

# 湘西磷块岩的沉积相及沉积模式

骆学全

(湖南省地质矿产局四〇七队)

**[内容提要]** 湘西怀化-沅陵的陡山沱组磷块岩,是震旦纪扬子聚磷区的主要类型之一,分布于扬子地块边缘的江南古岛弧隆起带,沉积于局限台地岛缘潮坪、浅滩和滩后泻湖环境,浅水沉积标志明显。磷质来自华南弧后盆地上升洋流,以化学、生物化学沉淀为主,机械富集较弱。

**关键词** 磷块岩 陡山沱组 局限台地 沉积模式

晚震旦世陡山沱期沉积磷块岩,广泛分布在扬子地块东南边缘江南古岛弧隆起带的湘西沅陵、泸溪、辰溪、怀化等地,其中怀化花桥、泸溪浦市和洗溪三个中型磷矿床已经开采多年。研究其沉积相和沉积模式,对研究本区的岩相古地理,探讨扬子聚磷区的磷矿富集规律,都有重要意义。

磷块岩赋存于陡山沱组中段,沉积在陡山沱早期古地理基础上。对其沉积相的研究,前人定为“盆地相”(吴昌炽,1984)。我们详细的研究资料表明这些磷块岩是属局限台地潮坪、浅滩和泻湖沉积。

## 1 陡山沱早期岩相古地理

湘西地区陡山沱早期,斜列着雪峰期沅陵、浦市、芷江三个残余古岛,局限台地不同微相规律地环岛展布(图1)。

### 1.1 潮上泥质岩微相(I<sub>1</sub>)

为紫红色含铁硅质泥岩和赤铁矿。前者分布较广,毫米级水平纹层发育,夹粉砂质纹层,具沙纹层理,有针柱状石膏及粒状石盐假晶顺层面分布。赤铁矿呈透镜体伏于含铁硅质泥岩之下,厚度小于2m,具褐铁矿的变胶状结构(图2),与下伏南沱冰碛岩接触处多有古风化壳。该微相围绕古岛呈嵌边状分布,厚度小于15m,属岛缘铁泥质沉积。

### 1.2 潮上-潮间白云岩微相(I<sub>2</sub>)

分布在潮上泥质岩微相外侧,包括泥一微晶白云岩、球粒白云岩和菱铁矿。浅灰色泥一

①本文1992年7月2日收到。

②本文为地矿部重点科研项目“中国南方震旦纪岩相古地理及成矿作用”的三级课题之一《湘西南晚震旦世陡山沱期岩相古地理及黄铁铅锌矿产远景预测》的部分科研成果。

微晶白云岩呈厚层块状,水平纹理发育,常有石英粉砂纹层,见 *Stratifera* cf. 层状叠层石和潮汐层理。球粒白云岩是潮间高能带的产物,泥晶球粒串珠状堆积在密集的微冲刷面上,或无规律地堆砌。菱铁矿产于泸溪兴隆场、浦市、辰溪雷家坡、怀化花桥等地,潮坪相透镜状、波状层理发育。

该微相厚度小于 10m。下伏南沱组顶部冰水沉积砂岩具滨岸片流波痕。

### 1.3 潮下-泻湖白云岩微相(I<sub>2</sub>)

覆盖在潮间白云岩之上或整合在南沱冰水沉积泥岩之上。粉晶、细晶白云岩,含较多泥—微晶砂屑,深灰色—暗灰色。上覆陡山沱组中段黑色硅质页岩。

图 3 是海进序列潮坪白云岩剖面结构。

### 1.4 弧后盆地硅质页岩微相(I)

发育于溆浦-武阳深大断裂以东的华南弧后盆地。富含有机质及星点状黄铁矿,黑色,块状,水平层理,普遍含火山碎屑。

## 2 含磷沉积相

含磷沉积有三个微相

### 2.1 薄层状磷块岩微相

分布在陡山沱早期古岛边缘地带,是本区工业磷块岩矿石沉积相,盖在紫红色含铁硅质泥岩之上。磷块岩层下部夹暗色含磷板岩,上部夹含磷白云岩。磷块岩单层厚数厘米,总厚 2—3m,有侧向尖灭现象,以光性均质碳氟磷灰石组成的胶磷矿为主,夹磷质藻球及砂屑颗粒磷块岩条带或薄层,具小型粒序层理和微冲刷面。胶磷矿具超微颗粒结构,透射电镜观察为 1—9 $\mu$  的脚叶状、放射状等各种形态的胶团凝聚体,核心为粘土矿物等悬浮碎屑(盛章琪,1984),含少量石英粉砂。顶板泥质白云岩呈大型透镜体,具沙纹层理及浪成波痕。无大规模内碎屑,沉积于低能潮坪。

### 2.2 黑色硅质页岩夹磷块岩条带微相

整合在陡山沱早期潮坪白云岩之上。硅质页岩水平层理十分发育,含大量星散状黄铁

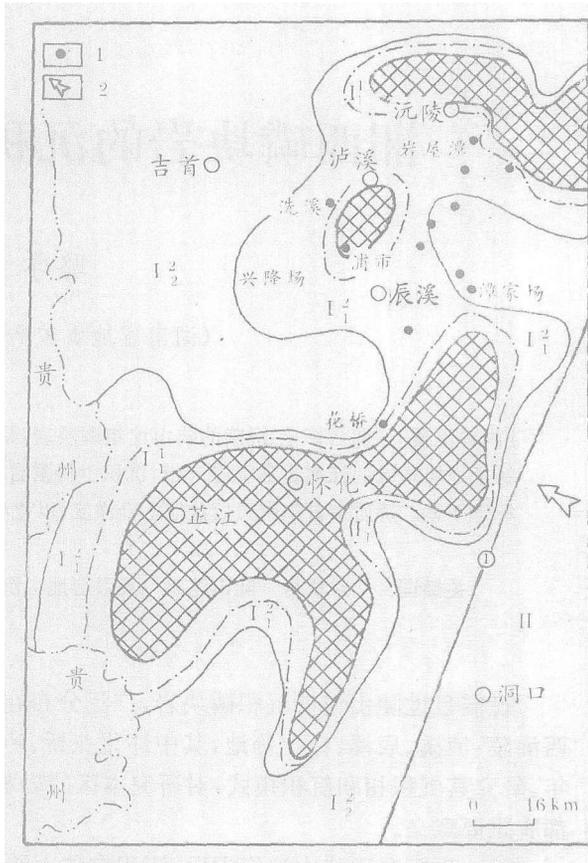


图 1 陡山沱早期岩相古地理图

1. 磷矿床(点)位置; 2. 洋流方向; ③ 溆浦-武阳同沉积断裂

Fig. 1 Early Doushantuoian sedimentary facies

and palaeogeographic map

1 = location of phosphorite deposit (spot); 2 = oceanic current direction; 3 = Xupu-Wuyang synsedimentary fault

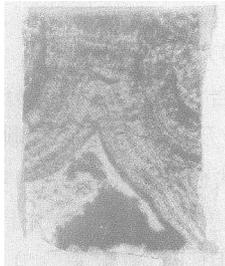


图 2 变胶状赤铁矿光片

× 21, 怀化铁山冲

Fig. 2 Polished section of metacolloidal hematite from Tieshanchong, Huaihua × 21

矿、有机质及少量火山玻屑,常见成岩期石膏假晶。磷块岩呈条带状出现于上部,由下而上逐渐增多,条带宽度在 2cm 以内。按结构可将其划分为胶磷矿条带和颗粒磷块岩条带,二者无规律产出。颗粒磷块岩条带又分为藻球粒条带(图 4)和胶磷矿砂屑条带(图 5)。藻球粒主要由球形蓝藻粘结而成,大量出现 *Trachysphaeridiumrule* Sin et liu(显著粗面球形藻)等。

该微相夹藻白云岩大型透镜体。

### 2.3 白云岩-磷块岩微相

仅分布在浦市古岛以东的海湾区。由黑色硅质页岩夹磷块岩条带向上相变而成。每个单层均为一个由下部白云岩向上逐渐变成磷块岩的韵律层。韵律层呈透镜体上下叠置,厚数厘米,层面常有波痕、渠痕(图 6)。渠沟内无滞留物,流向 314°。未见颗粒组构。

辰溪谭家场具大型板状交错层(图 7)的浅滩鲕粒白云岩盖在该微相之上。

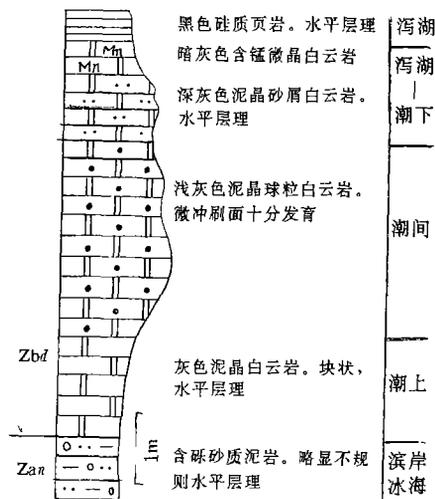


图 3 沅陵岩屋潭陡山沱组下段剖面结构图  
Fig. 3 Profile of the lower member of the Doushantuo Formation in Yanwutan, Yuanling

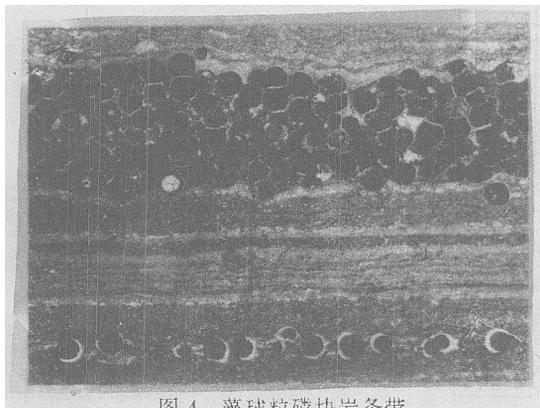


图 4 藻球粒磷块岩条带  
薄片×3.5,放大机直拍,沅陵低炉  
Fig. 4 Algal pelletal phosphorite bands in Dilu, Yuanling × 3.5

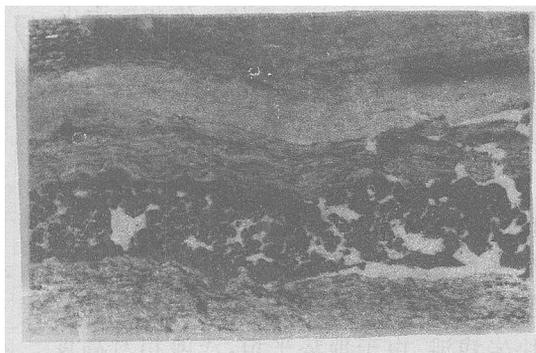


图 5 砂屑磷块岩条带  
薄片×4.5放大机直拍,沅陵岩屋潭  
Fig. 5 Sandy phosphorite bands in Yanwutan, Yuanling × 4.5

## 3 沉积序列及沉积环境

陡山沱期详细的岩相古地理研究表明,湘西地区陡山沱期是在华南弧后盆地扩张背景下的持续海进时期,具有由潮坪到陆棚的区域性向上变深的台盆过渡沉积相序。

以浦市为代表的工业磷矿区,陡山沱组底部古风化壳之上普遍是潮上泥质岩微相,薄层状磷块岩有微冲刷面及小型粒序层理,矿层顶板泥质白云岩呈大型透镜体,具浪成波痕、沙纹层理、潮汐波状和脉状层理等潮坪浅水标志。总体是向上变深的沉积序列(图8)。磷块岩沉积于岛缘潮坪泥质岩与磷酸盐的海进沉积相变带。



图6 渠痕,浅滩,沅陵岩屋潭

Fig. 6 Gutter marks on the shoals in Yanwutan, Yuanling



图7 浅滩大型板状交错层

Fig. 7 Large-scale tabular cross-beddings on the shoals in Chenxi

远离古岛的含磷沉积剖面以沅陵屋潭代表(图9)。整个剖面反映出陡山沱期岛缘潮坪—泻湖—浅滩—陆棚的一级海进相序。磷块岩沉积于泻湖—浅滩向上变浅的二级沉积序列中,其中白云岩-磷块岩微相又包括了若干个向上变浅的三级韵律序列。这种区域性向上变深的一级相序中出现向上变浅的二、三级相序,是白云岩-磷块岩浅滩在海进过程中向岸推进和周期性洋流上升的结果。

形成于雪峰运动的江南古岛弧经早震旦世冰川刨蚀殆平以后,随着晚震旦世的海进而大面积没入海面,在残余列岛围限的海湾中相对隆起部位形成了白云岩-磷块岩浅滩。由于地势平坦,浅滩相对高度低,又处于局限台地内部,滩区水动力微弱,能量低下,主要表现为向岛方向的单向洋流冲刷作用,使得低能滩上沉积的磷质凝胶被冲刷到滩后泻湖形成黑色硅质页岩中的砂屑磷块岩条带。持续的海进,白云岩-磷块岩浅滩不断向古岛推进,就形成这种浅滩叠在滩后泻湖上的向上变浅序列。来自该区东南侧华南弧后盆地的磷质在浦市古岛东侧的海湾浅滩及岛缘浅水部位就全部沉积下来,在这三个古岛以西的局限台

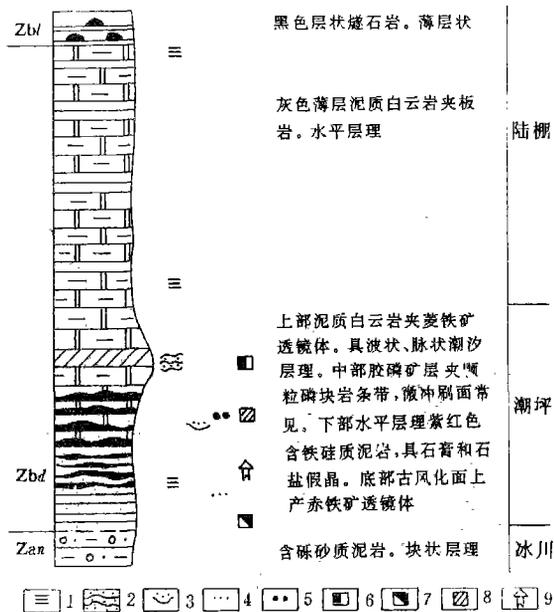


图8 浦市磷矿陡山沱组沉积相柱状图

1. 水平层理; 2. 波状、脉状层理; 3. 微冲刷面; 4. 粉砂;  
5. 球粒; 6. 菱铁矿; 7. 赤铁矿; 8. 石盐假晶; 9. 石膏假晶  
Fig. 8 Sedimentary facies column of the Doushantuo Formation in the Pushi phosphorite deposit  
1=horizontal beddings; 2=wavy and vein bedding;  
3=subtle scour surface; 4=silt; 5=peiliet; 6=siderite;  
7=hematite; 8=halite pseudomorph;  
9=gypsum pseudomorph

地已几乎没有磷质沉积,所以,列岛以西的浅滩上至今未找到同位层的磷矿床(点)。

浅滩上的白云岩-磷块岩韵律层是由于周期性洋流上翻形成。实验已经证明:Ca<sup>2+</sup>-HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-H<sub>2</sub>O体系中Ca/P克分子比值小于5/3时利于磷酸盐沉淀,大于5/3时利于碳酸盐沉积(陈友明等,1984)。来自华南弧后盆地的上翻洋流碱性海水含大量Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ca/P克分子比值大,碳酸盐首先过饱和而沉淀。随着Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>不断沉淀消耗,海水pH降低,Ca/P克分子值变小,碳酸盐沉淀作用逐渐减弱,磷酸盐逐渐过饱和而沉淀,形成白云岩-磷块岩韵律层。直到下一周期洋流上升时,在浅滩上形成单向片流,使韵律层顶面磷质凝胶被冲刷,同时使海水中Ca/P克分子比值骤然增大,pH增高,开始又一个韵律层的沉积。如此周而复始,形成了若干个白云岩-磷块岩韵律层。

#### 4 沉积模式

三个含磷沉积微相存在于上述两个沉积序列中。薄层状磷块岩沉积于岛缘潮坪,由于环境相对稳定,形成相对较富的磷矿床。如花桥、浦市、洗溪磷矿。白云岩-磷块岩韵律层微相和黑色硅质页岩夹磷块岩条带分别沉积于浅滩及滩后泻湖环境,限于浦市古岛东侧海湾。海湾向东南喇叭敞开,十分利于华南弧后盆地富磷海水的上升和涌入,沉积成磷矿床。其沉积模式可归纳为图10。

岛缘潮坪和浅滩都是有利的成磷环境。但磷质的沉淀是与硅酸盐碎屑沉积不相容的。岛缘潮坪由于来自古岛的硅酸盐物质混入海水,磷质沉淀作用受到抑制,只能在岛缘浑水域以外形成磷块岩;而浑水带外侧碳酸盐的沉淀,又使磷质分散,如浦市磷矿西部低品位碳酸

盐型磷块岩。由此决定着磷块岩仅分布在岛缘泥坪向碳酸盐沉积相变的狭窄地带,形成薄矿层。浅滩则由于周期性洋流带入大量Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>,使得磷质沉淀环境被频繁打破,形成白云岩-磷块岩韵律层,构成低品位矿石。泻湖是不利于磷酸盐沉淀的,但滩后部位是藻类生长的良好环境,球形蓝藻随着洋流周期性地供给磷质而间歇性地繁盛,形成藻球粒磷块岩条带;来自滩上的由潮流冲刷形成的胶磷矿砂屑也在滩后泻湖堆集成条带;而胶磷矿条带的产出

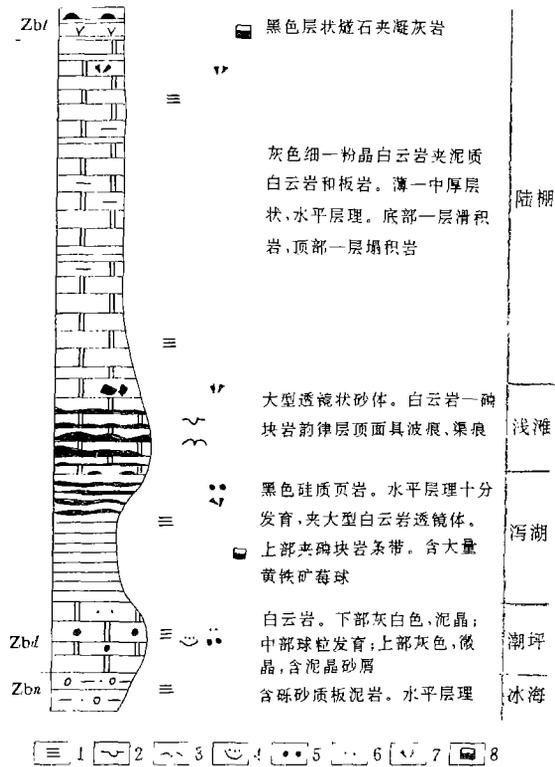


图9 沉陵岩屋潭陡山沱组沉积相柱状图

1. 水平层理; 2. 渠痕; 3. 波痕; 4. 微冲刷面; 5. 球粒;  
6. 砂屑; 7. 砾屑; 8. 黄铁矿

Fig. 9 Sedimentary facies column of the Doushantuo Formation in Yanwutan, Yuanling

- 1=horizontal bedding; 2=gutter marks; 3=ripple marks;  
4=subtle scour surface; 5=pellet; 6=sand;  
7=gravel; 8=pyrite

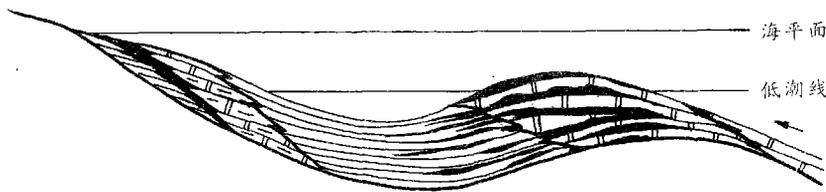


图 10 湘西陡山沱期磷块岩沉积模式(箭头示洋流方向)

Fig. 10 Sedimentary model of the Doushantuoian phosphorites in western Hunan  
(The arrow denotes oceanic current direction)

可能反映海水磷质胶体的周期性絮凝。

湘西地区陡山沱早、中期位于扬子地块边缘隆起带,远离大规模陆源区,东南濒临华南弧后盆地,沉积建造上属含磷远硅质建造(孟祥化等,1984),是十分有利的成磷区。磷块岩与扬子聚磷区其他成磷区具有相同层位,属同一成磷期产物。众所周知,磷质沉积速率缓慢,只有在缓慢而持续沉降的台地或水下隆起部位才利于形成大型富磷矿。由于扬子地块和华夏地块晚震旦世至早寒武世的拉张,该区沉积界面大幅度下降,至灯影期就形成了非补偿性盆地。这样,扬子聚磷区震旦纪—寒武纪这一重要成磷期刚开始,湘西地区还未发展到以藻类生物光合作用及波浪作用为主的富磷阶段,成磷环境就消失了,只沉积了海进序列底部的低能环境劣质磷块岩,未能成为重要的磷矿产地。含磷沉积相和沉积模式与整个扬子聚磷区其他低能台地沉积磷矿是一致的。

### 参 考 文 献

- 吴昌炽等,1984,湖南西北部晚震旦世早期磷块岩。第五届国际磷块岩讨论会论文集(2),地质出版社。
- 陈友明等,1984,关于  $\text{CO}_3$  进入磷灰石矿物的条件和范围的实验研究。第五届国际磷块岩讨论会论文集(1),地质出版社。
- 孟祥化等,1984,中国东部晚震旦世—早寒武世含磷建造分析和聚磷沉积模式。第五届国际磷块岩讨论会论文集(2),地质出版社。
- 盛章瑛等,1984,中国南方磷块岩的岩石学。第五届国际磷块岩讨论会论文集(1),地质出版社。

## SEDIMENTARY FACIES AND MODEL OF THE PHOSPHORITES IN WESTERN HUNAN

Luo Xuequan

(No. 407 Geological Party, Hunan Bureau of Geology and Mineral Resources)

### ABSTRACT

Known as the main type of the Sinian phosphorites in the Yangtze phosphorus-accumulating area, the phosphorites in the Doushantuo Formation in the Huaihua-Yuanling region of western Hunan are wide-spread over the uplifted zone of the Jiangnan ancient island arc on the southeastern margin of the Yangtze block, and deposited in the shallow-water environments including tidal flats on the margins of restricted platform islands, beaches and backbeach lagoons. The phosphorus material is derived from the upwelling currents in the Huanan backarc basin. The deposition consists mainly of chemical and biochemical precipitation, with weak mechanical concentration.

**Key words:** phosphorite, Doushantuo Formation, restricted platform, sedimentary model