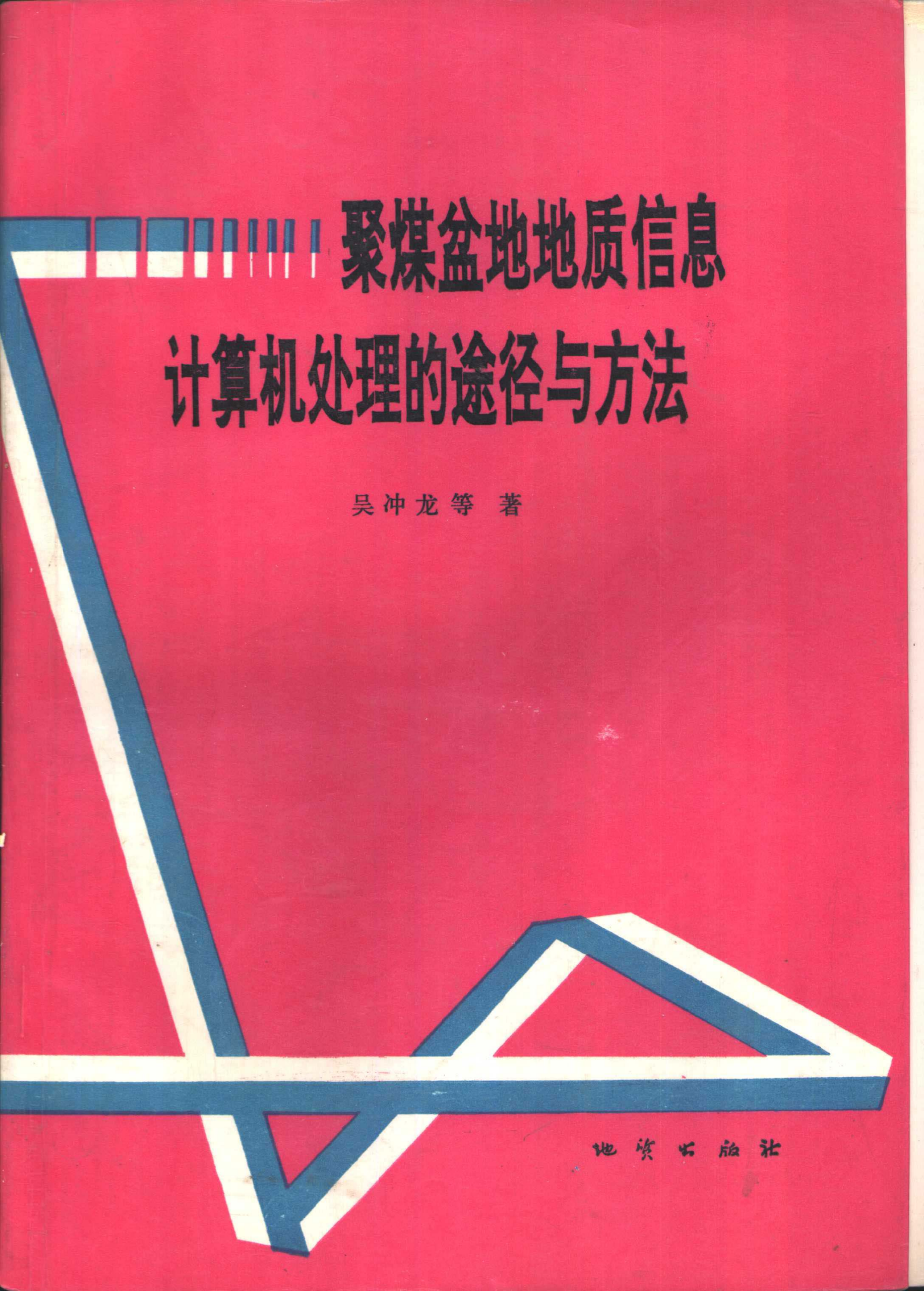




聚煤盆地地质信息 计算机处理的途径与方法

吴冲龙等 著

地质出版社

187
H-223

聚煤盆地地质信息计算机 处理的途径与方法

吴冲龙 金友渔 王仁铎 汪新庆

陈建国 陆汝伦 宁淑敏 著

地 质 出 版 社

(京)新登字 085 号

内 容 简 介

本书根据地质矿产部“七五”科技攻关项目《鄂尔多斯盆地煤聚集规律及其与油气的成因联系》的二级课题研究成果编写而成。该项研究较好地运用了系统工程的设计思想,比较全面地从数据库、计算机绘图、信息的多元统计分析、煤资源的综合评价等四个方面探索和研究了计算机应用的方法、模型,编制了初具规模、功能较全面、能在微机上运行的计算机软件系统。

本书可作为煤及其它沉积矿产地质专业的本科生、研究生和科技人员的参考用书,对于从事石油与天然气地质和沉积学、地层学的科技人员也有参考意义。

聚煤盆地地质信息计算机 处理的途径与方法

吴冲龙 等 著

责任编辑:杨友爱

地质出版社 出版发行
(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷
(北京海淀区学院路29号)
新华书店总店科技发行所经销



开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 8.25 字数: 193000
1992年11月北京第一版·1992年11月北京第一次印刷
印数: 1—1000册 定价: 5.70元
ISBN 7-116-01158-7/P·978

目 录

前言	(1)
第一章 聚煤盆地分析中计算机应用的若干问题	(2)
第一节 盆地分析与系统理论	(2)
第二节 盆地地质现象的数学属性	(4)
第三节 盆地地质信息处理软件系统的研究思路	(7)
第二章 聚煤盆地地质信息系统及其数据库 (BADBS) 设计	(11)
第一节 系统分析	(11)
第二节 盆地分析数据库的系统设计	(18)
第三章 多元统计分析法在盆地分析中的应用	(29)
第一节 几个新的多元统计分析模型的建立与应用	(29)
第二节 某些常用多元统计模型的改进与应用	(48)
第四章 主要盆地分析图件的计算机辅助编绘系统 (BACMS)	(67)
第一节 编图系统设计简介	(67)
第二节 沉积物垂向层序图编绘程序	(69)
第三节 沉积断面图编绘程序	(77)
第四节 等值线图编绘程序	(82)
第五章 煤炭资源的分类模糊综合评价系统 (CRCVS)	(95)
第一节 分类综合评价的实体模型	(95)
第二节 煤炭资源综合评价的数学模型	(105)
第三节 程序使用说明及评价实例	(117)
附录 软件系统目录	(122)
参考文献	(126)

