A 45

中华人民共和国国家标准

GB/T 13909—1992

海洋调查规范
海洋地质地球物理调查

Specification for oceanographic survey—Marine geology and geophysics investigation

1992-12-10 发布　　1993-10-01 实施

国家技术监督局 发布

中华人民共和国国家标准

海洋调查规范
海洋地质地球物理调查

GB/T 13909—1992

Specification for oceanographic survey—Marine geology and geophysics investigation

1 主题内容与适用范围

本标准规定了海洋地质、地球物理调查的基本内容、方法、资料整理及调查成果的要求。

本标准适用于海洋地质、地球物理环境要素基础调查，对一些专业、专项调查亦可参用。

2 引用标准

GB 12763.1 海洋调查规范 总则

GB 12763.6 海洋调查规范 海洋生物调查

GB 12763.7 海洋调查规范 海洋调查资料处理

GB 12317 海图图式

3 术语、符号、代号

a. 侧扫声呐

英文名 side scan sonar。

中译名又称旁侧声呐、旁视声呐、侧扫描声呐等，它是利用声波在海底散射的原理，扫描海底的一种观测仪器。

b. 放射性测年

它是利用自然界中一些放射性元素按一定的半衰期衰变的规律，确定与放射性元素共存的地质体绝对年代的一种分析研究方法的总称。

c. 海底热流密度

指地球内部以热传导的方式，在单位时间内通过海底单位表面积向外散失的热量。

d. 地温梯度

单位深度上的地温差。

e. 冷却板块模式

为建立在板块运动学基础上的理论热学模式。它假设大洋新生洋壳不断地从洋中脊生成，并推动两侧的洋壳向两边扩张，高温的新生洋壳因散热而逐渐冷却，于是形成了随地壳年龄增长而热流值随之降低的趋势。根据该理论模式，可将实测热流值与理论热流值对比，推算出大洋地壳年龄。

f. TVG 增益曲线

声波接收机的电压增益随时间变化的规律称为 TVG 增益曲线。

g. 多频探测系统

为 Multifrequency echo sounding system（多频回声测深系统）的简译名。又可根据探测设备的多功

国家技术监督局 1992-12-10 批准　　1993-10-01 实施

能称为 MBSP 声学系统，即：Manganese nodule，Bathy，Subbottom，Pinger tracking Mode system.

海底多频探测系统具有全海洋测深、深海浅地层剖面探测、多金属结核资源探测等多种功能，可以多功能同时探测，或某单项探测。主机频率有 3，5，7，12，18，30 kHz 等数个组合，根据要求选择使用。海底多金属结核资源探测、全海洋测深是多频系统在海洋调查中的主要内容之一。

第一篇　一般规定

4　技术设计

技术设计的主要内容应包括：

a.　任务的目的与要求；

b.　设计的依据，除任务书要求外，还应包括调查海域前人工作概况、调查区及邻区地质、地球物理基本特征等；

c.　调查船、仪器、调查比例尺与测线、测网布设，工作量与基本方法；

d.　技术要求与措施；

e.　预期成果与调查报告内容；

f.　课题(项目)人员组成，外、内业安排及进度计划；

g.　经费概算。

5　调查的基本方法与准确度

5.1　调查的基本方法

5.1.1　调查船作业的方式

调查船作业的方式可分为停船定点观测和走航连续测量两类。

停船定点观测项目包括底质采样、海底照相、海底热流测量等。

走航连续测量项目有回声测深、侧扫声呐扫测、地层剖面探测、多频探测、海洋重力测量、海洋地磁测量、海洋地震调查等。

5.1.2　调查作业的基本方式

调查的目的和任务不同，调查作业的测线布设也不同，一般采用路线调查和面积调查两类基本方式。

5.2　调查的基本要求

a.　无论路线调查或面积调查，都应尽量采用多项目的综合调查；

b.　同一测区的地质、地球物理调查，测线或测网布设应统一，使调查资料综合印证，进行综合解释；

c.　在调查作业的同时，应对测区内及相邻地区的岛屿、陆地做适当的实地调查，由陆及海地推断、解释海区的地质构造。

5.3　调查的准确度

几种调查比例尺的测线或测网、导航定位及测量的准确度规定见表 1。

依据高准确度导航定位系统的作用距离，以离大陆海岸线 150n. mile(约 277.8 km)划分，大于此距离为远海，小于此距离为近海。

海底热流测量、海底照相、以及海底地层剖面探测等项目，可不按调查比例尺的测线、测网密度要求进行测量，而应根据其他项目的调查资料，选择适当剖面或点位进行测量。

6　调查资料整理的基本要求

6.1　原始资料的验收

原始资料的验收方法：

a. 根据各调查项目的实际情况制订出相适应的调查原始资料验收标准，一般划分为合格、不合格二级；

b. 原始资料验收由调查任务下达单位或执行单位组织进行，不合格的原始资料应废弃；

c. 原始资料验收结果应作文字评语，参加验收者签字，单位盖章，作为调查成果鉴定验收和资料归档的内容之一。

6.2 资料的分析、计算

a. 资料分析、计算必须有责任制度，各项分析、计算结果均应有分析(计算)者、校核者、负责人签名；

b. 分析、计算的成果报表按《海洋调查规范》系列国家标准之一的 GB 12763.7 第四篇规定的格式和要求填报；

c. 成果图件编绘必须有图名、比例尺、经纬度坐标、主要地物、图例、图的编号和必要的说明、责任表等。责任表包括编图单位、编图者、清绘者、技术负责人，以及资料来源、编绘和出版日期等。

7 调查成果

7.1 样品、原始记录

包括沉积物样品、岩样、生物样、水样、现场描述记录、导航定位记录、模拟记录、数据磁带记录及各种记录表、簿等。这些调查的第一手资料，是调查的初级成果。

7.2 基础图件

对调查获得的样品、原始记录经室内处理、分析与计算，按成图比例尺要求，编制各要素的基础图件。海洋地质、地球物理调查的基础图件包括海底地形图、地貌图、底质类型分布图、底质的物理与化学各要素分布图及剖面图、自由空间重力异常平面和剖面图、地磁异常(ΔT)平面和剖面图、地震剖面图、矿产资源评价图、地质构造图等。

7.3 调查报告

调查报告的内容包括：

a. 前言，介绍调查任务的来源、目的和任务，调查海区的范围和地理位置，调查的内、外业工作时间安排，调查工作量与完成程度，获取资料情况及内外协作情况等；

b. 海上调查及资料整理，陈述海上调查的工作方法，测线布设，仪器和设备系统的性能及各项指标，观测系统选择及工作情况，导航定位系统定位方法及其准确度，原始资料质量，资料整理方法，成果资料准确度等；

c. 资料分析和解释，包括资料分析方法及其依据，各要素的分布特征、规律和综合分析等；

d. 地质、地质构造环境分析，以及矿产资源评价等；

e. 结论与建议。

8 资料归档

8.1 归档内容

根据中华人民共和国档案法第二条，归档内容包括：

a. 调查任务书，或合同书、委托书等；

b. 课题论证报告、技术设计、方案报告及其审批意见；

c. 课题调查实施计划、站位表、测线布设图等；

d. 调查、实验、测试分析等原始记录；

e. 计算、分析整理的成果数据报表、计算机程序及说明；

f. 各种图表、图件(包括底图)、照片及文字说明；

g. 航次报告、专题总结报告；

h. 调查报告及成果鉴定、审议书；

i. 课题成员及经费结算表。

8.2 归档要求

a. 归档内容齐全、完整、签字手续完备；

b. 各类图表记录一律用绘图墨水或铅笔书写，各类文字一律用蓝黑或黑墨水书写；

c. 调查课题完成必须先归档，经归档审检后方可进行鉴定验收。

8.3 归档单位

原则上交调查任务执行单位的科技档案室，本单位无科技档案室的，交上一级科技档案室，或任务书、合同书规定的档案室。

表 1

调查项目 \ 调查比例尺		主测线间距(km)x（联络测线间距/主测线间距）[1]		导航定位要求[2] 相应比例尺图幅上距离(mm) 测线偏离/测线(%)				测量准确度(ε)[3]	
		近海	远海	近海	远海	近海	远海	近海	远海
海底地形量	1∶200万	—	≤55×(5～10)	1	1.5				
	1∶100万	≤20×(2.5～5)	≤30×(5～10)			<20	<20	≤1	≤2
	1∶50万	≤10×(2.5～5)	—						
	1∶20万	≤5×(2.5～5)	—						
海底质调洋查	1∶200万	—	60×60	1.5	1.5	—	—	—	—
	1∶100万	30×30	30×30						
	1∶50万	15×15	—						
	1∶20万	10×10	—						
海探底声波测	1∶200万	—	路线测量	1	1.5	<20	<20	—	—
	1∶100万	≤40×(5)	≤50×(5～10)						
	1∶50万	≤20×(5)	—						
	1∶20万	≤10×(5)	—						
海测洋重力量	1∶200万	—	≤55×(5～10)	1	1.5	<20	<20	—	≤3×10^{-5} m/s²
	1∶100万	≤20×(2.5～5)	≤30×(5～10)					≤3×10^{-5} m/s²	≤3×10^{-5} m/s²
	1∶50万	≤10×(2.5～5)	—					≤3×10^{-5} m/s²	—
	1∶20万	≤5×(2.5～5)	—					≤2×10^{-5} m/s²	
海测洋地磁量	1∶200万	—	≤55×(5～10)	1	1.5	<20	<20	—	≤24 nT
	1∶100万	≤20×(2.5～5)	≤30×(5～10)					≤12 nT	≤20 nT
	1∶50万	≤10×(2.5～5)	—					≤8 nT	—
	1∶20万	≤5×(2.5～5)	—					≤4 nT	—
海调洋地震查	1∶200万	—	跳线测量	1	1.5	<20	<20	—	—
	1∶100万	≤20×(5)	≤50×(5～10)						
	1∶50万	≤10×(5)	—						
	1∶20万	≤5×(5)	—						

注：1)“×”号前为主测线间距，“×”后为联络测线间距，括号中数字表示为主测线间距的倍数。

2)导航定位要求栏中的相应比例尺图幅上距离(mm)为点定位准确度要求。

3)测量准确度(ε)值的计算见文后有关篇。

第二篇 海底地形地貌调查

9 海底地形测量

本标准所规定的海底地形测量，主要是海洋地质综合调查进行的中、小比例尺的水深测量。它采用定位设备和测深仪确定海底点的三维坐标，为编绘海底地形图和海底地貌图提供资料，为海洋地质、地球物理调查所需的水深资料提供数据。

9.1 技术要求

9.1.1 测量准确度

海底地形测量的准确度以主测线与联络测线相交点水深测量值的差值来衡量，其均方根差，近海应小于实际水深的1%，远海应小于实际水深的2%。

9.1.2 测量比例尺与测线布设

a. 根据任务要求确定海底地形测量比例尺，不同比例尺的测线、测网密度见表1；

b. 测线布设原则为主测线与海底地形倾向一致，联络测线垂直于主测线；

c. 需了解并圈定某种特殊的地形特征而进行大比例尺测量时，海底地形测量应与侧扫声呐、海底照相、海底电视、地层剖面探测、底质采样等相结合，其测线布设以能控制地形形态的平面变化为原则；

d. 主测线与联络测线相交点的个数，作为地形测量的检查工作量，交点的个数应不少于测区总测点数的5%，且交点总数不得少于30个；

e. 海洋地质综合调查中海底地形测量的测线及联络测线布设，应与重力、地磁、地震等项目的测线一致；

f. 若测区缺乏声速或水文资料，布设测线时应设置声速或水文观测点，以获取声速校正资料。

9.1.3 工作图版

a. 工作图版为70 cm×100 cm，也可根据实际情况放大或缩小；

b. 工作图版比例尺应比成图比例尺大1倍；

c. 工作图版采用0.1 mm聚脂薄膜制作，从最新海图上展绘地理标志，并标绘出控制点、岸台、验潮站、水文点和比对点等位置。

9.1.4 基准面

海底地形图的基准面为1985年黄海平均海面。

9.2 测量仪器

a. 工作前应对测深仪进行检验与校正，确认其工作状态正常，方可进行测量；

b. 测深仪检验选择在水深大于5 m、海底平坦的海域进行，要求每隔15 min对比一次深度，测定并记录转速，检验时间不得少于8 h，测深误差在仪器精密度范围以内，为测深仪处于正常状态；

c. 测深仪因故障进行大修或更换主要部件时，要重新测定仪器校正值。

9.3 海上测量

9.3.1 航海要求

a. 调查船进入测线后，应保持测线方向匀速航行；

b. 测量中每30 min测定一次船位，当调查船或测量仪器发生故障而改变航速、航向或发现海底有特殊异常情况时，应及时测定船位；

c. 定位图版、航海定位记录手簿、测深记录应齐全、完整，调查结束后交内业整理。

9.3.2 测深要求

a. 测量过程中，每2～4 h测定一次仪器转速，7～10 d查对一次调查船吃水深度，并及时记入测量手簿；

b. 每 60 min 在测深记录纸上打记时标、基准值、更换仪器或遇特殊情况(停船、改变航速、航向、仪器检修等)时均要注明时间及简要情况,每卷记录纸必需注明编号、测线号、起止时间等。

9.3.3 水位观测

a. 水深位于 100 m 的海区测深时,可不进行水位观测;水深小于 100 m 的海区,测深的同时应进行水位观测;

b. 临时验潮站设立在测区或测区附近,一般要在水深测量的同时连续水位观测 30 d 以上;附近有长期验潮站,可利用其水位观测资料;

c. 临时验潮站观测的水位资料应与毗邻长期验潮站同期的资料进行对比,检查观测资料的质量,并进行必要的校正。

9.4 资料整理

9.4.1 原始记录资料整理

a. 内业资料整理前要验收原始记录;

b. 检查和修正测深仪记录纸中的零位信号和回波信号,并分别用黑色、红色铅笔注明,信号不清楚和难以准确判断的记录一律作废;

c. 测深记录取数按成果图上每 10 mm 取一点位数据,凡深度转折处应加密取数。

9.4.2 深度校正

9.4.2.1 换能器吃水深度校正

换能器吃水深度校正按式(1)计算:

$$Z=Z_s+\Delta Z_b \quad \cdots\cdots (1)$$

式中:Z——水面至海底的深度,m;

ΔZ_b——测深仪换能器吃水深度,m;

Z_s——测深仪观测深度,m。

调查测量航次时间长,需依据 ΔZ_b 的变化分段取值计算。

ΔZ_b 恒为正值。

9.4.2.2 仪器误差校正

深度的仪器转速校正值 ΔZ_n 由式(2)计算:

$$\Delta Z_n=Z_s\left(\frac{n_o}{n_i}-1\right) \quad \cdots\cdots (2)$$

式中:Z_s——仪器深度读数,m;

n_o——仪器标准转速,r/min;

n_i——仪器实际转速,r/min。

9.4.2.3 声速校正

$$\Delta Z_v=Z_s\left(\frac{V_i}{V_o}-1\right) \quad \cdots\cdots (3)$$

式中:ΔZ_v——深度的声速校正值,m;

Z_s——仪器深度读数,m;

V_o——标准声波速度,m/s;

V_i——声波实际传播速度,m/s。

9.4.2.4 水位校正

根据水位观测绘制的综合曲线量取水位校正值(ΔZ_l),对测深数据进行水位校正。

实际水位 $Z=Z_s+\Delta Z_b+\Delta Z_n+\Delta Z_v+\Delta Z_l$。

9.4.3 测量准确度计算

计算公式为:

$$\varepsilon=\pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}h^2}{2n}} \quad \cdots\cdots (4)$$

式中：ε——均方根差；

h——主测线与联络测线相交点水深测量差值，m；

n——测区内主测线与联络测线的交点个数。

测量准确度计算中，允许舍去少数特殊交点值，但舍点数不得超过交点总数的 3%。

9.4.4 测量数据报表

a. 按取数点位的时间，在测深记录纸卷上读取水深值，经船只吃水校正，仪器误差(转速)校正，水位校正和海水声速校正后得出点位的测量水深值，按测线点位顺序填写测量成果数据报表；

b. 测量成果数据报表应包括测量海区、测量日期、测量船、测线号、点位序号、点位的经纬度坐标及水深值等。

10 侧扫声呐测量

10.1 技术要求

a. 测点距离不得大于扫描量程；

b. 每条测线的漏测率不得超过测线长度的 3%，连续漏测不得超过 1 km；

c. 作全覆盖测量时，设计测线间距应为 $D\leqslant 2nR_s$（D 为测线间距，R_s 为扫描量程，系数 n 的取值依据定位准确度而定，一般取值范围为 0.5～0.8）；

d. 近海定位准确度不得超过扫描量程的 10%。

10.2 仪器安装

a. 记录仪安装在船只摆动较小的实验室，在浅海调查时，声呐操作室应有较好的通视条件；

b. 仪器系统的安装应有良好的接地条件，避免电信号干扰；

c. 浅海调查时，应根据调查区水深确定拖曳方式。

10.3 海上测量

a. 作业前，应在测区或附近选择平坦的泥质海底的海域进行调机，确保声呐图谱记录清晰，调完后，记录仪打印阀及打印强度旋钮不应再改动；

b. 拖鱼入水后，测量船不得停船或倒车，应尽可能保持直线航行，避免急转弯；

c. 拖鱼离海底高度应是量程的 10%～15%，海底起伏较大的水域，应留有适当的余地；

d. 近岸或水深小的海区调查，应注视记录图谱，发现异常记录要标记清楚，避免解释错误；

e. 主测线上发现海底障碍物，应及时采取小量程进行加密扫测，以确定其性质与范围；

f. 使用微机的侧扫声呐系统，根据调查要求，进行真实航速、水体移去及倾斜距离校正，以获得纵横比为 1∶1 的海底平面图像。使用磁带机的系统，应将未经校正的原始信息记录在磁带上，以获取更完整的资料；

g. 作好值班记录，记录内容包括记录纸(磁带)卷号、测线号、定位点号、时间、显示量程、拖鱼频率、航速、航向、时间变化增益控制(TVG)、电路调谐状况、拖缆入水长度及特殊地貌形态等；

h. 保持记录纸整洁，不得有人为痕迹。

10.4 记录整理

a. 校准定位点号。绘制侧扫声呐航迹图；

b. 进行水柱移动，使记录反映的水深与实际水深一致；对仪器倾斜造成的地形误差进行校正；对船速变化造成的记录与实际地形的比例失调进行校正；

c. 系统整理水深、航速、地形校正记录，将各种微地貌形态标绘在海底面状况图上；

d. 对砂堤(脊)、水下河谷、冲刷沟槽、裸露基岩等特殊地形及水下障碍物进行形态量算；

e. 对典型地段海底形态记录进行照相，或绘制素描图；

f. 全覆盖测量时，根据实测航线进行声呐记录图谱拼接，编制海底形态镶嵌图。

10.5 辅助测量

侧扫声呐测量时，可作以下辅助项目测量：

a. 海底照相，用水下摄影机拍摄直观的海底照片，判别海底形态，基岩露头及其他特征等；

b. 海底电视录像，用水下电视机录制海底图像，判别海底地形起伏，微地貌发育、基岩出露及其他特征等；

c. 航空摄影，于海岸带及陆架浅海，用高分辨率的航空照片，解释海底地形地貌特征。

11 地形地貌调查成果

11.1 水深图编绘

a. 水深图按 GB 12317 海图图式规定编制；

b. 深度点的点距在图上为 10 mm，地形变化剧烈处，增加内插点，特殊深度及地形特征点应标出。

11.2 海底地形图编绘

a. 海底地形图等深线间距以能清晰勾画海底地形特征和图面清晰为原则，等深线为圆滑曲线，用蓝色表示，深度注记用黑色表示；

b. 海底地形图应附海底地形剖面图，选择典型的海底地形剖面进行绘制，地形剖面图应注明垂直比例尺和水平比例尺，一般垂直比例尺与水平比例尺不超过 10∶1；

c. 海底地形图图例应与陆地地形图及海图的图例统一。

11.3 海底地貌图编绘

11.3.1 编制原则

a. 海底地貌图属综合性图件，编制海底地貌图，除应用地形测量、侧扫声呐、海底照相、水下电视、航空照片等资料外，还应收集区域地质、沉积物组成和水动力状况等资料，分析内、外动力对地貌的控制作用，确定地貌成因；

b. 收集地层层序和年代学的各种资料，探讨区域地貌发育史等；

c. 地貌分类与分级应结合起来，形成多层结构的组合，以反映各种成因条件在空间、时间以及强度上相互复杂的联系；

d. 海底地貌分类采用成因-形态相结合的分类原则，一级地貌单元，主要根据地壳结构和厚度的差异，分为具陆壳性质的大陆架(岛架)和具洋壳性质的大洋盆地以及属过渡性地壳的大陆坡(岛坡)；二级地貌单元是在地壳性质和构造特征基本一致的前提下，依据其成因与形态上的差异进行划分，在大陆架范围内分为陆架平原、陆架阶地、三角洲等；在大陆坡范围内可分为海槽、海脊等；在大洋盆地则可分为深海平原、海沟、海岭等；三级及其以下的地貌单元，主要依据形态发育上的差异进行划分。

11.3.2 编制要求

a. 工作底图的比例尺应比编绘地貌图成图的比例尺大一倍；

b. 地貌图应反映地貌的形态和形成年代；

c. 一般地貌形态用等深线表示，等深线要疏密适宜，海槽、海渊、海山、海岭，其等深线应稀一些，河口及平原的等深线应适当加密，特殊的地貌形态可放大表示；贝壳堤、贝壳滩、残丘、凹地等用符号表示；不能用等深线和符号表示的可以在图例内加以说明；水动力及泥沙动态也应在图中表示；

d. 地貌图应有分类和分级的图例系统；

e. 海底地貌图采用分层设色和形态符号相结合的表示方式；海区以蓝色作基调，一级地貌单元采用底色表示，大陆架(岛架)用蓝绿色，大陆坡(岛坡)用浅蓝色，深海盆地用蓝色；二级地貌单元采用一级地貌单元的色彩基调，但色度不同(或加线条符号)；三级地貌单元用符号表示，符号的颜色以正、负地形加以区别，海山、海丘等正地形用暖色，海谷、海洼等负地形用冷色；

f. 地貌剖面图是必需的附图，选择的剖面应穿越主要地貌单元，剖面图上要标明剖面方向、海平面位置、垂直及水平比例尺，其内容应反映地貌形态、构造、岩性、第四纪沉积物和时代。

11.3.3 地貌图的评价

a. 成图资料的可靠性、准确性；

b. 地貌分级、分类的科学性和系统性，与区域地质、区域地理、水动力状况的一致性；

c. 图画结构、内容是否满足多层结构的组合图形。

11.4 调查报告

调查报告内容与要求见 7.3 条。

调查报告应附水深图、地形图、地貌图等基础图件。

第三篇 海洋底质调查

12 海洋底质采样

12.1 一般要求

a. 底质采样应先测水深，再表层采样，之后进行柱状采样；

b. 深海采样应两次定位，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，并尽量保持原始状态；

d. 采集的样品一般应及时低温保存。

12.2 底质表层采样

12.2.1 采样方法

底质表层样品采集一般采用蚌式、箱式、自返式或拖网等采样方法。

一般情况下多选用蚌式采样器，大洋可适当选用自返式无缆采样器，对样品有特殊要求(如数量大、原状样等)的调查可选用箱式采样器；当底质为基岩、砾石或粗碎屑物质时，选用拖网。

12.2.2 采样要求

采取的样品应保证一定数量，沉积物样不得少于 1 000 g，达不到此数量，该站列为空样，调查区内空样站位数不得超过总站位数的 10%。

12.3 底质柱状采样

12.3.1 采样方法

底质柱状采样常使用重力、重力活塞、振动活塞及浅钻等取样仪器进行。

12.3.2 采样要求

a. 底质为基岩或粗碎屑沉积物，不宜柱状采样；

b. 柱状采样长度，深海不得少于 50 cm，浅海不得少于 100 cm；

c. 陆架海区柱状采样站数应占表层样站数的 1/8 以上，大洋海区占表层样站数的 1/15；

d. 采取得的样品要及时做好层次标记，上下次序不得颠倒；

e. 分割样品时，要注意断面和剖面上样品的完整，防止污染或损坏样品。

12.4 悬浮体采样和分析要求

12.4.1 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要求确定，近海一般采集表、中、底三层。

12.4.2 样品分析要求

a. 悬浮体采水量远海 2 000 cm^3，近海不得少于 1 000 cm^3，含沙量高的河口区为 500 cm^3 左右；

b. 滤膜应事先烘干、称重和编号，称量天平感量为 0.000 1 g，分析中各步骤称量应采用同一天平；

c. 悬浮体分析要求计算出单位体积海水中泥沙的含量；

d. 泥沙的粒级组分百分比用自动化粒度分析仪分析；

e. 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。

13 底质样品的现场描述与处理

13.1 一般要求

a. 样品从海底采至船甲板，必须立即进行现场描述；

b. 样品现场描述项目和内容应简单明了并表格化，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，所有样品必须认真登记、标记，不得混乱。

