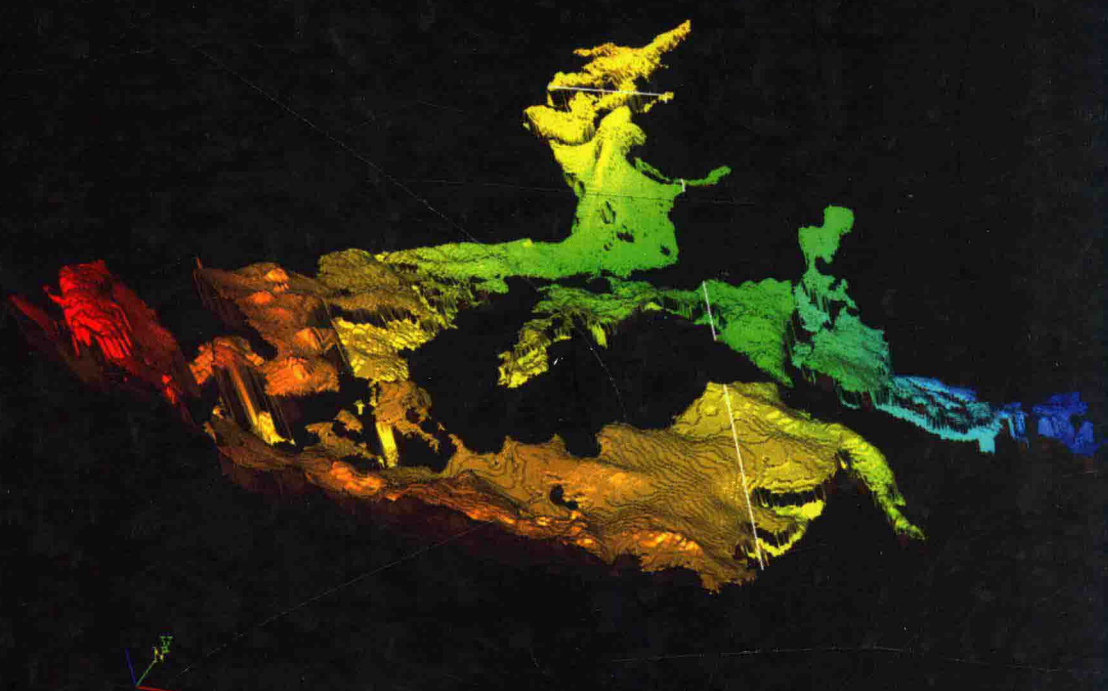


Preserved Seismic Data Processing
logy For Reservoir Prediction

面向储层预测的 地震保幅处理技术

李继光 栾锡武 著



科学出版社

面向储层预测的 地震保幅处理技术

李继光 栾锡武 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书从正演模拟出发,详细叙述了地震保幅处理评价准则的制定,不同保幅分析评价方法的建立,在关键处理环节保幅性分析与评价基础上,对保幅能力相对较低的技术环节,通过优选已有的处理技术、流程、参数及新技术研发,形成了完整的面向岩性储层精细预测的地震保幅处理理论和技术体系,经大量的实际生产应用,得到了较好效果。本书述及的技术成果对隐蔽性油气藏的勘探与开发具有实际的指导意义。

本书可供地震勘探开发研究工作人员及高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

面向储层预测的地震保幅处理技术 / 李继光, 栾锡武著. —北京: 科学出版社, 2018. 1

ISBN 978-7-03-054686-9

I. ①面… II. ①李…②栾… III. ①储集层-地震勘探-研究
IV. ①P618. 130. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 240243 号

责任编辑: 周 杰 刘文杰 / 责任校对: 彭 涛

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 无极书装

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>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 1 月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2018 年 1 月第一次印刷 印张: 20

