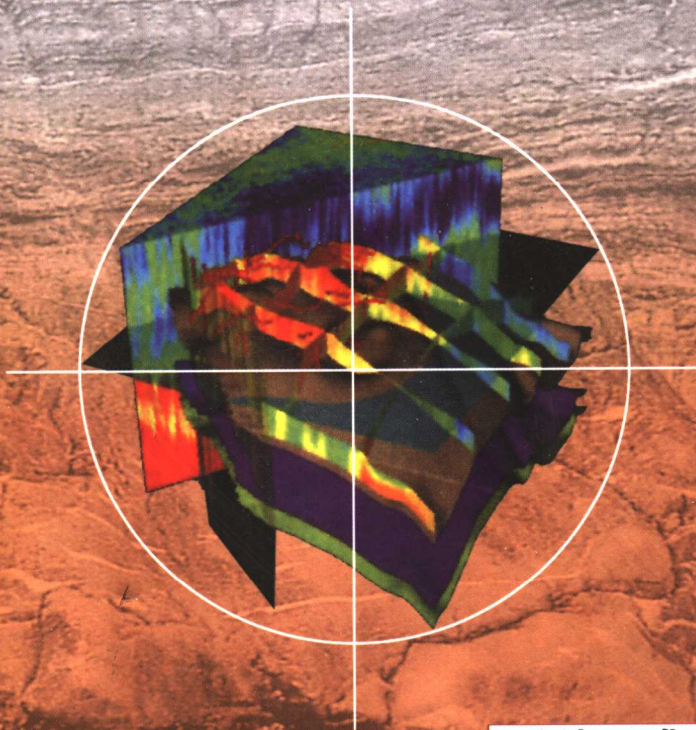




北京市高等教育精品教材立项项目

地质过程定量模拟

庞雄奇 主编 陈发景 主审



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

北京市高等教育精品教材立项项目

地质过程定量模拟

Modeling of Geologic Processes

庞雄奇 主编 陈发景 主审

石油工业出版社
Petroleum Industry Press

内 容 提 要

本书是2002年北京市高等教育精品教材建设立项项目成果之一,也是我国第一部有关地质过程定量模拟研究方面的教科书。全书分三部分十五章。第一部分为盆地地质作用与模拟,包括盆地形成与演化、沉积与充填、成岩作用与流压计算、热流变化与古地温恢复等;第二部分为油气地质过程与模拟,包括油气生成与排运、油气储集与封盖以及油气聚集与成藏等;第三部分为模拟系统研制与应用,主要介绍石油大学、石油勘探开发科学研究院和美国PRA公司分别研制的三种具有独立知识产权的软件产品,包括它们的功能、原理及应用实例等。

本书适于作为高等学校、科研院所的本科生和研究生教科书,也可作为从事地质与勘探,尤其是油气地质与勘探的广大科技工作者的科研参考书。

图书在版编目(CIP)数据

地质过程定量模拟/庞雄奇主编.

北京:石油工业出版社,2003.9

北京市高等教育精品教材立项项目

ISBN 7-5021-4366-1

I.地…

II.庞…

III.地质过程模型-高等学校-教材

IV.P628

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第076609号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×960毫米 16开本 31.5印张 665千字 印1—2000

2003年9月北京第1版 2003年9月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-4366-1/TE·3056(课)

定价:40.00元

序

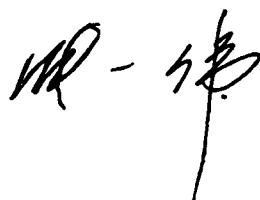
当我翻阅庞雄奇教授主编的《地质过程定量模拟》这本书稿时，心中十分激动。这是一部有利于提高我们地质理论研究水平和使地质勘探事业更快更好发展的优秀教科书。

