

地铁单洞双线隧道双扇防护密闭隔断门研制

卢绪智 黄静华 杨 洁 刘 首 张晓辰

(军事科学院国防工程研究院,100850,北京//第一作者,工程师)

摘 要 为满足战备隧道改造为大尺寸区间设防地铁的特殊需求,提出了大跨度、大尺寸单洞双线隧道双扇防护密闭区间隔断门设计,采用活门槛解决了隔断门道床平面密封问题。通过数值模拟对门扇所受应力进行计算,通过密封性能测试验证了隔断门的气密性。计算与测试结果表明,双扇防护密闭隔断门的受力合理,密闭性能良好,满足使用要求。

关键词 地铁;隧道;防护密闭隔断门

中图分类号 TU96+7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.01.036

Development of the Blast Partition Double-leaf Door for Single-hole and Double-line Metro Tunnel

LU Xuzhi, HUANG Jinghua, YANG Jie, LIU Shou, ZHANG Xiaochen

Abstract In order to meet the special needs of large-size metro interval modified by war preparedness tunnel, the design of the blast partition double-leaf door for a single-hole and double-line metro tunnel with large-span and large-size is proposed, in which the bed plane seal problem of partition door is solved by adopting the live threshold. The stress on door leaf is calculated through numerical simulation, the air tightness of partition door is also verified by tightness test. The results of calculation and test shows that the blast partition double-leaf door could meet the user's requirements with good air tightness and reasonable stress performance.

Key words metro; tunnel; protective closed partition door

Author's address Research Institute for National Defense Engineering of Academy of Military Science PLA China, 100850, Beijing, China

1 研究背景

哈尔滨市的地铁系统始建于2008年^[1],然而其隧道工程的历史可追溯至1973年。当时,沈阳军区决定在沈阳、长春及哈尔滨3座城市修建战备大隧道。后来,哈尔滨市决定利用战备隧道修建地铁,

实现“平战结合”。该战备大隧道工程于1973年开始规划,1975年开始施工,至1979年共建成隧道10.1 km和5座车站。其中,连续贯通隧道7.5 km。隧道主体为净跨7.3 m、净高6 m的封闭结构,埋深约22 m,主要采用暗挖法施工^[2]。

哈尔滨地铁1号线修建时对战备隧道进行了人防工程改造^[3]。地铁平时是地下交通干线;战时,既是城市人民防空的疏散干道,又可以作为紧急人员掩蔽部;在遭受核武器、化学武器、常规武器袭击时和袭击后的城市次生灾害下,保障人员和设备的安全,提高整个城市的综合防护能力。设防后的地铁是由许多车站通过隧道连接而成的大型人防工程^[6]。为了保证战时1个车站的人防功能丧失不影响相邻车站防护功能的发挥,需要在车站之间的隧道中设置能承受双向冲击波荷载的防护密闭隔断门,以形成相互独立的防护单元。

根据文献[4-9],现有的隔断门均为单扇门,横向跨度相对较小;门扇属于横向受力结构,只适用于单洞单线的区间隔断,并不适用于单洞双线隧道或线间距较小的双线隧道。而哈尔滨地铁改造段上的隧道,是单洞双线隧道。在单洞双线隧道段设置区间隔断门,需要解决多轨道密闭、横向跨度大、双向受力等多项技术难题。若采用单扇门,门扇比较重,铰页承受力较大,况且门扇开启所需尺寸过大,不利于布置;若采用双扇门,每个单扇门的质量变小,门扇开启所需尺寸也相应的变小,从而减少了土建开挖量,便于布置。为满足特殊工程需求,双扇防护密闭隔断门(以下简为“双扇隔断门”)的研制工作势在必行。

