



中国地质调查局地质调查技术标准

DD 2023—08

海域天然气水合物矿产调查规范

Specifications for mineral survey of natural gas hydrate on sea area

中国地质调查局

2023年12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	2
3.1 术语和定义	2
3.2 缩略语	2
4 总则	2
4.1 目的任务	2
4.2 工作程序和调查内容	2
4.3 调查方法	3
4.4 基本要求	3
5 预研究与设计编审	3
5.1 资料收集	3
5.2 资料整理与分析	3
5.3 设计编制	3
5.4 设计审查与变更	4
6 调查作业	4
6.1 导航	4
6.2 地球物理调查	4
6.3 海底综合调查	5
7 数据处理与实验测试分析	5
7.1 地球物理数据处理与分析	5
7.2 样品测试分析	6
8 资料解释与综合评价	7
8.1 基础地质资料解释	7
8.2 远景区圈定	8
8.3 资源量估算	9
9 成果编制与提交	9
9.1 图件编制	9
9.2 报告编制	9
9.3 数据库建设	10
9.4 成果提交	10
9.5 地质资料汇交	10
10 质量控制	10
10.1 检查内容	10
10.2 检查方法	10
10.3 检查要求	11
10.4 检查结果的处置	11
附录 A (资料性) 项目设计书编制提纲	12
附录 B (资料性) 天然气水合物矿藏估算方法	13

附录 C（资料性） 海域天然气水合物调查成果报告编制提纲.....	14
参考文献.....	16

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国地质调查局提出并归口。

本文件起草单位：中国地质调查局广州海洋地质调查局、中国地质调查局青岛海洋地质研究所、中国地质调查局发展研究中心。

本文件主要起草人：龚跃华、梁金强、陆敬安、王平康、林霖、匡增桂、杜子图、苏丕波、赵庆献、文鹏飞、方允鑫、陈宗恒、孙治雷、温明明、康冬菊、尉建功、王彦美、罗贤虎、曹珺、何水原、耿雪樵、郝小柱、孙运宝、蒋雪筱、李清。

引 言

天然气水合物作为未来一种清洁高效能源，已成为我国第 173 个矿种，由于天然气水合物矿藏的形成分布及其调查手段有别于石油、天然气和固体矿产，现行的海洋油气调查等标准不太适应于海域天然气水合物矿产调查工作，有必要制定满足我国海域天然气水合物矿产调查的技术标准。为此，中国地质调查局广州海洋地质调查局会同青岛海洋地质研究所和中国地质调查局发展研究中心，在借鉴已有石油、天然气和矿产资源调查相关标准的基础上，结合长期的海域天然气水合物矿产调查工作实践编制形成本文件。

本文件对于规范海域天然气水合物矿产调查工作，促进天然气水合物勘查开发具有重要的意义和作用。

海域天然气水合物矿产调查规范

1 范围

本文件规定了海域天然气水合物矿产调查的目的任务、预研究与设计编审、调查作业、数据处理与实验测试分析、资料解释与综合评价、成果编制与提交、质量控制等方面的基本要求。

本文件适用于海域天然气水合物矿产调查工作。

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 12763.4—2007 海洋调查规范 第4部分：海水化学要素观测
- 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 14506.28—2010 硅酸盐岩石化学分析方法第28部分 16个主次成分量测定
- GB/T 14506.33—2010 硅酸盐岩石化学分析方法 第33部分 砷锑铋汞量测定 氢化物发生—原子荧光光谱法
- GB/T 17229.34—1998 大洋多金属结核矿产勘查
- GB/T 17378.5—2007 海洋监测规范 第5部分：沉积物分析 重铬酸钾氧化—还原容量法
- GB/T 18340.2—2010 地质样品有机地球化学分析方法 第2部分 有机质稳定碳同位素测定 同位素质谱法
- GB/T 20260—2006 海底沉积物化学分析方法 微量、痕量成分分析 电感耦合等离子体质谱法
- GB/T 35571 大洋多金属结核资源勘查规范
- GB/T 50123 土工试验方法标准
- DZG 93—05 非金属矿分析规程 EDAT络合滴定法测定碳酸钙量
- DZ/T 0130.9—2006 地质矿产实验室测试质量管理规范 第9部分：岩石矿物样品鉴定
- DZ/T 0247—2009 1:100万海洋区域地质调查规范
- DZ/T 0273—2015 地质资料汇交规范
- DZ/T 0292—2016 海洋多波束水深测量规程
- DZ/T 0327—2019 海洋地质取样技术规程
- DZ/T 0358.1—2020 海洋地震测量技术规范 第1部分：二维地震测量
- DZ/T 0359—2020 海洋热流测量技术规范
- DZ/T 0360—2020 海洋地质调查导航定位规程
- DZ/T 0425—2023 地质勘查活动质量管理
- HJ 778—2015 水质 碘化物的测定 离子色谱法
- HJ 812—2016 水质 可溶性阳离子(Li^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+})的测定 离子色谱法
- HJ 84—2016 水质 无机阴离子(F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-})的测定 离子色谱法
- SY/T 5238—2019 有机物和碳酸盐岩碳、氧同位素分析方法
- SY/T 5163—2018 X射线衍射分析、粘土矿物鉴定：沉积物中粘土矿物和常见非粘土矿物X射线衍射分析方法
- SY/T 6009.3—2003 油气化探试样测定方法 第3部分 顶空气体轻烃测定 气相色谱法

