

# 弧前盆地天然气水合物分布区的地质特征 ——以东南海海槽为例

吴时国

(中国科学院海洋研究所 山东 青岛 266071)

**摘 要** 东南海海槽弧前盆地蕴藏着丰富的天然气水合物资源。介绍了该区的区域大地构造背景,论述了弧前盆地天然气水合物分布区的地质特征。认为该区丰富的烃源层、地层中大量流体的排出和粗粒沉积物的广泛分布有利于天然气水合物的形成。指出了研究该区天然气水合物的方法与有关资料。

**关键词** 东南海海槽 弧前盆地 天然气水合物分布区 地质特征

## 1 引 言

弧前盆地位于岛弧和海沟之间,由于在俯冲过程中,增生楔状体不断扩大或俯冲带的后退,使弧间岩石圈绕曲而下沉,形成一个巨大的拗陷,称之为弧前盆地(Dickinson, 1976),南海海槽有多个发育完好的弧前盆地(Tokuyama et al, 1998),如熊野盆地、远洲海槽等。并具有存在常规油气的可能性和广泛存在BSR,且水深在1000m左右、易勘探,同时,BSR面下部存在着构造圈闭,可望寻找通常的石油天然气,再者,邻近日本工业区,有市场远景。对南海海槽弧前盆地天然气水合物总量估算尚有不同的看法。Krasov (1992)估算有4 200~42 000亿 $m^3$ ,Matsumoto(1995)认为有8 000~80 000亿 $m^3$ ,Sato等(1996)估算有27 100亿 $m^3$ 。总之,天然气水合物的远景量非常大。

## 2 区域大地构造背景

南海海槽是菲律宾板块的西北界限,沿此界限菲律宾板块向日本岛弧之下俯冲(Le Pichon 等, 1987;1992;Tokuyama 等, 1998),水深大约4 000 m。该区弧前盆地十分发育。盆地堆积时期从中中新世到现代,盆地基底是早期的增生楔状体。该区俯冲带的位置不断发生变化,中中新世到上新世的主要俯冲带是沿东海断层(Tokuyama 等人, 1998),现今的俯冲带位置如图1中4号断裂所示。关于该区的构造、地层发育Okuda and Honza和Tokuyama等(1998)已有详细论述。

## 3 研究方法与研究资料

利用综合的研究方法研究天然气水合物是行之有效的。这些研究方法包括:

(1) 地球物理方法,如似海底反射层(BSR)、振幅空白、速度倒转,除一般的地震方法外,在该区还进行了相当数量的以调查水合物为目的高分辨率地震工作,如表1和图2所

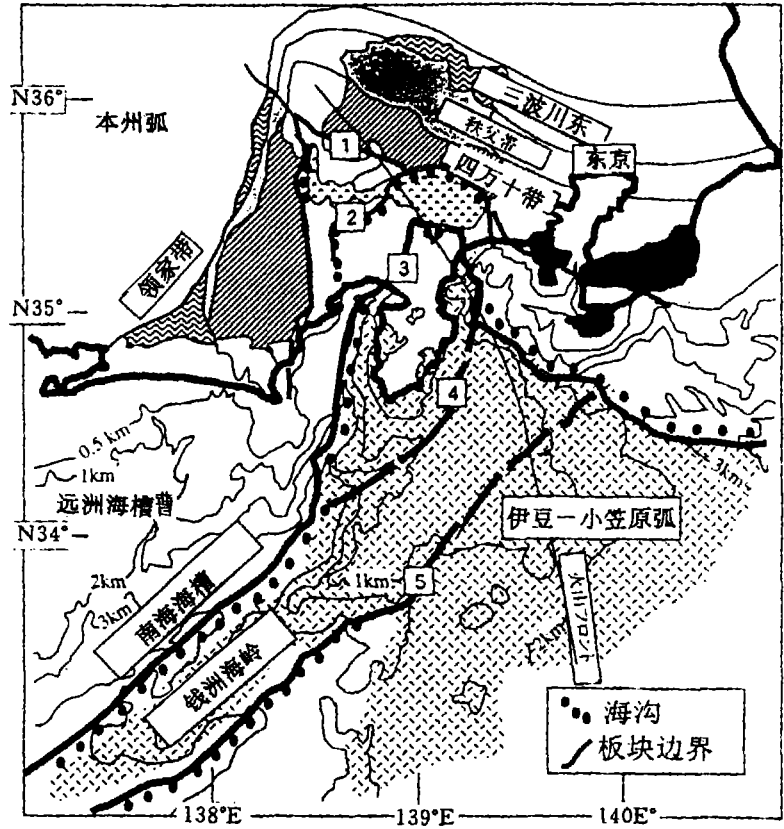


图1 东南南海槽区构造地质图(引自 Soh 等人 1998)

