

文章编号: 1000-0550(2006)02-0217-06

柴西南翼山地区藻灰岩层储层特征及成因分析^①

任晓娟^{1 2} 魏金星³ 康有新² 张存厚³

(1 西北大学地质学系 西安 710069 2 西安石油大学资源工程系 西安 710065

3 中国石油青海油田分公司勘探开发研究院 甘肃敦煌 736200)

摘要 对南翼山藻灰岩岩层储层特征及成因进行了系统研究。结果表明,南翼山藻灰岩沉积水体环境相对浑浊,但藻类仍能生长;该区藻灰岩岩石组成及类型复杂,主要的藻灰岩岩石类型有包心菜状叠层石、藻礁、指状叠层石、水平波状叠层石等;其主要为滨岸斜坡上低能潮上环境至高能潮下环境形成的沉积体,在重力等因素的作用下产生滑动或坍塌形成的微生物成因的滑塌混积岩;岩层物性好于其它岩层;藻灰岩层的成因决定了该地区单个沉积体规模小、分散、层薄。

关键词 藻灰岩 叠层石 孔隙结构 南翼山 柴达木盆地

第一作者简介 任晓娟 女 1962 年出生 副教授 在职博士研究生 储层评价及油气渗流的物理化学

中图分类号 TE122.2 **文献标识码** A

1 引言

柴达木盆地西部地区第三系藻灰岩主要见于柴西地区的跃西、跃东、七个泉、狮子沟、尖顶山、南翼山和大风山等地区,由于该类岩石储层性质相对较好,并获得工业油流,是柴达木西部新的勘探层^[1]。柴西藻灰岩是蓝藻类微生物形成的一类生物沉积构造体,属微生物岩^[1]。大量的研究表明^[2~9],蓝藻类微生物岩的岩石类型与沉积环境关系密切,岩石类型多而结构复杂。赵贤正、孙岩等^[10~13]认为柴西地区藻灰岩主要为滨湖亚相的藻坪灰岩和浅湖亚相的藻丘灰岩,滨湖亚相藻坪灰岩岩石类型主要有藻凝块灰岩、藻纹层灰岩和藻泥晶灰岩;浅湖亚相藻丘灰岩岩石类型主要有藻叠层灰岩和藻团块灰岩;温志峰、钟建华等^[14~15]对柴西干柴沟一带出露的藻灰岩进行了细致的研究,认为柴西生物礁主要由藻礁(骨架结构)、叠层石和凝块礁组成,叠层石与藻礁共同产出,叠层石有丘状、柱状、指状和多边形产状,与水动力条件和沉积环境有关。可以看出柴西地区藻灰岩复杂多样,与沉积环境关系密切,因此本文对柴西南翼山地区的藻灰岩层产状、组成、岩石类型、孔隙结构、物性、成因等进行了分析和探讨。

2 岩层产状

南翼山构造位于柴达木盆地茫崖坳陷的西部

(图 1)^[16],其第三系地层自下而上分别为下干柴沟组(E_3^2)、上干柴沟组(N_1)、下油砂山组(N_2^1)、上油砂山组(N_2^2)和狮子沟组(N_3)。各地层间均为整合接触,整个剖面主要由泥质岩和碳酸盐岩组成,夹少量粉砂岩,整套地层为湖相沉积。南翼山藻灰岩层主要分布在下油砂山组(N_2^1)、上油砂山组(N_2^2)地层中,与其它岩层成互层存在,并且与上覆、下伏岩层水平纹层产状呈角度不整合关系。藻灰岩层薄,层厚在 0.1~2m 之间(见表 1),一般小于 1m;其岩层占油层厚度的 5%~79%,一般小于 20%,在该区大部分井的地层中均存在藻灰岩层。该岩层一般存在明显的变形层理构造、角砾,岩层颜色同邻层的灰和深灰岩层相比,略发黄白。

