

郭兴伟, 卢辉楠, 张训华, 等. 大陆架科学钻探 CSDP-2 井揭示的南黄海中—古生代古生物地层框架[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(11): 85-88.

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2021.206

大陆架科学钻探 CSDP-2 井揭示的南黄海中—古生代古生物地层框架

郭兴伟^{1,2}, 卢辉楠³, 张训华^{1,2}, 徐洪河³, 朱晓青^{1,2}, 唐鹏³, 张以春³, 季兴开³

(1 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071; 2 青岛海洋科学与技术试点国家实验室, 海洋矿产资源与探测技术功能实验室, 青岛 266237; 3 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008)

0 引言

大陆架科学钻探计划立足中国大陆架的地层、沉积、构造和地球物理特征等基础问题, 聚焦环境和资源等科学问题, 以获取连续的大陆架海底岩芯为手段, 综合研究东亚大陆边缘的地球科学系统。CSDP-2 井是大陆架科学钻探的第 2 口钻井, 位于南黄海中部隆起, 科学目标为系统揭示南黄海中—古生代的沉积与构造演化历史, 探讨其资源环境效应。利用古生物系统框定地层时代, 是地质演化与资源环境研究的基础。

CSDP-2 井钻遇了南黄海自早志留世—早三叠世近乎连续的海相地层, 钻探取芯率高达 99.3%。在岩芯中, 共发现蠕类、牙形石、菊石、孢子花粉、几丁虫、植物化石、非蠕有孔虫、三叶虫、双壳类、苔藓虫、腕足类、腹足类、疑源类、珊瑚、环毛藻类、沟鞭藻、鱼类、棘皮动物等多达 18 个门类的古生物化石, 本文将介绍古生物系统鉴定基础上的地层时代框架。

1 地质构造背景

南黄海在构造位置上北与苏鲁造山带相邻, 西以郯庐断裂与华北块体分界, 西南与下扬子块体陆区相连, 南以江绍断裂在海区东延断裂与华南块体相邻, 东与朝鲜半岛相邻。自北向南由 5 个二级构造

单元组成, 分别为千里岩隆起、北部拗陷、中部隆起、南部拗陷和勿南沙隆起。CSDP-2 井位于中部隆起上, 是目前南黄海揭示古生代地层最多最全的探井(图 1)。

南黄海在晋宁期变质基底之上, 震旦纪—早古生代主要发育碳酸盐岩台地沉积, 加里东运动造成了中志留世—中泥盆世的沉积间断; 晚志留世—早中三叠世浅海与海陆交互沉积发育, 印支运动造成地层的逆冲推覆和大量剥蚀; 中三叠世后发育陆相沉积; 晚白垩世—古近纪受太平洋域影响在南部和北部发育断陷盆地; 新近纪—第四纪转变为拗陷盆地。在中部隆起上, 表现为印支不整合面, 即新近系直接超覆在被印支运动改造的中—古生代海相地层之上。

2 钻遇的中—古生代地层

CSDP-2 井完井深度 2 843.18 m, 印支不整合面之下的早志留世—早三叠世地层, 经印支运动破坏发生逆冲推覆和地层倾斜, 但除了加里东区域沉积间断之外近乎连续。根据岩性组合和区域对比, 并经系统古生物鉴定, 钻遇的中—古生代海相地层被认为: 下三叠统青龙组, 二叠系大隆组、龙潭组、孤峰组、栖霞组和船山组上部, 石炭系船山组下部、黄龙组、高骊山组和擂鼓台组顶部, 泥盆系擂鼓台组下部和观山组, 志留系茅山组、坟头组、侯家塘组和高家边组, 其岩性组合见表 1。

3 古生物地层框架

3.1 志留系

志留系的生物地层学以笔石和牙形石为主导,

收稿日期: 2021-09-01

资助项目: 国家自然科学基金(41776081); 国家海洋地质专项项目(DD20160147)

