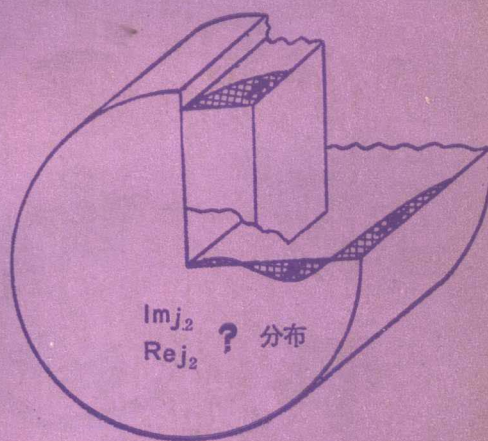
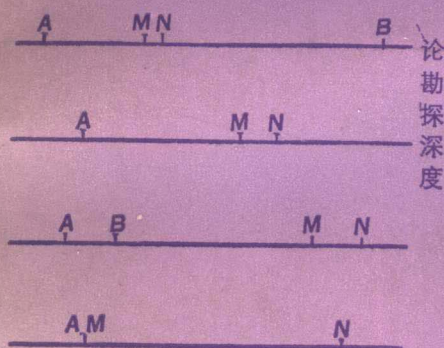


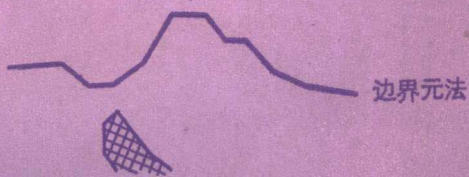
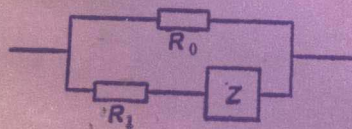
高等学校教学参考书

电法勘探文集

傅良魁 主编



Cole-Cole 模型应用



地质出版社

高等学校教学参考书

电法勘探文集

傅良魁 主编



地质出版社

内 容 提 要

本书共有三十二篇论文，内容丰富。包括电阻率法、激发极化法、充电法、自然电场法和电磁感应法等在我国已获推广应用的各电法勘探分支方法。文章论述力求原理清楚、观点明确、简明扼要。全书与基本教材《电法勘探教程》相衔接，在内容的广度和深度上做了加深和扩展，一部分反映电法勘探新成就，一部分深入研究某些基本问题，并以培养学生分析问题和解决问题的能力为目的。本书为高等地质院校高年级学生及低年级研究生的教学参考书。也可供电法勘探实际工作者和有关科学研究人员参考。

* * *

本书经地质矿产部电法勘探教材编审委员会1984年8月扩大会议审定，同意作为高等学校教学参考书出版。

* * *

高等学校教学参考书

电 法 勘 探 文 集

傅良魁 主编

责任编辑 袁方 史元略

*

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：20¹/₄ 字数：469,500
1986年6月北京第一版·1986年6月北京第一次印刷

印数：1—2 260 册 定价：3.15元

统一书号：13038·教235

前 言

近些年来，我国的电法勘探发展很快，及时将这门学科的最新成就适当反映到高等地质院校的教学内容中去，十分有益。但是，由于学时限制，供课堂教学使用的《电法勘探教程》一书篇幅不能过大。因此，决定编写一本既充分考虑教学要求，又反映最新进展的电法勘探教学参考书，供大学生课外自学用。然而，由于电法勘探分支方法很多，应用范围较广，期望在一本参考书中全面、系统地反映这门学科近年来所有的新成就是困难的。因此，本书只能在一定程度上，从某些方面，适当反映我国电法勘探工作者（特别是工作在教学岗位上的同事们）近年来取得的一些研究成果。

考虑到教学参考书的性质和要求，本书在内容选择上，侧重于方法原理，对所选编的课题，尽可能从原理上阐明问题；其次，也适当注意了解决电法勘探正、反演问题的方法技术。

本书在编排上与《电法勘探教程》相对应，在内容上包括四大部分，其所含论文的篇数和顺序如下：

- 第一部分 电阻率法 十二篇
- 第二部分 充电法和自然电场法 四篇
- 第三部分 激发极化法 九篇
- 第四部分 电磁感应法 七篇

根据电法勘探教材编审委员会的决定，本书采用以科研论文投稿方式进行选题。投稿者有高等地质院校、物探研究所和物探队中从事电法勘探教学、科研和生产工作的同事们，共收到投稿和推荐的课题六十余个。经过编委会初步研究，选出四十余个课题。初稿完成后，送交主编进行初步审查和修改。然后，以科研成果报告的形式进行学术交流，同时由编委会进行评审和磋商，选定三十二篇论文，并再次交主编最后修订。

