



甘肃农业大学



超微粉碎技术





◆ 超微粉碎技术

超微粉碎技术在食品工业中具有重要地位：

- 可以迎合某些食品生产和消费的需要；
- 增加固体表面积有利于后道工序的进行；
- 工程化食品和功能性食品的生产需要；

超微粉碎技术已成为现代食品加工的重要新技术。但目前的主要问题是能量利用率极低，如大型球磨机的能量利用率0.6%，气流式超微粉碎机的能量利用率也仅为2.0%





● 粉碎的定义与分类

□ 粉碎的定义

粉碎是用机械力的方法克服固体物料内部的凝聚力达到使之破碎的单元操作。习惯上将大块物料分裂成小块物料的操作称为破碎；将小块物料分裂成细粉的操作称为磨碎或研磨；两者统称粉碎。

物料颗粒的大小称为粒度。它是粉碎程度的代表性尺寸。对于球形颗粒其粒度即为直径；对于非球形颗粒则以面积、体积或质量为基准的各种名义粒度表示方法；





□ 粉碎的分类

根据原料和成品颗粒的大小或粒度，粉碎可分为粗粉碎、细粉碎、微粉碎(超细粉碎)和超微粉碎4种类型。

➤粉碎类型	原料粒度	成品粒度
➤粗粉碎	40-1500mm	5-50mm
➤细粉碎	10-100mm	5-10mm
➤微粉碎（细粉碎）	5-10mm	<100 μ m
➤超微粉碎（超细粉碎）	0.5-5mm	<10-25 μ m





- 超微粉碎技术是利用各种特殊的粉碎设备，通过一定的加工工艺流程，对物料进行碾磨、冲击、剪切等，将粒径在 3 mm 以上的物料粉碎至粒径为 10 μ m- 25 μ m 以下的微细颗粒，从而使产品具有界面活性，呈现出特殊功能的过程。
- 粉碎前后的粒度比称为粉碎比或粉碎度，指粉碎前后的粒度变化，同时也可反映设备粉碎状况。一般设备的粉碎度为 3 ~ 30，也有能达到 300 ~ 1000。





● 粉碎的原理

□ 粉碎的种类与形式

- 压碎：物料置于两个粉碎面之间施加压力后物料因压应力达到其抗压强度极限而被粉碎；
- 劈碎：用一个平面和一个带尖棱的工作表面挤压物料时物料沿压力作用线的方向劈裂（劈裂平面上的拉应力达到或超过物料拉伸强度极限）；
- 折断：被粉碎的物料承受集中载荷的两支点或多支点梁当物料内的弯曲应力达到物料弯曲极限时而被折断；
- 磨碎：物料与运动的表面之间受一定的压力和剪切力作用，当剪切应力达到物料的剪切强度极限时物料即被粉碎；
- 冲击破碎：物料在瞬间受到外来的冲击力而粉碎（对粉碎脆性物料最有利）。





□ 物料粉碎的力学特性

物料粉碎方法的选择决定于原料的粉碎特性，即抗拉(折、弯)、抗压(挤)和抗剪切(磨、撕)等特性，即硬度、强度、韧性和脆性。

- 强度:强度反映了物料弹性极限的大小。
- 硬度:硬度反映了物料弹性模量的大小。
- 韧性:韧性反映了物料吸收应变能量、抵抗裂缝扩展的能力。
- 脆性:脆性反映了物料塑变区域的长短。

4种特性之间有着内在的关系。强度越大、硬度越高、韧性越大、脆性越小的物料，其破坏所需的变形能就越大。





□ 物料的粉碎过程

目前，人们对粉碎机理的认识尚不彻底，通常认为物料受到不同粉碎力作用后，首先要产生相应的变形或应变，并以变形能的形式积蓄于物料内部。当局部积蓄的变形能超过某临界值时，裂解就发生在脆弱的断裂线上。因此，粉碎至少需要两方面的能量：

- 一是裂解发生前的变形能，这部分能量与颗粒的体积有关；
- 二是裂解发生后出现新表面所需的表面能，这部分能量与新出现的表面积的大小有关。





□ 粉碎过程的形式

用于物料粉碎的作用力主要有拉(折、弯)、压(挤)和剪切(磨、撕)3类。
基本方法包括弯曲折断、压碎、剪切等形式。

- 弯曲折断:被粉碎的物料相当于承受集中载荷的两支点或多支点梁,当物料内的弯曲应力达到物料的强度极限时被折断。
- 压碎:物料置于两个粉碎面之间,施加压力后物料因压应力达到其抗压强度极限而被粉碎。
- 剪切:用一个平面和一个带刀棱的工作表面剪切物料,物料沿剪切力作用线的方向破裂。

不同的物料往往具有不同的粉碎力学特性,不同的物料要用不同的粉碎方法。不同的粉碎方法或设备往往兼具两种或两种以上的粉碎形式。





常用的粉碎方法中，根据变形区域的大小(与材料特性和所用的粉碎方法-力的大小、作用面积及施力速度等有关)，可分为整体变形破碎、局部变形破碎和不变形破碎三种。

- 整体变形破碎:塑性或韧性材料在受力速度慢、受力面积大时的粉碎，此时，材料变形范围大，吸收能量多。这是一种效率最低的粉碎，应尽量避免。
- 不变形或微变形破碎:脆性物料的粉碎，此时，材料几乎没有来得及变形或只有很小区域的微量变形就破碎了。
- 局部变形破碎:力学性质介于上述两者之间的材料在受力速度较快、受力面积较小时的粉碎。





● 粉碎的能耗理论

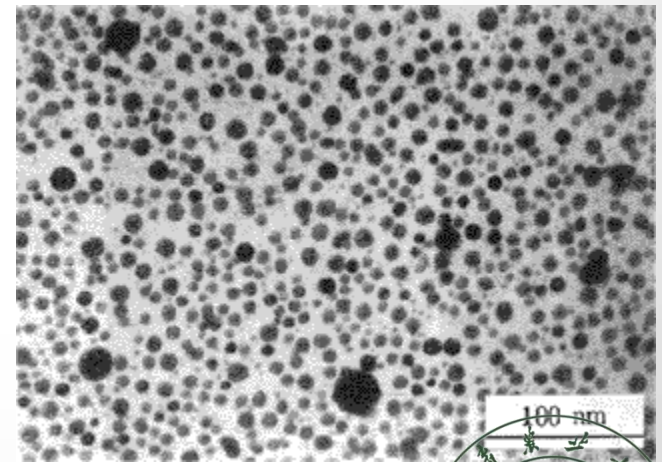
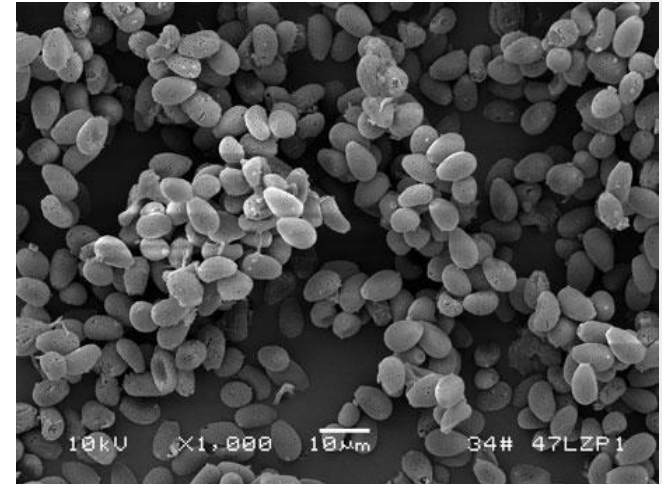
物料粉碎时当作用力超过颗粒之间的结合力时会产生粉碎，外力做的功称为粉碎能耗或粉碎能。包括：

