

湘西—黔东早震旦世大塘坡组锰矿中 放射虫的发现及环境意义

黄慧琼 许效松 刘宝琚

(地矿部成都地质矿产研究所)

放射虫是确定沉积环境的生物标志之一。1982 年笔者从事扬子区西部震旦系上统硅质岩岩相研究时,首次发现贵州三都—松桃之间的硅质岩中赋存有大量泡沫虫目和罩笼虫目。1987 年笔者在研究湘西—黔东大塘坡组锰矿沉积相时,又在贫菱锰矿中发现有少量罩笼虫目与泡沫虫目,这是迄今为止发现放射虫的最老层位。本文以大塘坡组锰矿为例阐述锰质岩内的放射虫特征及其与硅质岩内放射虫的比较。

过去有关放射虫的文章,多数着重于放射虫单体的研究,但目前从事岩相古地理研究的地质工作者,常用的工具是显微镜,为此本文结合大塘坡组锰矿中已发现的泡沫虫目和罩笼虫目,详细阐述和对比它们在薄片下和电镜下的特征。

一、地质概况

大塘坡碳酸盐锰矿广泛发育于川湘黔边界一带,夹于下震旦统南沱冰碛层(即大冰)与铁丝垌组(即小冰)两冰碛层之间(表 1)。锰矿体大多呈 NE—SW 向的层状、似层状和透镜体状赋存于以黑色页岩、含碳粘土质页岩和含锰硅质页岩为主的含锰岩系中,其产状与上下岩层一致。含锰岩系的分布面积达数万平方公里,层位十分稳定。矿层之间常有凝灰岩和凝灰质粉砂岩夹层。矿石简分简单,以菱锰矿为主。矿石中常见有垂直、斜交和顺层的重晶石脉、石英细脉、碳酸盐脉和长石脉等热液充填细(微细)脉。矿石类型分块状和条带(纹)状(图 1)两大类,前者多呈透镜体状产出,品位较富,具热枕构造,偶见右几乎未见放射虫。条带(纹)状矿石多呈层状、似层状产出,品位相对较低,普遍含 2—5% 左右的放射虫,沿层理方向定向排列,并富集成带或纹,与菱锰矿条带或含锰硅质页岩条带相间产出,条带宽约 2—5mm,条纹宽约 1mm,构成清晰的条带条纹构造,这是大塘坡碳酸盐锰矿的主要特征之一。

表1 黔东湘西震旦系地层划分及对比

Table 1 Subdivision and correlation of the Sinian strata in East

Guizhou and West Hunan

时代\地区	黔东	湘西
上覆地层	下寒武统	下寒武统
上震旦统 7.00 my	灯影组	灯影组
	陡山沱组	陡山沱组
下震旦统 7.50 my	南沱组	南沱组
	大塘坡组	民乐组
	铁丝坳组	椿木组
下伏地层	板溪群	板溪群

二、放射虫习性

放射虫是一种生活在洋水盐度为 32—38‰ 的浮游海生生物。它发育在大洋的不同深度,但以几米到数百米的不太深水层中最为发育。据 М. Г. Петрущев-скин (1966) 资料,从 0m 到 500m 的水深部位都有活的单管虫目和泡沫虫目,而最发育是在水深 100m 处。在苏联库里耳斯克-堪察加盆地中,在大于 8000m 的水下深处也发现有放射虫,而且放射虫的分布与水深有一定联系(表 2)。

表2 放射虫的分布与水深关系

Table 2 Relationship between radiolaria distribution and water depth

水深(m)	含量(%)
0—50	4
50—200	10
200—1000	20
1000—2000	22
4000—8000	12

(Решетняк, 1955)

