

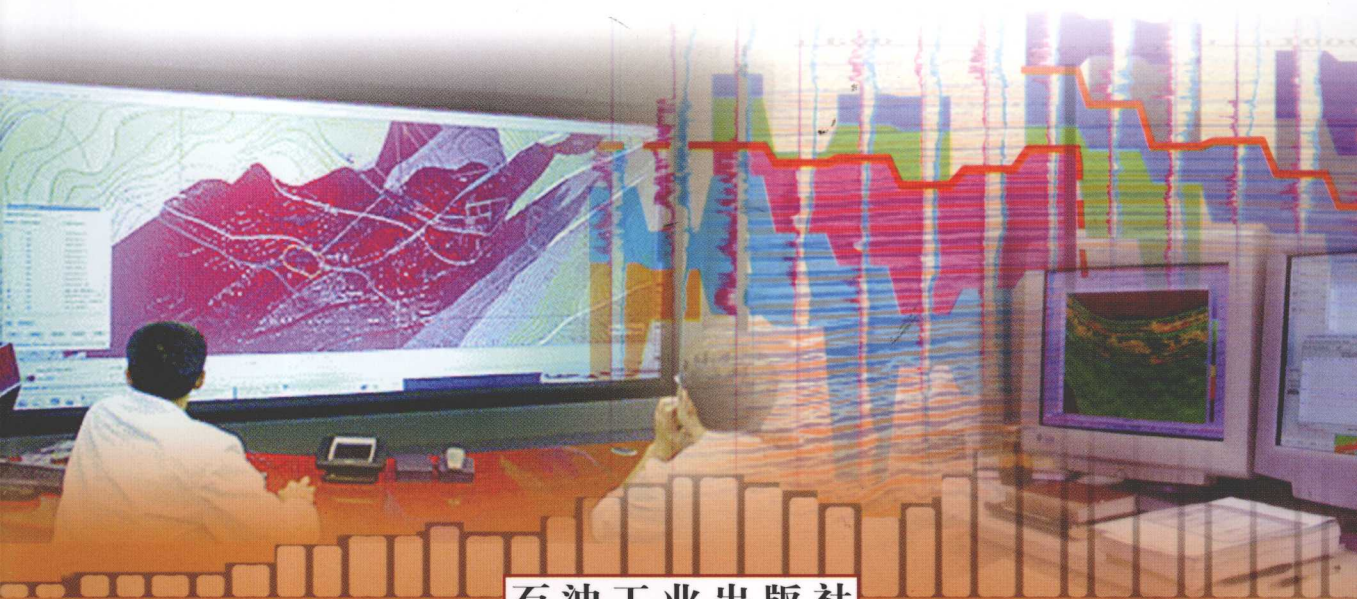


石油高等院校特色教材

地震资料数字处理方法

(第二版)

张白林 潘树林 尹成 编著



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

石油教材出版基金资助项目

石油高等院校特色教材

地震资料数字处理方法

(第二版)

张白林 潘树林 尹成 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书阐述了常规资料数字处理流程、数字滤波、反褶积、动校正与静校正、速度分析、水平叠加原理、地震反射资料的偏移处理等涉及地震资料数字处理的基本方法,对一些新技术、新方法、发展趋势也做了简单介绍。

本书可作为勘查技术与工程专业学生教材,也可供相关专业科技人员和现场技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地震资料数字处理方法/张白林,潘树林,尹成编著.—2版
北京:石油工业出版社,2011.9
石油高等院校特色教材
ISBN 978-7-5021-8684-5

I. 地…

II. ①张… ②潘… ③尹…

III. 地震数据-数据处理-高等学校-教材

IV. P315.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 187705 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:www.petropub.com.cn

编辑部:(010)64523574 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京华正印刷有限公司

2011 年 9 月第 2 版 2011 年 9 月第 2 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:17.25

字数:442 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

第二版前言

本书的第一版于2003年出版,已用于多个年级的勘查技术与工程专业的本科教学和若干生产现场的继续教育、培训等。随着现代石油工业的发展,油气勘探不断向纵深发展,对地震勘探的要求也越来越高,原书中某些内容就显得不太合适了,为此我们在第一版的基础上进行了修订,力求使之更加符合新形势下对创新性人才培养的需要,并在每一章后都增添了思考题。

本教材主要读者对象为石油院校有关专业本科生,也可作为其他相关专业的研究生教材和生产现场的非本专业人员的技术培训教材。本书主要介绍了地震资料数字处理的基本方法,对一些新技术、新方法也做了简单的介绍,并对某些发展趋势也给出了相应的说明。

