

# 喷射流化床尿素造粒装置运行及发展

任玉兵

(山西兰花科技创业股份有限公司田悦化肥分公司)

**摘 要:** 本文针对设计规模 1000t/d 的日本东洋喷射流化床造粒工艺装置进行发展概况、工艺流程、工艺技术特点、工艺参数和指标、设备的介绍,提出了优化建议。

**关键词:** 大颗粒尿素;日本东洋;流化床;优化建议

## 0 前 言

自上世纪 70 年代起,大颗粒尿素造粒工艺有了较快的发展,具有代表性的工艺技术有:①挪威海德鲁公司(Hydro)的雾化流化床造粒工艺,②日本东洋工程公司(TEC)的喷射流化床造粒工艺,③美国田纳西流域管理局(TVA)的料帘涂布法造粒工艺,④埃尼农用化学公司(Agriculture)的双降幕转筒造粒工艺,⑤法国卡尔滕巴赫—蒂林 Kaltenbach-Thuring (K-T) 有限公司转鼓流化床造粒工艺(FDG),⑥挪威海德鲁公司(Hydro)的高温盘式成粒工艺(HTPG)等等。流化床造粒比其他方式(转筒、盘式及转鼓)的造粒生

产能力大,是世界上大颗粒尿素造粒工艺的主流。笔者曾经从事装置设计规模为 1000 吨/天的日本东洋工程公司(Tec)喷射流化床造粒工艺的生产,现就这种工艺和大家共同探讨,共同进步。

## 1 日本东洋公司喷射流化床造粒工艺发展概况及国内业绩

该工艺的研究开发前期为流化床造粒技术,专利发表于 1979 年。试验装置规模为 50t/d,后改建为 200t/d。第一套工业化生产装置于 1983 年在新西兰卡普尼石油化学公司建成投产,生产规模为 470t/d,原料采用浓度为 99.7% 的熔融尿素。迄今为止,在

世界范围内已建成的装置18套,其中8套采用改进后的喷射流化床造粒工艺,最大规模为3460t/d于2010年在伊朗设拉子建成投产。

1997年10月,中国石油宁夏石化公司改扩建工程日产1740吨大颗粒尿素装置采用TEC工艺技术,并首次采用浓度为95%的熔融尿素为原料,该装置已于1999年9月投产,投产后产品水分高,增加二段蒸发系统。

1999年5月,四川泸天化(集团)有限责任公司在二尿车间改扩建2000t/d大颗粒尿素造粒装置采用该技术,于2000年6月投产。

2002年云南云维集团沾益化肥厂由塔式造粒改为600t/d大颗粒尿素造粒装置采用该技术。

2006年中国石油宁夏石化公司另一套870 t/d尿素装置改产大颗粒尿素装置采用该技术。

还有,2007年12月新建投产1000 t/d的我们公司、2010年5月新建投产2640t/d的中国石油塔里木石化公司也采用该技术。

## 2 工艺流程简述

由一段蒸发分离器出来的浓度为96%(wt)的熔融尿液在熔融泵出口的静态混合器前加入37%甲醛溶液(缓释作用)混合后,经调节阀PV2221调整压力在0.8~1.2MPa范围内,通过喷嘴送入造粒机。尿液在自身压力和132℃喷射风的作用下喷洒到造粒机多孔板上正处于流化状态的尿素晶种表面,并迅速凝固,同时尿素溶液中的水份被蒸发。尿素晶种由流化床在各级间传送,经过相连的三级造粒床和多个喷嘴的作用不断长大形成大颗粒尿素。尿液雾化后均匀反复喷涂覆裹在悬浮的晶种上,使颗粒不断增大。成粒后的尿素颗粒经造粒机冷却室冷却到85℃,经造粒机出料器,疤块尿素由溜管进入地槽,

其余尿素颗粒和造粒机溢流口出来的尿素一起被称重皮带送入斗提机,再经斗提机进入筛分装置。

经筛分,分离出粒径符合要求的颗粒尿素作为产品,大部分再经最终冷却器(流化床)冷却至50℃以下,送入包装进行成品包装入库。另一小部分成品和筛分离出的超大颗粒尿素一起经超大颗粒冷却器冷却后,进入破碎机,被破碎后和筛分离出的细小颗粒尿素一并送入造粒机,作为造粒晶种。疤块被筛分至平面筛尾部,由溜管进入地池溶解后回收到蒸发系统。造粒机、称重皮带、斗提机、超大颗粒冷却器、最终冷却器以及筛分装置等处排出的含尿素粉尘的空气被抽入到洗涤器,通过与喷射的尿素水溶液在填料床上的逆流接触,再用工艺水采用湿法洗涤回收,洗涤液循环增浓后送至造粒一楼地池,溶解造粒机出料中少量块状尿素和筛分装置来的超大的颗粒尿素后被地池回收泵送至尿液槽,与新鲜尿液混合进行再次蒸发。洗涤后尾气由洗涤引风机抽至造粒放空筒后放空。