字数: 400 000

定价: 198.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

“十一五”以来，中国陆上含油气盆地逐步进入高成熟勘探阶段，隐蔽性油气藏越来越成为勘探开发工作的重点，而岩性油气藏是该类油气藏中的重要类型。河道砂体、三角洲浊积砂体、砂砾岩体、滩坝砂等复杂岩性储层是目前老油区勘探开发的主要对象。但这些复杂岩性储层的反射特征、横向范围和厚度变化大，纵向叠置关系复杂、连通性差，边界预测困难。这成为当前在老油区勘探开发中要解决的主要地震地质问题。

随着地震勘探领域从构造圈闭向岩性圈闭的延伸，地震勘探将面临新的挑战 and 机遇。构造油气藏勘探主要以落实地下构造为主，研究的是地下构造的精准成像，对资料的信噪比要求高，但对保幅性要求较低，在处理过程中往往不太注重相对保幅处理，处理效果的优劣通常以最终成果剖面的成像效果为主要评价目标。岩性油气藏勘探对地震资料处理提出了更高要求，在满足构造准确成像的基础上，对地震成果资料的保幅、保真性要求更高，希望地震成果资料更加真实地反映地震构造的空间展布情况及含流体的性质。以前的地震处理方法及流程大多只注重构造成像，仅满足于得到地下反射的位置，忽略了处理方法及参数变化对地震波振幅等信息的改造，致使地震反射特征不能够真实地反映地下介质的岩性、物性变化，不利于岩性反演、储层预测和流体判别。地震数据的保幅一直是制约精细储层预测技术发展的瓶颈问题。

目前国内已有不少研究人员在相对保幅处理方面做了很多有益的尝试，并尝试将地震资料的振幅、频率、相位等波形信息被广泛应用于储集体储集性能和含油气评价中。但如何检验一项处理技术是否真正达到了保幅处理的要求，仍然缺乏一个统一的分析与评价标准。对各种处理技术的保幅性还缺乏系统的分析和评价。因此，在质量监控方面有必要建立一套地震资料保幅评价准则，对现有保幅性相对较低的处理环节，开发相应的替代技术，最终建立一套能够满足储层精细预测需要的保幅处理技术和流程，提高地震成果资料的保幅性，以确保岩性油气藏的准确识别与描述。

面对当前岩性勘探和高精度储层预测的需要，结合当前地震处理技术及岩性勘探现状，通过多年的研究与实践，该书提供了一套地震保幅处理评价准则、一套地震资料处理过程及成果资料的保幅分析评价方法、一套面向岩性储层精细预

测的保幅处理技术，这将为精细储层预测提供保幅程度较高的地震成果资料，以提高岩性油气藏储层预测的精度。

在相关技术人员的共同努力下，该研究成果在胜利油田东、西部探区几十个区块应用，取得了良好的地质效果与经济效益，具有广泛的推广价值和借鉴意义。



中国工程院院士

2017年7月

前 言

Levorsen (1964) 于 1964 年首次提出隐蔽圈闭 (隐蔽油气藏) 的概念, 并强调隐蔽油气藏是与岩性变化、流体和水动力等有关非构造类油气藏。1981 年, Halbouty (1981) 将隐蔽油气藏分为地层型、古地貌型和不整合型 3 类。近些年, 对隐蔽油气藏概念的详细讨论较多 (牛嘉玉等, 2005; 庞雄奇等, 2007a, 2007b)。胡晓兰等 (2010) 在总结前人研究 (潘元林等, 1998; 杨占龙和陈启林, 2006; 李丕龙和庞雄奇, 2004; 林畅松等, 2000; 王英民等, 2003; 刘豪等, 2004; 杨万里, 1984; 尹太举和张昌民, 2005; 沈守文等, 2001; Vail, 1987; 何登发, 2007) 的基础上, 认为隐蔽油气藏是指在当前勘探技术水平下, 应用非常规思路与方法能够部分识别和描述的非构造油气藏, 主要指发育在层序格架的特殊部位或有特殊成因的岩性油气藏、地层油气藏以及复合型水动力油气藏等, 并总结指出, 截至目前, 层序地层学 (Haq et al., 1987; Vail, 1987; 侯明才等, 2001; 罗立民, 1999; Cross, 1994; 郑荣才等, 2000; 肖传桃等, 2006; 贾承造等, 2004)、古地貌 (周心怀等, 2016; 吴金才等, 2004)、坡折带 (周心怀等, 2016; 张善文等, 2003; 吴金才等, 2004) 和油源控制 (侯读杰等, 2008; 赵文智等, 2004) 4 大隐蔽油气藏理论有效地指导了隐蔽油气藏的勘探开发实践; 三级层序不整合面上、下空间和低位体系域为隐蔽油气藏发育的有利场所, 不整合面自身的疏导能力和封闭机理是隐蔽油气藏形成的主要因素, 低位体系域中丰富的储集体和良好的空间配置为油气富集提供了有利条件, 古地貌与坡折带制约着储集体的空间展布及汇聚沉积特征, 指导了隐蔽储集体的横向追踪; 优质烃源岩与储集层的位置关系可以为精确预测隐蔽油气藏发育范围提供思路 (胡晓兰等, 2010)。

