

石油勘探与开发普及丛书



电测井

大庆油田《电测井》编写组



科学出版社

石油勘探与开发普及丛书

电 测 井

大庆油田《电测井》编写组

科 学 出 版 社

1978

内 容 简 介

“石油勘探与开发普及丛书”是大庆油田革委会主持编写的，是以石油战线上的工人为主要对象的科学技术读物，共约 20 余种。

这套丛书力求反映大庆工人阶级在勘探、开发大庆油田过程中，坚决执行“独立自主、自力更生”的方针；坚持“两论”起家，发扬会战传统，认真学习并运用毛主席的光辉哲学思想指导实践；大力宣传辩证唯物论，批判唯心论的先验论和形而上学。

《电测井》是本丛书的一种。电测井就是利用专门的仪器下到钻井中，沿井身测量地层电学性质的变化，并记录成测井曲线，然后对测井资料进行综合解释，以配合解决地质问题，例如划分地质剖面、地层对比等等。

本书共分五部分，简要地介绍了电测井的概况、电测井的地质基础、电测井的影响因素、电测井的主要方法、电测井资料的应用。

石油勘探与开发普及丛书

电 测 井

大庆油田《电测井》编写组

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1978 年 9 月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1978 年 9 月第一次印刷 印张：2 1/8

印数：0001—27,230 字数：28,000

统一书号：13031·790

本社书号：1135·13—14

定 价：0.18 元

前 言

在毛主席革命路线指引下，在党的社会主义建设总路线的光辉照耀下，我国石油工业战线广大职工以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，高举“鞍钢宪法”旗帜，发扬了独立自主，自力更生，艰苦奋斗的革命精神，赢得了石油工业的迅速发展。英明领袖华主席提出抓纲治国的战略决策，并号召“大庆还要向更高的目标进军，石油部门要为创建十来个‘大庆油田’而斗争”。极大地鼓舞了石油战线广大职工，石油工业捷报频传，形势越来越好。为满足广大石油工人、干部，尤其是青年工人迫切需要掌握科学技术知识的愿望，我们编写了“石油勘探与开发普及丛书”。

我们力求通过这套丛书反映大庆工人阶级坚持“两论”起家的会战传统，积极运用毛主席的光辉哲学思想指导斗争实践，努力学习无产阶级专政理论，大力宣传辩证唯物主义和历史唯物主义，批判唯心

论的先验论和形而上学。丛书内容着重介绍基础科学知识,文字力求简明扼要,通俗易懂,深入浅出。

丛书由战斗在生产第一线的工人、干部和技术人员组成的三结合小组进行编写的,并广泛征求了群众的意见。但是,在内容上,主要反映了大庆油田的特点,对于石油勘探开发的全局来说,还有较大的片面性;文字上,由于水平所限,仍然与广大工人的需要会有差距。恳切希望读者提出批评意见。

大 庆 油 田

“石油勘探与开发普及丛书”编写领导小组

一九七七年十一月修订

目 录

前言	i
一、概述	1
1. 什么是电测井	3
2. 电测井能解决哪些地质问题	3
3. 电测井资料是怎样取得的	5
二、电测井的地质基础	6
1. 成分复杂的导电体——岩石的导电性	7
2. 孔隙度与地层电阻率的关系	9
3. 孔隙介质是影响地层电阻率的活跃因素	11
4. 含油饱和度与地层电阻率的关系	12
三、电测井的影响因素	15
1. 测量仪器方面的影响	16
2. 钻井施工改变井壁附近地层原始状况造成的影响	17
3. 地层厚度和地层在剖面上的分布状况造成的影响	19
四、电测井的主要方法	20
1. 自然电位测井	21
2. 普通电阻率测井	26
3. 微电极测井	29
4. 侧向测井	31
5. 感应测井	36

