



中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 6902—2021

代替 SY/T 6902—2012

海洋可控源电磁法勘探技术规程

Technical specification of marine controlled source electromagnetic survey

行业标准信息服务平台

2021 — 11 — 16 发布

2022 — 02 — 16 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	1
4 勘探目的及应用条件	1
4.1 勘探目的	1
4.2 应用条件	1
5 技术设计	2
5.1 设计前的准备工作	2
5.2 设计要求	2
5.3 设计书的基本内容	2
6 野外工作	3
6.1 测量工作	3
6.2 设备配置	3
6.3 采集站布设与回收	3
6.4 发射施工	3
6.5 现场资料处理与评价	4
6.6 野外资料验收	4
7 资料处理	5
8 资料解释	5
8.1 电磁异常解释	5
8.2 地质解释	5
9 成果报告的编写	6
9.1 成果报告编写要求	6
9.2 成果报告	6
附录 A (资料性) 海洋可控源电磁勘探记录班报	7
附录 B (资料性) 海洋可控源电磁勘探生产进度情况统计表	9

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。

本文件代替 SY/T 6902—2012《海洋可控源电磁法勘探技术规程》，与 SY/T 6902—2012 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了“范围”的内容（见第1章，2012年版的第1章）；
- b) 更改了“规范性引用文件”的内容（见第2章，2012年版的第2章）；
- c) 增加了“缩略语”的内容（见第3章）；
- d) 更改了“勘探目的”的内容（见4.1，2012年版的4.1）；
- e) 更改了资料收集的内容（见5.1.1，2012年版的5.1.1）；
- f) 更改了“测线（网）布设原则”的内容（见5.2.5，2012年版的5.2.4）；
- g) 更改了“测量工作”的执行标准（见6.1，2012年版的6.1）；
- h) 更改了“设备配置”的内容（见6.2，2012年版的6.2）；
- i) 更改了“采集站布设与回收”的内容（见6.3，2012年版的6.3）；
- j) 更改了“发射施工”的内容（见6.4，2012年版的6.4）；
- k) 更改了“提交验收资料”的内容（见6.6.1，2012年版的6.6.1）；
- l) 更改了“根据解释需要可选做下列定性解释图件”的内容（见8.1.5，2012年版的8.1.5）；
- m) 更改了采用的反演方法（见8.2.3，2012年版的8.2.3）；
- n) 更改了海洋可控源电磁勘探测点记录班报格式（见表A.1，2012年版的表A.1）；
- o) 更改了海洋可控源电磁勘探发射记录班报格式（见表A.2，2012年版的表A.2）。

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。

本文件由石油工业标准化技术委员会石油物探专业标准化委员会提出并归口。

本文件起草单位：中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司综合物化探处、中国石油勘探开发研究院油气地球物理研究所、中海石油（中国）有限公司。

本文件主要起草人：孙卫斌、鲁瑶、杨辉、曹杨、袁全社、张东阳、陈钟鸣、文百红、张连群、李列、姜保刚、陈庚峰、宋群会。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——SY/T 6902—2012。

海洋可控源电磁法勘探技术规程

1 范围

本文件规定了海洋节点式可控源电磁法勘探的勘探目的、应用条件、技术设计、野外施工、现场资料处理、室内资料处理和解释等工作基本要求。

本文件适用于海洋节点式可控源电磁法勘探作业。

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 12763.10 海洋调查规范 第10部分：海底地形地貌调查

SY/T 10019 海上卫星差分定位测量技术规程

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

MVO 曲线：振幅—收发距曲线 (magnitude versus offset)

PVO 曲线：相位—收发距曲线 (phase versus offset)

CTD：温盐深仪 (conductivity-temperature-depth system)

USBL：超短基线定位系统 (ultra-short baseline)

GNSS：全球卫星导航系统 (global navigation satellite system)

