

公路隧道运营事故统计分析研究

赵峰^{1,2}, 夏永旭¹, 谢涛²

(1. 长安大学 西安市 710064; 2. 中交远洲交通科技集团有限公司 石家庄市 050051)

摘要: 公路隧道在运营过程中存在巨大风险, 车辆故障、交通事故、火灾事故是典型的公路隧道运营事故。通过对收集的 208 起国内公路隧道一般交通事故、103 起国内公路隧道火灾事故以及 31 起国外严重火灾事故进行分析研究, 得出了这些事故在事故形态、发生原因、发生频率及产生损失等方面的初步规律。

关键词: 公路隧道; 运营事故; 火灾; 统计; 分析

隧道作为地下工程具有不可预见性的特点, 在建设和运营过程中存在着巨大的风险。自 1999 年勃朗峰隧道发生严重火灾以来, 国内外在公路隧道建设和运营过程中发生了多起重大事故, 这些事故造成了巨大的人员伤亡和经济损失, 产生了严重的社会不良影响, 并引发了公众对公路隧道运输的不安全感。只有识别并分析这些风险, 才能通过适当的手段来减少事故发生的频率或减小事故发生的后果。公路隧道运营事故有车辆故障、交通事故、路面散落物、火灾、危险品泄漏、地震造成结构受损、停电、空气质量恶化等。车辆故障(Breakdown)、交通事故(Accident)、隧道火灾(Fire)等属于公路隧道最为常见的运营事故, 部分国家或隧道管理部门对此类事故有一定的统计资料。本文拟通过收集国内外公路隧道各类事故资料并进行统计分析, 给出公路隧道事故的一些基本特征。

主要原因, 占总故障原因的 60%~70%。但随着时间推移, 汽车制造技术的提升, 许多造成汽车故障的原因正在逐渐克服, 将来由于汽车自身原因造成车辆故障的几率会越来越小。

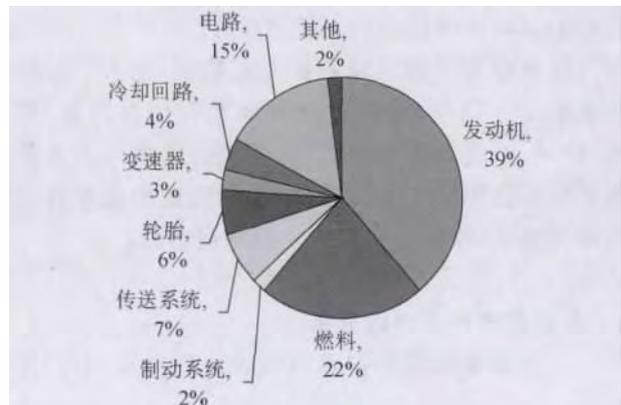


图1 法国车辆故障原因统计

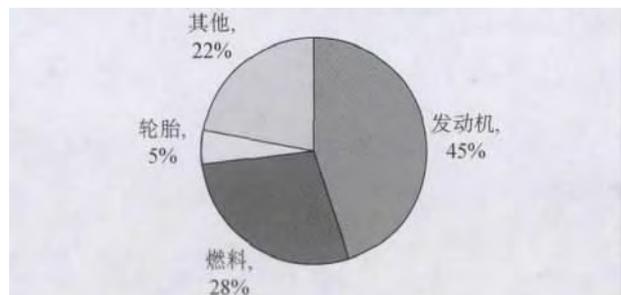


图2 挪威车辆故障原因统计

1 国外公路隧道车辆故障统计

对于车辆故障的统计, 从统计学角度考虑, 最少需要 3~5 年的统计周期, 国外的法国、挪威等国家曾做过一定的统计工作^[3,8]。

1.1 隧道车辆故障原因

导致车辆故障的原因比较多, 常见的有发动机故障、燃料不足、制动系统故障、传送系统故障等。根据 PIARC 的统计^[8], 法国、挪威车辆故障的主要原因分别如图 1、图 2 所示。从两个国家的统计结果来看, 发动机故障及燃料不足是造成车辆故障的

1.2 车辆故障率

PIARC 统计结果^[8]显示车辆故障率如下。

收稿日期: 2013-09-16

(1)城市隧道。

300~600次/(10⁸辆·km)(小交通量的隧道)

500~800次/(10⁸辆·km)(较小纵坡、大交通量的隧道)

1000~1300次/(10⁸辆·km)(较大纵坡、大交通量的隧道)

(2)单向行驶的高速公路隧道。

300~600次/(10⁸辆·km)

(3)双向行驶的地方隧道。

300~500次/(10⁸辆·km)(低海拔隧道)

900~1900次/(10⁸辆·km)(大纵坡隧道)