在本书各个选题及其主要内容最后定稿时，既注意到了与《电法勘探教程》在各方面的紧密联系，同时也考虑到科研论文的特点。在某些问题上，容许作者们不同学术观点的存在，以贯彻百家争鸣的方针，活跃我国电法勘探的学术气氛，并给读者以更多的启发，培养大学生们分析问题、解决问题、独立思考和鉴别的能力。

在电法勘探中，从实际工作情况看，电阻率法与激发极化法往往是结合在一起的，很难将其孤立地分开。因此，本书第一部分虽然是电阻率法，但有些文章内容，也包括和适用于激发极化法。这一特点，曾反映在《电法勘探教程》（1980）试用教材的编写体系中。

众所周知，虽然电法勘探许多分支方法在我国已获得推广应用，并取得了较好效果。但是，在评价异常源性质和区分“矿与非矿”等方面，迄今为止，国内外仍处在探索、研究中，尚未形成一种行之有效的确切方法。因此，本书在这方面的选题较为慎重，并对所选编的有关文章，均应理解到当前只能在某些特定条件下，遵循由已知到未知的对比原则，在一定程度上取得某些评价异常的实际地质效果；而不宜忽视具体地质、地球物理条

件，生搬硬套进行通用。

随着电算技术在电法勘探中越来越广泛的应用，本参考书适当增选了这方面内容，以扩大学生的知识视野，了解、掌握在电法勘探正、反演问题中，现代计算技术的应用方法与原理。

本书在编辑过程中得到贾美芝同志在植字、绘图方面的协助，谨致谢意。

主编 傅良魁
(电法勘探教材编审委员会主任)
一九八五年一月一日 北京

目 录

前 言

论电法勘探深度问题.....	傅良魁	1
一、以往对电法勘探深度的研究概况.....		1
二、对电法勘探深度定义及其影响因素的一些看法.....		6
三、同点激电法勘探深度的近似计算.....		9
四、电流分布与勘探深度的一般关系.....		11
结论.....		12
电法勘探中的积累电荷.....	王延良、王兴泰	14
一、积累电荷是否存在.....		14
二、供电电极表面的积累电荷.....		15
三、界面电荷的积累过程.....		16
四、电阻率分界面上的面电荷密度.....		17
五、从积累电荷角度分析电场问题的好处.....		18
结论.....		20
计算直流电法异常的积分方程法.....	罗延钟	21
一、计算原理.....		21
二、积分方程的离散化.....		22
三、电参数的计算.....		25
四、算例.....		27
五、关于积分方程法的计算精度和计算量.....		29
结语.....		30
用边界元法求解复杂地形条件下的视电阻率异常.....	田宪模等	32
一、边界元法的基本原理.....		32
二、求解复杂地形条件下视电阻率异常.....		39
结束语.....		43
电测深曲线的阻尼最小二乘反演.....	陈丽英	44
一、阻尼最小二乘法的基本原理.....		44
二、用阻尼最小二乘法作电测深反演.....		46
三、阻尼系数 μ 的选择.....		49
四、参数估计.....		52
五、阻尼最小二乘反演方法的应用.....		53
结束语.....		54
用导电中心模拟直流电法中导电矿体的数学模型.....	方文藻、王小明	55
一、数学模型.....		55
二、计算实例.....		59

结论.....	61
〔附录〕 α 中心参数的选择.....	62
点电源场中埋设球的正演及数值计算	朴化荣等 65
一、数学推导.....	65
二、计算方法及结果.....	68
〔附录1〕球调和函数的变换公式.....	70
〔附录2〕球体上联合剖面FORTRAN程序.....	72
三层角域介质的视电阻率异常研究	何继善、曾宪明 76
一、三层角域介质点电源电位.....	76
二、水平地面时三层角域介质视电阻率曲线特征.....	77
三、角域介质视电阻率异常近似叠加规律.....	78
四、存在矿体时地形改正的特点.....	80
五、接触带影响及其削弱方法.....	81
结束语.....	84
〔附 录〕.....	84
某些非水平层状形体上对称四极测深视电阻率异常的特征与解释方法	陈福集、刘煜洲 87
一、球体.....	87
二、水平圆柱体.....	90
三、直立接触面和无限延深直立脉.....	95
四、板状体.....	96
结束语.....	100
联合剖面法的一种资料整理解释方法	葛为中 101
一、方法的提出.....	101
二、理论计算和模型实验工作.....	102
三、解释方法和实例.....	105
四、激电联剖歧变曲线.....	107
结语.....	108
有限电阻率冻胶物理模拟	曾宪明等 109
一、有限电阻率冻胶模拟的基本方法和技术.....	109
二、有限电阻率冻胶模拟的精度.....	110
三、复杂地电断面的模拟结果.....	112
结束语.....	113
电法勘探在湖北英山地热区的应用	贾苓希、严家祥 114
一、英山地热区地质、地球物理特点及地下热水与电阻率、自然电位的 关系.....	114
二、电阻率法与自然电场法应用实例.....	117
结束语.....	120
二维均匀极化板状体自电异常的正反演	雷扬敬 122

