

影响磷灰石有效磷含量的因素 及磷灰石的分类*

中国科学院地质研究所第三室

各种磷矿石具有不同的有效磷¹⁾含量已是众所共知的事实。本文主要研究决定不同有效磷量的一些有关因素和有效磷含量的变化与各种磷灰石性质的关系。这些问题在研究磷矿石磨成粉体作为磷肥直接施用的肥效时,具有实际的应用价值。

一、工作方法简述

对我国主要磷矿床的几十个标本进行了研究(另外,有摩洛哥一个标本)。为了获得纯的磷灰石矿物,进行了重液选矿及差溶法选矿。差溶法是经过多次试验而建立的。它可以去掉方解石、白云石、石膏等含CO₂和CaO、MgO的矿物,也可以将磷灰石与粘土、石英、黄铁矿、有机质及其它硅酸盐矿物分离开来。在获得纯矿物的基础上,可以提高有关磷灰石物理化学性质测定的准确性。

在物理性质方面,我们做了如下测定:(1)折光率,是用单变(变温)法在钠光下测得,误差在0.0004以内;(2)比重,用比重瓶在水中测得;(3)差热分析。

化学性质方面测定了:(1)有效磷含量。测定方法是依照中国科学院土壤研究所现在采用的方法(见本期磷矿粉中有效磷的分析和检定一文)。但是,为了更准确地对比各个磷灰石的有效磷含量的变化,必须将要分析的样品控制在相同的粒级范围。因为各种磷灰石的易碎性不同,只通过150网目的筛是没有下限的,因此,我们将它们控制在150—200网目之间。取100毫克样品在2%柠檬酸(10毫升)溶液中振荡30分钟,吸取滤液测定磷含量以占全磷量的百分数表示之。(2)矿物化学全分析。

各个磷灰石的地质产状、物理化学性质均列于表2。

二、影响有效磷含量的因素

1. 粒度:对两个纯磷灰石样品各取三个粒级分别测定了它们的有效磷含量。结果表明,其有效磷随着粒度变细而增高。但增高的幅度并不很大(见表1)。

表1 不同粒级的有效磷(绝对百分含量)

样品号	150—200目	200—250目	<250目
1	2.27	2.68	3.64
15	6.88	6.99	7.50

* 本工作是在叶连俊先生的指导下进行的,本文由周中毅同志执笔。参加工作的有黄伯龄,李继亮,陈开惠,姜善春,陈友明等。化学分析工作是由我所第六室第二组完成的。

1) 即2%柠檬酸溶性磷。

2. 化学成分：当 CO_3^{2-} 进入磷灰石晶格取代 PO_4^{3-} 的量加多时，有效磷含量也增高，也就是纯的磷灰石中含 CO_2 高则有效磷也高。与这一变化完全相应的还有： Na^+ 取代 Ca^{++} 及 $(\text{OH})^-$ 附加阴离子的增多。当这些成分上的变化加大时，有效磷增高。下面只列出 CO_2 与有效磷的关系(见图 1)。

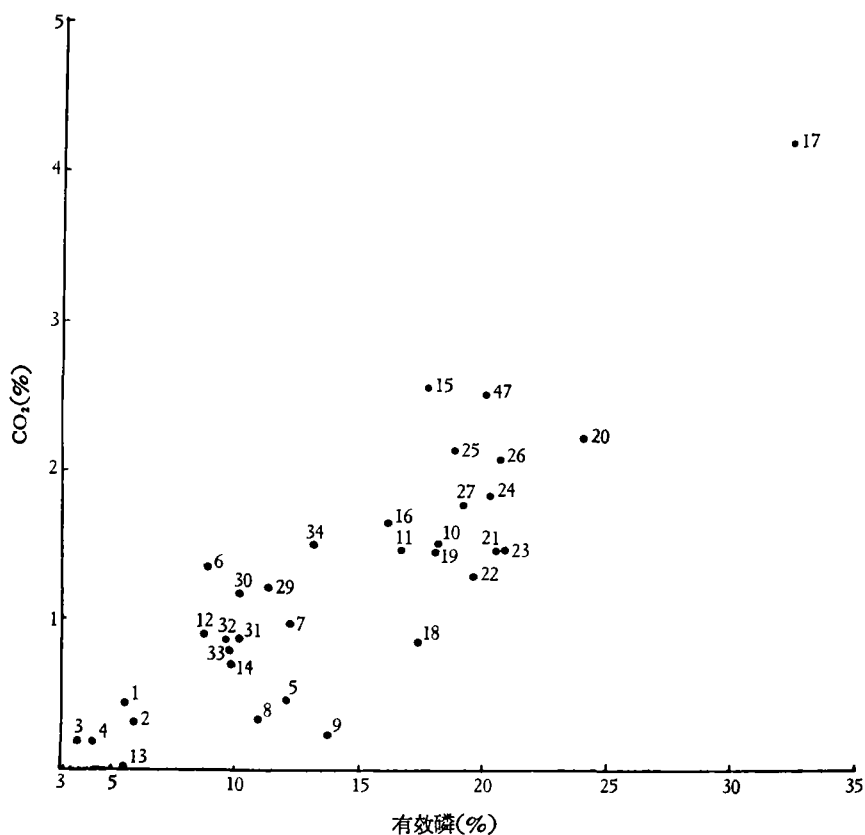


图 1 磷灰石的二氧化碳含量和有效磷的关系

3. 物理性质：影响有效磷高低的物理因素有三个：

(1) 结晶程度：结晶程度愈高则有效磷愈低。如图 2 所示，磷灰石是完全结晶的，它的有效磷最低(见表 2, 3 号标本)。结晶中等的，有效磷也是中等。如图 3 所示的隐晶质(还有部分为胶状)磷灰石。图 4 所示完全为胶状的(光性非晶质)摩洛哥磷灰石，其有效磷最高(17 号标本)。

