

# 公路隧道消防设计中的问题与对策

夏永旭<sup>1</sup> 翟武权<sup>2</sup>

(1 长安大学公路学院, 隧道工程安全研究所, 西安, 710064)

(2 重庆交通大学土木工程建筑学院, 重庆, 400074)

**摘要:** 消防设计是公路隧道设计的一项重要内容。我国目前既没有公路隧道的防火安全标准, 也没有公路隧道的消防设计规范, 建设管理也存在许多问题。国内现有的公路隧道消防水平参差不齐, 设计人员对某些技术问题的认识差异较大。本文较为详细地叙述了国内目前公路隧道消防设计存在的问题, 并给出了一些对策建议。

**关键词:** 公路隧道、消防设计、问题、对策

## 1 引言

近二十多年来, 我国的公路隧道建设呈现出了前所未有的速度和规模。截至 2005 年底, 已经建成通车隧道 2889 座, 单洞长度达 153 万延米。具有代表性的梧桐山隧道、中梁山隧道、缙云山隧道、七道梁隧道、木鱼槽隧道、二郎山隧道、大溪岭隧道、猫狸岭隧道、谭垌沟隧道、雁门关隧道、美菰岭隧道、终南山隧道等先后通车, 标志着我国公路隧道的建设水平跃上了一个新的台阶。但是, 毋庸置疑, 我国公路隧道的运营安全保障和服务水平与国外发达国家相比还有较大的差距。对此, 我们曾经在文献[1]中, 提出了必须建立一个“设施是基础, 管理是关键, 手册是指南, 监控是重点, 预案是保障”的公路隧道安全体系, 并就公路隧道建设和管理中的一系列问题进行了探讨, 提出了一些相应的对策。本文拟就我国目前公路隧道基础设施中的消防设计存在的一些问题进行探讨, 希望能为提高我国公路隧道的整体设计水平, 保障隧道的运营安全提供技术帮助。

## 2 公路隧道消防设计存在的问题

### 2.1 技术规范与管理问题

#### (1) 消防技术标准缺项

1) 没有公路隧道安全等级。我国现在公路隧道已有近 3000 座, 长大、特长隧道<sup>[1]</sup> ( $L \leq 500\text{m}$  为短隧道,  $501\text{m} \geq L \leq 1000\text{m}$  为中隧道,  $1001\text{m} \geq L \leq 3000\text{m}$  为长隧道,  $3001\text{m} \geq L \leq 5000\text{m}$  为中长隧道,  $5001\text{m} \geq L < 10000\text{m}$  为长大隧道,  $\geq 10000\text{m}$  为特长隧道) 数十座, 文献[2]虽然也曾根据隧道的长度和交通量把隧道分为 A、B、C、D 四个等级, 但是还存在许多需进一步完善的地方。笔者在文献[3]中提出了一个我国公路隧道安全等级的划分标准, 但仍需得到统一的认可批准。

2) 没有公路隧道的防火标准。我国目前的公路隧道消防设计, 基本照搬工业与民用建筑的防火标准, 其中缺项和不适应的地方较多。在具体执行过程中, 也存在着法不对题, 权威性不够, 甚至于存在相关部门取其所需, 随意解释的现象。

3) 没有公路隧道的消防设计规范。我国目前的所有公路隧道规范<sup>[4, 5, 6]</sup>中均无有公路隧道消防设计的技术内容, 许多技术人员在设计中, 要么是安全设防过高, 造成不必要的浪费, 要么是虽然有设防, 但标准又不够, 更有甚者是根本不设防, 留下事故隐患。

#### (2) 建设管理程序混乱

公路隧道的消防设计与施工以及竣工验收, 必须有消防部门参与。但由于我国目前公路隧道建设程序较为混乱, 许多地方在公路隧道的建设方案论证、设计文件评审、施工过程监督, 甚至于竣工验收过程中, 均无有消防专业人员参与, 或者消防单位介入滞后。而在后期的运营过程中没有消防单位审批, 无法开通; 也有的地方消防单位明显趁机作难, 寻求部