一、理论计算.....	122
二、电场特征.....	125
三、应用及实例.....	130
磁充电法纯异常场的理论研究.....史元盛、傅良魁	130
一、有限长良导水平圆柱体磁充电法异常场的数学表达式.....	134
二、有限长水平圆柱体异常磁场的分布规律.....	136
三、磁充电法的一个应用实例.....	142
结论.....	143
充电法确定钻井压裂裂缝方位的研究.....吴汉荣、何裕盛等	144
一、方法的理论基础.....	144
二、方法技术.....	148
三、实例.....	151
结语.....	153
狭义氧化还原电场——黄铁矿体自然极化研究.....仇勇海	154
一、黄铁矿—水系热力学平衡.....	154
二、黄铁矿电极的稳定电位.....	156
三、地质环境与混合电位.....	159
四、黄铁矿体的自然极化机理.....	160
五、应用效果.....	162
温纳激电测深在水平层上的异常规律.....李金铭	165
一、二层水平地层.....	165
二、三层水平地层.....	169
三、 $K(\rho)$ 型和 $Q(\rho)$ 型断面上激电异常的反常现象.....	171
三维椭球体激电异常正演计算方法.....石昆法	177
一、计算公式.....	177
二、源程序与说明.....	180
三、计算实例.....	181
〔附录〕均匀场三维椭球体的 η_s 、 E_1 、 E_2 、 E 源程序.....	183
激电二次场时间特征在异常区分中的应用.....王庆乙等	186
一、标本测定和野外工作布置.....	186
二、区分参数的选择和定性界限的确定.....	188
三、激电异常区分的效果.....	190
结束语.....	194
接触极化曲线法原理及实验结果.....温佩琳	196
一、方法原理.....	196
二、接触极化曲线法能解决的地质任务.....	198
三、接触极化曲线法的实验研究.....	199
四、野外工作方法和技术中的几个问题.....	202
电极极化效应引起激电法充放电曲线形状复杂化的一些实验结果.....海戴媛	205

一、在近场源梯度观测中供电电极极化效应引起充放电曲线形状复杂化的现象	205
二、测量电极的极化效应引起激电放电曲线复杂化的实验结果及原因剖析	208
结束语	210
频率域激发极化法的观测系统	何继善、鲍光淑 215
一、激发极化系统的两种观测方式	211
二、频率域激发极化法的观测方案	211
利用柯尔-柯尔模型等效极化介质复阻抗谱的方法	吴广耀 220
一、均匀半空间极化介质复阻抗谱的柯尔-柯尔模型等效	220
二、层状极化介质复阻抗谱的柯尔-柯尔模型等效	225
三、计算例证	229
结论	232
柯尔-柯尔模型复频谱的最优化反演	张桂青 233
一、复电阻率分量的表达式	234
二、复电阻率频谱的最优化反演	234
三、影响实测频谱反演效果因素的几点讨论	236
结语	244
〔附录〕单个柯尔模型复电阻率分量对模型参数的求导公式	244
覆盖层对近场源激电法异常场的影响规律	史元盛 246
一、覆盖层存在时一个垂直接触界面上近场源二极法异常场的分布规律	246
二、覆盖层存在时直立板状体上近场源二极法异常场的分布规律	249
结论	251
均匀交变磁场中导磁导电水平圆柱体内感应电流的分布规律	袁方 252
一、柱内感应电流的计算公式	252
二、数值计算	253
三、计算结果及分析	255
结论	262
〔附录一〕水平圆柱体内感应电流公式的推导	263
〔附录二〕复宗量修正贝塞尔函数 $I_p(Z)$ 的计算	264
解析法计算有限导电倾斜半薄板的电磁响应	王延良、王启章 269
一、基本思路及理论要点	269
二、计算公式与计算方法	274
三、数值结果	275
在动源偶极电磁法中应用似作用中心的一些问题	王守坦 278
一、似作用中心假说及其应用条件	278
二、似作用中心假说的几个应用	279
结束语	281
磁偶源频率测深法	刘振铎 282

