

地震地层学专辑

3053

1982^L年

地质部海洋地质调查局科技情报资料室

一九八二年四月

地震地层学专辑

(另附件、附图)

内部发行

(总第16期)

1982年4月出版

编辑出版：地质部海洋地质调查局
科技情报资料室

地址：上海市延安西路526号

文字印刷：江苏省沙洲县印刷厂

附件印刷：地质部海洋地质综合研究大队制印室
附图

地震剖面的地层学解释

目 录

(一) 概 述	2
(二) 解释过程(据EXXON教程编写——地震资料的地层学解释*)	3
(三) 反射的地质意义(爱尔夫·阿奎坦石油公司根据EXXON教程进行了改写, 其中所用例举皆引自该教程和该石油公司)	4
(四) 地震层序(EXXON教程)	11
一. 定 义	11
二. 反射的横向终止	12
三. 推算层序年代和层序年代地层剖面	14
四. 海平面升降周期	16
(五) 地震相分析	22
一. 反射结构(EXXON教程)	22
二. 外部几何形状(EXXON教程)	24
三. 内参量(爱尔夫·阿奎坦石油公司)	24
四. 附 注	32
五. 结 论	34
(六) 沉积地震图象的说明	40
一. 陆棚(台地)沉积(爱尔夫·阿奎坦石油公司)	40
二. 斜坡沉积(根据EXXON教程改写)	51
三. 盆地沉积(EXXON教程)	56
(七) 碳酸盐岩的地震图象(根据EXXON教程改写)	69
(八) 工 具(爱尔夫·阿奎坦石油公司)	76
(九) 词汇解释(EXXON教程)	78

*: “EXXON教程”即《AAPG》第26号专题论文集, 论文集题目为“地震资料的地层学解释”。

地震剖面的地层学解释

(爱尔夫·阿奎坦石油公司, 1978年9月)

(一) 概 述

时至今日, 解释地震剖面仍然是以评价所研究区域的地质构造为目的。其实, 地震剖面就是地下情况的爱克斯光照相。它不仅提供了构造形态, 而且还提供了有关沉积环境、沉积过程及其特征方面的信息。它确实应该成为沉积工作者的主要工作手段之一。

引起反射的物理面主要是岩层面或者是不整合面。层面表示一个无沉积间断或沉积类型的改变。如果复盖在岩层面和不整合之上的地层要比下面的地层来得年青, 那末, 岩层面和不整合就有了时间意义。因此, 可以认为连续的反射是与地质年代线相互平行的。它们可以代表老的古地形, 就如现代由滨海、陆地和海底等相互交替所组成的地形。在海进岩系顶板区的岩相改变, 其表现是反射特征的改变。

从反射的连续性来看, 把一反射面与一地质年代线相比, 把一已改变了外形的反射特征与岩相界线相比拟是可以的, 与反射相比, 这岩相界线可以是倾斜的。

从这个概念出发, 可以在地震剖面上确定沉积层序。从总体上来说, 一沉积层序所包括的是一个在一定时间范围内形成, 并通常是由构造方面的原因所造成的以不整合面为界的从大陆到盆地的沉积环境。在地震上来说, 这一层序的底部和顶部是由纵、横向识别出的不整合面为界的一组整合反射来确定的。层序通常与海平面升降周期相一致(指海平面上升, 接着又下降的周期)。

既然把反射看作为平行于地质年代线, 就可以确定一些地层年代剖面, 其垂直尺度为地质年代比例来划分。也可以借助钻井资料来确定层序年代。在没有钻井资料的情况下, 可以直接从地震资料, 通过在地震剖面上对边缘地区“上超”, “顶超”的确定来重建海平面的变化曲线, 并把这一曲线与一些标准曲线相比较的方法来确定层序年代。海平面与陆棚相对位置的研究是尤其重要的, 因为它部分地确定了沉积的分布。

下一步的工作是通过反射图形的解释, 对地震剖面进行岩相分析。所要考虑的地震参数为: 振幅、频率、相位、连续性, 层速度和反射的几何形状。一旦这些参数经过分析能够反映地震相单元及其包罗的特征, 且确定了该单元同其它单元之间的横向和纵向关系的情况下, 就可以从沉积环境、沉积能和岩相这几个方面来解释地震相单元了。

在沉积物的运移能量和沉积物的反射之间确实存在着一定的关系。一高能沉积趋于产生

出通常是不连续的、频率和相位振幅有变化的复杂反射。反之，低能沉积的表现是频率和相位振幅在大面积范围内极为连续，层次分明的几组反射。

在大陆架上，可以看到几组平行或轻度发散的反射。当涉及到弯曲河网，冲积锥或由河道所再切割三角洲平原的话，在横向上，反射可以是不连续的，频率和相位振幅都有变化。要是碰到一条支流多或者是三角洲泥质河网的话，那末，反射振幅可以是很微弱且不连续的，给出了均质区域的环境。滨海地区的反射特征是连续性极好，平行于海岸线，视频为高频。在离岸更远区，可看到高振幅夹有低频率特征的连续反射，这表明了从近三角洲地带到海洋性粘土之间的过度区域。

复杂反射是斜坡沉积的特征，有时是以高能沉积的斜交前积层，有时可解释为一般是以低能的粘土沉积所形成的水平挠曲。这是一个万象众生的地区，在这里可以看到由绕射双曲线明确显示出来的滑块，也可以看到浊流，还有斜坡上部的侵蚀性峡谷和斜坡下部的河道沉积。

在盆地中，由那些连续的、振幅、频率和相位通常无甚变化的平行反射所组成的复盖岩系表示能量极低的地层（如在细雨中悬浮有粘土微粒的沉积）。在这些海洋地带，高能地层相当于在补给带中所测定的沙的潜能。

