

文章编号:1004—5716(2004)02—0093—03

中图分类号:U458 文献标识码:B

长大公路隧道的火灾研究及消防措施

刘 艺,谢明才

(中铁隧道勘测设计院,河南 洛阳 471000)

摘 要:根据多年从事公路隧道设计和施工的实践经验,对长大公路隧道的火灾进行了研究分析,对消防措施进行了论述和总结,对今后长大公路隧道火灾消防有一定的借鉴和现实意义。

关键词:长大;公路隧道;火灾;消防;措施

随着近几年我国交通基础设施的大力发展,尤其是公路交通的大力发展以及城市化建设步伐的加快,公路隧道数量越来越多,其中,长大隧道的数量也不断增加。今后,随着我国建设事业的需要和国民经济实力的增强,长大隧道甚至超长隧道的建设将会更多。因此,为了保障隧道的使用安全,其防火救灾问题就显得更为重要。

国外发达国家对隧道的火灾曾作过比较多的研究。尤其对特长隧道的建设,还作了专门的模拟实地试验,并提出了相应的防火救灾措施,设置了较为完整的防火救灾体系。如英法海底隧道,在发生特大火灾时,防火救灾工程发挥了很大的作用。其中火灾时的通风起了决定性的作用,从而避免了事故的扩大和人员伤亡,减少了损失,并在较短的时间内恢复了正常的交通。

由于我国大规模建设公路隧道起步较晚,因而对隧道内的火灾及防护研究试验较少。以往隧道工程的防火救灾基本上参照国外的一些规定类比建设,也取得了较好的效果。如我国早期建设的深圳梧桐山道路隧道一期工程(长度 2.3km,单洞双向行车,半横向式通风),十多年间发生多次火灾,均成功地扑灭,无一人人员伤亡。

以下就长大公路隧道的火灾研究及消防措施,结合国内外的经验,作一论述。

1 火灾研究

1.1 基本情况

由国内外公路隧道的运行经验可知,较长的隧道很少发生火灾,一般约为 10^7 车公里隧道有一次火灾发生。统计资料还表

明,隧道内发生火灾的随机性很大,几乎可以说无规律可循,因而具有突发性。另外,由于燃料、环境、避难、救灾等不利因素,火灾后造成的危害极大,若不加以认真对待,将引起人员伤亡,财产设备的损失,交通运输中断等严重后果。所以对长大公路隧道的防火救灾,必须认真研究,而对城市道路隧道,更应严肃对待。

如前所述,一条隧道的火灾在时间上具有突发性,而在地点上又有随机性,但火灾的起因一般为两种:一种是车辆的机械故障;另一种是行车事故。火灾燃料为车辆燃油和车载易燃货物,以易燃货物危害最大。

1.2 火灾规模

车辆在隧道内着火规模的确定有两种方式:一是以火灾的热当量,单位兆焦(MJ)或兆瓦(MW)为核定;另外是以火灾的荷载,每平方米可燃物质的多少(kg/m^2)为核定。国际上一般采用热当量来衡量。如 3~5MW 为小车级、5~8MW 为中车级、8~12MW 为大车级、15~20MW 为拖车级。但不管采用哪一种核定方式,火灾事故的规模都离不开时间因素。经验证明,决定火灾危害程度的参数是时间。可以这么认为,决定火灾规模的必要条件是热当量的燃料,其充分条件是火灾的燃烧时间,两者结合(释放体现)的产物则是燃烧值。为此,国外曾在隧道内作过多次火灾现场试验,其结果大致相同。

车辆在隧道内发生火灾后,一般需几分钟后才能造成危害,7~8min 后可达一定规模,若不加以控制,20min 后燃烧可达最大。所以,尽管隧道内火灾具有突发性,但其过程仍然可分为三个阶段。阶段(5~8min):燃料着火 升温 冒烟及燃烧;

该处水系宜作环保设计,另设计中碴顶考虑了设水沟排水的工程措施,但因弃碴随时间发生沉降引起水沟断裂,水沟起不到引流地表水的作用。建议弃碴场底清除表土后埋设透水管引流,弃碴场外缘适当位置设截水沟排截地表水。

2.6 施工组织

(1) 乌鞘岭隧道修改预设计施工工期左线隧道 39.2 个月,右线隧道 30 个月,参考其它山区铁路(内昆、渝怀、水柏)长隧道的实际施工进度指标,进行分析研究,可以认为在正常情况下,该工期是可以实现的。

