

湖北省巴东栖霞组沉积成岩作用地球化学特征研究^①

颜佳新¹ 伍明² 李方林¹ 方念乔³

1(中国地质大学地球科学学院 武汉 430074) 2(中南民族学院化学系 武汉 430074)

3(中国地质大学地矿系 北京 100083)

摘要 在详细的沉积作用、成岩作用研究基础上,利用多元统计分析方法重点对湖北省巴东水布垭剖面栖霞组碳酸盐岩地球化学特征进行了分析。研究表明,该组碳酸盐岩中CaO、Al₂O₃、K₂O、Fe₂O₃、P、Ba和Mn的含量主要与沉积环境或原岩岩性有关,地层中SiO₂、MgO、Sr和Na的含量主要与成岩作用有关。建立了栖霞组沉积成岩作用地球化学模式。该研究合理地解释了本组岩石特殊的地球化学特征,深化了对该组岩石形成环境,特别是成岩环境的认识,区分了沉积作用和成岩作用对该组岩石地球化学特征的影响,对合理地选取有关地球化学参数研究该组岩石及类似地层的沉积作用和成岩作用具参考价值。

关键词 栖霞组 地球化学特征 沉积作用 成岩作用

第一作者简介 颜佳新 男 35岁 副教授 沉积学

沉积作用和成岩作用是影响碳酸盐岩地球化学特征的两个主要因素,正确区分其各自的影响对利用地球化学特征研究碳酸盐岩形成过程中的沉积作用和成岩作用、了解其形成环境的地球化学特征均极为重要^[1,2]。早二叠世栖霞组在华南地区碳酸盐岩地层中极为特殊,尤其表现在其岩石特征、沉积特征和地球化学特征上。前人资料表明,栖霞组中多种元素含量及其组合特征在不同沉积环境中存在差别^[3,4,5],但对一些常用的地球化学指标,如Sr/Ca、Mg/Ca和Ma/Al比值,在该组地层剖面上的异常变化仍无深入的成因探讨。本文以湖北省巴东水布垭剖面栖霞组为重点,结合详细的沉积作用和成岩作用观察,同时参考对华南地区栖霞组特有的菊花石(天青石假象)的研究资料,对此进行研究。在水布垭剖面上共测试样品八十余件(测试项目主要包括Ca、Mg、K、Na、Si、Al、Fe、Sr、P、Mn、Ba等),以及氧碳同位素样品26件、锶同位素样品5件、菊花石样品十余件。

1 地质背景

巴东水布垭剖面位于栖霞期中扬子碳酸盐台地

鄂中相对凹陷区^[6]。该剖面栖霞组地层总厚约210 m,沉积旋回发育,主要由含泥质灰岩、灰泥岩、生物碎屑粒泥岩、层纹状生物碎屑灰岩、硅化白云岩化灰岩和燧石组成。形成于浅水陆棚沉积环境。底部发育厚约十米的陆源碎屑岩^[7]。近年研究结果表明,本区乃至华南大部分地区栖霞期沉积环境水体底部可能常处于贫氧状态^[8,9,10,11]。根据该剖面所处的古地理位置、地层沉积特征和地球化学特征,该剖面栖霞组主要形成于贫氧的沉积环境^②。

2 岩石地球化学特征

本剖面栖霞组岩石地球化学特征列于表1。根据对六十件碳酸盐岩样品测试结果的统计分析,水布垭剖面栖霞组碳酸盐岩具如下突出特征:1)SiO₂、MgO含量较高,平均值分别为6.054和2.777,且往往相伴出现(表1)。沉积特征表明它们与本组内早期普遍的硅化和白云岩化作用有关。值得指出的是,通过对本组内各种岩石中白云岩化作用特征观察比较发现,它们往往在含有机质的灰岩中较为发育,与潮上蒸发成因白云岩和混合白云岩化成因白云岩有着极大的差别;2)Sr含量较高,古生代灰岩

① 本文由自然科学基金项目“华南栖霞组菊花石原生矿物恢复及其地质意义”(批准号49602030)资助。

② 颜佳新,1997.湖北省巴东栖霞组缺氧沉积环境地球化学特征(待刊)。

表 1 湖北省巴东水布垭剖面栖霞组岩石地球化学特征(平均含量, 单位为重量%)

Table 1 Petrological geochemistry of Qixia Formation in Shuibuya Section of Hubei Province