通常，某些形状是能够根据所在地区是陆棚或是盆地而来确定不同性质的沉积的；对不同的地震相单元及其包括的横向和纵向组合进行检验，可排除其多解性。

对地震剖面作的所有这些地质解释都是由“EXXON”公司的沉积工作小组首创和逐步发展完善起来的(J. B. Sangree, P. R. Vail, R. M. Mitchum, D. E. Frazier, R. G. Tood)。这一地质解释在FAGIS（地震与地层学）研究计划中已得到了进一步的完善，这是因为我们已经从扩展到SISDEP海上找矿作业寻找碳酸盐岩的实际工作中得到了启发。我们在矿物勘探和寻找新的油气远景区的工作中已经开始应用这种地质解释方法了。

（二）解 释 过 程

这一解释是把地震剖面划分为表示沉积顺序的层序，并借助于钻井资料直接根据地震参数来标出年代。

这些层序可以根据沿着不连续的表面——也就是被解释为地层的横向终端处的反射终止来确定。一个沉积层序的沉积看来是与海平面的相对变化周期有着密切的关系。分析一沉积层序内部的地震参数可以定出地震相单元，对它们的特征，包括和不同单元之间的关系进行研究之后，就可能对一沉积层序中从盆地到陆棚之间的沉积性质作出予测。因此，这一解释的目的是利用沉积的顺序，来解释与沉积层序连接有关系的地震相。

解释工作包括四个阶段：

1. 识别不同的地震层序（参阅地震层序一章）

定义：

地震层序就是在地震剖面上鉴别出来的沉积层序，这是一组连续的整合反射，其底部和顶部以由反射的横向终止所识别的不整合面为界。这些不整合的痕迹应是延伸到所有剖面

中，包括那些在不整合面和反射之间为统一的地区，以得到所有层序的三维显示。

每个地震层序表示一个沉积层序以及层序本身根据其地层的几何形状和它的地质史而形成的从盆地到陆棚的区域性伸展。它的最小厚度与地震信号的波长有关。一个25赫芝的信号所表示出来的厚度约为60米。一般来说，能鉴别出来的层序厚度都大于100米。它们所表示的是沉积的基本层序的组合（兆层序）。

2. 年代地层的确定

钻井资料有助于修正年代地层。在没有钻井资料的情况下，从海平面相对运动和海平面升降周期的变化是可能用来直接预测地质年代的。

3. 年代地层剖面的制作

这种剖面上显示的垂直比例尺是以地质周期为刻度的，其原理是根据地震反射可以同地质年代线相比拟。这种剖面显示概括了一定数目的地质资料：

- 不整合面的特征
- 反射横向终端的伸展和特征
- 层序同地质年代的对比
- 沿着不整合面而延伸的裂缝的重要性
- 岩相分布和沉积环境

4. 地震相的分析

（地震相单元的识别，制图及解释）

这一阶段的工作包括分析地震相，也就是对显示地震相单元特征的参数进行研究，从而确定由一组反射所组成的一单元，其参数如连续性、图形、振幅、频率和层速度是不同于邻接单元的。解释这些参数是为了说明总体的岩性、层次和沉积方式的某些特征的。

这些内部参数一旦得以验证，外部形状绘制成图并确定了同其它单元的空间组合之后，就可以用沉积环境和岩性来解释这一单元。作为各个单元来讲，它可切割下伏层序的界限，但对这些单元的解释应在层序分析范围内进行。

（三） 反射的地质意义

反射产生于岩层面或不整合面。一地层面表示一无沉积面或是沉积形式的改变，在那延续时间间隔要比沉积周期长得多的无沉积周期里，不同程度的干扰改变了沉积表面的石油物理特性，以致沉积面在性质与其相同的上复沉积情况下，也产生了反射体。当沉积性质的改变与区域现象有关，并在一定范围内这些现象同时发生时，沉积作用即停止了。也可以这样认为，如果上复地层比于下伏地层年青的话，那么岩层面和不整合面就具备了时间意义。但是，当一层面在地质范围内大致代表一个同时期的作用时，不整合面却相反地可能对应于一个变动很大的时期。

在局部范围内，可以这样认为，延伸很广的反射表示一定的同期性，在考虑到它们的连续性时，可以把反射与地质年代线相比拟。它们可以代表老的古地形，就如今天由海底、海滨、陆地等组成的地形一样。

沿着反射（反射可以被看作为古地形的照片或图象）的岩性改变将由反射特征的改变来解释。

在自然界，岩性地层（Lithostratigraphique）单元通常是贯时性的（diachrone），如海退岩系的底部或海进岩系的顶部，它却不存在一个可以产生与海进岩系顶部或海退岩系底部相平行的反射的物理面。

反射的连续性与地层的连续性有关，反射特征的改变是由沿着地层面的反射系数的改变所引起的，反射特征改变的边界线能切断已有反射的连续性，就如相的界限能切断地质年代线一样。

因此，在目的层顶板处作出的构造图不会总是与反射界面的等时线相一致，但有时却与反射特性改变边界线的等时线一致，这一边界线是可能切割地震层的，一个构造上的储油盖层可以在几公里外远处，也就是说这一层位在地震层位的下方150毫秒深处以下。由于反射的连续性良好，人们将会把上部地层误认为储油盖层。稍后就会惊异地发现，实际上储油盖层在予测层位的下方200米深处。如果不存在断层，那么，在未想到储油盖层一致于一个较上部地层略微移动了一下的地震相边界线之前（这一移动是为了在另一处与位于下部的地层相吻合），将会使人们对速度分析和地震定位（Calags Sismiques）产生怀疑。把这一相边界线与地震等时线图相比较的话，在构造上是不和谐的。

例1：前积沉积（第6页 图1）

前积层上部（顶积层）的反射所显示的振幅很强。每个反射都随着振幅的改变延伸到了中间部分（前积层），在前积层单元的下部（底积层），反射又变为呈水平状态或者以更强的振幅能级表现出轻微的下倾。