一、数理基础.....	283
二、应用实例.....	288
导电围岩对电磁法影响的一些实验结果.....牛之珪、李凤初	290
一、模拟实验的材料、装置及观测参数.....	290
二、频率域方法的实验结果分析.....	291
三、时间域法实验结果的分析.....	294
结论.....	296
超低频人工磁化法.....史元盛	297
一、利用对比分析法评价球形磁性体的磁异常.....	297
二、利用对比分析法评价板状体的磁异常.....	301
三、对比分析法的应用实例.....	304
地面脉冲瞬变电磁法的一些实验成果.....牛之珪、刘本浩	307
一、脉冲瞬变电磁法物理模拟的方法技术.....	307
二、导电矿体上的异常响应.....	308
结论.....	313

论电法勘探深度问题

傅 良 魁

大家知道，在物探工作者间，“勘探深度”是人们常讲、常书的一个专业名词，而且一般认为其涵义是“找矿深度”或“探查地质构造”的深度等。这些看法，多数物探工作者是能接受的，但较笼统。若具体讲，国内外研究者半个世纪以来，一直有各种各样的认识，并不统一，甚至互相矛盾。因此，正确认识和运用“勘探深度”这一概念十分重要，无论对实际找矿工作，还是对理论研究，均有指导意义。为了在我国一些物探工作者间建立或形成较合理、完善的概念，消除某些混乱，作者认为，有必要对勘探深度问题作进一步研究，以便对其中某些问题予以澄清，尽可能取得较一致意见，使大家有共同语言，这不仅有利于促进学科发展，而且还可避免由此而造成的各种不必要的经济损失（如缺乏地质、地球物理前提的盲目施工和对资料的错误解释以及依此布置进一步钻探造成的浪费等）。

随着地球物理勘探工作逐年向深度和广度方向的迅速进展，提高勘探深度已成为国内外广大物探工作者众所瞩目的研究课题。从本世纪三十年代至今，发表了很多有关电法勘探深度方面的专门论著。尤其近年来，我国电法勘探研究者提出了几种通过改变电流分布提高电法勘探深度的方案，颇引人注目。有的单位在进行野外试用，其中有些问题也值得进一步讨论。作者在本文中提出一些新的看法，供读者参考。

一、以往对电法勘探深度的研究概况

（一）以往对勘探深度给出的一些数量关系

由于勘探深度问题的重要性，从本世纪三十年代起，直到八十年代，半个世纪（五十年）来许多研究者对之十分关注，发表了不少文章，在某些专著和教科书中，也辟以专门章节进行讨论，对电法勘探中许多变种（或分支）方法的勘探深度问题提出了不少有启发性的见解和有价值的研究成果。

但是，与此同时，不同作者对勘探深度所给出的定义及其具体数量关系却不尽相同，有的甚至差别很大。例如，现仅以电阻率法为例，可简略举出以下一些作者给出的数量关系。

早在一九三二年，C. Schlumberger 和 M. Schlumberger 在其论文^[1]中，曾对对称四极装置的勘探深度（ D ）与电极距（ L 或 AB ）间就不同情况提出了三种数量关系：

（1）在较简单情况下，最大勘探深度等于电极距的一半，即 $D = \frac{AB}{2}$ ；

（2）在有覆盖层的二层地电断面条件下，认为电极距等于四倍覆盖层厚度时视电阻

率有明显变化, 即 $D = \frac{AB}{4}$,

(3) 在复杂的水平多层地电断面条件下, 勘探深度等于电极距的八分之一, 即 $D =$

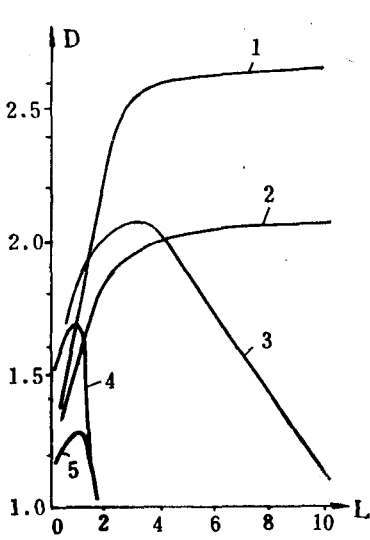


图 1 取 $\frac{\Delta\rho_s}{\rho_1} = 20\%$ 时五种电阻率分支方法的勘探深度与电极距的关系
1—AMN; 2—AMNB; 3—AMNA';
4—AM; 5—MAN

$$\frac{AB}{8}。$$

以后, H. M. Evjen^[3] (1938) 认为, 最佳电极距等于勘探深度的九倍, 即 $D = \frac{AB}{9}$ 。

C. A. Heiland^[4] (1940) 在其著作中认为, 根据经验温纳装置的勘探深度等于相邻电极间距离, 即 $D = \frac{AB}{3}$ 。

H. П. Григорьева^[5] 于 1951 年完成了在良导体球体上多种电阻率法的异常分布规律及勘探深度的研究, 给出了当取电阻率相对异常 $\frac{\Delta\rho_s}{\rho_1} = \pm 20\%$ 时五种装置的勘探深度 (D) 与电极距 (L) 的大小

