

# 基于GIS技术的管道地质灾害汛期预警研究

贾韶辉<sup>1</sup> 冯庆善 周利剑 郭磊  
(中国石油管道科技研究中心, 河北廊坊, 065000)

## 摘要

每年汛期是我国地质灾害高发期, 造成人员伤亡和经济损失占全年70%~80%以上, 地质灾害也成为管道安全运营者的“心头之患”。管理幅度遍及全国16各省市的管道公司, 有1.2万公里的原油、天然气、成品油多介质管道, 运行年限跨度近40年。GIS技术作为一种有效的空间分析工具, 为管道地质灾害汛期预警研究提供了先进的分析功能。

我们经过对管线地质灾害预测模型的多年研究, 认识到地质灾害与降雨之间存在着重要联系, 如滑坡、泥石流这些造成重大损失的地质灾害, 主要诱因是降雨, 尤其是暴雨和大暴雨。我们通过GIS技术未来24小时预测降雨量, 与管道地质灾害易发区进行空间叠加分析, 预警未来24小时管道可能遭受地质灾害的严重程度。最后, 预警结果经过我们前期调查管线地质灾害点数据的修正。我们将管道地质灾害气象预警分为5个等级, 用不同颜色进行标记, 每次发布受影响的管道, 提出防御措施及防范要求。

2009年7月16至17日, 我们连续两天通过中国石油天然气与管道公司管道管理处主页、管道公司主页、局域网通讯系统AM等形式发布了兰成渝管线地质灾害4级预警。兰成渝管道分公司根据预警信息, 迅速进行周密部署, 启动抢险预案, 所在区域站队积极采取应急措施, 及时处置地质灾害, 保证了管道安全。

**关键词:** GIS; 管道地质灾害; 预警

## USING GIS TECHNOLOGY FOR THE RESEARCH OF PIPELINE GEOHAZARD EARLY WARNING DURING SUMMER MONSOON

(Shaohui JIA, Qingshan FENG, Lijian ZHOU, GUO LEI )

### ABSTRACT

In annual summer monsoon, geohazard is highly occurred. And casualties and economic losses throughout the year accounted for 70% ~ 80%. Also, geohazard is a serious threat for pipeline operators. Over 12,000 kilometers pipelines with crude oil, gas, and refined oil are operated by PetroChina Pipeline Company. The pipelines, through sixteen provinces and cities, are operated over forty years. Geographic Information System (GIS) technology, as a effective spatial analysis tool, provides advanced analysis for pipeline geohazard early warning during summer monsoon.

After many years of research of our prediction model of pipeline geohazard, an important link between geohazard and rainfall is understood. The main inducing factor of geohazards such as landslide and debris flow leading to heavy losses is rainfall, especially rainstorm and heavy rainstorm. We use GIS technology to perform spatial analysis with predicted rainfall data the next twenty-four hours and the data of pipeline geohazard susceptibility, and predict the severity of pipeline suffered by geohazards the next twenty-four hours. Finally, the result is modified by existed geohazards data. The pipeline geohazard early warning is divided into five ranks with displayed by different colors, and pipelines suffered by geohazards and defensive measures are also proposed.

During July 16 and 17 of 2009 years, we released geohazard early warning four rank of Lanzhou-Chengdu-Chongqing Oil Pipeline through PetroChina Pipeline Company web page(<http://www.gdgs.petrochina>) and the communication software of AM. The Lanzhou-Chengdu-Chongqing Oil Pipeline Company performed promptly a detailed deployment and emergency plan to ensure pipeline safety.

