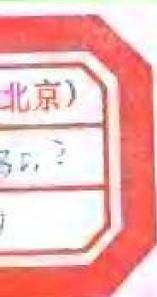


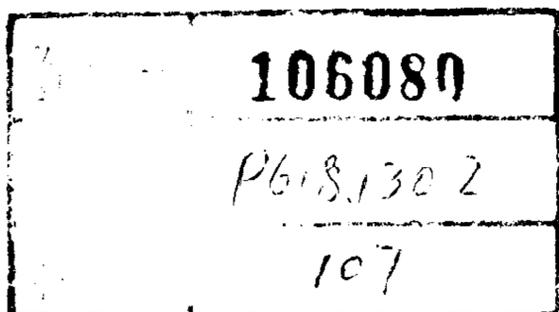
TSM盆地模拟

——在苏北溱潼凹陷的应用

徐旭辉 江兴歌 朱建辉 等著
陶文兴 朱应平 陈 斌



地 质 出 版 社



TSM 盆地模拟

——在苏北溱潼凹陷的应用

54/0.107

徐旭辉 江兴歌 朱建辉 陶文兴 著
朱应平 陈 斌 耿大清



石油0106694



地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是一部有关含油气盆地数值模拟应用研究的专著。书中介绍了以朱夏院士3T-4S-4M盆地研究程式为指导思想的一套从理论建模—实例校验—动态模拟的TSM盆地模拟研究方法和在苏北溱潼凹陷的应用研究。苏北溱潼凹陷是苏北盆地中一块重要的油气勘探开发基地；TSM模拟系统应用，着重强调地质概念指导模型研究。在系统地模拟溱潼凹陷埋藏史、热史、生烃史、排烃史和运聚史的动态过程中，突出了原型盆地的并列与叠加对油气形成聚集的时空控制关系，最终达到定量预测油气资源的目的，从而对溱潼凹陷今后的勘探工作提出建议。

本书可供从事油气勘探的技术人员，有关科学研究人员及油气地质专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

TSM盆地模拟：在苏北溱潼凹陷的应用/徐旭辉等著. -北京：地质出版社 1997. 12

ISBN 7-116-02448-4

I. T... I. 徐... III. 含油气盆地-数值模拟 N. P618. 130. 2

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第19937号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑：王章俊 宋国俊 郝祥国

责任校对：范 义

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092 1/16 印张：6.75 字数：150千字

1997年12月北京第一版·1997年12月北京第一次印刷

印数：1~400册 定价：20.00元

ISBN 7-116-02448-4

P·1823

序

现代石油地质科学正以其系统化、定量化和动态化为标志,沿着多学科综合的方向发展。在这样的发展中电子计算机成了重要的工具。其中,盆地数值模拟作为计算机应用方法以其高效、低耗为特征在学科综合上展现出卓越的功能而被石油勘探部门广泛推广和促进,并以其开拓神速,而令人瞩目。

所谓盆地模拟,就是一种仿真技术。它是将盆地地质概念模型转换为数学模型,然后运用计算机技术加以实现的。朱夏(1985)曾经强调指出,按照地球动力学机制来区分盆地的原型以及将不同世代的盆地原型并列与叠加的地质概念和“盆地的原型或结构单元应被看作是一定环境下的作用-响应系统,并且可用 T(环境)-S(作用)-M(响应)的程式来表达它的内涵和外延诸因素。系统中包含着许多子系统,诸因素间有极其复杂的相关性。”无疑,朱夏院士的这一意见提供了开展盆地模拟研究极为重要的指导思想,也就是说在使用系统论的观点和方法时,在按照数理逻辑或方程式来表达这种“复杂的相关性”的地质语言中,应当按照理论建模—实例校验—动态模拟的程序来进行研究,才能有效地推演许多未知而潜在的东西,以期有助于油气田“在找油工作者脑海中的形成”。

“七五”期间,本书作者在当时地质矿产部石油地质、海洋地质局和华东石油地质局有关领导的支持下,着手尝试性地研究以期开发符合我国盆地油气规律的模拟预测系统。经过多方面的努力,在吸收国内外先进思想的基础上,初步形成了确定性的动态模拟系统,包含了盆地的埋藏史、热史、生烃史和运聚史 4 个子系统网络,并于 1989 年完成了在苏北盆地盐城凹陷的一维模拟应用,取得了实践的知识。研究成果被收入地质矿产部石油地质、海洋地质局“七五”找矿新思路及勘探技术方法成果集内。“八五”期间,该项目进一步得到华东石油地质局的支持与合作,在苏北盆地的一块重要勘探开发基地——溱潼凹陷开展了盆地拉张断陷原型的二维模拟应用。通过多年来探索和开发,已经形成了以盆地原型的并列与叠加控油为指导思想的 TSM 盆地动态模拟预测系统,这一 TSM 盆地模拟系统具有如下特点:

