

文章编号: 1000-0550(2012)05-0847-12

安徽巢湖—南陵地区栖霞组碳酸盐岩定量微相分析^①

杜叶龙 李双应 王松 黄家龙 龚晓星

(合肥工业大学资源与环境工程学院 合肥 230009)

摘要 安徽巢湖—南陵地区栖霞组地层较为发育,厚度稳定,具有较高的有机质含量和良好的孔隙度。前人对本区栖霞组碳酸盐岩的微相研究均为定性的工作,因此,定量分析栖霞组碳酸盐岩的微相特征对其沉积相的进一步确定及油气资源的预测与勘探均具有重要的意义。栖霞组中第一段为斜坡中部沉积,颗粒和开阔海生物含量及颗粒/基质比最高,分别为35.65%、0.43%和0.70;第二段为斜坡下部沉积,颗粒含量和颗粒/基质比值最小,分别为24.69%和0.38,开阔海生物含量也最高,为0.43%;第三段为开阔台地沉积,具有较高的颗粒含量和最低的开阔海生物含量,分别为32.68%和0.34%;第四段为斜坡中上部沉积,具有较高的颗粒含量和颗粒/基质比,分别为29.91%和0.52,开阔海生物含量为2.39%。该结论与以往认识一致,进一步佐证了前人的研究成果。

关键词 定量微相分析 碳酸盐岩 栖霞组 巢湖 南陵 安徽

第一作者简介 杜叶龙 男 1985年出生 博士研究生 沉积环境与沉积相 E-mail: longyi258015310@163.com

中图分类号 P588.24⁺5 **文献标识码** A

安徽沿江地区二叠系栖霞组地层十分发育,厚度稳定,生物化石丰富,研究程度较高。无论是在生物地层方面,还是在层序、古地理方面均做了大量的工作^[1-6]。但对于栖霞组的主体沉积相一直存在不同的观点,基本为斜坡沉积^[7,8]和台地沉积^[9,10]两种不同认识。这对于下扬子地区古地理研究无疑是一种制约。另外,栖霞组暗色碳酸盐岩沿江地区发育较好,烃源岩有机质丰度高、厚度大,保存条件良好,具有较高的蕴油潜力和良好的油气勘探前景^[11]。因此,这种观点的分歧无论对于本区的古地理研究还是油气资源的预测与勘探无疑都是一种制约。这就需要新的思路,使用新的方法对栖霞组碳酸盐岩进行重新的审视,做进一步的工作。多年来对于下扬子地区栖霞组碳酸盐岩的研究无论从野外还是到镜下都基本为定性的工作,本文将首次对该区碳酸盐岩做定量微相分析。

安徽沿江地区在大地构造位置上属于下扬子板块,东南部与华夏板块以江绍断裂为界,西北以庐断断裂为界与华北板块及大别造山带相隔,面积约20万km²。研究区位于下扬子板块安徽境内的南陵—巢湖地区(如图1)。

1 地层及岩性特征

巢湖平顶山栖霞组,总厚度170.1m,可以分为

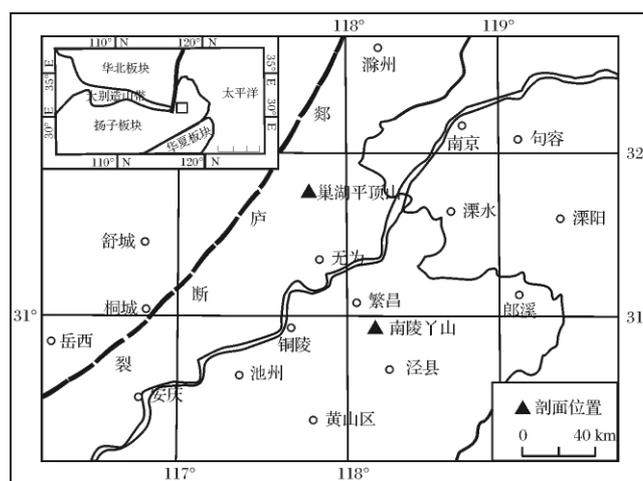


图1 研究区剖面位置图

Fig. 1 Map showing the study area and location of the sections

四段,第一段:臭灰岩段,厚61.3m,深灰—灰黑色中—薄层含沥青质致密灰岩、砾屑灰岩,浅色的砾石周围充填有黑色的基质,顺层面有流动特征,发育水平纹层和小型波状纹层,产珊瑚、筳、有孔虫(除筳以外,下同)、藻类和腕足类,并有*Zoophycos*等深水遗迹化石^[12]。底部为梁山煤系土黄色风化物,0.3~0.4m。第二段:下硅质层,厚8.7m,黑色薄层状燧石层和燧石结核灰岩,含珊瑚、有孔虫和腕足类。第三段:本部灰岩段,厚78.4m,深灰至灰黑色中薄层生

^①安徽省自然科学基金项目(编号:070415205)和国家自然科学基金项目(批准号:40972082、40572076)联合资助成果。
收稿日期:2012-01-20;收修稿日期:2012-04-21

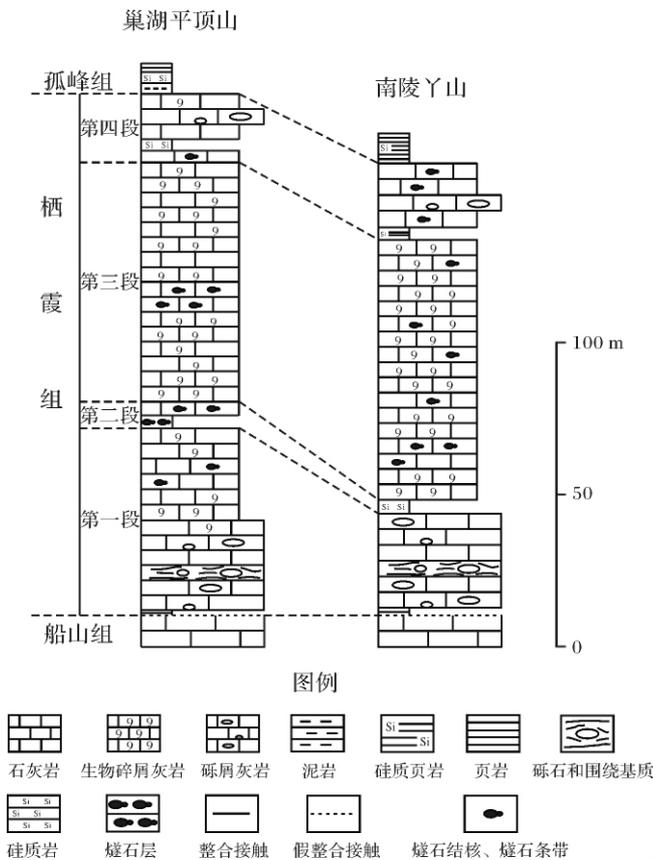


图2 安徽巢湖—南陵栖霞组地层柱和岩石地层对比图
 Fig.2 Stratigraphic column and strata contrasting histogram of Qixia Formation sections of Chaohu-Nanling Country, Anhui Province

物碎屑灰岩,局部含沥青质和燧石结核,产筳、珊瑚、腕足类、腹足类、苔藓虫、有孔虫和藻类等化石。第四段:上硅质层加顶部灰岩段,厚21.7 m,深灰色至灰黑色中薄层灰岩和砾屑灰岩,含少量燧石结核,夹白云质灰岩和燧石层,产珊瑚、筳、有孔虫、腕足类和藻类等。栖霞组与上覆孤峰组整合接触,与下伏船山组假整合接触。

南陵丫山栖霞组,总厚度148.1 m,根据岩性从下到上可以分为四段。第一段:臭灰岩段,厚33.3 m,深灰色砾屑灰岩,质不纯,且有沥青味,砾石间为黑色基质,发育水平纹层和小型波状纹层,常围绕砾石呈弧状分布,具有顺层面的流动特征。产筳、珊瑚、腕足类、三叶虫等化石,底部为灰黑、黑色页岩、炭质页岩夹透镜状灰岩,产植物化石,厚度1.7 m。第二段:下硅质层,厚4.4 m,灰黑色硅质岩,夹深灰色薄层灰岩。第三段:本部灰岩段,厚85.3 m,灰色、灰黑色至深灰色中到厚层状生物碎屑灰岩,含燧石结核和燧石

