

APPLIED  
SUBSURFACE GEOLOGICAL MAPPING  
WITH STRUCTURAL METHODS

# 实用构造法 地下地质制图

第二版

〔美〕 DANIEL J. TEARPOCK  
RICHARD E. BISCHKE

蔡希源 焦方正 戴少武 郭齐军 等译



中國石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

# 实用构造法 地下地质制图

(第二版)

[美] Daniel J. Tearpock Richard E. Bischke

蔡希源 焦方正 戴少武 郭齐军 等译

中国石化出版社

## 内 容 提 要

本书包含了地下地质制图的方法,包括精确的地下地质解释和各种地下地质图件的基本原理和绘制原则、方法、步骤,特别适合地质、地球物理及石油工程等专业的科技人员以及石油院校相关专业的师生学习参考使用。

著作权合同登记 图字:01-2005-2869

Authorized translation from the English language edition, entitled APPLIED SUBSURFACE GEOLOGICAL MAPPING WITH STRUCTURAL METHODS, 2nd Edition, 0130919489 by TEARPOCK, DANIEL J.; BISCHKE, RICHARD E., published by Pearson Education, Inc, publishing as Prentice Hall PTR, Copyright © 2003.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc. CHINESE SIMPLIFIED language edition published by CHINA PETROCHEMICAL PRESS, Copyright © 2006.

中文版权(2006)归中国石化出版社所有。未经允许,不得翻印。

### 图书在版编目(CIP)数据

实用构造法地下地质制图:第2版/(美)蒂尔波克(Tearpock, D. J.), (美)比斯克(Bischke, R. E.) 编著;蔡希源等译.

—北京:中国石化出版社,2007

书名原文:Applied Subsurface Geological Mapping With Structural Methods

ISBN 978-7-80229-452-3

I. 实… II. ①蒂… ②比… ③蔡… III. 地质图—地图制图学 IV. P285.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 166192 号

### 中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京密云红光制版公司排版

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

\*

787×1092 毫米 16 开本 37.25 印张 48 插页 995 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

定价 258.00 元

# 《实用构造法地下地质制图》(第二版) 翻译委员会

主任：蔡希源

副主任：焦方正 戴少武

委员（按姓氏笔画）：

王树华 王德喜 卢广钦 叶德燎 许靖华

刘云生 李 莉 李江涛 吴聿元 张士万

陈钦保 陈丽丽 邹家建 胡庆喜 胡艳梅

胡望水 郑有恒 赵洪才 郭齐军 钱 华

袁于珊 钱桂华 韩晓东 焦里力 黎发文

## 译者的话

地质制图是石油地质学家和工程师最基础和最重要的工作之一。因为各种地质图件是他们认识各种地下地质构造,分析和了解油气生成、运移、保存条件和科学估算地下油气资源和储量的最基础、最直观的手段,同时也是他们确定油气勘探开发方案最主要的依据之一。

然而,有关地质制图技术的基础性研究和出版物的不足限制了该领域的进一步发展。为此,我们翻译了 Daniel J. Tearpock 和 Richard E. Bischke 所著的《实用构造法地下地质制图》(第二版)一书,以期对中国的石油地质工作者有所帮助。

