

中扬子地区东缘中、古生界 构造特征与构造演化

余晓宇 著



科学出版社

中扬子地区东缘中、古生界 构造特征与构造演化

余晓宇 著

油气资源与勘探技术教育部重点实验室
非常规油气湖北省协同创新中心

资助



科学出版社

北京

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229,010-64034315,13501151303

内 容 简 介

本书以构造及盆地演化分析为主线,应用盆山耦合、平衡剖面等理论和方法,系统地提出对冲构造体系,进行了一级、二级、三级构造单元划分,确定了江汉平原东部构造格架和构造演化阶段,提出以基底面和基底内幕三套主滑脱拆离面,志留系、泥盆系等为辅滑脱面构成的各种样式的拆离-滑脱构造,建立了六种典型构造组合与复合形成过程模式,结合勘探现实和油气成藏理论,对该区油气勘探潜力进行了评价。

本书可供大专院校地矿相关专业教师和学生,地质勘探类科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中扬子地区东缘中、古生界构造特征与构造演化/余晓宇著. —北京:科学出版社, 2016. 11

ISBN 978-7-03-050497-5

I. ①中… II. ①余… III. ①江汉平原—古生代—地质构造—研究
IV. ①P548. 263

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 267832 号

责任编辑:闫 陶 何 念 / 责任校对:董艳辉

责任印制:彭 超 / 封面设计:苏 波

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉中科兴业印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

开本:787×1092 1/16

2016 年 11 月第 一 版 印张:14 1/2

2016 年 11 月第一次印刷 字数:339 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

关于中扬子地区中、古生界构造特征及扬子板块形成与演化一直是研究的核心问题。多年来,许多学者从盆山耦合构造出发,着重研究了秦岭-大别造山和江南隆起陆内造山形成机制、形成过程,以及盆内构造变形变位的对应关系及其构造演化阶段。但是,由于中扬子东段为新生界地层所覆盖,若运用周缘露头地质细化该区构造体系及构造单元存在着一定的难度和片面性,也是许多年来该区构造单元划分存在争论的焦点所在。另外,长期以来,江汉平原区受埋藏深度、技术条件等因素制约,勘探程度低,勘探未能取得突破,特别是下组合没有进行有效的勘探。目前,随着研究的深入,综合评价认为下古生界具备良好的成藏条件,是中扬子勘探的有利领域和地区。

本书围绕江汉平原东部海相中、古生界构造编图的核心问题展开研究,依据板块构造理论和盆山耦合地球动力学和运动学理论,通过大量地震构造地质解释,并结合前人大量露头构造地质资料及认识比对,对研究区对冲褶皱和南、北冲断褶皱构造体系成因机制、构造格架、构造组合与复合、构造类型、构造样式及形成演化阶段进行了详细解剖,取得重要结论与认识;开展研究区构造单元划分平面图和主要界面的构造平面图的编制,将工区分为4个二级构造单元、6个三级构造单元、14个四级构造单元;认为由基底至沉积盖层存在三种类型、规模不一的滑脱层系;指出该区具有“中部基底断滑-盖层对冲、南北推覆滑脱、左行走滑压扭、纵向多重叠置”的结构;分为挤压型构造、扭动型构造、伸展型构造、岩浆岩构造四类及复合构造类型和加里东期、海西期—印支期、燕山早期、燕山晚期—喜马拉雅早期、喜马拉雅晚期构造运动以及主要形成时期具有时间和空间展布的规律提出研究区“北部强于中部、中部强于南部”的总体评价意见。

全书分为层位标定与速度分析、构造样式及变形特征、构造形成与演化、构造单元划分及局部构造分布规律、石油地质条件、有利区块评价6个章节内容。第1章内容包括目的层位地震资料品质分析、层位标定,以及构造层系地震反射特征、速度分析和构造图编制影响因素,这部分是确保进行地震资料解释和构造图编制的重要基础和前提;第2章内容包括深部基底构造特征、滑脱层系、基本构造样式、构造格架与构造组合和局部构造展布规律,主要分析区域内的构造变形变位特征;第3章内容包括区域构造演化背景、区域构造演化、构造组合形成过程、构造演化对于油气成藏的控制四个方面的内容;第4章分两节分别介绍构造单元划分原则和划分单元,并总结分布规律;第5章从烃源岩、储集层、封盖层三个方面分析石油地质条件;第6章包括油气评价过程中的几个问题和有利油气区带评价两个方面内容。

本书在中国石化江汉油田分公司勘探开发研究院委托科研项目“江汉平原东部海相二维地震资料解释”的基础上,参考了江汉油田分公司《中扬子地区地质结构及构造样式研究》等报告以及有关文献著作编写而成。

本书的编写得到了江汉油田分公司各位评审专家的悉心指导,江汉油田分公司刘云生、张柏桥、郑有恒、张士万、李昌鸿、郭战峰、陈风玲、梁西文、付宜兴等专家的支持和帮助,在此致以衷心的感谢;对以单位和个人及本书所引用参考文献的作者表示感谢;感谢许辉群、丁晓辉、梁斌、孙颖、陈苗、龚晓星、吕鹏、焦立波、董政、邱莹、唐婷婷、冯美娜、丁卯、陈洁、李冬冬、张宏在本书编写过程中所做出的重要贡献。