条带,产珊瑚、腕足、筳等化石。第四段:上硅质层加顶部灰岩段,厚25.1 m,深灰色、灰色厚层块状含燧石结核灰岩和砾屑灰岩,含筳、有孔虫、珊瑚类、藻类和腕足类等,其底部为厚4.0 m的蓝灰色硅质岩与硅质页岩。栖霞组与上覆孤峰组整合接触,与下伏船山组假整合接触。巢湖平顶山与南陵丫山两剖面栖霞组具有良好的可比性,其地层—岩性对比如图2。

2 定量微相分析

2.1 分析方法

碳酸盐岩微相研究大都为定性的方法,在显微镜下直接目估各组分的相对含量。但是由于颗粒形态、粒径及各组成部分相对含量的变化往往会对估算结果造成影响^[13]。另外,由于观测者主观因素的影响,往往使估计的结果与实际值存在较大的偏差。使用碳酸盐岩定量微相分析则可以克服以上困难,且能量化岩石中各组分含量,特别对灰岩中发育较少的某些生物颗粒或其它组分,能给出确切的定量数据,要比传统的定性分析更能详细的研究透地层特征,尤其在层面出露较差的地方^[14]。

碳酸盐岩定量微相分析在国内较为鲜见,个别学者仅对碳酸盐岩中的某些生物做了定量统计^[15],而未对碳酸盐岩的整体成分做完整的统计。该方法在国际上使用的较为广泛,既有运用在现代碳酸盐岩研究^[16~19],也有运用在古代碳酸盐岩的工作上^[20~23],均取得了良好的成果。

本文采用点统计法对碳酸盐岩薄片做定量微相分析,使用等间距的二维坐标网覆盖在微相照片上,统计网格点所覆盖的组分。由于该方法统计结果的精度受计点数量的影响,因此需要确定最佳计点数量。一般来讲,网格越密,计点数量越多,统计误差越小^[24],但工作量也会大幅度的增加。理论研究表明,对于大部分碳酸盐岩的定量分析,500个计数点基本可以将统计误差控制在±2.5%以内^[25],计点误差1000个点与500个点差别并不大^[26]。网格间距常选用最大颗粒直径^[13],但部分化石粒径较大,而薄片面积(2.5 cm × 2.5 cm)有限。综合考虑,本文中每个薄片统计500个点,网格间距使用最大颗粒直径的1/2至1/4。

对于镜下所统计的组分因不同时代、不同地域及不同研究目的而各异^[27,28],对生物的分类程度也不同^[29,30]。

本文所统计的组分包括:泥晶、胶结物、微晶和新

生变形作用晶体、生物碎屑、岩屑、有效孔隙及有机质。

(a) 泥晶, 暗黑色, 粒径在 5 μm 以下的组分, 有机质含量常常较高(图版 I-a-g, 图版 II-i-p)。文中

不区分原地或异地的泥晶, 将其归为一个整体。只统计充填在颗粒之间、压溶线内和化石孔隙内的泥晶, 对于泥晶化的颗粒或颗粒边缘的泥晶套则视为颗粒部分。

表 1 巢湖平顶山和南陵丫山栖霞组碳酸盐岩成分点统计含量(%) 数据

Table 1 Boint-count data of the composition for the carbonate of Qixia Formation in Caohu Pingdingshan and Nanling Yashan

薄片编号	生物碎屑	岩屑	颗粒总和	开阔海生物	泥晶	微晶和新变晶	有机质	胶结物	有效孔隙	基质总和	颗粒/基质	产地及层位
DH1/	2.80	0.00	2.80	0.20	97.20	0.00	0.00	0.00	0.00	97.20	0.03	巢湖平顶山 栖霞组第一段
DH2/	41.80	0.00	41.80	0.00	58.20	0.00	0.00	0.00	0.00	58.20	0.72	
P _{1q} -3-DH1	39.20	0.00	39.20	0.40	0.00	60.20	0.60	0.00	0.00	60.80	0.64	
P _{1q} -4-DH1	3.80	2.80	6.60	0.60	93.40	0.00	0.00	0.00	0.00	93.40	0.07	
P _{1q} -4-DH4	42.80	0.00	42.80	3.40	56.60	0.00	0.20	0.40	0.00	57.20	0.75	
P _{1q} -5-DH1	32.80	0.00	32.80	0.00	66.60	0.00	0.00	0.60	0.00	67.20	0.49	
P _{1q} -6-DH1	27.00	0.00	27.00	0.00	26.00	47.00	0.00	0.00	0.00	73.00	0.37	
P _{1q} -7-DH1	54.20	1.00	55.20	0.00	0.00	44.60	0.00	0.20	0.00	44.80	1.23	
P _{1q} -7-DH2	22.00	7.80	29.80	0.20	70.20	0.00	0.00	0.00	0.00	70.20	0.42	
P _{1q} -8-DH1	3.40	0.00	3.40	0.00	0.60	96.00	0.00	0.00	0.00	96.60	0.04	
P _{1q} -8-DH2	33.20	0.00	33.20	0.00	66.80	0.00	0.00	0.00	0.00	66.80	0.50	
P _{1q} -9-DH2	22.20	0.00	22.20	0.00	65.60	0.00	12.00	0.00	0.20	77.60	0.29	
P _{1q} -9-DH4	27.80	0.20	28.00	2.60	0.00	72.00	0.00	0.00	0.00	72.00	0.39	
P _{1q} -10-DH4	47.80	0.00	47.80	0.00	0.00	52.20	0.00	0.00	0.00	52.20	0.92	
P _{1q} -11-DH3	22.20	0.60	22.80	0.40	39.00	37.40	0.80	0.00	0.00	77.20	0.30	
P _{1q} -12-DH2	45.40	0.20	45.60	0.40	1.60	49.20	0.00	3.60	0.00	54.40	0.84	
P _{1q} -13-DH1	57.60	1.20	58.80	0.20	14.00	0.40	0.00	26.80	0.00	41.20	1.43	
P _{1q} -13-DH2	24.60	0.40	25.00	0.00	73.60	0.00	0.00	1.20	0.20	74.80	0.33	
P _{1q} -14-DH2	28.20	0.40	28.60	0.60	0.60	70.40	0.00	0.40	0.00	71.40	0.40	
P _{1q} -15-DH2	43.20	0.00	43.20	0.00	56.80	0.00	0.00	0.00	0.00	56.80	0.76	
P _{1q} -16	7.00	0.40	7.40	0.80	42.20	50.40	0.00	0.00	0.00	92.60	0.08	
P _{1q} -17-DH1	32.80	0.00	32.80	0.20	3.20	63.80	0.20	0.00	0.00	67.20	0.49	
P _{1q} -17-DH2	47.00	0.20	47.20	1.20	52.80	0.00	0.00	0.00	0.00	52.80	0.89	
P _{1q} -18-DH3	63.60	0.00	63.60	1.00	36.40	0.00	0.00	0.00	0.00	36.40	1.75	
P _{1q} -18-DH4	11.20	5.40	16.60	0.40	83.40	0.00	0.00	0.00	0.00	83.40	0.20	
P _{1q} -19-DH2	27.20	0.00	27.20	0.60	6.80	63.60	2.00	0.40	0.00	72.80	0.37	
P _{1q} -20-DH2	47.20	0.40	47.60	0.20	6.40	46.00	0.00	0.00	0.00	52.40	0.91	
P _{1q} -21-DH2	39.80	3.00	42.80	0.20	57.20	0.00	0.00	0.00	0.00	57.20	0.75	
P _{1q} -21-DH4	40.40	0.00	40.40	0.00	59.60	0.00	0.00	0.00	0.00	59.60	0.68	
P _{1q} -22-DH1	43.60	0.40	44.00	0.80	47.00	0.00	0.00	9.00	0.00	56.00	0.79	
P _{1q} -23-DH1	42.00	0.00	42.00	0.00	57.80	0.00	0.00	0.00	0.20	57.80	0.73	
P _{1q} -24-DH1	51.60	0.00	51.60	0.00	48.40	0.00	0.00	0.00	0.00	48.40	1.07	
P _{1q} -24-DH2	27.00	0.00	27.00	27.00	71.60	0.00	1.40	0.00	0.00	73.00	0.37	
P _{1q} -B1	56.80	0.00	56.80	0.20	42.20	0.00	0.80	0.20	0.00	43.20	1.31	
P _{1q} -B2	36.40	0.20	36.60	0.20	60.80	0.00	2.00	0.60	0.00	63.40	0.58	
P _{1q} -B3	57.20	0.00	57.20	0.80	42.60	0.00	0.20	0.00	0.00	42.80	1.34	
P _{1q} -B4	46.40	0.00	46.40	0.00	52.40	0.00	1.20	0.00	0.00	53.60	0.87	
P _{1q} -B6	3.20	0.00	3.20	0.00	96.20	0.00	0.60	0.00	0.00	96.80	0.03	
P _{1q} -B7	62.20	0.00	62.20	0.00	36.80	0.00	1.00	0.00	0.00	37.80	1.65	
P _{1q} -B9	0.60	0.00	0.60	0.20	98.00	0.00	1.40	0.00	0.00	99.40	0.01	
P _{1q} -B10	32.80	0.00	32.80	0.00	65.00	0.00	2.00	0.20	0.00	67.20	0.49	
P _{1q} -B12(Si)	19.40	2.40	21.80	0.00	75.20	0.00	2.40	0.60	0.00	78.20	0.28	
P _{1q} -B13	27.00	0.80	27.80	1.40	71.40	0.00	0.80	0.00	0.00	72.20	0.39	
P _{1q} -B14	26.00	0.00	26.00	0.60	73.80	0.00	0.20	0.00	0.00	74.00	0.35	
P _{1q} -B15	55.40	0.00	55.40	0.00	44.40	0.00	0.00	0.00	0.20	44.40	1.25	

