

石油地质勘探技术培训教材

地球物理测井方法原理

尚作源 编

王曰才 审校



北京)

石油工业部勘探培训中心

A handwritten signature in black ink, appearing to be '王曰才' (Wang Ruyi), located to the right of the publisher's name.

前

言

为了提高广大石油地质技术干部的业务水平,石油工业部地质勘探司组织了“教材编写组”,负责编写出版《石油地质勘探技术培训教材》。

随着科学技术的发展,在石油地质勘探技术领域内,存在着补充和更新有关科学知识的问题。本教材就是针对上述问题而编写的。它可作为现场地质技术干部的培训课本,对于从事石油地质勘探的教学、科研人员,也具有一定的参考价值。

本教材共六册。第一册包括油区岩相古地理、构造地质及石油地质学进展;第二册为地震勘探原理及资料解释;第三册为测井方法原理及测井地层分析与油气评价;第四册为试油工艺技术;第五册为石油地质实验新技术;第六册为油层评价技术。教材内容的选择,力求展示新理论、新方法及新工艺,并从基本原理和基本方法入手,照顾学科的系统性,着重于阐述该学科研究发展的近况和前景,以提供读者用新的概念和手段开展油气勘探工作。与其他教材相比,本教材更注重于现场的地质应用,希望能解决工作中遇到的理论和方法问题。

这套教材曾在石油工业部地质勘探司举办的石油地质勘探进修班试用过,并在广泛征求了各方面意见的基础上,进行了认真的修改和补充。

教材编写组的成员有:郝石生(主编)、胡朝元、李德生、吴崇筠、张恺、张万选、冯石、张一伟、赵征林、陈基孟、钟国森、尚作源、曾文冲、朱恩灵、尚慧云、郭舜玲及陈丽华等。教材编写组的编辑有:袁幼庸、俞天佑、王雪吾、饶钦祖、王汉生同志。吕志强同志清绘了部份插图。李平山同志在组织编辑出版教材方面做了许多工作。

陆邦干、王曰才、王鸿勋等同志对有关教材进行了审校。北京石油勘探开发科学研究院情报室、绘图室协助了教材的誊写及绘图工作。

海洋石油勘探局、华北石油管理局对教材的印刷出版给予了大力支持。华东石油学院、北京石油勘探开发科学研究院、新疆石油管理局、大港油田指挥部、胜利油田会战指挥部、地球物理勘探局、管道局设计院对教材的编写和出版也给予了大力协助,谨致深切的谢意。

由于教材编写组成员分散各地,且都以业余撰写为主;加以时间仓促,水平有限,不足和谬误之处难免,敬请读者批评指正。

书中作者姓名,按编写顺序排列。

石油工业部地质勘探司

1981年8月

目 录

前言	1
第一章 普通电法测井	1
第一节 岩石电阻率与岩性、孔隙度及含油饱和度的关系	1
一、岩石电阻率的概念	1
二、岩石电阻率与岩性的关系	1
三、岩石电阻率与地层水性质的关系	2
四、岩石电阻率与孔隙度的关系	4
五、岩石电阻率与含油饱和度的关系	10
第二节 普通电阻率测井	12
一、测量岩样电阻率的原理	12
二、普通电阻率测井法的基本原理	12
三、视电阻率曲线的分析和电极系探测范围的概念	17
第三节 微电极测井	23
一、微电极测井法的提出	23
二、微电极系测量原理	24
三、微电极曲线的应用	25
第四节 自然电位测井	29
一、自然电位的产生原因	30
二、对自然电位曲线形状的分析	32
三、影响自然电位异常幅度的因素	34
四、自然电位曲线的应用	35
第二章 侧向测井	41
第一节 三电极侧向测井	41
一、基本原理	41
二、三侧向视电阻率曲线特点	42
三、浅侧向	42
第二节 七电极侧向测井	45
一、基本原理	45
二、七侧向视电阻率曲线的特点	47
三、利用七侧向视电阻率求地层真电阻率	48

第三节 微侧向测井	51
第四节 邻近侧向测井	52
第五节 球形聚焦测井与微球形聚焦测井	54
一、球形聚焦测井	54
二、微球形聚焦测井	55
第六节 双侧向—微球形聚焦组合测井	57
一、井眼校正	58
二、围岩校正	58
三、侵入校正	59
第三章 感应测井	61
第一节 感应测井的几何因子理论	61
第二节 感应测井线圈系的选择	66
一、双线圈系的探测特性	66
二、复合线圈系	69
复合线圈系设计的基本要求	71
线圈设计的具体原则	72
第三节 感应测井仪刻度原理	76
第四节 感应测井视电导率曲线	77
一、无井存在，上下围岩相同，单一低电导率和高电导率地层	77
二、无井存在，上下围岩不同，单一低电导率和高电导率地层	79
第五节 感应测井曲线的解释	82
一、根据感应测井曲线选取基本值	83
二、感应测井的理论图版	83
三、双感应——聚焦测井组合	89
第四章 声波测井	93
第一节 岩石的声学特性	93
一、岩石的声波速度	93
二、岩石的声波幅度	94
第二节 声波速度测井	95
一、“单发射—双接收”声速测井仪的测量原理	95
二、影响时差曲线的主要因素	98
三、井眼补偿声波测井的原理	102
第三节 声波速度测井资料的应用	104
一、判断气层，确定油气和油水接触面	104
二、划分地层	105

