

AAPG论文集 42
SEG地球物理学研究 9

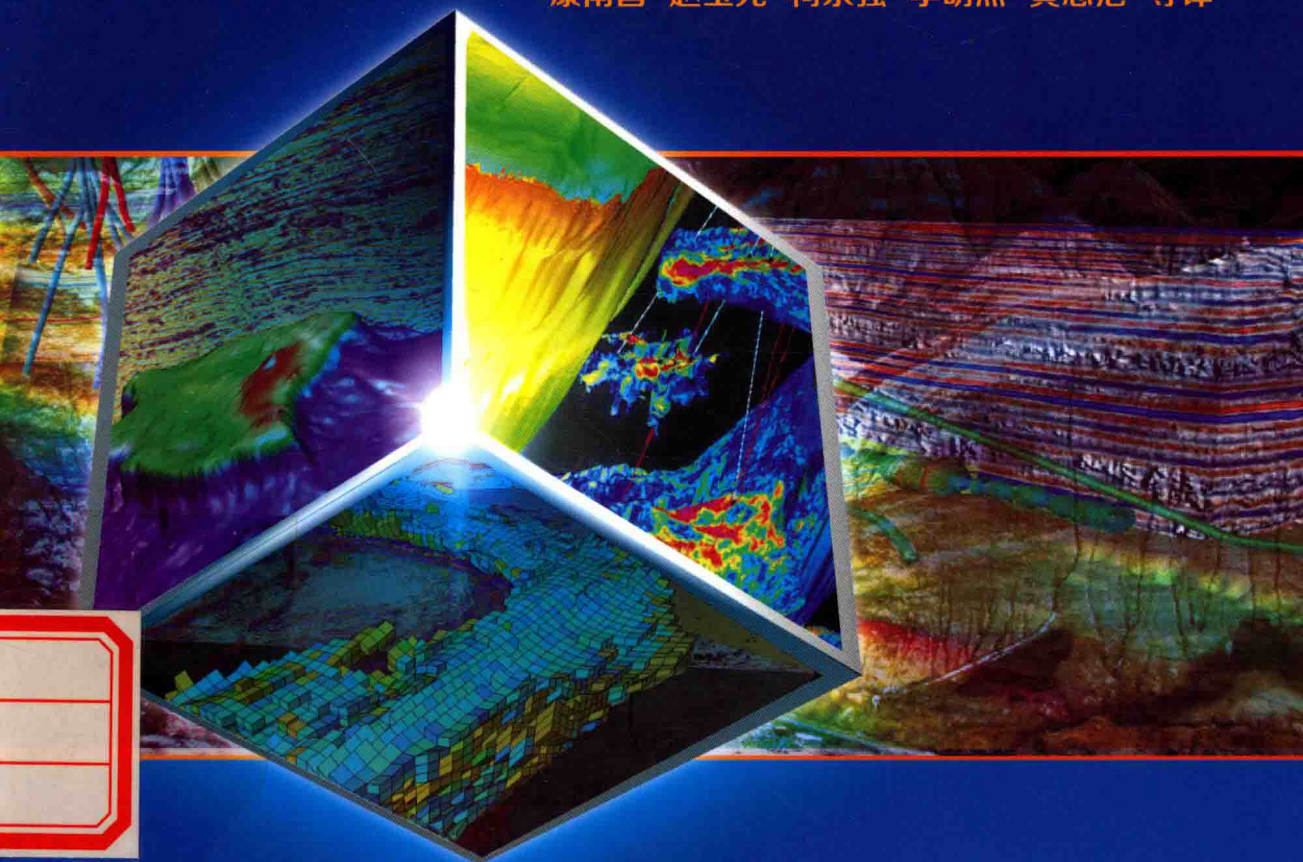
Interpretation of Three-Dimensional Seismic Data 三维地震数据解释

• 第7版

Seventh Edition

[美] Alistair R. Brown 著

康南昌 赵玉光 柯宗强 李明杰 黄忠范 等译



石油工业出版社

三维地震数据解释

(第7版)