续表 1

P ₁ q-B16(顶)	39.00	0.00	39.00	0.00	58.60	0.00	2.00	0.40	0.00	61.00	0.64	南陵丫山 栖霞组第三段
P ₁ q-B17	24.20	0.00	24.20	0.80	75.80	0.00	0.00	0.00	0.00	75.80	0.32	
P ₁ q-B18	14.60	0.00	14.60	1.00	54.80	26.00	4.60	0.00	0.00	85.40	0.17	
P ₁ q-B19	25.80	0.00	25.80	0.00	0.00	74.20	0.00	0.00	0.00	74.20	0.35	
P ₁ q-B20	27.20	1.20	28.40	0.20	10.20	60.60	0.80	0.00	0.00	71.60	0.40	
P ₁ q-B21	20.80	3.20	24.00	0.00	75.40	0.00	0.60	0.00	0.00	76.00	0.32	
P ₁ q-B22	28.40	0.00	28.40	0.00	71.20	0.00	0.40	0.00	0.00	71.60	0.40	
P ₁ q-B23	31.40	0.00	31.40	0.00	60.00	0.00	8.40	0.00	0.20	68.40	0.46	南陵丫山 栖霞组第四段
P ₁ q-B24	15.80	0.00	15.80	0.00	83.60	0.00	0.60	0.00	0.00	84.20	0.19	
P ₁ q-B25	1.60	0.00	1.60	0.00	98.40	0.00	0.00	0.00	0.00	98.40	0.02	
P ₁ q-B26	10.80	3.20	14.00	0.00	85.20	0.00	0.80	0.00	0.00	86.00	0.16	
P ₁ q-B27	8.20	0.40	8.60	0.00	91.40	0.00	0.00	0.00	0.00	91.40	0.09	
P ₁ q-B29	8.40	0.00	8.40	0.00	90.80	0.00	0.80	0.00	0.00	91.60	0.09	
P ₁ q-B30	36.60	0.00	36.60	0.40	62.80	0.00	0.60	0.00	0.00	63.40	0.58	
P ₁ q-B31	25.00	0.20	25.20	1.00	20.80	54.00	0.00	0.00	0.00	74.80	0.34	
P ₁ q-B32	17.80	0.00	17.80	0.00	0.00	82.20	0.00	0.00	0.00	82.20	0.22	
P ₁ q-B33	22.80	4.80	27.60	0.00	63.80	0.00	1.00	7.60	0.00	72.40	0.38	
P ₁ q-B34	45.80	4.40	50.20	0.00	43.20	0.00	1.20	5.40	0.00	49.80	1.01	
P ₁ q-B35	4.80	0.00	4.80	0.00	95.00	0.00	0.20	0.00	0.00	95.20	0.05	
P ₁ q-B36	2.00	0.00	2.00	0.00	97.60	0.00	0.40	0.00	0.00	98.00	0.02	
P ₁ q-B37	48.60	0.00	48.60	0.00	51.00	0.00	0.40	0.00	0.00	51.40	0.95	

注: 颗粒包括生物碎屑和内碎屑; 开阔海生物包括海绵骨针、浮游有孔虫和放射虫; 基质包括胶结物、泥晶、有机质、微晶和新变晶。

表 2 安徽巢湖—南陵地区栖霞组碳酸盐岩成分点统计数据(%)

Table 2 Point-count data of the composition for the carbonate of Qixia Formation in the Chaohu-Nanling area, Anhui Province

层位	生物碎屑	内碎屑	颗粒	开阔海生物	泥晶	微晶和新变晶	有机质	胶结物	有效孔隙	基质	颗粒/基质	产地
第一段	27.17	0.40	27.57	0.66	56.86	15.31	0.11	0.14	0.00	72.43	0.44	巢湖平顶山
第二段	27.13	1.50	28.63	0.47	33.87	35.43	2.00	0.03	0.03	71.33	0.48	
第三段	36.07	0.66	36.73	0.43	29.77	30.96	0.21	2.31	0.01	63.26	0.69	
第四段	40.73	0.57	41.30	4.67	56.93	0.00	0.23	1.50	0.03	58.67	0.73	
平均	32.78	0.78	33.56	1.55	44.36	20.43	0.64	1.00	0.02	66.42	0.58	
栖霞组	第一段	43.70	0.03	43.73	0.20	55.17	0.00	0.97	0.13	56.27	0.96	南陵丫山
第二段	19.95	0.80	20.75	0.40	77.40	0.00	1.65	0.20	0.00	79.25	0.29	
第三段	29.28	0.44	29.72	0.26	52.42	16.08	1.70	0.04	0.04	70.24	0.46	
第四段	19.09	1.00	20.09	0.11	67.97	10.48	0.46	1.00	0.00	79.91	0.31	
平均	28.01	0.57	28.57	0.24	63.24	6.64	1.19	0.34	0.01	71.42	0.51	
第一段	35.44	0.22	35.65	0.43	56.01	7.66	0.54	0.14	0.00	64.35	0.70	两地平均
第二段	23.54	1.15	24.69	0.43	55.63	17.72	1.83	0.12	0.02	75.29	0.38	
第三段	32.68	0.55	33.22	0.34	41.10	23.52	0.96	1.18	0.03	66.75	0.58	
第四段	29.91	0.78	30.70	2.39	62.45	5.24	0.35	1.25	0.02	69.29	0.52	
平均	30.39	0.67	31.07	0.90	53.80	13.53	0.92	0.67	0.02	68.92	0.55	

颗粒包括生物碎屑和内碎屑; 开阔海生物包括海绵骨针、浮游有孔虫和放射虫; 基质包括胶结物、泥晶、有机质、微晶和新变晶; 两地平均为巢湖平顶山和南陵丫山两剖面栖霞组各层段各成分含量的平均值。

(b) 胶结物, 发育在原始粒间和粒内孔隙中的亮晶方解石, 较为清晰、洁净(图版 I-h)。此处发育淡水环境的粒状等厚环边胶结物、粒状胶结物及含细小包体的云雾状共轴增生胶结物^[31], 具各自不同的特征形态。

(c) 微晶和新生变形作用晶体, 指原始沉积的泥

晶经新生变形作用或重结晶作用的产物。要区分胶结物与新生变晶常常具有一定的困难^[32]。但与亮晶胶结物相比, 新生变晶多呈斑块状分布, 晶体污浊、晶间贴面角较弯曲(图版 I-c, 图版 I-o)。

(d) 生物碎屑, 指所有生物化石颗粒(图版 I, II)。研究区发育多种类型的生物, 包括蜓、有孔虫、

腕足类、腹足类、棘皮类、三叶虫、珊瑚及藻类等,其中较多的化石已被破碎或被溶蚀后由亮晶方解石充填或被泥晶化形成暗色的颗粒,其种属已无法判别,则统称为生物碎屑。对于化石的定量统计有颗粒—体积法^[33,34]和颗粒—固体法^[35]。颗粒—体积法是把化石内的孔隙也计作颗粒的一部分,颗粒—固体法是只统计化石固体部分,孔隙内的部分按充填物(如泥晶或亮晶方解石)本身计算(图版 II-p)。对于不含孔隙的化石,两种统计方法是等效的,但对于有孔隙的化石颗粒,体积法就把化石的含量扩大了,而固体法则能真实反应化石颗粒的实际含量。

