

海洋沉积物声速与物理参数的关系^①

卢 博 梁元博

(中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301)

收稿日期 1993年1月12日

关键词 沉积物声速, 物理参数, 相关分析

提要 海洋沉积声场速与物理性质密切相关, 特别是含水量 W 和孔隙度 n , 它们在建立回归方程和预报沉积物性质中有所贡献。中国东、南海沿海沉积物的资料和数据表明: 声速 (V_p 和 V_s) 和声速比 (r') 可以用来预报沉积物性质。

海底作为海洋下界面而成为海洋工程的实质载体, 同时, 海底又是海洋声场中极为重要的环境参数。为了了解海洋沉积物物理力学性质, 在一定程度上可以用声波在其中传播特性的方法来获得。我们在东、南海大陆架海区已取得相当多的资料。本文将讨论声速 V_p , V_s 与物理参数的关系, 并建立二维相关图尝试用于预报沉积物物理性质。

1 沉积物物理参数

沉积物的主要物理性质包括湿密度 ρ 、含水量 W 、孔隙度 n 、孔隙比 e 、饱和度 S_r 、比重 G 、液限 W_L 、塑限 W_p 、液性指数 I_L 、塑性指数 I_p 和颗粒中值粒径 $Md(\Phi)$ 等11项参数。由于浅海大陆架沉积物来源比深海平原沉积物来源复杂和多样化, 使它们的物理参数即使在不远的距离上变化也颇大。据我们分析测量和统计(表1), 粤东、珠江口、琼东和琼南大陆架海底沉积物

理参数都有很大的差异。表1的结果与秦蕴珊等报道的渤海西部海区结果^[1]以及我们在东海大陆架的资料^[2]也有一定的差异。而台湾大学陈民本等在台湾海峡也曾做过类似的工作, 据他们的资料报道^[3], 台湾海峡海底沉积物物理性质的变化范围是 $W(19.28 \sim 37.8\%)$, $r(1.34 \sim 2.00g/cm^3)$, $n(34.12 \sim 56.13\%)$, $Md(\Phi)(1.542 \sim 7.357\Phi)$ 。这4个值的变化范围与本文表1粤东(较近台湾海峡)的结果比较, 只是含水量 W 偏低, 其余大致上变化不大。

以往的研究认为只有孔隙度 n 、颗粒中值粒径 $Md(\Phi)$ 、含水量 W 和湿密度 ρ 对声速 V_p 、 V_s 具有深刻的影响。但是经过我们多年的统计分析, 发现除了这4项参数之外, 沉积物中的流变性参数(液限、塑限、液性指数和塑性指数)对

① 国家自然科学基金资助项目: 49176259号。

V_P 有着重要的影响,在建立预测声速 V_P 的回归 方程中有所贡献,如:

表1 南海北部大陆架沉积物物理性质

Tab. 1 Sediments physical property in the shelf of the Northern South China Sea

海区		r (g/cm ³)	W (%)	n (%)	e	Sr (%)	G	W_L (%)	W_P (%)	I_L	I_P	Md (Φ)
粤东	1	2.02	78.8	66.9	2.02	100	2.67	38.8	22.9	3.49	16.0	6.394
	2	1.54	24.5	39.0	0.64	91.8	2.58	18.2	10.7	1.84	7.5	2.090
珠江口	1	1.96	91.7	70.2	2.35	100	2.73	53.4	29.9	3.54	23.5	6.997
	2	1.46	30.0	43.6	0.77	82.7	2.57	25.5	15.5	1.41	10.2	2.633
琼东	1	1.83	70.5	69.0	2.19	100	2.75	41.7	24.0	2.86	18.9	7.368
	2	1.38	38.0	51.0	1.05	70.1	2.66	30.0	16.0	1.26	11.2	3.087
琼南	1	1.95	65.1	62.0	1.65	100	2.72	44.4	25.5	9.80	23.2	6.439
	2	1.52	23.2	38.0	0.67	80.0	2.64	15.0	10.0	0.58	5.0	-0.708