- 粉碎机机械传动的能耗；
- 颗粒在粉碎发生之前的变形能；
- 粉碎产品新增表面积的表面能；
- 颗粒表面结构发生变化所消耗的能，如表面活性点、表面无定型层或氧化层；
- 晶体结构发生变化所消耗的能；
- 磨介之间的摩擦、振动及其它能耗。
- 颗粒、流体介质和器壁自身及相互之间的摩擦，将输入的能量转变为热量或噪声。
- 机械运动件之间的摩擦，将输入的能量转变为磨损和发热。





- 表面积假说：粉碎能耗与粉碎后物料新增表面积成正比，或粉碎单位质量物料的能耗(比能耗)与新增的比表面积成正比。
- 裂缝假说：任何颗粒或多或少，或大或小地存在缺陷或裂缝，在受外力作用时，由于应力集中的原因，外力对颗粒所作的变形功聚集在这些缺陷或裂缝处，从而使裂缝扩展，当裂缝发展到一定程度时颗粒就发生破碎。
- 体积假说：物料粉碎所消耗的能量与颗粒的体积成正比。





● 技术分类

目前，超微食品已被誉为“21世纪食品”。其粉碎技术主要有以下几类。

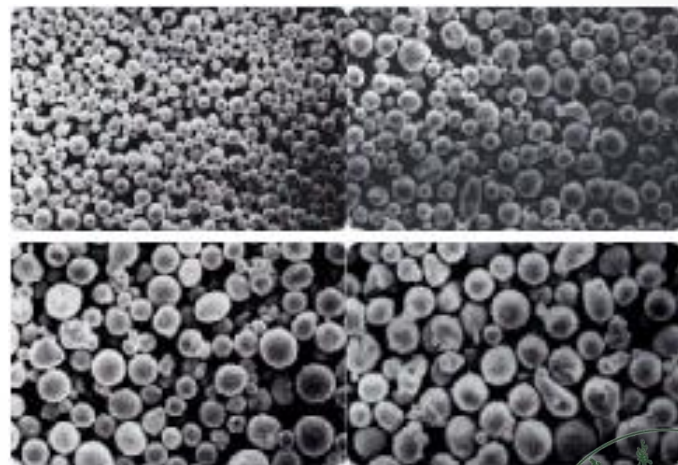
- 干法超微粉碎技术
- ✓ 气流式超微粉碎（环形喷射式、圆盘式、对喷式、超音速式和靶式气流粉碎机）
- ✓ 旋转球（棒）磨式超微粉碎（球磨机、棒磨机、管磨机和球棒磨机）
- ✓ 机械剪切式超微粉碎（涡轮粉碎机、钢爪粉碎机）
- ✓ 高频振动式超微粉碎（间歇式和连续式振动磨）
- 湿法超微粉碎技术（胶体磨、均质机）
- 冷冻粉碎技术（滚筒轧碎机、锤式粉碎机、盘式粉碎机）





◆ 超微粉碎技术的方法和设备

- 生产设备的工作原理及性能
- 干法超微粉碎技术
- 气流式粉碎技术：利用气体通过压力喷嘴的喷射产生剧烈的冲击、碰撞和摩擦等作用力实现对物流的粉碎。气流式粉碎过程是在专门的气流式粉碎机上完成的。气流式粉碎机又称流体能量磨（流能磨）或射流磨，有环形喷射式、圆盘式、对喷式、超音速式和靶式等类型。





➤ 气流式粉碎的原理：

- ✓ 气流磨以压缩空气或过热蒸汽通过喷嘴产生的超音速高速湍流气流作为颗粒的载体，使物料流态化，颗粒获得巨大的动能，颗粒与颗粒之间或颗粒与固定板之间发生相对运动，两股相向运动的颗粒之间或与固定板之间发生冲击性挤压、摩擦和剪切等作用，从而达到粉碎的目的。
- ✓ 被粉碎的物料随上升气流到达到分级区，分级区内的涡轮式超微分级器分选出所需细度的物料经过出料筒被高效旋风分离器收集。未被分级器分选的粗料又返回到对撞粉碎区继续粉碎。这样连续加料，在磨腔内按上述循环周而复始，连续出料生产。输出的细料经高效旋风分离器收集产品，物料分离后的气流经过过滤器过滤，净化后排出机外。





➤ 气流式粉碎机

气流粉碎机是目前较为先进的超微粉碎设备，它在加工中升温低，尤其适用于热敏性食品，但能耗大。气流超微粉碎利用转子高速旋转所产生的湍流，将物料加到该超高速气流中。转子上设立多极交错排列的若干小室能产生变速涡流，从而形成高频振荡，使物料的运动方向和速度瞬间产生剧烈变化，促使物料颗粒间急促摩擦、撞击，经过多次的反复碰撞而裂解成微细粉。





➤ 气流式粉碎的特点

- ✓ 粉碎比大，产品平均粒径在 $5\mu\text{m}$ 以下；
- ✓ 设备结构紧凑、磨损小，但动力消耗大；
- ✓ 气流式超微粉碎设备的回流装置能将分选后的颗粒自动返回涡流腔中再进行粉碎；
- ✓ 具有蒸发除水、冷热风干燥和分级功能，物料在高能气流作用下可实现悬浮输送和均匀混合；
- ✓ 压缩空气在粉碎室内膨胀产生的冷效应与粉碎产生的热效应相互抵消对热敏性、芳香性的物料具有保鲜作用；
- ✓ 可实现多单元联合操作（如粉碎、干燥、混合、包囊等）
- ✓ 对多纤维性、弹性、粘性物料也能处理到理想程度；
- ✓ 设备运行中产生的超声波具有一定的灭菌作用，易实现无菌操作。