2 双扇隔断门的结构与性能分析

双扇隔断门研制设计要着重解决双扇隔断门横向跨度大、双扇隔断门与多条轨道的密闭及活门槛受载问题。

本研究采用活门槛梁解决了轨道与道床的密

封问题,分析了门扇下沿与门框受载问题,通过优化门扇结构形式来减轻门扇质量,并保证了门扇与门框的贴合及密闭性能。

2.1 门体结构

双扇隔断门的门体结构设计如图 1 所示。

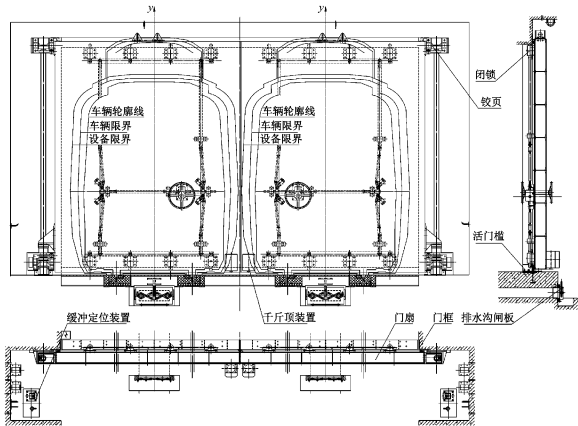


图 1 双扇隔断门设计图

2.2 活门槛

双扇隔断门的尺寸较大、横向跨度大,存在双向受力等问题。采用活门槛的形式可解决上述问题。活门槛由活门槛梁、轨道密封件和承载件(如图 2 所示)等组成。活门槛梁由角钢切制而成。轨道密封件与活门槛梁连接可实现轨道处的密封。承载件由工字钢和面板组成,能把门扇所受荷载传递到门框上。

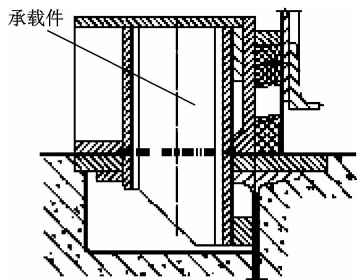


图 2 承载件结构

活门槛用来调整门扇与门框底部的间隙,以解决隔断门在不同区间位置时道床平面不一致的问题。平时,活门槛放置在靠铰页的一侧并固定牢靠;战时,活门槛与门框底部连接以实现轨道密闭。

2.3 门扇受力分析

为适应单洞双线和大幅度的需要,双扇隔断门采用纵向受力结构。先由型钢组焊成井字梁骨架,再将内外钢板与骨架焊接成整体,以承受正反双向荷载。由于门扇的尺寸较大,门扇结构需要优化。

经数值模拟,双扇隔断门的结构受载应力云图如图 3~4 所示。由图 3~4 可知,双扇隔断门的结构受力合理,满足工程需要。

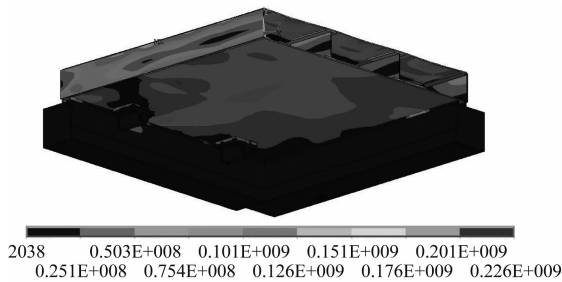


图 3 双扇隔断门整体受载应力云图(整体)

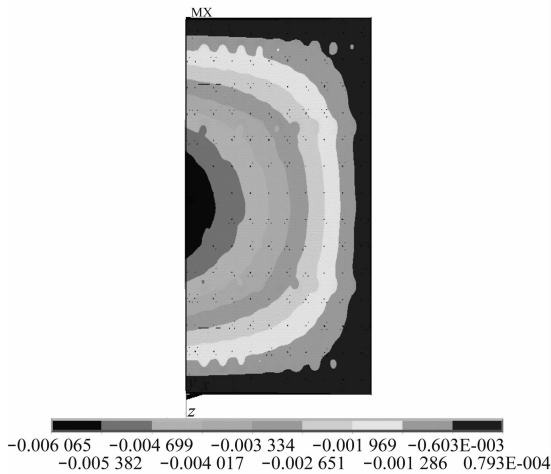


图 5 双扇隔断门正面受载应力云图(正面)

2.4 密闭问题

门扇底部的 4 条轨道通过适应性强的活门槛满足密封要求。活门槛底部的轨道密封箱可随钢轨的偏移进行调整,以适应钢轨的设计与施工偏差。密封箱的宽度较小,可放在 2 根轨枕之间,便于轨枕的布置。轨道的密封如图 6~7 所示。

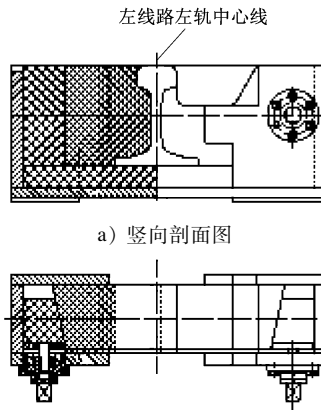


图 6 轨道的密封图



图7 轨道的密封实物

双扇隔断门的门扇尺寸较大,且加工精度要求高,其门扇与门框贴合度要符合设计要求。活门槛与下门框密封细部构造图如图8所示,双扇门门缝之间的密封细部构造图如图9所示。密封处必须达到人防工程要求,因此有必要进行密闭性能测试。