1——最大值;2——最小值。

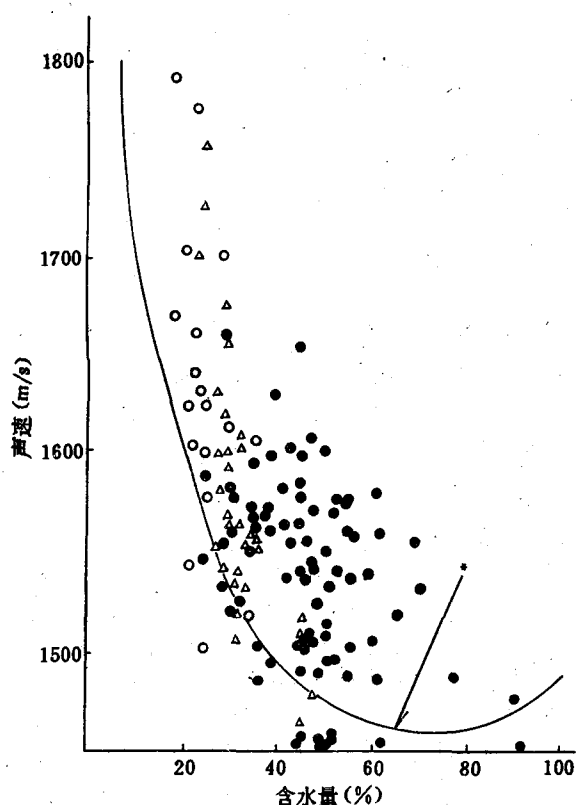


图1 V_P 与 W 的相关关系

•南海北部大陆架;○台湾海峡;△为东海大陆架

* 见文献[4]

Fig. 1 The correlation of V_P and W

东海大陆架上适用的^[2]

$$V_P = 3\,117 - 54.9W_P + 0.5W_P^2 - 847.2I_L +$$

$$196.4I_L^2 + 9.98W_P I_L, \quad R=0.63$$

南海大陆架上适用的^[4]

$$V_P = 2\,036.6 - 22.46W_P + 0.15W_P^2 - 220.16I_L + 23.3I_L^2 + 0.5W_P I_L, \\ R=0.90$$

R 为复相关系数。

2 沉积物声速

V_P 作为海洋沉积物声速的压缩波分量,一般而言应比海水声速高,但在个别海底区域的浅层沉积物声速 V_P 却比海水声速值要低,从东海到南海大陆海底都有这种低声速沉积物存在,台湾海峡上也有低于1 500m/s的低声速沉积物^[3]。其中东海大陆架沉积物声速 V_P 变化范围在1 336~1 836m/s,南海北部大陆架沉积物声速 V_P 变化范围在1 360~1 796m/s。从垂直分布趋势看来,大部分柱状样品表层低、中下层较高,即 V_P 随埋藏深度增加而增大。

V_S 是声速中切变波分量,它的变化可以反映出沉积物的应力-应变性状,这是因为只有当沉积物中切变模量 $\mu \neq 0$ 时,压缩波和切变波才同时存在,但由于压缩波往往比切变波先到达,所以,压缩波速 V_P 恒大于切变波速 V_S 。东海大陆架沉积物 V_S 变化范围在96~565m/s,台湾海峡沉积物 V_S 变化范围在27~520m/s^[3],南海北部大陆架沉积物 V_S 变化范围在146~597m/s。

