

云南大瑞铁路大保段地质灾害特征与诱发因素

杨爱春, 任贵良

(云南南方地勘工程总公司, 大理 671000)

摘要: 大瑞铁路大保段位于云贵高原西部边缘, 著名的横断山脉南段, 地势错综复杂。主要地质灾害崩塌、滑坡、泥石流, 地质灾害的形成的本质因素是地形地貌、地层岩性、地质构造等; 外部因素包括大气降水、植被破坏及人类工程活动等方面。

关键词: 滇西纵谷地带; 跨多个地貌单元; 地质灾害频发; 云南大保段铁路。

中图分类号: P642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-1885(2010)02-185-05

大理—瑞丽待建铁路大理—保山段位于云贵高原西部边缘、著名的横断山脉南段, 东起广大铁路终点大理站, 经漾濞、永平, 西至保山市北面的祁家湾 (见图 1), 全长 138.02km。总体地势东高西低, 北高南低, 为著名的滇西纵谷地带, 跨越多个地貌单元。由东向西经过北亚热带、中亚热带 2 个气候带, 各气候带特征差异较大。区内冬季多为干暖西风, 夏季则转为偏南的温湿气流, 从而形成了冬干夏雨、雨量充沛、不均的气象特点。蒸发量、气温随高程增加而降低, 降雨量则随之增大。降雨量还随季节的不同而变化, 其中 80% 集中在 5 月~10 月。人类活动以及工程建设, 在推动地方经济发展的同时, 也随之带来严重的地质灾害问题。

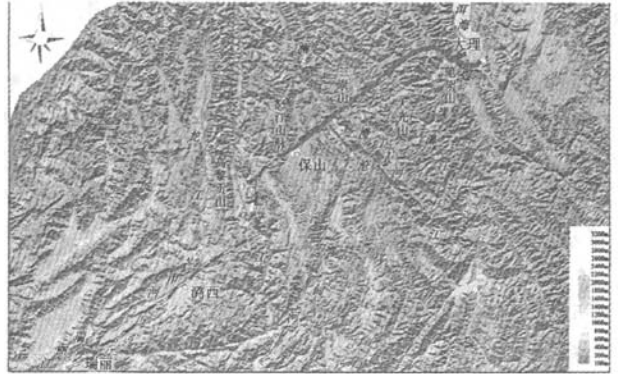


图 1 大保段地形地貌及水系分布遥感图
Fig. 1 Remote Sensing Map of Geomorphology, River System Distribution of Dabao Segment

1 地层岩性

沿线地层从上前寒武统苍山组至新生界第四系均有出露。岩石类型复杂多样, 岩相变化大, 大致的分布范围: 第四系、古近系分布于断陷盆地、河流阶地及河谷内。白垩系、侏罗系、三叠系主要分布于澜沧江活动断裂以东。二叠系、石炭系、泥盆系、志留系、奥陶系分布于澜沧江活动断裂以西。岩浆岩中喷出岩呈夹层状分布于三叠系、石炭系等沉积岩中。变质岩分布于点苍山脉前上寒武统苍山组中, 部分三叠系、泥盆系亦见变质, 另有分布于断裂破碎带中的动力变质碎裂岩。

沿线岩性以碎屑岩、岩浆岩等非可溶岩为主, 化学沉积的可溶岩或其变质岩分布较少。可溶岩碳酸盐岩仅见于三叠系、二叠系、石炭系、泥盆系等地层中。侏罗系中统花开左组上段含石膏, 三叠系上统麦初管组夹煤线。

2 地质灾害类型

大瑞铁路大理—保山段地质灾害有崩塌、滑坡、泥石流, 地质灾害发育类型显著多样性。这种“多

收稿日期: 2009-10-12

作者简介: 杨爱春 (1968~), 女, 白族, 云南大理凤仪人, 工程师, 长期从事工程地质及资源勘查工作。

样性”与该地区特定的地形地貌、岩性、构造条件以及人类工程-经济活动等因素有着极为密切的关系。

2.1 崩塌

存在潜在崩塌隐患的山体斜坡前缘临空,坡度大于 45° ,坡面不平。斜坡岩体结构破碎,节理裂隙比较发育。岩土体有变形迹象,有不规则小裂缝,在不连续结构体或结构面;斜坡所在区域存在大雨-暴雨引发因素;修路、建房等工程开挖形成软弱基座陡崖,或下部存在凹腔,无护坡措施,边坡角大于 40° 。