13.2 样品现场描述内容

13.2.1 颜色、气味、厚度

a. 颜色，观察样品表面颜色和剖面颜色的变化，进行记录，颜色名称中主导基调色在后，次要附加色及形容词在前；

b. 气味，样品采上后，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采取样长度以及分层厚度，记入表格。

13.2.2 稠度和粘性

13.2.2.1 稠度分类

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，用小刀能割开者。

13.2.2.2 粘性分类

a. 强粘性，极易粘手，强塑；

b. 弱粘性，微粘手，可塑；

c. 无粘性，不粘手，不可塑。

13.2.3 物质组成

a. 按粒级标准(见附录A 简分法栏)对沉积物粒级组成分选性进行现场粗略划分：

分选优，单一优势粒级含量达75%以上；

分选良，单一优势粒级含量达50%～75%；

分选差，单一优势粒级含量25%～50%；

分选极差，单一优势粒级含量小于25%；

b. 依据沉积物颜色和粒级进行现场命名，名称术语为颜色在前，粒级名在后；

c. 对岩屑、砾石、结核、团块及生物组分进行特殊描述，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。

13.2.4 沉积物的结构构造

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。

13.2.5 其他

典型和有特殊意义的地质现象要进行素描、照相、揭片或X光拍片等。

13.3 样品现场处理

13.3.1 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 值和 Fe^{3+}/Fe^{2+} 比值，以及相对密度（比重）、容重等物性测定；

b. 粒度分析、矿物鉴定、物理力学性质测定、古生物鉴定、化学分析、古地磁测定、测年等在陆地实验室进行；

c. 柱状样分样时，岩性变化处必须取样，岩性变化不大，取样间距不得大于 50 cm；

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。

13.3.2 样品登记和保存

a. 取好样品的瓶（袋）要贴标签，并将样品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，其编号与瓶（袋）号一致；

b. 取好的样品要密封。

14 沉积物粒度分析

14.1 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. 采用福克和沃德粒度参数公式计算粒度参数；

e. 计算粒度参数的各粒级百分数，在概率累积曲线上读取；

f. 沉积物粒度分类与命名采用谢帕德的沉积物粒度三角图分类（见附录 D）。

14.2 分析方法

沉积物粒度分析，通常联合使用筛析法和沉析法（吸管法），即综合法。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 的物质。当粒径大于 0.063 mm 的物质大于 85%或粒径小于 0.063 mm 的物质占 99%以上时，可单独采用筛析法或沉析法。用自动化粒度分析仪（如库尔特仪）分析粒度，必需与沉析法对比合格后方能使用。

14.2.1 筛析法

a. 原样搅拌均匀，按四分法取样，取样质量按表 2 估算；

表 2 粒度分析取样量估算表

最大颗粒直径，mm	取样最小量，kg	最大颗粒直径，mm	取样最小量，kg
25	10	6	0.5
19	5	5	0.25
13	2.5	3	0.1
9	1	0.07	0.01

b. 分析样烘干后移入烘箱，于 105℃恒温 3 h，再置于干燥器 15～20 min，然后在感量 0.001 g 的天平上称量；

c. 将样品移入玻璃杯后加蒸馏水，加 20 cm^3 的 0.5 mol/dm^3 的六偏磷酸钠（$[NaPO_3]_6$）。浸泡 12 h使样品充分分散；

d. 将分析样倒入孔径为 0.063 mm 的小筛中，用蒸馏水反复冲洗，使小于 0.063 mm 的物质充分冲洗入量筒中，把大于 0.063 mm 的物质烘干称量后做筛析分析；

e. 用孔径间隔为 $\phi/2$ 的筛子由粗到细振筛 15 min，将各粒级样品烘干后在感量 0.000 1 g 的天平

上称量，求出各粒级的质量百分数。

14.2.2 沉析法

a. 将筛析法(d 项)冲入量筒中小于 0.063 mm 的物质稀释至 1 000 cm^3，在吸液前读取悬液温度；

b. 用搅拌器匀速搅拌 1 min(60 r/min)，在最后 1 s 内轻轻提出搅拌器，沉降时间由此起算，吸液深度和时间见附录 C；

c. 吸液前 15 s，将吸管轻轻置于悬液的特定深度，吸液时应在 20 s 内匀速准确地吸取 25 cm^3 悬液；

d. 将吸取的悬液置于小烧杯烘干后称量，求出各级粒级质量百分数。

14.2.3 粒度分析误差检验

沉积物粒度分析误差检验指标见表 3。

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。粒度分析成果报表见 GB 12763.7 第四篇。

表 3 粒度分析允许误差范围

分析方法	内检数，%	校正系数	同粒级频率之差	平均值，Mz	分选系数 σ_i
综合法	20～30	0.95～1.05	±5%	0.4ϕ	0.3ϕ
筛析法	10～20	0.99～1.01	±5%	0.15ϕ	0.1ϕ
沉析法	20～30	0.95～1.05	±5%	0.4ϕ	0.3ϕ

14.3 资料整理

14.3.1 粒级标准

本标准采用尤登-温德华氏等比制 ϕ 值粒级标准。粒径与 ϕ 值的互换关系见附录 B(ϕ 值-毫米换算表)。

14.3.2 沉积物粒度分类及命名

沉积物粒度分类与命名采用谢帕德三角图分类法。

对样品中少量的未参予粒度分析的砾石、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。

14.3.3 粒度参数计算

采用福克和沃德公式计算：

$$Mz=\frac{\phi_{16}+\phi_{50}+\phi_{84}}{3} \quad \cdots\cdots (5)$$

$$\sigma_i=\frac{\phi_{84}-\phi_{16}}{4}+\frac{\phi_{95}-\phi_5}{6.6} \quad \cdots\cdots (6)$$

$$S_{ki}=\frac{\phi_{16}+\phi_{84}-2\phi_{50}}{2(\phi_{84}-\phi_{16})}+\frac{\phi_5+\phi_{95}-2\phi_{50}}{2(\phi_{95}-\phi_5)} \quad \cdots\cdots (7)$$

$$K_g=\frac{\phi_{95}-\phi_5}{2.44(\phi_{75}-\phi_{25})} \quad \cdots\cdots (8)$$

式中：M_z——平均粒径，mm；

σ_i——分选系数；

S_{ki}——偏态；

K_g——峰态；

ϕ_{16}、ϕ_{50}……——概率累积曲线上第十六、第五十……百分数所对应的 ϕ 值粒径，mm。

分选程度按表 4 划分。

表 4 分选程度等级表

分选等级	$\sigma_i(\phi)$
分选极好	＜0.35
分选好	0.35～0.50
分选较好	0.50～0.71
分选中等	0.71～1.00
分选差	1.00～2.00
分选很差	2.00～4.00
分选极差	＞4.00

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。

15 底质矿物鉴定

15.1 技术要求

a. 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；

b. 分析粒级中有用矿物含量达到重砂矿产工业边界品位的四分之一，应高度重视，圈出异常点；

c. 碎屑矿物鉴定，通常宜选择0.25～0.125 mm或0.125～0.063 mm粒级，做定性和定量鉴定；

d. 粘土矿物鉴定粒级小于0.004 mm，一般选用0.002 mm粒级，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。

15.2 碎屑矿物鉴定

15.2.1 样品制备

底质的碎屑矿物鉴定，一般在粒度分析后，直接选取所需粒级制备鉴定样。

15.2.1.1 样品分离

a. 样品分离采用淘洗盘法或重液法进行；

b. 如果矿物颗粒表面带有铁质或粘土质薄膜时，将样品盛入三角烧杯中，加入草酸钠溶液[$\rho(Na_2C_2O_4)=2\ g/dm^3$]煮沸1 h。

15.2.1.2 样品分离要求

a. 样品分离称量，使用感量0.001 g天平；

b. 分离样品的量一般小于10 g，若大于10 g，应进行缩分；

c. 样品分离后，轻、重矿物达不到矿物定量的最低要求数(300粒)，应在该粒级样品中再取样品进行分离；

d. 分离出的轻、重矿物，要求轻矿物中基本不含重矿物，重矿物中轻矿物的含量不得超过10%。

15.2.2 分析鉴定

15.2.2.1 矿物的定性分析

a. 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；

b. 矿物定名，并描述矿物的颜色、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；

c. 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. 鉴定结果记入碎屑矿物鉴定表。

15.2.2.2 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 300～500 个颗粒，在轻矿物的定量中，应将长石中的钾长石和斜长石，碳酸盐中的方解石、雯石(霰石)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：

$$\eta=\frac{R}{Q}\times 100 \quad \cdots\cdots (9)$$

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。

15.2.3 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. 根据要求编制轻、重矿物百分含量分布图，单矿物百分含量分布图，矿物组合分区图，样品站位图等图件；

c. 编写鉴定报告。

15.3 粘土矿物鉴定

15.3.1 样品制备

15.3.1.1 样品分离提纯

a. 称取沉积物样 50～100 g，加蒸馏水洗涤搅拌成 1 000 cm^3 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 5～7 g 干粘土止；

b. X 射线衍射、差热、电镜等分析样品在 50℃恒温水浴锅上蒸干，红外吸收光谱及化学元素分析样品应在 150℃以下烘箱内烘干。

15.3.1.2 样品处理和制片

15.3.1.2.1 X 射线衍射分析样的处理和制片

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 35～40 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 35～40 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 35～40 mg，去铁，去有机质，用 6 mol/dm^3HCl 浸泡，加热至 80℃，恒温 30 min，制成定向片。

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。

15.3.1.2.2 红外吸收光谱分析样的处理和制片

称取 1～1.5 mg 干粘土与 200 mg 溴化钾(KBr)混合研磨后压制成片，立即上机测试。

15.3.2 样品鉴定

15.3.2.1 定性分析

a. 以 X 射线衍射分析为主，适当抽样做差热或红外吸收光谱、电镜、能谱等分析，提高定性的准确度；

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卡片比对，确定出粘土矿物族种名称，同时，定出非粘土矿物组分。

15.3.2.2 半定量分析

a. 确定“权因子”：蒙脱石(doo_1)用 4，伊利石(doo_1)用 1，绿泥石(doo_4)用 1.75，高龄石(doo_2)用

1，绿泥石(doo_2)＋高龄土(doo_1)用 2.5，蒙脱石-伊利石混层矿物用 2.5，伊利石-绿泥石混层矿物用 1.75，混层粘土矿物用其组分权因子的平均值；

b. 以镁-甘油处理的 X 射线衍射扫描图谱为准，量取各粘土矿物峰高强度值(峰值至背景线的距离)，权因子的倒数乘以峰高强度值，与加权峰高强度值之和的百分比，对应于该矿物的百分比含量；

c. 计算式为：

$$\omega=\frac{1}{4}h_m+h_i+\frac{1}{2.5}h_{(c+k)}+\frac{1}{2.5}h_{(m+i)}+\frac{1}{2.5}h_{(c+i)}+\cdots\cdots \quad (10)$$

式中：ω——样品中数种粘土矿物加权峰高之和；

h_m——蒙脱石的峰高，cm；

h_i——伊利石的峰高，cm；

$h_{(c+k)}$——绿泥石＋高岭石的复合峰高，cm；

$h_{(c+i)}$——绿泥石-伊利石混层粘土峰高，cm；

$h_{(m+i)}$——蒙脱石-伊利石混层粘土峰高，cm。

式(10)右边各项与 ω 的百分比代表相应矿物的百分含量。

d. 计算绿泥石与高岭石的百分含量须先用 1/4 min 慢扫描得绿泥石(doo_4)、高岭石(doo_2)的峰高值，用下式计算百分含量：

$$H_{(c+k)}=h_k+\frac{1}{1.75}h_c \quad \cdots\cdots (11)$$

$$\omega_k=\frac{h_k}{H_{(c+k)}}\cdot\omega_{(c+k)} \quad \cdots\cdots (12)$$

$$\omega_c=\omega_{(c+k)}-\omega_k \quad \cdots\cdots (13)$$

式中：$H_{(c+k)}$——绿泥石(doo_4)与高岭石(doo_2)加权峰高之和，cm；

h_k——高岭石峰高，cm；

h_c——绿泥石峰高，cm；

$\omega_{(c+k)}$——式(10)求出的绿泥石与高岭石百分含量之和；

ω_c——绿泥石百分含量，%；

ω_k——高岭石百分含量，%。

15.3.3 资料整理

a. 将各分析图谱等原始资料装订成册；

b. 填写粘土矿物分析报表，格式见 GB 12763.7 第四篇；

c. 绘制分析站位图、单矿物百分含量分布图、粘土矿物百分含量组合直方图，粘土矿物组合分区图，粘土矿物柱状分布图；

d. 编写粘土矿物鉴定分析报告。

16 沉积物物理力学性质测试

16.1 技术要求

a. 土样必须是原状土样，未失水；

b. 一组测试样品，长度约 25～30 cm，直径 6～8 cm；

c. 含水量、容重、十字板抗剪强度和天然粘着力等尽量在现场测定。

16.2 含水量测定

16.2.1 测定方法

a. 取代表性试样 15～30 g，放入称量盒，盖好盒盖，用感量 0.01 g 天平称量；

b. 揭开盒盖，将试样连盒放入烘箱，在温度 100～105℃下烘至恒重；

c. 烘干后的试样，放入干燥器内冷至室温，盖好盒盖，称量。

16.2.2 含水量计算

$$\omega=(\frac{m_w}{m_d}-1)\times 100 \quad \cdots\cdots (14)$$

式中：ω——含水量，%；

m_w——湿土质量，g；

m_d——干土质量，g。

16.3 容重测定

16.3.1 测定方法

a. 切取原状土样，厚度大于环刀高度 0.3～0.5 cm，环刀涂薄层凡士林，放在土样上，其圆心对准土样中心；

b. 将环刀垂直下压，边压边用钢丝锯削去外围土样直至土样伸出环刀为止，削平环刀两端余土，并将环刀外壁擦净，用感量 0.01 g 天平称重；

c. 取代表性样品测定含水量。

16.3.2 容重和干容重的计算

$$\rho=\frac{m_w}{V} \quad \cdots\cdots (15)$$

$$\rho_d=\frac{\rho}{1+0.01\ \omega} \quad \cdots\cdots (16)$$

式中：ρ——容重，g/cm³；

ρ_d——干容重，g/cm³；

m_w——湿土质量，g；

V——环刀容积，cm³；

ω——含水量，%。

16.4 相对密度测定

土的相对密度为土颗粒在 100～105 ℃下烘至恒重时的质量与同体积 4 ℃下蒸馏水的质量之比值。

16.4.1 测定方法

a. 将烘干土样研散，过 2～5 mm 筛，取代表性样约 15 g，装入烘干比重瓶，烘干，放入干燥器冷却，称量；

b. 在比重瓶中加中性溶液至比重瓶一半，放入真空缸内抽气，时间约 1～2 h，直至悬液内无气泡逸出为止；

c. 待悬液澄清后，用滴管加中性液至比重瓶刻度，加比重瓶塞，使多余中性溶液自瓶塞毛细管中溢出，擦干，称量，测定瓶内中性溶液温度。

16.4.2 相对密度计算

$$G_s=\frac{m_d}{m_1+m_d-m_2}G_{kt^0} \quad \cdots\cdots (17)$$

式中：G_s——土的相对密度；

m_d——干土质量，g；

m_1——瓶和中性溶液总质量，g；

m_2——瓶、中性溶液和土总质量，g；

G_{kt^0}——t ℃中性溶液相对密度（中性溶液的相对密度随温度变化曲线预先绘制）。

16.5 粘着力的测定

16.5.1 天然粘着力测定方法

a. 切取均质原状土试样，长、宽和高各 5 cm，整平试样表面，放在粘着力仪底座上；

b. 调节仪器底座使试样与粘锤接触，加适量压力使粘锤与试样完全接触，轻轻卸去压力（避免碰击粘锤杆）；

c. 调节粘着力仪使两端平衡，在粘着力仪另一端小心加钢珠或砝码，直至粘锤离开试样为止；

d. 用感量 0.01 g 天平称钢珠质量，并测定试样含水量。

16.5.2 最大粘着力测定方法

a. 把土样风干、研散，过 0.5 mm 筛，取过筛后土样 200 g，放在调土皿中加少量蒸馏水，搅拌均匀，盖土湿布，静置 12 h；

b. 用调土刀调匀，并测试土样有否粘着调土刀，如没有，需加少量蒸馏水调匀，直到土样开始粘着调土刀为止；

c. 取部分试样密实填满仪器的试杯，并在桌上轻轻敲击排出试样中空气，刮平试样表面，放在仪器底座上，按天然粘着力 b、c、d 测定步骤测定粘着力和含水量；

d. 把试杯中余土挖出与调土皿中土样混合，加 2～3 cm^3 蒸馏水搅匀，重复测定粘着力与含水量，直至所求的粘着力由小-大-小的转变过程，约 5 个以上粘着力数据。

16.5.3 天然粘着力计算与最大粘着力确定

a. 天然粘着力计算公式

$$f_0=\frac{mg}{10A} \quad \cdots\cdots (18)$$

式中：f_0——天然粘着力，kPa；

m——钢珠质量，kg；

A——粘锤面积，cm^2；

g——当地重力加速度，m/s^2。

b. 最大粘着力确定

按天然粘着力计算方法计算不同含水量下土的粘着力 f_i，以含水量为横坐标，粘着力为纵坐标，绘制它们的关系曲线，曲线的最高点即为最大粘着力 f 与其对应的含水量 W_f。

16.6 抗压强度的测定

16.6.1 压缩试验

a. 用压缩仪上环刀切取试样（其过程见容重测定）并测定试样容重和含水量；

b. 试样上下各放一张湿润滤纸，连环刀一起放入压缩容器的透水石上，小心安装护环、透水石和加压板，把压缩容器置于加压柜架中心；

c. 调整量表使其指针读数为某一大值；

d. 逐级加荷压缩 24 h，最后 1 h 的压缩稳定不超过 0.05 mm，然后成倍增加下一级荷重，一般压缩试验到 0.4 kPa 为止，高压压缩试验到 3.2 kPa 为止；

e. 压缩试验结束后，测定压缩后试样含水量。

16.6.2 抗压强度有关指标的计算

a. 抗压强度有关参数计算见附录 E；

b. 以压力 p 为横坐标，沉降量 s 或孔隙比 e 为纵坐标，绘制单位沉降量或孔隙比与压力的关系曲线；

c. 作 e-log$p$ 曲线，求原状土先期固结压力 P_c。

16.7 抗剪强度测定

16.7.1 快剪试验

a. 用仪器环刀按容重测定要求切取一组四个原状土试样。并测量容重和含水量；

b. 四个试样上下各放一张塑料薄膜（大小与环刀直径一致），把试样推入盒内透水石上，并加透水

石，压盖板，钢珠，压力框架；

c. 转动手轮，使量力环前端与上剪切盒钢珠接触，调整量力环中量表读数为零，（如需测记垂直变形，则安装垂直量表）；

d. 施加垂直压力：四个试样的垂直压力分别为 0.05，0.1，0.2，0.4 kPa，各个垂直压力可一次施加，也可分次施加，达到要求压力；

e. 施加垂直压力后，立即拨去剪切盒固定插销，开动秒表，以 4～12 r/min 均匀速度转动手轮，使试样在 3～5 min 内剪损，手轮每转一圈，测记量力环量表读数，直至剪损、剪切后尽快取出试样，测定剪切面上的含水量。

16.7.2 固结快剪试验

a. 按 16.7.1a.b.c 过程进行，其中试样上下改放湿滤纸，分别推入四个剪切盒内进行固结；

b. 施加垂直压力进行固结，其过程与压缩试验一致，但各试样垂直压力分别达到 0.05，0.1，0.2，0.4 kPa 为止，每小时垂直变形不超过 0.05 mm 时为达到固结稳定，按快剪过程施加水平剪切力进行剪切；

c. 如果试样在预压仪上固结，当四个试样移至剪切仪后，每小时固结稳定仍需不超过 0.05 mm 的变形才可进行剪切。

16.7.3 快剪和固结快剪强度计算

a. 根据下式计算应变控制式直接剪切仪所测得试样的剪应力及剪切位移；

$$\tau_i = CR \quad \cdots\cdots (19)$$

$$\Delta L = nl - R \quad \cdots\cdots (20)$$

式中：τ_i——剪应力，kPa；

c——量力环率定系数，kPa/mm；

R——量力环量表读数，mm；

ΔL——剪切位移，mm；

l——手轮每转一周剪切位移的距离，mm，$l = 20 \times 0.01$ mm；

n——手轮转数。

b. 以剪应力为纵坐标，剪切位移为横坐标绘制 τ_i 与 ΔL 的四条关系曲线，关系曲线上剪应力峰点或稳定值作为抗剪强度 τ；

c. 以抗剪强度是 τ 为纵坐标，垂直压力 P 为横坐标，绘制 $\tau \sim P$ 关系曲线，该曲线应为一直线，直线的倾角为土的内摩擦角 ϕ，直线在纵坐标上的截距为土的内聚力 C。

16.7.4 小型十字板抗剪强度测定

16.7.4.1 小型十字板剪力试验

a. 用削土刀整平原状土样表面，依据土质软硬程度选用十字板头，并与十字板剪力仪连接；

b. 将十字板对准土样中心，轻轻压入土样直至十字板头底面与土样接触，慢慢转动十字板剪力仪，约在 0.5～1 min 内剪损土样，记录剪力仪上剪损值，并测定土样的含水量和容重。

16.7.4.2 计算十字板抗剪强度

$$C_a = KR \quad \cdots\cdots (21)$$

式中：C_a——十字板剪切强度，kPa；

K——十字板头率定系数，kPa；

R——十字板剪力仪读数值。

以十字板抗剪强度为横坐标，土样深度为纵坐标，绘制十字板抗剪强度随深度变化曲线。

16.8 资料整理

16.8.1 工程地质单元的划分

根据调查区沉积物力学性质特征，结合地貌，沉积物的地质年代，物质组成，结构构造等，把性质相

近的层或土区划分为工程地质单元和土体单元。

16.8.2 物理力学性质指标统计

同一工程地质单元要做各参数测定指标统计，编制统计表和散点图，以此反映测定指标的变化范围，从散点图可直接求出单元体的指标值。

16.8.3 测定报告

沉积物物理力学性质测定报告的内容包括目的任务、测定项目与工作量、测区沉积物物理力学性质垂直和水平变化规律、工程地质条件评价等。

17 沉积物古生物鉴定

17.1 技术要求

a. 根据任务确定鉴定的门类，定量或定性鉴定，以及其分类单位；

b. 样品采集不得混样和污染；

c. 样品处理和制备，应使化石充分分离并高度富集，化石表面清洁，结构和纹饰清楚，防止化石破损；

d. 定量鉴定，应称量准确，缩分均匀，统计精确；

e. 样品清洗和浸泡均用过滤水或蒸馏水。

17.2 孢粉分析

17.2.1 样品制备

a. 样品处理采取酸碱法、氢氟酸法等，除去沉积物中的钙质和其他杂质；

清洗干净后的样品用相对密度为 2.2 的重液进行至少两遍的离心分离，分离后称重；

b. 样品充分浮选后制成活动片和固定片；

c. 样品处理制备应列表登记，登记内容包括：原编号、实验室编号、岩性、样品来源及采集地点、水深、湿重、干湿比和干质量、分离后样品质量、每片样品质量、处理方法等。以下各门类样品处理制备均仿此要求列表登记。