示,表2 说明资料的处理过程。

(2) 海底表层直接取样,研究内容有沉积物粒度(粗粒)、孔隙水中氯含量异常(低)、碳同位素指示、孔隙水的氧化还原电位、底栖细菌的变化。

表1 天然气水合物调查用地震系统参数  
(Tsuji 等人,1998)

	常规地震	高分辨地震
炮点距	25.0m	25.0m
检波器间隔	12.5m	6.25m
检波器深度	12m	8m
记录道	280	480
叠加次数	70	60
震源	Sleeve Gun	Sleeve Gun
气枪容积	2200cu. in	800cu. in
气枪压力	1800cu. in	1800cu. in
气枪深度	6m	4m
记录长	6sec	5sec
采样率	2sec	1sec

表2 地震资料处理方法( Tsuji 等人, 1998)

	常规地震	高分辨地震
最小相位	○	○
振幅回复	○	○
滤波	○	○
多次波压制	○	X
NMO+Mute	○	○
DMO	○	X
CMP 叠加	○	○
时间偏移	○	○
真振幅处理	X	○

(3) 载人和不载人深潜器的海底直接观测和测量,利用日本海洋科学技术中心

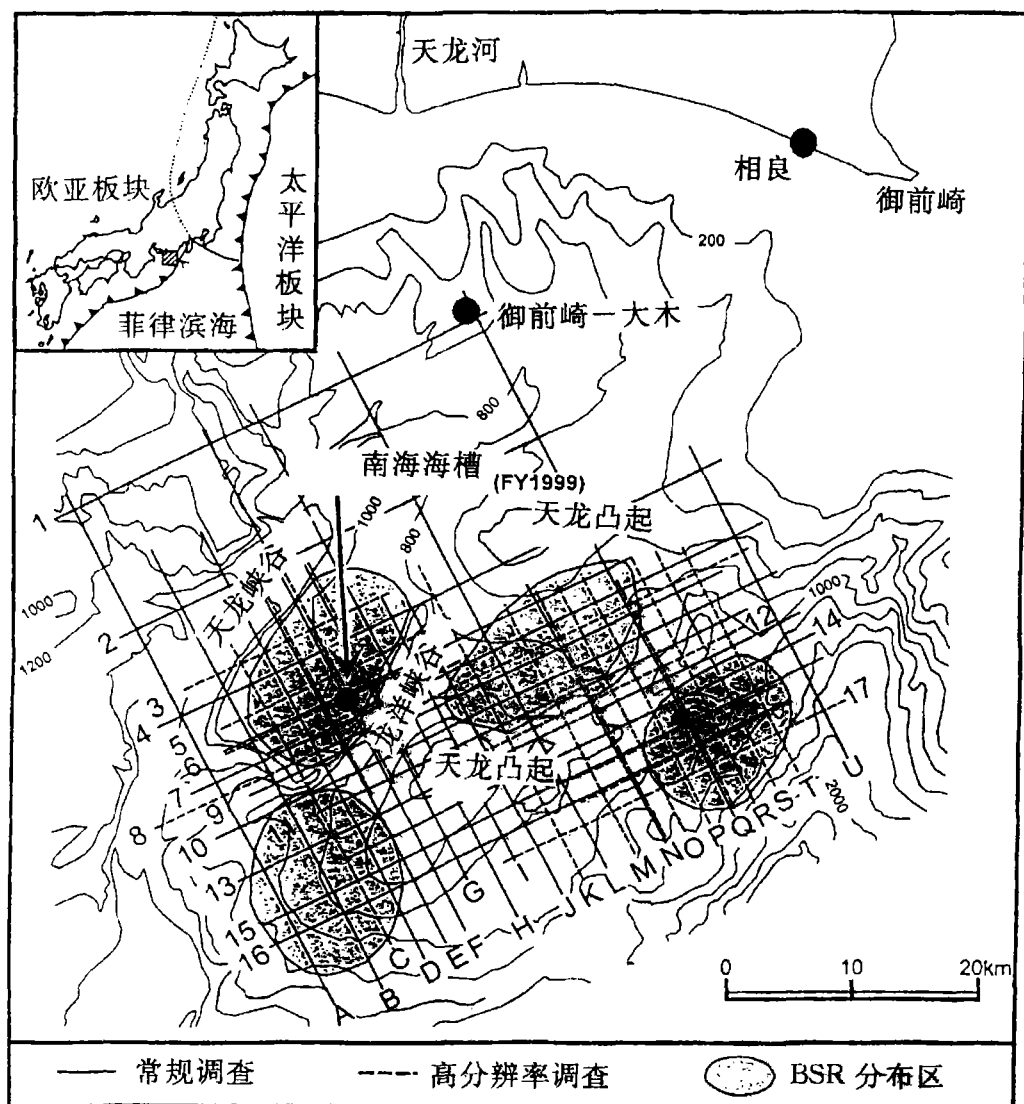


图2 根据高分辨率地震资料圈定的BSR分布区(引自 Tsuji, 1998)