[美] Alistair R. Brown 著

康南昌 赵玉光 柯宗强 李明杰 黄忠范 等译

石油工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了地震解释原理、地震构造解释、地层解释、油藏识别、储层评价、可视化和视觉整合等内容，还系统地介绍了各类地震属性，地震反演技术，深度转换和深度域成像，四维地震油藏监测及其应用，并附有 10 个勘探实例，包括二维、三维地震数据解释成果图件的对比，在成熟油气田提高油气采收率等。

本书适合从事地震地质综合解释方面的科研人员和油田相关勘探开发科技人员参考使用，也可作为高等院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

三维地震数据解释 / 布朗 (Alistair R. Brown) 著 ; 康南昌等译 .
北京 : 石油工业出版社, 2015.9

书名原文 : Interpretation of Three-Dimensional Seismic Data (Seventh Edition)
ISBN 978-7-5183-0845-3

I . 三…

II . ①布…②康…

III . 三维地震解释

IV . P631.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 198652 号

Translation from the English language edition: “Interpretation of Three-Dimensional Seismic Data, 7th Edition” by Alistair R. Brown, ISBN: 978-0-89181-374-3

Copyright©2011, 2004, 1999, 1996, 1991, 1988, 1986

The American Association of Petroleum Geologists and (2011 and 2004 and 1999 only) the Society of Exploration Geophysicists

All Rights Reserved

本书经 American Association of Petroleum Geologists 授权翻译出版，简体中文版权归石油工业出版社所有，侵权必究。

北京市版权局著作权合同登记号 : 01-2013-4212

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

编辑部 : (010) 64523736 图书营销中心 : (010) 64523633

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

2014 年 10 月第 1 版 2014 年 10 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本 : 1/16 印张 : 20.25

字数 : 505 千字

定价 : 200.00 元

(如出现印装质量问题, 我社图书营销中心负责调换)

版权所有, 翻印必究

译者的话

现代三维地震数据中拥有大量的地质信息，数据体的三维性使三维地震数据体与地质体的空间分布趋于一致，因此，解释人员可以在数据体中直接进行解释。地震解释的任务是在现代地质理论指导下，应用先进的解释技术，结合各类数据，最大限度地从地震数据中获取地质信息，服务于油气勘探、开发、生产，乃至油田（藏）的管理。

我国从 20 世纪 70 年代末开始探索三维地震勘探，至今在富油凹陷和富油气区带实现了全三维覆盖，三维地震资料解释技术不断发展和完善，推动了油气勘探的突破和发现。目前，解释人员的工作目标仍然是如何充分利用现有三维地震数据，依靠解释技术进步挖掘勘探开发潜力。为此，本书为解释人员提供了及时有益的参考。

本书自 1986 年初版以来，历经多次再版。每次再版都在前版的基础上增加当时应用的最新解释、分析技术、显示方法，更新应用实例，使之一直保持了作为三维地震数据解释主要参考教材的地位。本书是第 7 版，不仅介绍了地震解释原理、图形彩色显示及应用、地震构造解释、地层解释、油藏识别、油气藏评价、可视化和自动追踪等内容，还系统介绍了地震属性、地震反演技术、深度转换和深度成像、四维地震油藏监测及其应用，并增加了 10 个勘探实例，包括二维、三维解释成果图件的对比；在成熟油田提高油气采收率；发现新区带和死油区储量，使老油田产量下滑的趋势发生逆转；使濒临枯竭的老油田重新增加储量和产量，延长了油田的生产寿命，提高了油田的价值。四维地震及四维地震数据解释使地震成为油田（藏）管理的重要领域。全书展示了三维地震资料解释技术的进步，展现了地震资料分析技术从构造解释、地层解释扩展到油藏识别和油藏表征，从勘探、开发领域拓展到油田（藏）生产和管理领域的应用历程。

本书特别强调：“先进的地球物理工作站、最新的虚拟现实系统等为我们提供了强有力的工具，但必须牢记，它们只是工具，不是答案，任何东西都不可替代解释人员的地球物理和地质思维，地球物理数据的地质解释最终取决于解释人员的技能。”我们希望本书的中文译本能有助于加深解释人员对地震数据的理解和解释技术的提高，促进现有三维地震数据的充分利用，以期落实更多的油气储量。

