

MAPGIS 图件编绘系统在油气勘探数字化中的应用

■ 孟昕 樊文有 卞洲罡

进入二十一世纪,全球能源危机一浪高过一浪。目前,石油和天然气已成为各国重要的战略资源,大量的人力、物力和财力投入到本国和境外的油气勘探开发工作中,而勘探工作是整个油气生产活动的起点,对石油企业的可持续发展具有决定性影响。

从油气勘探的作业流程来看,图件的编绘工作贯穿始终。以物理勘探为例,首先根据地质构造图、井位位置图、各类等值线图的叠加分析确定圈闭范围,再通过地下三维模拟精确计算钻井路径,利用打井获取的岩芯数据转换为录井柱状图,将多口井相连接得到油藏剖面图。除此以外,还有小层对比图、测井曲线图、成果解释图等一系列专业图件,都是辅助勘探开发工作的重要资料。

但是就目前而言,利用物/化探数据进行油气勘探工作还基本停留在定性对比阶段,通常只绘制单因素异常图件,这些图件存在着严重的不足。首先是数字信息和图件信息之间转换工作量很大;其次,各单因素异常图件比例尺不一致,缩放转绘工作量大,且精度较低;第三,各单因素异常图件信息零散、有限,难以从量的角度研究分析处理各因素异常图之间的关系。因此,迫切需要一种能解决上述矛盾的综合

绘制分析技术。

基于国产优秀软件 MAPGIS 平台开发的图件编绘系统很好的解决了上述难题。系统提供了油气勘探工作中所用到的绝大部分绘制功能,不仅能够方便快速的自动成图,还能精确计算和解释成果,为油气勘探数字化发展起到了很大的推动作用。

图件编绘系统的技术路线

1. 总体设计路线

MAPGIS 图件编绘系统功能设计采取“图数一体化”的总体思路,从勘探数据库中提取数据,通过制图模版自动生成图件。如果系统对图件进行了修改或分析解释,则加载的数据也会发生相应变化,并反馈到数据库中,保证了数据的一致性。总体设计路线如图 1 所示:

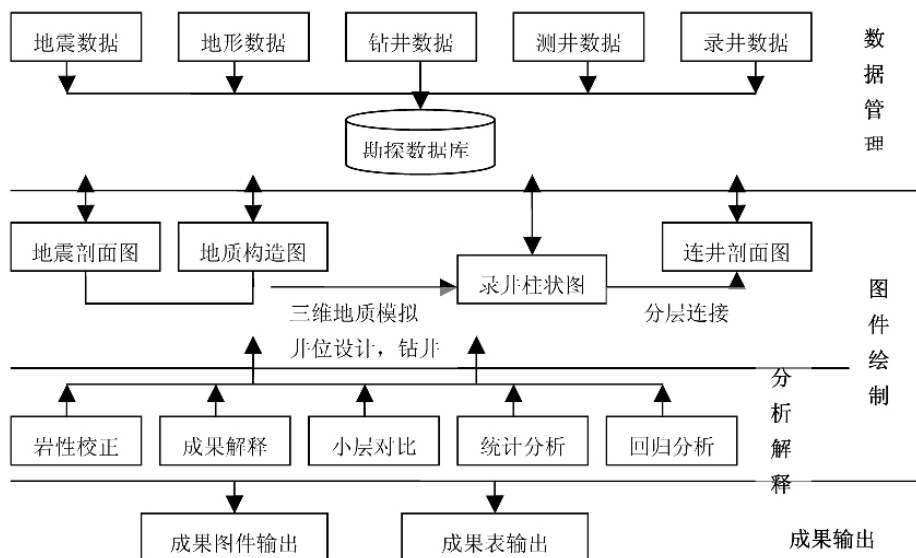


图 1 总体设计路线

2. 图件编绘的一般过程

(1) 数据采集

图件绘制必须以一定的数据作为依据, 因此对勘探数据进行管理十分重要。首先, 从保密性的角度看, 勘探资料多为机密文件, 对于存取数据的用户必须设定权限, 防止数据泄露; 其次, 从可靠性的角度看, 勘探数据的精确程度将直接影响后续开发工作的效率, 对于数据的一致性必须进行严格控制, 防止数据不统一。

