

深海沉积物 分类与命名

张富元 章伟艳 张霄宇 朱克超 编著

SHENHAI CHENJIWU
FENLEI YU MINGMING



海洋出版社

深海沉积物分类与命名

张富元 章伟艳 编著
张霄宇 朱克超

海洋出版社

2013 年 · 北京

内容简介

本书对地质研究的对象进行科学合理的分类,是地学研究的重要内容之一。为建立科学合理、量化统一、操作简便的“深海沉积物分类与命名”方案,作者详细分析国内外深海沉积物分类与命名现状,深刻认识海洋沉积物组成与分布,深入研究深海沉积物的水深、平均粒径、黏土含量3项参数指标,通过分析涂片鉴定黏土、钙质生物、硅质生物这三者的含量与粒度、化学分析之间的差异,建立钙质生物、硅质生物与 CaCO_3 、生物 SiO_2 的量化关系,完成沉降法和激光法粒度分析资料的对比和校正,分析深海沉积物分类与命名的兼容性和可比性。作者在上述研究成果基础上系统总结和自主创新提出“深海沉积物分类与命名”方案及其关键技术。深海沉积物类型简分法把深海沉积物分为深海黏土、钙质软泥、硅质软泥、黏土-硅质-钙质软泥4类,它能满足一般性海洋地质调查要求,达到基本了解深海沉积物类型的目的,在兼容世界深海沉积物类型现状的同时,充分考虑到混合沉积物的存在。深海沉积物类型细分法在简分法基础上细分为16种沉积物,使分类与命名更加详细和全面,满足海洋地质详细调查研究的要求。“深海沉积物分类与命名”方案与“浅海沉积物分类与命名”比较,在图形、类型指标、种类数量、冠字冠名法、混合沉积物表示法、可操作性等方面具有可比性,使浅海到深海的沉积物分类与命名呈渐变和有机联系。

图书在版编目(CIP)数据

深海沉积物分类与命名/张富元等编著. —北京:海洋出版社,2013.3
ISBN 978-7-5027-8504-8

I. ①深… II. ①张… III. ①海洋沉积物-研究 IV. ①P736.21

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第045776号

责任编辑:王溪

责任印制:赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编:100081

北京旺都印务有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2013年3月第1版 2013年3月第1次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:15.75

字数:351千字 定价:80.00元

发行部:62132549 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

深海沉积物 (Deep Sea Sediments) 一般是指沉积在深而开阔的海底沉积物, 水深一般大于 2 000 m, 深海沉积物主要由陆源碎屑沉积、海洋生物碎屑沉积、自生沉积、火山碎屑沉积、宇源沉积和冰筏碎屑沉积组成。由于调查研究区域、研究目的不同和考虑问题的出发点不一样, 国内外有关海洋科学研究机构对深海沉积物分类与命名采用的原则各不相同, 分类粗细程度也不一样。迄今为止, “深海沉积物分类与命名” 在国内外没有根本性解决, 每当需要对深海沉积物分类与命名时, 都是采取临时性研究或套用某种分类法。我国在南北极地和南大洋地质调查研究、太平洋海洋矿产资源调查研究、全球环球科学考察、国家专项海洋地质地球物理调查项目等多个大型地质调查研究项目中, 采用非统一规范的深海沉积物分类与命名, 其结果是分类与命名不统一、资料难对比, 严重地影响海洋调查资料应用和基础工作进步及业务发展。目前我国海洋调查研究已进入全球大洋, “深海沉积物分类与命名” 是一项急需解决、应用范围广、具有非常现实的科学意义和海洋基础性研究工作。2004—2005 年, 国家海洋局第二海洋研究所承担修订《海洋地质地球物理调查规范》, 作者负责深海沉积物分类与命名工作并提交了“深海沉积物分类与命名” 预案, 评委们认为我们提出的“深海沉积物分类与命名” 分类科学、合理、量化, 操作简便, 但有待于更深入研究和完善。2006 年我们获得国家科学技术部科技基础性工作专项经费资助, 开展“深海沉积物分类与命名 (No. 2006FY220400)” 项目研究, 2010 年 10 月国家科学技术部委托国家海洋局科技司组织专家组对该项目进行验收并获得通过 (等级优秀), 部分研究成果已在《海洋学报》、《沉积学报》、《地球科学》、《稀土学报》(英文版) 发表。另一方面, 该项目组于 2007 年访问了美国海洋与大气局 (NOAA)、科罗拉多大学 (University of Colorado)、得克萨斯农工大学 (Texas A & M University)、哥伦比亚大学拉蒙特地质观测研究所 (Lamont - Doherty Earth Observatory), 与深海钻探计划、大洋钻探计划沉积物分类专家进行相关学术交流, 对我们在“深海沉积物分类与命名” 方面所做的工作得到了同行专家的认可。本著作根据项目验收组建议, 在系统归纳总结项目成果基础上, 向国内外详细展示“深海沉积物分类与命名” 的主要步骤、关键技术和具体方案。

1. 水深、平均粒径、黏土含量是具有划分浅海与深海沉积物指示意义的重要参数。深海沉积物的必要条件是: 水深不低于 2 000 m; 沉降法粒度分析平均粒径 (M_z) 不大于 4 μm 和激光法粒度分析平均粒径不大于 10 μm ; 黏土 (沉降法粒度分析不大于 4 μm 、激光法粒度分析不大于 10 μm) 平均含量大于 50%。

