

Countermeasures for Fireproofing of Expressway Special Cutting*

Shaofei Wang^{1,2}, Ke Li^{1,2}, Qi Zhang^{1,2}, Biao Jiang³, Xing Liu³

¹Key Laboratory of Tunnel Construction & Maintenance Technology, Ministry of Communications, China Merchants Chongqing Communications Research & Design Institute Co. Ltd., Chongqing

²National Engineering & Research Center for Highways in Mountain Area, Chongqing

³Changsha Rail Transit Group Co. Ltd., Changsha
Email: wangshaofei2001@163.com

Received: Dec. 27th, 2012; revised: Jan. 20th, 2013; accepted: Jan. 29th, 2013

Abstract: The special cutting in Beijing-Hong Kong-Macao expressway upgrading and expansion engineering is different from general cutting, but also different from road tunnel. Because of its special structural, its fire disaster relief needs specific design. This paper from the point of view of system engineering put forward the countermeasures for fireproofing which should be form an interlocking safety chain, in order to ensure safety and smooth operation of special cutting. This paper also emphasizes that the “disaster prevention” is the foundation, “disaster reduction” is the core, “disaster relief” is the key.

Keywords: Expressway; Special Cutting; Fireproofing

高速公路特殊路堑段防火救灾对策*

王少飞^{1,2}, 李科^{1,2}, 张琦^{1,2}, 蒋彪³, 刘星³

¹招商局重庆交通科研设计院有限公司, 隧道建设与养护技术交通行业重点实验室, 重庆

²国家山区公路工程技术研究中心, 重庆

³湖南省长沙市轨道交通集团有限公司, 长沙

Email: wangshaofei2001@163.com

收稿日期: 2012年12月27日; 修回日期: 2013年1月20日; 录用日期: 2013年1月29日

摘要: 京港澳高速公路改扩建工程出现的特殊路堑既有别于一般路堑, 也有别于公路隧道, 由于其结构形式的特殊性, 在防火救灾方面需要进行针对性设计。从系统工程角度提出防火救灾对策应按照“防灾→减灾→救灾”的思路展开, 形成一个环环相扣的安全链, 以确保特殊路堑段安全、畅通运营, 强调指出“防灾”是基础, “减灾”是关键, “救灾”是重点。

关键词: 高速公路; 特殊路堑; 防火救灾

1. 引言

京港澳高速公路长沙黎托段改造工程^[1,2](双向八车道)起于雨花互通南侧约300m处(K1501+390), 依次下穿劳动东路、曲塘路、杜花路和香樟路, 止于香樟路上跨京港澳高速公路分离式立交往南约1300处

*资助信息: “十一五”国家科技支撑计划重大项目(2009BAG13A02)。

(K1505+099.354), 全长3.709km, 设计速度为120km/h。根据路线要求, 特殊路堑段设置U型槽、半敞开式和全封闭式等三种结构形式, 总长2240m, 结构布置见表1。其中, 半敞开式和全封闭式结构总长1794.94m。

半敞开式、全封闭式路堑段标准断面分别如图1、图2所示, 其效果分别如图3、图4所示。这种特殊

Table 1. The table of cutting structure layout
表 1. 路堑主体结构布置

节段	里程	结构型式	长度(m)
AJD01~AJD08	K1501 + 830.00~K1502 + 054.50	U型槽	224.5
AJD09~AJD10	K1502 + 054.50~K1502 + 128.65	全封闭式	74.15
AJD11~AJD32	K1502 + 128.65~K1502 + 771.49	半敞开式	642.84
AJD33~AJD34	K1502 + 771.49~K1502 + 818.92	全封闭式	47.43
AJD35~AJD48	K1502 + 818.92~K1503 + 210.00	半敞开式	391.08
BJD28~BJD24	K1503 + 210.00~K1503 + 379.32	半敞开式	169.32
BJD23~BJD22	K1503 + 379.32~K1503 + 448.98	全封闭式	69.66
BJD21~BJD11	K1503 + 448.98~K1503 + 790.40	半敞开式	341.42
BJD10~BJD09	K1503 + 790.40~K1503 + 849.44	全封闭式	59.04
BJD08~BJD01	K1503 + 849.44~K1504 + 070.00	U型槽	220.56
合计			2240

