

File No. 78 肥料造粒方法及其特点（1）湿式造粒法

将肥料制成颗粒状不仅方便流通和机械化施肥，还具有可以提高肥料利用率，减少因施肥造成的肥料浓度过大烧苗等好处（参考本系列的「为什么肥料多数都是粒状的？」一文）。因此，市面上流通销售的肥料基本上都是颗粒状的。

肥料造粒方式根据造粒时是否使用水或液体来作为颗粒结合的粘合剂而分为湿式造粒和干式造粒两大类。

湿式造粒是使用水或液体粘合剂，使肥料原料粉粒湿润后在颗粒之间形成液架桥，通过粉粒间的粘附和结合，凝聚等方式形成大颗粒的方法。根据颗粒的形成机理和使用的造粒设备可以将湿式造粒分成数种方法。在肥料生产上，主要采用滚动造粒（圆盘造粒，滚筒造粒）和挤压造粒方法，也有极少数的厂家使用搅拌造粒方法。

本文简单地介绍肥料生产上所用的几种湿式造粒方法及其特点。若有读者希望能够详细了解肥料的湿式造粒方法，可以参考本研究所编写的「肥料加工学」中的有关湿式造粒的章节（只有日文版）。

一、滚动造粒法

滚动造粒法是把原料粉粒连续投入低速旋转的圆盘或滚筒等造粒容器内，再将水或液体粘合剂化成雾状喷付到原料粉粒上。投入的原料粉粒随着造粒容器的旋转而滚动，在滚动时不断地与其他粉粒发生冲突，因为水或液体粘合剂的存在，在颗粒之间形成液架桥而粘着结合成更大的颗粒。随着滚动时间的增加，颗粒逐渐长大，最终形成大颗粒后排出造粒容器。

滚动造粒法的特点是颗粒边滚动边成长，形成的颗粒呈圆球状或近似圆球状，表面圆滑，湿润的状态下强度并不高，但干燥后液架桥变成了结晶状态的固架桥后强度大幅度增加，可以得到高强度的颗粒。在日本，滚动造粒法是复合肥造粒的主流方式。滚动造粒法根据造粒容器的形状又分为圆盘造粒和滚筒造粒两大类。

1. 圆盘造粒法

圆盘造粒法是使用皿状的圆盘为造粒容器。在倾斜角为 $40\sim 50^\circ$ 低速转动的圆盘里持续供应原料粉粒，将水或液体粘合剂按照一定比例喷雾到原料粉粒上使其湿润。随着圆盘的转动，圆盘里的原料粉粒不断滚动冲突接触，粘合成更大的颗粒。最终形成所定粒径的大颗粒后排出圆盘。图 1 是圆盘造粒机的构造示意图，图 2 是圆盘造粒机的相片。

圆盘造粒法的特点是：

- ① 造粒机的构造单纯，造粒操作简单，维修容易。产品的粒径主要由圆盘的倾斜角来决定。特别是可以直接观察到圆盘内颗粒的造粒状态，能够及时调整造粒操作。
- ② 具有颗粒的分级作用。因为离心力的作用，造粒中的颗粒随着粒径的增大而在圆盘内的滚动轨道逐渐减小，达到所要求的粒径后就会自动地从圆盘的缘边上排出。产品的粒度分布窄，粒径比较均一。

- ③ 因为颗粒是在滚动中不断粘合增大的，所以基本上形成的都是圆球状的颗粒。颗粒表面圆滑，不易粉化。
- ④ 圆盘造粒机的价格便宜，所需的安装面积少。在同样的造粒能力的条件下，与滚筒造粒机相比，圆盘造粒机的价格要低 1/3，安装面积只需一半即可。
- ⑤ 圆盘造粒机是上部开放式的，无法与外部隔绝。若造粒时原料之间会发生化学反应，放出有害气体的情况下不能使用圆盘造粒法。

