

文章编号: 1001-6112(2009)05-0433-08

中国油气盆地研究新阶段: 数字盆地

高长林¹, 何将启², 黄泽光¹, 刘光祥¹, 方成名¹, 潘文蕾¹

(1. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151;

2. 中国海洋石油总公司, 北京 100010)

摘要:通过对中国油气盆地勘探历史和盆地研究历史的分析, 认为我国油气盆地研究历史经过石油大地构造盆地研究阶段(1945—), 盆地分析和盆地模拟阶段(1980—), 现已进入数字盆地研究阶段(2000—)。数字盆地和数字油田各自具有不同的研究领域。数字盆地是综合运用现代盆地系统研究理论和现代数字信息技术, 进行油气盆地地质资料的数字化, 为油气盆地评价提供技术支撑。数字盆地的核心问题是油气盆地评价数据库的建设, 数据库应由 12 个子库组成。

关键词:大地构造; 盆地分析; 盆地模拟; 数字盆地; 资源评价

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

DIGITAL BASIN: A NEW STAGE FOR STUDYING THE CHINESE PETROLIFEROUS BASINS

Gao Changlin¹, He Jiangqi², Huang Zeguang¹, Liu Guangxiang¹, Fang Chengming¹, Pan Wenlei¹

(1. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China

2. China National Offshore Oil Corp., Beijing 100010, China)

Abstract: Based on the analysis of exploration history and basin research history, the study of the Chinese petroliferous basins can be divided into the tectonic stage(1945—) and the basin analysis and basin computer simulation stage(1980—). Digital basin stage was occurred in present(2000—). There are different research domains between digital basin and digital oil fields. The digital basin is comprehensive application of the digitized geological datum by using modern geological theory and digital technological method. The aim of digital basin is provided the technological support for evaluation of petroliferous basins. The most important task of the digital basin is the construction of data warehouse. There are 12 databases in the basin evaluation data warehouse.

Key words: tectonic; basin analysis; basin simulation; digital basin; basin evaluation

上一世纪,特别是 1949 年中华人民共和国成立后,为适应国民经济快速发展的需要,我国进行了大规模的地质勘探工作,油气盆地研究得到了长足发展。通过对盆地勘探历史和盆地研究历史的分析,我国油气盆地研究历经石油大地构造盆地研究阶段(1945—),盆地分析和盆地模拟阶段(1980—),现已进入数字盆地研究阶段(2000—)。

1 石油大地构造阶段(1945—)

我国 2 位杰出地球科学家李四光、黄汲清应是我国石油大地构造盆地研究的开拓者和奠基人。李四光 1945 年出版《地质力学之基础与方法》^[1,2],

建立了地质力学学科,1962 年出版《地质力学概论》^[3]。李四光认为包括四川盆地、江汉盆地在内的中国东部新华夏构造体系的 3 个沉降带是有利的含油区,现已为后继的勘探实践证明。1945 年黄汲清著《中国主要构造单位》^[4],提出多旋回构造运动的理论观点,为我国多旋回盆地的研究提供了理论基础,特别是古生代海相油气的勘探,证实我国古生代克拉通盆地的多旋回性^[5]。1954 年李四光等提出的《从大地构造观点看我国石油勘探远景》,指导了我国的油气普查工作。1965 年“第一届全国构造地质学术会议”讨论了中国中生代盆地的构造特征等。1979 年“第二届全国构造地质学术会议”