通过数据库对勘探资料进行管理则不会产生上述问题。勘探数据库包括的数据源十分广泛, 通常有地震数据、地形数据、钻井数据、测井数据和录井数据等等, 利用不同的数据可以得到不同类型的图件。

(2) 图件绘制

图形绘制是系统的核心, 基于 MAPGIS 开发的图件编绘系统继承了平台优势, 可以提供十分强大的制图功能。

根据模版的不同, 图形绘制内容还可以进一步细分。对于构造平面图、井位位置图等图件除了自动成图功能外, 最主要的设计思路是分层管理, 将不同类别的空间地理要素单独提取, 使用时按照不同的制图目的自由叠加, 满足各种类型的分析需求。对于录井柱状图、油藏剖面图等图件则主要采取面向对象的思维方式, 以“道”为单位加载、存储和修改数据, 并提供符号库、子图库的自定义功能。

(3) 分析解释

分析解释对于图件编绘系统是必不可少的。在油气勘探开发中, 任何工作的开展都围绕着开采这一核心, 因此, 仅仅只有图形的表示还远远不够, 要让图形“活”起来, 就必须在图形的基础上提供准确的分析和解释功能。

对于这一功能的设计系统提供了两种表达方式。一是直接在原图上分析, 通过叠加、平移、投影转换等处理生成目标文件, 再根据变换后的文件得到分析报表。第二种方式是借助一定的分析模型, 例如

三角图、统计图等, 先将需要分析的数据导入模型, 再利用一定的计算公式得出结果, 并以成果表的形式输出。

(4) 成果输出

成果输出的类型主要包括两个方面: 一是按用户指定的比例输出成果图, 并提供工程图整体或分幅输出; 二是各类成果表的输出。

对绘制成果图又有三种输出方式: MPJ 工程输出将图件输出保存为 *.mpj 格式, 可以在 MapGIS 平台其它子系统中打开, 主要起到格式转换和系统集成作用; JPG 图和 TIF 图输出方式则主要针对的是打印输出。

应用实践分析

从大的方向上划分, 常用图件包括地质平面图(如地质构造平面图、井位位置图、等值线图、沉积相平面图等)、地层柱状图(如测井曲线图、成果解释图、录井柱状图等)、连井剖面图(底层对比图、油藏剖面图等)、三维模拟图以及一系列分析解释工具图。这些图件并非孤立存在, 而是与实际生产实践紧密结合的。

1. 地质构造叠加分析

地质构造平面图是勘探工作的起点, 首先根据不同的勘探方法可以得到各种类型的空间数据, 将这些数据录入到空间多源数据库中, 再通过编绘系统的自动加载数据功能就能自动生成各种单因素地质构造图, 如图 2-5。

然而在实际工作中, 仅仅对单因素分析是不够的, 为了减小误差, 更加贴近现实的反映地质构造特征, 可以进行多源地学数据的二维叠加分析。如图 6 所示电磁、激电和化探数据的二维叠加, 在三种方法同时都有显示的区域 C 油气富含的可能性最大。这一方法反映了不同类型的异常所揭示的相同地质特征, 大大提高了分析精度。

