

姬怡微, 李永红, 向茂西, 等. 陕西秦岭南麓 316 国道沿线地质灾害防治对策研究[J]. 灾害学, 2015, 30(2): 199–204.
[Ji Yiwei, Li Yonghong, Xiang Maoxi, et al. Control measures on geological disasters along No. 316 national road in the south of Qinling mountains in Shaanxi[J]. Journal of Catastrophology, 2015, 30(2): 199–204.]

陕西秦岭南麓 316 国道沿线地质灾害防治对策研究^{*}

姬怡微, 李永红, 向茂西, 贺卫中, 刘海南, 李 辉

(陕西省地质环境监测总站, 陕西 西安 710054)

摘 要: 穿越于秦岭南麓汉台区北部中低山区的 316 国道沿线地质环境条件复杂, 地质灾害类型多样。每年汛期地质灾害频发, 数百至数万方的危岩体常将路面掩埋, 少则堵塞交通数小时, 多则数天, 过往车辆及行人的财产受到严重威胁。由于 316 国道为我国南北运输的重要通道, 社会影响较大。为此, 该文在汉台区 1: 50 000 地质灾害详细调查项目的基础上, 将 316 国道作为重点地段进行专题研究, 分析 316 国道沿线地质灾害的类型、发育特征、成因, 并提出了相应的防治对策。调查分析认为 316 国道沿线地质灾害类型主要为崩塌、滑坡和泥石流; 孕育地质灾害发育的不稳定边坡坡型、坡向、坡高、宽度和厚度等决定地质灾害的发育特征; 降雨和人类工程活动是地质灾害的主要诱发因素。最后, 提出了以监测预警和卸荷减载、铺设柔性防护网、设置抗滑桩等为主的防治对策, 为汉中市国土资源局汉台分局等相关部门地质灾害的防范提供决策与依据, 也为公路沿线地质灾害的防治提供技术支撑。

关键词: 316 国道沿线; 地质灾害类型; 防治对策; 秦岭南麓; 陕西

中图分类号: U412; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2015)02–0199–06

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2015.02.038

316 国道是我国南北运输的重要通道, 起点福建福州国货东路连潘, 终点甘肃兰州, 总里程 2 951 km。途经福建、江西、湖北、陕西和甘肃 5 个省份, 陕西省内总长 653 km。316 国道从河东店镇北之万年桥附近进入陕西汉中市汉台境, 于鑫源街道办与 108 国道并线, 由西向东从汉台区东部铺镇附近出境。汉中境内 316 国道长度 87 km, 改线后从北部中低山区线路穿越长度约 20 km, 老 316 国道长度约 15 km。

316 国道在汉中市汉台区乃至我国公路网骨架中占有举足轻重的地位。近 20 年来, 随着社会经济的迅猛发展, 我国道路建设加快, 316 国道也经过多次加宽和改造, 虽然通行能力得到了一定的改善, 但是道路建设不可避免要开挖坡体, 引发了严重地质灾害如滑坡、崩塌和泥石流等, 这在一定程度上又严重影响道路的运行能力, 同时威胁过往车辆和行人生命财产安全。

如 2013 年 7 月 2 日, 316 国道汉台段 K2181 + 600 m 处(河东店镇光明村 HT0087)发生崩塌^[1], 方量约 900 m³, 堵塞交通近 2 h; 2013 年 7 月 4 日, 该段北侧 K2191 km + 800 m 处(河东店镇麻坪寺村 HT0037)再次发生崩塌, 方量约 1.7 × 10⁴ m³, 此次崩塌体巨石较多, 其中最大的一块约有 500 t, 堵塞交通近 4 d。

为了尽可能避免 316 国道沿线地质灾害的发生, 最大限度地保护过往车辆和行人生命财产安全, 作者在汉台区 1: 50 000 地质灾害详细调查的基础上, 将 316 国道沿线作为重点地段进行了地质灾害专题研究, 为汉台区国土资源分局等部门对公路沿线地质灾害的防范提供决策与依据。

1 地质环境条件

1.1 地形地貌

汉台区境秦岭南麓 316 国道沿线为中低山地貌, 褒河由北向南通过, 主河及其支沟老丈沟、沙河沟、蒋家沟、潘家河、沥水沟呈“V”字型沟谷, 切割深度大, 一般在 200 ~ 400 m, 山坡陡峻, 坡度角一般在 35° ~ 50°之间, 山背狭长, 陡坡处基岩裸露, 缓坡处残坡积土覆盖。区内植被较发育, 但在人类活动强烈的地区, 如 316 国道沿线或矿山开采区植被欠发育。