首先,强调了地质调查是模拟运行的前提。没有地质概念,就没有模拟。模拟必须从实地出发,选定反映盆地形成机制的基本模式。

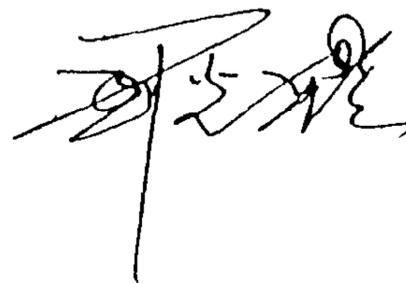
其次,模拟系统明确地反映了不同构造-热体制与油气系统演化之间作用-响应的确定性关系。动态的模拟结果揭示了盆地的演化过程,提供了合理预测油气的依据。

第三,模拟系统模块化,具有可选性。系统软件均为自主开发,有较强的实用性和扩展能力。

由此,盆地模拟已经按初衷的设想走出了可喜的一步。它可以通过多方面的单项模拟深化实现更为完善的大系统“组装”,不断逼近仿真。它可以根据地质进展,补充、扩展模型,反馈模拟,滚动预测,减小勘探风险,从而为进一步开拓模拟研究奠定基础。

当前,我国计算机的开发应用已经达到相当普及的程度,盆地模拟方法已不再是陌生的事

物了。为了进一步开拓思路,交流进展,我藉此书出版之际,特向读者推荐,以期更好地推动和发展盆地模拟,为我国的油气工业服务。



中国科学院院士、教授
中国地球物理学会理事长

1997年3月26日

前 言

近 10 多年来,随着含油气盆地分析不断的发展,盆地模拟正向不同方向、以不同方法神速发展起来,并已日趋成为盆地分析的有力工具和世界油气地质评价方面的热门研究。越来越多的国内学者,在开发和应用盆地数值模拟的实践过程中,已经发现直接引进国外成果软件所采用的一些地质概念模型与我国含油气盆地研究有很大差异,显然模拟的结果与实际地质不相一致。朱夏院士对发展盆地模拟曾指出,定量参数演算技术的途径在于“对含油气盆地的形成发展及其控制油气生成运移和聚集的演变过程进行理论探索,从而建立模式,指出方向,以有利于油气普查勘探的实践”(朱夏,1978),朱夏在 1985 年还进一步指出:“通过电脑的运算、模拟,将能使各种盆地原型具有全球性的可比拟性,从而突出中国盆地在全球构造环境中的特殊性”,“可以从少量的已知东西来推演许多未知的、潜在的东西。”依据这一思路,我们从“七五”开始着手研究开发一套符合我国油气盆地特点的盆地模拟勘探评价系统。并于 1987 年在苏北盐城凹陷进行了一维的模拟应用。“八五”期间,在华东石油地质局第六普查勘探大队的合作和支持下,在苏北盆地中一块重要油气勘探开发基地——苏北溱潼凹陷进行二维的模拟应用。该项目归属于华东石油地质局溱潼凹陷滚动勘探开发项目,项目要求在模拟工作的基础上,对溱潼凹陷进行定量评价,提出重点勘探圈闭。并对今后勘探方向提出建议。

通过项目组全体人员的共同努力,圆满地完成了设计任务。在模拟实行过程中,以朱夏院士 TSM 盆地研究程式为指导思想,研制了以埋藏史、热史、生烃史和运聚史 4 史为特征的 TSM 盆地模拟软件系统。在盆地埋藏史模拟中,在剖面上依据运动学规律实现了二维模拟方法及应用的突破。再现了二维的、动态的断陷-断陷-拗陷叠加“理应如此”的埋藏史演化过程。在盆地热史模拟中,结合不同时期构造热体制的变化,揭示盆地从断陷-断陷-拗陷叠加过程中热场的变化。从而为后续的生烃、运移等油气模拟系统提供各时期的、更为合理的动态边界条件。

TSM 盆地模拟方法在溱潼凹陷应用过程中,利用了该区勘探工作所积累的地质地球物理资料、钻井资料和测试分析资料,从各个侧面提供了大量基础综合数据,并计算取得了溱潼凹陷自仪征运动(67Ma)以来,不同时期的构造、沉积、古地温以及不同层位不同阶段生烃量、排烃量和累计生烃量、排烃量以及水头、油汇数据等。借助于 Surfer、Mapcad 等系统绘图软件,形成了一套从模拟数据到成图的模拟输出系统,使得 100 多张的模拟图件得到快速、准确的输出。

模拟工作获得了大量信息。通过对这些信息的解释和对埋藏史、热史、生烃史、运聚史等方面的综合,获得如下方面的认识和进展:

(1)依据盆地原型的并列叠加原理,模拟系统可以动态地再现溱潼凹陷自仪征运动以来老第三纪断陷的演化过程和新第三纪拗陷的叠加过程,定量地反映古新世(泰州组—阜宁组)、渐新世至始新世(戴南组—三垛组)两期断陷的规模。

(2)从区域上,计算了溱潼凹陷吴堡运动面和三垛运动面的剥蚀量,提供了非连续沉降的校正关系。

(3)结合深部热根源的变化,动态地、定量地反映了溱潼凹陷断陷至拗陷的转化过程中,古地温的分布和变化。

(4)在上述断-拗构造-热机制边界条件控制下,反复计算了溱潼凹陷的生油量。定量地描述了泰州组阜一段、阜二段、阜四段和戴南组等生油层的生油潜力和不同的生油期及高峰期。

(5)从而,按连续油相临界运移饱和度排烃模型,定量地计算了溱潼凹陷泰州组阜一段、阜二段、阜四段等各层位的排烃起始期、排烃量和排烃位置。

(6)通过计算得到溱潼凹陷泰州组阜一段、阜三段、戴南组等各层位的油汇分布和水势分布,并根据油气聚集模式,提供了油气运移直至圈闭的定性和半定量认识。

据以上方面的认识和成果,编写了本书并提出了按照盆地原型并列叠加关系通过动态模拟进行油气评价预测的应用实例,以期交流提高。各章节编写人员分工为:前言、第1、8、9章为徐旭辉编写;第2章为朱应平编写;第3章为徐旭辉、江兴歌编写;第4章为江兴歌编写;第5、6章为朱建辉编写;第7章为耿大清编写。全文由张渝昌、徐旭辉整理。整个工作得到了张渝昌、朱桐荫等专家的检查和指导。参加工作的还有陈斌、魏武等。

整个模拟工作,受到了华东石油地质局钟特强、杨方之局长和副总工程师卫自立等同志的重视和支持;在模拟工作中,得到了第六普查勘探大队的杨向民、李荣顺等同志的关心,在此特表示感谢。

本书中的模拟成果的计算机制图得到了地质矿产部石油地质中心实验室王根华、王宜芳、吕剑虹等同志的协助,在此一并表示感谢。

目 录

1 TSM 盆地模拟方法概述	(1)
1.1 盆地模拟的指导思想	(1)
1.2 盆地确定性动态模拟的概念	(1)
1.3 TSM 盆地模拟方法的建立	(2)
2 溱潼凹陷地质研究基础和模拟模型	(6)
2.1 溱潼凹陷勘探程度	(6)
2.2 溱潼凹陷的地质分析	(7)
2.3 溱潼凹陷的地质模型	(11)
3 溱潼凹陷盆地模拟系统	(14)
3.1 模拟系统分析和模拟流程	(14)
3.2 模拟数据管理系统	(14)
3.3 模拟图形输出系统	(17)
4 溱潼凹陷埋藏史演化模拟	(20)
4.1 埋藏史定量分析与原理方法	(20)
4.2 埋藏史模拟的参数处理和实现	(27)
4.3 溱潼凹陷沉降演化特征	(31)
5 溱潼凹陷热史演化模拟	(43)
5.1 热模型建立与处理方法	(43)
5.2 热史定量分析	(45)
5.3 溱潼凹陷古地温场演化特征	(49)
6 溱潼凹陷生烃史演化模拟	(54)
6.1 生烃史定量分析与原理方法	(54)
6.2 生烃史参数的定量分析	(55)
6.3 溱潼凹陷生烃史演化特征	(58)
7 溱潼凹陷排烃、运聚史的模拟	(64)
7.1 排烃史模拟	(64)
7.2 油汇位置模拟	(66)
7.3 水动力模拟	(66)
7.4 溱潼凹陷排烃史、运聚史演化特征	(69)
8 溱潼凹陷的油气评价	(79)
8.1 泰州组—阜宁组一段	(79)

8.2 阜宁组二段—阜宁组四段	(83)
8.3 戴南组—三垛组	(86)
9 结 论	(90)
英文摘要	(92)
参考文献	(97)

