

AZF 复合肥转产过程常见问题分析及控制方法

梅亮贤, 曹卓, 熊亮军

(湖北省黄麦岭磷化工有限责任公司, 湖北 孝感 432800)

[摘要] 介绍 AZF 复合肥主要品种(按配比不同分为平衡型、高氮型、高磷型、高钾型,按基型分为硝基、硫基、低氯、中氯等)。基于 AZF 复合肥装置在实际生产过程中,因其干线系统和湿线系统的复杂性,造成配方切换及基型转换过程中存在原料损耗过大、负荷提升困难、养分指标波动和机械故障频发等问题,提出合理排产、系统清理、洗涤液置换、指标分析等控制措施,取得了良好的效果,为 AZF 复合肥转产过程的高效控制提供参考。

[关键词] AZF 复合肥; 配方; 转产; 问题; 措施

[中图分类号] TQ444 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-4566(2025)11-0040-05

Analysis and control methods of common problems in the switch production of AZF compound fertilizer

MEI Liangxian, CAO Zhuo, XIONG Liangjun

(Hubei Provincial Huangmailing Phosphate Chemical Co., Ltd., Xiaogan 432800, China)

Abstract: The main varieties of AZF compound fertilizers (classified by different ratios into balanced type, high-nitrogen type, high-phosphorus type and high-potassium type; Classified by base type into nitrocellulose, sulfur-based, low-chlorine, medium-chlorine, etc.) are introduced. Based on the actual production process of the AZF compound fertilizer plant, due to the complexity of dry line system and wet line system, problems such as excessive raw material loss, difficulty in load increase, fluctuation of nutrient indicators and frequent mechanical failures occurred during formula switching and base type conversion. The control measures such as reasonable production scheduling, system cleaning, washing liquid replacing and index analysis are proposed, achieving good results, providing a reference for the efficient control of the switch production of AZF compound fertilizer.

Key words: AZF compound fertilizer; formula; switch production; problem; measures

目前,我国复合肥行业进入高质量发展阶段,未来复合肥料行业将以最少的投入、最小的环境影响最大限度满足种植业的需求^[1]。随着农业现代化进程加速,农作物对肥料养分的精准化需求驱动配方体系向多元化发展,不同作物对肥料养分及功能性物质的需求不同,决定了肥料产品市场需求的多样性。在国家严格控制用肥增量带来行业产能扩张受限的客观条件下,单套复合肥装置生产几十种配方产品的情况越来越常见,因此单套复合肥装置转产频率逐渐增大。AZF 复合肥装置在国内属于小众化生产线,主要优势品种有高磷型复合肥以及超高浓度平衡肥。因 AZF 复合肥具备颗粒强度高、水溶性好等优点^[2],其在块茎类经济作物和长周期生长作物的种植中应用广泛,存在一定的市场空间。

AZF 复合肥装置核心技术是磷酸、硫酸等在管式反应器中与氨反应^[3]。国内经过多年的消化吸

收,已实现“一机多产”,除生产优势品种高磷和平衡产品外,也能稳定生产高氮、高钾产品,彻底解决了产品配方不全难题。但在实际生产中,因其干线系统和湿线系统的复杂性,造成配方切换及基型转换过程中存在原料损耗过大、负荷提升困难、养分指标波动和机械故障频发等问题,在此对 AZF 复合肥转产过程常见问题及控制措施进行总结。

1 AZF 复合肥常见品种

AZF 复合肥主要以湿法浓磷酸作为磷源,液氨作为一部分氮源,固体钾盐作为钾源。因浓磷酸 $w(\text{P}_2\text{O}_5)$ 高达 45% 以上,相较其他氨酸法工艺和

[收稿日期] 2025-09-03

[作者简介] 梅亮贤(1985-),男,河南信阳人,工程师,湖北省黄麦岭磷化工有限责任公司总经理,主要从事湿法磷酸生产及加工。

[通信作者] 曹卓(1989-),男,湖北随州人,助理工程师,主要从事磷铵及 AZF 复合肥生产工作。

物理法造粒工艺而言，其能生产更高养分的产品。市面所售AZF复合肥常见品种如表1所示。由表1可以看出，AZF复合肥装置低氮平衡肥和全水溶平衡肥最高配比为19-19-19，硝基平衡肥可生产18-18-18品种，高磷肥15-39-8品种 w (总养分)高达62%。