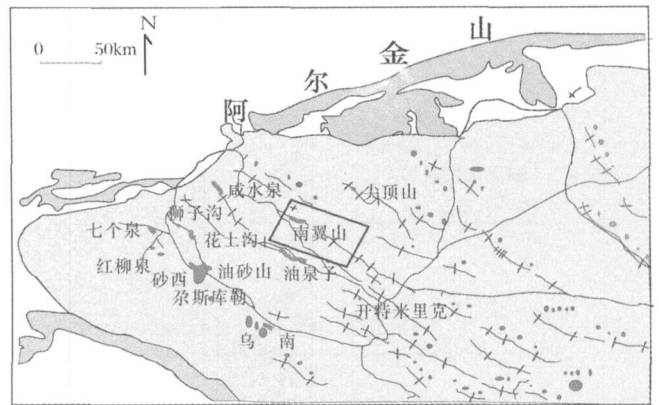


图 1 柴西南翼山地区地理位置图

Fig 1 The location of Nanyishan in the western Qaidam basin

①青海油田分公司项目资助。

收稿日期: 2005-03-02 收修稿日期: 2005-07-08

表 1 藻灰岩岩层分布

Table 1 Distribution of Nanyisan algal limestone layers

井号	油层厚 m	藻灰岩层厚度 m	所占油层厚度比例 %
浅 3-3	1.2	0.15	12.5
	2.2	1.2	54.5
	2.4	0.4	16.7
	3.6	0.4	11.1
	2.2	0.35	15.9
浅 5-5	3.8	0.2	5.26
	2.2	0.8	36.4
	2.2	0.3	13.6
	2.6	2	76.9
	2.2	0.15	6.82
	2.6	0.2	7.69

3 藻灰岩岩层岩石类型

该区藻灰岩主要有包心菜状叠层石(图版 I-1)、藻礁(图版 I-2)、指状叠层石(图版 I-3)、水平波状叠层石、藻泥晶灰岩,同时部分藻灰岩中夹有泥质角砾和石膏层。通过镜鉴和 X 衍射全岩分析表明,如果按岩石组成分类,该区藻灰岩层包含 12 种岩石类型(如表 2),但主要为泥灰质粉砂岩、含泥粉砂质灰岩和内碎屑灰岩。与其他岩层明显不同的该层明显存在生物碎屑、遗迹化石和鲕粒。生物碎屑

表 2 藻灰岩岩层岩石组成

Table 2 Composition of algal limestone layer

名称	样数 个	出现频率 %
泥灰质粉砂岩	29	41.4
含泥粉砂质灰岩	21	30.0
泥、粉砂质灰岩	5	7.14
粉砂、泥质灰岩	3	4.29
含泥粉砂质团块灰岩	3	4.29
灰泥质粉砂岩	2	2.86
灰、粉砂质泥岩	2	2.86
含粉砂球粒团块灰岩	1	1.43
含粉砂生屑灰岩	1	1.43
含泥粉砂质结晶灰岩	1	1.43
泥晶鲕粒灰岩	1	1.43
石膏层	1	1.43

表 3 南翼山藻灰岩岩层中灰岩的岩石矿物成分平均含量(%)

Table 3 Average mineral content of limestones in Nanyisan algal limestone layer(%)

井号	矿物成分 %							
	长英质总量	方解石	白云石	碳酸盐总量	石膏	伊利石	绿泥石	粘土总量
浅 5-5	17.86	39.43	28.55	67.98	3.21	7.92	4.92	13.00
浅 11-11	28.70	40.91	21.07	61.98		5.97	3.36	9.33
平均	23.28	40.17	24.81	64.98	3.21	6.95	4.14	11.16

主要有介壳动物的骨粒和骨屑;遗迹化石主要为粪球粒;鲕粒形态各异,有圆形、椭圆形、变形鲕、单鲕、复鲕、薄皮鲕,同时还具有多层同心层状构造和放射状构造的鲕粒,鲕粒核心大,核心成分有石英颗粒、白云岩岩屑、骨屑、灰泥颗粒等,显然为陆表鲕,形成于潮下高能浑水环境下。以上分析表明,该区藻灰岩同其它地区^[1, 10, 11, 14]的一样,形成于滨浅湖沉积环境,主要形成于潮上潮湿地带、潮间带和潮下高能环境。由于湖浪的能量和规模毕竟有限,该区藻灰岩地质体规模小,未见单一岩石类型的岩层。该藻灰岩层实际上是一个混积岩层。

4 矿物成分及显微结构构造

4.1 矿物成分

由于储层岩石颗粒细小镜下较难鉴定,主要通过 X-衍射全岩分析的方法对藻灰岩岩层中灰岩的主要矿物成分进行了分析,结果见表 3。表 3 为两口井各 10 个岩样的平均值,浅 5-5 井中有四个岩样含石膏,表中为 4 个样品的平均值,其它样品不含石膏,同时极少发现样品中含有高岭石。可以看出,南翼山浅 5-5 和浅 11-11 两口井藻灰岩层灰岩样品石英长石总量平均为 23.28%,碳酸盐总量为 64.98%,粘土总量为 11.16%,可以看出,藻灰岩层的灰岩中含有大量的非碳酸盐矿物。矿物成分分析表明,南翼山地区水体较为混浊,一般认为藻类只能生长在清水中,而南翼山地区藻类生长环境表明,一定的浑浊程度的水体中藻类也可以生长。

4.2 岩石的微观结构构造

通过镜下观察(65 块铸体薄片)表明,岩石的微观结构构造与岩石的类型有关,主要有:

(1) 砂泥纹层结构。灰泥质成分和粉砂质成分相间分布或成韵律分布,泥质和粉砂质多呈弯曲状,在暗色泥质中或接触处常发育微缝(图版 I-4),多见于各类叠层石中的粉砂质(泥质)泥晶灰岩和灰质(泥质)粉砂岩。

(2) 团块结构。泥质团块分布在粉砂质中, 粉砂质团块包含在泥中(图版 I-5), 多见于藻礁中含细粉砂泥晶灰岩、泥粉砂质团块灰岩中。

(3) 颗粒结构。生物碎屑、鲕粒、泥屑、砂屑等常夹杂在灰泥质和粉砂质中, 碎屑颗粒之间孔隙为被泥质和粉砂质充填(图版 I-6), 泥质中可以见到裂缝和溶孔, 主要见于藻礁中的内碎屑灰岩。

(4) 砂泥递变层理结构。底部粗粉砂(右侧)向顶部(左侧)过渡为细粉砂和泥灰质, 主要存在于藻泥晶灰岩中。

总之, 南翼山藻灰岩层岩石构造复杂多样, 多见变形构造, 偶见泄气泄水构造, 表明该岩层在形成过程中存在一定的滑动机制。这种滑动可能是由于藻灰岩中的各成分层之间力学性质的差异及沉积斜坡较陡等因素造成。本次研究中少见文献^[1, 10, 14]中显示的藻纹层、藻团块结构, 表明该地区水体沉积环境下藻类生长发育的相对较差。

5 孔隙结构特征

铸体薄片、扫描电镜观察证明, 南翼山藻灰岩层成岩一构造缝和溶孔相对发育, 主要的储集空间类型如下。

5.1 成岩一构造缝

成岩一构造缝是由准同生期或浅埋藏成岩作用而产生的一种收缩缝, 或是因构造作用沿薄弱层面滑动所致, 或是一种溶蚀缝。一般具有以下特点: ①形态不规则, 呈弯曲状; ②在铸体薄片常可见到成岩缝呈尖灭现象; ③主要顺层发育。裂缝密度一般在 100~1250 条/m, 裂缝宽 5~30 μ m(图版 I-4)。成岩一构造缝主要存在于各类叠层石中, 是该区藻灰岩最主要的渗流空间。

5.2 溶孔

溶孔是相对比较发育的一种次生孔隙, 包括由石膏、灰泥、泥质颗粒、生物体腔和骨架颗粒等溶蚀而成的溶孔, 以及由成岩缝经溶蚀扩大而形成的溶孔(图版 I-7)。溶孔主要存在于藻礁、各类叠层石中。同

