

非碳酸盐岩型潜山油气成藏特征 以济阳拗陷中生界为例

张青林¹, 任建业²

(1. 同济大学 海洋与地球科学学院, 上海 200092; 2. 中国地质大学(武汉) 资源学院, 武汉 430074)

摘 要: 在对济阳拗陷中生界潜山钻遇油气情况进行统计分析以及对典型油气藏进行解剖的基础上, 将中生界潜山油气藏分为构造油气藏和地层油气藏两大类, 并根据油气聚集的构造位置及相对应的油气藏类型, 建立了凸起主体型、凸起陡坡型、凸起缓坡型、凹间(内)高地型、逆冲褶皱带型 5 种成藏模式。

关键词: 济阳拗陷; 中生界; 潜山; 油气藏类型; 成藏模式

中图分类号: P618.130.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2007)03-0218-06

0 引言

济阳拗陷是一个高勘探程度盆地, 目前已整体进入特殊及隐蔽油气藏勘探阶段, 潜山油气藏已经成为济阳探区增储稳产的重要油气藏类型^[1]。近 30 多年有针对性的潜山勘探过程中, 勘探重点是古生界碳酸盐岩潜山, 中生界在以往的勘探过程中往往只作为兼探层系, 勘探程度较低。

由于济阳拗陷中生界潜山地层大多经历了多旋回发育和多次构造变动, 与在数量上占有绝对优势的早古生界碳酸盐岩潜山不同, 中生界潜山组成以碎屑岩为主, 还有火成岩。与古生界以不规则块状油气藏为主不同, 中生界油气储层走向大多呈不规则条带状分布, 储集层横向非均质性明显, 多种类型油气藏叠置。由于中生界油气地质条件较古生界潜山更为复杂, 并且缺乏系统的地质基础研究工作, 因而存在较大的勘探风险。目前急待对中生界潜山油气成藏特征进行系统研究。

1 中生界钻遇油气概况

在济阳拗陷, 中生界中已经有多个区块、近百口探井获得工业油流, 如济阳探区埕北 11、大 43、义

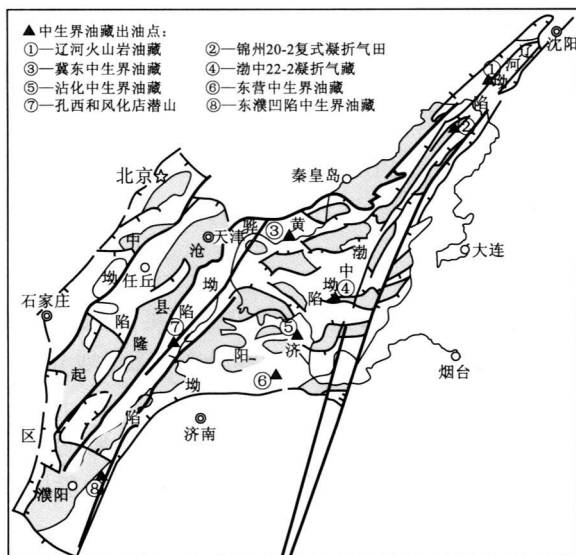


图 1 济阳拗陷区域构造位置图

Fig. 1 Regional tectonic position of Jiyang depression

135、孤南 2、桩 4、桩 205、老 24、高 41、高 58 等井区上报探明储量 1 671 万 t; 埕北古 6 井区上报控制储量 341 万 t 等。中生界潜山储集岩石类型多, 且较之古生界潜山与古近系烃源岩接触范围更广。另外, 在渤海湾盆地的渤中拗陷、东濮拗陷、黄骅拗陷、冀东拗陷和辽河拗陷均已发现中生界油气藏, 储集岩系均是碎屑岩或火山岩, 说明渤海湾盆地中生界

收稿日期: 2006-06-03

作者简介: 张青林(1981-), 男, 湖北蕲春人, 博士研究生, 2005 年毕业于中国地质大学(武汉) 矿产普查与勘探专业(盆地分析与模拟方向), 现就读于同济大学海洋地质专业, 主要研究方向为大陆边缘构造与盆地分析。

层系具有区域性含油气的特点(图 1)。这些都预示着广泛分布的中生界潜山存在较大的勘探潜力。

研究区内中生界储层主要分布在侏罗系坊子组、三台组、蒙阴组砂砾岩以及白垩系西洼组火山岩中。统计了 70 口在中生界钻遇油气的的钻孔油气分布层位及岩性,分别为坊子组 9 口(13.0%)、三台组 43 口(62.3%)、蒙阴组 2 口(2.8%)、西洼组 15 口(21.7%)。统计分析结果表明,中生界油气藏主要分布在侏罗系三台组和下白垩系西洼组,储集层主要为三台组的细砂岩和含砾砂岩、西洼组的凝灰岩和凝灰质砂岩。

2 油气藏类型及成藏特征

本区中生界潜山油气藏属于 新生中储 型油气藏,对潜山油气藏进行分类是认识油气藏形成特征、研究油气藏分布规律的重要方法。本着科学实用的原则,这里首先根据圈闭成因,把中生界潜山油气藏类型分为构造型、地层型两大类。这里不主张另分

出一种混合型油气藏,特别对于潜山油气藏,事实上很少有受单一因素控制的油气藏,按其主控因素进行归类,这一原则同样适用于下面的细分类:进一步从勘探实际出发,以构造应力场、圈闭位置、圈闭形态、遮挡条件和储集层类型作为划分亚类和细分类的依据^[2](表 1)。

2.1 断块构造型油气藏

中生界经多期构造运动,断裂发育、断块众多,为断块油气藏的形成创造了有利条件^[3]。这类油藏在受拉张性断层控制的断块型潜山或块断型潜山中均可以形成。济阳坳陷大多数潜山(如垦利、义和庄、孤北、埕岛、长堤等)均发育有这种类型油气藏。这类油气藏的圈闭条件基本上是由一条或两条交叉断层与单斜储层构成的断块式圈闭。生油凹陷边缘的高断块油源充足,且上倾方向有断层遮挡,对油气藏的形成尤为有利。这类断块构造油藏内部油(气)水界面统一,并以层状油藏为主,如埕岛地区的埕北 12 井,见油层 2 层 48 m;孤南地区的孤南 2-7 井是超百吨的高产油井。

表 1 中生界潜山油气藏分类表
Table 1 Classification of Mesozoic buried Hill reservoir

类型	构造型			地层型					
	拉张型		挤压型	潜山顶部(不整合)型			潜山内幕型		
	断块型	断鼻型	褶皱型	风化壳型	小残丘型	削切不整合型	不整合型	岩性型	裂缝型
代表性井	Cb12, Z4, Gn2-7, Y155, D672	Y136	2	Cb11, Z107-1 K19, Gd16, Z201, Kg19, Kg13, Gd3	Z101, Z104-30, F7	Sb8, W96	Cbg6	Zg7, Zg15, Y132, Gn2-10	L21, Xz101, Zg32

2.2 断鼻构造型油气藏

指油气聚集于由断层和鼻状构造组成的圈闭之中,它多处于断块和褶皱强烈地带,如义 136 井即位于向 NNE 倾伏的鼻状构造,油气来自渤南和孤北两个洼陷,以断面和不整合面为运移通道,双向供油富集于圈闭之中。油层两层 21.8 m,含油层为中侏罗统三台组河口坝砂岩。这类油藏油气分布受断鼻闭合高度和断层遮挡条件的控制,油气富集程度与断裂活动强度、储盖组合保存完整程度及供油方式有关。一般在斜坡高部位地层剥蚀程度较为严重,盖层条件易受破坏,断层开启程度较高,油气富集程度及含油层系单一;倾没部位的生、储、盖组合条件好,保存条件亦好,油气富集程度高。

2.3 逆冲褶皱型油气藏

在挤压应力作用下形成的逆冲褶皱型潜山,储层展布受褶皱、断层控制,在褶皱轴部、断裂带附近或多组断层交汇处裂缝型储层会高密度发育。以潜山内幕裂缝型储集系统为主,油气经断面直接进入储层,形成非均质性强、油气分布规律复杂的潜山成藏。桩西潜山是这类油藏的典型,但是这是一个下古生界潜山,本区还未在中生界潜山中发现这类油藏。构造研究表明长堤 孤东潜山、垦东潜山和埕岛潜山具有形成这类潜山的构造背景,值得引起重视^[4]。

2.4 潜山顶部风化壳型油气藏

这类油藏在本区中生界潜山中发现最多,是本区中生界油气藏的主要类型之一。这种油气藏的储层不是常规的层状储层,与储集岩系本身的产状往

往不一致,而是一种主要由于风化剥蚀及淋滤作用形成的非常规的孔、洞、缝,或是在构造应力作用下的裂隙发育带所形成的储集层系。这种油气藏的封堵条件要求也比较高,一般要求具备大面积的区域性盖层,油气富集程度与圈闭的闭合高度和储层的孔、洞、缝发育程度有密切关系,油气分布呈不规则的带状或环状分布。如埕岛潜山的埕北 11、1+5 井(图 2)。

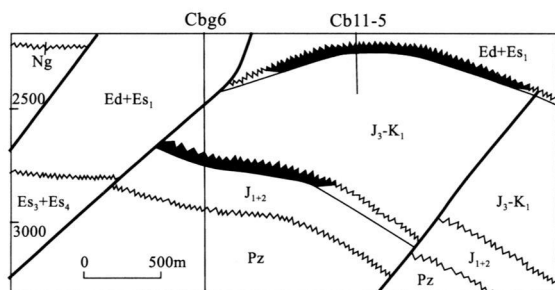


图 2 埕北 11-5 井 埕北古 6 井油藏剖面

Fig. 2 Reservoir profile of Well Chengbei 11-5 to Well Chengbeigu 6

2.5 潜山顶部小残丘型油气藏

各潜山顶部都有形状各异、高低有别的砂岩或火山岩小残丘,这些小残丘次生孔隙发育,被沙河街组泥质岩类覆盖后,便可形成良好的储、圈盖组合。同时,又有四周生油凹陷中的充足油源,极易形成残丘油气藏,而且各小残丘所承受的静水柱压力最低,有利于油气稳定聚集。发育的构造背景是凸起向盆地倾伏的单面山或凹陷中以抬升、剥蚀为主的较大型隆(凸)起之上,以不整合面型储集系统为主,潜山与烃源岩系距离较远,油气经断层—不整合面(或高渗透性砂岩体)组成的输导系统运移至潜山圈闭中聚集成藏。此类油气藏的油气分布受残丘闭合幅度与封堵条件的控制,油气的富集程度与所在的构造位置及油源条件有关,以块状油藏为主,并具有统一的油(气)水系统。这种油气藏分布广,富集高产。如桩西潜山的 101 井是自喷高产的典型,富 7 井也是典型的实例。富 7 井位于富林洼陷南斜坡,组成残丘的岩体是白垩系下统西洼组抗风化的硬砂岩,成为凸起的正向地貌,经长期风化剥蚀淋滤之后,其储集性能被改善,其上覆沙三段泥岩不仅是良好的盖层,也是现实的油源岩,由此形成上生下储不整合式的生储盖组合形式。

2.6 削切不整合型油气藏

由于中生代强烈的构造运动,不仅使潜山地

层遭受严重剥蚀,而且导致地层产状普遍变陡,本区中生界地层的倾角一般在 50 左右,十分有利于形成削切不整合型油气藏。该类型油气藏多见于潜山凸起的缓坡带,油气直接通过不整合面或沿不整合面向上运移进入中生界单斜层状高渗透性地层成藏,如东营凹陷南坡王 96 井。

2.7 潜山内幕型油气藏

潜山内幕油气藏泛指以远离潜山顶部不整合面、垂向上与潜山顶部不整合型储集系统之间往往存在非渗透层或差渗透层的潜山内幕型储集系统为储层的油气藏,可以分为潜山内幕岩性型、裂缝型、不整合型油气藏。油气运移和供给主要依赖于断面与烃源岩接触的渗透层及潜山内部不整合面。这种油气藏的形成常与断层关系密切,多分布于张性断层发育的部位。如桩西地区的桩古 7、桩古 15 井,在上侏罗统辫状河含砾砂岩和细砂岩中分别钻遇油层 4 层 82.3 m 和 5 层 92.2 m。义北油田的主力产层坊子组油气藏大多属于这个类型。这类油气藏主要受控于潜山内部储集系统与盖层的配置,一般都有多个油水界面,油气富集程度及油气藏规模较难预测。

类似桩古 7 井、桩古 15 井这种以潜山内幕孔隙、孔隙—裂缝型为主的高渗透性碎屑岩为储层的油气藏的发育与岩石的孔隙度、特别是与次生孔隙度息息相关,而这二者又通常受制于地层的岩性和岩石组分。因此可把这种类型油气藏归于潜山内幕岩性型油气藏。潜山内幕岩性型油气藏的另一个主要类型是指在潜山内幕所发育的所谓地层—岩性型圈闭油气藏,因为储集层横向变化(如砂岩体上倾方向尖灭,或者成岩作用的影响)导致失去渗透性而形成圈闭,但更多的则是因中生界构造运动强烈,火山活动频繁,使储层不均一而形成圈闭,油气沿断层进入该圈闭形成油气藏。该类油气藏绝大多数与形成潜山与凹陷的大断层及其伴生断层有关。如孤北地区义 132 井,孤南地区的孤南 2-10 井等高产油井都属此种类型。

此外,中生界内存在多个不整合面,它既是油气运移的通道,也是油气聚集的场所,在一定条件下就可形成潜山内幕不整合型油气藏。埕岛潜山的埕北古 6 井中生界油藏可能属这种类型,埕北古 6 井测井解释中生界 2737~2840.6 m 见油层 6 层 61 m,油层发育部位相当于三台组顶部的不整合面附近(图 2)。

中生界潜山油气藏的储集空间主要为岩石次生

孔隙和裂缝, 勘探要取得大的突破除了着眼潜山顶面不整合面, 潜山内幕裂缝型储层必须予以高度重视。在多组断层交叉、相互切割的地方以及在褶皱型潜山轴部的碎屑岩、火山岩地层裂缝十分发育, 有利于形成潜山内幕裂缝型油气藏。下白垩统火山岩发育, 火山岩一般没有原生的连通性, 为非渗透层。但岩石中有很多的气孔、杏仁体、收缩裂缝、原生孔隙及溶蚀孔洞等, 特别是多次构造活动产生了大量的裂隙、裂缝, 这些次生孔隙与原生孔隙(洞)相伴共存, 相互连通, 就形成了良好的储集层, 如老21 新桩101 桩古32 井区下白垩统西洼组火山岩裂缝型油气藏(图3)。

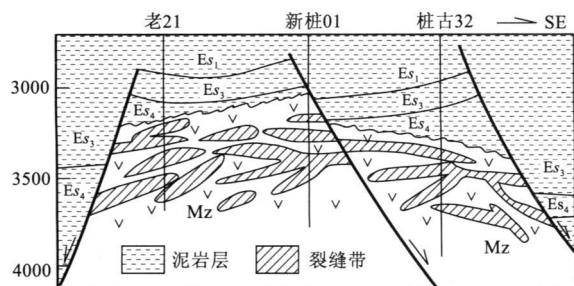


图3 老21井区火山岩裂缝型油气藏示意图

Fig. 3 Simplified reservoir profile of volcanic rock fracture type reservoirs in well Lao21 area

3 构造带成藏模式

手风琴式的区域构造演化过程以及基底断层的长期活动使济阳拗陷呈现出现今这种凸凹相间的格局^[3]。以贯穿沾化凹陷东部的几个大的潜山凸起带的近SN向剖面为基础, 建立了中生界潜山油气藏的成藏模式^[5], 可直观而形象地认识研究区主要油藏类型、成藏条件、控制因素及分布规律。

3.1 凸起主体型成藏模式

济阳拗陷内多数凸起带(如陈家庄凸起、义和庄凸起、埕岛凸起等)直到东营组沉积晚期或古近纪才接受沉积, 属典型的潜山构造。凸起带内发育潜山残丘体系, 发育以不整合面型储集系统为主的山头残丘潜山、不整合面型潜山, 具有良好的储集空间, 又长期处于油气运移的指向位置。靠陡坡一侧, 潜山有张性断层和不整合面通道提供油源, 具较好的成藏条件。凸起带内部具有良好的储集空间(如中生界内部不整合面、孔洞和裂缝发育层带)可以形成

潜山内幕油藏, 如 Cbg6 井。凸起带油气从凹陷中心进入陡坡带断块潜山, 多余的油气经过溢出点沿断层或不整合面进入较高部位的潜山内幕圈闭和顶部的不整合面潜山和残丘潜山。

该模式的特点是: 单向生烃凹陷供烃; 油气沿断层面以垂向运移为主, 侧向运移为辅, 运移较近; 圈闭油气充满程度高, 断裂带既是圈闭发育带, 又是岩性变化带, 断裂带控制油气聚集。

济阳拗陷内的许多潜山往往被两个洼(凹)陷夹持, 如 CB30 潜山、孤岛潜山; 或被多个洼(凹)陷包围。这种情况下油气聚集、运移系统的特点是双侧生烃凹陷供烃; 发育油源断层, 沿断层以垂向运移为主, 运移距离较近; 油气以断块、断鼻等圈闭聚集为主; 油气混源(图4a)。

3.2 凸起陡坡型成藏模式

凸起陡坡带通常由切割基岩的控盆断裂及其派生断裂体系组成断阶, 形成断块潜山带或风化台地。由于这类潜山体系比凸起带潜山体系更靠近生油洼陷, 并随断层活动不断滑向生油洼陷, 且闭合高度不断加大, 故多被下第三系深湖—半深湖相烃源岩系覆盖, 形成良好的潜山油气藏。发育油源断层, 沿断层以垂向运移为主, 运移距离较近; 油气以断块、滑脱断块(褶皱)等圈闭聚集为主(图4a, 图4b)。

3.3 凸起缓坡型成藏模式

凸起缓坡带发育一系列由块断型、残丘型、断垒型潜山形成的低凸起, 被下第三系湖相泥岩覆盖, 油源条件良好, 加之内部残丘、断块型潜山储集体发育, 又长期处于油气运移指向带, 因而具有较好的成藏条件。中生界以断层面直接与烃源岩系接触。油气来自相邻的凹陷, 自凹陷中心向边缘, 缓坡带潜山圈闭具有逐渐升高的特点。断层和不整合面是潜山油气的主要疏导系统, 油气首先进入低位潜山, 形成受断块控制的层状油藏, 如存在断鼻构造背景的部位可以形成断鼻型油藏。多余的油气经溢出点沿断层—不整合面组成的输导系统可以再进入较高部位的潜山聚集成藏, 其油气在进入潜山圈闭聚集成藏的过程中具有差异聚集的特征。以断层作为主要供油通道, 在圈闭条件较好处聚集成藏, 这类储集体被后期沉积的深湖—半深湖相泥岩所覆盖, 具有良好的盖层条件, 特别是以不整合面作为运移通道, 成藏潜力较好。已发现的埕北古4井、义古991井等潜山油藏即属此类。

该模式运聚系统特点是: 单向生烃凹陷供烃; 油气以沿不整合面侧向运移为主, 垂向运移为辅, 运移

距离较远;小残丘、不整合、断块等圈闭是油气聚集的主要场所(图 4a,图 4b)。

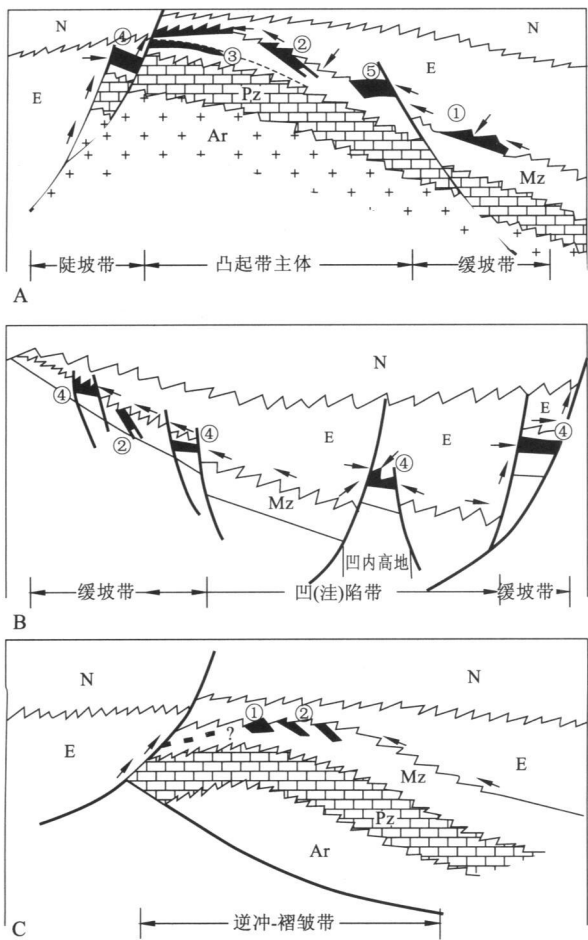


图 4 中生界潜山油气成藏模式图

Fig.4 Models of Mesozoic buried hill hydrocarbon accumulation

1. 小残丘型 2. 削切不整合型 3. 潜山内幕(不整合)型 4. 断块型
5. 裂缝孔洞 6. 潜山顶部风化壳型 7. 可能的逆冲-褶皱内幕型

3.4 凹间(内)高地型成藏模式

凹内高地主要指靠近凹(洼)陷中央部位的经断裂、隆升、剥蚀等作用形成的低位序潜山。

生油层直接超覆在潜山侧翼或潜山地层通过断层直接与油源沟通,油源充足,油气运移距离较近,此类潜山不整合面型和内幕型储集系统均有可能发育,油气藏类型比较复杂(图 4b)。

凹间高地指坳陷内二级构造带交汇处的鞍部。如桩西潜山与埕岛潜山之间以受埕北断层控制形成的鞍部相连接,两潜山结合部的低潜山可以得到埕北凹陷、五号桩洼陷和桩东凹陷的油气供应,油源条件优越,由于位于二级构造的交汇处,断裂发育,

不整合面及断层为油气运移的主要通道,主要形成断块、断鼻等油气藏。具有较大的勘探潜力。凹内高地和凹间高地的共同特点都是油源比较便利和充足,能否成藏主要取决于储盖条件。

3.5 逆冲褶皱型成藏模式

以长堤潜山为典型(图 4c)。潜山遭受挤压作用,褶皱、冲断并且发生隆升,晚期的断层活动使潜山进一步隆起,因此这类潜山顶部可以发育残丘和不整合遮挡潜山油气藏。另外,根据桩西潜山的研究,这种类型潜山的内幕可以发育裂缝型或孔隙型油气藏,油气藏发育位置受应力集中部位的控制。油气来自隆起两侧的新生代凹陷,因此是双向供油,输导系统为不整合面和断层。中生界背斜也可能构成山头型背斜潜山圈闭,储层为中生界,盖层为沙河街组、东营组或馆陶组。

4 结论

济阳坳陷中生界潜山构成复杂,经历了多次构造变动,导致油气藏类型复杂多样,不同的油气藏类型具有各自的成藏特征与机理,但是特定的构造背景、特定的构造部位控制着相应的油气藏类型。不同于碳酸盐岩型潜山,非碳酸盐岩型潜山内幕型油气藏完全可以与风化壳型油气藏平分秋色,潜山内幕型储层必须予以高度重视。所以首先要认清各个区块不同时期的区域构造背景,然后对不同的构造部位结合生储盖等条件综合分析,优选出合适的靶区,中生界非碳酸盐岩型潜山也大有可为。

参考文献:

[1] 李丕龙,张善文,王永诗,等. 多样性潜山成因、成藏与勘探[M]. 北京:石油工业出版社,2003. 114-118.
[2] 张万选. 中国的油气资源及油气藏类型探讨[J]. 断块油气田, 1997, 4(4): 5-8.
[3] 张青林,任建业. 济阳坳陷中生界潜山类型及其分布规律与形成过程研究[J]. 重庆石油高等专科学校学报, 2004, 6(4): 11-13.
[4] 任建业. 济阳坳陷新生代褶皱-冲断构造的厘定及其动力学背景分析[J]. 地质科技情报, 2004, 23(3): 1-5.
[5] 高喜龙,杨鹏飞,纪玉民. 埕岛油田油气藏类型及成藏模式[J]. 中国海上油气(地质), 2000, 14(2): 104-107.

CHARACTER OF NON-CARBONATE RESERVOIR OF THE BURIED HILL
A CASE OF THE MESOZOIC ERATHEM IN JIYANG DEPRESSION

ZHANG Qing-lin¹, REN Jian-ye²

(1. School of Ocean and Earth Science, Tongji University, Shanghai 200092, China;
2. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Based on statistical analysis of oil-wells in buried hills and anatomic research of typical reservoirs in Mesozoic Erathem of Jiyang depression, the Mesozoic reservoirs are divided into two types (structural reservoir and stratigraphic reservoir) and nine subtypes. Furtherly, according to structural positions and related reservoir types, hydrocarbon accumulation models can be divided into five types, including the main uplift body, the uplift steep slope, the uplift gentle slope, the inter(intro)-sag highland and thrust-fold belt type.

Key Words: Jiyang depression; Mesozoic Erathem; buried hill; reservoir type; hydrocarbon accumulation model

(上接第 205 页)

REE COMPOSITION AND TRACE ELEMENT FEATURES OF
ZHAISHANG GOLD DEPOSIT, WEST QINLING

L Xi-wang¹, LIU Xin-hui², YU Lan³, LIU Jian-chung²

(1. The 2nd brigade of forced police army, Langfang 065000, China;
2. The No. 5 Gold Geological Party of CAPF, Xi'an 710100, China;
3. Department of geology, Northwest University, Xi'an 710069 China)

Abstract: REE characteristics of gold ore of Zhaishang gold deposit are similar to the sedimentary host rock, but differ from the intrusive rock (granite) nearby indicating that the ore is genetically related to the sedimentary stratum. Au, Hg, As, Sb, Pb, Zn concentrated in the mineralization zones and the average Co/Ni ratio 0.27-1.5 of pyrite and Co/Ni ratio 0.33-0.40 of orebody imply low metallogenic temperature and rising trend of the ratio from the host rock to the ore imply enrichment of the ore elements and trace elements from diagenesis to the ore formation.

Key Words: REE; trace element; Zhaishang gold deposit; Gansu province

(上接第 209 页)

Abstract: Bei Gangou gold deposit is a quartz vein type gold deposit in ductile shear zone. The ductile shear zone is characterized by the development of mylonite and schistosity zones. Strain and retrograde metamorphism are gradually strengthened from the borders of the ductile shear zone to the center and sheath fold is developed. The ductile shearing tectonite is zoned. Quartz vein is the main gold-bearing vein occurring in the center of the ductile shear zoning. Morphology, stages of the tectonic activities and zoning of the ductile shearing tectonite control strongly the gold ore.

Key Words: ductile shear zone; mylonite; gold-bearing quartz vein; Bei Gangou gold deposit; Beijing