

地理信息系统技术在石油勘探与开发过程中的应用

叶德燎

(地矿部石油地质中心实验室, 无锡 214151)

本文在介绍地理信息系统(GIS)基本原理的基础上,论述了它在石油勘探与开发中的应用。多功能的 GIS 为地质学家们提供了查询、汇集、分析、显示、修正和绘制各种勘探和开发图件等的强有力工具。特别是三维可视化技术的应用,大大提高了对油藏几何形态及特征的了解,从而改进对资源的评估,并提高钻探成功率。

关键词 地理信息系统 三维可视化 应用 石油勘探开发

作者简介 叶德燎 男 35 岁 硕士 石油地质

地理信息系统(Geographic Information System)简称 GIS,于 60 年代中期诞生于加拿大,它是信息时代和计算机技术发展的必然产物。在过去的 20 年中,GIS 得到了迅速发展,并渗透到社会的许多领域。它集制图学、遥感应应用、数据统计分析、地学专家分析和计算机技术等于一体,已应用于地学、生物学、农业科学、环境科学等许多学科,成为研究区域性或全国性的资源开发、环境变化和社会发展等的强有力工具。90 年代,地理信息系统的理论与技术日新月异,应用领域迅猛扩展。然而,在石油地质学界,对 GIS 似乎还比较陌生,似乎还被看作是一种超前的(潜在的)高技术,对它缺乏广泛的理解和需求。面对信息时代的挑战和全球经济发展的机遇,应该不失时机地运用 GIS 工具,为油气勘探开发服务。

1 地理信息系统简介

地理信息系统(GIS)是用以采集、存储、管理和分析具有空间内涵的地学信息的计算机软硬件系统。它为规划、管理、决策和研究提供必要的信息和决策支持。简单地说,GIS 就是综合处理和分析空间数据的一种技术工具。

GIS 的最大长处是可以兼顾许多独立而又彼此有联系的信息特征,只要它们之间有地理上的共通性,就可以将若干个这样的特征联系在一起考虑(李晓池等,1995)。它具有以下 3 个方面的特征:

(1)具有采集、管理、分析和输出多种空间信息的能力,具有空间性和动态性;

(2)以区域研究和区域决策为目的,以空间模型

方法为手段,具有区域空间分析,多要素综合分析和动态预测能力,进而产生高层次的决策信息;

(3)由计算机系统支持进行空间数据管理,并由计算机模拟常规的或专门的地理分析方法,作用于空间数据,产生有用信息,完成人类手工难于完成的任务。计算机支持使得 GIS 能够快速、精确和综合地对复杂的具地理位置属性的数据进行空间定位和过程动态分析。

很显然,GIS 的核心内容应包括:

(1)空间数据和专题数据的输入:将图件、表格、图片和遥感图像等各种形式的资料输入到系统,并转化为系统所要求的格式,在输入过程中,系统应有压缩原始数据的冗余度、且把各种数据在地理位置和存储格式上统一起来的能力。

(2)数据管理和检索:由空间数据库和数据库管理系统完成,可快速有效地对存储在数据库中的空间信息和属性信息进行检索、查询、更新和共享。系统不仅有能力查询直接存储在数据库中的信息,还应有能力查询未以直接的方式存储的信息;不仅能支持关系查询,抽取某一类别的特征信息,还能够完成复杂的空间查询,提取满足一定地理条件的信息。为提高数据管理和检索的效率,应具有矢量数据和栅格数据兼容的能力,将信息系统、图像分析和计算机制图三者有机地结合起来。

(3)数据处理与分析:这是 GIS 功能的主要体现,是区别于计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制图(CAP)的主要标志。通过对原始数据的空间分析、相关分析、统计分析、区域分析和系统分析,提供与系统应用相关性更强的信息,为系统应用提供决策支持。