其它跃进地区^[1, 11]相比, 该区藻灰岩溶孔欠发育。

5.3 微孔

主要包括粒间孔、粒微孔隙和晶间孔。粒间孔主要发育于灰质(泥质)微粒、骨架颗粒之间, 一般非常细小。微孔隙普遍见泥质(粘土)、灰泥中, 由于储层岩石欠压实作用而留下的矿物粒内微孔。孔隙直径极小。晶间孔主要发育在白云石化的岩石中, 主要存在于白云石晶粒之间。微孔隙空间一般非常微小, 孔隙直径一般在 2~10 μ m 之间。微孔存在于各类藻灰岩中。

6 藻灰岩岩层物性特征

南翼山某井的物性分析数据(表 4)表明, 平均渗透率为 6.96 $\times 10^{-3}$ μ m², 平均孔隙度为 15.5%; 同相邻岩层相比物性相对较好, 可以看出, 藻灰岩层是物性相对较好储层。

7 成因分析

从以上结果可以看出, 南翼山地区藻类生长的水体环境同一般的藻灰岩相比, 相对浑浊, 这可能影响了该地区藻类的生长和发育, 所以藻类可能只生长在浪基面之上的滨岸地区; 湖水相对清时, 生物藻类繁茂, 以发育富藻类碳酸盐为主的沉积物; 浑水时藻类的生长相对受到抑制, 易形成贫藻类的砂泥质层, 由于湖水受季节等因素的影响时清时浑, 所以形成了不同的成分层, 导致该区藻灰岩层矿物成分复杂, 同时各成分层之间力学性质有所差异, 导致成分层之间易产生滑动, 由于该地区区域沉积背景属斜坡带^[17], 从而为成分层之间的滑动提供了外部条件。当滨岸斜坡上未形成较厚的沉积物时, 这些沉积物就有可能在重力的作用下沿泥质层产生滑动或滑塌至静水环境下; 同时由于泥质层性质、斜坡角度大小、一些突发事件发生等的影响可使沉积物产生滑动的频繁程度不同; 滑动后在原来地方也许可以继续开始以往的沉积, 结果形成与浅湖静水环境形成的沉积岩层成互层、不整合接触这样的产状; 同时这可能也是该区藻

表 4 南翼山浅 3.3 井藻灰岩层储层物性

Table 4 Physical properties of Nan'yisan algal limestone layers

岩层	孔隙度 %		渗透率 $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$		
	区间	平均	区间	平均	
藻灰岩层	13.5~16.6	15.5	3.05~10.8	6.96	
储层其它岩层	粉砂质(泥质)泥晶灰岩	13.7~15.6	14.6	0.96~7	4.06
	灰质(泥质)粉砂岩	13~14.1	13.6	2.7~5.8	4.25

灰岩层岩性混杂、各井藻灰岩层出现频率不同、单层藻灰岩层较薄的主要原因之一。因此,南翼山藻灰岩层有可能是一种微生物成因的滑塌混积岩。该藻灰岩层物性较好主要是由于滑动过程产生的大量的微裂缝、有机质、石膏等产生的溶孔、碳酸盐准同生期白云化^[1]造成。

以上分析表明,由于南翼山藻灰岩沉积环境的限制其单个沉积地质体规模较小,但分布比较广泛,然而这样的储层给勘探开发带来了困难。

8 结论

(1) 南翼山地区藻灰岩的沉积水体环境较一般藻灰岩水体浑浊,但在这种较为浑浊的水体中藻类仍然能够生长,表现了藻类具有顽强的生命力。

(2) 南翼山藻灰岩层岩石组成及类型复杂,其主要为滨岸斜坡上潮上低能环境至潮下高能环境形成的沉积体,在重力等因素的作用下产生滑动或滑塌形成的微生物成因的滑塌混积岩。

(3) 藻灰岩岩层由于其相对发育的微缝及溶孔,物性好于其它岩层物性。但藻灰岩层单个沉积体规模小,决定了该类储层分布广泛,但分散、层薄、连通性相对较差。

参考文献 (References)

