

文章编号: 1009-6248(2006)03-0112-05

# 天津蓟县剖面中元古界铁岭组叠层石岩 礁中海绿石的产出特征及地质意义

孟晓庆

(中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083)

**摘 要:** 海绿石作为一种特殊的指相矿物, 长期以来受到地质学家的重视与研究。显生宙的海绿石, 多年来研究的结果表明海绿石发育在慢速弱还原环境。而天津蓟县中元古界铁岭组叠层石岩礁中的海绿石, 处于铁岭组二段的早期高水位体系域 (EHST) 中, 以薄膜状形式产在叠层石柱体与柱体间泥晶的交界处, 可能指示了一种特殊的海底胶结作用。独特的产出特征表明了前寒武纪 (约 1 000 Ma 左右) 的正常高能浅海环境似乎还处于一种氧气不充分的环境。

**关键词:** 海绿石; 叠层石; 铁岭组

**中图分类号:** P57      **文献标识码:** A

## 1 引 言

海绿石是一种富钾、富铁的含水层状铝硅酸盐矿物, 主要产于古代和近代海洋环境中。不同时代不同地区沉积层内海绿石的分布极其不同, 而且可能有完全不同的成因和不同类型, 这一点对沉积年代学来说是十分重要的。沉积年代学研究需要的是与岩石同时生成的海绿石, 即自生海绿石矿物, 通过它能获得它所在沉积岩的形成年龄 (李明荣等, 1996)。要真正了解海绿石就必须了解它的成熟度, 时空分布以及它是层内的还是层间的, 是原地的还是异地的 (Amorosi, 1995)。天津蓟县中元古界铁岭组二段中, 海绿石以薄膜状产出, 与柱状叠层石共生, 分布于叠层石柱体与柱体间泥晶的交界处。根据叠层石的形成环境、海绿石的形成环境和海绿石的产出特征来分析海绿石形成时所处的环境, 进行

比较合理的解释。

## 2 海绿石的产出特征

天津蓟县剖面中元古界铁岭组由一套间断时间大于沉积时间的地层层序组成 (梅冥相, 2000), 地层厚度仅有 300 余米, 其时限为 200 Ma (1 200~1 000 Ma)。在铁岭组的中部与顶部, 是分别被称为: “铁岭上升” 和 “芹峪上升” 的区域平行不整合, 将其分为两个三级层序。根据组成物质及界面特征 (梅冥相, 2005), 铁岭组可分为两个段。铁岭组一段为一套含锰白云岩, 其中下部以厚层及少量中一厚层白云岩为主, 夹薄层白云质泥页岩, 局部夹白云质泥页岩薄层, 顶部夹较多灰黑、灰绿色岩层, 与上覆二段灰岩之间为一个平行不整合接触。铁岭组二段总体为一套灰岩, 在其下半部分的灰岩层中发

收稿日期: 2006-10-12; 修回日期: 2006-11-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40472065) 的研究成果之一

作者简介: 孟晓庆 (1981-) 女, 陕西周至人, 中国地质大学 (北京) 硕士研究生, 矿床学、矿物学、岩石学专业。通讯地址: 100083; 中国地质大学地球科学与资源学院; 北京市海淀区学院路 29 号地大 S00401 信箱; E-mail: mengxiaoqing\_1861@126.com。

育有竹叶状砾屑灰岩构成的风暴岩。从下向上，叠层石由水平状、微波状演变为由柱状构成的叠层石岩礁。

铁岭组二段包括以下岩相单元：图 1 中 a. 潮下坪为主的厚层—巨厚层浅灰色、灰色叠层石灰岩，叠

层石岩礁垂向多具大型柱状—小型柱状、墙状—波状—水平状叠层石系列，部分层位在叠层石柱体间含有少量海绿石；厚度变化在 0.6~8 m，当单层厚度较小时（0.6~4 m）见含少量硅质团块；