由于时间仓促、笔者水平所限,书中难免存在疏漏之处,敬请读者指正。

余晓宇

2016年11月

目 录

第 1 章 层位标定与速度分析	1
1.1 目的层位地震资料品质分析	1
1.2 层位标定	7
1.3 构造层系地震反射特征	14
1.4 速度分析	15
1.5 构造图编制影响因素	21
第 2 章 构造样式及变形特征	43
2.1 深部基底构造特征	45
2.2 滑脱层系	59
2.3 基本构造样式	66
2.4 构造格架与构造组合	93
2.5 局部构造展布规律	111
第 3 章 构造形成与演化	115
3.1 区域构造演化背景	115
3.2 区域构造演化	129
3.3 海相中、古生界构造组合形成过程	166
3.4 构造演化对于油气成藏的控制	173
第 4 章 构造单元划分及局部构造分布规律	182
4.1 构造单元划分	182
4.2 局部构造的分布规律	185
第 5 章 石油地质条件	204
5.1 烃源岩条件	204
5.2 储集层条件	206
5.3 封盖层条件	213
第 6 章 有利区块评价	214
6.1 油气评价过程中的几个问题	214
6.2 有利油气区带评价	215
参考文献	220

第 1 章 层位标定与速度分析

中扬子地区东缘的二维地震资料质量是影响构造解释的关键因素。地震数据体质量的好坏主要从地震波的振幅、频率、相位、波形相似性和连续性加以评判,是否满足该区域、古生界地质解释和研究的需要。在地质层位的标定中,主要是通过井-震制作合成地震记录加以标定,在地震子波类型、提取中做了细致的工作,选取簪深 1 井、簪参 1 井、彭 3 井制作合成记录,取得了较好层位对比成果。

在构造层位解释中,对中、古生界 6 个主要反射界面进行精细解释,总结主要构造层的地震反射特征。该区地质条件复杂,在构造图编制过程中,由于地震传播速度误差较大,转换的深度需要进行速度分析。本章详细分析不同构造层或同一构造层横向变化带来的深度误差,制作时深量版,并详细分析影响速度变化的地质因素,保证构造图编制准确。

1.1 目的层位地震资料品质分析

利用已有的二维地震剖面,按照资料品质等级好(I类)、中(II类)、差(III类)分类编制反映工区 T_{K_2} 、 T_{T_2} 、 T_D 、 T_S 、 T_E 反射层所对应的地震反射同相轴质量在平面上分布的地震层位品质图,属于地震资料解释成果图件之一,也是构造解释、构造圈闭评价的重要依据,对江汉平原目标区二次地震数据采集和地震数据处理有一定的指导意义。

1.1.1 工作原理

由于地震资料采集过程中一系列现实客观条件,如环境因素、地表因素、地下地质因素、采集方法及仪器因素与人为因素,以及进行地震数据处理的误差和地质构造沉积等地质活动的影响,主要体现在解释前剖面上的同相轴所产生的各种地震特征。首先地震资料品质的好坏直接影响解释工作的进行,不利于解释人员对目标区块的正确解释,影响解释成果的可靠性;更重要的是地震品质图能够反映断裂特征、地层厚度、火成岩体、古潜山及其他沉积现象,并且是划分构造带的重要依据。

对地震资料进行多种属性分析是地震解释、研究地质特征的重要方法。目前所提取的地震属性大致可以分为物理属性和几何属性。物理属性是指能反映地震波的传播特征、岩性及油气等各种物理参数相关的属性;几何属性是指能反映地质体空间几何特征的属性,通过计算道与道之间的各种性质的变化,从而达到识别地层或反射界面的空间连续性和倾角倾向等几何特征。

振幅方面:振幅信息不仅是用来识别同一层反射波的重要标志,也是判断岩性、油气等的重要依据之一。时间剖面上反射波振幅是比较敏感的,反射波一般都以较强的振幅

出现在干扰背景上。反射波振幅的强弱与界面的反射系数、界面形状等因素相关,其中反射系数主要是由界面两边的岩性、物性的差异决定。一般如果沿界面无构造或岩性的突变,则波的振幅沿测线也应当是渐变的。引起振幅横向变化的原因很多,如岩性横向变化、构造与断层、波的干涉等。

相位方面:来自同一物性界面的反射波,在相邻共反射点上的 T_0 时间相近、极性相同、相位一致。相邻地震道记录下来的振动图也是相似的,并且会一个一个套起来,形成一条平滑的、有一定延续长度的同相轴。

波形相似性方面:由于震源激发的地震子波基本相同,同一界面传播的路程相近,传播过程中所经受的地层吸收等因素的影响也相近,因此同一反射波在相邻地震道上的波形特征是相似的,主要包括主周期、相位数、振幅包络形状、各极值振幅比等。在时间剖面上表现为黑梯形形状、面积大小相似、相位数及时间间隔相等。反射波的波形有时也会产生一些与岩性、岩相有关的横向变化,如相位数的逐渐增减、振幅的强弱变化等。另外,由于断裂、干涉也会使反射波波形突变。地震波波形属性反映的是目标层内波阻抗的变化规律、沉积层序、地层层理特征、古剥蚀面、古构造特征、沉积过程及其连续性、沉积盆地的大小等。