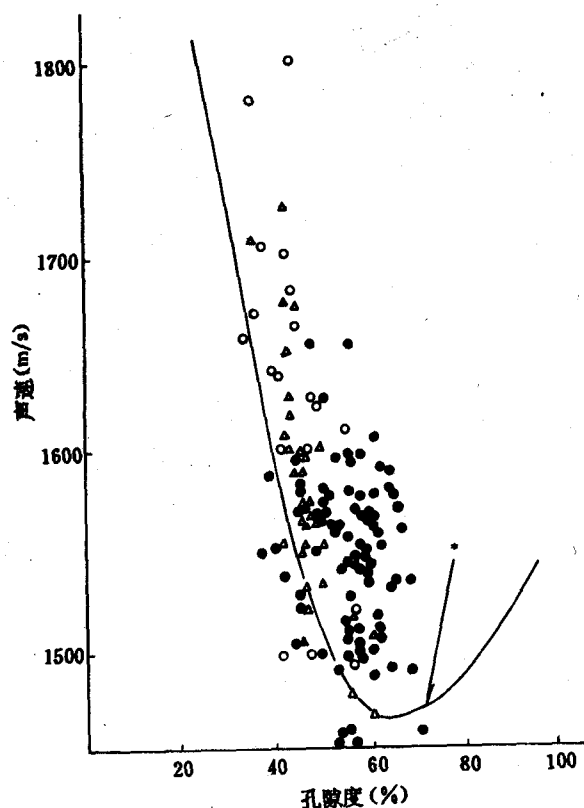


图2 V_p 与 n 的相关关系

图例同图1; * 卢博, 1992。

Fig. 2 The correlation of V_p and n

我们曾用波速比 $r' (V_s/V_p)$ 来判别沉积物的“软硬程度”:

$$0 < r' < 0.31$$

为结构松散的“软”沉积物,

$$0.31 < r' < 0.58$$

为结构致密的“中等”硬度沉积物,

$$0.58 < r' < 1$$

为非常致密的“硬”沉积物。

若从以上判别东海、台湾海峡和南海北部大陆架海洋沉积物的性质, 上述三个区域的 $r' (V_s/V_p)$ 值大都在0.15~0.28之间, 只有个别层位(一般是在深层—15m以下)的 r' 接近0.31和稍微超过0.31, 所以中国东南沿海大陆架海洋沉积物基本上是“软”沉积物。

3 二维相关分析

从图1和图2的二维相关分析中可以看到, W 和 n 与声速 V_p 有良好的相关关系, 至少可以用声速 V_p 来简单地预报含水量 W 和孔隙度 n 这两项重要的物理参数。图1中曲线是我们在回归统计了南海北部大陆架数据以后建立了的经验公式^[4], 而图2中的曲线的回归方程式则是:

$$V_p = 2470.7 - 32.2n + 0.25n^2$$

$$R = 0.82$$

由于沉积物声速较容易获得, 如可以在现场测量, 调查船甲板上和实验室内都可以测量到沉积物声速 V_p 和 V_s , 而物理参数的测量则困难得多, 且很容易受到条件限制而产生误差。用声学方法则可以较快较准地获得海洋沉积物的物理性质。

4 结语

用声速 V_p 可以预测海洋沉积物物理性质, V_p 和 V_s 的波速比可以定性地评价海洋沉积物的“软硬”程度。用声学手段遥测遥感海底最终可以为海洋工程和海洋声场预报服务。

参考文献

- [1] 秦蕴珊等, 1983. 海洋与湖沼 14(4): 305~313.
- [2] 卢博等, 1991. 海洋通报 10(5): 37~44.
- [3] 卢博等, 1991. 热带海洋 10(3): 96~100.
- [4] Liang Yuanbo, H. K. WONG and Lu Bo, 1988. WESTPAC III Technical Papers 1: 325-328.
- [5] Min Pen CHEN et al., 1988. Acta Oceanographica Taiwanica, 21: 92-117.

ACOUSTIC VELOCITY AND PHYSICAL PARAMETERS RELATIONSHIP IN MARINE SEDIMENTS

Lu Bo and Liang Yuanbo

(South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou)

Received: Jan. , 12, 1993

Key Words: Acoustic velocity of sediment, Physical parameters, Correlation analysis

Abstract

Acoustic velocity and physical property closely relate with each other in marine sediments, especially the parameters water content W and porosity n have significant contribution in establishing the regression equation to predict the sediment property. The data of demonstrated: acoustic velocity (V_p and V_s) and velocity ratio (r') in East and South China Seas might be used to predict marine sediment property.