

# 科技情报

(一九八七年)

大庆石油管理局科技发展部  
勘探开发研究院

一九八八年一月

# 1987年《科技情报》目录

| 期   | 题 名                                  | 页     |
|-----|--------------------------------------|-------|
| 1、  | 砂岩储油层中次生孔隙的形成识别与地质意义…刘民中             | ( 1 ) |
| 2、  | 增加低成本天然气储量的对策……………柳 夏                | ( 5 ) |
| 3、  | 薄的地层圈闭地震反射特征分析——<br>白垩系卡狄姆地层……………华爱刚 | ( 9 ) |
| 4、  | 从煤成气看松辽盆地天然气勘探……………马汝耕               | (17)  |
|     | 阿尔兰油田高含水层火烧工业性实验的效果……………蔡天成          | (22)  |
| 5、  | 巴拉哈内——萨布奇——拉马宁<br>油田套管损坏原因……………赵有芳   | (23)  |
| 6、  | 落基山区致密储集层的类型与特点……………蔡天成、马启贵          | (27)  |
| 7、  | 油田地面工程系统中的原油工艺损耗<br>及其降低的途径……………魏淑娟  | (33)  |
| 8、  | 苏联地质工艺录井发展概况……………赵耀五                 | (39)  |
|     | 普鲁德霍湾油田累积产量超过6.75亿吨……………马启贵          | (46)  |
| 9、  | 油藏数值模拟进入第三代……………刘民中                  | (47)  |
| 10、 | 用地震检测呈一定方向的裂缝……………马汝耕                | (51)  |
|     | 油气田石油储量的详细分级可促进复杂<br>储量的有效开采……………韩寿山 | (55)  |
| 11、 | 微生物强化采油的初步研究……………李维安                 | (57)  |
|     | 委内瑞拉研究提高采收率项目的成功率……………马启贵            | (61)  |
| 12、 | 预测非均质多油层油藏水驱动态的计算机程序…唐金华             | (63)  |
|     | 美国贝森石油公司采用注热水法<br>来提高石油采收率……………译     | (66)  |
| 13、 | 洛斯特索尔哲油田——一个<br>二次发现……………维安          | (67)  |
|     | 凝析气田……………言文伯                         | (69)  |
| 14、 | 注水条件下地层原油性质的预测……………刘丁曾               | (73)  |

| 期    | 题 名                              | 页 |
|------|----------------------------------|---|
| 15、  | 新哈津区改变注水量和采液量措施的效果评价…蔡天成 (79)    |   |
|      | 西德克萨斯微生物水驱方案决定上马……………李维安 (83)    |   |
| 16、  | 计算两相流压力梯度的计算机程序……………李宗乾 (85)     |   |
| 17、  | 瑞典锡利延陨石坑的天然气显示……………李维安 (93)      |   |
| (2)  | 美国能源部公布提高采收率预测模型……………唐金华 (96)    |   |
| 18、  | 非背斜圈闭油气藏的预测……………华爱刚、纪虹 (97)      |   |
| (8)  | 苏联另一个大油田——田吉兹油田……………李维安 (99)     |   |
| 19、  | 国内外电子计算机管理信息系统                   |   |
| (22) | 发展动态……………卢怀宝、田立志 (101)           |   |
|      | 阿莫科公司在尼皮西油田的混相驱                  |   |
| (22) | 计划进入第三阶段……………刘彬珍 (105)           |   |
| 20、  | 适用于低渗透油层改造的支撑剂……………朱春华 (107)     |   |
|      | 苏联在试验地下核爆炸采油……………李维安 (110)       |   |
| 21、  | 对《石油形成和分布》一书第二版的评论……………李维安 (111) |   |
| (26) | 监测石油污染物质的新工具……………李维安 (113)       |   |
| 22、  | 用泡沫浮选法回收污水中的破乳剂……………郝继红 (115)    |   |
| (26) | 1986年几个产油大国的日产水平……………李维安 (120)   |   |
| 23、  | 解决岩心和研究成果长期保管问题的途径……………韩寿山 (121) |   |
| 24、  | 鞅鞅提高油层采收率工作现状……………赵有芳 (127)      |   |
| 25、  | 油气勘探开发在巴基斯坦正迅速发展……………陈如根 (131)   |   |
| 26、  | 开采超高压油藏引起油层压实                    |   |
| (10) | 而导致套管损坏……………金佩强 (135)            |   |
| (28) | ……………                            |   |
| (30) | ……………                            |   |
| (32) | ……………                            |   |
| (34) | ……………                            |   |
| (36) | ……………                            |   |
| (38) | ……………                            |   |
| (40) | ……………                            |   |
| (42) | ……………                            |   |
| (44) | ……………                            |   |
| (46) | ……………                            |   |
| (48) | ……………                            |   |
| (50) | ……………                            |   |

# 科技情报

## 1

大庆石油管理局 科技发展部  
勘探开发研究院

一九八七年七月六日

### 砂岩储油层中次生孔隙的形成 识别与地质意义

**编者按** 美国科学软件—国际电脑公司（简称SSI公司）在为大庆萨中地区高台子油层做油藏工程研究中，提出高台子油层的孔隙以次生孔隙为主的说法，曾引起不少地质与开发人员的极大关注。因为以次生孔隙为主的油藏的水驱油机理可能与以原生孔隙为主的油藏的水驱油机理大不一样。为了使广大开发地质工作者对这一问题有更深入的了解，特将国外学者有关砂岩次生孔隙的研究现状汇总简介如下。

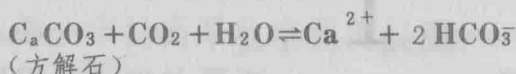
早在四十年代初期，国外学者就开始研究次生孔隙。自1961年以来，国外专家，特别是苏联和美国的地质学家，连续不断地发表有关砂岩中次生孔隙的形成、大小、类型、识别及重要性的文章，据所见报导，不下45篇。

#### 一、次生孔隙的三个成因

关于次生孔隙的形成，国外学者提出三种成因说：

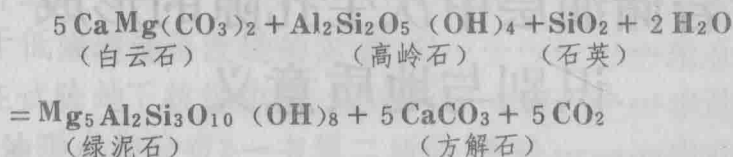
## 1、有机成熟说

所谓有机成熟说，是指生成的原油到达储集层后会导至储集层胶结物的溶解，而形成次生孔隙。其理论是日益成熟的有机物中释放出的二氧化碳使碳酸盐岩矿物溶解，具体反应过程如下：



## 2、粘土——碳酸盐岩反应说

在深埋成岩过程中，粘土矿物与碳酸盐岩反应无机生成大量的二氧化碳，反应过程如下：



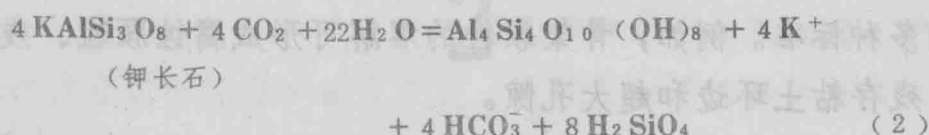
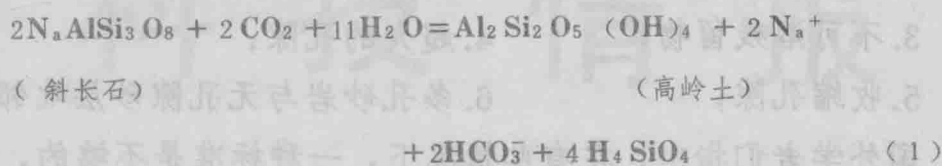
有人估计，如果10%的砂岩由高岭土、白云岩和石英按上面反应比例组成的话，那么在25℃和1大气压下，1米<sup>3</sup>的砂岩将产生大约25800升的CO<sub>2</sub>。因此，在地下由CO<sub>2</sub>充填的水所形成的次生孔隙既与有机又与无机机理有关，而且这种有机与无机反应的相互作用也可生成次生孔隙。

## 3. 不整合面的重要性

次生孔隙的形成与侵蚀不整合面有关。认为砂岩中的碳酸盐岩胶结物在构造抬升和地层风化过程中遭受溶解。例如在北海侏罗系砂岩中长石的溶解就认为是因基梅里抬升使雨水循环造成的。很显然，大规模的离子交换和水的循环增加了储集层的溶解孔隙度。由于不整合的影响，水中充填有CO<sub>2</sub>，造成酸侵期间的长石

特别是斜长石起化学分解，这是形成次生孔隙的一个主要原因。

长石经化学风化变成高岭石的过程可表示如下：



## 二、次生孔隙的识别

次生孔隙的识别应该基于多种证据来进行，因为非断裂成因的次生孔隙与原生孔隙极为相似。在识别次生孔隙中了解它们的具体成因是最关键的。不同的学者提出了不同的识别标准。在1985年苏联一位学者归纳出了20条识别次生孔隙的标准，分四大类，并为每一标准显示出了相应的识别特征。

这四大类二十条标准是：

A、属于断裂作用形成次生孔隙的识别标准：

1. 颗粒破裂（成岩作用），
2. 岩石破裂（构造作用）。

B、属于溶解作用形成的次生孔隙识别标准：

1. 骨架颗粒的溶解；
2. 胶结物的溶解；
3. 解理面的溶蚀；
4. 化石（印模）的溶解；
5. 包裹体的溶解；
6. 基质的溶解。

C、以残存物来识别次生孔隙的标准有：

1. 双晶片；
2. 交代物
3. 粘土环边；
4. 石英脉块
5. 次生加大；
6. 颗粒残存物。

#### D、其他标准：

1. 被腐蚀的颗粒；
2. 长条形孔隙；
3. 不可溶残留物；
4. 超大的孔隙；
5. 收缩孔隙；
6. 多孔砂岩与无孔隙砂层毗邻。

国外学者们指出，在有些情况下，一种标准是不够的，可能要用多种标准。例如，骨架颗粒的溶解可形成腐蚀颗粒、残存颗粒、残存粘土环边和超大孔隙。

### 三、次生孔隙的地质意义

1. 世界上很多沉积盆地砂岩储集层的次生孔隙度等于或超过原生孔隙度，并且占有相当大的油气储量百分数，例如有名的美国阿拉斯加州普鲁德霍湾大油田、北海的布伦特大油田和罗特内根兹产油层以及加拿大马肯些三角洲的帕森储集层和著名的卡迪姆产油层(帕宾那油田)等的次生孔隙度占总孔隙度的30—70%；

2. 次生孔隙大量发育的成岩阶段正好在液态烃大量形成的有机变质阶段之前。这对深层找油有很重要的现实意义。

3. 次生孔隙理论有助于解决常见的孔隙度与渗透率不成关系、孔隙度和埋藏深度不成线性关系等问题。

4. 有次生孔隙砂岩声波传播速度慢，因为颗粒间接触更紧密。目前只有声波速度测井是认识次生孔隙的较好测井系列。

5. 具次生孔隙砂岩残余水饱和度比具原生孔隙的砂岩要低得多。

6. 具有次生孔隙的砂岩压缩性大，超压压实作用可能将较高的次生孔隙度降至很低水平。因此具次生孔隙砂岩，次生孔隙度高时出砂问题少。

# 科技情报

## 2

大庆石油管理局 科技发展部  
勘探开发研究院

一九八七年七月十三日

### 增加低成本天然气储量的对策

据报导,美国目前已证实的天然气储量和油气田进一步开发增加的储量,只能保持年产天然气 $9 \sim 10$ 万亿英尺<sup>3</sup>稳产到九十年代中期。如果年产天然气 $17 \sim 18$ 万亿英尺<sup>3</sup>保持到下一个世纪,从现在起到2000年这段期间还需要大约300万亿英尺<sup>3</sup>的新储量。

