

二郎山公路隧道通风及火灾对策探讨

戴国平 田沛哲 夏永旭
(北京工业大学建工学院, 北京, 100022) (长安大学公路学院, 西安, 710064)

摘要:二郎山公路隧道全长 4176 m, 单洞、双向行驶。该隧道采用半横向通风系统, 是我国目前应用半横向通风系统并已建成运营的最长公路隧道。隧道的横通道不仅用于隧道的正常通风, 而且在隧道发生火灾时, 车辆及人员可以通过其撤离。但发生火灾时, 风机运行的方向, 以及各横通道隔断门的开闭对火灾控制将产生重大影响, 如果发生控制错误, 后果不堪设想。本文对二郎山公路隧道的通风及火灾对策问题进行了初步探讨。

关键词:二郎山, 公路隧道、通风、火灾, 探讨。

1. 引言

随着我国公路建设的快速发展, 公路隧道也越建越多、越修越长。已建成的华蓥山隧道长约 4700 米, 正在修建的鹧鸪山隧道超过 4400 米, 已动工的秦岭终南山公路隧道更是长达 18000 米。公路隧道的通风及火灾问题不仅越来越受到人们广泛的重视, 而且已成为特长公路隧道建设中的关键问题。公路隧道通风方式的选择以及隧道防灾系统的设计, 不仅直接影响隧道的建设投资, 而且影响隧道内的空气质量及隧道的运营安全。1999 年法国的勃朗峰公路隧道及奥地利的陶恩公路隧道接连发生了严重的火灾, 造成了众多的人员伤亡及巨大的经济损失, 引起了世界各国的充分重视, 公路隧道火灾问题已成为特长公路隧道所需解决的头等重要问题。二郎山公路隧道为了避免火灾带来的损失, 使得车辆在发生火灾时能迅速撤离隧道, 施工时将原设计的人行通道(全部通道中有一半人行通道, 一半车行道)改为车行通道。但当火灾发生时, 轴流风机与射流风机的运行方向、各横通道中的隔断门的关闭或开启, 以及车辆撤离路线, 对于火灾的控制、人员安全的撤离都会产生重大影响。本文结合二郎山公路隧道的实际施工情况, 对二郎山隧道火灾后的通风及拟采用的相应措施做初步探讨。

2. 隧道概况及通风系统

2.1 隧道概况

二郎山公路隧道位于我国西南交通要道川藏公路上。川藏公路是一条连接西藏到内地的重要通道, 具有极为重要的政治、经济及军事意义。二郎山公路隧道是这条公路线上的控制性工程。该隧道全长 4176 米, 隧道横断面积为 52.25 m^2 , 海拔高度为 2200 米, 隧道设计纵坡东坡段 +0.5%, 西坡段 -0.41%。隧道为单洞双车道, 双向行驶。车辆设计速度为 30km/h。隧道通风方式采用的是半横向通风系统。该隧道是我国目前已通车运行的、采用半横向通风系统的最长的公路隧道。由于该隧道经常有油罐车等运送危险物品的车队通行, 因此, 隧道安全是该隧道的关键问题之一。

2.2 隧道通风系统

近几年来, 国内已广泛地在公路隧道中应用纵向通风技术, 因为纵向通风不仅可以节省大量的隧道土建费用, 而且所用的射流风机具有造价小、安装费用少、运营成本低等特点。但对

于象二郎山这样的单洞双向行使特长隧道来讲，采用纵向通风方式很难解决隧道内的废气污染及火灾问题。

二郎山公路隧道选用的是半横向通风系统。虽然采用该通风系统增加了隧道的土建费用，但其不仅可以很好的解决隧道内的环境污染问题，而且具有较好的防灾功能。虽然半横向通风系统比全纵向通风系统复杂得多。

