

· 测井沉积学 ·

测井沉积学方法和应用概述

陆 凤 根

(胜利油田测井公司)

摘要 整理和发展测井沉积学已经有了理论和方法基础。与地震相一样,测井相是一种可以翻译成岩相的广义相,并且已经具有为地质学家和油藏工程师们能够接受的表示方法。综合岩相、地震相分析方法,测井沉积学研究分为单剖面相分析、剖面对比相分析和平面剖面相分析三个阶段。在区域勘探和油田开发活动中,测井沉积学的研究成果具有重要的意义,但是又表现为与其它学科之间很强的综合和交错现象。

最早系统整理测井资料地质应用的是S. Pirson (1970)的《测井资料地质分析》,该书的中心是把测井资料用于油区沉积学研究,然后实现描述储集层的目的。凌代模等人(1983)的论文《测井地质学》对这本书做了很好的总结。斯仑贝谢公司先后发表的“测井资料对沉积学和地质学的贡献”(Serra等,1982)、“用测井资料描述储集层”(Geotz等,1977)和《用测井资料分析沉积环境》(Serra,1985),以及两个商品化技术,油藏描述(Reservoir Description)和油藏模式分析(Reservoir Modelling)等的一个鲜明特点是把测井资料的地质应用与油区沉积学研究紧密地结合起来。

Reading (1986)在《沉积环境与相》(第二版)一书中阐明了岩相、地震相和测井相的概念,以及这些基本相分析方法之间的关系。Selley (1985)在《古代沉积环境和解释》一书中阐明了相、相标志和环境解释的关系,并且提出在地下沉积学研究中,测井分析者的注意力要放在对有限的相标志的描述和研究上。这两位沉积学家由此从理论和方法上为测井沉积学奠定了基础。

广义相概念

沉积学家是用具有一定沉积特征的岩石(或沉积物)单元来定义相的。一组岩石描述性数据(如物性、岩性参数)或某一种物理学特性同样具有确定沉积岩中不同相体的功能。测井相和地震相就是这种广义的相。广义相和岩相一样,也是一种物质概念。

一、测井相

O. Serra (1970)首先提出电相(Electrofacies)的概念,他定义电相是“确定某

一部分沉积岩,并能区别于周围岩体的一组测井原始或/和分析数据”。就是说,在井剖面某一深度的一组测井数据(如地层电阻率、密度、中子孔隙度、自然电位和自然伽玛等)或者它们的分析成果数据(如孔隙度、渗透率、地层水和含泥量等)对那个深度的地层岩石形成一种特征描述。为了方便不同学科的综合研究,我们把所谓“电相”改称为“测井相”。

地质学是一门“稳健”科学,不少地质学家坚持认为研究岩石最有成效的方法是研究岩石实体本身。但是也有人(如Serra, 1988)认为,地质学研究方法也有局限性,即在研究宏观地质现象时,采集岩样的数量、密度有限,体积又小,这样不免有很大的离散性,分析成果的代表性较差(见表1)。

当然,这种比较是不全面的。在第一部分总结了测井资料有信息量大、种类多、它们纵向连续、横向可对比等优点;但是测井读数受井身条件和层厚的影响严重,何况不少岩石特性(如岩石颜色)是不能用测井方法测量和分析的。

客观上,测井资料是一种间接的地下地质资料,测井数据及其分析成果离地质解释之间的距离比较大。如同测井常规分析中要用地质和试油数据“刻度”一样,测井相分析也要用岩相成果刻度,然后才能扩大测井分析成果,并还原出更多的岩相信息。

二、地震相概念

地震相是用地下沉积岩的弹性波传播特性定义的一种广义相。Mitchum (1977)指出,“地震相是一种可以用图像表示的三维地震分析单元,这单元是由地震波的反射特性、连续性、幅度、频率和传播速度确定的”。

地震相是一种宏观相,其最大优点是可以分析相体的三维几何形状和分布。而地层学地震相的研究单元是以地层组、群为单位的,它描述的侧向范围是较广大的沉积系统和环境。但地震相的纵向分辨率比较低,确定相体空间位置的精度差。

地震相的明显特征是地震波的反射结构,它提供关于地层分布、沉积和剥蚀现象的总体格局。反射连续性反映侧向沉积的连续性,幅度反映相的垂直差异。例如,高幅度反射层可能是与厚层砂岩或灰岩交互的大范围泥岩夹层;而低幅度反射层则反映一种均匀性相剖面。

相的表示方法

在油区沉积相分析中,为了定义、观察、记录和描述岩相、测井相和地震相,多年来相继摸索出一套表示方法。下面简单介绍这些方法。

一、岩相(模式)表示方法

岩相(模式)可以用理想化相序图、方块结构图、图表和方程式(图2)等方法来表示。相序图比较直观,能较好地综合各种相标志;但是它主要描述了相的纵向关系,

测井方法

表 1

仪器性能		双感应	双侧向	微球	声波	补偿中子	岩性密度	自然伽玛	地层倾角	电磁波
探测深度(cm)		35~540	0~270	0~15	10	20	10	30	0~15	0~15
垂向分辨率(cm)		1500	60	20	60	60	40	60	1.2	5
测量灵敏度		1~40 mmho	0.02~200 ohmm	0.02~20 ohmm	0.2~40 μs/ft	比值 0.01	0.01 g/cc	1API	电流0.2μA 角度0.5°	0.2 μs/m
探测岩层体积		1.15m ³				0.07m ³	0.01m ³	0.07m ³	0.005~ 0.02m ³	250cm ³
取样率		标准6"有时1.2"								
深度准确度		好								
可见井壁表面		井下电视测井：π·井径·测量井段；微电阻率扫描：2.7·测量井段								
信息可信度		均匀地层：好；不均匀或薄层：测平均值								

表 2

岩 石

性能	取样率	深度精度	可见表面	岩心大小	分析岩样的体积	测量精度	信息可信度
指标	岩心：可变 岩屑：1米或 10米1个测点	岩心：差 CST岩心：好 岩屑：差	4"岩心 表面：πdL 截面：d·L	9m长 岩心： 0.07m ³	测φ,k,m和n的岩心塞：15cm ³ 矿物成份分析：10mm ³ CaCO ₃ 测量：0.2~2g X—射线测量：1~2cm ³ 电镜： 薄片：10cm ² ×50μm	大约 ±10%	均匀地层： 好 不均质地层： 差

