

File No. 4

小颗粒尿素和大颗粒尿素

尿素是化肥产业里生产量和使用量最多的肥料。尿素以氨和二氧化碳为原料合成，与硫酸铵和氯化铵相比，含氮量高达 46%，是含氮量最高的化肥。尿素的特点是完全水溶性，溶解快，在化学性质和土壤化学上都是中性肥料，长期施用不会对土壤产生不良影响。除了作为肥料使用之外，尿素还是一种重要的化工材料，广泛地被应用在医药和环境等领域上。

尿素具有较强的吸湿性，在粉状的状态下很容易吸湿结块，所以都是通过造粒后以粒状物的状态出厂的。不同的造粒方式造出的粒子的粒径和物理性质有很大的区别，粒径不同的尿素其用途也有所不同。

一般用于农业和工业上的小颗粒尿素又称为丸粒尿素 (Prilled Urea)，粒径通常在 0.8~2.5mm 之间，颗粒大小不一，抗压硬度低，在流通过程中容易粉化。在农业上只能作为单独肥料施用或作为复合肥的原料。在 BB 摻混肥和包膜肥料中使用的粒径大于 2mm 以上的大颗粒尿素又称为颗粒尿素 (Granulation Urea)，粒径可达到 6mm 以上，颗粒均一，硬度大，适合机械散布，作为单独肥料施用也很受欢迎。特别是粒径在 4~6mm 的大颗粒尿素适用于园艺和林业，粒径在 6mm 以上的特大颗粒则可用飞机进行大规模散布等特殊用途。各种粒径的尿素用途如图 1 所示。



图 1. 各种粒径的尿素用途

小颗粒尿素和大颗粒尿素的原料和合成方法完全一样，含氮量也没有差异，不同处只是造粒方式不同而已。通常，尿素颗粒的粒径越小，内部的空洞就越少，外形密度就越大。但是大颗粒尿素在造粒时添加了少量的甲醛，结晶状态有所改变，使得颗粒内部的空洞减少，外形密度增大，抗压强度反而要比小颗粒尿素高出 5~10 倍。表 1 是小颗粒尿素与大颗粒尿素

的外形密度和抗压强度的比较。

表 1. 小颗粒尿素和大颗粒尿素的外形密度，抗压强度

	粒径 (mm)	外形密度 (g/cm ³)	抗压强度 (N) *
小颗粒尿素	1.0~2.0	0.752	1.0~3.4 (平均 1.9)
大颗粒尿素	2.0~4.0	0.761	8.8~34.8 (平均 17.8)

*：使用木屋式硬度计进行测试的结果。

尿素的造粒方法可以大致分为熔融造粒 (Prilling granulation) 和流动床造粒 (fluidized bed granulation) 2 大类。小颗粒尿素采用熔融造粒，大颗粒尿素采用流动床造粒。

一、熔融造粒 (Prilling granulation)

尿素的熔融造粒工艺流程图如图 2 所示。其流程是，

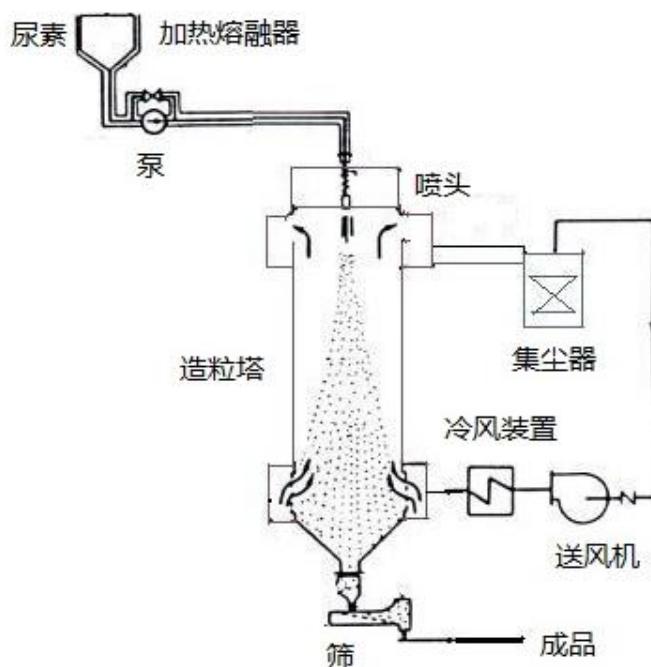


图 2. 尿素的熔融造粒工艺流程示意图

- ① 合成后的尿素经过真空干燥工序将其含水率降到 0.5% 以下。
- ② 将尿素加热到 135~140°C，使其融解成液状。
- ③ 使用泵将尿素熔融液通过旋转喷头从造粒塔 (Prill Tower) 上部成滴状喷出。
- ④ 从造粒塔的底部导入冷风，尿素液滴在造粒塔内落下过程中被冷风冷却成固体颗粒。
- ⑤ 在造粒塔的底部收集冷却成固体颗粒的尿素，筛分后为成品。规格外的颗粒则送返到加热熔融器重新熔融后再次造粒。