收稿日期: 2008-12-12; 修订日期: 2009-05-31。

作者简介: 高长林(1945—),男,博士,教授级高级工程师,从事盆地分析和构造地球化学研究。E-mail: gaochl@mail.wuxisuo.com。

基金项目: 全国油气资源战略选区调查与评价(XQ-2007-02-3-2)。

探讨了我国含油气盆地的形成和发展等^[6]。值得提出的是:1965年朱夏发表了《我国中生界含油气盆地的大地构造特征及有关问题》^[7],1980年朱夏等用板块构造理论综合研究了中国含油气盆地的形成和演化规律,提出中国古生代含油气盆地属槽台体制,而中生代盆地属板块体制,后者控制着我国主要油气田的形成,提出“运动体制的变化是形成含油气盆地的重要条件”,并将运动体制的分析概括为历史演化、全球联系、深部根源和动力作用方式等方面。上世纪五、六十年代,原中国地质矿产部及其下属的各省地质矿产局开展了大量地质填图及区域地质专题研究工作,石油部门主要以“槽台学说、背斜控油理论”为指导,进行了大量的石油勘探工作,为我国油气工业的发展,作出了一系列重大贡献。必须指出:我国古地理学的研究为石油盆地大地构造研究提供了重要的基础,也是盆地研究的一个极为重要的方面。刘鸿允(1955)以古生物地层学理论为指导,出版了《中国古地理图》^[8],成为我国古地理学的正式起点。关士聪等(1984)以大地构造学和沉积学的理论为指导,出版了《中国海陆变迁、海域沉积相与油气(晚元古代—三叠纪)》^[9],编制了我国从晚元古代至三叠纪的海陆分布和海域沉积相以及海陆变迁图,总结了我国各地质时代的各种沉积模式。王鸿祯等(1985)以活动论和发展阶段论的观点为指导,主编出版了《中国古地理图集》^[10]。冯增昭等(1977)以沉积学理论为指导,倡导并采用单因素分析综合图法编制出定量的岩相古地理图^[11]。古地理学突出的成就主要有二:一是通过现代沉积物和古代沉积岩的研究,建立了一系列相模式;二是沉积作用与大地构造关系的研究,相模式有助于人们认识相与环境的复杂关系,板块构造的出现,则为沉积相展布和古地理变迁的解释提供了新的思维模式,同时相模式的解释也为板块构造提供了地质资料的支持。一系列古地理研究成果为我国油气勘探评价作出了重大贡献。众所周知,国际上开展了上地幔计划(1959—1969)、地球动力学计划(1969—1979),以及岩石圈计划(1979—1989),推动了构造地质学理论的创新^[12,13]。从上述简要的回顾,可以认为我国盆地研究的石油大地构造阶段应起始于1945年之前,若以发表论著为起始,应是1945年。盆地大地构造特征和沉积古地理学研究是石油大地构造的2个重要方面,对我国油气勘探的选区评价起到了积极指导作用。众所周知,大地构造对油气盆地的控制,盆地对沉积的控制,沉积对油源的控制,油

源对油气藏的控制…,因此石油大地构造研究至今不衰,仍将是继续发展研究的方向之一。

2 盆地分析和盆地模拟阶段(1980—)

上世纪40年代,Pettijohn提出“沉积盆地分析”的概念,将盆地作为一个整体单元,进行全面研究。Miall(1984)出版《沉积盆地分析原理》一书,Allen等(1990)出版《盆地分析——原理和应用》^[14]。我国学者朱夏(1980)^[15]将含油气盆地的研究的主要内容归纳为“3个T、4个S和4个M”。赵重远(1993)^[16]强调含油气盆地研究的整体、动态和综合三原则,将含油气盆地分析研究分为5个子系统(成盆作用和过程;成烃作用和过程;成藏作用和过程;成藏组合和分析;后期改造与油气再分布)。陆克政等(2003)出版《含油气盆地分析》^[17]一书,指出含油气盆地分析主要有5个方面内容:1)盆地类型分析;2)盆地构造学分析;3)盆地地层学和沉积学分析;4)盆地沉降史和热史分析;5)盆地石油地质学分析。

2.1 盆地分析

纵观国内外盆地分析,大致可分为下述的7个方面。

2.1.1 盆地类型及其形成大地构造环境分析

国外早期的盆地研究,强调了盆地对基底大地构造单元的依附性。上世纪70年代以来,随着板块构造理论的引入和地球动力学研究的进展,进一步促进了盆地成因研究。一系列的板块构造模式解释了盆地形成机制和演化过程,以此划分盆地类型及其类比,成为全球性油气资源评价和勘探的先行工作,并强调盆地分类是估计未发现油气资源的基础^[14,17]。由于盆地研究的重要意义,1995年美国地球动力学委员会的沉积盆地地球动力学专门研究小组编写了《沉积盆地动力学》报告,站在全球的高度论述了沉积盆地动力学研究的重要意义,确定了盆地沉降的7个机制以及归纳了26种盆地类型的沉降机制。张渝昌等(1997)^[18]提出盆地原型分类。刘和甫(1998)^[19]提出盆地的动力学分类。

2.1.2 盆地动力学

上世纪80年代后期,出现了盆地研究专著出版的高峰。AAPG组织编著了系列著作,如:活动边缘盆地、前陆盆地和褶皱带、离散/被动边缘盆地、克拉通内部盆地、陆内裂谷盆地等,这些专著提出盆地演化对油气聚集的控制,提供了全面分析的典型^[18]。中国地质大学陈发景、刘和甫等出版了盆地分析系列讲演教材。

2.1.3 盆地演化的深部控制因素

近10多年来,深部地球物理探测取得了大量资料,揭示了岩石圈的状态及其间的均衡关系^[12,13],为盆地动力学研究提供了重要基础资料。但许多地区的深部地球物理探测(其中包括一些GGT大剖面)往往只能达到莫霍面。软流圈顶面往往只能根据大地电磁或大地热流值计算所得,因而难于获得较准确的数值。值得提出的是:近年来地震层析(tomography)技术有了很大的发展,获得了地球深部的三维图像,提出的超级地幔柱理论,对板块动力学提出了新的解释,并成为地学革命第三次浪潮中最引入瞩目的成果^[20]。

“岩石圈探针”(岩浆岩石学的新进展)是研究岩石圈及更深部位状态的有力工具。在大盆地中,用深源包体和幔源玄武岩计算的岩石圈厚度与综合地球物理探测研究取得的成果相近。已有资料表明:许多裂谷盆地和伸展盆地中发育深源玄武岩,如我国渤海湾、珠江口、东海等盆地均有多期火山活动,对其进行深入研究将为揭示盆地演化的深部过程提供重要信息^[21]。板块动力学及地幔柱理论等新观点使人们对垂直运动的重要性有了新认识。

