

利用高钾原料同时生产水泥和窑灰钾肥

国究建筑材料总局水泥研家院工艺研究所 钾肥组

我国含钾岩石，特别是含钾硅铝酸盐类岩石，如钾长石、钾霞石、海绿石、正长岩、含钾砂、页岩等资源极其丰富。从它们的化学成份来看，其中除了含有在水泥生产过程中在高温煅烧时大部份可以挥发的氧化钾外，其余都是水泥熟料的组成部份。因此用它大部或全部代替水泥配料中的粘土组份，同时生产水泥和钾肥，是这些含钾原料较经济合理的综合利用方法。

我们从1965年起就开始了这方面的研究工作。并在1965~1968年期间完成了实验室试验和小型($\phi 1 \times 20$ 米回转窑)中间试验。在此基础上，国家建材总局于1974年以重点科研项目下达了“利用高钾原料同时生产水泥和钾肥生产性中间试验”研究项目。几年来，我们和常州水泥厂协作，在常州水泥厂新建的回转窑上设计、安装了钾肥回收系统。经过多次试验，基本上达到了国家下达的预期指标。于1978年11月由国家建材总局和化学工业部联合召开了鉴定会。

一、试生产工艺简介

(一) 工艺流程

利用高钾原料同时生产水泥和钾肥的工艺流程基本上与普通水泥生产方法相同。现将有关问题简述如下：

1. 生产方式的选择

根据小型中间试验结果证明：在利用高钾原料同时生产水泥和钾肥时，现有的水泥生产方式：无论是干法、湿法还是生料成球后直接入窑均能满足要求。但以生料成球入窑效果（包括钾挥发率、水泥熟料产、质量）最好，干法次之。由于条件所限，我们只试验了干法生产。但在今后推广中，当旋窑直径较小时，建议试用成球入窑法。

2. 添加剂的选择

小型中试证明，生料中掺加1%左右的萤石或氯化钙是利用高钾原料同时生产水泥和钾肥的有效措施之一：能提高煅烧过程中的钾挥发率，提高旋窑产量、质量和钾肥质量。但在实际生产中，由于氯化钙具有较强的吸湿性能，将影响生料的粉磨、输送和贮存，同时有可能使废热锅炉更易堵塞，因此在试生产中决定采用萤石进行试验。

3. 废气降温措施的选择

常州水泥厂回转窑是中空干法短窑(L/D=15)窑尾废气温度为800~900℃。在进入收尘器以前，须将废气温度降低至250℃以下，可以采用的降温措施有下述三种：(1)掺冷风，(2)喷雾降温；(3)采用废热锅炉。我们采用废热锅炉降温，不需增加处理风量，还能回收废热发电，是一种积极的降温措施，虽然在采用高钾原料同时生产水泥和钾肥时，可能会产生较严重的堵塞现象。

4. 回收系统的选择

利用高钾原料同时生产水泥和钾肥时，要求设置高效率的回收设备。玻璃纤维布袋收尘器具有结构简单，投资少，耗用钢材少，工厂可自行制造安装，特别是收尘效率高而稳定，维修、保养方便等特点，我们采用玻璃纤维布袋收尘器作为回收钾肥的主要设备。