岩性	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TFe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
含泥质细砂岩	76.28	10.60	5.86	1.75	0.30	0.403	0.046
灰泥岩	2.57	0.69	0.24	52.28	1.02	0.074	0.011
生屑粒泥岩	2.30	0.45	0.10	52.56	1.37	0.048	0.011
生屑泥粒岩	1.845	0.668	0.176	52.69	0.82	0.078	0.014
层纹状生屑泥粒岩	14.04	1.134	0.348	43.14	5.24	0.111	0.023
含泥质灰岩	6.40	1.46	0.45	48.39	1.53	0.186	0.018
燧石结核	82.79	0.97	5.16	7.04	0.16	0.142	0.037
硅化灰质白云岩	25.02	0.653	0.165	31.54	14.78	0.029	0.033

中锶含量大多在 $130 \times 10^{-6} \sim 150 \times 10^{-6}$ 之间, 而本组碳酸盐岩中锶平均含量高达 972×10^{-6} , 大于 2000×10^{-6} 的层位也较为常见。但底部厚约 30 m 的碳酸盐岩地层中锶含量均小于 500×10^{-6} 。桂中和下扬子地区情形亦极为相似^[4, 5]; 3) 根据 Al₂O₃ 的含量特征, 结合镜下观察, 本组大部分碳酸盐岩中陆源碎屑含量均很低。

3 地球化学元素分布规律

为查明该组碳酸盐岩中元素分布和组合规律, 在剔除碎屑岩和燧石及部分特殊样品分析数据后, 将分析结果进行了 Q 型聚类分析和 R 型聚类分析:

3.1 Q 型聚类分析

Q 型聚类分析结果表明, 本区栖霞组碳酸盐岩可以分为三大群, 每一大群均由两群组成(图 1)。各群特征简述如下: 第一大群主要由灰黑色中厚层生物碎屑灰岩组成, 灰岩中可发育燧石结核, 岩石层面平直。其中 I₁ 群内含 1%~4% 的 SiO₂, 生物碎屑主要为介壳类(腕足、双壳和腹足类等)和藻类, 生物碎屑及泥晶基质重结晶较为明显。由两种微相组成: 微相 I₁₋₁ 内生物碎屑含量较高但较破碎, Ba 含量较低 ($< 23 \times 10^{-6}$); 微相 I₁₋₂ 生物碎屑含量较少, Al₂O₃ 含量可达 2%, 反映粘土质含量较高, 其围岩中亦常发育硅质团块或燧石结核。根据其沉积特征, 本群岩石形成环境水体较浅。I₂ 群内常发育灰岩透镜体或瘤状硅化灰岩, 生物碎屑以棘皮类单晶生物碎屑为主, 含少量介形虫、腕足和苔藓虫碎片, 此外还可发育少量球粒。

第二大群内, 群 II₁ 由团块状或结核状灰岩组成, 岩层面波状起伏。生物碎屑往往成团分布, 以有孔虫、介形虫和棘皮类碎屑为主。岩石中普遍发

育较弱的硅化和白云岩化作用, 锶含量一般为 $1100 \times 10^{-6} \sim 1300 \times 10^{-6}$; 群 II₂ 由薄层灰泥岩组成, 岩石断面细密光滑, 仅含少量介形虫和腕足类碎片。很明显其形成环境应属浅海陆棚。根据上述沉积特征和古生态特征, 各群沉积环境水体深度顺序应为 II₂ > I₂ > I₁₋₂ > I₁₋₁。

第三大群主要为灰岩团块(瘤体), 菊花石团块及其围岩组成。其中群 III₁ 主要为硅化灰岩瘤体、灰岩团块和菊花石团块围岩组成, 锶含量 $1700 \times 10^{-6} \sim 1800 \times 10^{-6}$; 群 III₂ 由含菊花石的灰岩团块组成, 锶含量大于 2000×10^{-6} 。对应该聚类分析结果, 依 I-II-III 的顺序, δ¹⁸O 和 δ¹³C 均逐渐变重(δ¹³C 分别为 1.423‰, 3.144‰ 和 3.223‰PDB, δ¹⁸O 分别为 -6.714‰, -6.174‰ 和 -6.066‰PDB)。

上述聚类分析结果清楚地显示出利用岩石地球化学特征研究该组岩石形成的沉积作用和成岩作用的可行性。整体上看, 在第 I、II 大群中, 特别是第 I 大群中沉积作用的影响较为明显。结合岩石沉积