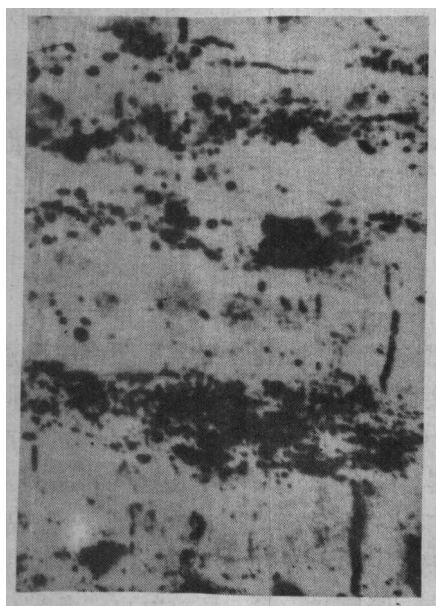


图1 条带状矿石。浅色是含放射虫条带,深色是菱锰矿条带。 湘西民乐(一)×75

Fig. 1. Banded ores. The light-coloured ones consist of radiolaria-containing bands; the dark-coloured ones rhodochrosite bands. Thin section, (一)×75, from Minle, West Hunan.

赋存在古代岩石中的放射虫其实是放射虫死后掉到海底的放射虫骨骼,所以放(含放)射虫岩的形成深度要比活的放射虫出现深度深。活的放射虫通常在 100m 以下最发育,那么由放射虫残留骨骼所组成的放(含放)射虫岩的形成深度就应该在 100m 以下更深处了。

据研究(许靖华,1980),放射虫岩的产出与上升洋流有关。加尼福尼亚州西岸海域之所以有放射虫岩,是因为海水里有丰富的磷、氮养料和上升洋流,二者缺一不可。

总之,放射虫是一种很好的生物指相标志,而且大多数放射虫分布在温暖的海洋中,所以放射虫岩是恢复古环境的指相岩石之一。可据其含量的多寡推测海水的深度;据其产出状态探讨古水流的缓急;据单体的结构特征推断地史时期的古气候;据其种属和组合对比地层。

三、锰质岩中的放射虫特征

过去认为放射虫出现的最老层位是寒武系底部。笔者 1982 年在贵州三都上震旦统顶部硅质岩中发现有大量放射虫,最近更在下震旦统“大冰”和“小冰”之间的大塘坡组锰矿系中发现了放射虫。大塘坡组不仅是迄今为止在国内外发现放射虫的最老层位,而且是“间冰”期的产物,又是赋存锰质岩的层位,所以研究其中的放射虫,具有其特殊的学术意义和实用价值。

锰矿石中保存的放射虫骨骼含量一般是 2—5%,主要属罩笼虫目,泡沫虫目次之。含锰硅质页岩(贫菱锰矿)中局部可达 25—30%,主要属泡沫虫目,罩笼虫目次之。

泡沫虫目(*Spumellaria*)在薄片下呈现圆—椭圆形,沿层理方向定向排列,大部分骨骼保存较好,壳体清晰,少部分骨骼遭受到菱锰矿不同程度的溶蚀与交代,轮廓模糊,很不平直。泡沫虫的原始组分蛋白石或方英石均已经历过玉髓化而转换成细晶石英或单晶石英,个别见到石英的棱锥,原来的结构构造特征大都被破坏殆尽。与寒武系、奥陶系、二叠系、三叠系以及西藏白垩系放(含放)射虫硅质岩中的泡沫虫目相比,大塘坡组中者形态相似、轮廓清晰,但个体较小,骨骼保留状况差些,原始结构特征模糊(图 2)。这些差异可能与生物演化和岩性有关。统计表明从古到今的泡沫虫目不仅大小不一,矿物系列的变化也十分明显(表 3)。大塘坡锰矿中的泡沫虫目直径与时代相对较新的较小级的泡沫虫目相当,而矿物成分则全部转换成细粒石英集合体和单晶石英、未见玉髓。

硅质岩内的放射虫骨骼之所以能够保留较好是因为两者的成分相同,碳酸盐岩、磷质岩和锰质岩内的放射虫骨骼之所以保留差些是因为两者成分不同,易发生溶蚀与交代。但无论硅质岩还是锰质岩内的泡沫虫目以及罩笼虫目均易被黄铁矿(褐铁矿化)、重晶石、白云石、方解石、有机质等交代,甚至整个被取代,而仍保留泡沫虫的外形。

