

doi:10.3969/j.issn.2097-0013.2022.02.007

## 三峡库区潜在顺层岩质滑坡识别的宏观判据

常宏

CHANG Hong

中国地质调查局武汉地质调查中心(中南地质科技创新中心),湖北武汉430205

Wuhan Center of China Geological Survey (Central South China Innovation Center for Geosciences), Wuhan 430205, Hubei, China

**摘要:**如何精准识别潜在的滑坡地质灾害是当前的技术难题。近年来利用综合遥感技术进行重大隐患早期识别研究方兴未艾,但对无明显变形和地貌特征的潜在滑坡难以奏效。三峡库区地质灾害防治实践较多,在顺层岩质滑坡方面有一定研究基础,同时也有蓄水后的新生实例可供分析。本文即在前人研究成果基础上,结合三峡地区河流地貌演化研究方面的认识,针对水库型潜在顺层岩质滑坡,运用类比法和归纳法,通过对千将坪滑坡、杉树槽滑坡和卡门子湾滑坡特殊地质条件的对比研究,并类比域外的瓦依昂滑坡和塘岩光滑坡,归纳总结了三峡库区潜在顺层岩质滑坡识别的宏观判据,涉及特殊的构造部位、构造活动、岸坡结构、易滑地层及地貌形态等,并进行了解释说明及流程简述;寄望于未来防治实践据此进行筛查排查,可望较为精准地圈定隐患范围,进而纳入现行监测预警体系,以实现事半功倍的防控效果。

**关键词:**滑坡;顺层滑坡;岩质滑坡;水库型滑坡;潜在滑坡识别;识别判据;三峡库区

中图分类号:P642.22

文献标识码:A

文章编号:2097-0013(2022)02-0265-08

### Chang H. 2022. Macroscopic Criterion of Identifying Potential Bedding Plane Rock Landslides in the Three Gorges Reservoir Region. *South China Geology*, 38(2): 265-272.

**Abstract:** How to accurately identify the potential landslides is a current technical challenge. In recent years, early detection of potential catastrophic geohazards with integrated remote sensing technologies is in the ascendant, but those without obvious deformation and geomorphographic characteristics cannot be detected. For many years, a number of practices have been conducted on the prevention and control of geohazards in the Three Gorges Reservoir, hence there are research basis for bedding plane rock landslides as well as new typical landslides examples occurring after reservoir impoundment available for analysis. Therefore, on the basis of previous research results and study of river geomorphographic evolution in the Three Gorges Reservoir, this paper analyzes the special geological conditions of Qianjiangping landslide, Shanshucao landslide and Kamenziwan landslide, and brings Vaiont landslide and Tangyanguang landslide outside the region into comparison, so to put forward the macroscopic criteria for potential bedding plane rock landslides in the Three Gorges Reservoir, including tectonic position and movement, slope structure, landslide prone stratum and geomorphographic form. With the criteria, we would be able to analyze indoor data and investigate the phenomenon on-the-spot, then accurately delineate the scope of those potential landslides, and bring them into the monitoring and early warning system, in order to prevent and control the geohazards more timely and effectively.

收稿日期:2021-12-29;修回日期:2022-2-16

基金项目:水利部项目(000121 2022C C60 001)

作者简介:常宏(1975—),男,正高级工程师,从事水工环地质调查研究,E-mail: chhxtx@126.com

**Key words:** landslide; bedding plane landslide; rock landslide; reservoir landslide; potential landslide identification; identifying criterion; the Three Gorges Reservoir

地质灾害的成因复杂、影响因素多、不确定性强,而潜在地质灾害又具有隐蔽性强、突发性高和破坏性大等特点(葛大庆等,2019),如何做到精准识别潜在地质灾害,仍是目前令人困扰的技术难题。近年来,“测者未滑、滑者未测”的说法(刘传正,2015),以及“隐患在哪里”的发问,体现了这一工作的迫切性,也令从事地质灾害防治的专业技术人员压力倍增。

21世纪以前我国地质灾害研究重点多在古灾害体和变形体的识别与发展,2000年前后在全国县市地质灾害调查与区划中提出调查“潜在不稳定斜坡”,2014年又以行业标准的形式推动山区重点集镇“斜坡勘查”和“隐患勘查”(中华人民共和国国土资源部,2014)。此后数年,利用综合遥感技术(光学遥感、InSAR、机载LiDAR等)(葛大庆等,2019)进行潜在地质灾害识别或隐患早期识别(许强等,2019)逐渐兴起,针对川藏滇贵高位滑坡(张诗茹等,2018;李为乐等,2019;郭晨等,2021;李媛茜等,2021;吴绿川等,2021)、西北黄土滑坡(赵超英等,2019;姚佳明等,2022)、湘渝山地滑坡(郭健等,2020;赵祈溶等,2021)等取得了较好的成效,但也存在受天气、植被、规模、成本等因素的限制,以及基本概念不清、识别准确率低(许强等,2022)、地质判据过于简单或依据不足等问题;特别是难以识别无明显变形和地貌特征的潜在滑坡(许强等,2022),这凸显出从传统地质判据出发筛查排查潜在滑坡的有效性和实用价值,这类潜在滑坡判据也是本文论述的主要内容。

多年以来,三峡库区的地质灾害防治工作在机理、模型、试验、监测等方面的研究和实践均较为深入;目前库区涉及的潜在地质灾害主要为3类:潜在的岩质滑坡(崩塌)、潜在的(复杂成因)堆积体滑坡、古滑坡(崩塌)堆积体的复活,其中潜在顺层岩质滑坡具有较好的研究基础,如秭归的龙王庙滑坡群(彭轩明等,2004)和张家湾滑坡群(常宏等,2004)、云阳大石板滑坡群(常宏等,2018)等,这些经过详细勘查的、由自然因素诱发的大型顺层古滑

坡资料较多;在库区科研资金的支持下,前人也曾开展千将坪滑坡的专题(三峡大学等,2007)和类比研究(肖诗荣等,2010)。目前,国内外已报道的水库型顺层岩质滑坡实例数量仍然较少;三峡水库自蓄水至今新生的滑坡有3个,分别是千将坪滑坡、杉树槽滑坡和卡门子湾滑坡;国外有著名的意大利瓦依昂水库滑坡,国内有湖南柘溪水库的塘岩光滑坡。

如果就像行政首长讲的“原理不必穷举式研究”,那么,只要对潜在地质灾害的识别达到“模糊的正确”,就可以回答“隐患在哪里”;即使不能精准预测何时发生,但是通过经济有效的监测措施,也可以实现提前预警、及时避让。本文在前人研究成果的基础上,结合三峡地区河流地貌演化研究方面的认识,通过上述5个实例的类比分析,归纳总结这一类型潜在滑坡识别的宏观判据,据此再经过筛查排查,即可较为精准地圈定隐患范围,为后续的监测预警奠定重要基础。

## 1 基础条件

水库型顺层岩质滑坡的特殊水文条件是主要的诱发因素,涉及水库调度或降雨、洪水等较为规律的水位涨落、涌浪、冲蚀、地下水位波动等过程;一般发生在具有软硬相间岩性组合的沉积岩中,岩层为顺向或斜顺向结构且倾角 $15 \sim 40^\circ$ (中倾),其滑面绝大部分为平滑的层面且前缘存在切层转动,或者岩层倾角上陡下缓类似躺椅形,滑移后则形成块状堆积;(斜)顺向等(飘)倾结构的岸坡在三峡库区所占比例接近14%(地质矿产部成都水文地质工程地质中心等,1992),但只有在特殊的地质构造、岸坡和地貌部位等不利组合下才会形成滑坡。

三峡库区千将坪、杉树槽和卡门子湾3个新生滑坡均分布于百福坪(谢家包)背斜的翼部,卡门子湾滑坡与千将坪、杉树槽滑坡在两翼所处的位置基本对称(图1)。百福坪背斜轴线走向自北东向渐变为近东西向,背斜西部构成隔档式褶皱的一部分,东部以东西向构造为主,发育北西和北东向两组共

轴断裂;背斜两翼岩层倾角上陡下缓、从 40° 渐变至 15°;背斜枢纽自西向东逐渐倾伏(湖北省地质矿产局,1984;赵小明等,2012),在倾伏端与之接触的秭归向斜的轴线出现直角形急转,说明此处是南北向应力作用最为强烈的地段;同时,此处秭归向斜平面形态的不对称,也说明了背斜两翼受挤压错动强度不均。这一带中侏罗统的岩性组合大致为灰绿色中厚-巨厚层长石(石英)砂岩与紫红色薄层泥岩(含碳质页岩)间夹或不等厚互层(湖北省地质矿产局,1984)。

