

文章编号: 0253- 9985(2004) 01- 0001- 08

油气保存单元的概念与评价原理

何登发¹, 马永生², 杨明虎³

(1. 中国石油石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石化南方勘探开发公司, 云南昆明 652000;

3. 中国石油长庆油田分公司第一采油厂, 陕西延安 716000)

摘要:“油气保存单元”是一个盆地内部三度空间上封闭流体的含油气地质单元。根据其空间结构特点与随时间的演变特征可以将油气保存单元划分为继承型、改造型与重建型等 3 种基本类型。通过对封盖层和断层的封闭性能与封闭时间的匹配分析, 以及对岩浆活动、地震活动与水文地质作用等关键事件的研究, 可以划分油气保存单元。结合盆地与含油气系统的研究成果, 可以深入剖析油气保存单元内部的成藏要素与成藏作用, 从而对其进行综合评价。以楚雄盆地为例, 通过对 7 个油气保存单元的分析与评价, 优选出东山、中和-大姚与永仁等 3 个有利的油气保存单元。

关键词: 封盖层; 断层封闭性; 油气保存单元; 综合评价

中图分类号: TE112.5 文献标识码: A

Concept and appraisal principles of hydrocarbon preservation unit

He Dengfa¹ Ma Yongsheng² Yang Minghu³

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing; 2. Southern Exploration and Development Company, SINOPEC, Kunming, Yunnan; 3. Changqing Petroleum Exploration and Development Company, PetroChina, Yan'an, Shaanxi)

Abstract: A thorough understanding of seals is needed for petroleum exploration in marine carbonate strata in Tarim basin, Ordos basin and southern China. A concept of “petroleum preservation unit” is presented. It is a petroliferous geological unit with fluids being sealed in 3D space within a sedimentary basin. According to their spatial structures and evolution in geologic history, hydrocarbon preservation units can be classified into three basic types, succession, modification and reconstruction types. Hydrocarbon preservation unit can be delineated based on analysis of cap rocks, sealing capacity and sealing time of faults, as well as some key events, such as volcanic activities, earthquake and hydrogeological process. In combination with the study of basin and petroleum system, pool-forming elements and processes can further be analysed, and comprehensive evaluation of hydrocarbon preservation units can then be made. In the case of Chuxiong basin, seven hydrocarbon preservation units have been analyzed and evaluated, and Dongshan, Zhonghe-Dayao and Yongren have finally been selected to be the three favorable hydrocarbon preservation units.

Key words: seal; fault's sealing capacity; hydrocarbon preservation unit; comprehensive appraisal

盆地(Basin)、含油气系统(Petroleum system)、油气成藏组合(Play)与圈闭(Prospect)是 4 个不同级别的含油气地质单元,也是 4 个不同级次的保存油气的单元。盆地研究注重于盆地的构造格架、沉积充填与基本的油气地质条件;含油气系统分析追循油气“从源岩到圈闭”的轨迹,“源(即生油层)”及其生成产物的“运移”是讨论与评价的核心^[1,2];油气成藏组合则是以“储集体(勘探目的

层)”为核心的概念^[3~6],是勘探规划方案得以实现的基本单元,其勘探意义更强,经济味更浓^[7],无论是勘探规划还是勘探钻井决策都需要进行油气成藏组合评价,储层评价(如规模、埋深、储集能力、流体性质等)是其重点;远景圈闭评价侧重于圈闭的落实程度、形态学、含油气性与经济性评价。

相比之下,封盖层的研究评价工作显得较弱

或重视程度不够。虽然近年来美国石油地质学家协会 (AAPG) 出版了专辑 (《Seals, Traps, and Petroleum System》) 对此问题进行重点讨论^[8], 但还未上升到将其作为实际评价或勘探决策参考的对象。近年来的勘探实践表明, 在塔里木盆地、鄂尔多斯盆地及中国南方海相碳酸盐岩的广大分布区, “封盖层”评价尤其重要, 对封盖层所限定的“油气保存单元”的评价不仅具有实际价值, 也具有较强的理论探讨意义。据此, 本文主要讨论: (1) 油气保存单元的概念; (2) 评价原理及其主要方法; (3) 评价实例。

1 概念

1.1 定义

马力* 将油气保存单元定义为“具备整体封闭保存条件, 含有一个或数个含油气目的层, 一种或数种类型油气圈闭的含油气地质单元”。其含义是: (1) 油气保存单元是一个含油气地质单元; (2) 该含油气地质单元具备一套或多套储层(勘探目的层), 油气圈闭类型可有多种变化; (3) 单元之间存在流体屏障, 单元内部具备整体封闭保存条件。从上述条件来看, 盆地、含油气系统、油气成藏组合与圈闭都是油气保存单元。因此, 这一概念属于广义的范畴。

