

草尾河灵官嘴“跌水”成因的遥感研究

刘海军¹, 余德清², 刘登忠¹, 夏清¹, 颜玲¹

(1. 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059; 2. 湖南省遥感中心, 长沙 410007)

摘要:在收集地理、地质及水文等资料并对其进行详细整理分析的基础上,利用多时相卫星数据和航片,在相应数字图像处理软件的支持下,对草尾河进行系统的遥感地质解译,并从地质和水动力学两方面研究了草尾河航道灵官嘴“跌水”形成的原因,预测了发展演化趋势,为草尾河的航道疏浚提供参考资料。

关键词:遥感技术;草尾河;“跌水”;形成原因;演化趋势

中图分类号:TP 79:P 941.77 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-070X(2006)03-0065-04

0 引言

草尾河是联接西、东洞庭湖的一条较为狭窄、落差较大的洪道型河流,又是沟通洞庭湖区各港口的水路交通要道。该航道自西向东横贯湖南省沅江市,全长 57.34 km,其北岸是大通湖垸,南岸是共双茶蓄洪垸。

草尾河航道灵官嘴“跌水”是指航道与河床的位置、范围和形态等发生变化而形成河底陡坎的现象。由于航道的“跌水”,致使一些原来可以通过的大中型货轮不能顺利通过,故需对其进行疏浚。草尾河曾于 20 世纪 50 年代及 70 年代进行过两次航道疏浚,耗费大量人力物力。但近年在灵官嘴附近又出现了落差达 2 m 的“跌水”,其南横岭湖也有类似“跌水”现象,严重影响航运。“跌水”出现的周期性及必然性,增加了航道疏浚工作的重复性及复杂性。为减少草尾河航道疏浚的工作难度及工作量,详细研究草尾河“跌水”的形成原因,预测其演化趋势具有重大实际意义。

1 信息源

1.1 数据选择

研究采用 1978 年 MSS、1986 年 Landsat-5 TM、2001 年 Landsat-7 ETM⁺、2003 年资源二号高分辨率(3.0 m)卫星数据以及 1954 年和 1983 年的 1:5 万黑白航片。所选图像除用于了解草尾河航道变化情况和泥沙淤积情况外,还选择了 2001 年 Landsat-7

ETM⁺ 卫星数据作为遥感地质解译底图。对重点河段的泥沙淤积、洲土分布、第四纪地质和新构造运动等的调查采用资源二号卫星数据。

1.2 信息处理

图像处理的优劣直接关系到目视解译精度和解译结果信息丰富程度。对于航空遥感图像,在扫描录入的基础上,以同比例尺的地形图为参照,逐张进行正射投影纠正并拼接。

对于 TM(ETM⁺)和资源二号卫星数据,则需进行系统处理。首先,要选取合成图像的波段和图像最佳合成方案,根据图像的统计数据得出信息量最丰富的波段组合方式,达到使图像特征明显的目的。Landsat-7 ETM⁺ 的 8 个波段中,波段 7 属于反射红外波段,适用于地质制图;波段 4 属于近红外波段,用于生物量调查、识别与水有关的地质构造和隐伏构造等;波段 3 属于红光波段,主要应用于地貌、岩性等方面,适用于区分地质体边界,并且与其它波段相比,受大气的阴霾影响较小,影像的反差较好^[1]。因此,采用 7、4、3 波段组合进行假彩色合成。

对资源二号全色波段数据(3.0 m),以 1:1 万地形图为基础图进行几何精校正,然后,以纠正后的资源二号全色波段数据为参照,采用多项式纠正模型对 TM(ETM⁺)多波谱数据进行几何配准。在此基础上,采用主成分变换融合模式融合已纠正、配准的资源二号全色波段数据和 TM(ETM⁺)多波谱数据。对融合好的图像,以 1 景图像为基准,在 2 景数据重叠部分选取控制点并追踪这些控制点进行镶嵌,经过以上步骤处理后的合成影像图,目视效果较好,且配准误差小,满足解译的需要。

