

地震资料 人机交互解释

王 强 李 玲 等编著



石油工业出版社

前 言

当前地震资料解释系统发展非常迅速,而且正在将地震资料处理、解释、测井、地质和油气藏描述等软件综合为一体。为了反映人机交互解释的基本特点及发展趋势,便于人机交互解释的初学者熟悉解释系统的硬件环境、系统软件、地震解释应用软件的主要功能、人机交互解释基本技术和方法以及应用效果,石油地球物理勘探局组织王强、李玲等人编写了《地震资料人机交互解释》一书。全书共分六章。

书中第二章由崔学群、袁宗来、王海平编写;第三章由葛贵亭、梅占馨、张志伟编写;第五章由李玲、郭兴峰、倪逸编写;其余的章节由王强编写,而第六章应用实例是根据唐东磊、谷跃民、王小善、李玲等人的报告改编的。傅同庆参与了此项工作。全书由裘慰庭、程金箴、王宏琳校审。

书中错误和不足之处,恳请读者给予批评指正。

目 录

绪论	(1)
第一章 人机交互解释的产生与发展	(3)
第一节 地震资料手工解释	(3)
第二节 地震资料人机交互解释	(4)
第三节 人机交互解释的发展	(5)
第二章 解释系统的硬件环境	(8)
第一节 解释系统的硬件配置	(8)
第二节 工作站	(11)
第三节 外围辅助设备	(13)
第四节 工作站网络	(14)
第三章 解释系统的系统软件	(16)
第一节 综述	(16)
第二节 UNIX 操作系统	(20)
第三节 AIX 操作系统	(37)
第四章 解释系统应用软件基本功能	(69)
第一节 工区建立、数据输入与管理	(69)
第二节 数据显示与控制	(71)
第三节 地震地质层位标定	(77)
第四节 层位和断层解释	(78)
第五节 等值线作图	(80)
第六节 层位数据分析	(82)
第七节 数据输出	(84)
第五章 人机交互解释基本方法和技术	(86)
第一节 上机前的资料准备工作	(86)
第二节 地震数据的解释性目标处理	(92)
第三节 各类数据的显示	(93)
第四节 三维地震资料的交互解释	(97)
第五节 模型正演技术	(121)
第六节 油气藏特征地震描述方法	(124)
第六章 人机交互解释应用实例	(131)
实例一 安 36 井西区精细构造交互解释	(131)
实例二 安 36 区块断层交互解释	(136)
实例三 BP 神经网络模式识别技术在储层油气横向预测中的应用	(147)
实例四 在碳酸盐岩储层研究中三维地震资料振幅信息应用	(156)
实例五 JLK 三叠系油气藏储层横向预测	(161)
实例六 DH 砂岩油藏储层预测方法	(167)
参考文献	(178)

绪 论

在石油天然气勘探中,反射波法地震勘探至今仍然是应用最广泛、效果最好的地球物理方法。近十年来在反射波法地震勘探中,地震资料解释发生了巨大变化。

当前油气勘探所面对的地质目标由浅变深、由大变小、由简单变得复杂,需要地震解决的地质任务已由构造圈闭研究和厚层储层预测发展到非构造圈闭研究、薄层和薄互层储层横向预测以及油气藏特征的静态描述和油气藏动态监测,这些任务不仅难度大,而且要求精度高。为此,需要努力探索和应用新的地质概念、新的解释方法和技术,以适应油气勘探的发展。

十年来地震资料解释的基础理论和概念有了很大发展,在经历了几何地震学、物理地震学和地震地层学的发展与应用之后,美国地质学家又提出了层序地层学的概念。层序地层学是地震地层学解释技术在沉积盆地分析应用中导致出的一种进行细分、对比和绘制沉积岩相图的新方法、新技术。层序地层学是基于以地震剖面、测井和野外露头资料得来的地层模式及伴随它们的沉积环境和岩相的一种综合解释。与此同时,俄罗斯地质学家发展创立了层序构造解释。层序构造解释是对地震层序研究对象(地震反射层序目标)等级界面和地质层序目标进行研究的一种方法。它综合应用地震、测井和其它地球物理资料和方法,在地震、地质计算机模拟的基础上,研究地质目标的生成,定量描述目标特征,阐明油气储集体及其含油性。近年来发展的油藏地球物理学,尤其是油藏地震学是地球物理学研究中极为活跃的一个分支。油藏地球物理学是用地球物理方法研究油气藏中岩石和流体特性,详细描述油气藏内部构造及流体运移分布不均匀的状态。在油气藏描述和油气藏监测工作中,这种以岩石物理研究为解释基础的地震方法对提高油气采收率有着重要作用。总之,这些新的地质概念和解释研究方法的发展和应用对地震资料解释产生了极大影响。

三维地震勘探是当今油气勘探界公认的好方法,三维地震资料解释成果的可靠性和精确性都是二维地震资料解释无法比拟的。目前三维地震勘探的比重日益加大,大有取代二维地震勘探的趋势。三维地震资料的数据量很大,尤其是纵向高分辨率的三维地震资料的应用不仅提高了地震识别地质体的能力,而且使得解释中可使用的信息种类和信息量急剧膨胀,再加上三维地震资料能较好地与钻井、地质、测井等资料相结合,使得可用信息量大大增长,解释员几乎被淹没在浩瀚的信息海洋之中。传统的手工解释无法提高解释员的生产效率,资料的消化和使用反而成为解释员的一种负担,成为一个多年未能很好解决的难题。人们一直在不懈地努力发明这样或那样的解释工具,寻找新的解释方法,以适应三维地震解释的需要。

人机交互解释系统的出现帮助解释员摆脱了长期存在的困境。人机交互解释不仅发挥了计算机在资料查询、显示、运算等方面速度快、效率高、精确可靠的优势,而且通过有效的交互手段在解释中能充分地体现出解释员丰富的地质想象力和逻辑思维能力。

地震资料解释是以综合利用记录下来的弹性波,特别是反射波的运动学和动力学特征为基础的,然而传统的地震资料手工解释实际上只利用了波的运动学特征,对于波的动力学特征只是在进行波的特征对比和追踪时,才作为一种定性的判别原则以便保证追踪界面的可靠和一致,在直接解决实际地质问题中波的动力学特征没有得到真正的应用。人机交互解释为信息

提取和综合利用开创了新天地,只有这时反射波的运动学和动力学特征才被充分应用,并把两者有机地结合起来去解决实际地质问题和含油气预测问题。

三维地震勘探的广泛应用和计算机技术的飞速发展导致地震资料解释发生了革命性变化。

三维地震资料人机交互解释不仅提供出目的层(包括地层、岩性、储层、油气藏)界面的精细三维结构,在与钻井、地质、测井资料结合后还可得到各种岩石物性或储层参数的三维数据体。这种带有各种属性的地质模型与油气藏参数相结合进行油气藏数值模拟,模拟的结果提供出开发前油气藏内部结构和流体的分布状态。油气藏开采过程中的地震监测(四维地震勘探)和油气开发数据的综合应用,不仅能进一步认识岩石当时的物理状态,更好地掌握油气藏性质与地震特性之间的关系,而且能及时地指导修改地下三维地质模型、属性模型和油气藏模型,更详细、真实地描述出油气藏内部构造和流体运移的不均匀分布,这有利于油气藏的进一步开发。在油气开发过程中,用地震方法更有效地为生产开发服务已不是十分遥远的事情了,并且将在油藏工程、采油和提高油气采收率方面引发一场彻底的变革。

计算机技术日新月异的发展,不仅促使地震勘探的采集、处理和解释朝着“分久必合”的趋势发展,也促使油气勘探领域中地震、测井、地质、岩石物理、油藏工程等多学科、多专业走向“融合”。现场处理机使地震资料采集和处理结合在一起,而地球物理计算可视化的实现,推动着地震资料处理和解释向着处理、解释一体化发展。处理、解释一体化就是从地质目标或地质模型出发,以地质、测井等资料为约束条件,在解释人员直接参与下所完成的交互处理。地震原始数据在经过处理、解释和反复迭代模拟之后,最终得到的结果不仅是高质量的、包含着众多有效地质信息的地震时间(深度)剖面或数据体,同时还得到了地下三维地质模型、相应的属性模型以及三维油气藏模型。对于一个具体的油气藏来说,这种一体化处理和解释将反复进行多次,直至这个油气藏结束开采。因为一个油田从发现到开采,钻井、测井、地质资料由少到多,对油气藏的认识逐步加深,同时必然会发现许多新的地质现象,为了对新的现象作出符合实际的、科学的解释,以便调整开发方案或作出工程方面的技术决策,都需要对地震资料重新进行采集、处理和解释。总之,随着计算机技术的发展,通过一体化方式将大大增强地震资料解释的能力,同时通过与测井及地质等资料的进一步综合,使地震资料的解释从寻找圈闭,预测储层,延伸到油气藏开发、开采的全过程,直至结束开采。这样不仅能提高地震勘探的地质效果和钻探效果,而且能降低油气勘探的风险和费用,还有利于预测剩余油的分布状况,提高油气采收率。

地震资料解释有着十分广阔的前景,随着仿真技术和多媒体技术的发展,解释人员将借助于特殊的装备系统,可以身临其境地遨游在“地宫之中”,宏观或微观地去洞察各种现象,从中领悟出地质规律之真谛。21世纪的地震资料解释将更具有神话般的色彩。

为了适应地震资料解释的变革,解释人员不仅要学习和掌握包括采集、处理、解释、测井、地质、岩石物理、油藏工程、油气开采以及计算机技术等方面的知识,更重要的是要充分消化和应用我们现有解释工作站的先进功能,搞好三维地震资料解释。只有在改进了现有的方法之后,才能更好地准备接受更多、更新的方法,迎接地震资料解释新纪元的到来。

第一章 人机交互解释的产生与发展

第一节 地震资料手工解释

一、地震资料解释

反射波法地震勘探资料解释就是从反射波法地震勘探资料所获得的地震反射波信息中找出与地下地质体有关的信息(时间、振幅、速度、频率、相位等)特征,并赋予一定的地质含义,回答在油气勘探中所提出的有关构造、岩性、储层、圈闭以及油气藏特征和分布规律等地质问题,为油气勘探指出有利方向,提供具体钻探井位意见。

地震资料解释的主要工作步骤如下:

- ①寻找出与地下勘探目的层地质体有关的地震反射响应;
- ②根据地震反射波的波组特征和标准层或目的层反射的波形特征进行横向追踪对比;
- ③对作图层位的时间值进行构造作图,获得作图层位的构造等深线平面图;
- ④进行地质分析和评价;
- ⑤编写解释成果报告。

二、地震资料手工解释的基本特点

长期以来,地震资料解释大都采用手工解释的作业方式。随着地震勘探技术的发展,在油气勘探的不同阶段,根据地质任务的不同,在地震资料解释中使用的资料类型、解释方法、解释流程、精度要求以及成果要求都有所不同,因而手工解释的内涵也不尽相同,但归纳起来手工解释具备以下基本特点:

- ①使用纸介质资料;
- ②使用简单的文具(铅笔、橡皮、直尺、三角板、圆规等);
- ③在反射波特征的横向追踪对比过程中采用视觉定性判断和手工对比;
- ④进行手工等值线作图(包括人工读取数据、展点、手工勾线);
- ⑤所有正式图件均用人工清绘;
- ⑥地质分析图件采用人工统计、手工勾图的方法完成。

几十年来,地震资料手工解释这种作业方式在油气勘探史上曾发挥过巨大作用,为油气田的发现和开发作出过突出贡献。在今后一段不太长的时间内,地震资料手工解释的作业方式还会存在,仍将为油气勘探发挥作用。

三、地震资料手工解释的局限性

随着油气勘探的深入发展,勘探目标变深、变小、变得更加隐蔽、复杂,因此对地震勘探提出了更高要求。地震资料手工解释的作业方式日益难以适应这种高标准、严要求,在实践中逐渐暴露出许多不易克服的缺陷,主要表现在以下几点:

- ①简单、机械的手工劳动繁重;
- ②效率低;

- ③资料利用率低;
- ④精度低;
- ⑤地震反射信息利用率低。

当三维地震勘探技术在实际推广应用之后,由于三维地震勘探空间样点密度增大,地震资料的数量千百倍地增加,资料类型也增多了,面对数据量、信息量如此巨大的地震数据体,手工解释的弱点就更加暴露得明显了,解释人员无法深入地消化这么多的资料,也无法在有限的时间内细致地解释全部资料,只得把测线抽稀,降低资料利用率,降低空间分辨率,把三维资料当成二维资料来解释,使得三维地震勘探不能充分发挥其应有的作用。地震资料解释,尤其是三维地震资料解释的作业方式急需跟随科学技术的进步找出新的途径。

第二节 地震资料人机交互解释

一、地震资料人机交互解释的产生

计算机技术早在 60~70 年代就被引进到地震勘探的野外采集和数据处理工作中,不少地震勘探前辈为地震资料解释自动化付出了辛勤劳动,很多解释人员期待着计算机技术能进入地震资料解释领域,实现地震勘探全过程的数字化、现代化。

到了 80 年代,计算机技术有了重大发展,具体表现在以下几点:

- ①计算机的主机系统性能增强,体积变小,运行环境要求降低,出现了一批小型机;
- ②存储器容量增大(内存达 1MB,外部硬盘达 150~300MB,最高可达 516MB);
- ③实现了数据快速检索和多通道存取;
- ④屏幕图形显示技术,尤其是彩色显示技术达到实际使用程度;
- ⑤人机交互控制(事件驱动)技术得到了实际使用。

在这种背景下,以三维地震资料解释为目标的解释系统诞生了。十多年来,地震资料解释系统一直保持着蓬勃发展的势头。世界上先后曾有十几家公司生产这种产品,例如 GSI 的 SDS 系统、SIDIS 系统, GEOQUEST 的 IES 系统, LANDMARK 的 LMK I、LMK II 系统, WGC 的 CRYSTAL 系统, CGG 的 INTERPRET 系统, GECO 的 CHRISMA 系统, GEOSOURCE 的 GEOSTAR 系统, SSC 的 EXSEIS 系统等。地震资料解释系统的出现和应用,不但使解释的作业方式发生了变化,而且改变了解释工作流程,并在解释实践中逐步形成了一套人机交互解释技术。

二、人机交互解释的特点

在地震资料解释(尤其是三维地震资料解释)中,解释系统发挥了明显作用。与手工解释相比,人机交互解释有以下主要特点:

(1)在资料解释前,利用磁带机、数字化桌等外部输入设备,把测量、地震、测井、地质等数据加载到磁盘中,以便随时查询或调用。

(2)从磁盘中调出数据,转换成相应的图形显示在屏幕上,资料解释是在屏幕上显示的各种图形上进行的。方便灵活的显示控制(放大、缩小、步进、动画)实现了三维地震资料的动态观察,使解释人员更深入有效地观察到地震资料中信息特征的变化及内含的地质规律。丰富艳丽的彩色显示不仅提高了地震信息显示的动态范围,而且可以因地制宜地反映出信息特征分布的地质含义。

(3)多种层位拾取方式(手动、半自动、自动),尤其是数据体层位自动追踪,不但拾取速度快、精度高、质量可靠,而且提高了资料利用率,为断层组合、信息提取和层位数据运算打下了良好基础。

(4)计算机作图和人机交互作图提高了作图速度和精度。功能很强的交互编辑手段,能让解释人员得到满意的等值线图件或彩色图件。通过比例绘图程序,可以随时按照解释人员要求的比例尺迅速绘制出任意数量的剖面、切片或图件。

(5)数据处理加工能力强,运算速度快,精度高,能及时进行多种信息提取、数理统计,提供多种信息图件,为充分利用反射波动力学特征创造了条件,为信息综合分析奠定了物质基础。多元统计、模式判别技术的应用为信息综合分析提供了有力手段,使地质判别和油气判别依据更加充分。

(6)人机交互解释过程中的交互处理功能,有利于地质目标的精细处理和解释,使地震资料的解释质量和勘探效果进一步提高。

(7)在人机交互解释过程中可以较充分地应用模型正、反演技术,先导试验和成果模拟试验使地震解释成果的可靠性增强。

(8)多种输出手段可以方便地为勘探单位提供多种需要的高质量成果资料。

(9)各种原始资料和解释成果资料可以保存在磁带、软盘或光盘上,有利于长期存贮和方便使用。

生产实践日益证明:地震资料人机交互解释有许多手工解释无法比拟的优点和潜在能力,地震解释系统已经成为三维地震资料精细解释和地质目标综合研究不可缺少的有效工具和地震地质解释人员的得力助手。

第三节 人机交互解释的发展

一、我国人机交互解释应用回顾

在我国石油天然气勘探中应用解释系统开展地震资料人机交互解释工作已有十年历史了。早在1983~1984年,中国石油天然气总公司地球物理勘探局与美国地球物理服务公司(GSI)合作在中原油田文留三维地震勘探中,使用SDS解释系统(主机为VAX11/780,内存1MB,外部硬盘总容量1000MB,双屏幕图象终端)进行了三维地震资料构造解释和濮深4井区、文东地区的精细目标解释。1985年以后中国石油天然气总公司开始少量引进WGC的CRYSTAL、GSI的SIDIS、CGG的INTERPRET、LANDMARK的LMKⅢ等型号解释系统。1988年以后又先后大批量引进了LANDMARK的LMKⅣ、GEOQUEST的IES和SIERRA的MIPS解释系统,至今石油系统各单位已拥有地震解释系统二百余套。同时形成了一支初具规模的人机交互解释队伍,掌握了已引进解释系统的使用、管理和人机交互解释技术,并在近20个油田单位的油气勘探中应用这种技术开展了地震资料的构造、地层、岩性、储层、油气藏特征描述以及油气藏监测等方面的研究,取得了良好勘探效果。与此同时,各单位结合研究任务,开发和编写了一批有实用价值的解释、处理及地质分析研究应用软件。在“八五”期间中国石油天然气总公司组织中原油田、石油勘探开发科学研究院等单位着手研制和开发地震资料解释工作站和油气勘探综合解释研究系统。地矿部石油物探研究所从“七五”至今已研制出GPP地震资料人机联作解释工作站以及“丑小鸭”石油天然气地质科学工作站。总之,我国的

地震资料人机交互解释的应用技术水平有很大提高,正在跟踪国际同类先进技术的发展。

二、人机交互解释的发展前景

近年来,虽然世界范围内油气勘探行业仍处在不景气状态,但是以工作站技术为核心的人机交互解释系统和解释技术的发展一直保持着上升的趋势。

90年代工作站几乎以每年更新一代产品的发展速度令世人瞩目。由于RISC芯片技术的发展,主机时钟频率已达100~200MHz,并朝着500MHz目标迈进;CPU运算速度已达100MFLOPS,不久将会达到300MFLOPS,而多芯片的并行处理会使运算速度上升一个数量级;在动态存储方面记忆芯片的容量呈指数增长,现在广泛使用的4MB芯片会很快被16MB、64MB芯片取代,到本世纪末GB芯片将会出现;主机内存容量将普遍达到和超过128MB;外部存储器(磁带机、磁盘机)向着小型、微型化方向发展,而存储能力呈对数增长,目前使用的3480磁带机每盘带可存储400MB,而3490磁带机已达到800MB,新型的DD2磁带机每盘带可存储25GB,是3490磁带机存储能力的30倍,而即将推出的“数据塔”存储系统则具有5000GB的存储能力;多次擦写的超大容量光盘和光带在生产中将普遍使用,那时一盘光带将具有两万盘 $\frac{1}{2}$ in九轨磁带的存储能力,其寿命可达30年之久;以服务器为核心的远程网络和局部网络连接而成的快速信息通讯系统将加速信息的交流和使用;高档微机价格便宜,而性能与工作站将相差无几,工作站市场正面临着微机(个人工作站)的严峻挑战。总之,飞速发展的计算技术为人机交互解释软件的开发和应用创造了良好条件。

90年代工作站应用软件进一步向着开放系统、集成化方向发展。在专业工作站应用软件向深层次开发的基础上,多学科,多技术融合的综合型解释系统是今后几年工作站发展的重点。地震资料人机交互解释技术将会在以下几个方面有突破性的发展:

(1)地震解释工作站的处理功能和处理能力将日益加强,地质目标的解释性处理将融汇在整个资料解释过程中,处理将变成资料解释的一种手段。现代高性能计算机的出现使地球物理计算可视化成为现实,也必然会推动真正的处理、解释一体化进程。那时,交互处理的过程就是交互解释的过程,资料处理时综合钻井、测井、地质、岩石物理以及油气藏特征等资料,带着地质概念和推断,建立起地质模型,一方面要用交互的方式把那些影响成果质量的信噪比、分辨率、成象品质等一些重要处理参数确定下来。另一方面通过模型正、反演为核心的迭代技术,不断修改、完善地质模型,控制处理过程,在获得高质量处理成果的同时,也获得了地下岩层的各种参数和地质结构。

(2)90年代是信息综合利用的年代,以油气藏描述为目标的地震、测井、地质等多专业横向综合将更加密切。高性能计算机和软件技术的飞速发展,已完全可能把地球物理、地质、测井、岩石物理和油藏工程等信息综合在一起,这项工作将由包括地质学家、岩石物理学家、油藏工程师以及地震解释人员和处理人员组成的勘探开发专家小组在网络环境下运行的计算机系统中完成。随着油藏地球物理的深入研究,油气藏特征参数与地震波特性之间的关系被正确认识、理解和掌握之后,用地球物理方法,尤其是地震方法结合其它学科的技术和资料能成功地描述油气藏内部构造的非均质性以及所含流体的流动、分布的不均匀性,从而预测出可靠的油气藏分布范围和储量。以岩石物性为解释基础的油气藏地震技术(开发地震技术将成为油气勘探领域中举足轻重的关键技术)。

(3)随着高分辨率三维地震勘探的实际应用,对地质体的纵向识别能力会明显提高,再加上三维可视化显示和解释技术的发展和日益成熟以及新一代的具有智能化识别、决策功能解释软件的开发不仅导致三维地震资料解释工作流程、解释方式和方法发生“革命性”的变化,而

且最终促使解释质量和地质效果产生质的飞跃。以油气藏开发为目标的四维地震勘探会得到普遍应用。定期、快速的三维采集、处理 and 解释能及时对油气产层的变化进行动态监测,通过模拟及仿真技术应用,再现了生产开发过程中油、气、水的流动和分布,这对调整开发方案和提高油气采收率有着不可估量的影响。

(4)模型正、反演技术将得到更广泛的应用。提高地震信息综合应用能力的基础是提取高质量的地震信息参数,而关键是地震正、反演技术。以井资料为约束条件,以正演模型为核心的地震反演可以获得波阻抗、速度、砂泥岩百分含量、孔隙度、密度、压力异常等多种参数剖面或数据体,因而岩层型地震解释将取代传统的界面型地震解释,这样与钻井、测井资料的对比更加直接、可靠。随着非线性反演、非均质反演、多相介质反演以及各向异性反演技术的深入研究,反演结果的精度和可靠性将会明显提高。

(5)其它学科中新理论和新算法(例如小波理论、分形几何、混沌理论、模糊集理论、模式识别、神经网络识别、全局寻优中的遗传算法和模拟退火法等)正被日益广泛地应用到地震资料解释和研究领域中。混沌反演;利用分形技术研究裂缝、裂隙;采用遗传算法利用 AVO 求取波阻抗;采用模式识别、模糊判别或神经网络识别进行层位自动拾取、断层自动组合分析、岩性判别、储层厚度计算、沉积相自动分析、含油气范围判别等在实际应用中已取得较好效果,不仅反演质量和分辨率明显提高,而且使判别分析由定性走向量化,并向智能化发展。随着新理论和新算法在地震勘探领域深入研究和应用,必将带动交互解释应用软件的开发,使人机交互解释工作取得更加显著的地质效果和勘探效果。

第二章 解释系统的硬件环境

第一节 解释系统的硬件配置

解释系统是一种用于地震资料解释的计算机系统,其硬件配置基本上是由主机系统和外围设备构成。解释系统的硬件配置与处理系统的配置有所不同,这是由地震资料交互解释工作的特点决定的。

一、地震资料交互解释对解释系统硬件配置的基本要求

(1)地震资料解释,尤其是三维地震资料解释所使用的资料数据量和信息量很大,一个面积为 100km^2 的三维工区,压缩成 8 位数据后的三维数据体的数据量,通常在 200MB 左右。有的三维工区其 8 位数据的三维数据体的数据量可达 1.2GB。另一方面,地震资料解释需要一定的作业周期,少则几个月,多则 1~2 年。而且在整个工作周期内,随时都可能调用加载到磁盘中的原始数据和解释成果数据。有些解释工作,例如:三维数据体层位自动拾取、沿层信息提取、三维可视化显示等,需要调用整个工区的资料。因而,地震资料交互解释要求解释系统应配备容量足够大的磁盘存储空间。目前配置的外部磁盘总容量一般在 4GB 左右,基本上满足了这一要求。

(2)用解释系统进行地震资料解释的过程是一个事件驱动的实时的人机交互过程,因而要求解释系统具有较快的响应速度,内存容量要大些。目前所用的工作站的内存一般为 32~128MB。

(3)地震资料解释是对图形、图象资料的作业,因而要求解释系统具有良好的图形显示效果,需要配置有高分辨率、高清晰度的大屏幕图形终端,而且通常使用双屏幕终端,甚至多屏幕终端。

(4)目前地震资料解释所使用的资料有的是记在磁带上,有的记在软盘上,还有不少纸介质图件,因而需要借助于多种输入设备(例如磁带机、数字化仪、扫描仪或摄像机等),把这些资料输入或加载到解释系统的磁盘中。

(5)为油田提供可使用的解释成果资料主要是图件,此外还有文字报告、数据列表等,因而要求解释系统配备多种输出设备(例如单色或彩色绘图仪、笔式绘图仪、屏幕彩色拷贝绘图仪、行打机等),使用这些设备绘制各种解释成果图件。

二、单套(站)解释系统的硬件配置

1. 基本系统

- ①主机,目前多采用 SUN、SGI、IBM、DEC 等工作站/服务器;
- ②内存,一般配 32~128MB;
- ③高密度磁盘,磁盘总容量配 4~6GB;
- ④磁带机,配 $\frac{1}{2}$ in 9 轨磁带机、 $\frac{1}{4}$ in 磁带机和 8mm 盒式带机;
- ⑤多次读写光盘机和高密度光盘;
- ⑥高分辨率(1280×1024)、高清晰度、非隔行扫描 19"~21"双屏幕彩色监视器;

⑦键盘和鼠标器。

2. 外围设备

①数字化仪；

②行打机；

③屏幕彩色拷贝绘图仪；

④八笔绘图仪；

⑤单色或彩色绘图仪。

这种单套(站)的配置一般外围设备利用率不高,因而成本费用较高。

三、多套(站)解释系统的网络连接

为了增强解释系统的功能,提高外部设备的利用率,实现程序、数据和外部设备的资源共享,节约资金,可以把多套工作站和外部设备连接成网络系统。这种网络连接配置有以下几种情况:

1. 多工作站的同构联网

这是由多台同类型工作站用以太网连接起来的网络系统。每台工作站都是一个基本系统,在网上可以只连接一套外设。当网上的工作站数量较多时,可根据工作需要和外设的使用频率,配置数量不等的外设(图 2-1)。另外在网络中不同工作站上可以根据工作需要配置不同的应用软件及浮动使用许可权。这样通过网络传输和管理实现计算机资源(磁盘空间、程序、数据文件、外设)的共享。

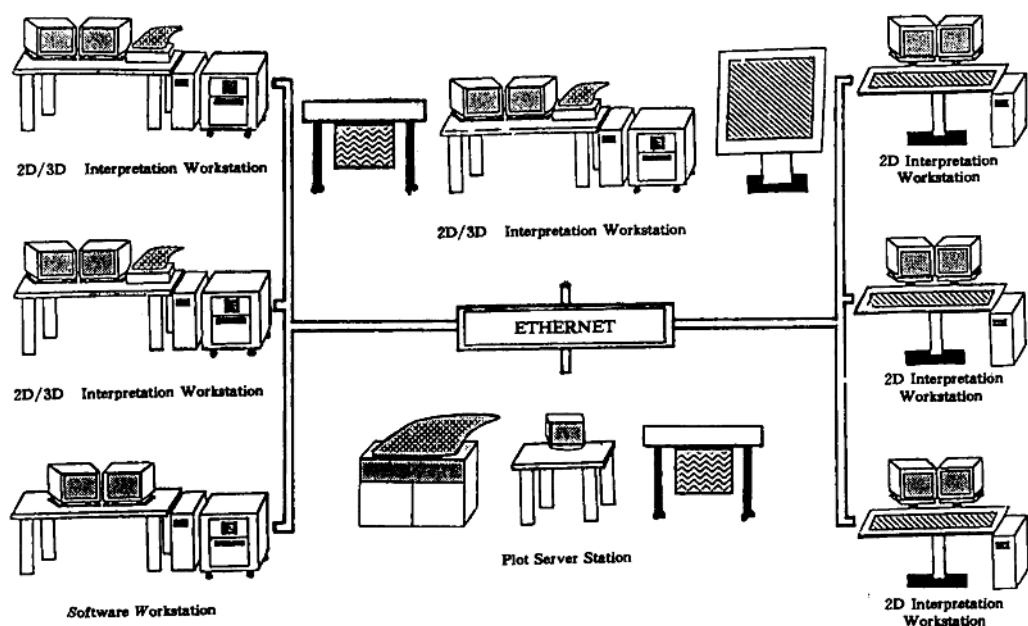


图 2-1 多工作站同构联网配置示意图

图中:2D/3D Interpretation Workstation 为 2D/3D 解释工作站;2D Interpretation Workstation 为 2D 解释工作站;ETHERNET 为以太网;Software Workstation 为软件开发站;Plot Server Station 为绘图服务站

2. 以服务器为核心的多工作站网络系统

这是一种将服务器和多台工作站以及外设连接在一起的网络系统。服务器可以将资源服务(如磁盘空间、文件保存、应用软件访问、电子邮件通讯或打印服务等)提供给网上的无磁盘工作站和无数据工作站。为了提高工作效率,网上每个工作站可以根据需要配置一定容量的磁盘。图 2-2 是这种网络系统配置实例。

3. 多工作站的异构联网

这是一种不同类型工作站之间的网络连接系统。这样在资料解释过程中可以充分发挥各种不同解释系统应用软件的作用,取长补短,使解释工作的成果更加丰富、准确、可靠。

4. 工作站与微机的网络连接

上面所述的多工作站同构联网、多工作站网络系统和多工作站异构联网三种工作站网络系统均可与微机联网。当今微机价格便宜、性能很强,而且在微机上已开发出不少功能很强的辅助解释软件和分析软件。通过联网,一方面扩大了微机的功能,改善了微机输入、输出和数据存储环境,另一方面可以缓解目前工作站数量不足的状况,从而有效地发挥工作站和微机的各自优势,使解释工作取得更好的成果。

解释系统硬件配置是一个很重要的事情,配置得好,不但可以节约资金,而且可以使各种设备充分发挥其作用。如果配置得不好,不仅要浪费大量的外汇资金,而且造成设备使用率不高,影响设备使用效果。设备的配置要根据解释项目的多少、项目的大小、研究内容的难易程度、解释人员的技术素质以及技术支持力量等因素来考虑,另外还要考虑配置什么样的应用软件、数量多少及选择软、硬件的最佳匹配。

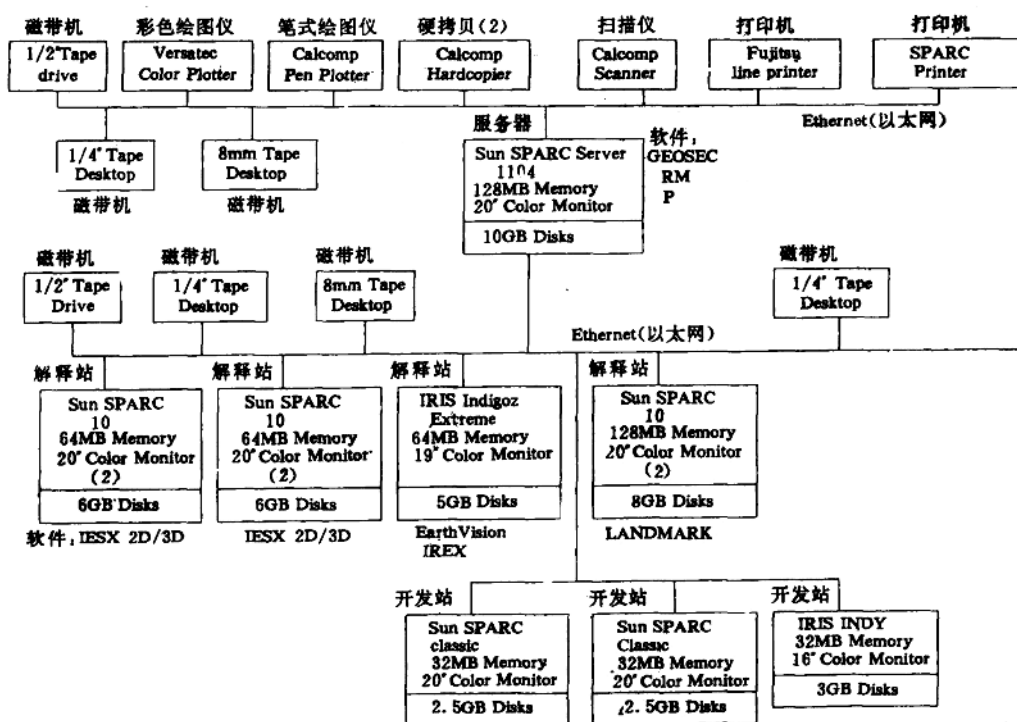


图 2-2 综合解释联网工作站配置示意图

第二节 工 作 站

工作站是指具有多任务操作系统(通常是 UNIX)和高分辨率图形能力的高性能计算机,可以单独使用,也可以通过局部网络互连或连接到其它计算机系统,还可以连接到巨型机。工作站为勘探工作者提供了全新的工作环境。近年来,用于地震资料人机交互解释的工作站迅速普及和发展。

一、RISC 工作站

1. RISC 技术

RISC 是“精简指令集计算机”的英文首字母缩写词,目前工作站普遍采用 RISC 技术。早在 70 年代中期,IBM 的沃森研究中心就开始研究 RISC 技术。他们在分析软件中如何使用硬件资源时揭示出“80-20”规律:程序中 80%是由微码指令中 20%、最简单的指令实现的。这些最简单的指令包括加载、存、加、减和转移。如果这些指令能在 1 个时钟周期内完成,计算机性能将明显提高。但是,RISC 技术的推广是在 80 年代末的事。在这之前,美国加州大学伯克利分校和斯坦福大学对 RISC 技术进行了卓有成效的研究。伯克利的研究人员专注于在超大规模集成芯片上使用大部分区域作为寄存器的研究,以增强处理机性能。斯坦福大学的研究课题称为“消除流水线各段互锁的微处理器”(简称 MIPS),提出了利用编译程序优化流水线使用效率这一重要概念。

2. RISC 工作站特点

RISC 工作站设计有如下主要特点:

- ① RISC 设计的目标是每个机器周期执行一条指令,即所谓“单周期执行”;
- ② 指令为简单的固定格式和固定长度,且采用简单的寻址方式;
- ③ 优化和编译程序。

编译程序通过合理使用寄存器,尽量减少访问内存。在遇到必须访问内存时,编译程序能重新安排指令顺序,使得在等待数据调入寄存器这段时间里,其它有效工作照样进行。这就是“延迟加载”技术,可避免流水线互锁。

二、工作站技术发展

1. 进一步提高性能的 RISC 技术

目前已出现两种新技术:

(1) 超级标量技术,即处理器在一个时钟周期内并行地执行几条指令。采用超级标量技术的是 IBM RS/6000 处理器芯片 RIOS1,由一个分支部件、一个定点部件和一个浮点运算部件组成。每个时钟周期最多可并行执行 4 条指令(5 个操作),即每个时钟周期执行一条分支指令和条件寄存器指令、一条整数指令和一条浮点指令(每拍两个操作)。而 IBM 新推出的 RIOS2(即 POWER2)由一个分支部件、两个定点部件和两个浮点部件组成,可并行执行 6 条指令(8 个操作)。

(2) 超级流水线技术,主要流水线段(如指令译码和指令执行)只占一个时钟周期的一部分,这样就可以在一个时钟周期内同时执行几条指令。DEC 的 DECstation 采用超级流水结构的 MIPS 64 位 R4000 处理器芯片;SGI 的 Indigo2 工作站采用 MIPS R4000 或 R4400 处理器

芯片;DEC Alpha AXPstation 采用 64 位 Alpha 处理器芯片。

高性能的 RISC 工作站,内存都在 32~128MB,甚至更高。高分辨率(1280×1024 像素)、高清晰度大屏幕、多屏幕图象监视器,也是工作站重要组成部分。许多工作站把图形技术与 RISC 技术结合在一起,研制出几何图形发生器,用硬件加速图形的几何变换,在图象处理、动画、图形仿真等应用中提供真实三维动态图形。

2. 多媒体技术

近年来迅速发展的多媒体技术,使工作站具有处理和管理声音、文字、图形、图象等功能,使人们能够利用综合在一起的媒体(音频、视频、文本、图形、传真和电话)进行通讯。几种媒体的组合通常比单一媒体提供更丰富、更有效的信息。通过工作站,个人与另外一些个人可以通信,并能与信息源(如文件和数据库)连接。

3. 虚拟现实(Virtual Reality)技术

虚拟现实技术,简称 VR 技术。近年在美国等国家得到高速发展,并已逐步进入实用阶段。虚拟现实是高度逼真地模拟人在现实世界中视、听、动等行为的人机界面技术。涉及人工智能、计算机图形学、人机接口技术、多媒体技术、传感技术以及高度并行的实时计算技术等。VR 技术可以让你探测各种新奇世界,如分子内部结构、尚未建造的核电站以及地下储层地质结构。VR 技术最终将会改变人们使用计算机的方式,其应用领域非常广阔,到 2000 年时,VR 技术会在地震勘探中司空见惯。解释人员坐在工作站前,戴上数据手套和头盔就可以深入地下,观察层位和断层以及地质构造。

三、解释系统中的工作站/服务器

在 80 年代解释系统的主机多采用小型机(例如 PE 机、VAX11/780 机等),后来又出现了微机工作站(Intel386、IBM RT)及低档的工作站(Micro VAX I、MicroVAX3200/3500、Mips3230 等)。这些机型不但体积较大,而且内存又小,运算速度也慢,已逐渐不适应解释工作的需要。随着工作站技术的飞速发展,各工作站生产厂商不断推出体积小、价格性能比好的新一代工作站和客户服务器,现在解释系统的主机几乎完全被高性能的、技术先进的工作站/服务器所占领。目前世界上生产工作站/服务器的主要厂商是 SUN、IBM、SGI、DEC 和 HP 公司。

SUN 公司的主要产品系列有:SS1、SS1+SS2、SS10、SPARCclassic、SPARCstation LX、SPARCstation2、SPARCstation10、SPARCserver 和 SPARCcenter。目前在解释系统中经常选用的工作站/服务器是:SPARCstation10、SPARCserver670 或 690MP,而 SPARCclassic 多被选用作为软件开发机。

IBM 公司的主要产品有 RS/6000、POWER2、POWER PC 系列以及 SP1、SP2 并行系统。RS/6000 也是解释系统中经常被选用的机型。

SGI 公司的主要产品有 Indigo、Crimson 和 Onyx 三个系统(每个系列又分别由 XS/XS240、XZ、Elan、Extreme、VGXT、VTX、Relity Engin、Relity Engin 2 图形子系统构成不同产品)以及三个并行系统(PEWER、Challenge 和 PEWER Challenge)。目前解释系统中多选用 Indigo(XZ、Elan)、Indigo2(Extreme)作为主机。

DEC 公司的工作站/服务器有三种产品系列:DECstation、VAXstation 和 Alpha AXPstation。目前解释系统中有的选用 DECstation5000、VAXstation4000 以及 DEC2000 或 3000AXP 工作站/服务器作为主机。

近年来,微机性能迅速提高,不久具有工作站性能和微机价格的个人工作站推到市场后,这种机型也必将在解释系统中被采用。

第三节 外围辅助设备

外围辅助设备是解释系统硬件环境的重要组成部分,这些设备对完成地震资料解释任务起到举足轻重的作用。

适用于解释系统的外围设备通常包括用于数据存储的外部硬盘、磁带、光盘、软盘;用于数据输入或输出的磁带机、光盘机、盒式带机;用于数据输入的数字化仪、扫描器和扫描仪(黑白滚筒式、彩色滚筒式、单色平板式、彩色平板式);用于数据列表输出的行打机(24 针击打式打印机、激光打印机、喷墨打印机)和绘图仪(屏幕彩色拷贝绘图仪、笔式绘图仪、单色或彩色喷黑绘图仪、静电绘图仪、热敏绘图仪、平板绘图仪)等。

下面介绍目前在用解释系统中常用的几种主要外围设备:

一、磁记录及磁带机

磁记录的实质是将数字电信号或模拟信号通过磁头转换成磁信号,并保存在磁介质表层上。读出时再将其转换成数字电信号或模拟信号,然后通过一系列特定的处理电路得到所需的数据。

磁记录的基本原理是在磁介质表面上施加一个 N-S 磁场,使磁介质局部区域永久磁化,用于保存信息。对磁带机而言,它是在磁介质通过磁头表面时,对磁头各轨线圈施加一个脉冲电流,使在写头前间隙区产生交变的 N-S 磁场,这个磁场使磁介质的局部区域受到磁化。然后这种被磁化的介质通过读头时,将会在读头线圈中产生一个感应电势,这个感电势传给读电路后,使其转换成相应电脉冲,经过整形、滤波、放大等一系列电路处理后还原成所需要的数字信号。

目前在地震资料处理和解释系统中广泛使用启/停式九轨、 $\frac{1}{2}$ in 磁带机,其磁带密度为 NRZI800、PE1600、DDPE3200 和 GCR6250 几种。磁带机速度也有低速(50 ips)和中、高速(75~200 ips)之分。这类磁带机作为主要外围设备,具有可互换性、存储容量大和存取速度快等优点。但是,这类磁带机受记录格式等因素限制,各记录块之间均有最小的间隙(例如 GRC6250 密度带间隙为 0.3in),磁带机在此间隙内进行启停操作,并接受主机送来的命令,这在一定程度上影响每盘带的容量。

在解释工作站上广泛使用的另一种磁带机,体积小,容量大(一般每盒带容量为 60~150MB)。这种磁带机具有两种记录方式(平行磁道和蛇形磁道),多种记录格式(QIC-24、QIC-40、QIC-120、QIC-150、3M 等),采用流式操作(避免在内部记录块间隙处启停),纠错技术较完备(具备 ECC 校验功能),有的还引入智能化管理技术,使数据不停顿地正确地流到磁带机或从磁带机流出。

二、绘图仪

静电及热敏绘图仪是目前地震解释系统中广泛使用的绘图设备。它们的绘图精度可达到 200~400DPI,绘图介质宽度从 11in 到 54in。

热敏成像技术一般分成两类。一类是在绘图介质上先行加工涂上热敏化学物质,介质经过热敏头加热后,便可改变色泽(一般为黑白,也可以有其它单色),从而绘出所需要的图件。另一类为用色带把颜料以热力溶结在介质上,这样便可绘出图形,并能混合颜料形成彩色图。

静电绘图仪采用静电绘图技术,利用静电同性相斥异性相吸原理。单色静电绘图是把光栅

化后的绘图数据输到静电写头上,一般静电写头是双行排列的写头,头内有许多极针,写头随输入信号控制每个极针放出高电压,而绘图纸横穿写头与背板电极之间,纸走过时,写头便把电子(图像)转到纸上,带电子的纸张在经过调色液槽时,因调色液的炭微粒带正压中子,该中子便被纸上所带电子吸附,在纸上形成图像。彩色静电绘图仪原理相同,不同之处是绘图仪来回往返套上红、黄、蓝、黑四种颜色,不同位置不同混合可形成数千种颜色。

除了静电和热敏绘图仪以外,解释系统中还常配备笔式绘图仪,用于绘制线条状的平面图,如测线位置图、等值线图。笔式绘图仪绘图速度一般为 $20\text{in/s} \sim 40\text{in/s}$,最大绘图面积 $25.1\text{in} \times 36\text{in}$ 或 $36\text{in} \times 47\text{in}$,可以用多种纸介质(半透明、透明、聚脂薄膜),绘图笔有 8 支,笔头粗细从 $0.2 \sim 0.7\text{mm}$ 。

三、屏幕彩色拷贝绘图仪

这种绘图仪通常称为屏幕硬拷贝机,实际这是属于彩色热敏压膜绘图仪。在解释系统中,它主要用于对屏幕上图像进行快速、无比例输出拷贝。目前绘图仪分辨率一般为 300DPI,使用 3 或 4 种色膜和 A_3 、 A_4 纸及薄膜胶片。

四、数字化仪

数字化仪用于采集地震纸剖面上解释的层位和断层,或测井曲线、地质模型、地形、地物等图形数据。一个比较大的数字化仪面积可达 $60\text{in} \times 40\text{in}$,分辨率最高可达 10160 线/in,一般精度在 $\pm 0.005\text{in}$,数据采集速率可达 200 坐标对/s。

五、打印机

打印机用于打印文本资料,如数据列表、文件列表、程序列表。

前几年解释系统中配置的打印机多为击打式打印机,一般选用 24 针点阵打印机,这类打印机操作简便、成本低,但打印速度慢、噪音大、打字质量也不高。近年来激光打印机和喷墨打印机这类非击式打印机逐渐被广泛采用。激光打印机打字质量高,清晰度好(300~600DPI),而喷墨打印机噪音低,打字速度快,质量适中,彩色功能强。但这类打印机成本较高。

第四节 工作站网络

网络是连接在一起可以相互传输信息且共享资源的一组计算机。如果有多台工作站,把它们连接成网络,可以增强系统的功能、共享程序和文件等计算机资源,共享某些外围设备,有效和灵活地分配磁盘空间,并能通过电子邮件(email)相互通讯。

网络是由硬件连接和软件接口两者组成。网络硬件包括控制器、电缆、数据转换设备。网络软件则包括:高级服务(如 NFS 和 RFS),低级网络协议(如 TPC/IP);网络接口启动程序(如 ie 以太网接口启动程序)。

目前解释工作站网络大多采用以太网。以太网允许在直接由收发器、收发器电缆和一根同轴电缆或双绞线连接起来的系统之间通讯,所有的系统都由收发器电缆和接头联入网络。

网络类型根据分布距离可分为:局部网络(由许多共享资源的计算机组成,网络分布范围不超过两英里);广域网络(由一个或多个提供服务和许多被服务的客户机组成,这类网络分布范围大,可进行全球通讯联系)。根据网络的组成可分为同构网(由一种体系的工作站组成)和异构网(由多种体系结构的工作站组成)。

在网络环境中有下列几种类型的系统: