

中国磷块岩的形成特点 矿石类型及远景评价

中国科学院地質研究所

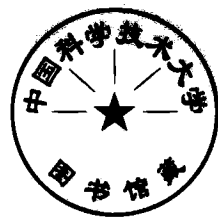
沉 积 室 磷 矿 組

(内部發行·注意保存)

科 学 出 版 社

中国磷块岩的形成特点、 矿石类型及远景评价

中国科学院地质研究所沉积室磷矿组



科学出版社

1959

內 容 簡 介

本书系中国科学院地质研究所沉积室的集体研究成果，共包括三篇关于我国磷块岩矿床的論文。它阐述了我国磷块岩的成因类型、分布规律和找矿远景等问题，对于目前我国地质大军为了开发农业磷肥资源而进行的找寻磷矿的工作将有很大的裨益。

本书适合于地质工作者和野外地质人员的参考。

中国磷块岩的形成特点、矿石类型及远景评价

中国科学院地质研究所沉积室磷矿组

*

科学出版社出版 (北京朝阳门大街 117 号)

北京市书刊出版业营业许可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 科学出版社发行

*

1959 年 3 月第 一 版 書号: 1695 字数: 51,000

1959 年 3 月第一次印刷 开本: 787×1092 1/18

(京) 0001—1,500 印张: 3 插页: 8

定价: 1.50 元

前 言

我們对磷矿床的研究工作开始于1956年。到1957年为止,先后对安徽凤台磷矿,宿松磷矿,江苏海州磷矿及貴州遵义磷矿进行了工作。参加这些工作的有叶連俊、沈丽琪、楊哈莉、陈友明、陈先沛、王振江、周中毅等。1958年苏联科学院地質研究所 Г. И. 布申斯基博士来我国,于4月19日由叶連俊、陈先沛、王振江、周中毅、唐天福、邹采杼及地質部矿物原料研究所的郑直、陈从云、王亚烈、王忠福、乔仁术、黄兴根等协同到中国已知的几个重要磷矿床进行了为期四个月的实地調查。在調查工作的过程中,蒙各地質局、队,党政领导的大力支持,得到了各勘探队及有关厂矿地質工作同志們的大力协助。

在这次出差之前,为了有效地作好工作設計,由叶連俊、陈先沛、王振江、唐天福、邹采杼等研究了已有的标本和薄片,并且根据以往工作的經驗分析了已有的报告和資料,由叶連俊执笔写成“中国磷块岩矿床的若干特点及找矿远景”一文。

8月18日野外工作結束,回到北京,由布申斯基、叶連俊、陈先沛、楊哈莉、王振江、周中毅、唐天福、邹采杼开始进行室内整理。地質部矿物原料研究所的陈从云、王忠福、乔仁术、黄兴根、王亚烈等同志亦参加了部份的工作,初步整理的結果由布申斯基博士写成“中国磷矿形成分布的規律及今后需要研究的問題”,其中成矿远景預測图是由叶連俊編制的。

此后,便开始了矿石物質組成及有关岩石学的研究工作,写成了“中国磷块岩的矿石类型及其分类”的报告。参加这项工作的除叶連俊、陈先沛、楊哈莉、王振江、周中毅、唐天福、邹采杼外还有沉积室的全体同志,中心分析室及物理室的一部份同志。

这三篇报告都只是阶段性的研究总结,很多工作都未做完,所以錯誤和不当地方一定是很多的。其中的附图很多也都帶有草图的性質,本来不到出版的程度,但是为了配合目前找矿的需要,把这些初步材料提前付印,供大家参考和批評,还是有益的。我們热烈的希望大家的指正。

目 录

前 言

中国磷块岩矿床的若干特点及找矿远景.....叶連俊(1)

- 一、緒言
- 二、磷块岩的成因学說
- 三、中国磷块岩的特点
- 四、中国磷块岩的形成条件
- 五、中国磷矿的找矿标志
- 六、中国主要磷矿的分类
- 七、中国磷块岩的成矿区域及远景地区
- 八、幾項建議

(附图版十二幅、古地理岩相略图二幅)

中国磷矿形成分布的規律及今后需要研究的問題.....

..... Г. И. 布申斯基 叶連俊 郑直(19)

- 一、引言
- 二、中国磷块岩的岩石类型和化学类型
- 三、地层上的規律
- 四、岩石上的規律
- 五、构造上的規律
- 六、中国沉积层的含磷远景
- 七、进一步研究中国磷块岩的問題

(附中国东部奥陶紀前磷块岩成矿远景預測图)

中国磷块岩的矿石类型及其分类.....叶連俊(29)

- 一、中国磷块岩的形态和构造
- 二、矿石的結構
- 三、矿石的品位和化学成分
- 四、矿石的矿物組成
- 五、矿石的再生变化
- 六、磷块岩的成因
- 七、中国磷块岩的分类

(附图版 10 幅共計 41 幀)

中国磷塊岩矿床的若干特点及找矿远景

叶 連 俊

一、緒 言

农业的跃进发展,使磷肥资源成为目前急待解决的问题之一,这是提高单位面积产量的重要手段。

根据 E. B. 奥尔洛娃 1949 年的统计,磷矿的世界储量(不包括苏联及中国)是二百八十七亿六千万吨,其中 98.7% 是磷块岩矿床,1.3% 是磷灰岩矿床,这些储量的分配是美洲各国占一百四十二亿八千万吨,非洲各国占一百四十二亿吨,磷矿资源有 90% 是用以做农肥原料,有 5—10% 用于化学等其他工业。亦可見磷肥在农业上的重要性。