香港有关统计资料显示香港隧道的车辆平均故障率为1353次/(10⁸辆·km^[3])。

1.3 车辆故障与坡度关系

隧道纵坡与故障率有直接的关系,任何坡度的增加都会对故障率产生影响。因此,在设计阶段应认真考虑隧道的坡度设置,尽量减小纵坡。统计数据显示坡度(<2.6%)和故障率的关系如下^[8]。

城市隧道 $R=69p+660$ (1)

单向行驶隧道 $R=63p+290$ (2)

双向行驶隧道 $R=136p+400$ (3)

式中:R为汽车故障率,次/(10⁸辆·km);p为隧道纵坡坡度,%。

一般情况下,重载车发生故障的概率较小型车要高。但是,这两者都和坡度有直接的关系,坡度越大,发生故障的概率越大。

2 我国公路隧道交通事故统计

就单一隧道而言,增加或减少一次交通事故将会对隧道事故率产生较大的影响。因此交通事故的统计分析一般需要至少7~10年的周期,才能较为准确地体现隧道真实的事故率情况^[8]。

本文通过网络、论文等渠道收集了2000年~2011年国内208起公路隧道交通事故的资料,并对这些数据进行了初步统计分析。

2.1 交通事故原因分析

通过事故分析,造成我国公路隧道交通事故的直接原因主要有:违章超速、路面结冰、前方车辆停靠、隧道内车辆故障、隧道故障、路面散落物等。在这些原因中,最主要的是违章超速和路面结冰雨雪这两项,占到了总原因的53%。图3为我国公路隧道交通事故直接原因的统计结果。

事实上,大部分交通事故并不是由于单一的原

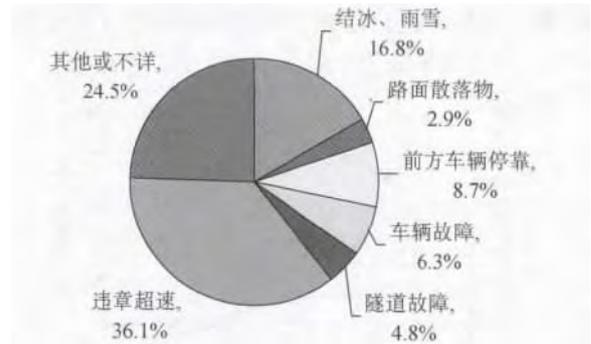


图3 我国公路隧道交通事故直接原因统计

因引起的。本文事故统计中选取事故主要诱因作为事故的直接原因,但在结冰、雨、雪、前方车辆停靠以及路面散落物这几项中,相当数量的事故都与车辆速度过快驾驶员反应不及时有关。而在前方车辆停靠这一项中,许多事故是由于停靠车辆未按规定停车或未设置警示牌造成追尾或相撞事故。在原因不详的统计事故中,许多事故除了驾驶员操作不慎这一项外,并没有其他特殊的原因。因此,从基本原因来看,人(驾驶员)是造成公路隧道交通事故发生的最重要因素。

2.2 交通事故形态分布规律

常见的隧道交通事故形态(不含火灾)包括车辆追尾、正面相撞、撞壁和失控翻车等。图4为我国公路隧道交通事故形态统计分布图。在事故形态中,车辆追尾是最主要的事故形态,占到了总事故的一半以上。其次是单车撞壁、正面相撞和失控翻车等几种形态,分别为19.7%、14.9%和10.1%。

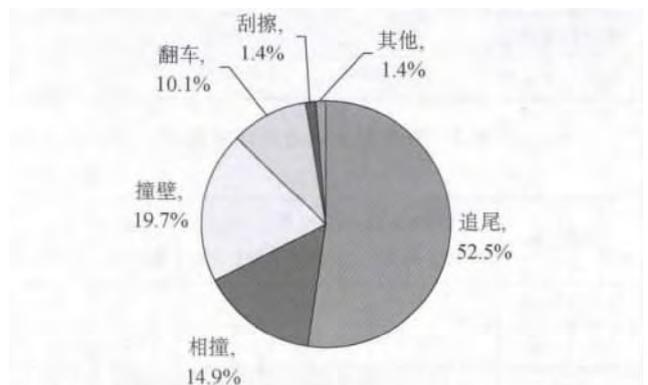


图4 我国公路隧道交通事故形态统计分布

我国的相关研究资料^[11-13]也同样表明,高速公路隧道中追尾和撞壁事故是最主要的事故类型(图5)。这主要是由于在紧急情况下驾驶员在隧道横向空间上基本没有闪避危险的余地,而且速度很