为了减轻玻纤布袋收尘器的负荷和引风机的磨损，并回收部分粗灰，提高钾肥品位，因此在玻纤布袋收尘器前设置旋风收尘器。

工艺流程如图1所示。

(二) 主要设备概况

玻纤布袋收尘器结构见图2。在结构上有以下特点：

① 采用上部进风：滤袋上下口分别固定在上下花板上，烟气由上部进入，经气体分配

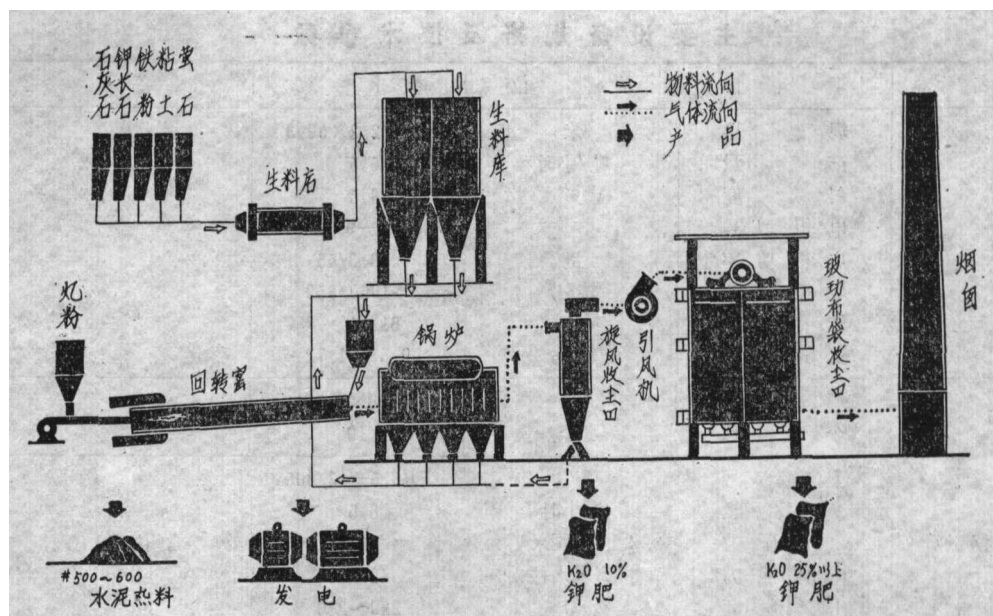


图 1 利用高钾原料同时生产水泥和钾肥流程示意图

说明：① 煅烧普通生料（生料氧化钾含量约0.4~0.6%）时，旋风收尘器回收的窑灰氧化钾含量较低，可以掺入生料回窑，玻纤布袋收尘器回收的窑灰，氧化钾含量可达10%左右，能作为窑灰钾肥。因此，在输送和贮存装置上，作了两种安排。
② 旋窑在点火或某些不正常情况时，不宜使用玻纤布袋收尘器。因此，玻纤布袋收尘器设置了旁通烟道，在必要时可以不经袋收尘器直接经过烟道排入大气。

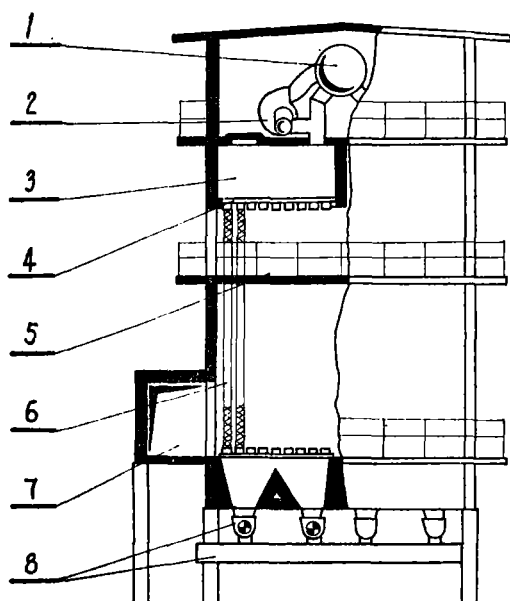


图 2 玻纤布袋收尘器

1. 进气管道 2. 反吸风机 3. 分配室 4. 花板
5. 走廊 6. 布袋 7. 烟道 8. 绞刀

室进入滤袋过滤。

② 正压操作。

③ 采用混凝土框架砖砌外壳结构。

④ 采用反吸风缩袋清灰。

主要设备规格及技术参数见表 1。

（三）试生产所用的原料、燃料

1. 钾长石

试生产期间使用了江苏丰县钾长石和江宁钾长石两个品种，其化学成份见表 2。经鉴定丰县钾长石存在以下矿物：正长石、微斜长石、透长石、绢云母等；江宁钾长石存在以下矿物：正长石、微斜长石、透长石等。试验表明这两种钾长石的煅烧和钾挥发性能相似，都可以同时用作生产水泥和钾肥的原料。但钾长石含钾量的多少以及其它成份的含量和均匀程度，对配制生料影响较大，因此要求钾矿含钾量在 10% 以上、所含硅、铝、铁、钙等成份均匀。

生料中的钠，在煅烧过程中不易挥发，大部份残留在水泥熟料中。因此对钾长石中的氧化钠含量要求不超过 1.0%。

2. 石灰石及其它原料

石灰石为苏南一带出产的，品位较高，碳酸

表 1

主要设备规格及技术参数

设备名称	项 目	单 位	技 术 参 数	备 注
回 转 窑	规 格	米	$\phi 2.4/2.2 \times 39.3$	
	产 量	吨/小时	5.5	
	斜 度	%	3.5	
	电 机 型 号		JZS ₁ -9-1	
	电 机 功 率	瓩	18.3/55	
	电 机 转 速	转/分	1050/350	
	传 动 比		812:1	
变 速 范 围		转/分	0.67~1.72	
冷 却 机	规 格	米	$\phi 0.8 \times 3.50$	
	个 数	个	10	
废 热 锅 炉	型 号		FR6.5-13/300	
	蒸 发 量	吨/小时	6.5	
	蒸 汽 压 力	公斤/厘米 ²	13	常州锅炉厂设计
	流 体 阻 力	毫米水柱	40~60	
	出口气体温度	℃	220~280	
旋 风 收 尘 器	型 号		CLT/A-1100	
	规 格	米	$\phi 1.1(3\text{个})$	
	处 理 风 量	米 ³ /小时	44000~51000	
	流 体 阻 力	毫米水柱	55~75	
锅 炉 引 风 机	型 号		Y4-73-11 №12	
	风 量	米 ³ /小时	64200	
	风 压 力	毫米水柱	294	
	动 力	千瓦	115	
玻 纤 布 袋 收 尘 器	袋 径×袋 高	毫米	$\phi 250 \times 6400$	
	袋 数	个	432	共分 12 组
	总 过 滤 面 积	米 ²	2160	
	过 滤 风 速	米/分	0.4左右	
	处 理 风 量	米 ³ /小时	60000	每组 36 袋
	流 体 阻 力	毫米水柱	<80	

表 2

钾 长 石 化 学 成 份

矿石种类	氧化硅 (%)	氧化铝 (%)	氧化铁 (%)	氧化钙 (%)	氧化钾 (%)	氧化钠 (%)	烧 失 量 (%)	附 注
丰县钾长石	52.2~58.0	16.6~18.2	6.2~11.1	0.5~1.6	12.5~15.0	0.4~0.5	1.9~2.9	沉积岩
江宁钾长石	61.4~60.2	16.6~22.1	2.7~11.6	0.6~2.3	8.0~11.1	0.5~0.6	1.9~3.7	火成岩

钙含量一般达到 95 % 以上。使用这种石灰石，钾长石配比较高，有利于提高生料的钾含量。

为了提高生料硅酸率，还采用含氧化硅 70 % 左右的粘土作为调整组份。

试生产期间烧成用煤有徐州、大同、淮北、

枣庄等几个煤矿的煤，其灰分为 16~35 %，挥发份为 17~32 %，和烧普通生料一样，对烧成用煤无特殊要求。

原料、燃料化学成份见表 3。

表 3

原料、燃料化学成分

料 料 名 称	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)
石 灰 石	0.4~3.0	0.07~0.4	0.09~0.3	53.5~55.9	0.4~0.6	—	—
粘 土	70~71.5	15.0~16.5	4.8~5.5	0.5 以下	—	2.18左右	1.61左右
燃 煤 灰 分	48~56	18~32	6~14	4~6	<1	2~2.5	—

二、在煅烧水泥熟料时促进钾挥发的技术措施

从生产水泥的观点出发,在选择水泥原料时,要求碱含量低一些。但现在为了提高窑灰钾肥的产量和品位,人为地加入高钾原料。为了生产优质水泥熟料和产量多、品位高的窑灰钾肥,关键问题就是要使物料中所含的钾在煅烧过程中尽可能多的挥发出来。

图 3 为从回转窑内取出物料的化验结果。可以看出物料在进入烧成带之前,氧化钾含量几乎不减少,说明氧化钾是在物料进入烧成带前后才挥发出来的。因此在物料进入烧成带前,防止滚成大块,为钾的挥发创造有利条件。

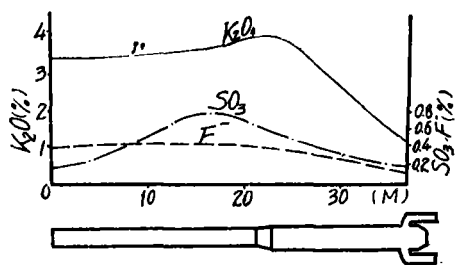


图 3 回转窑内物料的 K₂O、F⁻、SO₃ 含量变化情况

在试生产中主要采取了以下措施:

1. 改进配料方案

与普通生料相比,高钾生料由于碱含量高和掺有较多的挥发剂,其特点是易熔成分多,在煅烧过程中不但液相出现早,而且液相量相应增加,使物料在进入烧成带前容易形成大料球,在烧结过程中也容易烧成致密的大块熟料。不但给钾挥发造成很大的困难,还可能卷走和磨损烧成带窑皮,因此,在配制高钾生料时,需

要适当提高饱和比、硅酸率和铁率。其控制范围如下:

石灰饱和比 0.90 ± 0.02 ; 硅酸率 2.25 ± 0.15 ; 铁率 1.50 ± 0.10

上述配料值范围,是根据试验用原料、燃料条件确定的。当原料、燃料条件不同时,配料率值可酌情变动。总的要求是:适当减少易熔成份,保证物料既不难烧,又不太容易熔融,使熟料结粒细小均匀,以利钾的挥发。

2. 用萤石作为钾的挥发剂

试验结果表明, CaF₂ 对于反应活性较低的钾长石,具有较强的矿化作用,它能在煅烧过程中破坏含碱矿物的结构,促进它与 CaO 反应生成水泥熟料矿物,对钾的挥发起促进作用。在我们试生产条件下,初步找出萤石(含 CaF₂ 约 75% 左右)掺入量以 0.8~1% 为宜。

3. 改进煅烧操作制度

在煅烧制度上,针对钾料的特性采用薄料快转的操作方法,并控制熟料结粒细小均匀,严防物料过早形成大料球,取得了较好的效果。

在这台斜度为 3.5%、直径 2.4 米的旋窑上,经过对比试验,较好的煅烧条件是尽量使窑速稳定在 40~50 秒/转(烧普通生料时窑速为 55~70 秒/转),这时,料层厚薄适宜,煅烧稳定,熟料烧结正常,回转窑产量不降低,窑皮也较好。

应该强调指出:煅烧高钾料比煅烧普通生料窑内烧成情况变化快,因此需要强调勤看火,稳定热工制度。否则由于窑况波动,将影响水泥熟料产量、质量和烧成带衬料寿命。

通过采取上述措施,当生料氧化钾含量在 2% 左右时,煅烧过程中钾挥发率可达到 65% 以上。熟料氧化钾含量低于 1.1%。

三、主要技术经济指标及其分析

(一) 回转窑

煅烧高钾生料时有关回转窑的技术经济指标统计如表 4 所示。

1. 回转窑产量和煤、料耗：

表 4 回 转 窑 有 关 技 术 经 济 指 标

日 期	旋 窑 产 量 (吨/时)	生 料 K ₂ O 含 量 (%)	熟 料 K ₂ O 含 量 (%)	钾 挥 发 率 (%)	旋 风 钾 肥 K ₂ O 含 量 (%)	旋 风 钾 肥 产 率* (%)	布 袋 钾 肥 K ₂ O 含 量 (%)	布 袋 钾 肥 产 率 (%)
77.10.6~10.22	5.34	2.15	1.32	61.2	11.33	7.5		1.65
11.9~11.17	5.16	1.80	1.06	62.0	10.88	11.3		2.0
78. 4.15~5.25	5.55	2.12	1.27	63.12	10.05	10.32	25.86	2.52
9.14~9.22	6.00	2.03	0.88	75.0	11.50	—	29.64	

* 钾肥产率系指钾肥产量占熟料产量的百分比

熟料料耗由于烧高钾料时旋风收尘器收集的窑灰作为钾肥产品提出，不再回窑，因此熟料料耗相应有所增加，烧普通料时料耗平均为 1.45 吨/吨熟料，烧高钾料时料耗约为 1.59 吨/吨熟料。

2. 衬料寿命

这台回转窑现用低钙铝酸盐水泥并浇混凝土作窑衬。在高钾料正常生产时，只要生料成份和煅烧制度稳定，烧成带窑皮较好，看不出对衬料寿命有明显影响。

在煅烧高钾生料时，由于熟料较易在煤粉圈下滚成大块，使煤粉圈前后的窑皮和衬料磨损。因此在操作中必须严防煤粉圈的形成，有了煤粉圈就要及时处理掉。在有条件时，煤粉圈前后可改用耐磨性能较好的衬料。

3. 关于结圈问题

在煅烧含钾量高和掺有较多萤石的生料时，一般认为容易引起结圈。在试生产期间我们采取了下述措施，在配料上用提高生料率值，减少物料早期液相量的配料方案；加强配料管理工作，尽量减少入窑生料成份波动；在回转窑上改变喷煤咀锥度，缩短火焰，防止高温带过长；在操作上采用薄料快转的煅烧方法，尽量稳定热工制度。通过这些措施，可以做到一个多

从表 4 中可以看出，经过几次试生产不断总结经验，改进技术管理工作和操作方法，煅烧高钾料和普通料回转窑产量都能稳定在 5.5 吨以上。

烧成用煤与煅烧普通生料一样，在正常生产时，标准煤耗都在 240 公斤/吨熟料左右。

月不结圈，与烧普通生料相比，结圈没有明显增加。但是在原料、燃料质量波动，看火操作不适应或 K₂O 和 CaF₂ 含量高的旋风灰大量混入入窑生料时，就会发生较严重的结圈。结圈位置一般在离冷却机 11~13 米处，如图 4 所示。

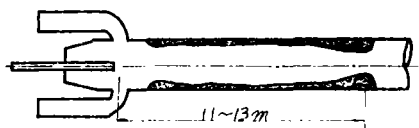


图 4 窑内结圈位置示意图

(二) 水泥熟料质量

1. 水泥熟料的碱含量：

在我国现行国家标准和技术条件中，除大坝水泥外，其它各种水泥对碱含量都没有作规定。大坝水泥国家标准 GB200-63 中规定：用于生产矿渣硅酸盐大坝水泥（矿渣掺入量 20~50%）的熟料，碱含量以 Na₂O(Na₂O+0.658×K₂O)表示不得超过 1%。在用高钾原料同时生产水泥和钾肥时，所生产的熟料氧化钾含量小于 1.1%，熟料中 Na₂O 含量小于 0.2%，这样熟料总碱量，以 Na₂O 表示不超过 1.0%。

2. 熟料的物理性能

试生产连续时间较长的几个阶段熟料化学成份及物理性能平均值如表 5 所示。

表 5

熟料化学成份与物理性能

生产日期	使用 生料品种	化 学 成 份 及 率 值								
		SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	K ₂ O (%)	f-CaO (%)	KH	n	P
1977 年共计 13 个月	普通生料	21.71	5.55	5.06	66.14	—	2.30	0.868	2.05	1.10
1977 年 6/10~19/10	高钾生料	21.88	6.06	3.70	66.38	1.32	2.96	0.872	2.23	1.65
1978 年 24/2~6/3	高钾生料	21.39	5.67	3.97	66.58	1.30	2.48	0.892	2.20	1.44
1978 年 15/4~20/5	高钾生料	21.55	5.96	3.67	66.62	1.15	1.87	0.880	2.23	1.62

细 度 %	安定性合格率 %	凝 结 时 间 (时:分)		物 理 性 能						
		初凝	终凝	标准稠度 %	抗拉强度公斤/厘米 ²			耐压强度公斤/厘米 ²		
					3 天	7 天	28 天	3 天	7 天	28 天
8.10	100	1:19	2:17	22.63	23.8	26.1	29.2	472	577	710
6.3	73	0:53	1:44	23.53	24.4	27.3	31.6	474	558	647
11.1	100	1:04	1:38	23.82	29.3	30.5	32.7	570	615	726
11.0	90	1:25	2:24	23.25	27.2	28.8	31.3	516	602	694

注: KH为石灰饱和系数; n为硅率; P为铁率(铝氧)。

由上表可见,在煅烧高钾生料时,可以生产 500~600 号的水泥熟料。但与煅烧普通生料时相比:熟料平均强度有所降低,以 28 天平均耐压强度计降低 20~30 公斤;标准稠度用水量增加 0.5~1.1,平均增加 0.9%。应该指出,无论是高钾生料烧成的熟料还是普通生料烧成的熟料,用于生产掺有混合材料的水泥,混

合材料掺入量都没有变化,生产的水泥也没有发生不正常现象。

熟料氧化钾是影响水泥强度的因素之一,但在一定范围内没有发现氧化钾含量的高低和熟料强度具有直接的依赖关系(见表 6)。从熟料的矿物组成来看,氧化钾含量对它的影响也不太明显。

表 6

熟料 K₂O 含量与物理性能的关系

熟料 K ₂ O (%)		熟料游离石灰 (%)	熟料率值			细度 %	安定性合格率 %	标准稠度 %	凝结时间 (时:分)		抗拉强度 公斤/厘米 ²			耐压强度 公斤/厘米 ²			备 注
波动范围	平均值		KH	n	P				初凝	终凝	3 天	7 天	28 天	3 天	7 天	28 天	
<0.90	0.83	2.33	0.899	2.25	1.65	10.6	100	22.4	1:16	2:25	29.5	29.4	32.1	539	620	725	根据 1978 年试生产的全部原始数据整理
0.91~1.00	0.98	2.00	0.897	2.27	1.65	12.3	100	22.9	0:55	1:54	25.8	28.5	32.2	528	605	700	
1.01~1.10	1.05	2.01	0.887	2.22	1.66	11.0	100	23.3	1:00	2:04	28.5	30.3	34.1	509	607	711	
1.21~1.30	1.27	2.14	0.902	2.22	1.45	12.1	75	23.6	1:00	2:14	27.5	29.4	30.4	555	632	726	
1.31~1.40	1.34	2.21	0.898	2.24	1.60	11.4	83.3	23.6	1:08	2:06	27.9	29.0	30.8	526	592	681	
>1.40	1.46	2.39	0.879	2.24	1.56	11.2	100	24.3	1:32	2:22	27.8	28.9	31.4	508	570	681	

3. 熟料强度降低的原因:

在配制高钾生料时,由于配料组分增加,而且钾长石的化学成份比粘土波动大,因比生料成份容易波动,表现相邻几天中熟料饱和比跳动 0.03~0.05,28 天耐压强度波动达 200 公斤/厘米²,有时甚至更大。煅烧普通生料时,就没有这种现象。这是熟料平均强度降低的主要原因。

(三) 钾肥产量、质量

在入窑生料氧化钾为 2% 左右时,回收两档钾肥产品:旋风收尘器收到的低档产品,含氧化钾 10% 左右,产量约为水泥熟料产量的 10% 左右。玻纤布袋收尘器收到的高档产品,含氧化钾 25~30%,产量约为水泥熟料产量的 2.5%,总的实得率为 51.5%。按常州水泥厂现有设备能力计,全年可产水泥熟料 4 万吨,

可以年产两档钾肥约五千吨，折合成含氧化钾25%的标准钾肥 2600~2800吨。

(四) 钾长石配料对生料磨产量的影响

采用丰县钾长石或江宁钾长石配料磨制生料时，生料磨产量约降低 25% 左右，电耗增高 6.5~7 度/吨。因为在高钾料中，有 14~16% 的粘土为钾长石代替，钾长石硬度大，必然使生料磨产量降低。同时在试生产期间，没有按照钾长石的特性来调整钢球级配和篦子板的孔隙，如能适当调整，则产量将会降低少一些。如能在生料磨上安装选粉机，可能收到更好的效果。

(五) 废热锅炉运行情况

在采用高钾原料同时生产水泥和钾肥的生产工艺流程中，由于锅炉较易堵塞，因此能否维持正常生产是能否同时生产水泥和钾肥的关键问题。

键问题。

据观察，结皮主要集中在锅炉最前面儿排排管上，该处气流温度约为 800~900℃（见图 5）。结皮的化学成分见表 7。可以看出其化学成份波动较大，可能和当时的操作条件、生料组成以及窑尾温度有关。其中 K_2O 、 SO_3 、 F^- 含量偏高。

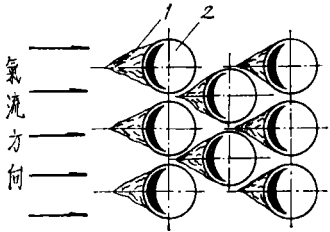


图 5 锅炉水管管壁结皮示意图
1. 结 皮 2. 水 管

表 7 锅 炉 水 管 管 壁 结 皮 的 化 学 成 份 (%)

编 号	Ig.Loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	F ⁻	SO ₃	备 注
G4-1	9.40	15.00	5.19	4.44	46.4	1.04	8.20	2.28	—	} 取自同一块结皮 不同层的试样
G4-2	—	24.14	10.92	8.51	21.95	1.04	21.20	2.18	7.46	
G4-3	2.92	11.40	4.82	4.40	49.88	0.89	6.94	4.85	13.92	
G-1	4.43	17.98	7.69	5.08	40.08	0.77	8.92	—	13.40	一块结皮的混合样
G-2	9.82	16.98	6.85	3.57	40.37	0.70	12.23	—	7.41	一块结皮的混合样
G-3	2.04	13.30	6.01	7.63	30.90	0.77	15.45	1.84	17.95	一块结皮的混合样

我们认为，窑尾温度在 800~900℃ 时，这些盐类可能以熔体小滴而存在，当它们随气流冲向相对温度较低的锅炉管壁时，就会粘附在管壁上，从而形成结皮，结皮的色泽变化很大，有浅黄色、黄色、棕色，甚至黑色。其硬度随废气温度粘附在管壁上的时间以及钾盐含量的不同而有变化。但人工清理或采用压缩空气吹洗锅炉管壁时，这种结皮能够清除，粘附强度不是很大。

现用的这台废热锅炉，由于条件所限，在结构上有一定缺陷，但在积灰严重的部位增加了清灰孔和增加了清灰次数以后，没有产生严重的堵塞现象，能维持正常运行。

实践证明，采用废热锅炉降低废气温度，并利用废热发电，是积极的降温措施。

(六) 回收系统运行情况

试生产证明在利用高钾原料同时生产水泥和钾肥时，采用旋风收尘器和玻纤布袋收尘器两级回收系统，效果良好，能满足要求。两级回收系统的总收尘效率达到 99.5% 以上。

1. 收尘效率：玻纤布袋收尘效率达 98% 以上。布袋收尘器出口含尘量仅 50 毫升/标米³ 左右。

2. 清灰效果与流体阻力：采用反吸风布袋清灰，效果较好，流体阻力稳定在 50~80 毫米水柱。

3. 滤袋使用寿命：平均使用寿命达一年以上。

值得指出：由于在生产窑灰钾肥时，在窑尾安装了高效率的回收系统，为解决水泥窑灰造成的环境污染，防止公害取得了一定的经验。经由烟囱排放的净化废气，比较干净，几

乎与没有排烟一样。

(七) 钾肥生产成本

在保持水泥生产成本不因烧高钾料而增加的基础上,根据试生产期间的实际消耗定额,概算出钾肥的生产成本以含 K_2O 25% 的钾肥为 165.8 元/吨,含 K_2O 10% 的钾肥 66.3 元/吨。

其中钾长石的费用差不多占生产成本的三分之二,因此如能在靠近钾长石产地建厂,就可以大幅度降低钾肥成本。

四、结 论

(一) 利用高钾原料同时生产水泥和窑灰钾肥的生产工艺是合理的,技术是可行的。在常州水泥厂现有条件下,回转窑的台时产量在 5.5 吨以上,水泥熟料标号 500~600 号,产量、质量与煅烧普通生料时相近。窑灰钾肥的有效氧化钾含量:一级旋风收尘器收下的为 8% 以上,水溶性氧化钾为 2~3%;二级玻璃纤维布袋收尘器收下的为 25%,水溶性氧化钾为 15% 左右。窑灰钾肥产量:一级收尘器收下的为水泥熟料产量的 10% 左右;二级收尘器收下的为

2.5%,折合成氧化钾含量为 25% 的标准钾肥,总计为水泥熟料产量的 6% 左右。

(二) 当生料中氧化钾含量为 2% 左右时,采取调整配料方案,掺加 0.8~1.0% 的萤石作为钾挥发剂和采用薄料快转的煅烧操作方法等技术措施,钾挥发率在 65% 以上,实得率为 51.5%。

(三) 采用余热锅炉发电是经济合理的降温措施。在煅烧钾长石配料时,锅炉前几排管的表面结皮和积灰现象较严重,采用人工清灰可以清除,但劳动强度较大,应予改进。

(四) 采用旋风收尘器和玻璃纤维布袋收尘器的两级回收系统,具有投资省,加工容易,管理简单,运转稳定可靠的特点。收尘效率达到 99.5% 以上,排尘浓度 50 毫克/标米³ 左右。回收了钾肥,解决了飞灰污染问题。玻璃纤维布袋平均使用寿命一年以上。但玻璃纤维布袋收尘器的体积较大,尚须研究改进。

(五) 窑灰钾肥中的氧化钾 80~90% 属于有效钾,是含有硅、钙、镁等多种元素的碱性肥料。

(上接第 47 页)

温度(热点温度及整个床层温度下垮)。第二次使用还原比较彻底,没有这种现象发生,为了使其还原好,我们的作法是:

1. 根据本厂的具体情况,制订出严格的升温还原方案;

2. 严格控制水汽浓度在 1 克/米³ 左右,最高不允许超过 1.5 克/米³。这就是说要尽量加大循环量,用大空速还原。在出水速率稳定时,不要提温,保证在尽可能低的温度下还原,同时也要尽可能在较低的压力下进行。温度与压力比较,我们认为前者重要得多。

3. 拉好底部温度,缩小轴向温度差。根据我们两次使用情况看,还原末期底部温度必须

提高到 460℃ 以上,时间应不少于 16 小时,顶部温度则应尽量控制在 510℃ 以下。

4. 根据还原的进行适当控制好气体成份。还原初期,应将循环气中氢含量控制高一点,随着还原的进行,为了使底部还原好,必须利用反应热,增加循环量,所以应逐步降低循环气中的 H_2 含量。我厂在还原初期循环气 H_2 控制在 80% 以上,然后逐步降低,后期控制在 70% 左右。

5. 常补常放,稳定气体成份和压力。为了使还原过程中保持温度、压力稳定,我们从还原初期开始,采取连续补气的办法,即系统中还原生成水份及氨消耗多少气体就补充多少气体,并及时将生成的水和氨放出。