

复杂条件下电测 深曲线解释

沈明性 编

地质出版社

复杂条件下电测深曲线解释

沈明性 编

地质出版社

复杂条件下电测深曲线解释

沈明性 编

•

国家地质总局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 • 各地新华书店经售

•

1979年1月北京第一版 • 1979年1月北京第一次印刷

印数1—7,970册 • 定价1.90元

统一书号: 15038 • 新331

前 言

本书为国内外文献中有关复杂条件下电测深曲线解释的资料汇编，着重介绍复杂地电断面的电测深理论及模型试验曲线，附有复杂构造上煤田和水文地质的电测深曲线实例，同时讨论了复杂条件下电测深曲线的解释方法。

汇编的主要目的是给出复杂条件下电测深曲线的正演概念，以助分析地电断面，进行正确的解释。由于已计算的理论曲线数量有限，不能满足实际需要，故在附录中列出复杂地电断面的计算公式，有条件时可据野外实际的地电参数进行补充计算。

本书可供电法勘探解释工作者及大专院校师生参考。

全书由沈明性编写。河北地质学院物探系陈文华、贾新、才庆喜、信永水同志审阅了全稿，提出了宝贵意见，在此致谢。

目 录

前言

绪言	1
----------	---

第一章 复杂条件下电测深曲线	10
----------------------	----

一、倾斜界面	10
--------------	----

二、垂直界面	41
--------------	----

三、水平-垂直界面	47
-----------------	----

四、地表地形(均匀介质)	86
--------------------	----

五、表层不均匀体	99
----------------	----

六、横向电阻率变化的断面	104
--------------------	-----

七、水平-倾斜界面	108
-----------------	-----

八、两个倾斜界面	119
----------------	-----

九、高阻屏蔽层	120
---------------	-----

十、台阶	123
------------	-----

十一、扇形两介质山脉	129
------------------	-----

十二、背斜	130
-------------	-----

十三、地垒	141
-------------	-----

十四、半圆柱形长垣	147
-----------------	-----

十五、地堑	152
-------------	-----

十六、水平层上河谷	160
-----------------	-----

十七、陡壁	163
-------------	-----

十八、悬崖	165
-------------	-----

十九、薄层互层组	165
----------------	-----

二十、双含水层五层构造	166
-------------------	-----

二十一、复杂条件下野外电测深曲线实例	185
--------------------------	-----

第二章 复杂条件下电测深曲线解释	214
------------------------	-----

一、任意布极, 电极的方向差和距离差	214
--------------------------	-----

二、地形及界面影响的校正	220
三、电测深确定陡斜接触面和断裂带的解释方法	243
四、复杂基底构造的电测深曲线的解释	251
五、各向异性介质的电测深曲线的解释	262
六、电测深求岩层倾角	267
七、水下测深的解释	268
八、分辨能力问题	270
九、勘探深度问题	276
第三章 各种地电断面计算公式	285
一、水平多层电测深曲线近似算法	285
二、岩石电阻率	306
(一) 裂隙岩石电阻率 (或电导率)	306
(二) 孔隙岩石电阻率	308
(三) 含良导电矿物的岩石电导率	313
(四) 含不导电矿物的岩石电导率	318
三、点源场复杂地电断面计算公式	319
(一) 扇形两介质山脉	319
(二) 山谷	325
(三) 山脊	326
(四) 悬崖	328
(五) 半球状凹地	329
(六) 扁球状凹地	331
(七) 长球状凹地	332
(八) 球	333
(九) 平行互层	335
(十) 水平层上河谷	338
(十一) 穹窿	338
(十二) 圆柱状多层介质	340
(十三) 半圆柱状向斜	342
(十四) 水平层	343
(十五) 底部装置水下测深	351
(十六) 垂直界面	355
(十七) 倾斜界面	368

