

文章编号:1673-9469(2011)04-0074-04

## 宝成铁路凤县段地质灾害发育特征分析

李晓慧<sup>1</sup>,沙元恒<sup>1</sup>,孙进忠<sup>2</sup>

(1. 京煤集团综合地质工程公司,北京 102300;2. 中国地质大学(北京)工程技术学院,北京 100083)

**摘要:**通过对宝成铁路凤县段地质灾害的详细调查,分析发现宝成铁路沿线地质灾害的主要发育类型为滑坡、崩塌和泥石流灾害,发育规模主要以小型为主。在调查分析基础上研究了这三类地质灾害的发育特征,并对其分布规律进行剖析,结果表明宝成铁路凤县段地质灾害具有明显的空间性与时间性。空间上主要集中于两个区域:断裂影响区和土质影响区;时间上则主要集中在雨季。该研究对宝成铁路凤县段地质灾害的防治具有重要意义。

**关键词:**宝成铁路;地质灾害;发育特征;分布规律

**中图分类号:**X43

**文献标识码:**A

### Analysis on the development of geological disasters along Baoji - Chengdu railway in Fengxian District

LI Xiao - hui<sup>1</sup>, SHA Yuan - heng<sup>1</sup>, SUN Jin - zhong<sup>2</sup>

(1. Comprehensive Geological Engineering Company of Jing Mei Group, Beijing, 102300, China;

2. School of Engineering & Technology, China University of Geosciences (Beijing), Beijing, 100083, China)

**Abstract:** Based on the detailed investigation of geological disasters along Baoji - Chengdu railway in Fengxian district, the types of geological disasters are summarized. There are three major disasters: landslides, collapse, and debris flow. The disasters are mainly small scale. On this basis, the developing characters of disasters and distributing rules are studied. The results show that the geological disasters in Fengxian district have significant spatiality and timeliness. The geological disasters in space mainly focus on two areas: the zone affected by fracture and soil. The geological disasters occur mainly in the rainy season. The study is useful to prevent and control the geological disasters in Fengxian district.

**Key words:** Baoji - Chengdu railway; geological disaster; developing character; distributing rule

宝成铁路是沟通中国西北、西南的第一条铁路干线,然而从其建成之初便频繁发生滑坡、泥石流等地质灾害。宝成铁路凤县段位于陕西省凤县境内,铁路沿嘉陵江顺江而下,由北东向南西斜贯县境。铁路沿线人口相对集中,人类活动频繁,致灾作用强烈<sup>[1-5]</sup>。据不完全统计,该段铁路由于人为因素(建房、修路等)导致的地质灾害约52处,仅1981年“7.13”和“8.21”两大暴雨期间发生崩滑流灾害约28处。不仅给铁路系统造成了巨大的经济、社会损失,也严重影响了当地居民的生命财产安全。

本文依托宝鸡市地质灾害详细调查项

目<sup>[6-7]</sup>,以宝成铁路沿线地质灾害现场调查资料为基础,统计分析宝成铁路凤县段地质灾害类型,在此基础上研究了地质灾害的发育特征及分布规律,以期为该段减灾防灾提供基础依据。

### 1 地质灾害发育类型与规模分析

#### 1.1 地质灾害发育类型

研究区内滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害是铁路沿线主要地质灾害类型,且以滑坡为主,其次是泥石流和崩塌,少量的不稳定斜坡。在本次调查的53个地质灾害点中,滑坡24个,占地质灾害点

收稿日期:2011-06-30

基金项目:国家“十一五”科技支撑课题(编号:2006BAC04B05) 中国地质调查局项目(编号:1212010640401)

作者简介:李晓慧(1984-),女,山东潍坊人,硕士,从事地质灾害评价、岩土工程研究。

总数的45%;崩塌12个,占地质灾害点总数的23%;泥石流12个,占地质灾害点总数的23%;不稳定斜坡5个,占地质灾害总数的9%。

### 1.2 地质灾害发育规模

地质灾害规模按灾害体体积可分为巨型、大型、中型和小型。根据地质灾害规模等级划分标准<sup>[7]</sup>(表1),研究区地质灾害规模分级结果如表2所示。

表1 地质灾害规模等级划分标准  
Tab.1 The scale of geological disasters in grading standards

级别	滑坡/崩塌 /10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	泥石流 /10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>
小型	<10	<2
中型	10-100	2-20
大型	100-1 000	20-50
巨型	>1000	>50