2. “深海沉积物分类与命名” 的 3 个基本参数是黏土、钙质生物、硅质生物。利用沉积物涂片半定量鉴定分析沉积物中黏土、钙质生物、硅质生物及其含量; 也可利用粒度和化

学定量分析数据获得黏土、钙质生物、硅质生物含量。通过建立沉积物生源组分与 CaCO_3 、 Al_2O_3 、 SiO_2 的量化关系,把 CaCO_3 、生物 SiO_2 作为钙质生物和硅质生物的两个替代参数。

3. 沉降法和激光法粒度分析资料进行粒度资料对比、沉积物类型划分、沉积学基础研究,需要对不同分析方法得出的数据进行认真对比和校正,沉积物分类与命名的粒度数据以沉降法粒度分析为准,用其他方法获得的粒度分析数据需与沉降法进行科学合理对比和校正。南海东部海域表层沉积物研究表明,激光法粒度分析黏土粒径校正为小于 0.01 mm (粉砂 $0.063 \sim 0.01\text{ mm}$),得出的黏土含量和沉积物类型与沉降法粒度分析结果具有可比性。

4. 深海沉积物分类与命名的冠字冠名法,使深海沉积物类型命名严格量化、严谨和科学合理。

5. 深海沉积物类型简分法划分出深海黏土、钙质软泥、硅质软泥、硅质-钙质-黏土四类,满足一般性海洋地质调查要求,达到基本了解深海沉积物类型的目的,在兼容世界深海沉积物类型现状的同时充分考虑到混合沉积物的存在。

6. 深海沉积物类型细分法划分出 16 种沉积物,在简分法基础上使深海沉积物分类更加详细和全面,满足海洋地质详细调查要求和达到深入研究深海沉积物类型与分布的目的。

7. 深海沉积物与浅海沉积物的分类与命名相比,在图形、类变指标、种类数量、冠字冠名法、混合沉积物表示法、可操作性等方面具有可比性,使浅海到深海的沉积物分类与命名呈渐变和有机联系。

我们自主创新提出和建立的“深海沉积物分类与命名”的关键技术和方案,将统一规范深海沉积物分类与命名,这将有力地促进海洋调查资料规范化和基础研究工作进步。

本著作写作过程中得到了国家科学技术部、国家海洋局、国家海洋信息中心、浙江大学、国家海洋局第二海洋研究所、国家海洋局海底科学重点实验室的领导关心和大力支持,同时也得到了金翔龙院士,李安春、王永吉、吴必豪、杨慧宁、张玉兰、陈邦彦、杨胜雄、李扬、陈芳、陈圣源、孙煜华、孙东红、陈荣华、李秀珠、潘建明、金海燕、高水土、吕海燕研究员,林振宏、吕亚男、杨群慧、叶瑛、孟翊教授等支持和帮助,借此机会对他们表示衷心感谢。作者也十分感激参加相关航次的海洋地质调查人员的辛勤工作和英国马尔文公司秦和义对粒度分析工作的热情帮助!感谢国家科学技术部的经费资助!

全书共分十一章,张富元、章伟艳、张霄宇、朱克超编著。各章节具体编写情况是:前言,张富元;第一章,张富元、陈奎英;第二章,第一至第三节,张富元,第四至第五节,章伟艳;第三章、第四章,张富元;第五章,张富元、朱克超;第六章,第一至第三节,张富元、章伟艳、朱克超;第四节,章伟艳、张德玉、朱克超;第五节,张霄宇、倪建宇;第七章,张富元、林霖、章伟艳、冯秀丽;第八章,张富元;第九章,张富元、章伟艳;第十章,第一至第二节,张富元、张霄宇,第三节,章伟艳、张富元;第十一章,张富元、章伟艳;后记,张富元;统稿,张富元;绘图,章伟艳。

本书系统搜集整理和消化吸收海洋沉积物组成及其含量变化、海洋沉积作用和物质来源、海洋沉积物类型与分布、海洋沉积物分类与命名现状等大量珍贵文献资料,充分利用太平洋多金属结核和钴结壳调查区发表的海洋沉积学相关辅助资料,以南海东部海域综合海洋

地质调查研究资料为依据，全面、系统、深入地开展“深海沉积物分类与命名”的研究工作，取得的“深海沉积物分类与命名”研究成果极大地丰富了这方面资料和经验积累。然而，“深海沉积物分类与命名”工作复杂而涉及面广，所涉专业主要有海洋地质学、海洋沉积学、地球化学、矿物学、生物学，作者对有些专业知识水平有限，书中不妥之处敬请行业专家和读者批评指正。

目 次

第一章 深海沉积物分类与命名国内外概况	(1)
第一节 海洋沉积调查研究历史概述	(1)
第二节 深海沉积物分类与命名的国外现状	(3)
第三节 深海沉积物分类与命名的国内现状	(10)
第二章 海洋沉积物粒度结构和物质组成	(18)
第一节 海洋沉积物粒度结构	(18)
第二节 海洋沉积物物理参数	(22)
第三节 海洋沉积物化学成分	(24)
第四节 海洋沉积物碎屑矿物	(29)
第五节 海洋沉积物黏土矿物	(33)
第三章 海洋沉积作用和物质来源	(39)
第一节 表层沉积作用和物质来源	(39)
第二节 柱样沉积作用和物质来源	(44)
第三节 海洋沉积的物理化学控制	(50)
第四章 海洋沉积物类型与分布	(52)
第一节 海底主要地形单元的沉积	(52)
第二节 海洋沉积物类型与分布	(53)
第五章 太平洋表层沉积物粒度、矿物、化学元素分布特征	(67)
第一节 太平洋表层沉积物的粒度分布特征	(67)
第二节 太平洋表层沉积物类型	(73)
第三节 太平洋表层沉积物的矿物、化学元素分布特征	(76)
第六章 南海表层沉积物粒度、矿物、化学元素分布特征	(82)
第一节 南海表层沉积物的粒度分布特征	(83)
第二节 南海表层沉积物的火山碎屑分布特征	(89)
第三节 南海铁锰结核、微结核、结壳分布	(99)
第四节 南海表层沉积物的碎屑矿物分布特征	(102)
第五节 南海表层沉积物的化学元素分布特征	(115)
第七章 深海沉积物粒度分析结果对比和校正	(134)
第一节 沉积物粒度定义和粒度分析技术	(134)
第二节 沉降法和激光法粒度分析基本原理	(135)