1.2 地层岩性

国道沿线出露震旦系和寒武系地层, 第四系地层广布于地表。震旦系地层分布于老庄基—土罐子沟一带, 呈 NEE 向展布, 岩性为绢云绿泥片岩、千枚岩夹灰岩; 其余大部分区域为寒武系

^{*} 收稿日期: 2014–10–19 修回日期: 2014–11–19

基金项目: 《陕西省地质调查院关于下达地质灾害详查任务的通知》(陕国土资发[2013]16 号文)

作者简介: 姬怡微(1989–), 女, 陕西榆林人, 硕士, 主要从事地质灾害防治工作。E-mail: 1519394087@qq.com

地层,与震旦系呈沉积不整合接触关系,受复式褶皱构造与震旦系呈南北向间隔出现,岩性主要为黑云母石英片岩、二母云石英片岩夹大理岩。分布于河道或沟道第四系物质为冲洪积物,斜坡体上为坡残积碎石土;汉台境万年桥附近 316 国道沿线两侧有万年桥花岗岩枝出露,属印支期中粒花岗岩,岩石块状构造,侵入于寒武系地层中。

1.3 地质构造

国道沿线位于扬子板块与秦岭板块结合带之秦岭板块之上,属康县—略阳—勉县华力西褶皱带。褶皱、断裂及次级节理裂隙构造发育。褶皱构造总体为轴向北东东的复式紧闭褶皱,可进一步分为沙河沟口次级向斜和老庄基次级背斜,地层倾角大,50°~80°,褶皱紧闭,轴面劈理发育。断层主要为次级顺层走向断层,规模较大的老丈沟断层展布于寒武系地层内部。

1.4 岩土体类型

地层岩性决定了区内岩土体类型。岩体主要为坚硬块状花岗岩类;较坚硬中厚层状碳酸盐类;较坚硬—较软黑云母石英片岩类、较软中浅变质岩类等;土体为坡残积碎石土和冲洪积粘性土等。

1.5 人类工程活动

国道沿线与地质灾害有关的人类工程活动主要有道路建设、矿产开发、削坡建房。

(1)秦岭南麓汉台境 316 国道沿褒河左岸前行,工程建设对原始坡体进行了大面积的开挖、削坡,致使基岩边坡稳定性较差。

另外,区内近年来通村公路基本建成,开挖的边坡大都没有防护,不稳定边坡在降水、自重作用下常常发生滑塌等。

(2)汉台区矿产丰富,目前沿线正在开采矿种有石英矿、磷矿,涉及 6 个矿权。矿产资源矿的开发利用破坏了大量的土地资源,同时形成大量的弃渣,部分弃渣沿沟道散布,前缘未做有效的拦挡,成为泥石流隐患,一方面威胁矿山自身的安全,另一方面威胁下游耕地、国道的安全。

(3)受地形条件的限制,北部中低山区削坡建房现象普遍存在,村民一般在屋后坡体前缘用石头码坎砌筑,不稳定边坡大都得不到有效的防治。区内降水充沛,坡体临时失稳后,形成滑坡,威胁村民的安全。

2 地质灾害类型

2.1 地质灾害概况

根据地质灾害详细调查,316 国道沿线地质灾害类型为崩塌、滑坡和泥石流灾害(图 1、表 1),其中崩塌数量最多,为 23 处;其次为滑坡 13 处;泥石流隐患 4 处。威胁最严重的灾害类型为崩塌。

表 1 地质灾害类型

灾害类型	规模		稳定性			险情等级
	中型	小型 ^[2]	差	较差	稳定	小型
崩塌	16	7	11	12		23
滑坡	4	9	5	8		13
泥石流		4		2	2	4