(十八) 水平-一个垂直界面·····	382
(十九) 水平-两个垂直界面·····	383
(二十) 水平-垂直多层界面(多层水平及垂直界面组合)·····	392
(二十一) 各向异性介质 ·····	407
四、均匀场复杂地电断面计算公式 ·····	413
(一) 对称V形山谷 ·····	413
(二) 不对称V形山谷 ·····	417
(三) 对称U形山谷(圆底) ·····	418
(四) 对称梯形山谷 ·····	420
(五) 不对称梯形山谷 ·····	421
(六) 对称山脊 ·····	422
(七) 不对称山脊 ·····	422
(八) 对称梯形山脊 ·····	423
(九) 球 ·····	423
(十) 圆柱体 ·····	424
参考文献 ·····	427

绪 言

在水文地质、工程地质及煤田电法勘探中常面临复杂的地电条件，电测深的水平层量板已不敷用，水平层的解释方法亦不尽适用，有必要了解复杂条件下电测深曲线的特征，并寻求相应的解释方法。复杂条件按其地电特点可归纳如下：

（一）切割地形，如土坎、冲沟、陡壁、斜坡等，测深曲线畸变剧烈，常呈锯齿状跳跃；

（二）电性层在水平方向非无限延伸，在山间小盆地、小冲洪积锥和河床中，相对于极距来说，电性层在水平方向为非无限延伸，旁侧影响显著；

（三）表层电性不均匀，在干旱半干旱地区划分淡咸水时，常见淡水或咸水透镜体，水质横向变化剧烈，形成表层电性不均匀，测深曲线畸变；

（四）中间层电阻率横向变化；

（五）岩层电性在垂向上连续渐变，没有明显界面，如花岗岩风化带、松散层中毛细带等；

（六）复杂基底构造，如地堑、地垒、长垣、倾斜层、台阶等，测深曲线外形虽圆滑，但与水平层的曲线不同，用水平层量板解释会带来很大误差；

（七）垂直屏蔽层的影响，如断层、裂隙破碎带、岩脉等，引起曲线突变或出现假电性层；

（八）岩层高倾角及各向异性的影响。有些地区断裂和褶皱发育，倾角可达40度，电极位于高倾角的高、低阻层上。由于屏蔽作用，电测深曲线常出现假电性层；

（九）层薄而多且电性差异小，电测深分辨能力不够。这在

划分第四系含水层(组)和煤系地层时常遇到,

(十) 高阻屏蔽层。在沙漠、半沙漠及一些基岩出露地区,有时需了解高阻屏蔽层下的地层情况,如调查干燥砂砾石层中的地下水位、灰岩下的页岩埋深时,因受高阻层屏蔽影响,测深曲线尾支下降缓慢。为取得完整曲线,需足够大的极距。

在复杂条件下,电测深曲线大多畸变。与水平层状介质的理论曲线比较,定性特征和定量解释结果均不尽相同。这时电测深主要用来定性调查构造带(如断裂带、岩层接触面)及基底构造形态(如地垒、地堑、台阶、倾斜层等)。由于不具备水平层理论曲线的条件,因而曲线畸变,常出现假电性层、尾支渐近线位移、斜率改变。受地表地形影响时,曲线前支还可能呈锯齿状跳跃,电性分层不明显等。如不对各种干扰值作校正,用水平层量板解释将产生很大误差,甚至失掉电法勘探的意义。

为了真实地反映地质体分布情况,可采用适当的布极方法,以减少和避免地形影响。当受地形限制不能避开时,应对各种地形影响值进行校正。这时需要通过理论计算及模型试验,熟悉地下各种复杂构造条件下曲线的特征;野外工作时采用不同装置形式(对于一定构造形态有不同的定性特点)及不同布极方向,获得实测曲线;然后将实测曲线与理论曲线比较,确定构造形态,或者对某些界面影响值作校正,再用通常的解释方法进行解释。

由于地表局部不规则地形的影响,曲线前支跳跃,不能用逐层解释的方法来确定基岩埋深,而常据曲线右支渐近线特征(如位移、斜率、纵向电导值 s^*)来确定构造形态。曲线尾支渐近线受浅部地形的影响较小,主要与基底构造形态有关。

