

南京地铁3号线过江隧道消防设计探讨

张 存, 周金忠, 范太兴

(中铁隧道勘测设计院有限公司, 天津 300133)

摘 要: 随着我国地铁的发展,过江地铁隧道越来越多,其中,隧道消防系统的作用显得日益重要。针对南京地铁3号线大盾构过江隧道工程,从过江地铁区间消防平面布置、火灾场景确定及其消防要求等三个方面探讨其消防系统的设计思路,通过消火栓系统的合理设计,满足“扑灭隧道内不同位置、不同场景的各种火灾”的要求。

关键词: 过江地铁隧道; 火灾位置; 火灾场景

中图分类号: TU892 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)02-0046-04

Discussion on Fire Protection Design in Nanjing Metro Line 3 Tunnel Crossing Yangtze River

ZHANG Cun, ZHOU Jin-zhong, FAN Tai-xing

(China Railway Tunnel Survey & Design Institute Co. Ltd., Tianjin 300133, China)

Abstract: With the rapidly development of the subway system in our country, more and more river-crossing subway tunnels have been built. And the role of fire protection system in tunnels is becoming more important. Therefore, this paper discusses the design concept of the fire protection system of subway tunnels on basis of a large shield river-crossing tunnel project (which is a part of the Nanjing metro line 3) from three aspects such as the layout of the subway tunnels fire protection systems, the determination of fire scenario and the fire requirements and so on. Thus, the requirements of “the fire in different place, as well as the fire with different scenarios” could be met with a reasonable fire protection system.

Key words: river-crossing subway tunnels; fire location; fire scenarios

南京地铁3号线过江隧道为盾构法施工的单洞双线隧道,该隧道连接浦珠路站和滨江路站,下穿长江,全长为3 353 m,隧道纵剖面为V型坡(见图1),隧道最低点埋深为百年一遇水位下63 m左右;根据目前《地铁设计规范》的要求,本过江地铁隧道区间必须设计消防系统^[1~3];在此,侧重探讨如何合理设计消火栓系统,以满足“扑灭隧道内不同位置、不同场景的各种火灾”的要求。

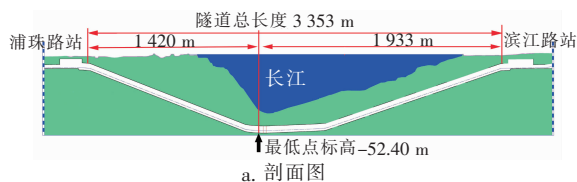


图1 南京地铁3号线过江隧道示意

Fig. 1 Schematic diagram of Nanjing metro line 3 tunnel crossing Yangtze River

1 过江地铁区间消防平面布置

地铁区间的消火栓给水系统,其平面布置一般

有两种方案:方案1为每个地铁车站负责本站及前后相邻两个半区间消防供水;即对于一个完整的区间而言,其消防供水由其前后两个车站的消防系统共同承担,并在区间联络通道处设置横向连通管;而对于整个地铁线路而言,各消防单元的消防管网相互连接,构成一体。其平面布置见图2。

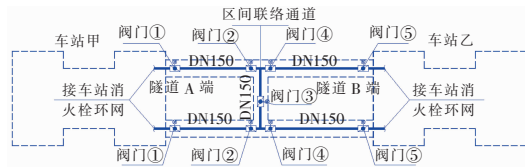


图2 地铁区间消防供水方案1平面布置

Fig.2 Plan of fire water supply scheme 1 for metro section

方案2为每个地铁车站负责本站大里程(或小里程)端的相邻整个区间的消防供水,即对于一个完整的区间而言,其消防供水由其小里程(或大里程)端的车站消防系统单独承担,区间消防管网在大里程(或小里程)端的车站站厅层(或设备层)连接成环;而对于整条地铁线,每一个车站与其大里程(或小里程)端的一个区间作为一个消防供水单元,并与其他供水单元相互独立。平面布置见图3。

