

File No. 79

肥料造粒方法及其特点（2）干式造粒法

作为上一篇「肥料造粒方法及其特点（1）湿式造粒法」的续篇，本篇简单地介绍肥料生产上另一类称作干式造粒法的造粒方式。

干式造粒法是指在造粒工序中完全不添加水或其他液体粘合剂，只使用压力或加热等物理手段来将原料粉粒粘附结合成一定规格的颗粒的方法。根据造粒时所使用的物理手段，又可以将干式造粒法分为压缩造粒法和熔融造粒法 2 大类。

一、压缩造粒法

压缩造粒法是使用杵臼或轧辊等对原料粉粒施加高压，使得粉粒发生塑性变形和脆性破坏，缩小粉粒之间的空隙，利用分子间力和摩擦力将粉粒结合成大颗粒的方法。某些原料还有可能在粉粒发生塑性变形和脆性破坏时，出现原子扩散或化学结合的可能性，使得粉粒更加牢固地粘合在一起。

使用杵臼的冲压造粒是在模具（臼）里充填粉粒后，将撞杆（杵）上下冲压模具里的粉粒，使其发生塑性变形和脆性破坏，形成与模具同样形状的粒子。该法的生产效率很低，不适合肥料造粒。但压制出的颗粒形状和粒径基本完全相同，所以多用在医药品的成型造粒上。

使用轧辊的压缩造粒是在 1 对低速反向旋转的轧辊之间投入原料粉粒，在粉粒通过轧辊时受到来自轧辊的压力，使其发生塑性变形和脆性破坏，形成板状或粒状的方法。使用轧辊的压缩造粒法生产效率高，适合用于对颗粒的质量要求不太严格的肥料造粒。因此，本篇只介绍用轧辊的压缩造粒法。

压缩造粒法因为不使用水和液体粘合剂，所以造粒后不需要干燥，可以缩短生产工序和削减生产成本。加上造粒时不易发生化学反应，即使是发生了也可以控制在极小的范围内，所以原料的适用范围广，在湿式造粒法上不能配合的原料也可以配合在一起造粒。但是粉粒之间的结合主要是依靠分子间力和摩擦力，形成的颗粒硬度要比湿式造粒法低，颗粒形状不规则，容易粉化。压缩造粒法多用在难以进行湿式造粒的硫酸铵，氯化铵，氯化钾以及硫酸钾的造粒上。

根据轧辊的表面形态和成型后的产品外观，可以将使用轧辊的压缩造粒法分为压片破碎造粒法和挤压成型造粒法。

1. 压片破碎造粒法

压片破碎造粒法又称为辊压造粒法。其造粒机理是用给料机将原料粉粒送入垂直或水平配置的反向旋转 2 条轧辊之间，轧辊边旋转边向原料粉粒施加压力，使其压缩成型。在辊压后，原料粉粒的实际密度会增加 1.5~3 倍，成型为具有一定硬度的片块状半成品。成型后的片块再用数列旋转刀片或其他破碎装置将其破碎成碎片，再经过筛分得到所需粒径的颗粒作为成品。筛分下的不符合粒径要求的粉粒被送回料仓再次作为原料供应压片机。图 1 是压片粉碎造粒装置的构造示意图，图 2 是压片破碎造粒装置的相片。

压片破碎造粒法的特点是：

- ① 造粒不需要添加水或液体粘合剂，所以不需要干燥，可以减少生产工序和削减生产成本。

- ② 原料适用范围广，湿式造粒不能混合的原料也能配合造粒。
- ③ 轧辊压力可以调整，压缩率高，成型后的颗粒密度大。
- ④ 原料粉粒被压制成型为片块状，需要破碎整粒装置将其破碎后筛分出成品。
- ⑤ 成品粒径可以通过改变筛分机的筛网孔径来调整。
- ⑥ 颗粒形状不规则，硬度较低，粒度分布广。在流通过程中颗粒的棱角部分容易因摩擦而粉化。
- ⑦ 设备结构紧凑，占地面积小，操作简单。

