

原33482

33482

美国石油地质学家协会进修丛书(十六)

地震地层学解释 与石油勘探

L. F. 布朗 W. L. 费歇尔

曾洪流 张万选 译 张厚福 校

石油工业出版社

内 容 提 要

这是一本地震地层学的入门书,从对产生反射的地质因素的理解这一重要基础谈起,介绍了地震地层学的研究方法、沉积层序的识别和划分、地震相的地层解释、用反射终止识别不整合、控制旋回层序沉积的因素等。为便于读者理解,译者在忠实于原著的基础上,按原书的逻辑体系编加了标题。读后可对地震地层学学科有一概括性的了解,有助于地质工作者增进对地震地球物理学的了解,也有助于地球物理工作者了解地层学概念和有关相分析及沉积作用的新观点。可供地质、地球物理勘探专业的科技人员、大专院校师生参考,也可用作地震地层学短训班的教材。

L. F. Brown, Jr. W. L. Fisher
**Seismic Stratigraphic Interpretation
and Petroleum Exploration**
Continuing Education Course Note Series 16
AAPG Department of Education

美国石油地质学家协会进修丛书(十六)

地震地层学解释与石油勘探

L. F. Brown, Jr. W. L. Fisher
曾洪流 张万选 译 张厚福 校

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
北京顺义燕华营印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

787×1092 毫米 16 开本 7 1/4 印张 186 千字 印 1—2,000

1988 年 4 月北京第 1 版 1988 年 4 月北京第 1 次印刷

书号: 15037·2940 定价: 1.45 元

ISBN 7-5021-0091-1/TE·91

前 言

对地震反射资料进行地层解释的重要性在继续增长，这从近几年来工业界对石油勘探地震地层学继续教育计划的反应可以明显看出。同样，美国石油地质学家协会（AAPG）第26期论文集《地震地层学——在油气勘探中的应用》一书的空前畅销也说明了这一点。我们看到，越来越多的地质学家和地球物理学家应用地震地层学的概念和方法正在世界各地进行勘探。遗憾的是，许多公司只发表了有限的有关地震地层学在勘探中应用的非专利资料。

我们写成了这本继续教育教程，以总结盆地分析和远景评价这一重要领域的现状。我们的地震地层学观点是基于20年的盆地分析实践和近10年间对沉积体系及其相组成的地震解释。我们的地震地层学工作和概念的系统化开始于70年代初在巴西与巴西石油公司（PETROBRAS）的长期合作。

这本教程在相当程度上参考了美国埃克森公司的P.R.Vail、R.M.Mitchum, Jr.、J.B.Sangree、R.G.Todd、J.M.Widmier、J.N.Bubb、W.G.Hatellid和S.Thompson III等1977年发表在美国石油地质学家协会第26期论文集上的报告。这些作者对地震地层学作出了奠基性的贡献。我们衷心感谢他们对本教程的支持。更重要地，我们承认他们发表的报告对地震勘探有世界性的影响。

本教程由两部分组成：（1）沉积体系的地震地层学解释及其在石油勘探中的作用；（2）沉积体系的地质学和几何学。第一部分是对基本概念和技术的比较概括的评述，其中将我们的概念与埃克森公司勘探学家们所发表的观点紧密结合了起来。由于观点和重点的差别，教程在某些方面不同于第26期论文集的有关章节。当然，我们对引入教程的任何不同观点承担责任。

第二部分是一套带说明的插图、一篇前言及参考文献。我们用这些插图对沉积模式和沉积作用作一简要的一般性评述，这对了解地层波阻抗界面的几何形态，并进而推断地震层序和地震相的反射特征是必要的。关于盆地中充填的沉积体系的几何形态和相组合方面的一般知识，对充分理解地震地层学解释原理是必需的。读者可阅读参考文献来进一步自学这一课题。

本教程试图反映地震地层学的现状，并向从事地震地层勘探以及有兴趣了解本学科知识的人们提供我们当前的看法。

承美国石油地质学家协会的好意，本教程复制了该协会会志和第26期论文集上的许多图件。有几幅图来自其他已发表的报告，我们衷心感谢它们的作者。最后，我们感谢世界各地的许多同行，他们为我们的盆地地层学研究和地震地层学解释提供了帮助。

得克萨斯大学经济地质系：L.F.Brown, Jr.

W.L.Fisher

1980年7月，于奥斯汀

目 录

第一部分 地震地层学解释原理.....	(1)
第一章 沉积体系的地震地层学解释及其在石油勘探中的作用.....	(1)
绪言.....	(1)
第一节 地震反射层的地质意义.....	(2)
第二节 地震地层学研究方法.....	(6)
第三节 沉积层序的识别和划分.....	(7)
第四节 地震相的地层解释.....	(14)
第五节 用反射终止识别不整合.....	(46)
第六节 小结.....	(50)
第二章 控制旋回层序沉积的因素.....	(51)
第一节 有关海平面问题讨论.....	(51)
第二节 关于旋回层序的不同看法.....	(61)
结论.....	(70)
参考文献.....	(71)
第二部分 沉积体系的地质学和几何学.....	(75)
参考文献.....	(107)

第一部分 地震地层学解释原理

第一章 沉积体系的地震地层学解释及其在石油勘探中的作用

绪 言

近20年来,石油勘探的目标已经移向兼跨滨岸和滨外的边缘盆地。这些盆地中有希望的勘探目的层越来越深,除了一般的浅海碎屑岩和碳酸盐岩储集相外,还常常包括潜在的深水储集层。显然,边缘盆地缺少足够的井控制,不允许用常规方法进行地下相分析和制图。因而,勘探学家必须从地震反射剖面中最大限度地提取地下信息。若不对这些盆地作地层解释,勘探工作就只能限于在对储集层、生油层和盖层缺乏认识的情况下钻探构造异常。地震地层学解释的概念和技术正是为了满足这种需要而发展起来的。

地球物理资料与地层学概念的结合,给盆地分析增添了一个新领域。近年来,在地球物理资料获取和处理技术方面的进步以及与此有关在沉积体系概念方面的平行进展,更提高了人们对地震地层学分析的兴趣。在过去10年中,对地震地层学的研究集中在两个方面:(1)利用计算机分析速度、振幅、频率和其它地震波参数,对岩性和流体成分进行物理模拟;(2)利用反射剖面 and 地球物理测井曲线(如果可用的话)作地层和相的研究,以便解释岩相,并进而解释沉积体系。在地震剖面上识别沉积体系,便可能勾绘出潜在的储集层、生油层和盖层,并为重塑盆地的构造史、沉积史和侵蚀史提供基础。地震地层学的沉积体系研究方法,使我们能以地球物理资料为主进行盆地分析。

一般来说,地质学家需要增进对地震地球物理学的了解并同地球物理解释人员密切合作。另一方面,通过学习地层学概念和有关相分析及沉积作用的新观点,地球物理学家往往也会获益。