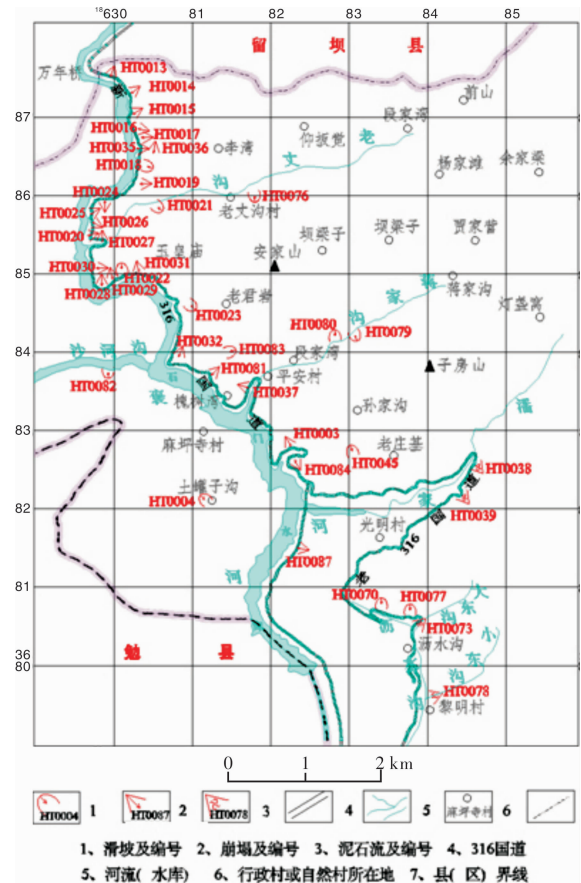


图 1 316 国道沿线地质灾害点分布图

2.2 地质灾害类型

2.2.1 崩塌

316 国道工程建设过程中,对原始坡体进行了开挖,大部分地段未进行工程治理,形成不稳定边坡,近乎直立或负坡,开挖地段植被覆盖率低,在各类诱发因素的作用下,极易发生崩塌。

(1)分布特征

崩塌是指受重力作用的岩土体从高陡边坡突然加速崩落或滚落(跳跃)的现象^[3]。崩塌的往往突发性强、危害大,特别是在公路沿线频发。汉台境 316 国道沿线崩塌主要发育在褒河左岸斜坡体中上部,多因构造抬升、河流下切和人类工程活动相互作用形成陡崖,加之岩体节理裂隙发育,在暴雨等作用易形成崩塌,对道路的安全畅通造成极大隐患。另外公路边坡开挖形成的高陡斜坡,由于岩体差异风化,下部软弱岩层抗风化能力弱,形成凹岩型,使上部坚硬岩石突然失去支撑,在重力作用下,也易形成崩塌。

316 国道沿线共发育 23 处崩塌,均为岩质崩塌。其中,中型崩塌居多,共 16 处,占崩塌总数的 69.6%,其余 7 处均为小型崩塌,占崩塌总数的 30.4%。按稳定状态分,目前稳定性差的 12 处,其余 11 处为稳定性较差。

(2)发育特征

①斜坡类型

通过调查分析,316 国道沿线崩塌发育的坡面形态可分为三类:直立型、凹型和凸型,其中直

立型和凸型属于正向类,而凹型属于负向类^[4]。

发育的23处崩塌中,直立型15处,占崩塌总数的65.2%;凹型5处,占21.7%;凸型3处,占崩塌总数的13.1%。

②斜坡坡度

斜坡的坡度是影响崩塌发育的一个重要的因子。23处崩塌坡度均大于60°(表2),随着地形坡度的增大,崩塌的数量也随之增多,当坡度达到80°~90°时,崩塌的数量达到10处,这主要是因为坡度变陡,临空面变大,岩土体内的应力就集中于坡脚或软弱结构面部位,使边坡的稳定性大大降低,容易产生边坡变形破坏,崩塌发生的数量也就越多。

表2 不同坡度范围区内的崩塌数量

坡度范围/(°)	60~70	70~80	80~90
崩塌数量/个	5	8	10
百分比/%	21.7	34.8	43.5

③斜坡厚度崩塌厚度分布范围为1~5 m,主要集中在3 m和5 m(见图2)。23处崩塌中有10处厚度约3 m,8处厚度为5 m,而厚度为1 m和2 m的崩塌个数分别为3处和2处。由此说明:汉台境秦岭南麓316国道沿线基岩理裂隙切割块体深度或厚度介于3~5 m间。

