

# 兴神保磷矿含磷岩系沉积环境分析

郑文忠 东野脉兴 胡珞兰

(化工部化学矿产地质研究院 河北涿州)

**提要** 兴神保磷矿赋存于震旦系陡山沱组中下部。磷块岩主要为原地生物、生物化学成固的团粒、藻菌粒、壳粒、叠层石组成。它们形成于低能还原—弱氧化条件的浅水盆地,泻湖及浪基面附近的浅滩环境。按含磷岩系沉积特征划分出三个沉积相区。古隆起控制着磷块岩的时空分布。

**关键词** 磷块岩 原地堆积 低能浅水 古地理控矿

**第一作者简介** 郑文忠 男 36岁 工程师 沉积学

兴神保磷矿位于湖北省西北部兴山县、保康县和神农架林区交界处。磷块岩赋存于上震旦统陡山沱组中下部。区域研究表明,陡山沱期研究区位于上扬子地块东部的鄂西—黔中陆棚坻(水下高地)北端,西部为川中浅水碳酸盐台地,北、东隔秦岭海与华北地块相望,向南为华南深海。来自东南的上升洋流在达到水下屏障—陆棚坻后分为向北、向西的两支海流,在沉积环境、古地理条件适宜的鄂西浅水区内形成磷块岩堆积,构成我们现今所称的荆襄、宜昌、兴神保三大磷矿。

## 1 古地理分析

### 1.1 含磷岩系沉积特征

区内含磷岩系由磷块岩、泥岩、碳酸盐岩和重晶石岩石组成,厚度12.4~48.35m,沉积特征受古地理控制,可划分为瓦屋、郑家河、唐扎营三个沉积小区,其特征如下(图1)。

1.1.1 瓦屋小区 位于研究区东南,向南可延至宜昌之北。沉积特征为:

(1)从下至上为含锰白云岩、重晶云岩、泥岩、磷块岩和白云岩组成。厚度38.2~48.35m,其中磷块岩占41.9%,泥岩占37.6%,白云岩占19.5%,重晶石岩小于1%。向东南泥岩比例增大,白云岩减少,向西、西北磷块岩和泥岩逐渐相变为白云岩。

(2)含一个工业磷块岩层( $Ph_1$ ),矿石自然类型由下至上为泥质条带状磷块岩、泥质条纹状磷块岩、白云质条带状磷块岩、致密块状磷块岩组合,结构成因类型为层纹石磷块岩、藻菌粒和团粒磷块岩、叠层石磷块岩、壳粒磷块岩组合。 $P_2O_5$ 由下至上逐渐增高。

1.1.2 唐扎营—白果坪小区 位于瓦屋小区西北,呈北北东向近“S”形带状展布。沉积特征为:

(1)由下至上为含锰白云岩、重晶石岩、白云质磷块岩或磷质白云岩夹泥岩、白云岩,厚度12.4~28.7m,磷块岩占16.3%,白云岩占78.6%,泥岩占3.8%,重晶石岩1%。

(2)磷块岩为砂、砾屑结构,类型单一,一般不构成工业矿层。底部无泥岩沉积。

(3)在白果坪一带含磷岩系中上部地层直接覆盖于(不整合)神农架群之上,中间缺失南沱

组和陡山沱组下部。

区内西部武山、寨沟含磷岩系沉积特征与唐扎营—白果坪小区一致。

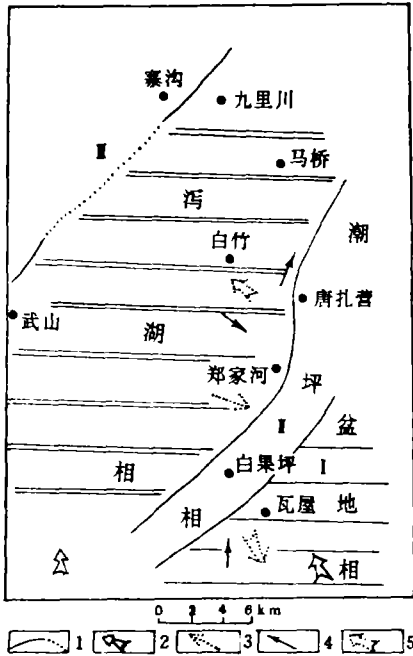


图 1 工作区成磷期沉积相图

- 1. 相区界线、推测界线 2. 海侵方向 3. 斜层理倾斜方向
- 4. 不对称波痕指示的水流方向 5. 水下滑坡方向
- Ⅰ. 瓦屋小区 Ⅱ. 唐扎营—白果坪及武山—寨沟小区 Ⅲ. 郑家河小区

Fig. 1 Distribution of the sedimentary facies during the forming of phosphorite

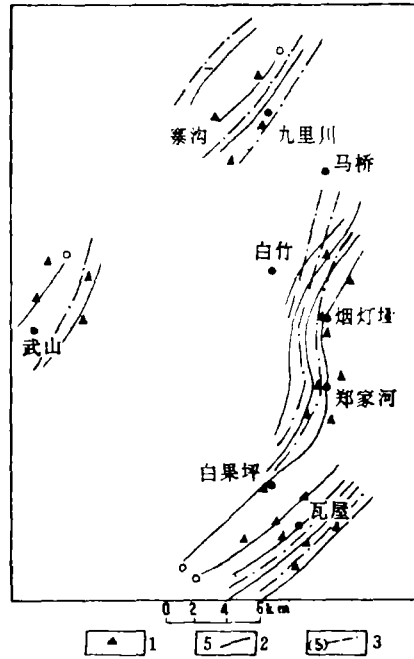


图 2 泥岩、磷块岩等厚图

- 1. 剖面位置 2. 泥岩等厚线 3. 磷块岩等厚线

Fig. 2 The isopach map of mudstone and phosphorite

1. 1. 3 郑家河小区 位于烟灯埡—郑家河—白果坪以西,寨沟—武山之东,向北延至马桥以北。沉积特征为:

(1)由下至上为含锰白云岩、重晶云岩、泥岩、磷块岩、泥岩、磷块岩、白云岩组合。厚 20.8~31.2m,磷块岩占 53.1%,白云岩占 25.9%,泥岩占 21.7%,重晶石岩小于 1%。含磷岩系泥岩比例向西增大而白云岩比例减少,向东泥岩、磷块岩相变为白云岩、含磷白云岩。

(2)含两个工业磷块岩层( $Ph_1$ 、 $Ph_2$ ),各矿层矿石类型、结构成因类型、沉积序列除叠层石磷块岩、壳粒磷块岩减少外,其它特征与瓦屋小区基本一致。

1. 2 成磷前古地理特征

1. 2. 1 泥岩分布特点 瓦屋小区、郑家河小区含磷岩系底部为黑色含粉砂炭质泥岩,分布不稳定,厚度变化大(图 2)。泥岩中富含有机质、炭质和黄铁矿,水下滑坡构造较发育,在瓦屋滑坡方向指向东南,在白竹滑坡方向指向西北。唐扎营—白果坪小区及武山、寨沟等地含磷岩系底部为含石膏假晶白云岩,鸟眼构造发育,层面是皱痕(图版 1, 1)。反映成磷初期,区内是以

唐扎营—白果坪和武山—寨沟古隆起为中心,向两侧过渡为浅水盆地和泻湖的古地理特征。

1.2.2 磷块岩分布特点 由图2可知,磷块岩厚度变化呈北北东向展布,向唐扎营—白果坪和武山、寨沟方向逐渐减薄以至尖灭,向相反方向增厚的特点。反映磷块岩分布严格受古隆起带的控制,磷块岩在泥岩与白云岩相变处向泥岩相一侧发育。

## 2 沉积环境分析

通过以上分析,区内成磷期岩相古地理为(图1)以唐扎营—白果坪和武山—寨沟为潮坪分割的浅水盆地、泻湖体系并划分为潮坪相、浅水盆地相、泻湖相三个沉积相区。磷质来源于南、东南。各相区沉积特征如下:

### 2.1 瓦屋浅水盆地相区

该相区位于研究区东南,向东南逐渐过渡为斜坡和深水盆地。现以瓦屋 Tc<sub>3</sub> 剖面为例阐述其沉积相特点(图3)。

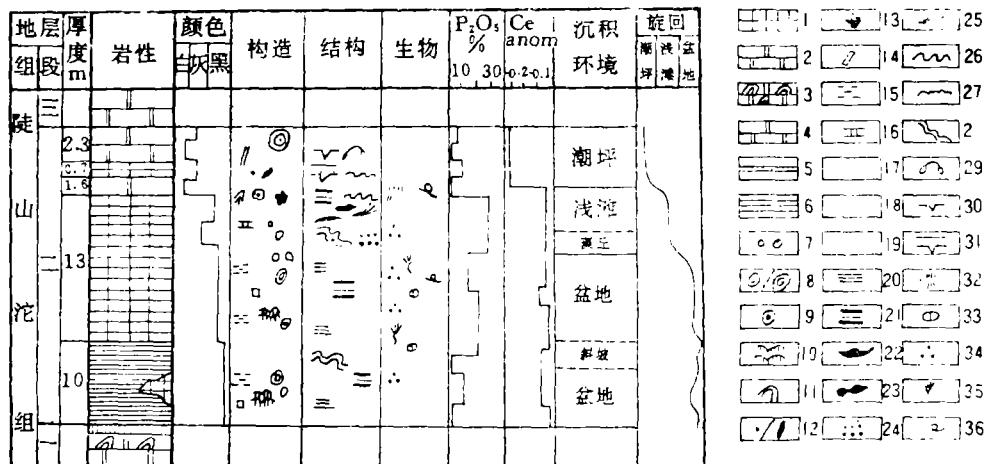


图3 Tc<sub>3</sub>含磷岩系沉积相剖面

1. 磷块岩 2. 白云岩 3. 叠层石白云岩 4. 含锰白云岩 5. 重晶石岩 6. 泥岩 7. 团粒 8. 藻菌粒或核形石 9. 壳粒
10. 层纹层 11. 叠层石 12. 砂屑或砾屑 13. 凝块石 14. 石膏假晶 15. 泥质胶结 16. 白云质胶结 17. 磷质胶结
18. 黄铁矿 19. 炭质 20. 水平层理 21. 韵律层理 22. 脉状层理 23. 透镜状层理 24. 粒序层理 25. 斜层理 26. 波痕
27. 皱痕 28. 滑坡褶曲 29. 鸟眼 30. 干裂 31. 冲刷面 32. 红藻 33. 绿藻 34. 蓝绿藻 35. 真菌类 36. 蠕虫遗迹

Fig. 3 Sketch map of sedimentary facies for the rock series bearing phosphorus in the Tc<sub>3</sub>

#### 2.1.1 磷块岩类型及特征

(1)层纹石磷块岩 由富含有机质的磷质菌、藻类与磷质颗粒层相间组成(图版1,2)。在以菌、藻类为主宰的陡山沱期,层纹石是低能浅水盆地、泻湖的指示标志。

(2)藻菌粒、团粒磷块岩 是最常见的两种磷块岩类型,团粒大小0.2~0.5mm,圆—椭圆形(图版1,3)。藻菌粒与团粒大小相似,但内部具有不规则同心纹(图版1,4)。团粒、藻菌粒内含大量微生物化石(图版1,5,6),富含有机质、炭质、黄铁矿。粒间为泥质充填。粒度分析

概率曲线表明团粒、藻菌粒磷块岩基本由一个总体组成,缺少牵引总体,悬浮总体也很少,说明团粒、藻菌粒是低能水体环境中磷质微生物悬浮生长,加积成粒的。以上两种磷块岩主要分布于磷矿层中下部,相互共生,并与泥岩、白云岩一起组成韵律式沉积(图版1,7)反映上升洋流的脉动式特点。

(3)叠层石磷块岩 分布于相区西北平行于古隆起,长数公里,宽百余米,为中心厚四周薄的丘状,叠层石为柱状、锥状、穹窿状(图版1,8),多数叠层石柱体向北、西北倾斜,指示沉积水体的运动方向。