中国磷矿资源十分丰富,但是在解放以前,对于磷矿的研究程度很差,掌握的储量很少。根据 1949 年赵家驥等的统计,解放前全国总储量包括海州、昆阳、凤台及南海諸島的矿床总计尚不到五万吨。虽然云南的农民在很久以前就知道了利用昆阳一带的磷矿作肥料,但是地质工作者对磷矿的研究却是直到 1926 年才开始。1919 年发现了海州磷矿,1920 年由商民开采,当时主要是开采锰矿,后来才发现了磷矿。1922 年刘季辰到此区作地质调查,但未正式对磷矿进行工作。地质工作者对磷矿床正式调查研究可以说是自 1926 年才开始,1926,1931,1939 年朱庭祐、王曰倫、程裕淇等先后调查了昆阳磷矿,1928 年朱庭祐调查了南海諸島的島嶼磷矿,1935 年张祖还调查了海州磷矿,1947 年赵家驥发现了凤台磷矿,1949 年曹国权调查了南京附近的磷矿,后来又在浙江福建等地发现了同一类型的矿床,1951—1953 年間地质工作者在四川西部,貴州北部及西康地区发现了若干新的磷矿床,1953 年宿松长溪小学教员发现了当地的前寒武纪磷灰岩矿床。1954 年正式开始了磷矿床的勘探工作,至 1957 年止已勘查了 250 余个矿床,目前已勘探的储量较解放前增长了数十倍。目前磷矿报矿地点已有 285 个以上,将来这些地点經进一步查明后,总的储量必仍将繼續增加。

从总的情况来看,中国的磷矿储量是相当丰富的,问题是目前已经探明的几个工业矿床都分布在西南及华南地区,在华北,西北及东北的广大农业地区内尚无工业矿床被发现。磷矿原料远运势必增加成本,对农业发展不利,所以这个地区分布不平衡的现状,看来是目前中国磷矿资源的一个最尖锐的问题。因此,我們当前的任务就是需要及早的掌握中国磷矿床的形成条件和分布规律,以便指出远景地区,指导普查找矿。中国科学院地质研究所在过去一两年来曾开始了对中国磷矿床的研究,工作的结果使我們認識到中国磷矿床在形成条件上具有若干特点,不掌握这些特点,便无法

掌握其分布規律,指明远景地区。但又由于国家对磷肥的急需,又不允許我們按常規来进行工作。因而在这次接受任务之后,我們便着手对中国已有的磷矿方面的地質勘探資料結合过去一两年来的实际經驗和資料,进行了初步的綜合分析,希望找出关键問題和关键地区来設計我們的工作步驟。本文就是我們經過研究分析后所得到的一些这方面的意見,这也可以說就是我們的工作設計說明,由于具体資料了解的不够充分和全面,錯誤的地方在所难免,希望大家指正,討論。

我們認為磷块岩或其变質的产物磷灰岩,不是別的,正是沉积岩的一个特殊的相,也就是說,它是一个沉积分异的产物,是在某一特定地質条件下的产物。既然是一个沉积相,它就受古地理条件的約束,古气候的控制,陆相或海洋水体相对活动程度的約束。既然是一个沉积相,它就必須有它自己特定的地球化学的和生物地球化学的条件,特別磷是一个生物元素,所以它就必須与生物作用起着密切的联系,这和化学条件——不論是地球化学条件或生物地球化学条件一样,就必須是曾經受着气候条件的制約的。这就是我們分析本問題的思想基础,以下的討論就是这样出发的。

二、磷块岩的成因学說

(一)磷的地球化学性质

磷的原子序数是 15, 原子量是 30.98, 原子价有 P^{3+} , P^{5+} , 它是亲鉄元素, 但有显著的亲石元素的性质, 在地壳上部磷是亲氧元素。

磷的克拉克值是 0.11—0.13, 它在各种岩石中的一般含量如下:

A. 据戈尔德施密德(1937):

金属相隕石	1,800 克/吨
硫化物相隕石	3,000 克/吨
矽酸盐相隕石	700 克/吨
岩浆岩	1,200 克/吨

B. 据庫尔沙柯夫, P_2O_5 百分含量:

花崗岩	0.235
正长岩	0.345
輝长岩	0.401
碱性輝长岩	0.515
霞石岩	0.930
长英岩	0.111
橄欖岩	0.010

B. 据斯图克, P_2O_5 百分含量:

砂岩	0.08
紅粘土	0.30
頁岩	0.17
石灰岩	0.04

磷在火成岩中是广泛分布的微量元素, 90 % 均成磷灰石存在。在硷性深成岩中磷灰石有时成为主要组分。在伟晶岩热液的磷灰石矿床中常含多量的稀土元素如铈、铍等。

磷在碳酸水及富有机质水中溶解成为硷性磷酸盐或胶体磷酸钙, 在还原环境及弱硷性介质中沉淀。在浅海中 $\text{CaCO}_3 : 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 100 : 1$ 到 $200 : 1$, 即所生成的沉积每立方米中约有 50—80 克碳酸钙, 而磷酸钙却只有半克。磷酸盐的溶解度低, 故较 CaCO_3 先沉淀。F 有促使磷沉淀的作用。由生物腐败所生的 NH_3 可溶解磷酸盐。

