

化学工业技术小丛书

土法小高炉生产钙镁熔融磷肥

(修訂本)

湖南省化学化工学会主編

湖南省化工研究所編著

湖南科学技术出版社

前 言

1958年春夏，全国广大农村掀起了农业生产大跃进的高潮，同时，对化学肥料工业提出了日益迫切的需要，为了尽可能地满足这种要求，我们全所职工在各级领导的具体指示和有力支持下，运用几年来积累的化肥生产知识，并积极学习国内外经验，经过一个多月时间的苦战，采用构造简单的小高爐，突击进行了土法制造鈣鎂熔融磷肥的試驗，并获得了初步成功。

这种生产方法的特点是设备簡便，技术不复杂，投資不多，收益很大，乡、社都可自己生产，自己使用，符合全民动手与多快好省的要求，因此得到中央化学工业部和我省各级领导的重视，于1958年7月在长沙召开了全国土化肥現場会议，并作为重点推广项目之一，向各地推荐。会后，我们又编写出版了一本“土法小高爐生产鈣鎂熔融磷肥”的小册子，以便各地在推广时参考。

一年来，这个生产方法在各地推广过程中，不断得到了新的改进和补充，并創造了许多先进生产经验。特别是1958年11月省委在望城县召开全省土化肥現場会议以后，有了进一步的发展。为了适应当前生产的需要，有利于生产技术进一步的提高，我們根据这一段时间内所了解到的情况和收集到的意見，将这本小册子修訂再版。今后，我們还将不断地汇集各地在生产中的先进經驗和新情况，因此渴望各生产单位及广大讀者多提宝贵意見，使这本小册子更臻完善，更有利于土化肥的普遍开花結果。

湖南化工研究所

目 录

前 言

一、概論	(1)
磷肥工业概况	(1)
热解法磷肥的性质及其肥效	(2)
在我省推广高爐法生产鈣鎂熔融磷肥的意义	(3)
二、制造方法	(4)
反应机理	(4)
主要原料和燃料	(6)
配方的討論	(11)
建爐	(24)
爐前操作技术	(29)
其他	(31)
三、主要設備	(32)
四、今后改进的方向	(34)
五、附录——鈣鎂熔融磷肥的化驗方法	(35)

一、概 論

磷肥工业概况

最初,磷肥的生产是用硫酸分解磷矿石,制取以水溶性磷酸一钙为主要成分的过磷酸钙。目前生产和使用的磷肥仍以此为大宗。也有用盐酸、硝酸或磷酸分解磷矿石制取各种水溶性以及枸溶性磷肥(偏磷酸钙)和磷氮混肥的,这些都属于酸解法的范畴。

近数十年来,各国相继研究了将磷矿石添加各种廉价矿产品加热煅烧,于高温下使它分解的方法。也有加碱进行高温分解的,产品都是枸溶性的。这些都属于热解法的范畴。

在各种热解法中,(1)钙镁熔融磷肥是应用较为广泛,工艺过程较为成熟的一种。在苏联、波兰、日本、美国等国都有大量生产。例如日本1952年生产9.8万吨,1958年将达50万吨。(2)水热法脱氟磷肥,系对磷矿石、石灰石和硅砂等的混合爐料加热至 $1350-1500^{\circ}\text{C}$,并在煅烧同时不断地通入过热蒸汽;在工艺过程中分别控制爐料,使变为烧结或熔融状态。此法在苏联和美国已有生产,我国也即将生产。(3)湯馬斯磷肥是碱性炼鋼爐在吹炼时所得的爐渣。由于鑄铁里面所含的磷被集中到爐渣中形成枸溶性磷酸盐,所以实质上就是一种热解法磷肥。它在欧洲、西德和法国生产得最多。(4)碱热法磷肥是将磷矿加纯碱煅烧至 1200°C 制得的磷肥,德国已有生产。近年来国内采用芒硝、食盐、苦卤、氯化钾代替纯碱試制磷肥的单位很多,已有较好

