

煤山 D 剖面的放射虫动物群与海平面变化

何卫红

中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074

摘要: 煤山 D 剖面长兴组的放射虫动物群的研究成果很少. 对煤山 D 剖面的放射虫动物群进行了详细的鉴定、个体数量和种的数量的统计. 结果表明, 煤山 D 剖面长兴组的放射虫动物群的相对丰度、简单分异度与长兴期海平面变化具有耦合性; 放射虫丰度、分异度较大的层位基本对应于长兴早期和长兴晚期 2 次最大海侵事件发生的层位. 长兴早期放射虫的丰度和分异度较大(相对长兴晚期而言), 这与长兴早期水体相对较深有关. 煤山剖面放射虫动物群与海平面变化之间的这种耦合性为海平面变化的研究提供了依据.

关键词: 放射虫; 相对丰度; 简单分异度; 海平面变化; 长兴期; 煤山.

中图分类号: Q911; P534

文章编号: 1000-2383(2006)02-0159-06

收稿日期: 2005-05-27

Changhsingian Radiolarian Fauna from the Meishan D Section and Sea-Level Changes

HE Wei-hong

Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

Abstract: There is relatively less research for radiolarian fauna in the Meishan D Section of Changxing County, Zhejiang Province. The radiolarian species in each sample from the Meishan D Section were identified, and the individuals in 0.5 g dried samples (sieved through 300 meshes) were counted out. The research shows the abundance and diversity are closely related to sea level changes of Changhsingian age at the Meishan D Section. Where abundance and diversity reach higher values, the sea level would have peaked (e. g. maximum transgression surfaces). The abundance and diversity of radiolarians from the early Changhsingian is greater than that of the late Changhsingian age, which coincides with the opinion that the marine water was deeper in the early Changhsingian than in the late Changhsingian. This conclusion provides evidence that radiolarian abundance and diversity are indicators for investigating sea-level changes.

Key words: radiolarian; relative abundance; simple diversity; sea-level change; Changhsingian; Meishan.

浙江长兴煤山 D 剖面被国际地质科学联合会批准为全球二叠—三叠系界线层型剖面(Yin *et al.*, 2001). 此前, 关于煤山 D 剖面长兴组地层的研究已经积累了相当丰富的资料, 如古生物系统分类、生物地层、生态地层和海平面变化等方面(杨遵仪等, 1991; 殷鸿福等, 1995). 然而, 关于煤山 D 剖面长兴组的放射虫动物群的研究成果很少. 杨万容和江纳言(1980)通过岩石薄片研究, 报道了放射虫 *Flustrella* 1 属; 杨美芳等(1997)报道了放射虫 9 属

9 种, 但缺少相应的图版; 最近 He *et al.* (2005)对长兴组放射虫动物群的分类学进行了详细的研究. 本文进一步对煤山 D 剖面放射虫的丰度、分异度与海平面变化的关系进行深入的分析.

1 煤山 D 剖面放射虫动物群的分布

1.1 材料与实验方法

1.1.1 材料的选取与样品处理 笔者对煤山 D 剖

面长兴组薄层灰岩、硅质灰岩和燧石条带进行了逐层取样,将样品敲碎至 2~3 cm 大小,用 10% 的冰醋酸浸泡,7 d 换酸一次,共换酸 8 次,最后用 40 目和 300 目的钢筛套叠筛洗,将过筛后的细粒样品收集到容器中,自然晾干。放射虫为硅质骨骼,用冰醋酸浸泡一般不会对放射虫产生溶蚀作用。

1.1.2 放射虫的丰度和分异度的统计方法和含义 对制备好的每个干样用分析天平进行重量测量。将每个干样中的放射虫全部挑出、鉴定,并进行个体数量统计。然后计算出每个样品每 0.5 g 干样中的放射虫的个体数量就是本文所指的放射虫的丰度,这是一种相对丰度,与取样大小无关。每个层位中的放射虫的种的数量就是本文所指的放射虫的分异度,即简单分异度。