从反射的连续性来讲，每个反射都表示一地质年代线。在顶积层中，反射发生在砂岩的上盘处；并标出了粘土岩系中“前积”和“底积”间的反差。

顶积是由砂质岩系所组成，从剖面来看，它是从左向右延续的。这些砂岩的顶板和基底与反射特征的边界改变一致，从剖面来看，越是靠右的沉积就越年青。

从反射的连续性来看，每个反射都指出了一前积层的古地形，也就是指出了同时现象，至于岩性单元的底部边界，它们则一致于反射特性的改变，它们又切断了连续的反射。

例2：南美洲的第三纪——墨西哥湾

在第一张对比图上（第7页图2—a），6口钻井表明了砂质岩系在地垒上的海进。在层位（反射界面）10以上，各井之间的测井结果对比良好，因此对比就有了地层年代的意义。在8到10这一范围内，可观察到砂质岩系（滨海沙）向左边为向海相粘土岩系横向过渡。层8到不整合这一段间隔同样表示滨海沙幕（episode littoral sableux），我们处于一个海平面上升的周期，沉积均衡是负的，海相进而变为滨海相；海岸线向陆地推移。试在沙层顶板处置一连续的边界，这一界限将重新切断标准层8和10。

下图（第8页图2—b）是一个海进不连续的现象，但却一致于总趋势（兆层序）为海进的波动层序。在沙层的顶板处没有物理面。在作更为细微的对比时，可以发现沙层顶部的大致界线切断了那些同时作用形成的基本层序。

用频率为90赫芝（第9页图2—c）和20赫芝（第9页图2—d）的信号制成了两个地震模型。模型明显地表示了反射和初次电测井对比之间的相似性。在一号井，其沙层的顶板反射一致出

