

ICS 75.180.10

E 11

备案号: 53487—2016

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 7072—2016

大地电磁测深法资料处理解释技术规程

Technical specifications for magnetotelluric data
processing and interpretation

2016—01—07 发布

2016—06—01 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 术语和定义	1
4 野外资料接收要求	1
5 处理解释准备工作	2
6 资料处理	3
7 资料解释	5
8 报告编写要求	9
9 成果资料提交	10

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

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：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。

本标准起草人：何展翔、孟翠贤、刘泽彬、胡祖志。

大地电磁测深法资料处理解释技术规程

1 范围

本标准规定了大地电磁测深法资料处理解释内容、技术要求、最终报告编写及资料归档等要求。

本标准适用于大地电磁测深法（MT）、三维大地电磁测深法（3DMT）以及连续电磁剖面法（CEMP）资料的处理解释。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

SY/T 5615 石油天然气地质编图规范及图式

SY/T 6055 石油重力、磁力、电法、地球化学勘探图件编制规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

大地电磁测深法 magnetotelluric

通过在地面观测不同频率天然交变电磁场的变化来研究地壳及上地幔电性结构及其分布特征的一种电磁勘探方法。

3.2

连续电磁剖面法 continuous electromagnetic profiling

电极沿观测剖面方向连续布设的大地电磁测深法。

3.3

TE 模式 TE mode

二维介质中大地电磁场可分为 E 偏振波和 H 偏振波，E 偏振波对应的视电阻率曲线平行于构造走向。

3.4

TM 模式 TM mode

二维介质中大地电磁场可分为 E 偏振波和 H 偏振波，H 偏振波对应的视电阻率曲线垂直于构造走向。

4 野外资料接收要求

4.1 资料的类型

野外资料包括 MT，3DMT，CEMP 采集原始数据、测量数据及其他相关资料。

4.2 原始资料的内容

- 4.2.1 原始数据应是经过野外初步去噪处理的单点频率域文件。
- 4.2.2 野外布极为正南北、正东西方向时，原始数据为旋转至电性主轴方向的结果。
- 4.2.3 野外布极 Ex 沿测线方向时，原始数据则为不需要旋转的结果。
- 4.2.4 测量数据包含的测点数应与原始数据的点数一致，并且点号一一对应。如有弃点，提交必要的弃点原因说明。
- 4.2.5 其他资料包括野外施工总结文字报告、多媒体以及质量分布图等。如果工区复杂、干扰严重，宜提交不合格品产生原因的文字说明和测点照片，便于了解野外地形地貌及干扰源状况。

5 处理解释准备工作

5.1 基础资料收集

5.1.1 一般要求

各项基础资料应是正式成果，中间成果仅作参考，应用时要注明。

5.1.2 收集资料内容

MT 资料处理解释所需基础资料宜包括：

- a) 地质、地震、重力、磁力、化探等资料。
- b) 地质图、地形图、地貌图。
- c) 钻井、测井、试油、试采、岩性、分析化验等资料。
- d) 前人研究成果、报告、图件等。

5.2 收集资料整理

5.2.1 一般要求

处理解释人员应对收集到的资料进行分类整理，尤其是对处理、解释具有标定意义的地震及钻井、测井资料。

5.2.2 资料整理主要内容

资料整理主要包括以下内容：

- a) 电测井数据整理：一般选择深感应电阻率（RILD）或深侧向电阻率（RLLD）整理成电测井曲线。
- b) 钻井地质分层数据整理：依据钻井分层数据整理成图，并与电测井曲线结合，便于了解不同层位的电性信息。
- c) 如果有多口钻井，可根据地质任务的需要，对所有电测井数据进行分类整理和统计。
- d) 如果收集到的地震剖面是时间剖面，还应收集整理该剖面所对应的速度谱。
- e) 对于收集到的地震数据体，二维应了解每条测线的起点、拐点及终点坐标；三维应了解工区边界拐点坐标、最大和最小线号、测线条数、线号增量等信息。
- f) 对于重力、磁力、化探等资料，应了解采集精度等信息，便于分析应用。