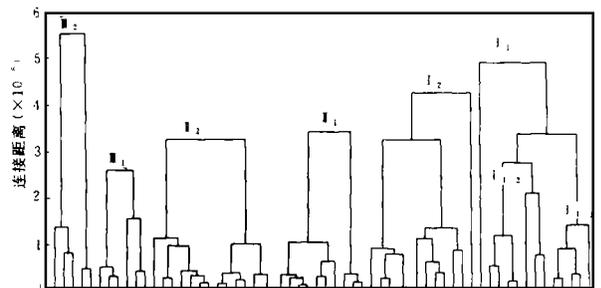


图 1 湖北省巴东水布垭剖面栖霞组岩石地球化学分析结果 Q 型聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis for cases from the Qixia Formation of Shuibuya Section of Hubei Province

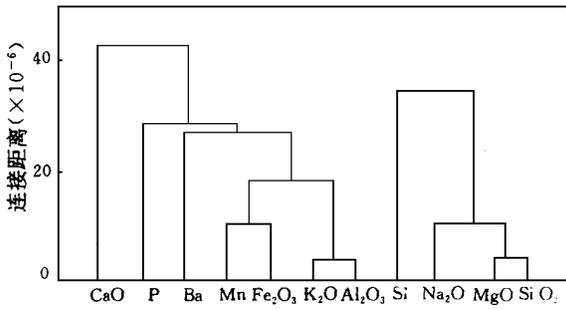


图2 湖北省巴东水布垭剖面栖霞组岩石地球化学分析结果 R 型聚类分析

Fig. 2 Cluster analysis for variables from the Qixia Formation of Shuibuya Section of Hubei Province

特征、古生态特征和成岩作用分析,从 I - II - III 成岩作用特别是早期成岩作用的影响逐渐增强。

3.2 相关分析和 R 型聚类分析

相关分析(60 个样品,置信度 0.95)结果表明,呈明显正相关的有 MgO 与 SiO₂ 及 K₂O 与 Al₂O₃ (相关系数 r 分别为 0.87, 0.88); 正相关较明显的有 Fe₂O₃ 与 Al₂O₃、K₂O 和 Mn (r 分别为 0.74, 0.64, 0.66) 以及 Na₂O 与 SiO₂ 和 MgO (r 分别为 0.78 和 0.72); 负相关明显的有 CaO 与 SiO₂ 和 MgO (r 分别为 -0.97 和 -0.95); 负相关较明显的有 CaO 与 Na₂O (r 为 -0.79)。为深入分析各组分之间的关系,对测试结果进行 R 型聚类分析(图 2),结果表明 11 种组分明显分为两群。结合镜下观察,上述两群代表不同的沉积、成岩环境成因。第一群包括 SiO₂、MgO、Na₂O 和 Sr, 其分布特征主要受成岩作用的控制。其中 SiO₂ 和 MgO 分别代表硅化和白云岩化作用。第二群包括 CaO、Al₂O₃、K₂O、Fe₂O₃、Mn、Ba 和 P, 其分布主要受沉积环境和原岩岩性控制。其中 K₂O 和 Al₂O₃ 的关系表明它们两者可能均与岩石中粘土含量有关。在因子分析中这种关系表现得更为清楚(图 3)。不过 Sr 和 CaO 的分布表现出极大的特殊性。

4 栖霞组成岩环境和成岩作用序列及其地球化学特征

在讨论栖霞组成岩环境和成岩作用时,不能不提到菊花石。菊花石是华南地区栖霞组内特有的一种主要由方解石组成的矿物假象,也是了解华南地区栖霞组成因在多方面的特殊性的一条重要线索。

菊花石在本剖面也有出露。广泛的成因对比研究表明其原生矿物为天青石,主要形成于压实作用之前的早期成岩作用阶段,在深埋成岩作用过程中被交代或溶蚀而残留下假象^①。因篇幅所限,此处只讨论本剖面与菊花石有关的成岩作用、成岩环境地球化学特征。根据天青石(菊花石)的形成可以将该区栖霞组内海底-浅埋成岩作用阶段细分为有机质氧化、碳酸盐矿物稳定转化—硫酸盐还原和甲烷形成三个亚阶段。