前 言

数学地质方法和计算机技术在我国煤田地质领域的应用,已经有了近 20 年的历史。这期间所取得的成就是令人鼓舞的。为了促使这方面的研究工作向系统性、综合性和实用性方面发展,以便更好地服务于聚煤盆地分析和即将开始的新一轮全国煤资源预测,我们在地质矿产部科技司的支持下,选择了聚煤盆地地质信息计算机处理课题。研究的重点在于从聚煤盆地地质信息系统的建设、地质数据的多元统计分析、盆地分析图件的计算机编绘和煤炭资源的综合评价等四个方面,探索计算机信息处理在聚煤盆地分析中的应用途径与方法,并且研制出一套具有实用价值和推广意义的应用软件。本书即是在上述研究工作的基础上编写而成的。

本书各章节执笔者分别是:第一章由吴冲龙执笔,第二章由汪新庆、吴冲龙执笔,第三章由金友渔、王仁铎执笔,第四章由陈建国、吴冲龙、宁淑敏执笔,第五章由吴冲龙、陆汝伦执笔。全书初稿完成之后,由吴冲龙统一编纂定稿。曾金娥同志参加部分研究工作,葛立刚、吴巧生同志协助清抄部分稿件。崔宁、张咏梅同志清绘了全部插图。

杨起教授、李思田教授和孙培基高级工程师在课题选择和课题设计方面给予了关心和指导;赵鹏大、曾允孚、何镜宇、朱章森、陈焕疆、范永香、唐修义和王池阶等教授,傅泽明、墙芳躅和韩金炎等副教授,尹善春、曾澜和谭照华等高级工程师对研究工作给予了许多鼓励和帮助。值此著作出版之际,谨致以诚挚的谢意。

作者水平有限,愿抛此砖以引玉,如蒙指正,不胜感激。

作 者

1992.5.3

第一章 聚煤盆地分析中计算机应用的若干问题

聚煤盆地分析是一项对聚煤盆地的沉积、构造及其中煤和各伴生沉积矿产的形成、分布和赋存状态进行全面研究,从而对盆地矿产资源作出准确评价的系统方法(李思田等,1989)。其特点是着眼于整个盆地,把古环境和古构造研究结合起来,把盆地的演化历史与区域地质背景分析结合起来。因此,聚煤盆地分析工作要求综合利用地质、物探、化探、遥感等方面的信息。反映这些信息的数据,既有定性的又有定量的,种类繁多而且数量巨大。分析处理这些数据,需要耗费巨大的工作量。长期以来,工作人员习惯于手工方式,在计算、作图上主要靠手工劳动,不但效率很低,而且难以发现各种地质现象、本身及其相互关系在量的方面的规律性。为了改变这一状况,使盆地分析的理论和方法迅速得到推广、普及,需要引入系统论、信息论和控制论的思想,尽可能地利用计算机技术,建立各聚煤盆地的地质信息系统,并且围绕该信息系统进行各种功能处理子系统的开发,力求建立一个完善的计算机技术应用系统。

第一节 盆地分析与系统理论

沉积盆地是同沉积的内动力地质作用(主要是同沉积构造作用、岩浆作用、变质作用和内生矿作用)和外动力地质作用(主要是岩矿碎屑物质、生物碎屑物质和化学物质的搬运、沉积、埋藏、压实等作用和外生成矿作用,等等)赖以进行的独立而完整的基本构造——地貌单元。盆地分析的基本问题是揭示盆地的构成要素及其演化过程所遵循的盆地系统的规律,并由此再造盆地的发展史,进而对其中的各种沉积矿产资源作出预测和评价。

大量实际资料表明,煤、油、气及其它沉积矿产(包括某些层控矿产)往往共生于一沉积盆地之中。它们分别是在沉积盆地演化的特定阶段,由特定的古构造、古地理、古气候、古生态和古地热条件联合作用的产物。为了称谓上的方便,人们通常按其中所含的主要矿产类型或自己所研究的主要矿产种类,将沉积盆地称为含煤盆地、含油气盆地、含盐盆地,等等。所谓聚煤盆地是指原生的含煤沉积盆地。由此可见,聚煤盆地的盆地分析与含油气盆地的盆地分析,在实质上并无差别,只是在某些方面侧重点不同而已。

如果将盆地的形成、演化看作一个整体性的大系统,则上述各种作用都是它的子系统。这些子系统可以部分地合并成一个较大的系统,也可以再分解为更低一级的子系统(图1-1)。例如,由盆地内部的搬运作用、狭义的沉积作用、埋藏作用和压实作用(早期成岩作用)所组成的广义沉积作用系统,是子系统部分地合并成较大系统的实例;而狭义的沉积作用分解为冲积扇沉积作用、河流沉积作用、三角洲沉积作用等等,则是子系统分解为低级子系统的实例。每一个子系统和低级子系统都与外界进行物质交换,既有输入也有输