## 3 工艺技术特点

20世纪90年代末,日本东洋工程公司通过喷动床与流化床的结合,应用造粒机的喷动流化床,降低能源需求,提高产品颗粒。在喷动流化床造粒机中,喷动床是由向上的进入造粒机和流化床底部的气流形成在喷动床周围。进入喷动床的空气使颗粒保持暂停。尿素溶液通过喷雾喷嘴沉积在悬浮的种子颗粒的表面上。颗粒的包覆是喷淋液在晶种四周逐层反复包涂一冷却的过程。因此,颗粒一层层地长大。由于空气进入造粒机不仅形成喷动床,而且流化床也促进颗粒的冷却和干燥,96%浓缩尿素溶液可送入造粒机得到产品。

日本东洋工程公司喷射流化床尿素造粒工艺有

如下技术特点:

①工艺流程和设备结构比较简单。造粒喷嘴采用一般压力式喷嘴,结构简单,数量少,单台能力大,不易堵塞结疤,操作弹性大,通过减少喷嘴数,很容易将生产负荷降至50%以下,而且能快速开、停车,开车1h后即能达到稳定状态。

②造粒时间短,造粒效率高。该工艺流化床内返料品种依次在串联的小室内被喷射尿液液滴包裹而长大,且流化床层较薄,有利于粒子的形成,造粒时间较短,效率高,生产能力大。

③生产操作灵活方便。正常生产时,可通过调节返料比(0.5~1.0)达到合格产品。其生产控制方案可靠、简单,负荷变化时,可直接调节喷嘴。

④节省动力和蒸汽的能耗。熔融尿液利用自身压力喷射,没有用于雾化的压缩空气,热空气流量和压力低,能耗低;品种在较高的温度(接近85℃)下循环,使对冷却空气和移除热量的需求最小化,能量效率高;独特设计的填料床型除尘器,低压降(为0.8kPa),引风机能耗低。

⑤造粒机内流化床床层高度低。负荷在50%~100%负荷范围内床层高仅400mm~650mm,优化的床层高度使造粒机的压力损失最小,压力降仅为53.33kPa,流化床阻力小,所需流化空气的风机压头低,耗电省,节省动力。

⑥提高产品质量。产生喷射及流化的气体不仅带走了尿素的凝固热,还蒸发掉了喷射尿素液滴及颗粒中所含的水分,具有冷却和干燥的作用;尿素溶液或熔融尿素进料干燥固化迅速,停留时间最短,缩二脲的形成可以忽略不计;品种颗粒在造粒过程中悬浮在喷动床上,喷动床与流化床的最佳组合可产生圆形和均匀的颗粒;优化的喷射床气速降低造粒机中粉尘的形成。

⑦流化床造粒装置运行可靠,运行周期长。造粒机、粉尘洗涤器等均无磨损部件,可长期运行,转动设备中的风机等介质为空气无磨损和腐蚀,斗提机、振动筛、破碎机等运行条件也较好,可靠性取决于设备质量,一般年运行330天是有保证的。

⑧洁净的尾气排放,不仅减少损失,而且满足了环境保护的要求。喷动床和通过造粒机自由板区域的最佳气流速度使造粒机中的粉尘形成最小化;粉尘回收采用集中收集和高效的湿式洗涤吸收,排放尾气中尿素粉尘含量小于30mg/Nm<sup>3</sup>,实际运行中监测在12mg/Nm<sup>3</sup>内。

#### 4 工艺参数和经济指标

表1 东洋公司喷射流化床造粒工艺消耗指标

项目	96% 尿液 (wt)	37% 甲醛 (wt)	0.35MPa 低压蒸汽	工艺水	冷却水	返回尿液	电
数量	1080.8	12.5	55	250	300	93.42	23
单位	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kW·h

