

ICS 27.120.30
F 40
备案号: 17247—2006

EJ

中 华 人 民 共 和 国 核 行 业 标 准

EJ/T 1196—2005

地浸砂岩型铀矿音频大地电磁测量规范

Specification for audio-frequency magnetotellurics survey on
in-situ leaching sandstone type uranium deposits

2005—12—12 发布

2006—05—01 实施

国防科学技术工业委员会 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 目的任务和应用条件.....	1
3 前期准备.....	1
4 仪器测试与维护.....	1
5 野外工作.....	2
6 数据处理.....	4
7 资料解释.....	4
8 图件编制与报告编写.....	5
附录 A (规范性附录) 音频大地电磁测点工作表格式.....	7
附录 B (规范性附录) 音频大地电磁测量检查点误差统计计算表格式.....	8

前 言

本标准的附录A、附录B为规范性附录。

本标准由中国核工业集团公司提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：核工业地质局、核工业航测遥感中心、核工业二四三大队、核工业北京地质研究院。

本标准主要起草人：余水泉、张吉恒、王殿学、程纪星、刘裕华。

地浸砂岩型铀矿音频大地电磁测量规范

1 范围

本标准规定了地浸砂岩型铀矿音频大地电磁测量的目的任务、方法技术、资料处理与解释等。

本标准适用于地浸砂岩型铀矿天然源和混合源型音频大地电磁测量工作。煤田、水文、工程及环境地质勘查中的音频大地电磁测量可参照使用。

2 目的任务和应用条件

2.1 目的任务

探测沉积盆地盖层中砂岩层（砂体）的空间分布、厚度和埋深；推断盆地基底的起伏形态、埋深；推断断裂构造的展布、规模及特征，为勘探工程的布置提供依据。

2.2 应用条件

应用条件如下：

- a) 测区内有明显、稳定的电性标志层，地层有足够的厚度和较显著的电性差异；
- b) 测区内电磁干扰比较平静或可抑制，各种人文干扰不严重或可识别。

3 前期准备

3.1 资料收集

应系统收集工作区地质资料、物探（含物性资料）、化探资料和测绘资料（含地形图、三角点资料等），重点收集钻孔资料、电测井资料。

3.2 野外踏勘

野外踏勘应了解施工条件（地形、交通、居民点分布、气候等），调查对测量有影响的干扰源。

3.3 模型试验

利用收集到的岩石物性等综合资料，拟定测区地电模型，进行正反演计算，研究所需探测的主要电性标志层在音频大地电磁测量曲线上显示的特征及探测的可行性，合理设计观测频段、观测装置等参数。

3.4 测网布置

3.4.1 测网布置要求

- 3.4.1.1 测线方向应垂直于区域主要构造走向。
- 3.4.1.2 测区内如有地震测线、电测深点、钻孔等，测线应与其重合或靠近。
- 3.4.1.3 测线应避开城镇或大的居民点。
- 3.4.1.4 在解决特殊地质问题时，测线、测点距应根据需要加密。
- 3.4.1.5 测线应延伸到盆地边缘，并保证有一定数量的观测点。

3.4.2 测网布置内容

- 3.4.2.1 面积测量时，设计的测线距和测点距见表1。
- 3.4.2.2 剖面测量时，测点距不宜超过0.2km。

4 仪器测试与维护

4.1 仪器测试

4.1.1 仪器道间平行测试

野外测量仪器每一个月至少应进行一次平行测试，两道间测试结果的均方相对误差应不大于2%。

4.1.2 仪器一致性检查

同一测区如有两台或两台以上的仪器同时测量，测量前和测量结束后应在同一点上采用相同观测装置进行一致性对比，应有80%以上频点的测量结果均方相对误差不大于8%。

表1 音频大地电磁测量测网布置表

比例尺	测线距 km	测点距 km
1:10000	0.1	0.04~0.05
1:25000	0.25	0.05~0.1
1:50000	0.5	0.1~0.25
1:100000	1.0	0.25