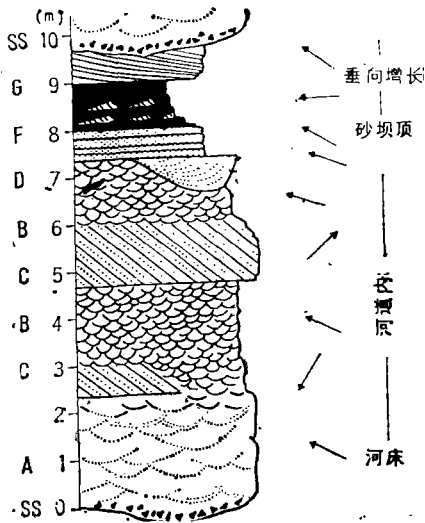


图1 相序图

相的几何形状只是表示在厚度上。方块结构图兼顾了纵向相序结构和横向相带分布, 所描述环境的侧向范围比较大, 并且可以进行动态描述; 但是其描述精度不及相序图。统计学相分析方法又较常用图表方法, 个别环境还用公式表示方法。

二、测井相的表示方法

在最终翻译成岩相之前, 测井相有各种表示方法。主要有形状图, 包括测井曲线形状和测井参数谱像图、交会(二维或三维)点群图, 以及由测井资料, 特别是地层倾角测井资料得到的各种演绎型测井相图, 如斯仑贝谢公司使用的LITHO、FACIOLOG和GEODIP等。

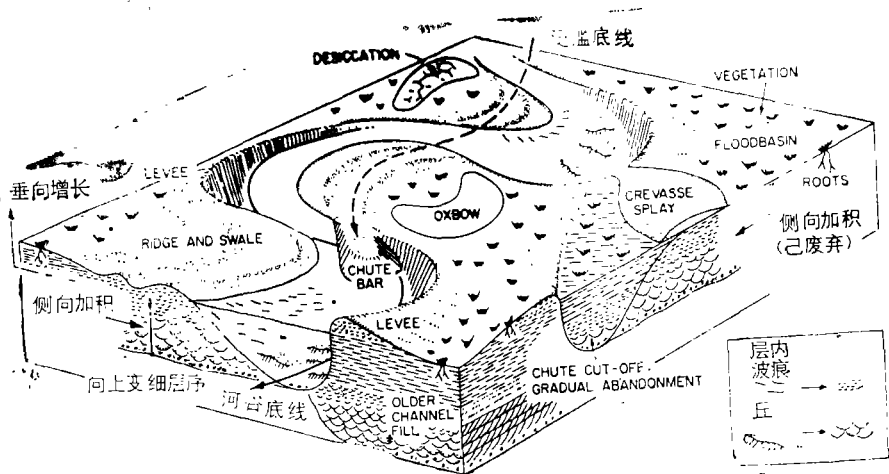


图2 岩相方块结构图

测井曲线形状图很早以前就被沉积学家用来研究沉积作用的类型和沉积环境, 在以后的文章中简单讨论其工作原理。例如人们经常利用自然伽玛或自然电位曲线的形状反映沉积岩颗粒向上变细或变粗的变化规律, 揭示沉积作用, 特别是旋回沉积过程(图3)。

测井参数谱像图(蜘蛛图和梯形图)、交会(二维或三维)点群图主要用来描述沉积岩的岩相特征, 已经成功地用于剖面对比相分析(图4)。

各种沉积环境的粒度参数(据夫克鲍尔和摩勒, 1970) 表3

1. 河流环境
- a. 河床和点砂坝

分选程度 (Q_3/Q_1) 大多数大于1.2, 在不规则河流中大多数大于1.3; 偏度 <1 , 很少 >1 ; 典型的是向上变成细粒层
- b. 洪积平原

分选程度多半 >2 ; 偏度总是 <1 ; 粒度分布上有个细的结尾
2. 风成环境
- a. 砂丘

分选好; 偏度大多数 <1 ; 粗粒尾部一般缺失; 粒度在垂直层序上只有少许变化; 中间粒径大多数在0.15~0.35毫米之间
- b. 黄土沉积物

分选差; 偏度大多数 <1 (极细粒部分); 中间粒径通常 <0.1 毫米
3. 海洋环境
- a. 海滩

分选最好 (大多数为1.1~1.23); 偏度大多数 >1 ; 在对数概率纸上累积曲线显示出两个跳动亚类型
- b. 浅海 (潮浦和大陆架)

分选差; 偏度 <1 ; 在滨外大陆架部分; 砂质部分几乎缺失
- c. 深海 (大陆斜坡和深海平原)

在大陆斜坡上是粘土质粉砂; 在深海平原是粉砂质粘土; 被粗粒浊流沉积物所隔断

鉴别沉积环境的判别函数 (据兰迪姆, 1968) 表4

鉴别沉积环境	判 别 公 式	鉴 别 值	函 数 平 均 值
冰碛物与冲积扇	$Y_{\text{冰碛物}}; \text{冲积扇} = 0.00405M_z + 0.2381$ $\sigma_1 - 0.05616SK_1 + 0.10365K_g$	冰碛物 $Y > 0.12809$	$Y_{\text{冰碛物}} = 0.1612$
		冲积扇 $Y < 0.12809$	$Y_{\text{冲积扇}} = 0.10225$
冰碛物与冰水沉积	$Y_{\text{冰碛物}}; \text{冰水沉积} = -0.00256M_z + 0.03501\sigma_1 + 0.2578$ $SK_1 - 0.01549K_g$	冰碛物 $Y > 0.08133$	$Y_{\text{冰碛物}} = 0.11429$
		冰水沉积 $Y > 0.08133$	$Y_{\text{冰水沉积}} = 0.04836$

注: Y: 鉴别值; M_z : 平均直径; σ_1 : 标准偏差; SK_1 偏度; K_g : 尖度

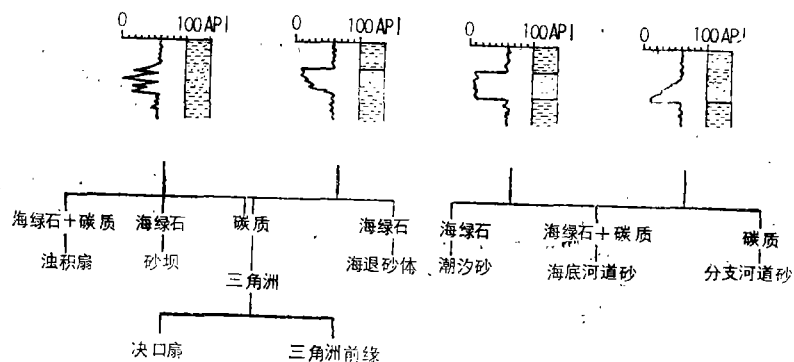


图3

北海地区自然伽玛曲线的形状、海绿石、碳质物与
沉积环境 (据Selley, 1975)