整个铁路沿线零星发育,规模大小不一,现状调查崩塌17处。其中小型4处,中型9处,大型3处,巨型1处。区内崩塌大多发生在公路切坡地带和人工采石形成的高陡边坡,形成原因主要是岩石节理裂隙发育,多存在两组甚至更多组节理,使岩体较为破碎,加之斜坡过陡,危岩体在重力作用下失稳,形成崩塌。调查的17处崩塌中,11处发育在片岩、片麻岩地层中;1处发育在灰岩、白云岩地层中;5处发育在粉砂岩、泥岩等地层中。

2.2 滑坡

山体斜坡具备下列特征,应认定为存在潜在滑坡隐患:斜坡体前缘临空或隆起,坡度较陡,有季节性地表流水,岩土体较湿坡面上出现裂缝,其上建筑物、植被有变形迹象;斜坡后缘出现裂隙,可见擦痕或有位移迹象;斜坡两侧出现羽状拉张裂缝,未贯通或已贯通形成滑坡侧壁边缘裂缝。

区内滑坡具有如下特点:

(1) 以浅层小型滑坡为主:区内调查滑坡105处,滑动面埋深一般小于15m,滑体规模以小型为主,共59处,滑体规模 $(0.2 \sim 9.6) \times 10^4 \text{m}^3$;中型32处,滑体规模 $(10.8 \sim 98.28) \times 10^4 \text{m}^3$;大型10处,滑体规模 $(111 \sim 661.2) \times 10^4 \text{m}^3$;巨型(古滑坡)4处,滑体规模 $(3\ 354 \sim 26\ 640) \times 10^4 \text{m}^3$ 。

(2) 以岩质滑坡为主:调查滑坡105处中,88处为岩质滑坡,岩性以花岗片麻岩、泥岩、砂岩为主;15处为土质滑坡,岩性以碎石土和粘性土为主;滑体性质为碎块石的有2处。

(3) 控滑结构面以层理面和节理面为主。区内调查的105处滑坡中,滑坡形成的控滑面主要有土/石界面、软弱面、层理面、节理面4种。其中沿层理、节理面滑动有78处,沿软弱夹层层面和土/石界面滑动有27处,区内滑坡主要发生在泥岩、砂岩地层中,滑坡形成的主要原因是各类工程建设中,人工开挖边坡,增大了斜坡临空面,削弱了坡体平衡,加上降水下渗,使软弱结构面抗剪强度急剧降低而失稳,沿土/石界面、软弱夹层层面、层理面和节理面发生滑动。

(4) 现状以稳定性好为主:据统计,区内共有64处滑坡稳定性好;34处滑坡稳定性较差;7处滑坡稳定性差。危害程度以小为主,主要危害旱地、林地及公路。

2.3 泥石流

具备下列特征的地区,应认定为存在潜在泥石流隐患:地形相对陡峭,沟谷比较发育,每20km长度范围内有3条以上沟谷,沟口有堆积扇;山坡面上和沟谷中存在大量自然或人为堆积的松散土岩体,且处于不稳定状态;所在区域大雨-暴雨引发山洪的因素。

泥石流发育的时间集中于每年5月~10月份降雨季节,尤其是年内第一次连续降雨过程中暴雨阶段,空间特征亦很突出。

区内共调查27条现状泥石流沟,沿线均有分布,主要在DK29+500~DK42+000(漾濞泥石流区)、DK100+000~DK108+000(杉阳泥石流区)、DK132+000~DK138+020(保山泥石流区)等地段。调查的27条泥石流沟中,大型1条,中型13条,小型13条,且全部为沟谷型,松散物质来自沟岸崩塌和沟底松散物质的再次搬运。所携带的松散砂、砾石、粘土等大多在沟口堆积,形成洪积扇。一般沟谷上游为形成区,中下游为流通区,沟口一带为堆积区。27条泥石流中,有23条为粘性泥石流,物质组成包括泥岩、页岩、各类砂岩的风化岩土和水的混合物,粘粒含量相对较大;有4条为稀性泥石流,物质组成为圆砾、卵石和水的混合物。易发程度以中等为主。山区沟谷都具备发生泥石流的基本条件;雨季,各沟槽、山岭及坡面松散堆积物在水的作用下,向低洼处汇集,极易形成泥石流。

3 形成条件与诱发因素

3.1 崩塌

3.1.1 形成条件

(1) 地形地貌。区内17处崩塌发育形成的地貌条件有：

一是较陡的地形坡度，且坡面形态凸凹不平；二是较高的坡体，位能差较大；三是具有一定的临空抛出空间。

调查区沿线除山间盆地外，其余均为基岩山区，侵蚀切割强烈，坡陡谷深，相对高差达数百米；沟壑密布，切深壁陡，几近直立状，相对高差数十米至百余米，为崩塌形成提供了有利地貌条件。