标有*号的内容可以略讲或不讲,作为学生扩充知识的阅读资料。

全书由西南石油大学资源与环境学院应用地球物理教研室修订。其中绪论、第二章、第三章、第七章由张白林编写,第一章、第四章由潘树林编写,第五章、第六章由尹成编写,全书由张白林统稿。在本书的完成过程中,段俊、程凯协助做了很多具体工作,在此向他们表示感谢。

本次修订由成都理工大学周熙襄教授审阅,在此对周熙襄教授表示衷心的感谢。

地震资料数字处理方法涉及内容很多,牵涉知识面很广,本书虽经修订,但由于编者水平有限,难免存在遗漏和不妥之处,恳请各位专家、读者给予批评指正。

编者

2011年5月

第一版前言

本书是为勘查技术与工程(应用地球物理)专业的“地震资料数字处理”课程编写的教材。该课程属专业主干课程,是继“信号分析”、“地震勘探”、“地球物理仪器”等课程之后的一门专业必修课程。全书共分七章,约 30 万字,讲授学时 65~70 学时。

本书主要介绍地震资料的常规处理方法。考虑到目前生产现场各计算中心都有专用地震处理软件系统,主要是应用软件进行有关资料处理、分析,因此本书着重介绍有关方法的基本概念、数学模型、假设条件及参数选择等,并尽可能多地引用一些图件,以求帮助读者直观地理解相应的方法原理。

本书可作为石油、地质、矿业等高等院校勘查技术与工程(应用地球物理)专业大学本科生的教材,也可供有关专业的函授生、专科生、培训班教学使用,还可以作为从事石油及天然气勘探、煤田勘探、工程物探等领域的工程技术人员的参考书籍。

全书由西南石油学院勘查技术与工程教研室组织编写,其中绪论、第一章、第二章、第七章由张白林教授执笔,第三章、第五章由尹成教授执笔,第四章、第六章由谢桂生副教授执笔。全书由张白林统稿。

本书由成都理工大学的周熙襄教授审阅,在此对周教授在百忙之中给本书提出宝贵意见表示由衷的感谢。

本书虽经修改,但由于整个编写、修改过程较为仓促,加之编者水平有限,难免有所遗漏和不妥之处,恳请同行和读者给予批评指正。

编 者

2003 年 4 月

目 录

绪论	1
第一节 地震资料数字处理的目的、任务及意义	1
第二节 地震资料数字处理的发展简史	2
第三节 地震资料数字处理的展望	3
一、油气田勘探开发的现状及地球物理问题	3
二、地震勘探所需装备的发展	4
三、地震资料处理技术的展望	4
第一章 常规资料数字处理流程	6
第一节 常规资料处理流程简介	6
一、预处理	6
二、处理分析	6
三、处理	8
第二节 预处理及真振幅恢复	9
一、预处理	9
二、真振幅恢复	11
思考题和习题	16
第二章 数字滤波	17
第一节 数字滤波基础	17
一、一维频率滤波	17
二、一维空间域滤波	19
第二节 二维滤波	22
一、二维滤波的提出	22
二、二维频率—波数谱分析	23
三、频波图的基本特征	25
四、二维离散信号及其频率—波数谱	27
第三节 二维滤波的实现	35
一、滤波方程	35
二、二维滤波器的设计	36
三、二维滤波的实现	39
思考题和习题	42
第三章 反褶积	43
第一节 反褶积的概念	43
一、为什么要做反褶积	43
二、如何实现反滤波	45
三、地震勘探中的反滤波方法	46

第二节 子波反褶积	46
一、Z 变换法	47
二、最小平方法	51
第三节 地震子波的求取	53
一、直接观测法	53
二、自相关法	54
三、多项式求根法	56
四、利用测井资料求取子波	57
五、对数分解法	58
六、由公式给定子波	60
第四节 最小平方反褶积	60
一、最小平方(反)滤波方程	61
二、最小平方(反)滤波方程解的讨论	64
三、非最小相位输入时解的优化处理	65
第五节 预测反褶积	69
一、预测滤波原理	69
二、预测反滤波原理	70
三、两步法预测误差反滤波	71
四、预测反滤波与最小平方反滤波(脉冲反褶积)的关系	73
五、利用预测反滤波消除海上鸣震	77
六、参数选择	82
七、多次波衰减	91
第六节 子波整形反褶积	93
一、子波的相位与分辨率	93
二、子波整形反褶积	94
第七节 同态反褶积*	96
一、复赛谱和 D 特征系统	96
二、 D^{-1} 特征系统	97
三、同态反褶积	97
第八节 地表一致性反褶积	99
一、方法原理	99
二、地表一致性反褶积的应用	100
思考题和习题	101
第四章 动校正与静校正	103
第一节 动校正	103
一、动校正的概念	103
二、水平层状介质的动校正	106
三、单一倾斜层的动校正	106
四、任意倾斜层状介质的动校正	107
五、动校正的实现和波形拉伸	108
六、高保真动校正	110