- 1 赵正贤,陈子料,陈宏德,等. 柴达木盆地西部地区第三系湖相藻(蓝细菌)灰岩储层成因类型. 沉积学报, 2004 22(2): 216~224 [Zhao Zhengxian Chen Ziliao Chen Hongde *et al* Genetic types of tertiary lacustrine algal (Cyanobacteria) limestone reservoirs in western Qaidam basin. *Acta Sedimentologica Sinica* 2004 22(2): 216~224]
- 2 Aiken JD. Classification and environmental significance of cryptalgal limestones and dolomites with illustrations from the Cambrian and Ordovician of southwestern Alberta. *Journal of Sedimentary Petrology* 1967 37(4): 1163~1178
- 3 陈晋铤. 论叠层石的地层学意义. 甘肃地质学报, 1994 3(1): 1~10 [Chen Jinbiao The stratigraphical significance of stromatolites. *Acta Geologica Gansu* 1994 3(1): 1~10]
- 4 梁玉左,朱士兴,高振家,等. 叠层石研究的新进展——微生物岩. 中国区域地质, 1995 (1): 57~65 [Liang Yuzuo Zhu Shixing Gao Zhenjia *et al* New progress in the study of stromatolites microbialites. *Regional Geology of China* 1995 (1): 57~65]
- 5 Mark Fekmann and Judith McKenzie. Messinian stromatolite thrombolite associations. Santa Pola SE Spain: an analogue for the Palaeozoic? *Sedimentology* 1997 44 893~914
- 6 邱树玉,梁玉左,朱士兴,等. 中国叠层石新属(群)索引. 古生物学报, 1998 37(3): 387~394 [Qiu Shuyu Liang Yuzuo Zhu Shixing *et al* Index to the new stromatolite genus (group) in China. *Acta*

- 7 曹瑞骥,袁训来. 中国叠层石研究的历史和现状. 微体古生物学报, 2003 20(1): 5~14 [Cao Ruiji Yuan Xunkai Brief history and current status of stromatolite study in China. *Acta Micropalaeontologica Sinica* 2003 20(1): 5~14]
- 8 温志峰,钟建华,李勇,等. 叠层石成因和形成条件的研究综述. 高校地质学报, 2004 10(3): 418~428 [Wen Zhifeng Zhong Jianhua Li Yong *et al* Current study on genesis and formation conditions of stromatolites. *Geological Journal of China Universities* 2004 10(3): 418~428]
- 9 贾志海,洪天求. 淮南地区新元古代刘老碑组叠层石消失原因初探. 合肥工业大学学报, 2005 28(1): 1~5 [Jia Zhihai Hong Tianqiu Extinction mechanism of the neoproterozoic stromatolites from Liulaopei Formation in the Huainan region. *Anhui Journal of Hebei University of Technology* 2005 28(1): 1~5]
- 10 陈子料,寿建峰,斯春松,等. 柴达木盆地花土沟油区上干柴沟组—下油砂山组碳酸盐岩储层特征. 成都理工学院学报, 2001 28(1): 53~58 [Chen Ziliao Shou Jianfeng Si Chunsong *et al* Carbonate rock reservoir of Shanggan chaigou formation and Xiayoushashan formation in neogene Huatugou oil field western Qaidam basin. *Journal of Chengdu University of Technology* 2001 28(1): 53~58]
- 11 孙岩,沈安江,徐洋,等. 柴达木盆地跃进地区下干柴沟组上段藻丘灰岩储层特征. 沉积学报, 2002 20(1): 61~69 [Sun Yan Shen Anjiang Xu Yang *et al* A research on E₃ algal reef reservoir in Yuejin area Qaidam basin Northwest China. *Acta Sedimentologica Sinica* 2002 20(1): 61~69]
- 12 张振城,孙建孟,马建海,等. 花土沟油田下油砂山组—上干柴沟组藻灰岩储层特征. 石油与天然气地质, 2004 25(6): 703~706 [Zhang Zhencheng Sun Jianmeng Ma Jianhai *et al* Characteristics of algal limestone reservoirs in Xiayoushashan Shanggan chaigou Formations in Huatugou oil field, western Qaidam basin. *Oil & Gas Geology* 2004 25(6): 703~706]
- 13 寿建峰,绍文斌,陈子料,等. 柴西地区第三系藻灰(云)岩的岩石类型和分布特征. 石油勘探与开发, 2003 30(4): 37~39 [Shou Jianfeng Shao Wenbin Chen Ziliao *et al* Lithological types and distribution features of Tertiary and algal limestone in Chaixi area Qaidam basin. *Petroleum Exploration and Development* 2003 30(4): 37~39]
- 14 温志峰,钟建华,郭泽清,等. 柴西地区第三系叠层石岩石学特点与油气储集特征. 石油勘探与开发, 2004 31(3): 49~53 [Wen Zhifeng Zhong Jianhua Guo Zeqing *et al* Reservoir and lithology of tertiary stromatolites in the west Qaidam Northwest China basin. *Petroleum Exploration and Development* 2004 31(3): 49~53]
- 15 Zhong Jianhua Wen Zhifeng Guo Zeqing *et al* Paleogene and early neogene lacustrine reefs in the western Qaidam basin. *China Acta Geologica Sinica*, 2004 78(3): 736~743
- 16 甘贵元,魏成章,常青萍,等. 柴达木盆地南翼山湖相碳酸盐岩油气藏特征及形成条件. 石油实验地质, 2002 24(5): 413~417 [Gan Guiyuan Wei Chengzhang Chang Qingping *et al* Characteristics and forming conditions of lake facies carbonate rock oil and gas reservoirs in the Nanyishan structure of the Qaidam basin. *Petroleum*