二郎山公路隧道通风系统平面图见图 1，隧道横断面图见图 2，隧道通风系统示意图见图 3。

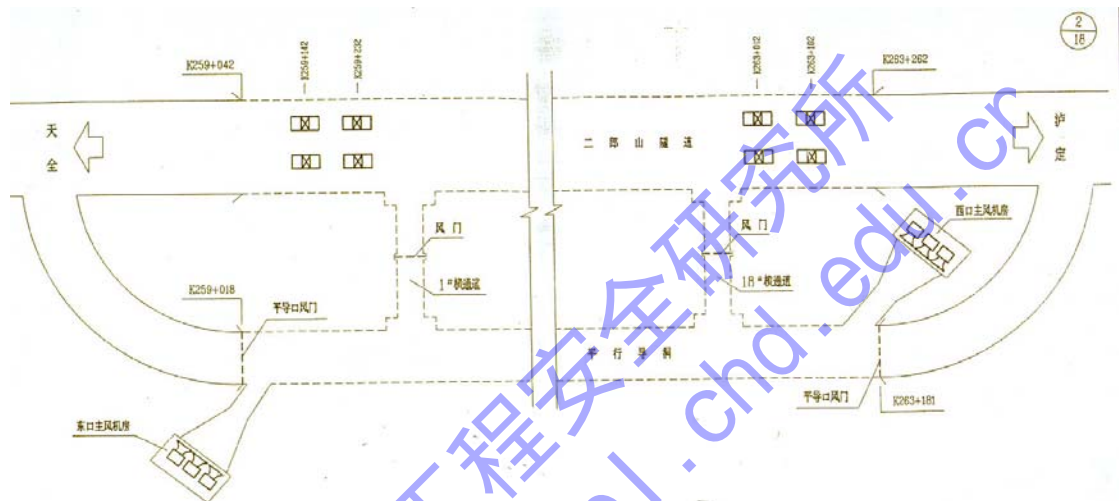


图 1、二郎山隧道通风系统平面图

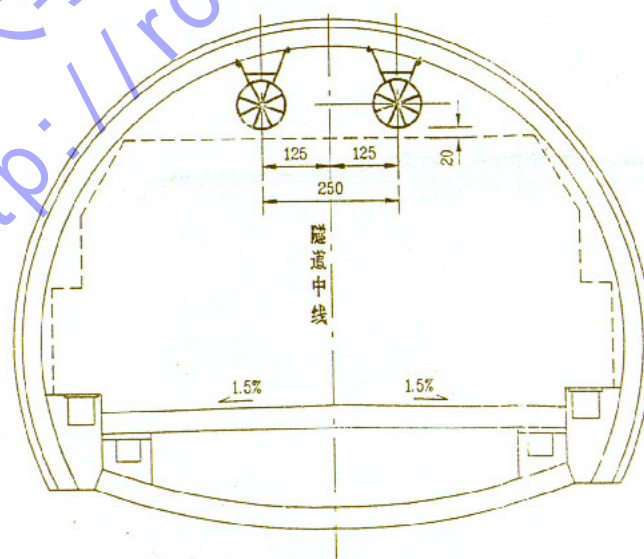


图 2、隧道断面图

隧道的东、西两端设有轴流风机房，每座风机房内设有 3 台大型轴流风机，当车辆在隧道内正常运行时，轴流风机用于向隧道内提供新风。新风通过平行导洞及横向通道进入隧道，污染的空气将从隧道的两端洞口排出。每台轴流风机的功率为 110 kW，工作压力为 617 Pa，所提供的风量为 $123.38\text{m}^3/\text{s}$ 。整个通风系统共有 18 个横向通道将平行导洞与隧道连接。每个横向通道之间的距离约为 230 米。横向通道不仅可以用于向隧道内提供新鲜空气，而且在灾害发生时车辆也可以通过这些通道进行疏散。隧道内靠近东西洞口两端还各安装了 4 台可逆式射流风机，每台射流风机的功率为 18.5kW，这些射流风机在隧道内主要起调压作用。