对于地表地形的校正(如山谷、山脊),有时应用二度体理论计算和模型试验(导电纸、薄水层、坐标转换法等)的结果。对于电测深来说,二度体与三度体的差别不仅在于地质体几何形状(一般能满足二度体条件),而且在于野外工作为点源供电。仅当大极距时才近似为均匀场,小极距时则与均匀场有一定差别,且不同极距,其差值不同。因而用二度体理论曲线校正全支

实测曲线时，将出现假电性层、跳跃值、曲线类型改变等，这一点与电测剖面不同（对于同一极距的电测剖面来说，二度体和三度体在曲线上的反映，仅 ρ_r 绝对值不同，对各点的影响是系统的，曲线定性特征相近）。当极距大于一定长度时，近似为均匀场，二度体结果可用来校正大极距的 ρ_r 值；对于中间极距的校正，必须找出二度体与三度体的关系。这一定量关系已通过模型试验得到。

复杂条件下电测深曲线的解释亦是通过实测曲线与理论曲线的对比。与水平层状介质不同的是， ρ_r 值不仅与介质的电阻值比（ μ ）和厚度比（ ν ）有关，而且和地表地形及地下构造形态有关。地下构造形态是未知的，地表地形也千变万化，理论上不能模拟得与实际完全相同。不能用水平层的解释方法逐层对量板，而主要是通过曲线特征（ ρ_r 跳跃值、跳跃点位置、曲线尾支渐近线位移、斜率改变等），定性了解构造形态。为方便起见，本书理论、模型曲线均采用较小的模数绘制。

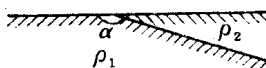
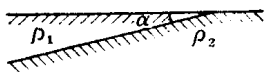
野外实际地质体的几何形状十分复杂，而理论曲线则是根据规则几何形状计算的结果，两者存在差别。但这种差别引起的电场特征的变化，比起不同构造形态引起的电场变化还是较小的，因而简单几何形状的理论曲线有时可适用于实际不规则形状的地质体。复杂的形状可由简单形状近似叠加、组合而成，其叠加规律已由模型试验结果和理论计算得到。

可以通过理论计算获得规则几何形状构造的 ρ_r 曲线。因为主要用作定性对比，故可采用近似计算方法，它们能够满足实际所需的精度要求；同时，在了解二度体与三度体的定量关系后，二度体的结果亦有一定价值。

在复杂条件下，为了求得基岩埋深，有时需对地表地形及地下界面（如垂直界面）的影响作校正，然后再用通常的方法进行解释；有时则相反，利用界面（如断层）产生的曲线畸变特征（如 MN 张口）确定界面的位置。利用曲线畸变特征确定地质体的分布，在复杂条件下的野外实际工作中更为常见。