2 草尾河航道及外围遥感地质分析

2.1 构造背景

洞庭湖盆形成前,经历了多次造山运动的改造和迭加。武陵运动(距今 25 亿 a)和雪峰运动(距今约 16 亿 a)为本区最老的构造运动,构成本区近东西向的褶皱基底;加里东期和印支期构造运动,在本区东部表现为升降运动。这些构造的迭加和改造,为洞庭湖盆的形成奠定了基础。燕山运动形成了洞庭盆地的雏形,至喜山运动之后才形成洞庭湖今日之面貌。参考钻孔资料 and 前人研究成果(童潜明等)将洞庭湖盆划分为澧县凹陷、太阳山凸起、安乡—常德凹陷、目平湖凸起、沅江凹陷、麻石口凸起及湘阴凹陷等 7 个次级凹陷、凸起构造。其分布如图 1 所示。

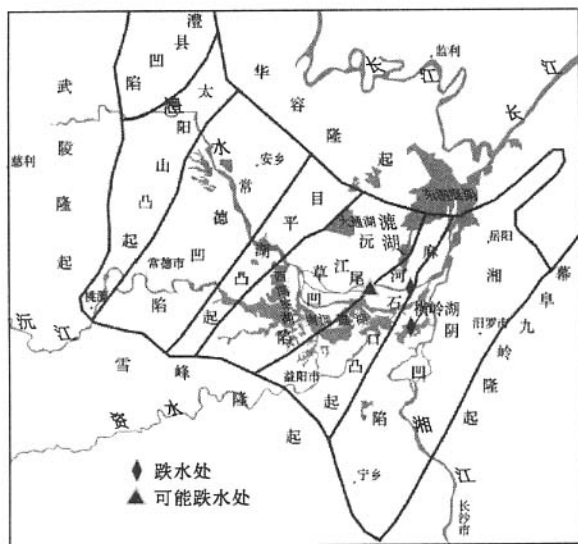


图 1 洞庭湖区构造单元分区

从构造单元的分布情况看,草尾河航道灵官嘴河段形成“跌水”现象,与构造单元的分布具有一定的成因联系。草尾河航道从西往东横跨沅江凹陷、麻石口凸起及湘阴凹陷 3 个构造单元。灵官嘴“跌水”位于麻石口凸起与湘阴凹陷的接合部位,其西部凸起,东部下陷,最终形成“跌水”。另外,据此推断,草尾河麻阳湖段也有形成“跌水”的可能,此地段位于沅江凹陷与麻石口凸起的接合部位,只是西部下陷,东部凸起,与灵官嘴“跌水”情况刚好相反,预计将在麻阳湖段上游形成深潭。

2.2 断裂构造展布

断裂构造遥感解译主要针对草尾河流域及其外围地区,注重对河道产生影响的断裂构造。由于研

究区的基岩广泛被第四纪沉积物所覆盖,影像特征不十分明显,表现得较为隐晦。故通过色调、水系、地貌、湖泊等直接间接解译标志加以识别。解译出一系列断裂构造,主要有临澧—河伏断裂(F1)、岳阳—湘阴大断裂(F6)、监利—澧湖断裂(F4)、监利—岳阳断裂(F5)、北景港(南县)断裂(F2)、常德—益阳—长沙断裂(F7)、太阳山断裂(F3)。其分布如图 2 所示。