(e) 岩屑 碳酸盐岩的岩石碎屑包括内碎屑和外碎屑^[36],但由于两者在镜下常不易区分,所以可以统称为岩屑^[37]。研究区的岩屑可分为两类,第一类常呈暗黑色至深棕红色,常具有良好的磨圆,多呈次圆状至浑圆状,粒径主要集中在 0.1~0.3 mm 之间,最大可达 1 mm 以上(图版 I-f);第二类棱角状,呈灰色、灰黄色及黄色等,粒径 1.0~2.0 mm 之间,少量可达到 2 cm 以上的细角砾,在少部分碎屑的边缘可见到被截断的化石或其它颗粒^[38]。两类岩屑中以第一类为主,第二类含量较少。

(f) 有效孔隙 沉积的岩石中经过后期成岩作用改造与叠加后所保存下来的相互连通的孔隙为有效孔隙(图版 I-g、图版 II-l),可为油气的储存与运移提供场所。研究区主要发育两种类型的孔隙,一类是压溶孔隙,发育在压溶线内,连通性极好;另一类是溶蚀孔隙,分布在化石周缘或局部位置,或发育在灰泥中,连通性相对差一些。

(g) 有机质 常出现在颗粒间或压溶线内(图版 I-e、图版 II-n),呈深黑色、黑色至黄黑色,是孕育油气的良好烃源岩。

2.2 结果

本文实测巢湖平顶山和南陵丫山两条剖面,从底到顶按岩性将剖面分层并采样,所采样品可代表该层的岩相和环境特征。其中南陵丫山采样 38 块,巢湖平顶山采样 33 块。岩石形成后遭受较强的埋藏重结晶作用,部分已转变为微晶、新生变晶或结晶灰岩,其含量平顶山为 22.82%,南陵丫山为 20.97%,两地平均为 21.83%。由于重结晶作用强度不同对灰岩的影响也不同,对于结晶灰岩其原灰岩结构及成分已无法识别,在统计中将其剔除,而微晶或新生变晶灰岩则主要为灰泥转变而来,其中所含的碎屑颗粒依然较为清晰,因此参与统计。去除结晶灰岩,南陵丫山实

际统计 33 片,巢湖平顶山未见结晶灰岩,实际统计 33 片,统计结果见表 1。使用 Van der Plas 和 Tobi^[39]的置信度相对于统计点数量和颗粒含量的判别图计算,误差在 5% 以内。

3 讨论

表 2 显示两地栖霞组基质含量均较高(图 3a),最低 36.40%,最高 99.40%,平均 68.92%,含量较为稳定。这其中亮晶胶结物含量较少,仅为 0.67%,主要为灰泥组分,含量为 68.25%,指示栖霞组整体沉积水体能量较低,不能将灰泥带走,与栖霞期广泛发育的贫氧至缺氧沉积^[40,41]相吻合。少量的泥晶灰岩(图版 I-a)和广泛的生物碎屑粒泥灰岩显示水体能量虽低,但水循环相对良好,藻类和软体动物发育。

栖霞组总体生物较为发育,巢湖平顶山和南陵丫山两地分别为 32.78% 和 28.01%,平均为 30.39%。栖霞组第一段广泛发育砾屑灰岩,研究表明砾石为生物碎屑泥粒灰岩(图版 I-d),含有筴、有孔虫、珊瑚、腕足类和藻类(红藻居多)等化石,含泥很少,富 Ca 贫 Mg, $V/V + Ni$ 为 0.36,属于含氧环境;砾石间的基质为泥晶灰岩(图版 I-a)和粒泥灰岩(图版 I-b),并常富含硅质物,产腕足类、有孔虫(部分个体较小)和介形虫、藻类和海绵骨针等,富 Mg 贫 Ca, $V/V + Ni$ 为 0.48,属于贫氧环境^[42,43]。砾石与基质不仅在野外具明显不同特征,在镜下也具有明显的相突变(图版 I-c),代表不同环境的产物,经后期搬运而堆积在一起。生物碎屑含量数据显示,栖霞组第一段变化较大,最大 62.20%,最小 2.80%,巢湖平顶山和南陵丫山两地第一段生物碎屑的平均含量也有较大的差别(图 3b)。这是斜坡碎屑流沉积的结果,来自浅水台地边缘的砾石含有丰富的化石,而深水斜坡沉积的基质生物含量本身较少,但是由于浅水生物的介入常常使其也有较多的生物。但是碎屑流发育往往具有局部性,而且程度也会不同,因此对于受碎屑流影响较少的层段其生物含量必然较少(图版 I-a),造成两地的生物含量具有较大的差异。在斜坡处原地沉积的基质由于受到等深流的作用而发育水平纹层和小型波状纹层,常围绕砾石呈弧状分布,具有顺层面的流动特征^[44,45]。第二段生物含量变化依然较大,最高为 54.20%,最低为 0.60%,但整体上较其它四段含量明显偏低,该段在巢湖平顶山和南陵丫山含量分别为 27.13% 和 19.95%,平均仅为 23.54%,这与其为较深水的斜坡下部沉积环境是密不可分的。水体循

环较差,处于缺氧环境,发育硅质泥晶灰岩(图版II-m),极不利于生物的发育。第三段生物含量最高为63.60%,最低为7.00%,但总体上较稳定,主要集中在20%~50%,巢湖平顶山和南陵丫山两地含量差别不大,分别为36.07%和29.28%,平均为32.68%,属于开阔台地沉积。台地内地势高地起伏,对于较高地带水循环较好,能量较高,生物较为发育,局部发育生物碎屑亮晶颗粒灰岩(图版I-h);相对处于台内洼地沉积的,水循环差些,生物发育程度也会有所减弱。第四段生物含量变化较大,最高为51.60%,最低为1.60%;巢湖平顶山和南陵丫山两地平均含量也差别较大,分别为40.73%和19.09%,顶部灰岩段巢湖平顶山为斜坡中部沉积^[7],发育较多来自台地边缘的砾石,含有较多生物化石;南陵丫山为坡度较缓的斜坡上部沉积^[38],发育角砾状的灰岩砾石。砾石中发育生物碎屑粒泥灰岩—泥粒灰岩(图版II-j,l),产大量藻类(主要为红藻)等化石。

同种生物可生于不同的环境,对于沉积相的指示意义很有限,但不同生物的组合可良好的指示其沉积环境,被称作为沉积相的“指纹”,其中开阔海生物(open-sea biota)常常指示台地一边的斜坡沉积^[46,47]。开阔海生物包括海绵骨针、放射虫和浮游有孔虫等。另外,此三类生物死亡后在低能静水环境

沉积,化石一般保存完整,在薄片鉴定中可较为准确无误地进行统计。栖霞组开阔海生物整体含量较低,巢湖平顶山和南陵丫山两地分别为1.55%和0.24%,平均为0.90%,四段具有显著不同的特征(图3c)。第一段发育深黑色的基质,为缺氧沉积,常含有较多的海绵骨针(图版I-b)和少量的浮游有孔虫(图版I-a),放射虫一般不发育。该段开阔海生物分布不均,变化较大,最大可达3.40%,最小为0;该段在巢湖平顶山和南陵丫山两地平均含量亦差别较大,分别为0.66%和0.20%,但总体含量较高,平均为0.43%。第二段为水体较深的缺氧沉积,放射虫、浮游有孔虫和海绵骨针一般均较为发育(图版I-f、图版II-o)。开阔海生物含量最高为2.60%,最低为0;本段在两地含量均较高,且相对稳定,分别为0.47%和0.40%,平均为0.43%。第三段常发育有少量的浮游有孔虫,放射虫与海绵骨针一般不发育。较前两段其含量明显偏低,最高1.20%,最低为0,两地平均为0.34%。第四段开阔海生物含量最高为27.00%,最低为0,巢湖平顶山和南陵丫山两地含量分别为4.67%和0.11%,两地平均为2.39%,较前三段最高,其较高的含量主要是由于栖霞组顶部放射虫硅质岩中较高的放射虫含量(图版II-k)。巢湖平顶山和南陵丫山两地开阔海生物含量的平均值总体从第一

