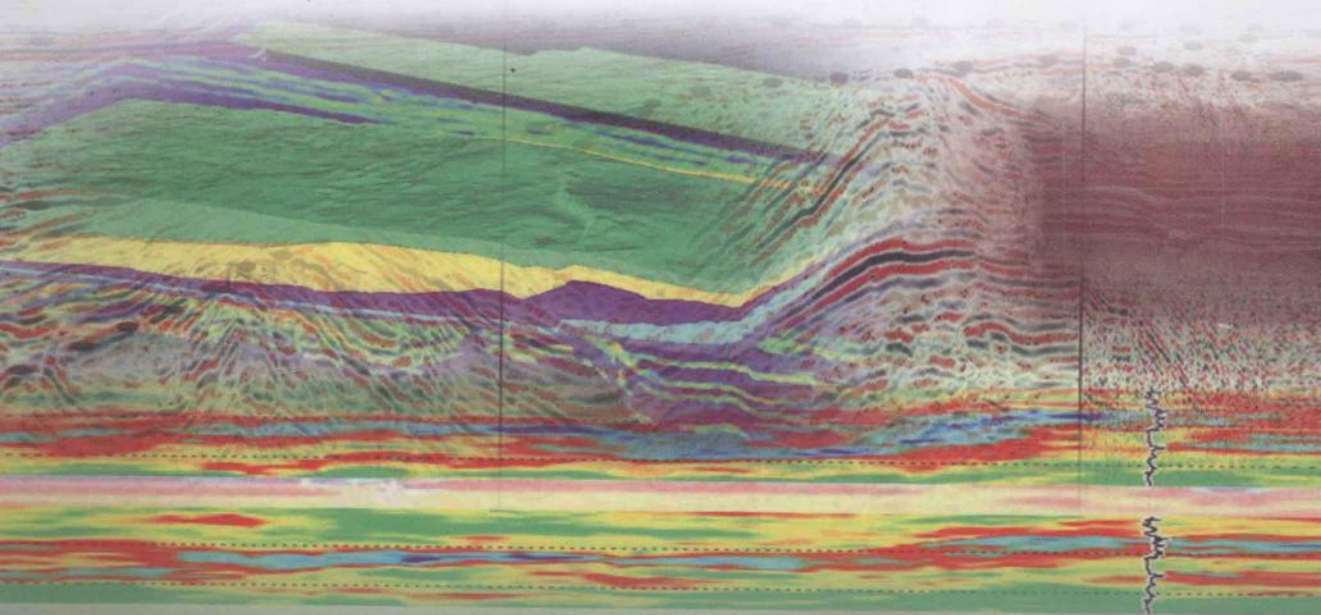


高等学校教材

地震地层学

牟中海 尹成 编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

高等学校教材

地震地层学

牟中海 尹 成 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书从地震反射界面与地质界面的关系入手,重点论述了地震反射界面的年代地层意义、地震层序的划分依据、层序地层系统、沉积过程中水平面相对变化分析、速度—岩性分析、定性地震相分析方法、定量地震相分析方法等,最后介绍了地震地层学在油气勘探中的应用。

本书可作为石油高等院校矿产普查与勘探、矿物学、岩石学、矿床学、地球探测与信息技术等专业教材,也可供其他高校、科研院所的有关专业师生及生产与科研单位的石油地质工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

地震地层学 / 牟中海, 尹成编.
北京: 石油工业出版社, 2013.3
(高等学校教材)
ISBN 978-7-5021-9456-7

I . 地…
II . ①牟…②尹…
III . 地震地层学 - 高等学校 - 教材
IV . P539.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 011643 号

出版发行: 石油工业出版社
(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)
网 址: <http://pip.cnpc.com.cn>
编辑部: (010) 64240656 发行部: (010) 64523620
经 销: 全国新华书店
印 刷: 北京中石油彩色印刷有限责任公司

2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 1 次印刷
787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 14.75
字数: 378 千字

定价: 30.00 元
(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)
版权所有, 翻印必究

前 言

地震地层学是把地层学和沉积学的研究成果运用到地震资料解释工作中,把地震资料中蕴藏的多种地质信息充分利用起来,对层序、沉积相、隐蔽圈闭等作出系统解释的方法,它是介于勘探地震学和沉积地层学之间的边缘学科。

全书共分七章。第一章为绪论,简要介绍了地震地层学的发展历史、研究现状、研究内容与研究流程。第二章为地震层序,详细介绍了地震反射界面与地质界面的关系、地震层序的划分依据、层序地层系统、层位标定方法。第三章为沉积过程中水平面相对变化分析,重点论述了用地震资料判断海平面升降、海进海退的方法,分析了海平面升降、海水进退情况下的沉积模式特征,介绍了湖平面变化的研究现状与存在问题。第四章为速度—岩性分析,系统介绍了通过构建层速度模型、速度差异模型、压实模型、地质模型、等效模型、数学模型、岩性预测模型进行碎屑岩与碳酸盐岩岩性分析的方法。第五章为定性地震相分析,主要阐述了地震相参数及其地质意义、海相与陆相盆地地震相模式、地震相转沉积相方法。第六章为定量地震相分析,详细论述了地震属性的提取方法、地震属性类型、地震属性的优化及定量地震相分析方法。第七章为地震地层学在油气勘探中的应用,主要介绍了利用地震地层学的研究成果进行生储盖条件评价、隐蔽圈闭预测、孔隙度预测、异常压力预测、薄层厚度预测的方法以及一维模型的应用。