4 勘探目的及应用条件

4.1 勘探目的

4.1.1 绘制地层电阻率分布图，发现电阻率异常目标，预测有利含油气远景区及海底水合物分布范围。

4.1.2 评价待钻地质构造或圈闭目标的含油气性，提出井位部署意见。

4.1.3 圈定已知含油气目标和水合物边界，预测相邻的、具有相同地质背景和成藏条件区块有利目标。

4.2 应用条件

4.2.1 勘探目标与围岩存在明显电阻率差异或异常。

4.2.2 海水深度和探测深度应适合勘探设备能力。

4.2.3 海洋气候及海上环境适于航海作业。

5 技术设计

5.1 设计前的准备工作

5.1.1 资料收集包括以下内容：

- 工区所在国家海洋环境保护、安全、健康等政策法规及风俗习惯；
- 工区范围内天气、海况、洋流、海底大致地形、人文渔业活动、勘探程度情况；
- 油气井平台及电缆管网等海底设施分布；
- 区域地质、综合研究成果、地层电阻率测井成果、地质构造图、物探等资料。

5.1.2 开展工区踏勘工作，了解工区海底地形、气候、洋流、人文渔业活动等条件，调查工区电磁干扰情况并提交踏勘报告，确定施工方案。

5.1.3 开展可行性研究，利用收集到的电性资料，拟定工区地电模型，进行正演模拟，确定施工方案能否达到预期的地质效果。

5.2 设计要求

5.2.1 根据地质目标进行模拟研究，确定施工参数。

5.2.2 主测线应基本垂直于构造走向布设。

5.2.3 工区内如有其他物探测线、测点或钻孔等，设计测线应与其重合或靠近。同时，测线宜尽量避开干扰源。

5.2.4 根据海底地形，选择适宜点投放采集站，避开海底沟槽等。

5.2.5 测线（网）布设原则：

- 远景普查：一般布设单测线；
- 评价圈闭：一般布设“十”字、“丰”字、“井”字或“米”字测网；
- 圈定边界：一般布设三维网格测网。

5.3 设计书的基本内容

设计书的基本内容应包括：

- a) 地质任务；
- b) 工区地理、地质及地球物理概况；
- c) 工区海底地形、季节性气候及洋流环境、海底水温等；
- d) 可行性研究；
- e) 测线、测点及发射源的布设；
- f) 野外工作方法、技术要求、质量指标及控制措施；
- g) 资料处理解释方法及预期地质效果；
- h) 生产组织、资源配备、进度安排；
- i) 健康、安全、环保及完成任务的保障措施；
- j) 施工设计图。

6 野外工作

6.1 测量工作

海底地形测量工作按 GB/T 12763.10 执行，海上定位测量工作按 SY/T 10019 执行。

6.2 设备配置

6.2.1 接收系统配置要求如下：

- a) 采集站投入前应检验合格。
- b) 每个采集站装备有声呐接收器，用于测量方位的磁通门磁强计或者陀螺传感器，以及声呐控制释放的配重块。
- c) 采集站具备至少四分量（两个水平正交电场分量、两个水平正交磁场分量）记录能力。电极距不小于 8m。数据保存的字节精度不低于 4 个字节。采集站在 30Hz ~ 50Hz 的采样率下，记录超过 30 天数据。
- d) 采集站的时钟漂移量不大于 1ms/d，并要对每个通道的时序数据进行时钟漂移校正。
- e) 磁传感器在使用之前要进行标定，并保存标定文件。
- f) 电信号采集采用不极化电极。

6.2.2 发射系统配置要求如下：

- a) 船上绞车及电缆的拉力强度满足生产需要；
- b) 大功率发电机和信号发送机能够满足高压输送方波信号的设计要求；
- c) 水下供电发射系统应采用高强度的电缆拖曳，同时配备具有一定浮力的水下逆变装置和具有水下平稳能力的激发电极系统；
- d) 在水平电偶源上安装不少于 2 个声波传感器，同时在水下逆变装置上安装测高仪和盐温深仪；
- e) 电偶源长度不宜小于 100m，激发电流不小于 500A，发射方波或复合波形，基波的频率范围为 0.01Hz ~ 10Hz；
- f) 发射系统与船体间绝缘电阻值不小于 5MΩ。

6.2.3 其他施工辅助设备配置要求如下：

- a) 布设采集站的吊车的操作臂长度满足生产需要；
- b) USBL 系统作业前通过 GNSS 进行旋转测试、定位精确校正。

6.3 采集站布设与回收

6.3.1 按照设计测点布设方案，根据洋流分布、流向及流速，确定船舶施工路线和采集站投放点，使沉底位置满足设计要求。

6.3.2 采集站落点偏差宜小于点距 10%。特殊情况下落点偏差小于点距的 50%。

6.3.3 每次投放采集站，都要记录投放点与实际点位置坐标，为下一个采集站的投放提供参考，并填写布极班报，格式参见表 A.1。

6.3.4 采集结束后，应及时回收采集站，采集站回收后宜用淡水冲洗，下载数据前，先测定时钟时漂，数据下载完毕后及时备份。

6.4 发射施工

6.4.1 针对二维测线，单个采集单元采集站布设完成后，根据绘制的采集站点位分布连线，确定发射航线。针对探测目标深度大于 1500m 以上时，发射航线自单个采集单元测线两端各外延 10km。探测目标深度小于 1500m 时，发射航线自单个采集单元测线两端各外延 5km。

6.4.2 三维测网，除外延发射航线外，还需保证在每个采集站上正交两次覆盖。

6.4.3 发射航线应考虑测线与发射天线偏移距离，以保证发射系统施工时发射与接收方向基本一致。

6.4.4 发射测线与接收测线的夹角应小于 30° ，并且与接收测线偏离距离小于勘探目标深度。

6.4.5 海底发射系统距离海底不宜超过 80m，并定时采用声呐测定发射电极 A 和电极 B 的位置和高程，其格式参见表 A.2。对发射源进行监视、控制、实时记录发射参数，控制发射源的高度。拖曳速度根据发射源长度及发射最大周期计算，满足发射源移动一个自身长度能发射三个以上周期的电流。

6.4.6 利用收集到的工区资料，拟定工区地电模型，模拟最佳发射频率和最大偏移距范围。

6.4.7 合格发射应满足以下要求：

- 发射中断（输出电流为零）少于 15s；
- 发射源拖动过程中，发射电流的波动小于 $\pm 10\%$ ；
- 总数据丢失率小于 5%；
- 水平电偶源位于 0.5km ~ 10km 的收发距内，不应连续丢失 2 个以上数据段（源移动 500m 为一个数据段），发射源横向偏移距离小于发射源本身的长度。

6.4.8 发射中断时，发射源拖曳轨迹重叠部分的夹角小于 5° 。

6.4.9 发射源距海底高度偏差控制在 20% 之内。

6.5 现场资料处理与评价

6.5.1 现场资料处理包括：

- a) 绘制每个测点的 MVO 曲线和 PVO 曲线；
- b) 绘制以二分之一偏移距为纵轴、以发射拖曳距离为横轴的归一化振幅和相位异常拟断面图。

6.5.2 具有下列情况之一的测点视为不合格：

- 连续突变点范围超过三分之一有效收发距；
- 采集站未记录到有效数据；
- 采集站编号与班报记录不符且无法查证；
- 无定位资料或定位资料不合格；
- 发射源距海底高度超出设计要求。

6.6 野外资料验收

6.6.1 提交验收资料包括：

- a) 原始数据及说明，包括发射源信号、接收电磁场时间序列等；
- b) 现场处理数据及说明；
- c) 导航原始记录数据及说明；
- d) 记录班报，格式参见表 A.1、表 A.2；
- e) 测点、测线及激发线位置材料图；
- f) 资料质量评价；
- g) 生产进度情况统计表，格式参见表 B.1；
- h) 施工总结报告。

6.6.2 验收程序如下：

- a) 提交的原始资料及现场成果需配套齐全，列出清单待检查、验收；
- b) 施工单位提前提交验收申请；
- c) 验收时，施工单位应向验收组详细汇报任务完成情况、资料质量自检情况、现场处理资料情况等；

- d) 验收组应依据作业合同、技术设计和相关技术规范，检查相应资料及施工质量，并出具书面验收意见书。

7 资料处理

7.1 测点数据处理：

- a) 回放每个测点的 MVO 曲线、PVO 曲线；
- b) 对曲线进行必要的去噪处理；
- c) 对比所有测点的 MVO 曲线，确定最小振幅曲线；
- d) 用最小振幅曲线对每个测点进行归一化处理，获得归一化异常曲线。

7.2 测线数据处理：

- a) 将测线测点数据进行归一化处理，形成等收发距归一化异常剖面图；
- b) 将归一化曲线极值点按测点顺序绘制成曲线，形成归一化极值曲线；
- c) 绘制归一化异常拟断面图；
- d) 对数据进行一维、二维或三维反演，获得电阻率—深度数据，宜用先验信息进行约束反演，以提升反演精度。

8 资料解释

8.1 电磁异常解释

- 8.1.1 根据各测点归一化曲线异常特征，确定有利异常的范围。
- 8.1.2 根据归一化异常拟断面，确定异常空间分布范围。
- 8.1.3 根据反演电阻率断面，确定地层电性结构，圈定高电阻率异常。
- 8.1.4 叠合地震剖面与反演电阻率断面，标定高阻异常的空间分布位置。
- 8.1.5 根据解释需要可选做下列定性解释图件：
 - a) 各测点 MVO 曲线、PVO 曲线；
 - b) 各测点归一化异常曲线图；
 - c) 归一化异常剖面及拟断面图；
 - d) 反演电阻率断面图；
 - e) 地震剖面与电阻率异常剖面叠合图。

8.2 地质解释

- 8.2.1 根据归一化异常的有利范围，综合应用相关信息推断含油气层或天然气水合物有利区带的平面范围。
- 8.2.2 根据归一化异常拟断面，分析含油气层纵向有利范围。
- 8.2.3 宜根据约束反演电阻率断面，结合其他地球物理信息，综合推断含油气层或天然气水合物层段的纵向分布范围。
- 8.2.4 叠合地震剖面与反演电阻率断面，圈定含油气层或天然气水合物层段的空间分布位置。
- 8.2.5 提交的主要地质成果图件：
 - a) 地质及地球物理综合解释图、剖面图、平面图及三维切片图；
 - b) 含油气有利区范围；
 - c) 岩性预测图。

9 成果报告的编写

9.1 成果报告编写要求

9.1.1 一个地区的勘探工作完成后，应提交成果报告。对分阶段完成的勘探项目，除提交阶段报告外，还应完成该区的拼图和总体成果报告。

9.1.2 成果报告应内容充实、文字简练、论述有据、推断合理。

9.1.3 报告附图、附件应编排合理、文字说明简练、清楚。

9.2 成果报告

9.2.1 成果报告内容包括：

- a) 承担的地质任务及完成情况；
- b) 工区位置、勘探概况、以往研究成果；
- c) 工区地质、地球物理特征；
- d) 野外工作方法与质量评价；
- e) 资料处理技术及解释方法；
- f) 地质解释及区块评价；
- g) 结论与建议。