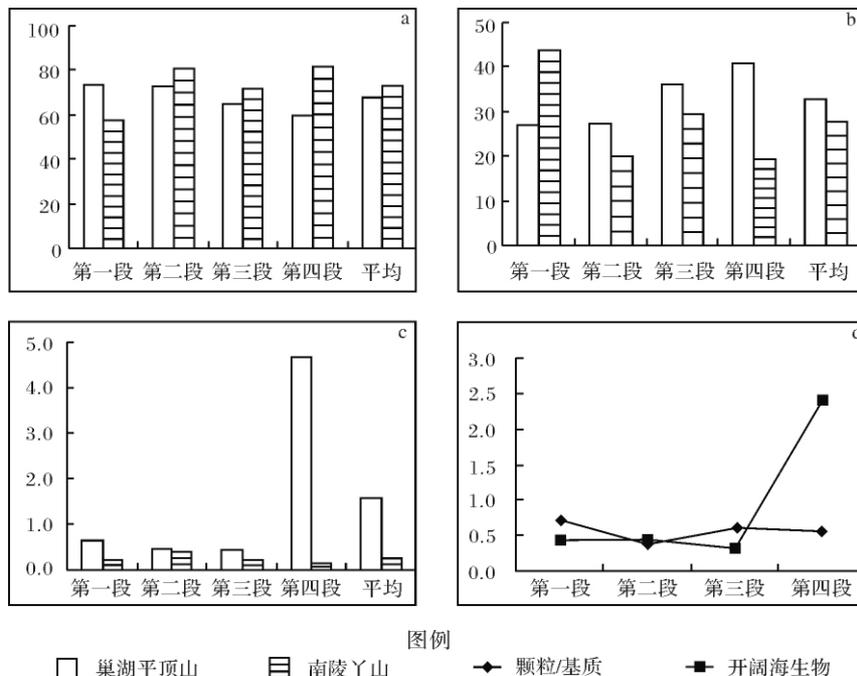


图3 巢湖—南陵地区栖霞组及各层段主要碳酸盐岩成分含量及变化图

a. 巢湖平顶山和南陵丫山栖霞组及各层段基质含量图; b. 巢湖平顶山和南陵丫山栖霞组及各层段生物碎屑含量图; c. 巢湖平顶山和南陵丫山栖霞组及各层段开阔海生物含量图; d. 巢湖平顶山和南陵丫山两地栖霞组各层段取平均值,四个层段中颗粒/基质和开阔海生物含量平均值变化图。

Fig. 3 Content and variations of the major carbonate composition of Qixia Formation and its members respectively, Chaohu-Nanling area

段至第三段逐渐降低,第四段突然升高(图3d),反映水体逐渐变浅,水循环变好,水体能量逐渐加强,最后再转为深水。第一段和第二段含量最高,为0.43%,代表深水沉积,其中第二段为缺氧沉积,其深度较第一段更深,为斜坡下部沉积,第一段为斜坡中部沉积。第三段开阔海生物含量较少,为开阔台地沉积,但巢湖平顶山该段的开阔海生物含量仍较高,为0.43%,其原因可能与栖霞期广泛发育的上升流^[48,49]有关,将深水的浮游生物带至浅水台地沉积。第四段灰岩中几乎不发育开阔海生物,其含量主要为上硅质层和第四段顶部硅质岩中的放射虫组成,若除去顶部放射虫硅质岩(图版II-k),则开阔海生物含量很少,仅为0.14%,反映水体能量较高,水循环良好,为斜坡中上部沉积。栖霞组顶部的放射虫硅质岩(图版II-k)代表从栖霞组顶部的浅水沉积过渡到孤峰组底部的深水沉积。

微相中颗粒常代表动荡水沉积,基质代表静水沉积,因此颗粒/基质的比值可以反应水体能量的强弱。巢湖平顶山和南陵丫山两地栖霞组四段颗粒/基质分别为0.70、0.38、0.58和0.52,四段中以第二段含量最低(图3d),反映水体最深,处于斜坡下部,水循环最差,原地生物和来自浅水台地边缘的生物均相对较少。第一段最高,较第二段水体变浅,处于斜坡中部,原地生物发育较少,但有大量来自浅水台地边缘的生物,使其具有较高的颗粒/基质比值。第三段和第四段分别发育于开阔台地和斜坡中上部,水体相对较浅,原地生物发育,具有较高的颗粒/基质比值。

通过对巢湖平顶山和南陵丫山两地栖霞组四段中基质、生物碎屑和开阔海生物的含量及开阔海生物和颗粒/基质比的变化曲线分析显示:栖霞组总体水体较深,基质含量较高。其中以第二段最深,开阔海生物含量最高,颗粒/基质比最低,为深水斜坡下部沉积。其次为第一段,开阔海生物含量也最高,但颗粒/基质比较第二段明显变大,水体深度有所减小,为斜坡中部沉积。第三段和第四段颗粒/基质比均较高,显示水体较浅,且第三段中发育生物碎屑亮晶颗粒灰岩,代表台地沉积,但开阔海生物第四段较第三段明显偏低,属于斜坡中上部沉积,这里水体能量相对较高,水循环较好。

另外,有机质和孔隙常常是油气生成、储备和运移的必备原料和场所。栖霞组在各段均含有较高的有机质,尤以缺氧沉积段最为丰富,平均含量为0.92%。有机质常常为不溶产物,发育在压溶线内

(图版I-e、图版II-n),可在孔隙中发生运移。原生孔隙常常在后期成岩作用中逐渐消失,只有经过后期成岩作用改造与叠加的互相连通的次生孔隙方为有效孔隙。栖霞组的有效孔隙仅在少数层位发育(图版I-g、图版II-l),平均含量为0.02%,常为溶蚀孔隙。还有部分孔隙发育在压溶线内,为压溶孔隙,具有良好的连通性^[31],这些孔隙为油气的储存和运移提供了良好的场所。

4 结 论

(1) 本文首次使用定量分析方法对巢湖—南陵地区二叠系栖霞组碳酸盐岩做了定量分析,给出了碳酸盐岩中生物碎屑、内碎屑、开阔海生物、泥晶、微晶和新变晶体、有机质、胶结物、有效孔隙及基质含量的定量数据。

(2) 栖霞组中第一段为斜坡中部沉积,颗粒和开阔海生物含量及颗粒/基质比最高,分别为35.65%、0.43%和0.70;第二段为斜坡下部沉积,颗粒含量和颗粒/基质比值最小,分别为24.69%和0.38,开阔海生物含量也最高,为0.43%;第三段为开阔台地沉积,具有较高的颗粒含量和最低的开阔海生物含量,分别为32.68%和0.34%;第四段为斜坡中上部沉积,具有较高的颗粒含量和颗粒/基质比,分别为29.91%和0.52,其最高的开阔海生物含量(2.39%)是由于栖霞组顶部向孤峰组过渡所发育的放射虫硅质岩所致。该结论与以往认识一致,进一步佐证了前人的研究成果。

(3) 对碳酸盐岩定量分析方法本身,国内外尚无统一的规范,对于所统计的成分、不同成分的组合一般是根据研究者本身的目的而定,在使用中略显混乱。对于各组合成分含量多少所能指示的环境的解释带有较大的主观性,因此,对该方法本身还需要在理论上进行完善。

参考文献(References)

- 1 张遵信. 论臭灰岩[J]. 地层学杂志, 1983, 7(3): 184-190 [Zhang Linxin. Discussion on swine limestone [J]. Journal of Stratigraphy, 1983, 7(3): 184-190]
- 2 刘宝珺, 朱同兴. 安徽中南部二叠统栖霞组和孤峰组沉积环境及成岩历史[J]. 成都地质学院学报, 1990, 17(1): 5-12 [Liu Baojun, Zhu Tongxing. Sedimentary environments and diagenetic history of Qixia and Gufeng Formations, Lower Permian in central and southern Anhui, SE China [J]. Journal of Chengdu College of Geology, 1990, 17(1): 5-12]