本书共分为 14 章,涉及地下地质制图的方方面面。第一章简要介绍了精确的地下解释和制图的基本原理以及地下平面图和剖面图的种类。第二章着重介绍等值线绘制的原则,手工绘制等值线的方法,以及基于计算机的等值线绘制的概念及应用。第三章介绍定向井的设计、方向测量和计算、定向井制图。第四章在简要介绍电测井曲线对比步骤及指南的基础上,重点介绍垂直井、水平井和定向井电测井曲线的对比方法,同时介绍了基于计算机的测井曲线对比方法,特别提到了不整合面和断层在测井曲线上的识别。第五章为地下地质制图中地球物理资料的综合,在回顾地震解释的基本原理和地震数据与录井数据的综合应用,以及地球物理制图原理的基础上,介绍正确的制图程序、技术和方法,主要集中于反射地震数据的使用,这不仅有助于地下地质的可视化,而且能为绘制精确图件提取有用数据。第六章主要介绍各种横剖面图的制作方法。第七章介绍了编制断层面图所必需的正确的地下解释和填图技术,认为断层本身对于构造发育和烃类运移、捕集非常重要,特别是在断裂区,合理的构造解释是从准确的断层解释开始的。第八章介绍了断层与构造解释和填图一体化技术。由于断层构造在油气中起着非常重要的作用,本章用相当大的篇幅讲解精准的地下制图技术,该技术可将各个断层面图的解释结合进构造解释中,从而绘制出完备的构造图。在大多数断层地区,一个合理的构造解释都是从一张准确的断层图开始的,而该断层图是由利用测井和地震剖面中的断层数据作出的断层解释而绘制的,然后将这些断层面图结合于构造解释之中。第九章主要涉及三维地震资料解释,讨论了通过计划和组织好自己的工作而提高效率的途径,从而使重要的资料不至于漏失并且能明确地确定重点事项;还说明了如何使用工作流程提供的快捷、准确而协调一致的方法在工作站上进行解释和资料作图。工作站技术能提供前所未有的地球物理、地质和油藏工程资料综合能力,因而使得远景构造的产生、钻井设计、油田开发和储层体积的测定更快速和有效。第十章和第十一章分别介绍了挤压构造和拉伸构造的平衡剖面的绘制方法和解释,同时介绍了所形成的各种复杂构造的特征及其识别方法。第十二章介绍了走滑断层及其共生构造的主要特征及识别标志。走向滑动变形是一个真正的四维问题,解决这一问题需要弄清主要的走向位移是如何随时间发生的,在本章中重点讨论了四维走滑问题并提出了解决与走滑变形相关的复杂性问题的方法,从而提供了能够改

善油气资源勘探与开发效果的解释方法。第十三章专门介绍了生长构造,讨论了应用生长分析识别构造样式的技术,并提供了拉伸、挤压、走滑和盐构造四种主要构造型式的生长构造实例。第十四章介绍等层厚图和等厚图的绘制方法,并介绍如何利用等层厚图估算油气藏的体积。

本译著是《实用构造法地下地质制图》(第二版)翻译组全体工作人员集体劳动成果的结晶。各章翻译人员是:前言由郭齐军、赵洪才、胡艳梅翻译,第一章、第二章由陈钦保、韩晓东翻译,第三章由钱华、陈丽丽、袁于珊翻译,第四章由李大荣、唐红、刘世平翻译,第五章由尹娟、马忠良、时良敏翻译,第六章、第七章由钱华、陈丽丽、袁于珊、韩晓东翻译,第八章由黎发文、张康寿、饶轶群翻译,第九章由李大荣、刘强、邹家建翻译,第十章由唐红、吕娟、陈晓明、胡望水翻译,第十一章由赵洪才、李莉、黎发文翻译,第十二章由刘世平、耿福兰、唐红翻译,第十三章由李莉、王晓蕾、王德喜翻译,第十四章由赵洪才、郭齐军、胡艳梅翻译。

焦方正对第一章到第七章进行了校正和审核,戴少武对第八章到第十四章进行了校正和审核,叶德燎、韩晓东和胡艳梅对全书进行了校正、统稿和编译,蔡希源、郭齐军对全书进行了校正和审定。

参加翻译的人员还有:胡允栋、吴聿元、李江涛、赵署白、王树华、王国鹏、卢广钦、郑舰、焦里力、徐龙云、张玲、熊智勇、庄丽、洛增强;参加校对的人员:陈钦保、赵洪才、黎发文、李莉、钱华;插图由郑建清、陈丽丽、袁于珊完成。

本书的目的是帮助勘探家和石油工业管理层,决定在哪些盆地或盆地的哪些部分进行投资能够获得最大的利润回报,或编制什么样的开发方案能够最大限度地采出地下隐藏的石油资源。随着油田的开发和枯竭阶段的到来,地下构造图的重要性和可靠性就逐渐增加。许多管理决策都是依据呈现在地下构造图上的解释作出的。这些决策涉及购买租地、许可证、钻井、油井维修和二次完井等方面的投资。地质工作者必须运用最好、最准确的方法以每当量桶最低的费用来进行油气勘探与开发。该书是勘探家、油气储量技术和管理人员必备的工具书之一。

译者希望该书中文版的出版能够受到大家的普遍欢迎,成为具有实用价值的必备工具书,在未来的许多年中都能对勘探家、油气储量计算和管理人员有所帮助,推动油气勘探开发工作不断向前发展。

对于在该书出版过程中给予帮助的各级领导、专家和参与工作的全体人员,及本书的作者 Daniel J. Tearpock 和 Richard E. Bischke 先生表示衷心的感谢!