本书在承袭了AAPG专题研究论文集《地震地层学——在油气勘探方面的应用》及编者所著《地震地层学解释方法及应用》主体内容的基础上,提升了自地震地层学诞生以来基础性研究内容的理论性,吸收了近年来地震地层学研究的新成果与新方法;在介绍地震层序划分依据的同时,重点分析了地震反射界面与地质界面的关系,强调了时变褶积技术在井—震标定时的重要性,并对地震层序与层序地层学所划层序的关系做了说明;在论述速度—岩性分析内容时,以张万选等(1988)研究思路为基础,突出了多个模型的研究在这一工作中的系统性与完整性,改进型的压实模型与预测模型的量化更为合理;定性地震相分析中的相模式总结得更系统、更全面,实例更丰富,特别强调了沉积环境与地震相解释的因果关系;定量地震相分析是本次教材改编较多的一章,全面系统地介绍了近年来通过地震属性进行地震相分析的最新研究思路与成果。总之,在教材编写过程中,编者力求内容系统、技术先进、方法成熟、实例典型,让使用者能够掌握地震地层学的基本原理,熟悉地震地层学的研究思路,提高分析问题与解决问题的能力。

全书由西南石油大学牟中海教授主编。全书大部分章节由牟中海教授编写,

第六章第三、四、五节由尹成教授编写,第三章第二节及第七章第一、二节由蒋裕强教授编写。另外,陈袁、林伶、于跃、李文龙、李乐等研究生协助完成了部分章节的资料收集、整理及全书所有图件的清绘工作。全书由牟中海教授负责统一修改和定稿。

本书在编写过程中得到了西南石油大学教务处、西南石油大学资源与环境学院领导的大力支持;初稿完成后,中国石油天然气勘探开发公司总地质师薛良清教授、西南石油大学周路教授审阅了全书,提出了许多意见与建议,笔者在此一并致以衷心感谢。

由于笔者水平有限,问题、欠妥甚至错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者
2012年10月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 发展历史与研究现状.....	1
第二节 主要研究内容与研究流程.....	3
参考文献.....	3
第二章 地震层序	5
第一节 地震反射与年代地层学.....	5
第二节 地震层序划分.....	10
第三节 地震层序规模.....	16
第四节 层位标定.....	25
参考文献.....	37
第三章 沉积过程中水平面相对变化分析	39
第一节 海平面相对变化分析.....	39
第二节 湖平面相对变化分析.....	49
参考文献.....	52
第四章 速度—岩性分析	53
第一节 层速度模型.....	53
第二节 速度差异模型.....	58
第三节 压实模型.....	61
第四节 地质模型、等效模型与数学模型.....	65
第五节 岩性预测模型.....	66
第六节 岩性预测实例.....	67
参考文献.....	71
第五章 定性地震相分析	73
第一节 地震相划分.....	73
第二节 海相盆地地震相模式.....	84
第三节 陆相盆地地震相模式.....	108
第四节 地震相转沉积相.....	122
参考文献.....	134
第六章 定量地震相分析	136
第一节 概述.....	136
第二节 地震属性提取方法.....	138
第三节 地震属性.....	141
第四节 地震属性优化.....	160
第五节 定量地震相分析方法.....	170

参考文献	193
第七章 地震地层学在油气勘探中的应用	197
第一节 生、储、盖条件的评价	197
第二节 隐蔽圈闭预测	199
第三节 孔隙度预测	200
第四节 异常压力预测	208
第五节 薄层厚度预测	216
第六节 地震模型的应用	223
参考文献	229

第一章 绪 论

第一节 发展历史与研究现状

地震地层学是利用地震资料结合钻井资料、测井资料、露头资料,研究地层的分布及沉积特征,分析盆地的演化史,恢复盆地的古沉积环境,评价石油地质条件的一门边缘学科。

地震地层学的诞生缘于以下几个方面的原因:

(1)随着人们对油气需求的增长,陆上石油已无法满足人类的需要,因而油气勘探便向海洋发展,而滨海和近海地区一般缺乏足够的地面地质资料,又缺少钻井控制,因此以往只能在那些由用传统方法编制(潜水观察水下露头)的构造异常上钻探。无疑,这种初探井把握性不大,潜伏圈闭也无法发现。在这种情况下,为了有效地选择初探目标,提高勘探效率,人们就只有从地震反射剖面上尽可能多地提取地震信息,研究地震剖面上反射特征形成的地质原因及与岩性、岩相、圈闭的关系,并由此作出有关岩相或地层特征的各种解释和推断,以发现可能的岩相变化、圈闭特征和含油气区。于是,经过长期的探索和研究,地震地层学解释的基本理论和方法便产生和发展起来了,所以说地震地层学产生的原因之一是石油勘探的重点由陆上向海洋的转移。

(2)在20世纪60年代中期,由于电子计算机技术和数学方法不断地被应用到地震勘探上,大大改进了野外工作方法,推进了地震资料室内处理技术的发展,这就使得50年代就已提出的根据地层层序合成地震记录的理论以及薄过渡层地震响应的理论得以实现;同时,从地震记录中可提取高精度、高分辨力、高信噪比的多种地震信息,根据多种地震信息可推断岩性、岩相等地质特征。因而,也可以说地震地层学是随着地震勘探新技术的发展而发展起来的。

