

南海北部海相中生界发育的微体化石证据

吴国璋¹, 王汝建¹, 郝沪军², 邵磊¹

(1 同济大学, 上海 200092; 2 中海石油(中国)有限公司 深圳分公司, 深圳 518067)

摘要: MZ-1-1 钻井首次在南海北部珠江口盆地揭示了中生界, 获得了可确定地层时代和沉积环境的孢粉和放射虫化石。克拉梭粉(*Classopollis*)和粉栉孢(*Cyathdites*)含量占优势的化石组合被发现于井深 2 187~2 388 m 井段, 表明其属于中侏罗世; 1 725~1 887 m 层段的硅质岩包含以 *Caneta hsui*、*Loopus primitivus*、*Dibolachras* sp. cf. *D. apletopora* 等为代表分子的晚侏罗世—早白垩世放射虫动物群。微体化石分析结果表明, 南海北部珠江口盆地被首次揭露的前新生代地层中存在着海相的侏罗系和白垩系。中侏罗世克拉梭粉和粉栉孢组合反映的是热带—亚热带沿海地区植被, 滨海沼泽环境发育。晚侏罗世—早白垩世南海北部的海洋沉积环境发生了海水由浅到深的重大变化, 形成了深海环境。

关键词: 海相; 微体化石; 中生界; 南海北部

中图分类号: P736.22

文献标识码: A

文章编号: 0256-1492(2007)01-0079-07

早在 20 世纪七八十年代, 朱夏等就认为中生代特提斯构造体系和太平洋构造体系在南海北部大陆边缘以南北向转换断层错开近东西向洋中脊的方式而相连通^[1]。黄汲清则指出, 南海在白垩纪时为一个具薄硅铝层的特提斯浅海^[2]。从那时起, 许多学者相继提出了南海北部陆架区应存在中生界的观点^[3-9]。近年来, 随着南海及其围区特别是南海北部大陆架地质与地球物理研究的深入, 更有许多人推断在南海北部存在着中生代晚三叠—早侏罗世和早白垩世的海相地层^[7-11]。郝沪军等曾论述了如何识别珠江口盆地东部海相中生界, 并认为其主要分布范围是在东沙隆起的两侧的坳陷区, 特别是在潮汕坳陷, 地层厚度达 7 000 m 以上, 并与上覆的新生代地层为角度不整合关系^[12-14]。但由于一直未实施钻探, 因而无法证实这套前新生代地层的确切地质时代和形成环境。

2003 年 9 月, 由中国海洋石油总公司与海外石油及投资公司合资组成的台南—潮汕石油作业有限公司, 在珠江口盆地东南部的潮汕坳陷北坡实施了 MZ-1-1 井钻探。这是首次在南海北部珠江口盆地以揭示中生界性质为目的而进行的钻探。探井取得了可供微体古生物学和岩石学研究的大量实际材料。钻探后的微体古生物学研究从该探井的两个井段发现了可确定地层时代及沉积环境的微体化石——孢粉和放射虫。这一发现对于人们探讨和认

识中特提斯东延、南海地区特别是南海北部大陆边缘地质构造演化等科学问题, 以及对于评价南海北部中生界油气资源都具有十分重要的意义。

1 材料与方法

MZ-1-1 井位于潮汕坳陷北部(图 1)。探井穿透上覆厚约 1 000 m 的新生代地层, 钻入推测的中生代地层约达 1 500 m(图 2)。钻探后的微体化石分析样品取自该井井深 1 004 m~2 500 m 井段。样品处理完成于同济大学海洋地质实验室。

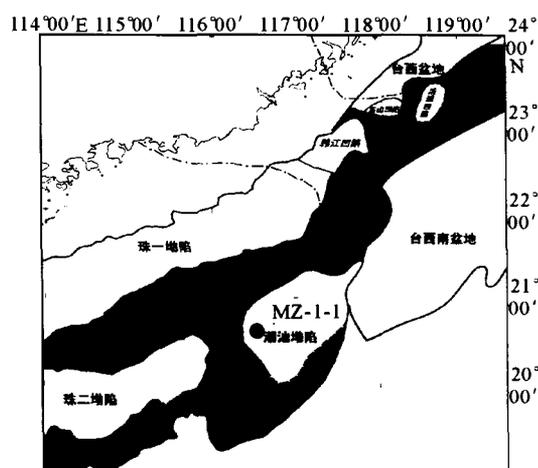


图 1 南海北部 MZ-1-1 井位置

Fig. 1 Location of Well MZ-1-1 in the north of South China Sea

基金项目: 国家自然科学基金项目(40321603)

作者简介: 吴国璋(1953—), 男, 教授, 从事海洋地质研究, E-mail: guoxuank@online.sh.cn

收稿日期: 2006-11-20; **改回日期:** 2006-12-15. 张光威编辑

孢粉分析井段为井深 1 004~2 500 m, 取样间隔为 3 m。样品处理采用盐酸、氢氟酸浸泡和水洗

过筛。氢氟酸浸泡时水浴加热(60 ℃);水洗过筛在超声清洗器中进行,所用筛布孔径为 10 μm,时间一般不超过 2 min。孢粉化石观察鉴定在生物显微镜 Leica (DMR)下进行。

岩石学分析表明井深 1 725~2 175 m 井段发育多层硅质岩(图 3)。放射虫分析样品即取自这些硅质岩层,取样间隔为 6~130 m 不等。样品处理采用氢氟酸浸泡法。在实体显微镜(XTB-1)下观察发现放射虫化石,并将其挑出,经喷金处理后,在扫描电子显微镜(XL-30ESEM)下观察鉴定放射虫化石属种。

2 结果与讨论

孢粉和放射虫化石分别被发现于井深 2 187~2 388 m 井段和 1 725~1 887 m 层段(图 3)。

2.1 孢粉化石组合及时代

共鉴定孢粉化石类型 23 属种,所见化石孢子主要有:小桫欏孢(*Cyathdites minor*)、中等桫欏孢(*Cyathdites medicus*)、桫欏孢诸种(*Cyathdites* spp.)、三角孢诸种(*Deltoidospora* spp.)、三角粒面孢诸种(*Granulatisporites* spp.)、假网克鲁克蕨孢(*Klukisporites pseudoreticulatus*)、克鲁克蕨孢未定种(*Klukisporites* sp.)、颗粒装饰孢(*Ornamintifera granulata*)等;化石花粉主要有:环圈克拉梭粉(*Classopollis annulatus*)、三角克拉梭粉(*Classopollis triangulus*)、小克拉梭粉(*Classopollis minor*)、克拉梭粉诸种(*Classopollis* spp.)、双束松粉诸种(*Pinuspollenites* spp.)、苏铁粉未定种(*Cycadopites* sp.)、单槽粉诸种(*Monosulcites* spp.)等。

化石组合中孢子含量略高,为 39.1%~64.0%

(占孢粉化石总数,下同),裸子植物花粉含量较低,为 36.0%~60.9%,未见被子植物花粉。孢子中桫欏孢最多,含量为 14.3%~24.0%;含量较高的是三角孢(3.8%~16.0%)、三角粒面孢(5.3%~9.1%)、光面单缝孢(4.0%~10.9%)。另见有克鲁克蕨孢、装饰孢等,但均为含量较低或零星出现;裸子植物花粉中以无气囊类为主,其中克拉梭粉含量(30.0%~54.2%)远多于其他类型,在各样品的化石组合中都是优势组分。

可见,上述孢粉化石组合显示的特征是十分显著的,即为克拉梭粉和桫欏孢含量占优势的化石组合。这类仅含裸子植物花粉和孢子的组合是前新生代地层中常见的孢粉化石组合。克拉梭粉是世界各地从三叠纪至古新世地层中的常见类型。在我国,克拉梭粉高含量的孢粉化石组合仅存在于侏罗系至下白垩统的下部。虽然有过关于三叠纪晚期孢粉化石组合中出现克拉梭粉的报告,但其含量一般不足 10%。有关侏罗纪克拉梭粉高含量孢粉化石组合的报道屡见不鲜,这类组合在我国南方区出现一般早于北方区。北方区晚侏罗世以前的孢粉化石组合中克拉梭粉含量并不高,很少超过 20%;至晚侏罗世,孢粉化石组合中克拉梭粉含量明显升高,多超过 50%。而在南方区,早侏罗世孢粉化石组合中克拉梭粉含量即可达 30%;中侏罗世孢粉化石组合中克拉梭粉含量一般为 30%~60%;晚侏罗世的孢粉化石组合中克拉梭粉含量则更高,如长江三峡地区晚侏罗世蓬莱镇组的柯珀孢-克拉梭粉组合中克拉梭粉含量可达 90%^[15]。MZ-1-1 井的孢粉组合中桫欏孢含量高,而未见有早白垩世地层孢粉组合中常见的希指蕨孢(*Schizaeoisporites*)。桫欏孢含量高往往是我国东部中侏罗世孢粉化石组合的特征之一。桫欏孢有广泛的地层分布,但主要集中在侏罗纪地层,一般规律是下侏罗统少,中侏罗统繁盛,上侏罗统

