

纵向通风隧道防灾疏散设计问题探讨

谢朝军

(中铁隧道勘测设计院有限公司, 洛阳 471009)

摘 要 文章针对交通隧道防灾设计存在的问题进行分析,提出了一些解决方案,可供今后的设计参考。

关键词 交通隧道 防灾 纵向通风 设计

中图分类号: U453.5 **文献标识码:** A

由于纵向通风系统可以利用车辆的活塞作用,多数隧道在正常行车时不需要开启风机,在阻塞状态时可以根据车况和洞内空气质量等情况调节风机的运转台数,实现节能运行;另外纵向通风系统无需设置专门的风道、风井、风机房等辅助工程,因此它在经济性和节能方面有其它通风方式无法比拟的优点。从上世纪90年代以来,纵向通风已越来越被广泛应用于公路隧道、市政道路隧道,但与半横向或横向通风相比,在防灾方面仍然有明显的缺陷,烟气需要通过行车隧道本身而不是通过专门的排烟风道排除,因此,对纵向通风模式的交通隧道的防灾设计应特别引起重视。本文结合作者的设计实践,针对目前纵向通风模式的交通隧道防灾疏散的几个常见问题进行探讨,提出了一些解决问题的思路,供大家设计时参考。

1 防灾疏散通道设置

纵向通风的隧道,火灾时烟气通过隧道排出,隧道本身当排烟道使用,无法利用其自身作为疏散通道,因此,从防灾角度考虑必须为其设计一条无烟通道,使人员能不受烟气影响顺利到达地面。其方法是可以利用相邻的服务隧道作为疏散通道,也可以利用该隧道的上部、下部侧面等其它有效空间隔离出来作为专门疏散空间。疏散通道的设置,应根据不同的施工方法、隧道断面形式等条件,综合防灾救援、工程风险、工程经济、运营管理等因素,进行技术经济比选,可以考虑以下几种方式:

(1) 横向通道

沿隧道线路方向每隔一定距离设置一定数量的横通道,使主隧道相互连通,人员通过横通道到达另一主隧道逃生。

对于常规的上下行分离设置的山岭公路隧道,一般首先考虑此方案。典型的暗挖法施工的山岭隧道横通道布置见图1。人行横通道间距最大不超过400 m,净高为2.5 m;车行横通道间距最大不超过1 000 m,净高为4 m。



图1 暗挖法隧道横断面示意

Fig. 1 Cross-section of tunnels excavated by mining method

(2) 纵向通道

利用隧道上、下部空间或侧部的空间建成纵向逃生通道,每隔一定的距离设置紧急逃生口和逃生楼梯、逃生滑梯等到达逃生通道。

对于过江、过海的盾构法施工的隧道,由于横通道存在较大的施工及运营风险,一般不设横通道,而是利用道路下面的空间作为逃生通道,在主隧道和逃生隧道之间设置逃生滑梯。有关研究表明,逃生滑梯间距可按80 m设计,其典型的断面型式如图2所示。

对于明挖法施工的市政道路隧道,一般采用矩形断面形式,隧道中部有服务隧道,可以兼逃生疏散

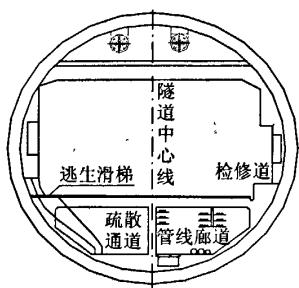


图2 盾构法隧道横断面

Fig.2 Cross-section of tunnels bored by shields

通道,一般在主隧道和服务隧道设防火门。服务隧道平时可以作为检修通道,火灾时作为逃生通道,人员可通过服务隧道到另一个主隧道,然后到达地面,也可以从服务隧道直接抵达两端的逃生楼梯间,通过楼梯间到达地面。防火门的间距一般为60~80 m。

采用沉管法施工的水底隧道,其断面形式一般也与市政道路隧道相同,其疏散方式一般同明挖法隧道。典型的沉管法隧道横断面布置见图3。

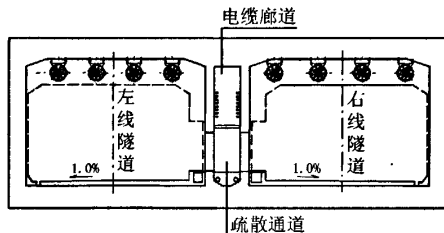


图3 沉管法隧道横断面

Fig.3 Cross-section of immersed tube tunnels

(3) 对于分期修建的隧道,当近期采用单隧双向行车时,若隧道本身无空间设置疏散通道,应考虑设置专门的疏散通道,一般可结合远期隧道和隧道施工辅助导洞的设计,将远期服务隧道作为施工平导,近期利用施工平导作为疏散通道,主隧道与平导之间每400 m设置一个人行横通道。典型的施工平导作为疏散通道的隧道横断面布置见图4。