(4)输出:将分析结果以用户所需要的形式显示和成图。

由此可见,GIS 的实际意义是:GIS 中的数据,无论是可见的(记于纸上)或是不可见的(记于磁介质上),都被认为是自然环境的一种表现模式,因为这些数据可以被访问、交换、交互式处理,还可以作为研究环境过程,分析发展趋势,预估规划决策的可能结果的基础。原理上,GIS 能为规划者和决策者披露可能的变化情况,提供行动方针的重要指导思想,使他们不至犯下不可挽回的错误(兰运超等,1991)。

2 油气勘探开发过程中应用 GIS 技术的优势

盆地中烃类的生成、运移和聚集是构造作用、沉积作用和有机质演化的结果。油气远景区预测作为石油资源评价的内容之一,需要分析包括石油地质、地球物理、地球化学及遥感信息等在内的大量数据。

从理论上讲,石油地质勘查过程获得的这些数据都是地理坐标的函数,是典型的空间型数据,一个成功的勘探计划的执行在很大程度上依赖于技术人员迅速编辑、汇总分析和比较多种来源和多种形式的图件、表格资料及其他数据的能力。GIS 正是存储、管理、分析和综合大量的各种形式空间数据的有力工具。

首先,GIS 的大地编码数据采用真正的数据库形式进行维护,而不再仅仅是数据文件的集合。它提供了“总是最新”的底图作图能力,驻留在 GIS 数据库中的数据包括有钻井、地震测线、地质剖面、矿区登记许可以及其它有关信息。它使技术员能方便地查询、修正、显示或绘制出反映数据最近状态的图件。

其次,由于大地编码资料日益增多,质量不断提高,其分析方法的软件也在增加,通过对同一地区的各类资料进行统筹综合分析和处理,不仅能使隐蔽的地质趋向变得明显,以识别出新的勘探目标外,还能改进资源的评估方法。

第三,GIS 为石油工业界文档的建立提供了方便。它很容易使诸如钻井许可,区块登记,前景区清单、岩芯照片等一系列资料与地理位置特征结合在一起。从而使勘探家及经理们方便地查询任一地区的情况。