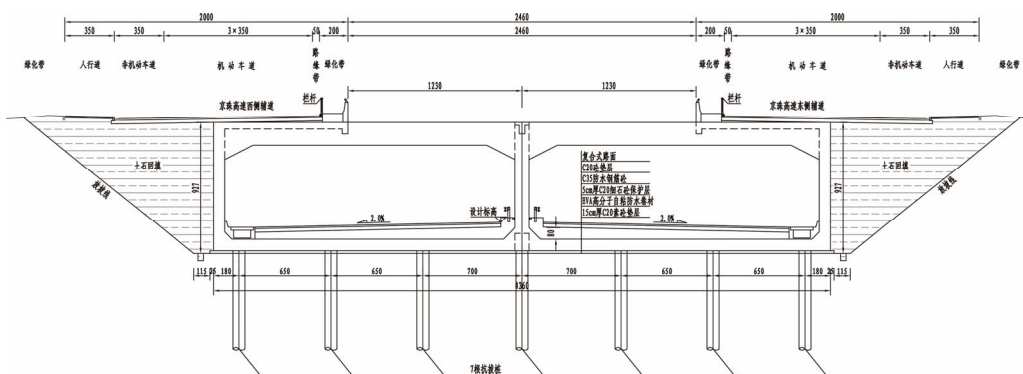


Figure 1. Standard section of semi-open structure section
图 1. 半敞开式结构段标准横断面

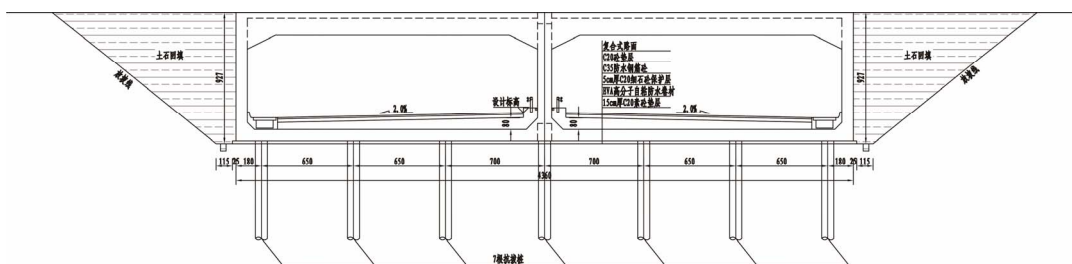


Figure 2. Standard section of enclosed structure section
图 2. 全封闭式结构段标准横断面



Figure 3. Effect chart of semi-open structure section
图 3. 半敞开式结构段效果图



Figure 4. Effect chart of enclosed structure section
图 4. 全封闭式结构段效果图

路堑既有别于一般路堑，也有别于公路隧道，由于其结构形式的特殊性，在防火救灾方面需要进行针对性设计。

2. 运营风险

本项目施工图设计文件^[1]较好地执行了《公路工程技术标准》(JTG B01-2003)^[3]和《公路路线设计规范》(JTG D20-2006)^[4]，平、纵、横设计指标较为合理，有利于京港澳高速公路长沙黎托段路堑行车安全。

另一方面，本路段预测交通流量大^[2]，近期(2015年)折算交通量达 52,314 pcu/d，中期(2025年)折算交通量达 65,704 pcu/d；且货车流量大，客货比约为 1.1:1，增大了路堑段发生车辆火灾事故的风险。此外，本路段车辆运行速度^[5]高，小客车为 110~120 km/h，大客车为 75 km/h，小客车与大货车运行速度差(35~45 km/h)较大，一旦发生小客车与大客车的追尾事故，引发火灾事故的可能性较大。

因此，应从系统工程角度统筹考虑特殊路段防火救灾问题，包括“防灾”、“减灾”、“救灾”，以构成环环相扣的安全链^[6]，确保本路段“高速、高效、安全、舒适”运行。“防灾”的目的是确保行车安全，减少火灾事故发生几率；“减灾”的目的是火灾发生时，确保人员安全，并尽可能地减少对永久性结构的影响；“救灾”则是主动出击，快速有效的扑灭火灾、营救人员。

