

磷矿地质与找矿

陈其英 赵东旭 编著

地质出版社

一九七九年三月廿二日

56.57321/2444

磷矿地质与找矿

陈其英 赵东旭 编著

科学出版社

内 容 简 介

本书是一本有关磷矿资源的科普读物。全书共分七个部分：首先介绍了磷矿在农业增产中的重要意义，简要地叙述了我国目前生产的主要磷肥品种的特点、制作方法和使用效果。第二、三、四部分着重介绍磷元素在地壳中的分布、在各种地质作用中的富集和分散过程，同时还介绍了磷矿物以及由磷矿物组成的多种多样的磷矿石、磷矿床的类型和特点。第五部分介绍了用肉眼和化学方法识别磷矿石的标志和方法。第六部分简要叙述了勘探和评价磷矿的方法和步骤。最后部分对我国磷矿资源情况以及各主要类型磷矿床的特点和找矿方向，做了概括性论述。

磷矿地质与找矿

陈其英 赵东旭 编著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1978 年 12 月 第 一 版 开本：787×1092 1/32

1978 年 12 月 第一次印刷 印张：2 5/8 插页：1

印数：0001—8,600 字数：57,000

统一书号：13031·860

本社书号：1226·13—14

定价：0.33 元

前 言

磷矿,主要是用于农业生产的矿石,而且是目前生产磷肥的唯一的矿物原料。

解放以后,党和国家十分重视磷矿资源的找寻和开发工作,经过二十多年的地质实践,证明了我国磷矿资源是很丰富的,世界上已知的各种重要磷矿类型,我国几乎都有,而且目前已经探明的储量也是相当大的,这就为大力发展磷肥工业提供了可靠的物质前提。

在农业学大寨,普及大寨县的群众运动中,各地对磷肥的要求量正在日益增长。一些地方,尤其是磷矿资源比较缺乏的地区,正以自力更生的精神,广泛发动群众,掀起一个就地找磷、就地开矿、就地加工利用的群众性运动。为了有助于大家掌握一些磷矿的基础知识,尤其是掌握一些诸如到哪里去找磷矿?如何识别磷矿石?如何评价磷矿石和磷矿床等等有关知识,以便更好地把群众性的找磷办肥工作推向前进,我们编写了这本关于磷矿地质基础知识的科普读物。

在编写过程中,得到孙枢同志的指导,一起讨论和确定编写提纲,并审阅了全书,提供了许多宝贵的增补和修改意见。桂文立和绘图组的同志,给予很多帮助,在此一并致谢。

在这本小册子里,不可能把一切有关磷矿的问题全面涉及和阐述,同时作者编写这类读物也是首次尝试,缺点甚至是错误之处一定会有,欢迎读者批评指正。

目 录

一、施用磷肥保增产	1
(一) 磷元素对农作物生长发育的重要性	1
(二) 磷肥品种	3
(三) 磷的其他用途	5
二、磷元素在地壳中的活动特征	7
(一) 地球的结构	7
(二) 组成地壳的岩石	9
(三) 磷在地壳及各类岩石中的含量	12
(四) 磷元素的特点	15
(五) 磷元素在地质作用中的富集和分散过程	16
三、磷矿物的种类	23
(一) 钙磷酸盐类	23
(二) 其他重要含磷矿物	27
四、磷矿石和磷矿床	30
(一) 什么叫磷矿石和磷矿床	30
(二) 磷矿石的类型	32
(三) 岩浆岩型磷灰石矿	33
(四) 沉积岩型磷块岩	36
(五) 变质岩型磷灰石矿	44
五、怎样识别磷矿石	45
(一) 肉眼识别磷矿石的标志	45
(二) 定性点滴试验法鉴别磷矿石	48
(三) 快速半定量分析法鉴别磷矿石	50
六、如何勘探磷矿	55
(一) 勘探磷矿的主要任务	55

(二) 勘探磷矿的方法步骤	56
七、我国磷矿资源概况	64
(一) 地质年代	64
(二) 磷矿资源分布的不平衡性	65
(三) 我国的磷矿资源	68
(四) 我国主要类型磷矿床特点及找矿方向	70

