

基于 GIS 的山区高速公路运营防灾管理系统*

——以西昌至田房高速公路为例

彭仁涛^{1,2}, 姚令侃¹, 罗 婧¹

(1. 西南交通大学 土木工程学院, 四川 成都 610031; 2. 西南科技大学 环境与资源学院, 四川 绵阳 621010)

摘 要: 泥石流、滑坡等地质灾害是影响山区高速公路运营安全的主要因素之一。采用 GIS 技术建立山区高速公路运营防灾管理系统技术结构框架, 提出了该管理系统应具备三个主要功能, 即: 对各个泥石流、滑坡工点的管理分析以指导工程设施的施工和维护, 对雨情的分析以确保行车安全和如何在灾害发生后进行及时、有效的抢险救援。并将其应用到对西昌—田房高速公路的管理上, 为该高速公路的安全运营提供决策支持。

关键词: 高速公路; 地理信息系统; 运营防灾; 管理系统

中图分类号: X4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2008)01-0124-04

西部山区地形陡峻, 地质条件复杂, 由于泥石流、滑坡等造成的公路断道和交通事故时有发生, 严重影响了高速公路的行车安全和运营^[1]。对作为串联系统的交通干线而言, 危害极大, 一处断道, 全线瘫痪。如何在高速公路的运营中, 对沿线的泥石流、滑坡进行有效的管理, 对灾害进行预测和预防, 以及在灾害发生后, 进行及时有效的抢险救援是我国西部山区高等级公路建设和运营面临的重大课题之一。

而在现有文献中, 针对高速公路运营的管理系统多是关于交通安全、管理等方面; 针对地质灾害的管理系统多是关于对灾害的预测、预报等; 公路的抢险救援系统多是针对单个工点, 如隧道发生火灾的情况。而针对山区高速公路的运营防灾管理则没有比较全面的管理系统。目前 GIS 技术在道路安全^[2]、地质灾害管理^[3]、滑坡泥石流防灾减灾^[4]、抢险救援^[5]的研究中得到了广泛的应用。本文结合 GIS 平台强大的空间数据存储、管理、分析等功能, 建立了山区高速公路运营防灾管理系统的技术结构框架, 并将其应用到对西昌—田房高速公路的管理上。

1 系统总体设计

在山区高速公路的运营中所面对的主要问题是公路设施的日常维修和泥石流、滑坡等地质

灾害对安全运营的影响。那么, 通过对高速公路沿线各地质灾害工点的动态监测, 就可以全面分析成灾的主要因素、预测灾害发生的可能性、探讨成灾的形式和规模、分析预估灾害损失、以及设计应急预案, 从而及时地对高速公路沿线的泥石流、滑坡的工程设施进行维护或加强, 以减少灾害的发生, 降低灾害对公路运营所造成的损失。

泥石流和滑坡诱发的主要因素之一是强降雨过程, 并且我国西南山区降水量和强度较大^[6]。那么, 为了高速公路的运营安全, 就需要对其沿线的雨情进行全面分析, 通过对高速公路沿线已有年份的雨量记录的存储和分析来预测降雨量, 还可以通过高速公路沿线的雨量站来获得实时监测的雨量数据、分析不同雨量条件下泥石流和滑坡发生的概率、并对雨天高速公路的行车安全提出建议。

在泥石流、滑坡等地质灾害发生后, 如何将人员机具和物资迅速调集到现场, 用最短时间恢复正常运行, 以减少断道造成的运营损失, 这是应急指挥部门所面临的一个问题, 也是本系统所研究的内容。但高速公路的抢险救援不同于低等级公路、管线以及其他系统的抢险救援。比如, 当城市或某个区域发生灾害时, 人员机具和物资可以直接到达现场。而当高速公路发生灾害时, 人员机具和物资只能通过高速公路的出入口到达现场。这与低等级公路又大不一样, 当低等级公