图5是由测井岩性分析和地层倾角分析演绎而成的类似相序图的测井相剖面图，再
综合其它测井相描述信息就组成从测井相还原成岩相的组合测井相图。

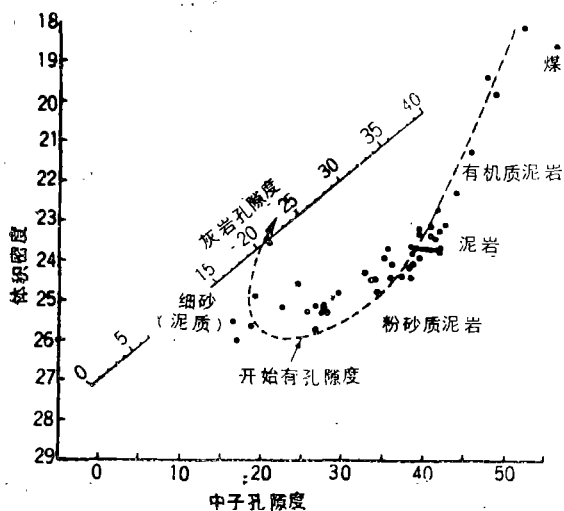
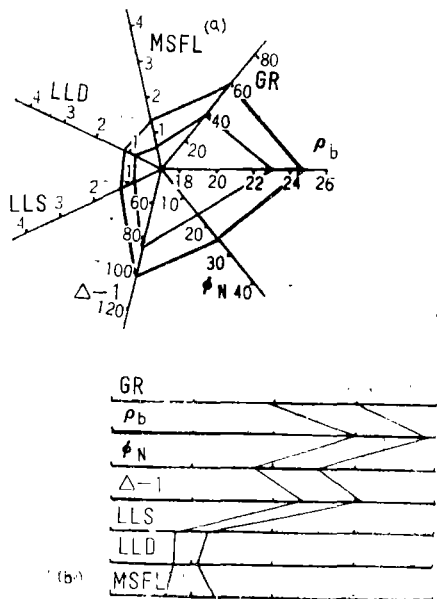


图4

a. 测井参数谱像图 (据Serra, 1980) ;

b. 一种推进型相系在交会图上的点群分布趋势 (据Rider, 1979)

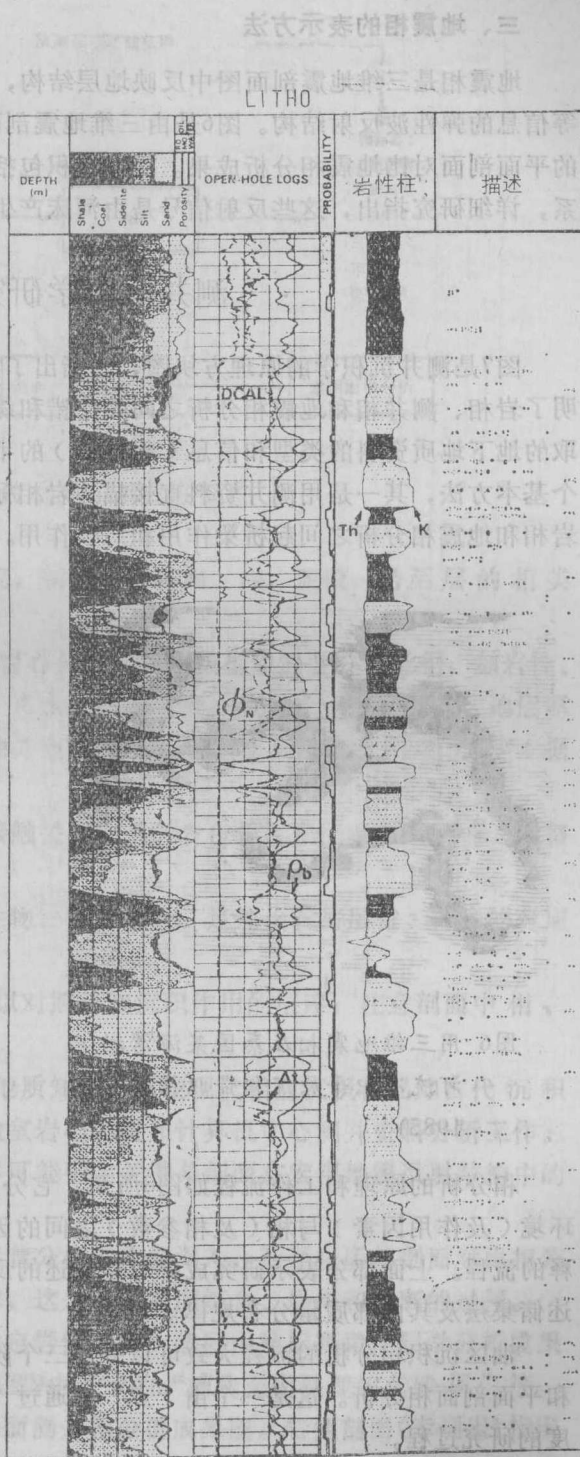
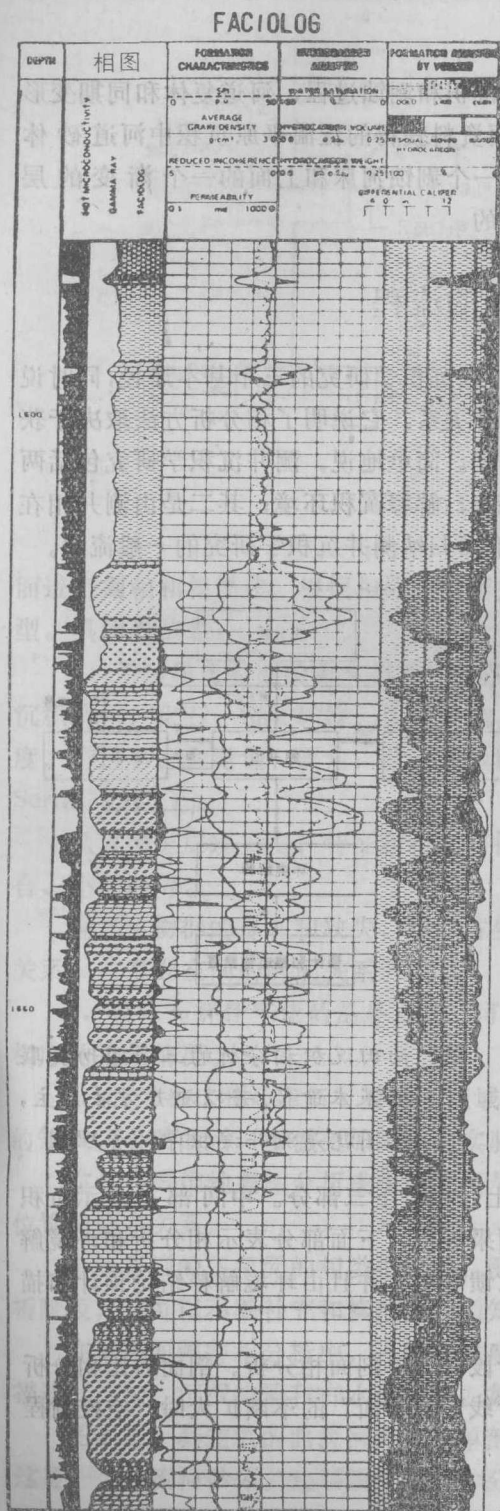


图5 (a) FACIOLOG 成果图和

(b) LITHO 成果图 (据斯仑贝谢公司)

三、地震相的表示方法

地震相是三维地震剖面图中反映地层结构, 沉积和剥蚀过程、河道复体和同期变形等信息的弹性波反射结构。图6是由三维地震剖面资料获得的泛滥平原沉积中河道砂体的平面剖面对比地震相分析成果。河道沉积包括一个剥蚀河床和上面的一个渐变的层系, 详细研究指出, 这些反射信号是由河床产生的。

测井沉积学研究的流程

图7是测井沉积学的原理方块图, 它指出了油区沉积学研究的三个基本途径, 同时说明了岩相、测井相和地震相分析之间的交错和综合关系。它说明了相分析方法取决于获取的地下地质资料的类型和信息(相特征)的丰度。简单地说, 测井沉积学研究包括两个基本方法, 其一是用测井资料直接描述岩相标志, 解释沉积环境; 其二是由测井相在岩相和地震相分析之间起桥梁作用和综合作用。下面归纳测井沉积学研究的一般流程。

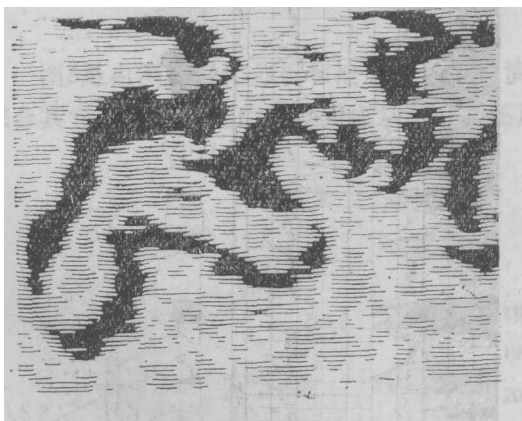


图6 用三维地震相在泰国某海湾描述
河流冲积平原沉积带 (据Selley,
1985)

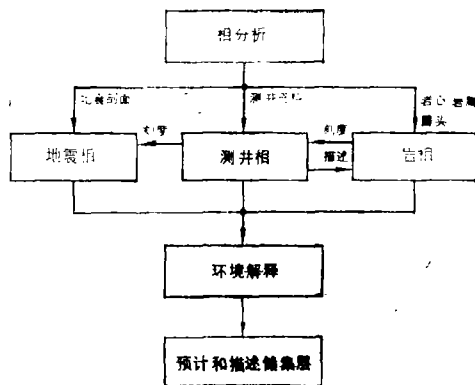


图7 油田沉积相分析的三个密切关联
的基本途径。若以测井方法为主,
此图就是测井沉积学的原理图

相分析的原理和工作流程如图8所示, 它分上、中、下三部分。中间部分表示沉积环境(及作用因素)与相(及相参数)之间的因果关系。下面部分表示相分析和环境解释的流程。上面部分表示研究成果对相描述的反馈作用, 并且由环境解释结论预计和描述储集层及其内部质量分布规律。

油区沉积相分析的流程大致可以分为三个阶段, 即单剖面相分析、剖面对比相分析和平面剖面相分析。这是一个由“点”, 通过“线”到“面”的不断扩大大一空控制程度的研究过程。

一、单剖面相分析

单剖面相分析一般在有完整测井资料和岩心的关键井进行。在相模式指导下, 对剖

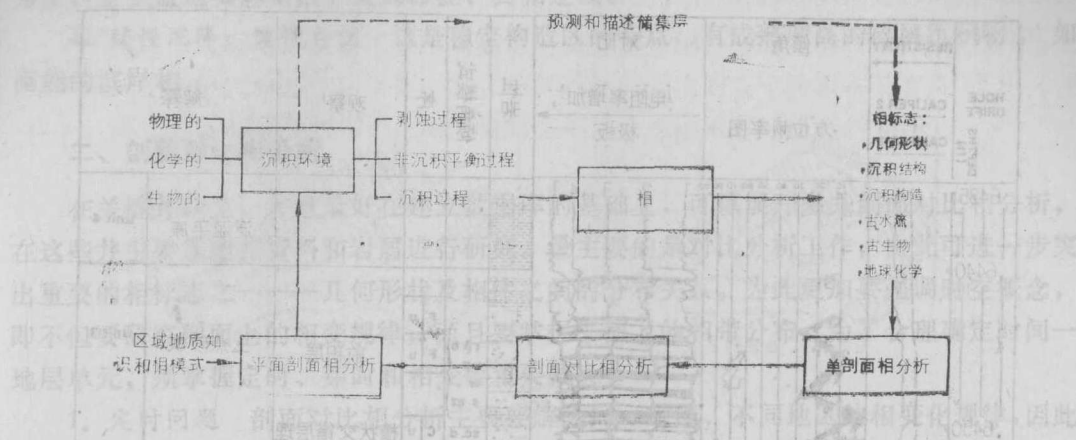


图8 相分析的原理和工作流程图

面进行划相和相描述,根据相标志的研究,初步判定各组、段、亚段,乃至层的相类型。具体做法是:

1. 详细描述和分析垂直剖面 包括岩心分析、观察数据和测井分析数据,如岩性、沉积结构、化石、特征矿物、沉积构造、古水流;孔隙度、流体性质和饱和度、地层厚度、渗透率、含泥量、倾角;孔隙类型和分布、泥质类型和分布、渗流阻挡层等(据 Serra, 1988)。

认真确定层理类型、特征和相之间接触关系。其后者包括沉积间断、冲刷面、不整合、小间断等。

确定生物群的存在和缺失,建立古生物、微古生物、足迹化石与层位、深度的对应关系,并掌握空间的时间关系。

2. 确定和解释可能的层序成因 可以对照已知沉积作用的层序;注意剖面中相、相序的重复情况。

3. 作沉积过程的推断 要结合区域地质知识,比较现代相应沉积和已知古代沉积的知识。必要的话,要做更加细致的实验室岩心分析和计算机中心测井资料分析工作。在具有三维地震相分析成果时,要尽可能确定关键井剖面在宏观地震反射结构中的位置和分布关系。

由此得到的各单元的相类型解释,随着分析工作的深入,乃至以后的剖面对比相分析阶段,是可以不断补充和修改的。须知,这是信息高度综合、思维和推断的过程。

在单剖面测井相分析中,一般是先确定岩性剖面,然后由地层倾角地层学分析成果描述其结构、沉积构造和古水流特征。如图9中表示的“槽状交错层理的点砂坝”等。

图9是一套连续的曲流河沉积的单剖面测井相分析成果图。岩性剖面(未画出)指出这是一个曲流河砂体,地层倾角地层学分析成果较好地描述了这河道砂体的层理分布情况,并指出了古水流格局。

岩相和测井相的综合关系(图7)表明的是(岩相)刻度(测井相)和(测井相)描

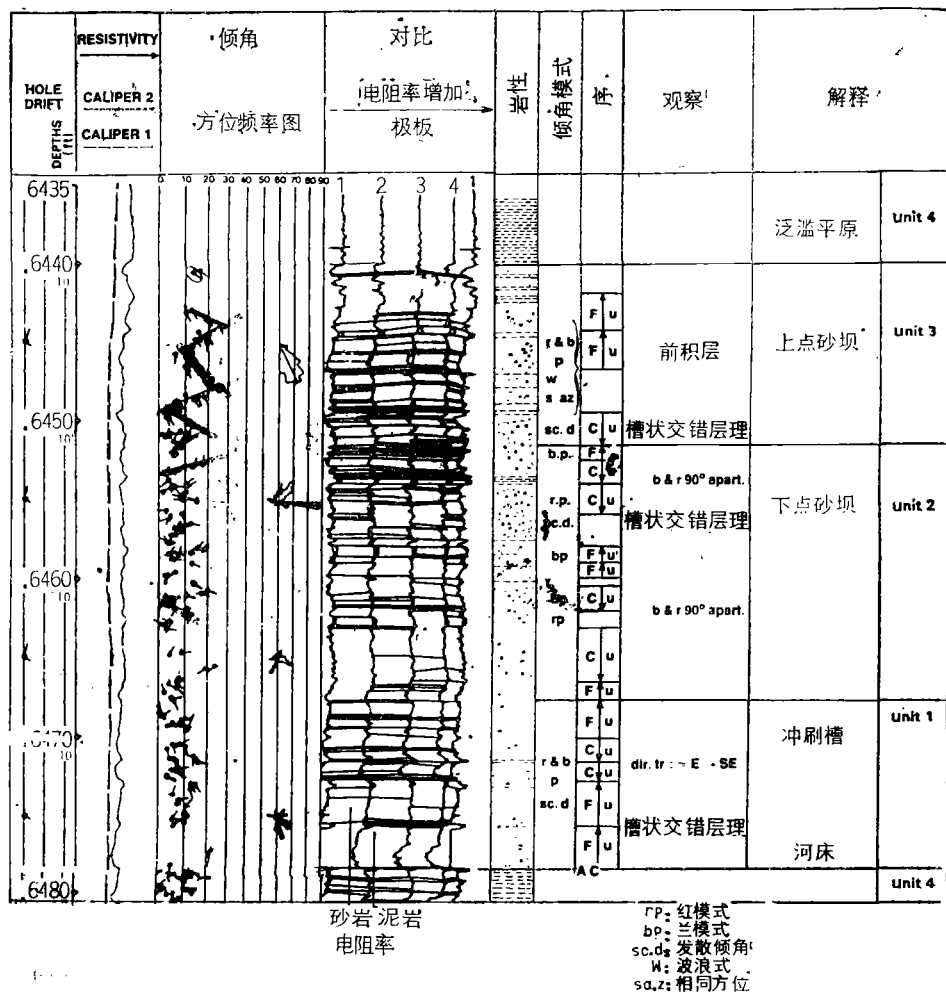


图9 曲流河沉积的单剖面测井相分析成果图 (据Serra, 1984)

述(岩相)。

在单剖面相分析并推断沉积过程中要特别注意相之间的不连续性。比如讲,如果盆地快速沉降,而补偿远小于沉降速度时,上述河流相会直接为半深—深湖(海)相接替,而中间可以缺乏分流平原、三角洲前缘及滨浅湖(海)亚相,造成剖面中相序不连续。要推断这种情况的沉积过程,须知道盆地沉降和补偿关系对岩性、岩相及其组合的控制作用。对此可概括为四种情况(据叶连俊等, 1981):

1. 快速沉降, 快速补偿 起因于盆地快速沉降而侵蚀区块快速上升。主要由分选差、厚度大的碎屑沉积物组成, 显洪积—冲积相。

2. 快速沉降, 缓慢补偿 即补偿小于沉降速度, 母岩风化彻底, 多以粘土及化学溶解物质沉积为主, 显厚度较小的深水相沉积。

3. 缓慢沉降, 快速补偿 由于补偿远大于沉积速度, 水盆面积缩小, 以淤积沉积

为主,直至盆地填满消亡,显现岩性、岩相连续。

4. 缓慢沉降,缓慢补偿 这是稳定构造区的特点,有成熟度高的碎屑沉积物,如高能的滨岸相。

二、剖面对比相分析

在关键井研究,并且最好在建立数据库的基础上,可以展开多井剖面对比相分析,在这些井主要靠测井资料和岩屑进行研究。最主要的是对比分析工作,由此可进一步突出重要的相标志之一——几何形状及相体之间的分布关系。为此更加要强调时空概念,即不但要研究剖面上的相变规律,而且要掌握平面上的相带分布。为了合理确定时间—地层单元,须掌握定时、穿时和相变等重要概念:

1. 定时问题 剖面对比相分析主要要解决同一时期、不同地区的相变化规律,因此首先要确定等时对比界面。在区域剖面相对比中,常用标准化石定时;在油田范围,一般用岩性、电性稳定的,分布广的时间标准层。当然还要结合沉积旋回、接触关系的分析研究。

2. 穿时问题 现代沉积和古代沉积都证明陆相和海相之间存在横向联系,粗粒碎屑沉积从横向逐渐变成细粒沉积,进而过渡到碳酸盐沉积。这以三角洲沉积的垂向剖面分带性最明显,它的最底部为前三三角洲泥,向上是三角洲前缘砂,最上部是三角洲平原上的沼泽河流沉积。由于三角洲沉积沿向盆(海、湖)倾斜方向推进,其岩性界面和时间界面是不一致的。这样传统的群、组、段等岩石地层单位常存在穿时问题。故用岩石地层单位进行剖面对比相分析时,只能在局限范围内讲同时关系。在区域勘探中,常按岩性—时间—厚度三个因素综合考虑建立地层单位,“系”主要考虑时间因素;“组”主要考虑时间—岩性因素;而“段”主要考虑岩性—时间因素。

3. 相变问题 由于岩石地层单元存在穿时现象,所对比剖面中自然有“同期异相”和“同相异期”两种相变类型。在相模式指导下,是有相变规律可循的。而掌握岩相的纵横向变化规律,是研究生、储、盖层发育与分布的基础。

图10是剖面对比测井相—岩相分析成果的一个简单实例。整个储集砂岩体是由三个连体砂岩地层组成的。10D—29井钻遇的河道砂把两个席状砂之间的泥岩替代了。

三、平面对比相分析

在多个剖面对比相分析和单剖面相分析成果的基础上就可以推断区域或油田的岩相古地理特征,把古构造与沉积环境联系起来,指明各种沉积

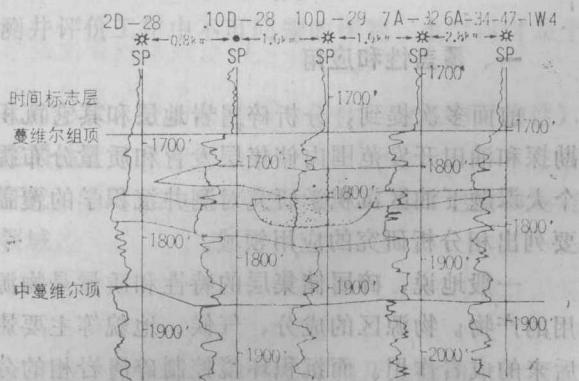


图10 Alberta下白垩系 Mannville 组的剖面对比相分析图(据Walker, 1984)

类型的内在联系,有助于认识各时代有利于油气生成和储集的地区的分布。这无论从理论方面和实际方面均有重大的意义。

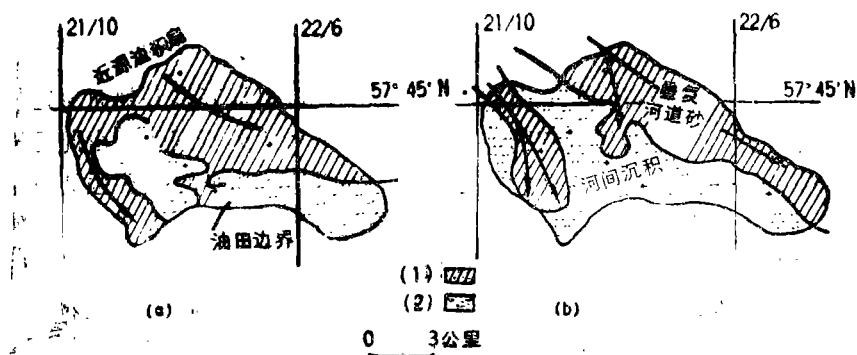


图11 北海Forties油田第三系深海浊积扇—河道叠复沉积的动态岩相古地理图

- (a) 河道发育前的浊积扇沉积过程; (b) 尔后河道沉积过程(据Johnson等, 1980)
 (1) 优质砂(河道相和浊积扇叶相); (2) 劣质砂或泥岩(河道相和远源头浊积泥岩相)

图11是平面剖面相分析得到的北海地区Forties油田第三系砂岩储集层的动态沉积相模式。这是一套深海浊积扇和河道的叠复沉积层系。通过相分析,弄清了该区四种主要砂岩相体的分布关系,并且基本掌握了储集层内部质量的分布规律(见图所示);四种砂岩相体是中厚层状浊积扇近源头砂岩相、带卵石的块状成层河道砂岩相、夹有1~5毫米厚度的粉砂和细砂的层理发育的浊积扇远源头泥岩相、富含生物的深海绿色泥岩相。

测井沉积学方法的综合性和应用

一、覆盖性和应用

前面多次提到,分析碎屑岩地层和其它沉积地层的沉积环境可以为描述和预计区域勘探和油田开发范围内储集层发育和质量分布提供最佳的格局。这儿要进一步说明在这个大课题下油区沉积学研究对测井沉积学的覆盖作用,以及学科之间的综合性;同时概要列出相分析研究的应用领域。

一般地说,碎屑储集层的特性和质量是物源区、沉积作用和成岩作用等过程相互作用的产物。物源区的成分、气候、地貌等主要影响沉积盆地碎屑沉积物的成分,并影响后来的成岩作用。而沉积环境控制碎屑岩相的分布,特别是砂体的大小、形状和发育趋势,由此决定储集层原始质量的分布。而大地构造运动对沉积作用的控制是最根本的,它决定沉积盆地的大小、位置、上升或沉降速度,沉积物搬运的方向和沉积的速度、相带发育的厚度和趋向等。当然,地下储集层的最终质量是由成岩作用决定的,这包括埋

藏条件, 压实和胶结过程; 以及而后的隆起、溶解与油气的替换过程等。

弄清这些过程的主要作用和相互关系是研究储集层、描述储集层最基本的方法。这是油区沉积学研究的任务和目标, 它在油气勘探和开发的各个阶段都是有贡献的 (图12)。而在油区沉积学研究中, 测井资料是不可缺少的地下地质资料。

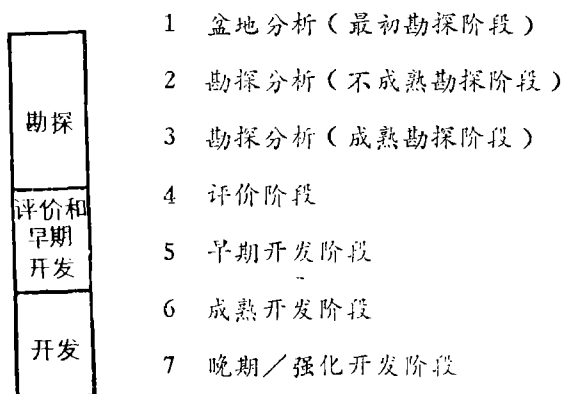


图12 油区沉积学研究在不同的勘探和开发阶段 (据Johnson等, 1980)

油区沉积学研究对油气勘探和开发活动的主要作用和应用情况如图13所示。在勘探和开发这两个活动领域, 其基本的沉积学资料是一样的, 但沉积模式的目标和应用是不同的。勘探研究主要是确定可能储集层的最佳区域, 并且有良好的生油层、封盖层和圈闭等; 而在开发阶段, 主要是精确地描述储集层, 以确定最优的完井和开发方案, 以获得最高的油气采收率。

由图13可见, 只有在油区沉积学研究的覆盖下, 测井资料的地质应用的研究不会成为零星、分散的现象。相反, 由此能够与众多的地质学, 油藏工程等学科之间进行科学的、系统的和有机的综合, 并有目标地、不断地开拓在油气勘探和开发活动中的地质、工程应用领域。这些应用包括:

- 沉积环境、岩相古地理和古水流的研究;
- 构造地质学的研究。这是多井测井评价工作中不可回避的课题, 也可以讲是个“副产品”;
- 储集层描述, 指储集层类型、几何形状、分布和质量 (岩性、物性和含油性), 以及储集岩体 (如叠复河道砂) 之间的连通性;
- 结合构造地质学和沉积过程的研究, 有可能为预测超压地层、水文地质和确定可能圈闭类型等开拓更深广的地质应用领域。

二、两个实例

下面两个例子, 都是用地下沉积相分析的方法来解决油气勘探和开发活动中的疑难问题的。

图14是阿拉伯酋长国在Dubai大陆架某油田成功钻探Mishrif礁后致密灰岩中孔隙性礁体的一个例子。是三维地震资料首先揭示这个远景白垩系礁岩的。孔隙性礁岩的地

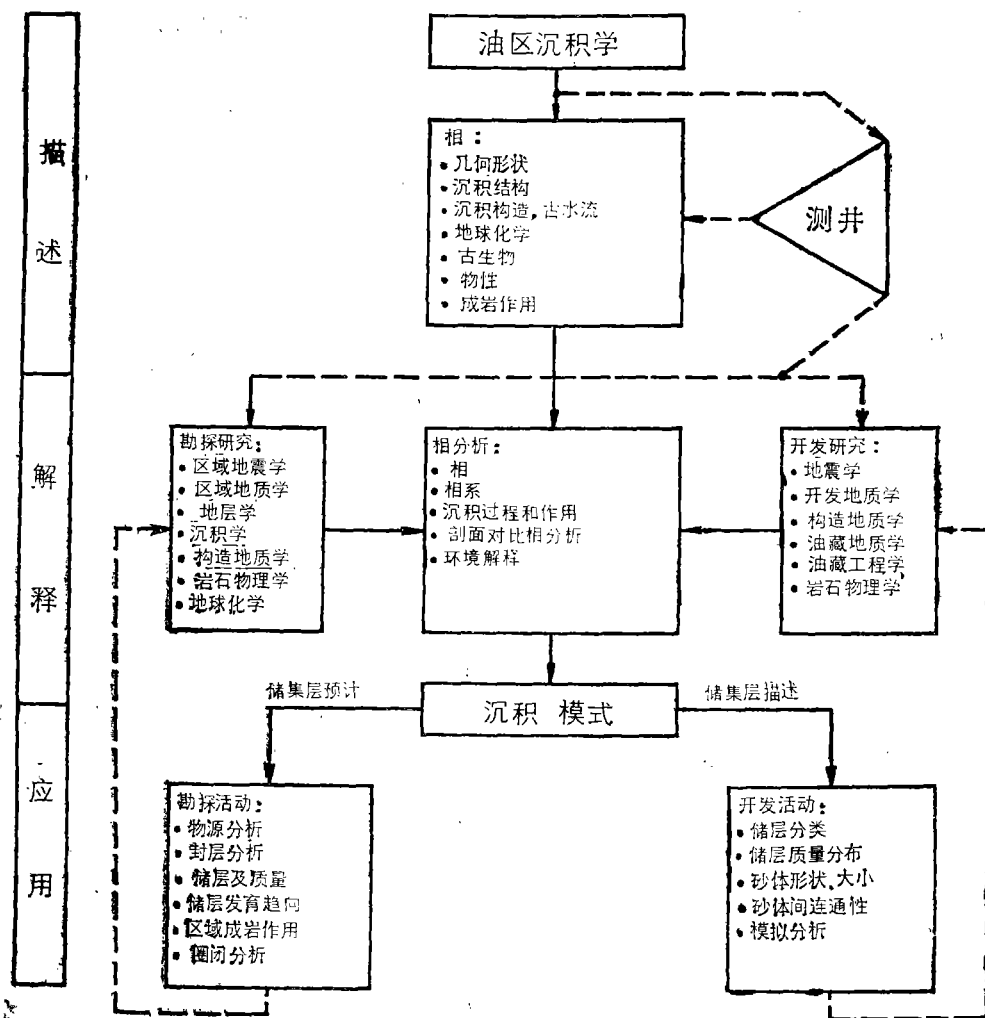


图13 油区沉积学和测井沉积学在油气勘探和开发活动中的研究方式和应用 (改自Johnson等, 1980)

震相是声波阻抗低, 而且与负地震响应的波始位置相对应。在地震剖面图上, 这些负响应呈亮区。据此打了U—8井, 由于地震相空间位置和几何形状的分辨率、精度不高, U—8井钻过Laffan泥岩层和不整合面之后遇到的是一段致密的礁后灰岩, 没有钻遇那远景的孔隙性斑礁。但是U—8井提供了岩心、岩屑和测井 (特别是VSP、地层倾角测井) 资料。结合地质构造学研究, 由生物、岩性、地球化学成分以及地层接触关系就可以确定Mishrif 礁中各个亚相的分布关系见图14。

如何联系岩相和地震相, 并且定量预计远景孔隙性斑礁与U—8井的空间方位呢? 测井相研究, 主要是VSP资料和合成地震图为此成功地起了描述和桥梁作用。

在处理VSP资料时, 较好地突出了地震图上的细小“特征”, 识别了Mishrif礁后地

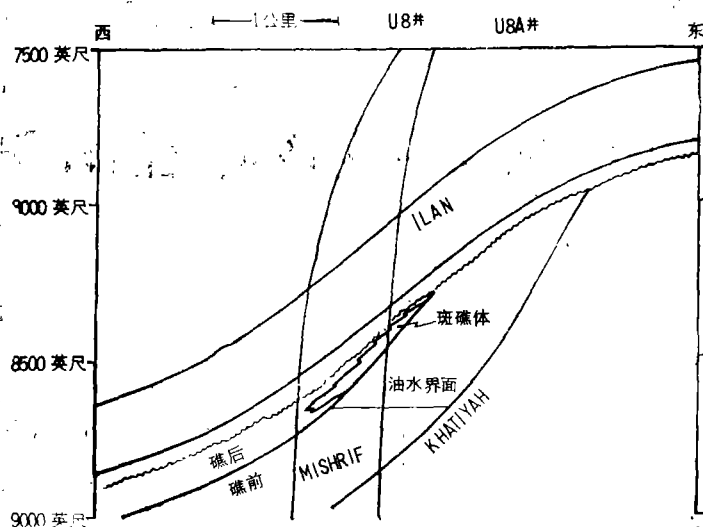


图14 在倾角方向Mishrif礁的剖面图和远景孔隙性斑礁的钻探过程(据Rodrick, SPE15743)

层在1670毫秒(8700英尺)深处呈一个正的小信号,并且它朝上倾方向逐渐消失的现象。进一步进行地震模型分析,定量确定了孔隙性斑礁的倾向部位。据此设计的侧钻并找到了这个远景含油储集层。

