

扬子地台陡山沱期磷块岩的 沉积和分布特点

赵东旭

(中国科学院地质研究所, 北京)

本文讨论的主要内容是扬子地台陡山沱期磷块岩的古地理分布和富集环境。依据的资料是有关区域地质材料¹⁾和作者对一些磷矿的调查研究结果。通过古地理和沉积环境的分析可知, 陡山沱期磷酸盐的沉积避开陆表海而趋向陆缘海。陆缘海内, 磷酸盐又往往在与深水有联系的浅水地段富集成矿。造成深水、浅水环境的地质背景是彼此邻接的构造拗陷和隆起。磷酸盐主要沉积在深水粘土向浅水碳酸盐转变或过渡地带, 并组成粘土-磷酸盐-碳酸盐这种沉积次序的海退型旋回。

一、陡山沱期古地理和磷块岩分布特点

在陡山沱期, 扬子地台边缘有一些小块古陆, 地台内是接受沉积的海区。海区西半部是陆表海、东半部是陆缘海。陆缘海内又有拗陷和隆起, 磷块岩则分布在隆起边缘(图1)。

判断古陆存在的主要依据, 一是这些地段的陡山沱组明显的变薄、尖灭和灯影组直接超覆在前陡山沱期或更老的地层之上, 二是古陆附近往往有由陆源物质组成的滨、浅海陡山沱组沉积。如滇中禄劝等地的灯影组直接超覆在昆阳群之上, 滇东宜良附近的陡山沱组, 最薄的地方只有10米左右的冲积、滨海砂砾岩。这表明滇中和牛首山一带曾经存在过或大或小的古陆。在川西的宁南、荣经、宝兴、邛崃、灌县和川北的旺苍一带, 不仅存在着陡山沱组变薄、尖灭或灯影组超覆在老变质岩(会理群、火地垭群等)、花岗岩之上的现象, 而且有陡山沱组沉积的地方也发育着滨、浅海砂砾岩。表明这些地段是当时的古陆或剥蚀区。再如, 鄂西北武当山一带同样具有古陆性质。那里的许多地段既缺失陡山沱组也缺失灯影组, 早寒武世地层直接超覆在南沱组或跃岭河群之上。比较特殊的是湖南东部衡山古陆。那里的板溪群被泥盆系超覆, 某些地段的陡山沱组只有20—30米, 而且存在着底砾岩。表明这里当时也是古陆, 而且古陆存在的时间可能更长。正是这些古陆, 特别是地台西缘的古陆, 为海盆特别是为西部陆表海提供了大量的陆源碎屑。

在广阔的沉积海盆内部(主要是东半部)有一系列隆起构造。这些隆起的特点, 一

1)主要是云南、四川、贵州、湖北、湖南等省二十万分之一区域地质测量报告和四川等省地层表等。

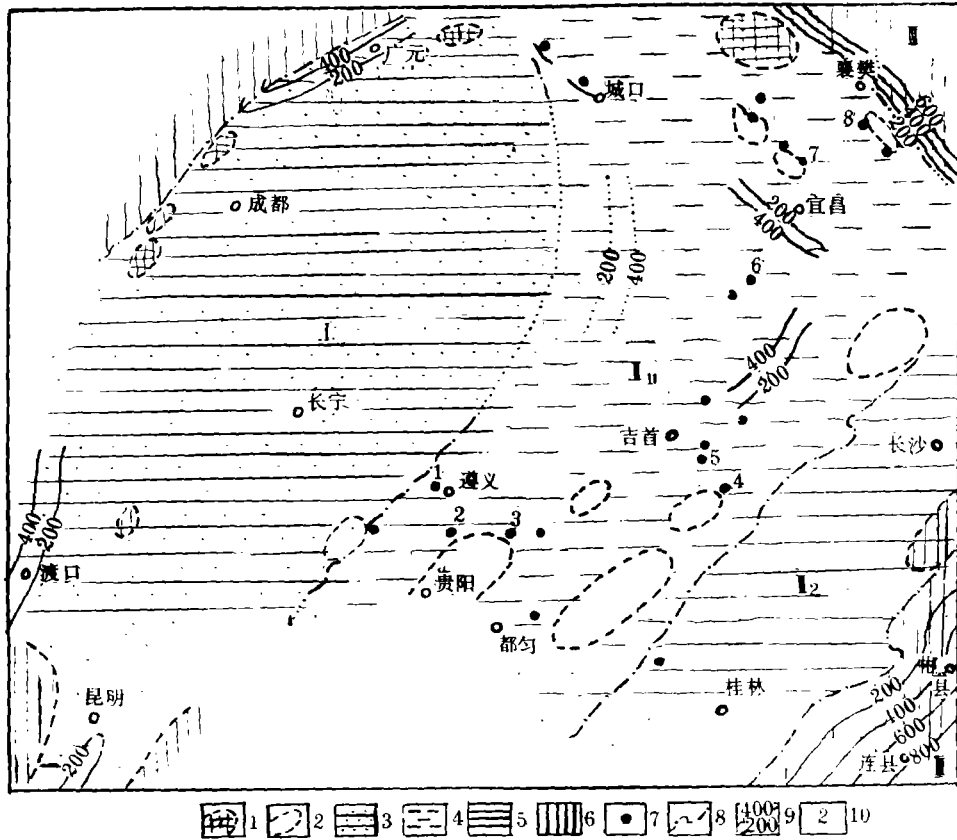


图1 扬子地台陡山沱期古地理及磷矿分布略图

Fig 1. The Doushantuo age paleogeography and distribution of phosphorites in the Yangzi platform

是它接受了沉积，但以浅水磷酸盐、碳酸盐沉积为主，因而它区别于前已提到的古陆。二是沉积物厚度大大减薄并缺少下部厚度较大的深水粘土、碳酸盐沉积，因而它又区别于与它邻接的拗陷地区。例如，在荆襄、黄陵隆起，陡山沱组主要是由数十米厚的浅水碳酸盐岩和磷块岩组成，其底部和内部所夹较深水沉积的粘土岩一般很少、很薄，最多只有10—20米左右。这与其东北安陆一带和西南长阳等地数百米厚的深水粘土-碳酸盐沉积比较，构造背景和沉积环境显然是不同的。在贵州中部和西部大方附近的隆起，陡山沱期沉积也主要是浅水磷酸盐和碳酸盐，其厚度和所夹粘土岩更少更薄。这与其北侧遵义、湄潭等地的深水粘土-碳酸盐沉积（约100~150米）相比，差别也很大。雪峰山一带的隆起比较特殊，其沉积物虽然以深水粘土为主，但其厚度也有明显减薄甚至尖灭。在远离隆起的东（全泉、临桂、三江、融水）、西（麻江至镇远一带）两侧是沉积厚度大于100米的深水拗陷区；在邻近隆起的东（绥宁黄家塘）、西（丹寨新屋基）两侧，

厚度减薄到 8 米和 10 米, 在接近隆起中部的某些地点(如三都渣拉沟、麻阳小溪等地)没有陡山沱组沉积。看来, 处于深水包围本身也多少接受了深水沉积的雪峰山地区, 其隆起性质是明显的。其它如洞庭湖、梵净山等地也具有隆起性质。这些隆起, 特别是那些以浅水沉积为主的隆起地带, 是磷块岩最重要的富集区。

在地台西部的陆表海内(图 1), 构造活动、沉积作用与东部陆缘海显著不同, 即陡山沱组厚度薄(多不超过 200 米), 分布广, 其岩石成分除局部地段为粘土质岩石、砾石较厚外, 主要是滨、浅海砂岩、碳酸盐岩(表 1), 其中不乏粒度分选较好、成分

表 1 滇东、川西陡山沱组岩石含量简表

Table. 1 The composition of rocks, DOUSHANTUO group, in the west of SICHUAN and in the east of HUNAN