快,来不及刹车就会造成追尾或撞壁事故,这与奥地利的公路隧道事故统计结果基本一致^[4](表 1)。

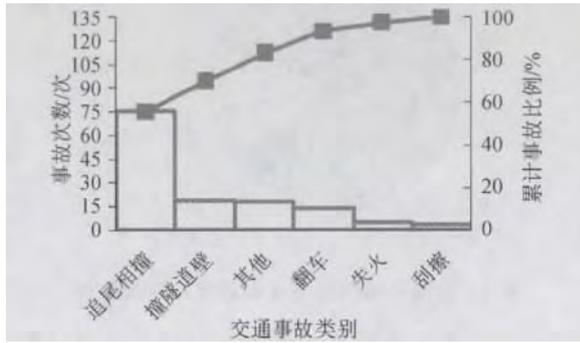


图 5 我国部分高速隧道交通事故形态分布

表 1 奥地利隧道交通事故类型分布 %

事故类型	双向行驶	单向行驶
单车撞毁	17	40
追尾	50	59
正面相撞	33	1

通过上述分析,可以看出在国内外公路隧道事故中,追尾和撞壁是最重要的事故类型。

2.3 交通事故率统计

公路隧道交通事故产生的后果有经济损失、人员受伤和人员死亡几种,而人员死亡率尤为重要。表 2 和表 3 分别显示了 PIARC 和香港统计的分类事故率^[3,8]。

表 2 PIARC 统计事故率 次/(10⁸辆·km)

隧道类型	仅财产损失事故率	人员受伤事故率	人员死亡率
市区隧道	40~150	10~50	0~3
单向高速公路	30~80	0~15	0~1
双向一般公路	20~100	0~20	0~2

表 3 香港部分隧道统计事故率 次/(10⁸辆·km)

隧道名称	仅财产损失事故率	人员受伤事故率	人员死亡率	车辆故障率	火灾
Lions Rock	744	67	0	1 493	4
Aberdeen	358	59	1	1 037	4
Airport	414	124	1	1 532	3
Shing Mun	164	45	1	1 349	6
Tseung Kwan	334	78	0	1 469	15
平均事故率	412	68	1	1 353	5

上述统计资料显示,公路隧道交通事故造成人员死亡的事故率大概在 0~3 次/(10⁸辆·km)之

间;造成人员受伤的事故率 PIARC 统计为 0~50 次/(10⁸辆·km),香港为 68 次/(10⁸辆·km),奥地利分别是双向隧道 7.7 次/(10⁸辆·km)和单向隧道 11.2 次/(10⁸辆·km)^[4],事故概率基本相当;PIARC 仅有财产损失的事故率在 20~150 次/(10⁸辆·km)之间,香港的统计数据稍显偏大。在大致相同统计时段,挪威和瑞士的统计事故率(不分损失类型)则分别为 15 次/(10⁸辆·km)和 35 次/(10⁸辆·km)^[5]。因此,在数据上各国的统计数据存在一定的区别,这除了各国的国情不同外,与统计的方式也有很大的关系。但总体上看,这些统计事故率基本上在同一数量级上,差别不大。

2.4 交通事故空间分布规律

由于隧道属于封闭式结构,不受天气等条件的影 响,一般认为隧道的交通事故率要比其他路段事故率要低。较之隧道中部,隧道进出口由于受到雨雪、光线等外界因素的干扰,往往是交通事故多发地段。在本文统计的 208 起交通事故中,已知发生在隧道口的事故有 42 起,占总事故比例的 20%。由于部分统计事故发生地点不明确,发生在隧道口的实际事故率要高于 20%。

PIARC 的文献[9]将隧道分为 4 个区域,各区域的统计事故率见表 4,可以看出洞口事故率要明显高于洞内部分。因此,由于隧道中部事故率较低,较长的隧道事故率反而会更低,但由于隧道中部救援条件受限,隧道中部发生事故后往往后果更严重。

表 4 隧道各区段事故率统计表 次/(10⁸辆·km)

隧道分区	隧道洞口外 50m	洞口内 50m	洞口内 50~150m	其余部分
事故率	30	23	16	10

2.5 交通事故时间分布规律

本文统计了我国 208 起公路隧道交通事故发生的时间分布规律,虽然由于样本较少,可能会存在一定的误差,但基本反映了事故随时间分布的一般特点。

(1)冬、春季隧道交通事故较多。

图 6 为我国公路隧道交通事故按月份统计分布图,可以看出春季和冬季隧道发生交通事故比较多。这主要是由于春季雨水较多造成路面湿滑、道路附着系数下降造成事故,冬季寒冷地区隧道洞口由于路面结冰造成事故。同时春、冬季节多大雾天气,容易影响驾驶员视距。