的成績。

此外，磷灰土类型的磷矿，还可以粉碎为磷矿粉，不經化学加工，直接作为迟效肥料施用。

热解法磷肥的性質及其肥效

热解法磷肥是不溶于水但易溶解于弱酸的微碱性肥料。它的有效成分主要是高温型磷酸三钙，它会被植物根须分泌出来的根酸充分溶解而吸取作为养料。适宜于酸性和中性土壤中施用。

热解法磷肥較酸解法的水溶性磷肥具有更多的优点。因为它们不溶于水，所以施用后肥效不易流失，同时有效磷酸根也不易被土壤中的铁铝离子所固定。因为它们不吸潮和不含游离酸，所以便于貯运和不侵蚀包装材料；存放較久也不降低其肥效。

氮、磷、鉀三种肥料必須配合使用。对于不同的土壤、作物和气候等条件，应该采取不同的配合比例：如果其中一种显著缺乏，就会使得他种肥料的肥效不能充分发挥，甚至造成不良后果。据农业部土地利用局肥料处的資料中所載：如湖北襄陽試驗站棉花試驗結果：除按农民的习惯施用农家肥以外，每亩增施化学肥料折合氮(N_2)6斤的，增产23.21%；增施磷肥(P_2O_5)6斤的，增产6.56%；增施鉀肥(K_2O)6斤的，增产3.65%。这样氮、磷、鉀，分別施用的增产效果共为33.42%。但若将各6斤配合施用，則增产效果达51.37%。两者相比，配合施用的比分別施用的多增产17.95%。又該資料中还述及配合施用的比例：对亩产水稻1200斤的，綜合施用氮、磷、鉀的比例是1:1:1.5；对亩产小麦1000斤以上的，氮、磷、鉀的配合比例約为1:1:2；对亩

产籽棉1000斤以上的，氮、磷、鉀的配合比例大致是1:1:1。

磷是植物細胞中核蛋白和磷酸中的主要成分。在淀粉和蛋白質等有机物的新陳代謝中起重要作用。磷酸大量存在于种子中。所以說，沒有磷，植物就不能生活。磷肥的主要功效是促使谷类作物的子实壮大飽滿，穗粒增多；促使块根作物增产块根和增加糖分；促使作物提前成熟，抵抗疾病。鈣鎂熔融磷肥中除含有枸溶性 P_2O_5 外，还含有具有肥效的鎂、鈣、硅等氧化物，它們的极大部分也是枸溶性的。鎂是叶綠素的必要成分，它能使植物生长旺盛，并使磷、硅的效力提高；硅酸盐呈偏硅酸形态，在土壤中起水解作用而生成消石灰和硅胶 $[CaSiO_3 + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + SiO_2]$ ，故对酸性土壤能起改良作用，同时使硅为植物吸收。鈣質則能中和土壤的酸性并促使有机物質分解。因而鈣鎂熔融磷肥中的四个主要成分—— P_2O_5 、 CaO 、 MgO 、 SiO_2 ——都是作物所需要的肥料。我国农业研究部門和农业合作社近年施用鈣鎂熔融磷肥的經驗証明：施磷肥一斤，可增产稻谷1.5—2斤、小麦1.87—2.5斤、油菜1斤多。苏联和日本都証明，鈣鎂熔融磷肥对于酸性和中性土壤比过磷酸鈣有更好的肥效；对于稻子、小麦、油菜、馬鈴薯、豆类、棉花、烟叶等都有良好的肥效。

在我省推广高爐法生产鈣鎂熔融磷肥的意义

鈣鎂熔融磷肥的生产方法有电爐、平爐和高爐三种，結合我省具体情况，以使用高爐法为宜。它的設備簡便、操作較易，投資不多，收益很大；配料的选择有較大的灵活性，可以根据各地区所产磷矿的特点，結合当地生产或易获得的矿产品考虑配方；

