

文章编号: 1000-0550(2009)02-0312-07

# 柯坪—巴楚露头区海相地层声波速度与沉积体系的关系<sup>①</sup>

曾凡平<sup>1</sup> 朱培民<sup>1</sup> 焦养泉<sup>2</sup> 王 瑞<sup>2</sup> 邢凤存<sup>3</sup>

(1 中国地质大学 地球物理与空间信息学院 武汉 430074

2 中国地质大学 资源学院 武汉 430074 3 中国地质大学 资源学院 北京 100083)

**摘 要** 为了对沉积体系中各种沉积环境地层的物性进行精细研究,对塔里木盆地柯坪—巴楚露头区台地边缘—斜坡沉积体系和碎屑滨岸带沉积体系的地层进行了踏勘取样。在常温、常压下对岩样进行了超声波纵、横波速度测量,主要获得以下结论:(1)岩样超声波速度与岩样所处的沉积环境关系密切,在生物礁剖面上,从礁基、礁核、到礁盖速度递增;在三角洲剖面上,从水下分流河道、河口坝到前缘泥速度递增。(2)在生物礁剖面上,生物屑的含量是影响速度的主要因素。生物碎屑含量越高,速度越低。(3)生物礁内生物的大小与生长方向是控制岩样速度各向异性的主要因素之一。

**关键词** 超声波速度 生物礁 潮坪 三角洲 塔里木盆地地下古生界

**第一作者简介** 曾凡平 男 1983 年出生 硕士 地震资料处理及综合解释 E-mail: zfp2006@schu.com

**中图分类号** P313.1 **文献标识码** A

## 0 引言

岩石超声波测试结果被广泛用于工程地质勘探和石油勘探领域。研究表明,可以用超声波速对岩石分级,确定岩石的动弹参数等<sup>[1]</sup>,也可用岩石的主频漂移来识别含气含水储层<sup>[2]</sup>;通过密度、纵横波速比或泊松比来判断碳酸盐岩的岩性<sup>[3]</sup>。另外,也有人直接研究过沉积岩本身的声波衰减特性<sup>[4]</sup>和岩石压缩各阶段超声横波的幅度变化特征<sup>[5]</sup>。超声检测已成为岩石物性研究不可或缺的方法,但以往的研究中,很少有对沉积环境(沉积相)与沉积岩声学特性之间的关系进行过研究。

露头剖面记录了丰富的沉积学信息,对露头沉积体系作精细的超声研究,总结和比较具备构成潜在储层的沉积体系中各个环境中对应岩石的声速特征,可以准确的指导沉积体系的地质建模、地球物理正演,并作为地球物理反演的约束,有利于提高地震有利储集相带解释精度和预测准确度。

奥陶系和志留系都是塔里木盆地重要的油气勘探开发目的层<sup>[6-7]</sup>,其中奥陶系是主要的碳酸盐岩油气产层,产层岩性以台地滩相灰岩及礁(丘)相灰岩为主<sup>[8]</sup>。志留系的产油层位于柯坪地区、塔北地区以滨岸—浅海相碎屑岩沉积为主,塔中以河口湾—潮坪沉积为主,塔东以陆相河流—辫状河三角洲粗碎屑

沉积为主<sup>[9]</sup>。本次研究对塔里木盆地柯坪—巴楚地区几个典型的沉积体系剖面的岩石进行了取样,并在室内进行了岩石超声波速度的测量,探索了各个沉积体系中岩石的速度变化特征。

## 1 岩样采集与说明

### 1.1 剖面位置

测试所用岩样分别来自塔里木盆地的四个典型剖面(图 1)。第一、第二两个剖面位于巴楚一间房地区的勒牙依里塔格山,属奥陶系一间房组(O<sub>2</sub>y)为台地边缘礁滩共生相。岩样分别取自礁体的礁基、礁核和礁盖处(表 1)。第三个剖面位于柯坪地区大湾沟志留系塔塔尔塔格组(S<sub>1</sub>t)为三角洲前缘沉积。岩样分别取自河口坝、水下分流道、前缘泥等亚相(表 1)。第四个剖面位于柯坪地区四十厂志留系柯坪塔格组(S<sub>1</sub>k)的中上部,为潮坪相沉积。具体的野外工作路线如图 1 所示。

### 1.2 岩样说明

四个剖面中共选取 25 块岩样用于声波测试,将岩样切割成长方体,待测面用砂纸打磨平整(图 2)。由于部分岩样取样的原始形状极不规则,切割时仅保证了岩样一个短轴和一个长轴满足测量要求。短轴(a)长度均为 0.05 m 长轴(b)长度值从 0.06~0.12 m 不等(表 1)。

① 中国石油化工集团公司前瞻性项目专题(编号: 2007026230);国家自然科学基金项目(批准号: 40174033)资助。  
收稿日期: 2008-05-17 收修改稿日期: 2008-06-23

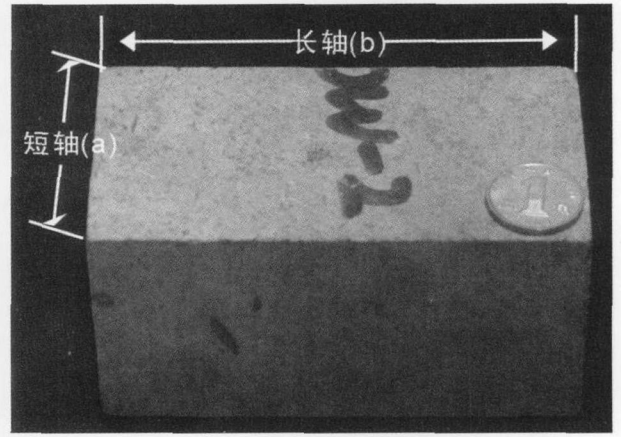
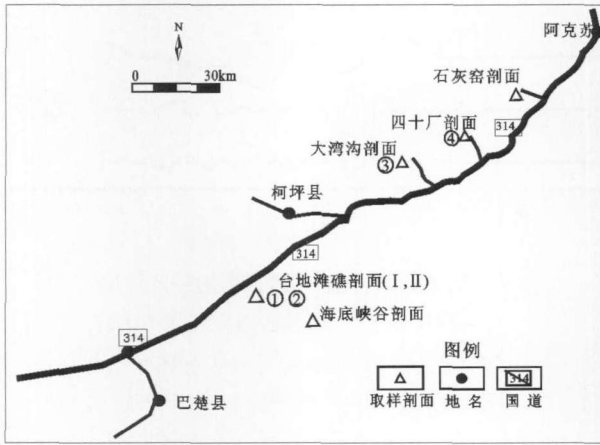


图 1 野外踏勘路线。其中用于声速测量的样岩来自剖面①、②、③、④

图 2 第 25 号岩样(5 cm × 5 cm × 9.7 cm)照片  
取自大湾沟志留系塔塔尔塔格组(S<sub>1</sub>t)

Fig. 1 The route of field investigation. The samples measured came from profile ①, ②, ③, ④

Fig. 2 The picture of No. 25 sample which came from the Silurian Tataertage Formation

表 1 岩样超声波速测试结果

Table 1 The ultrasonic measurement results of the samples

岩样编号	沉积相	岩石名称	V <sub>p</sub> (a)/(m/s)	V <sub>s</sub> (a)/(m/s)	V <sub>p</sub> (b)/(m/s)	V <sub>s</sub> (b)/(m/s)	K <sub>p</sub> /%	K <sub>s</sub> /%	长轴长度(b)/m
1	礁基	棘屑灰岩	1553	678	2072	979	29	36	0.092
2	礁基	棘屑灰岩	3205	1366	3129	2042	2	40	0.107
3	礁基	棘屑灰岩	3521	1724	4667	3043	28	55	0.112
4	礁基	棘屑灰岩	1389	696	2275	905	48	26	0.086
5	礁基	棘屑灰岩	2500	1362	3772	1886	41	32	0.086
6	礁基	棘屑灰岩	4032	2551	3675	2402	9	6	0.061
7	礁核	障积岩	2809	1282	3473	1953	21	41	0.091
8	礁核	障积岩	4098	2525	3947	2439	4	3	0.06
9	礁核	障积岩	5208	2976	3621	2039	36	37	0.105
10	礁核	障积岩	5814	2907	5000	2925	15	1	0.074
11	礁盖	砂屑灰岩	5814	3247	5631	3295	3	1	0.116
12	礁盖	砂屑灰岩	5682	3356	5256	3216	8	4	0.082
13	礁盖	砂屑灰岩	5682	2994	5357	3138	6	5	0.075
14	礁盖	砾屑灰岩	5000	2717	4786	2094	4	26	0.067
15	礁盖	砾屑灰岩	5435	2994	5202	3065	4	2	0.103
20	潮坪相	油浸细砂岩	3906	2294	3519	2230	10	3	0.095
21	潮坪相	油浸细砂岩	4098	2618	3670	2500	11	5	0.08
22	潮坪相	油浸细砂岩	3846	2591	3835	2516	0	3	0.079
23	潮坪相	油浸细砂岩	4310	2674	4156	2819	4	5	0.064
24	前缘泥	泥质粉砂岩	4545	2907	4511	2923	1	1	0.083
25	河口坝	细砂岩	2809	1873	2694	1810	4	3	0.097
26	水下分流河道	细砂岩	2232	1558	2632	1852	16	17	0.12
27	水下分流河道	细砂岩	1880	1055	1944	1307	3	21	0.063
28	水下分流河道	泥质粉砂岩	3472	2370	3438	2368	1	0	0.099
29	前缘泥	粉砂质泥岩	2193	1149	2115	983	4	16	0.088