SY/T 7313—2016 油气及岩石抽取物与干酪根中氢同位素分析

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

天然气水合物 natural gas hydrate

天然气与水在一定温度和压力条件下形成的类冰状固态结晶物质。

3.1.2

天然气水合物稳定域 natural gas hydrate stability zone; GHSZ

温度和压力条件适合天然气水合物形成并保持稳定的区域。

3.1.3

似海底反射界面 bottom simulating reflector; BSR

与海底平行或近似平行的地震反射界面。

3.2 缩略语

AVO:振幅随偏移距的变化 (amplitude variation with offset)。

BDS:中国北斗卫星导航系统 (Bei-Dou navigation satellite system)。

GNSS:全球卫星定位系统 (global navigation satellite system)。

GPS:全球定位系统 (global positioning system)。

4 总则

4.1 目的任务

发现并确定海域天然气水合物分布区，评价其资源。为海域天然气水合物资源勘查与开发利用提供依据。

依据调查区地质资料，在选定的天然气水合物潜力区通过路线剖面或较稀测网进行地质、地球物理和地球化学调查，圈定远景区，估算预测资源量，提出下一步调查建议。

4.2 工作程序和调查内容

4.2.1 工作程序

遵循预研究、野外调查、资料处理及样品分析、资料解释与综合评价、成果编制、成果提交等步骤实施。

4.2.2 调查内容

主要内容包括：

- a) 对拟开展工作区域进行基础地质调研，包括水深和地形、地貌、区域热流特征、区域构造特征和区域沉积特征等方面的可行性调查研究；
- b) 初步划分和建立地层层序，分析天然气水合物的成藏地质条件；

- c) 分析天然气水合物的地质、地球物理和地球化学异常特征；
- d) 估算天然气水合物稳定域厚度及其分布范围；
- e) 圈定资源远景区，估算预测资源量。

4.3 调查方法

以二维地震测量为主，辅以其它综合调查方法。至少包括但不限于以下方法：

- a) 对拟开展工作区域进行基础地质资料收集。
- b) 二维地震测量。
- c) 海洋热流测量、海洋多波束水深测量、海底摄像调查。
- d) 浅表层地质取样（重力活塞取样、箱式取样、抓斗取样等）。

4.4 基本要求

4.4.1 对拟开展调查区进行油气地质、区域地质条件分析，选择具备海域天然气水合物成藏潜力区开展工作。

4.4.2 二维地震测量测网 $\geq 8 \text{ km} \times 16 \text{ km}$ ，地质测站（包括热流调查） $\geq 16 \text{ km} \times 16 \text{ km}$ 。编图比例尺 $\leq 1 : 500\,000$ 。

5 预研究与设计编审

5.1 资料收集

主要包括内容如下：

- a) 最新出版的调查区及邻区地形图、地貌图、地质图等相关基础地质资料和成果报告。
- b) 地球物理、地球化学资料，钻井、测井、录井等地质勘查资料。
- c) 实验测试分析资料。
- d) 自然地理地貌、水文、气象等相关资料。

5.2 资料整理与分析

5.2.1 资料分类整理，编制资料目录，建立资料档案。

5.2.2 开展区域地质背景、油气地质条件、油气成藏规律等综合分析。

5.2.3 根据需要编制工作程度图、区域构造分区图、区域地层年代表等图件。

5.3 设计编制

在资料分析基础上，确定拟开展调查评价工作的范围，明确调查内容、技术路线、工作方法手段和预期成果等，编写项目设计书，项目设计书提纲可参照本文件附录 A。项目设计应满足如下要求：