**Key words:** GIS; Pipeline Geohazard; Early Warning

---

作者简介: 贾韶辉(1981-), 男, 工程师, 硕士研究生, 2006年毕业于中国地质大学(北京), 现在中国石油管道研究中心完整性研究所从事APDM数据库, HCA评价、管道地质灾害预警等管道完整性工作。E-mail: [jiashaohui@petrochina.com.cn](mailto:jiashaohui@petrochina.com.cn)。

## 1 简介

中国石油管道公司管理幅度遍及全国16各省市,运营着1.2万公里的原油、天然气、成品油多介质管道,运行年限跨度近40年。而地质灾害,尤其是每年汛期发生的地质灾害成为影响管道安全运营的重大威胁之一。据统计,每年汛期是我国地质灾害高发期,造成人员伤亡和经济损失占全年70%~80%以上。怎样进行有效的管道地质灾害汛期预警成了亟待解决的一个实际问题。

GIS (Geographic Information System) 技术作为一种有效的空间分析工具,为管道地质灾害汛期预警研究提供了先进的分析功能。

我们经过对管线地质灾害预测模型的多年研究,认识到地质灾害与降雨之间存在着重要联系,如滑坡、泥石流这些造成重大损失的地质灾害,主要诱因是降雨,尤其是暴雨和大暴雨。利用GIS技术提供了先进的空间分析技术,我们通过空间叠加分析,将降雨量预报数据与管线地质灾害易发区叠加,预警未来24小时管道可能遭受地质灾害的严重程度。2009年7月16至17日,我们连续两天发布了兰成渝管线地质灾害4级预警,兰成渝管道分公司根据预警信息,及时处置地质灾害,保证了管道安全。

## 2 地质灾害与降水关系研究

降雨是形成滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害的重要原因之一。雨季是地质灾害的多发期,尤其是7-9月降水高峰期更为集中,具体发生时间大多和降雨同步或短期滞后。图1展示了地质灾害发生率与降雨之间的关系。

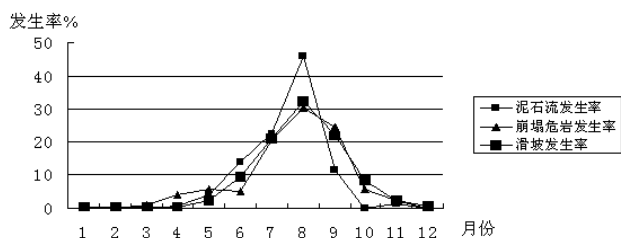


图1. 地质灾害的发生率与降雨之间关系

有统计结果表明,滑坡活跃期与当地降水丰年或特大暴雨季节相对应。位移—降水量关系统计模型表明,一般强度的降雨对蠕变性滑坡的运动有加速作用,且其位移量随降水量的增大呈线性增长<sup>[1]</sup>。也有研究表明,降雨则是决定在区域性气候控制下是否可能爆发泥石流的诱发因素<sup>[2]</sup>,人们力图在对降雨量进行预测预报的同时,做到对泥石流灾害的预警预报,从而在最大程度上减少地质灾害造成的人员伤亡和财产损失<sup>[3-5]</sup>。

由以上研究可以发现,降雨是导致崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害发生的主要触发因素。同

时,随着气象预报技术的发展,我们已经能够掌握降雨的趋势和分布规律,进而可将其有效地用于灾害预警。利用GIS技术,通过展开降雨来预警管道地质灾害发生的研究,并将其应用到防灾减灾工作上将成为管道地质灾害有效预防的发展趋势。

## 3 兰成渝管道地震灾区的降雨阈值研究

众所周知,降雨是导致崩滑流发生的主要触发因素。研究表明,陕南地区滑坡发生的临界降雨强度为75 mm/d左右,四川盆地东北缘红层中发生滑坡的临界降雨强度为70 mm/h 或200 mm/d<sup>[6-7]</sup>;黄土地区沟谷型泥流的临界降雨强度为32 mm/h。在秦巴山区,当降雨强度达到200 mm/d时,将导致局地泥石流的发生<sup>[8]</sup>。另外,研究还发现,在秦巴山区,若连续降雨7 d,日降雨量在20 mm以上,即可诱发大规模滑坡;一次过程降雨量达到250 mm或者连续降雨6~7 d,降雨量达到150 mm左右,再出现日降雨量达80 mm的降雨也可诱发大规模崩滑流地质灾害<sup>[9-10]</sup>。相对来说,暴雨和连阴雨加暴雨引发的地质灾害较为严重,尤其是后者更加严重。