地质学自 1830 年赖尔出版第一部《地质学原理》以来已有 170 多年的历史。这一人类文明中最古老的传统学科，以其对我们周围丰富多彩的岩石及其存在样式的直接考证为基础，吸引了大批优秀人才来献身这个学科。在由不同层圈的岩石所组成的地球表层，地层像一本教科书一样，记录着地球的发展、盆地的形成、沉积和古地理变迁、油气等矿产的产生。当时地质学是以观察、描述、归纳的定性方法来回答问题，主要用“锤子、罗盘和放大镜”来研究地球，在分析、讨论和总结地质问题的研究中，常用“可能、大概、差不多”这样的词语，因而地质学被称为“不科学的科学”。

20 世纪中叶以来，随着生产力和经济的发展，地质学家已经不满足于这种定性描述过程，现代数学、高性能计算机及计算技术和信息科学的飞跃发展给了地质学向半定量、定量发展的可能性，地质学家们苦学了不少数学，数学家们也开始涉足地质，中国学者在盆地形成史、变形史、沉降史、热变化史、压实排烃史和资源评价等方面提出了很多有创新性的研究方法和模拟技术。这些成果不仅给当前的学科发展和生产建设带来了重大效益，也对编写《地质过程定量模拟》奠定了基础。地质学的任务可归纳为相互密切结合的两个方面：一方面是认识地球及其各种作用；另一方面是利用地球资源发展经济，改善地球环境。前者为基础研究，后者为应用研究。随着科技飞跃式发展，地质学基础研究与天文学、火山学、数学及深部勘探的结合，已经到了一个新的发展阶段。宇宙中的众多星体，显示了地球的去、现在和将来。地球的表层资源经过 19、20 世纪的“残酷”开发，我们面临的是一些难找的、难采的、深层的矿产资源和资源环境的破坏，上述两个方面的发展都需要深入认识自然的发展规律，这就需要数学量化的帮助。量化不仅能够定量描述问题，而且还能揭示规律、预测变化。但是也必须指出，由于地质学具有的独特理科背景，我们对它的认识是逐渐完成的。因此，地质学定量研究问题是一个长期的渐进过程，要避免为了定量而强行定量；否则会适得其反，引入歧途。

由庞雄奇教授主编、陈发景教授主审以及石广仁教授级高级工程师、Jay Leonard 博士和其他多位学者联合编写的《地质过程定量模拟》，体现了国内外同一研究领域内老中青三代联手奋斗、产学研三方面结合共同开拓新的学术领域的精神风貌。他们各自在地质过程定量模拟研究领域的立足点、研究特色和工作思路都有不同之处。但联手合作、取长补短，既弥补了各自的不足，又丰富和完善了教科书的研究内容。

我真心希望，我们未来事业的继承者们，一定要发奋努力了解和掌握好数学、信息科学和计算机技术，立足于理解和掌握已有的传统的地质理论和研究方法（包括锤子、罗盘和放大镜的使用），又能熟悉和应用地质过程定量模拟研究的方法和技术，在揭示地质过程特征、主控因素和发现新的成矿机理与分布规律诸方面做出新的更大贡献。《地质过程定量模拟》在阐述原理和方法时由浅入深、循序渐进，是一部适合高等学校和科研院所师生授课专用的教科书。该书汇集了国内外盆地定量分析、油气地质过程定量模拟以及相关软件研制 and 开发方面的新成果，它的出版对于启发和指导从事这一领域研究工作的广大科技人员有着重要的参考意义和学术价值。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '王健' (Wang Jian), with a long vertical stroke extending downwards from the right side.

2002年10月30日

Foreword

When I read the manuscript of the textbook of *Modeling of Geologic Processes* compiled by Prof. Xiongqi Pang, I was very exciting. This textbook is an excellent textbook favorable to the enhancement of the geological theory and the development of the geological exploration cause in China.