一、施用磷肥保增产

(一) 磷元素对农作物生长发育的重要性

人们早就知道,植物的发育和成长需要好些元素,其中有些是大量的(10^0 — 10^{-1}),有些是微量的(10^{-1} — 10^{-4}),有些则是超微量的(10^{-5} — 10^{-11}),磷是属于大量的组成元素之一。

磷是极典型的有机元素,它是动、植物有机体内每个细胞的必要组成部分,无论是动物或植物,缺少磷便不能生存和成长。人类和动物是从食用的植物中获得磷的,而植物则是从土壤中吸取磷。有人作过粗略的计算,每 100 公斤的粮食中大约含有 1 公斤磷酸,而 200 公斤稻草、1500 公斤萝卜或马铃薯(土豆)中亦含有同样数量的磷酸。土壤中磷酸盐的含量一般为千分之几,也就是说,在每 100 公斤的土壤中就有 0.1—0.2 公斤的磷酸! 农作物每年从耕作土壤中吸出大量的磷酸,而土壤内磷酸盐的储存量是有限的,并且其天然恢复作用进行得非常缓慢,实际上是很少能够天然恢复的。这就产生了一个问题: 照此长久下去,耕作土壤中磷酸盐的含量必定是越来越少,最后终于贫化,导致农作物产量的下降。那么,怎样才能使耕作土壤中的磷迅速恢复,并保持农作物生长所必需的储备呢? 最有效的办法就是适量施用磷肥。

施用磷肥可以促使作物根系发达,以便更好地从土壤中吸收水分和养分,从而促进作物的生长和发育,提早成熟,穗粒增多,籽实饱满,大大提高谷物、块根作物和果实的产量。施用磷肥还可以增强作物的抗寒性和抗旱性,提高块根

作物中糖分和淀粉的含量。根据我国近年来施肥经验，磷肥的肥效和增产效果是十分明显的。如以磷肥中的过磷酸钙试验结果为例：在每亩施用 20—40 斤的范围内，每一斤普钙磷肥可以增产谷物 2—3 斤，大豆 1.6—2.3 斤，油菜籽 1.6—2.5 斤，棉花 0.5—1.8 斤，小麦 1.2—4.5 斤，玉米 2 斤左右。

解放以来，我国对磷矿粉肥的肥效也作过长期的、大量的试验，一般来说，其增产效果是好的，这可以从大豆的肥效试验中得以证明(见表 1)。

表 1 磷矿粉肥对大豆的肥效试验

磷矿产地	全磷 $P_2O_5\%$	枸溶性 $P_2O_5\%$	枸溶性磷 占全磷%	产量 斤/亩	增产率	矿石类型
开 阳	31.3	4.4	14.1	303	16.1	磷块岩
昆 明	26.9	4.4	16.0	260	18.7	磷块岩
荆 襄	28.4	2.9	10.3	287	17.6	磷块岩
建 平	30.9	1.3	4.2	341	5.5	磷灰石矿(精矿)
复 县	7.5	1.2	16.0	255	42.2	磷灰石矿
摩洛哥	31.6	8.6	27.2	268	17.0	磷块岩

(1) 磷矿粉肥用量，复县为每亩 200 斤，其余均为 100 斤；(2) 增产率按各试验对照区的产量计算；(3) 土壤为微酸性

影响磷矿粉肥肥效的因素有三：一是土壤性质，以酸性缺磷土壤肥效好；二是磷矿性质，用磷块岩制成的磷矿粉比用磷灰石矿制成的磷矿粉肥效好；三是农作物的特点，实践证明：各种作物对于难溶性磷的吸收能力有大小之别，一般可分为三类：(1) 吸收能力较强的作物有豆类、绿肥、油菜、荞麦和花生；(2) 吸收能力中等的作物有芝麻、马铃薯、玉米和甘薯；(3) 吸收能力弱的作物有水稻、大麦和小麦。其他如茶树、果树、橡胶树以及一些多年生的经济林木，由于它们的根系发达，其吸收能力比农作物强得多，很适于施用磷矿粉肥。

