

深海泥的矿物组成及其物化性能研究^{*}

何宏平¹, 杨 丹¹, 邱 燕², 陈俊仁², 袁 鹏¹, 朱建喜¹

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640;
2. 广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760)

摘 要: 采用化学分析、X 射线衍射、差热和热重分析、粒度与比表面积分析等技术、方法对 5 个我国南海深海泥样品进行了研究。结果表明, 不同区域的深海泥中, 其矿物组成有显著的差异, 其中粘土矿物、石英、碳酸盐为主要的结晶相矿物; 同时, 非晶质粘土矿物广泛发育。深海泥中的矿物质具有粒径小、比表面积大、粘土矿物结晶程度差等特点, 因此具有较好的活性。深海泥将是一种巨大的潜在非金属矿产资源。

关键词: 深海泥; 矿物组成; 物化性能

中图分类号: P736.21⁺1 文献标识码: A 文章编号: 0529-6579 (2004) 06-0140-04

海洋是一个巨大的资源宝库, 蕴藏着丰富的油气、金属及非金属矿产资源。粘土矿物是海洋环境中分布最为广泛的矿物, 在大洋深海区的粘土矿物更是组成沉积物的主要成分。粘土矿物对地质作用和地质环境的变化反映敏感, 因此被广泛应用于岩相古地理、古气候、古环境和成岩成矿条件的研究和恢复。与此同时, 由于粘土矿物具有独特的特点, 如颗粒细小、结构无序、孔隙丰富、比表面积大, 因此有着独特的潜在应用价值。

我国对深海沉积物的研究工作始于 20 世纪 70 年代, 虽然起步较晚, 但已取得了较大进展^[1]。目前人们对深海沉积物的类型、分布特征、形成机理及环境意义已有了较为系统的认识, 而且许多学者也对沉积物中的有机物、无机物、微生物化石及其沉积化学等作了大量的研究^[3]。深海沉积物主要由粘土矿物、生物化石或遗骸组成, 还含少量的自生矿物、碎屑矿物、宇宙物质、岩屑及结核等, 其中粘土矿物是深海沉积物中最主要的组成部分^[3]。海洋拥有巨大的粘土矿物资源, 但是由于深海沉积物中的粘土矿物是各种细粒矿物的混合体, 难以分离, 给研究带来困难。目前的相关研究主要集中在古地理环境、全球气候演化等领域, 而对其详细的矿物组合、物理化学性能特征等方面的研究报导还比较少见。本文采用 X 射线衍射 (XRD)、差热与热重分析 (DTA TG)、粒度与比表面测定等方法对取自我国南海海域的 5 个深海沉积物样品的矿物组成、物理化学特性等进行了研究, 为深海沉积物作为一种巨大的潜在资源的利用提供了实验资料。

1 样品与实验条件

本文所用的 5 个深海泥样品均采自我国南海海域。在进行各种分析前, 先在自来水中筛选, 用 200 目筛去除海泥中粗粒碎屑、贝壳和其它杂物, 各样品中未过筛部分含量较少 (见表 1)。样品分选后, 在 85 °C 下烘干, 然后进行化学分析、X 射线衍射分析、差热与热重分析、粒度和比表面积的测定。

样品的 X 射线衍射分析在日本理学 D MAX-1200 型转靶 X 射线衍射仪上进行, 实验条件为: 电压 40 kV, 电流 30 mA, 用封闭式铜靶射线源, 扫描速度为 10 (°) /min。差热和热重分析在改进的 LCT 2 差示热天平上进行, 升温速度 20 (°) /min, 样品称量 40 mg, 测重量程 20 mg, 差热量程 100 μ V。粒度和比表面积测定分别在 JL-1155 型激光粒度分布测定仪和 NOVA1000 型比表面分析仪上完成。

表 1 深海泥样品用 200 目筛分选结果

Tab 1 Composition of oceanic sediments
selected by 200 mesh sieve

样品	S1	S2	S3	S4	S5
未过筛样品质量/g	13.3	0.5	1.7	1.4	2.0
已过筛样品质量/g	194.5	504.5	416.5	729	71.5
未过筛样品比例/%	6.40	0.10	0.24	0.19	2.72

