

ICS 75.180.10

E 11

备案号: 10446—2002

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 5772—2002

代替 SY/T 5772—1995

可控源声频大地电磁法勘探技术规程

Technical rules of control source audio magnetotelluric exploration

2002 - 05 - 28 发布

2002 - 08 - 01 实施

国家经济贸易委员会 发 布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 应用范围及条件	1
4 技术设计	1
5 野外工作	2
6 室内资料处理	7
7 资料解释	7
8 成果报告的编写与评审	8

前 言

可控源声频大地电磁测深法是 20 世纪 70 年代发展起来的新型电磁测深技术, 由于采用人工场源, 克服了 MT 法中天然场源信号的随机性和微弱性等弱点, 因而该方法得到了很大的发展。20 世纪 80 年代以来, 其应用领域逐渐扩展到石油天然气勘探。SY/T 5772—1995《油气可控源声频大地电磁测深法勘探技术规程》, 对规范石油行业可控源声频大地电磁测深法野外施工、室内资料处理、综合解释等起到了重要作用。为了适应技术进步的要求, 根据油标委字 [2000] 3 号文件, 对 SY/T 5772—1995 进行了修订。

本标准从生效之日起, 同时代替 SY/T 5772—1995。

本标准由石油物探专业标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位: 石油地球物理勘探局第五地质调查处。

本标准主要起草人: 何展翔、陈秀儒。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为: SY/T 5772—1995。

可控源声频大地电磁法勘探技术规程

1 范围

本标准规定了油气勘探中可控源声频大地电磁测深法（简称 CSAMT）野外施工、室内资料处理、综合解释等工作的基本要求。

本标准适用于油气勘探中可控源声频大地电磁法勘探。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

SY/T 5820—1999 石油大地电磁测深法技术规程

SY/T 5927—2000 石油物探全球定位系统（GPS）测量规范

SY/T 5930—2000 大地电磁测深仪使用与维护

3 应用范围及条件

3.1 应用范围

3.1.1 研究盆地基底起伏和埋深，划分盆地范围及次级构造单元。

3.1.2 研究构造形态、产状及断裂展布。

3.1.3 探测高阻层（如火成岩、碳酸盐岩、砾岩等）覆盖区下伏构造。

3.1.4 预测目标层岩性分布及其厚度。

3.2 应用条件

3.2.1 地层有明显的电性差异。

3.2.2 探区没有大的工业干扰和人文干扰。

3.2.3 一般用于局部构造详查细测，也可用于面积普查。

3.2.4 探测深度与收发距、工作频率及大地电阻率有关，在地表低阻区探测深度小，反之较大。

4 技术设计

4.1 设计前的准备工作

4.1.1 收集有关资料：执行 SY/T 5820—1999 中 4.1.1 的规定。

4.1.2 踏勘：了解探区地形、交通、居民、气候等条件，调查探区电磁干扰情况，并提交文字报告。

4.1.3 利用收集到的有关电性资料，拟定探区地电模型，进行正演模拟，了解探区曲线类型，预测可能达到的地质效果。

4.2 测网及场源设计

4.2.1 可控源声频大地电磁测深探测精度及相应的测网密度见表 1。

4.2.2 测线应基本垂直于构造走向布设。

4.2.3 探区内如有其它物探测线、测点或钻孔等，设计测线应与其重合或靠近。

4.2.4 设计场源及测线、测点应避开城镇和大的居民点。

4.2.5 根据已知资料设计场源，使场源与测线基本平行，相对位置固定，测点尽量在“远区”，力求

减小场源效应。

表 1 测网密度表

类 别	线 距 km	点 距 km	比例尺
细 测	≤ 1	≤ 0.3	1:25000
详 查	1~2	0.3~0.5	1:50000
普 查	≥ 2	≥ 0.5	1:100000

4.3 设计书的基本内容

- a) 地质任务；
- b) 探区地理概况、地质及地球物理特征；
- c) 测线、测点及场源的布设；
- d) 野外工作方法、技术要求、质量指标及控制措施；
- e) 资料处理解释方法及预期地质效果；
- f) 生产组织，资源配备，进度安排；
- g) 健康、安全、环保及完成任务的保障措施；
- h) 必要的图表及附图。