有图 1 所示的关系 (长度均以球体半径为单位, 并且各种装置均取 $L = AM$)。他的研究结果表明, 对于某些装置类型而言, 电极距越大, 勘探深度也越大) 如 AMN 和 MNB 或联合剖面法及对称四极法等); 有些装置采用某个最佳电极距时勘探深度最大, 其它电极距时则较小 (AM 二极法和 MAN 型三极纯异常法以及 AMNA' 四极垂直聚焦纯异常法等)。最大勘探深度与最佳电极距有表 1 所示的数据关系。由表可见, 三极装置 (AMN 和 MNB 或联合剖面法的勘探深度最大, 对称四极法 (AMNB) 较大, 二极法 (AM) 较小, 三极纯异常法最小。

表 1

装 置	最佳 电 极 距	最大 勘 探 深 度
MAN	1	1.28
AM	1	1.70
AMNA'	3	2.07
AMNB	∞	2.09
AMN和MNB或联合剖面法	∞	2.65

(引自 H. П. Григорьева)

B. H. Дахнов (1953) 提出^[6], 对称四极装置的勘探深度等于供电电极距的四分之一到十分之一, 即 $D = \frac{AB}{4}$ 到 $\frac{AB}{10}$ 。

R. N. Gupta 和 P. K. Bhattacharya (1963) 提出^[7], 在寻找良导性直立薄板的电剖

面法中, 当以获得百分之十异常的深度为最大勘探深度时, 对称四极法的 $D = \frac{AB}{4}$, 垂直聚焦法的 $D = 0.41AA'$ 。

G. V. Keller (1966) 认为^[8], 对称四极装置的勘探深度等于供电电极距的一半, 即

$$D = \frac{AB}{\sqrt{2}}$$

R. K. Fröhlich (1967) 提出^[9], 根据经验, 对称四极装置的勘探深度等于供电电极距的三分之一到四分之一, 即 $= \frac{AB}{3}$ 到 $\frac{AB}{4}$ 。

A. A. R. Zohdy 和 D. B. Jackson (1969) 等^[10]在地下水勘探中根据对多层电测深曲线的分析, 也认为电阻率法的勘探深度 $D = \frac{AB}{3}$ 到 $\frac{AB}{4}$ 。

A. Roy 和 A. Apparao^[11] (1971) 根据 EVjen 给出的定义^[3], 就一些电阻率分支方法对勘探深度进行了具体计算, 他们取均匀各向同性半空间中水平地表下面深度 Z 处的一薄水平层 (厚度为 ΔZ) 在测量电极间产生的电位差 (或电位) 与 (半空间大地引起的总电位差 (或电位) 之比为归一化勘探深度特征函数, A. Roy 等以 $\frac{Z}{L}$ 为变量算出特征函数曲线 (图2), 他取其极大点对应的 $\frac{Z}{L}$ 值 (将此时的 Z 用 D 表示) 为相对勘探深度或深度因子

$\left(\frac{D}{L}\right)$, 用这种办法给出表 2 中的数量关系:

由此可见, A. Roy 的研究结果是, 二极装置 (AM) 勘探深度最大, 对称四极装置 (包括温纳装置) 勘探深度最小。这与前面 H. П. Григорьева 给出的研究结果恰好相反, 互相矛盾, 值得引起注意。

表 2

装 置 类 型	勘 探 深 度 (D)
二极装置: $L = AM$	0.35 L
赤道偶极或方位偶极 $\left(\theta = \frac{\pi}{4}\right)$: $L = OO'$	0.25 L
垂直偶极 $\left(\theta = \frac{\pi}{4}\right)$: $L = OO'$	0.20 L
轴向偶极或放射偶极 $\left(\theta = \frac{\pi}{4}\right)$: $L = OO'$	0.195 L
平行偶极 $\left(\theta = \frac{\pi}{4}\right)$: $L = OO'$	0.18 L
垂直聚焦装置: $L = AA'$	0.18 L
地面横向测井 ($O_1O_2 = 0.1L$): $L = A_1A_2$	0.17 L
对称四极: $L = AB \left(MN = \frac{AB}{10}\right)$	0.125 L
温纳装置: $L = AB \left(MN = \frac{AB}{3}\right)$	0.11 L