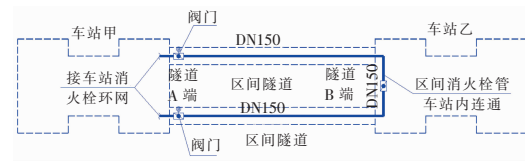


图3 地铁区间消防供水方案2平面布置

Fig.3 Plan of fire water supply scheme 2 for metro section

这两种区间消防供水方案各有利弊(见表1)。

表1 两种地铁区间消防供水方案对比

Tab.1 Comparison of two fire water supply schemes for metro section

项目	优点	缺点
方案1	① 消防栓管在区间联络通道处连通,供水分区内消防栓管长度较小,水头损失小; ② 区间消防供水由两端向区间中部供应,供水分区内水压差较小	① 区间消防栓管需过轨,不利于检修; ② 管道上阀门较多,并且有的阀门较远,不易控制; ③ 一个区间由两端车站共同供水,消防阀门联动控制较为复杂
方案2	① 区间消防栓管无需过轨,利于检修; ② 一站带一区间作为一个供水单元,供水区域划分明确; ③ 管道上控制阀门较少,消防联动逻辑简单,易于操作	① 消防栓管在区间内无连通管,区间消防栓管路较长,水头损失较大; ② 对于长度较长的隧道,采用一站带一区间模式,势必增加消防泵扬程

技术上,对于普通地下区间来说,方案1与方案2均可行;方案1的主要问题是,左右线区间必须设置过轨的消防联络管,否则单靠一座车站供水,左右区间之间无法形成环状供水。但由于区间联络通道一般处于区间最低点,连通管及其附近管道的水压常年较高,列车运行震动加上施工质量的参差不齐,很多区间的联络管出现漏损现象,维修难度较大。方案2将左右线的联络管设置在下一个车站的站厅层,有效解决了上述问题,因此使用范围越来越广。

经济上,方案2比方案1节省6个阀门,对概算影响较小,两种方案的总投资基本一致。

运营管理上,由于南京3号线过江隧道距离较长,方案1比方案2更有优势,主要表现在以下几方面:首先,方案1中消防队员的救援方向和火灾发生的位置一致;如在区间A端发生火灾,那么火灾报警系统向车站甲报警,车站甲启动消防设施,为区间A端火灾提供满足要求的消防水;同时,消防队员从车站甲进入区间到达着火点,实施救援工作。反之,在区间B端发生火灾,那么,火灾报警系统向车站乙报警,车站乙启动消防设施,为区间B端火灾提供满足要求的消防水。而方案2中,如果在区间B端发生火灾,那么,火灾报警系统向车站甲报警,车站甲启动消防设施,为B端火灾提供满足消防要求的水量;同时,消防队员从车站甲进入区间到B端,实施救援工作;那么启动的消防泵、消防人员救援方向与火灾发生点方向不一致,不利于及时救援。其次,方案1比方案2供水更安全,因为在特大火灾的情况下,区间前后两个车站均可提供满足要求的消防水。最后,像南京地铁3号线过江地铁区间,其两端地铁车站位于两个不同消防行政区的管理范围,无论从消防人员安排、消防设施管理,还是从救援及时角度而言,方案2就明显不合理了。因为,在火灾发生时,火灾探测器首先将火灾信号传递到控制中心,再由控制中心控制发出警报信号,消防人员随即展开救援,同时消防泵启泵;而对于南京地铁3号线过江区间,如果采用方案2这种消防供水模式,那么,如果远离消防泵房及控制中心区间一端发生火灾,救援工作就显得捉襟见肘,一是消防员从控制中心所在车站到达着火点的距离太长,不利于火灾救援;二是过长的区间消防栓管路势必大大增加沿程水头损失。总之,为了适应不同位置火灾的消防要求,南京地铁3号线过江地铁区间消防平面布置应

