

鄂东南下二叠统茅口组放射虫 硅质岩的成因初探

童玉明

周祖勋

(中国科学院长沙大地构造研究所)

(湖北省黄石市城市勘察设计院)

近年来,关于华南下二叠统茅口组硅质岩成因的讨论,引起广泛的兴趣。这套硅质岩湖南称为当冲组,江西称为鸣山层,桂中称为孤峰组,在湖北被命名为珞珈组、胭脂街组或鸣山层等。这些硅质岩中,产有丰富的具有特色的阿尔图菊石、孤峰菊石及付色尔特菊石等。在层位上多出现在龙潭组——一套含煤的碎屑岩系与栖霞组或茅口组下部之间。所以,盛金章教授(1962)曾根据生物组合和层位关系把它们置于同一层位而归属于茅口灰岩的同期异相沉积。

在关于这些硅质岩的文献中,某些看法已涉及到它们在地层剖面上是否为一个岩石地层单位的问题。李文恒(1963, 1975)曾著文认为江西的鸣山层是一种表生的交代产物而不是原生沉积。宋天锐、王乃文(1977)通过显微岩石学的研究,指出广东曲江一仁化地区当冲组的硅质岩为放射虫岩,对李氏论点持否定看法。

作者对鄂东南一带茅口组硅质岩进行了初步研究,通过大量薄片鉴定,认为它们是一种原生沉积物,是一种生物成因的含放射虫的硅质岩。由于这种硅质岩在空间上广泛分布,所以一直被当地的地质工作者作为岩石地层单位对待。

笔者认为,查明华南下二叠统上部硅质岩的成因,在理论上与实际上均具有重要意义。本文试图综合国内外关于放射虫硅质岩的研究成果,联系鄂东南的实际,放射虫硅质岩的成因、成岩作用与沉积环境及其大地构造背景作一初步讨论。

一、层序与岩石特征

在鄂东南地区,茅口组的岩相在空间上呈规律变化。南部崇阳、通山、咸宁和蒲圻一带,以灰岩相为主;北部大冶、阳新、武昌和广济一带,以硅质岩相为主。硅质岩的岩石组成和剖面结构在各地大致相同,兹以大冶曾家湾剖面为例。

上覆地层:上二叠统龙潭组

———假整合———

茅口组硅质岩

14. 棕黄色及褐色中厚层夹薄层硅质岩 3.14米。

13. 薄层条带状硅质岩 38.80米。
12. 灰白色微带肉红色块状硅质岩, 夹少量黑色硅质条带 1.16米。
11. 灰色、深灰色薄层状硅质灰岩, 夹薄层硅质岩, 具条带构造 21.10米。
10. 黑色、棕黄色薄层硅质岩 29.48米。
9. 黑色条带状硅质岩 2.84米。
8. 黄绿色薄层粉砂岩, 底部含菊石 4.04米。
7. 黄色薄层粉砂岩与黑色硅质岩, 夹胶磷石结核, 含腕足类化石 2.75米。
6. 黑色薄层硅质岩, 夹黄色片状粉砂岩, 产: *Paragastrioceras aff. allipraiddoll* (Frederichs), *Euchonetes sp.*, *Kufengoceras sp.*, *Chonetes cf. pygmaea* Loczy *Altudoceras sp.* 等 0.40米。

茅口组灰岩

5. 深灰色、黑灰色厚层状结晶灰岩, 含瓣及珊瑚 *Protomichelina sp.* 等 16.48米。

从上述剖面可以看出, 鄂东南下二叠统上部的硅质岩中产有阿尔图菊石、拟腹菊石和孤峰菊石等我国南方茅口期的重要分子, 故其层位与当冲组、孤峰组大致相当。

从上述剖面还可看出, 鄂东南茅口组硅质岩在岩性上普遍地具有三分特征。下部, 泥质及粉砂质碎屑组分较多, 并产胶磷石结核; 中部, 主要为条带状硅质岩, 夹透镜状碳酸盐岩; 上部, 硅质岩成分较为纯净, 以灰白色中厚层状硅质岩为主, 此段在武昌胭脂街最为发育。