➤ 环形喷射式气流粉碎机

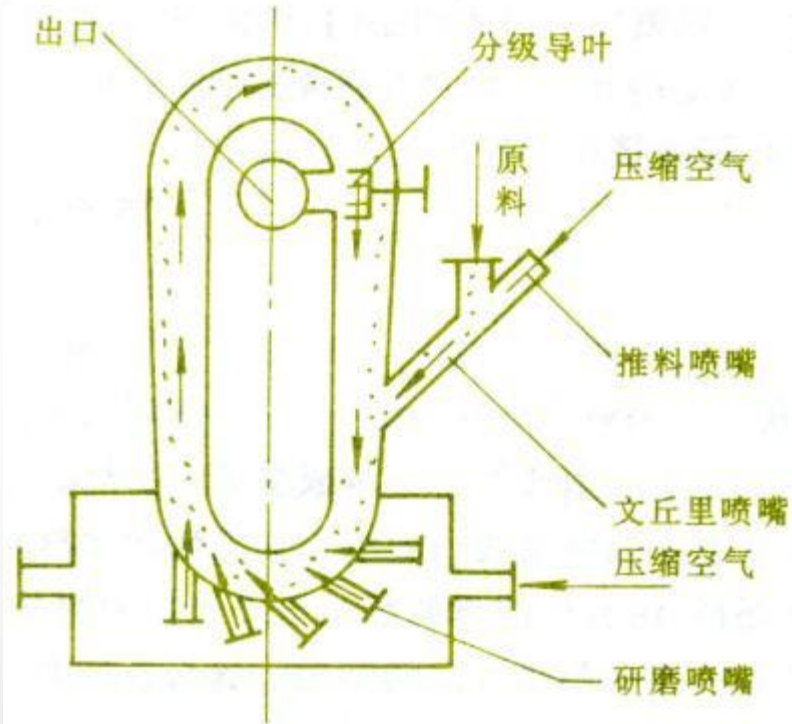
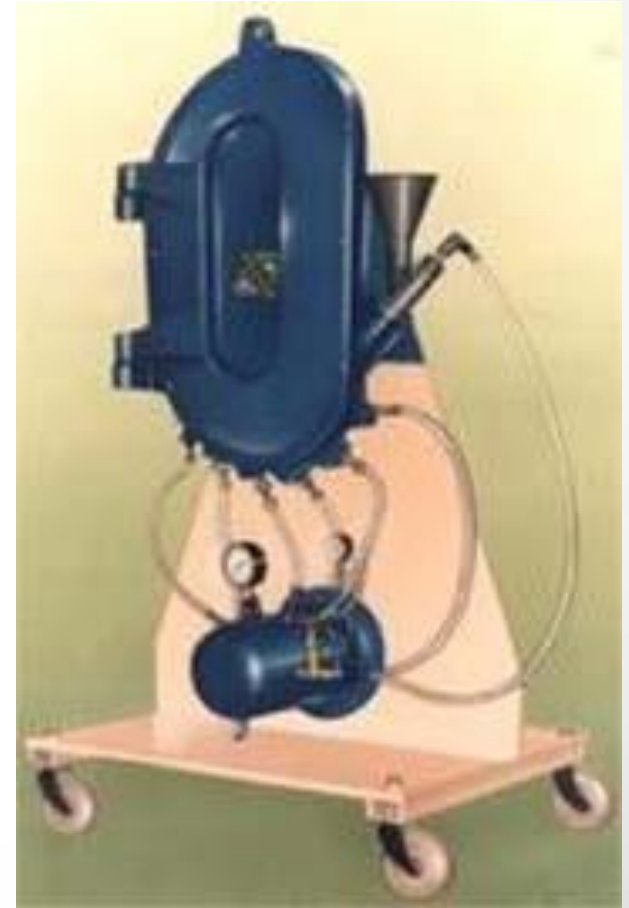
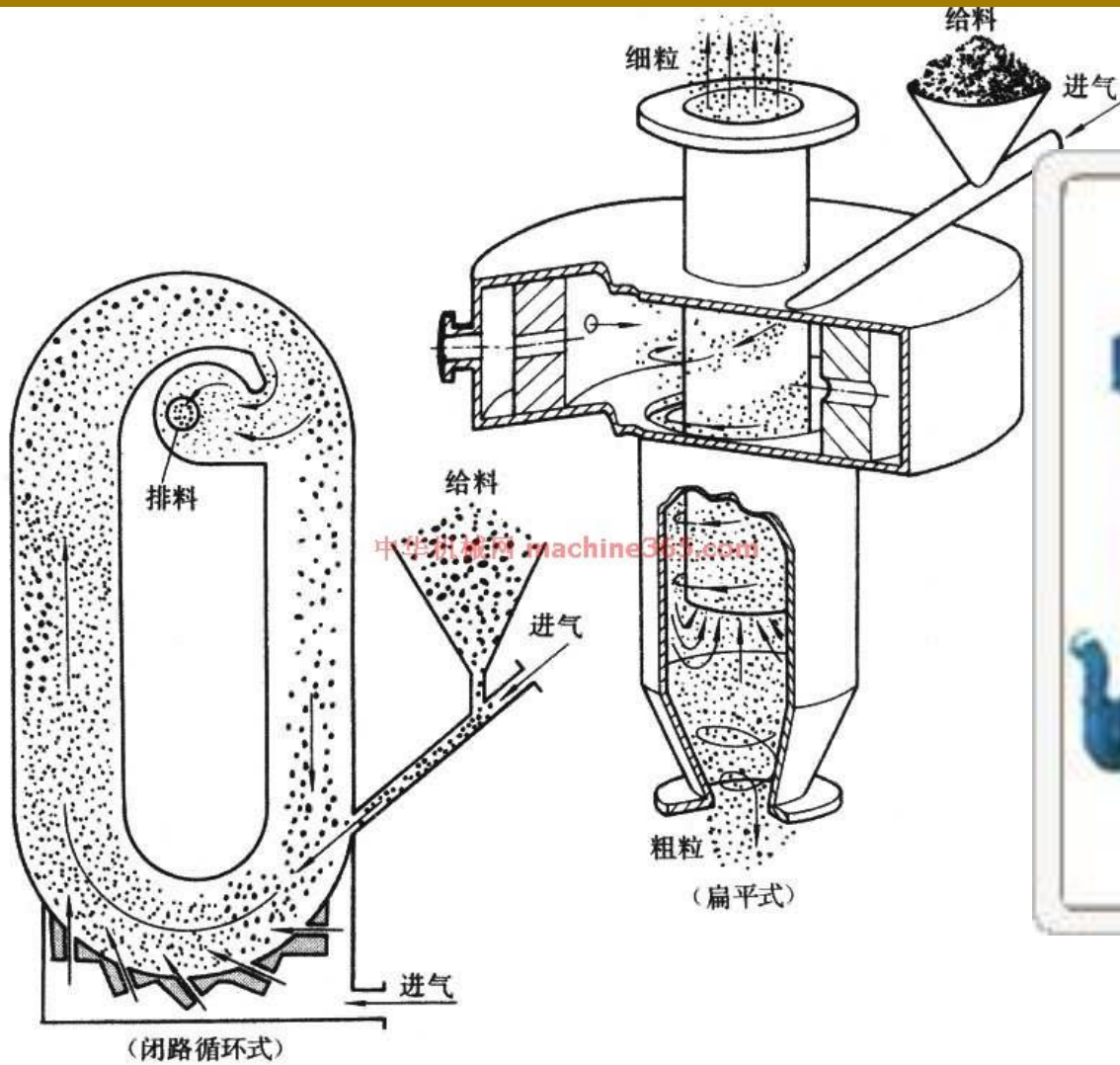