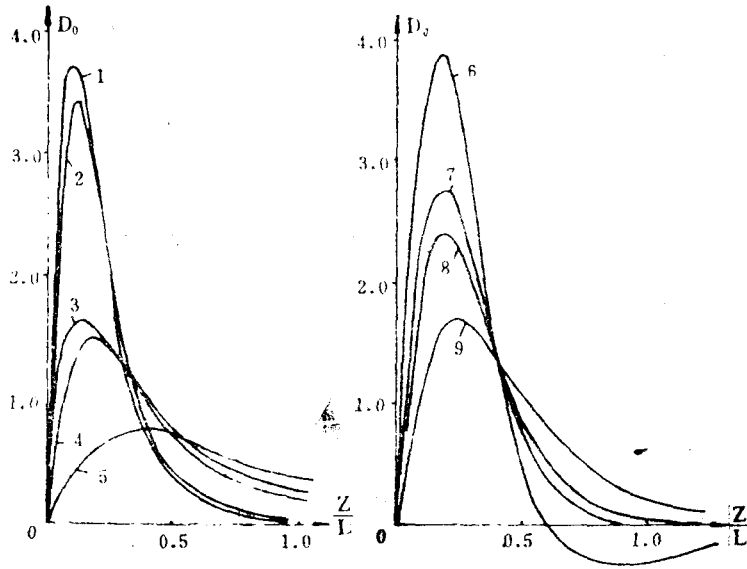


图 2 归一化勘探深度特征曲线

1—温纳；2—对称四极；3—横向地面测井；4—垂直聚焦；5—二极；6—平行偶极；7—放射偶极；8—垂直偶极；9—赤道偶极

A. Roy 等还认为，虽然他们研究的是均匀各向同性半空间情况，但所得到的勘探深度关系可以定性地用以指导实际工作，对于不均匀大地情况，也可用类似方法进行研究。他们还对水平二层地电断面和直立良导电薄板情况，分别对四种装置做了些计算和模拟实验^[11]。

A. Dey 等^[20] (1975) 的研究结果也与 A. Roy 等不同，认为三极装置的地质效能与勘探深度最大。

B. A. Комаров (1980) 提出^[21]：在导电围岩电阻率为均匀的有利条件下，联合剖面法的研究深度大约等于自接收线中心到较近一个供电电极的长度。

此外，B. B. Bhattacharya 和 M. K. Sen (1981)^[12]等采用同样的研究方法，对地下半空间为均匀非各向同性地层条件下的勘探深度进行了研究，他们推导出的归一化勘探深度特征函数的表达式与 A. Roy 等给出的相似，只需将各向同性条件下得到的各式中之变量 Z 换成 $\frac{\lambda Z}{\cos^2 \alpha + \lambda^2 \sin^2 \alpha}$ ，便为非各向同性条件下的特征函数表达式。他们对不同岩层倾角 (α) 和不同非各向同性系数 (λ) 等条件，给出了五种装置 (二极、三极、温纳、对称四极和轴向偶极) 勘探深度与电极距的数量关系，为简单起见，不繁列。

与此同时，K. K. Roy 和 H. M. Elliot^[13] (1981) 认为：在用温纳和对称四极装置进行剖面测量时，其勘探深度等于电极距，即 $D=AB$ 。此外，他们还研究了在水平地层条件下电测深曲线有极大 (K 型三层断面) 和极小 (H 型三层断面) 或同时有极大和极小

(KH 和 HK 型四层断面) 时对称四极装置的勘探深度或深度因子 $\left(\frac{D}{L}\right)$ 与 $v_2\left(\frac{h_2}{h_1}\right)$ 的关

系, 根据对电测深理论曲线量报册中一些曲线的分析构组成图 3 所示的 $\frac{D}{L}$ 与 $\frac{h_2}{h_1}$ 关系系列线图

(这里 D 为中间层的中心深度, L 为 K 型或 H 型三层电测深视电阻率曲线出现极值时对应的电极距), 他们认为勘探深度与具体的地层电性条件有关系, 应当按条件区别对待。在所考查的情况下, 相对深度 $\frac{D}{L}$ 可以从 0 到 0.8 (甚至更大) 中的任何一个值, 即 $D=0\sim 0.8$

AB 。而且, D 与 AB 间并无简单规律, 不能用经验公式概括所有不同电阻率和岩层厚度的情况。

应当说明, 在电法勘探中, 除电阻率法外, 不少学者还对激发极化法和电磁法以及自然电场法等其它分支电法的勘探深度进行过研究, 也给出了一些数量关系^[26]。如 В. А. Сидоров (1981) 等根据实际工作结果认为^[22]: 过渡过程法发现层状导体的深度可达 2~3km, 在金属矿区的最大探测深度大于 800 米, 等等。由于篇幅所限, 这里不再一一列举。