A



顶积沙

顶积

前积

T₁

底积

T₃

T₂

斜坡底积沙

地质时间线

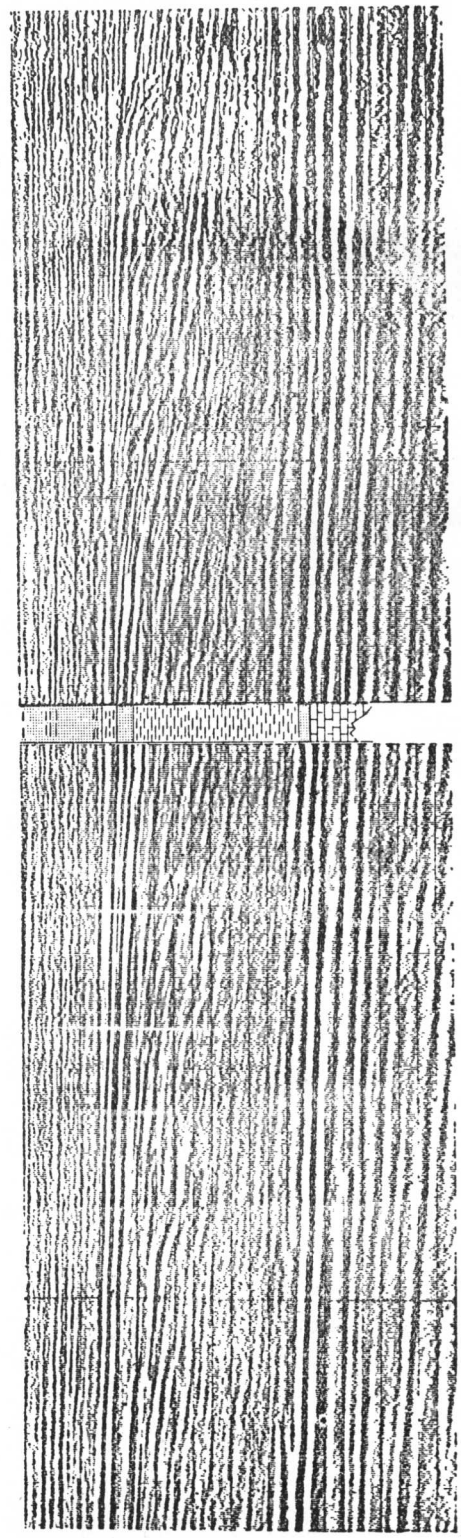


图1. 斜交的前积层系

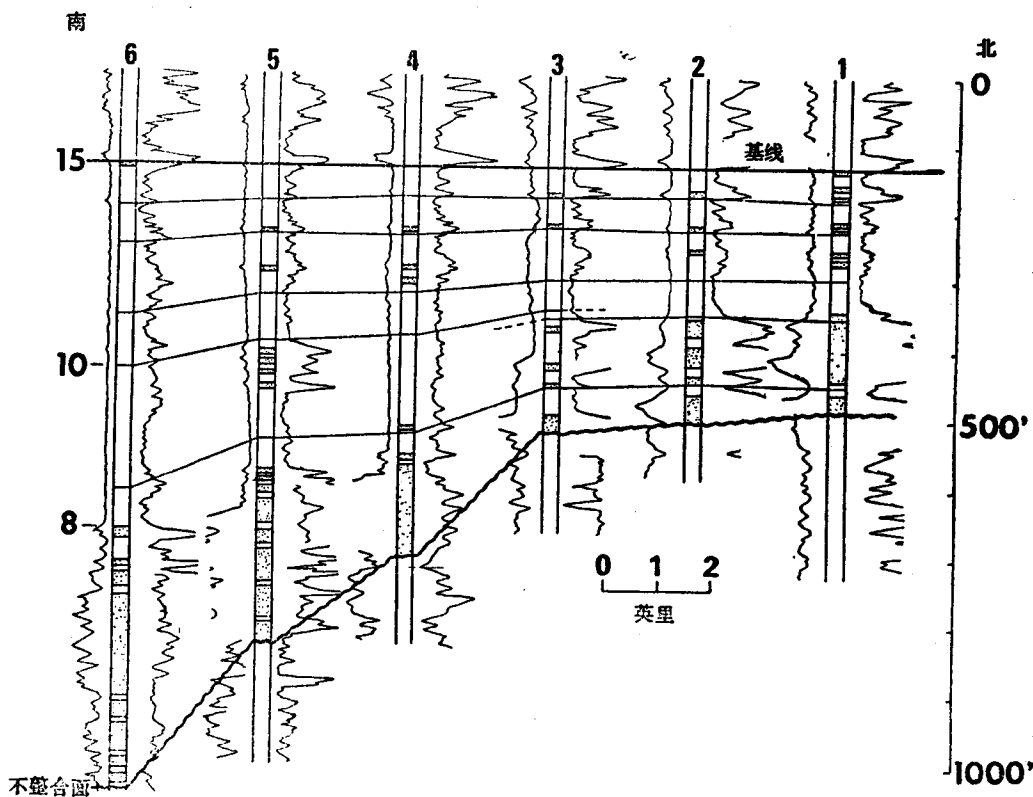


图2-a. 地震层位与地震相之间的斜交关系举例

现于10, 10处的反射表示一个向6号井方向(即向粘土区)减弱的强振幅。

在六号井上, 沙层顶板处的反射相应见于8, 与一号井在反射10上所示的幅度相同, 反射在不整合面上以上超方式结束。在这个模型上, 因为在海进系的顶板处没有物理面, 所以, 就不存在一至于沙层顶板的对角反射。

在剖面的左面, 可观察到地层的陡然下陷。在A井, 层位3与陆相沙层的底板一致。下伏岩系是滨海到边缘滨海相。在B井, 陆相沙——滨海沙之间的岩性中断位于层位2, 至于层位3, 它已与一个在陆相沙层边界以下1秒处的处于近三角洲的海相粘土和滨海沙层之间的过渡区相对应。

在这些井段上进行的孢粉研究表明, 在孢粉分析结果和反射之间具有极好的相似性, 在层位3上更为突出。对于研究反射特性的变化来讲, 地震质量并不令人满意。此例很好地显示了反射的等时特性和重新切断了反射的相界限, 因为任何物理面都不能标定一海退岩系的底板。

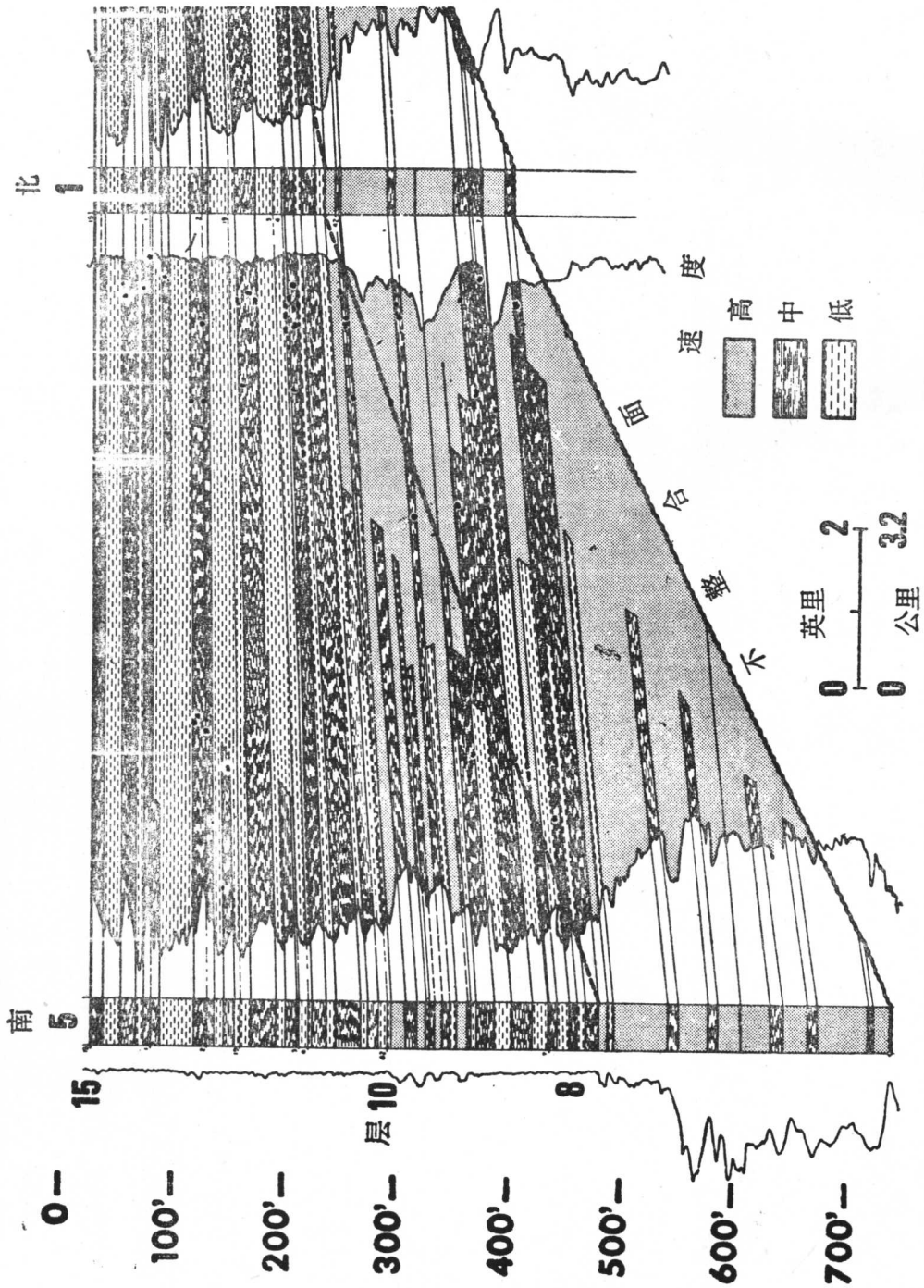


图2—b. 速度分布剖面

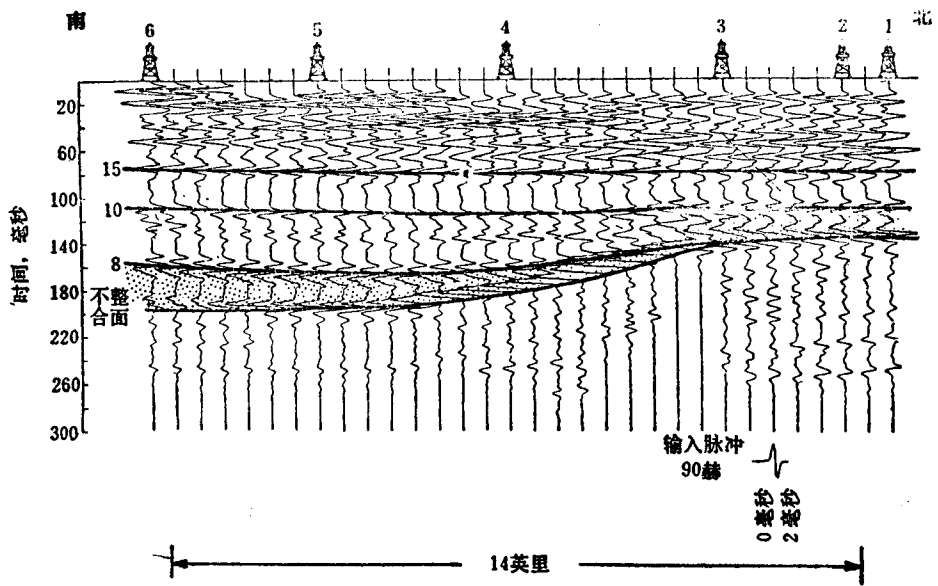


图2—c. 输入脉冲为90赫正弦波的高频合成地震剖面

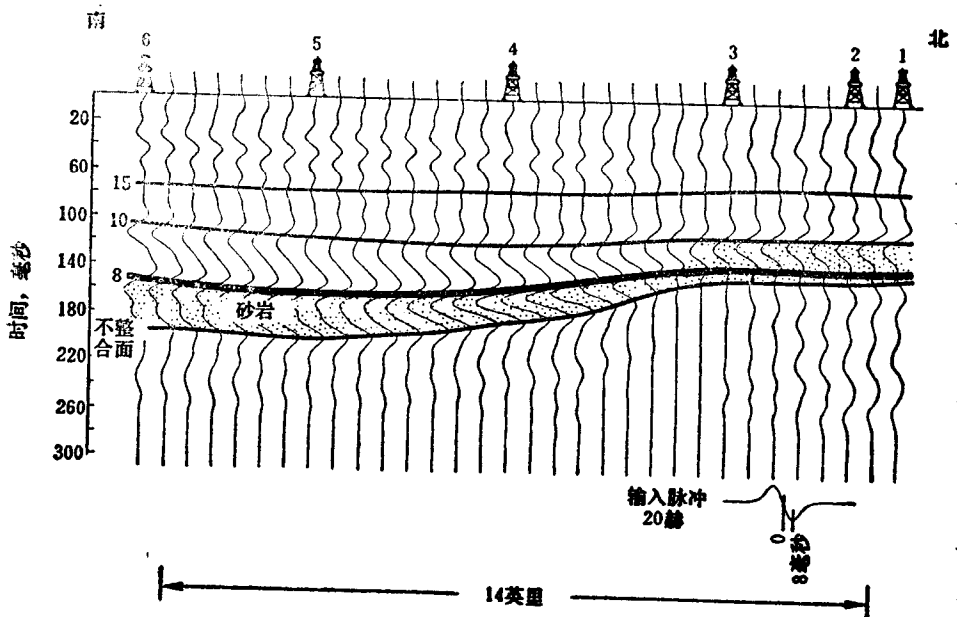


图2—d. 输入脉冲为20赫正弦波的高频合成地震剖面

例 3：尼日尔三角洲

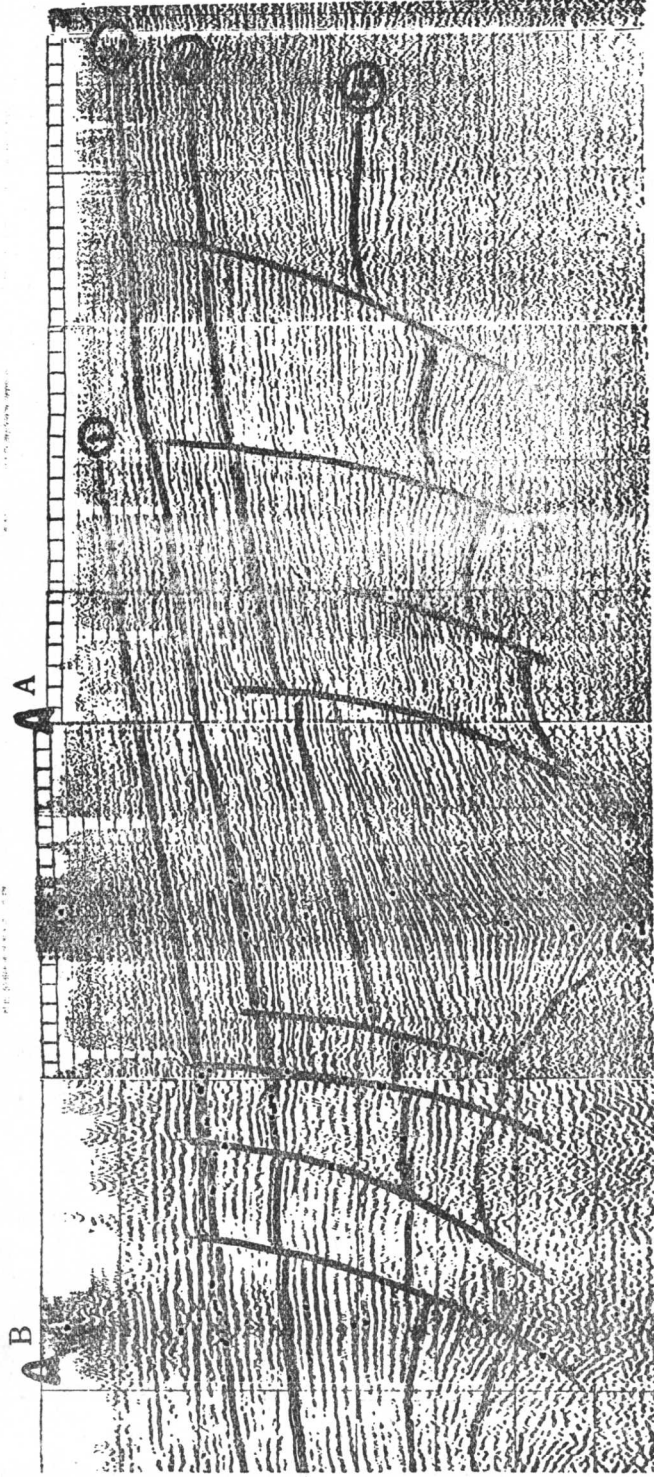


图 3. 尼日尔三角洲

(四) 地 震 层 序

一、定 义：

地震层序是由整合的地层连续所组成，其基底和顶部都被间断或不整合所限定。在反射的横向终止处可辨认出这些间断。（参阅图4）

间断可以是角度不整合或以整合地层之间的间断形式来表示。

接近于盆地中心平行岩系中的间断，可以通过延伸到边缘的角度不整合来鉴别。

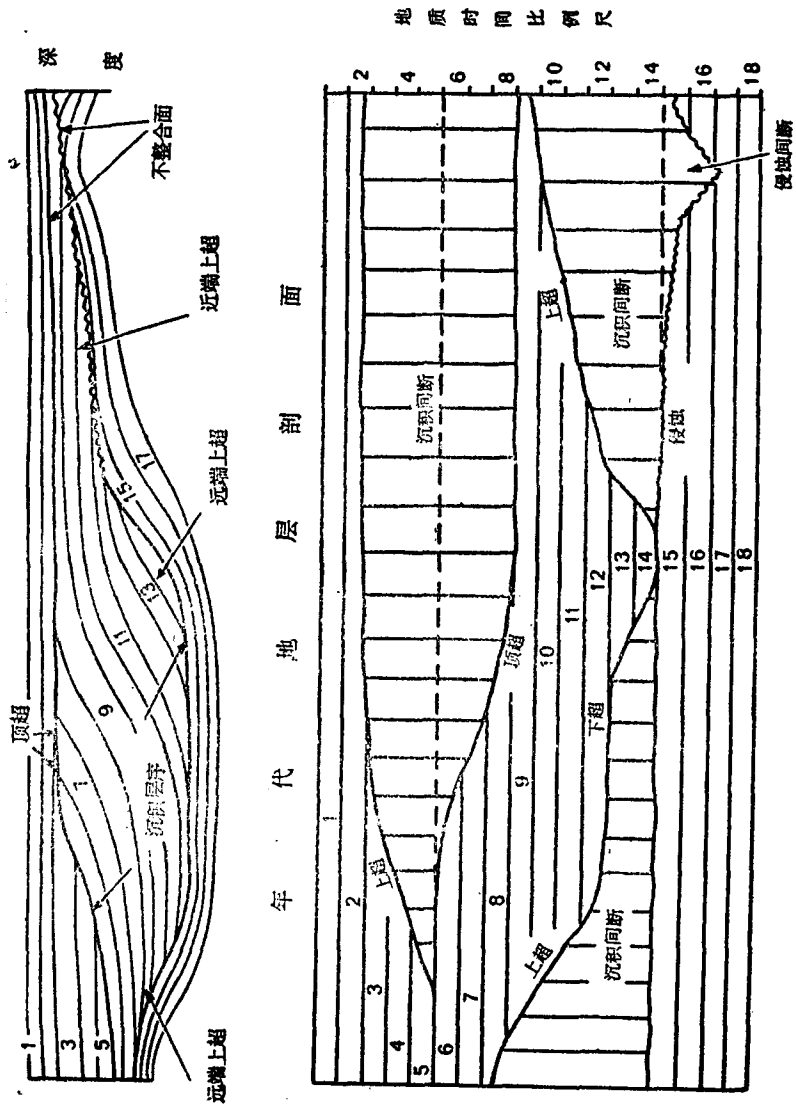


图4. 沉积层序，构造和地质剖面

二、岩层和反射的横向终止：（参阅图5）

顶部层序：

在层序顶部存在有不整合面时，其表现是层序的上部地层在岩层终结处与作为覆盖层的邻接单元相斜接。这可能是由侵蚀或者是由于没有沉积而形成的。在不是连续沉积的情况下，上部地层倾斜于不整合面，与不整合面有相切的趋势。这一形状主要与非沉积现象有关系，用萨克森——英语词汇的提法标作“顶超”。此词指的是岩层和界面之间不连续的关系，在这里，岩层的上部终端在等高面下呈倾斜状或者倾斜度要比下部岩层小。在侵蚀性削蚀截断的情况下，上部岩层与不整合面之间的倾斜比较随和，甚至也可变成“顶超”的形状。

在侵蚀或非沉积这两种情况下，沿着最年青地层走向的不整合方向指明了间断的缩小。

底部层序：

在底部（基底），如果不整合面是倾斜的，那么，地层将是以上方倾斜的超覆，或是以向下方倾斜的推进覆盖着间断面。在第一种情况下，地层在“上超”的上方位置上结束，在第二种情况下，在“下超”的下方位置上终止。（参阅图6）