三、声波测井计算岩石孔隙度	106
第四节 声波幅度测井	112
一、水泥胶结测井	112
二、声波幅度测井	114
第五节 变密度测井	115
第五章 放射性测井	118
第一节 放射性的基础知识	118
一、原子核的衰变及放射性	118
二、伽玛射线强度的测定	120
三、中子的探测	121
第二节 利用伽玛射线的测井	123
一、自然伽玛测井	123
二、自然伽玛射线能谱测井	130
三、地层密度测井(伽玛测井)	132
四、岩性密度测井	138
第三节 利用连续中子源的测井	147
一、中子源	147
二、岩石的中子特性	148
三、中子伽玛测井法	148
四、中子测井	152
五、连续活化测井	158
第四节 利用脉冲中子源的测井	159
一、脉冲中子源	159
二、由核反应诱起的伽玛射线测井(O、C、Cl)测井	159
三、中子寿命测井	161
四、循环活化测井	165
参考文献	166

第一章 普通电法测井

普通电法测井包括视电阻率测井、微电极测井和自然电位测井，它是矿场地球物理测井中最基本、最常用的方法。岩石电阻率与岩石岩性、储油物性和含油性有密切关系，这是电阻率测井能够确定岩性、划分油水层的依据。

第一节 岩石电阻率与岩性孔隙度及含油饱和度的关系

一、岩石电阻率概念

各种岩石都具有不同的导电能力。岩石导电能力可用岩石电阻率 R_t 来表示。对于由均匀材料组成的导体，其电阻 R 与导体的截面积 S （米²）成反比，与导体的长度 L （米）成正比。可用下式表示：

$$R = R_t \frac{L}{S}$$

$$\text{因此 } R_t = R \frac{S}{L}$$

其中电阻率 R_t 也称比例系数，它与导体的性质有关。

岩石电阻率在数值上相当于截面积为1平方米，长度为1米的单位体积岩石的电阻，其单位是欧姆米（ $\Omega \cdot m$ ）。岩石电阻率越高，其单位体积岩石的电阻越大，表示岩石导电能力越差，岩石电导率越低。单位体积岩石的电阻越小，表示岩石的导电能力越好。

二、岩石电阻率与岩性的关系

表1-1列出了一些主要矿物和岩石电阻率，由表中可以看出，除了金属矿物电阻率极低外，主要造岩矿物（如石英、长石、云母、方解石等）电阻率都很高，石油的电阻率也很高，它们几乎都是不导电的。另外，大部份火成岩（如玄武岩、花岗岩等）电阻率都很高，而沉积岩电阻率都比较低。

火成岩与沉积岩电阻率的明显差别是由于岩石导电性质不同引起的。

大部份火成岩都非常致密坚硬，不含地层水，岩石主要靠组成岩石的造岩矿物中极少量自由电子导电，所以电阻率都很高。如果火成岩含有比较多的金属矿物，由于金属矿物自由电子很多，这种火成岩电阻率就比较低。这类依靠物质自由电子导电的方式，称为电子导电。这类岩石电阻率主要取决于所含导电矿物性质及含量。

沉积岩导电方式与大部分火成岩不同。沉积岩中都有不同程度的孔隙（粒间孔隙、

主要岩石和矿物的电阻率 表 1 - 1

岩石名称	电阻率 (欧姆米)	矿物名称	电阻率 (欧姆米)
粘土	$1 - 2 \times 10^2$	石英	$10^{12} - 10^{14}$
页岩	$10 - 10^2$	白云母	4×10^{11}
泥质页岩	$5 - 10^3$	长石	4×10^{11}
疏松砂岩	$2 - 50$	石油	$10^9 - 10^{16}$
致密砂岩	$20 - 10^3$	方解石	$5 \times 10^3 - 5 \times 10^{12}$
含油气砂岩	$2 - 10^3$	烟煤	$10 - 10^4$
贝壳石灰岩	$20 - 200$	无烟煤	$0.0001 - 1$
泥灰岩	$5 - 500$	硬石膏	$10^4 - 10^6$
石灰岩	$600 - 6000$	无水石膏	10^9
白云岩	$50 - 6000$	石墨	$10^{-6} - 3 \times 10^{-4}$
玄武岩	$600 - 10^5$	磁铁矿	$10^{-4} - 6 \times 10^{-3}$
花岗岩	$600 - 10^5$	黄铁矿	10^{-4}
		黄铜矿	10^{-3}

裂隙和溶洞),并且在孔隙中有一定数量的地层水。地层水中有氯化钠(NaCl)、氯化钙(CaCl_2)、硫酸镁(MgSO_4)等盐类。这些盐类在水中离解为正离子(Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等)和负离子(Cl^- 、 SO_4^{2-} 等)。在外加电场的作用下,正离子沿着电场正方向移动,负离子沿着电场反方向移动,运动的正负离子形成电流。这种依靠离子导电的方式叫离子导电。虽然在沉积岩中造岩矿物的自由电子导电也起一定作用,但相对于离子导电来说是很次要的。因此,沉积岩主要靠离子导电,其电阻率都比较低。沉积岩电阻率主要取决于岩石孔隙中所含液体性质、浓度及含量。

此外,沉积岩的电阻率还与组成岩石的颗粒大小有关。当岩石的颗粒变细时,一般说来,电阻率相应变低。例如,泥质砂岩比细砂岩电阻率低,泥岩比泥质砂岩电阻率低,特别是随着岩石泥质含量的增加岩石电阻率显著降低,这是因为泥质岩石颗粒表面往往吸附离子,形成偶电层。外层离子在外电场作用下移动形成电流,增加岩石的导电能力。这种增加的导电性,称为附加导电性。当岩石颗粒变细时,岩石的比面(单位体积岩石的颗粒表面积的总和)增大,附加导电性增大,岩石导电能力增大。同时,造岩矿物的溶解度一般很小,当岩石颗粒变细时,特别在地层水矿化度比较低的情况下,有一部分矿物水解,使溶液中离子数目增加,也使岩石电阻率降低。

