

文章编号:1004-7824(1999)06-0059-06

碳酸盐岩微相分析及其在岩相古地理研究中的意义

包洪平, 杨承运

(北京大学地质系, 北京 100871)

摘要:微相分析是碳酸盐岩沉积学研究的重要方法和手段。笔者从微相概念演化的角度对在微相分析中有关的概念予以澄清;介绍了微相分析的研究内容和工作方法以及微相研究的新近进展;探讨了微相分析在岩相古地理研究中的意义,并展望了它在其它沉积学研究领域中的应用前景。

关键词:微相;碳酸盐岩;岩相古地理

中图分类号:P531 **文献标识码:**A

自“相”的概念被 Gressly 于 1938 年开始引入沉积岩的研究中,并建立起沉积相的概念以来,有关沉积环境和沉积相的研究就已成为沉积学研究的重要领域。由于碳酸盐岩成因和结构的特殊性,使微相分析方法在碳酸盐岩沉积学的研究中显得尤为重要,成为碳酸盐岩沉积环境分析、岩石成因研究、相带划分以及岩相古地理研究中不可或缺的沉积学研究方法和手段。

1 微相的概念及其演化

“微相”这一术语由 Brown(1943)提出,用来表示岩石薄片在显微镜下所呈现的鉴别标志。Flügel(1978)将“微相”定义为在薄片、揭片和光片中能够被分类的所有古生物学和沉积学标志的总和^[1]。因此,从“标志”的意义上讲,“微相”过去主要是指一种微观(显微)特征的总和,也含有一种分析方法的含意。

Wilson(1975)根据现代碳酸盐沉积的资料,把碳酸盐岩按显微(微相)特征的不同分为 24 个标准的微相类型(简称标准微相)^[2],他这里的微相是指具特征显微结构的岩石类型。Maliva 等(1992)把由于颗粒组分和结构特征(利用显微岩相学方法确定)的不同,而使它与别的碳酸盐岩区别开来的碳酸盐岩沉积体定义为微相(定义这一概念的主要目的在于将宏观观察中不易相互区别,而实际上又形成了不同沉积环境的沉积体,利用微相结构特征的不同将之区别开来,并以微相特征将之命名)^[3]。因而从特殊地质体的“指代”意义上来说,微相除具有微观(显微)特征的总和的含义外,也指某一具体的沉积物(岩)类型或沉积实体,可

以把它姑且称之为“微相实体”以示区别。它代表了一定空间范围内的岩石特征,尤其是微观特征的相对均一性,反映了在一定时间和空间范围内,沉积环境特征以及沉积作用的相对稳定性。

因此,在沉积学研究所说的“微相”一般指微相特征和微相实体这两方面的含意。另外还有两个相关的概念需要加以说明:

微相方法 指除常规的野外直接观察以外的、主要借助显微镜等对岩石进行观察分析,以确定岩石成因机理和形成环境及沉积作用过程信息的一种综合的沉积学分析方法和手段。其中最基本也是最传统的是对岩石组成、结构及形貌特征的分析(如颗粒组成、胶结结构、分选、磨圆及显微构造等)。

微相分析 泛指对岩石的微相特征和微相实体的研究工作。

微相分析的方法主要用于碳酸盐岩的研究中,本文所讨论的微相概念主要限于碳酸盐岩及与之相关、伴生的内源沉积岩类。

2 微相研究内容

微相研究的主要目的是分析“微”环境,这就决定了它的主要内容就是研究能够反映沉积环境信息的岩石微观特征。

由于不同微环境所形成的岩石的微观特征亦各不相同,因而可划分出一系列的微相类型,并以此作为划分微环境(或相带、沉积微相)的依据。因此有人认为微相研究主要是微相类型的划分和确定^[4]。实际上,这只是传统意义上“微相”概念所理解的微相研究的内容。从现代成因岩石学的角度看,微相研究并不仅仅限于对微相“类型”的划分,并以此作为划分环境的依据,其目的还应包括“分析”的内涵,即研究沉积环境的具体特点,揭示岩石形成作用的过程,微相序列的变化及其外在的控制因素等,进而为宏观的沉积学研究(岩相古地理学、层序地层学、事件地层学等)提供准确、细微的可靠的证据,所谓“见微知著”就是这个意思。