- 3 冯增昭,何幼斌,吴胜和. 中下扬子地区二叠纪岩相古地理[J]. 沉积学报, 1993, 11(3): 13-24 [Feng Zengzhao, He Youbin, Wu Shenghe. Lithofacies paleogeography of Permian Middle and Lower Yangtze Region[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1993, 11(3): 13-24]
- 4 陆彦邦,周永祥,王栋. 华东地区二叠纪岩相古地理及沉积矿产[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1991: 61-62 [Lu Yanbang, Zhou Yongxiang, Wang Dong. Lithofacies Paleogeography and Mineral Deposition of the Permian in the East China[M]. Hefei: Anhui Science and Technology Publishing House, 1991: 61-62]
- 5 吴基文,李东平. 皖南地区二叠纪层序地层研究[J]. 地层学杂志, 2001, 25(1): 18-23 [Wu Jiwen, Li Dongping. Study on the Permian sequence stratigraphy of southern Anhui Province[J]. Journal of Stratigraphy, 2001, 25(1): 18-23]
- 6 张克信,刘金华,何卫红,等. 中下扬子区二叠系露头层序地层研究[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2002, 27(4): 357-365 [Zhang Kexin, Liu Jinhua, He Weihong, et al. Research on outcrop sequence stratigraphy of Permian in the Middle-Lower Yangtze region [J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 2002, 27(4): 357-365]
- 7 李双应,岳书仓. 安徽巢湖栖霞组碳酸盐斜坡沉积[J]. 沉积学报, 2002, 20(1): 7-12 [Li Shuangying, Yue Shucang. Sedimentation on a carbonate slope of Permian Qixia Formation in Chaohu region, Anhui[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(1): 7-12]
- 8 李双应,孟庆任,万秋,等. 长江中下游地区二叠纪碳酸盐斜坡沉积及其成矿意义[J]. 岩石学报, 2008, 24(8): 1733-1744 [Li Shuangying, Meng Qingren, Wan Qiu, et al. Deposition of carbonate slope and ore-forming in Permian strata in the Middle-Lower Reaches of the Yangtze River, east China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24(8): 1733-1744]
- 9 冯增昭,何幼斌,吴胜和,等. 中下扬子地区二叠纪岩相古地理[M]. 北京: 地质出版社, 1991: 45-61 [Feng Zengzhao, He Youbin, Wu Shenghe, et al. Lithofacies Paleogeography of the Permian of Middle and Lower Yangtze Region[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991: 45-61]
- 10 冯增昭,杨玉卿,金振奎,等. 中国南方二叠纪岩相古地理[M]. 东营: 石油大学出版社, 1997: 35-36 [Feng Zengzhao, Yang Yuqing, Jin Zhenkui, et al. Lithofacies Paleogeography of Permian of South China[M]. Dongying Shandong: Petroleum University Press, 1997: 35-36]
- 11 张义楷,周立发,刘志武,等. 皖南沿江地区海相烃源岩特征研究[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2006, 36(1): 129-132 [Zhang Yikai, Zhou Lifa, Liu Zhiwu, et al. A study on the characteristics of marine source rock along Yangtze River in southern Anhui Province[J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2006, 36(1): 129-132]
- 12 江纳言,贾蓉芬,王子玉,等. 下扬子区二叠系古地理和地球化学特征[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994: 94-95 [Jiang Nayan, Jia Rongfen, Wang Ziyu, et al. Permian Paleogeography and Geochemical Environment in Lower Yangtze Region, China[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994: 94-95]
- 13 Flügel E. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application[M]. Berlin: Springer, 2004: 243-266
- 14 Payne J L, Lehrmann D J, Wei J Y, et al. The pattern and timing of biotic recovery from the End-Permian extinction on the Great Bank of Guizhou, Guizhou Province, China[J]. Palaios, 2006, 21(2): 63-85
- 15 张海军,王训练,丁林,等. 陕西镇安西口石炭-二叠系界线剖面蜓类生物多样性与高频海平面变化[J]. 中国科学: D 辑, 2006, 36(3): 233-241 [Zhang Haijun, Wang Xunlian, Ding Lin, et al. The species diversity of fusulinaceans and high-frequency sea-level changes in the Carboniferous-Permian boundary section at Xikou, Zhen'an County, Shaanxi Province, China[J]. Science in China: Series D, 2006, 49(7): 673-683]
- 16 Purdy E G. Recent calcium carbonate facies of the Great Bahama Bank. 1. Petrography and reaction groups[J]. The Journal of Geology, 1963, 71(3): 334-355
- 17 Reijmer J J G, Schlager W, Bosscher H, et al. Pliocene/Pleistocene platform facies transition recorded in calcitubidites (Exuma Sound, Bahamas) [J]. Sedimentary Geology, 1992, 78(3-4): 171-179
- 18 Halfar J, Godinez-orta L, Ingle J C. Microfacies analysis of recent carbonate environments in the Southern Gulf of California, Mexico: A model for warm-temperate to subtropical carbonate formation [J]. Palaios, 2000, 15(4): 323-342
- 19 Skudder P A III, Backus D H, Goodwin D H, et al. Sequestration of carbonate shell material in coastal dunes on the gulf of California (Baja California Sur, Mexico) [J]. Journal of Coastal Research, 2006, 22(3): 611-624
- 20 Stauffer K. Quantitative petrographic study of Paleozoic carbonate rocks Caballo Mountains, New Mexico [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1962, 32(3): 357-396
- 21 Powers R W. Arabian Upper Jurassic carbonate reservoir rocks [J]. AAPG Memoir, 1962, 1: 122-192
- 22 Reijmer J J G, Everaars J S L. Carbonate platform facies reflected in carbonate basin facies (Triassic, Northern Calcareous Alps, Austria) [J]. Facies, 1991, 25(1): 253-278
- 23 Wotte T, Elicki O, Perejón A, et al. Facies distribution patterns and environment interpretation of the Upper Lúncara Formation in the Esla Nappe (Cantabrian zone, NW Spain) by quantitative microfacies analysis [J]. Facies, 2004(1): 101-118
- 24 Solomon M. Counting and sampling errors in modal analysis by point counter [J]. Journal of Petrology, 1963, 4(3): 367-382
- 25 温俊君,刘建波. 碳酸盐岩生屑颗粒定量研究——点计数法的理论分析与应用[J]. 古地理学报, 2009, 11(5): 581-592 [Wen Junjun, Liu Jianbo. Quantitative study of bioclastic grains in carbonate rocks: Theoretical analysis and application of point-counting method [J]. Journal of Palaeogeography, 2009, 11(5): 581-592]
- 26 Purdy E G. Recent calcium carbonate facies of the Great Bahama Bank [D]. New York: Columbia University, 1960: 174
- 27 Russo F, Neri C C, Mastandrea F A, et al. The mud mound nature of the Cassian Platform margins of the dolomites. A case history: the Cipit Boulders from Punta Grohmann (Sasso Piatto Massif, Northern