第三节	沉降法与激光法粒度分析结果对比	(136)
第四节	激光法粒度分析结果校正	(138)
第八章	深海沉积物分类的参数指标分析	(151)
第一节	深海沉积物水深、平均粒径、黏土含量分析	(151)
第二节	海洋沉积物涂片鉴定分析	(157)
第三节	海洋沉积物化学、矿物主成分分析	(161)
第四节	海洋沉积物钙质生物和硅质生物与 CaCO_3 、生物 SiO_2 的量化分析	(164)
第九章	深海沉积物分类与命名的关键技术和方案	(176)
第一节	深海沉积物分类与命名的关键技术	(176)
第二节	深海沉积物分类与命名方案	(181)
第三节	深海沉积物分类与命名的兼容性和可比性分析	(185)
第十章	南海东部海域沉积作用和物质来源	(188)
第一节	陆源、火山碎屑沉积作用	(188)
第二节	生物、化学沉积作用	(199)
第三节	南海晚更新世以来沉积速率、沉积通量与物质组成	(205)
第十一章	南海东部海域沉积物类型与分布特征	(210)
第一节	南海东部海域主要沉积物类型	(210)
第二节	南海东部海域主要沉积物分布特征	(217)
后记		(225)
参考文献		(227)

第一章 深海沉积物分类与命名国内外概况

第一节 海洋沉积调查研究历史概述

在著名学者 Murray J (1893) 的海洋调查研究史里, 早在公元 1 世纪 Posidonius 详细地描述了 (意大利) 撒丁岛附近 1000 英寻^①的深海测深情景。然而直到 1521 年麦哲伦才开始深海测深。18 世纪人们了解深海沉积作用仅限于观测, 这些观测在传统意义上讲可归于公元 60 年希腊人 Strabo, 他注意到不管河流侵蚀如何严重, 只有很细的物质才被远距离搬运, 大洋接受沉积非常缓慢的沉积物。

18 世纪有两个重要发展。一是意大利应用显微镜观测海洋沉积, 1739 年 Bianchi G 发现了类似于现代海洋化石的活微小生物, 他注意到较老的沉积全都由微小贝壳组成。二是意大利人 Marsili 和 Donati 发明拖网进行海洋科学调查。18 世纪下半个世纪 James Cook 航次标志着科学探测的开始。

19 世纪海洋科学探测以系统采集和描述深海沉积物样品为特征。1817—1818 年 John Ross 在 Baffin 湾利用深海抓斗 (deep sea clamm) 采集了大量的沉积物样品。1836 年, Ehrenberg 出版了第一部描述与微生物有关的被搬运到海洋的物质与在海底形成的沉积物之间的相互关系。1844 年美国海岸调查局在 Bache A D 教授指导下, 作为深海测深计划的一部分, 开始系统性地采集沉积物。根据这些沉积物样品, 1856 年 Bailey J W 认识到碳酸钙含量随深度减少, 同时也认为火山灰是沉积物的组成部分。1870 年, Pourtales 注意到温度与钙质、硅质微生物分布的关系。

HMS 挑战者号 (1872—1876 年) 航行是专门为深海探险设计的, 它标志着主要海洋探险的开始。挑战者号科学考察报告共有 50 卷 29000 页。更完整的海底采样来自于 1870—1890 年的越洋电报电缆铺设。根据这些努力, 使 Murray J 等 (1891) 能够系统地描述洋底沉积物的分布和开展深海沉积物分类。

继挑战者号探险之后, 1920—1940 年有几个著名的海洋探险, 包括瑞典的信天翁号 (Albatross)、德国的流星号 (Meteor)、美国的卡内基号 (Carnegie) 海洋探险。

深海沉积物研究的新纪元是发明了复杂的沉积物采样设备, 特别是由 Kullenberg 发明的活塞取样器 (Piston Corer), 它被广泛地用于 1947—1948 年的瑞典深海探险中柱状沉积物采

^① 英寻为非法定计量单位, 1 英寻 ≈ 1.8288 米。

样，以及 1951 年由 Phleger 发明的重力取样器（Gravity Corer）。沉积物取样器的完善和广泛采样为研究深海地层学、测量沉积速率、分析公元 1 世纪 Strabo 提出的“深海不间断缓慢沉积”的假设提供了机会。

1964 年由四个主要的海洋研究机构组建深部地球采样联合海洋研究机构（JOIDES）。海洋科学研究船“格洛玛挑战者”号于 1968 年 8 月 11 日执行深海钻探计划的第一个航次。深海钻探计划的主要研究目的是确定洋盆的年龄和演化。在最初的三个阶段（1968—1975 年），获得了 392 个钻孔的 42 210 m 沉积物岩心。后来的主要进展是了解沉积物的成岩作用和生物地层学，全球性数据资料使我们能够把沉积物作为地球物理和地球化学系统的一个动力部分来考虑（图 1-1）。

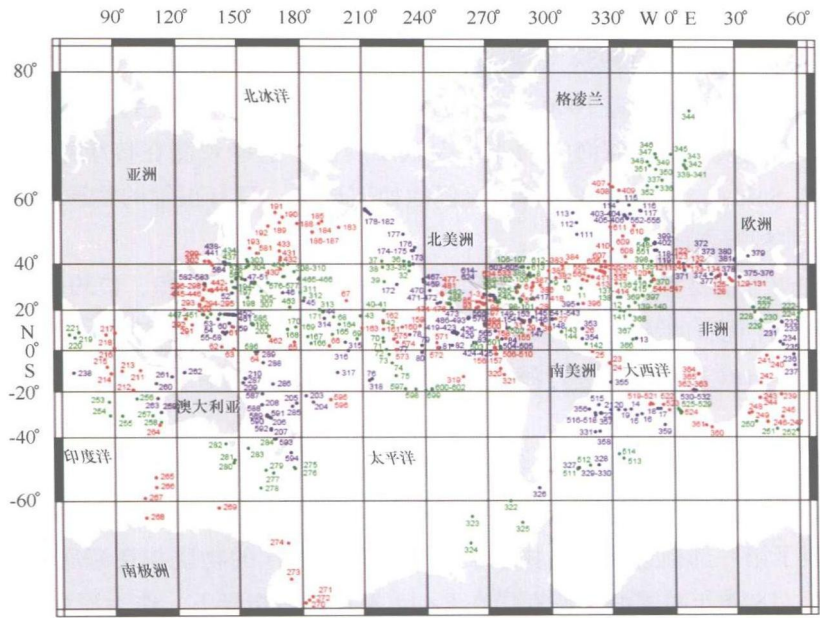


图 1-1 深海钻探计划（DSDP）1-96 航次 1-624 个钻孔分布图

1983 年 11 月“格洛玛挑战者”号退役，接替它的是另一艘装备更先进的科学钻探船“JOIDES 决心”号。深海钻探计划（DSDP）随之改称为大洋钻探计划（ODP）。“JOIDES 决心”号自 1985 年墨西哥湾的第 100 航次开始到 2002 年 6 月为止，共接受来自 40 多个国家的近 2 700 名科学家上船参加考察，钻取的岩心累计长达 215 km，钻探最深达海底以下 2 111 m，钻探的最大水深达 5 980 m。考察船的足迹遍布世界各大洋，与 DSDP 一起，在全球各大洋共有 1 700 多个钻孔，在约 3 个浙江省的面积上有一个钻孔，这些钻孔既增进了我们对地球的外部 and 内部动力学过程的了解，也为地球科学家们将今论古提供了重要依据（柴育成等，2003）。

第二节 深海沉积物分类与命名的国外现状

深海沉积物 (deep-sea sediments) 一般是指沉积在深而开阔海洋底部沉积物, 水深一般大于 2 000 m (王琦等, 1989; 张富元等, 2006; Chester R, 2000), 深海沉积物主要由海洋生物遗骸、自生沉积、风尘、火山灰、宇宙尘、陆源黏土胶体和冰筏碎屑组成。

一、科学家早期提出的深海沉积物分类与命名法

Murray J et al. (1891) 最早进行深海沉积物分类。他们把水深大于 200 m 的沉积物看做是深海沉积物并划分出陆源沉积物和远洋沉积物以下两大类。

- (1) 陆源沉积物: 青泥、红泥、火山泥、珊瑚泥;
- (2) 远洋沉积物: 红黏土、放射虫软泥、硅藻软泥、抱球虫软泥、翼足虫软泥。

Lisitzin A R (1972) 把深海沉积物分为五类:

- (1) 陆源的 (碳酸钙和二氧化硅含量小于 30%);
- (2) 生物的 (生物成因的碳酸钙和二氧化硅含量大于 30%);
- (3) 化学的 (海水化学沉淀);
- (4) 火山的 (主要由火山碎屑物质组成);
- (5) 多成因沉积物, 红黏土。

Shepard F (1954) 提出把深海沉积物分为远洋沉积物和陆源沉积物以下两大类。

(1) 远洋沉积物: 包括褐黏土 (生源物质含量小于 30% 的岩石成因物质); 自生 (海解作用) 沉积物 (绝大部分由在海水中结晶的矿物组成, 如钙十字沸石和锰结核); 火成碎屑物 (火山喷发物质); 生源沉积物 (自生物质大于 30%); 包括有孔虫软泥 (钙质生物物质大于 30%, 大部分为有孔虫, 通常称为抱球虫软泥); 白垩 (微体浮游生物) 软泥; 硅藻软泥 (硅质生物物质大于 30%, 大部分为硅藻); 放射虫软泥 (硅质生物物质大于 30%, 大部分为放射虫); 珊瑚碎屑 (从珊瑚礁崩落到深海底的物质), 珊瑚砂、珊瑚泥。

(2) 陆源沉积物: 陆源泥 (陆源成因的粉砂和砂含量大于 30%), 包括浊积物 (由浊流从陆地或海底高地带来的物质); 滑坡沉积物 (由滑移或崩塌带进深水中物质); 冰川泥 (由冰川运来的外来物质或异地物质占相当大比例)。