3 微相研究方法

从微相分析技术的发展看,微相分析可分为经典的研究方法和现代分析方法两大类。

3.1 经典分析方法

主要指用岩石学偏光显微镜进行的微相研究工作,所研究的主要是在普通岩石学显微镜下可观察到的岩石的组分和组分之间的关系、变化、演进及其所标示的沉积环境和沉积作用特征等方面的含义,也包括部分显微镜下可见的沉积构造特征。由于在这一显微“层次”上组成岩石各组分之间、各部分矿物之间的特征及相互关系已基本可辨,并可见到许多肉眼不易分辨的反映水动力条件、沉积作用过程及生物活动特征的各种沉积构造。因而自本世纪中叶以来,这种主要依靠显微镜的经典微相分析方法有了很大发展,使微相分析成为一门比较成熟的沉积学分析方法。这方面的代表性工作如 Folk(1962)提出的灰岩结构成因分类图谱,Plumley 的灰岩能量指数分类^[5]。Wilson(1975)对碳酸盐岩沉积相带的详细系统的划分和所划分相带识别标志的归纳总结,余素玉(1982)按灰泥与化石颗粒相对丰度及粒度结构特征划分出的 6 种结构类型等^[4]。

在经典的微相分析中,Wilson(1975)提出的微相研究提纲^[2]对显微镜下微相研究的方

法和应注意的方面作了全面详尽的介绍,对指导碳酸盐岩微相研究具有特殊重要的意义,可以说是经典微相研究方法的纲领,奠定了经典微相分析的基础。其具体内容十分丰富,大体有如几个方面内容,至今仍为微相分析工作的重要依据,应很好地借鉴:主要组分的相对含量;不同类型生物碎屑颗粒的特点及含量;颗粒的保存;非生物碎屑颗粒种类及特征;结构观察;压实历史;胶结类型;白云石含量及结构;示底构造;微晶方解石基质(灰泥杂基)和掘穴(或虫孔)。

3.2 现代分析方法

指利用除普通岩石学显微镜以外的现代分析技术手段进行微相研究的方法。但这一技术目前尚处在发展阶段,有待进一步成熟。现阶段主要包括扫描电镜分析、阴极发光技术、不溶残渣分析,以及配合电子探针、离子探针进行的微区元素成分和稳定同位素分析等新兴的现代分析技术对岩石成因进行的分析。

4 碳酸盐岩微相的研究进展

4.1 碳酸盐岩微相研究的简要回顾

早期的微相研究主要以岩石学偏光显微镜观察为主要分析手段。最早进行微相研究工作应为奥地利格拉茨大学的 Peters, 他于 1863 年发表题为“达斯坦石灰岩中的有孔虫”论文,曾评价了薄片在阐明古生态和古地理问题方面的作用。Udden 和 Waite(1927)阐述了薄片中灰岩结构的实际应用。Sander 和 Pia 在 30 年代的工作使碳酸盐岩的显微镜研究取得了突破性进展,Pia 首次介绍了现代碳酸盐的综合研究成果^[1]。

Folk 和 Dunham(1962)基于颗粒类型与泥晶-亮晶-颗粒相对含量对沉积环境能量的分析及分类方法标志着 60 年代微相研究的水平^[5]。

70 年代,Wilson 系统总结了碳酸盐岩沉积学与微相研究方法,提出了 24 个标准微相和 9 个相带的沉积模式^[2]。Flügel(1978)对灰岩微相分析进行了系统总结^[1]。

