



中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0356—2020

海洋重力测量技术规范

Technical specification for marine gravity survey

2020-12-25 发布

2021-05-01 实施

中华人民共和国自然资源部 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	1
4 总则	1
4.1 比例尺与测网密度	1
4.2 测量精度	2
4.3 重力仪主要技术指标	2
4.4 安全要求	2
5 技术设计	2
5.1 资料收集	2
5.2 设计编写	3
5.3 测线布设	3
6 海上作业	4
6.1 重力仪安装及校验	4
6.2 重力基点设立	4
6.3 重力仪码头静态稳定性试验	5
6.4 海上试验	5
6.5 作业质量控制	5
6.6 调查船航行	6
6.7 测量定位	6
6.8 水深测量	6
6.9 质量监控	7
6.10 班报记录	7
6.11 数据记录	8
6.12 测量工作报告	8
6.13 现场资料验收	8
6.14 现场资料提交	8
7 资料整理	9
7.1 整理要求	9
7.2 资料准备	9

7.3 整理内容	9
8 资料处理解释	13
8.1 一般要求	13
8.2 资料处理	13
8.3 地质解释	13
9 成果编制	14
9.1 一般要求	14
9.2 数据入库	14
9.3 整理成果编制	14
9.4 处理解释成果图件编制	15
9.5 成果报告编制	15
10 成果提交与资料汇交	15
10.1 成果提交	15
10.2 资料汇交	15
附录 A (规范性) 海洋重力观测记录班报	17
附录 B (资料性) 海洋重力测量海底地形改正方法	18
参考文献	20

前 言

本文件按照 GB/T1.1—2020《 标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会(SAC/TC 93)归口。

本文件起草单位：广州海洋地质调查局。

本文件主要起草人：陈洁、王功祥、赵强、别路、高德章、朱本铎、万荣胜、何国信、陈集云。

海洋重力测量技术规范

1 范围

本文件规定了海洋重力测量的技术设计、海上作业、资料整理、资料处理解释、成果编制、成果提交与资料汇交等技术要求。

本文件适用于海洋地质、资源、环境调查中的走航式海洋重力测量工作，其他目的走航式海洋重力测量工作可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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/T18314 全球定位系统(GPS) 测量规范

DZ/T 0004 重力调查技术规范(1:50000)

DZ/T 0068 地球物理勘查图示、图例和用色标准

3 术语和定义、缩略语

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1

准完全布格重力异常 incomplete Bouguer anomaly

空间重力异常经有限范围内海底地形改正、陆地(岛屿)重力效应改正得出的重力异常。

3.1.2

交叉点偏差 crossing point deviation

工区内，同一测线与其他所有相交测线交点位置的重力异常值，经各项改正后重力异常值的整体偏差。

3.2 缩略语

IGSN——国际重力标准网的英文缩写(International Gravity Standardization Net)。

RGNSS——全球卫星导航定位接收器的英文缩写(Receiver Global Navigation Satellite System)。

WGS-84 坐标系——一种国际上采用的地心坐标系的英文缩写(World Geodetic System—1984 Coordinate System)。

4 总则

4.1 比例尺与测网密度

海洋重力测量一般选择的比例尺有1:1000000、1:500000、1:250000、1:100000、1:50000。

应根据地质任务与需要解决的地质问题选择适合的比例尺和测网密度，见表1。对于没有前期作业资料可参照的海域或单线测量可按实际需要确定。

表 1 海洋重力测量不同调查比例尺、测网密度与允许误差要求

成果图件比例尺	主测线距 km	联络测线距 km	空间重力异常允许误差
1:1000000	10~8	20~16	$-2.0 \times 10^{-5} \text{m/s}^2 \leq \Delta g \leq +2.0 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$
1:500000	8~4	16~8	
1:250000	4~2	8~4	
1:100000	2~1	4~2	
1:50000	≤1	≤2	

4.2 测量精度

空间重力异常允许误差：

$$M_1 = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2 + m_5^2 + m_6^2 + m_7^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

