

油气勘探成图软件开发

王天伟, 庞世明, 魏 嘉

(中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院南京石油物探研究所, 江苏南京 210014)

摘要: PlotEasy 油气勘探成图软件是 NEWS 油藏综合解释系统的一个专业应用子系统, 它主要由图形编辑、计算机图形元文件(CGM)生成和解释、光栅绘图 3 部分组成。介绍了其设计与实现, CGM 及光栅绘图技术。

关键词: 油气勘探; 地质成图; CGM; 光栅绘图

中图分类号: TE19

文献标识码: A

在油气勘探的科研生产中不可避免地要涉及到成果图件的生成和输出, 如绘制测网、剖面 and 井类等图件。以前我们开发的成图软件总存在着一些局限: ①专业单一, 如单独针对地震、测井等; ②功能简单, 用户输入参数后, 只能输出有限的几种图式图件, 无法根据自己的需要输出满足自己需求的图式图件; ③互换、复用性差, 只能一次成图, 不能保存图形文件, 以供复用或提供给其他系统, 也不能接受其他系统提供的图形文件。为适应工作的需要, 弥补以上的不足, 笔者研制了 PlotEasy 油气勘探成图软件系统, 系统流程见图 1。目前该系统可以绘制单井综合图、联井剖面、平面综合图、二维地震剖面、三维地震剖面、任意线地震剖面六大类数十种图件。该软件系统是在 LinuxOS 下用 C++ 和 Motif 开发的。

问题^[1]。将各类图件中的不同内容(如测网、井位、等值线、平面沉积相、综合评价结果、剖面、层位、断层、层序界面、地震相、地震属性、井资料、测井曲线、地质层位、岩性柱、井中沉积相、井中储层和井中取心等)分解成若干个相互独立的图元, 用程序实现其组件化, 通过人机交互, 在屏幕上以搭积木方式, 选择所需的图元编辑成果图, 其中每个图元可以随时添加或取消, 图件编辑好后, 再加上图名、图例和责任栏, 其大小和有无可根据需要任意选择, 然后生成 CGM(Computer Graphics Metafile, 计算机图形元文件)文件。从图件形式分, 目前 PlotEasy 可以绘制平面、剖面 and 测井 3 类图件。

1.1 平面图绘制组件

平面图绘制组件包括 2 个层次的功能。

1) 基本绘制功能。主要有二维地震测线、三维地震测网、钻井、联井剖面及任意地震测线的地理位置等的绘制。

2) 解释数据绘制功能。主要有地震层位面、断层层位面投影线(断层上下盘)、目的层属性切片、区域沉积相、储层横向预测结果和圈闭评价结果等数据的绘制。

平面图的主要绘制组件有 3 个: wGIDrawArea Map(包括了基本功能)、wGIDrawInterDataPlane(可以显示除等值线数据以外的解释数据)和 wGIDisplayContorMap(等值线充填和绘制组件)。

1.2 剖面绘制组件

地震资料就数据类型而言, 有二维地震剖面数据和三维地震数据体数据 2 类, 这两者在图形绘制方面有所不同, 前者只要进行剖面绘制即可, 而后者, 不仅要绘制其主测线和联络测线, 而且还要绘

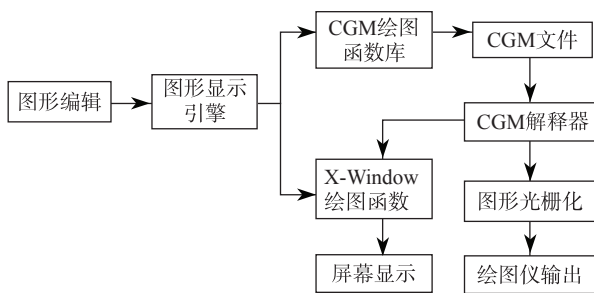


图 1 PlotEasy 软件系统流程

1 系统分析与设计

在 PlotEasy 油气勘探成图软件系统中, 为了实现用户根据自己的需要输出图件的目的, 我们提出了以搭积木方式编辑成果图件。由于本系统涉及的学科有地震、地质和测井, 故其数据、图形元素种类和个数较多。据此我们采用了面向对象技术, 主要解决系统中数据流及绘图组件的复用和扩充