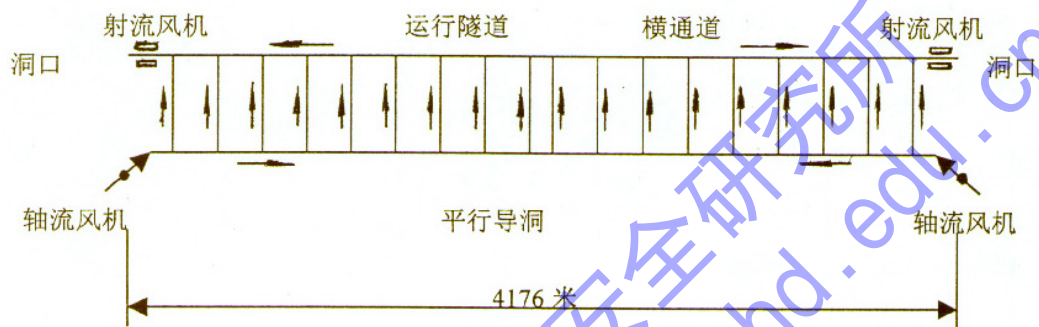


图 3 二郎山公路隧道通风系统示意图

图 4 给出了隧道内的空气流量分布。隧道内的全部横向通道都设有隔断门，通过调节隔断门的开度大小可以控制进入隧道内的风量。

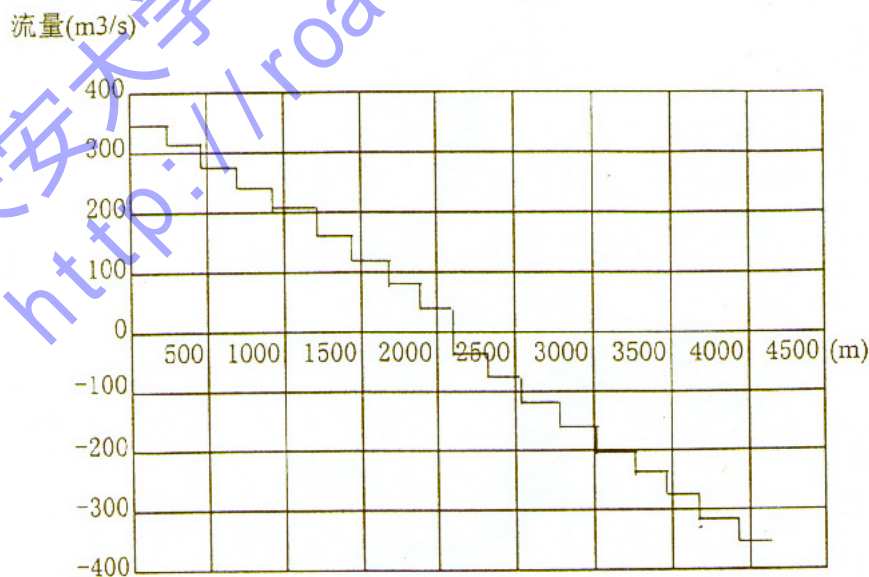


图 4 、隧道内流量分布

3. 隧道火灾时的通风及应对措施

3.1 二郎山隧道火灾的危害

由于二郎山隧道所处的特殊位置，隧道内将经常有油罐车等载有危险物品的车队通过。因而对于二郎山隧道来讲，防止火灾发生及发生火灾后如何控制火灾产生的烟尘方向，尽快使人员及车辆撤出隧道将是一个非常重要的问题。

对于单洞双向行驶隧道来讲，一旦隧道内发生火灾，双向行驶的车辆很容易在隧道内形成阻塞，人与车辆都难以迅速撤出隧道，因而极易造成人员伤亡及重大财产损失。同时，如果采用纵向通风系统，相对难以迅速将隧道内的烟气排出隧道。因为不论风机将烟气朝那个方向吹，都会对停在隧道内的部分车辆及人员带来严重的危害。1999 年发生火灾、并且带来巨大损失的法国勃朗峰隧道及奥地利陶恩隧道都是单洞双向交通隧道。

由于二郎山隧道也是单洞双向交通，因此在火灾发生时，将难免发生车辆阻塞。但是，该隧道的通风系统采用的是半横向通风，当火灾发生时，可利用导洞两端风机房内的轴流风机与隧道内的射流风机共同工作，控制隧道内的烟气纵向流动，达到阻止火势蔓延的目的。为了使在隧道内发生火灾时，迅速将人与车辆撤离隧道，二郎山隧道的所有 18 个横通道都建成为车行道。但是，二郎山公路隧道的通风系统是否能彻底解决火灾带来的对隧道内车辆及人员的危害，以及目前的通风系统是否是最佳都值得进行深入研究。特别是当火灾发生时，隧道风机如何工作，即风机是送风还是排风，风机的风量大小；哪个横通道应当关闭，哪个横通道允许车辆通过，都将值得深入研究。否则当火灾发生时，一旦风机运行方向发生错误，或车辆在逃离隧道时进入充满烟气的横向导洞，必将带来严重后果。