各国科学家早期提出的深海沉积物分类与命名法简便实用, 但是缺乏系统性和规范化, 资料可比性差, 确定陆源沉积物和生物沉积物的量化指标是生物成因的碳酸钙和二氧化硅含量大于 30%。随着海洋调查范围不断扩大, 研究不断深入, 沉积物取心技术提高, 需要系统性、定量化和规范化的深海沉积物分类与命名法。

二、深海钻探计划提出 JOIDES 深海沉积物分类与命名法

从 1968 年至 1983 年的 15 年时间里, 深海钻探计划 (DSDP) 的科考船 “格洛玛挑战

者”号完成了96个航次的科学钻探。总航程逾96万千米。在624个钻位上钻了1092个钻孔，采获深海沉积物岩心总长度超过96千米，遍及除北冰洋之外的全球各大洋。发表了内容浩瀚的DSDP初步报告，总字数达7000万字。这个项目所取得的科学成就使我们改变了对地球认识，也丰富了深海沉积物分类与命名（李学伦，1997；Van Andel T H et al.，1973；Davies T A et al.，1977；Ross D A et al.，1978）。

纵观大洋沉积物分布，大多数深海沉积物能用钙质生物、硅质生物、深海黏土（非生物成分）三元组分来描述。三元组分分类法在深海沉积分类中得到广泛认可。深海钻探计划（DSDP）地球深部取样联合海洋机构（简称JOIDES）的沉积岩石学和物理性质专家组（the Panel on Sedimentary Petrology and Physical Properties）提出的JOIDES深海沉积物分类法也是基于三元组分进行分类。深海钻探计划于1973年采用了JOIDES分类法，但自38航次以来，在大多数深海钻探计划初步报告中的沉积物分类各不相同，也没有正式单独发表过JOIDES分类法，直到42航次初步报告中JOIDES分类法才被作为附件整体引入（Ross D A et al.，1978）。深海钻探计划JOIDES分类法把深海沉积物分为四大类6种沉积物（表1-1），各类沉积物的具体描述如下。

表 1-1 深海钻探计划采用的深海沉积物 JOIDES 分类（Ross D A et al.，1978）

1. 深海黏土 (Pelagic Clay) 自生组分较多 硅质化石 <30%	特殊沉积物类型 (Uncommon sediment types)	4 陆源和火山碎屑沉积物 (Terrigenous and volcanic detrital sediments) 自生组分稀少 硅藻 <10% CaCO ₃ <30%
2. 深海硅质沉积物 (Pelagic siliceous sediments) 硅质化石 >30% 粉砂及黏土 <30% CaCO ₃ <30%	过渡硅质沉积物 (Transitional siliceous sediments) 硅藻 >10% 粉砂及黏土 >30% CaCO ₃ <30%	
3. 深海钙质沉积物 (Pelagic calcareous sediments) 粉砂及黏土 <30% CaCO ₃ >30%	过渡钙质沉积物 (Transitional calcareous sediments) 粉砂及黏土 >30% CaCO ₃ >30%	

1. 深海黏土（Pelagic Clay）

深海黏土主要是沉积速率极低的自生深海沉积。深海黏土通常指褐黏土（brown clay）、红黏土（red clay），但是由于这些术语混乱不清，深海钻探计划不使用这些术语。

深海黏土与陆源沉积物的界限是：深海黏土中的自生组分（Fe、Mn 微结核，沸石）、鱼骨碎屑等，在涂片中很普遍。

深海黏土与硅质生物沉积物的界限是：深海黏土中可识别的硅质生物残骸小于30%。

深海黏土与钙质生物沉积物的界限是：一般顺序是从深海黏土到硅质软泥到钙质软泥，但例外情况是在许多大洋沉积基底，黑色、褐色、或红色黏土直接出现在玄武岩之上，上覆钙质沉积物或逐渐过渡到钙质沉积物。

2. 深海硅质沉积物 (Pelagic siliceous sediments)

深海硅质沉积物具有可识别的硅质微体化石大于 30%、 CaCO_3 含量小于 30%。深海硅质沉积物分为以下两类。

(1) 深海硅质沉积物 (Pelagic siliceous sediments)，它的粉砂和黏土含量小于 30%；

(2) 过渡硅质沉积物 (Transitional siliceous sediments)，它的粉砂和黏土含量大于 30%，硅藻大于 10%。

深海硅质沉积物根据成分和固结度细分如下。

柔软的：硅质软泥（放射虫软泥，硅藻软泥）；

坚硬的：放射虫岩、瓷状岩；硅藻土、燧石；

碳酸盐种类不确定时：钙质 XX；只有超微化石，超微化石 XX；只有有孔虫，有孔虫 XX；两者混合，超微化石 - 有孔虫 XX、有孔虫 - 超微化石 XX。

过渡硅质沉积物根据成分和含量、固结度细分如下。

柔软的：硅藻小于 50%，硅藻泥；硅藻大于 50%，泥质硅藻软泥；

坚硬的：硅藻小于 50%，硅藻泥岩；硅藻大于 50%，泥质硅藻土；

本类放射虫很稀少，如有需要可专门描述。

3. 深海钙质沉积物 (Pelagic calcareous sediments)

深海钙质沉积物的 CaCO_3 含量大于 30%。深海钙质沉积物分为两类：深海钙质沉积物 (Pelagic calcareous sediments)，粉砂和黏土含量小于 30%；过渡钙质沉积物 (transitional calcareous sediments)，粉砂和黏土含量大于 30%。

