

磷矿浮选

山东省革委地质局实验室
山东省革委地质局地质综合研究队

磷 矿 浮 选

一 九 七 六 年 一 月

毛主席语录

路线是个纲，纲举目张。

独立自主，自力更生。

开发矿业。

社会主义革命和社会主义建设，必须坚持群众路线，放手发动群众，大搞群众运动。

前 言

为了贯彻毛主席“**阶级斗争是纲，其余都是目**”的伟大指示和响应“**全党动员，大办农业，为普及大寨县而奋斗**”的号召，把农业生产搞上去，增施磷肥是增产粮食的重要措施。

经过无产阶级文化大革命和批林批孔运动，广大贫下中农和地质人员认真贯彻“**以农业为基础，工业为主导**”发展国民经济总方针，上山找矿、办矿，目前我省已发现和查明了一批品位低但是易选的磷矿。实践证明，经过选矿可以达到制造磷肥的要求。无产阶级文化大革命以来，我们以阶级斗争为纲，走出实验室，开门办实验，深入县、社、厂、矿与广大工人、贫下中农和干部共同反复实践，在低品位磷矿选矿方面取得了初步成果。为了更好的开展这项工作，编写了《磷矿浮选》资料，供同志们参考。

由于时间仓促，加上我们思想、业务水平有限，一定会有不少缺点、错误，恳请同志们批评指正。

目 录

前 言

一、选矿的目的与要求

二、磷矿石及其可选性

三、磷矿的选矿

四、小磷矿浮选厂主要设备

五、小磷矿浮选厂生产操作

六、加强管理降低成本

附录一：五氧化二磷的钼黄目视比色法测定

附录二：五氧化二磷的钼酸铵容量法测定

一、选矿的目的与要求

(一) 磷矿在农业生产中的作用

“肥料是植物的粮食”，说明了肥料对粮食增产的重要作用。“氮磷钾肥料要很好地配合使用”，就是说庄稼从土壤中吸收氮、磷、钾是有比例的，那一种养分不足，都不能获得高产。据调查统计，一般每产1000斤粮食，庄稼要从土壤中摄取氮(N)20~30斤，五氧化二磷(P_2O_5)10~15斤，氧化钾(K_2O)20~30斤。当前因磷肥不足，影响着粮食产量的提高；土壤中因缺磷，农作物出现倒伏、缩苗、坐秋、籽粒干瘪等症状，有的地方已经出现。因此增施磷肥就成了增产粮食的重要措施之一。

磷矿是生产磷肥的基本原料，加速磷矿石的开发，多产磷肥，也是贯彻执行全国农业学大寨会议精神，普及大寨县的重要措施，对于落实毛主席“以农业为基础，工业为主导”发展国民经济的总方针，加强无产阶级专政都具有重要意义。

(二) 我省磷矿生产情况

无产阶级文化大革命以前，受刘少奇推行反革命修正主义路线的干扰和“北方无磷”、“低品位磷矿无用”等谬论的影响，造成我省磷矿石一靠外省调入，二靠外国进口，使我省磷肥工业处于“等米下锅”的被动状态。

无产阶级文化大革命和批林批孔运动以来，遵照毛主席“独立自主，自力更生”和“开发矿业”的伟大教导，在各级党委领导下，发动群众大找磷矿，决心立足本省，充分利

用本地资源生产磷肥。不但找到了一批易选低品位磷矿，并且坚持以县、社为主、小型为主、土法为主，办起了一批就地开采、就地加工、就地使用的小磷矿，使我省大办磷矿、磷肥出现了前所未有的大好形势。例如，莱芜县寨里公社党委，书记动手，全民动员，从找矿开始，在三个月内就办起了一个包括采矿、选矿、造肥的“庄户磷肥厂”，为我省低品位磷矿的开发利用树立了好榜样。目前我省已找到一百多处磷矿点，县、社、队建立了五十余处小型选矿厂，选出了上万吨磷精粉，生产了磷肥，开始了利用我省磷矿资源生产磷肥的历史。见《山东已知磷矿点和已建磷矿选厂（部分）略图》附后。

