

文章编号: 1671-6612 (2020) 04-428-04

特长水下隧道侧向排烟模式的排烟效果研究

陈宏杰 冯 炼

(西南交通大学机械工程学院 成都 610031)

【摘 要】 为了研究特长水下隧道侧向排烟系统的排烟效果,以某特长城市水下隧道工程为例,借助 FDS 软件建立模型。对比有、无纵向风情况下,隧道内不同车道上方烟气层高度及人眼高度处能见度分布。结果表明:侧向排烟模式下,隧道内不同车道烟气分布差异明显,纵向风对排烟系统的排烟效果有明显影响。

【关键词】 侧向排烟;纵向风;烟气层;能见度

中图分类号 U459.5 文献标识码 A

Effect of Connecting Line on Ventilation and Thermal Environment of Subway

Chen Hongjie Feng Lian

(School of Mechanical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, 610031)

【Abstract】 In order to study the smoke exhausting effect of the urban special underwater tunnel lateral smoke exhaust system, a special urban underwater tunnel project is taken as an example to establish a model by means of FDS software. Comparing the situation which is there any longitudinal wind, the distribution of the smoke layer height and visibility at the height of the human eye in in different lanes in tunnel. The results show that under the lateral exhaust mode, the smoke distribution in different lanes in the tunnel is obviously different, and the longitudinal wind has a significant influence on the smoke exhausting effect of the exhaust system.

【Keywords】 Lateral smoke exhaust; Longitudinal wind; Smoke layer height; Visibility

作者简介:陈宏杰(1995-),男,在读硕士研究生,E-mail:chenhj23@foxmail.com

通讯作者:冯炼(1964-),女,博士,教授,E-mail:lancyfeng90@126.com

收稿日期:2019-11-18

0 引言

特长水下隧道工程在过江、跨海时,水下段越来越长,目前国内建成及在建城市公路隧道水下段已超过 10km。水下隧道在过江、跨海时由于工程施工风险性极大及江海条件限制,仅能在两岸设置排烟风井,则会造成排烟区段超过规范要求的长度。若按照规范分段排烟分段设置排烟风井控制区段不大于 3000m^[1],则难以实施。目前我国建成及在建的特长水下隧道已经开始采用侧向集中排烟方式。

对于特长水下隧道火灾通风排烟,目前已有大

量学者做过相关研究。研究表明:在排烟作用下,非火源段烟气温度急剧下降^[2]。采取集中排烟模式,通过排烟风机抽吸作用,将火灾烟气从排烟口吸入,经排烟道排出,排烟效果较好,利于人员逃生,排烟速率、排烟口尺寸及位置对排烟效果影响较大^[3-5]。当火灾功率较大时,采取纵向风+集中排烟模式,可以有效抑制烟气沉降,提高隧道排烟系统的排烟效率^[6,7]。

本文将以江苏某特长城市水下隧道为例,利用 FDS 火灾软件进行数值模拟。分析有无纵向诱导风下,隧道内不同车道烟气层高度、人眼高度处能见

度分布情况, 研究侧向排烟系统的烟气控制效果。以满足烟气层高度大于 2m、人眼高度处能见度大于 10m 作为符合人员逃生的标准。

1 计算模型

1.1 工程概况

该隧道总长 7740m, 其中暗埋段 7210m。总体布置: 隧道横断面采用两孔一管廊的结构, 中间管廊, 两侧孔为车行隧洞。排烟风道尺寸为 $5\text{m} \times 3\text{m}$, 隧道内总高度为 7.35m, 单个车道孔总宽为 17.45m。沿隧道长度方向每隔 60m 设置一个电动排烟口, 尺寸 $2\text{m} \times 3\text{m}$, 如图 1 所示。

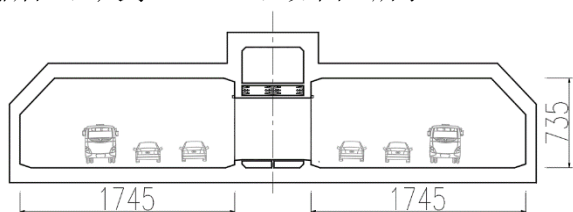


图 1 隧道暗埋段横断面图

Fig.1 Cross section of tunnel buried section

1.2 模型建立

本文采用火灾计算软件 FDS 对沉管隧道水平段进行数值模拟。取隧道长度为 700m, 火源上游 250m, 下游 450m。纵向风为上游单侧。均匀开启火源上下游各 3 排烟口。

对隧道主隧道采用 0.1 倍火源特征直径的网格尺寸, 在火源附近 50m 区域内对网格进行局部加密, 整个隧道模型总网格数 1444100 个, 模拟时间 360s。隧道模型如图 2 所示。

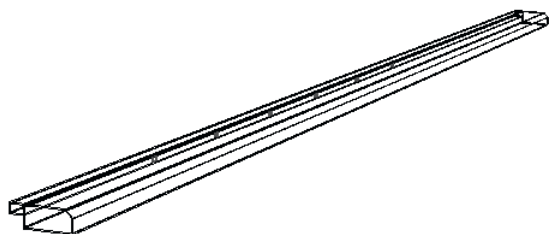


图 2 隧道模型图

Fig.2 Tunnel model diagram

1.3 火源参数

火灾发展曲线如图 3 所示。

本次计算按照 Runehamar 实验结果对数据进行拟合后的参数^[8], 火灾按以下发展: $0 \sim 165\text{s}$ 间按照 6.12kW/s 的增长率, $165 \sim 260\text{s}$ 间按照 516.8kW/s 的增长率, $t=260\text{s}$ 达到 50MW 。本次模

拟采用的燃料为庚烷 (HEPTANE), 燃烧特性按照 FDS 数据库默认值。

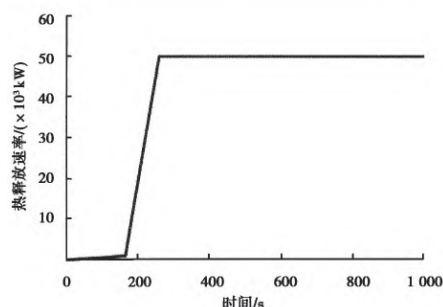


图 3 火灾发展曲线图

Fig.3 Fire development curve

根据目前国内规范^[1]对火灾自动报警系统的要求, 从火灾开始, 感烟设备感应到火灾信息, 到把信息传递到控制室开启设备的时间不超过 60s。从火灾信息启动风机开始, 到风机启动排烟, 时间不应大于 30s, 故从火灾发生到排烟口开始排烟按 90s 控制。

1.4 工况设定

本次模拟设置两组工况, 环境温度为 20°C , 总的排烟量为 $200\text{m}^3/\text{s}$, 上下游各 $100\text{m}^3/\text{s}$ 。两组对照工况如表 1 所示。

表 1 模拟工况设计

Table 1 Simulation design

工况编号	纵向风速	排烟方式
1	0m/s	双侧均匀排烟
2	1.5m/s (上游)	双侧均匀排烟

2 计算结果与分析

2.1 不同车道烟气层高度分布

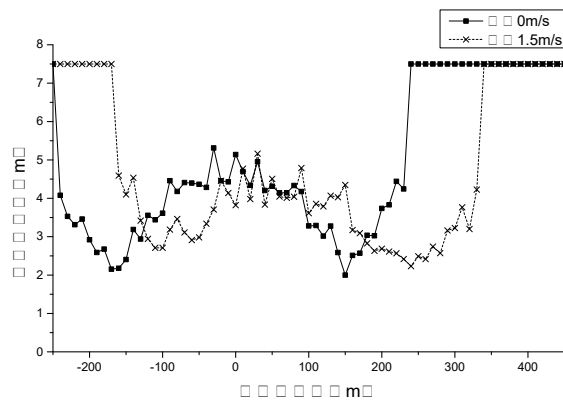


图 4 内侧车道烟气层高度分布

Fig.4 Height of smoke layer in the inner lane

内侧车道烟气层高度分布情况如图 4 所示,当隧道内无纵向风时,在内侧车道下游 150m 处,烟气层高度降到 2m 以下,不满足人员逃生标准。当隧道内纵向风速为 1.5m/s 时,均在 2m 以上,满足人员逃生标准。说明风有利于限制烟气蔓延,从而有利于烟气从排烟口排出。

中间车道烟气层高度分布情况如图 5 所示,当隧道内无纵向风时,在中间车道上游 150m 处,烟气层高度低于 2m,此时不满足人员逃生标准。当隧道内纵向风速为 1.5m/s 时,隧道内烟气层均在 2m 以上,满足人员逃生标准。

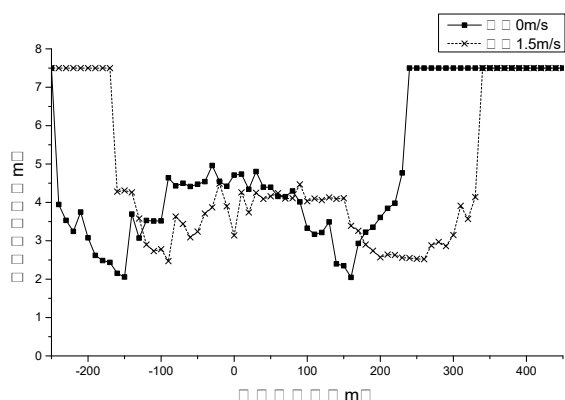


图 5 中间车道烟气层高度分布

Fig.5 Height of smoke layer in the middle lane

外侧车道烟气层高度分布情况如图 6 所示,无论隧道内有、无纵向风,在外侧车道上,烟气层高度均大于 2m,满足人员逃生标准。这是由于排烟口的抽吸作用与烟气本身的扩散,导致烟气没有在外侧车道上聚集。

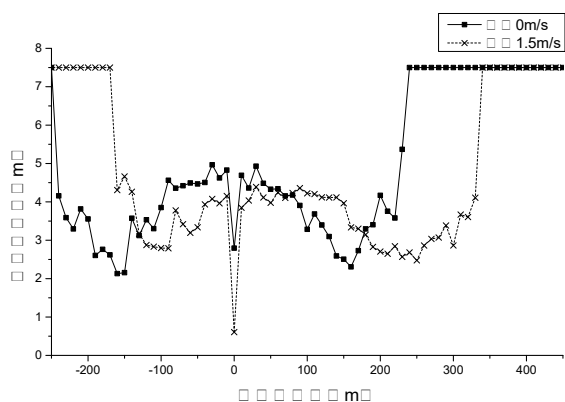


图 6 外侧车道烟气层高度分布

Fig.6 Height of smoke layer in the outer lane

应急车道烟气层高度分布情况如图 7 所示,当隧道内无纵向风时,在应急车道上游,烟气层高度

均高于 2m,但在下游 180m 处,烟气层高度低于 2m,不满足人员逃生标准。当隧道内纵向风速为 1.5m/s 时,隧道内烟气层均在 2m 以上,满足人员逃生标准。由于烟气扩散到侧壁,受侧壁阻挡,从而沿侧壁下沉,导致应急车道烟气层高度较低。

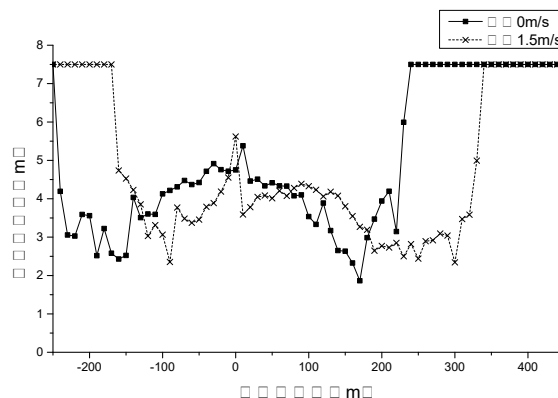


图 7 应急车道烟气层高度分布

Fig.7 Height of smoke layer in the emergency lane

2.2 不同车道人眼高度处能见度分布

内侧车道人眼高度处能见度分布情况如图 8 所示,当隧道内有、无纵向风时,内侧车道人眼高度处能见度均大于 10m,满足人员逃生标准。

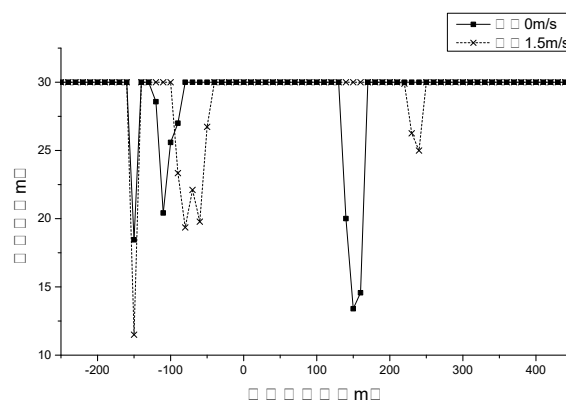


图 8 内侧车道人眼高度处能见度分布

Fig.8 Visibility distribution in the inner lane

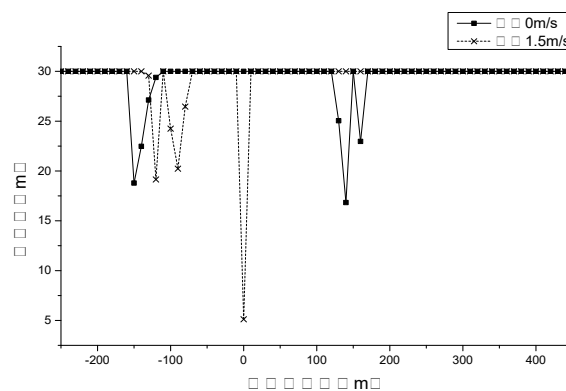


图9 中间车道人眼高度处能见度分布

Fig.9 Visibility distribution in the middle lane

中间车道人眼高度处能见度分布情况如图9所示,当隧道内有、无纵向风时,中间车道人眼高度处能见度均大于10m,满足人员逃生标准。

外侧车道人眼高度处能见度分布情况如图10所示,无论隧道内、无纵向风,外侧车道人眼高度处能见度均大于10m,且能见度良好,满足人员逃生标准。

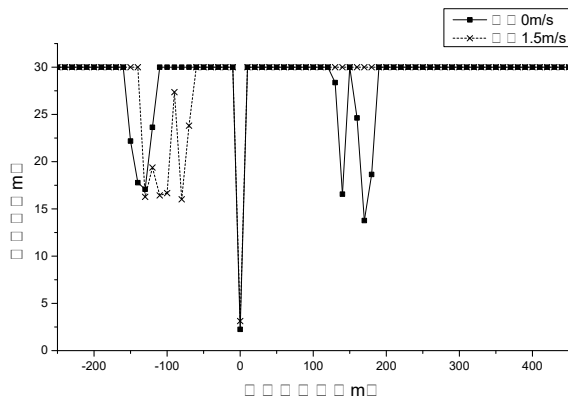


图10 外侧车道人眼高度处能见度分布

Fig.10 Visibility distribution in the outer lane

应急车道人眼高度处能见度分布情况如图11所示,当隧道内无纵向风时,应急车道上游人眼高度处能见度均在10m以上,在下游170m处,烟气层高度降至10m以下,不满足人员逃生要求。当纵向风速为1.5m/s时,上下游能见度均在10m以上,满足人员逃生标准。由于侧壁限制了烟气的扩散,导致烟气沿侧壁下沉,人眼高度处能见度降低。无纵向风时,烟气沉降较多,能见度不满足人员逃生标准;当纵向风速为1.5m/s时,虽然满足人员逃生标准,但是应急车道上能见度较低。

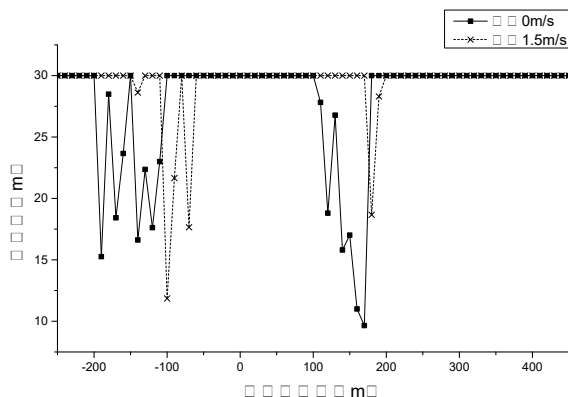


图11 应急车道人眼高度处能见度分布

Fig.11 Visibility distribution in the emergency lane

3 结论

通过对该特长城市水下隧道侧向排烟模式下,有无纵向风两种工况进行模拟,分析不同车道烟气层高度分布以及人员高度处能见度分布,得出以下结论:

(1) 在公路隧道火灾中,只采用侧向集中排烟则会导致烟气发生沉降,不满足人员逃生标准。纵向风可以有效抑制火灾烟气往上游蔓延,同时可抑制烟气在隧道内沉降,有利于人员逃生。

(2) 隧道内火灾烟气在横向上,从火源位置向隧道两侧扩散,沿隧道内两侧壁沉降下来,从而导致隧道内靠近侧壁的两条车道上,烟气层高度与人眼高度处能见度较低。

(3) 内侧车道、中间车道、外侧车道烟气层高度分布曲线上,在上下游排烟口附近有明显的上升。这是由于隧道内侧壁上方排烟口的抽吸作用,使这些位置处的烟气通过排烟口排出。说明侧向排烟系统对于靠侧壁三条车道的排烟效果较好,对于应急车道上方火灾烟气的排出效果不明显。

参考文献:

- [1] GB/T 50016-2014,建筑设计防火规范[S].北京:中国计划出版社,2015.
- [2] 雷凯荣.地铁隧道火灾双点排烟烟气温度分布特性的试验研究[J].制冷与空调,2019,33(3):319-322.
- [3] 陈建忠,曹正卯,张琦.侧壁排烟模式下超宽断面沉管隧道火灾排烟效率研究[J].地下空间与工程学报,2017,(13):394-399.
- [4] 李钰,蔡世杰,朱凯强.隧道侧壁排烟烟气特征的数值模拟[J].大连交通大学学报,2016,37(3):69-72.
- [5] 袁园.公路隧道侧向集中排烟系统排烟效果研究[D].重庆:重庆交通大学,2017.
- [6] 吴和俊,崔海浩.侧向集中排烟应用于海底隧道的分析优化[J].消防科学与技术,2017,36(10):1364-1367.
- [7] 王闪.隧道火灾侧向排烟控制效果及通风网络解算研究[D].长沙:中南大学,2013.
- [8] Haukur Ingason, Ying Zhen Li. Runchamar tunnel fire tests[J]. Fire Safety Journal, 2015,71:134-149.

