

文章编号: 1671-8879(2007)05-0075-04

公路隧道防火安全等级的划分

王永东, 夏永旭, 邓念兵, 赵峰

(长安大学 桥梁与隧道陕西省重点实验室, 陕西 西安 710064)

摘要: 根据目前中国公路隧道建设的实际状况和技术水平, 建立了公路隧道防火安全等级体系。提出了影响公路隧道防火安全等级的 5 个因素和 4 种关系, 认为公路隧道防火安全等级的划分必须同时考虑隧道长度和交通量。选取隧道的特征长度分别为 0.5、1.0、3.0、5.0、10.0 km, 隧道的断面交通量按照高速公路的最低要求取 10 000 veh/d, 将公路隧道防火安全等级从高到低划分为 5 个等级, 并给出了与之相对应的防火设施配置和运输危险物品时的交通控制表。

关键词: 隧道工程; 防火; 安全等级; 设施; 危险品运输; 交通控制

中图分类号: U458 **文献标志码:** A

Safety grades of fire prevention in highway tunnel

WANG Yong dong, XIA Yong xu, DENG Nian bing, ZHAO Feng

(Key Laboratory for Bridge and Tunnel of Shaanxi Province, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: Based on the actual status and technique level of highway tunnel construction in China, the system of fire prevention safety grades in highway tunnel was established. Five factors and four relations affecting fire safety grades of highway tunnel were put forward. The length of tunnel and the traffic volume must be considered in classifying the safety grades of highway tunnel. The safety grades were divided into five grades with regarding 0.5, 1.0, 3.0, 5.0 and 10.0 km as characteristic length of tunnel, and 10 000 veh/d was selected as the lowest traffic volume. The fire prevention facilities collocation table and traffic control table for transporting dangerous goods were presented. 2 tabs, 2 figs, 12 refs.

Key words: tunnel engineering; fire prevention; safety grades; facilities; dangerous goods transport; traffic control

0 引言

截至 2005 年底, 中国已建成公路隧道 2 889 座, 总长度超过 1 527 km。据不完全统计, 目前已建和在建的 3 km 以上的公路隧道近 60 座, 5 km 以上特长公路隧道有 14 座, 已通车的陕西秦岭终南山公路隧道达到 18.02 km。随着长大公路隧道的逐

年增多和交通量的大幅增长, 公路隧道的防火安全问题日益突出^[1-7]。国内外资料显示, 在公路隧道运营过程中, 由各种原因引起的火灾事故时有发生, 造成了严重的人员伤亡和财产损失^[8-9]。在对隧道火灾进行预防和救援时, 必须事先研究隧道防火安全等级; 有了公路隧道防火安全等级标准, 设计时才能有据可依, 防火设施的布设才能做到有的放矢。日

收稿日期: 2006 10 15

基金项目: 交通部通达计划项目(95 06 02 29); 山西省交通科技项目(04 02)

作者简介: 王永东(1974-), 男, 湖北鄂州人, 讲师, 博士研究生, E-mail: ys09@gl.chd.edu.cn

本已有的公路隧道安全等级的规范要求^[9], 实与中国国情不符, 不能照搬。中国现有的规范, 关于公路隧道的防火安全问题涉及不多^[10-11], 使得设计人员在设计中, 要么安全设防过高, 造成不必要的浪费; 要么虽有设防, 但标准又不够; 更有甚者, 是根本不设防, 从而留下了安全事故隐患^[1]。本文在分析影响公路隧道防火安全等级的因素和关系的基础上, 同时考虑隧道长度和交通量, 建立了公路隧道防火安全等级体系, 并提出对应的防火设施配置表和运输危险物品时的交通控制, 从而为科学合理地进行公路隧道消防与安全设计提供参考。

1 防火安全等级与防火设施

1.1 影响公路隧道防火安全等级的因素

公路隧道的防火安全等级, 是指根据隧道在区域交通网中的重要性和火灾的危害程度, 将公路隧道按一定的安全标准进行划分的等级制度。不同防火安全等级的公路隧道, 其防火设施和防火救灾对策也不同。因此, 确定公路隧道的防火安全等级, 是进行公路隧道设计和防火救灾预案研究的基础性工作。影响公路隧道防火安全等级的因素如下:

(1) 基础因素。隧道技术标准(隧道长度、车道数和交通形式), 隧道所在路网的位置, 隧道沿线的社会、经济、人文和资源状况。

(2) 交通因素。交通量的大小、高峰小时交通量、近远期预测交通量、交通量增长的速率、运输货物的种类和危险品的比例等。

(3) 灾害因素。隧道发生火灾的频率、规模和危害程度。

(4) 社会因素。驾乘人员的安全意识与心理素质、社会治安与恐怖活动等。

(5) 其他因素。隧道的战略价值、军事打击的可能性等。

除了以上影响因素外, 还必须考虑到安全等级与安全成本间的关系, 即进行安全风险评估。因此, 在进行公路隧道防火安全等级划分时, 应妥善处理以下4种关系:

(1) 安全等级和隧道规模的关系。一般地, 规模越大、长度越长的隧道, 隧道火灾对其危害性越大, 因此对安全度的要求越高。

(2) 安全等级和隧道交通量的关系。隧道内交通量越大, 运输货物种类越多, 发生火灾的几率就越大, 其安全等级也就越高。

(3) 安全等级和社会经济的关系。隧道在社会、

军事和经济建设中发挥的作用越大, 发生灾害后带来的经济损失也就越大, 因此其要求的安全等级也就越高。

(4) 安全等级与设施的关系。隧道安全等级越高, 用于安全设施的费用也就越大。

1.2 中国公路隧道防火安全等级的划分

在公路隧道的诸多安全事故中, 隧道火灾是危害最大的事故, 且无法完全杜绝, 只能是推迟和尽可能降低损失。为此, 日本在研究公路隧道防火设施时, 根据隧道的交通量和长度, 将隧道划分为AA到D共5个防火设施技术等级^[7], 见图1。

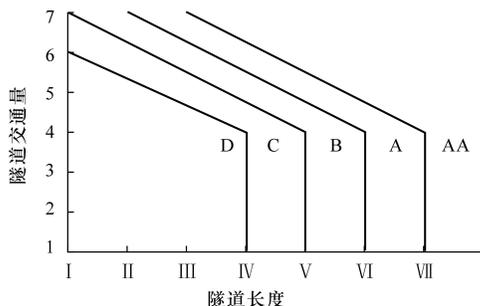


图1 日本公路隧道设置防火设施的区分等级

注: I、II、III、IV、V、VI、VII分别表示隧道长度为100、200、300、500、1000、3000、10000 m; 纵坐标数字分别表示交通量为400、1000、2000、4000、10000、20000、40000 veh/d。

分析日本的隧道火灾安全等级划分可以看出, 隧道长度分为500、1000、3000、10000 m 4个长度分级点, 而单洞交通量按照4000 veh/d控制。这种划分虽然考虑到隧道的长度和交通量, 但对于本身交通量很低的特长隧道(如挪威的Laerdal隧道, 长度24.514 km, 但交通量仅为1000 veh/d左右), 或刚建成通车、交通量还不饱满的特长隧道, 其安全要求显然不能和交通量很高时同样对待。因此, 公路隧道安全等级的划分必须同时考虑隧道长度和交通量, 其中隧道长度是一个基础分界指标, 而交通量是一个可变的动态指标。

根据目前中国公路隧道建设的实际状况和技术水平, 把隧道防火安全等级的最低长度取为0.5 km, 隧道的特征长度取为1.0、3.0、5.0、10.0 km, 隧道的断面交通量按照高速公路的最低要求取为10000 veh/d, 把公路隧道安全等级从高到低划分为5个等级I、II、III、IV、V, 见图2。图2中不同安全等级的判别函数 F 定义为

$$F = NL$$

式中: N 为隧道断面交通量(veh/d); L 为隧道长度(m); F 为等级判别函数(m·veh/d)。

对应于图2中不同的等级区域, 其值分别为

- I级 $F \geq 1 \times 10^8 (m \cdot veh/d)$
- II级 $1 \times 10^8 (m \cdot veh/d) > F \geq 5 \times 10^7 (m \cdot veh/d)$
- II级 $5 \times 10^7 (m \cdot veh/d) > F \geq 3 \times 10^7 (m \cdot veh/d)$
- IV级 $3 \times 10^7 (m \cdot veh/d) > F \geq 1 \times 10^7 (m \cdot veh/d)$
- V级 $F < 1 \times 10^7 (m \cdot veh/d)$

