



中国地质调查局地质调查技术标准

DD 2023—04

沿海滩涂区地球物理勘查技术要求

Technical requirements for geophysical exploration in the coastal tidal-flat area

中国地质调查局

2023年1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、缩略语.....	1
3.1 术语和定义.....	1
3.2 缩略语.....	1
4 总则.....	2
4.1 目的任务.....	2
4.2 应用条件.....	2
4.3 勘查方法.....	2
4.4 方法部署原则.....	2
4.5 测量基本要求.....	2
5 技术设计.....	3
5.1 资料收集.....	3
5.2 方法有效性分析.....	3
5.3 方法技术参数选择.....	3
5.4 设计书编写、审批与变更.....	3
6 仪器设备.....	3
6.1 一般要求.....	3
6.2 仪器参数要求.....	4
6.3 仪器保养.....	5
7 野外开工前准备.....	5
7.1 施工准备.....	5
7.2 测线敷设.....	5
7.3 技术参数试验.....	6
8 野外工作.....	7
8.1 数据采集.....	7
8.2 质量检查与评价.....	9
8.3 野外资料验收.....	10
9 数据处理与图件编制.....	10
9.1 数据处理.....	10
9.2 图件编制.....	12
10 资料解释.....	12
10.1 一般要求.....	12
10.2 定性解释.....	12
10.3 定量解释.....	12
10.4 综合地质解释.....	12
11 报告编写与资料提交.....	12
11.1 报告编写.....	12
11.2 资料提交.....	13
12 安全与环境保护.....	13
12.1 安全措施.....	13

12.2 环境保护.....	13
附录 A（资料性） 典型方法技术组合.....	15
A.1 跨海大桥和核电站选址.....	15
A.2 浅层气探测.....	15
A.3 风电场选址.....	15
附录 B（规范性） 野外记录班报.....	16
附录 C（资料性） 成果报告编写提纲.....	23
C.1 项目概况.....	23
C.2 区域地质与地球物理概况.....	23
C.3 任务完成情况.....	23
C.4 野外工作方法级质量评述.....	23
C.5 资料处理.....	23
C.6 资料解释与推断.....	23
C.7 结论与建议.....	23
C.8 附图与附表（可选择）.....	24
参考文献.....	25

前 言

本文件按照GB/T 1.1—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。

本文件由中国地质调查局提出并归口。

本文件起草单位：中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所、江苏省地质勘查技术院、江苏省有色金属华东地质勘查局、广西壮族自治区地球物理勘察院、中国地质调查局天津地调中心、中国地质调查局南京地调中心、中国地震局地质研究所。

本文件主要起草人：张振宇、袁桂琴、肖都、王大勇、王文国、苏永军、汤吉、肖骑彬、詹艳、张保卫、张颖、安好收、李燕飞、王兴春、智庆全、王刚、王凯、韩革命。

引 言

我国沿海滩涂区具有面积大、分布集中、区位条件好、农牧渔业综合开发潜力大等特点，是我国重要的资源后备基地。随着我国国民经济和社会发展的需要，在沿海滩涂区借助多种地球物理勘查方法的技术优势，开展综合地质调查越来越受到人们的重视。

沿海滩涂区具有特殊的地质环境和工作条件，交通不便、常规陆地车辆和中大型船只无法进入、海水盐分含量高、已有技术标准不能满足工作要求等诸多困难，使用常规陆域和海洋地球物理方法难以取得理想的勘查效果。为此，中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所联合有关单位，在充分研究滩涂区地球物理勘查工作特点基础上，系统总结了我国沿海滩涂区以往地球物理勘查工作成果，特制定本文件。

本文件可为沿海滩涂区基础地质调查、环境地质调查、重大工程选址及地质灾害调查与监测等领域的综合地球物理方法应用提供技术参考。

沿海滩涂区地球物理勘查技术要求

1 范围

本文件规定了沿海滩涂区地球物理勘查中技术设计、仪器设备、野外工作、数据处理与图件编制、资料解释、报告编写与资料提交、安全和环境保护等方面的要求。

本文件适用于沿海滩涂区地球物理勘查工作，其它滩涂区地球物理勘查可参照执行。

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/T 12763.8—2007 海洋调查规范第8部分：海洋地质地球物理勘查
 DZ/T 0153 物化探工程测量规范
 DZ/T 0170 浅层地震勘探技术规范
 DZ/T 0173 大地电磁测深法技术规程
 DZ/T 0187 地面磁性源瞬变电磁法技术规程
 DZ/T 0280 可控源音频大地电磁法技术规程
 DZ/T 0305 天然场音频大地电磁法技术规程
 DZ/T 0374 绿色地质勘查工作规范
 HY/T 253 浅地层剖面调查技术要求
 JGJ/T 143 多道瞬态面波勘察技术规程

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

滩涂区 **tidal-flat area**

大潮高潮位与大潮低潮位之间的潮浸地带。

3.1.2

微动探测法 **mirotremor survey**

从微动信号中提取瑞雷面波的频散曲线，经反演获得勘探区下方横波波速剖面，进而推断地质结构的地球物理探测方法。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AMT: 天然场音频大地电磁法 (Natural Field Audio Frequency Magnetotellurics)

CORS: 连续运行参考站 (实时差分定位系统) (Continuously Operation Reference Stations)

CSAMT: 可控源音频大地电磁法 (Controlled Source Audio Frequency Magnetotellurics)

GNSS: 全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System)

MT: 大地电磁测深法 (Magnetotelluric Sounding)

RTD: 利用参考站伪距改正信号修正流动站的伪距进行的实时差分测量 (Real Time Differential)

RTG: 使用StarFire全球双频 GNSS 差分系统进行工作的 GNSS 定位模式 (Real Time GIPSY)

RTK：实时载波相位差分技术（Real Time Kinematic）

TCSAMT：张量可控源音频大地电磁法（Tensor Controlled Source Audio Frequency Magnetotellurics）

TEM：瞬变电磁法（Transient Electromagnetic Method）

4 总则

4.1 目的任务

全面收集工作区已有地质、地球物理等资料，通过在滩涂区开展地球物理勘查工作，研究确定滩涂区地层结构、断层展布、基岩面起伏、咸淡水界面等情况，形成综合地球物理推断解释图件，为滩涂区自然资源开发利用、国土空间规划和生态保护修复提供基础资料。