CONTENTS

1	Summary of method of TSM Basin modeling	(1)
1.1	The guiding ideology of basin modeling	(1)
1.2	Concept of a definite dynamic modeling of basin	(1)
1.3	Method of TSM basin modeling	(2)
2	Geological study and models for basin modeling in Qintong depression	(6)
2.1	Exploration level of Qintong depression	(6)
2.2	Geological analysis of Qintong depression	(7)
2.3	Geological models for Qintong depression	(11)
3	Basin modeling system for Qintong depression	(14)
3.1	Modeling system analysis and modeling flow	(14)
3.2	Data management system	(14)
3.3	Graphs output system	(17)
4	Evolution modeling of buried history of Qintong depression	(20)
4.1	Quantitative analysis of buried history and principle	(20)
4.2	Parameters processing and realizing of buried history modeling	(27)
4.3	Subsiding history of Qintong depression	(31)
5	Modeling of thermal evolution of Qintong depression	(43)
5.1	Thermal model and processing method	(43)
5.2	Quantitative analysis of thermal history	(45)
5.3	Evolution of Palaeo-temperature field of Qintong depression	(49)
6	Modeling of hydrocarbon generation history in Qintong depression	(54)
6.1	Quantitative analysis of hydrocarbon generation history and principle and method analysis	(54)
6.2	Quantitative analysis of parameters for hydrocarbon generation history	(55)
6.3	Evolution of hydrocarbon generation history in Qintong depression	(58)
7	Modeling of hydrocarbon expelling, migration and accumulation in Qintong depression	(64)
7.1	Modeling of hydrocarbon expelling history	(64)
7.2	Modeling of position of oil accumulation	(66)
7.3	Modeling of hydrodynamics	(66)
7.4	History of hydrocarbon expelling, migration and accumulation in Qintong depression	(69)
8	Assessment of hydrocarbon resource in Qintong depression	(79)

8.1 Taizhou formation-Member 1 of Funing formation (79)

8.2 Member 2—Member 4 of Funing formation (83)

8.3 Dainan formation-Sanduo formation (86)

9 Conclusion (90)

Abstract (92)

References (97)

1 TSM 盆地模拟方法概述

1.1 盆地模拟的指导思想

盆地研究是一个复杂的系统工程，为了达到认识盆地这一大系统诸种事物的内在联系，盆地研究正沿着系统化、定量化和动态化的方向迅速发展。由此，朱夏(1982)曾提出过盆地研究TSM工作程式。该程式把盆地研究的系统性和动态性融汇在一起，并为盆地定量研究和模拟提供了一个可行的指导思想。朱夏认为盆地作为一个整体是原型的并列与叠加。由于盆地因其原型具有不同的形成机制，所以盆地内的四大地质作用要素(4S)和四大油气响应要素(4M)各具特色。在盆地系统中，这些作用-响应要素在盆地沉降过程中彼此动态制约，因而几乎其中任何一个参数的变化都会牵动系统网络的变化。所以目前的盆地研究，已经形成了一个庞大的连锁网络，吸收了地学乃至数、理、化各个分支学科的知识。在这一网络中的各项要素是按照地质事实所构成的模式关系进行量化的，并且在即时的地史复原中和勘探检验的进程中合理地逼近或反复预测油气所在的位置和数量，提高勘探命中率。该综合研究方法是以现代计算机应用技术为手段的，在国内外被概称为盆地模拟(basin modelling)或盆地定量分析(basin quantitative analysis)。诚如朱夏(1985)所指出，对这样一个系统的研究应当按理论建模-实例校验-动态模拟的程序来进行。

1.2 盆地确定性动态模拟的概念

石油是地质历史长期作用的结果，它包括构造变动、热、沉降、沉积、生烃、运聚等多种复杂因素的相互作用。为了找油，研究各种因素的作用机理，以及它们之间的相互关系是十分重要的。然而这样一个系统是十分庞大而复杂的，只有借助于现代的数理理论和先进的电子计算技术，综合该系统中多个研究领域的成果和数据，使之共熔于一炉才有可能进行系统的研究。由此应用计算机模拟是盆地综合研究的一个极其重要的方法。所谓模拟，就是一种仿真技术；而动态的模拟则既指可以模拟出研究对象随时间的变化，体现了盆地系统的动态变化，又指模拟结果是动态的，对盆地的认识可随勘探程度提高而不断反馈修正，也指模拟的方法是动态的，一旦新的勘探结果检验了模拟模型，提供了新信息，可以重新建模，不断逼真，反复预测，不断指导实践。由于确定性模拟的方法，要求用严格的逻辑关系或函数关系来描述对象，因此它突出了物理学和化学的定理同地质原理或规律的结合，也就是说，它力图用物理或化学的数学逻辑方法来表达地质作用(S)同油气响应(M)诸参数之间的关系，动态地模拟油气的量及其赋存的位置。确定性模拟方法与统计型和随机型模拟方法之间显然可以互补，具有异曲同工之妙，进而全面反映油气形成与演化过程的本质特征，成为解决动态体制研究的重要手段。

盆地模拟作为石油地质领域里的一项新方法，有其鲜明的特点。首先，一方面把含油气盆地作为一个整体系统来看待，并且研究其系统的边界条件及其对盆地内部的关系；另一方面，研究盆地模拟的各个单项方法时，都是作为整体系统的一个子系统来研究的，并且把其它方面研究的结果作为子系统的边界条件。第二，盆地模拟的模型完全来自于地质研究，地质研究的程度决定了盆地可模拟的深度，同时模拟计算所用的数据也依赖于地质勘探程度，盆地模拟只是一种重要的地质综合研究方法。第三，盆地模拟的研究是定量化的研究，把地质的研究用数理化的公式加以表达，而对地质现象也由定性描述转为用数字来定量表达。由此演绎推理的东西，是“理应如此”的结果。第四，盆地模拟是利用现代计算机技术来达到多个模型的互动和反复反馈的，包括各类数据的综合、模拟过程和结果的动态直观显示等，只有这样，“地质实验”才是可能的。发展盆地模拟，可以检验地质观念，揭示盆地演化的动态过程；从而可以从少量的已知东西来推演许多未知的潜在的东西。

由于自然界的复杂性以及地质事件都是长时间的（而非瞬时）作用，因此盆地模拟研究存在着难点，譬如，盆地构造作用虽然理论上都符合物理定律，但由于力场、物性千差万别，构造运动在不同盆地各有其特点，实际上不能用一个统一的方法；又如油气的运移，由于地层岩石性质的极端复杂，要精确确定流体力学方程的参数实际上很困难。为了进行模拟研究，某些假设和简化是必须的，自然这存在着一个合理抽象和简化的过程。但简化在某些情况下是危险的，只有当模型反映了自然体系的本质时，简化才是合理的，否则，对自然体系概念式的简化是有害的。一个模型要符合实际，其初始假设就必须建立在地质“基本事实”之上。与地质实际不符的模型通过模拟程序有可能将其误差扩展，从而导致对盆地不恰当的错误认识。

目前的勘探工作，往往直接指向产油层而忽略相关的其它层位，从而形成数据不配套。比如，只测砂岩的孔隙度，而很少测泥岩的。这往往给盆地模拟工作中的数据提取带来困难。

虽然存在诸多的困难，但盆地模拟研究的发展是很快的。

首先，盆地模拟的研究在世界范围内得到了普及，应用的规模也更趋于扩大，国内各油田都纷纷采用盆地模拟方法进行资源评价，建立模拟工作站。并把盆地模拟应用于生产实际，得到实践的检验，从而使该方法更趋成熟，效果更加明显。

其次，随着应用的发展，各种各样的单项模型层出不穷，并且在应用中取得效果。比如，盆地的构造模型考虑了挤压或拉张的因素，能够处理复杂的断层关系；生烃的研究已经进入量子化学的水平，不仅能研究生烃的总量，而且能计算出烃中各种组分的量及其产生时段；运移聚集史的研究，引入了三维混相渗流力学方法，可以较正确地指出圈闭位置及其聚集量。这些模型对我们建立综合的、可选性的模拟系统，提供了借鉴，开辟了高仿真系统模拟的途径。

最后，随着计算机应用水平的提高，盆地模拟软件的工业化水平不断提高，与地震、测井等计算机处理系统建立了良好的接口，数据可以互相通用；更加明显的是，盆地模拟的显示系统有了极大的改善，图形工作站、大型彩色绘图机等设备纷纷投入应用，在显示软件方面，也有了极大的提高，往往采用直观的三维动画方式显示模拟的过程，便于一般地质学家直接操作。

1.3 TSM 盆地模拟方法的建立

TSM 盆地模拟方法是按照确定性动态模拟方法实现盆地模拟的。它一般要经过概念模型

(地质模型)、数学模型和计算机实现这几个过程。所谓概念模型就是在人们头脑中形成的地质概念,通过地质调查,从描述提高到规律性的认识,从定性发展到可定量的认识,这样就形成了可以转化为数学模型的地质概念模型。大量的地质观察和研究实际上都是为了得到这样一种认识,以指导找油的生产实践。换句话说,只有地质研究才有可能进行量化的盆地模拟研究。而数学模型就是用数学公式把所认识的地质规律表达出来,把地质事实抽象为数据,把地质概念转化为数学、物理定理或数理逻辑。例如,通过对孔隙度的研究,认为碎屑岩的孔隙度主要是由于埋深压实引起,因此,把孔隙度用经验公式归纳为埋深的函数关系。

由数学模型到计算机实现,必须解决数据准备、计算方法、程序组织、输入输出等问题。为了在计算机上实现盆地模拟,必须进行网格化,也就是对所模拟的盆地实体进行时空划块。每一个被划分的立方块代表了运算的最小单元,即假定每个单元内的物质都是均匀的,所有的地质参数都是一致的。这样,各单元的参数和状态随时间的变化就反映或再现了该单元地质演化的过程及其相应的油气条件。模型网格化是实现数学模拟的重要步骤。数学模型的讨论和计算都是以上述基本最小单元为基础的。模型的可划块程度决定了模拟的精细程度,这同计算参数的精细程度有关,在参数不足的情况下,将网格划得很小是没有意义的,只是徒增计算时间。网格化的方法是多种多样的,可以根据地质模型和数学模型选用矩形网、三角网等。

盆地模拟的研究总是从单项模拟发展到多项模拟,最后达到综合模拟,当涉及到多项模拟时就要考虑互相之间的衔接关系,这种复杂的系统衔接关系,是借助于计算机实现的。

由上可知作为 TSM 模拟方法,首先从“盆地是原型的组合”这一基本概念出发,建立地质模型。具体地说,就是确定不同世代的原型及其形成机制,确定原型沉降结构的动力方式和热转换形式,确定不同原型并列或叠加引起沉降结构变化的规模和程度。依此,选定相适应的沉降模块和热模块,按盆地世代演化匹配组合起来。由此,根据各模块确定的数学模型,通过计算机实现盆地演化中的动态边界条件,即建立构造-热体制的变化所引起盆地形成的地质作用(S)与油气反响(M)之间的动态关系。这种关系在模拟盆地沉降过程中反映出温度、压力和体积的变化对油气物质转变成油气和运移聚集的影响和控制。最后结合油气系统模块,系统模拟盆地油气的形成和分布。

本书后述章节就是运用上述思路和方法具体模拟断-拗转化盆地,并通过实例说明 TSM 模拟方法在检验地质事实、揭示演化过程和预测未知参数上的作用和意义。

目前国内外研究大多从盆地埋藏史、热史、生烃史和运聚史(包括油气初次运移和二次运移)这4个方面进行模拟的,前两者基本上就是前述的盆地系统边界条件的模拟,后两者就是在系统边界条件变化控制下油气系统的动态反响模拟。它们构成了盆地系统边界和要素的模拟关系。这里埋藏史模拟主要模拟恢复盆地的沉降史、沉积史、剥蚀史,是整个模拟工作的基础;它为后续的各史模拟提供了一个动态的边界条件,由于盆地原型的多样性和复杂性,埋藏史的研究不能使用同一方法。热史的模拟主要是重建盆地内古热流史和古温度史,它主要是受深部热传导的影响,其变化与沉降相辅相成,构成盆地沉降的构造-热体制模拟。模拟古地温史是烃类成熟度的最重要的客观因素,并且也是影响埋藏史和运聚史的重要因素。模拟生烃史可以认识烃类的成熟度,得到油气资源的量。盆地运聚史模拟则主要模拟油气生成之后从源岩向储集岩排出,并且在储层中运移聚集、成藏和破坏、再成藏的全过程,最终得到目前油气藏的数量和位置。