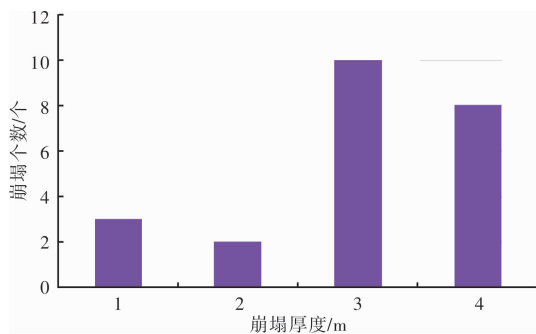


图2 不同厚度分布的崩塌个数

④斜坡坡高

斜坡坡高也是影响崩塌发生的一个重要因素。坡高不能改变斜坡应力分布状态,但随着坡高的增大,坡体内应力大小将发生变化。对316国道沿线发育的崩塌的坡高进行统计(见图3),由图3可以看出:坡高在10~20 m区间的仅发育1处崩塌,占崩塌总数4.34%;而20~30 m和30~40 m这两个区间均发育崩塌9处,分别占崩塌总数39.13%,共占78.26%;40~50 m区间内发育3处崩塌,占总数13.06%;坡高大于50 m有崩塌1处,占崩塌总数4.34%。由此可知:崩塌主要发育在坡高为20~40 m区间内,随着坡高的增大,崩塌的数量有所减少。

⑤斜坡宽度

崩塌宽度分布于50~400 m间。宽度在100~150 m的崩塌最多,有10处,占崩塌总数43.50%(见图4);其次是50~100 m的有6处,占崩塌总数26.08%;200~250 m的有4处,占崩塌总数17.40%;250~300 m、300~350 m和350~400 m这三个区间内都仅发育崩塌灾害1处,分别占崩塌

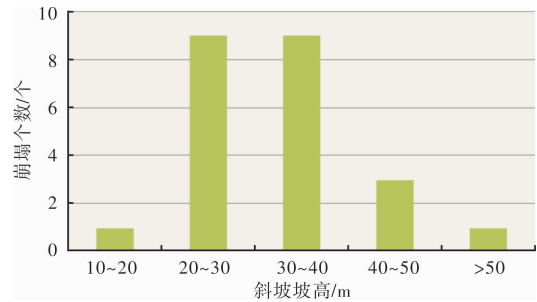


图3 不同斜坡坡高崩塌数量

总数4.34%。由此可知:该段发育的崩塌宽度主要在50~150 m之间。崩塌的宽度受人类工程活动的影响,说明工程建设过程中边坡开挖的长度集中分布于50~150 m间。

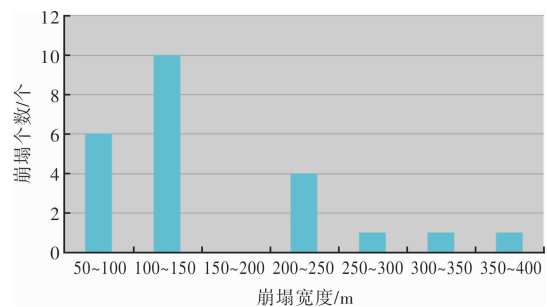


图4 不同宽度范围区间内分布的崩塌个数

⑥斜坡坡向

斜坡坡向也是影响崩塌发育的一个因素。通过对调查数据的统计(表3)可以看出:发育于0°~90°坡向的崩塌数量1处,占崩塌总数的4.35%;发育于90°~180°坡向的崩塌数量6处,占崩塌总数的26.08%;发育于180°~270°坡向的崩塌最多,为12处,占崩塌总数的52.17%,而发育在270°~360°坡向的崩塌数量为4处,占17.40%。这里把90°~270°坡向的坡称为阳坡,把270°~90°坡向的坡称为阴坡,可以看出阳坡发育的18处崩塌数量远大于阴坡发育的5处崩塌,造成这种现象的主要原因是:由于朝向的不同,山坡的气候和温差可能存在差异变化等。阳坡比阴坡受日照时间长,气温与岩土体温度在白天的温度比较高,所以在同等条件下,阳坡的昼夜温差比阴坡大,同时阳坡一般都是人类居住地,工程活动比较强烈,这也是造成阳坡崩塌灾害发育的原因。

表3 不同原始坡向区间崩塌所占数量

原始坡向范围/(°)	0~90	90~180	180~270	270~360	合计
崩塌数量/个	1	6	12	4	23
百分比/%	4.35	26.08	52.17	17.40	100

2.2.2 滑坡

汉台境秦岭南麓316国道位于中低山区,第四系坡残积层广布,厚度一般3~5 m,下伏寒武系和震旦系片岩灰岩,由于地形陡峻,汛期土岩接触面含水量较大,在自重作用下发生滑动,个别地段由于国道或通村公路建设开挖,坡脚临空失稳,上覆土体发生滑动。滑坡一般顺坡向长20~50 m,垂直于坡向宽度60~100 m,厚度与坡积层

