

公路网应对自然灾害系统框架研究

邵海鹏^{1,2}

(1. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064; 2. 安徽科力信息产业
有限责任公司, 安徽 合肥 230088)

摘要:为提高自然灾害下中国公路网应急管理的能力和效率,运用系统分析方法分析了影响公路网的自然灾害类型以及自然灾害对公路交通的影响,同时借鉴国内外公路网抗击自然灾害的经验,提出了公路网抗灾救援系统组织框架和工作业务流程,并系统地提出了公路网建设全生命周期的抗灾救援保障体系,其中包括抗灾能力和灾情评估、灾情监测和信息发布、应急响应机制、应急交通控制和管理方法等。

关键词:公路网;自然灾害;交通管理;应急响应

中图分类号:U491

文献标志码:A

文章编号:1671-6248(2009)04-0006-06

自然灾害是“因自然现象引起的人员和物资的巨大损失,使社会功能遭受严重破坏的现象”。根据联合国2008年公布的报告,全球一些地区在今后几十年中仍面临着与气候变化相关的干旱、洪水、热带风暴、极冷极热等自然灾害的严重威胁^[1]。中国疆域辽阔,近15年来每年因自然灾害造成的直接经济损失近2000亿元人民币,个别特大自然灾害,如2008年初中国南方的雪灾和“5·12”汶川大地震给整个国民经济发展和社会正常运行都造成了一定程度的影响。雪灾问题反映了中国目前对突发性自然灾害的预测和应急救助机制非常薄弱,防灾的意识和措施缺乏,以及在公路交通管理和应急处置上存在着不足。自然灾害环境下事故频发是公路交通事故的一个重要特征,相关数据显示,单位时间内灾害性天气的交通事故数是晴好天气的几倍甚至几十倍,且多为重大和恶性事故^[2]。据美国公路交通安全管理局统计,超过22%的交通事故是由恶劣天气引起的。2001年美国发生的631.4万起事故中,与不良天气条件有关事故数为140.8万起,占交通

事故总数的22.3%;同年中国75.5万起事故中,发生在灾害性天气下的事故有14.5万起,占总数的18.7%^[3]。2005年国际公路安全会议公布的数据表明,灾害性天气直接或间接导致的交通事故数约为事故总数的25%^[4-5]。

公路网是交通运输的基础,社会运输需求客观地要求道路基础设施能够提供全天候的交通运输服务。随着中国公路网结构的渐趋完善,对公路交通管理水平的要求也在不断提高,增强公路网的可靠性并保持其在自然灾害条件下的服务能力非常重要。鉴于自然灾害较难准确预测,为了提高公路网整体服务能力,对公路网抗击自然灾害的能力进行客观的评估并研究突发性自然灾害的应对机制,成为最近几年公路交通领域研究的重点内容之一。

一、自然灾害对公路交通的影响

公路网是一个暴露在自然条件下的网状结构基

收稿日期:2009-05-13

基金项目:国家自然科学基金项目(50808021);长安大学科技发展基金(2008Q07)

作者简介:邵海鹏(1978-),男,江苏沛县人,长安大学讲师,安徽科力信息产业有限责任公司博士后。

基础设施,灾害性天气会对公路的正常运行造成不同程度的影响。自然灾害对公路的影响面一般比较大,轻则影响公路交通的正常运行,重则直接破坏路网结构和导致公路交通系统的大面积瘫痪。为有效抵御自然灾害对公路交通的破坏,并降低其影响,必须深入研究自然灾害对公路交通系统的影响特性。本文着重研究对公路交通有显著影响的自然灾害,其中包括地质灾害(地震、地陷、泥石流、山体滑坡、落石等)、水文灾害(洪水冲毁构筑物等)、气象灾害(飓风、暴雨、暴雪、浓雾、沙尘暴、风吹雪/沙、雷电等)等,这些灾害对公路交通的影响主要分为以下3种情况。

