

碳酸盐岩微相的研究方法及其意义

李韶昱 成都理工大学地球科学学院

【摘要】碳酸盐岩对全球油气开发起着重要作用，对于碳酸盐岩的深入研究对油气勘探开发工作有至关重要的作用。对碳酸盐岩的研究中，微相分析是较为常规的方法和手段，本文对碳酸盐岩微相研究的发展历程、研究方法、开发技术、最新进展以及前人的研究成果与应用方法，剖析微相分析对于碳酸盐岩研究的意义，并对其在沉积领域中的发展前景进行展望。

【关键词】碳酸盐岩；微相分析；研究进展；应用；意义

【DOI】10.12316/j.issn.1674-0831.2022.05.044

引言

关于“相”及其相关概念最早由Gressly于20世纪30年代建立，并逐渐应用于沉积岩领域的各项研究，并对沉积相的概念进行建立与划分，使其在沉积环境与沉积相的应用学科中发挥着重要作用。其中碳酸盐岩由于其分布较为广泛，在各个时代的地层中均有大量分布，是极其重要的沉积岩，我国的碳酸盐岩含量约占比55%。碳酸盐岩的微相分析方法在整个沉积岩领域中极其重要，因为其特殊的成因与结构可以为还原古地理环境、岩相成因分析等方面提供重要的线索，是沉积学领域研究的重要手段。

一、微相的概念

微观特征在碳酸盐岩的镜下研究中至关重要。Brown在1943年首次提出“微相”这一概念，用来表示镜下可观察到的薄片的鉴别标志。

Flügel在1978年对“微相”概念进行补充，将其定义为在薄片、揭片和光片中具有鉴别意义的古生物及沉积学标志的综合。因此，前人对“微相”的认知主要表现为可观察到的微观特征总和，也赋予“微相”分析方法的含义。Wilson在1975年结合前人研究及近现代碳酸盐沉积的研究成果，对碳酸盐岩进行具体分类，按照微相特征的不同划分出24个标准类型，即标准微相，Wilson将具有特定结构特征的岩石类型称为微相。Maliva等于1992年根据显微岩相学方法，将受矿物组分和结构特征不同导致其与其他碳酸盐岩有区别的碳酸盐岩沉积体定义为微相。综上所述，微相除了指代微观特征的总和外，也可以代表具体的沉积物类型或实体，可以将其称为“微相实体”进行区分。它对于一定研究区域内的岩石特征，特别是微观特征的相对均一性具有代表性，可以反映一定时间和地域范围内的沉积环境以及沉积作用特征。

二、碳酸盐岩微相研究历程

微相，顾名思义即是其研究的主要对象是岩石的微观特征，通过对其微观特征进行研究从而达到分析其存在环境的目的。对于微相的分析最早由Sander和Pia于30年代首次对碳酸盐的研究结果进行展示；Hellen E.Sadler在60年代提出对于微相的研究可以为地层中某些难以辨认的具有代表性的化石提供识别帮助，同时代的Folk和Dunham从颗粒类型角度分析沉积微相对于沉积环境的影响；Wilson在70年代针对碳酸盐微相领域的研究方法进行了具体分类，建立了详细的沉积相模式，同期的Flügel对石灰岩微相结合前人研究进行了系统的划分。杨承运和卡罗兹于80年代针对微相的分析方法进行了详细的划分，并对碳酸盐岩采用该方法进行具体分类，Robert J. Brown在前人研究基础上结合扫描电镜对其进行研究分析。90年代是微相研究进步的重要时期，Anna Trave通过研究表明浅海沉积物中的蓝藻与其他地区含量差异较大，证明了其存在的沉积环境为富氧环境。Guy H. Spence通过对于碳酸盐微相的研究反推沉积时期的地质环境及海平面的状况。Schlager与Flügel在Wilson的研究基础上，对沉积相的模式进行了完善，将沉积相模式补充为10个相带，针对每一个相带都有具体的判别标准和沉积特征，使得碳酸盐台地的沉积相分析有了更为系统的研究方法。此外，化石岩石学的发展进步也起到了极大的促进作用，为碳酸盐岩的成因提供了依据，且岩石中的化石极其碎片极具代表性，对于还原古沉积环境具有重大意义。同时古化石对于指导岩相古地理领域的各项研究和实践也具有极其重要的意义，让人们逐渐对碳酸盐岩的多种成因观点以及生物作用对于碳酸盐岩的形成过程有了较为详细的认知。同时，鉴于生物及其作用受环境的影响较大，且碳酸盐岩中给的生物化石或生物化石的碎片大量分布，因此生物化石以及其碎片可以

