

南黄海海水中悬浮体分布的水动力因素统计分析

吴晓涛

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 以1983年11月和1984年7月的南黄海中美沉积动力学联合调查的悬浮体原始资料为基础,同时结合南黄海水文气象资料,对该海域进行了悬浮体沉积动力学分区。通过对悬浮体含量与水文气象因素的统计分析,得知潮流因子是决定南黄海海水中悬浮体平面分布的主要相关因子,但冬季风暴对悬浮体含量的普遍提高具有决定性的影响,且风因子在冬季对悬浮体含量的提高在整个研究区内的表现并不均匀,它同其他扰动因子一起,在一定程度上破坏了海水中悬浮体含量与潮流之间的相关性。

关键词 悬浮体,沉积动力,统计分析

研究表明,陆架区的水动力环境决定着悬浮体时空分布的规律性。但在其发展过程中,还要受到周围许多因素的影响,如沉积物的理化性

质、物质来源和途径、海底地貌等。这些因素影

收稿日期 1994年8月1日

响的复杂性和多样性使得陆架区悬浮体的分布和演变规律往往不能以确定的形式出现,甚至有可能背离悬浮体所处的水动力环境。因而悬浮体含量的分布目前尚难以用某种纯粹的数学模型来表达。然而在大多数情况下,悬浮体的分布仍然与水动力条件的特征密切相关,从而有可能从海水动力学的角度出发,探讨两者之间的内在联系。本文试图从统计分析入手,将南黄海海水中悬浮体含量平面分布的物理成因分析和统计分析结合起来,进一步搞清楚海水中悬浮体时空分布与水动力因素之间的联系。

为了比较系统、精确地说明南黄海悬浮体分布的成因,首先对南黄海进行了悬浮体水动力分区。研究表明,南黄海海水中悬浮体的分布有着明显的分区性,如苏北浅滩潮流沙脊区的悬浮体分布同南黄海中部深水区的分布特征有明显的差异^[1]。根据南黄海海水中悬浮体含量的分布特征,结合该区的水动力条件(图1),将其划分为:南黄海中部环流作用区(1区),环胶东半岛沿岸流作用区(2区),海州湾外弱水动力作用区(3区),苏北浅滩潮流作用区(4区),混合水动力作用区(5区)(图2)。

1 数理统计方法和统计结果

作为经常而稳定的常规水动力因子,潮流在南黄海海水中悬浮体的分布方面起重要作用;此外,海水中悬浮体平面分布在不同季节也存在显著的差异,因为随着季节的变化,风因子的作用,沿岸流和外海水系的作用,河流径流量及输沙量,海水中浮游生物的含量等因素都有所不同;特别是风因子的作用,冬季巨大的海浪能明显提高海水中悬浮体的含量^[1]。基于以上分析,本文在选择统计因素时,主要考虑了潮流因子和季节因子,而季节因子则以风因子为主。在进行统计分析时,本文进行了悬浮体含量的均值和离差系数计算,悬浮体含量与影响因子的方差分析以及悬浮体含量与影响因子的相关分析。

1.1 原始资料的采集

所用的悬浮体资料取自1983年11月和1984

年7月的南黄海中美沉积动力学联合调查中的悬浮体原始资料及李凡等的国家自然科学基金课题所获取的南黄海悬浮体原始资料,同时参考了1958年至1962年的海洋普查资料;潮流流速值取自数值计算所获得的南黄海近最大潮流流速分布^[2];风速值取自多年平均的南黄海冬季、夏季风速分布^[3]。为了消除偶然因素的影响,同时削弱潮流、海流及水团之间复杂垂直结构的影响,各站位的悬浮体含量值以垂线平均含量值计算。

1.2 均值及离差系数的物理意义和计算结果

均值是全部系列中各个变数的共同代表,它反映了系列的水平。通过比较不同季节的悬浮体含量的均值并结合不同季节的水动力因子特征,便可进一步推知影响不同季节悬浮体含量的主要水动力因素。

