

黄河三角洲近海水体含沙量遥感信息模型研究

樊彦国,李瑞华,侯春玲,张 磊

(中国石油大学(华东)地球资源与信息学院, 山东 青岛 266555)

摘要:简要分析了影响黄河三角洲飞雁滩海域海水含沙量的基本因素,如:风浪、潮汐、含沙量、海水的光谱反射率等,依据相似性准则,采用量纲比法则建立了含沙量的地理模型。在分析现有模型的基础上建立了含沙水体的光谱反射率和含沙量关系的遥感信息模型,这为评估该海域的海岸蚀退提供了重要依据。

关键词:黄河三角洲;含沙量;模型;量纲比
中图分类号:TP79 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3096(2009)08-0036-04

黄河三角洲邻近海域飞雁滩海域是中国第二大油田——胜利油田所在地,因此该海域的海岸蚀退程度直接影响着该区域的部分油井,若对此不加以整治,将使其部分油井被海水淹没,成为海上油井,这将会给油井的生产难度和成本造成极大的危害。然而研究海域泥沙含沙量是评估海岸蚀退的一个重要参数^[1]。因此,作者通过建立含沙量地理模型和遥感信息模型^[2]来研究该海域的含沙量,以为评估该海域的海岸蚀退提供重要依据^[3,4]。

表 1 飞雁滩海域的基础数据

Tab.1 Base data in Feiyantan sea areas

流速 (m/s)	风速 (m/s)	流向 (°)	风向 (°)	含沙量 (kg/m ³)	采样点横坐标 (m)	采样点纵坐标 (m)	潮汐高度 (m)	采样点水深 (m)
0.06	3.1	93	235	0.441	18 762 364.885	26 629 10.907	0.85	0.5
0.03	3.1	183	235	0.076	18 757 164.381	26 593 19.285	0.7	0.5
0.05	0.7	272	270	0.441	18 751 334.595	26 555 74.888	0.62	0.5
0.08	1	272	270	0.304	18 745 806.425	26 521 69.424	0.64	0.5
0.11	1.2	265	60	0.426	18 737 420.547	26 472 80.659	0.66	0.5
0.08	2.1	270	70	0.304	18 725 476.672	26 396 85.816	0.70	0.5

进行量纲比的基本过程是:(1) 考虑到含沙量的单位不利于匹配并且不能很好地直接反映问题,所以作者采用含沙量的比值作为模型的因变量。(2) 对各基本因素的量纲进行分析,得到无量纲的因子团:即风向和流向的比值、风速和流速的比值、潮汐的高度和纵坐标的比值、采样点的水深和横坐标的比值。(3) 各因子团的指数分析:由于所考虑的地理因素组成了 4 个无量纲的因子团,且因变量含沙量的比值也是一个无量纲的值,所以这 4 个无量纲的因子团的指数都是未知数。

1 含沙量地理模型的建立

1.1 数据的分析和量纲比

影响该海域海水含沙量的基本因素有:采集数据时采样点的坐标(以测站为坐标原点的站心坐标系)、风的速度和方向、水流的速度和方向、潮汐的高度、采样点的水深等 8 个基本的因素。表 1 为部分基础数据。

经过上面分析,可得到一个含有 5 个未知参数的非线性多元方程,其中 a 为地理系数, b, c, d, e 为地理指数:

$$\theta = a \left(\frac{v_t}{v_s} \right)^b \left(\frac{\omega}{\Psi} \right)^c \left(\frac{h_c}{x} \right)^d \left(\frac{h_s}{y} \right)^e \tag{1}$$

收稿日期:2009-03-09;修回日期:2009-06-07
基金项目:山东省科技攻关项目(2008GG10009018)
作者简介:樊彦国(1965-),男,河北望都人,副教授,博士,硕士生导师,主要从事 3S 技术在数字国土、城市及海岸带方向的教学与研究工作,电话:0532-86985006,E-mail:ygf@upc.edu.cn

式中, v_f 为风速; v_s 为水流速度; ω 为风的方向; Ψ 为水流的方向; h_c 为潮汐的高度; h_s 为采样点水深; x 为横坐标; y 为纵坐标; θ 为含沙比。

1.2 数据的整理和模型的线性化

对基础数据进行处理, 得到与 4 个因子团相匹配的数据, 见表 2。

表 2 处理后的数据

Tab. 2 Data after processing

θ	v_f/v_s	ω/Ψ	h_c/x	h_s/y
1.139	51.667	1.527	0.080	0.036
0.195	103.333	0.284	0.130	0.048
1.131	14.000	0.007	1.360	0.074
0.779	12.500	0.007	0.107	0.151
1.092	10.909	0.585	0.046	0.316
0.779	26.250	0.593	0.027	0.054

为利用已有的数据及较简单的求解方法, 需要对数据进一步化简, 并对已有的模型进行线性化, 线性化后的模型方程为:

表 4 线性回归分析的结果

Tab. 4 Linear regression analysis result

模式	常数	$\ln(v_f/v_s)$	$\ln(\omega/\Psi)$	$\ln(h_c/x)$	$\ln(h_s/y)$
待求参数	0.519	-0.146	0.106	0.097	-0.114
标准差	0.789	0.194	0.117	0.139	0.135
相关度指标	0.518	0.461	0.377	0.492	0.408

得到各未知参数分别是: $a=0.519, b=-0.146, c=0.106, d=0.097, e=-0.114$; 各未知参数对应的标准差依次为: 0.789, 0.194, 0.117, 0.139, 0.135。由结果可知: 各个系数的标准差不是很大, 因此判定解出的未知数的结果是比较合理的, 可以利用。

1.4 含沙量地理模型

将上述各个参数的值代入到原模型中可以得到含沙量地理模型:

$$\theta=1.172\left(\frac{v_f}{v_s}\right)^{-0.146}\left(\frac{\omega}{\Psi}\right)^{0.106}\left(\frac{h_c}{x}\right)^{0.097}\left(\frac{h_s}{y}\right)^{-0.114}$$

(3)

2 含沙量遥感信息模型的建立

2.1 数据搜集和选取

本文采用的光谱反射率数据^[5]是 1989 年 8 月

$$\ln\theta=\ln a+b\ln\left(\frac{v_f}{v_s}\right)+c\ln\left(\frac{\omega}{\Psi}\right)+d\ln\left(\frac{h_c}{x}\right)+e\ln\left(\frac{h_s}{y}\right)$$

(2)

由于模型已线性化, 即为线性方程, 因此其相应的数据也要进行自然对数运算。取自然对数之后的数据见表 3。

表 3 取自然对数后的数据

Tab. 3 Data after taking the natural logarithm

$\ln\theta$	$\ln(v_f/v_s)$	$\ln(\omega/\Psi)$	$\ln(h_c/x)$	$\ln(h_s/y)$
0.130	3.945	0.423	-2.521	-3.336
-1.635	4.638	-1.258	-2.038	-3.040
0.123	2.639	-4.913	0.307	-2.597
-0.249	2.526	-4.913	-2.235	-1.889
0.088	2.390	-0.536	-3.081	-1.151
-0.249	3.268	-0.523	-3.627	-2.910

1.3 多元线性回归分析法解方程

利用 SPSS 分析软件, 采用多元线性回归分析的方法对未知参数求解, 其结果见表 4。

中国科学院海洋研究所“金星二号”船在该海域实测所得到的, 部分数据如表 5 所示, 其中光谱反射率数据选取了 CH2 和 CH3 波段(其中, CH2 的波长为 0.6~0.7 μm ; CH3 的波长为 0.7~0.8 μm)。

表 5 光谱反射率数据

Tab. 5 The data of spectral reflectance

CH3 波段光谱 反射率	CH2 波段光谱 反射率	含沙量 对数值	含沙量 (kg/m^3)
10.54	2.600	1.080	2.945
10.88	8.020	1.130	3.096
5.55	2.790	1.150	3.158
9.12	4.780	1.150	3.158
12.5	7.550	1.170	3.222
1.01	5.990	1.180	3.254

2.2 线性遥感信息模型的建立

2.2.1 CH2 数据计算的结果

利用 SPSS 软件对 CH2 光谱反射率数据进行计算得到未知数的结果和变量的标准差,如表 6 所示。

表 6 CH2 数据回归分析的结果

Tab.6 CH2 data regression analysis result

模式	常数	含沙量(kg/m ³)
待求参数	7.520	0.233
标准差	1.018	0.117
相关度指标	0.000	0.053

由 CH2 数据计算出来的线性遥感信息模型为:
 $y=0.233x+7.520$ (4)

其中,y 为水体的光谱反射率;x 为水体的含沙量。

2.2.2 CH3 数据计算的结果

利用 CH3 光谱反射率数据进行计算得到未知数的结果和变量的标准差如表 7 所示。

表 7 CH3 数据回归分析的结果

Tab.7 CH3 data regression analysis result

模式	常数	含沙量(kg/m ³)
待求参数	10.781	0.052
标准差	0.928	0.107
相关度指标	0.000	0.631

由 CH3 数据计算出来的线性遥感信息模型为:
 $y=0.052x+10.781$ (5)

通过对比两组光谱反射率 CH2、CH3 的计算结果,其各自的标准差为 0.117 和 0.107,由此可知在建立线性遥感信息模型时,采用 CH3 的数据比较好。

2.3 对数遥感信息模型的建立

在建立含沙量的对数遥感信息模型时,分别利用 CH2 和 CH3 的数据进行分析,并进行独立计算,得到各自的计算结果,从而得到各自的对数遥感信息模型,并对这两个遥感信息模型和他们的变量(含沙量)的标准差进行比较,以得出相应的结论。