4.2 仪器维护

4.2.1 仪器应建立检测、维护记录的档案。

4.2.2 野外工作期间，如遇仪器发生无法排除的故障，应立即停止野外观测并送回基地修理。

4.2.3 磁传感器（此下简称磁棒）在搬运、埋设过程中应轻装、轻放，避免撞击。

5 野外工作

5.1 方法试验

5.1.1 要求

5.1.1.1 方法试验应在工作区现场野外数据正式采集之前进行。

5.1.1.2 试验地点应选择地质情况清楚且具有区域代表性的地段，如已知钻孔处、已知地质剖面地段，位置选择应符合 5.2.6 的要求。

5.1.2 内容

5.1.2.1 叠加次数

叠加次数试验应分不同频段进行，在每个频段上，逐次增加叠加次数，观察视电阻率曲线和相位曲线，直到曲线圆滑连续，无畸变频点为止，最后的叠加次数就是该频段上的最少叠加次数。

5.1.2.2 收发距

收发距试验至少应选择三个不同的收发距进行，在保证能够接收到高于噪声信号的前提下，尽量加大收发距。

5.1.3 方法试验有效性评价

根据方法试验所得到数据的处理结果与已知地球物理模型的一致性来评价方法的有效性。

5.2 点位选择

5.2.1 测线与测点应按设计书规定进行布置，测线或测点位置的移动应不超过线距或点距的 20%。

5.2.2 测点平面坐标和高程应采用 GPS 实测，定点误差应满足设计要求。

5.2.3 当测区范围内发现有意义的异常或曲线出现异常或不连续性时，应及时加密测线、测点或进行重复观测，保证至少应有三个测点通过异常部位。

5.2.4 测点不宜选在山顶或狭窄的深沟底，应选周围开阔，至少是两对电极范围内地面比较平坦、相对高差与极距之比小于 10%的地方布点。

5.2.5 选择测点时应考虑布极范围内地表土质的均匀程度，不应将测点敷设在明显的局部电性不均匀体旁。

5.2.6 所选测点应远离电磁干扰源，一般要求如下：

- a) 距大工厂、矿山、电气铁路、电站 2km 以上；
- b) 距广播电台、雷达站、高压电力线 1km 以上；
- c) 距繁忙公路 200m 以上。

5.3 观测装置敷设

5.3.1 观测频段中若有需要发射场源的频段，应布设人工场源。场源布置在地形平坦的位置，场源的两个方向应互相垂直。

5.3.2 测量时宜采用十字型装置：水平方向的两对电极分别和两个磁棒互相垂直敷设，其方位偏差不大于 3° ，水平磁棒顶端距中心点应不小于5m。

5.3.3 接收电极距应根据观测信号强弱和噪声水平来确定，一般在15m~300m之间选择，如测点周围地表起伏不平，应按实测水平距布极，极距误差应小于1%。

5.3.4 电极接地电阻应不大于 $2M\Omega$ ，在沙漠、戈壁、高阻岩石露头区，应采用电极四周垫土、周围浇水来降低接地电阻。

5.3.5 电极埋入土中深度应不小于20cm，保持与土壤接触良好，两电极埋设条件应基本相同；不应埋在树根处、流水旁、繁忙的公路边和村庄内，同时应避免埋设在沟、坎边。

5.3.6 水平磁棒埋入土中深度不小于30cm，用水平仪校准保证水平。

5.3.7 电极连线，磁棒连线及接入仪器或前放盒的电缆均不悬空，不并行放置，每隔3m~5m需用土或石块压实，防止晃动。

5.4 数据观测

5.4.1 每个测点的测量频率应达到完成地质任务所必须观测的最低频率。

5.4.2 每一频点应有足够的叠加次数，特别是低频段数据质量，如达不到要求，应延长观测时间，叠加次数应达到试验所确定的次数。

5.4.3 在观测过程中，随时注意监视各道变化，发现问题及时解决。观测时如发现信号有漂移现象，应检查电极埋设质量和接地条件，经处理保持稳定后再记录。

5.4.4 从监视屏幕（或打印结果）上观察视电阻率、相位曲线出现明显畸变时应重测。

5.4.5 应及时将数据转录到数据存储介质上，一份存档，另复制一份用于资料处理。数据存储介质上应贴标签或编写数据存储情况文本文件，注明施工单位、测区、测线号、测点号、数据编号、种类、组号、操作员姓名、日期等。