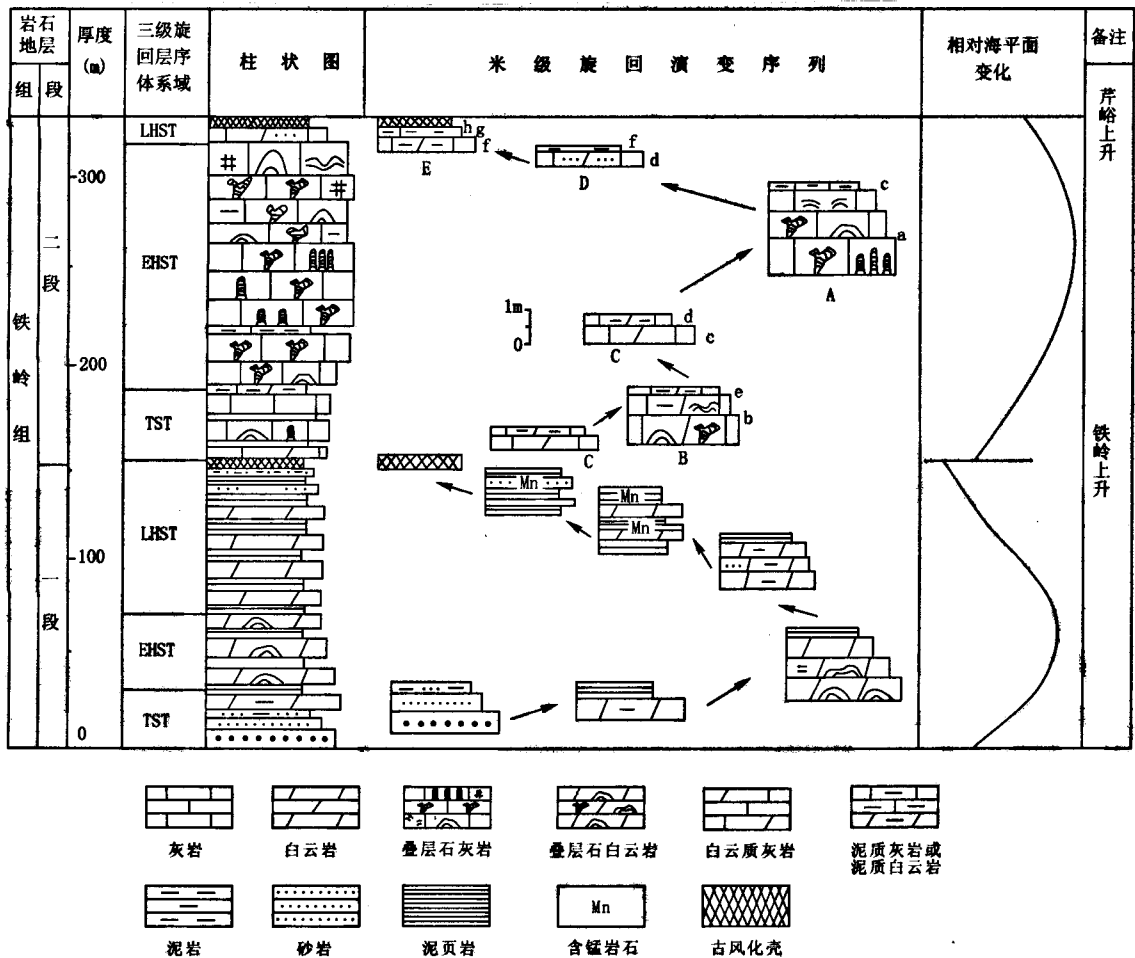


图 1 天津蓟县剖面中元古界铁岭组的层序地层划分

Fig. 1 Sequence-stratigraphic divisions for the Tieling Formation of Mesoproterozoic at the Jixian section of Tianjin

b. 潮间坪为主的中厚层—巨厚层叠层石白云质灰岩，发育柱状—微波状—水平纹层状叠层石序列，构成岩礁，含硅质条带、团块，滴酸起泡不明显；c. 潮上—潮间坪白云质灰岩，硅质团块较发育，多具水平状藻纹层构造，见夹呈倒小字排列的竹叶状砾屑灰岩，厚度是 1~40 cm；d. 潮上坪中薄层含砂白云质灰岩，灰色、黄褐色，泥晶结构，含砂及泥质，可见含竹叶状砾屑；e. 潮上坪泥质白云质灰岩，灰质泥岩、泥质灰岩，灰色，呈薄层状或薄膜状产于叠层石灰岩或白云质灰岩顶部，有时不出现，局部为

