

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

# 地震地层学解释法在珠江口盆地的应用

邱 燕

(地质矿产部第二海洋地质调查大队, 广州)



本文应用地震地层学的原理解释方法, 对珠江口盆地的实际资料进行了综合研究。通过实践, 对地震相的划分和命名; 层序划分对比时要考虑区域不整合面的影响; 生长断层对前积反射结构发育的控制作用等问题提出了新的认识。还开展了利用地震地层学方法寻找生物礁的尝试。

珠江口盆地是南海北部陆缘上以新生代沉积为主的含油气盆地, 总面积为150 000km<sup>2</sup>。本文应用地震地层学的原理和方法, 从实际资料出发, 在该盆地对地震层序、海平面相对变化和区域地震相进行了分析及地质解释。在进行这些常规解释的同时, 还对地震相的划分及命名、层序划分对比时区域不整合面的影响、生长断层对前积结构发育的控制作用等问题提出了新的认识。同时还利用地震地层学的方法进行了寻找生物礁的尝试。

## 一、解释简况

珠江口盆地北接万山隆起, 西邻海南隆起和琼东南盆地, 南界为南部斜坡, 东以东沙隆起与台湾西南盆地相隔, 内部可划分为珠一、珠二和珠三等3个拗陷区。其沉积厚度最大可达8 000至10 000m。根据地震时间剖面上反射同相轴的削蚀、顶超、下超、上超等接触关系及层组特征, 在珠江口盆地沉积层中确定T<sub>2</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub>、T<sub>5</sub>'、T<sub>6</sub>、T<sub>g</sub>六个反射界面, 其中T<sub>6</sub>、T<sub>g</sub>为区域不整合面, T<sub>2</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub>、T<sub>5</sub>'为局部不整合面, 由此划分出A、B、C、D、E五个地震层序。结合钻井资料和海平面相对变化分析, 确定了各层序的地质年代(表1)。

层序划分之后, 选择反射振幅、连续性、丰度、外部几何形态和内部反射结构等参数作为地震相分析的依据, 进行地震相分析和相应的地质解释。在局部沉积层起伏较大, 反射同相轴不清晰的地区, 以分析外部形态和内部反射结构等几何参数为主, 地震相依此而划分和命名。大部分地区着重分析反射振幅、连续性、丰度等参数, 并以这些参数来划分地震相和命名。盆地内的地震相分析和地质解释见表2。

注: 本文于1987年11月在北京由中国地质学会召开的首届全国青年地质科技工作者学术讨论会上被评为大会优秀论文。本文1988年1月收到, 1990年4月改回, 王毅编辑。

表 1 珠江口盆地沉积层的地震层序年代表

Table 1 Age of seismic-stratigraphic sequences in Zhujiangkou Basin

地 层		反射层代号	地震层序	地质年代(10 <sup>6</sup> a)	
第 四 系					
上第三系	上新统				
	中新统				
		万山组			
		粤海组			
		T <sub>2</sub>	E	11	
		T <sub>4</sub>	D	13	
		T <sub>5</sub> '	C <sub>1</sub>	16.6	
		T <sub>5</sub> '		25	
下第三系	渐新统		B		
		T <sub>6</sub>		29	
	始—古新统		A		
		T <sub>7</sub>		70	
前第三系					