硅质岩的新鲜标本多呈深灰, 灰黑色调(上部灰白色硅质岩除外), 含黄铁矿及有机物, 在一些地方如武昌凤凰山等, 硅质岩中夹高炭质的黑色页岩。在硅质岩底部, 常有胶磷石结核呈层状产出, 其层位稳定, 分布广泛, 结核中心多为生物外壳。

通过大量的薄片鉴定, 鄂东南茅口组硅质岩普遍含有放射虫等硅质生物外壳。放射虫外壳在薄片呈现圆形及椭圆形切面, 直径0.04—0.20毫米。虫体的外壳在溶解、重结晶及交代作用下均遭破坏, 常为纤状玉髓及铁绿泥石等矿物充填交代。偶见有保存较完整的内部结构, 经鉴定为: *Stauroloche sp.*, *Cenellipsis sp.*, *Cenosphaera sp.* 等(图版 I)。硅质岩的基质主要由隐晶质和微晶质的玉髓及石英组成, 在下部层段里, 混有粘土、粉砂和有机物。

鄂东南下二叠统茅口组硅质岩常具条带构造, 尤以中段最为发育。条带厚度5—10毫米, 色调深浅不同。暗色条带中, 玉髓及有机物相对集中; 浅色条带内, 则以方解石为主。放射虫外壳散见于岩石中, 不受条带控制, 它们既出现在硅质条带内, 也散布在方解石质条带中。条带一般平行层理, 并且一般常为野外地质人员视为层理, 但在黄石黄思湾及黄梅蔡山见有同心环带状构造, 看来, 这些条带构造似乎并不是原生层理, 而可能是一种成岩过程中分异富集的结果。

在硅质岩中段, 通常夹透镜状灰岩, 呈微晶粒状。灰岩中迄今未见到过诸如孔虫、瓣及其它生物外壳(放射虫除外)。此种灰岩从结构上看为微晶粒状, 无碎屑组分, 类似深海微晶灰岩的重结晶产物。

二、成因和成岩作用

成因 关于硅质岩的成因，目前流行两种看法。第一种意见认为大多数硅质岩是生物成因的；第二种意见则认为多数硅质岩是海底火山作用的产物。近几年来，通过板块构造学说对海底火山作用进行了比较详细的研究表明，硅质岩火山沉积说可能性不大。那些限于洋脊的火山以及局部“热点”，似难以形成在地质历史上广为发育而分布极广的硅质岩。从SiO₂的地球化学特征来看，无机成因的SiO₂沉积，需要海水中有极高浓度的SiO₂，大约在3—120ppm以上。据Kranskopf (1959) 意见，海水中迄今未见到过石英的直接沉淀，也从未发现过任何SiO₂的凝胶存在。

现在，许多地质学家认为生物的固硅作用在硅质岩的形成上具有重要意义。一般认为，从白垩纪到第三纪的多数硅质岩都是生物成因的，Ramsay (1973) 甚至认为大多数古生代硅质岩也是生物成因的。F.H.Hatch, R.H.Rastall (1964) 则更指出许多前寒武纪的碧玉沉积也可能是生物成因的。Galvest (1966) 认为，对于一些大规模堆积的硅质岩，只要海水中有充足的硅就能形成，并非一定要有火山源。

从鄂东南下二叠统茅口组硅质岩的情况看，首先可以肯定，它是一个明白无误的原生沉积单位，在北部武昌、大冶、黄石和广济一带广泛分布，层位稳定。它们不但地表出露清楚，就是在黄石煤炭矿务局深达-500米，-800米的矿井和钻孔中均有其踪迹。其次，由于硅质岩中含有大量放射虫外壳，生物结构明显，其成因无疑是生物成因的。

成岩作用 近代深海标本研究表明，硅质岩沉积物在堆积后经历了一系列的成岩作用。它们明显地反映在放射虫壳体的生物蛋白向粗石英的转变过程中，正如Greenwood (1973) 指出：有生物的硅质骨架的重溶、方英石的重新沉积和由方英石脉转变为石英的三个阶段。Mizutani (1970) 将硅质岩的成岩作用归纳为三个实质性过程，即结合水的走失，晶体构造的转变和晶粒增粗三个方面。