## 2 特殊条件

### 2.1 千将坪滑坡和杉树槽滑坡

千将坪滑坡和杉树槽滑坡均位于百福坪背斜南翼(图 1)。青干河的流向在千将坪处形成近直角转弯,在此又与锣鼓洞河交汇,这一河湾在左岸

围限了一个类似元宝形的、凸出的顺向等倾岸坡。千将坪中部原水位高程约 95 m,滑坡剪出口高程约 100 m,三峡水库自 2003 年 5 月开始蓄水(霍志涛等,2018),至 6 月 10 日达到 135 m(吴淞高程),日升幅小于 3 m/d,水位抬高了近 40 m,岸坡前部被淹没面积约占总面积的八分之一(李会中等,2006),剪出口被淹没至 7 月 13 日滑坡发生历时约 40 天,折线形滑面由陡转缓交界处被淹后历时约 30 天,从发现变形到滑坡发生历时约 16 天。同一时段降雨量比历史同期增加了 31 mm(李会中等,2006)。

千将坪岸坡三面临空,西侧的陡崖最大高差达 300 m,西侧和后缘的岩层和滑动带几近裸露,前部覆盖层厚度不大且透水性好,东侧为隐伏断裂形成的冲沟,这些条件均利于降雨和地表水入渗,以及河流涌浪或水库回水的冲蚀。滑坡发生后在岸坡后部普遍裸露滑床基岩层面,其上可见 2 组清晰的

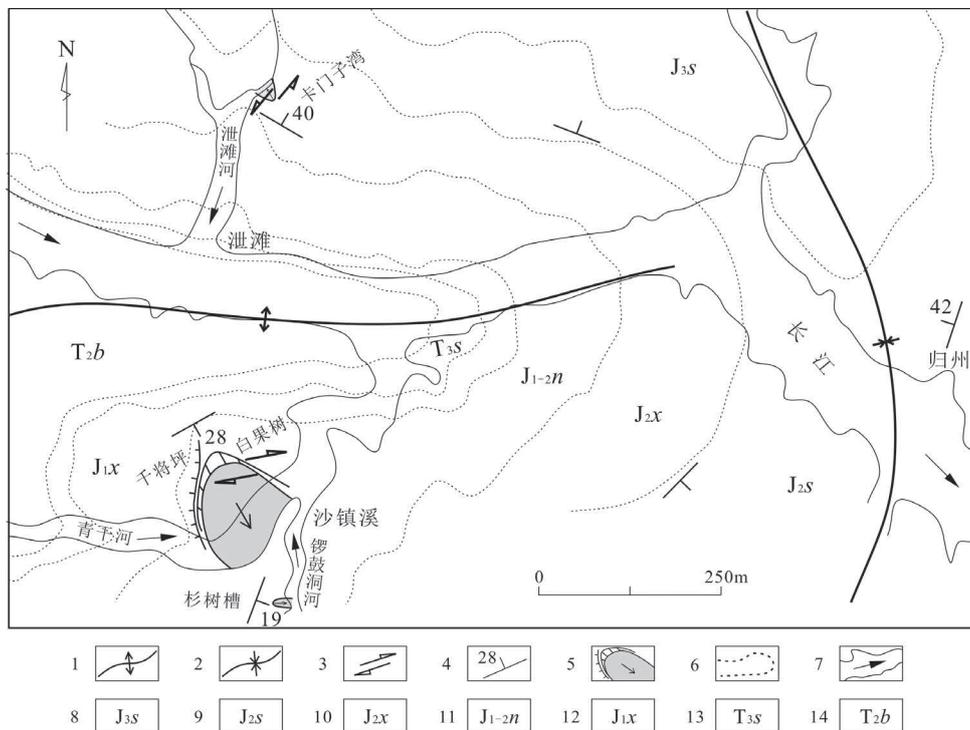


图 1 百福坪背斜倾伏段内的新生滑坡地质简图(据湖北省地质矿产局,1984 修改)

Fig. 1 Simplified geological map of new landslides in the plunging section of Baifuping anticline (Modified on the basis of Hubei Geological and Mineral Bureau, 1984)

1. 百福坪背斜轴线; 2. 秭归向斜轴线; 3. 层间剪切方向; 4. 岩层产状; 5. 滑坡侧向陡坎、后壁、堆积范围;
6. 地层界线; 7. 河流及流向; 8. 上侏罗统遂宁组; 9. 中侏罗统上沙溪庙组; 10. 中侏罗统下沙溪庙组;
11. 中下侏罗统聂家山组; 12. 下侏罗统香溪组; 13. 上三叠统沙镇溪组; 14. 中三叠统巴东组

滑痕或擦痕(方解石脉),主要方向分别为 $140^{\circ}$ 和 $80^{\circ}$ ;前者较为新鲜,与主滑方向一致,由滑坡产生,其中也有方向为 $160^{\circ}$ 的滑痕,说明在滑动过程中存在方向上的调整;后者则较为古老,指示了早期发生的层间剪切活动,剪切方向近水平(张业明等,2004)。据长江水利委员会长江勘测规划设计研究院(2001)资料,在千将坪东侧紧邻的白果树岸坡,距地表 $10\sim 30\text{ m}$ 的深度内可见5条层间破碎带,厚度 $0.5\sim 5.6\text{ m}$ 且泥化严重;在千将坪的勘查平洞内也揭露了多条层间剪切带,厚度 $0.1\sim 1.7\text{ m}$ ,破碎且均已泥化,滑动带为灰黑色饱水的、软塑状的碳质页岩泥化带,厚度 $0.2\sim 0.5\text{ m}$ ,这与在后部看到的滑动带性状相同,层间剪切泥化带颜色为灰黑色或黄褐色(三峡大学等,2007),区别在于泥(页)岩是否含碳质。

同一顺向等倾结构岸坡,在漫长的地质演化过程中,可能会发生多期次顺层滑坡,因此王治华等(2005)认为千将坪岸坡就是古滑坡,这个认识的分歧与引言中述及的识别问题异曲同工;另外,也有前人认为千将坪岸坡是古滑坡的牵引域(崔政权,2003),但尚无直接证据支持,不过,千将坪的滑坡确实使白果树形成了面积约 $16\times 10^4\text{ m}^2$ 的牵引变形区(李会中等,2006)。

杉树槽滑坡位于千将坪南的锣鼓洞河左岸(图1),其岸坡地质特征与千将坪相似。滑坡剪出口高程约 $143\text{ m}$ (易武等,2016),至2014年9月2日滑坡发生共计历时8年水库调度期,2006~2008年

库水位在 $135\sim 156\text{ m}$ (吴淞高程)之间反复,2008年9月至滑坡发生库水位在 $145\sim 175\text{ m}$ (吴淞高程)之间反复;滑坡发生于库水位上升周期,淹没前缘滑动带至滑坡发生历时约33天(王鸣等,2015),淹没面积约占总面积的十分之一。此段岸坡总体在地貌上表现为圈椅形态,两侧山脊呈弧形连接且显著凸出(新生滑坡源于其南侧山脊的陡崖),中部呈舌形低凹且裸露顺向等倾层面,这是与千将坪滑坡的不同之处:它更可能是古滑坡牵引变形区的失稳。另外,千将坪和杉树槽滑坡所处的河谷具备单底谷中谷形态(常宏等,2018)(图2)。

## 2.2 卡门子湾滑坡

卡门子湾滑坡位于百福坪背斜北翼(图1),处于泄滩河左岸、水库回水的末端,受回水波动、涌浪和冲蚀影响显著。此段内有多处凸出河岸的斜顺向结构的基岩山脊,地貌上形成多个平行的等倾面。滑坡发生于2019年12月10日,属三峡水库自2008年以来的第12个高水位时段,库水位上升至 $175\text{ m}$ (吴淞高程)且持续到滑坡发生历时约70天,从发现变形到滑坡发生历时约30天;岸坡坡脚(近似剪出口)高程约 $160\text{ m}$ ,前部被淹没面积约占总面积的十分之一;滑坡形成的牵引变形区面积约 $0.8\times 10^4\text{ m}^2$ (何钰铭等,2020)。

与千将坪滑坡类似,卡门子湾滑坡的滑床上也出现了2组擦痕,方向分别为 $340^{\circ}$ 和 $40^{\circ}$ ,前者由滑坡产生,后者与岩层走向接近,为早期的层间剪切(Yin Y P et al., 2020)。滑坡是沿着泥岩层面发生

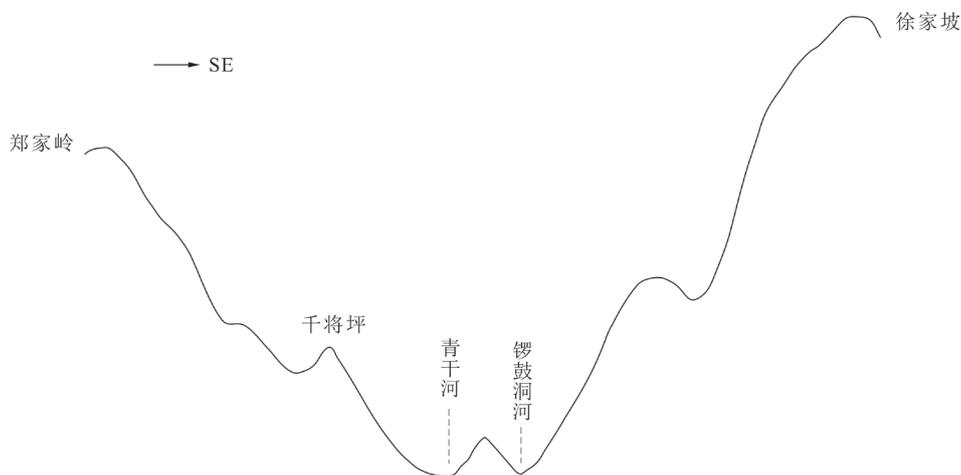


图2 千将坪滑坡和杉树槽滑坡附近的河谷形态示意图

Fig. 2 Schematic profile of the valley morphology of Qianjiangping landslide and Shanshucao landslide

的,滑动带厚度为 2~15 mm(何钰铭等,2020),较千将坪滑坡要薄得多;其变形破坏持续的时间也比千将坪滑坡长得多,说明所属同一个背斜的二者层间剪切强度和泥化差异较大,也说明潜在顺层岩质滑坡从蠕变至滑移可能会历时多年。与千将坪滑坡不同的是,降雨对卡门子湾滑坡的影响并不显著。另外,卡门子湾滑坡所处的干流河谷也体现出了单底谷中谷形态(图 3)。

### 3 域外实例对比

意大利的瓦依昂水库滑坡,其河谷从剖面上看是单底谷中谷,同时也是向斜谷,向斜轴部偏向于滑坡一侧,总体为躺椅状岸坡,岸坡上部为顺向等倾结构,岩层倾角约 40°,河床附近倾角平缓,河岸基本平直,对岸已有滑坡残体。滑坡剪出口高程约 600 m,蓄水初期水位上升速度较快,库水位至高程 642 m 时山体出现长约 2 km 的拉裂缝,水位升至高程 652 m 时前部发生了体积约  $70 \times 10^4 \text{ m}^3$  的滑坡;当水位下降到高程 600 m 以下时,监测到的位移迅速下降且保持平稳;当水位再次上升达到高程 710 m 以上,超过了滑面由陡转缓处后数日即发生滑坡,从出现显著变形到最终滑移历时 3 年。所在岸坡岩体曾经历过强烈的构造变形,沿着下白垩统与上侏罗统界面、已软化的薄层泥灰岩夹粘土层滑移(王兰生,2007)。

湖南柘溪水库的塘岩光滑坡,所在岸坡为顺向等倾结构,岩层倾角平均 40°,河岸基本平直,坡面裸露的基岩层面说明曾有古滑坡发生;位于倾伏背

斜的一翼,受构造作用影响,板岩夹层多发层间错动且破碎或泥化;滑坡发生于初始蓄水过程中,水位日升幅较快、达到了 7~11 m/d,后减为 1~2 m/d,水位上升至 148.9 m 时发生滑坡,历时约 29 天;此前有连续 8 天的降雨,滑坡后部有地下水渗出且有汇水洼地;其剪出口高程约为 100 m,被淹没面积约占总面积的四分之一;从发现变形等征兆到整体下滑至少有 12 小时(钟立勋,1994)。

上述二者与千将坪等滑坡的不同在于:瓦依昂滑坡处于向斜一翼,塘岩光滑坡为变质岩,库水位日升幅较快,河岸均基本平直。瓦依昂水库区的宽缓向斜在岩层转折的急变带应力较集中,易于层间滑脱形成剪切带。塘岩光水库区的板岩板理较发育且含绢云母,其软化后可转变为水云母、高岭石等,与泥岩中的粘土矿物蒙脱石等相比,抗剪强度会更低,发生滑坡的概率更大。业内公认库水位的上升速率与此类滑坡的变形破坏呈正相关。由于前人资料有限且描述重点不同,所以难以判断二者的特殊地貌;但是,如何解释同一地质结构的岸坡为什么唯独此处发生滑坡呢?答案只能归因于主要诱发条件库水影响的差异,即表现在岸坡地貌上的差异;千将坪岸坡凸出,处于河湾的迎浪侧且范围较大,杉树槽和卡门子湾岸坡凸出且处于回水末端;因此,特殊地貌条件仍是此类潜在滑坡必要的判据条件,而且从识别的角度也较直观,更容易被发现。