17.2.2 鉴定分析

孢粉化石统计时，放大倍数选用 250～300 倍，观察孢粉化石微结构用 600 倍。油浸镜用 1 000 倍以上。每个样品鉴定 200 粒以上。

鉴定过程中应注意区分出混入的现代孢粉。

鉴定分析结果按样品编号、分类名称、粒级与百分含量列表统计。

17.3 有孔虫分析

17.3.1 样品制备

样品先作干湿比测定，然后称重、浸泡，充分散发后筛洗，筛孔径为 0.006 3 mm，筛上部分经烘干称重后供鉴定。

17.3.2 鉴定分析

a. 样品缩分后，选一份样品进行鉴定统计，每个样品鉴定统计 100 个以上个体(底栖有孔虫)；溶触作用不明显的样品，浮游有孔虫应统计 300 个个体以上；

b. 除分类鉴定外，应观察磨损、破碎程度和溶蚀现象等；

c. 根据要求，作壳体微细结构观察和化学成分分析等，并选取代表性的个体进行扫描电镜照相或显微照相。

17.4 硅藻分析

17.4.1 样品制备

a. 取样数量通常为 30 g，含砂量大的沉积物可多取，粉砂及更细沉积物可少取；

b. 湿样烘干后称质量，求出干湿比后再浸泡；

c. 加稀盐酸去钙，加 30%(V/V)双氧水(或浓硫酸)去有机质；

d. 洗净的样品离心去水，然后加 2 倍于样品体积、相对密度为 2.4 的镉重液，以 1 500 r/min 速度离心分离 20 min，富集的硅藻用水稀释并加数滴冰乙酸，然后洗去重液；

e. 用吸管吸取搅拌均匀的硅藻悬浮液，均匀置于盖玻片上，晾干，用加拿大树脂固片。

17.4.2 鉴定分析

鉴定到种。观察和描述壳体大小，磨损程度，溶解特征，破碎状况，压实程度及壳体内矿物充填情况等。

每个样品统计不得少于 200 个个体，壳体完整程度达 1/2 以上者方可参与计数。

17.5 放射虫分析

17.5.1 样品制备

样品浸泡、去钙、去有机质等与硅藻样品的处理相同。处理后的样品用 0.063 mm 孔径筛筛洗，筛上部分烘干称质量、制片方法与硅藻相同。每片所用样品需称质量，片子要均匀无气泡。

17.5.2 鉴定分析

鉴定要求同 17.4.2。

17.6 钙质超微化石分析

17.6.1 样品制备

a. 鉴定样品为小于 0.035 mm 粒级的沉积物；

b. 取 1 g 样浸泡，处理液的 pH 值大于或等于 9.4，需除去有机质时加 30%的 H_2O_2；

c. 偏光显微镜下鉴定的样品制片是将泡散的样品搅拌成泥浆，取数滴涂于盖玻片上，在酒精灯或电热板上烤干，反转盖在涂有封片剂的载玻片上。

扫描电镜观察的样品，将泡散的泥浆用反复离心法、烧杯法、滴管法或滤纸法将化石进一步富集，最后摇匀后制成。

17.6.2 鉴定分析

偏光镜下鉴定放大 1 000 倍，每片统计 10 个视域以上。

扫描电镜鉴定放大 3 000 倍，进行分类和微细结构观察。

17.7 介形虫分析

样品制备和鉴定分析同 17.3 条。

17.8 其他微体古生物鉴定

翼足类及其他软体动物微体化石、鱼石、鱼耳石、轮藻、珊瑚及苔藓虫等微体化石的样品制片与 17.3 条相同。

沟鞭藻的处理与 17.2 条相同。

硅鞭藻、几丁虫的处理与 17.4.1 相同。

海绵骨针与 17.5.1 相同。

17.9 大型生物鉴定

软体动物、甲壳动物的鉴定统计方法见 GB 12763.6。

珊瑚、钙藻、苔藓虫等需切片，制成光片或薄片进行鉴定。

17.10 资料整理

a. 整理鉴定统计表，计算相对和绝对含量；

b. 编制站位图、数量分布图、组合分区图、分类单位垂直分布图、曲线图等；

c. 编写鉴定报告。

18 沉积物化学测定

本标准仅列出沉积物化学测定的主要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。

18.1 技术要求

a. 沉积物化学测定的主要项目有：

现场测定项目：Eh、pH、Fe^{3+}/Fe^{2+}等；

室内测定项目：有机碳、全氮、碳酸盐、SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、MgO、CaO、Na_2O、K_2O、TiO_2、P_2O_5、MnO、灼减量等；

b. 样品分析质量要求，采用标准样品法，须在每批样品分析的同时，插入两个或两个以上标准样品(国内一级或二极)，允许分析误差范围见表5；

c. 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(参照表5)者为整批样品分析合格。

18.2 pH值测定(电位法)

18.2.1 主要仪器

a. pH计或离子计；

b. 玻璃电极及其配套的饱和甘汞电极。

18.2.2 试剂

a. 标准缓冲溶液

邻苯二甲酸氢钾[$c(KHC_8H_4O_4)=0.05$ mol/dm³](在25℃，pHs=4.00)；

磷酸二氢钾[$c(KH_2PO_4)=0.025$ mol/dm³]，磷酸氢二钠[$c(Na_2HPO_4)=0.025$ mol/dm³](25℃，pHs=6.86)；

十水四硼酸钠[$c(Na_2B_4O_7\cdot 10H_2O)=0.01$ mol/dm³](25℃时，pHs=9.18)。

b. 配制标准溶液用蒸馏水应煮沸并冷却，电导率小于2×10^{-6}s/cm，其pH以6.7～7.3为宜。

表5 允许误差范围 %

组分	含量	允许误差	组分	含量	允许误差
SiO_2	>50	0.7	P_2O_3	>1	0.3
	<50	0.6		0.5～1	0.2
Al_2O_3	>20	0.7		<0.5	0.1
	<20	0.5	灼减量		0.5
Fe_2O_3	>5	0.5	pH		±0.3 pH单位
	<5	0.3	Eh		10 mV
MgO	>10	0.6	Fe^{3+}/Fe^{2+}		0.2
	5～10	0.5	可溶硅(SiO_2)	>5	0.5
	<5	0.4		1～5	0.4
CaO	>10	0.6		<1	0.2
	5～10	0.5	碳酸盐($CaCO_3$)	>15	1.00
	<5	0.4		5～15	0.75
K_2O	>10	0.7		<1	0.5
	5～10	0.5	有机碳	>5	0.5
	<5	0.3		1～5	0.4
Na_2O	>10	0.7		<1	0.3
	5～10	0.5	全氮	>0.5	0.1
	<5	0.3		<0.5	0.05
MnO	>1	0.3	Cl		0.2
	0.5～1	0.2	FeO		0.5
	<0.5	0.1			
TiO_2	>1	0.2			
	<1	0.1			

注：含量小于0.1%的组分以$(A-B)/(A+B)\times100\%\leqslant50\%$来衡量。$A$、$B$分别为重复分析的两个数据。

18.2.3 分析提要

a. 按规定对仪器进行预热、温度补偿调节、零点调节及定位，定位用的标准缓冲液选择接近被测沉积物之 pH 值；

b. 称取有代表性的新鲜湿样约 20 g，于 50 cm^3 烧杯中，加入适量水，剔除硬物，搅成糊状，半小时内进行测定；

c. 洗净电极，用滤纸吸去水分，插入搅匀后的样品，（玻璃电极的球泡部分应全部浸入样品中，并稍高于甘汞电极的陶瓷芯端），放置平衡 3 min 后读数，应重复测量至前后两次读数一致，误差不超过 0.1。

18.3 Eh 值测定（氧化还原电位法）

18.3.1 主要仪器

a. 铂电极和甘汞电极；

b. 其他仪器设备同 pH 值测定。

18.3.2 试剂

醌氢醌（$C_{12}H_{10}O_4$）饱和缓冲溶液：pH 值为 4.00 或 4.01。

18.3.3 分析提要

a. 电极检查和校正

以洗净的铂电极为指示电极“+”极，饱和甘汞电极为参比电极“−”极，将电极浸入醌氢醌饱和缓冲溶液中，测量 E 值，测定值与理论值（25 ℃时为+221 mV）之差超过 5 mV，应更换铂电极；

b. 取新鲜湿样约 20 g，将两对（电极间距不超过 1 cm）铂电极-饱和甘汞电极，或用两支铂电极与一支饱和甘汞电极组合，同时插入样品中，待平衡后（一般 2～3 min）读数，应重复测定，前后两次读数不超过 5 mV，取平均值；

c. 计算和温度校正

从仪器上读得的电位值是 Eh 值与饱和甘汞电极的电位差，需按下式换算得沉积物的 Eh 值。

$$Eh = E_a + E_b \quad \cdots\cdots (22)$$

式中：E_b——仪器上测得的电位值 mV；

E_a——饱和甘汞电极电位（mV），其随温度变化，在 25 ℃时其值为 243 mV，温度每增加 10 ℃，约低 6～7 mV，由于 Eh 的最小读数误差为 5 mV，故若温度变化不显著时，可不作校正。

18.4 Fe^{3+}/Fe^{2+} 比值测定（EDTA 容量法）

18.4.1 主要仪器

a. 滴定管，25 cm^3；

b. 移液管，15 cm^3。

18.4.2 试剂

a. 5%（V/V）盐酸（HCl）溶液；

b. 乙酸钠溶液［$c(CH_3COONa \cdot 3H_2O) = 3\ mol/dm^3$］；

c. 碳酸氢钠（$NaHCO_3$ 固体）；

d. 500 g/dm^3 过硫酸铵［$(NH_4)_2S_2O_8$］溶液；

e. 100 g/dm^3 水扬酸钠（$C_7H_5O_3Na$）溶液；

f. EDTA 二钠盐溶液［$c(C_{10}H_{14}N_2O_8Na_2 \cdot H_2O) = 0.01\ mol/dm^3$］。

18.4.3 分析提要

a. 称取 2 g 新鲜湿样，置于 150 cm^3 三角烧瓶中，加入 0.5 g 碳酸氢钠、5%盐酸 60～80 cm^3，迅速塞上带 S 形玻璃管的橡皮塞，使试样均匀散开，低温加热，并保持微沸 10 min（严格控制温度），冷却，澄清；

b. 移取上层清液 15 cm^3 于 50 cm^3 三角烧瓶中，以乙酸钠调节至 pH=1.5～2.5，加水扬酸钠指

示剂 2～3 滴，加热至 50～60℃，用 0.01 mol/dm³EDTA 溶液滴定至紫葡萄色完全退去，溶液呈黄色为终点；

c. 往溶液中加过硫酸铵溶液 3～4 滴，氧化试样中 Fe^{2+}，放置 3～5 min，将又呈紫葡萄色的溶液加热至 50～60℃，再用 EDTA 溶液滴定至终点；

d. 计算：

$$Fe^{3+}/Fe^{2+}=A/B \quad \cdots\cdots (23)$$

式中：A——滴定高价铁消耗 EDTA 溶液的体积，cm^3；

B——滴定低价铁消耗 EDTA 溶液的体积，cm^3。

18.5 二氧化硅测定(碱熔-氟硅酸钾容量法)

18.5.1 主要仪器

a. 银坩埚；

b. 高温箱式电阻炉：1 000～1 600℃；

c. 碱式滴定管：25 cm^3。

18.5.2 试剂

a. 固体氢氧化钾(KOH)；

b. 300 g/dm^3 氯化钾(KCl)溶液；

c. 200 g/dm^3 氟化钾($KF \cdot 2H_2O$)溶液；

d. 50%(V/V)乙醇(酒精)洗液，以氯化钾饱和；

e. 氢氧化钠标准溶液[$c(NaOH)=0.2$ mol/dm³]。

18.5.3 分析提要

a. 称取 0.1 g(准确至 0.000 5 g)试样于银坩埚中；

b. 加 2 g 氢氧化钾，放入高温电阻炉中逐渐升温至 500～550℃取出，趁热用 10 cm^3 煮沸过的热水浸取，在不断搅拌下加 10 cm^3 浓硝酸，10 cm^3 的氯化钾溶液，冷至室温，加少许纸浆，加入 10 cm^3 氟化钾溶液充分搅拌，放置 5～10 min(视沉淀时温度而定，最多不超过 20 min)；

c. 用定性滤纸过滤，用酒精洗液冲洗烧杯并沉淀各 3～4 次，洗去大部分游离酸和铁、铝、锰等杂质，将沉淀物连同滤纸摊入 300 cm^3 烧杯中，加 10 cm^3 酒精洗液，1～2 滴甲基红指标剂，捣碎滤纸；

d. 用 50 g/dm^3 氢氧化钠中和大量游离酸，然后用 0.1 mol/dm³ 盐酸和氢氧化钠反复中和，迅速加入 150 cm^3 预先中和的沸水，加 1 cm^3 酚酞指示剂。用标准氢氧化钠溶液滴至微红色为终点，同时测定试剂空白；

e. 计算：

$$\omega_{(SiO_2)}=\frac{c_{(NaOH)}(V-V_0)\cdot F}{m}\times 100 \quad \cdots\cdots (24)$$

式中：$\omega_{(SiO_2)}$——沉积物中二氧化硅的质量比值，%；

$c_{(NaOH)}$——氢氧化钠标准溶液的浓度，mol/dm³；

V——滴定时消耗氢氧化钠溶液的体积，cm^3；

V_0——试剂空白消耗氢氧化钠溶液的体积，cm^3；

F——等于 0.015，即消耗 1 cm^3 浓度为 1 mol/dm³ 氢氧化钠相当的二氧化硅的量，g；

m——样品质量，g。

18.6 铝钙镁铁钛锰的测定(ICP-AES 法)

18.6.1 主要仪器

a. 高频等离子体发生器；

b. 光谱仪；

c. 测微光度计；

d. 光谱投影仪。

18.6.2 试剂(均用分析纯试剂和二次去离子水)。

标准系列:分别用海绵铁、金属锰、铝、碳酸钙、氧化镁、氧化钛制成 1 mg/cm³ 溶液,用逐级稀释法,制成混合标准系列,如表 6,此系列均含 2%(V/V)盐酸。

18.6.3 分析提要

a. 样品溶液的制备,采用氢氟酸-硝酸-高氯酸酸溶系统,除尽氟离子,不去溶,制成盐酸浓度为 2%(V/V),样品浓度为 1 mg/cm³ 的溶液;

b. 按已选择好的测定条件摄谱、显影、定影、测出诸谱线的净黑度值,于标准曲线中查出元素含量。计算式为:

$$\omega_{(x)}=\frac{\rho_{(x)}\cdot f_{(x)}}{\rho_0}\times 100 \cdots\cdots (25)$$

式中:$\omega_{(x)}$——某元素质量比值,%;

$\rho_{(x)}$——工作曲线上查得某元素浓度,μg/cm³

$f_{(x)}$——某元素换算为氧化物的系数;

ρ_0——试样中样品浓度,μg/cm³。

18.7 钾钠测定(火焰原子吸收法)

18.7.1 主要仪器及工作条件

a. 原子吸收分光光度计;

b. 钾和钠空心阴极灯;

c. 灯电流 2 mA;

d. 单色器通带 0.2 nm;

e. 空气-乙炔火焰;

f. 吸收位置:清晰不发亮的氧化焰。

18.7.2 试剂

a. 钾标准溶液[$\rho_{(K_2O)}=100$ μg/cm³];

b. 钠标准溶液[$\rho_{(Na_2O)}=100$ μg/cm³];

c. 氯化铯溶液[$\rho_{(CsCl)}=10$ mg/cm³];

d. 2%(V/V)盐酸(HCl)溶液。

18.7.3 分析提要

a. 样品溶液的制备:同 18.6.3a;

b. 标准系列:分别取 $Na_2O(K_2O)$100 μg/cm² 的标准液 0,1.0,1.5,2.0,2.5,3.0 cm³ 于 25 cm³ 容量瓶中,加入 1.5 cm³10 mg/cm³ 的氯化铯,用 2%盐酸稀释至刻度;

c. 取 2 cm³1 mg/cm³ 的样品溶液于 10 cm³ 比色管中,加入 0.5 cm³10 mg/cm³ 氯化铯,用 2%盐酸稀释至刻度;

d. 样品液及标准系列溶液同时用火焰原子吸收法进行测定。K_2O:λ=766.5 nm,当钾含量高时,采用 404.4 nm 吸收线测定;Na_2O:λ=589.0 nm,当钠含量高时,采用 330.2 nm 吸收线测定;

e. 计算:

$$\omega(Na_2O\text{ 或 }K_2O)=\frac{\rho}{\rho_0}\times 100 \cdots\cdots (26)$$

式中:$\omega(Na_2O\text{ 或 }K_2O)$——样品中 Na_2O 或 K_2O 的百分含量,%;

ρ——查得工作曲线浓度,μg/cm³;

ρ_0——试液中样品浓度,μg/cm³。

18.8 有机碳测定(重铬酸钾-硫酸氧化法)

18.8.1 主要仪器

a. 硬质试管，$\phi 18\times 160$ mm；

b. 油浴锅，内盛液体石蜡或植物油；

c. 10 cm^3 和 25 cm^3 酸式滴定管。

18.8.2 试剂

a. $c(1/6K_2Cr_2O_7)=0.4$ mol/dm^3 重铬酸钾-硫酸溶液；

b. 硫酸亚铁标准溶液[$c(FeSO_4\cdot 7H_2O)=0.2$ mol/dm^3]，使用前应正确标定；

c. 邻啡罗啉指示剂。

18.8.3 分析提要

a. 视样品中有机碳含量，称取 0.1～0.5 g 试样(称量准确到 0.000 5 g)，置于试管中，加 0.1 g 固体硫酸银，准确加入 10.00 cm^3 0.4 mol/dm^3 重铬酸钾-硫酸溶液，在试管口放一小漏斗；

表 6 标准系列 μg/cm^3

被测元素＼系列号	1	2	3	4	5	6	7
Fe	2.50	5.00	7.50	10.00	20.00	30.00	40.00
Mn	0.125	0.250	0.500	0.750	1.000	2.000	3.000
Al	2.50	5.00	7.50	10.00	25.00	50.00	75.00
Mg	2.50	5.00	7.50	10.00	20.00	30.00	40.00
Ca	2.50	5.00	7.50	10.00	20.00	30.00	40.00
Ti	0.50	0.75	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000

b. 将一批试管插入铁丝笼中(包括空白样)，置于油浴中，维持温度在 175±5 ℃，煮沸 5 min，取出铁丝笼，稍冷后擦净试管外壁油液；

c. 将试液倒入 250 cm^3 烧杯中，冲洗小漏斗及试管内壁残留试液入烧杯中，控制溶液在 60～70 cm^3(保持溶液酸度为 1～1.5 mol/dm^3)，加 2～3 滴邻啡罗啉指示剂，此时溶液为橙色。用 0.2 mol/dm^3 硫酸亚铁标准溶液滴定，终点由橙→绿→绿青→棕红色，记录硫酸亚铁用量。在一批样品测定的同时进行空白试验；

d. 计算：

$$\omega_{(Corg)}=\frac{(V_0-V)\cdot c\cdot F}{m}\times 100 \quad \cdots\cdots (27)$$

式中：$\omega_{(Corg)}$——样品中有机碳百分含量，%；

V_0——空白试验消耗硫酸亚铁溶液的体积，cm^3；

c——硫酸亚铁溶液浓度，mol/dm^3；

V——试样中消耗硫酸亚铁溶液的体积，cm^3；

m——样品质量，g；

F——等于 0.003，即消耗 1 cm^3 浓度为 $c(1/6K_2Cr_2O_7)=1$ mol/dm^3 溶液所相当的有机碳的量，g。

18.9 磷的测定(磷钒钼黄比色法)

18.9.1 主要仪器

a. 分光光度计；

b. 铂坩埚或聚四氟乙烯坩埚。

18.9.2 试剂

a. 氢氟酸(HF)；

b. 1∶1(V/V)硫酸(H_2SO_4)；

c. 5 mol/dm³ 硝酸(HNO_3)；

d. 活性炭粉；

e. 硝酸，煮沸除去游离氧化氮，使呈无色；

f. 钒酸铵(NH_4VO_3)-钼酸铵[$(NH_4)_6Mo_7O_{24}\cdot 4H_2O$]显色剂；

g. 10%(V/V)硝酸-显色剂混合溶液[3∶2(V/V)]；

h. 磷标准溶液：100 μg/cm³ P_2O_5 标准溶液和 10 μg/cm³ P_2O_5 标准溶液。

18.9.3 分析提要

a. 分析溶液的制备

称取 0.2 g 样品置于铂坩埚中，用少许蒸馏水湿润，加 1 cm³ 的 1∶1 硫酸，5～6 cm³ 氢氟酸，中温加热分解，并摇动坩埚，待分解完全，冒白烟 10 min 后取下冷却，用小量蒸馏水冲洗坩埚壁，再继续加热蒸发至白烟冒尽，取下坩埚，冷却后加 3 cm³ 的 5 mol/dm³ 硝酸，加热使盐类溶解(控制体积不小于 1.5 cm³)，加水至大半坩埚，继续加热至白色盐类完全溶解，溶液呈黄色时，将坩埚取下，趁热加少量活性炭脱色(当有机物和硫化物含量较高时，应在称样后置于高温炉 600～700 ℃灼烧，然后再进行酸溶分解)，待溶液冷却后，移入 50 cm³ 容量瓶中定容，用密滤纸干过滤；

b. 标准曲线的绘制

分别吸取 0，10，20，30，40，50……100 μg P_2O_5 标准溶液于 50 cm³ 容量瓶中，加浓硝酸 2 cm³，用蒸馏水稀释至 30 cm³ 左右，加 10 cm³ 显色剂，摇匀，定容，20 min 后(室温低于 10 ℃时 40 min 后比色)于 450 nm 波长处，用 2 cm 比色池比色；

c. 样品测定

移取 5 cm³ 分析液置于 25 cm³ 干烧杯中，加 5 cm³ 硝酸-显色剂混合液，充分搅匀，20 min 后于 450 nm 波长处，用 2 cm 比色池比色；

d. 计算

$$\omega_{(P_2O_5)}=\frac{c\times 0.2\times 10^{-6}}{m}\times 100 \quad \cdots\cdots (28)$$

式中：$\omega_{(P_2O_5)}$——样品中 P_2O_5 的百分含量，%；

c——标准曲线查得 P_2O_5 的量，μg；

m——分取样量，g

0.2×10^{-6}——系数。

18.10 全氮测定(氨气敏电极法)

18.10.1 主要仪器

a. 数字式离子计；

b. 氨气敏电极。

18.10.2 试剂(均用去离子水)

a. 氨标准溶液：含氮 1 mg/cm³，0.1 mg/cm³，0.01 mg/cm³，0.001 mg/cm³，0.000 1 mg/cm³ 标准液；

b. EDTA 二钠盐溶液[$c(C_{10}H_{14}N_2O_8Na_2\cdot 2H_2O)=0.5$ mol/dm³]；

c. 400 g/dm³ 氢氧化钠(NaOH)溶液；

d. 100 g/dm³ 碳酸钠(Na_2CO_3)溶液；

e. 电极内充液：0.1 mol/dm³ 氯化铵(NH_4Cl)加 0.1 mol/dm³ 氯化钠(NaCl)溶液或者 0.1 mol/dm³ 氯化铵(NH_4Cl)加饱和氯化银；

f. 混合催化剂-硫酸钾(K_2SO_4)与硫酸铜($CuSO_4$)按 10∶1 比例混合，研细。

18.10.3 分析提要

a. 试样消煮：准确称取 1.000 g 样品于 100 cm^3 三角瓶中，加 1.85 g 混合催化剂，加 5 cm^3 浓硫酸，用小漏斗作盖，文火加热至沸，并不断摇动，待溶液呈淡绿色后断续保持微沸 15～20 min，取下稍冷，用水冲洗小漏斗，并移至 100 cm^3 容量瓶中，稀至刻度，冷却后再次定容；

b. 吸取分析溶液（清液）50 cm^3 于 100 cm^3 容量瓶中，滴加氢氧化钠溶液至刚出现氢氧化物沉淀，再加 2 cm^3 碳酸钠溶液（此时 pH 约为 7～8），冷至室温，用水稀至刻度，摇匀，离心，吸取清液 50 cm^3 于 100 cm^3 烧杯中，加入 0.5 cm^3EDTA 二钠盐溶液，1 cm^3 氢氧化钠溶液；

c. 用已洗至空白电位值的氨气敏电极在搅拌下测定其电位值，读取稳定的电位值（E_1）后，加入精确体积的标准氮溶液，继续测定，读取稳定电位值（E_2），将 E_2-E_1 得 ΔE；

d. 计算：

$$c_{(X)}=\frac{c_s \cdot V_s}{V_x+V_s+V_a}\left[10^{\Delta E/S}-\frac{V_x}{V_x+V_s+V_a}\right]^{-1} \quad \cdots\cdots (29)$$

$$\omega_{(N)}=\frac{c_{(x)} \cdot V_x \times 10^{-3}}{m}\times 100 \quad \cdots\cdots (30)$$

