



我国近海海洋综合
调查与评价**专项**

WOGUO JINHAI HAIYANG
ZONGHE DIAOCHA YU
PINGJIA ZHUANXIANG

海洋底质调查 技术规程

国家海洋局908专项办公室 编

 海洋出版社

我国近海海洋综合调查与评价专项

海洋底质调查技术规程

国家海洋局 908 专项办公室 编

海洋出版社

2006 年·北京

图书在版编目 (C I P) 数据

海洋底质调查技术规程/国家海洋局 908 专项办公室编.

—北京: 海洋出版社, 2006. 1

(我国近海海洋综合调查与评价专项)

ISBN 7-5027-6482-8

I. 海… II. 国… III. 海洋底质—调查—规程—中国 IV. P714-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 123847 号

责任编辑: 万小冬

责任印制: 刘志恒

海洋出版社 出版发行

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

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京顺诚彩色印刷有限公司印刷 新华书店发行所经销

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 4.25

字数: 121 千字 印数: 1 ~ 1000 册

定价: 16.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

《海洋底质调查技术规程》编写组

编写组负责人：石学法

编写组成员：（按姓氏笔画顺序排序）

王昆山 龙江平 刘乐军 刘焱光 李 萍 吴世迎
陈志华 陈 坚 夏小明 程振波 蔡德陵 魏建伟

前言

“我国近海海洋综合调查与评价”专项（以下简称“908专项”）是国家批准的重大海洋专项。开展近海海洋综合调查与评价工作，是我国“实施海洋开发”战略的基础性工作。海洋中蕴藏着丰富的资源，发生着错综复杂的自然现象，这些自然现象又对近海区域如海岸带、海岛等的变迁、气候、生态生物、社会人文、经济发展乃至军事设施产生着巨大的影响。只有准确、可靠、系统地获取海洋调查数据，才能把浩瀚、奥秘的海洋和对近海区域的影响“数字化”和“透明化”，从而对海洋环境做出科学、合理、准确地评价，为海洋经济发展、海洋开发利用、海洋减灾防灾、海洋环境保护、海洋权益维护和海洋可持续发展提供科学的数据和信息依据。因此，国家批准国家海洋局组织实施“908专项”，具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

底质调查包括海底沉积物（以及岩石）调查和悬浮体调查两部分，是“908专项”基础调查项目和重点调查项目的重要内容。“908专项”之底质调查比例尺为1:50 000、1:100 000和1:250 000，主要在浅水区进行，这与以往专项调查都不相同。

关于海底沉积物调查我国早就制定了国家标准规范，并不断修改完善，调查规范的国标修改稿也已经上报待批准。我国近10年来的一些专项也结合实际情况根据国标制定了相应的海底沉积物调查规程，应该说海底沉积物调查技术规程已比较成熟完善。相比之下，悬浮体的调查技术规程则很不完善，没有国标规范。

《海洋底质调查技术规程》与《海洋调查规范》之《海洋地质地球物理》相应部分基本一致，部分内容根据实际情况做了补充修改。本技术规程有如下几个问题需要进一步说明。

1. 沉积物分类问题。我国长期以来一直沿用谢帕德（Shepard）分类，新修订的《海洋调查规范》仍然使用谢帕德分类，而目前国际上绝大多数国家包括欧美、韩国、日本都使用福克（Folk）分类，近年来国内有许多专家也呼吁改用福克分类。鉴于这种情况，本分技术规程仍采用谢帕德分类，但同时也给出福克分类图，作为一种过渡，要求编两套沉积物类型图，一种是按谢帕德分类，一种是按福克分类，以后逐渐过渡到福克分类。