## 二、区域不整合面对层序划分对比的影响

珠江口盆地沉积层的发育具有两层结构，反映两个发育阶段：下构造层是断陷阶段产物，主要发育在盆地内的一些小凹陷中，上构造层为拗陷阶段产物，沉积物层层超覆在较老地层之上。盆地内发育状况大致如图 1-I 剖面所示。上、下构造层以一区域性不整合面为界。该不整合面在盆地边缘（剖面左侧）出露时间较长，在盆地沉降中心（剖面右侧）出露时间较短，上覆接受了一套渐新世（E<sub>3</sub>）的沉积，反映盆地基底的不均匀沉降。在盆地边缘，该不整合面发生时间的下限为区域不整合，而发生时间的上限又对应着盆地中部一套新的沉积地层顶界，此时它又为局部不整合。但我们在划分对比地震层序的过程中，开始仅注意盆地边缘该不整合面发生时间的上限，将其与盆地中部渐新世（E<sub>3</sub>）地层的顶界划为同一界线，却忽略了该不整合面发生时间的下限，把位于盆地沉降中心的这一不整合面当作另一界面，并定为 T<sub>7</sub>。因此，将盆地的地震层序错误地划分为如图 1-II 所示。

后在工作过程中发现，T<sub>7</sub>界面与位于盆地边缘的 T<sub>6</sub>界面有很大的相似性。即当它们作为下面层序的顶界面时，与下伏地层基本上为角度不整合接触，作为上面层序的底界面时，与上覆地层多为上超接触。如果将二者连为同一界线（图 1-III 剖面），可以看出该界面上、下层序的地震反射面貌有明显的区别（图 2-I，II，III）。该界面以下的层序为变振幅、断续、杂乱反射，有些地方地层褶皱现象较明显（图 2-I）。该界面上部为连续性好或较好，振幅稳定的平行、亚平行反射，这种现象显然反映了上、下两构造层不同的地层发育状况，于是将该盆地的层序划分改为如图 1-III 的形式。并认为 T<sub>6</sub> 为全区较明显的区域不整合面，A 层序是盆地发育早期的断陷沉积，B 层序是盆地拗陷时的沉积物。实践证明上述分析是正确的。

通过工作认识到，由于盆地基底的不均匀沉降，可使一区域不整合面在不同的部位出露地表的时间不一。但在层序划分对比时又容易忽略这一不整合面发生时间的下限，从而出现如图 1-II 的错误。因此我们认为，为准确地划分对比地震层序，还要注意以下两点，一是层序边界与

表 2 珠江口盆地的地震相分析与地质解释简表

Table 2 Seismic facies analysis and geological interpretation in Zhujiangkou Basin

地震相命名	地震相单元外形	内部反射特征	地质解释 (沉积相的划分)	分 布
杂乱充填地震相		变振幅夹中振幅, 杂乱低连续反射, 局部具波状或无反射	平原河流相	A层序多分布在的珠一拗陷周缘和珠三拗陷以北
斜坡前缘充填地震相 (包括丘状反射特殊地震相)	楔状和丘形	微发散结构, 丰度密集, 局部有变振幅低连续反射, 偶见不明显的前积结构	河湖交替相	A层序, 诸拗陷内均有分布
楔状发散上超充填地震相	楔 形	变振幅、低连续、丰度稀疏、反射层间存在明显的侧向变化	滨 湖 相	A层序, 在珠二等拗陷的边缘分布, 范围较窄
上超充填地震相	楔形与席形	振幅中等, 连续性较好, 亚平行反射 (诸拗陷各异)	浅 湖 相	A层序, 分布在各拗陷主体部位的一些小凹陷的中心
席状披盖地震相	席形和楔形	振幅中等, 平行亚平行, 丰度密集	半深湖相	A层序, 分布在珠一、珠二、珠三拗陷的中心
低连续中振幅地震相	楔形与席形	丰度较密集, 盆地边缘具上超反射	滨 海 相	B-E层序, 沿海岸线大致呈带状分布
低连续变振幅地震相	席 状 披 盖	蠕虫状短反射波, 丰度较密集	三 角 洲 平原亚相	E层序, 分布在盆地北坡靠近现代珠江水系河口附近
中连续中振幅地震相	席 形	平行亚平行反射结构, 丰度中等, 有少量前积结构反射	三角洲前缘亚相	E层序, 平行海岸线大致呈带状分布
高连续中振幅地震相 (包括前积结构特殊地震相)	席 状 披 盖	平行, 亚平行反射, 具大量前积结构反射	前三三角洲亚相	E层序, 在盆地中部呈弧形分布
高连续至中连续中弱振幅地震相 (包括丘状反射地震相)	席状披盖丘形	平行亚平行, 局部有强振幅高连续反射	浅海砂泥岩亚相	B-E层序, 分布在盆地中部
高连续强振幅地震相	席 状 披 盖	丰度较密集, 夹强振幅高连续双同相轴反射, 局部可分出丰度较高振幅较强的地震相	浅海偏泥夹灰岩沉积, 局部划为粘土岩、灰岩互层亚相区	B-E层序, 一般分布在盆地东部
中连续弱振幅地震相	席形与楔形	丰度较密集, 平行及微发散反射, 局部有杂乱乱岗状结构和S形前积结构	陆坡-半深海相	B-E层序, 分布在盆地南部

上、下地层之间的关系, 尤其是削蚀现象, 它一般代表区域性不整合面。如果盆地大部分地区都出现了区域性不整合面削蚀边界, 这时在进行侧向追踪时如无大的矛盾, 则可将其划为同一界线更为可靠 (当然要区分局部因重力滑塌、盐流、火成岩侵入和河道沉积所引起的不整合现象),

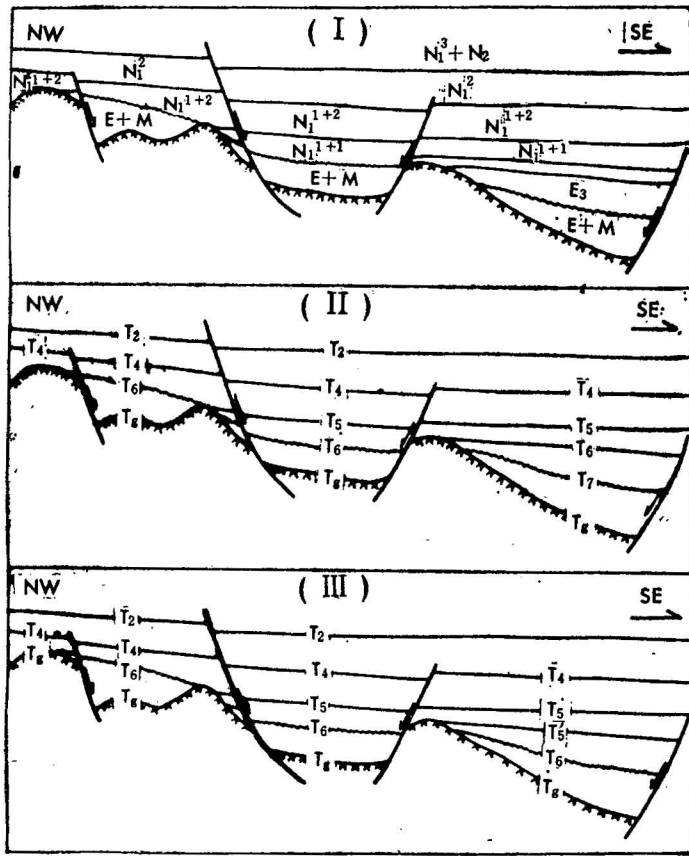


图 1 珠江口盆地地层发育状况示意图

I、II、III 为本图的第一部分，第二部分，第三部分；EM—下构造层

Fig. 1 Diagram showing the stratigraphic development state in Zhujiangkou Basin. I, II, III are the first part, second part, third part of this diagram

进行区域地震地层学研究时更应如此。其次是考虑一套层序总的反射面貌。如果地层经历了一定程度的构造运动后发生褶皱，这套地层必有其独特的地震反射特征，在地震剖面上一般都能识别出地层褶皱现象(如图 2—I, II)。即使早期沉积的地层没有经历过明显的褶皱，由于其沉积环境、沉积特征及成岩后生变化都与上覆地层有显著不同，因此整套地层的地震反射面貌与上覆地层也会有较大差别，可见地震反射面貌也是划分层序的一个佐证。

### 三、生长断层对前积结构发育的控制

在珠江口盆地中，中中新世地层大部是属于三角洲沉积(图3)。在数字地震剖面上，发现三角洲相区的前积结构甚为发育，且类型丰富。

前积结构是沉积物在具斜坡地形的基面上呈侧向堆积而成，多数代表较高能的沉积机制，如三角洲前缘斜坡地带的砂岩沉积；少数类型(如S型)代表较低能的沉积机制，一般发育在前三角洲中。前人的工作经验表明，前积结构大多分布在三角洲前缘，少量出现在前三角洲中。但是，珠江口盆地中中新世三角洲相前积结构的分布独具特征，它并非大量出现在三角洲前缘，而是在该三角洲的西和西南缘，大致呈弧形分布，且在前三角洲亚相区占据了较大面积(图3)。这

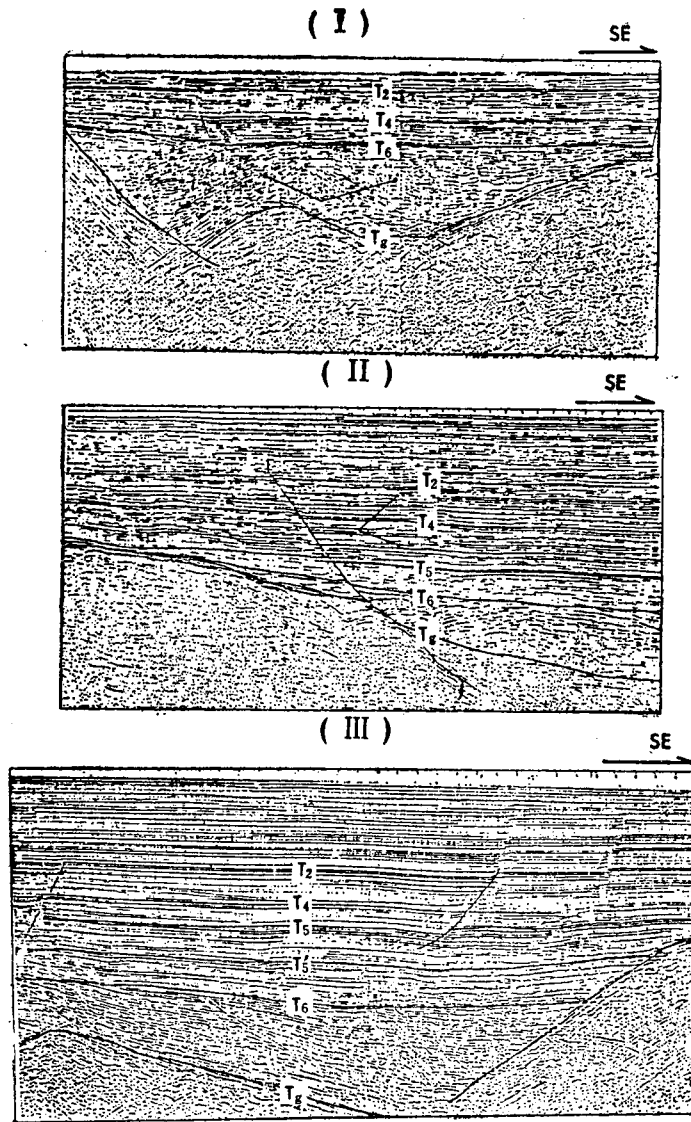


图 2 反映珠江口盆地层序划分的地震剖面图

Fig. 2 Examples of seismic profiles showing stratigraphic division in Zhujiangkou Basin

种分布状况与前人所总结的规律有所不同。对这一现象笔者进行了专门的研究，发现在前积结构密集的地区，大多发育一些走向北东且倾向北西的正断层(图 4—I)。因其倾斜方向与盆地中心方向相反，又称之为反向正断层。然而在该三角洲一些无前积反射结构的地区，大量发育走向北东倾向南东的正断层(图 4—II)。从剖面上推断这些断层大多都在生长断层。

对上述事实我们分析，在三角洲沉积期间，生长断层对三角洲斜坡沉积表面予以重大改造。一些向盆地中心方向倾斜的生长断层附近由于断距的存在，产生下列沉积现象：当沉积物搬运至生长断层附近时，保持相对的停滞不动，直到断距消失，才又继续朝盆地中心方向搬运。这种现象使斜坡地形逐渐平坦，前积作用大大减弱，在这些部位一般不易形成前积结构(图 4—II)。反之，在反向断层附近，由于断层面倾斜方向与盆地中心方向相反，侧向堆积作用反而加强，因此易出现清晰的前积结构(图 4—I)。国外在巴西岸外盆地进行地震地层学研究时，亦证实了这一

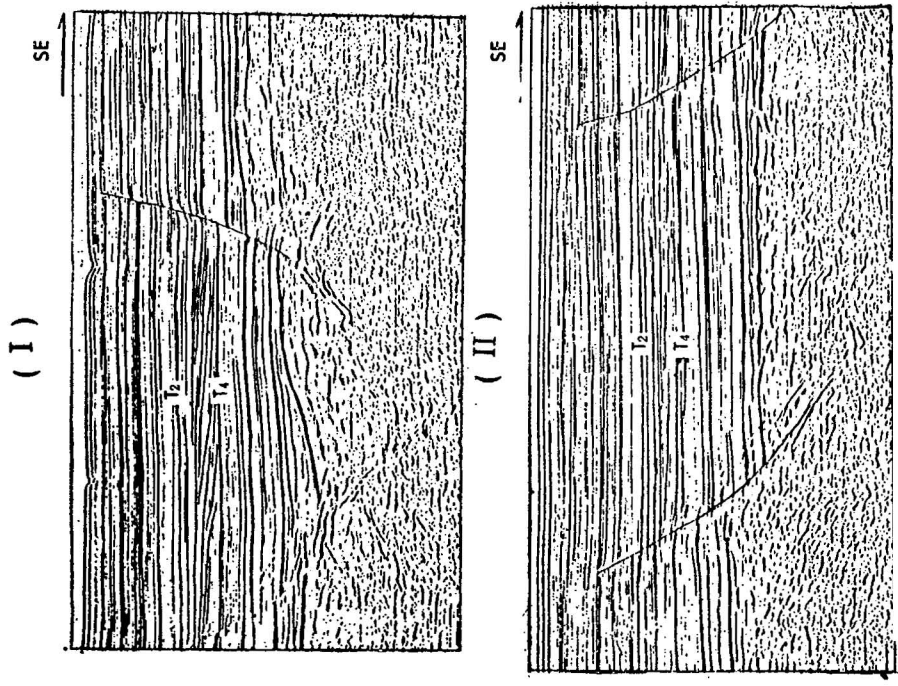


图 4 珠江口盆地三角洲前缘反射剖面  
 (I) 前积反射结构; (II) 水平反射结构  
 Fig. 4 Reflection profile of foreset edge of delta in Zhujiangkou Basin; (I) progradation-reflection configuration; (II) parallel reflection configuration