地点	岩石成分				说明
	碳酸盐	泥页岩	砂岩	砾岩	
晋宁 玉家湾	56	10	35		
晋宁 偏头山		16.5	83.5		
宜良 柴石滩			100		
盐边 把关河	13	13	66.5	7.3	
盐边 阿米罗	38.3	27.2	34.5		
金阳 对坪	83.9	11.4	2.3	3.1	
普格 大槽河	66.8	22.4	7.3	3.0	
西 昌	6.7	46.7	46.7		剖面不全
雷波 芦营寨	16.0	16.0	68.0		
峨边 张山	64.0	9.1	26.2	0.9	
泸定 野牛山	53	27	18	2	
越西 小相岭	31.6	32.7	34.5	1.2	剖面不全
甘洛 顺河	91.3		7.6	1.0	
荣经 轿顶山	4.5	19.6	40.1	35.7	
大邑 白沙岗			77.2	22.7	
绵竹 王家坪	11.0	37.2	51.7		
旺苍 干河乡	37.9	3.7	57.1	1.9	
南郑 原坪子		11.1	33.3	55.6	
威 远	15.3	15.3	69.2		
长 宁			100		剖面不全

说明: 根据西南地区区域地层表四川省分册(1978)和王溪、宜良、茂汶、灌县、镇巴、石棉、荣经等幅二十万分之一区域地质测量报告和曹仁关等(1980)资料统计。

比较单一的石英砂岩和含长石石英砂岩。如滇东的陡山沱组以石英砂岩和长石石英砂岩为主,大部地区厚度小于200米,是一套包括冲积沉积在内的滨-浅海沉积。又如在宁南、雷波、越西、峨嵋一带,除局部碳酸盐岩和泥页岩较多外,仍以长石石英砂岩、石英砂岩为主,厚度也多在200米以内,只盐边一带厚度较大(500米以上),仍属滨-浅海环境沉积。再往北,到石棉、荣经、灌县、大邑、绵阳一带,情况无多大变化,仍以石英质砂岩为主的一套滨-浅海沉积,只是厚度更薄,一般只有数十米。在旺苍、南江和镇巴等地也是这种情况。根据威远、长宁等地钻井资料和四川省地质局综合研究队研究¹⁾,被沉积岩层覆盖的那些地区仍以砂岩为主,厚度为十数米至数十米。据其中石英砂质组分占优势和顶部与含膏盐的灯影组过渡情况推测,也极可能是一套滨-浅海沉积,并有向泻湖发展趋势。在这个陆表海内,除西部边缘某些地点(如川西南的汉源、越西、德昌和滇东的局部地点)的陡山沱组是继承南沱期拗陷继续沉积以外,绝大部分地区是超覆在古老变质岩(昆阳群、会理群、彭灌杂岩等)、侵入岩(花岗岩、闪长岩等)之上。这表明陆表海内的陡山沱组是扬子地区发育最早、分布最广、岩性稳定并直接沉积超覆在克拉通之上的盖层。大面积的幅度不大的均衡沉降和滨-浅海碎屑为主的沉积物及时沉积补偿,反应了这个陆表海在构造、沉积方面与东部陆缘海显著不同(图2)。

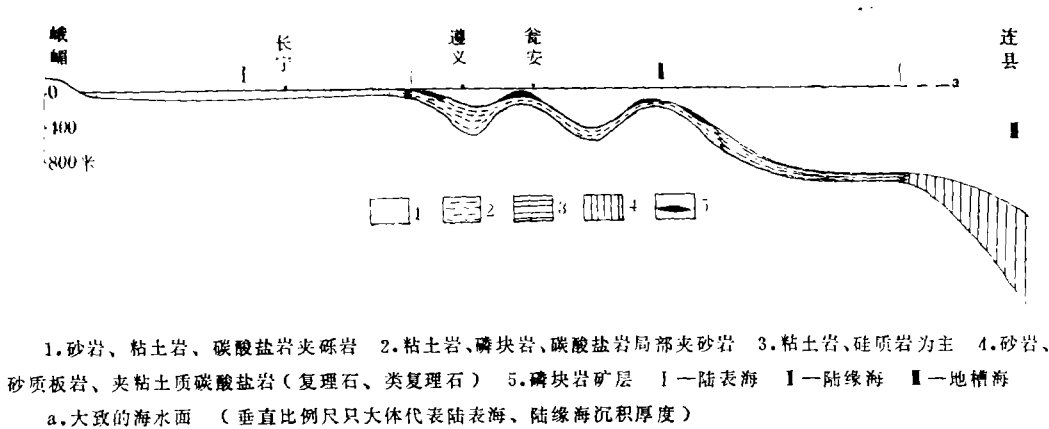


图2 扬子地台陡山沱期构造、沉积剖面略图

Fig 2. The section of tectonic, sedimentary in the Doushantup age Yangzi platform

地台东部是陆缘海。在陆缘海内,相对强烈的拗陷和深水为主的沉积,与西部陆表海内均衡的构造沉降和及时沉积补偿情况形成显著差别。陆缘海又分为两个沉积区。东部衡山古陆和雪峰-洞庭隆起之间是相对单调的深水沉积区(图1)。其特点是,除局部地段(如新宁洪水江、祁东王家台、融安庙地山和永福龙山等地)有碳酸盐外,绝大部分地段的岩石是泥板岩、硅质板岩和硅质岩,厚度(一般20—160米)不大,但分布普遍,是一套以深水为主的沉积。本区北部长沙、湘潭、新化、涟源等地沉积的页岩、碳质板岩、硅质板岩和硅质岩,普遍具有平直的薄层或板状层理,富含碳质和金属硫化物,尽管其厚度不大(一般10—50米)却显示出低能、还原环境的沉积特点。本区南部龙胜、三江、融安、永福等地的页岩、碳质板岩、碳质硅质岩等与北部情况一样,也是一套还

1)四川省地层总结(1978)。

原环境下的沉积物,不同的是这里的岩层厚度增大,一般为50—100米,局部为158米。王砚耕等认为,大体相当本区的湘中、桂北一带,晚震旦纪是深水盆地环境^[3]。我们认为,这套分布广泛的以粘土、硅质为主的低能、还原环境沉积是波及面以下的沉积产物。在这些岩层中既没有见到潮上浅水地带的某些沉积构造特点(如干裂)或蒸发环境的盐类矿物,也没有往复水流活动频繁的潮间带特点,甚至沉积物没有受到波浪的影响,加上带有普遍性的还原环境,故认为此区是深水沉积区。和西部以浅水沉积为主的陆表海一样,深水占优势的地区同样不利于磷酸盐沉淀和富集,故本区缺乏磷块岩。本区是早震旦世拗陷进一步发展的结果。

陆缘海的西部是被拗陷、隆起控制的深、浅水交互沉积区。因而其构造、沉积性质不同于浅水为主的西部陆表海,也不同于东部深水为主的拗陷带。正是这个深、浅水交互地区,沉淀、富集了大量磷块岩(图1、3)。