本书的翻译由中国石油天然气集团公司东方地球物理勘探有限责任公司研究院组织，参加并完成翻译工作的有康南昌、赵玉光、柯宗强、李明杰、黄忠范、张延庆、贾文彦和王亚玲等。黄忠范和张延庆对全书做统一校译。最后，康南昌、赵玉光、李明杰和柯宗强审读了全书。

限于译者水平，书中难免有不妥之处，敬请读者指正。

译者

2014 年 10 月

序 (第7版)

1979年,即仅在商业三维地震勘探出现的4年之后,萌发了撰写《三维地震数据解释》一书的想法。当时谁能想到三维地震勘探会成为石油工业如此重要的领域?本书的第1版于1986年问世,到目前为止,已经再版六次,总销售量达到23000册,即每年销售1000册,或者每天3册。本书内容继续受到业内人士的重视,并仍然是这一领域的重要参考资料之一。

从地震数据中提取更多的地质信息依然是当前流行的主题。用合适方式正确理解数据和应用现代的工作站是实现上述目标的关键。笔者坚持强调三维地震勘探技术是重要的和有用的。到目前为止,仍然有如此多的解释人员应用这项技术是由于它们的存在,更确切地说是因为存在确定的或者假设的目的。地震资料中包含构造的连续性,地层和储层的变化性,地震子波和各种不同类型的噪声。地震资料解释就是将这些信息分离出来的周密思考过程。前两项是我们需要的地质信息,因此需要对后两项进行识别区分,并消除其影响。

本书更新了部分内容,增加了数个章节、图,以维持本书的价值。但是,新增章节主要涉及反演、可视化和谱分解领域的内容。Rebecca B.Latimer在第9章中对不同的反演方法进行了比较,并告诉地震资料解释人员应该在不同情况下选择合适的反演方法。David Roberts在第12章中介绍了现代方法可能达到的令人惊奇的洞察力。Greg Partyka帮助解释人员理解谱分解技术,并展示了如何从窄频带获得额外的解释能力。笔者对这些付出辛勤工作的作者以及对本书内容作出过重大贡献的其他人员表示真诚的感谢。同时,也感谢参与讨论的客户、课程参与者以及石油界的朋友们。他们都曾经帮助我加深了对相关内容的理解,现在再将它们继续传递给读者,这样,读者就可以从地震数据中获得更多的地质信息。

Alistair R. Brown

得克萨斯州,休斯敦

2010年10月

序 (第6版)

石油首先应存在于找油人的脑海中。

Wallace Pratt

这是所有地学工作者都很熟悉的引言，但是，它今天比以往任何时候都更加贴切。目前先进的地球物理工作站确实是伟大的工具，但是我们必须记住，它们毕竟只是工具。技术依然还是对地球物理数据的地质解释。我经常为自己和其他人仍然坚持这种观点而辩护，而且我深信应该这样做。我对世界上目前的普通地震资料解释标准感到失望。

太多的解释人员过度依赖工作站来发现问题的答案。我经常接触到部分解释人员，他们往往认错了层位，不能理解数据的相位和极性，由于不能准确使用颜色和应用了不合适的属性而歪曲了结果，不能识别出明显的的数据缺陷，或者仍然对机器自动追踪感到恐惧。在这些问题没有得到正确的解决之前，我们不可能从目前更先进的可用技术中得到任何益处。仍然需要更多的相当基础的知识教育。

正是以上原因，我已经经受住了将本书扩展到各种最新和更先进议题的诱惑。总之，本书所提供的内容已相当充足。所以，我能自由地确认反演、振幅随偏移距变化 (AVO)、地质统计学、可视化、转换波和横波解释中的遗漏或不完整的处理。

所以，在本版中的改动并不是很大。有数处内容更新和修正，增加了部分典型例子。那些仍然对数据的相位和极性问题感兴趣的读者，可以在附录 C 寻找帮助。附录 D 的总结是帮助当今解释人员在合理的时间内，从三维地震数据中获得更多地质信息的建议。这些建议和本书的很多内容都是以对所讨论问题的补充为目的的。请结合先进的工作站技术考虑基本的解释问题。真正实现地质学、地球物理学和计算机科学之间的平衡。