图 2 气流式粉碎机示意图



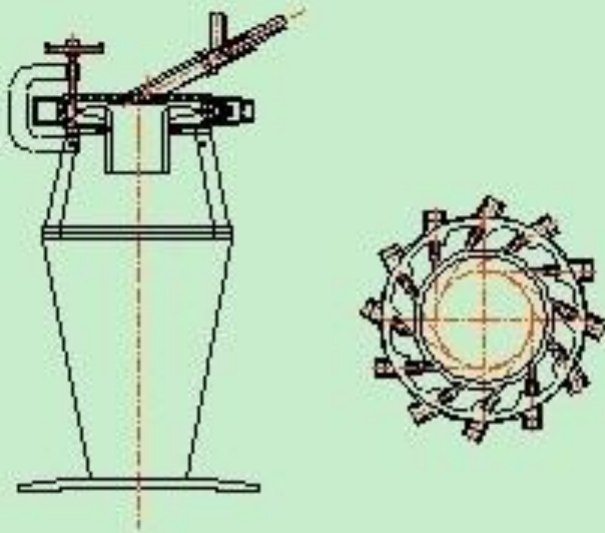


➤ 环形喷射式气流粉碎机





➤ 圆盘式气流粉碎机



图一 GTM-300 圆盘式气流粉碎机





➤ 对喷式气流粉碎机

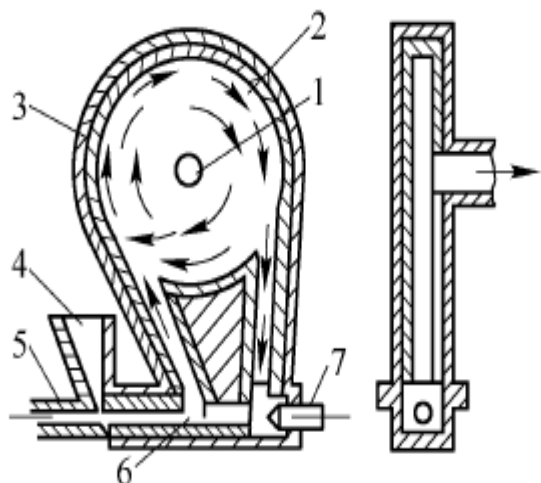


图 3268 Trost Jet Mill 对喷式气流磨的结构示意图

1—产品出口；2—分级室；3—衬里；4—料斗；

5—加料喷嘴；6—粉碎室；7—粉碎喷嘴

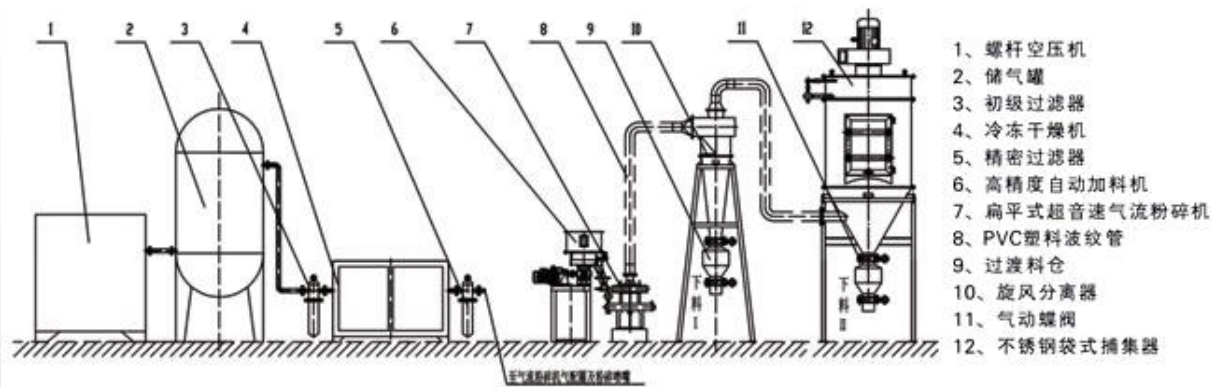




➤ 超音速气流式粉碎机

主要技术参数:

型号 (BPM)	100	200	300	320	400	500	600	700	800
空气压力 (MPa)	0.8-1.2								
空气耗量 (m ³ /min)	1.2	2.7	5.2	5.5	7.7	10.6	17.5	30.7	41.4
主机功率 (kw)	11	22	45	45	75	90	132	250	500
处理量 (kg/h)	0.5-20	2.0-50	10-100	10-150	20-200	50-300	100-500	300-800	600-1200





➤ 靶（撞击板）式气流粉碎机

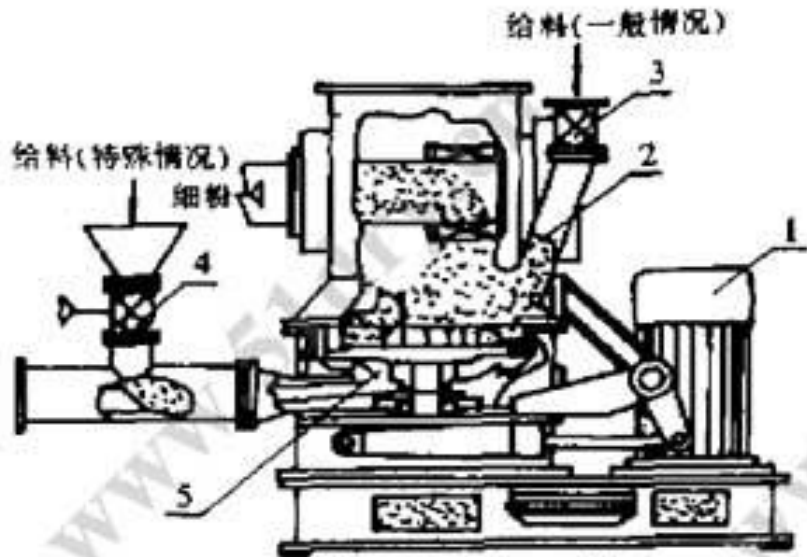


图4 ZPS冲击式粉碎-分级机

1—电机;2—分级机;3、4—控制阀;5—粉碎机





➤ 流化床逆向喷射式气流粉碎机

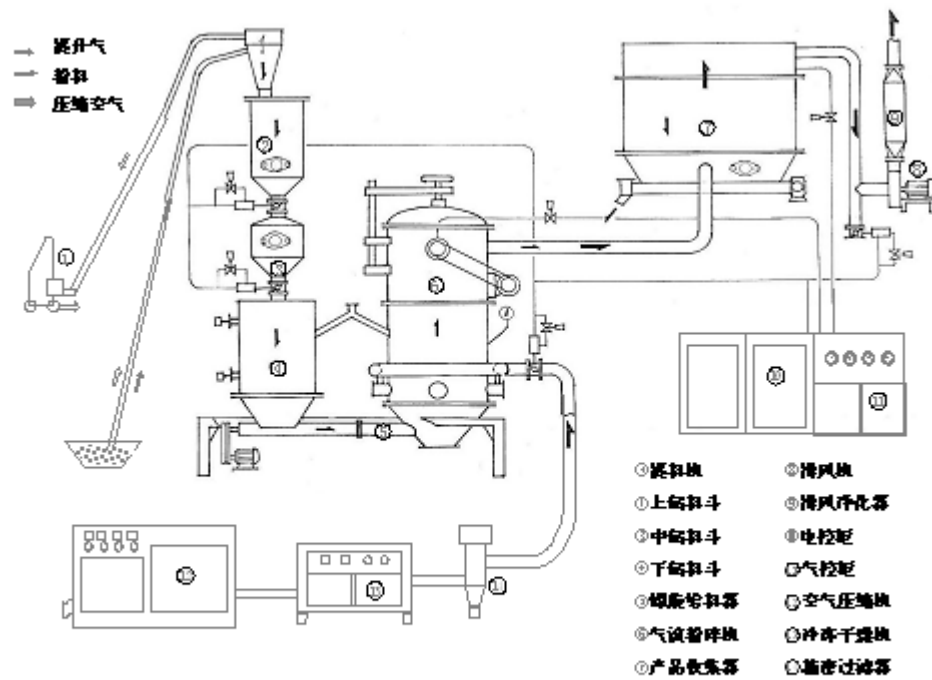


图2. FJM-600 流化床对喷式气流粉碎流程





● 旋转球（棒）磨式超微粉碎技术

利用球或棒形磨介做水平回转时产生冲击和摩擦等作用力实现对物流的粉碎。即水平回转桶体中的球或棒状研磨介质在离心力的作用下对物料产生冲击和摩擦等作用力使物料粉碎。

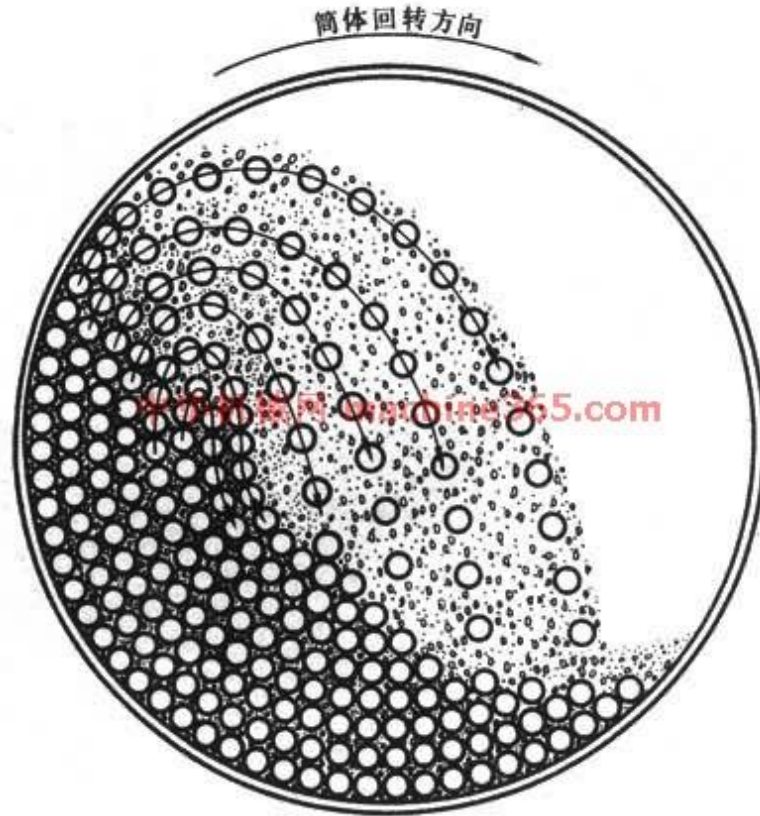


图1 钢球和物料运动图





➤ 旋转球（棒）磨式超微粉碎机

- ✓ 旋转球（棒）磨式粉碎是借助与运动的研磨介质（磨介）所产生的冲击和非冲击式的弯折、挤压和剪切等作用力，达到物料颗粒粉碎的过程。
- ✓ 磨介式粉碎过程主要为研磨和摩擦，即挤压和剪切。
- ✓ 磨介式粉碎的效果决定于磨介的大小、形状、配比、运动方式、物料的填充率、物料的粉碎力学特性等。
- ✓ 磨介式粉碎的典型设备有球磨机和搅拌磨。