表2 宝成铁路凤县段地质灾害发育规模一览表  
Tab.2 List of the scale of geological disasters along Baoji-Chengdu railway in Fengxian distribution

级别	滑坡	崩塌	泥石流	不稳定斜坡	合计	所占比例/%
小型	16	12	12	5	45	84.3
中型	6	0	0	0	6	11.8
大型	2	0	0	0	2	3.9
巨型	0	0	0	0	0	0
合计	24	12	12	5	53	100

## 2 地质灾害发育特征分析

### 2.1 滑坡发育特征

滑坡在铁路沿线及附近区域分布较广、数量较多,是危害比较严重的地质灾害类型。具有以下基本特征:

1) 滑坡的形态结构特征明显,平面形态主要为半圆形、圈椅状、舌形等;剖面多阶梯状及凹形(图1),滑坡体主要由黄土和松散残坡积层组成,滑面多为土体与基岩的不整合接触面,一般为弧形,节理裂隙发育,多为稳定状态<sup>[8-9]</sup>。

2) 沿线滑坡大多位于嘉陵江两岸,坡向及滑向大多都指向嘉陵江,坡度15°-35°之间。

3) 区内滑坡以小型为主,共16处,占63.6%;

大型和中型较少,无巨型滑坡。主要诱发因素为强降雨、人类活动。

4) 区内滑坡有黄土+基岩滑坡和残坡积+基岩滑坡两类。其中黄土+基岩滑坡主要集中发育在双石铺镇及凤州黄土出露较厚的一带,大多为老滑坡;残坡积层+基岩滑坡分布比较零散,数量不多,多发生在有松散岩类分布的河谷高阶地、缓坡地带及中低山坡积裙带。



图1 凤州垭口滑坡

Fig.1 Yakou landslide in Fengzhou

### 2.2 崩塌灾害发育特征

崩塌是铁路沿线主要的地质灾害之一,也是威胁铁路沿线及附近区域的主要地质灾害。分布广,数量多,规模小,突发性强,速度快,不易躲避,往往造成人畜伤亡和财产损失。形成特征是高陡斜坡上的岩土体被结构面切割,在重力作用下失去稳定,随即脱离母体通过坠落、倾倒、翻滚等形式导致斜坡破坏,往往掩埋窑洞、房屋倒塌、拥堵铁路及公路。

研究区崩塌大都系人为切坡所致,宝成铁路在修建之初大量的开挖斜坡,加之村民在坡脚处挖窑、建房以及修建公路等不合理切坡所形成的,一般发生在坡高10 m-35 m,坡度60°-80°的高陡斜坡处。

沿线发育黄土崩塌6处,多发生于陡直的黄土边坡、人工削坡建房或建窑洞形成的陡坎边,宽数米至数十米不等,最宽达80 m,厚数米至十余米(如图2);基岩崩塌6处,按岩性主要分为块状花岗岩及层状板岩及千枚岩。

沿线崩塌规模均为小型,诱发因素主要为人为切坡及降雨。

崩塌灾害是威胁本区的主要地质灾害,崩塌规模小,但是由于瞬间发生,速度快,不易躲避,因此造成的危害很大<sup>[10]</sup>。尤其是该区段修路切坡数量较多,人为不合理地改变了坡体的形态,致使

坡体应力发生变化,常常导致崩塌发生,造成较严重的灾害。



图2 凤州褚家崖崩塌

Fig. 2 Chujia collapse in Fengzhou area



图3 吃水沟泥石流斜坡流滑

Fig. 3 Debris flow slide of Chishui ditch

### 2.3 泥石流灾害发育特征

凤县境内宝成铁路沿线泥石流灾害类型主要为沟谷型泥石流,大多发生在嘉陵江支流的深切沟谷。这种地貌沟内物源较为丰富,两侧谷坡崩塌和滑坡时有发生,尤其是红花铺镇地层出露主要为石炭系、泥盆系的板岩、千枚岩,岩体质地较软,泥石流更易发育。泥石流沟沟口洪积扇不完整,大部份洪积物被嘉陵江水运走。经分析,该区泥石流灾害具有以下发育规律:

1) 沿线发育 12 条泥石流沟,其中 9 条发育于嘉陵江的左岸,只有 3 条发育于右岸。沟谷相对高差 300 m - 800 m,坡度  $20^{\circ}$  -  $80^{\circ}$ ,主沟纵坡降  $130\text{‰}$  -  $375\text{‰}$ 。

2) 地层岩性上,泥石流主要发育在泥盆系的板岩、千枚岩、页岩分布的沟谷,这些沟谷内岩石的力学性质较差,抗风化能力弱,沟谷两侧有大量风化剥落堆积的碎屑物质易形成泥石流<sup>[11]</sup>(图 3)。另外在黄土出露较厚的沟谷内,黄土崩塌为泥石流提供了物源,于是泥石流的泥质含量较高,几成于泥流,如瓦桑沟。

3) 在构造上,该区泥石流主要集中在红花铺镇以南深切沟谷内,该区域受沿嘉陵江发育的断裂及该镇南部东西向断裂影响,泥石流沟谷成群发育。

4) 暴雨特征,沟谷暴雨强度愈大愈易暴发泥石流,从沿线泥石流爆发的时间来看,均发生于 1981 年 8 月暴雨期间,主要诱发因素为暴雨,由此可见,该区域泥石流的发生与降雨有明显的正相关性。

### 3 地质灾害分布特征分析

地质灾害受多种自然因素变化的影响,在区域上具有一定的时间、空间发育分布规律。因此总结和研究的地质灾害的分布特征,是研究地质灾害的区域发育规律、形成条件及影响因素的基础,同时也为地质灾害的预测预报、防灾减灾提供科学依据。

#### 3.1 地质灾害空间分布特征

秦岭地质构造复杂,由强大的东西复杂褶皱和大规模多期活动的压性断裂组成,沿着这些巨大断裂多次强烈活动,构成本区岩石多期变质,岩浆侵入的特征。加之几组不同方向的活动断裂相互切割,次级断裂发育密集,地形破碎,沟谷发育,地形高差大,坡度陡<sup>[12-15]</sup>。由于这些独特的特征造就了该区复杂的地质条件和独特的地貌特征,也决定了区内地质灾害的分布存在明显的规律性。

断裂影响区:红花铺灾害密集区,该区主要集中在红花铺境内嘉陵江两岸区域。南段受东西向断裂控制,北段受北东东向断裂控制,断裂两侧次级断裂发育,断裂破碎带较宽,造就了红花铺镇特殊的地形地貌及岩土体条件。红花铺镇中心以北是以花岗岩为主的山区,以南是以板岩、千枚岩等为主的山区;加之修路削坡,造成该区灾点极为密集。

土质影响区:土质影响区主要指上覆有较厚(厚 1 - 20 m)土层堆积的区域,沿线主要集中于凤州镇及双石铺镇。该区人口相对密集,农耕活动强烈,城乡建设和其它工程活动常常切削斜坡。

水对土层浸润强烈。覆盖土层一般为黄土、黄土状土和碎石土。黄土状土和坡积碎石土易形成土质滑坡,开挖窑洞易形成黄土崩塌(图4)。

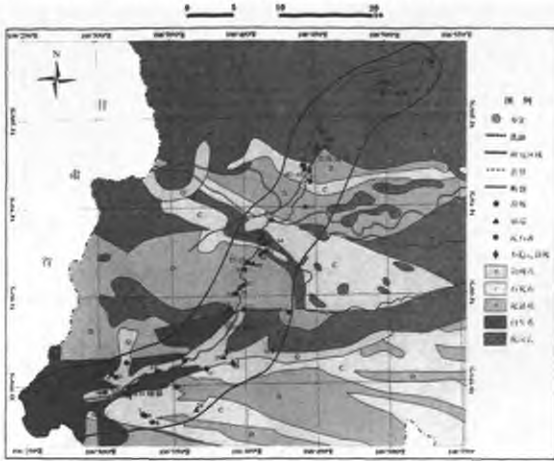


图4 宝成铁路凤县段地质灾害分布图

Fig.4 Distribution of geohazards along Baoji-Chengdu railway in Fengxian district