2.1.4 盆地沉积充填的动力学研究

层序地层学及精确定年技术为建立等时地层格架、确定盆地中沉积体系三维配置提出了理论与方法,大大推动了沉积充填动力学的研究。层序地层学、事件地层学和构造—地层学等相关分支学科的发展和密切结合,必将大大促进盆地充填动力学的研究,并将有效地用于能源矿产勘探。

2.1.5 盆地流体运动学和动力学

地质流体研究是当代地球科学中的前沿领域,在盆地动力学研究中是众所瞩目的热点。盆地流体研究正在成为新的核心内容^[22]。

2.1.6 油气盆地地热史研究

盆地地热史(包括盆地热流史和地层温度史)的恢复不仅对烃源层生烃期次、有机质成熟史的确定和初次运移量及区带评价乃至圈闭评价等油气成藏描述具有不可缺少的意义,同时它也是研究盆地构造—热演化过程的一个重要方面^[23]。

2.1.7 残留盆地

中国沉积盆地的一个重要特点是盆地原型形成后的后期改造强烈,中国含油气盆地具多期成盆、多次叠加、多旋回演化和多次后期改造等特征。中国大陆有两类沉积盆地具有良好的油气前景,一是中、新生代陆相碎屑岩盆地;二是中、古生代海相碳酸盐岩,海相碳酸盐岩油藏赋存于未遭破坏的残

留盆地中^[24]。然而,学者们提出改造型盆地、改造残余盆地、残余盆地、叠合盆地和残留盆地等名词术语来表达残留盆地^[25]。

2.2 盆地模拟

世界上第一个盆地模拟系统(即一维盆地模拟系统)是原西德尤利希公司石油与有机地球化学研究所研制(1978)。一个简化的二维盆地模拟系统由日本石油勘探有限公司建立(1981);一个较完整的二维盆地模拟系统由法国石油研究院建立(1984);一维盆地模拟系统,并提出了用镜质体反射率确定古热流的方法,改变以往单纯使用地球热力学法是由美国南卡罗拉那大学地球科学系研制(1984);英国BP石油公司提出了一个关于油气二次运移聚集的二维模型(1987)。上世纪90年代是盆地模拟快速发展的时期。总之,上世纪80年代以来,前10年以一维模型为主,重点研究盆地3史(地史、热史、生烃史);后10年以二维模型为主,对油气排烃史和运移聚集史作了重点研究;目前正朝着三维模型、三相多组分运移方向发展^[26]。

我国盆地模拟技术的发展经历过引进消化和技术创新2个阶段。1980年我国胜利油田引进了原西德的一维盆地模拟软件,经过试用后又对该软件进行了改进,在进一步改进的基础上开发研究,形成了我国第一套盆地模拟软件系统(SLBSS)。中国石油北京石油勘探开发研究院研究推出了我国研制的一维盆地模拟系统(BAS 1),1990年推出了二维盆地模拟图形工作站系统(BMWS),1996年推出了盆地综合模拟系统(BASIMS)。1989年中国海洋石油公司研制推出了一维盆地模拟系统(HYBSS),1990年推出油气资源评价专家系统(PRES);1996年后开发了以二维模型为核心的盆地模拟系统(ProBases)。中国石化石油勘探开发研究院无锡实验地质研究所研制了TSM盆地模拟系统。总的来看,我国盆地模拟得到了发展,技术比较先进,一些软件已经达到了商品化水平,并受到国际同行的认可和好评^[27~29]。

3 数字盆地新阶段(2000—)

1956年,美国国会议员戈尔(Albert Gore),提出了“洲际高速公路”的提案并获得通过。这一高速公路网络给美国经济带来了巨大的活力,成为美国经济多年持续发展的坚实基础。时隔25年之后的1981年,也为国会议员的戈尔先生的儿子小戈尔,提出了“信息高速公路”的概念,为互联网经济(Internet Economy)的快速发展奠定了坚实的基