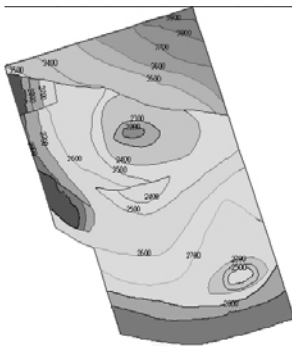


图2 大地电磁构造图

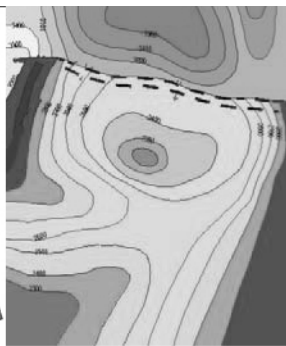


图3 地震数据构造图

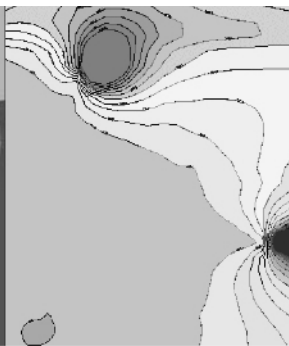


图4 化探数据构造图

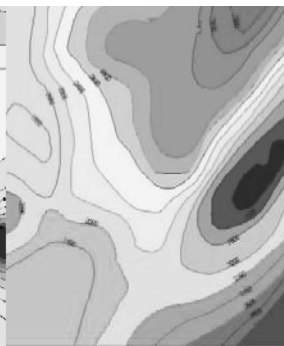


图5 重力数据构造图

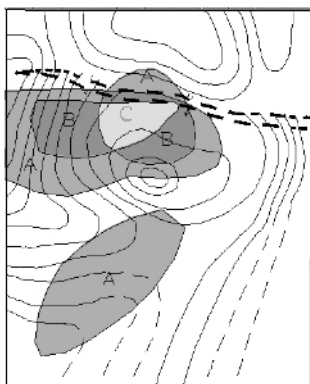


图6 简单多源叠加构造图

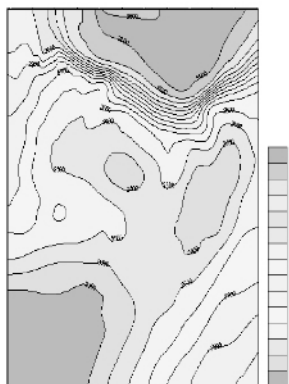


图7 加权多源叠加构造图

在此基础上还可以进一步扩展,对各类数据加权平均,避免由简单叠加模型造成的多解性和不确定性,如图7所示。

2. 三维地质钻井导向

如果说二维数据的显示效果还不够直观的话,那么构造三维地质模型则是最好的解决办法。根据地质构造平面图,模拟区域内的地质构造单元(地层)结构模型,提供任意角度和方向上的切割得到自定义剖面,通过参数的设置处理夹层、尖灭、透镜体等特殊地质现象,从而更加细致的表现油气圈闭的实际状况。

对三维地质模型进一步延伸,可以得到许多实际的应用,三维地质向导就是其中一例。通常情况下油气分布以深度为基准不是垂直均匀的,这就意味着,在实际钻井时最好能提供一条最佳路径,最大限度覆盖含油层。借助三维模型的虚拟功能,按照一定的算法可以精确计算出最优钻探路线,在三维地质向导设计,为地质勘探工作提供决策的依据。

3. 综合录井与柱状图

有了地质向导的帮助就可以顺利的开始试钻井,根据钻井取得的岩心资料进而开展录井工作,综合柱状图就是录井工作中最重要的分析图件。

综合录井柱状图主要用于反映随着深度变化各种井下信息的情况,它将井的各种信息以钻孔为单位排列显示在图件上。

柱状图以‘道’的形式表现,不同的道类型加载不同的数据。文本道通常填入描述性文字,与深度变化关系不大。曲线道是整个图件数据最为密集的部分,可以有多种显示风格,如散点、曲线、干状图、梯形图、左填充、右填充等等,针对不同的分析需要选择不同的显示风格。同时,曲线道还常常组合使用,根据测井方法的不同得到的测井曲线有时需要进行对比,从而直观的显示其区别,因此必须满足叠加的需要。岩性道加载的是岩性库中提供的岩性符号,岩性库的建立要严格按照行业标准进行,但是随着行业不断发展,岩性库也会不断扩充和修改,因此还必须提供方便的岩性符号编辑手段,可以根据用户需求配制新的岩性符号。

4. 岩性解释与成果图

对测井曲线进行岩性解释是编写地质报告中既重要又繁琐的一项作业,通过自动成图功能,可以大大减少了曲线绘制的工作量。但因目前对曲线的岩性解释仍多为手工进行,所以从另一个方面也使得岩性解释的工作量增加了。