我们想特别指出由埃克森公司Vail等人发表在美国石油地质学家协会第26期论文集中的一系列文章所作出的贡献。这些文章代表了埃克森公司近20年地震地层学研究的最高成就,并成为公开发表的由概念、观点、技术和实例组成的唯一权威性著作。读者将会注意到,本章大多数地震剖面实例和概念图解,都来自埃克森公司的这些勘探学家的文章,并都已收集在Vail等(1977)的著作中。由于地震资料的专利性,我们不得不主要依靠公开发表的剖面,其中大多数都是已发表的埃克森公司的剖面。有关的讲义扩充了一些未能收入本书的专利性

* 我们感谢埃克森公司Vail等人(1977)对本章的重要贡献。由于专利限制,我们不得不主要依靠他们论文中的地震剖面。我们还从他们体系严密的论文中引用了许多观点和示意图。我们对就他们的原始观点所作的任何解释上或概念上的修改负责。任何变化都来源于我们自己在地震地层学分析方面的经验。在实际讲授时,我们增加了不能随本书出版的其它专利性地震实例。

实例。

在过去8年中,我们通过为巴西石油公司(Petroleo Brasileiro S.A.)所作的咨询性研究,取得了我们自己在地震地层学方面的研究经验。近3年来,我们还有机会为几家跨国公司评审来自世界一些盆地的地震资料。我们发展的概念和方法(Brown and Fisher, 1977)与Vail等人(1977)所发表的基本一致。术语上的差别随后已经统一。我们的研究与Vail等人(1977)的不同点在于,对旋回层序的控制因素和海相上超成因的解释有分歧。这些分歧是由于双方对于海平面升降和盆地构造运动对海平面相对变化的控制作用的理解不同而造成的。后面将讨论这些观点。

第一节 地震反射层的地质意义

地震地层学解释的一个重要基础是对产生反射的地质因素的理解。除了流体界面(油-水, 气-水)可能穿过地层外,一次地震反射都是沿地层层面或不整合面的重要波阻抗(密度-速度)变化的响应。地层层面是代表残留沉积作用面的那些层状接触面,而不是人为确定的岩石地层界面。

不整合面是代表地质历史记载中时间间断的侵蚀面或无沉积面。不整合面之所以能产生反射是由于它们通常分隔具有不同物理性质或产状的地层。此外,不整合面以下的地层往往被风化或出现矿物学变化,因而提供了密度-速度差。因为沿不整合面的时间间隔或间断一般是变化的,所以对应于不整合面的反射是穿时的。尽管如此,不整合面以下的所有地层都比其上覆地层老,这样,不整合面之间的地层便组成了时间-地层单元。不整合面与其下伏和上覆地层层面之间通常有一夹角。在不整合面之下的地层被侵蚀作用以某一角度截断的部位,便会出现角度不整合。不整合面(角度的或非角度的)以上的地层与其下伏不整合面或者平行,或者呈一角度关系(底超、下超、上超^①)。在不整合面上、下地层平行(或整一)的地方,其不整合关系可以用古生物或同位素资料来证实,也可通过侧向追踪,直到地层反射出现不整合关系来验证。

层面代表了沉积体制(能量、沉积速率、环境)的一致变化,是残留沉积作用面。由于层面是沉积作用面,其地震响应便是年代地层的反射。反射产生于那些对应着速度和密度显著变化的层面。当然,应当认识到,由于分辨率的约束(取决于波长和频率)、相位干涉以及其它物理条件的限制,并不是每个地层层面都有一个单独的反射与之对应。来自地层层序的反射可能代表单个特定的地层层面,也可能代表若干地层响应的总和(或平均)。因此,反射是地层的结构、连续性、速度-密度差和其它物理性质的综合效应。

Vail等人(1977)列举了地震地层学解释中使用的主要因素或参数及其可能的地质含义(图1)。他们指出,反射的**结构**在成因上主要是地质的,是受层理模式控制的,而层理模式又与沉积作用、原始沉积地形和水深、侵蚀作用以及后来出现的流体接触面等有关。反射的**连续性**取决于沿层面的密度-速度差的连续性;层理的连续性直接与沉积作用和沉积环境有关。反射的**振幅**主要受顺地层层面的速度-密度差的大小所控制,但最佳层间距(相对于频率而言)可能导致低能量响应的相位调整而加强反射能量。层内流体的差别也会使正常岩石

① onlap, 译为上超或超覆。当与downlap(下超)或toplap(顶超)一起出现时,指逆原始沉积斜坡向上对着老岩石的地层终止,译为上超(包括近端上超和远端上超);当与offlap(退覆)成对出现时,强调在原始沉积斜坡上新沉积物相对老沉积物向物源方向进侵(即近端上超),译为超覆。——译者

的速度-密度差进一步加大。反射的频率与震源有关，并会受到控制反射层间距的地层厚度的影响。由流体含量引起的速度横向变化和地层厚度的横向变化都会影响频率。层速度是地震资料处理中关键的因素，可提供有关岩性、孔隙度和流体成分的信息。如下所述，一组相以反射层（即地震相）的几何外形可提供岩相类比的极其重要的线索。一个或一组反射层的特征的横向变化也可用于推测相变。

地震相参数	地质解释
反射结构	<ol style="list-style-type: none"> 1. 层理模式 2. 沉积作用 3. 侵蚀作用和古地形 4. 流体接触面
反射连续性	<ol style="list-style-type: none"> 1. 层理连续性 2. 沉积作用
反射振幅	<ol style="list-style-type: none"> 1. 速度-密度差 2. 地层间距 3. 流体成分
反射频率	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地层厚度 2. 流体成分
层速度	<ol style="list-style-type: none"> 1. 岩性估计 2. 孔隙度估计 3. 流体成分
外形和地震相单元的平面组合	<ol style="list-style-type: none"> 1. 总的沉积环境 2. 物源 3. 地质背景

图1 地震地层学使用的地震反射参数及其地质意义

据Mitchum等 (1977)

在地质学家和地球物理学家中有一种倾向，认为地震反射层是穿过时间线的，因而与岩性地层的相一致。我们同意Vail等人(1977)的意见，即地震反射是等时的并穿过岩性地层相的边界。因此，地震反射（除了不整合）横向上可穿过各种不同的岩相。图2表现一个陆棚体系（右侧）呈S形退覆，向盆地方向（左侧）推进。地震反射层可以连续追踪，穿过陆棚体系，越过陆棚边缘，向下延续到同期陆坡体系。虽然波形、频率和振幅有变化，反射层仍显示了高连续性。这些反射特征的变化标志着逐渐相变对反射的影响。我们在许多地震测线上

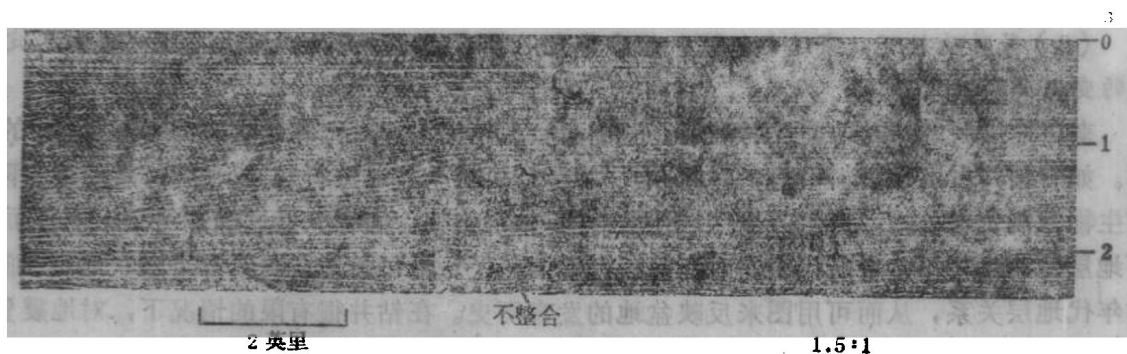


图2 东加拿大滨外的S形前积地震相

据Sangree and Widmier (1977)