80 年代,杨承运和卡罗兹用微相方法对碳酸盐岩进行了分类,并对微相分析方法进行了系统阐述^[6]。

另外,化石岩石学的研究对碳酸盐岩微相的研究也起了很大的促进作用。70 年代初,美国岩石学家 Horowitz 和 Potter 的《化石岩石学导论》^[7]是颇有影响并具有开拓意义的著作之一;中国科学院地质所主编的《化石岩石学图版》(1981)^[8]和戴永定的《生物矿物学》(1994)^[9],具有深远的传播意义。王英华等的《化石岩石学》(1990)则系统又简练地对此领域的概念进行了相当完美的总结^[10]。这些对于岩相古地理学的研究和实践也具有很大意义,使碳酸盐岩的多成因观点和其形成对生物的依赖性逐渐为人们所认识。同时由于生物对环境的依赖性以及碳酸盐岩中生物化石及化石碎片的普遍存在,使化石及其碎片成为微相研究中重要的岩石成因标志,也使化石岩石学方法成为薄片研究中确定碳酸盐岩古沉积环境的最好方法之一。

4.2 最新进展

碳酸盐岩微相研究近年来有很大发展,已由过去单纯的分析环境转为研究岩石的成因、沉积作用过程、成岩作用变化及其与岩石孔隙演化关系等,形成内容渐趋丰富并逐渐向各学科分散、渗透的研究方法。其最新进展情况主要有以下几个方面。

不溶残渣研究的新认识 Maliva 等(1992)在对挪威北海白垩系与第三系灰岩的研究

中,通过对各种微相中酸不溶组分的种类、含量及成因等分别分析,发现其中酸不溶物主要由硅质组成,其成因与较深水环境的放射虫、硅藻等有关,并由此结合化石组合及结构特征对各微相中不溶残渣与推测的沉积环境深度进行了对比,发现自生成因硅质含量与深度呈正相关关系^[3]。

扫描电镜分析与“基质微相-成岩-孔隙度” Maliva 等(1992)在对碳酸盐岩基质的扫描电镜分析中发现,基质孔隙度与成岩历史及高倍(20000×)放大条件下泥晶颗粒的分布、结构、形态等因素有关,这些特征除受沉积微相的控制外,还与成岩历史有关。

阴极发光技术在恢复白云岩原始结构中的应用 在晶粒结构的白云岩中,其沉积环境的各类微相特征标志多已消失,因而难以确定其沉积环境的特征。自 80 年代发展起来的阴极发光技术在一定程度上对恢复白云岩的原始沉积结构起了一定的作用,如各种“残余”颗粒结构的恢复等。另外阴极发光还可表现出普通光学显微镜看不到的某些矿物的生长环带,这对确定岩石的成岩历史及其对沉积环境有继承性的成岩介质变化特征极为有用。

利用生物化石(碎片)及颗粒组构特征对微相进行分类 80~90 年代以来,这方面的研究似乎成为微相研究的一个重要趋势,如 David(1985)根据所含化石特征和粒泥-泥粒结构特征不同,将美国德克萨斯玻璃山地区二叠系 Word 组分成:球粒泥粒灰岩、生物碎屑粒泥/泥粒灰岩、全化石粒泥/泥粒灰岩、生物扰动粒泥灰岩、纺锤藻-海百合泥粒灰岩和白云岩 6 个微相,并讨论了其形成环境和空间展布特征^[11]。

Maliva(1992)根据微体/超微化石和颗粒组构不同将挪威北海的白垩系—第三系灰岩分为:放射虫-胸甲球石-有孔虫泥晶灰岩微相、有孔虫泥晶灰岩微相、放射虫-有孔虫泥晶灰岩微相、外碎屑-波尼特钙球-有孔虫粒泥灰岩微相和外碎屑-有孔虫泥粒/粒泥灰岩微相 5 个主要的微相,并分析了沉积环境与孔隙度的关系^[3]。

Sadooni(1993)根据化石组合及颗粒组分含量不同将伊拉克南部下白垩统 Yamama 组灰岩分成泥晶灰岩微相、含藻的粒泥灰岩和泥粒灰岩、大有孔虫粒泥-粒泥灰岩、鲕状泥粒-颗粒灰岩、球粒泥-泥粒灰岩、岩屑粒泥-泥粒灰岩及层孔虫-海绵-珊瑚粘结灰岩 7 个微相,并讨论了各种微相的空间分布模式、与控制油气藏形成的生储盖组合的关系及其油气勘探意义^[12]。

Jean-Jacques 等(1994)^[13],Lasemi(1995)等也曾采用相似的办法,将微相进行分类并使之与一定的沉积环境分区相对应,解释微相的空间分布规律。Lasemi 还将研究区域划分为不同的沉积环境,不同环境具有不同的微相或微相组合特征。

稳定碳氧同位素分析 70 年代中期以来,利用碳酸盐岩中稳定碳氧同位素的组成来确定碳酸盐岩形成时的古水介质条件及环境特征的方法逐渐为人们所采用。研究者开始用不同岩石类型(即不同微相类型)的碳氧同位素组成特征来研究不同微相形成时环境条件的差异,如盐度、温度条件的确定等。

微量元素分析 在碳酸盐岩的研究中,常用 Sr 等微量元素含量作为沉积环境的判别指标,如 Veizer 认为碳酸盐岩 Sr/Ca 比值是沉积环境的函数,并发现以浅滩为中心向潟湖方向和陆棚深海方向,Sr/Ca 比值呈双峰态分布的特征。Morrow 给出了鲕粒、团块、球粒、绿藻、红藻、腔肠动物、苔藓虫及软体等各种海相碳酸盐组分中 Sr 的平均含量表及矿物组成特征^[15]。

4.3 微相分析在沉积学领域的尝试

微相与层序地层学 Lasemi(1995)^[14], Jean-Jacques(1994)^[13], Sadooni(1993)^[12]等都曾将不同的微相类型与一定的海平面变化位置(体系域)相对应,分析微相的纵向演化与海平面相对变化及气候变化的关系。Tucker(1993)^[16]分析了显微镜下的成岩组构与海平面变化的关系,并给出了一些识别层序界面的微相标志(如微喀斯特化、淡水胶结等)。

白云岩组构与层序、气候的关系 Tucker(1993)^[16]研究了不同海平面变化阶段及气候条件下的白云化作用,认为海平面升降变化与气候的干湿交互作用是控制白云岩化作用和组构类型及白云岩化透镜体“迁移”的主要原因。

5 碳酸盐岩微相分析在岩相古地理研究中的意义

近年来,随着沉积学理论水平的不断提高和岩相古地理工作者不懈的努力,岩相古地理学也取得了长足的进展,已由过去单纯的划分海陆界限逐步走向量化的岩相古地理研究阶段,在碳酸盐岩的岩相古地理研究中尤为如此。而碳酸盐岩微相分析方法对其所起的作用也功不可没。

5.1 古环境特征的准确确定

这方面的意义主要反映在通过对碳酸盐岩结构组分的微相分析,来研究确定沉积水体的水动力特征。水体深浅、清浊和古生态等反映古沉积环境特征的诸项指标,以从概念上准确把握岩相所反映的古环境/古地理的具体特征。

冯增昭等(1991)^[17]关于鄂尔多斯地区早古生代“陆外为坪、坪外有滩、海外为海、滩外为槽”的岩相古地理格局的认识,与对该区多年的微相方面的研究有直接关系。

5.2 量化岩相古地理研究中单因素值的确定

冯增昭等^[17~21]在对华北地区早古生代,中下扬子地区二叠纪、三叠纪海相碳酸盐岩地层的岩相古地理研究中,广泛采用了“单因素分析综合作图法”这一定量化的岩相古地理研究方法,其中对于“颗粒含量”、“浅水碳酸盐岩含量”、“准同生白云岩含量”、“具亮晶胶结物的颗粒含量”等多种单因素值的确定,都来源于大量精细的微相分析工作。

5.3 特殊岩相的成因分析

在岩相古地理的研究中,常常会遇到一些在地层分布上占有重要位置的特殊岩类,如鄂尔多斯盆地西部地区奥陶系马家沟组巨厚的中细晶结构白云岩、华北地区马家沟组广泛分布的“豹皮灰岩”等。它们在地层上分布广泛,厚度大,对其成因分析的正确与否,直接关系到岩相古地理工作质量,而其成因问题又是一般野外观察所难以解决的,必须作精细的微相研究工作以分析其成因,并正确恢复其古地貌。

