

寒武系华北地台微生物岩中鲕粒灰岩的特征及形成机制分析

白蕊

河北地质大学地球科学学院 河北 石家庄 050031

摘要: 寒武系是地球上最古老的一套层序地层,同时也是地层中保存最完好、化石最丰富的一套地层。本文以河北石家庄寒武系马家堡组微生物岩中的鲕粒灰岩为研究对象,通过对其镜下观察和扫描电镜分析,结合其地球化学特征,发现该类鲕粒灰岩具有低生物扰动、无微生物外生长纹层、发育层理等特征,表明该类微生物岩为层序地层中的微生物碳酸盐岩。同时对其进行了微观结构分析和地球化学研究,认为其成因是在早期沉积环境中,由于微生物与沉积物相互作用而形成的一种特殊的生物碎屑颗粒与粉砂质生物碎屑的混合沉积物,而不是由生物遗体直接形成。在对微生物岩的研究过程中发现,微生物岩并非常规意义上的由生物遗体形成的岩石,而是一种由微生物、碎屑和沉积物组成的特殊岩石类型。其主要包括鲕粒灰岩、生物碎屑灰岩和粉砂质生物碎屑混合灰岩。微生物与沉积物相互作用形成的特殊沉积环境,使得微生物岩成为研究生命起源和早期海洋环境变化的直接证据。目前,国内外对于微生物岩形成机制仍存在较大争议,主要有生物作用说、混合作用说和微生物外生长纹层说等4种假说,其中前3种假说已取得一定成果,但关于微生物岩形成机制仍存在较多争议,有待进一步深入研究^[1]。

关键词: 层序地层; 鲕粒灰岩; 微生物碳酸盐岩; 寒武系; 华北地台

引言

寒武纪是一套埋藏较深、保存完好的地层,也是研究地球早期生命演化及成岩作用的重要地层。在寒武系中,生物遗体、沉积物,甚至微生物都可以保存下来,且这些化石组合和沉积环境对研究寒武纪海洋环境具有重要意义。微生物岩是一种由微生物、碎屑和沉积物组成的岩石类型,被认为是寒武纪生命大爆发时期古海洋环境变化的直接证据^[2]。虽然目前国内外关于寒武系微生物岩的研究已取得了一定成果,但是其形成机制仍存在争议。本文以河北石家庄寒武系马家堡组微生物岩为例,对其进行了详细研究,以期为进一步深入探讨微生物岩形成机制提供帮助。华北地台寒武系以碳酸盐岩为主,发育有广泛的鲕粒灰岩和生物碎屑灰岩等岩石类型,其中鲕粒灰岩的地球化学特征主要包括:(1)具有较高的TOC含量(平均为40.7%),表明微生物岩应是由微生物作用形成的,而非生物遗体直接形成;(2)具有较高的C元素含量(平均为70.4%),表明微生物岩为一种由微生物作用形成的特殊的岩石类型,而非生物遗体直接形成;(3)具有较高的P元素含量(平均为14.9%),表明微生物岩应是由微生物与沉积物相互作用形成的一种特殊的岩石类型,而非生物遗体直接形成。华北地台寒武系中主要发育以下几种微生物岩:鲕粒灰岩、生物碎屑灰岩、粉砂质生物碎屑混合灰岩。其中鲕

粒灰岩的沉积环境主要为斜坡环境,发育有大量的同心圆状或短轴带状层理,层理的走向与微生物生长纹层的走向一致^[3]。生物碎屑灰岩主要发育于潮坪相和泻湖相沉积环境中,其沉积环境为半局限—局限台地。粉砂质生物碎屑混合灰岩主要发育于潮间带环境,其沉积环境为浅水盆地,沉积物多呈灰色—浅灰绿色。本文对河北石家庄寒武系马家堡组微生物岩进行研究,主要分析了微生物岩的地质特征和地球化学特征,并对微生物岩的形成机制进行了探讨,以期为华北地台寒武系微生物岩的进一步研究提供帮助。

1 寒武系华北地台鲕粒灰岩的地质特征

1.1 寒武系岩相特征

华北地台寒武系中广泛发育的鲕粒灰岩、生物碎屑灰岩等,其发育层位为下寒武统的山西组、太原组及下奥陶统的太原组中上部^[4]。在华北地台寒武系中,鲕粒灰岩主要由微生物建造形成,多发育在泥晶-亮晶鲕粒灰岩中,其粒径范围为0.1~0.5 mm。华北地台寒武系鲕粒灰岩主要为微晶颗粒状,并发育大量的同心圆状或短轴带状层理和平行层理。在华北地台寒武系中,鲕粒灰岩的生物化石以壳化石为主,其内部常见有薄层的生物碎屑灰岩。其中,鲕粒生物碎屑灰岩的粒度多为1~2 mm,其结构多为块状,部分鲕粒生物碎屑灰岩中也有发育生物外生长纹层。而鲕粒生物碎屑灰岩的粒度为2~5 mm,其