都观察到同样的关系。在有足够井下资料可用的地方，有可能把反射特征的横向变化与岩相变化联系起来。这样，就能在地震剖面上追踪相变，并绘制出岩相等厚图。

甚至不连续的地层反射也能以一定的精度追踪，提供一种年代地层对比。当地层界面在横向上过渡，速度-密度差由高（因而具有强振幅）变低时，反射就削弱或消失。尽管如此，穿过各种同期岩相追踪反射层一般来说是可能的。如果有最低限度的井控制以证实相的组成，则还可以编制同期岩相图。这种岩相图还能用作同期沉积环境图。在巴西滨外盆地，我们能向盆地方向追踪等时反射，穿过同期的扇三角洲、陆棚石灰岩和页岩、石灰岩陆棚边缘和陆坡的倾斜层系（Brown and Fisher, 1977）。借助于连续性、振幅和频率的横向变化，我们能用井的岩性资料标定反射层，并编制岩相等厚图。圣胡安盆地的一个类似例子（图3、4，据Vail等，1977）亦显示了在子波变化的情况下，反射层可追踪穿过河流、三角洲和前三三角洲诸相。读者可参考Vail等人有关地层反射等时性的另一文献（Vail等，1977，pp.100~106），其中图示了南美洲第三系地层的反射追踪的是以速度对比为基础的地层面，而不是常规的岩相对比界面。

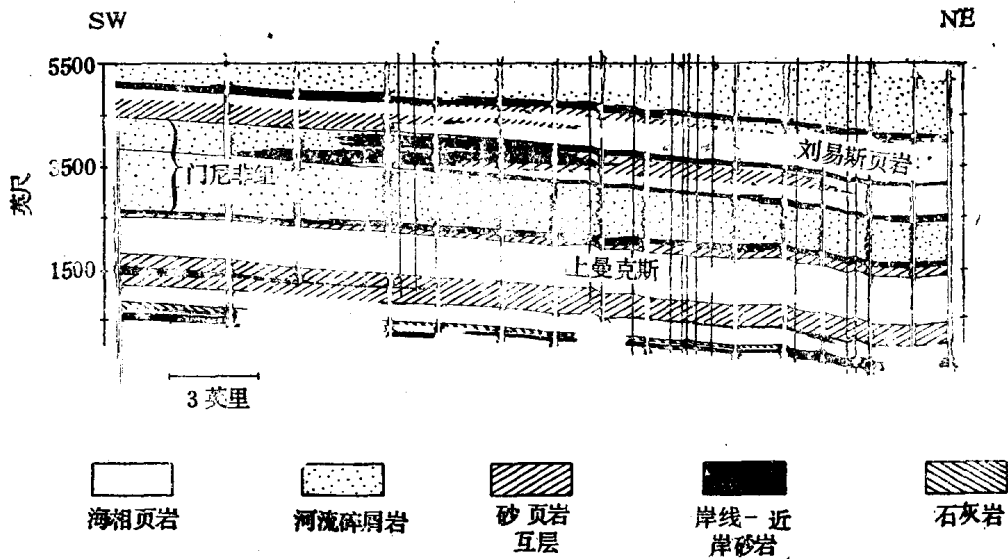


图3 新墨西哥州圣胡安盆地电测曲线对比的地质剖面
引自Vail等人(1977)

根据上述分析，可以得出结论：

(1) 除了反射面是被顶超、下超●、上超或削截限定了的不整合面外，地震反射代表等时面；

(2) 等时反射可以穿过由振幅、频率等变化所限定的许多相。相边界可以通过鉴定波形的变化大致确定。

来自地层面的等时地震反射是用地震剖面实现年代地层对比和建立时间-地层格架的基础。如有钻井古生物资料可用，时间-地层解释就可在全盆地进行对比。这样，就能将有限的古生物控制资料外推，产生一个区域性的时间-地层格架。同样，通过确定每个不整合面上、下地层的时代，不整合所代表的时间间断也就清楚了。沿每条地震测线都可建立地层和间断的年代地层关系，从而可用图来反映盆地的发育历史。在钻井很有限的情况下，对地震资料和钻井古生物-岩性资料进行外推和解释，可提供有关盆地历史的综合估价。

● 原文误为底超。——译者

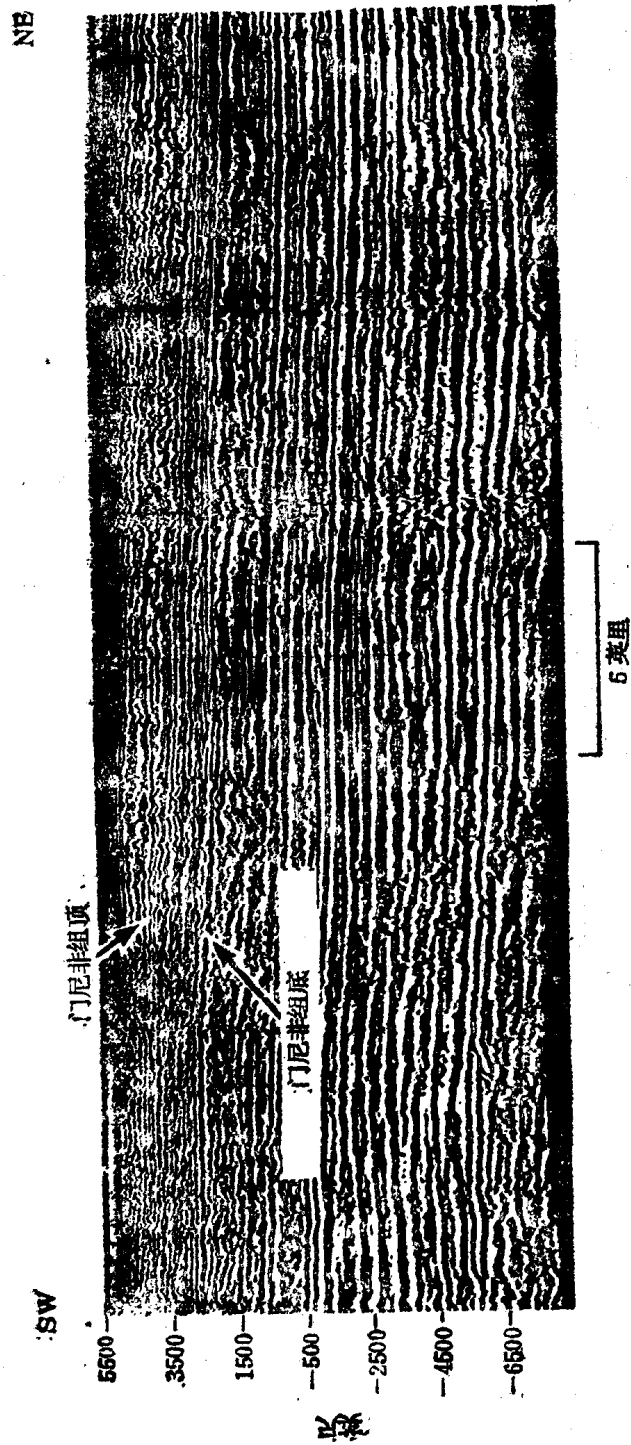


图4 新墨西哥州圣胡安盆地的深度地震剖面
 基准标高: 5500英尺(1676m). 据Vail等人 (1977)

