



您现在的位置: 重点实验室 > 高速公路特长隧道火灾事故救援的几点思考

高速公路特长隧道火灾事故救援的几点思考

来源: 中国消防在线 上传 樊继沛 时间: 2009/12/22

重庆石柱消防大队 | 作者: 周志刚

摘要: 本文从公路交通火灾事故的规律出发, 结合高速公路特长隧道特点, 立足消防部队实际, 对特长隧道火灾事故救援进行了初步探讨, 对构建高速公路特长隧道火灾事故救援体系提出了一点建议。

关键词: 高速公路 特长隧道 灭火救援

近几年来, 随着高速公路的不断发展, 世界各地隧道火灾事故频发, 已广泛引起人们的高度重视。从1996年的英吉利海峡隧道火灾、2000年的奥地利萨尔茨堡州基茨施坦霍县山隧道火灾、2003年韩国的地铁隧道火灾到2004年中国的渝黔高速真武山隧道火灾、2008年京珠高速公路广东韶关段南行大宝山隧道火灾等等事故, 都造成了巨大的人员伤亡和财产损失。可以说, 隧道火灾事故救援与高层建筑火灾一样, 已经成为当今世界各国面临的一大难题, 同时, 也是消防部队探索和研究灭火救援技战术的重要课题。

编号为G50的沪渝高速公路是国家高速公路网东西横线的主要干线之一, 是我国西部地区连接东部地区的重要交通动脉, 全长1900公里, 途径上海、江苏、安徽、湖北、重庆五省市, 将于今年年底全线贯通, 是目前全国建设难度最大的高速公路项目之一, 隧道修建在全国都属罕见。沪渝高速穿越石柱土家族自治县, 从石柱与湖北利川交界的冷水到石柱与重庆忠县交界的磨子, 石柱境内全长66公里, 共有4条隧道, 一条短隧道(月儿岩隧道195米)、一条长隧道(竹林坪隧道1450米)、两条特长隧道(方斗山隧道7600米和吕家梁隧道6645米), (注: 按照国家公路行业隧道划分标准, 特长隧道 ≥ 3000 米, 3000 米 $<$ 长隧道 ≤ 1000 米, 1000 米 $<$ 中隧道 ≤ 500 米, 短隧道 < 500 米)。其中方斗山隧道据悉是重庆地区的第一长的高速公路隧道, 就是在全国也排在前列。作为石柱县境内第一条大型高速公路隧道工程, 既是消防安全保卫的重点也是难点所在。特别是在今年底沪渝高速全线贯通之后, 隧道内车流量将成倍增加, 从而导致发生火灾事故的风险机率大增。笔者通过实地考察目前方斗山隧道工程建设情况, 对于一旦发生火灾事故, 消防部队如何快速有效展开抢险救援行动做了以下几点思考。

一、方斗山特长隧道概况

(一) 设计形式。方斗山特长隧道位于沪渝高速1649公里处, 采用四车道全封闭高速公路设计标准, 为上下单向行驶的分离式隧道, 全长7600米, 设计速度为80公里/小时, 单向隧道净宽10.5米, 净高5米。

(二) 灭火设施。隧道内设置了环状消防水管网, 上下行线间均有2根进水管, 直径100毫米, 水压由高位水池来维持, 管网压力为0.3Mpa, 水压不够时由消防泵补充。隧道纵向每隔50米设置一处消防栓箱, 放置了水带、水枪、水成膜泡沫管枪和水成膜泡沫液, 并配备了2具4kg的ABC型干粉灭火器、2具水成膜泡沫灭火器。在洞外两洞口边各设置2个地上消火栓, 供灭火需要。

(三) 火灾报警设施。隧道内采用了先进的火灾自动报警系统, 并具有高灵敏度和极低的误报率特点, 隧道顶部正中设置有感温光纤探测器和监控探头, 监控室里设有感温光纤主机; 每隔50米设置手动报警按钮1个, 每隔200米设置了有线电话。一旦发生火灾, 隧道内被困人员可以通过手动报警按钮把火灾信息传到监控室的消防报警主机。

(四) 防排烟设施。隧道上行线和下行线隧道内分别设置了3组20台大型射流风机进行排烟和送风, 风机的运行与火灾监控系统联动。另外, 隧道内还设置了垂直的排烟竖井, 也可采用行(车)人横洞进行自然排烟, 基本满足灭火排烟的需要。

(五) 安全疏散设施。针对特长隧道的特点, 为了便于疏散, 隧道内除设有紧急报警电话外, 还设置了应急广播。每隔1000米设有紧急停车带, 每隔800米设有人(车)行横道, 隧道内设置有照明系统和灯光行驶标志, 横洞口设置了灯光疏散指示标志, 便于被困人员快速逃生。