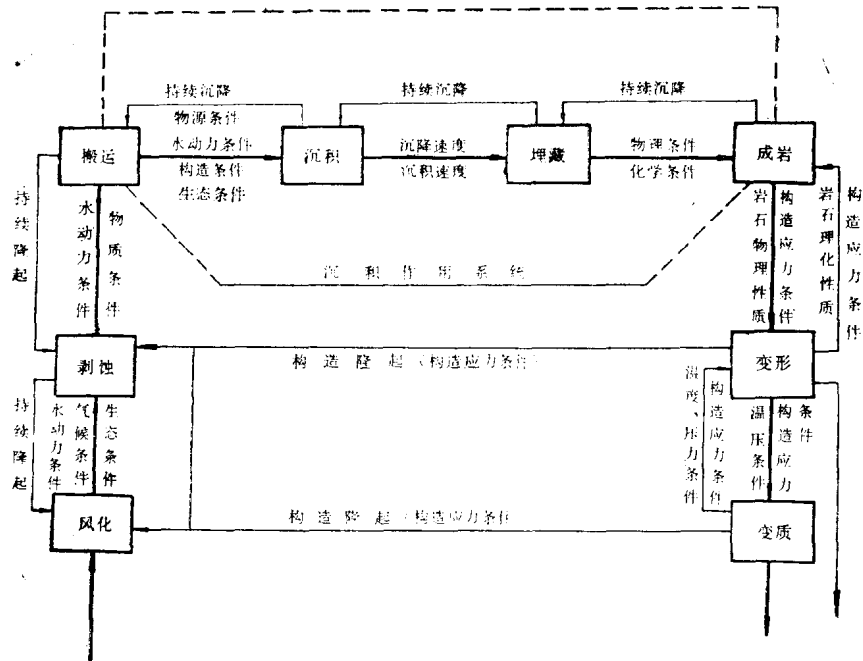


图 1-1 与沉积作用有关的盆地地质作用系统示意图

箭头表示物质转移的方向；粗线为转移路径；细线为自我调节路径；方框及其中的文字代表子系统；虚线代表广义沉积作用系统的边界；线旁的文字表示前方系统的主要影响因素

出，以维持自身的稳定状态。它们都有自己的发生、发展规律和方向，有很强的抗干扰能力，然而又共同服从于盆地系统的总规律、总方向，有一些共同的影响因素。由于相邻的次级系统之间都没有严格的空间界限，任何一个次级系统的状态变化都会直接或间接地影响相邻次级系统的状态变化，甚至导致盆地系统的总体变化。

盆地地质作用系统（简称盆地系统）及其各次级系统的上述特性，归纳起来，就是整体性、相关性、动态稳定性和环境适应性。这些特性的存在表明盆地系统及其次级系统，都是复杂的开放式系统（Bertalanffy, 1950, 1973）。从复杂性看，它们相当于细胞级（Boulding, 1956）；从可预测性看，它们属于概率性系统。作为一个复杂的开放系统，盆地的演化主要是外部岩石圈动力学条件与内部物质条件共同作用的产物，也可以理解为在外部强制力迫使盆地系统离开平衡态时产生的结果。在这样的系统中，随着时间的推移，其内部状态的无序性总是自发地减少，有序性总是自发地增加，从而呈现出一定的演化方向和规律。耗散结构论（Prigogine, 1984）认为，一个远离平衡态的开放系统（不管是力学的、物理的、化学的、生物学的等等），在外界条件变化到某一特定阈值时，量变可能引起质变，系统通过不断地与外界交换能量和物质，就可能从原来的无序状态转变为一种时间、空间或功能的有序状态。协同学理论（Haken, 1976）更进一步指出，一个系统从无序向有序转化的关键并不在于热力学平衡还是不平衡，也不在于离平衡态有多远，而在于只要是一个由大量子系统构成的系统，在涨落作用下，它的子系统之间通过非线性的相互作用，就能够产生协同现象和相干效应，在宏观上产生时间结构、空间结构或时空结构，即形成具有一定功能的自组织结构，表现出新的有序状态。这就是说，外部条件可迫使系统从稳定平衡位置进到非稳定平衡位置，而随机涨落能使系统从非稳定平衡位置进到

新的稳定平衡位置。

盆地系统的上述特性,是进行盆地分析时所应当认真对待的。盆地分析的实践表明,对于这样的系统,完全可以运用系统理论的成果来深化研究。事实上,现今盆地分析理论的发展,也已逐步向系统论靠拢 (Potter et al, 1977; Conybeare, 1979; Miall, 1984; 李思田主编, 1988; Allen et al, 1990), 关于整体分析、联系分析、演化分析和背景分析的思路 (李思田等, 1983) 也正是贯通了盆地地质作用系统的思想。在探索盆地地质信息计算机处理的途径与方法时,涉及到一系列地质作用的实体模型和数学模型的建立和模拟,更应当注意这个问题。

第二节 盆地地质现象的数学属性

盆地地质信息的计算机处理过程,实质上就是应用数学地质方法解决地质问题的过程,亦即对盆地地质现象进行数学抽象、变地质模型为数学模型、然后利用计算机来求解、模拟和解释的过程。为了对地质现象 (包括地质体本身) 正确地进行数学抽象,我们不但要充分了解盆地分析的任务和方法,尽可能地掌握盆地地质作用系统的特性及各种地质现象的物理、化学和古生物学属性,还应当充分地认识其数学属性。

所谓数学属性是指地质现象的物质组成和运动状态在基本参数测量及相互间数量关系方面的精确程度。一般地说,地质现象的数学属性可以大致地分为精确性、随机性和模糊性三种。数学属性不同,其数学描述方法也随之不同。因此,在探索盆地地质信息计算机处理的途径时,应当根据地质现象的不同数学属性而选择不同的数学方法。

一、地质现象的精确性

精确性包含准确性和确定性两个方面的涵义。

地质现象的准确性,主要是指地质体的几何参数、物理参数及化学参数可以准确地被度量、测试的属性。例如,地质体的长度、宽度、厚度、空间形态及空间位置,岩石与矿物的密度、孔隙度、硬度和抗压、抗拉、抗剪强度,矿石的品位、储量和化学成分,等等,都表现出相当好的可准确测量的特性。这一属性,既是地质学中最初应用数学方法 (主要是计量) 的依据,也是数学地质方法建立和发展的基础。当然,要取准各种地质数据,还需要有精密的仪器设备和高水平的测试技术。随着科学技术的发展,测量项目不断增多,精度不断提高,地质现象的准确性特征将会不断地被发现、揭示和利用起来。

地质现象的确定性,是指地质变量之间的依赖关系可以确定地描述的属性。

表示某一地质现象随空间或空间-时间的变化而可取不同数值的量称为地质变量。不少地质变量与空间和时间之间存在着确定性的函数关系,即

$$w = f(x, y, z) \quad \text{或} \\ w = f(x, y, z, t)$$

例如地壳的重力、磁力、电位、温度和应力等。这种函数依赖关系 (或表现为相对变化率),可以用经典数学表达式来描述,如将地球物理学、地球化学、地质力学、工程力学和泥砂运动力学等的基本定律,表示为相应的微分或偏微分方程。只要知道某一地质变量在某一位置或某一时刻的值 (初始状态),就可以根据有关的微分方程或偏微分方程断定它在其它任一位置或随后任一时刻的状态。地球物理勘探中的正演与反演计算以及目前正在迅