等厚,一般 3~5 m,滑坡后壁周界不清,拉张裂缝大都断续出露,长度、深度、宽度不等,滑体上常见粒径不等的块石散布,前缘剪出口附近可见地下水呈点滴状渗出。

316 国道沿线共发育 13 处滑坡,均为残坡积层滑坡。小型滑坡 9 处,中型滑坡 4 处;按稳定状态分,稳定性差 5 处,其余 8 处稳定性较差。

2.2.3 泥石流

316 国道沿线沟谷为褒河水系,其支沟为“V”字型沟谷,沟谷纵坡降大,两岸谷坡坡度较陡,开采石英矿在沟脑形成大量废渣,具备泥石流的形成物源和地形条件,在降水作用下发生泥石流灾害,冲洪积物所到之处如有重要设施必致灾,即对老 316 国道已造成影响。有些泥石流沟短,形成区、流通区、堆积区界线不清,冲洪积物沿整个沟道散布,最终堆积于褒河支沟潘家河内;而有些泥石流沟较长,形成区、流通区、堆积区界线可辨,如大东沟和小东沟泥石流隐患,形成区位于沟脑的矿区集中开采区,如图 4 所示,废渣规模较大,流通区位于沟的中游,狭窄且长,下游主沟与支沟交汇处为堆积区,对 316 国道和耕地形成威胁。

综上,316 国道沿线地质灾害以滑坡、崩塌、泥石流为主。崩塌以中型基岩为主,稳定性较差;滑坡以小型残坡积层滑坡为主,稳定性较差;泥石流以小型中~低沟谷型泥石流为主。

3 地质灾害成因

汉台区地质灾害多分布在公路、居民区、矿山企业附近,而人口稀少的高山或深山处,地质灾害的发生率相对较低。这种分布并不是偶然的,而是因为地质灾害的发生与人类生产、生活活动密不可分,人类活动往往使已经应力平衡的坡体发生应力集中和应力重分布现象,必然导致稳定的坡体向不稳定状态发展,从而产生崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害。对 316 国道沿线灾害多发的原因,从以下几个方面进行论述。

3.1 陡峻的地形地貌是地质灾害发生的前提

316 国道地貌单元为中低山区,“V”字形沟谷发育,切割深度大,一般在 200~400 m,山坡陡峻,坡度角一般在 35°~50°之间,山背狭长,陡坡处基岩裸露,缓坡处残坡积土覆盖,植被较发育,一般在人类活动强的地区,地形坡度较大,植被欠发育,在降雨充沛时上覆松散层易沿下伏基岩面发生滑动;在坡脚遭开挖的中上部地段,因存在临空面易发生崩塌灾害;而在深切的沟谷中且上游有采矿活动的可能形成泥石流。316 国道沿线地质灾害均与这些地形地貌条件有关,因此陡峻的地形地貌是地质灾害发生的前提。

3.2 地层岩性及其岩土体是地质灾害发生的物质基础

通过现场调查并结合前人的研究成果,得出 316 国道地质灾害多发生在构造活动强烈、岩性软弱、岩体破碎的顺向结构边坡的千枚岩、片岩地

层中。尤其在 316 国道沿线地质灾害高发段,由于修路、人工开挖切坡形成具有一定高度差的临空面,导致边坡体内的应力差异及应力重分布,造成局部应力超过岩体自稳条件,发生边坡失稳破坏。而这个区域出露的主要是寒武系和震旦系软弱变质岩,变质岩体结构由于在岩浆岩和沉积岩,甚至是原有变质岩的基础上经历了高温、高压下的变质-变形过程^[5],形成了定向的劈理结构,并且在形成后还不断受构造活动改造,以至于岩体相对比较破碎,体内存在大量的节理裂隙,岩体内结构面极为发育,使其强度降低,表层岩体在雨水、温度等影响下易发生风化,边坡内、外岩体的风化程度和岩体力学性质也存在较大差异,当风化层不能满足自身稳定时也会出现失稳,发生崩滑现象;而 316 国道沿线灾害发生不仅具有发生数量多、范围广的特点,而且具有连带性,如 316 国道周边崩塌群,主要是由于一定范围内的边坡结构、地质条件、应力分布基本相同,加之已滑(崩)边坡对相邻边坡不但起不到支撑作用,反而会产生向下拖拽等不良影响,所以地质灾害易成群、成片发育。

