

南海某海区海底沉积物物理、声学 and 弹性性质

卢 博

梁元博

(中国科学院南海海洋研究所 广州 510301)

摘要 报道了南海某海区 3 个区块海底沉积物若干项声学物理性质, 讨论和分析了沉积物的物理力学参数, 声学 and 弹性参数之间的关系。

关键词 海底沉积物, 海洋工程, 沉积物理

海底是海洋空间的组成部分, 它作为海洋的下界面而成为海洋工程的实质载体, 同时, 它是影响海洋声场极为重要的环境因素, 在浅海声场分析、声纳作用距离预报以及大型潜艇触底坐底、预警装置的埋置、输油管道的铺设都需要对海区海底环境的调查研究。

南海某海域分 3 个海区, 每个面积均为约 200km²。海底背景调查项目主要有: 沉积物取样、沉积物物理力学指标测量以及沉积物声速测定。另外根据这些资料推算出沉积物动力学弹性模量。

1 海上工作

沉积物柱状取样使用重力式取样管, 内衬塑料管套以便取样后沉积物柱状样在推拉出来时免受扰动破坏。当样品切成每段约 15cm 后用塑料盖盖上并密封好, 垂直堆放, 以免样品在运输过程中受到其他不利因素的影响。海区分成 A, B 和 C 3 个区域, 在每个海区上设 5 个取样站位, 共计取样站位 15 个, 成功取样 12 个, 成功率为 80%。未能取得柱状样的 3 个站位只取得表层砾和粗砂质沉积物样品。

A 区分布在小于 100m 水深区域内, B 区分布在 100~200m 水深区域中, C 区位于 350~400m 水深区域上。我们结合实际需要, 勾画出这 3 个区的海底地形, 除了 C 区海底地形较为复杂外, A 和 B 区的海底地形走向趋势大致与海图给出的等深线没有很大的出入。海底地形

图有助于解释沉积物的分布和迁移。

根据现场观察, A 区沉积物呈灰色, 以砾、砂和粉砂为主, 夹有贝壳碎屑; B 区沉积物呈灰色, 以中细砂-粉砂和粘土为主, 有贝壳碎屑等生物碎屑。C 区沉积物呈灰色, 以粉砂和粘土质为主, 沉积物结构较为疏松且含水量高, 生物碎屑比 A 和 B 区相对较少。

取样船只南海舰队南调 485 船, 船上配备有起重吊车, 且作底质取样绞车(缺零档)。海上工作时海况良好。

2 沉积物物理力学性质

沉积物的物理力学性质主要是指沉积物的湿密度、含水量、孔隙度、孔隙比、颗粒中值粒径、颗粒百分含量和沉积物的无侧限抗压强度、灵敏度等。以上项目分析测量均符合《土工试验规程》的要求^[1]。

2.1 湿密度是沉积物的单位体积质量; 在本海区 A, B, C 3 个区的总体情况大致是: A 区 > B 区 > C 区。这与沉积物的组成物质有关, 离岸远的沉积物湿密度要比离岸近的沉积物湿密度小, 这符合沉积物迁移、沉积过程中的一般规律。

2.2 孔隙度是指沉积物中孔隙体积与沉积物的总体积之比。与湿密度相反, C 区 > B 区 > A 区。这种孔隙度分布规律是正常的, 在我们的

收稿日期: 1995 年 1 月 3 日

资料中,南海海盆沉积物的孔隙度甚至高达 80~90%^[1]。

2.3 含水量是指沉积物中水的总重与沉积物颗粒重量之比。因为含水量和含气量一道构成孔隙度,所以,含水量一般与孔隙度成正比例变化,在本海区分布中与孔隙度分布相同,即 C 区>B 区>A 区。

