

采油地质中地球物理工作站的应用

H.R.Nelson Jr.
Landmark Geophysics Corp.
G.P.Bhattacharya; D.M.Tappineyer;
D.C.Jarzabek
Sun E&P Co.

许以和 译
姜顺源 校

摘 要

在许多勘探和采油作业中已经采用了人机联作电子计算机绘图系统, 它能更有效和更准确地解决具体的地球科学的问题。用几方面的例子来阐明一些人机联作解决问题的方法。为了阐明这些新的发展, 本文介绍了人机联作环境的基础部分, 回顾应用硬件和软件系统得出的一些实例, 描述人机联作解释过程并介绍带有简要地质问题描述的一些实例。

一、人机联作环境

勘探工作站提供了一个输入数据的窗口, 这个窗口成为勘探人员思维的延伸, 可以迅速检验不同的地质概念。然而, 工作站一般具有不同的计算功率、可应用的范围、成本及用户经验等。在不同的用户之间, 以上这些差别影响了资料的分享, 在不同专业方面, 这些差别也造成了一定的障碍。

新的人机联作环境消除了这种差别。具备过去小型计算机或主机功率的新型微机, 提供了不断增加的计算功率以解决复杂的应用问题。在工作站和众多的计算机(从小型机到向量处理机)的整个范围之间改进了兼容性, 可以分享更多的信息。虽然一些应用限于特定的专业范围。但在勘探和采油作业所需要的大多数计算机辅助的应用可以在工作站环境中加以综合。计算机和用户之间的接口已经得到论证, 但尚未得到广泛的应用。

随着若干增大通路系统逐渐发展成综合勘探系统。整个系统可以做适合的地震处理、二维和三维地震解释、地震模拟、绘图、图象处理、测井分析、地质工作、数据库管理、油藏模拟以及经济分析等^[2]。对综合勘探系统评价, 着眼于功能良好的软件手段、可行的硬件增大通路以及真正通用的开发环境。

二、硬件和软件系统

工作站由几个关键部件组成。这些部件包括: 计算机(独立的或主机)、图象监视器

(高的或低分辨率)、数字存储装置(机内的或共享的)、输入/输出方法、应用软件以及计划用户或集团用户接口。关键是要了解:被评价的系统在帮助解决问题的方法上是否优于传统的方法?这就是应用软件的功能。

使用的解释系统是独立的 Landmark III⁽²⁾。硬件的组合犹如一张桌子。中央处理机是工业标准的 Intel 80286 微处理机及 80287 协同处理机。两台处理机为附有 1 兆位主存贮器的 21 槽 Multibus (Multibus 是 Intel 公司的商标)。主存储器由 1.0 Mflop 的阵列处理机所共享。主要的外围设备有 1600/6250 bpi 的磁带机;规格为 440 兆位的温切斯特磁盘;图象处理机以及辅助的 1280×1024 象元的监视器。为供地震和图件数据同时工作使用,系统通常装有任选的第二台监视器。

地震数据、特征数据、测井位置资料、层位文件、图象文件和动画文件均存储在大型温契斯特磁盘机中。太阳公司的系统已把格式化磁盘容量从 880 兆位提高到 1760 兆位,不久将扩充到 7000 兆位以上。然而,在 Ethernet 局部地区网络 (LAN) 的系统之间分享磁盘容量的新的能力,以及带有 1000 兆位可拆卸的光盘可取消对带有 2 个增益频宽的固定磁盘机配置的需要。开型结构具有将新的硬件集成起来的能力,有助于保持系统的通用性。

本研究中所使用的软件是专门为二维和三维地震解释而编写的。用户接口是专门为那些没有计算机科学基础知识的人而设计的,它能使应用变得简单易行。大多数系统通过数字化圆盘和分级菜单 (menu) 相互配合,其效果可与用彩色笔在地震剖面上工作相比美。菜单结构 (menu structure) 的设计旨在帮助解释员完成每天的工作任务。由于软件不断保留数据,特别是可根据用户指定的显示格式快速检索数据,从而提高地质资料的质量,使传统的解释技术有了较大的改进。