(3)随着人类对能源需要的增长、构造油气藏的大量发现,开发地下的构造油气藏已远不足以供应人类足够的石油,起源于20世纪20年代的“背斜找油理论”必须突破,于是人们把注意力由构造油气藏转向非构造油气藏。这就促使人们改进地震勘探技术和解释方法,想方设法地根据地震资料和地层学原理去研究地层组合、岩相、沉积环境等以至直接找油。因此,油气勘探的目标从构造圈闭转向非构造圈闭也促使了地震地层学的产生。

正是上述多方面的原因导致地震地层学这门边缘学科的诞生与发展,因而可以说地震地层学就是地震勘探的新技术与地层学理论相结合的产物。

早在20世纪50年代,西方的一些石油公司就开始了有关地震地层学研究的探索。1975年在达拉斯召开的美国石油地质学家协会(AAPG)年会上,正式提出了“地震地层学(Seismic Stratigraphy)”这一术语。这次会议后,出版了AAPG专题研究论文集《地震地层学——在油气勘探方面的应用》(Charies, 1977)。该论文集主要收集了美国埃克森石油公司Vail等人的研究成果,这些成果被认为是地震地层学的权威性论述。Vail等人通过对世界若干油区的地震资料的分析研究,提出了有关地震地层学解释的基本理论和方法。他们的研究主要有两个方面:

(1)通过对地震反射的速度、振幅、频率等参数的分析处理,制作岩相和岩石中流体成分

的物理模型,并进行模拟试验;

(2)利用地震剖面上的反射特征以及可能获得的井下资料解释岩相,进而解释沉积系统,再现沉积盆地的沉积史和构造史,这种方法的特点是把地质上的地层学和沉积学的研究成果运用到地震资料解释的领域,把普通地震剖面中蕴藏的地层和沉积特征的信息充分利用起来,做出充分的解释。

1976年我国学者运用从海相盆地发展起来的地震地层学理论,在冀中坳陷开展了这方面的研究,并在陆相盆地的研究中取得成功。1979年地震地层学研究在我国各大含油气盆地全面展开。

地震地层学自诞生以来,主要有两个发展方向:

(1)区域地震地层学,也叫宏观地震地层学或研究岩相的地震地层学。它实质上是利用地层学的观点来解释常规的地震剖面图,判断地震反射所代表的地层学和岩石学意义,即确定其所代表的地层的年代、沉积类型、空间分布、侵蚀和埋藏以及它们的成因背景,进而再现或恢复盆地的沉积史、构造史、侵蚀史和埋藏史,综合评价盆地的含油气远景。

随着区域地震地层学的广泛应用,到了1987年,Haq、Hardenbol和Vail等人在地震地层学研究的基础上提出了“层序地层学(Sequence Stratigraphy)”理论。它更侧重于地层的旋回性、等时性、海平面相对变化对层序的控制及对地层层序格架的研究,更充分地结合了钻井、测井资料。Vail对其评价是“它可能是地质学中的一次革命,它开创了了解地球历史的一个新阶段”。层序地层学可看做地震地层学的新进展,是在地震地层学基础上发展起来的一门新学科。

随着区域地震地层学、层序地层学的深入发展,在1998年,曾洪流等首次提出了地震沉积学(Seismic Sedimentology)概念(Zeng Hongliu等,1998)。它是一门主要利用地震信息和技术研究有关沉积岩及其形成过程的学科,更侧重于研究地震岩石学、地震地貌学、沉积结构、沉积史、沉积体系和沉积相平面展布(董春梅等,2006)。首先对三维地震资料进行高分辨率精细成像处理;然后以现代沉积学思想为指导,结合地震地层学与层序地层学方法,对宏观的古沉积环境、沉积相以及沉积体系进行解释与恢复;之后在高精度层序地层学研究基础之上,结合地震反演与属性分析技术对油气储层的外部形态、内部结构、特征与属性等进行精细刻画和表征,从而建立起对勘探开发均有指导意义的三维储层模型。显然,地震沉积学既继承了地震地层学与层序地层学的思想与基础,又有更深刻的内涵和更广的外延。

虽然层序地层学与地震沉积学是区域地震地层学的进一步发展,但由于自成体系,所以,本书不做论述。而对于区域地震地层学来讲,近年来最大的进展在于定量地震相分析技术的发展。地震地层学经典的地震相分析是通过肉眼对地震剖面上反射特征的观察和描述来进行的,大约从1984年Contini(1984)采用两参数作图法开始,到1988年Jean Dumay和Frederique Fournier(1988)用多元统计的方法进行相分析,而发展为目前的多种数理统计方法的地震属性地震相分析,使地震相分析进入定量研究阶段,从而利用了更多的地震信息,使地震剖面上人工不易确定的相界而通过定量相分析得以确定。

(2)局部地震地层学,有人称之为地层地震学或岩性地震学,也有人叫开发地震地层学,甚至有学者将其归为“油藏描述”。它实质上是利用各种地震处理技术(包括反射波特征分析、合成地震记录、合成速度测井、亮点技术、模型正演、AVO分析等),研究地层岩性,预测油气藏的物性、厚度、分布范围、孔隙度、压力等。

最近有的文献上已不用地震地层学这一术语,因为地层学是研究地层(沉积岩、喷出岩和某些变质岩)和侵入岩的地质年代和空间分布,显然地震地层学所研究的孔隙度、地层压力、生储盖条件等已远远超过了这一范围,所以便采用了“地层解释”或“地震地质学”或“石油地震地质学”这样的术语。