(2) 地层岩性与岩体结构

① 东部、西部基岩山区，块状、厚层状坚硬花岗岩片麻岩、石英砂岩、碳酸盐岩等脆性岩体（层），常形成陡峭边坡，且构造节理和卸荷裂隙发育，是形成崩塌的“优势”地层岩性，极易产生崩塌。

② 中部软、硬岩性相间地层，如白垩系、侏罗系、三叠系等中厚层砂岩与页岩、泥岩互层，是造成本区软基座型崩塌的主要原因。

(3) 地质构造：区内崩塌大都发生在：①与区域性骨干断裂带走向平行的陡峭斜坡带；②几组断裂交汇的峡谷处，以及与斜坡走向平行的紧密褶皱轴的两翼地带。

这些地带构造作用使得岩层强烈变形，岩体的完整性、稳定性遭到严重破坏，整体刚度降低，各种断裂面、节理面、裂隙面发育，造成岩层破碎，使其解体卸荷形成崩塌，如大沙坝崩塌，田心村崩塌等。

3.1.2 诱发因素

(1) 气象因素

表现在气温和降雨作用两个方面。前者促进崩塌孕育，后者激发崩塌产生。

调查区地处北亚热带、中亚热带两个气候带，气温随季节及昼夜变化幅度较大，导致区内岩石物理风化作用加剧，促进了崩塌的孕育形成。

大气降雨激发作用表现在：降雨将岩体裂隙充盈，产生静、动水压，并使裂隙中充填物软化或淘空，以致崩塌体与母体之间抗拉强度及抗剪强度降低，从而诱发崩塌。降水还同时增加了土体自重，且形成的沟谷迳流，又常使坡脚蚀空软化，导致土质崩塌。调查结果表明：区内崩塌大多出现在雨季，尤其是暴雨季节，其根源也就在此。

(2) 人类活动因素

人类活动包括采石、采矿、修路架桥、挖渠建库等，以不同途径使得自然坡度变陡、坡体临空面增大。加之经常使用爆破作业方式，导致边坡岩土体中各种结构面力学强度降低，甚至改变整个边坡的稳定性，从而诱发崩塌。

区内崩塌点均位于公路边，形成条件大体相同：①人工开挖岩质边坡过高过陡，且边坡岩体较为破碎，使之呈临空-半临空状态，导致边坡整体不稳定，这是崩塌产生的前提条件。②边坡局部地段垂直节理与顺坡向缓倾角节理等构成不利结构面组合，这是发生崩塌的决定性因素。③表部植被破坏及地表水沿节理、裂隙面渗流，是加剧崩塌发生的主要因素。

3.2 滑坡

3.2.1 形成条件

产生滑坡主要有二个条件：一是地质条件与地貌条件；二是内外营力（动力）和人为作用影响。第一条件与以下几个方面有关：

(1) 地形地貌。滑坡形成的地形地貌条件有：地形坡度、坡面形态、临空面、斜坡结构类型及其组合状况等，它们构成区内滑坡形成的基础条件。调查区处于滇西纵谷地带，沟谷侵蚀切割深度大，地形陡峭，是滑坡孕育、产生的有利地貌部位；区内沟壑发育，谷深坡陡，坡脚临空空旷，特别是在久雨或暴雨季节，坡脚被水浸润或淘蚀，更易于滑坡的发生和发展。

(2) 地层岩性：地层岩性是滑坡形成的物质基础。区内地层出露齐全，岩性组合复杂。不同地层岩性及不同岩性组合关系，对滑坡孕育、发生、发展影响各不相同，产生滑坡的形式、规模、频率亦不相

同。一般说, 各类岩、土都有可能构成滑坡体, 其中结构松散、抗剪强度和抗风化能力较低, 在水的作用下其性质能发生变化的岩、土, 如松散覆盖层、红粘土、页岩、泥岩、灰岩、片麻岩、板岩及软硬相间岩层等所构成的斜坡易发生滑坡。

(3) 地质构造: 突出表现在两方面:

① 升、降运动, 加剧了地形起伏, 侵蚀切割能力增强, 地形高差发展悬殊, 位能差加大, 为滑坡形成提供有利条件。

② 褶皱、断裂运动, 造成岩体整体性破坏, 产生断层面、裂隙面、节理面及不整合面等多种软弱结构面充当滑动面(带), 从而造成滑坡发生。基岩山区部分岩质滑坡, 即是这种构造作用形成的。