薄片下的罩笼虫(*Nassellaria*)一般呈现不同类型罩状、伞状、塔状(图 3),大多平行层理,部分斜交甚至个别垂直层理产出(图 4)。不同类型的罩笼虫通常成群产出。虫体除个别隐约见有残留的孔洞外,几乎均为重结晶的石英单晶或细粒石英集合体。罩笼虫目与泡沫虫目相比,不仅形状不同,而且个体相对较大(表 4),但由于强烈的重结晶和交代溶蚀,大多不易辨认,而易误认为是奇特的石英。

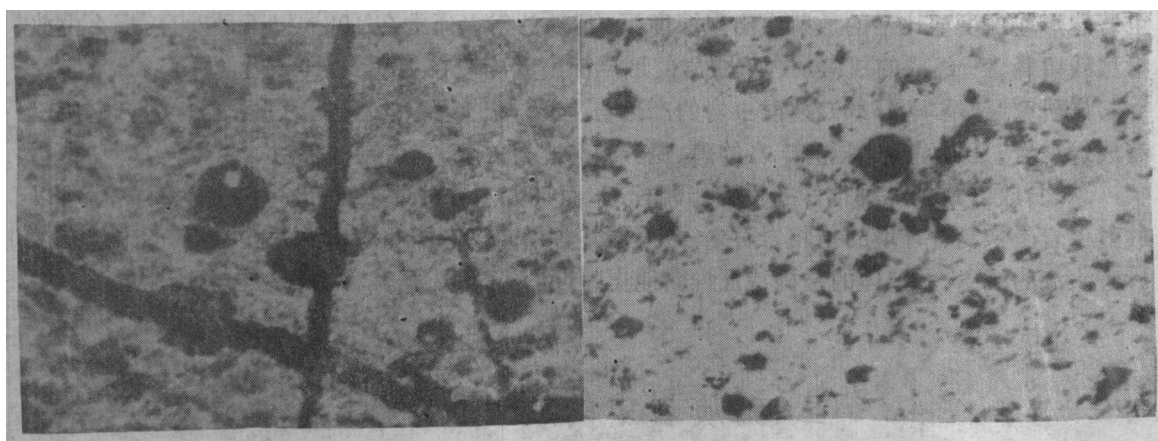


图2 左边是西藏白垩系放射虫硅质岩,一般直径0.07mm,大者达0.16mm,小者0.02mm
右边是贵州松桃含放射虫含锰硅质页岩,直径较大者0.0—0.03mm,小的仅0.01mm.

Fig. 2. Left, the Cretaceous radiolarian silicalites in Tibet. The radiolaria generally has a diameter of 0.07 mm; the big one 0.16 mm and the small one 0.02 mm. Right; the radiolarian Mn-bearing siliceous shales in Songtao, Guizhou. The bigger radiolaria has the diameter from 0.02 to 0.03 mm and the small one only 0.01 mm.

表3 不同时代的泡沫虫目大小与成分

Table 3 Size and composition of Spumellaria of different ages

时代和岩性	含量(%)	直径(mm)	矿物成分
现代大洋底 硅质软泥	50左右	一般0.1—0.3	蛋白石、方英石 为主
西藏白垩系放射 虫硅质岩	25—50	一般0.06—0.08 较大者0.17 较小者0.02(少数)	玉髓为主 细粒石英次之
三江地区三叠系碳酸 盐化含放射虫硅质岩	10—20	一般0.06 较大者0.11 较小者0.022—0.033	玉髓 细粒石英
四川奥陶系放 射虫硅质岩	10—25	一般0.06—0.08 较大者0.16 较小者0.022	玉髓 细粒石英
贵州三都地区上震旦 统顶部含放射虫 硅质岩	5—2	一般0.04—0.05 较大者0.15(少数) 较小者0.022	玉髓 细粒石英 单晶石英
下震旦统大塘坡组 含放射虫含锰硅质 页岩	一般10 富集时达 25—30	一般0.022—0.03 较大者0.05—0.08 较小者0.011	细粒石英 单晶石英

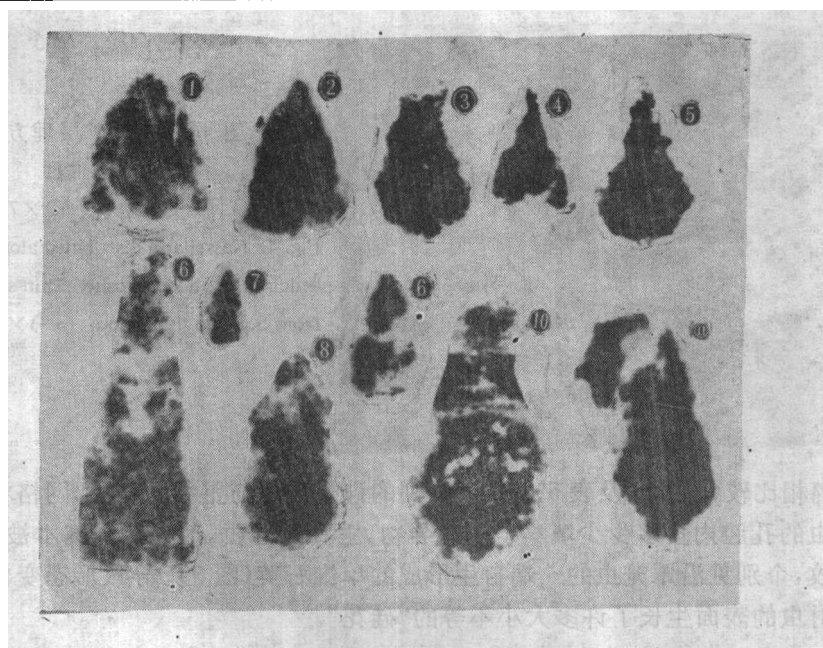


图 3. 不同形态的罩笼虫目

①—⑤罩状, ⑥—⑩塔状, ⑪伞状

Fig. 3. Nassellaria of various shapes; ①—⑤Lampshade-like; ⑥—⑩tower-like; ⑪umbrella-like.

表 4 图 3 罩笼虫大小

Table 4 Size of Nassellaria in Fig. 3

代号	高(mm)	宽(或底宽)(mm)	地点
1	0.10	0.06	贵州松桃
2	0.11	0.06	贵州松桃
3	0.10	0.06	湘西民乐
4	0.08	0.05(底)	湘西民乐
5	0.26	0.16(底)	贵州松桃
6	0.21	0.06	贵州松桃
7	0.13	0.05	贵州松桃
8	0.13	0.05	贵州松桃
9	0.09	0.04	贵州松桃
10	0.17	0.07	贵州松桃
11	0.13	0.06	贵州松桃

为研究放射虫的原始结构残留状态及单体形态特征,我们采用两种方法浸泡分离岩石,选取单体。方法之一是用含 HCl10% 的水溶液浸泡含放射虫菱锰矿碎块约 5—6 小时之后倒出溶液,晒干或烘干样品,用孔径 0.08—0.05mm 级标准筛过筛。在 <0.05mm 级和 0.8—0.05mm 级的碎屑颗粒中均含有放射虫碎片和单体,前一级中以泡沫虫目为主,后一级中以罩笼虫目为主。方法之二是常规的醋酸浸泡法,时间约半个月,其余步骤同上。两种方法的效果相同。

挑选出的单体,成分是石英,但表面多半被铁锰质污染。采用电镜观察这些单体,可见个别形态较好,具有网格状和针孔状结构的泡沫虫目和罩笼虫目,尽管表面尚有许多物质没有(法)洗净,但据其清晰的网格状和针孔状的孔洞结构及形态,不难与现代大洋底硅质软泥中的现代

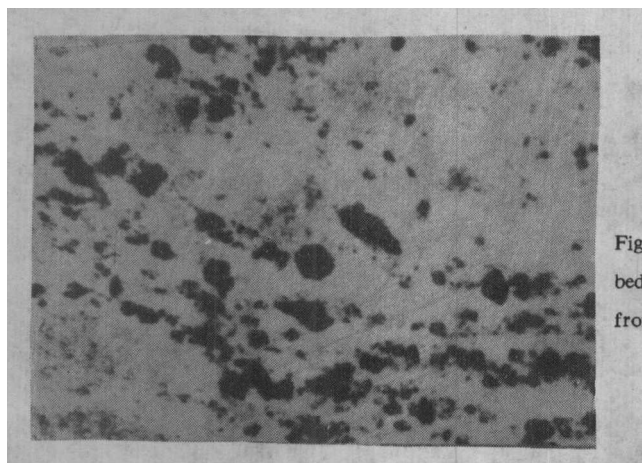


图 4. 沿菱锰矿层理方向产出的罩笼虫目

贵州松桃(一)×750

Fig. 4. Nassellaria distributed along the beddings of rhodochrosite. Thin section from Songtao, Guizhou. (一)×750,

放射虫骨骼相比较(图 5、6 及表 5)。由于强烈的硅化作用与重结晶作用,网格状和针孔状的孔眼及罩笼虫的孔腔内多多少少填集了一些异物,主要是硅质,部分孔洞基本被填满,局部可见石英生长纹,个别见沿罩笼虫的一端自生形成的单锥石英(图 7)。导致形态变化的另一个重要因素是放射虫的表面生长了许多大小不等的“硅花”。

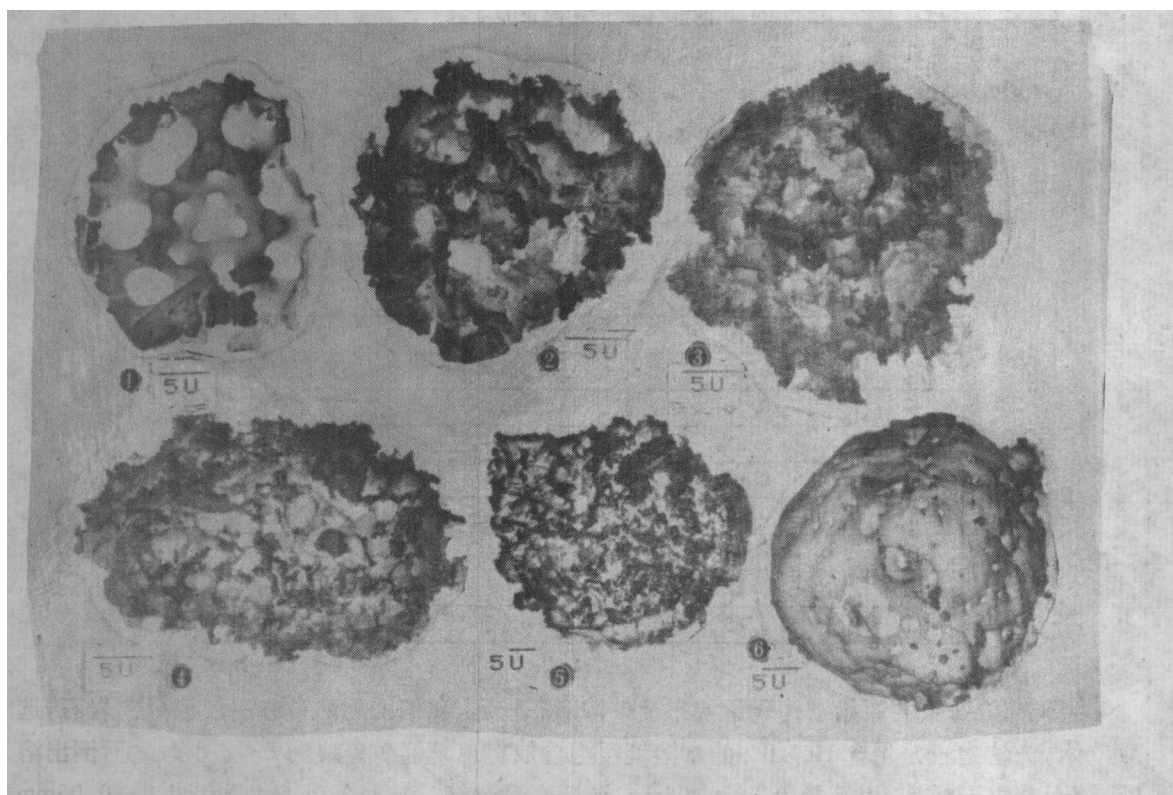


图 5 泡沫虫目

①现代大洋海底硅质软泥中的泡沫虫目,②~⑥大塘坡锰矿中的泡沫虫目;②和①很相似,④见有清晰的网格状孔洞,③和⑥见有清晰的针眼孔,⑤见清晰的壳壁,③隐约见壳壁。

Fig. 5. Spumellaria; ①Spumellaria from siliceous ooze in recent ocean bottom;

②-⑥Spumellaria from manganese ores in the Datangpo Formation.

