

# 航测、卫星遥感和 GIS 研究海岸动态变化的误差分析\*

## THE ERROR ANALYSIS OF THE METHODS OF MONITORING THE BEACH CHANGES USING DIGITAL PHOTOGRAMMETRY, SATELLITE IMAGES AND GIS

黄海军<sup>1</sup>      王珍岩<sup>1</sup>      张忍顺<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

(<sup>2</sup> 南京师范大学 210093)

**关键词**      误差分析, 数字摄影测量, 卫星遥感监测, GIS 分析

利用遥感影像研究海岸动态是目前有效的研究手段。陆地卫星自 70 年代发射以来即用于岸线动态的研究, SPOT 卫星资料的利用更增加了该类研究的精度, Radarsat 影像由于其对水陆界线的敏感而被用于海岸带制图; 航空摄影影像比例尺大, 空间分辨率高, 成像时间可以人为控制, 便于低潮时海滩大比例尺制图等优点而被广为利用, 而且, 自本世纪 30~40 年代以来, 已经有了许多海滩的航空照片, 据此可以获得较长系列的海滩变化信息。由于岸滩对比的资料长短对分析结果十分重要, 为了使岸滩对比资料系列延长, 必须使用不同类型的资料, 包括历史地形图、海图、航片及卫片等。不同时间图象的计算机叠加对比可获得岸滩动态信息。上述研究方法的精度分析在不同资料岸滩对比研究中是非常重要的。

### 1 航摄资料误差分析

航摄资料误差主要来自飞机水平与垂直方向的倾斜、透镜变形、从航片象对获取高分辨率的地形数据进行的影像纠正、不同比例尺航片匹配、太阳闪烁与阴影等误差以及地面控制点的数量与分布等。Banister 等 1994 年利用立体制图仪, 摄影测量制作大比例尺地形图, 其水平与垂直误差可达  $\pm 0.1$  m, 然而在海滩, 由于地面控制点不足且分布不均等, 该误差明显增大。Hanslow 等<sup>[3]</sup> 1997 年在澳洲的研究表明, 该误差在水平方向为  $\pm 1$  m ~  $\pm 1.5$  m, 垂直方向为  $\pm 0.7$  m (1960 年以前) 和水平方向为  $\pm 0.5$  m, 垂直方向为  $\pm 0.2$  m (1960 年以后)。Balson P.S. 等 1996 年在英国 Holderness 海岸用高精度数字化仪扫描航片生成数字海岸地形模型 (DTM) 时, 其误差在三维方向上均可达 0.2 m。Anders 等认为航片数字化综合误差如果在 0.025 mm 左右 (图上距离) 就足以进行海岸带制图。就误差来源而言, 仪器产生的误差远小于由于操

作员对航片的误译所产生的误差。

作者在澳洲 Richmond 河河口海滩变化的研究表明, 其综合误差与上述误差幅度相同或更小。南 Ballina 海滩与 Lighthouse 海滩之间的 Richmond 河口束流堤建于 1889~1911 年, 以后只作过局部维修。1947 年以来该区的 6 次航摄影象被用来监测岸滩变化及河口束流堤对周围岸滩的影响, 垂直于海岸线取了 90 条剖面用来计算岸滩变化速度, 其中第 24、25 和 26

表 1 航测数据生成立体地形相对误差表

剖面 序号	航摄 年代	束流堤水平 方向误差		平均 误差	束流堤 垂直方 向误差
		南侧	北侧		
24	1991	0	0.1	0.1	-0.2
24	1974	0	0	0	-0.2
24	1971	1	2.5	1.8	-0.2
24	1965	0	1	0.5	-0.2
24	1947	0	4	2	0.6
25	1991	2	0.2	1.1	-0.2
25	1974	-0.2	0.2	0.2	-0.2
25	1971	-0.5	0.1	0.3	0
25	1965	0	0.1	0.1	-0.2
25	1947	2	4.5	3.3	0.6
26	1991	1	1	1	0
26	1974	1	0.1	0.6	0
26	1971	-1	2	1.5	0.2
26	1965	-1	1	1	0.25
26	1947	0	2	1	0.25
平均		0.87	1.27	0.95	0.22

\* 国家自然科学基金第 49806003 号。中国科学院海洋研究所调查研究报告第 4243 号。

第一作者: 黄海军, 出生于 1963 年, 博士, 研究员, 主要从事海洋地学遥感研究。E-mail: hjhuang@ms.qdio.ac.cn

收稿日期: 2001-03-15; 修回日期: 2001-05-15



刚好穿过河口束流堤,因此,这些剖面可以用来验证该项工作的误差。表1为相对于1981年航片的测量误差,其中水平方向误差是在束流堤南北两侧大堤5m处测量得出的,垂直方向误差则利用束流堤顶部测量而来。从表中可知,早期航摄数据误差较大,如果将表1中1947年的数据移去,其平均水平与垂直相对误差为0.75m和0.16m。由此可知,照像技术对该工作的误差影响很大,同时环境因素,如天气状况也对误差有一定的影响。

## 2 陆地卫星影象资料误差分析

理论上讲,计算机所进行的地理校正精度可控制到0.3~0.4象元,甚至更高,但由于控制点是通过人机对话的方式输入的,在输入控制点的过程中可能造成其他误差来源,其综合误差在1个象元左右。

### 2.1 图象分辨率不够引起的误差

地物轮廓不清或混合光谱导致影像范围扩大,而使控制点不能准确定位,造成输入误差。

### 2.2 控制点坐标的误差

实测数据的偶然误差;使用比例尺不当的地形图读取坐标时产生的误差;由于地形图纸张收缩或褶皱产生的误差等。对于线性地物控制点在TM适当波段上反差明显,但对于分辨率为20~30m的影像来说,两旁可能产生0.5~1个象元宽度的虚影,其精度可达1/4象元,而斑状地物误差要大一些。

### 2.3 控制点的高差造成的移位误差

由于研究区地势平坦,该项误差很小。此外在用不同时相的卫片解译岸线叠加时,误差为0.1~0.3mm,实际误差为5~15m(如用1:50000卫片资料及解译底图,如用计算机叠加时,该项误差很小);用卫片解译水边线、岸滩坡度的测定、高程的推算以及操作员的经验和对实地的熟悉程度、图象的数据输出环节和暗室放大等,其综合误差在水平方向为20m左右,加上地理校正误差1象元,约20~30m,这样实际计算误差估计为40~50m。

## 3 不同资料源在GIS中配准产生的误差

为了延长研究资料的时间序列,需要将不同来源的资料进行融合、叠加与对比分析。在研究苏北辐射沙洲岸滩稳定性与主要潮沟摆动中,作者利用GIS软件,数字化研究区6个时相的海图与地形图,在1980年、1988年、1993年、1995年、1997年、1998年、1999年和2000年等陆地卫星与SAR影像中解译提取岸滩与潮沟信息,对比其变化与发展趋势。

不同时相、来源的资料几何校准与对比需要选择适量的地物控制点,控制点一般选用典型地物及人

工建筑物,如基岩岬角、岩礁、古树、道路拐角、交叉点、房屋以及束流堤等,控制点的数量、类型与分布随研究区自然环境的差异而不相同,一般来说控制点以随机分布为佳。例如苏北浅滩的地物控制点有:公路交叉点、公路和土路交叉点、人工沟渠拐角或交叉点、公路与防潮堤岸交叉点、人工防潮堤拐角处、沙洲上高潮滩处较稳定的潮流沟汊等;由于本区东部、北部沙洲形成年代尚短,其上没有明显的标志物,而在西部地面参照物较多且易辨,地物控制点区内分布不平衡,这一特点给影像的几何校准带来了一些困难,同时也降低了校正精度。

苏北辐射沙洲影像地图几何精校正时主要利用陆地卫星遥感图象的几何连续性,精确配准陆地部分,同时辅以野外验证取点,这样,其连续顺延的海滩部分的点位中误差,一般不会偏离陆地部分的点位中误差,实验结果也证明了这方法的适应性。

为了验证控制点的分布对不同时相配准精度的影响,作者利用精确几何配准后的苏北辐射沙洲的经纬网格点作为配准的依据。当控制点分布不均匀时,整幅影像范围最大偏差为553.9m(图幅东南角),辐射沙洲区,最大误差值为365.2m;当控制点均匀分布时,整幅影像范围最大偏差为188.5m,如果仅考虑范围较小的辐射沙洲区,最大偏差为95.6m,最小误差为22.2m(表2)。由此可知,控制点的分布对不同时相的影像配准精度有较大的影响。

## 4 辐射沙洲变化特征

上述分析表明,利用卫星遥感资料解译苏北浅滩沙脊变化研究结合常规资料与GIS分析在精度上是可行的。黄海军等<sup>[1]</sup>在1998年用苏北浅滩1993年与1988年两次卫星影像叠加,显示亮月沙由北向南迁移的特征,其沙洲北岸岸线向南移动了3.2km,年均蚀退速度为600m/a;张忍顺等<sup>[2]</sup>在1992年通过1964年与1979年海图对比,得出亮月沙北岸蚀退距离和速度分别为5~6km和330~400m/a,两者计算结果相近。

GIS统计表明:条子泥离岸沙脊(岛)在1966年海图上,面积在10km<sup>2</sup>左右或以下的共计17个(海图零米线以上,下同),总面积108.84km<sup>2</sup>,平均每岛面积6.4km<sup>2</sup>;而在1979年海图上,该类沙岛增加到21个,总面积121.14km<sup>2</sup>,平均每岛面积5.77km<sup>2</sup>,平均每岛面积减少10%。海图零米以上岛屿个数1966年为41个,总面积1696.41km<sup>2</sup>;1979年沙岛个数增至61个,沙岛总面积1344.42km<sup>2</sup>,面积减少20.7%。辐射沙洲区总体呈破碎状况。

川水港入海口潮沟1988~2000年间的5次陆地卫星影像解译表明了辐射沙洲陆岸海滩、沟头固定(排水渠入海口)的潮沟摆动状况。从1988~1993年,潮沟中、

**表 2 苏北辐射沙洲卫星影像几何校正误差**

校正点分布	整幅影像范围		辐射沙洲区	
	校正点位置	误差 (m)	校正点位置	误差 (m)
非均匀分布	西北角	161.6	西北角	110
	东北角	441.5	东北角	171.6
	西南角	55.4	西南角	172.9
	东南角	553.9	东南角	365.2
较均匀分布	西北角	41.6	西北角	35.1
	东北角	55.4	东北角	22.2
	西南角	188.5	西南角	95.6
	东南角	116.4	东南角	55.4

上段向南移动明显,河曲增加,随后向北迁移,至 2000 年潮沟位置最为靠北,但离 1988 年潮沟位置尚有几百米,估计潮沟摆动周期为 15 a;入海潮沟口 1988 年以来不断北移,从 1988~1993 年北移 1 040 m,随后继续北移,至 1999 年该潮沟达到最北点,但距离 1988 年潮沟沟口距离尚有 2.5 km,在 2000 年影像中该潮沟改道,大幅度偏南,距离 1999 年沟口 5~6 km,且迅速发育河曲。从上述可知,1988~1999 年的 11 a 间川水港入海潮沟口的南北移动只是其摆动周期的一部分,结合 1980 年卫片及海图,可以推断,该潮沟下游段摆动全周期大约为 20 a 左右,摆动幅度约为 6~7 km。该潮沟的移动方式属于本区主要潮沟的 3 种移动方式之一的半限制型,即在人工堤

坝附近或在人工排水渠入海口等处发育的次级潮沟,其移动特征受自然因素与人类活动的双重影响。

上述几个实例显示了卫星影像与 GIS 分析监测辐射沙洲沙脊与潮沟变化的可行性。

## 5 结语

本文分析了卫星影像、航摄影像和不同资料的 GIS 叠加在海滩动态研究中的应用以及适应范围。结果表明:利用航片立体像对生成的数字立体海滩图可较精确地监测岸滩变化,尤其是变化幅度较小的岸滩,如澳大利亚东部沙质海岸,其相对误差在 0.75 m(水平方向)和 0.16 m(垂直方向);而用陆地卫星监测岸滩变化时,其误差在 40~50 m 左右。前者可用于岸滩逐年或短期监测,后者主要用来监测河口、近岸沙洲的快速演变。不同时相与不同来源的资料叠加时,控制点的分布对影像配准精度有较大的影响。辐射沙洲沙脊与潮沟变化可利用航、卫片结合常规资料来分析。

## 参考文献

- 1 黄海军,李成治.南黄海海底辐射沙洲的现代变迁研究,海洋与湖沼,1998,6:640~645
- 2 张忍顺,陈才俊等.江苏岸外沙洲演变与条子泥并陆前景研究.北京:海洋出版社,1992.1~124

(本文编辑:李本川)