

# 无副产盐酸的硫基复合肥生产工艺探讨

方超, 周玲玲

(湖北三宁化工股份有限公司, 湖北枝江 443200)

[摘要] 硫基复合肥副产盐酸难以销售, 经常出现盐酸占库, 制约硫基复合肥产量。利用硫酸铵、氯化钾为原料, 生产硫基复合肥, 并副产氯化铵钾, 实现无副产盐酸生产硫基复合肥的技术突破。从工艺和经济两个角度论述无副产盐酸生产硫基复合肥的可行性。结果表明, 无副产盐酸的硫基复合肥工艺可行, 且具有较为可观的经济价值。

[关键词] 硫基复合肥; 无副产盐酸; 硫酸钾; 氯化铵

[中图分类号] TQ444 [文献标志码] A [文章编号] 2097-4566 (2024) 10-0025-03

## Discussion on the production process of sulfur based compound fertilizer without by-product hydrochloric acid

FANG Chao, ZHOU Lingling

(Hubei Sanning Chemical Co., Ltd., Zhijiang 443200, China)

**Abstract:** The by-product hydrochloric acid of sulfur based compound fertilizer is difficult to sell, and hydrochloric acid often occupies the inventory, which restricts the yield of sulfur based compound fertilizer. By utilizing ammonium sulfate and potassium chloride as raw materials, sulfur based compound fertilizer and by-product potassium ammonium chloride is also produced, achieving a technological breakthrough in producing sulfur based compound fertilizer without by-product hydrochloric acid. The feasibility of producing sulfur based compound fertilizer without by-product hydrochloric acid from both process and economic perspectives are discussed. The results show that the process of sulfur based compound fertilizer without by-product hydrochloric acid is feasible and has considerable economic value.

**Key words:** sulfur based compound fertilizer; no by-product hydrochloric acid; potassium sulfate; ammonium chloride

### 0 引言

三元硫基复合肥除含农作物生长需要的氮、磷、钾外, 还含有硫元素, 具有养分全、浓度高、性能好、应用范围广的优点, 可作基肥和追肥使用, 施用后不会造成土壤板结, 在烟草、蔬菜、瓜果等忌氯经济作物上施用, 产品的口味、色泽、外观比氯基复合肥具有明显优势<sup>[1]</sup>, 具有很大的市场潜力。

三元硫基复合肥是我国20世纪90年代才发展起来的一种新型化肥品种, 是高浓度磷复肥的重要品种之一, 几乎适用于所有的土壤和农作物, 增产效果显著。目前国内主要生产工艺为低温转化料浆法<sup>[2]</sup>, 工艺流程为: 浓硫酸和氯化钾加入转化槽中进行低温转化反应, 生成的硫酸氢钾再与稀磷酸或磷酸一铵、重过磷酸钙等料浆混合制成料浆后, 在管式反应器中与通入的液氨进行中和反应, 并在转鼓造粒机中与返料进行雾化喷浆造粒, 经烘干、筛

分后得到成品硫基复合肥<sup>[3]</sup>。但是其副产品为盐酸, 受季节影响, 其销售量波动较大, 存在滞销的风险, 严重制约硫基复合肥装置的运行周期。因此开发一种无副产盐酸的硫基复合肥生产工艺意义重大。

### 1 无副产盐酸的硫基复合肥生产工艺流程

无副产盐酸的硫基复合肥生产工艺流程<sup>[4-5]</sup>: 将硫酸铵与氯化钾按一定的比例加入反应槽中, 控制一定的温度混合反应<sup>[6]</sup>; 反应后的料浆经过离心机分离出固相和液相。其中液相经过浓缩后喷粉干燥制成氯化铵钾产品。固相则用皮带机运输至混酸槽, 加入磷酸混合后, 混合料浆进入管式反应器与气氨逆流混合、反应; 根据混合料浆养分分析结果补充适量的尿素<sup>[7]</sup>, 经过造粒、干燥、筛分后, 合