该区栖霞期贫氧沉积环境背景,既有利于有机质在沉积和早期成岩作用过程中的保存,形成本区栖霞组特有的岩石外貌,也影响着碳酸盐矿物稳定转化—硫酸盐还原作用阶段所发生的成岩作用。随着文石和高镁方解石逐渐向低镁方解石转化,沉积物孔隙水中钙离子浓度变化不大,锶和镁离子逐渐富集。在这种贫氧弱还原的环境下, Mg²⁺/Ca²⁺ 比值的逐渐提高和碱度的逐渐增加,为白云石的形成和交代创造了良好的条件^[1, 12]。因而该时期泥晶白云岩化作用在本组岩石中较普遍,特别在一些富含有机质的灰岩中,岩石中白云石含量可超过 30%。上述因子分析反映的正是这种特点(图 3),这也是与 Mg 有关的比值在本组地层中常出现异常变化的根本原因。值得一提的是,粘土矿物蒙脱石向伊利石的转化(可释放出 Mg²⁺)常被作为含粘土质碳酸盐岩白云岩化的主要动力来源。但如前所述,本区栖霞组内,粘土质含量实际很低,其转化不足以引起如此普遍的白云岩化,而且粘土矿物的稳定转化主要发生于深埋成岩环境,与此亦不相同。当锶离子浓度达到海水中锶离子浓度的 2—3 倍时,

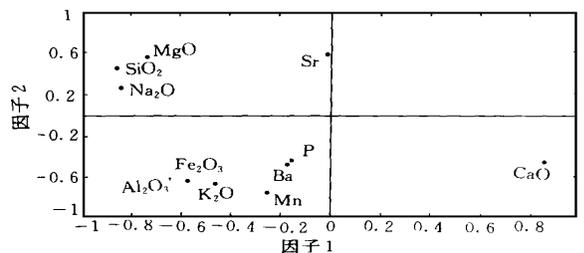


图3 湖北省巴东水布垭剖面栖霞组岩石地球化学分析结果因子分析

Fig. 3 Factor analysis for geochemical data from the Qixia Formation of Shuibuya Section of Hubei Province

① 颜佳新. 鄂桂地区早二叠世栖霞组沉积成岩环境和层序地层学研究. 武汉: 中国地质大学, 1996.

表 2 水布垭剖面栖霞组沉积成岩作用地球化学综合特征

Table 2 Geochemical summary of sedimentation and diagenesis in the Qixia Formation from Shuibuya section of Hubei Province

沉积成岩环境		海底成岩环境	埋藏成岩环境		主要岩性
富氧环境	碳酸盐沉积占绝对优势。岩石中少量碎屑组分与陆源碎屑物注入影响有关。	1) 大多数有机质被氧化; 2) 沉积物胶结较好; 3) 泥晶白云岩化作用较弱, 硅化作用较弱, 但局部可形成边界清楚的燧石结核。	1) 压实作用影响相对较少, 可发育缝合线构造; 2) 部分生屑颗粒被硅质交代; 3) 粗晶白云石形成。		灰泥岩, 生屑粒泥岩, 生屑泥粒岩。
			1) 成岩流体呈还原性, 富含钙离子, 钠离子浓度大于钾离子浓度; 2) 锶因天青石被交代、溶蚀而扩散; 3) 岩石中钠的含量受明显改造, 但对 Mg、Si、Fe、Mn 的改造较少。		
缺氧环境	1) 有利于有机质的堆积。2) 陆源碎屑组分相对于钙质组分富集; 3) Fe 和 Mn 的分布与沉积环境还原特点有关。	1) 碳酸盐矿物稳定转化过程中释放出的锶离子与孔隙水中的硫酸根离子结合形成天青石; 2) 胶结作用发育不均; 3) 泥晶白云岩化较普遍; 4) 大多数燧石结核形成。	1) 有利于有机质保存; 2) 早期胶结较差; 3) 早期成岩环境与沉积环境具成因联系, 导致硫酸盐还原反应发育的差异; 4) Mg、Sr 和 Si 的分布受到强烈影响; 5) 对 Na 的分布的影响较少, 但发生硅化和白云岩化时, CaO 含量大为降低。	1) 压实成岩作用影响明显, 早期胶结的钙质沉积、燧石结核、天青石晶簇受压变形, 成为透镜状, 缝溶层构造发育; 2) 天青石被溶蚀或被交代。	层纹状灰岩, 透镜状灰岩, 瘤状灰岩(层间)夹含炭质泥灰岩), 燧石结核。
		1) 孔隙水中硫酸根被还原后与铁离子结合形成黄铁矿; 2) 泥晶白云岩化、硅化作用较普遍但不形成燧石结核; 3) 局部早期胶结较好。			含炭质泥灰岩, 黑色页岩夹灰岩透镜体。