► 旋转球（棒）磨式超微粉碎机的特点

- ✓ 结构简单、设备可靠；
- ✓ 粉碎效果均匀、粉碎比大（300以上），最小平均粒度可达 $20 \sim 40\mu\text{m}$ ，但当产品粒度要达到 $20\mu\text{m}$ 以下时，效率低、耗能大、加工时间长。
- ✓ 应用范围广、适应性强，能适合多种物料并符合工业化大规模生产需要；
- ✓ 可与其它单元操作（干燥、混合）结合；
- ✓ 干湿法均可。

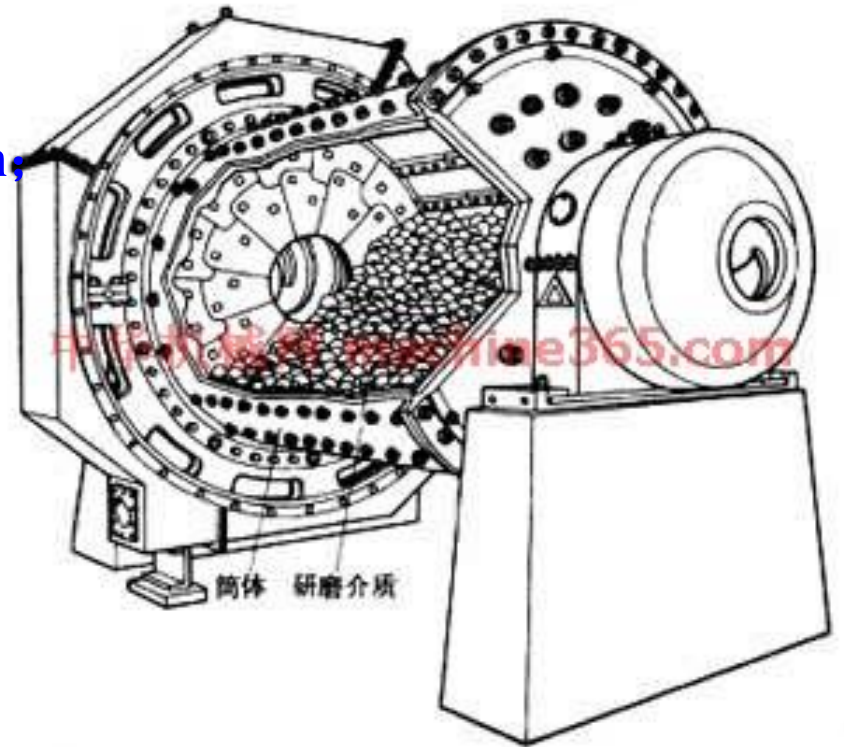


图2 球磨机





➤ 旋转球（棒）磨式超微粉碎机的缺点

- ✓ 粉碎周期长、效率低且单位产量能耗大；
- ✓ 磨介及桶体易磨损破碎；
- ✓ 噪声大、振动强；
- ✓ 湿法粉碎时不适合黏稠浆料的处理；
- ✓ 粉碎粒度较振动磨大，通常在 $40 \sim 100\mu\text{m}$ 之间，常用于微粉碎。





● 机械剪切式超微粉碎

粉碎方法多为磨介式和冲击式。对脆性大、韧性小的物料比较有效。但对新鲜或含水量高的高纤维物料(多为韧性物料和柔性物料)的粉碎，磨介式和冲击式粉碎效果不佳，主要是成品粒度大、能耗高。而韧性物料和柔性物料的粉碎比较合适采用机械剪切式超微粉碎技术。

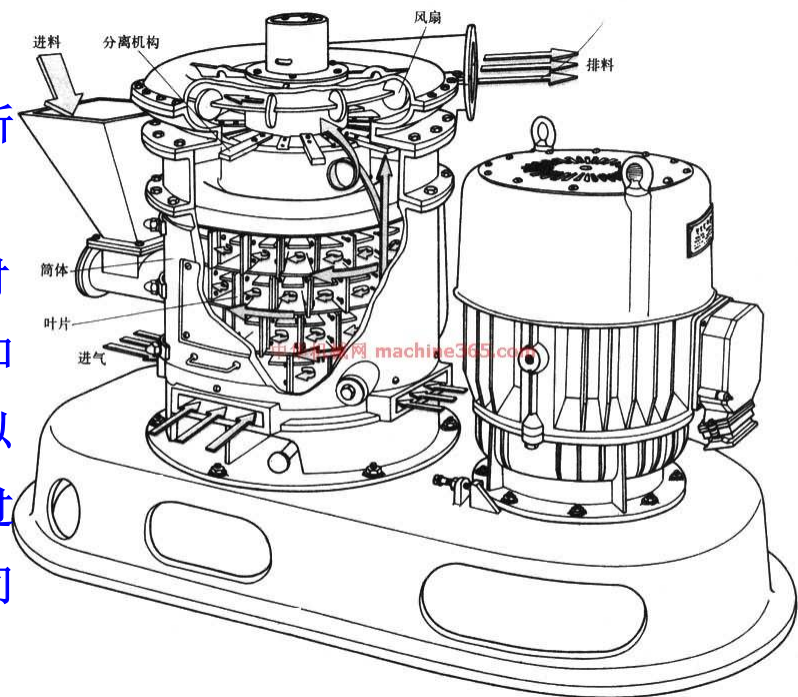
机械剪切式超微粉碎机是利用围绕水平轴或垂直轴高速旋转的转子对物料进行强烈冲击、碰撞和剪切。其特点是结构简单、粉碎能力大、运转稳定性好、动力消耗低、适合于中等硬度物料粉碎。但给料粒度对排料粒度的影响较大。





➤ 涡轮粉碎机

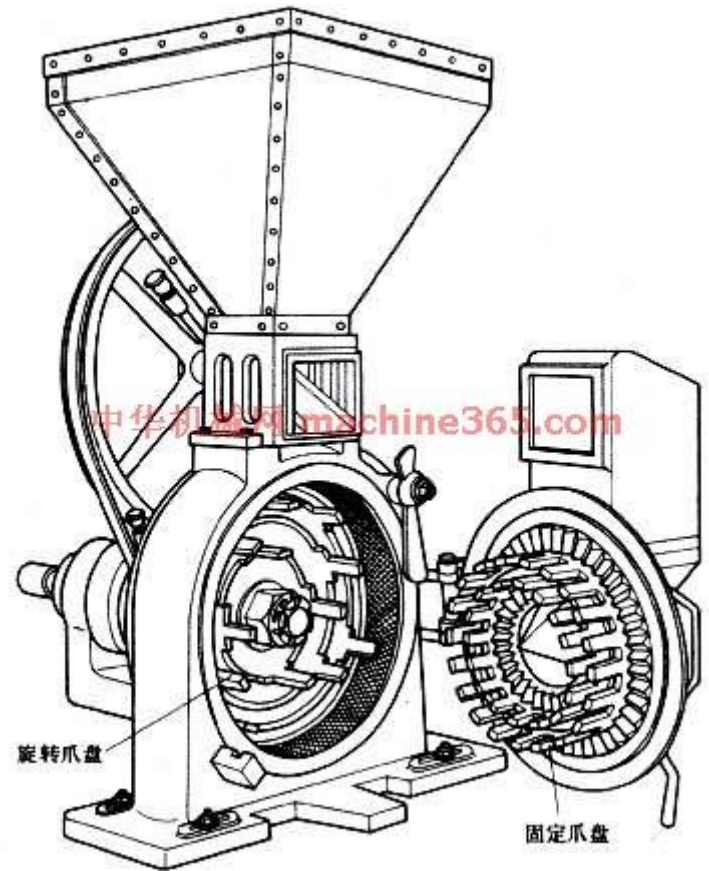
- ✓ 利用涡轮叶片的冲击和物料之间的剧烈碰撞作用粉碎物料。
- ✓ 涡轮装于筒体内的旋转主轴上，调整叶片可使叶片所组成的外圆与筒体之间的环形缝隙保持在2~15毫米之间。当涡轮以80~120米/秒的圆周速度高速旋转时，装在主轴出料端的风扇从筒体的进料端吸入空气和物料。高速气流携捲著物料在筒体与涡轮的缝隙间以紊乱的涡流状态沿着螺旋形路线向前行进，在行进过程中物料受涡轮叶片的冲击、剪切及其自身颗粒之间的相互剧烈碰撞和摩擦而粉碎。
- ✓ 当物料通过排料端的分级装置时，粒级合格的细粉被排入收集装置，粗大的颗粒则返回到进料端重新经受粉碎。