从鄂东南下二叠统硅质岩来看，似也经历了上述各成岩阶段。首先是硅质骨架的重溶，笔者在大量薄片中看到，除了极少数的放射虫外壳保存有完整清晰的内部结构外，

表 1 硅质岩成岩作用进程表

Table 1 Processes of diagenetic changes of siliceous rocks

地 温	低——→高			
地 压	低——→高			
状 态	非晶质		隐晶质	晶质
矿 物	生物非晶质蛋白石 (蛋白石-A)	无序方英石(蛋白石C-T)	玉髓 石英	铁绿泥石
作用类型	溶 解	沉 积	增 粗	交 代
作用结果	生物蛋白石骨架溶解， 生物结构破坏	方英石及方解石分异沉 积，条带构造形成	纤状玉髓，微晶石英、方 解石晶出和增粗	铁绿泥石置换，放射虫 体内硅质物(局部)
反应机制	溶解—沉淀	固态—固态—零序反应		交代反应

大多数均被溶解而几乎消失殆尽,有的甚至完全成为空洞。第二阶段为硅质的重新沉积,其中也可能有包括碳酸盐重溶在内的分异沉积,造成硅质岩所特有的条带或同心环带构造。第一阶段与第二阶段为蛋白石A向蛋白C-T的溶解—沉淀过程(Carr和Fufe, 1958; Kastner et al., 1977)。第三阶段为晶出阶段在放射虫体内重新沉积的无序的方石英等转变为玉髓和石英,这一过程据Ernst和Calvert(1969)意见,属于固态—固态—零序反映。最后,鄂东南下二叠统硅质岩还受到过交代作用,放射虫体内的硅质物为铁绿泥石等置换。整个成岩过程如上表所示。

三、沉积环境

众所周知,近代的放射虫软泥主要分布在太平洋和印度洋的赤道温暖水区,其次分布在大陆以西的广海区¹⁾,它们是一种典型的深水沉积物。放射虫软泥难以见于浅海区,其原因是大多数硅质生物骨架极易溶于广海或近岸沉积物中,所以硅质软泥主要集中在有丰富养料的深水上涌地区。它们以沉积速率极为缓慢,不含陆源物质为特征,并且一般是在方解石补偿深度(CCD)之下堆积的。与现代硅质软泥类似,Garrison和Fischer(1969)认为许多古代的含放射虫硅质岩也是深水成因,即在CCD以下堆积的,水深达数公里。

根据海洋地质学的研究,业已证明CCD在时空上均有变化。在现代,CCD一般深约4—5公里。在赤道太平洋高养区,CCD最深;在高纬度带相对变浅;靠近大陆也趋向变浅。据Van Andel(1975)研究,从白垩纪到始新世,太平洋、大西洋和印度洋,CCD约在3—4公里之间,与现在相比,大为变浅。目前关于比白垩纪更早更远的有关CCD的论证极少。我们推测,华南地区二叠纪时,气候温暖,有广泛的浅水碳酸盐地台分布,CCD当不至于很深。具体深度还有待于进一步研究。

就鄂东南茅口组硅质岩而言,据笔者初步研究,其沉积环境似经历了由浅变深三个不同阶段,并与硅质岩三分特点吻合。首先,属于第一阶段沉积的是下部含泥质和粉砂质的硅质岩,其底部产胶磷石结核,它们一般是在水深约100—200米的陆棚边缘区堆积的。据Heckel(1977)研究,此一含磷层段当系由冷的贫氧富磷酸的水体沿着大陆斜坡上涌进入陆棚缺氧水体区内沉积的。属于第二阶段沉积的是条带状硅质岩。条带状硅质岩的成分主要是硅质物与碳酸盐组成。碳酸盐的成在,表明这一层段可能是在CCD附近堆积的,而不会低于CCD以下。不过,由于这一层段碳酸盐岩中缺乏在二叠纪广为发育的瓣类、有孔虫类化石,推测当时的沉积深度可能也不会很浅,只有这样,以钙质物为骨架的浮游生物才有可能全部遭到溶解而不被保存。第三阶段为纯硅质沉积,无陆源碎屑物及碳酸盐存在,推测此一阶段的环境可能完全处于CCD以下,硅质岩是在深水中形成的。

根据以上所述,我们可以认为鄂东南茅口组硅质岩是在一个海进的沉积条件下堆积的,其过程可用图1表示。

1) 许靖华, 1980年, 沉积学讲座。地质部成都地质矿产研究所。

通过对鄂东南茅口组硅质岩沉积环境的分析, 可以看到, 在早二叠世晚期, 鄂东南的古地理并不是如过去人们所认为的一片浅海, 而是一个深浅不一的沉积环境。在鄂东南南部阳新、通山、崇阳、蒲圻一带, 主要是处于碳酸盐台地, 沉积了各种生物的泥晶和亮晶灰岩; 在鄂东南北部武昌、大冶、黄石和广济一带, 由于地壳差异运动的结果, 造成了深水盆地, 堆积了代表深水沉积物的硅质岩。这种短距离的出现显著的地形地貌差异, 与地中海侏罗纪特提斯碳酸盐台地上出现的狭窄的深海沟颇为类似。

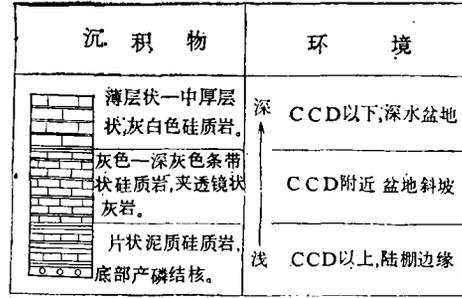


图 1 鄂东南早二叠世晚期硅质岩海进层序
Fig. 1 Transgressive sequence of the siliceous rocks, Lower Permian, Southeast Hubei

四、大地构造背景

关于鄂东南北部武昌、大冶、黄石和广济一带放射虫硅质岩物质来源的问题, 笔者认为与上升洋流有关。

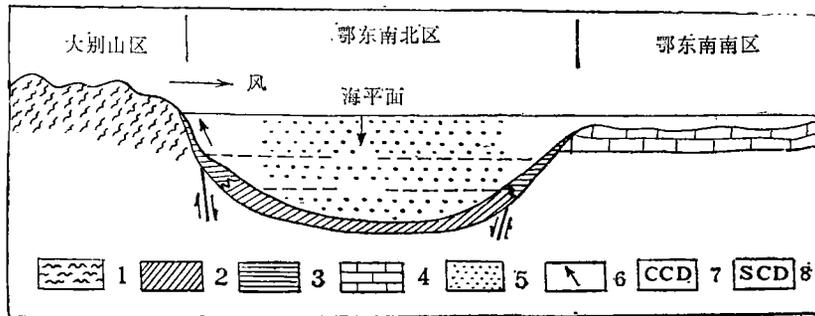
从地壳演化规律来看, 该区属于华中地洼区苏鄂地洼系的西部, 元古代进入地槽阶段, 沉积了一套巨厚的砂页岩为主的复理石建造和砂泥质碳酸盐建造。晋宁运动时, 地槽封闭, 发生褶皱和区域变质。震旦纪早期, 堆积了以砂砾岩为主, 并夹火山岩的磨拉石建造。震旦纪晚期, 开始进入地台阶段, 以大面积升降为主, 晚古生代沉积碳酸盐建造、砂页岩建造和含煤建造, 成面状分布, 均未受区域变质影响。中三叠世的印支运动结束地台发展阶段, 进入地洼阶段, 直到现在。其北部为秦淮地穹系, 太古代时, 经历过前地槽阶段, 主要为一套深度变质的片麻岩、变粒岩、混合岩等组成, 厚度大于25000米, 有花岗岩侵入。

在地台阶段, 鄂东南与整个华南地区一样, 地壳升降运动差异较小, 岩浆活动和变质作用微弱。当时华南为一片广阔浅海地区, 北有秦淮古陆, 西有康滇古陆与巴颜喀拉古陆, 东有华夏古陆, 南有云开古陆。在广阔浅海中, 分布若干古岛与古陆隆起, 如武夷古岛、九嶷古岛, 雪峰隆起、江南隆起、川南黔北隆起和大明隆起。鄂东南位于秦淮古陆与江南古隆起之间。

鄂东南放射虫硅质岩的时代为早二叠世晚期, 即地台阶段的和缓期结束, “余”定期开始。这时地壳活动又逐渐地转趋强烈, 在上述古陆、古岛与古隆起间, 常常出现带状活动凹陷。从古陆或古隆起边缘向带状活动凹陷中心, 依次出现碳酸盐相、燧石灰岩夹硅质岩相和硅质岩相。

笔者认为, 当时整个华南处于低压带, 受地球旋转影响, 有来至古赤道不规则的西风, 经过古陆吹向海洋的风温度很高, 下面冷的海水就上来, 即为上升洋流现象。因磷和氮在冷水中易溶解, 含氧料较多, 硅质放射虫可大量繁殖, 死后沉下深海就成为硅质岩(图2)。

鄂东南早二叠世晚期地台内部活动带状凹陷的沉积作用,与地中海区侏罗纪时的断块沉积作用类似,它们不但给当时造成不同沉积组合,而且给尔后的龙潭组含煤地层的剖面结构带来了深刻的影响。凡在地台内部活动带状凹陷放射虫硅质岩沉积地区,龙潭组沉积较厚,煤层层数较多,煤层总厚度较大,碳酸盐台地灰岩沉积地区,则反之。



注:海平面下第一虚线为CCD,第二虚线为SCD

1.变质岩 2.放射虫硅质软泥 3.深海碳酸盐软泥 4.生物灰岩
5.有机碎屑 6.洋流 7.碳酸盐补偿深度 8.放射虫硅质补偿深度

图2 鄂东南早二叠世晚期地台内部活动凹陷放射虫硅质岩沉积作用示意图

Fig. 2 Sedimentation scheme of the siliceous-bearing rocks within the active depression on the platform, Lower Permian, Southeast Hubei

本文有关放射虫化石承地质科学院地质研究所王乃文工程师鉴定。有关地层剖面由一八二地质队邓光曙同志提供。中国矿业学院研究生部梅美棠副教授、中国科学院长沙大地构造所蔡嘉猷、彭格林工程师提出宝贵意见,武汉地质学院北京研究生部刘光华工程师协助照像,谨致谢忱!

收稿日期:83年7月19日

参 考 文 献

- [1] 盛金章, 1962, 中国的二叠系, 科学出版社。
- [2] 李文恒, 1963, 对江西《鸣山层》的新认识, 地质评论2卷3期。
- [3] 李文恒, 1975, 论江西《鸣山层》, 地层科学1期。
- [4] 宋天锐等, 1977, 广东曲江—仁化地区早二叠世当冲层放射虫岩, 地质科学4期。
- [5] 国家地震局广州地震大队, 1977, 中国大地构造概要, 地震出版社。
- [6] 陈国达, 1978, 成矿构造研究法, 地质出版社。
- [7] Hallam, A. 1980, Facies interpretation and the stratigraphic record. W. H. Freeman and Company Co.
- [8] Tucher, M. E. 1981, Sedimentary petrology an introduction. Blackwell Scientific Publications.
- [9] Reading, H. G. 1978, Sedimentary environments and facies. Blackwell Scientific Publications

PRELIMINARY STUDY ON THE ORIGIN OF THE RADIOLARIA-BEARING SILICEOUS ROCKS OF MAOKOU FORMATION (LOWER PERMIAN), SOUTHEAST HUBEI PROVINCE

Thong Yuming

(Changsha Institute of Geotectonics, Academia Sinica)

Zhou Zuxun

(Institute of Survey and Design, Huangshi, Hubei)