2.4 孔隙比是指沉积物中孔隙体积与颗粒体积之比,与孔隙度有密切的关系,因此,与含水量、孔隙度一样,C 区>B 区>A 区。

2.5 颗粒中值粒径(Φ),它是一个表征沉积物颗粒度的单位, Φ 值越大则表示颗粒直径(mm)越小,其关系式为 $\Phi = -\log_2(\text{mm})$ 。仅从 Φ 值可以看出本海区中沉积物的 Φ 值并没有出异常值(即 Φ 值大于 8 或小于 4)。这表明海区海底处于稳定的沉积作用过程。但在 A 区近岸站位上,偶然出现陆源物质(砾和粗砂),含量在 5~10%左右,说明近岸沉积物受陆源物质侵入的影响。除此之外,各站位沉积物以中砂、粉砂和粘土三类颗粒为主。没有一个站位是由其中一类颗粒占优势的(即占 75%以上)。A、B 和 C 区沉积物物理性质 5 项主要指标平均值列于表 1 中。

表 1 研究海区沉积物若干物理参数

Tab. 1 Sediments certain physical parameters in A, B and C areas of South China Sea

取样 站位	湿密度 (g/cm ³)	含水量 (%)	孔隙度 (%)	孔隙比	颗粒中值粒径 Φ
AA	1.81	38.8	52	1.08	4.975
AD	1.71	55.7	60	1.50	4.885
AC	1.81	38.4	52	1.09	5.140
BA	1.72	45.8	56	1.29	5.627
BB	1.71	36.0	57	1.33	6.213
BC	1.72	45.8	56	1.31	5.053
BD	1.69	46.1	58	1.35	5.147
BG	1.67	50.4	59	1.44	4.650
CA	1.60	62.1	64	1.76	5.030
CB	1.61	62.3	64	1.73	5.390
CD	1.61	57.6	62	1.63	5.220
CG	1.56	63.5	65	1.83	5.427

本海区沉积物的力学性质指标主要是测量了沉积物柱状样品原状样以及重塑样的无侧限

抗压强度(q_u),并计算了它们之间的比值——灵敏度。表 2 给出了 A、B 和 C 3 个区 8 个柱状样的力学性质指标。

表 2 研究海区沉积物力学指标

Tab. 2 Sediments mechanics parameters in A, B and C areas of South China Sea

站位	无侧限抗压强度(kgf/cm ²)		灵敏度
	原状样	重塑样	
AA	0.269	0.090	2.99
BB	0.199	0.077	2.58
BC	0.132	0.084	1.57
BD	0.204	0.069	2.96
BG	0.124	0.053	2.34
CA	0.156	0.065	2.40
CB	0.074	0.029	2.55
CD	0.211	0.068	1.55

注:1kgf=9.806 65N

图 1 是 B 区沉积物(BD 点)原状样和重塑样应力-应变曲线,曲线上峰值或稳定值为 q_u ,图 2 是 C 区沉积物(CB 点)原状样和重塑样应力-应变曲线,从中可以看到以 BD 点代表的 B 区海底沉积物具有较高的抗压强度,而 C 区海底沉积物的抗压强度相对较低。

3 沉积物的声学性质

沉积物声速(压缩波速 V_p)和声阻抗(Z)是沉积物重要的声学性质。声速测量仪器为 SYC-3B 声波仪,在 1 大气压室内温度为 29~31℃ 条件下进行工作,测量结果直接输入 CJ-1 数据采集处理系统进行分析。换能器频率为 100kHz,测量样品长度用游标卡尺(精度为 0.02mm)。测量误差范围在 1~1.5%。本海区海底沉积物各层次的声速和声阻抗值分别列于表 3 和表 4 中。以取样所及为例,A 区 V_p 平均值为 1 578m/s,B 区为 1 561m/s,C 区为 1 553m/s。从这一平均值可以看到声速与沉积物的含水量、孔隙度等物理性质有相当密切的关系。当含水量和孔隙度增大时声速减小。这一点符合世界大洋各浅海区域的一般规律^[3~5]。声阻抗是声速与密度的乘积。它紧紧依赖于密度的变化,它是声波入射海底时遇到另一种介质(密度不同的介质)的反应。A、B 和 C 区沉积物的声阻抗都