➤ 钢爪粉碎机

- ✓ 利用钢爪高速运动时产生的冲击、剪切作用粉碎物料的机械，俗称万能粉碎机；有卧式和立式两种。
- ✓ 粉碎机构为同心扣合在一起的固定爪盘和旋转爪盘，其上各有1~3圈钢爪，速度为80~130米/秒，给料粒度通常小于12毫米，排料粒度一般小于0.2毫米；细粉碎时可达0.02毫米。





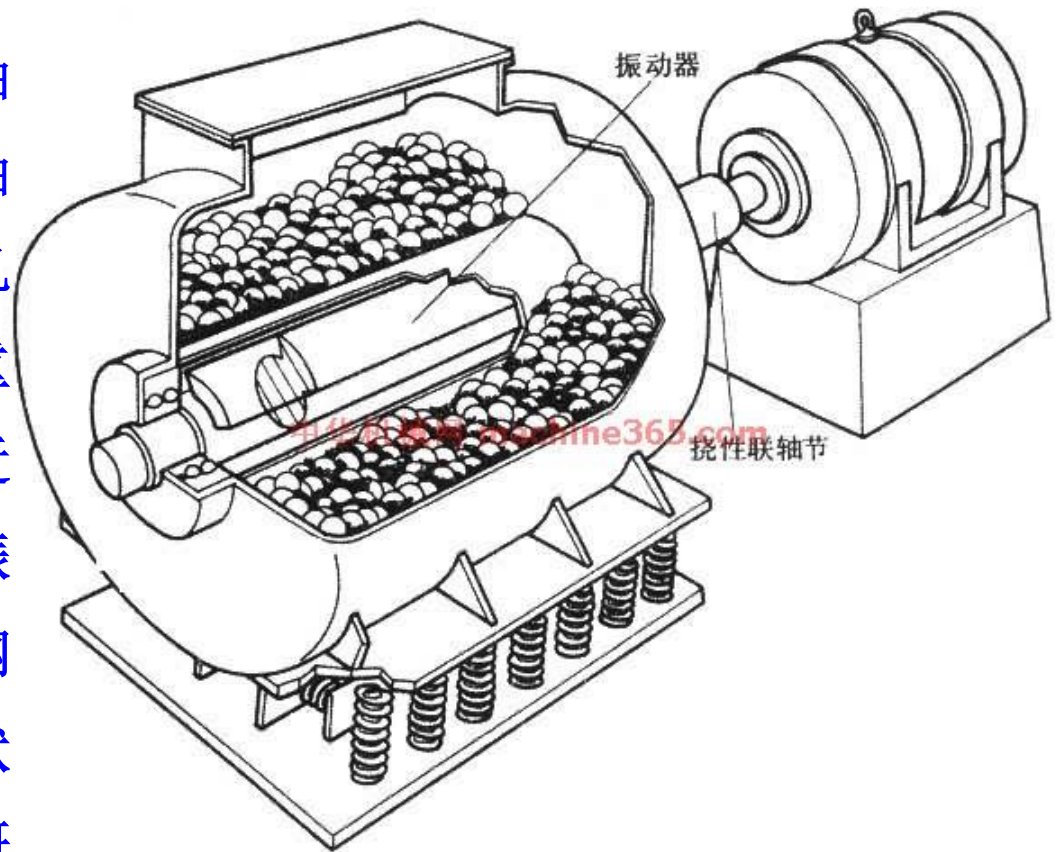
● 高频振动式超微粉碎（间歇式和连续式振动磨）

装有研磨介质和物料的容器安装在弹簧支架上，并与振动器相连。利用球或棒形磨介做高频振动产生冲击、摩擦和剪切等作用力实现对物流的粉碎，同时起到混合分散作用。这种粉碎设备在干法和湿法状态下均可工作。振动磨是用弹簧支撑磨机体，由一带有偏心块的主轴使其振动，利用研磨介质在高频振动时产生的冲击性剪切、摩擦和挤压等作用将颗粒粉碎的超微粉碎机械。





槽形或管形的桶体支承于弹簧上，桶体中部有主轴，轴的两端有偏心重锤，主轴的轴承装在桶体上通过轴套与电机相连。主轴快速旋转时偏心重锤的离心力使桶体产生一个近似于椭圆轨迹的快速振动，振动桶体使装在桶内的钢球或钢棒等磨介及待磨物料呈悬浮状态，利用磨介之间的抛射与研磨将物料粉碎。





➤ 高频振动式超微粉碎的特点

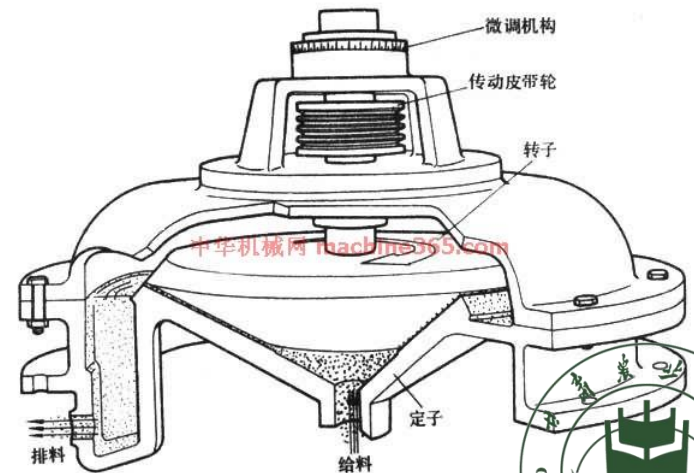
- ✓ 研磨效率高。由于振动磨采用小直径的研磨介质，其表面积增大，研磨机会比球磨机明显增大，磨介装填比（60 ~ 80%）比球磨机（28 ~ 45%）高，磨介冲击次数比球磨机多几万倍，磨介冲击力也会增大，研磨效率比球磨机高十多倍，处理量是同容量球磨机的10倍以上。；
- ✓ 振动磨的效率比普通磨高10 ~ 20倍，其粉磨速度比常规球磨机快得多，而能耗比普通球磨机低数倍。这种设备的振幅在2 ~ 6mm之间，频率在1020 ~ 4500rpm之间。
- ✓ 成品粒径小，平均粒度可达2~5 μm 。一般干法粉磨的排料粒度为5~85 μm ，湿法粉磨的可达0.1 μm 。
- ✓ 可实现连续化生产，可采用全封闭式操作。
- ✓ 占地面积小、操作方便，适于除黏性物料外的各种硬度物料的微粉碎。
- ✓ 但操作噪声大，需使用隔音或消音辅助设施。





■ 湿法超微粉碎技术

- 胶磨机（胶体磨）
 - 利用相对速度很高的研磨面带动浆料在固定体和转动体之间产生很大的速度梯度，使其中的固体颗粒在冲击、剪切和摩擦作用下达到粉碎目的的超微粉碎机械。
 - 粉碎机构由转子和定子组成，两者可以是单层圆盘或多层圆盘，也可以是同心套装的圆柱和壳体。两表面间有可以微小调节的间隙(50 ~ 150 μm) 当物料通过间隙时，由于转动件高速旋转(3000 ~ 15000r/min)。
 - 粉碎中95 ~ 99 %的机械能将转化成热量，物料会升温，热敏物料易因此而变质、熔解、粘着，同时机器的粉碎能力也会降低。
 - 胶体磨能使成品粒度达到2 ~ 50 μm 。
 - 胶体磨对料水比有一定要求。
 - 胶体磨可用于粉碎、混合、乳化等过程。

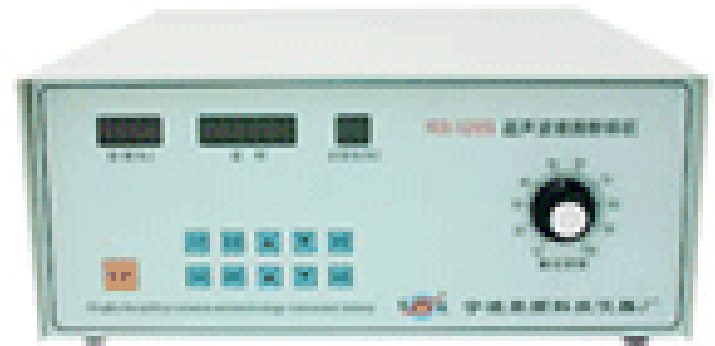




● 超声波粉碎机

- 超声波发生器和换能器产生高频超声波。超声波在待处理的物料中引起超声空化效应，由于超声波传播时产生疏密区，而负压可在介质中产生许多空腔，这些空腔随振动的高频压力变化而膨胀、爆炸，真空腔爆炸时产生瞬间压力可达几千乃至上万个大气压。因此真空腔爆炸时能将物料震碎。
- 由于超声波在液体中传播时产生剧烈的扰动作用，使颗粒产生很大的速度，从而相互碰撞或与容器碰撞而击碎液体中的固体颗粒或生物组织。
- 超声粉碎颗粒粒度在4um以下，而且粒度分布均匀。
- 产量比较低，一般仅10kg/h。



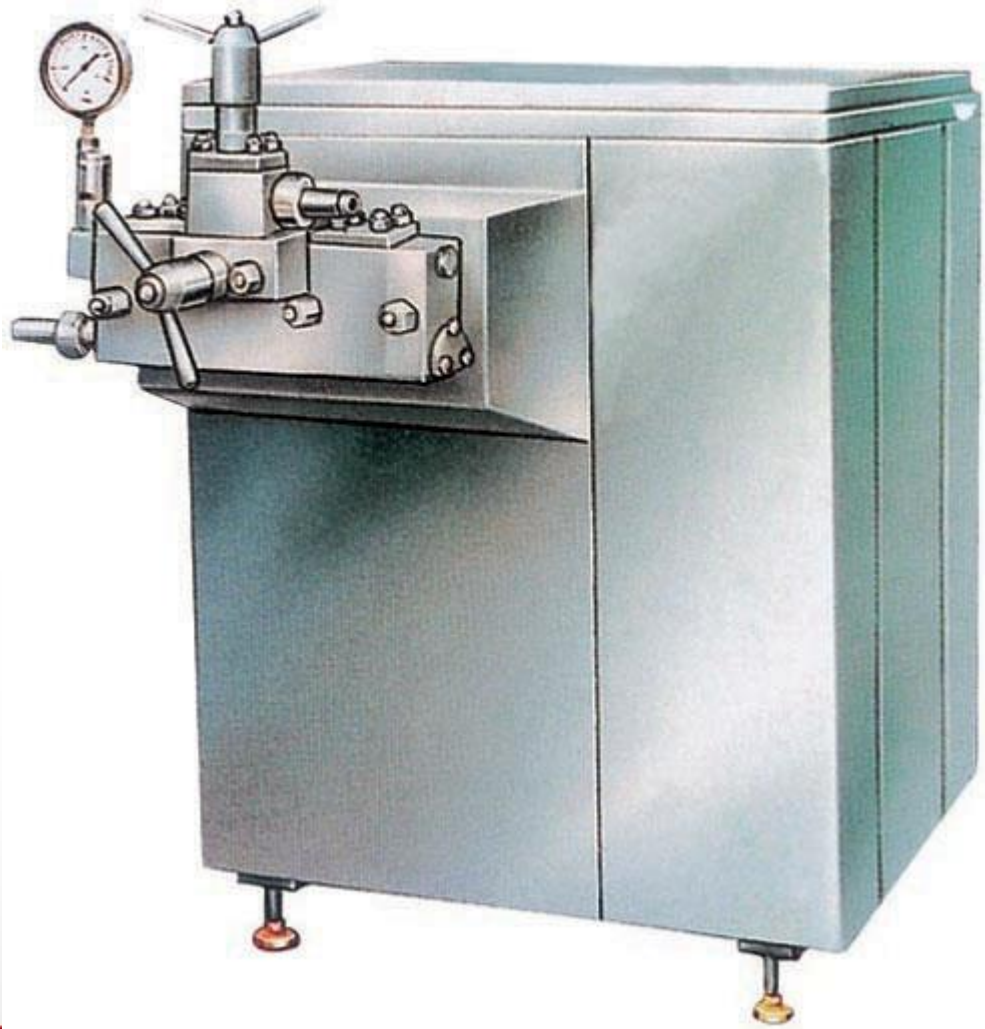




● 均质乳化机

- 对液状物料进行细化、均质。
- 均质机的作用原理是通过机械作用或流体力学效应造成高压、挤压冲击、失压等使料液在高压下挤研，在强冲击下发生剪切，在失压下膨胀，在这三种作用下达到细化和均质的目的。
- 均质机的类型有：高压均质机、离心式均质机、超声波式均质机、胶体磨式均质机等。
- 分散器作为乳化机的一种，也能够对液料进行细化。分散器的定子和转子处于高速运动状态，使流体加速并达到强烈的湍流，被分散物料才能在转子和定子之间受到强烈的剪切、挤压、涡流、泄压等作用，从而达到粒度减小的效果(最小粒径可在1 μ m以下)。







■ 冷冻粉碎技术

□ 冷冻粉碎的原理

冷冻粉碎技术是利用冷冻与粉碎两种技术相结合，使食品原料在冻结状态下进行粉碎制成干粉的技术。就是利用低温脆性防止常温固体粉碎易发生的粉粒凝集和热敏性物料变质、熔解黏着等缺陷。其优点包括：

- ✓ 粉碎常温下难以粉碎的物料；
- ✓ 产品比常温粉碎粉粒体流动性更好，粒度分布更理想；
- ✓ 防止常温粉碎时因发热、氧化等造成的变质现象；
- ✓ 粉碎时不会发生气味逸出，粉尘爆炸、噪声等现象。





● 食品冷冻后的性质变化

- ✓ 内压产生：食品中水分冻结成冰后体积膨胀8.7%。物料冷冻时水分从表面向内部冻结，内部水分的冻结膨胀会受到外面冻结层的阻碍，即可产生内压。冻结速度越快内压越大，当压力超过外层的承受能力时则会发生破裂。另外冻结时物料液相内溶解的气体也会膨胀数百倍，也会使物料组织受损；
- ✓ 体液流失：温度升高时冷冻食品中的冰晶体溶化成水会造成汁液流失；
- ✓ 浓缩和水分蒸发：物料中的水分冻结会造成未冻部分浓度增大、冰点下降。理论上冻结每增加1mol/L冰点会下降1.86 °C，此外冰的升华会使物料表面水分蒸发。

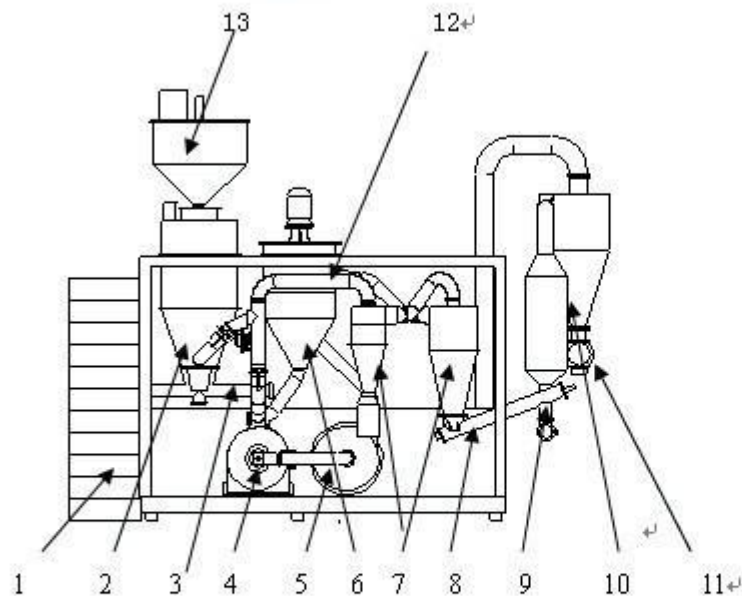




● 冷冻粉碎设备

冷冻粉碎装置包括制冷剂供给装置（液氮箱）、原料冷冻箱、供给箱、低温粉碎机、产品收集器、显热回收装置等。

内部结构图：下图为 YM50F 带回温装置系统结构图



- 1: 机架、扶梯 2: 预冷料仓 3: 送料机 4: 主机 5: 牵引系统
6: 内分级系统 7: 分离系统 8: 出料系统 9: 回温系统 10: 常温分离系统
11: 常温负压出料系统 12: 低温回流系统 13: 自动真空上料

ESUNNY.COM





● 冷冻粉碎设备





● 冷冻粉碎设备





◆ 超微粉碎技术在食品中的应用

超微粉产品的特点：超微粉加工技术在不破坏物质组织结构的前提下，使产品细度高达 2000 目，比表面积大，孔隙率高，包容性强，充分改善了其内在质量，自然风味得以进一步发挥，物料的溶解吸附性及原料的利用率也都得到大大提高。





■ 超微粉碎技术在食品中的应用

超微粉碎在功能性食品基料生产上的应用：功能性食品基料是生产功能性食品的关键。具有生物活性的功能性食品基料包括膳食纤维、真菌多糖、功能性甜味料、多不饱和脂肪酸酯、复合脂质、脂肪替代品、维生素、微量活性元素、活性肽、活性蛋白和乳酸菌等。





■ 七大类食品超微粉种类产品

- 水果蔬菜类：桔子粉、苹果粉、梨粉、胡萝卜粉、南瓜粉、芹菜粉、菠菜粉等；
- 肉类：牛肉粉、鸡肉粉、猪肉粉、虾粉等；
- 香辛调味料类：姜粉、蒜粉、胡椒粉、辣椒粉、香菇粉等；
- 粮食淀粉类：糯米粉、玉米淀粉、黄豆粉、绿豆粉、红豆粉、麦麸粉、花生粉；
- 营养强化类：骨粉、海带粉、胡萝卜粉、花粉等；
- 叶类：茶叶粉、桑叶粉、银杏叶粉、胶股兰粉等；
- 药食兼用中药材保健食品类：甘草类、菊花粉、陈皮粉、麦冬粉、杏仁粉、首乌粉、当归粉等。





■ 超微粉碎在食品加工中的意义

- 使食品具有独特的物理化学性能:
- 较大程度地保持了物料原有的生物活性和营养成分，改善食品的口感；
- 由于空隙增加，微粉孔隙中容纳一定量的 CO_2 和 N_2 可延长食品保鲜期；
- 使得食品有很好的固香性、分散性和溶解性，利于营养物质的消化吸收；
- 使食品成分被充分利用，提高了资源利用率；
- 食品的改进或创新；
- 超微粉碎可以使有些食品加工过程或工艺产生革命性的变化。





■ 超微粉碎在食品加工中的应用

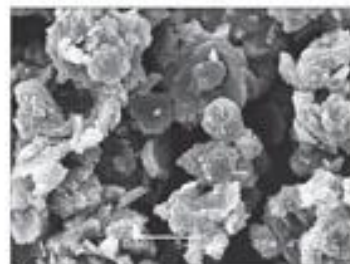
- ✓ 粮食加工
- ✓ 果蔬加工
- ✓ 水产品加工
- ✓ 功能性食品加工：脂肪替代品生产、膳食纤维、富钙食品
- ✓ 饮料加工中的应用：奶、植物蛋白饮料、粉茶
- ✓ 巧克力生产
- ✓ 调味品加工
- ✓ 畜禽制品加工：鲜骨粉（泥）、乳鸽冻干超微粉
- ✓ 冷食制品加工

灵芝孢子破壁
前后电镜照片
及粉末



x5,000 5μm

细胞 破壁 前的组织构)



x5,000 5μm

经细胞破壁(膜)粉碎后无
法看到完整组织结构



破壁灵芝孢子粉末





■ 应用实例

脂肪替代品：以蛋白质微粒为基础成分，利用超微粉碎技术（微粒化）将蛋白质颗粒粉碎至某一粒度。由于人的口腔对一定大小和形状颗粒的感知程度有一阈值，小于这一阈值时颗粒就不会被感觉出，可呈现奶油状滑腻的口感特性。美国NutraSweet公司推出的 Simplese产品就是以牛乳和鸡蛋白为原料经热处理使两种蛋白质发生一定程度的变性，后经强烈的湿法超微粉碎使蛋白质颗粒大小降至 $0.1 \sim 2\mu\text{m}$ ，人的味觉无颗粒增强了类似脂肪滑腻的口感。





应用实例

膳食纤维:





■ 冷冻粉碎技术在食品中的应用

- 冷冻粉碎技术在谷物加工中的应用：谷物食品随着粉碎温度的降低，产品粒度更细，一般呈干粉状态。糙粳米、精粳米、精糯米小麦经冷冻粉碎产品粒度85%以上可过350目；
- 冷冻粉碎技术在水畜产品加工中的应用：将一些水畜产品经冷冻粉碎可生产功能食品，并可提高下脚料的利用率。如鳖贝鱼类制成干粉，动物皮腱、蹄壳或内脏制粉作营养强化剂等；一般是将新鲜的水畜产品经冷冻粉碎制成膏状产品；
- 冷冻粉碎技术在果蔬产品加工中的应用：水果蔬菜含有大量水分，产品经冷冻粉碎干燥制成干粉（也可是液态），产品不会变质，味香优美；
- 冷冻粉碎技术在在其他方面的应用：随着冷冻粉碎技术发展，应用于食品领域的加工产品日益增多。其他方面主要有大豆、花生、可可豆胡椒、杏仁等，如大豆中加入芦荟、大蒜及药效植物制粉。





◆ 超微粉碎技术存在的问题和发展趋势

问题

- 设备总体仍是品种不多，而且许多品种都是仿造派生的，而自主研发的太少；
- 我国在超微粉碎技术的研究方面较世界先进国家起步晚，设计投入人员少，研发不够；
- 数量多但规模偏小，设备陈旧，缺乏竞争能力；
- 地域发展不平衡；
- 缺乏相应的国家标准、行业标准。





趋势

- 超微粉碎技术的生态效益和经济效益都很具潜力。采用超微粉碎技术，对畜骨、麦麸、米糠、果皮、甜菜渣等进行超微粉碎获得膳食纤维已成为一种国际潮流。西方发达国家对膳食纤维的研究开发已形成一定的产业规模，并在食品市场上占有一席之地。
- 据专家预测，21世纪头10年全球超微粉体产品的市场需求量将以平均每年5.5%以上的速度增长。