第二节 主要研究内容与研究流程

尽管地震地层学的名称五花八门,但其基本内容没有多大出入。本教材将以区域地震地层学为主线,结合部分局部地震地层学内容进行论述,所涉及的主要内容如下:

(1)地震反射界面与地质界面的关系:论述两种界面之间的关系,这是地震地层学的理论基础。

(2)地震层序划分:划分地震层序,建立区域地层格架。

(3)水平面相对变化分析:分析海(湖)平面相对变化的成因及对沉积模式的控制。

(4)速度—岩性分析:通过建立层速度等七个模型,定量计算岩性百分比。

(5)定性地震相分析:主要采用地震相参数、地震相模式等定性解释剖面、平面地震相,并结合钻井、测井资料做出沉积相解释。

(6)定量地震相分析:以多种数理统计方法为手段,对多种地震属性进行提取、优化、降维,建立相识别模式,定量解释沉积相。

(7)地震地层学在油气勘探方面的应用:简要介绍利用地震地层学研究方法与成果进行石油地质条件评价、隐蔽圈闭预测、孔隙度预测、异常压力预测、薄层厚度预测、一维地震模型应用等。

地震地层学的工作流程一般包括下列步骤:层序划分、水平面相对变化分析、地震相划分、地震相的地质解释、成果应用(牟中海,1994)。

采用以上解释流程,完成上述研究内容,最终解决下面几个方面的问题:查明地层接触关系,并建立区域层序格架;推测地层的地质时代;恢复古沉积环境;分析相带展布;研究盆地构造史、沉积史;预测隐蔽圈闭与储层横向变化;预测地层岩性、物性、压力等。

参考文献

- 董春梅,张宪国,林承焰. 2006. 有关地震沉积学若干问题的探讨[J]. 石油地球物理勘探, 41(4):405-409.
- 牟中海. 1994. 地震地层学解释方法及应用[M]. 电子科技大学出版社.
- Charles E Payton. 1977. Seismic Stratigraphy, Applications to hydrocarbon exploration[M]. Tulsa: The American Association of Petroleum Geologists.
- Conticini F. 1984. Seismic Facies Quantitative Analysis: New Tool in stratigraphic AGIP[C]. Italy, Interpretation 54th Annual Meeting of SEG: 680-682.
- Jean Dumay, Frederique Fournier. 1988. Multivariate statistical analyses applied to seismic facies recognition[J]. Geophysics, 53(9): 1151-1159.
- Vail P R. 1987. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy Part I: Seismic

stratigraphy interpretation procedure[A]//Bally A W. Atlas of seismic stratigraphy, American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology, 27: 1–10.

Zeng Hongliu, Henry C Stephen, Riola P John. 1998. Strata Slicing: Part II, Real 3– D seismic data[J]. Geophysics, 63(2): 514–522.

第二章 地震层序

第一节 地震反射与年代地层学

地震反射主要来自层面和不整合面(当然还有流体界面及断面等)。由于不整合面以及与之可对比的整合面分隔了不同的年代地层单元,所以,这就使得地震反射具有年代地层学意义,这也是地震地层学研究地层的理论依据之一。

一、地震反射界面与地质界面的关系

(一)地层分类

地层分类是指根据不同的划分依据把地层划分为不同类型的地层单位。长期以来,国际上流行的是把地层分为三套不同性质的地层单位。

1. 岩石(岩性)地层单位

岩石(岩性)地层单位是以岩性特征作为主要依据而划分的地层单元。这些岩性特征的主要对比标志是粒度、颜色、层理、厚度、矿物成分、沉积构造、电性特性、钻时录井等等。总之,岩石地层单位之间是以岩性的明显变化作为岩石地层界面,但是大部分情况下岩性在横向上是渐变的,所以这种岩性界面的确定是人为的,并不是一个实际存在的物理界面,并且岩石地层单位的范围不定,没有严格的时限,因而具穿时性。只有当岩性界面与层面或不整合面重合时,它才是一个真正的物理界面。

2. 生物地层单位

生物地层单位是根据地层所含化石的一致性和特殊性而划分的地层单位,并以所含化石的明显变化作为生物地层单位之间的界限。由于生物的演变是渐变的,因而这种界限也带有一定的人为性。同时由于生物的演化变种以及不同的环境下有不同的生物种属,因而这种界限可能平行于等时线,也可能穿时。

3. 年代(时间)地层单位

年代(时间)地层单位是以地层形成年代作为依据而划分的地层单位。在某一特定地质时间间隔内所沉积的一套地层即为年代地层单位。年代地层单位之间的界限应为沉积等时面或同时沉积面。确定等时面的方法包括生物地层学(根据标准化石)、同位素年代学(适用于前寒武纪的深变质地层)、古地理(海陆变迁)、古地磁(适用于寒武纪以后的地层)和古气候等方法。一般情况下,层面和不整合面都可作为年代地层界面。

在进行地震地层解释时,为了划分层序以至于划相,就必须搞清楚地震反射界面究竟代表哪种地层单位间的界面。

(二)地震反射与年代地层的关系

如图2-1所示,根据弹性波理论可知,在波垂直界面入射的情况下有:

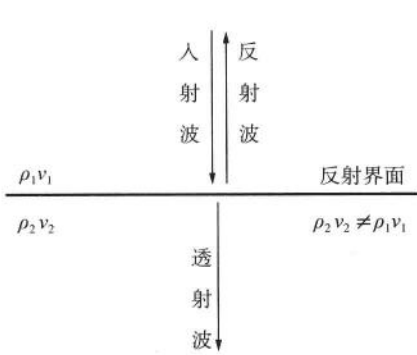


图2-1 波的反射

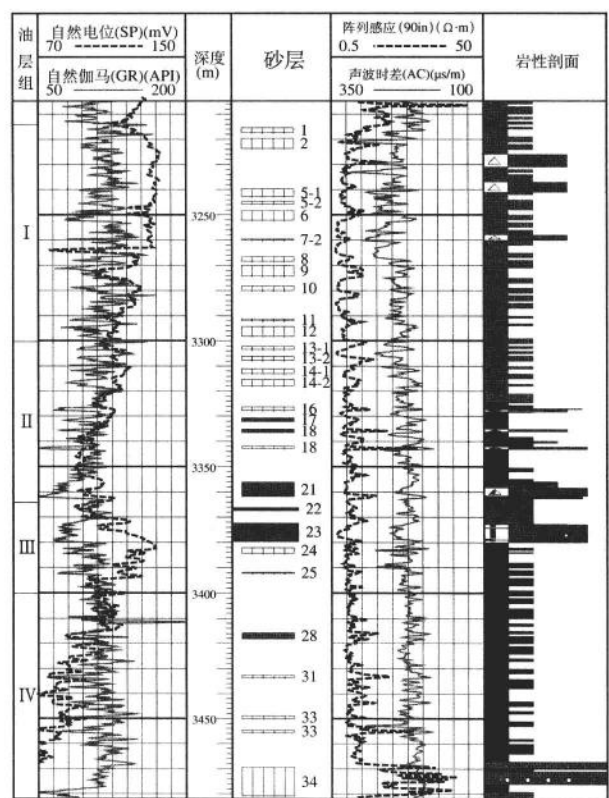
$$R = \frac{\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1}{\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1}$$

即界面的反射系数(R)与界面两侧地层的密度(ρ)、速度(v)有关。如果上下两层波阻抗(ρv)相近,则 $\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1 \approx 0$,也即 $R \approx 0$,这时则无反射;其差值的绝对值越大,反射越强,这说明反射界面代表了波阻抗界面。

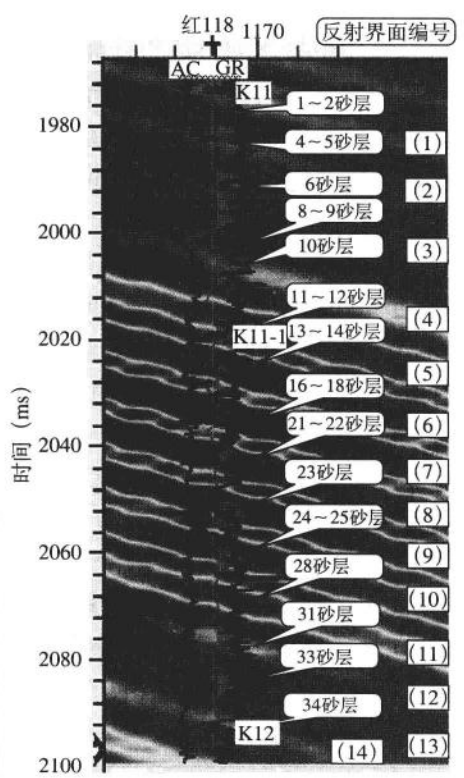
对于层面,由于层与层之间的时代不同,沉积条件差异,往往出现波阻抗的突变,即便有时看来上、下层岩性是类似的(即同一岩石地层单元),但实际上还是有差别的(指波阻抗差),因而会产生反射,形成反射界面。

对于不整合面,由于沿着这个面上、下岩性横向变化很大,地层年代变化大,界面下地层通常被风化或产生矿化交代作用,所以不整合面上、下波阻抗常有差别且横向变化大,因而不整合面一般也都是连续的或断续的反射界面。

由上述可知,由于地质界面(层面和不整合面)两侧岩石物性的差异,因而地质界面一般是波阻抗界面。所以,一般情况下,地震反射界面就代表了地质界面(即年代地层单位的界面)。但是,地震反射界面与地质界面并无一一对应的关系,图2-2可以说明这个问题。



(a) 红118井综合录井图



(b) 红118井地震反射界面与地质界面关系

图2-2 柴达木盆地红柳泉油田红118井地质分层与地震反射界的关系

图2-2(a)是柴达木盆地红柳泉油田红118井综合录井图,图2-2(b)为过该井的地震剖面,上面标注了钻井砂层编号和各反射界面的编号。从两张图上可以看出:红118井从3210m到3480m井段内岩性变化频繁,岩层厚度不一(多为1~6m),录井约分210个层,综合录井、测井资料共解释出砂层34个,但在过井地震剖面上仅有14个反射界面。这一结果说明:

(1)并非所有的地质界面都是波阻抗界面,只有波阻抗差大到一定程度才能够形成反射界面。例如,25~28号砂层之间录井分层很多,但声波时差曲线起伏不大,不存在大的波阻抗界面,所以没有反射界面;10~11号砂层之间也是这种情况;而12~25号砂层之间的地质界面波阻抗差大,声波时差曲线起伏大,从而形成强反射。