在悬浮体含量的分布上,较小的离差系数值(C_v),相应于悬浮体含量波动较小且分布均匀的海区,而较大的 C_v 值则反映了悬浮体含量的剧烈变动。通过比较同一季节不同海区的 C_v 值,可以推断不同海区的常规因子变化梯度的大小,或扰动因子的干扰程度及海区自我调节能力的强弱;通过比较不同季节同一海区的 C_v 值,可以推断该海区受扰动因子的干扰程度的变化及其承受干扰的自我调节能力的强弱。

表1 悬浮体含量均值及离差系数

Tab. 1 Mean and C_v of suspended matter content

分区名称 及代号	冬季(1983.11)		夏季(1989.7)	
	均值 \bar{x} (mg/L)	离差系数 C	均值 \bar{x} (mg/L)	离差系数 C
1	3.00	0.38	1.98	0.48
2	9.22	1.06	2.74	0.45
3	2.61	0.25	1.70	0.31
4	17.65	0.75	3.66	0.65
5	7.52	0.47	4.68	0.72

1.3 方差分析的物理意义及统计结果

方差分析就是通过对悬浮体含量原始数据的处理,分析出影响悬浮体含量分布的各个制约因素及各因素之间交互作用的显著性,从而找出影响悬浮体含量的主要因素。根据上文的

分析,本文以潮流因子为 A 因素,季节因子为 B 因素。

表2 悬浮体含量-潮流、季节方差统计结果

Tab. 2 Results of variance analysis between suspended matter content and tidal current, season factors

项目		分区(F 值)						
		整个海域	1区	2区	3区	4区	5区	
F_A		28.27	6.42	36.05	10.65	15.71	15.33	
F_B		23.17	0.56	4.46	0.90	6.33	6.66	
F_{AXB}		21.23	0.71	9.13	2.30	44.79	35.91	
临界值	$F_{\alpha, a1}$	A	7.59	7.59	5.99	10.92	10.92	10.92
		B	11.26	11.26	10.04	13.75	13.75	13.75
		AXB	7.59	7.59	5.99	10.92	10.92	10.92
	$F_{\alpha, a5}$	A	4.46	4.46	3.48	5.14	5.14	5.14
		B	5.32	5.32	4.96	5.99	5.99	5.99
		AXB	4.46	4.46	4.48	5.14	5.14	5.14
显著性判断	因素 A 的作用	***	**	***	**	***	***	
	因素 B 的作用	***	*	**	*	**	**	
	AB 交互作用	***	*	***	*	***	***	

注: $F > F_{0.01}$ 特别显著,以符号 *** 表示; $F_{0.05} < F < F_{0.01}$ 显著,以符号 ** 表示; $F < F_{0.05}$ 不显著,以符号 * 表示。

1.4 相关分析的物理意义及统计结果

相关分析主要用于观察变量之间的信息传递,进而鉴定随机变量之间关系的紧密程度。

作者计算了整个研究海区和各分区的悬浮体含量与潮流和风速的相关系数。为了便于比较,将计算得到的相关系数进行了修正。修正相

关系系数由下式求得:

$$R_{修正} = 1 - (\text{检验值为1\%的 } R \text{ 值} - \text{计算 } R \text{ 值})$$

$$0.9 < R_{修正} \quad \text{相关良好}$$

$$0.8 < R_{修正} < 0.9 \quad \text{相关较好}$$

$$0.7 < R_{修正} < 0.8 \quad \text{相关一般}$$

$$< R_{修正} < 0.7 \quad \text{相关不好}$$

表3 悬浮体含量-潮流、风速相关分析结果

Tab. 3 Results of correlation analysis between suspended matter content and tidal current wind factors

季节	相关因子	分区(R 值)					
		整个海域	1区	2区	3区	4区	5区
冬季	悬含量-潮流	1.258	0.9787	0.7371	0.8963	0.9625	0.5342
	悬含量-风速	0.6243	0.6307	0.2882	0.5727	0.6743	0.3744
夏季	悬含量-潮流	1.304	0.7921	0.8275	0.8129	1.018	0.4875
	悬含量-风速	0.6795	0.6202	0.5144	-0.803	0.8392	-0.769