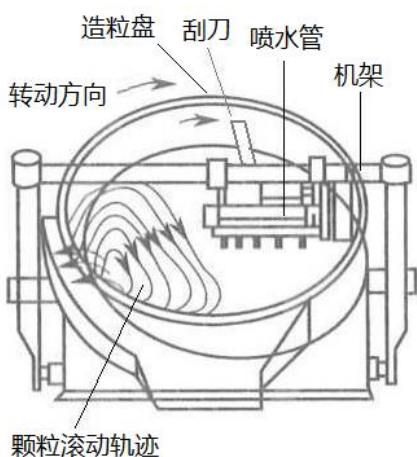


图 1. 圆盘造粒机的构造示意图



图 2. 实际使用中的圆盘造粒机

2. 滚筒造粒法

滚筒造粒法是以圆筒状的滚筒作为造粒容器。使倾斜状的滚筒转动，从滚筒前端投入原料粉粒和水或液体粘合剂。在滚筒内原料粉粒随着滚筒的转动而螺旋状地向下滚动，通过不断地相互碰撞冲突，粘结形成更大的颗粒，最后从滚筒的后端排出。图 3 是滚筒造粒机的构造示意图，图 4 是滚筒造粒机的相片。

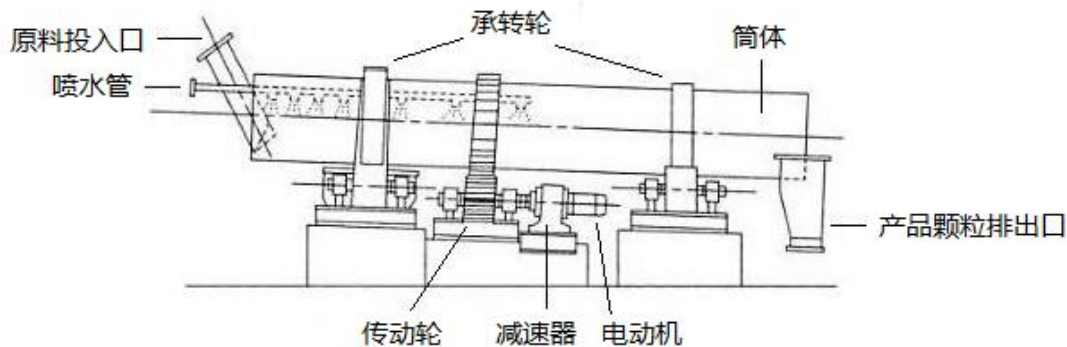


图 3. 滚筒造粒机的构造示意图

滚筒造粒法的特点是

- ① 滚筒可以形成密闭空间，在造粒时即使是发生了化学反应，产生的有害气体也不容易泄漏

出去。可以简单地回收处理造粒时发生的粉尘和气体。因此，磷铵（MAP 和 DAP）的喷浆造粒（图 5）以及复合肥的氨化造粒，氨酸造粒等在造粒时伴随着化学反应的肥料造粒基本上是采用滚筒造粒法。

- ② 产品的粒径主要由滚筒长度和滚筒的倾斜角来决定。滚筒越长，倾斜角越小，颗粒的滚动距离就越长，粒径就越大，颗粒形状也就越圆。短的滚筒造出的多为不规则状的颗粒。
- ③ 生产能力大，操作成本低。多用于大型的造粒生产线。
- ④ 对产品没有分级作用。从滚筒前端投入的原料造出的颗粒全部从后端排出。粒度分布广，需要进行筛分将粒径不合格的颗粒重新送回造粒机中再次造粒。
- ⑤ 设备价格较高，所需安装面积大。在造粒中不能观察到颗粒的状态，难以及时调整造粒操作。



图 4. 复合肥用滚筒造粒机



图 5. DAP 用的喷浆滚筒造粒机

现在，在日本除了氨化造粒，氨酸造粒等在造粒过程中伴随着化学反应的复合肥使用滚筒造粒法之外，新上的肥料造粒生产线多数优先选择圆盘造粒机。

二、挤出造粒法

挤出造粒法是在原料粉粒中添加水或液体粘合剂搅拌混炼成软料后，使用螺旋顶杆，柱塞或辊轮等将软料强制性地从开了多数小孔的金属板（称为挤出模板）挤压出来，再用旋转切刀按一定长度将挤压出的条状物切断，使其成为圆柱状的颗粒的加工方法。按照挤出方式，挤出造粒机可分为螺旋挤出造粒机，柱塞冲击挤出造粒机，辊轮挤出造粒机等。从生产效率，产品质量，机械维护和能耗来考虑，肥料造粒多使用螺旋挤出造粒机（图 6）和辊轮挤出造粒机（图 7）。