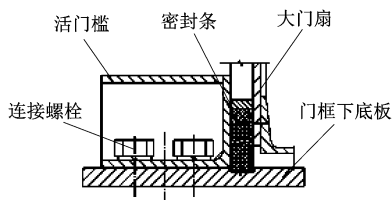


图8 活门槛与下门框密封细部构造图

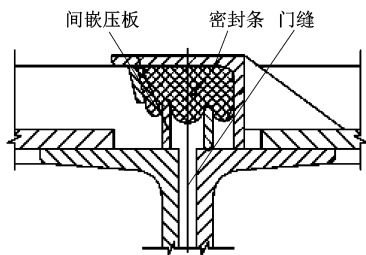


图9 门缝之间的密封细部构造图

根据 RFJ 01—2002《人防工程防护设备产品质量检验及施工验收标准》规定^[13],采用流量法来测试密闭性能。选取气源压力 $P=0.4\text{ MPa}$,通过流量计给门后的密闭箱(超压室)充气。根据要求,当密闭箱内的超压 $\Delta P=50\text{ Pa}$ 时,要求最大漏气量 $Q\leq 2.8\text{ m}^3/\text{h}$ ^[14]。

双扇隔断门的密闭性能测试共测5次,实测漏气量依次为 $2.20\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $2.15\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $2.25\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $2.40\text{ m}^3/\text{h}$ 和 $2.05\text{ m}^3/\text{h}$,实测漏气量平均值为 $2.21\text{ m}^3/\text{h}$,均满足漏气量要求。

3 结语

本文主要针对既有线路工程改造段,研制出适

用于单洞双线隧道或线间距较小的双线隧道的双扇隔断门。双扇隔断门具有如下特点:①双扇门门体结构质量较轻,门扇尺寸变小,便于布置。②大跨度、宽尺寸的活门槛,密闭性能可靠,可实现与多条轨道的密封。③门扇为梁板结构,构造简单,受力合理。④密闭措施可靠,密闭性能良好,实测漏气量小于 RFJ 01—2002《人防工程防护设备产品质量检验及施工验收标准》标准规定的最大允许漏气量。

参考文献

- [1] 哈尔滨市轨道交通建设办公室. 哈尔滨市城市轨道交通及其建设规划[R]. 哈尔滨:哈尔滨市轨道交通建设办公室,2013.
- [2] 裴玉龙,刘莹. 城市轨道交通建设规模研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2006.
- [3] 孙巍,叶蓉等. 哈尔滨市轨道交通一期工程利用“7381”既有人防工程整修方案的研究[J]. 地下工程与隧道工程,2005(4):10.
- [4] 史文懿. 地铁人防工程建设中区间隔断门的设计与安装[J]. 广东土木与建筑,2008(9):62.
- [5] 胡玉镜,张伟刚,刘斌生. 地铁新型人防区间隔断门的研制[J]. 都市轨道交通,2008(6):79.
- [6] 徐胜,郭士博,张瑞龙,等. 地铁刚性接触网供电区间单扇防护密闭隔断门研制[J]. 现代城市轨道交通,2014(5):1.
- [7] 郭士博,徐胜. 地铁区间新型人防设备设计要点[J]. 城市轨道交通研究,2016(2):50.
- [8] 李贤妮. 地铁人防区间防护密闭隔断门的结构特点和安装分析[J]. 福建建筑,2015(1):69.
- [9] 卫中营. 地铁隧道防淹防护密闭隔断门泄水装置的研究[J]. 建筑知识,2014(7):329.
- [10] 李海锋,宋键,顾保南,等. 哈尔滨市利用既有人防隧道建设轨道交通的适用性研究[J]. 城市轨道交通研究,2005(5):71.
- [11] 梁宇. 哈尔滨轨道交通1号线三期工程可行性研究[D]. 长春:吉林大学,2013.
- [12] 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:中国计划出版社,2003.
- [13] 中华人民共和国建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 人民防空工程施工及验收规范:GB 50134—2004[S]. 北京:国家人民防空办公室,2004.
- [14] 国家人民防空办公室. 人民防空工程防护设备产品质量检验与施工验收标准:RFJ 01—2002[S]. 北京:国家人民防空办公室,2003.

(收稿日期:2018-05-02)