但是有些含大量有机质、粘土等杂质的磷矿石，其磷灰石往往看不出任何结晶痕迹，但有效磷却很低，这是因为受杂质的干扰，在显微镜下看不清楚它的结晶程度的缘故。用 X 光分析可能会更好地反映出这点。

李庆逵等用 X-衍射谱线中代表磷灰石结晶性状的主峰(2.799)的峰形数据说明了结晶程度与有效磷之间的关系。现引用其数据列成表 3。

其中除了假鲕状磷块岩因有许多胶体收缩裂纹致有效磷略有偏高外，主峰的高度与有效磷成反比，而宽度与有效磷成正比。

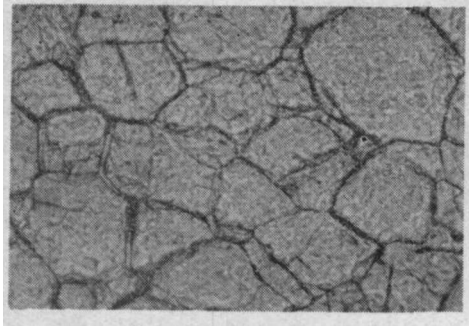


图2 结晶的氟磷灰石。3号标本， $\parallel N, \times 108.5$

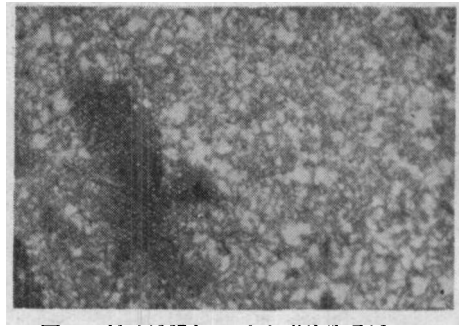


图3 低碳氟磷灰石，白色者为隐晶质，黑色者为胶状。32号标本， $+N, \times 108.5$

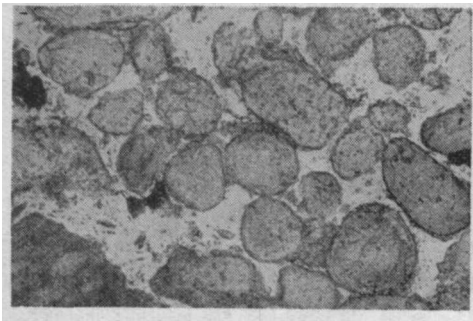


图4 胶状碳氟磷灰石。17号标本， $\parallel N, \times 33.5$

表3 X-衍射主峰与有效磷含量关系

矿石类型	主峰高度(毫米)	主峰宽度(毫米)	有效磷/全磷(%)
沉积变质磷灰岩	46.2	2.8	3.4
伟晶磷灰岩	43.0	3.0	7.5
黑色磷结核	36.0	3.5	12.1
假瓣状磷块岩	28.0	4.2	23.4
瓣状磷块岩	21.5	5.0	25.1