- a) 设计书应目标任务具体、明确，可量化考核；
- b) 预研究应充分收集资料，全面分析工作现状及存在问题；
- c) 工作部署合理、科学，满足目标任务；
- d) 阶段划分明确、进度安排清楚；
- e) 工作方法可行，具有针对性和可操作性；
- f) 技术路线、任务分解得当；
- g) 实物工作量安排合理，满足目标任务的实现；
- h) 预期成果明确、可考核。

5.4 设计审查与变更

项目设计由项目承担单位初审，项目主管部门对设计书进行审查和审批，未经批准的设计不得实施；经审查批准的设计不得随意变更，确需变更的，应由设计编制单位提出变更方案，报请设计审查批准单位审查同意后方可执行。

6 调查作业

6.1 导航

导航精度要求如下：

- a) 采用差分 GNSS、BDS 等定位；
 - b) 地震尾标定位系统，定位误差应不大于 5 m；
- 其它海上作业按 DZ/T 0360—2020 中相关要求执行。

6.2 地球物理调查

6.2.1 二维地震测量

6.2.1.1 调查设备基本要求

二维地震测量设备应满足如下要求：

- a) 记录系统(含数字包)主要性能应达到：24 位 A / D 转换或以上；采样率小于或等于 1 ms；动态范围大于 120 dB。
- b) 接收系统主要性能应达到：电缆道距小于或等于 12.5 m；电缆长度大于目的层深度；电缆沉放深度要规避鸣振效应对目的层反射波主频陷波作用；震源沉放深度与电缆沉放深度一样时，要规避鸣振效应；灵敏度大于或等于 17 $\mu\text{V}/\mu\text{bar}$ ；深度传感器精度误差小于 0.3 m。
- c) 震源系统主要性能应达到：控制器精度标称值小于 ± 0.1 ms；0 Hz~250 Hz 滤波档时，波泡比标称值大于 30 : 1。

6.2.1.2 海上作业技术要求

技术要求如下：

- a) 首次开展二维地震测量资料采集的调查区，采集前应做震源、电缆调谐组合试验；
- b) 海上施工要求：
 - 1) 背景噪音应小于 0.5 Pa(5 μbar)，定深器所在道的噪音应小于 1.0 Pa(10 μbar)。
 - 2) 各个定深器翼角不大于 5° ；
 - 3) 电缆羽角不大于 $\pm 10^\circ$ ；
 - 4) 工作中不正常道应小于总道数的 2%，且不应分布在近炮点道；
- c) 其它作业质量控制按 DZ/T 0358.1—2020 中 4 和 6 执行。

6.2.2 海洋热流测量

海洋热流测量包括海底地温梯度测量、海底原位热流测量和室内热导率测量。海底地温梯度测量、海底原位热流测量作业质量控制分别按 DZ/T 0359—2020 中 6 和 7 执行；室内热导率测量测量样品（最小圆柱状样品）应满足：直径 30 mm，长 75 mm。

其它作业质量控制按 DZ/T 0359—2020 中 8 执行。

6.2.3 海洋多波束水深测量

海洋多波束水深测量可按照 DZ/T 0292—2016 相关规定执行。同时应满足如下要求：

- a) 调查中应同时记录背散射数据，同一调查区内多波束系统使用的发射信号类型、发射模式、发射功率等影响背散射强度的参数应尽量保持不变，保证背散射强度标准统一；
- b) 调查中应同时记录水体数据，要求记录整个发射扇面的水体数据，现场监控水体异常特征信息，并在班报中标注。

6.3 海底综合调查

6.3.1 海底样品采集

按照 DZ/T 0327—2019 中 6.4 相关要求执行。

6.3.2 样品的现场描述与处理

按照 DZ/T 0247—2009 中 5.3.3.4 执行。

6.3.3 海底摄像调查

技术要求如下：

- a) 施放海底视像拖体时，应距离海底以上 30 m~50 m 内打开海底视像照明，启动甲板监控录像，并做好班报记录；
- b) 施放海底视像拖体时的船速应控制在 2 Kn 以内；
- c) 当甲板视频中发现海底时，应及时打开水下录像机进行同步录像，并记录班报；
- d) 拖体离海底高度不大于 3 m；
- e) 记录图像应清晰，数据完整并可回放。