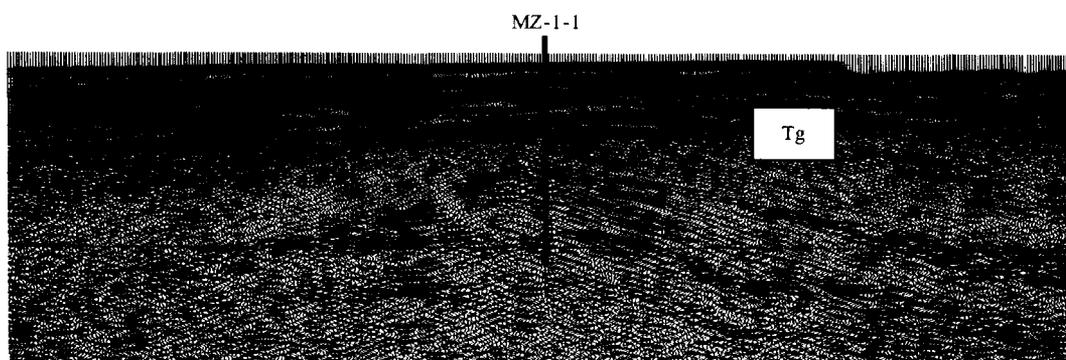


图 2 南海北部过 MZ-1-1 井地震剖面

Fig. 2 Seismic cross-section across Well MZ-1- in the north of south China Sea
(The unconformity interface marked with Tg is the bottom surface of the Cenozoic)