Alistair R. Brown

得克萨斯州，达拉斯

2003年4月

序 (第5版)

现在距我撰写第4版序言的时间还不到3年。这样快速的变化说明三维地震勘探技术的普及和本书依然畅销。我希望本书在更长的时间内仍然维持它作为三维地震数据解释人员的重要参考资料的地位。为了能使更多的读者接触到本书,这次再版将国际勘探地球物理学家协会(SEG)作为合作出版者。

本版增加了3章新的内容,其中深度转换和深度域成像的篇幅最长。深度转换是与时间有关的议题,长期以来本书没有对它给予足够重视,我非常感谢Agarwal和Denham帮助,使我弥补了这一空缺。深度域成像是一个新颖和重要的议题,所以,Abriel和他在雪佛龙公司的同事们是本书这部分重要新增内容的重要贡献者。三维地震资料在区域和普查勘探中的应用,表明了三维地震数据的广泛应用如何已成为现实。巨大的工区和数个正常规模工区联结在一起,可以为大区域提供新的视角。四维地震油藏监测是在同一油田区,进行多次三维勘测,以监测生产所引起油藏变化的学科。这一章展示了多个油田的一些有价值的成果。

在第5章,我又增加了油气藏反射的多个例子。如果我们应用最新的数据,就存在从这些正常的地震数据中直接识别出油气的可能性,我们采用最佳显示方式,并认为这是正确的。与AVO技术同等重要,叠加和偏移后的地震振幅仍然充满了油气和油气藏的信息。我对源于频率的属性的理解最近已有发展,这一议题为第8章提供了新增加的重要内容。

零相位的重要性一直是本书所关注的内容,今天,这一重要内容已得到广泛的赏识。当我们得到的是接近于零相位的数据时,一样困难的是,留给我们两种极性的选择。没有确切的零相位极性的处理标准。因此,单纯的词“正常的”没有通用的意义。然而,存在有特色的区域偏爱,它构成了局部标准。所以,我推荐采用美洲正常极性和欧洲正常极性,它们在相应地区的应用很普遍,但它们相互是相反的。美洲正常极性,毫无疑问在北美地区广泛采用,正振幅(波峰,或常用蓝色表示)表示声波阻抗的增大,负振幅(波谷,或常用红色表示)表示阻抗值减小。欧洲正常极性无疑在欧洲被普遍采用,正振幅(蓝色)表示阻抗值的减小,而负振幅(红色)表示阻抗值增大。无论是美洲还是欧洲的,极性使用方面也不是完全相同的。澳大利亚遵循欧洲的极性规定,可能是全世界最一致的地区。

让数据说话。听取数据对你的倾诉并尽量相信它们。很多解释人员过度地将地质模型强加于他们的数据中,这成为正确理解数据的障碍。地震响应(子波、相位、极性、带宽等)是连接地震数据和地质的纽带。假如我们要在地震数据中了解地质信息,那么理解这种响应是必不可少的。当信息提取能力提高时,我们都需要牢记住这一观点。

数据体可视化方面的新内容在本书中没有完全覆盖。我们进入这项内容的第一阶段已有数年了,各种体显示也早已出现在本书中。然而,最新的虚拟现实已经到来,浸入式可视化系统(immersive visualization system)允许我们“直接体验数据”。利用主动或者被动的立体眼镜、三维魔杖、触觉手套和声波传播的工具,地震资料解释人员已开始实现看到梦幻

穹隆、幻觉、虚拟工作台和虚拟现实，这为工作在数据领域的团队成员提供了协同工作的新天地。然而，在该系统完全可用之前尚有一定的时间，在以后的版本中将会做补充。它们和其他计算机领域的发展都令人振奋，但必须牢记，它们仅仅是工具，本身不是问题的答案。有说服力的地球物理和地质思维是任何其他东西都不可替代的。

Alistair R. Brown

得克萨斯州，达拉斯

1999年3月

序 (第4版)