门或者个人利益等，造成新的浪费和混乱。

## 2.2 理论问题

### (1) 隧道的火灾风险评估

火灾是公路隧道经常发生的灾害之一。国外的资料统计表明：公路隧道火灾几率约2.5次 / (亿车·km)，长大隧道或交通量高的隧道，火灾发生频率几乎每月一次。公路隧道一旦发生火灾，不仅损失严重，而且会带来巨大的社会压力。然而，非常遗憾的是，公路隧道的火灾根本无法避免，只能是推迟或者通过预防降低其损失。因此，在进行公路隧道消防设计时，首先要确定隧道的安全等级，并根据隧道未来的交通组成和火灾发生的预测概率确定其防火标准，进而进行消防设施的设计。但是，最为困难的是如何确定隧道的防火标准，高的设防标准肯定伴随巨大的基础投入，标准过低又无疑存在高的风险。这就要求在隧道消防设计前，必须科学系统地进行公路隧道火灾风险评估研究，尽可能寻求一个经济、社会乃至管理决策者心理都能够承受的较为合理的设防标准。

### (2) 隧道火灾规模的确定

根据国内外已有的研究<sup>[7]</sup>，公路隧道的火灾规模一般在 5MW~50MW 之间（油罐车约 100~150MW）。在隧道消防设计中，应该根据隧道所处的区域和可能的交通组成形式确定火灾的规模，一般城市隧道的火灾规模以 10MW 为宜，山岭隧道的火灾规模应该在 30~50MW 之间。对于一些经常通过大型油罐车的公路隧道，火灾的规模是否要再提高，必须在火灾概率研究的基础上，考虑其经济效益的平衡。

### (3) 隧道火灾时的通风计算

隧道的消防设计必然要涉及到隧道的火灾通风控制，但现有的规范<sup>[5]</sup>通风计算公式中没有计及火灾时的火风压。事实上，隧道火灾时的火风压对火灾时的通风计算影响不可忽视。因此，必须将火风压引入到公路隧道的火灾通风计算中<sup>[8]</sup>，这样才能较为科学的确定通风的风机配置。

### (4) 隧道火灾时的临界风速

关于公路隧道火灾时的人员逃生，目前一致的研究结论是：公路隧道的火灾将在起火后 5~6min 达到最高温度，火灾附近的人员逃生应该在 4min 内完成，火灾的消防应该在 10min 开始。另外，为了防止火灾时的烟雾回流，通常在隧道通风设计时都事先保证隧道内具有 2~3m/s 的临界风速。最新的研究表明，这个临界风速虽然可以阻止火灾时的烟雾回流，但不可能阻止火灾时的热量回流<sup>[9]</sup>。

### (5) 火灾逃生通道的间距

双洞单向交通的长大隧道，两洞间的车行通道和人员通道，是隧道发生火灾时的主要逃生通道。有关逃生通道的设置间距，规范<sup>[4]</sup>已经从原来的 1000m 缩短到 700m，而且车通和人通相间已经是普遍的做法。但是，在具体隧道的设计中，逃生通道的间距究竟多远比较合理，一直是大家关心的问题。国内目前的设计，有的间距 1000m，有的 700m，有的 500m，有的 300m，有的 250m。国外近年来长大隧道的横通道间距普遍采用 250~300m，国内的包家山隧道中间段就采用 250m。事实上，公路隧道逃生通道的间距设置，应该首先考虑隧道的安全等级，然后根据火灾时的安全逃生时间和逃生人员的行为能力确定<sup>[10]</sup>。因此，不可能也没有必要千隧同距。

## 2.3 设计问题

### (1) 消防区段

公路隧道防火区段的划分，可以分为两个层次。第一个层次依据隧道的长度、通风斜竖井的位置，划分为隧道入口段、通风井前段、通风井后段（多通风井类推）、隧道出口段。第二个层次是在第一层的基础上，根据车通、人通以及他们与通风井的相对位置，以两个横通道为单位细划。目前普遍的问题是对此研究不够，特别是没有和通风及后期的防灾救灾预

案制定系统考虑。

## (2) 火灾报警

公路隧道火灾报警器分为自动报警和手动报警。自动报警有感温、感光、感烟传感器，目前用的最多是感温光缆，从应用的实际效果看，虽然感温光纤的灵敏度远远高于早期的感温紫铜管，但由于其自身的缺陷，报警时间远远滞后于火灾发生。近年来出现的双波长甚至于三波长火灾报警器，应该是今后公路隧道消防设计考虑的首选产品。手动报警包括报警按钮和有线电话。报警按钮一般设置于消防箱上，有线电话 200m 一个。

## (3) 基本设施

公路隧道的基本消防设施主要由消防箱和外部给水系统组成。消防箱内一般配置两种不同规格的手提式灭火器，一个水成膜灭火器、一个消火栓。消防箱的间距根据水带的长度分为 50m 或者 80m。给水系统包括给水井、高位水池、低位水池、消防水管、给水栓等，给水栓设置在隧道洞口两端和洞内的紧急停车带处（长大隧道每一停车带处均设）。对于北方或者高海拔的寒区隧道，在进行隧道消防设计中，要特别注意给水管道和水池的防冻措施。根据笔者的调查，国内目前有 70% 的公路隧道，这些设施很不完善。