(4) 水文地质条件: 地下水活动, 在滑坡形成中起着主要作用, 表现在: 软化并降低岩、土体强度, 产生动水压力和孔隙水压力, 潜蚀岩、土, 增大岩、土容重, 对透水岩层产生浮托力等。尤其是对滑面(带)的软化作用和降低强度的作用最突出。

就第二条件而言, 在现今地壳运动地区和人类工程活动频繁地区是滑坡多发区, 外界因素和作用, 可以使产生滑坡的基本条件发生变化, 从而诱发滑坡。主要诱发因素有: 地震、降雨和融雪、地表水冲刷、浸泡、河流等地表水体对斜坡坡脚的不断冲刷; 不合理人类工程活动, 如开挖坡脚、坡体上部堆载、爆破、水库蓄(泄)水、矿山开采等都可诱发滑坡。

3.2.2 诱发因素

(1) 气象因素

大气降水是区内滑坡发生的主要诱发因素。不同岩性滑坡体, 其诱发机制不同。

① 岩质滑坡

a. 降水通过对软弱夹层的浸水软化作用, 造成抗剪强度降低, 形成滑动面, 从而造成滑坡发生。

b. 降水进入滑动带后, 由于水体静、动水压作用, 使带(界)面上、下两侧岩体之间有效法向应力及摩擦力降低, 从而诱发滑坡。

② 土质滑坡

主要针对覆土层而言。降水作用一是使滑体自重大幅增加; 二是使滑动带土受到浸润而抗剪强度迅速下降, 而产生滑坡。

调查区局部地区, 岩体表部风化作用强烈, 呈豆腐渣状, 厚达2米~10米, 其下为相对致密坚硬新鲜岩体。该地带在降水影响下, 风化带饱水增重, 且下渗水于新鲜岩体接触面处形成富集, 造成滑移界面, 亦可诱发滑坡。

(2) 人类工程活动诱发滑坡。违反自然规律、破坏斜坡稳定条件的人类活动都会诱发滑坡。如:

① 坡脚开挖: 公路、铁路、水利工程建设, 常常形成人工开挖边坡, 使斜坡外形和应力状态发生不良改变。常造成岩土体临空面增大, 斜坡支撑力减小, 岩土内聚力降低, 抗滑力减弱, 边坡失稳, 诱发滑坡。如深长村滑坡、杨梅岭滑坡。

② 蓄水、排水: 水渠和水池漫溢和渗漏, 工业生产用水和废水排放、农业灌溉等, 均易使水流渗入坡体, 加大孔隙水压力, 软化岩、土体, 增大坡体容重, 从而促使或诱发滑坡发生。水库水位上下急剧变动, 加大了坡体动水压力, 也可使斜坡和岸坡诱发滑坡发生。支撑不了过大重量, 失去平衡而沿软弱面下滑。尤其是厂矿废渣不合理堆弃, 常常触发滑坡发生。如鸡舌箐滑坡。

③ 陡坡耕植: 因陡坡耕植及人为对地表植被的破坏, 造成土质疏松, 降水作用增强, 从而诱发滑坡。劈山开矿的爆破作用, 可使斜坡岩、土体受振动而破碎产生滑坡; 山坡上乱砍滥伐, 使坡体失去保护, 有利于雨水等水体入渗从而诱发滑坡等等。如果上述人类作用与不利自然作用互相结合, 则就更容易促进滑坡发生。

随着经济发展, 人类越来越多的工程活动破坏了自然坡体, 因而近年来滑坡发生越来越频繁, 并有愈演愈烈的趋势, 应加以重视。

3.3 泥石流

泥石流形成必须同时具备以三个条件: 陡峻便于集水、集物的地形、地貌; 有丰富松散物质; 短时间内有大量水源。

(1) 地形地貌：地形上具备山高沟深，地形陡峻，沟床纵坡降大，流域形状便于水流汇集。地貌上，泥石流地貌一般可分为形成区、流通区和堆积区。上游形成区的地形多为三面环山，一面出口的瓢状或漏斗状，地形比较开阔、周围山高坡陡、山体破碎、植被生长不良，这样的地形有利于水和碎屑物质集中；中游流通区地形多为狭窄陡深的峡谷，谷床纵坡降大，使泥石流能迅猛直泻；下游堆积区地形为开阔平坦的山前平原或河谷阶地，使堆积物有堆积场所。

