

云南晋宁梅树村下寒武统 砾屑磷块岩的扫描电镜研究

杨杰东

(南京大学)

王宗哲

(中国科学院南京地质古生物研究所)

提要 通过扫描电镜观察,发现云南梅树村中谊村段砾屑磷块岩中的磷质砾屑主要由磷质鲕球、磷质微球和磷质锥晶堆积体组成。磷质微晶是磷酸盐的基本晶体。磷质锥晶是在扫描电镜下所能观察到的最小的磷酸盐颗粒,但它们晶形不完全。砾屑磷块岩的形成过程可以分为三个阶段:磷质鲕球、微晶和锥晶形成阶段,磷质砾屑形成阶段,和砾屑磷块岩形成阶段。磷质砾屑的形成环境为浅水近岸,水动力条件不稳定,沉积速率和通量不高。

主题词 磷块岩 扫描电镜

第一作者简介 杨杰东 男 42岁 讲师 同位素地质及沉积学

在地质历史中,晚元古代—早寒武世是主要成磷期之一,世界上许多地区都发现了大型磷矿,对于这段时期内全球磷矿生成的环境和成因机理有多种理论和模式,目前尚在继续探索中。我国云南晋宁梅树村震旦系与寒武系剖面具有连续沉积地层序列,其中下寒武统中谊村段为一套磷块岩层。笔者用扫描电镜对中谊村段砾屑磷块岩层中的磷质砾屑样品做了大量的观察,研究了其微观结构,并对砾屑磷块岩的形成过程及沉积环境作了初步的探讨。

一 中谊村段砾屑磷块岩剖面特征

中谊村段系本区寒武系底部含磷岩系,磷块岩厚十余米,其上覆岩层为筲竹寺组黑色页岩,下伏岩层为小歪头山段的白云岩。磷块岩层中央有1.5米厚含磷砂质粘土岩,将矿层分为上下两层。本文所论及的砾屑磷块岩位于下磷矿层下部,它与角砾状磷块岩和条带状磷块岩交替出现,约3.2m厚。鲕状磷块岩直接沉积其上,其下为小歪头山段含燧石结核或条带的白云岩。砾屑磷块岩呈灰色、蓝灰色,致密层状,主要由砾屑和胶结物组成,砾屑为圆球或椭球状,直径大多在8—12mm,在偏光镜下观察,砾屑主要由磷酸盐组成,故将其称为磷质砾屑。它们紧密堆积,呈接触式或基底式胶结,少数有挤压现象。

二 样品制备

砾屑磷块岩标本,经清洗后将其敲开,在敲开的断面上仔细用小刀挑出球状磷质砾屑。再用小锤小心将砾屑再敲为二半。取一半不经任何处理用离子溅射法在断面上镀一层金,供扫描电镜观察,对磷质砾屑靠外半部的锥晶堆积体的组成用电子探针仪器作了定量分析(CAMEBAX—MICRO型,20kV, 1.5×10^{-8} A)。扫描电镜观察在H—300仪器上进行。

三 磷质砾屑的结构和组成

经过对大量磷质砾屑颗粒的扫描电镜观察发现其内部主要有三种结构：磷质鲕球，磷质微球和磷质锥晶堆积体。此外，还有少量的非磷酸盐物质，如粘土矿物等。

磷质鲕球呈圆球或局部变形的椭球状，粒径在 50—250 μm 。它们由一层或多层壳皮和一个中心核组成。壳皮是由无数细长柱状微小的晶体（磷质微晶）组成，这些微晶紧密而又规则整齐地向心排列。壳皮厚度 5—25 μm 。壳皮包的核有二种，一种为磷质锥晶堆积体，另一种为非磷质颗粒（图版工，1、2）。

磷质微球比鲕球小，呈圆球状，直径在 10—15 μm 。其内部是由无数细小的磷质微晶组成，微晶呈紧密，整齐而有规则地向心辐射状排。微球中心可见若干粗大的晶体（图版工，3、4、5、6）。在扫描电镜下可以看到组成微球的微晶和组成鲕球壳皮的微晶是同一类晶体，它们都具有良好的晶形，呈六边形长柱状，柱径 0.1—0.2 μm ，柱长为 0.5—1 μm 。组成锥晶堆积体的锥晶颗粒是在扫描电镜下所能看到的最小形态的磷酸盐物质。它们的粒径比磷质微晶更小，其大小不一，有的长达 0.7 μm ，有的短至 0.1 μm 其形状也不一，均呈无规则状堆积（图版 I，7 的下半部）。