4.2 应用条件

滩涂区开展综合地球物理勘查应用条件：

- 目标体与周围介质存在物性差异；
- 目标体引起的地球物理异常在现有仪器和技术条件下能够被有效探测并分离出来；
- 滩涂区地形、地貌、潮汐等工作环境满足施工要求。

4.3 勘查方法

滩涂区地球物理勘查常用方法见表1。由于重力和磁法在滩涂区开展工作和陆域差异较小，本文件未详细阐述。

4.4 方法选择原则

- 应优先选择经济、便捷、高效、绿色的地球物理方法或方法组合。
- 勘查效果相当的情况下，优先选择陆域地球物理方法或方法组合。
- 针对地质问题，方法组合选择应优先考虑方法之间相互弥补、相互佐证的原则。
- 根据需解决的地质问题，依据表1和附录A选择合适的地球物理方法或方法组合。

表1 滩涂区地球物理勘查常用方法

方法	勘探深度 m	勘探目标	适用条件
浅层剖面法	0 ~ 30	岩性分层、浅层气、古河道、基岩起伏面、断裂	水域、滩涂区
海上单道/多道地震	0 ~ 100（单道） 0 ~ 500（多道）	岩性分层、断裂构造、古河道、基岩起伏、浅层气	水域、滩涂区
TEM	10 ~ 400	岩性分层、咸淡水界面划分、基岩起伏面、断裂构造	陆域、滩涂区
CSAMT	0 ~ 1000	第四系厚度、断裂构造、基岩起伏面、咸淡水界面划分	陆域、滩涂区
微动探测法	2 ~ 1000	岩性分层、断裂构造、基岩起伏面	陆域、滩涂区
陆域地震	20 ~ 1000	岩性分层、断裂构造、基岩起伏面、古河道	陆域、滩涂区、水域
AMT	0 ~ 1500	第四系厚度、断裂构造、基岩起伏面、咸淡水界面划分	陆域、滩涂区、水域
MT	0 ~ 3000	第四系厚度、断裂构造、基岩起伏面	陆域、滩涂区、水域
重力		断裂构造、基岩起伏面	陆域、滩涂区、水域
磁法		断裂构造、基岩起伏面	陆域、滩涂区、水域

4.5 测量基本要求

- 应采用2000国家大地坐标系。
- 宜采用1985国家高程基准。
- 宜采用格林威治时间。
- 测量精度按DZ/T 0153执行。
- 宜采用GNSS（包括RTK、RTD、RTG、CORS、信标系统等）定位测量。

4.5.6 陆域和海域测地精度应相对一致。

5 技术设计

5.1 资料收集

5.1.1 根据工作任务，收集工作区以下相关资料：

- a) 地形地貌、区域地质、矿产地质、地球物理、地球化学、水文地质、工程地质、环境地质、物性等方面的资料；
- b) 人文、气象、交通、工农渔业、保护区等资料；
- c) 海流、海浪、潮汐和潮位观测站资料；
- d) 坐标控制点资料；
- e) 干扰源、干扰因素及干扰程度资料等。

5.1.2 进行野外踏勘，核对已收集的相关资料，为设计编制提供依据。

5.2 方法有效性分析

针对勘查目的，从以下几方面对方法的有效性进行分析：

- a) 本区、邻区或条件类似地区的实际工作效果；
- b) 以往的经验勘查模式；
- c) 野外现场试验结果。

5.3 方法技术参数选择

依据各方法技术规程及方法有效性分析结果确定相应方法技术参数。

5.4 设计书编审与变更

5.4.1 编写要求

依据目标任务要求，在充分分析工作区已有资料的基础上，结合工作区实际情况进行设计书编写。

5.4.2 主要内容

设计书主要包括：

- a) 目的任务；
- b) 工作区位置、地质概况、地球物理特征及以往工作程度；
- c) 工作部署（包括技术路线，各地球物理方法具体实施）；
- d) 计划工作量、质量管理与进度安排；
- e) 预期成果；
- f) 组织机构、人员安排及设备投入、管理；
- g) 安全措施与质量保障（突出滩涂区作业安全的特殊性）；
- h) 经费预算；
- i) 附图；
- j) 其它。

5.4.3 设计书审批与变更

5.4.3.1 设计书应经过工作任务下达单位评审并批准后，方可实施。

5.4.3.2 项目实施过程中，如果遇到需要变更设计书中相关内容时，应征得工作任务下达单位同意后，方可进行设计书更改；变更后的设计书需再次获得批准方可执行。

6 仪器设备

6.1 一般要求

不同类别仪器设备一般要求如下：

- a) 电磁接收仪、磁传感器、不极化电极等应具备防水功能；
- b) 陆域地震宜选用轻便灵活的瞬时浮点增益型数字地震仪，应具备防水功能；
- c) 浅层剖面法宜选用数字式、参数可调、具有可选择中心频带、带宽和滤波功能的仪器，应具备防水功能；
- d) 海上单道地震和海上多道地震宜选用数字式、具备内外触发、连续自动记录、自动存储、数据可回放等性能的仪器，应具备防水功能；
- e) 微动探测宜选用轻便、防水、防潮的仪器。

6.2 仪器参数要求

6.2.1 电磁法

仪器参数要求如下：

- a) MT 磁传感器频率范围：0.0001 Hz ~ 320 Hz；
- b) AMT、CSAMT 磁传感器频率范围：0.1 Hz ~ 10 kHz；
- c) TEM 磁传感器频率范围：0.1 Hz ~ 20 kHz。

6.2.2 陆域地震

仪器参数要求如下：

- a) 动态范围： ≥ 120 dB；
- b) 最小采样间隔： ≤ 0.25 ms。

6.2.3 浅层剖面法

仪器参数要求如下：

- a) 接收带宽范围：100 Hz ~ 20 kHz；
- b) 声源级范围：10 dB ~ 100 dB；
- c) 声源频谱范围：250 Hz ~ 15 kHz。

