短时间内完成改造铺设,并迅速具备满足 1 号线、2 号线延伸的线路条件。

2.3 道岔需特殊设计

为保证 1 号线初期贯通运营,减少道岔的养护维修量,在前期建设过程中,车站 1 至车站 2 的区间线路内不插入道岔。拆解工程完成后,1 号线 AC 段保留为联络线,为此需在车站 1 及车站 2 左线各插入 1 组 9 号道岔。为缩短插入道岔的施工时间,道岔需进行 2 个方面的特殊设计:①道岔区轨道超高可快速更改;②道岔区扣件钉孔距可快速更改。

2.4 不同轨道区段的超高设置

车站 1 至车站 2 区间线路的曲线半径为 350 m,缓和曲线长度为 60 m。拆解前,根据 1 号线行车速度-距离($v-s$)曲线计算,该区间需设置 120 mm 轨道超高,以减少区间钢轨磨耗,减少养护维修工作量。

拆解后,由于该区间两端插入道岔,道岔区不设超高,曲线段无法实现超高顺坡,拆解后的区间轨道不设超高。因此,该区间的轨道线路既要满足拆解前 120 mm 的超高要求,又要满足在拆解时能快速实现超高更改的要求。

2.5 共用道床同步实施

1 号线拆解前后在缓和曲线段范围内的线间距较小,道床及轨枕在建设期应同步建设,并需满足以下三方面要求:①道床设计须满足拆解后道岔、道床的使用要求;②轨枕须既满足初期扣件钉孔距要求,又满足道岔区岔枕布置要求,为此,轨枕需加长、加宽设计;③共用道床部分轨道超高能实现快速更改。

3 轨道工程拆解方案

基于上文所述拆解工程的特点、重点及难点,需要合理设计轨道工程拆解方案,以确保拆解工程按期、保质顺利完成。适用于该拆解工程的方案有 2 个:树脂枕道床方案和预制板道床方案。由于拆解点 A、B 和 C、D 的拆解方案一致,本文以 A、B 点为例,对 2 个拆解方案进行分析。

3.1 树脂枕道床方案

3.1.1 树脂枕类型

3.1.1.1 一体化树脂枕

树脂枕具有切割、开孔方便、施工灵活等特点。一体化树脂枕的剖面图如图 2 所示,标准轨枕宽度

为 240 mm,长度为 2 500 mm,上表面呈楔形,薄端高度为 140 mm,厚端高度视具体超高而定。该树脂枕的轨枕宽度、长度及厚度均可根据具体需求一次加工成型,并可同步实现 120 mm 的超高要求。

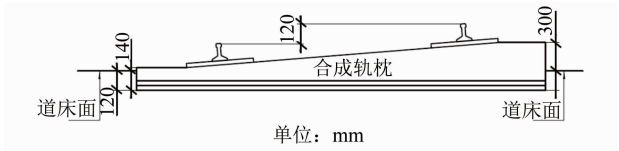


图 2 一体化树脂枕的剖面图

Fig. 2 Sectional diagram of the integrated resin pillow

图 3 为一体化树脂枕的侧视图。如图 3 所示,拆解时,以轨枕薄端厚度 140 mm 为基线,去除楔形多余部分,平整轨枕表面并涂装轨枕表面,即可实现超高的快速更改。

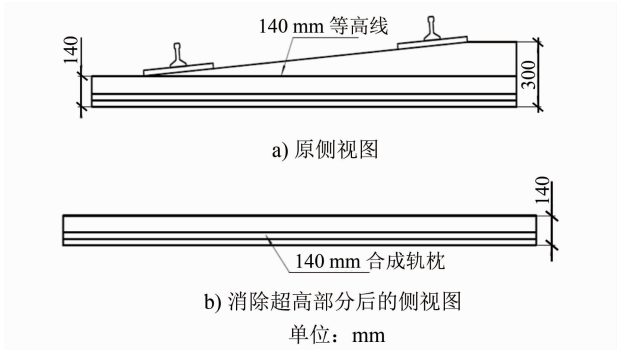


图 3 一体化树脂枕的侧视图

Fig. 3 Side view of the integrated resin pillow

3.1.1.2 组装型树脂枕

图 4 为组装型树脂枕的侧视图。组装型树脂枕的宽度为 240 mm,高度为 160 mm。在上表面钢轨安装区内加工了 1 条 20 mm 深、与轨枕同宽的凹槽,槽内粘接楔形调高块,上表面呈斜面。轨枕在整体道床内的埋深为 140 mm,在楔形调高块的上表面安装钢轨,以实现 120 mm 超高。拆解时,去掉楔形块,即可实现超高的快速更改。

