

测井分析软件系统及其在储层评价中的应用

李红雯 邹 红

(地质矿产部石油地质研究所, 北京 100083)

测井分析软件系统既是油藏描述软件系统的重要组成部分,同时也可以脱离主系统独立形成测井分析软件包。该系统有选择地引进吸收了具代表性的各种单井解释程序,同时新开发了多井评价系统,其中包括关键井研究、解释模型和解释图版的建立、多井参数确定、有效厚度标准研究和各种计算等功能模块。可将测井、地质和测试资料紧密结合在一起,进行四性特征分析,建立测井解释模型,从测井角度对储层非均质性进行精细描述,为储量计算提供可靠的物性参数和油藏体积计算参数。该系统已在葵花岛构造油藏描述中应用。

关键词 测井分析系统 油藏描述 储层评价 葵花岛构造

第一作者简介 李红雯 女 33 岁 工程师 测井解释

1 系统概述

“油藏描述软件系统”是地质矿产部 ‘85’ 期间完成的最新科研成果,它集地质、测井、测试和地震等多信息于一体,通过多层次分析,相互渗透,对烃藏进行三维空间的综合评价。

测井分析软件系统是专为油藏描述中储层参数评价而研制的,它既是油藏描述软件系统中的一个子系统,也可以脱离主系统独立形成测井分析软件包。简称 LA 系统。根据油藏描述中测井分析的特点,该系统分为:预处理、分析程序、标准研究、参数确定和屏幕显示 5 个模块。系统的总体结构和主要流程如图 1 所示。

1.1 系统任务

(1) 通过关键井研究和岩性、物性、电性及含油性(以下简称‘四性’)特征分析,建立测井解释模型综合解释出油、气、水层并对储层流体性质进行描述。

(2) 计算出孔隙度、饱和度、渗透率等物性参数,对储层物性进行精细描述,为储量计算提供可靠的物性参数。

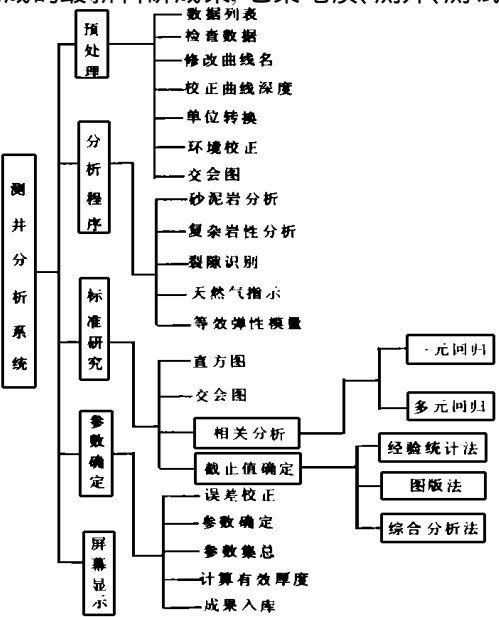


图 1 测井分析系统总体结构

(3) 在有效厚度下限值标准研究的基础上, 计算出有效厚度, 同时进行油(气)水界面分析, 确定油水界面或气水界面, 为储量计算提供油藏体积计算参数。

1.2 数据准备

系统数据量大, 信息来源多, 要管理好这些数据, 使其灵活调用和使用方便是一个应用程序交付使用成败与否的关键。本系统以文件形式管理测井数据。其它地质数据等根据用户环境和应用需求采用两种方式管理数据: (1) 采用 ORACLE 数据库管理方式; (2) 文本数据文件方式。两种方法并存和分开使用均可, 所有数据调用均以菜单选择或人机对话方式进行。LA 系统所需主要数据资料可划归为: 测井类、地质类、录井类和测试类 4 类。

1.3 开发环境

主机: SUNWORKSTATION 4-75; 操作系统: Sunos4.1.X, X-Window; 语言软件: SunC 2.0, SunFortran 3.0; 数据库: ORACLE 关系数据库管理系统; 图形用户界限: Motif。

Motif 是由 OSF(开放软件基金会)设计的。Motif 的独特之处在于其图形用户接口与运行应用程序的机器无关, 并且 OSF/Motif 工具库是以 X 窗口系统为基础, 从而使它成为当今世界最流行的, 且在今后若干年也将受到软件和硬件公司注目的图形用户接口软件^{*}。因此, 采用 Motif 接口软件既能跟上当今计算机发展变化的速度和趋势, 又能适用于本专业应用的需要, 同时还有利于产品的商品化和推广应用。

2 系统功能

计算机进行测井资料解释分析有两个途径: (1) 采用体积模型的概念, 即设计一种简化的岩石模型, 用以模拟和替代复杂的岩石, 通过试验分析和理论推导, 求出测井信息与地层岩性、物性和含油性的数学表达式, 从而计算出各种地质参数。(2) 从概率论出发, 把测井信息同岩性、物性和含油性都认为是随机变量, 利用多元统计分析、最优化等方法, 得到地质参数数学表达式, 用以计算出各种地质参数。LA 系统中分析程序模块主要采用的是第一种体积模型的概念, 而标准研究和参数确定模块采用的是第二种统计分析的方法。两种方法取长补短, 使 LA 系统在分析方法上更加完善, 更具有适用性, 区别以往软件的单一性。

2.1 预处理模块

为了提高数字测井曲线的质量, 应对测井曲线进行编辑, 校准曲线的深度和幅度, 对测井曲线进行环境影响的校正和测井曲线标准化研究, 尽最大可能消除非地质因素的影响。为此, 本模块提供一套功能较为完善的测井资料预处理程序, 其中包括: 数据列表、屏幕上检查测井数据、修改曲线名、改变曲线深度与幅度、单位转换、绘制交会图和环境校正等。

2.2 分析程序模块

本模块也可称为单井分析系统。它除了对砂泥岩剖面和复杂岩性储层有常规处理方法外, 还提供多种解释新方法: 针对低孔隙度致密储层的解释方法; 针对复杂岩性储层的低孔隙度裂缝储集层的解释方法; 针对气藏利用等效弹性模量信息和天然气指标法等解释的新方法。同时提供多种解释模型如双水模型、可动水模型、双孔隙模型等。可针对各种不同地质条件的油气藏, 采用不同的解释方法, 通过处理解释, 为油藏描述提供系统的岩性、孔隙度、渗透率、饱和度、泥质含量等参数及流体性质和裂缝发育情况。

* 龚雨, 曾田. Motif 实用编程大全

2.3 标准研究模块

标准研究是进行多井分析工作, 它以钻井取芯、实验室分析资料、测试和地质录井等资料为基础, 充分体现测井与地质相结合的特点, 通过四性特征分析, 建立起岩性与电性、物性与电性、含油性 with 电性等定量或定性关系, 从而建立起测井解释模型和各种解释图版, 以及确定有效厚度下限值标准(截止值分析), 从而为下一步储层精细描述奠定基础。本模块各部分结构与功能见表 1。

表 1 标准研究模块结构

二级菜单	三级菜单	功能与说明
关键井研究	交会图 直方图	检查测井资料的质量、选择解释参数、确定地层岩性及参数、检验解释成果, 实现关键井研究和测井曲线标准化
相关性分析	一元回归 多元回归	运用数理统计方法研究地质多变量之间及其与测井信息之间的相关性, 建立测井解释模型、图版和关系式, 实现标准研究
截止值确定	经验统计法	作孔隙度、渗透率直方图和累计能力曲线, 累计能力丢失曲线。研究其储油能力、产油能力。确定孔隙度和渗透率的截止值
截止值确定	图版法	以测试、录井资料为基础, 结合地质和测井资料建立各种关系图版, 确定四性标准
截止值确定	综合分析	根据上面研究结果, 定出截止值

多井分析是 LA 系统中调用数据类型最多的一个模块, 它好像一个调色板, 将测井、地质、测试和录井等多方面信息数据在此调和, 形成各种关系图形显示在屏幕上。系统以窗口对话方式, 用户只需菜单选取井(可多口井)、数据(各种入库数据)、输入解释深度、系统自动组织数据, 并判断用户选择是否有误。整个系统使用灵活方便。

2.4 参数确定模块

参数确定模块的设立是用来计算各种参数的。通过测井曲线标准化研究之后, 一些曲线须进行校正计算; 当测井模型建立后, 须计算出几条物性参数曲线; 有效厚度截止值确定后, 就要计算有效厚度。最后多井参数计算、汇总、输入数据库, 等等, 这一切计算任务都将在此模块中完成。因此, 本模块设立了误差校正、多井参数确定、参数集总、有效厚度计算和成果入库 5 个功能子程序。

有效厚度是计算储量的重要参数, 因此我们研制了有效厚度自动计算程序。在孔隙度、含水饱和度和渗透率的截止值中至少有一个参数是确定的情况下, 输入截止值和夹层扣除标准(在一定厚度范围内不满足截止值条件, 即为夹层, 在有效厚度中扣除)进行有效厚度自动计算。

2.5 屏幕显示模块

油藏描述的特点就是要将地质数据在计算机上图形化, 直观地反映地质特征。LA 系统总体界面均为窗口对话或图形显式, 屏幕显示模块是将测井数据以曲线的形式展示在屏幕上, 便于分析数据和检验工作成果。

3 系统应用

葵花岛构造是一个浅海勘探新区, 地质条件和测井环境比较复杂, 我们利用 LA 系统, 以

测井资料为基础, 紧密结合地质和测试资料, 对该区储层非均质性进行了综合评价。

测井曲线标准化研究是油藏描述测井解释的首要任务, 我们采用数值频率分布对比法、交会图分析和实测孔隙度反算值与测井曲线对比法, 三种方法综合分析, 实现测井曲线的标准化^[1]。建立测井解释模型是将地质零星点的物性资料与测井曲线电性资料相联结的纽带。通过岩芯观察掌握第一手资料。收集整理录井、测试和实验分析资料, 录入 LA 系统, 进行四性特征分析。根据密度和岩芯孔隙度关系(图 2), 建立测井解释模型和各种解释图版, 同时对孔隙度、饱和度等计算结果进行检验, 满足储量计算要求。

有效厚度划分标准研究也是储层评价的重要环节之一。由于该区油气层多, 流体性质及储层物性变化较大, 我们采用经验统计法^[2]、图版法, 建立起四性关系图版, 如东三段孔隙度与饱和度关系图(图 3), 从而确立该工区两套适合不同储层的划分有效厚度的物性、电性标准。

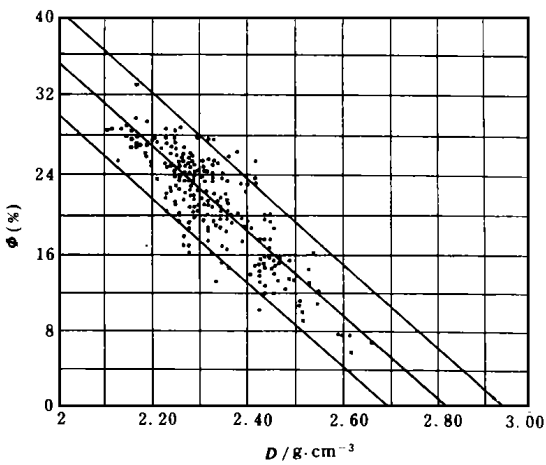


图 2 密度和岩芯孔隙度关系图

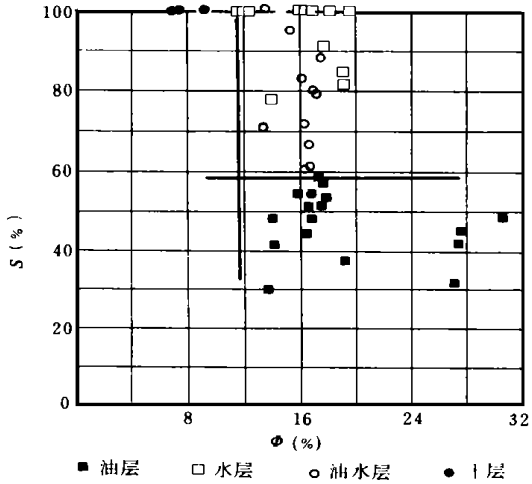


图 3 东三段孔隙度与饱和度关系图

在四性特征分析, 解释模型建立, 有效厚度划分标准确定等研究的基础上, 通过综合分析, 得出该区储层物性的变化规律(表 2)。最终解释出油、气、水层, 计算出有效储层的物性参数和有效厚度值, 确定油水界面, 为储量计算和储层研究提供物性参数和油藏体积计算参数。

表 2 葵花岛构造储集层四性综合解释表

层段	Φ (%)	$K / 10^{-3} \mu\text{m}^2$	S_o (%)	$AC / \mu\text{s} \cdot \text{m}^{-1}$	$DEN / \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$RT / \Omega \text{m}$	含油性	综合解释
东二段	> 16	> 10	> 50	> 256	< 2.47	> 8	油浸	油层
东二段	> 14	> 1	> 30	> 243	< 2.49	< 6	荧光	水层
东二段	< 14	< 1	—	< 243	> 2.49	—	—	干层
东三段	> 13	> 1	> 40	> 236	< 2.5	> 10	油斑	油气层
东三段	> 12	> 1	< 30	> 230	< 2.51	< 6	荧光	水层
东三段	< 12	< 1	—	< 230	> 2.51	—	—	干层

4 结束语

“测井分析软件系统”是将单井分析与多井分析相结合, 地质、测试与测井相结合的综合性

软件系统。它不仅是测井解释软件, 同时也是在油藏描述中评价储层性质的实用性软件。此软件为地质矿产部第一个自行研制的大型“油藏描述软件系统”的重要组成部分, 对开拓测井技术的地质应用前景, 推进油藏描述技术的发展必将起到积极作用。

参 考 文 献

- 1 郑金安, 耿生臣. 济阳坳陷测井资料归一化方法与实践. 测井技术, 1993, 17(2): 127 ~ 134
- 2 杨通佑, 范尚炯, 陈元千等. 石油及天然气储量计算方法. 北京: 石油工业出版社, 1990. 33 ~ 35

LOG ANALYSIS SOFTWARE SYSTEM AND ITS APPLICATION IN RESERVOIR EVALUATION

Li Hongwen Zou Hong

(*Institute of Petroleum Geology, M GMR, Beijing*)

Abstract

Log analysis software system, which can be used as a package of software in log analysis, is an important part of reservoir description software system. This system has selected some typical single-well interpretation programs and developed a multi-well evaluation system that includes key well study, the interpretation of models and charts, multi-well parameter determination, effective thickness study as well as various kinds of calculation modules. This system could combine the data of geology with that of log and well test, process reservoir rock property analysis, establish log interpretation models and charts, accurately describe reservoir heterogeneity, provide reliable parameters of reservoir quality and volume for reserve estimation. This system was used in the reservoir description of Kuihuadao structure and was proved to be effective.