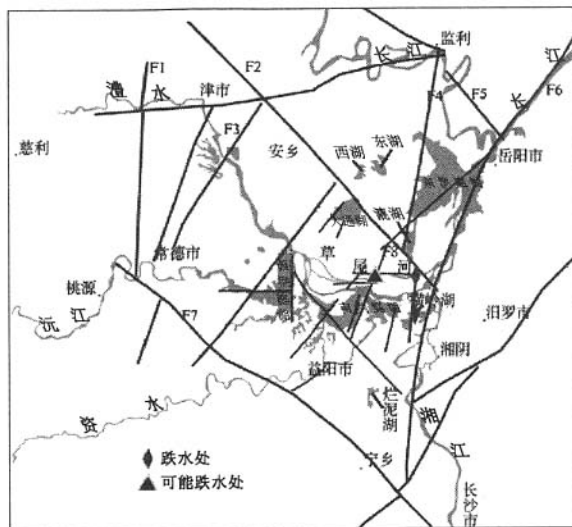


图 2 洞庭湖区断裂构造遥感解译

其中,岳阳—湘阴大断裂(F6)为洪湖—湘阴大断裂的南段,控制了洞庭盆地的东部边界。由洪湖以北循长江南下入湘经岳阳至望城、铜官一带,为全隐伏断裂。影像上岳阳北部表现为长江的突然拐弯,岳阳以南的走向近南北向,为西降东升之正断层。东盘接受 Q_1 、 Q_2 的沉积,厚 100 m 左右,一般上升盘为丘陵、垄岗地形, Q_3 、 Q_4 仅分布于现代水系沟谷中,西盘 $Q_1 \sim Q_4$ 为连续沉积,厚度可达 260 m,其使洞庭湖东岸形成 20 ~ 30 m 的陡崖。

磊石—万子湖断裂(F8)由北东和北北东向断裂组成,影像上表现为明显的色调异常,东洞庭湖西部深水区呈直线状作北东向延伸,南段表现为水系沿断裂带方向延伸或同步拐弯、线形沟谷及山体错移,该断裂往北与湘江断裂斜接,往南至盆地边缘尖灭,为一倾向北西的隐伏正断层,分隔沅江凹陷与麻石口凸起。

监利—澧湖断裂(F4)为走向近于南北稍偏东的正断层。影像上表现为明显的色调异常,北部沿断裂呈现一系列湖泊,湖泊深部呈直线状沿断裂延伸;断裂北部较老地层形成孤丘,构成不同的色调影斑块沿带分布;由于该断裂西盘上升,东盘下降,西盘地层较老,发育一些水系,冲沟突出,东盘发育第

四系全新统网纹粘土。南段为 F2 断裂所截且向东平移,平移段仍为西升东降,其南部切断河流,在断裂东盘形成一个深潭,使得断裂两侧水系形状明显不同。

从洞庭湖区断裂构造的展布情况看,对草尾河航道产生影响的断裂主要是监利—澧湖北东向断裂(F4)。磊石—万子湖北东断裂(F8),可能造成草尾河麻阳湖段“跌水”。

2.3 地层分布

对草尾河区域遥感地质解译得出,研究区几乎全部为第四系全新统覆盖,仅外围有少量前第四纪地层。在河槽挖掘堆积物中可见到上更新统白水江组(Q_3b),被全新统掩盖,主要分布于草尾河灵官嘴上游。岩性为棕黄色含锰质结核、局部为粗短网纹的粘土堆积,具有一定程度的固结,硬度较大,和上覆的全新统松散砂砾层地层形成明显的对比,与下伏地层呈不整合或假整合接触。

全新统分为河流冲积层和湖泊沉积层,主要分布于湖盆洲滩以及河谷两岸,松散堆积物构成高漫滩、低漫滩及心滩。河流冲积层的上部多为灰色砂土和砂质粘土,下部为砾石和砂砾层,其厚度一般为 5~15 m。湖泊沉积的岩性主要为灰色、灰褐色砂质粘土、粉砂、细砂及淤泥等,有时底部含砾,厚度一般为 5~30 m。

洞庭湖区全新世(Q_4)地层分布具有不均匀特点。参考钻孔揭示淤泥厚度及解译分析,洞庭湖湖区内共有 5 处全新世(Q_4)淤积中心,即东洞庭湖区,最厚可达 53.79 m;大通湖区,最厚可达 22 m;安乡—汉寿区,最厚可达 25 m;澧县—津市区,最厚可达 23 m;益阳烂泥湖区,最厚可达 10.6 m。淤泥厚度的不同与不均匀沉降有很大关系,一般是在持续沉降且速率较快的情况下,沉积的淤泥厚度才会加厚,这一点在东洞庭湖北部表现很明显。