* 收稿日期: 2007-06-26

基金项目: 国家自然科学基金西部重大研究计划项目(90202007)资助

作者简介: 彭仁涛(1982-), 女, 四川广元人, 硕士研究生, 主要从事铁路公路信息技术的研究. E-mail: prt114@Tom.com

路相交时,一般是以交叉路口的形式通过;而当高速公路与其他公路相交时,一般是以立交桥的形式通过。所以在灾害发生后,低等级公路可以直接利用其他低等级的公路进行救援物资的运输,而高速公路只能通过高速公路的出入口进行救援物资的调度。因而,当高速公路某处发生灾害断道时,首先要查明断道处前后的高速公路出入口,抢险预案和所需要的抢险救援物资备料点,再找出最短路径,将物资、人员即时的调往断道地点。而此时的最短路径并非一定是路程最短,而是到达目的地的时间最短。因此作为山区高速公路运营防灾管理地理信息管理系统,涉及到对高速公路沿线的泥石流、滑坡的日常管理,对全线雨量信息的管理,和灾害发生后的抢险救援决策。系统构架及功能设计如下(图 1)。

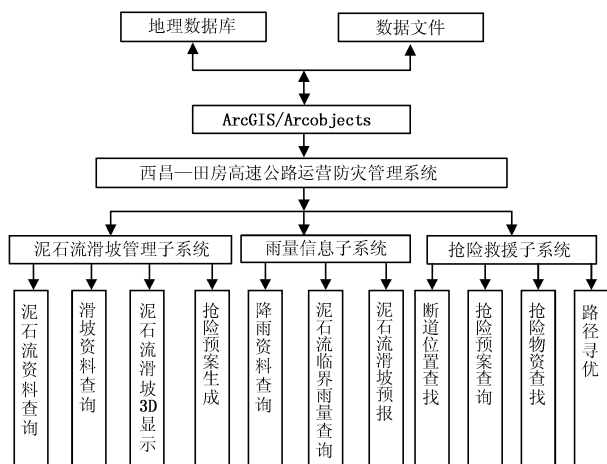


图 1 系统构架图

2 系统所需数据资料

在进行运营防灾的管理中,需要大量的信息数据作决策支持,下面按泥石流滑坡管理、雨量管理、抢险救援来分析所需要的数据信息资料,将信息源共分为 10 大类:

(1) 高速公路线路资料 包括线路位置、出入口设置、工程形式、沿线泥石流和滑坡分布及工程形式等;

(2) 行政区划资料 包括高速公路所经过省市、社会经济概况(经济、人口等)资料;

(3) 地质背景资料 包括灾害体的物质成分、结构、构造、地层等方面的基础地质资料;

(4) 水文地质资料 包括河流的水文观测资料、地下水类型及水位随季节的变化特征,为灾害防治研究过程中水的优化管理提供基础数据;

(5) 各灾种的地质资料 指发生的为何种灾害,其形态、估算面积、体积、范围、灾害体成因;灾害发生后如何处理、稳定性分析、适宜性评价及防治建议等资料;

(6) 与道路相关的地质灾害安全信息 指发生地质灾害的位置、该位置的灾害形式和原因、发生灾害较多的位置、不同的灾害类型在空间上分布、灾害发生量在空间上随时间的分布、交通量在道路上的分布等;

(7) 雨量资料 包括高速公路沿线雨量站的位置信息和雨量数据;

(8) 其他公路线路资料 包括线路位置、线路等级等;

(9) 抢险救援物资资料 包括物资的储备点位置、物资种类和数量等;

(10) 抢险救援预案 包括具体工点的抢险预案等。

3 实例简介

西昌(黄联关)—田房高速公路起于已建成的西昌泸沽—黄联关高速公路止点,基本与成都至昆明铁路并行,经德昌、甸沙关、米易、盐边、攀枝花金江镇、仁和、止于田房,全长 221.9 km。线路在安宁河河谷和金沙江两岸布线,沿线山高坡陡,沟谷迂回,为典型山区地形。安宁河谷为南北向深大断裂形成的地堑河谷、活动断裂,地震活动频繁,容易诱发泥石流和滑坡。全线共分布 72 条泥石流沟、典型滑坡 23 处。

由于该高速公路位于凉山彝族自治州和攀枝花市境内,沿线降水充沛,汛期降水量在 800 ~ 1 200 mm 之间。不但沿线降水丰沛,而且相当集中,夏半年降水量占全年降水量的比例高达 90% 以上。故该高速公路在雨季发生泥石流、滑坡的几率很高。2004 年汛期在该高速公路西昌至攀枝花段所在的地区已发生过几场较严重的泥石流(腊鹅沟对岸的大户村沟,以及德昌县宽裕乡境内的几条沟),2005 年则直接在两个工点发生了泥石流,即海子沟(K50 + 662.5)和碾子沟(K44 + 620),事实说明西攀地区泥石流灾害形势仍然是十分严峻的。

3.1 泥石流、滑坡管理子系统

根据高速公路沿线泥石流、滑坡管理的需要,在泥石流、滑坡信息数据库的基础上,系统主要包括以下功能:

(1) 专业查询 包括对高速公路沿线泥石流和

滑坡的基本信息查询;

(2) 灾害分析 包括分析灾害发生的可能性、成灾模式、成灾损失;

(3) 工程建议 包括对泥石流、滑坡工点的工程措施的建议;

(4) 抢险预案的生成 包括根据对具体工点的分析,生成抢险预案。

从该高速公路施工开始,课题组通过对全线的全面考察,为泥石流、滑坡的管理收集到比较全面的一手资料。并通过分析,为防护工程措施的设计施工和维护提出了很好的决策支持。比如,我们分析了该高速公路沿线的渠道对边(滑)坡工点的影响。

该高速公路沿线有人工引水渠道分布如前进渠、红旗大堰等,由于渠道总是存在渗漏,沿线的部分工点难免受其影响。据调查受渠道渗漏影响的边(滑)坡工点共有 11 个,如 K90+994 滑坡工点,前进渠位于滑坡后缘,有四个抗滑桩在施工的时候就发生了坍孔。我们通过对这些工点的综合分析,提出了治理的建议,如对于受前进渠影响的小坝滑坡,若能在施工时先对其进行抗滑整治,并能保证在施工期间杜绝农田四周用水的乱排乱引现象和对前进渠进行有效的修补,防止地下水的渗漏,就可以使其趋于稳定。这些建议对安全施工,以及工程设施的稳定起到了很好的作用。

3.2 雨量信息子系统

根据高速公路沿线雨量信息子系统的需要,在雨量信息数据库的基础上,系统主要包括以下功能:

(1) 雨量查询 包括通过多种方式查询降雨量信息、雨量站的信息;

(2) 泥石流临界雨量的查询 包括根据多种方法推求临界雨量,以及对国内现有一些地区的泥石流临界雨量统计值的查询;

(3) 泥石流滑坡预报 包括由预报降雨量来预报暴雨泥石流滑坡区域性发生情况,和确定暴雨泥石流滑坡区域性活跃度;

(4) 安全建议 指通过对降雨量和泥石流、滑坡的综合分析,对雨天高速公路的行车安全提出建议,如加强巡查线路,限制行车速度,情况严重时可以直接封锁公路;

(5) 专题制图 包括由已知的降雨量数据,结合线路位置,生成雨量分布图。

在建立的西昌—田房雨量信息系统中,课题

组通过借鉴铁路系统的作法^[7],提出了该高速公路的雨量警戒制,为行车安全等提供科学、高效的决策支持。作为辅助决策的降雨量专题地图,根据用途的不同,我们结合 GIS 强大的制图功能,设计出了柱状图和面状图两种表达形式。降雨量专题地图是降雨量分布、线路、其它地物、泥石流、滑坡灾害等相关信息最有效和最直观的表达方式,同时也是减灾防灾管理的一项重要的重要的非工程性措施,对泥石流和滑坡易发区的灾害预测、损失评估和救灾指挥等方面都能发挥重要的作用。由于雨量站是呈点状分布在线路上,故雨量数据为点数据。在柱状图和面状图两种表达方式中:前者用来反映各个地点的雨量值,而后者可以反映降雨的覆盖范围。

本文分别采用地形信息(DEM)和行政区划为地理底图,根据高速公路沿线雨量站的位置、各雨量站的雨量资料等制作相关主题的专题地图。限于篇幅,图 2 给出了 2004 年 8 月 25 日西昌—田房高速公路沿线降雨量分布专题地图(上图为柱状图表示,下图为面状图表示)。

