

柴达木盆地西部西岔沟剖面湖相碳酸盐岩岩石学特征与沉积环境分析

宋华颖¹ 伊海生¹ 范爱春² 马 雪¹ 孙 瑕¹

(1.成都理工大学沉积地质研究院,四川 成都 610059;2.赣西北地质调查大队,江西 南昌 330201)

提要:湖相碳酸盐岩在柴达木盆地西部古、新近系地层中广泛出露,在研究区西岔沟地区主要分布在下干柴沟组、上干柴沟组的顶部,下油砂山组及上油砂山组的底部。通过实测西岔沟剖面、岩性分析、岩相组合特征、生物特征、沉积构造、室内薄片鉴定等研究对西岔沟剖面的碳酸盐岩进行了分析,识别出西岔沟剖面的碳酸盐岩的类型主要有鲕粒灰岩、介壳灰岩、藻叠层石灰岩、泥晶灰岩、砂质灰岩等,沉积环境主要属滨浅湖,并在岩石学特征的基础上对其成因进行了研究。

关键词:柴达木盆地西部;西岔沟;碳酸盐岩;沉积环境

中图分类号:P588.24⁶ **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2010)01-0117-10

碳酸盐沉积物对环境变化响应特别敏感,碳酸盐沉积物和生物化石能很好地反映水动力条件、风暴的影响、海(湖)水的盐度、温度及含氧量等,且碳酸盐岩生物颗粒组合的重要差别可用来推测古水深,判断古气候变化。人们对碳酸盐岩的了解和认识在 20 世纪 50 年代中后期曾发生过一次革命性的进步,其原因是在全世界范围内到处都发现了碳酸盐岩油气藏,从而也引发了人们对现代碳酸盐岩沉积物的深入研究。因而在 1955—1965 年的 10 年间,人们对现代和古代碳酸盐岩的岩石学特征、超微组构特征、沉积环境、成岩作用和相模式进行了全面的深入研究。到了 20 世纪 60 年代晚期和 70 年代,碳酸盐岩微相分析已成为石灰岩沉积相分析和古环境解释的基本研究内容。由于石灰岩和白云岩可以作为储集岩,研究意义与日俱增;还由于化石岩石学(薄片分析)可应用于碳酸盐岩台地次级沉积单元的识别划分,因而二者从根本上促进了碳酸盐岩研究的进展。自 20 世纪 80 年代至今,人们对海相碳酸盐岩的研究已取得了很多研究成果,但对湖相(非海相)碳酸盐岩的研究进展一直处在比较缓慢的阶段,这

是因为湖相(非海相)碳酸盐岩源于不受海洋影响的地表暴露和水生环境,由生物和/或非生物作用形成,在许多方面均不同于海相碳酸盐岩。湖相碳酸盐岩发育于湖内或湖滨,常和古土壤、河流沉积物共生,是古湖盆从淡水向咸水直到盐、碱湖演变过程的必然产物,在地层时代上,湖相碳酸盐岩主要集中于中生代和新生代,自三叠纪到古近—新近纪的古湖中均有分布;在空间分布上,湖相碳酸盐岩则遍布中国各类湖盆中。其分布受控于构造背景、气候和物源供给等多方面因素^[1-4]。

由于柴达木盆地古近—新近纪湖盆以半咸水—咸水沉积环境为主,有些地区甚至表现为盐湖的沉积特点,湖水矿化度较高,致使湖碳酸盐岩相在柴达木盆地西岔沟剖面极为发育。前人对柴达木盆地西部地区沉积相已有广泛的研究,但对湖泊碳酸盐岩的岩石学性质及微相、沉积环境的演化研究还不够深入^[5-9]。本文应用沉积学理论,在前人研究成果的基础上,通过野外露头所测剖面的岩性类型及性质,室内对所采样品应用偏光显微镜薄片分析鉴定技术,对西岔沟剖面碳酸盐岩进行了详细的岩石学研究和分类,以

收稿日期:2009-09-19;改回日期:2009-12-01

基金项目:国家自然科学基金(40972084)资助。

作者简介:宋华颖,女,1982 年生,硕士生,主要从事沉积学方面的研究;E-mail:songhuaying88@163.com。

及沉积成因和环境分析。

1 研究区概况

柴达木盆地位于青藏高原北部,是青藏高原内部新生代形成的最大的一个陆相沉积盆地,平面上呈北西-南东向菱形,面积 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$,盆地内平均海拔高程 3000 m,与昆仑山和河西走廊平均海拔 5000 m 和 1000 m 相比高差近 2000 m,是高原地形向北东方向阶梯式降低的第一级台阶。它在地理位置上处于高原东北部的核心部位,其北西侧毗邻阿尔金断裂,东北部和南侧边界与祁连山和东昆仑山相接,其主体位于青海省西北部,介于 $35^{\circ}00' \sim 39^{\circ}20' \text{ N}$, $90^{\circ}16' \sim 99^{\circ}20' \text{ E}$ 之间,是一个典型的菱形山间盆地(图 1)。

笔者研究的西岔沟地区位于盆地西北端阿尔金山和昆仑山两大山系的交汇部位阿尔金山南麓,著名的干柴沟断鼻构造西南翼,是柴达木盆地新生代岩石地层单元建组剖面所在地,厚度 4500 m。实测西岔沟剖面起点坐标 $\text{N}38^{\circ}26'15.0''$, $\text{E}90^{\circ}52'20.5''$,终点坐标 $\text{N}38^{\circ}22'49.4''$, $\text{E}90^{\circ}53'01.0''$ (图 1),剖面长度约 7.4 km,厚度约 3299 m,包括下干柴沟组厚度大于 930.2 m(未见底)、上干柴沟组厚度 882.5 m、下油砂山组厚度 361.6m、上油砂山组厚度 828 m(未见顶),共分为 323 层。自下干柴沟组开始,相对湖水面逐渐上升,至上干柴沟组早中期上升为最高点,此

后相对湖水面处于逐渐下降状态,其中下油砂山组基本处于下降早期的振荡阶段,自上油砂山组开始发生大规模的湖退,沉积环境的变迁被记录在该区的沉积类型与特征中(图 2)。