随着油气勘探形势的发展和隐蔽油气藏勘探实践的进行, 隐蔽油气藏已成为很多盆地油气勘探的主要目标。统计资料表明, 在全球范围内, 构造油气藏、复合油气藏和隐蔽油气藏的储量比例分别为 35%、30% 和 35%。近年来, 我国济阳拗陷油气探明储量的 30% 来自隐蔽油气藏 (郝芳等, 2005)。随着油气勘探程度的进一步提高, 隐蔽油气藏勘探则向更为复杂的条件拓展。深层隐蔽油气藏、叠合盆地中与不整合面有关的隐蔽油气藏及调整改造型隐蔽油气藏成为重要勘探

领域，亦成为隐蔽油气藏成藏机理研究的前沿和难点（郝芳等，2005）。与大型背斜断块构造和潜山披覆背斜构造油气藏不同，隐蔽油气藏主要受地层、不整合面、岩相、砂体几何形态，以及与油气运移相关的断层等因素控制。而在背斜构造油气藏等基础上建立起来的概念，如油水边界、含油高度、地质储量等基本概念，比较难以直接应用到对隐蔽油气藏的描述上。并且，复杂隐蔽油气藏在形态上变化大，生储盖配置关系多样化，这些情况都加大了对复杂隐蔽油气藏勘探开发的难度。围绕这些复杂隐蔽油气藏的成藏机理仍存在一系列有待解决的油气理论问题，但不断提高地震资料的信噪比，在高信噪比地震资料的基础上，如何利用地震资料预测地下油气储层的岩石物性，包括压力、孔隙度、渗透率、饱和度等，由此再进一步预测油气分布位置和规模、确定储集体形态、标定产层深度及厚度，是复杂隐蔽油气藏勘探开发的关键问题（张进铎，2006；张向林等，2006；张延玲等，2006）。

面对隐蔽油气藏，特别是复杂隐蔽油气藏勘探开发提出的新要求，地球物理学家已认识到充分利用地震资料所提供的信息的必要性，要求在最大限度保留地震资料有效信息的同时，用新的方法和新的手段有效提取、利用这些信息。这些新技术包括成像技术由叠后提到叠前来完成（李林等，2011），研究介质由各向同性转向各向异性（张振波等，2014），反演则以多偏移距（王华忠等，2007）、多分量（李晓明等，2012；赵邦六等，2013）和各向异性为主（黄新平，2009），基础地震资料也由叠后向叠前转变，将岩石物理统计分析技术（肖志波等，2013）、正演模型技术（姜秀清等，2002）、地震反演技术（撒利明等，2015）、AVO技术（孙鹏远，2005；刘伟和曹思远，2008；宋建国等，2008）等应用于地震资料解释中（关达和付强，2003）。

