

用FY-1D数据估算珠江口海域悬浮泥沙含量^{*}

陈晓翔, 晓英
(中山大学遥感中心, 广东 广州510275)

摘要:以珠江口海域作为研究对象,以气象卫星FY-1D数据为信息源,通过遥感监测值与准同步珠江口实测悬浮泥沙含量的对比分析,建立基于FY-1D数据的悬浮泥沙含量遥感估算模型。研究表明,FY-1D可用于近岸水域悬浮泥沙的遥感监测,在动态监测方面有明显优势,可作为现有海洋采样观测的补充手段。

关键词: FY-1D; 悬浮泥沙; 珠江口

中图分类号: P412.27 (265) 文献标识码: A 文章编号: 0529-6579 (2004) S1-0194-03

河口输沙量和泥沙运动规律的研究直接关系到正确估算水土流失、航道港口的冲淤变化、河口岸滩塑造、近岸水产养殖开发等重要问题。卫星遥感技术可从大范围、连续、动态地反映海水悬浮泥沙地整体性,利用遥感手段研究河口海岸地区混浊水体的泥沙运动(泥沙来源、扩散范围、输移方向以及含沙量判读等)是十分有效的。就含沙量判读而言,解决遥感模式问题是关键所在,即确定遥感数据与悬沙浓度(指表层含沙量)的数学关系,或称为悬沙浓度遥感模式。

FY-1D是我国于2002年5月15日发射的第二颗太阳同步轨道业务应用气象卫星,星上携带了多通道可见光红外扫描辐射计,可获得10个通道的光谱信息(6个可见光和4个红外通道)。与NOAA卫星相比,FY-1D对地遥感的能力大大提高,它除了具有NOAA卫星的5个通道外,还包含了3个与CZCS相近的水色通道,同时还增加了用于区分云、雪的1.6 μm 通道^[1]。由于我国水色遥感起步较晚,FY-1D卫星发射的时间并不长,目前国内多利用NOAA卫星数据进行悬浮泥沙遥感模式的研究,而利用FY卫星数据进行悬浮泥沙遥感探测较少。本文以珠江口海域为研究对象,通过对FY-1D卫星数据以及2002年冬季出海实测数据的分析,建立了珠江口海域悬浮泥沙遥感定量模型。分析结果表明,利用风云卫星数据建立的模型均具有较高的精度,从而为我国水色卫星的发展和泥沙遥感估算模型的研究提供依据和借鉴。

1 研究区域

本次研究以珠江口近岸海域作为研究区域,范

围为东经 $112^{\circ}25'$ — $114^{\circ}25'$,北纬 $23^{\circ}20'$ — $21^{\circ}35'$ 。

珠江口地处南亚热带海洋性季风气候区,水热条件好,自然资源丰富,是中国著名三大河流中珠江的出海口。珠江由西江、北江、东江、流溪江、潭江五大水系组成,流域面积453 690 km^2 ,年均流量10 524.8 m^3/s ,为世界第15位大径流量河流。珠江水系各河道进入珠江三角洲网河后,分别由虎门、蕉门、洪奇沥、横门、磨刀门、鸡啼门、虎跳门和崖门等八大分流河口分别汇入伶仃洋、磨刀门海区和崖门海区(又称黄茅海)^[2]。

珠江河口具有含沙量小但输沙量大的特点,其多年平均输沙量约为8 872万t,此外尚有3 000万t左右的胶体微粒,即年输沙量超过了1亿万 $\text{t}^{[3]}$ 。由于珠江口外终年西南向沿岸流与科氏力的共同作用,珠江口泥沙淤积总的趋势是西侧高于东侧。

2 资料来源和预处理

2.1 数据源

实测数据:为2002年11月26日珠江口水环境勘测中所获的表层泥沙含量数据。根据所获资料加以整理,共获与FY卫星过境时间同步的站点样18个卫星影像资料:采用与实测数据对应的准同步FY-1D卫星资料。

2.2 卫星数据的处理

卫星数据入口为已完成辐射定标、校正等处理1d格式的数据。利用专用的图像处理软件经以下处理后用于悬浮泥沙遥感定量模型的分析。

几何校正:按照一定的地图投影规则对卫星图像的几何畸变进行纠正处理,使之能与地图匹配,并符合人们的读图习惯。利用PCI软件的相关功能

* 收稿日期: 2003-06-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40071063); 广东省百项工程资助项目(2KB06202S)