采用方案1,即区间两端的地铁车站各负责半个区间的消防供水功能。

2 过江地铁区间火灾场景确定及消防要求

为了让消防系统合理,首先,要结合隧道断面、通风系统、疏散及救援方式等情况,确定合理的火灾场景;然后,设计出满足各种场景要求的消火栓系统。南京地铁3号线过江隧道横断面布置如图4所示,为单洞双线三层大直径盾构隧道;通风系统采用区间中部设事故风阀的纵向通风方案,即在隧道顶部设断面面积约 4 m^2 的土建排烟风道,以连通浦珠路车站和滨江路车站,集中排烟口对应上、下行正线分别设置3组,共6个事故/排烟风阀,将本区间分为4段,可以通过事故/排烟风阀的启闭,对火灾区段进行排烟运行。同时,浦珠路车站和滨江路车站各设置1台 $90\text{ m}^3/\text{s}$ 的区间事故专用风机。火灾时根据着火点的位置,判定列车停靠位置所属的排烟区段,根据列车着火点(车头或车尾),开启相应的排烟风阀,启动担负本区段排烟功能的专用区间隧道风机以及车站主排风机,利用轨顶的排烟风道进行机械排烟;同时,开启另一端车站的车站主风机以及区间专用风机对事故区间进行送风运行,新风从送风车站的区间隧道进行补充,保证区间中形成 2 m/s 以上的新风气流,乘客迎着新风方向进行疏散,为乘客疏散创造有利条件。排烟口间距约为 900 m 。

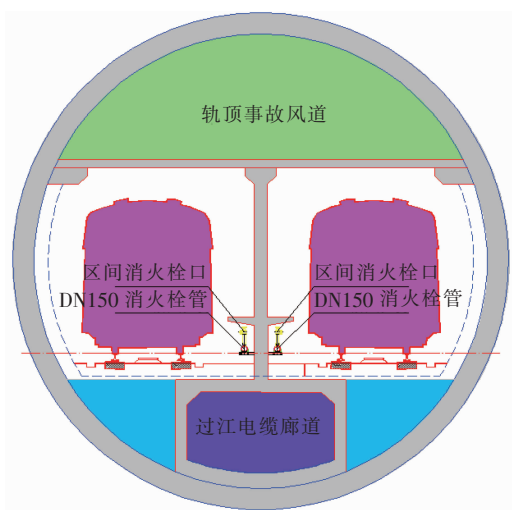


图4 南京地铁3号线过江隧道横断面图

Fig. 4 Section plan of Nanjing metro line 3 tunnel crossing Yangtze River

列车人员疏散方式为:首先,端头车厢内的乘

客通过端头门下至道床,中部车厢内的乘客从车厢下至疏散平台,沿疏散平台步行至步梯处;然后,步行至车站或通过防灾疏散门进入相邻线路安全区等接驳车辆救援,疏散门距不大于 200 m 。区间共设置16座疏散门洞,疏散平台宽度为 0.7 m ,疏散门单扇宽度为 1 m 。发生火灾时,消防人员一般是从相邻线路通过隔墙上疏散门来救援的,故消火栓尽量设计在隔墙一侧,并且,最好在疏散门洞附近,方便消防人员使用;另一方面,消防人员是从道床面接近列车救援的,所以,消火栓口位置高出轨道面 1.1 m 比较合适,为此,就设计在疏散平台下面。

区间消防供水水压校核:首先,正常运行情况下,应根据区间隧道最低点消火栓口静压大小,确定消火栓系统是否需要分区;南京地铁3号线过江区间隧道小里程端浦珠路站市政水压为 36 m ,能满足车站消防水压水量,无需设计消防水泵,过江隧道最低点绝对标高为 -52.4 m ,地面标高为 7.5 m ,自来水管埋深为 3 m ,轨道面距隧道最低点为 3.55 m ,故隧道埋深最大处消火栓口静压为 88.25 m ;大里程端滨江路站市政水压为 180 kPa ,不能满足车站消防水压要求,但能满足消防水量要求,故该车站设计消防水泵及稳压装置,消防泵房设在站厅层,消防泵房设有两台消防泵($Q=20\text{ L/s}$, $H=200\text{ kPa}$),两台稳压泵($Q=5\text{ L/s}$, $H=250\text{ kPa}$)及气压罐,消防泵及稳压泵均为1用1备;消防泵直接从市政自来水管网抽水加压,不设消防水池;消防泵房地面绝对标高为 -3 m ,故隧道埋深最大处消火栓口静压为 69.75 m ;所以,根据《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974—2014,以下简称“水规”)6.2.1.2条要求,消火栓口静压均小于 1.0 MPa ,故该区间消防系统不必分区^[4]。

