

粘土矿物对蓝细菌化石形成的作用及机制

刘红昌^{1,2}, 袁鹏^{1,2*}, 刘冬^{1,2}, 张威威³, 田倩^{1,2}, 夏金兰³, 王寅初⁴

(1. 中国科学院 广州地球化学研究所 中国科学院矿物学与成矿学重点实验室/广东省矿物物理与材料研究开发
重点实验室, 广东 广州 510640; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 中南大学 资源加工与生物工程学院,
湖南 长沙 410083; 4. 中国科学院 烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003)

蓝细菌是地球上最早出现的生物之一, 其化石记录可追溯至~35 亿年前。浅海环境是蓝细菌化石等地球早期微生物化石形成的一个重要埋藏学窗口。有研究表明, 微生物胞外有机物能够结合金属离子, 使其表面矿化并形成低结晶度的自生粘土矿物, 从而促进微生物化石的形成及保存 (Fein 等, 2002; Gauger 等, 2016)。然而 Brasier 等 (2015) 发现, 地球早期微生物化石中的粘土矿物 (伊利石或者蛭石) 具有较高的结晶度, 表明这些粘土矿物可能并非自生粘土矿物。Newman 等 (2016) 进一步发现硅质碎屑环境中伊利石即便浓度较低 (5.6~55.6 mg/L) 也能促进蓝细菌的沉积。考虑到陆源粘土矿物广泛存在于前寒武纪浅海沉积环境, 因此, 探究这些粘土矿物对于蓝细菌等微生物化石的形成的作用机制具有重要意义。

为此, 我们开展了粘土矿物对蓝细菌化石形成作用机制的实验研究。选取丝状蓝细菌极大螺旋藻 (*Spirulina maxima*) 以及浅海沉积环境中的常见粘土矿物 (蒙脱石、伊利石和高岭石)。采用光学显微镜 (LM)、扫描电镜 (SEM) 和透射电镜 (TEM) 等方法, 分析了含悬浮粘土海水环境中蓝细菌-粘土聚集体的形成过程及其表面形貌、结构特征, 采用能量散射光谱 (EDS)、选区电子衍射 (SAED) 和红外光谱学 (FT-IR) 等手段重点分析了聚集体中粘土元素组成、晶体结构和特征基团的变化和机理。

结果表明, 海水中的悬浮粘土矿物颗粒通过包裹在蓝细菌表面以及填充在蓝细菌细胞间的空隙中促进了蓝细菌的团聚及沉积。团聚体中粘土矿物的结构发生了变化并导致其 Al/Si 比升高。蓝细菌和粘土矿物表面相反电荷之间的静电作用很可能是两者发生团聚的重要原因; 蓝细菌表面的多糖、脂肪和蛋白质等有机物质不仅介导了蓝细菌与粘土矿物之间的团聚, 而且导致了粘土矿物表面 Si 的溶解。这些研究结果表明, 前寒武纪浅海环境中的悬浮粘土矿物很可能在蓝细菌化石形成中起到了重要作用。

参 考 文 献:

- Brasier MD, Antcliffe J, Saunders M, Wacey D. 2015. Changing the picture of Earth's earliest fossils (3.5-1.9 Ga) with new approaches and new discoveries. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112: 4859-4864.
- Fein JB, Scott S, Rivera N. 2002. The effect of Fe on Si adsorption by *Bacillus subtilis* cell walls: insights into non-metabolic bacterial precipitation of silicate minerals. *Chem. Geol.*, 182: 265-273.
- Gauger T, Byrne JM, Konhauser KO, Obst M, Crowe S t. 2016. Influence of organics and silica on Fe(II) oxidation rates and cell-mineral aggregate formation by the green-sulfur Fe(II)-oxidizing bacterium *Chlorobium ferrooxidans* KoFox - Implications for Fe(II) oxidation in ancient oceans. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 443: 81-89.
- Newman SA, Mariotti G, Pruss S, Bosak T. 2016. Insights into cyanobacterial fossilization in Ediacaran siliciclastic environments. *Geology*, 44, G37791.1.

基金项目: 博士后人才创新支持计划 (编号: BX201600165); 博士后基金面上项目 (编号: 2016M600688); 国家自然科学基金资助项目 (编号: 41772041)

作者简介: 刘红昌, 1989 年生, 男, 博士后, 矿物-微生物相互作用方向. E-mail: liuhongchang@gig.ac.cn

*通讯作者: 袁鹏, 博士, 研究员, E-mail: yuanpeng@gig.ac.cn