

遥感技术在长江三峡库区 大型地质灾害调查中的应用

张振德,何宇华

(中国国土资源航空物探遥感中心,北京 100083)

摘要:以长江三峡库区奉节—巴东段为研究区,应用遥感技术准确地圈定出崩塌、滑坡、泥石流的实体位置,为客观地反映地质灾害对移民工程的危害和进一步在全库区展开相应工作奠定了基础。

关键词:地质灾害;遥感技术;长江三峡

中图分类号:TP 79;X 43 文献标识码:A 文章编号:1001-070X(2003)02-0011-04

0 引言

研究区位于长江三峡库区的腹地,横垮重庆市东部与湖北省西部,其东南和东北分别与湖北省秭归县和兴山县接壤,西与重庆市云阳县相邻;东起兴山县高桥镇,西至云阳县龙洞镇,北以巫山县庙堂为界,南止巫山县邓家镇;地理坐标东经 $109^{\circ}00'110^{\circ}33'$,北纬 $30^{\circ}50'31^{\circ}22'$,面积 $8\ 000\text{ km}^2$;遥感调查解译高程 200500 m 。

1 区域概况

研究区雨量充沛,多年平均降水量 $1\ 063\text{ mm}$,其中59月降水量约占全年降水量的70%,降雨量每年在时间上分配极不均匀的特点,是地质灾害发生的主要诱发因素。

区内地层岩性以古生代、中生代碳酸盐岩类地层为主,夹红色碎屑岩及煤层。与崩塌、滑坡有关的软弱夹层是侏罗系砂岩、泥岩互层中的泥岩层(J_1-J_3);三叠系须家河组的页岩夹煤层(T_3);巴东组泥灰岩、砂岩夹泥岩(T_2b);二叠系(P)炭质页岩夹煤层;志留系(S)页岩等,是地质灾害发生的内因。

区内节理裂隙以横向和纵向两组张性裂隙为主,剪切裂隙不甚发育,平均裂隙率2.22%。裂隙发育有如下规律:碳酸盐岩类大于砂岩类,砂岩类大

于页岩;背斜构造比相邻的向斜构造发育,背斜轴部又比翼部发育;向斜翘起端比翼部发育;构造复合部位比远离构造复合部位发育。这些结构面的性质、产状、规模和密集程度对地质灾害的发育有控制作用。

区内植被破坏严重,森林覆盖率大约在25%,中度水土流失面积占58%以上。这也是滑坡、泥石流广泛发育的重要因素。

2 遥感信息源与图件制作

选用1984年1:5万航空彩色红外摄影图像,对已知灾害体逐个进行解译,通过解译对灾害体的位置、边界、规模进行再认识,进而发现未知的灾害体,并以此作为本区地质灾害的本底资料;新时相的遥感资料是19992000年的陆地卫星TM图像,通过解译发现了许多新发生的地质灾害体,通过这些新的地质灾害体与本底资料对比,研究地质灾害的变化;重点移民区采用2000年TM数据与SPOT数据融合处理技术,形成兼有高空间分辨率和多光谱彩色信息的融合影像。

为了突出表现地质灾害体的实体效果,充分发挥遥感图像形象直观的优势,在Photoshop中以卫星影像文件为背景层,添加不同专题图件层(如地质构造线层、地质灾害体层等),通过图像输出设备,完成地质灾害影像图制作。遥感制图技术工作过程如图1所示。

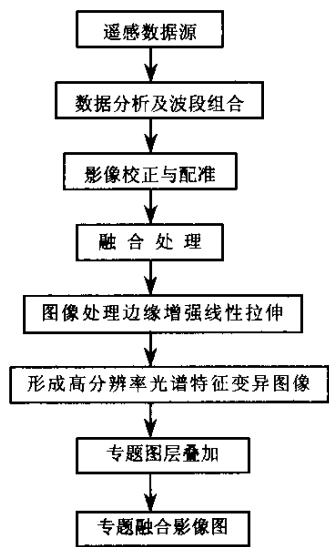


图 1 遥感制图技术流程框图

3 地质灾害体的遥感影像特征

3.1 崩塌灾害体的影像特征

崩塌主要发生在地层较陡峻、岩性较坚硬、节理较发育的地区,三叠系、二叠系灰岩、砂岩等发育的背斜河谷及构造复合交接处是崩塌灾害发育密集地区。在遥感图像上新发生的陡崖色调浅,老的色调深,陡崖下方有锥状堆积地形,显浅色调,图案有粗糙感,或呈花瓣状;新生的崩塌堆积体上植被少,老崩塌体上植被茂盛;崩塌体内水系复杂,有放射状、半向心状、钳状等,与周围水系特征绝然不一;崩塌堆积体在彩色红外航片上显灰白—淡红色调,有较突出的麻斑状影像特征;在 TM7、TM5、TM3 波段假彩色合成图像上显示灰绿色调,能见到后缘陡壁里暗色阴影。

3.2 滑坡灾害体的影像特征

滑坡体一般显示簸箕形、舌形、弧形等地貌特征。在彩色红外航片上,较大型的滑坡能见到明显的滑坡壁、滑坡台阶、封闭洼地以及滑坡裂隙等微地貌特征。老滑坡体上冲沟发育,边缘有耕地和居民点,发育在江河岸边的常使所在的斜坡呈弧形外突,河床被淤堵变窄。新滑坡体在彩色红外航片上显示较均匀的灰白色调,或品红色调间杂绿色斑点,这种特征反映了地表裸露程度较高,较大的滑坡体可见垅状地貌,垅顶有稀疏的植被,显灰绿色调,垅沟有积水显示蓝色调。

3.3 泥石流灾害的影像特征

泥石流发育地区常是崩塌、滑坡发育地段,遥感影像显示交织错乱的特征,色调变化大。泥石流沟在彩色红外航片上显示灰白色调,与两侧坡地上的斑状色调相区别,在沟口可见到呈灰绿色的扇状堆积物,在 TM7、TM5、TM3 波段假彩色合成图像上一般呈品红色调。

4 解译结果及发育特征

解译圈定出大中型以上崩塌、滑坡和泥石流 282 处,其中崩塌 17 处,滑坡 100 处,泥石流 165 处,并编制了“长江三峡库区(奉节—巴东)大型崩、滑体及泥石流遥感解译分布影像图”。

根据对地质灾害体的解译圈定,结合资料收集和实地调查,地质灾害的发育状况统计见表 1。地质灾害体发育程度的划分有如下两种情况,①崩塌、滑坡按照体积划分(表 2),②泥石流按发生流量划分(表 3)。按上述划分标准,区内地质灾害体发育规模分级数量见表 4,表 5。通过统计结果可知:在三类灾害体中,崩塌、滑坡灾害体主要是大型和中型,

表 1 崩塌、滑坡灾害发育状况表

灾害体类型	数量(处)	面积/ 10^4m^2	体积/ 10^4m^3	平均发育密度/(处· km^{-2})	平均灾害面积率/%	平均灾害模数/($10^4\text{m}^3\cdot\text{km}^{-2}$)
崩塌	17	225.8	9 041.5	0.003	0.03	1.22
滑坡	100	1 492.2	65 174.0	0.013	0.20	8.76
崩滑综合	117	1 718.0	74 215.5	0.016	0.23	9.98

表 2 崩塌、滑坡灾害体等级划分表

单位: 10^4m^3

灾种	特大型	大型	中型	小型
崩塌	> 100	10100	110	< 1
滑坡	> 1000	1001000	10100	< 10

万方数据

表 3 泥石流灾害致灾等级划分表

单位: $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$

灾种	灾害性	中等危害性	轻微危害性
泥石流	> 80	2080	< 20

小型者少；特大型者占大型以上灾害体的一半 ,各 达 58.8%。
占总量的 21.4%；泥石流灾害体以中等危害居多，

表 4 崩塌、滑坡灾害体规模分级数量与比例统计表

灾害体类型	特大型		大型		中型		小型		合计	
	数量/个	比例/%	数量/个	比例/%	数量/个	比例/%	数量/个	比例/%	数量/个	比例/%
崩塌	10	58.8	5	29.4	2	11.8	/	/	17	100.0
滑坡	15	15.0	20	20.0	53	53.0	12	12.0	100	100.0
崩、滑综合	25	21.4	25	21.4	55	47.0	12	10.2	117	100.0

表 5 泥石流灾害体致灾程度分级与百分比统计表

灾害体类型	灾害性		中等危害性		轻微危害性		合计	
	数量/个	比例/%	数量/个	比例/%	数量/个	比例/%	数量/个	比例/%
泥石流	55	33.3	97	58.8	13	7.9	165	100.0

5 分布特征

大型地质灾害多分布在峡谷之间的宽谷缓坡地段 ,特别是在多级台阶状谷坡地段 ,这些地段岸坡受软硬相间地层影响 ,或受新构造活动间歇性抬升影响以及受外动力作用形成了多级平台 ,各级平台是岸坡物质积累的有利位置 ,当岸坡物质积累到一定程度时 ,就以滑坡的形式向河谷卸荷 ,形成了滑坡与泥石流灾害。如瞿塘峡和巫峡之间是地质灾害分布集中的地段之一 ,特大型滑坡体就有向家湾、白鹤坪、智家大屋、刘家屋场和水竹园 5 处 ,大型崩滑体

有 15 处；位于故陵向斜东段翘起端的奉节县城以西地段集中分布了白衣庵、老屋里、茨草沱、茅坪、泡桐坪、百换坪、新屋、藕塘和车家坝 9 处特大型滑坡体 ,大型滑坡有 7 处；巴东县地质灾害主要分布于巫峡口以东的左右沱至香溪之间 ,包括火焰石、作楫沱、黄腊石、黄土坡和西襄口 5 处特大型崩滑体 ,还有大型崩滑体 3 处。

6 稳定性分析

库岸稳定性分析以长江及其主要支流沿岸的主要地质灾害体为依据 ,分析结果见表 6 表 7。

表 6 崩塌、滑坡稳定性及泥石流致灾性程度统计分类表

灾害类型	稳定(轻微危害性)		基本稳定(中等危害性)		不稳定(灾害性)		不稳定(大型崩滑体)	
	数量/个	比例/%	数量/个	比例/%	数量/个	比例/%	数量/个	比例/%
崩塌	/	/	16	5.7	1	0.4	1	0.4
滑坡	6	2.1	73	25.9	21	7.5	8	2.8
泥石流	13	4.6	97	34.4	55	19.5	/	/
合计	19	6.7	186	66.0	77	27.4	9	3.2

表 7 崩塌、滑坡体稳定性及泥石流致灾性程度分县统计表

县名	稳定(轻微危害性)		基本稳定(中等危害性)		不稳定(灾害性)		不稳定(大型崩滑体)	
	数量/个	比例/%	数量/个	比例/%	数量/个	比例/%	数量/个	比例/%
巴东	/	/	23	8.2	8	2.8	2	0.7
巫山	5	1.8	78	27.7	24	8.5	3	1.1
奉节	14	5.0	85	30.1	45	16.0	4	1.4
合计	19	6.8	186	66.0	77	27.3	9	3.2

表 7 说明奉节县城内是地质灾害发育最集中的地区 ,仅不稳定的崩塌、滑坡和具灾害性的泥石流就有 45 处 ,占灾害体总数的 16% ,其中 ,大型不稳定滑

坡体有茨草沱、硝水坪、王家坪、车家坝 4 处；其次是巫山县 ,大型不稳定滑坡体有四道桥 ,北门坡、锁龙村 3 处。巴东县大型不稳定滑坡体有作楫沱和大坪

2 处。不稳定区段分布在奉节县白帝城—安坪长江两岸以及朱衣河、梅溪河、草堂河两岸,巫山县城及城西—大溪长江两岸以及巴东大坪—左右沱长江两岸。调查还显示了三峡水库 175 m 蓄水位处于大多数滑坡体的前、后缘高程线之间,回水将造成这些灾害体的不稳定,发生位置将以纵向上移为主。

7 对库区建设的影响

7.1 对移民搬迁的影响

移民搬迁工作中,对移民数量和迁建费的统计基本上是以回水淹没线为界。据有关资料,回水线以下的居民占应迁居民的 80% 左右。三峡水库蓄水后,老滑坡体的复活和部分新滑坡体的发育将危及居住其上居民的生命财产安全,因此在移民工作中应将这部分居民的搬迁问题纳入规划之中。

7.2 对重点移民工程的影响

(1) 对巴东新县城的影响。巴东新县城移民工程位于长江南岸,东起黄土坡,西至西壤坡,绵延 7 km。调查发现新县城开发区内发育有多处滑坡体,由东向西在长江南岸分别是黄土坡、万户沱、白土坡、潭家坪、营沱乡、西壤坡等;北岸有朱家坡、瓦场坪、下望坡村滑坡(插页彩片 15)。从目前分析结果看,以上滑坡均属稳定滑坡,但它们的前、后缘高程均横垮 175 m 水位线,水库蓄水后可能会出现岸坡滑塌问题。此外,位于黄土坡对岸下游 2 km 处的黄腊石、大坪滑坡如果发生下滑入江,其所造成的涌浪将会给新县城造成重大危害。位于北岸西部的官渡口小区同样会受到对岸西壤口滑坡的威胁。

(2) 对巫山新县城的影响。新县城位于长江北岸,岸线长 6 km,沿岸变形体数量多,由东至西有冯家坝变形体,小三峡水泥厂、张家湾、秀峰寺、烟花厂、烟厂、北门坡、高塘观、四道桥、红石梁等滑坡,城西部还有上西坪崩塌,以上滑坡中大型规模的有 4 处,多数处于不稳定状态,三峡水库蓄水后,沿岸产生的塌滑密度可能增大。

(3) 对奉节新县城的影响。新县城位于长江北岸,从梅溪河两岸开始至朱衣河止,延绵 10 km。沿岸由东至西分布关庙沱、何家湾、梅溪河西桥头、锅铎厂、白衣庵、白杨坪等滑坡。这些滑坡体积大,稳定性差,属于在三峡水库蓄水后部分淹没段,因此很可能诱发塌滑灾害。位于新县城对岸的茨草沱滑坡

和朱衣河西岸的硝水坪滑坡,属于特大型和大型不稳定滑坡,如果水库蓄水后诱发塌滑,入江造成的涌浪会给对岸造成重大危害。

在上述 3 个新建县城工程区内,调查也发现存在泥石流的活动,如奉节新县城的罗家沟、白衣庵、十里铺大沟;巫山新县城的龙潭沟、田家沟、张家沟、向家沟、头道沟,它们的形成区都处于水库 175 m 蓄水位以上,水库蓄水后泥石流的危害不会减弱,而且随着建设弃土弃石的堆积和移民搬迁加剧的生态环境恶化,也存在发生泥石流灾害的隐患。

8 结语

(1) 本区是地质灾害研究程度较高地区,以往的工作大多以常规调查研究方法为主,成果表现形式陈旧,特别是地质灾害的分布位置、规模等内容多以示意方式表示,在实际使用中深感不够确切。利用遥感信息客观、真实、实时性强的优势,并能够按实体位置客观地圈定地质灾害体的位置及发育范围,这对地质灾害的发育规模,发生规律都会产生新的认识。

(2) 不同的遥感图像有不同的适用范围,航空彩色红外图像能够较明显地反映地表植被、湿度及组成物质的差异,结合地表水体及耕地展布规律等间接标志,能较准确圈定地质灾害的范围;陆地卫星 TM7、TM5、TM3 波段假彩色合成图像宏观效果好,对地质灾害的地表差异性有较好的反映,选择低水位的图像,对泥石流滩有清楚的显示,有助于确定泥石流沟,陆地卫星 TM 数据与 SPOT 数据融合图像影纹细腻,能较好地反映地质灾害体的特点,能清楚地显示居民点、道路及移民工程的展布,可以应用于地质灾害与移民工程相关分析研究。

(3) 研究表明,三峡水库按 175 m 水位正常蓄水后,现有的崩滑体中绝大多数将被淹没,处于回水变动带中的崩滑体稳定性将有所降低,也将产生一些新的崩滑体,其结果是库岸稳定性整体降低,据有关研究统计,这个数字将由 4.8% 上升到 10%,库岸再造引起的对移民工程危害性影响不容忽视。

参考文献

- [1] 杨达源,等.自然灾害学[M].北京:测绘出版社,1993.
- [2] 杜榕桓,等.长江三峡工程库区滑坡与泥石流研究[M].成都:科学技术出版社,1991.

(下转第 26 页)

此一并致谢！

参考文献

[1] 佟 伟,等.滇西水热型地热资源基本情况[A].横断山考察文

集(一)[M].昆明:云南人民出版社,1983.
[2] 葛碧如,滕吉文,等.诺阿卫星探测隐伏构造、地热及水分布
[M].北京:气象出版社,1998..
[3] 阚荣举,赵晋明,等.腾冲火山地热区的构造演化与火山喷发
[J].地震地磁观测与研究,1996,17(4).

THE APPLICATION OF REMOTE SENSING TECHNOLOGY TO
THE STUDY AND FORECAST OF TERRESTRIAL HEAT RESOURCES
IN SOUTHWESTERN TENGCHONG AREA , YUNNAN PROVINCE

YANG Bo¹ , WU De - wen² , LAI Jian - qing¹ ,TANG Pan - ke¹

(1. Central South University , Changsha 410083 , China ; 2. Non - ferrous Metals Geological Remote Sensing Center , Beijing
065201 , China)

Abstract: Based on an analysis of the relevant TM pseudo - color synthetic remote sensing images , the authors interpret-
ed the tectonic phenomena in western Yunnan Province , especially in Tengchong area. Through extracting the information
concealed in the TM6 Far Infrared band and then by using the overlapping analysis of the tectonic interpretation and the
terrestrial heat anomaly distribution images , the authors found out the regularity governing the distribution of the terrestrial
heat spots and put forward the RS tectonic image model. On such a basin , an Order - I anomalous area which consist of
62 water - heat anomalous spots has been delineated.

Key words: Remote sensing methods ; Terrestrial heat ; Image model ; Anomaly ; Forecast

第一作者简介:杨波(1974 -)男,中南大学遥感地质2000级硕士研究生。

(责任编辑:周树英)

=====

(上接第14页)

THE APPLICATION OF REMOTE SENSING TECHNIQUE TO THE
INVESTIGATION OF LARGE - SCALE GEOLOGICAL HAZARDS IN
THE THREE GORGES RESERVOIR AREA OF THE YANGTZE RIVER

ZHANG Zhen - de , HE Yu - hua

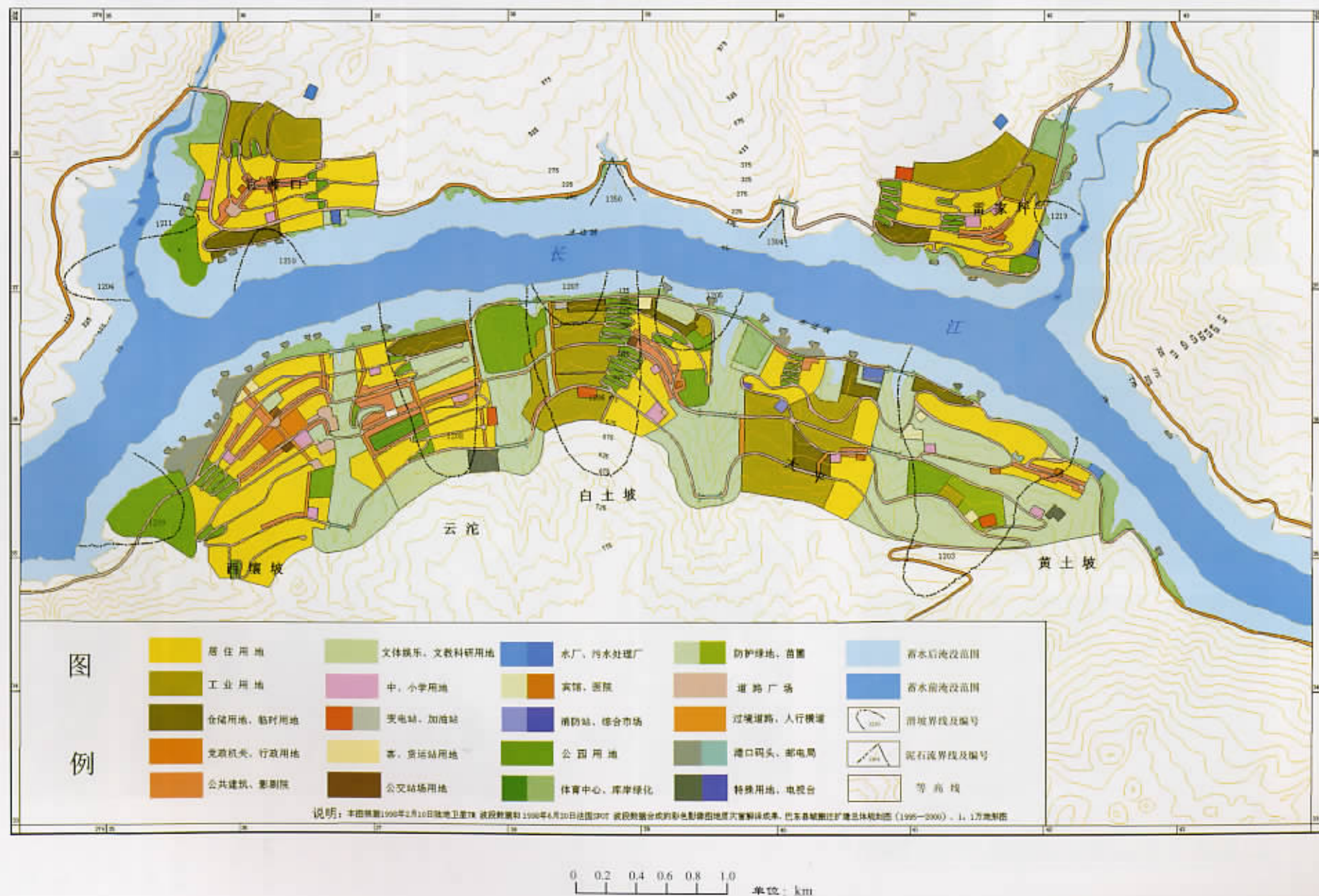
(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources , Beijing 100083 , China)

Abstract: With the Fengjie - Badong section of the Three Gorges reservoir area of the Yangtze River as the study area ,
the authors , using the remote sensing technique , accurately delineated bodies of collapse , landslide and mud - rock
flow. The results gained have laid the foundation for the objective reflection of the harmfulness of geological hazards to the
migration engineering and the further work in the whole reservoir area.

Key words: Geological hazard ; Remote sensing technology ; Three Gorges of Yangtze River

第一作者简介:张振德(1947 -)男,教授级高工,1975年毕业于长春地质学院地勘系,主持过多项遥感应用研究项目,曾多次
获得省部级科技进步和地质勘查二、三等奖奖项。

(责任编辑:肖继春)



彩片 15 巴东新县城规划区大型地质灾害卫星遥感解译图