5.3 技术准备工作

- 5.3.1 处理解释人员应对用于处理的原始资料进行检查和核对，原始资料数据应与测量点位完全对

应，以保证解编后剖面数据的正确性。

5.3.2 了解野外施工情况，分析 MT 勘探的地质任务和技术要求。

5.3.3 对收集到的已知资料认真整理和分析，了解工区的地质、地理概况，以指导下一步的处理和解释。

5.4 处理解释技术设计

根据勘探任务及项目具体要求编写 MT 勘探处理解释技术设计，设计应包括以下内容：

- a) 项目概况。
- b) 地质任务。
- c) 主要技术措施和研究思路。
- d) 预期成果。
- e) 项目组成员。
- f) 进度计划。
- g) 其他。

6 资料处理

6.1 数据解编

6.1.1 数据解编基本要求

数据解编是从野外提供的原始数据中读出电阻率和相位信息。MT 和 CEMP 应将解编出的电阻率、相位等数据结合测量成果组成剖面，后续的处理基于剖面文件；3DMT 应将解编出的电阻率、相位等数据按照一定的线点顺序组成三维数据体，后续的处理基于三维数据体文件。

6.1.2 数据文件的要求

解编的数据组成剖面时应满足下列要求：

- a) 用于组成剖面文件的数据应是规则的，即每一个测点的频点数相同、频率分布值也相同；如果不相同，可采用插值的方法组成规则数据。
- b) 一般按照点号从小到大的顺序组成剖面文件，如果有特殊要求，也可以按从大到小顺序，在后续的剖面展示时应标注剖面方向。
- c) 剖面文件中，应包含偏移距、频率、电阻率、相位等基本信息。
- d) 偏移距以起始点为 0，后面按照点距依次累加。
- e) 三维数据体中，除包含二维剖面数据中基本信息外，还应包含测线号、测点号、测点坐标等信息，数据应按一定规则排列，便于后续处理时对比和分析。

6.2 数据去噪与曲线平滑

数据去噪与曲线平滑应符合以下要求：

- a) 了解全区资料质量分布情况，分析二级品或不合格点产生的原因，并对后期反演剖面的可靠程度进行评价。
- b) 不合格点可采用丢弃或插值替代法处理。
- c) 对测点中畸变的数据应参照相邻点的同类曲线形态，根据相邻相似的原则进行处理。
- d) 根据视电阻率和相位间内在联系，对视电阻率和相位进行编辑。

6.3 模式识别

模式识别原则为：

- a) 沿构造走向方向极化的为 TE 极化，垂直构造走向方向极化的为 TM 极化。
- b) 在盆地内构造稳定区，选取尾支上升支作为 TE 极化模式；在高阻隆起区，选取尾支上升支作为 TM 极化模式。
- c) TE 与 TM 模式的区别主要反映在低频段，沿着剖面同一频点电阻率值变化大、不稳定的是 TM 极化，反之就是 TE 极化。
- d) 反演时选取上升支，也就是盆地内选 TE 模式，隆起区选 TM 模式。
- e) 复杂情况还要结合其他已知资料具体分析。

6.4 地形校正

地形起伏会对观测结果产生影响，使曲线形态发生畸变。地形校正原则为：

- a) 相邻测点间的坡度大于 10° 时，宜进行地形校正。
- b) 两电极高差与极距之比大于 20% 的测点，应进行地形校正或者采用带地形的反演软件进行反演。

6.5 静态位移校正

静态位移校正原则：

- a) 将视电阻率曲线与已知资料结合进行静态效应综合分析，根据分析结果对视电阻率曲线进行二维或者三维静校正。
- b) 宜做多种静校正方法试验，选取适合于本工区的最佳静校正方法。
- c) 3DMT 数据应采用三维静校正方法进行校正，避免以测线为单位进行校正而产生的线性异常。
- d) 选取合适的静校正基准，一般选取工区内相对稳定层位所在频段作为静校正基准。
- e) 静校正后的数据应与原始电阻率和相位剖面或者平面做对比分析，分析静校正方法的合理性。
- f) 静校正处理的数据宜做反演处理分析，反演结果与其他已知资料对比分析，如果确认是校正不足或过量，应重新做静校正。