磷质砂屑内部存在的很少量的非磷酸盐物质，如粘土矿物、石英等，主要分布在微孔缝隙中或被包裹在鲕球内（图版 I，1、2）。

四 磷质砾屑微观构造的特点

通过扫描电镜的观察，可以发现磷质砾屑内部微观构造有以下几个特点：

1. 微晶是唯一具有良好晶形的磷酸盐晶体，它们有规则地排列组成鲕球壳皮和微球。
2. 锥晶和微晶虽然有明显区别，但没有截然的分界。从图版 I，7 中可以看出从锥晶（照片下半部）到微晶（照片上半部）是一个逐渐生长和变化的过程。
3. 对大量鲕球和微球观察后发现，鲕球单层壳皮厚度的变化范围和微球半径的变化范围相一致，都在 5—25 μm 之内，其内部微晶排列方式也相似，均呈紧密整齐地向心辐射状排列。微球半径和鲕球单层壳皮厚度不超过 25 μm ，这似乎表明由这类微晶不可能形成半径更大的微球和壳皮更厚的鲕球，而当壳皮增厚时，只有向多层壳皮发展。
4. 鲕球和微球之间没有截然分界。这是由于这类的微晶排列组成的厚度有一个范围，即 5—25 μm 。但大多数情况下，在直径 < 50 μm 左右时，二者都可能形成（图版 I，3、4、5）。
5. 砾屑内部的非磷酸盐颗粒主要分布于靠砾屑的中心部位，鲕球和微球也多分布于靠中心部位；而靠外缘部位，无论是物质组成和结构都较单一而均匀，大多为锥晶堆积体。对砾屑外缘部位的锥晶堆积体的电子探针分析结果见表 1。

表 1 磷质砾屑内锥晶堆积体电子探针定量分析结果
Table 1 Results of quantitative analysis of phosphatic amorphous aggregates within phosphatic pebble by electron probe.

分析次数	样品	定量分析结果 %											
		MgO	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	SiO ₂	K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO	FeO	Cr ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	Σ %
1	胶磷矿锥晶堆	0.00	0.02	0.25	0.09	0.00	41.84	53.16	0.03	0.00	0.00	0.01	95.40
2	积体	0.00	0.03	0.25	0.04	0.02	41.23	52.32	0.00	0.13	0.03	0.00	94.06

五 砾屑磷块岩的形成过程和沉积环境的初步探讨

以上所述的磷质砾屑的微观结构与其形成的过程和早期沉积环境有关。中谊村段砾屑磷块岩的组成从大至小分为三个层次:

1. 砾屑磷块岩是由磷质砾屑和磷酸盐胶结物组成;
2. 磷质砾屑是由磷质鲕球、微球和锥晶堆积体组成;
3. 磷质鲕球、微球和锥晶堆积体是由磷质微晶和锥晶(鲕球中心有时为非磷酸盐物质)组成。

由此我们推测砾屑磷块岩的成因可能与洋流上涌理论有关,其形成过程与上面的由大到小的组成结构的三个层次相反,可以分为三个阶段:Ⅰ磷质鲕球、微球和锥晶颗粒形成阶段;Ⅱ磷质砾形成阶段;Ⅲ砾屑磷块岩形成阶段。

在第Ⅰ阶段,由于气候变暖或其它原因,海水发生对流,富含磷酸盐的深部海水由于洋流上涌作用,被带到陆棚区或盆地斜坡外(大陆坡),这样海水温度升高,海水中流体静压和二氧化碳分压强直降,在pH值和Eh值较高的环境条件下,溶液中磷酸盐浓度可能达到饱和并结晶析出。然而,由于近岸浅水区,水动力条件不稳定,或受其它因素的影响,海水中的pH值, Eh值和水温随时间和地点的不同而有所变化,可能会影响到磷酸盐结晶析出,而在结晶析出条件较差时,结晶不完全,以磷质锥晶析出。

磷质微球反映在最初时,海水中的磷酸盐胶体呈“油珠”状,由于表面张力作用,自然成小圆球状,并在固结过程中未受到其它压力的作用。对于磷质鲕球的形成,则作为凝聚核心的微小固体颗粒表面的静电吸附显然起了作用。磷酸盐胶体如同油膜一样包裹在固体颗粒表面,而后结晶固结成壳皮。在磷质砾屑靠中心部位普遍存在的磷质鲕球和微球显然是在海水中中和沉积初期未受明显上覆压力的环境中形成的。

第Ⅱ阶段,即磷质砾屑形成阶段,在海水中中和沉积初期形成的磷质鲕球,微球和锥晶堆积体逐渐结合凝聚成磷质砾屑。磷质砾屑的形成是在沉积或成岩初期形成的,并且由于磷质砾屑的内部靠中心和靠外缘部位微观结构组成常常不同,因而在磷质砾屑的形成初期和后期可能条件有所变化。早期环境的水温pH值和Eh值更利于鲕球和微球的形成,而后期则更利于锥晶堆积体的形成。