2 数理统计结果的分析

对于整个南黄海,冬季悬浮体含量均值为 8.00mg/L,夏季仅为 2.95mg/L;离差系数冬季为 0.48,夏季为 0.32,说明冬季海水中悬浮体含量的平均水平大于夏季,且分布较夏季更加不均匀。方差分析表明,潮流变化、季节变动以及它们的交互作用对悬浮体含量的影响都非常显著,且潮流作用最显著,季节变动次之,交互作

用最次。由相关分析可知,悬浮体含量与潮流流速之间在冬夏两季都具有很好的相关关系,且夏季的相关系数要大于冬季;而悬浮体含量与风速在冬夏两季都缺少良好的相关关系。

冬夏两次悬浮体含量测量时的水文气象条件为:1983年11月测量期间为小潮流,但有8~10级大风;1984年7月测量期间风力小于4级,为大潮流。结合以上统计结果可以明显看出,冬季风暴对悬浮体含量的普遍提高具有决定性的影响,且使悬浮体的分布变得更加不均匀;两季中

悬浮体的分布主要受制于常规因子潮流的分布,呈良好的相关性,但冬季风暴的强烈扰动在

一定程度上削弱了潮流流速与悬浮体含量的相关性。

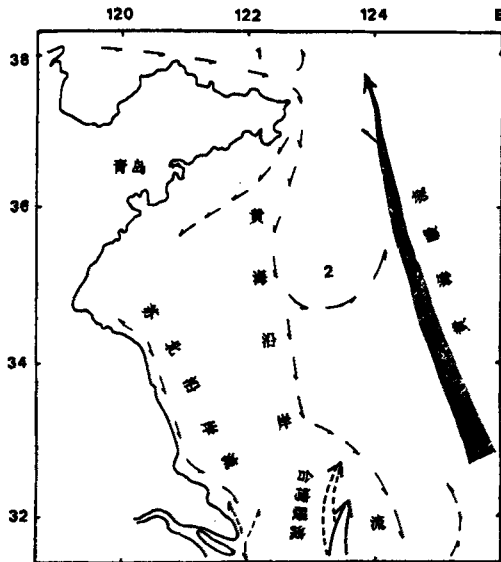


图1 南黄海海流体系

Fig. 1 Sea current system in South Yellow Sea

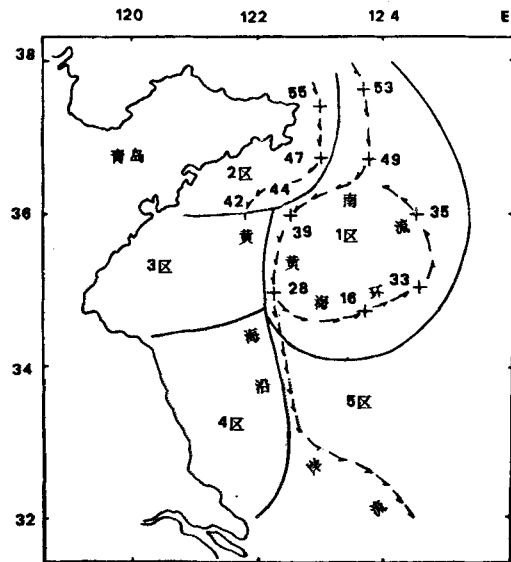


图2 南黄海悬浮体沉积动力作用分区

Fig. 2 Sediment dynamic divisions of suspended matter in South Yellow Sea

2.1 南黄海中部环流作用区(1区)

由于该区水深较大^[3],超过了海浪作用的临界深度,因而季节变化,即风因子的变化对悬浮体含量的影响并不明显,冬夏两季悬浮体含量均值之差仅为1.02mg/L;此外,由离差系数可以看出,该区夏季悬浮体在常规因子下的分布所接受的扰动要强于冬季,则风因子不可能是首要的扰动因子。夏季该区浮游生物大量增殖,特别是在表层,呈不均匀的斑块状^[1],这不但加强了对常规分布的扰动,而且削弱了悬浮体含量与潮流流速的相关性,使其相关系数小于冬季,因而浮游生物的扰动作用对夏季该区悬浮体含量的影响不可忽视。

2.2 环胶东半岛沿岸流作用区(2区)