(二) 以往在电法勘探深度研究中比较接近的观点

1. 勘探深度与装置类型或电极排列方式有关。一般说, 不同装置的勘探深度有所不同。根据互换原理, 有的研究者认识到了不同装置也可以有相同的勘探深度^{[10], [12]}

2. 研究勘探深度对指导实际找矿和解决其它各种地质问题均有重要意义。广大物探工作者应当对勘探深度有统一认识, 以免混乱^[13]。否则, 缺乏共同语言和统一标准, 将影响学科发展和学术交流。

(三) 以往在电法勘探深度研究中不一致的意见

1. 不同研究者对勘探深度的定义不尽相同, 在计算勘探深度时具体的处理方法各有不同。在文献[3]、[11]、[12]中, 作者们对勘探深度所下的定义是: “在此深度上一个与地面平行的薄水平层在地表面上产生的总观测信号的贡献最大”。而有的研究者则认为, 在给定的地电条件和装置类型条件下, 应由探查目标(或电性不均匀体)所产生的异常信号足够明显(或为某个量值)来确定勘探深度^{[6], [13]}。这样一来, 如前所列, 以往研究者对电阻率法的勘探深度与电极距的大小关系及其变化范围均有所不同, 甚至差别较大, 很不统一。

2. 不同研究者对勘探深度的具体内容理解不尽相同。在电法勘探文献中, 常可看到以下一些名词。

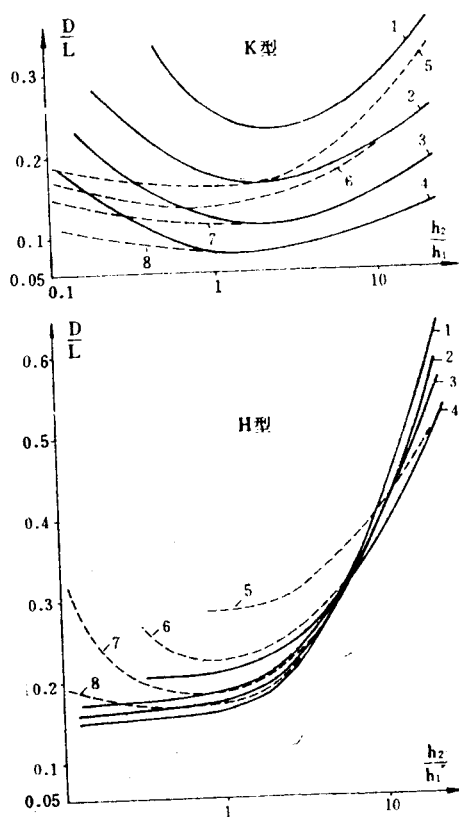


图 3 在三层 K 型和 H 型地电断面上对对称四极电测深 $\frac{D}{L}$ 与 $\frac{h_2}{h_1}$ 的理论关系图

- (1) 勘探深度 (Depth of exploration)^[13]
- (2) 研究深度 (Depth of investigation)^{[1][9][11]}
- (3) 测量深度 (Depth of measurement)^[2]
- (4) 有效探测深度 (Effective probing depth)^[8]
- (5) 穿透深度 (Depth of penetration)^{[4][9]}
- (6) 探测深度 (Search depth)^[13]
- (7) 趋肤深度 (Skin depth)^[14]
- (8) 影响深度 (Effect depth)^[6]

在这些名词中,有的与勘探深度是“同义”语,在文献中混用^[13];有的则不同,但有时会误认为是勘探深度,其实质却与勘探深度并无直接联系。

如对电流或电磁场穿透深度而言,在均匀半空间介质条件下,这种深度实际上是无限的,直到无限深处,电流或电磁场才完全消失,否则,即使很小,但仍然存在。所以,将地下某个深度处的电流或电磁场值等于地表面上电流或电磁场值的某个百分比(或在地下某个深度处电流或电磁场出现极大值或某种特征值)的深度(在均匀条件下)视为勘探深度,是不确切的。对集肤深度也是如此。除此以外,所谓“影响深度”等,都不能与勘探深度混用,它们不能互相代用。

综上所述,以往对勘探深度的研究已取得了相当进展,对实际工作和理论研究均有参考意义。但对以往的研究成果,不宜简单地照搬,在定量方面进行机械地采用,也是不恰当的。有些问题还有必要做进一步讨论、明确。