我们根据日降雨量的大小,将降雨量分为6个等级,见表1所示。

表1. 降雨量划分等级

日降雨量 (mm)	等级
0-10	小雨
10-25	中雨
25-50	大雨
50-100	暴雨
100-250	大暴雨
>250	特大暴雨

由于四川地震灾区震后的生态环境比较脆弱,我们适当降低了此地区的降雨阈值。最后,我们认为兰成渝管道地震灾区当达到大-暴雨及以上时,即将发生地质灾害。

## 4 兰成渝管道地质灾害4级预警

刘传正<sup>[11-13]</sup>等人根据全国性分水岭(雪线)、气候分带、大地构造单元和区域地质环境条件,划分出一级区,然后根据区域分水岭、地形地貌特征、地层岩性、地质构造、地质灾害发育密度、年均降雨量分布等,进行二级分区,共将全国分为7个大区、74个预警区。并将历史上发生的地质灾害与前期1、2、4、7、10、15日内的降水量进行统计分析,分别建立了74个区的临界降雨判据,作为预报预警依据,最后将预警结果分为5级,即1级,可能性很小;2级,可能性较小;3级,可能性较大;4级,可能性大;5级,可能性很大。

我们将中国气象局发布的24小时全国降水量预报信息与我们的管道信息进行了综合,制作了全国降水量预报与管道位置图。图2为2009年7月16日-17日全国降水量预报与管道位置图,图3为2009年7月17日-18日全国降水量预报与管道位置图。其中,浅蓝色区域表示预报的大雨影响区