根据区内地质灾害点的岩性分析,316 国道沿线崩塌堆积体除有 2 处灾点发生在万年桥附近的花岗岩出露区外,其他多为坚硬—较软黑云母石英片岩类。

由此可见,地层岩性及其岩土体是地质灾害发生的物质基础。

3.3 降水、地震和人类工程活动是地质灾害发生的诱发因素

降水是 316 国道沿线各类地质灾害的主要诱发因素。大气降水尤其连阴雨季,遇残坡积层下渗在土岩接触面形成浸润面,进而产生滑坡;当遇暴雨时段时,雨水在地表形成汇水,对表层浸润冲刷,在动水压力的作用下产生崩滑,而深切沟谷中上游废渣在遇暴雨后易形成集水盆地向下游倾泻形成泥石流。因此每年汛期,316 国道沿线地质灾害频发。

地震本身是一种破坏性极强的灾害,而且还可以诱发滑坡、崩塌等次生灾害^[6]。而地震对边坡稳定性的影响主要是^[7]:①直接破坏公路设施;②地震的发生使得坡体裂隙增多,对灾害的发生起到加速的作用。本次调查表明 2008 年汶川 8.0 级大地震对本区的影响较严重,导致本区域山体松动、岩体破碎^[8],造成多处滑坡活动加剧,出现新的裂缝等现象,部分房屋开裂,地质灾害易发。

人类工程活动都不同程度地改变了(或正在改变)区域地质环境,已经成为地壳表面(含浅部)不可忽视的巨大营力,而各种地质灾害是人为营力反馈效应的直接体现^[9]。316 国道沿线沟谷与两侧斜坡人类工程活动频繁。如褒河左岸及其主要支沟老丈沟左岸、沙河沟右岸、蒋家沟左右岸、潘家河左岸、沥水沟左岸等切坡建房、斩坡修路等人类活动强烈,削坡挖脚,一方面改变坡形和坡角,使斜坡应力重分布并出现应力集中;另一方

面,坡脚开挖,使坡体前缘临空,同时边坡开挖时,采用不合理爆破方式,使得岩体结构破碎,地质环境恶化,从而导致斜坡的变形与破坏,易产生崩滑灾害,另外公路上车辆运输对坡体也起到一定的振动作用,也加剧了灾害的发生;另外采矿活动为泥石流的发生了提供了丰富的物源。316国道沿线发育的地质灾害皆与人类工程活动有关。

4 地质灾害的发展趋势和防治对策

4.1 地质灾害的发展趋势

研究316国道沿线地质灾害类型、发育特征、成因型等,对地质灾害的发生、发展趋势进行预测,以便提前防范,避免人员伤亡和财产损失是地质灾害防治之根本^[10]。316国道沿线地质灾害的发展趋势为:夏秋季节因降雨集中,崩塌、滑坡、泥石流发生的概率增大,而冬春季节因降雨量较少,灾害发生的概率较小;非雨季过往车辆较多,震动对沿线的危岩体有一定的影响,崩塌发生的概率较大;阳坡比阴坡发生地质灾害的概率较大。公路沿线应禁止开挖、采矿等有人类工程活动,从诱发因素上减少地质灾害的发生。

4.2 防治对策

地质灾害的防治应本着“以防为主、避让与防治相结合”的原则,掌握时机,及早治理,强调灾前以防为主,而不是等灾害发生以后再治^[11],目标是减少地质灾害的发生,通过采取各种措施,实现因灾伤亡人数减少^[12],把灾害损失降到最低,保证现行公路的安全运行等。

316国道沿线地质灾害的防治主要从三个方面着手:加强地质灾害监测预警预报、阻止地质灾害作用与受灾对象相遇,即避让措施^[13];致灾地质作用的防治,即防止灾害发生、减少其灾害损失,进行工程治理。

4.2.1 监测预警

地质灾害防治相关部门建立地质灾害监测预警体系。

(1)对已经发现的地质灾害点和不稳定边坡,建立地质灾害避险工作明白卡,落实监测人、责任人、监测方法及监测时间、防抢撤预案等,发现灾险情即时采取相应的防治措施。

(2)对崩塌、滑坡灾害重点监测后缘裂缝和前缘是否有小崩小落现象,如K2191 km+800 m处(河东店镇麻坪寺村)麻坪寺崩塌目前后缘山体上仍有一条4 m多长、30 cm宽、2 m深的裂缝,汛期雨水入渗贯通裂缝后,很有可能再次发生灾险情。对类似的地质灾害要落实“汛前排查、汛中检查、汛后核查”制度;对沿线泥石流隐患的采矿活动应限制开采,已经形成矿山地质环境问题的按相关的制度加强恢复治理^[14],防患于未然,进一步开展气象预警等^[15]。