[收稿日期] 2024-04-17

[作者简介] 方超(1991-), 男, 湖北枝江人, 工程师, 从事磷、氟化工方面研发与项目建设。E-mail: 443254068@qq.com

格的硫基复合肥进入包装线包装，不合格的则返回调节槽。无副产盐酸的硫基复合肥生产工艺流程如图1所示。

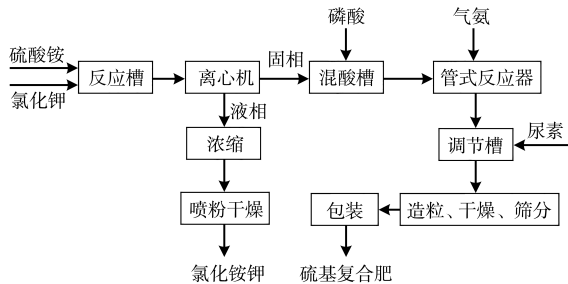


图1 无副产盐酸的硫基复合肥生产工艺流程

Fig. 1 Production process of sulfur based compound fertilizer without by-product hydrochloric acid

## 2 工艺可行性实验及结果分析

### 2.1 实验步骤

$m(\text{硫酸铵}):m(\text{水}):m(\text{氯化钾})$ 理论值为0.85:2.00:1.00, 取11只500 mL烧杯, 分别编号①至⑪, 分别向各烧杯中加入水400 g和氯化钾 ( $w(\text{K}_2\text{O})$ 为60%) 200 g, 再分别向各烧杯中加入硫酸铵 ( $w((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ 为99%) 272 (过量率60%)、289 (过量率70%)、306 (过量率80%)、323 (过量率90%)、340 (过量率100%)、357 (过量率110%)、374 (过量率120%)、391 (过量率130%)、408 (过量率140%)、425 (过量率150%)、476 g (过量率180%), 保证反应温度为50~55℃, 搅拌反应2 h, 反应结束后, 真空抽滤, 将滤饼烘干后称量, 并分析滤饼中 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Cl}^-$ 含量。

### 2.2 实验结果分析

滤饼化学组分分析结果如表1所示。

表1 滤饼化学组分分析结果

Table 1 Analysis results of filter cake component

实验 编号	硫酸铵过 量率/%	滤饼质量/g		滤饼组分		$w(\text{H}_2\text{O})/$ %
		湿	干	$w(\text{K}_2\text{O})/$ %	$w(\text{Cl})/$ %	
①	60	313.97	258.74	38.00	5.37	0.175 9
②	70	327.82	265.95	37.07	4.27	0.188 7
③	80	343.33	290.66	34.93	4.98	0.153 4
④	90	387.10	331.36	33.24	5.12	0.144 0
⑤	100		335.81	31.53	6.25	
⑥	110	367.02	310.24	33.18	4.01	0.154 7
⑦	120		329.45	31.36	3.40	
⑧	130	402.48	341.93	30.30	3.45	0.150 4
⑨	140	433.26	363.29	28.67	4.53	0.161 5
⑩	150	430.75	365.4	28.27	4.27	0.151 7
⑪	180	514.25	441.12	24.46	4.99	0.142 2

根据表1可以看出, 滤饼中氧化钾含量与硫酸铵加入量呈反比关系, 即实验产物中氧化钾含量随着硫酸铵加入量增加而减少。

根据表1分析计算出 $\text{K}_2\text{O}$ 的转化率和收率, 结果分别如图2、图3所示。

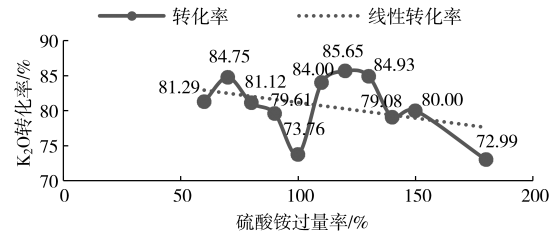


图2  $\text{K}_2\text{O}$ 转化率与硫酸铵过量率的关系

Fig. 2 Relationship between  $\text{K}_2\text{O}$  conversion rate and excess rate of ammonium sulfate

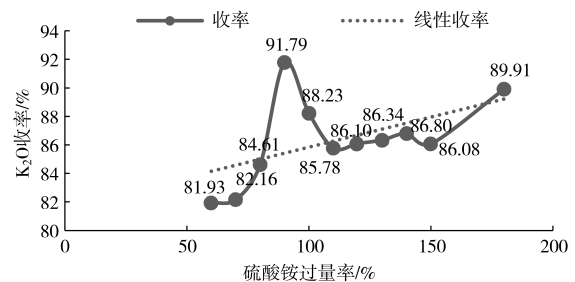


图3  $\text{K}_2\text{O}$ 收率与硫酸铵过量率的关系

Fig. 3 Relationship between  $\text{K}_2\text{O}$  yield and excess rate of ammonium sulfate

根据图2、图3可以看出,  $\text{K}_2\text{O}$ 转化率与硫酸铵过量率呈反比关系,  $\text{K}_2\text{O}$ 转化率随着硫酸铵过量率增加而减少;  $\text{K}_2\text{O}$ 收率与硫酸铵过量率成正比关系,  $\text{K}_2\text{O}$ 收率随着硫酸铵过量率增加而增加。

$m(\text{硫酸铵}):m(\text{水}):m(\text{氯化钾})$ 理论值为0.85:2.00:1.00, 最佳工艺条件为反应温度50~55℃、搅拌反应时间2 h、硫酸铵过量110%~130%, 反应后的产物中 $w(\text{K}_2\text{O})$ 为30%~33%,  $w(\text{Cl}^-)$ 为3.40%~4.01%, 其中 $\text{K}_2\text{O}$ 转化率可以达到80%左右,  $\text{K}_2\text{O}$ 收率可以达到85%以上。

### 2.3 工艺可行性分析

根据以上实验结果,  $m(\text{硫酸铵}):m(\text{水}):m(\text{氯化钾})$ 理论值为0.85:2.00:1.00, 当硫酸铵过量120%时, 于50~55℃搅拌反应2 h, 反应得到的产品中氯离子含量最低,  $w(\text{Cl}^-)$ 为3.40%,  $w(\text{K}_2\text{O})$ 为31.36%,  $\text{K}_2\text{O}$ 转化率可以达到85.65%,  $\text{K}_2\text{O}$ 收率可以达到86.10%, 符合实验期望, 证明工艺可行, 根据最佳配比所制得的硫酸钾及副产物的组分分析结果及物料消耗如表2所示。

表2 实验产物组分及物料消耗

Table 2 Content of product components and consumption of raw materials

项目	物料	w(N)/%	w(K <sub>2</sub> O)/%	质量/g
原料	硫酸铵	21.0		106.25
	氯化钾		60.00	50.00
	水			100.00
产品	硫酸钾	10.0	31.36	90.00
	氯化铵钾	20.1	6.88	66.25

### 3 经济可行性分析

配制15-15-15的硫基复合肥，分析比较本实验所配硫基复合肥所需的成本和车间现有技术生产硫基复合肥所需的成本。本实验所配制的硫基复合肥成本中，氯化铵钾(w(N) 20.1%，w(K<sub>2</sub>O) 6.88%)的收益按831.39元/t计算；硫酸钾装置成本(包括蒸汽、电、设备、人工等)为300元/t，后续配复合肥所需的生产成本(包括蒸汽、电、设备、人工等)为100元/t。本实验所配硫基复合肥、现有工艺生产硫基复合肥成本分别如表3、表4所示。

表3 本实验所配硫基复合肥成本

Table 3 The cost of producing sulfur based compound fertilizer using this experiment

项目	单耗/t	单价/(元·t <sup>-1</sup> )	吨产品成本/元
硫酸铵	0.735	600.00	441.00
氯化钾	0.269	2 130.00	572.97
磷酸	0.180	2 688.00	483.84
氨	0.043	3 358.00	144.39
尿素	0.070	2 048.00	143.36
硫酸钾装置成本			300.00
复合肥装置成本			100.00
氯化铵钾	-0.356	831.39	-295.97
合计			1 889.59

表4 现有工艺生产硫基复合肥成本

Table 4 The cost of producing sulfur based compound fertilizer using existing processes

项目	单耗/t	单价/(元·t <sup>-1</sup> )	吨产品成本/元
硫酸	0.31	300	93.00
氯化钾	0.23	2 130	489.90
磷酸	0.18	2 688	483.84
氨	0.13	3 358	436.54
尿素	0.07	2 048	143.36
硫酸铵	0.04	600	24.00
其他成本			180.00
盐酸处理成本	0.32	150	48.00
合计			1 898.64

根据以上数据，每生产1 t本实验所配的硫基复合肥的成本是1 889.59元，现有工艺生产1 t硫基复合肥的成本是1 898.64元，本实验所配硫基复合肥的生产成本比现有技术低9.05元/t，在经济上是可行的。

### 4 结论

m(硫酸铵):m(水):m(氯化钾)理论值为0.85:2.00:1.00，当硫酸铵过量120%时，于50~55℃搅拌反应2 h，反应所得产物配制15-15-15的硫基复合肥，工艺上是可行的，进行成本核算后发现每生产1 t硫基复合肥，采用无副产盐酸的硫基复合肥工艺比现有工艺成本便宜约9元，如果处在盐酸销售淡季，则比现有工艺便宜50元左右，具有较为可观的经济价值。

#### [参考文献]

- [1] 苗俊艳,侯翠红,王孟达,等.硫基复合肥的现状与前景展望[J].河南化工,2014,31(1):21-23.  
MIAO J Y, HOU C H, WANG M D, et al. Present Development and Prospect of S-based Compound Fertilizer [J]. Henan Chemical Industry, 2014, 31(1): 21-23.
- [2] 胡年根.低温转化料浆法硫基复合肥的发展探讨[J].中国农资, 2010(11):46-47.  
HU N G. Discussion on the Development of Low temperature Conversion Slurry Method Sulfur based Compound Fertilizer [J]. China Agricultural Materials, 2010 (11):46-47.
- [3] 朱生华.硫基氮磷钾高浓度复合肥生产工艺的研究[J].硫酸工业,2002(3):47-50.  
ZHU S H. Research of production technology for high-concentration sulphur-based NPK compound fertilizer [J]. Sulphuric Acid Industry, 2002(3):47-50.
- [4] 祝延令,赵继善.氯化钾-硫酸铵复分解法制硫酸钾新工艺试验研究[J].化肥工业,2000,27(4):22-28.  
ZHU Y L, ZHAO J S. Experimental Study of New Process for Production of Potassium Sulfate by Double Decomposition of Potassium Chloride and Ammonium Sulfate [J]. Chemical Fertilizer Industry, 2000, 27(4):22-28.
- [5] 河北工业大学.一种氯化钾与硫酸铵制取硫酸钾的方法:CN104386713A[P].2015-03-04.  
Hebei University of Technology. A method for producing potassium sulfate from potassium chloride and ammonium sulfate:CN104386713A[P]. 2015-03-04.
- [6] 商连弟,韩晓莉,张涛.硫酸氢钾的制备[J].化学世界,1996(12):632-635.  
SHANG L D, HAN X L, ZHANG T. Preparation of Potassium Hydrogen Sulfate [J]. Chemical World, 1996(12):632-635.
- [7] 唐浩.工业硫酸分解氯化钾制备硫酸氢钾的工艺研究[D].昆明:昆明理工大学,2017.  
TANG H. Study on the process of industrial sulfuric acid decomposition of potassium chloride to prepare potassium bisulfate [D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2017.