淡水中无磷酸盐沉积, 前人的资料磷块岩一般不与石膏、硬石膏、含石膏的白云岩、硫酸盐及氯化物共生。磷块岩经常含黄铁矿, 有机质, 及海绿石, 但没有与菱铁矿共生的纪录。

岩浆矿床中的磷灰石常与磁铁矿, 钛磁铁矿, 钛铁矿, 榍石等伴生, 虽然 P 与 Ti 的化学性质并不相同。其中磷灰石主要为氟磷灰石。

根据特罗麦尔 (Tromel 1932) 的研究, $\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5$ 系的矿物有四种:

- | | |
|---|---|
| (1) $\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ | (3) $3 \text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ |
| (2) $2 \text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ | (4) $4 \text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ |

P 在伟晶岩特别是热液岩石中常造成许多稀有的矿物, 如:

(1) 花岗岩及花岗伟晶岩中:

独居石 $\text{Ce}(\text{PO}_4)$ 26—30 % P_2O_5

磷钇矿 $\text{Y}(\text{PO}_4)$ 29—35 % P_2O_5

(2) 霞石正长伟晶岩:

磷钠铍石 $\text{NaBe}(\text{PO}_4)$

磷铁锰矿 $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+})_2[\text{F}, \text{PO}_4]$

锂蓝铁矿 $\text{Li}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+})(\text{PO}_4)$

磷铝石 $\text{Li}_3\text{Al}[(\text{F}, \text{OH}), \text{PO}_4]$

在磷灰石的结晶构造中亦可有其他阴离子如 Cl, F, OH 或 CO_3 进入。因而造成氟磷灰石, 氢氧磷灰石, 氟磷灰石, 碳磷灰石等。

磷灰石中之 PO_4 可被 $[\text{AsO}_4]$, $[\text{VO}_4]$, $[\text{SO}_4]$, 及 $[\text{SiO}_4]$ 所代替, Ca 可被 Na, K, Sr 及 Mn 代替。

(二) 磷块岩的成因学说

关于磷块岩形成学说的讨论早在上世纪的 40 年代已经开始。1845 年俄国的凯兹尔林格 (A. A. Кейзерлинг) 首次提出生物遗体分解成因说, 其后莱伊尔 (Lyell 1855), 卡耶 (L. Cayeux 1877), 多布利 (Daubree 1868), 柯奈特 (Cornet 1886) 等人都讨论了磷块岩的成因。卡耶 (1877, 1897) 认识到磷块岩的形成与海底升降运动、海浸有关。从上世纪的 80 年代到这个世纪的初期生物成因学说始终占着统治地位, 如噶尔诺 (Carnot 1896), 賈底幼 (Chateau 1897), 罗赛尔 (Roussel 1910), 萨莫伊洛夫 (Samoilov 1912) 都是的。阿尔汉格尔斯基 (A. Д. Архангельский) 发展了生物成因说, 并提出了磷块岩的形成与沉积间断有关, 但是在 1923 年以后, 阿尔汉格尔斯基又放弃了生物成因说。在此时期, 从 1892 年起, 在一些美国学者之间则淋漓交代说

占着上风。

十九世紀末叶到二十世紀初期的年代里，广泛的采用了海洋学的資料来闡明磷块岩的成因学說。英国的穆雷和雷納尔 (Murray & Renard 1891), “Challenger” 号船的参加者，认为磷块岩的形成乃系由于在寒流与暖流相会处，或在不同盐份的洋流相遇处，浮游生物的大量生殖和死亡，供給了磷質，因而形成了磷块岩。1908 年穆雷和菲尔坡 (Phillipi) 注意到了南非开普敦 (Cape-town) 附近海岸的磷块岩結核的緩慢形成作用。与磷块岩成因学說的研究有着重要作用的还应该提到的是 30 年代前海洋学家們对磷質在海洋盆地中运移規律的了解。1923 年 W. R. 阿特金 (Atkins) 对英吉利海峡作了系統的研究。德国深海考察船 “Meteor” 号的参加者沃尔斯特 (Wurst 1927, 1928, 1932), 瓦登堡 (H. Wattenberg 1926, 1927, 1936), 及霍柴尔 (H. Heuschel 1927—1931) 研究了大西洋海盆地中磷質的运移及分布。苏联的海洋学家奇惹力 (Chigiriu 1930) 詳細地进行了黑海的研究，克力浦斯 (Kreps 1932) 和布罗維 (S. Bruevich 1930) 等对北海及巴倫支海进行了詳細的研究。

另外一方面的工作是关于碳酸鈣，氢氧化鉄，錳，鋁及磷酸盐沉淀的物理化学条件的試驗研究，与此有关的是基伊 (H. Gee 1932), 瓦登堡 (1936) 关于海水中碳酸鈣的化学平衡問題的研究，及卡查科夫 (A. Kazakov 1937) 关于磷酸鈣系 $\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{H}_2\text{O}-\text{F}$ 的化学平衡的研究。霍柴尔 (1923), 亨德力克 (Hendricks 1931), 索蒙諾娃 (Soymonova 1935), 卡查科夫 (1936) 用 X-射綫研究了磷块岩中含磷矿物的結晶构造。安德樂諾夫 (Andrianov 1936—1937) 做了磷块岩的热分析。康迭 (Condit 1928), 布劳生 (Brauson 1932) 对磷块岩的古地理作了研究。