(2) 折光率：折光率愈高则有效磷愈低，反之折光率愈低则有效磷愈高(见图5)。

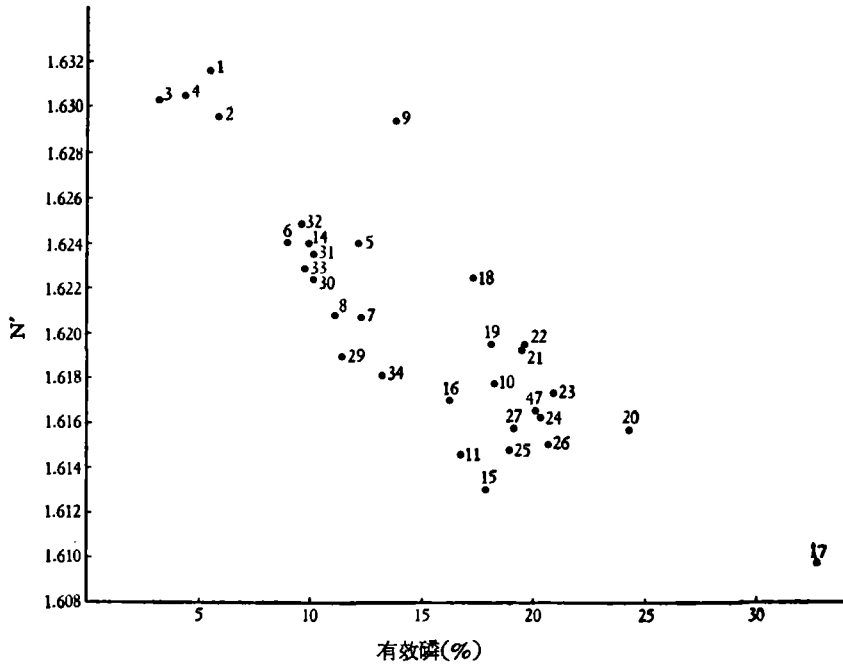


图5 磷灰石的折光率(平均)和有效磷的关系

(3) 比重：比重愈小则有效磷愈高(见图6)。

这三个因素是完全一致的。当磷灰石晶体愈疏松，其有效磷愈高。

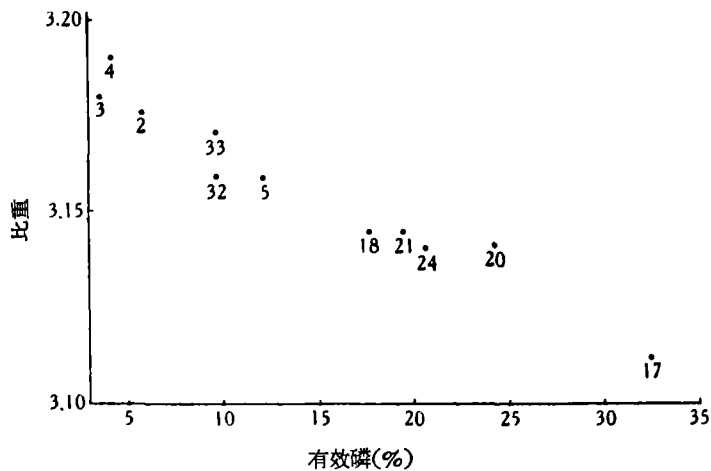


图6 磷灰石的比重和有效磷的关系

(4) 结构性质：当胶状磷灰石具有极细的裂纹时（可能是胶体凝固时发生的），可以提高有效磷含量。例如 20 号磷灰石(图 7)的裂纹较多,在相关图解上可以看出它的有效磷含量偏高。但偏高幅度不是很大的。

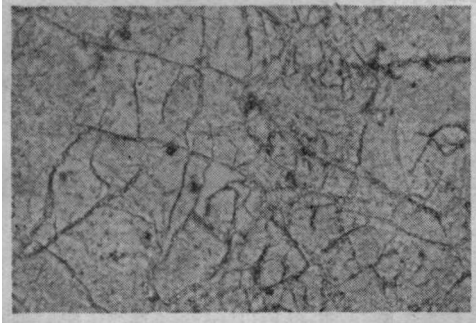
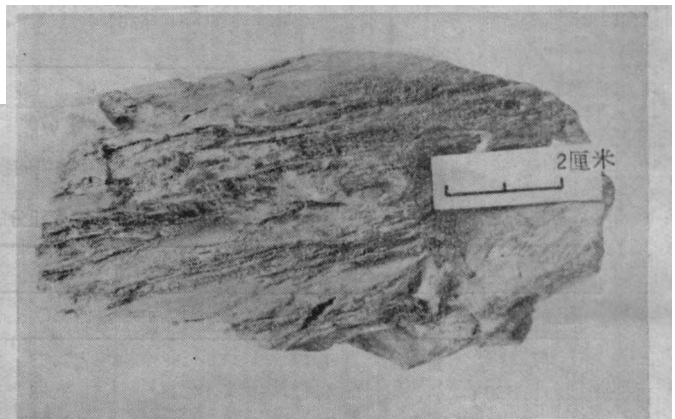
图7 胶状磷灰石的裂纹。20号标本, 11N, $\times 108.5$ 

图8 遭受过构造作用,片理化了的磷矿石。9号标本

有些矿石遭受过构造营力的作用,易于破碎,也可以使有效磷偏高。例如 9 号磷灰石(图 8)在上述两个相关图解中均可看出它的位置是向有效磷高的方面偏离。

在上述诸因素中,以磷灰石本身的物理化学性质最为主要。粒度和结构只起次要作用。

另外,在测定磷灰石的有效磷时还将受到共生矿物的影响。大量碳酸盐矿物的存在,将消耗部分柠檬酸,降低其酸度,同时也将使分析得到的有效磷偏低。在大量石英等坚硬矿物存在时,要将矿石全部磨碎到 150 网目(或 100 网目)以下,则因磷灰石比石英脆弱得多。这时磷灰石往往成了很细很细的粒子。在分析时如果没有粒度的下限,则将使测定结果偏高。因此,这类矿石分析的有效磷很高,而其可给性磷可能并不是很多。

上述诸因素可归结为两方面: 其一是磷灰石的表面积大小、表面积性质和共生矿物,

它们都可以被视为外因,其影响的程度不大,是次要的因素。其二是磷灰石晶格的本性(物理化学性质)可视为内因,是决定磷素可给性的主要因素。但是,现有磷灰石分类还很混乱,更未能解决有效磷高低的原因。因此,磷灰石的分类应提到新的高度重新考虑。

