

# 渭北奥陶系的放射虫燧石岩

梅志超 卢焕勇 李文厚

(西北大学地质系)

**提要** 渭北奥陶系的放射虫燧石岩是在稳定的华北地台上形成的远洋沉积。它们产在赵老峪组深水碳酸盐地层的下部，并以层位稳定、纹层发育、富含放射虫骨骼、成岩交代组构清楚，以及在剖面上与薄层的硅质页岩呈韵律互层等为特征，表明是深水的放射虫软泥在成岩作用早期由生物蛋白石经溶解-再沉淀反应快速转变而成。这种产在地台上的远洋沉积虽不多见，却是海平面大规模上升及其伴生的重大地质事件的反映。渭北放射虫燧石岩的时代相当于中奥陶世卡拉道克期。当时正值全球性海平面上升，秦岭古海盆也在发生强烈扩张与俯冲，因此，华北地台南缘下沉，使渭北地区变成了弧后深水盆地的北部边缘。当时研究区的古地理位置也恰好处于低纬度的赤道附近。这些都为放射虫燧石岩的堆积提供了有利的条件。由于当时钙质浮游生物尚未大量兴起，所以其沉积作用不受 CCD 的控制，水深较之现代类似物可能要浅得多。

**关键词** 放射虫燧石岩 远洋沉积 华北地台渭北隆起带 奥陶系赵老峪组 海平面升降变化

**第一作者简介** 梅志超 男 54 岁 副教授 沉积学

在华北地台西南缘的渭北隆起带 (图 1)，中—上奥陶统的赵老峪组深水碳酸盐岩地层

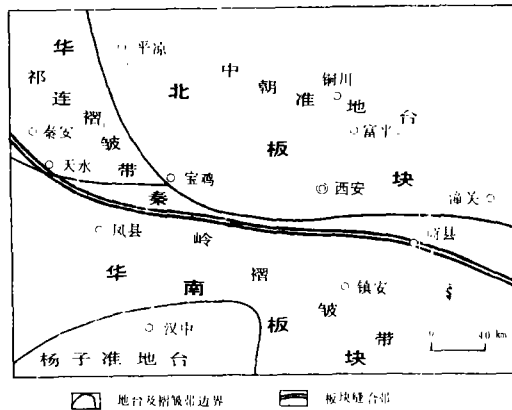


图 1 研究区大地构造简图

Fig. 1 The tectonic sketch map of the studied area

中，发育有一套黑色的层状放射虫燧石岩。这套燧石岩在剖面上与薄的硅质页岩呈韵律状互层，层位比较稳定，内部具发育的纹层，含网球状放射虫骨骼和清楚的成岩交代组构。这些

特征表明它们是放射虫软泥的石化产物. 赵老峪组中也常常夹有薄层的中酸性凝灰岩, 然而由火山灰蚀变提供的自由  $SiO_2$  数量却十分有限.

一般认为, 层状放射虫燧石岩是一种典型的远洋沉积. 由于它们主要发育在低纬度的上升洋流区 (许靖华, 1984), 所以可以作为古纬度和古环境的标志. 层状燧石岩主要分布在地槽区, 与蛇绿岩共生的层状燧石岩是大陆上残留洋壳的证据 (Mitchell 和 Reading, 1978; Blatt 等, 1982). 放射虫燧石岩在克拉通地区比较少见, 且主要分布在古生代克拉通边缘向海的一侧 (Scholle, 1979; Jones 和 Murchey, 1986). 八十年代以来, 在华北地台西南缘的富平奥陶系的杨子地台的下扬子区与龙门山区的二叠系中, 相继发现层状放射虫燧石岩 (梅志超等, 1982; 童玉明和周祖勋, 1985; 金若谷, 1987). 这种燧石岩虽然在地质历史上比较少见, 却是反映大规模海平面上升及其伴随的重大地质事件的良好标志 (Vail, 1977; Scholle, 1979; Jenkyns, 1978). 因此, 研究它们不仅在沉积地质学上有重要意义, 而且对于了解大陆边缘地质和构造演化历史也可提供重要信息.

本文的目的是通过对渭北中奥陶统一上奥陶统赵老峪组放射虫燧石岩的描述, 探讨其环境特征和形成过程, 同时对渭北地区在奥陶纪时与秦岭和祁连褶皱带的古地理演变关系也做了简要讨论.