连续性方面:连续性是作为衡量反射波可靠程度的重要标志(李世峰等,2008)。反射波在横向上的相位、波形和振幅保持一定的距离,并延续一定的长度,这种性质叫波的连续性。当界面水平时,表现为变面积小梯形首尾相接;当界面倾斜时,各梯形的一条腰边会排列在同一直线上。反射波的连续性代表上、下相邻两套地层的连续性。它是由这两套地层的岩性速度、密度、含流体性质等因素所决定的;信噪比大于 1:1 的地震记录的连续性是很容易识别的。

在了解地质背景资料的基础上,充分利用时间剖面的直观性和范围大的特点,统观整条测线,着重研究典型区域剖面,根据波组特征和剖面结构,以及结合规律性的地质构造特征将本区的地震地层品质分为三类(表 1.1)。

表 1.1 地震地层品质分类标准

品质分类	振幅	相位	波形相似性	连续性
I 类品质	反射层具有强振幅,内幕为强能量	相位强,同相轴明显,波组、波系特征明显	相邻道地震道上波形相似度高,具有稳定的波形特征	反射界面连续性好,岩性稳定,能连续追踪
II 类品质	反射层无强振幅,内幕反射能量较弱	相位较弱,同相轴较明显,波组、波系特征较明显	相邻道地震道上波形相似度较好,具有较稳定的波形特征	反射面连续性较好,岩性较稳定,能部分连续追踪
III 类品质	反射层振幅弱,内幕反射能量弱	相位弱,同相轴杂乱,波组、波系特征显示差	相邻道地震道上波形相似度差,波形杂乱	反射界面连续性差,岩性变化大

1.1.2 编制地震地层品质图

(1) 工区 37 条地震测线的地震几何属性分析记录,其中北西向 13 条、北东向 14 条、

南北向7条和3条区域大剖面,即JH-2002-356、04-JH-YH-1、2006-LH剖面。这些资料采集时间跨度大,品质参差不齐,对每条测线按照CDP号从小到大的顺序分析记录资料的品质,分为反射品质好、中、差三类记录,并且标注在底图对应的位置上。

(2) 对工区 T_{K_2} 、 T_{T_2} 、 T_D 、 T_S 、 T_e 五个反射层层位测线标记的品质等级分别组合。在操作过程中,用三种颜色分别标记。组合时同种颜色表示连片成一个闭合图形,对于个别影响整体组合的区域再次查证对应的剖面位置进行判断。

(3) 利用地质软件 GeoMap 3.5 清绘地层品质图。不同级别的位置用不同的线型填充。I类品质用实线边界填充,II类品质用虚线边界表示,III类品质不使用线条边界填充,是位于工区I类品质和II类品质之外的区域。另外,对于各类品质的区域明确标注I类、II类、III类。

1.1.3 成果分析

在全面分析工区地震剖面各个时代和地层,以及掌握地震地层品质图成图技术的基础上,共完成了五张品质图。在综合分析地震剖面和成果图的基础上,着重对III类资料区存在的问题进行评价。III类资料在江汉平原东部的各二级构造带上均有分布,但以高陡断裂带、强烈冲断褶皱带、对冲挤压破碎带、火成岩发育地区较为集中,主要表现为反射同相轴杂乱、大断面归位不准确、反射波组特征不清等,难以进行准确的构造和地层解释。

1. 各地震地质层位品质图分析

晚白垩世之后,江汉盆地所处的中扬子地区以伸展断陷和断块作用为主,是该区发生叠加改造的主要时期,反映在品质图上以II类、III类资料区为主(图1.1),在变形相对稳定的天门、通海口部分地层反射较好。

从三叠系中统底面的反射品质图(图1.2)可以看出工区南西区块的江参4井一带、洪7井和洪8井一带,北东地区的芦1井至集1井一带属反射品质差的III类。主要说明该时代地质运动强烈,对地层破坏程度大。

泥盆纪时期至三叠纪时期,江汉平原的构造沉积运动属于同一时代,在地震地层品质图上反映的I类、II类、III类分布特征极为相近(图1.3)。

统观目标区域所有测线,对比其他地质层位,时间剖面上反射波形几何特征最明显的为志留系地层。I类、II类区块面积最大,占据测线所覆盖的整个工区的绝大部分,如图1.4,III类区域相对少。这反映了地层内幕反射振幅强、同相轴连续性好、岩性特征明显、波阻抗大,地质作用对下古生界地层相对破坏程度较小。

工区寒武系底界面(图1.5)是一个较强的反射面,波阻抗较大,波形特征整体较明显。其中在工区东北角周邦、丰1井、沔参1井等处和北西区块通海口、洪2井处地层反射品质整体较好。彭3井北侧和帮1井南侧以及二者东北侧的反射品质较差。这同区域的整体地质构造特征相吻合。



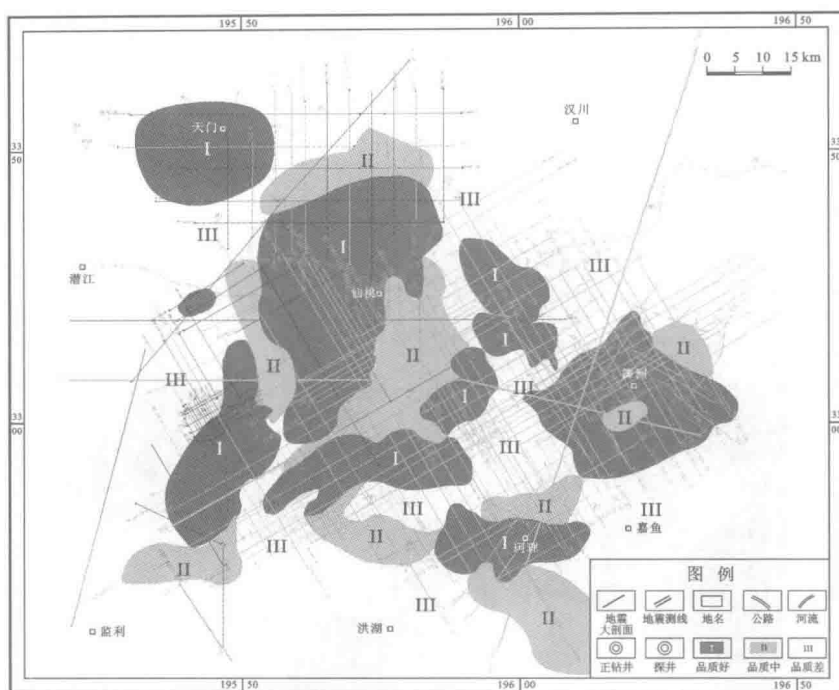


图 1.3 泥盆系底面反射品质图

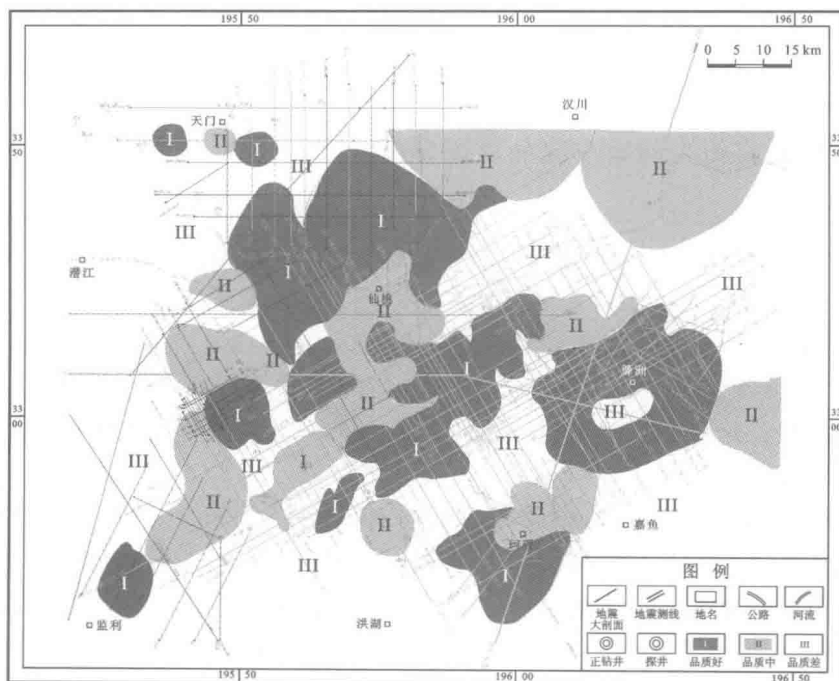
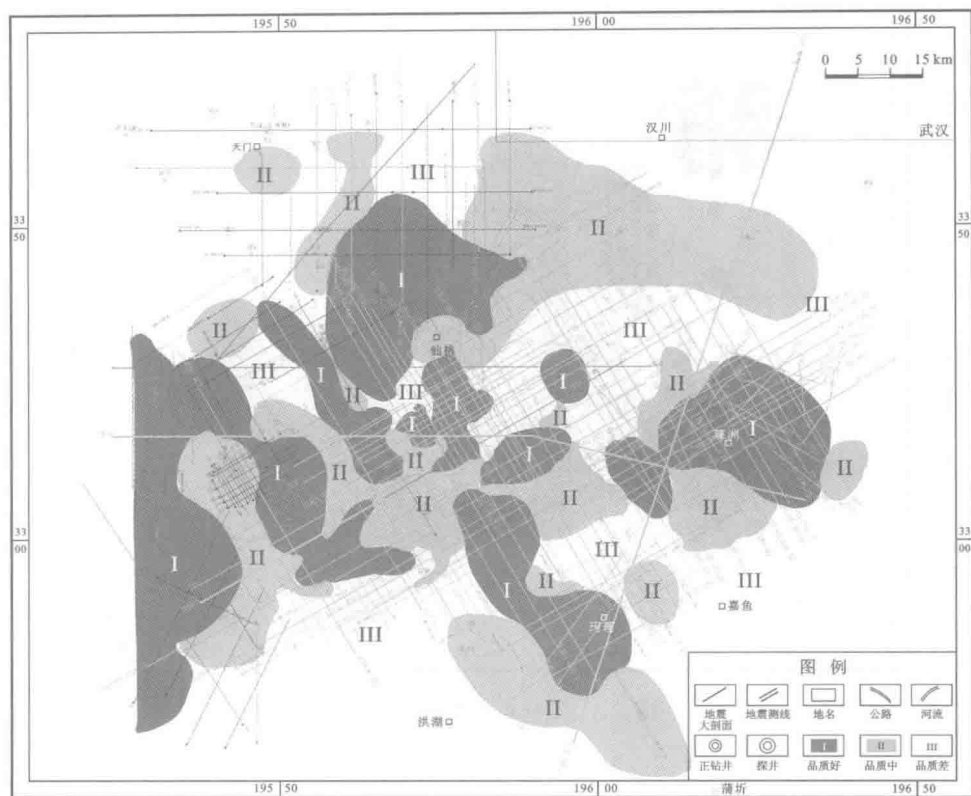