地电断面类型图例

一．倾斜界面

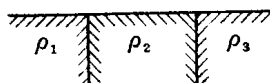


二．垂直界面

一个垂直界面

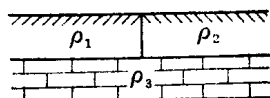


两个垂直界面

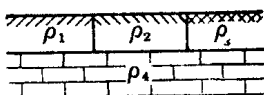


三．水平垂直界面

水平—一个垂直界面



水平—两个垂直界面



四．地表地形（均匀介质）

对称V型山谷



不对称V型山谷



U型山谷



陡直山谷



对称梯型山谷

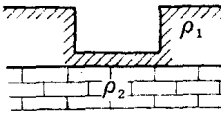


不对称梯型山谷

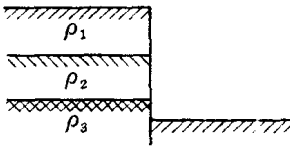




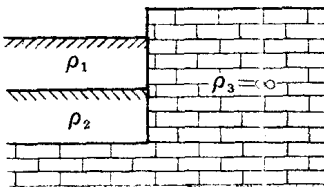
五．水平层上河谷



六．悬崖

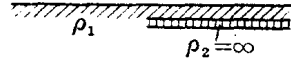


七．陡壁

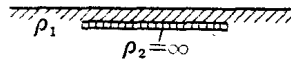


八．表层不均匀体

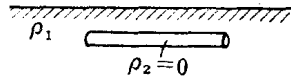
水平半无限薄板



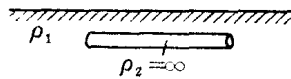
双向有限薄板



良导半圆柱体



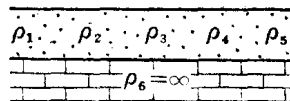
高阻半圆柱体



平行六面体

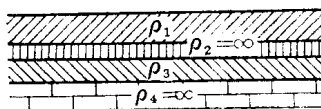


九．横向电阻率变化的断面

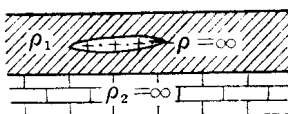


十 高阻屏蔽层

单向有限高阻屏蔽层

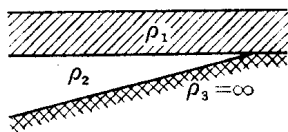


高阻透镜体

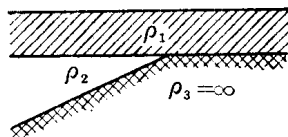


十一. 水平倾斜界面

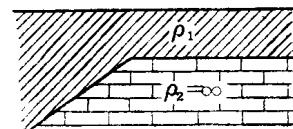
类型 I



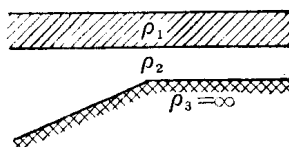
类型 II



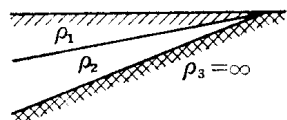
类型 IV



类型 III

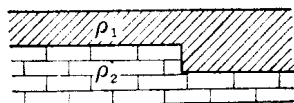


十二. 两个倾斜界面

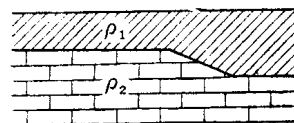


十三. 台阶

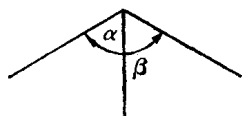
水平台阶



水平-单斜台阶

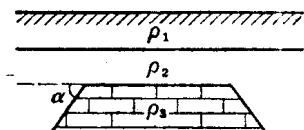


十四. 两介质扇形山脉

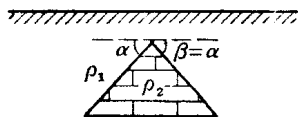


十五 背斜

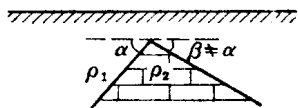
宽顶背斜



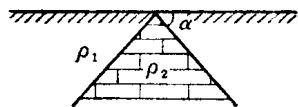
对称尖顶背斜



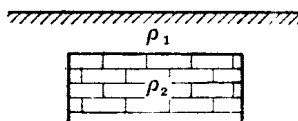
不对称尖顶背斜



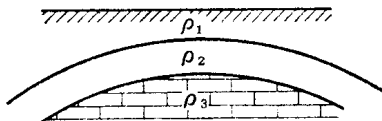
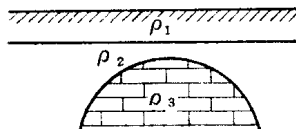
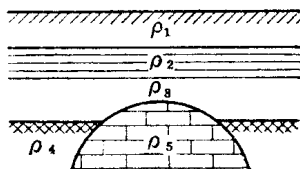
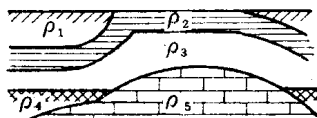
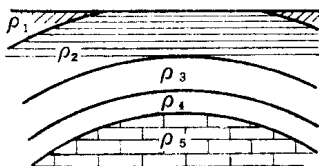
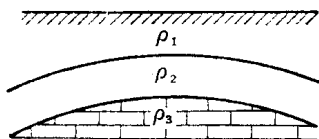
圆锥形背斜