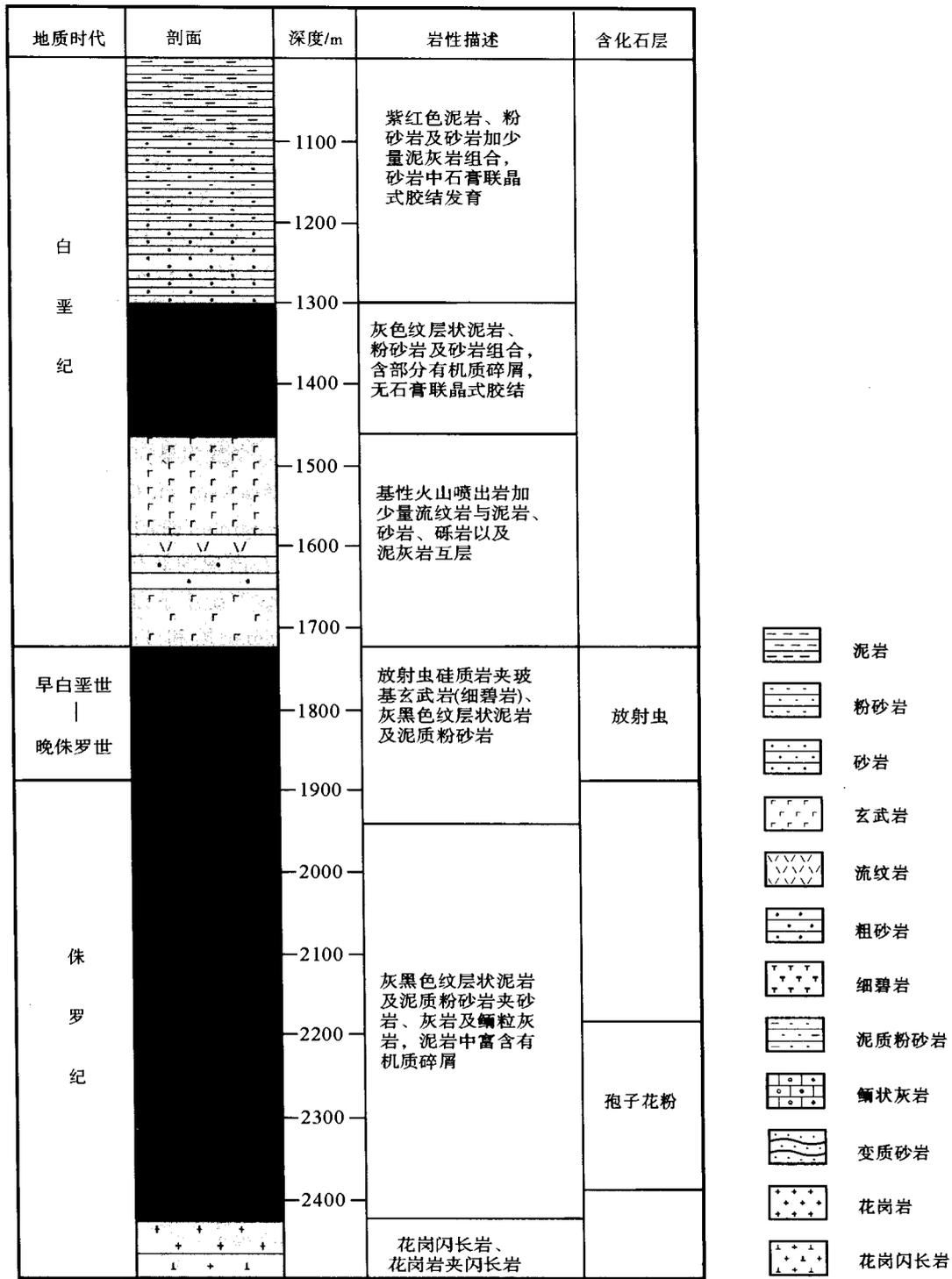


图 3 南海北部 MZ-1-1 井岩性剖面及微体化石分布范围

Fig. 3 Lithology and microfossil distribution in Well MZ-1-1 in the north of South China Sea

减少^[16-18]。我国南方区中生代地层中克拉梭粉和桫椤孢较高含量的孢粉组合出现于中侏罗统,如四川盆地的上沙溪庙组。与其相比,MZ-1-1 井的孢粉组合中桫椤孢的含量更高些。装饰孢、克鲁克蕨孢等特殊类型均为侏罗纪和白垩纪孢粉组合的常见分子,较多见于侏罗纪孢粉组合。所以,MZ-1-1 井井深 2 187~

2 388 m 地层孢粉化石组合的时代应为中侏罗世。

2.2 放射虫化石及时代

在 MZ-1-1 井井深 1 725 m~1 887 m 地层中共发现放射虫化石 14 个属,20 个种,它们分别为 *Mirifusus baileyi* Pessagno, *Spongocapsula* sp. cf.

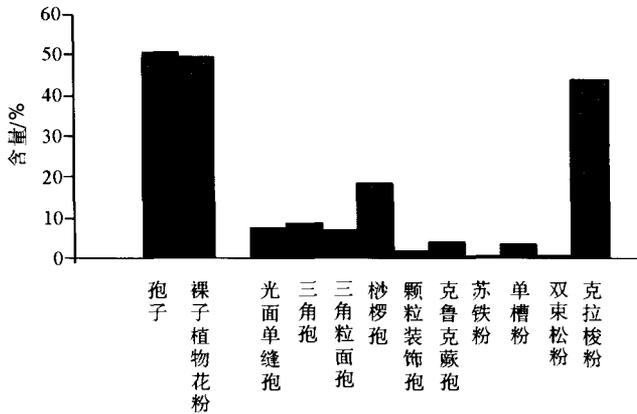


图4 南海北部 MZ-1-1 井孢粉组合综合图式
 Fig. 4 Diagram of palynological assemblage from the interval 2 187~2 388 m of Well MZ-1-1 in the north of South China Sea

S. palmerae Pessagno, *Santonaella obesa* Yang, *Caneta* sp. aff. *C. hsui* (Pessagno), *Caneta* sp. cf. *C. hsui* (Pessagno), *Loopus* sp. cf. *L. primitiva* (Matsuoka et Yao), *Praeconosphaera sphaeraconus* (Rust), *Ristola* (?) *bala* Hull,

Emiluvia orea Baumgartner, *Emiluvia premyogii* Baumgartner, *Emiluvia* sp. cf. *E. salensis* Baumgartner, *Acaniotyle umbilicata* (Rust), *Pentanellium philippinense* Cheng, *Pentanellium corenense* Cheng, *Dibolachras* sp. cf. *D. apletopora* Foreman, *Xitus* sp. aff. *X. alievi* (Foreman), *Xitus* (?) *spicularius* (Aliev), *Parvicingula* (?) *tekschaensis* (Aliev), *Halesium* (?) *lineatum* Jud 和 *Staurosphaeretta* sp.。上述放射虫化石的时代分布见表 1。其中大多数属于晚侏罗世放射虫动物群,如 *Caneta hsui* 是上 Kimmerigian 阶上部至 Tithonian 阶的标志种之一, *L. primitivus* 是 Tithonian 阶的标志种;少数为早白垩世放射虫动物群的分子,如 *Dibolachras* sp. cf. *D. apletopora* 是 Berriasian 阶至 Valanginian 阶的标志种之一^[19-27]。根据所见放射虫化石出现的时代和层位,可以确定该段地层应属于上侏罗统至下白垩统。其中上侏罗统主要为 Kimmeridgian 阶和 Tithonian 阶;至于下白垩统所对应的阶尚难确定,需补充材料作进一步研究。