(2)地质界面是波阻抗界面,由于相邻界面的反射波产生相消性干涉叠加而在地震剖面上无对应反射界面。如2~10号砂层之间,地质界面很多,波阻抗界面也不少(此段声波时差起伏大),但地震剖面上反射很弱;而当相邻地质界面间距离或地层厚度小于1/4波长时,相邻界面的反射波产生相长性干涉叠加形成较强反射,此时的反射界面则代表的是若干地质界面地震响应的总和,如(1)、(5)、(6)、(7)号反射界面,它们分别代表了2~3个砂层的反射。

(3)实际上不存在反射界面,可能由于其他强波阻抗界面反射波的“伴随相位”而造成假的反射界面。

(4)由于地震子波频率不同,导致相同砂层数目的情况下反射同相轴数目不同(图2-3)。一般来讲,频率越高,反射界面越多,能识别的砂层数越多。

(5)噪声和异常波,如多次反射波、回转波、陡倾角反射波、绕射波以及侧反射波等。它们不是原始的反射或偏离了其本来的位置,在剖面上可形成假的反射面,必须加以识别。

(三)地震反射与岩性地层的关系

地层内部岩性的变化会不会产生地震反射呢?

在前面的地层分类中已经谈到,同一地层内部的岩性变化往往是渐变的,不存在一个严格的岩性(物理)界面,即使有时从相邻井观察发现同一地层的岩性有很大变化,但如果从连续的观点来研究,这种横向变化还是渐变的(火成岩、盐岩、泥岩侵入体和礁块等例外)。

例如,图2-4(a)是一张南美某地实例剖面,沉积物是在不整合面上沉积的,1井和5井揭示了在下伏不整合面上的海进型沉积砂岩。由这两口井的资料可知,下部砂岩的顶界线为一岩性界面,并且右边井的砂岩比左边井的砂岩新。通过插入对照标志即层面线[图2-4(b),据连续速度测井及2井、3井、4井层面对比]可以看到:时间(地层面)线穿过了标记下部砂岩顶界的岩性界面。这一层序的地震剖面[图2-4(c)]同样证实不整合面上的逐渐上超,以及地震反射界面平行于时间线而非岩性地层单元界面线。

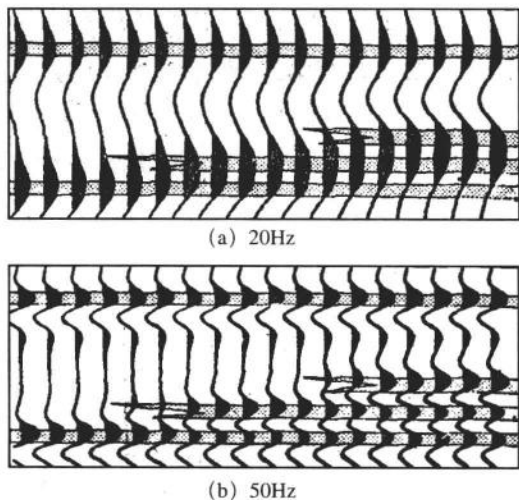
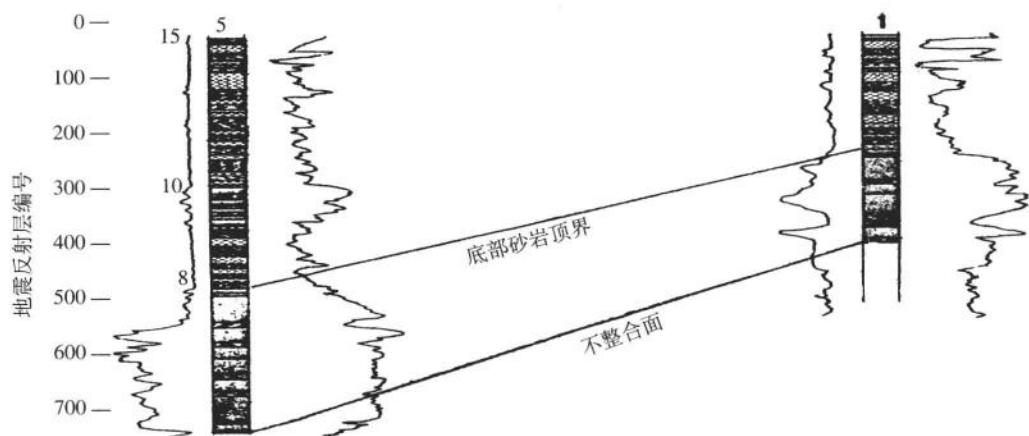
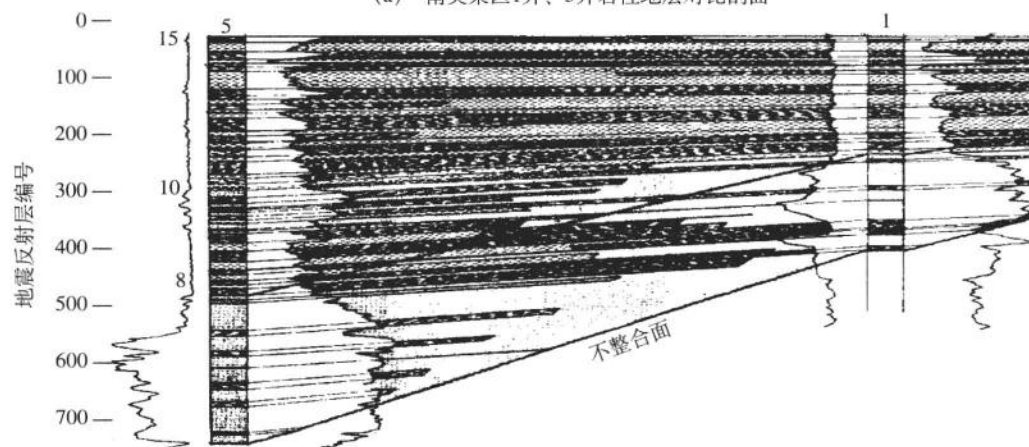