制其时间(或深度)切片。通过分析和归纳,我们首先对地震数据进行了分解和抽象,开发了地震道基本绘制组件(wDIDrawSeisTrace),以此为基础,又分别开发了叠后数据绘制组件(wDIDrawSeisData)和叠前地震道集绘制组件(wGIDrawSeisGather)。再由叠后数据绘制组件加上地震层位组件(wGIDrawSeisHorizon)、断层组件(wGIDrawSeisFault)、地震层序组件(wGIDrawSeisSeqBorder)、地震相组件(wGIDrawSeisSequence)等派生了二维地震剖面显示组件(wGIDrawSeisSection)、三维地震资料绘制组件(wGIDrawSeis3Ddata)和任意线地震剖面绘制组件(wGIDrawSeisTraverseLine)。

1.3 单井/联井剖面绘制组件

井孔资料具有类型多样化的特点,首先,我们开发了针对不同类型井孔资料的绘制组件,如测井曲线组件(wGIDrawLogCurve)、井中地质层位组件(wGIDrawGeoHorizon)、岩性柱组件(wGIDrawLithoColumn)、井中储集层组件(wGIDrawWellReservoir)和井中沉积相组件(wGIDrawWellFacies)等;其次,将上述井数据绘制组件进行功能组合,开发了单井综合图绘制组件(wGIDrawSingleWellMap);最后,结合叠后剖面绘制组件,开发了联井剖面绘制组件(wGIDrawMultiWellSection)。

1.4 图形显示引擎

在PlotEasy中,我们封装了X-Window的绘图函数,开发了组件wGIDrawControlPars,称之为图形引擎。所有的绘图操作都通过图形引擎进行。在这个图形引擎中,我们通过设置图形服务器的方法来确定图形是在屏幕上显示还是写入CGM文件。当图形是在屏幕上显示时,绘图函数都是图形引擎中封装的X-Window绘图函数;当图形写入CGM文件时,绘图函数调用CGM绘图函数库的函数。通过这种方式,我们可以方便地实现屏幕图形和CGM图形之间的切换,即在屏幕上可以看到的图形都可以生成CGM图形。同时也减少了绘图程序的代码量,对于图形的屏幕显示和绘图仪输出只需要一套程序,方便了维护。生成的CGM图形可以通过CGM解释器进行屏幕浏览和绘图仪输出。

2 PlotEasy软件系统实现技术

PlotEasy软件系统主要有图件编辑、CGM生

成与解释和图形光栅化3部分组成。图件编辑是本系统功能的具体外部表现形式,是与用户直接接触的系统界面^[2],用户使用该系统界面编辑、生成成果图件;CGM生成与解释和图形光栅化是本系统主要的2项技术。

2.1 CGM生成与解释^[3]

CGM是一种通用的计算机图形文件格式,在各行业中应用广泛,目前国内外几乎所有的大型石油软件都支持CGM图形格式。CGM有3种不同的编码:字符、二进制码和可读文本。各种不同的编码还有整型和实型之分,其中使用最广泛的是二进制码格式。PlotEasy目前支持二进制码和可读文本2种格式。

CGM目前共有几百个元素,而且还可以不断地扩展。CGM文件就是这些CGM元素的集合。CGM标准只规定了CGM元文件的格式,并没有提供相应的软件来生成和解释CGM元文件。要实际应用CGM图形文件就需要有CGM生成器及解释器。

CGM生成器是一个绘图函数库,它包含输出所有CGM元素的函数。为了满足PlotEasy系统的需要,我们开发了一个CGM绘图函数库,调用该库的函数可以生成CGM文件。在PlotEasy中,图件编辑完成后,调用该库中的相应函数生成所编辑图件的CGM文件。从功能上来分,它可以分成如下4个部分:

1) 开和关函数,用于CGM文件的创建和关闭,以及文件头、文件结束标志的设置、文件描述类元素的建立等;

2) 控制元素函数,用于控制图片的辅助颜色以及图形显示时是否裁剪等信息;

3) 绘图元函数,用于完成各种基本绘图操作,包括画点、线、矩形、圆、椭圆、多边形、字符串、标记以及各种封闭图形的填充等;

4) 属性函数,设置参数、控制绘图函数的绘图方式,确定图形的外观显示效果,颜色、填充模式等的使用。

综上所述,CGM文件是一些CGM标准元素的集合,要使其文件中的图形能够在不同的图形设备上输出,就需要有CGM解释器,也就是对CGM文件进行解码操作。图2是笔者开发的CGM解释器。解释器从CGM文件中将每一个元素读出,按照其格式分别解码,并把各图形元素显示出来。这里需要说明的是,对于不同的输出设备,图形显示的方式也不同,在PlotEasy中屏幕显示时,我们