M_1 —— 空间重力异常允许误差， $-2.0 \leq M_1 \leq +2.0$ ， 单位为 10^{-5}m/s^2 ；

m_1 —— 重力仪读数分辨率， $-0.01 \leq m_1 \leq +0.01$ ， 单位为 10^{-6}m/s^2 ；

m_2 —— 重力基点比对允许误差， $-0.3 \leq m_2 \leq +0.3$ ， 单位为 10^{-5}m/s^2 ；

m_3 —— 零点漂移不完全引起的误差， $-0.5 \leq m_3 \leq +0.5$ ， 单位为 10^{-5}m/s^2 ；

m_4 —— 舷高改正不完全引起的误差， $-0.5 \leq m_4 \leq +0.5$ ， 单位为 10^{-5}m/s^2 ；

m_5 —— 厄特渥斯改正不完全引起的误差， $-1.5 \leq m_5 \leq +1.5$ ， 单位为 10^{-5}m/s^2 ；

m_6 —— 潮汐改正引起的误差， $-0.3 \leq m_6 \leq +0.3$ ， 单位为 10^{-5}m/s^2 ；

m_7 —— 正常场计算引起的误差， $-0.3 \leq m_7 \leq +0.3$ ， 单位为 10^{-5}m/s^2 。

4.3 重力仪主要技术指标

4.3.1 零点漂移保持线性，月漂移量小于 $3 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。

4.3.2 测量范围不小于 $5000 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，重力仪常数(或格值)稳定。

4.3.3 仪器动态范围应不小于 $150 \times 10^{-2} \text{m/s}^2$ 。

4.3.4 仪器观测允许差应满足4.2要求；平台可承受的最大摇摆角应不小于 20° 。

4.4 安全要求

船上应配备防火、防爆装置。每个航次至少应组织演练一次，确保安全。

5 技术设计

5.1 资料收集

设计编写应收集的资料：

- a) 工区的海底地形地貌图、水面航海航线图等各种最新版海图和水深资料；

- b) 工区及邻近地区已有的地质、地球物理基本特征与岩石物性等资料；海洋重力和卫星测高重力资料；
- c) 相关重力基点信息资料；
- d) 助航标志及航行障碍物相关资料(含图件)；
- e) 与任务相关的地质构造、矿产与环境和海况资料。

5.2 设计编写

5.2.1 项目设计编写

项目设计编写应依据地质任务进行，由委托方审批后实施。主要包括：

- a) 调查项目(课题)目标任务与要求；
- 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，岩石物性资料等；
- 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) 海上作业(含海上试验)、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。

5.2.2 施工设计编写

施工设计编写应依据项目设计进行，由承担单位审查后实施，当海况或环境有重大变化时，可适当调整，但需得到承担单位确认。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清单。

5.3 测线布设

5.3.1 应根据地质任务，选择合适的比例尺和测线密度，在兼顾历史资料利用的基础上进行测线布设。测线布设应采用最新版本海图，注意避让岛礁等障碍物。

5.3.2 当野外工作量大或已经具备历史资料时，出现分阶段实施作业，此时测网、测线应统一布设，包括主测线和联络测线的编号。

5.3.3 后续阶段应重复前阶段已完成的部分工作，图幅衔接应重叠覆盖3 km 宽度以上，以便对比、拼接。

6 海上作业

6.1 重力仪安装及校验

6.1.1 重力仪安装

要求如下：

- a) 安装在调查船的稳心部位，远离热源体和强电磁源。重力仪开机测试期间应避开相关干扰，不得在附近进行电焊作业；
- b) 重力仪传感器的纵轴与调查船的纵轴线重合或平行；
- c) 底座与船体固定为一体，并采取合理的减振措施，稳定平台接口一端朝向船尾。其他机柜安装稳固，布局合理；
- d) 整个重力仪测量系统应可靠接地；
- 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；稳定平台和传感器上的所有电缆应处于自然状态，且不对平台形成额外力矩；
- f) 重力仪应安装在具有空气调节装备的室内；
- g) 至少保证重力仪及其附属设备在工作间适应环境2 h 才能连接线缆；
- h) 重力仪有其他特殊安装要求时，按其使用技术要求执行。

6.1.2 重力仪校验

要求如下：

- a) 重力仪安装连接完毕后，通电加温时间应不少于48 h, 确保重力仪传感器内部达到正常恒温，启动系统进行重力仪校验；
- b) 重力仪校验应包括：重力仪参数测定、联机试验和码头静态稳定性试验；
- c) 校验不合格的重力仪不能用于海上作业。

6.1.3 重力仪参数测定

按重力仪使用手册的要求进行，应满足：

- a) 重力仪正常运行至少3 h 以上，确保陀螺运转稳定；
- b) 每项参数测定3次~5次为宜，特殊条件下不低于2次；
- c) 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。