整个过程似乎是高度技术性的。实际上这是在沉积学理论和方法的指导下,岩相、地震相和测井相研究的高度配合和综合。其“环境”和“相”的含义促成了这个高度综合和思维研究的成功。图14这样的剖面图是从“描述”的角度诞生的,通过补充和修正的过程,它最终以“成果图”指导油藏的成功钻探。

图15是油区沉积学研究成果指导油田开发活动的一个例子,这是在北海地区的黑鹰油田,其下侏罗系斯坦福地层是一套大规模退复—进复对联式沉积。下部是含砂量、卵石大小和频率、河道砂体的密度和相互连通程度都向上增加或变大的退复地层系。接着的进复地层系是突然地以泥岩为主的泛滥平原相开始的,然后是以高质量砂岩为主的海侵浅海相沉积。如图所示,自下而上它们分别用组3、组2和组1表示。

为了开发储集地层组1和组3,

设计合理的气水混注方案,必须研究组2的流体连通程度,

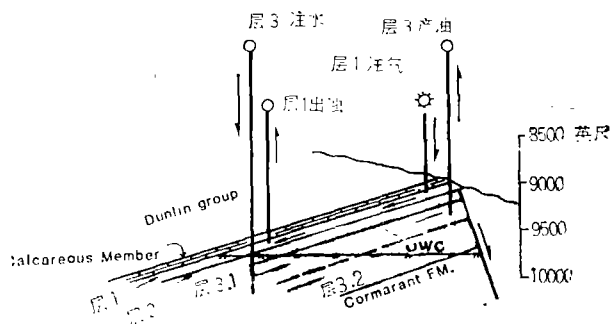


图15 油区沉积相研究指导设计黑鹰油田斯坦福储集层地层的气水混注方案(据Johnson等, 1980)

(下转第34页)

现在回过头再来看图3的例子。如果我们让 $M = \text{奇数}$ 、并将频率间隔取为

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi_1 = cL, \quad 0 < c < 0.5; \\ \varphi_r = c(L - 2 \sum_{i=1}^{r-1} \varphi_i), \quad r = 2, 3, \dots, \frac{M-3}{2}; \\ \varphi_{\frac{M-1}{2}} = \frac{1}{2} (L - 2 \sum_{i=1}^{\frac{M-3}{2}} \varphi_i); \\ \varphi_r = \varphi_{M-r}, \quad r = \frac{M+1}{2}, \frac{M+3}{2}, \dots, M-1. \end{array} \right. \quad (10)$$

则可以达到在 Ω_0 附近加密谱线的目的。式(10)中的 c 有不同取法,取法之一是遵循“黄金分割”的思想,即让

$$c = \frac{3 - \sqrt{5}}{2} \approx 1 - 0.618 = 0.382$$

另外,图3中的 φ_0 现在仍然代表起始频率。

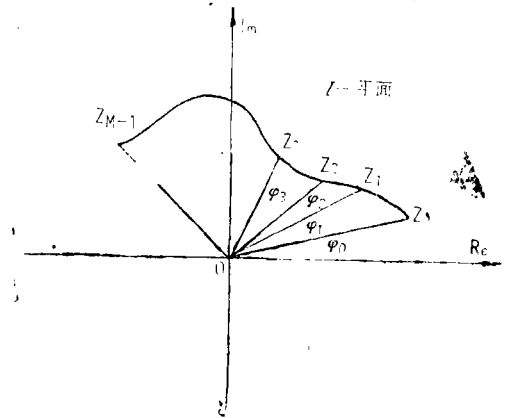


图4. 广义Chirp Z—变换定义中的 Z_k 在Z—平面上移动的路径是一条任意曲线

参 考 文 献

- [1] L. R. Rabiner, R. W. Schafer, and C. M. Rader, "The Chirp Z—Transform Algorithm," IEEE Trans. Audio Electroacoust, Vol. AU—17 June 1969, pp. 86~92.
- [2] Alan V. Oppenheim, and Ronald W. Schafer, "Digital Signal Processing", PRENTICE—HALL, INC. Englewood Cliffs, New Jersey, 1975, pp. 321~328
- [3] 中国电子仪器仪表学会信号处理学会编译, 数字信号处理程序库, 清华大学出版社, 1983, PP. 142.

(本文收到日期1988年3月5日)

(上接第25页)

即它的封隔能力。以泥岩为主的组2有流体连通的可能性是存在的, 这是因为:

(1) 泥岩地层中有河道切割现象;

(2) 该地层的砂/泥比很高, 达0.4~0.6之多, 而理论研究指出, 当砂/泥比超过0.5时, 泥岩层在地下条件下的水力封隔作用要下降;

(3) 该区叠复式河道砂体十分发育。

由此在CLAY巨型计算机上进行了“油藏模拟分析”, 相分析成果为此提供了可靠的控制数据。分析结果肯定了在地层压力条件下, 组2泥岩层有良好的封隔能力。

(本文收到日期1988年4月1日)

Abstracts

Guo Rongkun: The Trend of Petroleum Well Logging Development and Our Opportunity, WLT, 12(3), 1988, p. 1~10

Reviewing the logging technique development, this paper analyses the motive power of it and the changes of world oil production, and points out that after ten years being imported, digested and absorbed, it needs to be more and more sophisticated and precise, for the work volume of petroleum exploration and exploitation is growing continuously. The author suggests that the law of modern logging technique development should be analysed seriously, the growth and development point should be found out, the development trend should be studied, the prediction and evaluation elements should be set up, and development items, sequence, target and economic strategy should be correctly decided. These are essential to the development of well logging technique in China.

LU Fenggen: The Outline of Methodology and Application of Log Sedimentology, WLT, 12(3), 1988, p. 11~25

There has been a theoretical and practical base for sorting out and developing the log sedimentology. Firstly, as seismofacies, log facies has been developed to be a generalized concept of sedimentary facies, which can be translated into lithofacies and of which there exist various presentations accepted by geologists and reservoir engineers. To be synthesized with facies and seismofacies approach, the process of log facies study is basically divided into three phases: the single profile facies analysis, the cross-profile facies correlation and the surface profile correlation. The results from log sedimentology study is of significance to regional exploration and field production. However, it shows that log sedimentology is a very multidisciplinary and multiorganizational technique.

Li Ning: Notes on the Definition of Chirp Z—Transform, WLT, 12(3), 1988, p. 26~34

The four definitions of Chirp Z-transform appeared in papers and books are discussed in combination with practical calculation. The author suggests that the two of them are defective and not appropriate to be adopted and the others are different and related one another. Be aware of these when using them. Then the author proposes a definition of general Chirp Z-transform which is