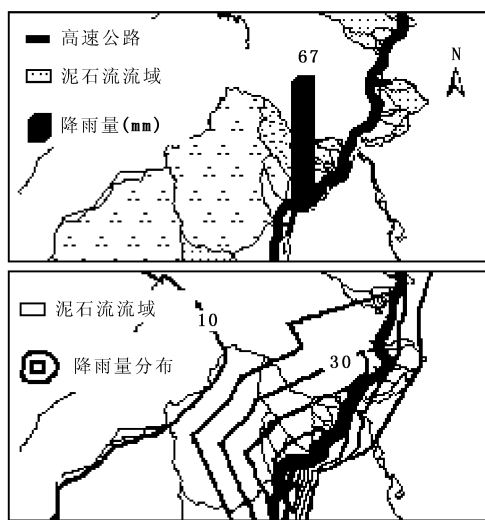


图 2 降雨量专题图(永郎雨量站)

3.2 抢险救援子系统

根据高速公路抢险救援的需要,在抢险救援信息数据库的基础上,抢险救援系统主要包括以下功能:

(1) 查询断道位置 根据高速公路发生断道的里程,查询其具体所处的位置,以及所对应的高速公路出入口;

(2) 查询抢险预案 根据发生灾害的地点,查询抢险预案;

(3) 查询抢险救援物资 根据所需要的物资进行查询物资储备点;

(4) 最短路径分析 在抢险救援物资备料点和高速公路断道处找出一条最短路线, 以进行物资和人员的调度。

根据上述功能, 假设在米易滑坡处 (K108 + 400) 发生灾害, 造成高速公路断道, 要进行抢险救援。

首先, 查询断道点的位置和抢险预案, 以查明断道点处高速公路的出入口, 和所需的抢险物资、人员。其次, 根据物资需要查找抢险物资储备点。最后生成备料点和断道处间的最短路径。

4 结束语

应用 GIS 技术建立山区高速公路运营防灾管理系统是目前最有效的灾害监测和防治技术手段, 是灾害防治中重要的非工程措施, 可以为灾害的预测和治理提供决策支持。泥石流滑坡管理专题系统对泥石流滑坡的日常管理, 指导工程的施工和维护起着重要的作用。雨量信息专题系统对泥

石流滑坡的活动性分析, 和指导安全行车有关键作用。抢险救援系统具有重要的应用价值, 为灾害发生后的抢险救援决策的优化提供了决策支持, 并可以在此基础上进行更深入的分析应用, 为山区高速公路的运营防灾提供科学的手段。

参考文献:

- [1] 吴兴华, 姚令侃. 基于 GIS 的西攀高速公路沿线滑坡灾害管理[J]. 四川测绘, 2006, 29(2): 89-93.
- [2] 王卫东, 刘武成. 基于 GIS 的公路地质灾害信息管理与决策支持系统[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2003, 34(3): 302-305.
- [3] 金晓娟, 刘金韬. 地质灾害管理信息系统[J]. 灾害学, 1999, 14(2): 78-81.
- [4] 李发斌, 崔鹏, 周爱霞. RS 和 GIS 在滑坡泥石流防灾减灾中的应用[J]. 灾害学, 2004, 19(4): 18-24.
- [5] 李国辉, 易维东, 刘斌. 川藏公路二郎山隧道抢险救援浅析[J]. 消防科学与技术, 2006, 25(6): 806-808.
- [6] 廖育民. 地质灾害预报预警与应急指挥及综合防治实务全书[M]. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2003: 39-48.
- [7] 杨明, 姚令侃, 华明. 汛期安全行车雨量警戒制管理信息系统[J]. 路基工程, 2003, (2): 1-3.

Management System for Hazard Prevention of Mountain Area Freeway Based on GIS —An Example from Xichang-Tianfang Expressway

Peng Rentao^{1,2}, Yao Lingkan¹ and Luo Jing¹

(1. School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. School of Environment and Resources, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

Abstract: Debris flow and landslide are the main factors which harm the safety of freeway in mountain area. In this paper, the technical framework of management system for hazard prevention of mountain area freeway based on GIS is structured. This system has three chief functions. The first is directing engineering facility construction and maintenance by managing and analyzing the debris flows and landslides along the freeway. The second is analyzing the rainfall condition to insure the driving safety. The last is practicing emergency rescue timely and effectively when geological hazards occur. Using the system in the management of Xichang-Tianfang freeway would provide decision-making supporting of the safe operation.

Key words: freeway; GIS; hazard prevention; operation; management system