## 2 实验方法

### 2.1 实验设备

声波速度测试所使用仪器是由中国科学院武汉

岩土力学研究所研制生产的“RSM—SY5非金属声波检测仪”,仪器时间分辨率可达 0.1 μs。使用了两种超声换能器,其一是纵波换能器,江汉测井研究所生产,标称 50 kHz。其二是横波换能器,武汉理工大学

研制, 标称  $(90 \pm 10)\text{kHz}$

超声波速测量基本原理: 岩样声速测量系统如图 3 所示。测量时, 超声仪发出的电信号, 通过探头 A (发射换能器) 转换为声波, 穿过岩样至探头 B (接收换能器) 再转换为电信号至声波仪。然后从计算机上读出波在岩石中的传播时间  $t$  (波形初至时间, 如图 4 所示), 除去声波通过探头、耦合材料 (探头与岩样之间的耦合剂)、仪器线路等附加延迟时间  $t_0$  声波在岩石中传播的时间为  $t = t - t_0$ , 若岩样长度为  $L$  可计算出波速  $V = L/t$  整个测量过程是在常温常压下进行的。

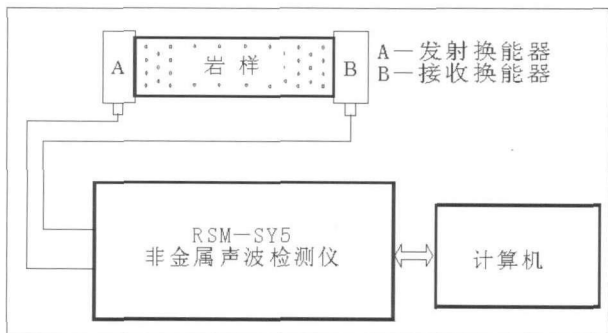


图 3 RSM-SY5 超声测量分析系统

Fig 3 The ultrasonic measurement system of RSM-SY5

### 2.2 波形检测方法

据文献<sup>[1]</sup>, 在纵波波速测试中使用液体或乳状物做耦合剂都可以达到很好的耦合效果。而横波是剪切振动, 只有能够承受剪切力的材料才能作为横波波速测试的耦合剂。本次实验中, 纵波波速测量使用的耦合剂是糊精, 横波波速测量使用的耦合剂是水杨酸苯酯。纵波横波速度存在差异, 横波滞后于纵波其初至拾取存在一定的难度<sup>[10]</sup>, 但横波有一定的偏振性, 旋转发射换能器与接收换能器对应的角度, 接收到的横波振幅会呈现规律性的变化, 利用这一特性可以识别出横波并确定出初至。图 4 中横波 (a) 为横波换能器测试第 25 号岩样接收到的波形, 横波 (b) 为将接收换能器旋转 180 度接收到形波, 横波首波振幅翻转, 图 4 中可以清楚地识别出横波初至时间。

### 3 实验结果及分析方法

岩样声波测试的结果列在表 1 中。速度测量分别沿图 2 中所示岩样的短轴 (a) 方向和长轴 (b) 方向。 $V_p(a)$  和  $V_s(a)$  分别表示沿短轴 (a) 方向测量的纵、横波速度;  $V_p(b)$  和  $V_s(b)$  分别表示沿长轴 (b) 方向测量的纵、横波速度。为了对岩样速度各向异性的

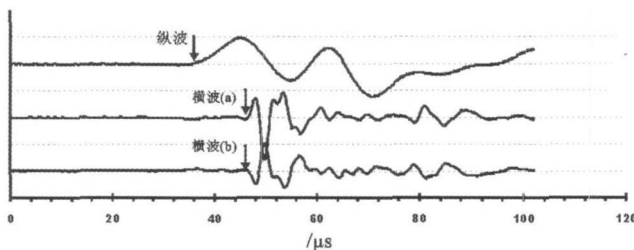


图 4 第 25 号岩样测试时显示的声波波形。

箭头指向纵、横波的初至时间

Fig 4 The waveform of No 25 sample  
The arrows point to the first arrival time

程度进行估计, 引入了纵波速度各向异性程度指数  $K_p$  和横波速度各向异性程度指数  $K_s$ , 定义如下:

$$K_p = \frac{|V_p(a) - V_p(b)|}{(V_p(a) + V_p(b))/2} \quad (1)$$

$$K_s = \frac{|V_s(a) - V_s(b)|}{(V_s(a) + V_s(b))/2} \quad (2)$$

## 4 测量结果讨论

### 4.1 生物礁剖面岩样的速度特征

生物礁剖面①、② (图 1) 中, 单个礁体规模较小, 但礁体众多, 大多连成一片。礁体层位分布稳定, 横向延伸方向均可追寻到相应层位的其他礁体, 纵向上礁体相互叠置。礁体一般由礁核、礁基和礁盖部分组成<sup>[11]</sup>。生物礁剖面用于超声测试的岩样共 15 块, 根据岩样在礁体中分布的位置不同, 绘制了岩样位置与其纵、横波波速及平均速度关系图 (图 5 和图 6)。

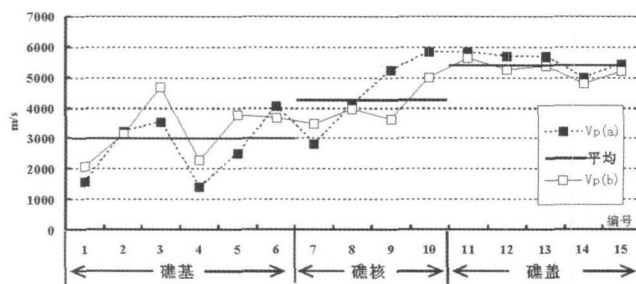


图 5 生物礁剖面岩样纵波速度与岩样在礁体中的位置关系

Fig 5 The relation between the velocities of P-wave and positions of samples in the reef body

从图 5 和图 6 可以看出, 无论横波速度还是纵波速度从礁基、礁核到礁盖其平均值都逐渐增大。纵波速度增加幅度大于横波。礁盖岩样速度测量值变化不大, 而礁基和礁核两个部位的岩样两个轴向的速度值差异明显。图 7 是用前面定义的速度各向异性程

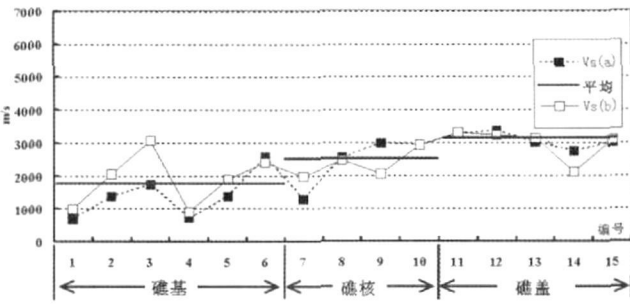


图 6 生物礁剖面岩样横波速度与岩样在礁体中的位置关系  
 Fig 6 The relation between the velocity of Swave and positions of samples in the reef body

度指数  $K_s$  和  $K_p$  所做的交会图。图 7 中可以看出礁盖岩样速度各向异性程度指数基本集中在  $0 \sim 10\%$  范围内, 而礁基和礁核两个部位的岩样大多分布在  $20\% \sim 40\%$ 。礁基和礁核速度各向异性程度明显高于礁盖。

观察生物礁剖面①、②, 礁基多为灰色粗粒亮晶棘屑灰岩, 颗粒含量很高, 约占  $80\%$  以上, 颗粒大小约  $1 \sim 4 \text{ mm}$  以破碎的海百合茎干为主, 如图 8(b)。礁核主要是由瓶筐石 (*Calathium*)<sup>[12]</sup> 组成的灰白色块状障积岩, 造礁生物瓶筐石密集, 占化石总量的  $80\%$  以上, 瓶筐石长度可达  $10 \text{ cm}$  如图 8(a)。礁盖多为成层性良好的层状砂屑、砾屑灰岩, 其间常夹有小型礁灰岩块, 结构致密。礁基的岩样, 海百合茎和其它生物屑杂乱排列, 生物颗粒疏松; 礁核的岩样, 瓶筐石的体腔被方解石充填或被溶蚀, 部分岩样沿生物体裂开形成较大的裂缝。这些生物化石的形状、大小、生长方向以及裂缝都影响声波在岩样中的传播速度。