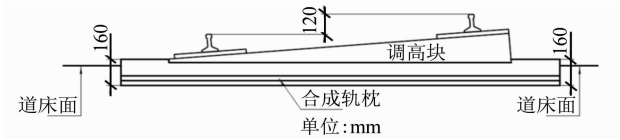


图 4 组装型树脂枕侧视图

Fig. 4 Side view of the assembled resin pillow

对一体化树脂枕及组装型树脂枕的性能进行综合分析,一体化树脂枕可根据具体需求一次加工成不同尺寸轨枕,整体性更好。组装型树脂枕粘接部分的耐久性会影响轨枕的使用寿命。经比选,推荐采用一体化树脂枕。

3.1.2 树脂枕道床的拆解方案及拆解过程

3.1.2.1 拆解措施

由于一体化树脂枕具有切割、开孔方便等特点,树脂枕拆解措施需在前期优化设计,兼顾拆解后轨道工程的超高需求,并尽可能减少拆解工程量。图 5 为树脂枕道床方案的拆解范围及拆解前后

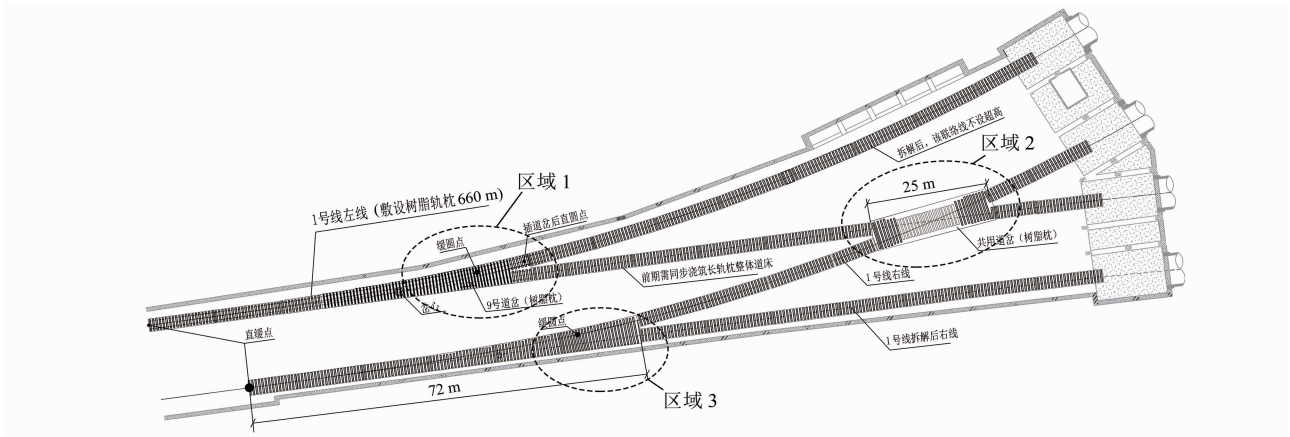


图 5 树脂枕道床方案的拆解范围及拆解前后轨道结构布置

Fig. 5 Disassembly scope of the resin pillow track bed scheme and the layout of the track structure before and after disassembly

轨道结构布置。图 6 为图 5 中区域 1、区域 2(近远期线路交叉处)及区域 3 的轨道结构放大图。

1) 拆解范围: ①左线拆解时,需更改左线缓和曲线及圆曲线轨枕超高,长度约为 660 m;②右线拆解时,需更改共用道床(3 m 线间距范围内及拆解前

后线路交叉处)范围内的轨枕以消除超高,其长度总计约 170 m。

2) 前期优化设计措施: ①对于区域 3,设计初期左线、右线在缓和曲线和直线共用道床范围内一次性铺设加长轨枕,并设置相应的超高;②对于区

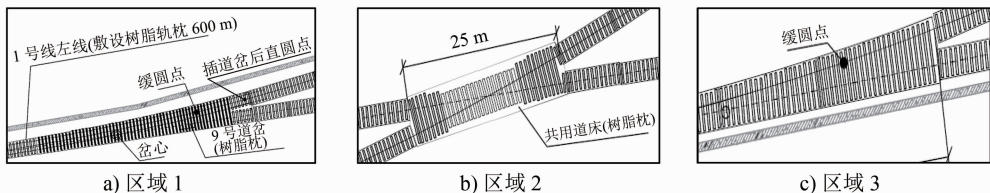


图 6 图 5 中 3 个区域的轨道结构放大图

Fig. 6 Enlarged view of the track structure of the three regions in Figure 5

域 2,近、远期在线路交叉处铺设的轨枕需兼顾拆解前、后的工程需求,轨枕采用一体化树脂枕,并加长、加宽;③对于区域 1,设计初期按照插入 9 号道岔的岔枕型式铺设轨枕,将岔枕延长,并确保 1 号线轨道能正常使用。