(六) 其他设施。为满足安全要求, 隧道内部均采用了12mm厚SD型耐高温隔热防火涂料, 耐火极限达2-3小时。同时在隧道两端均设置

了回车场，另外，隧道内所有消防用电设备均达到一级负荷供电要求，并有独立电源供电。同时，石忠高速公路管理中心设置了监控中心，对隧道内实施24小时监控，隧道内一旦发生事故，监控中心可以控在第一时间调集应急救援力量到场处置。

二、高速公路特长隧道火灾事故主要特点

（一）燃烧蔓延速度快。由于车辆火灾是隧道火灾的主要危险，引起汽车火灾又多数是电气线路短路、汽化器、载重汽车气动系统和车辆相互撞击起火等。每一辆汽车都有油箱，它们所载的货物有的是可燃物，一旦发生火灾，火源的温度高，燃烧蔓延速度快。如遇车辆运载是易燃易爆物品和后继遇难车辆多，这更将加剧燃烧和火势的快速发展。

（二）烟雾扩散快、毒性大。由于特长隧道是一个狭长的管状空间，发生火灾时，火灾区域会充满浓烟，在高温热气压的作用下，因烟雾扩散孔洞有限，形成的烟雾多数积存在有限的空间内。因此，在单位立体空间内，烟的数量大于其它建筑物火灾的单位数量，而且燃烧产生的烟气毒性大，更会使空间内的含氧量显著下降，在缺氧情况下极易造成人员窒息，甚至死亡。

（三）营救、疏散难度大。特长隧道内由于出入口少，内部通道狭长，近似处于密闭空间，一旦发生火灾，浓烟高温，有毒烟雾积聚等因素的影响，救援人员到场后，在无法直接观察到起火部位、着火区范围、以及被困人员位置的情况下，要疏散人员、车辆和物资几乎是等于虎口拔牙。

（四）快速处置难度大。高速公路隧道一般都远离城镇消防队，初期火灾易失控，现场回旋余地小，一旦发生交通火灾事故后，又易造成交通堵塞，会直接导致阻碍消防车辆快速到达现场。消防车到场后，对已进入隧道中的一辆辆车辆和人员疏散任务重，火场供水困难，一旦失去战机，火势失去控制，隧道内就会很快成为地狱般的迷宫，使战斗人员深入内部进行火情侦察、人员疏散、近战灭火和快速处置就会变的十分困难。

（五）事故处置要求高。高速公路隧道由于建筑构造上的特点，发生火灾后不仅燃烧猛烈，爆炸危险性大，温度高、蔓延快，烟毒浓、能见度低，抢险和灭火任务“急难险重”。进攻道路缺乏、回旋余地小、接近火点难，进攻方向会受外界风向所制约，火灾的位置和燃烧范围等难以把握。如果一旦发生化学危险物品、剧毒物品泄漏爆炸，这就很难想象会造成什么恶果。所以，艰难危险的扑救空间、恶劣狭长的扑救环境和难以控制的险情，更会对灭火战术、自我防护和消防装备提出更高的要求。

（六）处置时间长、组织指挥难度大。扑救高速公路特长隧道火灾事故危害大、损失大、难度大、时间长、战线长，而且组织后备人员、装备器材、物资供应的有效保障的难度也很大。同时，对现场指挥部的建立，对指挥员的素质，对隧道出入口两侧战斗行动和有关职能部门协同处置过程中的有效指挥，特别是对解决通讯屏蔽、现场通信联络保障问题都提出了更高的要求。

三、如何快速有效展开特长隧道灭火救援行动的几点思考

（一）着力解决隧道内送风、排烟问题

1、送风、排烟的重要性

隧道设置的通风排烟设施是由隧道的建筑结构决定的。与地面建筑相比，隧道工程结构复杂，环境密闭、通道狭窄，连通地面的疏散出口少，逃生路径长。发生火灾，不仅火势蔓延快，而且积聚的高温浓烟很难自然排除，并迅速在隧道内蔓延，给人员疏散和灭火抢险带来困难，严重威胁被困人员和抢险救援人员的生命安全。由于隧道结构物的制约和限制，加之受通行于隧道内的车辆尾气的影响，隧道内空气中氧含量与洞外比相对较低，隧道内发生火灾后，会产生大量的不完全燃烧产物（如：CO），形成浓烟迅速扩散。据测试，火场烟的蔓延速度超过火的5倍，隧道内发生的火灾我们应该将其看作是一个火源点，因受隧道空间的影响，烟的扩散速度相当惊人，一般会在火灾发生后5分钟左右开始扩散，15分钟时浓度最大，烟的扩散使能见度降低，并且在蔓延的浓烟中夹杂的CO是无色、无味、有强烈毒性的可燃气体，危害性极大。当CO的含量达到0.5%以上时，2-3min就会导致人员死亡。