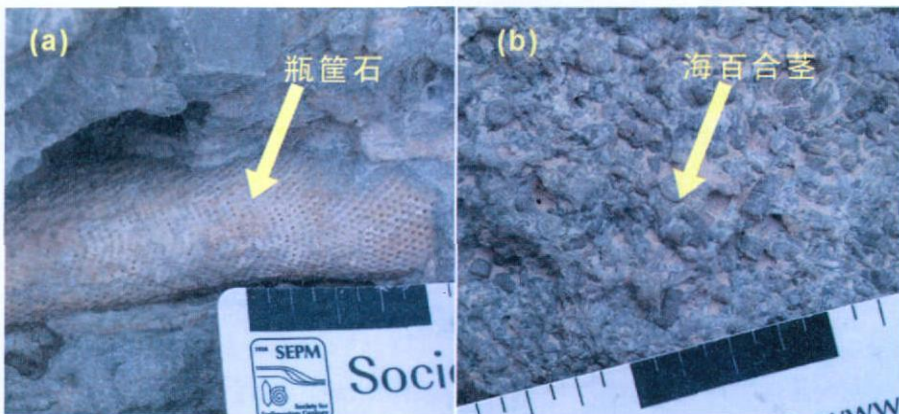


图 8 礁核的主要造礁生物瓶筐石 (a) 和礁基生物碎屑的主要组成海百合茎 (b)  
 Fig 8 The *Calathium* (a) is the main reefbuilding organism of reef core  
 The crinoidal caudexes (b) is the main composition of reef base

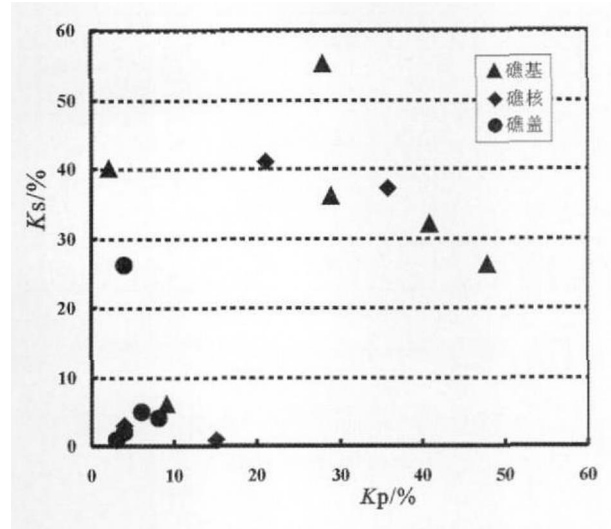


图 7 生物礁剖面横波速度各向异性程度指数  $K_s$  和纵波速度各向异性程度指数  $K_p$  的交会图

Fig 7 The crossplot between  $K_p$  and  $K_s$  of the bioherm profile

#### 4.2 潮坪剖面和三角洲前缘剖面岩样的速度特征

柯坪—巴楚地区志留系自下而上分别是柯坪塔格组、塔塔埃尔塔格组和依木于他乌组<sup>[8]</sup>。剖面④中用于超声测试的 4 块岩样均取自柯坪塔格组沥青砂岩段, 属于潮坪沉积体系 (表 1)。剖面③用于超声测试的 6 块岩样取自塔塔埃尔塔格组  $S_1t$  分别属于三角洲前缘泥、河口坝、水下分流河道等亚相 (表 1)。两个组的岩样在时间上有一定的先后关系, 沉积上也存在一定程度的联系。把这 10 块岩样放在一起, 根据其沉积环境不同, 绘制了沉积相与其纵、横波波速关系图 (图 9 和图 10)。