速发展着的盆地模拟，便是这种确定性依赖关系的应用。

但是，我们绝不应该夸大地质现象的精确性属性，以至于企图用微分方程和偏微分方程来描述一切地质现象和地质现象的一切方面。其原因在于，地质现象虽有精确性的一面，却更多地表现出随机性和模糊性的另一面。

二、地质现象的随机性

地质现象的随机性主要表现在它的构成复杂、干扰因素众多，事件的发展方向和结果有多种可能性，亦即具有不确定性。

一般地说，对于个别地质现象，例如一个小褶皱、一条小断裂、一颗砂砾和一个小矿体，我们能够精确地测定其几何形态，或者物质成分、密度和质量，也能够用微分方程精确地描述其运动形式和变化规律。然而，对于各种地质现象的全体组成部分，我们却做不到这一点。

显而易见，一次构造作用所波及的地域内，各处的介质情况异常复杂，边界条件也千差万别，随着时间的推移，又有不同成因、不同方式和不同方向的构造运动叠加其上。所形成的不同期次、不同形式和不同级别的褶皱、断裂何止万千。同样，一个沉积事件所涉及的水域里，砾石和砂粒的运动不仅受到自身的形状、密度和水动力条件的制约，相互间还不停地相互碰撞、类似于作布朗运动，而且还经常受到风暴、地震、决口和水下滑塌等意外事件的干扰、影响。再如，一期岩浆活动及其成矿作用，也总是受到构造条件、原始岩浆成分和围岩条件的多重因素控制。对于地壳运动的总体而言，其起因更为复杂，进程更为缓慢，涉及的空间也更为深广。于是，本来是受一定物理、化学定律制约的事件，便变得杂乱无章、难以捉摸，处处显露出随机变化的特征，以至于根本无法一一精确地测定和评价其有关参数，更难以一一用微分方程加以描述和求解。

实际上，我们也没有必要事事追求各种地质事件的具体部分的状态及其精确关系。在盆地分析中，人们在构造方面所关心的往往是地壳运动的某一阶段，某一级别的构造形迹在某一范围（井田、矿区和盆地）内的总体产状、展布特征、形成机制，以及它们与其它构造形迹在时间与空间上的成生顺序、成生联系和组合关系。其目的在于恢复古构造应力场，进而推断区域古构造运动的方式、方向、强度和进程。在沉积方面，人们通常更多地注意泥砂群体的粒径分布、水流速率及沉积速率之间的统计关系，注意一定规模的沉积体和沉积综合体（岩层、砂体、岩性相、沉积相、沉积体系、沉积体系域、成因地层单元和层序地层单元，等等）的整体形态、成因标志、垂向层序与横向变化、以及它们与相邻的沉积体或沉积综合体之间的时空关系，并通过与现代环境的对比及水槽实验来推断它们形成时的总体水动力条件，恢复其古环境和沉积过程。

由此可见，盆地地质信息计算机处理的任务之一，就是要揭示由这些现象的个体组合而成的总体所呈现的统计特征及其随机发展过程，进而揭示盆地形成、演化规律及其中矿产生成和分布的统计规律。此外，由于地质露头 and 采样点本身的分布也是随机的，导致人们所进行的现象观察和取样同样带有显著的随机性。这就是说，即便样品的测试可以十分准确，数据的分布却总是随机的。显然，要妥善地处理上述各种问题，应当借助研究随机现象的数学工具——概率论及数理统计（刘承祚等，1981；赵鹏大等，1983）。

三、地质现象的模糊性

事物的精确性总是与复杂性成反比的，越是复杂的事物，精确性就越差、模糊性就越

突出。地质现象之复杂是人所共知的，其显著的模糊性长期以来为地质工作者在野外识别现象和在室内分析综合带来障碍。

地质现象的模糊性首先表现在现象本身的构成上。通常认为，一个完整的地质体应当由若干部分组成，例如，一个完整的褶皱由枢纽、转折端和两翼组成；一个完整的山字型构造是由前弧、反射弧、脊柱、马蹄形盾地以及反射弧的砥柱等组成的；而一个完整的河控三角洲沉积体系应当有分流河道沉积、泛滥平原沉积、分流河口坝沉积、前三三角洲沉积、分流间湾沉积和三角洲间湾沉积；一套完整的浊流沉积层序应当具有鲍马模式的全部 A、B、C、D、E 五个分段……然而在实际上，我们所见到的却并非如此。每个地质现象的各个组成部分，可能部分地被掩盖在地下，也可能已遭受同期或后期的构造作用或沉积作用的破坏，当然还可能根本就没有出现过——形成时就是不完整的。我们不能因此而否定某一地质现象的存在，但也难以使用精确的函数关系来描述它们，甚至使用统计学来描述都会感到困难。

地质现象的模糊性还表现在现象之间的联系上。人们通常把褶皱、断裂、沉积物与沉积相划分为许多类别，并给出许多分类依据。但当我们用某一分类依据去观察和判别实际现象时，常常会对其中的过渡类型感到迷惑。地质现象分类中似是而非、模棱两可的情况是无处不有的。例如，断层和节理的划分，大构造与小构造的划分，曲流河和辫状河的划分，密度流与浊流的划分，酸性岩浆岩与中性岩浆岩的划分，拉斑玄武岩与碱性玄武岩的划分，沉积矿床与层控矿床的划分，等等，很难说有一个绝对明确的界限。又比如说，在找矿勘探工作中，划分一个勘探区的勘探类型，是依据该区构造复杂程度、矿体或矿层的厚度及其变异程度、地层或矿层的倾斜程度、矿体或矿层顶底板的强度及稳定性来进行的。但这些指标本身也是模糊的，尽管人们做过各种各样的尝试，给出了许多精确的分界值，却总带有很强的人为性。同样，矿产资源的地质、技术和经济条件的综合评价所依据的评价准则、评价指标和评价等级也都是模糊的。

