

硝基低氮高钾硫型复合肥生产控制优化

杨振军, 王海川, 唱润宏, 郭利, 焦士杰

(中国-阿拉伯化肥有限公司, 河北 秦皇岛 066003)

[摘要] 针对硝基低氮高钾硫型复合肥生产过程中遇到的一系列问题, 从生产前期策划、过程控制和转产控制等方面分析讨论生产控制优化措施。生产前期策划主要讨论配方的设计和喷头的大小等; 过程控制方面主要讨论温度、水含量、系统返料量设定、产品颜色、残渣率、溶解速率、粒度和洗涤系统的控制等; 转产控制方面主要讨论停止加料时间选择、温度、微量元素添加、养分、物料颜色等方面的控制。

[关键词] 硝基低氮高钾硫型复合肥; 前期策划; 过程控制; 转产控制

[中图分类号] TQ444 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 2097-4566 (2025) 01-0048-05

Production control optimization of nitro low nitrogen and high potassium sulfur compound fertilizers

YANG Zhenjun, WANG Haichuan, CHANG Runhong, GUO Li, JIAO Shijie

(Sino-Arab Chemical Co., Ltd., Qinhuangdao 066003, China)

Abstract: In response to a series of problems encountered in the production process of nitro low nitrogen and high potassium sulfur compound fertilizer, the production control optimization measures from the aspects of pre-production planning, process control and conversion control are analyzed and discussed. The pre-production planning mainly discusses the design of formulas and the size of nozzles, etc; In terms of process control, the discussion mainly focuses on temperature and moisture, system return settings, product color, residue ratio, dissolution rate, particle size and washing system control; In terms of conversion control, the main considerations include time of stopping material adding, temperature, addition of trace elements, nutrients and material color control.

Key words: nitro low nitrogen and high potassium sulfur compound fertilizers; pre-production planning; process control; conversion control

农作物生长过程中需要复合肥提供的大量元素(氮、磷和钾)和中微量元素。一些特殊的农作物, 比如烟草, 过多的氮会导致烟叶生长过快, 烟草质量下降, 严重的还会造成烟草烟碱含量过高。而钾肥则与氮肥不同, 含钾高的烟叶具有橘黄色色泽、香气足等优点。并且烟草属于耐氯弱的农作物, 施用含氯化肥将严重降低烟草品质。综合以上条件, 硝基低氮高钾硫型复合肥是适合烟草生长所需养分的化肥, 最受烟农们青睐。类似品级的复合肥还可用于土豆, 土豆施用不含氯的复合肥后相对来说会长得较均匀。硝基低氮高钾硫型复合肥生产难度较大, 操作不好会影响该品级品质, 甚至会导致生产不连续, 中国-阿拉伯化肥有限公司(以下简称中阿公司)生产硝基复合肥30多年, 就该系列复合肥生产积累了一定的经验, 笔者就生产遇到

的问题进行分析, 提出优化措施, 供参考。

中阿公司硝基低氮高钾硫型复合肥的生产工艺流程如图1所示, 硝铵磷(ANP)、磷酸一铵(MAP)、硫酸钾等为主的固相原料进入造料机内形成料幕, 而浓磷酸、浓硫酸和液氨等液相原料在管式反应器(GPR)中充分混合反应后形成的料浆喷洒在固相料幕上进行喷涂造粒, 然后进入干燥机干燥, 而后经过筛分、破碎等工序, 合适粒径的物料再经过冷却和包裹后最终形成硝基低氮高钾硫型复合肥产品。硝基低氮高钾硫型复合肥的系列产品如表1所示。