2. 关于底质采样间距（网距），本规程引用了国家相应调查规范，但在专项实际工作中由于受总体设计方案和任务量的要求，可能总体达不到规程要求，因此需要收集资料。

3. 关于黏土矿物计算公式，本技术规程采用了实际应用中最广泛、最实用的公式。

《我国近海海洋综合调查与评价专项》共有18部调查技术规程，本技术规程是第7部。本技术规程与《总则》和相关的分技术规程配套使用。

目 次

1 范围	(1)
2 规范性引用文件	(1)
3 调查范围	(1)
4 底质调查的一般规定	(1)
4.1 调查项目及主要技术指标	(1)
4.2 海上定位	(1)
4.3 坐标系与投影方式	(2)
4.4 样品测试分析工作量	(2)
5 底质调查	(2)
5.1 底质采样	(2)
5.2 底质样品的现场描述与处理	(3)
5.3 沉积物粒度分析	(4)
5.4 底质矿物鉴定	(7)
5.5 沉积物化学测定	(9)
5.6 放射性测年及沉积速率测量	(16)
5.7 沉积物古生物鉴定	(16)
5.8 沉积物物理力学性质测试	(18)
6 悬浮体调查	(25)
6.1 一般要求	(25)
6.2 悬浮体浓度测量	(25)
6.3 悬浮体现场粒度、浓度测量	(26)
6.4 悬浮体物质组成、可燃组分和非可燃组分测定	(27)
6.5 颗粒有机碳与有机氮测定	(27)
6.6 颗粒有机碳、氮稳定同位素测定	(28)
6.7 悬浮体分散粒度测定	(28)
6.8 提交成果	(29)

7 调查成果	(29)
7.1 样品及原始记录	(29)
7.2 图件编绘	(29)
7.3 调查报告	(30)
8 资料整编与汇交	(30)
8.1 原始资料整理	(30)
8.2 成果资料整编	(30)
8.3 资料汇交	(32)
9 资料与成果归档	(32)
附录	(33)
附录 A 等比制(ϕ 值标准)粒级分类表	(33)
附录 B Shepard(谢帕德)沉积物粒度三角分类图解	(34)
附录 C Fork(福克)沉积物粒度三角分类图解	(34)
附录 D 沉积物物理力学性质测量试样制备	(35)
附录 E 纸质资料封面格式	(37)
附录 F 电子载体标识格式	(38)
附录 G 底质资料整编记录格式	(39)
附录 H 取样、测试、分析记录表	(42)
附录 I 元数据记录格式	(58)
附录 J 沉积物类型图图例格式	(60)
附录 K 沉积物类型图图式	(63)

1 范围

本分技术规程规定了海洋底质调查、样品分析测试、资料整理和报告编写等方面的内容、方法和技术要求。

本分技术规程适用于“908 专项”中的海洋底质调查。

2 规范性引用文件

- GB/T12763.8-2004 《海洋调查规范 第8部分 海洋地质地球物理调查》
 GB/T12763.11-2004 《海洋调查规范 第11部分 海洋工程地质调查》
 GB/T14505-1993 《岩石和矿石化学分析方法 总则及一般规定》
 GB/T 50123-99 《土工试验方法标准》
 《“我国专属经济区和大陆架勘测”技术规程》
 《“西北太平洋环境调查与研究”技术规程》

3 调查范围

底质调查区主要包括内水、领海及领海以外部分海域,从北到南共划分为19个区块,编号为908-01-CJ01~908-01-CJ19。

4 底质调查的一般规定

4.1 调查项目及主要技术指标

调查项目及主要技术指标见表1。

表1 调查项目及主要技术指标

勘测项目	测量比例尺	测网	主要技术指标
表层样	1:250 000	10 km × 10 km	取样量一般应 > 2 000 g 砂质沉积物 > 1 000 g
	1:100 000	5 km × 5 km	
	1:50 000	3 km × 3 km	
柱状取样	在表层样 5% 的站位上取柱状样,岩芯长度一般应 > 1 m。泥质沉积物应 > 3 m,砂质沉积物应 > 0.5 m		
悬浮体采样	在表层样 50% 的站位上取悬浮体样,采水量 > 1 000 mL,在个别含沙量高的河口区采水量可在 500 mL 左右。		