七、动校正方法进展——高阶项动校正	112
第二节 静校正	112
一、与静校正相关的几个概念	113
二、野外(一次)静校正	116
三、自动统计剩余静校正	117
四、折射静校正	123
五、静校正方法进展	131
思考题和习题	145
第五章 速度分析	146
第一节 地震资料中的各种速度概念	146
一、各种速度概念	146
二、几种主要速度之间的关系	149
第二节 速度分析原理	150
一、 t^2-x^2 法	150
二、地震记录中的速度信息	151
三、反射信号的最佳估计	153
四、速度分析的判别准则	155
第三节 速度谱	159
一、速度谱的制作原理	159
二、速度谱的显示	161
三、参数选择	162
四、速度谱的应用	164
第四节 速度扫描	165
第五节 影响速度分析的主要因素	167
第六节 速度分析方法新进展	173
一、交互速度分析	173
二、沿层速度分析	174
三、三维速度分析	175
思考题和习题	176
第六章 水平叠加	177
第一节 水平叠加原理	177
一、方法原理	177
二、水平叠加的实现	182
第二节 振幅保真叠加	183
一、相对振幅保持叠加	183
二、振幅保真无拉伸叠加	184
第三节 相干加强	185
一、基本原理	185
二、相干加强的实现	187
第四节 振幅均衡	188
一、道内动平衡	188

二、道间均衡	190
三、振幅控制	191
第五节 时深转换	192
一、时深转换的概念	192
二、时深转换方法	192
第六节 水平叠加存在的问题	194
一、当动校正存在剩余时差时,水平叠加降低了地震信号的分辨率	194
二、共中心点道集不再是共反射点道集	194
三、复杂构造情况下,反射波时距曲线不再是双曲线	195
四、叠加剖面的振幅是不同入射角反射振幅的平均,不等于零炮检距反射振幅	195
思考题和习题	196
第七章 反射地震资料的偏移处理	197
第一节 偏移的概念	198
一、水平叠加剖面存在的问题	198
二、偏移现象的几何解释	199
三、偏移归位处理结果	199
第二节 偏移处理	201
一、偏移处理的原理	201
二、偏移的成像原理	202
三、偏移脉冲响应	205
第三节 射线理论偏移	207
一、圆弧叠加法	207
二、绕射扫描叠加法	209
第四节 叠后反射地震资料的波动方程时间偏移	211
一、克希霍夫(Kirchhoff)积分法波动方程偏移	211
二、频率—波数域波动方程偏移	219
三、有限差分法波动方程偏移	228
四、三种常规波动方程叠后时间偏移方法的比较	242
五、偏移中的其他实际问题	243
第五节 地震资料的叠前时间偏移	247
一、倾斜动校与叠前部分偏移	248
二、频率—波数域波动方程叠前偏移	253
第六节 地震资料的深度偏移	257
一、时间偏移存在的问题	260
二、射线理论的深度偏移	262
三、波动理论的深度偏移	263
四、叠前深度偏移	265
思考题和习题	267
参考文献	268

绪 论

第一节 地震资料数字处理的目的、任务及意义

地震勘探是寻找和勘探石油、天然气的主要方法，它在油气田的开发中也起着重要的作用。地震勘探工作包括野外地震资料采集、(室内)资料处理、资料解释三个主要环节。地震资料采集是利用野外数字地震仪器按照事先设计好的观测系统在野外进行施工、采集地震数据；地震资料处理是在室内利用数字计算机对所采集到的数据进行各种加工处理，以提高地震资料的信噪比、分辨率和保真度，并对地下构造和地质体成像，以便进行地质解释；地震资料解释则是对地震资料数字处理的各种结果进行构造和岩性解释，以期获得与地下构造、岩性、油气分布等有关的多种有用信息。

野外地震资料中包含着有关地下构造和岩性的信息，但这些信息是叠加在干扰背景上且被一些外界因素所扭曲的，信息之间往往互相交织，因此不宜直接利用野外资料作地质解释。连接野外采集和资料解释的一个关键环节就是资料的室内处理。所谓地震资料数字处理，就是利用数字计算机对野外地震勘探所获得的原始资料进行加工、改造，以期得到高质量的、可靠的地震信息，为下一步资料解释提供可靠的依据和有关的地质信息。