表1 AZF复合肥常见品种

类型	全水溶	硝基	硫基	低氮	中氮
平衡型	19-19-19	18-18-18	17-17-17	19-19-19	17-17-17
高氮型		21-6-13	24-8-12	23-11-15	25-8-7
高磷型		12-19-16	18-22-10	15-39-8	18-22-5
高钾型	16-5-30	12-8-26	15-4-26		

AZF复合肥装置生产不同类型产品操作条件存在较大差别，部分品种工艺指标控制范围窄、操作弹性低，若在生产初期控制不当，常常会发生系统满料、堵塞、成品养分偏离过大、传输设备故障等问题。因此，积累并总结转产经验，确保生产初期正常、稳定运行，减少返料及不合格品产出，成为AZF复合肥降本增效的研究方向。

2 AZF复合肥转产分类

2.1 按母料来源分类

根据转产过程中母料来源不同，可将AZF复合肥分为两种转产方式：一是利用系统自有返料转产，母料全部来自系统内留存的上一品种返料，通过添加其他原材料进行过渡生产的方式；二是利用外补返料转产，母料全部来自外部补加的返料，通过添加其他原材料进行过渡生产的方式。

利用系统自有返料转产，可与上个配方生产有效衔接，减少拉空系统时间及返料产出。但存在系统内存料无法精确计量，带来转产后生产初期养分异常偏离指标值的问题。

采用外补返料转产，因其母料均经投料系统准确计量，养分控制较为精准。但倒空系统需间歇启动干燥机进行局部放料，存在放料时间长、作业量大、返料产出量大等不足。

2.2 按氮磷钾配比分类

根据AZF复合肥N、P₂O₅、K₂O配比的不同，常将复合肥分为平衡型、高氮型、高磷型、高钾型4类。再根据转产前后品种配比类型的区别，可将AZF复合肥转产分为两大类：一是同配比类型转产，例如平衡型转平衡型、高磷型转高磷型；二是异配比类型转产，例如高钾型转高磷型。

若转产前品种为平衡型配比，则转产后品种无

论为何种类型配比，转产均相对容易。同理，若转产后品种为平衡型配比，则转产前品种无论为何种配比类型，转产也相对容易。

同配比类型间的转产，低养分向高养分转产时，往往需将系统内物料量降至最低状态，再通过补料方能使过渡料养分达标。

不同配比类型间的转产，因至少存在两种养分差异性较大，往往需将系统拉空，再通过直接补加过渡料进行转产。

2.3 按基型分类

AZF复合肥常见基型有硝基、硫基、低氮、中氮等。同样根据转产前后品种基型的不同，可将复合肥转产分为两大类：一是同基型间转产，例如低氮转低氮、硫基转硫基；二是不同基型间转产，例如硫基转硝基。

表2为基型间转产时系统物料留存情况。由表2可知：同基型间转产时，系统物料基本保留；不同基型间转产时，可根据转产前后氯离子要求变化，以及氮的形态变化来确定系统物料是否保留。一般氯离子含量由高转产到低则需将系统内物料清空，反之则将系统物料保留。酰胺态氮和硝态氮间转产时，系统内物料则需清空。酰氨态氮和只含氨态氮间转产时，因只含氨态氮标注不含缩二脲，也需将系统内物料清空。

表2 基型间转产时系统物料留存情况

Table 2 Material retention within the system during the conversion of base types

转产前基型	转产后不同基型物料留存情况			
	硝基	硫基	低氮	中氮
硝基	保留	拉空	不确定	不确定
硫基	拉空	保留	保留	保留
低氮	拉空	拉空	保留	保留
中氮	拉空	拉空	拉空	保留

3 转产过程常见问题

AZF复合肥转产方式选择及过程控制不当会对后续生产造成重大影响，甚至对主要设备造成破坏，影响装置寿命。在转产过程中，常见的问题有原料损耗过大、负荷提升滞后、养分指标波动和机械故障频发等。

3.1 原料损耗过大

虽然在转产过程利用返料，且原材料消耗占正常生产时原材料消耗总量的比例较小，但转产不当仍会带来极大的原材料浪费。造成转产原料损耗的主要形式及原因分析如表3所示。

表3 原料损耗及原因分析
Table 3 Raw material loss and cause analysis

损耗	常见转产类型	原因分析
转产过程粉料过多,需卸料	尿基与硝硫基相互间转产,其他配比类型转高磷型,母料来自外部补加的返料	一是一定比例的尿基和硝硫基混合,吸湿性大,内部水分难以脱去,从而呈现软湿状态;二是转产过程管式反应器未开启,热源仅来自热风炉供热,热量不足,造成成球困难
原料在设备内部结疤	其他配比类型转高钾型	系统加热干燥不彻底,湿度大,补加的尿素、氯化铵、氯化钾或硫酸钾等易附着在设备内部潮湿部位,形成疤块
料层带氨,未被吸收	其他配比类型转高氮型	补加磷酸一铵不均匀,造成氨难以吸收
扬尘过大,系统料溢出	其他配比类型转高磷型	热风量过大,尾气管道堵塞

3.2 负荷提升困难

转产过程粒子过大或过小均会对生产初期负荷提升造成延迟影响,因大量不合格粒子在系统内循环,提升负荷容易带来胀料风险,故仅能勉强维持低负荷生产。

AZF 复合肥正常生产过程中造粒受料浆中和度、水含量、温度、喷射发散状况,料床温度、湿度,返料的粒度分布、黏度,以及环境温度、湿度等方面的影响^[4]。而在转产过程中,管式反应器未通氨酸,除不受料浆性质影响外,其他因素均对转产过程中粒子形成造成影响。

对于粒子过大情况,主要是由于转产期间使用洗涤液过多,风量未匹配,造成水蒸气和热量在干燥机内聚集,使粒子不断增长,高氮品种尤为明显。对于粒子过小情况,主要是由于转产期间热量主要来源于热风炉,该部分热量不足以使混合物料发生低温共融,进而难以成球,高磷品种尤为明显。

3.3 养分指标波动

在同类型配比转产中,由低养分向高养分转产时,总养分易产生波动。在不同配比类型转产中,

因至少有两种养分跨度较大,易造成单养分发生波动。在不同基型转产过程中,氯离子、硝态氮含量易产生波动。有企业在进行氯基复合肥产品转产硝基复合肥产品时,为保证转产后产品氯离子合格,在达产前3 h将原料氯化钾更换为硫酸钾^[5]。

正常生产过程,养分主要受原料、造粒、返料等影响^[6],而在转产过程中还受两个因素影响:一是系统内原有物料数量无法准确计量,造成过渡料养分无法精准控制;二是新加入物料易发生黏结,造成养分暂时性流失^[7]。在计算过渡料配方时,可以先根据经验结合主要传输设备的电流大小及相对应计量秤测量结果判断系统内物料具体数量。

3.4 机械故障频发

复合肥辅机设备在很大情况下负荷较高且持续时间较长^[8],转产过程也是如此。如图1所示,在AZF复合肥转产过程中干线系统中的干燥机、冷却机、提升机、振动筛、破碎机、返料输送机等会发生过载跳停故障,主要是转产过程物料输送不均匀、投料量过多、设备内部结疤等原因造成。

表4为某AZF复合肥装置干线设备能力,受装

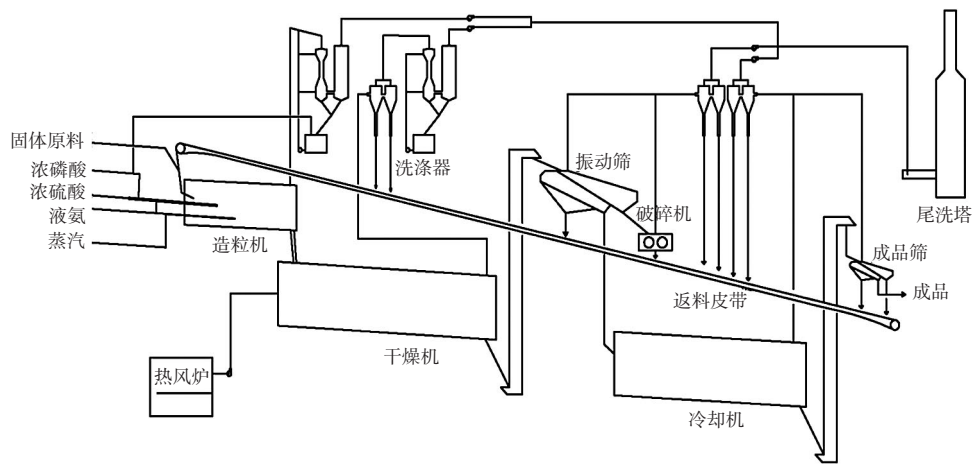


图1 AZF复合肥生产流程

Fig. 1 Production process of AZF compound fertilizer

置设计影响, AZF复合肥干线设备传输负荷由大到小为返料输送机、干燥提升机、造粒提升机、造粒机、干燥机、振动筛机组、破碎机组、冷却机。其中, 转产过程中提升机最易发生过载跳停, 其次是返料输送机。振动筛机组细料仓在转产期间易发生积灰堵塞, 冷却机头部若发生结疤在启动初期往往会因启动电流过大而无法开启, 其他干线设备在转产期间往往会因润滑、降温措施不到位发生故障。

表4 干线设备能力

Table 4 The capability of dry material conveying equipment

设备名称	电机总功率/kW	传输能力/(t·h ⁻¹)	设备名称	电机总功率/kW	传输能力/(t·h ⁻¹)
造粒机	90.0	100	振动筛机组	15.0	80
干燥机	160.0	100	干燥提升机	33.0	130
冷却机	55.0	28	造粒提升机	25.0	120
返料输送机	13.0	180	破碎机组	51.6	32

4 控制方法

为系统性解决以上问题, 结合实践经验, 总结控制方法如下。

4.1 合理排产

根据生产计划, 对生产顺序进行最优排序, 从而实现节约、高效、稳定的目标。首先要确定最低生产量, 计划量低于最低生产量的进行后延或取消生产, 例如单品种一次生产最低产量为600 t, 当期计划低于600 t的品种一般不生产。其次需遵照排产原则, 一是同基型原则, 同种基型的品种排列在一起; 二是由高到低原则, 总养分按照由高到低进行排序; 三是指标兼容原则, 主要是指氯离子指标前一个品种要能兼容后一个品种, 例如将硫基品种排在氯基之前, 将低氯排在中氯之前, 不含缩二脲品种排在含缩二脲品种之前; 四是高磷型品种穿插原则, 高磷型品种所需热负荷高, 能够使系统内的疤块及时脱落, 具有一定清理疤块的作用, 尤其是干燥机内疤块, 可以减少清理干燥机的频次及清理劳动强度。

4.2 系统清理

转产前对系统进行清理, 有助于准确控制系统返料数量, 减小养分指标波动, 降低结疤带来的设备故障风险。清理部位主要包括破碎箱体、筛分机细料仓、返料皮带箱体、冷却机头部箱体、提升机斗瓢、风管及溜管、旋风除尘器等。

在生产过程中, 尿素虽由干线加入, 但其为湿性物料, 熔融温度较低, 易黏附在设备表面形成疤

块, 同时受热易产生缩二脲^[9-10]。若上个品种原料含有尿素, 转产不含缩二脲品种时, 则必须保障系统清理干净。

进行系统清理对氯基转其他基型过程中氯离子控制十分有效。18-18-18低氯品种转17-17-17硫基品种, 转产前系统内 $w(\text{Cl}^-)$ 在14.35%~14.80%, 采用同样转产配方(如表5所示)和生产配方(如表6所示), 工艺指标相同条件下, 系统清理与未清理条件下成品氯离子变化情况如表7所示, 已清理较未清理系统氯离子至少提前2 h合格。

表5 过渡料配方

Table 5 Transition material formula

项目	规格	用量/t	项目	规格	用量/t
母料	17-17-17硫基	15.0	磷酸—铵	11-49-0	3.5
尿素	46%	2.5	氯化钾	60%	0.5
硫酸铵	20.5%	1.0	硫酸钾	52%	3.0

表6 生产配方

Table 6 Production formula

项目	规格	用量/(kg·t ⁻¹)	项目	规格	用量/(kg·t ⁻¹)
液氨	99.5%	90	浓硫酸	98%	54
尿素	46%	188	氯化钾	60%	45
硫酸铵	20.5%	68	硫酸钾	52%	265
浓磷酸	46.5%	376			

表7 氯离子含量变化

Table 7 Changes of chloride ion content

时间/h	系统内 $w(\text{Cl}^-)$ /%		时间/h	系统内 $w(\text{Cl}^-)$ /%	
	已清理情况	未清理情况		已清理情况	未清理情况
1	2.89	3.15	5	2.35	2.39
2	2.68	3.01	6	2.32	2.35
3	2.33	2.85	7	2.30	2.32
4	2.31	2.61	8	2.31	2.34

4.3 洗涤液置换

高氮品种及超高养分品种对尾气洗涤系统有较高的要求^[11], 洗涤液中的 P_2O_5 、酰胺态氮、硝态氮等易对造粒产生影响, 严重时造成系统物料粉化, 这些成分的存在也对养分控制带来极大的不确定性。另外, 有研究表明在硝基复合肥的生产过程中, 应尽量避免Cl混入, 降低硝铵热解风险^[12]。因此转产前将洗涤液排出, 并重新配置洗涤液注入系统, 能够起到提升洗涤效率和造粒成球率、稳定养分的作用。

AZF复合肥装置洗涤液主要由浓磷酸和工艺水按一定比例进行配置。洗涤液 P_2O_5 的浓度对转产期间至生产初期养分有一定影响, 特别是转产高磷品种时。在转产期间, 洗涤液中所含的 P_2O_5 一般未计

入过渡料养分中，因此要求洗涤液 P_2O_5 含量尽可能低；而在正常投料时，生产高磷品种要求洗涤液 $w(P_2O_5)$ 在30%以上，从而要求能够快速提升洗涤液 P_2O_5 含量。采用常规检测方法无法快速测定 P_2O_5 含量，在实际生产过程中，往往先测定不同密度下的洗涤液中 P_2O_5 含量，如表8所示，再通过测定洗涤液密度，来查对应的 P_2O_5 含量。

表8 洗涤液密度与 P_2O_5 含量关系

Table 8 Relationship of washing liquid density and P_2O_5 content

洗涤液密度/($kg \cdot m^{-3}$)	$w(P_2O_5)/\%$	洗涤液密度/($kg \cdot m^{-3}$)	$w(P_2O_5)/\%$
1 125	16.93	1 250	22.75
1 150	17.53	1 275	23.55
1 175	18.76	1 300	25.43
1 200	20.11	1 325	27.84
1 225	21.36	1 350	30.05

4.4 均衡补料

过渡料补加不均均是养分波动的主因之一，同时也是导致设备短时间过载的原因之一。为使过渡料补加均衡，首先要确定物料在系统内循环一周的时间。一般一烘一冷系统干线走完大循环时间需要20 min，两烘一冷系统干线走完大循环时间需要25 min，补料总用时尽量控制为循环周期的2~3倍。然后根据补料量和补料总用时计算得到每种原料每小时用量，通过自动控制系统实现均衡给料。

实际生产过程中，可以通过造粒机、干燥机及提升机电流波动来判断系统物料是否均匀，若在一个循环周期内，主要传输设备电流波动小，则说明系统物料已混合均匀，否则未混合均匀。也可以通过皮带秤计量值的变化来进行判断，计量值波动小，则说明系统物料已混合均匀，否则未混合均匀。

4.5 指标分析

补料完成后，再进行一定周期的系统循环，在循环过程中每隔1/4循环周期在固定位点取一次样，共取4次，混合均匀后进行养分检测。在养分满足要求前提下进行开车生产，如不满足要求，则根据检测结果及系统料量进行补料使养分达到要求。进行再次补料时，应先确保系统具备承载能力，否则必须先卸出一部分系统物料再进行补料。

5 小结

AZF 复合肥转产过程的高效控制是提升企业生产效能、降低运营成本的关键。通过采用合理排产、系统清理、洗涤液置换、均衡补料、指标分析等控制方法，系统性解决转产过程中常见的原料损耗过大、负荷提升困难、养分指标波动和机械故障

频发等问题，取得了良好的效果。

[参考文献]

[1] 郑秀兴.我国复合肥料产业发展方向与途径探讨[J].生态产业科学与磷氟工程,2024,39(10):1-8.
ZHENG X X. Discussion on the development direction and approach of compound fertilizer industry in China[J]. Eco-industry Science & Phosphorus Fluorine Engineering, 2024, 39(10):1-8.

[2] 梁红江,王金铭,郑秀兴.600 kt/a NPK 复合肥 AZF 工艺特点浅析[J].磷肥与复肥,2016,31(4):9-11.
LIANG H J, WANG J M, ZHENG X X. Analysis on characteristics of AZF process of 600 kt/a NPK compound fertilizer [J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2016, 31 (4) : 9-11.

[3] 郑秀兴.复合肥料生产工艺的创新发展[J].磷肥与复肥,2021,36(11):1-6.
ZHENG X X. Innovation and development of compound fertilizer production process[J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2021, 36(11):1-6.

[4] 焦士杰,解宗励.AZF 工艺与高塔熔体造粒工艺生产尿基复合肥的优缺点[J].磷肥与复肥,2010,25(6):48-49.
JIAO S J, XIE Z L. Advantages and disadvantages of both AZF process and melt granulation in high prilling tower process for urea-based compound fertilizer[J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2010, 25(6):48-49.

[5] 杨荣鑫,宋金韬,杨振军,等.复合肥转产管控注意事项[J].磷肥与复肥,2022,37(8):16-17.
YANG R X, SONG J T, YANG Z J, et al. Precautions for management and control of compound fertilizer conversion [J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2022, 37(8):16-17.

[6] 刘鹏飞,王荣江.复合肥养分控制方法[J].磷肥与复肥,2012,27(6):62-63.
LIU P F, WANG R J. Control method of compound fertilizer nutrient [J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2012, 27 (6) : 62-63.

[7] 陈敏,陈军旺,邢晓东.复合肥养分偏差的原因分析及措施[J].石油化工应用,2012,31(2):95-98.

[8] 施胜昔,孙守玉.复合肥辅机设备常见故障及应对方案[J].磷肥与复肥,2012,27(6):67,75.

[9] 苗映明,张伟.以尿素为氮源生产复混肥中缩二脲的控制[J].磷肥与复肥,2004,19(1):59-60.
MIAO Y M, ZHANG W. Control of biuret content in urea-based compound fertilizer[J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2004, 19(1):59-60.

[10] 陈可可,张保林,许珂.复肥生产过程中缩二脲的生成研究[J].化工矿物与加工,2008(3):23-25,43.

[11] 石学勇.大型AZF工艺复合肥生产装置尾气处理技术改造[J].化肥工业,2011,38(2):33-35.
SHI X Y. Technological transformation for treatment of tail gas from large compound fertilizer setup based on AZF process [J]. Chemical Fertilizer Industry, 2011, 38(2):33-35.

[12] 朱晋宇,曹雄,谷明朝.氯离子浓度对硝酸基复合肥水溶液热安全性影响研究[J].中国安全生产科学技术,2014,10(4):65-68.
ZHU J Y, CAO X, GU M C. Study on the effect of chloride ion concentration on the thermal safety of nitrate compound fertilizer solution [J]. Journal of Safety Science and Technology, 2014, 10(4):65-68.