上述技术的应用，反过来对地震数据处理提出了新的要求。针对构造油气藏，地震数据的解释反演主要是在叠后地震数据上进行。叠后地震处理技术是基于均匀介质或水平层状假设的。叠后时间偏移虽然能解决反射层归位和绕射波收敛，但不能解决倾斜界面的非共反射点叠加问题，保幅性和成像效果都较差，加之全角度多次叠加，损失、模糊了很多储层及油气等信息，同时也不同程度降低了地震资料反映储层变化的敏感性。随着隐蔽油气藏勘探工作的深入，特别是复杂隐蔽油气藏勘探工作的开展，提供包含更多信息的叠前地震数据处理已成为数据处理的主流方向，并在深水领域（张振波等，2014），碳酸盐岩地区（陶云光等，2010）和复杂岩性勘探领域（敬魏和杨文斌，2007）都形成了针对性的叠前处理技术。叠前处理技术与叠后处理技术相比，具有很

多优点，前者在改善保幅性和成像效果的同时，还能够提供保真度好、聚焦好的道集，为进一步做好 AVO、AVA 等叠前属性反演研究奠定基础。保幅处理随之成为叠前处理的关键。

近年来，国内外地球物理工作者开展了大量的地震资料保幅处理的相关研究。这涉及不同处理技术的保幅性分析、保幅处理流程的建立等诸多问题。但大家对保幅处理的认识并不统一，观点也不一致。保幅处理“保”什么？保振幅还是保波形？不同的地球物理工作者对这些问题有不同的认识（芮拥军，2011；郭树祥，2009；李振春等，2010；王华忠等，2007）。严格意义上的保幅处理是一种“理想化”的模式。由于基础地震数据本身的缺陷，理想化的保幅处理是难以实现的。从多年的生产实践看，在保持原始地震资料有效反射信息如振幅、频率、相位等不发生相对畸变的前提下，采用有效合理的手段来提升地震资料品质的处理，皆可视为保幅处理。依此，本书定义的相对保幅处理的含义如下：①在恢复（或者补偿）地震波传播过程中被衰减、吸收和反射的那部分信息时，使地震波的振幅特性保持不变；②对地震波进行消除或衰减噪声干扰时，保持地震波的振幅相对关系不变；③在对资料进行其他处理时，不损害地震波的振幅相对关系。

全书在理论基础分析和正演模拟的基础上，针对隐蔽性油气藏地震勘探与相对保幅处理的需要，建立了一套地震保幅处理评价准则，给出了地震保幅处理判别方法，建立了地震保幅处理分析系统；对地震补偿类技术、叠前去噪技术、不同反褶积技术以及地震波成像处理技术进行了较为详尽的保幅性评价；在关键技术保幅性分析与评价的基础上，对保幅能力相对较低的技术环节，开展了视频空间域波形一致性校正技术研究、自适应谱模拟反褶积技术研究、三维 FK 伯复兴叠前道内插技术研究，研发了相应的处理模块；通过优选已有技术流程参数及新研发技术集成，最终形成了一套面向岩性储层精细预测的保幅处理技术系列。本书最后介绍了该技术系列在罗家和垦东 1 两个试验工区应用的情况。作者在研究与大量实践的基础上，以下三点体会需要特别提醒读者：

（1）低频信息在储层岩性和含流体识别中具有重要的作用，在地震保幅优化处理过程中不能只为了追求高分辨率而损失低频信息。

（2）利用 AVO 技术进行储层预测对叠前道集具有严格的要求，保证有近偏移距（小角度）到远偏移距（大角度）振幅能量变化的可靠性是地震保幅优化处理的重点。

（3）保幅处理依赖于原始地震资料质量，因此保幅处理要从野外采集入

手，通过采集、处理、解释过程的有机结合，才能切实提升岩性油气藏刻画的精度。

本书的出版应该特别感谢各位领导、同事、同学的大力支持与付出，感谢行业基金项目（201511037）和青岛海洋科学与技术国家实验室项目（2016ASKJ13，2017ASKL01，2017ASKJ02）对本书出版的支持，感谢海洋国家实验室海洋矿产资源功能实验室学术委员会主任李阳院士对本项工作的悉心指导并为本书作序。