3.2 火灾时的通风及横通道门的控制

以下重点就隧道发生火灾时，横通道的隔断门开闭以及风机的运行状态对隧道内烟气分布的影响，风机正确的运行方向、隔断门控制、车辆撤离隧道的路线等进行详细讨论。

(1) 隔断门全开，两端风机排风

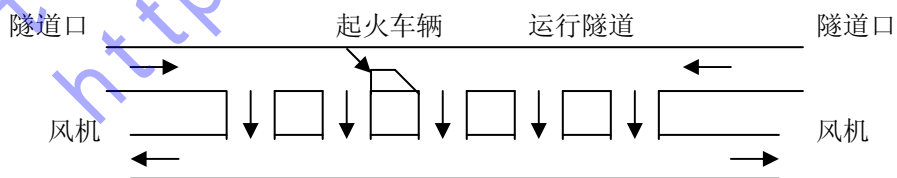


图 5 隔断门全开，两端风机排风

当两端风机处于排风状态，并且所有横通道的隔断门打开时，新鲜空气会从隧道的两端进入隧道，并从通风导洞的两端排出隧道。如果发生火灾，火灾产生的烟气不仅会在运行隧道内逐步扩散，而且还将迅速充满整个通风导洞。因此，虽然所有的车行通道门已打开，但仍没有任何车辆敢通过车行横通道逃离隧道，只能设法从隧道两个洞口逃离。

(2) 仅打开距起火点最近的两个隔断门，两端风机排风

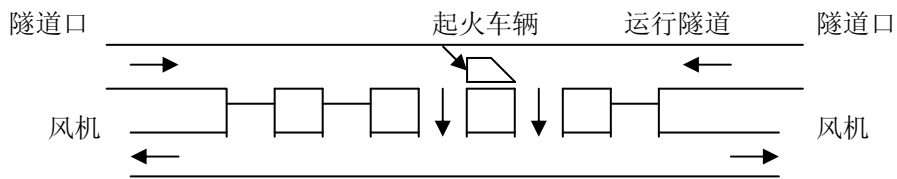


图6 距起火点最近的两个隔断门打开，两端风机排风

此时，火灾产生的烟气会通过打开的两条横通道进入通风导洞。由于导洞内充满烟气，及隔断门被关闭，车辆不可能进入通风导洞。又因为两条横通道的距离约为 230 米，因此在两条通道之间的车辆会受到火灾的威胁，而其余车辆可以逐步从两洞口撤离。

(3) 仅打开距起火车最近的一个隔断门，两端风机排风

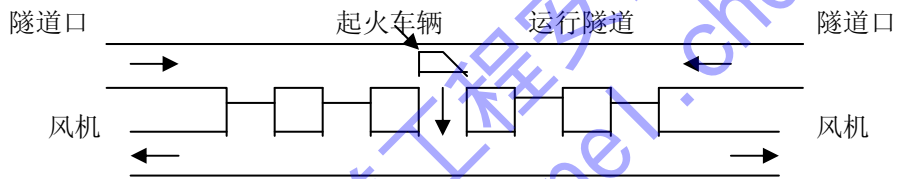


图7 距起火车最近的一个隔断门打开，两端风机排风

此时，火灾产生的烟气会通过打开的那条横通道进入通风导洞。由于导洞内充满烟气，及隔断门被关闭，车辆不可能进入通风导洞。由于火灾车辆距通道的最近距离不超过 110 米，因此受到火灾的威胁的车辆较少。其余车辆可以撤离。

(4) 隔断门全开，一端风机排风，一端风机送风

如果右端风房内的风机排风，左端风机送风或停止，烟气将分布在起火车辆的右面，隧道内的车辆将可以通过起火点左面没有烟气的横向通道撤离隧道。

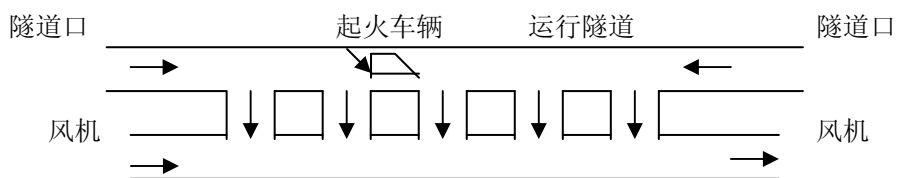


图8 隔断门全开，一端风机排风，一端风机送风

(5) 隔断门部分打开，一端风机排风，一端风机送风

如果右（左）端风机排风，左（右）端风机送风，可以通过轴流风机与射流风机的配合控制烟气流经距起火车辆最近的横通道排出隧道。在隔断门打开的横通道中，除用于排烟的横通道外，其它没有烟气的通道可以允许车辆通过。