There have been more than 170 years history for geology since publication of the first “Principle of Geology” by Lyle in 1830. This subject, one of the oldest traditional ones in human beings’ civilization, has attracted plenty of scientists to work hard and make great contribution to it, which is on the basis of the direct observation and textual research of various rocks around us and their occurrence styles. In the earth surface layer which consists of different beds, the processes of earth evolution, formation of basins, changes of sedimentation and paleo-geography, and origination of minerals such as oil and gas were recorded in strata, therefore, the strata is like a textbook. At that time, geological problems were qualitatively solved by observation, description and inducing, and researches on the earth by people were carried out by using hammer, compass and magnifier. In geological analysis, discussion and summing-up, people often used words such as “perhaps”, “probably”, “possibly”, and so on, so geology was called as “unscientific science”.

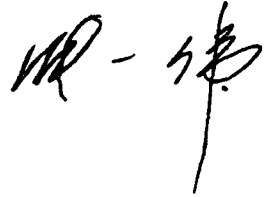
Since the middle of the 20th century, with the development of productive forces and economy, geologists have not been satisfied with the qualitative description, and the rapid advances in modern mathematics, high performance computer and computing technology, and information science have made semi-quantitative and quantitative studies on geology become possible. Geologists have studied hard and have learnt a lot about mathematics, and mathematicians have also started to undertake the researches on geology. Up to date, the Chinese scholars have put forward many new research methods and modeling techniques in the study of basin formation history, deformation history, subsidence history, thermal evolution history, compaction and hydrocarbon expulsion history, and resources evaluation. The above-mentioned achievements not only have resulted in great benefits in the present science advance and economy development, but also have established the foundation for compiling the textbook of *modeling of geologic processes*. The tasks of geology can be induced into the two closely related aspects: one is understanding the earth and various geological actions; another is to make use of natural resources to develop econo-

my and improve earth environment. The former belongs to basic research and the latter to application research. With advance of science and technology by leaps and bounds, the basic research of geology has reached a new developing stage by combination with astronomy, volcanology, mathematics and earth deep exploration. The numerous celestial bodies in the universe indicate the past, the present and the future of our earth. After the "brutal" development of earth surface layer resources in the 19th and 20th centuries, now we face the two problems. One is that the rest mineral resources are in the deep part of the earth crust, which are difficult to explore and develop, and another is the damage to resources environments cause by resources development and production. Solutions to the above problems need further knowing the natural laws in detail, and this requires aids from mathematic quantification. Quantification method can help people not only to describe phenomena quantitatively, but also to bring to light the objective laws and to predict the changing patterns. However, it is necessary to point out that geology has special scientific backgrounds, and recognition of the geological phenomena and processes is to be completed only gradually. Therefore, the quantitative study of geology is a long - term evolutionary process. That is, a radical quantitative study must be avoided, otherwise, it will lead to just the opposite and lead us onto a wrong path.

The publication of this textbook, *Modeling of Geologic Processes*, compiled by Prof. Xiongqi Pang (as chief compiler) and Prof. Shi Guangren and Dr. Jay Leonard, et al. (as co-compilers), reviewed by Prof. Chen Fajing, embodies the spirit of scientific cooperation in the same field among three generations of older, middle age and younger scientists of China and overseas, and also reflects the creativity of combination of teaching, research and scientific development to open up new academic field. The authors here have differences in research interesting, distinguishing feature and research thought in the quantitative modeling of geologic processes, and the cooperation between them has realized learning from each other to make up deficiencies, as well as enriching and completing the contents of the textbook.

I wholeheartedly hope the successors of our geological cause must work hard to learn and master mathematics, information science and computer technique, being able both to understand the existing geological theories and methodology (including the use of hammer, compass and magnifier), and to apply the methods and techniques of quantitative modeling of geologic process to make greater contributions in the study on the geologic process characteristics and major controlling factors and in the investigations of mineralization mechanism and distributional patterns. *Modeling of Geologic Processes* is a textbook suitable to teachers and students in universities and research institutes, which sets forth principles and methods step by step from the easy to the difficult. Original achievements of basin quantitative analysis and quantitative modeling of hydrocar-

bon geologic process and related simulation software study and development in China and over the world were collected in this textbook. Thus, the publication of the book is of significance and high academic value in inspiring and directing scientific workers working in this research field.