6.6 常规反演处理

常规反演宜做多种反演方法试验，并与其他已知资料对比分析，选择合适的反演方法。反演可分为一维反演、二维反演、三维反演，主要方法包括：

- a) 一维反演可选用一维 Bostick 反演、一维广义逆反演、一维 Occam 反演、一维连续介质反演、一维模拟退火反演及其他一维反演方法。
- b) 二维反演可选用二维广义逆反演、二维连续介质反演、二维共轭梯度反演、二维快速松弛反演、二维 Occam 反演、二维视模反演及其他二维反演方法。
- c) 三维反演可选用三维级联反演、三维共轭梯度反演、三维非线性共轭梯度反演、三维积分方程反演、三维快速松弛反演及其他三维反演方法。

6.7 约束反演

除了常规反演外，根据目标勘探或特殊地质任务需要，在探区内有已知钻井及地震资料的情况下，宜做大地电磁测深约束反演。约束反演应符合以下要求：

- a) 通过地震和测井资料建立模型，每个测点的模型层厚度不参与反演，电阻率则根据该地层的测井或岩性给定变化范围。
- b) 已知储层应根据含水及含油气时电阻率的可能值来确定最大、最小变化范围。
- c) 致密膏盐岩地层，由于电阻率变化范围小，可以固定不参与反演，以减少参与反演的未知数和拟合搜索范围，加快反演速度。
- d) 对反演结果的评价，应在符合地质现象和规律情况下达到拟合精度为最佳反演结果。

6.8 弱信息提取及成像处理

为了提高分辨率和成像效果，达到提高解释精度的目的，宜采用弱信息提取方法。

弱信息提取宜采用最优分层技术、趋势分析技术、偏移成像技术、小子域滤波技术、插值切割技术、相干滤波技术、垂直求导技术及其他技术。

6.9 处理成果质量评价

宜采用如下方法对反演结果进行评价：

- a) 反演结果模型的正演响应与实测曲线对比，误差越小，反演结果越可靠。
- b) 与钻井重合（或附近）点的反演曲线与实测钻井曲线对比，误差越小，结果越可靠。
- c) 通过钻井标定层位和深度的反演剖面与地震剖面对比，结构和深度误差越小，结果越可靠。

7 资料解释

7.1 定性解释

7.1.1 定性解释要求

定性解释应符合以下要求：

- a) 对全测区曲线类型进行分析、对比，总结相同类型曲线分布特征，了解地电结构分区规律。
- b) 对测区内（或附近）钻孔的电测井曲线进行统计计算及分析研究，确定各套地层电性特征，并对地电结构做出推测。
- c) 对井旁测深曲线进行反演，并与钻孔柱状图进行对比，研究电性层与地层对应关系，确定测区地电结构。
- d) 勾绘定性解释图件，分析断面电性结构特征、总结总纵电导变化规律、确定电性主轴方向等，对测区处理成果做出相应的定性解释。

7.1.2 定性解释主要内容及提交图件

定性解释主要内容宜包括：

- a) 曲线类型定性分析。
- b) 总纵电导定性分析。
- c) 电性主轴方位分析。
- d) 各向异性分析。
- e) 倾子剖面异常分析。
- f) 视电阻率和相位断面异常分析。

根据地质解释需要可选做下列定性解释图件：

- a) 视电阻率曲线类型分布图。
- b) 视电阻率、相位断面图。

- c) 各向异性断面图。
- d) 总纵电导图。
- e) 某一频率的视电阻率、相位平面图。
- f) 特征频点（如极大、极小）视电阻率、相位平面图。
- g) 电性主轴方向图。
- h) 椭圆率变化图。
- i) 其他图件。

7.2 定量解释

7.2.1 定量解释要求

定量解释应符合以下要求：

- a) 对全测区进行电性层标定，确定各电性层对应的地质层位。
- b) 结合钻井、地震等已知资料，开展剖面解释，落实测区内的地质结构。
- c) 利用剖面解释成果，勾绘定量解释图件，包括主要电性层埋藏深度图、主要电性层厚度图等。
- d) 编制综合解释剖面，宜选做视电阻率剖面、相位剖面、反演电阻率剖面、地质解释剖面等。