地震勘探的野外资料采集、资料处理 and 解释三个环节互相依赖、互相制约。地震资料数字处理以地震资料采集为基础，依赖于野外采集的质量，其处理结果又直接影响到资料综合解释的正确性和可靠性。地震资料处理结果的好坏取决于原始资料的质量、数据处理方法的优劣、处理流程和处理参数选择的正确性与合理性。总的来说，应该使所选择的处理方法、流程和参数适合所要勘探地区的地质特点、地质任务和原始资料本身的情况。

地震资料数字处理方法种类繁多，主要有去噪、反褶积、动校正与静校正、速度分析、叠加、偏移、反演、地震监测等八大类。其中最主要的是反褶积、叠加和偏移三类方法。反褶积处理是压缩地震子波以提高地震资料纵向分辨率的主要方法；叠加处理是增强反射信号、压制规则干扰和随机干扰，以提高地震记录信噪比的主要处理方法；偏移成像处理则是实现反射界面空间归位、恢复反射波的波场特征，以提高地震资料横向分辨率的主要方法。当然，上述八类处理方法是紧密联系的，除了反褶积、叠加和偏移处理外，其他各类方法在整个地震资料处理过程中，也都有其独特的任务，起到其他方法不能替代的作用。而且在某些情况下，这些方法还可能起到关键的作用。例如，在地表和地形条件都很复杂的山地地震勘探中，静校正和剩余静校正就成了制约资料信噪比的关键方法，选择恰当的剩余静校正方法也就成了资料处理人员必须仔细考虑的问题。因而，在实际资料处理中，应该根据勘探项目所涉及的工区的地质特点及地质任务，合理选择正确而有效的数字处理方法组成适当的处理流程，并选择恰当的处理参数，才能得到高质量的处理成果，为下一步的资料解释提供可靠的地质信息。

第二节 地震资料数字处理的发展简史

在地震勘探方法问世以来的几十年中，它的发展大致可以分为三个阶段。第一个阶段以光点仪器记录、人工处理为特点；第二个阶段以模拟磁带记录、多次覆盖观测、用模拟磁带回放仪处理资料为特点；第三个阶段以数字磁带记录、多次覆盖观测、用计算机处理资料为特点。在前两个阶段中，由于记录仪器的动态范围小，在记录过程中地震波的动力学特征遭到破坏，资料处理的效率低、质量差。1964年第一台数字地震仪投入使用，地震勘探步入了第三个阶段。在这个阶段中，记录仪器的动态范围大，可在记录过程中保留地震波的动力学特征；而计算机的引入使资料处理具有速度快、精度高、功能强等特点。在数学、通信技术、电子计算机等学科发展的综合影响下，地震勘探资料数字处理这门边缘学科开始形成，并在近40年内获得很大发展。

早在20世纪50年代，地震勘探资料数字处理的基本理论就已经开始萌芽。1953年N. Ricker第一个提出了地震子波的概念，他研究了地震子波的传播形式和规律，指出了它对地震记录分辨率的控制作用。随后人们引入了一维合成地震记录的褶积模型，它说明了地震记录形成的物理机制，从而奠定了反滤波技术的理论基础。几乎与此同时，C. H. Dix根据地面观测结果研究了地震波的传播速度，提出了计算层速度的公式。还有人揭示了多孔岩石中固体与流体之间变形关系的三维理论，这就为研究地震波的衰减机制提供了重要依据。由于有了这些理论准备，在计算机用于地震勘探以后，地震资料数字处理便得到了迅速的发展。

在地震勘探资料数字处理刚开始的一段时间里，即20世纪60年代中期，数字处理主要用于改造野外资料。这时使用的计算机多为中、小型机，主要方法有简单的数字滤波、反滤波、动校正及共中心点多次叠加。它们的处理结果是获得信噪比和分辨率较高的地震反射界面的剖面图形。

20世纪60年代后期和70年代，为了在构造相对复杂的地区寻找油气藏，要求地震勘探有更高的分辨率和准确性，为此地震勘探的野外采集技术有了质的突破。与此同时，在地震资料数字处理方法中大力发展了信息提取技术，其中包括自动提取叠加速度、均方根速度、层速度的速度分析技术和自动提取静校正量的自动剩余静校正技术。在自动提取信息和野外各种资料采集技术的基础上，可以通过人机联作来建立二维或三维的构造模型和地层模型。在野外资料的改造方面，又出现了除一维、二维数字滤波和最小平方反滤波之外的各种滤波方法及各种快速算法。反滤波在这个阶段一直受到很大重视，涌现了同态反褶积、最小熵反褶积等新方法和一批建立在子波处理基础上的新技术。在这段时间里，叠加成像技术取得了突破性的进展。20世纪60年代末，根据射线理论提出的扫描偏移叠加、叠加偏移曾盛行一时。通过它们可以在任何复杂的情况下提供反射界面或散射体的二维或三维影像。但是，到了70年代初期，偏移叠加又几乎完全被新发展起来的波动方程偏移所代替。1971年美国斯坦福大学J. F. Claerbout（克莱伯特）提出了差分法波动方程偏移，使波动方程进入了地震勘探数字处理的领域。这种方法是根据波动方程的数值解法来建立地下反射界面或散射体的二维或三维影像，并具有保持反射波的频率和波形特点的优点。到80年代，有限差分法、傅里叶变换法和克希霍夫积分法波动方程偏移都获得了成功的应用，成为常规数字处理中不可缺少的一个环节。

20 世纪 70 年代, 为了适应寻找非构造油气藏的需要, 在继续发展构造地震勘探的同时还有效地发展了岩性地震勘探。当时, 岩性地震勘探的主要手段是建立在地震勘探资料数字处理基础上的波阻抗技术、三瞬参数剖面和碳氢检测技术。这些方法虽然当时还未达到成熟实用阶段, 但为地震地层学的发展打下了基础, 为地震勘探从单纯研究构造问题、间接找油气转变到研究地层岩性问题和直接找油找气指明了方向。从 80 年代开始, 地震勘探面临的地质任务越来越复杂, 精度要求越来越高, 常常需要同时解决表层和深层都很复杂(如碳酸盐岩地区)的地质问题, 要求分辨延伸范围小、厚度薄、埋深大的地质异常体。为实现此目标, 地震勘探资料的数字处理进入了深入发展和不断完善的阶段: 地表、地下测量联合进行的垂直地震剖面法(VSP 法)迅速推广; 将滤波、参数反演、叠前偏移融为一体的 τ - p 变换和层析成像方法也开始取得效果; 叠前部分偏移、叠前偏移则向实用阶段过渡; 三维地震资料的数字处理技术也日趋完善。人工智能、地震反演技术也在不断开创新的局面, 人机联作水平得到了进一步的提高。为了实现解释的自动化、智能化, 涌现出了各种不同版本的地震解释专家系统, 使得解释和处理之间很难划一条严格的界限了。

到了 20 世纪 90 年代, 地球物理技术逐渐渗透到油田开发等领域, 利用地震资料研究储层性质, 进而进行油藏描述已成为各油田拟定开发方案时所要求的必需资料。由此, 对地震勘探资料数字处理的目的也就不再局限于“提高分辨率, 提高信噪比”这样简单而含糊的目的了, 而是要求提供能反映储层特性、流体性质的精确参数。鉴于此目的, 且由于超大容量的高速运算的巨型计算机(尤其是并行机)的出现, 使得叠前偏移技术, 特别是叠前深度偏移技术有了迅速的发展, 使得对逆冲构造、盐下构造之类的复杂构造的正确成像成为可能; 另一方面, 为进行储层横向预测、建立油藏模型的地震属性, 引入了许多非常规数学方法, 如神经网络计算技术、小波变换、模糊数学、分形几何学等, 能提供的地震属性, 也从过去的几种增加到了几十种甚至上百种以上。虽然这些方法在地震资料数字处理中的应用成功与否还无法做出统一的定论, 但多学科的互相渗透、互相影响是当今科学技术发展的趋势, 地震资料数字处理也必然会朝着这个趋势发展。三维地震勘探已逐渐取代二维, 其中油藏地球物理的需要是其迅速发展的重要原因, 而三维可视化技术则为三维地震技术插上了翅膀, 也为解释和处理的真正结合奠定了基础。为了研究各向异性介质, 转换波处理及 20 世纪 80 年代中期间世的 AVO 技术有了明显的突破, 理论研究也日趋成熟; 而模型模拟技术的逐步完善也为这方面的研究做出了不可磨灭的贡献。

纵观地震资料数字处理的整个发展过程, 可以感到它的发展主要是受硬件设备的控制: 野外采集的地震仪器的发展和计算机计算能力的提高, 是数字处理发展过程的先决条件; 而生产任务的要求, 则是其发展的动力。可以预言, 随着数字技术、通讯技术及计算机科学和地震仪器的发展和地震勘探任务的日益艰巨, 地震资料数字处理必将得到进一步的发展。

第三节 地震资料数字处理的展望

一、油气田勘探开发的现状及地球物理问题

我国油气勘探经历了 50 多年的发展, 从中国油气资源分布特点及潜力来看, 我国东部地区的陆相中新生界油气资源的探明率最高, 海相地层中天然气的探明率较低, 海域区及西北区油气的探明率也很低。我国油气资源主要集中分布在 10 个大中型沉积盆地。

目前陆上油气勘探所面临的主要问题：

- (1) 新区、新领域勘探难度越来越大；
- (2) 老油区发现新的油气田难度大；
- (3) 老油田提高采收率是一个现实而又困难的课题。

根据我国特殊的地质条件和油气勘探开发中的问题，对勘探技术的需求主要有以下几个方面：

- (1) 要有较强的复杂地表区勘探能力：对不同的地表条件都能有较好的勘探效果；
- (2) 提高构造勘探精度：对山前逆掩推覆带、小断块、大深度低幅度构造等都能精确成像；
- (3) 提高地震勘探的分辨率：能分辨砂泥岩薄互层、地层尖灭、岩性及储层的横向变化等；
- (4) 提高储层描述的精度：如岩性、物性、裂隙发育程度以及含油气性的预测等；
- (5) 指出剩余油的分布：对开发中的油气流向及汇集做到动态监测；
- (6) 研究利用各种物理、化学方法提高采收率的时间推移地震动态监测技术。

这几个方面应该说和地震勘探的三个环节都有密切的关系，需要我们共同努力，尽快、更好地满足其需求。

二、地震勘探所需装备的发展

世界上近 20 年来的油气发现，一是在地表条件极其恶劣、地下构造极其复杂的地区，依靠先进的装备和技术，找到新的油气资源；二是在老油区，依靠先进的技术，增加新的储量。工业发达的国家和大石油公司普遍都很重视发展物探技术，并加大了相关装备研制的力度。

在地震采集技术方面，地震装备进步显著。24 位遥测地震仪和大吨位可控震源广泛使用，检波器的畸变水平降至 0.02%，并涌现出 SN388 与 Sercel 408UL 地面采集系统、SST-500 与 Pipeseis 井下组合采集系统、SSC 固定电缆采集系统及 16 缆地震船等先进装备，这些先进装备的使用基本适应了各种复杂地表区的地震采集要求，并全面地提高了地震数据的分辨能力。

随着数字三分量检波器选用新型半导体材料，用晶体感应代替机械振动，使其具有很强的抗干扰能力和保真度，并且在实用中显著提高了分辨率和信噪比，为加快多分量地震技术的普及和实现岩性地震勘探奠定了基础。

三、地震资料处理技术的展望

形势的要求，对地震资料的处理提出了更高的要求，装备的发展，又为地震资料处理更上一层楼提供了必要的技术支持。无论野外采集资料质量如何好，落实到资料处理方面，仍是保证地震资料处理结果具有高信噪比、高分辨率和高保真度（即“三高”），这是资料处理永远不变的发展方向。为了更好地达到这一目标，目前有以下几个方面的工作：

- (1) 随着巨型向量并行计算机和微型计算机集群在地震资料处理中的广泛应用，为实现“三高”地震资料处理提供了硬件的保证和软件的基础，开辟了“三高”地震资料处理的广阔应用前景；

- (2) 开展复杂介质中地震波场传播规律的研究，具体包括粘弹性介质和孔隙弹性介质地

震波场传播规律的研究，为实现“三高”地震资料处理提供理论依据和方法保障；

(3) 开展融地震采集、处理和解释一体化的照明度技术研究，保证复杂构造油气藏和地层油气藏目标的照明度，保证地震反射有效信息的采集和利用；

(4) 深入开展叠前处理方法研究，包括叠前时间偏移和叠前深度偏移方法研究，特别是叠前保幅偏移和各向异性介质叠前偏移方法的研究，以保证地震资料“三高”处理的实现；

(5) 深入开展多波多分量地震资料处理方法的研究，加强转换波地震资料的处理和溶洞、裂隙检测技术的研究和应用，为复杂岩性体的储层预测及流体性质识别提供更可靠的依据；

(6) 继续开展地震属性分析技术的研究，加强油气藏动态监测的研究和利用，充分利用各种非线性、非常规的数学物理方法从地震资料中提取更多的有用信息，为油气藏的精细描述和剩余油分布的准确预测提供可靠的数据信息。

机遇和挑战并存，21世纪的油气资源勘探开发是艰难的，21世纪各领域、各学科的融合渗透是必然的，谁抓住了这次机会，谁就会获得成功。

第一章 常规资料数字处理流程

第一节 常规资料处理流程简介

地震资料数字处理的具体目标主要有三个：第一，压制随机噪声和相关噪声，提高资料信噪比；第二，以最大可能的分辨率显示地震记录剖面；第三，为地震资料解释提供可靠的速度、振幅和波形的参数信息，提供可用于解释的地震剖面。所有的处理流程都是为了实现以上三个目标而设计的。

处理从野外队的磁带到达处理中心开始，磁带要附有观测者的报告，列举测线和激发点号，野外排列及存在问题等；通常还有第二种报告，描述高程和计算出的野外静校正数据。野外静校正值为消除地形和近表面低速带影响每道所需校正的时差。整个处理流程一般分为三个阶段，即预处理、处理分析和（实质性）处理。预处理的目的是把地震数据转换为适合计算机处理的数据格式并对数据进行编辑整理，为处理分析作准备。处理分析即通过试验，选择在处理阶段使用的最佳参数。参数选好后即可进行资料处理，处理的最后结果是地震剖面。图 1-1 为实际处理中可能采用的一种处理流程图。

一、预处理

预处理是把野外磁带的数字变成适合计算机处理的记录格式，重新记录在另外的磁带上。一切野外资料只有经过预处理以后，才能进行其他处理。预处理的内容包括：增益恢复与解编、建立道头字、数据剪辑、抽道集等。

经过预处理的地震数据已经可以进行实际处理了。在实际生产中，为了保证处理效果，要求在预处理后进行处理分析。

二、处理分析

处理分析是在所选的地震层位上进行试验，目的是寻找在最终处理时要用的最佳参数。实际工作中应花一定精力，进行尽可能多的试验，特别在新的勘探区域更应这样做。处理分析确定的处理参数在同一区块中，应尽量保持一致。

实际处理中需要测试的参数比较多，可能做的处理分析试验有以下几方面。

1. 静校正分析

静校正分析包括基准面静校正分析和剩余静校正分析。

基准面静校正分析包括野外一次静校正分析和折射静校正分析。在分析中需要确定基准面高程和填充速度等信息。如果需要使用折射静校正方法进行处理，必须对比各种折射静校正方法的计算效果，从中选取最适合当前工区的静校正方法。

剩余静校正有统计相关法、最大能量法、SATAN 方法、模拟退火算法、平滑剩余静校正等多种算法，每种算法的适用条件不同、消耗的资源差别较大，对当前工区进行多种方法的测试可以以较少的资源代价取得最理想的计算效果。