3. 防灾对策

3.1. 道路安全管理

3.1.1. 加强交通管理

加强京港澳高速公路长沙黎托段特殊路段的交通管理有助于减少火灾事故的发生。驾驶者在半敞开式和全封闭式路堑段行车时，应严格遵守安全行车规则，包括所有车辆应自觉遵守交通规则，根据交通标志、标线等有关要求行驶；在敞开式和全封闭式路堑段行车应开启车灯，并保持安全车距；客货车辆分道行驶，货车应靠右侧行驶。路政和交警部门应加大巡查力度，加大对敞开式和全封闭式路堑段违规驾驶行为的处罚力度。

3.1.2. 加强运输管理

结合京港澳高速公路交通运输的实际情况，按照

最小风险原则，在确保敞开式和全封闭式路堑段运营安全和经济运行要求的基础上，对于具有运输管理部门及公安部门核发的危险品准运证且其标注与实际载运危险品一致的车辆，应采取有效的交通管制措施，如图 5 所示；对于具有危险品准运证但其标注与实际载运危险品不一致的车辆，或不具有危险品准运证但又载运危险品的车辆，应禁止通过敞开式和全封闭式路堑段，并上报公安机关由其处理。

3.1.3. 加强安全管理

运营管理人员要认真学习贯彻《中华人民共和国消防法》，严格落实各级领导消防安全责任制及岗位职工的消防安全责任。运营管理人员在应对火灾时应做到处乱不惊、沉着镇定、从容面对、冷静指挥，以便有效控制火情，尽快疏散人员，将火灾损失降低到最低限度。危险品运输车辆通行敞开式和全封闭式路堑段时的防火工作和管理工作，要在管理机构的指导下开展。运营管理机构应定期组织安全管理人员学习有关标准、规范、规章、制度，提高业务能力，提升管理水平。

此外，还可在高速公路沿线收费站、加油站、服务区发放宣传卡片、手册、光盘等，向公众介绍京港澳高速公路及周边区域路网构成、敞开式和全封闭式路堑段防火安全知识和信息(包括敞开式和全封闭式路堑段的结构特点、敞开式和全封闭式路堑段行车规定、火灾事故的危害、火灾时的应对措施、自救与逃生手段等)，以提高公众的安全意识和安全技能。

3.1.4. 加强养护管理

加强敞开式和全封闭式路堑段土建结构及交通安全设施的养护管理，减少或消除诱发火灾事故的各种安全隐患。敞开式和全封闭式路堑段在进行养护作业时应注意：

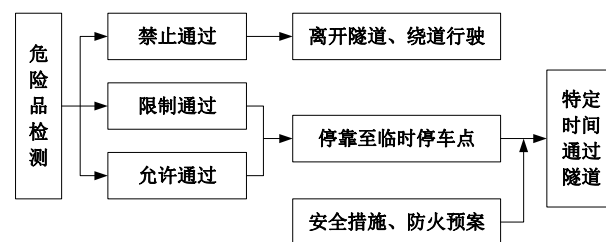


Figure 5. Traffic control measures of dangerous goods transport vehicles^[7]

图 5. 危险品运输车辆通行时的交通管制措施^[7]

1) 敞开式和全封闭式路堑段养护作业宜选择在交通量较小的时段(如凌晨)进行。在进行养护作业前,应制定周密的施工组织计划,确定合理的工作区;作业人员必须接受专门的安全教育和作业规程训练;还应检查施工信号灯是否准确、明显,施工标志设置是否规范等。

2) 在敞开式和全封闭式路堑段进行养护作业时,养护维修作业工作区经划定后不得随意变更;作业人员不得在施工路段外活动或将任何施工机具、材料置于养护维修作业区外。

3) 运营管理机构应通过养护保持路堑段的相关设施清晰醒目,尤其是消防箱标志、疏散指示标志更应特别醒目。

3.2. 道路交通组织

3.2.1. 车道功能划分

当一个方向上的交通量有几条车道可以利用时,车道使用的分布会变化很大。传统的四车道高速公路采用的是外侧行车道加内侧超车道的模式,六车道采用的是外侧两个行车道加内侧一个超车道的模式。我国的机动车车种类型多,性能相差大,车速差异也很大。如果车道分配不当会造成无序超车、大型车将影响正常交通,车辆驶出困难等情况,势必会产生交通混乱和交通事故。因此,八车道高速公路车道分配就是要通过合理分配车道,实现对交通流的有效管理,并且这种车道分配是法规性的,所有车辆并须严格按照规定车道行驶。

本项目预测大型车比例较高,同时左线起点(K1501+830)距离雨花互通(K1501+390)较近,特殊路堑段左、右线可采取不同的车道划分方案。

1) 特殊路堑段右线车道划分。按超车道、行车道划分方式较符合多车道公路基本路段的运行特性,适应于八车道高速公路基本路段,但当大货车混入率较高时,为避免大型车辆混入对小客车交通的干扰,应结合大货车车道限制措施,将大货车限制在路堑段右侧两个车道上(参考案例如图 6 所示),即最外侧车道做大货车行车道,旁边的车道可做大型车超车道,同时小客车在四条车道上可以灵活行驶。

2) 特殊路堑段左线车道划分。为保证左侧第一车道车辆有足够的时间能驶入雨花互通出口,宜按出口顺序划分车道,参考案例如图 7 所示。



Figure 6. The lane division by the model size (reference case)
图 6. 按车型大小划分车道(参考案例)



Figure 7. The lane division by the export order (reference case)
图 7. 按出口顺序划分车道(参考案例)

3.2.2. 货车交通限制

大货车交通限制被认为是一种减少车祸的应对手段,通过对大货车时间、空间和车速的限制,减小大货车对其他车辆的影响。特殊路堑段大货车交通限制宜采用行车道限制与车速限制相结合的方案,如图 6 所示。特殊路堑段大货车最高限速值为 80 km/h,最低限速值为 60 km/h。

3.2.3. 行车速度控制

采用分车型、分车道相结合的限速方式,如图 8 所示。采用法规速控、物理速控、视觉心理速控相结合的速控措施。其中,物理速控措施为在左、右线起点铺装彩色防滑路面;特殊路堑段全线设置视错觉减速标线。特殊路堑段最高限速值宜为 100 km/h,最低限速值宜为 60 km/h。



Figure 8. Speed limit by the lane and motorcycle type (reference case)
图 8. 分车道、分车型限速(参考案例)

3.3. 道路交通标志

1) 特殊路段右线设车道功能划分及限速标志一处，宜设置成门架形式(参考案例如图 6 所示)，并且宽度与实际道路宽相等，标志宜与路面文字标记配合使用。雨花互通匝道 - 京港澳高速公路主线入口合流点适当位置应设置合流警告标志；特殊路段起点设置“请开灯行驶”标志牌。

2) 特殊路段左线设车道功能划分标志一处，宜设置成门架形式(参考案例如图 7 所示)，并且宽度与实际道路宽相等，标志宜与路面文字标记配合使用。在京港澳高速公路主线 - 雨花互通减速车道前方设置出口分流警告标志和前方减速标志，并在匝道入口设置法规限速标志；特殊路段起点设置“请开灯行驶”标志牌。

3.4. 道路交通标线

3.4.1. 道路纵向标线

纵向标线是指延续道路方向设置的标线^[8-12]，高速公路上的纵向标线主要有车行道分界线和车行道边缘线。特殊路段应连续设置纵向标线，设置要求见表 2。

3.4.2. 路面文字标记

路面文字标记是利用路面文字指示或限制车辆行驶的标记，对于多车道高速公路，路面文字标记对于补充交通标志传达信息有重要作用。路面文字标记应按由近到远的顺序排列，设置规格应符合最高和最低限速值应分别按一个文字处理，建议设置规格见表 3。

Table 2. The design indexes recommended for longitudinal marking of eight lane expressway
表 2. 八车道高速公路纵向标线的建议设计指标

设置位置	主线	
设计速度(km/h)	80~120	
车道分界线	宽度(cm)	20
	虚实间隔(m)	9/6
车道边缘线	宽度(cm)	20

Table 3. The design indexes recommended for characters mark of eight lane expressway
表 3. 八车道高速公路文字标记的建议设计指标

设计速度(km/h)	字高(cm)	字宽(cm)	纵向间距(m)
100、120	900	300	600

1) 车道车型标记。车道车型标记用于各车型的车道中，通常与车道指示标志配合使用，设置在车道指示标志附近适当位置，车到指示标志为白色。

2) 速度限制标记。速度限制标记用来表示车辆行驶的限制车速，通常和禁令限速标志配合使用，设置在限速标志附近适当位置，当由于道路条件设置限速标志有困难时，可单独使用速度限制标志。最高限速标记为黄色，可单独使用；最低限速标记为白色，应与最高限速用数字同时使用。

3) 目的地指示标记。在对前往目的地有规定的车道内可设置目的地指示文字标记，设置位置应在道路前进方向和分岔口之前。目的地指示标记通常与导向箭头和出口指路标志配合使用，可重复使用。箭头颜色可根据目的地的不同设置不同颜色，以提高视觉醒目性。

3.4.3. 视线诱导设施

视线诱导设施包括突起路标、轮廓标、立面标记等^[8-12]，还应根据道路线形和路侧环境的不同，在互通立交进出口路匝道、分合流处强化道路视线诱导设施的设置。

3.5. 道路防撞设施

道路防撞设施包括路侧护栏、中央分隔带护栏和防撞警示设施等。为保证夜间互通出口三角端处具有更好的视认效果，应在分流点端部设置太阳能警示灯、防撞筒和弹性警示柱。实践证明太阳能诱导设施对于改善夜间及不良气象条件下的视线诱导、减少车辆碰

撞三角端事故、提高道路安全水平起到较好的作用。

4. 减灾对策

4.1. 逃生疏散设施

特殊路堑段行车方向左侧纵向每 60 m 设置一处宽度为 2 m 的中央分隔带开口(如图 9 所示), 本路段共计设置开口约 30 处。

在发生火灾时, 火灾点下游(行车方向下游)人员自行驾车驶出路堑段; 火灾点上游(行车方向上游)人员弃车逃生, 通过就近的中央分隔带开口进入安全区域, 如图 10 所示。

4.2. 消防灭火设施

应在路堑特殊路堑段行车道左、右两侧侧墙交错设置 ABC 类灭火器^[13-17], 每个设置点不应少于 4 具(干粉灭火器和泡沫灭火器各 2 具), 灭火器单侧纵向设置间距不应大于 50 m, 如图 11 所示。

4.3. 应急照明设施

如果特殊路堑段夜间发生火灾, 为使人们能安全进行疏散和引导人们迅速撤离危险地点, 应设置应急照明设施。在启用应急照明时, 路面亮度应不小于 0.2 cd/m^2 ^[18,19]。

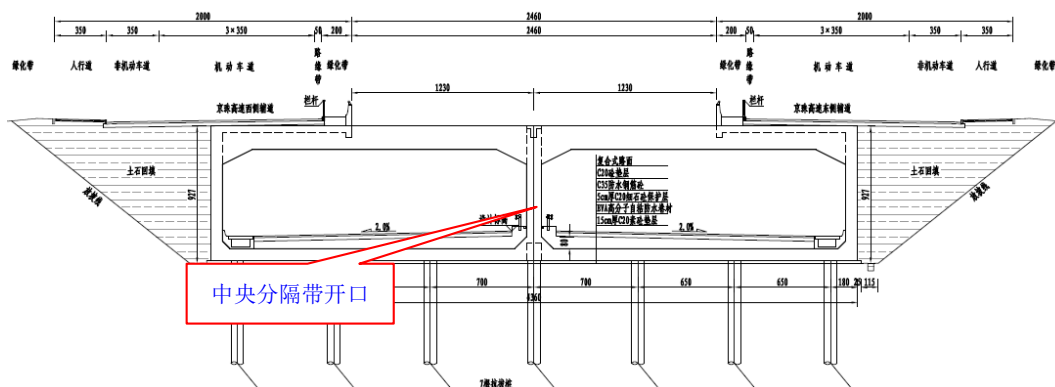


Figure 9. The evacuation passageway of special cutting
图 9. 特殊路堑段左、右线疏散横通道

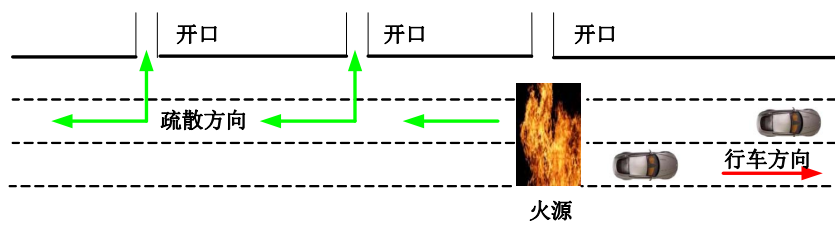


Figure 10. The personnel evacuation strategy of special cutting
图 10. 特殊路堑段人员疏散策略

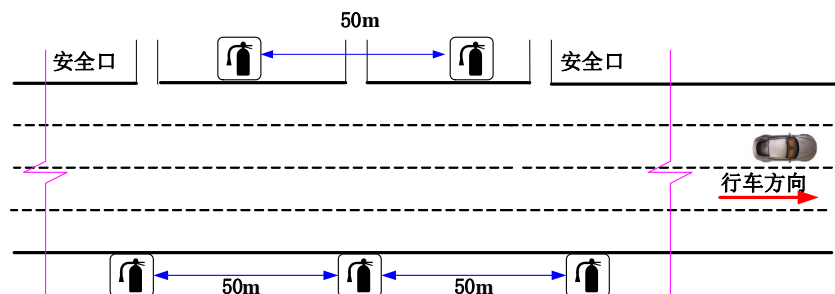


Figure 11. The diagram of fire extinguisher arrangement in special cutting
图 11. 特殊路堑段灭火器布设示意图

5. 救灾对策

5.1. 应急救援组织

要完全杜绝特殊路堑段火灾的发生，从现有技术条件和水平来看还很不现实，但可以通过构建高速公路火灾救援体系来降低火灾造成的损失。高速公路火灾事故应急组织体系如图 12 所示。

5.2. 应急救援梯队

高速公路一旦发生火灾，为尽可能把火灾控制在最小范围内，一般要考虑建立应急救援梯队，宜按三级考虑。第一梯队由现场司乘人员、隧道巡查人员组成；第二梯队由高速公路运营管理人员、义务消防队、高速公路交警、路政人员等组成；第三梯队由专业消防人员和医疗救护人员组成。

特殊路堑段初期灭火工作一般是由第一梯队和第二梯队实施，后期灭火工作由第三梯队完成。

5.3. 应急救援流程

高速公路一旦发生火灾，应尽量在火灾初期灭火，防止火灾点附近充满烟雾而使避难环境恶化，同时对道路使用者提供确切的情报，防止车辆继续驶向火灾现场。高速公路“五阶段”火灾应急救援实施流程^[20]如图 13 所示。

5.4. 交通控制管理

交通控制管理程序如下：

1) 当确认火灾事故发生后，立即向“监控中心负责人”报告火灾事故，请求执行火灾应急预案，得到“监控中心负责人”授权后，“监控中心值班人员”立即执行相应的火灾预案，即高速公路控制系统由正常情况下的系统控制方式转入相应火灾情况下系统控制预案，进行交通系统联动控制。同时报告交警 110、火警 119、急救 120 等相关单位，并请求相关单位派专业人员到现场负责指挥、调度及进行人员救援和火灾灭火工作。

2) 高速公路主线上游实施交通控制，禁止车辆继续驶入路特殊堑段，并发布火灾信息。即，可变限速标志显示为“0”，可变情报板显示为“前方火灾，禁止通行”。

3) 长沙市交警部门对京港澳高速公路东、西辅道进行交通管制。

4) 开启特殊路堑段所有照明灯具，以便于人员疏散逃生及实施灭火救援。

5) 在人员疏散完成后，组织相关人员进行灭火，当火势不能控制时，等待专业消防队。

6) 专业消防队进行灭火作业。

7) 灭火结束后，由交警部门和京港澳高速公路(湘境)管理单位进行现场勘察，共同研究决定特殊路堑段采用何种交通控制模式。

6. 结束语

针对京港澳高速公路改扩建出现的特殊路堑结构形式，从系统工程角度提出防火救灾对策应按照

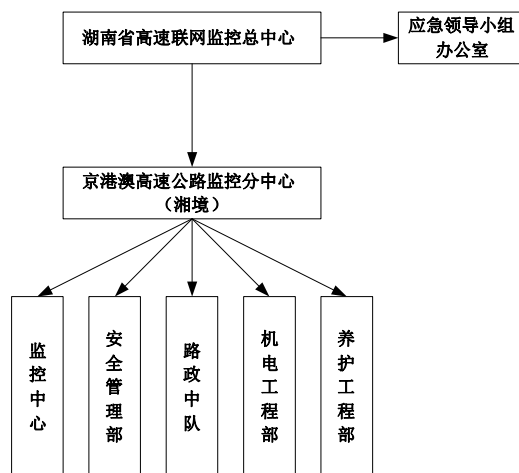


Figure 12. The emergency organization system of fire accident
图 12. 火灾事故应急组织体系

高速公路特殊路段防火救灾对策

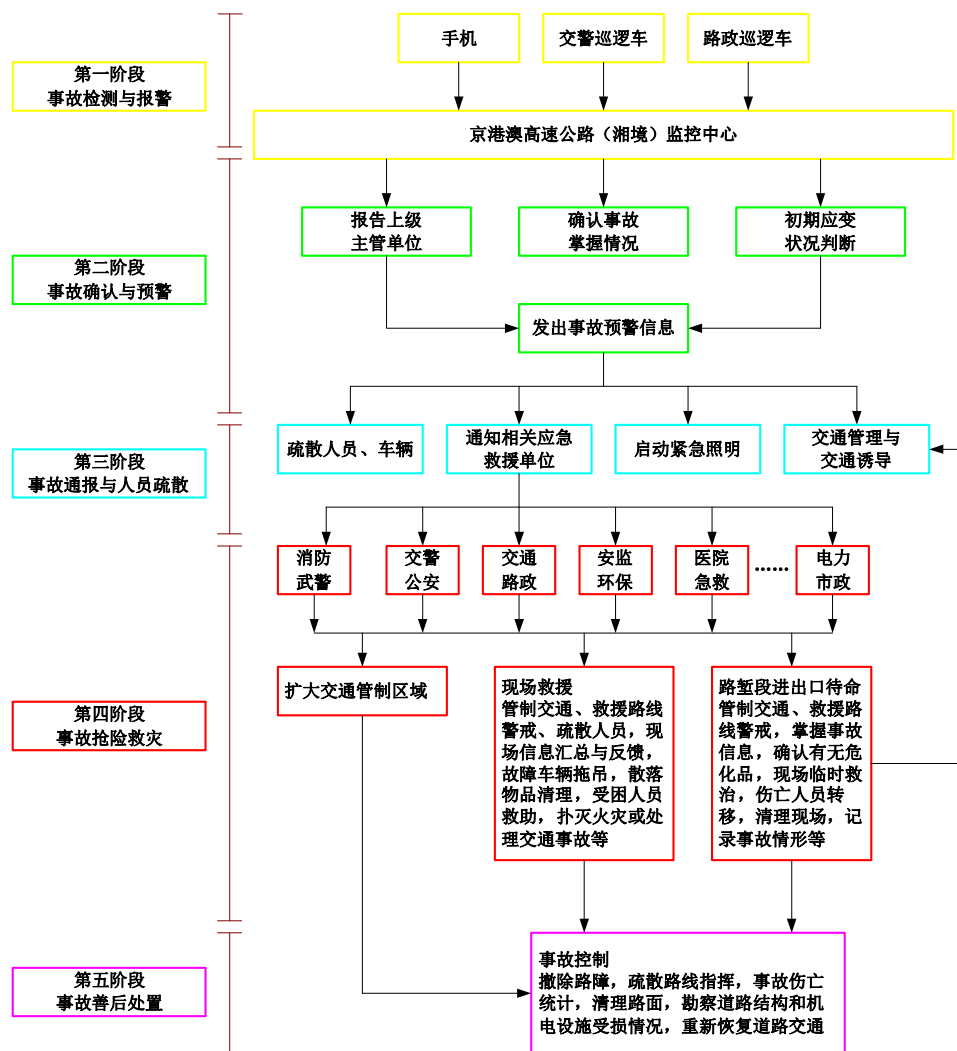


Figure 13. The process of emergency rescue
图 13. 应急救援作业流程

“防灾→减灾→救灾”的思路展开，即形成一个环环相扣的安全链，以确保本路段安全、畅通运营，其中“防灾”是基础，“减灾”是关键，“救灾”是重点。

参考文献 (References)

- [1] 中交公路规划设计院有限公司. 京港澳高速公路长沙黎托段改造工程施工图设计文件[Z]. 北京: 中交公路规划设计院有限公司, 2012.
- [2] 湖南省交通勘察设计院. 京珠高速公路长沙黎托段改造工程可行性研究[R]. 长沙: 湖南省交通勘察设计院, 2009.
- [3] JTG B01-2003, 公路工程技术标准[S]. 北京: 交通部公路司, 2004.
- [4] JTG D20-2006, 公路路线设计规范[S]. 西安: 中交第一公路勘察设计院, 2006.
- [5] JTG/T B05-2004, 公路项目安全性评价指南[S]. 北京: 华杰工程咨询有限公司, 2004.
- [6] 招商局重庆交通科研设计院有限公司. 京港澳高速公路长沙黎托段改造工程消防及救援专题咨询报告[R]. 重庆: 招商局重庆交通科研设计院有限公司, 2013.
- [7] 王少飞, 林志, 陈建忠. 公路隧道危险品运输管理对策[J]. 消防科学与技术, 2010, 29(7): 625-629.
- [8] GB 5768-2009, 道路交通标志和标线[S]. 北京: 交通部公路科学研究院, 2009.
- [9] JTG D81-2006, 公路交通安全设施设计规范[S]. 北京: 交通部公路科学研究院, 2006.
- [10] JTG/T D81-2006, 公路交通安全设施设计细则[S]. 北京: 交通部公路科学研究院, 2006.
- [11] JTG D80-2006, 高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范[S]. 西安: 中交第一公路勘察设计院, 2006.
- [12] JTG D82-2009, 公路交通标志和标线设置规范[S]. 北京: 交通部公路科学研究院, 2009.
- [13] JTG/T D71-2004, 公路隧道交通工程设计规范[S]. 重庆: 重庆交通科研设计院, 2004.
- [14] GB 50016-2006, 建筑设计防火规范[S]. 天津: 公安部天津消防研究所, 2006.
- [15] GB 50140-2005, 建筑灭火器配置设计规范[S]. 上海: 公安部上海消防研究所, 2005.
- [16] 王少飞, 李科, 邓欣. 单洞四车道大断面公路隧道防火安全

高速公路特殊路段防火救灾对策

- 对策[J]. 工业安全与环保, 2011, 37(9): 56-57.
- [17] 王少飞, 李科, 刘桂强等. 高速公路隧道消防系统设计的若干问题探讨[J]. 消防科学与技术, 2012, 31(S): 27-28.
- [18] GB/T 24969-2010, 公路照明技术条件[S]. 北京: 交通部公路科学研究院, 2010.
- [19] JTJ 026.1-1999, 公路隧道通风照明设计规范[S]. 重庆: 交通部重庆公路科学研究所, 2000.
- [20] 王少飞, 涂耘, 程崇国. 公路水下隧道应急救援对策[J]. 公路, 2011, 10: 140-145.