4.4 设计书的审批和执行

设计书经审批后，方可实施。

5 野外工作

5.1 场源、测线及测点的布设

5.1.1 场源电极 (A, B) 应根据实际地形、地物情况，在一定范围内选择合适的场地布设。场源电极 AB 间距一般要求 1km~3km，实际接地点 (A 或 B) 在相应比例尺图上偏离设计点位不超过 1cm，AB 方位误差小于 3°。

5.1.2 尽量选择土壤潮湿处处理设供电电极，可采用多块金属板、网、箔 (约 1m×1m) 等材料，挖多个坑埋设，坑深不小于 0.8m，相邻坑距不小于 3m，在导电材料上浇盐水，压实坑土，保证接地良好；也可用多根柱电极弧形并接。AB 场源的接地电阻应不大于 30Ω。

5.1.3 发射机最高供电电压和电流应不超过额定值的 80%，以确保系统安全。

5.1.4 供电点处要有明显的标志，供电导线连接处应用绝缘胶布包裹，遇障碍物应挖沟架空埋设 (保证绝缘)。供电点和导线均应挂上高压危险标志，沿线有专人查护，确保人畜生命安全。供电站应选在地面干燥处，发射机操作人员应配备有高压防护服装及设备。

5.1.5 测点应选在周围开阔、地形平坦处，避开山顶、狭窄的深沟底或岩石裸露处，两极相对高差与极距之比一般应小于 10%。

5.1.6 选点应远离强干扰源。

5.1.7 测点平面坐标和高程的测定执行 SY/T 5927 的规定。

5.1.8 在地形复杂区，测点偏离设计测线不得超过 30% 线距，沿测线方向偏离设计点位不应超过 20% 点距。

5.2 观测装置

5.2.1 标量可控源声频大地电磁法观测装置为：水平方向电场 (MN) 应平行于场源 (AB)，水平磁场应垂直于场源布设 (见图 1)。

5.2.2 遇到特殊地质课题或特别要求时,可作矢量或张量观测。矢量和张量可控源声频大地电磁法观测装置有4种类型(见图2)。

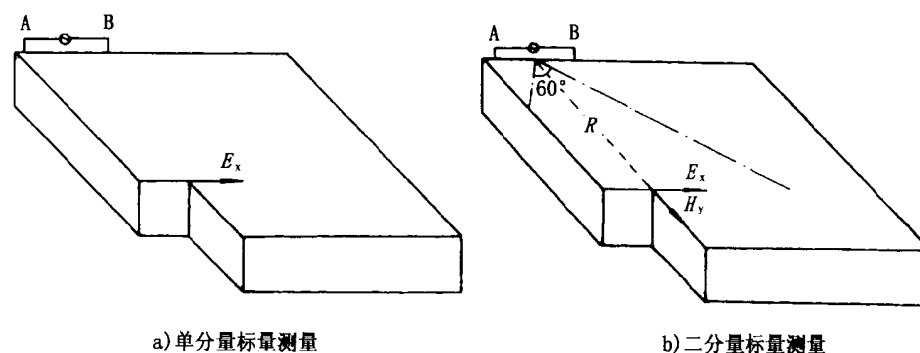


图 1

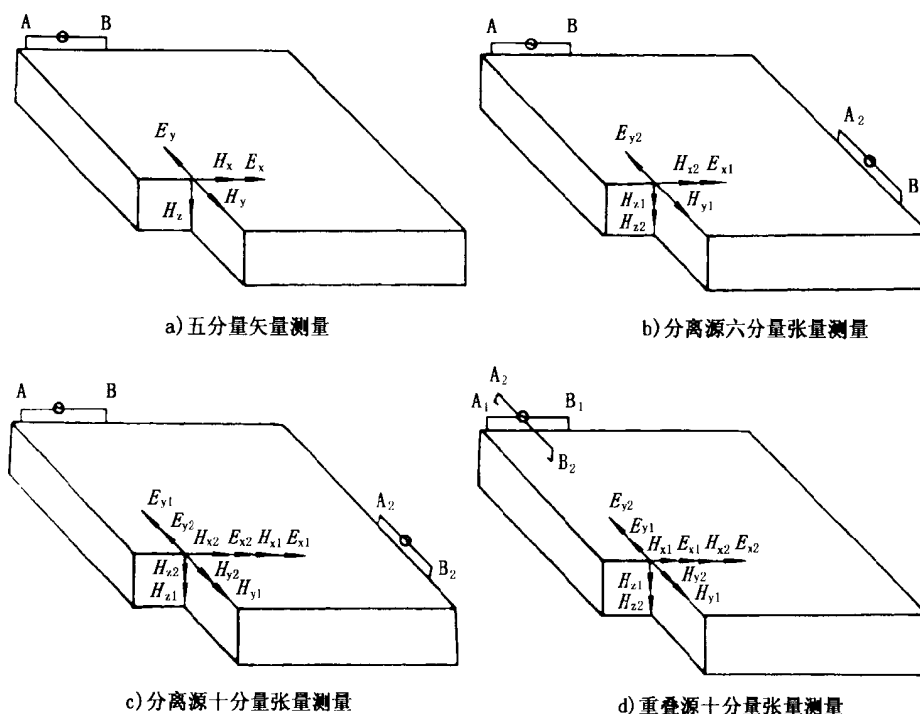


图 2

5.2.3 为了保证足够大的信噪比,电极距应大于 100m,困难地区不应小于 50m,要求采用不极化电极,与土壤接触良好,并浇水压实,使接地电阻小于 $2\text{k}\Omega$ 。

5.2.4 水平磁棒的方位 (H_x , H_y) 应采用森林罗盘定位,误差小于 1° 。如布设垂直磁棒,则垂直磁棒应保证铅垂,入土深度为磁棒长的 $2/3$ 以上。

5.2.5 电极连线、磁棒连线及其他电缆均不能悬空,不能平行放置,应沿地压实,防止晃动干扰。

5.2.6 测点观测只能在场源 AB 垂直平分线两侧 30° 角扇形范围内进行 [见图 1b]。

5.2.7 收发距 R 的大小与研究目标最大埋深 (H_{\max}) 有关,为了保障在“远区”观测,一般要求:赤道装置 $R \geq 3H_{\max}$ 。

5.2.8 一般采用沿测线多道同时观测(共用一个磁探头),即排列测量;在施工困难区可采用散点测量,但应保证收发距相对稳定。

5.3 仪器准备和测试