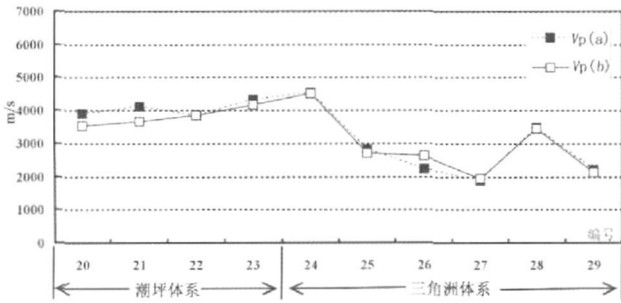


图 9 潮坪沉积体系和三角洲前缘体系中各岩样纵波速度变化关系

Fig. 9 The relation between the velocity of P-wave and sedimentary system

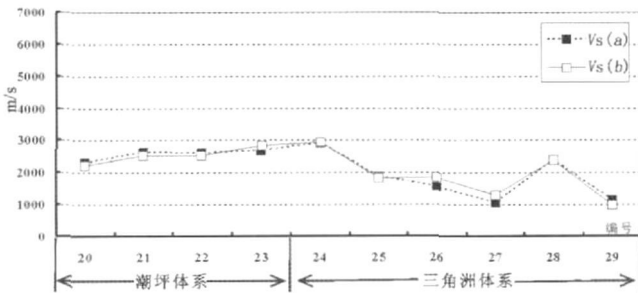


图 10 潮坪沉积体系和三角洲前缘体系中各岩样横波速度变化关系

Fig. 10 The relation between the velocities of S-wave and sedimentary system

从图 9 和图 10 中可以看出,潮坪相的 4 块砂岩纵波速度和横波速度相对稳定,分别在 4 000 m/s 2 500 m/s 左右,而取自三角洲前缘各个亚相的 6 块岩样速度差别明显,以水下分流河道中的砂岩岩样速度最低,第 29 号泥岩因裂开不考虑在内。两种不同沉积环境下的速度各向异性程度如图 11 ( $K_s$  和  $K_p$  交会图) 所示。图 11 中,潮坪沉积体系的 4 块岩样各向异性程度指数基本集中在 0~10% 范围内,在 10% 边缘的两块岩样是第 20 号和第 21 号。三角洲前缘体系各向异性程度指数超过 10% 的岩样都属于水下分流河道相。

从岩样的照片(图 12)观察,潮坪相的 4 块岩样均被油浸。其中第 20 号岩样见油浸痕迹但颗粒间孔隙未见沥青充填,第 21 号岩样含大量生物骨架碎屑,第 22 号和第 23 号颗粒间孔隙几乎完全被沥青充填,岩体呈黑色。三角洲前缘体系的 6 块岩样中,水下分流河道相中的岩样砂体颗粒粗、孔隙结构发育,而接近前缘泥的岩样,颗粒细小致密。结合沉积的特点,

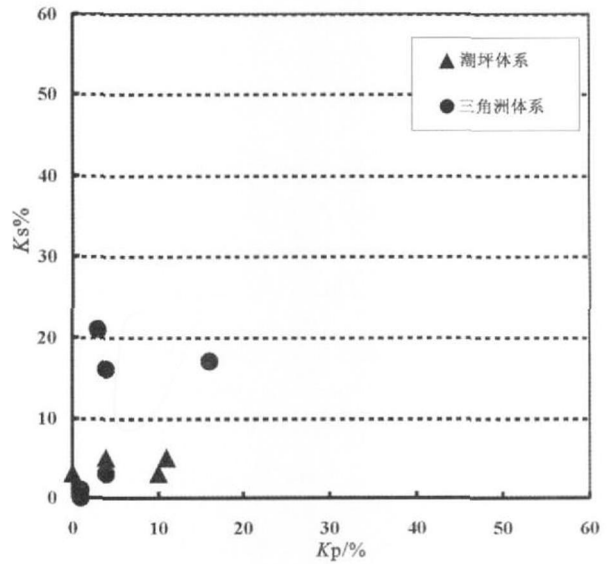


图 11 潮坪沉积体系和三角洲前缘体系中横波速度各向异性程度指数  $K_s$  和纵波速度各向异性程度指数  $K_p$  的交会图

Fig. 11 The cross plot between  $K_p$  and  $K_s$  of the delta and tidal flat sedimentary system

三角洲前缘体系由岸向湖的方向沉积物的粒度逐渐变细,即由水下分流河道、河口坝到前缘泥亚相的变化中,沉积物粒度逐渐变细,而影响声波传播的孔隙越来越小,声速逐渐增高。

### 5 结论与讨论

通过对上述几个露头沉积体系中岩样的超声波速测试实验,可以得出下面几点认识:

(1) 岩样超声波速度与岩样所处的沉积环境(沉积相或沉积亚相)密切相关,呈现一定变化规律。在生物礁剖面上,从礁基、礁核、到礁盖速度递增;在三角洲前缘剖面中,从水下分流河道、河口坝到前缘泥速度递增。利用岩石声波速度测量结果与沉积环境的关系,以及变化规律指导沉积体系的建模是可行的。

(2) 在生物礁剖面上,生物屑的含量是影响声波速度的主要因素。生物碎屑含量越高,速度越低;在砂岩剖面上,孔隙是影响测量的主要因素,孔隙越小或充填程度越高,速度越高。

