

# 地下长通道补气口位置对火灾机械排烟效率的影响

胡隆华, 霍然, 李元洲, 易亮, 王浩波

(中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室, 合肥 230027)

**[摘要]** 在地下长通道内开展了针对一组相对位置不同的补气口—排烟口的排烟效果的全尺寸对比试验。结果表明, 在地下长通道内设置的补气口—排烟口在针对发生火灾情况的优化组合上, 应尽量遵循“远端补气、近端排烟”的原则。

**[关键词]** 地下长通道; 补气口; 排烟口; 机械排烟效率; 火灾

**[中图分类号]** TU998.12 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2005)05-0090-03

## 1 引言

近年来, 发生在地下建筑、隧道内的火灾事故给人民的生命和财产造成了重大损失。例如2003年2月18日发生在韩国大邱的地铁火灾造成了192人死亡, 148人受伤严重后果<sup>[1]</sup>。统计结果表明, 建筑火灾中人员的死亡85%以上是由于火灾所产生的烟气的危害造成的, 这在地下建筑、隧道空间内显得尤为突出: 在地下空间内, 燃烧时由于供氧不足, 产生大量的不完全燃烧产物, 这些产物大多数都是致命的。因此, 研究地下建筑火灾时的排烟方法及有效性具有重要的意义<sup>[2,3]</sup>。

在对地下建筑的火灾进行机械排烟时, 根据火灾排烟的“烟气置换”原理, 必须设置相应的补气系统, 例如在我国现行《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—95, 2001年修订版)中就明文规定: “设置机械排烟的地下室, 应同时设置送风系统, 且送风量不宜小于排烟量的50%”<sup>[4]</sup>。补气是机械排烟系统的重要组成部分, 它能直接影响机械排烟系统的效率; 补气位置不同, 空气与火灾烟气的混合程度也将不同, 从而影响到烟气的稀释和排出<sup>[5]</sup>。

目前国家的相关规范以及前人的研究均集中在补气量和排烟量的相对比例上<sup>[4]</sup>; 有关地下长通道设置补气—排烟系统时, 应如何设计补气口、排烟口的相对位置, 以优化排烟效果的问题, 目前研究尚少。作者利用某地下建筑内的长通道进行了一组全尺寸的对比性试验, 以研究补气口—排烟口不同相对位置时的排烟效果, 从而为消防排烟工程设计提供一定的指导。

## 2 试验设计

试验在某地下建筑的长通道内进行, 该长通道长88 m, 宽8 m, 高2.65 m (见图1)。在该长通道内, 分别设置2个排烟口和2个自然补气口, 其中排烟口1位于通道的南端, 中心距最南端8 m, 风口大小为2.9 m×0.8 m所对应风机的排烟量为100 000 m<sup>3</sup>/h, 排烟口2位于通道的北端, 中心距最北端4 m, 风口大小1.2 m×2.2 m, 所对应风机的排烟量为43 000 m<sup>3</sup>/h; 补气口1位于通道的最南端, 其的尺寸为4 m (宽)×1.3 m (高), 补气口2位于西侧面, 中心距最北端12 m, 其尺寸为4 m (宽)×1.3 m (高)。试验时所采用的火源

**[收稿日期]** 2004-06-18

**[基金项目]** 国家自然科学基金资助项目(50376061), 国家重点基础研究发展规划资助项目(2001CB409604), 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20030358051)

**[作者简介]** 胡隆华(1979-), 男, 湖南衡阳市人, 中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室博士研究生

为油盘火，火源功率为 0.8 MW，所采用的燃料为柴油，火源位置距通道最北端 9 m。

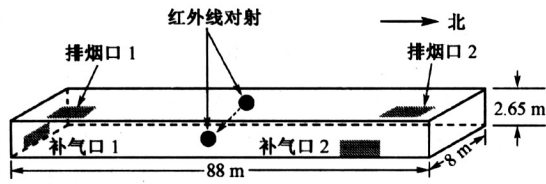


图 1 某地下长通道的建筑结构及补气-排烟设置

Fig.1 Air supply and smoke extraction systems for a full scale underground channel

为记录烟气层下降至 1.6 m 高度的时间，在长通道的中间位置（距北端墙 44 m）的两侧墙上分别布置了一对红外线发射器和接收器，如图 2 所示。



图 2 红外对射发射器和接收器

Fig.2 Position of Emitter and Receiver for the infrared beam system

根据 Beer-Lambert 定律，接收器接受到的光强度  $I$  可表示为：

$$I = I_0 \exp(-K_c L) \quad (1)$$

式中， $K_c$  称为烟气的减光系数 (attenuation coefficient)：

$$K_c = K_m M_s \quad (2)$$

式中， $M_s$  为烟气的质量比浓度， $K_m$  为比减光系数 (specific attenuation coefficient)， $K_m$  的值主要由烟粒子的大小和光的性质决定<sup>[2,6]</sup>。在烟气层高度未到达 1.6 m 时，红外射线所经过介质主要是环境空气，当烟气层高度下降至 1.6 m 时，由于烟气对红外发射器发出的红外光的吸收、反射和散射作用，导致接收器接受到的对应光强将发生突然衰减，从而表明烟气层已下降至该高度。