(2) 隧道中部 7、8、9 号斜井所承担的区段是控制工期的重点。施工中揭示的地质情况同修改预设计图有差异,个别斜井进

度滞后,同时长斜井的施工通风和运能不足等,将成为影响施工进度度的关键。

(3) 为确保工期,防止因塌方或地质变化较大以及遇到不可预见的诸多因素影响工期,施工单位各自增加了施工工作面,在确保安全前提下,粗放式的建设管理是可行的。

2.7 其它

(1) 乌鞘岭隧道作为我国最长的铁路隧道,其消防救灾是非常重要的问题,建议对此作专题研究。

(2) 施工安全需予以充分重视,对长斜井和竖井,为确保安全,结合本隧的特点建议进行施工防灾技术的课题研究。7、8、9 号长斜井和大台深竖井拟配备双回路电源和应急照明设施。

阶段(8~20min):燃烧扩散 燃烧高峰; 阶段(20min以后):持续燃烧 火势减弱 熄灭。

1.3 火灾形态

众所周知,火灾产生的危害取决于燃烧过程中散发的热量和烟雾,以下就国外资料对这两种形态作出分析。

从图1中温度(Q)的分布可知,火区内最高温度为1060,接近结构顶板处的温度为600。在上风(自然风)5m处的地面温度60,2m高处温度150,5m高处温度800,上风15~20m处2m高处温度为80。在下风100m处温度为50。隧道内空间火灾温度的分布以热传导随气流传递为主,热幅射为次。

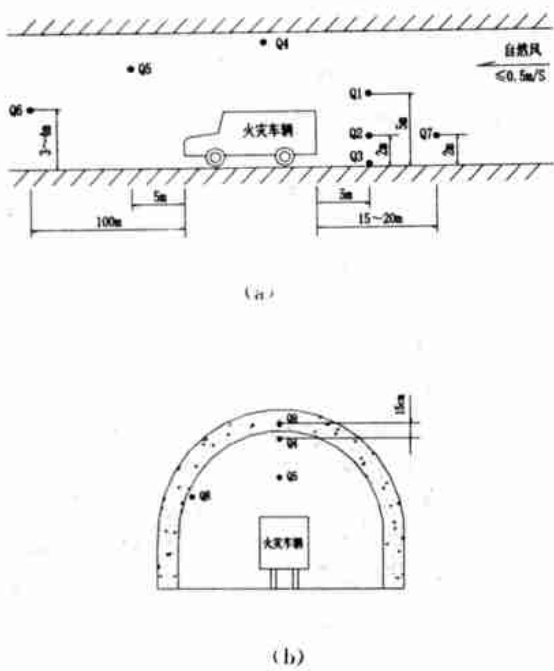


图1 隧道内火灾温度分布

(a) 纵向; (b) 横向

$Q_1 = 800$; $Q_2 = 150$; $Q_3 = 60$; $Q_4 = 600$; $Q_5 = 1060$;
 $Q_6 = 50$; $Q_7 = 80$; $Q_8 = 600$; $Q_9 = 200 \sim 300$

同样,对于建构筑物内部结构层来说,表面最高温度约600,但内部15cm深处已降至200~300,20cm深处已不属高温区。隧道结构层温度除了空气的热传导外,主要是由热幅射造成的。

从图2和表1可知,隧道内车辆火灾,若无外部动力,气流基本稳定。高温和烟雾随气流的热膨胀向两侧流动扩散,速度约0.8~1m/s,当隧道内单侧有小的自然风流时,气流的下风向速度达1m/s以上,而上风向的速度约0.5m/s左右。若隧道内灾害不加控制(人工强迫通风),则着火两侧空间均不同程度存在着气体的紊流,且多次重复,使两侧的下部一定范围内形成一封闭的漩涡,几乎没有多少新鲜空气,可见度急剧下降。

如果火区内属欠氧燃烧,所产生的一氧化碳浓度最低约为0.36%,甚至高达7%;而产生的烟尘,可使1m之内不见物影。

1.4 火灾危害



图2 隧道内火灾烟雾分布

表1 隧道内火灾燃烧气体成分表

气体名称	含量(%)	时间(min)	实测地点
一氧化碳	0.36~7.0	8~11	距燃烧区
二氧化碳	4.5		下风向
氧气	14.2		60m

隧道内一旦发生火灾,由于其空间狭小、出入口少且远、躲避抢救困难,如果不加以控制,危害是严重的。火灾中散发的剧热和烟雾,将对隧道内的车辆、构筑物、设备产生破坏,对人员产生伤亡。