马力等^[9]给出油气保存单元的另一定义是“具有整体封闭保存条件的含有一个或数个含油气系统的地质单元”。

从勘探与评价的实用角度来看, 决定一个油气保存单元的关键要素有如下几方面^[10]。

(1) 封盖层: 区域性封盖层覆盖了油气运移的路径, 决定了油气运移或渗漏的上边界。封盖层的岩性、厚度、成岩或封闭能力是制约封盖层好坏的重要因素。一个盆地内部若在纵向上发育几套封盖层, 那么, 它们可能将盆地分割为数个含油气区间, 也就是纵向上的油气聚集保存单元。从这个意义上讲, 油气保存单元在垂向上必须为区域性封盖层所界定。

(2) 断层: 断层是造成岩层横向上不连续的主要因素。当断层断距很大时, 无论它是倾向滑移断层还是走向平移断层, 都将造成封盖层的破坏(这与封盖层的厚度相关)。因此, 纵向上为区域

封盖层所限定的油气保存单元在横向上主要与大断层相关, 虽然储集体相变或成岩变化也会形成侧向封堵。这样一来, 大断层就将纵向上的油气保存单元切割成若干单元或“砌块”, 原来可能是完整的油气保存单元, 现在由于侧向上的原因就可能丧失或部分丧失保存条件。由此可见, 油气保存单元是一个三度空间的概念。须将封盖层的评价与断裂封闭性评价相结合, 来判断油气保存单元。

(3) 构造活动往往伴随着差异升降, 如果升降剥蚀强烈, 就可能导致区域封盖层的缺失, 油气保存单元丧失其上部边界; 或者是区域挤压或引张, 形成一系列的小裂隙或小断层, 增加其垂向渗漏能力, 也可能导致垂向封盖能力的丧失^[11]。同样, 断裂活动是构造作用的一种主要形式, 作为主要的破裂带, 当其活动时, 将无疑破坏侧向的遮挡。因此, 断裂或剥蚀任一作用, 都可能造成油气保存单元的破坏, 破坏的程度与它们的活动强度密切相关。这样, 在评价油气保存单元时, 就不仅要要看它何时(以何种方式)形成, 还要看它何时(何地)(以何种方式)发生变化, 变化包含着加强, 更可能是减弱或破坏。因此, 油气保存单元的分析需要一种历史观, 需要动态的分析保存条件的变化及其控制的因素。

(4) 岩浆活动是造成油气保存单元发生变化的一个重要因素: 岩浆底辟可能穿过区域封盖层, 导致油气保存单元的彻底破坏; 也可能呈岩床式侵位于区域封盖层之下, 引起油气保存单元内的局部变化; 也可能在固结后成为侧向遮挡。与此相似的情况是盐岩或泥底辟活动, 它们是造成油气保存单元结构发生变化的重要原因。

(5) 水文地质条件是引起油气保存单元形成与变化的重要条件: 水文地质旋回与每一旋回中的水文地质条件对保存单元的发育起较大的制约作用。水文地质交换深度是影响保存的关键要素。

(6) 除了上述油气保存单元的空间与时间特点及关键制约条件之外, 一个油气保存单元是否成立还须看在它的范围内是否有过油气的生成与运移作用发生, 或者说是否有过油气充注(自身, 亦或外来)的发生。而这一点, 却不是它自身所能

* 马力, 南方海相油气勘探成果及“九五”部署建议。见: 中国石油天然气总公司勘探局, 一九九六年南方海相油气勘探工作会议报告集, 1996. 33~ 56

决定的, 需要其他条件(如生、储、运、聚、圈等条件) 的匹配。因此, 作为“油气”保存单元, 有无油气被保存也就成为评判的重要参考依据。从这一点来讲, 油气保存单元具有“有效性”的特点。

油气保存单元具有空间性、随时间的演变性、外在的条件性及有无油气聚集的有效性等特点, 这 4 项基本性质就成为命名与评价油气保存单元的重要判据(表 1) 。

表 1 油气保存单元的基本特性

Table 1 Essential characteristics of hydrocarbon preservation units

特 性	类 别	主 要 特 征		备 注
空间	上(下)边界	区域封盖层	岩性、厚度稳定; 成岩较强, 具备封堵能力	空间展布范围, 上下区域封盖层关系 静止或活动
	侧向边界	断 裂	对接, 成岩, 胶结封闭	
时间	侧向边界	断 裂	断裂分段性 断裂启闭性变化	弱化或强化
	上(下)边界	区域封盖层	沉降, 翘倾, 隆升, 剥蚀	弱化或强化
	深部活动	岩浆底辟 盐岩底辟 超压系统破坏	突破封盖层, 或成为侧向遮挡; 上涌; 幕式活动	弱化较多 强化次之
条件	水动力	山脉隆升 山脉夷平	水交换强烈 水循环不畅	弱化 强化
	构造改造	隆升 沉降	封盖能力减弱 封盖能力加强	超压可能引起调整
	海退	无沉积 剥蚀	区域封盖层保存 可能部分变化	
有效	内在	油气充注	内部发育含油气系统	有油气生运聚过程
	外在	油气交换	内部有聚集系统	接受外来油气

据此, 可将油气保存单元定义为“盆地内部三度空间上封闭流体的含油气地质单元”。

(1) 油气保存单元处于盆地内部, 盆地的动力学过程将对它产生深远影响。油气保存单元的范围与含油气系统相比, 可大可小。这主要在于, 在油气保存单元之内可能有数个生- 储油系统, 也可能只有储- 聚系统。但它肯定比油气成藏组合的范围大。油气保存单元与油气运聚单元^[12]之间, 涵义也有较大差异, 后者主要强调运移的方向与边界。

(2) 在纵向上, 两个油气保存单元可能因为区域封盖层的叠置关系也呈叠置关系; 在横向上, 两个油气保存单元可以相连, 也可以不相连, 例如二者之间为油气逸散单元所隔。这样, 在空间上, 油气保存单元可能具有: 叠置(相接或不相接, 但平面范围大致重叠); 并列(横向上相接或不相接, 由于其边界形态的不规则性, 并非严格意义上的并列); 侧接(横向上或纵向上不同的油气保存单元部分叠接); 错接(两个不同的油气保存单元并不相连, 但可能具有同一侧向边界) 等组合形式。

(3) 油气保存单元有形成期(区域盖层, 封闭性断层的形成期或二者匹配的关键时刻), 改造期

(受各种内在的与外在的条件的影响, 封闭能力发生变化) 与再形成期等。空间上不相连的两个独立的油气保存单元有可能随时间的演化而发生条件的变更形成一个油气保存单元, 这就是一个复合的大的油气保存单元。同样的, 一个油气保存单元也可能因封堵条件的变化(例如次级断裂的封闭) 而成为两个或多个油气保存单元。

(4) 流体保存单元可能只是水的保存单元, 只具备了前三个特性; 当其具备有效性即含油气时, 才成为真正的油气保存单元。这对勘探来讲是非常重要的。

1.2 类型

从塔里木盆地、鄂尔多斯盆地及南方诸多盆地的勘探实践, 油气保存单元主要有继承型、改造型与重建型 3 种基本类型。

(1) 继承型: 指后期油气保存单元继承了前期油气保存单元的封盖/ 封存条件, 在空间位置上变化不大的油气保存单元。例如, 准噶尔盆地的南缘, 塔里木盆地塔北隆起的轮南地区, 塔中低隆起的北斜坡, 四川盆地的东部与南部等含油气区; 此外, 在十万大山盆地北部(靠南) 与南部区块(靠北), 南盘江拗陷的秧坝区块, 楚雄盆地西部拗陷

区的北部与东部坳陷的东山凹陷、云龙凹陷等部位发育了这种类型的油气保存单元。

(2) 改造型: 后期油气保存单元的展布位置、封闭形式等与前期油气保存单元相比发生了变化的油气保存单元。由于改造条件多种多样, 因此, 可以据改造样式或变形样式的不同来表述油气保存单元。

一种常见的改造型油气保存单元是位于前陆冲断带的冲断型油气保存单元。冲断推覆系统的油气保存单元相对于下伏原地系统的油气保存单元有很大的改变。例如, 准噶尔盆地西北缘逆掩冲断带的克拉玛依-百口泉等大油田, 塔里木盆地库车地区克拉2号大气田等。在中国南方地区, 如雪峰山、大巴山、龙门山山前的推覆构造之下的“影子盆地”, 也具有这种特征。此外, 在楚雄盆地西部, 南盘江坳陷, 十万大山盆地, 江汉盆地等的前陆冲断带部分也可能发育改造型油气保存单元。

(3) 重建型: 由于后期盆地(往往以新生代盆地为主)叠加在前期盆地之上, 造成前期油气保存单元的完全破坏, 而在新的盆地中重新形成的油气保存单元。例如, 在苏北盆地南缘逆冲-滑脱褶皱前缘带的断坪部位, 由于上白垩统一古近系区域性盖层的出现而重新形成了油气保存单元。此外, 在楚雄盆地北部与东部的上白垩统一古近系区域性盖层分布区, 十万大山盆地与苏皖南地区的上白垩统一古近系区域性盖层分布区都具备形成重建型油气保存单元的条件。由于其重新形成的特点, 也可称为新生型; 若前期的油气保存单元部分残留, 仍有一定程度的勘探价值, 可成为残留-新生型。

2 评价方法

油气保存单元的评价就是利用已有的基础资料对它的各项特性参数(表1)进行分析, 作出客观评价。评价的依据取决于资料程度与研究程度。对区域封盖层与断裂封闭性的研究已有较为成熟的方法^[13~18]。

评价中较难研究的是水文地质与构造活动(如隆升、沉降、断裂作用、岩浆活动、地震活动等)的影响。对此, 可以采用一些实用方法, 如构造地质演化剖面, 沉降模拟等方法。

油气保存单元的有效性分析则相对更难一些。这时要借助于含油气系统的方法与研究成

果。例如, 关键时刻的综合确定方法, 关键时刻成藏要素与成藏作用的匹配分析等^[13, 14]。

方法的选择不是唯一的, 主要是针对实际情况要找出最为有用的配套方法。下面以楚雄盆地为例简要讨论油气保存单元的评价方法。

2.1 概况

楚雄盆地位于云南省中部, 处于扬子板块西南边缘。楚雄盆地既受特提斯洋开合的影响^[19], 又受扬子克拉通隆坳与断陷的制约, 是古特提斯洋消亡和扬子板块西南缘造山过程中发展起来的一个中生代沉积盆地, 整个盆地北宽南窄, 面积约36 000 km²。

楚雄盆地在燕山期与喜马拉雅期均遭受了强烈改造, 现今地震仍很活跃, 主要断裂仍在活动; 现今地形高低变化较大, 海拔最高可达3 656.5 m(帽台山), 最低为460 m(戛洒江), 地貌复杂多变; 盆地内发育金沙江、红河两大水系, 地表水和地下水十分活跃, 地层自元古界至新生界均有出露, 风化剥蚀十分严重, 使盆地中聚集成藏的油气遭受了很大程度的破坏和散失。在该类型盆地中进行油气勘探, 保存条件的研究就显得十分重要。

2.2 地质条件

2.2.1 区域封盖层

楚雄盆地发育西部坳陷、东部坳陷与中间的元谋隆起三大构造单元。区域性盖层主要发育在坳陷区。

东部坳陷区域盖层为侏罗系-古近系, 以冯家河组(J₁f)、张河组(J₂z)、江底河组(K₂j)、元永井组(E₁y)的泥岩为主, 并发育含膏泥岩及膏盐层, 盖层累计总厚度可达2 700 m, 占地层厚度的70%以上, 在区内分布广泛。其中, J₁f和J₂z分布较广, 尤其是J₁f除在局部高部位外全区都有分布; K₂j及E₁y除个别河流深切区及可能高构造部位外多有分布。冯家河组(J₁f)盖层以紫红色泥岩为主, 单层厚度可达108 m, 从所测的楚参1井6块冯家河组泥岩样品的物性参数来看, 饱和油后5个样品的突破压力达10.0~12.0 MPa, 属好-较好盖层。张河组(J₂z)、江底河组(K₂j)、元永井组(E₁y)中含膏泥岩、膏盐层发育, 具有良好的封盖性。研究表明, 侏罗系冯家河组在晚白垩世已具备封盖能力, 张河组在始新世以来具备封盖能力。

西部坳陷区发育上三叠统、侏罗系、上白垩统-

古近系等多套盖层。从祥云剖面、乌龙1井的埋藏史与热史分析来看,上三叠统与侏罗系的泥岩在侏罗纪末期已具有封盖能力,它们完全可以封盖侏罗-白垩纪生成的烃类。从乌龙1井盖层厚度及实测封盖参数来看,粘土矿物中伊蒙混层矿物达33%~66%,已进入晚成岩B期,这时封盖性能变差,泥岩性脆,易产生裂缝。乌龙1井至少钻遇3条逆断层,垂直断距大于30 m;从浅层(甚至地表)-深层多段砂岩及少部分泥岩中发育裂缝及石英脉,部分层段有方铅矿或铜矿共生,说明构造活动期张性裂缝较发育,可能降低了天然气的保存条件。这表明,侏罗纪末期就具备封盖能力的上三叠统与侏罗系的泥岩在后期深埋与构造活动中封盖能力有所减弱,即油气保存单元变差;但在西部坳陷的北部地区,由于上白垩统一古近系膏盐岩地层的覆盖,相应地在上三叠统与侏罗系的油气保存单元之上继承叠加了上白垩统一古近系的油气保存单元,使油气保存条件变好。

2.2.2 主要断裂

除程海、红河、普渡河等盆地边界断裂外,盆地内部发育龙街断裂、渔泡江断裂、三街断裂、马龙河断裂、沙桥-楚雄南华断裂、拉姑姚安断裂、猛虎火烧屯断裂、元谋冲断裂、绿汁江断裂、易门断裂等10余条大断裂。它们将盆地切割成一系列块体。这些断裂的活动时期是:①绿汁江断裂、易门断裂主要在燕山期活动,喜山期以来成为左旋逆断层,活动性减弱;②渔泡江断裂、三街断裂、马龙河断裂主要在新生代活动,尤其是新近纪以来;③沙桥-楚雄南华断裂、拉姑姚安断裂、猛虎火烧屯断裂、元谋冲断裂等在燕山期和喜山期都有活动,但以喜山期活动为主;④龙街断裂主要在喜山期活动。

2.2.3 岩浆活动

楚雄盆地的岩浆活动主要在晋宁期、华力西期、燕山期与喜山期。前两期岩浆活动对中生代盆地的意义不大。燕山期的岩浆活动主要沿元谋隆起带发生,在盆地内部的一些大断裂带上也有活动,但基本呈侵入式;喜山期的岩浆活动对油气的聚集与保存则可能有较大程度的影响。乌龙1井井下共发现4层火成岩岩脉侵入体,均为煌斑岩,厚度最大者钻厚达8 m,薄者仅0.27 m。钾-氩法同位素测年表明,火成岩侵入体具多期性特征,有燕山中期、燕山晚期和喜山早期,显示出该地区侵入岩活动时期长,从141~36 Ma。根据对第

9次取心(3 147.59~3 148.92 m井段)的观察,火成岩与泥质围岩为斜交接触,交角约45°,接触面平直,局部见捕虏体为泥岩小碎块,围岩可见2 cm宽的蚀变带。镜下鉴定侵入岩为蚀变黑云母斜长煌斑岩,黑云母斑晶38%,基质42%,交代矿物20%。由于火成岩的侵入,使乌龙1井附近的烃源岩与保存条件受到影响。因此,石羊-盐丰凹陷可能受其影响。

2.2.4 水文地质

相对稳定的水动力环境,是形成油气保存单元的基本条件之一。楚雄盆地晚三叠世-燕山晚期前一直处于构造活动相对稳定的沉积环境,绿汁江断裂以西上三叠统埋深大多超过3 000 m,下侏罗统的埋深大多超过2 000 m,泥岩的封盖能力已相当好,砂岩的孔渗性能大大降低。这一时期总体具备好的保存条件。

燕山晚期运动使永仁-禄丰-平浪以东局部地区发生冲断褶皱,隆升剥蚀,这样在盆地东部小范围内形成供水区。但进入新生代,由于上白垩统一古近系膏盐层的沉积与覆盖,东部边缘的供水受阻。因此,在新近纪运动之前,盆地总体具备保存条件。

喜山运动早幕使盆地西缘和西南缘冲断推覆强烈发生,盆地中部褶皱活动加强。其后的走滑与块体旋转,使中生代地层整体抬升,大盆地被分割,形成周边大范围内的供水区。但由于该期上三叠统-侏罗系已较为致密,断裂以压性和压扭性为主,这样,盆地周缘的水自由交替带和交替缓慢带不可能宽,盆地内部则处于交替停滞带。

盆地西南部新平地区上三叠统中产于方解石脉(早期)中的盐水包体,盐度达19.7%~21.2%(NaCl),推测当时地层最大埋深6 690 m;产于石英脉(晚期)中的盐水包体,盐度达5.7%~6.0%(NaCl),推测埋深减至3 800 m左右;两期均有气(CH₄:99%)与沥青组成的有机包裹体相伴生,有机包裹体分别占50%~70%(早期)及30%~40%(晚期)。盐水包体盐度资料说明盆地在古近纪最大埋深时具备整体封存条件。

在喜山运动早幕强烈发生的盆地西南缘,上新世末期地层水矿化度降至60 g/L,但与同期的永仁侏罗系和永胜泥盆系的矿化度相比(分别为71~81 g/L和52~75 g/L),横向分布较为稳定,这表明虽然边缘有水的交替,但大区域为交替停滞

带,存在整体封存的条件。现今,新平嘎洒江边温泉,为楚雄盆地今泄水区(海拔 600 m),其上三叠统上有薄的第四系,水矿化度 6.19 g/L, Cl^- : 2 442 mg/L,水温 43 ℃,产水量 0.48 L/s。虽然出水处为第四纪地层,有地表水的强烈干扰,但矿化度和 Cl^- 仍属于水交替阻滞带的范围(矿化度 5~12.5 g/L, Cl^- : 800~ 4 000 mg/L),这表明盆地中部仍有较完整的封存条件。

2.3 保存单元划分

根据断裂与区域盖层的配置关系,划分出“可保存单元”,也就是可能会形成“油气保存单元”的区域,它们是可靠性级别最低的保存单元。具体可划分出:云龙,东山中北部,黑井,永仁,牟定,中和-大姚,石羊-盐丰,姚安-楚雄,双柏-新平,

团山-片角,云南驿-三街和五街-中邑舍等 12 个可保存单元。通过 12 个可能保存单元形成时间的对比分析,又可将其分为 5 类:(1) 继承型保存单元:包括永仁与牟定保存单元;(2) 重建或新生型保存单元:包括云龙、东山中北部、黑井等保存单元;(3) 改造型保存单元:包括中和-大姚、石羊-盐丰等保存单元;(4) 破坏型保存单元:有姚安-楚雄可保存单元,后期隆升、断裂活动使区域保存条件被破坏;(5) 非保存单元:包括双柏-新平、团山-片角、云南驿-三街与五街-中邑舍等可保存单元,仅局部范围内有聚集保存条件。除后两种情况外,楚雄盆地有(1) 永仁;(2) 牟定;(3) 云龙;(4) 东山中北部;(5) 黑井;(6) 中和-大姚和(7) 石羊-盐丰等 7 个可保存单元(表 2,图 1)。

表 2 楚雄盆地油气保存单元划分表

Table 2 Hydrocarbon preservation units in Chuxiong basin

保存单元名称	保存单元类型	形成时期	主要封盖层	勘探目的
东山中北部	重建/新生型	N- Q	K ₂ - E 膏盐岩	找油
云龙	重建/新生型	N- Q	K ₂ - E 膏盐岩	找油
黑井	新生型	N- Q	K ₂ - E 膏盐岩,泥岩	找油
永仁	继承型	J 末- K; N- Q	T ₃ - K 泥岩, K ₂ - E 膏盐岩	找气, 古油气藏
牟定	继承型	J 末- K; N- Q	T ₃ - J(K) 泥岩	找气, 古油气藏
中和- 大姚	改造型	J 末; E- Q	T ₃ - K 泥岩, K ₂ - E 膏盐岩	找气
石羊- 盐丰	改造型	J 末; E- Q	T ₃ - K 泥岩, K ₂ - E 膏盐岩	找气

(1) 燕山晚期保存单元/改造型保存单元:元谋洒芷(T₃),大姚龙街(T₃- J₂),永仁中和(T₃- J₂),南华小古山(J₂)古油藏证明了早期的油气生成与运聚过程。乌龙 1 井的钻探表明,上三叠统烃源岩厚度大,砂、泥岩中见大量沥青及油气显示,反映了盆地内上三叠统烃源岩在地史上曾发生过大量的油气生成和运聚过程,由于后期构造-热演化改造而变成沥青,表明在保存条件较好及演化程度较低的地区完全有可能找到油气藏,这些地区就可能是永仁、牟定、大姚-中和等保存单元。

含油气系统研究表明^[20, 21],元谋以西的上三叠统烃源岩在燕山晚期处于成熟-高成熟期;并在同期东西向挤压构造力的作用下形成了盐丰-石羊凹陷(向斜带)与元谋、华坪隆起及一些南北向展布的背斜带,油气将向这些高部位运移,处于斜坡带的永仁-牟定、帽台山等地区将优先聚集油气。从前面的分析可知,这时,永仁、牟定、石羊

等保存单元已经形成,具备了油气保存单元的条件。

这些燕山晚期的油气保存单元在新生代被部分改造,但在北部地区由于古近系膏盐岩的覆盖,改造程度将大大减弱,从而成为有效的油气保存单元。它所封存的将是高成熟的油气。

(2) 重建型/新生型油气保存单元:楚雄饱满街(K₂),武定芭蕉箐(D₂),安宁(J₂)油苗等表明了晚期的油气生运聚过程。这主要与该区广为上白垩统-古近系厚达 3 000~ 4 500 m 的地层所覆盖,而且该区上三叠统、中上侏罗统及东部坳陷的下寒武统、中泥盆统等烃源岩成熟、排烃所致。云参 1 井的钻探揭示,楚雄盆地东山、云龙及永仁等地区的上三叠统及泥盆系烃源岩现今仍处于生油高峰期或接近生油高峰期。因此,上白垩统-古近系膏盐层覆盖的保存单元之内就有可能封存油气。

上述现象是烃源岩成熟度的差异与不同时期

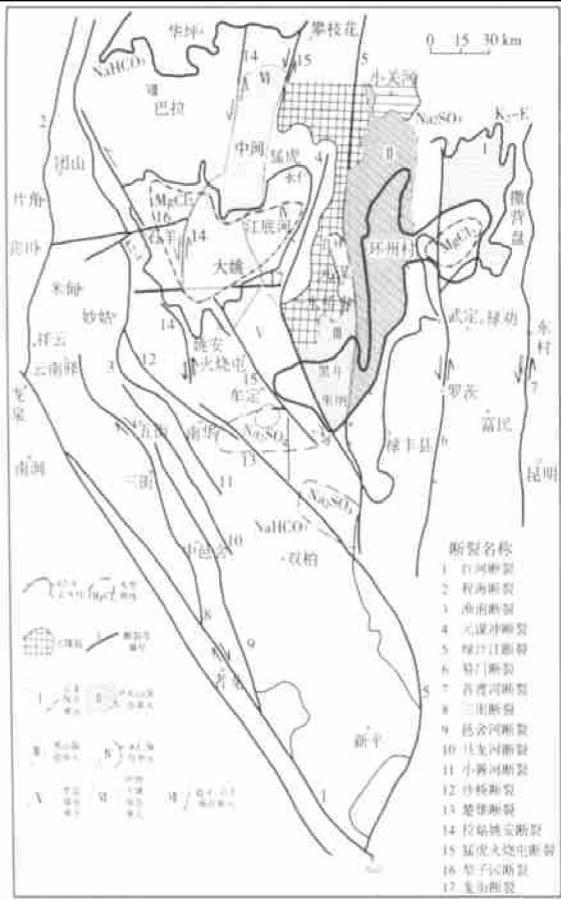


图 1 楚雄盆地的油气保存单元分布图
Fig.1 Distribution of hydrocarbon preservation units in Chuxiong basin

形成的保存单元共同造成的。据乌龙 1 井、云参 1 井及周边露头(如支那剖面、华坪剖面等)的资料分析,楚雄盆地烃源岩有机质丰度、演化程度等具有明显的不均一性。而油气保存单元的形成也如前所述具有很强的分区性。

2.4 综合评价

对所划分的 7 个油气保存单元的进一步的评价(表 3),是在勘探研究程度、烃源岩条件、储层条件、盖层条件、生储盖组合、油气成藏演化、油气保存单元类型、圈闭条件等分析的基础上,对油气保存单元进行综合研究,从而优选出有利的油气保存单元,为油气勘探方向的分析奠定重要基础。

(1) 东部坳陷区主要发育重建型油气保存单元,成藏期以喜山期为主,东山、黑井油气保存单元优于云龙油气保存单元。

(2) 就西部坳陷的中部凹陷而言,主要发育改造型油气保存单元,成藏期以燕山晚期为主,中和-大姚油气保存单元较石羊-盐丰油气保存单元为佳。

(3) 在永仁-牟定斜坡带,主要发育继承型油气保存单元,成藏期以燕山晚期为主,储集体与封盖层都较优越,其中,北部发育古近系膏盐岩,因此,永仁油气保存单元优于牟定油气保存单元。

表 3 楚雄盆地油气保存单元地质条件对比分析表

Table 3 Comparison of geological conditions of hydrocarbon preservation units in Chuxiong basin

单 勘探研 元 究程度	烃源岩层	储集层	封盖层	生储盖组合	成藏 关键时期	油气保存 单元类型	圈闭条件	有利区带	有利目标
东 山	ϵ_1, O_1, T_3 , J_2 以 T_3 为主, 好于云龙凹陷	ϵ, T_3, J_2 砂岩、碳酸盐岩 储层,以 T_3 为主, 好于云龙凹陷	同云龙 凹陷	寒武-奥陶系、 三叠-侏罗系	新近纪	重建型	多个地表 构造,隐伏构 造需落实	白马口 断弯-断阶 构造带	阿过米
云 龙	ϵ_1, D_1+2, T_3 , J_2 以前 三者为主	ϵ, O, D, T_3, J_2 砂岩、碳酸 盐岩储层	区域盖 层为 J_1 , J_2, K_2, E_1	寒武-奥陶 系、泥盆系、三 叠-侏罗系	新近纪	重建型	发窝(已钻), 板桥、小团山 构造基本落实	撒营盘断 弯构造带	小团山、 板桥
黑 井	只发育 T_3 , 在层位上好 于云龙凹陷	只发育 T_3 , 好于云龙、 东山凹陷	同云龙 凹陷	三叠- 侏罗系	新近纪	重建型	果纳构造, 多高点, 核部出露		果纳
永 仁	T_3	T_3 -J 砂岩	T_3, J_2 泥岩	三叠- 白垩系	燕山晚期 新近纪	继承型			
牟 定	T_3	T_3 -J 砂岩	T_3, J_2 泥岩	三叠- 白垩系	燕山晚期 新近纪	继承型			
中 和 大 姚	T_3	T_3 砂岩	T_3 泥岩 J_1 泥岩	三叠- 侏罗系	燕山晚期 (新近纪改造)	改造型	大姚构造落 实,多个高点	大姚 构造带	大姚
石 羊 盐 丰	T_3, D	T_3 砂岩	T_3 泥层 J_1+J_2 泥岩	三叠-侏罗 系、泥盆- 三叠系	燕山晚期 (新近纪改造)	改造型	石羊构造 落实,帽台山 构造初步落实	石羊构 造带;帽台 山次凸起	石羊

据此,可以优选出3个有利的油气保存单元。

(1) 东山油气保存单元: 是寻找油的有利地区, 为新生代的重建型油气保存单元。但目前构造带与圈闭还不十分落实, 需要进一步加强地震工作。

(2) 中和- 大姚油气保存单元: 是找气的有利地区, 为改造型油气保存单元。大姚构造在进一步落实高点后, 可以上钻, 这是可以率先突破的油气保存单元。

(3) 永仁油气保存单元: 是寻找油、气的有利单元, 为继承型油气保存单元。但目前的勘探研究程度很低, 是下一步重点研究的地区。

3 结论

(1) 油气保存单元是盆地内部三度空间上封闭流体的含油气地质单元。它具有空间性、随时间的演变性、外在的条件性及有无油气聚集的有效性等特点。它是从“封盖条件”的角度对油气聚集与分布规律的客观阐述。

(2) 对油气保存单元形成演化的历史分析表明, 它主要有继承型、改造型和重建型3种基本类型。

(3) 油气保存单元的评价是在对其空间结构、演变特征、关键制约条件与含油气性深入分析的基础上, 对其封盖能力和含油气潜力进行综合评价。

(4) 据区域封盖层与断裂系统可以划分楚雄盆地的可保存单元, 对岩浆活动与水文地质旋回等关键事件与含油气性的进一步分析确定了该盆地的7个油气保存单元; 通过油气地质条件的分析, 优选出东山、中和- 大姚与永仁等3个有利的油气保存单元。

致谢: “油气保存单元”的概念得到了杭州石油地质所马力教授的启迪, “油气保存单元”的分析方法受到了赵文智、费琪、陈章明等教授的文章的启发, 楚雄盆地的实例剖析得到了钟端、李云森等高级工程师的帮助, 谨致谢意。

参 考 文 献

1 Dow W G. Application of oil correlation and source rock data to explor-

ation in Williston Basin(abs) [J]. AAPG Bull, 1972, 56: 615

- 2 Dow W G. Application of oil correlation and source rock data to exploration in Williston Basin[J]. AAPG Bull, 1974, 58(7) : 1 253~ 1 262
- 3 White D A. Assessing oil and gas plays in facies-cycle wedges[J]. AAPG Bull, 1980, 64: 1 158~ 1 178
- 4 White D A. Oil and gas play maps in exploration and assessment[J]. AAPG Bull, 1988, 72: 940~ 949
- 5 何登发. 油气区带分析原理及在塔北隆起中段石炭系的应用[A]. 见: 童晓光, 梁狄刚. 塔里木盆地油气勘探论文集[C]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 香港: 香港文化教育出版社, 1992. 589~ 600
- 6 童晓光, 何登发. 油气勘探原理和方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 90~ 142
- 7 Magoon L B, Dow W G. The petroleum system- from source to trap [J]. AAPG Memoir, 1994, 60: 3~ 24
- 8 Surdam R C. Seals, traps, and the petroleum system[J]. AAPG Memoir, 1997, 67: 31~ 48, 57~ 84
- 9 马力, 叶舟, 梁兴. 南方重点盆地海相油气勘探新进展[A]. 见: 赵政璋. 油公司油气勘探之路: 新区勘探项目管理探索[C]. 北京: 石油工业出版社, 1998. 133~ 152
- 10 戴少武, 贺自爱, 王津义, 等. 整体封存体系的内涵[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2) , 107~ 114
- 11 赵宗举, 朱琰, 李大成, 等. 中国南方构造形变对油气藏的控制作用[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1) : 19~ 26
- 12 赵文智, 何登发, 瞿辉, 等. 复合含油气系统中油气运移流向研究的意义[J]. 石油学报, 2001, 22(4) : 7~ 12
- 13 费琪. 成油体系分析与模拟[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 1~ 300
- 14 赵文智, 何登发, 李小地, 等. 石油地质综合研究导论[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999. 232~ 326
- 15 陈章明. 油气圈闭评价方法[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1992. 1~ 25
- 16 吕延防, 李国会, 王跃文, 等. 断层封闭性的定量研究方法[J]. 石油学报, 1996, 17(3) : 39~ 45
- 17 Yielding G, Freeman B, Needham D T. Quantitative fault seal prediction[J]. AAPG Bull, 1997, 81(6) : 897~ 917
- 18 Knippe R J. Juxtaposition and sealing diagrams to help analyze fault seals in hydrocarbon reservoirs [J]. AAPG Bull, 1997, 81(2) : 187~ 195
- 19 钟大赉. 滇川西部古特提斯造山带[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 1~ 231
- 20 魏志红. 楚雄盆地油气系统演化与油气藏改造[J]. 勘探家(石油与天然气), 2000, 5(2) : 13~ 17
- 21 王根海, 赵宗举, 李大成, 等. 中国南方海相油气地质及勘探前景[A]. 见: 高瑞祺, 赵政璋. 中国新区油气勘探(卷五) [C]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 243~ 269