

盆地深层构造地球物理信息处理系统研究*

RESEARCH ON GEOPHYSICAL INFORMATION PROCESSING SYSTEM APPROACH TO DEEP-SEATED BASIN STRUCTURE

刘代志 LIU Daizhi

(中南工业大学地质系, 长沙, 410083)

(*Central South University of Technology, Changsha, 410083*)



文前提要 本文分析了盆地研究的历史现状、基本内容和特点, 提出了盆地, 特别是煤盆地深层构造地球物理研究的基本思路和方法步骤。在此基础上, 给出了盆地深层构造地球物理信息处理系统的程序结构框架。最后, 以鲁西西部煤盆地为例, 给出了盆地深层构造的形态特征等有关处理成果图。

主题词 盆地, 深层构造, 信息处理系统

ABSTRACT An informational systems basin analysis method which uses history, present conditions, content, and morphological characteristics of basins is conducted. A systematic set of basic principles and methods of the geophysical research focused on deep-seated structures of basins (especially coal-bearing basins) are proposed. A geophysical information processing system is outlined which focuses on deep-seated basinal structures. An example, the coal bearing basin of western Shandong Province is used which shows the processing results which address the morphological features of deep-seated basin structures.

KEY WORDS information processing system, basin analysis, deep-seated structures

作者简介 刘代志, 1960年生, 教授, 博士后, 1985年获应用地球物理专业硕士学位, 1989年获矿产普查与勘探专业博士学位, 1989年8月入中国矿业大学地质勘探、矿业、石油博士后流动站作博士后, 1991年10月入中南工业大学作第二站博士后科研。在国内外学术刊物上公开发表论文30余篇。

Synopsis of the author LIU Daizhi, born in 1960, is an associate professor and a postdoctor. Received the Master degree of engineering in applied geophysics in 1985, and the Ph. D. degree in geological exploration in 1989, and from 1989 to 1991 as a postdoctor in Mining and Technology University of China. Now, as a researcher in Central-South University of Technology for the second postdoctoral work. More than thirty papers have been published in the scientific journals at home and abroad.

* 煤炭基金资助项目

1. 引言

盆地研究,特别是能源盆地的研究,是当今地学研究的重要领域之一;它不但具有重大的理论意义,而且更具重大的经济价值。煤、油(气)等能源目前仍然是世界各国最主要的能源形式,特别是在发展中国家,情形更是如此。而在我国,煤又是最主要的能源形式。所以,煤盆地是本文讨论的主要对象。当然,亦兼顾油、气盆地;三者有时处于同一盆地范围(体制)之中,具有生因联系,如煤成气、煤成油即是其例。

以往的盆地研究重点主要放在沉积环境、岩相古地理等沉积建造方面的研究;七十年代开始,特别是八十年代,盆地的构造研究,特别是同沉积构造(主要包括控制盆地形态特征、规模大小等方面的盆缘断裂、基底构造等)的研究,摆在了重要的位置。而这方面的研究主要是石油部门对油气盆地的研究,煤盆地的研究则显得相对差一些[1980,李思田]。

八十年代,煤田地质领域掀起了一般冲断推覆构造、滑脱构造研究热;大陆内部的伸展构造(亦包括滑脱、滑覆等)研究在对盆地的形成、演化,盆地内部的伸展构造等方面的探究至今方兴未艾[1989,朱志澄]。而煤盆地的构造研究归纳起来可划分为两大类:一类是影响盆地形成、演化、煤系赋存等要素的构造研究;另一类则主要侧重于煤系形成后期对煤系的改造,亦即对煤盆地的后期改造,从而决定煤系的保存等要素的构造研究。二者有时可以重叠、复合,如前期断裂的复活等即为其例。

以往煤盆地的构造研究亦多局限于盆地沉积盖层的研究,至多对煤系以下的基底构造作些探讨,尚未涉及结晶基底,近年来的推覆、滑脱构造的研究,对推覆、滑脱面(伸展拆离面)在深层次的形态特征亦多为主观推测;所以,对其形成的动力学机制亦为定性推测。而缺乏较定量的证据,故此,迫切需要了解煤盆地深层构造特征,基本格局。遗憾的是,深部构造研究,特别是国内的研究又多局限于一些剖面的观测,或莫氏面及下部、上地幔等岩石圈尺度上的研究。而这些研究结果在解释大范围的盆地系列分布格局、区域构造背景等效果良好,而对小型盆地,特别是盆地沉积盖层、基底构造的形态特征,成因机制上的解释就显得有点空泛,而联系不密切,使得煤盆地浅层构造与深层构造关系的研究成为目前我国煤盆地构造研究的一个薄弱环节。

基于上述简要分析,笔者下面从盆地深层构造地球物理信息处理系统的基本思路、方法步骤、系统结构和程序框架以及应用实例等几个方面加以讨论。

2. 基本思路与方法步骤

2.1. 基本思路

首先是确立研究的对象,并从空间尺度上予以初步界定;再就是系统信息的获取(信息分类)和信息处理分类;最后是系统输出信息的表现形式与解译。

2.1.1. 研究对象

由本文的标题即知我们研究的对象是盆地深层构造,且主要研究煤盆地的深层构造。深层构造与浅层构造是一个相对概念,就如同盆地基底亦是一相对概念一样。所以,为了更明

确地讨论问题,有必要对研究的重点对象从空间尺度上予以初步界定,以利地球物理信息处理系统的重点能突出,因而具有特色。

大家知道,影响制约盆地浅层(沉积盖层)构造,且与其有最直接、最主要的生因联系的深层构造是盆地基底(可以是结晶基底之上的某一个界面,亦可以是结晶基底)至上下地壳过渡带(有时亦称中间地壳)下底面之间的各种构造(断裂,构造界面的凹凸等)特征,如果把范围扩大一点,可延伸至下地壳,即莫霍面之上的范围内。

因此,我们所研究的深层构造展布延伸之空间范围是:从平面展布上看,为研究区(盆地、亚盆地或其一部)所涉及的范围;从纵向延伸看,为盆地基底(或结晶基底)至上下地壳过渡层(或莫霍面之上)之底部。

2.1.2. 系统的输入信息

这里的系统是指盆地深层构造地球物理信息处理系统。所以,输入该系统的自然是反映盆地深层构造的各种原始地球物理信息。从地球物理方法(手段)来分,即为地震(人工、天然)、重力、磁力、地电、地热和放射性等测量信息。由于这一处理系统是在人的干预下进行工作的,先验的地质(地球化学)信息便是进行各种信息处理的必需的一个信息源,处理方案的确立,模型的选择与建立、成果解释都要与先验的地质(地球化学)信息有机结合。

2.1.3. 信息处理分类

地球物理信息处理,从层次上分,可以分为原始信息的预处理(包括信息量化,各种常规改正等)和处理;从方法上分,处理又可分为常规处理(即各种场的转换等)和有针对性的反演处理(如求各种物性界面等)。

2.1.4. 系统输出信息

处理系统输出的信息由处理的分类亦可分为常规处理结果(信息)和反演结果(信息)。前者还要靠人们把它地质化(解译),后者已经由处理之前的地质—地球物理模型所限定,具有一定的地质意义,所以,输出信息经解译获得两类信息:一是系统初始输出的地球物理成果;二是地质解译成果。这两类信息(成果)的表现形式从系统本身讲为图与像,加上研究者之解译,则还有文字报告。

2.2. 方法步骤

根据上述基本思路,相应的方法步骤可确立如下:

- (1) 系统输入信息的获取(测量所得或收集前人的测量所得,信息量化,如异常图的离散、网格化等);
- (2) 处理方案与模型的确立(根据要解决的地质问题以及先验的地质、地球物理、地球化学信息,如野外地质调查、室内分析测试,物性参数的测定,钻探成果等等);
- (3) 处理计算的实施;
- (4) 中间结果的解释与反馈信息的输出[输出的反馈信息传到第(2)步,修改方案和模型];
- (5) 系统输出信息的形式化(包括成图和成像);
- (6) 最终成果的提交(包括文字报告亦由计算机打印输出)。

3. 系统结构和程序框图

处理系统的结构受计算机语言中应用最广泛的结构化模块式语言（如 FORTRAN 77, C 等）的优点所启发，笔者采用模块层次式开放性结构。所谓层次式，是指不同处理层次（如预处理，方案选择与模型确立，不同方法的处理、成图、成像），每一层次又有不同的处理功能模块；所谓开放性是指系统的每一层次可以自由添加新的处理功能模块，以便随时吸收新方法（新程序），新理论。

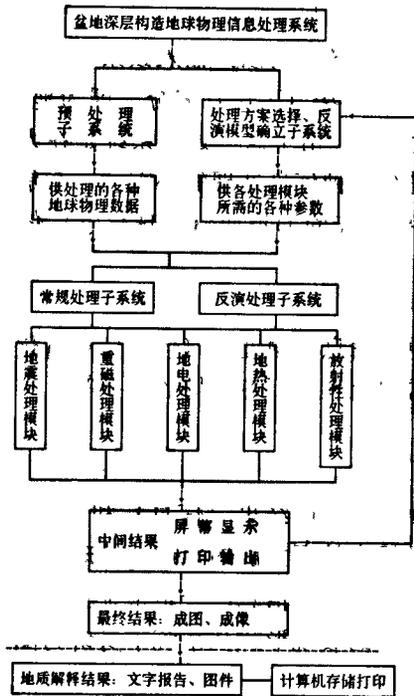


图1 系统程序结构框图

Fig.1 Scheme of system program

为了协调由不同语言编制的程序，所以，系统所采用的联系方式为批处理（汉化）形式，这样，各独立模块只要是编译型程序块均可联结在一个系统中运行（DOS 系统），利用重定向和过滤技术，在具体处理模块运行之前，都有参数选择模块。这样便于处理时的时间安排，即可以在选择处理方案为多个的情况下，可以选好一个处理一个，也可全部选定之后一块处理（这里亦包括模型的选择为多个的情形，即选择一个处理一个或多个模型选定后一同处理）。不同层次采取总菜单、子菜单方式。

处理完毕，可先在计算机屏幕（或打印机）上输出，作出初步判断，构造反馈信息，继续下一轮参数选择、处理计算，最后成图（成像），系统程序结构框图如图1。

4. 实例

我们收集了鲁西部地区的重磁、地震以及前人地质工作成果，研究区的位置及前人研究的构造分布如图2所示。

处理的主要地球物理信息是重力和航磁异常，处理的目的是了解该区（属华北盆地边缘区的次级凹陷凸起区）的深层构造特征（范围即为上文所限定），下面把处理的过程及有关结果简述如下。

4.1. 预处理

首先将重力布格异常平面等值线图 and 航磁 ΔT 平面等值线图（1/20 万）离散、网格化成点、线距为 2km 的规则网格数据，同时，航磁作化极处理。

4.2. 处理方案选择与反演模型确立

(1) 首先, 我们进行了各种常规处理, 如上延, 求方向导数等, 以便了解本区的一些大概构造特征。

(2) 求平均径向功率谱, 了解到本区在我们所要研究的深度范围内存在有两个物性界面 (密度、磁性), 这一点亦为地震测深剖面结果所证实。

(3) 由上述工作成果所得, 最终选择的处理方案是: 划分深部场和浅部场; 利用对数功率谱法求界面深度, 反演模型为单界面, 即用对数功率谱反演密度、磁性单界面。

4.3. 中间结果的判断、解译

由于反演的多解性, 不同窗口所反演的界面深度不一样, 我们采取的判断方法是: 用不同窗口求得的深度平均值为纵坐标、窗口尺度大小 (如 10d, 20d, 等, d 为点距) 为横坐标, 作图后选择平均深度值出现峰值所对应的窗口即为最合适的窗口。结果表明, 由此方法定出的平均深度值与地震测量所得的异常速度 (高速或低速) 层平均深度值相当吻合。由此可见, 一方面可以由地震测量所得异常速度层平均深度来限定我们反演的结果之选择, 另一方面在没有地震测量结果的地区, 亦不妨直接用上述选最合适窗口的方法来选定。

4.4. 最终结果

最后处理所得的结果用打印机 (或绘图仪) 输出成各种类型的图件 (如平面等值线图, 立体图, 平面剖面图, 剖面图, 立体等高线图), 还可将结果数据输入图像系统成像 (各种伪彩色图像, 立体图像)。我们处理所得到的成果图件 (以打印机输出为例) 可分为三类: (1)常规处理图件 (如上延, 求导, 划分浅部场和深部场等等); (2)界面反演图 (浅层、深层界面等深线平面图, 立体图等); (3)综合地质解释图 (如由界面等深线图推断的深断裂, 界面凹凸分布图, 综合地质地球物理剖面图等)。

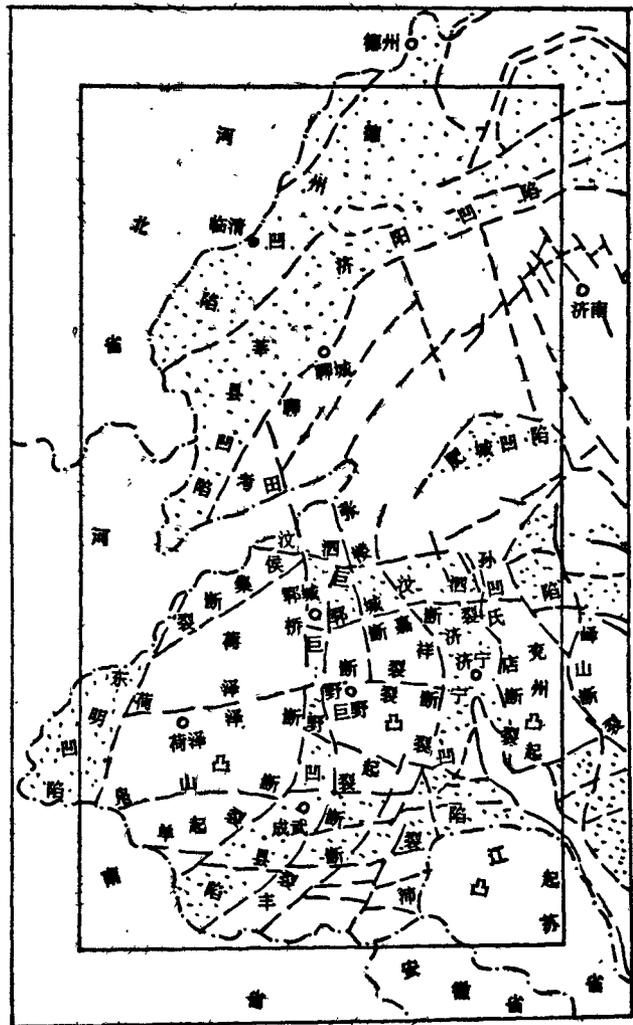


图2 研究区构造位置图
Fig.2 Structure location map
of research area

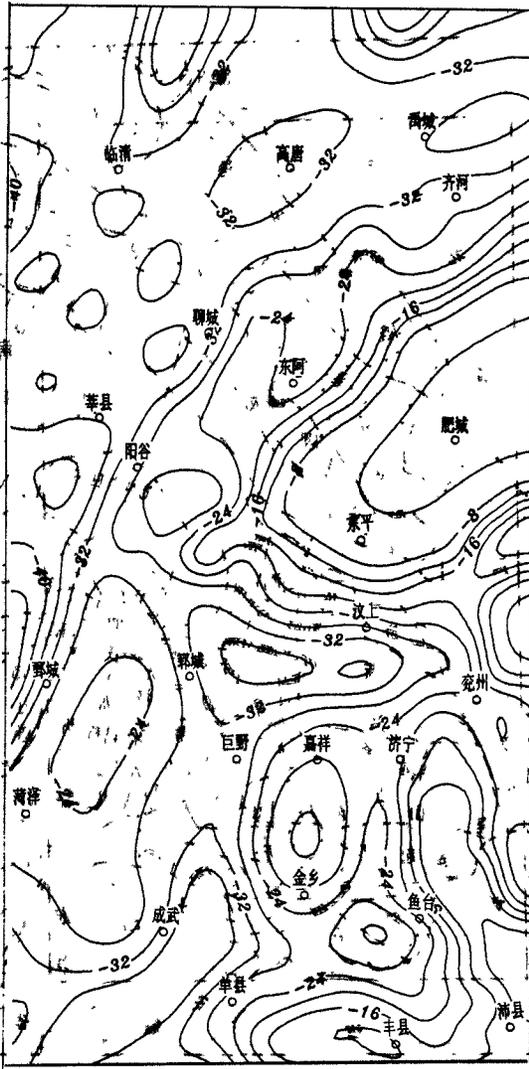


图3 重力深部场平面等值线图

Fig.3 Gravity contour map of deep field

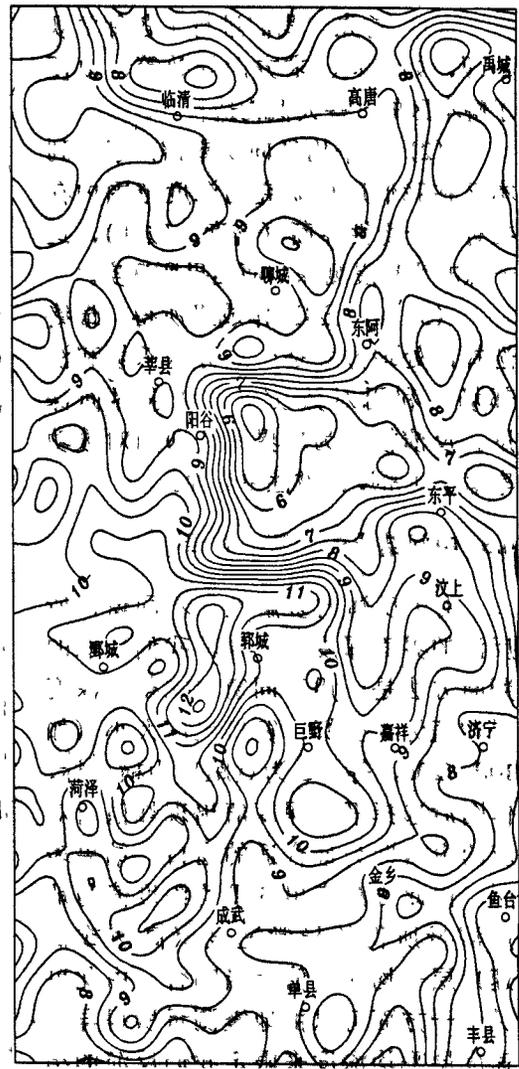


图4 浅层密度界面等深线图

Fig.4 Depth contour map of shallow
density boundary

SCALE 1 cm = 15 km

限于篇幅, 本文仅给出其中的三张图。图3是常规处理中补偿园滑消除浅部场后的深部场; 图4为浅层(相对第二个更深的密度界面而言)密度界面等深线图; 图5是浅层密度界面立体图。

结合图2, 可以看到, 图3反映了本区前第三纪基岩分布格局。如鲁西南北缘的弧形带, 聊考断裂等; 鲁西南地区的东西、南北向构造叠加格局亦反映清晰, 如汶泗凹陷(东西向), 巨野凹陷(南北向, 玉成武后转向南西)等, 图4上的浅层密度界面平均深度为9~

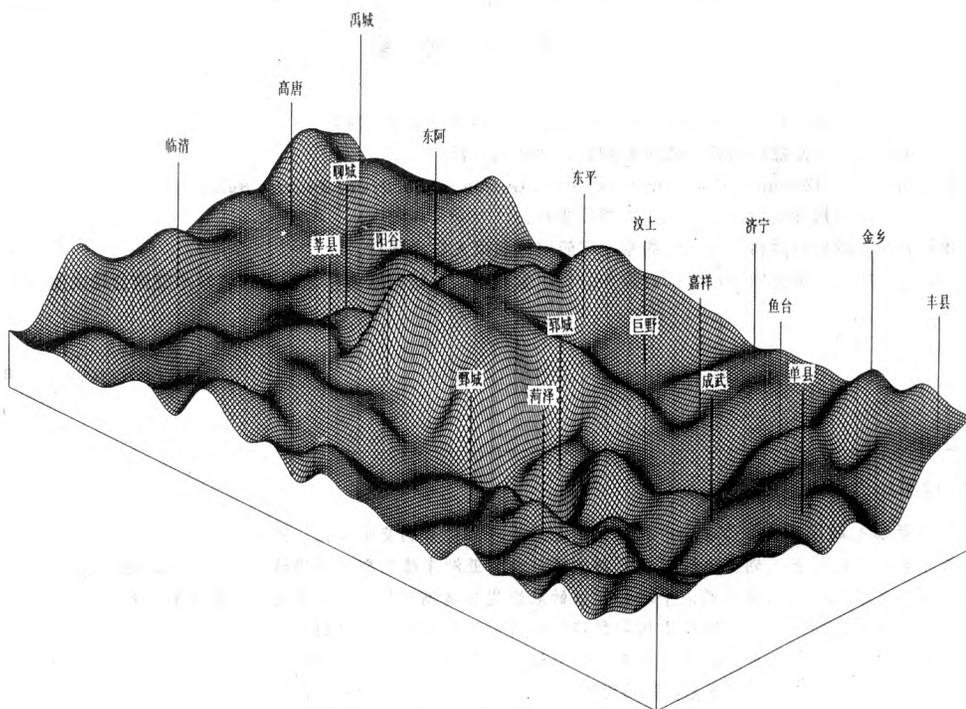


图 5 浅层密度界面立体图

Fig.5 Three-dimensional figure of shallow density boundary

10km, 反映的是太古代结晶基底之附近部位, 与前人的研究结果相吻合[1983, 山东省地质局]。如阳谷凸起 (即阳谷—寿张凸起之西段), 菏泽、嘉祥凸起, 巨野凹陷与浅部的值量有偏移, 偏向西, 这正反映出鲁西南伸展 (由东向西) 构造的特点。在图 5 上更能清楚地见到, 鲁西南地区东西、南北向构造的叠加、复合构成的坳垒式构造格局。

最终解释成果可参考文献[1990, 刘代志]和笔者待发表的文章, 此处不再多述。

5. 结束语

研究各种数据处理系统者很多, 而结合盆地分析, 特别是煤盆地构造研究, 综合处理盆地深层构造地球物理信息, 以研究盆地深层 (壳内) 构造为主要目的的地球物理信息系统的研究在国内尚属首次。本系统的基本结构和框架已经建立, 其中的关键处理模块亦已研制完成, 但离完善还有一段距离。下一步的工作就是完善各处理模块, 系统结构要更加灵活、合理, 进一步可望向智能型系统 (如专家系统) 转化, 以利更多的煤田地质工作者可直接使用。

本文蒙煤炭科学基金资助, 邵震杰教授、王桂梁教授给予了指点和帮助, 韩德馨教授、何锡麟教授给予了指导和鼓励, 在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1983 山东省地质局编, 山东省前晚第三纪基岩地质图说明书, 地质出版社。
- 1988 李恩田主编, 断陷盆地分析与煤聚积规律, 地质出版社。
- 1988 R.V.Ingersoll, Tectonics of sedimentary basins, *Geological Society of America Bulletin*, Vol.100, P.1704-1719.
- 1989 朱志澄, 逆冲推覆构造, 中国地质大学出版社。
- 1989 张福炎等, 微型计算机IBM PC的原理与应用, 南京大学出版社。
- 1990 刘代志, 山东西部壳内物性界面计算与分析, 全国煤炭系统首届青年地学工作者学术交流会论文集 (待出版)。

(本文1992年9月收到)