础。1998 年 1 月 31 日,已是美国副总统的小戈尔先生发表题为“数字地球:对 21 世纪人类星球的认识”的著名讲演,首次提出了“数字地球”的概念。“数字地球”是一项总体性的国家目标^[30,31]。1998 年 6 月 1 日,江泽民主席在接见中国科学院和中国工程院两院院士讲话时提到“数字地球”。在数字地球的大背景下,数字地球下属的子领域纷纷出笼,如数字农业、数字矿山、数字油田、数字城市、数字交通、数字水利等等^[32~35]。2000 年 3 月李德生^[36]在《石油学报》发表题为“迈向新世纪的中国石油地质学”中指出:中国石油工作者经过半个世纪来的努力,获取了大量油气勘探开发数据资料。“到 1998 年底,全国累计钻各类油气井 16.8 万口(其中探井 3.6 万口),地震勘探线 289×10⁴ km。共发现油田 509 个,气田 162 个。探明石油地质储量 197×10⁸ t(原始可采储量 57×10⁸ t),探明天然气地质储量 19 453×10⁸ m³(原始可采储量 12 085×10⁸ m³)。年产原油 1.6×10⁸ t(居世界第 5 位),年产天然气 223×10⁸ m³(居世界第 18 位)。各种实验室分析化验数据数亿块次。对如此海量信息资源,石油公司必须冲破过时的资料采集、查询、分析和合成的技术路线,将‘数字地球’的新概念融入到石油地质科学中去。”随着地质科学的发展和新技术的引进,地质信息的数据量急剧增加,达到了“爆炸”的程度。丰富的信息资源和落后的信息管理间的矛盾,影响了石油地质科学的发展。电子计算机问世后,人们可以把文字、数字、符号组成的文件,以及曲线、几何图形、图片和声音等信息存贮在计算机中,并能对其进行传送、运算和处理。这无疑是一场伟大的革命,它把人类从工业化社会带入到信息化社会。在计算机文件管理系统基础上发展起来的数据库技术更加强了计算机信息管理和处理的功能。计算机和数据库技术的诞生,开创了信息科学的新纪元,为石油地质信息的科学管理和自动化处理创造了极有利的条件。油气盆地评价是一个复杂的过程,涉及自然地理、基础地质、石油地质、地球物理和地球化学等空间信息。过去盆地评价多采用手工方式,工作效率很低,而且容易出错。因此,迫切需要开发盆地评价系统,以实现盆地评价的信息化。盆地评价系统是利用地质信息系统和空间数据库技术,对盆地评价资料进行综合管理,通过集成专业评价模型,完成盆地评价。

3.1 数字盆地的地质构架

3.1.1 盆地评价技术规范对盆地研究的要求

为规范石油天然气勘探工作,我国制定了《中

华人民共和国石油天然气行业标准中的盆地评价技术规范(SY/T 5519—1996)》,规范指出^[37]:盆地评价全过程划分为盆地评价早期和中、后期 2 个阶段,主要地质任务分别是:

(1)在盆地评价早期阶段,一是运用盆地分析方法综合评价,优选出具有含油气远景的盆地(或拗陷,或凹陷),经技术经济可行性论证后,提出下一阶段勘探计划和部署意见;二是通过盆地模拟方法,进一步优选出有利的含油气区带,为开展圈闭评价做好准备。

(2)在盆地评价中、后期阶段,运用盆地模拟和其他综合评价方法,优选出有利含油气区带,提出进一步勘探部署建议。

对评价工作总结报告的结构和层次要求包括:盆地概况和勘探程度;盆地石油地质特征;资源预测与评价;评价经验与勘探效果分析;下一步勘探规划。以上引述资料表明:石油天然气勘探规范是应石油天然气工业的需要而制定的,此类规范是我国首创,对油气勘探具有重要指导意义。因此,在考虑数字盆地研究地质内容时应充分研究盆地评价规范,把规范要求作为数字盆地研究的基本要求。

3.1.2 数字盆地的地质内容

含油气盆地的系统研究应是多个含油气盆地原型的油气地质学特征及其时一空组合关系的研究。含油气盆地系统研究应包括 2 大部分,一是盆地理学,二是盆地工学^[38]。盆地理学研究主要包括 8 个子系统,分别是:盆地形成背景、盆地演化、盆地变形、沉积系统、水动力、热力学、油气系统和油藏地质子系统。盆地工学研究主要包括 3 个子系统,分别是:盆地模拟技术、资源评价技术和油气盆地评价的现代技术手段。盆地理学和盆地工学的 11 个子系统,为数字盆地研究提供了可供讨论的一个构架,为盆地评价系统数据库的编写提供一个可参考的思路。

3.2 与数字油田的关系

“数字油田”是“数字地球”在油田的应用,由“数字勘探”、“数字油藏”、“数字井筒”、“数字管道”等数字化油田业务组成,是油田企业的信息基础设施和企业管理层的基础信息平台,是石油企业组织信息的最佳方式,目前对于“数字油田”的理解,有 5 种^[32~35]:一是数字地球模式,认为是数字地球的分支,与数字农业、数字城市等同类,强调数字地球的指导作用和 GIS 的作用;二是工程应用模式,强调应用系统的整合、数据共享和整体实用性,是油田专业应用系统的集成体;三是信息管理模式,强

调业务流、信息流、知识管理、协同工作环境和决策支持,是企业的神经系统;四是企业再造模式,强调信息技术在油田的全面的应用,重视资源的重整与优化,突出数字油田的战略意义,是数字化的油田企业;五是地质数字化模型,强调对地质实体的数字模拟功能和精细的地质属性数字化。上述5种理解中之(五)的理解是油气盆地评价中要解决的问题之一,但不代表数字盆地研究的全部,仅是数字盆地的一个方面,详见后述。