注:产品规格为2.0~4.75mm大颗粒尿素,以每吨成品计算的设计值

表2 东洋公司喷射流化床造粒工艺指标

一段蒸发		造粒机		流化风		喷射风	
压力	温度	压力	温度	压力	温度	压力	温度
Mpa	℃	kPa	℃	kPa	℃	kPa	℃
0.033	132	-0.2~ -0.5	110~ 118	2.5~ 3.5	40~ 75	2.7~ 3.5	130~ 135

表3 东洋公司喷射流化床造粒工艺指标及成品分析数据

喷头	成品最高温度		成品分析数据				
	夏季	冬季	氮含量	水分	缩二脲	甲醛	粒度
MPa	℃	℃	%	%	%	%	%
0.8~1.2	43	26	46.5	0.43	0.83	0.53	93.4

## 5 东洋公司喷射流化床尿素造粒的设备

表 4 1000 吨/天的东洋工程公司喷射流化床尿素造粒设备

设备类别	设备名称	规格型号	台数
流化床	造粒机	11850mm × 3300mm × 10700mm	1
	超大颗粒冷却器	1900mm × 550mm × 3800mm	2
	最终产品冷却器	8500mm × 2000mm × 5230mm	1
贮槽	洗涤器	8000mm × 8000mm × 11000mm × 8mm, V=704m <sup>3</sup>	1
	破碎机料斗	V=4m <sup>3</sup>	2
	开车贮斗(晶种筒仓)	Φ=2000mm H=4000mm V=12.5m <sup>3</sup>	1
	地槽	7000mm × 3000mm × 2100mm × 8mm, V=44.1m <sup>3</sup>	1
	放空筒	Φ=3100mm H=50000mm δ=12mm	1
换热器	流化空气加热器	F101A:1700mm × 1700mm × 1800mm, S=470m <sup>2</sup>	2
		F101B:1700mm × 1700mm × 1800mm, S=470m <sup>2</sup>	
	喷射空气加热器	2100mm × 2100mm × 1500mm, S=1366m <sup>2</sup>	1
风机	流化风机	Q=212180m <sup>3</sup> /h, 电压 6KV, 功率 800kw	1
	喷射风机	Q=44052m <sup>3</sup> /h, 电压 380V, 功率 160kw	1
	洗涤风机	Q=481700m <sup>3</sup> /h, 电压 6KV, 功率 800kw	1
	冷却风机	Q=145597m <sup>3</sup> /h, 电压 6KV, 功率 250kw	1
	除尘风机	Q=7713m <sup>3</sup> /h, 电压 380V, 功率 22kw	1
泵	洗涤循环泵	Q=720m <sup>3</sup> /h, H=36m, 功率 132kw	2
	地池回收泵	Q=15m <sup>3</sup> /h, H=40m, 功率 5.5kw	2
粉体输送设备	破碎给料机	给料能力 6.25t/h, 功率 1.5kw	2
	辊式破碎机	4PGH250 × 1300, 能力 7t/h, 功率 22kw × 4	2
	斗提机	能力 120t/h, 电压 380V, 功率 30kw	1
	振动筛给料机	给料能力 60m <sup>3</sup> /h, 功率 0.75kw	2
	振动筛(平面旋转筛)	生产能力 60m <sup>3</sup> /h, 筛网 2 层, 功率 7.5kw	2
	超大颗粒尿素振动给料机	给料能力 30m <sup>3</sup> /h, 功率 0.18kw	2
	造料机出料器	能力 88t/h, 功率 0.75kw	1
	开车贮斗振动器	能力 50t/h, 功率 0.75kw	1
	称重皮带	输送能力 100100m <sup>3</sup> /h, 带宽: 1000mm, 功率 5.5kw	1
	产品输送机	输送能力 50t/h, 带宽: 650mm, 功率 18.5kw	1

注:以上设备只包含造粒系统的动静设备,不含蒸发、甲醛装置的。

## 6 针对东洋公司喷射流化床尿素造粒工艺的优化建议

流化床造粒大颗粒尿素与塔式尿素相比,主要是造粒工序增加了生产成本,若能在现有工艺基础上加以改进,减少投资、降低成本,提高产品质量,可获得良好的经济效益和社会效益。主要有以下几点考虑:

1)通过造粒机和喷嘴的改进,提高喷头雾化尿液效果,进一步降低成品水分,提高产品的成粒性,降低返料比(循环量与最终产品之比),减少超大颗粒和粉尘量,从而降低了斗提机、筛分系统和破碎机的负荷,进一步降低了电耗。