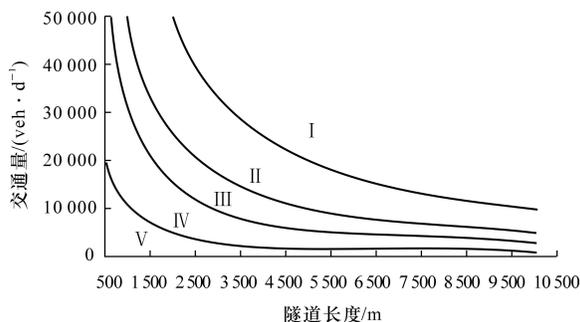


图 2 中国公路隧道的防火安全等级

在图 2 中, 隧道长度只是等级划分的基础, 而交通量的大小才起着决定性的作用。如某隧道, 虽然长度可能超过 10.0 km, 但如果交通量不足 1 000 veh/d, 那么它的安全等级只能是 V 级。如果某隧道长度不到 1.0 km, 但交通量达 50 000 veh/d, 那么它的安全等级应该划分为 II 级。又如某隧道虽然很长, 开通之初如果交通量不大, 安全等级可以定的低一些, 随着后续交通量的上升, 安全等级必须相应提高(这是指那些可以分步实施的安全措施)。因此可以看到, 本文给出的公路隧道安全等级划分更为科学合理。

1.3 中国公路隧道防火设施的选择

根据给出的中国公路隧道防火安全等级的划分, 提出了与之对应的防火设施配置, 如表 1 所示。

2 危险物品运输的交通控制

危险货物的运输, 需要一整套严密而科学的管理法规和具体办法来保证运输安全^[12]。否则, 危险货物存在的火灾隐患, 将会在运输中造成爆炸或发生火灾事故。

目前, 中国公路隧道关于危险货物的运输还没有相应的标准, 缺乏相关的管理制度。随着中国公路隧道的增多, 这些问题亟待解决。在制定公路隧道危险货物运输管理标准时, 要针对中国公路隧道关于危险品运输的现状, 制定严格的易燃、易爆物品运输规程制度, 明确装载哪些危险物品的车辆允许通过隧道; 装载哪些危险物品的车辆限制通过隧道; 装载哪些危险物品的车辆禁止通过隧道, 并在隧道实际运营中严格执行。运营单位也可以从经济、安全和社会等方面综合权衡装载易燃、易爆物品的车

表 1 公路隧道各防火安全等级对应的防火设施配置

防火设施		隧道防火安全等级					
		I	II	III	IV	V	
报警设备	手动报警器	○	○	○	○	△	
	火灾探测器	感烟探测器	○				
		感温探测器	○	○	△		
		光辐射探测器	○	△			
	紧急电话	○	○	○	○		
警报设备	警报显 示板	入口处	○	○	○	○	△
		隧道内	○	○	○	○	△
	闪光灯, 警报灯	○	○	△	△		
	音响信号	○	○	△	△		
消防设备	灭火器	○	○	○	○	△	
	消防栓	室内消防栓	○	○	○	△	△
		室外消防栓	○	○	○	△	
	给水栓	○	△	△			
	喷水雾装置	○	△	△			
	消防车	○	○	△	△		
其他设备	避难洞	○	△				
	避难通道	○	○	○	○	△	
	紧急停车带	○	○	○	○	△	
	逃生导向设施	灯箱显示	○	○	○		
		洞壁彩色标识	○	○	○	○	○
		有线广播	○	○	○	△	
	无线广播	○	○	○	△		
	电视监视系统(I.T.V)	○	○	△			
紧急照明设施	○	○	○	△			
排烟设施	○	○	○	△			
紧急电源设施	○	○	△				