执行 SY/T 5820—1999 中 5.1 的规定。

5.4 数据采集

5.4.1 电极和磁棒布设完毕后，应检查布设是否正确，连线是否牢固。检测电磁道传输线与屏蔽层的绝缘电阻（一般应大于 $2M\Omega$ ）。

5.4.2 确认仪器各项参数正常后，可通知发射系统发射低频（如 1Hz）信号进行测试。选定接收仪的增益档，然后可以自高频至低频逐个频率测量。

5.4.3 在观测每个频点时，应及时在对数厘米方格纸上绘成视电阻率曲线，或在屏幕上显示曲线，从曲线的整体形态上判断是否有频点数据畸变，并及时检查观测。干扰较大时，应增加叠加次数。

5.4.4 在视电阻率曲线的关键部位，如极值点处，应重复观测，确保数据精度；当相邻测点曲线的极值点在频率轴上有位移时，应重复检查观测。

5.4.5 观测时，应填写可控源声频大地电磁测深点布极班报，其格式见表 2。

表 2 可控源声频大地电磁测深点布极班报（格式）

测 区								责任布极员							
施工单位								操 作 员							
日 期								记 录 员							
场源编号								测点坐标	x						
测线编号									y						
测线（x 轴）方位								高 程	z						
测点地形、地物及地质特征素描															
	电极距长 m			接地电阻 Ω					磁传感器号			绝缘电阻 Ω			
E_{x1}								H_{x1}							
E_{y1}								H_{y1}							
E_{x2}								H_{x2}							
E_{y2}								H_{y2}							
								H_{z1}							
								H_{z2}							
频率															
电流															
备注															

5.4.6 车载电台应设在地形开阔处，与测站通信联系应清晰、可靠。在地形等因素造成通信困难时，应增设通信中转站。发射机操作员应有工作记录，记录测点各频点实际发送的电流和时间。

5.4.7 测站观测时，应关闭无线电通信，防止其对观测数据的干扰。

5.5 质量检查点和覆盖点

5.5.1 检查点是在同一坐标位置、相同场源、相同或不同仪器、不同日期、不同操作员进行的重复采集点。

5.5.2 检查点总数不得少于全测区坐标点的 3%，且在测区内分布均匀，特别是测区视电阻率异常部位必须有检查点。

5.5.3 检查点两次观测的相应视电阻率、相位曲线应形态一致，对应频点的数值接近，相对均方误差 m 小于 5%。 m 按式 (1) 计算：

$$m = \pm \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i - A'_i}{\bar{A}} \right)^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\bar{A} = (A_i + A'_i) / 2$$