6.1.4 重力仪联机试验

要求如下：

- a) 重力仪系统与导航定位系统联机试验应在作业前进行；
- b) 启动重力仪系统，正常后实现与导航定位系统同步；
- c) 信号通道正常；
- d) 数据传输、存储正常；
- e) 应获得不小于1 h 的数据记录。

6.2 重力基点设立

6.2.1 重力基点功能

要求如下：

- a) 根据测点的相对重力测量值换算测点绝对重力值；
- b) 确定零点漂移改正系数；
- c) 检验重力测量准确度。

6.2.2 重力基点的设立

设立要求：

- a) 设立在调查船停靠的固定码头上，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，其联测误差优于 $\pm 0.3 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ ；
- c) 水面高度改正至0 m(1985 国家高程系)。

6.2.3 重力基点比对

要求如下：

- a) 每个航次，作业开始前和结束后应进行重力基点比对；
- b) 具备重力基点数据及相关信息；
- c) 调查船尽可能靠近基点，重力仪至基点的距离应小于100 m；
- d) 测量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；
- e) 重力仪稳定后，间隔10 min 记录一次仪器读数，连续记录5次；
- f) 记录重力仪读数期间，测量重力基点、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；
- g) 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；
- h) 保存基点比对记录数据，填写基点比对记录表。

6.3 重力仪码头静态稳定性试验

要求如下：

- a) 作业开始前和结束后，调查船停靠码头时分别进行一次；
- b) 重力仪工作正常，连续开机时间不小于48 h；
- c) 班报记录：除了开始、结束应做记录，试验过程中每间隔1 h 都应做记录；
- d) 试验数据保存；
- e) 试验结果成图；
- f) 潮汐改正后，零点月漂移量不大于 $3 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。

6.4 海上试验

- 6.4.1 应按施工设计要求进行海上试验，以测试仪器的性能，并选择最佳参数。
- 6.4.2 试验海区应选在重力场平稳、便于船只转向、风小、流小、无渔网、无水下障碍的开阔海区。
- 6.4.3 在线测量应保持匀速直线航行，避免在主测线或联络测线交点附近偏航、变速。
- 6.4.4 仪器系统应处于正常状态。重复观测点(或交点)的空间重力异常均方误差优于 $\pm 2.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。
- 6.4.5 只有海上试验合格后，才能进入正式海上作业过程。

6.5 作业质量控制

- 6.5.1 调查船离开码头后，原则上不应关闭测量系统，如中途需要关闭测量系统，应保证传感器处于不间断加温状态。

6.5.2 遇到下列情况之一时，应立即终止作业：

- a) 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，就近同向重新测量3 h 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；
- b) 应有保护重力仪的措施，防止人为碰撞重力仪平台；发生明显碰撞平台或重力仪时，立即汇报，且应返回到前期测点或附近基点进行比对检查，确认仪器正常且经上级主管部门批准后才能继续作业；
- c) 重力仪出现大掉格时，立即汇报，且应返回到前期测点或附近基点进行对比检查，确认仪器正常且经上级主管部门批准后才能继续作业。

6.5.3 一条测线不合格观测点大于20%时，该测线报废，应重新进行测量作业。满足以下条件之一时，视为不合格观测点：

- a) 重力仪在作业过程中测量意外中断；
- b) 重力仪平台在作业过程中意外碰撞、倾覆；
- c) 重力仪监测记录出现大掉格。

6.6 调查船航行

采用船载重力仪走航式连续重力测量法作业。航行要求如下：

- a) 沿布设测线匀速、直线航行，航速应不大于12.0 kn；
- b) 提前上线时间应大于5 min，延迟下线时间应大于5 min；
- c) 观测点横向偏离设计航线的距离应不大于测线距的1%，其中95%的观测点应不大于0.5%；对于大比例尺调查，观测点横向偏离设计航线的左右距离应不大于50 m，其中95%的观测点应不大于25 m；
- d) 航向修正：东西向测线每次修正量应小于 2° ，南北向测线每次修正量应小于 1° ，每分钟修正一次；
- e) 航速变化：东西向测线应小于0.2 kn，南北向测线应小于0.5 kn；
- f) 上下线转向舵角应小于 15° 。

6.7 测量定位

重力测量定位采用差分全球卫星定位，要求如下：

- a) 定位精度优于5 m，定位误差在图上应小于0.1 mm；全球卫星导航定位接收机(RGNSS) 的数据更新率不低于1 Hz；
- b) 出航前在已知点进行24 h 全球卫星导航定位精度比对试验及稳定性试验，卫星定位作业执行 GB/T 18314 相关规定；
- c) 全球卫星导航定位天线应牢固架设在调查船的开阔位置，并避开雷达直接辐射。