由于天然气价格的下跌,寻找并有效地开发低成本天然气储量就显得越发重要。随着钻井费用的大幅度下降和有效的开发技术的出现,可以乐观地认为这种低成本的天然气储量是存在的。钻井费用实际上随着石油和天然气价格的提高而增加,但是从七十年代初开始,尽管油气价格下跌,可是钻井费用下降得更多。而且,即使油气价格再进一步下跌,钻井费用也会继续下降。例如,西得克萨斯一口典型的气井,1982年采出1百万英尺<sup>3</sup>天然气需成本2.80美元,而1986年初为1.85美元,在以后的几年内还

可能进一步下降到1.50美元。钻井费用及其有关投资将下降一半。

## 未发现的天然气资源基地的特点

归根结底，美国国内未发现的天然气资源基地的规模、特点和所在位置决定了寻找和开发未来天然气储量的费用。

### A、美国本土48州陆地区

1、最近发现的气田的特点：美国石油地质学家协会资料表明，在陆地区大部分新发现气田的规模都小，平均每个气田拥有大约70亿英尺<sup>3</sup>可采储量；而七十年代初，平均每个气田可采储量为180亿英尺<sup>3</sup>。

2、对美国本土48州陆地区尚未发现资源潜力的估计：根据过去几年的资料，美国本土48州陆地区未发现资源的潜力如下：

- 新气田勘探：新气田勘探将仍然是新增天然气储量的主要来源。在6口预探井之中将有一口是成功的新气田预探井，将发现70亿英尺<sup>3</sup>的气田（平均）。

- 新气藏勘探：新气藏（较浅层、较深层等等）的开发，始终起着越来越大的作用。平均每打2.5口井，将发现一个新气藏。将增加一个大约20~40亿英尺<sup>3</sup>储量的气藏。

### B、美国本土48州海上区

1、浅水区：墨西哥湾仍然是资源丰富的区域，未发现的储量很多，最近发现了许多新气田，每个气田储量为1000~5000亿英尺<sup>3</sup>不等。

2、深水区：在大陆坡的深水海域，有待勘探的大量天然气资源。据天然气资源委员会估计，这里水深200米以下的海域，可能找到400亿英尺<sup>3</sup>以上的天然气储量。矿物管理部的最近估计数字更乐观，认为在水深400米以下的海域，未发现的天然气

储量有61万亿英尺<sup>3</sup>。最近发现的有墨西哥湾格林坎宁（Green Canyon）区的一些气田。

### C、阿拉斯加

据估计，阿拉斯加和北极地区，拥有128 万亿英尺<sup>3</sup> 尚未发现的可采天然气储量。因为北极地区需要“过得硬”的工艺技术，气田规模小，所以成本很高。

## 非常规天然气

三个主要非常规天然气资源是致密储层天然气、煤层甲烷气和泥盆系页岩气。虽然目前它们对国内天然气产量所起的作用很小——大约只有1 万亿英尺<sup>3</sup> 左右，但是地下资源丰富。为使这些资源充分发挥作用，需要对开采技术作重大改进。

### A、致密储层天然气

致密储层天然气目前占非常规天然气产量的一大半。新增储量主要来自东得克萨斯的棉花谷远景带和怀俄明州的绿河盆地。新墨西哥的圣胡安盆地和科罗拉多州的丹佛盆地及皮申斯盆地，也提供致密储层天然气。致密储层天然气之所以引人注意是由于在地质条件较好的储层中，单井产量较高。

### B、泥盆纪页岩气

阿巴拉契亚盆地的泥盆纪页岩层中，蕴藏着第二大的、但又未得到开发的天然气资源，采用先进的开采和增产技术，增加了新储量：

- 在传统的钻探地区（例如西弗吉尼亚州林肯郡的大桑迪（Big Sandy）气田，气井增产技术提高了天然气的初期开采速度，从而降低了成本费用。

- 在新开发的地区，例如在西弗吉尼亚州卡诺瓦郡，大规模

地实行气井增产、多层完井，并采用最佳井网设计方案，因而提高了天然气产量，降低了气田经济极限。

## C、煤层甲烷气

煤层中的天然气是非常规天然气资源之中，较新又最有前途的资源之一，通常称之为煤层甲烷气。从许多方面而言，此种资源使人想起重质油——一种重要的、新的低成本能源的开发过程。煤层甲烷气资源丰富——据估计原始储量为500~1000万亿英尺<sup>3</sup>，但是要有效开发它，所面临的技术困难也很大。然而，随着科学技术的进步，处于有利条件的一些盆地和地区，能提供很大的、新的、低成本天然气资源潜力。

开采煤层天然气所面临的困难包括要了解影响天然气开采的关键，并需要开发提高天然气采收率的先进工艺技术。在地质/物理诸因素中主要的是：

- 渗透率各向异性，它决定一口井的泄流面积，并影响最佳增产和钻井方案的选择；

- 天然气解吸等温线，它决定最佳的脱水和处理决策。

关键性的工艺技术问题有：

- 裂缝的控制和有效传播，特别是在大排量压裂处理时；
- 在一个井筒中的多层完井技术。

显然，寻找海上大气田，更有效地发现和开发陆上小气田，是增加“最低成本”天然气储量对策的一个组成部分。但还有几个非常规的天然气资源可供选择，特别是在采用先进的工艺技术后。

柳 夏 译自《SPE》15236

译校 杜智文 审校 赵子亨 出版校对 张成启

# 科技情报

## 3

大庆石油管理局 科技发展部  
勘探开发研究院

一九八七年七月二十日

### 薄的地层圈闭地震反射特征分析 ——白垩系卡狄姆地层

编者按：加拿大阿尔伯达盆地上白垩统卡狄姆地层是许多油田（包括著名的帕宾那大油田）的主要油气产层。本文介绍了如何利用地震方法在卡狄姆地层上寻找薄的地层圈闭的情况。编者认为这篇文章对大庆寻找薄地层圈闭具有一定的参考价值。

卡狄姆地层是许多重要油田的主力产层。这些油田分布在北北西走向上，其长度超过了400公里。

此次研究的区域位于**Edson—Carrot Creek**油田与西北方向上的**Kakwa**油田之间。卡狄姆地层划分为两个大的地层段，称为卡狄姆砂层和卡狄姆带。卡狄姆地层以上是未命名的页岩，页岩上覆有**Badhear**砂岩即一个遍及研究区的连续砂岩标准层。

在研究区内的卡狄姆地层分布深度大约从900~2400米，区域

朝南南西向上方倾斜。近200口井的测井资料以及20块岩心的研究表明，在研究区里或靠近研究区的卡狄姆地层可分成三个主要的岩相组合，标在图上的约有2.6万平方公里。

岩相组合A，由约30~50米厚的块状砂岩组成，其中包括卡狄姆砂层，上覆30~50米的卡狄姆带（由透镜状砂岩与含粉砂岩的页岩成互层所组成）。该岩相组合位于研究区的西部。

岩相组合B，由块状砂岩组成，某些地方砂岩厚达60米，包括卡狄姆砂层和30~50米厚的卡狄姆带（主要是含有极薄砂岩层的页岩）；该岩相组合在研究区的中部形成了一条西北—东南走向的岩相带。

岩相组合C，厚度达60米，岩层由薄砾岩、薄砂岩和薄粉砂岩与页岩互层组成，构成卡狄姆砂层，上覆30~50米厚的卡狄姆页岩带；该岩相组合位于研究区的东部。

油气产状主要受控于地层圈闭机理。在卡狄姆带，单个圈闭都是单独透镜状砂岩的上倾（东北向）尖灭造成的。卡狄姆砂层里的圈闭很复杂，有时似乎与砂岩层中泥质含量的上倾增加有关。冲断层微偏移（产生砂岩和页岩侧向错位接触）形成局部的构造圈闭。

## 1. 野外地震反射特征

5年内共做了114条地震测线，覆盖面积超过1万平方公里。大部分测线的炮点都使用连续振动法作为震源，部分测线震源是炸药。在114条测线中，选择了穿过三个岩相组合的97条测线进行地震反射特征的详细研究。

许多测线穿过了岩相组合A和B的主要边界，这个边界就是卡狄姆带中无薄透镜状砂岩层的边界（这类薄透镜状砂岩层在

**kakwa** 油田产油和气)。

应该指出，该构造带和岩相组合边界的位置确定的准确性受用来解释该组合的钻井井距所限。穿过研究区的井距变化很大，因此井距稀疏的地方，构造带的位置和边界只能靠推论了。以后只能通过地震反射特征分析加以证实，因为地震反射特征分析提供了一张更为精确的岩相组合分布图。

野外地震记录与卡狄姆地层和**Badheart** 砂岩的二维地震模型(**Baolheart** 砂岩层是区域连续的地震标准层)进行对比。卡狄姆层段在地震记录上约有20~40米厚。因为从地震上看，卡狄姆层段很薄，所以应该在野外地震记录上准确地确定该层段。该项工作由三个独立的方法来完成，而且可根据专门的地震测线相互验证。

第一，利用声波测井资料制做合成地震记录。第二，制做合成地震记录时，把岩石对地震能量的吸收和发散效应(由衰减系数 $Q$ 测得)考虑进去。合成地震记录正好与野外地震记录上的卡狄姆层段以及地震剖面上其它反射层的位置和相对振幅吻合较好。第三，(用作单独检查几口井和地震测线)，依据声波测井平均层段值把地面到卡狄姆深度层段转化为若干叠加层速度图，然后做出合成地震记录(一维模型)和二维模型。最后这种方法，通过研究测试各种子波频率和滤波频带，采用零相位30Hz雷克子波和15~55Hz带通滤波能使合成地震记录与野外地震资料之间吻合良好。

卡狄姆地震层段确定之后，再看看97条地震测线中每条测线上的反射波数量和振幅。通过这项分析，认识到三种地震反射波特征。第一种包括两个反射波(称为上段和下段)；第二种包括

一个单反射波；第三种包括无意义反射波。根据相对反射振幅，这三种地震反射特征还可以进一步细分。

这三种地震反射特征形成了区域上广大的可以编图单元，其分界与岩相组合边界在走向上和位置上大体相符。这种关系表明，两个地震反射波特征与岩相组合**A**具有相关性；单个反射波特征与岩相组合**B**具有相关性；低振幅反射波特征与岩相组合**C**具有相关性。

根据26口井的声波测井资料做出了合成地震记录（一维地震模型）。选择这些井足以代表三个岩相组合及每个岩相组合里的地层变化范围。

三个岩相组合具有代表性地段的野外地震记录、伽马和声波（转换为速度）测井资料、合成地震记录的对应关系使上述的地震反射特征与岩相组合建立了联系。含有两个反射波特征的上段反射波似乎是从卡狄姆带产生的，而下段反射波则是从卡狄姆带与卡狄姆砂岩之间的界面产生的。在合成地震记录和野外地震记录上岩相组合**C**的反射波要比岩相组合**B**的反射波的视频率更低，波形发胖。

为了使地震反射波特征与岩相组合之间的关系定量化，有三个地层物理特性被认为对地震反射产生重大影响，（因此资料是可以得到的），并可与合成地震记录加以对比。

这三个物理特性是：地层厚度（由伽马测井确定），砂岩总含量（由伽马测井确定），地层层速度（根据声波测井确定的平均速度）。如果合成地震记录的曲线与野外地震记录反射特征相吻合，那么合成地震记录变异的地层原因可能与野外记录变异的地层原因是相同的。

可以认为卡狄姆带的地层特征支配着地震反射波的特征。例如，在岩相组合**A**中，一个反射波与卡狄姆带有关，一个反射波与卡狄姆砂层有关。产生于卡狄姆带的反射波可能与卡狄姆带和上覆页岩之间的速度差有关。表1说明，速度差大小变化是随着卡狄姆带中砂岩层的出现（岩相组合**A**）或缺失（岩相组合**B**和**C**）而发生变化。含有砂岩的卡狄姆带（岩相组合**A**）的平均速度高于无砂带（岩相组合**B**和**C**）的平均速度，这可产生一个较大的速度差。

在岩相组合**B**的卡狄姆带中没有砂岩层，那么单个反射波特征必然与卡狄姆砂层中的块状砂岩有关。卡狄姆砂层与底部接触在测井资料上表现为渐变的，因此对纯砂岩或层速度的估计并不总是可靠的。速度差应产生在卡狄姆带与卡狄姆砂层之间的界面上，声波测井表明，低速带包括这种界面。

低速带的地质意义没有确定；但是界面上总速度差足以产生一个地震反射波。由于岩相组合**C**中的卡狄姆砂层仅含薄碎屑层和薄砂层，而卡狄姆带由页岩组成，岩相组合**C**充其量产生低振幅地震反射波。

当卡狄姆带的厚度大于24米，砂岩总含量大于2%时，那么砂岩总含量以及卡狄姆带的厚度与两个反射波组成的合成地震记录联系起来了。卡狄姆带的这个最小厚度可以作为地震反射的分辨极限，即分辨卡狄姆带顶部产生的一个反射波，卡狄姆带界面产生的反射波卡狄姆带与卡狄姆砂层界面产生的反射波。

使用4200米/秒的卡狄姆带速度和30Hz子波频率来计算出36米为平均分辨极限；该数大小的估计提供了该分辨界限。

尽管下部反射层的振幅有变化，但是卡狄姆砂层与地震反射波特征之间没有建立一种稳定的关系，原因可能是：与上覆卡狄姆带顶部的波型变化积极的和消极的匹配有关，以及该层对地震能量吸收作用不一致有关。因此卡狄姆砂层的（即下部反射层）地震响应部分是上覆卡狄姆带特性的作用。

卡狄姆带及上覆页岩的速度资料 表1

|                  | 纯砂<br>% | 平均速度<br>英尺/ 秒 | 页岩平均速度<br>英尺/ 秒 | 速 度 差<br>英尺/ 秒 |
|------------------|---------|---------------|-----------------|----------------|
| 含砂岩卡狄姆带（岩相组合A）   | 27      | 14976         | 13585           | 1391           |
|                  | 22      | 14369         | 13404           | 965            |
|                  | 17      | 14918         | 13065           | 1853           |
|                  | 15      | 14463         | 13459           | 1004           |
|                  | 13      | 15117         | 13780           | 1337           |
|                  | 13      | 15030         | 13579           | 1451           |
|                  | 11      | 15069         | 13590           | 1479           |
|                  | 3       | 14354         | 13564           | 790            |
| 平 均 值            | 15      | 14787         | 13503           | 1284           |
| 无砂岩卡狄姆带（岩相组合B和C） | 0       | 14093         | 13269           | 824            |
|                  | 0       | 14087         | 12866           | 1221           |
|                  | 0       | 13281         | 12846           | 435            |
|                  | 0       | 13128         | 12563           | 565            |
| 平 均 值            | 0       | 13647         | 12886           | 761            |

说明：①本表使用了14口井的伽马和声波测井资料；②卡狄姆带平均速度=14407英尺/秒，③卡狄姆带上覆页岩平均速度=13297英尺/秒。