从采集到的岩石标本以及对岩石薄片的观察,砾屑一般呈圆球或椭球状,有一部分是带棱角的磷质砂屑的碎屑。砾屑大多为8—12mm,平行层面的取向性有一点,但不甚明显,没有发现有因受较大上覆压力而形成的扁平状砾屑。由此可以推测砾屑大多是在未受明显上覆压力的沉积和成岩初期形成并固结的。同时也反映原始沉积环境中沉积物质的沉积速率和沉积物的通量不大。另外,沉积环境中水动力条件可能有间歇性动荡与加强,致使一部份磷质砾屑和鲕球经历了破碎、胶结、硬化与再破碎的过程,形成带棱角的砾屑碎屑。

在第(3)阶段,即磷块岩的形成阶段,由沉积形成的磷质砾屑和胶结物(其中包括陆源碎屑物质、碳酸盐颗粒及其它物质)结合,经压实、脱水、固结和硬化后形成砾屑磷块岩。这个阶段主要是成岩阶段逐渐完成的。

通过X-射线衍射分析和扫描电镜的观察,我们发现磷屑内的非磷酸盐物质主要为粘土矿物,而尤以高岭石类矿物为主。高岭石类矿物一般为陆源物质,在海洋中,一般分布在近岸浅水环境,这表明中谊村段磷质砾屑的形成环境为浅水近岸。

图版I, 8的中心部位为磷质砾屑内发现的古生物化石,经中国科学院南京地质古生物研究所尹磊明鉴定属浅水环境生长的疑源类,这也表明磷质砾屑的形成环境为浅水近岸。

六 结 论

通过对云南晋宁梅树村剖面中谊村段磷质砾屑的扫描电镜观察和研究, 可以得出以下几点认识:

1. 砾屑磷块岩的组成从大到小可以分为三个层次: 砾屑磷块岩由磷质砾屑和胶结物组成; 磷质砾屑由磷质鲕球、微球和雏晶堆积体组成(夹有很少量的非磷酸盐颗粒)而磷质鲕球、微球和雏晶堆积体又是由最基本的磷质微晶和雏晶组成。

2. 砾屑磷块岩的形成过程可以分为三个阶段; 磷质雏晶、微晶和鲕球形成阶段, 磷质砾屑形成阶段, 砾屑磷块岩形成阶段。

3. 磷质砾屑形成的沉积环境为浅水近岸, 海水水动力条件不稳定, 有间歇性加强, 沉积速率不高。

中国科学院南京地质古生物研究所唐天福, 薛跃松对本稿进行了审阅, 尹磊明对本文中所述的疑源化石作了鉴定。南京地质矿产研究所王关华提供了磷质雏晶堆积体的电子探针分析结果。在此一并表示衷心的感谢。

收稿日期 1987 年 1 月 6 日

参 考 文 献

Baturin, G.N., 1982, *Phosphorites on the Sea Floor*, Elsevier Scientific Publishing Company.

ELECTRON MICROSCOPE STUDY ON PEBBLE PHOSPHORITES OF MEISHUCUN SECTION, JINNING, YUNNAN PROVINCE

Yang Jiedong

(Nanjing university)

Wang Zhongzhe

(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica)

Abstract

The microstructure and composition of phosphatic pebbles in phosphorites in Zhongyicun Member of Meishucun Section, Jinning, Yunnan Province have been carefully investigated by electron microscope. The investigations revealed that the composition of pebble phosphorites can be divided three different levels: pebble phosphorites consist of phosphatic pebbles and cement materials; phosphatic pebbles consist of phosphatic oolites, phosphatic microglobules and phosphatic amorphous aggregates are composed of phosphatic microcrystals and amorphous grains and non-phosphatic micrograins. The phosphatic amorphous grains and microcrystals are the most fundamental and the smallest grains of phosphatic matters possibly observed under electron microscope.

