

中国地质调查局地质调查技术标准

DD2012—02

海域石油和天然气地球物理调查规范

中国地质调查局

2012年4月

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
4.1 目的	2
4.2 调查阶段划分及地质任务	2
4.3 测网	2
4.4 调查设计	3
4.5 资料验收及归档	4
5 导航定位	4
5.1 技术要求	4
5.2 测前准备	5
5.3 海上作业	7
5.4 资料整理与处理	9
6 水深测量（单波束）	11
6.1 技术要求	11
6.2 水位观测和声速测量	12
6.3 测前准备	12
6.4 海上测量	13
6.5 资料处理及评价	14
7 二维地震调查	15
7.1 二维地震测量	15
7.2 二维地震资料处理	23
7.3 二维地震资料解释	29
8 三维地震调查	36
8.1 三维地震测量	36
8.2 三维地震资料处理	44
8.3 三维地震资料解释	49
9 重力测量	54
9.1 技术要求	54
9.2 海上测量	54

9.3	资料整理与处理解释	59
9.4	重力测量成果	64
10	地磁测量	66
10.1	技术要求	66
10.2	海上作业	68
10.3	资料整理与处理解释	69
10.4	地磁测量成果	74
11	海底热流测量	74
11.1	测站	74
11.2	海底热流测量	75
11.3	热流资料地质解释	79
附录 A (资料性附录)	大地坐标系参考椭球体参数	81
附录 B (资料性附录)	验潮站水位观测与预报	82
附录 C (规范性附录)	班报	84
附录 D (资料性附录)	罗盘鸟校准方法及要求	92
附录 E (规范性附录)	国际地磁参考场计算	93
附录 F (规范性附录)	测线误差改正值计算方法	94
附录 G (资料性附录)	热导率校正公式	95
	参考文献	96
表 1	调查阶段相应的调查比例尺与测网密度	3
表 C.1	导航定位班报	84
表 C.2	水深测量班报	85
表 C.3	地震作业班报报头	86
表 C.4	地震作业班报记录	87
表 C.5	地震资料处理作业班报	88
表 C.6	海洋重力、磁力观测记录班报	89
表 C.7	海底地温梯度测量班报	90
表 C.8	海洋沉积物热导率测量班报	91

前 言

本标准是根据GB/T 1.1-2009《标准化工作导则第一部分：标准的结构和编写规则》进行编制的，涵盖了海域石油和天然气地球物理调查各个环节和各类方法。

本标准与GB/T 12763-2007标准和SY/T系列的行业标准的一致性程度为非等效。

本标准的附录A、附录B、附录D和附录G为资料性附录，附录C、附录E和附录F为规范性附录。

本标准由中国地质调查局提出。

本标准由中国地质调查局归口。

本标准起草单位：广州海洋地质调查局。

本标准起草人：陈 洁、张 明、陈邦彦、陈宏文、何水原、蒋青吉、王立明、李福元、钟广见、黄印欣、赵庆献、王功祥、高德章、罗贤虎等。

本标准由中国地质调查局负责解释。

引 言

海域石油和天然气地球物理调查不等同于海洋地质调查和以储量为目标的油气勘探,也不等同于海洋地质、地球物理环境基础要素调查,因此,已有的海洋地质调查及油气地球物理技术规范 and 标准不能完全适应海域油气预查、普查、详查阶段,商业性勘探开发前的地球物理调查。

本标准在总结我国海域石油和天然气地球物理调查工作的基础上,参考相关标准编制。本标准将填补海域油气预查、普查、详查阶段,商业性勘探开发前的地球物理调查工作的调查规范空白,对规范与推动此项工作起到重要作用。

海域石油和天然气地球物理调查规范

1 范围

本标准规定了海域石油和天然气地球物理调查的工作程序、设计编审、仪器设备、调查内容、调查方法、调查精度、资料处理解释及资料归档等技术要求。

本标准适用于海域油气预查、普查、详查阶段，油气资源商业性勘探开发前的地球物理调查，其它海洋地球物理调查工作亦可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 12763.1—2007 海洋调查规范 第1部分:总则

GB/T 12763.8—2007 海洋调查规范 第8部分:海洋地质地球物理调查

GB/T 12763.10—2007 海洋调查规范 第10部分:海底地形地貌调查

GB/T 14499—1993 地球物理勘查技术符号

DZ/T 0180—1997 石油、天然气地震勘查技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

准完全布格重力异常 Incomplete Bouguer anomaly

有限范围内海底地形改正、陆地（岛屿）重力效应改正后的空间重力异常。

3.2

测线误差 Error on survey line

海上作业条件差异在测线或测线段产生的重力异常/磁力异常整体偏差。

3.3

瞬间加热无限长线热源热衰减模型 Instantaneous Heating Infinite Line Source model(IHILS model)

对实际原位热流探针做简化处理时，不考虑探针长度、探针半径的影响，将其简化成无限长的线热源；同时，将探针在脉冲时段所释放的热量视为在开始加热的瞬间全部释放，使探针在瞬间获得热量并升温，之后开始与周围沉积物发生热传导，探针的温度开始衰减。通过这样的简化，可获得探针内部温度随时间变化的解析解，便于对实测数据进行解算从而获得沉积物热物性参数。我们将这样的简化及对应的解析解称为瞬间加热无限长线热源热衰减模型。

4 总则

4.1 目的

开展系统、综合的海域石油和天然气的地球物理调查，为国家海洋资源战略决策提供地质地球物理科学依据。

4.2 调查阶段划分及地质任务

调查阶段按照GB/T 12763.1-2007，GB/T 12763.8-2008。海洋油气调查阶段划分为：预查、普查、详查阶段，涉及从未知区到发现油气的地球物理调查完整过程。主要任务是研究有无油气田存在的地质条件，以及选择出前景较好的区域。

4.2.1 预查

未知区进行路线地质地球物理调查工作，成果图件比例尺1：1 000 000~1：500 000。

主要地质任务：初步划定区域地质构造格架。了解坳陷和隆起等区域构造特征，了解主要断裂、火成岩分布，初步划分和建立地震层序，了解各套（组）地层的沉积厚度及其变化特征，了解沉积基底的起伏及埋藏深度。提出可供普查的潜力区域，为该区域的经济建设提供参考资料。

4.2.2 普查

对预查后提出的有潜力地区开展的地质地球物理调查工作，成果图件比例尺1：500 000~1：100 000。

主要地质任务：大致查明坳陷内凹陷、凸起的分布和构造特征、地层分布及厚度变化；划分二级构造带或局部构造带，并查明其形态、范围、构造发育史；对查明的凹陷和二级构造带的含油气远景进行初步评价，圈划详查区域，为该区域的经济建设提供基础资料。

对有意义的二级构造带、沉积体系或局部构造带进一步开展工作（加密测网），即局部的详查。查明主要断裂和主要目的层的分布及厚度变化，并初步查明主要构造的形态特征和分布规律，对二级构造带和目的层进行含油气远景评价，提供参数井与预探井井位。

4.2.3 详查

对普查圈划出的具有含油气远景的详查区域开展的地球物理调查工作，成果图件比例尺1：100 000~1：25 000。

主要地质任务：基本查明圈闭的类型、形态、幅度和断层、火成岩体的性质、产状、延伸长度等要素；对各类圈闭及地震属性异常进行综合解释、综合评价，确定预探井井位。圈划勘探区，为勘探提供依据，为制定勘探规划、项目建议等提供资料。

局部的勘探，针对查明圈闭分布、厚度变化、断层位置、延伸长度、产状要素等，为部署发现井预探井位提供资料，可以开展三维地震调查，成果图件比例尺 $\geq 1：25 000$ 。

4.3 测网

4.3.1 测网密度

测网密度由地质任务确定，各调查阶段常用调查比例尺的测线或测网规定、主导技术方法见表 1。海底热流测量可不按调查比例尺的测线、测网密度要求进行测量，选择适当剖面或点位进行测量。

表1 调查阶段相应的调查比例尺与测网密度

调查阶段	成果图件比例尺	主导技术方法	主测线距	联络测线距
预 查	1 : 1 000 000~1 : 500 000	二维地震、重力、磁力	20 km~8 km	40 km~16 km
普 查	1 : 500 000~1 : 100 000	二维地震、重力、磁力	8 km~2 km	16 km~4 km
详 查	1 : 100 000~1 : 50 000	二维地震、重力、磁力、热流	2 km~1 km	4 km~2 km
	1 : 50 000~1 : 25 000	二维地震、热流	≤1 km	≤2 km
	≥ 1 : 25 000	三维地震		

4.3.2 测线布设

根据地质任务和经济合理的原则, 进行测线布设:

- a) 主测线尽可能垂直所需追踪的构造走向布设, 联络测线垂直主测线布设;
- b) 分阶段实施地球物理调查的工区, 测网、测线应统一布设, 包括测线和联络测线的编号;
- c) 分阶段实施地球物理调查的工区, 基本保障能够对比、拼接为原则, 后续阶段调查需重复前阶段已完成的部分工作;
- d) 测线布设应参考最新版本海图, 注意避让岛礁等障碍物。

4.4 调查设计

4.4.1 项目设计

项目设计应依据地质任务进行编制, 由主管部门审批后实施。主要包括:

- a) 调查项目(课题)任务、地质目的与要求;
- b) 调查海域工作程度(概况、主要成果、存在问题), 工区及邻区地质、地球物理基本特征等;
- c) 调查比例尺, 测网布设、调查工作量;
- d) 调查技术方法及其质量要求;
- e) 海上采集(含试验工作)、资料处理、解释等进度计划;
- f) 预期成果;
- g) 人员组成、职责, 分工与协作;
- h) 经费预算;
- i) 管理及安全保障。

4.4.2 采集施工设计

采集施工设计依据项目设计, 由承担单位审查后实施。主要包括:

- a) 地质任务与任务来源;
- b) 工区概况(自然地理、地形地貌等);
- c) 调查比例尺, 设计工作量、测线部署(含图表);
- d) 调查船、调查技术选择、导航定位、采集设备以及设备检验项目、技术指标;
- e) 施工方法、作业参数、技术要求;
- f) 施工部署;
- g) 人员配置及责任分工;

- h) 预期成果类型;
- i) 安全与质量控制措施;
- j) 资料验收要求及上交资料项目。

4.5 资料验收及归档

4.5.1 资料验收

验收要求:

- a) 依据各调查项目的相关技术标准,进行资料验收,分为优秀、合格、不合格三级,不合格的原
始资料报废;
- b) 验收由调查任务下达单位执行;
- c) 验收结果应作文字评语,参加验收者签字,单位盖章,作为调查成果验收和资料归档的内容之一。

4.5.2 资料归档

4.5.2.1 归档内容

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、专题工作报告;
- h) 调查报告及成果鉴定、审议书;
- i) 课题成员及经费结算表。

上述内容应将纸介质和电子文本同时归档。

4.5.2.2 归档要求

归档要求: ;

- a) 经主管部门验收合格后归档;
- b) 归档内容齐全、完整、签字手续完备;
- c) 终审之日起三个月内完成归档。

4.5.2.3 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。

5 导航定位

5.1 技术要求

5.1.1 施工设计

5.1.1.1 导航定位技术设计

具体内容参照4.4.2采集施工设计执行。

5.1.1.2 导航定位采用的大地坐标系、投影坐标系及其参数

必须在施工设计中阐述，还需完成下列计算，并将结果表示在施工设计中。

具体包括：

- a) 所有调查测线的经度、纬度和相应的投影坐标数据；
- b) 所有调查测线炮点号计算；
- c) 绘制调查测线设计布设图，需标明使用的大地坐标系、投影坐标系。

地震调查作业，上述计算结果数据还需参照UK00A 的P1/90系列格式记录于磁带或磁盘上。WGS-84大地坐标系和U. T. M投影坐标系参数见附录A。

5.1.2 精度要求

采用全球卫星导航定位系统进行导航定位，定位精度应不大于 $\pm 10\text{m}$ 。其中地震采集作业中95%以上的炮点定位误差 $< \pm 5.0\text{m}$ 。

5.1.3 卫星定位

全球卫星定位基本要求：

- a) 定位信号和误差校正信号的作业距离应覆盖整个作业区域；
- b) 导航定位功能应满足作业施工要求；
- c) 卫星信号（包括校正信号）稳定可靠，并具有不中断作业的能力。

5.1.4 调查设备传感器定位

各种调查设备传感器的定位，可采用如下方式：

- a) 后处理时进行偏移距校正完成；
- b) 综合导航系统中输入准确的偏移量进行实时计算完成。

5.1.5 水下定位

水下定位基本要求：

- a) 满足作业的水深要求；
- b) 系统通信频率与其它声学设备互不干扰；
- c) 工作持续时间满足作业要求。

5.2 测前准备

5.2.1 设备安装

5.2.1.1 罗经安装

安装在作业船中心轴线位置上。如果不能安装在该位置，尽量安装在靠近并平行于作业船中心轴线的位置上，并测量其相对于导航参考点的位置偏量，该位置偏量测量误差 $< \pm 5.0\text{cm}$ 。

5.2.1.2 卫星定位天线（含尾标 RGPS）安装

卫星定位设备天线安装要求：

- a) 卫星接收天线周围高度角 10° 以上无大的障碍物；
- b) 各类天线应尽量避免安装在一起，保证同频段天线互不干扰；
- c) 主定位天线离导航参考点距离 $< 50\text{m}$ 。

5.2.1.3 水下定位设备安装

水下定位设备安装要求:

- a) 相关姿态传感器单元, 应尽量安装在载体相对稳定的位置上;
- b) 定向设备应尽量安装在作业船中心轴线位置, 参考方向指向船艏;
- c) 系统计算单元与传感器之间的连接线保持最短。

5.2.2 设备校验

设备系统稳定后, 应对仪器进行校验。

5.2.2.1 卫星定位系统校验

校验要求:

- a) 在一个 C 级以上的 GPS 已知点上进行;
- b) 连续观测并记录 24h 定位数据, 记录间隔 1s; 且 60 组以上可靠数据, 连续时间不少于 120min;
- c) 使用校正信号测得的水平误差 $< \pm 2.0 \text{ m}$;
- d) 校验结果有效期 6 个月。

5.2.2.2 罗经系统校验

校验要求:

- a) 校验过程中, 作业船应调头一次, 船调头系统稳定后方可第二次测量;
- b) 记录数据不少于 15 组;
- c) 校验基线的方位值与观察值相差 $< \pm 0.5^\circ$;
- d) 校准后罗经精度 $< 0.5^\circ$;
- e) 校验结果有效期 6 个月。

5.2.2.3 尾标定位系统校验

校验要求:

- a) 记录数据不少于 15 组;
- b) 定位误差 $< \pm 10.0 \text{ m}$;
- c) 校验结果有效期 6 个月。

5.2.2.4 水下定位系统校验

校验要求:

- a) 水下定位设备需经过海试校验;
- b) 便携式安装, 在安装后进行校验;
- c) 位置误差 $< \text{斜距的 } 0.5\%$ 。

5.2.3 联机试验

作业使用的综合导航定位系统与其它调查设备(系统)之间应进行联机试验。

试验应满足如下要求:

- a) 综合导航定位系统与其它设备(系统)之间能相互正确传送和接收数据;
- b) 综合导航定位系统与其它设备(系统)时间同步。

5.2.4 海上校验

需在海上校验的设备（如水下定位），正式作业前还需在海上进行校准试验以获得相应的偏差值，结果应满足5.2.2中的相应条款要求。

5.3 海上作业

5.3.1 基本要求

资料和设备要求：

- a) 配备主、辅定位系统；
- b) 所有定位系统（包括主、辅系统）必须在出航前经过校验并满足技术设计中的精度要求。

5.3.2 航行要求

调查船航行基本要求：

- a) 匀速、直线航行；
- b) 在线测量时，航向变化每分钟 $<10^\circ$ ；特殊情况（例如避障碍物）除外，但必须及时通知测量值班员，采取相应措施；
- c) 实际航线与设计测线的偏离要求：偏离距离 $<50\text{m}$ ；95%的定位点，偏离距离应介于 $-25\text{m}\sim 25\text{m}$ 之间，特殊情况（例如避障碍物）超限，需经主管部门认可。

5.3.3 实时调查作业要求

5.3.3.1 定位作业

使用卫星要求：

- a) 所有定位点中95%的数据的卫星几何图形强度因子HDOP值 <3 ，或PDOP值小于5；
- b) 工作时使用的卫星颗数 ≥ 4 ；
- c) 卫星仰角 $>10^\circ$ 。

5.3.3.2 偏离设计测线位置

测线偏离要求：

- a) 炮点横向偏离设计测线的左右距离 $<50\text{m}$ ，其中95%的定位点 $<25\text{m}$ 。三维地震调查，应达到项目设计的覆盖率；
- b) 正常作业，每分钟最大修正航向夹角 $<10^\circ$ ；特殊情况（例如避障碍物）除外。

5.3.3.3 主、辅定位系统

定位系统要求：

- a) 综合导航定位系统使用主定位系统的数据进行导航计算，辅定位系统的数据用于比较和参考，辅定位系统必须处于正常运行状态；
- b) 主定位系统因故障或信号差而达不到工作精度要求，可由辅定位系统数据替代使用；
- c) 主定位系统故障，在确认辅定位系统精度达到要求后，可由辅定位系统升级为主定位系统进行工作；
- d) 一条测线的定位不合格点 $>20\%$ 时，应重新补做；
- e) 定位数据连续5 min以上不可靠或中断的测线段需补测。

5.3.3.4 罗经

罗经要求:

- a) 罗经通电>24 h, 处于正常工作状态;
- b) 作业船每次大转弯后, 罗经稳定, 数据可靠。

5.3.3.5 尾标定位

尾标定位要求:

- a) 根据项目要求选用大地坐标系和投影坐标系;
- b) 尾标 RGPS 在正式开始每条测线调查前 30 min 起, 供电系统正常, 系统稳定;
- c) 尾标 RGPS 锁定卫星时间>30 s。

5.3.3.6 水下定位

水下定位要求:

- a) 禁止同时使用相互干扰的声波信号源;
- b) 禁止作业船倒车。

5.3.3.7 三维地震调查定位

三维地震调查, 导航定位要求:

- a) 满足作业覆盖率;
- b) 实时监控、显示航行线内和与其相邻航行线的三维 CMP 面元覆盖情况;
- c) 实时显示 RGPS 系统工作状态、电缆与震源的位置、罗盘数据和电缆羽角的变化。

5.3.4 班报记录

作业整个过程要做班报记录。具体包括:

- a) 使用电子文档记录班报, 需每天打印并有当班人员签署全名;
- b) 测线开始和结束必须记录班报, 放炮作业每 200 炮记录一次班报, 非放炮作业, 每小时需记录一次班报;
- c) 遇到仪器发生故障、船只干扰等特殊情况必须及时采取措施、并记录班报;
- d) 班报填写准确、不得涂改;
- e) 班组长必须对班报记录进行全面检查并签署全名, 技术负责人要对每个作业周期的班报记录进行全面检查并签署全名;
- f) 班报格式见附录 C 的表 C.1。

5.3.5 数据记录

导航定位所有数据均应进行记录。

- a) 地震调查, 导航定位系统必须在磁盘(带)上记录 UK00A 系列的原始数据 P2/94 文件、处理数据 P1/90 文件。如果系统仅仅作磁盘记录, 每天应由组长对记录的数据进行备份。其它调查手段根据项目要求记录;
- b) 记录进入导航定位系统的所有数据;
- c) 磁带和光盘记录中, 一盘磁带或光盘可记录多条测线; 但不允许一条测线跨盘记录。

5.3.5.1 一般情况

导航定位系统实时显示或打印如下信息：

- a) 作业所使用的坐标系统和定位参数；
- b) 格林尼治日期及时间、炮号、炮点坐标、航向、航速、横偏距离等导航信息；
- c) 地震调查中电缆深度、电缆羽角、电缆罗盘水鸟的数据或图形；
- d) 卫星定位、尾标定位、水下定位、罗经、测深系统的数据信息和统计数据或图形（如使用）。

5.3.5.2 三维地震调查

进行三维地震作业时，除5.3.5.1所列内容外，导航定位系统还需显示或打印如下信息：

- a) 应能实时显示电缆的共中心反射点（CMP点）相对于采集面元的位置；
- b) 实时监视、显示航行线内和与它相邻航行线内的各面元线的覆盖状况及覆盖率；
- c) 实时显示电缆和震源的位置。

5.3.6 导航定位系统信息实时显示

值班人员要实时监视设备工作状态，检查数据记录设备是否正常运行，数据记录质量是否正常；技术负责人应经常检查定位资料的质量情况。

5.3.7 质量监控

质量监控要求：

- a) 值班人员实时监视仪器工作状态；
- b) 检查数据记录设备正常运行；
- c) 数据记录质量正常；
- d) 技术负责人应经常检查定位资料的质量情况。

5.4 资料整理与处理

5.4.1 资料整理

实时调查作业取得的资料，整理内容如下：

- a) 对比设计测线与实时作业测线，检查是否有未作业测线；
- b) 通过实时调查数据显示或打印记录的检查，对数据质量进行初步评价，制作质量自检表，其内容应包括：测线名、起始炮号、结束炮号、有效工作量、测线偏离情况、HDOP统计情况、自检、调查方法等；
- c) 检查数据记录盘（带）和打印记录是否完整，整理、装订各种纸质打印记录、班报记录，磁带或光盘必须有标签，内容包括测线名、盘号、记录数据格式、作业日期等；
- d) 班组长对原始数据文件应进行100%检查，确保数据准确、可用；
- e) 编写导航定位工作报告，其内容：
 - 1) 包括4.4.2中a)~d)；
 - 2) 定位系统的校准方法、校准值和系统工作稳定性分析；
 - 3) 定位作业质量分析；
 - 4) 实时调查作业存在的各种问题、改进方法及今后工作的建议。

5.4.2 资料处理

5.4.2.1 处理前资料收集

进行资料处理前，收集下列资料：

- a) 综合导航定位班报；
- b) 导航定位工作报告；
- c) 导航定位数据记录盘（带）；
- d) 工区基本参数；
- e) 各种导航设备相对位置图。

5.4.2.2 处理内容与要求

资料处理工作：

- a) 导航定位数据记录带(盘)标准化检查：施工参数检查、各种导航设备相对位置校核；
- b) 预处理：数据粗差别除、内插修补；
- c) 地震调查，需进行网络平差：网络优化；各关键节点最大或然值计算；平差前后各节点误差曲线分析；平差后各节点精度评估；平差前后各节点误差椭圆图形分析，误差椭圆值 $<5.0\text{ m}$ ；
- d) 地震调查，需输出 UK00A 的 P1/90 数据；
- e) 制作项目设计书中有关导航定位作业的各种图件。

5.4.2.3 处理质量控制

处理质量控制：

- a) 存在错误或定位精度不符合 5.1.2 要求的数据进行删除或改正；
- b) 主定位系统信号丢失或不稳定时间 $>20\text{ min}$ ，采用辅助定位系统数据；
- c) 三维地震调查，非 RGPS 节点定位误差椭圆长半轴 $<2.0\text{ m}$ ，RGPS 节点定位误差椭圆长半轴 $<5.0\text{ m}$ ；
- d) 实时调查作业的测线炮点进行误差分析和质量分析。

5.4.2.4 处理成果

5.4.2.4.1 处理成果数据

处理成果数据要求：

- a) 地震调查，处理数据按 UK00A P1/90 格式记录，记录介质为磁盘（带）；
- b) 用于其它调查的导航定位数据包括：测线名、炮号、时间、定位系统天线位置坐标、炮点位置坐标，各调查设备位置数据。

5.4.2.4.2 处理成果图件要求

处理成果图件，按有关规范执行，其它要求：

- a) 标注投影坐标线、经线、纬线；
- b) 地震调查， $5\text{ mm}\sim 10\text{ mm}$ 绘制一个炮点，每隔 100 个炮点及测线首尾炮点标记炮号，测线两端标注测线名，其它调查按调查方法要求制图；
- c) 注记栏内容：投影方式、椭球体名称和参数。

5.4.2.4.3 处理报告

资料处理报告应包括下述内容:

- a) 包括 4.4.2 中 a)~d);
- b) 处理方法和流程;
- c) 定位作业质量分析及最终处理成果评估: 精度分析、可靠性研究、简单评语和建议;
- d) 处理人员及设备;
- e) 存在问题及解决的方法等。

5.4.2.5 资料提交及归档

5.4.2.5.1 导航定位作业资料提交及归档

内容包括:

- a) 导航定位班报;
- b) 导航定位数据;
- c) 导航定位质量自检表;
- d) 导航定位工作报告。

5.4.2.5.2 导航定位处理资料提交及归档

内容包括:

