

# 城市轨道交通整体道床改造工程特点及其实施工建议

高伟君 沙金硕 安彦坤 赵泽鹏

(北京市市政工程设计研究总院有限公司, 100082, 北京 // 第一作者, 高级工程师)

**摘要** 随着城市轨道交通线路运营年限的不断增长, 轨道结构的各种病害逐步呈现, 线路的养护维修已成为城市轨道交通维护中的一项重要工作内容。介绍了多个整体道床轨道结构病害处理案例, 在此基础上, 将整体道床改造需求分为应急抢修、病害治理和环保升级三类, 并分析了各自的适用情况。提出了整体道床改造工程的施工特点和实施原则, 并针对未来如何更好地实施整体道床改造工程提出了相关建议。

**关键词** 城市轨道交通; 整体道床改造; 轨道结构; 病害

**中图分类号** U261.42<sup>+</sup>2; U213.2<sup>+</sup>41

**DOI:** 10.16037/j.1007-869x.2021.09.041

## Characteristics and Implementation Suggestions of Urban Rail Transit Monolithic Track Bed Reconstruction Project

GAO Weijun, SHA Jinshuo, AN Yankun, ZHAO Zepeng

**Abstract** With the increasing operating years of urban rail transit lines, various diseases of track structure gradually reveal, and line maintenance has become an important part of urban rail transit maintenance responsibility. Several cases of track structure disease treatment of monolithic track bed are introduced, on the basis of which, reconstruction requirements of monolithic track bed are categorized into three types: emergency repair, disease treatment and environmental protection upgrading. Suitable application situations are analyzed respectively. Construction characteristics and implementation principles of monolithic track bed reconstruction project are put forward, as well as suggestions for better carrying out monolithic track bed reconstruction project in the future.

**Key words** urban rail transit; monolithic track bed reconstruction; track structure; disease

**Author's address** Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., 100082, Beijing, China

随着城市轨道交通线路运营年限的不断增长, 以及客流量的不断增加, 线路运营过程中轨道结构

的各种病害逐步呈现。对轨道结构的不同病害需采取不同的应对方案和措施, 对于道床严重病害或者振动、噪声严重超标地段需要进行道床改造。轨道结构整体道床改造工程是一项综合性、系统性的工程, 必须采取科学的研究方法, 制定合理的设计、施工组织方案, 以达到预期效果, 并为后续类似工程提供方向选择。

## 1 整体道床病害及改造案例分析

轨道结构常见病害主要有以下几种:

- 1) 钢轨病害: 钢轨焊缝和接头病害, 钢轨波磨及侧磨, 钢轨肥边, 钢轨鱼鳞伤。
- 2) 扣件病害: 橡胶垫板破裂, 橡胶垫板窜出或失效, 轨距挡块破坏, 弹条/铁垫板锈蚀, 弹条断裂。
- 3) 道床病害: 道床空吊、道床开裂、混凝土剥离<sup>[3]</sup>。

除常见病害外, 振动噪声超标问题也逐渐显现, 多表现为减振失效、振动噪声超标。类似问题近年来愈发凸显。我国各城市的轨道交通运营过程中, 均存在着振动噪声超标问题, 影响乘客的乘坐舒适度, 甚至影响行车安全。对于振动噪声超标的治理, 采用钢轨打磨维护及更换扣件等措施起到了一定效果。但由于受改造手段的限制, 这些措施往往治标不治本, 未能进行整体道床改造, 仅能起到缓解效果。

以北京地铁为例, 随着运营线路规模的增长和线路运营年限的增加, 北京地铁对多条线路进行了轨道结构改造。以下分别介绍机场线、6 号线、4 号线、大兴线的改造案例。

### 1.1 首都机场线轨道脱空病害治理

首都机场线 2 号航站楼站至 3 号航站楼站区间洞体发生沉降(位于航站楼站—三元桥站区间), 通过对两线道床进行钻孔测量发现, 东线(2 号航站楼站至 3 号航站楼站区间)最大脱空点出现在 No.19 环管片处, 脱空量约为 16 mm; 西线(2 号航站楼至