译者

# 序

## 第一版序

石油地质学家对产油国的经济安全是至关重要的。地质学家在未来有效地勘探和寻找油气的能力将对产油国产生深远的影响。因此，在未来的数年内将对训练有素、受过良好教育的石油地质学家出现巨大的需求。

《实用构造法地下地质制图》一书完整、全面地阐明了地下石油地质制图方法。它通过文字解释以及图表说明了成功寻找和开发油气藏所必需的原理。它涉及了地质制图的众多领域，其文字和图件明了易懂。本材料不仅为石油地质专业学生而设计，而且也适用于那些有经验但还需要加强自身工作方法的地质学家。

本书的作者们对于撰写一本有关实用地下地质制图的内容的著作是非常胜任的。Dan Tearpock 具备丰富的实际石油地质和工程经验，他作为一位开发地质学家和顾问一直为几个公司工作。此外他组织了许多培训课程，并为众多地质学家、地球物理学家和工程师讲授了地下制图法。作者之一的 Richard E. Bischke 博士获哥伦比亚大学地质学博士学位。他作为首席地球物理学家为国际勘探公司服务超过 12 年。最近他又成为普林斯顿大学的研究职员。集他们的专业知识和经验而成的此书将很快成为地下制图的“圣经”。

Frank W. Harrison, Jr

咨询地质学家

AAPG 前主席 (1981 ~ 1982)

## 第二版序

地质学家们的日常工作仅仅包括几种真正重要的活动，其中之一便是制图。我们将1815年出版威廉·史密斯的《英国地质图》作为现代地质学诞生的标志。该书中的图是源自识别和定位地下最佳煤层的经济动机而成的科学成果。《实用构造法地下地质制图》(第二版)的出版将使这种科学与经济的结合一直延续过世纪之交。

当今的地质制图内容远远超越了制图的空间精确性的初始目标，现在它涉及许多种技术，当综合应用这些技术时便可以深入了解预测的相互关系与地质历史。针对这种综合应用的目标，两位作者扩展了对地质背景的处理，并包括了新的有关挤压、走滑、拉张环境以及生长构造方面的章节。他们还加上了一章关于三维地震解释的内容，并扩充了有关计算方法的内容，包括用于等值线绘制、地层对比、横剖面建立和断层封闭性分析等方面的计算手段。

多年来，这种不断增加的复杂性已导致对这一综合方法的价值评价的上升。因而，Tearpock和Bischke集他们自身广博的教学、咨询和综合研究等知识所完成的这本书，具有非比寻常的实际应用价值，其内容极其广泛。各种知识的结合已形成一种分析严谨的工作和对各种图解应用的选择，这将有助于那些新手甚至经验丰富者成为更好的综合性人才。

我们的职业生涯以能获得Dan Tearpock和Richard Bischke的专业技术知识而感幸运，因为两位作者热心于他们的学科研究并与他人分享知识。

Richard S. Bishop 博士  
AAPG 前主席 (1998 ~ 1999)



# 前 言

地质教科书包括了各方面的地质学内容，然而自从出版了 Margaret S. Bishop 的经典教科书(1960 年)和这本教科书的第一版以来，就未曾出版过有关地下地质制图和构造方法这一主题的完整和详尽的著作。

地下地质图是勘探、开发油气资源最重要、应用最广泛的工具。地质学家、地球物理学家和工程师们必须掌握地下制图许多方面的知识，并能够制作精确的地下地质图。但是在所有与石油相关的学科中地下制图可能是讲授最少的学科。许多学院和大学并不开设地下地质制图课，在过去的十年里，许多公司主持的培训项目已缩减或取消该课程。

