

王文娟, 陈建文, 雷宝华, 等. 下扬子巢湖鼓地 1 井五峰-高家边组生物地层及部分笔石带缺失原因[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(4): 61-68.

下扬子巢湖鼓地 1 井五峰-高家边组生物地层 及部分笔石带缺失原因

王文娟^{1,2,3}, 陈建文^{1,2,4,5*}, 雷宝华^{1,2}, 张银国^{1,2,6}

(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国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室, 青岛 266237; 3 中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛 266100; 4 山东科技大学, 青岛 266510; 5 河海大学, 南京 210098; 6 中国石油大学(华东), 青岛 266590)

摘要:鼓地 1 井位于安徽巢湖鼓山, 该井开口层位即为高家边组地层, 在 770.5~1 234.5 m 处钻遇高家边组(下段)和五峰组黑色笔石页岩, 笔者据此开展了该井笔石生物地层研究及其部分笔石带缺失的原因分析。鼓地 1 井由下而上能鉴定出 *Dicellograptus complexus-Paraorthograptus pacificus* 带(WF2-WF3)、疑似 *Akidograptus ascensus* 带(LM2)、*Coronograptus cyphus* 带(LM5)、*Demirastrites triangulatus* 带(LM6, 未见顶) 4 个生物地层单元。与下扬子区连续沉积的五峰-高家边组笔石生物带相比, 鼓地 1 井缺少 *Metabolograptus extraordinarius-Metabolograptus persculptus* 带(WF4-LM1) 和 *Parakidograptus acuminatus-Cystograptus vesiculosus* 带(LM3-LM4)。分析认为, 受“江南古陆”扩展的影响, 鼓地 1 井可能在 WF4-LM1 时期存在沉积间断, 并未接受沉积; 而 LM3-LM4 在邻区可见, 推测是由于鼓地 1 井位于逆冲推覆构造带上, 受构造滑脱的影响致使该段地层缺失; 这些原因也导致了该井五峰-高家边组有利黑色页岩厚度小。*Coronograptus cyphus* 带和 *Demirastrites triangulatus* 带(LM5 和 LM6) 厚度大, 应是受逆冲推覆构造的影响, 地层出现了重复。

关键词:黑色页岩; 五峰组; 高家边组; 笔石带; 下扬子地区

中图分类号: P539; Q911.6

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2021.032

0 引言

前人研究表明, 五峰组和龙马溪组(高家边组)黑色页岩是扬子区非常有利的页岩气层段^[1-4]。在过去近 10 年间, 扬子区五峰组和龙马溪组页岩气勘探取得了重大突破, 尤其是上扬子涪陵地区和长宁-威远地区已经实现了页岩气的开发^[5-6]。陈旭等^[7]利用笔石带的精确卡位, 在纵向上找准了上扬子区龙马溪组页岩气勘探的有利“甜点层”; 在平面上圈定了黑色页岩的“甜点区”, 为该地区页岩气勘探奠

定了地层理论基础。陈清等^[8]研究认为, 虽然在凯迪晚期至赫南特期, 由于“江南古陆”的抬升切断了上、下扬子的连通, 从而形成上、下扬子区 2 个独立的海湾, 但整体来看, 下扬子区的五峰组和高家边组 2 套黑色页岩与上扬子区的五峰组和龙马溪组仍然具有较好的可对比性, 均具有页岩气勘探开发潜力。自发现下扬子志留系的笔石以来, 我国诸多学者如许杰^[9]、潘江^[10]、朱兆玲等^[11]、李积金^[12]等对下扬子志留系的生物地层学进行了建立和完善。近年来, 随着页岩气的勘探, 下扬子五峰-高家边组建立起了相对完整的笔石地层序列^[13-14]。本文基于鼓地 1 井钻井材料, 开展了钻井笔石生物地层划分及特征研究, 分析了该井五峰-高家边组部分有利黑色笔石页岩地层缺失的原因。

1 鼓地 1 井钻探地质概况

鼓地 1 井(GD-1)位于安徽巢湖东部鼓山向斜

收稿日期: 2021-02-08

资助项目: 中国地质调查局项目(DD20190818)

作者简介: 王文娟(1980—), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事古生物地层与海洋油气调查工作。E-mail: wangwenj04@163.com

* 通讯作者: 陈建文(1965—), 男, 博士, 研究员, 主要从事海域油气资源调查评价与研究。E-mail: jwchen2012@126.com

的东南翼(图1)。鼓山紧邻庐庐断裂带,位于下扬子板块沿江隆坳褶皱带半汤逆冲推覆构造带上,是典型的向斜成山的代表。鼓山向斜核部出露泥盆系五通组,翼部出露志留系高家边组中—上段地层。该向斜为短轴向斜,两翼较缓,地层倾角为25°~