11-2-2

第二节 地震地层学研究方法

地震地层学研究方法使勘探学家除了进行常规的构造制图外，还能推断地层关系，解释沉积作用及建立岩相模式。用这种方法还可以解释岩相、不整合、古水深、等时对比、升降史、岩相变化及概略的沉积史，等等。此外，用地震资料还能作出各种图件，包括岩相图、古水深图、古地理图、不整合面古地质图、海底峡谷图、陆棚边缘图，以及沉积体系、时间-地层单元和地层相——如盖层和生油层的各种等厚图。解释可能是相当主观的，但如果结论合乎逻辑并与已知的盆地模式吻合，就会成为勘探中非常有用的工具。

如前所述，地震反射（经适当处理）是由有明显速度-密度差的地层（沉积）面或不整合面产生的。因此，在地震剖面上，解释者可根据反射的产状、连续性、尖灭、超失^①或削截现象来推断叠覆、沉积地形、侵蚀、沉积间断以及其它地层面貌。产生反射的地层面（沉积地形）具有年代地层性质，因而可在地震剖面上进行时间地层对比，地震反射层亦可用古生物或同位素资料标定。

经过不断摸索，试图解释反射剖面地层意义的大多数勘探学家都发展了类似的方法和程序。Vail等人（1977）发表了他们的程序框图（图5^②）。我们以巴西滨外的研究为基础，也总结出类似的程序（Brown and Fisher, 1977）。

地震层序分析（图5^②）是识别所谓地震层序的主要反射波组（reflection package）。地震层序分析即描述由不整合面或相当的整合面所划分的基本沉积（地层）单元，Vail等

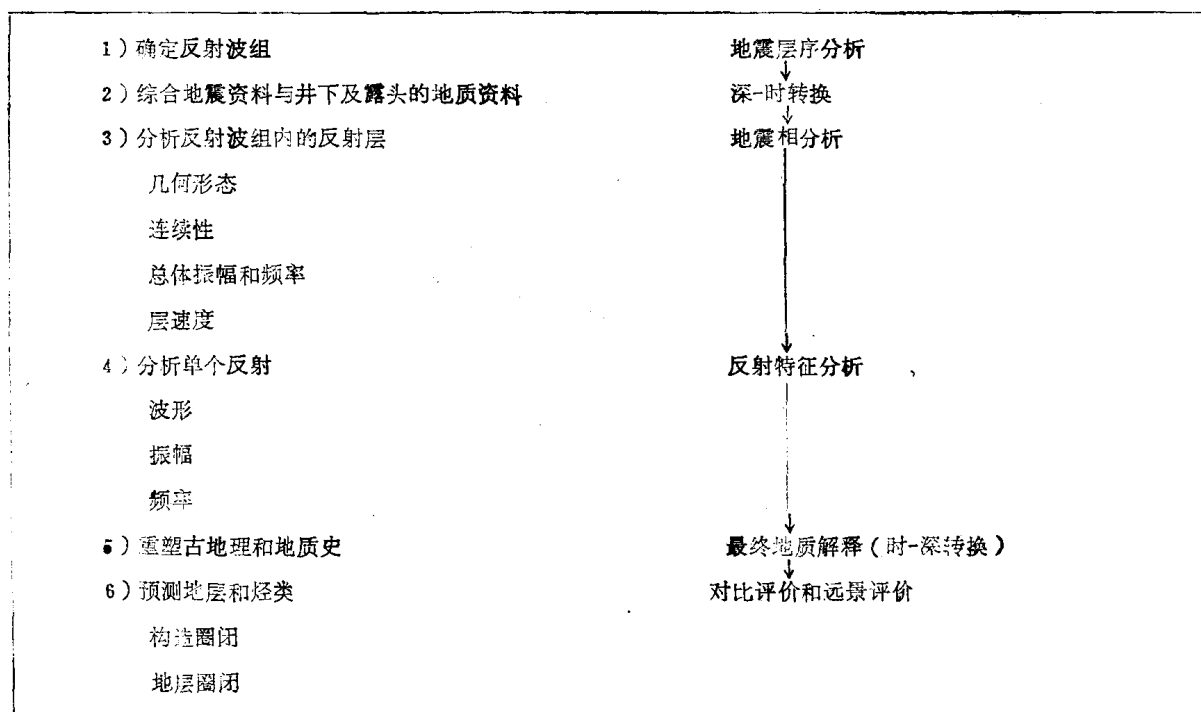


图5 埃克森公司勘探学家的地震地层学解释程序
据Vail等人（1976）AAPG地震地层学教程

① lapout. 译为超失。指沿某个面因沉积作用造成的地层终止，包括上超、下超和顶超。——译者

② 原文误为图1。——译者

(1977) 将其称为沉积层序。地震层序分析的第一步是在整个地震测网上进行层序对比, 然后选择炮点编制层序等厚图。全盆地范围内的层序提供了该区域的一级时间-地层格架。

地震层序分析的第二步是将井下的地球物理及岩芯、岩屑资料作深-时转换(图5)。时间图可直接画在地震剖面上, 为解释地震相提供所需的岩性和其它岩石特性信息。

地震相分析(图5)是解释程序中的关键部分。其任务是识别层序内更小的反射单元, 这种反射单元可能是一个岩相的地震响应。除了反射结构, 地震相还表现出特殊的反射连续性、振幅和频率、几何外形, 或许还有特征的层速度。地震相反射可以突然终止或渐变为其它地震相的反射。在最多炮点控制下的地震相制图是地震相分析的一个重要部分, 因为几何外形一般都有助于对应岩相的解释。

单个反射的反射特征分析是指通过分析波形、振幅和频率等对地震相作更精细的解释。这种分析是由地球物理学家做的, 可用于验证地震相解释。

最终地质解释(图5)是对地震层序和地震相分析的综合和解释, 以便分别编制古地理图和地质发育史图。在这个阶段, 可将平面图和剖面图作时-深转换。在每个层序中推断的沉积体系的分布有助于相边界、陆棚边缘以及其它主要地层特征的识别和制图。

对比评价和远景评价(图5)是将所获得的地震地层学资料应用于确定、勾绘和评价构造圈闭及地层圈闭中潜在的储集层、生油层和盖层。这一阶段成功与否主要取决于勘探学家的经验和洞察力。对每个层序推断的地质情况(沉积作用、海底侵蚀、地表出露或侵蚀、构造条件, 等等)提供了圈定可能勘探对象的依据。从概念上说, 这一过程与常规勘探差别很小, 只不过地层资料来源于地震信息而已。在此阶段, 若想综合所有适宜的远景单元, 编制富有创造性的图件是非常重要的。

第三节 沉积层序的识别和划分

一、沉积层序的实例

地质学家很早就认识到存在着由成因上有联系的岩相或沉积体系组成的较大的沉积层序。沉积层序的明显例子是那些有斜坡地形沉积^①的层序(图6、7)。图6表示西得克萨斯石炭系前积的陆坡页岩和砂岩斜坡层周期性地间夹以陆棚-陆坡石灰岩沉积。这些沉积层序底部的标志是陆坡斜坡地层向下收敛和尖灭(底超或下超)。斜坡层底部的一些深水砂岩(海底扇)看来在陆坡根部上超。斜坡石灰岩能顺陆坡向上追踪, 变为广泛分布的陆棚石灰岩。Galloway和Brown的研究(1973)证明, 陆坡砂岩和页岩斜坡层在陆棚边缘三角洲体系内的三角洲前缘砂岩底部突然终止(顶超)。

美国西部内陆盆地白垩系的若干实例(Asquith, 1970)呈现出类似的沉积层序(图7)。前积三角洲体系向陆棚-陆坡环境供应碎屑沉积物, 导致明显的斜坡地形沉积。斜坡产状是通过小间距钻井的斑脱质粘土对比揭示的。Vail等人(1977)给出了由井距密集的地球物理测井对比肯定的一个类似的例子。图6和图7所示沉积层序的地震响应一般类似于图8所示的地震剖面。通过思索, 人们能够容易地把地层横剖面转换成地震剖面。地震剖面清晰地表明,

^① Clinoform, Rich (1951) 的术语, 原意指三角洲前缘或陆坡的斜坡地形, 译为斜坡地形。它与浪蚀地形(unduliform)及洋底地形(fondiform)一起构成海域盆地的三大地形单元。但作者还用它表示在斜坡地形上的沉积层及这种沉积层的反射, 可分别译为斜坡地形沉积及斜坡地形反射。为简便起见, 在不强调地形含义时, 按文意分别译成斜坡层、斜坡沉积或斜坡反射等。——译者

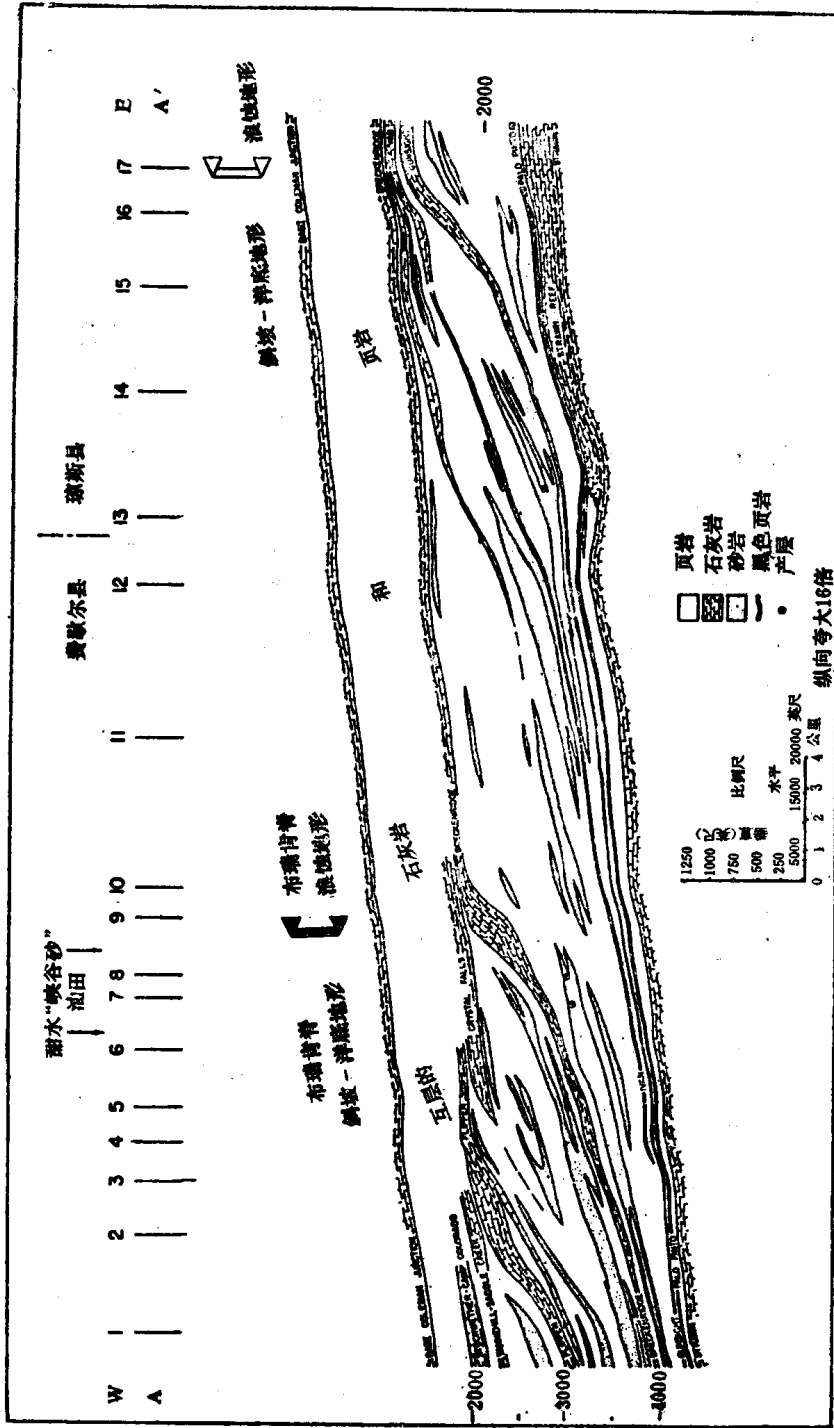


图8 分布在得克萨斯州北部和中部的东陆棚持续前积的西斯科 (Cisco) 沉积层序所显现的陆坡相
据 Jackson (1964)

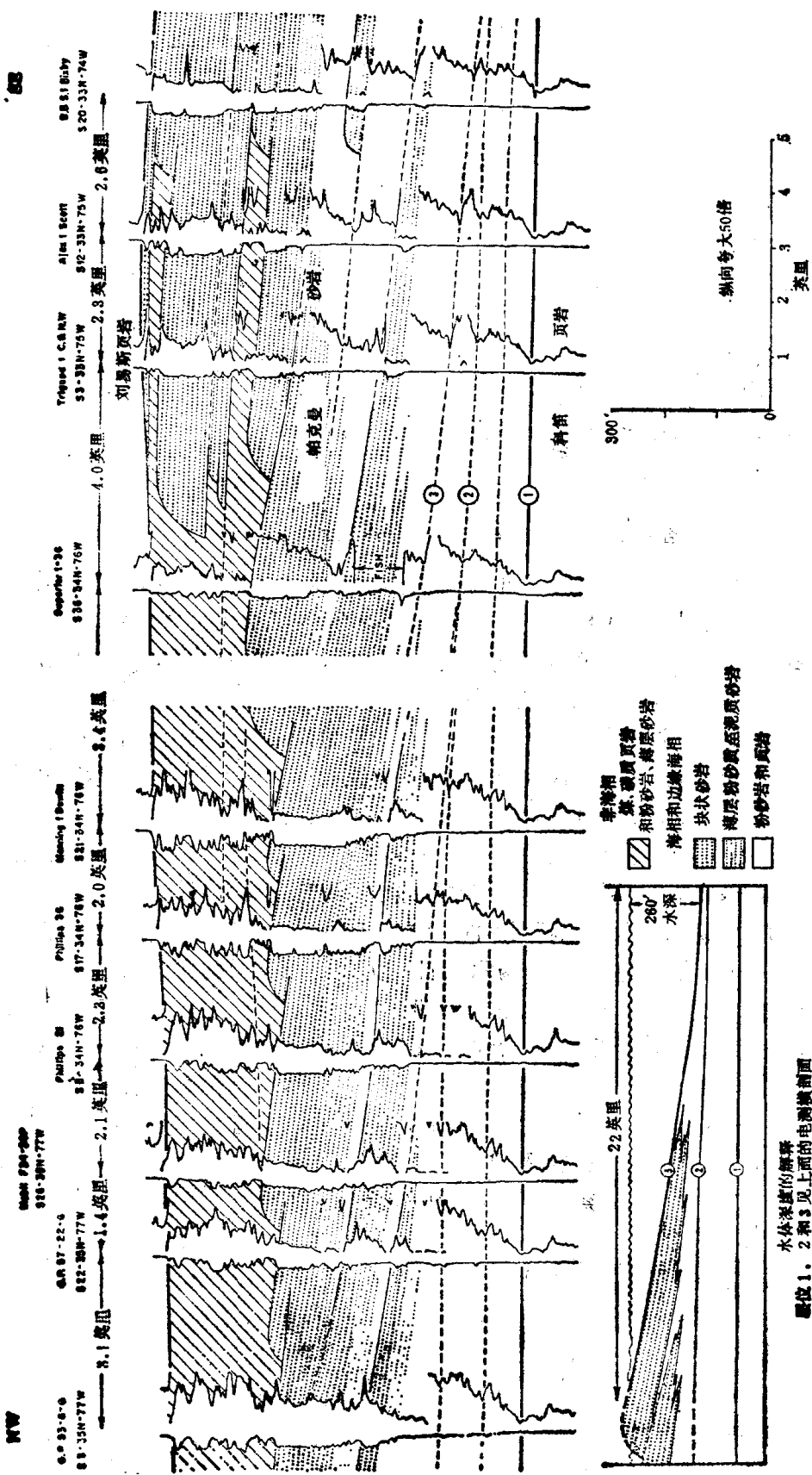


图7 电测横剖面，怀俄明州瓦沙基埃和红沙漠 (Washakie and Red Desert) 盆地刘易斯 (Lewis) 页岩、福克斯山 (Fox Hills) 砂岩和下兰斯 (Lance) 组的海退 (前积) 部分

据Asquith (1970)

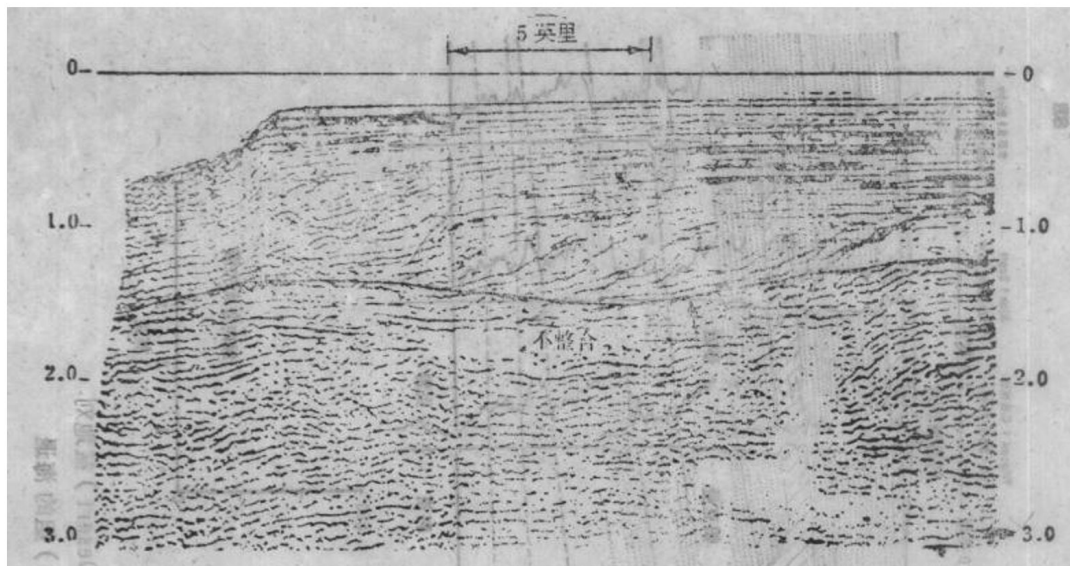


图8 一个陆棚边缘三角洲体系的前积
联合地球物理公司专有剖面。据Dobrin (1977)

盆地充填的较年轻部分先是迅速推进的三角洲-陆坡体系（斜交形斜坡层），渐为缓慢前积的陆棚-陆坡体系（S形斜坡层）所代替。连续的、强振幅的斜坡反射代表周期性的半远洋悬浮沉积；微弱反射到无反射的斜坡层代表由密度流搬运的较快沉积的碎屑物，先被陆棚边缘三角洲（斜交形）；后被潮流作用（S形）带入深水。

通过识别盆地充填物中主要的不整合，解释人员可把地层细分为规模（厚度和时间）大致相当于时间-地层单位“统”的成因单元或沉积层序。地震分辨率一般不可能达到识别较小成因单元的程度，但通常可以辨别由较大的沉积体系，如三角洲-陆坡、碳酸盐台地-陆坡，或厚的陆隆（海相上超）体系等所组成的层序。Vail 等人（1977）图解说明了西北非滨外的地震层序划分（图9）。读者可参考他们有关该地区地震地层学分析报告（1977，pp. 145~163）。在图9上可识别出分隔沉积层序的区域性不整合，这些不整合有角度的、非角度的和超失的。钻井控制的这些层序的时代揭示它们大致相当于基本沉积层序的规模。箭头指示反射终止——侵蚀终止和超失终止（上超、顶超、下超或底超）。总之，简略回顾该非洲测线及钻井资料表明：（1）侏罗纪陆棚-台地（大概是碳酸盐岩及混合的各种细粒陆源碎屑）建立在更早的、与裂谷有关的三叠系红层和残余裂谷构造之上，随后是海相上超；（2）早白垩世三角洲体系推进，越过陆棚并进入伴有同沉积断裂活动的同期陆坡体系深水区；（3）晚白垩世超覆型陆棚体系；（4）第三纪退覆和超覆交替的陆坡体系。即使没有井控制，通过识别裂谷期后盆地中发育的沉积体系，仍可对岩相作出重要推测。

二、沉积层序的边界

沉积层序是一个由相对整合的、成因上有联系的地层序列组成的地层单元。

沉积层序的上、下边界是不整合面或可与其对比的整合面。

Vail 等人（1977）引入的术语描述了限定沉积层序的不整合面（图10）。Vail 的术语一般都不问自明。超失术语——顶超、上超和下超——描述由沉积作用产生的反射终止。如果上超或下超因为后期构造影响不能区分，则用底超定义底部终止。顶超分布广泛，构成层序边界，但也可能是局部的并出现在某一层序内部。海相上超可出现在向盆地一侧并远离前积斜坡层（远端海相上超），或出现在向陆棚一侧并靠近前积斜坡层（近端上超）。浅海沿

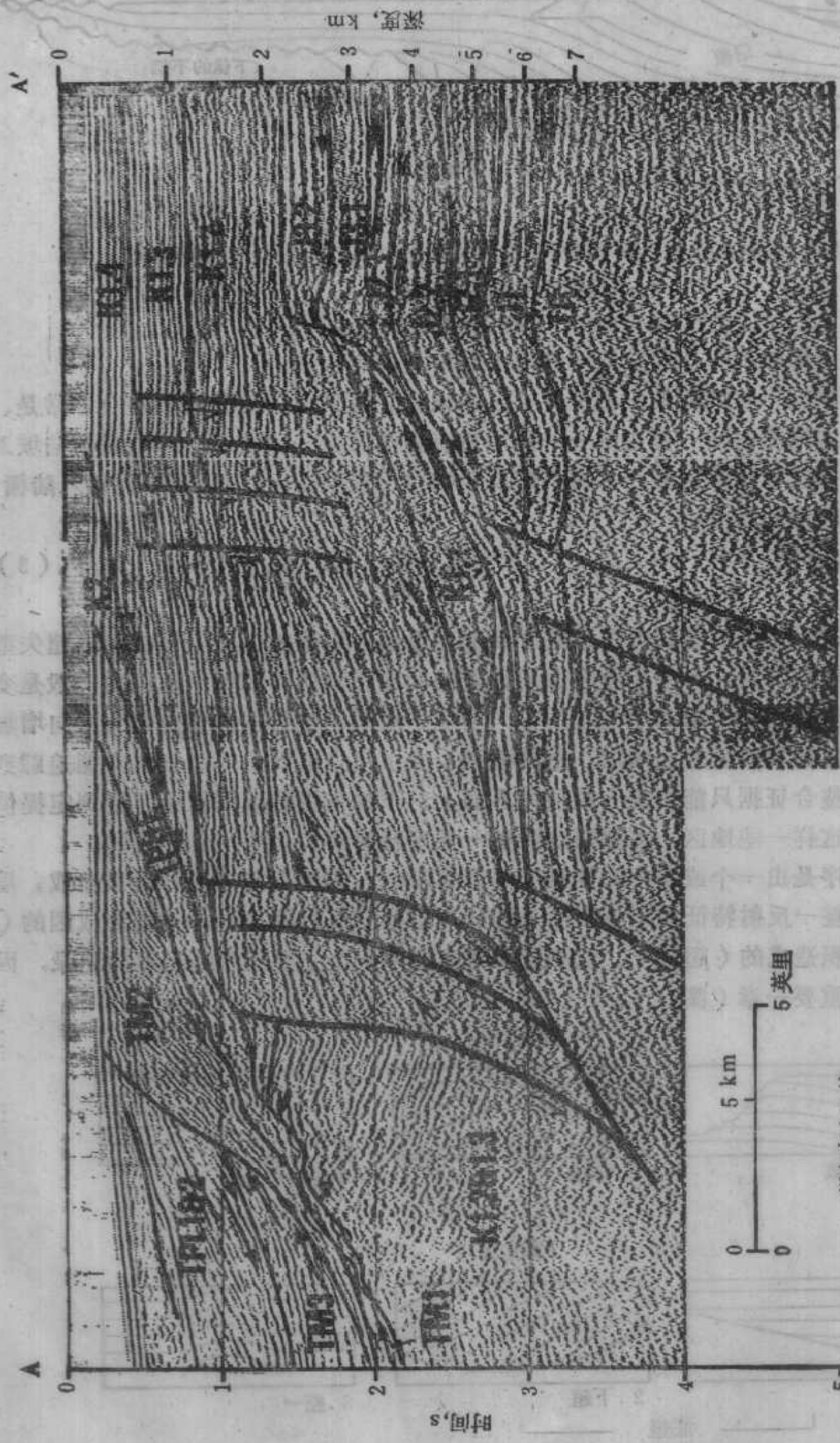


图9 西北非滨外的地震层序，示被地震反射层限定的层序
据Mitchum等人 (1977)

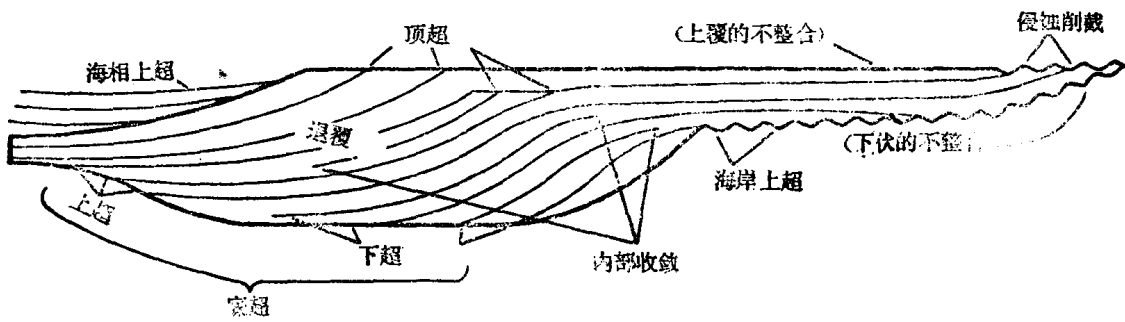


图10 埃克森公司勘探学家提出的反射终止术语。这些终止限定了一个沉积层序的不整合边界

据Vail等人(1976) AAPG地震地层学教程

岸沉积(三角洲、障壁沙坝等)向陆地一侧的上超称为海岸上超。

侵蚀不整合可根据下伏地层的削截(终止)来识别。倾斜地层的角度不整合常常是,但并不局限于分布在盆地的向陆一侧边缘——那里常有逐渐的抬升和侵蚀。外陆棚和陆坡地层的海底侵蚀一般会导致以正常沉积产状排列的反射波组出现削截。我们已观察到切入陆棚-陆坡沉积物达2500米的海底峡谷。

总之,沉积层序的边界有三种类型:(1)侵蚀边界;(2)超失(间断)边界;(3)整合边界(偶见)。

作为层序边界的不整合的意义可用不整合面上、下反射终止的类型(侵蚀型或超失型)和反射的不整一产状来评价。一个不整合面所代表的间断在其延伸的整个范围内一般是变化的。角度不整合的量值向被侵蚀的较老地层方向增加。底超不整合的量值向超失方向增加。顶超不整合的量值向前积的反方向增加。用削截和(或)超失识别的不整合通常能追踪到整一反射,后者的不整合证据只能由整一的层序界面上、下的古生物或同位素年龄测定提供。在大多数盆地都有这样一些地区,在那里这种整一层序边界事实上可能是整合的。

总之,沉积层序是由一个或多个同期沉积体系沉积的、成因上有联系的地层组成。层序由表现为不整一和整一反射特征的不整合面来划分;不整一反射既可以是侵蚀成因的(削截),又可以是沉积造成的(超失)。沉积层序是盆地中一个主要沉积幕现存的记录,因而构成了盆地历史的重要一章(图11)。

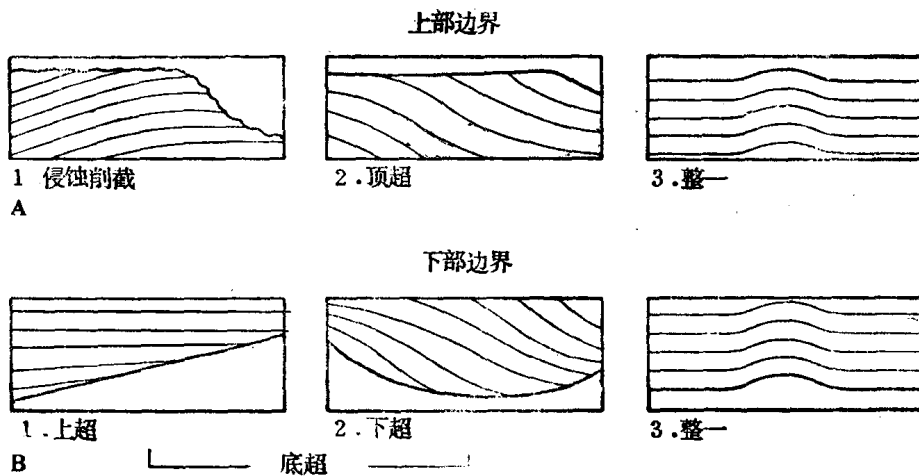


图11 地层与沉积层序边界的各种关系
据Mitchum等人(1977)

三、沉积层序的地质含义

沉积层序是盆地内一个较大的成因单元，并由于它是以不整合面为界，从而构成一个时间-地层单元。这样，层序内所有地层都是在某一特定的时间间隔内沉积的（图12）。层序内部的地层一般是整合的，并在成因上与一较大的沉积幕有关。一个层序由各种各样的相组成，但等时地层反射横向上可以穿过不同的岩相。正是由于地震层序的这种与成因有关的时间-地层特性，使其在盆地分析中显得很重要。

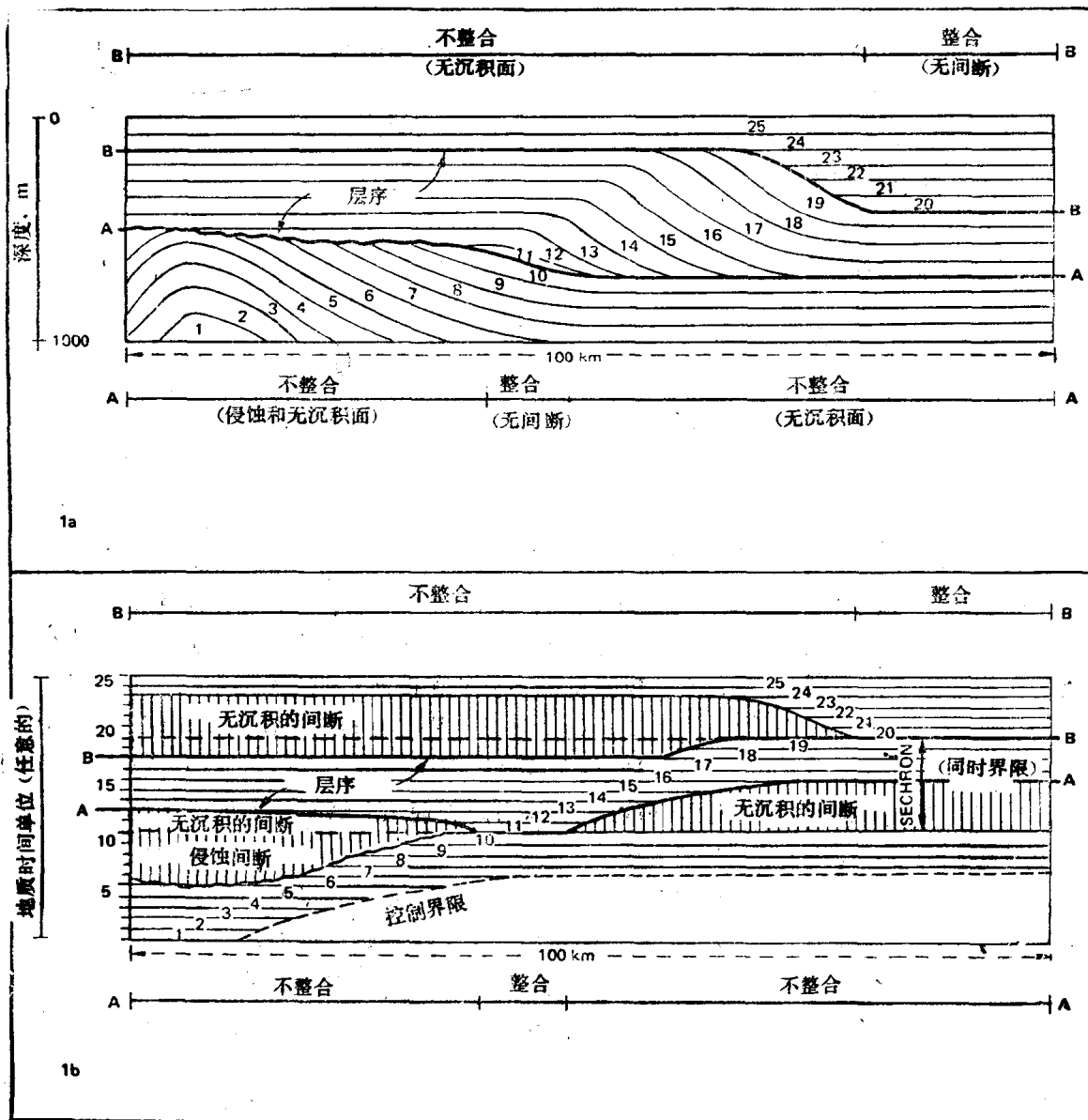


图12 沉积层序的基本概念

A—一个层序的综合地层剖面；B—一个层序的综合年代地层剖面。据Mitchum等人（1977）

盆地被叠覆的沉积层序充填。它们通常排列成由退覆和超覆的海相地层以及有关的海岸超覆地层组成的若干旋回。海平面相对变化控制了旋回沉积，而其本身又受海平面升降变化、盆地沉降和掀斜速率变化，以及沉积速率变化相互作用的支配。下章将讨论旋回性地震层序的控制因素。

一旦在一条或几条反射剖面上识别出沉积层序，就可沿有用的地震剖面追踪那些划分层