

# 隧道区间排水内置泵房存在问题及对策分析

秦银刚

(天津市地下铁道集团有限公司, 300011, 天津//高级工程师)

**摘要** 为减少地铁隧道区间联络通道外挂式排水泵房(站)施工风险,可将外挂形式改为在区间隧道内设置。针对既有内置式泵房运营情况进行了调研,发现存在中心排水沟积水、钢轨及扣件锈蚀、浮置板道床段钢弹簧锈蚀、道床混凝土劣化及水泵损坏率高等病害问题。对不同类型道床段的病害现象潜在危害及形成原因逐一进行分析,针对这些病害,在设计阶段给出相应的对策。

**关键词** 地铁隧道;排水;内置式泵房

**中图分类号** U453.6

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.09.026

## Problem Analysis of Tunnel Interval Drainage Built-in Pump Station and Countermeasures

QIN Yingang

**Abstract** In order to reduce the construction risks of building the drainage pump room (or station) outside the metro tunnel interval connection passage, pump station can be built inside the interval tunnel to replace the external one. With an investigation on the operation situation of the existing built-in drainage pump station, some tunnel diseases are detected such as central drainage sediment, corrosion of rail and fastener, corrosion of steel spring in floating bed section, deterioration of track bed concrete, high rate of pump damage and so on. Potential hazards and disease forming causes in different types of track bed segments are analyzed one by one, corresponding countermeasures at the design stage are proposed.

**Key words** metro tunnel; drainage; built-in pump station

**Author's address** Tianjin Metro Group Co., Ltd., 300011, Tianjin, China

在常规地铁建设工程中,区间隧道主排水泵房(站)应设置在线路实际坡度最低点,有条件时应与区间联络通道或者中间风井合建。当区间隧道无联络通道、中间风井,或采用机械顶管法(类矩形盾构法)完成的联络通道时,一般设置外挂式排水泵房(站)。近年来,富水地质的城市在排水泵房(站)基坑施工的工程事故时有发生,为降低施工风险,

取消外挂式泵房(站),将泵房(站)与道床合并设置,可有效减小因管片开孔进行基坑开挖带来的施工风险。在广州、宁波、天津等城市地铁建设实践中,已有设置内置式泵房(站)的实例,上海穿越黄浦江工程的复兴东路隧道也将泵房(站)内置<sup>[1]</sup>。文献[2]通过调研发现,内置道床内泵房(站)存在钢轨及扣件等部件锈蚀、浮置板道床内隔振器被水浸泡、潜污泵故障次数多导致更换较频繁、道床表面出现破碎掉块等问题。广州、宁波等城市虽有设置内置式泵房(站)的实例,却还未投入运营,因此,尚未见相关文献系统报道内置泵房(站)使用存在的问题。本文基于现场调研,对内置式泵房(站)使用过程中出现的问题进行原因分析并给出针对性对策,以期为后续地铁建设提供借鉴。

## 1 调研情况

为充分掌握天津地区普通地段和特殊减振地段内置泵房(见图1和图2)的使用现状,利用夜间工务维修天窗点对建成后投入运营的12个内置泵房区间进行现场调研。经过肉眼观察及丈量,发现主要存在以下几类现象:

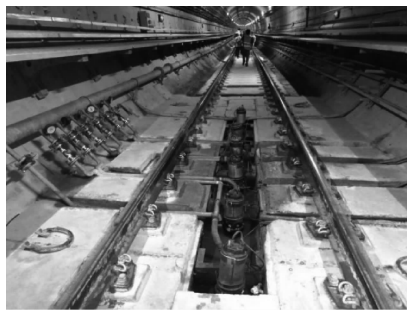


图1 普通道床内置式泵房示意图

1) 普通道床地段边沟、中心水沟有积水,有积水的边沟与中心沟所在对应位置的钢轨、扣件、轨枕、道床表面潮湿,个别地段道床表面积有明水。

2) 普通道床地段积水坑积水约25 cm以上,积



图2 浮置板道床内置式泵房示意图

水坑前后各50 m线路的钢轨轨头、轨腰和轨底整个表面全面锈蚀,腐蚀程度明显高于其他区间段落,有的地段甚至发生锈斑剥落、掉块等;扣件零部件同样锈蚀严重,弹条、垫圈、螺栓、扣板、铁垫板均有不同程度的锈蚀现象,尤以铁垫板、调距扣板最为严重。

3) 普通道床地段部分道床表面出现疏松、软化、破碎、掉块、凹凸不平、细骨料流失等现象,现场尚未观察到钢筋外露情况。

4) 特殊减振地段(设置浮置板道床地段)与普通道床地段一样存在中心水沟积水问题,在积水坑位置积水深度约达25~30 cm,积水面高出底部浮置板约11 cm。

5) 特殊减振地段(设置浮置板道床地段)积水坑附近的钢轨、扣件等轨道结构零部件锈蚀与普通道床地段基本一致。

为全面掌握普通地段和特殊减振地段内置道床泵房的使用现状,经与运营部门座谈,获得以下信息:

1) 天津地铁M3线天津站至津湾广场站区间为普通道床,自2012年10月1日开通运营至2017年6月30日,该区间部分区段(DK14+090~DK14+150、DK14+470~DK14+490)80 m范围内道床长期积水,出现多处道床混凝土通透性裂缝、钢轨锈蚀掉块、钢轨打火烧灼(共发现重伤钢轨22处,其中,上行10处,下行12处)、扣件锈蚀折断、轨底橡胶垫板失去弹性和绝缘性能降低等现象。

2) M6线长虹公园站至宜宾道站区间上下行12台水泵已全部更换一遍,其余区间运营1年来累计故障换泵10余次。

## 2 潜在危害分析

积水坑所在区段因设备安装开槽,大量支架安装时打孔等作业已造成表面破损、掉块、碎裂等现

象,在积水的浸泡下,随着时间推移,有混凝土破损面积增大、道床外露钢筋趋势,可能会导致道床承载能力削弱甚至丧失、降低道床使用寿命、迫使工务部门要成段更换道床等,工务维修代价非常大;道床钢筋外露和锈蚀对杂散电流的收集、排流也存在一定影响,容易导致钢轨回流不畅或短路,发生打火现象、烧灼钢轨等问题,造成钢轨重伤而需频繁更换钢轨等;杂散电流对于压力排水泵及压力排水管道本身是否存在危害尚未知晓。道床钢筋外露和锈蚀对杂散电流的收集、排流也存在影响。

特殊减振地段(设置浮置板道床地段)还会因积水高出浮置板使隔振器长期浸泡于水中,导致减振弹簧锈蚀后力学性能、弹性性能降低,从而影响减振效果,甚至存在减振弹簧折断危及行车安全;浮置板道床与道床底板间空隙被水充填,影响钢弹簧浮置板道床的减振效果,降低其减振降噪的能力。正线运营时间内水泵发生故障不具备及时维修和更换的条件,当水量较大情况下可能会导致积水没过钢轨诱发停运事件。

普通道床地段长期处于潮湿环境中的钢轨及扣件会发生锈蚀、老化,轨底橡胶垫板长期浸泡失去弹性等病害,导致钢轨及扣件力学性能降低、使用寿命缩短、更换频率加大及养护维修工作量显著增加;锈蚀严重将会导致钢轨掉块、扣件失效、铁垫板断裂等严重问题,如果养护维修不及时则会危及行车安全,隐患极大。而且,在潮湿环境中,电气设备会因受潮及自然老化而出现轨底橡胶垫板绝缘性能下降,从而导致钢轨回流不畅或短路,严重时发生钢轨轨底打火烧伤掉块,影响轨道状态,存在安全隐患。

特殊减振地段(设置浮置板道床地段)在潮湿环境下除了具有普通道床地段同样的危害外,还可能因为钢弹簧锈蚀后力学性能降低影响减振效果,锈蚀严重时甚至会出现钢弹簧折断而危及行车安全。

## 3 原因分析

常规与区间联络通道(中间风井)合建的泵房(站)或单独设置外挂式排水泵房(站)的积水坑进水口比区间隧道低,在重力作用下水能自动流入到集水坑中,通过水泵将积水排出隧道外,从而保证区间隧道处于干燥状态。而内置式泵房(站)的集水坑设置在道床上,因道床空间有限,普通道床段

的集水坑截面能做到  $50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ , 浮置板道床地段集水坑截面只能做到  $50\text{ cm} \times 48\text{ cm}$ , 根据规范要求, 当集水坑有效容积为  $2.5\text{ m}^3$  时<sup>[1]</sup>, 集水坑长度约  $10\text{ m}$ 。对于特殊减振地段(设置浮置板道床地段)因减振需要, 不能将道床全部开口, 仅在需要设置水泵的地方开口, 这样导致排水沟长度加长, 因排水沟不封闭, 将会出现积水浸没浮置板道床的情况。

道床破损的原因可能是内设置废水泵房后, 原来的整体道床在水沟底面近似被分割成 2 个三角形承轨台, 道床与盾构管片间的主要受力接触面为沿盾构壁的倾斜弧面, 道床的整体性被削弱, 列车运行过程中, 在垂向荷载和横向荷载的作用下, 道床与盾构管片之间易产生相对位移, 有使混凝土结构层剥离趋势<sup>[1]</sup>。内置泵房处因需设置联通沟而导致道床结构上层纵向钢筋被大量断开, 且在安装水管、水泵支架等设备时又大量切割、打孔使得道床表面质量降低, 在长时间水流侵蚀下, 就不难解释出现道床混凝土破损情况加重、外漏钢筋锈蚀等问题, 如图 3 所示。

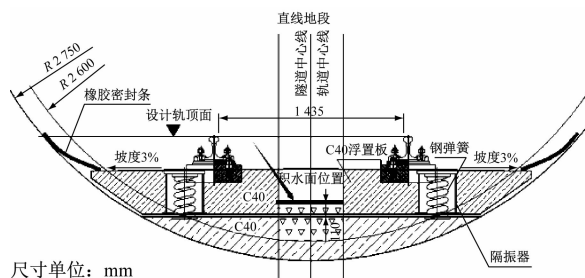


图3 道床破损示意图

轨道及零部件大面积锈蚀的原因主要是潜水泵出现故障或排水能力不足, 导致轨道被积水淹没, 被淹没地段的钢轨、扣配件表面锈蚀; 地铁正常运营, 列车动荷载经过该处, 轮轨振动导致积水向外飞溅, 喷洒至轨道部件表面, 造成锈蚀; 水沟中长期积水, 周边空气中饱含水气, 水气凝结在钢轨、扣件表面形成水珠, 造成其锈蚀等。个别地段因水泵密封不严向外喷水、冒水而沾湿道床。另外, 使用的道心泵在恶劣环境下的排水功能适应性差, 水稍微浑浊或者夹带些许泥沙时水泵可能启动不了甚至烧毁, 正常排水功能无法实现。

积水坑处钢弹簧端盖处于湿润状态可能是列车运行时, 浮置板下部积水受到挤压, 在压力作用下通过隔振器返到道床面的隔振器端盖处。

水泵出现故障的原因可能是进入积水坑的水富含杂质附着在水泵表面影响使用功能。另外, 工业常用的泵高度均大于内置泵房积水坑深度而不能应用, 目前用水内置泵房的水泵大多由家用水泵改造而来, 水泵频繁开启、水泵质量本身不高等原因导致水泵经常出现故障。

## 4 对策分析

将区间排水收集于一密闭装置中可以避免积水浸没浮置板道床、积水外溅锈蚀轨道及扣件等情况发生。借鉴海绵城市雨水收集装置设计理念, 普通道床积水坑设计成封闭形式, 仅在积水汇入位置与水泵放置位置留孔; 浮置板道床段, 在排水沟段采用缝隙式排水沟, 将水汇集到积水坑, 积水坑和普通道床段设置方式相同, 如图 4 所示。积水坑与排水沟采用高强材料(如聚酯树脂混凝土、球墨铸铁等材料)预支而成, 在道床底板浇筑时, 按设计位置将排水沟(积水坑)敷设于上。

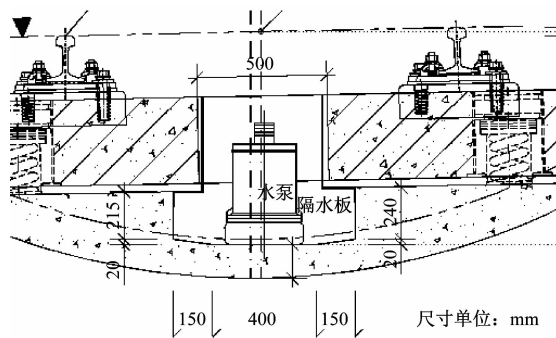


图4 封闭式积水坑示意图

根据文献[1]研究, 在排水沟(积水坑)沿纵向间隔一定距离设置横向支撑于排水沟(积水坑)内, 从而提高道床抗横向变形能力, 增强道床的整体性进而避免或减轻道床劣化。

宁波地铁 M2 线二期工程解决盾构区间内设置泵房排水泵频繁起泵, 采用具备低水位保护和自冷却功能的意大利进口泵<sup>[3]</sup>。但是进口泵在后期维修、换件等售后服务方面存在一定劣势。基于以上考虑, 可在水泵招标时对功能做详细描述, 并对维修保养给出明确规定。针对进入积水坑的污水杂质附着在水泵表面影响水泵的使用功能, 在可积水坑汇入位置设置篦子, 定期进行人工清理, 确保进

(下转第 124 页)

## 5 结语

本文针对当前地铁无障碍信息共享困难、利用程度不高的现状,结合跨平台移动框架和移动 GIS 的相关技术,研发了针对出行不便人群的无障碍出行需求的移动软件《武汉地铁无障碍出行移动软件》(软著登字第 2906196 号)。该移动软件的功能设计已经全部实现并投入使用。

由于数据源、技术和时间成本的限制,软件功能还有待于进一步完善,具体包括三方面:该移动软件只涉及地铁站,没有站内外一体化导航的功能;该软件主要针对脊髓损伤患者等行动不便的人群,没有考虑视力残疾等其他类型的出行不便人群,后期可以增加语音查询和语音提示功能;该移动软件没有提供众源数据采集的功能模块,随着地铁线路不断开通,新增的地铁线路可以让用户或志愿者采集新数据然后上传,同时一旦无障碍设施的运行状态出现问题(如电梯故障等),用户可以更新无障碍设施的情况。

## 参考文献

- [1] 詹姆斯·霍姆斯-西德尔,塞尔温·戈德史密斯. 无障碍设计[M]. 大连:大连理工大学出版社,2002.
- [2] 赵立志,杨戈,周庆,等. 中外城市环境无障碍建设的比较与

(上接第 120 页)

入积水坑的水不含杂质而保证水泵使用功能。

## 5 结语

在因条件限制而只能设置内置式泵房时,设计应在充分考虑道床的强度、稳定性及耐久性条件下,从限界、道床结构及排水要求确定排水沟(积水坑)截面尺寸,排水沟(积水坑)应尽可能做成封闭型。用于外排的水泵不但应满足生产需求,且应具有耐久性与可维护性。为避免同一水泵频繁开启,可通过中控系统控制积水坑中水泵的开启顺序,从

反思[J]. 城市发展研究,2014,21(4):4.

- [3] 黄悦,马锦湖,焦汉科. 基于 iOS 的移动规划平台快速搭建[J]. 测绘通报,2014(增刊2):278.
- [4] 余健,童秋英,朱波,等. 一种混合应用模式的土地执法核查 APP 的设计与实现:以武汉市国土规划执法监察移动系统为例[J]. 测绘通报,2018(1):151.
- [5] 余建军,彭艳,张利勇,等. 移动 GIS 支持下的“五水共治”河道督查系统的实现[J]. 测绘通报,2016(8):107.
- [6] 梅元勋,薛涛,曾兴国. 移动 GIS 支持下的海洋渔业信息采集与管理[J]. 测绘通报,2015(4):125.
- [7] 李德仁. 论 21 世纪遥感与 GIS 的发展[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2003,28(2):127.
- [8] 刘建华,杜明义,温源. 移动地理信息系统开发与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2015.
- [9] 康铭东,彭玉群. 移动 GIS 的关键技术与应用[J]. 测绘通报,2008(9):50.
- [10] 未来科技. JQuery Mobile 从入门到精通[M]. 北京:中国水利水电出版社,2017.
- [11] Sun Microsystems. JSR311, JAX-RS; Java™ API for RESTful web services [S]. City of Santa Clara: Sun Microsystems, Inc, 2009.
- [12] BURKE B. RESTful Java with JAX-RS [M]. Boston, MA: O,Reilly Media, Inc, 2009.
- [13] 宋龙,夏青,田江鹏. 移动终端上的室内地图表达研究[J]. 测绘通报,2015(11):102.

(收稿日期:2018-11-30)

而延长水泵使用寿命。文中给出的仅为设计、施工阶段对策,其效果还有待进一步实践检验。

## 参考文献

- [1] 陈鸿,曹伟飏. 关于复兴东路隧道几个设计问题的分析论证[C]//中国市政工程协会. 中国城市地下空间开发高峰论坛论文集. 北京:中国市政工程协会,2007:118.
- [2] 徐彩彩. 特殊情况下地铁轨道道床兼设废水泵房的研究与思考[J]. 城市轨道交通研究,2018(3):72.
- [3] 郑习羽. 2018 年技术中心调研报告[R]. 天津:天津轨道交通集团技术中心,2018:39.

(收稿日期:2018-10-14)

欢迎访问《城市轨道交通研究》网站

www. umt 1998. com