

doi:10.13301/j.cnki.ct.2016.08.041

# 西藏札达县巴拉河喀拉滑坡遥感监测\*

张凤太<sup>1</sup>, 李松<sup>1,2</sup>, 罗绪强<sup>3</sup>

(1. 贵州师范学院 资源环境与灾害研究所, 贵阳 550018; 2. 中国科学院 遥感与数字地球研究所, 北京 100101; 3. 中国科学院 地球化学研究所, 贵阳 550002)

**摘要:** 以2006年9月4日的Quickbird遥感影像为数据源,在几何校正的基础上,叠加数字高程模型和地质图,进行西藏阿里地区札达县巴拉河喀拉滑坡的遥感解译。在滑坡要素解释的基础上,结合河流侵蚀速率的研究成果,分析喀拉滑坡的相对时间。

**关键词:** 西藏; 遥感; 喀拉滑坡; 监测

中图分类号: P642.22 文献标志码: A 文章编号: 1008-8725(2016)08-0100-04

## Remote Sensing of Har Landslide at Bala River in Zanda County of Tibet

ZHANG Feng-tai<sup>1</sup>, LI Song<sup>1,2</sup>, LUO Xu-qiang<sup>3</sup>

(1. Institute of Region Rourism, Guizhou Normal College, Guiyang 550018, China; 2. Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 3. Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China)

**Abstract:** A remote sensing image of Quickbird on September 4, 2006 was captured. On the basis of geometric correction, a landslide was interpreted through visual interpretation overlapping digital elevation model and geological map. Finally, combined remote sensing image with related studies of fluvial erosion velocity, the relative time was discussed.

**Key words:** Tibet; remote sensing; Kala landslide; monitoring

\* 国家自然科学基金项目(31100187); 贵州师范学院博士重点项目(14BS018); 贵州环境特色重点学科项目; 贵州省科技厅项目(J20112048)

### 0 前言

当前遥感技术出现了“高空间分辨率、高光谱分

(2) 两两作比较,更加定性和定量地说明了影响煤层气资源评价的各要素之间的重要性。

(3) 对河北6个矿区主开采煤层进行了煤层气资源评价,结果表明,峰峰-邯郸矿区是最有利的区块开滦矿区为较有利区块,切实地指导了河北煤层气勘探开发工作,有助于其他地区的选区和开采工作。

参考文献:

- [1] 罗东坤, 吴晓东, 张宝生. 中国煤层气资源技术经济评价[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2010
- [2] 王猛. 河北省煤矿区瓦斯赋存的构造逐级控制[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2012.
- [3] 刘刚, 朱炎铭, 侯晓伟, 等. 开平煤田构造曲率与煤层气赋存特征[J]. 煤炭技术, 2015, 34(11): 123-125.
- [4] 邵龙义, 侯海海, 唐跃, 等. 中国煤层气勘探开发战略接替区优选[J]. 天然气工业, 2015, 33(3): 1-11.
- [6] 张新民, 韩保山, 李建武, 等. 煤层气技术可采资源量预测方法[J]. 天然气工业, 2005(1): 8-12, 205.
- [7] 李俊乾, 刘大锰, 姚艳斌, 等. 基于主地质参数的煤层气有利开发区优选及应用[J]. 现代地质, 2014, 28(3): 653-658.
- [8] 刘伟韬, 张文泉, 李加祥. 用层次分析-模糊评判进行底板突水安全性评价[J]. 煤炭学报, 2000(3): 278-282.
- [9] 罗金辉, 杨永国, 秦勇, 等. 基于组合权重的煤层气有利区块模糊优选[J]. 煤炭学报, 2012, 37(2): 242-246.

作者简介: 代旭光(1991-), 江苏徐州人, 硕士研究生, 研究方向: 煤层气和页岩气开发地质, 电子信箱: 18252430765@163.com; 通讯作者: 王猛.