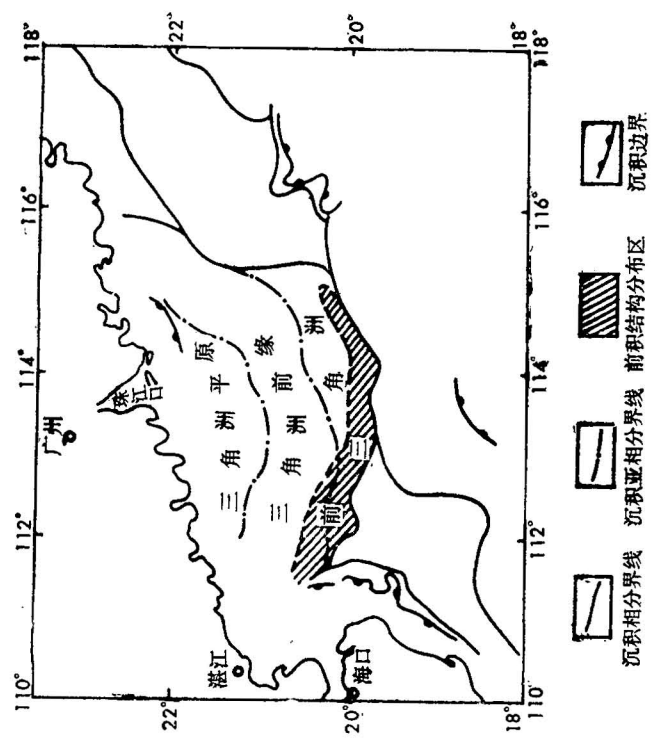


图 3 珠江口盆地中新世三角洲相前积反射结构分布图  
 Fig. 3 Distribution of progradation-reflection configuration in mid-Miocene delta facies in Zhujiangkou Basin

点。

简言之,在三角洲前缘的中部和东北部,一些本应前积结构非常发育的斜坡地区,由于受北部断阶带的影响,发育一系列倾向南东的正断层,这些地区前积结构不发育。而在三角洲的南和西南缘,因倾向北西的反向正断层发育,前积结构大量出现。推测生长断层的存在和断层面的倾斜方向对前积结构的发育有一定的控制作用,也是导致该盆地三角洲相前积结构这种特殊分布现象的主要原因。

#### 四、寻找生物礁的方法尝试

为进一步预测勘探目的层,在上述解释的基础上,开展了利用地震地层学方法寻找生物礁的尝试。所采取的找礁的方法步骤如下:

##### (一) 识别可能为礁体反射的地震相

由于生物礁与围岩在岩性和物性上有着明显差别,因此来自礁体的各种地震参数,诸如振幅、频率、连续性等均与围岩不同,反映在地震剖面上则为一种特殊的地震相。我们应用部分国内外经钻井证实的礁型油气藏在地震剖面上的显示实例与区内地震资料对比,在剖面上分析生物礁的反射特征,并识别出大小几十个可能为生物礁体的地震相单元。

该区的生物礁在地震剖面上的反射类型较多,礁体大多发育在C、D层序(图5)。显示特征归纳如下:

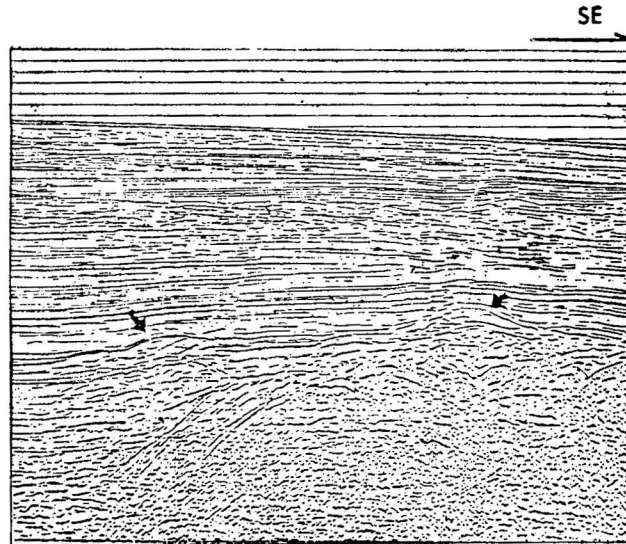


图 5 珠江口盆地生物礁体反射剖面

Fig. 5 Reflection profile of organic reef in Zhujiangkou Basin

**1. 边界反射** 在礁体与围岩间存在较大波阻抗的情况下,礁的边界为强反射,连续性一般较好。当礁体内岩性的差异而影响礁与围岩间的波阻抗界面变化时,其边界偶尔也出现断续反射。当礁体形态比较混圆时,边界可能出现能量散失现象,而使礁体的边界反射成为空白,但在时间剖面上可以看出整个礁体的形态。