(3) 在生物礁剖面上,生物的大小与生长方向是控制岩样速度各向异性的主要因素之一,而砂岩剖面,我们初步认为与孔隙关系密切。礁灰岩速度的各向异性程度大于砂岩。

致谢 作者在野外岩样采集过程中,受到中国地

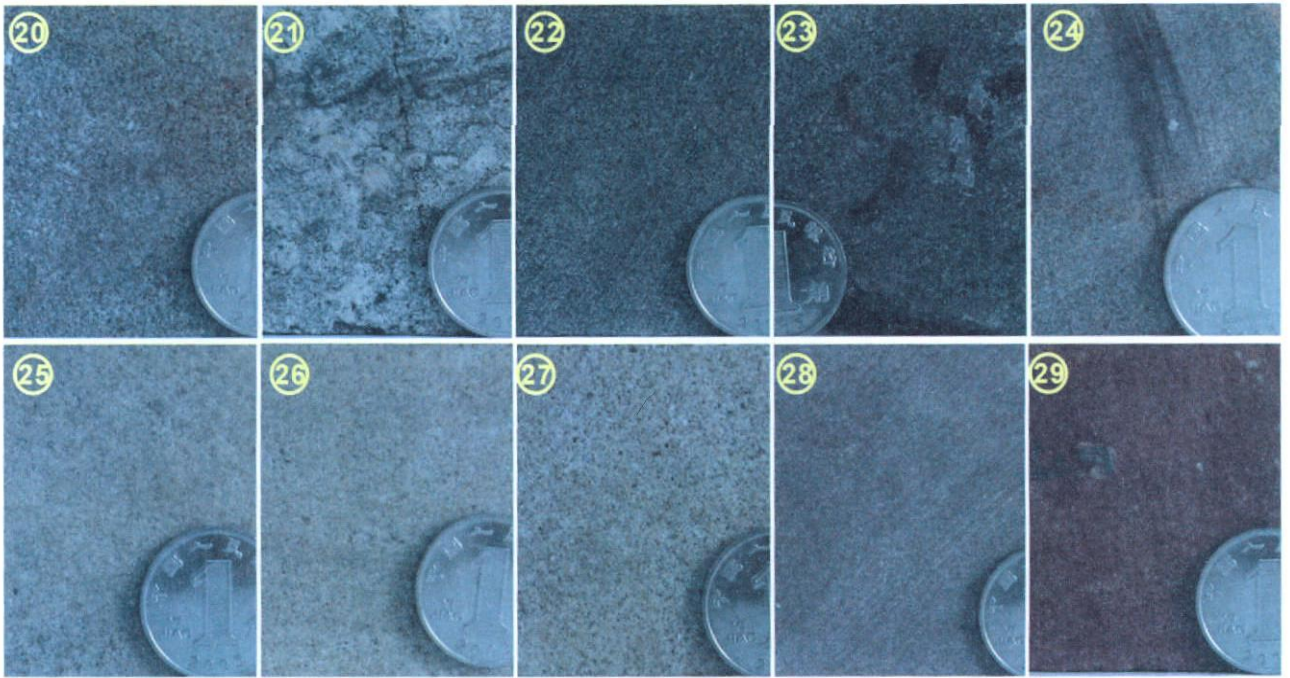


图 12 潮坪相剖面和三角洲剖面岩样切后新鲜面照片。20~23号属于潮坪沉积体系, 24~29号属于三角洲前缘沉积体系

Fig. 12 The photos of the fresh cut of samples from the tidal flat system and the delta system