第一,降低能见度(如大雨、大雪、浓雾、沙尘暴等)。这导致驾驶人员的能见度大大下降,车速急剧降低,使交通流的正常运行受到影响,形成低速高密度的交通流,从而降低公路系统运行效率甚至造成交通事故。山区高速公路的雾区是常见的低能见度现象发生地,对于常发型雾区,可以通过制定常规管理机制并采取一定的技术措施来保障交通安全和服务能力;对于偶发型雾区,必须启动应急措施来消除其对交通的影响。

第二,造成道路的部分或全部微观交通功能的丧失。如低温灾害(暴雪、南方山区的冻雨等)造成路面结冰,导致附着系数降低;高温天气造成路面泛油、路面软化等问题,对路面行驶安全性、舒适性等产生不利影响。

第三,造成交通中断(如桥梁垮塌、傍山公路被埋、塌陷等),使交通流完全停滞。后者严重时会造成公路网局部甚至全部瘫痪,给整个交通运输系统甚至社会造成极大的破坏。表1所列为各种常见自然灾害类型对交通运行的影响^[6,8]。

二、国内外抗击自然灾害的经验

2006年1月10日中国颁布了《国家自然灾害救助应急预案》,汶川大地震后民政部也于2008年12月9日颁布了《关于加强自然灾害救助应急预案体系建设的指导意见》,并提出了县级以上行政单位制定自然灾害救助应急预案框架指南,以全面提高自然灾害发生情况下的全社会抗灾救援应急能力。目前,国内许多地区已制定了地方性自然灾害

表1 自然灾害类型及其对公路交通运行的影响

灾害类型	对交通运行的影响
地震	破坏道路、桥梁,落石阻挡道路等
暴雨、洪水	冲毁或淹没路基、路面、桥涵、交通通讯设施、车站,诱发泥石流、滑坡、崩塌等地质灾害,阻塞、掩埋道路,砸毁车辆等
雪灾	阻塞道路,减小路面摩擦力,制动距离变长,车辆控制困难,为保证行车安全必须降低车速,降低能见度,易发生交通事故
冰冻害	改变路面物理特性,减小路面摩擦力,行车难以控制,易发生交通事故
雾害	能见度降低,易发生交通事故,对高速公路影响比较大
风害	吹倒树木和路旁建筑物,吹毁沙石路面,横向风影响行车安全,引起风吹雪和风吹沙,阻塞交通
沙尘暴	降低能见度,形成沙阻
高温	沥青路面变软,粘度显著降低,驾驶人易疲劳,改变车辆的机械性能和燃料性能
低温	破坏路面,车辆发动困难,冻坏水箱,改变车辆的机械性能,制动失灵,燃料性状改变,发粘难以雾化,润滑油也变得过于粘稠而失去润滑性能,挡风玻璃结冰花影响视线

救助应急预案,并分别从预案的启动条件、组织指挥体系与职责任务、应急准备、预警预报与信息管理等应急响应、灾后救助与重建等方面制定了详细的应急预案。例如,台湾省也对大规模灾变条件下的防灾救灾规划进行了一系列的研究,编制了公路防灾救灾系统规划,并且对具有代表性的山区道路建立了档案。在公路易发灾害点的研究方面,台湾省亦有针对性地推动了4年一次的防治措施的绩效与风险评估。但上述计划仍多以公路工程防灾救灾研究为主,目前各部门实际运作的系统仍着重在“监测与养护”方面。

美国于1979年成立了联邦紧急事务管理局,负责制定灾害应急计划、指导和协助地方重建、处理所有自然和人为灾害的应急救援以及防灾备灾。救灾的实施方式一般是在灾害发生时或发生前在受影响地区成立救灾办公室,组织和执行救灾工作。联邦救灾工作具有12项紧急事务救援功能,其中对交通运输系统的救援处于首位,但其公路系统防灾救灾相关计划的制定与执行是由联邦公路局完成^[9]。为提高公共安全,美国哥伦比亚特区政府公共安全、紧

