No. 3 2006

Sept. 2006

# 河道演变的遥感分析研究

## ——以北江下游为例

## 钟凯文,刘万侠,黄建明

(广州地理研究所广东省遥感与地理信息系统应用重点实验室,广州 510070)

摘要:以近30 a 来共7个时相的 MSS、TM 遥感影像和相关地区的1:5 万地形图作为数据源 在建立遥感识别标志和影像特征的基础上 对北江下游河岸变迁、洲滩和河道演变进行了分析研究。结果表明 ,在1975~2002年间 ,北江下游河道具有明显演变过程 ,岸、滩冲淤变化明显 ,部分地区发生淤积。在获取河道横向演变特性的基础上 ,对比该时段内北江下游河道纵向演变情况得出:河道的纵向变形影响横向变形 ,总体变化两者成反比关系 ,河势向着稳定的趋势发展。

关键词:遥感;河道演变;北江下游

中图分类号: TP 79: P 931.1 文献标识码: A 文章编号: 1001 - 070 X(2006)03 - 0069 - 05

## 0 引言

河道环境在自然因素和人为干扰下时常发生变化,用常规监测方法很难对其进行宏观、动态、全面地研究。遥感技术具有快速、宏观、跨时段、可供系统地进行大尺度调查与监测的优势,而在研究河道的变化规律方面具有特殊的作用。本文以北江下游河道为研究区,用遥感方法进行了河道演变及其成因的研究[1]。

## 1 研究区概况和遥感数据

#### 1.1 研究区概况

北江是珠江流域的第二大支流,整个流域呈扇形,地势北高南低,发源于江西省信丰县石碣大茅山,除部分跨入湘、赣两省外,92%的流域面积均在广东省境内。研究区域为飞来峡出口至北江支流潭洲水道入口(如图1所示),全长98 km,为北江下游河段;河道平缓,左岸为平原,右岸为丘陵,以红色沙岩、砾岩和页岩为主;水面开阔,河槽中多滩地、江心洲,河汊较为发育;有丁坝、堤防等许多水利建筑物。此段河道在广东地区的水利、航运、环境保护及供水等方面都起着非常重要的作用。本研究可为下游河段附近的水利建设、航道整治等方面的综合

利用提供科学依据,在经济建设和理论研究上都具有实际意义。

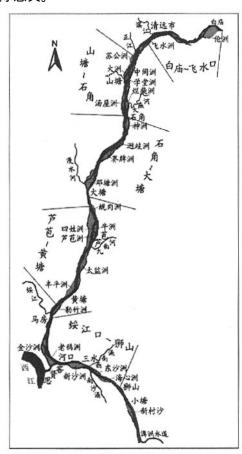


图 1 北江下游河道及洲滩位置

#### 1.2 遥感数据

本研究收集了北江下游河段的 1975~2001 年 TM 和 MSS 影像数据。另外,由于使用的影像数据时间跨度 26 a,各时相遥感数据成像季节不同,相应的水位也不相同,水位变化会影响水边线的位置,起伏较大时会造成解译结果具有不可对比性,所以,本次选择的影像资料要求不同水平年水文条件近似、河道滩槽分明。所选卫星影像成像当日的径流、水位情况如表1所示。

表 1 北江下游河段所选图幅成像当日径流、水位情况

卫星成像时间	径流 湄	青远站水位∕n	n 石角站水位/m	三水站水位/m
1975 – 12 – 24	枯季	8.69	5.89	0.72
1979 - 10 - 01	枯季	8.35	5.66	1.47
1984 - 02 - 07	枯季	7.39	4.67	0.17
1988 - 12 - 22	枯季	7.28	4.82	0.41
1993 – 12 – 24	枯季	7.33	5.03	0.19
1998 – 12 – 22	枯季	6.69	4.65	0.36
2001 - 11 - 20	枯季	6.60	4.74	0.45

## 2 河道信息提取

#### 2.1 图像校正和配准

首先 利用 ERDAS 的图像处理功能 ,对 2001 年影像采用 1:5 万地形图选取同名地物点 ,采用二次多项式方法进行纠正;然后 ,以 2001 年遥感影像的几何精校正为基础 ,对历史资料按像元间点点对应进行配准(误差控制在 0.5 个像元之内 )。由于 MSS原始影像是胶片扫描而来 ,局部存在变形 ,但总体上误差控制在 1 个像元内。