挤出造粒法的特点是

- ① 设备便宜，初期投资少，设置面积小，适合用于小规模肥料造粒生产。
- ② 操作简单，基本上不需要技术和技巧经验。
- ③ 产品颗粒的粒径受挤出模板上小孔的孔径支配，粒度的调整非常简单，产品粒度分布窄。
- ④ 适合用于含有多量纤维质的有机原料的造粒

- ⑤ 需要的水或液体粘合剂的量较多，挤压出的颗粒含水量多，干燥所需的热能消耗量较大。
- ⑥ 产品为圆柱型，外观不佳。
- ⑦ 挤出模板，切刀等的磨损大，维修更换费用较高。
- ⑧ 生产能力小，不适合大量生产。



图 6. 螺旋挤出造粒机



图 7. 辊轮挤出造粒机（左：机体，右：挤压辊轮）

三，搅拌造粒法

搅拌造粒法是将原料粉粒投入造粒室内，边旋转搅拌翼板来搅拌边添加水或液体粘合剂来进行造粒的方法。造粒室内的原料受到来自搅拌翼板的强有力的剪切力和压缩力，反复出现混合，挤压和分散，加上搅拌翼板的旋转带来的离心力使得原料与造粒室内壁冲突等因素，导致原料粉粒相互碰撞冲突凝聚成大颗粒。图 8 是搅拌造粒机的基本构造示意图，图 9 是搅拌造粒机的实际相片。

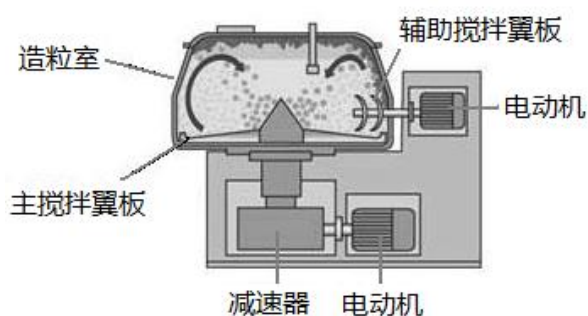


图 8. 搅拌造粒机构造示意图



图 9. 间歇式搅拌造粒机

搅拌造粒法的粒核形成，颗粒成长的机理与滚动造粒法基本相似，不同处在于滚动造粒是粒子受到重力和离心力的相互作用而进行有规则地滚动，在滚动的同时与其他小颗粒碰撞冲突，将其粘附结合成一体，使得颗粒不断成长增大。搅拌造粒则是因为搅拌翼板的旋转使得

粒子不规则地转动而相互碰撞冲突，凝聚成大颗粒。在搅拌过程中，凝聚力大的结实的颗粒会留下继续凝聚，凝聚力小的松散颗粒和超大颗粒则会被搅拌翼板打碎，碎片再因碰撞冲突而凝聚成大颗粒。

搅拌造粒法的特点是

- ① 只能间歇性生产，不能连续造粒。仅适用于小批量生产。
- ② 造粒所需的时间短，包括原料投放，混合，添加液体粘合剂，排出产品在内的整个造粒时间只需 30~45 分钟。若使用高速搅拌造粒机的话，实际的搅拌造粒时间只需 3~5 分钟。
- ③ 造粒时完全密封，不易混入异物和泄漏出内容物。
- ④ 为了防止搅拌翼板旋转阻力过大而造成停机和造粒室内的造粒物过重而压毁造成的颗粒，造粒室的尺寸和原料粉粒的一次投放量受到一定的限制，每次造粒数量少，造粒能力低，不能造成大粒径的颗粒。
- ⑤ 造粒出来的颗粒粒度分布广。
- ⑥ 造粒出来的颗粒粒径小，密度高。
- ⑦ 造粒机的耗电量大，生产成本低。

因为搅拌造粒法在生产效率和生产成本上没有优势，主要使用在食品调味品，医药品和农药的造粒上。只有极少数肥料厂家会使用搅拌造粒法来造粒。

上述几种湿式造粒法造出的颗粒的特征如表 1 所示。

表 1. 各种湿式造粒法造出的颗粒的特征比较

造粒法	产品颗粒形状	粒度分布	粒子密度	硬度	最大粒径
圆盘造粒法	球状	窄	低	高	1~50mm
滚筒造粒法	球状或不规则状	非常广	低	高	1~10mm
挤出造粒法	圆柱状	非常窄	高	低	挤出模板的孔径
搅拌造粒法	卵状或不规则状	广	高	高	0.5~5mm