责任编辑: 王凤英 收稿日期: 2015-12-22

可采资源量较低仅为  $31.83 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 占潜力资源储量的1.3%, 加之资源丰度极低使得其开发潜力大大降低, 综合而言, 平原区煤层气资源具有“潜在气量足, 可采资源微, 难以开采”的特点。综合考虑矿区采空区位置, 认为峰峰矿区和邯郸矿区为最具开发潜力。煤层气有利区块优化结果如图2所示。

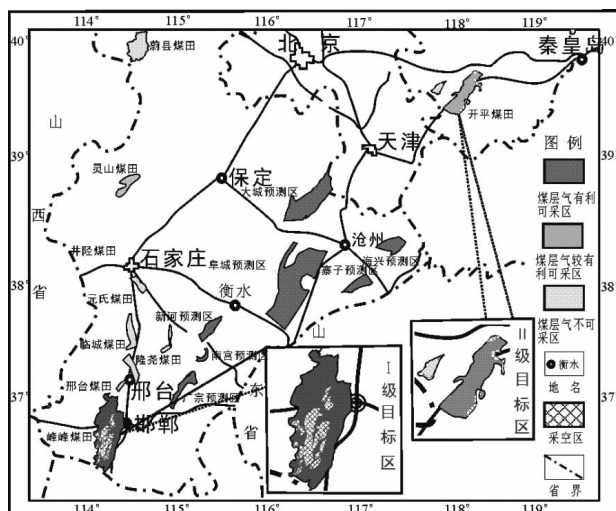


图2 煤层气有利区块优选结果

### 3 结语

(1) 煤层气有利区块优选是一个比较复杂而模糊的过程, 模糊数学方法用于煤层气开发中, 不但可以借鉴专家的相关建议, 而且其中定性的指标量化, 结果更加简明更具科学性。

分辨率、高时相分辨率”、“多传感器、多平台、多角度”的“三高”和“三多”的趋势,在滑坡信息识别、滑坡预警和监测、滑坡工程及防治、滑坡规模估算方面,都有研究和应用。目前,滑坡遥感识别主要是以数字滑坡技术为基础,采用人机交互解译方式进行。本文的研究对象位于西藏阿里地区札达县西部巴拉河中游,中国和印度边界。由于崎岖破碎的地形地貌,研究区域斜坡稳定性较差,滑坡体堰塞巴拉河,对下游造成一定的影响。

## 1 研究方法

### 1.1 区域概况

滑坡区位于西藏阿里地区札达县西部,中国最西端的巴拉河中游喀拉村庄左侧,属山地半荒漠与荒漠区,区内山高谷深,最高山峰海拔 6 790 m,最低为 3 100 m,最大高差达 3 690 m。属高原亚寒带干旱季风气候区,太阳辐射强烈,年日照时数 3 000 h 左右。干旱少雨,年降水量 50~150 mm,最暖月均气温 14℃,最冷月平均温-13℃,全年只有冬春两季,大风日数超过 100 d,植被类型为山地荒漠草原和荒漠植被。

### 1.2 滑坡基本术语

滑坡识别就是滑坡要素的识别。如图 1 所示,滑坡发生后,滑坡体和滑坡壁会构成特殊的圈椅状滑坡地形。一个典型的滑坡一般具备如下要素:滑坡周界、滑坡后壁、拉张裂缝、滑坡体、滑动面、滑坡床、滑坡台阶、剪出口、滑坡舌、滑坡侧壁、滑坡轴、滑坡鼓丘、后缘洼地、滑垫面。自然界的滑坡并非都具备以上要素,但滑坡壁、滑坡体、滑动面、滑动带和滑坡床、剪出口、滑坡周界、滑坡周是滑坡都具备的基本要素。一般情况下,影像上只能够识别滑坡周界、滑坡壁、滑坡体。独特的滑坡形态要素是滑坡遥感解译的关键因素。