如果用手工在1:500的曲线上进行岩性解释,

人为因素干扰较多,其井深误差一般只能控制在0.5m左右,准确度较低。通过图件编绘系统,能够方便快捷地对测井曲线进行岩性剖面初步解释,其工作流程可以用下图(图8)表示。得到岩性界线数据及符号文本后,再借助岩性库提供的大量图文件,就可将文本文件转换成标准的岩性剖面加以显示了。

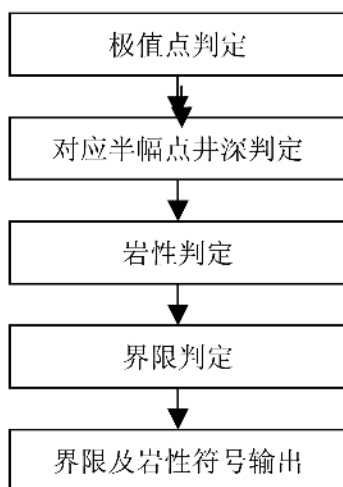


图8 岩性解释流程图

5. 单井间的分层连接

与柱状图相比,连井剖面图最大的特点在于增加了水平方向的比较,不但反映地层随深度的变化情况,还能将多口井在地下相同的分层进行连接,是石油地质最常用的图式。

在绘制图件时,首先录入小层的流体和岩性数据,再将相同的分层进行连接,就可以很清晰地看到井下的地质构造情况。如果地下有断层出现,则小层会发生错位,从图形上看垂直方向有一定的位移;如果一口井的小层在另一口井中不再出现,说明可能发生尖灭,油、气、水都将无法通过。在实际生产中,通过注水井可以提高油水界面、促使油气上升,但是注水量不易确定,系统的自定义油水界面功能能清晰显示注水后的效果,辅助生产决策。

类似的分析应用有很多,但这些都只是浅显的、用肉眼能直接观测到的结果,有些分析则是必须通过计算和变换才能得到的。因此,系统专门提供了分析统计图件。

6. 成果数据分析解释

MAPGIS 图件编绘系统提供了多种分析解释方法,最常用有三角图和统计图。

三角图主要用来分析特定目标的构成成分、组合比例,并直观显示各要素多少引起的变化,例如分析石油组分(如图9),根据C、H、O的组成比例可以作为判断油气产出部位的依据。

统计图可以用来计算、对比和显示变化趋势,图10显示的油气累计分布图(数据不准确),在此基础上再进行回归分析,根据累计开采量和探明储量计算式和开采的部位等等。

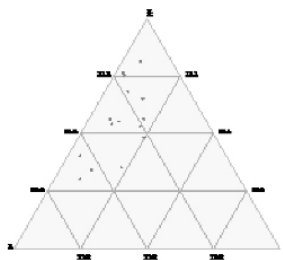


图9 石油组分三角图

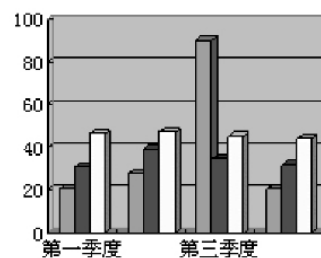


图10 油气累计分布图

MapGIS 编绘系统十分强大,加上系统平台的支撑,使得图件编绘系统几乎涵盖了油气勘探应用中的绝大多数分析解释功能。

结 论

基于 MapGIS 平台开发的图件编绘系统,提高了地质图件的绘制效率,图数一体化操作兼顾了勘探数据的易用性和一致性,强大的分析解释功能更是起到辅助和优化决策的作用。总而言之,计算机替代手工操作方式已成为必然趋势,图件编制系统将带给石油勘探行业新的发展契机,推动勘探数字化建设进程快速前进。

作者简介:

樊文有,男,副教授,中国测绘学会,2004年毕业于中国地质大学(武汉),获博士学位,现在中国地质大学(武汉)信息工程学院任教,主要从事计算机制图及地理信息系统的教学和科研开发工作。