式中：$c_{(x)}$——试样中氮的浓度，mg/cm^3；

$\omega_{(N)}$——样品中氮的百分含量，%；

c_s——加入氮标准溶液的浓度，mg/cm^3；

V_s——加入氮标准溶液的体积，cm^3；

V_x——被测试液（样品）的体积，cm^3；

V_a——加入的氢氧化钠和 EDTA 溶液体积之和，cm^3；

S——电极的斜率（浓度）相差 10 倍的两试液的电位差，mV；

m——被测试液（V_x）中样品量，g；

$\Delta E=E_2-E_1$，E_2、E_1 分别为两次测定的电位值，mV。

18.11 碳酸盐测定（容量法）

18.11.1 主要仪器

a. 恒温水浴锅；

b. 滴定管：25 cm^3 酸式及碱式滴定管。

18.11.2 试剂（水均指不含二氧化碳的蒸馏水）

a. 0.1 mol/dm^3 标准氢氧化钠溶液；

b. 0.1 mol/dm^3 标准盐酸溶液，经标定；

c. 酚酞指示剂。

18.11.3 分析提要

a. 称取 0.1 g 试样（含量低时可增加称量，称量准确至 0.000 5 g，）置于 100 cm^3 三角瓶中，用少许水湿润；

b. 加入 10 cm^3 标准盐酸溶液，塞上带玻璃管的橡皮塞；

c. 摇匀后置于电炉上加热微沸 3 min，然后移于 70～80 ℃的水浴锅上保温 10～20 min，待碳酸盐分解完全后，取下冷却；

d. 用少量水冲洗玻璃管、橡皮塞及瓶塞，加入 2～3 滴酚酞指示剂，用标准氢氧化钠溶液滴定至溶液呈粉红色；

e. 分析同时作空白试验；

f. 计算：

$$\omega_{(CaCO_3)}=\frac{(V_o-V_1)c_{(NaOH)} \cdot F}{m}\times 100 \quad \cdots\cdots (31)$$

式中：$\omega_{(CaCO_3)}$——样品中碳酸盐（以 $CaCO_3$ 计）的百分含量，%；

$c_{(NaOH)}$——标准氢氧化钠溶液的浓度，mol/dm³；

V_1——消耗氢氧化钠溶液的量，cm³；

V_0——空白样中氢氧化钠溶液的消耗量，cm³；

m——样品质量，g；

F——等于 50.04×10^{-3}，即消耗 1 cm³ 浓度为 1 mol/dm³ 氢氧化钠溶液所相当的 $CaCO_3$ 的量，g。

19 放射性测年

放射性测年的方法多，范围广，表 7 为海洋底质调查中较常用的几种测年方法和测年范围，其中以不平衡铀系、镭法、放射性碳和^{210}Pb 法最成熟，使用最广泛。

19.1 一般要求

a. 实验室须有良好的通风条件和必要的防护、监测设备；

b. 实验室采用的示踪剂和现代碳标准为中国矿物、岩石地球化学学会同位素地球化学委员会铀系组和中国第四纪委员会碳-14 学科组提供的标准；

c. 尽量减少样品在制备过程中的损失，提高化学回收率(回收率大于 75%)；

d. 测量相对误差小于 1%，放射性总计数大于 10 000 次。

19.2 不平衡铀系测年

19.2.1 样品要求

a. 采集的样品应处于封闭系统(样品中^{234}U 和^{238}U 在形成后的整个时期内不发生迁移)；

b. 样品形成初始时不含^{234}U；

c. 样品数量视样品中铀含量而定，一般为 10～20 g。

表 7 海洋底质调查中常用的放射性测年方法及测年范围

方法	衰变核子	半衰期，a	测年范围，a	适应测试样品
放射性铍	^{10}Be	1.5×10^{6}	2.5×10^{4}～1.5×10^{7}	大洋泥质沉积物，锰结核等
不平衡铀系	^{234}U	2.48×10^{5}	5×10^{4}～1×10^{6}	珊瑚，石钟乳，贝壳等
镭法	^{230}Th	7.52×10^{4}	3×10^{4}～4×10^{5}	珊瑚，湖、海泥质沉积物，骨化石，锰结核等
镤法	^{231}Pa	3.28×10^{6}	3×10^{4}～1.5×10^{5}	珊瑚，湖，海泥质沉积物，骨化石，锰结核等
放射性碳	^{14}C	5 730	＜70 000	植物，泥炭，贝壳，骨化石，碳酸盐等
镭法	^{226}Ra	1 600	＜10 000	湖泊，近海，陆架泥质沉积物
铅-210	^{210}Pb	22.3	＜150	湖泊，近海，陆架泥质沉积物

19.2.2 样品制备

a. 称取样品(精确到 0.000 1 g)；

b. 加^{232}U-^{226}Th 示踪剂；

c. 加酸消化、全溶样品；

d. 用离子交换树脂彻底分离和纯化铀、钍；

e. TTA 萃取；

f. 在不锈钢片上点制均匀的铀、钍放射源。

19.2.3 样品测量

a. 用 α 探测器和脉冲高度分析仪测量铀、钍放射源的 α 粒子，并进行能谱分析；

b. 仪器分辨率大于 50 keV，稳定性良好，测量全过程仪器飘移不超过两道。

19.2.4 数据分析

a. 校正本底、子母体分离后子体的衰变以及高能峰拖尾对相邻低能峰的影响；

b. 计算样品的地质年代及误差。

19.3 锾法测年

19.3.1 样品要求

a. 样品须是无变形、无搅动的原状样品；

b. 分层取样，间隔为 3～5 cm，并详细记录样品的粒度、结构构造等特征；

c. 样品数量：泥质沉积物为 10～20 g，锰结核为 0.1～0.2 g。

19.3.2 样品制备

同 19.2.2。

19.3.3 样品测量

同 19.2.3。

19.3.4 数据分析

同 19.2.4。

19.4 放射性碳测年

用常规的液体闪烁法可测四万年左右，用最新的加速器质谱计技术可测七万年。

19.4.1 样品要求

a. 样品须具有清楚的层位关系，无污染；

b. 样品数量视含碳量而定，一般应含有 5～10 g 纯碳。

19.4.2 样品制备

a. 二氧化碳的产生，有机碳用燃烧法，无机碳用酸解法；

b. 用硫酸铜溶液、干冰冷阱等纯化二氧化碳；

c. 加金属锂(Li)或钙(Ca)，与二氧化碳反应生成碳化物；

d. 加水，与碳化物反应生成乙炔(C_2H_2)；

e. 用干冰、液氮冷阱纯化乙炔；

f. 在催化剂作用下乙炔聚合成苯(C_6H_6)，合成苯反应器的真空不低于 1×10^{-4}hPa。

19.4.3 样品测量

a. 用双道液体闪烁计数器测定^{14}C 的 β 射线，仪器应有较高的探测效率和较低的本底计数，其品质因子应大于 800；

b. 样品测量前、后均需进行至少 24 h 现代碳和本底计数测量。

19.4.4 数据分析

a. 根据测得的样品计数率和现代碳计数率，计算样品的^{14}C 年代及测量误差；

b. ^{14}C 年代小于 7 000a 的样品应进行树轮年龄校正；

c. 海洋无机碳酸盐样品的年代一般偏老，应进行老碳(死碳)校正。

19.5 ^{210}Pb 测年

19.5.1 样品要求

同 19.3.1。

19.5.2 样品制备

a. 称取样品 10～20 g(精确到 0.000 1 g)；

b. 加^{208}Pb 示踪剂；

c. 加酸消化、浸取样品；

d. 离心分离，提取清液；

e. 加去干扰离子；

f. 在银片上制备均匀和厚度适中的钋放射源。

19.5.3 样品测量

同 19.2.3。

19.5.4 数据分析

a. 校正本底,子母体分离后子体衰变,^{210}Po 峰拖尾对^{208}Po 峰的贡献等测量数据;

b. ^{210}Pb 本底通常由测定同样品中^{226}Ra 值得到,也可用柱状样一定深度以下基本保持恒定的^{210}Pb值代替;

c. 进行"混合效应"校正。

20 底质调查成果

20.1 成果图件

a. 调查测线站位图;

b. 沉积物类型图;

c. 碎屑矿物分布或分区图;

d. 粘土矿物分布图;

e. 悬浮体含量分布图;

f. 生物壳体分布图(包括有孔虫、硅藻、放射虫、孢粉、超微化石、大型生物等);

g. 沉积物主要物理力学参数分布图;

h. 主要化学元素含量分布图;

i. 化学环境分区图。

20.2 数据表格

a. 站位和水深数据表;

b. 调查成果表;

c. 鉴定成果表;

d. 专业分析报表(包括地质、化学、生物等专业)。

其他一些专业性数据,能用图表的、尽可能使用图表表示。

20.3 调查报告

调查报告内容及要求见 7.3 条。

第四篇 海底浅层结构和表层沉积物声波探测

21 地层剖面探测

21.1 技术要求

21.1.1 剖面探测技术指标

a. 浅地层剖面

工作水深：100 m 以内；

探测记录深度：海底面以下(垂直)30～50 m；

记录分辨率：20～30 cm；

b. 中深地层剖面

工作水深：6 000 m 以内；

探测记录深度：海底面以下(垂直)200 m；

记录分辨率：3～5 m；

c. 剖面记录的地层反射信号和时标信号连贯清晰。

21.1.2 测量比例尺与测线布设

测量比例尺与测线、测网布设要求见表 1。

主测线方向应与海底地形等深线的总趋势方向垂直，或者与区域地质构造走向垂直，联络测线方向与主测线垂直。

21.2 仪器与设备

海底地层剖面探测仪器主要由声源、换能器阵和接收记录器三部分组成。

21.2.1 声源

a. 浅地层剖面仪的声源多利用电磁脉冲或电声换能产生，其声源级：86～90 dB：(re 1m，1 Pa)；

频谱：250 Hz～14 kHz；

b. 中深地层剖面仪器常用电火花、小气枪或水枪组合作声源，其声源级：90～97 dB(re 1 m，1 Pa)；

频谱：40 Hz～1 kHz。

21.2.2 接收换能器

接收换能器有两种类型，浅地层剖面仪多用压电换能器型，有收、发合用与收、发分开两种；中深地层剖面探测仪器用拖曳换能器阵，常有 8～30 个换能器组成线阵。

浅地层剖面仪水听器技术指标：

灵敏度 −100～−104 dB/V/Pa；

接收带宽 100 Hz～10 kHz。

中深地层剖面探测仪器的水听器技术指标：

灵敏度 −80～−84 dB/V/Pa；

接收带宽 20 Hz～1.5 kHz。

21.2.3 接收、记录设备

a. 具有在接收频段内可任意选择中心频率和带宽的滤波器；

b. 具有 TVG 增益调节功能；

c. 具有总增益、对比度和门限调节功能；

d. 工作前记录器用信号发生器进行调试，使记录纸上的线条画面深浅均匀，至少有 10 个以上灰阶。

21.2.4 仪器安装

舷挂式发射换能器与接收换能器挂于船的中后部同一侧，发在前，收在后，相距 6～8 m。

电磁脉冲或电火花声源与接收水听器阵视水深分别拖曳于船尾部一侧或两侧。

发射机和接收机必须接地良好，接收记录设备应安置在船尾部实验室。

21.3 对调查船要求

a. 浅地层剖面探测：

船的后甲板舷距吃水线小于 2.5 m；

低速持续航行速度不大于 5 kn；

供电电源，单相交流 220 V，50 Hz，大于 5 kW。

b. 中深地层剖面探测：

船的后甲板舷距吃水线小于 5 m；

供速持续航行速度不大于 8 kn；

供电电源，单相交流 220 V 与三相交流 380 V，50 Hz，大于 15 kW。

21.4 海上测量

21.4.1 航海要求

调查船应匀速、直线持续航行，不得随意停船。测线转移时，不得小角度转弯。

21.4.2 探测记录

a. 进入测线探测前，须进行接收机总增益、TVG 增益和接收频段选择调节，使探测剖面获得最佳穿透率和分辨率，拖曳式接收换能器，应尽量减小入水角，使拖曳阵保持平稳；

b. 剖面记录纸带上必须注记测线号、测线探测起始与结束时间、时标、水深及特殊情况简述等；

c. 值班记录应登录值班人姓名、海区、海况、航速、测线探测情况、周围环境状况及特殊情况处理过程等。

21.5 资料整理

21.5.1 干扰信号的识别

21.5.1.1 噪声干扰

海况、生物、尾流及螺旋桨空化引起的背景噪声属于宽带，在记录上表现为均匀的“雪花”状，机械振动及仪器接地不良引起的电噪声属于窄带，记录上表现为特殊的条带。

与发射脉冲和扫描频率有关的声发射反向散射能量造成混响噪声，它常出现于大功率声源在浅水区工作时，使地层回波模糊，记录分辨率低。

21.5.1.2 多次反射信号的识别

记录剖面上多次反射现象，应从声波旅行时间，反射界面形态及其强弱来判别。

时间上应是 $\tau_n \approx n\tau$

声源与接收器分别位于海面下一定深度 Z_1 和 Z_2，声源与接收器有一定的距离，会产生

$$\tau_n > n\tau_1$$

因 $\tau_1 = \left(D - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right) / C$

$$\tau_n = \left(nD - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right) / C$$

海底为倾斜界面时，$\tau_n = \frac{\sin n\phi}{\sin \phi} \tau_1$

τ_1 为反射波一次垂直旅行时间，τ_n 为 n 次反射波垂直旅行时间，D 为水深，C 为声速，ϕ 为界面倾角，且 $\psi_n = n\psi$，多次反射的倾角为一次反射的 n 倍。

反射形态上，多次反射界面与一次的射界面有相同的整体形态。一般其强度逐次变弱，但有时 TVG 调节不当可使二次反射强度大于一次反射强度，而三次或更多次反射一定会变弱。

21.5.2 地层剖面解释

21.5.2.1 解释内容

地层剖面解释内容包括追踪反射界面，划分反射波组，分析反射波组的特征，进行地质解释等。

21.5.2.2 地层剖面反射界面划分的原则

a. 同一层组波反射连续、清晰、可区域性追踪；

b. 层组内反射结构、形态、能量、频率等基本相似，与相邻层组有显著差异；

c. 主测线与联络线剖面相同层组的反射界面应能闭合。

21.5.2.3 剖面解释

a. 区域性强反射界面，且邻层对比差异明显，通常是不同沉积物类型的界面或沉积间断面；

b. 层内及层界面的反射波位移(错位)或扭曲变形，一般是断裂或构造运动引起的地层牵引；

c. 波层组呈现声屏蔽现象，在杂乱反射情况下，出现透明亮点，通常反映沉积物中存在着含气层；

d. 层界面起伏较大，其下，波反射模糊，一般定为声波基底；

e. 呈双曲线反射现象常是水下管道或较大的特异物体(如大砾石、沉船等)的反映。

地层剖面的准确解释应与钻探资料相组合。

22 海底多频探测

22.1 技术要求

22.1.1 主要技术指标

a. 主机性能：

各组换能器的等效阻抗 200 Ω；

各台接收机的增益曲线符合技术手册；

各台发射机的输出功率 2 kW；

各组换能器的绝缘阻抗大于 1 MΩ。

b. 仪器系统探测信噪比：$Sn/Nn>2$(Sn 为工作频率信号，Nn 为噪声电平)；

c. 剖面记录：海底线连贯、清晰、噪声干扰线条小于 10 条/h；

d. 计算机打印记录：错误点(或不记录点)小于 2 点/h。

22.1.2 测量比例尺与测线布设要求

a. 测量比例尺与测线布设要求见表 1；

b. 主测线方向与地形倾向相一致，联络测线垂直于主测线。

22.2 仪器系统调试与要求

22.2.1 主机系统的调试

a. 发射、接收机的调试和校正：水深 4 000～6 000 m 范围，要求发射功率均置于 0 dB 位(全功率发射)，脉宽都固定在 2 ms，采用固定增益接收，增益量的选择视各频率确定；

b. 发射接收机调试要求：电压超限，占空比超限及负载失配，指示灯在工作时都不亮；

c. 视水深，将记录仪的扫描、记忆扫描和扫描时延等开关调试至最佳组合，使记录动态能覆盖整个调查区，海底剖面连续、清晰；

d. 记录仪增益、对比度和门限三个旋钮位置一旦调好，在探测过程中不再旋动；

e. 测深数字化仪的调试在联机调试中进行。

22.2.2 输入程序

测量前，将系统程序和控制程序输入计算机。

22.2.3 计算机外围设备的调试

接通绘图仪，绘图仪应每小时绘制一次电平图。接通打印机，打印机应每隔 5 min 打印一次。

计算机各键均应在联机时，准确显示其功能。

22.2.4 联机调试

a. 测深工作方式调试：应选择海底反射变化率较缓慢的 3.5 kHz 或 7 kHz，调试至测深分显示器和数字化仪同步显示海底深度；

b. 多金属结核工作方法联机调试：除相关处理机不工作外，其他各分机均工作；测深数字化仪的报警装置置于 2，探测时报警声应不响；门限调节在回波出现（绿灯亮）的同时门灯亮，其他时间不亮；调节扫描记录，使键脉冲由内同步转为外同步。

22.3 海上测量

22.3.1 航海要求

调查船沿测线匀速航行，航速不得大于 14 kn。航行中，20 min 测定并记录一次船位，调查船进入和离开测线时，中途停船或改变航速时均要通告仪器室。

22.3.2 海底探测

22.3.2.1 系统校正

进入测线后，应对每个频率的信号电平进行校正。调整数字化仪，使之跟上海底地形，防止测深跟踪信号丢失。

22.3.2.2 确定基准电平

基准电平是指海底无多金属结核时，仪器系统各频率接收到的回波电平值。大洋调查中，通常是选择海底平坦、水深为 5 000 m 左右的地段，采取 100 个站位的底质样品，用取样粒径分段多金属结核丰度反演方法，计算多频系统各频率的基准电平值。

22.3.2.3 监测

监测电平值变化，发现高于基准电平值时，应根据现场情况进行综合对比，为取样或海底照相提供依据。

22.3.2.4 探测记录

探测记录包括四部分：

a. 计算机打印记录。每隔 5 min 打印一次，每次打印出时间、水深、船位、各频率回波信号的平均值、标准差、变异系数及回波信号数目等；

b. 电平图。每小时绘制一张；

c. 扫描记录仪的图像记录。每小时打记时标；

d. 值班记录。每小时记录一次海区、测线号、时间、船位、海况、仪器系统工作情况、调试情况、加大（或减少）增益时的调整数、特殊情况的处理等。

22.4 资料整理和计算

海底多频探测资料整理和计算前，需收集探测海域声波在海底沉积物中的反射率、声速、多金属结核的密度、平均粒径等资料。

22.4.1 现场资料的处理

多频探测资料要现场计算多金属结核丰度，并与取样资料作统计比较，求相关系数，若相关系数小于 0.7，说明对仪器进行系统校正时参数选择不当，应及时调整。

22.4.2 记录资料的处理

以电平图为基础，结合拖网、表层取样、海底照相等资料，鉴别剖面记录中不能定性分析与定量计算的区段予以剔出，对正常的剖面区段按点位取数进行分析和计算。

22.4.3 多金属结核的丰度与覆盖率计算

$$W=2/3q\rho\left[\sum_{n=1}^{3}(A_n-A_{n+1})D_n+A_4D_4\right] \quad \cdots\cdots (32)$$

$$A_n=\{(P_{sn}/P_{Non})^2(H/H_0)^3\exp[4\mu(H-H_0)-1]\}\cdot V_1^2/(V_2^2-V_1^2) \quad \cdots\cdots (33)$$

$$A = A_1 \cdot N \quad \cdots\cdots (34)$$

式中：W——多金属结核丰度，kg/m^2；

A——多金属结核覆盖率，%；

P_{sn}/P_{Non}——对应频率的电平值比；

An——粒径大于 D_n 的洋底多金属结核的覆盖率，%；其 $n=1,2,3,4$，分别表示 18，12，7，3.5 kHz；

N——大于 1 的校正系数（考虑粒径小于 2.6 cm 的结核）一般为 1.1～1.2 之间；

ρ——多金属结核的密度，g/cm^3；

q——折合系数，取 0.55；

H_0——5 000 m 水深；

H——现场水深，m；

μ——海水对声波的吸收常数，$\mu=\alpha/(20\log e)$，α 为吸收系数，dB/km；

V_1——无结核时洋底反射率；

V_2——多金属结核等效反射率；

D_n——分段频率所对应多金属结核的平均粒径，cm。

多金属结核丰度与覆盖率计算还可用其他公式，见附录 I、J。

23 海底声波探测成果图件与调查报告

23.1 成果图件编制

成果图件包括：地层剖面地质解释图，多金属结核丰度等值线图，多金属结核覆盖率分布图等。

a. 根据 21.5 条资料整理结果，选择适当的水平比例尺与垂直比例尺，绘制地层剖面地质解释图；

b. 按成图比例尺要求，绘制多金属结核丰度分布等值线图，丰度等值线为：5 kg/m^2、10 kg/m^3、15 kg/m^2、20 kg/m^2；

c. 按成图比例尺要求，绘制多金属结核覆盖率等值线分布图，覆盖率等值线为：10%、30%、50%、70%。

23.2 调查报告

地层剖面探测与多频探测分别编写调查报告、调查报告内容及要求参见 7.3 条。

多频探测报告应重点突出：

a. 调查方法与工作量；

b. 资料处理结果及其分析；

c. 调查区多金属结核丰度与覆盖率的分布特征；

d. 矿区储量与远景区评价。

第五篇 海底热流测量

24 海底热流测量技术要求

24.1 测点布设

根据地质任务的需要布设热流测点。

测点布设前，应先作地震剖面调查，或收集有关资料，了解海底沉积厚度、水深等变化情况。测点应布设在沉积物松软、沉积层厚度大的地区，沉积物厚度小于 200 m 或基岩海底不能布设热流测点。水深小于 1 000 m 的海区测量时，应收集该海区的底层水温资料，无历史资料时，应于测量工作前二个月连续观测底层水温度变化，供资料处理用。

24.2 剖面测量的测线、测网布设

a. 热流测量剖面应垂直于地质构造走向，并尽量与其他地球物理剖面相重合，剖面上测点间距一般为 3～5 km，地形平坦，沉积层厚度大的地区，测点间距可放宽到 5～10 km，地形复杂，沉积厚度变化大的地区，测点间距应加密到 1～2 km；

在剖面上，每隔 30～50 km 取沉积物柱状样，测量热导率；

洋中脊、海沟、断裂带等特殊地区，应顺其地质构造走向布设热流剖面；

b. 大区域的平均热流测量时，常以 1°×1°或 5°×5°为格网，均匀布设 3～4 个测点，每个格网至少布设一个测点，测量热导率；

c. 热流细测时，以 20 n mile×20 n mile 划为一小区块，每一个区块每隔 2～3 n mile 布设一条测线，每条测线上布设 3～4 个测点，每一小区块内至少要布设 2 个沉积物柱状取样点，并测量热导率。