深海钙质沉积物根据成分和含量、固结度细分如下。

柔软的：钙质软泥（有孔虫小于 10%，超微化石软泥；有孔虫 10% ~ 25%，有孔虫 - 超微化石软泥；有孔虫 25% ~ 50%，超微化石 - 有孔虫软泥；有孔虫大于 50%，有孔虫软泥）；

坚硬的：白垩（有孔虫小于 10%，白垩，石灰岩）；

含有大于 10% ~ 20% 硅质化石的钙质沉积物可赋予放射虫、硅藻，或硅质修饰词，例如，放射虫 - 有孔虫软泥。

过渡钙质沉积物根据 CaCO_3 含量和固结度细分如下。

(1) CaCO_3 30% ~ 60%：深海泥灰质钙质沉积物

柔软的：泥灰质钙质（或超微化石、有孔虫等）软泥；

固结的：泥灰质白垩；

坚硬的：泥灰质石灰岩。

(2) CaCO_3 大于 60%：深海钙质沉积物

柔软的：钙质（或超微化石、有孔虫等）软泥；

固结的：白垩；

坚硬的：石灰岩。

(3) CaCO_3 10% ~ 30%：冠修饰词“钙质”， CaCO_3 小于 10%，则忽略不计，不冠修饰

词。

4. 陆源和火山碎屑沉积物 (Terrigenous and volcanic detrital sediments)

陆源沉积物根据粒度结构三组分 (砂、粉砂、黏土) 的相对含量, 细分成不同的结构组 (沉积物类型)。比砂级粗的岩石按 “特殊岩石” 处理。这些组分的颗粒直径大小界限由温德华氏 (Wentworth C K, 1922) 分类法确定 (表 1-2)。

表 1-2 尤登-温德华氏等比制 (φ 值标准) 沉积物粒度结构分类

粒组 类型	粒级名称		粒径 (d)		$\varphi = -\log_2 d$		代号
	简分法	细分法	mm	μm	d	φ	
岩块 (R)	岩块 (漂砾)	岩块	>256		256	-8	R
砾石 (G)	砾石	粗砾	256 ~ 128		128	-7	CG
			128 ~ 64		64	-6	
		中砾	64 ~ 32		32	-5	MG
			32 ~ 16		16	-4	
			16 ~ 8		8	-3	
		细砾	8 ~ 4		4	-2	FG
			4 ~ 2		2	-1	
砂 (S)	粗砂	极粗砂	2 ~ 1	2 000 ~ 1 000	1	0	VCS
		粗砂	1 ~ 0.5	1 000 ~ 500	1/2	1	CS
	中砂	中砂	0.5 ~ 0.25	500 ~ 250	1/4	2	MS
	细砂	细砂	0.25 ~ 0.125	250 ~ 125	1/8	3	FS
		极细砂	0.125 ~ 0.063	125 ~ 63	1/16	4	VFS
粉砂 (T)	粗粉砂	粗粉砂	0.063 ~ 0.032	63 ~ 32	1/32	5	CT
		中粉砂	0.032 ~ 0.016	32 ~ 16	1/64	6	MT
	细粉砂	细粉砂	0.016 ~ 0.008	16 ~ 8	1/128	7	FT
		极细粉砂	0.008 ~ 0.004	8 ~ 4	1/256	8	VFT
黏土 (泥) (Y)	黏土	粗黏土	0.004 ~ 0.002	4 ~ 2	1/512	9	CY
			0.002 ~ 0.001	2 ~ 1	1/1 024	10	
		细黏土	<0.001	<1	1/2 048	>10	FY

根据陆源沉积物三角图解 (图 1-2) 分成 5 种沉积物类型。根据黏土含量 (大于 90%, 10% ~ 90%, 小于 10%) 和砂与粉砂的比例 (大于 1 或小于 1) 区分这些沉积物类型。黏土、泥、砂质泥、粉砂、砂, 这 5 种柔软沉积物能用钢丝切断。根据它们的中值粒径, 砂一般分为极细砂、细砂、中砂、粗砂、极粗砂。

本类沉积物, 有许多修饰词, 例如, 海绿石, 黄铁矿, 长石。CaCO₃ 含量 10% ~ 30% 的黏土、泥、粉砂、砂称为钙质黏土、钙质泥、钙质粉砂、钙质砂。

非生物成因组分完全是根据 (中国国家标准化管理委员会, 2007; Shepard F, 1954) 沉积物粒度结构 (砂、粉砂、黏土) 分类法进行 (图 1-3)。黏土组分为粒径小于 4 μm 的