为对比不同补气口—排烟口组合形式下的排烟效果，设计了在 2 种不同的补气口—排烟口组合下的机械排烟试验：试验 1 为排烟口 1 机械排烟，补

气口 1 和补气口 2 同时补气；试验 2 为排烟口 2 机械排烟，补气口 1 单独补气。2 次试验的火源功率大小一致，排烟风机均在点火后 20 s 启动。

### 3 试验结果及分析

图 3 为 2 次试验红外线对射系统中接收器接收到的光强信号的变化过程。从图中可以看出，试验 1 中，红外线接收器接收到的光强信号在 117 s 时发生突然衰减，表明此时烟气层高度到达了 1.6 m；而在试验 2 中，红外接收器接受到的光强信号在 155 s 左右发生突然衰减，表明烟气层在 155 s 左右到达 1.6 m 高度。在试验 1 中，红外线接收器接收到的光强信号在 243 s 左右即降到 0 附近；而在实验 2 中，红外对射接收器接收到的光强信号则在 350 s 左右降到 0 附近。

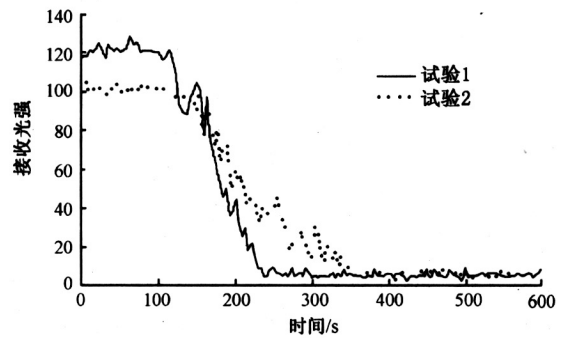


图 3 试验过程中红外对射接收器接收到的光强信号变化过程

Fig. 3 Comparison of variation of the signal received by the receiver of the infrared beam system for the two tests

从这两次试验的对比结果可以看出：虽然试验 1 的排烟流量达到 100, 000 m<sup>3</sup>/h，是试验 2 的 2 倍多，但其烟气控制效果明显不如试验 2。

现场观察表明，造成这种结果的原因是试验 1 中排烟口与补气口 1 相距太近，当排烟口 1 启动排烟时，将补气口 1 补入的大量新鲜空气吸入排烟口中，造成了整个长通道内排烟风压的“短路”，烟气无法有效地被吸入到排烟口 1 中，从而造成机械排烟效率的大大降低。

### 4 结论

在地下长通道内不同补气口—排烟口相对位置下的机械排烟效率试验的结果表明，若补气口和排

烟口的位置相距太近,即使增大排烟量数倍,也不能达到好的烟气控制效果;在总体上采取“远端补气、近端排烟”的补气口—排烟口组合形式后,在总的排烟量较小时,也能达到明显优越的烟气控制效果。

因此,在实际地下长通道中设置火灾机械排烟和补气系统或对火灾时机械排烟口和补气口进行启动控制时,总体上应遵循“远端补气、近端排烟”的策略;采用这种方式,可以达到有效性和经济性的统一。

为了更有效地对地下长通道内的烟气控制系统和补气系统的设计进行科学合理的指导,今后应加强对补气口和排烟口相对位置关系的定量研究;补气口离排烟口太近,排烟口形成的风压将与补气口形成类似“短路”的效应,排烟口将直接排出部分补入的新风,造成风压的浪费;补气口离排烟口太远,排烟口形成的风压在通道中损耗大,对补气口补入的新风和火灾烟气置换效应也就相对减弱。因此,理论上应该存在一个排烟口和补气口的临界相

对位置,该临界相对位置应与排烟量和补气量的大小有关。

#### 参考文献

- [1] Hong W. The progress and controlling situation of Daegu Subway fire disaster [A]. 6th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology [C]. Daegu, Korea, 2004. 28~46
- [2] 霍然,胡源,李元洲.建筑火灾安全工程导论[M].安徽合肥:中国科学技术大学出版社,1999
- [3] Modic J. Fire simulation in road tunnels [J], Tunnelling and Underground Space Technology, 2003,18:525~530
- [4] GBJ 16-87 高层民用建筑设计防火规范. [s],北京:中国计划出版社,2001
- [5] 易亮,霍然,李元洲,彭磊.单侧不对称补气对大空间火灾机械排烟的影响[J].中国科学技术大学学报,2003, 33(5): 579~585
- [6] 袁宏永,吴龙标.火灾探测与控制工程[M],安徽合肥:中国科学技术大学出版社,1999

## Effect of Position of Air Supply Opening on the Efficiency of Smoke Extraction in an Underground Long Channel

Hu Longhua, Huo Ran, Li Yuanzhou, Yi Liang, Wang Haobo

(State Key Laboratory of Fire Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China)

[Abstract] A set of full scale contrast tests, with different relative positions of air supply opening and smoke exhaust opening, were conducted in an 88 m long underground corridor to study the effect of position of air supply opening on the efficiency of smoke extraction in a long channel. Results showed that the rule for designing the relative positions of air supply openings and smoke exhaust openings or operating them in a long channel should be “Smoke exhaust near the fire with air supply far away from the fire”.

[Key words] air supply position; smoke extraction efficiency; underground long channel; full scale test; fire