

查干凹陷下白垩统层序地层格架与演化

郭彦如^{1,2}, 于均民², 樊太亮¹

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国石油勘探开发研究院西北分院, 甘肃兰州 730020)

摘要: 查干凹陷位于银额盆地东北角, 依据地震、岩性、古生物、地化及测井等资料, 其白垩系可划分出1个一级层序、2个二级及7个三级层序。巴音戈壁组一、二段沉积时期形成层序I, II; 苏红图组沉积时期, 形成层序III, IV, V; 银根组沉积时期形成层序VI, VII。查干凹陷已有钻井显示, 58%的油气层段分布于低位体系域中, 30%的分布于高位体系域, 12%的分布在湖侵体系域。

关键词: 下白垩统; 层序地层; 隐蔽油气藏; 查干凹陷

第一作者简介: 郭彦如, 男, 39岁, 高级工程师(博士), 石油地质与层序地层

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

查干凹陷位于银额盆地东北角, 外形呈向北西外凸的扇形, 长60 km, 最大宽度32 km, 面积2 000 km²。凹陷走向北东-南西向, 是一个北西断、东南超的箕状断陷, 盆地北部边界的图拉格正断层, 为控制箕状断陷发育的同生正断层, 控制着凹陷下白垩统的分布。凹陷基底为二叠系, 最大埋深为6 400 m, 沉积盖层由下白垩统、上白垩统和新生界组成, 缺失三叠系和侏罗系。下白垩统发育断陷湖盆沉积, 上白垩统及其以上地层发育拗陷冲积河流沉积。凹陷从北至南可划分为6个亚二级构造单元: 虎勒次凹、巴润断鼻带、额根次凹、毛敦侵入带、海力素断背斜带、五华单斜带, 呈凹凸相间的格局。

由于下白垩统湖盆具有多物源、多旋回、多沉积体系和低成分成熟度和结构成熟度的特点, 大多发育储集性能差的低孔低渗-特低孔渗储层^[1,2]。因此, 有必要在划分出低位、湖侵和高位体系域的基础上确定和预测等时的沉积体系域^[3]和沉积相, 进行多层次预测与评价。

1 层序边界识别

1.1 地震资料

一级层序边界在地震剖面上表现为区域上广泛分布的不整合面, 遭受剥蚀时间长, 缺失地层多, 超覆、削截现象明显。其主要是由大的构造运动和湖平面下降造成的, 是构造旋回划分的标志。

二级层序除湖盆边缘在地震剖面上有超覆、削截现象外, 湖盆中心往往为整合接触。地震剖面上不易识别, 它的划分对井资料和地震资料的依赖性较强^[4]。其主要是由区域构造运动或湖平面下降造成的(图1)。

三级层序主要由湖平面变化等因素造成, 在地震剖面上表现为上超或顶超, 它的划分主要依赖钻井资料。

最大湖泛面在地震剖面上呈双相位强反射, 界面之上可见到明显的下超反射, 往往与有利烃源岩对应; 初始湖泛面表现为中-较强振幅、中连续反射同相轴。

1.2 岩性

查干凹陷在钻井取芯、单井地层录井柱状图上的层序边界表现为: (1) 浅水相覆盖在深水相之上; (2) 上覆洪积岩; (3) 沉积旋回变化, 由正旋回→反旋回; (4) 上覆火山岩, 查参1井第三、四层序顶界之上均为火山岩。

这些识别标志是对层序边界附近有暴露标志及地层剥蚀特征、地层上超、浅水相向深水盆地迁移、滨岸向盆地方向迁移等特征的反映。另外, 相序不连续的两套地层之间也存在着沉积间断。

1.3 古生物及地化特征

地层中相邻两层生物数量、种属的突变, 表明沉积地层之间发生过沉积间断; 氧化矿物含量的增加、还原硫含量的变化, 均可指示层序边界的存在。查参1井3 000~3 900 m层段包括大套的深水相白云质泥岩、页岩, 古生物及地化特征反映其有沉积间断。

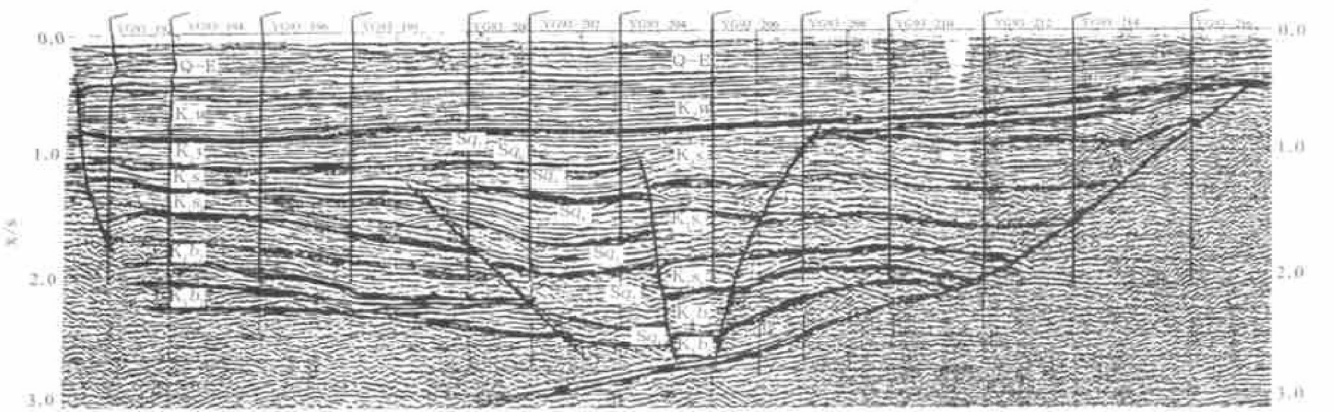


图 1 查干凹陷层序地层格架(YG93-836 测线)

Fig.1 Framework of sequence stratigraphy in Chagan depression

1.4 测井响应

1.4.1 渐变式

这是代表一种基准面快速下降随即又快速上升的渐变形式。在测井曲线上,层序边界之下的准层序组呈前积式,其上的准层序组呈退积式,层序边界往往位于砂岩内部。层序边界之下的准层序向上变厚,各准层序沉积物粒径向上变大,其上的准层序向上变薄,粒径变小,测井曲线形态特征在层序边界之下呈漏斗状,层序边界之上呈钟形(图 2)。

1.4.2 突变式

层序边界之下的测井响应属泥质沉积的平滑式加积型,其上为砂岩或砂砾岩的箱形加积式、钟形退积式,代表一种水体由相对较深突然变浅并持续了相当久的沉积型式,其地质记录为砂、砾岩直接覆盖在泥岩之上。

1.4.3 加积/前积式

层序边界之下地层呈前积型,测井曲线形态为漏斗型,边界之上地层呈加积型,测井曲线形态呈箱形。

2 层序地层格架

2.1 地震层序

应用地震资料进行层序地层学解释,并结合钻井和露头资料对地震剖面进行综合分析。查干凹陷下白垩统自下而上可初步划分为 1 个超层序、7 个层序(表 1)。

二级层序(超层序):侏罗纪末盆地抬升,大部分地区遭受剥蚀,形成了查干凹陷白垩系与基底二叠系之间的区域不整合面 $T_{K1}b_1$ 。之后,盆地再沉降,形成了在本凹陷广泛发育的第一个超层序

(SS_{q1}),相当于下白垩统。其底界在地震剖面上可见上超、削截等现象(图 1)。

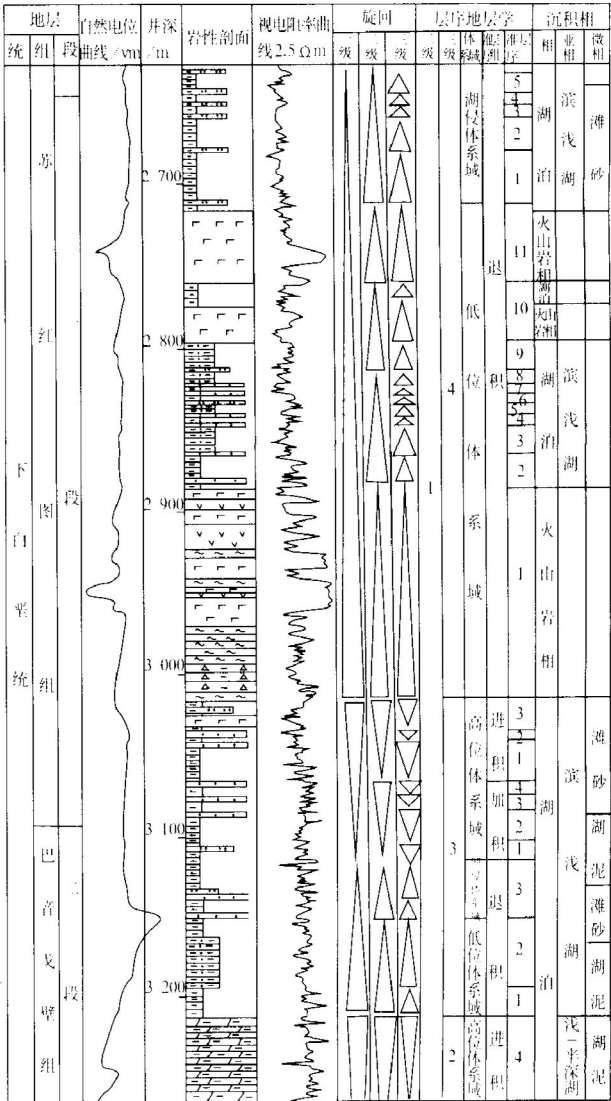


图 2 银额盆地查干凹陷查参 1 井层序地层划分图

Fig.2 Classification of Lower Cretaceous sequence stratigraphy for Chagan No. 1- Well of Chagan depression in Yine basin

表 1 银额盆地查干凹陷地震层序综合表

Table 1 Sythetic table of seismic sequence in Chagan depression, Yine basin

地层系统					层序				地震反射终止类型 (顶界/底界)	构造运动
界	系	统	组	段	一级	二级	三级	边界		
中生界	白垩系	上统	乌兰苏海			2		T_{K_2w}	/ 整一	燕山 V 幕
		下统	银根		1		7	T_{K_1Y}		
							6		削截/上超	燕山 IV 幕
			苏红图组	二段			5	$T_{K_1S_2}$	削截/上超	
				一段			4		/	
							3	$T_{K_1S_1}$	整一/上超、整一	
			巴音戈壁	二段			2	$T_{K_1b_2}$	削截、整一/上超、整一	
				一段			1	$T_{K_1b_1}$	整一/上超、整一	
	二叠系							T_g		海西运动

层序 1(Sq1) 底界为第一超层序的底界, 对应于 $T_{K_1b_1}$ 反射层(图 1); 层序 2(Sq2) 由巴音戈壁组二段中下部构成, 底界对应于 $T_{K_1b_2}$ 反射层, 界面之上见下超反射终止并有河流下切形成的下切谷; 层序 3(Sq3) 由苏红图组一段下部构成, 底界对应 $T_{K_1s_1}$ 反射层, 该反射界面是一个不整合面, 界面之上的地层上超于 $T_{K_1s_1}$ 上, 界面之下地层被 $T_{K_1s_1}$ 削截; 层序 4(Sq4) 相当于苏红图组一段的上部和苏红图组二段下部, 顶、底界对应火山岩反射层; 层序 5(Sq5) 相当于苏红图组二段上部, 底界对应火山岩反射层; 层序 6(Sq6) 由银根组下部地层构成, 底界对应 T_{K_1Y} 反射层, 该反射层是一个不整合面, 界面之上地层上超于 T_{K_1Y} 上, 界面之下地层被 T_{K_1Y} 削截; 层序 7 相当于银根组上部。

2.2 单井层序

对查干凹陷重点石油探井下白垩统层序及体系域分析结果表明: 查参 1 井下白垩统发育一个超层序, 7 个层序: 层序 1 相当于巴音戈壁组一段, 由 3 个体系域组成, 自下而上分别为 LLST, LTST 和 LHST; 层序 2 相当于巴音戈壁组二段, 发育 3 个体系域, 高位体系域相对发育; 层序 3 相当于巴音戈壁组二段上部和苏红图组一段下部, 发育 3 个体系域; 层序 4 相当于苏红图组一段中上部和二段下部, 发育 3 个体系域, 低位体系域发育; 层序 5 相当于苏红图组二段中上部, 发育 3 个体系域, 高位体系域发育; 层序 6 相当于银根组下部, 发育 3 个体系域, 低位体系域不发育; 层序 7 相当于银根组上部, 只发育高位体系域。

3 沉积演化

早白垩世早期, 凹陷始见雏形, 形成层序 I。由于扩张断陷活动加剧, 古地形高差悬殊, 箕状地貌控制着沉积相带的展布, 在邻近物源区的陡侧或缓侧, 碎屑物质以粗碎屑快速充填式沉积为主, 形成厚度很大的扇三角洲和水下扇等粗碎屑砂体, 向凹陷中心过渡为浅-半深湖相。沉积中心位于额根次凹和虎勒次凹。巴音戈壁组一段沉积末期, 湖盆略有收缩。

巴音戈壁组二段沉积时, 地形高差减小, 随着断裂活动的加强, 凹陷不断被填平, 湖盆水域不断向岸扩张, 巨厚的浅-半深湖相暗色泥岩覆盖凹陷广大地区, 开始了凹陷的大规模湖侵, 开始形成层序 II 湖侵体系域, 第一套主力烃源岩系形成。然而水体深度仍然有限, 且呈局部封闭性, 湖水盐度较大, 白云质泥岩发育, 并夹有石膏层, 滨浅湖滩砂和冲积-河流比重增加, 从凹陷西北至东南依次发育水下扇体系、浅-半深湖体系、滨浅湖体系、扇三角洲体系和冲积-河流沉积体系(图 3a, b, c)。

苏红图组一段沉积时, 随着裂陷活动的继续, 凹陷古地形日趋平坦, 层序 II 开始形成。古气候湿热, 为再次湖侵创造了有利条件。当时湖盆水域几乎漫及整个凹陷, 湖泊相沉积以水体浅、时间短和范围广为特征, 沉积中心较巴音戈壁时期向南有一定偏移。火山岩岩相与滨浅湖泥岩相相间是本期的沉积特点; 沉积相序的横向展布仍表现为箕状不对称的沉积序列; 与巴音戈壁期相比, 滨浅湖相虽广布于凹陷中, 但高位体系域中河流-扇三角洲体

系更加发育(图3d), 形成凹陷最主要的储集体系。

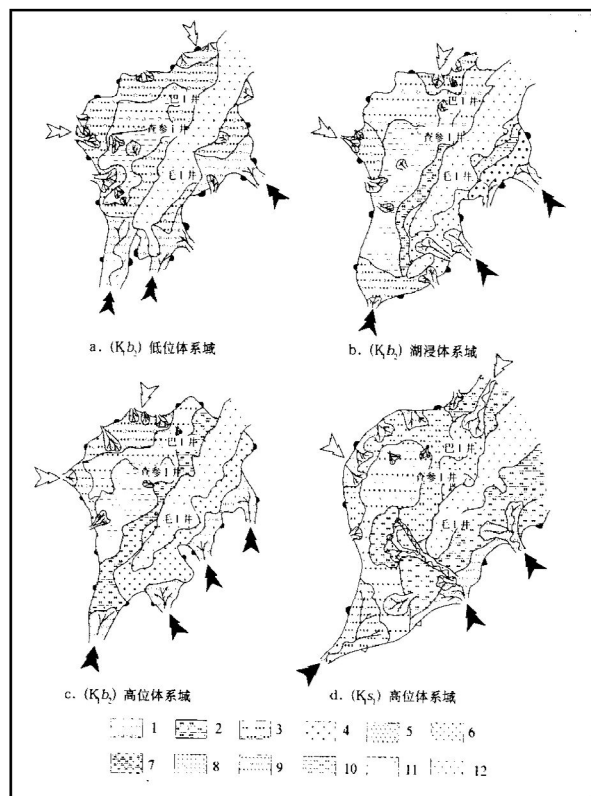


图3 查干凹陷下白垩统主要层序沉积体系分布

Fig. 3 Distribution of primary sequence deposition system in Lower Cretaceous of Chagan depression

- 1—冲积扇(冲积-河流); 2—河泛平原; 3—扇三角洲;
4—扇三角洲平原; 5—扇三角洲前缘; 6—三角洲平原;
7—三角洲前缘; 8—浊积扇; 9—滨浅湖; 10—浅湖;
11—浅-半深湖; 12—侵入岩

苏红图组二段沉积时期, 凹陷收缩, 裂陷作用减弱, 集中到了虎勒次凹, 开始形成层序 IV, V。气候趋于干燥炎热, 盆地边部红色粗碎屑和石膏发育。伴随着火山喷发和岩浆侵入^[5], 早期的湖盆水体日益变浅, 并大规模从毛敦侵入带向西部收缩, 逐渐为河流相取代, 扇三角洲体系萎缩。此湖侵期形成褐色泥岩广布凹陷, 为区域性盖层。苏红图组二段沉积末期, 凹陷整体抬升, 湖泊萎缩, 河泛平原广布。

银根期湖盆变浅, 层序 VI 开始形成, 以淤积型沉积为主, 沉积中心由西部向东部转移, 河流相逐渐替代湖泊相, 仅在凹陷西南部有湖泊残留, 到银根末期(层序 VII)全部消亡。

4 有利隐蔽圈闭预测

在低位体系域中, 相对独立的低位盆底扇、浊积砂体构成的隐蔽圈闭易形成具有勘探前景的岩性油气藏。根据 Baum1995 年的统计, 世界上大约

86% 以上的油气储集在低位体系域中, 所以低位体系域隐蔽圈闭在油气勘探中的重要地位不容忽视^[6]。查干凹陷查参 1 井、毛 1 井、巴 1 井的主要试油井段(共计 80 个数据点), 有 58% 的油气层段分布在低位体系域中, 30% 的油气层段分布在高位体系域中, 12% 的油气层段分布在湖侵体系域中。

低位体系域发育的盆底扇、河道和低位前积楔在平面上分布相对独立, 砂体侧向连通性较差, 常与深水泥岩交互成层, 容易形成岩性圈闭; 其次, 低位体系域处于盆地斜坡下部, 其上发育湖侵体系域和密集段, 它们可以作为盖层和油源岩。国内外数个大中型油气田均位于密集段之下。近源冲积扇(山麓-洪积扇)圈闭, 仅发育于较陡岸的边缘。对断陷湖盆来说, 只发育于同沉积断层的上盘边缘。盆地中或断陷的地震剖面上已有发现, 随着勘探程度提高, 扇中、扇端可能会作为一种勘探对象, 是供钻探选择的目标。

层序 4、5 的低位体系域普遍分布喷发火山岩和侵入岩。近年来的研究表明, 火山岩发育区具有良好的勘探前景, 已成为我国中生代盆地勘探的新领域^[5, 7]。

在高位体系域中, 进积准层序发育为其特征, 发育三角洲、扇三角洲、河道砂体, 且厚度大。如果在油气逸散之前砂体上倾方向的逸散通道被封堵, 就可形成隐蔽圈闭。查干凹陷的(扇)三角洲前缘相带易形成有利的隐蔽圈闭。查干凹陷在断陷湖盆演化萎缩期及转化为坳陷期时, 盆地属充填型, 地形平缓、河流广布, 发育有许多(扇)三角洲。湖盆主要物源来自东南方, 在断陷西部地区发育了大片扇三角洲沉积。由于图拉格正断层下降速度快, 物源充足, 形成了高能量扇三角洲前缘沉积。是一个物性好的储集物。

在湖侵体系域中, 孤立滩砂可形成地层圈闭; 连续砂体与构造配置可形成上翘尖灭型油气藏。

参考文献

- 郭彦如, 王新民, 刘文岭. 银额济纳旗盆地油气系统特征与油气勘探前景[J]. 大庆石油地质与开发, 2000, 19(6): 4~8
- 王新民, 郭彦如, 马龙, 等. 银-额盆地侏罗、白垩系油气超系统特征及其勘探方向[J]. 地球科学进展, 2001, 16(4): 490~495
- Vail P R, Mitchum R M. Seismic stratigraphy and global changes in sea level, Part 1: overview[A]. In: Payton C E. Seismic stratigraphy application to hydrocarbon exploration[C]. AAPG Memoir, 1977, 26: 51~212

(下转 182 页)

ORDOVICION REEF IN LUNAN- BACHU AREA AND THEIR RESERVOIR CHARACTERISTICS

Hu Minyi^{1,2} Zhu Zhongde² He Ping² Zhang Jun¹ Wang Qingchun²

(1. China University of Geosciences, Beijing; 2. Jiangnan Petroleum University, Jingzhou, Hubei)

Abstract: Ordovician reef in Lunan- Bachu area of Tarim basin have been discovered recently in Middle Ordovician Yi Jianfang Formation and Upper Ordovician Sang Tama Formation. The reef- build- up organism are mainly composed of Calathium, Lithistida, Batostoma and Archaeoscyphia etc. The reef body, small in size and variety in type, is generally made up of reef base, reef core and reef cap. Characterized by low- porosity- low permeability or low porosity- middle permeability based on the analysis of porosity and permeability, rocks of reef reservoir are not good in general, but the porosity of reef base and reef cap is higher than that of reef core. The reservoirs, controlled by sedimentary structure and diagenesis, are mainly in types of fracture and pore- fracture.

key words: reef; reservoir; Ordovician system; Tarim

(上接 169 页)

4 中国石油天然气集团公司石油经济和信息研究中心. 层序地层学原理及在油气勘探开发中的应用[M]. 北京: 地质出版社, 1999

5 郭彦如, 李天顺, 高平. 内蒙古银额盆地火山特征与识别[J].

地球学报, 1999, 20(增刊): 97~ 102

6 瞿辉, 赵文智. 层序格架在油气勘探中的作用[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(5): 40~ 43

7 高山林, 李学万, 宋柏荣. 辽河盆地欧利坨子地区火山岩储集空间特征[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(2): 173~ 177

EVOLUTION AND SEQUENCE STRATIGRAPHIC FRAMEWORK OF LOWER CRETACEOUS IN CHAGAN DEPRESSION

Guo Yanru^{1,2} Yu Junmin² Fan Tailiang¹

(1. Earth Resource Faculty, China University of Geosciences, Beijing;

2. Northwest Branch, Research Institute of Petroleum Exploration & Development, CNPC, Lanzhou, Gansu)

Abstract: Lower Cretaceous of Chagan depression, situated in the northwest corner of YinE basin, can be divided into one first- order sequence; two second- order sequences and seven third- order sequences according to its data of seism, lithology, palaeobiography, geochemistry and well- logging etc. I and II order sequences were shaped during I and II member deposition of Bayin Gebi Formation, III, IV and V- order sequences were formed in the deposition of Suhongtu Formation while VI and VII- order sequences formed in the deposition of Yingen Formation. Well- logging data collected from Chagan depression indicate that 58 % oil and gas bearing- formation are distributed in lowstand system tracts, 30 % in highstand system tracts and 12 % in lake ingression system tracts.

Key words: Lower Cretaceous; sequence stratigraphy; subtle reservoir; Chagan depression