A handwritten signature in black ink, appearing to read '张一伟' (Zhang Yiwei), with a long vertical stroke extending downwards from the right side.

By Prof. Zhang Yiwei

On 30th Oct. , 2002

前 言

随着数学、现代电信科学以及计算机技术的发展，地质过程研究开始了从定性向定量的转变历程。地质、数学和计算机技术的结合，不仅产生了具有独立工作内容和研究方法的地质过程定量模拟这一边缘学科，而且带动了研制、开发和销售商品化的盆地模拟软件这一高新技术产业的兴起和发展。

地质过程定量模拟作为一门新兴的边缘学科，自1978年诞生之日起就受到了社会的关注，除了越来越多的学者加入到以创新方法和技术为已任的科研队伍中来以外，一些实业家也开始涉足到了这一具有广泛发展前景的产业，大学的教授们也开始将有关的知识作为一门课程在本科生和研究生中讲授。

最先将地质过程定量模拟（盆地模拟）作为本科生和研究生课程开设的是大庆石油学院勘探系。讲授这一课程时最早采用的教材是《石油地质过程定量研究概论》（李泰明编著，石油大学出版社，1989）和《含油气盆地地史、热史、生留排烃史数值模拟研究与烃源岩定量评价》（庞雄奇、陈章明、陈发景著，地质出版社，1993）。继此之后，石油大学、地质大学、江汉石油学院、北京大学等也先后以不同的形式开设了这一课程。在这种情况下，编写适合于教师和同学们学习和实践的教科书就成了一个十分迫切的任务。2002年通过申报和评审，北京市教育委员会决定将《地质过程定量模拟》作为北京市高等教育精品教材立项项目加以建设并在资金上予以资助。无疑，出版这部教材，对于规范地质过程定量模拟课程的教学内容，推进地质学与数学和计算机技术的结合，培养更多适合现代化地质勘探的合格人才，提高工作效率有着十分重大而深远的意义。

《地质过程定量模拟》是地质学发展到今天后与数学和计算机技术相结合所产生的第一部教科书，标志着地质学一个新的发展阶段的到来。地质科学的源头和人类一样久远。自1830年赖尔出版第一部《地质学原理》以来已有170多年历史。这一人类文明史上最古老的传统学科，以其对事物的直接观察、实地考证而受到人们的青睐和崇敬。观察、描述和归纳不能满足地质科学研究的需要，现代电子技术和统计模拟方法产生之前，经典的数学无法应用到具有大量资料和数据复杂的地质问题的研究之中。地质学在这一时期被戏称为“不科学的科学”，它在分析、讨论和总结问题时仍停留在“可能、大概、也许是，未必、恐怕、差不多”的水平上。《地质过程定量模拟》的出版，标志着完全依靠“锤子、罗盘和放大镜”探索地球奥秘时代的结束，一个与数学、现代电信科学和计算机技术相结合的时代的到来。

《地质过程定量模拟》汇集了几十年来国内外学者，尤其是我国学者在地质过程定量模

拟研究领域内取得的创新成果，反映出当前这一学术前沿领域的先进水平。中国地质大学（北京）陈发景教授和中国科学院汪集旻院士是我国地学界较早开展盆地定量分析的老一代地质学家。长期以来，他们一直从事前陆盆地、裂谷盆地和克拉通盆地的形成机理、演化过程和热流变化诸方面的模拟研究，在盆地形成史、沉降史、热变史及压实排烃史诸方面提出了许多有创见性的研究方法和模拟技术，获得的成果和积累的教学经验为本教科书的编写发挥了重要作用。中国石油勘探开发科学研究所的石广仁教授级高级工程师既是一位精通数学的地质学家，又是一位善于将现代电子技术用于解决复杂地质问题并将其转换成商品化软件的实业家。世界著名的、目前占据市场份额最大的美国地质过程定量模拟软件开发公司PRA（Platte River Associates, Inc）的参与和合作，使得本书的内容更丰富，凸显出这部教材的重要性及其在未来人才培养中的指导作用。此外，本书还汇集了国内外其他学者，包括大庆石油学院傅广教授和孟元林副教授，石油大学邱楠生副教授、姜振学副教授、曾荣佳高级工程师以及地质大学汪信文副教授等在这一领域内取得的优秀成果。