灰绿色页岩，岩性与下伏岩性有关，厚 1~10 cm；f. 古风化壳残留薄层粉砂质泥岩，黄褐色、灰紫色，含铁质，发育泥裂；g. 古风化壳残留含铁质泥岩，厚 0~0.5 m，横向不稳定，红色、黄褐色，风化后呈松散状，层理不发育，与下伏岩层呈凹凸不平的风化面；h. 铁质风化壳，呈层状、似层状，红色、褐色，成分为含砂灰质铁质岩，风化面呈蜂窝状。这些岩相单元大多有序叠加成向上泥质含量增高、白云石化增强、岩层变薄的环潮坪型碳酸盐岩米级旋回层序。

由叠层石灰岩(a单元)构成叠层石岩礁,厚度多较大(多2~6m),常发育在三级旋回的EHST之中。它可进一步分为两种:一是A型:主体由叠层石灰岩岩礁(a单元)构成,顶部的泥质灰岩(e单元)呈薄层状或薄膜状,有时e单元不出现,为潮下沉积;另一种是B型:主体由叠层石白云质灰岩岩礁(b单元)构成,顶部为薄层泥质白云质灰岩(e单元),叠层石序列与A型相同,以潮间沉积为主。一般厚度较小(0.2~0.6m),以潮上沉积为主,多见于TST及LHST中的地层,可划分为C型和D型。C型下部由薄层白云质灰岩(c单元)组成,上部为薄层含泥白云质灰岩(d单元),厚0.2~0.4m,见于TST中。D型主体由含砂白云质灰岩(d单元)构成,顶部为具泥裂的粉砂质泥岩(f单元),为潮上一风化壳沉积。泥质白云质灰岩(f单元)、含铁质泥岩(g单元)及上部的含铁泥岩(h单元)构成E型。下部的f单元横向上较稳定,厚0.2~0.5m。该岩石组合见与下伏的A型或D型米级旋回序列为凹凸不平的风化面,是“芹峪上升”的地层记录(图1)。

在我国燕山地区所见的海绿石,多数在细砂、粉

砂、砂质页岩中,而天津蓟县中元古界铁岭组中的海绿石在铁岭组二段的碳酸盐岩中广泛地发育。铁岭组二段海绿石与叠层石岩礁灰岩共生,呈现绿色或暗绿色的片状集合体,散布在两个叠层石柱体之间的填充物中,或者附着在叠层石的壁上环绕叠层石生长,或者在叠层石内部的两个生长层之间(图2)。海绿石呈薄膜状产出于叠层石柱体之间,柱体叠层石的主体之间充填着碳酸盐泥晶,海绿石主要富集在碳酸盐泥晶脉与主体之间,在碳酸盐泥晶中间也可见分散产出的少量海绿石,并且在富集海绿石的地方局部可见黄铁矿晶体。天津蓟县铁岭组二段的叠层石属 *Tielingella-Chih sienella* 组合,其代表分子有: *Chih sienella chih sienensis* 和 *Tielingella tielingensis* (朱士兴、邢裕盛、张鹏远等著,1994;朱士兴等著,1993)。根据叠层石的形态及其所处的层序地层位置可知,这种海绿石产在浅海高能动荡的环境中(黄学光等,2001),可能指示了一种特殊的海底胶结作用,与前人所描述的生物状海绿石成因(陈丽蓉,1987)、蚀变交代成因和胶体成因的形成机理有所不同。由于产在高能环境中,与显生宙普遍发育的慢速还原环境下的海绿石也明显不同。