随着我们进入到新千年，我们必须更明白我们的局限性。这其中涉及对我们所使用的方法的质疑，以及对我们的解释技术更多的思考。我们必须考虑我们所拥有的、用以支持我们的解释工作，并获得高质量结果的工具。不精确的措施、不合理的捷径、有限的作图和构造方法会产生不良的结果。在过去的十年里，石油工业经历了翻天覆地的变化，新技术的涌现需要新的技能。

在当今的石油勘探与开发活动中，一个地质学家在工作站或计算机前花大量时间从事对比、解释与制图工作，其最终目的是得出能发现有经济价值的远景构造的可行解释。计算机为勘探与开发的几乎每个方面提供了高速和有效的服务。然而这种计算机应用如今产生了一些问题。今天我们所经常见到的是计算机而不是解释人员在解释工作和作图，而且对其成果的接受具有盲目性。十分常见的是这种操作得出的等值线图违背了地质原理，所得出的解释在三维空间中是很难成立的，而且所得出的勘探远景构造的地下地质和几何形态是完全不可能存在的。

我们不能接受由计算机自主作出的解释，也不能盲目地接受其所作的图件 (Tearpock 和 Brenneke 2001a, 2001b)。在接受过良好的地质学基础知识和基本原理教育并具备野外工作经验的地质学家手里，工作站和个人计算机是强大的工具。本教科书包含许多获得可靠的地质解释和勘探远景构造所需的技术和方法。它能帮你成为更加高效、更加成功的地质学家或工程师。

据估计，30%或更高的新增储量将会在成熟开发地区被发现。这些储量将来自正在开发的老油气田。这种未来的潜在资源将会在下列地层中被发现：探明的正在开发的储层，未开发已探明储量的油藏，各种类型的储集层(“阁楼”

式、加密式和未测试过的断块), 油田内和其周边的初探井, 以及本地区内比当前钻井能达到的更深的地层剖面中。

本书所介绍的技术, 从正确的井资料制图到构造平衡方面, 很适用于勘探和开发活动, 而在开展一个成熟地区的开发或再开发的详细地质科学研究项目中尤其有用。

我们在扩充后的第二版中增加了如下内容: 过去十年中开发的新方法或新技术, 计算机测井曲线对比相关知识和应用, 横剖面绘制以及三维地震资料解释。我们组织了大量现有文献中的信息和从未发表过的材料。该版是建立在我们在石油勘探和开发方面所取得的新进展和经验的基础上的, 也是建立在我们在世界范围内能源业界中具备大学水平的地质学家、地球物理学家和工程师们讲授地下勘探、开发制图和构造地质课程中所积累的广泛的经验基础上的。

我们的书中介绍了多种地下制图和构造技术, 它们适用于四个主要的、与石油相关的大地构造环境: 拉张、挤压、走滑和刺穿。本书中通篇介绍的详细技术旨在扩大你在地质解释方面的知识并提高你的技术水平。所介绍的原理知识和技术加上对未知探求的渴望会确保你的成功。

本教科书是专为那些从事地下地质解释和制作插图的地质学家、地球物理学家和工程师所设计的。本书对那些管理人员、经理、技术人员和投资者以及其他需要使用、制作和评价地下地质解释资料和图件的人员来说也是有益的。

祝大家好运, 前程万里!