6.2.4 海上单道地震

仪器参数要求如下：

- a) 探测分辨率： ≤ 3 m；
- b) 水听器灵敏度： ≥ -200 dB/V/ μ Pa；
- c) 发射机（能量源）连续充电速率： ≥ 1200 J/S；
- d) 声波脉冲发生器（BOOMER）震源最大输出能量： ≥ 300 J；
- e) 组合震源同步准确度： ≤ 0.5 ms；
- f) 导航定位仪数据更新率： ≥ 1 Hz；
- g) 导航定位精度： ≤ 10 m。

6.2.5 海上多道地震

仪器参数要求如下：

- a) 动态范围： ≥ 120 dB；
- b) 模/数（A/D）转换精度： ≥ 24 bit；
- c) 采样点数： ≥ 1024 个；
- d) 接收道数： ≥ 24 道；
- e) 导航定位精度： ≤ 10 m；
- f) 漂浮检波电缆绝缘电阻（下水前）： ≥ 10 M Ω /km；
- g) 电缆串音： ≥ 60 dB；
- h) 电缆拖曳噪声： ≤ 0.1 Pa，各道间相位差： ≤ 1.0 ms，各道间的振幅差： $\leq 10\%$ ；
- i) 空气枪的容量： \geq 设计 90%，声压： \geq 设计 90%，峰—峰值： ≥ 6 ；

- j) 空气枪震源单枪启动稳定性要求 ± 1.0 ms, 组合阵内各枪应同步工作启动误差应保持在 ± 2.0 ms。

6.2.6 微动探测法

仪器参数要求如下:

- a) 放大器道数: ≥ 10 道;
- b) 动态范围: ≥ 120 dB;
- c) 模/数 (A/D) 转换精度: ≥ 24 bit;
- d) 采样点数: ≥ 1024 个;
- e) 探测深度: ≥ 30 m;
- f) 分辨率: ≤ 50 cm。

6.3 仪器保养

6.3.1 每天工作后, 被海水浸泡过的仪器应及时用酒精棉擦拭并晾干。

6.3.2 每天工作后, 电磁法磁传感器连接线接头处应该用清水冲洗干净, 并用酒精棉擦拭干净并晾干。

6.3.3 其它有关仪器设备维护保养参照 DZ/T 0305、DZ/T 0153、DZ/T 0170、DZ/T 0173、DZ/T 0187、DZ/T 0280、HY/T 253、JGJ/T 143 相关条款执行。

7 野外开工前准备

7.1 施工准备

7.1.1 电磁法

7.1.1.1 开工前应对使用的仪器进行校验, 仪器各项技术指标应符合设计要求和各方法规程要求。

7.1.1.2 开工前应做好事故防范和应急预案。

7.1.1.3 开展 CSAMT 时, 根据野外实际情况, 应在远离公共场所、供电安全的地方安置发射机, 发射源供电区域应避开滩涂养殖地。发射源处供电电极附近应拉警示围条 (栏), 人、畜不应进入, 方圆 10 m 处应做警示牌。

7.1.1.4 主动源电磁法发射机、发电机 (或电瓶) 等仪器设备应放置在通风位置, 清理发送台站周围的易燃、易爆物品。敷设发送回线时导线应避免开现场的金属物体至少 5 m 以上, 不宜直接相交, 不宜将剩余导线留在绕线架上, 应将其呈 “S” 型铺于地面。布线时允许在方向线左右有所摆动, 但摆动幅度不应大于发送回线边长的 5%。导线联接处应接触良好, 严禁漏电。

7.1.1.5 发射台站应配备雨伞、防雨帆布及通讯、照明等设备。应布设在地势平坦、视野开阔、交通方便、便于与接收站联系的地方, 并离开高压线、变 (配) 电站 30 m 以上。

7.1.1.6 入水电缆接头处应做好密封、防水及防漏电等处理。

7.1.2 地震

7.1.2.1 每天开始工作前, 首先对震源激发系统、导航定位系统、接收系统等性能与工作状态进行检查, 正常后方可进行正式施工。

7.1.2.2 水上作业应将地震工作站与导航卫星时钟调试同步。

7.1.2.3 水上作业应配备救生应急装备和船上危险源警示。

7.1.2.4 根据设计要求的坐标系统, 在相应已知控制点上对导航定位系统进行校准和静态稳定性检验。水上作业前后应在岸边设立的固定点上复测检核。

7.2 测线敷设

7.2.1 测线和测点应按设计书规定进行布置。

7.2.2 各单方法测点和测线的布置, 参照各方法技术规程执行。

7.2.3 测点定位依据 DZ/T 0153 条款执行。

7.2.4 主测线宜垂直区域构造走向，联络线垂直于主测线，可视具体情况不等距布设测线。地震测线宜尽量与其它地球物理测线一致，尤其应通过钻探井位或声呐浮标测点。

7.2.5 陆域和海域方法测线敷设应均与工作区设置的标志物形成闭合。

7.3 技术参数试验

7.3.1 电磁法

试验内容如下：

- a) 针对 MT、AMT、CSAMT,接收端一般选择 25 m、50 m、80 m、100 m 等不同极距进行试验，以确定符合探测深度要求的最短极距。野外工作中针对干扰强度的不同，依据干扰越强，极距应该越大的原则，合理调整极距长度；
- b) 针对 CSAMT,收发距通常按目标体最大埋深的 4 倍以上设计，应满足远区测量条件，在保证勘探深度前提下，通过试验优选收发距短且信号较强的参数，以提高信噪比；
- c) 针对 TCSAMT,设计不同的场源角度试验，根据不同角度场源下接收点处两个方向接收到的电场信号强度，优选两个方向信号强度都满足要求的方向；
- d) 根据要求探测的最大深度，设计不同的采集时长，优选能满足最大深度、观测数据或曲线稳定的最短的采集时长；
- e) 根据 TEM 工作设计探测目标和工作区实际情况，设计不同的发射框边长、采样时基和下降沿参数，确定合适的 TEM 采集参数。

7.3.2 陆域地震

试验内容如下：

- a) 根据工作区位置和探测深度的要求，选择合适的自然频率检波器（砂质滩涂区当探测深度 ≤ 300 m 时，宜选择自然频率 60 Hz ~ 100 Hz 的检波器；探测深度大于 300 m 时，宜选择自然频率不高于 60 Hz 的检波器）；
- b) 开展震源激发参数对比试验，满足探测要求的前提下，确定最佳的震源激发参数；
- c) 了解工作区有效波和干扰波的频率、到时及相互关系，开展观测系统试验，扩展排列长度一般为实际记录排列长度的 2 倍 ~ 3 倍，检波点道间距应不大于实际采集工作的道间距，仪器工作因素的选择应以尽可能接收到各种波的信息为原则；
- d) 确定采样率和采样长度；
- e) 确定接收检波器频率，接收方式应根据实际情况选择单个检波器接收或多个检波器组合接收；
- f) 根据近道干扰情况确定合适的偏移距，根据探测目标尺度、最高无混叠频率、分辨率等确定合适的道间距和炮间距；
- g) 数据采集中遇到局部地段单炮地震记录变坏，应根据地表条件实时分析原因，并做补充试验，验证工作方法在该地段的正确性。

7.3.3 浅层剖面法

确定合适的发射频率、脉冲长度、接收增益、时变增益(TVG)等采集参数，使探测剖面获得最佳穿透深度和地层分辨率，同时记录换能器吃水等参数。

7.3.4 海上单道、多道地震

试验内容如下。

- a) 在工作区内选择一条具有代表性的测线进行海上试验工作，调试不同的仪器参数，根据调试参数产生的地震剖面信号的效果来选定实际测量深度范围内的最佳震源能量、激发间隔、增益、记录长度、滤波参数、炮间距、震源和水听缆沉放深度等。试验过程中，根据实际情况调整震源和水听缆中心之间的距离及沉放深度、长度，以达到降低环境干扰，获得最佳采集效果的数据。

- b) 根据勘探任务目标、勘探要求和环境分析，确定震源类型（浅水区常用震源系统主要包括 Boomer 震源、电火花震源等）。
- c) 根据勘探深度要求选择震源能量大小，再通过海上试验获得勘探深度内地震剖面效果来确定震源能量级。
- d) 震源激发间隔参数主要有两种方式，即等时间激发和等距离激发。如果采用等时激发模式，为避免发生漏炮的情况，震源激发间隔时长应符合公式（1）。

$$T > 2 \times (T_1 + T_2) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- T —— 激发间隔时长，单位为秒(s)；
- T_1 —— 单程水深时间，单位为秒(s)；
- T_2 —— 海底地层勘探时间，单位为秒(s)。

如果采用等距离激发模式，在计算震源激发间隔长度时，要确定最大船速以计算出激发间隔时长，这里的时长设置也要满足公式（1）的条件。

- e) 根据设计勘探深度和地层概况确定记录长度。
- f) 调试不同的增益值改变地震剖面图像效果，选择最佳地震剖面图像效果的增益数值。
- g) 根据主频范围调试滤波数值，使地震剖面有效信号增强，效果最佳。

7.3.5 微动探测法

试验内容如下：

- a) 选择介质均匀的地点，将检波器密集地安置牢固进行采集，分析检波器的频响与幅度的一致性；
- b) 根据工作区位置和探测深度的要求，选择合适的自然频率检波器（自然频率不宜大于 2 Hz，电压输出灵敏度不应小于 200 V/m/s，当探测深度 ≤ 500 m 时，宜选择自然频率 1 Hz ~ 2 Hz 的检波器；探测深度大于 500 m 时，宜选择自然频率 0.1 Hz ~ 1 Hz 的检波器）；
- c) 分析不同观测台阵与测量深度的关系（深度系数）、数据质量、布置的便捷性、信噪比及工作区主要有效波的来源与干扰源等，结合工作区的地形地貌等实际情况，选择最优的观测台阵；
- d) 了解在同一观测台阵下，不同的边长可勘探的深度，在满足勘探深度的前提下，优选小边长；
- e) 迭代次数试验。了解在工作区内获得稳定有效数据的时间长度，若个别测点达不到要求的数据质量，应延长观测时间；
- f) 了解不同采样间隔的数据质量、最大频率范围、采样数的多少以及对异常的分辨能力，确定合适的采样间隔。

8 野外工作

8.1 数据采集

8.1.1 电磁法

数据采集要求如下：

- a) 电磁法野外数据采集时，应随时监控数据质量，以防不极化电极被海水浸倒或者电线漏电；
- b) 每个测点观测完毕后，操作员应及时对数据和曲线进行全面检查，合格后方可保存数据。如观测的曲线出现畸变，应查明原因进行重复观测，并做详细记录。如遇异常点、突变点等，应进行重复观测，必要时应加密测点；
- c) 当仪器出现故障时应及时查明原因，待仪器修好后应在出现故障前的测点处进行重复观测，在确认仪器性能正常后方可继续观测；
- d) 主动源电磁法发射机与接收机一般采用电缆、全球卫星定位系统或石英钟同步。如选择石英钟同步，则应每隔 4 h ~ 5 h 进行一次时钟校对；

- e) TCSAMT 发射端采用有效性试验优选的两组发射源依次发射电信号，接收端采用张量五分量依次采集接收；
- f) TEM 测量磁场 B 时，应采用高、低温超导传感器或磁通门传感器；测量 dB/dt 时，应采用宽频带磁探头；
- g) TEM 发射系统和接收系统之间的同步精度应高于 1 μs；
- h) 电磁法其它野外观测要求参照 DZ/T 0305、DZ/T 0173、DZ/T 0187、DZ/T 0280 执行，野外记录班报见附录 B。