地质过程定量模拟研究代表着地质学的发展方向，而这本教科书的出版则预示着更多和更高层次人才的培养和参与以及这一学科更快更大的发展。地质过程定量模拟研究工作的发展既可以实现传统的地质学研究方法的变革，使其从定性研究向着定量研究的方向发展，又可以提高工作效率，使人们从繁琐的重复的劳务中解放出来。除此之外，地质过程定量模拟研究的另一个更强大的功能是能揭示出大量资料下面掩盖着的地质作用机理和规律，使人们认识问题的能力在这一高新技术的支撑下得到加强。可以预料，随着地质过程定量模拟研究工作的不断普及和深入，人类认识的地球奥秘将会越来越多、探索地球的速度将越来越快。数字地球原是地质学家们对将来地质理论与地质勘探事业的崇高理想，今天，我们有理由相信，随着地质过程定量模拟技术的发展和电信技术的提高，这一理想一定能够变为现实。

编写《地质过程定量模拟》的基本指导思想是：阐明数学和计算机技术在地质学中应用的方法、原理和技术路线。鉴于这一学科最先起源于油气地质与勘探领域，并在这一领域内发挥着越来越重要的作用，本书以油气地质过程定量模拟研究为主线展开相关内容的介绍。作为一门边缘学科，本书注重地质过程定量模拟基本原理、方法和技术的系统性介绍。作为一项高新技术，本书还将国内外最有影响的几家公司有关地质过程定量模拟的软件系统在第十二章、第十三章和第十四章中予以推崇和介绍，以期读者对这一学科在社会中所产生的影响和目前技术水平的进展概况有一个较为全面的了解。

全书共分三部分十五章。第一章概述了《地质过程定量模拟》课程的性质与任务、研究的基本内容与工作特点、发展简史与趋向，以及从事这一领域的工作或课程学习时需要注意的问题。本章由石油大学（北京）庞雄奇教授编写。

第一部分为盆地地质作用与模拟，由第二章至第六章组成。它较为系统地介绍了地质过程定量模拟的方法、原理和工作流程，涉及的内容主要与沉积盆地有关，可以近似地将

其理解为盆地定量分析。第二章由中国地质大学（北京）汪信文副教授和大庆石油学院方祖康教授编写；第三章由庞雄奇教授和周海燕博士编写；第四章由大庆石油学院傅广教授与庞雄奇教授编写；第五章由石油大学（北京）盆地与油藏研究中心的姜振学副教授和庞雄奇教授编写；第六章由石油大学（北京）盆地与油藏研究中心的邱楠生副教授编写。

第二部分为油气地质过程定量模拟，由第七章至第十二章组成。它详细阐述了含油气盆地油气生成、排出、运移、聚集等过程特征及其定量模拟的方法、原理和应用实例。第七章和第八章由庞雄奇教授和宫广胜博士编写；第九章由大庆石油学院孟元林副教授编写；第十章和第十一章由姜振学副教授和庞雄奇教授编写；第十二章由庞雄奇教授和周海燕博士编写。

第三部分为模拟系统软件研制与应用，由第十三章至第十五章组成。它主要介绍了国内外几家从事地质过程定量模拟研究的公司在这方面取得的成果和推出的软件产品。重点介绍产品的实际功能、基本原理和应用实例，以期弥补第一部分和第二部分侧重方法、原理介绍而忽略了软件开发及计算机应用诸方面的不足。第十三章由石油大学盆地与油藏研究中心油源公司曾荣佳和王伟洪两位研究人员编写；第十四章由美国 PRA 公司总裁 Jay Leonard 博士编写；第十五章由中国石油勘探开发科学研究院石广仁教授级高级工程师编写。