Shinkai6500 和 Shinkai2000 和法国深潜器 Nautile。特别是 Shinkai6500 载人深潜船是目前世界上最先进的深潜系统,最大深度可达 6 517 m,在当今海洋资源与环境调查中担当重要的角色。该系统由潜水船、支援母船 R/V Yokosuka 和定位系统和船上通讯系统组成,具有自动摄影、目视观察、CTD 测量和机器臂采样等功能。可以直接观测天然气水合物的渗漏、与天然气水合物有关的低温涌水动物群(seep community)的海底分布、各种地球化学异常和沉积物取样等(Le Pichon 等人, 1987;1992;Tokuyama 等人, 1998)。

(4) 钻井测井研究,目前已完成数口井的钻井和测井工作。

#### 4 弧前盆地天然气水合物分布区的地质特征

根据 BSR 的分布特征,Tsuji 等人(1998)圈出了该区的四个 BSR 的分布区(图2)。BSR

分布在 1 000 m 至 2 000 m 水深。根据我们的地震剖面,它可延至水深 2 000 m 深度至陡坡,即东海断层经过这一部位(图 3),在断层的下盘,仍见有分布,但两者不连续。东海断层被认为是一条地震断层,具有 100 年发震旋回(Le Pichon, 1996),BSR 面沿此断裂带向地表延伸,从而出现很多冷涌水动物群分布(Ashi 和 Tokuyama, 1997)。无论从 BSR 的分布,还是冷涌水动物群的大量出现,都显示该区具有丰富的天然气水合物资源。那么是什么原因导致着水合物的大量生成呢?

NT90-915

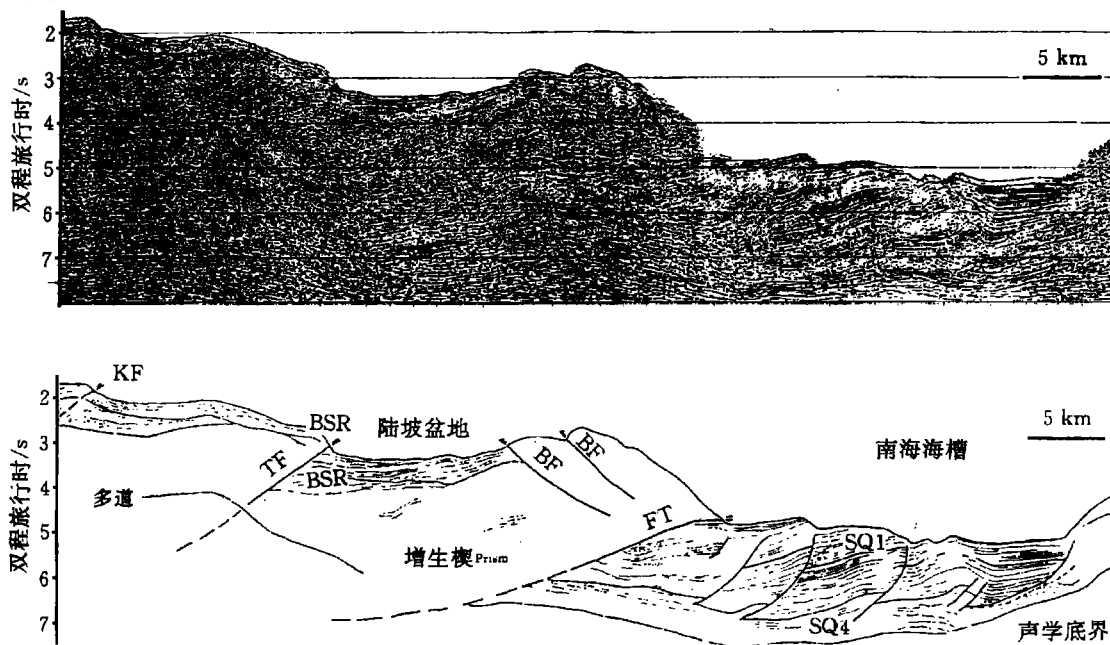


图 3 穿过南海海槽外部的反射地震剖面及其解释(Wu 等人, 1999)。剖面位置从远洲海槽外侧到钱洲海岭

造成海底沉积物中天然气水合物的聚集原因有以下几个方面:首先,巨厚的沉积层与沉积物中丰富的有机质含量。水合物区的地层包括前弧盆地地层和增生楔状沉积物。前弧盆地沉积层序自下而上有:早至中中新世三仓群火山碎屑岩、上中新世相良群碎屑岩、挂川群和小笠层群海底谷浊积沉积物(Tokuyama 等人, 1998),其中相良群广泛分布、有机质含量 0.5%~1.0%(TOC)。在东南南海海槽区,还在相良群的砂岩、粉沙岩中发现油田或油气显示。相良群广泛分布,其内部砂岩的孔隙度大于 20%,这也是天然气水合物广泛分布的有利因素。

其次,海底大量的流体排除与活动断裂的分布(Ashi 和 Tokuyama 等人, 1997)。许多研究表明,深部流体中的烃类物质对该区的天然气水合物具有重要的贡献,断裂也是深部烃类物质的良好运移通道,使得深部热解烃类物质上升,从而该区具有重要的生烃量。

图 4 是表层沉积物的分布图(Tokuyama 等人, 1998)。从该图上看,该区粗粒沉积物广泛分布。这种粗粒沉积物的分布对天然气水合物具有重要的意义。此外,热流值变化大、地震波速快、地下高温的地质体存在,对水合物的形成均具有重要的作用。

## 5 存在的问题及我们的研究设想

由于天然气水合物赋存状态的复杂性和不稳定性,还有许多问题有待进一步研究,主要包括 BSR 特征、分布范围及其动态变化、天然气水合物的形成和溶解速率、水中甲烷的消失过程、与沉积物类型、孔隙度、渗透率、物理性质等之间的关系、天然气水合物的储层性质、控制天然气水合物长期变化的物理、化学和地质因素、录井和测井问题等。

日本把南海海槽作为一个能源基地,第一步由日本石油公团、通商省和十余个财团共同钻探,出资 600 万美元(5 年),已在南海海槽进行 7 口钻探井。在未来的 IODP 研究计划,第一口井设在南海海槽,其主要科学目标之一就是天然气水合物。

我国应加强天然气水合物的基础理论研究。我国南海北部陆坡、台湾周围、东海陆坡区可能蕴藏着丰富的天然气水合物资源。天然气水合物的大规模开发利用对海底和大气环境的影响还难以预料。防止其对环境的危害,达到安全利用是开发天然气水合物需要解决的一个重大问题;我国的天然气水合物国家目标的研究应包括基本物理化学性质和找矿标志研究、钻探取芯、开发技术研究与环境研究等四大基本内容。