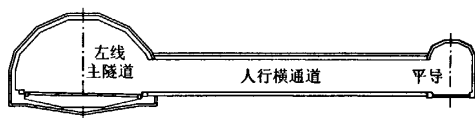


图4 平导作为疏散通道示意

Fig.4 Parallel adit adopted for evacuation

无论采用哪种形式的设计,其本质是要保证火灾时疏散通道的防火、无烟。参考民用建筑的防火分区设计理念,疏散通道和火灾隧道必须是相互独立的防火分区,火灾时只要人员达到另一个防火分区或隧道口即为安全。因此,在两隧道之间连通部位必须设置可双向开启的防火门或防火卷帘。如图1所示的联络通道,横通道是两个防火分区的过渡区,应在通道的两端均设置防火门。根据有关资料,在火灾热当量为20 MW时,通风方向下游烟气温度将达到200℃左右,因此防火门或防火卷帘的耐火极限应为250℃/1h。

2 纵向通风控制设计

对国内外隧道火灾事故的统计分析可知,一次火灾大多数是车辆自燃或交通事故引起的;二次火灾则是由于车辆停靠距离太小、通风控制方案不当等原因引起火灾蔓延,导致其它车辆着火引起的。二次火灾是可以通过加强隧道内的交通管制和完善火灾时的通风及疏散方案避免的。因此,防灾通风设计的重点应该是通过合理的通风控制方案,避免二次火灾的发生,尽量减少火灾事故的损失。

有关资料研究表明,在距火灾上游区的车辆只要满足正常安全行车间距就不会被引燃,而火灾下游区的车辆必须大于17 m才能保证安全。因此,隧道内必须限制车辆的安全行车距离在20 m以上,在隧道洞口应设置明显的安全停车距离标志。

在火灾初期,通风的目的是控制烟气的扩散方向,为人员疏散提供一条无烟通道,避免因风速控制不当引起二次火灾。风速太小,烟气会朝上游区扩散,影响人员疏散,同时也可能引燃停在火灾上游区的洞内车辆;风速太大,则会导致下游区烟气扩散过快,容易导致下游区的车辆着火。因此,通风控制的策略是满足使排烟风速略大于回流临界风速(火灾时的临界风速可根据设计火灾热当量、隧道坡度、隧道断面面积、隧道高度等参数由公式计算确定,由于篇幅所限,本文不作详细介绍,读者可参考相关资料)。在火灾后期,通风的目的是为了降低洞内的烟气浓度和温度,为消防人员灭火救灾提供安全保证,减少火灾对隧道结构的破坏。因此,防灾通风的策略是应该尽量使烟气在洞内的行程最短,使排烟速度更快,此时可适当加大排烟风速,迅速排除洞内烟气。由于人员疏散完毕后火灾的上游区仍有一部分车辆无法疏散到洞外,因此,不能依靠改变通风方向来缩短烟气在隧道内的行程。

为了尽量减少烟气对隧道的影响,将火灾的损失降低到最小,对于长度 1 000 m 以上的隧道,宜采取分段的排烟控制,排烟分区的长度以 1 000 m 为宜。因此,对于长度大于 2 000 m 的隧道,从排烟角度考虑应采用竖井分段式纵向通风,或者采用纵向通风 + 排风型半横向通风模式。

典型的纵向通风 + 排风型半横向隧道通风系统见图 5,正常通风时利用纵向通风稀释洞内有害气体,满足行车安全要求;火灾时采用半横向通风,将隧道分为若干个排烟分区,每个排烟分区设置一定的排烟口。根据火灾的位置,打开相应排烟分区的排烟口,烟气经排烟道、通风竖井排至隧道外。

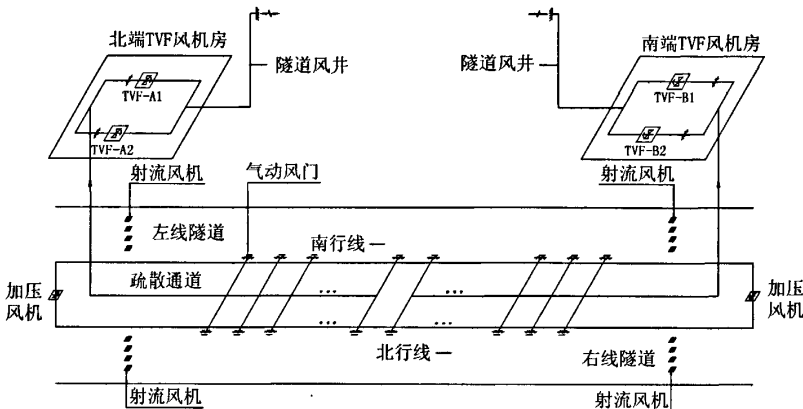


图 5 纵向通风 + 排风型半横向隧道通风系统

Fig. 5 Tunnel with longitudinal ventilation + transverse exhaust ventilation system

3 防灾时的气流组织、人车疏散方案设计

气流组织的基本思路:

- (1) 为疏散人员提供无烟通道。
- (2) 尽量缩短烟气在隧道内的行程。

纵向通风隧道防灾疏散的气流组织设计应根据火灾点的位置、行车方式来确定。火灾时的人车疏散方案应结合通风方案、保证人员疏散通道处于新风区、疏散路径最短为原则。

为了保证司机能及时作出正确反应,在车行横通道处应设置左转弯信号灯,火灾时,火灾点上游侧的

信号灯开启,引导车辆通过横通道进行疏散;火灾点下游的信号则应该关闭,以防止烟气串到相邻的疏散隧道。为了保证人员选择最近的逃生通路,应在隧道内设置诱导指示。

3.1 单向行车隧道的防灾通风设计

图 6 是典型的双隧单向行车道路隧道火灾时的防灾组织图。

火灾时,火灾隧道排烟通风方向与行车方向一致,利用出口端的风机进行排烟,同时相邻隧道的出口端风机全部开启对隧道送风,以使相邻隧道对于火灾隧道保持相对正压。

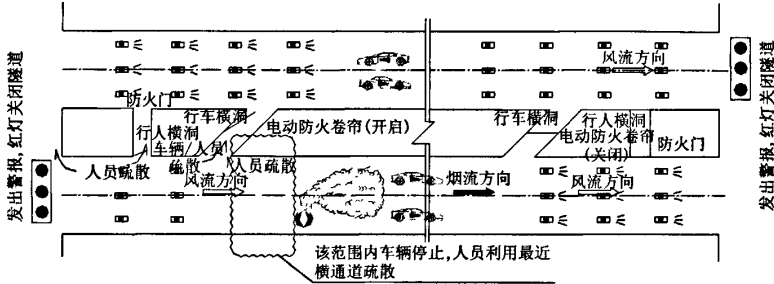


图 6 单向行车隧道的气流组织

Fig. 6 Organization of air flow in one way traffic tunnels

火灾发生后,相邻的隧道入口提示红色信号禁止车辆进入,临时改为双向交通。火灾点下游车行横通道的疏散指示灯和防火卷帘关闭,火灾点下游的车辆朝隧道出口进行疏散;火灾点上游的车行横通道的疏散指示灯和防火卷帘开启,火灾点上游车辆则根据其在洞内不同的位置,选择前方最近的车行横通道疏散到相邻隧道,位于火源与邻近火源最近的紧急疏散口(包括隧道进口)之间的车辆则必须停车,人员依靠疏散指示灯、紧急广播或现场管理人员的指引,选择最近的逃生口疏散。

3.2 双向行车隧道的防灾通风设计

双向行车隧道,防灾通风方向应根据火灾点在隧道的位置来确定,尽量使烟气在隧道内的行程最短。不同情况的气流组织及人车疏散方案:

(1) 当火灾点在隧道进口段时,通风方向为出口→进口,朝火灾点行驶的车辆停车,人员从最近的人行横通道或隧道口方向撤离,朝隧道口行驶的车辆朝隧道口方向疏散。

(2) 当火灾点在隧道出口段时,通风方向为进口→出口,朝火灾点行驶的车辆停车,人员从最近的人行横通道或隧道口方向撤离,朝隧道口行驶的车辆朝隧道口方向疏散。

图7是双向行车隧道火灾点位于隧道进口段的防灾通风气流组织图,从图中分析可知,当隧道为单孔双向行车时,无论采取哪种疏散方案,在火灾点的两侧都有一部分车辆无法驶出隧道到达安全区域,若采用纵向通风的方案,不可避免会导致一个方向的车辆处于火灾的下游侧,很容易导致二次火灾的发生。因此,应尽量避免单孔双向行车隧道采用纵向通风排烟的方案,可采取图5所示纵向通风+半横向通风方案,平时利用射流风机进行纵向通风,火灾时利用平导的上部空间作为专门的排烟风道,将烟气通过排烟道排出隧道,避免因通风方式的缺陷导致二次火灾事故的发生。此方案既可保证正常运营通风系统的高效节能,也可保证火灾时人员的安全疏散。

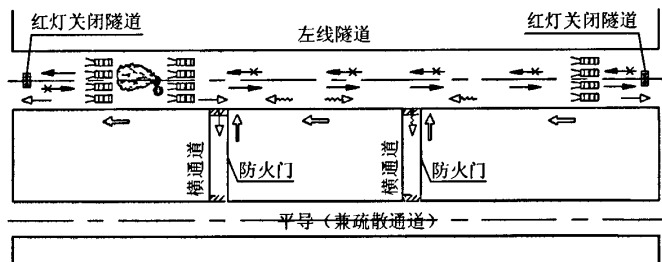


图7 双向行车隧道的气流组织

Fig. 7 Organization of air flow in two direction traffic tunnels

4 结 语

防灾疏散通道应综合防灾救援、工程风险、工程经济、运营管理等因素,采取灵活的方式设计;纵向

通风的交通隧道,要结合人员和车辆的疏散方案进行防灾通风设计;对于双向行车的道路隧道,防灾通风模式不宜采用单纯的纵向通风方式。

Several issues about evacuation design of traffic tunnels with longitudinal ventilation

Xie Chaojun

(Tunnel Survey and Design Institute, Co., Ltd., C. R. E. C., Luoyang 471009)

Abstract The article analyses some problems in the hazard prevention and evacuation design of the traffic tunnels with longitudinal ventilation system, and presents a number of solutions for reference.

Key words Tunnel; Hazard prevention; Longitudinal ventilation; Design