45°。该井开孔层位即为高家边组,终孔层位为中元古界,完钻井深为2 778.4 m。五峰-高家边组下段(井深范围为770.5~1 234.5 m)为本次笔石生物地层研究的主要对象,该井未见高家边组之下的新开岭层(相当于观音桥层)。



图1 鼓地1井钻井位置
Fig.1 Location of well GD-1

2 生物地层划分与对比

笔石是全球公认的研究奥陶系和志留系碎屑岩相生物地层的第1门类化石,其笔石带具有国际可通用性。近年来,陈旭等^[1]对上扬子区五峰组和龙马溪组含笔石黑色页岩地层进行了精细研究,建立了扬子区奥陶—志留系之交完整的笔石带序列,其中五峰组划分为 *Dicellograptus complanatus-Metabolograptus extraordinarius* 带(WF1—WF4) 4个笔石生物带,龙马溪组划分为 *Metabolograptus persculptus-Spirograptus guerichi*(LM1—LM9) 9个笔石生物带,成为扬子区域地层划分和对比的标尺(表1)。笔者据此对鼓地1井黑色页岩地层进行了划分和对比(图2、3)。鉴于岩心有限或井下化石保存不良等问题,各笔石带化石的首现位置可能略低于井中标定位置。无带化石出现的层段,笔石带的底界以该带特征分子首现为准。

2.1 鼓地1井五峰组生物地层

鼓地1井在1 253.3~1 234.5 m处钻遇下扬子汤头组典型灰色小瘤状泥岩,因此,将1 234.5 m确

表1 扬子区奥陶—志留系之交笔石带序列^[1]

Table 1 Subdivision of the Ordovician-Silurian graptolite biozones in the Yangtze region^[1]

系	统	阶	生物带	年龄/Ma	组	
志留系	特别奇阶	N2	<i>Spirograptus turriculatus</i>	438.19	南江组	
		LM9/N1	<i>Spirograptus guerichi</i>	438.59		
	兰多维尔统	埃隆阶	LM8	<i>Stimulograptus sedgwickii</i>	438.85	龙马溪组(高家边组)
		LM7	<i>Lituigraptus convolutus</i>	439.43		
		LM6	<i>Demirastrites triangulatus</i>	440.49		
		LM5	<i>Coronograptus cyphus</i>	440.82		
		鲁丹阶	LM4	<i>Cystograptus vesiculosus</i>	441.54	
	LM3	<i>Parakidograptus acuminatus</i>	442.39			
	LM2	<i>Akidograptus ascensus</i>	443.07			
奥陶系	赫南特阶	LM1	<i>Metabolograptus persculptus</i>	443.95	观音桥层	
		WF4	<i>Metabolograptus extraordinarius</i>	445.21		
	凯迪阶	Paraoithogr. pacificus	3c	<i>Diceratogr. mirus</i>	Manosia	五峰组
			3b	<i>Tangyagraptus typicus</i>		
			3a	下部亚带		
		WF2	<i>Dicellograptus complexus</i>	449.13		
WF1	<i>Foliomena-Nankinolithus</i>		涧草沟组			