调用 X-Window 的图形显示函数,在绘图仪上输出图形时需要对图形光栅化。用绘图仪输出成果

图是 PlotEasy 油气勘探成图软件的主要目的,为此笔者开发了一个 RPS 光栅绘图库。

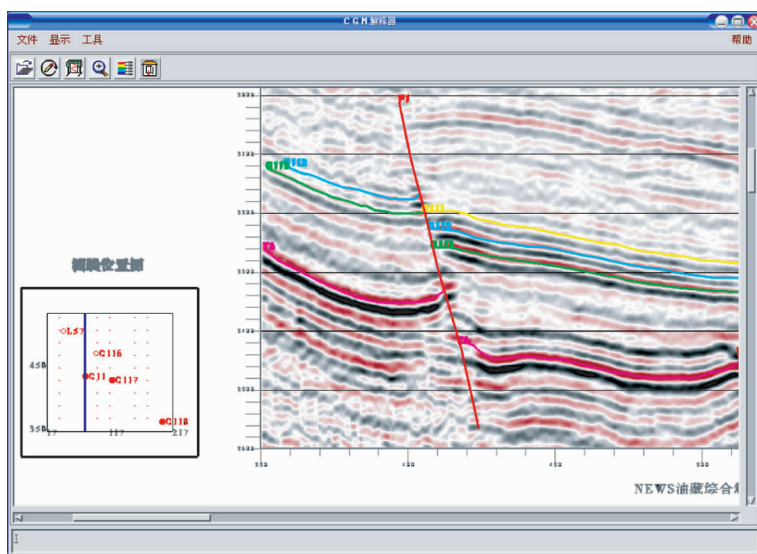


图 2 CGM 解释器

2.2 图形光栅化

RPS (Raster Plotting System) 光栅绘图库^[4]产生的数据与设备无关,只要选择不同设备的驱动接口^[5,6],就可以在不同的设备上输出图形。目前可在 HP 系列及其兼容的喷墨绘图仪、打印机, Epson 系列及其兼容设备上输出高质量的黑白及彩色图形。

计算机生成的光栅图像是一幅数字信息的以长方阵列为基础的图画,该阵列中的每一个点叫做一幅图的元素或称像素,每一个像素可以是零或非零。假如只有 2 个值 0 及 1,则图形就是黑白的,假如每个像素的值用不同的值来表示,则可产生不同的色彩。而光栅绘图简单地说就是利用计算机产生那些像素的值。这样的过程称为图形的光栅化。

对图形的光栅化^[7]一般分为 2 个步骤:首先确定有关的像素,然后用图形的颜色或其他属性对像素进行某种操作。后者通常调用设备驱动程序来实现,因此光栅化的主要工作是确定那些最佳逼近于图形的像素集。图形最基础的光栅化可归结为直线扫描和多边形填充(面的产生及圆的生成),这些在计算机图形学里都已有成熟的算法,在此就不再赘述。下面就 RPS 光栅绘图库中对颜色及页面管理所做的处理作一阐述。

着色处理是彩色光栅绘图系统的一个关键问题。事实上每一种颜色都可由红(R)、绿(G)、蓝(B)3 种基色,以不同的比例组合而成。在同一点

上用 3 种基色的不同组合可实现 8 种不同颜色的纯色。在提供色度控制的 CRT 中,通过改变电子枪的功率可生成不同基色的不同色度,即可把某一基色分成不同的强弱等级,从而组成 8 种纯色以外的不同颜色。彩色喷墨绘图仪及打印机是采用变密度着色技术(即伪色度)来实现的。所谓变密度就是在一定范围内,改变像素的着色密度,假设该一定范围是一个 $M \times N$ 的像素块,我们可以改变各基色在该范围内的着色密度,再将 3 种基色的着色重叠在一起,就能实现除纯色以外的其他各种颜色。事实上我们可以认为在 $M \times N$ 的像素块中,不同的着色密度就是对某一基色的色度控制。由变密度产生的色度称之为伪色度。 $M \times N$ 的像素块,我们习惯上称之为色模。很显然 $M \times N$ 越大,它的变化种数就越多,从而产生的伪色度也越多,但是实际应用中并不是越大越好,因为变密度着色事实上是以牺牲分辨率作为代价的。伪色度着色的最小单位是一个色模大小,比色模小的区域就无法用变密度着色了,小于一个色模的图像将用纯色。综合考虑各种因素后,在 RPS 中,我们选用了 4×4 像素块的色模。

