

普通立窑土法生产硅镁钾肥

萍乡市上栗镇钾肥厂
江西工学院化工系

遵照伟大领袖毛主席“逐年增加化学肥料，是一件十分重要的事”的教导，在英明领袖华主席“抓纲治国”战略决策指引下和在中央“氮、磷、钾、腐”四肥并举方针的指引下，由于各级党委的重视和关怀，我们学习大庆工人自力更生，艰苦奋斗的精神，土打土闹大搞群众运动，不花国家一分钱，边实践，边总结，利用现有的小水泥设备，经过多次试验，于1976年5月用普通立窑土法成功地生产出硅镁钾肥。

土法生产硅镁钾肥是用钾长石、白云石和普通无烟煤就可进行生产。它具有不用焦炭，工艺简单，投资少，上马快的优点。凡具有原料的社、队企业都可以大搞群众运动，生产这种肥料。

气量为3760标米³/时，在采取提高热风炉热强度以后，使送入高炉的热风温度达到800℃左右，煤气可以基本回收利用。而煤气中炉尘含挥发钾素(K_2O 10~20%)折合粗肥约为21公斤，由于这种尘粒细(小于2微米)，采用干法除尘按测定结果只能回收50%，其余一半随煤气进入水洗净化系统，经水洗后的净煤气含尘量每米³炉气为1.0~1.5克，此数据说明水洗效果不好，并已在连续生产中证实极易造成热风煤格子砖格孔的堵塞，所以今后长期生产除应进一步采取措施解决煤气净化问题外，对煤气洗涤水中的钾素回收亦应加以考虑。根据测定结果，目前操作条件当控制煤气洗涤水气液比为1吨水/1000米³炉气时得洗涤水平均含钾量(以 K_2O 计)200克/米³水，按每小时洗涤用水量8吨计，即每天从水中流失 K_2O 约40公斤，试验期间曾试验将洗涤水循环使用，结果

一、硅镁钾肥的性质和肥效

硅镁钾肥具有弱碱性，能被植物吸收的枸溶性硅质钾肥。它含有钾、镁、硅、钙等有效成份。产品呈灰黑色，并具有不吸潮，不结块，不含游离酸，无腐蚀，无臭味和不溶于水的特点。贮存，保管，使用均较方便。

我们利用含 K_2O 9.5~11.8%的钾长石，含 CaO ~33%， MgO ~20%的白云石作原料，用无烟煤作燃料，普通立窑生产硅镁钾肥，其有效成份为： K_2O 5~8%， CaO 16~21%， MgO 10~14%， SiO_2 30~41%。

硅镁钾肥最适宜作基肥，特别是对酸性土壤，砂质土壤，冷浸田及缺钾的土壤中有显著的肥效。对水稻、红薯、小麦、油菜、红花草、

表明，二次循环后洗涤水含 K_2O 提高至400~500克/米³水。由此可见，在硅镁钾肥进入正常生产时，开展炉尘和洗涤水回收工作，使之加工制成优质钾肥或钾盐，不仅能达到合理解决炉尘和废水的利用，而且还能为硅镁钾肥生产实现无三废。

收到的肥效报告中33个点的250多个数据，一般情况下每斤硅镁钾肥增产稻谷0.6~1.8斤，平均1斤左右，增产率为1成左右，但是也有少数试验点尚未表现增产效果。综上所述，进一步开展在不同土壤、不同作物上施用硅镁钾肥方法的研究，以肯定其肥效和为硅镁钾肥推广生产、施用是十分必要的。

通过65天生产运行实践证明，硅镁钾肥的生产，可以保持高炉炉况稳定顺行，熔料流动性良好，操作管理方便简易，在技术上完全可行，经济效果良好。

果树等农作物均有明显的增产效果。我们进行了广泛的群众肥效试验，实践证明硅镁钾肥的增产效果是显著的，并能增强作物抗旱和抗病能力，防止倒伏，有壮秆高产的作用。去年本镇各大队 15 个早晚稻肥效试验点验收的结果是：其中 12 例每亩施用钾肥 80~150 斤，增产率为 11~28.8% 的有 9 例，增产率为 33.2~71.4 的有 3 例。每亩施用钾肥 200 斤有 3 例增产率为 23.3~52%，并且稻谷颗粒饱满出米率高。肥效试验的详细情况列表 1、2 表中进行说明。

表 1 硅镁钾肥对早稻对比试验情况

试验地点	钾肥 用量 斤/亩	施钾 亩产 斤/亩	不施钾 亩产 斤/亩	增 产		每斤钾肥 增产干谷 斤	备 注
				斤/亩	%		
新建四队	120	775	562.5	212.5	37.7	1.77	冲积性 沙泥田
四海21队	200	945	695	250	35.9	1.25	深泥田
镇农科所	100	645	510	135	26.4	1.35	沙泥田
斑竹一队	200	760	500	260	52	1.3	冷浆田
庙岭五队	120	930	803	127	15.8	1.06	冷浆田
永红八队	100	690	605	86	14.2	1.42	沙泥田
新群沙泥	80	708	612	96	15.7	1.2	黄沙泥田
新建六队	120	607	527	80	15.1	0.66	干谷队
新民六队	150	729	657	72	11	0.45	沙泥田

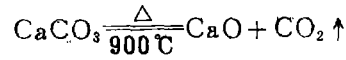
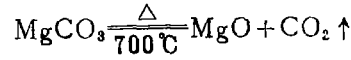
表 2 硅镁钾肥对晚稻对比试验情况

试验地点	钾肥 用量 斤/亩	施钾 亩产 斤/亩	不施钾 亩产 斤/亩	增 产		每斤钾肥 增产干谷 斤
				斤/亩	%	
新群九队	150	577	433	144	33.2	0.906
新群七队	200	990	803	187	23.3	0.935
新群十一队	150	586	255	169	28.8	1.13
万石三队	100	476	436	40	9.0	0.4
万石三队	150	300	175	125	71.4	0.833
新建十三队	80	362	305	57	18.7	0.7

二、生产原理概述

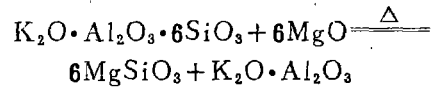
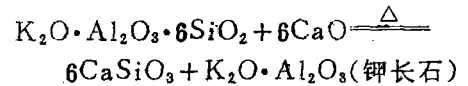
立窑生产硅镁钾肥是用无烟煤做燃料。煤燃烧所放出的热量是钾长石 ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) 和白云石 ($MgCO_3 \cdot CaCO_3$) 在窑内进行化学反应所需热量的来源。

随着煤的燃烧，不断地放出大量的热量，窑内温度不断上升，当温度上升到 $700^\circ C$ 以上白云石中碳酸镁 ($MgCO_3$) 便开始分解，生成氧化镁和二氧化碳。当温度继续上升到 $900^\circ C$ 左右时，白云石中的 $CaCO_3$ 亦开始分解，生成氧化钙和二氧化碳，其化学反应



由于我们采用的是全黑生料，而生成的 MgO 和 CaO 是均匀地分布在同样细小颗粒 (180 目通过) 的钾长石之间，当温度继续提高到 $1250 \sim 1300^\circ C$ 时，所生成的 MgO 和 CaO 便侵蚀钾长石，物料开始发生烧结和熔化，产生复杂的固-固相反应，固-液相反应和液-液相反应，破坏了钾长石的矿化作用。

据株州磷肥厂和湖南化工研究所的报导资料，钾长石中的 SiO_2 与白云石分解出的 MgO 和 CaO 反应，生成偏硅酸钙盐和镁盐，同时析出可被作物吸收的枸溶性钾盐——铝酸钾盐，反应式：



从反应式中可以看出硅镁钾肥有效钾存在的主要形式是铝酸钾盐。当 SiO_2 过量时，还会产生可溶性的硅酸钾盐 ($K_2O \cdot SiO_2$) 和单体硅铝酸钾 ($KAlSiO_2$)，其反应机理有待进一步研究。

三、生产流程及设备

(一) 原 料

生产硅镁钾肥的原料是钾长石 ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) 白云石 ($MgCO_3 \cdot CaCO_3$) 和无烟煤。其化学成分列于表 3、4。

表 3 钾长石、白云石主要化学成份分析

名 称	K ₂ O %	SiO ₂ %	CaO %	MgO %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	灼 减 %
钾 长 石	9.5~11.80	57~58	4.13~5.17	0.77~0.85	2.60~4.44	19.10~20.16	1~2
白 云 石	—	—	33.16~33.79	18.94~20.46	0.20~0.22	0.16~0.19	43.80

表 4 煤 的 分 析

分析项目 产 地	工 业 分 析					灰 份 全 分 析				
	水 份 %	灰 份 %	挥发份 %	固定碳 %	发热量 大卡/公斤	SiO ₂ %	CaO %	MgO %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %
上栗黄冲煤	3.60~3.64	38.02~ 38.03	13.97~ 13.99	44.34~ 44.41	5037	62.36~ 63.58	2.53~5.19	1.91~2.69	2.69~6.28	23.04~ 24.81

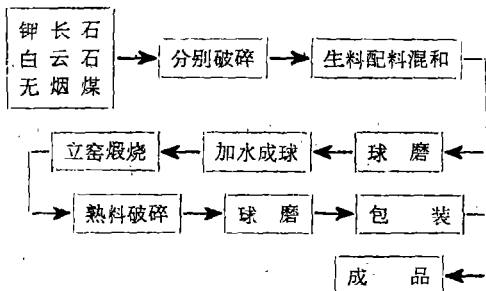
钾长石是一种含钾的硅酸盐矿物。矿石因含杂质不同而呈白色、淡红、肉红、淡黄及灰绿等不同颜色。它除溶于氢氟酸外，不溶于一般无机酸。我省钾长石资源十分丰富，贮量很大，分布很广，品位较高，我镇附近七宝山亦发现储量较多的钾长石。

白云石是一种主要含碳酸钙和碳酸镁的复盐矿石，在生产硅镁钾肥中，它既是原料又是助熔剂。我镇白云石资源丰富，距厂三公里的地方就有储量较大白云石矿。

无烟煤是立窑土法生产硅镁钾肥的燃料，煤的质量好坏，直接影响着硅镁钾肥质量，发热量在 4000 大卡/公斤左右都可使用。

(二) 工艺流程和配料

普通立窑生产硅镁钾肥的工艺流程和生产水泥基本上是相同的，都是“两磨一烧”，其过程是：



首先将钾长石和白云石分别进行破碎，湿煤要进行烘干，以便控制生料的水份在 3% 以下。钾长石要求破碎的粒度为 2 公分左右，白云石破碎粒度要求 3~4 公分。

破碎后的原料按一定比例进行混合配料。合理的配料是生产硅镁钾肥关键之一，配料的依据是控制生料的碱度。所谓碱度就是生料中的碱性氧化物(CaO 与 MgO)酸性氧化物(SiO₂)克分子数之比。计算公式如下：

$$\text{碱度} = \frac{N_{\text{CaO}} + N_{\text{MgO}}}{N_{\text{SiO}_2}}$$

通过生产践实，我们认为碱度控制在 0.9 左右为宜。

生料球磨的细度要求控制在 180 目，筛余量不超过 16%。成球的粒度 ϕ 5~8 毫米，水份 11~13%。

料球进窑煅烧，采取间歇操作，一次装料 40 公分厚，鼓风 30 分钟左右，温度控制在 1300℃ 左右，窑面全部见明火，物料基本上烧结，即停风出料。出料要平，要快，这样可以减少窑煅烧循环保证下批生料均匀煅烧。出料后再加料，继续鼓风煅烧循环操作。

煅烧温度主要是通过生料中的掺煤量来控制的，我厂热耗是每公斤生料 600~650 大卡，熟料的球磨细度控制在 120 目左右，得到的成品含有效氧化钾 5~6%，其他有效成份详见表 5。

表 5 硅镁钾肥熟料有效成份分析

配 料 比			碱 度	K ₂ O	SiO ₂	CaO	MgO
钾长石	白云石	煤	$\frac{N_{\text{CaO}} + N_{\text{MgO}}}{N_{\text{SiO}_2}}$	%	%	%	%
48	39	13	0.89	5.52	35.18	17.65	10.50
				5.34	32.77	17.52	
				5.43	33.97	17.54	10.50

(三) 设 备

生产中的主要机械设备列于表 6 中:

表 6 立窑生产硅镁钾肥的主要设备

设备名称	型 号、规 格	数 量	用 途
立 窑	内径 1 米、高度 4 米	1 座	生产硅镁钾肥的主体设备
鼓 风 机		1 台	供窑内生产鼓风
卧式破碎机	250×450 毫米	2 台	原料破碎
烘干机	φ 1×10.5 米	1 台	燃料烘干
	φ 0.6 米×8 厘米	1 台	
成 球 机	φ 1.6 米×30 厘米	1 台	生料成球
球 磨 机	φ 1.0×3.75 米	2 台	生熟料各一台

四、生产条件的控制

硅镁钾肥的生产包括机械加工的物理过程和立窑煅烧的化学过程每个过程,都有它内在的规律,掌握这个规律就能做到优质、高产、低耗,更好地为农业服务。

从生产操作过程可知,原料钾长石、白云石和煤的灰份,决定了生料的化学成份。料球在立窑中煅烧是生料各种化学成份发生反应制成硅镁钾肥的化学过程。料比就是原料中各化学成份的“浓度”比;温度则是进行化学的条件,煅烧时间是由反应速度决定的,是达到化学平衡所需的时间。因此控制料比(碱度)煅烧温度和时间是生产硅镁钾肥的关键问题。

(一) 立窑煅烧温度的选择

生料是没有能被植物吸收的有效成份,只有经过立窑煅烧后才能生成枸溶性的硅质钾肥。煅烧温度究竟要达到多高才能得到较高的转化率呢?我们通过试验找到了温度对硅镁钾肥转化率的规律。所得数据列表 7 中

表 7 煅烧温度对硅镁钾肥转化率的影响

试 样 编 号	煅烧温度 ℃	硅镁钾肥有效成份分析				* 转化率 %
		K ₂ O %	SiO ₂ %	CaO %	MgO %	
77-1	1100	—	20.70	19.96	0.43	—
77-2	1200	—	32.86	19.09	0.47	—
77-3	1250	4.30	46.65		2.90	68.10
77-4	1300	6.00	58.19	17.00	12.16	94.95
77-5	1350	5.68	47.02	16.94	13.89	89.93

* 熟料中的全钾经测定为: K₂O=6.32

表中所列的转化率系指:

$$\frac{\text{熟料中的 K}_2\text{O}\%(\text{有效})}{\text{熟料中的 K}_2\text{O}\%(\text{全量})}$$

各试样的碱度均控制在 0.9(即料比为钾长石:白云石:煤=50:38:12)

表 7 中所列实验数据表明:在碱度 0.9 的情况下,煅烧温度 1300℃ 是理想的,产品呈共熔玻璃体,转化率可达 94.95%。随着温度的降低,转化率则下降,在 1250℃ 时,生料才烧结,当温度降至 1200℃ 以下时,生料不烧结,钾素几乎无转化。

(二) 碱度的选择

料比指的是钾长石,白云石和煤各占的百分数。

反应物各化学成份的数量之间客观地存在着一定的比例关系,就是我们需要掌握的料比。

碱度是揭示料比的科学方法。因为它直接表示出生料化学成份中碱性氧化物(CaO 和 MgO)和酸性氧化物 SiO₂ 数量关系。这些碱性氧化物在高温下浸蚀钾长石,破坏钾长石的矿化作用,从而达到转化的目的。

通过试验我们找到了不同碱度(亦可以说

表 8 不同碱度对硅镁钾肥转化率的影响

试 样 编 号	料 比			碱 度 $\frac{NMgO + N_{CaO}}{SiO_2}$	硅 镁 钾 肥 有 效 成 分				熟 料 全 K ₂ O %	转 化 率 %
	钾长石	白云石	煤		K ₂ O %	SiO ₂ %	CaO %	MgO %		
60	60	27.4	12.6	0.63	3.10	13.82	11.55	9.15	7.87	39.38
54	54	33.4	12.6	0.80	4.47	13.39	15.39		8.33	53.60
52	52	35.4	12.6	0.86	5.26	14.13	14.48	9.22	7.46	70.48
50	50	38.0	12.0	0.90	6.00		17.00	12.16	6.32	94.93
48	48	39.4	12.6	1.0	5.70	34.47	17.94	9.16	7.38	77.29

是不同的配比)对硅镁钾肥转化率影响的规律,从表8所列的实验数据,可以看出碱度在0.9时,转化率最高。随着碱度的不断降低,转化率是不断降低的。

(三) 煅烧时间的选择

由温度试验(碱度控制在0.90)和碱度试验(温度控制1300℃)的煅烧时间30分钟看出,这时转化率已达到94%,化学反应已接近化学平衡状态。再延长煅烧时间是没有必要的,可以认为煅烧时间30分钟左右是适宜的。

(四) 生料和产品细度的控制

立窑生产硅镁钾肥的主要化学反应形式是固-固相,固-液相之间的反应。反应是在钾长石和白云石的接触表面进行的,因此生料的比表面积越大(即生料的颗粒越细),它们之间接触面就越大,反应进行就越完全,反之、反应进行就不完全。但是生料越细就越要增加电力和设备的消耗,不利于降低成本,因此控制生料适当的细度亦是重要的。通过试验,我们将生料的细度控制在180目,筛余量16%就满足生产上的要求了。

产品的细度是由构溶率的大小来确定的,一般认为产品85%通过120目就已符合要求了。

五、产品质量和成本核计

立窑土法生产硅镁钾肥,若采用含K₂O为12%的钾长石作原料,所得的产品中含全氧化

钾可达7.5%以上,其中有效K₂O的含量在6.2%以上,转化率90%以上。若用含K₂O为10%的钾长石作原料,产品中全K₂O的含量可达6.5%,其中有效K₂O在5%以上,转化率90%以上。

立窑土法生产硅镁钾肥的工艺是采用“两磨一烧”的方法,在供电和设备运转正常的情况下,成本核算例表9如下:

表9 每吨硅镁钾肥消耗定额和成本核算

项 目	消耗定额	单 价 (元)	金 额 (元)	备 注
一、原 料				
其中: 钾长石	0.7 吨	32.00	22.40	包括运输费
白云石	0.6 吨	7.00	4.20	包括运输费
二、燃料、动力				
其中: 煤	0.3 吨	30.00	9.00	包括运输费
电	100 度	0.085	8.50	
三、辅助材料			5.00	
四、工资及附加			13.50	
五、车间经费			8.00	包括维修、折旧、球锻损耗
六、企业管理费			5.00	
七、包 装 费	40 只	0.40	16.00	
合 计			91.60	

普通立窑生产的硅镁钾肥技术上是成功的,肥效是显著的,推广是容易的。但由于我们水平有限,时间促仓,条件较差,有许多理论问题(如窑内的反应机理,转化率的影响因素)有待于今后进一步的研究和探讨。

(上接第8页)

社加石大队地处半山区,多是冷底深灌田,由于缺钾,年年发生胡麻叶斑病和赤枯病,多施氮肥、磷肥,喷洒农药均无效,后来,大面积施用钾钙肥,有效抑制了病害,水稻长势很好,平均每亩增产100斤以上,获得了很好收成。通过对比试验,我们增强了发展钾钙肥的信心,广大贫下中农也消除了对钾钙肥的怀疑,他们说:钾钙肥是个宝,施到哪里哪里好,大上农业离不了。从此,出现了争相购买,半路拦截运肥汽车的动人情景。今年早造,仅石咀公社就使用了1000吨,施用面积达13000多亩。现在钾肥生产已供不应求。

第三、不断提高质量,努力降低成本。为了保证钾肥质量,县钾肥厂广大职工坚持大搞技术革新,两年来,改革了烘干机、成球机、立窑风管等工艺流程的设备,不断加强企业管理,节约原材料,降低消耗,提高劳动生产率,使去年以来,产品质量比往年进一步提高,有效钾达5%以上,产品成本由试产时的116元降至现在的65元(不带包装),相当于目前的石灰价。同时为了继续提高钾肥质量,降低成本,减少农田施用量,从去年开始,又积极开展利用钾长石制取高浓度钾肥、副产水泥的综合利用工艺流程的试验,初步获得了含氧化钾30%以上的钾肥和400标号水泥的成果。目前,这项试验还正在进行。