2、利用固定通风排烟设施

方斗山特长隧道的通风和排烟系统是一个统一独立的系统，由射流风机、消音器、风道、风口（排烟系统含风亭）组成，通过隧道口和隧道内的竖井进行排烟。系统开启后，隧道内的射流风机向同一方向送风，烟气流动为水平方向流动。火灾时，势必对救援战术措施带来一定影响。隧道内排烟的原则是沿乘客安全疏散方向相反的方向送风。这样既可以阻止烟气与人同向流动，又给疏散逃生人员送去新鲜的空气。方斗山隧道采用双洞设计，故在发生火灾时，事故车辆前方车辆可直接疏散；后方车辆被堵后立即停车，乘客弃车向行车相反方向逃生。这就决定了隧道内的通风排烟方式为：向行车方向送风，在另一端排烟。

3、利用移动通风排烟设备

在火灾情况下发生断电或固定设施被破坏，无法满足隧道内通风排烟需要时，必须要利用移动通风排烟设备。通过计算，隧道在正常情况（计算行车速度50km/h）时，CO允许浓度为200ppm，烟雾允许浓度为 $7.5 \times 10^{-3} m^{-1}$ ；交通堵塞时（最低行车速度10km/h）时，CO平均允

许浓度为300ppm，烟雾允许浓度为 $9.0 \times 10^{-3} \text{m}^{-1}$ ；此外隧道内风速应满足稀释空气中异味的需风量要求风速。隧道内火灾规模按20MW设计，采用纵向排烟时，要求隧道内风速为3m/s。目前消防部队配备的移动排烟设备大多为电动排烟机、水驱动排烟机等，是处置隧道火灾事故的一柄“利剑”。

（二）快速有效地实施隧道内救人

经对国内外隧道火灾案例的研究发现，很多隧道火灾救援失误主要集中在几个方面。一是施救过程中排烟送风不利，烟雾弥漫造成人员疏散困难；二是呼吸保护时效限制，无法满足救援需要；三是供气保障不利，影响救援工作的连续性，迟滞了现场救援行动。一旦高速公路隧道发生火灾事故，要快速有效地实施救人行动，就必须遵循有关要求做好相应的准备。

1、做好战斗准备

（1）集中移动排烟送风装备于火灾现场

在保证隧道内送排风系统正常工作的前提下，尽可能多的调集移动式送风排烟装备到达灾害处置现场，加大送风排烟力量。利用大功率排烟机在隧道两端出入口处分别实施正压送风和负压排烟，人为控制烟气流向，确保逃生通道内无烟气侵害，保证施救与被救人员的安全。

（2）加强个人防护

为保证救援人员在实施灭火救援过程中的自身安全，进入隧道内部的人员必须加强个人防护，佩戴好呼吸器。根据所在战斗区域的不同，按要求穿着普通消防战斗服、隔热服、避火服等。由于隧道内灾害事故的处置过程时间长、体力消耗大，呼吸器应选择能够提供长时间呼吸保障的4小时自循环氧气呼吸器或2小时双瓶空气呼吸器。

（3）保障气源供应

方斗山高速公路隧道发生火灾事故后，应及时调集忠县、垫江以及特勤支队等单位的移动供气车，分别在两个出入口处设立移动供气站，组织气瓶运输队，向前沿运送气瓶。现场气瓶宜集中放置于阴凉处，避免高温曝晒，以保证气源凉爽舒适。

（4）组建隧道战区

将距离隧道出入口5分钟车程内的消防力量组成一个隧道战区，做为方斗山隧道火灾事故处置的第一出动力量。为保证各参展力量战斗展开迅速，组织有序，协调配合，要组织开展专项训练，对各参战力量按照任务分为：火情侦察组、火场排烟组、通信照明组、人员救助组、工程破拆组、灭火强攻组等，各组人员分别携带专业器材实施救援行动。

2、规范战斗行动

（1）加强移动供气保障

方斗山隧道全长7.6公里，火灾情况下，要将人员从隧道中成功救出，救援力量的供气能力至关重要。经过实地测试，救援人员佩戴普通空气呼吸器到达隧道最不利点时（即隧道中部）剩余气量很难满足消防员展开救人行动的需要。因此深入内部行动的人员必须佩戴长效呼吸器——双瓶空气呼吸器或自循环氧气呼吸器，可以使消防员到达隧道中部并工作至少30分钟。同时以小组为单位，携带移动供气源，做为后备气源，供被困人员或救援人员紧急情况下使用，不建议救援人员将自己的呼吸器取下给被困人员使用。救援人员以小组为单位，编队每5人1组，携带1个移动供气源。

（2）保证逃生通道畅通

隧道内的人（车）行横道既是被困人员逃生的生命通道，又可以做为消防员内攻的进攻通道。救援期间逃生通道内要保持通风、照明良好，始终处于正压状态，防止烟气侵入。由于通道狭长，应在选为内攻和救人的人（车）行横道放置一个送风机向通道内送风。

（3）稳定被困人员情绪

隧道内发生火灾后，要立即利用隧道内广播系统喊话，告知被困人员正确逃生方法和固定消防设施的使用方法，并利用录音系统反复播放。深入隧道内部展开营救行动的消防员，要利用便携式扩音器喊话，稳定被困人员情绪，配合救援行动的开展。

（4）引导疏散人员车辆

救援人员携带工作灯、强光照明灯进入隧道灾害现场内部，沿疏散通道铺设发光救生照明线，放置自蓄灯及吸附式发光导向指示标志等，并利用照明车引入移动照明灯。同时，在可能引起迷路的重点部位派专人留守，指引疏散群众沿正确路线撤离。同时，与高速公路救援

队和交警配合，有序疏散隧道内被堵车辆。

（5）救助隧道被困人员

对有行动能力的群众可以由救助人员指引自行沿逃生通道撤离；对由于挤、碰造成轻伤的被困人员可以由救援人员搀扶至逃生通道，经简单处置后再转交医疗急救部门；对于已处于昏迷状态或重伤无法移动的危重伤员，必须使用躯体固定担架运送。在对人员实施救助过程中，救助人员应为被救人员提供必要的防护装备，如使用双面罩空气呼吸器的附属面罩、移动供气源的双面罩或随身携带的简易防烟面罩。

（6）全面搜索破拆救人

为保证所有被困人员都能够得到及时救助，应当坚持搜索救人贯穿灭火救援全过程，彻底搜索每个角落。尤其是对事故车辆和被堵在隧道内无法及时疏散的车辆，要利用红外视像仪、液压破拆器材组、双轮异向切割机特种装备，破拆车体，全面搜救。

（三）大力解决特长隧道火灾事故救援中的通信联络问题

解决特长隧道火灾事故救援中的通信联络问题，要充分利用隧道内部通信设施，迅速组建火灾现场通信网络，确保有线、无线通信畅通。

1、隧道内部通信设施

隧道内部通信设施分为专用通信设施和公众通信设施。其中专用通信设施又分为：隧道调度通信系统、交通信号控制系统、消防自动报警系统、视频监控系统 and 广播扩音系统；公众通信设施有：公众有线电话通信系统、无线电通信系统。借助现有的隧道调度专网（有线）和公众移动通信公网（无线）可做为初期消防救援的通信指挥手段，但不能仅仅依赖上述系统，在火灾情况下，消防部队还必须配备地下移动通信设备，能在上述设施失效的情况下，继续组建现场通信指挥网络。

2、隧道火灾灾害现场通信组网步骤

（1）建立一线中队的通信指挥。主管中队到场后，首先应利用隧道内固定通信设施（如隧道调度通信专网、移动电话、隧道扩音广播等）建立地下和地上的通信联系，在固定通信设施无法使用的情况下，利用无线通信延伸设备建立有效通信，开展救援和处置行动。

（2）建立现场通信指挥中心

利用车载设备建立现场通信指挥中心，开通现场指挥无线通信网、有线通信网、计算机通信网、卫星图像传输和广播，完成消防救援指挥部与地方政府、公安、急救、高速公路管理中心等其他救援部门建立和保持有线和无线的通信联系，通过卫星传输设备向119指挥中心传送现场图像，接受和传达上级指挥部和119指挥中心的命令。

四、几点建议

沪渝高速公路的建成通车，标志着我国东西大通道全线贯通，与此同时，目前正在施工中的丰石高速公路项目也将于2012年建成通车。针对高速公路隧道突出的特点，在未来几年的时间里，渝东南消防部队必须具备处置特长隧道火灾事故的能力。面对挑战，我们应该做好哪些准备？

1、建立特长隧道火灾事故抢险救援应急指挥体系，做到快速反应，统一指挥，分工负责，协同作战。

2、完善隧道内部固定消防设施，提高隧道内疏散指示标志、喷淋、排烟、消火栓等设施的实际耐火性能和使用效能。

3、消防指挥中心与隧道管理中心建立有线和无线方式的热线联系，将隧道监控图像接入消防指挥中心，使消防部门能及时掌握灾害现场情况。

4、研制并装备无线通信的地下延伸设备，充分发挥无线通信在灭火救援当中的优势。

5、加强消防部队装备建设，对辖区内有特长隧道的中队应增配特种抢险救援装备。

6、成立隧道应急救援专职特勤队，开展相关专业救援训练。

技术联系方式：中国人民武装警察部队学院 灭火救援技术公安部重点实验室
通讯地址：河北省廊坊市武警学院 邮政编码：065000
联系电话：0316-2067205