“下超”表示一层序基底地层间的相互关系，在这一层序中，它的呈倾斜状态的上部地层倾斜地终止于水平或轻度倾斜的沉积面上。

“上超”表示另一种层序基底地层之间的相互关系，在这层序中，水平的上部地层在倾斜的或者较上部地层更为倾斜的沉积的下部界面处结束。在整合岩系中，“上超”逐步向下界面的上部推进。“上超”一词主要是用来说明伴随纵向增大同时发生的超覆概念，而“下超”则表示沿着斜坡方向上的横向增大。一般来讲，一个地层的近源终止（向冲积层补给源方向的终止）是在“上超”位置上。在特殊情况下，如在不规则的海底地形上，可以看到末端“上超”。沿着基底的不整合面，向越来越年青的地层移动的方向指明了间断的增大。

把不同类型的反射横向终止延伸并绘制成图极为重要，如：整合边界展延，“上超”，“下超”，“顶超”和由潜蚀所引起的削蚀范围。有时，就是一张在基底层序上制成的简单的延展图揭示了盆地的所在区域，把在一些层序的基底和顶板处制成的不同图件进行比较，通常会揭开这些区域在时间和空间上的演变。（参阅图7）

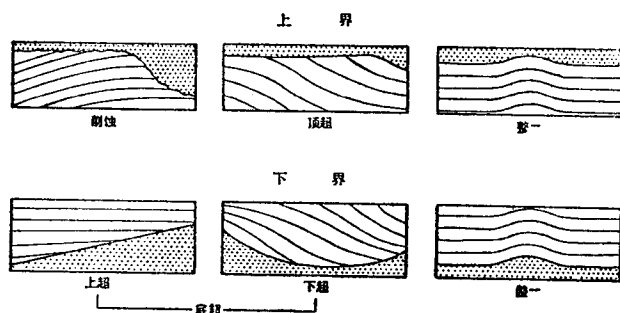


图5. 地层与沉积层序边界的关系

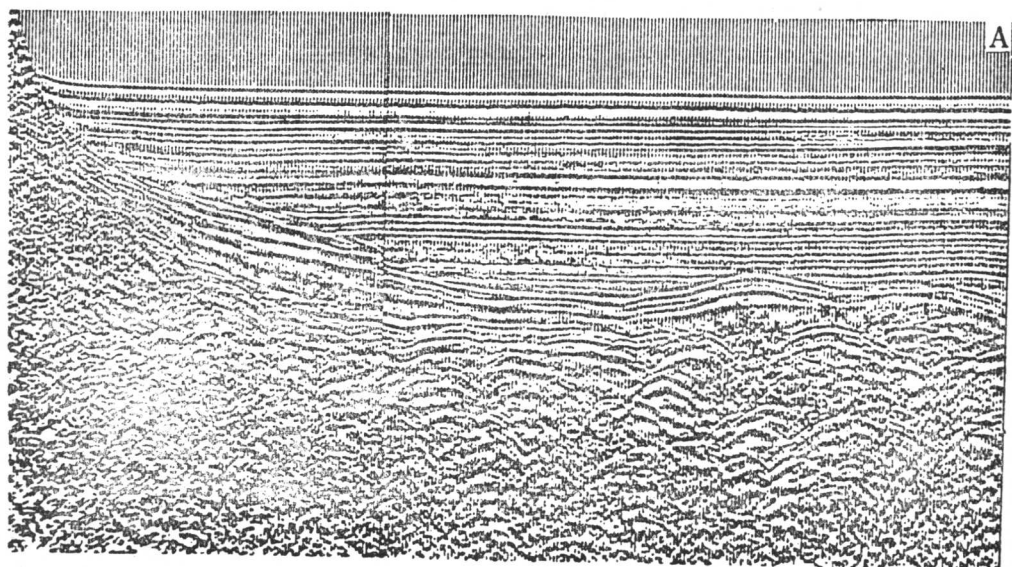


图6—(A)。 上 超



图6—(B)。 顶超和下超

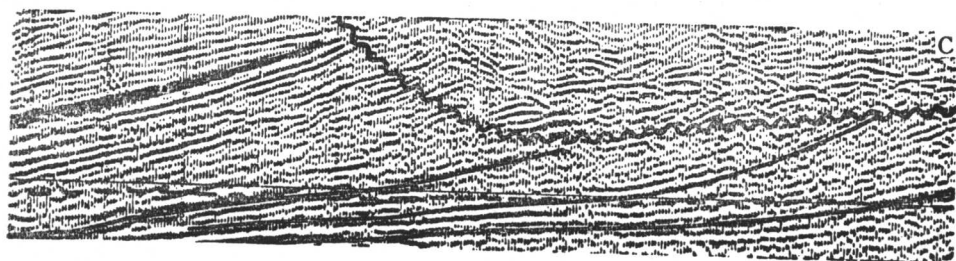


图6—(C)。 侵蚀性顶超

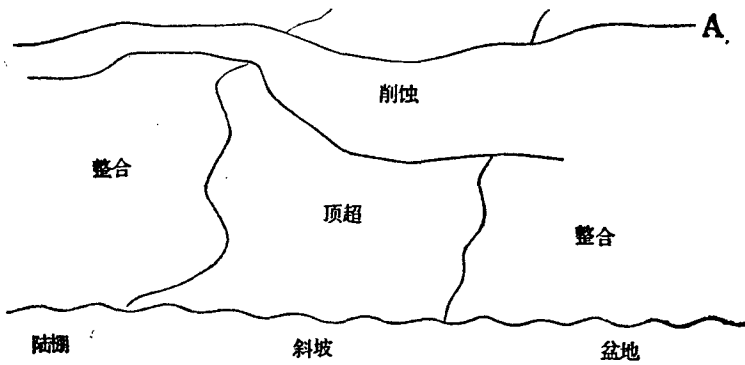


图 7—(A)。层序顶给反射横向终止类型的延伸

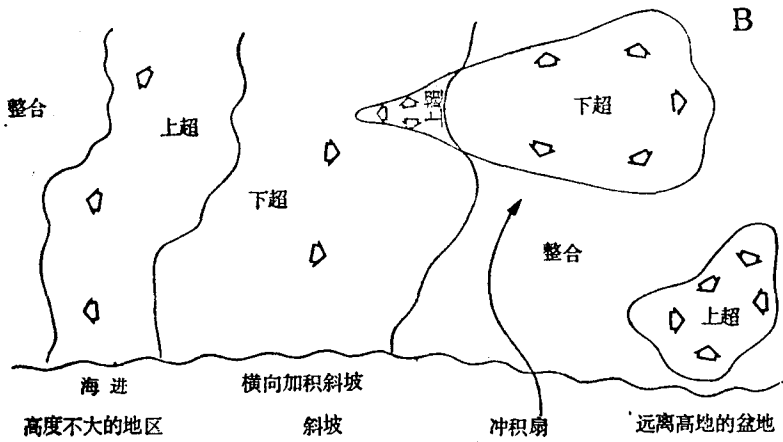


图 7—(B)。层序底板处反射横向终止类型的延伸
不同横向终止类型的空间分布例举

三、推算层序年代和层序年代地层剖面 (参阅图 8)

