ICS
CCS D

T/CGS

中 国 地 球 物 理 学 会 团 体 标 准

T/CGS ××××—××××

南极冰盖区反射地震资料采集规范

Specification for Reflection Seismic Data Acquisition on the Antarctic Ice Sheet

（征求意见稿）

××××-××-××发布　　××××-××-××实施

中国地球物理学会　　发 布

目　　次

前言 …… Ⅲ
引言 …… Ⅴ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　总则 …… 3
4.1　基本要求 …… 3
4.2　基本原则 …… 3
4.3　人员、装备与记录 …… 3
5　技术设计 …… 4
5.1　工作任务 …… 4
5.2　资料收集和后勤保障 …… 4
5.3　工区踏勘 …… 4
5.4　测线设计 …… 5
5.5　采集参数论证 …… 5
5.6　技术设计书编制 …… 6
6　仪器设备 …… 7
6.1　一般要求 …… 7
6.2　检波器 …… 7
6.3　震源设备 …… 7
6.4　定位设备 …… 7
6.5　电缆和连接件 …… 7
6.6　电源与保温 …… 8
6.7　检验与校准 …… 8
6.8　备件与冗余配置 …… 8
6.9　运输、存放与现场保管 …… 8
7　野外工作 …… 8
7.1　生产前试验 …… 8
7.2　测线布设与测量工作 …… 9
7.3　观测系统 …… 9
7.4　地震波的激发 …… 9
7.5　地震波的接收 …… 10
7.6　数据记录与现场质量控制 …… 10
7.7　野外作业组织与作业条件判定 …… 10

8 数据质量评价 …… 10
8.1 数据质量快速评价 …… 10
8.2 数据质量综合评价 …… 11
9 采集报告编写 …… 11
9.1 一般要求 …… 11
9.2 报告内容 …… 11
9.3 分项编制要求 …… 11
9.4 附图附表 …… 12
9.5 审核与提交 …… 12
9.6 资料归档与汇交 …… 12
附录 A（资料性） 仪器设备检查记录表 …… 13
附录 B（资料性） 现场数据采集过程记录表 …… 14
附录 C（资料性） 桩号位置信息记录表 …… 15
附录 D（资料性） 反射地震数据采集班报 …… 16
参考文献 …… 17

前　言

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。

本文件由中国地球物理学会提出并归口。

本文件起草单位：中国地质大学（北京）、中国极地研究中心（中国极地研究所）、中石化石油物探技术研究院有限公司、中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司

本文件主要起草人：刘国峰、邹长春、王猛、崔迎春、陆恺、李博、陈敬国、张亚兵、陈雨青。

本文件主要审核人：×××。

引　　言

南极冰盖是地球上最大的淡水储库，储存了全球约 70% 的淡水资源，其质量平衡与动力学演化直接影响全球海平面变化。冰盖厚度、冰下地形、冰下湖分布及冰－岩界面形态，是冰盖动力学模拟、冰芯深钻选址和古气候重建的关键边界条件。反射地震方法穿透能力强，且对介质的弹性参数敏感，是获取上述信息的有效手段。

我国自 20 世纪 80 年代开展南极考察以来，先后利用车载冰雷达、极低温宽频天然地震台阵、短周期地震节点环境噪声观测以及主动源地震探测等技术，在冰穹 A、昆仑站、麒麟冰下湖等区域取得了一批冰厚分布、冰下地形与冰下地质结构的实测资料，并积累了极端环境下的野外作业经验。

南极内陆作业期气温常低于－30 ℃，风速大，冰裂隙与白化天气构成主要安全风险。对后勤保障依赖性强，运力、燃料、备件和有效天气窗口均十分有限。国内现行地震采集标准均以常温陆地环境、常规表层介质和充分的作业保障为前提制定。为满足南极冰盖反射地震勘探起步阶段的作业需要，在保障人员安全与南极环境的前提下获取可对比、可共享的高质量资料，制定本文件。

本文件的编制遵循安全优先、环境保护优先、技术方案与保障能力相匹配以及保守起步的原则，适用于南极冰盖区域二维反射地震资料采集的技术设计、仪器装备、野外作业、质量检验等；内陆冰川及北极、格陵兰等极地冰盖区域的采集可参照使用。

