

# 巴彦浩特盆地石炭系储层特征及成岩作用

卫平生, 谭开俊, 魏郑铁

(中国石油勘探开发研究院西北分院, 甘肃 兰州 730020)

**摘要:**在岩心描述的基础上,通过对薄片观察、阴极发光、扫描电镜、X 射线衍射等分析化验资料的研究,对巴彦浩特盆地石炭系储层的岩性特征、成岩作用和成岩演化历史进行了探讨,认为该盆地石炭系存在砂岩和碳酸盐岩 2 类储集层,砂岩储集层在经历了机械压实和早期胶结(丧失大部分原生孔隙)→溶解(形成次生孔隙或扩大残余原始粒间孔)→晚期再胶结(丧失部分次生孔隙和残余原始粒间孔)→含铁矿物的褐铁矿化(进一步丧失孔隙和残余原始粒间孔)→残余原始粒间孔、晶间孔、溶蚀孔、微孔隙和微裂隙(现存孔隙)成岩和孔隙演化后处于早成岩 B 期和晚成岩 A、B 期,其以次生溶蚀孔隙为主,孔隙类型复杂,物性普遍较差,但差中有好;碳酸盐泥经历了 2 种成岩演化:一是机械压实、胶结作用形成泥、粉晶生物碎屑灰岩,再经溶解、胶结、重结晶作用,使之局部白云岩化;二是机械压实、胶结作用形成含陆源碎屑、内碎屑、生物碎屑、泥—粉晶颗粒灰岩,再经溶解、胶结、重结晶作用,使之局部白云岩化,之后处于浅—中埋藏阶段和深埋藏阶段,其孔隙普遍较少,物性差,个别层段发育溶洞。

**关键词:**巴彦浩特盆地;石炭系;储集层;成岩作用

**中图分类号:** TE122.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-1926(2008)05-0581-06

## 0 引言

巴彦浩特盆地位于内蒙古自治区中西部,面积约  $2 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,区域构造上处于鄂尔多斯地块、阿拉善地块和祁连山褶皱带三大构造单元交汇处,是叠置在贺兰坳拉槽与华北地块大陆边缘上的内陆石炭系拗陷与中生代断陷双层构造叠置而成的一个复合盆地<sup>[1-3]</sup>。

近年来,新疆地区石炭系天然气勘探取得了重要进展<sup>[4]</sup>,使巴彦浩特盆地石炭系的勘探潜力再度受到石油勘探家们的重视。早在 20 世纪 50 年代,该区在石油地质普查中曾提出石炭系具有较好的油气勘探前景,但长期以来油气勘探未获得突破,主要原因之一在于对该区油气储层认识还不十分明确,而储集层的好坏又受成岩作用的影响。因此,对石炭系储层成岩作用的研究将是该区油气勘探突破的关键之一。但该区石炭系石油地质研究一直十分薄弱,仅局限于区域性地质研究,特别是对盆地石炭系储集层研究涉及较少<sup>[5-8]</sup>。

本文利用巴彦浩特盆地周缘露头和盆地内仅有的 2 口石油钻井,在岩心描述和系统取样的基础上,通过对薄片观察、阴极发光、扫描电镜、X 射线衍射等分析化验资料的研究,对盆地石炭系储层特征、成岩作用、成岩演化历史进行了探讨,以期对该区的油气勘探有所借鉴。

## 1 储层特征

### 1.1 储层分布特征

巴彦浩特盆地石炭系为海陆过渡型的巨厚沉积,发育有碎屑岩、碳酸盐岩和少量蒸发岩<sup>[9-10]</sup>。碳酸盐岩主要分布于前黑山组的下部和臭牛沟组的上部。砂岩主要分布于靖远组、羊虎沟组和太原组。储集层主要以砂岩为主,厚度变化大(表 1),一般厚 200~350 m,占地层总厚的 30% 左右,在盆地南缘大石头井沟厚度可达 1 057.3 m。从各层组砂岩厚度的变化情况来看,存在着由盆地南缘红水堡、营盘水、大柳树到下河沿一线向其北西碱窝子至大石头井沟一线逐渐增大的趋势。

表 1 巴彦浩特盆地石炭系砂岩厚度统计(单位:m)