### 一、区域地质背景

渭北中奥陶统一上奥陶统的赵老峪组主要是一套半远洋的泥晶石灰岩夹重力流的砂屑石灰岩和杂乱的角砾石灰岩. 整个地层生物化石稀少, 且主要为浮游生物的介形虫、放射虫、牙形石和笔石, 原地的底栖生物化石缺乏, 但是深水的 *Nerites* 相遗迹化石却十分丰富. 赵老峪组与下伏的中奥陶统峰峰组呈假整合接触, 在层位上可以和西部的平凉组—北锅山组对比 (付力浦, 1981; 梅志超等, 1986; 安太庠等, 1985). 放射虫燧石岩产在赵老峪组的下部, 时代相当于中奥陶世晚期. 与放射虫燧石岩伴生的岩石有薄层的泥晶灰岩、粉屑泥晶灰岩和流纹质与英安质的晶屑—玻屑凝灰岩 (图 2). 这套燧石岩西自泾阳, 东到蒲城均有出露. 其中以富平赵老峪一带最为发育, 最大厚度为 17m.

渭北地区在早奥陶世—中奥陶世早期, 与华北地台广大地区是一个统一的浅水碳酸盐台地, 沉积了一套包括峰峰组在内的浅水碳酸盐岩地层. 其后由于秦岭板块开始向华北板块俯冲, 才陷落为深水盆地. 在研究区东部, 中奥陶统一上奥陶统出露较少, 且主要为深水碳酸盐岩; 西部则可以分为南北两带, 北带以深水碳酸盐岩为主, 南带为巨厚的笔石页岩和浊积岩, 二者呈过渡关系. 该区中奥陶统一上奥陶统均以夹有较多的中酸性火山碎屑岩为特征, 火山碎屑岩的层位及厚度自东而西, 自北而南有明显增多、增厚的趋势, 至秦岭北缘及祁连山褶皱带东部, 开始出现中酸性的火山熔岩. 在商丹断

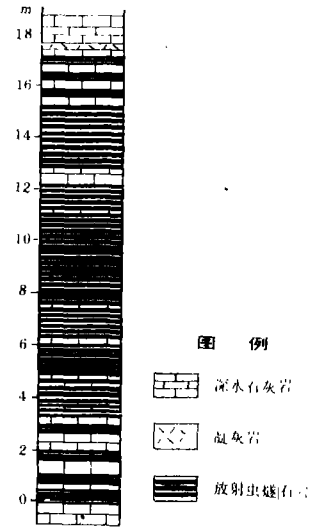


图 2 富平赵老峪组放射虫燧石岩柱状剖面图  
Fig. 2 The columnar section of the radiolarian cherts in Zhaolaoyu Formation, Fuping

裂沿线, 发育有大量蛇绿岩和混杂岩 (张秋生等, 1984; 张国伟等, 1988), 这个构造复杂带是华北板块与扬子板块间大洋消失、俯冲和碰撞的标志。北秦岭的岩浆弧目前已见端倪。现在被解体的“秦岭群”中的一些前寒武系结晶岩块, 可能是古岛弧的硬质基底, 其中加里东期的中酸性岩体和“丹凤群”、“云架山群”中的某些钙碱性火山岩 (张国伟等, 1988), 可能是当时的火山岛弧的产物。因此, 渭北地区中奥陶统一上奥陶统的深水沉积和火山碎屑岩夹层的大量发育, 反映该区曾一度是华北板块活动大陆边缘弧后盆地北部边缘部分。

## 二、燧石岩的沉积特征

本区的燧石岩按产状可以分为层状的放射虫燧石岩和结核状燧石岩二类。层状燧石岩通常与薄的硅质页岩构成韵律层, 并在剖面上与深水的薄层泥晶粉屑石灰岩呈互层产出, 局部夹凝灰岩。在燧石岩段, 层状燧石岩约占 70%, 凝灰岩只占 2% 左右, 结核状燧石岩产在石灰岩内部。直接位于层状燧石岩和凝灰岩层下面的石灰岩, 其顶部也常见燧石条带和硅化层。