第四,GIS 提供了多种有效的显示绘图手段,如三维显示,光栅显示等。还可以进行精确的图拼接,图形处理和修正。

第五,利用 GIS 储存的资料能够长期保存,并能节约巨大的空间。而且由磁盘储存的资料还便于携带,拷贝翻新或多次复制,节省了由于纸张老化需要翻新资料的巨大工作量。

3 油气勘探开发过程中如何应用 GIS 技术

3.1 一般过程

在石油勘探开发过程中,GIS 技术应用流程如图 1 所示。简单地说,它由 3 个部分的内容所组成,即数据的输入,数据处理和综合解释,以及结果的输出和决策。

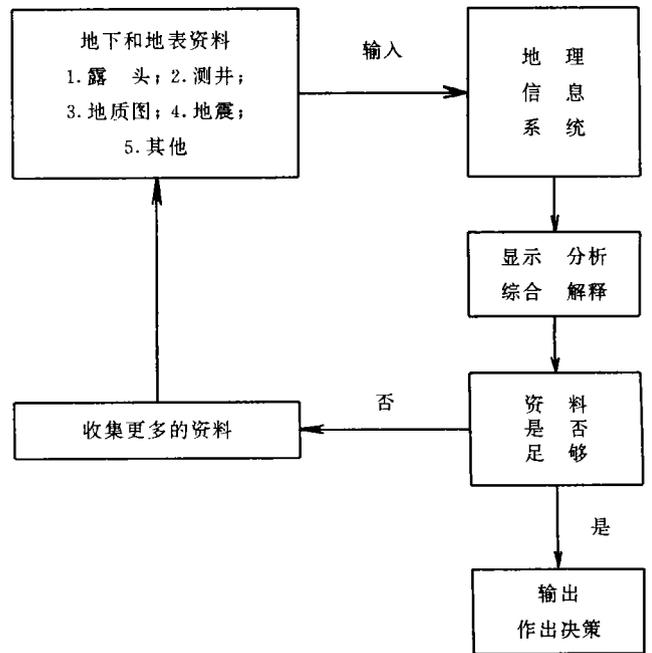


图 1 用于油气勘探与开发的 GIS 概念模型

3.1.1 数据的输入

在勘探的早期阶段,可资利用的资料较少,不外乎地质图、地表露头、地震、重力与磁力、遥感以及地探等资料。随着工作的深入和钻井的施工及油田的开采,有关烃源(烃源岩厚度、面积,有机碳含量,干酪根类型,热演化程度,地层压力、油气运移方式和通道),储层(砂岩或碳酸盐厚度、百分比、沉积相、孔

隙度、渗透率等等),保存(盖层厚度、岩性、异常压力、剥蚀量、断层破坏方式等)及其配套关系(时间、空间配套关系)资料逐渐多了起来。上述资料表达形式不一,格式多样,比例尺也不同,但是,这些资料经数字化及预处理后,均可输入到 GIS 数据库中。

这里需要强调的是,由于资料来源多种多样,精度有一定差异,保证每一种原始资料都有高的精度就显得异常重要。不然的话,在以后的处理过程中易产生系统误差,使结果的可信度降低。

3.1.2 数据处理和综合解释

GIS 一般都具备强大的空间数据分析功能,易于将油气勘探开发所需的许多不同的资料进行综合和比较,以形成较为清晰且地质上较有意义的整体。例如将烃源岩厚度、面积、有机碳丰度、干酪根类型、热演化史资料通过计算机综合起来分析,就可以得到生烃评价结果。如果再结合运移方面的资料,如离油源的远近、地层压力、油气运移方式和通道等资料,就可以得到较为完整的烃源评价结果。如果单靠手工操作,将这么多的资料综合在一起,最终得出烃源评价结果是很困难的,而且也难于不失时机地补充最新获得资料,以使结果更可信。

对烃源、储层、保存条件及其时空配套关系一一作了综合和评价之后,利用 GIS 的层叠功能,就很容易对研究区的总体状况作出综合评价,以选出有利的靶区。

在数据处理分析的任一步骤,如果发现结果不令人满意,随时可以修改模型或收集更多的资料输入到系统中。如此循环反复,直至获得满意的结果为止。

3.1.3 成果输出

在一个地理信息系统中,输出的形式可以多种多样。既可以屏幕实时显示,也能够以硬拷贝的形式或软盘的形式输出;既可以是图件,如地区油气远景综合评价图,也可以是表格,如储层分级评价表等,甚至也可以文本的形式输出,直接提交报告。

3.2 三维可视化技术在油藏管理中的应用

作为 GIS 的一个分支,三维可视化技术在最近几年有了突飞猛进的发展。随着三维地震资料解释精度的提高,计算机应用软件开发的进展,使得三维可视化技术在石油工业的应用成为可能。所谓的可视化可理解为描述和理解地下和地表现象的一种工

具(Roger 等,1996)。这个工具可用于广大的领域,范围从大规模构造到流体通过孔隙网络的运移。

在过去,地质学家只能在他们的脑子里看到三维地质模型,但往往难于向非地质专业的经理或工程师解释那个模型。因此,油田开发可行性的经济分析更多的是建立在讨论上,而不是建立在对油藏几何形态特征的了解的基础上。通常地质学家提供的内容包括:(1)区域及局部地质图;(2)地层图表;(3)最靠近的相关井的典型测井曲线;(4)通常在主要储层层段顶部的某种类型的构造图,它往往与地震标志层不相符合;(5)通常由几个层段组成的某些“产层”图;(6)通过油田或远景区至少一条解释了的地震剖面;以及(7)一条地质剖面。应用三维可视化技术,所有的这些信息都可以放在统一的显示中进行描述,解释人员可以使用不同角度的显示来回答管理、工程和地质方面的问题,这大大改进了对烃类矿床的解释和理解。在这里,用于交流三维储层的语言是可视化,即数字资料可视的影像。所有可用的测井曲线和岩芯资料都被输入到一个三维模式,但资料被描述为带颜色的单元而不是曲线形迹。