在被证实是其他现象之前，将各种响应推断为是由地质体引起的。

Milo Backus

这是在首次商业三维勘探 20 周年纪念日不久写下的。当时很少人能想象到这项技术会成为如此重要和广泛应用的技术。三维工区现在覆盖了全部的成熟油气区，工区边界正在靠近、重叠或者相互重叠。特殊三维勘探成为普遍现象，这为更多的解释人员提供了更多的可用数据。许多特殊三维工区非常大，墨西哥湾的一个大型工区覆盖了 700 个区块，或者面积大于 16000km²。为了用地震数据监测油气生产(即四维地震)，在同一投产油田正进行多次重复勘测。

目前，已公开发表了许多由于三维地震数据而获得勘探和开发成功的实例。三维地震勘探降低了发现新油气藏的费用和风险，提高成功率。据壳牌公司报道，北美洲以外区域的钻探成功率从 1990 年的 33% 提高到 1993 年基本以三维地震数据为基础的 45%。他们的三维地震勘探费用占地震勘探总费用的 90%。埃克森公司认为，三维地震是保证油气田勘探和开发效率、经济效益的最重要的单一技术。埃克森公司报道，他们在墨西哥湾的钻探成功率在 1987—1992 年间从基于二维地震数据的 43%，提高到基于三维地震数据的 70%。同一时期，壳牌公司的钻探成功率从 47%（基于二维地震数据），提高到 70%（基于三维地震数据）。据美孚公司报道，他们在美国得克萨斯州南部下威尔科克斯构造带的钻探成功率从 70%（基于二维地震数据）上升到 84%（基于三维地震数据）。阿莫科公司的总结称“平均各个开发三维工区检测出 6 个以前未知的、高质量的钻井井位”，并增加 980 万美元的生产价值。巴西国家石油公司称，巴西海上的坎普斯盆地的钻探成功率已从 30%（基于二维地震数据）提高到超过 60%（基于三维地震数据）。

伴随难度越来越大的勘探开发问题和对三维勘探的巨大热情，当今的主要问题是应用合适的技术。仍然有大量数据未得到充分的利用。解释工程师如果试图充分利用这些数据，那么在解释中就不要强行应用于过于粗糙的地质模型。让我们追求对地震特征的完整了解；让数据对我们说话。“在被证实是其他现象之前，将各种响应推断为是由地质体引起的。”

另一方面，地震数据也有缺陷，而解释人员可以得益于对地球物理原理的理解和数据加载到解释工作站之前已经处理过的优势。过度热衷于降低采集费用会导致数据严重的不规则，而只有部分数据满足处理的要求。好的信噪比是任何东西都不能替代的。我们不可能“期望从猪耳朵中掏出金丝绒钱包”，三维勘探肯定不是通用的灵药。今天利用三维地震数据开展储层评价已成为常规，但是受到数据品质的限制。据了解，有些项目由于数据品质达不到要求而使最终结果令人失望。我们的期望应现实一些。

自从本书第3版以来，三维地震数据解释技术唯一的最大发展是地震属性的产生、显示和使用。本书中专门有一章进行介绍。另外，本书中还新增了许多新的数据例子和过程图示，试图将最新三维地震数据解释技术的每个方面呈现给大家。

Alistair R. Brown

得克萨斯州，休斯敦

1996年4月

序 (第3版)

三维地震勘探方法现在已经成熟。很少人对此持怀疑态度,越来越多的地球物理学家、地质学家和油藏工程人员应用三维地震勘探技术。三维地震勘探目前正用于勘探、开发和油气田生产中。至今几乎没有未接触到这项技术的角落。大体上说,墨西哥湾和北海地区远超过50%的地震工作是三维地震。荷兰陆上面积的三分之一已被三维地震数据覆盖。实施三维勘探是获得某些开采权的一个条件。部分公司(或者分公司)已经完全放弃了二维地震数据的采集工作。