小颗粒尿素使用的造粒塔直径为 5~25m，高度为 40~100m，通常使用钢筋水泥或钢构件制成（图 3，图 4）。



图 3. 日本三井化学大阪工厂的尿素造粒塔
(塔高 40m)



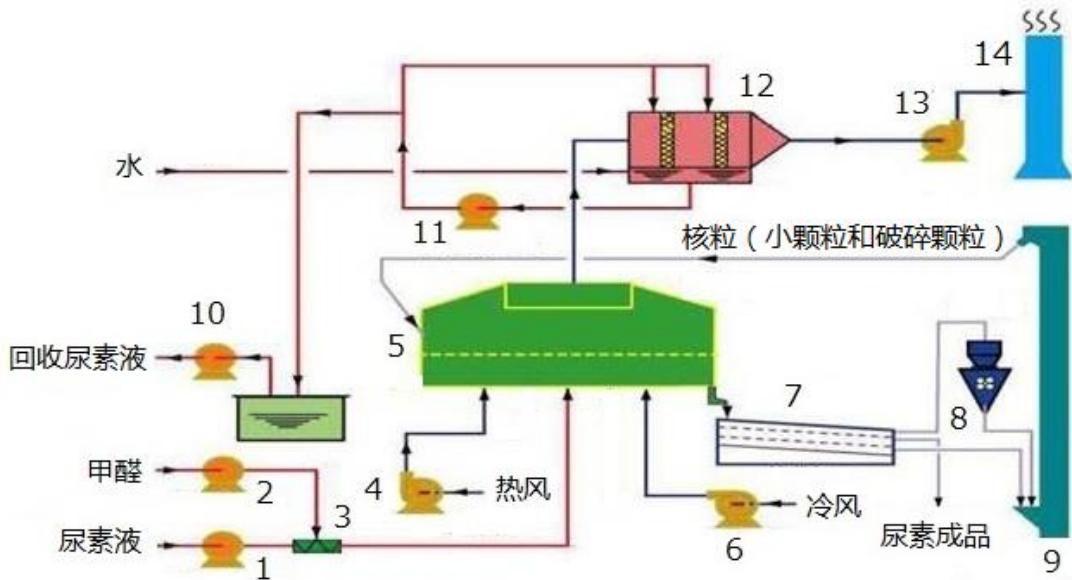
图 4. 中国锦邦化工公司的尿素造粒塔
(塔高 110m)

熔融造粒法生产的尿素颗粒的粒径受喷头上的喷嘴孔径支配。喷出的尿素液滴在降落时受到冷风冷却，表面马上凝固收缩，但内部仍暂时保留液态。内部的熔融状尿素液体受到表面收缩压力后，容易冲破已经凝固了的粒子表面而喷出，在颗粒内部形成空洞。尿素在自然冷却凝固时形成细长的针状结晶，也使得颗粒内部存在多数微细空洞，降低了颗粒的抗压强度，容易发生破碎。因此，熔融造粒的粒径越大，抗压强度越低，破碎的颗粒就越多，质量越差。通常，熔融造粒法生产的小颗粒尿素的粒径多在 1.0~1.8mm 之间，2.5mm 是上限。

二、流动床造粒法

流动床造粒法的工艺流程如图 5 所示。其流程是：

- ① 将大颗粒尿素的筛下小颗粒，破碎颗粒或小颗粒尿素作为核粒投入到流动床造粒机里，通过热风或转动，让这些核粒形成流动床。
- ② 将合成后的尿素液浓缩到 95~97%，在尿素液里加入甲醛混合后，加热到 120~130℃。
- ③ 通过喷嘴将混合了甲醛的尿素液雾化喷向构成了流动床的尿素核粒。
- ④ 雾化了的尿素液粘附在核粒上，被热风干燥。
- ⑤ 核粒反复受到尿素液的粘附和干燥，粒径不断增大，同时也逐渐向造粒机的后端移动。
- ⑥ 从造粒机后端排出的颗粒经筛分后，符合粒径规格的颗粒作为成品进库。超出规格的大颗粒用破碎机破碎后与筛下的小颗粒一起返送回造粒机，作为核粒供造粒用。



1. 尿素液泵， 2. 甲醛泵， 3. 混合加热器， 4. 热风送风机， 5. 流动床造粒机， 6. 冷风送风机， 7. 筛分装置， 8. 破碎机， 9. 提升机， 10. 尿素液回收泵， 11. 洗涤液循环泵， 12. 排气集尘装置， 13. 排气风机， 14. 排气塔