南极冰盖区反射地震资料采集规范

1 范围

本文件确立了南极冰盖(含冰架)区域反射地震资料采集的总体原则,规定了技术设计、仪器设备、野外工作、数据质量快速评价、采集报告编写的技术要求。

本文件适用于南极冰盖(含冰架)区域二维主动源反射地震资料采集过程。三维地震资料采集,以及北极、格陵兰等其他极地冰盖区域的地震资料采集,可参照使用。

本文件不适用于以矿产资源勘查为目的的地震勘探活动。

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规范;不注日期的引日文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 33583—2025 石油地震勘探资料采集技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

南极冰盖区 antarctic ice sheet region

南极大陆及其周围冰架上,由降雪堆积并经压实作用形成的冰体及其上覆积雪所覆盖的区域。

3.2

冰架 ice shelf

陆地冰盖向海延伸、漂浮于海面之上并与补给冰川相连的冰体。

3.3

南极条约地区 antarctic treaty area

南纬 60°以南的地区。

3.4

粒雪层 firn layer

积雪经成岩作用后密度介于约 550 kg/m^3 与冰的密度之间、尚未转化为冰川冰的过渡层。

3.5

冰床 ice bed

冰体底面以下、由基岩或未固结沉积层构成的固体界面。

3.6

冰下湖 subglacial lake

位于冰盖底面与下伏基岩之间、被冰体长期覆盖的水体。

3.7

冰下沉积层 subglacial sediment

位于冰床之下、由松散或半固结沉积物构成的地层。

3.8

冰裂隙 crevasse

冰体在差异运动产生的拉张应力作用下形成的裂缝。

3.9

白化天气 whiteout

云层与雪面亮度相近、地平线消失，以致无法辨识地面起伏与方位的天气现象。

3.10

天气窗口 weather window

满足作业气象界限要求、可连续开展野外作业的时间区间。

3.11

作业气象界限 weather operating threshold

为保证人员安全与资料质量，对气温、风速、能见度等气象要素规定的允许范围。

3.12

后勤保障能力 logistics ability

一次考察任务中可用于反射地震资料采集的人员、运力、燃料、备件及有效作业时间等保障资源的总量。

3.13

雪地车队 oversnow convoy

在南极内陆由履带式牵引车、雪地车等组成，承担人员与物资运输的车辆编队。

3.14

救援可达性 rescue accessibility

外部救援力量自接到求援至到达作业点所需的预计时间及其可行性。

3.15

热水钻 hot water drill

利用加热的水流融穿冰层以形成孔洞的钻进装置。

3.16

雪地拖缆 snow streamer

由雪橇或车辆牵引、承载于雪面并沿测线连续布设的检波器串及其传输电缆。

3.17

冰盖速度模型 ice sheet velocity model

描述粒雪层、冰层及冰下介质地震波速度随深度与横向变化关系的模型。

4 总则

4.1 基本要求

4.1.1 南极冰盖区反射地震资料采集应以科学目标为导向，并在取得环境影响评价批准文件和作业许可后组织实施。

4.1.2 采集方案应与考察队的保障能力相匹配。人员、运力、燃料、备件和有效作业时间应经后勤保障能力核算，核算结果应作为确定测线长度、炮点数量和接收道数的依据。

4.1.3 采集作业应实行全过程质量控制。前一道工序未经验收合格，不应转入下一道工序。

4.1.4 承担采集任务的单位应配备具有极地野外作业经验的技术人员，并配置满足低温环境使用要求的仪器设备。

4.2 基本原则

4.2.1 安全优先。任何作业方案均不应以降低人员安全冗余为代价；作业方式、单日作业时长和撤离预案应与作业区的救援可达性相适应。

4.2.2 环境保护优先。环境保护要求具有一票否决效力。当作业安排与环境保护要求或环境影响评价承诺不一致时，应调整或终止作业。相关环境保护要求参考《南极考察活动环境影响评估管理规定》(2017)、《南极活动与环境保护法(草案)》等法案。