Daniel J. Tearpock  
Richard E. Bischke

# 目 录

第一章 地下制图导论 .....	( 1 )
第一节 概述 .....	( 1 )
第二节 精确地下解释和制图的基本原理 .....	( 2 )
第三节 地下图件与横剖面的类型 .....	( 5 )
第二章 等值线及等值线绘制技术 .....	( 7 )
第一节 引言 .....	( 7 )
第二节 三维透视图 .....	( 8 )
第三节 等值线的绘制原则 .....	( 10 )
第四节 手工绘制等值线的方法 .....	( 13 )
第五节 借助计算机绘制等值线的概念与应用 .....	( 16 )
第三章 定向井及其方向测量 .....	( 33 )
第一节 引言 .....	( 33 )
第二节 定向井的应用 .....	( 34 )
第三节 定向井的常见类型 .....	( 35 )
第四节 定向井的设计 .....	( 36 )
第五节 用于测量定向井的工具 .....	( 39 )
第六节 方向测量的计算 .....	( 40 )
第七节 方向测量的不确定性 .....	( 42 )
第八节 定向井的绘制 .....	( 43 )
第四章 测井对比方法 .....	( 46 )
第一节 引言 .....	( 46 )
第二节 常用测井测量术语 .....	( 46 )
第三节 电测井曲线对比的步骤和原则 .....	( 47 )
第四节 标准对比测井曲线 .....	( 50 )
第五节 电测井对比——垂直井 .....	( 53 )
第六节 电测井对比——定向井 .....	( 64 )
第七节 测井厚度, 真垂直深度厚度, 真垂直厚度和真地层厚度 .....	( 78 )
第八节 电测井对比——水平井 .....	( 80 )
第九节 应用计算机进行测井曲线对比 .....	( 85 )
第十节 重复的剖面 .....	( 94 )
第十一节 估计复原的顶部 .....	( 97 )
第十二节 不整合面 .....	( 101 )
第十三节 注记和文件 .....	( 103 )

<b>第五章 地下制图中地球物理数据的综合应用</b> .....	(106)
第一节 引言与原理 .....	(106)
第二节 步骤 .....	(108)
第三节 数据有效性检验和解释 .....	(109)
第四节 数据的提取 .....	(130)
<b>第六章 横剖面图</b> .....	(136)
第一节 引言 .....	(136)
第二节 横剖面图的设计 .....	(136)
第三节 构造横剖面 .....	(137)
第四节 地层横剖面 .....	(142)
第五节 解决问题的横剖面 .....	(144)
第六节 最终阐述性(说明)横剖面 .....	(145)
第七节 对比剖面 .....	(149)
第八节 横剖面设计 .....	(152)
第九节 垂向放大 .....	(156)
第十节 井的投影 .....	(160)
第十一节 过断层横剖面图的建立 .....	(168)
第十二节 3-D 视图 .....	(172)
第十三节 用计算机编制横剖面 .....	(180)
第十四节 断层封闭性分析 .....	(186)
<b>第七章 断层图</b> .....	(191)
第一节 引言 .....	(191)
第二节 断层术语 .....	(193)
第三节 断层位移的定义 .....	(194)
第四节 落差与垂直断距的数学关系 .....	(195)
第五节 根据测井曲线得出的断层资料 .....	(197)
第六节 断层面图的编制 .....	(199)
第七节 断层样式类型 .....	(207)
第八节 根据地震信息确定断层数据 .....	(228)
第九节 生长断层 .....	(238)
第十节 定向测量和断层面图 .....	(244)
第十一节 垂直断距——校正因子和记录 .....	(251)
<b>第八章 构造图</b> .....	(252)
第一节 引言 .....	(252)
第二节 等值线指导原则 .....	(253)
第三节 等值线图手工绘制方法的总结 .....	(259)
第四节 手工合成断层图和构造图 .....	(270)

第五节	断层轨迹和断失带——捷径及其缺陷	(279)
第六节	构造图——通用案例研究	(290)
第七节	断层的可加性	(292)
第八节	综合地震资料和钻井资料构造制图	(295)
第九节	其他作图法	(297)
第十节	穿过断层的等值线相容性的应用	(306)
第十一节	不同构造环境的作图方法	(312)
第十二节	合理的构造解释和已完成等值线图的要求	(348)
<b>第九章</b>	<b>三维地震资料解释</b>	<b>(351)</b>
第一节	引言和基本原理	(351)
第二节	计划、组织和形成项目记录	(357)
第三节	断层解释	(359)
第四节	层位解释	(380)
第五节	绘制初步构造图	(389)
第六节	工作站上的地层和断层的综合	(393)
第七节	结论	(397)
<b>第十章</b>	<b>压性构造：平衡剖面 and 解释</b>	<b>(398)</b>
第一节	引言	(398)
第二节	构造地质与平衡剖面	(398)
第三节	机械地层学	(399)
第四节	经典的平衡剖面技术	(401)
第五节	横剖面的一致性	(413)
第六节	横剖面的编制	(418)
第七节	滑脱面的深度计算	(426)
第八节	非传统的方法	(427)
<b>第十一章</b>	<b>张性构造：平衡剖面与解释</b>	<b>(457)</b>
第一节	引言	(457)
第二节	上盘背斜(滚动背斜)的成因	(457)
第三节	将大型生长断层投影到深部的倾角域图解技术	(464)
第四节	同向和反向断层、梯形构造以及向下尖灭的生长断层的成因	(469)
第五节	三维效果和交错构造	(475)
第六节	沿生长正断层的压实效应	(480)
<b>第十二章</b>	<b>走向滑动断层与伴生构造</b>	<b>(492)</b>
第一节	引言	(492)
第二节	走向滑动断层制图	(493)
第三节	走向滑动断层判识标准	(498)
第四节	横向位移分析	(500)