- Italy) [J]. *Facies*, 1997, 36(1): 25-36
- 28 Keim L, Schlager W. Quantitative compositional analysis of a Triassic carbonate platform (Southern Alps, Italy) [J]. *Sedimentary Geology*, 2001, 139(3-4): 261-283
- 29 Weidlich O, Bernecker M, Flügel E. Combined quantitative analysis and microfacies studies of ancient reefs: an integrated approach to Upper Permian and Upper Triassic reef carbonate (Sultanate of Oman) [J]. *Facies*, 1993, 28(1): 115-144
- 30 Fagerstrom J A, Weidlich O. Strengths and weaknesses of the reef guild concept and quantitative data: application to the upper Capitan massive community (Permian), Guadalupe Mountains, New Mexico Texas [J]. *Facies*, 1999, 40(1): 131-156
- 31 杜叶龙, 李双应, 王冰, 等. 安徽无为—巢湖地区中下二叠统碳酸盐岩成岩作用 [J]. *地质学报*, 2011, 85(4): 543-556 [Du Yelong, Li Shuangying, Wang Bing, *et al.* Diagenesis of the Lower-Middle Permian carbonate in the Wuwei-Chaohu area, Anhui Province [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2011, 85(4): 543-556]
- 32 Land L S, Moore C H. Lithification, micritization and syndepositional diagenesis of biolithites on the Jamaican Island slope [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 1980, 50(2): 357-370
- 33 Jaanusson V. Constituent analysis of an Ordovician limestone from Sweden [J]. *Lethaia*, 1972, 5(2): 217-237
- 34 Blendinger W. The carbonate factory of Middle Triassic buildups in the Dolomites, Italy: a quantitative analysis [J]. *Sedimentology*, 1994, 41(6): 1147-1159
- 35 Flügel E. *Microfacies Analysis of Limestones* [M]. New York: Springer, 1982: 633
- 36 Folk R L. Practical petrographic classification of limestones [J]. *AAPG Bulletin*, 1959, 43(1): 1-38
- 37 Folk R L. Spectral subdivision of limestone types [C] // Ham W E, *Classification of Carbonate Rocks: A Symposium*. AAPG Memoir, 1962, 1: 62-84
- 38 杜叶龙, 李双应, 孔为伦, 等. 安徽泾县—南陵地区二叠纪沉积相与沉积环境分析 [J]. *地层学杂志*, 2010, 34(4): 431-444 [Du Yelong, Li Shuangying, Kong Weilun, *et al.* The Permian sedimentary facies and depositional environment analysis in the Jingxian-Nanling Region of Anhui [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2010, 34(4): 431-444]
- 39 Van der Plas L, Tobi A C. A chart for judging the reliability of point counting results [J]. *American Journal of Science*, 1965, 263(1): 87-90
- 40 吴胜和, 冯增昭, 何幼斌. 中下扬子地区二叠纪缺氧环境研究 [J]. *沉积学报*, 1994, 12(2): 29-36 [Wu Shenghe, Feng Zengzhao, He Youbin. Study on anoxic environments of Permian in the middle and lower Yangtze Region [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1994, 12(2): 29-36]
- 41 肖传桃, 丁静, 胡望水, 等. 下扬子地区中二叠世上升流相区古生态学研究 [J]. *沉积学报*, 2009, 27(2): 319-325 [Xiao Chuantao, Ding Jing, Hu Wangshui, *et al.* A study on palaeoecology in upwelling phase region of Middle Permian in the Lower Yangtze Area [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2009, 27(2): 319-325]
- 42 李双应, 金福全. 下扬子地区二叠纪缺氧环境沉积物 V/(V+Ni) 特征 [J]. *矿物岩石地球化学通报*, 1995, 17(1): 55-62 [Li Shuangying, Jin Fuquan. The characteristics of V/(V+Ni) of Permian anaerobic environment sediments in lower Yangtze region [J]. *Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry*, 1995, 17(1): 55-62]
- 43 李双应, 洪天求, 金福全, 等. 巢县二叠系栖霞组臭灰岩段异地成因碳酸盐岩 [J]. *地层学杂志*, 2001, 25(1): 69-74 [Li Shuangying, Hong Tianqiu, Jin Fuquan, *et al.* Allochthonous carbonate rocks in the swine limestone member of Permian Qixia Formation of Chaohu, Anhui [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2001, 25(1): 69-74]
- 44 Hollister C D, Heezen B C. Geologic effects of ocean bottom currents: western North Atlantic [C] // Gordon A L. *Studies in Physical Oceanography*. 2. New York: Gordon and Breach, 1972: 37-66
- 45 Stow D V A, Faugeres J C, Vinan A, *et al.* Fossil contourites: a critical review [J]. *Sedimentary Geology*, 1998, 115: 3-311
- 46 Everts A J W, Reijmer J J G. Clinoform composition and margin geometries of a Lower Cretaceous carbonate platform (Vercors, SE France) [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1995, 119(1-2): 19-33
- 47 Everts A J W, Schlager W, Reijmer J J G. Carbonate platform-to-basin correlation by means of grain-composition logs: an example from the Vercors (Cretaceous, SE France) [J]. *Sedimentology*, 1999, 46(2): 261-278
- 48 吕炳全, 瞿建忠. 下扬子地区早二叠世海进和上升流形成的缺氧环境的沉积 [J]. *科学通报*, 1989, 34(22): 1721-1724 [Lü Bingquan, Qu Jianzhong. Early Permian Epoch marine transgression and anaerobic environment deposition caused by up-going current in Yangtze Region [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1989, 34(1): 1721-1724]
- 49 吕炳全, 王红昱, 胡望水, 等. 扬子地块东南古生代上升流沉积相及其与烃源岩的关系 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2004, 24(4): 29-35 [Lü Bingquan, Wang Honggang, Hu Wangshui, *et al.* Relationship between Paleozoic upwelling facies and hydrocarbon in southeastern marginal Yangtze Block [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2004, 24(4): 29-35]

Quantitative Microfacies Analysis of the Carbonate of Qixia Formation in the Chaohu-Nanling Area, Anhui Province

DU Ye-long LI Shuang-ying WANG Song HUANG Jia-long GONG Xiao-xing
(School of Resources & Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, 230009)

Abstract: The Strata of Qixia Formation is well developed in Chaohu-Nanling Area of Anhui Province, with constant thickness, high content of organic matter and the porosity. Previous study of the carbonate Qixia Formation in this area is essentially qualitative. Therefore, quantitative microfacies analysis of the carbonate in Qixia Formation is significant to confirm the sedimentary facies, predict and explore the gas and oil. In Qixia Formation, the first member deposits in the middle carbonate slope, with the highest grain, open-sea biota content and grain/matrix ratio, which are 35.65%, 0.43% and 0.70, respectively; The second member deposits in lower carbonate slope, with the lowest grain content, grain/matrix ratio, which are 24.69% and 0.38, and also highest open-sea biota content, that is 0.43%; The third member deposits in open carbonate platform, with higher grain and the lowest open-sea biota contents, which are 32.68% and 0.34%, respectively. The fourth member deposits in middle-upper slope, with higher grain content and grain/matrix ratio, which are 29.91% and 0.52, respectively, and the content of open-sea biota is 2.39%. This conclusion is consistent with the previous one, further supporting the previous research.

Key words: Quantitative microfacies analysis; carbonate; Qixia Formation; Chaohu; Nanling; Anhui

欢迎订阅《沉积学报》

《沉积学报》是中国矿物岩石地球化学学会沉积学专业委员会、中国地质学会沉积地质专业委员会、中国科学院地质与地球物理研究所兰州油气资源研究中心共同主办的综合性学术刊物,是全国自然科学核心期刊。主要刊载沉积学、沉积矿产、地球化学以及相关分支学科、交叉学科的基础和应用基础研究的创新性研究成果和高水平论文,介绍沉积学研究的新技术、新理论及国内外最新沉积学论著,同时也报导有关学术活动、学科研究动态及学术思想的讨论和争鸣。优先发表国家、省、部级重大科技项目及基金资助的在沉积学、地球化学前沿各分支领域以及学科交叉点上有创造性的研究成果。读者对象为大专院校地学专业的师生及科研院所的地学工作者。