25 仪器设备

测量海底热流的装置包括测地温梯度和热导率两部分，地温在海底直接测得，热导率可在海底测得，也可采集海底沉积物岩芯样后在室内测得。

25.1 数字地温探针

a. 热敏元件：

测温范围 -1～5 ℃；

分辨率高于 1×10^{-3} ℃；

电阻漂移值不超过 5%。

b. 探针：

内装热敏元件的不锈钢探针承受压强大于 100 MPa，管壁应尽量薄，使在 90 s 内与周围沉积物达到热平衡(最终温度值的 95%以上)，外径不超过 3 mm；

c. 安装探针的样管长度不小于 5 m，样管上探针数不少于 5 个，针与针距离为 1 m 或 1.5 m；

d. 地温测量与取样同步进行时，探针可安装在取样管外壁，取样管配重为 300～600 kg。

25.2 瞬时热导率探针

一种用瞬态法测定沉积物热导率的装置。

a. 探针内安装加热细金属丝及热敏元件；

b. 加热丝电阻为 50 Ω，电热丝的电功率为 0.5～1.0 W。

25.3 声波遥测海底热流探针

一种在海底既能测沉积物地温梯度，又能测热导率的装置。

a. 14 个热敏元件和一根加热金属丝组成探针系统，安装在长大于 5 m 的导管内，管壁应能承受大于 5 MPa 的压强，热敏电阻的间距为 3.5×10^{-1} m；

b. 探针插入沉积物 7.5 min 后产生加热脉冲，加热脉冲电压调节为直流 16 V，加热金属丝电阻为 0.465 2 Ω/m，加热脉冲时间 15 s，单位长度的电功率为 500 W/m；

c. 探针系统总重量应大于 340 kg。

25.4 深度监视系统

a. 音响发生器；

声波频率 12 kHz；

声脉冲重复率 $1s^{-1}$或 $2s^{-1}$。

b. 音响发生器安装在仪器装置上方 30 m 处的钢缆上。

25.5 调查船设备要求

a. 船尾应装有可变螺距推进器，可以 1～2 kn 慢速航行；

b. 船甲板绞车钢缆长度应为 1×10^{4} m，末端负载应大于 5 t，绞车应能变速，最高下降速度应大于 2.5 m/s。

26 海上测量

26.1 定位要求

热流测量时，调查船停船定点作业，要求每 10～15 min 测定一次船位。作业中，应使船应保持在测点上方，船移位半径不得超过测点水深的 10%。

26.2 海底地温测量

26.2.1 观测方法

a. 根据已知或估算的底层水温调整好“零”电阻值及参考电阻值，确保实测的地温在测程范围内；

b. 探测装置入水后，至离海底 100 m 左右时测量海水底层水温值，然后迅速施放钢缆，使装置的铁管插入海底沉积物内，待探针与周围沉积物温度达到热平衡后，测一组地温数据；

c. 地温观测时，必须是探针无扰动地插入沉积物内；

d. 探针入海后，视海流和海况，要多放出钢缆 30～50 m；

e. 海底现场地温测量的同时，进行沉积物柱状取样，沉积物柱状取样管收回到船上后，应立即卸出柱状芯样放置入船上实验室。

26.2.2 数据采集与记录

数字地温系统每 0.5 s 采集一个数据，共采集海水底层温度、沉积物温度(5 个)及探管倾斜等七个数据。各数据均记录在磁带上，同时以声脉冲发射到船上。

26.2.3 原始数据的登录

地温梯度测量时，将监视记录及其他仪器记录数据登录在表 8 中。

26.3 海底热导率测定

26.3.1 测定方法

海底热导率测定有海底现场测定和室内(实验室)测定两种方法。现场测定是与测地温梯度同时进行的。

26.3.2 海底现场测定热导率

a. 探测装置插入海底沉积物中后，仪器按程序工作，前 7.5 min 测量海底地温梯度，后 15 min 测量沉积物热导率；

b. 测地温梯度的采样时间间隔为 15 s，每次采样时间 15 s，在 15 s 内共采集时间码、参考数和 14 个热敏电阻值等 16 个数据，7.5 min 之后，采集沉积物热导率数据，所有数据均记录在磁带上，并以声脉冲发射到船上；

c. 探针与周围沉积物达到热平衡时所测得的数据可靠，应选择后几组采样数据(最后三组或五组)供估算地温梯度用；

d. 测得地温梯度数据后，以脉冲电流加热金属丝，产生热脉冲，其能量传入沉积层，观测热脉冲的衰变，以测定沉积物热导率；

e. 热导率与各时刻的泥温关系为：

$$K=\frac{Q}{4\pi T_a t} \qquad (35)$$

式中：K——沉积物热导率，W/(m·℃)；

Q——热脉冲在单位长度放出的总能量，J/m；

T_a——观测时刻(t)的沉积物温度，℃；

t——观测时刻，s。

同一测点的热导率，应重复测量 3 次。

26.3.3 室内热导率测定

a. 从海底取得的沉积物柱状岩芯应无扰动地放置在恒温实验室内，并保持沉积物内的水分，测量热导率前，应使沉积物岩芯的内部温度达到一致，允许误差±0.1℃；

b. 将探针插入岩芯内，当电热丝通电加热后，测量周围沉积的温度变化，求出热导率，其关系式为：

$$K_0=\frac{P}{4\pi\Delta T}\ln\frac{t_2}{t_1} \quad \cdots\cdots (36)$$

式中：K_0——热导率，W/(m·℃)；

P——单位长度的电功率，W/m；

$\Delta T=T_2-T_1$，T_1 和 T_2 分别为 t_1 和 t_2 时刻的瞬间温度，℃；

c. 表9列出某一测位上应登录的数据，工作中，沿着岩芯变更测位，得到多个热导率数据，最后用最小二乘法求出合适的平均热导率。

表8 海底地温梯度测量原始记录表

站号	日期	坐标（经纬度）	水深(m)	地形	时间 触底	时间 上堤	探管倾角	探针数 N	底水温度 ℃	探针温度，℃ $T_1T_2T_3T_4T_5$	平均地温梯度 ℃/m

时间：　　记录者：　　校核者：

表 9 热导率测量数据表

时刻 t,s	60	120	180	240	300	360	420
热敏电阻,Ω							
对应的沉积物温度 T,℃							
热导率 K,W/(m·℃)							

时间: 记录者: 校核者:

27 资料整理及解释

27.1 资料整理

27.1.1 磁带记录数据处理

通过计算机和磁带机,将原始记录磁带上的数据读出,储存在具有文件号的数据磁带上。对读出的数据进行编辑,剔除受到明显干扰的数据,对数据统计处理时,把那些与平均值偏差大于标准差 1.5 倍的数据舍掉。根据任务要求,采用不同的处理方法。简单的处理方法,只算出地温梯度、热导率和热流密度,较复杂的处理方法,要考虑探针结构的非理想性,以及探针插底时,引起原地温场的扰动对测量数据的影响,还要考虑到探针插入沉积物并非瞬时完成等因素的影响。

数据处理的结果,一般包括:沉积物温度与深度的关系,热导率与深度的关系,温度与布拉德深度的关系,区间地温梯度与深度的关系,热阻与深度的关系,区间热流密度与深度的关系,各测点的平均热流密度等。

27.1.2 平均地温梯度估算

用数字地温探测进行海底地温观测时,应尽快估算出平均地温梯度,用最小二乘法求得曲线的平均斜率,即为平均地温梯度。

27.1.3 热导率校正

海底现场和室内测得的沉积热导率值有差别,应对室内所得结果作温差和压差校正。

温差校正值计算:

$$\Delta K_t = \frac{T_0 - T}{400} \quad \cdots\cdots (37)$$

式中:ΔK_t——热导率的温差校正值,W/(m·℃);

T_0 和 T——热导率的室内和海底现场测得的温度,℃。

压差校正值计算:

$$\Delta K_p = \frac{D}{183\ 000} \quad \cdots\cdots (38)$$

式中：ΔK_p——压差校正值，W/(m·℃)；

D——测点水深，m。

27.1.4 热导率计算

经温差校正和压差校正后，热导率 K 为：

$$K = (1 - \Delta K_t + \Delta K_p) \cdot K_0 \quad \cdots\cdots (39)$$

式中：K_0——室内测得的热导率，W/(m·℃)；

ΔK_t、ΔK_p 取绝对值。

27.1.5 测点平均热流密度计算

平均热流值计算公式：

$$q = -K \bigtriangledown T \quad \cdots\cdots (40)$$

式中：q——热流值，mW/m^2；

K——平均热导率，W/(m·℃)；

$\bigtriangledown T$平均地温梯度，℃/m；

“—”号代表向上。

27.1.6 热流数据登录

热流测量成果数据登录在热流数据表中，见 GB 12763.7 第四篇。

27.1.7 热流测量数据的质量评价

a. 探针全部插入沉积物，未受任何扰动，测得地温梯度有两组或两组以上是相同的，热导率测量准确度也高，可认定该热流密度完全可信，评为Ⅰ级；

b. 探针全部(或部分)插入沉积物，几组地温梯度比较相近；热导率测量准确度较高，该热流密度比较可信，定为Ⅱ级；

c. 只有一个探针插入沉积物内，估算地温梯度与预想值比较接近，有热导率资料，该热流密度可用，但可信度较差，定为Ⅲ级；

d. 不能使用的热流密度定为Ⅳ级；

e. 海底地形起伏大，沉积盖层极薄区，测得的热流密度常不准确，可信度低，应降其等级，或将其报废。

27.2 基础图件的绘制

27.2.1 温度-深度图绘制

a. 以海底为零点，纵坐标轴零点上方表示水深，下方表示探针插入的深度，横坐标表示水温或沉积物温度；

b. 水温和水深表示在图的上方，沉积物温度与探针插入深度表示在图的下方；

c. 若测量的同时采取了沉积物柱状样，则应作柱状岩芯图，标在图的右下角。

27.2.2 热导率-深度图绘制

热导率为横坐标，深度为纵坐标，把所测得的热导率值标绘在图上，用最小二乘法求取平均热导率值。

27.2.3 热流剖面图绘制

a. 纵坐标代表热流密度，横坐标代表距离，绘制热流剖面图；

b. 剖面右侧代表东或南，左侧为西或北；

c. 图中应附水深及地震剖面或其他综合地球物理剖面资料；

d. 图中应有图名、比例尺、图例和必要的说明。

27.2.4 热流平面分布图绘制

a. 做大面积热流测量时，将热流密度标于一定比例尺图上，或以点表示，或以等值线表示热流的分布；

b. 图中应有图名、比例尺、图例和必要的说明。

27.3 热流资料地质解释

27.3.1 解释前的准备工作

a. 收集测区及围区的地质资料，着重收集地形，沉积厚度，断裂与岩浆活动及地壳结构等方面的资料；

b. 收集测区及围区物性资料，如热导率、密度及磁化率等；

c. 收集测区及围区的钻井温度资料；

d. 收集测区及邻区重力，磁力及地震资料。

27.3.2 热流资料的定性解释

27.3.2.1 各类热流区的划分

将测区不同地质构造单元上的平均热流密度按下列标准划分出各类热流区。

a. 热流密度大于 120 mW/m^2 为特高热流密度区；

b. 热流密度 90～120 mW/m^2 为高热流密度区；

c. 热流密度 70～90 mW/m^2 为较高热流密度区；

d. 热流密度 55～70 mW/m^2 为正常热流密度区；

e. 热流密度 40～55 mW/m^2 为较低热流密度区；

f. 热流密度 40 mW/m^2 以下为低热流密度区。

27.3.2.2 热流异常解释

热流异常定性解释的基本原则：

解释引起热流异常的地质因素，探求高热流异常的热源机制和低热流异常的可能原因。特别注意岩浆活动、断裂活动及局部水循环作用引起的热流异常。提出合适的热流异常关系（热流-年龄关系或冷却板块关系和瞬时伸长关系）。

第六篇 海洋重力测量

28 海洋重力测量技术要求

28.1 测量准确度

a. 海洋重力测量准确度以主、联络测线相交点的测量差值计算均方根差作为衡量依据；

b. 小（等）于 1∶50 万比例尺的重力测量，自由空间异常均方根差不得大于 3×10^{-5} m/s^2；大于 1∶50万比例尺的重力测量，自由空间异常均方根差不得大于 2×10^{-5} m/s^2。

28.2 测量比例尺与测线布设

28.2.1 测量比例尺与测网布设要求

a. 根据任务和条件确定测量比例尺和测网密度，不同比例尺的测网密度见表 1；

b. 主测线（剖面）垂直区域地质主要构造线方向，联络测线垂直于主测线；

c. 相邻图幅，前后航次，不同仪器之间的结合部要有检查测线或重复测线。

28.2.2 检查工作量布设

a. 面积调查以主测线与联络测线相交点的重复测量个数作为检查工作量；按主测线在不同比例尺图幅上每 1 cm 长度 1 个测点计算，布设交点数应不少于总测点数的 5%，且交点总数不得少于 30 个；

b. 路线调查重力测量时，应根据情况尽可能安排一些重复测线作为检查工作量。

28.2.3 基点布设

a. 重力测量的基点用于控制仪器零点漂移及传递绝对重力值；

b. 重力基点应建立在沿岸港口和岛屿的固定码头上，设立牢固的标志，重力基点采用高准确度重力仪与国家等级重力点联测；停靠国外码头时，则与 IGSN(1971)基点网联测；测量船每次比对重力基点时，要测定仪器相对基点的高程，比对重力基点的误差不得大于$\pm 0.5\times10^{-5}$ m/s^2。

29 测量仪器

29.1 仪器的安装与调试

a. 仪器安装于调查船稳定中心部位机械震动影响小的舱室；

b. 重力仪纵轴沿船的纵轴(首尾连线)方向，面板和平台调节装置面向船尾；

c. 仪器室应装置空调器，要防潮、恒温，室温变化范围要符合仪器要求；

d. 静态观测试验，包括：仪器开机的重复性试验；仪器静态零点漂移观测，要求每年度出海测量前连续观测 7 d 以上，测量后连续观测 3 d 以上，确定仪器零点漂移的线性度；

e. 动态观测试验，测量前检查仪器在动态时零点漂移(δ_R)的线性度；

重力仪必须在仪器零点漂移(无动态试验数据的话，则以静态试验计算)长时间稳定，月漂移不超过 3.0×10^{-5}m/s^2 时，才能用于海上测量；

f. 仪器调试要严格按照操作规程进行。

29.2 仪器常数的测定与校准

每 1～2a 测定 1 次仪器常数，仪器常数相对误差应小于 0.1%。

30 海上测量

30.1 航海要求

a. 重力测量时，要求调查船保持匀速直线航行，一条测线或测线段，航速误差在东西方向上不得大于± 0.2 kn，航向偏离在南北方向不得大于$\pm 1°$；

b. 船只偏离测线要及时缓慢修正，修正速率最大不得超过 0.5°/s；

c. 到达每条测线的第一测点前 30 min 对准设计测线方向，测完每条测线最末一点 5 min 后方可转向；

d. 作面积测量时，航线偏离计划测线不得大于五分之一测线间距，大于 1∶50 万比例尺重力测量，船速不得大于 10 kn；

e. 船只转向或变速时，航海部门应提前通知测量值班人员。

30.2 测量工作

30.2.1 测量前的准备

a. 测量工作开始前，仪器必须恒温 48 h 以上，测量前 1 h 开动陀螺平台系统；

b. 开航前必须取得重力基点的有关数据：基点高程和绝对重力值，仪器稳定后的读数(不少于 30 min)，水深、仪器距当时水面的高差及水面距基点的高差，仪器距码头基点的水平距离和方位，并绘略图；

c. 根据测区重力值变化范围，调整重力测程。

30.2.2 测量仪器的检查与管理

a. 日检查内容：

中心报警系统；

电源系统；

恒温器功能；

模拟记录的一致性；

平台功能；

平台管状水准器的调平功能；

上测量轴位置；

重力仪时间标准与其他测量方法时间标准的一致性；

b. 发生明显碰撞平台或重力仪时，必须返回刚测过的点或附近基点进行检查，确认仪器正常后才能继续测量；

c. 测量过程中，发现重力仪测程调节旋钮和本体恒温选择旋钮位置变动，又查不清变化时间时，该航次测量结果作废，立即返回基点调整；

d. 遇下列情况之一者，立即终止测量工作：断电，避碰，恶劣海况，平台纵、横摇摆角超过 20°，仪器故障。

30.2.3 测量值班

a. 海洋重力测量记录时间标准，一般采用北京标准时间，以综合卫星导航系统定位时，采用格林威治时间；

b. 值班员按操作规程（或仪器说明书）操作，详细填写值班报，内容包括：测区、测线、方位、航速、航向、仪器状况、操作处置等。

30.3 岩石密度测定

a. 在测区海底或附近陆地采集不同时代，不同岩类的岩石测定密度；

b. 可收集测区及附近地区的岸石密度资料，作实测的补充或替代；

c. 按地质时代排列并作地层、岩石密度柱状图，划分出密度界面。

30.4 现场资料质量监控

a. 海上测量中，技术负责人应经常检查测量资料的质量情况；

b. 现场资料质量监控内容包括：各项记录面貌，仪器工作状态，有否突然掉格，分析引起重力异常及大梯度变化原因，估算测量交点的差值等；

c. 发现问题，应及时提出重测或补测建议。

31 资料整理

31.1 原始记录资料的验收与取数

原始记录资料包括：测线布设图，基点绝对重力值及仪器距基点和水面的高程，仪器静态、动态试验数据，模拟记录纸卷，数字记录磁带，导航定位记录，水深资料，值班班报等。

31.1.1 原始记录资料验收的等级标准

合格：

a. 测线布设合理，能反映测区重力形态，测量准确度达到规定要求；

b. 仪器工作正常，试验数据齐全，符合要求；

c. 原始记录齐全、清楚，出现问题处理及时，并有文字说明；

d. 一条测线上连续缺失记录小于测线长的 10%，累计缺失小于测线总长的 20%，不合格测线小于测线总数的 10%。

不合格：

凡达不到合格要求的测线与记录为不合格。

31.1.2 取数原则

在各种比例尺的成果图上，主、联络测线的取数间距不得大于 5 mm。

模拟曲线的特征点都应加密取数。

31.2 资料计算与校正

31.2.1 正常重力场计算

采用 1985 年国际正常重力公式：

$$r_0=9780327(1+0.0053024\sin^2\psi-0.000\ 005\ 80\sin^2 2\psi) \quad \cdots\cdots (41)$$

式中：r_0——正常重力场值，$\mu m/s^2$；

ψ——测点地理纬度，(°)。

31.2.2 重力基点系统

海洋重力测量起始点绝对重力值采用 IGSN(1971)系统。

31.2.3 厄特渥斯校正值

$$\delta_{ge}=7.499\times V\times\sin A\cdot\cos\psi+0.004V^2 \quad \cdots\cdots (42)$$

式中：A——航迹真方位角，(°)；

V——航速，m/h；

ψ——测点的地理纬度，(°)。

亦可用：

$$\delta_{ge}=7.50\cdot\frac{\lambda'-\lambda}{t'-t}\cdot\cos^2\phi \quad \cdots\cdots (43)$$

式中：λ'和 λ——前后测点经度，(°)；

t'和 t——这些测点上相应的观测时间，s；

ψ——测点纬度，(°)。

31.2.4 自由空间校正值

$$\delta_{gf}=0.3086H' \quad \cdots\cdots (44)$$

式中：H'——重力仪弹性系统至平均海面的高度，m；出海前后船只吃水变化在 1 m 以内，以出海前后船只吃水的平均数进行计算；变化在 1 m 以上，应分段计算；近海还应做潮汐改正；自由空间校正值误差应小于 $0.2\times10^{-5}m/s^2$。

31.2.5 布格校正

$$\delta_{gb}=0.0419(\sigma-1.03)H \quad \cdots\cdots (45)$$

式中：σ——地层密度，基础调查中取 $2.67\times10^{-3}kg/m^3$；

H——测点水深，以平均海面计算，m。

31.2.6 异常值的计算

a. 自由空间重力异常

$$\Delta g_f=g+\delta_{gf}-r_0 \quad \cdots\cdots (46)$$

$$g = g_0 + C\Delta s + \delta_R + \delta_{ge}$$

式中：g——测点的绝对重力值，$\mu m/s^2$；

δ_{gf}——自由空间校正值，$\mu m/s^2$；

r_0——正常重力场值，$\mu m/s^2$；

g_0——基点绝对重力值，$\mu m/s^2$；

C——重力仪常数；

Δs——测点与基点之间的重力仪读数差，$\mu m/s^2$；

δ_R——掉格校正值，即仪器零点漂移校正值，$\mu m/s^2$；

δ_{ge}——厄特渥斯校正值，$\mu m/s^2$。

b. 布格重力异常

$$\Delta g_b = \Delta g_f + \delta_{gb} \quad \cdots\cdots (47)$$

31.2.7 综合调差

a. 测量资料经各项校正后，在不同测线上，测量值出现的系统误差，可采用综合调差方法消除；

b. 综合调差根据主、联络测线交点的重复测量差值进行，并以主测线、联络测线依次整条测线调整，直到整个区域调平为止。

31.3 测量准确度

31.3.1 海洋重力测量误差来源

a. 海洋重力仪测量过程造成的误差 ε_i，包括仪器固有误差，外界干扰加速度引起的测量误差，温度系数校正误差，常数测定误差和仪器零点漂移校正误差，这类误差应不大于 $\pm 1\times10^{-5}\ m/s^2$；

b. 比对重力基点带来的误差 ε_g，包括基点连测误差及比对测量误差，应不大于 $\pm 0.5\times10^{-5}\ m/s^2$；

c. 厄特渥斯校正不完全引起的误差 ε_e，包括由于定位误差引起的航速、航向和地理纬度误差，应不大于 $\pm 2\times10^{-5}\ m/s^2$；1∶20 万比例尺调查时，应不大于 $\pm 1.5\times10^{-5}\ m/s^2$；

d. 正常场校正误差 ε_r，主要是由于定位误差引起的地理纬度误差，应不大于 $\pm 0.7\times10^{-5}\ m/s^2$；

e. 自由空间校正误差 ε_f，主要由重力仪弹性系统与平均海平面之间的高度误差引起的，应不大于 $\pm 0.2\times10^{-5}\ m/s^2$；

f. 布格校正误差 ε_b，主要由测深误差等引起的布格改正不完全造成的。

31.3.2 海洋重力测量误差计算

a. 外符合准确度计算公式：

$$\varepsilon = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\delta_i^2}{2n}} \quad \cdots\cdots (48)$$

式中：δ_i——为二台仪器在同一侧点上的测量差值，$\mu m/s^2$；

n——为比对测点数。

b. 内符合准确度计算公式：

$$\varepsilon = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\delta_{i1}^2}{2n}} \quad \cdots\cdots (49)$$

式中：δ_{i1}——为同一台仪器在某测点上重复测量的差值，$\mu m/s^2$；

n——为比对测点数。

c. 经综合调差后，内符合准确度计算公式：

$$\varepsilon=\pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{nm}\delta_{i2}^2}{2(n-1)(m-1)}} \quad \cdots\cdots (50)$$

式中：δ_{i2}——为同一仪器在某测点上经综合调差后的重复测量差值，$\mu m/s^2$；

n、m——分别代表主测线和联络测线数。

d. 测量误差计算中，允许舍去少数特殊交点值，但舍点率不得超过总交点数的 3%；

e. 同航次多台等精密度仪器测量时，测量误差用公式(48)计算，单台仪器(或多台不等精密度仪器)测量时，测量误差用公式(49)计算，凡经综合调差处理的，一律用公式(50)计算。

32 海洋重力测量成果

32.1 成果报表的内容和格式

a. 成果报表的内容包括测点观测时间，经纬度，绝对观测值，经校正后的水深值，自由空间异常值和布格异常值；表头内容有测量海区，测量船，观测日期，测线号，所用观测仪器及仪器常数，所用重力基点及基点重力值，测线综合调差值等；

b. 成果报表的格式见 GB 12763.7 第四篇；

c. 成果报表中，测点位置取到秒，水深取到米，重力值取到 $0.1\times10^{-5}\ m/s^2$。

32.2 成果图件编制

成果图件包括：实际材料图，自由空间重力异常平面剖面图，自由空间重力异常等值线图。根据任务要求，可增加布格重力异常平面剖面图，布格重力异常等值线图。

32.2.1 实际材料图的绘编

a. 重力测量资料经检查校核，质量合格，即可编绘实际材料图，正式图件通常用 0.07～0.1 mm 塑料薄膜绘制；

b. 图上不同类型的点，用下列图示：

国家级基点 ◎

基　　点 ⊙

测　　点 ·

c. 测线号注在测线两端，每 10 个重力观测值取值作一标记横线，横线上注点号，下注该点异常值。

32.2.2 重力异常平面剖面图的绘制

a. 剖面图横坐标按调查成果图比例尺选取，纵坐标按异常大小及观测准确度适当选取；

b. 剖面的右、上方为正异常，左、下方为负异常，着色时红色表示正，蓝色表示负；

c. 除平面剖面图外，一般剖成图应附小比例尺的剖面位置图。

32.2.3 重力异常等值线图的绘制

a. 重力异常等值线图在实际材料图的基础上绘制，重力异常图中不必再标注各类点的符号和异常值，只勾绘等值线，等值线间距不得小于测量准确度的 2～2.5 倍，曲线要圆滑，局部资料不足的地方用虚线；

b. 图例栏内必须注明采用的正常重力公式，绝对重力值系统，布格重力异常图需注明中间层物质

平均密度值等；

c. 重力异常等值线图要着色，红色表示正重力异常，蓝色表示负重异常，以颜色的深浅表示异常的强弱，色层多少视异常特征而定，以图面清晰，浓淡匀称为宜。

32.3 重力异常的地质解释

a. 解释前应收集并消化测区及其围区已有的地质、地球物理、钻探及岩石密度资料；

b. 地质解释主要是揭示重力异常场分布规律同地质因素的内在联系，根据这种联系来说明地质构造与地壳结构的特征；

地质解释包括定性解释和定量解释等，小比例尺的海洋重力测量以定性解释为主；

c. 在进行综合地球物理调查时，重力异常的解释要与其他地球物理资料（如地磁、地震等）结合进行。

32.4 调查成果

32.4.1 成果资料和图件

a. 原始记录资料内容见 31.1 条；

b. 主测线与联络测线交点测量差值统计计算表；

c. 重力测量成果表；

d. 重力异常基础图件；

e. 海洋重力测量资料验收意见。

32.4.2 调查报告

调查报告内容和要求见 7.3 条。

第七篇 海洋地磁测量

33 海洋地磁测量技术要求

33.1 测量准确度

按照调查成图比例尺、地磁测量均方根差要求见表1。

路线测量的资料应作可靠性评价。

33.2 测量误差分配

海洋地磁测量的误差是多项因素的综合误差，它包括测量仪器误差、导航定位误差、船磁影响、地磁日变校正及地磁正常场校正的误差。误差分配见表10。

表10 近海海洋地磁测量误差分配表 nT

比 例 尺	均方根差	仪 器	导航定位	船磁影响	日变校正	正常场校正
1∶100万	≤12	≤2	≤10	≤2	≤4	≤2
1∶50万	≤8	≤1	≤6	≤2	≤4	≤1
1∶20万	≤4	≤1	≤3	≤1	≤2	≤1