三、磷灰石的分类

磷矿床的主要矿石矿物是磷灰石,它们都含有氟^[1]。伟晶岩和变质矿床的磷灰石是近似于典型的氟磷灰石。但沉积的磷块岩中的磷灰石除了含有较多的氟(接近于氟磷灰石的含氟量)以外,往往还含有 CO₂ 及结晶水,并且在物理性质上也与氟磷灰石存在一系列差别。有人只根据它们都含有 3% 左右的 F,就都笼统称之为氟磷灰石。

我们对含 CO₂ 较高的磷灰石做了差热分析(见图 9),并且在不同温度下热处理半小时至 1 小时,然后分别测定其 CO₂ 和 F 的含量。

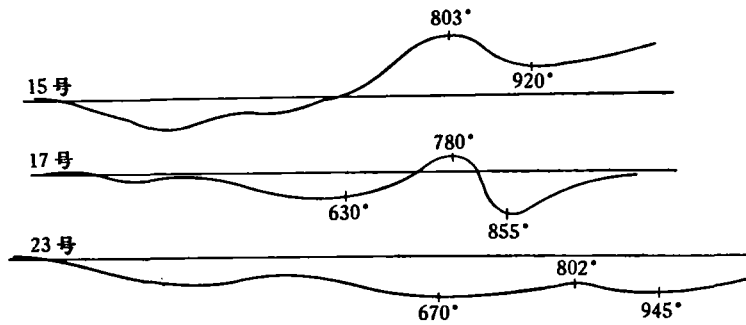


图 9 磷灰石差热曲线

表 4 热处理过程中磷灰石挥发组分的含量变化(%)

样 品 号	17		15		23	
	CO ₂	F	CO ₂	F	CO ₂	F
原 含 量	4.19	4.58*	2.55	—	1.48	—
530°C	4.12	4.38	2.88	3.54	1.12	2.77
630°C	2.45	4.37	2.85	3.58	1.30	2.77
700°C	0.64	4.36	2.08	3.58	1.15	2.78
810°C	0.73	3.59	1.20	3.35	0.80	2.75
910°C	0.62	3.58	0.72	—	0.59	1.98

* 此数据与表 1 中者非同一批分析结果,故而不同。

从表 4 可看出, CO₂ 是在 800°C 以前逐渐释放出来的,而 F 只是在 900°C 左右才开始有些释出。对灼烧后的样品进行了折光率测定和 X 射线分析都证明它们已转变成微碳氟磷灰石。因此可以认为 800°C 以前的宽广的吸热谷是因 CO₂ (还可能有 H₂O⁺) 的释出而造成。而 800°C 左右的放热峰是其晶格向微碳氟磷灰石转变所造成。900°C 左右的吸热反应可能是 F 的释出所造成(17 号样品的释出温度有所提前,在 810°C 即已开始)。这些结果都证明了 CO₂ 是进入了磷灰石晶格的。

Г. И. 布申斯基^[2,4]也曾以磷灰石含有一定的 CO₂, 用 CO₂/P₂O₅、F/P₂O₅ 比值的某些范围分出了所谓细晶磷灰石及库尔斯克石。但是自然界中产出的磷灰石往往不能就范