锶离子可与硫酸根离子结合沉淀形成天青石^[1, 13, 14]。天青石的形成使得碳酸盐矿物稳定转化过程中释放出的锶离子在岩石中得以保存, 形成栖霞期地层高锶含量背景。对此可以从菊花石及其围岩锶同位素分析中得到证实。此外目前所发现的天青石集合体(菊花石)均局限于陆棚碳酸盐岩中, 它们在同期黑色页岩及较深水含炭质较高的盆地沉积中不发育, 而且天青石极少与黄铁矿共生, 说明硫酸盐还原反应的发生对天青石的形成具抑制作用。前一反应发生时, 岩石中可发育黄铁矿, 不发生时可形成天青石。这种硫酸盐还原反应在时空上的差异, 不但影响了本组内锶的分布, 也使得铁在本组碳酸盐岩中较少受到早期成岩作用的影响。

在有机质分解和甲烷形成阶段, 孔隙水中硫酸

根离子的浓度因硫酸盐还原反应或天青石形成的消耗而逐渐降低, 孔隙水中 pH 值明显降低, 导致早期硅化作用的发生。实际的天青石的形成、白云岩化作用和硅化作用的发生在时间顺序上可能远比上述过程复杂, 甚至有可能交替进行, 因而使得本组中一些灰岩团块和菊花石结核在地球化学特征上具极大的相似性(图 1), 也使得岩石中 MgO 和 SiO₂ 组分呈现明显的正相关性(图 2)。

通常在颗粒岩不发育的陆棚碳酸盐岩中, 晚期成岩环境的恢复极为困难, 也是成岩作用研究中的薄弱环节^[1, 15, 16]。但如上所述, 在本组中天青石晶体被方解石交代和充填主要发生于晚期成岩作用过程中。因此菊花石假象内方解石的特征成为本组岩石晚期成岩作用研究的重要标志。对该剖面及华南

其它地区栖霞组天青石假象(菊花石)内方解石的成分分析表明,相对于围岩来说,菊花石内方解石富Sr,贫Fe、Mn、Mg、Ba和Al,且Na₂O含量高于K₂O含量。因此该成岩环境地下水可能为还原性的盐水,其主要成分为Na⁺,Ca²⁺和Cl⁻。其中Ca²⁺的浓度大于Mg²⁺,Na⁺大于K⁺。前者可能与该时期差异压实作用溶解的主要是低镁方解石有关。后者使得Na的分布主要受晚期成岩作用的控制。Fe和Mn是对氧化还原条件敏感的元素,在还原性环境中它们可被还原并重新分配,因此它们在本组岩石中的正相关性可以是沉积环境、早期成岩作用和晚期成岩作用影响相互叠加的结果。菊花石内方解石中低的Fe、Mn含量以及它们与Al₂O₃和K₂O的密切关系表明前者可能是影响其分布的主要因素。此间地下水中硫酸根离子的浓度极低,导致天青石遭受溶解和交代,也使得Sr²⁺再次进入地下水并在岩石中重新分配,形成本组内锶有别于其它元素的分布特征(图3)。

不难理解,在此陆棚碳酸盐沉积环境中,岩石中CaO含量主要与沉积环境和沉积作用有关,但因为不论是早期成岩作用阶段的矿物稳定转化、硅化作用、白云岩化作用还是晚期成岩作用阶段的化学压实作用,CaO始终是最直接和最主要的影响对象,因此在聚类分析和因子分析中CaO组分也呈现出明显的特殊性(图2,3)。表2为本区栖霞组碳酸盐岩

沉积作用、成岩作用及其地球化学特征的综合。

上述沉积、成岩作用地球化学特征研究也为利用地球化学特征识别本区栖霞期海平面变化打下了坚实的基础。沉积学研究在该剖面栖霞组内共识别出了4个三级层序^[7]。在剖面下部两个半层序内,除P和Mn外,其余元素对海平面变化均有清晰的反映(图4)。在海泛面附近缺氧沉积中大多表现为峰值,仅CaO为低谷。其中Al₂O₃和K₂O的峰值反映了粘土矿物在缺氧沉积条件下富集,对应钙质沉积的减少。Fe₂O₃则是该还原性沉积条件的直接反映(黄铁矿的形成)。由于该环境有利于早期白云岩化作用和硅化作用的发生,导致这些具栖霞组特色的SiO₂和MgO峰值的发育。由于这些缺氧环境下的沉积在早期成岩作用阶段往往胶结较差(仅局部胶结,成为灰岩结核或团块的雏形),因而深受埋藏成岩作用的影响,特别是晚期还原性成岩卤水的影响,使得Na在该类沉积中亦趋富集。在厌氧沉积中无天青石(菊花石)的发育(只发育黄铁矿),但在其所夹薄层灰岩(贫氧沉积)中天青石则较为发育,使得Sr在地层剖面上出现类似峰值。此外,Al₂O₃和Fe/Mn在高位域(HST)内逐渐增加也反映了海平面下降,陆源物质供应相对增多的趋势。与其它地区一样,剖面底部第一层序内无天青石的发育,地球化学特征也极为不同,反映了明显不同于其上部地层的沉积成岩条件。对此,将另文专述。

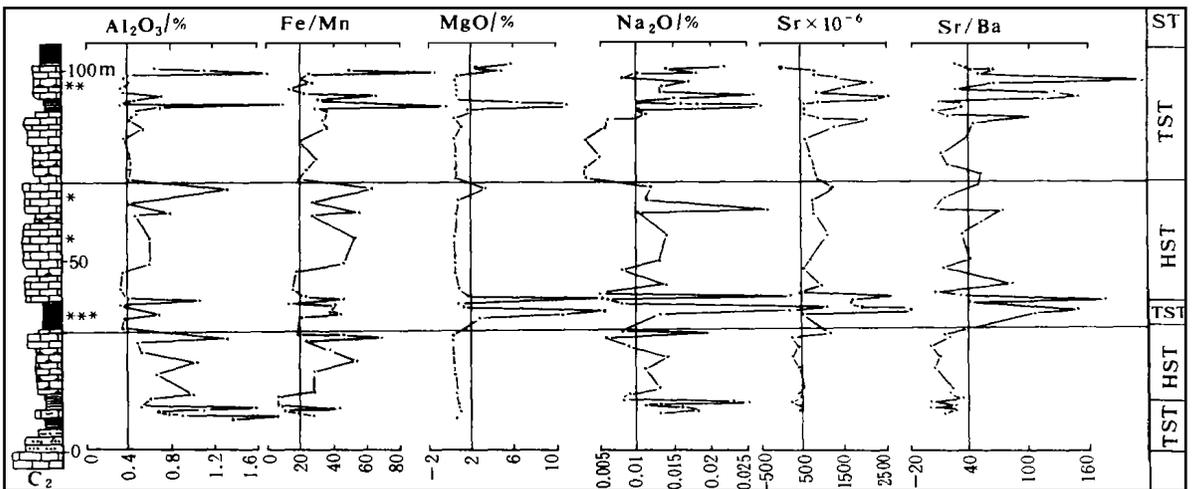


图4 湖北省巴东县水布垭剖面栖霞组下部层序地层地球化学特征 (DST: 沉积体系域, TST: 海进体系域, HST: 高位体系域 *; 菊花石)

Fig. 4 Distribution of Al₂O₃, Fe/Mn, MgO, Na₂O, Sr and Sr/Ba through the lower part of the Qixia Formation in the Shuibuya section, Badong of Hubei Province