此外是納利夫金 (Д. В. Наливкин 1932) 及卡查科夫 (1936) 关于“磷块岩相”的創立。

G. R. 門斯費爾 (Mansfield, 1931) 认为美国西部的二迭紀鲕状磷块岩是在含 H_2S 的封閉海盆地中在还原的条件下形成的，磷質的来源是生物遗体，氟对磷的沉淀起了促进作用。

1937 年卡查科夫发表了他的关于磷块岩沉积是古地理及海文条件下的产物的意見，认为磷块岩不形成于淡水陆相盆地，含 H_2S 的半局限性海洋地区，高盐度的殘余干涸海盆地，含磷岩系中不含石膏，含石膏的白云岩，硫酸盐及氯化鉀，氯化鈉等，磷块岩生成于浅海陆棚带，其深度不超过 200 米，在潮汐带及深海地区均不生成磷块岩，故磷块岩相的共生相組合一边是浅海陆源碎屑沉积，一边是碳酸岩沉积，大的磷块岩生成的地区常与大洋深海相通連，封閉海盆地及伸入大陆很远的海峡地区不生成磷块岩，离海岸近的地区生成的磷块岩常呈結核状，离海岸远的地区生成的磷块岩常呈层状。

別茲庫科夫 (P. L. Bezukov 1937) 研究了烏拉尔西坡下二迭紀阿尔丁斯克組的磷块岩之后得出結論說：磷块岩与下伏岩层的接触关系常为不連續或不整合，在陆源碎屑岩沉积区及碳酸盐的間断性沉积区内均无磷块岩形成。磷块岩常形成于下伏石灰岩层的凸起处，此等凸起乃由磷块岩沉积前之輕微的昇降及侵蝕作用形

成。磷块岩层上下的石灰岩常为白云岩化灰岩或即为白云岩，并常含黑色燧石条带。

E. B. 奥尔洛娃对北非和北美的磷块岩矿床的形成条件作如下解释：古地理环境为海峡，当时陆地气候炎热干燥，大陆地形平坦，带入海中的碎屑物少，大陆的邊緣沉积了紅色岩层。北非及北美的矿床是海槽沉积，以后海槽封閉沉积了石膏等，这些形成磷块岩的时期常是有地壳升降运动的造山时期。她认为磷块岩的形成与长期沉降所引起的規模巨大的海侵系无关，而与为时短暂的小的沉降有关。

布申斯基 (1952) 认为磷块岩是在盐度正常或近于正常的浅海中生成的，其深度在 50—200 米的地方，在大量生物遗体 (主要为浮游生物) 分解的条件下生成的。在热带浅海中生成珊瑚礁，介壳灰岩，鲕状灰岩，不生成磷块岩，在寒带海洋地区亦无磷块岩生成。而在温暖气候区，在开口海峡的低洼处，在静水开闊海洋的陆棚带常生成磷块岩。布申斯基认为磷块岩的找矿标志是：1) 温暖或炎热气候条件下正常盐度的浅海沉积 (50—200 米)；2) 沉积系的主要成分是粘土质，碳酸盐或砂质碳酸盐的 (磷块岩矿层的直接围岩则常为海綠石砂质的或粘土质的)；3) 沉积間断以上的沉积速度慢的海侵系的底部。而否定的标志则为：1) 陆相沉积，含石膏及岩盐的沉积；2) 珊瑚礁，石灰质海藻礁，貝壳灰岩；3) 沉积迅速的地槽区；4) 北极海的沉积区。

磷块岩形成学說 [依 Kazakov 1937]

I 地表富集	成因类型	創 立 者
	1. 陷穴静积 (残积矿床)	Shaler (1870)——研究了美国 S. Carolina 的矿床; Brenton (1887), Cornet (1887)——研究了法国 Somme 矿床; Hayes (1898), Samoilov (1914), Blackwelder (1916), Hummel (1924), Graham (1925)——研究了美国 Florida 及 Tennessee 矿床; Blackwelder (1916)——研究了比利时 Mons 矿床
II 生物成因的	2. 淋滤交代下伏碳酸盐岩	Hayes (1902), Samoilov (1914), Seleards (1913), Rogers (1915)——研究了島嶼磷矿床
	3. 直接由小动物的骨骼形成	Lyell (1885), Daubree (1868)——研究了法国 Pas de kapis 矿床; Cornet (1886)——研究了德国的矿床 Colletet Lee (1905)
	4. 生物成岩沉积	{ Murray (1891, 1898, 1908) Arhangelsky (1909, 1911) Breger (1911)
	a. 鳃游生物	
	b. 浮游生物	
	c. 底棲生物	
III 海学水沉积	5. 干涸过饱和沉积 (高盐度型)	Condit (1928)——研究了美国西部二迭紀矿床
	6. 深海水上升区的陆棚沉积	Kazakov (1934—1937)

从以上磷块岩成因学说的历史回顾中,可以看出,地质学家们对磷块岩的成因并未得到统一的见解,似乎还没有一种学说能够完整无缺的解释了磷块岩的形成和分布规律。但其中却有共同的论据和事实,那就是:

- 1) 磷块岩为浅海沉积;
- 2) 磷块岩系常直接位于沉积间断之上;
- 3) 磷块岩系位于海侵岩系的底部;
- 4) 磷块岩的物质来源直接间接都与生物作用有关;
- 5) 磷块岩的形成与海水中的 CO_2 含量有关;
- 6) 磷块岩的形成与海水的动力条件有关;
- 7) 磷块岩的形成与气候条件有关;
- 8) 磷块岩的形成与沉积速度,即地质构造条件有关;
- 9) 磷块岩形成于还原条件下;
- 10) 含磷岩系中常含粘土岩,海绿石石英砂,砂质岩,白云岩或白云化石灰岩。

三、中国磷块岩的特点

(一) 中国磷块岩在时代和地理上的分布

中国的磷块岩在地质时代上的分布是十分广泛的,几乎每个古生代的海相地层中都有磷酸盐化岩层或磷块岩的存在。个别地区的中、新生代地层中也有含磷岩层,但具有经济价值的还未被确定。

(1) 上元古界云台片岩系中的变质磷块岩见于东海、宿松、孝感,以及湖南西北部、江西修水流域和武功山西北部的若干地点。在华北燕山一带的桑干系地层分布区域内也有数处情报地,丰镇集宁磷灰石产地很有可能是这一类型矿床的标志。在朝鲜民主主义人民共和国境内黄海北道的永柔,于相当辽河系的地层内发现了巨大的磷灰岩矿床,所以在东北地区的南部很有发现此一类型磷块岩的可能性。在凤城一带的辽河系中前曾有过发现磷灰岩的报道。

(2) 下震旦系南陀冰碛层的下部砂页岩内,在江西修水有磷酸盐化的岩层。

(3) 下震旦纪陡山沱系顶部的磷块岩见于开阳,襄阳,鹤峰,石门,沅陵,三江,澧江,宜昌,秭归,兴山等地。陡山沱系下部的页岩中含磷块岩结核,见于宜昌杨家河及遵义。

(4) 上震旦系灯影灰岩中亦时含磷块岩及磷质盐化岩层,见于昆阳,遵义,鹤峰,旺苍,通江,南江,凤台,峨边,呈贡等地。最近在开阳地区更发现了厚1—4米的优质磷块岩层。

(5) 下寒武系底部磷块岩层见于峨嵋,旺苍,通江,南江,酉阳,秀山,峨边,雷波,会东,遵义,开阳,昆阳,铜仁,玉屏,宜昌,秭归,兴山,嵩明,澧江,三江,贺兰山,沅县,阳平关,凤台,鲁山,雒南,融安等地。九老洞层上部的页岩内亦含磷酸盐化岩层,见于峨嵋。在峨嵋见到的下寒武系上部的遇仙寺层中亦有磷酸盐化的岩层。

(6) 中上寒武系石灰岩中亦有磷酸盐化岩层,见于峨嵋及湖北大洪山。

(7) 在奥陶系下部的艾家山系中亦有磷酸盐化岩层, 见于峨嵋, 南京幕府山崱山白云岩的下部含磷, 該地崱山灰岩上的頁岩內含磷块岩結核。

(8) 志留系頁岩中有很多地区夹含磷砂岩, 如南京, 宜昌, 秭归, 兴山等地。

(9) 广西河池南丹上泥盆系底部的頁岩中亦含磷块岩結核。最近在四川安县发现的磷矿可能也是泥盆系的。

(10) 石炭系地层在广西六寨, 河南, 广东等地亦有含磷的报导。

(11) 下二迭系頂部的孤峯层中含数层結核磷块岩, 见于南京, 杭州, 連城, 罗坊等地。

此外中生代三迭侏罗紀地层內亦有含磷地点, 见于广东, 貴州, 四川境內。

統計以上地层內的主要含磷层位至少有十四层之多, 但其中具有工业价值者应推以下四层:

- (1) 上元古界磷灰岩;
- (2) 下震旦系(陡山沱系)頂部磷块岩;
- (3) 下寒武系底部磷块岩;
- (4) 下二迭系孤峯层結核磷块岩。

从地理分布上来讲, 根据目前已有的資料, 則所有时代的磷块岩几乎都集中在西南及揚子江流域一带。在华北、西北及东北的广大地区直至目前尙无工业矿床发现, 仅在淮阳古陆的北坡, 秦岭北坡雒南, 宁羌, 南郑, 凤台, 魯山等地以及賀兰山苏峪口一带有了規模不大的矿床, 这些矿床与西南的相应矿床相比都相差很多。不过就最近的情况看来, 襄陽的矿床質、量俱佳。可以供給北方, 陝西沔县一带的矿床大有前途。