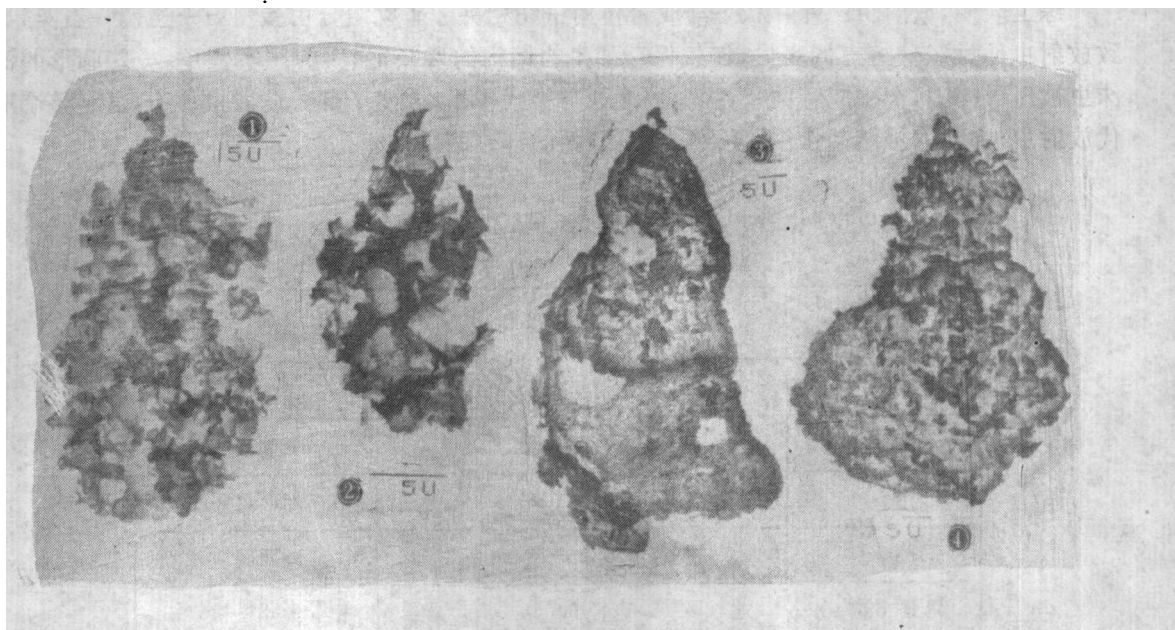


图 6 大塘坡锰矿中的罩笼虫目：

①和②不仅形态完好，而且见有清晰的网格状孔洞；③形态完好，见横隔膜，
 右上角见有残留的针孔洞结构；④形态完好，横隔膜和孔洞结构模糊可见。

Fig. 6. Nassellaria in from manganese deposits in the Datangpo Formation.

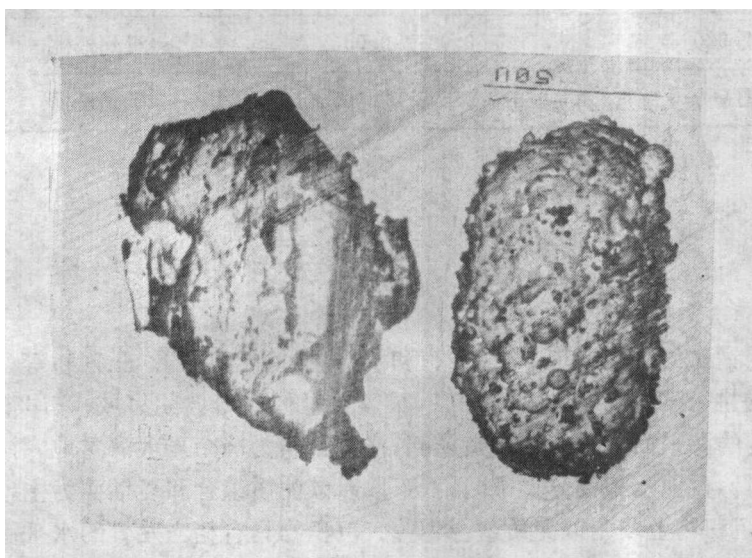


图 7. 右边罩笼虫已重结晶成一个石英棱锥体，但其顶把仍然保留，

左边泡沫虫的下端开始形成石英的棱锥，但针孔结构

仍较清晰，表面见有藻类化石

Fig. 7. Right; Nassellaria has been recrystallized to a pyramidal quartz crystal.

Left; a quartz pyramid began to take shape at the lower end of Spumellaria,

but acicular structure remains clear and algal

fossils may be found on the surface.

综上所述,放射虫的保存状态与成岩作用密切相关。矿物组分由蛋白石→玉髓→石英,导致放射虫原始组分特点的丧失,仅仅保存了生物结构的残余;强大的压实作用,一些圆形的泡沫虫被压成椭圆,个别成弯曲状;强烈的溶蚀与交代作用,改变了部分放射虫形态,甚至整个取代放射虫;强烈的重结晶作用,导致放射虫表面的部分网眼孔和孔隙被堵塞。

表 5 图 5、6 放射虫大小

Table 5 Size of radiolaria in Figs. 5 and 6

代号	大小(mm)	地点
图 5①	直径 0.027	现代大洋底
图 5②	直径 0.026	贵州松桃
图 5③	直径 0.026	湘西民乐
图 5④	长径 0.032 短径 0.02	湘西民乐
图 5⑤	直径 0.05	贵州松桃
图 5⑥	直径 0.04	贵州松桃
图 6①	高 0.047 底宽 0.025	湘西民乐
图 6②	高 0.025 宽 0.0125	贵州松桃
图 6③	高 0.08 宽 0.05	贵州松桃
图 6④	高 0.075 底宽 0.055	贵州松桃

四、锰矿的沉积环境和成因

关于大塘坡组锰矿的沉积环境,许多专家和同行作过详细论述。王砚耕等(1985)认为,在川、湘、黔交界的松桃、印江、秀山和花垣一带,早震旦世的大塘坡期海域、滨岸带很窄,在浅海带与大陆斜坡之间的海平面之下有一构造隆起,浅海带实为一个局限海盆地,并成为聚集大塘坡锰矿的沉积盆地。盆地沉积物分上下两段,下段以碳泥质组合和菱锰矿为主,并夹有凝灰岩和凝灰质粉砂岩;沉积物上段则以泥质组合为主。沉积物具有相当发育的水平微细层理,含细粒原生黄铁矿和丰富的浮游型微生物化石。在前人研究的基础上,结合笔者的最新研究,认为大塘坡组锰矿除具上述特征外,还含海相指相化石放射虫,且以罩笼虫目为主,泡沫虫目次之。放射虫通常平行层理产出,且与菱锰矿条带相间构成条带状矿石。发育的水平层理和放射虫群体的产出状态,表明水体平静,水流较稳,具局限海盆地的特点。又如前面所述,活的放射虫通常是在 100m 左右水深处最发育,那么由放射虫骨骼组成的岩石,其形成深度更深。所以,大塘坡锰矿的成矿环境属局限海盆地,形成的水深应该是在 100m 左右或 100m 以下,属较深水的海相环境。

关于大塘坡锰矿成因,或认为是滨海半封闭盆地的沉积矿床,或认为属浅海相火山和生物化学成因的沉积改造型层控矿床,或认为是沉积-成岩矿床。至于锰源:有陆源说,火山和陆源、火山及深部热卤水的多源说。笔者认为大塘坡锰矿不仅具有明显的沉积特征,也具有明显的成岩改造特征,主要表现为交代溶蚀与重结晶作用,因此应属沉积-成岩矿床。锰是多源的,由于矿石中见有一定数量的重晶石等热液充填脉和热枕构造,而沉积盆地的周边又可能有作为通道的深大断裂存在,因此热卤水可能是锰的主要来源。

五、小结

1. 残留的放射虫骨骼保存完美程度与赋存放射虫的地层年代有关。换句话说,与成岩后生作用有关,地层时代愈老,经历的成岩后生作用愈强,并导致放射虫产生各种形态。

2. 放射虫的形态和含量与岩性有一定关系,赋存于硅质岩中的放射虫不仅形态较好,量也较多;赋存于锰质岩和磷质岩中的放射虫形态相对较差,量也较少。

3. 无论是时代较新的西藏白垩系放射虫硅质岩、还是时代最老的大塘坡组锰质岩中的放射虫,无论是泡沫虫目还是罩笼虫目,均易被晚期石英细脉切割或切断。

4. 大塘坡期是迄今国内外发现放射虫的最老层位。这种含放射虫的菱锰矿床的形成环境是离古陆不远的局限海盆地,矿床成因属沉积-成岩矿床。

5. 为挑选单体,既用了常规的醋酸浸泡法,同时针对岩石特征,大胆使用了含 HCl10% 的水溶液浸泡法,大大缩短了浸泡时间,提高了效率,而且两种方法的效果相同。

野外工作时得到贵州地矿局区调队和 103 队同行的热情帮助和支持。醋酸法由我所王章玉同志协助完成,在此一并致谢!

主要参考文献

①王砚耕等,1985,贵州东部大塘坡组地层沉积环境和成锰作用 贵州人民出版社

②О. И. Некрасовой, 1973, АТЛАС ТЕКСТУР И СТРУКТУР ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД Часть 3 кремнистые породы р40-43

The Discovery and Environmental Significance of Radiolaria from Manganese Deposits in the Early Sinian Datangpo Formation in Western Hunan and Eastern Guizhou

Huang Huiqiong Xu Xiaosong Liu Baojun

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources)

Abstract

A great deal of Spumellaria and Nassellaria were found by the author (H. Huang) in 1982 in Late Sinian silicalites between Sandu and Songtao, Guizhou and later in 1987, small amounts of them were recognized again by the authors in carbonate manganese ores from the Early Sinian Datangpo Formation in western Hunan and eastern Guizhou, which is the oldest horizon for the occurrence of radiolaria so far.

The manganese deposits in the Datangpo Formation which are placed in between the Early Sinian Nantuo Moraine Bed ("Large Moraine") and the Tiesi'ao Formation ("Small Moraine") are widely distributed over the area between Sichuan, Hunan and Guizhou Provinces. The manganese orebodies are stratiform, stratoid and lenticular, trending from NE to SW. The ores may be divided into two types, massive and banded, among which the latter is dominated.

The ore beds not only have well-developed horizontal fine beddings but also contain abundant microp plankton fossils including radiolaria which can be used for indicating depositional environments. The manganese deposits were formed in a deeper restricted marine basin with a water depth of about 100 m or more.

The contents of radiolarian skeletons preserved in manganese ores range generally between 2 and 5 percent. Nassellaria occupies first place and Spumellaria comes second; conversely, Spumellaria occupies first place and Nassellaria comes second in Mn-bearing siliceous shale (rhodochrosite-poor) in which the contents of radiolarian skeletons may locally reach up to 25 to 30 percent. Nassellaria is mostly 0.09 to 0.13 mm in height and shows a wide range of shapes: lampshade-like, tower-like and umbrella-like, whereas Spumellaria, round to elliptic, generally 0.02 to 0.05 mm in diameter. The individuals tend to be smaller as compared with those in the younger Cambrian, Permian, Triassic and Cretaceous siliceous rocks. Both Nassellaria and Spumellaria usually show oriented distribution along the bedding planes and occasionally are enriched to form bands or laminae interbedded with

rhodochrosite bands, thus resulting in the formation of well-defined banded or laminated ores. The radiolaria is characterized by well-preserved skeleton, well-defined outline and clear reticulated and acicular structures. Part of the skeletons were dissolved and replaced completely or in varying degrees by rhodochrosite and dolomite, but its outline remains retained. The preserved status of radiolarian morphology depends mainly upon epidiagenesis.