从图 2 中可以看出,下干柴沟组下部为冲积扇沉积,以杂色粗-巨砾岩、含砾粗砂岩等为标志,砾石杂乱排列,分选差、磨圆差。湖侵的开始以介壳灰岩的出现为标志,之后一直为湖泊沉积,湖泊沉积以藻灰岩、鲕粒灰岩以及泥灰岩等碳酸盐岩为主要标志,至上油砂山组的下部终止。上油砂山组中下部则是以扇三角洲沉积为主,发育大套的黄褐色砾岩与砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩。总体来看,研究区具有近物源、快速沉积的特征,由下至上沉积环境变化为冲积扇-湖泊-扇三角洲,并且在整体上呈现出湖水先上升后下降的态势,同时反映出气候向炎热、干旱变化的趋势。

2 岩石类型与显微特征

很多湖相(非海相)的碳酸盐岩以特殊的端元组分、结构和微相类型为特征,难于使用为海相碳酸盐岩石制定的标准结构类型来描述。用海相碳酸盐岩结构分类的标准去描述这些岩石的结构特征是很困难的。因为在湖内形成的碳酸盐岩,生物因素的影响更为强烈,因而湖相的石灰岩很适合应用邓哈姆的

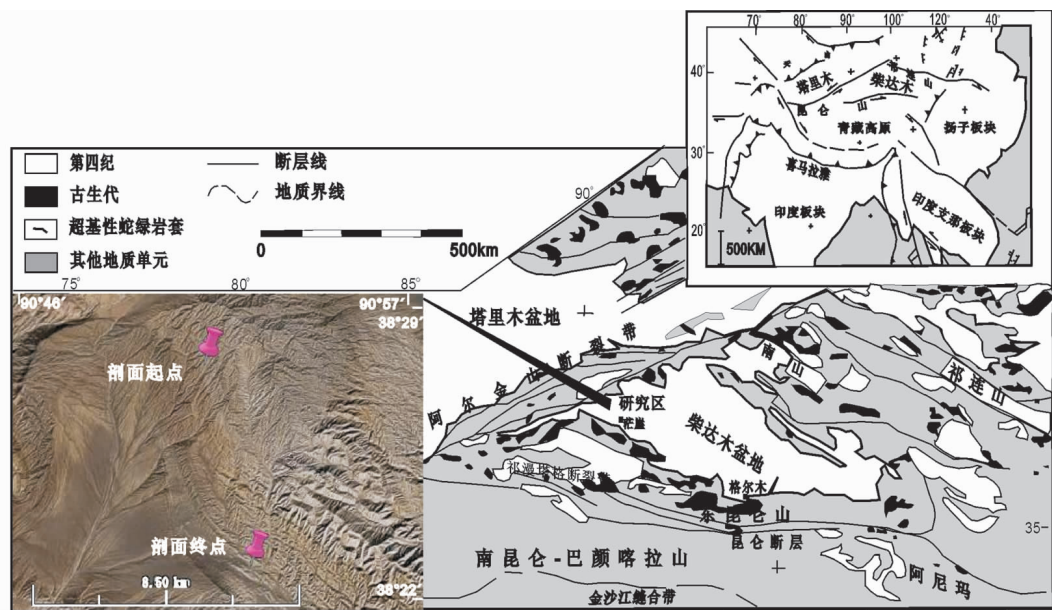


图 1 研究区位置图(据 Clair Mock,1999,有所改动)^[4]
Fig.1 Location of the study area (modified from Clair Mock,1999)