盆地模拟系统是地质模型对地质作用概念的表达,无论从前述4个史出发(图 1-1)或者

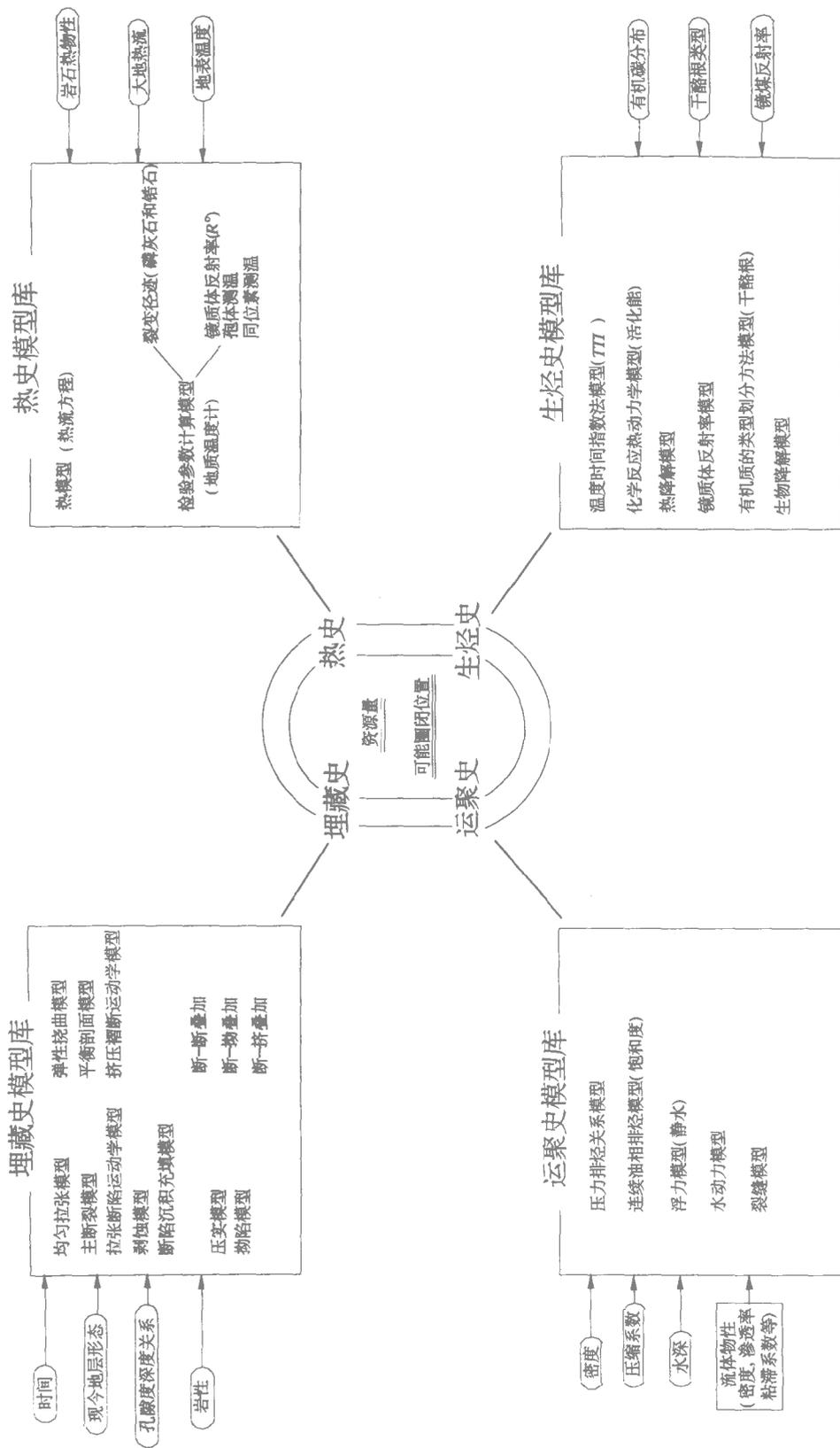


图 1-1 TSM 盆地动态模拟勘探评价系统模型框架图
(框外外圈的半弧形方框内标示出所需的计算参数或函数关系)

从作用与反响关系出发，都必须反映地质现象的论理过程，并通过计算机加以实现。作为确定性的地质模型就是要为模拟地质作用准备出相关的参数和参数间的逻辑关系，使模拟计算的结果直接反映地质概念的合理性，从而达到“理应如此”的模拟结果。

当前，以油气盆地为对象的数学动态模型涉及到广泛的地质模型，包括盆地形成发展的大地构造环境模型、盆地沉降与沉积-构造作用的模型和油气生成、油气藏形成条件的模型以及这些模型间逻辑关系的准备。实现这一庞大的、复杂的油气盆地模拟，需要一个能用于模拟且能代表各类盆地原型的地质模型库。并且随着油气盆地研究的不断深化，不断地补充、更新库中的地质模型。由此，根据目前研究状况，我们初步建立一套 TSM 盆地动态模拟勘探评价系统模型库（图 1-1）。从模型框图中可见，首先从盆地的地质作用出发，建立不同盆地原型的沉降模型，通过埋藏史、热史的恢复，表达了盆地发生、发展的地质作用，指示了任一时间的地层温度、压力（深度）和体积变化的状况以及影响油气条件的相关因素。它们同描述油气生成（生烃史和运移、圈闭运聚史）的“油气系统”串接起来可以建立出一系列地质作用与油气响应之间的关系，从而达到模拟预测油气的目的。

为了在计算机上实现这样一个模拟系统，从软件角度看可以建立一个模型方法库。整个系统可划分为数据库子系统、模拟计算子系统和显示绘图子系统，如图 1-2。数据库子系统包括原始数据库、参数库和结果数据库。原始数据库是从实际的地质、地球物理和地球化学工作中取得的数据，它需要经过预处理，提供给模拟计算子系统使用，随着勘探的进展，数据是不断更新的；参数库可以是原始数据库经过预处理的结果，也可以是人为给出的经验数据，它提供模拟程序运算所需的全部参数；结果数据库包括模拟软件计算的结果，它可以提供输出显示，也可以供下一步计算使用。通过规定通用的数据格式，减少接口工作量，便于串接。

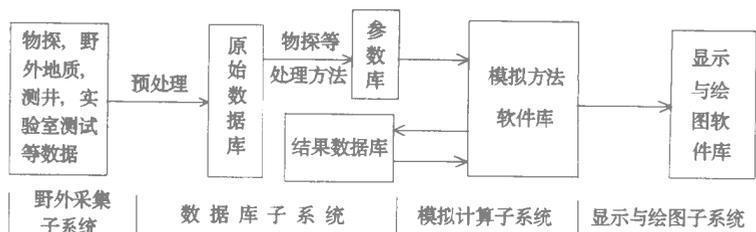


图 1-2 模拟数据库、方法库框架示意图

模拟计算子系统取用参数库中的数据进行埋藏史、热史、生烃史和排烃、运聚史等方面的模拟计算，并将结果送结果数据库。这个子系统包含了各种模型，每个模型可有好几种并列的方法，各种模型方法可以并存，互相比照，根据实际情况，灵活取用，串接组合为一个合适的系统。这样具有很强的可扩展性，随着工作的深入开展，可以方便地在原有工作成果的基础上进行扩展。

显示绘图子系统，可以显示输出数据库中各种数据，它是一个服务性的子系统，通过研究通用的显示软件，提高显示的美观和直观水平，以及图形报表输出功能。显示绘图子系统水平的高低关系到能否直观充分地显示模拟进程和结果，是模拟表达的一个关键。

2 溱潼凹陷地质研究基础和模拟模型

2.1 溱潼凹陷勘探程度

溱潼凹陷面积 1225km² (图 2-1)。石油地质勘探、研究工作自 1958 年开始,在近 40 年内从概查到详查的勘探开发过程中,先后对整个凹陷进行过重力、航磁、电测深、大地电法、光点地震、模拟磁带地震、二维数字地震、三维地震勘探以及钻井地质勘探,基本上摸清了溱潼凹陷新生界的构造形态、断裂特征。现已圈定了 92 个构造圈闭,8 个非构造圈闭,并在 9 个组段钻遇良好的油气显示,其中在泰州组、阜一段、阜三段、戴一段、戴二段以及垛一段 6 个层位见工业

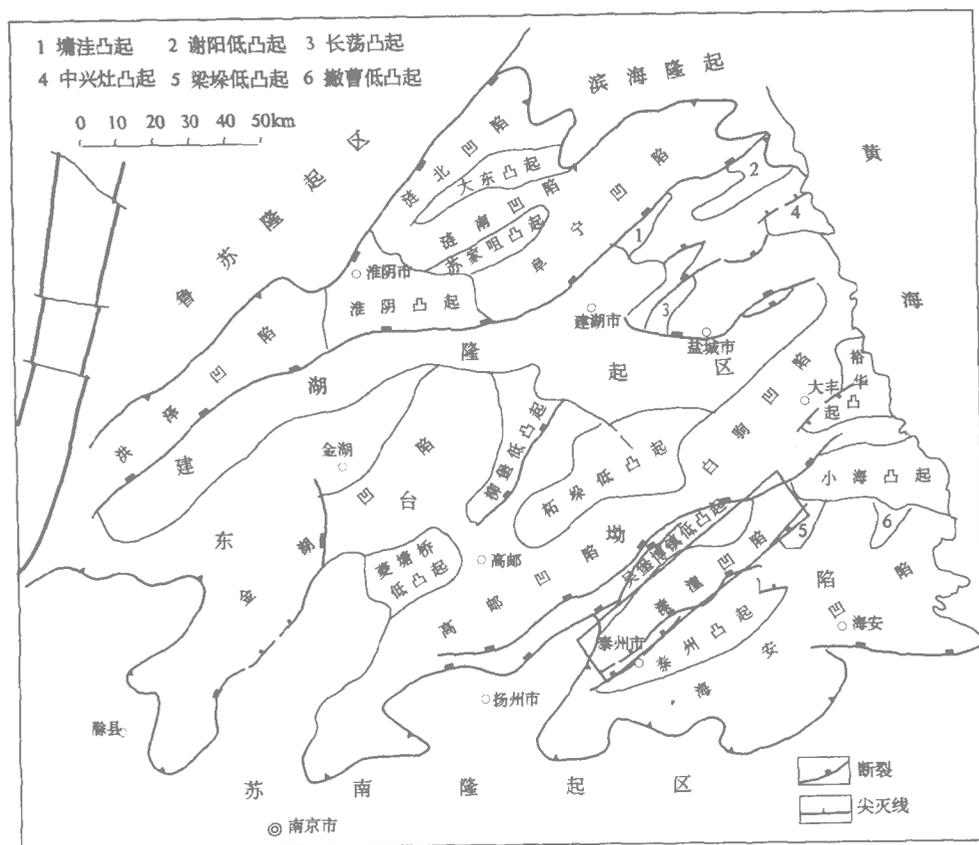


图 2-1 苏北新生代盆地构造区划图
(方框内为模拟工作范围)