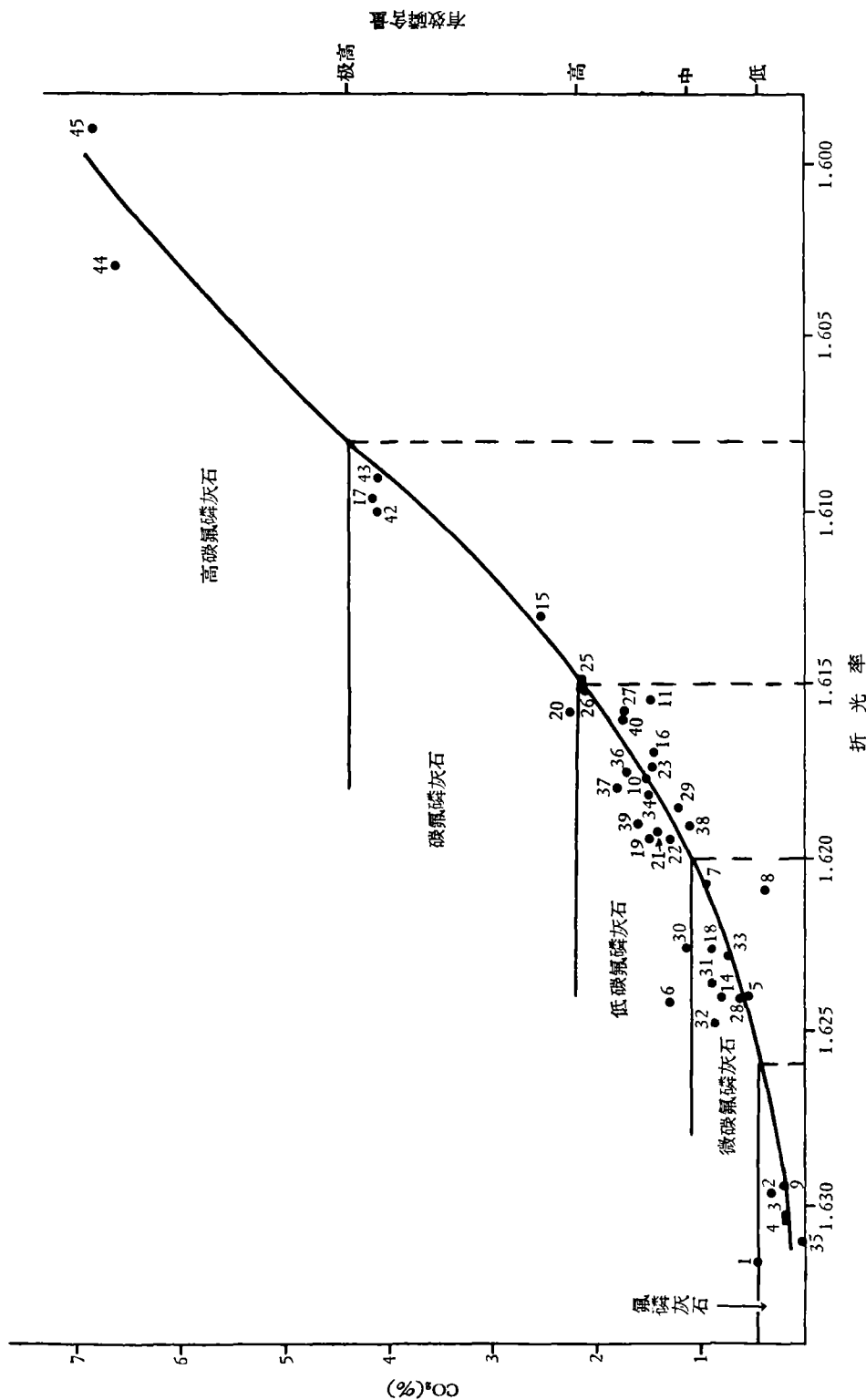


图10 磷矿床中磷灰石分类图
1—34号见表2, 35—45号引自参考文献[5]。

表5 磷矿床中磷灰石分类表

矿物名称	分子式	化学成分 (%)				折光率 (平均)	重折率	比重	晶胞参数		结晶习性	有效磷含量	地质产状	代号
		CaO*	P ₂ O ₅	CO ₂	F				H ₂ O	A ₀				
氟磷灰石	Ca ₁₀ P ₆ O ₂₄ F ₂ Ca ₁₀ P _{5.9} Co _{0.1} O _{23.9} (F,OH) _{2.1}	56.08 42.58 41.87	0.00 3.80 0.44	0.00 3.61 0.18	0.00 — —	>1.628	0.005	3.200 — 3.170	9.36 — 9.38	6.88	粒状自形 晶或柱状 伟晶	极低—低	变质的沉积磷矿层(磷灰岩) (中型矿床) 内生成因(伟晶岩等) (小型矿床)	1,2,3,4,9
微碳氟磷灰石	Ca ₁₀ P _{5.9} Co _{0.1} O _{23.9} F ₂ ⁻ Ca ₁₀ P _{5.35} Co _{0.15} O _{23.75} (F,OH) _{2.25}	56.08 41.87 40.81	0.44 3.80 1.10	0.09 — 0.45	0.09 — 0.45	1.620 — 1.628	0.000 — 0.002	3.175 — 3.130	9.345 — 9.36	6.88	他形细晶 粒及隐晶 质或胶状	低—中	轻度变质的沉积磷块岩(大型矿床) 陆地表生成因(极少量) 介质弱酸性海相沉积磷块岩 (中小型层状及结核状矿床) 往往与大量有机质共生	5,7,8,12, 18,28,31, 32
低碳氟磷灰石	Ca ₁₀ P _{5.35} Co _{0.15} O _{23.35} (F,OH) _{2.25} Ca ₁₀ P _{5.3} Co _{0.3} O _{23.3} (F,OH) _{2.5}	56.08 40.81 39.04	1.10 3.80 2.20	0.27 — 0.63	0.27 — 0.63	1.615 — 1.620	无或 极弱	3.150 — 3.135	9.33 — 9.345	6.88	隐晶质至 胶状	中—高	介质近于中性的海相沉积磷块岩 (大型层状矿床,往往产于黑色 页岩与碳酸岩层之间)	10,11,16, 21,22,27, 34
碳氟磷灰石	Ca ₁₀ P _{5.3} Co _{0.3} O _{23.3} (F,OH) _{2.5} Ca ₁₀ P _{5.1} Co _{0.33} (F,OH) ₃	56.08 39.04 35.49	2.20 3.61 4.40	0.45 — 0.90	0.45 — 0.90	1.608 — 1.615	无	3.135 — 3.112	9.31 — 9.33	6.88	胶 状	高—极高	介质弱碱性的海相沉积 (中小型矿床,往往与碳酸盐类矿 物共生)	15,17,20
高碳氟磷灰石	Ca ₁₀ P _{5.1} Co _{0.33} (F,OH) ₃ Ca ₁₀ P _{5-X} X C _(10+X) O _{23-X} (F,OH) _{3+X}	56.08 <35.49	>4.40 >3.80	>0.72 >0.72	<1.608 <1.608	无	<3.112	<9.31	6.88	胶 状	极高(?)	成岩作用中形成的磷结核(?) (中小型矿床?)		

* 包括 MgO, Na₂O.