3.1.2.2 拆解过程

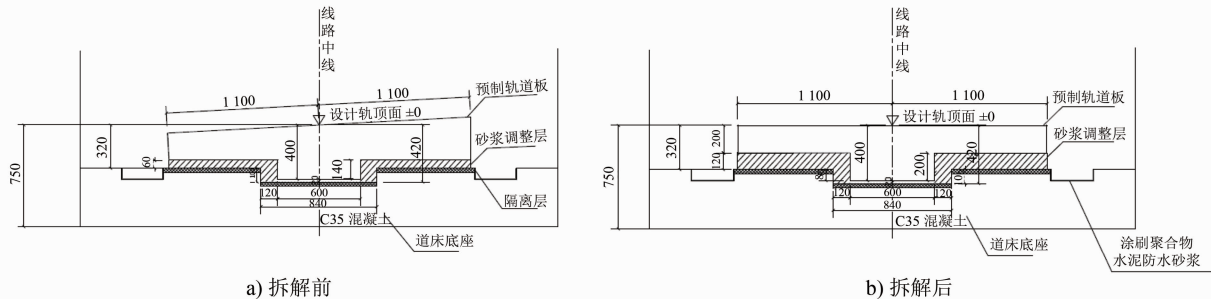
1) 区域 3 及区域 2:因轨枕的长度和宽度均可满足拆解后的要求,仅需调整线路位置和超高。其拆解过程分 2 步:一是根据拆解后线路超高切割既有树脂枕;二是封闭既有扣件孔洞,根据最新线位扣件间钉孔间距重新打孔,并安装钢轨、扣件。

2) 区域 1:由于道岔区不设超高,拆解时需切割既有轨枕的全部超高,封闭既有扣件孔洞,并在树脂枕上根据道岔扣件钉孔间距重新打孔,安装道岔。

3) 拆解时间:拆除钢轨扣件需 1 d,更改轨枕需 4 d,插入道岔需 3 d,则拆解时间共计 8 d。

3.2 预制板道床方案

将预制轨道板应用于拆解工程的曲线段时,可通过调整砂浆调整层实现超高变化。拆解时,需凿除砂浆调整层,按线路调整轨道板标高,再重新填充砂浆调整层。预制板道床方案拆解前后预制板道床横断面如图 7 所示。



注:数字的单位除标高为 m 外,其余均为 mm。

图 7 预制板道床方案拆解前后预制板道床横断面图

Fig. 7 Sectional diagram of prefabricated panel track bed scheme before and after disassembly

3.2.1 拆解前轨道结构布置

拆解前,在 1 号线左线的缓和曲线及圆曲线区段铺设预制轨道板,在线路建设过程中同步施作

远期底座(含道岔底座)及限位凹槽。预制板道床方案拆解前预制轨道板及底座实施范围如图 8 所示。

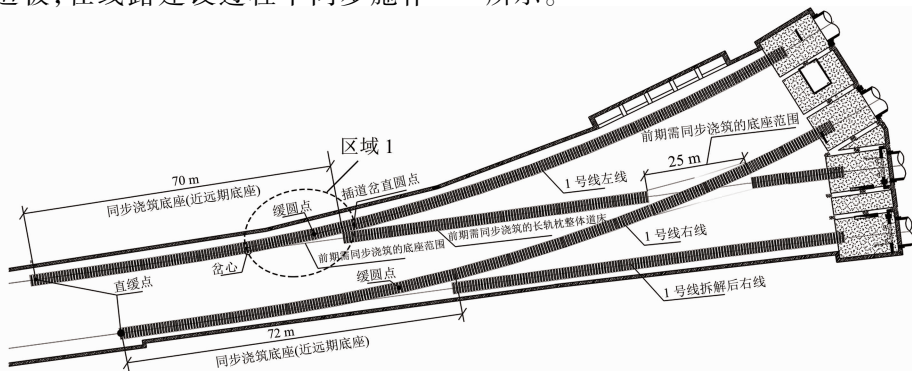


图 8 预制板道床方案拆解前预制轨道板及底座实施范围

Fig. 8 Implementation scope of prefabricated track slab and base before dismantling the prefabricated track bed plan

