# 刘建敏, 王慧萍, 齐宝艳. 测井资料综合解释. 中国石油大学出版社. 2013.

## 认识测井曲线图

三个主要部分：图头、主测井和刻度、校验文件

## 测井曲线综合图

测井曲线综合图包括测井井名、图头、附图，以及不同的测井道。

以砂岩剖面的裸眼井常规井曲线综合图为例，来识别测井曲线综合图。

（1）第一测井道：位于图的左侧，一般为岩性指示曲线，主要包含：井径、自然电位、自然伽马曲线。

（2）第二测井道：一般为电阻率指示曲线，主要包括微电极、0.45m梯度、0.4m电位、感应电导率以及。。。等曲线；

（3）第三测井道：一般为孔隙度指示曲线，主要包括补偿声波、补偿密度、补偿中子等曲线。

解释成果一般标注在图的右侧，通常包括解释结论、解释层号、井段、厚度、电阻率读值、声波读值、孔隙度、含油饱和度等参数，最右侧一般是井壁取芯资料。

## 测井曲线名称及所代表的物理量

每条测井曲线的名称都使用相应的符号表示。

测井参数有120个，参考书中表1-1.

## 测井类别及测井目的和应用

测井类别：

1、电法测井

自然电位测井（SP）、常规电阻率测井、侧向测井、感应测井、维电阻率测井、电磁波测井、。。。

2、声波测井

声波波速测井、声波幅度测井、声波成像测井、多极子阵列声波测井

3、核测井

自然伽马和自然伽马能谱测井、密度测井、中子测井

4、核磁共振测井

5、其他测井

地层倾角测井、井温测井、井径测井、电磁探伤、流量测井、随钻测井

裸眼井、套管井、注水井

## 测井资料预处理

测井曲线的深度校正、测井曲线拼接、曲线压缩与延伸

斜井曲线校正为直井曲线

测井曲线环境影响校正、测井曲线数字滤波处理

## 利用交会图技术进行曲线校正

交会图是用于表示地层的测井参数或其他参数之间关系的图形。在测井数据处理中，常用：频率交会图与Z值图、直方图来检查测井曲线质量，进行曲线校正。

## 测井资料解释

测井系列选择

**按照确定地层参数不同选择测井系列：**

（1）泥质指示测井方法的选择（岩性测井系列），用于划分泥质或非泥质地层，以及确定储集层的泥质含量。

SP, GR

（2）微电阻率测井方法的选择

ML, MLL, MSFL, PL

（3）电阻率测井方法的选择

IL, LL

（4）孔隙度测井方法的选择

孔隙度与很多因素有关，。。。

**按照地质任务不同选择测井系列：**

（1）标准测井系列选择

（2）综合测井系列选择

（3）碳酸盐岩测井系列选择

（4）开发阶段测井系列选择

地层测井响应特征

常见岩石的测井特征（表3-5）：不同岩性的测井曲线特征不同（经验判断？能计算机执行么？）

储集层划分

测井解释的主要对象是储集层（石油和天然气储存的地方）。

划分储集层是用水平的分层线标志出储层的界面和厚度。

1、储集层的类型及储集层基本参数

按岩性可分为：碎屑岩储集层、碳酸盐岩储集层和特殊岩性（火成岩、变质岩和泥岩）储集层。

按储集层空间结构划分为：孔隙性储集层、裂缝性储集层和洞穴性储集层。

**储集层的基本参数：**

（1）孔隙度()

（2）饱和度(含水饱和度Sw和含轻饱和度Sh)

（3）岩层厚度

（4）渗透率

砂泥岩储集层的划分方法

碳酸盐岩储集层的划分

## 简单井解释参数选取

解释参数是指测井响应方程中的模型参数，这些参数大部分不随深度逐点变化。选择解释参数的一般方法是人工根据本区和邻区的地质与试油试水资料、测井曲线，采用必要的计算方法、直方图和频率交会图等，合理选择出本处理井段的合理解释参数，也可以应用比较成熟的自动选择解释参数的程序来选择。

岩石体积物理模型

就是根据测井方法的探测特性和岩石中各种物质的物理性质上的差异，按体积把实际岩石简化为性质均匀的几个部分，研究每一部分对岩石宏观物理量的贡献，并把岩石的宏观物理量看成是各部分贡献之和。

