

残余盆地构造分析与油气地质评价*

袁剑英, 周炎如, 李相博, 张正刚

(西北地质研究所, 甘肃兰州 730020)

摘要: 垂向上层序不完整, 平面上沉积体系和相带不齐全, 盆地以侵蚀或断层为边界以及周缘和邻近地区露头的构造特征都可作为识别残余盆地的标志。残余盆地大多经过多次构造的叠加, 从系统论和信息论的角度可将这一过程抽象为建造过程、构造过程和信息记录过程。要认识和重建某个地质历史时期盆地的原始构造格局和沉积特征, 就必须除去后期叠加的构造层和构造变形, 即反序构造分析法。该方法主要包括构造成像、变形年代确定和变形恢复等几项关键技术。残余盆地油气地质条件复杂, 一般分两个步骤对其进行油气地质评价: 一是运用反演技术恢复原型盆地构造格局、沉积特征以及原生油气地质特征; 二是以原型盆地为出发点, 运用正演技术对其进行理论分析, 将结果与现存实际对照, 修正主观因素的影响。以此为基础, 建立盆地改造过程中空间结构层次、时间发生序次与成烃、成藏事件的时-空耦合关系, 并由此深化对油气形成和聚集规律的认识。

关键词: 残余盆地; 构造分析; 油气地质; 评价

第一作者简介: 袁剑英, 男, 34岁, 高级工程师(博士), 石油地质学

中图分类号: TE121.2

文献标识码: A

1 概念及识别标志

残余盆地是相对于原型盆地的改造提出的。它是指盆地原型在后期构造演化过程中经历了以构造变形、剥蚀为主的改造作用, 导致盆地结构、构造不完整, 原位沉积体系遭受变形、位移和剥蚀, 并以残余拗陷的形式保存于现今盆地中的地质体。由上述概念可知, 残余盆地是改造型盆地的一种。

通过对西北地区典型中、新生界残余盆地构造特征的研究, 认为残余盆地有以下特点可以作为鉴别标志:

(1) 垂向上层序保存不完整, 存在若干个不整合面, 有不同规模的地层剥蚀;

(2) 平面上沉积体系遭受切割、变形和位移, 相带保存不完整;

(3) 盆地发育改造型的边界, 如地层剥蚀边界、新生断裂边界, 盆内发育新生走滑断裂等;

(4) 盆缘及邻近范围内有与盆地相关的露头分布, 这也是判别残余盆地最直接、最简单的标志之一。

2 构造分析

残余盆地在构造特征和构造演化方面与继承型盆地具有较大的差异, 主要受控于成盆和盆地后期构造演化过程中的地球动力学背景。在我国东部地区, 中、新生代成盆动力学环境表现出较强的连续性, 因此盆地构造演化具有较强的继承型, 今盆地与原型盆地在构造格局上基本接近。而西部地区受邻区板块构造活动的强烈影响, 成盆动力学体制表现出较强的间断性, 盆地在后期构造演化中经历了不同期次、不同体制的多次改造, 盆地原型和现今盆地表现出很大的差异。因此, 用继承型盆地的构造分析和油气评价的思路指导改造型盆地的油气勘探显然具有很大的局限性, 必须探索一套适合西部复杂盆地构造特征的构造分析和油气评价的思路和方法。

2.1 基本思路

从系统论和信息论的角度对地质演化进行逻辑分析, 可将地质演化抽象为三个过程, 即建造过程、构造(改造)过程和信息记录过程, 三者通过构造运动联系起来, 形成完整的逻辑序列(图1)。各种改造作用通过特殊的建造、变形、变质作用记录在构造层中。因此, 盆地和造山带的建造学、构造地质学和年代学的研究是改造型盆地构造分析的关键。