作者简介: 郭兴伟(1978—), 男, 博士, 教授级高工, 主要从事海洋区域地质与构造地质等方面的研究工作。E-mail: xwguo_qd@126.com

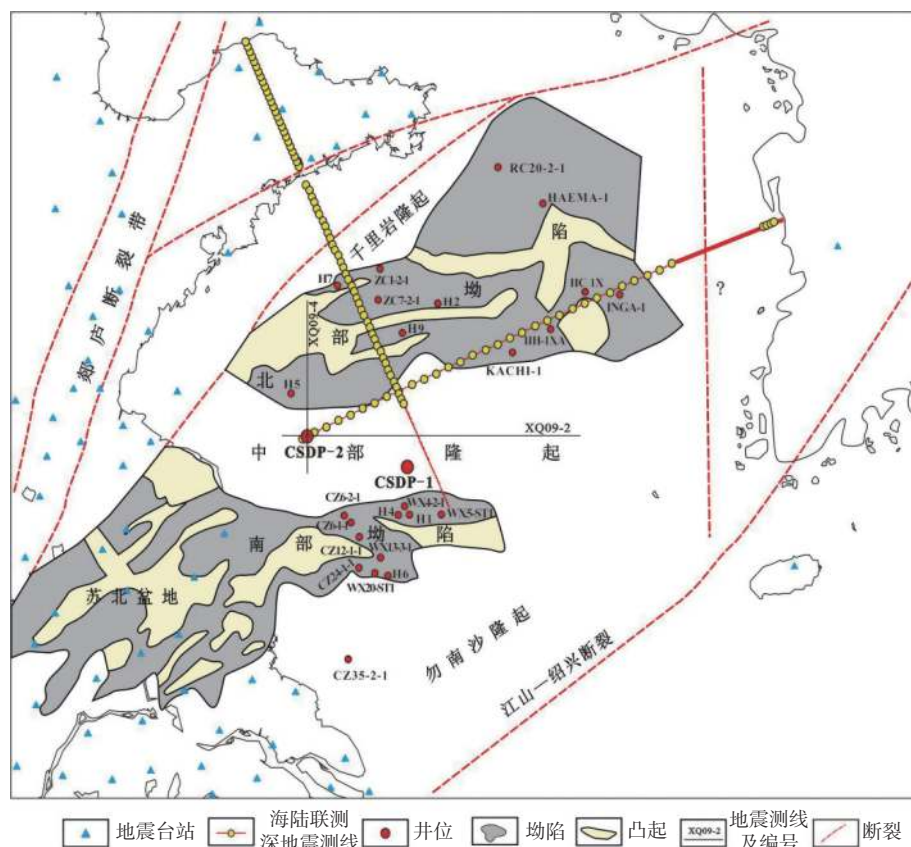


图1 南黄海构造区划与 CSDP-2 井位示意图

Fig.1 Structure division of the South Yellow Sea and location of Well CSDP-2

也参照几丁虫、腕足类、三叶虫等。在靠近井底的高家边组 2 832.38 m 出现的几丁虫 *Conochitina ed-jelensis* Tau., 时代延限为埃隆阶晚期至特列奇阶, 2 813.88 m 的腕足类 *Nalivkina* 常见于扬子区兰多维列统。坟头组 2 395.58 m 的中华棘鱼 *Sinacanthus* 棘刺为宁镇地区坟头组、茅山组的常见分子。高家边组至坟头组 2 356.68~2 819.8 m 的疑源类也大致为兰多维列统。所以, 认为志留系的高家边组为兰多维列统埃隆阶, “侯家塘组”、坟头组和茅山组为兰多维列统特列奇阶。

3.2 泥盆系

泥盆系陆相、滨海相或海相夹层的地层时代可依靠孢子和植物。观山组至擂鼓台组中下部 2 034.68~2 138.28 m 出现 *Aneurospora asthenolabrata* - *Apiculiretusispora gannanensis* - *Asperispora acuta* (AGA) 孢子组合, 与华南及西欧相关组合的对比显示, 属上泥盆统法门阶。

3.3 石炭系

石炭系是生物快速发展的时期, 存在大量有

孔虫和牙形石等标志性化石, 同时也是植物繁盛的成煤期, 陆地与浅海中有大量孢粉。擂鼓台组上部 2 031.28~2 034.10 m 出现 *Auroraspora macra-Lophozonotriletes involutus* (MI) 孢粉组合, 可与宁镇地区五通群擂鼓台组上部的 *Auroraspora macra-Dibolisporites distinctus* (MD) 组合对比, 高骊山组 1 986.5 m 出现 *Triquitrites-Lycospora* (YL) 孢粉组合, 地层年代均为密西西比亚系下统杜内阶。宾夕法尼亚亚系的蠕类组合具有时代意义, 黄龙组 1 867.08~1 936.48 m 出现 *Fusulinella-Fusulina* 组合带, 地层时代为莫斯科阶; 黄龙组 1 835.28~1 867.08 m 出现 *Protriticites-Obsoletes* 组合带, 地层时代为卡西莫夫阶; 黄龙组 1 818.1~1 835.28 m 和船山组下部 1 814.58~1 818.1 m 出现 *Triticites-Quasifusulina* 组合带, 地层时代为格舍尔阶。

3.4 二叠系

二叠系蠕类、牙形石、孢粉等都具标志性意义。井中发现 3 个蠕带: 船山组 1 735~1 814.58 m 的 *Sphaeroschwagerina* 带, 为乌拉尔统阿瑟尔期至萨克马尔阶; 1 733.8~1 735 m 的 *Pseudochusenella*

表 1 CSDP-2 井中—古生代岩性描述与古生物地层

生物地层																
界	系	亚系统	阶	组	深度 /m	岩性	岩性描述	几丁虫	藤足类	鱼类	植物	孢粉	菊石	笔	牙形刺	
中生界	三叠系	下三叠统	印度阶	青龙组	700-800		主要为灰色含灰粉砂质泥岩、含灰泥质粉砂岩夹薄层泥质灰岩，局部见红褐色灰质泥岩，底部发育灰白色瘤状灰岩						<i>Ophiceras</i> idae (703.91-860.7 m)		<i>Clarkina planata</i> 生物带 (859.1 m-862.5 m) <i>Hindoceras parvus</i> 生物带 (863.5 m)	
			长兴阶	大隆组	900		灰白色厚层钙质细、粉砂岩与深灰色、灰黑色泥岩								<i>Clarkina changxingensis</i> - <i>C. deflecta</i> - <i>C. yini</i> 生物带 (867.4-874.8 m) <i>Clarkina yangi</i> - <i>C. subcarnad</i> 生物带 (886.9 m) <i>Clarkina orientalis</i> 生物带 (894.5-910 m)	
古生界	二叠系	乐平统	吴家坪阶		1000-1100		以灰色细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩与暗色粉砂泥岩、泥岩互层为主，见少量白云质粉砂岩和泥晶白云岩									
			卡匹敦阶		1200-1500		灰色、灰黑色长石岩屑砂岩、泥质粉砂岩和泥岩互层，底部为深灰色、灰黑色泥岩、夹薄煤层									
古生界	二叠系	瓜德鲁普统	沃德阶		1600		黑色硅质泥岩夹薄煤层									
			莫斯柯阶		1700-1800		上部为灰黑色臭灰岩和黑色硅质泥岩，中部为粉、细砂岩互层，下部以灰黑色薄层泥岩互层、灰黑色、深灰色厚层含生屑泥晶灰岩、以肉红色生屑泥晶灰岩为主，下部发育杂色角砾灰岩、砂质泥晶灰岩									
古生界	石炭系	上石炭统	巴什基尔阶		1900		灰色泥质杂基支撑细砾岩、见紫红色粉砂质泥岩									
			法门阶		2000-2100		以灰色厚层中-细粒石英砂岩为主，夹灰、灰黑色泥质粉砂岩和泥岩									
古生界	泥盆系	上泥盆统	茅山组		2200-2300		深灰色中-细粒石英砂岩及岩屑石英砂岩，夹红褐色、灰紫色泥岩和粉砂质泥岩									
			特列奇阶		2400-2500		主要为灰黑色泥岩与灰色粉砂岩，上部见灰绿色泥岩，顶部发育一套深灰色细-粉晶白云岩									
古生界	志留系	兰多维列统	“侯家”螺组		2600		下部紫红色泥岩与上部灰绿色岩屑石英砂岩夹中部微-细晶白云岩									
			埃隆阶		2700-2800		深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂质泥岩	粉砂质泥岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
			粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									
古生界	泥盆系	粉砂岩	粉砂岩				深灰色、灰黑色泥岩									

cushmani 带, 为乌拉尔统阿丁斯克阶; 龙潭组下部 1 223.8 m 的 *Parafusulina dingjiashanensis* 带, 为瓜德鲁普统卡匹敦阶。井中发现 3 个孢子花粉组合: 栖霞组下部 *Laevigatosporites minimus* - *Florinites florini* 组合, 为乌拉尔统空谷阶; 龙潭组下部 1 381.7~1 592.4 m 的 *Crucisaccites quadratoides* - *Limitisporites rhombicorpus* 组合, 为瓜德鲁普统中晚期; 龙潭组上部 959.6~1 378.8 m 的 *Macrotrispora media-Anticapipollis tornatilis* 组合, 井段, 为瓜德鲁普统晚期至乐平统早期。井中发现 4 个牙形石带: 孤峰组 1 647.98 m 的 *Mesogondolella nanjingensis* 动物群, 为瓜德鲁普统罗德阶; 大隆组 894.5~910 m 的 *Clarkina orientalis* 生物带, 为乐平统吴家坪阶晚期; 大隆组 886.9 m 的 *Clarkina wangi* - *C. subcarinata* 生物带, 为乐平统长兴阶早期; 大隆组 867.4~874.8 m 的 *Clarkina. Changxingensis* - *C. deflecta* - *C. yini* 生物带, 为乐平统长兴阶晚期。

综上, 乌拉尔统包含了船山组上部和栖霞组, 孤峰组为瓜德鲁普统的罗德阶至沃德阶, 龙潭组下部 1 202.6 m 作为瓜德鲁普统和乐平统的界线, 龙潭组上部为乐平统吴家坪阶, 大隆组为乐平统长兴阶。

3.5 三叠系

三叠系的生物地层划分在中国华南区主要依

靠牙形石, 辅以菊石和孢粉等。青龙组 863.5 m 发现 *Hindeodus parvus* 牙形石带, 包括 *Hindeodus parvus*, *Hindeodus praeparvus*, *Hindeodus typicalis*, 此带为印度阶底界的“金钉子”, 其首现代表三叠纪的开始。859.1~862.5 m 出现 *Clarkina planata* 牙形石带, 含 *Clarkina planata*, *C. meishanensis* 和 *Hindeodus typicalis* 等, 可与广西、四川、湖北、江西、浙江、江苏和安徽等地下三叠统近底部的同名带对比。703.91~860.7 m 出现多个菊石 *Ophiceratidae*, 其首现往往作为接近三叠系底部的标志。所以, 青龙组为下三叠统印度阶。

4 结论

(1) 大陆架科学钻探 CSDP-2 井提供了早志留世—早三叠世近乎连续的实物岩芯资料。

(2) 井中发现 18 个门类的古生物化石, 经鉴定和区域对比, 发现前 3 个门类中各有 5 个牙形石生物带、蜓类带和孢粉组合, 它们与多个疑源类、几丁虫和菊石等都具有时代指示意义, 系统建立了南黄海志留纪—三叠统埃隆阶—下三叠统印度阶的古生物地层框架。

(3) 南黄海中—古生代古生物地层框架是沉积构造演化、地球物理特征以及资源环境研究的重要基础。