其中上元古代东海式矿床分布于东海, 宿松, 孝感一带, 华北上元古代地层內亦有含磷层位, 但工业矿床尙未被确定。下震旦系頂部及下寒武系底部的矿床集中于西南康滇地軸东緣, 及江南古陆西南端的边緣地区。下二迭系孤峯层中的結核磷块岩則分布于华东区江苏, 浙江, 福建一带。磷矿 90% 的工业儲量都集中在西南云貴川湘各省境內的寒武震旦系磷块岩中。所有各个主要时代的这些含磷地区就地质发展上看来都具有地台凹陷的性質, 不具地槽性質; 包有含磷岩系的地层也都属于地台建造的性質。震旦紀和寒武紀的地层在华南及华北都相当发育, 但是二者間的組成和性質有很大的差別。震旦系地层在华北区域主要发展在两个陆台凹陷盆地內, 一个是北京以北的燕辽凹陷, 一个是淮阳古陆北坡, 凤台、魯山、雒南一带的淮南凹陷。在这两个凹陷內的震旦系沉积似乎不是在其所有的发展过程中都彼此相通的, 所以它們在岩性組成上就不是完全相同的。严格的讲, 淮南凹陷內的震旦系地层有若干性質与华南的震旦系地层有相似之处。燕辽凹陷带的震旦系地层, 下部主要是陆源碎屑岩, 以石英砂岩为主, 也有石英砾岩。在有的地方其中并含火山岩。上震旦系的地层在这里主要以砂質灰岩及白云岩为主, 在很多层位并富含燧石层。这些碳酸盐地层都是間断性的沉积, 所以它們常常被碎屑岩或泥質岩或粉砂岩所分开。有的甚至是相当多的部分, 这些碳酸岩都是碎屑型的, 它們中間并且常常有层間砾岩, 这說明当其沉积时, 周围的陆地是在繼續上升着的, 并且在沉积盆地中的海水大概也是非常浅的。我

們設想其总的构造发展情况应当可以与今天的淮河平原的性质有类似之点。在燕辽凹陷带内震旦系的岩相变化是正常的情况。靠近边缘地区碎屑指数加大,而向凹陷的中心则碳酸岩的指数渐渐加大,燕辽凹陷带的震旦系沉积是在地壳不太稳定的情况下形成的,该区震旦系地层中常见水下滑陷构造以及干裂构造等。在下震旦系顶部的大洪峪层中有广泛分布的食盐假象构造,似乎当时该区的气候是干燥的,接近底部岩层的纵的岩相变化的情况。蛛丝马迹,似也象征当时有气候轮回的影响。

华南及扬子江流域的震旦系地层与华北者大有区别。第一,它们的岩相比较简单,一般的情况是下震旦系地层以细粒碎屑岩为主,上震旦系地层则全为砂质碳酸盐岩,它们岩相变化的情况在很多地区是靠近边缘反而碳酸岩指数加大,向盆地中心反而在很多区域中砂岩指数加大。从整个的岩层来讲主要是由碳酸盐岩及粘土岩组成,砂岩及粗粒碎屑岩的含量一般很少,一般到了盆地的中心常常是以泥质岩为主。这些情况很清楚的说明当沉积时构造条件即地壳的稳定程度,蚀源的地形情况是与华北的震旦系有很大的不同的。就岩性来看,这里当时盆地中接受的陆源碎屑物质不多,也就是当时的边缘大陆比较稳定,地形比较平坦,就岩性及岩相的变化及共生组合来看,似乎在这里曾经存在着未经补偿的深海盆地,自然这一点需要更多的具体资料来加以证明。同样的,这里的碳酸盐也常常是白云质的,尤其在产磷矿的区域内。另外一个特殊的情况是华南下震旦系的下部层内常常有广泛分布的冰碛层沉积,这是在华北的震旦系地层中一直到现在还没有发现任何踪迹的。在淮阳古陆及秦岭山的北坡的震旦系如凤台、鲁山、雒南一带所见者,其大体的性质及发展都更似华南的震旦系,而与华北的震旦系有较多的区别,它与华南震旦系的显著区别是在这里的震旦系地层也没有冰碛层的发育。另外一件需要提出的事情,就是直到现在,在整个华南的震旦系地层中还未发现过食盐假象。华南地区的震旦系地层也有很多的地方含有火山物质沉积。

寒武系地层,华南华北从岩序上来看大致相似。但仔细分析,不同之点亦多,这尤其表现在下寒武纪的岩层,首先,西南中南一带的下寒武系地层碳酸盐指数远远超过于华北相当地层的碳酸盐指数,并且,一般说来,西南的下寒武系厚,北方的下寒武系薄,在华南西南一带下寒武系的上部地层常有碳酸盐地层,其中常含古杯海绵生物群,而北方的下寒武系地层则几乎全部为页岩或粉砂岩相。在山西及河北的东北部其下部且多半有相当厚的砂岩甚至砾岩。在岩相变化的情况上,也正如华南华北震旦系地层的区别一样,华北的下寒武系地层在接近海盆地的边缘部分碎屑岩指数渐渐增大,而向盆地中心则碳酸盐指数渐渐增加,在华南的情况则恰恰与此相反,这同样说明当下寒武纪时代海盆地周围,大陆的稳定性及其地形发展是有不同的。此外,除了碳酸盐岩层的含量不同外,华北的下寒武系岩层多半是紫色或红色的,其中在极多的地方都找到食盐假象,而在华南的相当地层内则主要都是黑色,或灰绿色的岩层,其中从来未找到过食盐假象。最后,由岩相变化的情况来看,也同样可以有迹象来假定华南在下寒武纪时是比较稳定地区的较深的海盆地,而华北的下寒武纪则代表一个不稳定地区的补偿海盆地。

从以上岩性地层的分析来看,似乎当震旦紀及下寒武紀时代,中国华北的大地构造情况是一个不太稳定的,常有振幅不大的升降运动的陆台区域,在那里分布着若干并不是所有时期都互相連通的陆台盆地;而华南尤其西南一带的大地构造情况則是一个比較稳定的陆台沉降区。

从沉积物的性質及所含化石的情况来看,并且可以說,下震旦紀和下寒武紀的时代,北方是干燥地区,而华南則是温暖的地区。

无论下寒武紀或是下震旦紀的磷块岩矿床地区,多半分布于該时的陆台凹陷海盆地的边缘带,在这些产磷矿地区的区域地层柱状剖面中常常缺失志留系,或是泥盆系,或是下石炭系地层,或是全部缺失,但是在整个的柱状剖面中并見不到显著的角度不整合的接触关系。

下二迭系孤峯层中的結核磷块岩主要的分布在华东一带,围绕在华夏古陆的边缘部分。它們主要由砂质岩及泥质岩組成,这里粗粒的陆源碎屑沉积也是不存在的。

(二)磷块岩相

前面已經說过,磷块岩不是別的,正是一个特殊的地质上的相,所謂磷块岩相也就是磷块岩的一种找矿标志,認識了磷块岩相,找矿便有了准繩。

卡查科夫(1937)詳細的研究了磷块岩相。根据卡查科夫的意見:磷块岩相是在一定的古地理及海文条件下所形成的一种地质相,不同的磷块岩相代表不同的形成条件,某一磷块岩相都只有自己的一定的岩序,含有一定工业类型的磷块岩,而且有其一定的分布規律,中国的磷块岩矿床亦有其自己独特的磷块岩相,茲分述如下:

(1) 凤台型

其岩序自上而下为:

4. 淡灰紅色含磷白云岩,厚2.4—20米,厚层状,下部有时含微小的薄壳的圓貨介及軟舌螺化石

3. 灰綠色砂质含磷頁岩,0—0.7米

2. 磷块岩层,0.7—3.0米,大部分为砾石磷灰岩,亦有含磷砂岩,部分地区有鲕状磷块岩,偶尔亦可見到层状具綫理构造的灰綠色磷块岩,砾石磷块岩中的砂质磷块岩砾石都呈圓滑的烧餅状,其中主要杂质是渾圓石英粒,被胶磷矿所胶結。磷砾石的胶結物与磷砾石的物质成分大体相同,区别不大,它們中間有时亦含极少的黄鉄矿粒,及氧化鉄沾染,似亦含天青石,也曾見到海綠石,但非常少,有的似乎是再生的。砾石磷块岩在有的地方保存了极为完好的海滩砾石构造,这些砾石磷块岩与鲕状磷块岩,含磷砂岩,及层状磷块岩,成为同一层位的共生組合。从化学性質看来,这里的組成矿物可能是氟磷灰石, P_2O_5 含量17—22%。

1. 灰綠色砂质含磷頁岩,0—0.7米

.....侵蝕間断.....

下伏岩层:白云角砾岩,0—80米,頂部亦間夹砾石磷块岩层,并常可見到巢状螢石集合体。属于凤台型的尚有賀兰山苏峪口矿床(P_2O_5 含量12—22%),魯山矿床。另外宜昌楊家河下震旦紀陡山沱系黑色頁岩內的結核磷块岩似亦属此类型,含

P_2O_5 8%。

(2) 东海型

东海磷矿床是存在于上元古界云母片岩中的变质磷灰岩矿床, 我們放在此处与磷块岩矿床同时討論, 因其形成的道理是相同的, 惟一不同的地方是經過了区域变质作用, 其程序自上而下为:

3. 云母片岩, 50—100 米

2. 白色糖粒状大理岩, 中部夹厚十六米上下的細粒磷灰岩, 磷灰岩部分的 (尤其是下部) 含砂质层及锰质层。在风化带内锰质风化富集成为氧化锰矿石, 总厚 40—100 米