Geology and Experiment 2002, 24(5): 413~417]

17 赵加凡, 陈小宏, 杜业波. 柴达木第三纪湖盆沉积史. 石油勘探与开发, 2004, 31(3): 41~44 [Zhao Jiafan, Chen Xiaohong, Du Ye

bo The Tertiary sedimentary evolution of the Qaidam basin, Northwest China. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31(3): 41~44]

Characteristics and Genetic Analysis on Algal Limestone Reservoirs, Nanyishan, Western Qaidam Basin

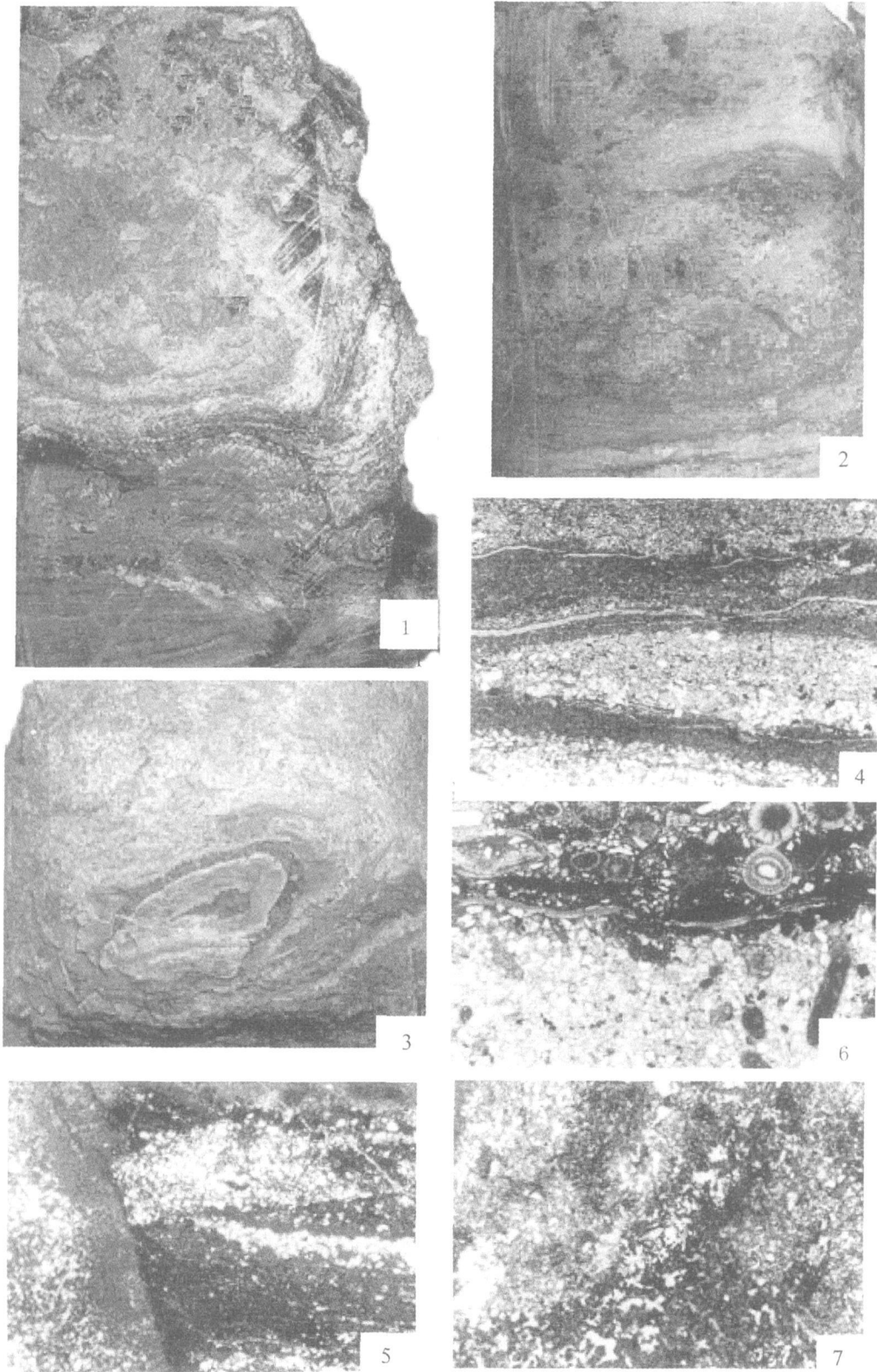
REN Xiaojuan^{1,2} WEI Jinxing³ KANG Youxin² ZHANG Cunhou³

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069; 2. Xi'an Petroleum University, Xi'an 710065;

3. Research Institute of Exploration and Development, Qinghai Oilfield Branch, Dunhuang, Gansu 736200)

Abstract This research is systematically related to the characteristics and genetic analysis of algal limestones reservoirs, Nanyishan, Qaidam basin. The results show that: 1) Though the water environment of Nanyishan is more muddy than others, algal can still grow; 2) The