[收稿日期] 2024-08-06; **[修回日期]** 2024-10-28

[作者简介] 杨振军(1979-), 男, 河北秦皇岛人, 高级工程师, 主要负责复合肥生产管理及技术研发管理工作。

[通信作者] 王海川, 男, 河北邯郸人, 高级工程师, 公司生产部工艺主任, 主要从事复合肥生产管理。

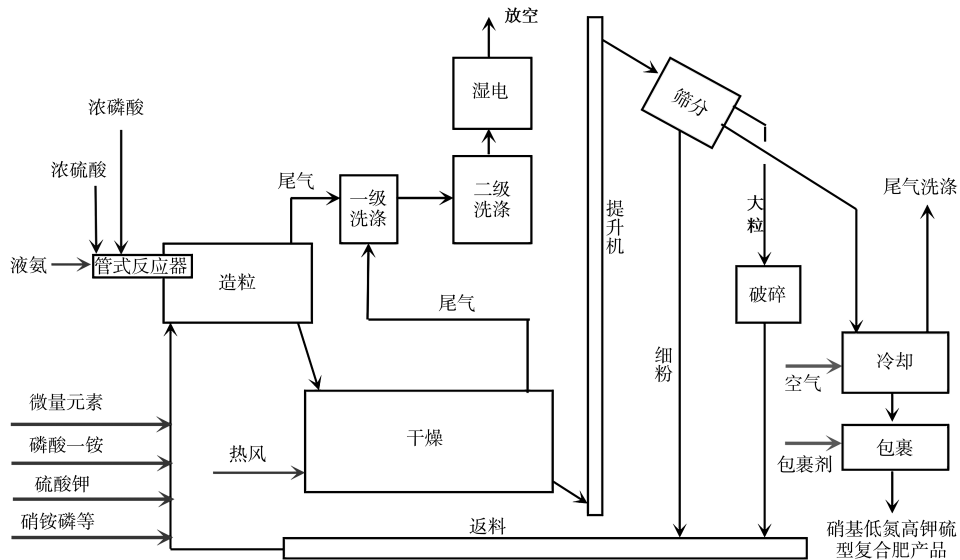


图1 硝基低氮高钾硫型复合肥AZF工艺流程

Fig. 1 AZF process flow of nitro low nitrogen and high potassium sulfur compound fertilizer

表1 硝基低氮高钾硫型复合肥系列产品分类

Table 1 Nitro low nitrogen and high potassium sulfur compound fertilizer series product classification

序号	产品系列	主要代表产品规格
1	烟草肥系列	10-10-20 SOP硝基、10-18-24 SOP硝基
2	土豆肥系列	10-15-20 SOP硝基、10-17-23 SOP硝基
3	水溶肥系列	12-05-30 SOP硝基、14-05-27 SOP硝基
4	滴灌肥系列	12-4-25 SOP硝基滴灌肥
5	腐植酸肥系列	10-6-24 SOP硝基
6	通用肥系列	12-4-25 SOP硝基通用肥

1 硝基低氮高钾硫型复合肥生产中遇到的问题

硝基低氮高钾硫型复合肥生产中遇到的问题主要包括环保、质量、操作和设备等方面的问题。环保问题，该品级土豆肥系列产品生产中会加入镁粉，镁粉等填料的加入会导致尾气中尘排放偏高。质量问题，该品级烟草肥系列产品会要求硝态氮占比，比如10-10-20 SOP硝基复合肥要求硝态氮占比大于35%，此系列的复合肥会出现占比不符合合同要求的情况，另有钾含量不符合内控、水含量偏高、颗粒圆润度不好等问题。操作问题，硝基低氮高钾硫型复合肥因不易成粒，洗涤液加入量太多，导致洗涤系统水不平衡、洗涤液密度低和pH低等问题。设备问题，生产该品级系列产品时，由于造粒困难，系统返料量高，设备经常性高负荷运转，尤其是预筛和精筛，容易出现糊筛现象^[1]。

虽然硝基低氮高钾硫型复合肥生产中易发生各种问题，但通过精心策划，操作得当，以上问题均可有效避免。现笔者根据该品级系列产品生产中易

出现的各种问题来讨论硝基低氮高钾硫型复合肥的生产控制注意事项及优化措施。

2 生产前期策划

硝基低氮高钾硫型复合肥品级土豆肥系列产品中加入的镁粉具有较强的吸水性，故镁粉加入量的多少对造粒影响很大。生产策划中要求MgO含量合格即可，MgO含量高时要及时降低镁粉的加入量，生产过程中镁粉要稳定加入，不能时有时无^[2]。