如前所述,高温一般为600~800,最高达1060。所有车辆设备构筑物均受到损坏。但对于隧道主体结构,应视具体情况而定。一般来说,主体结构(砼、钢筋砼)表面温度为600~400,表层内15cm温度为400~200,所以将受到不同程度的损伤。但结构15cm深以后不属于高温,仍然完好无损。所以洞内火灾对隧道主体结构来说,其整体不会破坏。

对于火灾产生的烟雾,情况要严重得多,这主要是指对人员生命的威胁。无数火灾实例证明,人员在火灾时首先吸入的是有害气体(烟尘),吸入1~2级烟雾后极短时间(几秒)内即可倒下,丧失出逃能力(或者是由于烟尘太大可见度下降无法躲避),然后烧死。经研究,人员在一氧化碳浓度含量0.2%下,数分钟内便可丧命。实际上隧道内在欠氧燃烧时所产生的烟雾中一氧化碳含量远>0.2%,可见危害之大。

所以,对人员而言,洞内火灾时未经冲淡的烟雾里有害气体和微粒比高温更具有危险性。

2 防灾对策及措施

在研究了长大隧道内火灾的成因、规模、形态和危害后,就不难制订出一整套预防、避难和救灾措施。

2.1 预防

长大公路隧道的建设,所有建筑材料应不燃,且有耐高温性能。洞内运营设备及材料应有一定的耐温品质,尤其是电气设备中的电线电缆应选用阻燃型和耐火型。

在交通行管理上,严禁车辆超速超车。对载有易燃、易爆、有毒等火灾危险品货物的车辆,应在隧道管理人员引导下,组织车辆夜间慢速通过。

2.2 火灾报警

既然影响火灾规模并最终决定人员生命、设备安全的主要参数是“时间”,那么缩短时间的措施应是关键。

火灾“时间”的含义由下列时序组成:发现火灾时间;发出报警时间;确定火源地点时间;实现救灾时间。将前三个时序减少到最低值,最有效的手段即是火灾报警和监视。

随着隧道建设的发展,火灾报警技术已逐步地完善。隧道火灾报警一般分为自动报警和手动报警。自动报警按分布方式又

分为点式和线式。按功能点式又分为烟感、光感、温感和红外感应式;线式又分为膨胀管和电缆温差式等。手动报警由击打式、按钮式和非常电话组成。

由于电子技术的进步,闭路电视在公路隧道中也得到了广泛的应用,它除了担负行车监视、维修监视外,更重要的作用是火灾主动报警监视和救灾监视。从我国八十年代建成的深圳梧桐山隧道,十年运行经验表示,在五例火灾中无一不是由闭路电视在早期火灾首先发现的。

2.3 避难

一旦车辆在隧道内着火,其它有关车辆,尤其是人员应尽快离开火灾区及影响带,到达安全地。在双洞单向行车的隧道内不难做到。工程设计中,一般是在两隧道中隔一定距离设置横向人行或车行通道,同时,配合附属设施,如有线、无线广播,指示标志,诱导车辆和人员进行避难,防止事故扩大。但对于单洞双向行车的隧道,其避难条件比双洞单向行车要困难得多,一般避难手段是按灾害地点,调整防灾设施进行避难,使损失减少到最小(通风救灾中另有论述)。

2.4 救灾

有效的救灾同样应突出“时间”参数。快速的救灾反应和手段可以控制火灾规模,增强诱导避难效果,进而扑灭火源。这也是“缩短”火灾报警的目的所在。

隧道内救灾程序分三个阶段。阶段:发生火灾后,车辆司乘人员自救;阶段:隧道管理人员在得到火灾报警后,迅速赴现场进行抢救;阶段:消防救灾专业队伍在接到火灾信息后,到达火场抢救灭火。据国外及我国隧道救灾经验证明,救灾灭火最有效的是第、阶段,这恰恰也是火灾发展过程的第阶段(初始阶段),时间约 8min 之内。当救灾的第、阶段失效而火灾发展到第阶段时,也正好是专业消防队伍到达之时,即进行第阶段的救灾。