1.2 煤山 D 剖面放射虫动物群的分布

煤山 D 剖面长兴组被划分为 2 个岩性段,即下部葆青段和上部煤山段。葆青段以生物碎屑灰岩为主,夹多层黑色薄层硅质灰岩、燧石条带和粘土岩,灰岩中发育鲍玛序列等沉积构造,硅质灰岩具水平纹层。煤山段的岩性与葆青段相似,但其中硅质灰岩和燧石条带的含量相对较少,并且灰岩中发育变形层理。笔者对煤山剖面长兴组的放射虫动物群进行了详细研究,放射虫产于葆青段和煤山段的硅质灰岩和燧石条带中(图 1)。

煤山 D 剖面长兴组的放射虫动物群沿层位分布如下:第 6 层和第 9 层,产少量球形放射虫,因髓壳受到的溶蚀作用较强,不能鉴定。第 11 层产放射虫 *Entactinia itsukaichiensis*, *Entactinia meishanensis*, ? *Entactinia* sp., *Paracopicyntra ziyunensis*, *Copicyntra robustodentata*, *Copicyntroides* sp. cf. *C. asteriformis*, *Copicyntroides* sp., *Triaenosphaera* sp., *Tetragregnon* sp., *Lepingosphaera stauracanthus*, *Grandetortura nipponica*, sp. 1, sp. 2 和大量无法鉴定的球形放射虫。第 12 层产放射虫 *Entactinia itsukaichiensis*, ? *Entactinia* sp., *Entactinosphaera cime-lia*, *Ishigum trifustis*, *Grandetortura nipponica*, *Lepingosphaera stauracanthus* 和大量无法鉴定的球形放射虫。第 15 层产少量无法鉴定的球形放射虫。第 16 层产放射虫 *Paracopicyntra ziyunensis*, *Grandetortura nipponica* 和少量无法鉴定的球形放射虫。第 18 层产少量无法鉴定的球形放射虫。第 19 层顶部产放射虫 *Paracopicyntra ziyunensis*, *Copicyntroides* sp. cf. *C. asteriformis*, *Copicyntroides* sp., *Gran-*

detortura nipponica 和大量无法鉴定的球形放射虫。第 22 层产少量无法鉴定的球形放射虫。第 23 层产 *Grandetortura nipponica*, *Cauletellidae* gen. et sp. indet 和少量无法鉴定的球形放射虫。以上无法鉴定的球形放射虫均是因为溶蚀作用,髓壳保存不完整的类型。第 6、9、11、12、15、16、18、19、22 和 23 层分别获得放射虫标本 11、9、138、69、8、8、12、52、10、18 枚(每 0.5 g 干样)。第 11、12、16、19 和 23 层的放射虫的种的数量分别为 13、6、2、4 和 2 个。可见,煤山 D 剖面长兴组第 11、12 层和第 19 层顶部的放射虫的丰度和分异度相对较高,放射虫主要分布在第 11、12 和 19 层顶部(图 2)。并且,葆青段放射虫的个体数量和属种数量高于煤山段的相应值(图 2)。

2 煤山 D 剖面长兴期的海平面变化

关于煤山剖面的古环境的研究已经积累了相当丰富的资料,其中包括层序地层和海平面变化的研究。Zhang *et al.* (1997)对煤山 D 剖面长兴组进行岩相、沉积相和古群落分析(其中包括有孔虫、介形虫、海绵骨针、牙形石、腕足类和腹足类的研究),将长兴组的层序划分为 2 个三级层序(旋回):第 1 个三级层序从第 2 至 17 层,海平面从上升到下降,最大海泛面位于 11 层与 12 层之间,在这个三级层序中,水体较深的层位基本对应于 11、12 和 13a 层;第 2 个三级层序从第 18 层至 24e 层,海平面从上升到下降,最大海泛面位于 20 层与 21 层之间,水体较深的层位基本对应于 19、20 和 21 层。此外,长兴早期(葆青段)海侵发生时水体的最大深度大于长兴晚期(煤山段)海侵时的最大水深(Zhang *et al.*, 1997)。