图 1.4 志留系底面反射品质图



2. 典型地震测线剖面对应品质图分析

北东向 CHK-2008-213-75 剖面位于工区西南位置(图 1.6),由于岩浆岩活动导致地震剖面上显示震旦系、寒武系—奥陶系、志留系地层波形连续性中断、反射杂乱。在志留系底面反射品质图(图 1.4)和寒武系底面反射品质图(图 1.5)上对应位置标记为 III 类品质。

北北西向 JH-2002-356 地震剖面贯穿整个工区,位于南北对冲构造带上,受南部江南-雪峰和北部秦岭-大别山相对挤压作用,在剖面上形成强烈对冲挤压变形构造,地层扭曲破碎变形,波形杂乱,同相轴不连续(图 1.7)。对应于地震层位品质图上测线区域品质差,如图 1.1、图 1.2 所示。

综合分析江汉平原东部二维地震测线时间剖面反射特征和工区 T_{K_2} 、 T_{T_2} 、 T_D 、 T_S 、 T_E 五个地层地震反射层的品质成果图,一方面地震数据整体质量较好,能够用于地震地质解释、分析各种地质现象;另一方面,在研究地质、地震、测井各方面资料基础上结合这些品质图,整体而言,古生界地层界面反射振幅强、波形稳定、连续性好,反映地层变形变位强度较小。其中火成岩、底辟构造作用导致局部地质层位反射杂乱,易于识别。江汉平原地

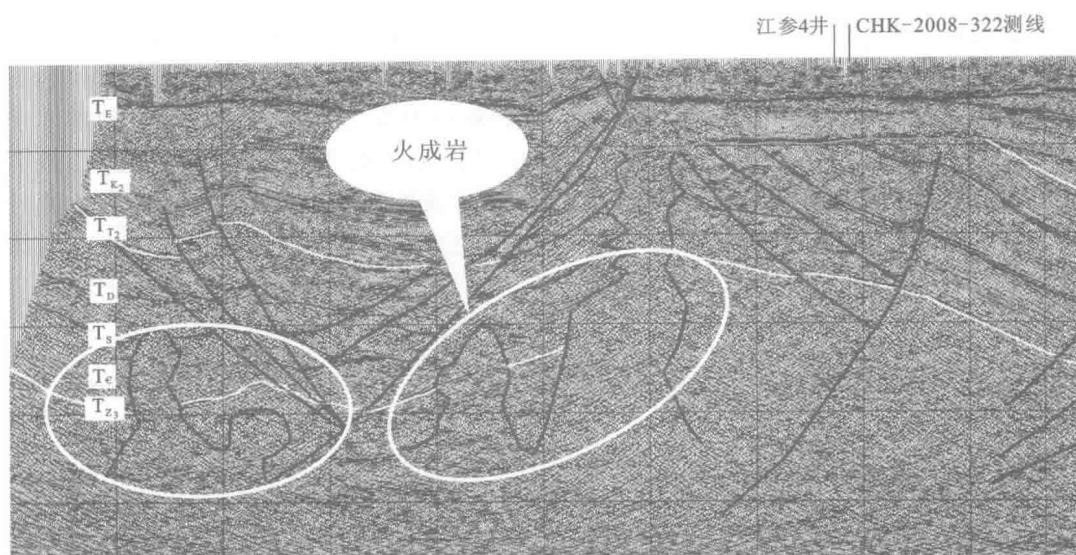


图 1.6 CHK-2008-213-75 测线区域地震解释剖面

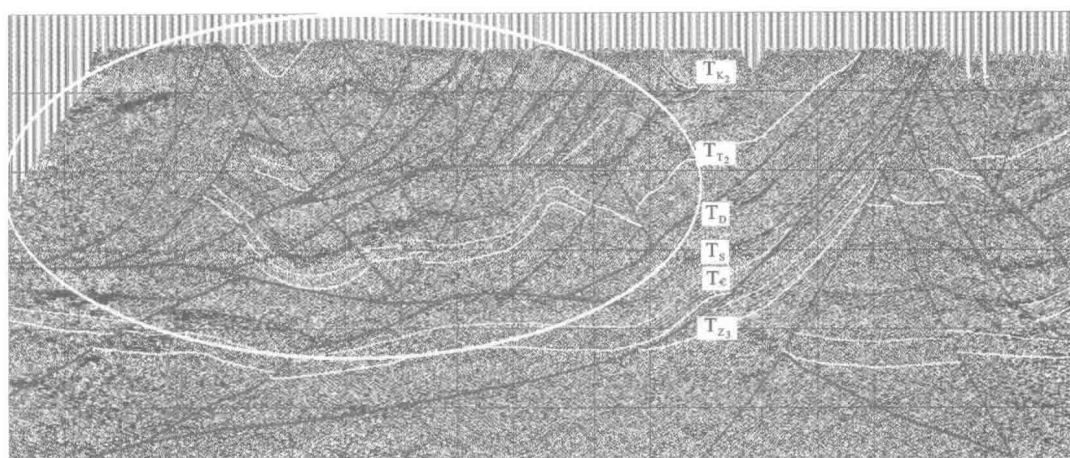


图 1.7 JH-2002-356 测线区域地震解释剖面

区多旋回复杂叠合盆地的形成时代主要是印支期至喜马拉雅期,大致从泥盆系开始地层变形强度大,中三叠世为海陆交互相沉积时代。

1.2 层位标定

地震资料构造解释,层位标定是关键。合成地震记录是联系地震资料和测井资料的一座桥梁,其精度直接影响到地震地质层位的准确标定。合成记录制作的一般流程是,速度和密度测井曲线→波阻抗曲线→反射系数曲线与地震子波褶积→合成地震记录。