4.2.3 技术与保障能力相匹配。采集规模应以后勤保障能力反算确定，不宜按技术理想值直接下达工作量；方案中应包含保障资源减少时的减量执行方案。

4.2.4 保守起步。起步阶段宜采用二维观测方式，并控制排列长度与炮点密度；三维采集宜在二维工作取得可靠成果且具备相应保障能力后开展。

4.2.5 作业记录可追溯。野外作业期间的天气条件、装备状态、作业过程和判定结论应予记录，并保持可追溯。

4.3 人员、装备与记录

4.3.1 作业人员应经低温作业、冰上安全和相应专业作业培训，考核合格后方可上岗。

4.3.2 进入作业区前，应对仪器设备的低温工作性能进行验证，验证不合格的设备不应投入使用。

4.3.3 野外作业应按本文件规定的格式填写班报、仪器检查记录和天气记录；各项记录应与原始数据同步保存。

4.3.4 原始数据、辅助数据与各项记录应双份异地保存，并随队返回基地。

5 技术设计

5.1 工作任务

5.1.1 反射地震资料采集工作任务应依据南极考察任务的总体安排确定，并形成工作任务书。

5.1.2 工作任务书应包含极地考察组织单位规定的内容，并与提交给考察组织单位的实施方案在任务目标、工作量和保障需求方面保持一致。

5.2 资料收集和后勤保障

5.2.1 工作设计前应收集工区相关已有资料和保障条件资料，并对其可靠性、精度和时效性作出评价。

5.2.2 收集资料范围建议包括下列内容：

a) 冰厚与冰下地形资料，包括无线电回波探测（RES）、冰雷达探测成果及冰厚模型数据；

b) 冰下湖、冰下水系和冰下沉积层分布资料；

c) 遥感与地形资料，包括卫星影像、卫星测高、数字高程模型和地表积累率数据；

e) 南极地震数据图书馆系统（SDLS）中工区及邻区的既有地震反射剖面；

f) 前序考察取得的地震、钻孔、测井和地球物理资料；

g) 工区及邻近区域的温度等气象与气候统计资料。

5.2.3 后勤保障条件资料应包括下列内容：

a) 可提供的运输工具类型、运力（载重与体积）及数量；

b) 燃油、备件和消耗品的供应额度；

c) 执行季节的起止时间及预计有效作业天数；

d) 营地条件，包括发电、取暖和通讯能力；

e) 人员数量与专业构成；

f) 作业区的外部救援能力及救援可达性。

5.2.4 资料收集结果应形成设计输入清单。清单中的保障条件数据应作为后勤保障能力核算的输入，并据以确定采集规模。

5.2.5 工区已有可用的多道地震反射剖面时，宜优先复用，避免重复采集。

5.2.6 各项资料的来源、精度、采集时间和使用限制应予记录，并随技术设计书归档。

5.3 工区踏勘

5.3.1 工区踏勘应采用桌面分析与现场确认相结合的方式。桌面分析应利用资料收集阶段取得的冰厚、冰下地形、遥感影像和冰裂隙资料；现场确认应在作业队伍抵达作业区后实施。

5.3.2 踏勘应包括下列内容：

a) 冰面起伏、雪丘与雪垄分布及雪面承载力；

b) 冰裂隙与雪桥的分布、规模及其对测线布设、行进路线和营地选址的影响；

c) 进出路线及沿途可利用的补给点和应急避难点；

d) 营地选址的地形、积雪和取雪条件；

e) 南极特别保护区、特别管理区以及历史遗址和纪念物的边界位置。

5.3.3 营地应选择在地形平缓、无冰裂隙、避开风吹雪堆积区和雪崩影响区的位置，并具备取雪和车辆停放条件。

5.3.4 踏勘成果应形成报告和图件，作为测线设计和施工组织的依据。

5.3.5 受保障条件限制不能实施现场确认的内容，应在技术设计书中说明，并规定相应的现场复查要求。

5.4 测线设计

5.4.1 在满足后勤保障的基础上，测线布设应完整覆盖探测对象，并满足成像和分辨率要求。测线设计应以资料收集阶段取得的冰厚、冰下地形等资料为基础。

5.4.2 测线方向应根据探测目标确定，并符合下列要求：

a) 探测冰下地形和冰床起伏时，测线宜垂直于冰下地形的主要走向；

b) 探测冰下地质构造时，测线宜垂直于构造走向；

c) 探测冰下湖时，测线应穿越湖体长轴方向，并延伸至湖体边界以外；

d) 研究冰流动力学时，测线可沿冰流方向布设，此时应加强沿线冰裂隙的排查。

5.4.3 测线长度应满足下列要求：

a) 测线两端应各向外延伸不少于排列长度的一半，以保证目标段达到设计覆盖次数；

b) 长测线宜按冰厚、冰下地形、冰裂隙分布和保障条件分段设计；

c) 单段长度应与后勤保障的单日作业能力和补给间隔相适应。

5.4.4 测线间距和测网密度应根据任务要求的探测精度和目标体规模确定，并保证相邻测线之间的地质特征可对比。采用二维采集时，主测线间距不宜大于目标体最小横向尺度；布设联络测线时，其间距可大于主测线间距。