式中：

i ——频点号 ($i=1, 2, 3, \dots, n$)；

A_i ——第 i 个频点的视电阻率或相位；

A'_i ——第 i 个频点的检查观测的视电阻率或相位。

5.5.4 同一测线不同场源的覆盖段应至少有一个覆盖测量点。

5.5.5 不同场源的覆盖测量点视电阻率和相位曲线应有相同的形态。按式 (1) 计算的均方相对误差 m 大于 10% 时，必须有两个以上的覆盖点。

5.6 野外工作期间仪器设备的维护

执行 SY/T 5930 的规定

5.7 野外工作质量评价

5.7.1 全频视电阻率和相位曲线质量评价标准分为：

一级：曲线圆滑、连续，无畸变频点，关键频点做过检查观测。

二级：曲线形态清楚，无连续三个以上的畸变频点，曲线高频或低频段个别频点存在畸变，但不超过总频点数的 20%，经平滑后能满足解释要求。

三级：曲线形态不清、连续的畸变频点超过总频点的 20%，作为不合格曲线。

5.7.2 每个测点的视电阻率和相位曲线应分别评定，按级登记，对三级曲线还应注明原因。

5.7.3 物理点质量评价标准：

一级：测点的视电阻率和相位曲线至少有 50% 为一级品，相邻测点的曲线类型规律性较好，原始记录（班报及曲线）清楚、齐全。

二级：测点视电阻率和相位曲线均为二级以上，经平滑后能保证曲线形态清楚，规律性好，原始记录齐全。

三级：低于二级要求。

5.8 野外工作应提交的资料

5.8.1 应提交的原始资料：

- a) 原始数据盘；
- b) 操作员工作记录、测点班报；
- c) 视电阻率原始记录曲线；
- d) 点位测量记录及其数据盘；
- e) 仪器检测、维护及标定记录。

5.8.2 野外应提交的预处理数据盘及相应的打印资料：

- a) 视电阻率和相位曲线及数据盘；
- b) 视电阻率和相位剖面图；

c) 其它资料。

5.8.3 提交的原始资料及其它成果, 必须配套齐全, 并列清单, 供检查、验收。

5.9 野外资料的验收

5.9.1 验收程序: 施工单位提前提交验收申请。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、初步解释成果等。验收组应写出验收意见。

5.9.2 提交验收的资料除 5.8 所规定的内容外, 还应当有:

- a) 可控源声频大地电磁测深勘探地质任务完成情况表 (格式见表 3)。
- b) 可控源声频大地电磁测深勘探生产进度情况统计表 (格式见表 4)。
- c) 可控源声频大地电磁测深勘探视电阻率、相位曲线质量评定表 (格式见表 5)。
- d) 可控源声频大地电磁测深勘探检查点误差统计表 (格式见表 6)。
- e) 野外工作总结。

5.9.3 验收书应包括生产任务、地质任务完成情况、资料质量及初步成果等内容。

表 3 可控源声频大地电磁测深勘探地质任务完成情况表

施工单位		负责人		单位人数		技术人员数	
测 区		比例尺		线距		点距	仪器型号
地质任务							
地质任务完成情况							
存在问题							

表 4 可控源声频大地电磁测深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 一点号	剖 面			物 理 点			备 注
				计划 km	完成 km	%	坐标点 个	检查点 个	点/日 个	

表 5 可控源声频大地电磁测深勘探视电阻率、相位曲线质量评定表

线一点号	ρ 级别			ϕ 级别			物理点级别			备 注
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	