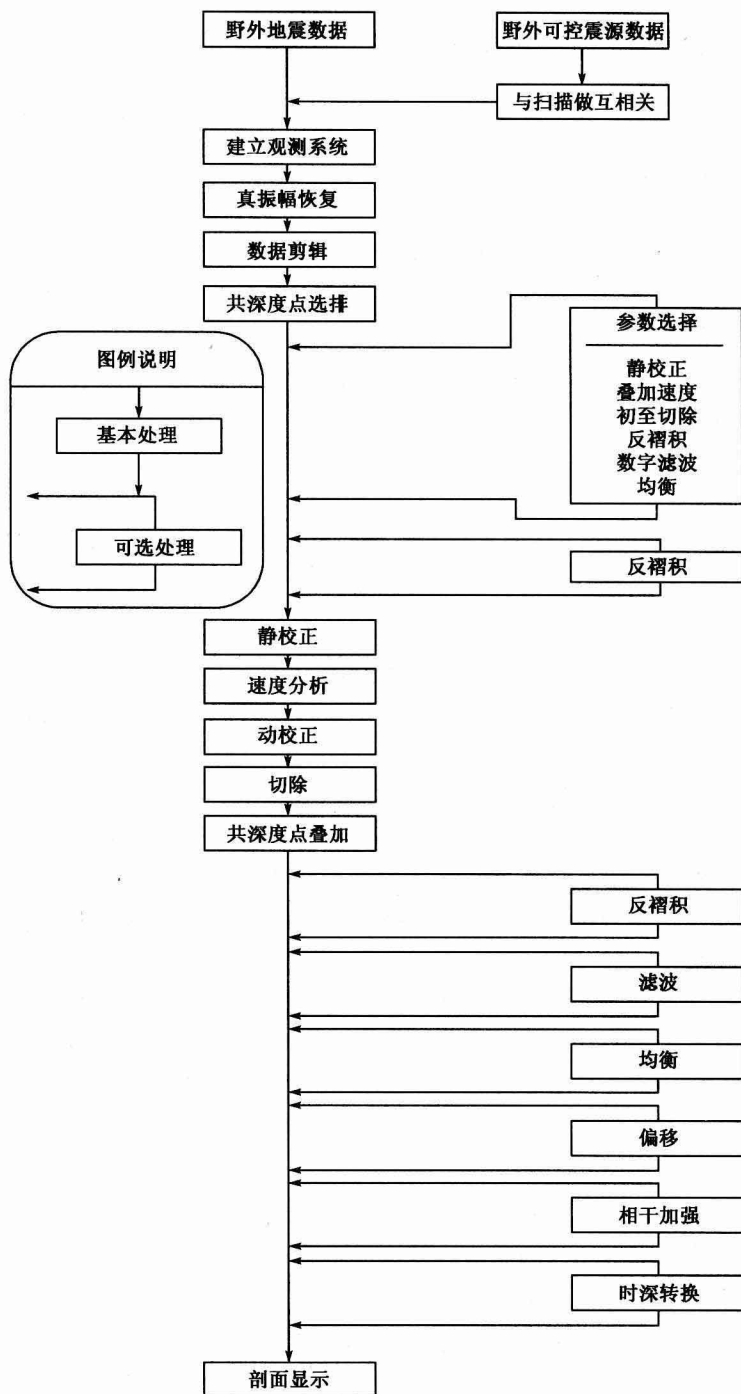


图 1-1 常规处理流程图

2. 去噪分析

各个地区的噪声分布特点不同，如何最好地压制噪声保存有效波信息是去噪方法研究的主要内容。目前的处理系统都提供了丰富的去噪模块，针对工区资料特点选择如去随机噪声模块、去面波模块、去强相关噪声模块等具有针对性的去噪方法，可以更好地去除噪声保存

有效信号。

去噪分析就是确定工区内噪声类型，选择一个或者一组合理的数字滤波器来实现去噪。

3. 反褶积分析

反褶积是提高资料分辨率的有效手段。反褶积分析就是确定最佳的反褶积滤波器的过程。最佳滤波器是使诸如多次波这样的相干噪声减到最小，使反射同相轴分辨率最高。

4. 速度分析

速度除用于动校正，也用于偏移处理和岩性对比。在地震资料处理中，速度占有重要的地位。研究工区内速度随空间和时间的变化情况对于准确地进行静校正处理、动校正处理和偏移处理有着重要的意义。

通过速度分析，确定速度在工区内空间和时间的分布，可以有效地约束后面处理中速度的拾取，提高处理的效率和效果。

三、处理

图 1-1 展示了一个可能的处理流程。地震资料数字处理一般遵循相当统一的处理流程，虽然不同的处理人员可能在这些流程的细节和次序上略有差异，但是最终处理结果应该基本相同。对于有特殊需要的资料可以设置一些特殊的变化。但应清楚，对于一个数据体最佳的处理流程用到另外一个数据体上，就未必是最好的。

处理流程虽然有着很多变化，但目前的常规处理都有以下几个必须的处理步骤。

1. 静校正

地震勘探基本理论（几何地震学）是以地面是水平的、地表介质是均匀的为假设前提，由此推出地震反射波时距曲线是双曲线的结论，但是在实际野外观测时，表层因素与假设并不相符，例如存在地形起伏不平，低、降速带厚度变化和速度横向变化等情况，这时观测到的时距曲线就不再是一条双曲线，而是一条畸变的曲线。为了保证得到的地震剖面真实有效，必须消除这种畸变。

消除由激发和接收时地表条件变化所带来的反射波传播时间上的差异的过程，称为静校正。根据解决的静校正量的特点，静校正可以分基准面静校正和剩余静校正，其中基准面静校正又包括野外一次静校正和折射静校正。静校正方法分类很多，在后面的动静校正章节会有详细的论述。

2. 速度分析

地震波在地下介质中的传播速度是地震数据处理和解释中非常重要的参数。速度参数不仅关系到地震数据处理诸多环节的质量，其本身也提供了关于地下构造和岩性的重要信息。速度分析是地震数据处理过程中至关重要的环节，在速度场准确的情况下，地震数据通过叠加和偏移处理能够较好地反映地下构造特征，反之，可能会产生假象，甚至错误的解释结果。例如，下面将要提到的动校正，如果没有准确的速度作为基础，就会产生较大的动校正剩余时差，影响后面的水平叠加。

速度分析一般在共深度点道集中以速度扫描的方式进行，其结果为在分析道集中速度随时间变化的函数，这个函数称为速度谱。在复杂构造区域速度谱常常不能提供足够精确的速度值，可以用一个范围内的各个常速进行叠加，通过叠加剖面成像情况确定合理的速度。

3. 动校正

由几何地震学知道，在地面水平、反射界面为平面、界面以上介质均匀的情况下，一次