^{*} 收稿日期: 2003-12-08
基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40372029); 中国科学院知识创新工程 (GIGCX-03-07) 资助项目
作者简介: 何宏平 (1967 年生), 男, 研究员, 博士生导师; E-mail: hphe@gig.ac.cn
(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2 结果及讨论

2.1 化学成分分析

对 5 个深海泥样品过 200 目筛的部分进行了化学分析, 其结果列于表 2。由表 2 可见, 在这五个样品中, S1 样品的 SiO₂ 质量含量较低, CaO 质量含量最高, 而其它 4 个样品则为 SiO₂ 质量含量较高, CaO 质量含量较低, 这反映了在不同区域的海泥样品中, 其主要矿物组成有显著的差异。样品中 SiO₂ 质量含量较高, 主要是由于样品中含有较多的石英, CaO 质量含量较高则表明样品中所含方解石较多。样品中主要矿物组成的变化直接反映了其沉积环境的多变性^[3]。

2.2 X 射线衍射分析 (XRD)

图 1 为 5 个海泥样品的 XRD 图。在 5 个样品 XRD 衍射图的低角度区均出现了出现弥散带, 主要与样品中的非晶质粘土矿物有关。在 S1 样品的 XRD 图中出现了强而清晰的方解石衍射峰, 表明样品中主要结晶矿物为方解石。而在其它 4 个样品中, 均以石英的衍射峰最强, 同时, 出现了伊利石、高岭石、蒙脱石等粘土矿物及长石与方解石的弱衍射峰, 表明样品中的结晶矿物以石英与粘土矿物为主^[4,5]。可见, 样品的化学分析结果与其 XRD 结果是一致的。与此同时, 在 4 个主要以石英与粘土矿物为主要矿物组成的海泥样品中, 其中的粘土矿物以伊利石和高岭石的结晶度最好, 衍射峰相对强而锐, 蒙脱石的结晶度较差, 衍射峰很弱。

根据 XRD 结果, 采用衍射强度半定量法对样

品中各种矿物的相对含量进行了计算。对于 S3 样品, 由于其中含有较多的非晶态粘土矿物, 因此在计算过程中, 采用先参照石英标样的强度求出样品中石英的含量, 再依其强度比求出其它结晶相矿物的含量, 然后减去结晶相矿物含量求出非晶态粘土含量。其它 4 个样品均按照衍射峰的强度直接求出其中相应矿物的含量, 计算结果见表 3。

2.3 差热 (DTA) 和热重 (TG) 分析

5 个海泥样品的差热曲线主要有 2 个或 3 个明显的吸热峰组成 (见图 2)。位于 83~98 ℃ 处的强吸热峰是由粘土矿物脱失其吸附水与层间水引起的。位于 498~503 ℃ 的吸热峰是由粘土矿物脱失羟基所致。根据大多数样品的脱失羟基吸热峰呈不对称, 且在略高的温度区隐约可见一个很弱的肩峰, 由此可判断它们可能属于混层粘土矿物^[5]。在有的样品中, 尤其是 S1 和 S5 样品, 分别在 714 ℃ 和 739 ℃ 有一个显著的吸热峰, 此为碳酸盐矿物所致^[6]。与 X 射线衍射中反映出两个样品中方解石含量较高相一致。

在所研究的 5 个样品中没有观察到由有机质引起的明显的放热峰。5 个样品的失重曲线差别比较明显, 失重最多的样品是 S1, 失重 23.6%, 其它样品 S3 为 13.2%; S4 为 10.6%; S5 为 9.6%; 最小的失重样品为 S2, 为 6.7%, 其失重顺序与化学分析的结果相一致。

2.4 粒度分析和比表面积分析

粒度分析表明, 样品 S1、S2 和 S3 三个样品粒度均小于 28 μm; 而 S5 小于 24 μm; S4 小于 22 μm,

表 2 深海泥样品的化学成分
Tab 2 Chemical composition of oceanic sediments %

样品	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	总计
S1	34.16	0.14	10.15	3.72	1.65	1.42	23.17	0.98	1.80	0.05	22.96	100.25
S2	62.71	0.38	14.59	3.42	0.18	2.00	2.98	1.42	2.97	0.07	8.79	99.51
S3	54.61	0.30	17.07	5.86	2.60	2.51	0.71	2.08	2.83	0.14	11.69	100.40
S4	58.34	0.38	16.93	4.07	0.23	2.03	2.63	1.71	3.00	0.09	10.13	99.54
S5	54.78	0.35	15.78	4.73	0.71	2.08	5.82	1.32	2.94	0.14	10.50	99.15