6. 人工电位测井	40
五、电测井资料的应用	44
1. 划分岩性和渗透层	45
2. 定性判断油(气)、水层	48
3. 确定地质参数	52
4. 用于地层对比	56
5. 电测井在工程方面的应用	58

一、概 述

石油和天然气是一种流体矿藏，它深埋在地下，在地面上看不见也摸不着。人们在地面上进行石油勘探的时候，最要紧的是要搞清楚这个地方有没有石油？它埋藏在什么深度？含量多不多？在开发油、气田的时候，还要搞清油、气在地下的分布规律，储量有多少？为了搞清这些问题，人们往往是靠钻井时从井下取出岩芯，或者从井壁上取出岩芯来进行分析化验，经过资料的整理，结合各种录井资料的综合研究，来回答上面的问题。要搞清楚一个探区，或一个油、气田是十分不易的。做大量的工作，取大量的岩芯，往往延长了发现和搞清油田的时间。同时，还因取芯工艺或地层疏松等原因取不全岩芯，造成资料缺失，给研究工作带来很大的困难。在长期的勘探和开发油、气田的实践过程中，人们发现岩层及其中所含的油、气、水介质不同，它们的电性等物理性质也不同。能不能利用地层电性等物理性质的

特点来研究地层及其中所含的不同介质呢？于是，就出现了测井技术，并于1927年在国外得到应用。测井技术的应用，给石油勘探工作增加了新的手段，它取得的资料有很好的连续性和完整性。这和钻井取芯相比，具有施工简单，效率高，成本低等优点。同时也大大减轻了工人的劳动强度，从此再也不必每口井都取岩芯，也大大提高了石油的勘探速度。有人把测井工作称为“地下的眼睛”，这是一点也不过分的。

我国在解放前只有一台从国外进口的测井仪器，从事这项工作的只有几个人。解放后，随着石油工业的高速度发展，测井工作才迅速地发展起来。目前，我国已经建立了一支适应石油工业发展的测井队伍，可以自己制造各种测井仪器，测井方法已达三十多种，能够较为有效地解决各种剖面的地质问题，为我国石油工业的高速度发展，多、快、好、省地发现和开发更多的新油田做出了应有的贡献。现在测井技术已成为石油勘探和开发不可缺少的重要手段之一。

测井的方法很多，我们在这本小册子里只给大家介绍电测井的一般知识。

1. 什么是电测井

要了解一口井在什么层位、什么深度含有石油或天然气，我们把专门的仪器下到井中去沿井身测量地层的物理性质，以达了解地质剖面，从中找到油、气储集层的这一套方法就是地球物理测井，简称测井。

地层有许多物理性质，如导电性、导热性、弹性、放射性、机械性等等。为了测量地层的某种物理性质，就有能够测量这种物理性质的专门仪器，形成相应的测井方法。譬如：我们要了解地层的放射性，就有专门的放射性测井仪，这个测井方法就叫放射性测井法。要了解地层的弹性，就有声波测井法。当然，我们要了解地层的电学性质，也就有电测井的方法。

2. 电测井能解决哪些地质问题

电测井测得的资料和钻井取芯资料结合起来加以研究，我们掌握了地层的岩性、电性、储集性、含油

(气)、水性之间的关系,电测井就能够解决许多地质问题。利用电测井资料主要能:

(1) 划分井眼的地质剖面,确定渗透层;

(2) 定性划分油(气)、水层,确定含油(气)饱和度;

(3) 确定孔隙度、渗透率、地层水电阻率、泥质含量等地质参数。在有条件的地方还可以进行储量计算;

(4) 进行地层对比和区域地质研究;

(5) 用于工程地质和水文地质。

电测井确实能解决许多地质问题,但在一个地区并不是随便地用一种或几种方法组成测井系列都能达到理想的效果。解决地质问题的能力是和该地区的地质特点,是否选择了适合这种地质特点的测井方法,以及选择合理的仪器参数都是有关的。要使测井取得满意的地质效果,我们必须遵循伟大领袖和导师毛主席关于“不同质的矛盾,只有用不同质的方法才能解决”的教导,根据各地区的地质特点,选择几种有效的方法才能解决更多的地质问题。

3. 电测井资料是怎样取得的

电测井的现场施工如图 1 所示，有一部电缆绞

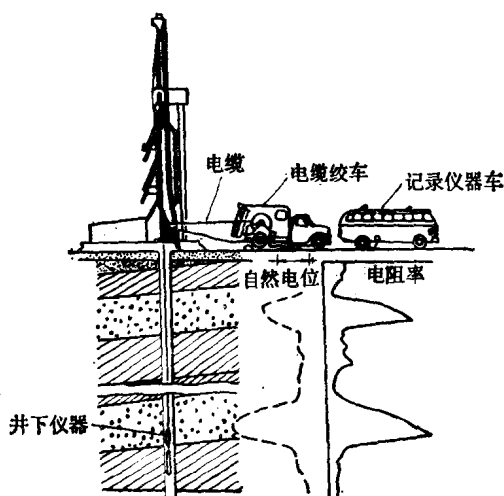


图 1 测井施工原理示意图

车，测井仪器由电缆送到井底，测量时绞车上的滚筒卷着电缆将仪器匀速上提，测量的地层物理参数经缆芯导线送到地面的另一部汽车上的记录仪器进行记录。在一张记录纸上，按一定的深度比例作纵座标，按一定的比例将物理参数作横座标的连续曲线，

就是测井曲线。如果我们测的是电阻率，这条曲线就叫做电阻率曲线；测的是自然电位，这条曲线就叫做自然电位曲线等等。

二、电测井的地质基础

电测井的应用，为石油勘探、开发提供了大量的电测井资料，能否直接在电测曲线上确定地层参数和划分油(气)、水层呢？那也不是一个简单容易办到的事情。因为地层的岩性、储集性、含油(气)、水性、井眼的大小、泥浆的性能、测井的方法，以及测井方法选用的仪器参数等等对电测曲线都是有影响的。电测曲线是上述各种因素的综合反映，也就是说，电测曲线是上述因数的函数。只有人们掌握了地质和地球物理特点之间的关系，并搞清了各种影响因素的变化规律和它对曲线的影响程度，而且能有效地消除它，才能从电测曲线的变化中确定地质参数和划分油(气)、水层。电测曲线的影响因素虽然很多，但地质方面的因素，特别是含油(气)、水、性方面的影响因素是主要的。电测井牢固地建立在地质基础上，所以它能解决石油勘探和油田开发中的

许多地质问题。

目前，全世界已经找到的绝大多数油田都是在沉积岩中发现的，因而沉积岩是寻找石油和开发油田的主要研究对象。电测井在石油勘探和开发中的应用，就是通过沉积岩的电性与岩性及油气水性的关系来解决地质参数等问题的。

1. 成分复杂的导电体——岩石的导电性

各种金属的导电性能良好，被人们利用制作各种导线，大地也是良好的导体，所以许多电器设备以地线接地形式加以利用。但是各种物质的导电性能是不一样的，它们的导电性的好坏常用一个物理量来衡量，这个物理量就是电阻率。一种物质的电阻率是指这种物质阻止电流通过它的能力，其单位是欧姆米 (ΩM)。

沉积岩是很复杂的，它是碎屑沉积、化学沉积和生物沉积的集合体，最为常见的是碎屑沉积岩，如砂岩、粉砂岩、泥岩等。要了解沉积岩层的电阻率，先看一看组成沉积岩的主要造岩矿物和石油(天然气)的电阻率(见下表)。

矿物名称	电阻率 (ΩM)	矿物名称	电阻率 (ΩM)
石 英	$10^{12}—10^{14}$	钾 盐	$10^{13}—10^{14}$
长 石	$10^{11}—10^{12}$	岩 盐	$10^{14}—10^{15}$
云 母	$10^{14}—10^{15}$	黄铜矿	10^{-8}
方 解 石	$10^7—10^{11}$	石油(天然气)	$10^9—10^{16}$

从表中所列的数据可以看出，矿物的电阻率都是很高的，只有个别矿物电阻率低，如金属矿物。这么高的电阻率值和导电物质比较，可以说达到了不导电的程度，所以人们把这些造岩矿物都看作是不导电的物质。

可是，电测井的实践资料证明，地层电阻率并不象表中造岩矿物那么高。比如，以长石、石英为主组成的砂岩地层的电阻率一般只有几到几百欧姆米，没有达到几十亿到几万亿欧姆米那么高。这是怎么回事呢？经过反复地研究和测定，终于发现了地层电阻率的真实奥妙，那是因为组成沉积岩的造岩矿物是复杂的，沉积过程中，造岩矿物的颗粒间为胶结物充填而固结起来，其中还有大量的孔隙。孔隙中充满了含有各种盐类的地层水。含盐地层水存在于沉积岩中，使沉积岩的导电性能变好，大大降低了地层的电

阻率。从这个意义上说沉积岩层是个复杂的导电体。

不同地层有着不同的岩石矿物成分、不同的胶结物和胶结程度及不同结构,这些差异统称为岩性。同一时期、同一沉积环境条件下形成的沉积岩层,都有其共同的特点。不同的岩性在电测曲线上有不同的反映;相同的岩性在电测曲线上有共同的特点。这就是人们根据电测曲线来划分岩性的依据。

2. 孔隙度与地层电阻率的关系

电测井研究的对象——地层,它除了造岩矿物颗粒及颗粒之间有胶结物所填充组成其骨架部分外,颗粒间还存在着许多孔隙。这些孔隙在石油勘探和开发中都有重要的意义,它为储存油、气提供了场所,为开发石油和天然气提供了流动的通道,在电测井中对地层电阻率的影响也是很大的。

岩石颗粒的大小,颗粒的均匀性,胶结程度对孔隙度都有影响。如岩石的颗粒粗,颗粒均匀,胶结的程度差,孔隙度就高;反之,颗粒细,颗粒也不均匀,胶结致密,孔隙度就低。

地层岩石的孔隙度,决定了岩石中的地层水含

量。孔隙度高,地层水含量高,那么导电的离子数目就多,地层电阻率自然就低。地层电阻率与岩石孔隙度有着直接的关系。另外,孔隙的截面积大小及其变化程度、孔道的弯曲程度、孔隙连通状况等对导电离子运动的阻力、路程和数量都有影响,使地层电阻率有很大的变化。虽然地层电阻率受孔隙度和孔

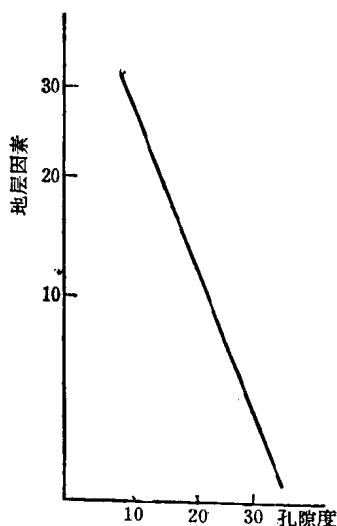


图2 地层因素与孔隙度关系示意图

隙形状的影响关系比较复杂。但是它们之间的关系也是有规律的。

实验证明,对于同一块岩样孔隙度不变,注入不同矿化度的水溶液后,测它的岩石电阻率,结果是每改变一次水溶液的矿化度,测得岩石的电阻率都不同,但岩石电阻率和溶液电阻率的比值不变。如再换一块孔隙度不同的岩

样,重复上面的实验,岩石电阻率和溶液电阻率的比值就不同了。在一个地区内把各种不同孔隙度的地