从上面分析得出:岩层电阻率的不同,首先是岩性不同引起的。岩石性质的不同,不但决定了这种岩石的导电方式及导电能力的大小,而且影响到岩石孔隙性或含油性。

由于不同岩石电阻率上的差别,我们就有可能根据测得的岩石电阻率,配合其他资料,将井剖面中不同的岩石划分开来。

三、岩石电阻率与地层水性质的关系

由前面分析我们知道:沉积岩岩石导电能力主要取决于岩石孔隙中地层水的导电能

力。因此，为了深入地了解影响岩石电阻率的因素，必须首先研究影响地层水电阻率的因素。

1. 地层水电阻率与溶液化学成分的关系

由实验分析可知，不同性质的电解质水溶液，其离子数目，离子迁移率以及离子价数都不相同，因此其电阻率也不同，在油气田中的地层水，主要含有： NaCl 、 KCl 、 Na_2SO_4 等。但在实际工作中，所遇到的大部份都是 NaCl 的含量占优势的地层水，因此可把地层水近似地看作氯化钠溶液，如果地层水中含有较多的氯化钠以外的其他盐类，则可把每一种离子的含盐量乘以适当的系数，把地层水的含盐量换算成纯氯化钠溶液的含盐量。这些系数如图1-1所示。

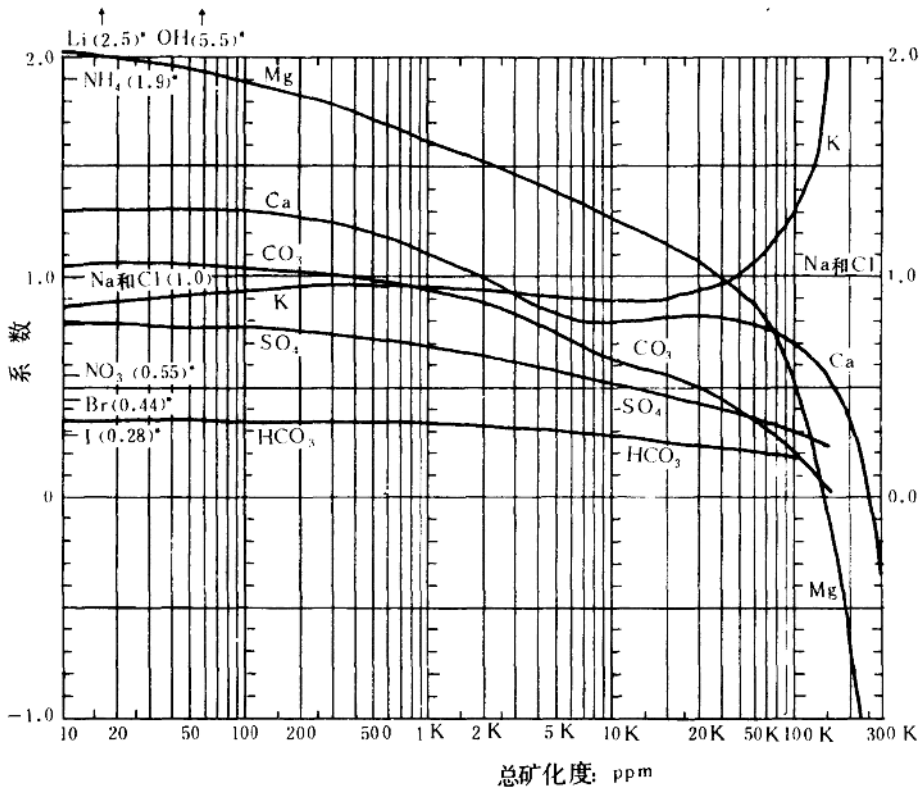


图1-1 不同离子换算系数

* 在图版左边，对低矿化度部分（约小于10000ppm）系数变化不大。

对图版时，用水样的总矿化度（含盐量，单位是ppm即毫克/公升）由横坐标插入，对各种存在的离子找到加权系数（该曲线的纵坐标）。每种离子的矿化度（ppm）乘上

它的加权系数把各种离子的乘积加起来, 就得到等效的氯化钠矿化度。

例: 地层水样分析表有: Ca: 460ppm、 SO_4 : 1400ppm、Na + Cl: 19000ppm
总矿化度 = $460 + 1400 + 19000 = 20860\text{ppm}$

在图上求得Ca的系数为0.81, SO_4 的系数为0.45, 等效氯化钠的矿化度为

$$460 \times 0.81 + 1400 \times 0.45 + 19000 \approx 20000\text{ppm}$$

2. 地层水电阻率与溶液浓度及温度的关系

地层水浓度增加, 使离子数目增多, 溶液导电性变好, 电阻率降低。而当溶液的温度升高时, 使离子的迁移率(移动速度)增大, 也增加溶液的导电性, 降低其电阻率。此外, 岩层中的某些盐类由于温度升高, 溶解度增大, 使溶液的浓度增加, 电阻率降低。实验作出的NaCl溶液的电阻率与其浓度和温度的关系, 如图1-2。

例: NaCl溶液矿化度25000ppm, 在79℃的电阻率: 可在图版上找到矿化度25000ppm, 顺斜线往下与温度为79℃的水平线相交于D, D点的横坐标0.105 欧姆米即是该溶液在79℃的电阻率。

测井时, 常在井口测量泥浆电阻率, 并在测井原图上记录18℃时的泥浆电阻率。可根据当时测量的温度和电阻率, 利用上述图版换算成18℃时的电阻率。应用测井资料时, 又常要求地层温度下的泥浆电阻率。这时可根据每地区的地层温度曲线确定给定井深的地层温度, 也可根据当地的地温梯度(井深每增加100 米地温增加的度数, °C/100米)和年平均地表温度用图1-3估计给定井深的地层温度。

例: 在11000英尺(A点)处井底温度为200°F, 则在8000英尺处的温度为167°F(B点)

$$1^\circ\text{F}/100\text{英尺} = 1.824^\circ\text{C}/100\text{米}$$

$$1^\circ\text{C}/100\text{米} = 0.5486^\circ\text{F}/100\text{英尺}$$

已知地层温度后, 可用图1-2将18℃的泥浆电阻率换算成该地层温度下的泥浆电阻率, 也可用下面的公式进行换算。

$$R_{wt} = \frac{R_{w18^\circ}}{1 + \alpha_t (t - 18^\circ)} = P_t R_{w18^\circ} \quad (1-1)$$

$$\text{式中 } P_t = \frac{1}{1 + \alpha_t (t - 18^\circ)}$$

P_t - 电阻率随温度改变的系数;

R_{w18° - 在18℃时溶液电阻率;

R_{wt} - 在t℃时溶液电阻率;

α_t - 温度系数的平均值, 相当于每改变1℃时电阻率的相应变化值。它随温度改变而变化, 在15° - 50° 时, α_t 的平均值为0.0236。

四、岩石电阻率与孔隙度的关系

储集层是我们研究的主要对象, 因此我们着重讨论它。影响储集层电阻率因素很多, 主要有:

1) 岩石中孔隙体积的大小;

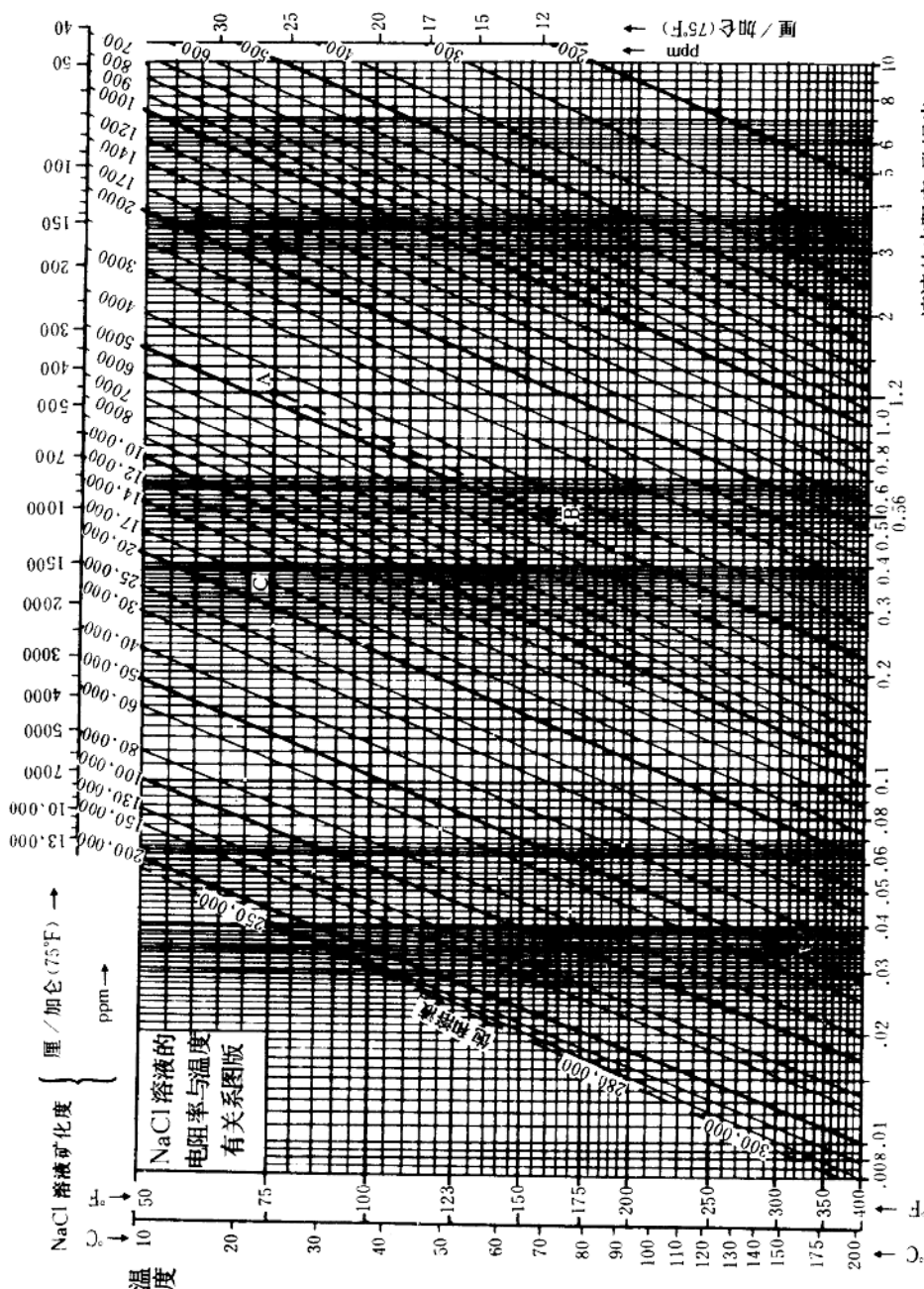


图 1 - 2 NaCl 溶液电阻率与其浓度和温度的关系图版

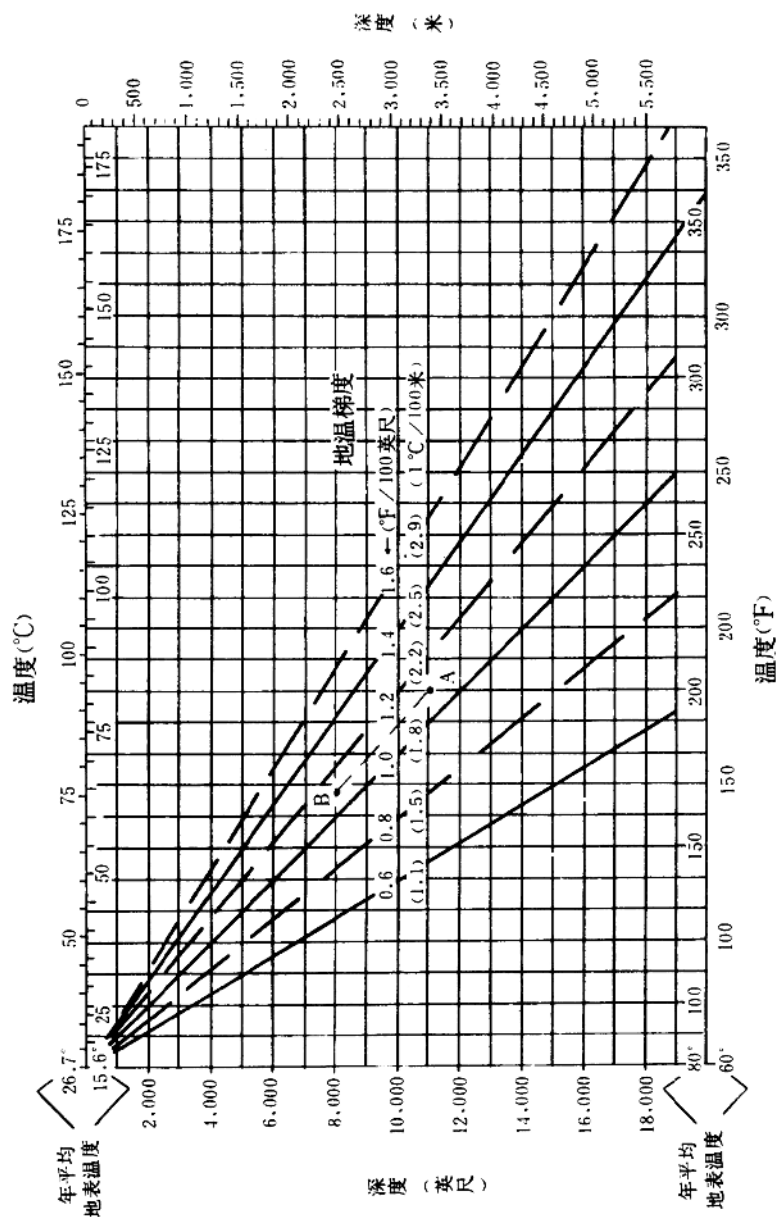


图 1 - 3 估计地层温度图版 (假设为线性地温梯度)

- 2) 岩石孔隙中油和水所占的百分含量;
- 3) 岩石孔隙中所含盐类的成分和浓度;
- 4) 岩石胶结和孔隙连通情况。

我们先讨论含水砂岩电阻率的影响因素, 含水砂岩在未胶结时, 除组成岩石骨架的固体颗粒外, 还有充填于其孔隙中的地层水。如图 1-4。由于组成岩石骨架的固体颗粒都是结晶物质, 在这些颗粒中存在的自由电子很少, 因而电阻率很高 (如石英电阻率为 $10^{12} - 10^{14}$ 欧姆-米), 可以看作是不导电的。当砂岩通过电源时, 电流主要在充满于孔隙中的地层水中流动。所以, 岩石的导电能力主要取决于单位体积岩石中孔隙体积 (即孔隙度) 和地层水电阻率。

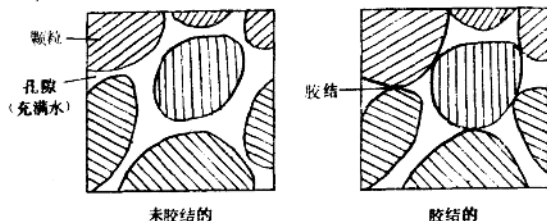


图 1-4 含水砂岩示意图

岩石孔隙度越大, 地层水电阻率越低, 岩石的导电能力就越强, 岩石电阻率也就越低; 反之, 岩石孔隙度越小, 地层水电阻率越高, 岩石导电能力就越差, 岩石电阻率也就越高。

当砂岩的颗粒之间有胶结物存在时, 因为胶结物电阻率一般比较高, 对电源起阻碍作用, 使电流经过的路径变得更曲折, 相当于导体的长度变长, 导体截面积变小, 因而使胶结砂岩导电能力比未胶结时变差, 也就使胶结砂岩电阻率增高。

从以上分析得出: 含水砂岩电阻率取决于地层水电阻率、孔隙度、胶结情况及孔隙形状。胶结情况及孔隙形状决定于岩性, 这里有四个因素: 含水砂岩电阻率、地层水电阻率、岩石孔隙度和岩性, 其中, 含水砂岩电阻率和地层水电阻率可以利用电测资料确定, 岩性也可以利用测井资料和其他资料判断出来, 不能确定的是岩石孔隙度, 这正是我们需要确定的表征储油物性的重要参数。因此, 要想利用测井资料来确定岩石孔隙度, 关键在于事先确定上述四个因素的数量关系。

这四个因素之间的关系是根据对大量岩样进行岩性、电性实验, 经过整理计算得出的, 图 1-5 是我国某油田的一个实例。

一般在研究这个关系时, 先固定岩性这一因素, 也就是选取胶结情况及孔隙形状比较一致的某一地区某一层组岩样, 研究其含水层岩石电阻率 (R_o)、地层水电阻率 (R_w)、岩石孔隙度 (ϕ) 之间的关系, 实验证明, 对于给定的岩样, 当完全含水岩石电阻率不是很低时, 完全含水岩石电阻率 R_o 与地层水电阻率 R_w 有正比关系, 即: R_o / R_w 为一常数。这个比值只与岩样的孔隙度和胶结情况、孔隙形状有关, 而与饱和在岩样中的地层水电阻率无关。我们称比值 R_o / R_w 为岩石的地层因素或相对电阻, 用 F 表示, 即

$$F = \frac{R_o}{R_w} \quad (1-2)$$

在双对数座标系中, 纵座标表示地层因素 F , 横座标表示孔隙度 ϕ , F 与 ϕ 有近似

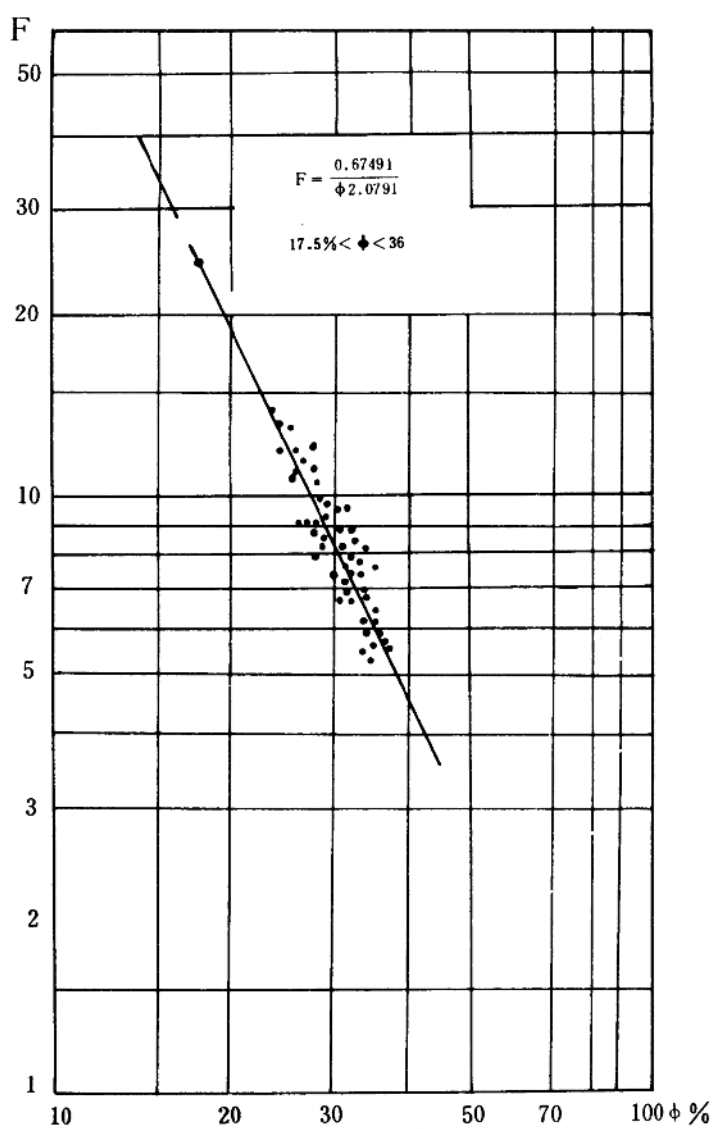


图 1 - 5 某油田地层因素与孔隙度关系曲线

直线关系。根据这条曲线的直线段，可得出实验公式如下：

$$F = \frac{0.67491}{\phi^{2.0791}} \quad (1 - 3)$$

对于不同岩性的岩石进行研究的结果，都得到规律相同的曲线（图 1 - 6），其直线段可用实验公式来表示：

$$F = \frac{R_o}{R_w} = \frac{a}{\phi m} \quad (1 - 4)$$

式中 R_o — 孔隙中充满地层水时的岩石电阻率，单位是欧姆米；

R_w — 地层水电阻率，单位是欧姆米；

a — 比例系数，不同岩性有不同的数值；

m — 胶结系数，随岩石胶结程度而变化；

ϕ — 岩石连通孔隙度，用百分数表示。

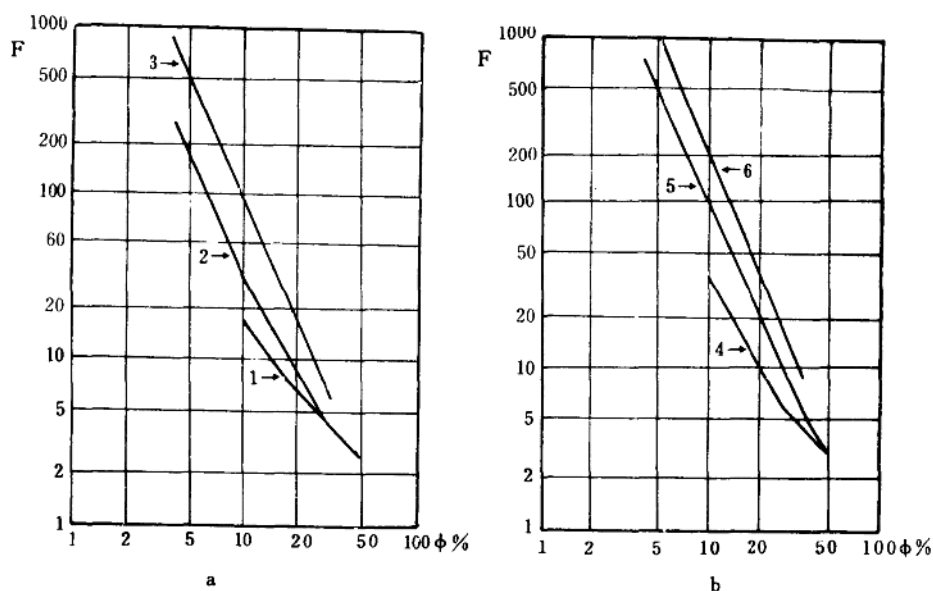


图 1 - 6 岩石的地层因素 (F) 与其连通孔隙度 (ϕ) 的关系

图a - 砂泥质岩石: 1 - 疏松砂层;

2 - 弱胶结砂岩;

3 - 中等胶结砂岩。

图b - 碳酸盐岩石: 4 - 贝壳石灰岩, 泥质石灰岩;

5 - 粗晶质的石灰岩与白云岩;

6 - 细晶质的石灰岩与白云岩。

图 1 - 6 所示的几条曲线，这些系数列于表 1 - 2。

胶结系数m和比例系数a的数值

表 1—2

	疏松砂岩	弱胶结砂岩	中等胶结砂岩	疏松的贝壳石灰岩及白云岩	中等致密的粗晶质石灰岩及白云岩	致密细晶质的石灰岩及白云岩
a	1	0.7	0.5	0.55	0.6	0.8
m	1.3	1.9	2.2	1.85	2.15	2.3

五、岩石电阻率与含油饱和度的关系

当砂岩的孔隙中，不只含有地层水，而且有油时，在通常的条件下水处于颗粒的表面，油处于孔隙的中央部份，四周被水包围着（见图 1—7）。由于石油电阻率很高（ $10^9 - 10^{16}$ 欧姆米）是不导电的。所以含油岩石与同样含水岩石相比，电流的路径变得更曲折，相当于导体的长度变长，同时导电的截面积变小，因而使含油岩石电阻率比含水岩石大，岩石含油越多（含油饱和度越高），岩石电阻率就越高，这时，含油岩石电阻率除了与岩石的孔隙度、胶结情况及孔隙形状有关以外，还与石油与地层水各占孔隙体积的百分数（即含油饱和度 S_o 与含水饱和度 S_w 及油水在孔隙中分布状况有关。

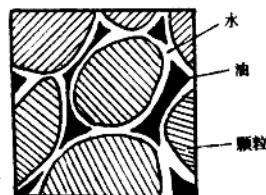


图 1—7 含油砂岩示意图

岩石电阻率与含油饱和度定量关系的研究，也是根据对岩样进行岩性电性实验，整理计算出来的，通常是选择一个岩性有代表性的岩样，在实验室内先测出岩样完全含水时的电阻率（ R_o ），然后向完全含水的岩样逐步压入石油，同时不断测出在不同含油饱和度（ S_o ）时相应的含油岩石电阻率（ R_t ），在测量过程中，一直要保持地层水电阻率不变，在有条件打油基泥浆取心井时，可同时测量岩样的电阻率和含油饱和度，得到许多点子，作出图版（图 1—8）。为了便于资料的整理，也要引入一个新的参数，叫岩石的电阻增大系数，用 I 表示，它表示含油岩石电阻率（ R_t ）与该岩石完全充满水时的电阻率（ R_o ）的比值，即

$$I = \frac{R_t}{R_o} \quad (1-5)$$

电阻增大系数已经消除了地层水电阻率、岩石孔隙度和孔隙形状等因素的影响，故当岩性一定时，它只与岩石含油饱和度有关。根据实验结果，可在双对数坐标系中做出岩石的电阻增大系数与岩石含油饱和度的关系曲线图 1—8 是我国某油田的实例。根据该曲线的直线段，可得出实验公式如下：

$$I = \frac{R_t}{R_o} = \frac{0.74955}{S_w^{2.2843} (1 - S_o)^{2.2843}} \quad (1-6)$$