(3)立警示牌

对地质灾害危险情大的区域,不能及时采取防治措施的,分段立警示牌,提醒过往行人及车辆注意安全。

4.2.2 搬迁避让^[16]

尽可能避免致灾体与受灾对象相遇,主要方法是搬迁与避让。

(1)对国道坡脚附近的村民,如平安村三组王二湾滑坡等坡脚的村民,应结合陕南移民搬迁政策^[17]尽快实施搬迁避让。

(2)密切关注天气变化情况,尤其是在汛期,前期降水量充沛时,沿线坡脚如有规模不等的松散堆积体,应采取两端禁止通行或绕行。

4.2.3 工程治理

沿线地质灾害和工程地质问题类型多,成因复杂。针对崩塌、滑坡和泥石流灾害的特征,采取不同的工程防治措施。

(1)崩塌的防治措施

对于表层岩体破碎且容易发生坠落的高陡边坡地段,应对其表层破碎物质进行清理,边坡削方减载后利于坡体的稳定;对节理裂隙发育且危岩体相对较大,或者存在负地形的高陡边坡地段,应对坡面进行防护,坡面防护是保护坡体不受水软化的重要措施^[18],如安装柔性防护网等。同时,应在危岩区域外侧修建截排水沟,将地表水和地下水排出崩塌危岩区以外。

(2)滑坡的防治措施

在滑坡的后缘设置截水沟,在前缘和两侧设置排水沟,减小或者消除地表水诱发滑坡的可能;316国道沿线滑坡为残坡积层滑坡,对于中小型滑坡实行削方减载,使坡体趋于稳定;对于滑动面积较大、危害较多的大型滑坡,先清理坡体的残坡积层,然后设置抗滑桩、修筑挡墙、格构加植被防护等。

(3)泥石流的防治措施

316国道沿线4处泥石流均为采矿弃渣引发。建议地质灾害防治管理部门规范沿线的采矿活动,限制地表开采,已经形成矿山地质环境问题的加强恢复治理;同时矿产开发应遵循“谁开发谁治理”的原则,对废渣的堆放提出严格的治理要求;对已存在于沟内的废渣必须进行有效的拦挡;从治理泥石流的长远角度考虑,工程措施应与生物措施相结合。

目前,316国道运行多年以来,地质灾害频发,公路管理门已经投入了大量的人力、财力,在部分危险地段已经设立警示牌,不稳定的崩塌、滑坡边坡已经采取了不同的治理工程。由于地质灾害的动态变化,地质灾害防治的压力尤其汛期十分严峻,新近增加的隐患地段应尽快实施切实可行的防范措施,保证过往车辆和行人的安全,确保316国道南北大通道时刻畅通,促进我国南北地方经济的快速发展。

5 结论

(1)316国道沿线地质灾害以滑坡、崩塌、泥石流为主。崩塌以中型基岩为主,稳定性较差;滑坡以小型残坡积层滑坡为主,稳定性较差;泥石流以小型中~低沟谷型泥石流为主;孕育地质

灾害发育的不稳定边坡坡型、坡向、坡高、宽度和厚度等决定地质灾害的发育特征。

(2) 陡峻的地形地貌是地质灾害发生的前提、地层岩性及其岩土体是地质灾害发生的物质基础、降水和人类工程活动是地质灾害发生的诱发因素。

(3) 316 国道沿线, 夏秋季节因降雨集中, 崩塌、滑坡、泥石流发生的概率增大, 而冬春季节因降雨量较少, 灾害发生的概率较小; 非雨季过往车辆较多, 震动可能诱发崩塌发生; 阳坡比阴坡发生地质灾害的概率较大。

(4) 目前 316 国道沿线已经采取一定的防治措施, 但由于地质灾害的动态变化, 地质灾害防治压力十分巨大, 防治措施以卸荷减载、铺设柔性防护网、设置抗滑桩、监测预警等为主。

(5) 此文章依托于汉台区地质灾害详细调查项目, 项目的实施与应用为汉台区国土资源分局等部门对地质灾害的防范提供了决策与依据。

感谢: 本研究项目在实施过程中得到了汉中市国土资源局、汉中市国土资源局汉台分局及其相关部门的大力支持与帮助, 在此表示衷心感谢!