4 油气盆地评价数据库的构想

4.1 油气盆地数据库建设的必要性

诚如李德生院士所言^[36]:“资料数据共享是核心问题。”数字盆地的核心问题是油气盆地数据库的建设。通过数据库管理系统,把分散的数据信息结构化,同时按照数据的不同类型存储于数据库中,再之,又经过数据管理系统,在计算机操作系统的支持下,将结构化了的数据信息提供给用户。这三者有机的结合就构成了数据库系统。近年来,我国随着“数字地球”和“数字国土”战略的实施,完成了大量的基础性数据库(比如各种土地专业信息系统、多种比例尺数字化地形图、多类地质调查成果数据库),正以几何级速度增长的空间数据量,数据的管理与使用变得日益重要;日益明显的地学多学科交叉趋势,单主题数据库已不能满足多学科综合研究的需要。因此,为适应地学数据的综合分析处理的需要,必须将这些不同比例尺、不同类型的海量数据进行集成。上世纪90年代发展起来的数据仓库(data warehouse,简称DW)技术可为这一问题提供解决思路^[39]。据报道,目前世界上已建成大约500个各类型的地质数据库,涉及到地质学的多个领域,在地质资料、文献情报检索和地质研究、地质生产以及经济管理等方面发挥着重要作用。在地学数据库发展中,目前面临最大的问题就是数据内容、格式不统一,这大大限制了数据库的使用范围。地球科学是需要对全球资料进行综合研究和对比的,显然成了一大难题。为解决这一问题,国际地科联(IUGS)成立了地质数据储存、自动处理和检索委员会(COGEODA-TA),负责研究、评定、交流各国已有的地质数据处理系统,统一数据内容、格式和标准,使地质数据库能为各国共享。如世界火成岩数据库(IGBA)就是在UNESCO-IGCP和IUGS的支持下,由IGCP163及后续的IGCP239两个项目完成的^[40]。目前,数据仓库技术得到很大发展,在数据格式单一的领域中已应用

得比较成熟(如商业领域),但在地学领域中,研究起步较晚,而且仅限于单个类别数据的研究,比如加拿大水文地理局(CHS)的海洋深度数据仓库和美国的国家水质评价数据仓库。通过分析可知,这些数据仓库仅是将数据格式单一的商业数据仓库简单照搬到地学领域,未能认真研究地学数据的多尺度、多类型、多格式等特点。因此,地学数据集成研究有待于突破。值得提出的是,我国国土资源部推行了全国地质数据库的建设,开展数字地质调查系统和矿产远景调查数据库建设^[41],中国地质调查局向国家有关部委、工业地勘部门、科研机构、大专院校赠送了《中华人民共和国1:50万数字地质图数据库》。我国建成世界最大规模地球化学勘查数据库,建立了全国区域地球化学数据库,编制了1:50万全国地球化学系列图和1:1200万全国地球化学图集。中国石化进行了“数字油田”建设^[32],中国石油正在推进石油勘探数据库建设^[42],中海油开发了石油勘探开发信息系统与石油地质工作站^[43],中国石化西北分公司建立了塔里木盆地地质数据库^[44]。中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所开发了中国油气化探数据库。

4.2 与地学其他数据库的关系

4.2.1 与地球信息科学的关系

上世纪90年代兴起的地球信息科学(Geo-Information Science)是地球科学研究的前沿领域,是高度集成的卫星遥感、全球定位系统、地理信息系统、数字传输网络等一系列现代信息技术以及其与地球系统科学的交叉基础之上所形成的科学体系。地理信息系统指的是一切与空间定位有关的信息的采集、存储、管理、分析及利用的计算机信息系统,而各种与空间定位有关的计算机信息系统则是地理信息系统的特例,例如美国战斗地形信息系统(CTIS,有8种配置)、美国的地形分析系统(TAS)、地形分析工作站(TAWS)、地理资源分析支持系统(GRASS)、快速地形可视化系统(RTV)、地形可视化工作站(Power Scene TM、通用联合地图工具包(JMTK)、全球指挥与控制系统(GCCS)、全球指挥与支持系统(GCSS)、美国影像与地理空间信息系统(USISS)、地理影像情报综合管理系统(TPED)等^[45,46]。现有资料表明,上世纪出现的遥感技术,全球定位技术以及计算机网络技术与GIS必将在21世纪形成自身的理论体系和技术体系,并将为信息化社会做出愈来愈大的贡献。油气盆地评价数据库的建设必须努力使用地球信息科学

的最新成果。

4.2.2 与国土资源部有关地学数据库的关系

上世纪 90 年代以来,我国地质矿产部门就开展了数字地学工作,作出了一些重要成果,如:《中华人民共和国 1:50 万数字地质图数据库》;建立了全国区域地球化学数据库,编制了 1:50 万全国地球化学系列图和 1:1200 万全国地球化学图集;全国 1:25 万数字地质图等^[47]。油气盆地评价数据库的建设中必须努力使用地球信息科学的最新成果。