2)原设计尿液混合器在熔融泵出口管线进造粒机前的管线上,甲醛由计量泵送至管线混合器,但在该计量泵打液量不稳或注入处止逆阀关闭不严时,极易造成尿液倒流而堵塞管道,不仅严重影响生产,

而且极难疏通;且受融熔泵和计量泵出口压力差的影响,流量不易稳定。实践生产中可取消混合器和甲醛计量泵,将甲醛储槽放置于同一段蒸发器在一平面的框架四楼,利用静压通过甲醛流量调节阀加至尿液泵进口,不仅能利用尿液泵将甲醛和尿液充分混合,同时节省两台动设备,而且能减轻造粒机负荷。这样改造唯一缺点是当甲醛大量加入时易造成尿液泵气缚,故改造后投加甲醛要缓慢,忌大幅度调节。同时37%的甲醛在一段蒸发前加入造成一段蒸发气相冷凝液含微量甲醛,造成解吸废液COD高。

3)原设计上箱体上部空间悬挂不锈钢丝网防止顶部结块尿素脱落砸坏造粒喷嘴和多孔板,在实践运行中拆除。如安装丝网造粒机长期运行后造成部分丝网堵塞,增加阻力,影响造粒机的真空度;而且该工艺床层和床层间的隔板较低,即使运行中顶部粉尘块脱落,也会被流化风从造粒机出口吹出。

4)造粒机出口采用振动器和溢流管相结合的出料,流入称重皮带,然后经斗提机提升送入平面筛,粉尘块和爆米花状结晶均经过平面筛进入地池,这样就增加了平面筛的运行负荷,且因造粒机出料温度较高(约85℃),会减少稳重皮带和斗提机皮带的使用周期。是否可以借鉴其他流化床造粒的经验,在造粒机出口增加一台安全筛,把粉尘块和爆米花状的疤块直接送入地池,成品、品种、大颗粒尿素经安全筛进入产品冷却器,冷却至45~50℃后经斗提机提升送入平面筛。这仍然需要和东洋工程公司进行交流进行最终确认。

5)因循环槽位置低于洗涤循环泵,所以每次倒泵时都需要在备泵进口灌入引水。新建装置可以将循环槽位置高于洗涤泵,开泵简单不需要灌入引水。

6)流化床造粒设计的初衷是,造粒采用95%~97%浓度的尿液作原料,尿液加工只需要一段蒸发浓缩,可以省去二段蒸发浓缩系统,节省了二段蒸发

加热和抽真空所消耗的蒸汽,减少了二段气相冷凝所用的冷却水用量,流程简化,节省投资。相应工艺冷凝液量也减少,水解和解吸负荷也有所降低。但在实践中该工艺在已建装置中仅兰花田悦和新疆塔里木石化采用一段蒸发系统,且均对一段蒸发系统进行了扩容。

7)造粒机高度较高,与其他流化床造粒相比,清洗比较费时费力。是否能降低造粒机上箱体的高度,需东洋公司进行论证。

8)开车料仓里放的是粒度小的品种。开车后,经过较长的时间才能达到粒度高的产品。可以在平面筛成品出料管至品种筒仓增加管线,在刚开车尿素产品粒度偏小时送入筒仓,粒度达标后再转入成品溜管。改造前只能通过延迟开造粒机出口振动器,让造粒机出料全通过溢流进行循环,延缓品种在造粒机内的停留时间。

9)尿素在地槽溶解过程中释放出的蒸汽,斗提机、筛分系统、破碎机、运输皮带等处的粉尘,均可直接抽至至洗涤器,取消除沫风机和除尘风机,从而降低电力消耗。

10)在北方冬季大雾天气易造成各风机进口滤网结冰堵塞,造成风量下降。根据情况可选用进口滤网目数稍微小一些的滤网并在滤网前增加蒸汽伴管,提高此处的空气温度,防止大雾的潮气在滤网上因低温低压而结冰。

## 7 结 论

综上所述,东洋公司喷射流化床尿素造粒工艺属先进、成熟、可靠的造粒工艺,流程和设备简单,但建厂较少,特别是采用95%浓度的尿液作为原料的建厂;故仍然需要进行技术改进提高喷头雾化效果,降低成品水分,和提高产品粒度。