于这些名称,在那些范围之外还有大量磷灰石存在^[3,5,6,7],而且这些名称未能明确表示出有效磷含量变化的规律。我们对大量标本的研究结果证实了它们是一连续变化系列。这一系列是因 CO_3^{2-} 在不同程度上取代了 PO_4^{3-} 而引起的,由于这一取代引起了 $(\text{OH})^-$ 的增加。这些取代都使磷灰石晶格向着疏松的方向变化。因而,很好地表明了有效磷含量变化的规律。我们建议采用的分类列于图 10 及表 5。

这一碳氟磷灰石系列的不同类别反映了它们的不同地质成因,或者是温度压力由高至低或者从弱酸性溶液至弱碱性溶液中生成的。属于前者的是典型的氟磷灰石,它的晶格紧密,折光率高,有效磷很低。属于后者的是各种碳氟磷灰石,它的晶格疏松,折光率低,有效磷很高。因此这一分类反映了自然界最主要的磷灰石的实际地质产状,反映了它们各方面性能的变化,其中也包括了有效磷含量从低到高的变化规律。

目前对磷块岩中的磷灰石还经常使用“胶磷矿”这一名称。这只是为了区别于结晶的磷灰石而在实际工作中使用的一个形态意义的简称。如上所述,这一名称包括了一系列物理化学性质不同的磷灰石。从合理利用磷矿石以及探明成矿规律的需要出发,我们认为采用本文分类表中所提的名称比较合理而确切。

在使用这一分类时,还应考虑到各种各样的具体情况。例如有些磷灰石是经过再冲刷而与碳酸盐共生的,因此会出现磷灰石种类与共生矿物不协调的现象。有时在同一块磷矿石标本中磷灰石的结晶程度就不同,只测定某一个折光率就反映不了整个矿石的有效磷含量和磷灰石种类的全貌。因而,为了全面查明磷矿粉中磷素的可给性,应当对磷矿的地质产状、矿物成分、磷灰石种类和结构性质进行必要的研究。

参 考 文 献

- [1] 叶连俊: 中国磷块岩的形成特点、矿石类型及远景评价。29—38 页(中国磷块岩的矿石类型及其分类), 科学出版社, 1959 年。
- [2] Г. И. 布申斯基(边兆祥译): 从农业使用观点论磷灰岩的矿物学分类。地质译丛, 5 期, 1—5 页, 1955 年。
- [3] 周中毅: 华北磷块岩的矿物化学。地质科学, 1 期, 25—32 页, 1960 年。
- [4] Бушинский Г. И.: Вопросы геологии агрономических руд. 49—63, 63—80, М. АН СССР, 1956.
- [5] Масленников Б. М., Кавицкая Ф. А.: О фосфатном веществе фосфоритов. Док. Ака. Нау. СССР. Том: 109, № 5, 990—992, 1956.
- [6] Озеров Р. П., Гриншпан Л. Б., Бушинский Г. И.: Некоторые рентгеноструктурные данные минералов группы апатита. Записки всесоюзного минералогического общества, ч. 85, № 3, 303—309, 1956.
- [7] Смирнов А. И.: Особенности формирования различных типов морских фосфоритов. Литология полезных ископаемых, № 5, 96—108, 1964.

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF ROCK PHOSPHATE IN RELATION TO THE PHOSPHORUS AVAILABILITY TO PLANT AND ITS CLASSIFICATION

COMPILED BY C. Y. CHOW
(*Institute of Geology, Academia Sinica*)

Summary

The present article reports the correlation of the physical and chemical properties of natural rock to the availability of phosphorus to plant in powdered phosphate rock. Results revealed that the availability of phosphorus in rock powder is much more depended on the compactness and regularity of the crystal lattice, while the graininess and the status of fissure of the rock are of secondary importance.

The writers found that there are a series of changes in the rock bed induced by the substitute of PO_4^{3-} by CO_3^{2-} in the phosphate deposit. The increasement of CO_3^{2-} in fluo-apatite increases the availability of phosphorus in natural rock. A system for the classification of rock phosphate has been suggested according its phosphorus availability.