我省已发现的磷矿，多属低品位矿石，五氧化二磷含量在2~8%；绝大部分是易选的矿石需要经过选矿富集后才能利用；部分磷矿石中伴生有其它有用矿物，可以综合利用，降低磷肥成本。

（三）磷肥生产对磷矿的质量要求

生产磷肥的方法，主要有三种：

机械加工：将磷矿石磨细成磷矿粉，直接作肥料用，施于农田。

酸法加工：用各种无机酸分解磷矿粉，加工制成过磷酸钙、重过磷酸钙、磷酸铵、硫酸铵、硝酸磷肥、沉淀磷酸钙等各种磷肥。

热法加工：将磷矿石与硅石、含镁矿石配成适当比例，在高炉或电炉内高温熔融后，经淬水制成钙镁磷肥。

不同磷肥对磷矿石的质量，既有相同的要求，也有特殊的要求。（见表1）

从表1可以看出：

磷肥生产对磷矿原料质量的一般要求

表 1

磷肥品种 质量要求	过磷酸钙、重过磷酸钙、 磷酸铵、硫酸磷酸钙、 磷酸钙、沉淀磷酸钙		钙 镁 磷 肥		磷 矿 粉
	基 要	最 要	基 要	最 要	
$P_2O_5\%$ (不小于)	34	28	31	20	10~20
CaO/P_2O_5 (不大于)	1.4	1.6	1.5	2.1	
$R_2O_3/P_2O_5\%$ (不大于)	8	12	12	30	
$MgO/P_2O_5\%$ (不大于)	3	5~8	50~70		
$SiO_2/P_2O_5\%$ (不大于)			1.0		
粒 度	—100目 不少于90%		电炉5~10毫米 高炉25~50毫米		—100目 不少于90%

注：碳化法硝酸磷肥要求 MgO/P_2O_5 10~15%；磷矿粉要求构溶率越高越好。

1. 五氧化二磷 (P_2O_5) 为有益成分, 不论对任何品种的磷肥, 其含量越高越好。

2. 其余的组分都是有害组分, 其含量越低越好。

3. 除磷矿粉外, 生产各种磷肥要求磷矿石的五氧化二磷含量大于30%, 因此对低品位磷矿需经过选矿将磷灰石富集, 使五氧化二磷达到或者接近上述要求才能利用。达不到要求时会造成肥料质量低, 在制肥中的原料、电力、燃料等消耗大, 成本高。例如, 用 P_2O_5 为34%的磷矿可制得含有有效磷大于18%的优质过磷酸钙, 用 P_2O_5 为28%的磷矿原料, 只能制得含有有效磷为15~16%的三级过磷酸钙, 并且硫酸消耗量增多。质量更低的磷矿原料, 只有在就地开采、就地加工、就地使用的小型磷肥厂才可考虑, 不过 P_2O_5 含量不宜低于25%。

4. 可根据不同成分的磷矿原料生产不同的磷肥。例如, 钙质胶磷矿可生产磷矿粉肥和钙镁磷肥; 硅质磷灰石精矿粉适用于酸法制造各种磷肥; 含少量碳酸盐的磷矿精粉可生产硝酸磷肥等。

*目, 又叫网目, 即一英寸长度内的筛孔数目, 用以衡量矿石粒度的大小。如一英寸长有100个筛孔, 即为100目, 目数越多, 筛孔越小。矿石粒度在100目以下者叫负100目, 常记为-100目; 在此以上者, 叫正100目, 记为+100目。

二、磷矿石及其可选性

(一) 岩石、矿物、矿石的概念

各种各样石头，地质学叫岩石。岩石是由一种或多种矿物构成的集合体。矿物是具有一定化学成分和物理性质的天然化合物或自然元素。如，磷矿石中的磷灰石，就是一种矿物；它是由磷、钙、氧、氟等多种元素组成的天然化合物。其中五氧化二磷的含量为41~42.3%。完整的磷灰石晶体为六方柱形，大小不等，一般为几毫米到零点几毫米；颜色：常见有无色透明、乳白色、浅黄褐色等；磷灰石表面有像玻璃一样的光泽；用小刀可以刻划，这些都是它的物理性质。石英、长石、云母、角闪石、方解石等，都是矿物的名字，也各有自己特定的化学成分和物理性质。

人类能够利用的矿物叫做有用矿物。有的矿物可以直接被应用，如大片白云母可用作电绝缘材料，有的则是利用其中的有用成分，如磷灰石，就是用其中的五氧化二磷(P_2O_5)部分。凡是工业上能从其中提取有用矿物或有用成分的岩石就叫矿石。矿石的范围是随着工业技术加工条件、各地区的资源条件和国民经济发展的需要而不断扩大的。如磷矿石，过去把 P_2O_5 含量低于8%的都当做废石，而现在 P_2O_5 在2%以上易选的也被做为矿石开发利用了。

矿石中除含某种主要矿物成分外，常常含有某些其它的可有用矿物叫做伴生有用矿物。如磷矿石中常伴生有磁铁矿、钛铁矿、黄铁矿、蛭石等有用矿物或稀土、碘等有益元素。目前工业上还不能利用的一些矿物，选矿中称为脉石矿物。

如在磷矿石中常含有石英、长石、方解石等脉石矿物。

选矿是一种分离矿物的过程。它利用各种矿物的不同特性，采用不同的方法，把有用矿物与脉石矿物分开，丢掉脉石矿物，使有用矿物富集起来达到工业生产的要求。

(二) 磷矿石

自然界里含磷矿物很多，有工业价值的矿石主要是磷灰石和磷块岩(胶磷矿)。磷灰石矿是一种晶质磷矿，主要含磷矿物为氟磷灰石和氯磷灰石，其结晶完整、颗粒较粗，主要产于岩浆岩矿床。磷块岩是多种不同矿物(石英、海绿石、白云石等)和磷酸盐组成的磷矿石，含磷矿物主要为结晶非常微细的氟磷灰石或与其相似的矿物，它产于沉积岩磷矿床。沉积岩磷矿床因变质作用的影响，使磷酸盐再结晶，形成磷灰岩矿床，其含磷矿物为磷灰石和胶磷矿。

按磷矿石中的主要脉石矿物的不同，可把磷矿石分为：硅质磷矿(80%以上的脉石为石英或其它硅酸盐矿物)、钙质磷矿(80%以上的脉石为碳酸盐类矿物如：方解石、白云石)和两者的过渡类型钙硅质磷矿(40~80%的脉石为硅酸盐矿物，碳酸盐矿物小于40%)和硅钙质磷矿(40~80%的脉石为碳酸盐矿物，硅酸盐矿物于小40%)。

按磷矿石中有用成分 P_2O_5 含量，又可分为高品位磷矿($P_2O_5 > 30\%$)、中品位磷矿($P_2O_5 20\sim 30\%$)和低品位磷矿($P_2O_5 < 20\%$)。高品位磷矿石，一般不需要选矿，可以直接加工成磷肥。中低品位，特别是低品位磷矿一般须经过选矿富集后才能利用。

(三) 磷矿石的可选性

磷矿石的选矿方法，就其可选性来说，可应用浮选、煅

烧、重选、电选等，但实际生产中常用的多是浮选、煨烧、重选及其联合的方法。

磷矿石的可选性，主要由矿床成因、磷矿物种类及其结晶大小、脉石矿物组成、磷矿物与脉石矿物的共生关系以及原矿品位高低等因素所决定。

一般岩浆岩磷灰石型和深度变质的磷灰岩型矿石中，脉石矿物多为中基性到超基性，尤其是偏碱性的硅酸盐矿物，较少遇见有碳酸盐矿物，其含磷矿物均为结晶完好，颗粒较大的磷灰石，因此磨矿时易于单体解离，浮选效果良好。而沉积或轻度变质的磷块岩矿石中，磷矿物主要是胶磷矿，脉石矿物或以石英玉髓等硅质矿物为主或以碳酸盐矿物（方解石、白云石）为主，或两者都具有相当的含量，含磷矿物颗粒非常微小，磷矿物与脉石在磨矿时单体分离困难，因此影响浮选效果。

磷矿石中的主要脉石矿物的种类及其含量不同，所采用的选矿方法和选矿效果差别很大。一般脉石矿物以碳酸盐矿物为主，硅酸盐等矿物很少时，以采用煨烧——消化法富集磷矿物为宜。因为碳酸盐矿物的自然可浮性优于或近于磷矿物的可浮性，用简单的浮选流程很难除去碳酸盐矿物，特别是磷矿物颗粒细时更为困难。如果用复杂的浮选流程，则很不经济，一般都不采用。当脉石矿物主要是以石英或其它硅酸盐矿物为主时，用碳酸钠和水玻璃作调整剂，可以抑制硅酸盐矿物而浮出磷矿物，达到分选富集的目的。对于脉石矿物既有硅酸盐矿物，又有碳酸盐矿物，而且含量又相近的磷矿石，一般需要采用比较复杂的联合方法和流程来处理，才能达到分离的目的。

磷矿物与脉石矿物的共生镶嵌关系也是影响磷矿石可选性的重要因素。比如有的磷矿中磷矿物虽然是磷灰石，其颗粒也不算太细，但其被碳酸盐浸蚀严重，磷灰石多呈碳酸盐化残余，磷灰石与碳酸盐矿物界限不清，要高度细磨才能使其互相达到单体分离，而高度细磨则会产生大量矿泥，给分选带来困难。相反，虽然有的磷矿中磷矿物颗粒并不算粗，但是它与脉石镶嵌关系简单，界线分明，不需磨得很细就可单体解离出来，获得较好的选矿指标。

另外，原矿品位的高低也影响可选性。一般品位较高的矿石比较容易获得合格精矿，选矿指标也好些。

总之，磷矿石的可选性难易程度，大致是：高品位易于低品位；粗粒易于细粒；磷灰石易于胶磷矿；硅质易于钙质；硅钙质和钙硅质低品位胶磷矿最难选。

磷矿石的可选性，一般通过矿石可选性试验来确定。

（四）低品位磷矿可选性试验

各地的矿石有自己的特点，有时看着两种矿石差不多，但可选性往往不相同，合适的选矿条件也各不一样。所以找到磷矿后，首先要做一下可选性试验（也叫选矿试验），看磷矿石是不是好选，在可选性试验基础上确定合适的选矿条件。避免建厂后造成浪费。

可选性试验就是每次用少量的矿石（几百克到几公斤）在小型选矿设备上上进行选矿，来寻找合适的磨矿细度、浮选时间和药方等各种浮选条件，确定合理的选矿工艺流程，获得较好的选矿指标。这种试验，一般在实验室里用小型浮选机进行。有的地方，土法上马，自制小浮选柱，进行这种试验。实验用小型浮选柱大约一米高，直径120毫米，当然再高

些粗些也可以，只是试验用料多些罢了。

开始试验时，可以先参照同类矿石的生产或试验的浮选条件，大致先摸一摸要试验矿石的可选性，然后在此基础上，进行不同的浮选条件试验。

磨矿细度试验，可以用不同细度的矿粉，如小于200目占40%、50%、60%、70%等做试验，看那种细度选矿效果最好（精矿质量最好，回收率最高），就可以确定将来生产时要磨到的合适细度了。

药方试验，可以先改变一种药剂用量，其它药剂的用量固定不变，看它用多少时选矿效果最好。然后把它的用量固定下来，再改变另一种药剂的用量进行试验。最后把各种药剂的用量确定下来。

浮选时间，是指从开始流出泡沫到泡沫中变空不含矿为止，所用的时间。对它一般不做专门试验，只是把上述每次试验的浮选时间记录下来，就可找出一个比较稳定的浮选时间。浮选时间是计算浮选设备（浮选柱或浮选机）容量的重要因数。

在做选矿试验时，要记录试验编号、磨矿细度、矿浆浓度、酸碱度（pH值）、矿浆温度、各种药剂用量、搅拌和浮选时间、试验结果等。在做试验时，关于影响浮选工艺的各因素和浮选柱的操作等，与浮选生产是一致的，可参考后面有关部分的叙述。浮选试验做完后，各产品（原矿、精矿、中矿、尾矿）都要取样化验 P_2O_5 含量，并计算回收率。经过反复试验对比，就可了解矿石的可选性和确定各种合适的浮选条件。

几年来，我室配合地质找矿和各地建矿办厂，对全省二

十多个地区不同类型的磷矿点，在室内进行了可选性试验，证实我省已发现的低品位磷矿多属易选矿石，而且许多矿点已建选厂。现将我省几种不同类型低品位磷矿的可选性试验结果，摘要列于表2中（附后），供参考。

三、磷矿的选矿

（一）低品位磷矿的选矿方法

选择选矿方法，主要根据矿石中 useful 矿物与脉石矿物的性质，有用成分含量和有用矿物颗粒大小等条件来确定。我省已查明的磷矿主要是硅质磷灰石型低品位矿石，其特点是：（1）有用矿物磷灰石可浮性良好，脉石矿物石英和其它硅酸盐矿物，如长石、云母、角闪石等可浮性很差；（2）矿石中有用成分 P_2O_5 含量低，杂质成分含量高；（3）磷灰石在矿石中多呈细粒（0.2毫米左右）星散分布。所以一般都采用浮选法。

浮选是根据矿石中有用矿物磷灰石与脉石矿物石英、角闪石等被水润湿的程度不同，而达到把它们相互分离的目的。

当矿石中还有可以综合利用的伴生有用矿物时，可根据其特性采用相应的其它方法进行综合回收。

我省低品位磷矿的选矿，主要采用浮选法。以下介绍的也都是浮选或浮选厂的有关问题。

（二）选矿过程

低品位磷矿选矿过程，即浮选过程，（图1）就是先把磷矿石破碎，加水磨细，调成一定浓度的矿浆，再添加浮选

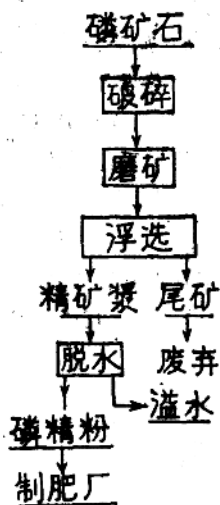


图 1 选矿过程简图

剂搅拌，以提高磷灰石的憎水性（不被水润湿的能力）和脉石矿物的亲水性，向矿浆中充气后，使磷灰石附着在气泡上，随同气泡浮游到矿浆表面，形成一层适当稳定的矿化泡沫，再被机械刮（或自溢）出来，成为磷精矿，而亲水的（易被水润湿的）脉石矿物则留在矿浆中，成为尾矿。最后精矿还要脱去多余的水分。

总之，低品位磷矿的选矿过程一般由破碎、磨矿、浮选和脱水四个工序组成。

（三）选矿指标

在选矿过程中，常用以下指标来衡量选矿生产的好坏。

1、品位

品位,是指产品(包括原矿、精矿、中矿和尾矿等)中含有有用成分的多少,用百分数表示。品位一般用化学分析来测定。例如,某小磷矿的原矿品位含 P_2O_5 为4%,就是每百吨矿石中有四吨 P_2O_5 。该矿石经浮选后,获得的精矿品位为含 P_2O_5 31%,就是一百吨精矿中有三十一吨 P_2O_5 。

2、产率

产率,是指产品重量占原矿重量的百分数。如,某小磷矿每昼夜处理100吨矿石,获得12吨磷精矿,那么精矿产率和尾矿产率分别为:

$$\text{精矿产率} = \frac{\text{精矿重量}}{\text{原矿重量}} \times 100\% = \frac{12}{100} \times 100\% = 12\%$$

$$\begin{aligned} \text{尾矿产率} &= \frac{\text{原矿重量} - \text{精矿重量}}{\text{原矿重量}} \times 100\% \\ &= \frac{100 - 12}{100} \times 100\% = 88\% \end{aligned}$$

3、回收率

回收率,是指选进精矿产品中的有用成分占原矿中有用成分总量的百分数。回收率的计算有两种方法。一种是实际回收率,按下式计算:

$$\text{实际回收率} = \frac{\text{精矿重量} \times \text{精矿品位}}{\text{原矿重量} \times \text{原矿品位}} \times 100\%$$

另一种是理论回收率,它不考虑生产过程中的损失,而是根据有用成分的平衡关系推导出来的,计算如下式: