

苏州轨道交通6号线与金鸡湖公路隧道共建方案分析

刘 皓 王仲林

(广州地铁设计研究院股份有限公司, 510010, 广州//第一作者, 工程师)

摘 要 苏州轨道交通6号线与金鸡湖公路隧道在跨金鸡湖区段线位基本位于同一位置。为有效节约地下空间资源,避免分期建设造成工程浪费,减小工程风险,减少对金鸡湖的影响,采用将两者同管一体化跨湖建设、高度集约化设计,以取得可观的综合效益。从项目的功能定位、工程特点、建设条件、共建段工法的选择、线路条件、横断面布置、防灾救援模式等方面,对隧道与轨道交通共建段技术方案进行探讨,为类似工程提供参考。

关键词 公路隧道-轨道交通共建; 建设方案; 技术分析

中图分类号 U459

DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.05.021

Joint Construction of Rail Transit Line 6 and the Jinji Lake Highway Tunnel in Suzhou City
LIU Hao, WANG Zhonglin

Abstract Suzhou rail transit Line 6 and Jinji Lake Highway tunnel are basically located on the same section that crosses under the Jinji Lake. In order to effectively save underground space resource, avoid engineering waste caused by phased constructions, reduce project risks and the impact on Jinji Lake, a co-management integration of the across lake construction and highly intensive design is adopted, looking forward to the comprehensive benefits. In this article, the technical plan of the tunnel section and rail transit joint construction is mainly discussed from aspects of functional positioning, engineering characteristics, construction conditions, method selection of the joint construction section, line conditions, cross-sectional layout, disaster prevention and rescue mode, so as to provide a reference for similar projects.

Key words highway tunnel joint construction with rail transit; construction scheme; technical analysis

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

金鸡湖位于苏州市工业园区,是我国最大的城市湖泊公园,堪称21世纪苏州“人间新天堂”的象征。为完善环金鸡湖金融贸易区基础设施建设和园区内部交通网络,缓解东西向跨湖交通的压力,

加强园区东西向联系,金鸡湖公路隧道的建设已成为当务之急。苏州轨道交通6号线连接高新区、姑苏区和工业园区,强化了金鸡湖东西两岸之间的联系,是城市东西向穿越古城及金鸡湖的重要客流通道。为更好地统筹金鸡湖公路隧道与苏州轨道交通6号线的规划、设计及建设,以合理利用空间,避免反复开挖金鸡湖,降低社会影响,本文对金鸡湖公路隧道与苏州轨道交通6号线共建中的问题进行探讨。

1 工程概况

金鸡湖公路隧道位于苏州工业园区核心区域,是一条连接金鸡湖两岸重要的东西向城市主干路。项目的建设将加强金鸡湖两岸的交通联系,极大地完善园区规划路网布局。

金鸡湖公路隧道沿中新大道线位穿越金鸡湖。隧道西起中新大道西-星海街交叉口以东,东至中新大道东-南施街交叉口西侧,隧道段长约5 345 m。其中,湖西陆域段长度约为1 200 m,湖中水域段长度约为3 000 m,湖东陆域段长度约为1 300 m。湖西在星港街设置一对进出匝道,湖东在星湖街设置向北的一对定向匝道,在星湖街东侧设置长乐街出口匝道。隧道结构宽约39 m。湖西段隧道结构底板埋深0.90~14.80 m,标高-11.4~2.5 m;湖中段结构底板埋深8.80~15.99 m,标高-17.14~-13.68 m;湖东段结构底板埋深0.15~25.50 m,标高-22.00~3.35 m。

轨道交通6号线为苏州西北—东南方向的对角线,连接高新区、主城区和工业园区。其强化了金鸡湖东西两岸之间的联系,并加强了对古城的服务,是城市东西向穿越古城及金鸡湖的重要客流通道,也是城际客流的重要集散线路。6号线全长36.2 km。其中,金鸡湖西站—中塘公园站区间主要沿中新大道西和中新大道东敷设,并下穿金鸡湖,与金鸡湖公路隧道并行。并行段长约4 km。金

鸡湖隧道公路与轨道交通合建示意图如图 1 所示。其建设标准为:金鸡湖公路隧道为城市主干路,双向 6 车道,主线设计速度为 50 km/h,匝道设计速度

为 40 km/h,车道宽度为 3.5 m,通行净高不小于 4.5 m,汽车荷载为城 - A 级。轨道交通 6 号线采用 B 型车,6 节编组,最高设计速度为 80 km/h。

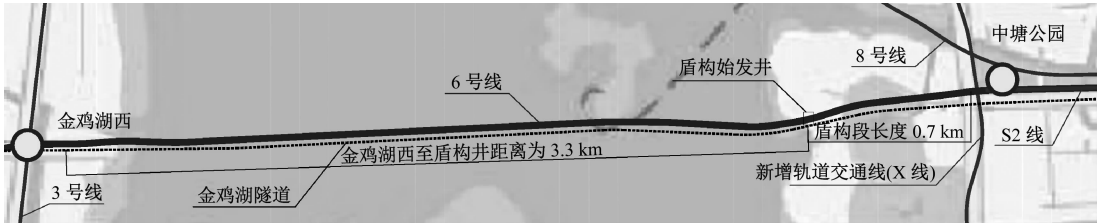


图 1 金鸡湖隧道公路与轨道交通合建示意图

2 总体方案

2.1 隧道平纵方案

隧道主线共设置平曲线 5 处,星湖街出入匝道各设置平曲线 2 处,长乐街出口匝道设置平曲线 1 处。其中,隧道主线 5 处平曲线由西向东半径分别为 3 000 m、3 000 m、1 000 m、1 200 m、2 500 m;星湖街出口匝道 2 处平曲线由西向东半径分别为 700 m 和 85 m;星湖街入口匝道 2 处平曲线由西向东半径分别为 700 m 和 73 m;长乐街出口匝道平曲线半径为 2 500 m。

湖中明挖段与轨道交通 6 号线结构合建,由于湖中段需要在岛上设置中间风井,因此湖中线位靠近桃花岛布置,然后隧道以 3 000 m 的平曲线半径折向东南方向。

隧道湖西主线出口接地点设置在交叉口东侧

约 150 m 处,隧道以 5% 纵坡向下,在星汉街以西进入暗埋段。主线入口的接地点设置在星汉街东侧,以 5% 纵坡下穿接入主线。随后,在星港街以东主线接入一对匝道,匝道采用 5% 纵坡以快速接地。隧道主线在穿越风之园后入湖。

湖中隧道采用 -0.3%、0.3%、-0.3%、0.3%、-0.3%、1.0% 的缓坡组合,以尽量减小隧道在湖中的埋深,同时满足设计隧道顶部控制标高要求。

进入湖东岸边段后,主线采用 3% 坡度向下,匝道采用约 1.22% 坡度向上,匝道在纵向上与主线完全分离以后,匝道与主线叠层行进,在星湖街前转向以 5% 纵坡迅速爬升,在晨曦桥前接地。隧道主线在与匝道平面分离后,隧道主线以 2.41% 的坡度穿越星湖街、长乐街后以 5% 坡度向上,在南施街西侧接地。

金鸡湖隧道平纵断面设计图如图 2 所示。

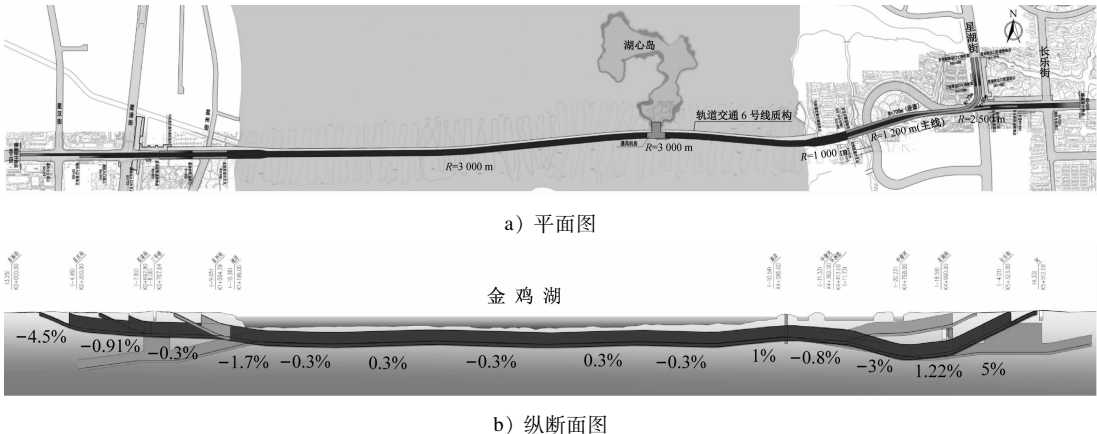


图 2 金鸡湖隧道平纵断面设计图

2.2 隧道横断面方案

湖中段主线暗埋段采用四孔一管廊形式。其中,两孔为车行道孔,另外两孔为地铁区间。地铁区间设于隧道北侧。隧道断面为双向 6 车道,车道

宽度为 3.5 m × 3,通行净高 4.5 m,路缘带宽度为 0.25 m。

两车道孔之间设置管廊。管廊上部设置电缆通道,中部为安全通道兼检修通道,下部为水管沟。

车道顶部限界至顶板之间为设备安装空间,布置隧道内照明灯具、信号灯、扬声器、摄像机等,需安装射流风机处,局部抬高顶板形成风机安装壁龛。

根据综合隧道的建筑限界、设备安装、道路摊铺、装修,以及轨道交通限界等要求,湖中段箱体直线段处的横断面最小内净尺寸宽度为 37.30 m,曲线段处的横断面最小内净尺寸宽度为 37.72 m,结构箱体内净高受道路隧道高度控制,为 5.7 m。

暗埋段内每间隔约 100 m 设置人员疏散的安全门,两车道孔互为备用。

金鸡湖隧道湖中段横断面设计图如图 3 所示。

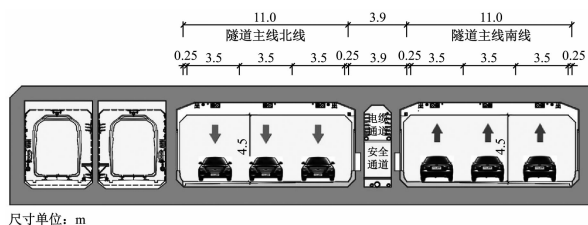


图3 金鸡湖隧道湖中段横断面设计图

3 关键节点分析

金鸡湖西站为轨道交通 3 号线与 6 号线的换乘站,3 号线呈南北向布置,6 号线呈东西向布置并与公路隧道平行。其节点平面图如图 4 所示。

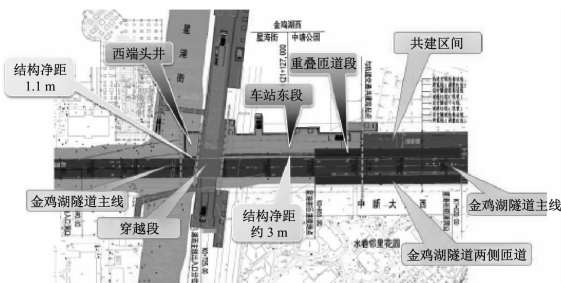


图4 金鸡湖西站节点平面图

公路隧道穿越金鸡湖西站 3 号线车站主体,车站结构已对隧道进行了预留(见图 5)。隧道结构设计时在车站两侧设置变形缝,缝距 35 m。两侧隧道结构实施完成后凿除车站预留封堵墙,连通隧道

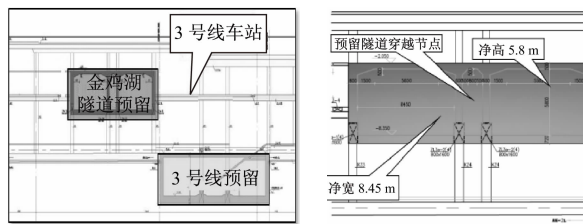


图5 3 号线车站预留金鸡湖隧道穿越节点详图

结构。

6 号线金鸡湖西站与公路隧道平行设置。车站为地下三层,站中心底板埋深 27.16 m。隧道围护外边界距离车站围护结构边线约 1.65 m,车站与隧道埋深高差约 14 m。公路隧道与车站围护平面及横断面示意图如图 6 及图 7 所示。公路隧道工程实施完毕后,实施 6 号线车站主体。

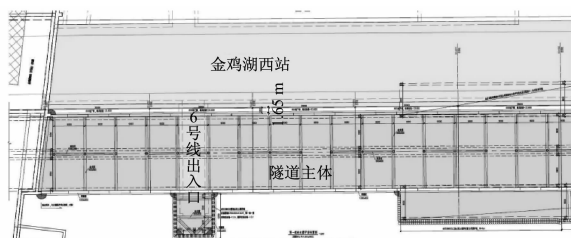


图6 公路隧道与 6 号线车站围护平面示意图

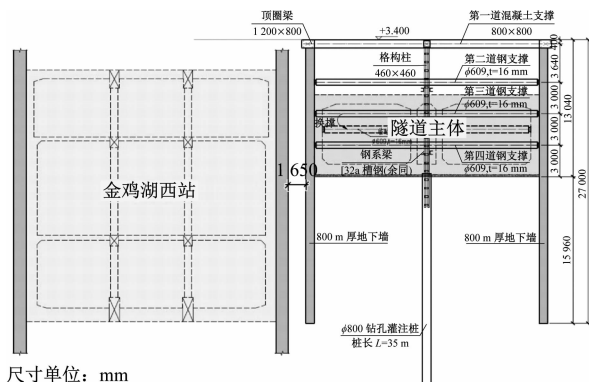


图7 公路隧道与 6 号线车站围护横断面示意图

4 湖中合建段沉降分析

湖中段公路隧道与轨道交通 6 号线区间采用明挖合建。由于明挖区间大部分位于湖中大开挖段,土体大面积的卸载、回填等会引起土体回弹及沉降变形。为保证轨道交通线路运行的平顺性和行车安全性,需对合建段结构变形进行控制。借鉴 GB 50157—2013《地铁设计规范》第 10.1.11 节桥梁相对沉降标准,设计时按绝对沉降(回弹)10 mm 进行控制。

采用荷兰公司开发的 Plaxis 有限元软件对湖中段隧道结构的沉降进行分析,从而确定合适的桩长。土体模型采用强化土模型(HS 模型),其中刚度参数 E50ref、Eoedref 采用金鸡湖隧道岩土工程勘察报告中 Es1-2 压缩模量的具体数值,Eurref 视土体性质取 3~5 倍的压缩模量 Es1-2。根据工程实际尺寸建立几何模型(见图 8),赋予材料属性后生成

有限元模型(见图9)。

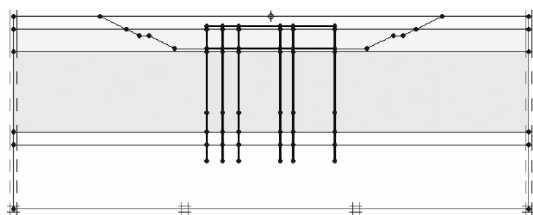


图8 几何模型

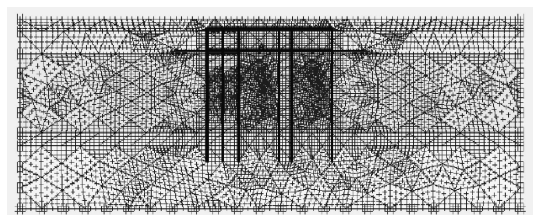


图9 有限元模型

工况考虑了以下情况:①基坑开挖前降水、桩基施工、放坡开挖、结构回筑、覆土回填、恢复水位;②进行为期6~12个月的机电安装后进入运营阶段;③在长达100年的使用期内隧道结构的整体变形。

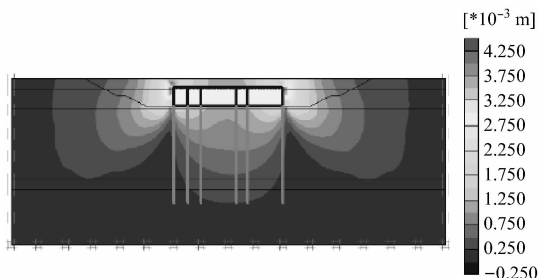
本次设计分别对比了不设置桩基以及设置20 m和35 m长桩基的最终土体变形情况。计算结果如图10所示。由图可知,无桩基时的沉降值为4.38 mm,设置20 m长桩基时沉降值为1.82 mm,设置35 m长桩基时沉降值为0.59 mm。可见,三种情况下的沉降值均能满足使用期内绝对沉降值和轨道交通运行要求。为确保安全并结合抗浮设计,最终选用 $\phi 600$ mm、桩长20 m钻孔灌注桩。根据计算结果,配置16根 $\phi 20$ mm纵向钢筋,可满足桩身强度要求。

5 施工方案

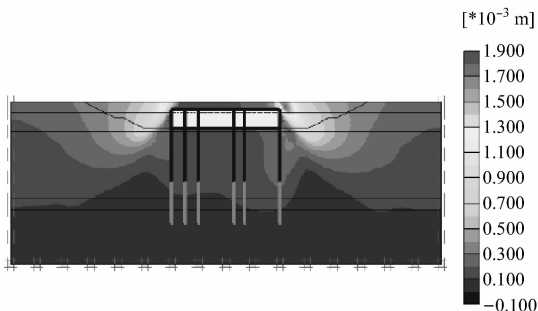
金鸡湖隧道湖中段采用围堰的施工方案,两侧围堰基本平行于隧道布置,围堰内边缘距离基坑顶不小于 $(1.5 \sim 2.0)H$ (H 为基坑开挖深度)。围堰总长6 832 m。为确保金鸡湖水质,湖中段围堰共分两期(以湖中心桃花岛为界),一期围堰长度为4 623 m,二期围堰长度为1 924 m,一、二期共用围堰长度为285 m。围堰主要采用双排钢桩(钢管桩和钢板桩)。金鸡湖隧道湖中段围堰典型断面图如图11所示。

6 疏散救援方案

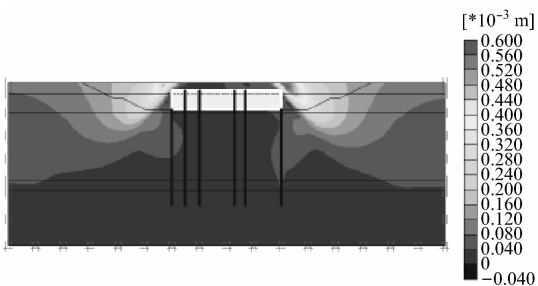
如图12~14所示,当道路隧道内发生火灾事故



a) 无桩基



b) 设置20 m长桩基

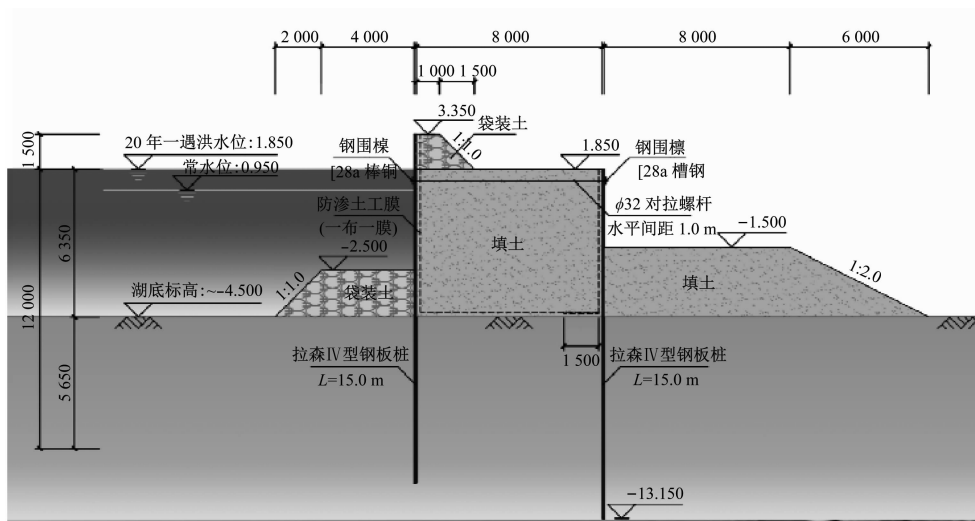


c) 设置35 m长桩基

图10 计算结果云图

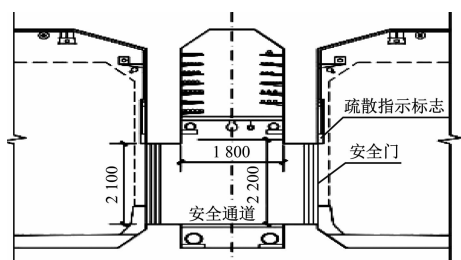
时,事故点前方的车辆应尽快驶离隧道,事故点后方的车辆受阻,驾乘人员弃车,在无烟火的环境中向后方撤离。逃生人员可通过事故后方的安全门进入管廊内的安全通道进行疏散,另一车道孔应及时关闭隧道入口,尽快清空车辆。逃生人员也可由安全门进入另一孔安全车道疏散。火灾车道孔受阻后,消防救援车辆应由对向车道孔进入隧道,利用火灾点就近的安全门至火场进行扑救。

共建段轨道交通6号线区间内左、右线仅一墙之隔,便于火灾下的疏散、救援组织。在车辆行驶方向的左侧设置疏散平台,平台的宽度不小于0.8 m;防火隔断墙上每隔300 m设置一对安全门,人员可通过安全门由事故孔疏散至另一安全孔内。当区间内的一孔发生火灾时,受阻列车上的乘行人员可通过疏散平台至安全门进入另一安全孔内逃生。地铁安全门如图15所示。



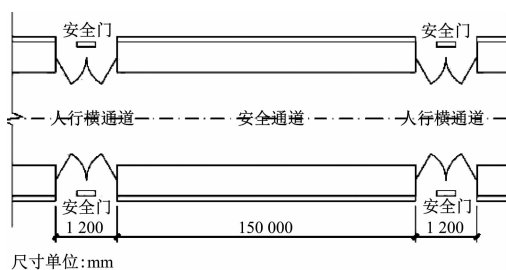
尺寸单位(除标高外):mm

图 11 金鸡湖隧道湖中段围堰典型断面图



尺寸单位:mm

图 12 隧道安全通道示意图
救援车辆(路径一)



尺寸单位:mm

图 13 隧道安全门平面示意图

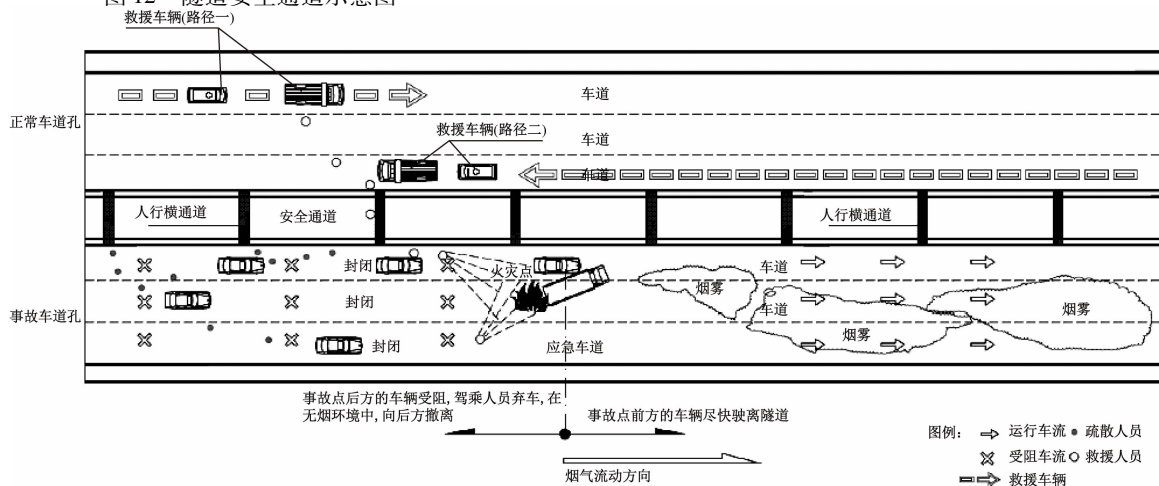


图 14 隧道疏散示意图

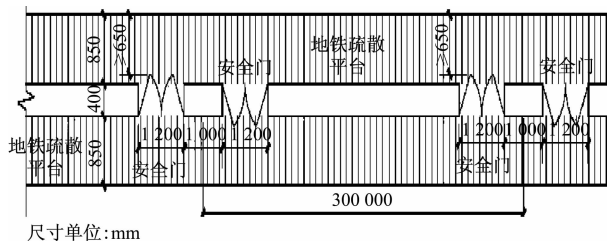


图 15 地铁安全门示意图

7 结语

对于需要同时下穿江河、湖泊等水域的城市市政工程 and 轨道交通工程,规划阶段需做好线网规划及建设时序安排,有条件时可考虑公轨合建方案,以节省工程投资,节约用地,提高隧道断面利用率。

(下转第 110 页)

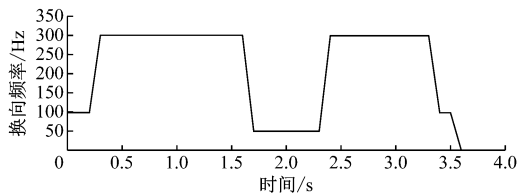


图6 智能转辙机换向频率曲线

加电机扭矩,从而有效减少道岔转换不到位的故障发生,进一步保障行车安全。

4 结语

本文提出一种可应用于城市轨道交通分布式联锁系统的智能转辙机。其在设计上摆脱了传统转辙机的控制模式,增加了网络接口,可实现对道岔动作的智能控制,以及转辙机工作状态数据及动态特性的实时监测和记录。通过所开发的试验平台验证了智能转辙机启动电流小、具有可变速功能,在转辙机启动和遇阻时可进一步保护设备,具有较高的可靠性和可用性。智能转辙机不仅为以后转辙机故障的分析和智能预测工作带来便利,同时为正在向智能化、数字化发展的城市轨道交通信号设备提供了新的研发思路。

参考文献

[1] 段宏伟.城市轨道交通分布式车载运行控制系统研究[D].

(上接第99页)

金鸡湖市政隧道与轨道交通6号线合建,集约利用了城市空间,可避免分期建设造成的工程浪费,减少后期改造既有结构带来的工程风险,减小对金鸡湖的影响。此外,本文对关键节点和湖中合建段沉降的分析,对疏散救援方案及施工方案的论述,对于今后类似公轨合建工程有一定的指导和借鉴意义。

参考文献

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.地铁设计规范:GB 50157—2013[S].北京:中国建筑工业出版社.2013.

北京:北京交通大学,2013.

- [2] 张胜平.无刷直流电机在电动转辙机中的应用[J].铁道通信信号,2009,45(4):25.
- [3] 崔伟,叶先明.基于AVR单片机的直流无刷电机智能控制系统设计[J].仪表技术与传感器,2009(11):34.
- [4] 陈小永.直流无刷电机控制技术研发[D].北京:中国石油大学,2008.
- [5] 任先进.铁路转辙机用无刷直流电动机控制技术研究[D].西安:西北工业大学,2007.
- [6] 詹忙秋,赵艳芝,鄢家财.铁路转辙机系统中的无刷直流电机驱动器的设计[J].微电机,2013,46(5):75.
- [7] 孔宪光,刘萍,殷磊.差动变压器式位移传感器参数化仿真技术研究[J].仪器仪表学报,2009,30(12):2562.
- [8] 阮健,朱兆良,李胜.LVDT校正技术研究[J].浙江工业大学学报,2016,44(2):184.
- [9] 江澄,彭立志,孙建国.航空发动机数控系统中LVDT传感器信号处理及在线故障检测[J].航空动力学报,2007,22(8):1396.
- [10] 邱俊杰.ZD6型转辙机动作电流曲线分析[J].铁道通信信号,2008,44(7):20.
- [11] 张天赋.S700K转辙机动作电流曲线智能分析研究[J].制造业自动化,2014,36(10):71.
- [12] 刘仓.直流电动转辙机动作电流的智能分析[J].铁道通信信号,2009,45(8):14.

(收稿日期:2017-12-19)

- [2] 中华人民共和国建设部.城市轨道交通工程项目建设标准:建标 104—2008[S].北京:中国计划出版社,2008.
- [3] 易思蓉.铁道工程[M].2版.北京:中国铁道出版社,2011.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部.城市道路工程设计规范:CJJ 37—2012[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [5] 方刚.苏州市轨道交通6号线工程可行性研究报告[R].广州:广州地铁设计研究院有限公司,2018.
- [6] 上海市隧道工程轨道交通设计研究院.金鸡湖隧道工程可行性研究报告[R].上海:上海市隧道工程轨道交通设计研究院,2017.
- [7] 上海市隧道工程轨道交通设计研究院.金鸡湖隧道工程初步设计[R].上海:上海市隧道工程轨道交通设计研究院,2018.

(收稿日期:2018-08-29)