对磷矿的品位和含杂情况要求不严。采用此法便于分散地建立許多小厂，可以充分利用小矿和中低品位矿。它的生产不需要使用硫酸和其他酸碱，因而不仅降低了生产成本，更重要的是节约了制酸工厂所需要的原材料、设备、基建直到劳动力、技术力量等成套人力、物力的供应。

这些具体条件对我省现实情况都是有利的。我省近年来发现品位在15%(P_2O_5)以上的磷矿不下50处之多，分布在近30个县市內。一般使用的配料如白云石、硅砂、钾长石、滑石等产地也很广泛，仅合乎生产要求的白云石矿产地已发现有廿余起，而硫酸生产在我省尚远不够供应发展酸解法生产磷肥的需要。因而，大力发展以高爐法生产鈣鎂熔蝕磷肥为主的磷肥生产，不仅在当前需要，而且就长远來說，也是有其广闊前途的。目前，我省投入生产的除有每年每座可产約500吨的磚砌或土筑的小高爐外，还有每座日产已稳定在12吨，并創造日产17吨高产卫星的黄土和砂岩筑成的中型土高爐。就它們的投資規模以及生产技术来看，一切有資源条件的人民公社，都能广泛地采用。

我們相信，高爐法的繼續推广和不断改进，是能够滿足我省农业增产对磷肥的需要的。并进而促使我国磷肥总产量和单位面积的施肥量，很快地超过日本，赛过美国。

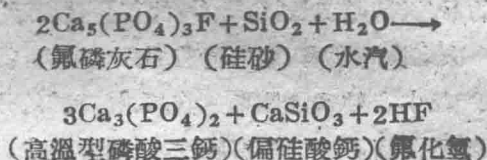
二、制造方法

反应机理

鈣鎂熔蝕磷肥是将磷矿和含鎂物質在高温(1300—1450°C)熔融后，經水淬，驟冷而成。許多科学家的研究結果証

明，爐料在煅燒過程中的主要化學作用是氟磷灰石的組織結構被破壞，而形成可溶于2%檸檬酸的高溫型磷酸三鈣[α - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$]；與此同時，所生成的鈣、鎂的硅酸鹽玻璃質，在水淬驟冷的條件下，能夠固定高溫型磷酸三鈣的結構，這樣，阻止它轉變或很少變為不溶性的低溫型磷酸三鈣[β - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$]，也不回變成為氟磷灰石的結構。蘇聯Э.Б.別瑞切克院士的試驗證明，1100°C為高溫型與低溫型磷酸三鈣的轉化溫度，且證明低溫型磷酸三鈣幾乎完全不溶于2%檸檬酸。又日本永井彰一郎的試驗證明，原為枸橼率95%的成品在1050°C急冷後，其枸橼率急降為18%。

在高爐中進行的煅燒過程，實際上有水蒸汽存在，有人認為產生磷肥的主要化學反應可以用下式表示：



在高爐中，因物料系與焦炭同時投入爐中煅燒，有時通風不良生成還原氣氛或因物料與炭粒密切接觸，使磷被還原揮發，造成損失。其反應如下：



如果物料或燃料中含鐵化合物較多時，則也會使磷肥中有效磷有較大的降低。原因是鐵化合物為炭還原成鐵，它再與磷生成磷鐵化合物。

磷的還原和磷鐵的生成，在磷肥的生產中都是不利的，應該盡量避免。

主要原料和燃料

(一)主要原料:

生产鈣鎂熔融磷肥的原料为磷矿、含鎂物質、硅砂和石灰石等。加入含鎂物質是为了降低物料熔点、防止鋁盐阻碍磷的轉化以及减少磷为炭素还原的可能性。加入硅砂和石灰石是为了調节硅和鈣的含量,以利于物料的熔融,且二氧化硅是生成玻璃質的主要形成物。此外,鉀长石也可用来作配料,在一定条件下,它能代替含鎂物質和硅砂,并且,用鉀长石能使生成的产品中既有磷也有鉀,国外在这方面已經进行了一些研究;我們也作了初步試驗,証明是可能的。但是由于工作尚不完整,还有待今后繼續試驗。

1. 磷矿的品位(即总磷量,以 P_2O_5 的百分数表示)对成品中含有效磷量有决定性的影响。如果磷矿的品位較高,就便于选用配料,并可使产品中有效磷含量高一些。我省磷矿的分布面广,已經发现的,除石門磷矿有部分富矿外,一般都是中、低品位矿(含总磷量在20%以下),而且含杂质情况各有不同,含碳酸盐高的为碳酸盐磷矿,其特点为灼燒减量較高。如辰溪、沅陵矿灼燒减量高达20%左右,因此,在煅燒后含磷量相对地有所增高。有的含硅酸盐高,如大庸磷矿含二氧化硅在60%左右,其灼燒减量只有5%左右。我們用作生产鈣鎂熔融磷肥的磷矿品位除灼燒减量高者(>15%)以外,在10%以上的可以考虑采用。一般要求不低于12%,否則产品的有效磷含量低,相对地增高生产成本,很不合算。

2. 含鎂物質除沿海和盐湖还有大量鎂盐可供利用外,一般

常用的是含鎂礦物，如橄欖石 ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$, MgO 57.1%, SiO_2 42.9%)、蛇紋石 ($3\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, MgO 43.0%, SiO_2 44.1%, H_2O 12.9%)、白云石 ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$, MgO 21.8%, CaO 30.4%, CO_2 47.8%)、滑石 ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, MgO 31.7%, SiO_2 63.5%, H_2O 4.8%) 和鎂砂 (含 MgO 約 85%) 等。它們都可以作為配料。橄欖石和蛇紋石是鎂質硅酸鹽，含鎂高，國外生產鈣鎂熔融磷肥和我國浙江、江西、湖北等省多採用它們作肥料。白云石在我省分布面較廣，本省多數地區都以它作為鎂質來源。使用白云石的缺點主要有二：一、因它系碳酸鹽，在煅燒分解時吸熱大，增加煤耗；二、因它帶入多餘的鈣質，既會增高熔融溫度，又沖淡產品中的含磷量。用於生產中的白云石要求含 MgO 不低於 18%。

3. 硅砂的品種很多，石英和玻璃砂含 SiO_2 95% 以上，成分較純。河灘上的白色石英質鵝卵石（俗稱河岩）可以用，如長沙骨粉廠用的卵石含 SiO_2 達 97%。不過當使用卵石作配料時須先經化驗，以便計算配料。

4. 石灰石含 CaO 52—55%，如果磷礦品位不高而含硅較高，含鈣不多時，且又缺乏白云石來源，則可考慮添加石灰石，以降低物料的熔點。就理論上說，這些配方是屬於水熱脫氟熔融磷肥的範疇的。

（二）認礦、采礦和配礦：

我省自推廣高爐法生產鈣鎂熔融磷肥以來，在認、采、配礦方面存在的問題較多，有的地區因化驗工作跟不上，而給生產帶來了不少的困難或造成浪費。因而，有必要介紹一下有關認、采、配礦方面的一些基本知識。

認矿：目前我們生产中用的原料主要为磷矿和白云石。有的地区还須添配硅砂，如石門磷矿；有的地区的磷矿本身含鎂較多，不配白云石而仅配用硅砂，如辰溪修溪口磷矿。一般說来，石英質物質肉眼易于認別，在这里，只介紹磷矿和白云石的一般認矿法。

1. 磷矿：我省磷矿为冲积层磷矿，外表类似頁岩，多呈灰黑色，有时在阳光下泛淺綠色、淺藍色、深藍色、紅褐色或紫色。性脆，断口不平坦，比重約为3.1。下面介紹沅陵磷矿粉厂認矿的方法：

打开新的矿的断面，在阳光下若泛紫色或深藍色，則品位一般在20%左右。有的磷矿外表极似頁岩，黑中略泛灰，遇此情况可用火燒，若无蒜味且发炸，則可能为磷矿，其品位一般为15%左右。为了从化学反应上辨識，可以鉬酸鉍粉和硝酸进行定性檢驗：在新断面順矿石条痕的垂直方向洒一綫鉬酸鉍粉，每隔約10秒鐘滴濃硝酸一次，滴上5—6次，若出現深黃色，則其品位可能在10%以上；若呈淺黃色，則其品位在5%以下。

沅陵認矿法可供各地参考用，基本上只能确定是不是磷矿，若欲鉴定磷矿品位，須經正式取样化驗。

2. 白云石：打开新断面呈白灰色，在阳光下有白色閃光点，表面呈細致粉状，以1:1盐酸或硝酸試之，緩慢地发出气泡，但没有嘶嘶响声，則多为白云石。若其中含脉状石英較多，則品位較差。如果新断面呈灰白色，发暗，当滴加盐酸（1:1）或硝酸（1:1）时，立即发泡，并听到清晰的嘶嘶声，則多为石灰石。有的类似白云石，但其新断面滿布血絲状物或呈魚鱗片状，則仍屬于石灰石矿，即使含鎂，也不多。

采矿：

1. 磷矿：表土厚的用露采，表土薄的可用露采。不管用何种方法采矿，均需根据矿脉走向，通过取样化验后，始能确定有无开采价值和如何进行开采。任何不经过正规取样而仅凭野外初步鉴定结果，或者随意捡一块或数块样品加以定量检验后便进行开采的作法，是不对的。

现介绍两种常用的磷矿取样的方法如下：

a. 刻槽法：此法优点是能够正确地反映矿石的组成，缺点是费功较大。

①每一矿层变化处（包括层次的变化和断面颜色的变化等），一般取一个样。但若变化少，为了能较正确地指示矿的品位变化情况，则可结合错开层次取样法，即按走向每隔2—3米错开矿层取样一次。

②槽宽约10厘米，深约0.5—1厘米，高为整个矿的厚度（错开层次取样时，刻槽厚度应除去错开的矿层）。

③刻槽时应先刻槽线，而后按上述规定凿样。所凿样落到预先准备好的油布，席子或厚纸上。锤碎至约10公厘大，用四分法分出1—2斤作化验用（每缩分一次须将矿锤细一次，缩分次数多寡视矿样量多少而定），并留下全部余样由采矿区保存。

④取样处应该顺次打杆和编号，并说明取样的时日，取样人和取样方法。

b. 拣块法：此法比刻槽法简单，容易掌握，效率高，又经济。

①连续拣块法——在每一采样段中，从头到尾用锤子连续敲取大小相似的矿块，将所敲下的矿石合并成一个样。

②不连续拣块法——其间距视具体情况而定，但须注意矿

样的代表性。

配矿：因各采矿段的矿石品位不尽相同，有的相差甚大，为了充分利用资源，采矿区可根据生产工区要求的品位，结合矿山磷的品位变化情况进行恰当的配矿。确定配矿比例后再划定开采作业区和安排各作业区的开采量，以便配备相应的工具和所需的劳动力。

例如：大庸磷矿区的第一矿段平均品位约为12.4%，第二矿段平均品位为19.0%，若欲配成品位为17%的磷矿，则其配矿比例的求法如下：

设第一矿段样需 $X/100$ ，则第二矿段样需 $(100-X)/100$ 。

$$\text{即 } 12.4 \times \frac{X}{100} + 19.0 \times \frac{100-X}{100} = 17$$

$$0.124X + 19.0 - 0.19X = 17$$

$$0.066X = 2$$

$$\therefore X = 30.3$$

即第一段矿：第二段矿应为30.3:69.7

2. 白云石：可按不连续拣块法取样。我省白云石岩上复的表土不厚，均可露采。

应化验的项目：

具有代表性的磷矿样，经化验其品位合乎生产要求，则应加化氧化钙(CaO)、氧化镁(MgO)、二氧化硅(SiO_2)和灼烧减量。

具有代表性的白云石样，经化验其品位合乎生产要求（指 MgO 含量大于18%），则应加化 CaO 、 SiO_2 和灼烧减量。

具有代表性石英质矿物样当 SiO_2 含量大于90%时，则加化灼烧减量。

(三)燃料:

以采用焦炭为宜。除爐子升火所消耗的底焦外,焦炭耗用量对于爐料的比(称为焦比)約为:上焦(灰分小于10%)为25—30%,中焦(灰分小于15%)为30—35%,次焦(灰分小于20%)为35—40%,脚焦(灰分約为25%左右)为45—50%。也可采用部分焦炭与部分白块煤或煤球,或者全部采用白块煤、烟块煤或煤球。当采用白块煤和烟块煤时,应选用强度較大而不易破碎者。煤球应该用較好的白煤屑或烟煤屑加10—20%的黃泥和熟成球,不能做得太粗糙,以免易碎和火力不好。采用白块煤、烟块煤或煤球时,应相应地增加一些煤耗,一般为40—50%,主要应是看煤的質量而定。白炭只宜于打底火或作事故炭用,如果作为生产用的主要燃料,則太不經濟。

配方的討論

(一)配方的理論:

我們对熔融磷肥的生产要求,既要尽可能提高成品中的磷含量,又要获得高的枸溶率。而这两个目的主要依靠配方来解决。欲提高成品中的磷含量,就应当选用較高品位的磷矿,并加入尽可能少的含鎂物質或其他必要的配料,欲获得較高枸溶率的成品,首先須了解影响枸溶率的主要因素(熔融物的粘度和水淬驟冷)。关于水淬驟冷的重要作用在反应机理中已述及,这里不再重复。熔融物的粘度即是我們常說的流动性的好坏,或者是从出料口流出的“肥水”活不活。熔融物的粘度大,不仅意味着物料中的氟磷灰石的組織結構未能彻底破坏,直接影响了磷的轉化,降低成品中的有效成分;而且既易促使爐內或出料口处发生

冻结，又使熔融物水淬不易发挥效果，以致枸溶率下降。造成粘度大，流动性不好的主要原因，一个是熔融温度和时间；另一个是配料中的化学组成。如果温度不够，或者熔融物在高温区域停留时间短，会使粘度增大。但是，熔融温度是取决于配方的，不同的配方，其所需的熔融温度也就不同。由上分析，配方是获得具有良好流动性的熔融物，保证正常生产和产品质量好的首要关键。从目前我省钙镁熔融磷肥的生产情况来看，从理论上认识配方的重要意义和从实际上掌握配方的选择和计算方法，对于推动当前生产是十分必要的。

钙镁熔融磷肥可以看做是由 P_2O_5 、 CaO 、 MgO 、 SiO_2 四个主要物质和少量其他物质组成的一些化合物的固熔体。因而研究配方主要是寻求这四组份相互间的恰当比例，然后适当考虑铁和铝以及炭粒的影响。

由于磷矿和含镁矿物等原料的质量不一，含 P_2O_5 、 CaO 、 MgO 、 SiO_2 的量变化很大，因此先要化验原矿和各种配料中所含四组份的量。因为不先化验就不能计算配料的使用量。

计算四组份间的相互比例，采用分子比的较普遍。例如石门磷矿VO 4号矿样含 P_2O_5 37.40%， CaO 49.04%， SiO_2 2.36%， MgO 2.59%，则37.40:49.04:2.36:2.59是重量比；若换算为分子比（或称模数比），则须各除以其本身的分子量，即

$$\begin{aligned} & \frac{37.4}{142} : \frac{49.04}{56} : \frac{2.36}{60} : \frac{2.59}{40.32} \\ & = 0.264 : 0.876 : 0.036 : 0.065 \\ & = 1 : 3.32 : 0.128 : 0.246 \end{aligned}$$

若以 M_p 、 M_c 、 M_s 、 M_m 分别表示物料中含 P_2O_5 、 CaO 、

SiO_2 、 MgO 的分子数，則上式可表示如下：

$$M_p:M_c:M_s:M_m=1:3.32:0.128:0.246(\text{分子比})$$

就一般情况看，磷矿無論品位高低，因其本身所含磷、鈣、硅、鎂四組份的分子比不会那样凑巧，很少可能在 1350°C 左右单独燒成高轉化率的鈣鎂熔融磷肥，总是需要增添其他配料以調整四組份的分子比，以获得在較低溫度下既能熔融良好，又能含有有效磷高和枸溶率高的产品。

根据国内外許多試驗的結果可以綜合为一个配料的分子比范围，即 $M_p:M_c:M_s:M_m=1:3\sim3.5:2\sim3:2\sim3$ ，它的熔融溫度为 1400°C 左右。但是試驗者所用的含鎂物質多为橄欖石和蛇紋石。根据我省具体情况，采用本省的中低品位磷矿，以白云石为鎂的来源。根据进行試驗所得的数据可以提出大致的配料比的范围如下：

当磷矿品位为 $10\sim20\%$ 时， $M_p:M_c:M_s:M_m=1:9.5\sim13:9\sim13:5\sim7$ ， $M_s/(M_c+M_m)=0.5\sim0.8$ 。当磷矿品位 $>20\%$ 时， $M_p:M_c:M_s:M_m=1:4.5\sim6:3.5\sim5:1.8\sim2.5$ ， $M_s/(M_c+M_m)=0.5\sim0.8$ 。上述两个配料比范围系在以 $1300\sim1400^\circ\text{C}$ 为熔融轉化溫度的条件下归納出来的。若換算为各原料相互配合的重量比，則大致得到如下范围的配料比：当磷矿品位为 $10\sim20\%$ 时，磷矿：白云石 = $100:100\sim120$ ；当磷矿品位大于 20% ，則磷矿：白云石：硅砂 = $100:80\sim120:45\sim70$ 。配料中的白云石含 $\text{MgO}>18\%$ ，磷砂中含 $\text{SiO}_2>90\%$ 。

在我們配方的試驗中，体会到在考虑 P_2O_5 、 CaO 、 SiO_2 、 MgO 的分子比同时，还必须重視 M_s 与 (M_c+M_m) 的比值。这一比值不仅反映物料的酸碱度，并直接关系到物料在一定溫度下的

熔融狀況及成品的枸橐率。

根据現有工作情況，还只能初步掌握四个主要組份的含量比，其他雜質如氫、鉄、鋁也会对产品質量有着一定的影响，在这方面我們还没有总结出規律。同时，理論和实践都肯定了爐料中含磷量越高，則配料范围越窄，生产操作也需要越严格。目前，我省土法生产的鈣鎂熔融磷肥，在正常生产的情况下，含有效磷为8—16%。

(二)配方的試驗：

我所对本省已經发现的和某些外地的磷矿作了許多配方試驗。进行的方法是根据磷矿主要組份的含量，添配一定量的石灰石和硅砂，初步調节熔点，然后添加含鎂矿物，进一步調整鈣和硅的添加量和改善熔融物的流动性。配方試驗的控制溫度是1350—1400°C。停留在控制溫度的鍛燒时间是30分鐘。含鎂物質曾經采用鎂砂和白云石，試驗結果指出，它們可以按实际含鎂量相互換算使用(見表二配方I与Ⅲ)。硅砂系使用較純品种，实际生产中以卵石代替硅砂完全可行。

为了探索磷鉀混合肥料的制造，曾經以鉀长石、白云石和磷矿配合鍛燒，但熔流情况稍差(見表二配方I)。

含鎂較高的与較低的磷矿互相配合，使混和矿料中的四組份符合配方范围，不另加配料，也可获得較好的产品，免除因添加配料而产生品位降低的缺点(見表二配方IV)。

品位較高的磷矿如石門 VO_4 、 VO_9 和貴州矿，經過反复配方，証明欲在1350~1400°C 这样的較低溫度下，而且是使用白云石作为鎂的来源，我們迄今只能获得含有效磷16—18%的成品(見表二配方II、VI、VII)。