5.4 精细岩相研究与工业化岩相古地理图制作

随着油气勘探工作的深入,工业部门对岩相古地理图的要求已不满足于“灰、云、膏”之类的简单岩性分区,而是无论对岩相分区,还是作图单位都有了更精细的要求。如对碳酸盐岩的岩相古地理研究来说,已从过去只注重碳酸盐岩“浅水碳酸盐岩环境”和“深水碳酸盐岩环境”的区分,具体到对一个“碳酸盐岩环境”内的“滩、坪、礁、丘”等更小一级古地理单元的识别。即使已确定为“滩”的,还要进一步明确“滩”的性质是“鲕粒滩”,还是“生屑滩”等。岩相古地理作图单位也已从过去的“纪”、“世”逐步具体到“期”、“阶”等。由此,便逐步产生了工业化岩相古地理制图的研究工作,而这项工作的开展,则是完全依赖于微相研究工作的深

入程度。

5.5 微相序列与古地理环境的演化

宏观上古地理环境演化的认识,主要来源于微观上微相序列的研究。因此,对微相序列研究的进一步深入,无疑对于碳酸盐岩区古地理演化规律的认识也有极为重要的意义。

本文在写作过程中曾得到成都理工学院黄思静教授的热情帮助,在此深表谢意。

参考文献:

- [1] FLÜGEL 著,曾允孚译. 石灰岩微相[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [2] 威尔逊 J L 著,冯增昭等译. 地质历史中的碳酸盐岩相[M]. 北京:地质出版社,1981.
- [3] MALIVA R G and DICKSON J A D. Microfacies and diagenetic controls of porosity in Cretaceous/Tertiary chalks, Eldfisk Field, Norwegian North Sea[J]. AAPG Bulletin, 1992, 76(11):1825-1838.
- [4] 余素玉. 化石碳酸盐岩[M]. 北京:地质出版社,1982.
- [5] 冯增昭. 碳酸盐岩岩相古地理学[M]. 北京:石油工业出版社,1989.
- [6] 杨承运,卡罗兹 A V. 碳酸盐岩实用分类及微相分析[M]. 北京:北京大学出版社,1988.
- [7] HOROWITZ A S and POTTER P E. Introductory petrography of fossils[J]. New York, Springer-Verlag, 1971.
- [8] 中国科学院地质所主编. 化石岩石学图版[S]. 1981.
- [9] 戴永定. 生物矿物学[M]. 北京:石油工业出版社,1994.
- [10] 王英华等. 化石岩石学[M]. 北京:中国矿业大学出版社,1990.
- [11] SADOONI F N. Stratigraphic sequence, microfacies, and petroleum prospects of the Yamama Formation, Lower Cretaceous, Southern Iraq[J]. AAPG Bulletin, 1993, 77(11):1971-1988.
- [12] JEAN-JACQUES C, JEAN-PAUL S M and CONESA G et al. Geometry, palaeoenvironments and relative sea-level (accommodation space) changes in the Messinian Murdjtjo carbonate platform (Orau, western Algeria): consequences[J]. Sedimentary Geology, 1994, 89:143-158.
- [13] LASEMI Y. Platform carbonates of the Upper Jurassic Mozduran Formation in the Kopef Dagh Basin, NE Iran: facies, palaeoenvironments and sequences[J]. Sedimentology, 1995, 99:151-164.
- [14] 刘岫峰. 沉积岩实验室研究方法[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [15] TUCKER M E. Carbonate diagenesis and sequence stratigraphy[J]. Sedimentology Review, 1993, 1. WRIGHT V P. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1993:57-72.
- [16] 冯增昭等. 鄂尔多斯地区早古生代岩相古地理[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [17] 冯增昭等. 下扬子地区中下三叠统青龙群岩相古地理[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [18] 冯增昭等. 华北地台早古生代岩相古地理[M]. 北京:地质出版社,1990.
- [19] 冯增昭等. 中下扬子地区二叠纪岩相古地理[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [20] 冯增昭等. 鄂尔多斯地区奥陶纪地层岩相古地理[M]. 北京:地质出版社,1998.