Abstract

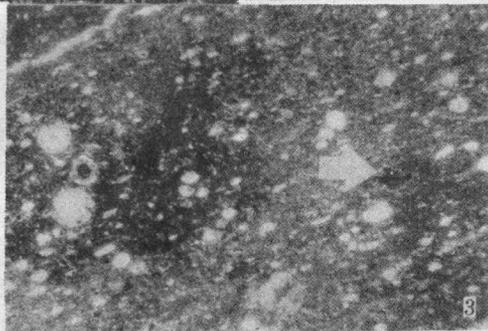
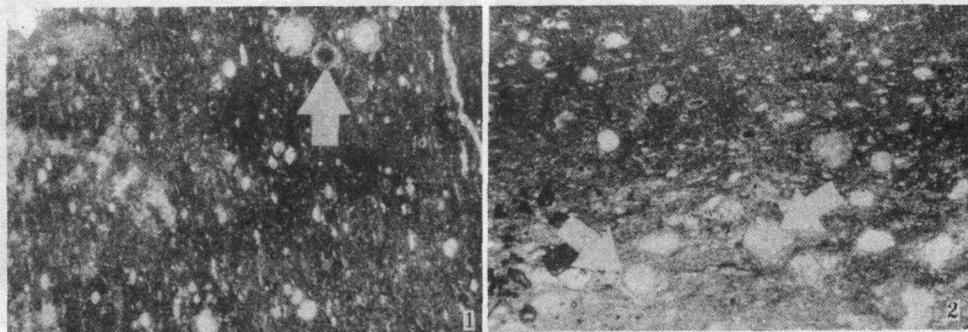
From the field observation and study on petrology and paleobiology of the siliceous rocks of Maokou Formation (the Lower Permian), Southeast Hubei Province, we have found many radiolarias, such as *Stauroloche* sp., *Cenellipsis* sp., *Cenosphaera* sp., etc. and other geological evidences, which clearly indicate that these rocks accumulated in the environment close to the depth of calcite composition, and underwent a series of diagenetic changes, such as solution, redistribution, recrystallization and metasomatism after the deposition. All the processes of diagenetic changes are indicated by the following table.

Processes of diagenetic changes of siliceous rocks

geotherm	low	high		
geopressure	low	high		
state	non-crystalline	crypto-crystalline		crystalline
minerals	bionon-crystalline opal (opal-A)	disorder cristobalite (opal-c-T)	chalcedony quartz	daphnite
action types	solution	deposition	coarsening	metasomatism
action results	dissolution of bioopal skeletons and destruction of biotexture	differential deposition of cristobalite and calcite formation of banded structure	crystallization and coarsening of fibrous chalcedony, microcrystalline quartz and calcite	partial exchange of siliceous substances of radiolarian body with daphnite
mechanism of reaction	solution-precipitation	solid-solid-zero order reaction		metasomatic reaction

The depth of depositional water has three different stages of changing from shallowness to deepness, which are consistent with the three divisional sections of siliceous rocks. The first stage of its deposition has argillaceous and silty siliceous rocks in the lower section and stratum of concretion-bearing with colophonite in the floor section. They usually accumulate at the edge of shelf in the depth of about 100-200 meters. The second stage has banded siliceous rocks. They are mainly composed of siliceous sediment and carbonate. The presence of carbonate indicates that they have accumulated near CCD. The absence in carbonate, except radiolarias, of fossil community of fusulina and other foraminifera which were usually well developed in Permian indicates that the then depth of deposition was so deep that the calcareous skeletons of plankton were fully dissolved with no remainder left. The depositions in the third stage are radiolarias-bearing siliceous rocks without terrigenous fragment and carbonate. Its sedimentary environment was all situated under CCD. Obviously the siliceous rocks of Maokou formation (the Lower Permian) in Southeast Hubei Province have deposited under sedimentary condition of transgression. Its southern zone, including Yangxin, Tongshan, Chongyang and Puqi, commonly locates in carbonate platform and has deposited biomicritic and biospar limestones; the northern zone, including Wuchang, Dayie, Huangshi and Guanji, has formed deep-water basin as a result of the crustal differential movement, and deposited siliceous rocks which represent the deep-water sediment.

The sedimentary environment is located between the old land and the old rise on the broad shallow sea inside the platform. There was a western wind coming from the old equator through the continent to the sea surface, then it caused the rising of the colder ocean current, therefore, there was a great deal of radiolaras to breed. The deposition of the radiolaria-bearing siliceous rocks is obviously associated with the sink of the banded-active depression inside the platform. This sink of the banded-active depression has an influence not only on the sediment of Maokou formation (the Lower Permian), but also obviously on the sediment of Lungton formation (the Upper Permian).



1.箭头所示为 *Staurolache* sp., 单偏光 $\times 126$ 2.箭头所示为 *Cenosphaera* sp., 单偏光 $\times 126$ 3.箭头所示为 *Cenellipsis* sp., 单偏光 $\times 126$