WF1: *Dicellograptus complanatus* 带;表中各带同位素年龄值引自 GRADSTEIN等(2020)^[15],代表各带底界年龄

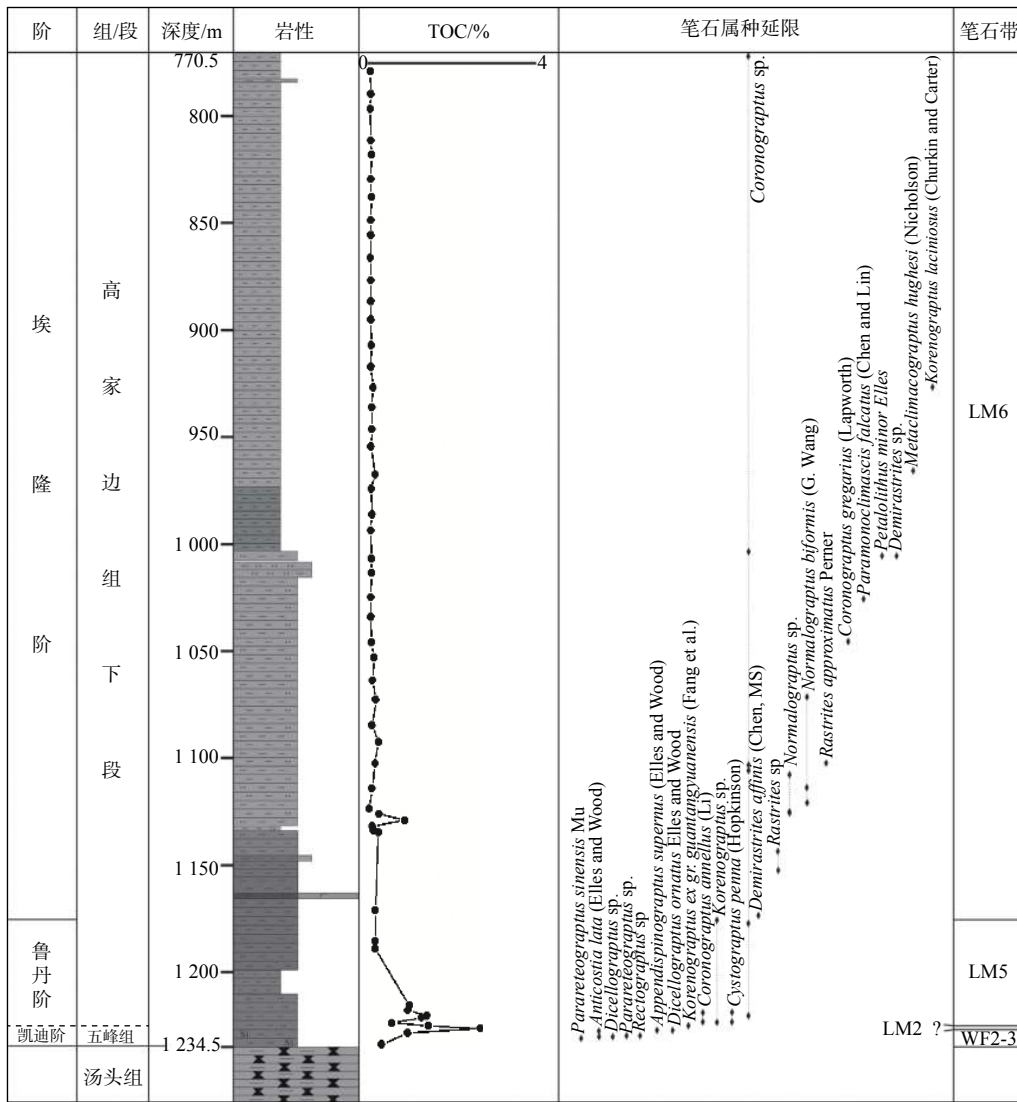


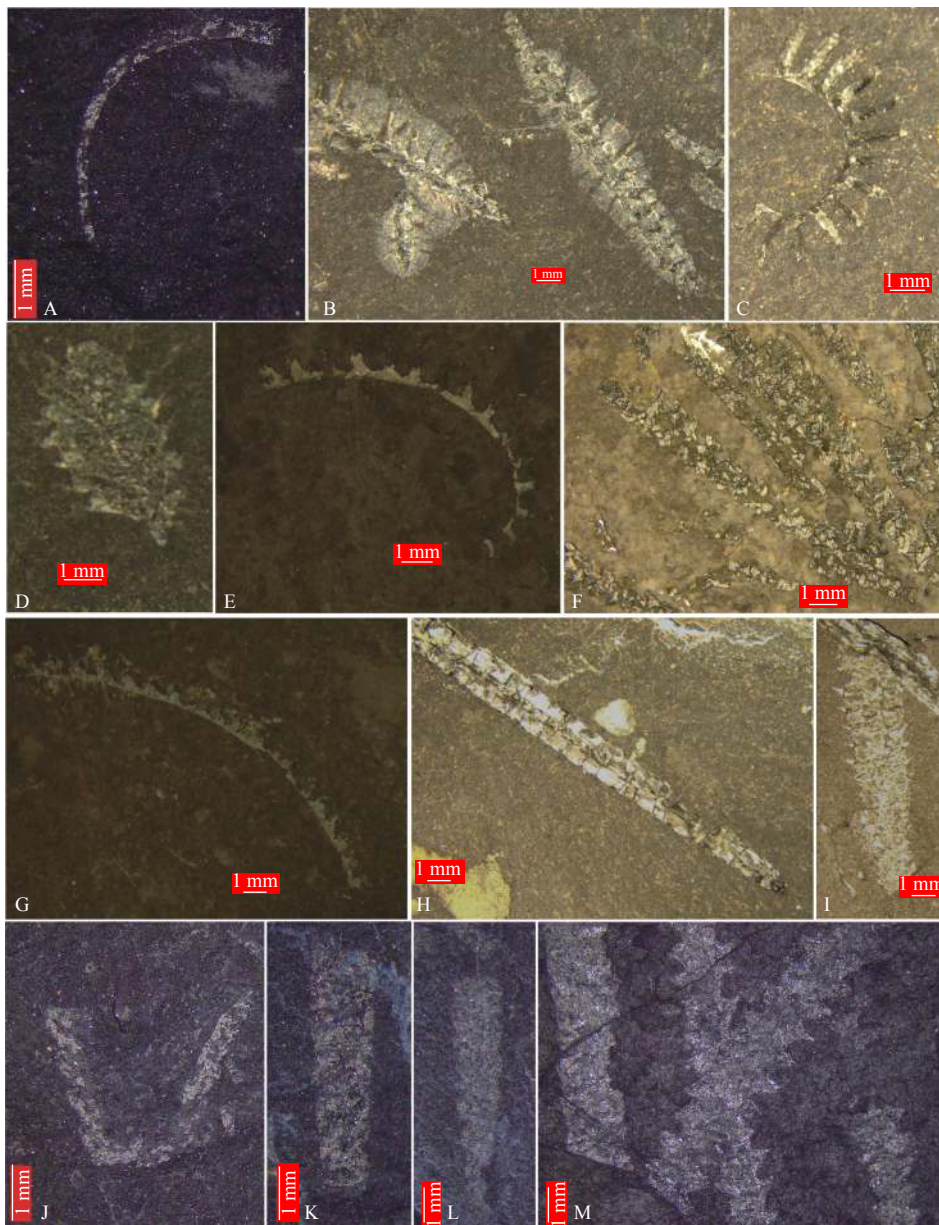
图 2 鼓地 1 井五峰-高家边组综合地层柱状图

Fig.2 Integrated stratigraphic column of Wufeng-Kaochiapien Formations of the well GD-1

定为汤头组的顶界、五峰组的底界。该井岩心在 1 232.3 m 出现 *Parareteograptus sinensis* Mu, 1974 (该分子的延限为 WF2—WF3 的下部)^[17]; 在 1 231.9 m 见 *Dicellograptus* sp. 和 *Anticostia lata* (Elles and Wood, 1907), 后者分子延限为 WF2 上部至 WF3 上部^[18]; 在 1 231.5 m 见 *Parareteograptus* sp., *Rectograptus* sp.; 在 1 228.3 m 依然出现典型的五峰组笔石, 见 *Dicellograptus ornatus* Elles and Wood, 1904 (分子延限为 WF2—WF4)^[19]、*Anticostia lata* (Elles and Wood, 1907) 及 *Appendispinograptus supernus* (Elles and Wood, 1906), 后者分子延限较长, 可出现在 WF1—WF4^[19]; 在 1 227.3 m 见双列笔石断枝, 无法鉴定。至 1 226.2 m 出现典型的志留系高家边组 LM2 的笔石 *Korenograptus* ex gr. *Guantangyuanensis* (Fang et al., 1990)^[20], 因此, 将 1 226.2 m 确定