含水纯岩石模型及测井相应方程

岩石的孔隙度

根据上述含水纯砂岩的体积模型，可以导出各种测井值与岩石孔隙度等参数之间的基本关系式。

确定a,b,m,n参数

Archie公式：将岩石电阻率与岩性、孔隙度和含水饱和度联系起来。

电阻率测井与阿尔奇公式

泥质砂岩测井相应方程

泥质砂岩的体积模型

测井参数等于岩石各部分的相对体积与相应物理参数乘积之和。

## 储集层参数计算

确定储集层的基本参数，如孔隙度、渗透率、含油饱和度、泥质含量和地层厚度等，是判断油气水层的基础。

掌握阿奇尔公式；掌握孔隙度、泥质含量和渗透率的计算方法。

砂岩储集层地质参数的计算

**泥质含量的确定**：计算泥质含量的方法很多，常用的测井曲线有自然伽马（GR）测井曲线、自然电位测井曲线、自然伽马能谱测井曲线等。用GR计算泥质含量的公式为：Vsh=

其中, GR, GRmin, GRmax—自然伽马值，最小和最大值；GCUR—Hilchie常数，老地层为2

**储集层孔隙度的确定**：（1）利用一种孔隙度测井信息确定孔隙度；（2）应用两种以上的孔隙度测井信息确定孔隙度；（3）核磁共振测井确定孔隙度。

**储集层渗透率的计算**：渗透率主要受孔隙结构的控制，取决于空隙的连通性和连同喉道的大小，与粒度中值、泥质含量、地层孔隙等相关。由岩心分析数据可建立地层渗透率与地质因素之间的统计关系：

**储集层含油（水）饱和度的计算**：用电阻率测井资料确定含水饱和度Sw的方法，大多采用阿尔奇公式或由其导出的其他公式。

阿尔奇公式：





由以上两式得：

式中，F—地层电阻率因素；I—地层电阻率指数。

## 利用交会图确定岩性和孔隙度

交会图是用于表示地层的测井参数会其他参数之间关系的图形。

交会图法，采用两处测井值或计算参数的数据，在直角坐标系中交会，根据交会点或交会点群（层段）的理论交会图版上的位置，直观地评价地层的岩性、孔隙度或含油性等。

利用测井资料的交会图技术，不仅可以识别岩石骨架成分，而且能判断是否具有次生孔隙或是否含有天然气。

通过度双孔隙度交会图、骨架岩性识别图（MID）、M-N交会图、频率交会图和直方图的分析，能够使用交会图技术分析地层岩性和孔隙度。

双孔隙度交会图

三种孔隙度测井有三种组合形式的双孔隙度交会图图版，即中子-密度、声波-中子和声波-密度三种交会图。

中子测井孔隙度值与仪器类型有关。

骨架岩性识别图（MID）

MID是视骨架密度()和视骨架时差()的交会图，它需要综合利用三种孔隙度测井资料。

孔隙度测井值()主要与储集层的孔隙度、岩性和孔隙内流体性质有关。在流体性质一定的情况下，测井值只与孔隙度、岩性有关。

应用MID图可以指示岩性、天然气、次生孔隙等情况，这对于岩性、孔隙度以及含油性的解释都有意义。

M-N交会图

也称为岩性孔隙度交会图，它也是综合利用三种孔隙度测井资料来识别岩性，并判断地层是否含有泥质、天然气及次生孔隙的快速直观技术，它与MID交会图可任选其一，也可同时使用互为验证。

为了绘制M-N交会图，需要引入两个与孔隙度无关而主要反映岩性的参数M和N。为此，声波-密度交会图和中子-密度交会图上，把骨架点与流体点连线的斜率分别定义为M和N。

由单矿物岩性骨架参数确定的骨架点()和()位于交会图左下方，由孔隙中的流体参数确定的流体点()和()位于交会图的右上方。

斜率的表达式为：

## 储集层含油性定性解释

储集层含油性的评价，也就是利用测井资料对油（气）、水层做综合解释。

对于手工解释，。。。

评价储集层含油性的方法很多，各有优点和局限性，。。。

油气水层的一般特点

油气水层的综合判断是一个地区性和经验性很强的工作，表3-13只是反映出必须注意的一些基本问题：储集性能好坏（孔隙性和渗透性好坏）、含油性好坏、可动油气及可动水显示，以及油层与气层的主要区别。

典型水层、典型油层、典型气层、疑难层

收集反映储集层地质特点的背景资料

综合判断油、气、水层的一般方法

测井解释，既是技术，也是艺术。

## 定性解释方法

油层最小电阻率法

标准水层对比法

径向电阻率法

邻井曲线对比法

不同时间的测井曲线对比法

## 低电阻油层解释

## 砂岩储层水淹层测井定性解释方法

油田在注水开发后，由于地层压力的改变、注入水的推进和驱替，产层的岩石空间结构发生变化，含水饱和度随着水洗程度的增加而增加。

注水过程中被开采油层的地球物理性质的变化

电学性质、岩石声学性质、放射性场等发生的变化

油层水淹后测井曲线的水淹特征

## 薄层砂泥岩解释

厚度小于1m的地层为薄层。

## 碳酸盐岩裂缝的综合分析

## 快速直观解释油气层

根据岩石解释模型，通过识别曲线幅度差异或曲线交会图特征来评价地层岩性、含油气、可动油和可动水等的解释技术及显示方法。

分为重叠法和交会图法两大类。

## 确定初步解释结论

确定油、气、水层解释结论。

砂泥岩剖面油气水层解释级别

砂泥岩剖面水淹层的分类

按含水率划分的油田开发阶段

按储层含水率划分水淹级别

碳酸盐岩储层解释级别

一般分为I，II，III三个大类。

煤层气解释

# 疑问

1、很多种类的测井（如：电法测井、声波测井、核测井等）数据，最终都汇集到一个测井数据文件中（如.las文件）？

2、测井数据文件格式有很多，如.las, .dsli等？不同的测井公司使用不同的格式，我国用las格式？

3、测井数据解释中，对各井段的数据作图（如曲线图、交会图）后，人工判断（经验性的），这个判断可以程序化吗？

# 李浩, 刘双莲. 测井曲线地质含义解析. 中国石化出版社,2015

测井地质学

## 测井评价问题产生的原因分析

“三低”问题：储层低孔隙度、低渗透率及低电阻率。

“三低两高一复杂”问题：“两高”是开发区含水率高、采出程度高；“一复杂”是储层岩性/储集层空间类型与分布复杂。

## 地质因素改变与测井解释参数的两大变化

阿尔奇解释参数的巨变：常规砂岩变化很小；碳酸盐岩储层的地层因素与孔隙度关系很不稳定

岩石骨架参数巨变：

阿尔奇公式评价地层的应用条件：中等孔隙度和中等渗透率

需要动态的测井曲线分析