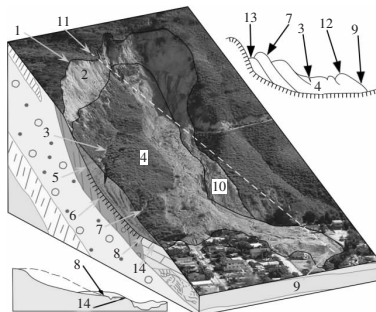


图 1 典型滑坡要素示意图

- 1.滑坡周界 2.滑坡后壁 3.拉张裂缝 4.滑坡体 5.滑动面 6.滑坡床  
7.滑坡台阶 8.剪出口 9.滑坡舌 10.滑坡侧壁 11.滑坡轴  
12.滑坡鼓丘 13.后缘洼地 14.滑垫面

按滑坡发生的相对年代,将滑坡分为 4 类:新滑坡:现今正在发生滑动的滑坡;老滑坡:全新世以来发生滑动,根据国际地层委员会,也即 1.17 万 a 以

来发生的,现今整体稳定的滑坡;古滑坡:全新世以前发生滑动,也即 1.17 万 a 以前发生的,现今整体稳定的滑坡;埋藏滑坡:指滑坡体已经被埋藏而不出露与地表的滑坡,是相对于露天滑坡而言的。

### 1.3 数据源和处理方法

本研究以 2006 年 9 月 4 日的 Quickbird 遥感影像为数据源,由于 Quickbird 的多光谱波段和 TM 影像的前 4 个波段相似,分辨率为 2.44 m,其全色影像分辨率 0.61 m。采用 321 波段组合后,利用 Erdas 软件进行分辨率融合。以 1:50 000 的地形图为基础地理信息,采用 B 样条法对影像和地质图进行几何配准,校正精度控制在 1 个像元以内。由于研究区遥感成像条件极佳,不单独对影像实施大气校正。

## 2 解译结果与分析

### 2.1 滑坡解译结果

滑坡中心位置 32°16′53.35″N,78°44′16.06″E,滑坡后壁带有菱形转折特征,后壁最高边缘处有 1 组呈现辐向特性的裂缝(见图 2),并存在倾向与斜坡后缘大致相似的堆积地貌(见图 3),多级斜坡阶地及其斜坡前缘凸起,河流左岸的孤立巨石(见图 4 中的 a,右下角为洪水期河流淹没后的孤立巨石的顶部)。基岩及其上覆黏土为滑坡提供了必备的物质来源。斜坡对面是被巴拉河支流侵蚀出的开阔空间,为滑坡提供了滑动的“临空面”。滑坡体南北向边界受断裂带的控制,部分物质与滑坡体整体分裂,活动到了更远的范围,今天的喀拉村位于滑坡体前缘不到 500 m,推测在河相沉积基础上受到这次滑坡的影响。滑坡发生所在地的村落名为喀拉(见图 2),命名为喀拉滑坡,滑坡整体处于稳定状态。

喀拉滑坡形似 NW14°向延伸的椭圆,椭圆长轴和短轴比超过 2:1。喀拉滑坡平均滑动方向 66°,平均宽约 3.1 km,斜坡平均长度 1.21 km,滑坡面积 3.47 km<sup>2</sup>,滑坡体面积 2.69 km<sup>2</sup>。滑坡后壁完整,后壁平均走向 NW15°,最大高度差达 300 m,滑坡体平均坡度 24°。滑坡后缘高差超过 400 m,而滑坡体前缘直达河流,其高差不过 40 m,滑坡前后缘最大高差达 620 m,如图 2、图 3、图 5 所示。从影像上判断,喀拉滑坡具有分级分块滑动的特征,大致可分为北、中、南 3 个次级的滑体,各分级滑坡体的平均滑动方向分别为 113°、80°、66°,各次级滑坡体都发育 3 级以上的滑坡平台,平台坡度 6°~17°不等。

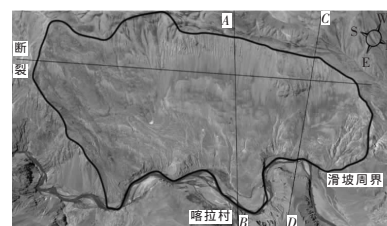


图 2 喀拉滑坡 Quickbird 影像解译结果图

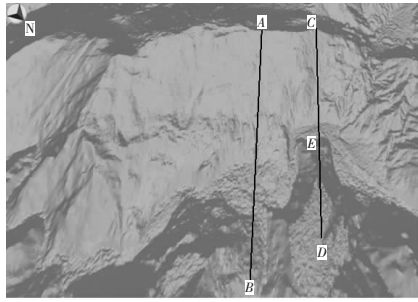


图3 喀拉老滑坡 3D 图

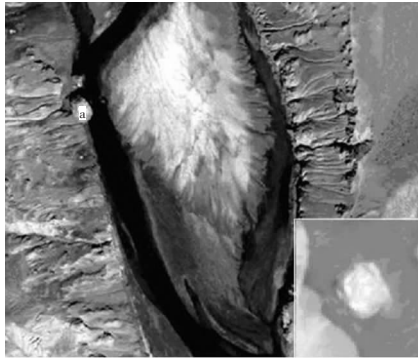


图4 喀拉滑坡体前缘的巴拉河道

## 2.2 地质条件

根据《西藏自治区地质志》和滑坡区 1:250 000 地质图,滑坡发育在二叠系上统色龙群上部曲部日嘎组( $P_{3pb}$ )与中统色龙群上部曲布日嘎组( $P_{2pb}$ )变质岩接触带的深大断裂附近,滑坡后缘与  $P_{3pb}$ 、 $P_{2pb}$  的边界基本一致。 $P_{3pb}$  由灰绿色砂板岩、灰绿色变砂岩夹绢云母千枚状板岩组成, $P_{2pb}$  由灰绿色砂板岩、细粒含炭质绢云母石英千枚状板岩、灰绿色变砂岩夹云母片岩,局部夹灰白色灰岩,砂板岩、变砂岩、石英杂砂岩、灰岩与绢云母千枚状板岩、云母片岩岩性硬软相间,千枚岩、绢云母及云母等由黏土矿物组成的岩类在上覆硬、厚岩层及水的作用下极易形成滑面。喀拉滑坡左右及后侧的大断裂基本控制了滑坡边界格局。前方为巴拉河河谷,所以该滑坡有形成滑坡的物质、构造及临空面条件。

## 2.3 形成时代分析

为分析滑坡形成的相对年代,以 1:5 000 比例尺的 DEM,从 A 到 B、C 到 D 分别切割 2 条滑坡剖面,切点位置如图 2 和图 3 所示。剖面线 AB 和 CD 中,剖面 AB 为以凹形坡,形状较为光滑,其前后缘高差达约 580 m。剖面 CD 显示,滑坡体有个滑坡平台,其坡度小于  $10^\circ$ ,滑坡体下为宽约 100 m 的小平台(见图 2 和图 5),巴拉河在滑坡体前沿和平台之间变成 1 条窄窄的河道,如图 4 所示。巴拉河对面是两级平台(图 3 中的 E 和 D 和图 5 中的 c),低一级的平台 E 与滑坡平台 a 高程相当,高一级的平台 D 面积较大且坡度平缓,高程为 4 000 m。结合 Quickbird 影像、滑坡剖面 and DEM 推测,喀拉滑坡发生时,滑坡体前缘达到平台 E,并曾经阻塞河道,后