域，深蓝色区域表示预报的暴雨影响区域，红色区域表示预报的大暴雨影响区域。

图2. 2009年7月16-17日全国降水量预报与管道位置图

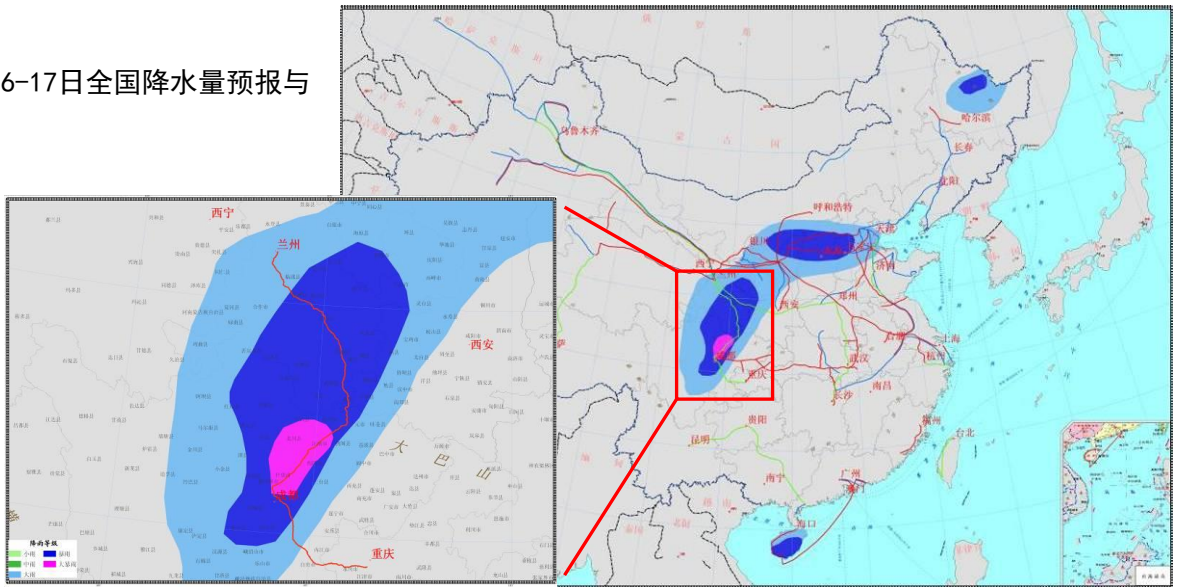
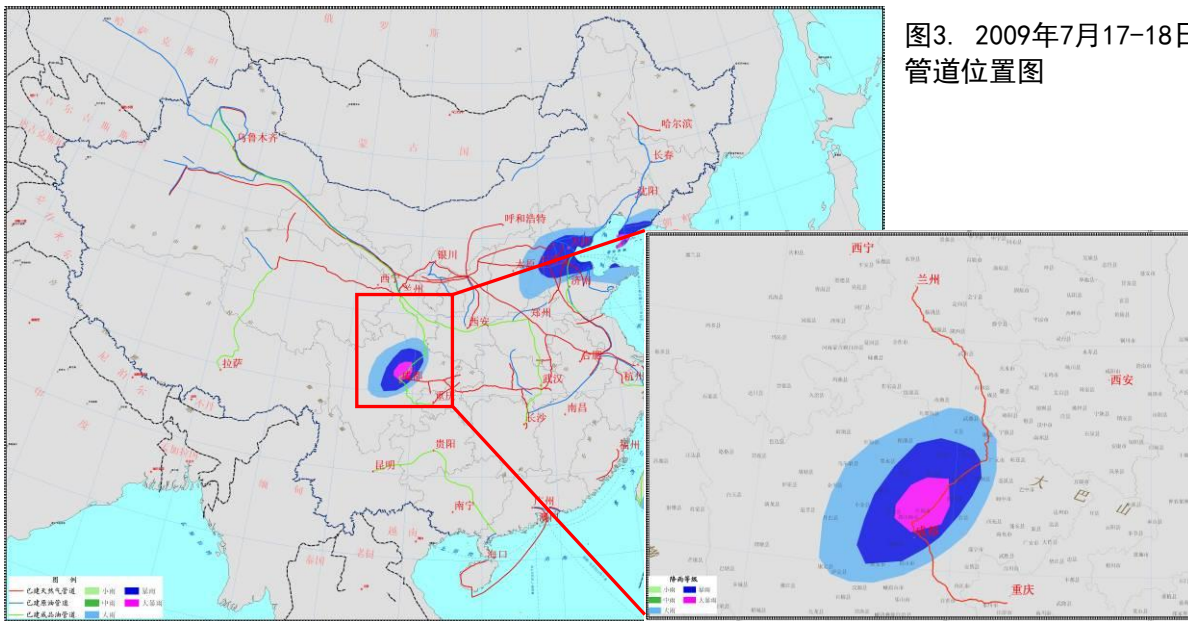


图3. 2009年7月17-18日全国降水量预报与管道位置图



我们在兰成渝管道野外地质灾害调查的基础上，依据地质环境条件和地质灾害的发育密度，将兰成渝管道地质灾害易发区划分为以下4个等级：高易发区、中易发区、低易发区和弱易发区。划分的结果如图4所示。

图4. 兰成渝管道地质灾害易发程度分区图



利用GIS空间分析技术，将降水量数据赋值如下表2所示。

表2. 降水量数据赋值表

降水等级	值
大雨	1
暴雨	2
大暴雨	3
特大暴雨	4

同时，我们也对兰成渝管道地质灾害易发分区数据也进行了赋值，如表3所示。

表3. 兰成渝管道地质灾害易发分区赋值表

易发区	值
弱易发区	1
低易发区	2
中易发区	3
高易发区	4

利用GIS空间分析技术，我们对两个数据图层进行了叠加分析，并将结果划分为5个等级：1级，可能性很小；2级，可能性较小；3级，可能性较大；4级，可能性大；5级，可能性很大。