- a) 测线导航定位数据, 数据项包括: 测线编号、炮号、经度、纬度、航向、航速;
- b) 导航定位处理报告。

6 水深测量(单波束)

6.1 技术要求

6.1.1 施工设计

按照GB/T 12763.10-2007以及本标准4.4.2要求编写施工设计;
增加“验潮站布设方案、水准点分布情况及联测要求”的内容;
收集资料:

- a) 测量区域最新海底地形图和海图;
- b) 测量区域内或附近的验潮站、水文站资料;
- c) 助航标志及航行障碍物的情况。

6.1.2 测量准确度

准确度要求:

- a) 测深仪标称精度 $\leq 0.1\%$;
- b) 水深 ≤ 30 m, 水深测量准确度 $\leq \pm 0.3$ m;
- c) 水深 > 30 m, 水深测量准确度 \leq 水深值的 1% 。

6.1.3 测深仪技术指标

作业采用的测深仪要求:

- a) 标称精度 $\leq 0.1\%$;

- b) 换能器波束垂直指向角 $\leq 30^\circ$;
- c) 船速 > 10 kn、船横摇 $< 10^\circ$ 、纵摇 $< 5^\circ$ 的情况下,能正常工作;
- d) 采用数字记录。

6.1.4 测深仪选择

不同作业情况测深仪选择:

- a) 地貌复杂海区,选用垂直指向角小的单波束测深仪;
- b) 港湾、航道和沿岸地区,选用浅水单波束测深仪;
- c) 近海测量选用量程适中的单波束测深仪;
- d) 远海测量选用深水单波束测深仪。

6.2 水位观测和声速测量

在水深 < 200 m海域、沿岸至 20 km以内的近海海域进行潮汐改正。

水位观测:

- a) 采用自动验潮仪、高精度差分 GPS 测量水位或潮汐数值预报方法预报水位;
- b) 水位观测准确度 $\leq \pm 5.0$ cm,时间记准到 1 min;潮汐数值预报方法预报水位准确度 < 20.0 cm。
- c) 验潮站布设、水准联测和水位观测,参照附录 B 执行;

声速测量:

- a) 作业前,实测工区声速;
- b) 收集工区内海水盐度、温度、声速资料,测深仪声速调至常数(如 1500 m/s),进行声速校正。

6.3 测前准备

6.3.1 换能器安装

换能器安装在船底,必须成铅垂方向。

6.3.2 测深仪校验

测深仪校验分为停泊校准、航行试验。

6.3.2.1 停泊校准

调查船停泊状态下测深仪校准:

- a) 选择水深 > 5 m、海底平坦地区进行校准,或用检查板(Bar Check)进行校准;
- b) 实际水深与测量水深之差 ≤ 0.3 m;
- c) 实际水深与测量水深之差为测深仪的校准值,测深仪探头吃水深度加上校准值为测深仪补偿值;
- d) 校准后需进行测深仪稳定性试验,水深比对限差必须满足 6.1.3 的要求;
- e) 校准结果有效期 6 个月。重新安装,必须重新校准。

6.3.2.2 航行试验

航行试验在测深仪换能器安装或变换位置后进行,要求:

- a) 在水深变化较大的海区进行;
- b) 不同深度、不同航速条件下测深仪工作正常。

6.4 海上测量

6.4.1 水深测量

水深测量作业要求：

- a) 导航定位和水深测量数据实时综合采集与记录；等时或等距方式采集，定位点间隔<同调查比例尺的图上距离 1 mm；
- b) 海底地形变化剧烈的地区，需加密测量，加密程度依据调查目的确定；
- c) 离、靠码头时，测量换能器的吃水深度；
- d) 导航定位参考点的平面位置实时归算到换能器位置，或依据测深仪换能器与导航定位参考点的相对位置，在数据处理时进行位置改正。

6.4.2 水深测线误差

6.4.2.1 交点水深差值

水深测线误差依据主测线与联络测线交点处水深测量差值衡量。

换能器吃水改正、声速和水位改正后，主测线与联络测线交点处水深测量差值标准：

- a) 深≤30 m，差值≤0.6 m；
- b) 深>30 m，差值≤水深值的 2%。
- c) 超差值标准的交点数≤总交点数 10%。

6.4.2.2 水深测量准确度计算

计算式：

$$M = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{2n}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

M ——水深测量准确度，单位：m；

d_i ——主测线与联络测线交点处水深测量差值，单位：m；

n ——主测线与联络测线的交点数。

6.4.3 补测或重测

在下列情况下应进行补测或重测：

- a) 漏测连续长度>同调查比例尺的图上距离 2.5 cm；
- b) 累计漏测点比例>2%；
- c) 地貌复杂海区，发生漏测；
- d) 实际航线与设计测线的偏离不满足 6.4.1 中 c) 要求；
- e) 主测线与联络测线交点水深比对限差不满足 6.4.3 中 a) 要求；
- f) 验潮站水位观测不符合 6.2 要求。

6.4.4 水深拼接测量和比对

不同时期、不同单位、不同设备施测的相邻图幅之间，进行拼接测量和重合点对比要求如下：

- a) 拼接处至少布设一条比对水深测量线；

- b) 各图幅内，比对水深测量线长度 \geq 同调查比例尺的图上距离 1 cm；
- c) 各图幅水深重合点比对限差满足 6.4.3 中 a) 要求；
- d) 经水深重合点比对，图幅数据存在系统误差时，应去除系统误差后计算重合点比对限差。重合点比对限差满足 6.4.3 中 a) 要求后，对图幅数据进行系统误差改正。

6.4.5 数据记录

导航定位和水深测量数据记录要求：

- a) 采用数字记录；
- b) 全部原始记录数据；
- c) 全部原始记录数据备份。

6.4.6 测量质量监控

质量监控要求：

- a) 值班人员负责实时监视仪器的工作状态，检查数据记录设备的运行情况及数据的记录质量；
- b) 组长负责检查每天的班报和测量数据是否完整、质量是否可靠，并备份数据。在海上测量结束后，对所获得的资料全面检查；
- c) 技术负责经常检查测量资料的质量。

6.4.7 班报

班报记录格式参照附录C的表C.2，记录要求：

- a) 测线调查开始及结束各记录一次外，每小时记录一次，当班人员签署全名；
- b) 调查船变速、偏航或仪器发生故障等特殊情况必须及时处理，并记录班报；
- c) 班报填写准确、不得涂改；
- d) 班组长负责对班报记录（包括电子文档）进行检查并签署全名；
- e) 技术负责人对每个作业周期的班报记录进行全面检查并签署全名。

6.4.8 测深工作报告

在作业结束后20天内提交，内容：

- a) 任务；
- b) 工区概况；
- c) 设备简介；
- d) 作业参数（如量程、发射频率、海水声速、换能器的相对位置等）；
- e) 设备配置及作业中的运转情况；
- f) 生产完成情况，包括完成工作量、质量分析和遇到的问题；
- g) 作业人员。

6.5 资料处理及评价

数据处理各阶段均应进行交叉检查，确保数据处理成果无误，同时形成统一格式文件，并附数字成果说明文档。

6.5.1 数据处理要求

要求：

- a) 导航定位参考点与测深仪换能器中心二者水平位置不重合时，根据偏心距进行水平位置归算；

- b) 定位点粗差剔除及内插修补;
- c) 换能器吃水改正;
- d) 声速改正;
- e) 水深 ≤ 200 m, 进行水位改正;
- f) 制作测线航迹图、实测水深图和海底地形图。

6.5.2 数据处理报告

内容包括:

- a) 任务;
- b) 概况;
- c) 处理参数;
- d) 精度分析;
- e) 完成情况, 包括完成工作量、质量分析和遇到的问题等;
- f) 成果;
- g) 处理人员。

6.5.3 资料评价

水深测量资料评价标准:

满足6.4.3中a)要求, 合格; 不满足6.4.3中a)要求, 不合格。

6.5.4 资料提交及归档

6.5.4.1 水深测量原始资料的提交及归档

内容包括:

- a) 班报;
- b) 测深数据;
- c) 测深工作报告;
- d) 质量自检表。

6.5.4.2 水深测量数据处理资料的提交及归档

内容包括:

- a) 数据处理报告;
- b) 测深测点数据, 数据项包括: 测线编号、测点号、观测日期、观测时间、坐标系统、经度、纬度、测量值、改正值、深度值。

7 二维地震调查

7.1 二维地震测量

7.1.1 作业前准备

7.1.1.1 施工设计

施工设计要求:

- a) 根据项目设计书编写施工设计书和开展作业前的资料准备工作;

- b) 施工设计书及设计图应在作业开始前 7 天提供给作业船队；
- c) 施工设计依照 4.4.2 阐述内容编写。

7.1.1.2 仪器测试与校准

7.1.1.2.1 地震仪器日检

测试评价标准参考仪器出厂指标，仪器日检应包含但不限于下列项目：

- a) 仪器噪音；
- b) 增益误差；
- c) 相位误差；
- d) 串音测试；
- e) 谐波畸变。

7.1.1.2.2 地震仪器月检

测试评价标准参考仪器出厂指标，仪器月检应包含但不限于下列项目：

- a) 仪器噪音；
- b) 脉冲响应；
- c) 增益误差；
- d) 相位误差；
- e) 串音测试；
- f) 谐波畸变；
- g) 共模抑制比；
- h) 漏电测试。

检验结果单独记录到磁带或磁盘中备查。

7.1.1.2.3 电缆罗盘校准

校准方法及要求参见附录E。

- a) 罗盘校准的有效期不得超过两年；
- b) 罗盘校准精度：伪随机误差均方差 $< \pm 0.6^\circ$ ；恒定误差 $< 0.5^\circ$ 。

7.1.1.3 设备检查

根据施工设计书的要求，进行作业前的各项设备测试和校验准备。主要内容有：

- a) 地震采集记录系统的各项日检和月检记录，满足 7.1.1.2.1 和 7.1.1.2.2 的要求；
- b) 深度控制器/罗盘鸟的校验记录和校验误差，符合 7.1.1.2.3 的要求；
- c) 气枪控制器和震源排列需提供不少于 40 炮的正常测试运行记录；
- d) 现场质量控制和处理系统对正常的的数据带进行解编和处理；
- e) 各种辅助设备通过正常的循环记录测试或输出记录；
- f) 根据整个采集系统信号流程图，确认回放记录上各种信号正确；
- g) 检查用于记录采集数据的磁带，确认存储介质可用。

7.1.1.4 关枪标准

备有枪阵组合和验证关枪标准的信号特性测试或模拟结果。

关枪应达到以下标准：

- a) 关掉某只或某几只枪后, 峰-峰值 > 设计震源峰-峰值的 90%;
- b) 关掉某只或某几只枪后, 频谱与设计震源的相关系数 > 0.998。

7.1.1.5 作业前资料准备

作业前需备有下列资料:

- a) 施工设计书;
- b) 气枪关枪标准;
- c) 储存在磁盘(带)上的仪器检验记录;
- d) 电缆罗盘校准报告;
- e) 气枪阵列装配图、电缆 / 罗盘 / 深度控制器装配图。

7.1.2 海上作业

7.1.2.1 震源系统

作业用震源要求:

- a) 枪阵中各气枪同步误差 < ± 1 ms;
- b) 气枪阵列沉放深度与设计沉放深度差值 < 1.0 m;
- c) 组合气枪阵列工作压力 > 设计额定值的 90%;
- d) 作业期间关掉某只或某几只枪后, 气枪阵列总容量 > 设计额定值的 90%;
- e) 气枪同步控制系统记录并显示每一炮的枪阵中各枪激发时间;
- f) 测线在施工中实时监控气枪同步控制系统的枪阵标准偏差和容量, 测线结束打印统计结果。

7.1.2.2 电缆接收系统

7.1.2.2.1 电缆沉放深度

电缆沉放深度要求:

- a) 电缆前后部弹性段至少各放置一个深度控制器, 电缆工作段深度控制器放置间隔 300 m, 特殊情况下两个正常工作的深度控制器之间的距离 ≤ 600 m;
- b) 电缆沉放深度与设计沉放深度差值 < 1.0 m;
- c) 深度控制器翼角在作业过程中应保持在 $\pm 5^\circ$ 以内, 电缆前部两个和尾部一个深度控制器的翼角允许在 $\pm 10^\circ$ 以内;
- d) 每个深度控制器与设计放置深度差值 ≤ 1.0 m, 两个相邻正常工作深度控制器的读数差值 ≤ 1.5 m。

7.1.2.2.2 电缆羽角与悬挂设备

电缆羽角与悬挂设备要求:

- e) 正常作业过程中, 间隔 200 个炮点在仪器班报上记录一次电缆羽角值; 电缆羽角 $> 10^\circ$ 时, 缩短间隔为每 100 炮点加密记录;
- f) 电缆工作段长度 > 3 km, 电缆上两个正常工作的深度控制器之间的距离 ≤ 600 m;
- g) 电缆工作段长度 > 5 km, 需配备尾标 RGPS。

7.1.2.2.3 电缆噪音

噪音与记录要求:

- a) 每条测线作业开始和结束时, 保持作业航速做噪音记录, 记录长度与作业时记录长度相同;

- b) 特殊情况下, 如天气或作业船情况发生变化, 噪音影响明显增大时, 也需做噪音记录;
- c) 电缆噪音标准使用 8Hz, 18dB/octave 低切滤波器;
- d) 电缆噪音均方根值 $< 5 \mu\text{bar}$;
- e) 电缆前部近船体的 6 道、尾部 3 道, 以及深度控制器或其它悬挂设备位置的前后各 1 道, 电缆噪音均方根值 $< 10 \mu\text{bar}$ 。

7.1.2.3 地震记录系统

7.1.2.3.1 记录仪器的日检和月检

记录仪器的检验项目、方法、技术指标按仪器出厂说明书的规定确定, 检验要求:

- a) 日检有效期为 24h, 检验项目及要求见 7.1.1.2.1。一条测线作业未结束时, 允许完成该测线作业再做日检;
- b) 月检有效期为 30 天, 检验项目及要求见 7.1.1.2.2。连续作业时, 有效期最多可延长 7 天;
- c) 采集记录设备发生故障, 维修或更换部件后, 需重做月检。

7.1.2.3.2 监视记录

监视记录要求:

- a) 每条测线的首炮、尾炮及每隔 40 炮显示并打印记录, 内容: 工区、测线号、文件号、炮号、日期、时间、采样率、所有地震道;
- b) 特殊情况, 如船只干扰、挂渔网、噪音突然增大等, 需及时回放监视记录;
- c) 监视记录需准确反映地震原始记录的面貌;
- d) 应连续绘制并系统注明一可选道的单道剖面记录。

7.1.2.3.3 磁带记录

磁带记录要求:

- a) 一盘磁带记录同一条测线的数据。配备数据安全系统、至少有一份完整的地震数据备份的情况下, 允许多条测线数据记录到同一盘磁带中, 不允许同一条测线跨盘记录;
- b) 一个作业区的磁带盘号应按顺序连续编号, 每盘带上粘贴牢固的标签, 标示清楚无误;
- c) 地震数据磁带标签内容:
 - 1) 工区总盘序号、测线总盘数和测线盘序号;
 - 2) 工区范围、客户方和施工方名称;
 - 3) 测线号及炮号和文件号范围;
 - 4) 磁带机型号和记录格式;
 - 5) 记录长度、采样率和工作道数;
 - 6) 施工方向、施工日期。

7.1.2.3.4 班报记录

班报记录要求:

- a) 班报报头在测线开始作业时记录, 格式见附录 C 的表 C.3, 包括以下内容:
 - 1) 项目名称、工区范围、客户方和施工方名称、测线号、施工序号、施工方向和施工日期等;
 - 2) 记录系统名称、磁带机型号、记录格式、记录长度、采样率和滤波参数等;
 - 3) 电缆型号、工作段长度、总道数、道间距、检波器型号、检波器灵敏度和覆盖次数等;
 - 4) 电缆最小偏移距、沉放深度、深度控制器及罗盘鸟的配置情况等;

- 5) 气枪类型、组合方式、总容量、操作压力、沉放深度、炮间距和气枪控制器型号等;
 - 6) 辅助道配置情况说明。
- b) 班报主体记录格式见附件 C 的表 C. 4, 包括以下内容:
- 1) 项目名称、工区范围、客户方和施工方名称等;
 - 2) 测线号、施工序号、施工方向和施工日期等;
 - 3) 风力、方向和涌浪情况等;
 - 4) 测线起始和结束的噪音对应文件号和噪音均方根值;
 - 5) 磁带盘号、磁带机号及每盘磁带上起始和结束文件对应的炮号和时间等;
 - 6) 测线开始和结束及作业过程中, 不超过 200 炮记录一次炮号、文件号、时间、羽角和水深等;
 - 7) 测线起始时和结束时不正常道的情况;
 - 8) 测线作业过程中的关枪情况;
 - 9) 测线的总坏炮数和坏炮率统计;
 - 10) 测线作业过程中发生特殊情况的备注;
 - 11) 操作员签名和质量负责人签名。
- c) 班报填写准确, 炮号和文件号对应关系与数据磁带记录一致, 不得涂改;
- d) 首、尾炮号及作业中每隔 200 炮按要求如实完整的填写一次数据;
- e) 详细注明施工作业中影响质量的因素;
- f) 注明作废炮点号、文件号、坏道的道号及原因;
- g) 按时间放炮, 需注明放炮的时间间隔。

7.1.2.4 海上试验

在新海区施工、或者勘探目的有变化时, 作业前需进行下列海上试验工作:

- a) 声速仪测量海水表层至 20 m 水深的海水声速曲线;
- b) 电缆油量和加重平衡块调节、水鸟和罗盘位置调节。调节后电缆平衡满足 7.1.2.2.1 的要求;
- c) 平潮期、正常工作船速条件下, 利用震源中心单枪激发, 电缆水断道接收, 测试并求取最小偏移距。通过调节电缆前导段, 最小偏移距误差 <3.0 m;
- d) 地震作业参数试验: 根据项目设计书要求设定采集参数并实施试验资料采集, 在试验资料处理分析的基础上, 确定资料采集过程中的各种关键参数。

7.1.2.5 现场地震资料 QC 处理系统

随时启用现场 QC 处理系统对采集的每条测线(较长测线可分段)进行现场处理和质量分析, 要求如下:

- a) 采集的有效原始带及其备份磁带能够全部解编, 确认磁带记录数据完整无误;
- b) 每条测线进行单次剖面抽取, 确认采集数据正常;
- c) 典型记录进行原始资料分析:
 - 1) 噪音分析, 了解主要噪音的类型及分布;
 - 2) 频谱分析, 了解资料有效信号和噪音的频率成分。
- d) 根据需要, 对测线进行现场叠加处理, 要求叠加速度拾取基本准确, 滤波、反褶积参数合理;
- e) 所有野外采集的参数试验线, 使用同一处理流程及参数进行现场保真叠加处理;
- f) 提交现场处理班报, 班报格式见附件 C 的表 C. 5;
- g) 提交现场处理报告。

7.1.2.6 航行要求

地震测量作业采取等距离放炮，对调查船航行要求：

- a) 船速和航向保持稳定，航速要求不超过 5.5 kn；
- b) 到达测线起点前 1km 处电缆拉直；
- c) 到达测线终点后，继续沿作业航向航行，航行距离 > 半个排列长度加上定位接收天线至 1/2 近道偏移距处的距离；
- d) 炮点偏离设计测线的横向距离 ≤ 25 m，特殊情况，如避让岛礁等障碍物时除外；
- 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，随后缓慢修正航向使船只回到设计测线上。

7.1.2.7 质量控制

7.1.2.7.1 不允许开始作业的要求

出现下列问题之一时，不得开始作业：

- a) 工区开始作业的第一条测线未达到每道工作正常；
- b) 每条测线开始作业不正常工作道超过 3% 或超过两个相邻道；
- c) 电缆接收系统不符合 7.1.2.2 规定的情况；
- d) 记录仪器检验未达到 7.1.1.2.1、7.1.1.2.2 所规定的各项测试要求；
- e) 震源系统未达到 7.1.2.1 的要求；
- f) 导航定位系统工作不正常；
- g) 现场 QC 处理系统工作不正常。

7.1.2.7.2 不允许继续作业的要求

出现下列问题之一时，不能继续作业：

- a) 采集仪器、震源或主导航定位等系统出现故障；
- b) 多道监视仪、枪同步系统显示装置和电缆在水中状态显示装置等主要监控设备在作业过程中不正常时间超过 30 min；
- c) 电缆噪音超过 7.1.2.2.3 中规定标准；
- d) 任何相邻两个正常工作的深度传感器之间距离 > 600 m；
- e) 电缆不正常道多于总道数二十四分之一，或超过两个相邻道；
- f) 气枪总容量 < 额定总容量的 90%；
- g) 气枪工作压力 < 额定压力的 90%；
- h) 连续空、废炮超过覆盖次数的四分之一，或在任何连续的 100 炮中，空、废炮数 ≥ 30；
- i) 现场 QC 处理系统故障超过 72 h。

7.1.2.7.3 作业质量控制

作业质量控制要求：

- a) 一条测线开始施工 < 5 km 时因故停止施工，该测线作业报废；
- b) 一条测线开始施工满覆盖测线长度 < 1 km 时因故停止施工，该测线作业报废；
- c) 一条测线空、废炮率 > 5%，该测线作业报废；

- d) 整个作业空、废炮率 $<3\%$;
- e) 中断作业的测线, 延续作业时应顺原测线方向施工, 衔接处重叠长度 $>$ 半个排列长度加上定位接收天线至 $1/2$ 近道偏移距处的距离; 反向施工, 衔接处重叠长度 >1 个排列加上天线至 $1/2$ 近道偏移距处的距离;
- f) 特殊情况: 避让岛礁、海上工程设施、渔船等障碍物、海流过急的特殊海域电缆羽角长时间连续超过 15° , 放宽作业质量要求需经主管部门认可。

7.1.2.8 采集资料评价标准

7.1.2.8.1 一级品

全部符合下列要求的资料, 评为一级品:

- a) 仪器月检、日检记录合格;
- b) 施工中仪器、震源、电缆和定位等工作正常, 整条测线的空、废炮率 $<1\%$;
- c) 全测线一半以上的炮点, 实际激发的枪阵容量 $>$ 总容量的 93% ;
- d) 工作不正常道少于总接收道数的四十八分之一;
- e) 电缆羽角 $\leq 10^\circ$;
- f) 气枪和电缆沉放深度在设计深度的 ± 1.0 m 以内;
- g) 电缆噪音 $<5\mu$ bar;
- h) 炮点横向偏离测线 <25 m。

7.1.2.8.2 二级品

符合a项, 同时b~f项中出现任意一项的资料, 评为二级品:

- a) 仪器月检、日检记录合格;
- b) 施工中仪器、震源、电缆和定位等工作正常, 整条测线的空、废炮率 $1\% \sim 5\%$;
- c) 工作不正常道大于总接收道数的四十八分之一, 但小于总接收道数的二十四分之一;
- d) 电缆羽角 $>10^\circ$;
- e) 避让岛礁、渔船等障碍物时, 炮点横向偏离测线 >500 m, 并在班报中详细注明;
- f) 不满足以上要求的特殊海区, 已经主管部门认可。

7.1.2.8.3 废品

符合以下条款之一的均属于废品:

- a) 仪器月检、日检记录不合格;
- b) 工作方法不符合设计规定;
- c) 测线空、废炮率 $>5\%$;
- d) 电缆工作段长度 >3 km, n次叠加的测线出现超过 $n/2$ 个连续空、废炮;
- e) 无班报或班报填写错误混乱, 实际的磁带盘号、文件号和炮号与地震班报及定位记录资料不符。

7.1.3 采集资料验收

7.1.3.1 作业采集原始资料

内容包括:

- a) 作业日报;
- b) 作业班报;
- c) 仪器日检和月检;

- d) 监视记录;
- e) 震源监视记录资料;
- f) 地震原始记录磁带;
- g) 作业报告;
- h) 地震资料现场处理报告。

7.1.3.2 资料整理

7.1.3.2.1 地震原始记录磁带

原始记录磁带整理:

- a) 磁带标签内容与地震仪器班报记录一致;
- b) 原始记录磁带进行 100% 备份, 并分别装箱。

7.1.3.2.2 监视和打印记录

监视和打印记录整理:

- a) 监视记录按测线号、炮号整理成卷, 并在显露部位注明雇主、工区、序列号、测线号、施工日期等内容;
- b) 日检记录和月检记录按时间顺序整理成册, 标明雇主、工区、测试项目和测试日期等内容;
- c) 所有监视记录及打印资料, 按施工顺序装箱, 在箱外注明雇主、工区、序列号、生产日期、作业船队及卷(册)数等内容。