5.4.5 测线宜与南极地震数据图书馆系统（SDLS）中已有的地震反射剖面衔接或复用。复用既有测线时，新测线宜与其保持相同的走向，并记录衔接点的位置和编号。

5.4.6 测线布设应避开下列区域：

a) 冰裂隙密集区和裂隙交汇处；

b) 坡度突变带和冰面破碎带；

c) 南极特别保护区、特别管理区以及历史遗址和纪念物的保护范围；

d) 动植物集中分布区；

e) 既有考察设施、营地和后勤行进路线。

5.4.7 测线确需进入南极特别保护区或特别管理区时，应事先取得许可，并遵守相应管理计划的要求。

5.4.8 测线的起止点和转折点应采用全球导航卫星系统定位，并在现场设置标识。测线编号、端点坐标、方位角和定位时间应予记录。

5.4.9 技术设计应包含备用测线，并明确其启用条件。备用测线应预先完成设计；现场确需调整测线时，应按本文件的规定履行设计变更程序。

5.5 采集参数论证

5.5.1 采集参数论证应以下列内容为依据：

a) 探测对象的埋深、规模及其与围岩的物性差异；

b) 要求的垂向分辨率和横向分辨率；

c) 冰盖速度模型，包括粒雪层、冰层和冰下介质的速度参数；

d) 冰层各向异性对成像的影响；

e) 后勤保障能力确定的可用道数、震源数量和作业天数。

5.5.2 观测系统设计应包括道间距、排列长度、最小偏移距、最大偏移距和覆盖次数，并符合下列要求：

a) 道间距应满足目标层最高无混叠频率对应的空间采样要求；

b) 最大偏移距应保证记录到目标层的反射波并满足速度分析的要求；开展冰层各向异性研究时，

最大偏移距还应满足宽角观测的要求；

c) 覆盖次数应根据目标层的信噪比要求确定；

d) 排列长度和道数应与后勤保障能力确定的装备数量相适应。

5.5.3 采样参数应包括采样率、记录长度、前放增益、低切与去假频滤波器、动态范围和记录格式，并符合下列要求：

a) 采样率应根据目标层最高无混叠频率确定，且不宜大于 2 ms；

b) 记录长度应保证记录到最深目标层的反射波，并留有足够的背景噪声记录段；冰盖深部探测时，记录长度应按冰厚对应的双程旅行时计算确定；

c) 前放增益和动态范围应与冰盖界面反射信号的振幅范围相适应；

d) 低切滤波器应能抑制风噪引起的低频干扰，去假频滤波器应在采样前生效；

e) 记录格式应符合本文件的规定。

5.5.4 震源参数应包括震源类型、激发能量、成孔深度和组合方式，并符合下列要求：

a) 震源类型应根据探测深度、分辨率要求和现场保障条件选择；

b) 避免采用炸药震源；

c) 采用气爆震源时，和成孔深度应经试验确定，成孔宜采用热水钻；

d) 采用可控震源时，应规定扫描频率范围、扫描长度和振动次数；

e) 激发能量应与最大偏移距和探测深度相适应。

5.5.6 参数论证应记录所采用的方法、计算过程和结论。采用正演模拟论证时，应说明模型参数及其来源。

5.6 技术设计书编制

5.6.1 技术设计书应经审批后方可实施。

5.6.2 技术设计书应包括下列内容：

a) 任务与目标；

b) 工区条件；

c) 测线设计；

d) 采集参数论证；

f) 试验方案；

g) 施工组织与保障需求；

h) 质量控制措施；

i) 安全与环境保护措施；

j) 减量执行方案。

5.6.3 技术设计书应附下列图件和表格：

a) 工区位置图与测线布置图；

b) 冰厚与冰下地形图；

c) 施工区车辆行驶路线图；

d) 采集参数分段表；

5.6.4 减量执行方案应规定保障资源减少时工作量的削减顺序，并明确削减后成果应达到的最低要求。

5.6.5 技术设计书应规定现场变更的管理要求，包括可现场决定的事项、应报审的事项及其审批权限。

5.6.6 现场确需变更技术设计时，应形成变更记录并随原始资料归档。

6 仪器设备

6.1 一般要求

6.1.1 用于南极冰盖区反射地震资料采集的仪器设备应满足低温、强风和冰雪环境的使用要求，其工作温度范围应覆盖作业区的气温范围并留有适当余量。

6.1.2 仪器设备应具备低温启动能力。不具备低温启动能力的设备，应在保温条件下启动后方可投入作业。

6.1.3 仪器设备的结构应便于人工搬运和雪橇运输，其外形、质量和接口应适应雪面布设作业。

6.1.4 仪器设备及其包装不应含有受南极条约体系禁止或者限制的物质。

6.1.5 南极设备的单体总重量应满足输运条件。

6.1.6 仪器设备应具备数据存储和掉电保护功能，存储容量应满足单次作业周期的数据量要求。

6.2 检波器

6.2.1 用于雪面接收的检波器应具备雪面耦合能力，可采用雪面耦合检波器、雪地拖缆，或配置耦合板的垂直检波器。

6.2.2 不宜采用仅依靠尖锥插入雪层的检波器；确需采用时，应采取改善耦合的措施。

6.2.3 检波器的固有频率和灵敏度应根据目标层的频带范围确定。同一排列内宜采用相同型号的检波器。

6.2.4 检波器的低温性能应经出队前验证。低温下出现的灵敏度下降、密封失效或引线脆断等问题应在出队前消除。

6.2.5 采用雪地拖缆时，其检波器间距和连接方式应与观测系统设计一致；拖曳速度应经试验确定，并保证数据质量满足要求。

6.3 震源设备

6.3.1 震源设备应根据技术设计确定的震源类型配置，并满足探测深度、分辨率和现场保障条件的要求。

6.3.2 应该尽量避免采用炸药震源

6.3.3 若采用气爆震源时，应配置热水钻成孔系统，气爆震源相关设备应经过低温安全验证。

6.3.4 采用可控震源时，应在作业区环境温度条件下进行启动和出力试验，确认能够达到设计出力后方可投入生产。

6.3.5 采用落重或锤击震源时，应配置与雪面条件相适应的重锤和垫板，并规定触发方式。

6.4 定位设备

6.4.1 定位设备应采用双频全球导航卫星系统接收机，其定位精度应满足测线设计和质量检验的要求。

6.4.2 在电离层活跃时段，应采用延长观测时间或事后处理的方式保证定位精度。

6.4.3 定位设备应具备在低温条件下连续工作的能力，其电池应配备保温措施。

6.5 电缆和连接件

6.5.1 电缆应采用低温环境下不发脆、不开裂的护套材料，并应经低温弯折试验合格。

6.5.2 连接器和接头应具备防雪、防潮和防冻性能，插拔操作应能在戴手套条件下完成。

6.5.3 电缆的敷设和回收应避免在低温下产生过小的弯曲半径。

6.6 电源与保温

6.6.1 仪器设备使用的电池应满足低温放电要求；不能保证低温性能的电池，应采取保温或加温措施。
6.6.2 备用电池的携带数量应满足单次作业周期和应急需要。
6.6.3 作业车辆的加热车厢或保温箱应能为仪器设备提供启动和存放条件。

6.7 检验与校准

6.7.1 仪器设备出队前应完成下列工作：
a) 低温性能验证；
b) 检波器一致性测试；
c) 地震仪与采集系统的校准；
d) 定位设备的精度校核。

6.8 备件与冗余配置

6.8.1 关键仪器设备应配置备件，其数量应保证单台设备失效时采集工作仍可继续。
6.8.2 下列部件宜配置不少于 1:1 的备件：
a) 地震激发单元；
b) 检波器；
c) 采集电缆和接头；
d) 定位设备；
e) 电源与充电装置。
6.8.3 易损件的备件数量应经核算确定，并在技术设计书中列出备件清单。

6.9 运输、存放与现场保管

6.9.1 仪器设备的运输应采取防震、防潮和防冻措施。
6.9.2 电池的运输和存放应符合航空与陆路运输的相关规定，并应避免低温下深度放电。
6.9.3 现场存放的仪器设备应置于保温、防雪和通风条件良好的位置；未使用的设备应保持干燥并定期通电检查。

7 野外工作

7.1 生产前试验

7.1.1 正式采集前应在作业区开展生产前试验，试验内容、工作量、方案应在技术设计中体现。
7.1.2 试验应包括震源试验、接收试验、观测系统试验和环境噪声试验。
7.1.3 试验点(段)应布置在探测对象具有代表性、条件与生产测线一致的位置。
7.1.4 试验应按下列要求实施：
a) 逐项改变试验因素，其余条件保持一致；
b) 记录试验期间的气温、风速和雪面状况；
c) 每个试验因素的有效记录数量应满足统计分析的要求。
7.1.5 试验资料的判据应包括信噪比、分辨率、冰岩界面同相轴连续性和反射波能量。分析结论应明确

给出正式采集采用的震源类型、激发能量、检波器类型、道间距、偏移距和覆盖次数。

7.1.6 试验结论论证采集方案可靠后方可转入正式采集。

7.2 测线布设与测量工作

7.2.1 测线布设应按经批准的技术设计实施。测线方向、长度、间距和位置需要调整时，应按设计变更程序办理。

7.2.2 测线布设前应进行行进路线和测线通道的冰裂隙探查。确保安全后方可实施。

7.2.3 测线应在冰面设置标识，标识应能在大风、降雪和低能见度条件下保持可辨识。

7.2.4 测量工作应符合下列要求：

a) 测点定位应采用双频全球导航卫星系统接收机；

b) 观测方式和观测时长应根据定位精度要求确定，在电离层活跃时段应延长观测时间或者采用事后处理；

c) 测点高程应采用统一的高程基准，并注明所采用的基准面。

7.2.5 测点应按顺序编号，记录点号、坐标、高程和定位时间。测线编号和测线要素应满足测线设计的要求。

7.2.6 测量成果应经现场检查。点位偏差超出技术设计允许范围时，应重测。

7.3 观测系统

7.3.1 观测系统应按经批准的技术设计布设，包括道间距、排列长度、最小偏移距、最大偏移距和覆盖次数。

7.3.2 排列布设应保持直线，其偏离设计位置的程度不应超出技术设计允许的范围。受地形或冰裂隙限制需要改变排列形状时，应实测记录实际位置，并在资料处理中采用实际坐标。