**2. 内部反射** 由于礁体呈块状,因此它的内部反射紊乱、断续,有时内部为反射空白区。

**3. 基底反射** 由于礁体的礁核、礁前和礁后等微相在岩性和密度上都有差异,引起礁与基

底间的反射系数发生变化，使基底反射出现断续现象。速度异常可使基底反射发生变化，当礁体致密、含钙较高时，层速度较大，此时基底反射出现时间“上提”，若礁体孔隙度大，而围岩又含钙较高时，礁体的层速度低于围岩，礁体反射出现下凹现象。

4. 外围反射 (1) 披覆 礁体常为水下隆起，高于同沉积地层，致使紧邻礁体的上覆地层具顶薄侧厚特征，在后期差异压实作用下可形成披覆。披覆现象几乎在所有礁体的外围反射中都存在，随着层位提高，披覆效应逐渐消失。当礁体边界反射不清时，可借助上覆层中的披覆和其他一些现象来判别。

(2) 上超 礁体外围的上超现象，在时间剖面上一般对称出现在礁体两侧，与盆地边缘的地层超覆较易区别，上超现象有时清楚，有时不清楚，当礁体生长发育时间较长，明显高于同沉积围岩时，两侧上超现象明显。

(3) 绕射 岩性的突变点或陡坡带的边缘，都可使礁体的边界、内部基底出现绕射波。这种绕射波在一般常规处理中多难以去除，可用以作为识别礁体的佐证。

#### (二) 生物礁真伪的判别

在地震相分析和地质解释的基础上，综合钻井、地质和物探资料，恢复相应地质时期的岩相古地理，进而根据沉积环境来帮助判别生物礁的真伪。为此，编制了各层序的地震-沉积相图，对全盆地各主要地质时期的岩相古地理进行了分析，并对生物礁最易生长发育的浅海碳酸盐岩台

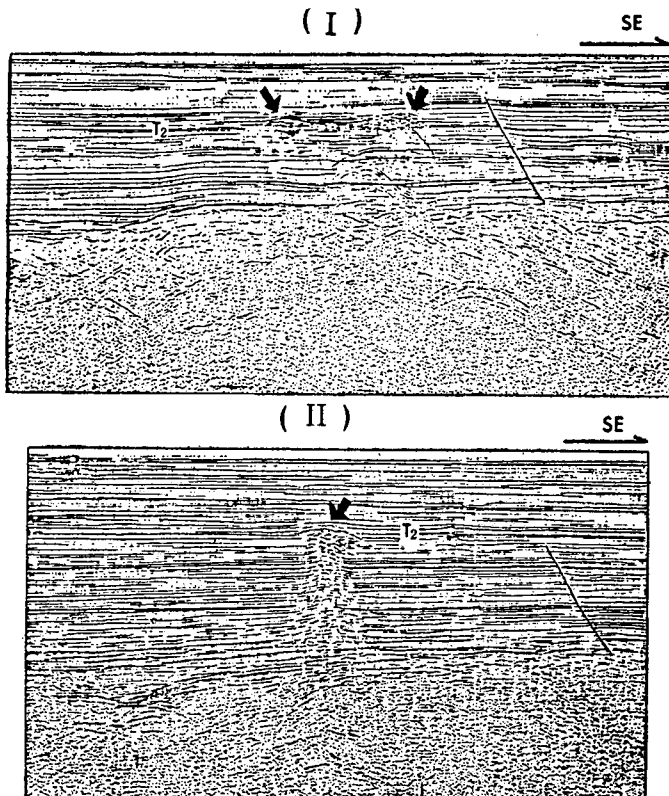


图 6 珠江口盆地地震反射剖面

(I) 火山岩体反射 (II) 火山通道反射

Fig. 6 Seismic profile in Zhujiangkou Basin; (I) reflection of volcano; (II) reflection of volcanic vent