该区拗陷也以深水沉积为主,与东部拗陷不同的,一是范围缩小并不规则的分布在隆起之间。二是沉积物厚度加大碳酸盐组分增多。三是岩层顶部多出现浅水沉积物并多少伴随磷酸盐沉淀或富集。从图1可知,陡山沱组最厚地点在长阳、石门、大庸以西地区,厚度400~450米左右。除顶部外,剖面绝大部分由粘土岩和粘土与碳酸盐屑混合沉积组成,具有水平的纹层-薄层沉积构造,见不到波痕、水流活动特点,但局部有由于滑塌而成的包卷层理、变形层理等¹⁾。岩石中多含碳质和金属硫化物及磷酸盐粉屑、石英粉屑等,偶见石膏薄层或条带²⁾。因此推测它基本上是一套低能、还原环境中的深水沉积物。剖面顶部发育着或厚或薄的浅水白云岩和磷块岩。根据岩层中发育的内碎屑、冲刷构造、鱼骨状层理、小型藻丘、干裂等(东山峰一带)说明它们具有浅水沉积性质。据有关资料和作者对个别地点的观察,推测遵义、湄潭一带和荆襄、黄陵隆起外围地区,也是程度不同的拗陷地段或深水区。如松林一带的陡山沱组大部分以深水粘土、碳酸盐混合沉积为主,只是上部或顶部具有浅水沉积性质(冲刷面、砂砾和波痕等)的泥质白云岩和磷块岩夹层(图3—1)。在湘西的辰溪、怀化一带,其沉积性质类似。陡山沱组中下部以黑灰色泥板岩为主,夹有泥质碳酸盐岩和硅质岩,含碳质和金属硫化物并具有纹层和薄层状沉积构造,上部多夹有浅水沉积(微弱的层间冲刷、波状层理等)的碳酸盐岩和磷块岩夹层,厚度较薄(多小于100米)³⁾,仍然显出以深水沉积为主的性质。

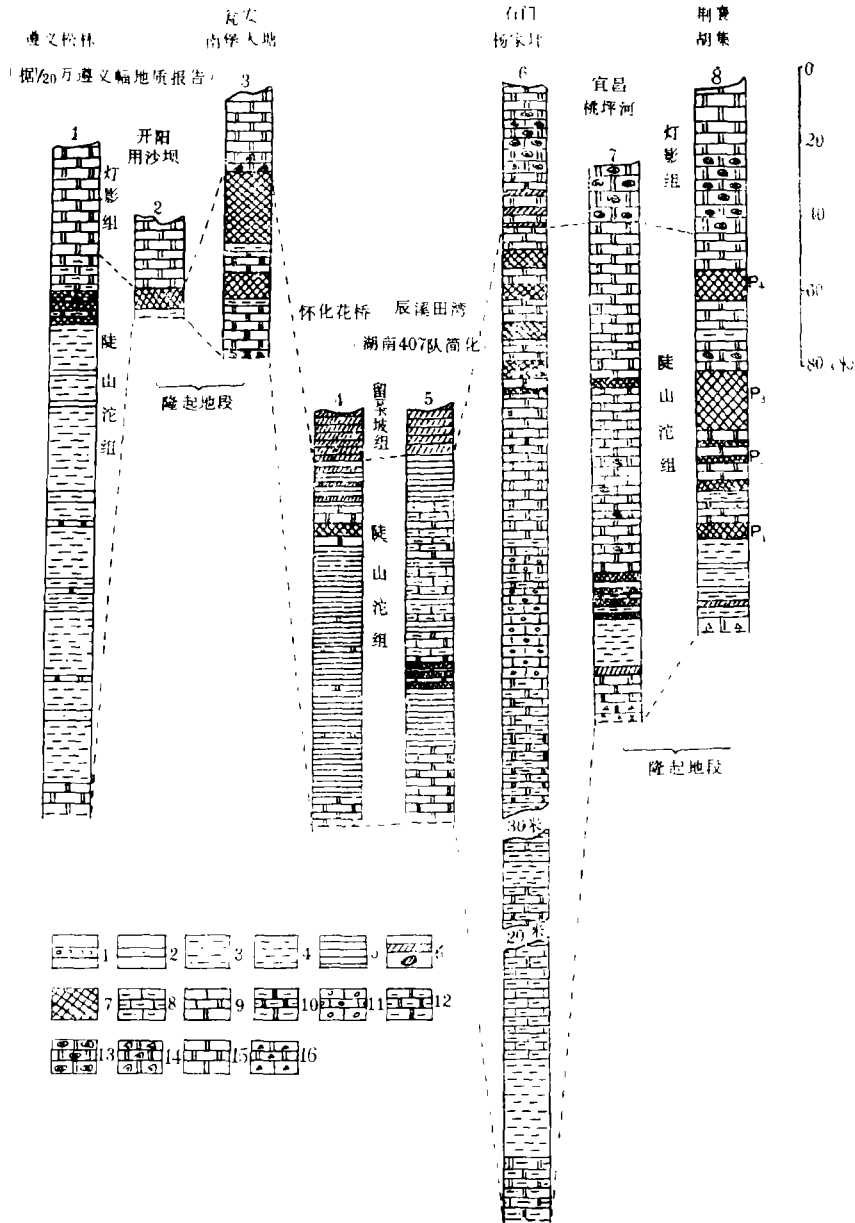
本区内部构造隆起的主要特点是,隆起多由前震旦纪变质岩组成,被深水拗陷包围,上面的沉积以浅水磷酸盐、碳酸盐为主(图3)。

据有关资料和作者初步研究得知,由崆岭群组成的荆襄、黄陵隆起,其上超覆的陡山沱组除底部10~20米为粘土岩外,绝大部分由各种磷块岩、白云岩、含磷白云岩和粘土岩夹层组成。岩层中具有角砾状、叠层状、冲刷、干裂等沉积构造和鱼骨状、板状斜层理,推测主要是一套以潮间环境为主的浅水沉积物。有些地方(如荆襄大峪口一带),沉积层表现出明显的粘土岩→磷酸盐→碳酸盐海退型旋回结构(图3—8)。在黔中隆起

1) 张继庆, 湖南大庸上震旦统台缘斜坡相沉积。

2) 赵忠伟, 1981, 东山峰式磷矿的沉积相及成因机理的探讨。

3) 湖南地质局407队(1974)。



1、砾岩 2、砂岩 3、粉砂质粘土岩 4、粘土岩 5、板岩 6、硅质岩、硅质结核 7、磷块岩
 8、粘土质粉屑灰岩 9、灰质白云岩 10、粘土质白云岩 11、鲕粒灰岩 12、粘土质粉屑白云岩 13、核形石白云岩 14、叠层石白云岩 15、白云岩 16、白云质角砾岩 (柱状剖面位置见图1)

图3 扬子地台陡山沱期含磷地层剖面图

Fig 3. The profile of phosphatic strata in the Doushantuo age, Yangzi platform

北侧，陡山沱组情况与鄂西极为相似。如瓮安一带的含磷岩系主要由球粒、砂砾屑磷块岩、各种藻磷块岩和各种白云岩组成，也夹有薄层粘土岩。其中砂砾屑磷块岩和藻磷块岩有明显的潮滩、潮坪和藻坪等浅水沉积性质，而球粒磷块岩等多也具有浅水活动环境

(如波状层理等)沉积特点。含磷岩系超覆在板溪群一南沱冰碛层之上,具有粘土岩→磷酸盐→碳酸盐海退旋回沉积结构。开阳一带的情况与瓮安的情况几乎一样,也是一套以浅水磷酸盐、碳酸盐为主的沉积,只是厚度更薄,只发育了一个粘土岩→磷酸盐→碳酸盐海退沉积旋回(图3—2)。推测黔西大方和鄂西神农架等地的隆起,上覆的陡山沱组含磷岩系可能具有类似沉积性质。需要强调的是,雪峰一带虽然具有明显的隆起性质,但其上覆岩层却以深水沉积为特点,而且厚度很薄并缺乏磷酸盐沉积。这可能与隆起濒临东部的深水拗陷带有关。