4.2 海上定位

采用 DGPS 定位系统,定位准确度 ≤ 10 m。

4.3 坐标系与投影方式

采用 WGS-84 坐标系, 墨卡托投影。

4.4 样品测试分析工作量

4.4.1 沉积物测试与分析

a) 表层样: 对全部样品进行粒度分析; 对不少于 25% 的样品 (每个亚类区块不少于 10 个样品) 进行矿物鉴定、化学分析和古生物综合分析;

b) 柱状样: 对全部样品进行粒度分析; 对不少于 20% 的样品 (同时满足每个区块不少于 5 个柱样) 进行矿物、化学和古生物综合分析; 对每个区块不少于 3 个柱样进行测年和沉积速率测定; 每个区块不少于 10% 的柱样进行土力学测试分析 (同时满足每个区块不少于 5 个柱样)。进行沉积学综合分析与土力学分析可以是不同的样品。

4.4.2 悬浮体测试分析

测量所有调查站位的悬浮体浊度; 对 50% 的站位进行浓度、粒级分布现场测试; 对 15% 的悬浮体站位进行有机碳、有机氮测定。在悬浮体浓度较大、样品充足时, 建议进行碳、氮稳定同位素、可燃组分与非可燃组分、矿物组成和悬浮体分散粒度。

5 底质调查

5.1 底质采样

5.1.1 一般要求

- a) 底质采样的顺序应是: 先测水深, 再进行表层采样, 最后进行柱状采样;
- b) 个别深海站位 (水深 > 2000 m) 调查船到站和采样器到达海底时各测定一次船位;
- c) 样品采集应达到规定数量, 并尽量使样品保持原始状态;
- d) 样品采集达不到规定要求的站位列为空站, 空站要求至少进行 2 次取样。调查区内空样站位数不得超过总站位数的 10%;
- e) 采集的样品一般应及时低温保存;
- f) 鉴于部分作业区水深较浅的特点, 在取样困难区域可根据实际情况适当调整取样站位。

5.1.2 底质表层采样

5.1.2.1 采样方法

底质表层样品采集一般用箱式采样器 (底质为砂质沉积物时可用蚌式采样器), 当底质为基岩、砾石或粗碎屑物质时用拖网采样。

5.1.2.2 采样要求

采取的样品应保证达到表 1 中规定的重量, 达不到规定重量的应采第二次; 用做表层样的样品须选用上部 0 cm ~ 10 cm 以内的样品。

5.1.3 底质柱状采样

5.1.3.1 采样方法

底质柱状采样一般使用重力、重力活塞、振动活塞等取样设备。

5.1.3.2 采样要求

- a) 底质为基岩或粗碎屑沉积物时, 不能采柱状样;

- b) 采取的样品应及时做好层次标记, 上下次序不得颠倒;
- c) 柱样一般分割为 2 份, 1 份样品用于分析研究, 1 份样品用于保存。

5.1.4 悬浮体采样和分析要求

5.1.4.1 采样方法

悬浮体采集一般使用横式采水器、颠倒采水器或南森采水器等, 采水层次根据水深或调查区块的具体要求确定, 近海一般采集表、中、底三层。

5.1.4.2 样品分析要求

- a) 滤膜应事先烘干、称重和编号, 称量天平感量为 0.0001 g, 各步称量应采用同一天平;
- b) 悬浮体分析要求计算出单位体积海水中悬浮颗粒的含量;
- c) 悬浮颗粒的粒级组分/百分比用自动化粒度分析仪分析;
- d) 需进行生物或有机质测定时, 取样品的一半作烧失量分析, 在 500℃ 温度下灼烧 2 h, 计算出烧失量。

5.2 底质样品的现场描述与处理

5.2.1 一般要求

- a) 样品采至甲板后, 应立即进行现场描述;
- b) 样品现场描述项目和内容应使用统一表格, 描述记录一律用铅笔书写;
- c) 取样和处理样品时, 应注意层次、结构和代表性, 所有样品应认真进行登记、标记, 不得混乱。

5.2.2 样品现场描述内容

5.2.2.1 颜色、气味、厚度

a) 颜色: 观察、记录样品表面颜色和剖面颜色的变化, 颜色名称中主导基调色在后, 次要附加色及形容词在前。各调查单位应使用统一的颜色标准;

- b) 气味: 样品采上甲板后, 立即鉴别有无硫化氢或其他气味及其强弱;
- c) 厚度: 量取样管插入海底深度和实际取样长度以及分层厚度, 记入表格。

5.2.2.2 稠度和黏性

5.2.2.2.1 稠度分类

沉积物稠度的现场描述分为如下 5 类。

- a) 流动的: 沉积物能流动;
- b) 半流动的: 沉积物能稍微流动;
- c) 软的: 沉积物不能流散, 但性软, 手指很易插入;
- d) 致密的: 手指用劲才能插入;
- e) 略固结的: 手指很难插入, 用小刀能切割开者。

5.2.2.2.2 黏性分类

沉积物黏性的现场描述分为如下 3 类。

- a) 强黏性: 极易黏手, 强塑;
- b) 弱黏性: 微黏手, 可塑;
- c) 无黏性: 不黏手, 不可塑。

5.2.2.3 物质组成

5.2.2.3.1 沉积物粒级组成分选性划分

按附录 A 中的粒级标准对沉积物粒级组成分选性进行现场粗略划分。

- a) 分选优：单一优势粒级含量达 75% 以上；
- b) 分选良：单一优势粒级含量达 50% ~ 75%；
- c) 分选差：单一优势粒级含量达 25% ~ 50%；
- d) 分选极差：单一优势粒级含量小于 25%。

5.2.2.3.2 沉积物颜色和粒级进行现场命名

名称术语为颜色名在前，粒级名在后。

5.2.2.3.3 岩屑、砾石、结核、团块及生物组分现场描述

现场要鉴别其岩石名称、形状、大小、颜色、磨圆度（尖棱角状、次棱角状、磨圆状）、胶结附着物质成分，以及生物种类、数量等。

5.2.2.4 沉积物的结构构造

沉积物结构构造描述内容如下。

- a) 沉积物颗粒排列胶结组合特征；
- b) 分层、层间变化和层理特征；
- c) 生物活动痕迹和扰动状况等。

5.2.2.5 其他

典型和有特殊意义的其他地质现象应进行素描、照相、揭片或 X 光拍片等。

5.2.3 样品现场处理

5.2.3.1 取样分析

- a) 样品现场描述完毕应立即取样，在船上进行 pH 值、Eh 值测定（砂质沉积物测定值仅作参考）；
- b) 粒度分析、矿物鉴定、化学分析、古生物鉴定、古地磁测定、测年、物理力学性质测定等在陆地实验室进行，具体样品分析数量见 4.4.1；

c) 柱状样取样时，取样间距不得大于 10 cm，但岩性变化处必须取样。柱状样分析数量见 4.4.1；

d) 拖网样品按岩性或生物种类分别取样，送实验室做岩矿或生物鉴定。

5.2.3.2 样品登记和保存

- a) 一般表层样品应取一式 4 份样品（每份不少于 500 g，对砂质沉积物样品每份不少于 250 g）保存，其中取样单位保留 1 份，专项样品库保留 1 份，其他做分析用；
- b) 用于沉积学分析的柱状样沿中线剖分为两半，一半用于实验室分析，另一半作为备样保存在调查执行单位直至课题结束，课题验收后应选择部分典型代表性样品纳入专项样品库统一管理；
- c) 装样品的盒、瓶（袋）要贴标签，并将样品盒、瓶号及样品箱号记入现场描述记录表内，在柱状样品的取样位置上放入标签，其编号与盒、瓶（袋）号一致；取好的样品要密封；
- d) 用于物理力学性质分析的柱样应采用不同的处理方法，详见 5.8 和附录 D；
- e) 用作特殊分析的样品应根据其要求单独采集，并对样品进行冷冻或冷藏保存；
- f) 关于样品的具体保存方式见《“908 专项”样品管理和使用办法》（另行制定）。

5.3 沉积物粒度分析

5.3.1 技术指标

沉积物粒度分析的主要技术要求。

- a) 粒级标准采用尤登-温德华氏等比制 (ϕ 值粒级标准 (见附录 A));
- b) 筛析法粒级间隔为 $1/2\phi$, 必要时可加密; 沉析法粒级间隔为 1ϕ ;
- c) 沉积物粗端要筛分到初始粒级质量百分数小于 1% (大砾石除外);
- d) 应采用矩法算粒度参数;
- e) 沉积物分类和命名采用谢帕德的沉积物粒度三角图分类法 (见附录 B), 同时要求附上福克分类命名法 (附录 C)。