表 1 南海北部 MZ-1-1 井放射虫化石属种及其时代

Table 1 Radiolarian taxa from Well MZ-1-1 and their geological period

放射虫化石属种	时代	文献
<i>Mirifusus baileyi</i> Pessagno	Upper Kimmeridgian to Valanginian	[17]
<i>Spongocapsula</i> sp. cf. <i>S. palmerae</i> Pessagno	Tithonian	[18]
<i>Santonaella obesa</i> Yang	Upper Tithonian	[19]
<i>Caneta</i> sp. aff. <i>C. hsui</i> (Pessagno)	upper Upper Kimmeridgian to Tithonian	[20]
<i>Caneta</i> sp. cf. <i>C. hsui</i> (Pessagno)	upper Upper Kimmeridgian to Tithonian	[20]
<i>Caneta</i> sp. cf. <i>L. primitivus</i> (Matsuoka and Yao)	Tithonian	[19]
<i>Praeconosphaera sphaeraconus</i> (Rust)	Tithonian to Neocomian	[19]
<i>Ristola</i> (?) <i>bala</i> Hull	Middle Oxfordian to Lower Tithonian	[20]
<i>Emiluvia orea</i> Baumgartner	Oxfordian to Lower Tithonian	[21]
<i>Emiluvia premyogii</i> Baumgartner	Topper Callovian to Kimmerrigian	[22]
<i>Emiluvia</i> sp. cf. <i>E. salensis</i> Pessagno	Kimmeridgian to Tithonian	[17]
<i>Acaniotyle umbilicata</i> (Rust)	Tithonian to Albian	[19]
<i>Pentanellium philippinense</i> Cheng	Upper Tithonian	[23]
<i>Pentanellium corenense</i> Cheng	Upper Tithonian	[23]
<i>Dibolachras</i> sp. cf. <i>D. apletopora</i> Foreman	Berriasian to Valanginian	[24]
<i>Halesium</i> (?) <i>lineatum</i> Jud	Berriasian to Barremian	[25]
<i>Xitus</i> sp. aff. <i>X. alievi</i> (Foreman)	Barremian to Lower Aptian	[26]
<i>Xitus</i> (?) <i>spicularius</i> (Aliev)	Barremian to Cenomanian	[26]
<i>Parvicingula</i> (?) <i>tekschaensis</i> (Aliev)	Lower Albian to Early Cenomanian	[26]
<i>Staurosphaeretta</i> sp.	late Aptian to earliest Turonian	[27]

2.3 古环境分析

由于克拉梭粉在世界各地侏罗系至白垩系大量出现,国际孢粉和古植物学术界关注克拉梭粉母体植物的生态特征。一般认为克拉梭粉与掌鳞杉科(Cheirolepidiaceae)有亲缘关系。古植物学家通过掌鳞杉科植物的形态特征、时空分布以及植物群的演化,认为其适应于干旱的气候条件。孢粉学家认为克拉梭粉在侏罗纪和白垩纪地层中大量出现是与干旱气候的发展有关。但在一些滨海相含煤地层,甚至浅海相地层的孢粉组合中也有较高含量克拉梭粉,可见其母体植物也可生长在沿海地区^[16]。我国因中生代海相地层较少存在,高含量克拉梭粉地层一般发现于陆相沉积,故多认为高含量克拉梭粉孢粉组合指示内陆热而干旱的气候条件。MZ-1-1井岩石学分析表明,以泥岩、粉砂质泥岩为主的2 187~2 388 m井段及其上下地层中都有鲕粒灰岩层发育(图3),从而证实该段地层为滨、浅海相沉积。桫欏科是喜湿热环境的蕨类植物。桫欏孢含量高是热带—亚热带滨海沼泽、河湖沼泽沉积孢粉组合的特征。所以,中侏罗世MZ-1-1井所在区域靠近桫欏科等植物繁盛之地的滨海沼泽,而掌鳞杉科植物分布于沿海不远地势较高的区域。因此可以推测,MZ-1-1井深2 187~2 388 m地层中的克拉梭粉—桫欏孢组合反映的是热带—亚热带沿海地区植被。

根据现代放射虫的生活环境,绝大部分放射虫生活于半深海—深海的环境,只有极少数在浅海环境被发现^[28]。至今还没有在淡水和半咸水中发现放射虫,因此,放射虫属海相沉积环境。据地质时期中发现的放射虫化石的环境分析结果,几乎所有地质时期中的放射虫均属半深海—深海相环境^[29]。环西太平洋中生代地体中放射虫硅质岩与火山岩的研究显示,放射虫出现的层位及上下层位中伴有火山岩,据此说明放射虫的沉积环境为深海—岛弧环境^[30-32]。由于在该井中所发现的放射虫层位及上下层位中都含有火山岩,因此,可以确定放射虫出现的层位为晚侏罗世—早白垩世深海—岛弧环境。

3 结论

(1)微体化石分析结果表明,南海北部珠江口盆地首次揭露的前新生代地层中存在着海相的中侏罗系—下白垩系。在潮汕坳陷北部,这一地层的现今埋深超过1 700 m,被揭露的厚度约为700 m。较下部的暗色泥岩包含孢粉化石,其中的优势组分为克

拉梭粉和桫欏孢,属于中侏罗世的孢粉化石组合;上部的硅质岩包含以 *Caneta hsui*、*Loopus primitivus*、*Dibolachras* sp. cf. *D. apletopora* 等为代表分子的晚侏罗世—早白垩世放射虫动物群。

(2)潮汕坳陷北部的晚侏罗世放射虫硅质岩发育层段形成于深海环境。由于这些硅质岩层段及其上下层位中都有火山岩,因此,可以确定晚侏罗世在南海北部存在着深海岛弧环境。在与浅海相鲕粒灰岩交互沉积的中侏罗世暗色泥岩层段中,孢粉组合反映的是热带—亚热带沿海地区植被,滨海沼泽环境发育。由此可以断定,在晚侏罗世南海北部的海洋沉积环境发生了海水由浅到深的重大变化,即中侏罗世为滨、浅海,晚侏罗世—早白垩世则形成了深海环境。

致谢: 本研究承蒙中国科学院地质与地球物理研究所吴浩若教授和中石化华东研究院周山富高级工程师的悉心指导,在此谨表谢意。

参考文献 (References)

- [1] 张渝昌,张荷,孙肇才,等. 中国含油气盆地原型分析[M]. 南京:南京大学出版社,1997:27-415. [ZHANG Yu-chang, ZHANG He, SUN Zhao-cai, et al. Prototype analysis of petroliferous basins in China [M]. Nanjing: Nanjing University Press, 1997:27-415.]
- [2] 黄汲清,陈炳蔚. 中国及邻区特提斯海的演化[M]. 北京:地质出版社,1987:1-78. [HUANG Ji-qing, CHEN Bing-wei. Evolution of the Tethys in China and adjacent areas [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987:1-78.]
- [3] 黄梅英,李筋尧,李平鲁. 珠江口盆地东部前第三纪—早第三纪洼陷特征及含油气前景[J]. 中国海上油气(地质),1993,7(3):1-9. [HUANG Mei-ying, LI Fang-yao, LI Ping-lu. Discussion of Pre-Tertiary-Paleogene sag characteristics and new regions for oil & gas prospecting in the eastern Pearl River Mouth Basin [J]. China Offshore Oil & Gas (Geology), 1993,7(3):1-9.]
- [4] 苏乃容,曾麟,李平鲁. 珠江口盆地东部中生代凹陷地质特征[J]. 中国海上油气(地质),1995,9(4):228-236. [SU Nai-rong, ZENG Lin, LI Ping-lu. Geological features of Mesozoic sags in the eastern part of Pearl River Mouth Basin [J]. China Offshore Oil & Gas (Geology), 1995,9(4):228-236.]
- [5] 陈玲,彭学超,缪宛岑. 南海北部陆坡区地震地层学解释[C]//广州海洋地质调查局编. 南海地质研究(七). 武汉:中国地质大学出版社,1995:92-107. [CHEN Ling, PENG Xue-chao, MIU Wan-cen. Interpretation of seismic stratigraphy for the north continental slope of South China Sea [C]//Guangzhou Marine Geological Survey (ed.). Geological research of South China Sea (7). Wuhan: China University of Geoscience Press, 1995:92-107.]
- [6] 王平,夏戡原,黄慈流. 南海北部中生代海相地层的分布及其

- 地质地球物理特征[J]. 热带海洋, 2000, 19(4): 28-35. [WANG Ping, XIA Kan-yuan, HUANG Ci-liu. Distribution and geological & geophysical characteristics of Mesozoic marine strata in northeastern part of South China Sea[J]. Tropic Oceanology, 2000, 19(4): 28-35.]
- [7] 夏戡原, 黄慈流. 南海中生代特提斯期沉积盆地的发现与找寻中生代含油气盆地的前景[J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 227-238. [XIA Kan-yuan, HUANG Ci-liu. The discovery of Mesozoic Tethys sedimentary basins in the South China Sea and their oil and gas perspective [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(3): 227-238.]
- [8] 周蒂. 台西南盆地和北港隆起的中生界及其沉积环境[J]. 热带海洋学报, 2002, 21(2): 50-57. [ZHOU Di. Mesozoic strata and sedimentary environment in SW Taiwan basin of NE South China Sea and Peikang high of Western Taiwan[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2002, 21(2): 50-57.]
- [9] 周蒂, 陈汉宗, 孙珍, 等. 南海及其围区中生代岩相古地理及有关大地构造和资源问题[C]//中国边缘海盆演化与资源效应. 北京: 海洋出版社, 2004: 65-76. [ZHOU Di, CHEN Hanzong, SUN Zhen, et al. Mesozoic lithofacies and paleogeography as well as the tectonics and resources in the South China Sea and adjacent areas [C]//Evolution of marginal sea basins of China and resources. Beijing: China Ocean Press, 2004: 65-76.]
- [10] 陈汉宗, 孙珍, 周蒂. 华南中生代岩相变化及海相地层时空分布[J]. 热带海洋学报, 2003, 22(2): 74-82. [CHEN Hanzong, SUN Zhen, ZHOU Di. Distributions of Mesozoic lithofacies and marine strata in South China[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2003, 22(2): 74-82.]
- [11] 夏戡原, 黄慈流, 黄志明. 南海及邻区中生代(晚三叠世—白垩纪)地层分布特征及含油气性对比[J]. 中国海上油气, 2004, 16(2): 73-83. [XIA Kan-yuan, HUANG Ci-liu, HUANG Zhi-ming. Upper Triassic-Cretaceous sediment distribution and hydrocarbon potential in South China Sea and its adjacent areas [J]. China Offshore Oil & Gas, 2004, 16(2): 73-83.]
- [12] 郝沪军, 林鹤鸣, 杨梦雄, 等. 潮汕坳陷中生界—油气勘探的新领域[J]. 中国海上油气(地质), 2001, 15(3): 157-163. [HAO Hu-jun, LIN He-ming, YANG Meng-xiong, et al. The Mesozoic in Chaoshan Depression: a new domain of petroleum exploration [J]. China Offshore Oil & Gas (Geology), 2001, 15(3): 157-163.]
- [13] 陈隽, 郝沪军, 林鹤鸣. 潮汕坳陷地震资料的改善及中生界构造的新发现[J]. 中国海上油气(地质), 2002, 16(4): 271-278. [CHEN Juan, HAO Hu-jun, LIN He-ming. Quality improvement of seismic data and new identification of Mesozoic prospects in Chaoshan Depression [J]. China Offshore Oil & Gas (Geology), 2002, 16(4): 271-278.]
- [14] 郝沪军, 汪瑞良, 张向涛, 等. 珠江口盆地东部海相中生界识别及分布[J]. 中国海上油气(地质), 2004, 16(2): 84-88. [HAO Hu-jun, WANG Rui-liang, ZHANG Xiang-tao, et al. Mesozoic marine sediment identification and distribution in the eastern Pearl River Mouth Basin [J]. China Offshore Oil & Gas, 2004, 16(2): 84-88.]
- [15] 宋之琛, 尚玉珂, 刘兆生, 等. 中国孢粉化石(第二卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 553-578. [SONG Zhi-chen, SHANG Yu-ke, LIU Zhao-sheng, et al. Fossil spores and pollen of China (Vol. 1) — the Late Cretaceous and Tertiary spores and pollen [M]. Beijing: Science Press, 2000: 553-578.]
- [16] 张望平. 中国东部一些地区侏罗纪孢粉组合[C]//中国东部侏罗纪—白垩纪古生物及地层. 北京: 地质出版社, 1989: 1~20. [ZHANG Wang-ping. Jurassic spore-pollen assemblages from some parts of Eastern China [C]//The paleontology and Stratigraphy of the Jurassic and Cretaceous in Eastern China. Beijing: Geological Publishing House, 1989: 1-20.]
- [17] Pessagno E A Upper Jurassic Radiolaria and radiolarian biostratigraphy of the California Coast Ranges[J]. Micropaleontology, 1977, 23(1): 56-113.
- [18] Hull D M. Upper Jurassic Tethyan and southern Boreal radiolarians from western North America[J]. Micropaleontology, 1997, 43(2): 1-201.
- [19] Yang Q. Taxonomic Studies of Upper Jurassic (Tithonian) Radiolaria from the Taman Formation, east-central Mexico [J]. Palaeoworld, 1993, 3: 1-164.
- [20] Hull D M. Morphologic diversity and paleogeographic significance of the Family Parvicungulidae (Radiolaria) [J]. Micropaleontology, 1995, 41(1): 1-48.
- [21] Baumgartner P O, De Wever P, Kocher R. Correlation of tethyan Late Jurassic Early Cretaceous radiolarian events[J]. Cahiers de Micropaleontologie, 1980, 2: 23-73.
- [22] Baumgartner P O. A Middle Jurassic Early Cretaceous low-latitude radiolarian zonation based on Unitary Association and age of Tethyan radiolarites[J]. Eclogae Geol. Helv., 1984, 77(3): 729-839.
- [23] Cheng Yen-Nien. Upper Jurassic Pantanellidae (Pantanellinae Pessagno, 1977 and Vallupinae Pessagno & MacLeod, 1987) from the Busuanga Islands, Philippines[J]. Bull. National Museum of Natural Science, 1992, 3: 1-49.
- [24] Foreman H P. Radiolaria from DSDP Leg 20. Initial Reports of the DSDP, V. 20, Washington (U. S. Government Printing Office), 1973: 249-305.
- [25] Jud R. Biochronology and systematics of Early Cretaceous Radiolaria of the Weastern Tethys[J]. Memoires de Geologie (Lausanne), 1994, 19: 1-147.
- [26] Schaaf A. Late Early Cretaceous Radiolaria from Deep Sea Drilling Project Leg 62. Initial Report of the DSDP, V. 62, 1981: 419-470.
- [27] O'Dogherty L. Biochronology and Paleontology of Mid-Cretaceous Radiolarians from Northern Apennines (Italy) and Betic Cordillera (Spain) [J]. Memoires de Geologie (Lausanne), 1994: 21.
- [28] 同济大学海洋地质系编著. 古海洋学概论[M]. 上海: 同济大学出版社, 1989: 1-316. [Department of Marine Geology, Tongji University. Introduction Topaleoceanography [M]. Shanghai: Tongji University Press, 1989: 1-316.]

- [29] Kennett J P. Marine Geology [M]. New York: Prentice-Hall, 1982. 1-318.
- [30] Sano H, Yamagata T, Horibo K. Tectonostratigraphy of Mino terrane, Jurassic accretionary complex of southwest Japan[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1992, 96: 41-57.
- [31] Matsuoka A. Jurassic-Early Cretaceous tectonic evolution of the Southern Chichibu terrane, southwest Japan[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1992, 96: 71-88.
- [32] Vishnevskaya V. Significance of Mesozoic radiolarians for tectonostratigraphy in Pacific rim terranes of the former USSR[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1992, 96: 23-39.

MICROFOSSIL EVIDENCE FOR DEVELOPMENT OF MARINE MESOZOIC IN THE NORTH OF SOUTH CHINA SEA

WU Guo-xuan¹, WANG Ru-jian¹, HAO Hu-jun², SHAO Lei¹

(1 Tongji University, Shanghai 200092, China; 2 Shenzhen Branch of CNOOC Limited, Shenzhen 518067, China)

Abstract: Microfossils, including spores, pollen and radiolarian, were found in the Mesozoic which was first encountered in Well MZ-1-1 in the north of the South China Sea. The geological time of the spore and pollen assemblage dominated by *Classopollis* and *Cyathdites* is given as the middle Jurassic, which was recovered from the interval 2 187~2 388 m of Well MZ-1-1. The siliceous rocks occurring in the interval 1 725~1 887 m of this well contains late Jurassic to early Cretaceous radiolarian assemblages, mainly including *Caneta hsui*, *Loopus primitivus*, *Dibolachras* sp. cf. *D. apletopora*. The results of microfossil analysis have demonstrated the occurrence of marine Jurassic and Cretaceous in the north of the South China Sea. The spore and pollen assemblage dominated by *Classopollis* and *Cyathdites* reflects the tropical to subtropical coastal vegetation and coastal marshland that developed in the north of the South China Sea during the middle Jurassic. The deposition environment changed greatly and the deep water reigned in this region during the late Jurassic to early Cretaceous.

Key words: marine microfossils; Mesozoic; northern part of South China Sea