由于该区苏山岛外浅滩处,海底滩面高起^[3],滩面物质对风因子所产生的扰动反应非常敏感,冬季风暴不仅大大提高了悬浮体含量,使该区冬夏两季悬浮体含量均值之差仅次于第4区而成为第二个高差值区,且使其分布变得极

不均匀,同时破坏了常规因子同悬浮体含量之间的相关性。

2.3 海州湾外弱水动力作用区(3区)

该区内无沿岸流通过,季节变化主要体现在风因子的改变上。由于该区为残留沙沉积区,不易起动^[3],水深又相对较大,即造成该区海水中悬浮体含量抵抗干扰的自我调节能力较强,因而该区悬浮体含量均值之差和离差系数之差在五区之中均为最小,且风因子对悬浮体含量的影响并不显著,冬夏两季悬浮体含量的分布主要受制于潮流,方差分析及相关分析的结果证实了这一点。

2.4 苏北浅滩潮流作用区(4区)

该区为强潮流区,冬季风暴加大了海浪的侵蚀能力,使大量的老黄河三角洲上的物质被侵蚀下来随苏北沿岸流输运至本区。同时使沙脊区大量物质再悬浮,使本区在冬季呈现出最高的悬浮体均值;但相关分析表明,悬浮体的分布仍受制于强潮流,使冬夏两季的离差系数相

差并不大。另外,该区较大的离差系数值主要是由于区内潮流变化梯度较大所造成的。

2.5 混合水动力作用区(5区)

该区处于黄海和东海交界处,水动力环境极为复杂。水动力因子除潮流外,还有黄海暖流、黄海沿岸流、长江冲淡水流以及台湾暖流,这些海流错综复杂的相互作用和季节性消涨不仅为本区带来了丰富的悬浮物质,使其呈现较高的悬浮体含量均值,且使其分布变得极不均匀,破坏了悬浮体含量与潮流的相关性。

3 结论

通过对南黄海海水中悬浮体含量和水动力因子之间的统计分析可知:潮流因子是决定南黄海海水中悬浮体平面分布的主要相关因子,

但冬季风暴对悬浮体含量的普遍提高具有决定性的影响,且风因子在冬季对悬浮体含量的提高在整个研究区内的表现并不均匀。悬浮体含量的水平分布依次取决于以下因素:常规水动力因子——潮流的变化梯度;扰动水动力因子——风因子、海浪、海流、沿岸流以及浮游生物的干扰程度;海区承受干扰的自我调节能力。

参考文献

- [1] 秦蕴珊,李凡等,1989.海洋与湖沼 20(2):101~112。
- [2] 丁文兰,1985.海洋科学集刊 23:27~40。
- [3] 秦蕴珊等,1989.黄海地质.海洋出版社。
- [4] 中国科学院数学研究所统计组,1979.常用数理统计方法.科学出版社,1~116。

STATISTICAL ANALYSIS OF HYDRODYNAMIC FACTORS DOMINATING THE DISTRIBUTION OF SUSPENDED MATTER IN THE SOUTH YELLOW SEA

Wu Xiaotao

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences Qingdao 266071)

Received: Aug. 1, 1994

Key Words: Suspended matter, Sediment dynamics, Statistical analysis

Abstract

Based on the data of suspended matter obtained during the Chinese & American sediment dynamic research in the Southern Yellow Sea from 1983 to 1984, together with the hydro-meteorology data, this paper tries to establish the sediment dynamic division of suspended matter and discuss the relation between the distribution of suspended matter and the hydrodynamic factors by using statistical methods. The following results are obtained.

As a regular hydrodynamic factor, the tidal current is the main correspondent factor which affects the horizontal distribution, and its effect is significant in each of the five zones. As a disturbing factor, the wave can greatly enhance the content standard of suspended matter in winter, and it can also weaken the correspondent relation between the velocity of tidal current and the content of suspended matter. Although the wave has a decisive effect on the Content Standard in the whole area, its effect is not uniform. The dis-

tribution of suspended matter is successively due to the following factors: the gradient of the regular hydrodynamic factor-tidal current, the disturbance of the disturbing factors——wind, wave and sea current.