其次,应验证在一般火灾场景下,消火栓口动压是否超压^[5]。如图3中靠近联络通道处发生火灾时,消防管道均正常,每根消防水管提供 5 L/s 消防水量,在这种情况下,消防水管上消火栓动压较高,所以,在这种场景下必须保证所有消火栓口动压均满足“水规”第7.4.12.1条要求“消火栓栓口动压力不应大于 0.50 MPa ;当大于 0.70 MPa 时必须设置减压装置”。根据计算:浦珠路站端区间最大动压为 86.5 m ,滨江路站端区间最大动压为 80.36 m ;最大处动压均大于 0.70 MPa ,故必须设置减压装置;考虑到减压阀方案投资大、维护费用高,减压孔

板后压力不稳定,并且,市政水压波动较大,为此设计中 对动压大于 0. 50 MPa 处后面的消火栓均统一设置减压稳压消火栓。从通风系统可以看出,当列车在区间因火灾无法继续行驶时,火灾烟气向上排至轨顶事故风道,再由事故风道排至室外,所以,消防队员可以从列车上风方向实施灭火;故消防救援模式如下:如果在列车前半部(第 1、2、3 节车厢)发生火灾,那么利用车尾后面两支水枪灭火;如果在列车后半部(第 4、5、6 节车厢)发生火灾,那么利用车

头前面两支水枪灭火;当火灾发生点离消火栓较远,超出了消火栓的保护半径时,可以在每支水枪前增加 1~4 根消防水带,那样消火栓保护半径可达到 45~120 m,满足灭火要求。

最后,应验证不利火灾场景下,车站提供的消防水动压是否能满足区间消防要求。不利火灾场景分两种:最不利位置发生一般火灾(以下简称不利火灾场景 M)和一般不利位置发生特大火灾(以下简称不利火灾场景 N)下,供水模式如表 2 所示。

表 2 最不利火灾场景供水模式
Tab. 2 Water supply mode in the worst fire scenario

火灾场景	起火位置	消防用水量/ (L · s ⁻¹)	供水管数量/根	输水管长度/m	栓口动压/m	充实水柱/m
不利火灾场景 M1	区间 A 端	10	1	L	30	12
不利火灾场景 M2	区间 B 端	10	1	L	25	10
不利火灾场景 N	左右线连接处	20	2	每根 1/2L	82. 2 74. 5	10

3 结论

结合南京地铁 3 号线大盾构过江隧道工程,针对 不同位置火灾、不同的火灾场景,为了让消火栓系 统更合理,提出了如下看法:首先,为了适应不同位 置火灾,过江地铁区间的消防平面布置应采用“区 间两端的地铁车站各负责半个区间的消防供水”的 方案;该方案设计中,阀门设置必须要满足消防控 制、维修等方面要求。其次,为了合理设计消火栓系 统,一定要结合隧道断面布置、通风系统及疏散方 式,确定合理的火灾场景及救援模式;最后,消火栓 系统要满足各种场景下的消防要求,正常运行情况 下,区间隧道最低点消火栓口静压要满足供水分区 要求;一般火灾场景下,所有消火栓口动压不应大于 0. 50 MPa;不利火灾场景下,最低消火栓栓口动压 力不应小于 0. 25 MPa,且充实水柱长度大于 10 m。

参考文献:

[1] GB 50157—2013,地铁设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2014.

[2] GB 50974—2014,消防给水及消火栓系统技术规范[S]. 北京:中国计划出版社,2014.

[3] GB 50016—2014,建筑设计防火规范[S]. 北京:中国

计划出版社,2015.

[4] 周金忠,张忠品,范太兴. 长大水下城市道路隧道工程 给水消防设计新思路[J]. 给水排水,2016,42(2):68 -70.

[5] 朱吕通. 消防给水[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1980.



作者简介:张存(1971 -), 男, 山西大同人, 本 科, 教授级高工, 从事水下隧道设计研 究。

E-mail:306826754@qq.com

收稿日期:2017-07-13