作者简介: 陈晓翔(1956年生),男,教授; E-mail: eescxx@zsu.edu.cn

完成。

大气校正：为了去除大气中悬浮物质散射光的影响，本文黑色目标扣除法^[4]来对卫星影像进行大气校正。这种方法是直接基于图像本身来估算大气辐射状况，通过提取待校正图像中会度最小的像元来获取大气层辐射量，无需其它资料，适合于反射率低的表面。具有快速、廉价、精度较高的特点。

3 悬浮泥沙含量的遥感定量模型

3.1 泥沙遥感参数的选取

对许多泥沙光学特性的研究表明^[5-7]，对泥沙浓度最为敏感的波段为0.55~0.67 μm这一范围。FY-1D卫星有10个通道，可见光通道为1、7、8、9通道，分别为0.58~0.68 μm、0.43~0.48 μm、0.48~0.53 μm、0.53~0.58 μm。其中一通道波谱区间刚好和泥沙敏感波段吻合，7、8、9为海洋水色通道。为此，我们选用1、7、8、9通道的数据参与遥感参数的选取。将所选的4个波段，组成不同的波段组合（见表1）；并对各组合与悬浮泥沙浓度值以及其对数值进行相关分析。

表1 各波段组合与悬沙浓度相关分析表¹⁾
Tab 1 The correlation coefficient of suspended sediment and band ratio

SSC			ln(SSC)		
组合号	波段组合	r	组合号	波段组合	r
1	1	0.026	22	1	0.146
2	1—8	0.08	23	1—8	0.218
3	7	0.424	24	7	0.490
4	8	0.26	25	8	0.383
5	9	0.418	26	9	0.376
6	1、7、8、9	0.902	27	1+8	0.057
7	1、8、9	0.736	28	1、7、8、9	0.861
8	1、9	0.490	29	1、8、9	0.701
9	1、7、9	0.894	30	1、8	0.385
10	1、7	0.426	31	1、7、8	0.515
11	7、8、9	0.774	32	1、7	0.514
12	8、9	0.548	33	7、8、9	0.795
13	7、9	0.770	34	7、9	0.795
14	7、8	0.425	35	8、9	0.603
15	7、9、1—8	0.878	36	7、8	0.497
16	7、1—8	0.425	37	7、9、1+8	0.856
17	9、1—8	0.439	38	1+8、9	0.446
18	1+8	0.038	39	1+8、7	0.512
19	1+8、7、9	0.901	40	7、9、1—8	0.834
20	1+8、9	0.577	41	9、1—8	0.379
21	1+8、7	0.426	42	7、1—8	0.515

1) SSC表示悬浮泥沙浓度，单位为g/m³；ln(SSC)为以悬浮泥沙浓度自然对数值

分析结果表明：组合6、9、15、19与悬浮泥沙浓度值、组合28、33、34、37、40与悬浮泥沙对数值之间具有较大的相关系数。根据悬浮泥沙的光谱特性和波段组合的物理意义，我们选择相关系数最大的组合（组合6：R1—R7—R8—R9）作为本次提取泥沙信息的遥感参数。

3.2 悬浮泥沙遥感定量模型的建立

根据所选泥沙遥感参数，利用所获实测数据和遥感光谱资料，用最小二乘法进行分析，建立了悬浮泥沙遥感定量模型。

$$SSC = 232.546 \times R9 - 24.392 \times R8 - 61.993 \times R7 - 20.765 \times R1 - 170.103$$

(1)

式中，SSC为悬浮泥沙浓度，单位为g/m³；R(n)为第n通道的反射率值。

3.3 结果与分析

利用(1)式，对2002年11月26日的遥感数据计算，得到了珠江口海域悬浮泥沙分布图（见图1）。通过对遥感估算结果与实测采样值（表2）的对比分析，可以看到：

(1) 利用式1估算珠江口悬浮泥沙浓度的平均相对误差为19.23%。所建模型具有较高的精度，可用于珠江口域泥沙信息的提取。

(2) 珠江口悬浮泥沙分布的遥感估算结果与实地采样值在空间分布上体现了一致性。口门附近水域悬沙的浓度高，外海浓度低。伶仃洋西槽在蕉门、洪奇沥及横门出口位置出现泥沙高浓度区。而东槽泥沙浓度低于西槽。磨刀门口悬沙浓度相对最高，伶仃洋、黄茅海水域枯水期部分浅滩出现高含沙量。总体上，自各个口门输出的泥沙向西南方向输送明显。