全书由庞雄奇教授主编和统稿，陈发景教授主审。

建议授课时以第一部分和第二部分为主，第三部分供自学参考。总学时安排 40~50 为宜，学分 2~3。

多年来，我们一直在期待出版这一教材，希望它的问世不仅有益于高等学校和院所高层次人才的培养，更希望它能对我国地质过程的定量研究起到积极的推动作用，使地质学这门历史悠久但又被人们戏称为“不科学的科学”在现代科学与技术的进步下焕发青春和活力，为我国地质理论研究和矿产资源勘探做出新的更大的贡献。由于水平所限，书中错漏和不足难免，希望同行专家和学者批评指正，以便在下次出版时改进和完善。

石油大学总校校长、石油大学矿产普查与勘探全国重点学科学术带头人、博士生导师张一伟教授为本书作序并提出了宝贵的修改意见。盆地与油藏研究中心办公室曾旋等为该书出版在绘图、打字和编排诸方面付出了辛劳。此外，我们的工作还得到了方方面面，尤其是各有关院校从事地质过程定量模拟研究和教学的教师的关注，他们为本书的出版提供了宝贵的资料并提出了许多宝贵的意见。在此，我们向他们表达深深的谢意，期盼他们在新教材实施中提出更多更好的修正意见。

庞雄奇

2002 年 10 月 30 日

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 地质过程定量模拟的性质和任务	(1)
第二节 地质过程定量模拟研究的基本内容	(2)
第三节 地质过程定量模拟研究工作的特点	(4)
第四节 地质过程定量模拟的方法和技术	(5)
第五节 地质过程定量模拟发展简史与趋向	(7)
第六节 地质过程定量模拟研究需要注意的问题	(12)
小结	(13)
复习思考题	(14)

第一部分 盆地地质作用与模拟

第二章 盆地形成与演化模拟	(17)
第一节 沉积盆地形成与演化模拟	(17)
第二节 构造应力场特征与模拟	(30)
第三节 沉降史分析及(回剥法)模拟	(39)
第四节 盆内构造变形作用与平衡剖面恢复	(47)
小结	(56)
复习思考题	(57)
第三章 盆地沉积与充填过程模拟	(58)
第一节 沉积盆地充填过程模拟概述	(58)
第二节 沉积盆地充填过程定量模拟原理	(61)
第三节 盆地沉积充填过程定量模拟实例	(78)
小结	(87)
复习思考题	(87)
第四章 盆地压实成岩与流压变化	(88)
第一节 地层压实作用及其基本模型	(88)
第二节 地层古厚度恢复	(89)
第三节 压实作用与砂泥含量变化	(95)

第四节	粘土转化作用与脱出水量计算	(101)
第五节	欠压实作用与剩余流体压力模拟	(103)
小结	.....	(113)
复习思考题	.....	(113)
第五章	地层被剥蚀作用及其定量模拟	(114)
第一节	地层剥蚀面的基本特征	(114)
第二节	地层被剥蚀时间的确定	(116)
第三节	地层被剥蚀量恢复	(120)
小结	.....	(138)
复习思考题	.....	(138)
第六章	盆地热流演化与古地温场恢复	(139)
第一节	盆地热体制和热结构	(139)
第二节	盆地热流与地温场控制因素	(148)
第三节	盆地古温标特征与地温场变化史模拟	(150)
第四节	盆地演化动力学特征及其地温场变化史模拟	(165)
小结	.....	(169)
复习思考题	.....	(169)

第二部分 油气地质过程与模拟

第七章	油气生成特征与模拟	(173)
第一节	与生烃史模拟研究有关的概念	(173)
第二节	实验模拟法研究生烃量	(186)
第三节	热化学动力学法模拟计算烃源岩生烃量	(189)
第四节	物质平衡法模拟计算有机母质转化产烃量	(194)
小结	.....	(200)
复习思考题	.....	(201)
第八章	油气排运特征与模拟	(202)
第一节	排烃研究的概念术语与表征方法	(202)
第二节	排烃量研究常用的方法及其局限性	(205)
第三节	排烃门限理论与排油气过程特征模拟	(208)
小结	.....	(228)
复习思考题	.....	(228)
第九章	油气储集条件与评价	(229)