由于保幅处理是一相对的、逐步完善与提高的过程，因此，本书的工作远没有结束，加之作者水平所限，错误及不足之处敬请读者不吝批评、赐教。

作者
2017年11月

| 目 录 |

第 1 章 绪论	1
1.1 地震保幅处理的意义	1
1.2 地震保幅处理的定义	1
1.3 地震波形的影响因素分析	3
1.3.1 地震波的振幅	3
1.3.2 地震波的频率	4
1.3.3 地震波的相位	4
1.4 保幅处理应树立的理念	5
1.5 地震保幅处理的必要性	6
1.5.1 勘探形势发展的需要	6
1.5.2 高精度储层预测的需要	7
第 2 章 地震保幅评价模型建立与地震响应特征分析	8
2.1 黏弹介质中可变空间网格地震波传播数值模拟方法	8
2.1.1 方法研究	10
2.1.2 数值试验	13
2.2 砂岩储层模型地震模拟与地震波特征	21
2.2.1 模型设计与观测方式	21
2.2.2 砂岩储层特征提取	22
2.3 地震保幅评价二维数据模型建立	29
2.3.1 河道砂模型的建立	29
2.3.2 砂砾岩体模型的建立	32
2.3.3 复杂断块模型的建立	34
2.3.4 模型正演模拟与地震响应特征分析	36
2.4 小结	45
第 3 章 地震保幅评价准则建立与保幅分析方法研究	47
3.1 保幅处理评价准则	47
3.2 保幅处理判别方法	50
3.2.1 相减法(残差法)	51

3.2.2	时频分析方法	53
3.2.3	振幅曲线对比法	55
3.2.4	振幅比计算法	58
3.2.5	子波一致性相关分析法	58
3.2.6	沿层地震属性分析法	61
3.2.7	切片分析法	62
3.2.8	合成记录法	63
3.2.9	AVO 属性分析法	64
3.2.10	波阻抗与测井结果的一致性分析方法	65
3.3	地震保幅分析系统建立	67
3.3.1	主要技术依据	67
3.3.2	三维沿层属性分析	67
3.3.3	三维沿层信噪比分析技术	74
3.3.4	残差分析技术	78
3.3.5	子波属性分析技术	78
3.3.6	时变频率分析	80
3.3.7	井点合成记录与 AVO/AVA 关系生成	81
3.3.8	目的层段 AVO/AVA 关系保持特性监测	81
3.4	小结	82
第4章	现有关键处理技术的保幅性研究	83
4.1	地震补偿类技术的保幅性评价	83
4.1.1	道均衡技术保幅性分析	84
4.1.2	增益类技术保幅性分析	84
4.1.3	振幅补偿类技术保幅性分析	88
4.1.4	小结	98
4.2	叠前去噪技术的保幅性评价	99
4.2.1	频率空间域压制面波 (FXCNS)	100
4.2.2	工业电去除、单频噪声压制、压制工业电干扰	105
4.2.3	分频带振幅统计的自适应噪声衰减技术	111
4.2.4	Radon 变换压制多次波	114
4.2.5	$F-K$ 域压制相干噪声	123
4.2.6	保幅去噪模块小结	130
4.3	不同反褶积技术的保幅性评价	131
4.3.1	反褶积保幅性评价方法	132