### 4 识别判据

虽然水库型顺层岩质滑坡的研究样本较少,但是

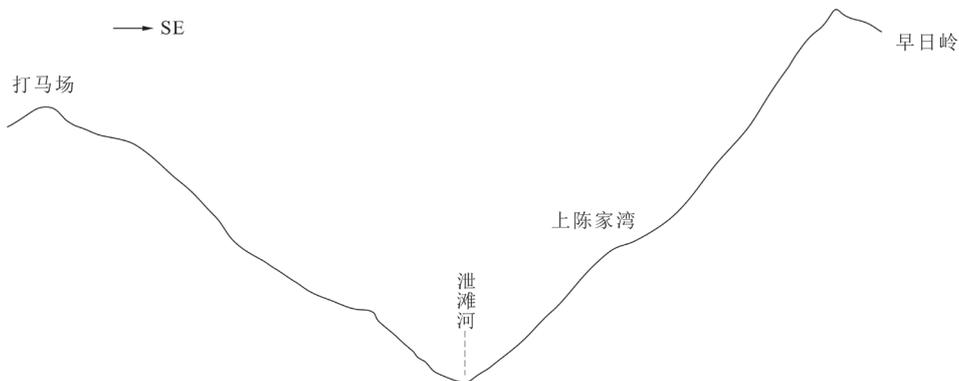


图 3 卡门子湾滑坡下游泄滩河河谷形态示意图

Fig. 3 Schematic profile of the trunk stream valley morphology of Kamenziwan landslide

其特殊地质条件的指向较为集中,据此可归纳提出该类潜在滑坡识别的宏观判据(表1),因为库水位和降雨

表1 三峡库区潜在顺层岩质滑坡识别的宏观判据

Table 1 Macroscopic criterion of identifying potential bedding plane rock landslides in the Three Gorges Reservoir region

序号	识别要素	要素细分	宏观判据内容	备注
1	构造	平面部位	褶皱高角度相交或褶皱轴线急转带	
		剖面形态	狭窄背斜翼部、箱状背斜急转翼部或宽缓向斜岩层倾角急变带	
		岸坡结构	(斜)顺向等(飘)倾、中倾外 10 ~ 40°	
		剪切迹象	擦痕或阶步、破碎、泥化、饱水	
2	地层	地层时代	侏罗系、三叠系、二叠系、志留系	地质条件
		岩性组合	砂(灰)岩+(碳质)泥(页)岩、煤层	
3	地貌	河流部位	持续性河谷或古河道迁移岸、河湾内、水库回水末端	
		岸坡形态	凸出河岸的弧形山脊元宝山或平直坡	
		三面临空	层间剪切带临空、迎水流方向(回水末端)临空	
		凸出陡崖	古、今滑坡的牵引变形区	
4	库水	时段特征	水位上升期间或之后、水位升幅大	诱发条件
		变形位置	库水(反复)淹及层间剪切带之后	
		临界位置	库水(反复)淹及潜在滑面陡缓交界之后	
5	降雨	降雨强度	持续降雨、暴雨、极端降雨期间或之后	加强条件

表中需要解释和说明的是:

(1)构造强烈变动造成的褶皱相交或急转是发生层间剪切进而强度弱化的必要条件;(2)因为褶皱的弯曲是由顺层的剪切来调节的,所以紧闭背斜至尖棱背斜的翼部更易出现层间剪切,宽缓向斜的倾角陡缓急变带也是这个原理;在三峡库区云阳至重庆段内的隔档式褶皱,即为宽缓向斜与紧闭背斜的组合,二者的翼部其实是同一部位;(3)在具有倾角急变带的宽缓向斜谷内,更靠近河流(倾角平缓段越短)的岸坡发生滑坡的概率较大且规模较大;(4)在易滑地层中,已有实例表明在红层中发生此类滑坡的概率较大,另外有些地层分布较为局限而未列入;(5)在山地河流的谷中谷现象,按照古今河道的配套关系分为单底和双底谷中谷,一般具有单底谷中谷的持续性河谷发生滑坡的概率最大,具有双底谷中谷的迁移性河谷在迁移岸发生滑坡的概率较大,主要原因是在漫长的河流地貌演化过程中,地表水直接或间接地降低了岸坡岩体的强度(常宏等,2018);(6)岸坡凸出或在河湾内或在回水末端,其地质结构更易受到地表水的升降、涌浪、侵蚀、入渗的影响,从这个角度来说水库区中下游发生此类滑坡的概率较大(叶润青等,2019);(7)这类