#### 2.2 河道专题信息提取

本次研究对象为水系,研究目的是分析水系及其产汇流区 20 几年来的综合变化情况,所以,对该区域选取 TM4、TM3、TM2 作假彩色合成,以突出反映河道沿线及河道内信息;对 MSS 影像则采用 MSS5、MSS4、MSS7 合成来突出河流、滩涂的影像特征。在遥感图像上提取河道历史和现状信息包括堤防位置走向、闸坝位置、桥梁、支流入口、河流走向、弯率、水流流向、取水口、洲滩形态及位置等<sup>[23]</sup>,本次研究的解译工作利用 ArcInfo 软件完成,生成 Coverage 矢量文件,在 ArcView 里对各个 Polygon 进行归类 最后导出 Excel 文件 统计各类别面积,作为后续分析的基础数据。

万方数据

## 3 北江下游河道平面遥感特征

针对北江下游河道枯水季节7个时相的遥感资料,通过统计分析,卫星成像时刻河道部分特征数据如表2所示。图像解译的内容包括水边线、全部的江心洲以及边界清晰向河道内侧发展的边滩。为了使多个时相的解译结果具有可比性,要求解译的边滩一一对应。

表 2 北江下游河道特征数据遥感统计<sup>①</sup>

卫星成像时间	平均水面宽/m	曲折系数	过水面积/km²	洲滩面积/km²
1975 – 12 – 24	775.88	1.12	83.19	30.94
1979 - 10 - 01	598.73	1.13	63.14	43.40
1984 - 02 - 07	491.70	1.14	53.58	50.69
1988 – 12 – 22	583.67	1.13	63.67	44.69
1993 – 12 – 24	603.33	1.14	65.90	42.50
1998 – 12 – 22	564.28	1.14	61.97	46.34
2001 - 11 - 20	595.13	1.14	65.05	43.78

<sup>①</sup>平均水面宽度由遥感成像时刻过水面积与河道长度之比获得

#### 3.1 曲折系数变化情况

曲折系数是指河道长度与相同河道直线距离之比。根据曲折系数大小,可以判断河型,分析河流近期变化<sup>[4]</sup>。本研究共对比了7个时相的曲折系数变化。由表2可知,北江下游干流河道20世纪70~80年代曲折系数在1.12~1.14间摆幅不定,河道表现为游荡性;进入90年代后,1993年其曲折系数变为1.14,之后无变化,河道稳定。总体来说,从70年代~90年代,河型变弯曲萎缩,但整体变幅不大,90年代后河势稳定。

#### 3.2 河道分段洲滩演变情况

河床演变过程是错综复杂、多种多样的,在同一条河流上的不同河段,其河床形态和演变规律往往各异。因此,可以把天然河流划分成若干段,分别研究各段河道演变规律<sup>[5~9]</sup>。本次研究将北江下游河道划分成5段,各分段洲滩面积变化如图2所示。

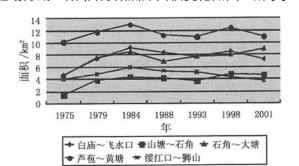


图 2 北江下游河道分段洲滩演变情况

(1)白庙—飞水口河段。从飞来峡口由东往西流,至滨江河口转向南。该河段为弯曲分汊河道,河床主要以河砂为主,并有少量卵石。河道内洲滩发育,上段伦洲相对较为稳定,而中段沙洲沙滩密布,枯季此段河道中段水流散乱,洲滩演变剧烈(图2)。这主要是由于飞来峡峡口以下为扩散河段,上游来水来沙出峡口后由于水流流速变缓,有大量推移质在该河段淤积;同时,由于航道整治,河流主航道左右摆动,从1975~1998年河道中段主流一直走左汊,至2001年主航道变为右汊走向顺直,水流稳定。

(2)山塘—石角河段。微弯顺直河道,是北江下游著名的浅滩河段。本河段河岸主要为沙质及粘性土河岸,在枯水期的中低水位时河槽宽浅,水流动力轴线容易摆动,浅滩常在航道内出现,航槽不稳定,是航道部门历来整治的重点河段,由上段的中间洲、学堂洲、大洲和下段的汤屋洲、烂柴洲等洲滩组成。由图2可知,山塘—石角河段1975~2001年洲滩总体面积呈增幅趋势,在1998年此段洲滩面积达到最大4.8 km²。下段烂柴洲段较稳定,上段学堂洲段1975~1998年主航道一直走中汊,1998年河道已严重碍航,为此,航道部门选择位于河势凹岸的右汊作为航道进行整治。左汊丁坝密布,至2001年此段河道水流散乱的现象得到了整治,大洲左侧和学堂洲右侧受到冲刷,主航道此时走右汊,浅滩出露减少,水流稳定。