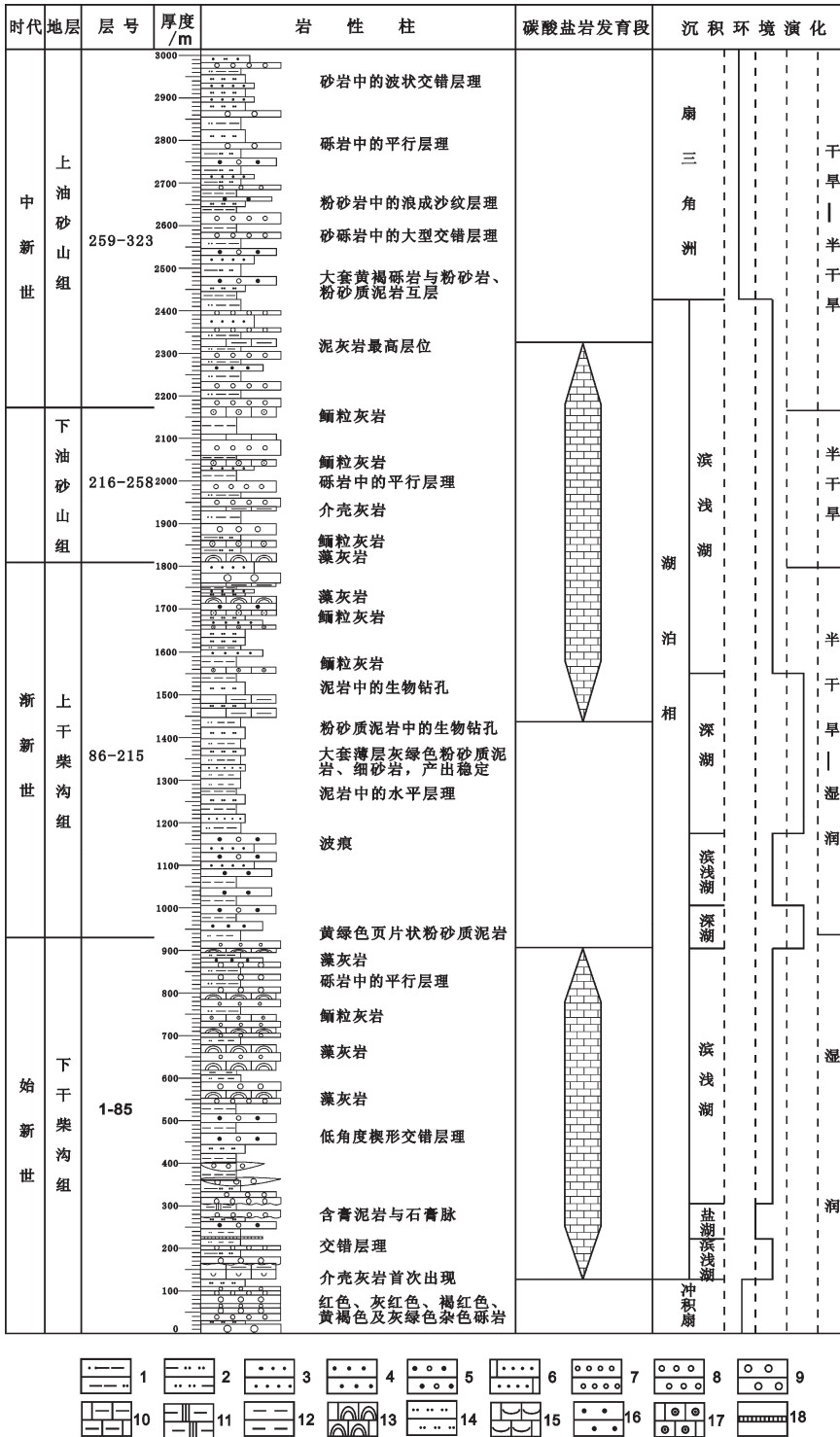


图 2 西岔沟剖面综合柱状图及沉积环境演化

1—粉砂质泥岩;2—泥质粉砂岩;3—细砂岩 4—中砂岩;5—含砾粗砂岩;6—灰质细砂岩;7—细砾岩;8—中砾岩;9—粗砾岩;10—泥灰岩;11—含膏泥岩;12—泥岩;13—藻灰岩;14—粉砂岩;15—介壳灰岩;16—粗砂岩;17—鲕粒灰岩;18—石膏

Fig.2 Comprehensive geological column and sedimentary environment evolution of Xichagou section

1—Silty mudstone;2—Argillaceous siltstone;3—Fine-grained sandstone;4—Medium-grained sandstone;5—Gravel-bearing coarse-grained sandstone 6—Limy fine-grained sandstone;7—Fine-grained conglomerate; 8—Medium-grained conglomerate; 9—Coarse-grained conglomerate;10—Marl;11—Gypsum-bearing mudstone;12—Mudstone;13—Algae-bearing limestone; 14—Siltstone;15—Shell limestone;16—Coarse-grained sandstone;17—Oomicrite;18—Gypsum

分类方案^[1]。本文在应用邓哈姆(1962)的碳酸盐岩分类方案的基础上,根据碳酸盐岩的组成颗粒类型进行了复合命名,将研究区的碳酸盐岩分为鲕粒灰岩、介壳灰岩、藻叠层石灰岩、泥晶灰岩、砂质灰岩 5 大类^[2],同时又根据颗粒的类型和含量的多少将鲕粒灰岩分为不同的亚类。

2.1 鲕粒灰岩

鲕粒是球状、蛋形碳酸盐或非碳酸盐包粒,以一个核心被外部的皮质所包围,其外部有光滑的同心纹层。大多数鲕粒直径小于 2 mm;许多鲕粒的粒度在 0.5~1 mm。研究区的鲕粒灰岩“丰富多彩”,主要由鲕粒、生物碎屑以及陆源碎屑组成。在镜下可见鲕粒较小,多为 0.1~0.2 mm,以放射鲕、薄皮鲕及变形鲕为主,少量复鲕。鲕粒核心多为石英等陆源碎屑,少量为生物碎屑及泥晶核心。鲕粒灰岩中的鲕粒含量可达 70%,生物碎屑鲕粒灰岩中鲕粒含量约为 60%,生物碎屑含量 15%,生物碎屑以介壳为主。陆源碎屑鲕粒灰岩中鲕粒含量约为 45%,陆源碎屑含量约为 40%,分选差,含放射鲕,鲕粒核心是陆源石英颗粒。胶结物以亮晶方解石为主,局部为泥晶胶结。同时根据鲕粒的内部结构及形态的不同,将研究区的鲕粒又分为放射鲕、复鲕、薄皮鲕、变形鲕。

2.1.1 放射鲕与复鲕

放射鲕是由放射状排列的晶体构成的纹层,长晶轴与纹层表面垂直。形成于生物碎屑,磨圆碎屑单一的或复合的放射纤维鲕粒。浅色纹层的微组构以放射状排列的纤维晶体为特征。放射鲕灰岩是研究区最为普遍的鲕粒灰岩。图版 I-a,b 典型的放射鲕灰岩:鲕皮为放射状构造(红箭头所指)或者切线/放射线构造。下油砂山组 218 层中的放射鲕灰岩与其他鲕粒灰岩不同的特征是分选差、丰富的非球状粒、高度不规则形的颗粒、丰富的再造和破碎的鲕粒,这些颗粒还可以再次被包壳形成新的鲕粒,也可作为核心,形成新的复合鲕(颗)粒(图版 I-c~d),与鲕粒相关的生物很少。

2.1.2 薄皮鲕

薄皮鲕又称表鲕,是皮质的厚度明显小于整个鲕粒直径一半的鲕粒,仅有一个或两个纹层(图版 I-e~h)。选择性组构的鲕模孔(红箭头所指)发育。这些鲕模孔是文石鲕粒外壳被渗流带的大气溶液淋滤了外壳,这种淋滤可以产生次生粒间孔隙,要么被胶结物堵住,要么就导致鲕模孔的生成。粒内孔隙被

细小的等厚环边的胶结物和细粒的晶簇状的镶嵌胶结物充填。

2.1.3 变形鲕

这类鲕粒的特征为在构造压力的作用下使得起初的球形鲕粒被拉长、变平和伸展(图版 I-i~l)。微组构只有可认知的轨迹或完全被破坏。压实作用造成放射状或切向鲕粒的碎片,伴随有部分的溶蚀形成溶蚀缝(图版 I-k,l,红箭头所指),新鲕粒的核心被鲕粒纹层包围。

2.2 介壳灰岩

介壳灰岩镜下可见介形虫、腹足类等生物化石碎屑,含量约为 70%,生物碎屑的形态较完整,许多壳体相互叠置。壳体内部被大气淡水-潜流亮晶胶结物充填。还有少量陆源碎屑(石英约为 4%)和泥晶基质(图版 II-a,b)。可见介形虫壳体由两瓣壳组成,轴切面呈长卵形,一端具有两瓣壳相交叠复的现象;也有保存单瓣壳体,一端较厚,一端较薄,呈轴切面月牙形,壳体皆呈玻纤结构。有的介壳可以在鲕粒灰岩、叠层石灰岩中见到。