33.3 调查比例尺与测线布设

33.3.1 调查比例尺与测网布设要求

a. 根据调查任务和条件确定比例尺，不同调查比例尺的测网密度见表1；

b. 主测线垂直于区域地质构造走向，联络测线垂直于主测线大洋磁性海山测量时，可以海山为中心做放射状测量。

33.3.2 检查工作量布设

a. 以主测线与联络测线相交点重复测量的个数作为检查工作量；

b. 交点的布设，按主测线在不同比例尺图幅上1 cm长取一测点值计算，交点数应不少于测区总测点数的5%，且交点总数不得少于30个；

c. 低磁纬度海区测量时，在有地磁台站的条件下，应布设1～2条重复测线，检验各项校正效果，消除地磁日变影响。

34 测量仪器

海洋地磁测量使用仪器有质子旋进式磁力仪和水平质子梯度仪等。

34.1 仪器调试

34.1.1 仪器的主要技术指标

灵敏度：数字记录具0.25 nT、0.5 nT、1 nT、2 nT、4 nT五档，各灵敏度自校读数误差不大于±2。

模拟记录具0.25 nT/mm、0.5 nT/mm、1 nT/mm、2 nT/mm四档。

抖动度：不大于±1 nT。

34.1.2 晶体振荡器的调试

出海前进行稳定性测定，若频率漂移，应调试或更换。

34.1.3 传感器配谐的调试

测定传感器配谐和选频放大器的每一档中心频率，不满足技术指标时，应更换元件。

34.1.4 静态下仪器信噪比测定与要求

仪器调试后测量其信号电平值与噪声电平值，信噪比应不小于50，否则要继续调试。

34.1.5 仪器系统的稳定性试验

出海前，对调试后的仪器系统进行持续工作状态试验，试验持续时间 2～3 d，仪器系统不稳定不能出海。

34.2 船磁方位影响试验

a. 在地磁平静日，于调查海区或调查海区附近，选择一地磁场平静区（梯度小于 6 nT/km），抛设一固定无磁性浮标。调查船沿八个方位（0°、225°、90°、315°、180°、45°、270°、135°）船首、船尾、传感器三点成一直线通浮标，传感器与浮标距离要小于 20 m，测量值经日变校正后，作方位曲线，供船磁影响校正；

b. 做船磁方位影响试验的同时，进行传感器拖曳距离试验，选择最佳拖曳长度；

c. 同一调查船在不同纬度海区调查时，均须做船磁影响试验，同一海区，使用不同的调查船作业，须有各自的船磁方位影响校正曲线。

35 海上测量

35.1 航海要求

a. 调查船应沿布设测线匀速、直线航行；

b. 调查船应提前 3 min 对准测线，使船首、船尾与拖曳传感器三点呈一直线进入测线测量，测线测量结束时，调查船应延迟 3 min 转向；

c. 测线测量中，调查船不得大转向、变速或停船，遇特殊情况必要停船、转向或变速时，应及时通知测量值班室，采取应急措施；

d. 地磁仪器室应配备与航海室同步的导航显示设备。

35.2 测量与记录

35.2.1 仪器工作状态的选择

a. 检查电源极性与电压选择开关各档是否正确；

b. 检查测频器自校读数；

c. 调节仪器选频和传感器配谐，使信号电平达到最大，噪声电平最小；

d. 检查和调试记录仪，记录笔的满偏和复零位应准确、灵活，模拟记录的走纸速度应匀速正确；

e. 仪器室温要保持在 25 C 以下，并对仪器的石英晶体振荡器吹风降温。

35.2.2 仪器管理与仪器检查

a. 值班人员要注意观察仪器各仪表显示器和审听磁化鸣声，发现异常时，及时调试或检查维修；

b. 注意测量记录，出现模数不符或跳大数时，应及时调试；

c. 每小时在模拟记录纸上打记时标和测量值，一般以北京标准时间为记时标准，大洋以格林威治时间为标准；

d. 拖曳电缆要采取保护措施，发现变形或受损要及时处理。

35.3 地磁日变观测

35.3.1 地磁日变观测仪器与站址选择

a. 除质子梯度仪外，使用其他磁力仪进行海洋地磁测量均应设立地磁日变观测站，在测量的同时，进行地磁日变观测；

b. 地磁日变观测仪器应与海上磁测仪器具相同的精密度；

c. 地磁日变观测站的有效控制半径为 300～500 km，观测站应控制整个测区，测区范围大，应设立两个以上的地磁日变观测点，同时进行观测；

d. 地磁日变观测站必须远离供电线、电话线、广播线等交变磁干扰区，观测站 20 m 半径内，磁场梯度变化要小于 1 nT/m。

35.3.2 观测记录与磁暴、磁扰处理

a. 日变观测每 10～15 min 连续三次读数，取平均值作为该时磁场值；

b. 日变站每天定时与北京标准时间对时，时钟误差每日不得超过 1 min；

c. 选地磁平静日的连续 24 h 观测值，取平均数作为该日变站磁场基值，绘制每天地磁变化曲线；

d. 日变观测中，遇磁暴、磁扰日时，必须准确记录初动、持续、消失的时间，并及时通知调查船。

35.4 岩石磁性参数测定

a. 在测区内或邻近陆地采集不同时代、不同类型的新鲜岩石，测定它的磁化率和剩余磁化强度；

b. 收集测区及围区已有的岩石磁性资料，按时代、岩类、磁性强弱列表整理。

36 资料整理

36.1 原始记录资料的验收与整理

36.1.1 原始记录资料的验收

原始记录资料包括：模拟记录纸卷、数字记录磁带、导航定位记录、地磁日变观测记录、值班记录等。原始记录资料的质量等级标准是：

合格：模拟记录曲线抖动度不超过±1 nT 的记录占全部记录的 70%以上，抖动度在±1 nT～±2 nT的记录不超过全部记录的 25%；允许因仪器调试或维修产生的不正常记录不超过全部记录的 5%；各原始记录齐全、清楚。

不合格：达不到合格要求的记录。

海上测量结束后，由调查任务执行单位对原始记录资料进行验收，评定等级，给予文字评语。

36.1.2 取数间距

在各种比例尺的成果图上，主、联络测线的取数间距不得大于 5 mm。

模拟曲线的特征点都应加密取数。

36.2 资料计算与校正

36.2.1 地磁正常场计算

海洋地磁测量的正常场计算采用国际高空物理和地磁协会(IAGA)五年一度公布的国际地磁参考场 IGRF(见附录 F)。

36.2.2 地磁日变校正

a. 根据日变站或测区附近地磁台站同步测量所绘制的日变曲线进行日变校正，发现磁场水平偏高或偏低时，可引进磁场附加值进行调整，磁场图的基值等于日变基值加附加值；

b. 同一测区使用两个以上日变站资料时，它们之间的日变基值统一到某一台站；

c. 变化幅度小于 100 nT 磁扰日变记录，可用于日变校正，磁扰日的日变校正分为二个步骤：先进行平静日(磁扰发生前、后三天的日变曲线平均值)变化值校正，用地方时；然后再进行磁扰校正，用世界时；磁扰校正值为实测日变值减去平均磁平静日变化值。

36.2.3 船磁影响校正

测量值减去调查船实际航向相应的船磁影响方位曲线值。

36.2.4 地磁异常计算

$$\Delta T = T - T_d - T_s - T_o \quad \cdots\cdots (51)$$

式中：ΔT——地磁异常值，nT；

T——地磁场总磁场测量值，nT；

T_o——地磁正常场值，nT；

T_d——地磁日变偏差值，nT；

T_s——船磁影响偏差值，nT。

经计算机处理后打印成磁异常计算表。

36.2.5 测量准确度计算

海洋地磁测量准确度以主、联络测线交点地磁异常值差值衡量。

计算公式为：

$$\varepsilon=\pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\delta_i^2}{2n}} \quad \cdots\cdots (52)$$

式中：$\delta_i=\Delta T_{主测线}-\Delta T_{联络测线}$

n——总检查交点的数目。

强磁异常区的交点差很大，可不参加准确度的计算，但弃点数不能超过总交点数的 3%。

作磁测误差正态分布曲线，若不成正态分布，应检查统计数据，把有明显系统误差地段分开另行统计。

37 海洋地磁测量成果

37.1 成果报表及其格式

见 GB 12763.7 第四篇。

37.2 成果图件和编制要求

37.2.1 成果图件

a. 实际材料图；

b. 地磁异常(ΔT)平面剖面图；

c. 地磁异常(ΔT)等值线图；

d. 地磁场总强度 T 等值线图。

37.2.2 成果图件编制要求

a. 实际材料图

编制方法和要求同 32.2.1；

b. 地磁异常(ΔT)平面剖面图

依据成果底图的测点位置，把(ΔT)剖面转绘到测线上，即得(ΔT)平面剖面图，当(ΔT)平面剖面图中正、负异常不协调时，可调整零线，使正异常和负异常的面积约各占一半；

(ΔT)平面剖面图绘图误差在厘米方格纸上不应超过±0.5 mm，纵比例尺每厘米代表 50～100 nT；

c. 地磁异常(ΔT)等值线图

(ΔT)等值线图的等值线间距应不小于测量准确度的 2.5 倍；

勾绘等值线图要参考地质资料及其他地球物理资料；

d. 地磁场总强度 T 等值线图。

等值线间距及绘制要求与(ΔT)等值线图相同。

37.3 地磁异常的地质解释

37.3.1 解释前的准备工作

a. 收集测区及相邻陆地的资料，包括地质、区域地质构造、钻探等资料，尤其是岩浆活动、断裂活动及结晶基底特征资料；

b. 收集岩石密度、岩石磁性等物性资料；

c. 收集测区及相邻地区的重力、地磁、地震和地热资料。

37.3.2 地磁异常的分类及分区

依据异常的轴向，排列形式，形状特征以及强度可分为带状异常、线性异常、等轴状异常、异常梯阶带等，依据异常的组合关系可分为平静磁场区、条带状磁场区和杂乱磁场区等。

37.3.3 数据处理

可采用“斜磁化条件下(ΔT)的切线法”和常规数据处理方法,计算磁性体最小埋藏深度,及其几何参数和磁性参数。常规数据处理方法包括:

a. 磁化方向变换(化极);

b. 位场解析延拓(向上延拓、向下延拓);

c. 磁场方向导数计算(求导);

d. 磁源重力异常计算(假重力异常);

e. 磁性基底反演计算。

37.3.4 条带磁异常计算

对大洋和边缘海盆中条带磁异常的正演拟合计算(如二维矩形条板组合体模型计算),与国际地磁极性年表对比,可确定海底扩张的速率及形成年龄。识别条带磁异常应结合地震、重力、地热及深海钻探等资料,进行综合解释。

37.3.5 地磁异常的地质解释

地质解释的内容包括:沉积岩厚度变化,基岩岩性与形态,基底断裂特征,火成岩活动,区域地质构造特征等。

37.4 调查报告

调查报告的内容要求见 7.3 条。

调查报告应附成果图件。

38 海洋底质古地磁测量

38.1 样品采集

采样站位应选择在连续沉积区,取样器必须衬有弱磁性的塑料套管,使岩芯保持取样时的状态保存在套管内,套管两端封闭,存放在阴凉低温处,避免敲击和振动。测量样品取岩芯中心部位未扰动部分,连续采集,注意保持原始沉积结构。样品盒的剩余磁性应小于测量仪器的精密度。

古地磁测量的岩芯要求定向,没有定向系统时,也应做到相对定向。

基岩样品要选取未经受风化的岩体。

38.2 测量仪器

根据测量要求,选取测量仪器系统及退磁系统。测量仪器主要有旋转磁力仪、超导岩石磁力仪及磁化率仪。退磁系统主要有热退磁仪、交变磁场退磁仪。

38.2.1 测量仪器环境要求及标定

a. 工作环境要求:磁场梯度平稳、恒温、防尘、防潮、周围 100 m 范围内必须保持安静;

b. 测量之前,对仪器的精密度和正交性进行标定,应达到仪器规定的格值范围内。

38.2.2 退磁仪器环境要求及调试

a. 工作室要有良好的通风条件;

b. 热退磁系统加热室的磁屏效果应小于 100 nT,冷却室小于 5 nT,退磁峰值温度的指示加热温度与实测加热温度之差小于 5℃;

c. 交变磁场系统、磁清洗的无磁空间区域屏蔽效果小于 5 nT,磁场峰值中心均匀磁场空间区域大于三块测量样品的体积,磁场峰值的指示值与实测值之差小于 0.5 mT,由磁场峰值逐渐递减至零磁场的全过程,须是匀速衰减,退磁过程的交变磁场应是严格对称的正弦波;

d. 样品退磁结束,应立即取出,保存在磁屏蔽盒内,测量时,应随测随取,不得存放在无磁屏蔽装置的地方,磁屏蔽盒的屏蔽效果,其中心区域小于 5 nT。

38.3 测量方法及数据处理

38.3.1 测量方法

a. 先测量每块样品的天然剩余磁性和磁化率，根据所测的天然剩余磁性参量的不同类型及生成条件，选取典型的样品，进行系统退磁和测量，作出剩余磁性稳定性检验的图表，选取最佳退磁峰值区域，确定原生剩磁和组分；系统退磁的样品数不得少于总样品的 10%，最后按选好的最佳退磁区域峰值区域，对所有测量过天然剩磁的样品进行退磁，测量原生剩余磁性参量；

b. 依据系统退磁数据，采用磁化强度衰减曲线法、立体投影法或矢量分析法等方法，进行检验剩余磁性稳定性，区分原生磁性和次生磁性部分。

38.3.2 剩余磁性参量测量及计算

每块样品均需测量出四组 X、Y、Z 的三项正交分量。计算 X、Y、Z 和剩余磁化强度(J)的平均值，即 D(磁偏角)、I(磁倾角)、ID(磁化方向离散度)和 SD(剩磁强度值的标准偏差)等磁性参量。采用的基本公式见附录 G。

38.3.3 磁化率测量及计算

测量程序及计算见附录 H。

38.3.4 剩余磁性的稳定性检验

a. 根据表 11 整理每块退磁样品的测量计算结果；

b. 分析退磁的最佳结果：

磁化强度衰减曲线法：以天然剩余磁化强度除以每步退磁后的剩余化强度，作退磁作用程度的相关曲线；曲线突变后保持平缓部分所对应的磁场峰值或加热温度值，作为最佳退磁场值；

立体投影法：在球面投影图上，划出磁化方向随退磁程度的变化；磁化方向不变而达到稳定时为最佳退磁值；球面投影中心选定为极地或赤道，使矢量远离畸变较大的圆周附近；下半球矢量用实点表示，为正；上半球用空圈表示，为负；

矢量分析法：在空间透视图上，划出磁化矢量，实点表示在水平面上的投影；空圈表示在垂直平面上的投影；以曲线轨迹开始成直线向原点收缩处为最佳退磁值。

38.3.5 剩余磁性参量测量数据整理

每块样品测量和计算的磁性参量，记入磁性参量测量记录表(表 12)，进行系统整理。

38.3.6 磁化率测量结果的磁性组构特征参量整理

每块样品测量计算的磁性组构特征参量，记入磁性组构参量记录表(表 13)进行系统整理。

38.4 成果图件

a. 总磁化率 K 值变化曲线图；

b. 最大磁化率主轴 K_{max} 方向变化图；

c. 剩余磁性稳定性检验图；

d. 地磁场长期变化图，以周期大约 10^3 年的地磁长期变化的磁偏角，磁倾角为依据绘制而成；

e. 极性磁性地层柱状剖面图，以周期 $10^3 \sim 10^7$ 年的极性带和极性过渡带(面)为依据绘制。

表 11 系统退磁磁性参量记录表

站位编号： 岩芯编号： 样品编号： 退磁方法：

参量 / 峰值	X	X/X_0	Y	Y/Y_0	Z	Z/Z_0	J	J/J_0	D	I	备注

时间： 记录者： 校核者：

表 12 磁性参量记录表

站位编号： 位置：$\begin{matrix}\phi\\ \lambda\end{matrix}$ 水深： 岩芯长度：

样品		剩余磁性参量												
		天然剩磁						原生剩余						
编号	层位	X_N	Y_N	Z_N	J_N	D_N	J_N	X	Y	Z	J	D	I	

时间： 记录者： 校核者：

表 13 磁性组构特征参量记录表

站位编号： 位置：$\begin{matrix}\phi\\ \lambda\end{matrix}$ 水深： 岩芯长度：

样品		K	K_{max}	K_{int}	K_{min}	K_{max}方向	
编号	层位					D	I

时间： 记录者： 校核者：

第八篇 海洋地震调查

海洋地震调查是通过对人工激发弹性(地震)波在海底传播的观测,查明海底地质构造和地壳结构的一种地球物理方法。

39 海洋地震调查技术要求

39.1 调查质量的主要技术指标

a. 组合气枪总容量不低于规定值的 80%,声压不小于 90%,整条测线的空废炮率小于 6%;

b. 不正常工作道不超过总道数的 1/24;

c. 监视记录的计时线清晰,道迹均匀,气枪同步信号和激发信号(TB)的断点清楚。

39.2 调查比例尺与测线布设

a. 根据任务和工作条件确定调查的比例尺,不同调查比例尺的测线布设要求见表 1;

b. 主测线垂直于区域地质构造走向,联络测线垂直于主测线,可视具体情况不等距布设测线;

c. 地震测线应尽量与其他地球物理测线一致,尤其应通过钻探井位或声纳浮标测点。

40 调查仪器与设备

40.1 数字地震仪系统技术指标

以目前环境基础调查中,常用的 48 道数字地震仪系统为例,提出技术指标:

a. 前放一致性

幅度差在 −2%～2%;

相位差 0±1 ms。

b. 噪音和漂移

噪音:前放增益为 2^8 时,噪音不大于 0.13 μV;

前放增益为 2^6 时,噪音不大于 0.19 μV;

前放增益为 2^4 时,噪音不大于 0.66 μV;

漂移:任何道的漂移 0±1 μV。

c. 主增益台阶

平均台阶准确度要求:

1～4 台阶在 −0.06%～0.06%以内;

5 台阶在 −0.08%～0.08%以内;

6 台阶在 −0.20%～0.20%以内;

7 台阶在 −0.60%～0.60%以内。

单道台阶准确度要求:

1～4 台阶在 −0.1%～0.1%以内;

5 台阶在 −0.15%～0.15%以内;

6 台阶在 −0.30%～0.30%以内;

7 台阶在 −1%～1%以内。

d. 串音

主放增益为 1 FP 时,串音不大于 −78 dB;

主放增益为 2 FP 时,串音不大于 −72 dB。

e. 畸变

畸变不大于 0.06%。

f. 陷波

任何道的衰减不小于 40 dB。

g. A/D 转换器线性

线性误差不大于 0.02%。

h. 动态范围

动态范围大于 78 dB。

i. 脉冲响应

振幅差在−2%～2%以内；

相位差为 2 ms。

j. 漏码率

全"I"码测试要求漏码率不大于 1×10^{-6}。

k. 磁带机

扭曲不得超过一排位组时间的 0.25%；

读振幅误差在−10%～10%以内；

带速瞬时变化在−2%～2%以内。

l. 系统计时

应精确到 1×10^{-4}s。

40.2 静电监视记录仪技术要求

a. 光学部件

检流计和光学部件每年清洁一次，保证纸记录清晰。

b. 计时线

每月检查计时线，顶部与底部的误差应不大于 0.5 ms(纸记录)；

每年进行计时线的准确度检查，误差要求不大于±1 ms。

c. 走纸恒速

每六个月检验一次走纸速度，每百根计的线性误差应小于 2%。

d. 检流计

用一组公共脉冲进行检测：

道间相位差不大于±1 ms；

幅度一致性不大于±10%。

40.3 气枪震源

a. 单枪启动稳定性要求±1 ms；

b. 组合阵内各枪应同步工作，启动误差保持在±2 ms 以内；

c. 气枪容量不小于设计的 80%，声压不小于设计的 90%；

d. 峰峰比不小于 6。

40.4 电缆

a. 全缆绝缘电阻(下水前)应大于 10 MΩ；

b. 电缆串音大于 60 dB；

c. 电缆拖曳噪音小于 0.1 Pa；

d. 各道间的相位差小于 1 ms；

e. 各道间的振幅变化在 15%以内；

f. 电缆定深器可控范围 3～30 m。

40.5 仪器检验

40.5.1 日检查

每日工作前录取指数振荡器记录一张。

40.5.2 月检查

a. A/D 转换器、主放、前放直流漂移调零；

b. 前放增益调节；

c. 计算机检验项目：前放一致性、噪音和漂移、增益台阶精确度、串音、畸变、陷波、A/D 转换器线性、动态范围、脉冲响应、漏码率；

d. 模拟测试项目：主放比较器调零、主放对钟计时容限、A/D 转换器时钟计时容限、系统计时、AGC 功能、头段解偏。

40.5.3 年检查

完成全部月检查项目，并做下列工作：

a. 全面维修保养仪器，着重清洁磁带机，检验磁带机读振幅、扭曲和速度误差；

b. 修理或更换性能不佳或有隐患的机械部件与电子部件；

c. 全面校准与测试仪器，达到出厂指标；

d. 检查回放系统。

40.6 地震仪器的使用与维护

a. 建立仪器档案，详细记录仪器在使用过程中发生的故障及处理方法；

b. 仪器使用要遵守操作规程和仪器说明书的有关规定；

c. 仪器室要保持清洁、干燥、防尘，当湿度在 40%～80%之外，及温度高于 30℃，或低于 5℃时，不应使用仪器；

d. 仪器室应放置二氧化碳(干冰)灭火机，确保仪器安全；

e. 仪器长期不使用时，要经常通电，定期给仪器备用板充电；

f. 仪器必须取得合格的年、月检记录后方可用于调查，每日工作前须取得合格的日检记录。

41 海上测量

41.1 航行要求

a. 船速和航向应保持稳定，航速要求在 5 kn 左右，船只偏离测线超出规定范围时，要及时缓慢修正，修正率不得大于 2°/km；

b. 到达测线起点前 2 km 处应使电缆拉直，到达测线终点后，船只应继续沿航向工作，延续距离应等于半个排列长度，进入测线或测线结束一般要有合格的卫导定位点；

c. 地震测量中，一般由定位系统控制震源激发，采取等距离或等时间放炮，定位炮号应与地震文件号相对应；

d. 航线偏离设计测线不得大于测线间距的 1/5；

e. 船只必须偏离原定航向或减速时，应事先通知地震值班人员，随后应尽快修正航向使船只回到设计测线上；

f. 驾驶人员应经常监视拖带的震源和电缆，当发现有船只要通过电缆的水面时，应提前做好下沉电缆事宜。

41.2 测量方法

反射地震调查一般用水平叠加(共深度点)方法，覆盖叠加次数与排列长度根据地质任务而定。解决某些特殊问题可采用合成排列剖面法(SAP)、扩展排列剖面法(ESP)、声纳浮标法或三维地震法等。