3 煤山 D 剖面长兴期的放射虫动物群与海平面变化的耦合性及其意义

煤山 D 剖面长兴组放射虫的分布与层序地层的特点表明,煤山 D 剖面长兴组放射虫丰度、分异度较高的层位与 2 次海侵或 2 期水体深度较大的层位基本一致,即放射虫分布较多的 11 至 12 层和 19 层正好与水体较深的 11 至 13a 层和 19 至 21 层基本一致(图 2)。并且,放射虫种的数量和个体数量在长兴早期和长兴晚期明显不同,长兴早期高于长兴晚期,而长兴早期海侵发生时水体的最大深度大于长兴晚

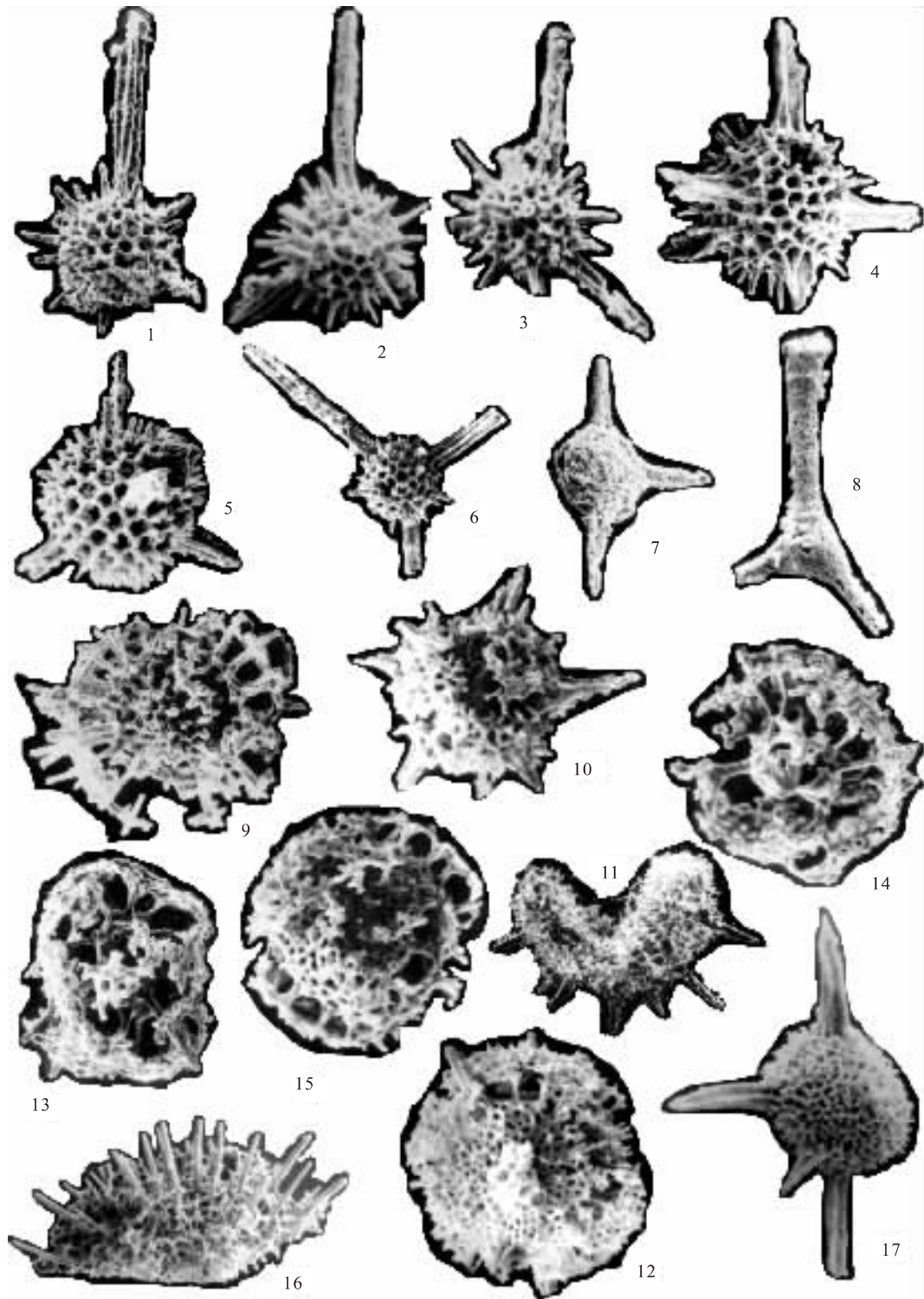


图 1 浙江长兴煤山 D 剖面长兴组放射虫电镜扫描照片

Fig. 1 Microgram of Changhsingian radiolarian from Meishan D Section, Zhejiang Province

1—6. *Entactinia itsukaichiensis*, Sashida and Tonishi. (1985); 1. 第 11 层, 1989×300; 2. 第 11 层, 1128×300; 3. 第 11 层, 1978×270; 4. 第 11 层, 1968×300; 5. 第 11 层, 1962×430; 6. 第 11 层, 1976×200; 7. *Lepingosphaera stauracanthus*, Feng *et al.* (待发表); 第 12 层, 2000×240; 8. *Cauletellidae* gen. et sp. indet; 第 23 层, 1154×160; 9—12. *Copicyntra robustodentata*, Kozur and Mostler (1989); 9. 第 11 层, 1992×600; 10. 第 11 层, 1960×390; 11. 第 11 层, 1969×200; 12. 第 11 层, 1162×390; 13—15. *Grandetortura nipponica*, Sashida and Tonishi (1991); 13. 第 11 层, 1967×390; 14. 第 11 层, 1955×390; 15. 第 11 层, 1994×470; 16. sp. 1; 第 11 层, 1115×150; 17. sp. 2; 第 11 层, 1122×300