这次再版的新序言专门介绍三维地震和相关的交互工作站。现在,交互工作站的数量几乎与三维工区数相当,确实也应该有这么多的数量。但两者都处在未充分利用的状态。现代三维地震数据中包含大量的地质信息,而提取这些信息的能力依赖于以计算机为基础的工作站。目前太多的从业者还在使用传统的二维地震方法进行三维地震数据解释,传统的方法是他们对长期的二维地震数据解释经历中积累起来的。这是一个自然过程,但也会导致工作低效、耗时和会出现错误的导向。三维地震数据解释人员需要了解和使用他们可用的技术,这样才能完成三维地震数据投资的目标。油公司的管理层需要为地学工作人员提供适当的鼓励。下一阶段的技术发展必须要推动充分利用目前所有的设备和技术。

用好三维地震数据的另一个障碍是混乱的术语。我们发现过多的术语实际上是指同一产品。例如,水平切片或者时间切片也被叫作水平切片剖面、等时线(切片或剖面)、水平时间切片、时间切片图或者时间割线。现在,在三维地震数据处理或者显示行业中的每个工作人员都能够制作时间切片。三维地震数据解释人员需要有规律地使用时间切片,因为这是进行完整解释所必需的。奇特的名字只能导致没有经验的三维地震数据解释人员远离正确结果,并得出令自己感到困惑的见解,而不是包含地质信息的剖面。我相信,大量混乱术语的产生是因为没有很好地区别处理过程(process)和处理的产品。我们用振幅提取的处理制作沿层切片这一产品;我们在道的方向构建剖面以制作联络剖面;我们重新构建一个通过数据体的割线来制作任意剖面。交互解释系统卖主产生的这些大多数能力是为了应用,他们更关心的是过程。解释人员更关心这些产品的使用。本书试图通过应用更为大多数解释人员接受的术语,以解决术语混乱的问题。

本书中能看到,许多新公司(油公司、服务公司、交互工作站卖主)提供的实例数据大量增长。来自欧洲探区例子的作用比先前版本更加重要,本书中有5个新的实例来自欧洲。

Alistair R. Brown

得克萨斯州, 达拉斯

1991年9月

序 (第2版)

从本书第1版出版以来，三维地震勘探技术继续向前发展，越来越被广泛接受，技术也越来越成熟。这大多是近期勘探萧条所激发起的强调油田开发和生产的结果。

目前，存在大量针对短期三维地震数据解释课程的需求，为此，本书作为专门服务于三维地震数据解释的书籍，已经为支持这一需求而更新了内容。文字和图件增加了约30%，包括更多的油气藏实例。同时，通过拓宽有影响力的公司、显示类型、交互解释系统和彩色运用，以期用三维地震数据说明地下的问题，本书的目标已经同时扩展到本书的应用和书的感染力。重点依然放在振幅、相位、交互方法和颜色等方面的综合利益上。

Alistair R. Brown

得克萨斯州，达拉斯

1988年6月

序 (第1版)

整体多于局部之和。

Aristotle

三维地震资料已经形成了一套独特的解释方法。本书主要关注但并不局限于这些方法，内容主要包括两个方面：

- (1) 如何以最佳的方式使用三维地震数据；
- (2) 如何从现今的地震资料中提取更多的地下信息。

本书假设读者对地震资料解释有一个基本的概念，这也是建立在地质和地球物理学原理的基础上的。本书的大多数读者是要求扩展自己的学识，刚接触三维地震数据，或者将他们的注意力集中在细化地下细节和油藏特性等方面的地震解释人员。

颜色的使用正在成为地震资料解释中极其重要的组成部分，在本书中用颜色图表的比例来强调。

Alistair R. Brown

得克萨斯州，达拉斯

1986年1月

致谢（第7版）

初版以后历经多次再版至今，本书在这一领域的应用已逾 22 年，我必须牢记为确保本书畅销作出贡献的人员。特别感谢 Bill Abriel、Rebecca Latimer、Davide Roberts、Greg Partyka、Malcolm Lansley、Les Denham 和 Dave Agarwal，他们是本书相关章节的撰写人。很多同事慷慨地为本书提供了大量数据和实例，并共同探讨解释的相关问题。由于人员众多，不能一一提及他们的名字，在此一并向他们表示衷心的感谢。从第 5 版开始，美国石油地质学家协会（AAPG）和 SEG 联合出版本书。Anne Thomas 参加了所有版本的编辑，本书的高质量出版离不开她精湛的编辑技巧。

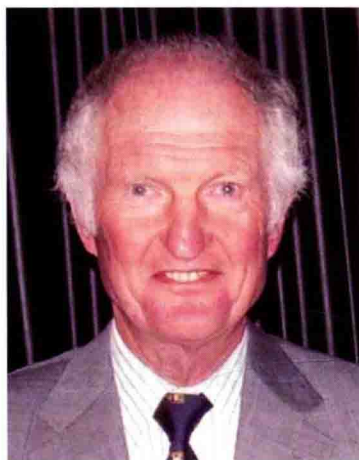
向随后各版的编辑们致谢

我衷心感谢曾经帮助过我的所有朋友，尤其是为本书撰写了部分内容的作者。同时，许多朋友为本书提供了不同数量的图件，并为所提供的图件提供担保。由于有些内容涉及多家公司的联合勘探，所以他们尽了很大的努力。我的短期培训班的学生们提出了重要的建议，并进行了深入的讨论，促使我加深了书的内容并增加了一些新的说明性图表。我再次向他们表示衷心的感谢。

向初版编辑致谢

我真正体会到组织和撰写本书的胆怯、挑战和成功的回报。当然，如果没有这么多朋友和同事的帮助，我根本无法完成本书的撰写。首先，我感谢地球物理服务公司（GSI），特别是 Bob Graebner 对项目的赞助。休斯敦大学的 Bob Sheriff 教授是我的良师益友，是他帮助我发现有传承价值的内容。Bob McBeach 长期帮助我，并向我提供技术支持，还审读了书稿。我还受惠于多家公司，它们为出版提供数据；这些公司的许多雇员也为本书提供了数据，并与我一起讨论解释的问题。雪佛龙美国公司（新奥尔良）的 Roger Wright 和 Bill Abriel，是他们中的杰出代表。我在 GSI 的同事 Mike Curtis、Keith Burkart、Tony Gerhardtstein、Chuck Brede、Bob Howard 和 Jennifer Young 也给予我极大的帮助。最后，感谢我的妻子 Mary，她在陈旧的文字处理器上打字和编辑时总是保持着明智的判断。

作者简介



Alistair R. Brown 出生于英国北部的卡莱尔，并在那里长大，祖籍是苏格兰。他于 1963 年毕业于牛津大学物理专业，同时也在牛津大学王后学院学习。后来，在澳大利亚堪培拉市的澳大利亚国立大学获得必需的地质学知识。他与另一位毕业于牛津大学的 Mary 于 1963 年结婚，育有 3 个孩子。现在，他们已有 5 个孙子。

Alistair 的地球物理职业生涯是从澳大利亚开始的。他在澳大利亚矿产资源局工作了 7 年，期间获得了地震数据采集、处理和解释的经验。Alistair 全家于 1972 年返回英国，并受雇于 GSI。他很快成为实验地震解释的专家，并于 1975 年被邀请解释第一块商业三维地震勘探数据。较早地实验三维地震数据解释和显示很快将他带入美国达拉斯 GSI 的总部。他的全家于 1978 年移居达拉斯。

20 世纪 80 年代，三维工区越来越多，Alistair 继续寻求解释三维地震数据的最好途径。80 年代早期交互工作站开始出现。80 年代后期，他开始使用早期的交互工作站。在 70 年代后期和 80 年代早期发表了几篇三维地震数据解释方面的论文后，Alistair 开始为油公司的个人教授地震数据解释方面的内容。1987 年，Alistair 创立私人公司。

他现在是三维地震数据解释、有效使用交互工作站和理解地震振幅意义等专业领域从事咨询工作的油藏地球物理学家。他的课程和咨询受到世界各地地震数据解释人员的欢迎，他致力于帮助解释人员从地震数据中获得更多的信息。

Alistair 是 SEG、AAPG 和欧洲地学家与工程师协会 (EAGE) 的会员。他于 1975 年获得 SEG 最优秀报告奖；得克萨斯仪器公司于 1981 年聘任他为技术部高级成员；在 1988 年他已成为 SEG 和 AAPG 继续教育的讲师。他是 1988 年度 AAPG 杰出讲师，1991 年度 SEG 杰出讲师，1994 年度澳大利亚石油勘探学会的杰出讲师，并成为首位 1999—2000 年度联合 AAPG/SEG 杰出讲师。同时，他曾经在 1986—1988 年担任《The Leading Edge》编辑部的主席，于 1998 年被授予 SEG 的特别表扬奖。Alistair 是休斯敦地球物理学家协会和达拉斯地球物理学家协会的荣誉会员。2006 年 10 月，他被授予 SEG 的荣誉会员。他于 2009 年 6 月被授予 AAPG 杰出服务奖。

绪言	1
第 1 章 概述	5
第 2 章 颜色、特性和零相位	21
第 3 章 构造解释	36
第 4 章 地层解释	54
第 5 章 油藏识别	73
第 6 章 储层的调谐现象	94
第 7 章 储层评价	103
第 8 章 层位和地层属性、谱分解	117
第 9 章 反演和阻抗数据的解释	145
第 10 章 深度转换和深度域成像	177
第 11 章 基于三维地震资料的区域和普查勘探	201
第 12 章 可视化和视觉整合	208
第 13 章 四维地震油藏监测	222
第 14 章 三维地震勘探实例	229
附录 A 最佳三维地震勘探设计、数据采集和处理的注意事项	295
附录 B 解释练习	302
附录 C 相位和极性估计的说明	306
附录 D 对目前解释人员建议的总结	308

绪言

三维地震的商业影响^①

过去的十年中，油气工业见证了地球物理学在勘探和开发作业中有效性的量的跳跃。油气工业以前从来没有见证过像三维地震这样明显的技术进步，或者像三维地震这样不可阻挡的商业化影响。经过了近 30 年的改进和发展，在 20 世纪 90 年代见到了技术流派的结合，它们已经动摇了油气工业的经济基础，并已刺激了世界经济的增长和加速发展。目前的原油价格处在 50 年以来的最低点，这主要是由于过量的供应造成的，即应用三维地震数据发现了更多的原油。

根据在 20 世纪末的最新预测，我们只能寄希望于奇迹的出现。有许多因素可以促成这些成果的实现，但在主要贡献者的账本上，肯定包括对采集设计中散射噪声理解的提高，能记录数千道地震信号的常规地震仪，研发高带宽、高密度的存储器，大型并行快速计算能力的低成本计算机，发展高速网络，发展深度域成像算法，岩石物理和直接油气检测方法领域的进步，地震解释工作站与地质、油藏工程方法的完善和一体化。

任何新技术对工业的影响主要依赖两个重要因素，即原有技术（引入新技术之前正在应用的技术）的有效性和新技术本身的有效性。这两者之间的能力差距越大，新技术的冲击力就越强。

在我的职业生涯中，20 世纪 70 年代和 80 年代已经应用二维地震方法，我能够证实的事实是，在应用这些方法时，它们似乎是高度可行的。确实，采用数字记录取代模拟记录带来了多次覆盖，使地质体二维横剖面的成像有了显著的改善。地震剖面品质的提高能帮助我们放弃原有的对地下地质情况的认识，甚至帮助石油工业界正确地重新采用历代石油人使用的历史悠久的口号“容易发现的石油早已被发现”。同样，合成地震记录的发展，波动方程二维时间域偏移、保真振幅处理、二维地震模拟等技术的发展，都对油气发现与生产都产生了重要的影响。

但是，上述的任何一项都不如三维地震对油气工业发展所起的作用更直接。在过去的数年间，我有幸在公司内进入特定的位置并能亲自看到三维地震勘探对油气勘探和生产作业产生重要作用。毫无疑问，有些公司在三维勘探活动方面走在阿莫科（Amoco）公司的前面，也有许多公司落在阿莫科公司的后面，所以，我愿意将阿莫科公司的三维地震经历看作石油工业整体经历的一个缩影。无论它是否会引起争议，但是，只要它接近于真实，则这项技术对石油工业乃至对世界经济都会产生意义深远的影响。

^① 本部分作者为 William K. Aylor（阿莫科公司，已退休）。