图 5. 尿素的流动床造粒法示意图

造粒前在尿素液里加入少量甲醛的理由是：

- ① 尿素与甲醛反应生成的脲甲醛有很强的粘性，在尿素干燥结晶时可以使结晶之间结合良好，形成空洞少的颗粒。
- ② 可以控制尿素结晶的形状，增加尿素颗粒的抗压强度。
- ③ 由于脲甲醛的存在，尿素颗粒的吸湿性降低，不易结块。

流动床造粒法根据使用的造粒机构造不同，可分为转鼓喷雾式造粒法和喷流流动床造粒法 2 大类。

1. 转鼓喷雾式造粒法

转鼓喷雾式造粒法是使用转鼓造粒机进行造粒。将小颗粒尿素或破碎了的尿素碎片作为核粒投入到转鼓内，随着转鼓的转动，核粒被提升到转鼓上部后让其自由落下形成不断流动的粒子幕。转鼓内设有 10 多个到数 10 个喷嘴，从喷嘴中将加热到 120~130℃的尿素液喷向粒子幕，让尿素液均匀地粘附在核粒表面凝固干燥。在转鼓内核粒反复受到尿素液的粘附凝固干燥而不断增大，逐渐移向转鼓后端。增大后的尿素颗粒从转鼓后端的排出口排出，经筛分装置筛分后，符合规格的成品经冷风冷却后包装出厂，超出规格的大颗粒被破碎后与筛下的小颗粒一起返送回转鼓内作为核粒用于造粒。

与下面介绍的喷流流动床造粒法相比，转鼓喷雾式造粒法具有设备投资较少，技术简单，工艺容易控制等长处，但耗能大，生产效率低，转鼓内粉尘发生量多，已被逐渐淘汰。

2. 喷流流动床造粒法

到 1980 年代为止，大颗粒尿素主要是采用转鼓喷雾式造粒法生产。从 1980 年代起，随着喷流层和流动床结合起来的喷流流动床（Spout-Fluid Bed Type）造粒技术的确立和成熟，该法得到了普及。现在喷流流动床造粒法成了生产大颗粒尿素的主要方法。

喷流流动床造粒法是用热风将尿素核粒吹起悬浮在空中形成流动床，喷嘴将尿素液喷在核粒表面后通过热风使其干燥附结在核粒表面。重复尿素液喷附和干燥的过程，尿素颗粒就会不断长大。

喷流流动床造粒法的工艺概要是，造粒机下部不断吹出热风，将尿素核粒吹起浮游在造粒机中形成流动床。用喷嘴将浓缩到 95~97% 的尿素液喷附在核粒表面，使其经热风干燥后附结在核粒表面。通过尿素液的不断附着和干燥，核粒逐渐长大到所需的粒径。长大后的粒子在造粒机的出口附近受到冷风的冷却后被排出，用筛分装置按照成品粒径规格进行筛分。符合规格的成品包装入库，超出规格的大颗粒被破碎后与小颗粒一起返送回造粒机内作为核粒再次用于造粒。图 6 是日本东洋工程有限公司（Toyo Engineering）开发的喷流流动床造粒机的示意图。

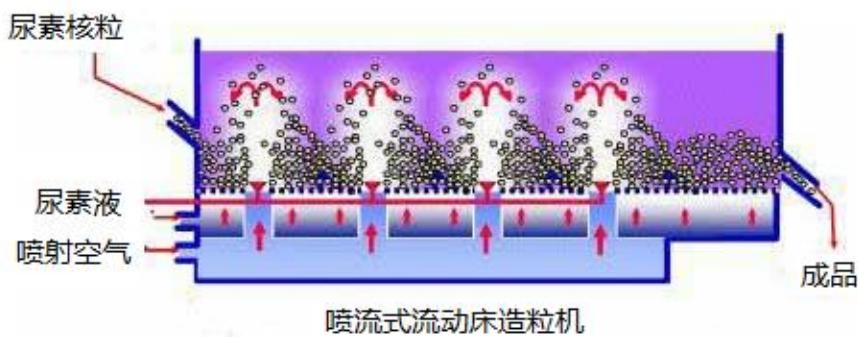


图 6. 喷流流动床造粒机示意图

喷流流动床造粒法具有以下的特点：

- ① 节能：造粒机内的核粒现成的流动床高度低，形成流动床所需的空气压力不高；尿素液不需要加热到 120~130℃；尿素液喷雾不需要高压空气；排气集尘装置的压力损失小。
- ② 产品质量高：尿素液的温度低，生成的双缩脲少；干燥效果高；产品颗粒圆，粒径均一，硬度高。
- ③ 污染少：造粒机内产生的粉尘少，排气集尘容易，不易造成环境污染。

大颗粒尿素的造粒需要复杂的设备和高度的技术，生产成本也较高。所以大颗粒的国际市场上的价格要比小颗粒尿素高出 10~15 美元/吨。