composition and rock type of the algal limestone are complex, the main rock types include lettuce-like stromatolites, algal reef, digitate stromatolites, wave-like stromatolites and so on; 3) The deposits of algal limestones were formed in low-energy peritidal to subtidal high-energy environment of lakeshore slopes, sliding under the action of gravity and some other factors and become slump mixed sedimentary layers; 4) The physical property of algal limestones layers is better than others; 5) The genetic development of the sediment decides that the single deposit is small, distributive and thin-bedded.

Key words algal limestones, stromatolite, porous structure, Nanyishan, Qaidam basin



图版I 说明 南 9 井 1463.00m 取芯, 包心菜状叠层石; 2 浅 3-3 井 1256.89m 取芯, 藻礁; 3 南 4 井 1206.25m 取芯, 指状叠层石。4 砂泥纹层结构, 白色颗粒为细粉砂, 黑色为泥晶, 粉砂和泥质相间或韵律分布, 裂缝弯曲在泥质层中发育; 5 团块结构, 粉砂团包在泥质中; 6 颗粒结构, 生物碎屑、鲕粒、泥屑、砂屑等常夹杂在灰泥质和粉砂质中, 碎屑颗粒之间孔隙为被泥质和粉砂质充填; 泥质和粉砂层接触部有一条裂缝; 7. 浅 11-11 井, 深度 1461.89m, 含泥粉砂质灰岩, 粉砂泥晶结构, 灰泥溶孔。