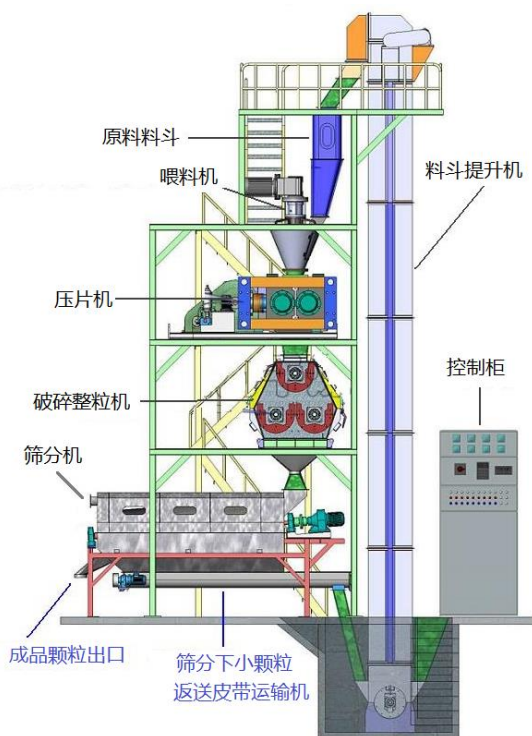


图 1. 压片破碎造粒装置的构造示意图



图 2. 压片破碎造粒装置（用于氯化钾的造粒）

2. 挤压成型造粒法

挤压成型造粒法是在轧辊表面雕刻上模穴，在轧辊旋转时嵌入模穴内的原料粉粒被挤压成颗粒的造粒方法。

通过喂料机被投入到 1 对水平配置反向旋转的轧辊之间的原料粉粒受到轧辊旋转时的压力，引起塑性变形和脆性破坏，相互结合成型为颗粒。颗粒的形状和粒径受模穴所控制。成型后的颗粒从轧辊的模穴上脱离落下，被旋装翼片将部分粘结在一起的颗粒分开后送到筛分机进行筛分，得到所需粒径的颗粒作为成品。筛分下的粉粒被送回料仓再次作为原料供应给挤压造粒机。图 3 是挤压成型造粒机的构造示意图，图 4 是雕刻有模穴的 1 对轧辊的相片。

挤压成型造粒法的特点是：

- ① 造粒不需要添加水或液体粘合剂，所以不需要干燥，可以减少生产工序和削减生产成本。
- ② 原料适用范围广，湿式造粒不能混合的原料也能配合造粒。

- ③ 产品颗粒密度和硬度可以通过调整轧辊压力来改变。与压片破碎法相比，该法的压缩率稍弱，成型后的颗粒硬度亦不太高
- ④ 原料粉粒直接被压制成型为颗粒状态，不需要后续的破碎整粒设备。
- ⑤ 颗粒形状和粒径受轧辊的模穴控制，成品的粒径基本相同，粒度分布范围较窄。
- ⑥ 造粒机体积小，所需安装面积小。操作简单，故障少，维修容易
- ⑦ 模穴尺寸小的话，原料粉粒成型困难，挤压成型后的颗粒不易脱模，所以不适合用于生产粒径 3mm 以下的小颗粒。
- ⑧ 因受模穴形状限制，造粒后的成品形状多是近卵形的不规则形，有毛边，容易因摩擦而粉化。
- ⑨ 因轧辊的长度与压力成反比，所以轧辊的长度短，单台造粒机的生产能力不高。

虽然挤压成型造粒机的造粒能力不高，但可以采取多台并联方式来满足大批量生产的需要。通常是 6~10 台挤压成型造粒机和共用的原料仓，筛分机，皮带输送机组成 1 套造粒生产线。

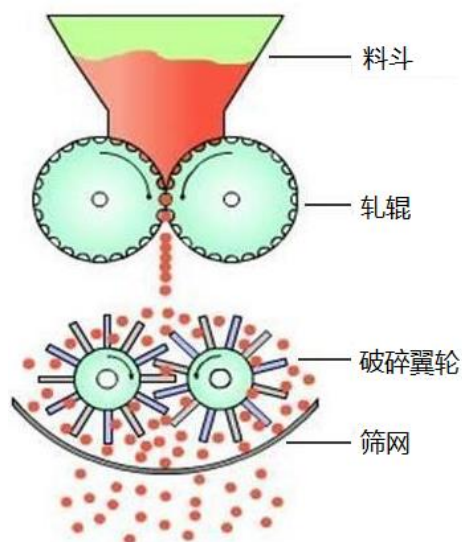


图 3. 挤压成型造粒机的构造示意图

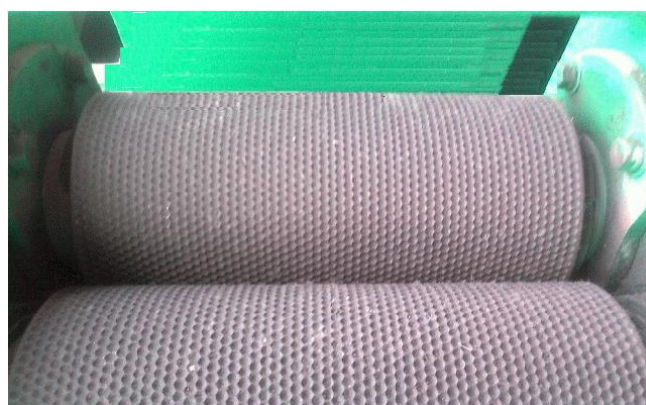


图 4. 挤压成型造粒机的轧辊及其表面的模穴

二、 熔融造粒法

熔融造粒法是将低熔点的原料加热使其融解后，使用喷嘴等将熔融液喷出形成液滴，冷却凝固后成颗粒的方法。又被称为熔融凝固造粒法。因为是原料自身的熔融形成的液体来造粒，完全不使用水或其他液体，所以该法属于干式造粒法。