1. 綠色云母片岩, 底部偶有底砾岩, 5—10 米

~~~~~不整合~~~~~

下伏岩层: 錦屏片麻岩

东海的矿石是层状細粒磷灰岩, 风化带内的含  $P_2O_5$  品位是 14—18% 宿松, 孝感一带的矿床与此同型。

## (3) 雷波型

在四川西部雷波所見到的下寒武系磷块岩相与东海型的岩序几乎是相同的, 自上而下为:

3. 砂质灰岩及頁岩互层

2. 砂质灰岩, 中夹两层細粒至中粒磷块岩

} 25—35 米

1. 砂质頁岩, 5 米

.....假整合.....

下伏岩层: 震旦系砂质灰岩

雷波的矿石是薄层条紋状矿石, 中夹燧石层,  $P_2O_5$  含量 16.31%。湖北鶴峯的矿石亦属此型, 有层状及結核状两种矿石, 层状矿石的  $P_2O_5$  含量是 19.9%, 此处磷矿层下的陡山沱系底部, 冰碛层之上有軟锰矿层。

## (4) 峨嵋型

在峨嵋所見到的磷块岩相的岩序自上而下为:

上复岩层: 灰色, 紫灰色, 砂岩及頁岩

3. 黑色頁岩, 含磷质結核

2. 云母质砂岩, 間夹灰岩

1. 砂质燧石灰岩夹层状粒状磷块岩

} 30—50 米

.....侵蝕間断.....

下伏岩层: 震旦系砂质灰岩

矿石呈薄层状, 鲕状或粒状, 含  $P_2O_5$  29.20%

矿石的层面上有干裂构造

湖北宜昌, 秭归, 兴山的矿床与此同型。

## (5) 昆阳型



昆阳型磷块岩相的岩序如下:

上复岩层: 石英岩

5. 黄绿色或黄棕色頁岩夹薄层砂岩, 間夹黑色頁岩, 200 米
4. 黄棕色頁岩, 底部夹透鏡体磷块岩, 10 米
3. 矿层(鲕状, 相变为石英岩), 含海綠石, 层面上有干裂, 7 米
2. 黄灰色頁岩 2 米
1. 石英岩, 底部砾状或角砾状, 10 米

.....假整合.....

下伏岩层: 震旦系砂质灰岩

矿石有层状、鲕状、緻密状各种, 相变为石英岩, 矿石的层面上有波紋及干裂,  $P_2O_5$  含量 38%。

(6) 遵义上磷矿层型

其岩序自上而下为:

上复岩层: 砂岩

6. 頁岩, 頂部含鈣质, 154 米
5. 砂质頁岩, 173—268 米
4. 黑色頁岩, 下部夹透鏡状磷块岩, 0.8 米
3. 黑色頁岩夹磷质結核, 0.35 米
2. 富含黄鉄矿的粘土岩, 0.25 米
1. 緻密层状磷块岩, 0.47 米

.....假整合.....

下伏岩层: 震旦系砂质灰岩

矿石为串珠状、透鏡状、結核状及层状, 緻密結構, 含  $P_2O_5$  13.06—35.69 %;

与此同一类型的有开阳上层矿: 薄层状, 粒状,  $P_2O_5$  33.20 %;

昆明大龙潭(矿石为透鏡状,  $P_2O_5$  平均30%);

徽江东善(結核状矿石)。

(7) 遵义下磷矿层型

其岩序自下而上为:

上复岩层: 砂质石灰岩(灯影灰岩)

13. 鈣质頁岩夹透鏡状灰岩, 1.7 米
12. 层状磷块岩, 极不稳定, 0—0.27 米
11. 黑色砂质頁岩, 1.7 米
10. 砂质頁岩夹薄层白云岩, 2.6 米
9. 层状磷块岩(主矿层), 0.37 米
8. 白云岩夹磷质条带 0.69, 米
7. 砂质頁岩, 夹磷块岩結核, 2 米
6. 砂质頁岩, 底部夹少許磷质結核, 0.9 米

5. 灰岩, 0.4 米
4. 鈣質粉砂岩, 0.9 米
3. 夹磷块岩結核的砂質頁岩, 0.56 米
2. 夹磷質条带的粉砂岩, 0.41 米
1. 黑色頁岩, 4.95 米

下伏岩层: 粉砂頁岩夹黑色頁岩 2.6 米

遵义下磷矿层的矿石为层状, 結核状, 含  $P_2O_5$  30±%

与此同型的有南京龙潭(結核状矿石,  $P_2O_5$  22.97—32.48%。含矿率 30—35%); 杭州丁家山; 广西河池南丹(結核状矿石,  $P_2O_5$  25—28%); 銅仁, 玉屏(层状, 結核状矿石,  $P_2O_5$  26%); 福建連城罗坊(結核状矿石,  $P_2O_5$  15—22%); 广西三江(大型結核及透鏡状矿石,  $P_2O_5$  15—17%, 含矿率 15%)。

#### (8) 修水型

其岩序自上而下为:

3. 南陀冰磧层, 25—37 米
2. 灰黑色泥質砂岩, 磷酸盐化层, 5—10 米
1. 长石石英砂岩, 底部含砾石, 30—300 米

……假整合……

前震旦紀双桥山系千枚岩, 板岩, 变質砂岩。

#### (9) 行唐型

行唐型的含磷岩相为紫色頁岩中夹若干层灰綠色薄层含磷細砂岩层, 含磷細砂岩的  $P_2O_5$  含量为 10%。

与此同型的有南京志留系高家边頁岩中的含磷砂岩及湖北宜昌, 兴山, 秭归, 等地志留系頁岩中的含磷砂岩。

上述的九种磷块岩相假設再綜合一下, 又可以合并为三个大的类型。第一种大类型是: 磷块岩的上下岩层为碳酸岩, 这些碳酸盐一般是砂質的或白云質的, 常常含有燧石条带或結核, 碳酸盐岩的上下均为泥質頁岩或頁岩, 偶而也有少量的砂岩。磷块岩一般是层状的, 大部分都是鲕状矿石, 矿石中可以見到少量的黄鉄矿晶体, 仅在很少的情况下才可以見到海綠石。在矿石的层面每每可以見到干裂或波紋构造, 很多的矿石都是富含碳質的, 所以常呈黑色, 矿石的质量一般都高,  $P_2O_5$  的含量一般都在 30% 左右。矿物組成主要是胶磷矿, 根据化学分析及 X-射綫分析的结果, 指明它們大部分都是氟磷灰石或細晶磷灰石, 属于第一种大种型的磷块岩相的厚度一般都在 50 米左右, 最厚者可到 200 米。第一种大类型磷块岩相的底面常为侵蝕間断或假整合, 直接的下伏岩层多半都是碳酸盐岩, 很多地区由于基岩碳酸盐岩的起伏不平的侵蝕面而使磷块岩层的厚度有所变化。

第二种大类型的特点是: 磷块岩层的上下都直接为頁岩, 这些頁岩多半是黑色或黄綠色的。在主矿层的上下, 在这些頁岩中, 尤其在靠近主矿层的附近常常有磷块岩結核, 下部頁岩的底部有时有底砾岩, 与下伏岩层的接触亦常为假整合或侵蝕間断。