5.4.6 操作员和测量员应填写音频大地电磁测点工作表（格式见附录A），测量数据应及时存储，字迹应清楚，符号应正确，不应出现涂改。

5.5 质量检查

5.5.1 检查观测工作量应均匀分布于不同的测区或地段，并应选在干扰相对平静的地区。应注意选择无规律曲线及突变点等工作质量有疑问的地段、异常带、典型剖面、定量解释剖面、拟设工程剖面等具备典型意义的观测地段。其具体分配方案应由项目技术负责人最终确定。

5.5.2 检查观测点应在基本测量点上进行，由不同人员，在不同时间进行系统测量。

5.5.3 系统检查工作量应为测区总工作量的3%~5%，该比例数不能肯定结论时允许增加检查点数；但当增加至20%仍然证明观测质量不合要求时，则相应检查范围内的基本观测工作量应予以报废。

5.5.4 系统检查观测结果应编列专门的统计表，必要时应绘制质量检查对比曲线。

5.5.5 检查观测点与基本测量点的视电阻率曲线和相位曲线形态应一致，视电阻率和相位观测的均方相对误差应不大于8%。进行均方相对误差计算时，可删除一些干扰较大的频点，但删除频点数不大于总频点数的15%。视电阻率和相位的均方相对误差按公式（1）计算：

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \bar{X}}{\bar{X}} \right)^2} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

σ ——视电阻率或相位均方相对误差，以百分数表示；

n ——频点数;

X_i ——基本观测第 i 个频点视电阻率或相位值, 单位为欧姆米 ($\Omega \cdot m$) 或度 ($^\circ$);

X'_i ——检查观测第 i 个频点视电阻率或相位值, 单位为欧姆米 ($\Omega \cdot m$) 或度 ($^\circ$);

\bar{X}_i ——第 i 个频点两次观测的视电阻率或相位平均值, 单位为欧姆米 ($\Omega \cdot m$) 或度 ($^\circ$)。

5.6 野外资料提交

5.6.1 野外原始资料

应提交下列野外原始资料:

- 实际材料图;
- 音频大地电磁测点工作表, 格式见附录A;
- 原始数据光盘(含有时间序列、功率谱和阻抗数据);
- 仪器平行测试和一致性检查对比结果;
- 音频大地电磁测量检查点误差统计计算表, 格式见附录B。

5.6.2 野外处理资料及初步成果

应提交下列野外处理资料及初步成果:

- 频率—视电阻率(相位)断面图;
- 初步二维反演电阻率断面图;
- 野外工作小结。

5.7 野外资料质量检查

野外资料的检查包括自检、互检和抽检。自检、互检率应为 100%, 抽检率不少于 30%。

6 数据处理

6.1 数据处理的原则

应采用当前较先进且成熟的处理方法处理所获得的原始数据, 为资料解释提供更多的合理的地质信息。

6.2 数据处理的方法

6.2.1 时间序列的挑选

重新回放原始数据记录的时间序列, 对逐个时间段的数据进行挑选, 删除其中存在明显干扰信号的时间记录段, 然后保存结果, 并重新计算其功率谱和阻抗。

6.2.2 张量阻抗的分解

利用成熟的张量阻抗分解技术处理实测资料, 了解地下地质体分布的复杂程度, 为进一步的反演工作做准备。

6.2.3 资料反演

资料反演内容如下:

- 资料反演采用二维(或三维)反演方法进行;
- 对比模型响应和实测数据、定性解释结果及已知地质资料, 判断反演方法的有效性;
- 当反演结果有异议时应改变反演参数重新进行反演计算;
- 地形起伏较大时, 应采用带地形的二维(或三维)反演。