5.3.2 分析方法

现在沉积物粒度分析通常采用激光粒度分析仪, 有时也使用筛析法和沉析法 (吸管法), 即综合法。激光粒度分析仪适用于粒径小于 2 mm 的沉积物。筛析法适用于粒径大于 0.063 mm 的沉积物, 沉析法适用于粒径小于 0.063 mm 的沉积物质。

为了便于资料的同化、处理、分析和作图, 本分技术规程要求对粒径小于 2 mm 的沉积物进行粒度分析时一律采用激光粒度分析仪。

5.3.2.1 激光粒度分析法

a) 取样

取样之前首先要将待测样品混合均匀。然后根据样品的颗粒大小确定取样数量, 黏土质粉砂或粉砂质黏土等细粒沉积物取样量一般为 0.1 g ~ 0.2 g, 以粉砂和细砂为主的沉积物取样量一般为 0.3 g ~ 0.4 g, 以中粗砂为主的沉积物取样量一般为 0.5 g ~ 0.6 g。

b) 去除有机质

用过量的过氧化氢 (H_2O_2) 溶液溶解。在装有样品的烧杯中加入 30% 的 H_2O_2 少许, 稍后会产生大量气泡, 待气泡不再产生时, 再加少量过氧化氢, 没有气泡产生即说明有机质已全部氧化了, 有气泡产生则还需重复上述步骤, 至不再起泡为止。

c) 去除钙质胶结物和生物壳体 ($CaCO_3$)

若样品中含有因生物自生作用产生的碳酸盐时, 需用稀盐酸去分解它。加入 0.25 N 盐酸于经过 b 步骤处理后的样品中, 会产生大量气泡, 待气泡不再产生时, 再加少量盐酸, 没有气泡产生即说明钙胶结物已全部溶解了, 有气泡产生则还需重复上述步骤, 至不再起泡为止。

d) 洗盐

在经过 b, c 两步处理过的样品的烧杯中加入蒸馏水, 用玻璃棒搅拌后静置 24 h, 然后将杯中上层清液吸去, 再加入蒸馏水, 用玻璃棒搅拌, 再静置 24 h, 并用 Ph 试纸测试烧杯内液体的酸度, 直至中性为止。一般清洗 3 ~ 4 次即可。

e) 样品分散

在烧杯中加入数滴 0.5 N 的偏磷酸钠, 用玻璃棒搅拌或超声波振荡使样品充分分散。

f) 上机测试

对海洋沉积物样品和分选剂 (即蒸馏水) 的光学参数设置应为 default (即通用模式) 和 1.33 (蒸馏水的折射率); 涡轮旋转速度、超声波强度和超声时间可视样品分散程度的好坏确定。应将同一批次的样品设置为相同的数值。粗颗粒沉积物所用涡轮旋转速度应适当加大; 将前处理后烧杯中的样品全部倒入样品池, 并用洗瓶将残留在烧杯壁上的样品也冲入样品池。样品浓度 (遮光度) 一般控制在 10% ~ 20% 之间, 但最低不能低于 5%, 如遮光度大于 20%, 则此样品应重新做。

g) 测量数据输出和粒度参数计算

测量数据的输出可按不同的要求来进行,应采用 0.25ϕ 的粒级范围输出所测样品的粒度分布;利用矩法计算样品的粒度参数(平均粒径,分选系数,偏态和峰态)。

5.3.2.2 粒度分析误差检验

沉积物粒度分析误差检验指标见表 2。

检查结果有个别样品不符合表中指标时,应重做。每批分析样中,有三分之二的分析样与内检相比,结果偏高或偏低,应整批重做。

表 2 粒度分析允许误差范围

分析方法	内检数(%)	校正系数	平均粒径(M_z)	分选系数(σ_1)
综合法	20~30	0.95~1.05	0.40ϕ	0.3 ϕ
筛析法	10~20	0.99~1.01	0.15ϕ	0.1 ϕ
沉析法	20~30	0.95~1.05	0.40ϕ	0.3 ϕ
激光法	5~10	0.99~1.01	0.15ϕ	0.1 ϕ