9.2.2 成果报告附图提交要求见 8.2.5。

9.2.3 成果报告附件包括：

- a) 解释结果数据、图件；
- b) 资料质量统计表；
- c) 其他有关资料。

9.2.4 上交资料清单如下：

- a) 采集资料：
 - 技术设计报告；
 - 施工总结报告；
 - 采集验收意见书；
 - 测量原始资料及成果数据；
 - 海底地形原始资料及成果数据；
 - 导航原始资料及成果数据；
 - 原始记录班报；
 - 仪器试验记录；
 - 生产情况统计表；
 - 原始数据；
 - 其他有关资料。
- b) 处理解释资料：
 - 成果总结报告；
 - 成果验收意见书；
 - 沿测线方向归一化异常曲线图；
 - 电阻率剖面图、平面图；
 - 地质解释剖面图；
 - 其他有关资料。

附录 A

(资料性)

海洋可控源电磁勘探记录班报

海洋可控源电磁勘探点记录班报格式见表 A.1，海洋可控源电磁勘探发射记录班报格式见表 A.2。

表 A.1 海洋可控源电磁勘探点记录班报

项目名称							
工区				航次			
测线				船舶			
天气				海况			
气温				日期			
装配负责人				装配检查员			
设备编号	电磁采集站						
	CTD			CTD 采样率			
	USBL						
	释放器序列号			密码			
	姿态模块						
	信标						
传感器编号	Ex (N)			Ey (E)		Ez (U)	
	Ex (S)			Ey (W)		Ez (D)	
	Hx			Hy			
设备参数	电池电压	投放： V 回收： V		投放对钟时间			
	舱内温度	投放： °C 回收： °C		回收校钟时间			
	下水时间			时漂			
	下水点位	E： N：					
	实际点位	E： N：					
	实际水深			m			
	采集站采样率		电增益		磁增益		
释放时间							
数据文件个数			文件序列				
数据情况							
海底概况							
备注							
记录员：		审核：		技术负责：			

表 A.2 海洋可控源电磁勘探发射记录班报

项目名称				
工区		航次		
测线		测点		
天气		日期		
气温		海况		
设备	名称	主要参数指标		负责人
	甲板电源	☐ 主 ☐ 备	功率：_____kW 变压：0 ~ _____V	
	发射天线	_____m (电极) _____m (天线)	☐ 单管型 ☐ 多管型	
	绞车电缆	_____m 牵引绞车 / _____m 光电复合缆		
	水下发射机	_____Hz / _____A		
	姿态模块	三轴姿态传感器		
	高度计	_____m		
	CDT	在线连续检测采样率_____s		
	光电控制舱	_____m		
	光电分离盒	_____m		
	油压补偿器	_____m / _____L		
	发射控制台	检测与控制： ☐ 甲板电源 ☐ 逆变系统		
	应答器	序号：_____	最大工作水深	_____m
	室内监控系统	实时显示状态： ☐ 甲板电源参数 ☐ 逆变系统参数 ☐ 拖体环境参数		
	参数	起点坐标	_____	
起点时间		_____		终点时间
激发电流		_____		激发电压
激发频率		_____		离底高度
激发对时		_____		
三轴姿态描述		_____		
航向		_____		
数据文件个数		文件序列		
数据情况				
海底概况				
备注				
记录员：		审核：	技术负责：	

附 录 B

(资料性)

海洋可控源电磁勘探生产进度情况统计表

海洋可控源电磁勘探生产进度情况统计表格式见表 B.1。

表 B.1 海洋可控源电磁勘探生产进度情况统计表

施工单位 _____ 地区 _____ 仪器台数 _____

月份	日历 天数	生产 天数	起止 线点号	剖面长度			物理点			备注
				计划 km	完成 km	进度 %	计划 个	完成 个	日效 个	

行业标准信息平台

中华人民共和国
石油天然气行业标准
海洋可控源电磁法勘探技术规程
SY/T 6902—2021

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
北京中石油彩色印刷有限责任公司排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

880×1230 毫米 16 开本 1 印张 25 千字 印 1—300
2022 年 1 月北京第 1 版 2022 年 1 月北京第 1 次印刷
书号：155021·8344 定价：20.00 元
版权专有 不得翻印