(2) 松散物质来源：泥石流常发生于地质构造复杂、断裂褶皱发育，新构造活动强烈，地震烈度较高地区。地表岩石破碎，崩塌、错落、滑坡等不良地质现象发育。为泥石流形成提供了丰富的固体物质来源；另外，岩层结构松散、软弱、易于风化、节理发育、或软硬相间成层地区，因易受破坏，也能为泥石流提供丰富碎屑物来源；一些人类工程活动，如滥伐森林造成水土流失，开山采矿、采石弃渣等，往往也为泥石流提供大量物质来源。

(3) 水源：水既是泥石流重要组成部分，又是泥石流激发条件和搬运介质（动力来源），泥石流水源，有暴雨、冰雪融水和水库（池）溃决水体等形式。调查区泥石流水源主要是暴雨、长时间连续降雨等。

参 考 文 献

- [1] 中国人民解放军建字七三〇部队. 1:20 万大理幅区域水文地质普查报告 [R]. 1977.
- [2] 云南省地质矿产局. 1:5 万大理县、下关市、凤仪镇幅区域地质调查报告 [R]. 1990.
- [3] 中国人民解放军〇〇九三九部队. 1:20 万永平幅区域水文地质普查报告 [R]. 1979.
- [4] 云南省地质矿产局. 1:20 万永平幅区域地质调查报告 [R]. 1979.
- [5] 中国人民解放军〇〇九三九部队. 1:20 万保山幅区域水文地质普查报告 [R]. 1980.
- [6] 云南省地质矿产局. 1:20 万保山幅区域地质调查报告 [R]. 1980.
- [7] 中铁二院工程集团有限责任公司. 新建大瑞铁路大理至保山段勘察报告 [R]. 2007.
- [8] 铁道第二勘察设计院. 新建铁路大理至瑞丽线可行性研究说明书 [R]. 2006.
- [9] 中国地震局地壳应力研究所. 大理至瑞丽线工程场地地震安全性评价报告 [R]. 2006.
- [10] 云南省地质矿产局第一、第二水文地质工程地质大队. 云南省地质灾害调查及对策研究报告 [R]. 1990.
- [11] 云南南方地勘工程总公司. 新建大瑞铁路大理至保山段工程建设项目地质灾害危险性评估报告 [R]. 2007.
- [12] 云南南方地勘工程总公司. 中缅油气管道（云南段）工程建设项目地质灾害危险性评估报告 [R]. 2007.

(下转 145 页)

ZONATION AND ORE PROSPECTING LONGYANG ORE CONCENTRATION AREA IN BAOSHAN, YUNNAN

ZHANG En-cai¹, CHEN Xin-min², LI Zhi-hong¹, DONG Xue-lan¹, YANG Su-huan¹

(1. Longyang Mining Company (Ltd) of Baoshan, Baoshan 678000)

(2. Hengyuan - Xunmao Mining Company (Ltd) of Baoshan, Baoshan 678000)

Abstract: The typical ore deposit of this ore concentration area has the evident horizontal and vertical zonation. The horizontal zonation is as follows: Fe deposit in the center of metallogenesis, Cu - Fe (local), Cu, Pb - Zn, Au ore body (local) successively outward; the vertical zonation: Au or Au - Pb - Zn ore body in the surface and upper part, Pb - Zn, Cu, Cu - Fe (local), Fe ore body successively downward. The study on zonation characteristics of ore deposit can guide the further ore prospecting in this orefield.

Key Words: Horizontal and Vertical Zonation; Horizontal Metallogenetic Multicenter; Au - Pb - Zn - Cu - Fe Multimetallic; Longyang, Baoshan, Yunnan

(上接 189 页)

THE CHARACTERISTICS AND FORMATION CONDITION OF GEOLOGICAL DISASTER IN DABAO SEGMENT OF DARUI RAILWAY, YUNNAN

YANG Ai-chun, REN Gui-liang

(Yunnan General Company of S Geoeexploration Engineering, Dali 671000)

Abstract: The Dabao segment of Darui railway is in the W margin of Yun - Gui plateau, the S part of famous Hengduan Mts, with very complex and various geomorphology. The main geological disaster includes collapse, slide and debris flow. The inner factors of geological disaster are geomorphology, lithologic character and geological structure, etc, whereas the outer ones include atmosphere precipitation, vegetation damage and man - induced engineering activities, etc.

Key Words: Longitudinal Valley Area of W Yunnan; Composite Geomorphologic Unit; Frequent Geological Disaster; Dabao Segment Railway of Yunnan