7 数据处理与实验测试分析

7.1 地球物理数据处理与分析

7.1.1 地震成像处理

7.1.1.1 一般要求

应针对处理流程和关键参数进行试验。根据试验情况，确定批量处理流程和参数。处理过程应进行质量控制，确保处理结果准确。

- a) 应采用保幅处理流程，满足叠前弹性参数反演的需要，关注似海底反射界面、振幅空白带、速度反转和极性反转等与天然气水合物相关的异常特征。
- b) 处理内容包括噪音衰减、振幅补偿、吸收衰减补偿、多次波压制、虚反射压制、子波处理、速度分析、偏移成像等。

7.1.1.2 成果要求

技术要求如下：

- a) 处理成果包括 SEG—Y 格式成果数据、速度资料、处理报告；
- b) 成果数据与原始资料相比应有较高的信噪比、分辨率和保真度，剖面应没有气泡、采集脚印，子波为零相位，速度数据精度高。

7.1.2 地震反演处理

7.1.2.1 一般要求

主要包括波阻抗、基于 AVO 的弹性参数反演等，具体技术要求如下：

- a) 主要针对纵波阻抗、纵波速度、横波速度和密度以及 AVO 属性等异常；
- b) 处理内容包括数据预处理、反演算法、初始模型建立、子波提取、迭代次数等。

7.1.2.2 成果要求

具体技术要求如下：

- a) 处理成果包括反演处理报告、反演成果数据体；
- b) 反演结果异常特征清楚，刻画描述准确，如有测井资料，应与测井资料吻合。

7.1.3 海洋多波束水深测量数据处理

海洋多波束水深测量数据处理按 DZ/T 0292—2016 中 9 执行。水体数据处理具体技术要求如下。

- a) 应根据资料情况进行回波强度增益处理和回波强度地形改正。
- b) 处理内容：提取回波强度数据、计算分析增益参数、确定地形改正模型参数、剔除异常数据。
- c) 处理成果：回波强度影像图。回波影像色调一致、信噪比高。

7.1.4 海洋热流测量处理

海洋热流测量处理质量控制按 DZ/T 0359—2020 中相关要求执行。

7.2 样品测试分析

7.2.1 分析对象

海底地质调查和取样工作中获取的沉积物、气体、水体、天然气水合物以及与冷泉相关的岩石样品。

7.2.2 分析项目及质量控制

7.2.2.1 沉积物样品

对沉积物样品的分析可包括：

- a) 岩矿分析：包括涂片鉴定（硅质生物、钙质生物、粘土）、碎屑矿物鉴定（磁铁矿、钛铁矿、赤铁矿、云母、角闪石等）、粘土矿物鉴定等）和粘土矿物鉴定（伊利石、蒙脱石、高岭石、绿泥石等）；应按照 GB/T 12763.8—2007、GB/T 17229.34—1998、GB/T 14506.28—2010、SY/T 5163—2018 相关规定执行。
- b) 微体古生物鉴定（有孔虫、硅藻、放射虫、介形虫、沟鞭藻、钙质超微化石、孢粉等）。应按照 GB/T 12763.8—2007 相关规定执行。
- c) 土工测试（粒度、含水率、密度、比重、固结、三轴压缩、无侧限抗压强度、直接剪切、渗透率等）。应按照 GB/T 12763.8—2007、GB/T 50123—2019 相关规定执行。
- d) 化学成分：包括常量元素（Si、Ca、Mg、Al）等；微量元素（Cu、Pb、Zn）等；稀土元素、有机碳、碳酸钙等；有机碳同位素、有孔虫碳、氧同位素。应按照 GB 17378.5—2007、GB/T 20260—2006、GB/T 18340.2—2010、SY/T 5238—2019、GB/T 14506.28—2010、GB/T 14506.33—2010、DZG 93—05 相关规定执行。

7.2.2.2 顶空气样品

应对顶空气样品的 C₁-C₅ 烃类气体组成及 C/H 同位素组成进行分析，按照 SY/T 6009.3—2003、SY/T 5238—2019、SY/T 7313—2016 相关规定执行。其中烃类气体组成测试精度应小于 5%，碳同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 测试精度应小于 0.2‰，氢同位素 δD 测试精度应小于 1‰。