急事务处理部门会同特区内重要工商业、高校制定了紧急响应规划。该规划由一个基本规划以及 15 个支持功能规划组成(其中交通支持功能规划排在首位),对灾变状况下交通支持责任机构、相关协助支持部门、灾变交通支持要达到的目的、所涉及的范围、具体操作的环节流程、应担负的责任等都作了详尽的规定。这种应急响应模式对研究中国制定灾害条件下的公路交通应急对策也提供了参考^[10]。在美国洛杉矶 1994 年地震灾害事件中,虽然公路受到一定程度的破坏,但由于事先制定了相对完善的交通应急预案,交通系统并未受到过大的影响^[11]。日本的救灾交通管理体系设置防灾会报,分为中央与地方二级。日本的交通基础设施建设方面的防灾计划中包含地质、水文、防洪、防泥石流等内容,根据发生的灾害评估受损程度,制定救灾计划。事实证明这种救灾模式是非常有效的。

三、公路网抗灾救援系统框架

抗灾救援工作是一项十分复杂的系统工程,必须有一套科学有效的制度进行规范和指导,才能使抗灾救援工作高效有序地进行,从而最大限度地减少灾害造成的损失。中国的公路交通抗灾救援制度

应在政府主导下,整合各种抗灾救援主体的力量,发动社会团体、非政府组织、企业和公众,构建社会化的公路交通抗灾救援体系,增强抗灾救援工作的计划性和主动性,做到随时能以最短的时间、最快的速度、最高的效率开展抗灾救援工作,并在此基础上,建立和完善抗灾救灾预案制度^[12]。自然灾害条件下,公路网抗灾救援的组织框架如图 1 所示。

影响公路网服务能力的因素主要分为两个方面:基础设施的建设和交通运营管理水平。提高公路网抗灾能力也要从以下方面入手:一是改善公路网抗灾的硬件设施条件,对公路网及其附属设施进行建设、完善和优化,提高全部或关键区域/路段的抗灾设计标准;二是改善软件条件,提高公路网运营管理水平,建立预警和应急预案管理、救援管理制度等。具体工作时,通过调查对公路网的形态和规模、影响公路网的自然灾害类型及其影响特征和范围进行分析,结合现有的公路网自然灾害救援资源,客观评估公路网抗击自然灾害的能力,并以此划分灾害预警等级,构建公路交通自然灾害预警体系和紧急救援系统。为有效实施灾后救援和恢复交通运输能力,应采取措施充分整合公路交通系统内部和相关部门可用资源,制定高效的应急管理预案和实施策略,建立灾害应对机制并建立应急管理系统。公路网抗击自然灾害的业务流程如图 2 所示。