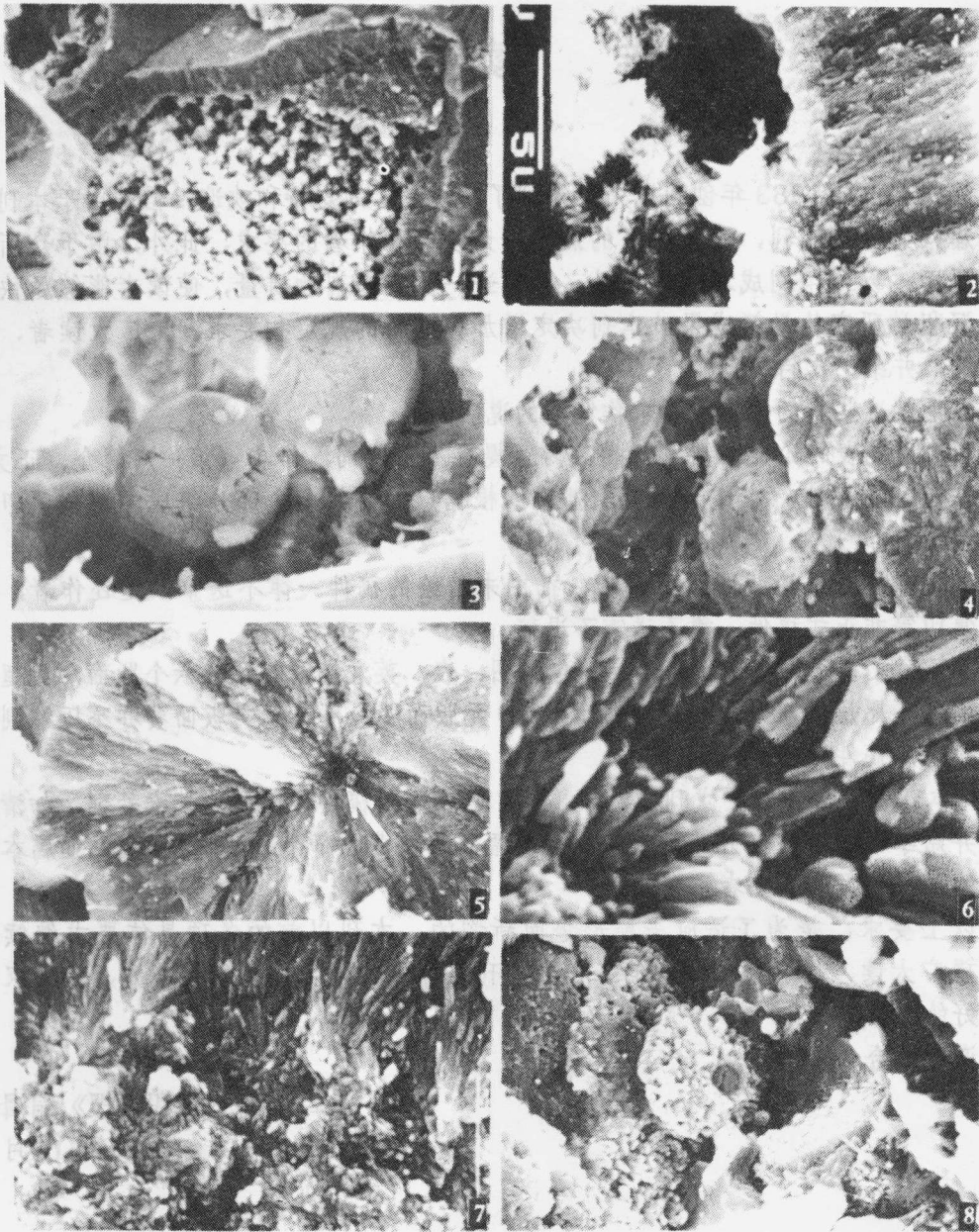
By the investigations of electron microscope, the following three stages of formation of pebble phosphorites are proposed:

(1) Stage of formation of phosphatic amorphous grain aggregates and phosphatic microcrystals which were crystallized out from sea water;

(2) Stage of formation of phosphatic pebbles;

(3) Stage of formation of pebble phosphorites.

The sedimentary environment of pebble phosphorites belongs to neritic deposit.



杨杰东 砾屑磷块岩的扫描电镜研究 图版 I

Yang Jiedong ELECTRON MICROSCOPE ON PEBBLE PHOSPORITES

1. 磷质砾屑内磷质髓球壳皮及其包裹的枝, 扫描电镜, $\times 300$; 2. 壳皮局部放大, 扫描电镜 $\times 3000$; 3. 磷质砾屑内的磷质微球和陆源粘土颗粒, 扫描电镜 $\times 1400$; 4. 磷质砾屑内的磷质微球, 扫描电镜, $\times 600$; 5. 一个打开的磷质微球内部, 扫描电镜 $\times 1600$; 6. 中心局部放大, 扫描电镜 $\times 14000$; 7. 磷质锥晶堆积体和紧密排列的磷质微晶, 扫描电镜 $\times 8000$; 8. 磷质砾屑内的疑源类化石 (中心部位), 扫描电镜 $\times 2000$.