被河水沿着滑坡体和平台结合部的软弱地带开辟新河道,如图 4 所示。

如图 5 所示,喀拉滑坡体将如今的平台 a 和 c 连接成整体,形成滑坡坝体围河成湖,后来湖水冲开坝体的脆弱部位,开辟新河道,并在青藏高原地壳抬升和河流下蚀的综合作用下,形成了如今的喀拉滑坡地貌格局。在喀拉滑坡区内,地壳抬升速率可视为处处相等,估算出河流将平台 a 和 c 的中间部分向下侵蚀到 b 高程所需的时间。图 5 中,从 DEM 上测得平台 a 和 c 前端到 b 的平均距离约为 59 m。由于研究区河流下切研究为空白,以青藏高原东缘的岷江各河段河流下切速率计算下切所需的时间。岷江各河段的下切速率不同:1.07~1.61 mm/a、1.81 mm/a 和 0.59 mm/a,文献[5]选取最小值 0.59 mm/a 计算,有:59 m/0.59 mm/a=100 000 a,喀拉滑坡发生的相对时间不超过 10 万 a。

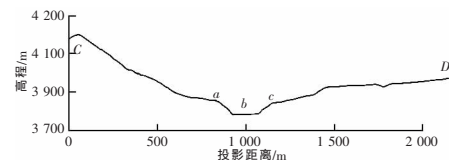


图5 喀拉老滑坡剖面图

确定古(老)滑坡发生时间更准确的方法是通过放射性碳测年法测定被滑坡体掩埋的树木年代,以此确定滑坡发生的时间。因为交通可达性接近于零,对于喀拉滑坡而言,由于该区域人烟极端稀少,可行的方法是在滑坡体上找到比较深的冲沟,估算出滑坡发生后流水将冲沟侵蚀到如今的深度所需的时间,作为滑坡体发生的相对时间。选择图 2 中剖面 AB 附近的 3 条冲沟,从 0.61 m 分辨率的 Quickbird 全色影像上量取的宽度均为 2.0 m。由于冲沟实际上相当于河流发育的最初期,一般山区河流宽深比峡谷段不大于 10,宽谷段宽深比达到 60,按峡谷段的宽深比的上限估计,根据遥感影像特征,冲沟深度 0.20 m,结合地形图分析,喀拉滑坡不远处的巴拉河下游河段宽深比 25:1(m),附近的宽深比为 4:0.3(m),根据影像阴影,冲沟深度不足 0.20 m,1:50 000 地形图上,巴拉河季节性河流在 6~9 月共 3 个月有流水,得出修正系数  $3/12=0.25$ ,取上面的下蚀速率 0.59 mm/a 计,据此计算:0.2 m/0.59 mm/a/0.25  $\approx$  0.14 万 a。考虑到巴拉河流域干旱,但是滑坡体堆积初期的冲沟表面疏松而破碎,比较容易侵蚀。结论是:喀拉滑坡形成时间不到 1 万 a,是一个老滑坡。

## 3 结语

湿润半湿润地区发生的新滑坡,由于植被覆盖度较高,滑坡区和背景区的光谱差异明显,滑坡解译比较容易,甚至可以采用遥感自动方法辅助解译,提高解译精度和效率。对于发生年代较久的古滑坡和老滑坡,由于滑坡地形破坏严重,遥感影像背景区和

doi:10.13301/j.cnki.ct.2016.08.042

# 龙门峡北矿煤层顶底板灰岩水害分析与治理研究

唐文胜

(四川达竹煤电(集团)有限责任公司 小河嘴煤矿,四川 达州 635000)

**摘 要:** 针对龙门峡北矿顶底板强含水地层潜在的矿井突水风险,合理运用水文地质物探技术,超前探明顶、底板含水层导水通道突水是矿井涌水的主要来源,提出有效治理方案对矿井强含水层截流区域水害进行治理。

**关键词:** 灰岩水害;疏干降压;帷幕注浆

中图分类号: TD745 文献标志码: A 文章编号: 1008 - 8725(2016)08 - 0103 - 04

## Study on Analysis and Control of Limestone Water Disaster in Roof and Floor of Longmenxia North Coal Mine

TANG Wen-sheng

(Xiaohuzui Coal Mine, Sichuan Dazhu Coal Power(Group) Co., Ltd., Dazhou 635000, China)

**Abstract:** For the potential inrush water risk of strong aquifer in the roof and floor of Longmenxia north mine, hydrogeological geophysical exploration technology was rationally used to ascertain specific circumstances of water bearing rock stratum in advance. The results showed that inrush channel of roof and floor is the main source of mine water inrush. Effective governance scheme was proposed to control mine strong aquifer flood.