滑坡一般发生于库水位上升期,也被称为浮托减重型,业内公认蓄水初期是风险最高的时段,已有实例表明在水库运行多年后仍存在失稳风险;(8)这类滑坡的滑面一般概化为折线形,其破坏的临界点大致出现在潜在滑面陡缓交界点(反复)被淹及之后,其具体诱发过程和破坏机理还需进一步探讨,这也是目前水库消落带岩体劣化研究的重要内容;(9)在已调度运行多年的三峡水库,如果还会发生此类滑坡的话,则必定要满足表中绝大多数条件,但是在调增库水位日升幅或蓄水高度的情况下则不一定;(10)已有实例在发生之前都有前兆,且有足够长的时间来预警和应对,说明潜在地质灾害也能够做到有效防控。

识别这类潜在滑坡的大致流程建议为:(1)室内筛查,通过GIS技术、地质图、地形图和遥感影像读图解译,筛选满足判据条件的岸坡段;(2)实地排查,确认室内筛查结果,补充或完善判据体系;(3)勘探验证,对潜在危害较大的岸坡段,通过少量勘探工程确认层间剪切带位置和性状,估算潜在滑坡规模和影响范围;(4)监测布置,对有变形迹象的岸坡布置少量普适性仪器,对尚未变形的岸坡布置群测群防监测。

## 5 结语

即使在三峡水库运行多年的情况下,杉树槽滑坡和卡门子湾滑坡的发生,仍然警示着研究和监测潜在水库型顺层岩质滑坡的必要性。潜在水库型顺层岩质滑坡识别的宏观判据,主要涉及具有层间剪切带的(斜)顺向等(飘)倾的中倾结构易滑地层岸坡,以及古今滑坡的牵引变形区等;其诱发条件一般是库水位(反复)淹及潜在滑动带直至其陡缓交界处;持续降雨、暴雨、极端降雨等可致其加速失稳。潜在地质灾害在原理研究较为清晰的基础上,及时总结经验并预测及圈定隐患范围,即使尚未发生变形,也应纳入现行监测预警体系,这样以较少精力、较低成本即可获得显著防治成效。潜在地质灾害的精准识别仍是尝试性和探索性的工作,所以文中提出的判据体系还需在未来实践中不断验证、补充和完善。

### 参考文献:

- 常宏,谭建民,李明,程昌和. 2004. 三峡库区秭归县张家湾滑坡群基本特征及形成机制探讨[J]. 华南地质与矿产, (2):66-72.
- 常宏,谭建民,李明,韩会卿. 2018. 清江河道变迁与滑坡崩塌[M]. 武汉:中国地质大学出版社.
- 崔政权. 2003. 滑坡牵动域是滑坡研究领域里的重要内容[J]. 岩土工程界, 6(11):66-68.
- 地质矿产部成都水文地质工程地质中心,成都地质学院,水利部长江水利委员会勘测总队. 1992. 长江三峡工程库岸稳定性[M]. 北京:中国科学技术出版社.
- 葛大庆,戴可人,郭兆成,李振洪. 2019. 重大地质灾害隐患早期识别中综合遥感应用的思考与建议[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 44(7):949-956.
- 郭晨,许强,董秀军,刘小莎,余金星. 2021. 复杂山区地质灾害机载激光雷达识别研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 46(10):1538-1547.
- 郭健,张鹏,张全,黄波林,秦臻. 2020. 基于多光谱遥感影像的巫峡滑坡灾害识别技术研究[J]. 华南地质与矿产, 36(1):38-45.
- 何钰铭,王金波,金卉林,聂邦亮,叶义成,廖伟杰,马振. 2020. 卡门子湾滑坡及周边碎屑岩岸坡劣化变形机制初步研究[J]. 资源环境与工程, 34(4):554-560.
- 湖北省地质矿产局. 1984. 巴东幅 1:20 万区域地质调查报告[R].
- 霍志涛,田盼,董好刚,付小林,杨建英,叶润青,范意民. 2018. 三峡库区蓄水以来滑坡灾情稳定性趋势分析及对策研究[J]. 华南地质与矿产, 34(4):309-314.
- 李会中,潘玉珍,王团乐,孙立华. 2006. 三峡库区千将坪滑坡成因与机制分析[J]. 人民长江, 37(7): 12-14+20.
- 李为乐,许强,陆会燕,董秀军,朱要强. 2019. 大型岩质滑坡形变历史回溯及其启示[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 44(7):1043-1053.
- 李媛茜,张毅,苏晓军,赵富萌,梁懿文,孟兴民,贾俊. 2021. 白龙江流域潜在滑坡 InSAR 识别与发育特征研究[J]. 遥感学报, 25(2):677-690.
- 刘传正. 2015. 关于地质灾害防治中两个问题的认识[J]. 中国地质灾害与防治学报, 26(3):1-2.
- 彭轩明,贾永刚,常宏. 2004. 长江三峡工程库区龙王庙滑坡群稳定性分析及整治[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 34(1):289-296.
- 三峡大学,三峡库区地质灾害防治工作指挥部. 2007. 三峡库区千将坪滑坡形成机制研究[R].
- 王鸣,易武. 2015. 三峡库区杉树槽滑坡地质特征与成因机制分析[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 37(5):44-47.
- 王兰生. 2007. 意大利瓦依昂水库滑坡考察[J]. 中国地质灾害与防治学报, 18(3):145-148+158-159.
- 王治华,杨日红. 2005. 三峡水库区千将坪滑坡活动性质及运动特征[J]. 中国地质灾害与防治学报, 16(3):5-11.
- 吴绿川,王剑辉,符彦. 2021. 基于 InSAR 技术和光学遥感的贵州省滑坡早期识别与监测[J]. 测绘通报, (7):98-102.
- 肖诗荣,刘德富,胡志宇. 2010. 世界三大典型水库型顺层岩质滑坡工程地质比较研究[J]. 工程地质学报, 18(1):52-59.
- 许强,董秀军,李为乐. 2019. 基于天-空-地一体化的重大地质灾害隐患早期识别与监测预警[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 44(7):957-966.
- 许强,陆会燕,李为乐,董秀君,郭晨. 2022. 滑坡隐患类型与对应识别方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 47(3):377-387.

- 姚佳明, 姚鑫, 刘星洪, 姚闯闯, 李凌婧. 2022. InSAR 技术的天门市活动性滑坡灾害识别与分析 [J]. 测绘科学, 47(1):121-132.
- 叶润青, 付小林, 霍志涛, 吴润泽, 杨建英. 2019. 三峡库区 175 米试验性蓄水期间塌岸调查分析 [J]. 华南地质与矿产, 35(3):348-353.
- 易武, 黄鹏程. 2016. 湖北省杉树槽滑坡成因机制分析 [J]. 重庆交通大学学报 (自然科学版), 35(3):89-93+114.
- 张诗茄, 蒋建军, 缪亚敏, 白世彪. 2018. 基于 SBAS 技术的岷江流域潜在滑坡识别 [J]. 山地学报, 36(1):91-97.
- 张业明, 刘广润, 常宏, 黄波林, 潘伟. 2004. 三峡库区千将坪滑坡构造解析及启示 [J]. 人民长江, 35(9):24-26.
- 长江水利委员会长江勘测规划设计研究院. 2001. 长江三峡库区秭归县青干河大桥左岸滑坡群治理工程工程地质勘察报告 (初步设计阶段) [R].
- 赵超英, 刘晓杰, 张勤, 彭建兵, 许强. 2019. 甘肃黑方台黄土滑坡 InSAR 识别、监测与失稳模式研究 [J]. 武汉大学学报 (信息科学版), 44(7):996-1007.
- 赵祈溶, 曹顺红, 文武飞, 周丽芸. 2021. 基于证据权法的湖南省石门县皂市水库滑坡易发性评价 [J]. 华南地质, 37(2):216-225.
- 赵小明, 李长安, 王孔伟, 牛志军, 李珉, 魏运许. 2012. 三峡库区宜昌 - 重庆段基础地质与地质灾害 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社有限责任公司.
- 中华人民共和国国土资源部. 2014. 中华人民共和国地质矿产行业标准 DZ/T 0262—2014 集镇滑坡崩塌泥石流勘查规范 [S]. 北京: 中国标准出版社.
- 钟立勋. 1994. 意大利瓦依昂水库滑坡事件的启示 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 5(2):77-84.
- Yin Y P, Huang B L, Zhang Q, Yan G Q, Dai Z W. 2020. Research on recently occurred reservoir-induced Kamenziwan rockslide in Three Gorges Reservoir, China [J]. Landslides, 17(8):1935-1949.