3.2.2 拆解方案及拆解过程

3.2.2.1 拆解方案

首先需要拆除已铺设的轨道板。在完成砂浆层高度的调整后再进行道岔的铺设,进而实现插入道岔的拆解。

拆解后,拆除共用道床预制轨道板,凿除砂浆调整层,插入9号道岔,铺设轨道板,再重新灌注砂浆调整层。图9为预制板道床方案的拆解范围及拆解后轨道结构布置。图10为图8和图9中区域1、区域2、区域3及区域4的轨道结构放大图。

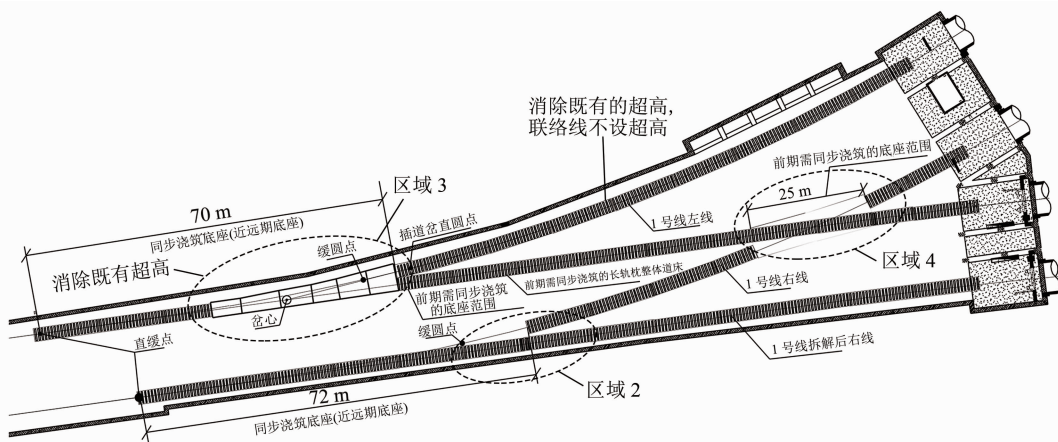


图9 预制板道床方案的拆解范围及拆解后轨道结构布置

Fig. 9 Disassembly scope of the prefabricated slab track scheme and the layout of the track structure after dismantling

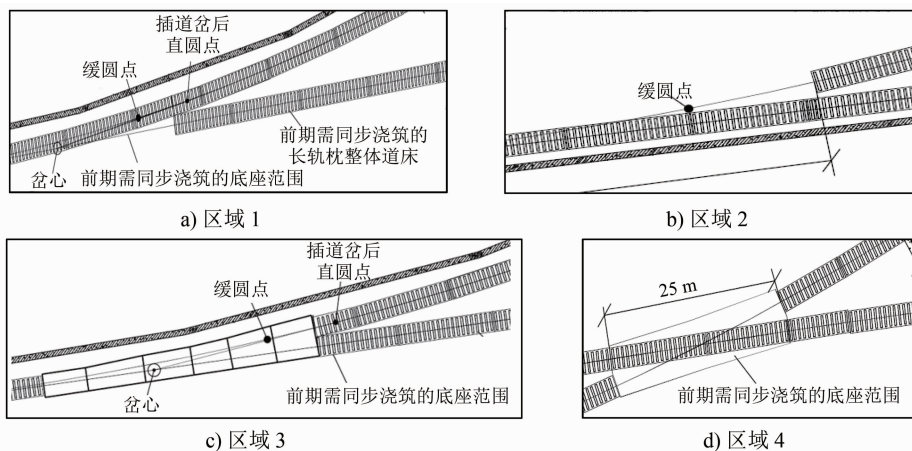


图10 图8及图9中4个区域的轨道结构放大图

Fig. 10 Enlarged view of the track structure of the four areas in Figure 8, and Figure 9

3.2.2.2 拆解过程

1) 区域1、区域2及区域4的拆解步骤为:①吊移轨道板;②凿除既有砂浆调整层,以消除超高;③按拆解后线位安装预制轨道板(调整纵、横向位置),精调轨道板;④重新灌注砂浆调整层。