注: ○表示原则上必须设置; △表示根据需要设置。

辆通过隧道和绕行两种方案的风险, 通过研究分析, 采用风险最小的方案。

结合中国公路隧道的具体情况, 根据上述的隧道防火安全等级的划分, 制定出公路隧道运输危险物品时的交通控制表, 如表 2 所示。

3 结 语

(1) 提出了影响公路隧道防火安全等级的 5 种因素和需要妥善处理的 4 种关系。

(2) 在同时考虑隧道长度和交通量的基础上, 把中国的公路隧道划分为 5 个防火安全等级, 并提出了对应的防火设施配置和运输危险物品时的交通控制表。

(3) 本文研究成果为进一步科学合理地进行公路隧道消防与安全设计奠定了基础, 可为制定中国公路隧道防火安全等级标准提供参考。

表2 公路隧道运输危险物品时的交通控制

交通控制	隧道防火安全等级				
	I	II	III	IV	V
车速/(km·h ⁻¹)	设计车速-20	设计车速-20	设计速度	设计速度	设计速度
车距/m	500~1 000	400	300	300	300
超高	禁止通过	禁止通过	禁止通过	禁止通过	禁止通过
超重	禁止通过	禁止通过	禁止通过	禁止通过	禁止通过
超长	晚间护送通过	护送通过	护送通过	护送通过	护送通过
易燃可燃液体	晚间护送通过	护送通过	护送通过	护送通过	护送通过
液化石油气体	晚间护送通过	护送通过	护送通过	护送通过	护送通过
危险化学物品	晚间护送通过	护送通过	护送通过	护送通过	护送通过
爆炸物品	禁止通过	晚间护送通过	晚间护送通过	晚间护送通过	晚间护送通过

注:如果是运输危险物品的车队,其间距应控制为1~2 km,或者只允许单车通过。

参考文献:

References:

- [1] 夏永旭,赵峰.特长公路隧道纵向一半横向混合通风方式研究[J].中国公路学报,2005,18(3):80-83.
XIA Yong xu, ZHAO Feng. Research on the combined longitudinal and semi transverse ventilation system in lengthy highway tunnels[J]. China Journal of Highway and Transport, 2005, 18(3): 80-83.
- [2] 夏永旭,张进县,王永东.雁门关公路隧道通风方案[J].长安大学学报:自然科学版,2003,23(4):46-50.
XIA Yong xu, ZHANG Jin xian, WANG Yong dong. Ventilation scheme of Yan Menguan highway tunnel[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2003, 23(4): 46-50.
- [3] 周钱,陆化普,徐薇.交通事故规律及其模型[J].交通运输工程学报,2006,6(4):112-115.
ZHOU Qian, LU Hua pu, XU Wei. Laws and models of traffic accidents[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2006, 6(4): 112-115.
- [4] 姜辉,李昌平.和风山隧道施工的质量控制[J].筑路机械与施工机械化,2006,23(3):44-46.
JIANG Hui, LI Chang ping. Quality control of Hefengshan tunnel [J]. Road Machinery & Construction Mechanization, 2006, 23(3): 44-46.
- [5] 戴国平,田沛哲,夏永旭.二郎山公路隧道火灾通风对策[J].长安大学学报:自然科学版,2002,22(6):42-45.
DAI Guo ping, TIAN Pei zhe, XIA Yong xu. Ventilation scheme at fire in Er Lang Shan highway tunnel[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2002, 22(6): 42-45.
- [6] 杨中,徐永杰,柳爱群.提高隧道纵向全身射流通风效果的途径[J].筑路机械及施工机械化,2006,23(2):46-48.
YANG Zhong, XU Yong jie, LIU Ai qun. Measures of increasing full jet current ventilation of tunnel[J]. Road Machinery & Construction Mechanization, 2006, 23(2): 46-48.
- [7] 胡隆华,霍然,王浩波,等.公路隧道内火灾烟气温度及层化高度分布特征试验[J].中国公路学报,2006,19(6):79-82.
HU Long hua, HUO Ran, WANG Hao bo, et al. Experiment of fire smoke temperature and layer stratification height distribution characteristic along highway tunnel[J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(6): 79-82.
- [8] Haack A. Fire safety conception in vehicle tunnel [Q] // Ministry of Communications of the People's Republic of China. Proceedings of Highway Tunnel Technical Communion of 2001' China Switzerland Beijing, 2001: 35-40.
- [9] 邓念兵.公路隧道防火救灾对策研究[D].西安:长安大学,2003.
- [10] JTG D70-2004.公路隧道设计规范[S].
- [11] JTJ 026.1-1999.公路隧道通风照明设计规范[S].
- [12] 雷定猷,文会春.全路危险货物运输计算机监管系统[J].交通运输工程学报,2004,4(2):123-126.
LEI Ding you, WEN Hui chun. Computer inspecting and managing system of railway dangerous goods transportation [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004, 4(2): 123-126.