在具有自然通风的倾斜平顶隧道中顶棚射流的温度分布

Yasushi Oka，Osamu Imazeki

##### 摘要

在这项研究中，我们对在具有矩形横截面的隧道中形成的稳定火焰式顶棚射流内的温度分布进行了详细的测量。然后，我们将测量的温度分布与无约束平滑顶棚射流的温度分布进行比较，并估计它们之间的相对误差。结果表明，水平隧道中比无侧限天花板下顶棚射流的温度分布具有更大的凸起，随着隧道倾斜度的增加，凸起形状与指数形状不同。我们提出一种新的考虑隧道倾斜度的相关性来表示温度分布，并且由指数函数和具有协调变换的三次函数组成。

##### 关键词

温度分布 顶棚射流 倾斜平顶隧道 自然通风

##### 正文

###### 1.引言

隧道是高速货运、客运公共交通网络中不可或缺的。在空间特性方面，隧道可以被定义为相对于其横截面的宽度和高度具有轴向细长的长度。不幸的是，每年都会发生重大和致命的意外隧道火灾。随着新的、更长的隧道的建造和交通密度的增加，这种火灾在未来可能变得更频繁。考虑到结构因素、通风效果、火焰形状、热电流和其他参数的隧道火灾的行为与普通建筑火灾有很大不同。

基于全尺寸和小尺度实验中获得的早期数据以及数值计算，研究人员已经得出了无限大顶棚下气体温度、位置、临界速度、沿隧道轴线的温度衰减、背层长度之间的实用关系。

大多数隧道火灾的研究是在水平隧道中进行的。然而，将地面连接到在相当大的深度处构造以充分利用城市地区中地下空间的地下隧道的斜坡必须急剧倾斜。因此，在这些倾斜隧道中的顶棚射流内温度分布将与在水平隧道中的顶棚射流内温度分布不同，并且与无约束倾斜天花板下顶棚射流内的温度分布不同。以前的研究集中在无约束的水平或倾斜平天花板下顶棚射流内的温度分布。然而，这些相关性是否可应用于径向膨胀导致侧壁破坏的隧道中的顶棚射流还不清楚。

本项研究中，我们的目标是准确和系统地测量倾斜隧道中顶棚射流沿隧道轴线传播的温度分布，并得到隧道倾斜度与温度分布之间的关系。

###### 2.实验过程

我们在内部尺寸长13.2 m宽7.5 m高6.0 m的试验箱进行了一系列的耐火试验。如图1(a)所示，构造尺寸为长10.0m宽0.75m高0.45m的矩形横截面的模型隧道。我们用12毫米的硅酸钙板构造了表面光滑的隧道天花板。侧壁是10毫米透明有机玻璃板（聚甲基丙烯酸甲酯，PMMA），这使得我们能观察热气流和新鲜空气逆流。除了火源附近采用12毫米硅酸钙板之外，我们使用9.5毫米的胶合板作为地面。隧道的两端保持完全开放，使得热气流和新鲜空气分别能无阻碍地流出和被吸入。隧道的倾斜度设定为0°，3°，5°，8°和10°。

该实验使用两种燃料：甲醇和液化石油气（LPG），后者的主要成分是丙烷。我们使用两个由2mm不锈钢制成的燃料盘来燃烧甲醇。其中一个的尺寸为0.10m×0.10m，另一个为0.15m×0.15m，均为30mm深。将燃料盘放在电子天平（LP 8200S，Sartorius；精度：0.01g）上可以准确测量质量损失。对于使用LPG的实验，燃料通过质量流量控制器（M100B，MKS Instruments）供给到扩散气体燃烧器。我们使用了一个尺寸为0.1mx0.1m填充了多孔细骨料的气体燃烧器。倾斜隧道中的燃料盘和气体燃烧室的布置如图1(b)所示。在甲醇燃烧的实验中，我们用支架将燃料盘与电子天平分开一定距离，并保持燃料盘水平。燃料盘下面有一个小孔来固定支架。对于使用液化石油气的实验，我们设置了正方形多孔燃烧器，它的上表面与隧道地板处于同一水平。

##### 致谢

本研究在东京科技大学的火灾科学技术中心——“消防安全科学研究中心”的联合应用与研究中心的支持下进行。其中一部分是在科学研究助理的支持下进行的（基本研究B，No.23310108）。 同时，要感谢国立横浜大学的研究生稻垣浩介先生和恭子神谷女士在实验中的贡献。