2) 区域3的拆解步骤为:①拆除既有轨道板;②凿除砂浆调整层,以消除超高;③按拆解后线位安装预制道岔板(调整纵、横向位置),精调轨道板;④重新灌注砂浆调整层,安装道岔。

3) 拆解时间:拆除预制轨道板需5d,运输预制板需2d,铺设轨道板需13d,插入道岔需3d,则拆

解时间共计23d。

3.3 方案比选

进一步对这2个方案的轨道结构进行对比,其结果如表1所示。由表1可知:2个方案均可满足轨道工程拆解要求;树脂枕道床方案前期设计复杂,需同时兼顾近、远期轨道工程,但拆解工程量小,拆解效率高;预制板道床方案前期设计简单,但拆解工程量大、中断运营时间长。

拆解工程大多时间紧迫,要求在最短时间内恢复线路运营。为减小拆除工程量,缩短拆解时间,减小线路中断运营时间,本文推荐采用树脂枕道床方案。

表 1 树脂枕道床方案与预制板道床方案的轨道结构对比

Tab.1 Comparison of track structures between resin sleeper track bed scheme and prefabricated slab track bed scheme						
道床类型	轨枕类型	道岔类型	超高/mm	施工所需中断运营时间/d	拆解前工程投资/万元	拆解后工程投资/万元
树脂枕道床	树脂枕	9 号树脂枕道岔	120	8	716	80
预制板道床	长轨枕	9 号混凝土轨枕道岔	120	23	503	380

4 结语

城市轨道交通轨道工程拆解方案设计时,建议采用树脂枕道床方案,该方案既可实现前期运营阶段的超高需求,又具备后期拆解的调整超高要求。此外,还需考虑拆解前、后共用底座等混凝土工程,在设计时应一次性满足二者需求。应综合性、前瞻性地考虑接口问题,以保证后期拆解实施的可行性和高效性,减小拆除工程量,缩短拆解时间,减小线路中断运营时间。本文案例可为城市轨道交通类

似的轨道拆解工程提供参考。

参考文献

[1] 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.

[2] 谭贻荣. 广州地铁二、八号线拆解工程实施方案[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018(5): 144.

TAN Yirong. Implementation plan of disassembly project of Guangzhou metro line 2 and line 8[J]. Theoretical Research in Urban Construction, 2018(5): 144.

[3] 赵斌. 城市轨道交通拆解预留方案探讨[J]. 现代城市轨道交通, 2018(4): 17.

ZHAO Bin. Dismantling reserved schemes for transit[J]. Mod-

ern Urban Transit, 2018(4): 17.

[4] 韩义涛. 上海地铁 2 号线东延伸接拨段轨道设计研究[J]. 铁道工程学报, 2011, 28(8): 91.

HAN Yitao. Research on design of track in east extension connection section of line 2 of Shanghai metro[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2011, 28(8): 91.

[5] 刘道通, 杨宝峰. 地铁轨道施工常见问题及解决方案[J]. 铁道工程学报, 2010, 27(4): 97.

LIU Daotong, YANG Baofeng. Common problems in metro track construction and their solutions[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2010, 27(4): 97.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 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.

(收稿日期:2021-05-10)

我国 9 月城市轨道交通客运量同比增长 40%

2023 年 9 月,城市轨道交通运营数据速报显示,当月我国城市轨道交通客运量同比增长 40%。2023 年 9 月,31 个省(自治区、直辖市)和新疆生产建设兵团共有 55 个城市开通运营城市轨道交通,线路总数为 299 条,运营里程为 9 859.5 km,实际开行列车 318 万列次,完成客运量 24.9 亿人次,进站客流量为 14.9 亿人次。本月我国城市轨道交通客运量环比减少了 2.2 亿人次,降低了 8.2%;同比增加了 7.1 亿人次,增长了 40%;较 2019 年月均客运量增加了 5 亿人次,增长了 24.9%。本月客运强度平均水平为 0.536 万人次/(km·d),较 2019 年全年客运强度平均水平降低 1.8%。本月新增首次开通运营城市轨道交通的城市 1 个,为咸阳市;新增运营线路 2 条,分别是郑州地铁 10 号线和沈阳地铁 4 号线,共新增运营里程 87.7km;新增运营区段 4 个,分别是郑州地铁 3 号线二期、西安地铁 1 号线三期(位于咸阳市境内)、沈阳地铁 2 号线南延段和哈尔滨地铁 3 号线二期西北半环(靖宇公园站至中华巴洛克街区站)。

(摘编自交通运输部官方微信公众号)