7.1.3.2.3 地震仪器班报

地震作业班报, 按测线施工顺序装订成册。

7.1.3.2.4 测量工作报告

地震采集的测量工作报告在作业结束后20天内提交, 编写内容:

- a) 任务;
- b) 工区概况;
- c) 作业参数;
- d) 采集设备安装、配置及作业中的运转情况;
- e) 生产完成情况, 包括质量分析和遇到的问题;
- f) 作业安全及环境保护工作;
- g) 船队人员及驻船代表人员名单;
- h) 作业船舶资料;
- i) 电缆 / 罗盘/深度控制器装配图、气枪阵列装配图、子波波形及频谱资料;
- j) 质量自检表;
- k) 设备校验报告。

7.1.3.3 资料验收

施工结束后由技术主管部门组织验收, 根据项目设计书和采集施工设计书进行。

内容包括:

- a) 任务完成情况及质量统计;
- b) 试验工作量统计及试验资料和试验分析资料;

- c) 原始资料监控记录和地震原始数据磁带；
- d) 作业班报、日检记录、月检记录、仪器测试记录和校准文件；
- e) 气枪工作状态监控记录；
- f) 工作报告。

7.1.3.4 资料提交及归档

内容包括：

- a) 地震作业班报；
- b) 地震日检、月检资料；
- c) 地震质量监控记录剖面；
- d) 地震数据磁带；
- e) 气枪监控单炮记录；
- f) 地震资料现场处理报告；
- g) 地震工作报告。

7.2 二维地震资料处理

7.2.1 原始资料准备

7.2.1.1 地震原始记录磁带

按测线检查与接收原始记录磁带。磁带记录格式：SEG格式。每盘磁带标签内容与作业班报一致。

7.2.1.2 作业班报

作业班报内容：工区名称、施工船(队)号、测线号、施工日期、气枪类型、枪容量、仪器型号、文件号、炮点号、航向、记录长度、采样率、枪阵沉放深度、电缆沉放深度、羽角、水深。

7.2.1.3 导航定位数据

UK00A-P1/90格式，内容包括：导航点、震源点、各地震记录道坐标、水深。

7.2.1.4 其它辅助资料

根据实际情况，收集一些辅助资料：地震勘探部署图、施工设计图、现场处理剖面、老剖面以及相关的地质、钻井、测井资料。

7.2.2 技术要求

7.2.2.1 数据解编或格式转换

地震原始记录数据解编或转换为地震数据处理系统使用的数据格式，要求如下：

- a) 注意振幅数据的浮点类型；
- b) 必须包括炮点号、文件号和接收道号的道头信息；
- c) 显示 20%单炮记录，检查数据解编或格式转换的正确性。

7.2.2.2 置道头

置道头要求：

- a) 通过观测系统定义或者导航数据合并将地震记录激发、接收的空间坐标信息置于数据道头；

- b) 定义 CMP 道头，计算 CMP 空间位置和炮检距；
- c) 查看炮点、检波点、CMP 点的位置及 CMP 覆盖次数和最小、最大炮检距，检查道头信息的正确性。

7.2.2.3 叠前去噪

叠前去噪要求：

- a) 剔除野值、坏道，压制规则干扰，提高信噪比；
- b) 防止产生假频；
- c) 被压制的干扰波数据中无明显有效信号；
- d) 显示叠前去噪前后的数据及其差值，对比检查去噪效果。

7.2.2.4 振幅补偿

振幅补偿包括扩散、吸收补偿和激发、接受差异补偿。

振幅补偿后的地震记录要求：

- a) 浅、中、深层的反射波能量基本均衡；
- b) 炮集之间、共接收点道集之间无明显的能量差异。

7.2.2.5 反褶积

反褶积处理要求：

- a) 压缩地震子波、提高地震记录的时间分辨率；
- b) 显示反褶积前、后的地震记录，分析反褶积前、后地震记录的自相关和频谱，检查反褶积处理效果。

7.2.2.6 多次波压制

多次波压制要求：

- a) 压制海水鸣震等多次波的同时要能够突出有效信号；
- b) 显示多次波压制前、多次波压制后的道集和剖面，并且显示两者的差异道集和剖面。对于压制或保留的可疑信号要尽量给出合理的证据说明其为多次波或有效信号。

7.2.2.7 速度分析

7.2.2.7.1 初始速度分析

以建立区域速度场为目的，分析结果能够反映速度变化趋势、涵盖速度变化范围。

7.2.2.7.2 NMO 速度分析

利用CMP道集数据，以初始速度为基础，分析动校正速度、建立水平叠加速度场，分析点密度要求1速度点/千米（在地层倾角大、构造变化剧烈区域，速度点要适当加密），分析结果满足CMP道集水平叠加动校正的要求。

7.2.2.7.3 DMO 速度分析

利用DMO道集数据，以NMO速度分析结果为基础，分析动校正速度、建立水平叠加速度场，分析点密度要求同b，分析结果满足DMO道集数据水平叠加动校正的要求。

7.2.2.7.4 偏移速度分析

利用偏移扫描数据或者偏移道集数据，以DMO速度分析结果为基础，分析偏移速度、建立偏移速度场，分析点密度要求同b，分析结果满足偏移处理的要求。

7.2.2.7.5 其它事项

速度分析要考虑构造形态的变化，符合地质规律。

7.2.2.8 倾角时差校正（DMO）

倾角时差校正（DMO）要求：

- a) 消除地层倾角影响，改善倾斜地层、断面的水平叠加质量，提高水平叠加动校正速度分析精度；
- b) 根据炮检距、反射时间、动校正速度和地层倾角，选择合适的 DMO 方法及参数；
- c) DMO 处理后必须进行 DMO 速度分析；
- d) DMO 处理后，断面波、绕射波以及同一部位不同倾角的反射波，在叠加剖面上的成像质量不低于 DMO 处理前的。

7.2.2.9 水平叠加

水平叠加要求：

- a) 水平叠加是将动校正道集进行等时叠加，生成水平叠加剖面；
- b) 选择合适的动校正方法和动校正速度场，用于叠加的动校正道集在切除带内要拉平；
- c) 选择合适的内、外切除参数，保留有效波，切除拉伸畸变、残留多次波；
- d) 叠加剖面具有一定的信噪比和分辨率（具体要求要根据叠前地震记录的信噪比和分辨率）；
- e) 水平叠加剖面海底清楚，海底以上要求零振幅。

7.2.2.10 偏移成像

偏移成像要求：

- a) 偏移成像处理的目的是地震波场实际空间位置的归位，生成偏移剖面；
- b) 根据地质任务的要求、构造形态的复杂程度选择合适的偏移类型；
- c) 做好偏移速度分析，要求绕射波收敛，反射波、断面波正确归位；
- d) 根据偏移速度场、偏移前地震记录的信噪比，选择合适的偏移方法和偏移参数；
- e) 偏移处理要防止产生假频；
- f) 偏移剖面无影响地质解释的画弧现象；
- g) 偏移的输入数据可以做提高信噪比的处理，但不能做相干加强类的处理。

7.2.2.11 叠前时间偏移成像处理

叠前时间偏移成像处理要求：

- a) 叠前偏移速度场的建立，分析点密度要求同 7.2.2.7；
- b) 叠前时间偏移与成像道集处理，目的要求同 7.2.2.10。

7.2.2.12 叠前深度偏移成像处理

叠前深度偏移成像处理要求：

- a) 速度模型的建立，分析点密度要求同 7.2.2.7；
- b) 叠前深度偏移与成像道集处理，目的要求同 7.2.2.10。

7.2.2.13 修饰性处理

修饰性处理要求：

- a) 修饰性处理的目的是为了进一步提高剖面的信噪比、分辨率，突出剖面波组特征，利于地震资料解释；
- b) 修饰处理后的剖面不模糊断点、断面，且无明显的“蚯蚓化”或“炕席”现象。

7.2.2.14 枪深、缆深校正

进行枪深、缆深校正，将地震数据的零时间点校正到平均海平面。

7.2.2.15 滤波和增益处理

没有经过滤波、增益处理的剖面称为纯波剖面，通过滤波和增益处理可以突出剖面波组特征、改善剖面显示的动态范围，有利于地震资料解释，经过滤波和增益处理的剖面称为成果剖面。

滤波和增益处理要求：

- a) 突出剖面波组特征；
- b) 改善剖面显示的动态范围；
- c) 生成成果剖面。

7.2.2.16 成果剖面

绘制成果剖面要求：

- a) 纸介质上绘制成果剖面；
- b) 采用波形变面积显示方式；
- c) 显示比例：垂向 10 cm/s、横向 1 : 25 000；
- d) 显示增益的选择：能反映剖面上反射波振幅的动态范围；
- e) 标注剖面标签，内容包括：
 - 1) 用户名称；
 - 2) 船（队）号；
 - 3) 工区；
 - 4) 测线名称和测线方向；
 - 5) 剖面类别；
 - 6) 采集参数；
 - 7) 处理流程和基本参数；
 - 8) 数据处理单位和处理系统名称；
 - 9) CMP 号、炮点号；
 - 10) 速度函数；
 - 11) 测线交点；
 - 12) 显示比例；
 - 13) 处理日期；
 - 14) 工区测线位置分布示意图。
- f) 制作电子版成果剖面；
- g) 归档的成果剖面：纸介质和电子版的成果剖面。

7.2.3 资料处理

按照技术要求，通过试验制定处理流程，并按流程对野外采集的原始地震记录进行处理，提交处理成果。

7.2.3.1 流程及参数试验

选择具有代表性的测线进行试验处理，制定处理流程。试验内容要包括：

- a) 振幅补偿；
- b) 反褶积；
- c) 多次波压制；
- d) 叠前去噪；
- e) 切除；
- f) 水平叠加；
- g) 偏移；
- h) 滤波和增益。

7.2.3.2 批量处理

批量处理要求：

- a) 根据试验阶段所制定的流程对所有地震测线进行处理。
- b) 处理过程要建立处理班报，检查作业运行文件、质量控制图件和中间成果，确保生产中使用的处理方法正确、参数合理，作业运行正常，达到规定的各项技术要求。
- c) 班报格式参见附录 C.5。

7.2.3.3 处理成果

处理成果包括：

- a) 叠加剖面的成果数据和显示剖面；
- b) 偏移剖面的成果数据和显示剖面；
- c) 叠加剖面的纯波数据；
- d) 偏移剖面的纯波数据；
- e) 叠加速度场和偏移速度场数据；
- f) 处理报告，编写内容：
 - 1) 验收意见书；
 - 2) 地质任务和处理要求；
 - 3) 完成工作量和起止日期；
 - 4) 原始资料情况分析；
 - 5) 主要问题及解决办法；
 - 6) 处理试验及参数分析；
 - 7) 处理流程；
 - 8) 效果分析；
 - 9) 问题和建议。

7.2.4 验收及归档

7.2.4.1 验收

7.2.4.1.1 验收方式

成果验收采用多媒体汇报结合纸质剖面抽样检查的验收方式。

7.2.4.1.2 验收内容

内容包括：

- a) 项目概况；
- b) 地质任务和处理要求；
- c) 完成工作量和起止日期；
- d) 原始资料情况分析；
- e) 主要问题及解决办法；
- f) 处理试验及参数分析；
- g) 处理流程；
- h) 效果分析；
- i) 问题和建议。

7.2.4.1.3 显示剖面的要求

要求显示所有测线的叠加成果剖面和偏移成果剖面。

7.2.4.2 质量评价标准

7.2.4.2.1 评价标准分类

处理成果剖面质量评价标准：一级品、二级品、废品。

7.2.4.2.2 一级品

处理流程制定、参数选择合理，且考虑了工区的地震地质特点；成果剖面波组特征清楚，偏移剖面上地震有效波归位合理，绕射波收敛、断点清楚，无空间假频及影响解释的画弧现象，信噪比和分辨率能满足地震解释需要；

7.2.4.2.3 二级品

处理流程制定、参数选择合理，成果剖面波组特征较清楚，偏移剖面上地震有效波归位较准确，绕射波基本收敛、断点较清楚，无空间假频及严重影响解释的画弧现象，信噪比和分辨率能基本满足地震解释需要，不能达到一级品剖面要求或部分不能达到一级品要求的剖面。

7.2.4.2.4 废品

由于处理流程或处理参数不当所造成的，达不到二级品剖面要求，影响地质解释的成果剖面为废品。

7.2.4.3 资料提交及归档

7.2.4.3.1 归档内容

归档内容包括：

- a) 叠加剖面 and 偏移剖面的纯波数据磁带；
- b) 叠加剖面 and 偏移剖面的成果数据磁带；
- c) 叠加成果剖面的绘图显示；
- d) 偏移成果剖面的绘图显示；
- e) 叠加速度场 and 偏移速度场的数据磁带或光盘；
- f) 处理报告 and 处理报告电子版光盘。

7.2.4.3.2 归档磁带格式

采用标准SEG-Y记录格式，道头内容及其相关信息如下：

- a) CMP 号，开始字节位置 21，字节数 4，整型；
- b) 炮点号，开始字节位置 9，字节数 4，整型；
- c) X 坐标，开始字节位置 71，字节数 4，IBM32 位浮点型；
- d) Y 坐标，开始字节位置 75，字节数 4，IBM32 位浮点型；
- e) SEG-Y 头块中包括：工区、船（队）号、测线名、数据类型、记录长度、采样率、基本采集参数、基本处理流程及参数、处理单位、处理系统、处理日期、CMP 和炮点号道头 X 坐标位置及范围、CMP 和炮点号道头 Y 坐标位置及范围。

7.2.4.3.3 归档磁带标签

归档磁带上粘贴牢固标签，内容包括：用户单位、船（队）号、工区、测线号、成果数据类型、记录长度和采样率、炮点号范围、CMP范围、处理单位、处理日期。标签内容填写可以采用打印或手写方式，要求字迹工整、清晰，可长期保存。

7.2.4.3.4 归档光盘标签

归档光盘上粘贴牢固的标签，内容包括：用户单位、船（队）号、工区、光盘内容、处理单位、处理日期。标签内容填写可以采用打印或手写方式，要求字迹工整、清晰，可长期保存。

7.2.4.3.5 归档内容检查

存档磁带、光盘的标签和内容进行一致性检查，确保存档成果正确。

7.3 二维地震资料解释

7.3.1 资料准备

二维地震资料解释前资料准备：

- a) 收集工区及邻近地区以往成果资料：地形地貌、地质、地球物理、地球化学、钻井等资料；
- b) 收集作业工区资料：
 - 1) 地震作业测线位置图、交点炮号等；
 - 2) 处理流程与参数，各种速度资料及其数据文件；
 - 3) 二维纸介质地震剖面、特殊处理剖面等；
 - 4) 二维地震剖面、特殊处理剖面成果数据体：SEG-Y 文件、导航定位数据文件等。
- c) 作业工区资料检查。

7.3.2 资料解释

7.3.2.1 地震资料解释要求

不同调查阶段的解释要求：

- a) 区域概查阶段：
 - 1) 地震反射层解释、断层解释、地震速度资料分析和地震层序解释等；
 - 2) 圈定盆地范围、划分坳陷和隆起、了解区域构造特征及主要断裂和岩浆活动分布、初步划分和建立地震层序、了解各套（组）地层的沉积厚度及其变化特征。
- b) 普查阶段：
 - 1) 地震反射层解释、断层解释、地震速度资料分析、地震层序解释、层序地层解释等；
 - 2) 划分盆地二级构造带或局部构造带，并查明其形态、范围、构造发育史；对查明的凹陷和二级构造带的含油气远景进行初步评价。
- c) 详查阶段：
 - 1) 地震反射层解释、断层解释、地震速度资料分析、地震层序解释、层序地层解释、圈闭解释、油气预测等；
 - 2) 查明圈闭的类型、形态、幅度和断层、火成岩体的性质、产状、延伸长度等要素；对各类圈闭及地震属性异常进行综合解释、综合评价，确定钻井井位。

7.3.2.2 地震反射层解释

7.3.2.2.1 骨干剖面选择原则

选择原则：

- a) 过钻井的地震剖面；
- b) 穿越调查工区或盆地的主要剖面；
- c) 地震反射波组特征明显，主要反射界面连续性好；
- d) 层位全、构造层序反射同相轴接触关系清晰的地震剖面；
- e) 在位置与数量上能构成一定的网格。

7.3.2.2.2 地震反射层解释

地震反射层解释：

- a) 先骨干剖面，后一般剖面，水平叠加剖面和偏移剖面相互参照；
- b) 对骨干剖面进行标准同相轴的确定、解释：追踪重要的不整合面及主要构造层，确定需解释的地震反射层位；
- c) 依据骨干剖面确定的标准同相轴，进行地震反射层的追踪，注意浅、中、深层全面整体对比，分清主次，防止串层；
- d) 地震反射层对比追踪的同时，识别正常地震反射波，区分绕射波、断面波、回转波、多次波及其它性质的地震波；对比不同方向的剖面，判断和识别侧面反射波；
- e) 着色原则等：纸介质剖面解释时，用于对比剖面上的各类地震反射波的彩色笔迹不得掩盖其原始波痕迹；
- f) 钻井对比解释：地震反射层位与钻井岩性分层、测井资料对比解释，了解各地层的岩性及接触关系在地震剖面上的特征，指导地震层位的合理解释；

- g) 识别不整合、超覆、尖灭及异常体；
- h) 纸剖面闭合：水平叠加剖面解释，主测线与联络测线交点闭合误差小于 1/2 个相位；叠偏剖面解释，以水平叠加剖面为基础，使地震反射层的相位达到一致；
- i) 地震解释软件进行交点闭合差计算及校正，各交点闭合差 < 25 ms。

7.3.2.3 断层解释

7.3.2.3.1 断层识别

根据地震反射波特征识别断层；如断面波、连续同相轴错断等。

7.3.2.3.2 断层描述

断层描述要求：

- a) 确定断层面、断层升降盘与落差、断层面倾角、断层两盘的相对位移等；
- b) 纸介质剖面上标记断层上、下两盘的断点位置；
- c) 使用工作站解释时，利用地震解释软件核定断层上、下盘的断点；
- d) 结合区域构造应力场，进行断层组合，在平面和空间上符合地质规律；
- e) 按断层规模及对地质构造的控制分级：
 - 1) 一级断层：控制盆地、坳陷边界；
 - 2) 二级断层：控制二级构造带发育和形成；
 - 3) 三级断层：控制局部断块、圈闭、高点以及零星分布的断层。
- f) 区域概查阶段解释一级、二级断层；普查、详查阶段解释一级、二级、三级断层；
- g) 一级断层与重磁资料综合对比解释，确定可靠性；二级、三级断层结合构造特征与沉积发育演化确定可靠性。

7.3.2.4 地震速度资料分析解释

地震速度资料的分析与解释：

- a) 速度谱分析：
 - 1) 区域概查阶段：速度谱的谱点密度能控制主要构造单元边界；
 - 2) 普查阶段：速度谱的谱点间隔 ≤ 2 km；
 - 3) 详查阶段：速度谱的谱点间隔 ≤ 1 km。
- b) VSP 资料与声速测井资料的对比解释；
- c) 正确提取反射波的均方根速度，仔细研究速度谱上存在的各种能量团，从地质上分析是否可靠、合理，辨别有效反射波和其它干扰波的速度信息；
- d) 正确求取叠加速度；
- e) 综合分析不同方法获得的速度资料，正确提取时深转换的平均速度；
- f) 依据地震波速度资料，进行地层岩性解释，提供各主要地质层位的不同岩层的层速度；估算砂泥岩百分比等。

7.3.2.5 地震层序解释

地震层序解释：

- a) 概查阶段：根据地震反射波特征分析地震相特征，建立工区地震层序；地震相是地震层序或亚层序的次级单元，一个层序或亚层序可包括若干地震相；

- b) 普查、详查阶段：建立地震相单元、工区地震层序，进一步划分地震亚层序；结合其它资料将地震相转为相应的沉积相；
- c) 地震相参数包括外部几何形态、内部反射结构、连续性、振幅、频率、层速度等：
 - 1) 外部几何形态：席状、席状披盖、楔形、凸镜状、丘状和充填形等；
 - 2) 内部反射结构：平行结构、亚平行结构、发散结构、前积结构、乱岗状结构、杂乱状结构、空白或无反射结构等；
 - 3) 连续性：分连续、中连续和弱连续。连续指连续性好的同相轴占一个地震相的 70% 以上、弱连续指连续性差的同相轴占一个地震相的 70% 以上、中连续介于连续与弱连续之间。
- d) 依据地震反射波的终止方式（上超、下超、顶超以及削截）确定不连续界面，解释层序、体系域单元和最大海（湖）泛面；
- e) 结合区域地质资料、钻井资料、测井资料、速度资料、合成地震记录等资料，完善层序、体系域界面的确定和层序、体系域地层单元的解释。

7.3.2.6 层序地层剖面解释

层序地层剖面解释：

- a) 在地震层序解释基础上，综合盆地各部位的测井曲线组合、岩性变化特征及生物地层信息，判别层序界面，确定层序；在普查、详查阶段需进一步划分确定亚层序；
- b) 根据层序界面性质和层序内体系域组成判别层序类型；
- c) 作层序分析，进行地震剖面层序地层解释；
- d) 利用层序地层学方法恢复盆地（坳陷）内地层演化过程和空间分布格局；
- e) 综合层序地层、测井资料和沉积环境分析，确定生、储、盖地层的分布及空间组合关系；
- f) 利用高分辨地震资料作目的层段沉积微相分析，了解目的层段储层物性剖面分布、非构造圈闭的分布，评价盆地（坳陷）的含油气性。

7.3.2.7 圈闭解释

7.3.2.7.1 构造圈闭识别

构造圈闭识别：

- a) 目的反射层段的等深度图上识别构造圈闭；
- b) 根据断层封堵能力识别有效圈闭。

7.3.2.7.2 非构造圈闭识别

非构造圈闭识别：

- a) 地层圈闭：目的层段的标定，超覆点、尖灭点、相变点、剥蚀点准确位置的识别，对标定的目标层段顶、底面反射的识别和追踪，储层物性横向变化，圈闭顶、底板地层的岩性预测；
- b) 岩性圈闭：岩性体的精细标定，圈闭顶、底面反射的识别和追踪，储层物性横向变化，围岩岩性预测；
- c) 古潜山圈闭：同岩性圈闭；
- d) 泥底辟、复合圈闭等。

7.3.2.7.3 圈闭要素

圈闭要素：

- a) 对圈闭命名，计算圈闭面积、闭合幅度；

- b) 编制反射界面圈闭要素表, 包涵构造名称、圈闭类型、圈闭高点参数(测线位置及炮号、埋深、水深)、圈闭面积、闭合幅度、最低圈闭线、控制圈闭的测线及圈闭可靠程度等。

7.3.2.7.4 圈闭条件分析

圈闭条件分析:

- a) 圈闭发育条件分析;
- b) 圈闭条件综合分析: 分析圈闭平面上分布规律, 结合有利沉积相带分布, 指出有利圈闭; 结合构造发育演化史, 分析圈闭形成时间和垂向叠合规律。

7.3.2.8 地震资料解释中的地质分析

地质分析:

- a) 构造特征分析: 包括区域构造特征、盆地类型、盆地充填结构、控制盆地发育的主体构造特征、二级构造带划分及特征、局部圈闭特征;
- b) 断层特征分析: 断层的性质、级别、空间组合, 对沉积、构造和油气的控制作用;
- c) 地层沉积模式: 地层的赋存与厚度、接触关系, 岩石、岩相特征, 合理解释特殊地震反射结构的地质信息;
- d) 预测圈闭部位的储层、盖层及其空间关系;
- e) 分析圈闭形成条件、圈闭类型及其分布规律。

7.3.2.9 油气预测

油气预测:

- a) 依据地震反射波属性特征进行油气预测;
- b) 综合地震地层、层序地层与钻井资料, 预测工区油气藏, 编制油藏剖面。

7.3.3 资料解释检查

7.3.3.1 闭合检查

闭合检查:

- a) 地震反射层位解释完成后, 全部解释剖面交点闭合检查, 包括反射层位、断点等闭合检查;
- b) 各反射层段在主测线方向与联络测线方向的协调。

7.3.3.2 地震资料地质解释合理性的确认

地震资料地质解释合理性, 由自检与专家检查予以确认。

7.3.4 解释图件编制

7.3.4.1 基本要求

图件编制的基本要求参照GB/T 14499-1993 和 DZ/T 0180-1997 等相关规范执行。

7.3.4.2 等 T_0 图编制

依据地震反射界面的地震双程反射时间编制等 T_0 图。

- a) 成图比例尺: 同调查比例尺; 任务书另有规定按任务书要求比例尺成图;
- b) 采用偏移剖面数据成图, 交点必须用水平叠加剖面校正;
- c) 等值线要匀称、圆滑且构造轴线走向符合区域构造走向;

- d) 等值线偏离数据的位置 $<$ 等值线间距的 $1/3$ ，不可靠等值线以虚线表示；
- e) 等值线间距：
 - 1) 成图比例尺 $1:500\,000\sim 1:1\,000\,000$ ，等值线间距 200 ms ；
 - 2) 成图比例尺 $1:500\,000\sim 1:200\,000$ ，等值线间距 100 ms ；
 - 3) 成图比例尺大于 $1:200\,000$ ，等值线间距 50 ms 。
 - 4) 图幅较大时，执行上述规定；如果图幅小，可根据美观原则加密。
- f) 断点及断层标示：
 - 1) 断点标记垂直测线，不可靠断点与可靠断点区分标示，不同级别的断层用粗细不同的断层线表示，不可靠断层用虚线表示；
 - 2) 图上的断点位置与时间剖面上的断点位置误差 $<1\text{ mm}$ ，下降盘标明掉向；
 - 3) 成图比例尺大于 $1:200\,000$ 时，断层用双线表示：断层上升盘为细实线、正断层下降盘为粗线、逆断层下降盘为粗虚线，正断层掉向在粗实线上标注，逆断层掉向在粗虚线上标注，断面倾向在细实线上标注。
- g) 标注：测线及测线名；标绘断层，超覆、削蚀、尖灭等地质现象和特殊地质体。

7.3.4.3 构造图编制

依据地震反射界面的地震双程反射时间进行时深转换后获得的构造图。

- a) 成图比例尺与等 T_0 图一致；
- b) 技术要求同等 T_0 图编制要求；
- c) 结合垂直地震测井（VSP）、声波测井、密度测井等获得的高精度速度资料，提高时深转换的精度。

7.3.4.4 厚度图编制

根据等深度图编制各地层或目的层的视厚度图。

- a) 成图比例尺与等深度图一致；
- b) 等值线密集段与断层位置相对应；
- c) 其它技术要求同等 T_0 图编制要求。

7.3.4.5 其它图件编制

不同调查阶段编制的其它图件：

- a) 概查、普查、详查、精查阶段：
 - 1) 骨干剖面综合解释图；
 - 2) 盆地发育演化剖面图；
 - 3) 地层综合柱状图。
- b) 普查、详查、精查阶段还需编制：
 - 1) 地震相、沉积相平面图；
 - 2) 局部构造图；
 - 3) 预测油藏剖面图；
 - 4) 综合评价图。

- c) 详查、精查阶段非构造解释成果图件编制：
 - 1) 圈闭所在层系的地震相和沉积相图；
 - 2) 非构造圈闭顶面形态图；
 - 3) 非构造圈闭底面形态图；
 - 4) 地层圈闭的顶、底岩性预测图；
 - 5) 圈闭储层厚度图；
 - 6) 圈闭储盖组合及油源分析图；
 - 7) 预测油藏平面图；
 - 8) 地质任务要求的其它图件。

7.3.5 二维地震资料解释成果报告

7.3.5.1 成果报告

内容包括：

- a) 前言：任务来源、调查目的的任务、任务完成情况、提交成果等；
- b) 调查区概况：位置与自然地理、以往调查程度、地质、地球物理场特征等；
- c) 地震资料解释：地震反射界面识别与追踪、地震反射界面特征、地震速度特征、地震地层特征等；
- d) 地质构造特征：构造区划、断层及局部构造与圈闭描述等；
- e) 石油地质综合评价：构造发育史、沉积发育及热演化史，盆地（工区）油气地质条件，圈闭含油气性综合分析，油气藏特征及分布规律，井位建议等；
- f) 结论与建议：技术措施和地质认识总结，今后勘探部署和工作改进措施建议；
- g) 主要参考文献：解释和报告编写过程中使用的文献和资料；
- h) 内容摘要：简要介绍调查取得的主要成果及报告主要内容。

7.3.5.2 报告附图

主要附图：

- a) 测线位置图；
- b) 地形地貌图；
- c) 反射界面等 T_0 图；
- d) 反射界面构造图；
- e) 反射层厚度图；
- f) 构造区划图；
- g) 油气远景预测图；
- h) 7.3.4.4 要求的图件。

7.3.6 资料提交及归档

内容包括：

- a) 成果报告，内容参见 7.3.5.1；
- b) 地震解释成果图件。成果图件应采用计算机制图，格式为矢量图形文件，包括 7.3.5.2 列支项目等。

8 三维地震调查

8.1 三维地震测量

8.1.1 设备配置要求

8.1.1.1 缆源定位系统

缆源定位系统设备：

- a) 每条电缆尾标 RGPS 配置台数 ≥ 1 ；
- b) 每个震源 RGPS 配置台数 ≥ 1 ；
- c) 每条电缆工作正常的水断道数 ≥ 1 ；
- d) 罗盘鸟：距船尾最近道 50m 以内、距最远道 50m 以内必须分别配置一个罗盘鸟，中间每 300m 配置一个罗盘鸟，备用罗盘鸟数 $\geq 30\%$ 的罗盘鸟配置数；
- e) 下水定位系统网络配置要求：
 - 1) 多缆作业，电缆应配置前部网络和尾部网络，必要时配置中部网络；
 - 2) 前部网络由主船上 2 个声学探头、电缆声学鸟、电缆罗盘鸟、震源声学鸟和震源 RGPS 组成；
 - 3) 尾部网络由电缆声学鸟、罗盘鸟、尾标 RGPS 组成；
 - 4) 中部网络由电缆声学鸟和罗盘鸟组成。

8.1.1.2 导航定位系统

导航定位系统设备：

- a) 校验合格的电罗经；
- b) 主、辅两套 DGPS 导航定位系统。主 DGPS 导航定位系统不能工作时，辅 DGPS 导航定位系统能立即启动，代替主 DGPS 导航定位系统工作；
- c) 综合导航定位系统一套和足够的备用设备；
- d) 导航定位后处理设备；
- e) 具备 CMP 面元实时显示单元。

8.1.1.3 震调查设备

地震调查设备：

- a) 三维地震记录系统一套、满足作业要求的备件；
- b) 地震电缆及 30% 以上的备用电缆；
- c) 地震震源系统和控制系统一套、满足作业要求的备件。

8.1.1.4 水深测量

水深测量设备：

- a) 适合作业区的海水声速剖面仪一套；
- b) 适合作业区水深测量范围的测深仪一套。

8.1.2 作业前准备

8.1.2.1 施工设计

根据项目设计编写施工设计书：

- a) 编写内容参照 4.4.2;
- b) 施工设计书经上级主管部门审批通过后实施;
- c) 施工设计书、设计图在作业开始前 7 天提供给施工作业船队。

8.1.2.2 设备校准及调试

8.1.2.2.1 导航定位设备

导航定位设备的校准及调试参照 5.2.3 的要求执行。

8.1.2.2.2 地震设备

地震设备的校准及调试参照 7.1.1.3 的要求执行。要求包括:

- a) 罗盘鸟校准报告有效期二年, 罗盘鸟校准方法及要求见附录 E;
- b) 每年第一次作业前, 校准水鸟深度传感器、电缆深度传感器、震源深度传感器, 校准有效期为一年;
- c) 地震记录仪器、地震电缆和震源测试合格;
- d) 提供震源子波模拟结果和关枪标准;
- e) 气枪控制器和震源排列测试, 正常运行记录 > 40 炮;
- f) 保证现场质量控制和处理系统对磁带进行解编和处理;
- g) 磁带机、多道监视仪、打印机等辅助设备通过正常的循环记录测试。

8.1.2.3 作业前具备的资料

作业前对下列应具备的资料进行检查, 合格后才可实施作业。

- a) 缆源 RGPS 校准报告;
- b) DGPS 稳定性试验报告;
- c) 气枪关枪标准;
- d) 罗盘鸟校准报告;
- e) 罗经校准报告;
- f) 水鸟深度传感器、电缆深度传感器、震源深度传感器校准结果;
- g) 地震记录系统月检资料。

8.1.3 海上作业

8.1.3.1 作业前准备

8.1.3.1.1 海水声速计算

采用海水声速剖面仪计算海水声速值:

- a) 工区开始作业前、作业过程中间隔 3 个月需计算海水声速值;
- b) 海水声速仪沉放到 20 m 左右深度, 计算海水声速值。此结果用于测量最小偏移距及声学定位网络;
- c) 海水声速仪沉放到海水恒温层, 计算海水声速值。此结果用于水深测量。

8.1.3.1.2 电缆间距、震源间距确定及电缆偏移距测定

8.1.3.1.2.1 电缆间距依据电缆扩展宽度确定。

电缆扩展宽度计算式:

$$R_w = 2 \times \Delta y \times S_n \times (R_n - 1) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- R_w —— 电缆扩展宽度, 单位: m;
- Δy —— 测线间距, 单位: m;
- S_n —— 震源数量;
- R_n —— 电缆条数。

8.1.3.1.2.2 震源间距依据震源扩展宽度确定。

震源扩展宽度计算式:

$$S_w = 2 \times \Delta y \times (S_n - 1) \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- S_w —— 震源扩展宽度, 单位: m;
- Δy —— 测线间距, 单位: m;
- S_n —— 震源数量。

8.1.3.1.2.3 采用计算的海水声速值, 利用水断道, 测定电缆偏移距。

8.1.3.1.2.4 工区开始作业前、作业过程中间隔 3 个月需测定电缆偏移距。

8.1.3.1.3 海上试验

8.1.3.1.3.1 试验的基本要求

按照施工设计书的要求进行海上试验, 确定作业方法及施工参数:

- a) 试验激发参数, 确定震源组合及震源容量、震源沉放深度等参数;
- b) 试验接收条件, 确定排列长度、电缆沉放深度、记录长度等参数。

8.1.3.1.3.2 施工参数的确认

采集项目负责或技术负责根据试验结果进行分析对比, 确定作业方法及施工参数, 上报主管部门审批同意后执行。

8.1.3.2 作业方法

8.1.3.2.1 分块作业

工区分块作业:

- a) 整个工区分成若干个小工区, 每个小工区平分分为双向作业区;
- b) 小工区内平分后的每块必须同向施工;
- c) 每个小工区作业, 电缆羽角方向尽量一致。

8.1.3.2.2 面元及面元覆盖率

面元及面元覆盖率要求:

- a) 面元
 - 1) 按电缆总道数的 1/4、1/2、1/4 的比例划分为近、中、远道;

- 2) 测线垂直构造方向布设;
- 3) 面元长度和宽度为道间距的整数倍。
- b) 面元覆盖率
 - 1) 近道 > 90%;
 - 2) 中道 > 80%;
 - 3) 远道 > 70%。

8.1.3.2.3 三维实时显示

实时显示要求:

- a) 电缆的地下反射点相对于采集面元的位置;
- b) 监控、显示航行线内和与其相邻的航行线内的三维 CMP 面元的覆盖情况;
- c) 电缆尾标 RGPS、震源 RGPS 的工作状态;
- d) 电缆、震源的位置;
- e) 每条电缆的罗盘数字和电缆羽角。

8.1.3.2.4 电缆及震源 RGPS 定位

每条航行线,实时对比由电缆RGPS导出位置与声学及罗盘资料计算出的位置,两者间的差值 ≤ 20 m,70%以上的炮点 < 15 m。

8.1.3.3 技术要求

8.1.3.3.1 作业要求

作业要求:

- a) 地震仪器的日检和月检
 - 1) 检验项目、方法及技术指标,应符合仪器出厂说明书的规定;
 - 2) 月检在每个航次作业前、仪器出现故障修复后、正常作业过程中进行,月检合格,有效期 ≤ 30 天。连续正常工作,有效期 ≤ 37 天;
 - 3) 日检有效时间为24 h,测线正常作业可延至测线作业结束后进行。
- b) 电缆平均噪音值 $< 5\mu$ bar,电缆前部6道、尾部6道及水鸟道噪音 $< 10\mu$ bar;
- c) 电缆深度平衡调试,电缆深度显示有水鸟深度传感器的读数;
- d) 电缆深放深度与设计深度差值 ≤ 1 m,水鸟翼角 $-5^\circ \sim 5^\circ$,电缆首、尾部2个水鸟的翼角 $-10^\circ \sim 10^\circ$;
- e) 上线前1km电缆必须拉直;
- f) 气枪同步误差 $< \pm 1$ ms;
- g) 所有地震道、有关辅助道处于正常工作状态;
- h) 船速保持相对恒定。避让渔船和其它障碍物时,应缓慢加速或减速。船速 < 5.5 kn;
- i) 水深测量与地震作业同步实施;
- j) 海况突然变化或船速增加时,电缆噪音超过指标则应停止作业;
- k) 首尾炮号及间隔200炮,按要求如实完整地填写一次数据;
- l) 炮号和文件号对应无误;
- m) 班报记录参照7.1.2.3.4执行。

8.1.3.3.2 不允许开始作业的要求

存在下列问题之一时，不得开始作业：

- a) 仪器月检不合格或超过月检期限未做仪器月检；
- b) 仪器日检不合格；
- c) 以下辅助设备之一工作不正常；
 - 1) 磁带机；
 - 2) 控制终端；
 - 3) 多道监视仪器；
 - 4) 测深仪；
 - 5) 各种打印和绘图设备；
 - 6) 气枪同步系统显示装置；
 - 7) 电缆水下状态显示装置；
 - 8) 现场质量控制和处理系统。
- d) 工区开始作业的第一条测线电缆未达到每道工作正常；
- e) 正常工作的水断道少于 1 个；
- f) 上线前 1km 电缆未拉直；
- g) 深度传感器间距离 > 300 m，或相邻两个正常工作的深度传感器间距 > 600 m；
- h) 电缆沉放深度偏差 $> \pm 1$ m；
- i) 电缆平均噪音超过 $5 \mu\text{Bar}$ ，电缆前部 6 道、尾部 6 道及水鸟道噪音超过 $10 \mu\text{Bar}$ ；
- j) 双震源不能按规定交替放炮；
- k) 震源沉放深度偏差 $> \pm 1$ m；
- l) 任何一只气枪自激；
- m) 气枪同步误差 $> \pm 1$ ms；
- n) 气枪工作压力 $<$ 额定压力的 90%；
- o) 气枪工作容量 $<$ 总容量的 90%；
- p) 不按照关枪标准的要求关枪；
- q) 导航定位系统工作不正常；
- r) 三维实时显示系统工作不正常；
- s) 无法测定震源间、震源与电缆间的距离；
- t) 震源间距、震源与电缆间距的误差值 $>$ 设计值 10%；
- u) 相邻电缆头部间距 $>$ 设计值的 10%，尾部间距 $>$ 设计值的 20%；
- v) 电缆首、尾 2 个罗盘鸟有 1 个工作不正常，其它罗盘鸟间距 > 600 m；
- w) 震源及电缆的 RGPS 工作不正常；
- x) 现场地震资料后处理系统工作不正常。

8.1.3.3.3 不允许继续作业的要求

存在下列问题之一时，不得继续作业：

- a) 仪器故障或日检不合格；
- b) 8.1.3.3.2 c) 中所列的辅助设备之一工作不正常 > 30 min；
- c) 电缆不正常道多于 2 个以上相邻道或多于总工作道数的 3%；
- d) 电缆出现 8.1.3.3.2 中 e) ~ i) 之一的情况；
- e) 震源出现 8.1.3.3.2 中 j) ~ o) 之一的情况；

- f) 出现 8.1.3.3.2 中 p)~u) 之一的情况;
- g) 在前、尾网的声学定位系统正常情况下, 电缆或震源上的 RGPS 出现故障后, 网络定位精度不能满足设计要求;
- h) 震源连续空废炮超过 1/4 覆盖次数, 或连续 100 炮中空、废炮数 ≥ 20 ;
- i) 每缆的 RGPS 可靠数据 $< 70\%$, 声学网络可靠数据 $< 60\%$;
- j) 现场 QC 处理系统故障 > 72 h。

8.1.3.3.4 其它要求

8.1.3.3.4.1 声学 and RGPS 定位

声学 and RGPS 定位要求:

- a) 所有的声学、RGPS 定位数据记录在磁带上;
- b) 作业前和作业期间, 间隔 7 天测定一次声速。

8.1.3.3.4.2 监视记录

监视记录要求:

- a) 每条测线的首、尾炮及每间隔 40 炮回放一张监视记录;
- b) 监视记录显示内容: 工区、测线号、文件号、炮号、日期、时间、采样率、增益类型、爆炸信号、水断信号、所有地震道等;
- c) 因涌浪大、船干扰、挂渔网等原因, 电缆噪音突然增大时要及时回放监视记录;
- d) 选用合适的回放参数以准确反映地震原始记录的面貌, 作业期间未经采集监督或技术负责同志, 回放参数不得改变;
- e) 连续绘制单道剖面记录, 所选道为电缆近道, 一般选第一道。

8.1.3.3.4.3 现场地震资料 QC 处理系统

要求:

- a) 对采集的每条测线(较长测线可分段)进行现场处理和质量分析, 内容包括: 磁带记录、噪音分析、频谱分析及粗叠加处理;
- b) 每个循环小区采集结束后, 制作近道叠加数据体;
- c) 制作检查工区面元覆盖状况的全工区近道叠加数据体;
- d) 提供地震现场处理班报、航次结束后提供处理报告。

8.1.3.3.4.4 导航定位后处理

综合导航定位后处理内容参照 5.4.2.2。

8.1.3.3.4.5 补线

工区中任何测线的面元覆盖, 面元横向扩展 50% 之后, 覆盖率仍不满足要求, 需补线。补线作业方向与原测线施工方向相同。

8.1.3.3.4.6 测线重做与衔接

测线重做与衔接:

- a) 一条测线开始施工不足 3km, 因故停止作业, 该线视为废线, 需重新施工;
- b) 任何原因中断作业的测线, 重新作业时应按原作业方向施工。

8.1.3.4 质量控制

采集负责人在作业期间，应对每天采集的资料进行质量检查，及时发现质量问题。

- a) 检查实时导航输出的各种质量监控项目，特别是电缆羽角、电缆/震源扩展距离、罗经鸟及尾标数据等；
- b) 每条测线采集结束后，对采集的综合导航定位资料进行 QC 处理，检查定位网络各节点数据量及综合定位精度；
- c) 实时监控面元覆盖，发现问题及时向导航员提出并修正，以确保电缆各段满足施工设计规定的最小覆盖率；
- d) 发现质量问题不能及时、准确做出判断时，在测线作业结束后视综合导航 QC 处理结果和地震现场 QC 处理结果确定资料是否有效；
- e) 实时监控震源工作状态，测线作业结束，提供测线震源工作状态的统计数据；
- f) 利用地震现场 QC 处理系统检查所采集的地震资料，必要时可做二维叠加处理。

8.1.3.5 测量工作报告

地震采集的测量工作报告在作业结束后20天内提交，编写内容：

- a) 任务；
- b) 工区概况；
- c) 仪器、震源、电缆及导航定位等作业参数；
- d) 采集设备安装、配置及作业中的运转情况；
- e) 生产完成情况，包括质量分析和遇到的问题；
- f) 作业安全及环境保护工作；
- g) 全体作业人员及驻船代表人员名单；
- h) 作业船舶资料；
- i) 电缆 / 罗盘/深度控制器装配图、气枪阵列装配图、子波波形及频谱资料；
- j) 质量自检表；
- k) 设备校验报告。

8.1.4 资料的评价与验收

8.1.4.1 评定标准

8.1.4.1.1 标准分类

采集资料按测线进行评定，分为一级品、二级品及废品。

8.1.4.1.2 一级品

面元覆盖率近道 $\geq 90\%$ ，中道 $\geq 80\%$ ，远道 $\geq 70\%$ ，且满足下述各项要求的采集资料，为一级品记录：

- a) 仪器日检、月检合格；
- b) 仪器、震源、电缆和定位等工作正常，任意选择 1 000 个连续炮点中，丢、废炮率 $< 1.5\%$ ，整条测线的丢、废炮率 $< 1\%$ 。全测线一半以上的炮点，其实际激发的气枪容量 $>$ 总容量的 90% ；
- c) 不正常工作地震道，不超过总道数的四十八分之一；
- d) 连续不工作道不超过 3 道；

- e) 电缆沉放深度偏差在 ± 1 m 以内;
- f) 电缆噪音符合 8.1.3.3.1 d) 的要求;
- g) 气枪沉放深度偏差在 ± 1 m 以内;
- h) 气枪同步误差在 ± 1 ms 以内。

8.1.4.1.3 二级品

存在下列问题之一，达不到一级品记录要求的为二级品记录：

- a) 不正常工作道不超过总道数的二十四分之一；
- b) 连续 100 炮不能提供地震质量控制系統绘图资料，但可以使用地震后处理系统提供资料；
- c) 电缆沉放深度偏差超过 ± 1 m，但在 ± 2 m 内的炮数不超过测线总炮数的 15%；
- d) 主导航系统故障，辅导航系统在连续 8 炮之内可以替代的测线；
- e) 仪器、震源、电缆和定位等工作正常，在任意选择的 1000 个连续炮点中，丢、废炮率 $< 2\%$ ，整条测线的丢、废炮率 $< 2\%$ ；
- f) 原始面元不满足覆盖率要求，但面元横向扩展 50%之后满足覆盖率要求。

8.1.4.1.4 废品

存在下列问题之一的采集资料为废品：

- a) 仪器月检、日检不合格；
- b) 工作方法不符合施工设计书规定；
- c) 测线空、废炮率 $> 2\%$ ；
- d) 无班报记录或班报填写错误，实际的磁带盘号、文件号和炮号与地震班报及定位记录资料不符；

8.1.4.2 资料的验收与归档

8.1.4.2.1 验收

施工结束后由技术主管部门组织验收，根据项目设计书和采集施工设计书进行。内容包括：

- a) 任务完成情况及质量统计；
- b) 试验工作量统计及试验资料和试验分析资料；
- c) 原始资料监控记录和地震原始数据磁带；
- d) 作业班报、日检记录、月检记录、仪器测试记录和校准文件；
- e) 气枪工作状态监控记录；
- f) 工作报告。

8.1.4.2.2 资料提交及归档

内容包括：

- a) 震源、电缆、仪器等工作参数的选择说明；
- b) 面元监控资料；
- c) 后处理初叠剖面对比资料；
- d) 地震磁带资料；
- e) 地震质量控制系統绘图资料（炮点数据）；
- f) 气枪控制器打印资料；
- g) 单道剖面记录；
- h) 地震作业班报；

- i) 地震仪的日检和月检资料;
- j) 质量自检表;
- k) 地震工作报告
- l) 测深模拟记录资料 (如测深仪自带模拟记录打印输出);
- m) 测深数据记录光盘;
- n) 导航定位打印资料;
- o) 导航定位数据记录光盘;
- p) 三维面元监控资料;
- q) 导航后处理资料;
- r) 导航定位生产技术总结;
- s) 地震资料现场处理报告。

8.2 三维地震资料处理

8.2.1 原始资料准备

同7.2.1。

8.2.2 技术要求

对采集的地震资料进行处理,形成能够反映地下三维构造形态、可供三维地震资料解释的成果数据体。

8.2.2.1 格式转换

要求:

- a) 地震原始记录数据格式转换为地震数据处理系统使用的数据格式;
- a) 地震原始记录振幅数据的浮点类型转换为本地计算机浮点类型;
- a) 必须有炮点号、文件号、接收道号、枪阵号、缆号和采集时间的道头信息;
- a) 显示 20%单炮记录、同一震源每条电缆的一个单道剖面,检查格式转换的正确性和原始资料的质量。

8.2.2.2 置道头

要求:

- a) 导航数据合并,将地震记录激发、接收的空间坐标信息置于数据道头;
- b) 计算 CMP 散点位置;
- c) 显示炮检点位置图、CMP 散点位置图、每炮各缆的近道剖面,检查导航数据合并的正确性;
- d) 通过 CMP 散点位置的分析计算,定义三维面元网格,包括面元大小、Inline 和 CrossLine 方向面元数量、网格的原点位置及坐标系;
- e) 将定义的网格施加到已合并导航定位信息的地震数据中,生成炮检距、Inline 号、CrossLine 号,以及面元中心位置信息道头;
- f) 分别显示全偏移距、近偏移距、中偏移距和远偏移距的覆盖次数图,检查观测系统定义的正确性及远、近偏移距内共中心点叠加覆盖次数的分布情况;
- g) 抽取单源单缆地震数据进行粗叠加,检查叠加剖面。