5.3.3 资料整理

5.3.3.1 粒级标准

本标准采用尤登-温德华氏等比制 Φ 值粒级标准。

5.3.3.2 沉积物粒度分类及命名

沉积物粒度分类与命名在正式报告上仍采用谢帕德三角图分类法;作为过渡,在报告附录上应附上福克分类。

对样品中少量的未参加粒度分析的砾石、贝壳、珊瑚、结核、团块等,用文字加以说明,或在编图时,用相应的符号加以标记。

5.3.3.3 粒度参数计算及分类

a) 应用激光粒度分析仪的粒度参数一律应用矩法计算:

$$\text{平均粒径: } \bar{X} = \sum_{i=1}^n f_i M_i$$

$$\text{分选系数(标准偏差): } \delta = \sqrt{\sum_{i=1}^n f_i (M_i - \bar{X})^2}$$

$$\text{偏态: } S_k = \sqrt{\sum_{i=1}^n f_i (M_i - \bar{X})^3}$$

$$\text{峰态: } K_u = \sqrt{\sum_{i=1}^n f_i (M_i - \bar{X})^4}$$

式中: n —样品所有粒径组分的个数;

f_i —样品中粒径为 M_i (以 ϕ 制表示) 的组分出现的频率;

M_i —第 i 个粒径范围的粒径值 (以 ϕ 制表示)。

b) 分选程度按表 3 划分。

表3 分选程度等级表

分选等级	$\sigma(\phi)$
分选极好	<0.35
分选好	$0.35 \sim 0.71$
分选中等	$0.71 \sim 1.00$
分选差	$1.00 \sim 4.00$
分选极差	>4.00

c) 粒度分布曲线峰值位于平均值之左称正偏态, 位于平均值之右为负偏态。正态分布曲线的峰态为1.00。正态分布曲线平缓, 称为低峰态, 反之, 称尖峰态。

5.4 底质矿物鉴定

5.4.1 技术要求

- 定量计算中统计的碎屑矿物颗粒数不得少于300颗, 并求出矿物的百分含量;
- 分析粒级中有用矿物含量达到重砂矿产工业边界品位四分之一, 应高度重视, 圈出异常点;
- 碎屑矿物鉴定, 选择0.125 mm ~ 0.063 mm粒级碎屑矿物, 做定性和定量鉴定, 如果沉积物中不含(或少含)0.125 mm ~ 0.063 mm粒级的颗粒, 不能满足定性和定量鉴定要求, 则应选择0.25 mm ~ 0.125 mm的粒级;

d) 黏土矿物鉴定粒级小于0.002 mm, 要求半定量分析鉴定到族, 双样抽检误差小于20%;

e) 采集到砾石或基岩样品, 除现场作肉眼鉴定外, 选代表性样品作薄片分析, 鉴定出岩石名称。

5.4.2 碎屑矿物鉴定

5.4.2.1 样品制备

底质的碎屑矿物鉴定, 称取原始沉积物的干重, 由沉积物中直接冲洗鉴定用样, 再称重, 制备鉴定样, 样品烘干的温度应低于60℃。

5.4.2.1.1 样品分离

- 样品分离采用淘洗盘法或重液法; 重液分离使用密度2.89 g/ml的三溴甲烷(CHBr_3);
- 如果矿物颗粒表面带有铁质或黏土质薄膜时, 将样品盛入三角烧杯中, 加入草酸钠溶液 [$\rho(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 2 \text{ g/dm}^3$] 煮沸1 h。

5.4.2.1.2 样品分离要求

- 样品分离称量;
- 分离样品的量一般小于10 g, 若大于10 g, 应进行缩分;
- 样品分离后, 轻、重矿物达不到矿物定量的最低要求数(300粒)时, 应在该粒级样品中再取样品进行分离;
- 分离出的轻、重矿物, 要求轻矿物中基本不含重矿物, 重矿物中轻矿物含量不得超过10%。

5.4.2.2 分析鉴定

5.4.2.2.1 矿物的定性分析

- 样品量小于0.4 g, 应全样观察鉴定, 超过0.4 g, 用四分法或条带分段法缩分;
- 矿物定名, 并描述矿物的颜色、光泽、结晶程度、大小、形态、结构构造、透明度、磨圆度、