4.2.3 与基础地质专业数据库的关系

据了解,我国一些基础地质专业专门数据库正在建设过程中,如花岗岩数据库、沉积岩数据库、火山岩数据库等。油气盆地评价数据库的建设中必须引用这类数据库中的部分内容^[40]。

4.2.4 与固体矿产(金属和煤等)资源评价数据库的关系

据了解,我国金属和煤等固体矿产资源评价数据库正在建设过程中,如煤田勘探数据库、铜等有色金属勘探数据库等。油气盆地评价数据库的建设中必须引用这类数据库中的部分内容^[41]。

4.2.5 与油田地质数据库的关系^[42,46]

这是一件极为重要的大事,建议进行统筹协调,协作分工,分阶段实施,应建立强有力的协调领导小组组织实施。

4.3 数据库子系统

油气盆地评价系统数据库应有 12 个子系统数据库组成^[38,48],分别是:

数据库子系统 1——盆地形成背景:主要内容含盆地形成背景、板块构造、造山带与盆地关系、构造阶段、构造演化与盆地演化关系。

数据库子系统 2——盆地演化:主要内容含沉降机制、沉降时期、沉降速率、盆地原型及其并列迭加关系。

数据库子系统 3——盆地变形:主要内容含几何学、运动学、动力学、对盆内各其系统演化的控制。

数据库子系统 4——沉积系统:主要内容含沉积体系、层序地层学、储集和保存条件、沉积系统与盆地演化关系。

数据库子系统 5——水动力:主要内容含古水流系统、新水流系统、水动力条件、水动力与盆地演化关系。

数据库子系统 6——热力学:主要内容含现代大地热流、现代地温场、古地温、温度异常。

数据库子系统 7——油气系统:主要内容含烃

源岩、储盖层和圈闭、油气运移和聚集、成烃过程。

数据库子系统 8——油藏地质:主要内容含油气藏几何学、油气水流体地质、油气藏形成期、盆地受改造与油气藏保存关系。

数据库子系统 9——盆地模拟:盆地模拟技术、埋藏史、热史、生烃史、运聚史。

数据库子系统 10——资源评价:资源评价技术、地质风险分析、资源量估算、圈闭描述与综合评价、经济决策分析。

数据库子系统 11——盆地评价技术:油气盆地评价的现代技术手段、盆地原型分析及其图件表述技术、有机相带和烃源岩评价技术、含油气系统和油气藏地球化学表述技术、勘探目标评价技术。

数据库子系统 12——盆地评价图库:油气资源选区评价图等。

4.4 盆地评价数据库管理系统的设计

盆地评价数据库管理信息系统作为盆地信息系统的—部分,是油气盆地评价建设的核心,它不仅能为油气盆地评价提供可靠的数据,更为重要的是简化了劳动,实现了以计算机为中心的自动化、网络化管理,使盆地地质数据的记录、计算、存储、查询更加准确、方便、快速、可靠,同时为计算机制图提供更可靠、准确的基础数据,为上级部门的管理提供准确实在的数据与图形,为油气盆地评价管理现代化奠定坚实的基础。盆地评价数据库管理系统只是其中的一个子系统^[42]。

4.5 盆地评价数据库的逻辑设计

通过对盆地地质数据及其之间联系的分析,得出地质数据的实体—联系图。应用规范化理论及数据依赖的理论,把实体—联系图转换成关系模型,得到地质数据库的一组关系模式。因此,应对上述提出的 12 个子系统进一步细化,提出油气盆地地质数据库的逻辑设计^[38,39]。

4.6 油气盆地评价数据库设计

数据库设计是建立数据库及其应用系统的核心和基础,根据石油勘探油气盆地评价要求,构造出油气盆地评价数据库模式,建立起油气盆地评价数据库应用系统,并使系统能有效地存储数据,满足油气盆地评价需求。按照规范化的设计方法,常将数据库设计分为 4 个阶段^[45,48]。

4.6.1 系统规划阶段

通过对油气勘探程序和方法等进行详细调查,规划确定系统的名称、范围;明确系统开发的目标功能和性能;清楚了解系统所需的资源;预计系统开发的成本;制定系统实施计划及进度;估算系统

可能达到的效果和效益;规定系统设计的原则和技术路线等。本文前面阐述的油气盆地评价数据库内容大致在本阶段。

需要指出的是:在用户调查的基础上,通过分析,明确油气勘探用户对系统的需求,包括对数据的需求和对这些数据的业务处理需求。上述盆地系统研究的12个子系统尚需进一步确定和细化。

4.6.2 概念设计阶段

要产生反映企业各组织信息需求的数据库概念结构,即概念模型。概念模型必须具备丰富的语义表达能力、易于交流和理解、易于变动、易于向各种数据模型转换、易于从概念模型导出与DBMS有关的逻辑模型等特点。