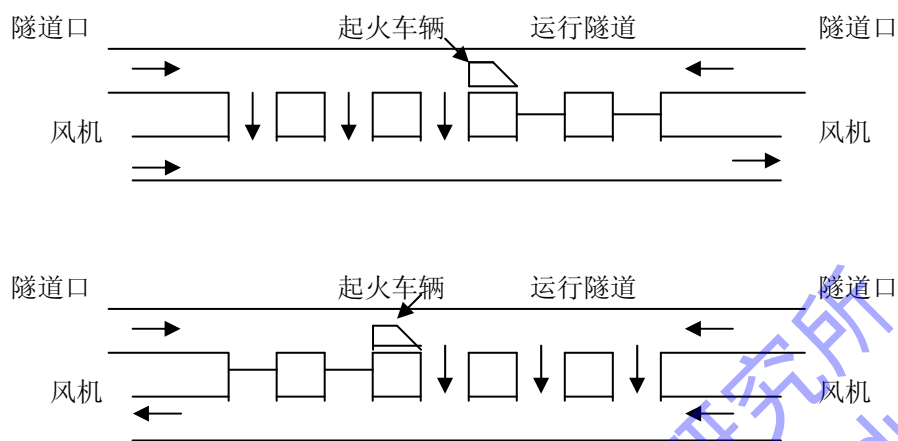


图9 隔断门部分打开，一端风机排风，一端风机送风

4. 所需进一步研究的问题

根据上述讨论，轴流风机与射流风机的运行方向，每条横通道隔断门的关闭与打开将对隧道中烟气的流动方向有决定性的影响。一旦隧道内发生火灾，如果忽略了这些因素，不仅隧道内的烟气难以得到控制，当人与车辆盲目地进入横通道时，很可能发生不堪设想的结果。因此对于二郎山公路隧道的通风系统，特别是火灾发生时的通风控制，必须通过数值模拟和物理模拟对以下问题进一步深入研究：

- (1) 通过数值方法，模拟利用轴流风机与射流风机的配合控制烟气流动方向；
- (2) 通过数值模拟和物理模拟，研究如何利用横通道的隔断门的开闭，最佳控制烟气流向；
- (3) 根据起火车辆停在隧道内的位置，制定详细的火灾通风、撤离方案。

5. 结论

对于单洞、双向行驶的二郎山隧道，半横向通风系统是一个较好的解决隧道内的环境污染及火灾烟气控制的通风方式，而该通风系统的关键在于风机运行方向及横通道内的隔断门控制。由于该控制系统比较复杂，火灾及阻塞时仍需射流风机进行调压。特别是对于隧道发生火灾时，如何及时将烟气排出隧道及如何使人员、车辆尽快撤离隧道；导洞是排烟还是走人或车辆；导洞最佳数量等问题应进行深入研究。

由于国内关于长大公路隧道的火灾研究刚刚起步，如果对公路隧道发生火灾时烟气的流向及控制不清楚，就无法制定详细的火灾风机运行及风门的控制程序。一旦发生隧道火灾，无法及时对烟气进行有效的控制。倘若发生错误控制，将会引起严重的后果。我国一些经济落后地

区，山多，隧道长，交通量小，单洞双向交通的隧道较多。因而二郎山公路隧道在通风系统方面的深入研究将对今后我国在单洞双向交通长大公路隧道的建设提供有益的经验。

参考文献

1. 张毅，梧桐山隧道的通风。广东公路交通，1998 年增刊。
2. A. Vardy: On semi-transverse ventilation systems. 7th ISAVVT, Brighton UK, BHRA, 1991.
3. I. Maevski & A. Barsky: The Improvement of the semi-transverse ventilation system of road tunnel. 7th ISAVVT, Brighton UK, BHRA, 1991.
4. R. Kawamura, etc.: Study on semi-transverse ventilation of automobile tunnels. 1st ISAVVT, Canterbury, BHRA, 1973.

长安大学隧道工程安全研究所
<http://roadtunnel.chd.edu.cn>