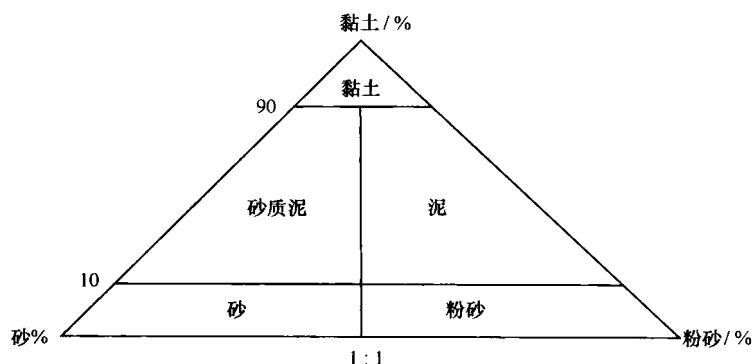


图 1-2 陆源碎屑沉积物分类

任何物质而不考虑成分成因，粒径大小和含量是通过观测涂片得出的，涂片观测确定的黏土和粉砂的百分含量变化很大。

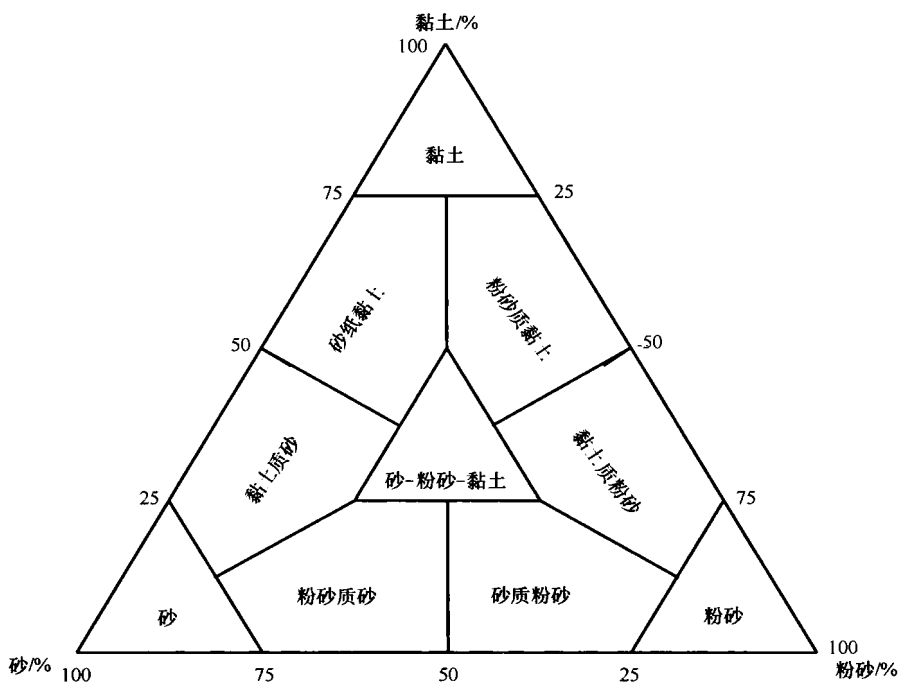


图 1-3 沉积物粒度三角图分类

中国国家标准化管理委员会，2007；Shepard F, 1954

根据温德华氏（Wentworth C K, 1922）等比制粒级分类法来描述火山碎屑。火山角砾为大于 $32\ \mu\text{m}$ ；火山砾为小于 $32\ \mu\text{m}$ ；火山灰为小于 $4\ \mu\text{m}$ 。成分上，这些火山碎屑按玻璃状（玻璃），结晶状，岩石状描述。火山碎屑沉积物按陆源沉积物的方式描述，尽可能注意火山颗粒的主要成分。

三、深海钻探计划 JOIDES 分类法的修订 (Dean W E, 1985)

沉积学家们在使用 JOIDES 分类法过程中发现, 依据 JOIDES 分类法准确描述深海沉积物实际成分是有困难的, JOIDES 分类法不能清晰地确定钙质、硅质、非生物三组分相互混合的沉积物, 对含硅质组分沉积物也不能明显地区分于钙质组分沉积物。1973 年提出的深海沉积物 JOIDES 分类法, 在航次使用中不断提出修正。Davies T A 等 (1977) 还对 JOIDES 分类法进行计算机化, 试图对涂片观测资料实现标准化, 但是对所有的三组分混合沉积物同样不能确定亚级分类。JOIDES 分类法被深海钻探计划使用后就一致地认识到需要更加统一和完善深海沉积物分类法。

深海钻探计划第 75 航次在西南非洲岸外, 那里的沉积物普遍含有硅质、钙质、非生物三个组分, Hay W W 等 (1984) 发现使用 JOIDES 分类法不能区分这种三组分混合沉积物, 因此 75 航次报告中修改了 JOIDES 分类法。西太平洋 89 航次在使用 75 航次修改后分类法的同时广泛征求意见。1985 年 Dean W E 等 (1985) 根据有关沉积学家的修改意见, 进一步修订了 JOIDES 分类法。Dean 提出的 JOIDES 分类法, 在黏土、硅质生物、钙质生物三组分框架内是系统的和一致的, 尽最大可能维持了深海钻探 JOIDES 分类法的原有精髓和内涵, 但是对混合沉积物分类和命名仍然不够明确和合理 (图 1-4)。

1. JOIDES 深海沉积物分类规则和沉积物类型

规则 1: 大于 50% 组分 (硅质生物、钙质生物) 确定沉积物主要名称。

- (1) 非生物: 非生物物质大于 50%, 主要名称是黏土、粉砂、砂等 (图 1-5)。
- (2) 生物: 生物组分 (硅质加钙质) 大于 50%, 主要名称是软泥 (Ooze), 以主要生物组分命名。

规则 2: 25% ~ 50% 组分确定沉积物主修饰名称。

- (1) 非生物: 主修饰名称是粉砂质、砂质、黏土质等。
- (2) 钙质: 主修饰名称是超微化石、有孔虫、钙质。
- (3) 硅质: 主修饰名称是硅藻、放射虫、硅质。

规则 3: 10% ~ 25% 组分确定沉积物次修饰词名称, 即用“含”字作次修饰名称。

规则 4: 主次修饰名称按其丰度大小, 依次置于沉积物主名的左边。举例如下:

- (1) 超微化石 60%, 有孔虫 30%, 放射虫 5%, 黏土 5%, 有孔虫质超微化石软泥。
- (2) 超微化石 40%, 有孔虫 35%, 放射虫 15%, 黏土 10%, 含黏土含放射虫有孔虫质超微化石软泥。
- (3) 有孔虫 30%, 放射虫 15%, 砂 30%, 粉砂 25%, 含放射虫有孔虫质粉砂质砂。
- (4) 硅藻 40%, 超微化石 30%, 黏土 30%, 黏土质超微化石质硅藻软泥、或超微化石质黏土质硅藻软泥。

细粒深海沉积物分类是根据钙质生物、硅质生物、非生物组分含量。各组分相对含量是根据沉积物涂片中 10%、25%、50% 三个界限内估算的。含量 10% ~ 25% 的组分被赋予少量或“含”修饰词。含量 26% ~ 50% 的组分被赋予“主要的”修饰词, 最丰富组分确定沉

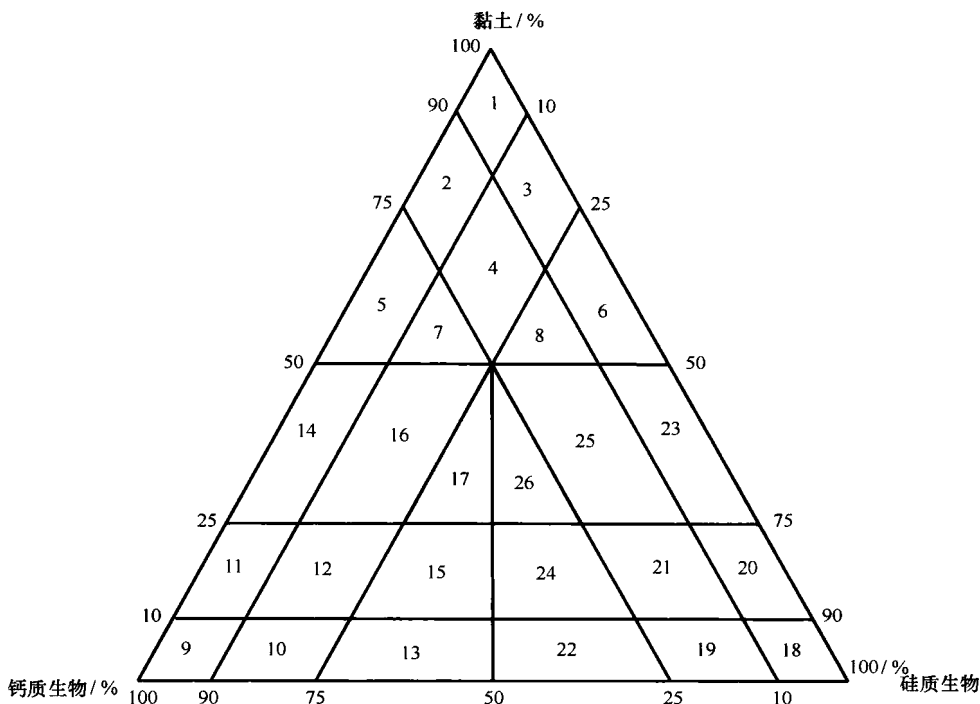


图 1-4 深海沉积物分类法

中国国家标准化管理委员会, 2007; Dean W E et al., 1985

1. 黏土; 2. 含钙质黏土; 3. 含硅质黏土; 4. 含硅质和钙质的黏土; 5. 钙质黏土; 6. 硅质黏土; 7. 含硅质的钙质黏土; 8. 含钙质的硅质黏土; 9. 钙质软泥; 10. 含硅质的钙质软泥; 11. 含黏土的钙质软泥; 12. 含黏土和硅质的钙质软泥; 13. 硅质钙质软泥; 14. 黏土钙质软泥; 15. 含黏土的硅质钙质软泥; 16. 含硅质的黏土钙质软泥; 17. 黏土硅质钙质软泥; 18. 硅质软泥; 19. 含钙质的硅质软泥; 20. 含黏土的硅质软泥; 21. 含黏土和钙质的硅质软泥; 22. 钙质硅质软泥; 23. 黏土硅质软泥; 24. 含黏土的钙质硅质软泥; 25. 含钙质的黏土硅质软泥; 26. 黏土钙质硅质软泥

积物主名。如果主要组分是非生物成因，主名由主要粒级确定。如果生物组分大于 50%，主名是“软泥”，并以主要生物成分作修饰词。

2. 其他深海沉积物类型

Dean (1985) 提出的深海细粒沉积物分类法包括了大多数出现的类型。还有一些特殊沉积物类型 (uncommon sediment types) 并不包括在该分类法中。

火山沉积物：火山沉积物由主要火山矿物（火山玻璃、长石、辉石、火山岩屑、蛋白石矿物，等等）和次要火山矿物〔绿土、橙玄玻璃、沸石、坡缕石（palygorskite）、二氧化硅矿物〕组成。火山喷发后，大气中火山灰降落形成火山沉积物层。许多风成火山沉积物被生物组分和陆源组分所掩盖，可通过涂片鉴定和 X 射线衍射分析得出特征矿物来识别。如果沉积物中火山成分大于 10%，建议使用火山灰术语，火山灰含量 10% ~ 25%，称含火山灰，火山灰含量 26% ~ 50%，称火山灰质；火山灰含量大于 50%，称火山灰。相对于火山灰的岩石术语是含凝灰岩、凝灰质岩、凝灰岩。