4.3.2	反褶积保幅性分析评价	133
4.3.3	不同反褶积类型保幅性分析	138
4.3.4	反褶积参数的保幅性分析	140
4.3.5	反 Q 滤波技术保幅性评价分析	151
4.3.6	谱白化技术保幅性评价分析	155
4.3.7	实际资料保幅性分析	157
4.3.8	小结	161
4.4	地震波成像处理技术的保幅性评价	162
4.4.1	成像处理技术的理论保幅性研究	163
4.4.2	采集因素对成像保幅性的影响研究	169
4.4.3	偏移成果的保幅性评价实例	177
4.4.4	小结	179
第 5 章	保幅新技术开发及模块研制	180
5.1	时频空间域波形一致性校正技术研究	180
5.1.1	广义 S 变换时频分析技术	181
5.1.2	基于广义 S 变换的频率补偿基本原理	182
5.1.3	STFT、小波变换和 S 变换分频方法对比	184
5.1.4	时频空间域波形一致性能量补偿方法实现思路	187
5.1.5	实际资料应用测试	189
5.1.6	小结	195
5.2	自适应谱模拟反褶积技术研究	196
5.2.1	传统谱模拟反褶积技术基本原理	196
5.2.2	谱模拟参数优选原则	197
5.2.3	传统谱模拟反褶积方法技术缺陷	199
5.2.4	谱模拟技术改进策略	199
5.2.5	自适应谱模拟反褶积技术	204
5.2.6	小结	215
5.3	三维 FK 保幅性叠前道内插技术研究	216
5.3.1	保幅性叠前道内插基本原理	216
5.3.2	空缺数据道的内插重建	219
5.3.3	数据内插分类	221
5.3.4	保幅性三维傅里叶变换叠前道内插应用效果分析	230
5.3.5	小结	233

第 6 章 面向储层精细预测的保幅处理流程建立及应用研究	235
6.1 保幅处理流程建立——以罗家-2009 高精度三维为例	235
6.1.1 研究区地质特点分析	235
6.1.2 以往处理流程分析	237
6.1.3 关键处理环节配置关系研究	240
6.1.4 关键处理模块的保幅性分析及应用	244
6.1.5 研究区保幅流程建立	262
6.2 保幅处理流程建立——以垦东 1 三维研究区为例	263
6.2.1 垦东 1 三维研究区概况	263
6.2.2 资料分析	264
6.2.3 以往处理流程分析	264
6.2.4 关键处理环节保幅配置关系研究	265
6.2.5 关键处理步骤保幅性分析	272
6.3 邵家沙四段上灰岩储层应用效果分析	283
6.3.1 储层分布及成藏特征分析	283
6.3.2 地震属性储层预测技术	285
6.3.3 优化前后效果分析	286
6.3.4 储层预测成果	288
6.3.5 小结	290
6.4 垦东北馆上河道砂岩储层应用效果分析	290
6.4.1 储层敏感参数及正演特征分析	291
6.4.2 储层预测技术	294
6.4.3 叠前反演储层预测技术	299
6.4.4 储层综合解释评价	301
6.4.5 小结	302
参考文献	303

| 第 1 章 | 绪 论

1.1 地震保幅处理的意义

随着勘探程度逐步加深,隐蔽性油气藏成为了勘探开发工作的重点,而岩性油气藏是该类油气藏中的重要类型。河道砂体、三角洲浊积砂体、砂砾岩体、滩坝砂等复杂岩性储层是目前老油区勘探开发的主要对象。但这些复杂岩性储层的反射特征复杂,横向范围和厚度变化大,纵向叠置关系复杂,连通性差,边界预测困难,这些都是老油区进一步勘探开发中要解决的主要地震地质问题。

岩性油气藏的勘探不同于一般的构造油藏的勘探。首先从采集环节就要进行面向岩性油气藏预测的采集,主要考虑地震数据的广角度(较精确地估计速度)、空间均匀(较好地压制采集脚印)、高密度(反假频与压制低视速度干扰波)、宽频带(尤其是低频成分)以及压制各种环境与相干噪声,提高原始单炮的信噪比。

在处理环节,以产生相对保真的道集为核心。保真道集有两重含义:一方面,储层岩性对波形的改造是基于波形属性进行储层预测的基础,储层对波形的改造主要由储层的非弹性特征所引起,而且主要体现在波形的频率和相位变化上。储层对波形的改造是在处理过程中应得到保护的;另一方面,道集的 AVO/AVA 特性主要由反射界面两边的弹性参数变化所决定,它与子波特征没有关系。总体来讲,在相对保真的道集基础上进行地震波属性提取或 AVA 分析和波阻抗反演,并与岩石物理、地质、测井等先验知识相结合,才能进入岩性储层的描述和刻画。这是半定量/定量储层描述与油气预测的基本思路。