7 资料解释

7.1 地球物理解释

7.1.1 通过对视电阻率和相位断面图以及测区内各测量曲线类型的对比和分析, 初步了解工作区内的地电结构。

7.1.2 总结和分析工作区内已知钻孔的电测井曲线，确定各地层的电性特征，推断工作区内的地电结构。

7.2 地质推断解释

7.2.1 在地球物理解释的基础上，综合分析、研究和对比各种资料，建立工作区的地质解译标志，进行综合解释，减少反演解释中的多解性。

7.2.2 以岩石物性资料为基础，结合区域地质和钻孔资料，建立地电断面和地质剖面之间的关系，推断工作区内砂岩层（砂体）的空间分布、厚度、埋深和地层结构。

7.2.3 根据电阻率模型的分布特征，推断断裂构造的展布及特征。

8 图件编制与报告编写

8.1 图件编制

8.1.1 图件编制的基本要求

8.1.1.1 根据地质任务选作图件，做到目的明确，重点突出，内容不重复。

8.1.1.2 图件可用手工或计算机编制，但均应保证图上数据正确、清晰、齐全，线条流畅匀称，图面布局合理、美观。

8.1.1.3 同一测区的图幅、格式、符号、字体及同类图的名称应一致并严格按照设计比例尺成图。

8.1.2 编制的图件和技术要求

8.1.2.1 实际材料图

以相应比例尺的地质图作为实际材料图的底图，在图上应有测线、测点的编号及实际的点位、质量检查点、检查线的标注等内容。

8.1.2.2 频率—视电阻率(或相位)拟断面图

纵坐标采用对数坐标，表示频率的值，横坐标表示测线，并按一定的比例尺标出测点位置，以一定间距勾绘视电阻率或相位等值线。

8.1.2.3 深度—电阻率断面图

以横坐标表示测线，并按一定的比例尺标出测点位置，以纵坐标向下表示深度，圈出电阻率等值线。

8.1.2.4 综合解释成果图

应采用相应比例尺的地质图作为综合解释成果图，图上内容应包括：断裂构造的展布、目的层埋深和分布、有利的勘查方向等。

8.2 报告编写

8.2.1 报告编写的基本要求

8.2.1.1 一个地区或一个项目的音频大地电磁测量工作完成后，应提交完整的成果报告。如果一个地区或一个项目是分几个野外工作年度完成的，每年应提交阶段成果报告或年度工作总结。

8.2.1.2 报告中所用资料应可靠，来源有据。

8.2.1.3 报告内容应充实，文字简练，论述有据，推断合理，结论符合客观实际。

8.2.1.4 报告附图、附件应配置得当，编排合理，文字说明简明扼要。

8.2.2 成果报告内容

8.2.2.1 成果报告正文

成果报告正文内容主要包括：承担的地质任务及任务完成情况；测区的地质，地球物理概况；野外工作方法与技术；资料处理；资料解释与地质推断；结论与建议等。

8.2.2.2 成果报告附图

成果报告附图包括：

a) 实际材料图；

- b) 定量解释图件；
- c) 综合解释图件；
- d) 其它图件。

8.2.2.3 成果报告附件及附表

成果报告附件及附表包括：

- a) 岩石物性资料的收集和测定说明；
- b) 音频大地电磁测量检查点误差统计计算表；
- c) 其它附件。

附录 A
(规范性附录)
音频大地电磁测点工作表格式

音频大地电磁测点工作表格式见图 A. 1。

音频大地电磁测点工作表												
工作区：		仪器型号及编号：		测线号：		测线方向：		坐标系：		磁偏角：		
操作员：		测量员：		布极员：		日期：		天气：				
点号	文件号	相对距离 m	大地坐标				极距		叠加次数		测点描述	备注
			X	Y	Z	X	Y	天然场	人工场			

第 页

图 A. 1 音频大地电磁测点工作表格式

附录 B

(规范性附录)

音频大地电磁测量检查点误差统计计算表格式

音频大地电磁测量检查点误差统计计算表格格式见图B.1。

[illegible]

图 B.1 音频大地电磁测量检查点误差统计计算表格式