2.3 藻叠层石灰岩

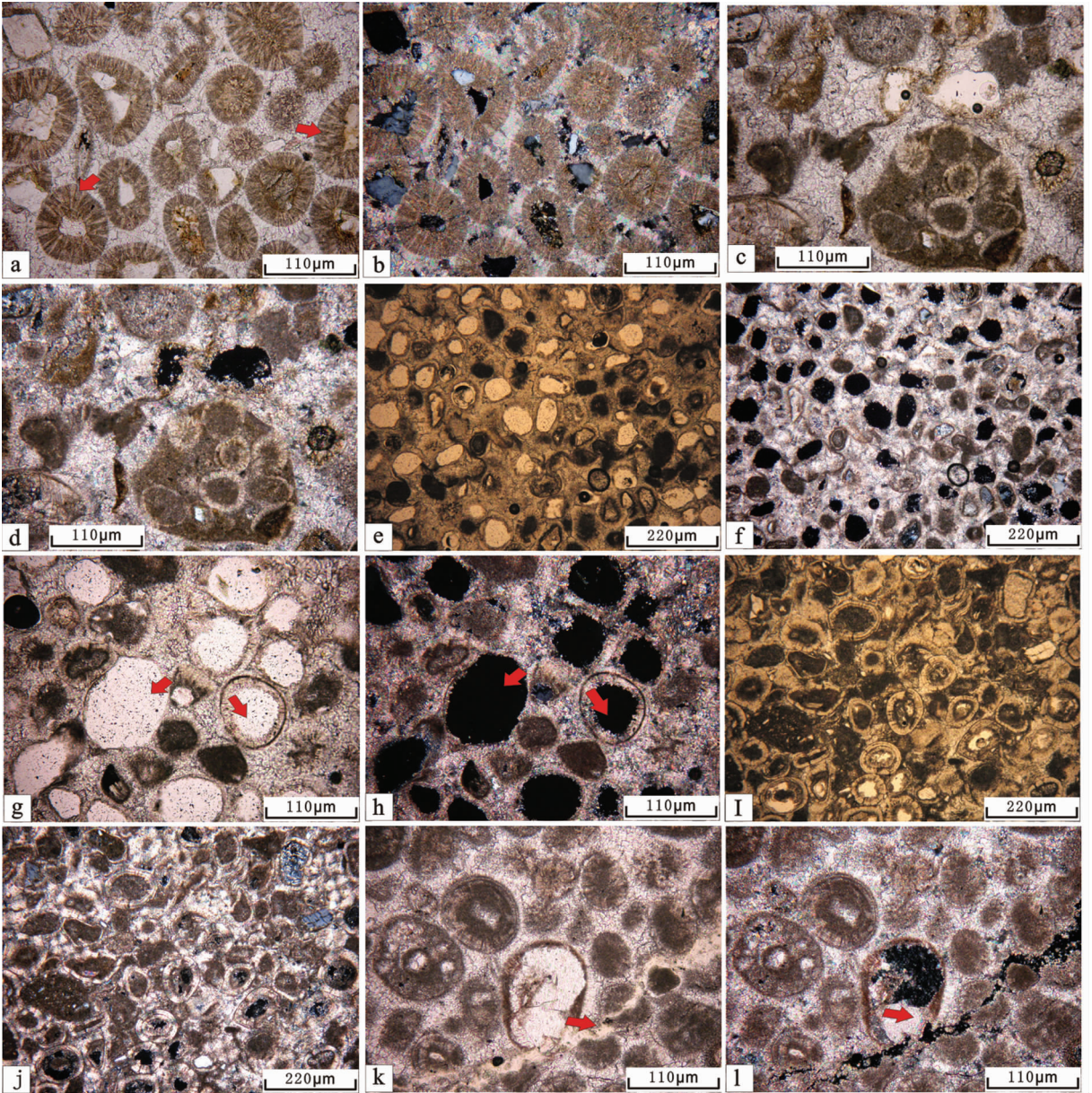
藻灰岩中镜下可见藻纹层结构,它是在大气淡水条件下,被转化了的内碎屑砾屑灰岩。大气淡水溶解作用,主要表现为颗粒的减少,形成像片状的组分以及部分被亮晶方解石交代了的泥晶方解石,填隙物——微晶方解石也成斑块状分布,砾屑与填隙物间界线不清,可能是生物扰动的结果(图版 II-c~f)。

叠层石灰岩镜下最显著的特征是,丰富的藻迹和有机质组成暗色纹层,与富泥微晶碳酸盐沉积物的明亮层交迭出现的暗层亮层相间的叠层构造(图 II-e,f 红箭头所指),波状起伏,亮层由微细晶方解石组成,方解石粒径为 0.01~0.15 mm,暗层则由于富含藻类而呈暗色隐晶质结构。另外,有的叠层石灰岩中可见生物碎屑,主要以介壳为主。

2.4 泥晶灰岩

泥晶灰岩主要为化学及生物沉积,其中颗粒含量小于 10%^[2]。部分样品中发现少量的藻屑。镜下典型的特征是具有纹层状结构,它以亮暗相纹层为特征,由纹层碳酸盐和石英颗粒组成,镜下可见超盐度环境形成的灰泥岩中的自生的自形石英晶体(图版 II-g,h 红箭头所指)。黑色纹层状的灰泥质石灰岩中的组构特征是,致密黑色和明亮的纹层成对出现,与由粉砂级颗粒组成的浅色层呈互层。纹层中缺少生