(3)石角—大塘河段。为弯曲分汊河道,有2段滩群。上段由神洲、迥歧洲、界牌洲组成,其中迥歧洲尾和界牌洲首侧有浅滩出没,河面宽阔,边滩低矮水流分散是形成浅滩的主要原因;下段主要由乌柏洲、邓塘洲组成。该河段1975~2001年洲滩总体变化如图2所示,1975~1984年洲滩面积呈增长趋势,增幅较大,上下段洲滩都有淤长,岸线内缩,河道整体宽度束窄;到了1988年出现一个低点,洲滩面积减小,界牌洲右侧和迥歧洲下端受到冲刷,河道水面宽阔;而从1993~2001年洲滩面积呈增幅趋势,中部的界牌洲不断向河道内侧淤长,而迥歧洲已经和左侧边滩连成一体,河道中丁坝密布,主流走右汊,下端的邓塘洲航道整治走左汊,由于右侧丁坝的堵塞作用,2001年右汊已经断流,邓塘洲向右侧淤长,此时整段洲滩面积达到最高值9km²。

(4)芦苞—黄塘河段。为顺直微弯河型,有2段滩群。上段由四姓洲、牛洲和芦苞洲组成,该段原主航道走中汊,有悖于河势,洪枯水流动力不一致使该段经常出逐渐,挥段主要由太监洲、丰洲组成,相较

于上段较稳定,只有太监洲与芦苞洲之间的过渡段枯季有时会有浅滩出现。据图 2 可知,从 1975 ~ 1984 年该河段总体洲滩面积呈增长趋势,增幅较大,洲滩向河道内侧淤积,1984 年该河段太监洲右侧有许多浅滩出露,洲滩整体面积达到最大 12.99 km²;之后,经 1988 ~ 1993 年,洲滩面积大幅减小,尤以前段时间变化剧烈,河道走向顺畅,浅滩出露减少;至1998 年洲滩面积又有增加而且幅度较大,主要是由于芦苞浅滩段的航道整治在 1994 年竣工,主航道由原来的中汊变为左汊,右汊在锁坝实施后,致使大量泥沙淤积,此时四姓洲与牛洲已经相连;至 2001 年此段洲滩面积有所减少,河流走向顺畅,航道整治已见成效。

(5)绥江口—狮山河段。长约13.64 km,属弯曲河流,在思贤滘与西江相通,洲滩主要由上段的金沙洲、老鸦洲和下段的新沙洲组成。在1998年以前下段的新沙洲左汊河道比右汊宽,1998年两汊水域宽度相当,至2001年右汊宽于左汊,尤其在洲首位置。由图1可知,与其它河段一样,从1975~1984年马房至三水河段总体洲滩面积呈增长趋势,增幅较大,河道整体束窄,相对于前2个时相1984年金沙洲上部多出一个沙洲,金沙洲向下游方向淤积,与相邻小洲相连,而且金沙洲左汊河道有边滩淤积,使得河流走向变曲折,此时整体洲滩面积达到了最大6.02 km²;80年代中期以后至2001年,此段河道洲滩面积一直呈下降趋势,整体洲滩面积减少,此段河道中、枯水河宽更为统一和平顺,水流更为顺畅。

#### 3.3 河道纵向变化与横向演变的关系

河道变化从表现形式可分为纵向变形与横向变形 2 种。纵向变形是指河道沿流程纵深方向发生的变形,即河床纵剖面的冲淤变化,主要表现为河床下切;横向变形也称平面变形,即河床沿着与水流垂直的水平方向发生变形,曲折系数变化从宏观上反映河道的总体横向变形,而洲滩演变则从细节上体现了河道的横向变形情况。在天然河流中,这 2 种变形错综复杂地交织在一起。相关资料表明,北江下游北江大堤段 1975~1999 年纵向变形情况如表 3 所示。

表 3 北江大堤段河床冲刷情况[10]

河段名	石角—大塘	芦苞	黄塘	绥江—狮山	全河段
河床下切/m	0.664	1.447	2.889	3.247	2.099

首先,从宏观上分析,由表3可知,北江下游河

道河床 1975~1999 年呈下切趋势 ,且下切幅度较 大,该时段内北江下游河道曲折系数变化稍有增长 并趋于稳定,对比可知曲折系数稳定的时段与河道 纵向变形剧烈的时段相对应,这说明河道纵深变化 大时 横向变形小,河势趋于稳定。其次,从洲滩演 变角度分析两者关系,北江下游河道洲滩总体面积 变化在河道冲刷严重的80年代中期以后,虽然有起 伏,但程度不大,整体呈减小趋势(如表2)。这是因 为,在河道纵深加大时,河道沿程过水横断面面积增 大 水流挟砂能力增强而不断携带河道中的泥砂 洲 滩受到冲刷面积减小。总之,河道纵向变形影响横 向变形,两者呈反比关系,河道纵向冲刷时,河道横 向变形小 洲滩总体面积减小 岸线向着稳定趋势发 展。但因河道的横向变形即洲滩演变具有更大的复 杂性和随机性 受自然和人为因素的影响较敏感 所 以 局部河段并不遵循这一规律 ,如山塘——石角河段 和石角—大塘河段 这2段是著名的浅滩段 变化较 复杂。