子波按照相位特征通常可以分为零相位、最小相位和最大相位三种类型。零相位子波是双边子波,也是一种物理不可实现子波,但是在数字滤波、反褶积和反演中经常用到。众所周知,典型的、常用的零相位子波是雷克(Ricker)子波,它是制作合成记录的基本子波。在实际资料处理中,也常使用子波零相位化的手段,来取得零相位子波的记录。最小相位子波能量主要集中在前端,是一种单边子波,子波的起跳时间就是反射波到达的时间。最大相位子波和最小相位子波一样,是一种单边子波,但是其能量主要集中在尾部(图 1.8)。

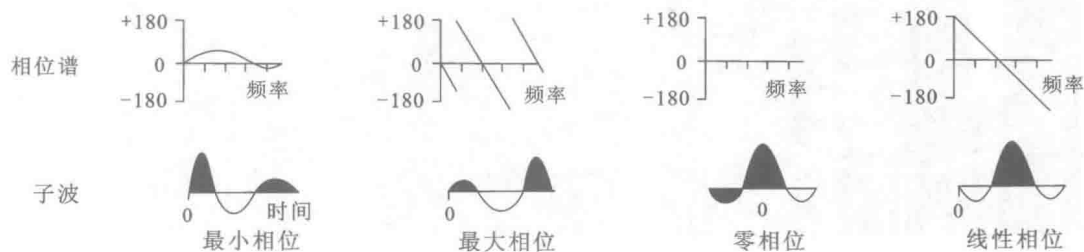


图 1.8 不同相位的子波

在零相位、最小相位和最大相位子波中,零相位子波分辨率最高,最小相位子波分辨率次之,最大相位子波分辨率最差。本书研究采用零相位子波。

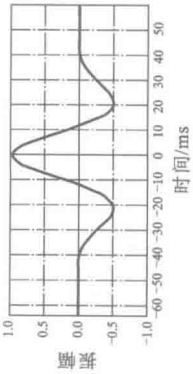
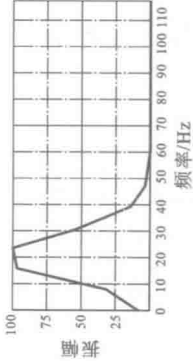
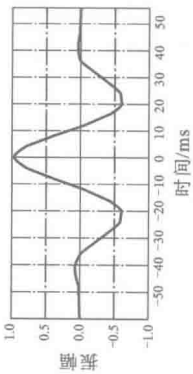
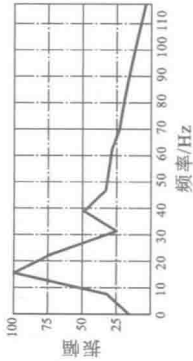
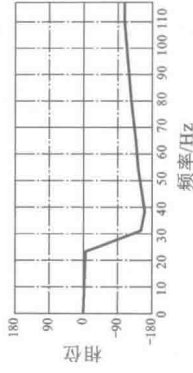
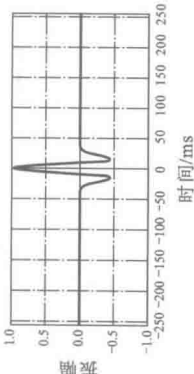
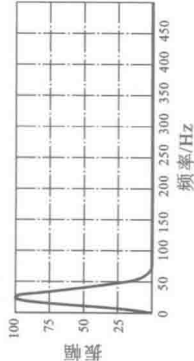
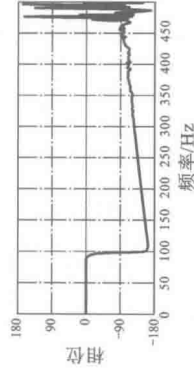
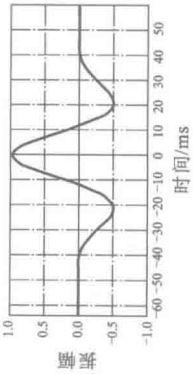
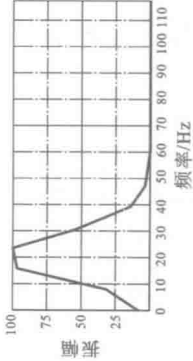
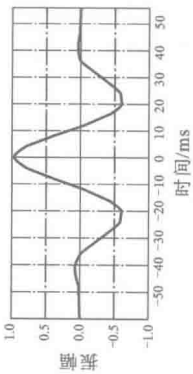
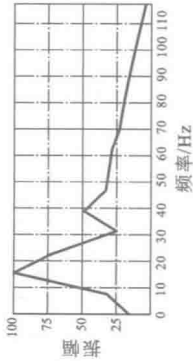
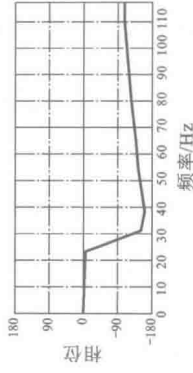
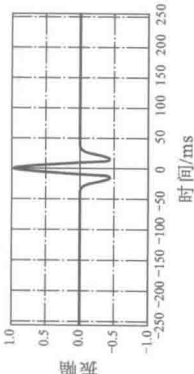
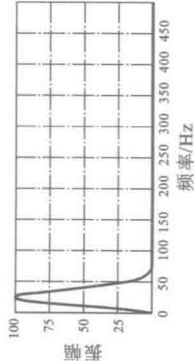
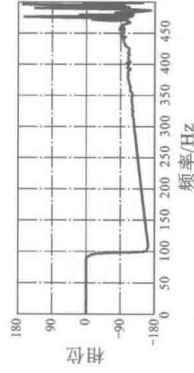
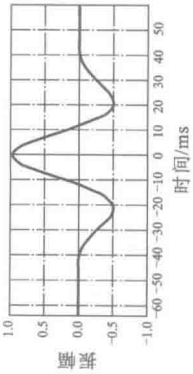
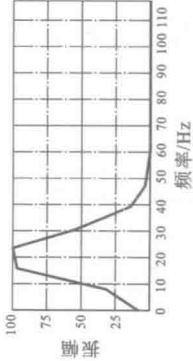
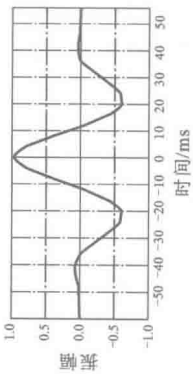
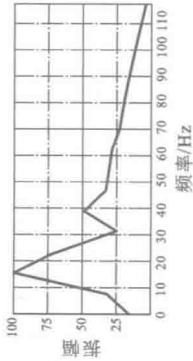
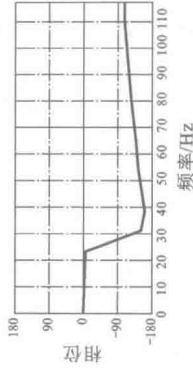
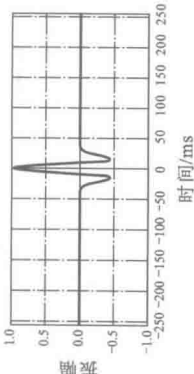
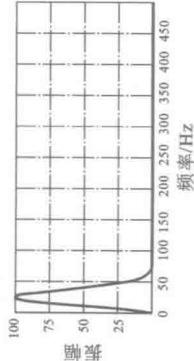
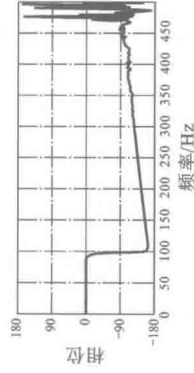
1.2.1 地震子波提取