地及其边缘环境中的每个特殊地震相单元进行了落实。同时排除一些与礁在时间剖面上具相似反射特征的其他地质体。如盆地中部 $T_2$ 界面上有许多类似礁体的反射(图6—I),但在该区有较高的磁异常,同时,另几条地震剖面上可见明显的火山通道(图6—II),通过左右追索,发现这些反射在一定范围内基本是连片的,推测为上第三系韩江组沉积后海底火山喷发产物。经上述分析,判别出在珠江口盆地的第三系中,可能发育的礁体和礁群约18个。

## 五、几点认识

1. 进行地震相分析时,对一些沉积层起伏较大,反射同相轴不清晰的地区,以分析外部几何形态和内部反射结构等参数为主;反射同相轴清晰的地区,以分析振幅、连续性和丰度等参数为主,这样可以顺利地划分地震相。

2.  $T_0$ 是区域不整合面,但在盆地的不同部位,受侵蚀的时间长短不一。在层序划分对比时,往往容易忽略其发生时间下限,导致层序划分对比的错误。为防止这样的错误需采取两个措施:一是注意层序边界与地层间的区域不整合接触关系,其次是分析沉积层序总的地震反射面貌。以区分不同时期沉积的地层,达到正确划分对比地震层序的目的。

3. 三角洲相区内生长断层的存在对前积结构的发育有影响,如果生长断层的断层面朝盆地中心方向倾斜,原来的斜坡地形可能被逐渐填平,沉积物侧向堆积作用减弱,致使这些部位无前积结构显示。如果断层面倾斜方向与盆地中心方向相反,前积结构可密集出现。

4. 生物礁在地震时间剖面上是一种特殊的地震相单元。在地震资料质量较高的情况下,经地震地层学的常规分析之后;用相辨法在时间剖面上识别生物礁是有效的。作全盆地的岩相古地理分析和磁法资料等的解释,可提高生物礁解释的可靠程度,排除一些与礁具相以反射的其他地质体(如火山岩体等)。

## 参 考 文 献

- [1] 牛毓荃、徐怀大、陈俊生、吴律译,(C. E. 佩顿著),1980,地震地层学。石油工业出版社。
- [2] 刘宝珊,1980,沉积岩石学。地质出版社。
- [3] 陆孟基,1982,地震勘探原理。石油工业出版社。
- [4] 李建温译,(B. P. 库兹涅佐夫著),1983,礁地质学及礁的含油气性。石油工业出版社。

# APPLICATION OF THE SEISMIC STRATIGRAPHY INTERPRETATION METHOD IN THE STUDY OF THE ZHUJIANGKOU BASIN

Qiu Yan

(The Second Marine Geological Survey Party, Ministry of Geology and  
Mineral Resources, Guangzhou)

## Abstract

This paper presents a synthetic study of the geological-geophysical data collected from the Zhujiangkou Basin by using the seismic stratigraphic principle and interpreting method. Through the practice of interpretation, the author presents his new knowledge in several aspects such as the classification and

nomenclature of seismic facies units, effects of regional unconformity on the stratigraphic division and correlation and control of growth faults on the development of progradation-reflection configuration. An attempt has also been made to look for bioreefs by using the method of seismic stratigraphy.

### 作者简介

邱燕，女，1956年生，1980年毕业于成都地质学院。从事海洋地质工作近十年。现任地矿部第二海洋地质调查大队石油地质工程师。工作地址：广州市1180信箱解释队。邮政编码：510760。