一个通用高效的绘图库,不仅要能够实现具体的绘图操作,而且在运行时间上也要考虑让用户能够接受。光栅图形数据是非常庞大的,那么处理如此庞大的数据,肯定费时。如果计算机的内存有足够大,能把整个光栅数据放入内存,或者所绘图幅很小,整个绘图可以在内存中进行,那将是非常理想的情况,可以很迅速地完成,但在实际使用中很少

有这样的情况,因此必须考虑一种合适的内外存数据的交换方式,使用户既可以进行大幅面的图件绘制,又不需很长的运行时间。在 RPS 中我们的解决方案是,将所要绘制的图面划分成若干个大小相等的区域,我们称之为页面,这些页面以适当的方式存放在外存中,在光栅绘图库运行过程中,任何时候内存中只保留图面的一部分页面,即与当前绘图操作关系相近的那些页面。在需要图面的其他页面时,才将一个或多个驻留内存的页面和外存的页面相交换。利用这种方式,就可以解决在较小内存的情况下绘大幅图件的问题,而又不影响绘图速度。页面交换的策略采取先进先出的方式,即当前要交换出去的内存页面是在内存中驻留时间最长的那个页面。一个页面仅在含有非零值时(即画面上不是空白),才在外存中占有物理空间,这节省了外存的空间和时间。因此在具体实现中 RPS 的页面管理是以一个页面索引结构来确定这些信息的。

3 实际应用

在 PlotEasy 油气勘探成图软件中,通过人机交互,在屏幕上以搭积木方式,选择所需的图元编辑成果图,图件编辑好后,加上大小合适的图名、图例和责任栏,再生成 CGM 文件,最后用 CGM 解释

器浏览图件或送绘图仪输出图件。目前 PlotEasy 可以绘制单井综合图、联井剖面、平面综合图、二维地震剖面、三维地震剖面、任意线地震剖面 6 类图件,主界面见图 3。每类图件可以有数种图元组合而成,供用户根据实际需要选择和组合成不同的图件,具体操作可见帮助信息,点击主菜单或各对话框的“帮助”按钮即可获得实时帮助。以平面综合图为例,图 4 和图 5 列出了平面综合图编辑界面和绘制的平面综合图。每类图件包含的图元如下。