硝基低氮高钾硫型复合肥中的水溶肥系列一般都会添加硼砂，而硼砂的集中加入会加剧系统结疤，尤其是加剧溜槽、振动给料器、筛网和破碎机等设备的结疤，这不利于设备的长周期运转。故生产前期策划要求硼砂的加入必须均匀，且尽量将硼砂与一些干燥物料混合后再加入系统中，可以缓解因硼砂加入加剧系统结疤产生的问题。

为防止出现硝态氮占比不符合要求的情况，调节质量时需要严格控制氮原料的调节，氮元素原料主要是液氨、复合肥料(32-4-0)和硝酸钾等。提供硝态氮的原料主要是复合肥料(32-4-0)和硝酸钾(13.5-0-44.5)。生产策划需要工艺工程师设计出硝态氮占比核算公式，为产品质量调节提供指导，每次调节氮原料时，须将调节量输入公式检验硝态氮占比是否符合要求，否则该调节就不被允许^[3]。

为保证洗涤系统尾气粉尘排放量达标，造粒工序应稳定造粒，系统返料量不宜过高。

硝基低氮高钾硫型复合肥品级系列产品容易出现物料干的情况，这就需要多加入洗涤液。洗涤液的加入量不能太多，否则无法实现水平衡，根据经

验,按70 t/h投料时,洗涤液加入量为8 m³/h。

硝基低氮高钾硫型复合肥系列产品一般养分含量较低,硫酸加入量多,反应热高,管式反应器内水分蒸发较困难,压力高,所以生产此系列产品一般会选用尺寸相对大的喷头,根据经验,投料量70 t/h以上时,一般选用孔径80 mm以上的喷头。

3 生产过程控制

3.1 温度控制

硝基低氮高钾硫型复合肥产品由于造粒相对困难,所需的系统温度一般较高,系统温度除与配方反应热有关外,主要由天然气加热器提供热量,以保证产品水含量在符合国家标准的前提下尽量低,以减少结块现象。根据经验,硝基低氮高钾硫型复合肥品级,投料量70 t/h时,一般干燥尾气温度为93~97℃,造粒机出口温度为90~95℃。

3.2 水含量控制

对于硝基低氮高钾硫型复合肥产品来说,造粒机物料水含量控制是造粒的重要影响因素。一般造粒机出口物料水含量降低不仅能降低后续工序干燥机的干燥负荷,更能够提高硝基低氮高钾硫型复合肥品级的产品强度。在实际生产中可以通过3个方面来降低造粒机出口物料的水含量:使用蒸汽造粒;提高造粒引风机的变频,增加风量,使造粒机内物料表面的水分迅速移走,物料强度增加,粉化现象减少;降低造粒机转速,使造粒机内物料厚度增加,在加入造粒机液相量不变的情况下,造粒机内湿度降低。但从洗涤系统水平衡考虑,造粒机出口物料水含量也并非越低越好。根据经验,生产硝基低氮高钾硫型复合肥产品时造粒机出口物料 $w(\text{H}_2\text{O})$ 一般以3%~5%为宜。

从防结块角度考虑,硝基低氮高钾硫型复合肥产品的水含量越低越好,但产品水含量低则一般需要消耗更多的热量。故中阿公司内控指标规定该系列产品 $w(\text{H}_2\text{O})$ 小于1.0%即可。

3.3 系统返料量设定

硝基低氮高钾硫型复合肥系列产品的系统返料量设定值不能太高,虽然系统返料量适当高,平衡不容易打破,系统热量散失慢,有利于生产的稳定,更有利于提高产品的圆润度,但该系列产品容易出现造粒困难的情况,导致系统返料量快速增大。根据经验,投料量70 t/h时,一般将系统返料量设定在130 t/h,中和造粒岗位要严格管控系统返料量。当出现系统返料量升高的趋势时,应通过降低投料和稳定造粒等方法来及时降低系统返料量到

合适量。当系统返料量过高,超过250 t/h时,造粒极度恶化,如果造粒没有变好的趋势,则需要通过排系统底料后重新造粒。

3.4 产品颜色控制

该系列产品原料中经常有镁粉和海泡石等有颜色的物料,为了保证同一批次产品颜色一致,转产前后和生产中须对有颜色的原料进行管控。生产过程中要减少对产品颜色影响大的原料的大幅度调节。转产前后须对有颜色的原料进行计划上料。