为高家边组的底界、五峰组的顶界, 其间未见新开岭层。该段岩心地层较完整, 产状较一致, 表示其受后期构造作用改造不强(图 4)。该段岩心未出现 WF4—LM1 特征笔石分子, 这与陈清等^[8]对“江南古陆”地质历史的研究结果一致。“江南古陆”在 WF4 早期已由江西北部逐渐扩展至鄂东和皖南地区, 巢湖地区所在的“庐江-无为-含山-和县”地区上奥陶统上部地层普遍缺失, 因此, 受“江南古陆”扩展的影响, 鼓地 1 井可能在 WF4—LM1 时期并未接受沉积, 该井五峰组与高家边组呈假整合接触。下扬子区域地层分布显示大多数地点缺失 WF1, 因此, 将该井 1 234.5~1 226.2 m 段岩心划分为 WF2—WF3 比较合理, 厚度 8.3 m。

2.2 鼓地 1 井高家边组生物地层



(A) *Coronograptus annellus* (Li, 1982), 1 224.5 m; (B) *Metaclimacograptus hughesi* (Nicholson, 1869), 966.2 m; (C) *Rastrites approximatus* Perner, 1897, 1 103.9 m; (D) *Petalolithus minor* Elles, 1897, 1 007.0 m; (E) *Demirastrites affinis* (Chen, MS), 1 037.4 m; (F) *Korenograptus lacinosus* (Churkin and Carter, 1970), 928.3 m; (G) *Demirastrites* sp., 1 007.0 m; (H) *Normalograptus bififormis* (Wang G, 1978), 1 097.3 m; (I) *Parareteograptus sinensis* Mu, 1974, 1 232.3 m; (J) *Dicellograptus ornatus* Elles and Wood, 1904, 1 228.3 m; (K) *Anticostia lata* (Elles and Wood, 1907), 1 228.3 m; (L) *Appendispinograptus supernus* (Elles and Wood, 1906), 1 228.3 m; (M) *Korenograptus* ex gr. *Guantangyuanensis* (Fang et al, 1990), 1 226.2 m