熔融造粒法不仅可以将低熔点的原料加热熔融后凝固造粒，还可以在低熔点原料熔融液中加入其他高熔点的原料粉末，搅拌形成熔融料浆后喷出成液滴，冷却凝固后形成颗粒。熔融造粒法根据造粒设备的不同而可以分为 5 种，但在肥料造粒上基本上是采用高塔熔融造粒方式。

高塔熔融造粒方式的造粒机理是，加热使得原料熔融后，将熔融液用喷嘴等从造粒塔的顶部喷出形成液滴。液滴受重力影响在造粒塔中落下时与冷风接触而被冷却，凝固成固体颗粒。

落到造粒塔底部后被收集起来的颗粒送到筛分机筛分，得到所需粒径的颗粒作为成品。筛分下来的小颗粒则被送回料仓再次作为原料送去加热熔融。图 5 是高塔熔融造粒设备的构造示意图，图 6 是造粒塔的相片，图 7 是山东省某肥料工厂的高塔熔融造粒厂区。

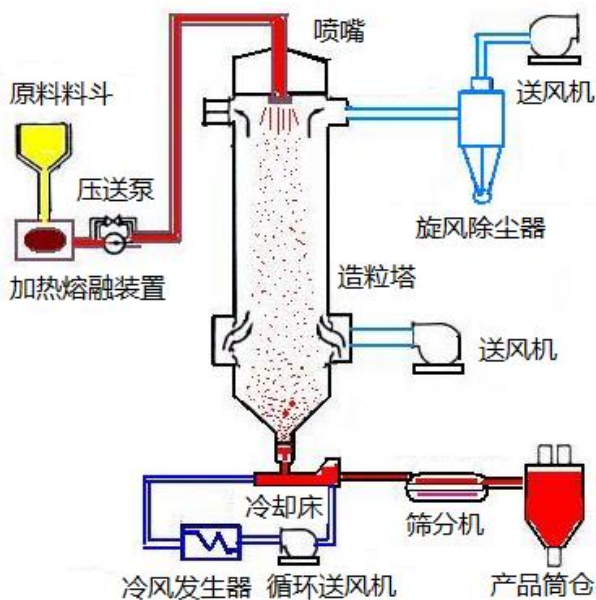


图 5. 高塔熔融造粒设备示意图



图 6. 高塔熔融造粒的造粒塔



图 7. 中国山东省某高氮复合肥工厂厂区

熔融造粒法的特点是：

- ① 原料是通过加热熔融成液体，不需要添加造粒促进材料，产品纯度高，有效成分基本与原料一样。
- ② 造粒过程不需要添加水或液体粘合剂，不需要干燥，可以减少生产工序和削减生产成本。
- ③ 成品颗粒为球状，粒径受喷嘴种类和喷孔尺寸支配，容易控制，粒度分布范围较窄。
- ④ 生产能力受造粒塔的内径和高度，喷嘴种类和喷孔数量支配，生产效率高，适合大批量生产。
- ⑤ 造粒用高塔成本高，占地面积广，初期投资大。
- ⑥ 只应用于低熔点（熔点小于 350℃）的原料。不能使用在高温下会分解或出现化学反应的原料，可用原料限于尿素，硝酸铵，硝酸钾等数种。复合肥造粒时低熔点原料比例需要占 50% 以上，配方受到较大限制。
- ⑦ 喷嘴喷出的液滴在冷却凝固时，内部的高温液体和气泡有可能涨破颗粒的凝固表面，造成颗粒空洞。不适合用于粒径 5mm 以上的造粒。
- ⑧ 造粒中废气粉尘发生量多，处理不当的话容易造成环境污染。

熔融造粒法多用于尿素，硝酸铵和硝酸钾等低熔点的肥料造粒。更多的是用于以尿素为主体的高氮复合肥的造粒。

表 1 是上述 3 种干式造粒法造出的颗粒特征的比较。若希望更详细地了解干式造粒法的读者可以参考本研究所编写的「肥料加工学」的有关章节（只有日文版）。

表 1. 干式造粒法生产出的颗粒特征比较

造粒法	颗粒形状	粒度分布	粒子密度	硬度	最大造粒粒径
压片破碎造粒法	不规则状	非常广	高	低	1~10mm
挤压成型造粒法	近于卵形的不规则状	较窄	高	低	3~100mm
高塔熔融造粒法	球状	相当窄	低	低	0.5~4mm