### (一) 层状放射虫燧石岩

本区的层状放射虫燧石岩和地槽区的层状燧石岩比较类似。它们在新鲜露头上呈黑色, 风化后呈淡紫红色。韵律层段厚一般在 50—70cm, 最厚达 2m。单层厚 3—5cm, 层内毫米级纹层发育, 层系界面呈平坦状, 或随相邻石灰岩层面形态起伏, 有的呈类似于收缩、膨胀的透镜状 (图版 I, 1), 层间具薄的硅质页岩夹层 (<1cm)。燧石岩的主要生物组分为多壳刺的球形放射虫 (图版 I, 3), 可以识别的放射虫残骸一般在 5—10%, 最高可达 15%。除了在碳酸盐含量较高的燧石层中含有个别介形虫外, 未见其它生物残骸。

在燧石岩中, 绝大多数放射虫因溶解-再沉淀作用仅残留有模孔, 其中多数为玉髓充填, 少数为亮晶方解石充填 (图版 I, 4、5)。个别放射虫具清晰的筛网状构造。放射虫个体多数小于 0.1—0.15mm, 少数达 0.2mm。小型放射虫具多层次髓壳、放射梁和幅射刺 (图版 I, 4); 较大的放射虫内部构造比较简单, 有的仅发育二层髓壳, 放射梁很少, 中间有较大空腔 (图版 I, 5)。放射虫的壳、梁和刺均已为碳酸盐或磁铁矿交代, 空腔为纤维状玉髓充填。岩石基质主要为微晶质玉髓, 其间常散布有数量不等的碳酸盐和磁铁矿以及零星的粉砂级水化黑云母片。碳酸盐矿物主要为微晶方解石、亮晶方解石和铁白云石。微晶方解石散布在基质中, 晶粒 5 $\mu$ m 左右 (图版 I, 2); 亮晶方解石充填硅质生物的溶孔; 铁白云石呈自形晶交代其它碳酸盐和氧化硅矿物, 晶粒约为 0.01—0.05mm。与其它层状燧石岩相比, 该区放射虫燧石岩的碳酸盐含量较高 (表 1)。

### (二) 结核状燧石岩

燧石结核主要集中在与层状燧石岩共生的石灰岩之中, 在其它石灰岩中相对较少。燧石结核为缺乏内部构造的不规则玉髓集合体, 小者仅数毫米, 大者长径达数十厘米, 主要沿层理方向展布, 但普遍切割纹理, 结核密集处可彼此联接成不规则条带, 少数斜交或垂直层理, 成为联结上下燧石条带的桥梁, 构成二维或三维网络。结核及条带表面呈不规则瘤状, 内部未发现生物残骸, 主要矿物为微晶质玉髓。内核质地较纯, 外壳具同心纹层, 含较多分散状微晶方解石。

表1 层状放射虫燧石岩的化学成分

Table 1 Chemical composition of layered radiolarian cherts

	1	2	3	4	5	6
SiO <sub>2</sub>	77.00	86.93	83.67	89.15	86.9	93.54
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.23	1.04	3.30	3.45	4.6	2.26
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.57	1.37	7.74	0.58	2.7	0.48
FeO	3.18	3.63	--	2.19	--	--
MnO	0.05	0.09	0.30	0.03	0.03	0.79
TiO	0.30	0.15	0.40	0.22	0.14	--
MgO	1.67	0.44	0.50	1.05	0.8	0.23
CaO	6.47	3.39	0.40	0.24	0.1	0.66
Na <sub>2</sub> O	0.40	0.02	1.00	0.22	0.4	0.37
K <sub>2</sub> O	0.40	0.08	1.42	0.53	1.0	0.51
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.44	0.68	0.80	1.17	2.3	0.72
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	--	--	0.10	--	0.3	0.21
CO <sub>2</sub>	4.56	2.14	--	--	0.65	--
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.06	0.04	0.10	0.04	0.04	--
总计	99.37	100	100.06	99.60	99.31	99.86

1.黑色放射虫燧石岩, 奥陶系, 陕西富平. 2.黑色放射虫燧石岩, 泥盆系, 广西南丹(陈志明等, 1983). 3.红色放射虫燧石岩, 侏罗系, 瑞士瓦尔德阿尔. 4.红色和绿色放射虫燧石岩, 二叠系, 美国内华达. 5.黑色放射虫燧石岩, 石炭系, 德国里森(3-5据 Gressman, 1962). 6.红色放射虫燧石岩, 侏罗系弗兰西斯组, 美国(据 Baltuck, 1982).

### 三、成因讨论

#### (一) SiO<sub>2</sub> 的来源

一般认为层状燧石岩的 SiO<sub>2</sub> 主要来源于硅质生物的介壳和火山成因物质(Wese 和 Weaver, 1974; Hesse, 1988). 但是从渭北奥陶系的层状燧石岩的沉积特征来看, SiO<sub>2</sub> 主要来自放射虫介壳的生物蛋白石, 火山灰蚀变提供的自由-SiO<sub>2</sub> 十分有限.

赵老峪组的凝灰岩多已发生蚀变, 除少数具有霏细结构外, 多数尚保持有完好的原生凝灰结构. 其中玻屑已全部分解石化或蒙脱石化, 但在奇特的外形轮廓还清晰可辨. 晶屑中只有黑云母发生水化, 斜长石和石英晶屑依然新鲜. 一般说来, 位于蚀变凝灰岩之下的石灰岩, 其顶部往往发育有薄的燧石条带或硅化层, 但是其厚度仅 1—2cm, 相当于凝灰岩层厚度的 1/50 到 1/20. 这些燧石层可能是火山灰蚀变释放的自由 SiO<sub>2</sub> 交代的结果.

层状的放射虫燧石岩中除了个别的粉砂级水化黑云母外, 没有发现明显的火山碎屑混入物, 然而化学组分中含量近等的 NaO 及 K<sub>2</sub>O (表 1), 很可能是蚀变的凝灰物质引起的. 由

于它们含量低, 即使能提供自由的  $\text{SiO}_2$ , 数量也十分有限. 本区的层状燧石岩具有清楚的残余生物结构, 其中的放射虫可以从网球状结构比较完整的骨骼逐渐变为局部塌陷、崩解的残体或缺乏内部构造的圆形、椭圆形幻影, 以至残体消失 (图 3 及图版 I, 4、5、7). 在较完整的网球状骨骼中, 最初由非晶质的生物蛋白石构成的壳、梁、刺, 已全部为亮晶方解石代替, 而原始的体腔则为玉髓充填. 这些现象表明, 该区层状燧石岩的  $\text{SiO}_2$  矿物主要是生物蛋白石溶解-再沉淀的结果.

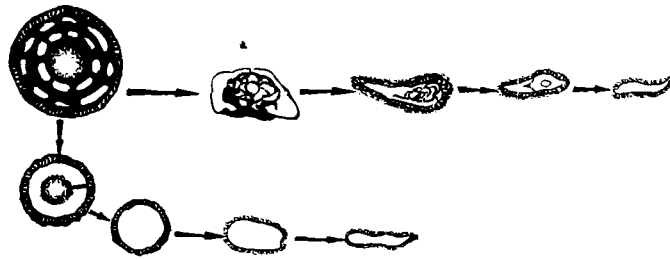


图 3 放射虫骨骼因溶解-再沉积作用和压实作用产生的变形系列  
Fig. 3 Deformation series of the radiolarian skeletons caused by dissolution-reprecipitation and compaction

## (二) 沉积环境

对于放射虫燧石岩的沉积环境, 目前尚有争论. 但是不论哪一种观点都把放射虫高的堆积速率和远离陆源碎屑源区作为其形成环境的先决条件 (Jones 和 Murchey, 1986). 至于具体的沉积环境只能根据地质记录中的沉积特征和区域地质背景加以推论.

渭北奥陶系的放射虫燧石岩产在赵老峪组深水碳酸盐地层的下部, 这种燧石岩层位稳定, 纹层发育, 层间具薄的硅质页岩夹层, 生物组分主要为浮游的放射虫, 缺乏底栖生物及陆源混入物, 伴生沉积主要为半远洋的石灰岩与浊积石灰岩. 这些特征反映它们是在远离陆源碎屑源区, 具有较高的浮游生物产率的深水环境中形成的. 赵老峪组放射虫燧石岩的形成时代相当于卡拉道克期. 此时正值全球性海平面上升, 秦岭古海盆也在发生强烈的扩张与俯冲. 当时扬子地台区的海平面上升了大约 200m (陈均远, 1988; Chen, 1988), 华北地台西南缘也由浅水碳酸盐相迅速变为深水碳酸盐岩和笔石页岩. 秦岭古海盆的扩张与俯冲引起华北地台南缘下沉, 渭北地区变成了弧后深水盆地的北部边缘. 由于北侧广阔的华北浅水碳酸盐台地有效地抑制了陆源物的注入, 所以在该区为浮游生物堆积提供了一个适宜的场所.

层状燧石岩在秦岭地区的奥陶系中也有广泛的分布, 例如南秦岭洞河群巨厚的富碳硅质岩、商丹断裂沿线构造混杂带中与蛇绿岩共生的层状燧石岩, 以及河南西峡二郎坪群中与枕状玄武岩共生的放射虫燧石岩等等. 燧石岩的这种广泛分布可能与当时所处的古地理位置有关. 按吴汉宁等 (1990) 的古地磁资料, 在奥陶纪华北、杨子和秦岭古海盆均处于赤道附近. 这种情况和世界其它地区的层状燧石岩的古地理分布十分类似 (Hein, 1986), 说明该区在当时可能是有利于放射虫大量繁衍的上升洋流区.

陆表海上的远洋沉积在地质历史上分布比较局限, 但是屡有发生. 一般说来它们多与全

球性的海平面上升和继而发生的海进作用有关 (Lindström, 1971)。陆表海因与大陆联系紧密, 营养物质的供应比较丰富, 水的肥力也较高 (Jenkyns, 1978), 因此在其广海一侧的较深区形成远洋沉积是不足为奇的。现代的远洋沉积类型受方解石补偿深度 (CCD) 的控制, 硅质软泥堆积在 CCD 以下。然而在古生代钙质的浮游生物尚未大量兴起, 象赵老峪组这样的层状燧石岩, 堆积时可能不受 CCD 的控制, 其水深较之现代的类型物也要浅得多。

### (三) 成岩作用

硅质生物沉积埋藏后的成岩过程经历了一系列特征的矿物相转变。按照  $\text{SiO}_2$  矿物相的特征, 通常将硅质沉积物的成岩作用划分为二个阶段: (1) 蛋白石-A 向蛋白石-CT 的转变, (2) 蛋白石-CT 向微量石英的转变 (Wise 和 Weaver, 1974; Calvert, 1974; Hesse, 1988)。

表层海水中放射虫的介壳是由非晶质的蛋白石-A 组成的。这种矿物在海水中容易溶解, 所以只有很小一部分可以达到海底, 并在浅埋藏阶段经过溶解-沉淀反应转变为蛋白石-CT。这种转变进行得比较快, 一旦转变开始, 很快就可以达到完成的阶段, 并使沉积物石化。蛋白石-CT 向石英的转变比较缓慢, 这种转变通常认为是固体矿物相的转变 (Calvert, 1974), 也有人认为需要有溶解相 (Hesse, 1988)。

赵老峪组燧石岩的  $\text{SiO}_2$  矿物已全部转变为玉髓, 虽然笔者无法得到各阶段矿物转变的证据, 但是根据岩石中各种矿物组分的世代关系 (图 4) 和成岩构造, 仍可发现它们是在成岩作用早期就已经石化成岩。放射虫骨骼最初是由  $\text{SiO}_2$  矿物组成的, 髓壳上布满小孔, 壳、梁之间有较大的空腔。现在各种小孔、空腔均被玉髓充填, 充填在粒间基质部分的玉髓还交代微晶方解石, 而壳、梁、刺则为亮晶方解石及磁铁矿取代。现在的玉髓显然是组成放射虫壳、梁、刺的生物蛋白石-A 在早期经溶解、再沉淀转变而成的。放射虫壳体溶解残留的空隙为第二序次的亮晶方解石和磁铁矿代替, 有的还可交代  $\text{SiO}_2$  矿物。交代玉髓和亮晶方解石的铁白云石形成最晚。其中的  $\text{Mg}^{++}$  可能来自高镁方解石、文石或火山灰的蚀变产物, 反映成岩阶段矿物调整和微环境物理化学条件的变化。

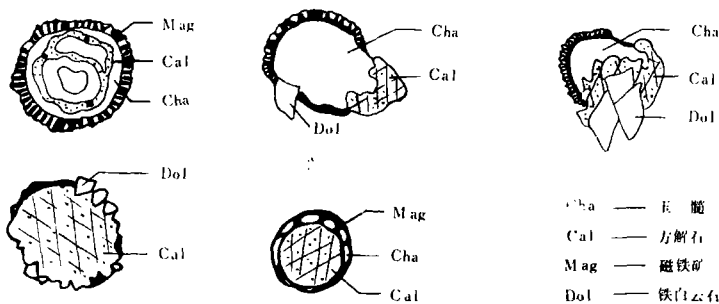


图 4 放射虫燧石岩的自生矿物交代组构

Fig. 4 Replacement fabric of the authigenic mineral in radiolarian cherts

反映早期石化作用的物理成岩标志有压实构造、变形构造和角砾化现象。层状燧石岩的压缩、膨胀构造 (图版 I, 1), 主要表现在燧石层的上部, 燧石纹层随上覆浊积石灰岩底板

波伏形态变化, 与凹部分纹层紧缩, 上凸部分纹层膨胀。但是燧石层的下部却未变形。另外, 上覆浊积岩因液化呈块状, 顶层面平坦, 具冲刷痕, 这种平坦的顶层面可能是底流冲刷的结果。因此, 把该区的压缩-膨胀构造解释为成岩早期差异压实作用与伴随的物质迁移共同作用的产物比较合理。在浊积石灰岩中常见分散状的燧石岩角砾和角砾岩透镜体(图版 I, 6), 滑塌块体中薄的层状燧石岩夹层发育有窗棂构造及强烈的折断现象, 这些也反映燧石岩的石化作用在成岩早期就已完成。

## 结 论

渭北奥陶系赵老峪组放射虫燧石岩是在稳定的华北地台背景上形成的远洋沉积。虽然其地层厚度不大, 但其沉积特征与地槽区许多典型的层状燧石岩十分类似。燧石岩中清楚的残余生物结构和成岩交代结构, 反映它们主要是由生物蛋白石在早期成岩阶段经溶解-再沉淀作用快速转变成的, 而火山灰蚀变释放的自由  $\text{SiO}_2$  数量十分有限。

本区放射虫燧石岩堆积的时代相当于卡拉道克期。当时正值全球性海平面上升, 秦岭古海盆也在发生强烈的扩张与俯冲, 从而导致华北地台南缘下沉, 使渭北地区变成了弧后深水盆地的北部边缘。当时研究区的古地理位置也恰好处于低纬度的赤道附近, 北侧广阔的华北浅水碳酸盐台地有效地抑制了陆源碎屑物注入。南侧的开阔海区, 根据秦岭地区广泛的层状燧石岩推测, 是一个浮游生物产率很高的上升洋流发育区。这些都是硅质放射虫快速堆积和燧石岩形成的有利环境条件。由于当时钙质的浮游生物尚未大量兴起, 所以在放射虫燧石岩堆积时不可能受 CCD 的控制, 其水深较之现代类似物也将小得多。

稳定克拉通上的放射虫燧石岩分布比较有限, 然而它们是海平面大规模上升的重要标志。从渭北的情况看, 深水沉积的出现不仅受全球性海平面变化的影响, 而且与秦岭古海盆的演化也有密切关系。因此, 研究这种燧石岩不仅在沉积学上有重要价值, 而且对于开展层序地层学研究, 探索秦岭造山带及其相邻地区早古生代海平面的变化、岩相古地理格局的演变和构造运动的关系也具有十分重要的意义。

收稿日期: 1991 年 4 月 15 日

## 参 考 文 献

- (1) 付力浦, 1981, 中国地质科学院院报(西安地质矿产研究所刊)第2卷, 第1期, 105-111页。
- (2) 安太萍、张安泰、徐建发, 1985, 地质学报, 第2期, 97-107页。
- (3) 甘肃省地层表编写组, 1980, 西北地区区域地层表(甘肃省分册), 124-144页及173-195页, 地质出版社。
- (4) 许靖华, 1984, 海洋学报, 第6卷, 第6期, 829-842页。
- (5) 陈均远, 1988, 古生物学报, 第27卷, 第3期, 331-345页。
- (6) 严萍等, 1985, 陕西省花岗岩, 53-146页, 西安交通大学出版社。
- (7) 张秋生、朱永正, 1984, 长春地质学院院报, 第3期, 1-13页。
- (8) 金若谷, 1987, 地质论评, 第33卷, 第3期, 283-248页。
- (9) 张国伟、梅志超、周鼎武、孙勇、于在平, 1988, 秦岭造山带的形成及其演化, 1-16页, 西北大学出版社。
- (10) 杨志超、刘剑、金勤海, 1984, 陕西地质, 第2卷(增刊), 20-23页。

- (11) 张国伟、孙勇、于在平、薛峰, 1988, 秦岭造山带的形成及其演化, 46-64页, 西北大学出版社.
- (12) 吴汉宁、常承法、刘椿、钟大赉, 1991, 地质科学, 第3期, 201-214页.
- (13) 佩蒂庄, 1975, 沉积岩 (李汉渝等译), 423-435页, 石油工业出版社, 1981.
- (14) 梅志超、陈景维、卢焕勇、李文厚, 1982, 石油与天然气地质, 第1期, 49-56页.
- (15) 梅志超、李文厚, 1986, 沉积学报, 第4卷, 第1期, 34-42页.
- (16) 童玉明、周祖勋, 1985, 沉积学报, 第3卷, 第2期, 67-74页.
- (17) 琼斯·默切, 1986, 古生代和中生代放射虫燧石岩的地质意义, 国外地质科技, 1987, 第4期, 1-20页.
- (18) Baltuck M., 1982, *Sedimentary Geology*, No.31, p.63-88.
- (19) Blatt H., 1982, *Sedimentary Petrology*, p.380-399, W. H. Freeman and Company, San Francisco.
- (20) Blatt H., Middleton G., Murray R., 1981, *Origin of Sedimentary Rocks*, p.571-586, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- (21) Chen Jun-yuan, 1988, *New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources Memoir.V.44*, p.387-404.
- (22) Dickinson W.R., 1974, *Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation* (Ed. by R.H.Dott Jr and R.H.Shaver), *SEPM*, p.292-303.
- (23) Hesse H., 1988, *Geoscience Canada*, V.15, No.3, p.171-192.
- (24) Jenkyns H.C., 1978, *Sedimentary Environments and Facies* (Ed. by H.G.Reading), p.314-371, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- (25) Mitchell A.H.G. and Reading H.G., 1978, *Sedimentary Environments and Facies* (Ed. by H.G.Reading), p.439-479, Blackwell Scientific Publication.Oxford.
- (26) Rad U.V., and Rosch, 1974, *Pelagic Sediments: On Land and Under the Sea* (Ed. by K.J Hsu and H.C.Jenkyns), *Int. Ass. Sedimentol. Spec. Pub.No.1*, p.327-347.
- (27) Wise S.W.JR., and Weaver F.M., 1974, *Idem*, p.301-326.
- (28) Scholl P.A., 1979, *Deposition, Diagenesis, and Hydrocarbon Potential of Deeper-Water-Limestones*. Continuing Education Course Note Series 7. AAPG. Department of Education.p.10-11.
- (29) Steinberg M., et al., 1977, *Sedimentology*, No.24, p.547-563.

## **Bedded Radiolarian Cherts in the Ordovician of Weibei, Shaanxi**

**Mei Zhichao Lu Huanyong Li Wenhou**

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an)

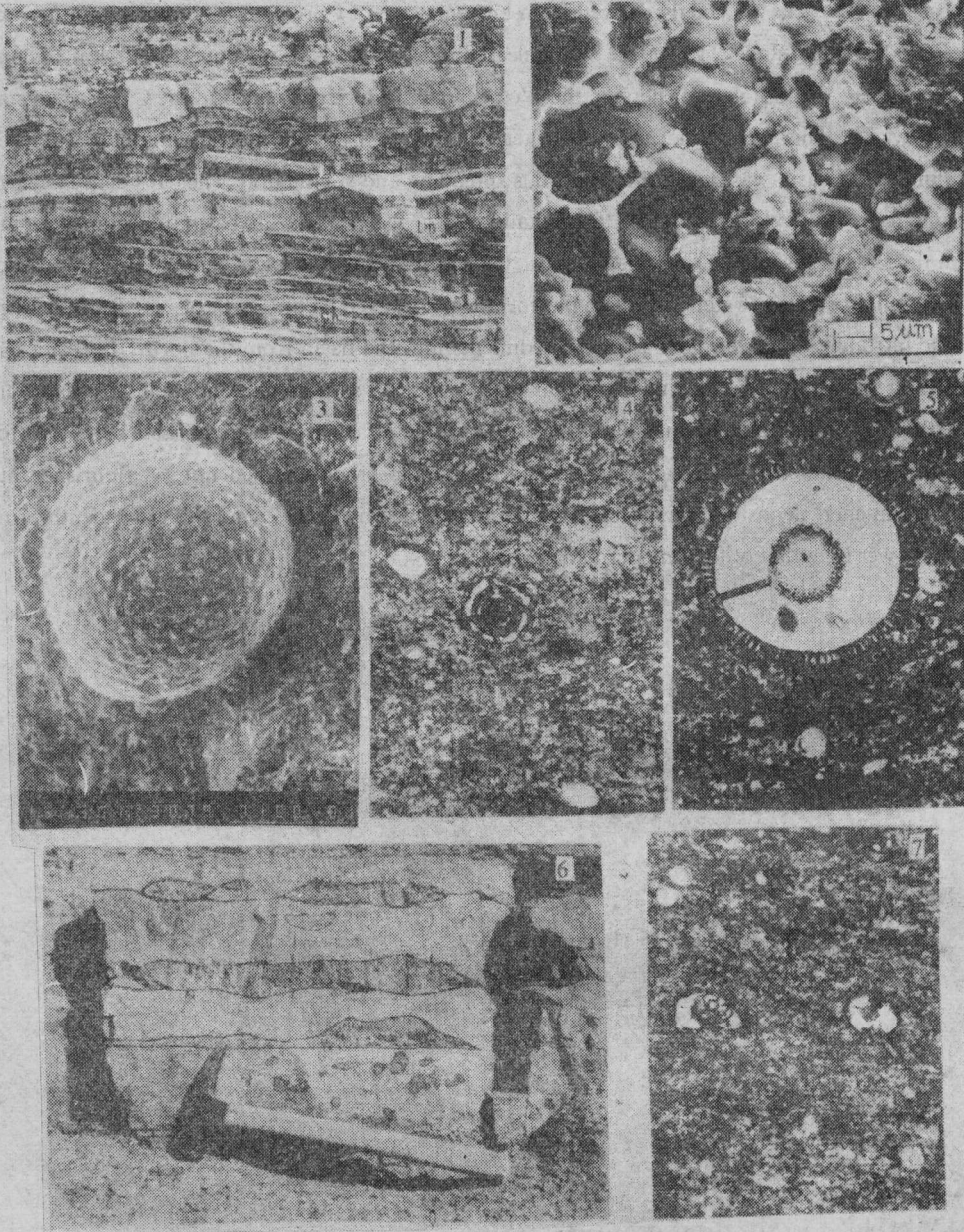
### **Abstract**

The radiolarian cherts in the Wenbei region of Shaanxi Province are a formation of pelagic sediments formed within the North China Platform. These radiolarian cherts are black in color, composed mainly of chalcedony, abundant in "ghosts" or netted skeletons of radiolarians and show well-developed laminations. They contain some interbedded thin siliceous shales, and in stratigraphic section are associated with turbidite limestones and tuffs. The well visible relict organic texture and diagenetic replacement fabrics in the



cherts suggest that the rocks are chiefly derived from biogenic opals by dissolution–reprecipitation processes during the early diagenetic stage, while free  $\text{SiO}_2$  released by volcanic ash constitutes a very limited content.

In terms of age, the radiolarian cherts in the Weibei region can be correlated to the Caradocian stage of the Middle Ordovician. This corresponds to a time when there was a rise of the global sea level, and when the ancient Qinling ocean basin was undergoing vigorous spreading and subduction. The subsidence occurred in the southern margin of the North China Platform made a deep–water back–arc basin on its northern margin which lay in the Weibei region. During this period, the study area was located right within low latitudes of the equator. A broad shallow water carbonate platform which existed to the north of North China impeded effectively the introduction of terrigenous clastic sediments into the basin from the north. The widespread bedded cherts in the Qinling region indicates that the open sea was a zone of upwelling ocean currents characterized by high planktonic organism productivity. All these factors were favourable conditions for the deposition of radiolarian cherts. Because calcareous planktonic organisms had not yet flourished at that time, radiolarian chert deposition might not have been controlled by CCD, and the water depth probably was much shallower than that of their modern analogue.



1.层状放射虫燧石岩(ch)夹浊积石灰岩(lm)。燧石层理平坦或呈压缩、膨胀形态,层间具硅质页岩薄夹层。2.燧石岩基质中的微晶方解石,扫描电镜。3.放射虫的外部形态,扫描电镜。4.放射虫的筛网状构造,其中壳、放射梁及放射刺已为碳酸盐和磁铁矿交代,原始空腔为玉髓充填,大的白色斑点为玉髓充填的入射虫幻影,单偏光,100 $\times$ 。5.内部构造简单的大型放射虫,单偏光,100 $\times$ 。6.浊积石灰岩中的燧石角砾透镜体用分散状角砾。7.因早期溶解内部构造塌陷、壳体变形的放射虫,单偏光,100 $\times$ 。