8.2.2.3 潮汐校正

利用仪器记录的潮汐信息或者其它方法进行潮汐校正,消除不同航线及炮点间由于潮汐差引起的时

移差（即采集痕迹）。

8.2.2.4 叠前去噪

同7.2.2.3。

8.2.2.5 振幅补偿

振幅补偿包括扩散、吸收补偿和激发、接受差异补偿。

a) 振幅补偿后的地震记录：

- 1) 浅、中、深层的反射波能量基本均衡；
- 2) 炮集之间、共接收点道集之间无明显的能量差异。

b) 纯波地震剖面、切片空间能量均衡，无明显的能量差异。

8.2.2.6 反褶积

同7.2.2.5。

8.2.2.7 多次波压制

要求：

- a) 压制海水鸣震等多次波的同时要能够突出有效信号；
- b) 显示多次波压制前、多次波压制后的道集和剖面，并且显示两者的差异道集和剖面。对于压制或保留的可疑信号要尽量给出合理的证据说明其为多次波或有效信号。

8.2.2.8 速度分析

速度分析包含如下内容：

- a) 利用初始速度分析速度变化趋势、速度变化范围；
- b) NMO 速度分析。利用共面元道集数据，以初始速度为基础，分析动校正速度、建立水平叠加速度场，分析点密度要求 1 速度点/km²（在地层倾角大、构造变化剧烈区域，速度分析点要适当加密），分析结果满足共面元道集水平叠加速度场动校正的要求。
- c) DMO 速度分析。利用 DMO 道集数据，以 NMO 速度分析结果为基础，分析动校正速度、建立水平叠加速度场，分析点密度要求同 b)，分析结果满足 DMO 道集数据水平叠加速度场动校正的要求。
- d) 偏移速度分析。利用偏移扫描数据或者偏移道集数据，以 DMO 速度分析结果为基础，分析偏移速度、建立偏移速度场，分析点密度要求同 b)，分析结果满足偏移处理的要求。
- e) 速度分析要考虑构造形态的变化，速度剖面和速度体符合地质规律。

8.2.2.9 面元均化处理

要求：

- a) 显示面元均化处理前后的覆盖次数图（全偏移距、近偏移距、中偏移距和远偏移距）、炮检距分布图、道集和叠加剖面；
- b) 整个工区的覆盖次数基本一致、不同炮检距覆盖分布较均匀；
- c) 不出现因过量均化造成横测线模糊现象。

8.2.2.10 倾角时差校正（DMO）

要求：

- a) 消除地层倾角影响，改善倾斜地层、断面的水平叠加质量，提高水平叠加速度场动校正速度分析精度；

- b) 根据炮检距、反射时间、动校正速度和地层倾角，选择 DMO 方法及参数；
- c) DMO 处理后必须进行 DMO 速度分析；
- d) DMO 处理后，断面波、绕射波以及同一部位不同倾角的反射波， InLine 和 CrossLine 剖面的成像质量不低于 DMO 处理前的成像质量。

8.2.2.11 水平叠加

要求：

- a) 动校正道集进行等时叠加，生成水平叠加数据体。
- b) 选择合适的动校正方法和动校正速度场，用于叠加的动校正道集在切除带内拉平；
- c) 选择合适的内、外切除参数，保留有效波，切除拉伸畸变、残留多次波；
- d) 叠加数据体具有一定的信噪比和分辨率（具体要求要根据叠前地震记录的信噪比和分辨率）。
- e) 水平叠加数据体的 InLine 和 CrossLine 剖面海底清楚，海底以上要求零振幅。

8.2.2.12 偏移成像

偏移成像处理要求：

- a) 全三维偏移，偏移类型依据地质任务的要求、构造形态的复杂程度选择；
- b) 偏移方法和偏移参数，根据偏移速度场、偏移前地震记录的信噪比选择；
- c) 绕射波收敛，反射波、断面波正确归位；
- d) 不产生假频；
- e) InLine 和 CrossLine 剖面上无影响地质解释的画弧现象；
- f) 偏移数据体时间切片构造形态清楚，无明显偏移噪音；
- g) 生成偏移数据体；
- h) 偏移的输入数据可做提高信噪比的全三维处理，不能做相干加强类处理。
- i) 在信噪比允许的情况下，且构造有一定的复杂性，试验叠前时间偏移处理，并且和叠后时间偏移比较。

8.2.2.13 叠前时间偏移成像处理

要求：

- a) 叠前偏移速度场的建立，分析点密度要求同 8.2.2.8。
- b) 叠前时间偏移与成像道集处理，目的要求同 8.2.2.12；

8.2.2.14 叠前深度偏移成像处理

要求：

- a) 速度模型的建立，分析点密度要求同 8.2.2.8；
- b) 叠前深度偏移与成像道集处理，目的要求同 8.2.2.12；

8.2.2.15 修饰性处理

修饰性处理要求：

- a) 采用全三维处理模块；
- b) 提高剖面的信噪比、分辨率，突出剖面波组特征；

- c) 三维数据体不模糊断点、断面，Inline 和 CrossLine 剖面上无明显的“蚯蚓化”或“炕席”现象。

8.2.2.16 枪深、缆深校正

同7.2.2.14。

8.2.2.17 滤波和增益处理

同7.2.2.15。

8.2.2.18 成果数据显示

成果数据显示：

- a) 纸介质上绘制 Inline 和 CrossLine 剖面；
- b) 采用波形变面积显示方式；
- c) 显示比例：时间方向 10 cm/s、空间方向 1 : 25 000；
- d) 显示增益的选择以反映剖面上反射波振幅的动态范围为准；
- e) 显示剖面上应标注：
 - 1) 用户名称；
 - 2) 船（队）号；
 - 3) 工区；
 - 4) Inline 剖面，显示 Inline 号和 CrossLine 号范围；
 - 5) CrossLine 剖面，显示 CrossLine 号和 Inline 号范围；
 - 6) 采集参数；
 - 7) 处理流程和基本参数；
 - 8) 数据处理单位和处理系统名称；
 - 9) 显示比例；
 - 10) 处理日期；
 - 11) 三维区块示意图。

8.2.3 处理作业

按照技术要求，分预处理和三维处理两个阶段进行处理。在预处理阶段通过分析试验制定预处理流程，并依此流程对野外采集的原始地震记录进行预处理，在此基础上分选共面元道集数据，进行三维处理，提交处理成果。

8.2.4 预处理

预处理作业：

- a) 选择部分航行线进行预处理试验：
 - 1) 导航数据合并；
 - 2) 振幅补偿；
 - 3) 反褶积；
 - 4) 多次波压制；
 - 5) 叠前去噪。
- b) 根据试验结果制定预处理流程；
- c) 对所有航行线进行预处理；

- d) 检查作业运行文件、质量控制图件和中间成果，确保处理方法正确、参数合理、作业运行正常、达到规定的各项技术要求；
- e) 提交预处理班报。

8.2.4.1 三维处理作业

要求：

- a) 建立三维网格，对预处理后的地震数据进行面元分选、速度分析、面元均化、DMO、叠加、偏移、叠后修饰等处理；
- b) 需要在共面元道集上处理的其它模块，也在该阶段进行处理；
- c) 检查作业运行文件、质量控制图件和中间成果，确保处理方法正确、参数合理、作业运行正常、达到规定的各项技术要求；
- d) 提交处理班报。

8.2.4.2 处理成果内容

处理成果包括：

- a) 偏移数据体的成果数据；
- b) 偏移数据体的纯波数据；
- c) 处理报告，主要内容：
 - 1) 验收意见书；
 - 2) 地质任务和处理要求；
 - 3) 完成工作量和起止日期；
 - 4) 原始资料情况分析；
 - 5) 主要问题及解决办法；
 - 6) 处理试验及参数分析；
 - 7) 处理流程；
 - 8) 效果分析；
 - 9) 问题和建议。

8.2.5 成果验收及存档

8.2.5.1 成果验收

成果验收采用多媒体汇报结合纸质剖面抽样检查的验收方式。

要求：

- a) 汇报内容：
 - 1) 项目概况；
 - 2) 地质任务和处理要求；
 - 3) 完成工作量和起止日期；
 - 4) 原始资料情况分析；
 - 5) 主要问题及解决办法；
 - 6) 处理试验及参数分析；
 - 7) 处理流程；
 - 8) 效果分析；
 - 9) 问题和建议。

- b) 按等间隔的方式显示 20%的 InLine 和 CrossLine 偏移成果剖面;
- c) 显示从最浅海底至最深反射层偏移成果的 200 ms 间隔时间切片。

8.2.5.2 质量评价

同7.2.4.2。

8.2.5.3 存档

要求:

- a) 存档成果, 内容包括:
 - 1) 偏移数据体的纯波数据磁带;
 - 2) 偏移数据体的成果数据磁带;
 - 3) 叠加速度场和偏移速度场的数据磁带或光盘;
 - 4) 处理报告。
- b) 存档磁带格式:
 - 1) CrossLine 号, 开始字节位置 21, 字节数 4, 整型;
 - 2) InLine 号, 开始字节位置 25, 字节数 4, 整型;
 - 3) X 坐标, 开始字节位置 71, 字节数 4, IBM32 位浮点型;
 - 4) Y 坐标, 开始字节位置 75, 字节数 4, IBM32 位浮点型;
 - 5) SEG-Y 头块中包括: 工区、船(队)号、三维勘探区块坐标、数据类型、记录长度、采样率、基本采集参数、基本处理流程及参数、处理单位、处理系统、处理日期, 以及 InLine、CrossLine 的范围。
- c) 存档磁带标签。存档磁带上粘贴牢固标签, 标签内容: 用户单位、船(队)号、工区、数据类型、记录长度和采样率、InLine 范围、CrossLine 范围、处理单位、处理日期。标签内容填写可以采用打印或手写方式, 要求字迹工整、清晰、能长期保存。
- d) 存档光盘标签。存档光盘上粘贴牢固标签, 标签内容: 用户单位、船(队)号、工区、光盘内容、处理单位、处理日期。标签内容填写可以采用打印或手写方式, 要求字迹工整、清晰、能长期保存。
- e) 存档内容检查。存档磁带、光盘的标签和内容进行一致性检查, 确保存档成果正确。

8.3 三维地震资料解释

8.3.1 资料准备

资料准备:

- a) 工区及邻近地区: 地形地貌、地质、地球化学、地球物理资料;
- b) 工区钻井资料: 岩心资料、综合录井资料、地化录井资料、各种测井曲线等;
- c) 实际材料:
 - 1) 三维工区坐标数据;
 - 2) 带有方里网或坐标的 CMP 面元分布图;
 - 3) 三维常规及特殊处理的地震数据, VSP 资料和合成地震记录。
- d) 对上述实际材料进行检查。

8.3.2 资料解释

8.3.2.1 三维地震资料构造解释

8.3.2.1.1 骨干剖面建立与解释

骨干剖面建立与解释：

- a) 选取全部连井剖面及控制性典型剖面建立骨干剖面网络；
- b) 通过联井剖面和合成地震记录准确标定层位；
- c) 依据骨干剖面，确定工区的目的层及主要岩性段，通过联井剖面确定反射界面所对应的地质层位，控制目的层的对比连接；
- d) 依据骨干剖面，结合部分时间切片，了解各目的层和各岩性段的反射特征，了解主断裂落差变化、分布及延伸方向；
- e) 了解各目的层的构造形态、高点位置、断块特征、构造复杂程度、构造带的初步特征及控制因素。

8.3.2.1.2 Inline 和 Crossline 剖面解释

解释要求：

- a) 依靠骨干剖面，追踪识别层位；
- b) 依据各岩性段反射特征在空间上的变化，进行主要岩性段对比；
- c) 主要构造部位，Inline 剖面使用率 > 总数的 1/4，Crossline 剖面使用率 > 总数 1/8；
- d) 对复杂构造剖面使用率不少于 1/4；
- e) 不漏掉落差大于半个相位的断层。

8.3.2.1.3 地震速度资料分析

进行速度谱分析、地震测井与声速测井资料对比解释，求取空变速度场。

8.3.2.1.4 等时切片解释

等时切片解释内容：

- a) 按时间或深度顺序识别断层；
- b) 识别断层、背斜、断块高点及岩性变化等各种地质现象；
- c) 在时间切片及不同方向的剖面上，同一断层应闭合；
- d) 制作目的层构造纲要图，编制断裂系统图。

8.3.2.1.5 等 T_0 图编制

编制等 T_0 图：

- a) 成图比例尺根据项目设计书确定；
- b) 时间切片勾绘等时间线的位置与波峰或波谷的最大值一致；
- c) 断层位置与地震剖面上断层位置一致；
- d) 断点符号及断点组合：
 - 1) 断点标记垂直测线，不可靠断点与可靠断点区分标示，不同级别的断层用粗细不同的断层线表示，不可靠断层用虚线表示；
 - 2) 断点位置与时间剖面上的断点位置误差 < 1 mm，上下盘标明掉向；
 - 3) 断层采用双线表示，断层上升盘为细实线、正断层下降盘为粗线、逆断层下降盘为粗虚线，正断层掉向在粗实线上标注，逆断层掉向在粗虚线上标注，断面倾向在细实线上标注。
- e) 断层在平面上的组合与时间切片上显示的组合特性一致；
- f) 等值线间距根据成图比例尺确定。勾绘等值线要匀称、圆滑、构造轴线走向符合区域构造走向；

- g) 标绘：断层，超覆、削蚀、尖灭等地质现象，特殊地质体。
- h) 不漏掉幅度 >20 ms、面积 >1 km²的构造圈闭；
- i) 不漏掉延伸长度 >10 个 CMP 的断层。
- j) 作图层位可靠的，等值线用实线表示，作图层位不可靠的，等值线用虚线表示。

8.3.2.1.6 构造图编制

依据时深转换成果，编制构造图，要求：

- a) 成图比例尺与等 T₀图一致；
- b) 速度横向变化大的地区，采用空变速度场对等 T₀图进行时深转换作构造图；
- c) 构造图的断层级别、延伸长度、组合及倾向与等 T₀图一致；
- d) 不漏掉幅度 >30 m、面积 >1 km²的构造圈闭；
- e) 同一层位，构造图与钻井深度差值 $<$ 深度的 2%。

8.3.2.1.7 厚度图编制

编制视厚度图要求：

- a) 成图比例尺与等深度图一致；
- b) 各地层或目的层视厚度图；
- c) 等值线密集段与断层位置相对应。

8.3.2.1.8 其它图件编制

其它需编制的图件根据调查阶段选择：

- a) 骨干剖面综合解释图；
- b) 盆地发育演化剖面图；
- c) 地层综合柱状图；
- d) 地震相、沉积相平面图；
- e) 局部构造图；
- f) 预测油藏剖面图；
- g) 综合评价图。

8.3.2.2 三维地震资料构造解释成果检查

三维地震资料构造解释成果检查，内容包括：

- a) 充分使用任意方向线，检查圈闭、断层的可靠程度；
- b) 解释构造的高点位置、范围、面积；
- c) 所有探井的层位对比、解释精度（钻探深度，井中钻遇断层位置、落差、倾角等）；
- d) 主断层、次级断层、小断层（包括断层位置、组合、落差及延伸长度等）；
- e) 解决某些特殊地质问题，可以提出部分或全部三维地震资料的重新处理。

8.3.2.3 层序地层解释

层序地层解释，要求：

- a) 综合盆地各部位的测井曲线组合、岩性变化特征及生物地层信息，判别层序界面，确定层序和体系域地层单元；
- b) 识别出最大海（湖）泛面；
- c) 根据层序界面性质和层序内体系域组成判别层序类型；

- d) 层序分析，进行层序地层剖面解释；
- e) 准层序分析和相应的岩性描述；
- f) 利用高分辨地震资料作目的层段沉积微相分析，了解目的层段储层物性分布，非构造圈闭的分布，进行非构造圈闭解释；
- g) 层序地层的成果图件：
 - 1) 年代地层图；
 - 2) 区域海（湖）平面相对变化周期图；
 - 3) 层序（体系域）层速度平面图；
 - 4) 层序（体系域）砂泥岩百分比图；
 - 5) 层序（体系域）地层视厚度图；
 - 6) 层序（体系域）地震相分布图；
 - 7) 层序（体系域）沉积相（体系）图；
 - 8) 目的层段储层物性预测图。

8.3.2.4 油气地质条件分析

油气地质条件分析，内容包括：

- a) 烃源岩特征；
- b) 储集特征；
- c) 盖层及保存条件；
- d) 生、储、盖组合分析。

8.3.2.5 储层特征横向预测及油藏描述

使用保持振幅处理的地震资料或高分辨率处理的地震资料、VSP资料、地震反演资料、岩心测定的物性参数（速度、孔隙度、渗透率、含油饱和度、泥质含量）、测井储（油）层参数等进行储层特征横向预测及油藏描述，内容包括：

- a) 利用合成地震记录或 VSP 资料研究储层的地震响应特征并进行精细储层标定；
- b) 利用地震正演模型对储层的反射特征进行研究，指导储层预测或验证其解释结果；
- c) 波阻抗反演；
- d) 储层几何形态：储层顶面形态、底面形态、储层厚度、有效厚度描述；
- e) 储层物性参数预测：综合利用测井资料、岩心分析资料及地震资料，对储层的孔隙度、渗透率、泥质含量等参数作出预测；
- f) 对储层的含油气性或含油气性范围进行预测；
- g) 编制储层顶面、底面构造图，储层厚度图、净产层厚度图及有效储层厚度图，储层参数（如孔隙度、渗透率、泥质含量等）平面图；
- h) 编制含油气范围预测图和油藏剖面（或油藏模式）图。
- i) 储层预测的成果图件：
 - 1) 精细储层标定图件；
 - 2) 大比例尺的储层顶（底）面构造图；
 - 3) 储层厚度图、有效储层厚度图；
 - 4) 波阻抗初始模型连井剖面图；
 - 5) 反演曲线与测井曲线对比图；
 - 6) 储层参数平面图；
 - 7) 含油气范围预测图；

8) 油藏剖面（或油藏模式）图。

8.3.3 地震资料地质解释合理性的确认标准

解释合理性确认标准：

- a) 地震地质层位标定合理，资料解释方案与区域地质、录井、测井、重力、磁力资料协调一致；
- b) 不同断块、同一层位的相位解释和不整合面解释合理，符合基本地质规律；
- c) 断层性质、断层在平面及剖面展布特征、断层对构造的控制作用、断层错开层位及落差、断层对油气运移的控制及其封堵作用等解释合理；
- d) 构造的落实程度及可靠性；
- e) 构造几何形态、构造高点在平面上的展布符合地质规律，构造与其控制断层的关系合理；
- f) 深、浅层构造高点的继承性或高点位置的平面变化符合地质规律。

8.3.4 综合研究

内容包括：

- a) 研究构造发展史、沉积发育史及热演化史；
- b) 圈闭与成藏条件分析；
- c) 勘探部署建议；
- d) 井位建议；
- e) 提出下一步地震及非地震勘探部署、资料重新处理建议，进一步解释的工作重点。

8.3.5 三维地震资料解释成果

8.3.5.1 解释成果报告

内容包括：

- a) 概况：工区基本情况及调查项目的目标任务等，任务完成情况，取得主要成果；
- b) 区域概况：工区的区域地质、地球物理场特征；
- c) 地震资料解释：地震反射界面识别与追踪、地震反射界面特征、地震速度特征及地震地层特征等；
- d) 工区地质构造特征：工区沉积、构造特征分析，断层及局部构造与圈闭描述，局部构造、断块、断层落实程度；
- e) 石油地质综合评价：深入研究构造发育史、沉积发育及热演化史，分析盆地（工区）油气地质条件，分析目的层段的沉积环境、物源方向、有利区带等，储层特征横向预测及油气藏描述，进行圈闭含油气性综合分析；
- f) 计算储量，提出勘探部署及井位建议；
- g) 结论与建议：总结工区技术措施和地质认识，今后勘探部署和工作改进措施；
- h) 主要参考文献，列出解释和报告编写过程中使用的文献和资料；
- i) 内容摘要：简要介绍调查取得主要成果及报告主要内容。

8.3.5.2 提交图件及附表

提交图件及附表：

- a) 根据项目设计书要求，提供下述全部或部分附图：
 - 1) 工区位置图；
 - 2) 地形地貌图；
 - 3) 反射界面等 T_0 图；

- 4) 反射界面构造图;
 - 5) 反射层厚度图;
 - 6) 非构造圈闭构造图;
 - 7) 非构造圈闭厚度图;
 - 8) 构造区划图;
 - 9) 储层横向变化平面分布图或厚度图;
 - 10) 油气远景预测图;
 - 11) 综合解释剖面图。
- b) 根据项目设计书要求, 提供下述全部或部分附表:
- 1) 断层要素表;
 - 2) 圈闭要素表;
 - 3) 依据钻井层位制作层位深度误差统计表;
 - 4) 井位建议表。

8.3.5.3 资料提交及归档

提交的资料和要求:

- a) 成果报告, 内容包括 8.3.5.1 列支项目等。
- b) 解释成果图件(表)
- c) 成果图件采用计算机制图, 格式为矢量图形文件, 内容包括 8.3.5.2 列支项目等。

9 重力测量

9.1 技术要求

9.1.1 测量精度

要求:

- a) 重力仪观测精度 $\leq \pm 1.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$;
- b) 重力基点比对精度 $\leq \pm 0.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$;
- c) 空间重力异常精度 $\leq \pm 2.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。

9.1.2 重力仪主要技术指标

指标要求:

- a) 零点漂移保持线性, 月漂移量 $< 3 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$;
- b) 测量范围 $\geq 5000 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$, 重力仪常数(或格值)稳定;
- c) 仪器垂直干扰加速度 $< 150 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$;
- d) 仪器观测精度满足 9.1.1 要求;
- e) 平台摇摆角应选定在 $15^\circ \sim 18^\circ$ 。

9.2 海上测量

9.2.1 作业前准备

9.2.1.1 施工设计

9.2.1.1.1 资料收集

内容包括：

- a) 工区的最新版各种海图；
- b) 工区及邻近地区已有的海洋重力资料；
- c) 相关重力基点信息资料；
- d) 助航标志及航行障碍物。

9.2.1.1.2 施工设计编写

重力测量施工设计，编写的主要内容参照4.4.2执行。

9.2.1.1.3 测量比例尺与测线布设

测量比例尺确定与测线布设要求：

- a) 测量比例尺根据任务性质、探测对象的大小、海区的重要性、重力异常变化的剧烈程度和技术设备情况以及经济上的合理性等因素而定。测量比例尺相应的测线间隔选择见表1；
- b) 相邻工区，至少应布设一条跨越不同工区的检查测线；
- c) 构造复杂或地形起伏较大的海区，适当加密测线，加密程度以满足地质任务需求为原则；
- d) 主测线垂直构造总体走向布设，联络测线与主测线垂直。

9.2.1.2 海上试验

接收新的重力仪或重力仪进行大修后，除需进行静态试验外，还需进行海上试验，以测试仪器的性能，并选择最佳参数。

试验要求：

- a) 试验海区：重力场平稳、便于船只转向、风小、流小、无渔网和水下障碍的开阔海区；
- b) 采用 DGPS 定位系统；
- c) 布设主、联络测线或重复观测测线；
- d) 在线测量保持匀速直线航行，避免在主、联络测线交点附近偏航、变速；
- e) 主、联络测线有效交点 ≥ 30 个；
- f) 重复观测的空间重力异常均方误差 $\leq \pm 1.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。

9.2.1.3 重力基点设立

设立要求：

- a) 设立在调查船只停靠的港口或岛屿的固定码头上，并建立坚实固定标志；
- b) 采用高精度陆地重力仪与国家重力基点网联测，其联测精度 $\leq \pm 0.1 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。

9.2.1.4 重力仪安装及校验

9.2.1.4.1 重力仪安装

安装要求：

- a) 安装在调查船的稳心部位，远离热源体和强电磁源；
- b) 重力仪传感器的纵轴与调查船的纵轴线重合或平行；
- c) 稳定平台与船体固定为一体，并采取合理的减振措施，稳定平台带接口一端朝向船尾；其它机柜也应安装稳固，布局合理；
- d) 整个重力仪测量系统必须可靠接地；

- e) 调整重力仪传感器在平台上的位置,使作用在平台上的力矩最小;陀螺平台和传感器上的所有电缆必须处于自然状态,不对平台形成力矩;
- f) 重力仪室温度控制在 $24^{\circ}\pm 2^{\circ}$,湿度控制在 $50\% \pm 10\%$;
- g) 重力仪有其它特殊安装要求的,按其使用技术要求执行。

9.2.1.4.2 重力仪校验

海洋重力仪安装连接完毕后,通电加温时间 $\geq 48\text{h}$,然后启动系统进行重力仪校验。

9.2.1.4.2.1 重力仪参数测定

参数测定按使用手册的要求进行,需满足:

- a) 每种测定至少做两次;
- b) 测定结果符合使用手册的技术要求,且经主管技术部门签字认可。

9.2.1.4.2.2 重力仪联机试验

海洋重力仪系统启动正常,作业前需与导航定位系统进行联机试验,必须获得至少1h的数据记录。试验要求:

- a) 重力仪系统与导航定位系统同步、正常;
- b) 信号通道正常;
- c) 数据传输、存储正常。

9.2.1.4.2.3 重力仪码头静态稳定性试验

作业开始前和作业结束后,调查船停靠码头时分别进行一次静态稳定性试验,要求:

- a) 重力仪工作正常,连续开机时间 $\geq 48\text{h}$;
- b) 班报记录:开始、结束、试验过程中间隔1h;
- c) 试验数据保存;
- d) 试验结果成图;
- e) 潮汐改正后零点日漂移量 $\leq 0.1 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。

9.2.1.5 基点比对

每个航次,作业开始前和作业结束后进行重力基点比对,要求:

- a) 具备重力基点数据及相关信息;
- b) 调查船尽可能靠近基点,重力仪至基点的距离 $< 100\text{m}$;
- c) 量取重力仪至基点的距离和方位,绘制略图,略图中包含邻近显著建筑物群和质量体等;
- d) 重力仪稳定后,间隔10min记录一次仪器读数,连续记录5次;
- e) 记录重力仪读数期间,量取重力基点、船甲板左右舷到水面高度,计算重力仪传感器重心相对重力基点的高差,同时记录量取时间;
- f) 基点比对期间,重力仪系统与导航定位系统处在不连接状态;
- g) 保存基点比对记录数据。

9.2.2 海上作业

9.2.2.1 作业方法

采用船载重力仪走航式连续重力测量法作业。

9.2.2.2 调查船航行要求

要求:

- a) 沿布设测线匀速、直线航行, 航速 ≤ 12.0 kn;
- b) 提前上线时间 > 5 min, 延迟下线时间 > 5 min;
- c) 观测点横向偏离设计航线的左右距离 ≤ 50 m, 其中 95%的观测点 ≤ 25 m;
- d) 航向修正: 东西向测线每次修正量 $< 2^\circ$, 南北向测线每次修正量 $< 1^\circ$, 每分钟修正航向夹角 $< 10^\circ$;
- e) 航速变化: 东西向测线 < 0.2 kn, 南北向测线 < 0.5 kn;
- f) 上下线转向舵角 $< 15^\circ$ 。

9.2.2.3 定位精度

定位精度 $\leq \pm 5.0$ m。

9.2.2.4 水深测量精度

同6.1.3。

9.2.2.5 其它要求

作业其它要求:

- a) 调查船离开码头后不得关闭测量系统。如中途关闭测量系统, 重新开启测量系统后, 必须连续做至少 3 次快速复位的测试, 使重力仪快速回到初始位置;
- b) 因电源等意外原因导致测量中断, 立即记录故障原因和时间。故障排除后, 待重力仪稳定, 就近同向重测 3h 里程的测线, 检查重力仪弹性系统有无突变, 确保后续测量数据有效;
- c) 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作业;
- d) 重力仪出现大掉格时, 必须返回刚测过的测线或附近基点进行检查, 确认仪器正常后方可继续作业;
- e) 遇到下列情况之一者, 立即终止作业: 断电、碰撞、恶劣海况、平台纵、横摇摆角 $> 20^\circ$ 、仪器故障;
- f) 一条测线, 不合格观测点 $> 20\%$, 该测线报废, 需重新测量作业;
- g) 加热电源中断, 所有重力测量资料作废, 必须立即返回码头检测或处理。

9.2.2.6 班报记录

要求:

- a) 可以使用电子文档记录班报, 但需每天打印并有当班人员签名;
- b) 测线作业开始、结束、作业期间间隔 1h 记录一次班报, 当班人员签名;
- c) 船变速、偏航或仪器发生故障等特殊情况必须及时处理, 并记录班报;
- d) 班报填写准确、不得涂改;
- e) 班组长必须对班报记录(包括电子文档)进行检查并签名, 负责人对每个作业周期的班报记录进行全面检查并签名。
- f) 班报格式参见附录 C 的表 C.6。

9.2.2.7 数据记录

要求:

- a) 重力测量采集信息数据: 日期、时间、航向、航速、罗经、经度、纬度、水深、相对重力测量值、纵横水平加速度;
- b) 一条测线作业完成, 及时做好备份并检查数据文件是否记录完整, 发现数据丢失或不完整的必须立即上报;
- c) 备份的测线数据文件名与原测线名一致;
- d) 采用光盘记录, 一张光盘可记录多条测线, 不允许同一条测线跨盘记录;
- e) 原始数据至少保留 14 天, 所有记录中需附有数据格式说明。

9.2.2.8 质量监控

依据重力测量系统显示或打印下列信息进行质量监控, 内容包括:

- a) 导航定位数据: 格林尼治时间、定位坐标、航速、航向;
- b) 记录状态、记录文件名;
- c) 相对重力测量值、纵横水平加速度、导航数据、罗经数据、水深数据;
- d) 实时模拟曲线图。

值班人员要注意观察系统显示, 尤其是记录状态、模拟记录曲线变化, 发现异常及时分析检查, 必要时上报, 并认真做好工作记录或班报记录。

9.2.2.9 测量工作报告

在作业结束后20天内提交, 内容包括:

- a) 任务来源及测区概况;
- b) 调查区地理位置及潮汐情况;
- c) 测区范围与调查比例尺;
- d) 测线布设与设计工作量;
- e) 调查船、重力测量设备及其简单的工作原理;
- f) 生产准备情况;
- g) 野外施工;
- h) 任务完成情况及质量评价;
- i) 存在问题及建议;
- j) 相关图表(如设备相对位置图、质量自检表、基点比对表等)。

9.2.3 资料评价

9.2.3.1 评价标准

评价标准:

- a) 重力仪零点月漂移量 $<3 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$;
- b) 模拟记录, 95%以上记录点摆位或纵横加速度在中心线附近 1~3 小格内变化;
- c) 数据记录、模拟记录、班报、基点比对、工作报告等资料齐全。

9.2.3.2 资料评级

海上作业资料, 满足9.2.3.1中所有条款为合格, 不满足9.2.3.1中任何一条款时为不合格。

9.2.4 资料提交与归档

内容包括：

- a) 班报；
- b) 测量数据；
- c) 模拟打印记录；
- d) 重力测量工作报告；
- e) 基点比对结果；
- f) 质量自检表。

9.3 资料整理与处理解释

9.3.1 技术要求

资料整理与处理解释技术要求：

- a) 资料整理：
 - 1) 对重力及相关参量的观测记录进行各项改正，计算空间重力异常、布格重力异常及相应的均方误差；
 - 2) 基点读数改正、零点漂移改正、厄特渥斯改正、正常重力值改正、布格改正为必须改正项；
 - 3) 潮汐影响改正、滤波延迟改正为选择改正项；
 - 4) 海底地形改正与准完全布格重力异常计算，需具备海底地形数据。在海底地形起伏较大、
 - 5) 精度要求较高时需进行本项改正与计算。
- b) 依据油气调查目的，对资料整理获取的重力异常进行处理解释：
 - 1) 计算、推测密度界面的形态、埋深等特征；
 - 2) 计算、推测与周边围岩存在密度差异的火成岩分布；
 - 3) 推测断裂展布。

9.3.2 前期准备

海上作业得到的导航定位、水深、重力等观测记录，需进行解编、匹配，整理为数据文件供资料整理工作使用。

要求：

- a) 进行解编、匹配过程中，不得对原始记录进行任何修改与删除；
- b) 数据文件应含数据项：测线名、测点号、年、日、时间、纬度、经度、水深、航向、航速、重力仪读数、潮汐值。

9.3.3 资料整理

9.3.3.1 重力基点系统

重力测量基点绝对重力值，国内采用1985和2000国家等级重力基准系统，国外采用IGSN（1971）系统。

9.3.3.2 滤波延迟校正（选择改正项）

作业采用的重力仪，对读数设置滤波功能但未作延迟改正，需作此项改正：

- a) 资料整理的第一改正项，以下各项改正与计算在此项改正后进行；

b) 依据重力仪厂方提供的延迟时间,对重力仪读数时间进行改正,与导航定位提供的测点时间、位置相匹配。

9.3.3.3 基点读数改正

基点重力仪读数进行高度、舷高、瞬时水面高度改正,计算式如下:

$$g_{基} = g_{基读} - 0.3086 H_g - 0.0419 \times 1.03(H_{基} - H_g - H_{gw})/2 \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- $g_{基}$ —— 改正后基点重力仪读数值,单位: 10^{-5} m/s^2 ;
- $g_{基读}$ —— 基点重力仪读数值,单位: 10^{-5} m/s^2 ;
- H_g —— 基点读数时重力仪弹性系统至基点垂直距离,单位: 米;
- $H_{基}$ —— 基点高程(1985国家高程系),单位: 米;
- H_{gw} —— 基点读数时重力仪弹性系统至瞬时水面垂直距离,单位: 米。

9.3.3.4 零点漂移改正

零点漂移值计算式:

$$g_{零漂} = G_{始基} - G_{终基} + g_{终基} - g_{始基} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- $g_{零漂}$ —— 零点漂移值,单位: 10^{-5} m/s^2 ;
- $G_{终基}$ —— 终基点绝对重力值,单位: 10^{-5} m/s^2 ;
- $G_{始基}$ —— 始基点绝对重力值,单位: 10^{-5} m/s^2 ;
- $g_{终基}$ —— 改正后终基点重力仪读数值,单位: 10^{-5} m/s^2 ;
- $g_{始基}$ —— 改正后始基点重力仪读数值,单位: 10^{-5} m/s^2 。

测点零点漂移改正值计算:

$$g_{零i} = \frac{-g_{零漂}}{\Delta t} \times \Delta t_i \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- $g_{零i}$ —— 测点零点漂移改正值,单位: 10^{-5} m/s^2 ;
- $g_{零漂}$ —— 零点漂移值,单位: 10^{-5} m/s^2 ;
- Δt —— 始基点至终基点重力仪读数时间间隔,单位: 秒;
- Δt_i —— 测点至始基点重力仪读数时间间隔,单位: 秒。

9.3.3.4.1 厄特渥斯改正

测点厄特渥斯改正值计算式:

$$g_{厄i} = 7.502 \times V_i \times \text{Sin} A_i \times \text{COS} \Phi_i + 0.00415 V_i^2 \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- $g_{厄}$ —— 测点厄特渥斯改正值, 单位: 10^{-5} m/s^2 ;
- V_i —— 测点船舶航行瞬时速度, 单位: kn (1.85185km/h);
- A_i —— 测点航迹瞬时方位角, 单位: 度;
- Φ_i —— 测点地理纬度, 单位: 度。

9.3.3.5 潮汐影响改正 (选择改正项)

测点潮汐改正值计算式:

$$g_{潮} = 0.3086 \times h_{ci} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- $g_{潮}$ —— 测点潮汐改正值, 单位: 10^{-5} m/s^2 ;
- h_{ci} —— 潮汐值, 单位: 米。

9.3.3.6 正常重力值

测点正常重力值采用1985年国际正常重力公式计算:

$$g_{正} = 978032.67714 \times \frac{1 + 0.0019318513 - 8639 \sin^2 \Phi_i}{(1 - 0.0066943799 - 9013 \sin^2 \Phi_i)^{1/2}} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- $g_{正}$ —— 测点正常重力值, 单位 10^{-5} m/s^2 ;
- Φ_i —— WGS-84大地坐标系中测点地理纬度, 单位: 度。

9.3.3.7 测点绝对重力值与重力异常计算

测点绝对重力值与重力异常计算公式如下:

a) 测点绝对重力值计算式:

$$g_i = G_{始基} + g_{测} - g_{始基} + g_{零} + g_{厄} (+ g_{潮}) \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- g_i —— 测点绝对重力值, 单位: 10^{-5} m/s^2 ;
- $G_{始基}$ —— 始基点绝对重力值, 单位: 10^{-5} m/s^2 。水面高程零米 (1985国家高程系);
- $g_{测}$ —— 测点重力仪读数值, 单位: 10^{-5} m/s^2 ;
- $g_{始基}$ —— 改正后始基点重力仪读数值, 单位: 10^{-5} m/s^2 ;
- $g_{零}$ —— 测点零点漂移改正值, 单位: 10^{-5} m/s^2 ;
- $g_{厄}$ —— 测点厄特渥斯改正值, 单位 10^{-5} m/s^2 ;
- $g_{潮}$ —— 测点潮汐改正值, 单位: 10^{-5} m/s^2 。

b) 测点空间重力异常值计算式:

$$\Delta g_{fi} = g_i - g_{正} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

Δg_{fi} —— 测点空间重力异常值, 单位: 10^{-5} m/s^2 ;

g_i —— 测点绝对重力值, 单位: 10^{-5} m/s^2 ;

$g_{\bar{fi}}$ —— 测点正常重力值, 单位 10^{-5} m/s^2 。

c) 测点布格重力异常值计算式:

$$\Delta g_{bi} = \Delta g_{fi} + g_{\bar{fi}} \dots\dots\dots (12)$$

$$g_{\bar{fi}} = 0.0419 \times (\sigma - 1.03) \times h_i \dots\dots\dots (13)$$

式中:

Δg_{bi} —— 测点布格重力异常值, 单位: 10^{-5} m/s^2 ;

Δg_{fi} —— 测点空间重力异常值, 单位: 10^{-5} m/s^2 ;

$g_{\bar{fi}}$ —— 测点布格改正值, 单位: 10^{-5} m/s^2 ;

σ —— 中间层密度, 单位: 10^3 kg/m^3 ;

h_i —— 测点水深, 以平均海平面计算, 单位: 米。

d) 测点准完全布格重力异常值计算式:

$$\Delta g_{zbi} = \Delta g_{fi} + g_{\bar{zfi}} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

Δg_{zbi} —— 测点准完全布格重力异常值, 单位: 10^{-5} m/s^2 ;

Δg_{fi} —— 测点空间重力异常值, 单位: 10^{-5} m/s^2 ;

$g_{\bar{zfi}}$ —— 测点海底地形改正值, 单位: 10^{-5} m/s^2 。

测点海底地形改正半径 $\geq 40 \text{ km}$ 。

9.3.3.8 重力异常采样点取值

经各项改正后得到的测点重力异常值, 按测线圆滑处理后进行采样点取值, 采样点间隔 $\leq 100 \text{ m}$ 。圆滑方式依据测点与采样点的测线重力异常曲线对比试验确定, 以消除高频干扰、有效信息不畸变为准。

9.3.3.9 测线误差改正

测线误差改正要求:

- a) 依据主测线与联络测线采样点内插获取的交点位置及相应的重力异常差值, 以连续作业完成的一条测线或测线段为计算单元, 计算测线误差, 编制测线误差改正值表。
- b) 依据各测线或测线段的测线误差改正值, 对采样点重力异常值进行测线误差改正, 获取采样点最终的空间重力异常值 Δg_{FI} 、布格重力异常值 Δg_{BI} 、准完全布格重力异常值 Δg_{ZBI} 。

测线误差改正后采样点重力异常值计算式:

$$\Delta g_{FI} = \Delta g_{fi} + g_r \dots\dots\dots (15)$$

$$\Delta g_{BI} = \Delta g_{bi} + g_t \dots\dots\dots (16)$$

$$\Delta g_{ZBI} = \Delta g_{zbi} + g_t \dots\dots\dots (17)$$

式中:

$\Delta g_{FI} / \Delta g_{BI} / \Delta g_{ZBI}$ —— 测线误差改正后采样点(空间/布格/准完全布格)重力异常值, 单位:

$$10^{-5} \text{m/s}^2;$$

$\Delta g_{fi} / \Delta g_{bi} / \Delta g_{zbi}$ —— 测线误差改正前采样点(空间/布格/准完全布格)重力异常值, 单位:

$$10^{-5} \text{m/s}^2;$$

g_t —— 采样点所在测线或测线段的测线误差改正值, 单位: 10^{-5}m/s^2 。

9.3.3.10 重力测量误差计算

测线误差改正前后均需计算重力测量误差, 计算式:

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{2n}} \dots\dots\dots (18)$$

式中:

ε —— 重力测量误差, 单位: 10^{-5}m/s^2 ;

δ_i —— 测线误差改正(前/后)主测线与联络测线交点处(空间/布格/准完全布格)重力异常差值, 单位: 10^{-5}m/s^2 ;

n —— 交点数。

测量误差计算, 交点数 ≥ 30 , 舍弃点数不得超过总交点数的3%。

9.3.3.11 成果数据文件

资料整理完成后, 提交成果数据文件。应含数据项: 工区名、测线名、采样点号、年、日、时间、纬度、经度、绝对重力值、空间重力异常值、布格重力异常值/准完全布格重力异常值、水深。

9.3.4 资料处理解释

9.3.4.1 资料处理解释

收集、分析、汇总工区及其围区已有的地质、地球物理、钻探、岩石物性等资料, 对资料整理获得的成果进行处理解释:

- a) 依据地质任务、重力异常特征选择若干条剖面进行正、反演拟合计算与综合解释, 建立剖面密度结构。剖面位置与数量以能控制整个工区密度结构为宜;
- b) 采用位场分离、方向导数等数据处理方法, 有效地压制干扰, 突出、增强或提取目标地质体异常;

- c) 目标地质体异常反演处理解释，结果受剖面密度结构的约束；
- d) 工区拥有其它地质、地球物理资料，进行剖面正、反演拟合计算解释和目标地质体异常反演处理解释时相互约束、紧密结合。

9.3.4.2 地质解释

地质解释包括定性解释和定量解释。

- a) 小比例尺的重力测量以定性解释为主；
- b) 依据重力异常的强度、轴向、形状、组合等特征进行重力异常的分类及分区。按特征可分为条带状异常、等轴状异常、异常梯级带、相对重力高、相对重力低等，按异常的区域组合关系可分为重力高分布区、重力低分布区、重力高重力低镶嵌分布区等；
- c) 地质解释在资料处理基础上进行，采用工区内各种地质、地球物理资料进行综合解释，以揭示重力异常与地质因素的内在联系，由此推测、论述工区的地质构造、地壳结构特征等，为预定的工区地质任务服务。

9.4 重力测量成果

9.4.1 资料整理成果

资料整理获得的各类数据、图表。

9.4.2 数据库

有关重力测量的成果信息应纳入数据库管理系统，按工区、航次、测线、采样点等4类信息进行分类、入库。

9.4.3 附图

成图比例尺与调查比例尺/技术设计规定比例尺相同。

9.4.3.1 资料整理成果图件

实际材料图，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等值线图或准完全布格重力异常等值线图，空间重力异常剖面平面图，布格重力异常剖面平面图或准完全布格重力异常剖面平面图等。

9.4.3.1.1 实际材料图编制

编制要求：

- a) 重力测量资料经检查校核，质量合格；
- b) 图上不同类型的点，用下列图标：
 - 国家级基点 ⊙
 - 基 点 ⊙
 - 采 样 点 •
- c) 测线名标注在测线两端外侧，间隔 10 个重力异常采样点作一垂线标记，测线下标注采样点号。

9.4.3.1.2 重力异常等值线图编制

编制要求：

- a) 等值线勾绘圆滑，资料不足的区域用长虚线表示；

- b) 等值线间距>重力异常总误差的 2 倍~2.5 倍;
- c) 线条等值线图需标注等值线值, 正值等值线用黑色实线或红色实线表示, 零值等值线用黑色点划线表示, 负值等值线用黑色虚线或蓝色虚线表示;
- d) 着色等值线图: 图面清晰、美观、浓淡匀称。暖色调面色表示正重力异常, 冷色调面色表示负重力异常, 以色层和颜色的深浅表示异常的强弱, 标注柱状色阶。等值线均用黑色实线表示, 不标注等值线值;
- e) 图例栏内需注明采用的正常重力公式, 绝对重力值系统。布格重力异常图另需注明采用的中间层物质平均密度值; 准完全布格重力异常等值线图则还需注明采用的地改半径、地改物质平均密度值;
- f) 采用网格化数据编制重力异常等值线图, 普查、详查、勘探阶段的网格节点距在成果图上<5mm; 如果仅有几条测线的区域预查, 网格节点距在成果图上符合相同比例尺成图的基本要求。采用的网格化方法、网格节点距在图例栏内注明。

9.4.3.1.3 重力异常剖面平面图编制

编制要求:

- a) 剖面横坐标与成图比例尺一致, 纵坐标按异常值大小、图面能清晰表示为准适当选取;
- 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。

9.4.3.2 处理解释成果图件

9.4.3.2.1 剖面综合解释成果图编制

编制要求:

- a) 图面分为上下两部分, 上部绘制采样点重力异常曲线、拟合重力场曲线, 下部绘制密度结构;
- b) 横向比例尺与工区调查比例尺/技术设计规定比例尺相同;
- c) 上部纵坐标按异常值大小、图面能清晰表示为准适当选取;
- d) 下部纵向比例尺按密度结构复杂程度、最大深度适当选取, 技术设计有规定则按规定执行;
- e) 工区构造单元跨越不大时, 整个工区各条剖面综合解释成果图采用统一的纵横比例尺、纵坐标; 测线特别长, 跨越多个构造单元时, 各条剖面综合解释成果图采用美观、方便展示的纵横比例尺、纵坐标。

9.4.3.2.2 密度界面深度图

参照重力异常等值线图编制要求执行。

9.4.4 成果报告

内容包括:

- a) 前言: 目的任务、任务完成概况、提交成果;
- b) 工区概况: 工区范围、自然地理概况、以往工作程度、地质概况、调查比例尺、调查精度、设计工作量;
- c) 岩石地球物理特征;
- d) 采集施工: 设备与技术参数、提交成果、数据格式等;
- e) 资料整理: 方法技术、整理流程、提交成果、数据格式等;
- f) 成果处理与解释: 根据调查的阶段, 开展相应的处理与解释。包括平面、剖面综合解释、密度界面反演、地质认识等;

- g) 成果图件编制;
- h) 结论与建议;
- i) 参考文献。

9.4.5 资料提交与归档

成果报告，内容参见9.4.4。

处理解释成果：

- a) 重力测量测点数据，数据内容包括：工区名代码、测线名、采样点号、观测时间、经度、纬度、绝对重力值、空间重力异常值、布格重力异常值/准完全布格重力异常值、水深等。
- b) 重力资料整理成果图件：
 - 1) 实际材料图;
 - 2) 空间重力异常图;
(根据任务要求，可增加以下图件：)
 - 3) 布格重力异常图或准完全布格重力异常图;
 - 4) 空间重力异常剖面平面图;
 - 5) 布格重力异常剖面平面图或准完全布格重力异常剖面平面图等。
- c) 处理解释成果图件：
 - 1) 剖面综合解释成果图;
 - 2) 密度界面深度图。

10 地磁测量

10.1 技术要求

10.1.1 测量精度：

测量精度要求：

- a) 磁力仪灵敏度 ≤ 0.1 nT;
- b) 磁力仪观测精度 $\leq \pm 0.3$ nT;
- c) 磁力 ΔT 异常精度 $\leq \pm 5$ nT。

10.1.2 作业前准备

10.1.2.1 施工设计

10.1.2.1.1 资料收集

编写施工设计需收集的资料：

- a) 工区的最新版各种海图;
- b) 工区及邻近地区已有的海洋磁力资料;
- c) 助航标志及航行障碍物。

10.1.2.1.2 施工设计编写

磁力测量施工设计，编写的主要内容参照4.4.2执行。

10.1.2.1.3 测量比例尺与测线布设

测量比例尺确定与测线布设要求:

- a) 测量比例尺根据任务性质、探测对象的大小、海区的重要性、重力异常变化的剧烈程度和技术设备情况以及经济上的合理性等因素而定。测量比例尺相应的测线间隔选择见表 1;
- b) 相邻工区, 至少应布设一条跨越不同工区的检查测线;
- c) 构造复杂或地形起伏较大的海区, 适当加密测线, 加密程度以满足地质任务需求为原则;
- d) 主测线垂直构造总体走向布设, 联络测线与主测线垂直。

10.1.3 海上试验

每个工区或地磁测量设备更换, 需进行船磁方位影响试验, 要求如下:

- a) 有相应时段日变数据记录;
- b) 试验区磁场平静, 磁场梯度 ≤ 5 nT/km;
- c) 试验时间尽可能安排在晚上或凌晨;
- d) 0° 方位要求 3 次闭合, 其它方位 2 次闭合;
- e) 作业船过试验中心点前, 确保已航行在测线上并已走直, 并且磁力电缆已拉直。

10.1.4 日变观测站设立

设立要求:

- a) 日变观测站设立类别: 陆地自设、海底自设、国家地磁观测站;
- b) 日变观测站设立要求: 位于磁场平静区, 远离交通及电磁干扰, 且保持通讯联络畅通;
- c) 日变观测站控制半径 ≤ 300 km;
- d) 磁力仪灵敏度 ≤ 0.1 nT、磁力仪观测精度 $\leq \pm 0.3$ nT;
- e) 日变数据采集时间段大于海上作业时间段, 采样时间间隔 ≤ 10 min;
- f) 施工过程中遭遇磁暴, 应及时通知主管部门。

10.1.5 磁力仪安装及校验

10.1.5.1 磁力仪的安装

磁力仪主机安装固定于仪器房内, 布设甲板电缆时需避开其它有源线缆。

10.1.5.2 磁力仪校验与联机试验

作业前, 磁力仪需做通电测试, 与导航定位系统进行联机试验, 获得至少 1 h 的数据记录。

要求:

- a) 信号通道正常;
- b) 数据传输、存储正常;
- c) 磁力仪系统与导航定位系统同步、正常。

10.1.5.3 安全要求

磁力仪系统安全要求:

- a) 与地震同步作业, 需配备安全展开装置;
- b) 收放磁力电缆, 若绞车未配备滑环, 需断开磁力电源和甲板电缆;
- c) 根据电缆抗拉力合理选择工作船速;
- d) 加强后甲板瞭望, 确保水下拖体安全。

10.2 海上作业

10.2.1 调查船航行要求

要求:

- a) 沿布设测线匀速、直线航行, 航速 ≤ 12.0 kn;
- b) 提前上线距离 > 500 m, 延长下线距离 > 500 m;
- c) 观测点横向偏离设计航线的左右距离 ≤ 50 m, 其中 95%的观测点 ≤ 25 m;
- d) 航向修正: 东西向测线每次修正量 $< 2^\circ$, 南北向测线每次修正量 $< 1^\circ$, 每分钟修正航向夹角 $< 10^\circ$;
- e) 航速变化: 东西向测线 < 0.2 kn, 南北向测线 < 0.5 kn;
- f) 上下线转向舵角 $< 15^\circ$ 。

10.2.2 定位精度

定位精度 $\leq \pm 5.0$ m。

10.2.3 其它要求

作业其它要求:

- a) 拖曳电缆长度 > 3 倍调查船长度;
- b) 系统信号强度稳定, 数据可靠, 模拟曲线平滑, 具有连续长时间作业能力, 满足调查精度要求。
- c) 在用传感器发生故障时, 备用传感器必须处于随时可用的状态;
- d) 作业中传感器尾翼松动或缠绕障碍物导致数据不稳定时, 必须立即处理;
- e) 遭遇恶劣海况或雷电天气导致数据跳变次数较多时及时请示;
- f) 遭遇磁暴或磁扰日时, 必须准确记录初动、持续、消失时间。磁暴持续期间磁测资料作废。

10.2.4 班报记录

班报记录要求:

- a) 可以使用电子文档记录班报, 但需每天打印并有当班人员签名;
- b) 测线作业开始、结束、作业期间间隔 1h 记录一次班报, 当班人员签名;
- c) 船变速、偏航或仪器发生故障等特殊情况必须及时处理, 并记录班报;
- d) 班报填写准确、不得涂改;
- e) 班组长必须对班报记录(包括电子文档)进行检查并签名, 负责人对每个作业周期的班报记录进行全面检查并签名;
- f) 班报格式参见附录 C 的表 C.6。

10.2.5 数据记录

数据记录要求:

- a) 地磁测量采集信息数据: GMT 日期和时间、航向、航速、经度、纬度、测量磁力值、感应信号强度、传感器深度;
- b) 一条测线作业完成, 及时做好备份并检查数据文件是否记录完整, 发现数据丢失或不完整的必须立即上报;
- c) 备份的测线数据文件名与原测线名一致;
- d) 采用光盘记录, 一张光盘可记录多条测线, 不允许同一条测线跨盘记录;
- e) 原始数据至少保留 14 天, 所有记录中需附有数据格式说明。

10.2.6 质量监控

依据地磁测量系统显示或打印下列信息进行质量监控，内容包括：

- a) 导航定位数据：格林尼治日期及时间、定位坐标、航速及航向；
- b) 记录状态、记录文件名；
- c) 传感器深度、感应信号强度、测量磁场值、数据质量及漏电指示；
- d) 实时模拟曲线图。

值班人员要注意观察系统显示，尤其是传感器深度、信号指示、记录状态以及数据抖动度，发现异常及时处理，并认真做好工作记录或班报记录。

10.2.7 测量工作报告

报告应在作业结束后20天内提交，内容包括：

- a) 任务来源及测区概况；
- b) 调查区地理位置及潮汐情况；
- c) 测区范围与调查比例尺；
- d) 测线布设与设计工作量；
- e) 调查船、磁力测量设备及其简单的工作原理；
- f) 生产准备情况；
- g) 野外施工；
- h) 任务完成情况及质量评价；
- i) 存在问题及建议；
- j) 相关图表（如设备相对位置图、质量自检表、基点比对表等）。

10.2.8 资料评价

10.2.8.1 评价标准

要求：

- a) 磁力仪抖动度 $>1nT$ 的测线段长度 $<10\%$ 的测线总长；
- b) 数据记录、班报记录、工作报告等资料齐全。

10.2.8.2 资料评级

海上作业资料，满足10.3.8.1中所有条款为合格，不满足10.3.8.1中任何一条款时为不合格。

10.2.9 资料提交与归档

内容包括：

- a) 班报；
- b) 测量数据；
- c) 磁力测量工作报告；
- d) 质量自检表。

10.3 资料整理与处理解释

10.3.1 技术要求

资料整理与处理解释技术要求：

- a) 资料整理: 对地磁及相关参量的观测记录进行各项改正, 计算磁力 ΔT 异常及相应的均方误差;
- b) 依据油气调查目的, 对资料整理获取的磁力 ΔT 异常进行处理解释:
 - 1) 计算、推测磁性界面的形态、埋深等特征;
 - 2) 计算、推测具磁性的火成岩分布;
 - 3) 推测断裂展布。

10.3.2 前期准备

海上作业得到的导航定位、磁力等观测记录, 需进行解编、匹配, 整理为数据文件供资料整理工作使用。要求:

- a) 进行解编、匹配过程中, 不得对原始记录进行任何修改与删除;
- b) 数据文件应含数据项: 测线名、测点号、年、日、时间、纬度、经度、磁力仪记录值、航向。

10.3.3 资料整理

10.3.3.1 电缆长度改正

依据导航定位设备至磁力仪探头间的距离、测点观测时的船舶瞬时航向、导航定位提供的测点位置, 计算磁力仪探头位置作为新的测点位置, 与测点观测得到的磁场数据相匹配。

10.3.3.2 船磁影响值

测点船磁影响值 $T_{船i}$, 依据测点的船舶瞬时航向和船磁方位影响试验成果确定。船磁方位影响试验成果以数值方式表示, 线性内插求取; 船磁方位影响试验成果为船磁方位影响曲线, 则从曲线上直接查取, 单位: nT。

10.3.3.3 日变值

测点日变值 $T_{日i}$, 依据测点观测时间, 从日变曲线直接查取或线性内插求取(日变值以数值方式表示), 单位: nT。日变值以数值方式表示时, 采样值时间间隔 $\leq 10\text{min}$ 。日变基准值可适当选取, 正常状态下日变值变化范围在 $30\text{nT} \sim -100\text{nT}$ 。

10.3.3.4 正常地磁场值

测点正常地磁场值 $T_{正i}$, 依据测点位置、观测时间, 采用国际地磁和高空大气物理协会(IAGA)五年度公布的国际地磁参考场IGRF计算获取, 单位: nT, 公式见附录F。

10.3.3.5 测点磁力 ΔT 异常值计算

测点磁力 ΔT 异常值计算式:

$$\Delta T_i = T_{测i} - T_{船i} - T_{日i} - T_{正i} \dots\dots\dots (19)$$

式中:

- ΔT_i —— 测点磁力 ΔT 异常值, 单位: nT;
- $T_{测i}$ —— 磁力仪观测记录值, 单位: nT;
- $T_{船i}$ —— 船磁影响值, 单位: nT;
- $T_{日i}$ —— 日变值, 单位: nT;
- $T_{正i}$ —— 正常地磁场值, 单位: nT。

10.3.3.6 磁力 ΔT 异常采样点取值

经各项影响改正后得到的测点磁力 ΔT 异常值，按测线圆滑处理后进行采样点取值，采样点间隔 $\leq 100\text{m}$ 。圆滑方式依据测点与采样点的测线磁力 ΔT 异常曲线对比试验确定，以消除高频干扰、有效信息不畸变为准。

10.3.3.7 测线误差改正

要求：

- a) 依据主测线与联络测线采样点内插获取的交点位置及相应的磁力 ΔT 异常差值，以连续作业完成的一条测线或测线段为计算单元，计算测线误差，编制测线误差改正值表；
- b) 依据各测线或测线段的测线误差改正值，对采样点磁力 ΔT 异常值进行测线误差改正，获取采样点最终的磁力 ΔT 异常值。

测线误差改正后采样点磁力 ΔT 异常值计算式：

$$\Delta T_i = \Delta T_i + T_i \dots\dots\dots (20)$$

式中：

- ΔT_i —— 测线误差改正后采样点磁力 ΔT 异常值，单位：nT；
- ΔT_i —— 测线误差改正前采样点磁力 ΔT 异常值，单位：nT；
- T_i —— 采样点所在测线或测线段的测线误差改正值，单位：nT。

10.3.3.8 地磁测量误差计算

测线误差改正前后均需计算地磁测量误差，计算式：

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{2n}} \dots\dots\dots (21)$$

式中：

- ε —— 地磁测量误差，单位：nT；
- δ_i —— 测线误差改正（前/后）主测线与联络测线交点处磁力 ΔT 异常差值，单位：nT；
- n —— 交点数。

测量误差计算，交点数 ≥ 30 ，舍弃点数不得超过总交点数的3%。

10.3.3.9 成果数据文件

资料整理完成后，提交成果数据文件。应含数据项：工区名、测线名、采样点号、年、日期与时间、纬度、经度、磁力仪记录值、日变值、正常地磁场值、磁力 ΔT 异常值。

10.3.4 资料处理解释

10.3.4.1 资料处理

收集、分析、汇总工区及其围区已有的地质、地球物理、钻探及岩石物性等资料，对资料整理获得的成果进行处理解释：

- a) 依据地质任务、磁力 ΔT 异常特征选择若干条剖面进行正、反演拟合计算与综合解释，建立剖面磁性结构。剖面位置与数量以能控制整个工区磁性结构为宜；
- b) 依据工区所处地磁纬度、工区范围内地磁倾角的变化，选择合适有效的化极方法，对磁力 ΔT 异常进行化极处理。化极方法可在常倾角化极、低磁纬度化极、变倾角化极、低磁纬度变倾角化极等方法中选择；
- c) 计算磁性体最小埋藏深度及其几何参数和磁性参数，推荐采用“斜磁化条件下(ΔT)的切线法”；
- d) 选用化极磁异常(ΔZ_{\perp})，采用位场分离、方向导数等数据处理方法，有效地压制干扰，突出、增强或提取目标地质体异常；
- e) 目标地质体异常反演处理解释，结果应受剖面磁性结构的约束；
- f) 工区拥有其它地质、地球物理资料，进行剖面正、反演拟合计算解释和目标地质体异常反演处理解释时相互约束、紧密结合。

10.3.4.2 地质解释

地质解释包括定性解释和定量解释：

- a) 小比例尺的磁力测量以定性解释为主；
- b) 依据磁力 ΔT (ΔZ_{\perp})异常的强度、轴向、形状、排列等特征进行磁力 ΔT (ΔZ_{\perp})异常的分类及分区。按特征可分为条带状异常、串珠状异常、线性异常、等轴状异常、异常梯级带等，按异常的区域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；
- c) 识别、解释异常应结合地震、重力、地热、深海钻探等资料综合进行；
- d) 地质解释在资料处理基础上进行，采用工区内各种地质、地球物理资料进行综合解释，以揭示磁力 ΔT (ΔZ_{\perp})异常与地质因素的内在联系，由此推测、论述工区的断裂展布、岩浆活动、磁性基底结构、区域地质构造特征等，为预定的工区地质任务服务。

10.3.5 地磁测量成果

10.3.5.1 整理成果

资料整理的各类数据、图表。

10.3.5.2 数据库

有关地磁测量的成果信息均需纳入数据库管理系统。

有关地磁测量的成果信息应纳入数据库管理系统，按工区、航次、测线、采样点等4类信息进行分类、入库。

10.3.5.3 附图

成图比例尺与工区调查比例尺/技术设计规定比例尺相同。

10.3.5.4 整理成果图件

实际材料图、磁力 ΔT 异常等值线图、磁力 ΔT 异常剖面平面图。

10.3.5.4.1 实际材料图编制

编制要求：

- a) 地磁测量资料经检查校核，质量合格；

- b) 测线名注在测线两端外侧，间隔 10 个磁力 ΔT 异常采样点作一垂线标记，测线下注采样点号。

10.3.5.4.2 磁力 ΔT 异常等值线图编制

编制要求：

- a) 等值线勾绘圆滑，资料不足的区域用长虚线表示；
- b) 等值线间距 $>$ 磁力测量总误差的 2 倍 \sim 2.5 倍；
- c) 磁力 ΔT 异常零线的确定以正磁力 ΔT 异常与负磁力 ΔT 异常在图面上各占 50% \pm 为准；
- d) 线条等值线图需标注等值线值，正值等值线用黑色实线或红色实线表示，零值等值线用黑色点划线表示，负值等值线用黑色虚线或蓝色虚线表示；
- e) 着色等值线图：图面清晰、美观、浓淡匀称。暖色调面色表示正磁力 ΔT 异常，冷色调面色表示负磁力 ΔT 异常，以色层和颜色的深浅表示异常的强弱，标注柱状色阶。等值线均用黑色实线表示，不标注等值线值；
- f) 图例栏内需注明采用的正常地磁场；
- g) 采用网格化数据编制磁力异常等值线图，普查、详查、勘探阶段的网格节点距在成果图上 $<$ 5mm；如果仅有几条测线的区域概查，网格节点距在成果图上符合相同比例尺成图的基本要求。采用的网格化方法、网格节点距在图例栏内注明。

10.3.5.4.3 磁力 ΔT 异常剖面平面图编制

编制要求：

- a) 剖面横坐标与成果图比例尺一致，纵坐标按异常大小、图面能清晰表示为准适当选取；
- 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。磁力 ΔT 异常零线与磁力 ΔT 异常等值线图一致。

10.3.5.5 处理解释成果图件

10.3.5.5.1 剖面综合解释成果图编制

编制要求：

- a) 图面分为上下两部分，上部绘制采样点磁力 ΔT 异常曲线、拟合磁力场曲线，下部绘制磁性结构；
- b) 横向比例尺与工区调查比例尺以及技术设计规定比例尺相同；
- c) 上部纵坐标按异常值大小、图面能清晰表示为准适当选取；
- d) 下部纵向比例尺按磁性结构复杂程度、最大深度适当选取，技术设计有规定则按规定执行。

10.3.5.5.2 磁力 ΔZ_{\perp} 异常等值线图编制

参照磁力 ΔT 异常等值线图编制要求执行。

10.3.5.5.3 磁性基底面深度图编制

参照磁力 ΔT 异常等值线图编制要求执行。

10.3.5.5.4 断裂岩浆岩分布图编制

编制要求：

- a) 勾绘岩浆岩分布范围，以圈闭曲线或色块表示；
- b) 断裂展布，以曲线或折线表示，线条宽度与断裂等级相匹配。

10.4 地磁测量成果

10.4.1 成果报告

内容包括：

- a) 前言：目的任务、任务完成概况、提交成果；
- b) 工区概况：工区范围、自然地理概况、以往工作程度、地质概况、调查比例尺、调查精度、设计工作量；
- c) 岩石地球物理特征；
- d) 采集施工：设备与技术参数、提交成果、数据格式等；
- e) 资料整理：方法技术、整理流程、提交成果、数据格式等；
- f) 成果处理与解释：根据调查的阶段，开展相应的处理与解释。包括平面、剖面综合解释，磁性界面反演，地质认识等；
- g) 成果图件编制；
- h) 结论与建议；
- i) 参考文献。

10.4.2 资料提交与归档

要求：

- a) 成果报告，内容参见 10.4.1
- b) 处理解释成果
 - 1) 磁力测量测点数据，数据项包括：工区名代码、测线名、采样点号、观测时间、经度、纬度、磁力仪观测记录值、日变值、船磁影响值、正常地磁场值、系统误差改正值、磁力 ΔT 异常值等；
 - 2) 磁力资料处理成果图件，内容包括：实际材料图、磁力 ΔT 异常图、磁力 ΔT 异常剖面平面图等；
 - 3) 处理解释成果图件，内容包括：剖面综合解释成果图、磁力 ΔZ_{\perp} 异常图、磁性底界面深度图、断裂岩浆岩分布图等。

11 海底热流测量

11.1 测站

11.1.1 热流测站布设

根据地质（调查）任务布设热流测站：

- a) 布点前应充分了解测区的沉积物分布情况，对于新区应作地层剖面调查，掌握第一手资料；
- b) 布设地区：沉积物松软、泥质较多、有一定沉积厚度；
- c) 基岩裸露海底地区不得布设热流测站；
- d) 水深 >700 m。

11.1.2 热流测量剖面测站布设

布设要求：

- a) 测量剖面垂直于地质构造走向布设，尽量与其它地球物理调查剖面重合；
- b) 海沟、断裂带等特殊地区，测量剖面平行地质构造走向布设；

- c) 重点调查区域, 测站间距 5 km~10 km, 地形复杂, 沉积厚度变化大的地区, 测站间距 3 km;
- d) 大区域热流测量, 依据调查比例尺, 在 10 km~30 km 范围内选择测站间距。

11.2 海底热流测量

海底热流测量包含地温梯度测量与热导率测量, 测量方式分为非海底原位热流测量和海底原位热流测量。

11.2.1 调查船设备

要求:

- a) 调查船能以 1.2 kn 慢速航行, 具有侧推、倒车或动力定位装置;
- b) 绞车钢缆长度满足测站水深要求, 末端负载 > 2 t;
- c) 绞车能变速, 最高下降速度 > 1.5 m/s。

11.2.2 深度监视系统

深度监视采用声脉冲发生器, 视海况安装在测量仪器上方 50 m~100 m 范围内的绞车钢缆。

11.2.3 非海底原位热流测量

非海底原位热流测量分为海底地温梯度测量、室内热导率测量。

11.2.3.1 海底地温梯度测量

11.2.3.1.1 测量仪器

测量仪器为地温梯度测量系统:

- a) 探针数量 ≥ 3 个;
- b) 封装后的探针的热时间常数 ≤ 5 s;
- c) 热敏元件:
 - 1) 测温范围: $-2^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$;
 - 2) 分辨率: 1.5 mK;
 - 3) 测量精度 $\leq \pm 5$ mK。
- d) 测温探针耐压 ≥ 40 Mpa;
- e) 测温探头外径 \leq 不超过 5 mm;
- f) 测温探针按不同角度、等间距安装;
- g) 钢矛或取样器 (包括重力柱状取样器和活塞取样器) 长度 ≥ 4 m。

11.2.3.1.2 测量仪器校准

要求:

- a) 每年首次海上测量前进行仪器校准, 校准有效期一年;
- b) 校准仪器精度 $\leq \pm 5$ mK;
- c) 根据各探针的示值和校准仪器的测量值, 校准各探针的温度值。

11.2.3.1.3 海上测量

调查船定点进行海上测量作业。

11.2.3.1.4 定位要求

测量仪器入水、到底、离底分别进行定位记录并打点。

11.2.3.1.5 测量作业

要求：

- a) 电池电量保证测温探针正常工作；
- b) 所有探针时钟与导航定位系统时间同步；
- c) 测量参数设置：记录开始时间、记录时间长度（或记录结束时间）、采样率；
- d) 测量仪器入水前、出水后，分别测量探针之间的距离，检查各探针是否存在移动现象；
- e) 测量仪器入水后，离海底 50 m~100 m 时，停留时间 ≥ 3 min，然后高速下放到海底。测温探针插入沉积物后，稳定停留时间 ≥ 7 min，然后以慢速（ ≤ 0.4 m/s）收缆直到测量仪器离开海底；
- f) 海底沉积物温度测量的同时，宜进行沉积物取样。

11.2.3.1.6 数据采集与记录

测温探针在沉积物中的采样速率 ≥ 2 s/次，数据记录在探针的非易失性存储器上或实时传输至船上计算机。

11.2.3.1.6.1 班报记录

测量过程的班报记录：

- a) 可以使用电子文档记录班报，每个站位需打印并有当班人员签名；
- b) 每个站位记录一次班报；
- c) 仪器发生故障、船只干扰等特殊情况及及时采取措施，并记录班报；
- d) 班报填写应准确、不得涂改；
- e) 班组长对班报记录进行检查并签名，技术负责人对每个作业周期的班报记录进行全面检查并签名；
- f) 班报格式参见附录 C 的表 C.7。

11.2.3.1.7 温度数据处理

测量获得的温度数据处理要求：

- a) 利用各测温探针的改正数，求出各探针改正后的温度值；
- b) 平衡温度（环境温度）计算：
 - 1) 根据各测温探针插入时摩擦阶段的温度时间记录，外推沉积物未受扰动时的温度；
 - 2) 选取合适时间段的温度记录，利用瞬间加热无限长线热源热衰减模型的拟合，外推无限长时间处的温度，作为该测温探针所在的沉积物环境温度；
- c) 地温梯度计算

依据各测温探针的平衡温度以及相邻探针之间的距离，计算各深度段的地温梯度，或采用线性回归方法，求取整个测温深度的平均地温梯度。

11.2.3.1.8 地温梯度数据质量

数据有效的探针个数 ≥ 3 、有效测量深度 ≥ 2 m，数据合格，否则为不合格。

11.2.3.2 室内热导率测量

11.2.3.2.1 测量仪器

测量仪器为瞬时热导率探针：

- a) 瞬时热导率探针的热时间常数 ≤ 5 s；
- b) 探针内安装加热细金属丝及热敏元件；
- c) 测量范围：0.1~4.0 Wm⁻¹K⁻¹；
- d) 一次测量精度 $\leq \pm 5\%$ ；
- e) 重复测量精度 $\leq \pm 2\%$ ；
- f) 加热量精度 $\leq \pm 0.1\%$ 。

11.2.3.2.2 测量仪器自检

测量前对标准样进行测量，测量结果误差 $\leq \pm 2\%$ 的标准样热导率值。

11.2.3.2.3 室内海底沉积物热导率测量

测量要求：

- a) 整个测量过程温度稳定；
- b) 测量位置上钻孔孔深为样品管壁厚；
- c) 样品、探针、恒温箱温度一致；
- d) 测量次数 ≥ 3 ，每次测量时间80~150 s，相邻两次测量的时间间隔 ≥ 10 min。
- e) 视样品情况，选择合适的加热量和测量位置；
- f) 探针插入岩芯内，加热丝加热后，测量周围沉积物的温度变化，求取热导率。

11.2.3.2.4 班报记录

测量过程的班报记录：

- a) 每个测量位置记录一次班报，当班人员签名；
- b) 仪器发生故障等特殊情况及时采取措施，并记录班报；
- c) 班报填写应准确、不得涂改；
- d) 班组长对班报记录进行检查并签名；
- e) 班报格式参见附录C的表C.8。

11.2.3.2.5 热导率测量值处理

测量值处理要求：

- a) 热导率测量值
 - 1) 每个测量位置，测量结果评估合格的数据个数 ≥ 3 ；
 - 2) 以测量位置作为计算单元，测量结果合格的数据，算术平均值为该测量位置的热导率测量值。
- b) 测量值校正

采用Hyndman et al. (1974)校正公式(详细内容见附录H)，经温度、压力、含水量校正后的热导率测量值作为该测量位置的海底沉积物原位热导率值；

- c) 同一岩心，变更测量位置，得到多个原位热导率数据，采用最小二乘法求取平均原位热导率值。

11.2.3.2.6 热导率测量值的质量评价

如测量值的精度在 $\pm 5\%$ 之内，则为合格，否则为不合格。

11.2.4 海底原位热流测量

调查船定点进行海上测量作业。

11.2.4.1 测量仪器

测量仪器为海底原位热流探测系统：

- a) 热敏元件个数 ≥ 7 ；
- b) 安装热敏元件和加热丝的导管，长度 ≥ 4 m，耐压 ≥ 40 Mpa；
- c) 各热敏元件间距相等；
- d) 测量原位地温梯度；
- e) 通过加热方式测量原位热导率。