快速、可预测的响应时间是使用户能迅速检验不同解释方案的关键因素之一。例如,当层位数字化之后,它就能自动地熟悉层位文件,还能立即恢复对透视图的评价。图件评价使用户能迅速研究不同解释的地质精度。

软件结构及发展环境鼓励新应用的综合与发展⁽³⁾。95% 的软件是用 Ansii—77 Fortran 语言,并带有标准软件开发手段,如编辑程序、调试程序、连接程序、编译程序和程序库管理。为二维和三维解释发展的程序库能用于发展新的应用或用于选取不同类型的数据,象层位文件。SURFASLM 是一个能从第三方买到软件包的例子,它能拾取不规则和不完整的层位,并将其结果显示在透视图上。此外,不同的应用程序、程序库及第三方的软件包,如果发现有的故障则能得到快速整修的支持。

三、人机联作解释程序

人机联作地震解释程序与用纸剖面作解释工作的传统方法相类似。主要不同之处在于检验、修改和重新检验不同地质概念的能力上。影响产生精确地质模型的几种人机联作能力包括:建立一计算机数据库,以便于拾取剖面;显示参数以增加显示中的地质信息;层位拾取选择和自动定位、层位计算以及图件显示等。

在一个典型的勘探层系或采油工程中评价过的那部分地震数据表明,传统的人工解释技术是行不通的。此外,当试验要求更多的计算时,手工方式评价不同的解释性假设是不现实的。例如,小规模三维地震测量 (150 条测线、每条线的 375 道记有 5 秒的 4 毫秒采样的数

据)的三个主轴向有525张垂向纸剖面以及相当于1250张时间切片的纸剖面,这还不包括可以从三维数据体中截取出的数量几乎无限的附加剖面:通过内插或按十分之一取值改变剖面比例尺;用户特别指定的任一测线;或者时间切片/垂直切片的混合剖面。

1. 地震显示

由于从三维测量产生任意测线的能力,或沿二维测量关键走向或倾向加以拾取的能力使得地震显示得以很大改进。这些拾取允许解释人员在垂直于预期的断层平错剖面上研究断层;或连接不同的井位或将测井资料重叠在地震记录道上去。十分明显的是解释人员折叠这么多的剖面以及对有大量二维或三维地震数据的勘探区全部的闭合测线进行联接是不现实的。可以考虑以一口井位为轴心将会产生一组纸剖面。即使可以做那么多纸剖面,也可以像放电影那样研究关键的闭合测线,以改进解释工作。

富于想象力地运用地质科学和地球物理科学知识来阐明特定勘探层系的地质情况往往可以说明油井和干井间的差异。解释技巧要求数据显示,它能增加解释人员头脑中的地质信息,人机联作技术便于修改数据显示、增强不同的地质特征。

2. 层位拾取和绘等值线

在任何地震远景构造评价中,层位拾取和绘等高线都是最主要的解释任务。在人机联作范围内,计算机控制数据存储和数据提取、叠加后处理、按用户特定的格式显示数据、把层位自动地标到图上或自动标明层位文件,以及其它的数据操作等。层位拾取是通过移动数字化圆盘横越嵌在解释站桌面上的平板把光标固定在目的层位上,并从一系列选择中选定而告完成的。

有效的数字化选择方案包括:直线段的逐点拾取;当光标移动时修改层位的趋势数字化;沿峰值、零位或极小值自动拾取;在垂直剖面或时间切片剖面上拾取;消去拾取;有意义的异常及持续解释的象元图象放大;将相邻平行剖面数字化;不是在相交剖面上标示早期拾取的层位就是与上述测线包含的特定层位一道进行解释;沿断块四周绘出多边形窗;将断块滑移进行横向断层对比;用窗口标示或消去,返回到数字化;从几页可能层位的表中,选择新的活断层或地震层位。

其它数字化选择项目包括:租地边界的数字化;把井位标在位置图上或时间切片剖面上;把井的轨迹投影在井的特定记录道范围内的剖面上,把存入数据库中的任一测井曲线标在地震剖面上,进行地质现象的对比,选择层位拾取的宽度,是宽些或是窄些;调整自动跟踪查寻时窗;为显示剖面选择新的时窗;沿主倾向选择横测线或者时间切片剖面研究由于复杂地质条件造成的时间层位的错断;查看一组动画剖面来研究异常^[1],如时间切片电影或一组沿主倾向的剖面;选择称之为瞬时相位的不同类型的地震数据文件,标示或进行新的拾取,来检验有问题地段层位的连续性;将特定层位上的地震剖面展平,显示或拾取与已经展平的层位等时的一些层位;通过对地震道或样值进行内插或配成双对来改变每个数据轴独有的显示比例尺;把变密度显示转换成波形、波形加变面积或是波形加变密度显示;改变特定层位的颜色、注记、地震资料的颜色等。

在人机联作环境中,图件计算容易,并且十分起作用。层位相减即得到等时线。根据假定的层速度,将等时线乘以一常数即得到层位厚度文件。这些等厚线加在一起就是深度图。将空间上变化的平均速度层位文件乘以时间层位文件可算得非均质的深度转换图文件。

完成了人机联作解释程序后,这些层位能够在各种各样的独立或组合的图件显示中显示出来。由于三维地震测网的每一道都能有层位数值,所以这些数值显示在透视图上即为一层面。当层位还有待于拾取的时候,或者由于断层或缺失地震记录而未被拾取时,就不会出现数据值。将这些随时间变化的光栅层位的数值着色,可以产生绘有微小细节的等值图显示,而用传统方法勾绘这些细节是不可能的。因为正确设计的三维地震测量不会出现空间假频现象,所以并不需要对每个地震道位置拾取等值线的层位。层位拾取组成一个比传统等值图含有更多信息的层面。用灰度比例尺显示等值线图;同时,按时间动态移动着色的标准层,突出小的构造高与构造低。从而可以对小高点进行详细的评价等。

相同层位或其它层位的等值线可以按平面图显示叠合起来。把上部层位的等高线与下部层位的叠合起来,彩色面即可评价单层显示的变薄和增厚。把地震振幅叠合在等时线图上,光栅层位可对振幅异常和减薄的关系进行评价。此外,这些显示还可以与其它资料,如租让地边界叠合。可能有用的选择方案的数量实际上只受解释人员的想象力所限。

四、解释实例

中国北部湾

主要的例子来自距海南岛西北部约40公里的北部湾的乌石盆地。1984年由太阳石油公司和宾斯石油公司完成二维测量,用传统的方法进行了解释。这次测量的数据及解释的结果被输入到太阳公司的人机联作系统,以对人机联作环境的优越性进行评价。在该地区,太阳公司、宾斯公司和法国道达尔公司已经打了5口井。虽然没有发现烃类,但数据提供了一个受益于人机联作工作站的良好实例。

所使用的地震、钻井和图件数据来自23/25区块。图1展示了通过1号井的A测线。这口井的勘探目的层是在地震时间大约2秒的位于不整合面之下的始新世冲积扇。正如图2所示,通过对彩色观察台的图象进行放大和调节,对数据施加强的自动增益校正(Automatic Gain Correction)或对比形态来增强上述不整合面的映象。人机联作环境可使光标稍加移动,改变像是来自短的自动增益校正时窗的剖面,这种时窗已用其显示真振幅或相对振幅剖面。基底由变质角页岩组成,勘探深度达3458米。原来期望在这个深度上找到始新统砂岩和页岩。根据1号井资料,预料在盆地更深的一些地方没有沉积生油岩,因此有机物质是不成熟的。

然而,租约要求指定另外的井来完成该地区的探井任务。图3展示了通过2号井的测线B。测线B也是与测线A相连接的。这条地震测线显示有变密度与波形叠合的剖面。2号井钻在基岩构造上,在剖面上它略高于1号井。该远景构造层位定为中新统和下第三系之间的不整合面(涠洲组顶),地震时间约为1.3秒(1712米)。图4是在人机联作系统上展示的基底深度等值图。用常规技术制作的等值线经过数字化、坐标方格化、并将其显示为三维显示。为了从任一方向来研究关键构造,旋转这类显示并不复杂。

美国得克萨斯州近海

工作站环境不但允许对解释概念作快速检验,也允许重建古地质。图5展示的是美国得克萨斯州海上(资料引自Grant/Norpac)。通过复杂挠曲断裂系统形成闭合回路的一条拼接的二维地震剖面。这个地区的生油岩以及与之相关连的烃类开发的数据已经收集到。值得注意的是多层位和多断层对构造的限制作用。将这些层位中的一层的数据展平,有助于即时

识别沉积增厚现象,以及特定层序的沉积方向。图6还展示了重建这一地质模型。而如果使用一些纸剖面的话,事实上是不可能做到的。

澳大利亚东南地区

采油地质越来越常用三维地震测量来进行研究。没有人机联作系统,要对与这些测量之一有关的相当数量的数据进行充分研究是不可能的。图7是澳大利亚东南地区吉普斯兰盆地中三维测量的一个地震实例。这是椅式显示,在中心的时间切片是椅子中心;剖面的顶部是椅背,而剖面的底部是椅的正面。有意义的地质层序部分是时间切片的最突出部分。这一层序是拉特罗皮群(Latrobe group),是夹有砂岩、页岩和煤层的始新世层系。烃类是靠拉特罗皮顶部不整合之上的湖进层(Lakes Entrance)来圈闭油气的。

单一地震层位的解释可以建立一套能确定断层模式的显示。在这里,次生露头影响了不整合面。解释出拉特罗皮顶部的不整合面,平滑解释结果,所得的剩余图表明平滑与非平滑图之间的差别,这些差别表现在沿断层或在更耐风化的次生露头处。其次,是在拾取不整合面的时间上提取出地震振幅,这张图表出现了白带、灰带和黑带,这是由于次生露头波阻抗变化而引起的。平行不整合的时间切片电影可较详细地研究次生露头活动。图8是一古时间切片剖面,该切片剖面平行于拉特罗皮层顶部不整合,并在不整合面下面25毫秒处。该显示表现出黑带,它可能与煤层、区域分布的断层切割、向东和向南的泄流谷有关。

图3和图10这两张黑白型的剖面图取自为可能出版而向《地球物理》杂志提供的论文中。数据是地球物理服务公司(GSI)为作为埃索(ESSO)和BHP石油股份有限公司的作业者的埃索澳大利亚股份有限公司而采集的,它们为此文以及上述那篇参考文献提供了资料。

五、结 论

人机联作工作站有助于解决重要的勘探和采油问题。这主要是因为硬件和软件有了新的进展。综合地震和钻井数据取得良好的地质解释,这是从这些发展中得到好处的领域。

参 考 文 献

¹Ennis, C.E. and Nelson, H.R., Jr., "The Present and Future of the Interactive Environment," presentation at a Control Data Corporation Petroleum Seminar, Houston, Texas (July 17, 1985).

²Nelson, H.R., Jr., Hildebrand, H.A., and Mouton, J.O., "Color Softcopy, Animation and Interactive User Interface in Interpretation Station Design," Geophysics, 1983 SEG annual meeting abstracts, v. 49, p. 664 (1984).

³Smith, T.L., "Exploration Software Development and Using the IBM-PC," submitted to AAPG for publication in first Geobyte issue (November, 1985)

⁴Denham, J.I., and Holmes, J.D., "Interactive Seismic Interpretation," Oil and Gas - The Exploration Story, Proceedings of the Second Australian Petroleum Geophysics Symposium, p. 338-357 (1984).

⁵Ottolini, R., Sword, C., and Claerbout, J., "On-line Movies of Reflection Seismic Data with Description of a Movie Machine," Geophysics, v.49, p. 195-200 (1984).

⁶Denham, J.I., and Nelson, H.R., Jr., "Map Displays from an Interactive Interpretation," Preprint submitted to Geophysics, (1984).

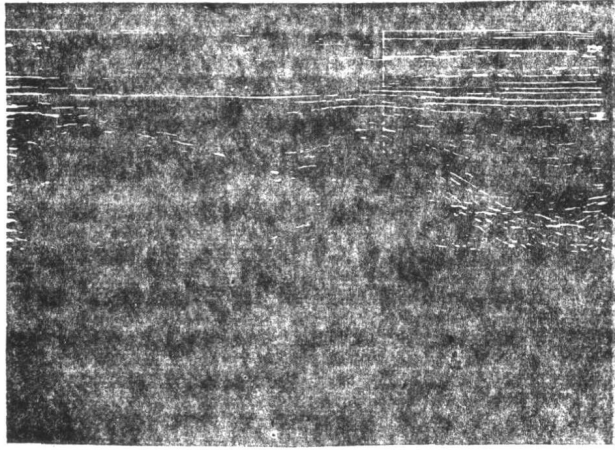


图 1 中国北部湾标有1号井位置的测线A，注意显示2500记录道或62公里以上的数据对解释都是有用的

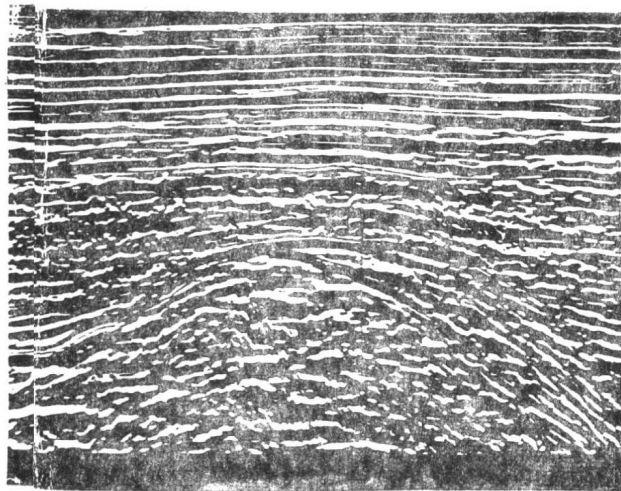


图 2 测线A (图1) 的16公里 (640道) 的数据与上覆主要层位的解释。注意，增加细节十分有用

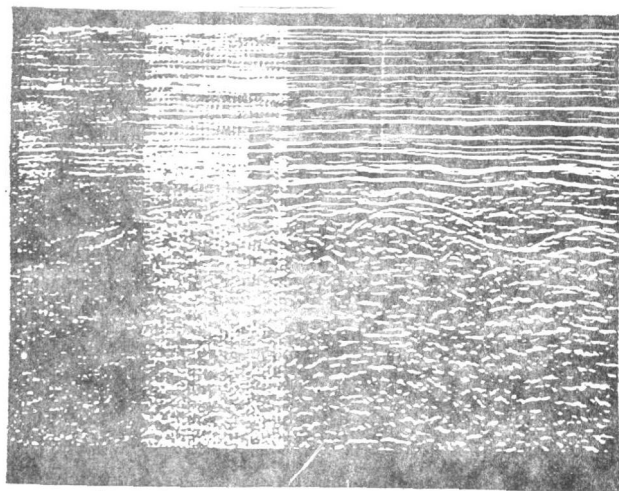


图 3 标有井B位置的北部湾B测线。本图说明波形曲线、变密度道上的波形、及变密度道和供对比用的移动的数据窗

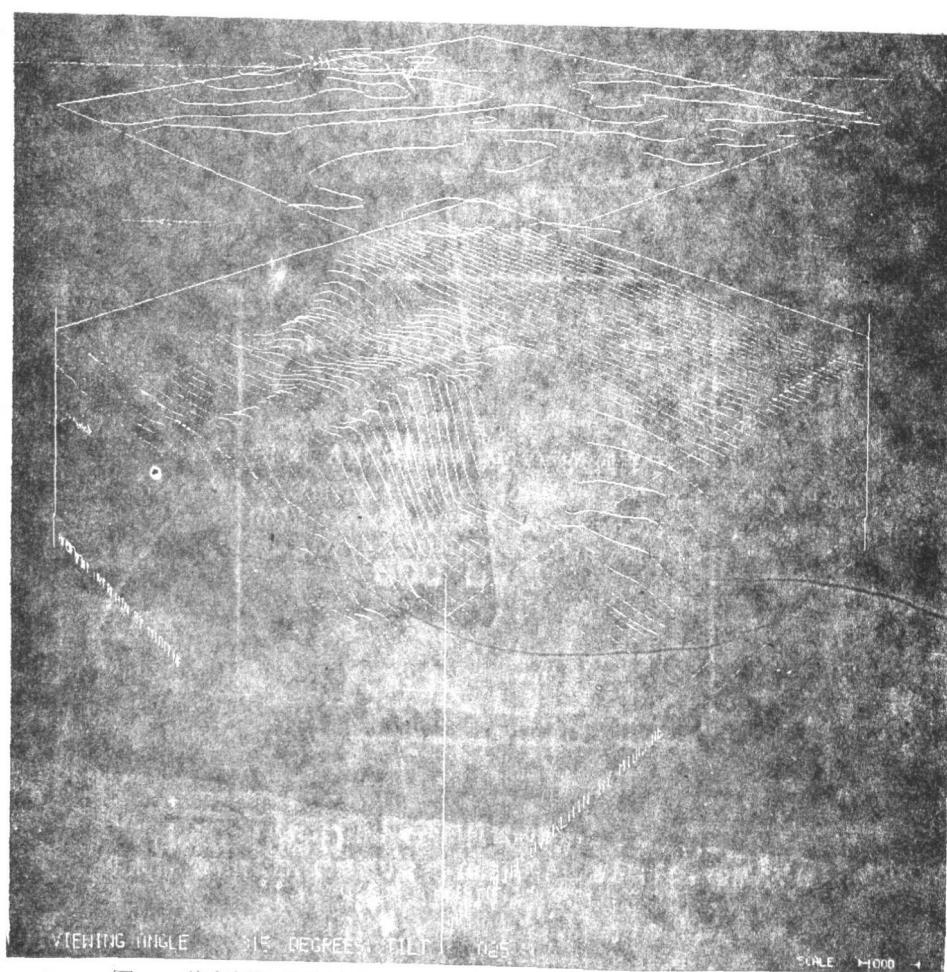


图 4 基底解释结果的透视显示，可以表明等值线，并用彩色突出构造

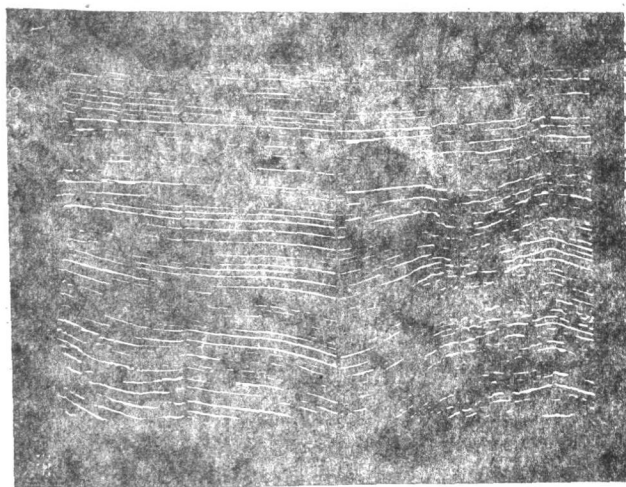


图 5 美国得克萨斯州海上的一条二维数据闭合剖面，展示了几条断层和两个解释层位。
注意，数据窗展示了边缘地质层序增长（引自Grant-Norpac）

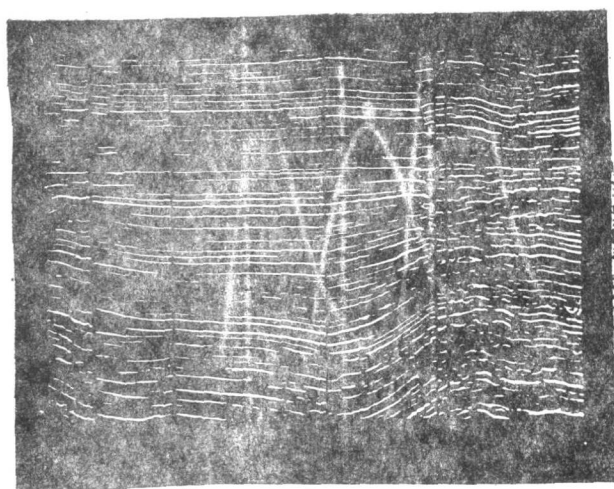


图 6 将图5上部层位展平所示的数据闭合剖面。用纸地震剖面，显然不可能再现这种地质现象（引自Grant-Norpac）

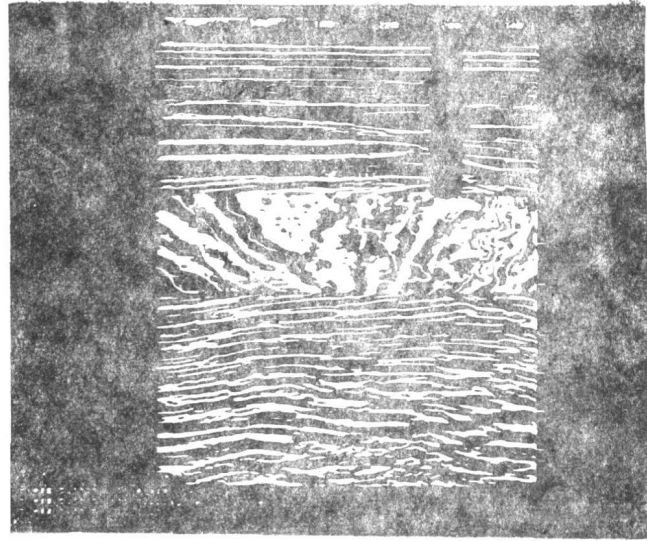


图 7 澳大利亚吉普斯兰盆地三维测量的椅式显示，等值线取自拉特罗皮顶部不整合面

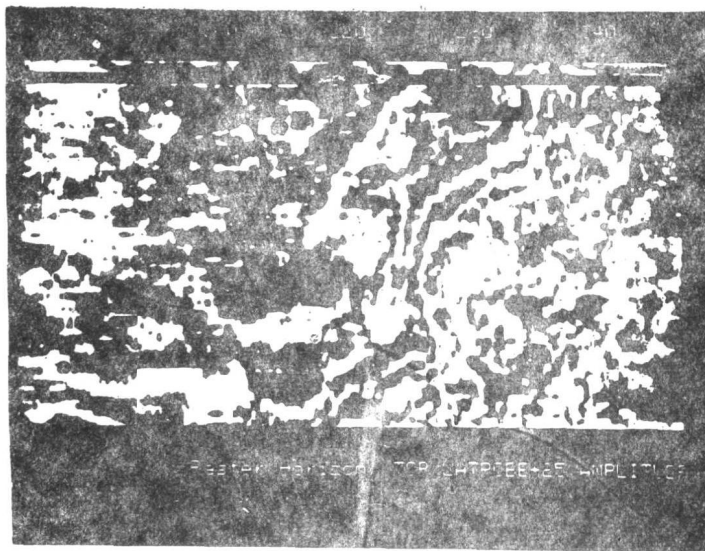


图 8 在拉特罗皮顶部下整合面以下25毫秒,与之平行的原始时间切片剖面。振幅变化详细表明次生露头地质现象