图1 从FY-1D卫星资料提取的珠江口悬浮泥沙分布图

Fig 1 The distribution map of suspended sediment in the Pearl River from FY-1D datas

表 2 悬浮泥沙的实测值与遥感估算值比较

Tah 2 The comparison of measured and
estimated suspended sediment

样点号	实测值	Model-1	绝对误差	相对误差 /%
1	32. 6	25. 18	— 7. 42	— 22. 77
2	30. 1	32. 95	2. 85	9. 47
3	14. 8	22. 70	7. 90	53. 39
4	36. 3	34. 03	— 2. 26	— 6. 23
5	38. 1	42. 79	4. 69	12. 30
6	48. 9	48. 48	— 0. 42	— 0. 85
7	25. 22	20. 94	— 4. 27	— 16. 95
8	24. 73	20. 94	— 3. 79	— 15. 33
9	42. 26	29. 49	— 12. 77	— 30. 22
10	82. 55	73. 51	— 9. 04	— 10. 95
11	35. 25	48. 88	13. 63	38. 66
12	47. 18	42. 79	— 4. 39	— 9. 31
13	50. 07	54. 44	4. 37	8. 73
14	23. 40	19. 64	— 3. 76	— 16. 07
15	29. 47	41. 95	12. 48	42. 34
16	26. 87	20. 94	— 5. 93	— 22. 06
17	21. 13	27. 08	5. 96	28. 20
18	55. 73	54. 44	— 1. 29	— 2. 31

4 小 结

(1) FY 1D 水色监测波段数据与实测悬浮泥沙含量之间有较好的相关性, 由此建立的统计估算模型与实况拟合较好。所建模型的平均误差为 19. 23%。该模型可用于监测珠江口区域悬浮泥沙含量。

(2) 利用 FY 1D 资料估算河口悬浮泥沙含量, 时效性强, 人力物力投入量少, 可得到整个河口区

泥沙分布的宏观信息, 可用于河口区域的遥感动态监测。将遥感监测作为常规采样监测的补充手段是经济和有效的。

(3) 受 FY 1D 卫星各波段光谱分辨能力的局限性和季节性差异以及星地观测同步性等综合因素的影响, 本文的结论是初步的, 尚需进一步作星地同步实验分析, 以建立稳定可靠的河口水域悬浮泥沙遥感定量估算模型。

参考文献:

[1] 孟执中, 董瑶海. FY-1D 极轨气象卫星[J] . 上海航天, 2002(5): 1— 8.

[2] 香港科技大学海岸与大气研究中心. 珠江水域污染研究计划总结报告. 香港: 香港科技大学, 2002.

[3] 朱小鸽, 何执兼, 邓明. 最近 25 年珠江口水环境的遥感监测[J] . 遥感学报, 2001, 5(5): 396— 400.

[4] CHAVEZ P S Jr. An improved dark— object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data[J] . Remote Sensing of Enviroment, 1988 (2): 459— 479.

[5] HAN L H, RUNDQUIST D C. The response of both surface reflectance and the underwater light field to various levels of suspended sediments: preliminary results[J] . PE & RS, 1994, 60(12): 1463— 1471.

[6] 傅克忭, 荒川久幸, 曾宪模. 悬沙水体不同波段反射比的分布特征及悬沙量计算实验研究[J] . 海洋学报, 1999, 21(3): 134— 140.

[7] NOVO E M L M, STEFFEN C A, BRAGA C Z F. Results of a laboratory experiment relating spectral reflectance to total suspended solid[J] . Remote Sense Environ, 1991, 36: 67— 72.

Study on Estimating the Suspended Sediment Concentration
in the Pearl River Estuary Using FY 1D Data

CHEN Xiao xiang, DING Xiao ying

(Remote Sensing Center, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: By the use of the meteorological satellite FY 1D data, estimated are the concentrations of sediment in the Pearl River. A remote sensing estimating model is proposed by analyzing the correlation of the FY 1D channel data for watercolor monitoring and synchronal field survey for suspended sediment concentrations. The result indicates that meteorological satellite FY 1D can be used to monitor the concentrations of suspended sediment in estuary as a kind of important assistant means of routine water quality sampling survey with its advantages of time and spatial resolution.

Key words: FY 1D; suspended sediment; the Pearl River