《沉积学报》为双月刊,16开本,每期180页,逢双月10日出版,定价50元,全年定价300元。国内外公开发行,欢迎广大读者到当地邮局订阅。

国内邮发代号:54-45

国外发行代号:Q832

同时欢迎各位专家学者踊跃投稿。

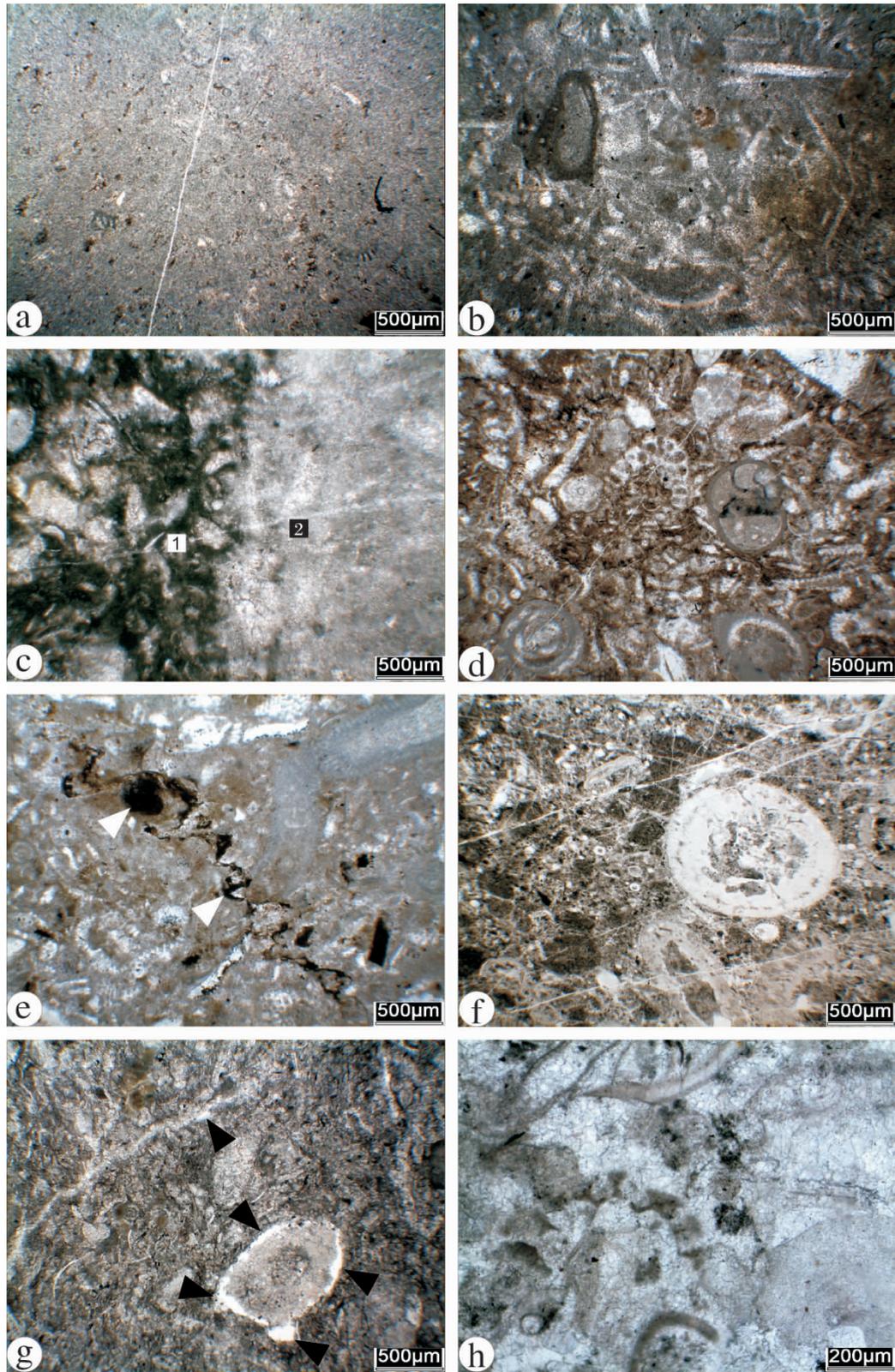
网址:www.cjxb.ac.cn

地址:兰州市东岗西路382号中国科学院兰州油气中心《沉积学报》编辑部

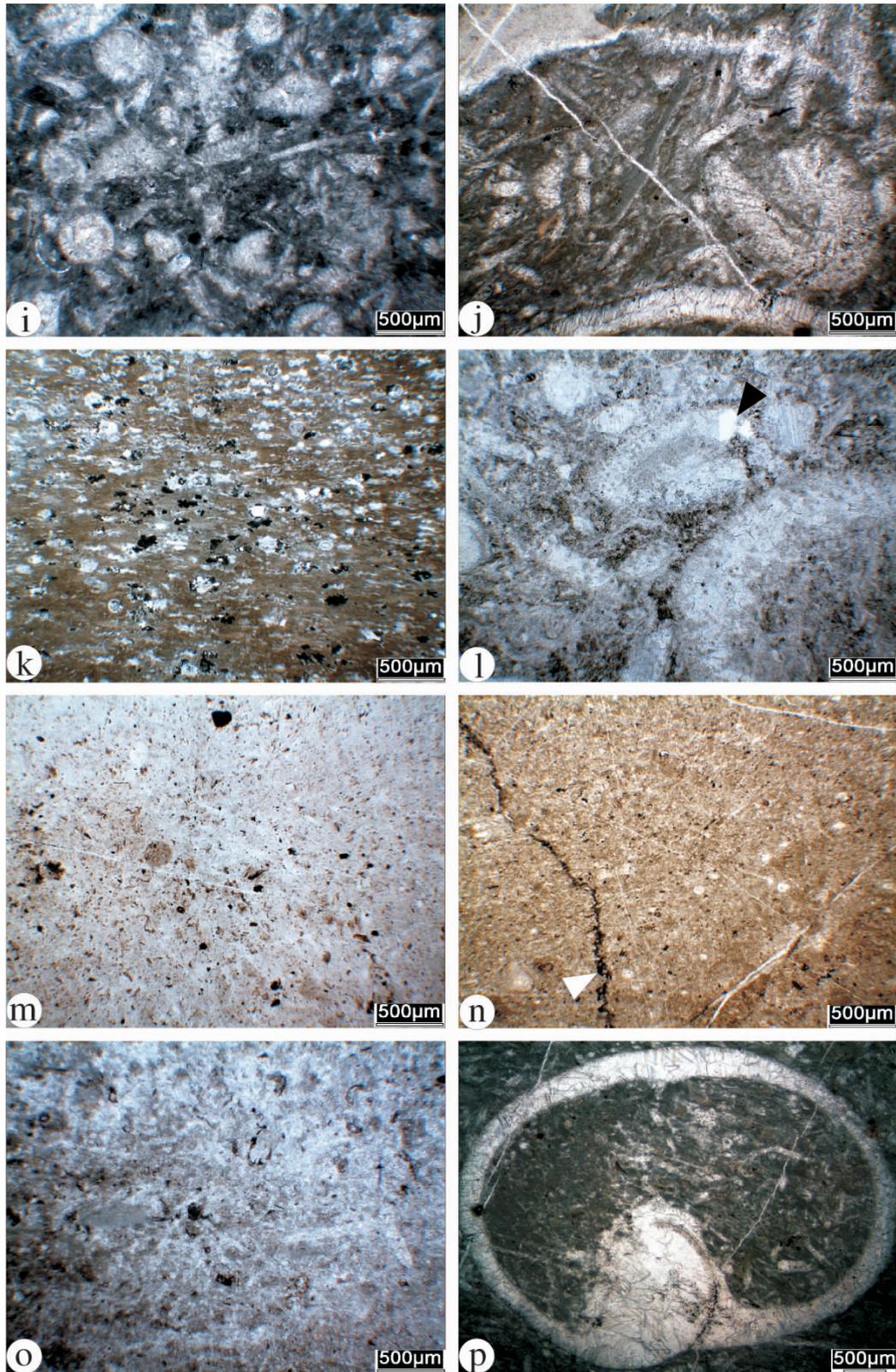
邮政编码:730000

联系电话:(0931)4960916 4960917 传真:(0931)4960916

Email:cjxb@lzb.ac.cn



图版 I 说明: a. 巢湖平顶山栖霞组第一段泥晶灰岩, 单偏光; b. 巢湖平顶山栖霞组第一段生物碎屑粒泥灰岩, 富含海绵骨针, 单偏光; c. 巢湖平顶山栖霞组第一段砾石与基质, 1-深色基质, 发育生物碎屑粒泥灰岩 2-浅色砾石, 发育生物碎屑粒泥灰岩—泥晶灰岩, 正交光; d. 南陵丫山栖霞组第一段生物碎屑粒泥灰岩, 单偏光; e. 南陵丫山栖霞组第一段生物碎屑粒泥灰岩, 压溶线内充填黑色有机质(白色箭头所示), 单偏光; f. 巢湖平顶山栖霞组第二段硅质粒泥灰岩, 产小的浮游有孔虫和放射虫, 单偏光; g. 巢湖平顶山栖霞组第二段硅质生物碎屑粒泥灰岩, 发育溶蚀孔隙(黑色箭头所示), 单偏光; h. 巢湖平顶山栖霞组第三段生物碎屑亮晶颗粒灰岩, 单偏光;



图版 II 说明: i. 巢湖平顶山栖霞组第三段生物碎屑粒泥灰岩, 正交光; j. 巢湖平顶山第四段生物碎屑粒泥灰岩, 单偏光; k. 巢湖平顶山栖霞组第四段顶部放射虫硅质岩, 单偏光; l. 南陵丫山栖霞组第四段生物碎屑粒泥灰岩, 有溶蚀孔隙(黑色箭头所示), 单偏光; m. 南陵丫山栖霞组第二段硅质泥晶灰岩, 单偏光; n. 南陵丫山栖霞组第四段硅质泥晶灰岩, 压溶线内充填黑色有机质(白色箭头所示), 单偏光; o. 南陵丫山栖霞组第二段泥晶灰岩, 正交光; p. 巢湖平顶山栖霞组第四段生物碎屑粒泥灰岩, 单偏光