以上就是扬子地台陡山沱期的古地理和磷块岩的展布情况。

二、陡山沱期磷块岩沉积模式和富集规律

1. 磷块岩的沉积模式

综合磷块岩的形成特点和分布情况(图1、3)大体可以把陡山沱期磷块岩矿床分为三种类型:黔中型、东山峰型和湘西型。

黔中型矿床 以开阳、瓮安矿床为代表,荆襄、宜昌矿床也属此类。其特点是:陡山沱期晚期富磷海水侵入隆起区,主要发育上部的含磷岩系,岩石以夹有粘土岩的浅水磷酸

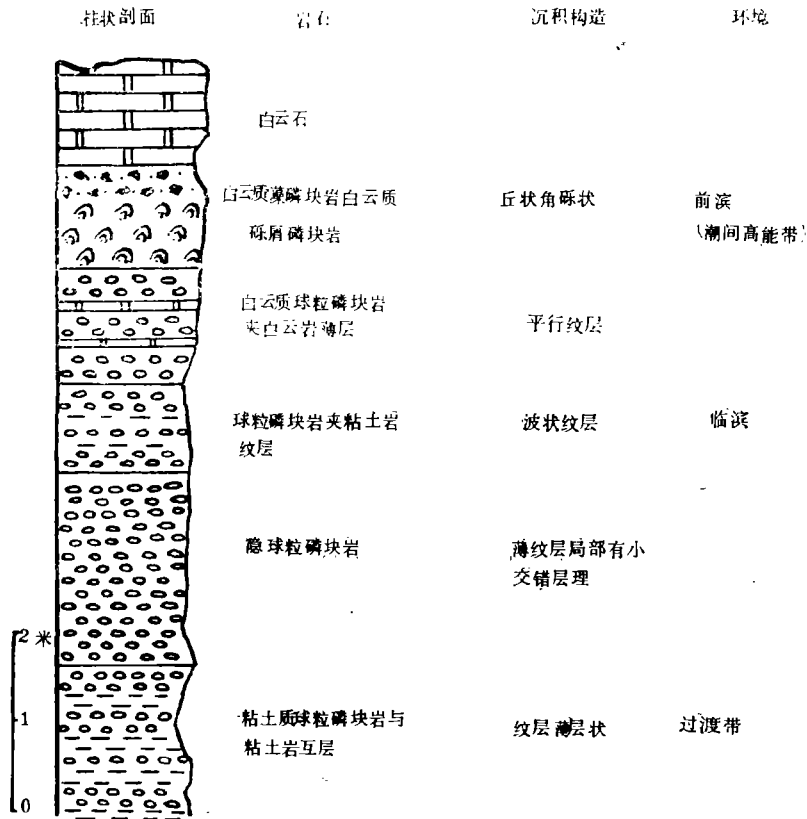


图4 瓮安大塘朝阳坡A矿层剖面

Fig. 4 The columnar section of A ore bed in wengan

盐岩、碳酸盐岩为主。由于构造-沉积环境稳定因而沉积分异作用明显，矿层厚，品位高，各种岩石组成清晰的海退型沉积旋回。图4、5、6、7是此类矿床的几个典型剖面。

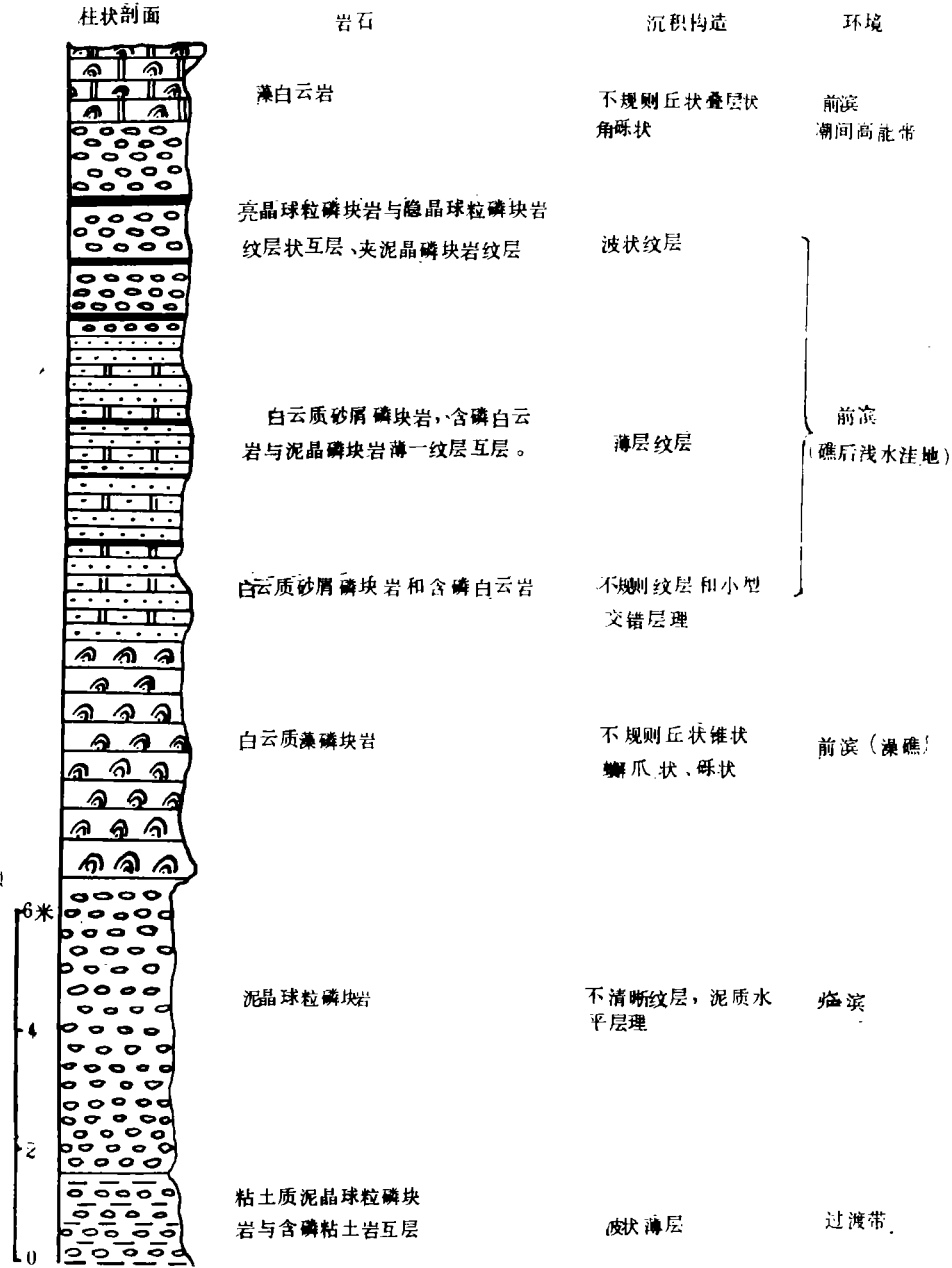


图5 瓮安大塘朝阳坡B矿层剖面

Fig. 5 The columnar section of B ore bed in wengan

东山峰型矿床 主要发育在湘鄂边界的东山峰一带。陡山沱组发育全，厚度大，

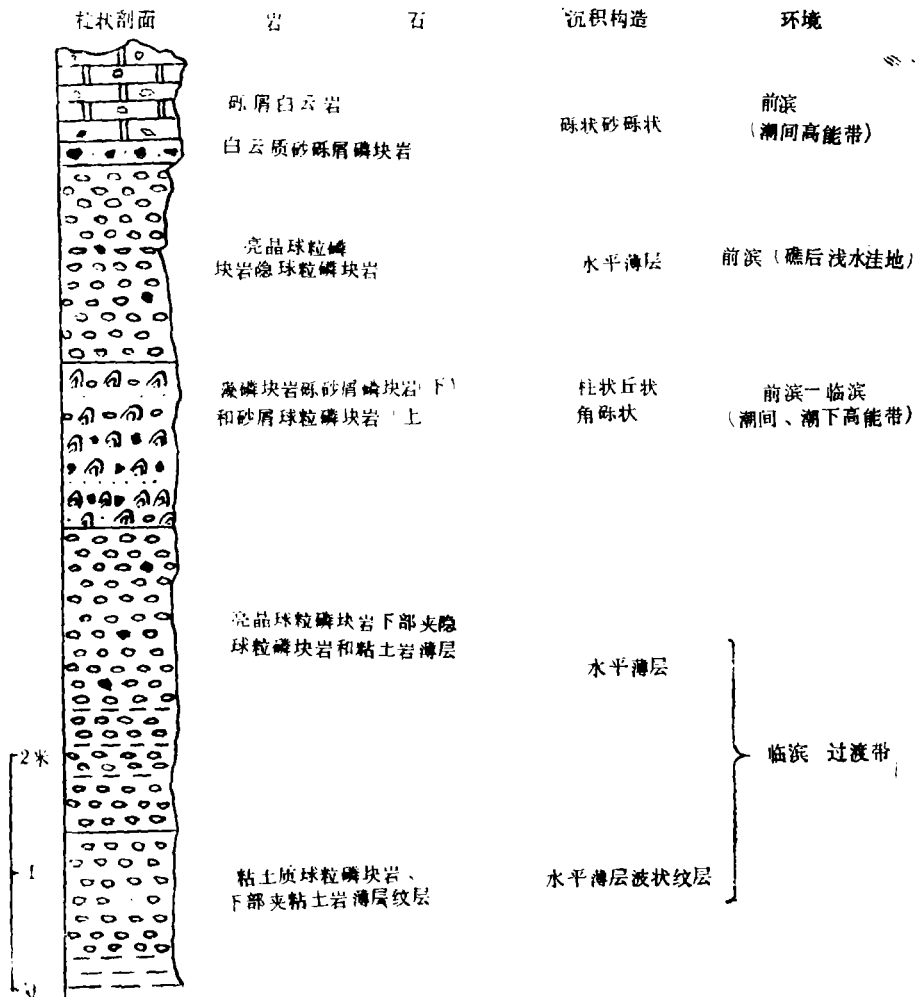


图6 开阳用砂坝、马路一带综合剖面

Fig.6 The comprehensive section of Kaiyang

沉积在拗陷带内，中下部是富碳的粘土、碳酸盐混合深水堆积，上部是高能浅水环境形成的含磷岩系（图3—6），沉积渗合作用强，矿层厚但品位低，含磷岩系是沉积速度增大拗陷被及时补偿而发育的一套潮间带沉积。