三元桥站区间)最大脱空点出现在 No.10 环处,脱空量约为 15 mm。

治理之前,对此区段一直进行限速处理,限速速度为 15 km/h。同时,为了暂时应对隧道结构下沉引起的轨道不均匀沉降,东西两线在该区段皆通过增加板下调高垫片进行应急处理。在区间封闭施工阶段,通过更换扣件铁垫板、轨道板下注浆填充等方案进行了综合治理。经过综合验收,轨道结构几何形位稳定、线路平顺性满足运营单位相关条例要求,运营至今线路设备稳定无异常。

### 1.2 6 号线轨道上浮病害治理

2019 年 8 月 6 日,因受 17 号线施工影响,6 号线隧道整体上浮,轨道结构上浮严重超过扣件调高量,导致 6 号线上行朝阳门站至东大桥站区间限速运营,对线路的正常运营造成了较大的影响。通过紧急抢修,拆除纵形轨枕道床结构,剔除部分道床仰拱混凝土,重新实施整体道床,在较短时间内解决了整体道床上浮问题。因受实施条件限制,遗留了道床开裂等部分问题。

### 1.3 4 号线剪切型减振器改造

从 2009 年开始,对 4 号线剪切型减振器地段异常波磨开展了为期 6 年的整治工作。通过设置试验段、现场振动测试、钢轨磨耗测试等技术手段,对 4 号线部分地段剪切型减振器扣件进行了现场改造。至今,共改造剪切型减振器异常波磨地段 6.761 km,采用的措施为原位更换北京市政总院专利产品——弹条 II-3 型扣件<sup>[4]</sup>。通过对刚度阻尼系统进行调整,有效抑制了钢轨异常波磨情况,达到了预期的改造目的。但由于仅进行了扣件更换,受当时施工条件和复杂施工环境限制,没有解决轨底坡实际状态不合理、板下混凝土不密实等问题。

### 1.4 大兴线振动超标问题治理

在大兴线试运营后期中,多次接到高米店北站—高米店南站区间青岛嘉园居民有关振动扰民的投诉。青岛嘉园距离大兴线线路中线最近约 12.5 m,区间隧道结构为马蹄形复合式衬砌结构,结构覆土深度为 8.0~9.6 m。

通过现场调研、振动测试等一系列手段分析振动扰民的原因,采取了限速及改造扣件措施。改造后的线路振动噪声满足 GB 10070—1988《城市区域环境振动标准》中的“特殊住宅区”标准要求。

### 1.5 小结

轨道结构作为直接承载列车的重要结构,其状

况直接影响列车运行的安全性、稳定性和乘坐舒适度。因整体道床的改造实施复杂,以往涉及整体道床的改造,往往“避其锋芒”,通过采取限速、钢轨打磨、扣件改造等措施,临时性解决道床病害问题。随着线路运营时间的不断增加,对整体道床进行改造的需求日益增长,改造量逐渐增大,改造的彻底性要求越来越高。整体道床改造已成为城市轨道交通运营中不可避免的问题。

综合以上案例及国内其他改造案例分析,可将城市轨道交通整体道床改造需求分为应急抢修、病害治理和环保升级三类。这三类改造需求的主要适用情况如下:

1) 应急抢修适用情况:特殊地质段,存在较大运营风险,易导致紧急情况发生;沿线的重大工程施工,属于潜在风险源,易导致紧急情况发生。

2) 病害治理适用情况:轨道结构病害,造成运营维护工作量增大,严重时影响行车安全。

3) 环保升级适用情况:振动噪声超标问题,给沿线居民和乘客带来不便。

## 2 整体道床改造工程施工特点和实施原则

### 2.1 整体道床改造工程施工特点

1) 安全性要求高。轨道的稳定性和平顺性直接影响列车运行安全,轨道结构的改造势必对轨道的稳定性和平顺性造成潜在不利影响,因此对整体道床改造实施方案有极高的要求。

2) 施工时间短。为减少对线路运营的影响,整体道床改造施工多在夜晚天窗点进行,施工时间短。

3) 施工环境复杂。运营线路区间的工作面狭小,同时设有供电、通信、信号、暖通、消防等专业的多种设备,复杂的施工环境给施工组织造成了极大困难。

### 2.2 整体道床改造工程实施原则

1) 安全第一。整体道床改造工程的实施应确保运营线路的安全。

2) 改造方案应“因线制宜,因事施策”。因受线路条件、线路取得、道床型式、病害类型、预期目标、运营管理等多种因素影响,整体道床改造方案应“因线制宜,因事施策”。

3) 设计方案要兼具安全性和可实施性。通过充分研判现场条件,以问题为导向制定改造方案。既要保障方案的合理性、安全性和可靠性,又要充分考虑方案的可实施性。

4) 施工方案要兼顾安全和效率。以确保施工安全和提高施工效率为目的,提高施工的机械化、自动化、智能化程度,充分满足天窗施工条件,确保设计理念落地。

### 3 整体道床改造工程实施建议

- 1) 整体道床改造方案受多种因素影响,方案的制定应“因线制宜,因事施策”。
- 2) 对于特殊地质段、临线大型工程重要节点,应编制整体道床应急抢修预案,以最大程度降低紧急事故造成的不利影响。
- 3) 搭建合理的城市轨道交通运营维护体系。建议将针对病害治理的整体道床改造纳入该体系的“状态修”范围,而不是“故障修”,通过应急抢险抢修方式进行处理。
- 4) 随着我国社会主要矛盾转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾,城市轨道交通面临环保升级需求,而现行环评标准较低,已难以满足人民的需要。针对以振

动噪声投诉为特色的环保升级,建议从日常运营维护、常规改造、整体道床改造、产品升级等多个方面研究建立分级应对处理系统。

5) 随着整体道床改造需求的不断增长,为确保城市轨道交通的正常运行,提供高品质的城市轨道交通服务,开展整体道床改造成套关键技术及设备的研究已十分紧迫,建议积极开展相关技术的研究工作。

### 参考文献

[1] 纪红波. 对地铁钢轨病害成因及处理措施的浅析[J]. 科技展望,2015(13): 12.

[2] 宋佳. 对地铁线路病害成因及处理措施的浅析[J]. 城市建设理论研究(电子版),2016(15): 6049.

[3] 赵振江,乔小雷. 地铁隧道整体道床病害机理及防治措施[J]. 城市轨道交通研究,2014(12): 98.

[4] 郭建平,刘维宁,雷黔湘,等. 北京地铁4号线钢轨异常波磨调查及整治措施[J]. 都市快轨交通,2011(3): 10.

(收稿日期:2021-02-12)

(上接第 193 页)

算风险发生概率及风险发生损失,制定项目风险分析表,与非行车直接相关子系统应适当增加风险加权值。同时,应依据风险发生的概率和发生响应风险所产生的损失,制定风险接受准则。表 2 是某项目通信系统改造所采用的风险接受准则,其中 A 是可忽略的风险、B 是可接受的较小风险、C 是较高需要进行管理的风险、D 是严重的风险。通过专家风险评价指标的风险矩阵评分结果,基于最低合理可行原则将风险矩阵 C、D 两种风险纳入项目风险评价指标体系中。制定相关责任方的追责措施,风险值越大,发生风险后对相关方的惩罚措施越严厉。

表 2 某通信系统改造风险识别表					
风险 概率	不同风险概率下的风险损失				
	1	2	3	4	5
5	C	C	D	D	D
4	B	C	B	D	D
3	B	B	C	C	D
2	A	B	B	C	C
1	A	A	B	B	C

### 4 结语

确保运营安全是通信系统改造工程的重点。

制定合理、可行、经济的通信系统改造方案可在一定程度上保障安全运营安全。实现不同厂家产品的兼容,可以减小通信系统改造工程对既有设备规格和品牌的依赖、节省投资。在改造过程中,应结合既有设备、网络特点,充分考虑技术发展和后续扩展的可能性,采用统一、开放性的标准和协议;同时,应充分识别改造风险源,制定相应的风险防范措施,提升城市轨道交通通信系统改造工程的品质和安全。

### 参考文献

[1] 王艺桦,黄鑫,李芹. 电力调度软交换系统的互联互通设计[J]. 电测与仪表,2018(18): 70.

[2] 王贤亮,龙腾,严金华. 基于 SIP 协议的软交换系统接入设备兼容性研究[J]. 计算机工程与应用,2019(增刊1): 391.

[3] 范颖慧. 影响上海轨道交通信号系统关键设备使用寿命的因素分析[J]. 城市轨道交通研究,2017(6): 86.

[4] 张立东. 基于开放协议的城市轨道交通视频监控系统[J]. 城市轨道交通研究,2015(3): 69.

(收稿日期:2020-07-25)