是随深度增加,呈正梯度,且A区>B区>C区。

5 结论

位于南海北部大陆架及大陆坡的研究海区海底沉积物以砾、粉砂和粘土为主。近岸以粗颗粒为主,远离岸以细颗粒为主。沉积物的物理力学性质亦与这种区域分布有关,近岸的站位沉积物含水量、孔隙度、孔隙比较低,湿密度较高;而远离岸的站位沉积物含水量、孔隙度、孔隙比较高,湿密度则较低。与物理性质密切相关的声速和声阻抗同样显示了这种地方区域分布特征,即近岸的站位沉积物声速较高,远离岸的站位沉积物声速较低。初次给出的沉积物弹性性质对海洋工程活动的评估有相当大的应用意义。

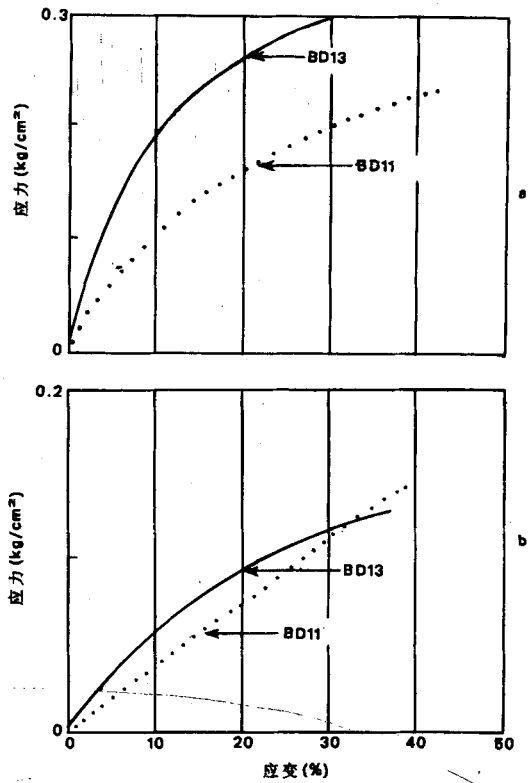


图1 B区海底沉积物的应力-应变曲线
a为原状样,b为重塑样(后同)

Fig. 1 The stress-strain curve of seabed sediments in B area

4 沉积物的弹性性质

沉积物的弹性性质是从声学物理参数中换算出来的,它等同于用直接法测量出来的静力学弹性性质,因而称之为动力学弹性性质。它们两者之间存在着一个转换体系,由于过分繁琐,本文暂且不作详细讨论。请参阅文献[5]。

本海区海底沉积物的动力学弹性性质的求解方法来自文献[2]。表5列出了本海区A、B和C区沉积物6项主要弹性参数,这对于判断海底的弹性性质、抗压、抗剪强度估计和投放、埋设预警装置等海洋工程活动等方面是有用的。

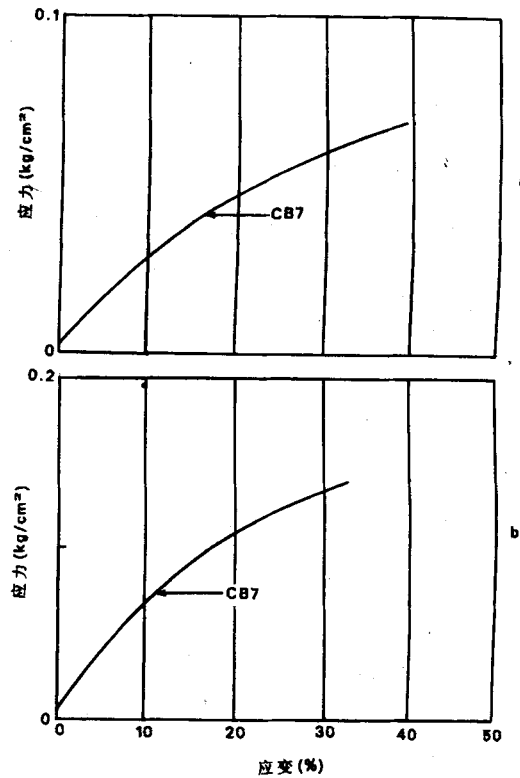


图2 C区海底沉积物的应力-应变曲线

Fig. 2 The stress-strain curve of seabed sediments in C area

表 3 研究海区沉积物声速垂直变化(m/s)

Tab. 3 Sediments sound velocity vertical change in A, B and C areas of South China Sea (m/s)

层序	AA	AD	AC	BA	BB	BC	BD	BG	CA	CB	CD	CG
1	1 568	1 588	1 595	1 572	1 570	1 545	1 618	1 537	1 529	1 558	1 484	1 532
2	1 563	1 577		1 595	1 540	1 657	1 605	1 550	1 539	1 578	1 576	1 557
3					1 516	1 538	1 557	1 568	1 564	1 562	1 575	1 565
4					1 566		1 519	1 585	1 553	1 568	1 568	
5					1 569		1 517					
6							1 512					
平均值	1 578			1 561				1 553				

表 4 研究海区沉积物声阻抗(单位:10⁵g/cm²·s)

Tab. 4 Sediments acoustical impedance in A, B and C areas of South China Sea (10⁵ g/cm²·s)

层序	AA	AD	AC	BA	BB	BC	BD	BG	CA	CB	CD	CG
1	2.82	2.57	2.84	2.63	2.57	2.56	2.65	2.58	2.37	2.46	2.33	2.22
2	2.85	2.82	2.92	2.76	2.68	2.87	2.73	2.62	2.45	2.56	2.55	2.49
3	/	/	/	2.79	2.67	2.74	2.69	2.57	2.58	2.56	2.60	2.57

表 5 研究海区沉积物主要弹性性质

Tab. 5 Certain sediments elastic constants in A, B and C areas of South China Sea

取样站位	杨氏模量 (10 ⁹ N/m ²)	体积模量 (10 ⁹ N/m ²)	压缩系数	泊松比	切变模量 (10 ⁹ N/m ²)	拉梅常数
AA	0.143	4.362	0.229	0.495	0.048	4.329
AC	0.159	4.457	0.224	0.494	0.053	4.422
AD	0.167	4.010	0.249	0.493	0.056	3.973
BA	0.202	4.337	0.231	0.492	0.068	4.292
BB	0.074	4.009	0.249	0.497	0.025	3.993
BC	0.079	3.927	0.254	0.497	0.026	3.909
BD	0.130	4.235	0.236	0.495	0.044	4.206
BG	0.089	3.929	0.255	0.496	0.029	3.909
CA	0.083	3.587	0.279	0.496	0.028	3.567
CB	0.068	3.805	0.263	0.497	0.023	3.789
CD	0.120	3.404	0.294	0.494	0.040	3.377
CG	0.072	3.371	0.297	0.496	0.024	3.355

参考文献

[1] 中华人民共和国水利电力部,1984. 土工试验规程, SD128-84. 水利电力出版社., 第一分册,128.

[2] 梁元博,卢 博,1989. 南沙群岛及其邻近海区综合调查研究报告(一)下卷. 科学出版社,434~443.

[3] Min-Pen CHEN *et al.*, 1988. *Acta Oceanographica Taiwanica*. 21: 92-118.

[4] Hamilton, E. L., 1974. *Deep-sea Sediments, Physical and Mechanical Properties*, Plenum Press, 1-43.

[5] Bachman R. T., 1985. *J. A. S. A.* 78(2):616-621.

SEABED SEDIMENTS PHYSICAL-ACOUSTIC AND ELASTIC PROPERTY OF SOME AREA IN SOUTH CHINA SEA

Lu Bo and Liang Yuanbo

(South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510301)

Received: Jan. , 5, 1995

Key Words: Seabed sediments, Ocean engineering, Sedimentation physical

Abstract

This paper reports seabed sediments certain acoustic-physical property of three areas in South China Sea, discusses and analyzes the mutual reaction in parameters of physical-mechanics and acoustic.