射虫动物群与海平面变化的耦合性是放射虫深度分带规律的一个很好的佐证。

4 结论

(1)通过对煤山D剖面长兴组放射虫动物群与海平面变化之间的关系研究,发现放射虫的相对丰度、简单分异度与长兴期的水体深度之间存在耦合关系:放射虫的丰度、分异度随海平面上升增大,随海平面下降而降低;(2)煤山D剖面长兴组放射虫动物群与海平面变化之间的耦合关系表明,长兴期的放射虫具有深度分带的特点。这一规律对研究海平面变化具有重要的意义。尤其在研究硅质岩相的海平面变化时常常会遇到一些困难,如硅质岩所包含的宏观沉积构造类型简单,泥质含量较高很难从岩石薄片中得到一些环境信息。在很多沉积形成的硅质岩中,往往能获得一些放射虫。如果对这些岩石中的放射虫的丰度和分异度进行详细的研究,能为海平面变化的研究提供线索。

5 讨论

影响放射虫数量的因素比较复杂,导致放射虫深度分带规律在海平面变化研究领域中的应用并不普遍,甚至遭到了质疑。现代放射虫研究认为,放射虫的数量受深度、温度、盐度、溶解作用、营养盐或生产力、放射虫的沉降速度和洋流等因素的影响(王汝建和陈荣华,1996;谭智源和陈木宏,1999;王汝建等,2000;Wang and Abelman, 2000;王汝建和陈荣华,2004)。不同因素对放射虫及其沉积物的影响结果不同。如果仔细分析,还是能识别出影响放射虫数量的主要因素:(1)水深发生变化时,放射虫的丰度和分异度同时增加或者减小(王汝建和陈荣华,1996);(2)温度和盐度发生变化对放射虫的数量产生影响时,不同温度、盐度条件下,放射虫的种类不同(谭智源和陈木宏,1999;王汝建等,2000;Wang and Abelman, 2000)。高温高盐条件下适合于暖水种的生存,低温高盐条件下适合于冷水种的生存,冷水种壳体厚度较大(谭智源和陈木宏,1999);(3)溶解作用不同导致放射虫的数量发生变化时,选择性溶解是主要影响因素,而选择性溶解程度又取决于放射虫的类型,骨骼纤细的类型比骨骼粗强的类型

更容易溶解(谭智源和陈木宏,1999),因此,溶解作用的不同将导致放射虫的类型发生更替;(4)营养盐或生产力波动主要影响放射虫的通量或者个体数量(谭智源和陈木宏,1999),与分异度关系不大;(5)放射虫沉降速度影响放射虫的数量,同时与放射虫的类型有关,骨骼纤细、比重小的类型比骨骼粗强、比重大的类型的沉降速度要小,更容易遭受溶蚀(谭智源和陈木宏,1999);(6)洋流作用带入放射虫,岩石中将出现洋流作用留下的沉积构造(如斜层理),并且放射虫壳体破碎程度高。总之,以上因素除了影响放射虫的数量,还会导致放射虫类型的更替、放射虫保存状态发生明显变化或者形成特定的沉积构造。此外,在研究古代地层中放射虫的数量时,还要考虑成岩作用的影响。

煤山剖面长兴组煤山段与葆青段的放射虫均以结构纤细、壳壁薄甚至半透明、比重轻为特色(He *et al.*, 2005),并且煤山段的放射虫类型在葆青段地层中基本上都已经出现。以上现象表明,一方面,煤山剖面的放射虫并没有受温度和盐度变化的影响形成暖水种与冷水种2种不同的类型;另一方面,放射虫以容易溶解、骨骼结构纤细的类型为主,骨骼纤细的类型之所以能够保存下来,说明选择性溶解作用对放射虫的影响很小。虽然有部分球形放射虫的髓壳受到了溶蚀作用的影响以至不能鉴定,但是,这部分放射虫具有相似之处:无刺,海绵状壳,类型单调,并不影响放射虫的分异度,所以溶蚀作用对煤山剖面的放射虫分异度的影响很小。当然,溶蚀作用对放射虫的丰度可能会有一定的影响,但总体看来,一方面,放射虫产出的围岩的岩性和沉积构造比较一致,埋藏速率接近;另一方面,容易受溶蚀作用影响的球形放射虫在各层位几乎均有产出。所以在产放射虫的各层位,埋藏速率和放射虫类型产生的溶蚀作用的差异很小,不是影响放射虫丰度的主要因素。煤山剖面长兴组放射虫中带刺的类型的刺保存完美,岩石水平层理发育,为原地沉积,很难与洋流作用相联系。煤山剖面放射虫的丰度与分异度同时发生变化,与营养或生产力波动引起放射虫数量发生改变但分异度不变的现象不同。煤山剖面保存较好的放射虫的内部结构非常清楚,表明成岩作用对该放射虫动物群的影响很小。综上所述,煤山剖面长兴组放射虫的变化主要与海平面变化有关,海平面上升,放射虫的数量增多,类型增多。与以上分析类似,笔者建议:在运用放射虫丰度、分异度的变化研究地

质历史时期海平面变化时,有必要对温度、盐度、溶解度、营养盐或生产力、放射虫的沉降速度、洋流和成岩作用等因素所产生的影响,即对放射虫类型的更替,放射虫保存状态是否发生明显变化,是否形成特定的沉积构造,或者对放射虫的丰度与分异度的关系等进行综合评价,运用放射虫的深度分带规律判断海平面变化才有意义。

致谢:本文放射虫化石样品由冯庆来教授提供,张素新老师和陈斌老师为电镜扫描和化石照片冲洗做了大量的工作,在此表示感谢!

References

- De Wever, P., Dumitrica, P., Caulet, J., et al., 2001. Radiolarians in the sedimentary record. Gordon and Breach Science Publishers, Singapore, 30—31.
- Fang, N. Q., Feng, Q. L., 1996. Devonian to Triassic Tethys in western Yunnan. China University of Geosciences Press, Wuhan, 1—135.
- He, W. H., Feng, Q. L., Gu, S. Z., et al., 2005. Changhsingian (Upper Permian) radiolarian fauna from Meishan D Section, Changxing, Zhejiang in China and its possible paleoecological significance. *Journal of Paleontology*, 79(2): 209—218.
- Kozur, H., 1993. Upper Permian radiolarians from the Sosio Valley area, Western Sicily (Italy) and from the uppermost Lamar limestone of West Texas. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt Wien*, 136(1): 99—123.
- Tan, Z. Y., Chen, M. H., 1999. Offshore radiolarian from China. Science Press, Beijing, 72—82 (in Chinese).
- Wang, R. J., Abelman, A., 2000. Abrupt changes of radiolarian fauna at 600 and 120 ka B. P. in the southern South China Sea and their paleoceanographic implications. *Acta Oceanologica Sinica*, 19(3): 131—138.
- Wang, R. J., Abelman, A., Huang, B. Q., 2000. Relative abundance changes, stratigraphic and palaeo-oceanographic significance of radiolarian *Botryocytis scutum* in South China Sea since Pleistocene. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 25(6): 553—556 (in Chinese with English abstract).
- Wang, R. J., Chen, R. H., 1996. Preliminary study on the radiolaria from the surface sediments in southern Okinawa trough. *Journal of Tongji University*, 24(6): 670—676 (in Chinese with English abstract).
- Wang, R. J., Chen, R. H., 2004. Variations of siliceous microorganisms in surface sediments of the Bering Sea and their environmental control factors. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 29(6): 685—690 (in Chinese with English abstract).
- Yang, M. F., Li, J. L., Li, H. S., et al., 1997. Radiolarian fossils from the Changxing Formation at Changxing, Zhejiang Province and their facieological significances. *Scientia Geologica Sinica*, 32(2): 229—232 (in Chinese with English abstract).
- Yang, W. R., Jiang, N. Y., 1980. Recovery of volcanic rock and radiolaria from the Changxing Formation in Changxing, Zhejiang. *Journal of Stratigraphy*, 4(1): 67—69 (in Chinese with English abstract).
- Yang, Z. Y., Wu, S. B., Yin, H. F., et al., 1991. Permian-Triassic events of South China. Geological Publishing House, Beijing, 1—138 (in Chinese).
- Yin, H. F., Ding, M. H., Zhang, K. X., et al., 1995. Dongwan-Indosinian (Late Permian-Middle Triassic) estratigraphy of the Yangtze region and its margins. Science Press, Beijing, 73—122 (in Chinese).
- Yin, H., Zhang, K., Tong, J., et al., 2001. The global stratotype section and point (GSSP) of the Permian-Triassic boundary. *Episodes*, 24(2): 102—114.
- Zhang, K., Tong, J., Yin, H., et al., 1997. Sequence stratigraphy of the Permian-Triassic boundary section of Changxing, Zhejiang, southern China. *Acta Geologica Sinica*, 71(1): 90—103.

附中文参考文献

- 谭智源, 陈木宏, 1999. 中国近海的放射虫. 北京: 科学出版社, 1—50.
- 王汝建, Abelman, A., 黄宝琦, 2000. 南海更新世以来 *Botryocytis scutum* (放射虫) 的丰度变化及其地层和古海洋学意义. 地球科学——中国地质大学学报, 25(6): 553—556.
- 王汝建, 陈荣华, 1996. 冲绳海槽南部表层沉积物中的放射虫的初步研究. 同济大学学报, 24(6): 670—676.
- 王汝建, 陈荣华, 2004. 白令海表层沉积物中硅质生物的变化及其环境控制因素. 地球科学——中国地质大学学报, 29(6): 685—690.
- 杨美芳, 李继亮, 李红生, 等, 1997. 浙江长兴地区长兴组放射虫化石及其指相意义. 地质科学, 32(2): 229—232.
- 杨万容, 江纳言, 1980. 浙江长兴长兴组火山岩和放射虫的发现. 地层学杂志, 4(1): 67—69.
- 杨遵仪, 吴顺宝, 殷鸿福, 等, 1991. 华南二叠—三叠纪过渡期地质事件. 北京: 地质出版社, 1—138.
- 殷鸿福, 丁梅华, 张克信, 等, 1995. 扬子及其周缘东吴—印支期生态地层学. 北京: 科学出版社, 73—122.