表2 磷 灰 石 性 状 表

代 号	地 质 产 状		有效磷 物 理 性 质				化 学 性 质																
	矿 石 类 型	共生矿物(与有机质)	地 层 层 位	磷 矿 物		折 光 率	实 测 晶 体 参 数	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Na ₂ O	H ₂ O	CO ₂	S	F	分 子 式							
				结 晶 程 度	颜 色 包 裹 体												地 对 百 分 含 量	占 全 磷 百 分 含 量	No	N**	Ne	比 重	A ₁
1	块状伟晶岩	透辉石(金云母, 褐铁矿(次生))	元古界	细晶成几厘米的粒状	肉眼为浅绿色, 镜下无色	无(有2-3型裂隙)	2.27	5.50	1.6329	1.6316	1.6303	9.368	6.88	41.25	55.68	0.18	0.07	0.55	0.46	0.06	3.02	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.5}	
2	巨晶状伟晶岩	方解石(金云母, 褐铁矿(次生))	元古界	细晶成10几厘米的柱状晶体	肉眼浅绿色, 镜下无色	金云母, 方解石(有明显的两盘裂隙)	2.45	5.84	1.6315	1.6296	1.6277	3.1762	9.364	6.87	41.44	55.99	0.09	0.07	0.26	0.32	3.23	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.2}	
3	沉积变质磷块岩	石英, 白云母, 褐铁矿及绿帘矿(次生)	元古界	细晶0.1-0.2毫米的粒状	无 色	无	1.52	3.62	1.6325	1.6303	1.6281	3.1804		41.94	55.75	0.09	0.10	0.38	0.18	0.03	3.31	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.5}	
4	沉积变质磷块岩	石英, 白云母, 褐铁矿(次生)	元古界	细晶0.1-0.2毫米的粒状	无 色	无	1.78	4.27	1.6320	1.6305	1.629	3.1938	9.368	6.88	41.59	55.70	0.18	0.07	0.21	0.18	0.08	3.41	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.2}
5	硅质胶泥状磷块岩(轻度变质)	石英, 蛭石	早震旦系?	隐晶质0.005-0.02毫米不规则粒状	镜下为很浅的褐色	石英, 蛭石	4.91	12.11	1.624			3.1588	9.363	6.88	40.53	56.12	0.19	0.08	0.59	0.47	0.04	3.40	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.2}
6	铁硅质胶泥状磷块岩	石英, 水云母, 褐铁矿	下震旦系	胶状, 少数为隐晶质	镜下为褐色	水云母, 褐铁矿	3.58	8.97	1.6241			9.358	6.88	39.88	55.84	0.20	0.33	0.50	1.34	—	3.32	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.5}	
7	水云母质胶泥状磷块岩	石英, 水云母	上震旦系 Sm1	胶状, 极少数为隐晶质	很浅的褐色	水云母, 石英	4.88	12.21	1.6207			9.340	6.88	39.94	55.86	0.30	0.31	0.63	0.97	—	3.41	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.4}	
8	白云母质胶泥状磷块岩	白云母, 石英, 褐铁矿, 赤铁矿(?)	Sn	胶状及少数隐晶质	无 色	褐铁矿	4.77	11.17	1.6208			40.72	55.75	0.09	0.33	0.66	0.36				3.02	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.2}	
9	水云母质胶泥状磷块岩	石英, 水云母, 褐铁矿	Sn1	胶状及少数隐晶质	无 色	褐铁矿, 水云母	5.72	13.80	1.6294			41.43	55.82	0.28	0.15	0.55	0.24				2.65	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.3}	
10	石英质胶泥状磷块岩	石英, 水云母	下寒武系 Cm ₁	胶状及少数为皮壳状隐晶质(有胶体收缩裂纹)	无 色	水云母	7.23	18.20	1.6178			39.71	55.71	0.09	0.26	0.61	1.52	0.08			3.42	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.5}	
11	石英质胶泥状磷块岩	石英, 粘土(水云母)	Cm ₁	胶状, 小部皮壳状隐晶质, 还有另种粒状隐晶质	浅 褐	水云母, 褐铁矿	6.62	16.73	1.6146			9.347	6.871	39.57	55.54	0.09	0.26	0.90	1.47	0.16	3.49	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.4}	
12	磷结核	方解石, 粘土, 石英, 有机质, 黄铁矿	Cm ₁	胶 状	因有机质呈深棕色	有机质粘土	4.62	8.76*				40.50	55.07	0.70	0.05	0.78	0.94				3.37	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.5}	
13	层状磷结核	白云母, 黄铁矿, 粘土, 有机质	Cm ₁	胶 状	褐色至黑色	粘土, 有机质	3.07	5.56*				42.37	55.32								3.99	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.5}	
14	磷结核	云母状粘土, 石英, 有机质	Cm ₁	胶 状	褐色	粘 土	5.02	9.95*	1.624			40.18	56.07	0.38	0.05	0.56	0.70				3.55	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.3}	
15	石英质胶泥状磷块岩	石英, 粘土, 褐铁矿	Cm ₁	胶状(有胶体收缩裂纹)	褐色	粘 土	6.88	17.82	1.6130			9.326	6.88	38.59	55.22	0.70	0.27	1.29	2.56		3.23	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.4}	
16	磷结核	石英, 粘土, 褐铁矿(次生)	二迭系?	胶 状	浅褐色	粘 土	6.33	16.20	1.6170			9.336	6.88	39.50	55.30	0.10	0.33	0.77	1.65	0.24	3.64	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.5}	
17	泥灰质胶泥状磷块岩	石英, 方解石, 褐铁矿, 粘土	第三系 N	胶状(有胶体收缩裂纹)	浅褐色	粘 土	11.80	32.51	1.6097			3.1174	9.310	6.88	36.30	54.38	0.08	0.56	2.12	4.19	4.09	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.4}	