5 结论

在深入的沉积作用、成岩作用研究基础上, 利用多元统计分析方法对巴东水布垭剖面栖霞组碳酸盐岩岩石地球化学测试结果分析表明, 本区栖霞组碳酸盐岩的岩石地球化学特征是沉积作用和成岩作用的综合反映。地层中 CaO 、 Al_2O_3 、 K_2O 、 Fe_2O_3 、 P 、 Ba 和 Mn 的含量主要与沉积环境或原岩岩性有关, 其中 Al_2O_3 和 K_2O 的含量与岩石中陆源碎屑含量有关; 地层中 SiO_2 、 MgO 、 Sr 和 Na 的含量主要与成岩作用有关。栖霞期地层内高锶含量异常及锶分布的特殊性与早期成岩作用过程中天青石的形成和晚期成岩作用过程中天青石的溶解和交代有关。在此基础上, 建立了栖霞组沉积成岩作用地球化学模式。沉积学、岩石学、矿物学和地球化学的综合研究不仅合理地解释了本组岩石地球化学特征在时空上的特殊性, 区分了沉积作用和成岩作用对该组岩石地球化学特征的影响, 而且深化了对该组岩石形成的沉积环境和成岩环境的认识, 如沉积环境的缺氧特征、早期海底成岩作用环境特征、早期成岩作用过程中成岩反应和成岩序列以及晚期成岩环境特征等。由于栖霞组在诸多方面存在广泛的时空稳定性, 上述结论在进一步研究中栖霞组沉积环境、成岩环境及在利用岩石地球化学特征, 合理地选取有关参数研究该组岩石及类似地层的沉积作用和成岩作用方面均具参考价值。

参 考 文 献

1 Morse J W, Mackenzie F T. Geochemistry of sedimentary carbonate.

Netherland; Elsevier, 1990. 1~707

- 2 Banners J L. Application of trace element and isotope geochemistry of strontium of carbonate to studies of carbonate diagenesis. *Sedimentology*, 1995, 42(5): 805~824
- 3 赵泽恒. 南盘江地区二叠纪碳酸盐岩中微量元素的分布特征与沉积-成岩环境. *云南地质*, 1987, 6(1): 50~63
- 4 沙庆安, 吴望始, 傅家谟. 黔桂地区二叠系综合研究-兼论含油气性. 北京: 科学出版社, 1990. 1~215
- 5 江纳言, 贾蓉芬, 王子玉. 下扬子地区二叠纪古地理和地球化学环境. 北京: 石油工业出版社, 1994. 1~206
- 6 冯增昭, 何幼斌, 吴胜和. 中下扬子地区二叠纪古地理. 北京: 地质出版社, 1991. 1~244
- 7 颜佳新, 方念乔. 湖北省栖霞组沉积环境, 沉积旋回及层序地层划分. *地球科学*, 1994, 19(5): 620~626
- 8 吴胜和, 冯增昭, 何幼斌. 中下扬子地区二叠纪缺氧环境研究. *沉积学报*, 1994, 12(2): 29~35
- 9 Sano H, Jiang N Y. Early Permian carbonate sedimentation in South China. Abstracts 29th Intern. Geol. Congr., Kyoto, 1992, 2(3): 288
- 10 颜佳新, 杜远生. 冰川发育对赤道地区碳酸盐沉积环境和沉积作用的影响. *地质科技情报*, 1994, 13(3): 48~56
- 11 颜佳新, 陈北岳, 李思田等. 鄂湘桂地区栖霞组古氧相分析与层序地层和海平面变化. *地质论评*, 1997, 43(2): 193~199
- 12 Baker P A, Burbs S J. Occurrence and formation of dolomite in organic rich continental margin sediments. *AAPG Bulletin*, 1985, 69(1): 1917~1930
- 13 徐兴国. 从锶的地球化学特征探讨天青石矿床的成因类型及找矿方向. *地质论评*, 1984, 30(2): 146~154
- 14 Baker P A, Bloomer S H. The origin of celestite in deep-sea carbonate sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1988, 52(2): 335~339
- 15 Tucker M E, Bathurst R G C. Carbonate diagenesis. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1990. 225~228
- 16 Moore C H. Carbonate diagenesis and porosity. Netherland; Elsevier Science Publisher, 1989. 1~338

Geochemistry of Sedimentation And Diagenesis in Qixia Formation (Early Permian) of Badong, Hubei Province

Yan Jiixin¹ Wu Ming² Li Fanglin¹ Fang Nianqiao³

¹(Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences Wuhan 430074)

²(Department of Chemistry, South-Central Normal College for Nationalities Wuhan 430074)

³(Department of Geology, China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract

Sedimentation and diagenesis are two major factors contributing to geochemical features of sedimentary carbonates. Integrated with studies of sedimentology and diagenesis, multivariate analysis of about 80 carbonate samples collected from Badong, Hubei Province suggested that the contents of CaO , Al_2O_3 , K_2O , Fe_2O_3 , P , Ba and Mn in the Qixia Formation dominantly relate to the sedimentary environment and/or, petrology, Al_2O_3