**Key words:** limestone water disaster; drainage and depressurization; curtain grouting

### 0 前言

疏干降压是我国矿井防治水害的主要技术措施。国内除普遍采用经常性疏干排水外,还先后进行了峰峰矿区和淄博矿区的薄层灰岩水的疏干和降压及邯郸矿区的疏干工作程序和疏干勘探方法。围绕这种主动防治水方法,发展了相应的钻探、排水新技术。

### 1 工程概况

龙北矿位于四川省渠县望溪乡,在建矿井位于川东褶皱带华蓥山背斜北段倾伏端之龙门峡北井田。主平硐口位于背斜西翼 21 号勘探线附近的张家大院子一带,开拓方式为平硐+暗斜井,标高 313.10 m。设计生产规模 45 万 t/a。

全矿井划分+50 m 和-200 m 两个水平,共 11 个采区。首采工作面布置在一采区一区段南翼,可

采储量 3 041.6 万 t。矿井设计可采储量 3 041.6 万 t,其中+50 m 水平以上设计可采储量 1 383.4 万 t,-200 m 水平以上设计可采储量 1 658.2 万 t。可采煤层 1 层,煤层赋存倾角 4°~35°,煤层总厚度 0.68~3.27 m,平均厚度 1.77 m,属全区可采煤层。龙门峡北井田煤层构造形态为背斜,华蓥山背斜呈南北走向。轴部煤层倾角平缓,为 4°~12°,向东、西翼倾角变大,倾角 12°~35°。

### 2 矿井水害问题与防治方法研究

#### 2.1 矿井主要水害问题

龙门峡北矿首采区工作面 I<sub>1</sub> 煤层上覆地层龙潭组第二、四段与下伏茅口组灰岩,层面裂隙和层间裂隙相对较发育,是地下水运移和循环交替的良好

滑坡区的光谱差异较小,滑坡的遥感识别难度很大,需要深厚的专业知识背景,尤其干旱地区的滑坡,解译难度更大。很多情况下,需要编目资料的辅助,借助现场地质勘查手段加以验证。本研究由于地形环境十分恶劣,交通通达度几乎为零,基本上没有现场勘查验证的可能。在这样的情况下,采用遥感识别方法,对当地环境监测能够发挥积极的作用。对于其他地区,由于遥感具有独特的优势,作为其他手段的前期工作方法,能够降低成本,有效地提高效率。

参考文献:

[1]李德仁. 利用遥感影像进行变化检测[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2003(S1): 7-12.

[2]王治华. RS+GCPs 获取滑坡基本信息[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 15(1): 94-101.

[3]杨志双. 工程地质学[M]. 北京: 地质出版社, 2011.

[4]李勇, 曹叔尤, 周荣军, 等. 晚新生代岷江下蚀速率及其对青藏高原东缘山脉隆升机制和形成时限的定量约束 [J]. 地质学报, 2005(1): 28-37.

[5]周彬, 杨达源, 韩志勇, 等. 长江三峡河段下切速率研究[J]. 第四纪研究, 2006, 26(3): 406-412.

[6]李松, 李亦秋, 安裕伦. 基于变化检测的滑坡灾害自动识别[J]. 遥感信息, 2010(1): 27-31.

作者简介: 张凤太 (1979-), 山东沂南人, 副教授, 博士研究生, 主要研究方向: 水文水资源与区域可持续发展等, 电子信箱: zhfthero@126.com; 通讯作者: 李松, 电子信箱: zhijinese@163.com.

责任编辑: 王凤英 收稿日期: 2014-11-23