* 中国石油天然气集团公司“九·五”油气勘探科技工程项目(编号: 970207-22)的部分研究成果。参加该专题研究工作的还有程玉红、廖天纯、关银录。

收稿日期: 1999-09-09

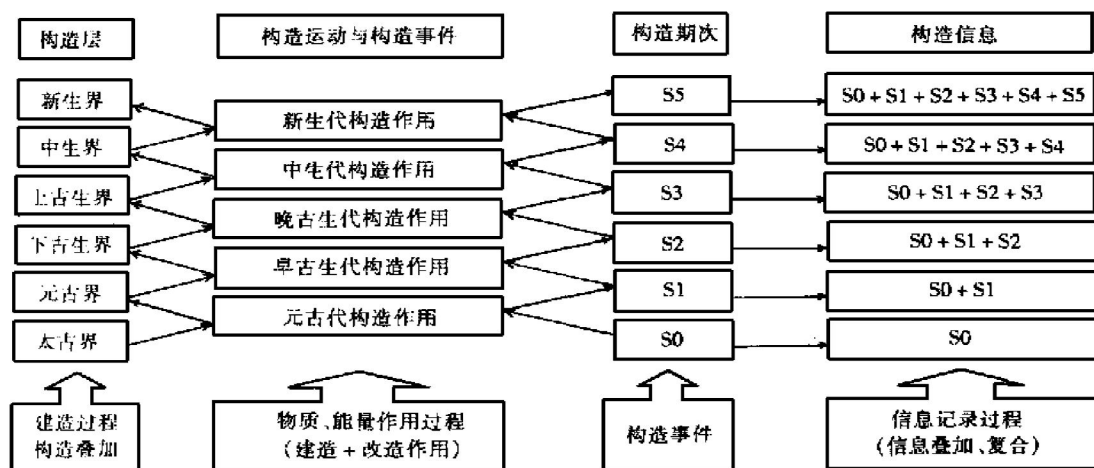


图 1 构造演化过程的建造作用、改造作用、信息复合作用的逻辑关系

Fig. 1 Logic relationship of construction, reconstruction and information superimposition in tectonic evolution

2.2 反序构造分析法

通过对地质演化过程物质、能量相互作用的一般原理和逻辑关系的分析, 获得一个深刻的认识, 即构造演化是地球物质、能量相互作用信息叠加和累积的综合过程。

由于构造演化具有多阶段性和多旋回性, 因此, 盆地改造作用的信息记录具有叠加和累积效应。表现在越老的构造层经历的构造运动期次和叠加的构造变形样式也越多, 信息复合程度和构造格局也越复杂。因此, 要认识和重建某个地质历史时期的原始构造格局和沉积特征, 就必须除去该构造阶段以后叠加于盆地内的构造变形和改造作用。

从上述分析导出了残余盆地构造分析的基本方法, 即反序构造分析法。它由去变形和去构造两个彼此衔接的过程组成。通过逐层“去变形-去构造层-……去变形-去构造层-……”的连续恢复, 达到重建某个地质历史时期古构造格局和重建岩相古地理的目的(图 2)。这种思想基本体现了板内构造分析的活动论和历史观。

2.3 关键技术、方法

残余盆地构造分析的两个关键环节是去变形和去构造层。去构造层是构造分析中较易实现的一步, 只要以成因等时面为标志, 按构造层的地质年代序次逐层剥离即可。去变形是与去构造层同步进行的另一个步骤, 它是在查明构造层的变形样式和变形机制的前提下, 利用平衡剖面的技术和思想对构造层的变形和位移进行复原。如果盆地在后期构造演化中经历了多期次、多样式的变形和改造, 往往会在同一构造层中叠加了多期次、多样式错综复杂的变形, 因此正确识别变形样式、确定变形序次、阐明变形机制、定量恢复变形是残余盆地构造分析的几个关键技术环节。变形识别取决于构造成像技术, 变形序次的确定依赖于变形年代学研究, 变形恢复取决于变形体制的深入认识和变形几何学的准确测量。因此, 构造成像技术、构造测年技术和构造模拟分析技术是残余盆地构造分析的关键技术系列。

2.3.1 构造成像技术

变形识别是构造分析的基础。构造成像技术则是变形识别的关键。从现有构造成像技术来看, 有三种基本的成像技术系列。

2.3.1.1 平面成像

它是从平面上反映构造面貌的成像技术系列。常用的平面构造成像技术有地表遥感图像处理技术; 地表区域地质测量技术和区域重磁电成像技术。从应用结果来看, 地表遥感构造成像在西部残余盆地构造分析中具有良好的应用效果和广阔的应用前景, 在平面成像方面具有优势, 其特点是分辨率和成像精度高, 成像尺度灵活, 可提供不同比

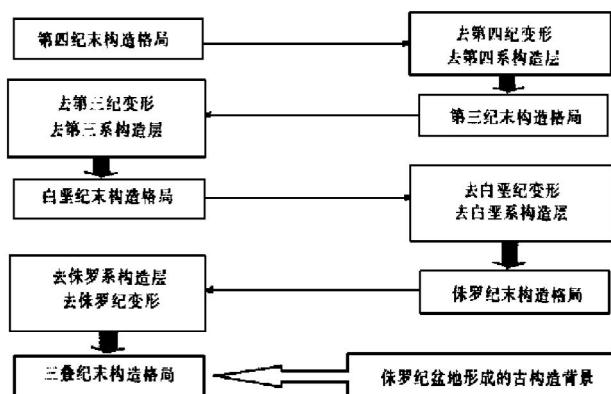


图 2 反序构造分析法流程图

Fig. 2 Flow chart of antitone structural analysis

例尺的高精度、高分辨率图。可根据需要进行不同波段假彩色和比值影像的合成;可加载高程数据形成立体表面三维图像;也可加载区域重磁电勘探数据形成遥感与重磁电叠合图像,用于研究表层构造与深层构造的关系,进行构造格局的综合判别,为残余盆地构造解析提供各种重要的信息。特别适合于西部大型改造中、新生代盆地的构造研究。

2.3.1.2 剖面成像

从二维视角揭示某一方向构造格架的成像技术系列。有地质观测和地球物理勘探两个系列。地质观测通过特定的地质观测路线开展系统的路线地质测量,填绘出地表露头区的构造形态,达到准确认识和恢复地表露头区构造格架的目的。二维地震和二维电法是揭示盆地内构造成像的主要技术方法。两者结合起来对于阐明残余盆地构造变形样式和变形机制具有重要的意义。

2.3.1.3 立体成像

从三维视角揭示构造变形样式的技术系列。可区分为表面三维成像技术和透视三维成像技术。表面三维成像技术是在平面成像中加载地表高程数据,使之形成表面三维图像,如三维遥感构造成像技术。透视三维成像技术是利用三维数据体建立的真三维立体透视图像,如三维地震构造成像技术和高精度重磁电成像技术。

2.3.2 变形年代

构造变形是构造运动的物质记录。地质演化中构造运动的发生是有序的,因此构造变形应有期次之分。即现今看到的某一构造层的变形可能叠加了多期构造变形,是多期变形复合的结果。通过反序构造分析法,可以将不同期次形成的复合变形逐期分离,获得每个地质时期的变形样式。将每个地质演化阶段的构造变形样式按照形成的先后序次排列起来,便形成了变形序次。

变形序次的建立取决于构造阶段的正确划分。构造演化是由一系列连续的平衡过程和一些突发的灾变过程组成,前者具有稳定性和持续性,后者具有突发性和灾难性。构造运动往往是导致灾变过程的内在动力,它使连续演化的物质-能量平衡遭到剧烈破坏和调整,形成了一系列不同类型的不整合面和构造间断。因此,不整合面和构造间断是认识构造运动和划分构造阶段的关键。

通过不整合面和构造间断的识别,可以深入认识构造运动的动力学背景和运动学特征,从而为变

形机制的认识和变形序次的建立奠定基础。

2.3.3 变形恢复技术

变形恢复是残余盆地构造分析中最大的技术难点,主要原因是变形识别以及变形机制的研究尚比较薄弱。此外,构造变形的多样性和复杂性也使简单的变形恢复技术难以奏效。如目前广泛使用的二维平衡剖面技术只能对简单的伸展构造变形和挤压收缩变形作出有限的恢复。而自然界广泛存在着其它复杂的构造变形样式,如扭动构造变形、旋卷构造变形等,这些变形实际上是一种复合构造变形,任何一个方向的构造切面反映的构造形态都是一种视构造效应,不能代表构造的真实形态和形成机制,因此,必须形成新的构造恢复理论和相应的技术方法。

广义的构造恢复,除了对构造变形进行几何学和运动学的恢复之外,还应对原始构造格局、岩相古地理进行恢复,重建古构造格局和构造岩相的分布。这是目前古构造恢复研究面临的最复杂和最艰巨的任务之一。目前的岩相古地理研究基本上还沿用着“活动论”的思路和“固定论”的操作,即用活动论的思想分析构造演化过程,但在成果图件的表达中,依然套用今构造格局和今地理底图去表达古构造格局和古地理面貌,有些甚至用残余盆地构造格局表达完整的原型盆地构造面貌,实际上是对古构造和今构造参照系的混淆。因此,板内构造变形阶段岩相古地理重建及原型盆地恢复还需要在理论上和技术方法上进行艰苦的探索。

3 油气地质评价

残余盆地油气勘探面临的最大困惑是控盆控油要素。在继承性盆地油气勘探的实践中,人们摸索出了“定凹选带”的勘探经验,这里的“凹”是生油凹陷,“带”是有利的储集相带。但在改造型盆地中,尤其是经历过较强烈的改造和破坏的残余盆地,其今构造格局与原位沉积格局和沉积体系之间已不存在确定的对应关系。即现今的凹陷不一定是原始生油凹陷,现今盆缘区的构造相带也不一定是原始的储集相带,今构造与油气聚集也未必具有确定关系。因而使残余盆地油气勘探十分复杂和艰苦,构造勘探屡屡失利。要揭开残余盆地“控盆控油”的奥秘,必须解剖残余盆地的油气系统特征和油气富集规律。

残余盆地油气系统的一个普遍特征是系统具

有不完整性和成烃、成藏具有间断性。这使残余盆地油气系统更复杂、更多样。

对改造型盆地而言, 决定其油气资源潜力和勘探前景的主要因素是盆地内残余油气资源量的规模。而残余油气资源量的品质和规模主要取决于成盆-成烃-成藏机制, 而与原型盆地的规模、生油岩类型、质量、数量没有必然的正比关系。因此, 改造型盆地油气资源评价不能只注重成烃物质条件和能量条件的评价, 还必须对控制成烃-成藏过程中复杂的时-空因素进行综合评价, 建立盆地改造过程中的空间结构层次和时间发生序次与成烃、成藏事件的时-空耦合关系, 由此深化油气形成和聚集规律的认识。

针对残余盆地复杂的油气地质特征, 我们提出了残余盆地构造分析的地质反演和原型盆地构造演化的地质正演相结合的综合评价思路, 由两个基本步骤组成(图 3)。

第一步为地质反演过程, 从现今残余盆地出发, 利用各种构造分析技术, 对残余盆地进行构造复位和古地理重建。在恢复原型盆地古构造格局和沉积特征的基础上研究原型盆地油气系统的特征。重点研究原型盆地性质、规模和资源物质条件等各种原生油气地质特征。

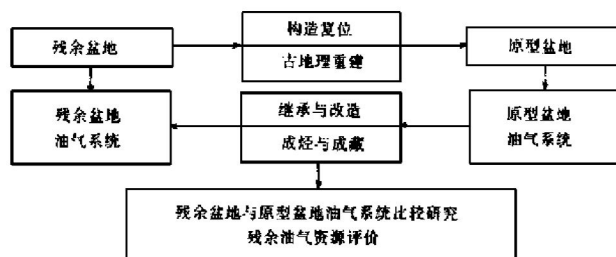


图 3 残余盆地油气地质评价的流程

Fig. 3 Flow chart of oil and gas assessment in relict basins

第二步为地质正演过程, 以原型盆地为出发点, 利用区域地质研究形成的构造演化规律作为约束条件, 分析原型盆地在后期演化过程中经历的成盆与改造、成烃与成藏。将这种理论分析结果与现今残余盆地的实际情况进行对比, 校正古地理重建和构造分析过程中的主观因素。

在上述地质正演、反演分析的基础上, 开展原型盆地和残余盆地油气地质条件的对比研究, 内容包括油气系统的各种要素, 以及成烃、成藏特征等。通过系统的对比研究, 便可深化残余盆地油气系统的认识, 对残余盆地油气资源潜力和勘探前景作出客观、科学的评价, 为优选勘探目标和提高勘探成功率提供有力的保障。

STRUCTURAL ANALYSIS AND PETROLEUM GEOLOGY ASSESSMENT OF RELICT BASINS

Yuan Jianying Zhou Yanru Li Xiangbo Zhang Zhengang
(Northwest Institute of Geology, CNPC, Lanzhou Gansu)

Abstract: The structural characteristics such as vertically stratigraphical sequence hiatus, planar sedimentary system and facies incompleteness, delimitation of a basin by erosion or fault, and the structural feature of outcrop in peripheral and near arears could be taken as marks in recognizing relict basins. Most the relict basins underwent multi-tectonic superposition. According to the theory of system and information, the multi-tectonic superposition could be abstracted as the processes of construction, structure and the information record. Then use antitone structural analysis method to recognize and reconstruct the primary tectonic structure and sedimentary feature of a basin in certain geological history. The method includes mainly several key technologies such as tectonic imaging, the determination of deformation age and deformation reversion. Usually one should adopt two steps to assess the petroleum geological conditions in relict basins: (1) use inversion technology to reconstruct the structural framework of the prototype basin, the deposition feature and the primary oil and gas geological feature of the prototype basin; (2) use forward solution to theoretically analyze the prototype basin, then compare the analysis results with actual basin, and correct the effect of subjective factors. On this basis, the space structural hierarchy, the time order and time-space coupling relationship of hydrocarbon generation, pool-forming events could be found, and then oil and gas generation and accumulation regularity could be further understood.

Key words: relict basin; structural analysis; oil-gas geology; assessment