6.8 水深测量

要求如下：

- a) 用于布格(或准完全布格)重力异常改正计算的水深数据，其精度应满足表2；
- b) 应根据测区水深范围和水深测量的精度要求选择合理的测深仪，水深大于1000 m 时尽量选择高精度数字式测深仪；
- c) 航次开始前应进行不少于12 h 测深仪的稳定性试验，码头停靠期间或野外抛锚期间应进行测深仪水砣比对试验，比对精度应符合6.8 a) 的要求；
- d) 应进行声速剖面测量以对测深仪进行改正；原则上水深大于200 m 时， $1^\circ \times 1^\circ$ 范围内至少进行

一次声速剖面测量；水深小于或等于200 m 时， $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 范围内至少进行一次声速剖面测量。

表 2 水深测量允许误差

水深 m	允许误差 m
0~100	优于±1.0
>100~1000	优于±10.0
>1000~4000	优于±20.0
>4000	优于±水深×0.5%

6.9 质量监控

依据重力测量系统显示或打印下列信息进行实时质量监控。

- 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、记录文件名称。
- 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。
- e) 现场监控测量数据的抖动：
 - 1) 观察传感器在船运动姿态下感应的纵横加速度，一般海况下纵横加速度的变化表现在模拟曲线上基本在以中心点1格~2格的范围内摆动为正常；
 - 2) 在恶劣海况下则有3格~6格的变化，此时应根据实际情况决定是否继续作业；
 - 3) 当船变速或偏航时，纵横加速度、重力值、摆位均会发生变化，做好工作记录或班报记录。
- f) 监控数据掉格，重力读数突然增加或减小几十毫伽¹⁾或几百个毫伽，在模拟曲线上会出现一条阶跃曲线。应停止测量，立即回到掉格前的位置或回到码头基点进行重复观测，以确保前期工作的可信性。
- g) 值班人员应随时监控系统显示，当发现记录状态以及采集数据出现异常，应准确判断原因并及时处理，补测时应在前期正常测量资料基础上重复覆盖3 km，认真做好工作记录或班报记录，技术负责检查、监控，测线完成后，签字确认。
- h) 每完成一个工区的阶段性工作，编制资料质量自检表，包括如下信息：工区名、测线名、有效工作量、影响资料质量的因素、影响评估、解决方案、其他。

6.10 班报记录

要求如下：

- a) 测线作业开始、结束、作业期间间隔1 h 记录一次班报，当班人员签名；
- b) 可以使用电子文档记录班报，但应每天打印纸质文档，当班人员签名；
- c) 船变速、偏航、仪器发生故障或有过往船只等特殊情况应及时处理，并有班报记录；
- d) 班报填写准确，不得涂改；
- e) 班组长应对班报记录(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) 班报格式见附录 A。

1) 1毫伽(mGal)= $0.01 \times 10^{-3} \text{m/g}^2$ 。

6.11 数据记录

要求如下：

- a) 重力测量采集记录数据项：测线名、测点号、格林尼治日期、时间、航向、航速、罗经、经度、纬度、水深、重力仪读数；
- b) 一条测线作业完成，及时进行数据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应立即上报；
- c) 备份的测线数据文件名称与原始测线名称一致；
- d) 采用光盘备份，一张光盘可存储多条测线，但同一条测线不应跨盘备份；
- e) 原始采集系统硬盘数据至少保留到验收，所有记录中应附有数据格式说明。

6.12 测量工作报告

应在作业结束后提交，内容包括：

- a) 任务来源及工区概况；
- 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) 测线布设与实际完成工作量；
- 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)。

6.13 现场资料验收

海上作业完成后，应由任务委托方组织进行现场资料验收。包括如下主要内容。

- a) 资料评价分级：
 - 1) 分为优秀、良好、合格、不合格四级；
 - 2) 不合格的原始资料报废。
- b) 评价标准：
 - 1) 数据记录、模拟记录、班报、基点比对、工作报告等资料齐全；
 - 2) 重力仪零点月漂移量小于 $3 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ ；
 - 3) 海上作业资料，同时满足以上1)2)两个条款为合格，不满足其中任何一条款时为不合格，无差错为优秀，个别差错为良好。

6.14 现场资料提交

包括如下内容：

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

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/428110010057006052>