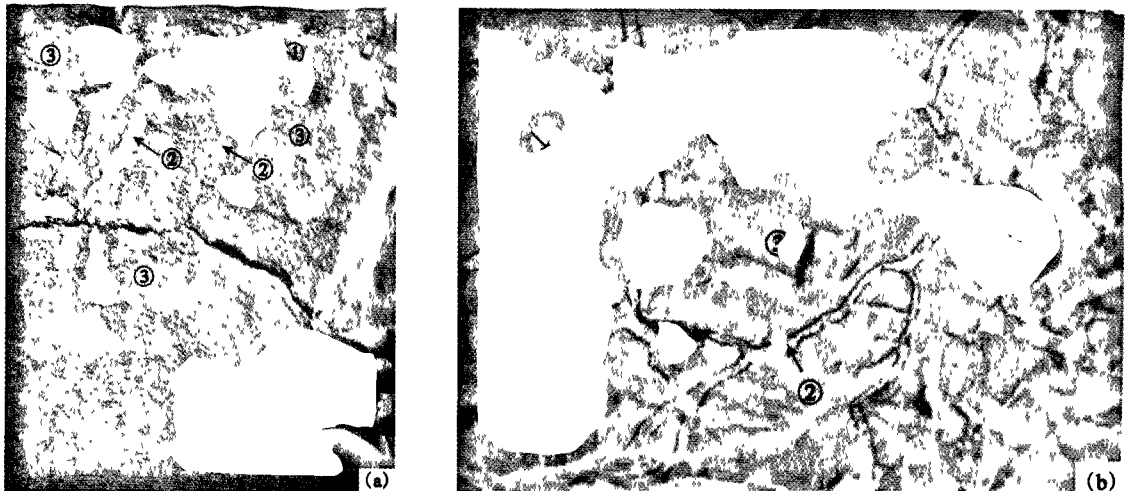


图2 天津蓟县剖面中元古界铁岭组第二段叠层石柱体边缘生长的海绿石薄膜

Fig. 2 Glauconitic membrane in the margin of Stromatolite pillars of the second member of the Mesoproterozoic Tieling Formation at the Jixian section of Tianjin

照片(a)为叠层石风化面;照片(b)为叠层石横断面

① 海绿石薄膜; ② 泥晶; ③ 叠层石

### 3 海绿石的地质意义

正如孙枢教授所指出的那样,寒武纪以来的显

生宙约占全部地球历史的1/10,因此对前寒武纪地球的了解是地质科学古老而始终引人入胜的命题(孙枢,2005)。这一点使得铁岭组中与叠层石岩礁

共生的海绿石的成因这个“谜”更具色彩。海绿石通常被认为是深水慢速沉积的,而且通常都是凝缩段的产物 (Amorosi, 1995; Baum and Vail, 1988; Loutit et al., 1988; Harris and Whiting, 2000)。在我国华北地台寒武纪层序中,富钾的海绿石及其丰度是作为鉴定克拉通盆地凝缩层、其时限和级别的最佳标准 (葛铭等, 1995; 陈荣坤, 1994)。然而,厚层块状的柱状叠层石,指示当时是一种浅海高能环境,薄膜状海绿石所在的叠层石灰岩,处于三级旋回层序的早期高水位体系域 (EHST) (图 1)。无独有偶,在美国西南部寒武—奥陶纪地层中也发现有浅水高能环境下产出的海绿石 (Chafetz and Reid, 2000),但其海绿石主要产在碎屑岩中,与产在叠层石灰岩中的又有所不同。只要具备形成海绿石的条件,在实验室中可以合成各种海绿石 (李东明等, 1996)。因此,叠层石与碳酸盐泥晶之间形成的环境有利于海绿石的富集,而且是在高能环境中以薄膜状产出。此层位的海绿石已经被用作较好的测年矿物 (李明荣, 1996),但对其具体的研究工作却进行的不多,没有具体的详尽文献可供参考。由于水体化学条件等的变化使得叠层石在显生宙之后迅速衰落 (温志峰等, 2005),这使我们在研究过程中难以“将今论古”。叠层石是微生物岩 (梁玉左, 朱士兴, 高振家等, 1995),与柱状叠层石共生的海绿石可能是生物成因 (?). 柱状叠层石的形成,海绿石的形成,以及海绿石特殊的产出特征,这些似乎表明当时所处的浅海高能动荡的环境中氧气不充分,这印证了前人关于大气圈和水圈的氧化-还原条件的演化规律 (赵伦山, 张本仁, 1987)。以上认识只是一个初步认识,还需要进行深入的研究才能得出更合理的结论。