对于各种不同岩性的岩石研究的结果，都可得到规律相同的实验公式，表示如下：

$$I = \frac{R_t}{R_o} = \frac{b}{S_w^n (1 - S_o)^n} \quad (1-7)$$

式中，系数 b 和指数 n 由岩石的岩性决定，它们表明油水在孔隙中的分布状况对含油岩石电阻率的影响。

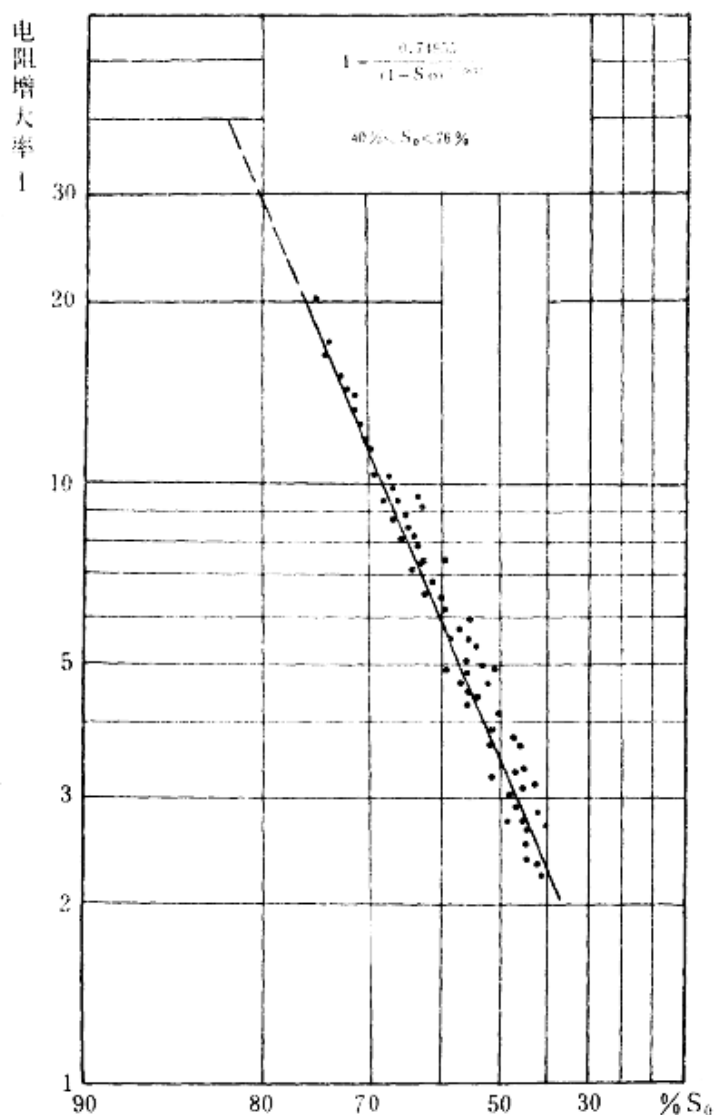


图 1-8 ××油田岩石电阻增大系数与含油饱和度关系曲线

如上所述，岩石相对电阻与孔隙度的关系，岩石电阻增大系数与含油饱和度的关系，都与岩石的岩性密切相关。因此，每个地区在应用这些关系时，都要对本地区有代表性的岩样进行实验工作，找出适合本地区的关系曲线。在勘探初期还没有条件确定这些关系曲线时，可以参考其他地区相同岩性的实验公式。这两种关系曲线，是应用测井资料解释油水层的基础。

第二节 普通电阻率测井

普通电阻率测井法，是把一个普通的电极系放入井内，测量井内地层电阻率变化的曲线，用以研究井所穿过的地质剖面 and 油气水层。这种测井方法，是地球物理测井方法中最简单、最古老、应用又很普遍的一种方法。它所包含的各种矛盾，在测井方法中具有一定的普遍性。因此，对于这种最简单的测井方法，我们不仅要注意它的特殊性，更要重视它的一般性，注意把测井工作中常用的一些基本概念搞清楚。

一、测量岩样电阻率的原理

埋藏在地下的岩石电阻率，是一个不能直接观察，又不能直接测量的物理量，只能采取间接测量的方法。为了认识普通电阻率测井的原理，我们可从实验室测量岩样（或任一导体）电阻率的方法得到启示。

我们知道，由电阻率为 R_t 的均匀材料组成的长度为 L ，横截面积为 S 的圆柱状导体，其电阻 R 由下式决定：

$$R = R_t \frac{L}{S} \quad (1-8)$$

因此，对于一个给定的圆柱状岩样， L 和 S 为已知，若能测出其电阻 R ，其电阻率 R_t 就可按上式算出来。而测量电阻的方法，是大家很熟悉的。

图1-9是测量岩样电阻率的原理线路。取一块岩性均匀的岩样，将它切成圆柱状，其截面积为 S 。在岩样两端放两个金属板 A 和 B ，作为给岩样供电的电极，称为供电电极。在岩样上任意两点（最好是中部，距离为 L ）放置两个金属环 M 和 N ，作为测量岩样上那两点电位差的电极，称为测量电极。测量流过岩样的电流强度 I 和岩样上 M 和 N 之间的电位差 ΔU_{MN} ，则岩样 MN 之间的电阻

$R_{MN} = \Delta U_{MN} / I$ ，将此式与1-8式比较，可得岩样电阻率

$$R_t = \frac{S}{L} \cdot \frac{\Delta U_{MN}}{I} = K \frac{\Delta U_{MN}}{I} \quad (1-9)$$

式中， $K = \frac{S}{L}$ ，当岩样形状和测量电极位置一定时是常数。

二、普通电阻率测井法的基本原理

是由供电电极 AB 供给电流，在岩样中造成人工电场，然后用测量电极 MN 测量岩样某两点的电位差 ΔU_{MN} ，便可算出岩样电阻率 R_t 。要测量任何物质的电阻率，都离不开供电造成人工电场，否则就不能激发物质的导电特性，也离不开对电场中某两点电位差的测量，否则就不知道物质的导电特性。

图(1-10)是普通电阻率测井法的测量原理线路。把由供电电极和测量电极组成的电极系 MAB 线或 AMN 放入井内，而把另一个电极放在地面泥浆池中。当电极系由井底向井口移动时，由供电电极 A 供给电流 I ，由测量电极 MN 测量电位差 ΔU_{MN} ，电位差 ΔU_{MN} 的变化就反映了井内不同地层电阻率的变化。由此可见，普通电阻率测井的测