4.6.3 逻辑设计阶段

首先是把E-R图的实体和联系类型转换成选定的DBMS支持的数据类型,其次是要设计子模式并对模式进行评价,最后是使模式适应信息的不同表示,优化模式。

4.6.4 物理设计阶段

在物理设备上的存放结构和存取方法进行设计。物理设计常常包括某些操作约束,如存储要求和响应时间等。数据库物理结构依赖于给定的计算机系统,并与具体选用的DBMS密切相关。

4.7 数据库编写注意事项

一是要建立强有力的协调领导小组,进行统筹协调,协作分工,分阶段实施。二是要工作小组及时写出《油气盆地评价数据库编写规定》,组织有关专家审定后实施。三是要按《油气盆地评价数据库编写规定》组织数据入库。

5 结论和讨论

通过对油气盆地勘探历史和研究历史的分析,我国油气盆地研究经历过①石油大地构造盆地研究阶段(1945—),李四光、黄汲清应是我国石油大地构造盆地研究的开拓者和奠基人。②盆地分析和盆地模拟阶段(1980—),朱夏发表于《石油实验地质》1980年第3期的文章“关于盆地研究的几点意见”中提出盆地研究的“4个M、3个S和3个T”的意见以及我国胜利油田1980年开展了“临邑盆地烃潜力研究”的盆地模拟工作^[15,26],这些应标志我国盆地分析和盆地模拟的起始。③数字盆地研究阶段(2000—),2000年3月李德生^[36]在《石油学报》发表题为“迈向新世纪的中国石油地质学”表明我国将开展数字盆地研究。

必须指出:数字盆地和数字油田各自有不同的

研究领域。数字盆地是综合运用现代盆地系统研究理论技术和现代数字信息技术,进行油气盆地地质资料的数字化,为油气盆地评价提供技术支撑。

现代盆地系统研究理论技术应包括盆地地理学和盆地工学,数字盆地的核心问题是油气盆地数据库的建设。数字盆地数据库应由12个子库组成,分别是:①盆地地理学部分为盆地形成背景、盆地演化、盆地变形、沉积系统、水动力、热力学、油气系统和油藏地质等8个子库;②盆地工学包括盆地模拟技术、资源评价技术、油气盆地评价的现代技术手段和油气盆地评价系统数据库等4个子库。

笔者谨以本文庆祝我国第一个盆地研究室(现中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所盆地研究中心)成立30周年!她伴随中国改革开放的新时代诞生、成长,30年来在我国石油大地构造盆地研究方面、盆地分析和盆地模拟方面取得了令同行认可的成就……。让我们共同高举双手,祝贺已达三十而立之年的无锡所盆地研究中心能进一步健康成长,能为我国油气盆地研究和油气工业的发展作出新的更大贡献!

参考文献:

- 1 Lee J S. The fundamental crust of evolution of the earth's surfaces. Bulletin of the Geological Society of China, 1926, 5(3-4):209~262
- 2 李四光. 中国地质学[M]. 张文佑编译. 上海:正风出版社, 1952
- 3 李四光. 地质力学概论[M]. 北京:科技出版社,1973
- 4 黄汲清. 中国主要地质构造单位[M]. 北京:地质出版社,1952
- 5 黄汲清,任纪舜,姜春发等. 中国大地构造及其演化[M]. 北京:科学出版社,1980
- 6 朱夏. 中生代油气盆地—构造地质学进展[M]. 北京:科学出版社,1982
- 7 朱夏. 论中国含油气盆地构造[M]. 北京:石油工业出版社, 1986
- 8 刘鸿允. 中国古地理[M]. 北京:科学出版社,1955
- 9 关士聪. 中国海陆变迁、海城沉积相与油气(晚元古代—三叠纪)[M]. 北京:地质出版社,1984
- 10 王鸿祯. 中国古地理图集[M]. 北京:地图出版社,1985
- 11 冯增昭. 华北地台早古生代岩相古地理[M]. 北京:地质出版社,1990
- 12 马杏垣. 中国岩石圈动力学图集[M]. 北京:中国地图出版社, 1989
- 13 腾吉文. 20世纪地球物理的重要成就和21世纪的发展前沿[J]. 地学前缘,2003,10(1):117~140
- 14 Allen P A, Allen J R. Basin Analysis—Principles and Applications[M]. Oxford:Blackwell Scientific Publications,1990
- 15 朱夏. 关于我国陆相中生界含油气盆地若干基本地质问题的初步设想[J]. 石油实验地质,1979,1(1):1~9