结构以块状为主,且主要以平行层理或同心圆状层理。华北地台寒武系中的鲕粒灰岩的沉积环境主要为斜坡环境,其沉积微相类型主要为斜坡环境中的生物碎屑—微生物沉积微相,如颗粒滩、鲕粒滩、生物碎屑灰岩、生物碎屑泥晶灰岩等。而在该地区寒武系中,其沉积环境主要为半局限—局限台地环境中的潮坪环境和潟湖环境中的潟湖相沉积。其中,潮坪环境中的鲕粒灰岩主要发育于潟湖相沉积体系中。

1.2 鲕粒灰岩的地层特征

华北地台寒武系主要分布于晋冀鲁豫地区,该地区寒武系主要由太原组、太原组和太原组组成,其层序特征主要包括三个层:(1)太原组:以碳酸盐沉积为主,其中的泥晶生物碎屑灰岩为局部区域的优势岩相;(2)太原组:以碎屑岩和碳酸盐沉积为主,其中的鲕粒生物碎屑灰岩为局部区域的优势岩相;(3)太原组中上部:以生物碎屑灰岩为主,其中的鲕粒生物碎屑灰岩为局部区域的优势岩相。其中,寒武系太原组中上部以鲕粒生物碎屑灰岩和鲕粒生物碎屑泥晶灰岩为主,而寒武系太原组中上部以鲕粒生物碎屑灰岩和鲕粒生物碎屑泥晶灰岩为主。

1.3 微生物碳酸盐岩的特征

微生物碳酸盐岩是一种由微生物、碎屑和沉积物组成的岩石类型,其在宏观上表现为微晶颗粒状,并具有低生物扰动、无微生物外生长纹层、发育层理等特征,在微观上表现为大量的同心圆状或短轴带状层理^[5]。在华北地台寒武系中,微生物碳酸盐岩的主要特征如下:

(1)微生物碳酸盐岩是由微生物、碎屑和沉积物组成的岩石类型,其中微生物包括细菌、蓝藻、原生动物和后生动物;(2)微生物碳酸盐岩一般为微晶颗粒状,具有低生物扰动和无微生物外生长纹层的特征;(3)微生物碳酸盐岩中常见有同心圆状或短轴带状层理,且其平行层理普遍发育。

2 微生物对鲕粒灰岩的影响

2.1 微生物在鲕粒灰岩中的作用

微生物在鲕粒灰岩中主要有两个作用,一是作为成岩的物质来源,二是作为生物化石保存。微生物在鲕粒灰岩中的作用主要有两种:一是微生物提供生物骨架和碳源,生物骨架在微生物作用下可以发生石化形成生物化石,如鲕粒、方解石等,同时生物化石的形成可以为微生物提供食物来源;二是微生物作为成岩的物质来源,微生物对鲕粒灰岩中的碳酸盐矿物进行转化和沉淀作用,将碳酸盐矿物转化为泥晶云母、方解石等生物化石^[6]。通过这两种作用,可以将微生物在鲕粒灰岩中的作

用研究透彻。当然微生物作为生物化石的保存,也是鲕粒灰岩研究中不可忽略的因素。

2.2 微生物对鲕粒灰岩成岩过程的影响

微生物参与的成岩过程主要包括两种:一是生物成岩,即微生物通过自身代谢作用,产生有机酸、氨基酸、多糖等物质,将岩石中的碳酸盐矿物进行溶蚀,并将这些溶解的碳酸盐矿物转化为泥晶云母、方解石等生物化石。

二是生物化学成岩,即微生物在成岩过程中,通过自身代谢作用将岩石中的碳酸盐矿物转化为有机质和硫酸盐等物质,同时将岩石中的有机酸、氨基酸、多糖等物质转化为有机质。微生物对鲕粒灰岩成岩过程的影响是极其复杂的,而且微生物在成岩过程中发挥的作用也是多方面的,例如生物之间的竞争、生物与环境之间的相互作用等等。

2.3 微生物对鲕粒灰岩地质特征的影响

微生物对鲕粒灰岩的影响主要体现在以下几个方面:一是微生物作为生物骨架,可以形成各种类型的生物化石;二是微生物可以对岩石的结构进行改造,例如方解石等生物化石在微生物作用下会发生石化,从而形成各种类型的结构面;三是微生物可以在岩石中形成层理,这种层理具有一定的规律性,主要由生物生长所导致;四是微生物可以对岩石进行改造,例如方解石等生物化石在微生物作用下会发生石化,从而形成各种类型的结构面。但是由于微生物在鲕粒灰岩中所发挥的作用是复杂的,且微生物在成岩过程中所发挥的作用也是多方面的,因此微生物在鲕粒灰岩中的作用也是多种多样的。