湘西型矿床 分布在湘西怀化地区，遵义、黄平等矿层属此类。特点是陡山沱组厚度薄但比较完整，主要岩石是含碳粘土岩、碳酸盐和它们的混合堆积物；上部夹有具弱活动环境（轻微冲刷、波状层理、同生砂砾屑等）沉积的以泥晶磷块岩为主的薄矿层。

综上所述，可以看出三类矿床的共同特点是，含磷岩系或矿层都形成在陡山沱期晚期深水沉积向浅水沉积的转变阶段，而且多以浅水磷酸盐、碳酸盐沉积为主。不同点是，以隆起为背景的黔中型矿床规模大，品位高，沉积分异明显，由海退型旋回组成。以拗陷为背景补偿性沉积而成的东山峰型矿床，规模大，但品位低，渗合作用强，沉积

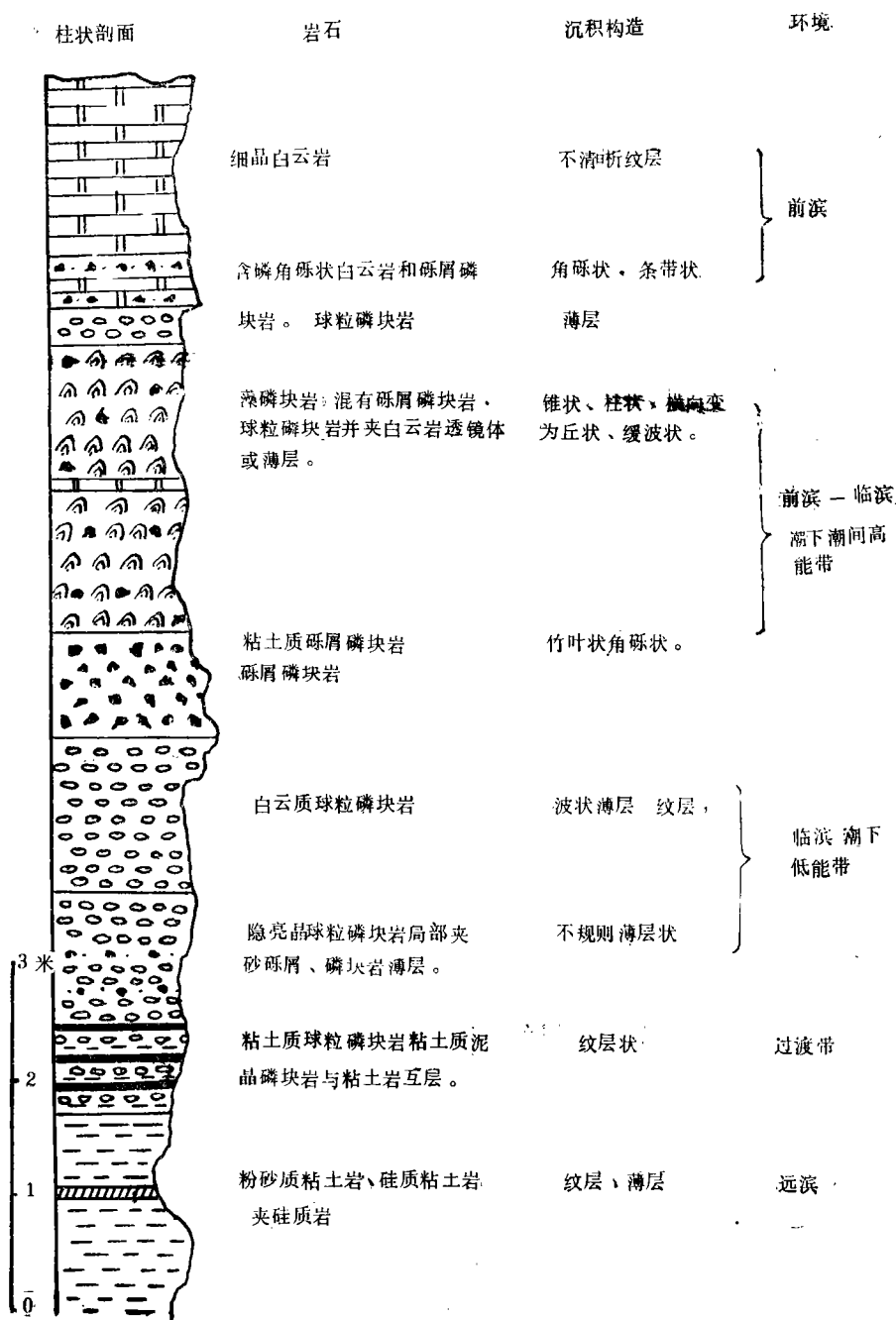


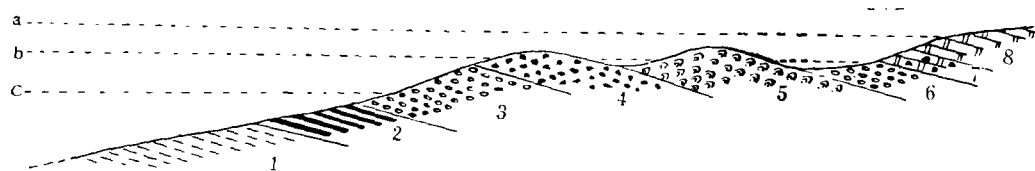
图7 荆襄放马山-王集一带一矿层综合剖面

Fig. 7 The comprehensive section of I ore bed in Jingmen and xiangyang

环境不稳定。以拗陷为背景非补偿性沉积的湘西型矿床，矿层薄，夹层多，分异作用较差。我们现以黔中型矿床特点为根据讨论其沉积情况。

图8 是以黔中型矿床情况（图4—7）为主综合成的一个沉积旋回（纵向）或一个

含磷盆地(横向)的沉积相模式。据叶连俊的沉积相涵义^[4, 5]我们把它称为浅-滨海粘土-磷酸盐-碳酸盐相,它由发育程度不等的八个相素组成。



1、粘土岩和含粉砂质粘土岩 2、粘土岩、泥晶磷块岩、球粒磷块岩互层 3、球粒磷块岩为主 4、碎屑磷块岩 5、藻磷块岩为主 6、球粒磷块岩和砂屑磷块岩 7、含磷砾屑白云岩、白云质砾屑磷块岩 8、白云岩 a.平均高潮面 b.平均低潮面 c.平均浪及面

图8 震旦纪陡山沱期磷块岩沉积相模式图

Fig. 8 The sedimentary facies model of phosphorites, Doushantuo, Sinian Period

相素1 是旋回底部或盆地深处的粘土岩、粉砂质粘土岩,一般具有纹-薄层沉积构造,电镜下呈絮状(图版I, 1)结构,多含碳质、金属硫化物。是一种缺乏对流、底流并且很少受波浪影响的还原环境下的深水沉积物。旋回底部一般具有这个相素,但有时很薄。

相素2 由粘土岩、泥晶磷块岩和球粒磷块岩的薄、纹层频繁交互而成。岩石也含碳质、金属硫化物等,层理多显波状(图版I, 2、3),沉积环境已有微弱的活动性。这是粘土沉积(相素1)向磷酸盐沉积(相素3)转变的一个过渡型相素。有的旋回底部开始沉积时为此相素。

相素3 是较纯的球粒磷块岩。由泥晶磷灰石球粒及粒间的亮晶磷灰石(图版I, 4)、泥晶磷灰石和含磷粘土组成。沉积构造是不规则的波状薄-纹层,间有小型交错层理和层间微弱冲刷。岩石中含有碳质、金属硫化物,也可见到高价氧化铁。推测它是氧化-还原界面附近的沉积物,并受到波浪、底流等影响。其中磷酸盐球粒可能由泥晶磷灰石迅速沉淀凝聚而成,藻类活动(产生粘液)对其形成很可能起着促进作用,因为一些球粒中含有或多或少的藻丝(图版I, 5)。球粒明显的受到活动水流的分选和机械富集作用,使之形成较纯的磷块岩。球粒间的亮晶磷灰石系孔隙水中磷酸盐直接淀积结果。

相素4 是接近、进入潮间高能环境的沉积。成分主要是各种砾屑磷块岩,但各地情况不同。在荆襄一矿层中部,它是潮间堆积的粘土、白云质砾屑磷块岩(图版I, 5)。四矿层中它是由豆、鲕和砂砾屑组成的潮滩堆积(图版I, 4)。在瓮安磨房B矿层下部是有波状层理粒度较均匀的浅滩砾屑磷块岩(图版I, 6)。有些地方此相素与上部藻磷块岩混合沉积一起(图6),有的地方没有这层磷块岩(图4、5)。

相素5 主要由各种藻磷块岩构成。它有明显的柱状、栅状、丘状等叠层沉积构造(图版I, 1、2),还有清晰的纹层、层纤、球纤等显微结构(图版I, 3)。在黔中的A、B矿层和荆襄的一矿层中此相素发育得较好,其它地区多是形成一些层间小型藻丘。藻磷块岩往往被白云石交代并多被氧化铁污染,加上它的层间冲刷现象和富含砂屑砾屑组分,故它们具有明显的浅水氧化环境沉积性质。但沉积介质活动能量有所不

同,荆襄大峪口一矿层上部的这个相素,不规则丘状、倒柱状和角砾状构造发育,具有高能带藻礁堆积特点。瓮安大塘、磨房一带B矿层上部的凝块状、蟹爪状等藻磷块岩可能是一种低能藻坪。

相素6 是球粒磷块岩、砂屑磷块岩,有时夹有泥晶磷块岩夹层和含磷白云岩(图版I,6)。主要沉积构造是波状、水平纹层、薄层,显示出低能环境沉积特点。加之它往往与下覆藻磷块岩共生并多少含有一些藻磷块岩的砂屑组分,推测此相素可能是礁后或藻坪上的低能浅水洼地沉积。在缺乏藻磷块岩相素的旋回中多没有这个相素(如荆襄三、四矿层)。

相素7 是磷酸盐沉淀阶段结束、碳酸盐开始大量堆积时产物。主要岩石是白云质砾屑磷块岩、含磷白云岩。薄厚不等,情况不一。有的地方只有很薄一层白云质砾屑磷块岩(黔中),有的是白云石胶结了十几甚至几十厘米的磷块岩角砾(如荆襄王集)。它主要是潮间高能水流对下伏岩石冲刷再沉积的结果。

相素8 主要是潮间浅水地段的各种白云岩(图4、5、6),是沉积旋回最顶部或盆地边缘最浅的一个相素。在单旋回含磷剖面中(如开阳)它往上与灯影组沉积过渡。在多旋回剖面下部的旋回中,其顶部又往往被深水冲刷而后进行另一个旋回的底部粘土沉积(图4、5、7)。

从以上可以看出扬子地台陡山沱期含磷沉积旋回的基本特点是,由深水到浅水依次沉积了粘土岩→磷块岩→碳酸盐岩,与此相应,其环境因素是由弱酸性→弱碱性→碱性。由还原→弱还原→氧化,由低能→高能→低能。黔中型的每个旋回和东山峰型、湘西型磷块岩沉积大体都有这种特点。只不过东山峰型环境变化频繁表现不出明显的旋回性。湘西型由于水深故缺少较多的浅水沉积。

2. 陡山沱期磷块岩的富集规律

主要从物质来源和沉积环境两方面进行分析。

1) **深水物质来源是沉积、富集磷酸盐的物质条件** 海洋调查资料表明,现代深层海水的磷酸盐含量通常比表层水要高,表层水磷酸盐增加往往是深层水上升的结果。在非洲沿岸、大西洋、太平洋秘鲁沿岸和南极等地都可以看到,富磷深水的上升使浮游生物繁殖起来。亚洲大陆边缘也有此情况。我国台湾以东某些地段,深水上涌使海水含磷量大大增加。印度孟买-苏拉特沿海,富磷海水上升促进生物繁殖并进行了磷酸盐的沉淀、富集。事实上,富磷深层海水上涌与磷酸盐沉积的联系早已被一些学者所重视。从他们所绘制的图件中,现代海底分布的磷块岩至少有相当部分与上升洋流有关²⁾。

在古代含磷沉积中,磷块岩层也多有与深水沉积共生现象,从而表明它们之间的成因联系。本文所述陡山沱期磷块岩沉积相模式中的粘土岩(即相素1)和东山峰式、湘西式矿层下伏的粘土、碳酸盐沉积,都是深水或与深水有密切联系的沉积物。推测正是这些深水地段与更深的地槽区沟通,提供了成矿物质即磷酸盐的来源。滇东早寒武世梅

1) 印度孟买-苏拉特沿海沉积物岩心中磷酸盐、碳酸盐和有机物的分布状况(武汉地质学院海洋地质译文集,1978年)。

2) W.C. Burnett, 1980, Oceanic phosphate deposits, proceedings of the Fertilizer Raw Materials Resources Workshop, P. 121.

树村期两个含磷旋回底部,也有或厚或薄的深水或与深水有联系的粘土、硅质沉积。它们是越北,滇东南地槽(那里有浪木桥组、猫猫头组)深水顺陆缘侵入沉积的结果。可能正是这些深层海水带来的磷酸盐才能形成昆阳式矿床。与华北地台西-南缘辛集组磷块岩有联系的是雨台山泥页岩或罗圈组的上段;与川西沙窝子组磷矿生成有关的深水沉积可能是西部的危关群。

因此,无论是现代的还是古代的磷块岩,无论是我国陡山沱期或寒武纪、泥盆纪磷块岩,都与深水或深水沉积有联系,即含磷深层海水供应了磷酸盐沉积。应当说明的是,这里强调的主要是深水对磷酸盐的供应,不涉及深水磷的原始来源和贮备过程问题。其原始来源可能是多源的,有火山、陆源,也包括海水对含磷陆源物质的海解和汲取〔8〕。其贮备过程是长期的、复杂的;磷酸盐的多次溶解、沉淀,以及各种无机、有机的循环。

2) **陆缘海滨-浅水带是磷块岩有利的沉淀富集地区** 无论是从一个具体含磷沉积旋回(或盆地)还是大面积古地理分布状况来看,磷酸盐的沉淀富集都避开深水(如相素1或东部深水拗陷)和极浅水(如相素8或广阔的西部陆表海),而趋向于富集在陆缘海内与深水有联系的那些浅水地段。这一带既具备成矿物质来源又具备磷酸盐的浅水沉积环境。早在六十年代初叶连俊就指出,铁、锰、磷矿层在含矿岩系中的位置是各种物理化学条件的突变点,是沉积作用物理化学条件从旧平衡向新平衡的过渡。而且具体地指出沉积成矿作用出现在微酸或微碱性向强碱性过渡、还原趋向氧化界面并伴随水介质盐度增加和水动力条件等的变革〔8〕。这是符合磷、铁等形成分布特点的。不仅本文论述的陡山沱期磷块岩主要富集在各种地质条件或沉积环境(如拗陷与隆起的配合,深水、浅水区交互分布以及由此引起的各种物理化学条件)的转变过渡地带,即陆缘海。而且根据区域地质资料分析和叶连俊、赵东旭等对华北辛集组磷矿的研究,许善任¹⁾钱佐国等²⁾对滇东梅树村组磷矿的研究,曾允孚³⁾等对川西麦地坪组磷矿的研究,可知华北地台南缘和扬子地台西缘早寒武世磷块岩也主要沉积在类似构造地段(边缘拗陷)和沉积地区(陆缘海)。苏联卡拉套磷块岩、美国西部二叠纪磷块岩和西非陆棚上的磷块岩等等似乎也有类似的构造分布和浅水的沉积性质。就一个小的含磷旋回或盆地而言,磷酸盐也是沉淀富集在深水向浅水过渡及一系列物理化学条件变化的阶段。可以推测,单调的不利于磷酸盐沉淀、富集的深水环境(如介质的弱酸性,沉积中的掺合作用等)虽然并不缺少物质来源,但不利于磷块岩成矿。这可能就是拗陷内深水粘土、硅质等沉积物中缺少矿层的原因。与此情况不同,地台上的陆表海,一方面可能由于沉降均匀而幅度小,沉积物得到及时堆积补偿,因而没有含磷深水侵入的条件。另一方面可能由于碳酸盐的沉积和海盆内部趋于碱化使pH值增大,因而把磷酸盐沉积阻止在地台边缘。这些都是陆表海不利于形成磷矿的原因。我国陡山沱期(图1、2),早寒武世磷矿就有这种生成分布特点。

看来,陆缘海滨-浅水地段有利于磷酸盐富集成矿。但是,进一步研究可以发现,尽管磷、铁等都沉积富集在浅水地带,它们的形成分布特点却有很大区别。

- 1) 许善任、王崇武等,1981,云南下寒武统磷矿地质若干问题的探讨。
- 2) 钱佐国、张朝显等,1981,云南东部下寒武统磷块岩的环境控制因素和成矿机理。
- 3) 曾允孚等,1981,峨嵋-雷波地区下寒武统麦地坪组磷矿沉积环境。

就目前所知,我国的一些著名沉积铁矿主要是滨-浅水沉积,含铁岩系有较清晰的旋回性,铁矿层一般富集在碎屑岩向碳酸盐沉积的转变阶段。北方的宣龙式铁矿是这样,华南的宁乡式铁矿也是这样¹⁾。就这些情况来讲,它们与沉积磷矿非常相似。但在构造背景、海盆性质、物质来源等方面它们又有本质不同。磷块岩主要富集在拗陷、隆起相配合的陆缘海,物质来源主要为深水供给,含磷旋回是海退型。铁矿沉积主要在构造活动差异性较小地势趋于平坦的陆表海,物质来源主要是陆表,含铁岩系是海侵型旋回。基于这些不同点,与它们有联系的各种因素则有不同的作用。如大面积的古陆及其准平原化地形和温湿的气候,对陆表海盆富积铁矿非常有利。然而,古陆是否存在和面大小等等对磷矿富集没有根本利害关系。有关的倒是深水地段的存在以保证其成矿物质来源和趋于蒸发环境的浅水地段以促使磷酸盐的沉淀富集。

野外和室内研究是在叶连俊先生关怀指导下进行的。文成之后又蒙叶连俊先生和李继亮、陈志明等审阅,并提出宝贵意见,笔者在此一并致谢。

(收稿日期1982年11月6日)

参 考 文 献

- 曹仁关等,1980,云南晋宁王家湾震旦纪,前寒武地质研究,中国震旦亚界,天津科学技术出版社。
- 殷继成,1980,四川西部甘洛—峨嵋地区震旦系及其界线,前寒武地质研究,中国震旦亚界,137—138页,天津科学技术出版社。
- 王砚耕等,1980,湘黔桂震旦纪地层类型及其特征,前寒武地质研究,中国震旦亚界,159页,天津科学技术出版社。
- 叶连俊,1960,对沉积相和沉积建造分类原则及划分方法的意见,地质科学,1960,第6期。
- M. B. 克连诺娃,1948,海洋地质学,梁元博陆英译,地质出版社,1959年。
- 苗育田、俞善庆,1981,台湾以东海域涌升现象的初报(摘要),海洋实践,1981年,3期。
- 叶连俊,1963,外生矿床陆源汲取成矿论,地质科学,第2期。
- 叶连俊,1959,中国磷块岩矿床的若干特点及找矿远景,(中国磷块岩的形成特点矿石类型及远景评价)科学出版社。
- 叶连俊,1963,中国东部的含磷地层、含磷岩系的岩相建造及磷块岩矿床的形成条件,(钾磷矿床研究)科学出版社。
- 赵东旭、陈其英,1981,晋南早零武世辛集组的沉积环境,沉积岩石学研究(论文集),科学出版社。
- 陈激石,1980,宣化地区古老的潮汐沉积,地质科学,第1期。
- 陈志明,1981,冀西北铁岩类型与沉积环境,地质科学,第4期。
- 傅家谟,1961,鄂西宁乡式铁矿的相和成因,地质学报,第四十一卷第二期。
- 赵东旭,1963,中国东部震旦纪泥盆纪沉积铁矿的分布特点,中国地质,12期。
- Тушин, А. М., 1968, Литолого-фациальные особенности формирования фосфоритной толщи Каратау, литология и полезные ископаемые, №4,
- Харин, Г. С. и Солдатов, А. В., 1975 Литологические особенности фосфоритов Атлантического шельфа Африки, литология и полезные ископаемые, №2.
- 1) 湖南409队,1973 湘中地区“宁乡式”铁矿概况。468队,对涟源插花庙铁矿富集规律的初步认识。414队,宁乡地区“宁乡式”铁矿赋存特征。刘向,1979,贵州的泥盆系(贵州地层总结)。

SEDIMENTARY AND DISTRIBUTIVE CHARACTERISTICS OF THE DOUSHANTUO AGE PEOSPHORITES IN THE YANGZI PLATFORM

Zhao Dongxu

(Institute of Geology, Academia Sinica, Beijing)

Abstract

This paper gives an explanation of the palaeogeography of the Yangzi Platform and the distributive characteristics and sedimentary environments of phosphorites during the Doushantuo age. On the basis of geological data, palaeogeographical characteristics of the Doushantuo age Yangzi Platform are shown as follows:

1. There were some small ancient lands along the margin of the platform. They were the areas of denudation and provided terrigenous deposits for the marine basin.

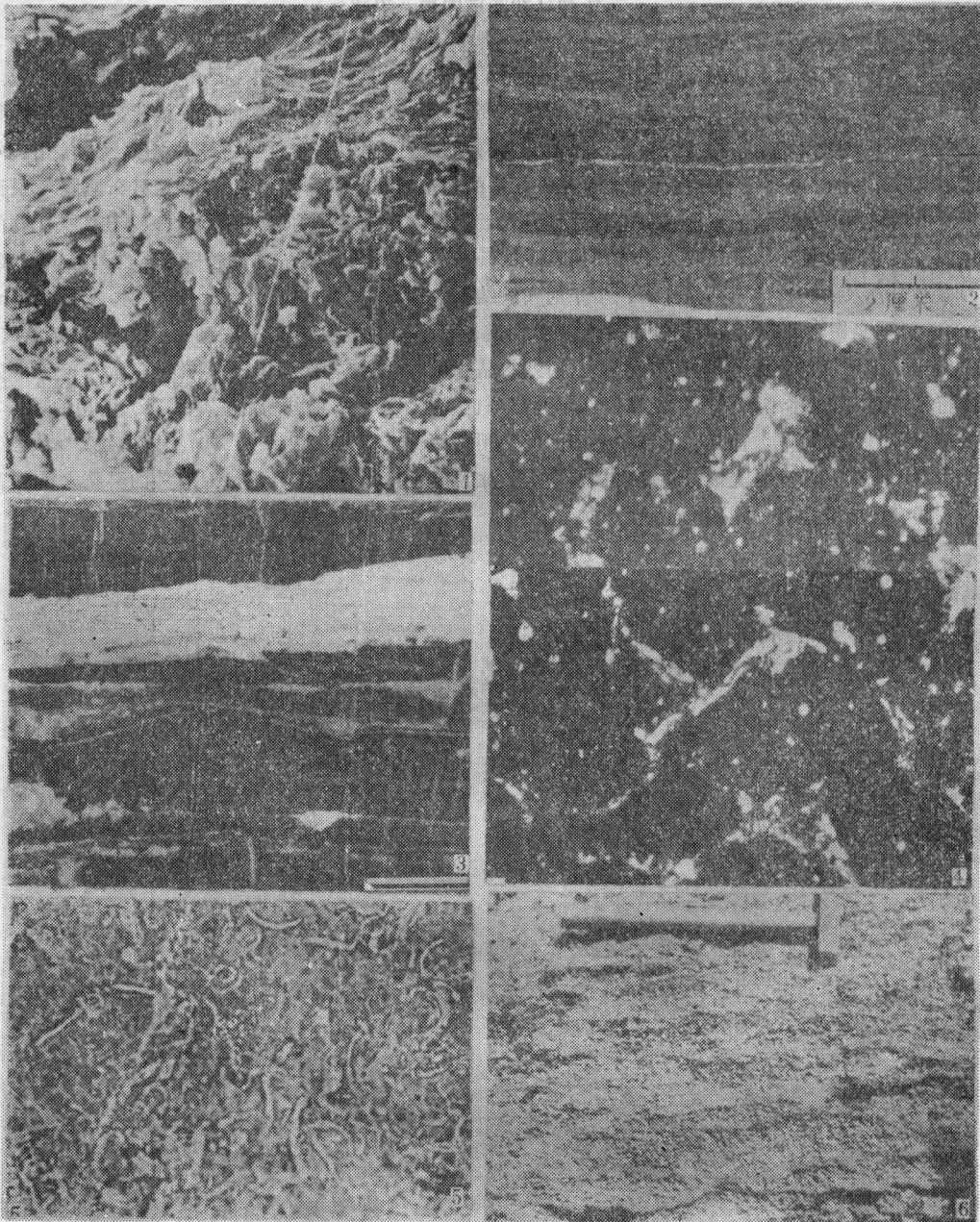
2. The western part of this platform was a stretch of epicontinental sea where shallow water elastic rocks and carbonate rocks deposited.

3. The eastern part of the platform was a stretch of pericontinental sea. It was divided into two areas the eastern tectonic depression area and the western alternate uplift depression area. The sedimentary rocks in the two areas are mainly clay, siliceous, phosphate and carbonate rocks.

The Doushantuo age phosphate-bearing sequence comprises 1—3 sedimentary cyclothems. Every cyclothem consists of clay, silica, phosphate and carbonate rocks in their given order from bottom to top. The phosphate-bearing sedimentary cyclothems obviously have their regressive character. In these cyclothems there are five types of phosphorites, namely, micritic, pelletal, interclastic, algal and fine crystal phosphorites. The phosphorites deposited in the zone with a transition of sediments from deep water to shallow water sediments in the regressive process. Some of the phosphorites were replaced by carbonate or silica in the diagenesis or epigenesis process.

The phosphorites tended to deposit in the pericontinental sea, rather than in the epicontinental sea. In the pericontinental sea, the phosphates usually accumulated in the shallow water region associated with deep water. The geological background of deep and shallow water environments in tectonic depression and uplift. The sedimentary environment of the phosphorite is mainly the subtidal and intertidal zones near the uplift.

The pericontinental sea had two advantageous factors for the mineralization of phosphate, namely, deep-water and shallow-water. The former provided mineralogenetic material, and the latter shallow-water sedimentary environment,



1. 粘土岩的絮状结构, 宜昌桃坪河, 相素 1 (T-13), 扫描电镜照片, $\times 2000$ 2. 纹层状粘土岩(浅灰)与泥晶-球粒磷块岩(深灰)互层, 荆襄罗丝坟一矿层, 相素 2 (H-30) 3. 纹层-条带状泥晶磷块岩(灰黑)与粘土岩(灰白)互层, 荆襄大峪口二矿层, 相素 2 (H-60) 4. 亮晶-隐粒球粒磷块岩、正交偏光, $\times 66$, 荆襄大峪口一矿层, 相素 3 (H-51) 5. 球粒磷块岩球粒内的藻丝, 单偏光, $\times 270$, 瓮安大塘B矿层, 相素 3 (C-12) 6. 砾屑磷块岩, 瓮安磨房B矿层, 露头照片相素 4 (C-44)



1.丘状藻磷块岩，荆襄大峪口一矿层，光面，相素5（H-55） 2.栅状藻磷块岩，瓮安夏拉坡B矿层，光面， $\times 4/5$ ，相素5（C-30） 3.藻磷块岩球状纤维结构，扫描电镜照片， $\times 7000$ ，瓮安大塘B矿层，相素5（C-13） 4.豆粒、砾屑磷块岩，荆襄大峪口四矿层，光面， $\times 1.5$ ，相素4（H-84） 5.粘土质砾屑磷块岩，光面，荆襄罗丝汶，相素4（H-32） 6.纹层、条带状白云质（浅灰白色）球粒磷块岩，露头照片，瓮安大塘B矿层上部，相素6。