7月16 -17日，17-18日的管道地质灾害预警结果图如图5、图6所示。

最后，我们利用已有的野外地质灾害调查点，对分析的结果进行修正。图7展示的为兰成渝管道震区已有的地质灾害类型分布图。



图7 兰成渝管道震区已有的地质灾害类型分布图

修正后的兰成渝管道地质灾害4级预警图结果如图8、图9所示。

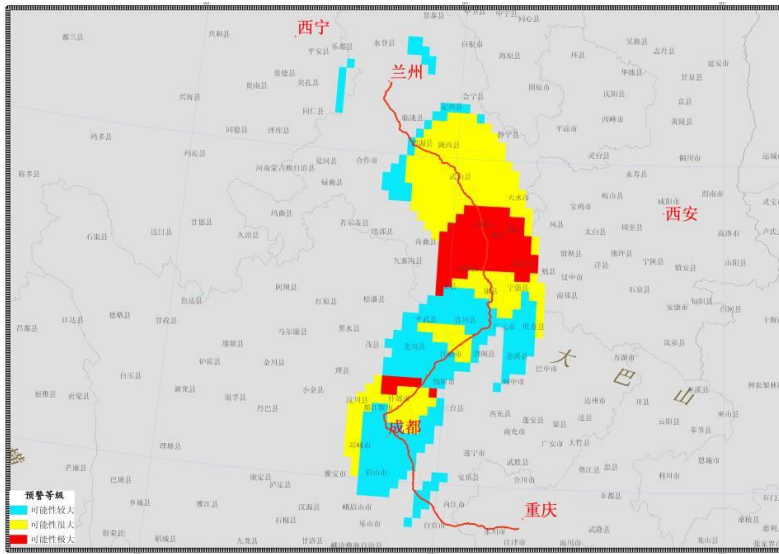


图5. 未经修正的2009年7月16-17日兰成渝管道地质灾害预警图

图6. 未经修正的2009年7月17-18日兰成渝管道地质灾害预警结果图

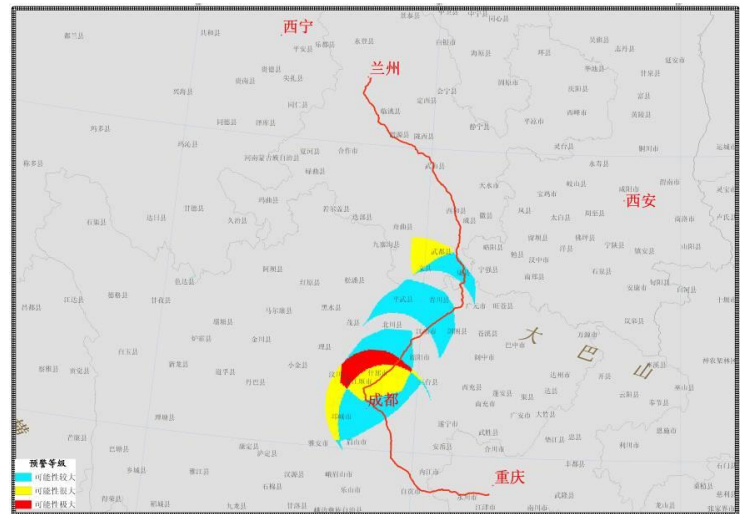