第五节	走向滑动位移因素的标定 .....	(510)
第六节	平衡走向滑动断层 .....	(511)
第七节	结论 .....	(528)
<b>第十三章</b>	<b>生长构造 .....</b>	<b>(530)</b>
第一节	引言 .....	(530)
第二节	生长断层拉伸指数法 .....	(531)
第三节	多条 Bischke 曲线分析法和 $\Delta d/d$ 方法 .....	(534)
第四节	方法的精确性 .....	(539)
第五节	$\Delta d/d$ 方法应用实例 .....	(540)
第六节	多条 Bischke 曲线分析法 .....	(547)
第七节	垂直断距与深度方法 .....	(553)
第八节	结论 .....	(560)
<b>第十四章</b>	<b>等层厚图和等厚图 .....</b>	<b>(562)</b>
第一节	引言 .....	(562)
第二节	砂岩-泥岩分布 .....	(564)
第三节	等层厚图的基本制作方法 .....	(564)
第四节	绘制含油气楔形体等值线的方法 .....	(573)
第五节	垂直厚度确定 .....	(580)
第六节	斜井中的垂直厚度和流体界面 .....	(585)
第七节	绘制构造顶部与多孔层顶部关系图 .....	(588)
第八节	断层楔形体 .....	(590)
第九节	非封闭性断层 .....	(592)
第十节	油气藏的立体构型 .....	(595)
第十一节	根据等层厚图确定油气藏体积 .....	(595)
第十二节	油藏工程简介 .....	(598)
第十三节	地层层段等厚图 .....	(600)
<b>附录</b>	<b>.....</b>	<b>(604)</b>
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>(607)</b>

# 第一章 地下制图导论

## 第一节 概 述

本教科书以众多其他教科书的结尾为开端。它着重于地下构造的制图方法与技术以及它们在石油工业中的应用。这些技术对其他领域的研究也是重要和适用的,而对诸如采矿、地下水开采、环境保护或废品处理等相关领域的地质学家、地球物理学家和工程师来说也会从本教科书中获益。

地下石油地质学的目的是发现和开发油气资源。这些目的实现要靠应用和综合所有的有用资料以及正确地使用这些资料。本教科书涉及地质学解释的各个方面及基于测井、地震剖面和露头资料的地下图件与横剖面的制作方法。它述及正确的构造解释和制图技术以及如何应用这些得出最合理的、与其所有资料相一致的地下解释。

地下地质图也许是勘探未被发现的烃类和开发已探明的油、气储量的最重要的工具。但是,地下制图可能是石油勘探和开发领域里论述得最少、然而最为重要的主题。随着一个油田开始被发现和开发,便可获得大量的钻井、地震和生产数据。使用这些数据,其地下解释的精确性便会随着时间的推移而得以改善。对一个特定油田或气田最精确的解释只有在该油田或气田得到广泛的钻探、大部分烃类已被采出之后才能作出。然而精确、可靠的地下解释和图件在贯穿所有的勘探与开发的活动中都是必备的。