7.2.2.3 孔隙水和海水样品

对孔隙水和海水样品分析，主要包括：Cl⁻、SO₄²⁻、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Sr²⁺、B⁵⁺、Ba²⁺、Br⁻、I⁻、营养盐、总碱度和溶解气体成分及同位素等。按照 GB 17378—2007、GB 12763.4—2007、HJ 84—2016、HJ 778—2015、HJ 812—2016 等相关规定执行。

孔隙水阳离子含量的测试精度应小于 3%，阴离子含量测试精度应小于 2%。

孔隙水稳定同位素分析应包括溶解无机碳（DIC）同位素、氢氧同位素。孔隙水溶解无机碳（DIC）同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 测试精度应小于 0.2‰。孔隙水氧同位素 $\delta^{18}\text{O}$ 测试精度应小于 0.2‰，氢同位素 δD 测试精度应小于 1‰。

7.2.2.4 岩石矿物样品

对样品中岩石矿物的分析可包括：矿物成分（石英、钾长石、斜长石、方解石、白云石、菱铁矿、石盐、黄铁矿、赤铁矿、硬石膏、普通辉石、锐钛矿、粘土矿物等）分析，化学成分（主量元素 Ca、Mg、Si 等）、有机碳、碳酸钙、微量元素（Mo、Ba、Fe）及稀土元素等）分析、有机碳同位素、无机碳氧同位素等。按照 DZ/T 0130.9—2006、GB/T 14506—2010、GB 17378.5—2007、DZG 93—05、GB/T 20260—2006、SY/T 5238—2019 等相关规定执行。

8 资料解释与综合评价

8.1 基础地质资料解释

8.1.1 二维地震测量资料

8.1.1.1 进行天然气水合物成藏的构造学、沉积学解释，包括地震反射层解释、断层解释、地震层序解释、层序地层解释等方面，重点解释与天然气水合物相关的有利构造、沉积体；具体要求可参照 DZ/T 0358.1—2020 中 8.3 相关内容执行。

8.1.1.2 分析速度谱，计算均方根速度、平均速度和层速度，建立时深转换模型，分析速度异常及其与天然气水合物的关系。具体要求可参照 DZ/T 0358.1—2020 中 8.3.3 相关内容执行。

8.1.1.3 解释 BSR 剖面特征、平面特征。

8.1.1.4 综合地震资料解释成果，识别天然气水合物存在的地震标志，确定其埋藏深度和分布范围。

8.1.2 海洋热流测量资料

解释海底温度、地温梯度、热导率，计算热流值，用于海底天然气水合物稳定域估算。

8.1.3 海洋多波束水深测量资料

8.1.3.1 开展调查区海底地形地貌特征识别。

8.1.3.2 开展与天然气水合物赋存相关联的海底微地形地貌特征推断、解释，如海底滑坡、麻坑（梅花坑）、丘状体、泥火山（或泥底辟）、羽状流、天然气冷溢气口（冷泉）、洼地和台地等。

8.1.3.3 开展调查区基础工程地质资料解释，为后续勘查提供浅地层结构上的认识。

8.1.4 样品分析资料

- 8.1.4.1 分析孔隙水地球化学特征，圈定孔隙水离子浓度异常分布区。
- 8.1.4.2 分析烃类气体的成因类型及其空间分布特征，圈定烃类气体异常区。
- 8.1.4.3 沉积物资料整理参照 GB/T 20260—2006 相关要求执行。
- 8.1.4.4 分析岩石矿物的矿物组成，获取碎屑矿物中重晶石、黄铁矿等矿物含量，推断其形成时的甲烷通量。具体按 GB/T 14506—2010、GB 17378.5—2007、DZG 93—05、GB/T 20260—2006、SY/T 5238—2019 相关要求执行。

8.2 远景区圈定

8.2.1 圈定依据

天然气水合物成藏温压条件、气源条件、构造条件、沉积条件、地震异常特征和地质地球化学异常特征。

8.2.2 圈定流程

8.2.2.1 地质条件分析

应包括下列内容：

- a) 温压条件分析：分析热力学条件，预测天然气水合物成藏的稳定域；
- b) 气源条件分析：预测天然气水合物烃类气体的来源、成因类型及烃源岩生气潜力；
- c) 构造条件分析：分析调查区天然气水合物成藏构造条件，重点开展新构造活动研究，预测天然气水合物成藏流体输导体系；
- d) 沉积条件分析：分析调查区天然气水合物成藏沉积条件，开展地震相、沉积相分析，预测天然气水合物成藏储聚体系。

8.2.2.2 异常特征分析

确定天然气水合物似海底反射界面（BSR）及与天然气水合物相关的地球化学-地球物理属性异常特征及分布范围。

8.2.3 划分原则

8.2.3.1 基本原则

经过天然气水合物成藏条件分析，远景区圈定应满足以下条件：

- a) 满足天然气水合相平衡条件的区域；
- b) 具备烃类气体生成条件的区域；
- c) 具备天然气水合物成藏流体输导体系的区域；
- d) 具备天然气水合物成藏储聚体系的区域。

8.2.3.2 必备原则

具备以下条件区域应归属于远景区范围：

- a) 具备各类天然气水合物成藏条件的平面叠合区；
- b) 具备天然气水合物 BSR 显示区域；
- c) 具备天然气水合物相关的地球化学异常叠合区；
- d) 发现有天然气水合物赋存的冷泉区。

8.2.4 圈定方法

综合天然气水合物成藏的温压、气源、构造及沉积条件，结合地球物理、地球化学异常，采用叠合分析、相关分析等方法，圈定天然气水合物资源远景区，为资源量估算提供面积参数依据。

8.3 资源量估算

8.3.1 天然气水合物矿藏资源量 (Q)

包括天然气水合物矿体资源 (Q_h) 及其伴生气资源 (Q_f) 总和。具体估算方法见附录 B。

8.3.2 参数估算

8.3.2.1 面积和厚度

通过圈定天然气水合物分布范围，并参考速度异常、极性反转和振幅空白等，确定含天然气水合物层的分布面积和厚度；或通过地震资料的反演处理，结合地震属性分析，确定其分布面积和厚度；

8.3.2.2 孔隙度和饱和度

利用地震速度资料、地震反演等资料计算储层孔隙度及天然气水合物/伴生气饱和度；或根据天然气水合物的成藏地质条件，与相近地区进行类比分析确定；

8.3.2.3 原始地层温度和压力

利用原始地层压力可用静水压力进行估算，原始地层温度可用实测海底温度和地温梯度进行估算，或用区域性资料进行类比。

8.3.2.4 其它参数

本规范中未直接描述的资源评价计算参数的选取，也应遵循合理、合规原则，针对评价区域地质情况在适当范围内选取，并在评价结果中阐明参数选取的依据。

9 成果编制与提交

9.1 图件编制

根据调查目的任务，按实际调查手段编制图件。图件种类按实际资料和研究需要确定，应与相应的调查方法、调查内容和成果报告一致，反映调查工作完成情况，包括但不限于：

- a) ×××海域天然气水合物测线（测站）实际材料图；
- b) ×××海域构造分布图；
- c) ×××海域热流平面分布图；
- d) ×××海域天然气水合物地球化学异常分布图；
- e) ×××海域天然气水合物 BSR 分布图；
- f) ×××海域天然气水合物资源远景区评价图。

9.2 报告编制

9.2.1 编制要求

调查成果报告总体要求如下：

- a) 内容齐全，重点突出，文、图、表相吻合，章节统一协调，结论依据科学可靠；

- b) 须充分反映实际调查、解释和研究资料，加强综合研究；
- c) 插图、插表、附图要求清晰、美观、协调、规范。

9.2.2 编制内容

调查成果报告应以调查获得的实际资料为基础，并综合利用调查海域及周围地区已有的资料，对调查区区域地质特征，天然气水合物成藏规律、资源潜力等内容进行全面、科学的论述。

调查成果报告的内容形式包括文字报告和附图、附表。报告编写应根据项目审批意见书或合同书、调查设计的要求进行编写。成果报告提纲可参照本文件附录 C。

9.3 数据库建设

以实测天然气水合物数据基本信息为基础，按照天然气水合物数据库基础数据的数据结构、成果图件标准，建立天然气水合物数据库，管理原始调查数据和综合研究数据，形成原始资料数据库和成果资料数据库。数据库应满足：