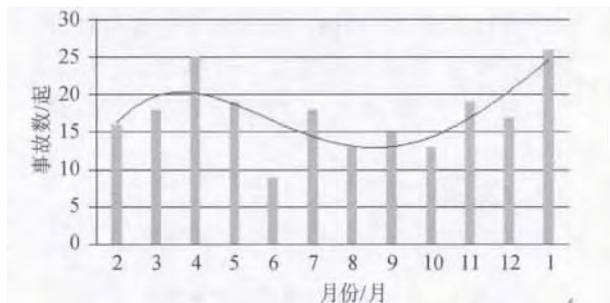


图6 我国公路隧道交通事故按月份分布

(2)白天发生的事故明显高于夜间。

图7为我国公路隧道交通事故按小时统计分布图,从图7中可以看出白天发生交通事故数要明显高于夜晚。究其原因,主要是由于受视觉、行车速度、交通量的因素影响,驾驶员白天进入隧道后,由于“黑洞效应”,眼睛会一度不适应,看不清前方交通状况,加之高速行驶,容易发生交通事故。白天隧道交通量相对较高,车距较小,事故发生数量也会相应增加。

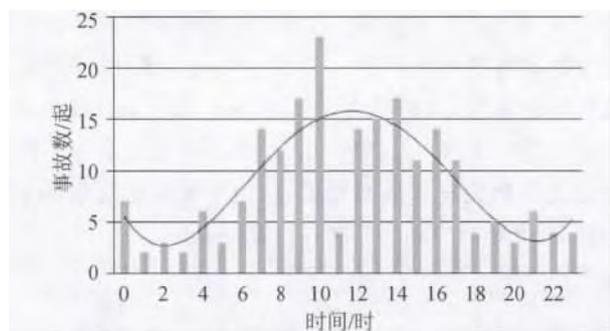


图7 我国公路隧道交通事故按小时分布

(3)恶劣天气事故多。

隧道在恶劣天气,比如雨雪天、雾天容易造成交通事故。雨水容易导致路面摩擦系数下降,在冬天则容易造成路面结冰,雾天会影响驾驶人员的视辨能力。据调查研究,刚开始下雨时几乎无事故发生,1h后开始发生事故,雨后6~10h形成事故高峰期,而后事故量逐渐下降,16h后基本不再发生事故^[10]。

就公路隧道交通事故发生率而言,由于国内相应的统计资料极少,难以得出统计规律。PIARC的文献[8]在以法国的隧道为例进行的统计资料中显示,晚上和交通量较低的时候事故发生率比其他时段要高得多。PIARC认为正是由于车流量较小,司机提高了车速而导致了更多的事故。因此,对于交通事故的24h分布需要进一步研究。

2.6 交通事故车辆类型分布规律

文献[12]和文献[13]通过对京珠高速韶关段4个隧道2003年和2004年的交通事故进行统计,得到交通事故车型的分布情况,见表5。从表5中可以看出,交通流车型构成比例与事故类型比例相差很大,特别是小型客车和大型货车。对浙江省31座高速公路隧道的交通研究结果同样证实了这一结论,见表6^[13]。

表5 京珠高速隧道交通事故车型分布

项目	小型客车	小型货车	大型客车	大型货车
事故车型比例/%	22.9	2.6	6.8	67.7
交通流车型构成比例/%	13.8	1.4	6.7	78.1

表6 浙江省高速公路隧道内交通事故车型分布

项目	小型客车	小型货车	大型客车	大型货车
事故车型比例/%	38.6	43.5	2.1	15.8
交通流车型构成比例/%	37.5	14.8	16.3	31.4

文献[12]和文献[13]经过统计分析认为,混合车流对交通安全的影响很大,交通事故对小型客车、小型货车和大型货车的反应最为敏感。发生交通事故的小型客车中,以底盘较轻的国产轿车、面包车等居多;发生交通事故的小型货车中,以微型货车居多;发生交通事故的大型货车中,以重型货车为主,而且这些车辆大多为超载超限。

2.7 交通事故车辆数量分布规律

PIARC在文献[8]中对隧道事故中涉及的车辆数进行了统计,在单向行驶的隧道中,事故涉及的车辆以1辆为主,在双向行驶的隧道中,事故涉及车辆以1辆和2辆为主。

3 我国公路隧道火灾事故统计

由于隧道火灾事故相对较少,一次火灾发生会影响整个隧道的火灾发生频率。因此,对于隧道火灾的统计最少需要5~10年的统计周期^[8]。本文通过网络、论文等渠道收集了2001年~2011年国内103起公路隧道火灾事故的资料,并对这些数据进行了初步统计分析。

3.1 火灾原因分析

对公路隧道火灾事故原因进行统计分析如图8所示,可以看出各种形式的自燃是隧道火灾发生的主要原因。由于车辆追尾、正面相撞或单车撞壁发生火灾事故的概率是比较小的,仅占各种火灾原因的18.4%。

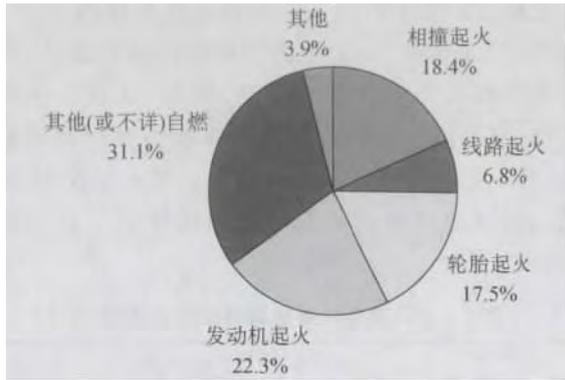


图 8 我国公路隧道火灾原因统计分析

对于火灾发生原因,PIARC(1999)^[7]统计资料显示公路隧道车辆火灾主要是由以下的原因引起的:

- (1)对于小型车而言,引起火灾的主要原因是电路故障;
- (2)而对于大型车辆而言,引起火灾的主要原因是刹车过热(大概 60%~70%);
- (3)其余的还有发动机着火引起的火灾;
- (4)另外还有一些发生频率较低的原因引起的火灾,如撞车、隧道设备技术故障引起自燃、隧道维修工作等。

英国的统计资料^[2,6]显示约四分之三的车辆火灾事故是由于车辆电路和电池缺陷引起的,而由车辆碰撞诱发的火灾仅占有所有车辆火灾的 6%~7%。

PIARC、英国的统计结果同上述我国 103 起火灾原因统计结果结论基本一致:即引起隧道车辆火灾的主要原因是车辆自身的故障,撞击引起火灾的概率是比较小的。我国由于撞击引起的火灾占有所有火灾的比例是 18.4%,大于英国的 6%~7%,除了与统计样本少而引起统计误差有关外,主要还是与各国国情有关。

3.2 火灾发生频率

对于公路隧道火灾的发生频率,目前国内还没有系统的官方统计数据。在国际上,PIARC 与欧洲一些国家曾做了不少的工作并给出了调查结论。

PIARC(1995)^[8]的统计结果如下:

- 城市隧道:0~10 次/(10⁸ 辆·km);
- 单向隧道:0~10 次/(10⁸ 辆·km);
- 双向隧道:0~15 次/(10⁸ 辆·km)。

PIARC(1999)^[7]的统计结果如下:

- 公路隧道火灾的平均发生频率不超过 25 次/(10⁸ 辆·km);
- 城市隧道的火灾发生频率比其他隧道高;

所统计的隧道中只有 40% 的没有发生过火灾;只有长隧道或交通量很大的隧道,或两者兼而有之的隧道中,事故发生频率会达到 1 次/月~1 次/年不等;

大多数隧道很少发生火灾。

法国统计的各类隧道火灾发生频率见表 7。

表 7 法国估测各类火灾发生频率^[7]

火灾种类	火灾程度	火灾频率 次/(10 ⁸ 辆·km)
客车	一般火灾	1~2
普通货车	一般火灾	8
	对隧道造成部分破坏的火灾	1
运输危险 物品的货车	非常严重的火灾	0.1~0.3(估计)
	一般火灾	2(估计)
卷入危险物品 的火灾	卷入危险物品的火灾	0.3(估计)

英国统计了 1992 年~2002 年的所有道路车辆火灾事故率如图 9 所示^[2,6]。从图 9 中可以看出,车辆的火灾事故率从 1992 年的 7.5 次/(10⁸ 辆·km)减少到 2002 年的 4.3 次/(10⁸ 辆·km),小客车的火灾事故率比总的车辆火灾事故率稍低,其他车辆的火灾事故率则在 2002 年减少到 4.7 次/(10⁸ 辆·km)。

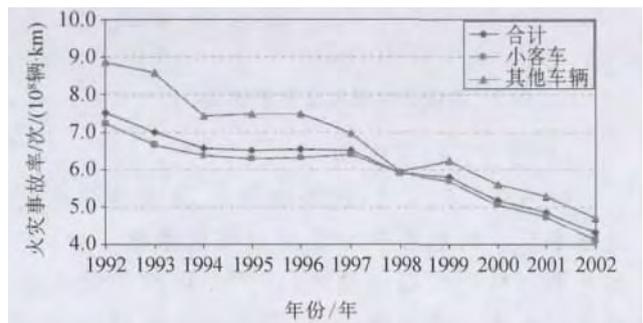


图 9 英国的车辆火灾事故率

德国的易北河隧道(Elbe Tunnel)曾统计了 1990 年~1999 年间的火灾事故^[1],根据统计数据可以计算出,易北河隧道小客车的火灾频率为 7.6 次/(10⁸ 辆·km),重载车的火灾频率为 12.5 次/(10⁸ 辆·km),总的火灾频率为 8.5 次/(10⁸ 辆·km)。根据表 3,香港的火灾频率约为 5 次/(10⁸ 辆·km),而挪威、瑞士的火灾发生频率则更低。

由上可知,各国的隧道火灾统计情况差别比较大,这与各国的隧道规模、形式、交通流组成、统计时段、管理水平、文化差异等诸多因素有关。总体来

看,重载车火灾发生频率较小客车高,但低于 25 次/(10^8 辆·km),同时车辆火灾事故率有逐年下降的趋势。由于隧道火灾发生几率很低,对于隧道火灾事故难以得出一个较为准确的发生频率。

3.3 火灾车辆类型分布

从发生火灾事故的车辆类型分布情况来看,货车是主要的火灾源。如图 10 所示,103 起火灾事故中 67%的火灾和货车相关。虽然由于统计渠道的关系,实际报道的事故往往是比较严重的事故,这将导致实际由货车诱发的火灾事故比例可能并没有统计数据大。但在一般的公路交通中,货车所占比例是相对较小的,但统计的事故比例比较大。这说明了一个相对普遍的规律:货车相对客车而言发生火灾的概率是比较大的,这与国外的统计结论是一致的。同时,在统计的 103 起火灾事故中,有 14 起事故与危险品和易燃品相关,占总火灾比例的 13.6%。因此,由于货车诱发的火灾事故相对比较严重,需要特别注意。

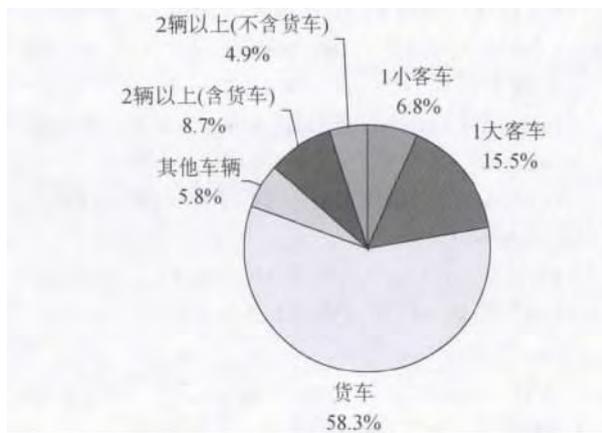


图 10 我国公路隧道火灾车辆类型分布统计

4 国外公路隧道严重火灾事故统计

相对于一般交通事故而言,隧道火灾尤其是严重的隧道火灾产生的危害更大。本文统计了 1949 年以来国外发生的 31 起严重火灾事故,这些事故大多分布在欧洲国家,这可能与欧洲国家对隧道火灾事故研究较早,相关记录比较详细有关。

图 11 为这些严重火灾事故的发生原因统计分布图。从图 11 中可以看出,追尾、相撞和发动机起火是诱发火灾事故的初始原因。这与 PIARC 的火灾的统计数据有一定的差距,主要是由于本文仅统计了诱发严重火灾事故的原因,而 PIARC 统计的是各类大小火灾事故的诱发原因。

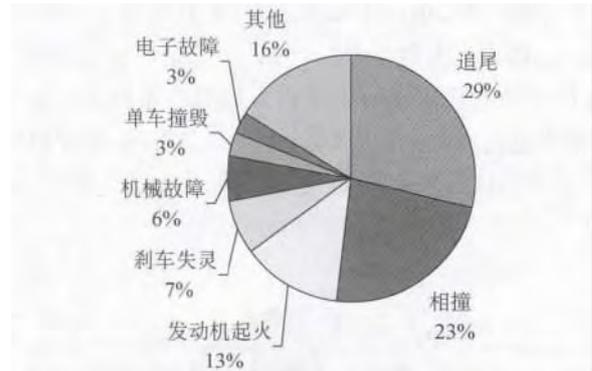


图 11 国外严重火灾事故原因统计分布

图 12 统计了这些严重火灾事故持续时间分布情况,从图 12 中可看出,绝大多数火灾事故持续时间在 3 h 以下,大部分火灾事故时间在 2 h 以内。超过 3 h 的火灾共有 4 起,其中勃朗峰(Mont Blanc)隧道、陶恩隧道(Tauern)和圣哥达(St. Gotthard)隧道发生在 1999 年和 2001 年,数据记录都比较详细,这些超过 3 h 火灾都发展成为伤亡和经济损失巨大的灾难性火灾。