### 3.2 地质灾害时间分布特征

周期性:通过野外地质调查,研究区内发生的地质灾害在时间上具有不规则的周期性,与年降雨量的变化规律存在似同步的特点,即降雨量大的年份,地质灾害发生的次数往往较多。如1981年、1990年、1992年该区河水暴涨,滑坡、泥石流等地质灾害普遍发生。1998年、2001年夏阴雨连绵,局部地区引起滑坡,公路沿线不稳定斜坡发生崩塌或片剥。

月份集中性:地质灾害发生与降雨息息相关,在岩土、边坡等条件具备的情况下,降水是地质灾害形成的主要诱发因素。据降雨资料初步分析,从宏观上看,宝成铁路沿线80%以上的滑坡发生在雨季(7、8、9月份),雨量大小、连续降雨时间长短直接影响着滑坡发育。如1981年8月14-22日,9天降雨量达363.8mm,激发了全境滑坡、泥石流等地质灾害的发生(宝鸡气象局,2003)。1979、1990、1992年,群发性地质灾害也都发生在7、8两个月。

### 4 结论

1)宝成铁路凤县段主要发育滑坡、崩塌、泥石流地质灾害,规模以中小型为主。滑坡平面结构特征明显,滑面多为土体与基岩的不整合接触面,主要发育黄土+基岩滑坡和残坡积+基岩滑坡两类。崩塌灾害主要分为黄土崩塌和花岗岩、层状板岩及千枚岩崩塌,大都系人为切坡所致,泥石流

主要为沟谷型,与降雨有明显的正相关性。受沿嘉陵江发育的断裂及该镇南部东西向断裂影响,泥石流沟谷成群发育。

2)研究区段内地质灾害发育规律严格受自然地质条件和人为因素双重制约。红花铺镇主要以崩塌和泥石流灾害为主,且灾害主要集中在镇中心以南区域,凤州镇和双十铺镇则主要以滑坡灾害为主。

### 参考文献:

[1] 孟河清. 1981年宝成铁路泥石流灾害与降雨条件的分析[J]. 水文,1986(6):20-23.

[2] 孙全德. 宝成铁路北段泥石流暴发的降雨临界条件的预报[J]. 铁道工程学报,1989(1):26-27.

[3] 鄢毅. 宝成铁路地质灾害发展趋势及防治[J]. 水文地质工程地质,1991,18(4):37-39.

[4] 张亨纲,李光辉. 宝鸡至成都铁路地质选线及主要工程地质问题[J]. 铁道工程学报,2005(增刊):204-209.

[5] 石文慧. 中国铁路地质灾害与防治[J]. 铁道工程学报,2005(12):272-277.

[6] 中国地质调查局标准. 滑坡崩塌泥石流灾害详细调查规范(1:50000)[S].

[7] 国土资源部. 县(市)地质灾害调查与区划基本要求实施细则(修订稿)[S].

[8] 吴玮江,王念秦. 黄土滑坡的基本类型与活动特征[J]. 中国地质灾害与防治学报,2002,13(2):36-40.

[9] 王发读. 浅层堆积物滑坡特征及其与降雨的关系初探[J]. 水文地质工程地质,1995(1):20-23.

[10] 张茂省,校培喜,魏兴丽. 延安市宝塔区崩滑地质灾害发育特征与分布规律初探[J]. 水文地质工程地质,2006(6):72-79.

[11] 齐鑫华,惠振华,甘枝茂. 陕南山地泥石流的时空演变规律和进一步发展趋势[J]. 水土保持通报,1987,7(2):41-47.

[12] 张国伟,孟庆任,于在平,等. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征[J]. 中国科学(D辑),1996,26(3):193-200.

[13] 滕志宏,王晓红. 秦岭造山带新生代构造隆升与区域环境效应研究[J]. 陕西地质,1996,14(2):33-42.

[14] 杨志华,邓亚婷. 秦岭造山带组成结构及演化的新认识[J]. 陕西地质,1999,17(2):16-32.

[15] 刘护军. 秦岭新生代构造隆升研究[J]. 陕西师范大学学报:自然科学版,2002,30(1):122-124.

(责任编辑 刘存英)