7.3.3 炮点位置应实测定位，其点距应与观测系统设计一致。

7.3.4 观测系统的实际要素，包括炮点编号与坐标、检波点编号与坐标和偏移距，应逐炮逐道记录并形成观测系统文件。

7.3.5 现场需要调整观测系统时，应评估其对覆盖次数和成像效果的影响，并按本文件的规定履行变更程序。

7.3.6 极地观测系统设计应考虑后勤保障、施工周期、现场作业人数等综合情况，固定排列、拖曳式排列在南极数据采集中具有更好的效率。

7.4 地震波的激发

7.4.1 激发方式应按技术设计确定，并应经生产前试验验证。

7.4.2 采用气爆震源时，激发应符合下列要求：

a) 成孔宜采用热水钻，成孔深度和孔径应满足气瓶体积和封孔要求；

b) 气瓶灌注应按技术设计确定，不应擅自增减；

c) 气瓶下井后应及时封孔，在钻孔中加注一定量液体水后再加注粒雪，保证激发能量向下传播；

d) 起爆应设置警戒范围和安全距离，并确认人员、车辆撤至安全位置后方可起爆。

7.4.3 采用可控震源时，应监控扫描频率、扫描长度、振动次数和出力；单点持续震动 5 分钟以上，以保证震动面板处粒雪压实。

7.4.4 采用落重或锤击震源时，应保持落点位置一致，并防止雪面变形影响重复性。

7.4.5 激发点位的实际坐标和高程应实测记录，并设置标识。

7.4.6 激发完成后，应恢复现场，满足环保要求。

7.5 地震波的接收

7.5.1 检波器应按观测系统设计布设，并与雪面可靠耦合。

7.5.2 采用节点检波器时，应符合下列要求：

a) 检波器应埋置于 20 cm 左右深度，确保检波器开机正常采集后，以细质粒雪压实填充；

b) 用细绳将检波器与定位竹竿相连，竹竿距检波器 1 米以上，以防竹竿震动影响接收。

c) 检波器的埋置深度和方式应保持各道一致；

7.5.3 采用雪地拖缆时，拖缆应与测线方向一致，检波器间距应准确。牵引速度应经试验确定；牵引过程中应避免拖缆扭曲和检波器移位。

7.5.4 接收系统应在开工前逐道检查，检查内容包括道一致性、道序、极性和噪声水平。

7.5.5 作业期间应监测环境噪声和风噪。风速超过规定界限时以及白化天时，应停止接收或者降低作业强度。

7.5.6 应定期检查检波器状态，检查频次应根据作业条件和设备状态确定。

7.6 数据记录与现场质量控制

7.6.1 每日作业前应对采集系统的采集参数进行核对，确认与生产前试验结论一致。

7.6.2 每炮应按规定的格式填写班报。

7.6.3 单炮记录应在考察期间及时评价，评价内容包括初至清晰度、冰岩界面反射波能量、信噪比和干扰水平。

7.6.4 不合格记录应在保障条件和考察时间允许的情况下补测或重测。

7.6.5 原始数据、辅助数据和各项记录应双份异地保存，并应在每日作业结束后完成备份。

7.6.6 仪器日检记录和天气记录应与班报同步填写并归档。

7.7 野外作业组织与作业条件判定

7.7.1 单日作业应按计划组织。作业开始前应确认天气条件满足作业气象界限的要求。

7.7.2 出现下列情形之一时，应停止或者暂停作业：

a) 气温、风速或者能见度超出作业气象界限；

b) 出现白化天气；

c) 作业区发现未探明的冰裂隙；

d) 通信中断且无法在规定的时限内恢复。

7.7.3 作业人员应按分组编队行动，不应单人离开营地或者作业点。

7.7.4 作业期间应按规定定时向营地或者考察队报告位置和状态。

7.7.5 每日作业结束后，应记录当日实际完成的工作量和剩余的保障资源，用于调整后续作业计划。

7.7.6 现场发生的设计变更、异常情况和处置措施应形成书面记录，并随原始资料归档。

8 数据质量评价

8.1 数据质量快速评价

8.1.1 数据质量评价应在野外现场施工周期内实施，用于及时判断采集质量，并决定是否补炮或者调整作业参数。

8.1.2 快速评价应以记录中直达波、面波、导波和冰岩界面反射波的发育特征为依据。

8.1.3 南极冰盖区的反射地震记录通常包含下列波组：

a) 直达波：沿粒雪层和冰层近地表传播的初至波；
b) 面波：沿雪面传播的频散波列，速度低、频率低、能量强；
c) 导波：在冰层内受冰面与冰床界面约束而传播的波列，速度介于面波与冰层纵波之间，频散明显，持续时间较长；
d) 冰岩界面反射波：来自冰床的反射波，因冰与下伏基岩的波阻抗差异大，反射系数大、能量较强；
e) 冰岩界面多次波：来自冰岩界面和雪表的地表多次波。

8.2 数据质量综合评价

8.2.1 在条件充分时，数据质量综合评价应在野外施工周期内实施，用于综合评价采集质量，并决定是否调整作业参数。

8.2.2 数据质量综合评价方法遵照 GB/T 33583—2025 执行。

9 采集报告编写

9.1 一般要求

9.1.1 反射地震资料采集工作结束后应编写采集报告。

9.1.2 采集报告应真实、完整地反映采集工作的实施情况，其内容应与原始记录一致。

9.1.3 采集报告应在原始资料检查合格后编制。

9.1.4 采集报告中的术语和符号应与本文件一致，计量单位应采用国家法定计量单位。

9.1.5 采集报告应经审核、批准后提交。

9.2 报告内容

9.2.1 采集报告应包括下列内容：

a) 任务来源与工作目标；
b) 工区概况与作业条件；
c) 技术设计执行情况；
d) 仪器设备及其检验、校准情况；
e) 野外作业实施情况；
f) 数据质量评价结果与质量统计；
g) 完成的工作量；
h) 安全与环境保护措施的落实情况；
i) 存在问题与建议。