## 4 结 论

天津蓟县剖面中元古界铁岭组叠层石岩礁中的海绿石是原生海绿石。海绿石以薄膜状产在叠层石柱体与柱体之间泥晶的交界处,以往研究的海绿石多产于碎屑岩中。研究表明显生宙的海绿石发育在慢速弱还原环境,而天津蓟县海绿石形成在高能动荡环境中,可能指示了一种特殊的海底胶结作用,与前人所描述的海绿石成因有所不同。海绿石独特的产出特征表明前寒武纪 (约 100 Ma) 的正常高能浅海环境似乎还处于一种氧气不充分的环境。

## 参考文献:

- 李明荣, 王松山, 裘冀. 京津地区铁岭组、景儿峪组海绿石<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 年龄 [J]. 岩石学报, 1996, 12 (3): 416-423.
- 梅冥相, 周洪瑞, 杜本明等. 天津蓟县中新元古代沉积层序的初步研究——前寒武 (1 800~1 600 Ma) 一级层序划分及其与显生宙的一致性 [J]. 沉积与特提斯地质, 2000, 20 (4): 47-59.
- 梅冥相, 高金汉. 岩石地层的相分析方法与原理 [M]. 北京: 地质出版社, 2005, 1-285.
- 朱士兴, 邢裕盛, 张鹏远, 等. 华北地台中、上元古界生物地层序列 [M]. 北京: 地质出版社, 1994; 1-232.
- 朱士兴, 等著. 中国叠层石 [M]. 天津: 天津大学出版社, 1993; 1-214.
- 黄学光, 朱士兴, 贺玉贞. 蓟县中、新元古界剖面层序地层学研究的几个基本问题 [J]. 前寒武纪研究进展, 2001, 24 (4): 201-221.
- 陈丽蓉, 段伟民. 生物状海绿石的成因 [J]. 沉积学报, 1987, 5 (3): 171-177.
- 孙枢. 中国沉积学的今后发展: 若干建议与思考 [J]. 地学前缘, 2005, 12 (2): 3-10.
- 梅冥相, 高金汉, 孟庆芬. 从席底构造到第五类原生沉积构造: 沉积学中具有重要意义的概念 [J]. 地球科学, 2006, 20 (3): 413-422.
- 葛铭, 孟祥化, 陈荣坤. 海绿石质凝缩层—克拉通盆地层序地层划分对比的关键——华北寒武系凝缩层的特征和含义 [J]. 沉积学报, 1995, 13 (4): 1-15.
- 陈荣坤. 华北地台寒武纪沉积层序中关键地层单元——海绿石质凝缩层段 [J]. 岩相古地理, 1994, 14 (6): 25-33.
- 李东明, 孙镇城, 彭立才, 等. 对“指相矿物”海绿石的重新认识 [J]. 岩石矿物学杂志, 1996, 15 (4): 379-384.
- 温志峰, 钟建华, 李勇, 等. 柴达木盆地中新世叠层石成因与古环境研究 [J]. 西北地质, 2005, 38 (5): 40-48.
- 梁玉左, 朱士兴, 高振家, 等. 叠层石研究的新进展——微生物岩 [J]. 中国区域地质, 1995, (1): 57-65.
- 赵伦山, 张本仁. 地球化学 [M]. 北京: 地质出版社, 1987, 374.

## References:

- Li Mingrong, Wang Songshan, Qiu Ji. The ages of glauconites from Tieling and Jingeryu Formations, Beijing-Tianjin Area [J]. Acta Petrologica Sinica, 1996, 12 (3): 416-423.
- Alessandro Amorosi. Glaucony and Sequence Stratigraphy: a Conceptual of Distribution in Siliciclastic Sequence [J]. Journal of Sedimentary Research, 1995, B65 (4): 419-425.