下面是利用 SPSS 软件计算所得到的结果。

2.3.1 CH2 数据计算的结果

表 8 为利用 CH2 光谱反射率数据进行计算得到的未知数的结果和变量的标准差。

表 8 CH2 数据回归分析的结果

Tab.8 CH2 data regression analysis result

模式	常数	含沙量自然对数值
待求参数	4.597	2.758
标准差	2.206	1.327
相关度指标	0.043	0.044

由表 8 可知利用 CH2 光谱反射率数据建立的对数遥感信息模型计算的含沙量其标准差为 1.327,线性模型为:

$y=2.758\ln x+4.597$ (6)

由此可知该模型的标准差偏大,因此模型的准确度不是很好,即模型的适用性不好。

2.3.2 CH3 数据计算的结果

表 9 为利用 CH3 光谱反射率数据进行计算得到的未知数的结果和变量的标准差。

表 9 CH3 数据回归分析的结果

Tab.9 CH3 data regression analysis result

模式	常数	含沙量自然对数值
待求参数	10.227	0.551
标准差	2.021	1.215
相关度指标	0.000	0.652

由表 9 可知利用 CH3 光谱反射率数据建立对数遥感信息模型的含沙量的标准差为 1.215,由此得出的线性模型为:

$y=0.551\ln x+10.227$ (7)

通过对比两组光谱反射率 CH2、CH3 计算结果,可知,各自的标准差分别为 1.327 和 1.215,两者的标准差都比较大,都不是很好。但是,在建立对数遥感信息模型时,采用 CH3 的数据比较好。

2.4 含沙量遥感信息模型

通过上面对线性遥感信息模型和对数遥感信息模型的比较和分析,可知线性遥感信息模型比对数遥感信息模型更加适合于该海域。同样对分别利用光谱反射率 CH2 和 CH3 两组数据进行建模实验得到的结果进行分析,可知 CH3 光谱反射率数据比 CH2 光谱反射率数据更加优越。因此,该海域含沙水体的含沙量遥感信息模型如式(5)所示。

3 模型的分析 and 评价

3.1 地理模型的分析

通过对含沙量地理模型的数学表达式进行分析可以得知:在研究海域,含沙比与水流速度和风速的比值成正比例关系,与风向和水流方向的比值成正比例关系,与潮汐高度和横坐标的比值成正比例关系,与采样点水深和纵坐标的比值成反比例关系。

3.2 遥感信息模型的分析

通过对含沙量遥感信息模型的分析可以得到以下几点:(1) 水体的光谱反射率和水体的含沙量之间是一个线性关系;(2) 可以将研究海域海水的含沙量

和光谱反射率之间的关系转化为遥感影像信息和海水含沙量之间的关系,从而可以实现利用遥感手段进行大范围海域的海水含沙量实时监测和动态变化的监测;(3) 可以将得到的海水含沙量和光谱反射率之间的关系和相应的遥感影像信息和海水含沙量之间的关系进行比较,分析他们的共同点和不同点,得到两者的区别和联系,从而可以得到大气等对遥感影像信息的作用。

4 结论

含沙量的地理模型的建立是黄河口邻近海域对含沙量进行研究的一种新思路。它把含沙量和风、浪、潮汐等地理因素联系起来,建立了含沙量和这些地理因素之间的关系,并用数学公式的形式表达出来;建立的遥感信息模型,分别采用了几个波段的遥感信息进行了实验,并得到了相应的结果,这为以后

在该海域采用遥感手段观测海水的含沙量,提供了合理的遥感波段。

参考文献:

- [1] 黄海军, 李成治, 郭建军. 黄河口海域悬沙光谱特征的研究 [J]. 海洋科学, 1994, **18**(5): 51-54.
- [2] 马蔼乃. 地理遥感信息模型与地理数学 [J]. 测绘科学, 2000, **25**(2): 10-14.
- [3] Pattiaratchi C, Lavery P, Wyllie A. Estimates of water quality in coastal waters using multi date Landsat Thematic Mapper data [J]. **Remote Sensing**, 1994, **15**(8): 1 571-1 584.
- [4] Serwan M J B. Detecting water quality parameters in the Norfolk Broads, UK, using Landsat imagery [J]. **Remote Sensing**, 1993, **14**(7): 1 247-1 267.
- [5] 黄海军, 李凡, 庞家珍, 等. 黄河三角洲与渤、黄海陆海相相互作用研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.

Research on remote sensing information model for sediment concentration of silt content water of the Yellow River Delta adjacent sea areas

FAN Yan-guo, LI Rui-hua, HOU Chun-ling, ZHANG Lei

(College of Geo-Resource and Information in China University of Petroleum, Qingdao 266555, China)

Received: Mar. , 9, 2009

Key words: the Yellow River Delta; sediment concentration; model; dimension ratio

Abstract: Through a brief analysis of the basic factors of impacting sediment concentration in the Yellow River Delta Feiyantan sea areas, such as waves, tides, sediment concentration, the spectral reflectance of seawater and so on, a geographical model of sediment concentration was built by using dimension ratio rule and based on similarity criterion. Through analyzing existing models, a remote sensing information model of the relation between silt content water's spectral reflectance and sediment concentration was built. It provides an important basis to assess the coastal erosion in the sea areas.

(本文编辑:刘珊珊)