第一节	碎屑岩成岩作用数值模拟及其应用	(229)
第二节	储层建模与定量评价	(242)
小结	.....	(254)
复习思考题	.....	(254)
第十章	盖层封油气能力定量模拟	(256)
第一节	盖层的概念及分类	(256)
第二节	盖层封油气机理	(257)
第三节	影响盖层发育的地质因素	(262)
第四节	盖层封油气性定量评价理论与模型	(263)
第五节	盖层封闭的有效性研究	(275)
第六节	松辽盆地滨北地区盖层封油气性定量评价	(282)
小结	.....	(285)
复习思考题	.....	(285)
第十一章	油气运移作用定量模拟	(286)
第一节	油气运移研究概述	(286)
第二节	流体势场特征与油气运移模拟	(291)
第三节	多相渗流机理与油气运移模拟	(304)
第四节	油气优势通道运移及其定量模拟	(308)
小结	.....	(321)
复习思考题	.....	(321)
第十二章	油气成藏特征与模拟	(322)
第一节	油气成藏体系的基本概念及其划分方法	(322)
第二节	油气成藏体系定量评价概念模型	(328)
第三节	油气运聚成藏过程中损耗烃量模拟计算	(333)
第四节	满加尔凹陷成藏体系定量评价	(342)
第五节	油气成藏体系定量评价结果可靠性分析	(348)
小结	.....	(355)
复习思考题	.....	(355)

第三部分 模拟系统研制与应用 (供自学参考)

第十三章	油气成藏体系定量评价软件系统研制与应用	(359)
第一节	盆地模拟与油气定量评价系统 (BMPES)	(359)
第二节	盖层封闭性定量评价系统	(365)

第三节	深盆地圈闭边界与含油气范围预测系统	(368)
第四节	地史恢复系统	(372)
第五节	油气信息管理系统 uGis	(379)
第六节	油气成藏体系定量评价系统	(383)
第十四章	盆地定量分析模拟软件研制与应用	(392)
Chapter 14	Basin Quantitative Modelling	(392)
第一节	软件功能简介	(392)
Section 1	Modelling Functions	(392)
第二节	定量模拟地质方法与原理	(393)
Section 2	Principal Geological Theories	(393)
第三节	数值模拟方法	(423)
Section 3	Calculation Methods	(423)
第四节	实际应用	(427)
Section 4	Application	(427)
第十五章	油气地质过程定量模拟软件系统研制与应用	(438)
第一节	盆地模拟系统概述	(438)
第二节	地史模型	(440)
第三节	热史模型	(443)
第四节	成岩史模型	(445)
第五节	生烃史模型	(449)
第六节	排烃史模型	(451)
第七节	烃类运移聚集史	(453)
第八节	综合分析平台	(457)
参考文献	.....	(460)

第一章 绪 论

本章概述了与地质过程定量模拟研究相关的概念术语与含义，介绍了地质过程定量模拟研究的基本内容、工作特点、解决问题的方式方法及其发展简史、现状与趋向，提出学好这门课程需要具备的知识结构以及应当采用的学习方法和应当参阅的书目。通过本章的学习，使读者对地质过程定量模拟这门课程有一个较为全面系统的概略性了解，从而激发出学习好这门课程的热情。

第一节 地质过程定量模拟的性质和任务

一、基本概念

地质过程定量模拟研究既是一门边缘学科，又是一项高新技术。它是通过已获得的各种实际资料，依据地质原理和物化定律建立相关问题的数学地质模型，借助现代电子计算技术，模拟地质问题的发生、发展过程，揭示主控因素之间的定量制约关系，指导地质勘探生产。地质过程定量研究最初起源于油气地质勘探，主要用途是揭示油气生排、运聚过程特征，计算最终可以聚集成藏的油气资源量，阐明它们的分布规律以及与各主控因素之间的定量关系，指导油气勘探部署。