8.1.2 陆域地震

数据采集要求如下：

- a) 陆域地震多次覆盖观测系统可采用端点激发或中间点激发方式，应在地层下倾方向激发，地层上倾方向接收。覆盖次数、道间距和最小偏移距根据扩展排列试验以及探测目标的深度精度要求、工作区地震地质条件和经济高效的原则确定；
- b) 使用锤击震源、落锤震源激发应在激震点放置垫板，防止重锤反跳造成二次触发；由于滩涂区泥沙较多，接触式触发灵敏度较低，应选用专用的触发开关触发，可提高触发成功率；
- c) 使用电火花震源激发，应钻打激发孔，在孔内激发，增强下穿能量，激发孔钻打设备选用抽沙器；
- d) 检波器埋置位置应准确，如受滩涂地表条件限制，不宜埋置在设计点位时，沿测线方向移动不宜超过 1/10 道间距，垂直于测线方向不宜超过 1/5 道间距；
- e) 检波器与地面需良好接触，埋置牢固。对于滩涂淤泥区域，应采用特殊检波器锥，提高耦合质量，确保接收效果，每个检波器埋置条件力求一致；
- f) 检波器埋置时尽量避开存水地段，以防止漏电；
- g) 检波器与电缆连接极性应正确，防止漏电、短路或接触不良等故障；
- h) 陆域地震其它野外观测要求参照 DZ/T 0170 执行，野外记录班报见附录 B。

8.1.3 浅层剖面法

数据采集要求如下：

- a) 剖面记录的地层反射信号应连贯清晰，浅部声学反射层界面和反射体形态清晰；
- b) 应随时监测测线水深变化，监测仪器采集信号时现场的信噪比、穿透深度、分辨率、海底面跟踪、多次波、定位信号、运动传感器数据等，确保仪器记录图谱清晰、完整；
- c) 浅层剖面法其它野外观测要求参照 HY/T 253 执行，野外记录班报见附录 B。

8.1.4 海上单道地震

数据采集要求如下：

- a) 宜采用走航式拖曳观测法；
- b) 施工前拖曳部分与测线方向应一致；
- c) 应使作业船匀速前行，船速宜保持 3 kn 左右；
- d) 偏航距不宜大于线距的 20%，最大偏离不宜大于 20 m；
- e) 应记录好每条测线起始、结束时间，并做好相应工作班报记录；
- f) 监测发现时间剖面出现不正常记录时，必须及时排除原因，并做好详细记录，必要时重新进行观测；
- g) 同一测线施测过程中因故障或其它原因中断，重新施测时，在中断处应有不小于 2 km 的重复观测段，当已完成有效观测段不足 2 km 时，从起点重新开始观测；
- h) 单条测线漏测率不宜超过整条测线长度的 5%，连续漏测长度不宜超过 100 m；
- i) 在潮位观测点同步观测水位变化，每隔 5 分钟观测、记录一次水位变化；
- j) 应有专人监视拖曳震源和电缆，并加强瞭望，当发现有船只靠近作业水面时，应提前做好应对措施；

- k) 海上单道地震其它野外观测要求参照 GB/T 12763.8 与 JGJ/T 143 执行，野外记录班报见附录 B。

8.1.5 海上多道地震

数据采集要求如下：

- a) 宜采用走航式拖缆观测法；
- b) 宜选择涨平潮期进行，当航向与水流方向有一定夹角时，电缆偏离航线不宜大于 10° ；
- c) 整条测线单炮合格率不宜低于 95%；
- d) 航迹与设计测线偏离不宜大于测线线距的 20%，最大偏离不宜大于 20 m；
- e) 在潮位观测点同步观测水位变化，每隔 5 分钟观测、记录一次水位变化；
- f) 应有专人监视拖曳震源和漂浮检波电缆，并加强瞭望，当发现有船只要靠近作业水面时，应提前做好应对措施；
- g) 应控制作业船速不大于 3 kn；
- h) 作业船应匀速前行，确保震源及漂浮电缆的沉放深度，必要时采取相应措施；
- i) 到达测线起点前应将漂浮检波电缆拉直，且与施工测线方向一致，到达测线终点后，作业船应沿与测线方向一致的航向延续前行不小于半个排列长度的距离；
- j) 数据采集始于测线起点位置，终于沿测线方向，测线终点向外不小于半个排列长度的位置；
- k) 炮点激发应与动态定位同步；
- l) 做好炮号与定位号、炮号与文件号对应关系工作班报记录；
- m) 每一单炮记录应有相对应的合格导航定位坐标；
- n) 同一条测线地震数据采集过程中，因故障或其它原因中断，重新开始采集时，在中断处，炮点应有不小于 1 km 长的重复段，当已完成有效段不足 1 km 时，重新从测线起点开始采集；
- o) 首、尾炮号及测量过程中每隔 50 炮至少要填写一次工作班报记录；
- p) 海上多道地震其它野外观测要求参照 GB/T 12763.8 与 JGJ/T 143 执行，野外记录班报见附录 B。

8.1.6 微动探测法

数据采集要求如下：

- a) 不宜将仪器布置临近潮水边；
- b) 按设计布置测线，测线测点要求使用高精度的测量仪器进行 x、y 坐标及高程的定位；
- c) 测线方向宜垂直于主构造走向方向布置；
- d) 台阵各边长应准确，一般使用高精度定位系统对每个检波器进行定点，条件不允许时可使用无弹性的皮尺进行台阵布置；
- e) 微动为单点测量，若受滩涂潮沟、养殖设施等场地条件限制，宜允许测线适当弯折；
- f) 检波器位置应埋设正确，如因其它原因偏离台阵规定埋设点，应使用高精度定位系统测量其距离规定点的 x、y 坐标及高程，如条件不允许宜使用无弹性皮尺测量其距离规定点的 x、y 坐标；
- g) 如地表泥沙较多并且较厚，为了检波器与地面需良好接触，必须埋置牢固。对于滩涂淤泥区，应采用特殊检波器，提高耦合质量，确保接收效果；
- h) 检波器中不应有坏道，且不宜出现削波的现象，如出现应尽快对检波器进行检查并处理；
- i) 检波器与电缆连接极性应正确，经不同技术员检查无误后方可测量；
- j) 若发现不合格数据，应及时进行补测；
- k) 当滩涂区为硬泥质或硬沙质滩涂区，应加长检波器尾锥，保证能接收到稳定信号，最大限度的减少松散沙对能量的吸收耗损；当滩涂区为硬岩质滩涂区，应在表面上铺设石膏粉，将检波器与表面更好的接触固定；
- l) 微动探测法其它野外观测参照 JGJ/T143 执行，野外记录班报见附录 B。