## 4 北江下游河道岸滩演变原因分析

#### 4.1 自然因素

北江河道有许多沙质河漫滩、边滩及江心洲构 成的低河岸 此类河岸极不稳定 受水流冲刷崩塌速 度快,为局部来沙提供大量的沙源。北江河床为沙 质河床,可冲性及可塑性都很强,在水流作用下,河 道中易形成大中型沙波及江心岸沙 ,北江有不少浅 滩就是由于沙波形成的[11]。另外,北江下游河道地 处平原段,洪水期水流比降平缓,而中、枯水期受边 滩、心滩影响,比降增大,洲滩有洪淤枯冲的演变特 性 所以洪水发生频次及程度 直接影响洲滩面积的 改变,进而影响河道的变形。从1993~1998年洲滩 的面积变化来看,正好与1994年以来接连发生的4 场大洪水时段相吻合,洪期水流含沙量高是造成洲 滩面积增长的一个原因。而从1998~2001年洲滩 面积变小 据查 1999~2001 年时段研究区内未发生 较大洪水 致使上游洪水带来的泥沙减少 不足以补 充下游河道泥沙的流失 致使河道受到冲刷 洲滩面 积减小。

#### 4.2 人为因素

首先,人类活动影响主要是航道的整治。采用支汊控流的方法,通过丁坝的整治、修建,改变了河道原来自然中枯水位的河势,致使横断面的流速分布改变,把亦整泥沙冲淤的部位进行重新调整,使中

枯水位流量集中在整治的支流上,势必造成被控支流落淤,整治支流被冲。一部分淤积于本河段的坝田区内,另一部分则被冲刷带往下游河段淤积,全河段总的泥沙冲淤量基本是平衡的,河床演变的动力仍是水流动力[12]。其次,影响河道变形的重要因素是人为采砂。河道采砂泛滥、无序、超采引起坡降变陡、流速加快,加快了河床冲切速度。根据水利部门统计,北江干流的北江大堤河段1990~1997年采沙总量为3100万㎡,严均每年采沙400万㎡<sup>[13]</sup>。河道的大量采砂使北江下游河道河底高程大幅降低。据调查,1988年以来老鸦洲河段下切达9㎡,大塘河段下切达6㎡<sup>[14]</sup> 这必然造成河道内洲滩面积的减小。

总之 河道岸滩演变受自然因素和人为因素影响 这 2 种因素都会造成岸滩的冲刷和淤积 ,而且这 2 种因素往往同时作用于河道。但对于整段河道而言 ,人为因素的影响主要是使河道冲刷 ,洲滩面积减小 ,而自然因素则使河道淤积 ,洲滩面积增加。从图 2 可知 ,70 年代中期到 80 年代中期河道演变中 ,自然因素占优势 ;而从 80 年代中期至 90 年代中期则主要是人为因素占优势 90 年代中期至 2001 年则是交替影响 ,前段主要是自然因素影响(研究时段内接连 4 场大洪水的发生) 后段则是人为因素影响占优势。

## 5 结语

根据北江下游河道 1975~2001 年共7个时相岸滩演变情况,可知岸线随着洲滩的冲淤而变化:当洲滩受到冲刷时,岸线外扩,河道横向变宽;而当洲滩淤积时,岸线则内缩,河道横向变窄。岸线变化剧烈的地方往往是洲滩密布的地方,也是航道整治的重点地段,如山塘——石角,芦苞——黄塘河段。同时,河道的纵深演变影响横向演变,河床下切时河道洲滩面积减小,但变幅不大,河势向着稳定的趋势发展。但因河道的横向变形即洲滩演变具有更大的随机性和偶然性,受自然和人为因素的影响较敏感,所以,致使局部河段并不遵循这一规律。

利用遥感技术进行岸滩演变研究具有宏观、综合、快速等优点,在 GIS 支持下,用不同时期成像的遥感资料分析评估河道岸线的演变、洲滩的冲淤及调查人类活动对工程建设的影响,可迅速了解河道动态变化,是开展河道演变研究的有效手段。