层组	巴参 2 井	锡 1 井	乌达	呼鲁斯太	响水	大石头井沟	毛山	红水堡	前黑山	营盘水	青羊山	大柳树	下河沿 (含东大沟)	西碱窝子 (含城东)
C <sub>3</sub> t			155.8	212.6	0			30.2		50.2	51.0	49.3	122.8	231.6
C <sub>2</sub> y	147.6		203.5	87.5	0	376.8		57.1		37.5		81.2	80.7	245.5
C <sub>2</sub> j	169.5	120.7	120.5	12.1		361.7		13.3		10.5		53.5	107.4	287.8
C <sub>1</sub> c	24.0	4.5				105.6	281.5	21.2	16.7		92.2		37.3	74.4
C <sub>1</sub> q						213.3		56.3	44.1		122.8		10.1	
累计	341.1	125.2	479.8	174.7	300.1	1057.3	281.5	178.1	60.8	100.1	259.4	184	358.3	839.3

1.2 储层岩石学特征

在盆地南缘,储层岩性主要为灰白色、浅灰色岩屑质石英砂岩、纯石英砂岩,石英含量占 80%~90%,岩屑+长石<10%~20%,胶结物含量为 15%~28%。在盆地东缘,储层以石英砂岩为主,而盆地西南缘近骡子山隆起区的西碱窝子和下河沿剖面,则常见长石砂岩、长石岩屑砂岩和次长石岩屑砂岩。碳酸盐岩储层主要由生物碎屑灰岩、鲕粒灰岩及泥晶灰岩组成,含少量白云岩。

1.3 储层孔隙类型

1.3.1 砂岩的孔隙类型

岩石铸体薄片和扫描电镜观察的结果表明,砂岩的原生孔隙较少,尚存的仅为石英次生加大后的残余粒间孔。绝大多数的孔隙都是溶解作用形成的次生孔隙。可见次生孔隙为研究区砂岩的主要储集类型。砂岩孔隙类型的组合形式概括起来有以下几种:①残余粒间孔+晶间孔+溶孔,这类孔隙组合的砂岩孔、渗较高,储集性能好;②残余粒间孔+晶间孔,这类砂岩的孔、渗较高;③晶间孔+溶孔+微孔,这种砂岩孔隙度较高、渗透率较低;④溶孔+微孔+

残余粒间孔,这类砂岩孔隙度较高,但渗透率较低;⑤微孔+溶孔,这类砂岩孔、渗较低;⑥微孔隙,这类砂岩孔、渗极差。在以上 6 种孔隙类型组合中,砂岩的孔、渗与储集性能依次变差。

1.3.2 碳酸盐岩的孔隙类型

从铸体、岩石薄片和扫描电镜观察的孔隙类型主要有裂隙、溶蚀孔隙,原生晶间孔和粒间孔较少。①裂隙:由构造应力或白云岩化产生,缝宽几毫米,纵向延伸较长;②溶蚀孔:由碳酸盐溶蚀而成的孔、洞,孔径可达 10μm;③晶间孔:由碳酸盐矿物重结晶而成,一般较少,孔径为几微米;④粒间孔:碳酸盐矿物颗粒间组成的孔隙,孔径为 1~2μm。

1.4 储集性能

砂岩储层物性偏低,为低孔低渗储层,平均孔隙度为 6.07%,平均渗透率为 0.85×10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>,但在锡 1 井靖远组和巴参 2 井羊虎沟组储层物性变好,孔隙度分别为 12.77%和 12.51%,渗透率分别为 5.9×10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>和 11.2×10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>(表 2)。碳酸盐岩储层物性普遍差,为特低孔、特低渗储层,平均孔隙度为 2.5%,平均渗透率为 0.47×10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>(表 3)。

表 2 石炭系各层组碎屑岩储层物性数据

层位	红水堡	前黑山	营盘水	青羊山	大柳树	下河沿	西碱窝子	大石头井沟	毛山	响水	锡 1 井	巴参 2 井	呼鲁斯太	乌达
C <sub>3</sub> t	7.01/ 0.43*	/	7.18/ 0.31	6.67/ 0.9	3.59/ 0.013	10.75/ 3.18	6.13/ 0.092	/	/	3.18/ 0.02	/	/	0.15/ 1.16	12.25/ 145.8
C <sub>2</sub> y	8.24/ 0.69	/	6.37/ 1.32	/	4.5/ 0.063	8.0/ 4.36	8.12/ 0.78	2.6/ 0.015	/	2.37/ 0.04	/	12.51/ 11.2	7.59/ 1.93	9.13/ 0.79
C <sub>2</sub> j	7.11/ 2.22	/	7.1/ 0.35	/	1.47/ 0.011	7.98/ 86.9	7.0/ 2.92	4.05/ 0.28	/	/	12.77/ 5.9	9.42/ 0.58	5.31/ 0.065	4.67/ 0.16
C <sub>1</sub> c	4.39/ 0.21	/	/	7.0/ 0.65	/	/	2.68/ 0.006 2	3.61/ 0.015	2.59/ 0.015	/	/	/	/	/
C <sub>1</sub> q	8.33/ 0.21	2.35/ 0.17	/	8.9/ 6.4	/	/	/	2.93/ 0.83	/	/	/	/	/	/

\* :孔隙度(%) / 渗透率(×10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>)

表 3 石炭系碳酸盐岩储层物性数据

剖面	层位	样号	岩性	渗透率( $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ )	孔隙度(%)	主要孔隙特征
半个山	C <sub>1c</sub>	1	浅灰色生物泥—细晶灰岩	0.54	1.48	
		2	褐灰色泥—粉晶灰岩		13.7	次生洞穴
毛山	C <sub>1c</sub>	3	灰色亮晶珊瑚灰岩	0.4	1.57	微裂缝、溶孔直径 10 $\mu\text{m}$
红水堡	C <sub>1q</sub>	4	灰色含介形虫粪球粒泥晶灰岩	0.2	1.68	缝合线
		5	灰色含介形虫泥晶灰岩	0.01	0.75	溶孔、直径 0.05mm
前黑山	C <sub>1q</sub>	6	深灰色粉晶云岩		2.58	
营盘水	C <sub>1c</sub>	7	深灰色泥—粉晶生物灰岩	0.99	0.63	
		8	深灰色泥、亮晶棘屑灰色	0.21	6.13	微裂缝
青羊山	C <sub>1q</sub>	9	灰色砂质灰岩	1.36	6.83	

2 成岩作用

2.1 机械压实作用

在上覆沉积物的重荷作用下,松散的沉积物逐渐减小体积,排出水分,向着更致密的成岩方向转化。砂岩机械压实使碎屑颗粒呈点线接触,减少孔隙空间。某些颗粒强烈变形,并形成假杂基;在挤压作用下,导致片状云母成弯曲状,部分长石颗粒断开,解理错位,石英破碎等。碳酸盐岩机械压实的特点是:生物骨架被挤压破碎;生物和陆源颗粒呈紧密堆积;长条状颗粒沿垂直压力方向作定向排列等。

2.2 石英的压溶与次生加大作用

压溶作用实际上是一种化学胶结作用。石英的次生加大是二氧化硅在石英颗粒周边沉积的结果。从薄片和阴极发光等资料来看,砂岩的压溶作用非常强烈,石英加大现象普遍发育,硅质胶结物相当丰富(8%~14%),且在各层中均有分布,尤以前黑山组为甚。从阴极发光资料得知,同一颗粒的加大边,早期形成的发黄色光,中期形成的发棕色光,晚期形成的不发光。这是石英加大具多期次的佐证,其级别可达 III 级。石英加大有的在粘土膜后形成,有的无痕迹产出,加大边宽达 0.2 mm,从而使颗粒呈缝合线或凹凸状的镶嵌接触,导致砂岩更加致密。

2.3 碳酸盐矿物的胶结和交代作用

砂岩储层中,碳酸盐胶结物分布最广。其成分有方解石、白云石、菱铁矿、铁方解石和铁白云石。胶结物同石英次生加大一样也是多期形成的产物。早期形成的方解石、白云石和菱铁矿充填于粒间或裂缝中,往往呈连晶式胶结。阴极发光颜色较暗,为暗橙红色或暗红色。由于其形成早,抑制了机械压实,使颗粒“漂浮”于这些胶结物中,呈基底式或孔隙式胶结。晚期形成的方解石和白云石多充填于溶蚀

孔隙或裂隙中。阴极发光颜色明亮,为亮橙红色或亮红色。在砂岩孔隙和裂隙中也充填有结晶粗大的铁方解石和铁白云石,晶体为成岩晚期的产物。在阴极发光下,方解石和白云石具环带状结构,也表明了其具有多期胶结的特点。无论早期还是晚期形成的碳酸盐胶结物均伴随有交代碎屑颗粒的现象。

2.4 粘土矿物的胶结作用

该作用在石炭系的砂岩中普遍存在。其中,伊利石含量最高,高岭石次之,绿泥石和蒙/伊混层较少。在扫描电镜下,高岭石晶体一般呈书面状、假六方片状或蠕虫状。它由长石蚀变而来,重新沉淀在孔隙中,经重结晶后晶间孔可达 10 mm。也有少部分高岭石堆积杂乱,主要是由凝灰质或长石蚀变而成的雏晶,晶间孔不发育,往往把较大孔隙分割成许多微孔隙。由此可见,结晶好者晶间孔发育,物性好,反之则差。

2.5 长石的次生加大作用

西碱窝子和青羊山剖面的砂岩中长石的次生加大作用较为发育,但含量甚微,一般小于 2%,长石次生加大常以无痕迹产出或在粘土膜后形成。由碎屑长石的溶解再沉淀或由凝灰质蚀变而来。阴极发光显微镜下,长石的次生加大边不发光。

2.6 褐铁矿胶结作用

由于石炭系地层长期裸露,含铁碳酸盐胶结物在表生作用下遭受氧化,在大气淡水淋滤下极易发生褐铁矿化。它常常浸染基质,充填孔隙,局部富集或沿层面呈斑状分布。

2.7 矿物的溶解作用

溶解作用可增大砂岩的孔隙,提高渗流能力。在有机质逐渐成熟的过程中,因脱羧作用产生的 CO<sub>2</sub> 与水作用产生碳酸,它们不仅溶解砂岩中的硅铝酸盐矿物,而且溶解碳酸盐矿物。可见溶解作用

是产生次生孔隙的主要原因之一<sup>[11-12]</sup>。从薄片、阴极发光和扫描电镜下均可看出各种不同的溶蚀孔隙,既有石英颗粒的溶蚀孔、岩屑等全部被溶蚀的铸模孔,也有已形成孔隙网格的蜂窝状长石溶孔,还有碳酸盐等胶结物的溶孔,并常见溶蚀痕迹与残晶。

### 2.8 碳酸盐岩的白云岩化作用

该区碳酸盐岩多形成于潮坪和半封闭的泻湖环境中,有利于富镁的卤水置换方解石,经白云岩化作用形成白云岩。东大沟、西碱窝子、红水堡、前黑山和大柳树等剖面前黑山组底部分布的白云岩,均是白云岩化作用的产物。从现有资料来看,白云岩化作用产生的晶间孔及收缩缝对改善碳酸盐岩储层孔、渗有一定的作用。

### 2.9 碳酸盐岩的硅化作用

硅化作用是碳酸盐岩在酸性水的淋滤和溶解下产生来自石英的一种交代作用。臭牛沟组顶部灰岩硅化现象明显,硅质含量达 15%。硅化物的可能来源有:海水生物残体的溶解;火山物质向粘土矿物转变时析出 SiO<sub>2</sub>。

### 2.10 碳酸盐岩的压溶和溶解作用

压溶作用在灰岩中很普遍,其中非常发育的缝合线构造,便是压溶作用的产物。灰岩中溶解作用更为明显。毛山剖面珊瑚灰岩中有 10 μm 大小的溶孔发育;红水堡和半个山剖面灰岩中见有很多碳酸盐晶体的溶蚀现象;以及被方解石充填的溶孔、溶洞等。溶解作用在半个山剖面 Bg-9 层泥、粉晶灰岩中反映尤为明显,由溶蚀孔形成次生孔隙发育带,孔隙度高达 13.7%。

## 3 成岩阶段划分及成岩演化期次

### 3.1 成岩阶段划分

#### 3.1.1 碎屑岩成岩阶段划分

根据储层岩石学特征、构造特征、孔隙类型及组合特点、自生矿物的分布及演化、粘土矿物类型及分布和混层粘土矿物的转化等资料,依据中国石油天然气总公司《碎屑岩成岩阶段划分规范》(1992),将各剖面不同层组的成岩阶段划分为早成岩 B 期和晚成岩 A、B 期(表 4)。

表 4 石炭系各剖面碎屑岩成岩阶段划分及对比

成岩阶段	层位	西碱窝子		红水堡		下河沿		营盘水		巴参 2 井	
		R <sub>0</sub> (%)	S*(%)	R <sub>0</sub> (%)	S*(%)	R <sub>0</sub> (%)	S*(%)	R <sub>0</sub> (%)	S*(%)	R <sub>0</sub> (%)	S*(%)
早成岩	C <sub>3</sub> t					0.69~0.71	20~35				
B 期	C <sub>2</sub> y					0.57	20			0.42~0.65	25~37
	C <sub>3</sub> t	0.88~1.39		20						0.67~1.15	25~30
	A 期	C <sub>2</sub> y	1.34~1.4	15~20							
		C <sub>2</sub> j	1.04~1.26	20		0.62~1.54	32				
		C <sub>3</sub> t		1.57~1.88	25			1.74~1.87	0~30		
晚成岩		C <sub>2</sub> y		1.09~2.06	25~40			1.93	0		
	B 期	C <sub>2</sub> j		1.88~2.06	20~25			1.66~2.33			
		C <sub>1</sub> c		2.06~2.22	30						
		C <sub>1</sub> q	1.23~2.0	15~30	1.87~1.98	20					
表生作用		普遍存在含铁矿物的褐铁矿化,铁质浸染现象。硬石膏的石膏化,表生作用产生的溶蚀,在各剖面均有不同程度的存在									

\* :伊/蒙混层中蒙脱石含量

通过地面与井下对比,下河沿剖面的太原组和羊虎沟组成岩强度较弱,相当于巴参 2 井的羊虎沟组,进入了早成岩 B 期;西碱窝子剖面的太原组、羊虎沟组和靖远组以及下河沿剖面的靖远组成岩程度中等,相当于巴参 2 井和锡 1 井的靖远组和臭牛沟组,进入了晚成岩 A 期;而其余各剖面均进入了晚成岩 B 期。

#### 3.1.2 碳酸盐岩成岩阶段的划分

根据碳酸盐岩的成岩现象及成岩矿物,并对照

碎屑岩成岩阶段的划分,认为碳酸盐岩的成岩作用已进入浅一中埋藏阶段(碎屑岩的早成岩 B 期)和深埋藏阶段(碎屑岩晚成岩 A、B 期)。与井下相比,盆地西、南缘石炭系的碎屑岩和碳酸盐岩,大多经历了长期的表生成岩阶段。如普遍存在的含铁矿物的褐铁矿化、铁质浸染现象、硬石膏的石膏化等;表生淋滤作用产生的溶蚀现象;伊/蒙混层矿物中,存在含 100%蒙脱石和无蒙脱石的伊/混层 2 种极端现象,都是长期经受表生成岩作用的反映。

3.2 成岩与孔隙演化期次

岩石的孔隙演化与其成岩过程息息相关。但碎屑岩和碳酸盐岩所经历的成岩作用不尽相同,因而其孔隙演化途径各有特点。

3.2.1 砂岩储层成岩演化期次

砂岩经历了机械压实、早期胶结与交代、溶解和晚期胶结,成岩作用进入了早成岩期的 B 阶段或晚成岩期的 A、B 阶段;后又因构造运动,地层抬升暴露,经历了表生成岩作用,进入表生成岩期。

其成岩演化特点是:

(1)在埋藏初期,机械压实作用占主导地位,其后由于压溶和胶结作用的发生与发展,妨碍了机械压实,使其变得不太明显。机械压实的结果,使颗粒沿最优选的方位紧密堆积,从而减少了原生孔隙。

(2)在机械压实的同时,早期的胶结、交代以及压溶作用也随之发生。在此期间,无论何种胶结物都会使砂岩中的原生孔隙进一步减少。

(3)随着成岩进程的深入,在砂岩早成岩 B 期和晚成岩 A 期,有机质进入了半成熟期—成熟期(相当于  $R_o=0.5\% \sim 1.3\%$ ),排出大量有机酸,随着孔隙流体进入储集岩,致使孔隙充填物发生溶解,产生大量次生孔隙或使残余原始粒间孔扩大。如溶蚀粒间孔、粒内溶孔、铸模孔和微孔隙等均在此阶段形成。另外还产生自生高岭石晶体,形成晶间孔。

(4)在晚成岩期的 A、B 阶段,形成了铁方解石、

铁白云石、方解石和白云石,它们常充填于溶孔或溶蚀扩大的残余原始粒间孔,使部分次生孔隙和原始残余粒间孔再度遭到破坏。

(5)表生作用期,含铁矿物普遍褐铁矿化,使砂岩孔隙系统复杂化,上述作用形成的孔隙遭到进一步破坏。综上所述,石炭系碎屑岩的成岩与孔隙演化所遵循的途径为:机械压实+早期胶结(丧失大部分原生孔隙)→溶解(形成次生孔隙或扩大残余原始粒间孔)→晚期再胶结(丧失部分次生孔隙和残余原始粒间孔)→含铁矿物的褐铁矿化(进一步丧失次生孔隙和残余原始粒间孔)→残余原始粒间孔、晶间孔、溶蚀孔、微孔隙和微裂隙(现存孔隙)。

3.2.2 碳酸盐岩的成岩演化期次

碳酸盐岩的孔隙演化与其成岩史和沉积环境密切相关。该区石炭系碳酸盐沉积物的成岩演化基本经历了如下 2 种途径(图 1):①碳酸盐泥经机械压实、胶结作用形成泥、粉晶生物碎屑灰岩,再经溶解、胶结、重结晶作用,使之局部白云岩化。这种过程主要发生于浅水沉积环境。碳酸盐胶结作用、重结晶作用显著,生物碎屑被碳酸盐胶结,颗粒多为泥—粉晶,原生粒间孔不发育。但因溶解、白云岩化和重结晶可形成许多溶孔、晶间孔和收缩孔。②碳酸盐泥经机械压实、胶结作用形成含陆源碎屑、内碎屑、生物碎屑、泥—粉晶颗粒灰岩,再经溶解、胶结、重结晶作用,使之局部白云岩化。这种过程发生在潮坪与

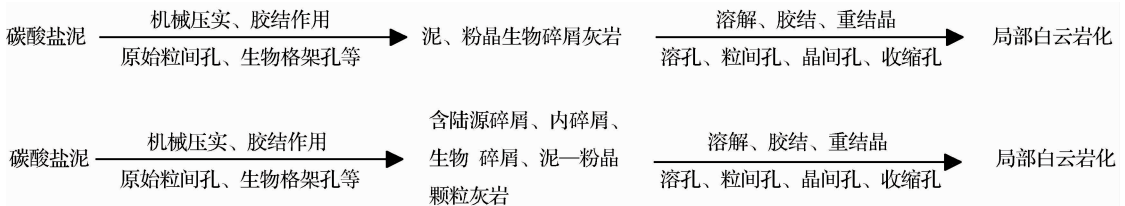


图 1 碳酸盐岩储层 2 种成岩演化序列

封闭泻湖环境。沉积物中有收缩、干裂和鸟眼构造。经重结晶、回流白云岩化和溶解等作用形成较好的次生孔隙带。

综上所述,碳酸盐岩理应形成很好的次生孔隙,但这些孔隙大都被晚期的胶结物所充填。可见储层性能的好坏,取决于成岩和构造应力形成的储集空间的保存程度,保存好者,物性好,如半个山剖面臭牛沟组 Bg-9 层,孔隙度高达 13.7%。但区内碳酸盐岩储层绝大多数孔隙少,物性差。

4 结论

(1)巴彦浩特盆地石炭系砂岩主要分布于靖远

组、羊虎沟组和太原组,碳酸盐岩主要分布于前黑山组的下部和臭牛沟组的上部。2 类储层以次生溶蚀孔隙为主,原生孔隙较好,物性普遍较差,但碎屑岩储层差中有好。

(2)石炭系碎屑岩和碳酸盐岩成岩作用丰富多彩,经历了一系列的成岩作用,包括机械压实作用、石英的压溶与次生加大作用、碳酸岩矿物的胶结和交代作用、粘土矿物的胶结作用、长石的次生加大作用、褐铁矿胶结作用、矿物的溶解作用、碳酸盐岩的白云岩化作用、碳酸盐岩的硅化作用、碳酸盐岩的压溶和溶解作用等。

(3)碎屑岩储层处于早成岩 B 期和晚成岩 A、B

期,而碳酸盐岩储层处于浅—中埋藏阶段和深埋藏阶段。

(4)碳酸盐岩储层与碎屑岩储层的成岩期对比表明:压实作用、石英的次生加大、胶结作用和溶解作用对碎屑岩储层改造较大,而溶解作用和白云岩化作用对碳酸盐岩储层改造较大。

#### 参考文献:

- [1] 刘绍平,刘学锋.巴彦浩特盆地的构造类型[J].西南石油学院学报,2002,24(3):24-27.
- [2] 王寿庆.对巴彦浩特盆地油气勘探的意见[J].河南石油,2000,14(6):1-7.
- [3] 宋桂桥,马玉春,刘传川,等.巴彦浩特盆地构造样式分析及其意义[J].河南石油,1999,13(4):8-11,14.
- [4] 赵孟军,宋岩,柳少波,等.中国中西部4种组合类型前陆盆地成藏研究:I油气成藏地质条件分析[J].天然气地球科学,2007,18(2):181-186.
- [5] 曹代勇,刘善印,张守仁,等.河西走廊—巴彦浩特盆地石炭系含油气远景评价[J].西北地质,2003,36(1):62-69.
- [6] 刘学锋.巴彦浩特盆地构造特征及含油气远景初步评价[J].西南石油学院学报,1994,16(4):18-27.
- [7] 孙东胜,白玉宝,蔚远江.祁连—走廊—贺兰坳陷区石炭系油气勘探有利区块选择[J].石油与天然气地质,2000,21(1):84-87.
- [8] 王寿清,孙自明,肖波,等.巴彦浩特盆地石炭系含油气系统及有利区带分析[J].现代地质,2000,14(4):429-434.
- [9] 卫平生,李天顺,李安春,等.巴彦浩特盆地石炭系沉积相及沉积演化[J].沉积学报,2005,23(2):240-246.
- [10] 熊保贤,陈文学,陈文礼,等.巴彦浩特盆地原型盆地形成与演化[J].沉积学报,2001,23(1):19-31.
- [11] Stoessel R K, Pittman E D. 次生孔隙再探:羧及阴离子对长石溶解的化学原理[J].孙洪斌译.石油科技情报,1992,1:9-21.
- [12] 宁宁,陈孟晋,刘锐娥,等.鄂尔多斯盆地石英砂岩储层成岩及孔隙演化[J].天然气地球科学,2007,18(3):334-338.

## Carboniferous Reservoir Features and Diagenesis, Bayanhot Basin

WEI Ping-sheng, TAN Kai-jun, WEI Zheng-tie

(Northwest Branch of PetroChina Research Institute of Exploration and Development, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** The reservoir characteristics, diagenesis and diagenetic evolution history of Carboniferous in Bayehot Basin were discussed on the basis of core description and the study of thin section analysis, cathodoluminescence, SEM and X-diffraction. There were two types of reservoir in the basin and they were sandstone and carbonate reservoirs. After experiencing mechanical compaction + early cement (most primary pores were lost) → dissolution (secondary pores or enlarged residual primary intergranular pores were formed) → late recementing (partial secondary pores and residual primary intergranular pores were lost) → ferritization of iron-bearing mineral (pores and residual primary intergranular pores were further lost) → diagenesis of residual primary intergranular pores, intercrystal pores, dissolution pores, micropore and microcrack (present pore) and pore evolution, the sandstone reservoir was under the phase of early diagenesis B and late diagenesis A and B. The pore type was complex and dominated by secondary dissolution pores. The reservoir property was generally bad, but some good reservoirs still existed. The carbonate mud was under the phase of shallow-middle burial and deep burial, and had generally a little amount of pores, bad property, and limestone caves developed in individual intervals after it suffered two types of diagenetic evolution: (1) The mechanical compaction and cementation formed micrite-crystal bioclastic limestone, and local dolomitized by dissolution, cement and recrystallization; (2) The mechanical compaction and cementation formed grainstone contained terrigenous clast, intraclast, bioclast and micrite-crystal, and local dolomitized.

**Key words:** Bayanhot Basin; Carboniferous; Reservoir; Diagenesis.