## (4) 风机选型

射流风机和轴流风机是长大公路隧道通风系统中的主要动力设备。一般轴流风机无需采用可逆转风机，而射流风机是否采用可逆转形式，要结合防火区段的划分和防灾救灾预案的制定来确定。如果确实要采用可逆式风机，要特别注意风机的逆向转换时间和功率。

## (5) 排烟通道

目前国内外大多公路隧道的机械通风方式都是分段纵向，火灾时的排烟也是通过通风斜、竖井实现。国内最早的专用排烟通道出现在雁门关公路隧道设计中，即利用上坡隧道的排风井为下坡隧道火灾排烟<sup>[11]</sup>，国内其后许多隧道的通风设计沿用了这一思路。2000 年前后欧洲勃朗峰隧道、陶恩隧道和圣格达隧道发生火灾，此后在有的城市隧道、长大隧道和特长公路隧道的消防设计中，在正常的通风系统外专设火灾排烟通道，但是也有不同的意见。毫无疑问，设排烟通道无论对前期的灭火和后期的排烟都有帮助<sup>[12]</sup>。然而，是否要设，必须根据隧道的火灾风险评估结果而定。排烟通道的断面形式，城市隧道可顶部全设，长大、特长隧道应该在两侧分开布置或者顶部中间布设。

## (6) 喷淋装置

水喷淋是商场、宾馆、会议场所常用的有效防火措施，日本曾将此技术用于公路隧道中，国内的雁门关公路隧道也巧妙地利用地下涌水，在右线隧道设置了 10 道喷淋装置。喷淋装置对公路隧道的小型火灾，具有一定的降温、阻燃作用，但是对于一般公路隧道，在火灾发生时，由于喷淋水雾变成高温水汽，不仅降低了隧道内的可见度，而且高温水汽还会烫伤隧道内的逃生和救援人员。

## (7) 避难洞室

避难洞是勃朗峰隧道在火灾后的改建中提出的一种新的消防避难结构。隧道内每 300m 设一个避难洞，洞室距正洞 4m 远，面积 40m<sup>2</sup>，洞内具有很好的隔热措施（假设隧道正洞内温度为 1200℃，避难洞内部温度应小于 32℃），洞内压力始终比正洞大 80Pa 左右。正常情况避难洞每小时换 3 次气，火灾时每小时换 20 次气。

## (8) 消防车辆

对于安全等级较高的长大隧道和特长隧道，建议要配备专门的消防车辆和必须的消防器材，而且消防队必须 24 小时轮流值班。如果条件允许，还可以配置专用消防救援摩托车。目前陕西秦岭终南山隧道就配置有 10 辆专用隧道消防救援摩托车。

## (9) 衬砌防火

关于火灾时隧道衬砌的防火要求，有的文献曾提出采用耐火混凝土。耐火混凝土的组成

主要包括胶结剂和集料，胶结剂通常是铝酸盐水泥。与普通硅酸盐水泥混凝土相比，耐火混凝土表现出较好的耐火性能。例如陶砂陶粒耐火混凝土经 800℃ 高温后，其抗压强度仍能达到常温抗压强度的 55% 左右。但是，耐火混凝土的价格是普通硅酸盐水泥的 2~3 倍，并且浇筑施工工艺比较复杂，因此从经济投入和施工工艺各方面考虑，不建议公路隧道采用防火混凝土衬砌。

#### (10) 防火涂料

由于防火涂料与混凝土的附着力容易受环境湿度的影响，国内许多公路隧道的防火涂料 1~2 年内均出现不同程度的剥落。另外，火灾是一个低概率的随机（时间随机、地点随机、规模随机、种类随机）事件，花费较大的资金进行隧道防火喷涂经济上不划算。如果真的某一区域发生火灾，造成衬砌结构损毁，重新进行局部结构修复的费用，比起整条隧道的防火喷涂也是一个很小的数目。

### 3 基本对策

(1) 交通部主管部门协调，组织各方面的技术力量，完善我国的公路隧道安全等级划分，编写适合公路隧道特点的《公路隧道防火安全标准》和《公路隧道消防设计规范》；

(2) 国家发改委牵头，会同交通部、公安部共同协商，健全我国长大公路隧道在建设的工可阶段、初步设计阶段、技术设计阶段、施工图设计阶段、建设实施阶段，消防部门的介入程序和制度，严格明确各方的职责、行为和具体义务；

(3) 积极开展公路隧道的火灾以及人员逃生研究，科学合理地确定不同类型公路隧道的火灾规模，正确进行公路隧道火灾通风计算，严格区分防止烟雾回流与防止温度回流的临界风速，在深入研究人员逃生行为的基础上确定横通道的间距。

(4) 科学系统严肃地进行公路隧道火灾风险评估研究，寻求一个能够平衡经济、社会、管理各方面的合理设防标准，严格防止出现两种极端。

(5) 在进行消防设计时，必须根据隧道的建设规模、交通组成、消防区段、火灾概率、安全等级、防火标准、火灾风险等，结合隧道的通风方案以及后期的防灾救灾预案 通盘考虑，一次完成。长大、特长隧道的消防设计，要配合通风和防灾救灾进行专门的技术设计，并组织专家进行分阶段专题技术评审，把问题解决在建设之前。

(6) 在长大、特长隧道的消防设计以及整个建设中，政府主管领导和业主负责人，要严于律己，杜绝设计过程中的学术官化和官化学术。技术出身的领导干部，一律不准以自己的出身和专业压人，更不能以权谋私。技术人员要以实事求是的科学精神，怀着向人民负责的态度，认真做好技术设计工作，努力做到建设一座隧道，树立一个品牌，经得起历史得考验。

### 4 结语

我国公路隧道建设方兴未艾，长大、特长公路隧道的消防设计中存在的法规问题、理论问题和技术问题亟待解决。本文所提出的对策，也只是一个初步思路，旨在抛砖引玉，希望通过此文能够引起政府主管部门、科研院校、设计单位的注意，更企盼通过各方面的努力，使得我国公路隧道的消防安全跃上一个新的台阶。

### 参考文献

- [1] 夏永旭，公路隧道运营管理中的几个问题，现代隧道技术，即将发表；
- [2] 中华人民共和国交通部，《公路隧道交通工程设计规范》(JTG/T D71-2004)，北京：人民交通出版社，2004
- [3] 夏永旭、王永东、邓念兵、赵峰，公路隧道安全等级研究，安全与环境工程学报，2006，6(3)：44-46
- [4] 中华人民共和国交通部，《公路隧道设计规范》(JTGD70-2004)，北京：人民交通出版社，2004

- [5] 中华人民共和国交通部,《公路隧道通风照明设计规范》(JTJ026.1-99),北京:人民交通出版社,2000
- [6] 中华人民共和国交通部,《公路隧道施工规范》(JTJ042-94),北京:人民交通出版社,1994
- [7] 周勇狄,长大公路隧道火灾数值模拟及逃生研究,长安大学硕士学位论文,2006.6
- [8] 邓念兵,公路隧道防火救灾对策研究,长安大学硕士学位论文,2003.6
- [9] 王永东、周勇狄、夏永旭,公路隧道火灾温度场研究,燃烧与科学技术,待发表,2007.7
- [10] 夏永旭、周勇狄、王永东,公路隧道火灾时的人员逃生研究,待发表,2007
- [11] 夏永旭、张进县、王永东、胡学富、赵峰、靖搏,雁门关公路隧道通风方案研究,长安大学学报,2003,23(4):46-50
- [12] 曹 振,长大公路隧道分段纵向通风火灾排烟研究,长安大学硕士学位论文,2007.6

## The Problems and Tactics on Fire Design of Highway Tunnel

Xia Yongxu<sup>1</sup> Zhai Wuquan<sup>2</sup>

1 Tunnel Safety Research Center ,College of highway ,Chang'an University,Xi'an,710061

2 College of Construction, Chongqing Jiaotong University, Chongqing,,400074

**Abstract:** Fire design is an important in the design of highway tunnels. Our country has neither the fire safety standards of highway tunnel, nor the criterion of the fire design, and the construction management of highway tunnels also exists many problems. The existing highway tunnel fire levels are uneven, and the designers have different knowledge on the design. The problems of the fire design of highway tunnels are described detailed, and some countermeasures are gives in this paper.

**Keywords:** highway tunnels, fire design, problems, countermeasures.

夏永旭,男,陕西武功人,1953年生,长安大学教授、博士生导师,6101131953121280453。  
主要研究方向,隧道工程安全,公路隧道通风与防灾救灾。  
联系电话:029-88498307, Email: yongxuxia@126.com