图8. 修正后的2009年7月16-17日兰成渝管道地质灾害4级预警图

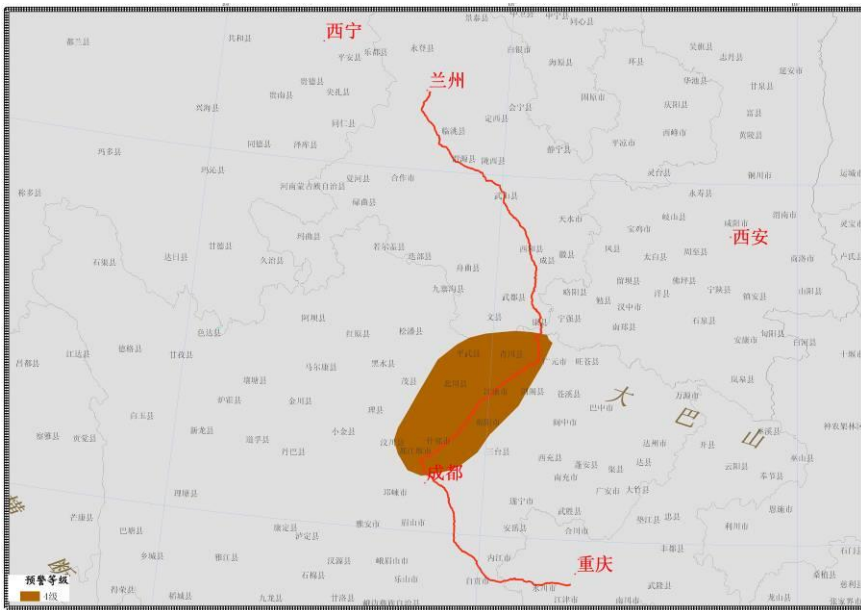
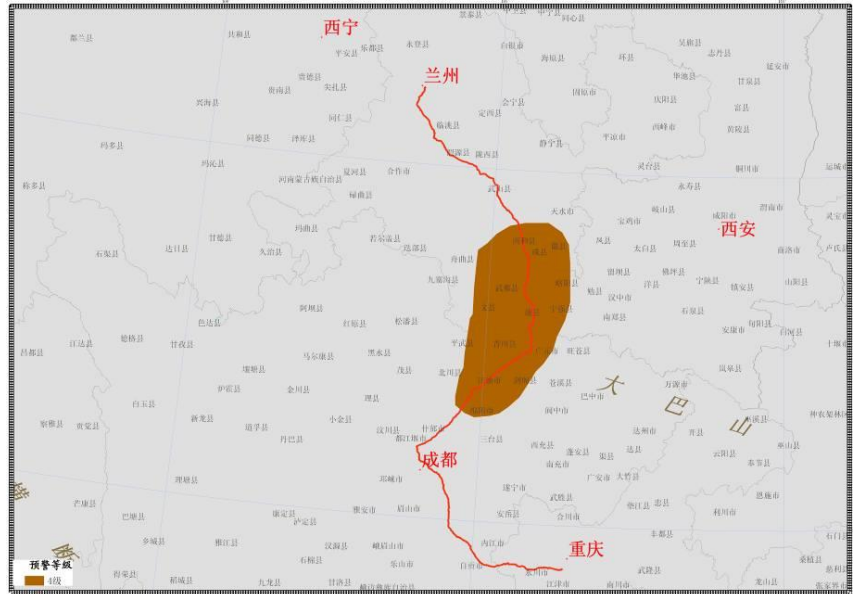


图9. 修正后的2009年7月17-18日兰成渝管道地质灾害4级预警图

最后，我们根据管道完整性数据库中已有的管线和站场数据，预测出了可能受到地质灾害影响站场以及所辖管段。并且我们制作了预警信息（图10），并提前24小时通过公司主页、即时通讯软件发布了“16日-17日”，“17日-18日”的兰成渝管线地质灾害4级预警。要求兰成渝成品油管道公司在管道穿过的四川中北部、甘肃南部地区，加强监测监控，暂停此地段灾害易发地点附近的户外作业等具体要求。