3.5 残渣率和溶解速率控制

硝基低氮高钾硫型复合肥中的水溶肥系列需要重点控制残渣率和溶解速率,因为水溶肥系列与普通肥系列的关键区别就在于水溶肥系列为了满足水肥一体化的要求,其残渣率要低于0.3%,而溶解速率(在25℃条件下,将50 g左右的肥料加入500 mL水中搅拌5 min,用溶解的肥料质量与原肥料总质量的比值表征溶解速率)需大于95%。为了保证水溶肥系列产品残渣率和溶解速率符合要求,一方面要使用低残渣率和高溶解速率的原料,这主要集中在72%高粉MAP、水溶硫酸钾、复合肥料(32-4-0)、硝酸钾(13.5-0-44.5)等固相原料,以及液相原料中的磷酸要使用低固含量的高浓度磷酸。除此之外残渣率和溶解速率的适时检测也至关重要,一般来说,检测频次的选择是有讲究的。根据经验,硝基低氮高钾硫型复合肥中的水溶肥系列中残渣率和溶解速率的检测频次为4 h一次即可具有代表性地反映产品的质量。当出现残渣率或者溶解速率不合格的情况时,及时将产品布料小车打至废料库,期间查找不合格的原因,待原因查明并检测产品合格后再将产品布料小车打至散装库。中阿公司遇到过因为产品强度高导致溶解速率不合格的情况,此时则需要通过降低干燥温度和提高产品水含量等方法来达到降低产品强度进而使溶解速率合格。另外,残渣率过高的主要原因是磷酸中的固含量过高,可在造粒允许的情况下,将一部分磷酸折成72%高粉MAP,由于72%高粉MAP残渣率很低,一般折合后产品的残渣率会合格^[4]。

硝基低氮高钾硫型复合肥中以12-4-25 SOP为代表的通用肥系列产品由于配方中有过磷酸钙和海泡石易出现残渣率和溶解速率不合格的情况。此系列复合肥的养分含量调节时,过磷酸钙和海泡石等填料的加入量要严格按照配方加入,当总养分含量过高时,可通过增加液相原料硫酸的量来调节。

硝基低氮高钾硫型复合肥中以10-17-23 SOP

为代表的土豆肥系列产品配方中都有镁粉，而镁粉的加入会影响产品的残渣率和溶解速率，所以MgO含量合格即可，MgO含量高时及时降低镁粉的加入量，同时保证镁粉稳定连续地加入。

3.6 粒度控制

硝基低氮高钾硫型复合肥由于氮含量低，所以配方中复合肥料（32-4-0）加入量一般较少，投料量70 t/h时复合肥料（32-4-0）加入量一般不高于10 t/h。而根据经验，复合肥料（32-4-0）加入量低于10 t/h的配方，造粒比较困难，控制不好容易出现产品粒度小的情况。一方面，可通过增加洗涤液加入量使GPR压力合适，亦可增大造粒机出口的粒度^[5]；另一方面提高系统温度，根据经验硝基低氮高钾硫型复合肥的干燥尾气温度应大于95℃，造粒机出口温度应大于90℃。

3.7 洗涤系统控制

硝基低氮高钾硫型复合肥产品因不易成粒，洗涤液加入量太多，导致洗涤系统水不平衡、洗涤液密度低和pH低等问题，所以此类肥料洗涤系统的控制不容忽视。洗涤液加入量过多会出现洗涤液密度过低和造粒机出口出球的情况，当洗涤液密度过低时，GPR喷出来的料浆黏度低则不易成粒，易出球。基于以上情况，产品策划时工程师可规定造粒过程中洗涤液的加入量，一般系统投料量为60~80 t/h时，GPR洗涤液加入量为6~9 m³/h，主要以造粒机门口物料不出球为标准。另外，为保证洗涤系统不出现pH低于3.0的情况，则需要氨轴有持续的氨通入，从而逸出到洗涤系统，一般系统投料60~80 t/h时，造粒机内氨轴氨通量为0.3~0.8 t/h^[6]。

3.8 设备维护

因为此系列产品洗涤系统容易出现洗涤液pH低的情况，洗涤液pH低则容易出现“糊筛”现象，对筛分机的影响较大。这需要造粒工序中加大氨的投入量以中和造粒机料床上的酸性物料，一般造粒机出口物料和成品的pH应稳定在4.0~6.0。生产过程中应根据产品粒度情况，及时清理筛网，遇到停车检修时，需重点检查筛网自清理球缺失情况，以保证筛网有良好的状态。

同时也需关注破碎机的破碎效果，该系列产品对GPR压力的控制不好，造粒机出口易出现大粒，此种情况破碎机的电流会上升50%以上，如果破碎机的破碎效果不好，造粒机门口产生的大粒则不易消掉，造粒则会不断恶化。遇到停车清理检修

时，需重点检查破碎机锤头磨损情况和间隙，以保证破碎机状态良好^[7]。

3.9 造粒注意事项

在造粒过程中，应充分关注热风温度和管式反应器的压力等因素。GPR压力一方面反映料浆质量，另一方面压力会影响GPR的喷射。GPR压力过高，会使GPR喷射的液体喷射到造粒机后壁，造粒机出口容易出现大粒和大块；压力过低则不利于液体的发散喷射。该系列产品造粒过程中，GPR压力一般保持在1.0~4.0 MPa，投料量超过60 t/h时，容易出现GPR压力高的现象，此时可通过改变GPR的氮磷比和增加GPR洗涤液的加入量等方法来降低GPR的压力到合适的范围^[8]。

4 转产控制

硝基低氮高钾硫型复合肥与其他类型复合肥的互转过程中，要做好策划，否则会导致转产困难或多出废料等情况的发生。

4.1 停止加料时间选择

硝基低氮高钾硫型复合肥产品的转产依据转产前后的产品配方和转产程序来进行转产管控。对转产后不用的原料须让岗位人员提前估测料仓中现有原料的剩余量，同时保持低料位运行，转产时须用空，加入新配方需要用的原料则要计划提前上料。复合肥转产硝基低氮高钾硫型复合肥的主要原料改变是氯化钾要提前换为硫酸钾，以免硝基低氮高钾硫型复合肥产品出现氯含量高的情况。根据经验一般要求上一个产品提前3 h将氯化钾原料更换为硫酸钾原料，而对于上一个产品是硫型复合肥的情况，则需要提前2 h将原料中的少量氯化钾原料停止加入。通过这一系列措施，转产后的硝基低氮高钾硫型复合肥可在出废料很少的情况下达到氯含量合格的要求^[9]。

硝基低氮高钾硫型复合肥产品转产应提前停止废料的加入，应保证系统完全循环出料4圈，其目的是减少辅料的加入量，使系统底料更加快速地进行替换。中阿公司AZF工艺车间一般在转产硝基低氮高钾硫型复合肥前4 h停止废料的加入，以减少废料对硝基低氮高钾硫型复合肥产品质量的影响，主要涉及总氮含量和氯含量等方面。

4.2 温度控制

转产前后两个产品配方反应热和生产过程需热量差异大的情况下，需要通过调节天然气炉混风温度来提前改变系统温度，当转产程序结束后需要调节到硝基低氮高钾硫型复合肥产品所需要的温度。

一般情况下, 硝基低氮高钾硫型复合肥产品生产所需温度较高, 则需要提前升温, 以免出现由于温度过低导致造粒困难的情况发生。

4.3 微量元素的控制

硝基低氮高钾硫型复合肥产品中的水溶肥系列, 一般都会加入微量元素, 比如硼和锌等元素。转产前的产品一般不添加硼和锌元素, 此时转产则需要提前2 h在上一个产品加入硼和锌元素, 以保证转产后的硝基低氮高钾硫型复合肥的水溶肥系列产品微量元素含量达到要求。为保证转产合格, 转产过程中微量元素的加入一般也都会比配方多好几倍, 此时则要注意, 微量元素的加入通常会导致造粒机内物料出现湿度大而堵塞造粒机溜槽的情况, 所以转产过程中, 中和造粒岗位负责监督微量元素的均匀加入以及勤清理造粒机溜槽, 从而实现系统稳定造粒^[10]。