7.2.2 定量解释主要内容及提交图件

二维勘探时，定量解释以二维反演结果为主，定量解释主要内容及图件宜包括：

- a) 深度—电阻率剖面图。
- b) 电性分层深度剖面图。
- c) 主要电性层埋藏深度图。
- d) 主要电性层厚度图。
- e) 主要电性层电阻率平面图。
- f) 其他图件。

三维勘探时，定量解释以三维反演结果为主，定量解释主要内容及图件包括：

- a) 深度—电阻率剖面图。
- b) 电性分层深度剖面图。
- c) 主要电性层埋藏深度图。
- d) 主要电性层厚度图。
- e) 电阻率三维切片图。
- f) 电阻率三维透视图。
- g) 主要电性层埋藏深度立体图。
- h) 标志层空间展布透视图。
- i) 主要电性层电阻率平面图。
- j) 其他图件。

7.3 剖面解释

剖面解释依据：

- a) 反演电阻率剖面和视电阻率、相位等相互参照进行层位对比解释。
- b) 用已知钻井、工区电性结构、地质露头、深度地震剖面或时间剖面转换为地质剖面标定层位。

- c) 已知不整合面特殊地质体（砾岩体、火山岩等）、滑脱面等。
- d) 参考区内已知的地质资料、物探资料进行层位追踪。
- e) 剖面解释应与构造模式相结合，解释方案应平衡、合理。

7.4 断层解释

7.4.1 断层解释依据

要求在各种定性或定量电性图件中，结合其他已知资料，合理解释断层，断层解释依据为：

- a) 原始曲线上，相邻测点曲线类型的突变。
- b) 视电阻率断面图上等值线密集变化带，其两侧电阻率有明显的差异。
- c) 阻抗相位断面图上相位等值线出现密集垂直变化特征。
- d) 二维反演断面图上相应电性层的深度突变，即在划分、追踪电性时出现明显位移和突然缺失。
- e) 地面地质、地震资料已发现的断裂，同时参考已有成果进行分析研究。

7.4.2 断层组合及分级原则

断层在平面上组合时，要分析不同方向的剖面特征，断层平面和空间组合合理，符合构造特征。

7.4.3 断层分级方法

根据断层的规模和对构造的控制作用，应将断层分为三级：

- a) 一级断层为控制盆地、坳陷边界的断层。
- b) 二级断层为控制凹陷或二级构造带发育和形成的断层。
- c) 三级断层为控制局部构造、断块、圈闭、高点的断层以及零星分布的断层。
- d) 根据研究范围、地质任务的不同，可对分级标准进行调整，以满足地质任务要求为准。

7.4.4 断层解释合理性的确认

断层性质及展布特征确认的内容为：

- a) 断层性质解释合理。
- b) 断层的断开层位、落差解释合理。
- c) 断层的相交、切割关系合理。
- d) 断层在平面上的展布特征合理。

7.5 构造解释

7.5.1 断点符号和断点的平面组合

断点符号和断点的平面组合要求为：

- a) 断点标记应垂直测线，应标明上、下盘，不同级别的断层应用粗细不同的断层线表示，不可靠断层应用虚线表示。
- b) 大比例尺成图时，断层应用双线表示，断层上升盘为细实线，正断层下降盘为粗实线，逆断层下降盘为粗虚线；小比例尺编图时，断层可采用单线表示。具体成图标准可根据合同要求执行。

7.5.2 构造特征及分布规律确认

构造特征及分布规律确认的内容为：

- a) 地质任务及任务完成情况。
- b) 工区位置、概况、前人工作程度及主要研究成果。
- c) 测区地质及地球物理特征。
- d) 野外工作方法技术及质量情况。
- e) 资料处理与反演。
- f) 地质—地球物理综合解释成果。
- g) 结论与建议。

9 成果资料提交

9.1 纸质成果

- 9.1.1 处理解释成果报告。
- 9.1.2 报告附图册。
- 9.1.3 附图。

9.2 电子成果

- 9.2.1 处理解释成果报告。
 - 9.2.2 汇报多媒体。
 - 9.2.3 附图册。
 - 9.2.4 附图。
-