质大学顾元、王世虎、荣辉等同学的帮助。另外, 武汉理工大学蔡兰老师也曾在横波测量方面给予指导, 作者在此一并致谢。

### 参考文献 (References)

- 1 王让甲. 声波岩石分级和岩石动弹性力学参数的分析研究 [M]. 北京: 地质出版社, 1997 [Wang Rangjia The Acoustic Classification of Rocks and Study of Dynamic-elastic Mechanical Parameters of Rocks [M]. Beijing Geological Publishing House 1997]
- 2 李铭, 卢颖忠, 张莹. 低孔低渗岩石声学参数的实验研究 [J]. 大庆石油地质与开发, 1999 18(5): 42-45 [Li Ming Lu Yingzhong Zhang Ying An experimental study on acoustic parameters of low porous and permeable rock [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing 1999 18(5): 42-45]
- 3 安勇, 牟永光, 方朝亮. 沉积岩的速度、衰减与岩石物理性质间的关系 [J]. 石油地球物理勘探, 2006 41(2): 187-192 [An Yong Mou Yongguang Fang Chaoliang Relationship between attenuation velocity of sedimentary rocks and petrophysical property [J]. Oil Geophysical Prospecting 2006 41(2): 187-192]
- 4 孟庆山, 汪稔. 碳酸盐岩的声波特性研究及其应用 [J]. 中国岩溶, 2005 24(4): 344-348 [Meng Qingshan Wang Ren Study and application of sonic wave properties of carbonate rock [J]. Carsologica Sinica 2005 24(4): 344-348]
- 5 翟小洁, 傅荣华. 岩石扩容与超声波横波速率关系研究 [J]. 西南科技大学学报, 2007 22(1): 39-42 [Di Xiaojie Fu Ronghua Study on the relationship between the volumetric dilatancy in rocks and the velocity of ultrasonic S-wave [J]. Journal of Southwest University of Science and Technology 2007 22(1): 39-42]
- 6 皮学军, 刘楚, 陈颖, 等. 新疆柯坪大湾沟奥陶系顶部一志留系底部化学地层特征讨论 [J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2007 43(2): 183-189 [Pi Xuejun Liu Chu Chen Ying et al Discussion on chemo-stratigraphic characteristics of boundary bed between the top part of the Ordovician and the basal part of the Silurian at Dawangou section Keping Xinjiang [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis 2007 43(2): 183-189]
- 7 张俊, 庞雄奇, 刘洛夫, 等. 塔里木盆地志留系沥青砂岩的分布特征与石油地质意义 [J]. 中国科学: D辑, 2004 34(增刊 I): 169-176 [Zhang Jun Pang Xiongqi Liu Luofu et al Distribution Features of Silurian bitumen sandstone reservoirs in Tarim Basin and its significance in petroleum geology [J]. China in Science Series D 2004 34(Suppl I): 169-172]
- 8 罗平, 张兴阳, 顾家裕, 等. 塔里木盆地奥陶系生物礁露头的地球物理特征 [J]. 沉积学报, 2003 21(3): 423-427 [Luo Ping Zhang Xingyang Gu Jiayu et al Geophysical characteristics of Ordovician reef outcrops in Tarim Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica 2003 21(3): 423-427]
- 9 王成林, 张惠良, 李玉文, 等. 塔里木盆地志留系划分、对比及其地质意义 [J]. 新疆石油地质, 2007 28(2): 185-188 [Wang Chenglin Zhang Huiliang Li Yuwen et al Stratigraphic division correlation and geologic significance of Silurian in Tarim Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology 2007 28(2): 185-188]
- 10 魏建新, 王椿镛. 横波测试技术的实验室研究 [J]. 石油地球物理勘探, 2003 38(6): 630-635 [Wei Jianxin Wang Chunyong Study of S-wave test and measurement technique in laboratory [J]. Oil Geophysical Prospecting 2003 38(6): 630-635]

- 11 胡明毅, 朱忠德, 贺萍, 等. 轮南—巴楚地区奥陶系生物礁储层特征 [J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 179-182 [ Hu Mingyi, Zhu Zhongde, He Ping et al. Ordovician reef in Lunan-Bachu area and their reservoir characteristics [J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(2): 179-182 ]
- 12 李相明, 杨申谷. 巴楚地区中奥陶世生物礁造礁生物特征 [J]. 石油天然气学报, 2006, 28(4): 25-27 [ Li Xiangming, Yang Shenggu. Characteristics of Middle Ordovician organic reefs in Bachu area [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2006, 28(4): 25-27 ]

## Relationship between Sedimentary System and Acoustic Velocity of Rocks from Marine Strata in Keping-Bachu Area

ZENG Fan-ping<sup>1</sup> ZHU Peimin<sup>1</sup> JIAO Yang-quan<sup>2</sup>  
WANG Rui<sup>2</sup> XING Feng-cun<sup>3</sup>

(1. Institute of Geophysics and Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan, 430074

2. Institute of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan, 430074

3. Institute of Earth Resources, China University of Geosciences, Beijing, 100083)

**Abstract** In order to make a scrutiny into physical properties of formation in various depositional environments, we carried out a geological exploration and collected a lot of samples from platform edge clinoform system and chipping sedimentary system in outcrop area located in Keping-Bachu Tarim Basin and Northwestern China. After analysis of the ultrasonic measurements of the samples at normal temperature and standard atmosphere in the laboratory, the conclusions are given as follows: (1) There is a close relation between ultrasonic velocities of samples and depositional environment. In the bioherm profile, the velocity increases from reef base, reef core to reef cap; in the delta profile, the velocity increases from distributary channel to delta front. (2) In the bioherm profile, the biodebris is the key influencing factor to velocity, the richer organism of the sample is, the higher the velocity is. In the sandstone profile, the larger the filling extent of the sandstone pore is, the higher the velocity is. (3) The growth direction of organisms is a principal factor which controls the extent of the velocity anisotropy. The velocities are different between along and against growth direction of organisms. These results can be used to guide geophysical forward modeling, geophysical inversion, seismic interpretation and reservoir prediction.

**Key words** ultrasonic velocity, bioherm, tidal flat, delta, Lower Paleozoic of Tarim Basin