### 油气管网地质灾害气象预警信息

中国石油管道公司管道完整性管理中心、管道处  
时间：2009年7月16日20时-2009年7月17日20时

险情类别	地质灾害	预警级别	四级
影响范围	四川中北部、甘肃南部局部、山西东部局部、河北西部局部。		
灾情概要	根据全国地质环境气象预警信息，2009年7月16日20时-2009年7月17日20时，四川中北部、甘肃南部局部、山西东部局部、河北西部局部发生地质灾害的可能性较大（三级）；其中甘肃南部、四川中北部地震灾区发生地质灾害的可能性大（四级）。请当地注意防范降雨及地震余震引发的地质灾害，特别注意四川地震灾区地质灾害预防。		
受影响管线	兰成渝成品油管线、陕京一线		
相关防范要求	1. 兰成渝成品油管道公司在管道穿过的四川中北部、甘肃南部地区，加强监测监控。并通知成县站、广元站、绵阳站等有关站队做好各项应急准备工作。 2. 成县站、广元站、绵阳站等站队值班人员应准备应急措施。密切注意雨情变化，加强所辖地段的巡线工作，提高警惕，一旦发现发生地质灾害的迹象（地裂缝等），应及时上报并排除险情，保证管道安全运营。 3. 暂停此地段灾害易发地点附近的户外作业。		

联系人：贾韶辉 电话：0316-2073049

图10 管道地质灾害预警信息

预警信息发布后，7月16日至18日，川北、甘南地区连降暴雨，降雨量约300mm，陇南境内遭遇了百年不遇的特大洪灾，多处爆发山洪和泥石流灾害，山体滑坡，河岸坍塌，多处公路被洪水冲断，电力、通信中断。地处该区域的兰成渝管道，多段出现险情，31处管道水工保护工程被冲毁，管道沿线80多处出现塌方，管道裸露、悬空9处，18处伴行道路被洪水冲毁，与管道伴行的通信光缆多处被洪水冲出、冲断，造成通信中断。兰成渝管道分公司根据预警信息，提前进行了周密部署，启动抢险预案，所在区域站队积极采取应急措施，及时处置地质灾害，保证了管道安全。

### 参考文献

[1] 魏丽，单九生，章毅之，等. 暴雨型滑坡灾害形成机理及预测方法研究思路[J]. 江西气象科技, 2005, 28 (3) :17-22.

[2] 中国科学院成都山地灾害与环境研究所编著，中国泥石流，北京：商务印书馆，2000，1-16.

[3] Addison K. Debris Flow during Intense Rainfall in Snowdonia, North Wales: A Preliminary Survey. Earth Surface Processes and Landforms, 1987, 12: 561-566.

[4] Au S W C. Rainfall and Slope Failure in Hong Kong. Engineering Geology, 1993, 36: 141-147.

[5] Au S W C. Rain-Induced Slope Instability in Hong Kong. Engineering Geology, 1998, 51: 1-36.

[6] 柳源. 滑坡临界暴雨强度[J]. 水文地质工程地质, 1998, (3) :43- 45.

[7] 李秀珍, 许强, 黄润秋, 等. 滑坡预报判据研究[J]. 地质灾害与防治学报, 2003, 14 (4) :5 - 10.

[8] 韩金良, 吴树仁, 李东林, 等. 秦巴地区地质灾害的分布规律与成因[J]. 地质科技情报, 2007, 26 (1) :101-108.

[9] 刘兴昌. 秦岭水文特征及其对泥石流影响的初步分析[J]. 西北大学学报:自然科学版, 1997, 27 (5) :437 - 442.

[10] 惠振德. 陕南山区滑坡发育特征与敏感性分析[J]. 陕西师范大学学报:自然科学版, 1996, 24 (1) :94 - 101.

[11] 刘传正, 温铭生, 唐灿. 中国地质灾害气象预警初步研究[J]. 地质通报, 2004, 23 (4) :303 - 309.

[12] Chuanzheng Liu, Yanhui Liu, Mingsheng Wen, et al. Early warning for geohazards based on the weather condition in China [J]. Global Geology, 2006, 9 (2) :131 - 137.

[13] 刘传正, 温铭生, 刘艳辉. 基于气象因素的地质灾害区域预警原理与应用[M] PP第二届全国岩土与工程学术大会论文集. 北京: 科学出版社, 2006 :686 -693.