

# 合肥盆地原型恢复与油气评价 的研究方法思考

陈刚<sup>1,2</sup>, 李丕龙<sup>2</sup>, 李学田<sup>2</sup>, 阎汉杰<sup>2</sup>, 刘爱永<sup>1</sup>, 谭明友<sup>2</sup>, 贾红义<sup>2</sup>,

(1. 西北大学地质系, 陕西西安 710069; 2. 中国石化胜利油田有限公司物探研究院, 山东东营 257022)

**摘要:** 依据合肥盆地研究目前存在的 key 问题及其相关学科领域的前沿研究趋向, 该文综合分析探讨了合肥盆地原型恢复与油气评价的基本原则、研究思路及其相应的多学科一体化研究方法, 强调合肥盆地研究必须坚持“整体、动态、综合”的基本原则, 采用盆地今-古构造分析与造山带演化相结合、原始盆地恢复与油气成藏动态预测相结合、地质与地球物理相结合的多学科一体化综合研究方法, 全面揭示合肥盆地的原始地质构造面貌、形成演化及其多旋回复杂改造特点以及合肥盆地不同演化阶段油气成藏要素的形成-改造-赋存环境及其与油气成藏作用的时空配置关系, 客观预测合肥盆地有利的油气成藏-保存单元和有利的勘探区带目标。

**关键词:** 原型恢复; 油气评价; 研究方法; 合肥盆地

**中图分类号:** TE132. 1

**文献标识码:** A

合肥盆地位于华北地块、秦岭一大别造山带与郯庐断裂带所夹持的三角地带, 构造隶属于秦岭一大别造山带北缘与华北稳定地块之间的过渡带, 是一个典型的多旋回复杂改造型中生代内陆河湖相沉积盆地<sup>[1]</sup>。复杂改造型盆地原型恢复与油气评价是当今国内外在盆地动力学和油气勘探领域共同面临、亟待解决的热点和难点问题<sup>[2-4]</sup>。合肥盆地已有 40 多年的勘探历史<sup>[5,6]</sup>, 烃源岩有机地化指标及相邻盆地油气勘探实践初步表明, 盆地中新生界湖相泥岩、上古生界滨海相煤系泥岩和下古生界陆缘海相碳酸盐岩均具有一定的油气资源前景, 但油气目标勘探一直未能取得突破。重要原因之一就是受资料、认识水平和勘探程度所限, 以往多限于各学科分体式静态研究和宏观理性认识, 整体、动态、综合的系统研究不足, 对盆地的原始面貌、后期改造与油气成藏关系的综合研究相对薄弱, 影响和制约了合肥盆地的油气勘探进程。近年来, 合肥盆地相邻的秦岭一大别造山带和郯庐断裂带研究取得了重大进展, 尤其是胜利油田加大了对该盆地的勘探力度<sup>[5]</sup>, 1999 年以来系统完成了覆盖全盆地的高精度重磁和化探、8km × 8km 地震测网、8 条电法大剖面和 1 口参数井<sup>[6]</sup>。因此, 合肥盆地原始面貌恢复与油气评价不仅必要而且可能, 相关研究的进展必将

有助于推进合肥盆地乃至类似的复杂改造型盆地的油气勘探, 具有重要的科学理论意义和生产实用价值。

## 1 复杂改造型盆地研究的基本原则

复杂改造型盆地是指原始盆地经过成盆期后内外地质动力作用的改造, 使其原始面貌发生了重大改变的盆地, 又称之为残留盆地或残余盆地<sup>[7,8]</sup>。这种类型盆地的共性特点普遍表现为: 多旋回沉积、多期次改造、原盆地面貌明显改观, 多套烃源岩层系、多期生烃作用、多期运聚成藏、多期构造改造, 后期改造强烈、成藏条件复杂、勘探难度大、资源探明程度低。这些特点决定了复杂改造型含油气盆地研究的核心问题主要集中在: a) 恢复盆地的原始地质构造面貌; b) 再现盆地构造热演化与改造的动力学过程; c) 揭示盆地油气成藏的特点、资源前景及其分布规律。因此, 从复杂改造型盆地的特点、核心问题与合肥盆地的勘探现状共同考虑, 我们认为合肥盆地的原始面貌恢复与油气评价工作应该遵循以下 3 项基本原则。