表 6 可控源声频大地电磁测深勘探检查点误差统计表

第_____点

顺序	频点	ρ	ρ'	%	备 注

6 室内资料处理

6.1 数据的编辑与平滑

6.1.1 对测点中偏离大、明显畸变的数据应进行平滑。

6.1.2 对曲线首尾支畸变严重的频点，应参考相邻测点予以校正。

6.1.3 应提交一套完整的编辑平滑后的数据。

6.2 资料的平面波场处理

6.2.1 近场校正，一般应采用全区视电阻率校正法，也可根据相应仪器提供的校正软件进行校正。

6.2.2 近场校正后的视电阻率曲线应当平滑连续，没有超过 45°陡峭上升现象，否则应采用多种校正方式做比较，以选择最佳校正方法。

6.2.3 根据实际条件宜尽可能做长导线源理论解释。

6.3 静态位移校正

6.3.1 根据已知地质资料和原始断面等值线图（视电阻率、相位断面图等）及地形起伏情况，判断静态位移现象及其严重性。

6.3.2 对数据进行静态位移校正，应采用多种方法进行校正对比，以选择最佳校正方法，校正后应当提供一套完整的数据。

6.4 覆盖点的处理

6.4.1 对于相对误差在 10% 以内的覆盖点，可以采用算术平均值处理，小于 5% 可不作处理。

6.4.2 对于相对误差较大的覆盖点，应分析产生的原因，采取有效的处理方法，如反褶积等。

6.5 形地校正

对地形复杂区，应进行地形校正。

7 资料解释

7.1 定性解释

7.1.1 研究探区曲线类型，特别应对井旁测深曲线进行正反演模拟，确定电性层对应的地质层位和探区的地电模型。

7.1.2 研究探区视电阻率和相位断面，初步了解剖面电性异常特征，并进行剖面对比分析。

7.1.3 研究探区总纵向电导异常，初步了解探区基底起伏形态。

7.1.4 根据地质解释需要，可选择做下列定性解释图件：

- 视电阻率曲线类型图；
- 视电阻率、相位断面图；
- 总纵向电导图；
- 某频率视电阻率平面图；
- 特征点（如极大、极小）视电阻率平面图；
- 其它有意义的图件。

7.2 定量解释

7.2.1 根据定性分析结果,综合其它地质、地球物理资料,确定每条测线的初始地电模型。

7.2.2 确定初始模型后,先做一维反演解释,并从偶极源理论和平面波场理论两方面同时展开,相互结合,参照补充。

7.2.3 定量解释以二维反演为主,利用已知的钻井、地震资料做控制,使剖面解释趋于合理。

7.2.4 所有解释结果应拷贝存盘并列表打印,作为成果报告的附件。

7.2.5 根据地质任务的要求,可选做下列定量解释图件:

- a) 深度—电阻率断面图;
- b) 电性分层深度剖面图;
- c) 主要电性层埋藏深度(或海拔)图;
- d) 主要电性层厚度图;
- e) 主要电性层电阻率平面图;
- f) 其它有意义的图件。

7.3 综合地质解释

7.3.1 内容:

- a) 划分探区构造单元,研究基底埋深和起伏形态;
- b) 预测局部构造;
- c) 研究探区断裂展布;
- d) 根据电性层变化推测岩性变化;
- e) 指出含油气远景区。

7.3.2 提交的主要地质成果图件:

- a) 地质、地球物理综合解释图;
- b) 构造单元划分图;
- c) 断裂展布图;
- d) 岩性预测图;
- e) 局部构造预测图;
- f) 油气远景预测图;
- g) 其它图件。

8 成果报告的编写与评审

8.1 成果报告编写要求

8.1.1 一个地区的勘探工作完成后,应提交一份完整的成果报告。如果是分阶段完成的,除提交阶段报告外,还应完成该区的拼图和总体成果报告。

8.1.2 成果报告应内容充实、文字简练、论述有据、推断合理、结论符合实际。

8.1.3 报告附图、附件应编排合理、文字说明简练、清楚。

8.2 成果报告内容

8.2.1 成果报告正文包括:

- a) 承担的地质任务及完成情况;
- b) 工区位置、概况及前人工作程度及主要研究成果;
- c) 测区地质、地球物理特征;
- d) 野外工作方法与质量情况;
- e) 资料处理技术及解释方法;
- f) 地质解释成果;

g) 结论与建议。

8.2.2 成果报告附图包括的内容同 7.3.2。

8.2.3 成果报告附件包括：

- a) 岩石电性资料说明；
- b) 正反演解释结果数据、图件、文档光盘（或软盘）；
- c) 资料质量统计表；
- d) 其它有关资料。

8.3 成果报告评审

8.3.1 成果报告应答辩，并由评审组写出评议书。

8.3.2 评议中重要的不同观点、意见或建议应做详尽记录，并有相应的答辩。

8.3.3 成果报告的评审分为通过、不通过两级。如报告评审不通过应限期做补充、修改，再评审。

8.3.4 评议书应收入正式成果报告。