目前,地震勘探的目标已由构造解释转变为岩性识别,面向岩性油气藏的地震数据采集和保幅处理就显得异常重要。

1.2 地震保幅处理的定义

地震勘探中,地震波经激发在地下传播并被接收,传播过程中经历了波前扩散、地层介质的吸收、地质界面的反射、地下多次波等干扰波的干涉,地面接收时来自地表和空间干扰波的干涉等。换言之,野外采集得到的原始地震单炮是经

过数次“改造”后的地震波。资料处理时如何在把这些“改造”合理消除的同时,不“改变”地震波的真实特征,是近年来为使地震资料更好地满足隐蔽性油气藏勘探的需要,地球物理工作者努力探索攻关的方向。

地震反射能量与波阻抗成正比,波阻抗与岩性的变化存在一定联系,这也成为利用地震反射振幅进行隐蔽油藏勘探的理论基础。地震资料处理过程中,在保持原始数据有效反射地震信息(如振幅、能量、频率以及波形等)不发生畸变的前提下,采用有效合理的处理手段来消除“改造”的过程为相对保幅处理过程。

地震波的波形特征包括振幅、频谱及相位等信息。近年来,国内外地球物理工作者开展了地震资料保幅处理技术研究。但目前大家对保幅性处理的认识并不统一,观点也不一致。保幅处理“保”什么,保振幅还是保波形,不同的地球物理工作者对这一问题有不同的认知和答案。

郭树祥(2009)、芮拥军(2011)等认为,保幅处理是一个比较理想化的处理技术系列。他们给出的保幅处理的定义如下:经某个或某些处理过程之后,地震资料的振幅保持不变或成正比。他们给出的结论如下:对正演数据而言,模型中反射界面理论反射率与处理后同一界面的反射率相等或成正比,即地震数据的入射子波与出射子波基本保持一致,认为对于实际资料,后续的处理能够有效地补偿前面缺失的有效振幅或地质层位,可认为是保幅的。

李振春等(2006)认为,保幅处理的实质就是保波形,保持的是传播到反射界面处的地震子波的波形。但由于激发因素、地表介质变化因素、炮点到反射点之间各种传播因素、反射点到接收点之间的各种传播因素、接收因素都会影响处理与成像后的反射界面处的子波波形,实际技术实现时存在很大难度,可操作性不强。

王华忠(2011)给出的保幅处理定义如下:保持入射子波与波阻抗分界面作用后的刚刚离开波阻抗分界面的反射波形特征在一点上的相对真实性和横向上的一致性。考虑到波阻抗分界面的 AVO/AVA 效应,尤其要保持随角度变化的反射波形特征在一点上的相对真实性和横向上的一致性。该定义同样存在入射子波的求取难度及不确定问题。

从多年的生产实践层面看,在保持原始地震资料有效反射信息,如振幅、频率、相位等不发生相对畸变的前提下,采用有效合理的处理手段来提升地震资料品质的处理过程,皆可视为保幅处理。依此思想,保幅处理需满足两个条件:一是精确地消除地震波在传播过程中的球面扩散效应和吸收衰减的影响;二是经某个或某些处理过程或模块的作用后,地震子波的波形特征没有发生不符合地球物理规律的受人为影响的畸变。如果将每个处理模块都视作滤波器,从滤波器及其输入、输出的观点看,滤波器本身原则上应该首先是零相位的,然后是振幅全通的。这样的滤波器不改变子波的波形特征,即输出的振幅、相位和频率等不发生相对畸变。对

照该定义,即可剖析不同处理方法是否满足保幅处理的要求,从而确定处理成果是否保幅。

由此可知,地震资料的保幅处理至少包含3个方面的内容:①在恢复(或者补偿)地震波传播过程中被衰减、吸收和反射的那部分信息时,使地震波的振幅特性保持不变;②对地震波进行消除或衰减噪声干扰时,保持地震波的振幅相对关系不变;③在对资料进行其他处理时,不损害地震波的振幅相对关系。