(二) 磷 肥 品 种

磷肥,主要是以磷块岩或磷灰石矿为原料,以机械方法或化学方法制成植物容易吸收的化学肥料。磷肥的品种很多,其中较为重要的有下列这些:磷矿粉、过磷酸钙、重过磷酸钙、富过磷酸钙、磷酸铵、沉淀磷酸钙(磷酸二钙)、磷氮复合肥料或磷氮钾复合肥料、钢渣磷肥、钙镁磷肥、偏磷酸盐等。但是解放前,由于国民党反动政府和封建地主阶级的长期统治和摧残,我国的磷肥工业十分薄弱。那时全国只有一个小小的磷肥厂,广大农民几乎很少使用过磷肥。新中国建立以来,在毛主席和党中央的领导和关怀下,我国的磷肥工业可以说是开始创立,并且迅速地发展起来了。但是,目前国内生产的磷肥品种还是相当少的,主要的是过磷酸钙和钙镁磷肥两种,它们约占磷肥总产量的99%以上,其他一些高效磷肥品种还处在试制阶段。因此,在农业学大寨,普及大寨县运动蓬勃发展的形势下,无论从磷肥的品种方面、数量方面、或其质量方面,都还满足不了当前的需要,更谈不上满足各地区不同土壤和各种农作物对磷肥的要求。我国幅员广大,磷矿资源丰富多样,土壤性质各地变化复杂,农作物的种类、分布情况差别又是如此之大,所以今后必须大力发展磷肥工业,尤其是要重视高效磷肥新品种的发展,以适应农业大上的急迫需要。下面简单介绍一下目前我国生产施用的几种磷肥品种,对于它们的详细制作方法过程,这里就不详细叙述了。

磷矿粉 这是制作方法最简单的一种磷肥,系由磷矿石直接粉碎而成。通常要求90%的磷矿粉通过100目筛,也就是要求颗粒小于0.147毫米,因为颗粒越细肥效越佳。

人类对磷矿粉肥的利用历史已有一百多年,而且在国外

继续使用磷矿粉肥的国家仍不在少数。据统计,1971年国外总的施用量就达800万吨以上。我国早在1951年就开始了磷矿粉肥的肥效试验,到1971年开始大量生产,用量已在逐年增长。若以1971年为100%,到1972年则为311%,1973年增为627%。目前是处在较大面积的试验推广阶段。

磷矿粉是一种难溶性慢效肥料,最适用于缺磷的酸性土壤,而且土壤的酸性越大,越易于发挥磷矿粉肥的肥效;因为粉肥中的难溶性磷可以借助于土壤的酸性逐步地把它转化为有效磷(即能够溶于2%柠檬酸的磷)而易于为作物吸收。我国酸性土壤约占全部耕地面积的四分之一,因此,适合施用磷矿粉肥的地方是很多的。

磷矿粉肥的肥效除了与土壤的性质、农作物种类、颗粒大小等因素有关外,它与矿石的性质关系也很大,用磷块岩制成的磷矿粉,其有效磷高,直接施用肥效好;用磷灰石矿制成的磷矿粉,其有效磷低,一般直接施用肥效不佳。磷矿粉肥和有机肥一起堆沤发酵或和腐植酸肥料一起堆放使用,可以大大提高肥效。磷矿粉肥的施用量以每亩施用70—100市斤为宜,太少则肥效不显。

过磷酸钙 也称普通过磷酸钙,俗称普钙磷肥,这是一种应用最广泛的水溶性磷肥,其有效磷为12—21%。适用于各种土壤和作物,据试验,每亩施用1斤普钙磷肥($P_2O_5 > 18\%$)可以增产谷物2—3斤。普钙磷肥的制作方法是,将予先粉碎好的磷矿粉,用硫酸溶液把它分解而成。生产1吨普钙磷肥,大约消耗磷矿石($P_2O_5 > 31\%$)0.58吨,100%的浓硫酸0.35吨(用时以水稀释)。在缺乏硫酸而又有盐酸的情况下,也可用盐酸制造过磷酸钙。

钙镁磷肥 为枸溶性磷肥,也就是磷肥中的五氧化二磷大部分可溶于2%的枸橼酸(或柠檬酸)溶液中而不溶于水。

它的制作方法是：将磷矿粉和含镁硅酸盐如橄榄石、蛇纹石等，在1200—1400℃的高温下熔融，然后将熔融体迅速骤冷而得到玻璃状钙镁磷肥，这种磷肥的有效磷，一般在14—20%，适用于酸性或微酸性土壤。根据肥效试验结果，每斤钙镁磷肥可增产稻谷2—3斤，如果通过先施于绿肥，发挥以磷增氮作用，则每斤可增产稻谷4—5斤。生产1吨钙镁磷肥大约需消耗磷矿石($P_2O_5 > 32\%$)0.6吨、蛇纹石($MgO > 30\%$)0.5吨、焦炭300公斤。

(三) 磷的其他用途

磷矿是一种重要的化工矿物原料，它的主要用途是用来制造磷肥，而用于其他磷制品所需的磷矿石，仅占磷矿产量的较小部分。尽管如此，磷在其他工业中的重要性还是一年比一年增长，譬如：磷正被广泛地用于化工以提取黄磷(白磷)、赤磷、磷酸以及制造其他磷酸盐类和磷化物等；军事工业上利用黄磷制造燃烧弹和烟幕弹；利用黄磷的巨毒性以制造农药；赤磷可以用于制造火柴和农药；磷酸盐尤其是锰和铁的磷酸盐可以用做坚牢不变的涂料；磷酸盐还是很好的防锈剂，在钢

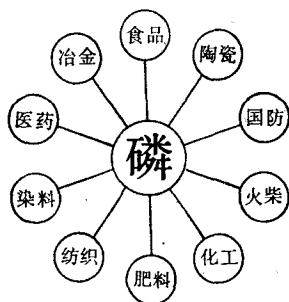


图1 磷在各生产部门中的用途

制品的表面涂上一层磷酸盐就不会生锈。磷酸盐还广泛用于制糖、陶瓷、玻璃、纺织、食品等工业部门，如磷酸钠、磷酸二氢钠被用来净化锅炉用水，磷酸二氢钠还用以制人造丝，磷酸可用作橡胶乳汁的凝固剂；六聚偏磷酸钠可作为水的软化剂和金属防腐剂；磷的有机衍生物用于医药，在冶金工业中还被用来炼制青铜、含磷生铁和铸铁等。

此外，磷矿石中经常伴生有用元素如碘、铀、钍、稀土、锂、铍、锶、钒、钛等，其中有些元素对发展新兴尖端工业是急需的原料，可以综合回收利用。

二、磷元素在地壳中的活动特征

(一) 地球的结构

地壳是磷元素活动的基本场所,因此,在介绍磷元素的具体活动特征之前,我们首先来熟悉一下这个活动场所周围的情况,这就是有关地球的结构和组成地壳的岩石等方面的某些基本概念。

我们居住的地球,大体上是一个近似圆形的椭球体,它的内部不是均匀的,平均密度为 5.52 克/厘米^3 ,但是地表的岩石密度平均才 $2.6\text{—}3.0 \text{ 克/厘米}^3$ 。可见,从地表到地心存在着显著的密度差异,这种差异显示了地球内部有分层结构的特点。

地球的半径平均为 6371 公里。但是,目前钻井的深度还不超过 10 公里。因此,有关地球内部的结构和组成的认识,主要是根据地球物理测量间接得来的。根据现代地球物理资料,主要是地震测深资料的研究结果,地球大致可分为三大层,或者三大同心圈层(图2)。这就是:

地壳 顾名思义就是地球外部的一层硬壳,它是由各种岩石组成的,厚度变化较大,5—70 公里。由此可见,在地球的各个地方其厚度很不一样。例如在大陆上,地壳系由沉积岩层、花岗岩层