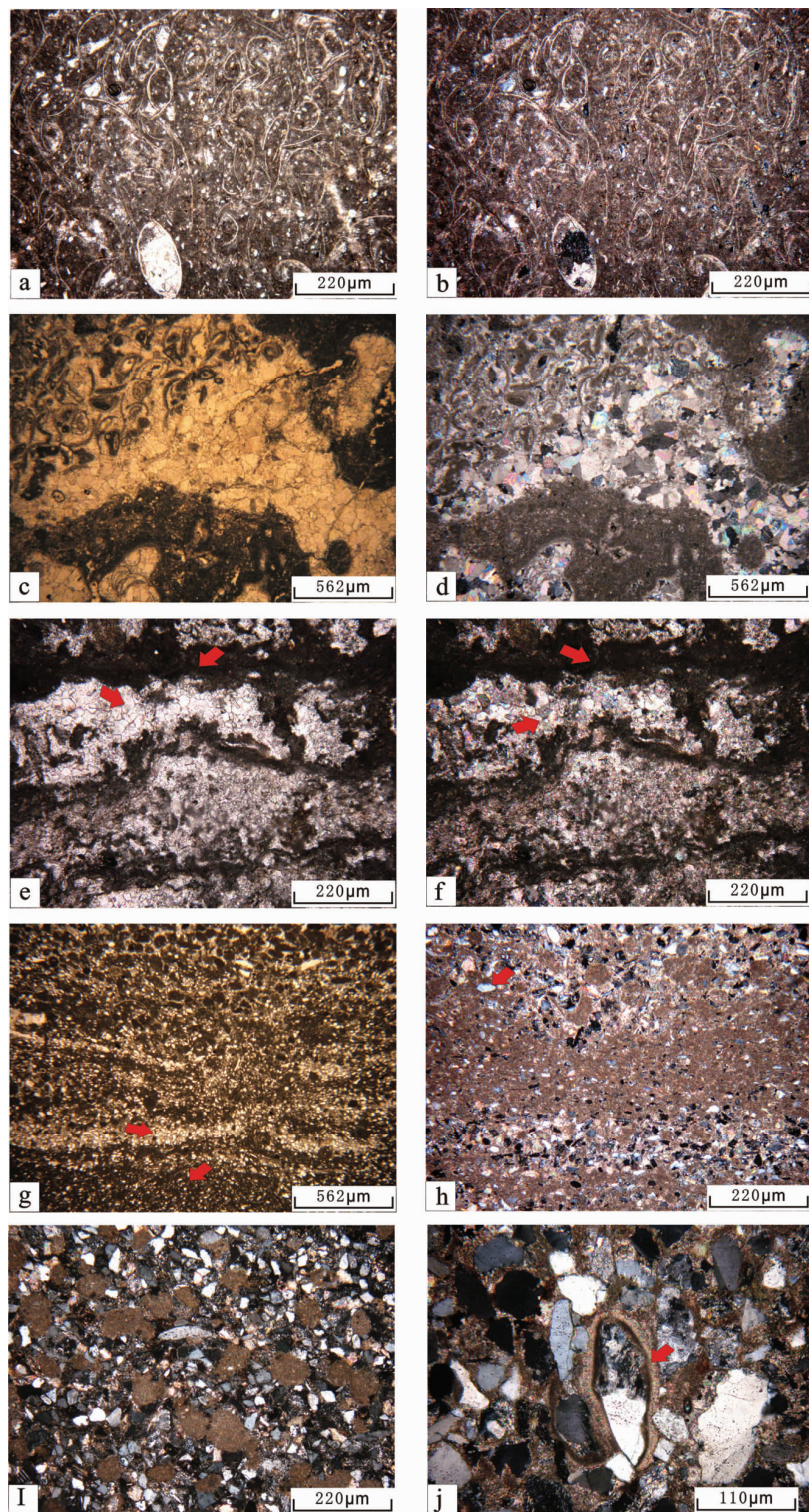
图版 I



图版 I 放射鲕显微特征 (a,c 单偏光; b,d 正交偏光); 薄皮鲕显微特征 (e,g 单偏光; f,h 正交偏光); 变形鲕显微特征 (k 单偏光; j,l 正交偏光)

Plate 1 Microcharacteristics of radial oolite (a, c: plainlight; b, d: crossed nicols); Microcharacteristics of thin skinned oolite (e,g: plainlight; f, h: crossed nicols); Microcharacteristics of strained oolite (k plainlight; j, i: crossed nicols)

图版 II



图版 II 介壳灰岩,藻叠层石灰岩显微特征(a,c,e 单偏光;b,d,f 正交偏光);
泥晶灰岩,砂质灰岩显微特征(g,i 单偏光;h,j 正交偏光)

Plate II Microcharacteristics of shell limestone, algal stromatolite limestone (a, c, e: plainlight; b, d, f: crossed nicols);
Microcharacteristics of micritic limestone, arenaceous limestone (j,i: plainlight; h, j: crossed nicols)

物扰动和生物化石,反映了无氧环境和含有少量介形壳的弱氧层交替出现。

2.5 砂质灰岩

镜下显示该岩石含有被改造的湖相颗粒,由钙质鲕粒和陆源石英颗粒组成。其中砂质的颗粒,大部分已被淋滤,只有泥晶环边被保存下来,并形成包粒(石英包壳)(图版 II-i,j 红箭头所指)。石英颗粒呈棱角状,分选中等。砂质异化粒泥晶灰岩来自与礁灰岩以及近岸砂岩和钙质砂岩呈指状交错的块状到粗粒层状沉积物、交错层理细粒石英-似球粒灰泥质颗粒石灰岩。深色层由密集填集的泥晶似球粒(再沉积的内碎屑)组成,浅色层包含有棱角状、粉砂大小的陆源石英颗粒。填隙物为微-细方解石占(20%),由泥晶重结晶而成。

3 剖面沉积序列

3.1 鲕粒灰岩

研究区的鲕粒灰岩在下干柴沟组、上干柴沟组及下油砂山组均有分布,野外露头上多呈紫红色、棕红色、暗紫红色。一般发育在灰绿色细砂岩/粉砂岩

之上,砖红色泥岩之下。从典型的鲕粒滩沉积序列(图 3)中可以看出:下油砂山组底部的鲕粒滩是发育在砂质滩坝之上的,其上部为泥滩。

3.2 介壳灰岩

介壳灰岩主要出现在西岔沟剖面的下干柴沟组下部和下油砂山组下部。野外露头上中部多呈灰绿色。从典型的介壳滩沉积序列(图 3)可以看出,在研究区下干柴沟组下部的介壳滩是发育在泥滩之上的。灰绿色介壳灰岩与下部的粉砂质泥岩接触,之上为灰绿色薄层泥灰岩,泥灰岩中含有少量介壳、螺壳等生物碎屑。

3.3 藻叠层石灰岩

藻灰岩中可见具有叠层构造的叠层石灰岩,主要见于西岔沟剖面的下干柴沟组上部、上干柴沟组顶部及下油砂山组底部,其中以下干柴沟组中最多。其风化面常呈灰红色、暗紫红色,以透镜状断续产出,地貌上为“狼牙状山峰”。叠层石灰岩的厚度多较薄,多呈多边形、球状,薄的叠层石灰岩厚度为 20~30 cm,一般发育在砾岩和砂岩之上。典型的藻坪沉积序列(图 4)显示,藻坪沉积多发育在砂坪之上,上

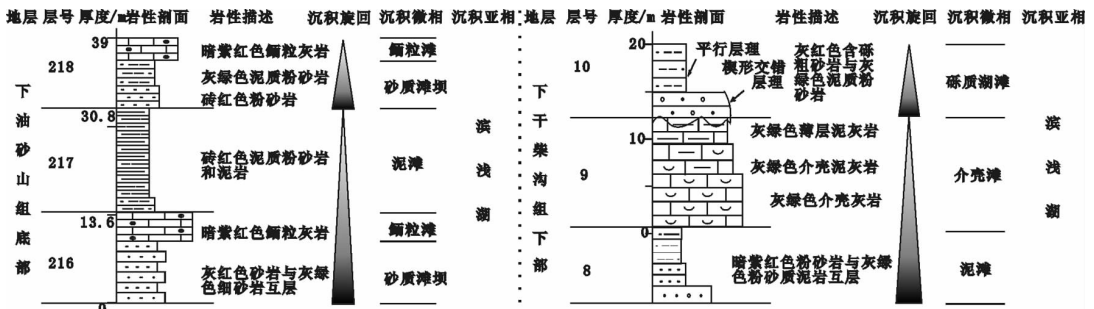


图 3 鲕粒滩和介壳滩沉积序列

Fig.3 Sedimentary sequence of oolitic beach and shelly beach

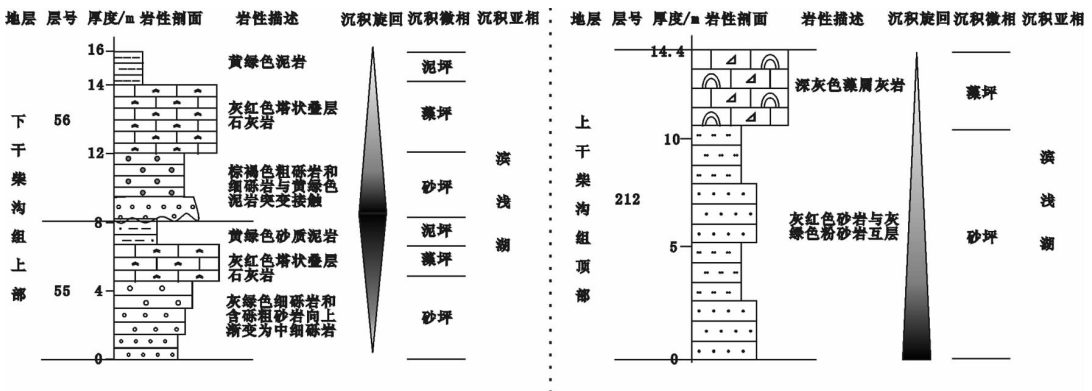


图 4 藻坪沉积序列

Fig.4 Sedimentary sequence of algal flat

为泥坪沉积。

3.4 泥晶灰岩

在西岔沟剖面中该类灰岩分布较广，各个层位均有发育，主要分布于下干柴沟组上段和上干柴沟组。野外露头上泥晶灰岩呈浅灰色块状产出，偶见水平纹层状构造，单层厚度 15~25 cm，最大可达 40 cm，薄板状或透镜状产出，常与深灰色泥灰岩共生。从典型的灰坪沉积序列(图 5)可以看出，上油砂山组下部的灰坪沉积发育在砂坪之上。

3.5 砂质灰岩

砂质灰岩在研究区主要分布在下油砂山组和下干柴沟组上段，是一种陆源或钙质胶结的岩石，露头上多呈灰绿色和浅灰色。典型的颗粒浅滩沉积序列如图 5 所示。从图 5 中可以看出，上干柴沟组上部的颗粒浅滩沉积发育在砂质滩坝之上，青灰色砂质颗粒灰岩与灰绿色粉砂岩、泥质粉砂岩直接接触。

4 成因及沉积环境分析

4.1 鲕粒灰岩

鲕粒形成的必要条件是 CaCO₃ 供应丰富而且达到饱和，有充分的核来源，水要受到搅动。在西岔沟剖面的上下油砂山组地层中这种灰岩较为发育，而且常与红色泥岩伴生。放射状的鲕粒形成于低紊流环境和具有双峰态的组分。鲕粒展示出了中等的压实作用，这由一些相互贯穿的颗粒表现出来。如鲕粒的生长间断、再生的破碎鲕粒和愈合的裂缝(干燥作用?)；变形鲕粒是由于强烈的构造压力导致平行于片理面的拉长；含石英的鲕粒常出现在大量可

再生的放射鲕的丰富出现以及生物群的不足的受局限的超盐环境。伴随有部分溶蚀的表鲕(鲕铸模)，选择性溶解的结果。文石质的外壳和/或核心的极易被溶解形成高粒内孔隙度。破碎的和再生的鲕粒表明，鲕粒形成中多种同沉积改造和间断，普遍与再沉积有关。

鲕粒的形成环境非常广泛，海相、湖相、河流相及洞穴中均有发育，并在海相中常见。目前人们对海相鲕粒研究较多，对湖相鲕粒的研究较为缺乏。鲕粒灰岩形成于温暖浅水、中等搅动的环境中，常产于水下浅滩及潮汐砂坝或潮汐三角洲中^[1-4]。中国中—新生代沉积盆地中的湖泊虽然多是淡水—微咸水湖泊，且以近源陆源碎屑砂泥沉积为主，但在独特的构造环境中，也有少量碳酸盐岩沉积，包括鲕粒的形成，厚度一般很薄，多以滩、坝的形式出现^[7,9]。因此将研究区的鲕粒灰岩归为浅滩沉积。

4.2 介壳灰岩

不同的介形类组合可以指示不同的沉积环境，在现代和过去的湖泊环境，在滨湖阶地常见贝壳砂堤，它们多是底栖生物介壳经过湖浪搬运、簸选堆积在滨湖地区，藻(丘)礁附近的砂质浅滩。其介壳磨蚀强度、颗粒大小、分选度高低受湖浪冲洗簸选的强度控制。风浪强度大、持续时间长有利于形成亮晶胶结的介壳层，反之则出现泥晶充填的异地介壳灰岩。已有研究表明，在下干柴沟组下段沉积期，柴达木盆地广泛出现近后翘南星介为主要成员的湖相介形类组合，这种组合所指示的环境是中盐水—真盐水河口及湖泊的近岸区^[1]。在研究区介壳灰岩是首次出现的湖相碳酸

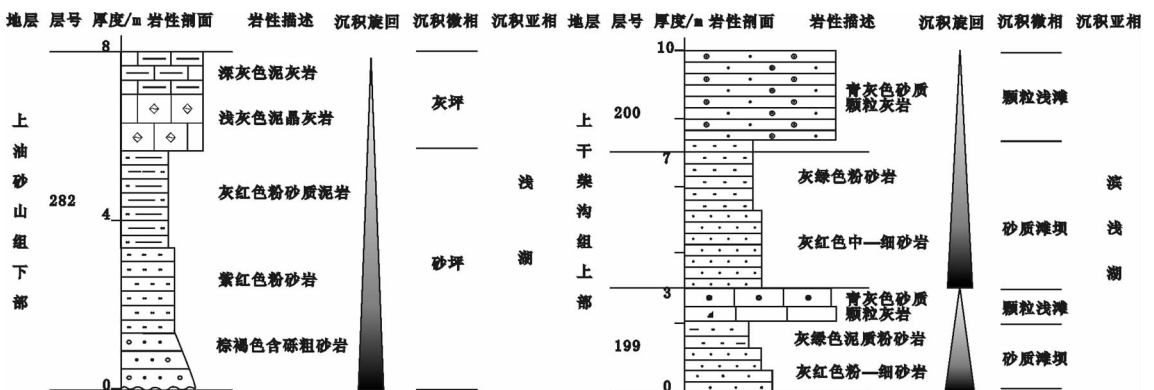


图 5 灰坪和颗粒浅滩沉积序列

Fig.5 Sedimentary sequence of calcareous flat and grain riffle

盐岩,是湖侵开始的标志。因此,将介壳灰岩归为滨浅湖相中的介壳滩沉积而不是深湖沉积。

4.3 藻叠层石灰岩

这是一种生物格架灰岩,主要是因为藻丝体的粘液粘结其他碳酸盐组分,如灰泥、颗粒、生物碎屑等,从而形成粘结格架。藻类是低等植物,是靠光合作用制造养分而生存繁殖的,只适合生长在透光性好、水体较为清洁、水深不大的浅湖环境中。研究区的藻灰岩,从保存情况来看,有的保存较好,纹层清晰可见,表明当时的水体相对安静;而有的则被波浪击碎,成为不规则的藻屑,表明当时的水动力条件较强。叠层石是由蓝细菌、真核藻类和微生物的共同作用而形成的富含藻类有机质纹层和贫藻类的碳酸盐沉积物纹层,即暗层和亮层。由于叠层石的生长受到水体温度、盐度及深度等诸多条件的限制,故一般发育在海洋中的潮坪环境和湖泊的浅湖环境^[12]。已有研究表明,柴达木盆地西部地区叠层石主要生长在水体较浅、水体能量较高的滨岸环境中,而且水体的变化幅度较为频繁,从而为叠层石的形成提供了各种级别的沉积物颗粒。研究区下油砂山组中部的叠层石多为多边形,表现为球状,中心具有灰泥充填的孔洞,纹层特征非常明显,而且较薄。多边形叠层石主要生长在水体较深、水体能量高的滨岸以及冲刷河道环境中,因此内部泥和砂的含量均较高^[13]。

4.4 泥晶灰岩

研究区的泥晶灰岩镜下可见介形虫、轮藻等生物碎屑,多呈分散悬浮状出现。它们多是由营表栖和底栖生活生物骨粒原地堆积而成,可能代表安静的湖泊环境,沉积作用发生在湖泊浪基面之下的较深部滞水层,来自湖泊水体表层化学成因和生物成因灰泥的沉降是主要的堆积方式。推测其主要形成于碎屑物质供应不足、水体较为清澈的浅湖至半深湖的灰坪沉积环境。

4.5 砂质灰岩

已有研究表明,砂质灰岩一般发生在来自陆地的硅质碎屑沉积物被捕集在近滨与内陆棚环境,及具有远洋碳酸盐沉积作用的盆地。在干燥气候和降雨量较少的情况下,硅质碎屑注入被限制在周期性的快速洪泛期,而影响着仅数十米或几千米范围的近岸碳酸盐环境^[14]。研究区的砂质灰岩中的陆源碎屑物质,主要来自扇三角洲或近岸浅水砂体,经湖浪和沿岸流搬运再沉积而成,其成熟度较高,含泥少,以

硅质碎屑为主含鲕粒、生物碎屑和重矿物。这种陆源碎屑物质供应充分,加上由湖浪从浅水地带搬运来的底栖生物化石碎片,常常形成颗粒浅滩沉积。

5 结 论

(1)柴达木盆地西部西岔沟剖面由下至上沉积环境变化为冲积扇-湖泊-扇三角洲,自下干柴沟组沉积期,相对湖水面处于上升状态,至上干柴沟组中期上升为最高点,此后相对湖水面处于逐渐下降状态,至上油砂山组开始发生湖退,水体的变化趋势为浅-深-浅。

(2)柴达木盆地西部西岔沟剖面湖相碳酸盐岩主要有:鲕粒灰岩(放射鲕灰岩、薄皮鲕灰岩、变形鲕灰岩)、含石英的鲕粒颗粒岩、生物碎屑鲕粒灰岩、介壳灰岩、藻叠层石灰岩、泥晶灰岩、硅质碎屑-碳酸盐混合岩 5 大类。

(3)柴达木盆地西部西岔沟剖面的碳酸盐岩主要发育在下干柴沟组、上干柴沟组的上部、下油砂山组及上油砂山组的底部,沉积环境主要属滨-浅湖亚相,微相主要有鲕粒浅滩、介壳滩、藻坪、灰坪、颗粒浅滩。

致谢:参加野外和室内工作的还有杜秋定、陈广义、惠博、荣建峰、李盛俊、达雪娟、武向峰、夏国清、陈三运,在此谨表谢意。

参考文献(References):

- [1] 马永生译. 碳酸盐岩微相[M]. 北京:地质出版社, 2006.
Ma Yongsheng, Translated. Carbonate Microfacies [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006 (in Chinese with English abstract).
- [2] 姜在兴主编. 沉积学[M]. 北京:石油工业出版社, 2003:201-205.
Jiang Zaixing. Sedimentology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003:201-205(in Chinese).
- [3] 孙钰, 钟建华, 袁向春, 等. 国内湖相碳酸盐岩研究的回顾与展望[J]. 特种油气藏, 2008, 15(5):1-6.
Sun Yu, Zhong Jianhua, Yuan Xiangchun, et al. Domestic lacustrine carbonate rocks in retrospect and prospect [J]. Special Oil and Gas Reservoir, 2008, 15(5):1-6(in Chinese with English abstract).
- [4] 王云飞, 胡文英. 云南湖泊的碳酸盐沉积 [J]. 海洋与湖沼, 1989, 20(2):122-129.
Wang Yunfei, Hu Wenying. Lake carbonate deposits in Yunnan [J]. Marine and Limnology, 1989, 20 (2):122-129 (in Chinese with English abstract).
- [5] 付国民, 李永军, 梁志录, 等. 柴达木盆地阿尔金斜坡层序地层及湖盆充填型式[J]. 中国地质, 2002, 29(2):172-177.
Fu Guoming, Li Yongjun, Liang Zhilu, et al. Sequence stratigraphy

- and lake basin-filling model on the Altun slope in the Qaidam basin [J]. *Geology in China*, 2002, 29 (2):172-177 (in Chinese with English abstract).
- [6] Wang Fei, Lo Chinghua, Li Qi, et al. Onset timing of significant unroofing around Qaidam basin, northern Tibet, China: constraints from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and FT thermochronology on granitoids [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2004, 24:59-69.
- [7] 张敏, 尹成明, 寿建峰, 等. 柴达木盆地西部地区古近系及新近系碳酸盐岩沉积相 [J]. *古地理学报*, 2004, 6(4):391-400.
Zhang Min, Yin Chengming, Shou Jianfeng, et al. Sedimentary facies of carbonate rocks of the Paleogene and Neogene in western Qaidam Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2004, 6(4):391-400 (in Chinese with English abstract).
- [8] 曹国强, 陈世悦, 徐凤银, 等. 柴达木盆地西部中—新生代沉积构造演化 [J]. *中国地质*, 2005, 32(1):33-40.
Cao Guoqiang, Chen Shiyue, Xu Fengyin, et al. Ceno-Mesozoic sedimentary and tectonic evolution in the western Qaidam basin [J]. *Geology in China*, 2005, 32 (1):33-40 (in Chinese with English abstract).
- [9] 曹国强. 柴达木盆地西部地区第三系沉积相研究 [D]. 中国科学院广州地球化学研究所, 2005.
Cao Guoqiang. Sedimentary Facies of the Tertiary in West Qaidam Basin [D]. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, 2005 (in Chinese with English abstract).
- [10] 王洪宝, 王书宝, 李勇, 等. 东辛油田下第三系沙一段湖相鲕粒灰岩的含油性 [J]. *大庆石油地质与开发*, 2004, 23(3): 20-23.
Wang Hongbao, Wang Shubao, Li Yong, et al. Study on oil/gas-bearing of lacustrine oolite-limestone of Member 1 of Shahejie Formation in Dongxin Oilfield [J]. *Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing*, 2004, 23 (3):20-23 (in Chinese with English abstract).
- [11] 杨藩, 乔子真, 张海泉, 等. 柴达木盆地新生代介形类动物群特征及环境意义 [J]. *古地理学报*, 2006, 8(2):143-156.
Yang Pan, Qiao Zizhen, Zhang Haiquan, et al. Features of the Cenozoic ostracod fauna and environmental significance in Qaidam Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2006, 8(2):143-156.
- [12] 温志峰, 钟建华, 王冠民, 等. 柴达木盆地古近纪—新近纪湖相叠层石与藻礁的沉积组合特征与意义 [J]. *地质学报*, 2005, 79(4):444-453.
Wen Zhifeng, Zhong Jianhua, Wang Guanmin, et al. Miocene stromatolites associated with lacustrine algal reefs: Qaidam Basin, China [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2005, 79(4):444-453 (in Chinese with English abstract).
- [13] 伊海生, 林金辉, 周恩恩, 等. 可可西里地区中新世湖相叠层石成因及其古气候意义 [J]. *矿物岩石*, 2008, 28(1):106-113.
YI Haisheng, Lin Jinhui, Zhou Kenken, et al. The origin of Miocene lacustrine stromatolites in the Hoh xil area and its paleoclimatic implications [J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 2008, 28(1):106-113 (in Chinese with English abstract).
- [14] 董桂玉, 何幼斌, 陈洪德, 等. 惠民凹陷沙一中湖相碳酸盐与陆源碎屑混合沉积——以山东商河地区为例 [J]. *沉积学报*, 2007, 25(3):343-350.
Dong Guiyu, He Youbin, Chen Hongde, et al. Mixed sedimentation of carbonates of lagoonal facies and terrigenous clastics of the middle submember of Member 1 of Shahejie Formation in Huimin Sag: taking Shanghe area in Shandong Province for an example [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2007, 25 (3):343-350 (in Chinese with English abstract).

Petrology and sedimentary environments of lacustrine carbonate rocks in the Xichagou Section, western Qaidam Basin

SONG Huan-ying¹, YI Hai-sheng¹, FAN Ai-chun², MA Xue¹, SUN Xia¹

(1. *Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China*;

2. *Northwestern Jiangxi Geological Survey Brigade, Nanchang 330201 Jiangxi, China*)

Abstract: Paleogene and Neogene lacustrine carbonate rocks are widely outcropped in the western Qaidam Basin. They are mainly distributed in Xiaganchaigou Formation, the top of Shangganchaigou Formation, Xiayoushashan Formation, the bottom of Shangyoushashan formation in Xichagou area. Based on the measured section, lithologic analysis, lithofacies assemblages, biological characteristics, sedimentary structures and thin section identification, the authors analyzed carbonate rocks of Xichagou section. The results show that the types of carbonate rocks are mainly oolitic limestone, shell limestone, algal-stromatolite limestone, micritic limestone and arenaceous limestone, with the depositional environment being mainly littoral and shallow lake. The genesis of the carbonate rocks are also analyzed on the basis of petrology.

Key words: western Qaidam Basin; Xichagou; carbonate rock; sedimentary environment

About the first author: SONG Hua-ying, female, born in 1982, master candidate, mainly engages in the study of sedimentology; E-mail: songhuaying88@163.com.