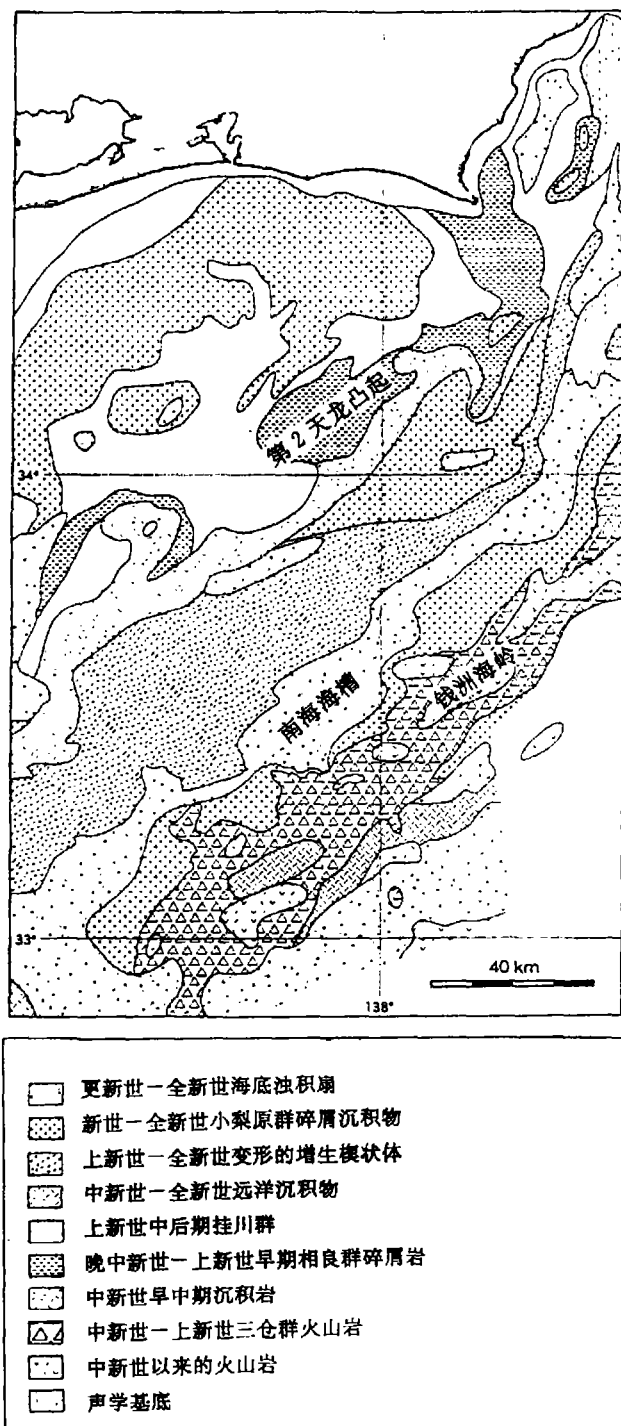


图 4 表层沉积物分布图

## 主要参考文献

- 1 Ashi J. and Tokuyama H. Cold seepage and gas hydrate BSR in the Nankai Trough. In: The Second Joint Japan—Canada Workshop. Proceedings of the International Workshop on Gas Hydrate Studies. 1997. 256~273.
- 2 Dickinson W R. Plate tectonics and hydrocarbon accumulation. AAPG Continuing Education Course Note Series 1, New Orleans. 1976. 1~56.
- 3 Kvenvolden K A, A primer on the geological occurrence of gas hydrate. In: Henriot J P and Mienert J (eds.), Gas Hydrates relevance to world margin stability and climatic changes. Geological Society Special Publication No. 137, 9~30.
- 4 Le Pichon X, Iiyama T, Boutegue J, et al. Nankai Trough and Zenisu Ridge: a deep-sea submersible survey. Earth and Planetary Science Letters, 1987, 87, 285~299.
- 5 Le Pichon X, Kobayashi K, and Kaiko—Nankai Scientific. Fluid venting activity within the eastern Nankai Trough accretionary wedge: A summary of the 1989 Kai-Nankai results. Earth and Planetary Science Letters, 1992, 109, 303~318.
- 6 Le Pichon X., Lallemand SJ, Thoue H, Huchon P., et al. Structure and evolution of the backstop in the eastern Nankai Trough arc (Japan); Implications for the soon-to-come Tokai earthquake. The Island Arc, 1996, 5, 440~454.
- 7 Okuda Y and Honza E. Tectonic evolution of the Seinan Japan fore-arc and accretion in the Nankai Trough. Marine Geology, 1988, 12, 411~434.
- 8 Soh W, Nakayama K and Kimura T. Arc-arc collision in the Izu collision zone, central Japan, deduced from the Ashigara Basin and adjacent Tanzawa Mountains. The Island Arc, 1998, 7, 300~341.
- 9 Tokuyama h, Ashi J, Soh W, Kuramoto S, et al. Active Submarine Faults off Tokai. Tokyo: University of Tokyo Press, 1998. pp151 (In Japanese).
- 10 Tsuji Y, Furutani A, Matsuura S. and Kanamori K, 1998. Exploratory surveys for evaluation of methane hydrates in the Nankai Trough area. JNOC "Methane Hydrates; Resource in the near future", JNOC-TRC, Japan, Oct. 20~22, 15~26.
- 11 Wu S., Takahashi N., Kinoshita H., et al. Shallow deformation of eastern Nankai Trough prism as derived from MCS reflection data (KH96—02): Constrained by ridge subduction. JAMSTEC J. Deep Sea Res. 1999, 15 (II): 123~134.