9.3 分项编制要求

9.3.1 任务来源与工作目标应说明任务书或者合同的依据、探测对象和预期成果。

9.3.2 工区概况与作业条件应包括工区位置与范围、冰厚与冰下地形概况、粒雪层特征，以及作业期间的实测气温、风速和有效作业天数。

9.3.3 技术设计执行情况应说明实际采用的观测系统和采集参数，并应与设计参数逐项对比；存在差异的应说明原因；发生设计变更的应附变更记录。

9.3.4 仪器设备应说明设备型号、数量、低温适应性验证结果、检验与校准结果，以及作业期间的故障与

维修情况。

9.3.5 野外作业实施情况应说明生产前试验结论、测线的实际位置与长度、激发点数量、接收道数和观测系统的实际要素，以及未完成的工作量及其原因。

9.3.6 数据质量应给出各级记录的数量与比例、坏道率、不合格记录的数量与补炮情况，并附典型记录。

9.3.7 安全与环境保护应说明作业气象界限的执行情况、安全事件及其处置情况、废弃物处置与场地恢复情况，以及环境影响评价承诺的履行情况。

9.4 附图附表

9.4.1 采集报告应附下列图件：

a) 工区位置图与测线实际布置图；
b) 冰厚与冰下地形图；
c) 数据初步处理剖面图；
d) 典型单炮记录。

9.4.2 采集报告应附下列表格：

a) 测线完成情况表；
b) 采集参数表；
c) 仪器设备检验记录表；
d) 现场采集过程记录表；
e) 桩号位置信息记录表；
f) 反射地震数据采集班报。

9.5 审核与提交

9.5.1 采集报告应经承担单位技术负责人审核、任务负责人批准。

9.5.2 采集报告应连同原始资料、辅助资料和各项记录一并提交。

9.5.3 采集报告和资料的提交对象、份数和时限应按任务书或者合同的规定执行。

9.6 资料归档与汇交

9.6.1 采集报告、原始资料、辅助资料和各项记录应一并归档，其保存期限应符合档案管理的规定。

9.6.2 南极考察数据应按相关考察管理单位要求及时保质汇交。

附 录 A
（资料性）
仪器设备检查记录表

仪器设备检查记录表见表 A.1。

表 A.1 仪器设备检查记录表

设备名称		设备型号		设备编号		检查日期	
序号	检查内容	检查方式	检查人员	检查结果		有效期	备注
1							
2							
3							
4							
5							
6							

记录人：

附 录 B
（资料性）
现场数据采集过程记录表

现场数据采集过程见表 B.1。

表 B.1 现场数据采集过程记录表

项目编号：

项目名称	
测线编号	
采集时间	
	记录人： 年 月 日

附 录 C
（资料性）
桩号位置信息记录表

桩号位置信息记录表见表 C.1。

表 C.1 桩号位置信息记录表

项目名称：

测线编号：

桩号	检波点编号		平面坐标 X m	平面坐标 Y m	高程 m	定位时间	备注

记录人： 记录日期：

附 录 D
（资料性）
反射地震数据采集班报

反射地震数据采集班报见表 C.1。

表 C.1 反射地震数据采集班报

项目名称： 观测系统：

测线编号： 排列长度：

道间距： 炮间距：

震源类型： 采样间隔：

炮号	炮点桩号	激发时间	排列起止桩号	接收道数/坏道数	冰岩界面反射	记录等级	异常与处置

记录人：

参 考 文 献

[1] GB/T 33583—2025 石油地震勘探资料采集技术规范
[2] SY/T 7660—2022 陆上纵波地震资料采集技术规程
[3] SY/T 6643—2021 陆上多波多分量地震资料采集技术规程
[4] SY/T 5171—2020 陆上石油物探测量规范
[5] SY/T 7071—2025 陆上节点地震数据采集系统 检验项目及技术指标
[6] SY/T 7792—2024 陆上节点地震仪器通用技术规范
[7] SY/T 6290—2018 地震勘探辅助数据 SPS 格式
[8] SY/T 5453—2019 地震勘探数据 SEG－Y 格式
[9] SY/T 5928—2025 地震勘探资料归档规范