从沉积地层及其厚度上分析,草尾河航道灵官嘴东端和横岭湖东端第四系全新统淤泥沉积薄,几乎以 0 等值线呈南北长条状分布。而 0 等值线边界即位于草尾河航道灵官嘴一带,沉积厚度的突变是形成草尾河航道灵官嘴的“跌水”的原因之一。

2.4 河道变化分析

比较 1954 年航片、1978 年 MSS 及 2001 年 ETM⁺ 卫星影像,可以明显看出,随着时间的变化,草尾河航道明显变窄,且从 1954~1978 年的变化远远大于 1978~2001 年的变化,说明草尾河在 1954~1978 年经历了大的变革,水流量明显减少。从 1978 年卫星影像上可以看出,草尾河麻阳湖段东部,原有

一些心滩消失,一部分心滩由于水流量的减少及河道的变窄,发展为边滩。1954 年草尾河麻阳湖段原有深潭在 2001 年影像上已看不出有深潭标志。其南嵩竹河由于上游河流的改道及下游泥沙大量淤积,在 2001 年已断流,形成一个冲积扇,使得南洞庭湖面积大幅减少。研究东洞庭湖南部的古河道,可得出草尾河在此段明显南迁。东洞庭湖的泥沙淤积主要来源之一就是草尾河,在此段泥沙大量淤积,促使东洞庭湖面积大幅减少,同时,基于同样原因,草尾河河道改道南迁。对草尾河北部一些古河道的研究可以得出,草尾河河道整体向南变迁。

3 “跌水”的成因分析

3.1 断裂活动的复苏

由前所述,对草尾河航道产生影响的断裂主要是监利—澧湖断裂。澧湖断裂北起洪山头镇,贯穿澧湖,经草尾河的新河口,穿过南洞庭湖至明山,在全新世时期存在复苏现象,主要表现为:

(1) 断裂沿东洞庭湖和澧湖西岸而过,其间藕池东支入湖处入湖泥沙增多,使湖域堆积加快,其余湖段特别是澧湖目前湖水在加深,这就说明断裂的东盘即东洞庭湖、澧湖在下降,只有构造沉降速率大于泥沙淤积速率才有可能使断裂东侧湖水加深,沉积物加厚。

(2) 洪山上镇军桥河剖面清晰可见包括近、现代淤泥的全新世堆积与白垩系砂砾岩呈断层相接,说明该断裂自全新世以来至今仍在活动,东盘下降才有全新统淤积物成层形成。

(3) 草尾河河床灵官嘴附近东低西高,东为湘江河道第四系全新世泥沙淤积,是下降盘,西为第四系中更新统网纹状红土,是上升盘,这也说明全新世以来直至现在断裂仍在活动。

由于该断裂的活动,致使灵官嘴河段的河床底部地层错位,造成河床底部高低不平,使之在枯水期甚至平水期看似一马平川的洞庭湖才有“跌水”现象。

3.2 岩性条件

由于断裂的活动,致使草尾河灵官嘴段地层错断,使得上更新统白水江组地层出露于西侧,白水江组地层岩性具有一定的固结,硬度较大,抗河流下蚀作用强。按断层性质(据洪山头镇剖面)及断距分析,断裂东盘比西盘至少下降 30 m,其上被全新统地层覆盖,岩性多为松散砂质粘土、砂砾层,抗河流侵蚀作用相对较弱,故在流水冲蚀作用的影响下,就易