地震子波的提取方法有两大类:第一类是确定性子波提取方法;第二类是统计性子波提取方法。确定性子波提取方法指的是利用测井资料首先计算出反射系数序列,然后结合井旁地震道由褶积理论求出地震子波,它的优点是不需要对反射系数序列的分布作任何假设,能得到较为准确的子波。而统计性子波提取方法的优点是不需要测井信息也可以得到子波的估计,但缺点是需对所用的地震资料和地下的反射系数序列的分布进行某种假设,所得子波精度不高。

实际子波提取的步骤首先是提取与地震资料主频相当的雷克子波(极性与地震剖面相一致),也可用地震资料中提取的统计子波初步制作合成记录,主要用来检查工区内的目的层段或标志层段,然后针对所研究的目的层段,对合成记录进行局部微调,主要从波组特征、波形特征等方面进行对比,对测井曲线进行微调,使合成记录与地震记录的相关性进一步提高,最后由井旁地震道与井资料联合提取子波,这样,可提取更适合该井情况的子波。

工区内钻遇所有目的层的井数不多,本书选取簪深 1 井、簪参 1 井、彭 3 井做合成地震记录与标定。其中簪深 1 井、簪参 1 井按照统计的方法在井旁地震道上提取子波,选择井附近 5 道,其子波长度分别为 128 ms、120 ms。子波频率范围为 10~30 Hz,相位谱中 10~30 Hz 中的相位接近 0,表明所选子波较好(表 1.2)。对于彭 3 井提取与地震资料主频相当的雷克子波,子波长度为 512 ms,子波频率范围为 10~30 Hz。

表 1.2 地震子波选取

井名	子波类型	子波提取方式	子波长度 /ms	子波形态	子波频率谱	子波相位谱
牌深1井	零相位	主频相当的雷克子波	128			
						
						
牌参1井	零相位	主频相当的雷克子波	120			
						
						
彭3井	零相位	主频相当的雷克子波	512			
						
						

1.2.2 合成地震记录制作与标定

由于声波测井速度与地震速度之间存在误差,转换后的时间域测井与地震会存在误差。为消除此误差,通过合成地震记录与井旁地震道对比,准确找出二者主要波组(目的层附近)的对应关系,以地震记录的时间厚度为标准,对测井资料进行有限的压缩或拉伸校正,从而改善合成记录与井旁道的相似性和匹配关系,求准时深转换关系,精确标定各岩性界面在地震剖面上的反射位置。制作合成地震记录时应注意:各软件均能对测井曲线进行压缩、拉伸,从而达到测井与地震匹配,但在使用时必须非常谨慎,拉伸、压缩必须在标志层的控制下进行,同时一定要参考其余井的标定结果,需要反复交替进行,逐步达到区内所有井与地震的最佳匹配(图 1.9)。

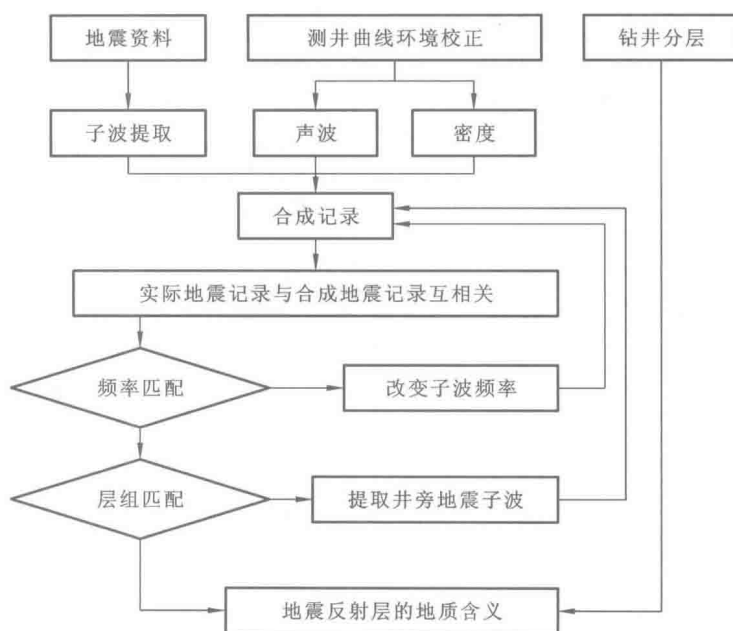


图 1.9 地震合成记录标定工作流程

合成地震记录的评价—衡量合成地震记录制作质量的标准是合成地震记录与井旁地震道的相似程度是否达到最好。工区内由于受到地震资料品质所限,从图 1.10~图 1.12 可以看出,合成地震记录匹配良好,地震资料基本上能满足区域地震构造解释(图 1.13~图 1.15)。

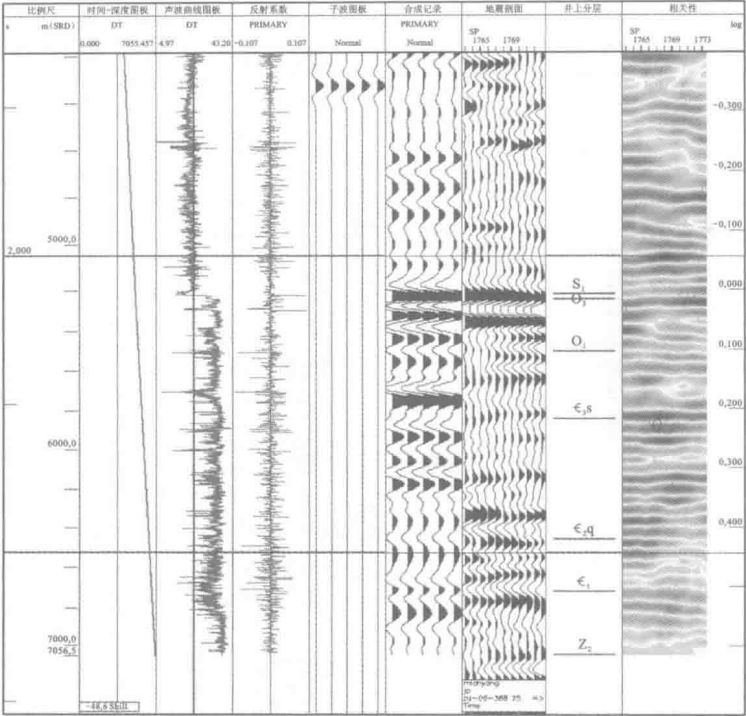


图 1.10 神深 1 井合成记录

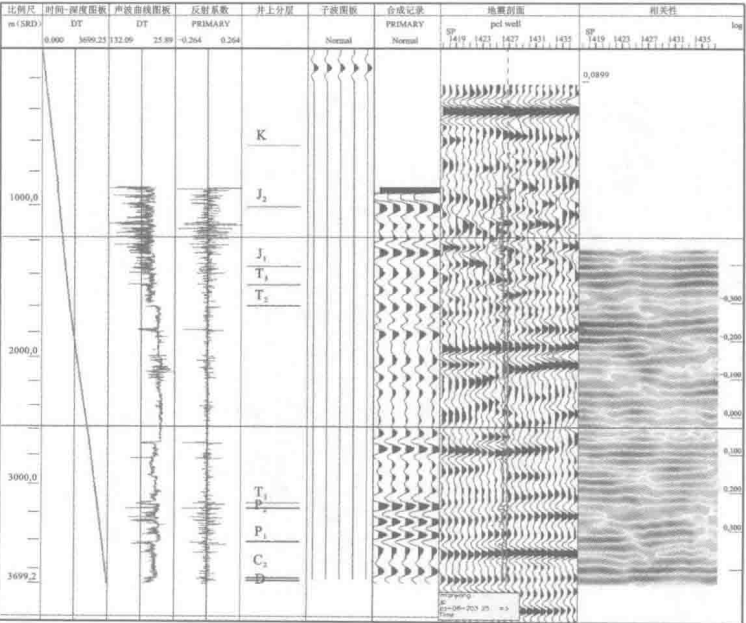


图 1.11 神参 1 井合成记录