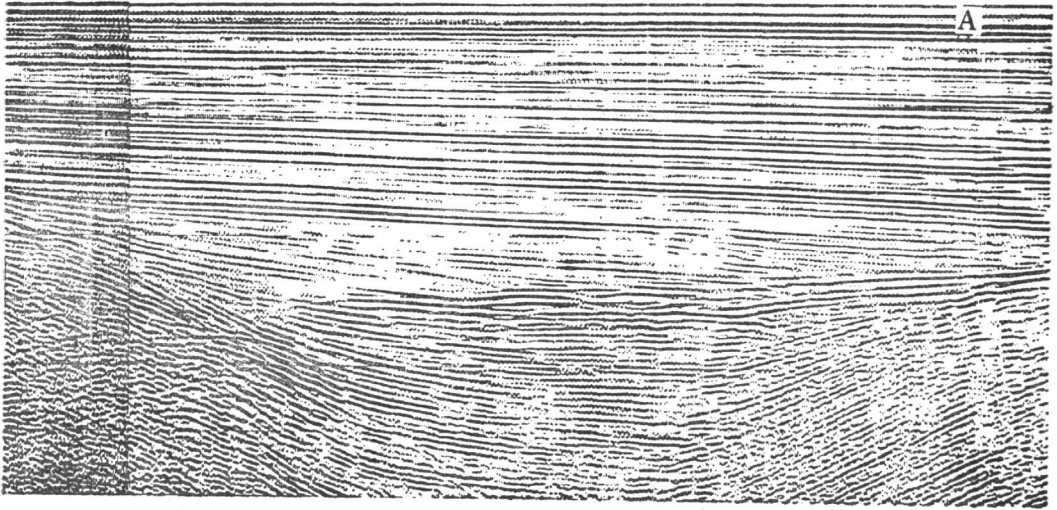
沉积层序对年代地层学来讲是很重要的，因为层序是在层序界限范围内由地质时代所确定的年代中沉积下来的，凡是层序和上复沉积物呈整合的地区也就是层序出露最完整的地区。

有两种型式的年代地层学界面：

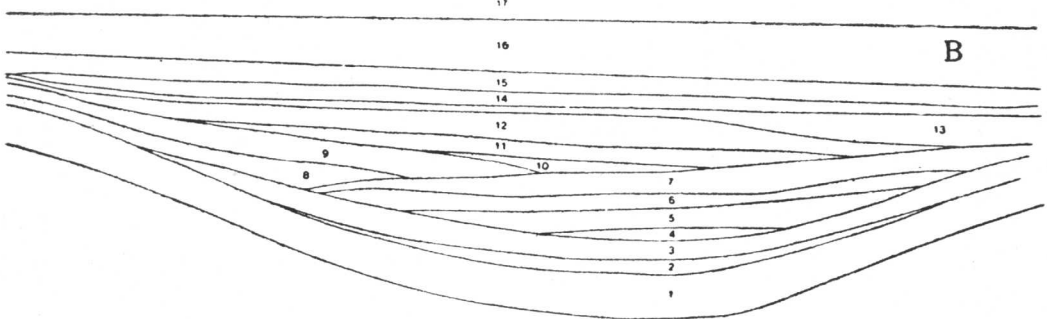
一、不整合面，特别是不整合面就是层序界限时特别明显。

地震剖面

垂直比例尺为时间深度



解释剖面



年代地层剖面

垂直比例尺为地质年代

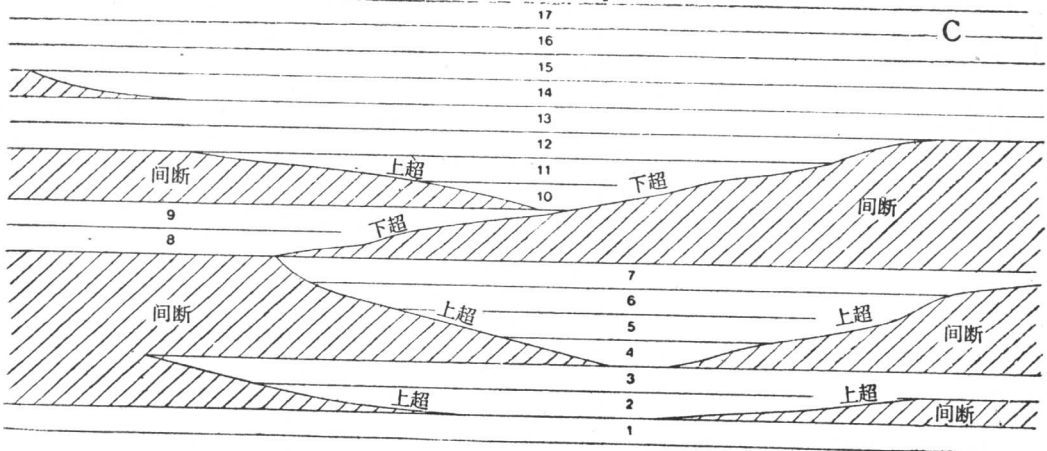


图 8. 根据地震剖面恢复地质和层序的模式