- Mei Mingxiang, Zhou Hongrui, Du Benming, et al. Mesoproterozoic sedimentary sequences in Jixian, Tianjin, North China; division of the first-order sequences of the Precambrian strata (1800 Ma ~ 600 Ma) and their correlation with the Phanerozoic strata [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2000, 20 (4): 47-59.
- Mei Mingxiang, Gao Jinhan. Facies-analysis method and principle of lithostratigraphy[M]. Geological Publishing House, 2005, 1-285.
- Zhu Shixing, Xing Yusheng, Zhang Pengyuan et al. Biostratigraphic sequence of the middle-upper Proterozoic on North China Platform [M]. Geological Publishing House Beijing, 1994, 1-232.
- Zhu Shixing et al. The stromatolites of China [M]. Tianjin University Press, 1993; 1-214.
- Huang Xueguang, Zhu Shixing, He Yuzhen. Some basic problems in research on sequence stratigraphy of the Meso-and Neoproterozoic strata in Jixian Area [J]. *Progress in Precambrian Research*, 2001, 24 (4): 201-221.
- Chen Lirong, Duan Weimin. Formation of glauconite as infillings of organism[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1987, 5 (3): 171-177.
- Sun Shu. Sedimentology in China; perspectives and suggestions [J]. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12 (2): 3-10.
- Mei Mingxiang, Gao Jinhan, Meng Qingfen. From matground structures to the primary sedimentary structures of a fifth category; significant concepts on sedimentology [J]. *Geoscience*, 2006, 20 (3): 413-422.
- Baum, G. r., Vail, P. R.. Sequence stratigraphic concepts applied to Paleogene outcrops, Gulf and Atlantic basin [J]. In: Wilgus, C. K., Hastings, B. S., Kendall, C. G. S. C. (Eds.), *Sea-level change; An Integrated Approach*, SEPM Special Publication 1988, 42: 309-328.
- Loutit, T. S., Hardenbol, J., Manivit, H., Vaslet, D.. Condensed section; the key to age determination and correlation of continental margin sequences, In: Wilgus, C. K., Hastings, B. S., Kendall, C. G. S. C. (Eds.), *Sea-level change; An Integrated Approach*, SEPM Special Publication, 1988, 42: 183-213.
- Harris, L. C., Whiting, B. M. Sequence-stratigraphic of Miocene to Pliocene glauconite-rich layers, on- and offshore of the US Mid-Atlantic margin [J]. *Sedimentary Geology*, 2000, 134 (1-2): 129-147.
- Ge Ming, Meng Xianghua, Chen Rongkun. Glauconitic condensed sections (CS); the key to correlation of sequence stratigraphy in the Craton Basin—Characteristics and implication of the Cambrian condensed section of North China [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1995, 13(4): 1-15.
- Chen Rongkun. Key stratigraphic units—glauconitic condensed sections in the Cambrian depositional sequences on the North China Platform [J]. *Sedimentary Facies and Paleogeography*, 1994, 14 (6): 25-33.
- Chafetz, H. S., Reid, A. Syndepositional shallow-water precipitation of glauconitic minerals [J]. *Sedimentary Geology*, 2000, 136: 29-42.
- Li Dongming, Sun Zhencheng, Peng Licai, et al. Reconsideration for "Facies Mineral" glauconite [J]. 1996, 15 (4): 379-384.
- Wen Zhifeng, Zhong Jianhua, Li Yong et al. Study on Miocene stromatolites genesis and related paleo-environment in Qaidam Basin [J]. *Northwestern Geology*, 2005, 38 (2): 40-48.
- Liang Yuzuo, Zhu Shixing, Gao Zhenjia et al. New progress in the study of stromatolites—microbialite [J]. *Regional Geology of China*, 1995, (1): 57-65.
- Zhao Kunlun, Zhang Benren. *Geochemistry [Z]*. Beijing Geological Publishing House, 1987, 374.

## Geological Characteristics and Significance of Glauconites in Stromatolite Rock-Reef of Mesoproterozoic Tieling Formation in Jixian County

MENG Xiao-qing

(School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences,  
Beijing 100083, China)

**Abstract:** Glauconite, as a special indicative-facies mineral, has interested geologists for some time. The Phanerozoic glauconites in this study show that they were formed in an environment of weak reduction and low sedimentation. However, the glauconites in stromatolite rock-reef of the Mesoproterozoic Tieling formation in the Jixian county were formed in a form of film at the contact between stromatolite pillars and situated in a early high standard system tract (EHST) of the second member of the Tieling formation. This may imply a special benthal cementation and a normal, shallow marine environment, may be an insufficient oxygen environment, in the Precambrian (about 100 Ma).

**Key words:** glauconite; stromatolite; Tieling formation