11.2.4.2 仪器校准

海上测量前，以已校准的附着型小探针为基准，校准各通道热敏元件，求取各热敏元件的改正值。

11.2.4.3 定位要求

测量仪器入水、到底、离底分别进行定位记录。

11.2.4.4 测量作业

作业要求：

- a) 测量仪器插入海底沉积物中后，仪器按程序工作，前一段时间测量海底地温梯度，后一段时间测量沉积物热导率；
- b) 所有测量数据均记录在非易失性存储器上或实时传输到船上计算机；
- c) 海底地温梯度测量：选用探针与周围沉积物达到热平衡时测得的数据，计算地温梯度；
- d) 沉积物热导率测量：以脉冲电流加热发热丝，产生热脉冲，其能量传入沉积物，记录热脉冲期间及其后温度随时间的变化，计算沉积物原位热导率。

11.2.4.5 原位热导率计算

根据各热敏元件脉冲阶段的温度记录，可以推导出各热敏元件所在处沉积物的原位热导率。首先选取合适时间段的温度记录；其次结合摩擦阶段获得的平衡温度及理论的拟合曲线，去除摩擦阶段残余热对脉冲阶段的影响；最后利用例如瞬间加热无限长线热源热衰减模型类型的模型的拟合，可以求出各热敏元件所在处的热导率。该热导率可以视为沉积物的原位热导率。

11.2.5 质量自检表

要求：

- a) 可以独立成册，也可以作为热流工作总结报告的附录提供；
- b) 必须包括了全部有效站位内容；
- c) 内容应包括站位名（或测量位置）、自检、备注等内容，并要求班组长及技术负责签名。

11.2.6 热流数据记录

利用计算的平衡温度和热导率，可以计算出该站位的热流密度。热流计算成果数据记录在热流数据表中。

热流测量数据的质量评价：至少3个热敏元件数据有效，有效测量深度达2m以上，并且热导率测量值精度在±5%之内，则认为合格，否则为不合格。

11.2.7 图件绘制

11.2.7.1 温度-深度图

探针深度为横坐标，温度为纵坐标，标绘测得的温度值，勾绘一元线性回归曲线，并在图上注明，得出地温梯度值。

11.2.7.2 热导率-长度图绘制

横坐标为热导率，纵坐标为样品长度，标绘测得的热导率值。

11.2.7.3 热流剖面图

纵坐标为热流密度，横坐标为地理纬度或地理经度，标绘计算的热流密度。

11.2.7.4 热流平面分布图

大面积热流测量时绘制平面分布图：

- a) 热流密度标于一定比例尺依据调查任务确定；
- b) 在测点位置标注热流密度值，或勾绘热流密度等值线；
- c) 标注：图名、比例尺、图例和必要的说明。

11.2.8 测量工作报告

在作业结束后20天内提交，内容包括：

- a) 测站布设与设计工作量；
- b) 热流测量设备及其主要技术指标；
- c) 作业方法及任务完成情况；
- d) 质量分析；
- e) 作业中存在的问题、改进方法及今后工作建议；
- f) 热流测量人员；
- g) 上交资料；
- h) 相关图表（测站作业位置图、质量自检表、地温梯度值或热流值汇总表等）。

11.2.9 资料提交与归档

原始资料提交与归档见4.5.1.7归档要求，计算处理资料提交与归档见4.5.2.7归档要求。

11.3 热流资料地质解释

11.3.1 已有资料收集

收集工区及邻近地区资料，内容包括：

- a) 海底地貌、沉积厚度、断裂与岩浆活动、地壳结构、地质演化等；
- b) 现今沉积速率、海底流体活动情况；
- c) 物性资料：热导率、密度、磁化率等；
- d) 钻井温度资料；
- e) 重力、磁力、地震资料。

11.3.2 热流资料的定性解释

11.3.2.1 各类热流区的划分

依据平均热流密度划分热流区：

- a) 特高热流密度区：热流密度 $>120 \text{ mW/m}^2$ ；
- b) 高热流密度区：热流密度 $90 \text{ mW/m}^2 \sim 120 \text{ mW/m}^2$ ；
- c) 较高热流密度区：热流密度 $70 \text{ mW/m}^2 \sim 90 \text{ mW/m}^2$ ；
- d) 正常热流密度区：热流密度 $55 \text{ mW/m}^2 \sim 70 \text{ mW/m}^2$ ；
- e) 较低热流密度区：热流密度 $40 \text{ mW/m}^2 \sim 55 \text{ mW/m}^2$ ；
- f) 低热流密度区：热流密度 $<40 \text{ mW/m}^2$ 。

11.3.2.2 热流异常解释

热流异常定性解释的基本原则：

- a) 沉积速率异常区，需进行相应的校正；
- b) 充分利用各类成果，通过综合分析对比，推测高热流异常的热源机制和低热流异常的成因。

11.3.3 热流处理解释报告

内容包括：

- a) 前言：目的任务、任务完成概况、提交成果；
- b) 工区概况：工区范围、自然地理概况、以往工作程度、调查精度、设计工作量；
- c) 测站布设；
- d) 热流处理：根据环境选择相应的校正方式：例如根据海底地形起伏程度，选择地形校正；根据热流异常点的分布状态，选择高/低异常校正等；
- e) 成果图件编制；
- f) 解释：根据调查的阶段，开展相应的解释。包括分类、分区、成因等；针对地质目的，结合其他地球物理资料联合解释；
- g) 结论与建议：存在的问题、改进方法及今后工作建议；
- h) 参考文献。

11.3.4 资料提交与归档

内容包括：

- a) 热流处理解释报告。
- b) 热导率数据，应含数据项：站位编号、经度、纬度、岩心测量位置、水深、水温、环境温度、加热量、一测、二测、三测、四测、五测、平均值等。
- c) 地温梯度数据，应含数据项：站位编号、日期、经度、纬度、水深、地温梯度等。
- d) 热流数据，应含数据项：站位编号、经度、纬度、水深、地温梯度、平均热导率、热流等。
- e) 热流成果图件：
 - 1) 温度-深度图；
 - 2) 热导率-长度图；
 - 3) 热流剖面图；
 - 4) 热流平面分布图。

附 录 A
(资料性附录)
大地坐标系参考椭球体参数

A.1 WGS-84 大地坐标系参考椭球体参数

长半径 $a = 6378137 \text{ m}$

扁 率 $\alpha = 1/298.257223563$

A.2 北京 54 大地坐标系参考椭球体参数

长半径 $a = 6378245 \text{ m}$

扁 率 $\alpha = 1/298.3$

A.3 WGS-72 大地坐标系参考椭球体参数

长半径 $a = 6378135 \text{ m}$

扁 率 $\alpha = 1/298.26$

A.4 2000 国家大地坐标系参考椭球体参数

长半径 $a = 6378137 \text{ m}$

扁 率 $\alpha = 1/298.25722101$

A.5 换算公式

扁 率 $\alpha = (a - b) / a$

短半径 $b = a(1 - \alpha)$

第一偏心率平方 $e^2 = (a^2 - b^2) / a^2$

第二偏心率平方 $e'^2 = (a^2 - b^2) / b^2$

附录 B
(资料性附录)
验潮站水位观测与预报

B.1 一般原则

验潮站水位观测准确度优于5 cm，时间准确度优于1 min。当沿岸验潮站不能控制工区水位变化时，可利用自动验潮仪、高精度差分GPS测量水位或潮汐数值预报方法预报水位。

长期验潮站是工区水位控制的基础，主要用于计算平均海面，一般应有2年以上连续观测的水位资料。

短期验潮站用于补充长期验潮站的不足，与长期验潮站共同推算确定工区的深度基准面，一般应有30 d以上连续观测的水位资料。

临时验潮站在水深测量时设置，至少应与长期站或短期站在大潮期间同步观测水位3 d，主要用于深度测量时的水位改正。

B.2 验潮站布设

验潮站布设的密度应能控制全工区的潮汐变化。相邻验潮站之间的距离应满足最大潮高差不大于1m、最大潮时差不大于2h、潮汐性质基本相同。对于潮时差和潮高差变化较大的海区，除布设长期站或短期站外，还应设立临时验潮站。

验潮站站址的选择原则：

- a) 水尺前方应无沙滩阻隔，海水可自由流通，低潮不干出，能充分反映当地海区潮汐情况的地方；
- b) 水尺应设在岸滩坡度较大的地方；
- c) 水尺能牢固设立，受风浪、急流冲击和船只碰撞等影响较小的地方，如有可能尽量在固定码头壁上安装水尺；
- d) 能牢固埋设工作水准点，并便于与主要水准点以及国家水准点、控制点进行联测的地方；
- e) 水准标石已破坏的旧验潮站，重新设站时应尽量与旧站址重合。

B.3 验潮站水准点标志的埋设

每个验潮站须埋设工作水准点和主要水准点标志各一个。

工作水准点应设在水尺附近，以便经常检查水尺零点的变动情况；可在岩石、固定码头、混凝土面、石壁上凿标志再以油漆作记号。不具备上述条件时，亦可埋设牢固的木桩。

主要水准点应设在高潮线以上、地质比较坚固稳定、能长期保存、易于进行水准联测的地方。在验潮站附近的水准点和三角点，经检查合格，可作为主要水准点。主要水准点的选定及埋石按GB 12898的要求执行。

B.4 水准联测

主要水准点应与国家水准点联测，联测要求应根据路线长短按GB 12898有关规定执行。

工作水准点与主要水准点之间的高差，按四等水准测量要求，工作前后各测定一次。

验潮站的水尺,至少有一根水尺零点与工作水准点之间的高差是用等外水准测定的。各水尺零点之间的相互高差,可在海面平静时,用水面水准或等外水准的方法测定。水面水准法要求两根水尺同时进行读数,连续读数三次,其高差互差不得超过3 cm,取中数使用,超限者应重测。

水位观测过程中,应经常检查工作水准点与水尺零点、便携式验潮仪零点之间的相互高差有无变化,如发现或怀疑零点有变化时(如大风浪或水尺受碰撞后)应及时进行高差联测,当零点变动超过3 cm时,应重新确定相互间的高差关系。

B.5 水位观测

水尺观测水位的要求:

- a) 设立的水尺,要求牢固、垂直于水面,高潮不淹没、低潮不干出,二根水尺的衔接部份至少有0.3 m的重迭;
- b) 水位观测,应至少0.5 h观测一次,整点时必须观测,读到厘米,时间记到整分;
- c) 高、低平潮及其前后1 h和潮位变化异常时,每隔10 min观测一次水位;
- d) 在风浪较大、海面波动不稳定时,可取波峰和波谷的平均值作为水位读数;
- e) 当水尺将要干出或将被淹没时,必须立即增设新水尺,可先观测,然后用水面水准或等外水准得出水尺零点间的高差关系;特殊情况下,也可先在固定物上标出水位的痕迹,然后再转到水尺上读数;
- f) 水位观测时,当水尺的瞬时水深小于(含)0.3 m时,应更换水尺;更换水尺时,应同时读取两根水尺的读数,其差值不得大于2cm,并记入手簿相应栏内,原水尺读数供校核;
- g) 因故漏测时,应按实际观测时间的数据记载,不得为了凑数而擅自插入水位读数;
- h) 进行同步观测时,应在1时、7时、13时、19时观测风向、风力、气压,并记载天气状况,如阴、雨、晴、雪等;
- i) 验潮站所使用的GMT时钟,每天必须校对一次,并记在手簿的备注栏内,其时钟准确度应优于1 min。

验潮站不同水尺的零点读数应归化到统一的水位零点。水位零点一般假定在工作水准点以下整米处,但必须低于最低潮位。验潮站的水位零点一经确定,不得改变。利用旧站进行水位观测时,也可以采用其深度基准面作为水位零点。

表C.3 地震作业班报报头

顾主(Client):			测线号(Line No.):			序号(Seq. No.):		
工区(Area):			测线名:					
工号(Job No.):			作业日期(Date):					
仪器参数(Instrument Parameters)			电缆配置(Streamer Configuration)			震源配置(Source Configuration):		
记录系统(RecordSystem)			电缆类型(Streamer Type)			气枪类型(Airgun Type)		
记录格式(Record Format)			电缆数(No. of Streamers)			气枪控制器类型(Airgun Controller Type)		
磁带机类型(Tape Driver Type)			电缆长度(Streamer Length)			炮间距(SP. Interval)		
磁带类型(Tape Type)			总道数(Total Channel No.)			震源数(No. of Sources)		
记录长度(Record Length)			覆盖次数(Fold)			气枪总容积(Source Volume)		
采样率(Sample Rate)			道间距(Group Interval)			气枪工作压力(Airgun Pressure)		
高截频(High Cut)			检波器类型(Hydrophone Type)			子阵数(No. of Sub-Array)		
低截频(Low Cut)			检波器灵敏度(Hydrophone Sensitivity)			每子阵枪数(No. of Airguns per Sub-Array)		
前放增益(Pre-Amplifier Gain)			道极性(Polarity)			每子阵深度传感器数		
绘图间隔(Plot Interval)			电缆沉放深度(Streamer Depth)			(No. ofDepth sensors Per Sub-Array)		
单道道号(Single Trace Number of Plot)			罗经鸟数(No. of Birds)			每子阵压力传感器数		
辅助道信号(Auxiliary Signal)			数字包数(No. of Modules)			(No. ofPressureSensorsPer Sub-Array)		
辅助道(Aux.) 1			右缆道数(Channel No. of Starboard Streamer)			枪沉放深度(Source Depth)		
辅助道(Aux.) 2			左缆道数(Channel No. of Port Streamer)			震源扩展距(Sources Separation)		
辅助道(Aux.) 3			电缆扩展距(Streamer Separation)			偏移距(Offset)		
辅助道(Aux.) 4			系统延迟(System Delay)					

表C.4 地震作业班报记录

船名				风向:				电缆坏工作道:
雇主:				风力:				
项目:				浪高:				震源备注:
				测线启始/结束噪音值 (uB):				测线启始坏枪:
工区:				噪音 (S/E):				总废炮数:
序号:				测线启始/结束枪压力 (psi):				总坏炮率:
测线号:				压力 (S/E):				操作员签名:
方向:				测线启始/结束枪容积 (cu. in.):				
日期:				气枪容量 (S/E):				
盘号	磁带机号	炮号	文件号	电缆深度	羽角	水深	时间	备注
枪延迟错误:								
							汇总:	
丢炮:								
							汇总:	
不响炮:								
							汇总:	
自动响炮(枪自激):								
							汇总:	
备注:								

表C.7 海底地温梯度测量班报

站名		水深 (m)		入水时间		安装方式	
记录开始时间		记录结束时间		采样率 (s)		稳定时段	
到底时间		离底时间		到底纬度		到底经度	
探针次序 (自上而下)	1 (上)	2	3	4	5	6 (下)	
探针系列号							有 个 探 针 有 效
下水前相对距离 (m)							
出水后相对距离 (m)							
记录文件名							
记录前电池电量 (mV)							
记录后电池电量 (mV)							
备注							

调查船： 项目： 航次： 日期： 年 月 日
 热流组长： 技术负责： 值班员：

表C.8 海洋沉积物热导率测量班报

调查船： 项目： 航次： 日期： 年 月 日

站 名		测站纬度		测站经度	
岩芯测量位置(cm)		水深 (m)		水温(°C)	
探 针		环境温度 (°C)		加热量(W/m)	
评估区间起点最小时间 (s)		测量时间长度 (s)		能量控制参数	
评估区间起点最大时间 (s)		测量时间间隔 (min)		评估区间最小长度(s)	
第一次测量结果文件名	热导率值 (W·m ⁻¹ ·k ⁻¹)	最大时间 T 的自然对数	解的个数	区间开始/结束时间(s)	接触值
				/	
第二次测量结果文件名	热导率值 (W·m ⁻¹ ·k ⁻¹)	最大时间 T 的自然对数	解的个数	区间开始/结束时间(s)	接触值
				/	
第三次测量结果文件名	热导率值 (W·m ⁻¹ ·k ⁻¹)	最大时间 T 的自然对数	解的个数	区间开始/结束时间(s)	接触值
				/	
第四次测量结果文件名	热导率值 (W·m ⁻¹ ·k ⁻¹)	最大时间 T 的自然对数	解的个数	区间开始/结束时间(s)	接触值
				/	
第五次测量结果文件名	热导率值 (W·m ⁻¹ ·k ⁻¹)	最大时间 T 的自然对数	解的个数	区间开始/结束时间(s)	接触值
				/	
备注					

热流组长：

技术负责：

值班员：

附录 D
(资料性附录)
罗盘鸟校准方法及要求

D.1 校准要求

- D.1.1 应在陆地上选定的场地上进行，罗盘鸟在八个方向（ 0° 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° 、 315° ）上所有的偏差值均小于 $\pm 0.5^{\circ}$ ，才可视为该罗经校准合格；
- D.1.2 所有校准结果应形成校准报告文件；
- D.1.3 该结果有效期为二年；
- D.1.4 罗盘鸟部件更换以及相邻罗盘鸟的跟踪偏差大于 $\pm 1^{\circ}$ ，应重新校准；

D.2 场地勘测及要求；

- D.2.1 场地磁场变化平缓，应为开阔的平地，远离公路、住宅、厂房、高压线等；
- D.2.2 应提供必要的测量设备，对场地进行勘测，由已知点测定场地中心点；以该点为中心在一个每边长15m的正方形上测定八个点位，构成 0° 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° 、 315° 校准线；
- D.2.3 应提供必要的设备，如计算机、磁力仪、地磁仪、水平仪、标准罗盘等，进行磁场调查并确定南北方向，磁场调查的具体方法是：①在场地内部建立一个 $5\text{m}\times 5\text{m}$ 的区域，使用磁力仪以1m为间隔顺序由南向北测定磁场变化，相邻点位的采样值相差不能超过10nT；②在5min之内完成磁场调查，整个场地采样值相差不能超过15nT；③用地磁仪、经纬仪确定场地的磁南北方向，即确定磁偏角。

D.3 工作流程

- D.3.1 将待校罗盘鸟放置在远离校准场地20m以外，依序排好；
- D.3.2 把标准校准罗盘放置在场地中心点，使用水准仪调至水平；
- D.3.3 将八个“V”型校准平台依次摆放在八个基准点上，中心对准基准点，调至水平，方向对准校准线方向（ 0° 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° 、 315° ）；
- D.3.4 将计算机、调制解调器等设备连接好，开始校准；
- D.3.5 将一个待校罗盘鸟放置在 0° “V”型平台上，确认方向无误后开始读数；罗盘鸟航向读数加上磁偏角为该罗盘鸟的 0° 方位，然后依次摆放在 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° 、 315° “V”型平台上，获取罗盘鸟读数并记录下来；
- D.3.6 在校准过程中，标准校准罗盘每30min读数一次；
- D.3.7 对所有罗盘鸟依次重复步骤e)和f)直至完成整个校准；
- D.3.8 将所有资料，包括场地勘测、磁场调查和罗盘鸟校准等整理，以形成最终校准报告。

附录 E
(规范性附录)
国际地磁参考场计算

国际地磁参考场计算公式采用球心坐标系，基于参考圆球，具体如下：

$$v = a \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r}\right)^{n+1} (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda) p_n^m(\cos \theta) \dots\dots\dots (E. 1)$$

$$X = \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r}\right)^{n+2} (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda) \frac{d}{d\theta} p_n^m(\cos \theta) \dots\dots\dots (E. 2)$$

$$Y = \frac{-1}{r \sin \theta} \frac{\partial v}{\partial \lambda} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r}\right)^{n+2} \frac{m}{\sin \theta} (g_n^m \sin m\lambda - h_n^m \cos m\lambda) p_n^m(\cos \theta) \dots\dots\dots (E. 3)$$

$$Z = \frac{\partial v}{\partial r} = - \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n (n+1) \left(\frac{a}{r}\right)^{n+2} (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda) p_n^m(\cos \theta) \dots\dots\dots (E. 4)$$

$$F = (X^2 + Y^2 + Z^2)^{1/2} \dots\dots\dots (E. 5)$$

式中：

- a — 参考圆球半径（6371.2 km）；
- v — 地磁位函数；
- F — 国际地磁参考场总强度；
- X 、 Y 、 Z — 依次为 F 的北向分量、东向分量和垂向分量；
- N — 最高阶数；
- r — 计算点至参考球心的径向距离；
- θ — 余纬度；
- λ — 从格林尼治起算的东经度（0到360度）；
- g_n^m 、 h_n^m — 球谐系数，由国际地磁和高空物理协会（IAGA）每间隔5年公布一次；
- $p_n^m(\cos \theta)$ — 施密特准正交型 n 阶 m 次勒让德缔合函数。

地球表面任意点国际地磁参考场计算步骤：

- a) 任意点的高程、大地坐标的纬度经度计算球心坐标的 r 、 θ ；
- b) 采用上列计算式计算球心坐标系的 X 、 Y 、 Z ；
- c) 球心坐标系的 X 、 Y 、 Z 转换计算大地坐标系的国际地磁参考场各个参量。

附 录 F
(规范性附录)
测线误差改正值计算方法

F.1 测线误差改正值计算方法

- F.1.1 依据交点位置重力异常或磁力异常的差值（下简称为交点差值），按（9.15）式或（10.3）式计算均方误差，并计算主测线的每一条测线或测线段交点差值的平均值。
- F.1.2 按主测线的每一条测线或测线段交点差值的平均值，对相应测线或测线段的异常值进行调整，即减去此平均值的1/2。
- F.1.3 依据调整后的主测线异常值，重新计算交点差值及均方误差，并依此交点差值计算联络测线的每一条测线或测线段交点差值的平均值。
- F.1.4 按联络测线的每一条测线或测线段交点差值的平均值，对相应测线或测线段的异常值进行调整，即减去此平均值的1/2。
- F.1.5 依据调整后的联络测线异常值，上一步调整后的主测线异常值，再次重新计算交点差值及均方误差，依此交点差值计算主测线的每一条测线或测线段交点差值的平均值。
- F.1.6 重复步骤F.1.3、F.1.4、F.1.5、F.1.6。
- F.1.7 当前后两次均方误差的绝对值之差小于调查规定的异常精度的1/100，终止异常值调整，每条测线或测线段的历次调整值的代数和即为该测线或测线段的测线误差改正值。

附录 G
(资料性附录)
热导率校正公式

G.1 热导率校正公式

采用Hyndman et al. (1974) 校正公式:

$$\lambda_{p,T}(z) = \lambda_{lab} \left(1 + \frac{z_w + \rho z}{1829 \times 100} + \frac{T(z) - T_{lab}}{4 \times 100} \right) \dots\dots\dots (G. 1)$$

式中:

z —样品深度 (测量位置), 单位为m

$\lambda_{p,T}(z)$ — z 处的原位热导率, 单位为 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

λ_{lab} —实验室条件下测量得到的热导率, 单位为 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

z_w —水深, 单位为m

ρ —平均沉积物密度, 单位为 g/cm^3

$T(z)$ —原位温度, 单位为 $^{\circ}C$

T_{lab} —测量热导率时的实验室温度, 单位为 $^{\circ}C$

参 考 文 献

- [1] GB/T 14499-1993 地球物理勘查技术符号
- [2] GB/T 12763.1-2007 海洋调查规范 第1部分:总则
- [3] GB/T 12763.8-2007 海洋调查规范 第8部分:海洋地质地球物理调查
- [4] GB/T 12763.10-2007 海洋调查规范 第10部分:海底地形地貌调查
- [5] DZ/T 0180-1997 石油、天然气地震勘查技术规范
- [6] DZ/T 0082-2006 区域重力调查规范
- [7] DZ/T 0142—94 航空磁测技术规范
- [8] 中海油勘探监督手册物探分册,中国海洋石油有限公司,2006 修订
- [9] SY / T6052-2000,地震勘探资料采集规程,石油物探专标委,2003 修订
- [10] SY/T10021-1998,海底电缆地震资料采集技术规程, 2005 修订
- [11] SY/T10015-1998、SY/T10016-1998;海上拖缆地震资料采集技术规程, 2005 修订
- [12] SY/T1002 7-2001,海上高分辨率地震资料采集技术规程
- [13] SY/T6054-2000,水陆交互带地震勘探资料采集技术规程
- [14] SY/T10020-1998、SY/T10021-1998;海上地震资料处理技术指南,2005 修订
- [15] SY/T5819-93,重力勘探技术规程
- [16] SY/T5481-1996,地震勘探解释技术规程;2007 修订
- [17] SY/T6405-1999,地球物理勘探工区地质设计规范
- [18] SY/T5517-1992,野外石油天然气地质调查规范
- [19] SY/T5332-2005,陆上地震勘探数据处理技术规程
- [20] SY/T5771-2004,地面磁法勘探技术规程
- [21] SY/T5819-2002,地面重力勘探规程
- [22] SY/T5938-2000,地震标准层地质层位标定