表 3 由 X 射线衍射计算的样品中各种矿物的相对含量
Tab 3 Mineralogical composition of oceanic sediments evaluated by XRD patterns %

样品	石英	方解石	钠长石	斜长石	伊利石(混层)	高岭石	蒙脱石	非晶态粘土
S1	14.54	46.12	—	—	16.62	4.25	18.47	
S2	39.94	4.14	11.05	—	29.59	11.34	3.94	
S3	17.80	—	8.44	—	33.90	7.15	20.09	12.62
S4	34.64	3.85	8.98	3.46	37.71	11.36	—	
S5	24.70	10.98	17.08	—	30.50	16.47	—	

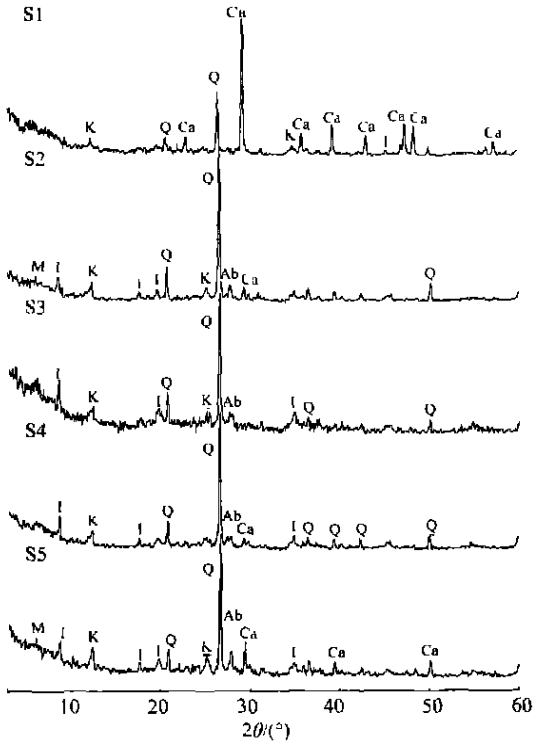


图 1 5 个海泥样品的 X 射线衍射 (XRD) 图

Fig 1 XRD patterns of oceanic sediments

Q: 石英; Ca: 方解石; I: 伊利石; K: 高岭石;
M: 蒙脱石; Ab: 钠长石

所有样品的粒度分布呈现双峰形状。5 个样品的比表面积差别较明显, 比表面积最大的是 S3, 为 $43.8\text{ m}^2/\text{g}$; 其次为 S1 为 $31.9\text{ m}^2/\text{g}$; 其它为 S4 为 $23.0\text{ m}^2/\text{g}$; S5 为 $21.0\text{ m}^2/\text{g}$ 以及 S2 为 $20.2\text{ m}^2/\text{g}$ 。

由于海泥样品是由不同矿物组成的, 而不同矿物的比表面积差别很大, 一般粘土矿物大于碎屑矿物, 而粘土矿物中以蒙脱石的比表面积为最大, 所以海泥样品的比表面积大小主要由所含的矿物种类, 尤其是蒙脱石的含量来决定。S3 样品中蒙脱石含量较多而且其他粘土矿物也较多, 所以比表面积最大。其次在 S1 中蒙脱石含量也较多。其它样品粘土矿物和碎屑矿物含量比较接近。与此同时, 样品的粒度对比表面积也有显著的影响。S4 比表面积为 $23.0\text{ m}^2/\text{g}$, 粒度最细, 小于 $22\text{ }\mu\text{m}$; S5 比表面积为 $21\text{ m}^2/\text{g}$, 粒度小于 $24\text{ }\mu\text{m}$ 。2/4 样品的比表面积为 $20.2\text{ m}^2/\text{g}$, 粒度小于 $28\text{ }\mu\text{m}$ 。由此可见, 深海泥样品的比表面积主要决定于其中的矿物组成和矿物粒径。深海泥样品中的矿物质具有粒径小、比表面积大的优异表面特征, 而这些特征直接决定了深海泥具有较好的表面活性和界面反应性^[7]。