### 1.1 整体原则

盆地和造山带是大陆动力学研究的基础和基本

构造单元,它们分别记录着自身或对方形成演化的诸多信息。把盆、山结合起来开展研究就成为当今大陆动力学研究的重要途径。一方面,目前关于盆地和造山带研究的总体趋势,正从孤立的分体式研究趋向将二者视为具有成因联系的统一体,相互取材印证,系统探索盆地形成演化的动力学过程与(大洋俯冲、弧陆碰撞、陆陆碰撞或陆内俯冲)造山及后造山作用的关系(或称“盆山耦合关系”),为盆地和造山带研究提供彼此形成演化的新的约束条件。另一方面,沉积盆地是油气生成运移-聚集成藏的基本地质单位,只有从整体出发才能全面揭示含油气盆地的油气赋存状况和分布规律。因此,必须从盆-山结合角度,将合肥盆地与秦岭一大别造山带视为相互关联的“整体”,才能客观揭示这一复杂改造型盆地的原始地质构造面貌、地质构造演化特征和油气勘探前景。这就是所谓复杂改造型盆地研究的“整体”原则。

### 1.2 动态原则

含油气盆地从静态上看,仅是一个空间概念,即含有可供开采之油气的沉积盆地。过去以静态观为指导的盆地油气勘探只能从其现今的空间油气赋存状况或分布上去寻找规律,而对那些未发现油气显示或仅发现个别油气藏的情况几乎无规律可循。但从动态上理解,它则是地壳或岩石圈局部下沉,沉积物在其中不断充填过程中发生过油气形成作用和过程,并聚集和保存为可供开采之油气藏的沉积盆地。尤其是对于多旋回复杂改造型含油气盆地的油气勘探,更需要从盆地的动态演化来研究油气生成运移、聚集成藏乃至改造与保存的各种作用过程,将油气的动态成藏与盆地的动态演化密切结合起来,预测油气成藏的时空演化与现今赋存状况,这样才能使油气在现今盆地中的分布成为有规律可循并进行科学的预测。此即复杂改造型盆地研究的“动态”原则。

### 1.3 综合原则

综合原则强调两方面的综合,一是研究方法技术的多学科一体化综合,二是静态要素与动态作用时空配置关系研究的综合。前者是技术保证,后者是研究原则。油气藏的形成是盆地各种地质因素与作用综合作用的结果,即包含各种成藏要素(烃源岩、储集岩、盖层及圈闭等)和多种成藏作用(构造热演化与烃源岩成烃作用、烃类流体运移与聚集作用、储层成岩作用、圈闭形成作用、油气聚集成藏与后期保存作用等)以及这些要素和作用向着油气成藏方向相互消长、相互匹配的关系。因此,含油气盆地研

究的综合原则强调油气藏的形成是盆地各种地质因素与作用综合作用的结果,必须以多学科一体化的综合研究方法为技术支撑,综合研究静态要素和动态作用向油气成藏方向发展过程中的时空配置关系;孤立地强调某一种或某几种因素的作用都不足以揭示油气成藏与分布的内在地质规律。

## 2 合肥盆地多学科一体化的研究思路

根据上述复杂改造型含油气盆地研究的3项基本原则,以及合肥盆地多旋回复杂改造的地质实际与目前面临的油气勘探问题,提出合肥盆地原始面貌恢复与油气评价的总体目标:以含油气盆地研究的“整体、动态、综合”原则为指导,利用重、磁、电、化、震联合反演-综合解释软件技术平台,探索构建地质与地球物理多学科一体化的复杂改造型盆地原型恢复与油气评价体系,综合研究合肥盆地的原始面貌和构造演化特征以及合肥盆地油气成藏的地质要素和作用及其时空配置关系,进而预测合肥盆地的油气勘探前景和有利勘探目标。

合肥盆地原始面貌恢复与油气评价总体目标的实现,要求我们必须坚持正、反演相结合的多学科一体化研究思路(图1)。首先是地质反演,以盆地现今残存的构造格局和岩相建造组合为研究对象,进行原始盆地的古地质构造面貌恢复,在此基础上研究原盆地油气系统的基本特征;第二步为地质正演,以原始盆地为研究对象,分析原盆地在后期演化过程中经历的改造作用,研究盆地继承与改造、破坏与保存的基本状况,并进行古、今盆地构造条件和油气成藏地质条件的分析对比;最后,综合分析复杂改造型残留盆地油气成藏的基本地质要素和作用及其时空配置关系,预测有利的油气成藏-保存单元及其有利勘探区带和圈闭目标。

## 3 合肥盆地多学科一体化的研究方法

依据上述合肥盆地研究的“整体、动态、综合”原则和多学科一体化研究思路,以盆地与造山带大陆动力学研究新理论、新方法为指导,采用野外勘察与室内研究相结合、理论与生产实际相结合、盆地分析与造山带演化相结合、原始盆地恢复与油气成藏动态预测相结合、地质与地球物理技术相结合的多学科一体化研究方法,实施合肥盆地原始面貌恢复与油气评价的总体目标。

### 3.1 典型区带野外勘查与地质构造解析

在近年来合肥盆地和秦岭一大别造山带及郯庐

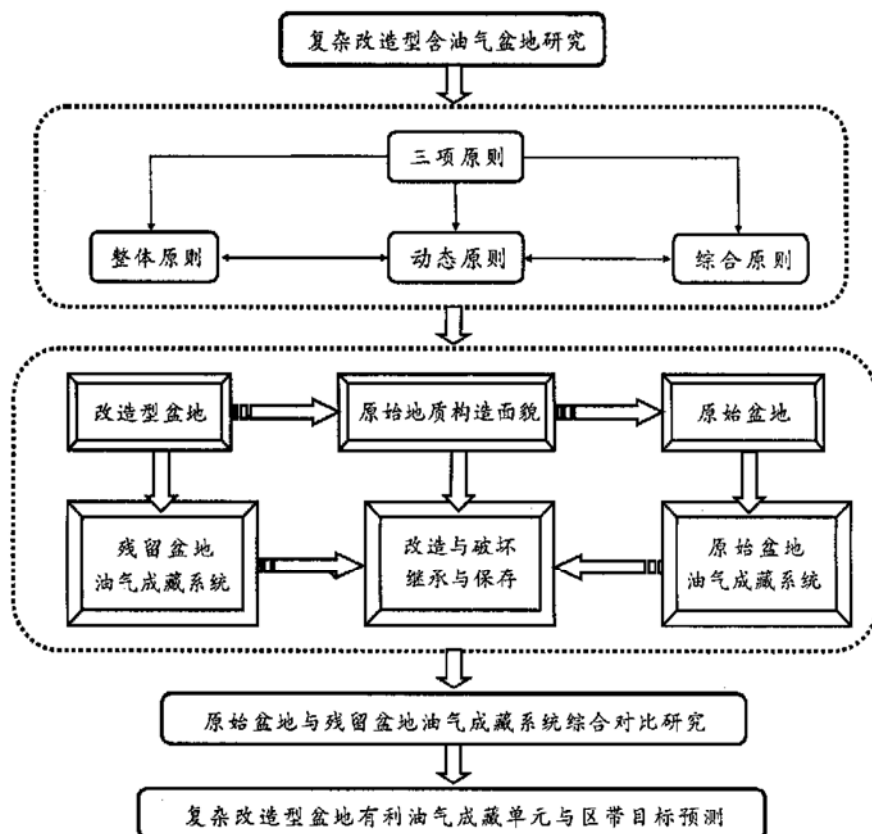


图1 合肥盆地原型恢复与油气评价方法思路流程框图

Fig. 1 Flow chart of the prototype restoration and hydrocarbon evaluation method for the Hefei Basin

断裂带最新研究成果的基础上,针对某些关键问题选择典型区带进行野外地质勘查以及现场钻井岩心观察,采集构造、岩石地化及热演化等方面的样品进行测试分析,为边界断裂带和盆地构造-热演化等的综合研究提供重要的野外地质基础和信

### 3.2 盆地现今构造特征分析

通过盆地重磁电震资料的联合反演与综合解释,编制盆地基岩地质构造图、断裂体系图和不同地震反射界面(T<sub>J1</sub>、T<sub>J2</sub>、T<sub>J3</sub>、T<sub>K1</sub>、T<sub>K2</sub>、T<sub>E</sub>、T<sub>N+Q</sub>)的构造图,全面揭示和描述合肥盆地现今的地质构造面貌,为盆地构造筛分、古构造分析和构造演化史研究奠定基础。

### 3.3 盆地古构造面貌恢复与构造演化史分析

在重、磁、电、震资料综合解释和今构造制图分析的基础上,进一步编制盆地不同发育阶段的地层厚度图和古构造图,选择2~3条纵贯盆地南北的主干剖面,制作平衡剖面 and 地质-地球物理综合剖面图,并结合盆地岩石建造特征的分析,综合研究合肥盆地不同时期的原始地质构造面貌、构造作用及其叠加改造关系。

### 3.4 盆山耦合关系与成盆动力学机制研究

在上述盆地古、今构造研究的基础上,进一步结合盆地形成演化的构造岩石地球化学约束和证据,

综合探讨不同时期原始盆地的成因类型、成盆动力学机制、形成演化及其与郯庐断裂带、大别造山带的动力学耦合关系。

### 3.5 盆地古地温场恢复与热演化史分析

以构造演化为主线,运用镜质体反射率(R<sub>o</sub>)、磷灰石裂变径迹(AFT)、包裹体测温和沉降埋藏史分析等多参数指标,综合恢复合肥盆地不同时期的古地温场,研究盆地的古地温演化特征及其构造-热演化的阶段模式,分析确定烃源岩的热演化程度及其主要生烃阶段。

### 3.6 盆地油气成藏条件分析与有利勘探区带目标预测

通过对盆地古、今构造特征及其继承与改造、保存与破坏关系的研究,综合分析对比合肥盆地不同演化阶段油气地质要素的形成-改造-赋存环境及其与油气成藏作用的时空配置关系,按照从源岩到圈闭的思路,以构造-热演化为主线,综合预测合肥盆地有利的油气成藏-保存单元和有利的勘探区带目标。

## 4 结束语

综上所述,合肥盆地的构造演化研究和油气勘

探应注重“3个坚持、3个重点”:坚持 a) 多旋回复杂改造型盆地研究的“整体、动态、综合”原则、b) 多学科一体化的综合研究方法和 c) 从源岩到圈闭的盆地综合评价思路;重点攻关 a) 盆地烃源岩形成环境-赋存状态-生烃潜能、b) 盆地热演化史恢复-解析烃源岩热演化阶段-确定最大古地温时期及其相应的烃源岩主生烃阶段和 c) 古构造恢复-解析圈闭序列-确定有效圈闭目标。

复杂改造型合肥盆地原始面貌恢复与油气评价的突破或进展,不仅有可能为秦岭-大别造山带的研究提供来自盆地的定时、定量信息,而且必然能够为合肥盆地乃至类似复杂改造型盆地的原型恢复与油气评价提供重要的基础和信。这在大陆造山带研究和含油气盆地研究中应该讲都具有十分重要的理论和实际意义。

#### 参考文献:

- [1] 周进高,赵宗举,邓红婴. 合肥盆地构造演化及含油气性分析[J]. 地质学报, 1999, 13(1): 15- 24.
- [2] Dickinson W R. The Dynamics of Sedimentary Basins[M]. USGC, National Academy Press, 1997.
- [3] 李思田. 盆地动力学与能源资源[J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 1- 9.
- [4] 刘池洋,杨兴科. 改造盆地研究和油气评价的思路[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1): 12- 14.
- [5] 李丕龙,李学田,娄剑青,等. 合肥盆地油气勘探现状及对策[J]. 石油实验地质, 2002, 24(3): 195- 199.
- [6] 贾红义,刘国宏,张云银,等. 合肥盆地构造特征及勘探前景[A]. 李丕龙. 压扭性盆地勘探理论及方法文集[C]. 北京:石油工业出版社, 2000. 152- 155.
- [7] 刘光鼎. 试论残留盆地[J]. 勘探家, 1997, 2(3), 1- 4.
- [8] 张抗. 盆地的改造及其油气地质意义[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1): 18- 41.

## RESEARCH METHOD ABOUT THE PROTOTYPE RESTORATION AND HYDROCARBON EVALUATION OF THE HEFEI BASIN

CHEN Gang<sup>1,2</sup>, LI Pirlong<sup>2</sup>, LI Xuertian<sup>2</sup>,

YAN Hanjie<sup>2</sup>, LIU Aiyong<sup>1</sup>, TAN Mingyou<sup>2</sup>, JIA Hongyi<sup>2</sup>

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China;

2. Geophysical Research Institute, Shengli Oilfield, Dongying, Shandong 257022, China)

**Abstract:** Based on the critical problems presently existing during the study of the Hefei Basin and the late research trend of related subject domains, the basic principles, the research train of thought and the corresponding multiple-subjects-combined research method for the prototype restoration and hydrocarbon evaluation of the basin were comprehensively analysed and discussed. It was emphasized that the study of the Hefei Basin must insist on the basic principles of overall, dynamic and comprehensive analyses. The multiple-subjects-combined comprehensive research method, which combining the former and modern structural analysis of the basin with the evolution of orogenic belts, the restoration of original basins with the dynamic prediction of hydrocarbon accumulation and geology with geophysics, was used to completely reveal the original geologic structure of the Hefei Basin and the characteristics of its formation, evolution and multicycle complex reconstruction, the formation reconstruction-occurrence environments of hydrocarbon accumulation factors in the different evolutionary stages of the basin, and their space-time matching relation to hydrocarbon accumulation. Besides, the advantageous hydrocarbon accumulation-preservation units and the favorable exploration targets of the Hefei Basin were predicted objectively.

**Key words:** prototype restoration; hydrocarbon evaluation; research method; the Hefei Basin