严格意义上的保幅处理是一种“理想化”的模式,由于基础地震数据本身的缺陷(如采集脚印、异常地质体造成的照明缺失等),理想化的保幅处理是难以有效实现的。所谓的保幅处理的含义如下:①精确地消除地震波在传播过程中的球面扩散效应、吸收衰减的影响;②经某个或某些处理模块的作用后,地震子波的波形特征没有发生不符合物理规律的人为畸变。

1.3 地震波形的影响因素分析

地震波的波形特征包括振幅、频谱及相位等信息,也就是地震波振动图的特征。利用波形特征可以定性分析地层介质在纵横向的差异,也可以结合频谱等信息将其作为岩性研究及储层含油气预测的辅助手段。理清影响地震波形的因素,才能为更好地实现保幅处理奠定基础。

1.3.1 地震波的振幅

地震勘探中,激发后的地震波在地下传播的过程中,经历了吸收、衰减及噪声相干等多方面的影响。影响地震波振幅的因素可以概括为以下几个方面。

(1)与地表相关的因素:地表介质与震源和检波器的互相作用及波在表层(风化层)的传播引起的道与道之间的振幅的差异。

(2)地质因素:主要包括反射界面的形态、界面的反射系数,岩相的变化、波的干涉等。因为它们与地下地质因素有关,因此,各种利用振幅等信息研究岩性及进行烃类检测的方法就是利用这些关系中的一个或几个方面。也就是说,利用这些影响振幅的地质因素才能建立起利用振幅进行岩性研究及烃类检测的理论基础和基本思路。

(3)与传播有关的因素:包括球面扩散、透射损失、介质的非弹性性质等。

(4)与采集系统有关的因素:主要与观测系统的非规则、检波器组合的响应特征、震源的响应等特性有关。

(5)与噪声有关的因素:包括随机噪声和规则干扰,它们破坏了反射波同相轴

的振幅相对关系。此外,当地震波穿过薄互层时,地震波在各薄互层界面之间会产生多次反射的现象,即微屈多次反射和层间干扰。

(6)与资料处理有关的因素;包括动校正拉伸及处理方法、参数的选取不当引起的振幅和波形的复杂化,在处理过程中,可以进行适当参数调整或技术方法的完善降低或消除其影响。

1.3.2 地震波的频率

影响地震波频率的因素非常复杂,有些问题还尚待进一步研究。但其基本影响因素,可归纳为以下4个方面。

1) 大地滤波作用对频率的影响

大地滤波作用使地震脉冲的高频成分受到损失,而保留相对的低频成分,因此利用关于介质对高频成分有吸收作用的理论解释频率随深度的总体变化趋势是可行的。含气砂岩对高频成分有一定的衰减作用,但这不是影响频谱的主要因素,对频率的影响起主要作用的是反射系数。

2) 不同砂体结构的影响

砂泥岩组合对频率的影响比较复杂,还没有一种定量的解释。在薄层情况下,往往会观测到复合反射波波形的复杂变化。

3) 地震子波波形变化与频率的关系

当储层含油气后,地震波波形会发生变化,频率往往降低。但在使用低频特性进行油气检测时应特别慎重,尤其是“暗点”探区更要谨慎使用这一特性。

4) 处理因素的影响

静校正量的存在对地震波频率存在一定影响,特别是反褶积等提高分辨率处理在改变地震波绝对振幅的同时,对频率、频谱特征影响最大。此外,深度偏移等处理对地震信号也存在一定的频率影响。

1.3.3 地震波的相位

1) 不同激发接收条件的影响

随着地震勘探的不断深入,其难度在不断加大。针对滩海、城区等复杂地表条件的地震勘探活动日益增多。受不同地表条件的限制,在实际地震资料野外采集中,为了适应地表条件的变化,需要采用不同的震源激发或不同的检波器接收或者兼而有之。震源和检波器的不同,特别是震源的不同,使得同一区块所得到的地震记录的子波存在一定的差异,同一条测线可能出现不同的记录面貌;同一地层在不