二、对电法勘探深度定义及其影响因素的一些看法

(一) 对于勘探深度定义的新提法

大家知道,电法勘探的分支方法很多,各种方法的应用范围、勘探深度和地质效果也不尽相同。以往研究电法勘探深度时,多数学者往往是对某种分支方法进行考查,所给出的勘探深度定义,仅适用于特定的分支方法(即使是合理的),而且,有些分支方法尚无确切的勘探深度定义,鉴于这种情况,看来有必要对电法勘探深度的总体给出一个较通用的定义。即使仍较原则,但对各分支方法具有通用性,以提供我国电法勘探工作者在研究各分支电法的勘探深度时参考。当然,对各种分支电法均可拟定出适用于研究和确定本法勘探深度的具体定义,但它们不应与电法勘探深度的总定义相违背,只是在分支方法勘探深度的定义中,根据各自的特点显得更具体些。

我们对电法勘探深度给出的总体定义是:在给定的各种主、客观条件下,通过对电或电磁场信息的收录(观测)、处理(整理)和分析研究(正、反演),以查明探测目标存在的最大深度。或简化为:在特定条件下查明探测目标的最大深度。这种简化形式对其他物探方法也适用,显得更通用、原则些。

本定义更重视给定条件和探测目标,我们认为,主观条件和客观条件以及探测目标是决定勘探深度的三大要素,在考虑勘探深度时应同时并重,一个也不宜忽视。

(二) 对勘探深度影响因素的意见

研究勘探深度时,应全面估计各种主、客观因素的作用或影响以及探测目标的具体情

况。事实上，勘探深度是由许多因素控制的。现简列如下。

1. 主观因素对勘探深度的影响

容易理解，勘探深度的大小与探测目标产生的异常场之强弱有密切关系。而异常信息能否被完整地收录到，或通过适当处理后最清楚、准确地显示出来，这首先取决于主观因素或人的主观能动性，其中应注意以下六点：

(1) 工作者的全面素质：包括科学理论、技术水平、业务的熟练程度以及对工作的责任感等，必须有起码保证。这方面的条件越好，其工作效率、质量越高。必然将反映在找矿能力和勘探深度等方面。

(2) 仪器、设备的效能：发送、收录、处理各种电场或电磁场（人工的和天然的）异常信息的效能（精确度、强度、灵敏度、稳定性和压制或克服干扰能力等）与所采用的仪器、设备的质量有密切关系。如采用一套低劣的仪器、设备，将很难保证工作效果，若导致工作失败，还谈什么勘探深度。

(3) 装置类型的合理选择：应针对具体的应用对象和条件，选用最优的装置类型和极距大小。

(4) 观测场的参数和时间或频率的合理选择：由于异常场的不同参量和采用不同时间〔激电法中的供电时间（ T ）及断电时间（ t ）〕或不同频率有密切关系，所以它们选择是否合理也影响勘探深度。

(5) 工作方法：选用合理的现场工作方法和最优的测网密度（测线或观测剖面的方位、长短及测点距等），是获得完整异常的必要保证。否则，漏掉异常还谈何勘探深度。

(6) 技术措施：为取得高质量的工作效果，应有必要的技术措施和规章制度。遵循合理的“规范”、“指南”或“手册”。

显然，在实际工作中，以上取决于人的六方面因素，是否使其处于最优化、最合理的状况，必然均将不同程度的影响甚至严重影响电法勘探深度和地质找矿效能，决不能忽视。但是，逐个详细、具体地确定各种因素对勘探深度在数量上的影响是困难的。因此常在一些“规范”、“指南”、“手册”中将这些主观因素一并考虑在内，综合性地估计其影响，规定出一些检查和衡量工作质量的技术指标，限定允许误差的百分数或绝对值，规定作为可靠异常的最小数据等。不合要求者，作为废品，使地质效果和勘探深度在主观因素上得以基本保证。

2. 客观因素的影响

不难理解，由探测目标引起的电法异常能否被完整的收录到并清晰地反映出来，除主观因素外，在很大程度上，还与所处的各种客观环境或地质、地球物理条件有重要关系。其中宜注意以下四点：

(1) 干扰场性质：各种非探测目标形成的干扰性电磁场，其强度和在时间及空间分布的复杂性，均将影响找矿效能和勘探深度。

(2) 围岩电学性质的不均匀性：探测目标周围岩石的各种电磁学性质的均匀程度和方向性，尤其在探测目标上、下或两侧岩层在物性参数上构成对人工场（或天然场）及对探测目标的反响有屏蔽或隐蔽作用时，均将明显地影响找矿效能和勘探程度。

(3) 地表面的起伏情况：当勘查区的地形切割剧烈、起伏很大时，将使探测目标的异常信息变得模糊不清，即使人们采取某些克服和校正措施，仍将会在不同程度上影响勘