隧道火灾救灾的技术措施是建立水和化学消防系统,于隧道内设置固定式和便携式消防器材,沿隧道纵向布置。灭火装置以针对扑灭油类燃料为主。

2.5 通风

长大公路隧道通风是防火救灾不可缺少并行之有效的的重要手段,决不能忽视。不管采用那种通风方式,都必须验算火灾状态下的通风排烟能力。

隧道火灾时的通风方式与行车方式有密切关系。当隧道通风为横向式或半横向式,不管行车方式如何(单洞双向或双洞单向),火灾时的通风一律改为抽排风,增加排烟能力,使火区形成一个向上或侧向的一个负压,便于人员向隧道两洞口撤离或救灾人员接近火区灭火。但当采用的是纵向式通风,则应对双洞单向和单洞双向行车方式分别对待。若行车为双洞单向,不管纵向通风原来风向如何,火灾时通风风流一律与行车方向一致,使隧道内形成一正向压头,风速约 $2 \sim 2.5 \text{ m/s}$,从而使下风向的车辆和人员能以比此风速大的速度撤离火区,也便于上风向的人员接近火区救灾。若行车为单洞双向,隧道通风必须按下列程序进行灾害通风:短时控制压制火灾起始的发展,尤其是限制火源处烟雾、温度随风流向两侧膨胀扩散的速度,控制在 0.5 m/s 以内为好,以便于人员尽快撤出灾区。在火灾的初始阶段的后

期,增加通风风量,使燃烧在富氧状态,从而减少一氧化碳浓度和烟尘浓度。在人员撤离后,根据火灾在隧道内的位置,确定单向纵向通风,增加通风量,使隧道断面上形成 $1.5 \sim 2.0 \text{ m/s}$ 的单向风流,以便于救灾人员于上风向接近火源救灾。火灾熄灭后,增加风量,尽快排烟,进行善后处理。

2.6 管理体系

长大公路隧道必须建立起一整套完整的防火救灾管理体系,否则最完备最先进的设备也起不到有效的作用。完整的消防系统是长大隧道防火救灾不可缺少的“软件”,只有“硬”和“软”的结合才能确保万无一失。

现代公路隧道的消防系统见图 3。

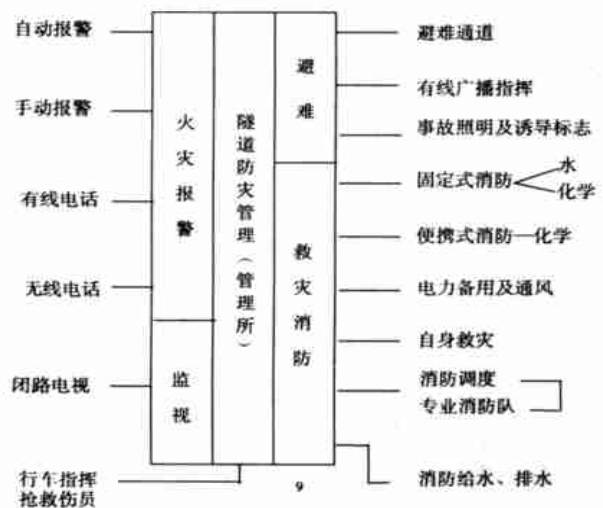


图3 现代公路隧道的消防系统

3 结束语

决定隧道防火救灾的规模并非统一,其技术措施应根据道路级别、隧道长度、类型、交通量、交通组成、地理位置、资金投入等综合因素确定,并非越全越好,总之应以取得最佳社会效果为目的。实际上,隧道内发生火灾的概率是很小的,发生火灾后事故扩大就更小。发生火灾后对人的避难抢救应放在首位,而最有效的手段是通风。

我国对长大公路隧道的火灾研究仍处于初始阶段,建设隧道中的防灾救灾技术基本上采用的是国外比较成熟的设施,还未形成适合我国特点的模式和标准。今后还应不断地总结和研究,逐步形成适用于我国国情的消防防灾技术。

参考文献:

- [1] 熊火耀. 道路隧道防灾技术[M]. 成都:西南交通大学出版社,1989, 08.
- [2] 交通部. 公路隧道通风照明设计规范[S]. 北京:人民交通出版社, 2000.
- [3] 杨冠雄. 公路隧道营运时防灾系统设计分析[R]. 台湾中山大学, 2001.
- [4] 刘伟,袁学勤. 欧洲公路隧道营运安全技术的启示[J]. 现代隧道技术, 2001, 01.