

# 雁门关公路隧道防火救灾通风控制研究

胡学富、夏永旭<sup>1</sup>、张进县、王永东<sup>1</sup>、邓念兵<sup>1</sup>、靖搏

(陕西金路交通科技发展有限责任公司, 710068, 西安)

(长安大学公路学院<sup>1</sup>, 710064, 西安)

**摘要:** 结合雁门关公路隧道的通风方案<sup>[2]</sup>, 研究了雁门关公路隧道的防火救灾通风控制问题, 提出了具体的实施办法。

**关键词:** 雁门关隧道, 防火救灾, 通风, 控制。

公路隧道的火灾, 由于其发生的时间、地点均不可预测, 所以很难完全杜绝。加之隧道内空间狭小, 灾害发时常常伴随严重的交通阻塞, 如果施救不及时和方法不当, 必然会造成严重的人员伤亡和财产损失。1999年3、4月间, 意大利勃朗峰隧道和奥地利陶恩隧道的先后发生大火, 造成40多人死亡。2001年10月24日, 瑞士圣哥达隧道又有两辆大卡车碰撞引起大火, 13人丧生。所以, 在公路隧道通风方案研究阶段, 认真做好防火救灾通风控制研究, 对于保障公路隧道的安全运营十分重要。本文结合雁门关公路隧道的通风方案<sup>[2]</sup>, 研究了雁门关公路隧道的防火救灾通风控制问题, 提出了具体的实施办法。

## 1. 雁门关公路的通风方案简介

雁门关公路隧道位于二河国道主干线山西省境内的新广武—原平高速公路上, 双洞单向交通, 两洞轴线相距40m。隧道区域地形复杂, 山岭险峻, 峰峦叠嶂, 中间段隧道最大埋深超过1000m。右线(上行线)设计长度5235m, 进口标高1471.64m, 出口标高1389.14m, 平均海拔高度1430.39m。左线(下行线)设计长度5160m, 进口标高1389.26m, 出口标高1472.34m, 平均海拔高度1430.80m。两隧道内均设有人字坡, 右线进口段420m坡度为1.56%, 其余4815m为-1.84%; 左线进口4830m坡度为1.84%, 其余330m为-1.7%。隧道内设计最大行车速度80km/h, 隧道区域夏季平均温度20℃。

关于雁门关隧道的通风, 先后研究了七个通风方案<sup>[2]</sup>, 最后从工程地质、技术、投资、运营、防火救灾各方面比较, 推荐右线为单竖井加射流风机纵向通风, 竖井桩号k110+920, 左线为双竖井送排式加射流风机纵向通风, 竖井桩号分别为k109+100、k111+000, 如图1-1。比较方案, 右线仍为单竖井加射流风机纵向通风, 但竖井桩号k111+220, 左线同样为双竖井送排式加射流风机纵向通风, 竖井桩号分别为k108+860、k111+400, 如图1-2。

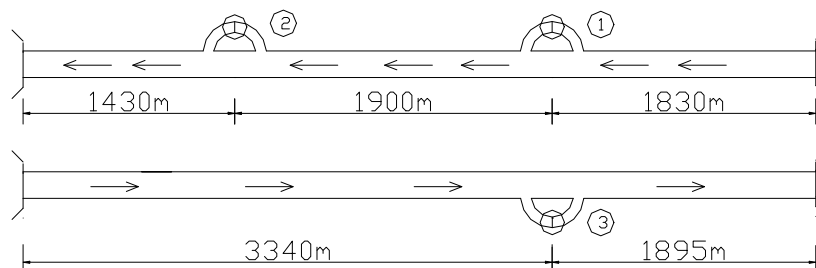


图 1-1 雁门关公路隧道通风推荐方案

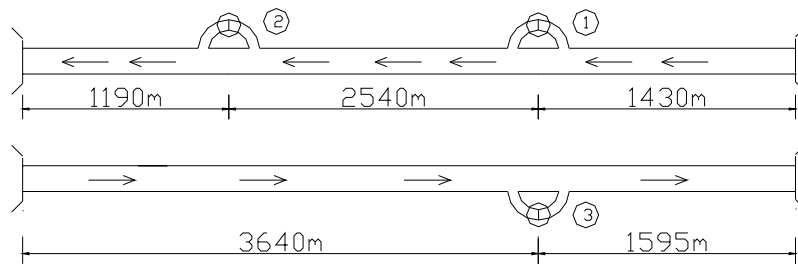


图 1-2 雁门关公路隧道通风比较方案

## 2. 雁门关公路隧道火灾时的通风控制

### 2.1 公路隧道防火救灾通风的基本要求

公路隧道火灾发生时对通风的一个起码要求是：隧道内的最低风速不应小于  $2.5\text{m/s}$ 。这个最低风速的要求是为了保证在火灾发生时，烟雾只能顺着汽车前进的方向流动，而不出现回流，如图 2-1 中上方的图示。这样不仅火灾点前端的车辆能够迅速从隧道出口逃离（因为烟雾流动的速度远远小于汽车的速度），而且更为重要的是火灾点后方的车辆由于不受烟雾的干扰，可以从连通道通过相邻隧道逃离火灾区。否则，将给火灾点后方的车辆逃逸带来许多麻烦，如图 2-1 中间和下方的图示。

雁门关公路隧道左、右线的风速均大于  $2.5\text{m/s}$ ，所以满足防火救灾的最低要求。

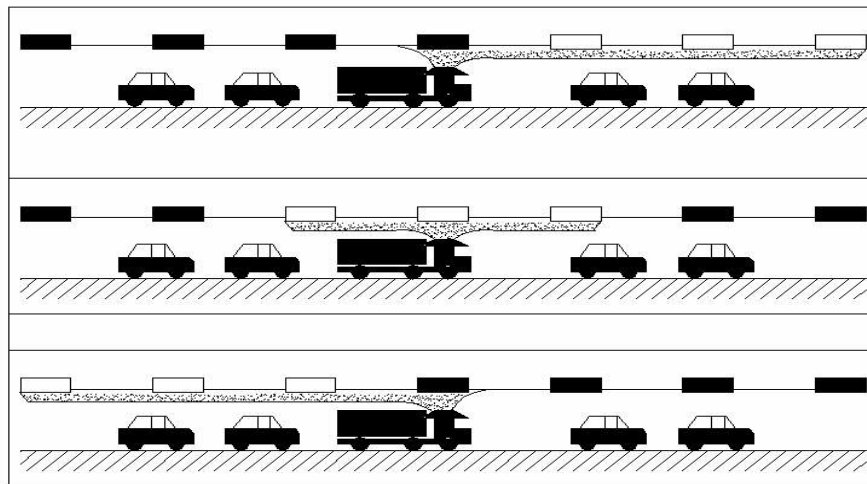


图 2-1 隧道火灾时三种烟雾流动方式

### 2.2 防火救灾的结构措施及火灾区段的划分

公路隧道的防火救灾，重要的是合理进行火灾区段划分，然后按区段设计在火灾发生时的人员撤离路线和控制风机运转方案，以达到灭火排烟，人员逃生的目的。

雁门关公路隧道左线大部分为上坡，右线大部分为下坡。如果仅考虑运营通风的需求，

左线设一个竖井，右线采用全射流通风完全可以满足。并且右线在火灾发生时，其射流风机也可以达到排烟救生的目的。但是，公路隧道通风方案的设计，必须把火灾发生时的灭火排烟当作一个重要的工况。所以，雁门关公路隧道的最终通风方案，左线为双竖井，右线为单竖井。同时，为了灭火排烟的需要，对应于左线的②<sup>#</sup>竖井位置，从右线隧道设置一联络风道与左线的竖井排风道相联接，并在右线联络风道口安装风门，除了在发生火灾时风门需要开启用于排烟外，平时风门密闭。另外，在右、左线的IV区和右线的I区各再安装4台射流风机，专供火灾发生时的灭火排烟用。

雁门关公路隧道防火区段的划分，围绕三个通风竖井进行。如图 2-2 所示，将整个隧道划分为 4 个防火区段。同时，两个隧道每隔 500m，设一个联络横通道，用作人员逃生；每隔 1000m 设有一个行车联络横通道，供车辆撤离。

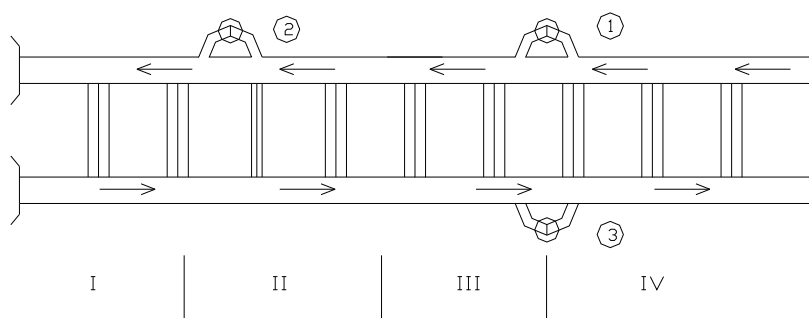


图 2-2 雁门关公路隧道防火区段划分

### 2.3 右线发生火灾时人员逃生与通风控制

为了更快的使车辆和人员撤离，将火灾损失降低到最低点，雁门关公路隧道的火灾通风控制，可以利用双洞单向交通这一有利条件，将两个隧道的防火救灾统一考虑。

如果右线 I 区靠近洞口附近发生火灾，立即封闭右线交通，火灾前端车辆从出口顺序撤离。关闭③<sup>#</sup>竖井所有轴流风机，将所有射流风机倒吹，烟从进口排出。如果火灾发生在 I 区靠近②<sup>#</sup>竖井附近，封闭上、下行交通，右线火灾点前端车辆从出口顺序撤离，火灾点后端车辆通过联络通道从左线撤离。打开右线与②<sup>#</sup>竖井排风井之间联络风道的风门，关闭③<sup>#</sup>竖井所有轴流风机，将②<sup>#</sup>竖井送风量减少，开足②<sup>#</sup>竖井排风机，并将 II、III 区的射流风机倒吹，使烟雾从②<sup>#</sup>竖井排出。如果火灾发生在 II 区靠近②<sup>#</sup>竖井附近，交通控制与车辆、人员逃生同前，将 III、IV 区射流风机倒转，关闭③<sup>#</sup>竖井所有轴流风机，②<sup>#</sup>竖井送风量减少，烟雾从②<sup>#</sup>竖井排出。如果火灾发生在 II、III 区交界附近，交通控制、人员逃生方案不变。II、IV 区风机倒转，打开右线和②<sup>#</sup>竖井的联络风道，将②<sup>#</sup>、③<sup>#</sup>竖井的送风量减少，开足②<sup>#</sup>、③<sup>#</sup>竖井的排风机，烟雾从②<sup>#</sup>、③<sup>#</sup>竖井排出。如果火灾发生在 III 区靠近③<sup>#</sup>竖井，交通控制与车辆、人员逃生不变，将 IV 区射流风机倒转，③<sup>#</sup>竖井送风井关闭，开足排风机，烟雾从③<sup>#</sup>竖井排出。如果火灾发生在 IV 区靠近③<sup>#</sup>竖井，交通控制与车辆、人员逃生不变，将火灾前端风机倒转，③<sup>#</sup>竖井送风井关闭，开足排风机，烟雾从③<sup>#</sup>竖井排出。如果火灾发生在 IV 区靠近出口，交通控制与车辆、人员逃生不变，关闭③<sup>#</sup>竖井排风井，加大送风量，使烟雾从隧道出口排出。

### 2.4 左线发生火灾时人员逃生与通风控制

如果 I 区发生火灾，封闭两个隧道的交通，火灾前端的车辆从出口顺序撤离，火灾后端的车辆从横通道进入右线隧道，顺序撤离。降低②<sup>#</sup>竖井排风量，加大②<sup>#</sup>竖井送风量，使烟雾从出口排出。如果火灾发生在 II 区，交通控制与人员车辆撤离同前。为了排烟，减少②<sup>#</sup>

井的送风量，加大排风井功率，使烟雾从②<sup>#</sup>竖井排风井排出。如果火灾发生在Ⅲ区，关闭两竖井的送风井，加大两个竖井的排风，使烟雾从两个竖井同时排出。如果火灾发生在Ⅳ区，则关闭①<sup>#</sup>竖井的送风井，开足①<sup>#</sup>竖井的排风机，将烟雾从①<sup>#</sup>竖井排出。

### 3. 结论及建议

(1) 路隧道的防火救灾是一个复杂的系统工程，不仅涉及到救灾预案的制定，而且要依据事先设定的安全等级详细研究。本文仅是结合通风方案的设计，给出火灾发生时的通风控制基本方案。

(2) 防火救灾是目前公路隧道通风的难点，而且是今后很长时间内需要研究的课题。因而，在研究隧道防火时，对于隧道防火区段的划分、横通道的设置、横通道的开启与关闭、烟流排出的路径与速度、逃生通道的空气补给、避难洞的新风需求、隔温安全段的长度和降温措施、排风口的间隔和面积、火灾时的风机控制、部分风机损坏时的风机调配等，在通风方案的优化阶段，分层次进行。研究的方法可以通过物理实验的方法和数值模拟的方法同时进行<sup>[3]</sup>。

(3) 雁门关公路隧道真正切实可行的防火救灾预案，尚需做大量深入的研究。因此，建议结合通风专题的研究，详细制定雁门关公路隧道的防灾救灾预案。

感谢中交一院缪怀甫高工在本文研究过程中的帮助。

### 参考文献

- [1] 中交一院. 雁门关公路隧道初步设计文件, 2001
- [2] 夏永旭、胡学富等. 雁门关公路隧道通风方案研究报告, 2001. 6
- [3] 杨冠雄. 公路隧道营运时防灾系统设计分析, 台湾中山大学研究报告, 2001. 7
- [4] 夏永旭、杨忠、黄骤屹. 我国长大公路隧道建设的有关技术问题, 现代隧道技术, 2001. 6
- [5] 夏永旭、王永东、赵峰. 秦岭终南山公路隧道通风方案讨论, 长安大学学报, VOL. 22(2002). 5
- [6] 夏永旭、戴国平. 现代公路隧道的发展, 2001年全国公路隧道学术会议论文集, 人民交通出版社, 2001. 10