显然，要合理地描述和模拟这些地质体和地质现象，要完满地解决这类复杂的地质理论问题和生产问题，应当引进模糊数学的理论与方法。

四、地质现象的确定-随机二重属性

所谓确定-随机二重属性是指地质现象在演化过程中的某些时候明显地具有确定性特征，而在另一些时候却又明显地具有随机性特征。地质现象的这种二重属性，在盆地地质作用系统中带有普遍性意义。

仍以盆地的构造作用为例。当盆地遭受外力作用时，在盆地范围内将出现一个附加构造应力场。这时，盆地基底和盖层内各点的应力、应变状态受到弹性力学和弹塑性力学定律的支配，可以利用表达这些定律的微分方程和偏微分方程来求解。随着应力的积累和应变的加剧，在某些地点和某些层位上可能产生褶皱，而在另一些地点和另一些层位上则可能产生断裂。由于边界条件和介质条件极为复杂，影响因素太多，究竟在什么时间、什么地点产生褶皱，在什么时间、什么地点产生断裂，就带有很强的随机性了。可是，一旦在某一时间、某一地点上出现了褶皱和断裂，则该褶皱和断裂的运动在一定的时空范围内又具有确定性的属性了，可以利用流变学和断裂力学定律来描述和求解。再如三角洲的进积作用：在分流河口处，泥砂的沉淀、朵叶体的推进受到泥砂运动力学定律的制约，具有确定性属性；然而，分流河道的决口却明显地带有随机性属性，决口位置和决口时间都难以

确切地知道,只是当决口事件发生之后,我们可以继续用泥沙运动力学方程来描述泥沙的沉淀和朵叶体的推进情况。

地质现象的这种阶段性变化的二重数学属性,可以从开放系统由有序向无序转化和由无序向有序转化过程的决定性和偶然性得到解释。按照耗散结构和协同学理论,当一个现存系统达到一个临界时刻或分叉点上时,从本质上说不可能事先决定该系统下一步状态。偶然性决定了该系统的哪些部分在新的发展道路上保留下来,然而这条道路(从许多可能的道路中)一经选定,决定论便开始起作用,直到下一个分叉点。这就是说,当系统处于分叉点之外的稳定平衡位置时,决定论起主导作用,系统具有确定性属性;而当系统进入分叉点的非稳定平衡位置时,偶然性起主导作用,系统具有随机属性。

显然,仅仅使用单一的确定性模型或者单一的随机模型,是难以描述一个完整的地质作用过程的。必须根据系统所处的状态来选择相应的数学描述方法。当系统处于稳定平衡位置时,或者说当系统处于确定性发展阶段时,应采用经典数学的方法和模型来描述;而当系统处于非稳定平衡位置时,或者说当系统处于随机性发展阶段时,应采用随机数学的方法和模型来描述。

综上所述,我们如果能够根据地质现象的数学属性来选择相应的数学方法,又根据地质作用的发展过程把各种数学方法有机地配合起来,所建立的数学模型就一定能较好地符合实际情况。

第三节 盆地地质信息处理软件系统的研究思路

聚煤盆地分析中的计算机技术应用是一个非常广阔的领域。就目前情况看,主要包括盆地地质信息系统的建设、地质数据的多元统计分析、地质图件的计算机编绘、煤炭资源的定量综合评价、地质过程的计算机模拟和盆地系统的人工智能分析等六个方面。在这样广阔的领域中进行探索与开发,其软件工作量十分庞大,我们只能以系统工程理论为指导,抓住一些带有关键性意义的基础性实用问题深入研究,以求收到事半功倍的效果。在上述六个方面中,前四个方面属于基础性工作,其质量的优劣和水平的高低直接影响到后面两个方面乃至整个系统的成败和效果,因而成为本项研究的重点。

一、关于盆地地质信息系统的设计

盆地分析工作面对的是浩瀚的地质数据。为了快速、高效地处理有关信息的模型,使多元统计分析系统、资源评价系统和图件编绘系统能最大限度地发挥效益,必须利用计算机来建立盆地地质信息系统(Albert, 1983; 李思田等, 1989)。

盆地地质信息系统是一种在计算机硬、软件支持下,对通过各种技术手段所获取的某一盆地地质信息进行收集、评价、存储、维护、检索、统计、综合、显示和输出发送的技术系统。该系统的建设可以煤资源勘探区点源数据库(吴冲龙等, 1987)为基础。

为了满足盆地分析和资源勘探、开发的需要,该系统应当具有以下三个主要功能:

(1) 能保证盆地地质数据的完整性、满足多用户的交叉访问,为各功能系统提供可靠的数据基础;

(2) 能快速、有效地进行人机配合的信息分析、统计和综合处理,并能输出各种合乎规格的图件、表格和文字说明;

(3) 能够用来建立各种地质模型, 支持诸如沉积环境分析和盆地分析等人工智能系统的开发。

鉴于系统所接收的信息量庞大, 需要反复调用, 处理方式和处理过程都很复杂, 以及所有信息在各种沉积矿产的进一步勘探、评价和开发过程中仍可发挥巨大效益, 盆地地质信息系统的建设应当以数据库为核心。

以数据库为核心的信息系统要求设计者不仅要顾及系统的现状, 还应当顾及其未来的发展; 不仅要从系统分析做起, 认真细致地进行用户调查、数据现状调查, 还要根据地质科学与勘探技术的新成就, 掌握系统的发展趋势, 预测系统的发展进程, 以建立完善的实体模型和概念模型。数据库中的数据具有高度的独立性, 只要数据库的结构合理、数据齐全, 就可以为各种功能处理软件的开发提供方便条件, 并为其最大限度发挥效益打下基础。相反, 如果信息系统以功能处理软件的开发为核心, 将数据库降为从属地位, 则数据库不可能有合理的结构和齐全的数据, 仅能与眼前的功能处理软件相匹配, 难以支持未来的进一步开发, 因而数据库将是短命的。须知功能处理软件只能利用数据、组织数据和转换数据, 而不能创造原始数据, 没有足够的数据, 任何高水平的软件都将无用武之地。数据库一旦建立就不可能大幅度地改变数据结构, 也不可能大规模地补充数据, 除了推倒重来, 而这需要付出沉重代价。

二、关于多元统计分析方法的研究

多元统计分析方法在国内煤地质学领域和煤资源勘探工作中的应用较为广泛, 已经取得了大量的成果。这些成果在“全国数学地质在煤田地质中应用学术讨论会”(1985)上得到了充分的展示。当我们考虑将这些方法引进聚煤盆地分析工作中时, 很自然地便遇到这样两个问题: 其一是, 某些常规的多元统计分析方法的适用范围和应用条件如何? 其二是, 对盆地分析的某些特有的研究内容能否找到现成而有效的方法, 如果找不到能否建立新的?