从区域勘探到油气田发现以及一个油、气田的整个开发期间,许多经营决策都是在地质学家所提供的关于地下图件的解释基础上作出的。这些决策涉及投入资本购买租地、执照和钻井、修井或重新完井(这里仅略举数例)。勘探或开发远景区的发起人必须运用现有的最佳、最精确的方法,以每当量桶油最低的成本寻找或开发油气储量。因此,在做地下解释时最重要的是利用一切现有资料,评价所有可能的解决方案,应用正确的构造解释方法和用最精确的制图技术以便使得到的成果与正确的地质模型相一致。

从事地下研究的地质学家的任务是为制作可能是地下数千米深处的、看不见的构造作图。为了准确地对这些构造作解释并制图,地质学家必须对构造地质、地层、沉积和其他相关的地质学科的基本原理有深刻的了解。同时地质学家必须对工作地区的构造样式有透彻的认识。由于所有的地下解释和相关图件都是建立在有限的资料基础上,因此地质学家、地球物理学家或工程师必须运用:①他或她的学识,②野外和室内的工作经验,③想象力,④对局部构造的了解,⑤三维空间的观察力来评价各种可能的解释方案并确定最合理者,⑥正确的地下构造制图方法和技术。

目前有许多关于构造地质、大地构造学、地层学、沉积学、构造样式、石油地质和其他相关学科的教科书。自从1960年出版了Bishop的经典著作以来,我们于1991年第一次出版的教科书是过去这段时期内惟一的有关实用地下制图技术的教科书。20世纪90年代期间出现了众多的新发展,尤其是构造地质领域发展显著,其中的构造方法与技术已提高了地下解

释和制图水平。随着我们进入到 21 世纪,《实用构造法地下地质制图》(第二版)的目的是提供适用于包括拉张、挤压、走滑和刺穿在内的各种地质背景构造区域的各种地下构造、制图和横剖面方法与技术。本书内通篇讲述的详尽的构造和制图技术旨在扩大你的知识面,并提高你应用各种图件和横剖面作出地质解释的技能。

所有的能源公司都期待通过他们的勘探和开发努力能取得良好的经济效益。有些公司会比其他的公司取得更大的成功。许多因素能导向成功,其中有先进的技术,有进取心的管理、经验和运气。然而一个往往被忽略或被冷落的重要成功原因是地下构造和制图方法的精确性。本书所述的各种技术的应用将有助于提高任何地下解释的品质。这种品质的提高又将有助于改善公司的经济状况。这是通过下述途径而实现的:

- (1) 为研究资料少甚至是资料缺乏的地区作出最为合理的地下解释。
- (2) 找出较确切可靠的勘探和开发远景区(因而减少相关风险)。
- (3) 正确地综合分析地质、地球物理和工程资料,以制定一个新发现油田的最佳开发计划。
- (4) 通过准确的体积储量计算优化油气采收率。
- (5) 规划一个更加成功的勘探或开发钻井方案,或者为一个老油田制定一个再完井和修井采竭计划。
- (6) 精确地评价和制定任何所需的二次采油方案。

## 第二节 精确地下解释和制图的基本原理

书中提出的精确地下解释和制图的基本原理旨在是为地质学家、地球物理学家和工程师们提供作出最合理的地下解释所必备的工具。在我们寻找石油的过程中我们总是追求最佳者。本书中所包含的内容既可以作为教学的媒体,又可以作为从勘探的初始阶段至油田开发、提高采收率和油田采竭整个过程中指导地下调查的参考资料来源。

你是否想过是什么使得一个伟大的、成功的油气勘探家有别于一个平庸或低于一般水平的勘探者?你是否想过为什么在同一个地区内工作的一个地质团队能够比其他的团队取得高的成功率?当你投资于远景构造的勘探或开发或购买一个正在开发的油田时,你问过,甚至考虑过地质学家或团队使用的是什么方法和原理吗(Tearpock, 1998)?请记住,是人而非计算机或工作站发现了油气!