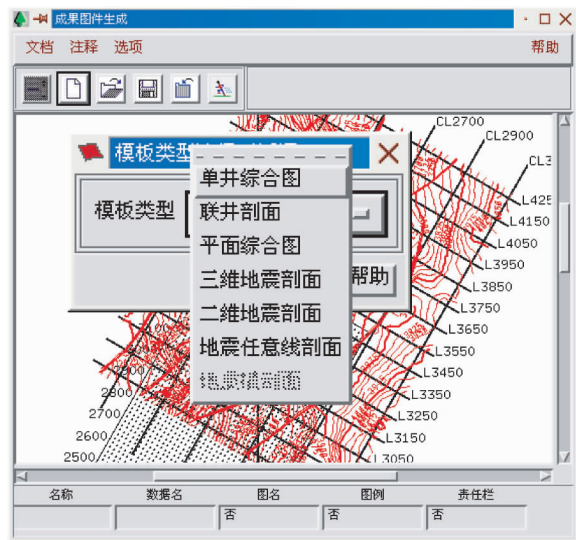


图 3 成果图件生成模块主界面

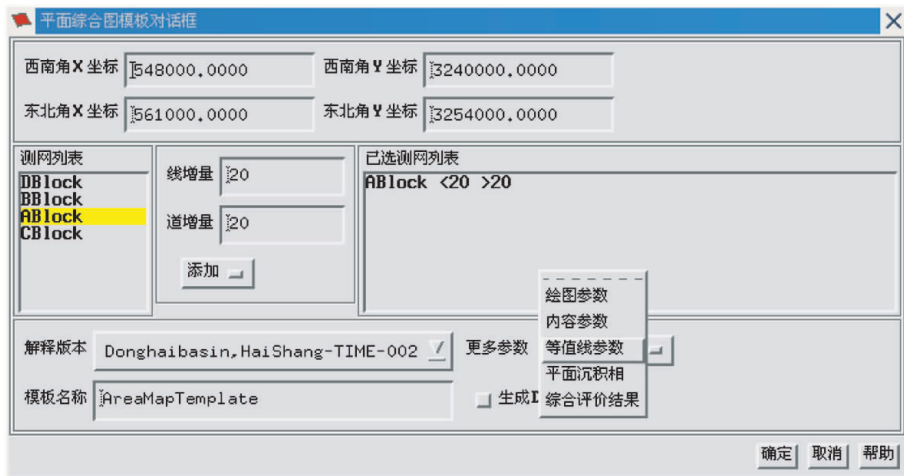


图 4 平面综合图编辑界面

1) 平面综合图。图元有测网、井位、任意线、联井剖面、等值线(可以是 t_0 、深度、高度和速度等)、平面沉积相、综合评价结果。

2) 单井综合图。图元有测井曲线、地质层位、岩性柱、井中沉积相、井中储层、井中取心、油气测试、地质描述和深度标注。

3) 联井剖面。图元有单井柱状图、岩性柱、地质层位、储层、沉积相、单井位置和井间内容。

4) 二维、三维、任意线地震剖面图元相同,有剖面、层位、断层、层序界面、地震相、地震属性和井资料,任意线地震剖面的图元比二维、三维地震剖面少一个地震属性,多一个岩性区域。

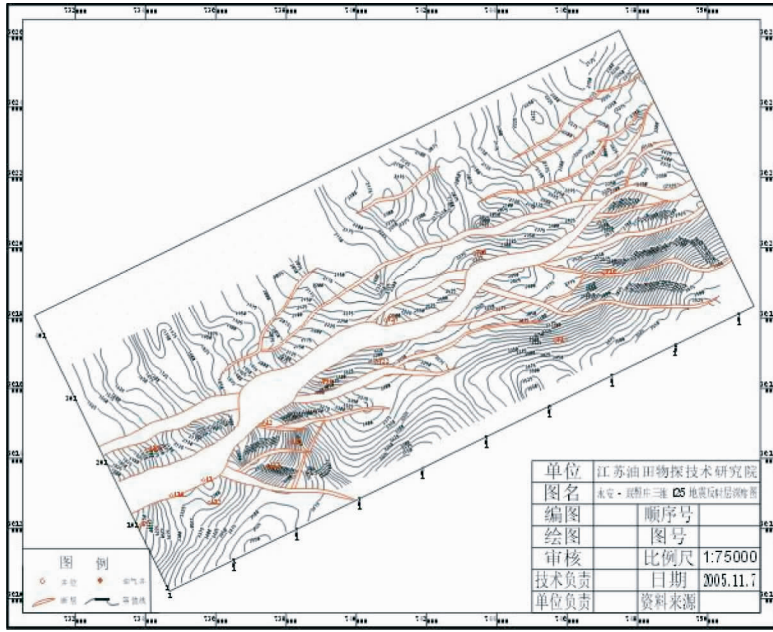


图 5 平面图

4 结束语

PlotEasy 油气勘探成图软件系统是 NEWS 油藏综合解释系统的一个专业应用子系统,可以输出各类井的综合解释成果图、多井对比成果图、地震剖面图(可在剖面图上叠加断层、层位、井中资料和沿层属性参数等信息)、地质解释平面图(等值线平面图、沉积相平面图、储层评价平面图等)。目前 NEWS 油藏综合解释系统已有中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院西部分院、中国石化股份有限公司南方勘探开发分公司、江苏油田物探研究院,同济大学、中国地质大学等数十家用户,在科研、生产和教学中发挥了积极的作用。但 PlotEasy 油气勘探成图软件系统还有许多工作可做,如:图件种类和功能的扩充,增加地质横剖面等;更广泛的 CGM 格式的支持等。所以我们还要继续工作,不断吸取新技术,以使 PlotEasy 油气勘

探成图软件系统日益完善。

参 考 文 献

- 1 王宏琳,赵振文,林庆忠. 油气勘探一体化软件体系结构[J]. 勘探地球物理进展,2003,26(3):161~166
- 2 陈茂山,王云高. 油气勘探软件用户界面设计方法探索与实践[J]. 勘探地球物理进展,2004,27(2):132~138
- 3 庞世明. CGM 图形系统的开发[A]. 见:李剑峰主编. 油气地球物理实用新技术[C]. 北京:石油工业出版社,2004. 171~174
- 4 王天伟. 光栅绘图库及其在石油物探中的应用[J]. 物探化探计算技术,2002,24(3):268~272
- 5 王天伟. 绘图仪驱动程序编写[J]. 计算机与信息技术,2003,118(7):58~60
- 6 汤跃忠. HP GL/2 及 RTL 绘图语言编程指南[M]. 北京:清华大学出版社,1995. 292
- 7 孙家广,杨长贵. 计算机图形学[M]. 北京:清华大学出版社,1996. 569