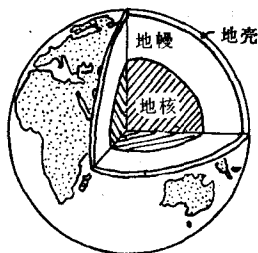


图2 地球断面图

和玄武岩层组成的，叫做大陆型地壳，或简称大陆壳，厚度30—40公里，最厚的可达50—70公里，像我国的西藏高原最厚可达70公里。在海洋里，地壳是由沉积岩层和玄武岩层组成的。与大陆壳相比，缺少花岗岩层。具有这种结构的称为海洋型地壳或简称为海洋壳。海洋壳的厚度明显变薄，自5公里至10—15公里，薄的地方如太平洋的某些地区仅有5公里左右。通常认为地壳的总平均厚度为33公里左右，约占整个地球厚度的千分之六(0.6%)。地壳和上地幔的上部一起称为岩石圈，详细结构见图3。

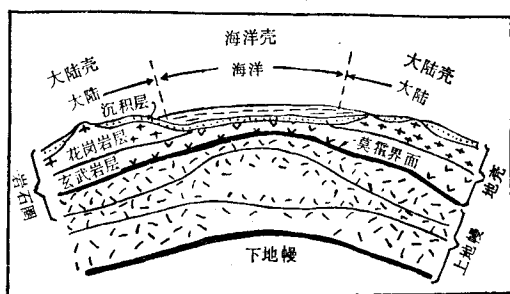


图3 地壳及上地幔结构图

地幔 它包括由地壳以下至深度大致为2898公里之间的范围。地幔与地壳的交界面叫做莫霍洛维奇不连续面，简称莫霍界面或M面（莫霍洛维奇是首次发现这个不连续界面的人）。地幔又分为上地幔和下地幔两部分，其分界面约在深度为984公里的地方。地幔层内的结构也是不均匀的，据认为也是由岩石物质组成的，至少可以说，地幔的上部大概是由一种叫做橄榄岩的岩石组成的。

地心 科学家把地球最里面的一层叫地心，也叫做地核，它的半径为3473公里。地核和地幔之间也是一个地震波不连续面，称为古登堡-韦凯特界面，大体上在2898公里的深

度。地核还可以分为内核、过渡层和外核三个部分,它们的厚度分别为 1216 公里、451 公里和 1806 公里。关于地核的成分,虽然目前我们还没有取得直接的根据,但是根据地球物理资料推断,主要是由一种流体状态的铁,另外还含有一些镍和碳的成分组成。

(二) 组成地壳的岩石

我们已经知道,地壳系由岩石组成的,同时还了解到自然界里的岩石又是种类繁多和千变万化的。但是按照它们的生成原因可以把组成地壳的岩石分为三大类,即岩浆岩、沉积岩和变质岩。其中,岩浆岩是地壳的主要组成部分,约占地壳重量的 95%,主要分布在地壳的下部及中部;而沉积岩和变质岩加在一起,才占地壳重量的 5%;尽管如此,但它主要分布在地壳上部的 0—5 公里深度范围内,也就是说,主要分布在地球的表面,因此,若按整个地球面积比来计算,沉积岩和变质岩却占到 75%。

岩浆岩 它是怎样形成的呢? 下过矿井的人都知道,矿井越深,地下的温度就越高。在地表 15 米以下,深度每增加 33 米,温度就升高摄氏 1 度左右。因此,在地下很深的地方,地温可以高达几千度,它像炼钢高炉一样,把地下的物质都溶化成浆液状态,这种浆液在地质上叫做岩浆。这些岩浆由于在地壳之下受到很大的压力,于是,就会向着地壳薄弱的地方上冲,贯入上覆岩层之中,经过慢慢冷却下来,就形成结晶状态的侵入岩;一旦上覆岩层破裂,岩浆就会沿着裂隙喷发或者溢出,到达地面经迅速冷却后形成各种熔岩;各种产状的侵入岩和熔岩统称岩浆岩,也叫火成岩(图 4)。

按照岩浆岩中 SiO_2 的含量以及 Fe、Mg 的多少,岩石学家

把岩浆岩分为五个主要类型:

(1) 超基性岩: 含 $\text{SiO}_2 < 45\%$, 相对的 Fe、Mg 成分的

矿物多, 它的深成岩和熔岩分别以橄榄岩和苦橄岩(或者橄榄玄武岩)为代表。



图4 岩浆岩的产状

1. 侵入岩; 2. 熔岩

(2) 基性岩: 含 $\text{SiO}_2 45-52\%$, 以辉长岩和玄武岩为代表。

(3) 中性岩: 含 $\text{SiO}_2 52-65\%$, 以闪长岩和安山岩为代表。

(4) 酸性岩: 含 $\text{SiO}_2 > 65\%$, 相对的 Fe、Mg 成分的矿物少, 以花

岗岩和流纹岩为代表。

(5) 碱性岩: SiO_2 含量与中性岩相当, 也是 $52-65\%$, 但是它与中性岩不同的是 K_2O 及 Na_2O 含量高, 通常是在 10% 左右, “碱性”即对此而言。其深成岩和熔岩的代表性岩石是霞石正长岩和响岩。

这五类岩石彼此之间的关系是很复杂的, 可以归纳为两个方面: 一是岩浆由基性向酸性分异的结果, 一是岩浆同化了各种不同成分岩石的结果。在识别岩浆岩时, 它们总的特征是: 越是基性的, SiO_2 含量越低, 含 Fe、Mg 质的深色矿物越多, 岩石的颜色就越深; 相反, 越是酸性的, SiO_2 的含量越高, 含 Fe、Mg 质的深色矿物越少, 岩石的颜色显得很浅。理想的岩浆岩形成过程是按超基性、基性、中性、酸性、碱性的顺序进行演化分异的过程, 但是在自然界里情况并非如此简单, 岩浆的分异作用往往表现为极其复杂的综合结果。由此可见, 岩浆岩是由各种成分组成的岩浆熔融体, 侵入地下岩层或喷出地表, 经冷却而形成的岩石。

沉积岩 是地壳上的第二大类岩石, 在陆地上或河、湖中

都可形成,但地质时期的沉积岩主要是在海洋中形成的。我们看到,一阵大风刮过,地上往往堆积一层砂土;一场大雨或洪水过后,在河、湖、海边积下大量的砂、砾、淤泥;这些被风或河水携带的砂、砾、淤泥在低洼的地方堆积下来,经过脱水、压实和胶结硬化之后变成坚硬的岩石,叫做碎屑沉积岩,如各种砾岩、砂岩和页岩。另外,陆地、湖泊、海洋中的动植物,死亡之后堆积下来,经过石化作用而成为各种生物沉积岩,如煤、油页岩和各种生物礁等。还有一种是溶解在水中的物质,经化学分异作用、蒸发作用或生物化学作用最后沉淀下来形成的岩石,叫做化学沉积岩或生物化学沉积岩,例如从地下开采出来的盐岩和石灰岩等。由此可见,沉积岩实际上是由先前就已存在的各种成因的岩石,在地表低温低压(常温常压)条件下,经过破坏(风化作用、生物作用和化学作用)、解析、搬运、堆积(或淀积)下来最后形成坚硬的岩石。沉积岩最显著的特点是它的成层性,具有一层一层的纹理和各种层面构造,有时还有石化了的古代动物骨骼和介壳、石化了的古代植物,或者鸟兽走过的足印,这些都是识别沉积岩的重要标志。

变质岩 是地壳的第三大类岩石,它是原先已经形成的岩浆岩或沉积岩,由于地壳的变动又下降到深处,原来为固态的各类岩石在很高的地温和地压作用下,遭受烘烤并局部熔融而发生化学变化,从而改变原来岩石的矿物结构和构造,形成一种新的岩石。由此可见,变质岩的形成乃是由早先存在的岩浆岩或沉积岩,在完全不同于它们原来形成时的物理化学条件下,经过改造作用(变质作用)而形成的岩石。对于变质岩来说,最典型的外貌是它的片状构造和片麻状构造,以鳞片状、柱状和针状矿物作平行排列为其特征。

综上所述,组成地壳的三大类岩石中,岩浆岩是原生的,变质岩是在岩浆岩和沉积岩的基础上经变质作用而成,而沉