图2-3 不同主频剖面地震、地质界面对比
(据Vail, 1977)

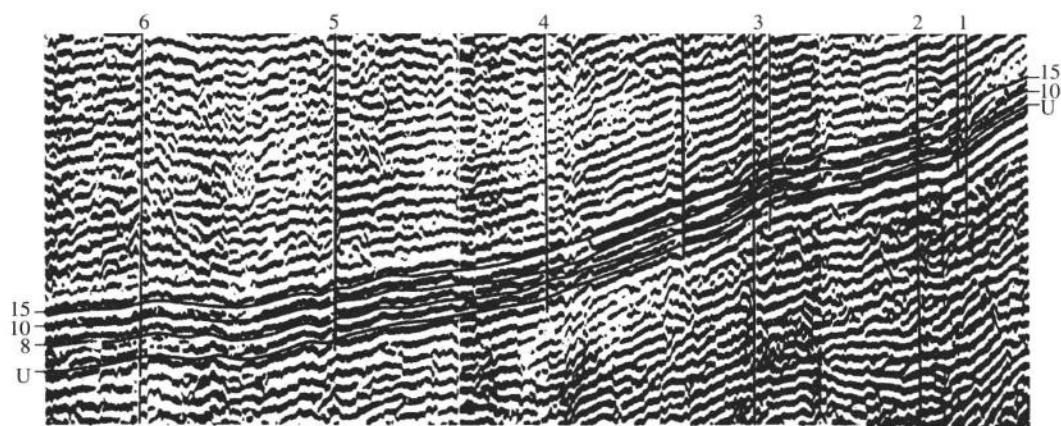
为了使反射波峰与相应砂体重合起来,校正了反射时间



(a) 南美某区1井、5井岩性地层对比剖面



(b) 在图 (a) 上加入2井、3井、4井后的年代地层对比剖面



(c) 过图 (b) 上5口井的地震剖面

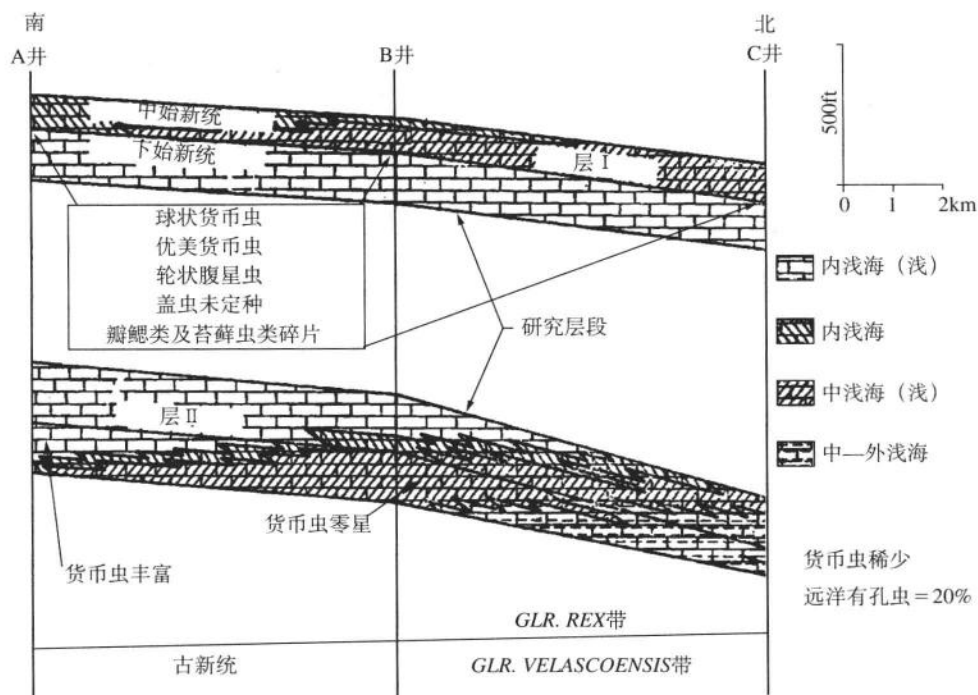
图2-4 岩性界面与反射界面对比图(据Vail, 1977)