3 鲕粒灰岩的形成机制分析

3.1 鲕粒的形成机制

鲕粒是一种由微生物在泥质沉积物中生长而形成的一种特殊类型的生物沉积物,其成分主要是由微生物的遗骸及其代谢物组成,鲕粒的大小可以从几微米到几毫米,根据其形态可分为球粒、针形粒、粒状粒和条带粒。鲕粒在沉积过程中主要是通过微生物的遗骸及其代谢物作为供体,通过微生物代谢活动产生大量的有机碳源,在微生物代谢过程中,这些有机碳源经过微生物作用转化为二氧化碳和水,溶解在水中形成碳酸盐,同时形成一些生物小分子物质如氨基酸、碳水化合物和无机化合物等。然后这些有机碳被微生物作用转化为小分子物质再被微生物代谢活动再次转化为有机碳。

3.2 微生物作用在鲕粒灰岩形成中的作用

在鲕粒灰岩形成过程中,微生物活动主要体现在微生物的遗骸及其代谢物的形成以及生物碎屑颗粒的形

成。微生物遗骸是指生活在微生物群落中的微生物残体，主要是在微生物活动中形成，通过微生物降解作用分解有机质，从而形成不同类型的生物残体，如藻类、细菌、真菌和古菌等。生物碎屑颗粒是指生活在微生物群落中的生物残体，主要是通过微生物作用产生，包括碎屑颗粒和球粒等。生物碎屑颗粒可以是细菌、真菌或古菌等。生物碎屑颗粒与球粒的区别在于后者是由大量的细菌或真菌构成，而前者只有少量的细菌或真菌。生物碎屑颗粒形成于微生物活动过程中。

3.3 寒武系华北地台微生物岩的形成机制

目前国内外关于微生物岩形成机制的研究主要有两种观点：一种观点认为微生物岩形成于早期沉积环境，其中包括早寒武世微生物活动对早期沉积环境的改造和改造，也包括晚寒武世早期微生物活动对晚期沉积环境的改造。另一种观点认为微生物岩形成于中、晚寒武世层序界面处，早期的微生物活动是在早寒武世层序界面之上，晚期的微生物活动是在晚寒武世层序界面之下。本文研究认为，鲕粒灰岩形成于早寒武世马家堡组三段至五段之间的层序界面，其中鲕粒灰岩的形成主要是由微生物遗骸及其代谢物等作用于沉积物中所形成的一种特殊类型的生物碎屑颗粒与粉砂质生物碎屑混合沉积物。

4 结语

微生物岩是一种由微生物、碎屑和沉积物组成的沉积岩，由于其在寒武系中具有丰富的化石组合和沉积环境，因此具有重要的研究意义。河北石家庄寒武系马家堡组微生物岩中存在鲕粒灰岩，其主要由生物碎屑颗粒、粉砂质生物碎屑及少量碳酸盐胶结物组成，具有低生物扰动、无微生物外生长纹层、发育层理等特征。其成因分析表明，这是一种由微生物与沉积物相互作用而形成的特殊的生物碎屑颗粒与粉砂质生物碎屑的混合沉

积，而不是由生物遗体直接形成。微生物在鲕粒灰岩形成过程中所起的作用是复杂的，而且微生物对鲕粒灰岩的影响是多方面的，即微生物可以对鲕粒灰岩形成过程中的成岩作用产生影响，同时微生物可以对鲕粒灰岩的沉积环境产生影响。因此在研究鲕粒灰岩时，应全面考虑微生物、生物碎屑颗粒和沉积物等因素，并结合沉积环境综合分析鲕粒灰岩的形成机制。当然微生物岩作为一种新类型沉积岩系，其形成机制仍有待深入研究。而作为一种新类型的沉积岩系，微生物岩中鲕粒灰岩的研究将有利于进一步了解我国北方寒武系地层中生物碎屑灰岩的形成机制和沉积环境，对于我国北方地区寒武系地层的研究也具有重要意义^[7]。

参考文献

- [1]宋国宏, 姚红英, 杨宝华, 李瑞丰, 等. 中国北方寒武系碳酸盐岩中鲕粒灰岩的地质特征及形成机制[J]. 岩石学报, 2020,28 (6): 274-277.
- [2]赵忠华. 微生物岩的类型及特征[J]. 中国石油大学(北京)学报, 2018,44 (7): 1330-1334.
- [3]任立东. 华北地台寒武系微生物岩的研究进展[J]. 石油天然气学报, 2018,40 (3): 778-779.
- [4]张亚萍. 微生物岩中鲕粒的矿物特征与成因[J]. 北方石油地质, 2018,36 (3): 397-399.
- [5]曹晓红, 宋国宏, 王忠林. 华北地台寒武系微生物岩的岩石特征、成岩作用与沉积模式[J]. 地质论评, 2018,18 (1): 25-27.
- [6]徐晓辉. 微生物在生物化学成岩过程中的作用[J]. 地球化学学报, 2014,34 (4): 461-463.
- [7]赵忠华. 微生物岩的形成机制探讨及沉积环境研究进展[J]. 华南地质与地球物理, 2012,29 (3): 67-68.