3 结 论

本文采用化学分析、X 射线衍射、差热和热重

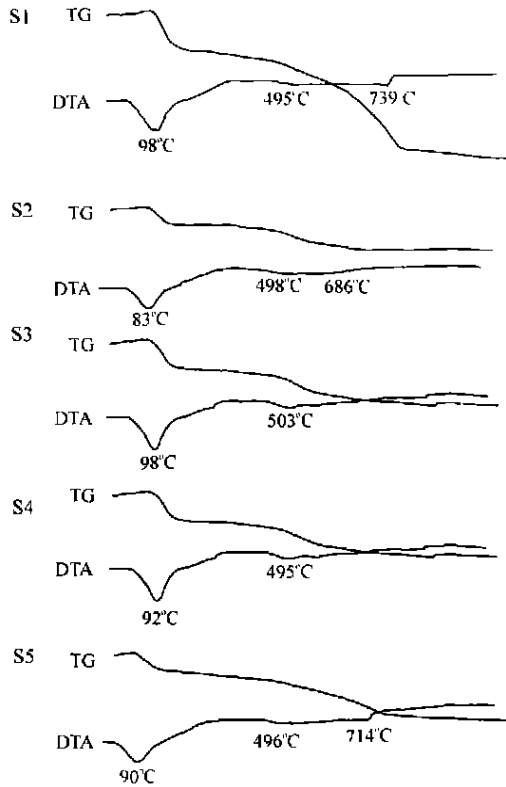


图 2 5 个海泥样品的差热(DTA)和热重(TG)曲线图

Fig 2 DTA and TG curves of oceanic sediments

分析、粒度与比表面积测定等技术、方法对 5 个南海深海泥样品进行了研究。结果表明, 不同区域的深海泥中, 其矿物组成有显著差异, 其中粘土矿物、石英、碳酸盐为主要的结晶相矿物; 同时, 非晶质粘土矿物广泛发育。深海泥样品的比表面积主要决定于其中的矿物组成和矿物粒径。深海泥中的矿物质具有粒径小、比表面积大、粘土矿物结晶程度差等特点, 具有较好的表面活性, 因此, 深海泥将在化工、冶金、塑料、复合材料等领域具有广阔的应用前景, 是一种巨大的潜在非金属矿产资源。

参考文献:

[1] 鹿化煜. 我国太平洋深海沉积研究综述[J]. 地球科学进展, 1994, 9(1): 20-24.

[2] 蓝先洪. 海洋沉积物中粘土矿物组合特征的古环境意义[J]. 海洋地质动态, 2001, 17(1): 5-7.

[3] 何良彪. 中国海及其邻近海域的粘土矿物[J], 中国科学 B 辑, 1989, (1): 75-83.

[4] THAMBAN M, RAO V P, SCHNEIDER R R. Reconstruction of late quaternary monsoon oscillations based on clay mineral proxies using sediment cores from the western margin of India[J]. Marine Geology, 2002, 186: 527-539.

[5] SANDLER A, HERUT B. Composition of clays along the continental shelf off Israel: contribution of the Nile versus local sources[J]. Marine Geology, 2000, 167: 339-354.

[6] 陈国玺, 张月明. 矿物热分析粉晶分析相变图谱手册
[M] . 成都: 四川科学技术出版社, 1989.

of acid-activated montmorillonite from Choushan, China[J] .
Clay Minerals 2002, 37(2): 323— 330.

[7] HE H P, GUO J G, XIE X D, et al. A microstructural study

A Study of Mineral composition and Chemical physical
Properties of Oceanic Sediments

HE Hong ping¹, YANG Dan¹, QIU Yan², CHENG Jun ren², YUAN Peng¹, ZHU Jian xi¹

(1.Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;
2. Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510760, China)

Abstract: Five oceanic sediments were studied using chemical analysis, X ray diffraction (XRD), differential thermal analysis (DTA), thermogravimetry (TG), and particle size and specific surface area analyses. Our present study shows that the mineral compositions of oceanic sediments vary with the locations. Clay minerals, quartz and carbonate are the main crystalline minerals and the non-crystalline clay minerals can be found in most samples. Minerals in oceanic sediments are poor crystalline with small particle size and larger specific surface area. These materials should be of high quality for many industrial fields and are the important resource as non-metal minerals.

Key words: oceanic sediment; mineral composition; chemical physical property