(4)壳粒磷块岩 壳粒是磷块岩中常见的一种颗粒,它以各种成因的颗粒为核心外围等厚包裹0.01~0.07mm厚的纤维状磷灰石壳构成。粒间为磷质充填。壳粒磷块岩常与层纹石磷块岩组成毫米级韵律沉积。含有大小2~25cm的藻凝块和瘤状叠层石,凝块内包裹大量红藻化石(图版1,9),推测壳粒磷块岩形成水深大于20m,动—静变化频繁的浅滩环境。叠层石磷块岩、壳粒磷块岩分布于矿层上部,构成高品位优质富矿。

综上所述,磷块岩从下至上沉积特征为:构造上由条带状—一条纹状—一块状;结构上由层纹石—藻菌粒、团粒—叠层石—壳粒;粒间充填物由泥质—云质—磷质; $P_2O_5$ 含量由低—高。

### 2.1.2 沉积构造

含磷岩系中下部以水平层理、韵律层理为主,偶见水下滑坡褶曲,反映沉积环境主要为低能浅水盆地,局部出现较陡的斜坡地形。上部见脉状、透镜状层理、韵律层理,偶见冲刷、滑坡褶曲构造,反映藻丘—浅滩沉积环境。

2.1.3 含磷岩系顶部微晶白云岩鸟眼构造发育(图版1,10),层面见干裂,为典型潮间—潮上坪沉积特征。

表明瓦屋浅水盆地相区沉积环境为早期低能浅水盆地环境,中期为藻丘、浅滩环境,晚期为潮坪环境。沉积水体由深变浅,由静到弱动,由还原到弱氧化,由海进到海退的完整沉积序列。

## 2.2 唐扎营—白果坪潮坪相区

该相区成磷前为一北北东向展布的古隆起,成磷期为潮坪。因磷质来源,生物繁殖均受到限制,成磷作用差。在潮坪相区南部,因长时间出露水面,并向东、西两侧提供碎屑,已具岛屿性质。相区沉积特征以唐扎营剖面为例阐述如下(图4)。

### 2.2.1 磷块岩类型及特征

该相区磷块岩类型单一,主要为云质砂、砾屑磷块岩。砾屑磷块岩分布于唐扎营以南、白果坪以北潮坪相的转弯处,砾屑呈竹叶状、板条状,大小相差悬殊,分选和磨蚀程度差,多为棱角状,排列方式有迭瓦状、顺层状、倾斜状和混杂堆积。反映潮汐通道及边缘冲刷坍塌沉积特征。砂屑磷块岩砂屑大小0.1~0.5mm,圆度及分选性较好,粒度分析表明概率曲线由三部分组成,其中以跳跃总体为主,牵引总体次之。跳跃总体为双跳跃式,反映水体冲刷回流的潮坪沉积特征。

2.2.2 矿层顶、底板白云岩中鸟眼构造和石膏假晶发育,为典型的潮上坪沉积特征。

### 2.2.3 沉积构造

以块状构造为主,局部见波状、纹层状层理、交错层理(图版1,11),干涉波痕和暴露标志—皱痕。

综上所述,唐扎营—白果坪含磷岩系形成于较稳定的潮坪环境。

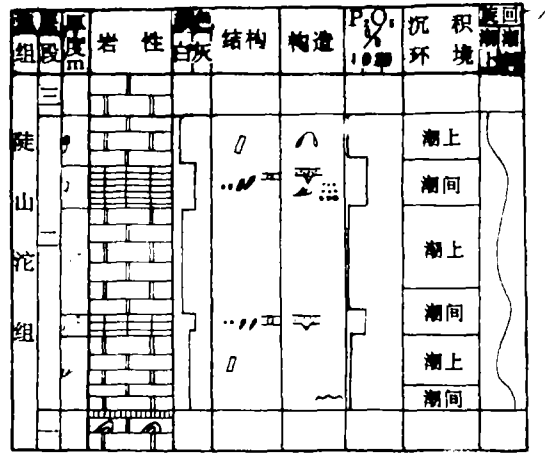


图 4 唐扎营含磷岩系沉积相剖面图(图例同图 3)

Fig. 4 The section map of sedimentary facies for the rock series bearing phosphorus in Tangzhaying profile

2.3 郑家河泻湖相区

该相区位于唐扎营—白果坪和寨沟—武山潮坪相之间,呈北北东向延伸,沉积环境持续稳定,形成上、下两个工业矿层(Ph<sub>1</sub>、Ph<sub>2</sub>),现以蛇草坪剖面为例简述沉积相特征如下(图 5)。

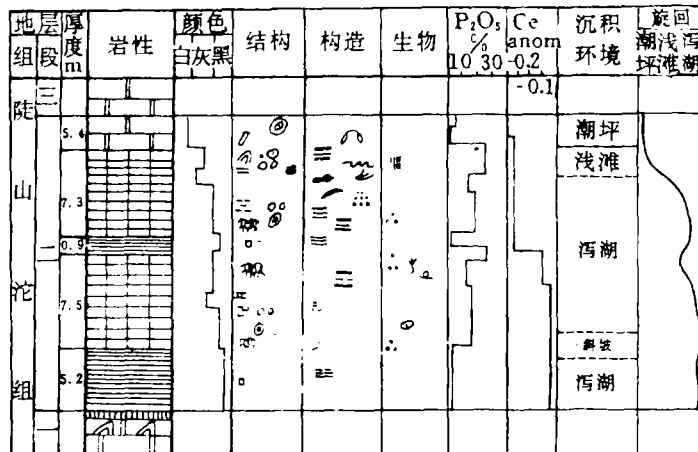


图 5 蛇草坪含磷岩系沉积相剖面图(图例同图 3)

Fig. 5 The section map of sedimentary facies for the rock series bearing phosphorus in the Shecaoping

2.3.1 磷块岩类型及特征

下矿层(Ph<sub>1</sub>)从下至上由层纹石磷块岩—藻菌粒、团粒藻块岩—层纹石磷块岩组成,富含

球状藻类、葛万藻、肾状藻、细菌、真菌及蠕虫动物遗迹等化石(图版 1, 12、13、14), 富含有机质、炭质和黄铁矿微粒, 反映稳定低能的还原条件的泻湖沉积。上矿层(Ph<sub>2</sub>)下部为层纹石磷块岩—藻菌粒、团粒磷块岩组合, 上部为团粒磷块岩—壳粒磷块岩—砂屑磷块岩组合。除叠层石磷块岩、壳粒磷块岩没有瓦屋相区发育外, 其他特征基本相似。

2.3.2 矿层顶板白云岩鸟眼构造发育, 反映潮坪沉积特征。

### 2.3.3 沉积构造

下矿层主要以水平层理、韵律层理为主, 在相区北部见有水下滑块褶曲, 滑坡方向指向北西。上矿层下部以水平层理、韵律层理为主, 上部见透镜状、脉状层理, 矿层顶面见水流波痕, 反映水体垂直唐扎营—白果坪潮坪运动特点。局部见斜层理, 反映主体水流方向由西向东, 少数斜层理反映水体沿岸运动特征。

综上所述, 郑家河泻湖相区沉积环境为: 下矿层沉积于稳定下沉的低能泻湖环境, 上矿层形成的早期继承了下矿层沉积环境特点, 中晚期随区域性海退出现不甚发育的浅滩环境, 最后发展为潮坪而结束整个成磷历史。

## 3 地球化学特征

### 3.1 氧、碳稳定同位素

对区内含磷岩系底部、顶部及磷块岩夹层白云岩氧、碳稳定同位素研究表明<sup>①</sup>(图 6)。

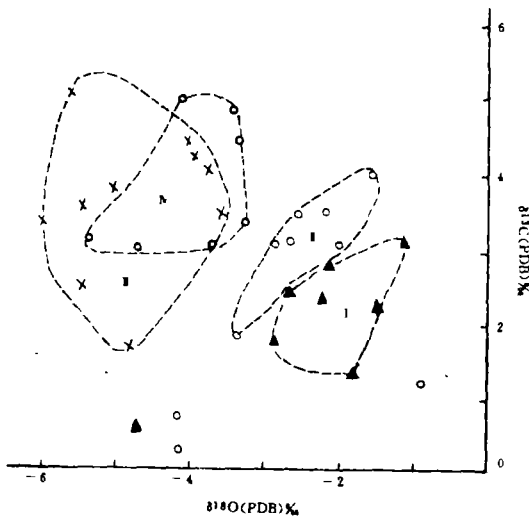


图 6 白云岩  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$  组成图

1. 矿层底部白云岩    2. 磷块岩夹层白云岩  
3. 矿层顶板白云岩    4. 唐扎营含磷岩系白云岩

Fig. 6 The distribution map of C and O of dolomite

瓦屋、郑家河两相区含磷岩系底部白云岩相对富集  $\delta^{18}\text{O}$ , 而低  $\delta^{13}\text{C}$ , 反映为生物繁盛、盐度偏高的泻湖环境, 含磷岩系顶部微晶白云岩以低  $\delta^{18}\text{O}$ , 而高  $\delta^{13}\text{C}$  为特点, 反映具有淡水淋滤作用的潮坪沉积特点。唐扎营—白果坪含磷岩系从下至上的白云岩  $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$  组成特点与上述两相区含磷岩系顶部  $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$  相似, 其沉积环境也应为潮坪。瓦屋、郑家河相区磷块岩夹层的白云岩  $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$  组成特点位于含磷岩系顶、底白云岩  $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$  之间, 并靠近底部白云岩沉积区, 反映磷块岩形成的环境应为相对封闭的浅水盆地和泻湖环境。 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$  组成表明含磷岩系从下至上是一个从盆地或泻湖向潮坪环境的演化。

### 3.2 稀土元素(REE)

对含磷岩系各类岩石 REE 测定表明: 区内磷块岩 REE 含量(105.4ppm)低于滇东磷块岩(193.2ppm)、俄罗斯地台磷块岩(600ppm)、卡拉套磷块岩(800ppm)、中生代以来的骨骼磷灰

<sup>①</sup>  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$  为中国科学院地质研究所测定。

石(583ppm)和古生代以来的磷块岩 REE 含量。各类型磷块岩 REE 标准化配分模式与现代及古生代以来典型的生物成因磷灰石配分模式接近(图 7),反映陡山沱组磷块岩成因与生物活动密切相关。

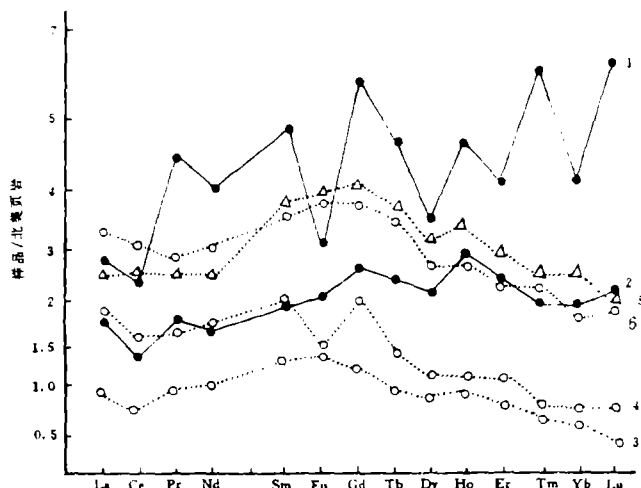


图 7 生物成因的磷灰石稀土元素配分模式

1. 古生代—中生代生物磷灰石 2. 马格达连湾北部陆架生物磷灰岩 3. 团粒磷块岩  
4. 叠层石磷块岩 5. 壳粒磷块岩 6. 胶状磷块岩 (4,5,6 含量 $\times 100$ )

Fig. 7 The match model of REE of phosphorite with the organism cause of formation

含磷岩系岩石 REE 变化特征表明,下矿层沉积于还原水体环境( $Ce_{anom} > -0.1$ ),造成这种还原环境的主要原因:一是较封闭的水体;二是气候由寒冷转为温暖,生物大量出现,由生物活动造成局部水体 Eh 值下降。上矿层沉积于弱氧化环境( $Ce_{anom} < -0.1$ )。

## 小结

1. 研究区成磷前是以唐扎营—白果坪古隆起所分隔的两个次一级凹陷。
2. 陡山沱期海侵使区内形成以唐扎营—白果坪、武山、寨沟为潮坪,两侧为浅水盆地和泻湖的古地理特征,上升洋流来自南、东南。
3. 含磷岩系沉积期间,瓦屋小区由于基底抬升作用,出现局部海退,由浅水盆地向浅滩、潮坪演化,最后成为唐扎营—白果坪潮坪相的一部分,沉积了  $Ph_1$  工业矿层。郑家河小区相对瓦屋而言,基底稳定下沉,相继形成  $Ph_1$ 、 $Ph_2$  两个工业矿层,晚期随区域性海退而成潮坪环境结束了整个成磷历史。
4. 相对封闭的低能浅水环境有利于生物繁殖,成磷作用强,是主要工业矿层堆积处。而潮坪环境不利于生物生存,成磷作用差,形成的碎屑磷块岩一般不构成工业矿层。磷块岩沉积严格受古地理控制。
5. 依据沉积环境、古地理分析和磷块岩与泥岩的共生关系,笔者认为在工作程度很低的武山之东,寨沟以西有望找到类似于郑家河、瓦屋的工业磷块岩。

野外工作得到了湖北省化工地质大队总工程师朱熙槐及赵涛、吴新义工程师的大力协助,在此表示感谢。

### 参 考 文 献

- 叶连俊等, 1989, 中国磷块岩, 北京: 科学出版社。  
 曾允孚, 沈丽娟等, 1989, 滇东磷块岩的沉积环境和成矿机理, 矿物岩石, 9 卷 2 期, 45—59 页。  
 东野脉兴, 1985, 微生物建造的磷块岩, 沉积学报, 3 卷 3 期, 1—6 页。  
 王中刚, 于学元, 赵振华等, 1989, 稀土元素地球化学, 北京: 科学出版社。  
 Rao V. P. and Nair R. R., 1988, Microbial origin of the phosphorites of the western continental shelf of India. *Mar. Geol.*, V. 84, p. 105—110.  
 Soudry D. and Charpentier Y., 1983, Microbial processes in the Negev phosphorites (southern Israel). *Sedimentary*, V. 30, p. 411—423.

## Discussion on the Sedimentary Environment of the Phosphorus Bearing Rock Series in the Xingshenbao Phosphorus Deposits

Zheng Wenzhong Dongye Maixing Hu Luolan

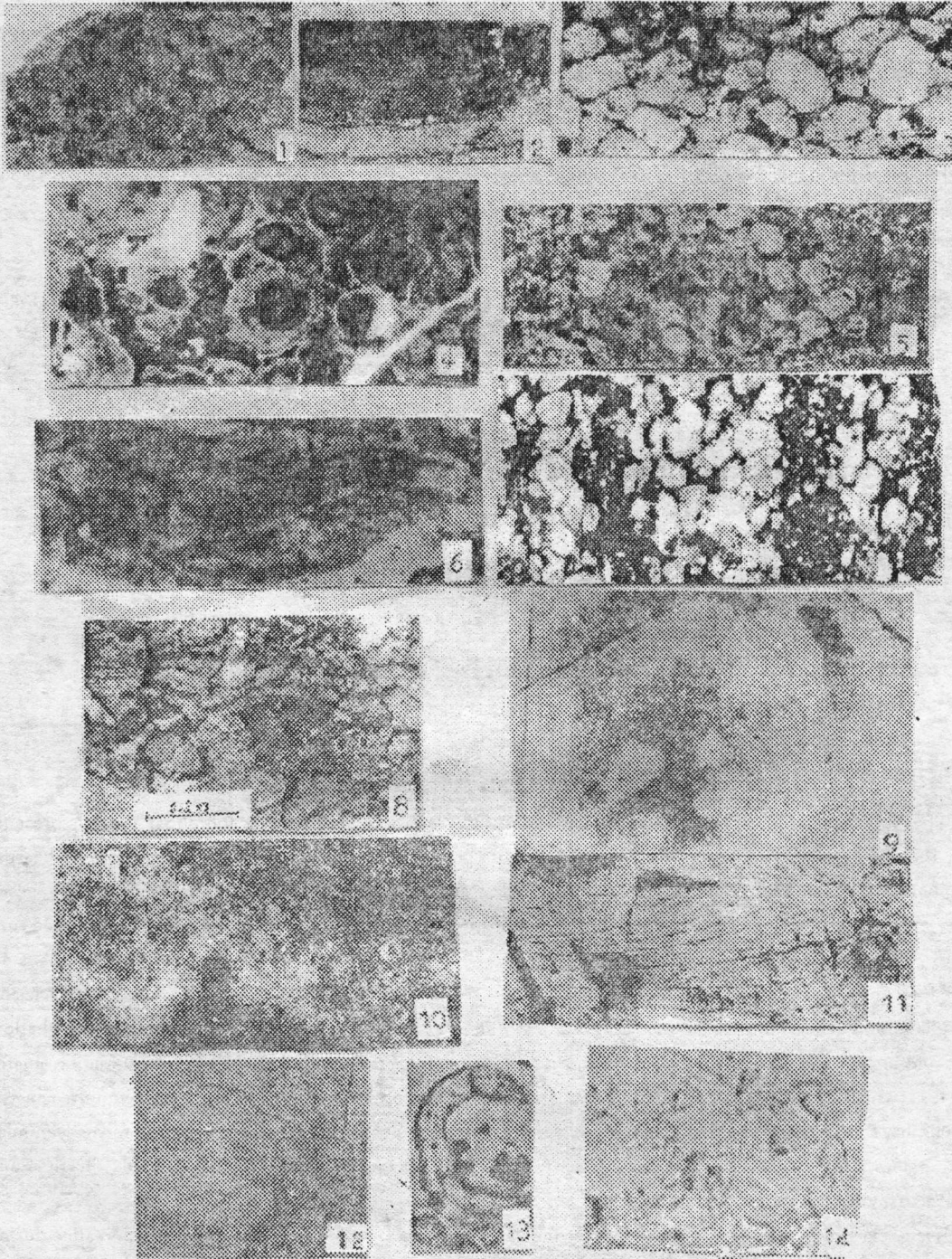
(Geological Institute for Chemical Minerals Product, Ministry of Chemical Industry)

### Abstract

The Xingshenbao phosphorus deposits locates in the western Hubei Province and phosphorite is presented in the middle and lower Doushantuo Formation of Sinian System. Thickness of the rock series bearing phosphorus is 12.4—4735m and the rock series bearing phosphorus consists of dolomite bearing manganese, barite, mud stone, phosphorite and dolomite. The phosphorite thickness is 1.9—17.6m and the average content of  $P_2O_5$  is 22.30%. According to sedimentary characteristics of the rock series bearing phosphorus is divided into three region of sedimentary facies. They are shallow basin facies in Wawu, lagoon facies in Zhengjiahe and tidal flatfacies in the Tangzhaying. The industrial phosphorites sedimented in the shallow basin and lagoon and consists of cumular spherulith, alga and bacteria granula, shelly granula and stromatolite etc., which have been produced by organisms and biochemical activity as have been accumulated in the original phase. It is controlled that origin of phosphorus and organisms activity, therefore only forms lean minerals or doesn't form mineral in the tidal. The Tangzhaying—Paiguoping palaeo-rise controls the time and space distribution of phosphorite in region.

Researches of petrology and geochemistry indicate there is a lagoon circumstance with hypersaline during the early period of the rock series bearing phosphorus and the tidal flat circumstance in the late period, which is affected by the leaching action of fresh water. During the early period for the formation of phosphorite are the shallow basin and lagoon with the lower energy, which forms algal met phosphorite, algal and bacteria one and pelletal one. During the late period for the formation of phosphorite are algal hill and bank, which forms stromatolithic phosphorite and shelly granule one. The first phosphorus ore bed ( $Ph_1$ ) sedimented in reducing circumstance and the second one ( $Ph_2$ ) in weak oxidation. The rock series bearing phosphorus is a regression sedimenting sequence under whole transgression condition.





1. 波痕、瓦屋西北 2. 层纹石磷块岩 3. 团粒磷块岩,  $\times 48$  4. 藻菌粒磷块岩,  $\times 48$  5. 团粒中的对胞藻化石,  $\times 400$   
 6. 藻菌粒中的葛万藻化石,  $\times 120$  7. 磷块岩韵律构造,  $\times 48$  8. 叠层石磷块岩 9. 红藻化石,  $\times 48$  10. 鸟眼构造,  $\times 48$   
 11. 斜层理构造 12. 肾状藻化石,  $\times 48$  13. 蠕虫遗迹化石,  $\times 400$  14. 真菌类化石,  $\times 400$