包裹体和风化程度等;

e) 双目实体镜不能完全鉴别时,可采用油浸法,微量矿物化学鉴定法,以及发光、光谱、X射线和电子探针等辅助方法;

d) 鉴定结果记入附录 H6 碎屑矿物鉴定表。

5.4.2.2.2 矿物的定量分析

a) 矿物定性分析后,在双目镜或偏光镜下采用条带颗粒记数或视域法进行定量计算;

b) 定量时,应分别对轻矿物和重矿物各数 300 个~500 个颗粒,在轻矿物的定量中,应将长石中的钾长石和斜长石(可利用染色法)、碳酸盐中的方解石、菱石(霏石)和贝壳颗粒分开计数;

c) 计算轻、重矿物中的每一种矿物在其中的百分含量,计算式为:

$$\eta = \frac{R}{Q} \times 100$$

式中: η —矿物颗粒百分数, %;

R —矿物颗粒数;

Q —计算的矿物颗粒总数。

d) 计算碎屑矿物的重量百分含量:轻、重矿物重量之和与原沉积物干重的百分比。

5.4.2.2.3 资料整理

a) 矿物定性和定量的记录、表格和计算结果分别整理,编制碎屑矿物鉴定报表;

b) 根据要求编制碎屑矿物(轻、重矿物之和)重量百分含量分布图,轻、重矿物百分含量分布图,主要单矿物百分含量分布图、矿物组合分区图、样品站位图等附件;

c) 编写鉴定报告。

5.4.3 黏土矿物鉴定

5.4.3.1 样品制备

5.4.3.1.1 样品分离提纯

a) 称取沉积物样 50 g~100 g,加纯水洗涤搅拌成 1 000 cm³ 的悬浮液,按斯托克斯沉降定律,用吸管吸取所需粒级,重复多次,至获得 5 g~7 g 干黏土为止;

b) X 射线衍射、差热、电镜等分析样品在 50℃ 恒温水浴锅或烘箱内蒸干。

5.4.3.1.2 样品处理和制片

一批分析样品作 X 射线衍射分析时,需处理制成三种不同的定向片;

a) 每个样品各取 35 mg~40 mg,去铁,去有机质,用镁-甘油饱和处理或乙醇饱和处理,制成定向片;

b) 选择分析样品数的 10%,各取 35 mg~40 mg,去铁,去有机质,制成自然定向片;

c) 再选分析样品数的 10%,各取 35 mg~40 mg,去铁,去有机质,用 6 mol/dm³ HCl 浸泡,加热至 80℃,恒温 30 min,制成定向片;

d) 定向片载片为 3.3 cm×4.3 cm 玻璃片或素瓷片,制成晾干,置于存有硝酸钙的干燥器中,24 h 后测试。

5.4.3.2 样品鉴定

5.4.3.2.1 定性分析

a) 以 X 射线衍射分析为主,为了提高定性的准确度,可以适当抽样做差热或红外吸收光谱、电

镜、能谱等分析;

b) 同一批样品应在同一条件下测试;

c) 分析获得的扫描图谱与有关资料比对, 确定出黏土矿物族种名称, 同时定出非黏土矿物组分。

5.4.3.2.2 半定量分析

a) 黏土矿物半定量计量用 Bicaye (1965) 方法, 即选用乙二醇饱和片或镁-甘油饱和片图谱上蒙脱石 (17Å)、伊利石 (10Å)、绿泥石 (7Å) + 高岭石 (7Å) 4 种矿物的三个特征衍射峰的峰面积作为基础数据进行计算。峰面积计算方法为衍射峰高乘以半峰宽;

b) 权因子确定, 蒙皂石重量因子为 1, 伊利石重量因子为 4, 绿泥石 + 高岭石重量因子为 2, 高岭石与绿泥石的含量比例以 25°C (20Å) 左右 3.5Å 附近的衍射峰高比值求得;

c) 计算式为:

$$A = A_1 + 4A_2 + 2A_3$$

$$W_1 = A_1/A \times 100\%$$

$$W_2 = 4A_2/A \times 100\%$$

$$W_3 = 2A_1/A \times 1/(k+1) \times 100\%$$

$$W_4 = 2A_1/A \times k/(k+1) \times 100\%$$

式中: A_1 : 蒙皂石峰 (17Å) 面积;

A_2 : 伊利石峰 (10Å) 面积;

A_3 : 高岭石 + 绿泥石峰 (7Å) 面积;

K : 高岭石峰与绿泥石峰高 (3.5Å) 之比;

W_1 : 蒙皂石矿物百分含量, %;

W_2 : 伊利石矿物百分含量, %;

W_3 : 绿泥石矿物百分含量, %;

W_4 : 高岭石矿物百分含量, %。

5.4.3.3 资料整理

a) 将各分析图谱等原始资料装订成册;

b) 填写黏土矿物分析报表;

c) 根据要求绘制分析站位图、单矿物质量分数分布图、黏土矿物质量分数组合直方图, 黏土矿物组合分区图, 黏土矿物柱状分布图;

d) 编写黏土矿物鉴定分析报告。

5.5 沉积物化学测定

本技术规程仅列出沉积物化学测定中常规测定项目及其测定要求, 在保证分析准确度的前提下, 测定方法可自选。本部分中有关测试方法和仪器介绍仅供参考。

5.5.1 技术指标

a) 现场测定项目: pH、Eh, 测定允许误差见表 4;

b) 室内测定项目 (常量组分): 要求进行有机碳、碳酸盐、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 (全铁)、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 、 TiO_2 、 P_2O_5 、 MnO 、灼减量等分析, 有条件时建议对其它元素进行测试, 分析测定允许误差见表 4;

表4 沉积物化学测定允许误差范围

组分	质量分数(%)	允许误差(%)	组分	质量分数(%)	允许误差(%)
SiO ₂	>50	0.7	TiO ₂	>1	0.2
	<50	0.6		<1	0.1
Al ₂ O ₃	>20	0.7	P ₂ O ₅	>1	0.3
	<20	0.5		0.5~1	0.2
Fe ₂ O ₃ 全铁	>5	0.5		<0.5	0.1
	<5	0.3	灼减量		0.5
MgO	>10	0.6	pH		±0.3pH 单位
	5~10	0.5			
	<5	0.4			
CaO	>10	0.6	Eh		10mV
	5~10	0.5			
	<5	0.4			
K ₂ O	>10	0.7	可溶硅 (SiO ₂)	>5	0.5
	5~10	0.5		1~5	0.4
	<5	0.3		<1	0.2
Na ₂ O	>10	0.7	碳酸盐 (CaCO ₃)	>15	1.00
	5~10	0.5		5~15	0.75
	<5	0.3		<1	0.5
MnO	>1	0.3	有机碳	>5	0.5
	0.5~1	0.2		1~5	0.4
	<0.5	0.1		<1	0.3

注:含量小于0.1%的组分以 $(A-B)/(A+B) \times 100\% \leq 50\%$ 来衡量。A、B 分别为重复分析的两个数据。

c) 室内测定项目(微量元素): Cu, Pb, Ba, Sr, V, Zn, Co, Ni, Cr, Zr, 其测试误差允许见表5。

d) 样品分析采用标准样品法, 每批样品分析的同时, 应插入2个或2个以上标准样品(国内一级或二级);

e) 室内分析应进行抽样检查, 随机抽取30%的样品重复分析, 75%以上的双样在允许偏差范围内者可视为整批样品分析合格。

表5 沉积物微量元素测定允许范围

元素	绝对偏差 (10 ⁻⁶)	相对标准 偏差	元素	绝对偏差 (10 ⁻⁶)	相对标准 偏差	元素	绝对偏差 (10 ⁻⁶)	相对标准 偏差	元素	绝对偏差 (10 ⁻⁶)	相对标准 偏差
Li	<2.9	<0.05	La	<2	<0.04	Ni	<8	<0.05	Tb	<0.5	<0.15
Sr	<10	<0.015	Ce	<3	<0.05	Y	<2	<0.05	Dy	<2.5	<0.10