图3 鼓地1井五峰-高家边组部分典型笔石^[16]

Fig.3 Some typical graptolites of Wufeng-Kaochiapien Formations in well GD-1^[16]

鼓地1井在1 226.2 m出现 *Korenograptus* ex gr. *Guantangyuanensis* (Fang et al, 1990)。方一亭等^[20]在江西武宁梨树窝以 *Korenograptus Guantangyuanensis* 确定“*climacograptus anjiensis*”带相当于 *Akidograptus ascensus* (LM2)。鼓地1井在1 224.5 m见 *Cystograptus penna* (Hopkinson, 1869) (分子延限为LM4—LM5)^[21]、*Korenograptus* sp.和 *Coronograptus annellus* (Li, 1982) (后者为LM5分子)^[22]。鉴

于 *Coronograptus annellus* (Li, 1982) 的出现, 将1 224.5 m确定为LM5的底界, LM2的顶界。从扬子区区域地层分布来看, LM2—LM4地层厚度通常>10 m(表2), 鼓地1井1 226.2~1 224.5 m仅厚1.7 m, 期间明显的挤压破碎带可能代表了LM3—LM4因滑脱构造而缺失(图5)。

如前所述, 鼓地1井LM5底界在1 224.5 m, 之后在1 222 m发现 *Cystograptus penna* (Hopkinson,

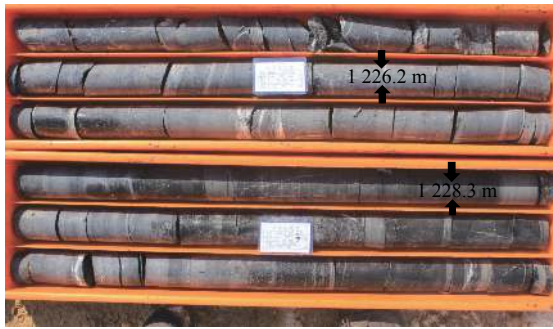


图 4 鼓地 1 井五峰-高家边组岩心假整合接触关系
Fig.4 Disconformity between the Wufeng-Kaochiapien Formations of the well GD-1

1869)和 *Coronograptus* sp.; 在 1 221.8 m 见 *Coronograptus annellus*(Li, 1982)。至 1 175.5 m 出现 *Demi-rastrites affinis*(Chen, MS)(LM6 分子), 以此确定为

LM6 的底界, LM5 的顶界。该井 1 224.5~1 175.5 m 段划分为 LM5, 厚 49 m。本段地层厚度大于邻区 LM5 的厚度较多(表 2), 可能并不代表其真实厚度, 而是由于地层重复导致了厚度增加。

该井在 LM6 的底界 1 175.5 m 之后出现了 LM6 普遍发育的 *Coronograptus gregarius*(Lapworth, 1876)、*Petalolithus minor* Elles, 1897; *Rastrites approximates* Perner, 1897 及 *Rastrites* sp.等笔石, 至 770.5 m 不再出现笔石化石, 未见 LM7 的化石。据此将该井 1 175.5~770.5 m 段划分为 LM6, 厚度 405 m。本段地层厚度远大于扬子区 LM6 厚度(表 2), 与 LM5 相似, 也并不代表 LM6 的真实厚度。

表 2 扬子区钻井生物地层划分及厚度对比

Table 2 Graptolite biozones and thickness correlation of the Yangtze area

地层	笔石带	下扬子地区						上扬子地区									
		鼓地1井(本文)		皖含地1井 ^[14]		仑山5井 ^[13]		新地2井 ^[23]		宁211井 ^[24]		威202井 ^[25]		焦页1井 ^[26-27]		巫溪2井 ^[28-29]	
阶		井深/m	厚度/m	井深/m	厚度/m	井深/m	厚度/m	井深/m	厚度/m	井深/m	厚度/m	井深/m	厚度/m	井深/m	厚度/m	井深/m	厚度/m
特别奇阶	N2							未见顶		未见顶		未见顶				未见顶	
	LM9/N1							1 915.5		2 180		2 541.63	>6?	未见顶		1 564.2	>53.79
埃隆阶	LM8							1 968.49	52.99	2 213.16	33.16	2 546.79	5.16	2 344.19	>44.19	1 599.1	34.9
	LM7	未见顶底		未见顶底		未见顶底		2 009.14	40.65	2 251.73	38.57	2 551.08	4.29	2 348.22	4.03	1 610.91	11.81
	LM6	1 175.5	405	1 280	13.95	9.6	9.6	2 045.67	36.53	2 313.44	61.71	2 561.6	10.52	2 367.43	19.21	1 613.86	2.95
鲁丹阶	LM5	1 224.5	49	1 290	10	27	17.4	2 047.77	2.1	2 326.97	13.53	2 567.34	5.74	2 390.58	23.15		
	LM4			1 300.25	10.25	33.2	6.2	2 056.97	9.2	2 337.21	10.24			2 404.27	13.69	1 620.47	6.61
	LM3	缺失		缺失	1.3(破碎带)	35.6	2.4	2 064.55		2 342.2	4.99	2 571.79	4.45	2 407.76	3.49	1 624.67	4.2
	LM2	1 226.2(?)	1.7			39.4	3.8	2 069.37	12.4	2 346.33	4.13			2 407.76	3.49	1 624.67	4.2
赫南特阶	LM1			缺失	1.3(破碎带)	40.2(?)	0.8	2 070.44(?)	1.07	2 349.04	2.71			2 412.1	4.34	1 628.9	4.23
	WF4	缺失						2 080.1	9.66	2 351.67	2.63	2 579.6	7.81	2 412.52	0.42	1 629.1	0.2
凯迪阶(上部)	WF3	1 234.5	8.3	1 308	6.45	44.3	14.1	2 080.94	0.84	2 353.99	2.32					2 415.2	2.68
	WF2			1 309.15	1.15			2 081.62	0.68			2 415.36	0.16				
	WF1			1 309.95	0.8									2 415.36	0.16		
总厚度			464		43.9		54.3		166.12		177.5				>115.36		>125.59

注: 表中井深代表底界深度



图 5 鼓地 1 井高家边组岩心 LM2—LM5 之间破碎带
Fig.5 A fracture zone between LM2 to LM5 zones of the Kaochiapien Formation found in well GD-1

巢湖地区所在的下扬子板块沿江逆冲推覆构造带, 西北以滁河-罗河断层为界, 东南濒长江沉降带, 总体呈 NE 向延伸, 宽 11~25 km, 长约 300 km。巢湖地区中-古生代海相地层自沉积以来主要经历了印支运动晚期—燕山运动早期、燕山运动中晚期和喜山运动 3 期主要构造运动的变形, 形成了以 NE 向褶皱为主, NNE 向拉分断陷和 SN 向拆离的构造格局^[30-31], 具有向斜成山、背斜成谷的地貌特征。

扬子区五峰组-龙马溪组黑色笔石页岩“甜点

3 讨论

层”主要集中在 WF2—LM4^[1,32],与扬子区域地层相比,鼓地1井五峰组 WF2—WF3 显示出与其一致的较高总有机碳含量(TOC)(图2)。由于受滑脱构造的影响,鼓地1井高家边组缺失了 LM3—LM4 甚至 LM2(?)的大部分,造成鼓地1井该段优质页岩厚度减薄,从而错失大部分“甜点层”段。但与鼓地1井位于同一台褶带上的仑山5井则发育有较好的 LM2—LM6, TOC 值也较高,证实该地区仍具有勘探潜力^[3,13]。

鼓地1井 LM5 和 LM6 的厚度远远大于扬子区整体上 LM5 和 LM6 厚度(表2)。对鼓地1井岩心的观察发现, LM5 和 LM6 地层多处存在明显的挤压牵引揉皱、挤压破碎、地层产状变化大(甚至杂乱)和高角度裂缝等构造现象(图6、7),说明自中生代以来的构造运动对巢湖地区的改造作用很大,相距很近的钻井(如鼓地1井和皖含地1井)钻井笔石带地层表现出很大差异。可见该地区单点位置并不具有区域代表性,在烃源岩评价和页岩气勘探中必须充分考虑钻采区构造发育条件。

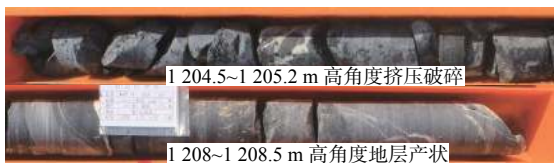


图6 LM5 挤压破碎、高角度产状地层和裂缝特征
Fig.6 Characteristics of compressional fractures, high angle attitude strata and cracks in LM5



图7 LM6 挤压揉皱破碎、高角度产状地层和裂缝特征
Fig.7 Characteristics of compressional and crumpled fractures, high-angle occurrence strata and cracks in LM6

4 结论

(1)根据钻井笔石带分析认为,鼓地1井五峰-高家边组下段地层自下向上发育 WF2—WF3、LM2(?)、LM5 和 LM6(未见顶)4个笔石带。

(2)通过与下扬子区完整的生物地层序列以及古地理研究对比分析认为,受“江南古陆”扩展的影响,鼓地1井可能未沉积 WF4—LM1。与扬子区各笔石带厚度对比认为,由于鼓地1井位于逆冲推覆构造带上,地层的重复导致了该井 LM5 和 LM6 发育厚度过大;后期受构造滑脱的影响,导致了 LM3—LM4 的缺失。

致谢:感谢中国科学院南京地质古生物研究所陈旭院士对本文笔石鉴定工作的指导!

参考文献:

- [1] 陈旭,樊隽轩,张元动,等.五峰组及龙马溪组黑色页岩在扬子覆盖区内的划分与圈定[J].地层学杂志,2015,39(4):351-358.
- [2] 张金川,杨超,陈前,等.中国潜质页岩形成和分布[J].地学前沿,2016,23(1):74-86.
- [3] 贾东,胡文瑄,姚素平,等.江苏省下志留统黑色页岩浅井钻探及其页岩气潜力分析[J].2016,2(1):127-137.
- [4] 邹才能,赵群,丛连铸,等.中国页岩气开发进展、潜力及前景[J].天然气工业,2021,41(1):1-14.
- [5] 梁榜,李继庆,郑爱维,等.涪陵页岩气田水平井开发效果评价[J].天然气地球科学,2018,29(2):289-295.
- [6] 谢军.长宁—威远国家级页岩气示范区建设实践与成效[J].天然气工业,2018,38(2):1-7.
- [7] 陈旭,樊隽轩,王文卉,等.黔渝地区志留系龙马溪组黑色笔石页岩的阶段性渐进展布模式[J].中国科学(D辑:地球科学),2017,47(6):720-732.
- [8] 陈清,樊隽轩,张琳娜,等.下扬子区奥陶纪晚期古地理演变及华南“台-坡-盆”格局的打破[J].中国科学(D辑:地球科学),2018,48(6):767-777.
- [9] 许杰.长江下游之笔石化石[M].国立中央研究院地质研究所专刊(甲种第四号),1934:1-108.
- [10] 潘江.宁镇山脉古生代地层的新认识[J].地质学报,1956,36(1):1-24.
- [11] 朱兆玲,许汉奎,陈旭,等.安徽滁县、全椒及南京、六合地区早古生代地层[J].中国科学院南京地质古生物研究所丛刊,1984(7):311-338.
- [12] 李积金.安徽南部下志留统笔石[J].南京:中国科学院南京地质古生物研究所丛刊,1999(14):70-157.
- [13] WANG W H, HU W X, CHEN Q, et al. Temporal and spatial distribution of Ordovician–Silurian boundary black Graptolitic shales on the Lower Yangtze Platform[J]. *Palaeoworld*, 2017, 26: 444-455.
- [14] 熊强青,王中鹏,张娣,等.下扬子巢湖地区皖含地1井五峰组-高家边组下段生物地层[J].地层学杂志,2020,44(1):46-55.
- [15] GRADSTEIN F M, OGG J G, SCHMITZ M D, et al. Geologic Time Scale[M]. Amsterdam: Elsevier, 2020: 1-1390.
- [16] 陈旭,王文娟.巢湖旗鼓村鼓地1井五峰组和高家边组黑色页岩的地层划分与对比[R].南京:中国科学院南京地质古生物研究所,2018:1-8.
- [17] ŠTORCH P, MITCHELL C E, FINNEY S C, et al. Uppermost

- Ordovician (upper Kaitain-Hirnantian) graptolites of north-central Nevada, U. S. A[J]. *Bulletin of Geosciences*, 2011, 86(2): 301-368.
- [18] LOXTON J D. Graptolite diversity and community changes surrounding the late Ordovician mass extinction: high resolution data from the blackstone river Yukon[D]. Halifax Nova Scotia: Dalhousie University. 2017: 1-590.
- [19] CHEN X, FAN J X, MELCHIN M J, et al. Hirnantian (latest Ordovician) Graptolites from the Yangtze region, China[J]. *Palaeontology*, 2005, 48(2): 235-280.
- [20] 方一亭, 梁诗经, 张大良, 等. 江西省武宁县梨树窝组及其笔[M]. 南京: 南京大学出版社, 1990: 1-155.
- [21] ZALASIEWICZ J A, TALOR L, RUSHTON A W A, et al. Graptolites in British stratigraphy[J]. *Geological Magazine*, 2009, 146(6): 785-850.
- [22] 安徽省地质局区域地质调查队. 安徽笔石化石[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1982: 1-166.
- [23] 张娣, 于谦, 陆俊泽, 等. 云南永善-大关地区五峰组-龙马溪组黑色页岩生物地层划分与沉积环境探讨: 以新地2井为例[J]. *地球科学*, 2020, 45(3): 739-751.
- [24] 罗超, 王生兰, 石学文, 等. 长宁页岩气田宁211井五峰组-龙马溪组生物地层[J]. *地层学杂志*, 2017, 41(2): 142-152.
- [25] 王红岩, 郭伟, 梁峰, 等. 四川盆地威远页岩气田五峰组和龙马溪组黑色页岩生物地层特征与意义[J]. *地层学杂志*, 2015, 39(3): 289-293.
- [26] 郭旭升, 胡东风, 文治东, 等. 四川盆地及周缘下古生界海相页岩气富集高产主控因素: 以焦石坝地区五峰组-龙马溪组为例[J]. *中国地质*, 2014, 41(3): 893-901.
- [27] LIU Z H, ALGEO T J, GUO X S, et al. Paleo-environmental cyclicity in the early Silurian Yangtze Sea(South China): tectonic or glacio-eustatic control?[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2017, 466: 59-76.
- [28] 王红岩, 郭伟, 梁峰, 等. 宣汉-巫溪地区五峰组-龙马溪组黑色页岩生物地层特征及分层对比[J]. *天然气工业*, 2017, 37(7): 27-33.
- [29] 武瑾, 梁峰, 齐文, 等. 渝东北地区巫溪2井五峰组-龙马溪组页岩气储层及含气性特征. *石油学报*[J]. 2017, 38(5): 512-524.
- [30] 丁道桂, 王东燕, 刘运黎. 下扬子地区古生代盆地的改造变形[J]. *地质学前沿*, 2009, 16(4): 61-73.
- [31] 赵挺, 程海生, 陆英. 下扬子区中、古生界典型构造样式与油气勘探选区[J]. *复杂油气藏*, 2010, 3(2): 8-12.
- [32] 聂海宽, 李东晖, 姜涛, 等. 基于笔石带特征的页岩等时地层测井划分方法及意义[J]. *石油学报*, 2020, 41(3): 273-283.

CAUSE OF THE PARTIAL MISSING OF GRAPTOLITE ZONES IN WUFENG AND KAOCIPIEN FORMATIONS OF WELL GD-1, CHAOHU AREA, LOWER YANGTZE REGION

WANG Wenjuan^{1,2,3}, CHEN Jianwen^{1,2,4,5*}, LEI Baohua^{1,2}, ZHANG Yinguo^{1,2,6}

(1 Qingdao Institute of Marine and Geology, CGS, Qingdao 266071, China; 2 Laboratory for Mineral Resources, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China; 3 College of Marine Geoscience, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;

4 Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China; 5 Hohai University, Nanjing 210098, China;

6 China University of Petroleum (Huadong), Qingdao 266590, China)

Abstract: The well GD-1, located in Gushan, Chaohu of Anhui Province, is a well initiated from the Kaochiapien Formation. From 770.5 m to 1234.5 m, there occur black graptolite shale of the Kaochiapien Formation and Wufeng Formation. Graptolite biostratigraphy reveals that there are four graptolite biozones in an ascending order, say *Dicellograptus complexus-Paraorthograptus pacificus* (WF2-WF3) zones, *Akidograptus ascensus* (LM2?) zone, *Coronograptus cyphus* (LM5) and *Demirastrites triangulatus* (LM6) zones (No apical in LM6). Compared with the Wufeng and Lungmachi (Kaochiapien) Formations in the Yangtze Region, the graptolite biozones of *Metabolograptus extraordinarius-Metabolograptus persculptus* (WF4-LM1) zones and *Parakidograptus acuminatus-Cystograptus vesiculosus*(LM3-LM4) zones are lacking in the well GD-1, but found in other holes nearby. It is suspected that the WF4-LM1 zones may not have been deposited in the area surrounding the well GD-1 due to the expansion of 'Jiangnan Oldland'. The fact that the LM3-LM4 zones can be seen in the adjacent area but absence in well GD-1 may suggest the influence of the decollement structure, which also leads to the thinning of the black shale. The LM5 and LM6 zones are relatively thicker than the others in the Yangtze region, possibly due to the strata repetition affected by the thrust nappe tectonics.

Key words: black shale; Wufeng Formation; Kaochiapien Formation; graptolite biostratigraphy; Lower Yangtze

Region.