二、相关术语及其含义

地质过程定量模拟在油气地质勘探研究中也称盆地模拟 (Basin Modeling)、盆地定量分析 (Basin Quantitative Analysis) 或油气地质过程定量模拟 (Quantitative Study of Petroleum Geological Processes)，也有人将其俗称为定量的油气地质学 (Quantitative Petroleum Geology)。这些概念术语在具体应用上常常表现出微细的差异来，盆地模拟一般概指油气地质过程的系统化定量研究，包括针对某一地质单元所进行的地史、热史、生烃史和运聚烃史的定量研究；盆地定量分析强调盆地研究的定量化方法，这些定量化方法可能是彼此相关，也可能彼此独立。油气地质过程定量模拟主要涉及到油气地质的定量研究，它可能是将油气的生排、运聚当作一个系统过程来研究，类同于盆地模拟；也可能仅研究其中的某一具体问题。“定量的油气地质学”概念同“油气地质过程定量模拟”，只是将定量化研究升格到学科门类上予以考虑。

本书概括了上列各类术语所包有的地质涵义，将其作为一个边缘学科的名称来体现。

三、高新技术

目前地质过程定量模拟在油气勘探中已作为一个产业在兴起和发展，因此也有人将其

称之为高新技术。主要特点主要表现为：

- (1) 能够综合考虑各方面地质资料，客观地分析和讨论问题；
- (2) 能够自动快速地给出问题的答案，提高油气勘探效益；
- (3) 能够以软件产品的形式在市场上出售，服务于不同国家、不同地域的石油公司或个人；
- (4) 研制和开发“地质过程定量模拟”软件的单位以盈利为目的。

目前以开发和出售这类软件的公司遍布世界各地，较为成功的有美国 PRA 公司、加拿大 GMA 公司、法国 TEMISPACK 公司以及我国北京的石油勘探开发科学研究院侏罗纪公司、石油大学油源公司、地质大学大地公司等。

四、边缘学科

地质过程定量模拟由于涉及到地质学、数学、电信科学和计算机技术的应用，因而也被称之为边缘学科。

首先，它的诞生是地质学、现代数学和电子计算技术发展和相互结合的结果。没有这些学科的发展，就不可能有《地质过程定量模拟》课程的产生。

其次，地质过程定量模拟能够以一种全新的方式独立地解决科学问题。传统的地质学主要是通过观察、描述、归纳和逻辑推理得出结论。随着大量资料的积累，过去无法认识到的问题可以通过地质统计分析加以解决。尤其是随着电子技术的进步和发展，过去被淹没在大量资料和数据中的、无法用大脑分析的规律性，现在通过地质过程定量分析或模拟研究能够得到揭示和认识。例如，浊积砂、湖岸砂和浅海砂放在人类的肉眼面前是无法识别的，但通过对这些砂粒的粒度进行统计分析，则可以快速地得出结论。通过对某一构造单元内已发现的油气藏储量和个数统计模拟，可预测出潜在的油气藏储量和个数，凡此种种。

此外，作为一门独立的边缘学科，地质过程定量模拟有其自身独立的研究内容、研究方法、发展过程和发展方向。随着电信科学的发展和电子计算机的普及，它们在地质研究和勘探中发挥的作用将会越来越大、越来越重要。

第二节 地质过程定量模拟研究的基本内容

地质过程定量模拟研究的内容十分广泛，包括地壳演化、盆地形成、成矿作用等方方面面。本书主要以油气生排和运聚成藏过程的定量模拟研究为核心加以介绍和论述。

一、盆地形成和演化

沉积盆地是油气生排、运聚成藏的最基本的地质单元，盆地形成与演化制约着油气的生排运聚和成藏。主要定量模拟沉积盆地的形成和演化过程、沉积物充填特征和成岩作用、沉积地层减压实与剥蚀量计算，以及大地热流变化和古地温场恢复等。最终目的是为油气