被冲刷掉。如此在枯水甚至平水期,这种西高东低的河底和湖底地形就产生了“跌水”。横岭湖东也是基于此原因,河床底部出现陡坎现象,形成“跌水”。

4 “跌水”的变化趋势

“跌水”是洞庭湖区特有的地质构造和复杂的水流条件等自然作用所形成的,根据洞庭湖区地质情况和可能的水文变化情况,“跌水”的变化趋势有:

(1)草尾河水量主要来源于长江的分流,三峡水库运行后,进入洞庭湖的水流量就会比较稳定,在稳定流量河水的冲蚀下,“跌水”段西高东低的地形变化缓慢,“跌水”变化也就缓慢。

(2)如果河水流量突变,例如,发生大的洪水灾害,进入洞庭湖的水量剧增,就会加大水流的冲刷作用。在此水动力条件下,“跌水”段东侧抗水流冲蚀较弱的全新世地层,就易被冲刷掉,“跌水”段河道西高东低加剧,“跌水”也就加剧。同时,由于水流量的增加,“跌水”对航运的影响也就变小。

(3)如果进入草尾河的水流量减少,对河流的冲刷作用也就减弱,“跌水”段东侧就会加快淤积,就会对“跌水”予以抑制,“跌水”就将减弱。但是由于水流量的减少,河流变浅,同样影响航运。

5 结语

基于遥感技术对草尾河航道灵官嘴“跌水”产生

原因的调查分析表明,造成草尾河航道灵官嘴“跌水”的主要原因为监利—澧湖北东向断裂的活动。该断裂不仅促使草尾河航道灵官嘴附近地形西高东低,形成“跌水”,而且在横岭湖南端也产生“跌水”现象。同时,由于断裂两侧地层岩性的不同,其抵抗水流冲蚀强度也不同,在河水持续的冲蚀作用下,最终形成“跌水”。

与常规地质调查方法相比,遥感技术有其无法比拟的优势,在河道监测和治理中有着广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 李家存,魏永明,简启忠. 遥感信息在南水北调西线工程区构造解译中的应用[J]. 吉林大学学报, 2004, 34(1): 150-153.
- [2] 王长耀,濮静娟,华健,等. 空间遥感图像的分析应用[M]. 北京:国防工业出版社,1985.
- [3] 蒋年德,王耀南. 一种新的基于主分量变换与小波变换的图像融合方法[J]. 中国图象图形学报, 2005, 10(7): 910-915.
- [4] 徐金山,程崎,张东亚. 遥感技术在南昌地区新构造运动研究中的应用[J]. 国土资源遥感, 2000(4): 24-29.
- [5] 贾永红,李德仁,孙家柄. 多源遥感影像数据融合[J]. 遥感技术与应用, 2000, 15(1): 41-44.
- [6] 吴曙亮,蔡则健. 江苏省沿海沙洲及潮汐水道演变遥感分析[J]. 国土资源遥感, 2002(3): 29-32.
- [7] 赵自强,王学潮,随裕红,等. 遥感技术在西线南水北调活动构造分析中的应用[J]. 华北水利水电学院学报, 2001, 22(1): 33-35.

A STUDY OF DIESHUI IN THE CAOWEI RIVER AREA ON THE BASIS OF REMOTE SENSING TECHNIQUE

LIU Hai-jun¹, YU De-qing², LIU Deng-zhong¹, XIA Qing¹, YAN Ling¹

(1. Geosciences College, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Hunan Remote Sensing Center, Changsha 410007, China)

Abstract: Based on collecting and analyzing geographic, geologic and hydrologic data and supported by corresponding digital image process software, the authors used multi-time satellite data and aerial photographs to analyze and investigate the Caowei River. The cause of Dieshui in Caowei River channel was studied in the light of geology and water dynamics. The development trend of the Caowei River is predicted, which can be used as the reference data for the dredging of the channel of the Caowei River.

Key words: Remote sensing technique; Caowei River; Dieshui; Formation cause; Developing trend

第一作者简介:刘海军(1981-),男,硕士研究生。主要研究方向:IT技术在地学中的应用。