- a) 原始资料数据库包括：天然气水合物调查评价全过程（主要包括地球物理调查、地球化学调查等过程）获取或产生的、以计算机可读取规定形式表示的所有数据、表格、图件、图片以及文字材料等原始资料；
- b) 成果资料数据库包括：天然气水合物调查评价全程（主要包括预研究、综合评价研究、成果编制研究和综合研究等过程）研究形成或产生的以计算机可读取规定形式表示的所有数据、表格、图件、图片以及文字报告等成果资料；
- c) 数据库应按相关数据结构标准建设，保持数据完整性、准确性和一致性；
- d) 应通过数据采集与处理、数据入库和入库数据检查等提供信息化建设所需的相关数据和资料。具体参照《国土资源数据库标准及建设规范编制指南》、《数字地质图空间数据库建设工作指南》等执行。

9.4 成果提交

提交的成果包括调查评价工作过程中获取的各种原始资料、成果报告及其附图、附表和数据库等。

9.5 地质资料汇交

按DZ/T 0273执行。

10 质量控制

10.1 检查内容

包括调查阶段各环节形成成果，应保持相关记录齐全、完整，一般包括：

- a) 施工设计书、生产技术总结报告、各项仪器设备校准记录、野外记录班报、各类现场测试分析记录数据、质量自检表、原始资料目录清单、野外调查方案变更的依据和审批件；
- b) 地震记录磁带（磁盘）入库清单、样品入库清单等纸质原始材料；
- c) 视像数据；
- d) 项目设计书、调查成果报告及附图、附表、附件。

10.2 检查方法

野外调查原始资料提交验收前，成果报告提交审查前应进行自检或内检，专家验收时对各类应提交资料的类型、数量进行核查，并进行资料合格性抽检。

10.3 检查要求

10.3.1 项目设计按 DZ/Z 0425—2023 中 6.2 相关规定执行。

10.3.2 野外工作项目组应对各类采集资料进行全面检查，自检、互检率为 100%，对发现的问题和错漏应实地检查校正；野外资料验收中抽检率不少于总数量的 30%。

10.3.3 原始数据资料正式处理前应进行处理参数试验，确定处理参数，并与项目设计人员充分沟通，确保处理成果满足地质目标任务的要求。处理资料验收应符合本规范 7.1 要求。

10.3.4 测试分析应遵循相应国家标准、行业标准或有关技术要求。利用标准样品、设置重复样品等手段评估测试仪器情况和数据准确性。

10.3.5 项目成果报告编写须在海上资料采集、实验室测试分析和数据资料处理各类成果均验收合格的基础上进行。成果报告完成后应提交评审，评审合格后才能归档。

10.4 检查结果的处置

调查阶段各环节检查工作不合格者，不得进入下一环节；不合格检查项应安排补做工作，并限期整改，直至合格。

附录 A
(资料性)
项目设计书编制提纲

A.1 基本情况

A.2 以往工作基础

A.2.1 已有工作基础

A.2.2 主要成果认识

A.2.3 存在主要问题

A.3 目标任务

A.3.1 总体目标

A.3.2 年度目标

A.3.3 年度任务

A.4 工作部署

A.4.1 技术路线、工作方法和技术要求

A.4.2 主要工作内容和实物工作量

A.4.3 工作安排与进度

A.4.4 项目风险及不确定性

A.5 委托业务

A.6 预期成果

A.6.1 总体成果

A.6.2 年度成果

A.7 保障措施

A.7.1 组织与管理

A.7.2 安全与保密

A.8 地质技术条件保障

A.8.1 仪器设备

A.8.2 个人装备与劳动保护

A.9 经费预算

A.10 附件

附录 B
(资料性)
天然气水合物矿藏估算方法

B.1 天然气水合物矿体资源量估算方法

海域天然气水合物的矿体资源量可使用体积法进行估算，结合蒙特卡罗法估算不同概率下的天然气资源量。计算基本地质单元资源量的体积法公式如下：

$$Q_h = A_h Z_h \Phi S_h E \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- Q_h ——天然气水合物基本地质单元资源量 (m³)；
- A_h ——天然气水合物分布区的面积 (m²)；
- Z_h ——天然气水合物资源量的厚度 (m)；
- Φ ——含天然气水合物沉积层孔隙度；
- S_h ——孔隙中天然气水合物的饱和度；
- E ——产气因子。

B.2 伴生气资源量估算方法

当与天然气水合物矿体相伴生的游离气有较高的资源潜力时，应分别对天然气水合物和伴生气进行资源量评价。伴生气资源量估算可采用体积法，结合蒙特卡罗法估算不同概率下的天然气资源量。其计算公式如下：

$$Q_f = A_f Z_f \Phi S_f / B \dots\dots\dots (2)$$

$$B = \frac{Z P_s T}{P T_s} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- Q_f ——含气层基本地质单元的资源量 (m³)；
- A_f ——气层分布区的面积 (m²)；
- Z_f ——气层的厚度 (m)；
- Φ ——地层有效孔隙度；
- S_f ——地层孔隙中含游离气的饱和度；
- B ——体积系数，可由 (3) 式计算；
- P ——含游离气地层压力 (MPa)；
- P_s ——地面标准压力 (MPa)；
- T ——含气层地层温度 (K)；
- T_s ——地面标准温度 (K)；
- Z ——含气层气体偏差系数。

地面标准温度、压力为：20 °C、0.101 MPa。

附录 C
(资料性)
海域天然气水合物调查成果报告编制提纲

C.1 前言

- C.1.1 任务来源
- C.1.2 调查区概况
- C.1.3 任务完成情况

C.2 海上调查工作及质量情况

- C.2.1 调查测网布设情况
- C.2.2 调查船及调查设备
- C.2.3 外业调查质量评价

C.3 地球物理资料处理及实验分析

- C.3.1 原始资料的质量评价
- C.3.2 资料处理流程、参数及处理质量评述
- C.3.3 实验分析内容、质量评述

C.4 地震资料解释

- C.4.1 地震地层划分
- C.4.2 地震速度分析
- C.4.3 沉积及构造特征分析

C.5 海底地形地貌及表层影像特征

- C.5.1 海底地形地貌特征
- C.5.2 海底影像特征

C.6 海底浅表层沉积物特征

- C.6.1 浅表层沉积物矿物组成特征
- C.6.2 浅表层沉积物粒度特征
- C.6.3 浅表层沉积物地球化学等特征
- C.6.4 表层沉积物年代及沉积环境特征
- C.6.5 同位素组成特征

C.7 沉积物气态烃、孔隙水化学特征

- C.7.1 气态烃异常分布及气体组分
- C.7.2 气态烃异常成因分析
- C.7.3 沉积物孔隙水的组成特征
- C.7.4 沉积物孔隙水浓度异常分布特征

C.8 天然气水合物资源评价

- C.8.1 天然气水合物形成的温压场、气源、地质构造等成藏条件

C.8.2 天然气水合物地震异常分析

C.8.3 天然气水合物资源评价

C.9 结论

C.9.1 主要成果

C.9.2 存在问题

C.9.3 下一步工作建议

C.10 参考文献

C.11 附图

×××海域天然气水合物测线（测站）实际材料图。

×××海域天然气水合物 BSR 分布图。

×××海域天然气水合物资源远景区评价图。

其他附图。

C.12 附件

项目任务书或合同书。

初审意见、初审专家表。

项目野外验收意见书复印件，附验收专家名单及专家签名。

项目成果报告审查意见书、评审专家表。

项目原始地质资料清单。

项目实物地质资料清单。

与报告附图、附表、附件内容完全一致的电子文件。

其他附件。

参 考 文 献

- [1] GB/T 12763.2—2007 海洋调查规范 第2部分：海洋水文观测。
 - [2] GB/T 12763.10—2007 海洋调查规范 第10部分：海底地形地貌调查。
 - [3] GB/T 12763.11—2007 海洋调查规范 第11部分：海洋工程地质调查。
 - [4] GB/T 18314 全球定位（GPS）测量规范。
 - [5] GB/T 19492—2020 油气矿产资源资源储量分类。
 - [6] GB/T 28124—2011 惰性气体中微量氢、氧、甲烷、一氧化碳的测定 气相色谱法。
 - [7] SY/T 6009.2—2003 油气化探试样测定方法 第2部分：溶解烃测定 气相色谱法。
 - [8] ASTM D4648/D4648M—2013 对饱和细粒粘性土壤进行实验室小型十字板剪切试验的方法。
 - [9] DZ/T 0252—2020 海上石油天然气储量估算规范。
 - [10] NORSOK Standard G—001 Rev. 2, 2004 海洋岩土调查。
 - [11] DD 2012—02 海域石油和天然气地球物理调查规范。
 - [12] DD 2012—08 海洋天然气水合物地质勘查规范。
 - [13] 《国土资源数据库标准及建设规范编制指南》
 - [14] 《数字地质图空间数据库建设工作指南》
-