参考文献:

- [1] 李永红, 向茂西, 贺卫中, 等. 陕西省汉中市汉台区地质灾害详细调查报告[R]. 西安: 陕西省地质环境监测总站, 2013.
- [2] 陕西省地质调查院. 陕西省地质灾害详细调查技术要求(1: 50000)[R]. 西安: 陕西省地质调查院, 2012.
- [3] 苏胜忠. 边坡工程勘察中崩塌落石运动模式及轨迹分析[J]. 工程地质学报, 2011, 19(4): 577-581.
- [4] 袁志辉. 延长县崩塌的数值模拟和运动机理研究[D]. 西安: 长安大学, 2008.
- [5] 贺汇文. 秦岭变质岩区岩体结构特征及公路边坡稳定性研究[D]. 西安: 长安大学, 2009.
- [6] 成良霞, 苏生瑞, 李松, 等. 山区公路强震灾害链影响与控制[J]. 灾害学, 2012, 27(2): 82-91.
- [7] 王福恒. 基于 GIS 的区域公路边坡灾害评价与预测研究[D]. 西安: 长安大学, 2011.
- [8] 刘传正, 苗天宝, 陈红旗, 等. 甘肃舟曲 2010 年 8 月 8 日特大山洪泥石流灾害的基本特征及成因[J]. 地质通报, 2011, 30(1): 141-150.
- [9] 齐洪亮, 田伟平, 李家春. 干线公路灾害防治试点工程灾害特征及治理[J]. 广西大学学报, 2011, 36(4): 611-615.
- [10] 马东涛, 崔鹏, 杨坤. 新疆公路(新疆段)沿线道路病害及成因分析[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(3): 93-98.
- [11] 陈远川, 陈洪凯. 山区沿河公路地质风险形成机制[J]. 灾害学, 2012, 27(3): 6-11.
- [12] 刘传正. 论地质环境变化与地质灾害减轻战略[J]. 地质通报, 2005, 24(7): 597-602.
- [13] 李彩侠, 马煜. 四川东俄洛至炉霍段公路沿线地质灾害类型及其成因[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2013, 24(3): 105-110.
- [14] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T 0223-2011 矿山地质环境保护与恢复治理工程方案编制规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [15] 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.
- [16] 范立民, 何进军, 李存购. 秦巴山区滑坡发育规律研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 15(1): 44-47.
- [17] 陕西省人民政府办公厅. 陕南地区移民搬迁安置工作实施办法(暂行)[EB/OL]. (2013-07-22)[2014-01-08]. baike.baidu.com/view/6865298.htm.
- [18] 贺汇文, 苏生瑞. G316 陕西段地质灾害及对策分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2008, 19(3): 109-111.

Control Measures on Geological Disasters along No. 316 National Road in the South of Qinling Mountains in Shaanxi

Ji Yiwei, Li Yonghong, Xiang Maoxi, He Weizhong, Liu Hainan and Li Hui
(Shaanxi Institute of Geo-Environment Monitoring, Xi'an 710054, China)

Abstract: Hantai section of No. 316 National Road is located in middle-low mountain areas of the southern Qinling piedmont, along which there are complex geological conditions and abundant geohazard types. Geohazards occurred frequently during flood seasons every year, so the roads are often buried by unstable rocks which have a volume of hundreds to tens of thousands of cubic meters. As a result, traffics are blocked for several hours and even several days. Also, passing vehicles and pedestrians are under great threat. Due to the fact that No. 316 National Road is a major channel of China's north-south transport and has an important social influence, types and characteristics of geohazards along Hantai section of No. 316 National Road are analyzed and prevention countermeasures are proposed based on geohazard investigation of Hantai District at a scale of 1: 50000. Field investigation reveals that collapse, landslides and debris flows are the main geohazards. Slope shape, aspect, height, width and thickness of slope body etc. are main inherent factors that determine development characteristics of geohazards along the road. And, rainfall and human activity are main external factors that induce geohazards in the study area. At last, prevention countermeasures including monitoring and early warning, load shedding, flexible support networks and anti-slide piles are proposed, providing decision basis for geohazard prevention of Hanzhong City Land Resources Bureau and other relevant departments, and also providing technical support for prevention of geohazards along highways.

Key words: along No. 316 National Road; types of geohazards; control measure; Shaanxi