作为碳酸盐岩微相研究时较为典型的岩石成因标志，因其典型成因标志从而使得化石岩石学飞速发展，并且在碳酸盐岩还原古地理环境的研究中心占有重要地位。

三、微相分析方法

微相分析技术的发展历史悠久，根据时间跨度可以具体将其划分为经典分析方法以及现代分析方法两类。

1. 经典分析方法

微相的经典分析方法是指镜下通过偏光显微镜对岩石进行观察，对于岩石的矿物成分、组分关系、具有代表性的生物标志、沉积构造特征等进行观察分析，从而对研究区域进行细致的研究。镜下观察除了可以较为直观地对岩石组分及矿物成分间的关系进行观察和记录，同时也可以通过对具有代表性的标志性现象的观察，对沉积作用和水动力条件等沉积时期发生的各种构造进行反推。自20世纪中叶来，经典微相分析方法在地质领域有了长足的发展，该方法目前已经较为成熟，前人研究已经对不同岩石类型的微相进行了系统而具体的总结与分类。Wilson于1975年对经典微相分析做出了系统而详细的分类，对于研究碳酸盐岩微相有极其关键的指导意义，是经典分析分析方法中的基础与纲要。该方法的具体内容十分丰富，大体有如下几方面内容，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）。

2. 现代分析方法

现代分析方法主要是指除去经典微相分析手段的其他研究方法手段，但是现在的分析技术及理论研究尚未像经典分析方法一样较为完善，目前仍在探索阶段。现代分析方法的手段主要是通过新兴的技术对研究样品的成因进行分析，主要包括：

（1）立体扫描电子显微镜，简称扫描电镜或SEM，该技术的发展对于分析岩石的沉积作用以及成岩演化具有重大意义，该技术分辨率极高，且能直观地看到岩石内部颗粒的立体形态，是对碳酸盐岩进行分析的重要依据；

（2）荧光显微镜，能够直观地观察到具有荧光下发光特性的矿物颗粒，对于研究岩石不易在镜下直接观察到的隐藏组构有重大意义，同时能够根据观察区别出岩石内的矿物颗粒的物源，对于生物矿化作用的形成过程也有较好的指导意义；

（3）阴极发光显微镜，简称CL，是通过对研究样品薄片进行电子轰击，从而在镜下观察到发光的现象，而薄片的发光特征多受控于薄片中的成分及结构特征。阴极发光分析方法多与其他分析手段结合共同进行分析研究；

（4）流体包裹体分析，该分析方法多用于岩石学领域，对于研究成岩作用有重要意义，在研究中多与阴极发光和同位素分析手段一同进行，以确保研究的科学性与准确性；

（5）X射线衍射，X射线衍射对于细粒碳酸盐岩的分析具有较好的准确性，能够直观地展示出矿物中的化学成分以此来区分样品的物源，同时对于白云石与方解石矿物的含量及有序性等具有较高的精度，在研究中多与经典分析方法相结合；

（6）痕量元素和稳定同位素分析，前人研究证明此类分析手段对于微相的研究有较高的精度，对于还原古地理环境有重要意义，但为了保证研究的准确性与科学性，同位素分析多在前文所述的分析方法之后进行，以此确保数据的可信度。在研究中，一般先要用岩石学和阴极发光显微镜、扫描电镜和化学资料进行分析，之后再行同位素分析。

四、碳酸盐岩微相研究的新近进展及应用

碳酸盐岩微相的发展已经愈发地丰富且向其他领域逐渐发展，主要表现为以下几点：

第一，不溶残渣研究的新认识，Maliva等于1992年通过对微相中的不溶组分进行研究，详细地分析了其种类、含量以及形成原因等，结果表明主要构成部分是硅质，通过综合对比最终确定硅质含量与微相的深度有关；

第二，扫描电镜分析与“基质微相—成岩—孔隙度”，前人利用扫描电镜分析方法的研究碳酸盐岩领域时，通过镜下观察发现孔隙度与沉积微相极其成岩作用相关；

第三，阴极发光技术对研究白云岩有重大意义，能够通过阴极发光手段在一定程度上通过白云岩的沉积标志及缺失的晶粒进行分析，从而对古地理环境进行复原，且镜下可以观察到生长环带，这对于研究成岩演化阶段有重要意义；

第四，利用生物化石（碎片）及颗粒组构特征对微相进行分类在20世纪末极为流行，众多学者通过这种研究方法分析了包括但不限于孔隙度与沉积环境的关系、微相的分布规律及油气藏勘探等方面，并取得了显著的

成果;