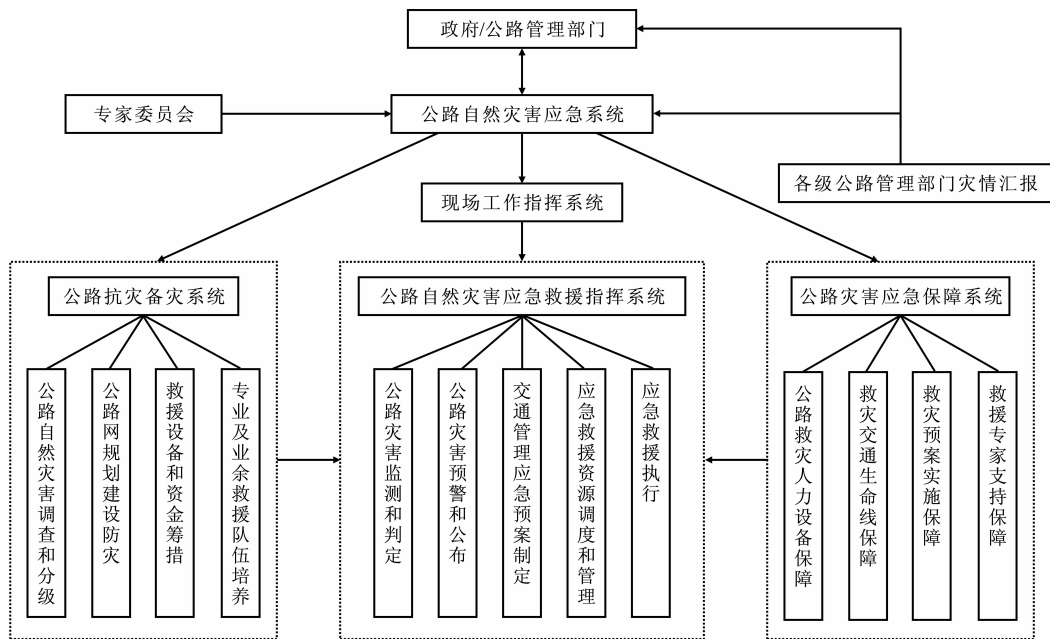


图 1 公路网抗灾救援的组织框架

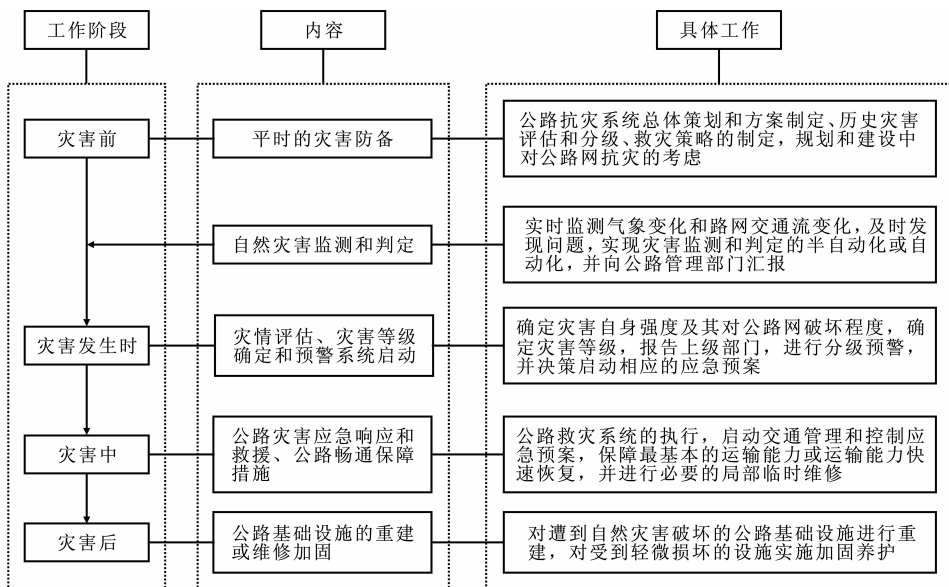


图2 公路网抗击自然灾害的业务流程

四、公路网抗击自然灾害的应对机制和措施

建立公路抗灾救援管理系统的目的是灾前有效整合各部门的救灾资源,灾时合理选取救灾预案或生成紧急救援措施,优化资源调度,制定灾时交通管制和保通措施,维持灾时和灾后的交通网络运输能力,保证灾后的重建工作能够顺利开展,使灾害损失及其对社会的影响降至最低。这项工作的关键在于整合公路相关部门的防灾救灾作业体系,制定一套标准工作流程,保障各个工作环节的实施,建立一套符合实际需求的公路防救灾体系。

(一) 公路建设和运营的全生命周期抗灾能力保障

1. 提高公路网规划建设中的抗击灾害能力

良好的公路网基础设施规划是提高公路网抗灾能力的根本措施,高效的公路运营管理是公路功能充分发挥的保障,因此应从规划、设计、建设和管理等公路建设的整个生命周期保障公路网的抗灾能力。在路网规划阶段,分析路网层次和结构,根据抗灾要求分层次确定路段的抗灾能力,针对薄弱路段进行改造或建设辅助道路,保证灾害条件下的可靠性;在设计阶段,在自然灾害多发地区,提高设计标准或对灾害问题着重考虑,以提高公路自身抗灾能

力,如优化线形设计、避开滑坡和泥石流多发地带等;在管理方面,灾害多发地区的公路应提高公路网日常综合管理水平,并有针对性地制定灾害预防策略,提高灾变条件下的应急管理能力和规划建设和相关附属设施。

2. 规划建设公路网交通生命线工程

生命线工程原是城市规划和设计中的概念,生命线工程应具有系统的、综合的,且比其他地方更强的抗灾能力;不但在灾害发生时能够保证城市的基本运行条件,而且能够预防和阻止次生灾害的发生。在公路网中,应该规划和建设类似的生命线工程,在自然灾害发生时能够保证公路网的若干条主要干线维持基本的运输功能。在分析公路网结构的基础上,从道路设计和设施布局等角度,综合考虑可靠性要求、交通需求、军事保障、救援实施等方面进行路径重要度的排序,对若干条“重要”路径找出对公路网全局有明显影响的灾害敏感路段(或公路网局部),进行重点抗灾防灾设计,保证这些路段在灾害发生时最大程度地维持其服务能力。

3. 公路网抗灾能力的评估

在中国大部分地区,公路系统尚未制定有效的应急预案,在灾害发生后,响应速度较慢,人力、物力等救援资源需要临时调配,这些都很有可能贻误灾害救援的最佳时机。为了有计划地应对自然灾害,必须科学客观地评估公路网抗灾能力,因此要对该

地区的自然灾害发生的历史数据、造成的破坏程度等进行普查,分析各种自然灾害发生的频数、等级及公路交通系统遭受损失的具体数据,然后分析灾害条件下公路网的可靠性、路网保畅能力、公路设计标准对抵御自然灾害的适应性、交通功能快速恢复能力等,同时还要考虑各管理部门的应急能力、所采取的抗灾措施及其效果等。

(二) 自然灾害、公路交通状态的实时监测

恶劣天气引发的自然灾害最为常见,而恶劣天气本身对交通的影响也很大。为了减小这种影响,公路管理部门应与气象部门建立长期合作机制,联合获取路网的实时气象信息及未来一段时间内的气候/天气变化趋势,便于公路交通管理部门向出行者发布灾害情况预报,及时采取相应交通组织、控制、引导分流等措施,有效抑制小范围灾害对整个公路网运行的影响。当严重不利天气发生时,适时进行灾害预警和启动应急救援预案。

(三) 自然灾害的灾情评估

快速、准确地进行灾情评估,指导决策并启动合适的应急预案在抗灾工作中也非常重要。第一,建立高效的灾情监测和管理信息系统,以便对灾害进行实时的监测、分析和研究;第二,建立重大自然灾害的历史灾情数据库,以判明不同区域对特定灾害的响应程度和成灾规律;第三,建立灾害的专家评估制度,根据监测到的灾情信息进行风险分析,确定灾害风险水平,甚至在重大自然灾害发生之前进行趋势预测和灾情会商。

(四) 灾害发生时交通、受灾信息的采集及发布

当自然灾害发生时,应急系统应首先采集公路网上交通状况信息、基础设施破坏情况信息等,并发布交通管制和引导信息。信息发布对象包括公路管理养护部门和公路网中的车辆驾驶人。灾害发生时,需要采集的信息有灾害强度、受灾区域范围、受灾程度、公路和各种设施的受损情况、次生灾害发生情况等;灾后需要采集的信息有公路网连通情况、公路损毁情况、人员伤亡情况等;在灾后重建阶段,需要采集的信息有中断道路的恢复情况、交通状况、紧急物资运输状况、重建工作相关的物资运输情况等。

(五) 建立公路网自然灾害预警和响应机制

对历史上自然灾害数据进行详细的分析,根据灾害的类型、发生和影响范围及其对公路交通的破坏程度,进行灾害分级,并据此进行分级预警,一方面通告广大出行者;另一方面便于公路管理部门有针对性地启动应急预案。

公路自然灾害应急系统应具备以下功能:保证交通安全和主要干线的通畅,以便救援资源和人员的进入;灾害导致的交通事故应得到快速解决,受损设施得以快速修复;将公路网的受灾情况及时报告公路养护管理部门,以便有计划地实施救援;生成应急交通管制方案。另外,为了实现跨部门的合作和信息共享,应急救援系统必须保存灾害发生区域附近的管理机构、消防、车站、医院、部队及有害物处理机构等的地址及救灾能力的信息。为了实现跨行政区划的联合救灾,还可与相邻区域实现信息互通和资源共享。

(六) 抗击自然灾害中的公路网应急保障

由于公路是交通运输和人们生产、生活的重要基础设施,若在自然灾害中遭到破坏,必然会对灾后救援造成很大障碍,因此必须保障灾时公路网抗灾系统的运行和预案的顺利实施。

1. 公路网抗击自然灾害应急预案的制定

在对公路自然灾害科学预测的基础上进行决策和精心规划,是降低自然灾害对公路交通影响的重要手段。所以,在公路网抗灾工作中,应急预案制定能起到非常重要的作用。预案制度的实施不仅使参与抗灾救援活动的决策者、组织者和执行者熟悉公路及自然灾害的相关情况,应急预案的制定和准备也为参与抗灾救援活动的决策者、组织者和执行者提供了实施规范和依据,使各项抗灾救援工作逐步规范化、制度化、科学化。

应急响应预案的制定应与灾害的预警级别相对应,以备在灾害达到不同的预警级别时选择性地启动。预案内容主要是制定若干应急性交通组织和管制方案、交通应急救援方案等。自然灾害发生时,应急预案可根据公路网基础设施的破坏程度和实时交通状况,选择合理的交通组织方式和救援方式进行救援。

2. 灾时公路交通控制对策的制定

灾害发生后,根据受灾程度对可以继续通行的道路实施限速限载等行车管理,或在受灾严重的路段上游实行交通管制,禁止车辆继续进入受灾路段以防发生更大的交通拥堵,交通管制中要注意为救援车辆预留通道。同时,可通过可变信息板、广播、移动终端等设施发布可替代路径。可采用的具体方式有:在受灾路段设置可变限速标志;在上游有可选路径之前发布交通引导信息进行交通分流;对于高速公路受灾路段上游的入口匝道实施流入限制管理措施等。

3. 设置公路网自然灾害监控点

为了能在自然灾害发生后尽快获取全面的灾害信息和公路损坏信息,必须在公路网上设置灾害及交通状态监控点。设置时应考虑公路网的结构特征、地理位置、行政管理范围等因素,明确各灾害多发地点的有效应急疏导范围,分别从宏观和微观层面进行监控点布局。在宏观层面(布设应急监控点的路段),要从历年灾害资料和数据入手,主要关注监控点对公路网的覆盖范围;在微观层面(应急监控点设置的具体位置及具体设施、资源的配置等),要详细了解路段的基础设施情况,主要关注灾时的救援可达性。为确保预案的顺利实施,要对抗灾人员、物资、机械等准备情况,重要结构物和薄弱环节,可能发生重大灾害的桥涵、隧道、高挡墙、高边坡以及历年经常遭受水毁、水淹路段及在建工程等进行重点检查和监测。

4. 应急保障管理机制的建立

为保证灾时的应急系统顺利启动并发挥作用,必须保证公路管理部门人力、物力、设备、资金和技术的跟进,整合GIS、GPS和ITS等先进技术手段,提升和创新公路管理技术。同时,在人力动员、设备调配、物质储备、信息发布、社会联动等方面形成较为成熟的联动应急机制,增强灾前预警、灾时和灾后应对能力。应当根据“先抢通、后完备,先干线、后支线”的原则,及时组织力量抢修重点路段的水毁、塌方、掩埋等灾害,及时清除障碍,尽快恢复通行,以保障救援设备和物资的运输,再逐步实现全面恢复。

五、结 语

自然灾害在给人们生产、生活造成巨大破坏的

同时,对社会系统的正常运行也会造成很大的影响。公路网的灾后恢复是其他社会系统抗灾救援的基础条件,在全社会抗灾救援活动中具有先导性地位,因此应将公路网基础设施的灾害预防、抗灾救援工作放在抗灾工作的重要位置。公路管理养护部门,也应将灾害预防纳入每年的工作计划中,实现救援工作有足够的资源和设备,保障救援系统的可靠性。

参考文献:

- [1] 联合国人道主义事务协调厅与援外社国际协会. 联合国:部分热点地区面临着与气候变化相关的多种自然灾害威胁[EB/OL]. (2008-08-22)[2009-11-26]. <http://www.un.org/chinese/News/fullstorynews.asp?newsID=10328>
- [2] 柳本民,张丽君. 不良天气环境下高速公路运营安全与管理[J]. 上海公路,2006,25(1):55-58.
- [3] 王 琰,郭忠印. 灾害性天气道路交通事故预防管理系统[J]. 道路交通安全,2006,7(11):19-23.
- [4] 柳本民,张丽君,黄晓清. 灾害性天气对道路运营安全的影响分析与车速控制[J]. 长沙理工大学学报:自然科学版,2006,3(2):18-23.
- [5] 中华人民共和国公安部交通管理局. 中华人民共和国道路交通事故统计资料汇编[G]. 北京:中华人民共和国公安部,2004.
- [6] 张 清,黄朝迎. 我国交通运输气候灾害的初步研究[J]. 灾害学,1998,13(3):43-46.
- [7] 蒋 燕. 高速公路气象灾害分析及对策研究[J]. 上海公路,2003,22(S):206-211.
- [8] 艾力·斯木吐拉,胡新民,将松强. 灾害性天气对新疆高等级公路交通安全的影响[J]. 长安大学学报:自然科学版,2005,25(3):70-72,99.
- [9] Federal emergency management administration. FEMA's organization structure[EB/OL]. (2009-10-20)[2009-11-25]. <http://www.fema.gov/about/structure.shtm>.
- [10] Government of the District of the Columbia. District emergency plan[R]. Washington DC: Government of the District of the Columbia,2002.
- [11] Gordon P, Richardson H. The business interruption effects of the Northridge earthquake[R]. Los Angeles: University of Southern California,1995.
- [12] 郝继明. 完善我国当前抗灾救灾制度的主要着力点:从南方数省大规模抗击雨雪冰冻灾害说起[J]. 中国人口·资源与环境,2008,18(4):10-14.

(下转第17页)

essary to analyze the motives of administrating participants to reduce the rate of slow traffic peccancy at intersection. Based on the correct understanding of *The Road Traffic Safety Code of China revised in 2007*, countermeasures for improving traffic participator's good traffic safety consciousness from two aspects are suggested; one is to perfect the scientific nature, the solemnity and the compatibility of the traffic law and the other is to strengthen the education of the law for all the road users, the school pupils as particular so as to raise their consciousness of traffic safety, reduce traffic peccancy ratio and set up an efficient transit flow at all signal intersections.

Key words: traffic engineering; slow traffic; traffic enforcement; safety education

(上接第 11 页)

Mechanism and framework for natural disaster prevention for highway network

SHAO Hai-peng^{1,2}

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China;

2. Anhui Keli Information Industry Co., Ltd., Hefei 230088, Anhui, China)

Abstract: In order to improve the capacity and efficiency of emergency management, sorts and the impact of natural disasters on highway system in China are analyzed. Learning the experiences against natural disaster from other countries, the author proposes a framework of natural disaster prevention and rescue system for highway network through systems analysis and the operation flow. The security system of natural disaster prevention in all lifecycle of highway network is established, including disaster and prevention ability assessment, disaster monitoring and information distribution, emergency response mechanism, emergency traffic control and management and so on. The research results can serve as the reference for the improvement of disaster prevention ability and emergency management and rescue in face of natural disasters.

Key words: highway networks; natural disaster; traffic management; emergency response