地震反射同相轴之所以反映年代地层界面,除了该界面是一个波阻抗突变界面以外,还因为地震道的间距只有15~40m,这样短的距离内岩性不可能改变太大,因此相邻道记录的

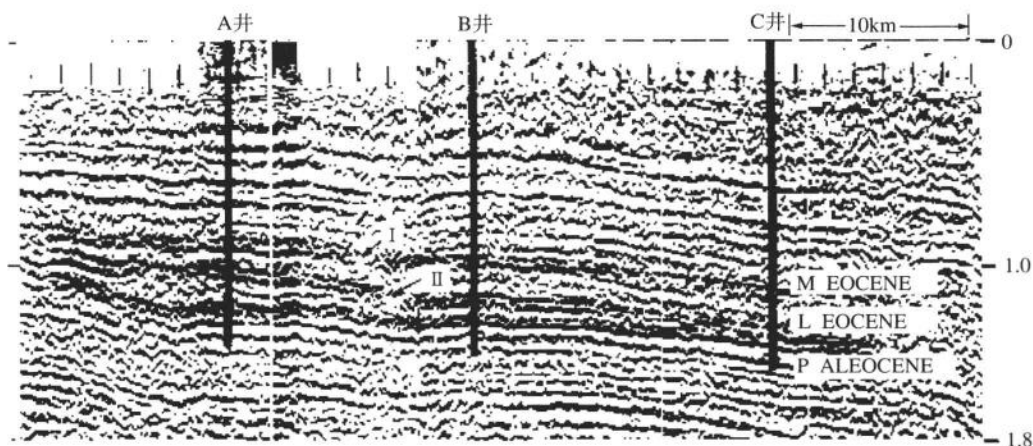
一般是同一层位。而根据钻井资料对比时,井与井的距离大大超过了地震道间距,每口井揭示的层位不一定相同,因此,按照钻井、测井资料作出的砂岩顶面图可能斜切等时沉积面而与地震剖面不符。

(四)地震反射与生物地层的关系

生物地层单位的界面能否产生反射呢?这也可以通过下面的例子予以说明。图2-5(a)为一条近南北向的通过三口井的地质剖面对比图,从钻井资料看该层主要为始新统地层,其底部存在古新统地层,岩性为碳酸盐岩层,由含货币虫的白垩以及微晶灰岩组成,并向北倾伏。



(a) 过A井、B井、C井的生物与年代地层对比



(b) 过A井、B井、C井的地震剖面

图2-5 生物地层界面与反射界面对比图(据Vail, 1977)

根据井中发现的南欧和北非广泛存在的两种类型的标准化石货币虫、*Nummulites globulus* *N.nitidus*及地震资料[图2-5(b)],确定了这三口井下始新统的顶底界[图2-5(a)]。下始新统的顶界(I)以下从井A到井C水体加深,井A中的下始新统顶部包括一个主要由有孔虫目*N.globulus*、*N.nitidus*和其他浅水层诸如*Asterigerina rotula*、*Operculina* sp. 和 *Lockhartia hunti*构成的动物群,以及瓣鳃类和苔藓虫类碎片。在井B中的下始新统顶部发现了有孔虫*Quinqueloculina* sp. *Lockhartia hunti*,以及大型*Rotalia*、*Eponides*和*Textularia*。井C中的动物群与井B中的同一层位上的动物群相似,但偶尔也会出现远洋有孔虫。下始新统的顶界(I)以上则全为深水相沉积。下始新统与古新统间的界面可以通过地震剖面上的不整合面加以区分。层位II位于下始新统内,在地震剖面上与I界面类似,也为强反射,但横向上货币虫含量变化很大。在井A中,含大量货币虫*Nummulites globulus*和*N.nitidus*;在井B中,货币虫很少;在井C中,只找到极少的货币虫,而远洋有孔虫和底栖有孔虫含量明显增大。这些动物群表明井B和井C中的水逐渐变深,据此对生物地层单位进行了划分[图2-5(a)]。从生物相界与层面和北倾的前积反射结构的相交关系以及向北由浅水逐渐变为深水的特征来看,说明地震反射是按照层面进行的,并不代表生物地层单位的界面。

由于生物地层单位的划分也具有人为性,因而不存在反射界面,但生物地层单位和岩石地层单位的界线与年代地层单位的界线一致时例外。

综上所述,连续的地震反射相当于地质界面,即层面及不整合面;地震反射与地质界面基本平行,但并无一一对应的关系;地层内岩性的变化只改变波形特征,并不产生连续反射。这样,所记录的地震剖面是年代地层的沉积和构造模式的记录。

二、地震反射界面的年代地层意义

地震反射界面为物性界面,这些界面主要由层面和不整合面(以及流体界面)组成。由于层面和不整合面上面的所有岩层都比它下面的岩层时代新(未倒转情况下),所以地震反射界面具有时间特征。

层面为地质时代界面,代表沉积机理的一致性变化,因为它是在同一时间覆盖在下伏地层之上的。尽管沿很多层面都存在着小型的冲刷、上超或下超,它们指示了沿层理面的时间变化,但是从地质时代上讲,这种年代地层间断并没有意义,因而可认为层面基本上是同期形成的。

对于不整合面,其上可能为上超或下超的地层,其下可能为被削蚀的地层,显然,这个不整合面并不是同期生成的,它代表了一个可能由无沉积或侵蚀作用引起的、持续时间在横向有变化的一个明显的间断。因此,大部分不整合面都是时间可变化的界面,但不整合面之下所有岩层都比其上的岩层古老(正常情况下),所以不整合面也就具有时间特征。这样由两个相邻的不整合面及与之可对比的整合面之间的地层就构成了一个年代地层单元。

第二节 地震层序划分

地层划分是地质工作的基础和主要内容,地层划分是否正确,将直接影响其他地质工作以及油气田勘探开发的质量。常规地质工作研究地层剖面的第一步是分层,同样,地震地层学研究地震剖面的第一步也是分层,但地震地层学把地层划分叫地震层序的划分。