地质学家所用的方法和原理是一个重要因素吗?数十年的研究、观察和分析表明:一些个人、团队或公司比别人取得更大成功的主要原因是所运用的原理和方法的直接结果。凭偶然发现珍宝的运气、幸运或猜测决不能找到油气。发现油气只能靠踏实的科学工作。

这里所述的准确地下解释和制图的原理提供了寻找和开发石油的得到充分证实的工艺。它要求具备常识、一定的技术基础、经验、逻辑性和依据充分的科学方法的运用。这一原理的要点如下:

- (1) 在三维空间中,所有的地下解释在地质学和几何学方面都必须是正确的。
- (2) 一个解释人员必须接受过基础、经典的地质学教育,并具备对所工作的构造背景下的构造地质学方面具深厚基础知识。
- (3) 充分的规划、时间和细节是找到可靠的远景构造的保证。欲速则不达。



- (4) 必须利用所有的地下资料来作出合理、准确的地下解释。
- (5) 可靠的地质解释需要准确的对比(录井记录与地震资料对比)。
- (6) 使用正确的制图技术和方法对于作出合理、正确的地下解释是必不可少的。
- (7) 对所有重要的和有关的地质面都必须作图,且必须把它们综合起来,以便绘出合理和精确的地下图件。
- (8) 多层位制图对作出复杂断块地区合理的三维解释是至关重要的。
- (9) 为了比较准确地作出复杂变形构造的解释,平衡剖面是必备的。
- (10) 所有的工作都必须有据可查。

下文将对这 10 点基本原理作更加详细的说明。

(1) 在三维空间中,所有的地下解释在地质学和几何学方面都必须是正确的。地下资料不是一维的(录井记录)便是二维的(录井横剖面 and 常规的地震剖面);然而这些资料却要用来绘制一种三维的地下图件。即便从直觉上说所有的解释在三维空间中都必须是正确的,但在太多的情况下,在作地下构造图、横剖面 and 地震解释中并没有充分考虑建立三维空间框架或证实该解释即使在三维空间中也是可能的问题。在投资一个远景区、租赁权、特许权或购买油田之前有数种方法和技术可用于作出正确的解释。管理层在作出投资决策之前应当要求做好这种工作。

(2) 一个解释人员必须接受过基础、经典的地质学教育(包括野外经验),并且具备所工作的区域的构造背景下的构造地质学方面的深厚的基础知识。在某一特定的构造背景中做解释时,解释人员必须尽可能透彻地了解该地区的地质情况,这样所做的解释才能符合该地区的地质状况。这就要求一个解释地质学家一开始就必须具备基础、经典的地质学教育背景。没有地质学的知识和认识,地球物理学、岩石物理学、工作站的活动或者甚至计算机制图的应用都会是有问题的,并有可能与地质学原理相矛盾。

尤其重要的是构造地质学方面。对于解释人员正在进行工作的构造区域来说,对其构造地质的了解无疑是至关重要的。对构造地质的了解不够是许多地质解释中的缺点之一,它会导致在三维空间中出现不真实甚至不可能的解释结果。

(3) 充分的规划、时间和细节是找到可靠的远景构造的保证。欲速则不达。千万不要太急,以致于钻的下一口井仍是干井。想取得良好的勘探成果没有多少捷径可走。起初,重要的是制定一个符合目标并达到所要求的可操作性的方案或项目计划。用有限的时间去完成一项工程,便不可能对多种解决方案进行分析,不可能利用所有的资料,有可能选择不合理的捷径,或可能采用错误的技术。当你想到打一口干井的成本、一个失败的勘探计划或投资者信心的丧失时,你便会明白多花些时间“在第一时间做好计划”是十分值得的。请牢记墨菲定律:“凡事能出岔就一定会出岔”。

管理部门还必须认识到每一个计划在某些方面都有它的独特性。因此,为实现某个计划目标所需的详尽资料都是该计划所特需的。请考虑这样的两种情况吧,其中一种是一个简单的四向圈闭,另一种是一个复杂的挤压性双向圈闭。很显然,对它们进行研究便需要不同的计划、时间表和技术细节。用常识去评估所需的时间、计划和详细资料。

(4) 必须利用所有的地下资料来作出合理、准确的地下解释。可用于解释的资料是有限的,而且一般是一维和二维的(包括三维常规工作站显示的地震剖面)。一个数据体本身对于真实的地下关系来说可能是令人迷惑的。例如:横剖面 and 地震剖面由于它们在方向上的简