在聚煤盆地分析中, 带有普遍性意义而且需要借助多元统计分析方法来解决的问题, 主要是空间变量(如煤层厚度、砂体厚度和各项煤质参数, 等等)的统计预测、沉积体及其地质特征(如沉积物的成因标志、成因相、成因地层单元和沉积环境等等)的定量识别及沉积作用(如冲积扇进退、三角洲发育、煤层聚集和盆地充填, 等等)的序列模拟等三个方面。根据鄂尔多斯盆地的数据现状, 为了弥补已经研究的不足, 在进行常规多元统计分析模型的应用研究时, 笔者选择了“煤的发热量预测”和“利用测井曲线判别岩性和成因地层单元类型”等事例, 分别作为地质变量空间分布和地质特征定量判别的典型对象; 而在进行新的多元统计分析模型的创建研究时, 则选择了“沉积断面的综合柱状图和沉积过程分析”等事例作为沉积作用空间演化序列模拟的典型对象。

就研究方法而言, 应当强调从实际需要出发, 注意汲取数学与地质-地球物理学的有关最新知识, 着重在数学与地质-地球物理学的结合上下功夫, 亦即将它们各自的知识 and 最新进展, 以及科学思维方法结合起来, 贯彻于问题的分析、模型的选择, 变量的选择、构造与变换, 数据的筛选与预处理, 模型的计算和结果的分析与解译等各个环节之中。在常规多元统计分析模型的应用研究中, 笔者根据盆地地质作用系统内部各次级系统之间的相关性和数据采集点分布的不规则性、不均匀性、不连续性, 以及数据本身的多总体性等特点, 选择多元回归分析和逻辑判别这两种数学模型, 并且把研究的侧重点放在适用范

国、应用条件的分析和新思路的开拓上。在新的多元统计分析模型的创建研究中,则根据盆地内沉积体的空间序列及其相应的地质变量空间序列中旋回性与非旋回性并存的特点,将时间序列分析方法推广到二维空间序列中,提出了地层垒积序列的新概念,着重解决了序列结构特征表征参数的选择问题。

实践的结果表明,这样的研究思路与研究方法是行之有效的,所获得的成果有助于其它同类问题的解决,还能为今后进行盆地模拟和人工智能系统开发打下基础。

三、关于煤资源综合评价方法的探讨

煤资源综合评价既是煤田勘探工作的一项重要任务,又是盆地分析的重要组成部分。这是一项涉及面广、头绪繁多、工作量大、难度甚高、影响深远的工作。评价工作主要从地质、技术和经济三个密切联系的方面进行评价方法的合理与否直接影响着评价结论的正确性。迄今为止,已有许多人从各种角度进行了有益的探讨,取得了许多重要的成果。然而,所采用的实体模型和数学模型仍有许多问题没有很好地解决。

实体模型方面的主要问题是不够系统、全面,而且缺乏一个适合于不同决策需要的系列模型。在通常情况下,煤资源综合评价的对象主要是煤矿区,因而,“煤矿床评价”便成了“煤矿区评价”的同义词。实际上,为了适应国民经济发展需要,我们不仅要每个矿区范围内的煤资源作出评价,而且需要对每个中、小盆地或煤田范围内的煤资源作出评价,还需要对每个大盆地或大型煤炭基地范围内的煤资源作出评价。评价的目的是为国家有关机构的决策提供依据。不难想象,在全国范围内对建设新的大型煤炭基地的决策,与在大型煤炭基地或大盆地范围内对建设新煤田的决策相比较,以及与在一个煤田或小盆地范围内对建设新矿区或新井田的决策相比较,所需的评价参数集必定会有所不同,即便是相同的参数,其含义和重要性也会有所区别。此外,一些投资额巨大的重点开发项目,即使是矿区一级的项目,也需由国家在全国范围内统一决策,其评价的侧重点无疑也应与一般的矿区有所不同。这就是说,用一个单一的模式来进行煤资源综合评价是不适宜的,应当针对不同对象和目标采用不同的评价方案。尽管有人也曾分别讨论过不同规模的煤资源的评价问题,并建立了相应的评价模型(Amuedo et al, 1976; 李文彦, 1981; 中国能源研究会, 1986^①),但完整的系列实体模型至今仍未建立。

在数学模型方面,定量参数与定性参数的混合处理、评价等级的划分及评价“指数”的给定等,都还不够完善。影响煤资源开发利用价值的因素多达上百种,其中定量参数、半定量参数和定性参数大约各占三分之一。要对所有这些参数的优劣分别作出简单的肯定与否定的评价,显然是不可能的。为了恰当地给予评价,人们在进行综合评价时,必须在好与坏之间分出若干个等级,例如“好、中、差”,或者“优、良、中、差、劣”等,而且还要对各种参数的重要性给出相应的“权”值和评价“指数”。“加权平均法”和“加权求和法”等传统的综合评价方法,正是这样做的。长期以来,人们在应用这些传统评价方法时总感到十分棘手。其原因首先在于各种参数在综合评价中的重要性是模糊的,其地位难以用数值精确划定,“权”的赋值带有很强的人为性;其次,各种参数内部表示优劣的分等界限在实际上也是模糊的,而且各等级之间的优劣差异也不成比例,所以目前较为流行的以顺序码作为分级“指数”的做法同样是不合理的。以两种难以精确给定数值的变量的算术