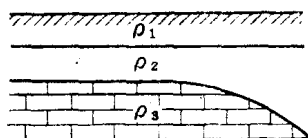


平顶背斜



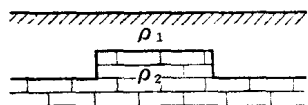
多层状背斜



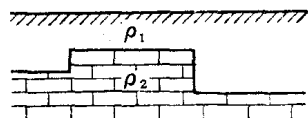


十六. 地壘

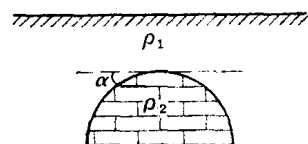
对称地壘



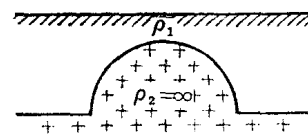
不对称地壘



对称穹窿

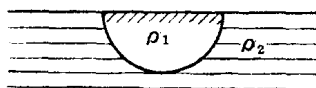


十七. 半圆柱状长垣

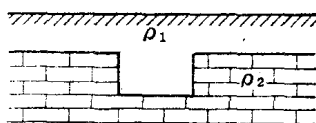


十八. 地堑

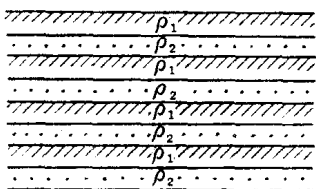
半圆柱形地堑



长方形地堑



十九. 无穷旋迴的薄互层组



二十. 双含水层互层组

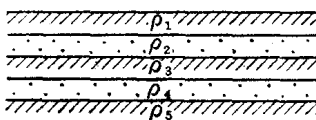


图 1 复杂地电断面类型图例

调查复杂基底构造时，有时需采用不同装置（如赤道、轴向测深）对比曲线特征（不同装置对同一构造有不同反映），以了解构造形态，因而顺便列入赤道装置的理论曲线。目前有些断面类型尚没有对称装置的理论曲线，只有赤道装置的曲线，而赤道装置曲线可简单地换算为对称装置的曲线。

本书主要目的在于给出复杂条件下电测深曲线的正演概念。根据地电断面特征加以分类和汇编，作为工具书用。熟悉各种地电条件下电测深曲线的特征，有助于分析地电断面，以避免因未识别假电性层而导致的解释误差。

由于水平低及限于现有研究程度（有些还由于方法本身的局限性），本书与野外实际需要差距很大。在内容上仅供识别若干复杂地电断面的曲线特征和畸变，对畸变的校正缺乏有效的方法，也无验证资料的实例，有待今后补充和提高。

第一章 复杂条件下电测深曲线

一、倾 斜 界 面

(一) 倾斜界面上点源场的等位线

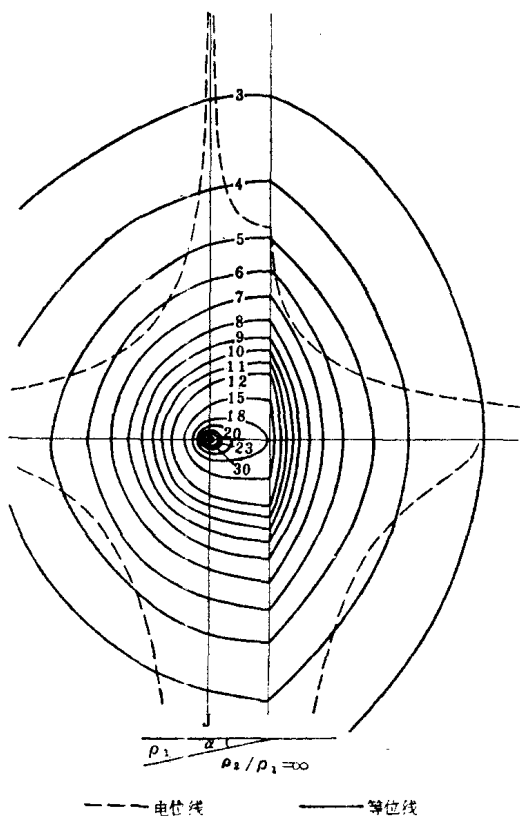


图 2 倾斜界面上点源场等位线，
点源位于 ρ_1 介质， $\alpha = 10^\circ$ ， $\frac{\rho_2}{\rho_1} = \infty$