

陕西渭北富平一带中奥陶世 沉积物的浅水证据

郝蜀民

(地质矿产部第三普查勘探大队)

渭北富平一带中奥陶世沉积物的形成环境素有争议,本文所提供的证据如藻纹层、鸟眼构造、生物扰动、垂直、斜交虫孔、干裂、膏模假晶等,都是潮间带的特征。

根据化学元素分析,Fe元素的含量远大于Mn,同时微量元素的含量与深海相差甚远,而与淡水接近,也说明沉积物为浅水而非深水。

富平一带中奥陶世沉积时有大量酸性火山灰混入,必然会暂时改变水介质条件,为放射虫的生存提供一定条件,特别所含少量放射虫与管状蓝藻共生,以及正延性玉髓的产出,足证含放射虫硅质岩形成于浅水而非深水。

据上认为富平中奥陶世沉积形成于以泻湖为背景的潮坪环境,既具潮下特点,又具明显的潮间证据。

一、地层概述

富平一带中奥陶统厚710.40m,分为六个岩性段,由上到下分述于后。

第六岩性段:深灰、浅灰色薄—中层微晶灰岩为主,次为微晶砂砾屑灰岩、淀晶砾屑灰岩、含砂屑团粒微晶灰岩、微—粉晶含白云质灰岩、硅化白云质灰岩,夹多层黄绿色凝灰岩。生物屑以腕足类、介形虫为主,少许管状蓝藻、钙球、骨针。发育毫米水平纹层、波状纹层、叠层构造,见泥铁质条纹顺层分布,含燧石团块及条带。厚233.70m。

第五岩性段:深灰、黑灰色薄—中层微晶灰岩、淀晶团粒灰岩、微晶团粒灰岩为主,次为团粒微—粉晶灰岩、砂屑微—粉晶灰岩,夹微晶介屑灰岩,微晶砂砾屑灰岩及多层凝灰岩。见少量棘屑、介屑、腕足。发育藻纹层、水平纹层、波状纹层、干裂收缩缝、泥质条带及顺层分布的泥铁质条纹,小型揉皱构造,含燧石团块及条带。厚156.90m。

第四岩性段:深灰、灰色薄层微晶灰岩、微晶砾屑灰岩、微晶砂屑灰岩、微—粉晶含白云质灰岩、淀晶砂砾屑含白云质灰岩,夹微晶团粒灰岩、黄绿色凝灰岩。发育水平纹层、小型揉皱构造,见泥铁质条纹顺层分布,含燧石团块及条带。厚66.70m。

第三岩性段:深灰、黑灰、褐灰色薄层状、个别中层状微晶灰岩、微—粉晶灰岩、淀晶团粒灰岩、微晶团粒灰岩、团粒微—粉晶灰岩为主,次为微晶砾屑灰岩、微晶砂砾

屑灰岩、微一粉晶白云质灰岩、团粒微一粉晶白云质灰岩、淀晶砂砾屑白云质灰岩、团粒微一粉晶硅化白云质灰岩、微一粉晶硅化白云质灰岩夹黄绿色凝灰岩。含少量棘屑、介屑、有孔虫屑。发育藻纹层、水平纹层、膏模孔、干裂收缩缝、垂直和斜交层面虫孔、生物挠动, 鸟眼及小型揉皱构造, 见泥铁质顺层分布, 含燧石团块及条带。厚 136 m。

第二岩性段: 深灰、灰、褐灰色中一厚层状微晶砂砾屑灰岩、微晶砂屑灰岩、微一粉晶竹叶状砾屑白云质灰岩、微晶灰岩、微一粉晶白云质灰岩、蒙脱石化凝灰岩。底部为黑灰色薄层含硅(化)灰岩、硅质(化)岩。见三叶虫、钙球, 偶见笔石和放射虫屑。发育水平纹层、波状纹层, 含燧石团块及条带。厚 41.50 m。

第一岩性段: 黑灰、深灰、浅灰色微晶灰岩、微晶团粒灰岩, 夹微晶含骨针砂屑灰岩、微一粉晶白云质灰岩、粉晶含泥白云岩。含少量棘屑、介屑。发育藻纹层、膏模孔、生物钻孔、潜穴、生物挠动、泥质条纹构造, 含燧石团块及条带。厚 75.60 m。

二、沉积特征

中奥陶世仅在鄂尔多斯盆地西、南缘接受了沉积, 海水来自以西的祁连海槽。陕西渭北地区碳酸盐岩沉积在一个向西开口的局限海湾泻湖环境中(图1)。

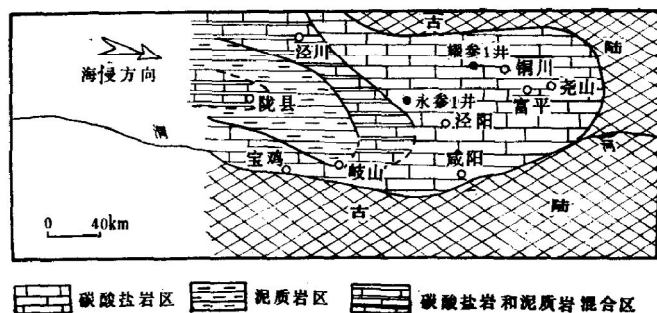


图1 陕西渭北地区中奥陶世碳酸盐沉积分布图

(一) 岩石类型

1. 硅质(化)岩

主要分布在第二岩性段, 其它各段呈燧石团块或条带顺层分布。硅质(化)岩中含大量泥铁质, 见具溶蚀边缘的残留白云石菱形晶体(图版 I-1); 与围岩有共同生物组合的灰岩砾石; 残留的藻粘结窗状孔; 以及残余玻屑结构(图版 I-2, 3); 甚至在硅化最强烈的部分见到具溶蚀边缘的残余微晶灰岩(图版 I-4)。除残余玻屑结构的硅质(化)岩, 为酸性火山灰沉淀, 在准同生到成岩早期脱玻化形成而外, 硅质(化)岩主要是交代成因。因此, 硅质(化)岩并非深水成因。

2. 淀晶、微晶团粒灰岩

主要分布在一、三、五岩性段, 其它各段仅见少量夹层。团粒由泥晶方解石组成, 一般小于 0.05 mm, 呈规则的椭圆形或圆球状, 少数团粒大于 0.05 mm, 形态不规则, 发育藻粘结窗孔构造(图版 I-5, 6)。淀晶胶结物具明显的世代结构, 第一世代围绕团

粒组成等厚环边, 第二世代向中心晶粒明显增大, 显示了早期成岩阶段碳酸盐近地表成岩环境中淡水潜流带的胶结物特征。

3. 微晶、微—粉晶灰岩

极为发育, 多数为薄层状, 个别中层状。由小于0.01—0.05mm的晶粒方解石组成。大多与泥铁质、微晶团粒灰岩、微晶砂屑灰岩、粉晶白云岩和硅化团粒灰岩组成毫米纹层。微晶灰岩中发育鸟眼构造(图版I-7), 垂直和斜交层面虫孔(图版I-8); 微—粉晶灰岩中发育膏模孔(图版II-1)。在膏模孔发育处, 除石膏晶体被溶保留了石膏晶体特点外, 周缘的方解石亦从微晶转化为粉晶, 且晶形较好, 干净明亮, 这正是岩石受到淡水改造的证据。

4. 微晶、淀晶砾屑灰岩

薄至几厘米, 厚达几米, 分布较为广泛, 主要集中在第四、六岩性段。砾屑成分为团粒灰岩和微晶灰岩。薄层砾屑灰岩中砾屑几毫米大小, 呈竹叶状, 顺层排列, 微晶胶结, 是潮间泥坪沉积物经干裂和潮汐水流改造而成, 未经潮汐改造的干裂缝内可见到淡水方解石充填。厚层砾屑灰岩中, 砾屑形态不规则, 次圆状为主, 少数次棱角状, 砾径几毫米到几厘米, 大多呈透镜状产出, 为潮汐水道沉积。有的砾屑灰岩中砾屑碎而不乱, 俨然成层(图版II-2), 显然与暴露干裂有关。

5. 微—粉晶含白云质灰岩

分布广泛, 数量不多, 呈毫米互层出现(图版II-3)。由小于0.01—0.05mm的晶粒方解石和白云石组成。粉晶方解石干净明亮, 晶形较好; 粉晶白云石具亮边和雾心。

6. 硅化白云质灰岩

硅化多在淀晶团粒灰岩中发生, 顺层交代, 与微晶灰岩组成毫米纹层。在硅化部分见到具溶蚀港湾状边缘的残留白云石和干净明亮、晶体增大的白云石。二者都是成岩早期淡水作用的结果, 也说明硅化内部经历了两期淡水白云石化作用, 一期在硅化前, 一期与硅化同时发生。第二期白云石化作用使早期形成的含杂质多的白云石具溶蚀港湾状边缘, 含杂质少或不含杂质的则晶体增大, 干净明亮。硅质来源于剖面中大量存在地火山凝灰岩。

7. 凝灰岩

广泛分布, 以五种形式出现: (1) 保留完好玻屑结构的凝灰岩, (2) 具残余玻屑结构脱玻化形成的硅质(化)岩, (3) 与碳酸盐同时沉积并在早期成岩阶段交代碳酸盐岩的凝灰岩, (4) 由于成岩后生变化蚀变为蒙脱石化凝灰岩, (5) 方解石化凝灰岩。

(二) 沉积构造

1. 水平纹层和波状纹层

大多呈水平状, 有时呈波状, 单层厚度小于2mm, 大多数出现在微晶灰岩中, 形成于比较安定的环境, 在富平一带以六种形式保存下来。

(1) 由于颜色不同, 含杂质或不含杂质显现纹层;

(2) 泥铁质顺层富集构成纹层(图版II-4);

(3) 由藻类组成的纹层(图版II-5);

(4) 岩石结构变化组成的纹层，水体安静时沉积微晶灰岩，水体能量增大时沉积微晶砂屑灰岩；

(5) 微晶灰岩和粉晶白云岩组成的纹层（图版Ⅱ-3），这是在原始沉积纹层的基础上，早期成岩阶段受淡水白云石化作用所致；

(6) 微晶灰岩与硅化团粒灰岩组成的纹层，在硅化部分可见到残余团粒灰岩和具溶蚀港湾状边缘的粉晶白云石，显然与硅质顺层交代有关。

只有碳酸盐潮坪才能提供这样的沉积环境和早期成岩环境。

2. 藻纹层构造

由明暗相间的富屑层和富藻层组成，单层厚度小于1 mm（图版Ⅱ-5，6）。富屑层由微晶方解石和粉屑构成，富藻层由暗色富含有机质的泥晶方解石构成，发育藻粘结窗状孔构造。

3. 干裂及鸟眼构造

鸟眼构造（图版Ⅱ-7）存在于微晶灰岩中，顺层排列，多为淡水方解石充填。干裂构造（图版Ⅱ-2）中见淡水沿干裂收缩缝溶蚀充填形成的淡水方解石和由于潮汐改造形成的干裂破碎角砾。

4. 膏模孔

呈结核状、板状（图版Ⅱ-1）、束状、放射状。因去膏化，形成具石膏假晶的膏模孔，可见到淡水方解石、白云石甚至萤石充填在膏模孔中。

5. 生物构造

生物挠动构造和垂直或斜交层面的虫孔（图版Ⅱ-8），二者多呈共生关系。

6. 揉皱构造

如图版Ⅱ-7所示，富平剖面上有少量这样的对称或不对称的揉皱构造，经切片鉴定都是由藻叠层或藻层纹组成。

三、问题讨论

（一）化学元素的环境意义

Fe、Mn元素的多少可以反映沉积盆地水体的深浅。斯特拉霍夫(1958)把Fe、Mn元素的组成按含量由滨海带向远海过渡时增长的程度划分为四个亚族：(1) Fe族元素（Fe、Cr、V、Ge）；(2) 水解性元素（Al、Ti、Zr、Ga、Nb、Ta）；(3) 亲硫元素（Pb、Zn、Cu、As）；(4) Mn族元素（Mn、Co、Ni、Mo），表明浅水沉积以Fe元素为主，深水沉积以Mn元素为主。

表1 陕西渭北地区部分奥陶系剖面常量元素的含量及分布

层位 元素	O ₂ (富平)	O _{3b} (富平)	O ₂ (泾阳)
Fe	2700	3393	1490
Mn	99	130	89

(平均值：ppm)

从表1可知,三者Fe元素的含量均远大于Mn元素,同时,微量元素的含量与深海相差甚远,反而与淡水接近(表2),说明富平一带中奥陶世沉积为浅水而非深水。

表2 陕西渭北地区部分奥陶系剖面微量元素的含量、分布及其与国外相同微量元素的对比

元素	层位	O ₂	O _{3b}	O _{2j}	深海	太平洋深海	大西洋深海	淡水
B		9.7	14.5	11.0	135	120	130	62.7
V		20.5	22.63	8.1	110	110	120	98.6
Ni		16.3	9.2	7.8	210	100	60	30
Sr		423	1025	163	130	1500	110	无资料
Ba		95	24	37	1200	1100	380	无资料

(平均值, ppm)

(二) 含放射虫硅质岩的形成环境

由于剖面中存在含少量放射虫的硅质(化)岩和偶见笔石,被视为深水成因的重要证据。R.L.福克在《德克萨斯州马拉松盆地泥盆纪开柏罗斯组致密石英岩的近潮坪沉积的证据》和《意大利侏罗纪放射虫燧石的成因》两篇文章中,对放射虫的分布环境提出异议,认为开柏罗斯组致密石英岩形成于超咸的潮坪环境,暗色燧石形成于有河流注入的地区。由于河流带来的大量粘土及溶解硅使得放射虫得以繁殖。因此,“放射虫岩可以广泛的形成于各种不同的环境中,即可以生成于深水,也可以形成于浅水,以至浪切平台上”¹⁾。富平一带中奥陶世沉积时有大量酸性火山灰混入,必然会暂时改变水介质条件,加之沉积时淡水淋滤作用强烈,大量淡水注入沉积区,为放射虫的生存提供了有利条件。特别所含少量放射虫和笔石,与浅水相的管状蓝藻(图版Ⅰ-8)共存,正说明为浅水沉积而非深水环境。

R.L.福克在《正延性玉髓和蒸发盐岩》的文章中指出:“正延性玉髓是交代蒸发盐形成的矿物”“正延性玉髓的出现表明岩石曾处在蒸发环境中”。富平剖面硅质(化)岩中玉髓的延性,多为正延性,产出状态正与福克的结论相一致,也再次证明富平一带的中奥陶统碳酸盐岩沉积在近潮坪环境中。

上述证据都说明富平中奥陶统为浅水沉积,形成于以泻湖为背景的潮坪环境,即具潮下特点,又具潮间带的证据。

1) R. L. 福克, 1981, 沉积岩构造及其形成环境, 同济大学。

THE SHALLOW-WATER EVIDENCES FROM SEDIMENTS IN THE MIDDLE ORDOVICIAN IN FUPING, SHAANXI

Hao Shumin

*(The 3rd Petroleum Prospecting and Exploration Brigade,
Ministry of Geology and Mineral Resources)*

Abstract

The depositional environment of Middle Ordovician sediments in Fuping area of the north of Weihe River has long been disputed. The evidences provided here, such as algal mat, bird's eye structure, bioturbation, vertical and oblique intersected burrow, dry crack, gypsum pseudocrystal etc, are the features of intertidal zone.

In accordance to chemical element analysis, Fe content is much greater than that of Mn, the content of minor elements is much less than that in deeper marine facies but close to that of fresh water. This also shows that the sediments were deposited in shallow water instead of deep water.

Radiolarian siliceous rocks, according to Folk's study, can be formed in various depositional environments. A great deal of acidic volcanic ashes deposited in the sediments of the Middle Ordovician within Fuping area would be bound to change water medium temporarily, providing certain favourable conditions for radiolarian to live. In particular, the occurrence of both small amount of radiolarians associated with tubular blue algae and positive elongated chalcedonite has further proved that the radiolarian siliceous rocks were formed in shallow water instead of deep water.

Based on the above mentioned, the author suggests that Middle Ordovician sediments were deposited in the environment of the tidal flat on the background of the lagoon, which has the properties of both subtidal and intertidal deposits.