16 赵重远. 含油气盆地地质学研究进展[M]. 西安:西北大学出版社,1993

17 陆克政,朱筱敏,漆家福. 含油气盆地分析[M]. 北京:石油大学出版社,2003

18 张渝昌. 中国含油气盆地原型分析[M]. 南京:南京大学出版社,1997

19 刘和甫. 沉积盆地地球动力学分类及构造样式分析[J]. 地球科学,1993,18(6):699~724

20 刘福田,李强,吴华等. 用于速度图像重建的层析成像[J]. 地球物理学报,1989,32(1):46~61

21 邓晋福,赵海玲,莫宣学等. 中国大陆根—柱构造:大陆动力学的钥匙[M]. 北京:地质出版社,1996

22 周辉. 大陆岩石圈流变动力学研究进展[J]. 地学前缘,2000,7(增刊):121~127

23 任战利. 中国北方沉积盆地构造热演化史研究[M]. 北京:石油工业出版社,1999

24 刘光鼎. 前新生代海相残留盆地[J]. 地球物理学进展,2001,16(2):1~7

25 高长林. 残留盆地之理解[J]. 石油实验地质,2007,29(4):封二

26 张庆春,石广仁,田在艺. 盆地模拟技术的发展现状与未来展望[J]. 石油实验地质,2001,23(3):312~317

27 石广仁. 油气盆地数值模拟方法[M]. 2版. 北京:石油工业出版社,1999

28 石广仁,郭秋麟,李惠芬等. 一维盆地模拟系统 BAS1 [J]. 石油勘探与开发,1989,16(6):1~11

29 石广仁,郭秋麟,米石云等. 盆地综合模拟系统 BAS1 MS[J]. 石油学报,1996,17(1):1~9

30 毛锋,孙世友,周文生等. 数字油田的理论与实践[J]. 数字石油和化工,2007,(6):2~6

31 张志樵. 关于数字油田的技术进展[J]. 数字石油和化工,2006,(12):3~9

32 何生厚,毛锋. 数字油田的理论、设计与实践[M]. 北京:科学出版社,2001

33 李剑峰. 数字油田面面观[J]. 数字石油和化工,2004,(9):17~18

34 张波,陈晨,徐小明等. 数字石油矿区的设计构想[J]. 油气田环境保护,2004,14(4):19~22,57

35 张军华,钟磊,王新红等. 数字油田要素分析、建设现状及发展展望[J]. 勘探地球物理进展,2007,30(1):25~29

36 李德生. 迈向新世纪的中国石油地质学[J]. 石油学报,2000,21(2):1~8

37 SY/T 5519—1996,中华人民共和国石油天然气行业标准中的盆地评价技术规范[S]. 中国石油天然气总公司发布

38 高长林,刘光祥,黄泽光等. 盆地地质学和盆地工程学[J]. 石油实验地质,2008,30(5):429~434

39 潘懋,吴自兴,金江军等. 矿床地质勘查评价系统研究[J]. 信息技术,2007,(1):20~21

40 南君亚,叶健骝,杨卫东. 全球沉积岩数据库讲座(一)[J]. 岩相古地理,1994,14(1):52~62

41 陶继雄,王波,罗忠泽等. 基于数字地质调查系统的矿产远景调查数据库建设——内蒙古达拉庙矿产远景调查项目数据库的建设和体会[J]. 地质通报,2008,27(7):1019~1027

42 史黎岩. 石油勘探数据库建设[J]. 内蒙古石油化工,2007,(6):126~127

43 杨甲明,王伟元,徐贻钦. 浅谈石油勘探开发信息系统与石油地质工作站[J]. 中国海上油气(地质),1994,8(2):74~79

44 张祖葵,刘斌. 数据库建设浅析[J]. 石油实验地质,1997,19(3):278~288

45 王淑华,胡光道,李振华. 地质数据库系统的设计及关键技术问题[J]. 物探化探计算技术,2004,26(4):351~355

46 肖敏,胡建武. 渤海油田地质信息空间数据库建设探讨[J]. 资源与产业,2007,9(2):109~111

47 中国地质调查局. 2007年地质调查十大进展[J]. 地质装备,2008,9(2):6~7

48 高长林. 盆地原型之理解[J]. 石油实验地质,2006,28(4):385,390

(编辑 叶德燎)

《石油实验地质》入选 RCCSE 中国核心学术期刊

近日,《石油实验地质》编辑部收到中国学术期刊评价委员会、武汉大学中国科学评价研究中心发来的荣誉证书,在《中国学术期刊评价研究报告》(2009—2010)中,该刊被评为“RCCSE 中国核心学术期刊”。

RCCSE 是 Research Center for China Science Evaluation 的缩写。中文名称为中国科学评价研究中心。

《中国核心期刊评价研究报告》是由中国科学评价研究中心、武汉大学图书馆、武汉大学信息管理学院共同研发的。它采用定量评价与定性分析相结合的方法,按照科学、合理的多项指标评价体系,对 6170 种中国学术期刊进行分析评价,得出 65 个学科的学术期刊排行榜。

此次中国学术期刊评价的遴选是根据各刊 5 个指标值:基金论文比、总被引频次、影响因子、web 即年下载率、国外重要数据库收录情况,按矩阵计算各刊指标值隶属度计分,由高到低依次排序,取前 5% 的期刊为“权威期刊”,取前 5%~25% 为“核心期刊”。此次共将 6170 种中国学术期刊纳入评价,1324 种学术期刊进入核心区,其中权威期刊 311 种,核心期刊 1013 种,约占总数的 21.46%。

(杨建超)