41.3 测量要求

a. 仪器检验项目、时间、方法及技术指标应符合说明书及操作规程的规定；

b. 每日(或每条测线)工作前，录制正常工作条件下的电缆噪音，可录制在生产磁带上；

c. 地震电缆每次下水工作前，所有地震道、辅助道应处于正常工作状态，水断信号应记录正常；

d. 施工中测线测量中断，应在该航次补作，测线正向连接时，要炮点连续，反向连接时要重复观测

一个排列(炮点至最远检波器的距离)的长度;

e. 月检以 30 d 为限,最长不超过 37 d。

41.4 监测记录

a. 每条测线的首尾炮点测量中每 40 炮应回放一张监视记录,特殊情况下要及时回放监视记录;

b. 首炮及测量中每隔 40 炮取一张气枪记录,震源故障应及时记录并在班报中详细记载故障情况;

c. 选择某道记录作单道监视剖面,监视记录中计时线应清晰,道迹均匀,气枪同步信号和激发信号(TB)的断点清楚;

d. 时标参考信号的相位和幅度稳定,时标的误差每 5 s 为±1 ms;

e. 监视记录两端加盖登录章,填写各项内容;

f. 测量中海况突然变化或船加速时,应及时录制电缆噪音,噪音电平超过标准,应停止作业。

41.5 地震班报

a. 首、尾炮号及测量中每隔 40 炮按要求如实完整的填写一次数据;

b. 炮号和文件号须对应无误;

c. 记录测量中影响质量的因素;注明废品炮点号、文件号、坏道的道号,按时间放炮,应注明放炮的时间间隔;

d. 班报用铅笔填写,不得用橡皮涂擦,有修改时,应将原记录划出重写。

42 资料整理

42.1 原始资料验收

42.1.1 资料验收项目

a. 试验资料:电缆噪音、震源能量与沉放深度、仪器接收因素选择、设备更换及工作方法改变等。

b. 原始记录资料,包括:

数字地震磁带资料;

数字地震监视记录;

单道剖面记录;

数字地震仪的日检和月检资料;

气枪打印记录;

导航定位资料,包括磁带、记录、手簿等。

42.1.2 原始资料验收标准

合格记录和测线:

a. 仪器日检、月检记录合格;

b. 仪器因素或方法符合设计要求;

c. 不正常工作道(死道、乱道、反道灵敏度低于邻道 6 dB、噪声超过指标的地震道)不超过总道数的 1/24;

d. 电缆拖曳噪声不大于 3 mPa,沉放深度误差不大于 2.5 m,尾标偏离不大于 15°;

e. 组合气枪总容量不低于规定值的 80%,声压不小于 90%;

f. 炮间距误差在 500 m 范围内小于±50 m,整条测线的空废炮率小于 6%;

g. n 次覆盖的 n 个连续炮点中不超过 $n/2$ 个空、废炮;

h. 单道监视记录基本完整清晰。

凡不符合上述要求者皆为不合格记录和测线。

42.2 资料处理要求

42.2.1 处理设计书内容

a. 地质任务；

b. 海上工作及原始质量分析；

c. 对已有处理资料的分析；

d. 处理任务和项目；

e. 试处理与批量处理；

f. 资料处理与计划；

g. 处理成果的提交。

42.2.2 速度谱、频谱图件的要求

a. 每个速度谱、频谱均须打印测线号、CDP(共深度点)号、谱的类别、处理日期、分析时窗等；

b. 速度谱的宽行列表参数应与处理设计书提供的参数一致；

c. 速度谱显示及道集动校正显示均应清晰；

d. 速度谱的求值范围能包含实际的速度值；

e. 速度谱选点合理，其密度满足处理与解释的要求。

42.2.3 静电剖面的要求

a. 静电显示图件的墨迹均匀，波形清晰，增益比例合适；

b. 图头名称与相应的作业宽行名称一致，其内容包括：作业单位、测区、测线号、主要采集因素、处理流程的主要参数、剖面比例尺、处理日期、测线位置图等；

c. 时间剖面的两侧要有时间标注，深度剖面的两侧要有深度标注；

d. 剖面上方应有测线交点、CDB 号、以及相应的炮点号。

42.2.4 照相剖面的要求

a. 每条剖面应有图头，内容同静电剖面；

b. 剖面上方应有测线方向、CDP 号及实际测线炮点号，相交测线标注，叠加速度数据，水深及电缆偏角；

c. 剖面中无波形畸变，无明显的振荡噪音和感应现象，增益与比例尺匹配，进道方向正确，步进距离均匀；

d. 洗相良好，图面清晰干净，无漏光、无折痕、手印、撕裂、色彩均匀、片透明度好。

42.2.5 剖面的比例尺

根据地质任务选择合适的比例尺。常规比例尺有两种：

正常比例尺：时间比例尺 10 cm/s；

横比例尺 1.5 mm～2 mm/道间；

缩小比例尺：时间比例 5 cm/s；横比例尺 0.75 mm～1 mm/道间。

42.2.6 X-Y 绘图，要求图头正确，图幅完整，绘图线条清晰，无断开、位移、撕裂、污损等缺陷。比例尺大小及参数选择合适。

42.2.7 处理成果质量评价

提交检验的各项成果资料必须完整无缺，表格填写正确、齐全。

资料处理的合格标准：

a. 因转录造成丢、废炮不大于总炮数的 1%；深层出现的信号畸变小于总炮数的 2%，任何 100 个 CDP 道内，不正常道不大于 4 道；

b. 预处理造成的丢炮或数据不全的炮小于总炮数的 2%～3%；

c. 处理方案及参数、编码与任务书基本一致，各主要模块及参数无错误，个别次要模块或参数使用有误，但不影响成果剖面质量；

d. 机器运转正常、程序运行正确、总 CDP 道数正确，出现的不正常道小于总 CDP 道的 2%；

e. 处理任务书、处理记录本、宽行列表及其各项中间监视基本齐全；

f. 成果剖面、洗相及图头显示整洁、齐全；

g. 波形基本无畸变、无振荡噪音及感应现象；

h. 变面积适当，灰阶度符合要求，胶片透明度较好；

i. 进道方向正确，距离和记时线错动不大于 4 ms；

j. 成果剖面能达到处理方案预期的地质效果。

凡达不到合格标准者为不合格。

42.3 地震资料解释

42.3.1 基础资料收集

地震资料解释前，应收集下列资料；

a. 水深图，测线位置图；

b. 速度资料及有关数据；

c. 采集和处理过程中形成的数据和资料；

d. 有关的地质、钻探和其他地球物理资料。

42.3.2 波的对比和反射层序划分

a. 综合分析剖面结构及波组特点，识别时间剖面上的正常反射波、侧面波、断面波、回转波、绕射波及各种干扰等，结合地震地层学的标志进行对比；

b. 分析区域地质、钻探和其他地球物理资料，划分反射层序，确定与地质层位的对应关系；

c. 浅、中、深层全面整体对比，着重于主要目的层，防止串层；

d. 根据波组系统中断、产状突变、断面波、绕射波等，结合偏移剖面分析，判定断点；

e. 波的对比解释应重复检查，应利用多种方法处理的时间剖面，验证对比解释的可靠性。

42.3.3 速度资料分析

a. 均方根速度：辨别有效反射波和其他干扰波的速度信息，提取有效波的均方根速度；

b. 平均速度：对不同方法获得的速度资料进行综合分析，提取适合于时深转换的平均速度；由速度谱取得的速度资料应进行校正和换算；

c. 层速度：利用各种速度资料，提供各地质层位不同岩层的层速度；

d. 对比平均速度和层速度的横向变化规律，编绘反映速度横向变化的有关剖面图和平面图件，提供给时深转换和进一步解释；

e. 解释过程中，对时间剖面上反射波的错断，同相轴的突变（数目或形状），反射波的分叉、合并、扭曲、强相位转换，以及出现的特殊波，应反复对比、分析，以得出地质解释。

43 地震调查成果

43.1 成果图件

43.1.1 深度剖面图的绘制

a. 区域性长测线，或通过构造及钻探井位的主要测线，应绘制深度剖面图；

b. 深度剖面图用实线和虚线分别表示反射界面的可靠性，在不同界面的适当位置（如端点、高点、低点、测线交点）标志 t_0 值。

43.1.2 平面图（等 t_0 图或构造图）的编绘

a. 选择有地质意义的，反射能量强，且能连续追踪，反映浅、中、深不同构造层构造形态的层面，作平面图；

b. 将各条剖面上同一波组的断点标绘在平面图上，连接同一条断层的断点；

c. 平面图上进行断点组合时，要分析同方向测线的剖面特征、断层性质、断开层位、断面产状、断距变化及相交测线的断层面组合情况等，先连接断距大、延伸长的主要断层；

d. 以不同符号标示断层的可靠程度，同一地区的各类断层按统一标准划分等级，同一断层在不同

层位的平面图上应统一编号或命名；

e. 构造图编绘须进行空间校正，在等 t_0 图上进行空间校正的同时，也要作断层校正；

f. 平面图应有相应的实际材料图。

43.2 成果报告

43.2.1 成果报告基本内容

成果报告内容参见 7.3 条。

43.2.2 报告主要附图

a. 地震测线位置图；

b. 区域测线或主要测线综合解释剖面图；

c. 分层构造图(等 t_0 图或等深度图)；

d. 等厚度图；

e. 其他图件。

附 录 A
等比制(φ值标准)粒级分类表
(补充件)

表 A1

粒组类型	粒级名称		粒径范围		$\phi=-\log_2 d$		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	$\frac{1}{2}$	1	CS
	中砂	中砂	0.5～0.25	500～250	$\frac{1}{4}$	2	MS
	细砂	细砂	0.25～0.125	250～125	$\frac{1}{8}$	3	FS
		极细砂	0.125～0.063	125～63	$\frac{1}{16}$	4	VFS
粉砂(T)	粗粉砂	粗粉砂	0.063～0.032	63～32	$\frac{1}{32}$	5	CT
		中粉砂	0.032～0.016	32～16	$\frac{1}{64}$	6	MT
	细粉砂	细粉砂	0.016～0.008	16～8	$\frac{1}{128}$	7	FT
		极细粉砂	0.008～0.004	8～4	$\frac{1}{256}$	8	VFT
粘土(泥)(Y)	粘土	粗粘土	0.004～0.002	4～2	$\frac{1}{512}$	9	CY
			0.002～0.001	2～1	$\frac{1}{1024}$	10	
		细粘土	<0.001	<1	$\frac{1}{2048}$	>11	FY

附 录 B
φ值-毫米换算表
（补充件）

表 B1

φ值	(+φ) mm	(−φ) mm	φ值	(+φ) mm	(−φ) mm	φ值	(+φ) mm	(−φ) mm	φ值	(+φ) mm	(−φ) mm
0.00	1.0000	1.0000	0.50	0.7071	1.4142	1.00	0.5000	2.0000	1.50	0.3536	2.8284
01	0.9931	0070	51	7022	4241	01	4965	0139	51	3511	8481
02	9862	0140	52	6974	4340	02	4931	0279	52	3487	8679
03	9794	0210	53	6926	4439	03	4897	0420	53	3463	8879
04	9718	0285	54	6877	4540	04	4863	0562	54	3439	9079
05	9659	0355	55	6830	4641	05	4841	0705	55	3415	9282
06	9593	0425	56	6783	4743	06	4796	0849	56	3392	9485
07	9526	0498	57	6736	4845	07	4763	0994	57	3368	9690
08	9461	0570	58	6690	4948	08	4730	1140	58	3345	9897
09	9395	0644	59	6643	5052	09	4697	1287	59	3322	3.0105
0.10	9330	0718	0.60	6598	5157	1.10	4665	1435	1.60	3299	0314
11	9266	0792	61	6552	5263	11	4633	1585	61	3276	0525
12	9202	0867	62	6507	5369	12	4601	1735	62	3253	0737
13	9138	0943	63	6462	5476	13	4569	1886	63	3231	0951
14	9075	1019	64	6417	5583	14	4538	2038	64	3209	1166
15	9013	1096	65	6373	5692	15	4506	2191	65	3186	1383
16	8950	1173	66	6329	5801	16	4475	2346	66	3164	1602
17	8890	1251	67	6285	5911	17	4444	2501	67	3143	1821
18	8827	1329	68	6242	6021	18	4414	2658	68	3121	2043
19	8766	1408	69	6199	6133	19	4383	2815	69	3099	2266
0.20	8705	1487	0.70	6156	6245	1.20	4353	2974	1.70	3078	2490
21	8645	1567	71	6113	6358	21	4323	3134	71	3057	2716
22	8586	1647	72	6071	6472	22	4293	3295	72	3035	2944
23	8526	1728	73	6029	6586	23	4263	3457	73	3015	3173
24	8468	1810	74	5987	6702	24	4234	3620	74	2994	3404
25	8409	1892	75	5946	6818	25	4204	3784	75	2973	3636
26	8351	1975	76	5905	6935	26	4175	3950	76	2952	3870
27	8293	2058	77	5864	7053	27	4147	4116	77	2932	4105
28	8236	2142	78	5824	7171	28	4118	4284	78	2912	4343
29	8179	2226	79	5783	7291	29	4090	4453	79	2892	4581
0.30	8123	2311	0.80	5743	7411	1.30	4061	4623	1.80	2872	4822
31	8066	2397	81	5704	7532	31	4033	4794	81	2852	5064
32	8011	2483	82	5664	7654	32	4005	4967	82	2832	5308
33	7955	2570	83	5625	7777	33	3978	5140	83	2813	5554
34	7900	2658	84	5586	7901	34	3950	5315	84	2793	5801
35	7846	2746	85	5548	8025	35	3923	5491	85	2774	6050
36	7792	2834	86	5510	8150	36	3896	5669	86	2755	6301
37	7738	2924	87	5471	8276	37	3869	5847	87	2736	6553
38	7684	3014	88	5434	8404	38	3842	6027	88	2717	6808
39	7631	3104	89	5396	8532	39	3816	6208	89	2698	7064
0.40	7579	3195	0.90	5359	8661	1.40	3789	6390	1.90	2679	7321
41	7526	3287	91	5322	8790	41	3763	6574	91	2661	7581
42	7474	3379	92	5285	8921	42	3729	6759	92	2643	7842
43	7423	3472	93	5249	9053	43	3711	6945	93	2624	8106
44	7371	3566	94	5212	9185	44	3686	7132	94	2606	8371
45	7321	3660	95	5176	9319	45	3660	7321	95	2588	8637
46	7270	3755	96	5141	9453	46	3635	7511	96	2570	8906
47	7220	3851	97	5105	9588	47	3610	7702	97	2553	9177
48	7170	3948	98	5070	9725	48	3585	7895	98	2535	9449
49	7120	4044	99	5035	9862	49	3560	8089	99	2517	9724

续表 B1

φ值	(+φ) mm	(−φ) mm	φ值	(+φ) mm	(−φ) mm	φ值	(+φ) mm	(−φ) mm	φ值	(+φ) mm	(−φ) mm
2.00	0.2500	4.0000	2.50	0.1768	5.6569	3.00	0.1250	8.0000	3.50	0.0884	11.314
01	2483	0278	51	1756	6962	01	1241	0556	51	0878	392
02	2466	0558	52	1743	7358	02	1233	1117	52	0872	472
03	2449	0840	53	1731	7757	03	1224	1681	53	0866	551
04	2432	1125	54	1719	8159	04	1216	2249	54	0860	632
05	2415	1411	55	1708	8563	05	1207	2821	55	0854	713
06	2398	1699	56	1696	8971	06	1199	3397	56	0848	794
07	2382	1989	57	1684	9381	07	1191	3977	57	0842	876
08	2365	2281	58	1672	9794	08	1183	4561	58	0836	959
09	2349	2575	59	1661	6.0210	09	1174	5150	59	0830	12.042
2.10	2333	2871	2.60	1649	0629	3.10	1166	5742	3.60	0825	126
11	2316	3169	61	1638	1050	11	1158	6338	61	0819	210
12	2300	3469	62	1627	1475	12	1150	6939	62	0813	295
13	2285	3772	63	1615	1903	13	1142	7544	63	0808	381
14	2269	4076	64	1604	2333	14	1134	8152	64	0802	467
15	2253	4383	65	1593	2767	15	1127	8766	65	0797	553
16	2238	4691	66	1582	3203	16	1119	9383	66	0791	641
17	2222	5002	67	1571	3643	17	1111	9.0005	67	0786	729
18	2207	5315	68	1560	4086	18	1103	0631	68	0780	817
19	2192	5631	69	1550	4532	19	1096	1261	69	0775	906
2.20	2176	5948	2.70	1539	4980	3.20	1088	1896	3.70	0769	996
21	2161	6268	71	1528	5432	21	1081	2535	71	0764	13.086
22	2146	6589	72	1518	5887	22	1073	3179	72	0759	178
23	2132	6913	73	1507	6346	23	1066	3827	73	0754	269
24	2117	7240	74	1497	6807	24	1058	4479	74	0748	361
25	2102	7568	75	1487	7272	25	1051	5137	75	0743	454
26	2088	7899	76	1476	7740	26	1044	5798	76	0738	548
27	2073	8232	77	1466	8211	27	1037	6465	77	0733	642
28	2059	8568	78	1456	8685	28	1029	7136	78	0728	737
29	2045	8906	79	1446	9163	29	1022	7811	79	0723	833
2.30	2031	9246	2.80	1436	9644	3.30	1015	8492	3.80	0718	929
31	2017	9588	81	1426	7.0128	31	1008	9177	81	0713	14.026
32	2003	9933	82	1416	0616	32	1001	9866	82	0708	123
33	1989	5.0281	83	1406	1107	33	0994	10.0561	83	0703	221
34	1975	0631	84	1397	1602	34	0988	1261	84	0698	320
35	1961	0983	85	1387	2100	35	0981	1965	85	0693	420
36	1948	1337	86	1377	2602	36	0974	2674	86	0689	520
37	1934	1694	87	1368	3107	37	0967	3388	87	0684	621
38	1921	2054	88	1358	3615	38	0960	4107	88	0679	723
39	1908	2416	89	1350	4110	39	0954	4831	89	0675	825
2.40	1895	2780	2.90	1340	4643	3.40	0947	5561	3.90	0670	929
41	1882	3147	91	1330	5162	41	0941	6295	91	0665	15.032
42	1869	3517	92	1321	5685	42	0934	7034	92	0661	137
43	1856	3889	93	1312	6211	43	0928	7779	93	0656	242
44	1843	4264	94	1303	6741	44	0921	8528	94	0652	348
45	1830	4642	95	1294	7275	45	0915	9283	95	0647	455
46	1817	5022	96	1285	7812	46	0909	11.0043	96	0643	562
47	1805	5404	97	1276	8354	47	0902	0809	97	0638	671
48	1792	5790	98	1267	8899	48	0896	1579	98	0634	780
49	1780	6178	99	1259	9447	49	0890	2356	99	0629	889

续表 B1

φ值	(+φ) mm	(−φ) mm	φ值	(+φ) mm	(−φ) mm	φ值	(+φ) mm	(−φ) mm	φ值	(+φ) mm	(−φ) mm
4.00	0.0625	16.000	4.50	0.0442	22.627	5.00	0.0313	32.000	5.50	0.0221	45.255
01	0621	111	51	0439	785	01	0310	223	51	0219	570
02	0616	223	52	0436	943	02	0308	447	52	0218	886
03	0612	336	53	0433	23.103	03	0306	672	53	0216	46.206
04	0608	450	54	0430	264	04	0304	900	54	0215	527
05	0604	564	55	4027	425	05	0302	33.128	55	0213	851
06	0600	679	56	0424	588	06	0300	359	56	0212	47.177
07	0595	795	57	0421	752	07	0298	591	57	0211	505
08	0591	912	58	0418	918	08	0296	825	58	0209	835
09	0587	17.030	59	0415	24.084	09	0294	34.060	59	0208	48.168
4.10	0583	148	4.60	0412	251	5.10	0292	297	5.60	0206	503
11	0579	268	61	0409	420	11	0290	535	61	0205	840
12	0575	388	62	0407	590	12	0288	776	62	0203	49.180
13	0571	509	63	0404	761	13	0286	35.017	63	0202	522
14	0567	630	64	0401	933	14	0284	261	64	0201	867
15	0563	753	65	0398	25.107	15	0282	506	65	0199	50.213
16	0559	877	66	0396	281	16	0280	753	66	0198	563
17	0556	18.001	67	0393	457	17	0278	36.002	67	0196	914
18	0552	126	68	0390	634	18	0276	252	68	0195	51.268
19	0548	252	69	0387	813	19	0274	504	69	0194	625
4.20	0544	379	4.70	0385	992	5.20	0272	758	5.70	0192	984
21	0540	507	71	0382	26.173	21	0270	37.014	71	0191	52.346
22	0537	635	72	0372	355	22	0268	271	72	0190	710
23	0533	765	73	0377	538	23	0266	531	73	0188	53.076
24	0529	896	74	0374	723	24	0265	792	74	0187	446
25	0526	19.027	75	0379	909	25	0263	38.055	75	0186	817
26	0522	160	76	0369	27.096	26	0261	319	76	0185	54.192
27	0518	293	77	0367	284	27	0259	586	77	0183	569
28	0515	427	78	0364	474	28	0257	854	78	0182	948
29	0511	562	79	0361	665	29	0256	39.124	79	0181	55.330
4.30	0508	698	4.80	0359	858	5.30	0254	397	5.80	0179	715
31	0504	835	81	0356	28.051	31	0252	671	81	0178	56.103
32	0501	973	82	0354	246	32	0250	947	82	0177	493
33	0497	20.112	83	0352	443	33	0249	40.224	83	0176	886
34	0494	252	84	0349	641	34	0247	504	84	0175	57.282
35	0490	393	85	0347	840	35	0245	786	85	0173	680
36	0487	535	86	0344	29.041	36	0243	41.070	86	0172	58.081
37	0484	678	87	0342	243	37	0242	355	87	0171	485
38	0480	821	88	0340	446	38	0240	643	88	0170	892
39	0477	966	89	0337	651	39	0238	933	89	0169	59.302
4.40	0474	21.112	4.90	0335	857	5.40	0237	42.224	5.90	0167	714
41	0470	259	91	0333	30.065	41	0235	518	91	0166	60.129
42	0467	407	92	0330	274	42	0234	814	92	0165	548
43	0464	556	93	0328	484	43	0232	43.111	93	0164	969
44	0461	706	94	0326	696	44	0230	411	94	0163	61.393
45	0458	857	95	0324	910	45	0229	713	95	0162	820
46	0454	22.009	96	0321	31.125	46	0227	44.017	96	0161	62.250
47	0451	162	97	0319	341	47	0226	426	97	0160	683
48	0448	316	98	0317	559	48	0224	632	98	0158	63.119
49	0445	471	99	0315	779	49	0223	942	99	0157	558

续表 B1

φ值	(+φ) mm	(−φ) mm	φ值	(+φ) mm	(−φ) mm	φ值	(+φ) mm	(−φ) mm	φ值	(+φ) mm	(−φ+) mm
6.00	0.0156	64.000	6.50	0.0110	90.510	7.00		0.0078	7.50		0.0055
01	0155	445	51	0110	91.139	01		0078	51		0055
02	0154	893	52	0109	773	02		0077	52		0055
03	0153	65.345	53	0108	92.411	03		0077	53		0054
04	0152	799	54	0107	93.054	04		0076	54		0054
05	0151	66.257	55	0107	701	05		0076	55		0053
06	0150	718	56	0106	94.353	06		0075	56		0053
07	0149	67.182	57	0105	95.010	07		0074	57		0053
08	0148	649	58	0105	670	08		0074	58		0052
09	0147	68.120	59	0104	96.336	09		0073	59		0052
6.10	0146	594	6.60	0103	97.006	7.10	0073		7.60	0052	
11	0145	69.071	61	0102	681	11	0072		61	0051	
12	0144	551	62	0102	98.360	12	0072		62	0051	
13	0143	70.035	63	0101	99.044	13	0071		63	0051	
14	0142	522	64	0100	733	14	0071		64	0050	
15	0141	71.012	65	0100	100.427	15	0070		65	0050	
16	0140	506	66	0099		16	0070		66	0049	
17	0139	72.004	67	0098		17	0069		67	0049	
18	0138	505	68	0098		18	0069		68	0049	
19	0137	73.009	69	0097		19	0069		69	0048	
6.20	0136	517	6.70	0096		7.20	0068		7.70	0048	
21	0135	74.028	71	0096		21	0068		71	0048	
22	0134	543	72	0095		22	0067		72	0047	
23	0133	75.061	73	0094		23	0067		73	0047	
24	0132	584	74	0094		24	0066		74	0047	
25	0131	76.109	75	0093		25	0066		75	0047	
26	0130	639	76	0092		26	0065		76	0046	
27	0130	77.172	77	0092		27	0065		77	0046	
28	0129	708	78	0091		28	0064		78	0046	
29	0128	78.249	79	0090		29	0064		79	0045	
6.30	0127	793	6.80	0090		7.30	0064		7.80	0045	
31	0126	79.341	81	0089		31	0063		81	0045	
32	0125	893	82	0089		32	0063		82	0044	
33	0124	80.449	83	0088		33	0062		83	0044	
34	0123	81.008	84	0087		34	0062		84	0044	
35	0123	572	85	0087		35	0061		85	0043	
36	0122	82.139	86	0086		36	0061		86	0043	
37	0121	711	87	0086		37	0061		87	0043	
38	0120	83.286	88	0085		38	0060		88	0043	
39	0119	865	89	0084		39	0060		89	0042	
6.40	0118	84.449	6.90	0084		7.40	0059		7.90	0042	
41	0118	85.036	91	0083		41	0059		91	0042	
42	0117	627	92	0083		42	0058		92	0041	
43	0116	86.223	93	0082		43	0058		93	0041	
44	0115	823	94	0081		44	0058		94	0041	
45	0114	87.427	95	0081		45	0057		95	0040	
46	0114	88.035	96	0080		46	0057		96	0040	
47	0113	647	97	0080		47	0056		97	0040	
48	0112	89.264	98	0079		48	0056		98	0040	
49	0111	884	99	0079		49	0056		99	0039	

续表 B1

φ值	(+φ) mm	φ值	(+φ) mm	(−φ) mm	φ值	(+φ) mm	(−φ) mm	φ值	(+φ) mm	(−φ) mm
8.00	0.0039	8.50	0.0028		9.00	0.0020		9.50	0.0014	
01	0039	51	0027		01	0019		51	0014	
02	0039	52	0027		02	0019		52	0014	
03	0038	53	0027		03	0019		53	0014	
04	0038	54	0027		04	0019		54	0013	
05	0038	55	0027		05	0019		55	0013	
06	0038	56	0027		06	0019		56	0013	
07	0037	57	0026		07	0019		57	0013	
08	0037	58	0026		08	0019		58	0013	
09	0037	59	0026		09	0018		59	0013	
8.10	0036	8.60	0026		9.10	0018		9.60	0013	
11	0036	61	0026		11	0018		61	0013	
12	0036	62	0025		12	0018		62	0013	
13	0036	63	0025		13	0018		63	0013	
14	0035	64	0025		14	0018		64	0013	
15	0035	65	0025		15	0018		65	0012	
16	0035	66	0025		16	0018		66	0012	
17	0035	67	0025		17	0017		67	0012	
18	0035	68	0024		18	0017		68	0012	
19	0034	69	0024		19	0017		69	0012	
8.20	0034	8.70	0024		9.20	0017		9.70	0012	
21	0034	71	0024		21	0017		71	0012	
22	0034	72	0024		22	0017		72	0012	
23	0033	73	0024		23	0017		73	0012	
24	0033	74	0023		24	0017		74	0012	
25	0033	75	0023		25	0016		75	0012	
26	0033	76	0023		26	0016		76	0012	
27	0032	77	0023		27	0016		77	0012	
28	0032	78	0023		28	0016		78	0011	
29	0032	79	0023		29	0016		79	0011	
8.30	0032	8.80	0022		9.30	0016		9.80	0011	
31	0032	81	0022		31	0016		81	0011	
32	0031	82	0022		32	0016		82	0011	
33	0031	83	0022		33	0016		83	0011	
34	0031	84	0022		34	0015		84	0011	
35	0031	85	0022		35	0015		85	0011	
36	0030	86	0022		36	0015		86	0011	
37	0030	87	0021		37	0015		87	0011	
38	0030	88	0021		38	0015		88	0011	
39	0030	89	0021		39	0015		89	0011	
8.40	0030	8.90	0021		9.40	0015		9.90	0011	
41	0029	91	0021		41	0015		91	0010	
42	0029	92	0021		42	0015		92	0010	
43	0029	93	0021		43	0015		93	0010	
44	0029	94	0020		44	0014		94	0010	
45	0029	95	0020		45	0014		95	0010	
46	0028	96	0020		46	0014		96	0010	
47	0028	97	0020		47	0014		97	0010	
48	0028	98	0020		48	0014		98	00099	
49	0028	99	0020		49	0014		99	00098	
								10.00	00098	

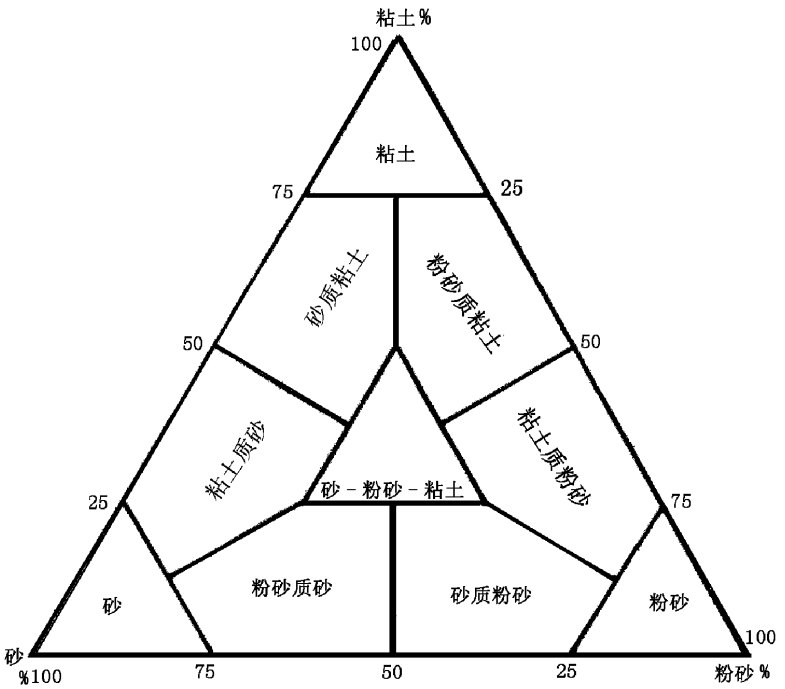
附 录 C
沉析(吸管)法采样深度和沉降时间表
(补充件)

表 C1

粒径,mm	0.063		0.032		0.016		0.008		0.004				0.002				0.001			
深度,cm	15	10	10		10		10		10		5		5		3		5		3	
t / C	s	s	min	s	min	s	min	s	h	min	min	s	h	min	h	min	h	min	h	min
10	56	37	2	30	9	58	39	53	2	40	79	47	5	19	3	11	21	3	12	38
11	55	36	2	25	9	41	38	46	2	36	77	31	5	10	3	6	20	28	12	17
12	53	35	2	21	9	26	37	42	2	31	75	23	5	2	3	1	19	54	11	57
13	52	34	2	18	9	10	36	41	2	27	73	22	4	53	2	56	19	22	11	37
14	50	33	2	14	8	56	35	42	2	23	71	25	4	46	2	51	18	51	11	19
15	49	33	2	10	8	42	34	47	2	19	69	32	4	38	2	47	18	22	11	1
16	48	32	2	7	8	28	33	53	2	16	67	46	4	31	2	43	17	53	10	44
17	46	31	2	4	8	15	33	1	2	12	66	3	4	24	2	39	17	26	10	28
18	45	30	2	1	8	3	32	12	2	9	64	25	4	18	2	35	17	0	10	12
19	44	29	1	58	7	51	31	24	2	6	62	49	4	11	2	31	16	35	9	57
20	43	29	1	55	7	40	30	39	2	3	61	18	4	5	2	27	16	11	9	42
21	42	28	1	52	7	29	29	55	1	59	59	50	3	59	2	24	15	48	9	29
22	41	27	1	50	7	18	29	13	1	57	58	26	3	54	2	20	15	25	9	15
23	40	27	1	47	7	8	28	32	1	54	57	5	3	43	2	17	15	4	9	3
24	39	26	1	45	6	58	27	53	1	52	55	46	3	43	2	14	14	43	8	49
25	38	25	1	42	6	49	27	15	1	49	54	31	3	38	2	11	14	23	8	38
26	37	25	1	40	6	40	26	39	1	47	53	18	3	33	2	8	14	4	8	26
27	37	24	1	38	6	31	26	4	1	44	52	7	3	28	2	5	13	45	8	15
28	36	24	1	36	6	22	25	30	1	42	51	0	3	24	2	2	13	28	8	5
29	35	23	1	34	6	14	24	57	1	40	49	54	3	20	2	0	13	10	7	54
30	34	23	1	32	6	6	24	25	1	38	48	50	3	15	1	57	12	53	7	44
31	34	22	1	30	5	59	23	55	1	36	47	49	3	11	1	55	12	37	7	34
32	33	22	1	28	5	51	23	25	1	34	46	50	3	7	1	52	12	22	7	25
33	32	21	1	26	5	44	22	57	1	32	45	53	3	4	1	50	12	7	7	16
34	32	21	1	24	5	37	22	29	1	30	44	57	3	0	1	48	11	52	7	7
35	31	21	1	23	5	30	22	2	1	28	44	4	2	56	1	46	11	38	6	59
36	30	20	1	21	5	24	21	36	1	26	43	13	2	53	1	44	11	24	6	51
37	30	20	1	19	5	18	21	11	1	25	42	22	2	49	1	42	11	11	6	43
38	29	19	1	18	5	12	20	47	1	23	41	34	2	46	1	40	10	58	6	35
39	29	19	1	16	5	6	20	23	1	22	40	46	2	43	1	38	10	46	6	27

注:本表假设颗粒为球体,平均相对密度 2.65,介质为水。

附 录 D
沉积物粒度三角图分类
（补充件）



附 录 E
抗压强度有关参数计算
（补充件）

E1 初始孔隙比

计算公式：

$$e_0=\frac{r_\omega \cdot G_s \cdot (1+0.01\omega_0)}{r_0}-1 \quad \cdots\cdots (E1)$$

式中： e_0——**初始孔隙比**；

r_ω——**水容重**，g/cm^3；

G_s——**土粒相对密度（比重）**；

r_0——**试样起始容重**，g/cm^3；

ω_0——**试样起始含水量**，%。

E2 各级荷重下单位沉降量

计算公式：

$$S_i=\frac{\sum\Delta h_i}{h_0}\times 1\ 000 \quad \cdots\cdots (E2)$$

式中：S_i——各级荷重下单位沉降量，10^{-3}；

Δh_i——某一荷重下压缩稳定后试验样总变形量，mm；

h_0——试样原始高度，mm。

E3 各级荷重下孔隙比

计算公式：

$$e_i=e_0-(1+e_0)\frac{S_i}{1\ 000} \quad \cdots\cdots (E3)$$

式中：e_i——各级荷重下孔隙比；

e_0——初始孔隙比；

S_i——各级荷重下单位沉降量，10^{-3}。

E4 某一荷重范围内的压缩系数

计算公式：

$$a_v=\frac{e_i-e_{(i+1)}}{P_{(i+1)}-P_i} \quad \cdots\cdots (E4)$$

式中：a_v——某一荷重范围内的压缩系数，kPa^{-1}；

e_i——各级荷重下孔隙比；

P_i——某一荷重值，kPa。

E5 某一荷重范围内压缩模量

计算公式：

$$E_s=\frac{P_{(i+1)}-P_i}{S_{(i+1)}-S_i}\times 1\ 000 \quad \cdots\cdots (E5)$$

式中：E_s——压缩模量，kPa；

P_i——某一荷重值，kPa；

S_i——某一荷重下单位沉降量，10^{-3}。

E6 某一荷重范围内体积压缩系数

计算公式：

$$m_v=\frac{1}{E_s}\cong\frac{m_v}{1+e_i} \quad \cdots\cdots (E6)$$

式中：m_v——某一荷重范围内体积压缩系数，kPa^{-1}；

E_s——某一荷重范围体积压缩模量，kPa；

e_i——各级荷重下孔隙比；

m_v——某一荷重范围内的压缩系数，kPa^{-1}。

E7 压缩指数

计算公式：

$$C_c=\frac{e_i-e_{(i+1)}}{\log P_{(i+1)}-\log P_i} \quad \cdots\cdots (E7)$$

式中：C_c——压缩指数；

e_i——各级荷重下孔隙比；

P_i——某一荷重值，kPa，计算中取绝对值。

E8 固结系数

计算公式：

$$C_v=\frac{0.848h^2}{t_{90}} \quad \cdots\cdots (E8)$$

式中：C_v——固结系数，cm^2/s；

h——某一荷重下，试样原始高度与终了高度的平均值之半，cm；

t_{90}——每级荷重下固结度达 90%所需压缩时间，s。

附 录 F
地磁正常场计算公式及其参数：国际地磁参考场 IGRF
（补充件）

国际地磁参考场采用国际大地测量和地球物理学会(IUGG)1971 年通过的国际椭球，其参数为：

赤道半径：A＝6378.160 km；

极半径：B＝6356.775 km；

偏率：$f\ \frac{A-B}{A}=\frac{1}{298.25}$；

国际地磁参考场是用地心球坐标的实型球谐级数及其导数表达的。

F1 地磁位

$$U=a\sum_{n=1}^{n=10}\sum_{m=0}^{m=n}\left(\frac{a}{r}\right)^{n+1}\left[g_n^m\cos m\lambda+h_n^m\sin m\lambda\right]P_n^m(\cos\theta) \quad \cdots\cdots (F1)$$

F2 地磁场总强度模的三个分量

分别为：

$$\left.\begin{aligned} X&=\frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial\theta}=\sum_{n=1}^{n=10}\sum_{m=0}^{m=n}\left(\frac{a}{r}\right)^{n+2}\left[g_n^m\cos m\lambda+h_n^m\sin m\lambda\right]\cdot\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\theta}P_n^m(\cos\theta)\\ Y&=\frac{-1}{r\sin\theta}\frac{\partial u}{\partial\lambda}=\sum_{n=1}^{n=10}\sum_{m=0}^{m=n}\left(\frac{a}{r}\right)^{n+2}\cdot\frac{m}{\sin\theta}\left[g_n^m\cos m\lambda-h_n^m\cos m\lambda\right]P_n^m(\cos\theta)\\ Z&=\frac{\partial u}{\partial r}=\sum_{n=1}^{n=10}\sum_{n=0}^{m=n}-(n+1)\cdot\left(\frac{a}{r}\right)^{n+2}\left[g_n^m\cos m\lambda+h_n^m\sin m\lambda\right]P_n^m(\cos\theta)\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots\quad(\mathrm{F2})$$

X、Y、Z 分别代表地心坐标地磁总强度的北向分量、东向分量和垂直分量。

F3 地磁场总强度模

$$|T|=(x^2+y^2+z^2)^{1/2}\quad\cdots\cdots\quad(\mathrm{F3})$$

式(F1、F2、F3)中：a——参考球体的平均半径(6371.12 km)；

r——参考球心起算的径向距离；

θ——余纬，$\theta=90°-\psi$，ψ 为纬度；

λ——从格林威治起算的经度；

$P_n^m(\cos\theta)$——是 n 阶 m 次施米特正交型伴随勒让德函数；

g_n^m 和 h_n^m——球谐系数。

$$P_n^m(u)=\frac{1}{2^n n!}\left[\frac{\varepsilon_m(n-m)!\ (1-u^2)^m}{(n+m)!}\right]^{1/2}\cdot\frac{d^{m+n}(u^2-1)^n}{du^{m+n}}\quad\cdots\cdots\quad(\mathrm{F4})$$

式中：$u=\cos\theta$；当 $m=0$ 时，$\varepsilon_m=1$；当 $m\geqslant1$ 时，$\varepsilon_m=2$。

时间和球谐系数值的关系为：

$$C_n^m(t)=C_n^m(t_0)+C_n^m\cdot(t-t_0)\quad\cdots\cdots\quad(\mathrm{F5})$$

式中：$C_n^m(t)$，$C_n^m(t_0)$——基本场系数；

C_n^m——年变系数，nT/a。

附 录 G
剩余磁性参量基本计算公式
（补充件）

$$X=\Sigma x,Y=\Sigma y,Z=\Sigma z;$$

$$\left.\begin{aligned} J &= \sqrt{x^2+y^2+z^2} \\ D &= \mathrm{tg}^{-1}\frac{Y}{X} \\ I &= \sin^{-1}\frac{Z}{J} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (G1)$$

式中：X、Y、Z——剩余磁化强度的北向、东向、垂直分量，A/m；

J——剩余磁化强度，A/m；

D——剩磁偏角，(°)；

I——剩磁倾角，(°)。

附 录 H
磁化率测量及计算方法
（补充件）

H1 等体积每块样品的测量

次序如图 H1、H2 所示：

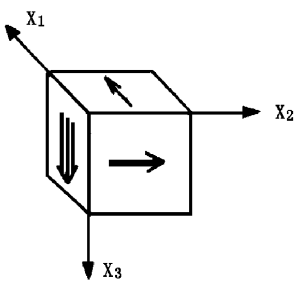


图 H1 立方体样品各方向测量示意图

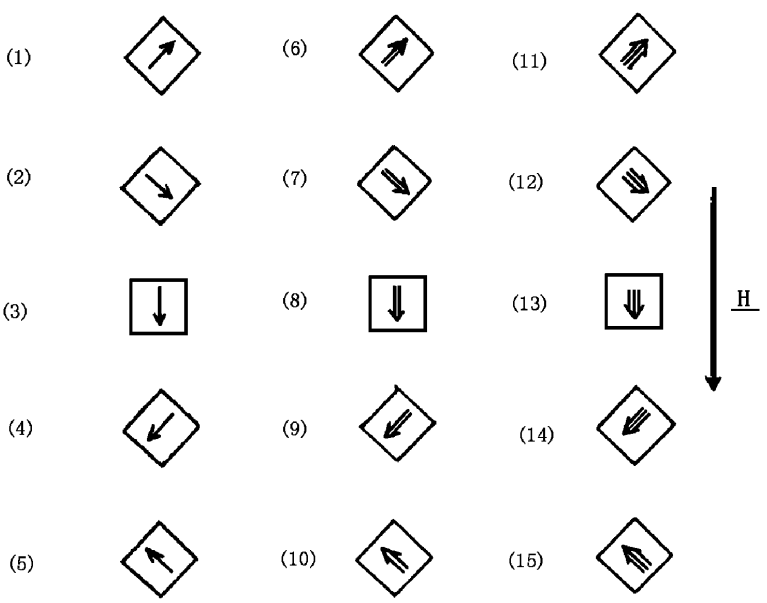


图 H2 15 个测量方向的旋转测量示意图

立方体样品的测量方位与磁场矢量 H、i、e 和冷却轴的方向有关。

H2 求主磁化率值的基础方程

$$\vec{J}=K\cdot\vec{H}=K_\lambda\cdot\vec{H} \qquad \text{(H1)}$$

式中：$\vec{J}$——感应磁化强度，A/m；

K——磁化率；

$\vec{H}$——磁场强度，A/m。

λ 依次为 1、2、3，代表三个主磁化值。设磁场 $\vec{H}$ 沿某一个 λ 主轴方向，这时感应磁化强度 $\vec{J}$ 平行于 $\vec{H}$。

式(H1)中，K_λ 是沿着 λ 主轴的磁化，是个标量；$\vec{H}$ 矢量，即 λ 主轴与坐标系 x_1、x_2、x_3 轴的方向余弦分别 I_1、I_2、I_3；将式(H1)作矩阵运算，其矩阵方程为：

$$\begin{bmatrix}J_1\\J_2\\J_3\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}K_{11}&K_{12}&K_{13}\\K_{12}&K_{22}&K_{23}\\K_{13}&K_{23}&K_{33}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}H_1\\H_2\\H_3\end{bmatrix}=K_\lambda\begin{bmatrix}H_1\\H_2\\H_3\end{bmatrix} \qquad \text{(H2)}$$

令：

$a=K_{11}$，$b=K_{22}$，$c=K_{33}$，$f=K_{23}$，$g=K_{13}$，$h=K_{12}$；

$q=1/3(a+b+c)^2-(bc+ca+ab-f^2-g^2-h^2)$

$r=2/27(a+b+c)^3-1/3(a+b+c)(bc+ca+ab-f^2-g^2-h^2)+(abc+2fgh-af^2-bg^2-ch^2)$

作矩阵运算，最终求得总磁化率：

$$K=1/3(K_{11}+K_{22}+K_{33})=1/3(K_1+K_2+K_3) \qquad \text{(H3)}$$

$K_1=K+2\sqrt{\frac{q}{3}}\cos\psi$，$\lambda=1$，$s=0$；

$K_2=K-2\sqrt{\frac{q}{3}}\cos(60°-\psi)$，$\lambda=2$，$s=2$；

$K_3=K-2\sqrt{\frac{q}{3}}\cos(60°+\psi)$，$\lambda=3$，$s=4$；

$\psi=\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{r}{2}\sqrt{\frac{27}{q^3}}$，$\cos^{-1}\frac{r}{2}\sqrt{\frac{27}{q^3}}$ 在计算中取主值，则 $\psi\leqslant 1/3\pi=60°$；

所以，$K_2<K_3$，$K_1>K_3$，K_1、K_3、K_2 分别表示最大磁化率 K_{max}，中间磁化率 K_{int}，最小磁化率 K_{min}。

H3 求主磁化轴方向的基本公式

令：

$$\begin{cases}m=\dfrac{I_1}{I_3}=\dfrac{h_0g-fh}{h^2-a_0h_0}\\[2ex]n=\dfrac{I_2}{I_3}=\dfrac{C_0h-fg}{h_0g-fh}\end{cases}$$

$$I_1=\cos(K_\lambda、x_1),I_2=\cos(K_\lambda、x_2),$$
$$I_3=\cos(K_\lambda、x_3);$$

则：

$$I_1=\frac{m}{\sqrt{m^2+n^2+1}}\qquad I_2=\frac{n}{\sqrt{m^2+n^2+1}}$$
$$I_3=\frac{1}{\sqrt{m^2+n^2+1}},\qquad D=\mathrm{tg}^{-1}\frac{n}{m};$$

I **为** K_λ **的方向余弦(磁化率主轴的倾角)(°)**；

D **为** K_λ **的方位角(磁化率主轴的偏角)(°)**。

计算 $K_{max}、K_{int}、K_{min}$ **主轴方向的公式**：

$$D=\begin{cases}\mathrm{tg}^{-1}\dfrac{n}{m},m>0\\ \mathrm{tg}^{-1}\dfrac{n}{m}+180°,m<0\end{cases}\qquad\cdots\cdots\cdots

C_1——常数 C 和接收条件变化值之和；

CCD——深度校正值；

K——比例常数。

I2 方法二

I2.1 覆盖率计算：

$$A=A_2\cdot\exp[D_2/2)^4/(2\sigma^2)] \quad \cdots\cdots (I2.1)$$

I2.2 平均粒径计算：

$$D=2\sigma^{1/2}(\pi/2)^{1/4} \quad \cdots\cdots (I2.2)$$

I2.3 瑞利分布参数计算：

$$\sigma=[(D_2^4-D_1^4)/32\cdot\ln(A_1/A_2)]^{1/2} \quad \cdots\cdots (I2.3)$$

I2.4 丰度计算：

$$W=7.7AD/100 \quad \cdots\cdots (I2.4)$$

式中：A——多金属结核覆盖率，%；

D——多金属结核的平均粒径，cm；

A_2——粒径 D_2 的海底多金属结核覆盖率，%；

σ——瑞利分布参数；

W——多金属结核丰度，kg/m^2。

附加说明：

本标准由国家海洋局提出。

本标准由国家海洋标准计量中心归口。

本标准由国家海洋局第二海洋研究所负责编制，地质矿产部广州海洋地质调查局、国家海洋局第一海洋研究所参加起草工作。

本标准主要编制负责人：柯长志、金翔龙、梁居廷等。