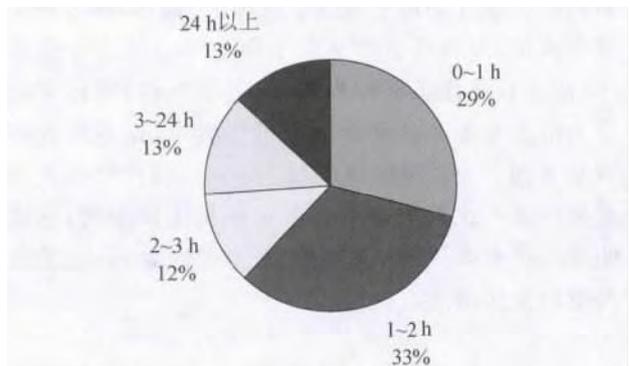


图 12 火灾持续时间分布

图 13 统计了这些严重火灾事故中致命火灾事故分布情况,其中 61%(19 起)事故有人员死亡。在这些 19 起致命的火灾事故中,有装载货物详细记录的火灾中,大部分事故都与危险品和易燃品有关,这说明危险品货物和易燃品通行隧道时会产生重大安全隐患。因此,隧道是否可以通行危险品货物需要进行隧道风险评价。

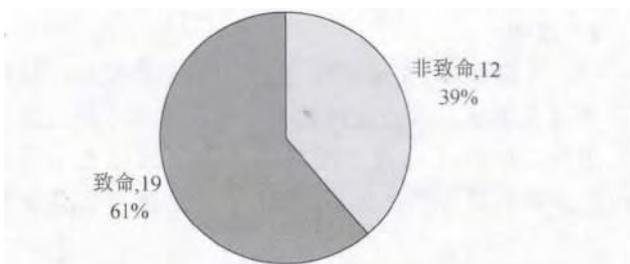


图 13 致命火灾事故分布

剔除 1982 年由于军事原因引起的阿富汗萨兰 (Salng) 隧道火灾事故, 图 14 统计了其余产生人员死亡的 18 起致命火灾事故中死亡人数的分布情况。由分布图中可以看出, 死亡人数在 3~9 人的事故占到了 56%, 说明这些火灾事故产生的后果是比较严重的。

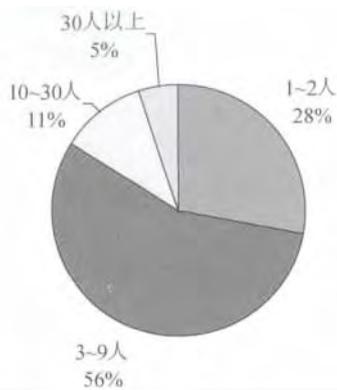


图 14 致命火灾事故中死亡人数分布

图 15 统计了这 18 起火灾事故中受损车辆的分布情况。统计中由于一些事故损失的数据描述并不是很清楚, 因此将小客车和小面包车统称为小型客车, 货车和拖挂车统称为货车, 其他车辆, 包括摩托车和消防车等。从统计图中可以看出, 这些事故中货车占到了大部分的比例(约 56%), 而在统计的交通流中货车比例相对小客车一般是比较小的, 这说明货车在整个交通流中属于不稳定因素, 容易诱发严重的交通事故。

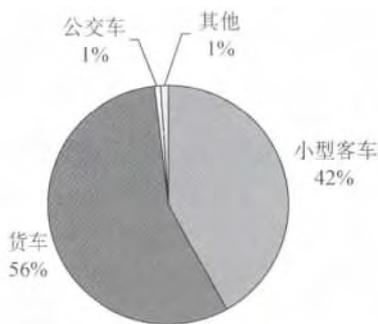


图 15 致命火灾事故中受损车辆分布

5 结语

车辆故障、交通事故、火灾事故是典型的公路隧道运营事故。本文通过对收集的我国 208 起公路隧道交通事故、103 起公路隧道火灾事故以及国外的一些资料进行统计分析, 给出了公路隧道运营事故

的一些基本特征。统计分析结果显示:

(1) 人(驾驶员)是造成隧道内事故的最主要因素, 追尾和单车撞壁是最主要的事故类型;

(2) 冬、春季隧道交通事故较多, 白天交通事故比夜间多, 恶劣天气事故多;

(3) 车辆自身故障诱发的车辆自燃是火灾的主要原因;

(4) 重载车发生火灾的频率较小客车高。

参考文献:

- [1] Haack A. Current Safety Issues in Traffic Tunnels [J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2002, V17(2):117-127.
- [2] Hall R C. Ventilation during Road Tunnel Emergencies [R]. TRL, 2006.
- [3] John Armstrong, David Powell, Michael Savill, Hong Kong: Fire Strategy, Life Safety and Ventilation in Road Tunnels [C]//2001 RETC PROCEEDINGS, 2001.
- [4] Kohl B, Botschek K, Hörhan R. Austrian Risk Analysis for Road Tunnels Development of a New Method for the Risk Assessment of Road Tunnels [C]//3rd International Conference Tunnel Safety and Ventilation, 2006.
- [5] OECD. Noway Tunnel Safety [M]. Paris: OECD Publications, 2006.
- [6] Office of the Deputy Prime Minister. Fire Statistics: United Kingdom, 2003[M]. London: ODPM Publications, 2005.
- [7] PIARC Committee on Road Tunnels. Fire and Smoke Control in Road Tunnels[R]. 1999.
- [8] PIARC Committee on Road Tunnels. Road Safety in Tunnel [R]. 1995.
- [9] PIARC Committee on Road Tunnels Operation. Systems and Equipment for Fire and Smoke Control in Road Tunnels [R]. 2007.
- [10] 冯浩. 在役城市公路隧道的事故及风险识别[D]. 重庆:重庆大学, 2007.
- [11] JTG D70-2004 公路隧道设计规范[S].
- [12] 马壮林. 高速公路隧道交通事故分析及预防对策[D]. 西安:长安大学, 2006.
- [13] 张生瑞, 马壮林, 徐景翠. 高速公路隧道内交通事故分布规律[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2008, 28(4):74-78.

文章编号: 0451-0712(2014)06-0287-06

中图分类号: U453.1

文献标识码: B

基于运梁车运梁过隧道的小村隧道施工技术

谢文祥¹, 赵挺生²

(1. 华中科技大学土木工程与力学学院 武汉市 430014; 2. 湖北工业大学工程技术学院 武汉市 430074)

摘要: 小村隧道是西宝客专上唯一一座黄土浅埋隧道, 隧道后架方向有重 900 t 的标准箱梁需要通过小村隧道后进行架设, 而现有运梁车运梁无法通过该隧道, 经过比选分析, 采取隧道仰拱预留后填充混凝土与箱梁外侧接触网埋件的后焊接连接工艺。隧道仰拱填充混凝土先预留 85 cm 厚, 待架梁结束后再浇筑剩余仰拱填充混凝土。运梁车载运箱梁采用自动驾驶通过隧道, 模拟试验分析表明隧道进出口桥台与隧道相连接纵坡, 满足运梁车最大爬坡坡度要求。箱梁接触网支柱埋件过隧道采取箱梁浇筑时锚栓外套钢管, 过隧道前先取下螺栓, 通过隧道后接触网支柱外侧锚栓与箱梁底预埋螺母拧紧并将其焊接牢固, 凿毛冲洗后预留孔与接触网支柱上部基础混凝土一起浇筑。

关键词: 隧道; 通行; 运梁车; 箱梁; 施工

客运专线桥隧相接时, 若运梁车载运标准箱梁过隧道, 往往因标准箱梁的宽、高尺寸超越隧道二次衬砌内轮廓线而无法通过。客运专线中运梁车载运标准箱梁如何通过隧道是一个现实存在而需要解决的问题。

小村隧道位于陕西省宝鸡市陈仓区, 渭河南岸三级阶地, 属秦岭山前黄土台塬区, 线路从 G310 国道小村附近山坡进洞, 下穿唐家塬, 从马尾河右侧山坡出洞, 最小埋深 16 m, 最大埋深 46 m, 为双线黄土浅埋隧道。隧道的起讫里程为 DK627+747~DK628+650, 全长 903 m, 明挖 52 m, V 级围岩

558 m, IV 级围岩 300 m。隧道净空宽 13.3 m, 高 9.6 m。隧道位于 R=8 000 m 圆曲线上, 洞内纵坡为 1.1% 和 0.3% 的人字坡。

西宝客专 DK608+431.66~DK634+632.70 共计 12 座桥梁 680 榀箱梁架设任务, 隧道前进方向共 129 榀箱梁需要通过小村隧道。预制标准箱梁为单箱单室等高简支箱梁, 箱梁长 32.6 m (32 m 标准箱梁), 宽 12 m, 箱梁高 3.08 m, 梁车高 3.1 m, 运梁车载运箱梁工作状态高度为 6.18 m (3.1 m + 3.08 m) 时箱梁翼缘处隧道净宽为 11.68 m, 显然, 预制的标准箱梁无法通过该隧道。为保证箱梁穿隧

基金项目: 中交第二航务工程局基金资助项目, 项目编号 2010082

收稿日期: 2014-01-09

Analysis and Study of Operational Accidents in Road Tunnel

ZHAO Feng^{1,2}, XIA Yong-xu¹, XIE Tao²

(1. Chang'an University, Xi'an 710064, China;

2. Chinaroads Transport Science & Technology Group Co. Ltd., Shijiazhuang 050051, China)

Abstract: Breakdown, accident, fire hazard are typical operating risk events for road tunnel. In the paper 208 traffic accidents and 103 fire accidents in China, and 31 serious fire accidents in overseas countries are collected for road tunnel operation. Through analyzing these accidents, some tentative rules have been obtained for road tunnel hazards, in instance, on types, causes, frequency of accidents and loss incurred, etc.

Keywords: highway tunnel; operating accidents; fire; statistics; analysis