#### 参考文献

[1] 陈一梅 虞 娟 罗 建. 遥感技术在岸滩演变分析中的应用研究

- [J]. 遥感信息 2005 (1):44-49.
- [2] 刘少华 毛红梅. 利用 3S 技术进行河道演变分析[J]. 水利水 电学报 2000 21(9):12-14.
- [3] 何兰 胨伟宇. 北江下游河段的水文特征分析 J]. 佛山科学技术学院学报(自然科学版) 2003 21(2) 67-69.
- [4] 王彦成,冯学武,王智. 多时相遥感影像在河床平面演变调查中的应用[J].遥感信息,1996(2)9-11.
- [5] 谢凌峰 陆永军 王义安 等. 北江山塘至石角浅滩河段航道整治研究 J]. 泥沙研究 2001 (1) 62-69.
- [6] 郑存灼. 北江下游岸坡变形机理分析[J]. 广东水利水电, 1999(2)22-25.
- [7] 苏荔华. 北江大堤河段河床变化及对大堤影响的初步分析 [J].人民珠江 2001 (4) 33-35.
- [8] 王随继. 西江和北江三角洲区的水沙特点及河道演变特征

- [ J ]. 沉积学报 2002 20(3) 376-381.
- [9] 赖冠文 黄本胜 邱 静 等. 北江下游北江大堤河段河道演变趋势分析 J].应用基础与工程科学学报 2002 10(4) 405-411.
- [10] 郑存灼. 北江大堤河床下切成因的分析[J]. 人民珠江 2001, (5)9-12.
- [11]谢凌峰,罗敬思. 北江航道整治工程及效果分析[J]. 水运工程, 2002,343(8);#9-53.
- [12] 黄本胜 炼伟航 杜 涓 筹. 北江大堤大塘 绥江口河段险段整治动床试验研究 J].广东水利水电 2003 (2):19-22.
- [13]黄勇强. 浅析河床下切与北江三水站水文要素的变化[J]. 广东 水利水电职业技术学院学报 2004 2(4) 25-28.
- [14]黄焕坤. 飞来峡水利枢纽运行对北江河道演变的影响分析[J]. 泥沙研究 2004 (2) 72 75.

# A RIVERWAY EVOLUTION ANALYSIS BASED ON REMOTE SENSING TECHNIQUE:

A CASE STUDY OF THE LOWER REACHES OF THE BEIJIANG RIVER

ZHONG Kai – wen , LIU Wan – xia , HUANG Jian – ming ( Guangzhou Institute of Geography , Guangzhou 510070 , China )

Abstract: In the past thirty years, the coastwise change has been very obvious in the lower reaches of the Beijiang River. With the development of economy, the riverway environment has changed tempestuously, but the mastery of the change regularity is very difficult on the basis of traditional measures. With the advantages of macroscopic, dynamic and systematic researches, the RS technology can be used to study the characteristics of riverway evolution form the view of spanning a historical period of time. Using MSS and TM as the data source including 7 periods in the past thirty years and the 1:50000 topographic map, the authors studied the flux of the riverside, the evolution of the bottomland and riverway by using 3S and on the basis of RS recognition symbols and characteristics of the image. According to the 3S analysis of the data available between 1975 and 2002, the riverway experienced an obvious evolutionary process, the bank and bottomland changed distinctly, and part of the area was filled up. According to the characteristics of the transverse evolution of the riverway relative to the longitudinal evolution in this period, it is concluded that the longitudinal distortion of the riverway affected the transverse distortion, i. e., there exists an inverse variation relationship between the transverse distortion and the longitudinal distortion. The development trend of the riverway seems to become increasingly steady.

**Key words**: Remote sensing; Riverbed; The Beijiang River

第一作者简介:钟凯文(1972 - ) 男,副研究员,主要研究方向:遥感与地理信息系统应用集成,已发表论文20多篇。

## 《国土资源遥感》改版增页启事

《国土资源遥感》自创刊以来深受广大作者和读者的偏爱,期刊的引文率和影响因子不断攀升,社会影响力不断加强影响面不断扩大。目前,期刊载文量已不能满足广大用户的需求,一直是超页码载文。鉴于此 2007 年起《国土资源遥感》将开始改版,增加页码。

改版后的《国土资源遥感》为标准 A4 版 ,每期页码由原来的 72 页增加至 94 页 ,每期定价 25 元 ,全年定价 100 元 (含邮寄费)。

欢迎投稿!欢迎订阅!欢迎惠刊广告!

万方数据