4.4 养分含量达标

硝基低氮高钾硫型复合肥产品养分含量是否达标, 是转产是否成功的重要指标。这就要求工程师在设定转产程序时要综合考虑生产系统的实际情况, 比如系统返料量的设定、秤的偏差以及造粒情况等因素。而硝基低氮高钾硫型复合肥产品容易出现氮高钾低的情况, 所以工程师在设定转产后的养分目标值时, 可适当将氮做低而将钾做高, 并给出转产1 h和2 h的目标值, 以便于养分调节人员根据实际值与目标值的差距来及时对转产程序进行修正。对于高钾肥来说, 钾含量高低与造粒情况好坏关系很大, 所以硝基低氮高钾硫型复合肥转产过程中养分含量快速达标的关键在于稳定造粒, 工程师在做转产程序过程中, 要有利于造粒, 比如同样是要提高 P_2O_5 含量, 增加磷酸或增加MAP均可达到目的, 但对于液相量少的配方则需要通过增加磷酸用量的方式去提高 P_2O_5 含量。

4.5 物料颜色控制

硝基低氮高钾硫型复合肥产品转产前产品配方中如果有带颜色的原料, 比如海泡石、麦饭石和凹凸棒粉等, 转产硝基低氮高钾硫型复合肥后不再需要, 则需要提前2~3 h停止带颜色原料加入系统, 防止影响硝基低氮高钾硫型复合肥的产品颜色。转产过程中视情况来决定出废料量的多少, 尽可能减少废料量。一般根据经验, 投料量为60 t/h时, 转产2 h成功, 则需要出废料100 t。

4.6 其他控制

硝基低氮高钾硫型复合肥转产过程中, 产品圆

润度、粒度和强度等指标也要符合要求。其中产品圆润度的影响因素主要是系统返料量和配方中原料的黏性搭配, 生产中主要的沙性物料和黏性物料如表2所示。根据经验, 系统返料量设定为120~130 t/h时, 配方中原料中黏性物料的质量占比一般在35%左右, 有利于提高产品的圆润度。要保证产品粒度合格, 关键是确保筛分机和破碎机处于良好运行状态, 这需要定期检查筛分机和破碎机的状况。停车清理检修过程中, 要使用蒸汽彻底吹扫筛网以保证筛网孔无堵塞, 而破碎机的锤头和刮刀间隙则更需要定期维护, 锤头磨损严重时及时更换, 刮刀间隙过大和过小则会影响破碎机滚筒的结疤情况。

表2 硝基低氮高钾硫型复合肥中的沙性物料和黏性物料
Table 2 Sand materials and sticky materials in nitro low nitrogen and high potassium sulfur compound fertilizer

项目	主要沙性物料	主要黏性物料
氮源	无	硝铵磷
磷源	无	55%MAP、60%MAP、72%MAP
钾源	硫酸钾、硝酸钾	无
填料	硫酸铵、氯化铵	过磷酸钙、海泡石、凹凸棒粉
微量元素	硫酸锌、镁粉	硼砂

硝基低氮高钾硫型复合肥产品强度的主要影响因素是水含量, 一般如果产品强度低, 则需要转产过程中降低系统洗涤液的加入量并提高造粒风机的转速, 以减少水含量。

5 小结

硝基低氮高钾硫型复合肥生产中会遇到各种问题, 但通过各岗位的通力配合和精心控制, 各种问题均可避免。

[参考文献]

- [1] 陈隆隆, 潘振玉. 复混肥料和功能性肥料技术与装备 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
CHEN L L, PAN Z Y. Compound fertilizer material and functional fertilizer technology and equipment [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008.
- [2] 王海川, 杨荣鑫, 杨振军. 复合肥生产质量管控注意事项[J]. 化肥工业, 2019, 46(2): 16-17, 20.
WANG H C, YANG R X, YANG Z J. Precautions for Quality Control of Compound Fertilizer Production [J]. Chemical Fertilizer Industry, 2019, 46(2): 16-17, 20.
- [3] 王海川, 杨振军, 何栋, 等. 硝基高氮复合肥生产注意事项[J]. 磷肥与复肥, 2022, 37(3): 18-19.
WANG H C, YANG Z J, HE D, et al. Precautions of nitro high-nitrogen compound fertilizer production [J]. Phosphate &

(下转第119页)