① 中国能源研究会, 1986, 中国能源现状及展望, 内部发行, P. 83—91。

运算结果作为判据，必然导致评价结果的可信度降低。这也是个亟待解决的问题。

根据以上分析，笔者提出并建立了适合于不同地区、不同目标的煤资源分类模糊综合评价模型，同时编制了相应计算机软件（CRCVS）。

四、关于盆地分析图件的计算机辅助编绘

聚煤盆地分析涉及的各项参数及其变化都须用图件表示，因此图件的编制贯穿于盆地分析工作的全过程。从有关论著（李思田等，1988；黄家福等，1985）上可知，常规的盆地分析图件就有 30 种以上，而完成一个中小型聚煤盆地分析需要编制的大型图件总量都在 200 张以上。如此巨大的工作量是阻碍盆地分析理论与方法迅速推广普及的主要因素。自从计算机绘图技术被引入盆地分析领域后，情况已有很大的改善，但许多地方仍不尽人意。例如，盆地分析最基本最常用的沉积物垂向层序图和沉积断面图的计算机编绘，至今仍是空白，各种地质变量空间分布的等值线图还达不到手工编绘的精度，满足不了实际应用的需要。此外，已有的绘图软件的功能也有待于进一步提高，方能被地质人员所直接掌握，真正实现快速、高效的理想。

为了适应盆地分析的需要，计算机编图系统应当具有结构合理、经济实用、符号统一、图例标准、操作简单、拟合度高等特点，应当能方便地与勘探区点源数据库及盆地分析数据库对接，可以根据图件的特点选择计算机全自动编图方式或计算机辅助设计方式。因此，该系统的功能设计应本着从实际需要出发的原则，将重点放在系统操作的方便化、数据准备的简单化、输入输出的多样化、图例花纹的规格化和图件内容的精确化等几个方面，并把着眼点放在让第一线的地质人员能够直接掌握利用上面。该系统应当能够兼容前人编制的同类编图软件系统，以便能最大限度地利用现有的研究成果来补充、完善自己的工作。

第二章 聚煤盆地地质信息系统及其数据库(BADBS[●])设计

盆地地质作用系统的庞大性和多层次性,必然会给盆地分析带来重重困难。这首先表现在盆地分析需要综合利用各种近代手段,包括地质、地球物理、地球化学和遥感等方面所提供的信息;其次,盆地分析涉及的各种主要参数及其变化也需要用一整套图件来表示。因此工作中所接收和处理的信息数量极为庞大,种类非常复杂。这也正是盆地分析发展缓慢的症结之一。为了快速高效地处理有关信息和模型,使盆地分析的理论和方法得到推广,必须采用一般系统工程的工作方式,借助电子计算机来建立盆地地质信息系统。

第一节 系统分析

一、盆地地质信息系统的结构与功能

目前,地质数据库有两个并行的发展方向。一个是大型、集中、综合性方向;一个是微型分布式方向。大型集中式数据库通常作为全国规模的信息系统的组成部分,属于国家经济决策的服务系统。例如美国、加拿大、日本、澳大利亚、原苏联、捷克、波兰和统一前的西德,所建立的地质矿产大型数据库,便是这一类型。我国地质矿产部建立的全国矿产储量数据库和区域重力测量数据库,能源部建立的全国石油探井数据库、全国铀矿数据库,以及正在筹建的全国煤炭资源勘探数据库,也都是国家经济信息系统的组成部分。大型数据库都是建立在大、中型机上的综合数据库。微型分布式数据库比较适合于点源数据的采集和存储。近年来,由于微机的推广和使用,微机数据库已经大量建立,并趋向于普及。但是,从目前掌握的情况看,国内外已有的微机数据库多以功能处理为核心,是为单位或个人实现某种功能处理目的而设立的。它们缺乏共同的数据模型,也无统一的描述标准和编码标准,甚至名词、术语也未经标准化处理,难以实现同系统、同部门内的数据共享。为了克服这些缺点,笔者,与中国煤田地质局第一勘探公司研制了一个经标准化处理的适于不同地区、不同盆地、不同含煤岩系的煤资源勘探区点源数据库。

聚煤盆地分析工作带有很强的科学研究性质,主要用户是科研机构 and 产业部门的综合研究人员。因此,盆地分析数据库主要建立于有关研究机构、学校和地勘公司。它所需的信息,既有原始数据,又有综合数据,其系统结构既不同于一般综合数据库,也不同于一般点源数据库。根据用户的特点,聚煤盆地分析数据库应当是微型集中式的,但又必须实现同系统、同部门的数据共享,以便与勘探区点源数据库联接,并在全国范围内建立通讯网络。盆地分析所涉及的数据除了研究人员直接通过野外工作和室内测试获取外,还需要大量地依赖于产业部门的地质勘探工作。因此,聚煤盆地分析数据库又必须以煤资源勘探

● BADBS 的全称为 Basin Analysis Data Base System。

区点源数据库为基础，二者在数据模型、技术标准和编码标准等方面都必须一致。从另一方面看，在建立了勘探区点源数据库系统的生产单位，为了进行盆地分析工作，也必须将盆地分析数据库与点源数据库联接起来，构成一个能够支持盆地分析（包括人工智能分析）的高功能数据库。应当强调指出的是，发展到 80 年代，数据库技术已不仅仅是作为存储、检索和处理数据的手段，还必须能够通过数据建立各种模型，以便模拟各种实际系统。

盆地地质信息系统的工作大致有六个方面：①数据准备；②数据录入；③数据管理；④信息处理；⑤成果输出；⑥发送应用。整个系统的结构与功能如图 2-1 所示。

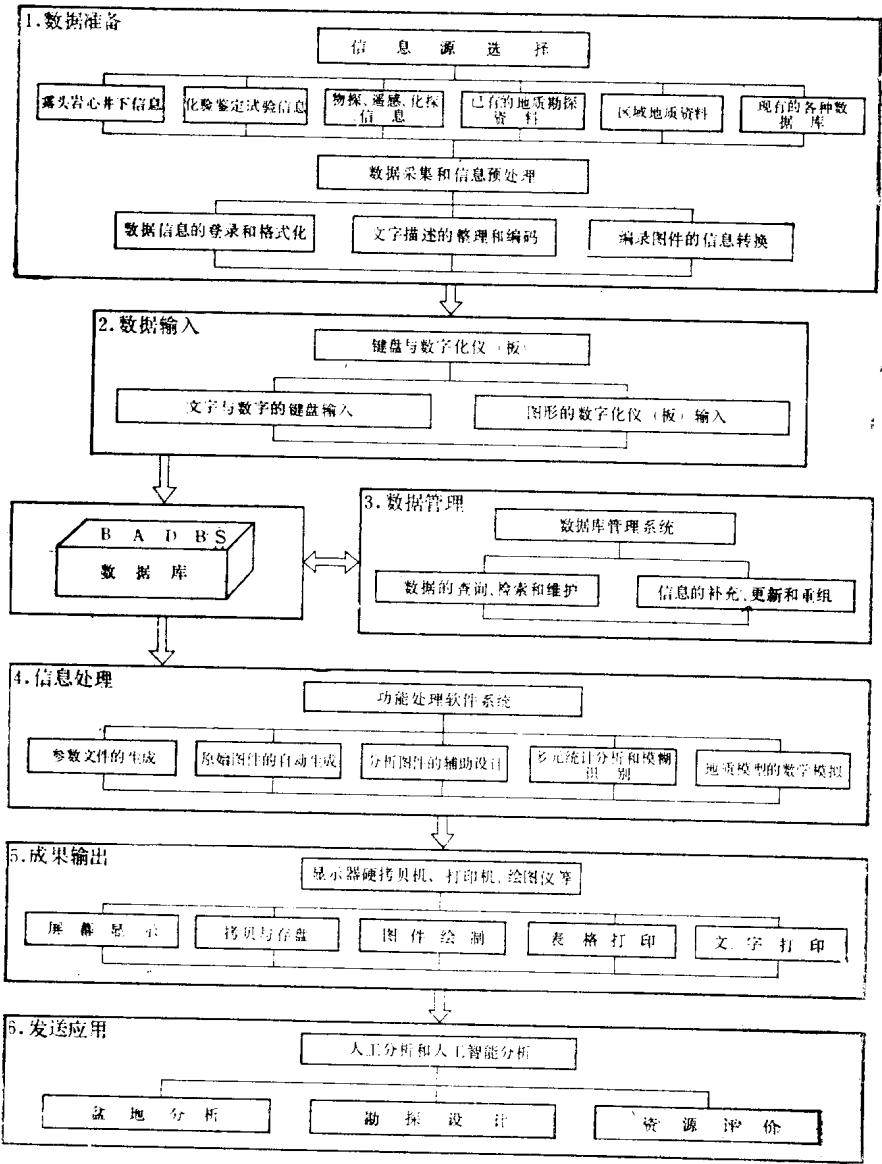


图 2-1 盆地地质信息系统的结构与功能

数据准备的任务是通过用户调查选择信息源，分析数据现状间联系，采用数据规范化技术确定数据项，并进行数据采集，然后，按照数据入库要求进行格式化和代码化的预处理，这方面的工作是信息系统的基础，关系到整个系统的有效性、适应性和生命力，需要投入较多的精力和时间，应当引起足够的重视。

数据输入是在数据库管理系统的帮助下，利用键盘、数字化仪（板）或摄像仪等设备将经过预处理的数据和图形存入计算机，以完成数据入库的任务。

数据管理是数据库管理员的一项重要日常工作，其任务是利用数据库管理系统对数据进行维护，提供简单的查询、检索服务。根据地质勘探工作和科学研究工作的进展，及时地进行数据的补充、修改、更新和重组。

信息处理的主要任务是调用各种功能处理软件来操作数据、组织数据、分析综合数据、人机交互式编图、地质过程模拟和人工智能分辨、识别与决策。

成果输出任务是利用各种终端设备输出信息处理的结果。根据地质工作的特点，图件的绘制应当放到首要的位置上，方能满足科研与生产的需要。

成果的发送和应用是指采用各种先进技术来传输（包括远距离和近距离）信息处理的结果，并利用所获得的数据和图件来进行盆地分析、勘探设计和资源评价。

二、盆地分析的实体模型

系统分析的任务之一是定义与聚煤盆地分析有关的地质模型的基本类型，确定描述这些地质模型的数据项属性及流程，进而查清这些地质模型间的联系，为最终建立数据模型奠定基础。

1. 实体模型的属性描述

聚煤盆地分析所依据的基本参数包括四类：沉积参数、构造参数、聚煤参数和地热参数。这四项基本参数即为四个实体集。各个实体集之间为多对多关系，每两个实体集之间分别由“构造-沉积演化”、“沉积-聚煤演化”、“聚煤-地热演化”、“地热-构造演化”、“构造-聚煤演化”和“沉积-地热演化”等综合分析工作联系起来。这些综合分析本身，亦为描述对象集（实体集）。由四个基本参数集和六个综合分析参数集构成的聚煤盆地分析模型的整体结构如图 2-2 所示。

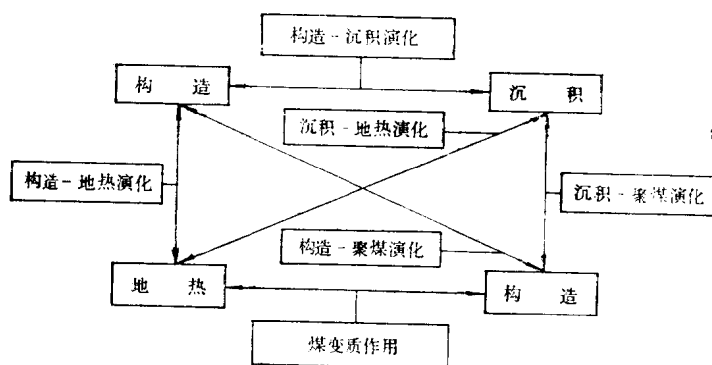


图 2-2 聚煤盆地分析模型的整体结构

每一个参数集都由一系列高级别的可分属性组成，其属性如下：

（1）构造参数的属性（可分）：