8.2 质量检查与评价

- 8.2.1 微动探测记录中坏道数大于使用道数的 15%，应视为不合格记录。
- 8.2.2 浅层剖面法和海上单道、多道地震探测质量监控及评价参照 GB/T 12763.10—2007 中 8.4.1 和 8.4.2 执行。海上单道地震监视记录优良率不少于 80%，合格率不少于 98%。
- 8.2.3 其它数据质量与评价参照各地球物理方法技术规程执行。

8.3 野外资料验收

8.3.1 野外工作结束后，应对原始资料进行分类整理、装订成册，逐点检查、核对，并进行自行检查，自检内容包括：

- a) 设计书中设计的工作量是否完成；
- b) 仪器校检、检查记录是否完整；
- c) 各种原始资料是否齐全。

8.3.2 野外工作自检结束后，应进行野外工作总结，申请进行野外验收。野外工作总结包括工作量完成情况、实际材料图、野外工作质量评述、野外工作阶段性成果、资料清单等。应提交的野外原始资料主要包括：

- a) 野外资料清单；
- b) 野外全部原始记录及质量评述；
- c) 野外工作总结；
- d) 实际材料图。

8.3.3 野外资料验收应参照各方法技术规程和项目设计书，野外验收合格后方可结束野外工作。

9 数据处理与图件编制

9.1 数据处理

9.1.1 电磁法

电磁法测量数据处理参照 DZ/T 0305、DZ/T 0173、DZ/T 0187、DZ/T 0280 相关要求执行。

9.1.2 陆域地震

根据原始数据特点和勘查的目的任务，拟订处理流程，通过对比试验确定主要处理参数。在资料处理过程中应进行质量控制，同时应重视下述处理原则和处理过程：

- a) 原始炮记录编辑应检查记录道头，删除不正常炮记录，剔除死道、坏道，将地震道中含有不正常数值的时段充零；
- b) 避开外界干扰后，滩涂区地震记录中常规干扰波为甚低频干扰、面波和声波，针对干扰波和反射波在形态、频率、速度及振幅值方面的差异，遵照先易后难、先低后高的原则，制定合适的去噪方案，精细选择滤波参数，做到保真、保幅的前提下，提高地震记录的信噪比。去噪过程中，应判断构造位置处同相轴是否为绕射波，切不可将绕射波当做干扰波去掉；
- c) 滩涂区地表地质条件存在差异，影响了地震子波的频率和相位特性，较硬或水饱和条件下激发得到的地震记录频率较高，松软地表条件激发得到的地震记录频率偏低，这种差异的存在会影响最终的叠加效果，应进行地表一致性反褶积和多道反褶积联合处理；
- d) 滩涂区地表条件复杂，激发条件较差，采集到的地震资料通常具有低信噪比、层间多次波干扰严重等特点，应进行层间多次波处理；
- e) 滩涂区第四纪地层主要为松散沉积物，须做精细速度拾取处理，横向上进行速度分析的共中心点道集间距应小，纵向上速度提取应结合速度测井或跨孔波速测量结果，提高剖面成像效果，为时深转换提供准确的速度参数；
- f) 当地层发生倾斜、错断或存在其它构造特征时，为使构造归位，应选取合适的速度和偏移方法对剖面进行偏移处理；
- g) 在做剖面修饰处理时，应防止削弱地质异常引起的波场变化；
- h) 数据处理之前应对数据处理软件进行必要的验证，保证数据的可靠性。

9.1.3 浅层剖面法

浅层剖面法数据处理主要包括异常信号剔除、数据改正和滤波等，主要处理原则包括：

- a) 对明显异常的记录数据应结合班报信息进行初步整理剔除；
- b) 对于换能器吃水、定位点与换能器位置不一致等应进行改正或坐标换算调整；
- c) 对结果初步整理后进行针对性滤波精处理，包括涌浪校正、带通滤波、匹配滤波、时变滤波等，对浅水区测量数据应采用适合的方法削弱多次波影响；
- d) 根据作业期间潮位资料对各测线解释剖面进行校正；
- e) 数据处理之前应对数据处理软件进行必要的验证，保证数据的可靠性。

9.1.4 海上单道地震

海上单道地震数据处理原则主要包括：

- a) 选择一条具有代表性的单道地震时间剖面数据进行预处理，通过测试与对比，确定主要处理参数；
- b) 对原始单道地震时间剖面进行滤波、增益、去多次波等处理；
- c) 据潮位观测资料对各测线解释剖面进行校正；
- d) 主测线与联络测线单道地震时间剖面同一反射界面应能闭合；
- e) 测线交点处同一反射界面同相轴不超过 $1/4$ 周期，否则应调整参数，重新处理；
- f) 时间剖面图方向宜按由南向北或由西向东方向出图，并标注测线号、距离、方向等；
- g) 同一工作区，时间剖面纵向成图比例尺应一致；
- h) 数据处理之前应对数据处理软件进行必要的验证，保证数据的可靠性。

9.1.5 海上多道地震

海上多道地震数据处理原则主要包括：

- a) 选择一条已编排好且具有代表性的测线数据，进行预处理，通过测试与对比，确定主要处理参数；
- b) 剔除废炮，删除废道；
- c) 综合各测线频谱分析情况，选取适合测区的最佳带通滤波档；
- d) 叠前宜采取综合去噪技术，提高单炮信噪比；
- e) 采用适宜模块，对水底多次波进行滤除与压制；
- f) 采用真振幅恢复对深部信号进行振幅补偿处理；
- g) 宜采取叠前、叠后反褶积处理，以提高叠加时间剖面纵向分辨率；
- h) 通过速度扫描，结合速度谱，选取适宜叠加速度值，确保反射界面叠加效果最佳；
- i) 对地层倾角较陡、绕射波发育的地震时间剖面，应选择合适的偏移处理措施，提高叠加时间剖面横向分辨率；
- j) 测线相交时，交点处反射界面同相轴不超过 $1/4$ 周期，否则应调整参数，重新处理；
- k) 对叠加时间剖面，适度修饰性处理，防止削弱地质异常引起的波场变化；
- l) 结合区域地质、钻孔及波速测井资料，为提高解释可靠性，宜进行深度域成像处理；
- m) 叠加时间剖面图，在无特殊要求情况下，应按由南向北或由西向东方向出图，并标注测线号与方向；
- n) 同一工作区，各测线叠加时间剖面图成图比例应一致；
- o) 数据处理之前应对数据处理软件进行必要的验证，保证数据的可靠性。

9.1.6 微动探测法

根据目标任务、地质条件及原始数据的特点，结合搜集的已知资料，采用多种数据处理手段进行对比分析，确定数据处理参数，同时增加约束条件进行处理参数的修改。处理原则包括：

- a) 应采用人机结合进行处理，对不合格的测点手动进行分离，不应存在同一文件中；

- b) 从面波中提取频散曲线。目前提取频散曲线主要有两种方法：一是空间自相关法（SPAC），二是频率-波数法（F-K），可根据处理软件的不同或处理数据方式不同，采用合理的提取方式；
- c) 根据周期的变化、数据的好坏来对频率区间进行人为截取，该步骤属于人机共同处理，目的是判断合适的低频下限、高频的干扰区、离散区，然后截取合适的区间；
- d) 避开人为的外界干扰后，滩涂区的微动记录仍会存在一定的干扰，需进行滤波，通过滤波处理，剔除近源干扰，获得浅部信息，滤波处理视情况而定；
- e) 经过滤波之后，仍然会存在一些跳点比较大的频点无法过滤，应对干扰频点进行剔除；
- f) 对频散曲线进行反演分层，计算横波速度；
- g) 数据处理之前应对数据处理软件进行必要的验证，保证数据的可靠性。

9.2 图件编制

编制的主要图件包括：

- a) 实际材料图；
- b) 工作区典型地层结构剖面图（或三维地质结构图）；
- c) 工作区隐伏地质体位置、边界、空间延伸分布图；
- d) 工作区基岩埋深等值线图；
- e) 工作区推断断裂构造分布图；
- f) 工作区综合解释成果系列图；
- g) 各方法参照对应的标准编制相关图件；
- h) 其它图件。

10 资料解释

10.1 一般要求

各种地球物理方法资料解释所依据的数据、图件等应是经过验收合格的资料。

10.2 定性解释

以获得的地球物理测量数据和图件为基础，以地质情况与物性条件为前提，结合工作区实际情况及干扰情况，进行异常的定性解释，初步判断异常的性质、形态与产状，推断第四纪地层分界面、隐伏地质体边界、基岩埋深和起伏面及断层展布情况。

10.3 定量解释

在定性解释的基础上，经过地球物理数据反演、地震处理解释等计算，确定工作区第四系地层厚度、隐伏地质体性质及边界、基岩起伏面及埋深、重要地质界面的位置和空间延伸状态、断裂分布等。各方法定量解释参照对应的技术规程。

10.4 综合地质解释

结合工作区地质、物性、钻孔资料和干扰情况，综合分析各种地球物理勘查成果，对工作区地层、隐伏地质体埋深、产状及空间分布、基岩起伏、构造分布等做出推断解释。

11 报告编写与资料提交

11.1 报告编写

11.1.1 编写要求

编写要求主要包括：

- a) 野外数据采集及数据处理结束后,应及时编写成果报告。野外工作若是分阶段完成的,应编写阶段性成果报告。待野外工作全面完成后,编写最终成果报告;
- b) 所采用的资料应是经过质量验收合格的正式资料;
- c) 报告应在全面掌握资料的基础上,经过研究及综合分析对比后,做出有依据、符合客观实际的结论;
- d) 报告应实事求是、内容全面、重点突出、立论有据、文字简练、结构严谨;
- e) 报告附图、附表、附件应规范、合理、美观,文字说明要简练、清楚。

11.1.2 主要内容

报告主要内容包括:

- a) 项目概况;
- b) 工作区地质、地球物理概况;
- c) 任务完成情况;
- d) 野外工作方法与质量评述;
- e) 资料处理;
- f) 资料解释、地质推断;
- g) 结论与建议;
- h) 附图和附表(可选择)。

报告的详细提纲见附录 C。

11.2 资料提交

成果报告完成评审后应尽快完成成果报告的修改完善工作,及时整理项目资料,提交归档(含纸质与电子文件)。提交的资料包括:

- a) 全部原始资料(野外记录、观测数据、检查数据等);
- b) 成果报告及附图、附表;
- c) 其它要求汇交的资料。

12 安全与环境保护

12.1 安全措施

12.1.1 应坚持预防为主、安全第一的方针,制定安全生产责任制度和安全保障应急救援预案。出野外前应进行安全生产培训,确保野外作业安全。

12.1.2 应配备野外救生用品、劳保用品、通讯设备和特殊装备等,做好施工中的防火、防暑、防寒、防虫等措施,确保安全生产。

12.1.3 野外施工交通工具应悬挂测量旗,安全员与驾驶员保持联系,保证滩涂工作区交通安全。

12.1.4 应制定行车计划,对车辆定期进行安全检查,工作中不应疲劳驾驶。野外用车不应单独作业,应配备救援车辆同行。

12.1.5 应提前掌握滩涂区底质情况,选用合适的调查平台,避免船只搁浅侧翻,人员设备陷入淤泥等事故发生。

12.1.6 应密切关注涨退潮时刻,以及台风预报,保证在安全时段进行数据采集,保障人员、设备安全。

12.1.7 遇雷电、大风天气,应立即停止野外作业,选择安全地点躲避,避免遭受雷电袭击。

12.1.8 滩涂区应安全使用电源、燃油等物品,燃油应使用密封、非易碎容器保存,防止暴晒。

12.1.9 施工期间应遵守相关仪器设备使用方法和工作流程,杜绝出现人为的设备损耗事故。

12.2 环境保护

12.2.1 应将生态保护作为野外勘查活动中应尽义务,野外工作前应制定环境保护措施。

12.2.2 不应损坏渔民养殖及捕捞设施。电磁法等工作应避免对鱼类、鸟类等滩涂区生物生长产生干扰。

12.2.3 应对仪器和运输工具进行定期检查,防止漏油等事故发生。

- 12.2.4 地震方法勘查不宜选用炸药震源。
- 12.2.5 野外工作车辆应按规定的路线行驶至工作区，尽量减少对环境的扰动。
- 12.2.6 对野外工作过程中产生的生产、生活废弃物应集中回收，合理安置，严禁随意丢弃，避免对生态环境造成破坏。
- 12.2.7 有关绿色勘查要求参照 DZ/T 0374 相关条款执行。

附 录 A
(资料性)
典型方法技术组合

A. 1 跨海大桥和核电站选址

A. 1. 1 主要解决的问题。区域性断裂是否通过选址区域，断层是否存在活动性；确定基岩埋深和软土层分层。

A. 1. 2 宜开展的主要地球物理方法。海域高分辨率多道地震、浅层剖面法、磁法；陆域高分辨率地震、高精度磁法和重力。

A. 2 浅层气探测

A. 2. 1 主要解决的问题。获得地下浅层含气层对（高频）弹性波的屏蔽特征。

A. 2. 2 宜开展的地球物理方法。浅层剖面法、海上多道地震，海上单道地震。

A. 3 风电场选址

A. 3. 1 主要解决的问题。主要探测基岩埋深和上覆软土层分层，在海沟、海槽中或边缘可能的不稳定斜坡以及水下可能的滑坡勘查。

A. 3. 2 宜开展的地球物理方法。浅层剖面法、海上多道地震，海上单道地震。

附录 B
(规范性)
野外记录班报

B.1 MT、AMT 野外记录班报

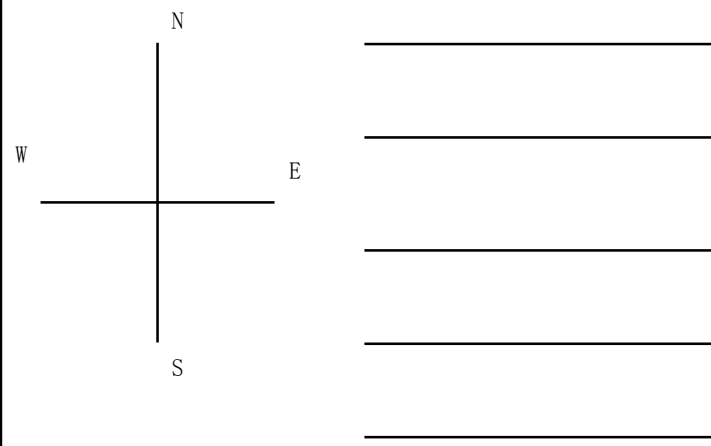
MT、AMT 野外记录班报见表 B.1。

表 B.1 MT、AMT 野外记录班报

日期：_____年____月____日 天气：_____ 温度_____C° 操作者：_____ 记录者：_____ 检查者：_____

仪器编号：		测线：		测点：	
X坐标(纬度)：_____° _____' _____"				地形地貌：	
Y坐标(经度)：_____° _____' _____"				高程(m)：	
电极方向		电极距 m	接地电阻 Ω	电位差 mv	
Ex: (°)		Ex:	Ex:	Ex:	
Ey: (°)		Ey:	Ey:	Ey:	
探头 方向	Hx: (°)	Hy: (°)	H _z : (°)	低通滤波：①Weak() ②Medium() ③Strong()	
探 头 编 号	电极类型：① Pb-PbCl ₂ () ② Cu-CuSO ₄ ()				
	前放 增益	E Gain: ①Low() ②Normal() ③High()			
H Gain: ①Low() ②Normal() ③High()					
频段	采样频率 Hz	文件名		备注	
观测起始时间： 时 分 秒		结束时间： 时 分 秒			

测站布极方式及周围环境描述：



B.2 TEM 野外记录班报

TEM 野外记录班报见表 B.2。

表 B.2 瞬变电磁法野外记录班报

线（孔）号：_____ 装置：_____ 天气：_____ 日期：_____

自检情况：_____ 操作者：_____ 记录者：_____ 审核者：_____

文件名	回线 边长 m	电流 A	基频 Hz	下降沿 μ s	同步 方式	测量 分量	叠加 次数	采集 道数	测点	备注
现场描述：						工作布置：				

附 录 C
(资料性)
成果报告编写提纲

C.1 项目概况

详细论述项目来源、项目目标任务、项目设计工作量、任务完成情况、取得的主要成果等。

C.2 区域地质与地球物理概况

C.2.1 详细论述工作区交通、地形、地貌、构造等地质概况。

C.2.2 详细论述工作区岩矿石物性、区域重力、区域磁性、区域电性等特征。

C.3 任务完成情况

详细给出完成的实物工作量。

C.4 野外工作方法级质量评述

C.4.1 电磁法

详细论述电磁法野外工作部署、数据采集、质量评述。

C.4.2 陆域地震

详细论述陆域地震野外工作部署、数据采集、质量评述。

C.4.3 浅层剖面法

详细论述浅层剖面法野外工作部署、数据采集、质量评述、资料处理、资料解释等。

C.4.4 海上单道地震

详细论述海上单道地震野外工作部署、数据采集、质量评述、资料处理、资料解释等。

C.5 资料处理

C.5.1 电磁法

详细论述电磁法野外资料处理、资料解释等。

C.5.2 陆域地震

详细论述陆域地震野外资料处理、资料解释等。

C.5.3 浅层剖面法

详细论述浅层剖面法野外资料处理、资料解释等。

C.5.4 海上单道地震

详细论述海上单道地震野外资料处理、资料解释等。

C.6 资料解释与推断

C.6.1 综合研究推断工作区隐伏地质体位置、边界、空间延伸分布情况等。

C.6.2 综合研究推断工作区地层结构、基岩起伏面、断裂构造等。

C.7 结论与建议

依据地质任务，给出工作区地球物理勘查研究结论，为工作区自然资源开发、管理及应用提供意见和建议。

C.8 附图与附表（可选择）

参 考 文 献

- [1] GB/T 12950—1991 地震勘探爆炸安全规程
 - [2] GB/T 14499 地球物理勘查技术符号
 - [3] GB/T 33685 陆域地震勘探数据处理技术规程
 - [4] DZ/T 0069 地球物理勘查图图示图例及用色标准
 - [5] DZ/T 0187—2016 地面磁性源瞬变电磁法技术规程
 - [6] DZ/T 0300—2017 煤田地震勘探规范
 - [7] SY/T 7232—2016 陆上地震数据采集系统作业技术规范
-