在三维模式内,每个数据单元都包含一系列有关的信息,如岩性、孔隙度、渗透率等。如果需要某项内容,很容易就可显示出该项内容的三维形态。此外,有些资料也可被过滤掉,只显示感兴趣的内容,例如,需要显示质量好的储层,那么,质量较差的岩性可被剔除,孔隙度最高的部分用特殊的颜色显示出来。

很清楚,应用三维技术,可以用图像的形式更准确地确定构造形态,更好地了解井间地层变化,更合理地布置至目的层的斜井和水平井,更快地评价勘探和开发机会。美国美孚公司在尼日利亚的 Ubit 油田应用三维可视化技术之后,大大改进了储层评价,提高钻探成功率,并使该油田的储量大大增加了^①。三维可视化技术在加里福尼亚岸上重油油田复杂不均一油藏特征描述,以及西得克萨斯二叠纪盆地 Pegasus 油田奥陶系塌陷洞穴体系中储量估计,都获得很大成功,取得了巨大经济效益(Clayton 等,1992)。在北海盆地的 Statfjord 油田东翼,用三维可视化技术,两天内就识别出 8 个远景构造,作进一步的解释之后,在 4 小时内又定出另外的 4 个井位,这既节约了大量的勘探费用,又赢得了宝贵的时间。

① Mark Dobin & Brian Sabin. 3D seismic for reservoir characterization. Video Caption, 1994

4 GIS 在未来勘探开发应用方面的发展趋势

GIS 作为储存和分析空间资料的强有力工具,越来越受到人们的重视。据统计,GIS 的用户近年来正以 25%~40% 的年增长率快速增加(李晓池等,1995)。

GIS 在未来勘探和开发应用方面的潜力主要是在功能开发(如三维可视化技术的进一步完善等)、计划决策(引导空间分析的改进,使之成为更可靠的决策工具)以及数据共享(数据格式的标准化)3 个方面。它在石油界的成功主要取决于各石油公司贯彻这一系统的能力,即能否为地学家提供一个完整、灵活和易于使用的资料管理和综合的环境。地质学家过去花费过多时间去收集和汇总数据,只有很少的时间解释那些数据。当采用 GIS 的应用功能时,

底图绘制、大规模大地编码数据的存储与分析、项目数据寻访、资源量评估及文档管理等都将获得广泛应用。

参 考 文 献

- 1 李晓池, E G Mills 和 S E Burcher. 地理信息系统(GIS)在地质学中的应用. 地学前缘, 1995, 2(1~2): 236~243
- 2 兰运超, 利光秘和袁征编译, 地理信息系统原理. 广州: 广东省地图出版社, 1991
- 3 Roger M S et al. Visualization technology for oil and gas industry: today and tomorrow. *AAPG Bulletin*, 1996, 80(4): 453-459
- 4 Clayton C A et al. 3-D visualization for reservoir description and development. *SPE24511*, 1992
- 5 Tinker S W. Building the 3-D jigsaw puzzle: applications of sequence stratigraphy to 3-D reservoir characterization, Permian basin. *AAPG Bulletin*, 1996, 80(4): 460~485

(收稿日期: 1996 年 9 月 17 日)

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM: A NEW TECHNIQUE FOR PETROLEUM EXPLORATION AND DEVELOPMENT

Ye Deliao

(Central Laboratory of Petroleum Geology, MGMR, Wuxi 214151)

Abstract

With an introduction of the basic principles of geographic information system (GIS), the paper discussed its application in petroleum exploration and development. A complete GIS can provide geologists a powerful tool for the inquiry, collection, analysis, display, modification and drawing of various data of hydrocarbon exploration and development. Especially, the application of 3-D visualization technique will get a deeper understanding of geometries and characteristics of reservoirs, and hence improve the estimation of reserves and increase the success ratio of prospecting drilling.