18	石英质胶泥状磷块岩	石英, 粘土, 重晶石, 有机质	下寒武系 Cm1	胶 状	茶褐色	粘 土	7.10	17.37	1.6225			3.1456	9.366	6.89	40.86	55.53	0.33	0.40	0.61	0.86	0.09	3.84	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.2}
19	石英质胶泥状磷块岩	石英, 水云母, 黄铁矿	上震旦系上部 Sn1	大部为胶状, 少数为隐晶质, 多裂状	很浅褐色	水云母	7.51	18.01	1.6194			9.336	6.88	39.68	55.67	0.18	0.21	0.70	1.47		3.59	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.4}	
20	水云母质胶泥状磷块岩	石英, 黄铁矿	上震旦系上部 Sn1	” ”	很浅褐色至无色	铁的氢氧化物	9.39	24.19	1.6158			3.1412	9.323	6.88	38.81	55.06	0.70	0.36	0.84	2.25		3.39	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.4}
21	含石英胶泥状磷块岩	石英	上震旦系下部 Sn1	大部胶状, 少数隐晶质	无 色	无	7.90	19.55	1.6192			3.1452	9.340	6.88	40.39	54.40	0.20	0.36	1.28	1.45		3.32	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.4}
22	石英质胶泥状磷块岩	石英, 黄铁矿, 水云母	上震旦系下部 Sn1	大部胶状, 少数隐晶质	无 色	水云母	7.90	19.66	1.6194			9.336	6.88	40.17	54.90	0.18	0.21	1.06	1.31		3.73	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.4}	
23	水云母质胶泥状磷块岩	水云母, 褐铁矿	上震旦系下部 Sn1	大部胶状, 少数隐晶质	无 色	水云母	8.27	20.92	1.6174			9.340	6.876	39.52	55.07	0.19	0.32	1.37	1.48		3.42	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.5}	
24	含石英胶泥状磷块岩	黄铁矿及褐铁矿	上震旦系下部 Sn1	大部为胶状, 但有相当部分为隐晶质	无 色	铁的氢氧化物	7.90	20.36	1.6164			3.1406			38.82	55.23	0.32	0.32	1.57	1.92		3.18	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.2}
25	水云母质胶泥状磷块岩	水云母	上震旦系下部 Sn1	绝大部分为胶状, 个别为隐晶质	无 色	水云母	7.33	18.84	1.6149			9.329	6.87	38.89	55.34	0.17	0.46	1.00	2.19		3.33	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.5}	
26	水云母质胶泥状磷块岩	水云母, 黄铁矿, 褐铁矿	上震旦系下部 Sn1	大部为胶状, 少数为隐晶质	浅褐色至无色		8.07	20.67	1.6151			9.329	6.872	39.05	55.36	0.17	0.36	0.93	2.11		3.51	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.4}	
27	水云母质胶泥状磷块岩	水云母	上震旦系下部 Sn1	大部为胶状, 少数为隐晶质	无 色	水云母	7.55	19.10	1.6158			9.323	6.88	39.52	55.39	0.08	0.37	0.73	1.84	SO ₄ ***	3.55	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.5}	
28	表生柱状磷灰石	无	中泥盆系	0.1-0.9毫米的晶粒	无 色	无	1.6252	1.6243	1.6231			9.300	6.88	40.50	55.80	0.27	0.16	0.55	0.69	0.07	3.37	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.5}	
29	水云母质胶泥状磷块岩	水云母, 有机质	中泥盆系	胶 状	褐色	水云母及有机质	5.88	14.84*	1.6189			39.73	55.32	0.38	0.21	0.87	1.20	0.24			3.53	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.4}	
30	胶泥状磷块岩	高岭石, 硬石膏, 有机质, 石膏, 褐铁矿	中泥盆系	大部为胶状, 少数为隐晶质	褐色至无色	有机质, 铁的氢氧化物	5.31	13.08*	1.6225			9.347	6.876	40.58	55.32	0.29	0.14	0.33	1.18	—	3.37	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.5}	
31	粘土质胶泥状磷块岩	粘土, 黄铁矿	中泥盆系	大部为隐晶质, 少数为胶状	无 色	粘 土	5.29	13.19*	1.6256			40.70	54.95	0.19	0.23	0.52	0.86	0.48			3.56	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.5}	
32	粘土质胶泥状磷块岩	黄铁矿, 粘土	中泥盆系	大部为隐晶质, 少数为胶状	浅褐色至无色	粘 土	5.09	12.48*	1.6249			3.1588	9.360	6.90	40.97	55.15	0.27	0.15	0.45	0.86	0.15	3.47	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.4}
33	水云母质胶泥状磷块岩	水云母, 有机质	中泥盆系	绝大部分为隐晶质	无 色	有机质, 水云母	5.14	12.64*	1.6228			3.1704	9.340	6.87	40.92	55.39	0.27	0.14	0.42	0.80	—	3.55	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.5}
34	方解石质胶泥状磷块岩	方解石, 石英, 有机质, 粘土	中泥盆系	胶 状	褐色	有机质, 粘土	6.84	17.09*	1.6181			40.16	55.36	0.19	0.27	0.64	1.50	0.18			3.11	Ca ₁₀ P ₆ F ₂ O ₁₃ (OH) _{1.4}	

* 这几个样品的粒径在200目以下, 所测得有效磷含量, 在换算时乘了一个校正系数0.77。 ** 结晶的磷灰石 N = $\frac{No+Ne}{2}$, 胶状的或隐晶质的磷灰石是由测定的几个折光率用加权平均而得出的 N。 *** 以下几个样品是 SO₄ 的分析数据。