第五, 稳定碳氧同位素分析是地球化学领域研究的重要手段, 对于岩石测年有重要意义, 同时也可以通过分析数据来研究古地理环境的差异, 如气温、盐度等条件, 多用于海相沉积岩中;

第六, 微量元素分析是研究微相的重要手段, 其中锶元素的含量对于研究古地理环境有重要价值, 对岩石中的锶元素含量分析是近年来较为热门的分析方法之一;

第七, 微相分析在沉积学领域近年来多集中于微相与海平面变化及古气候领域的研究, 通过对白云石的具体研究可以反推海平面变化趋势以及还原古气候, 并分析其成因。

随着对碳酸盐岩研究的不断推进, 碳酸盐岩微相的分析方法与手段在科研领域中的应用也逐渐广泛, 首先是对于油气藏及碱金属矿床的储层分析, 采用微相分析的手段可以快速推动白云岩及石灰岩的油气藏勘探开发, 同时对于储层的物性分析、非均质性分析及储层成岩作用也有较好的理论指导作用。同时通过岩石的微相分析可以明确研究样品的成岩演化阶, 对于分析岩石的成岩作用有着极大的指导意义。微相分析所采用的同位素分析等手段对于考古领域也较为适用, 可以分析出土物品的物源, 对比古籍进行分析; 对于古建筑原料的物源也有良好的追溯作用; 可以根据出土地区与物源区的关系推测运移路线, 从而推演出古代的商业路线。因此对于微相的分析作用是非常有价值的分析方法。

五、结论

碳酸盐岩微相近年来已有较为完善的发展, 对于岩相古地理领域的研究也有不可或缺贡献, 主要表现为以下几点:

第一, 古环境特征的准确确定, 通过对于样品的分析研究从而确定水动力特征, 依次来推测古地理环境等多项因素, 从而复原研究区古地理环境具有科学性与准确性;

第二, 量化岩相古地理研究中单因素值的确定, 前人在岩相古地理领域的研究中广泛采用了单因素分析作图的手段, 对岩石中的各种单因素值进行具体分析从而复原古地理环境;

第三, 特殊岩相的成因分析, 在科研中常会在研究区发现分布范围广泛的特殊成因岩相, 该种岩相的出现蕴含着哪些地质事件对于复原古地理环境具有重要的影响因素, 且野外考察较难直观地进行分析, 因此精细的

岩相分析对于研究特殊成因的岩相有重要意义;

第四, 精细岩相研究与工业化岩相古地理图制作, 随着油气藏领域的理论依据与勘探开发技术手段的不断提升, 对目标研究区的地图要求也越来越高, 要求地图更加精细, 因此工业化古地理制图是大势所趋;

第五, 微相序列与古地理环境的演化, 可以根据微观上对于微相的相关研究, 从而推断宏观古地理环境的变化趋势。因此, 对微相序列的进一步深入研究, 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。

参考文献:

- [1]冯增昭.碳酸盐岩岩相古地理学[M].石油工业出版社, 1989, 5.
- [2]Flügel.碳酸盐岩微相: 分析、解释及应用[M].马永生, 主译.地质出版社, 2006, 10.
- [3]Flügel著, 曾允孚译.石灰岩微相[M].北京: 地质出版社, 1989.
- [4]威尔逊JL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.
- [5]MALIVAR Gand DICKSON JAD. Microfacies and diagenetic control of porosity in Cretaceous/Tertiary chalks, Eldfisk Field, Norwegian North Sea[J]. AAPG Bulletin, 1992.
- [6]余素玉.化石碳酸盐岩[M].北京: 地质出版社, 1982.
- [7]杨承运, 卡罗兹.碳酸盐岩实用分类及微相分析[J].北京: 北京大学出版社, 1988.
- [8]包洪平, 杨承运.碳酸盐岩微相分析及其在岩相古地理研究中的意义[M].岩相古地理, 1999.
- [9]Hellen E and Sadler A. Detailed study of Microfacies in the Mid-Visean (S2-D1) Limestones near Hartington, Derbyshire, England[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1966.
- [10]Robert J. Brown. SEM Examination of Carbonate Microfacies Using Acetate Peels. Journal of Sedimentary Petrology, 1986.
- [11]肖玮琦.塔里木盆地顺托果勒低隆起奥陶系鹰山组沉积微相特征[D].成都理工大学, 2019. DOI:10.26986/d.cnki.gcdlc.2019.000658.
- [12]姜斌.鄂尔多斯盆地北缘大侏太地区奥陶系碳酸盐微相及其沉积环境分析[D].中国地质大学(北京), 2015.

作者简介: 李韶昱(1997-), 男, 汉族, 陕西人, 硕士, 就读于成都理工大学地球科学学院, 研究方向: 地质学。