



药物制剂 生产设备及 车间工艺设计

第二版

唐燕辉 主编



化学工业出版社
现代生物技术与医药科技出版中心

药物制剂生产设备及 车间工艺设计

第 二 版

唐燕辉 主编



化学工业出版社
现代生物技术与医药科技出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

药物制剂生产设备及车间工艺设计/唐燕辉主编. —2 版.
北京: 化学工业出版社, 2005. 10

ISBN 7-5025-7770-X

I. 药… II. 唐… III. ①化工制药机械: 制剂机械-
基本知识②制剂-生产工艺-设计-基本知识 IV. TQ460

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 125166 号

药物制剂生产设备及

车间工艺设计

第 二 版

唐燕辉 主编

责任编辑: 路金辉

责任校对: 陶燕华

封面设计: 潘 虹

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
现代生物技术与医药科技出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

[http:// www.cip.com.cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 16 字数 306 千字

2006 年 1 月第 2 版 2006 年 1 月北京第 4 次印刷

ISBN 7-5025-7770-X

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

第二版前言

中国工程院院士、药物制剂国家工程研究中心主任侯惠民研究员指出：“我国的医药落后在药物制剂，而制约我国药物制剂发展的是新颖制剂的工程化，即通过工程化研究制造新的设备、新的流水线来生产新剂型”。1993年教育部在全国高校招生目录中设置了“药物制剂”专业（工科），华东理工大学是首批被批准设置和招生该专业的学校之一。针对我国制剂工业现状和工科高等院校药物制剂专业“制剂工程”课程理论教学没有相对统一的体系，也缺乏合适教学用书的现状，华东理工大学作为教育部“制药工程”专业教学指导分委员会主任单位、全国“制药工程领域”工程硕士培养协作组牵头单位，在教材建设方面做出努力义不容辞。作者结合多年“制剂工程”课程教学一线的探索和工程实践经验的积累，2001年编写了《药物制剂生产专用设备及车间工艺设计》一书。书中结合药物制剂生产工艺流程，论述制剂生产设备及制剂车间工艺设计要求，共两大篇九章。第一篇阐述生产过程中涉及设备的基本构造和生产原理，及生产中常见质量问题的解决方法等；第二篇从“药品生产质量管理规范”和洁净车间要求出发，阐述制剂车间工艺设计的原则、程序和方法，并介绍辅助专业的设计要求。全书由唐燕辉统稿。

该书自2002年1月由化学工业出版社出版以来，受到高校及制药企业的普遍欢迎，在短短两年多的时间里，三次印刷，合计9000册。许多读者来信、来电要求了解更详细的内容，为了感谢广大读者对此书的厚爱，我们在第一版的基础上，对压片设备、制药用水生产系统、多效蒸馏水机等部分内容进行了修订，并补充了湿法制粒、干法制粒、中药浸膏喷雾干燥、高效包衣、水浴灭菌等新设备。与此同时，以该书为主干内容的华东理工大学《制剂工程》课程2005年被评为国家级精品课程，该书的修订对《制剂工程》精品课程的建设亦具有重大意义。在本书的修订过程中得到了中国石化集团上海工程有限公司（原上海医药工业设计院）杨军高级工程师的大力支持，并提出了十分宝贵的意见，同时得到了华东理工大学田禾教授、沈永嘉教授、陈国荣教授等的大力支持，上海中医药大学郑秀棉老师也参与了资料的整理工作，作者在此一并表示感谢。书中不当之处恳请读者批评指正。

编 者

于华东理工大学

2006年1月

第一版前言

药物制剂的生产，系通过一种或若干种药物原料（主药和辅药），按设计目标配以一些辅料或助剂，组成一定的处方，再按一定的工艺流程生产出具有式样美观，分剂量准确，性能稳定，在临床上有显著的医疗或保健效果，使用方便和安全可靠的药物剂型，亦将药物原料加工成药品。

依据药品生产的品种，制药厂机械设备可分为：原料药机械设备，如合成药物、抗生素等的反应器、发酵罐等；制剂机械设备，如粉碎机、压片机、灌装机械、制丸机等。而制剂生产所用的机械设备依其在生产流水线中的工序大体上又可以分为：工艺设备、包装设备和辅助设备。

制剂装备是随着制剂工艺的发展与剂型品种的日益增长而发展的；新型的、先进的制剂设备又能促进制剂工业的发展。长期以来，我国制剂品种难以打入国际市场，这与制剂技术落后、制剂机械技术水平低有关。国外几十年来研制药品生产的装备和取得的发展都是围绕装备符合 GMP 要求为前提的，并不断利用发展的先进技术来改革工艺，改造设备，开发新型的设备。国外新一代制剂设备发展有以下一些特点：结合制剂工艺、新品种的研究，开发新设备；结合制剂工程设计开发新装备；向密闭生产、高效、多功能、连续化、自动化发展；应用新材料、新技术，提高设计水平与制造水平，开发新设备；发展新型先进的质量检测仪器。

制剂车间是由各种制剂设备以系统的、合理的方式组合起来的整体，它根据一定的工艺流程和现场建设条件，通过最经济 and 安全的途径，由药物原料生产一定数量和符合一定质量要求的药物制剂。

本书主要结合药物制剂生产的工艺流程，论述制剂生产专用设备及制剂车间工艺设计要求。第一篇介绍口服固体制剂和液体灭菌制剂生产过程中一些专用设备的工作原理及基本构造。第二篇从洁净车间“GMP”的要求出发，阐述制剂车间工艺设计的原则、程序和方法，并介绍了辅助专业的设计要求。

本书第一篇由唐燕辉编写，第二篇由华东理工大学工程设计研究院梁伟编写，全书由唐燕辉统稿，缪志康审核。在本书编写过程中得到缪志康、卓越同志的大力支持，他们提出了十分宝贵的意见，作者在此谨表谢意。由于编写时间仓促和作者水平有限，书中不当之处恳请读者指正。

编 者

于华东理工大学
2001 年 10 月

内 容 提 要

本书为2002年1月出版的《药物制剂生产专用设备及车间工艺设计》一书的修订版。书中结合药物制剂生产的工艺流程,论述制剂生产设备及制剂车间工艺设计要求,共两大篇九章。第一篇介绍口服固体制剂和液体灭菌制剂生产过程中涉及设备的基本构造和生产原理,同时还简要介绍一些生产过程中由设备故障引起的常见质量问题,相应的解决方法和简单的设备维修、保养知识。第二篇从“药品生产质量管理规范”和洁净车间要求出发,阐述制剂车间工艺设计的原则、程序和方法,并介绍辅助专业的设计要求。

本书在第一版的基础上,对压片设备、制药用水生产系统、多效蒸馏水机等部分内容进行了修订,并补充介绍了湿法制粒、干法制粒、中药浸膏喷雾干燥、高效包衣、水浴灭菌等新设备。

本书既可作为高等院校药物制剂专业和制药工程专业师生教学用书,也可作为从事药物制剂生产和研究、设计专业人员的参考用书。

目 录

第一篇 药物制剂生产设备

第一章 口服固体制剂生产设备	1
第一节 粉碎和筛分设备.....	1
一、概述.....	1
二、粉碎设备.....	2
三、筛分设备.....	7
第二节 混合与制粒设备.....	9
一、混合设备.....	9
二、制粒设备.....	13
第三节 干燥设备.....	18
一、干燥过程.....	18
二、干燥设备.....	19
三、干燥过程的基本计算.....	22
四、干燥器的选择.....	25
第四节 压片设备.....	26
一、压片设备.....	26
二、压片机的冲和模.....	29
三、压片机自动上料机.....	30
第五节 包衣设备.....	31
一、包衣设备.....	31
二、糖衣片打光机.....	37
第六节 微丸生产设备.....	37
一、挤出式制丸设备.....	37
二、离心式制丸设备.....	39
三、泛丸式制丸设备.....	39
第七节 胶囊生产设备.....	40
一、软胶囊生产设备.....	40
二、硬胶囊灌装设备.....	44
第八节 包装设备.....	54
一、包装材料.....	54

二、铝塑包装机	55
三、装瓶机	58
四、多功能充填包装机	61
第二章 液体灭菌制剂生产设备	63
第一节 制药用水生产	63
一、制药用水标准及选用原则	63
二、纯化水生产设备	65
三、注射用水生产设备	72
第二节 药液的精制过滤设备	79
一、单元过滤设备	80
二、联合过滤设备	84
第三节 安瓿洗灌封设备	87
一、注射剂容器处理设备	87
二、安瓿灌封机	92
三、安瓿洗灌封联动机	99
第四节 灭菌设备	100
一、热压灭菌检漏箱	101
二、双扉程控消毒检漏箱	102
三、水浴灭菌器	103
四、擦瓶机	104
第五节 质检（灯检）设备	104
一、人工灯检	105
二、异物光电自动检查机	105
第六节 注射剂包装设备	106
一、开盒机	106
二、印字机	108
三、贴标签机	109
四、其他	110
第七节 粉针剂生产设备	110
一、无菌分装	110
二、冷冻干燥	120
第八节 输液剂生产设备	125
一、洗瓶机（玻璃瓶）	125
二、灌装设备	127
三、灭菌设备	128

第二篇 制剂车间工艺设计

第一章 概述	129
第一节 国外制剂厂简况.....	129
一、厂址选择.....	129
二、车间设计.....	129
三、设备安装.....	130
第二节 我国制剂工业现状.....	130
第三节 制剂车间工艺设计的基本要求.....	131
一、制剂车间设计的总要求.....	131
二、制剂车间工艺设计要求.....	131
第四节 设计阶段及各阶段的任务.....	132
一、可行性研究阶段.....	132
二、初步设计阶段.....	134
三、施工图设计阶段.....	135
四、施工、调试、验收阶段.....	137
第二章 物料衡算和热量衡算	139
第一节 物料衡算.....	139
一、物料衡算的基础.....	139
二、物料衡算的基准.....	139
第二节 热量衡算.....	139
一、热量衡算的基础.....	140
二、热量衡算的方法.....	140
第三章 车间布置及管道设计	142
第一节 设计依据及原始资料的收集.....	142
一、室外计算参数.....	142
二、室内计算参数.....	146
三、土建资料.....	147
四、动力资料.....	147
五、空调通风设备、净化设备资料.....	147
第二节 工厂布置.....	147
一、厂址的重要性.....	147
二、制剂工厂布置的原则.....	148
三、烟囱对大气尘浓度的影响.....	149
四、道路污染的影响.....	150
第三节 车间布置设计.....	151

一、常用的设计规范、规定和实施指南	151
二、车间布置设计要考虑的问题	151
三、车间布置设计对工艺的要求	154
四、车间布置设计对设备的要求	155
五、车间平面布置的合理性	157
六、车间布置中的若干技术要求	157
七、人员与物料净化通道和设施	163
第四节 车间管道设计	167
一、车间管道计算	167
二、管道及管件材质要求	167
三、车间管道安装要求	167
第四章 制剂车间土建设计	169
第一节 洁净车间设计对建筑的要求	169
第二节 洁净室的内部装修材料和建筑构件	171
一、楼板地面	171
二、天棚和天棚饰面材料	172
三、墙面和墙体材料	172
四、门	173
五、窗	173
第五章 通风、空调和空气净化	174
第一节 空气净化的要求	174
一、GMP 与空调净化	174
二、国外 GMP 的要求	174
三、我国药品生产 GMP 的制定	175
第二节 制剂厂空气净化系统设计	176
一、设计参数	176
二、洁净室空调净化方案的选择	179
三、净化方案	189
四、净化空调系统划分原则及其设计要点	192
五、气流组织	194
六、气流组织形式	196
七、非无菌制剂的空调通风	207
八、热量平衡计算	209
九、风量平衡计算	211
第六章 工艺对各专业的要求以及与之关系	224
第一节 对高纯水的要求	224

第二节 对高纯气体的要求.....	225
第三节 对电气的要求.....	226
第四节 对照明、给排水、消防等专业的要求.....	228
第五节 工艺与土建、通风的关系.....	229
第六节 无菌压缩空气、无菌衣处理、消毒.....	229
第七章 防火、安全、工业卫生和节能.....	232
第一节 车间的防火.....	232
一、洁净厂房的特点.....	232
二、防火要求.....	232
三、建筑材料的防火性能及选用.....	234
第二节 车间防静电.....	234
一、静电的产生.....	234
二、静电的消除.....	235
第三节 车间卫生.....	236
一、负离子的作用及其发生.....	236
二、消声与减振.....	237
三、有害气体的排放标准及处理方法.....	239
第四节 车间节能.....	239
主要参考文献.....	243

第一篇 药物制剂生产设备

药物都以一定的剂型形式应用于治疗、预防或诊断疾病。随着临床用药的需要、给药途径的扩大和工业生产的机械化与自动化,我国药物剂型的发展经历了以下几个时代:第一代经简单加工制成的膏丹丸散;第二代为片剂、注射剂、胶囊剂与气雾剂等剂型;第三代缓释、控释给药系统;第四代靶向给药系统;第五代自动释药系统。目前,第二代剂型仍是工业生产中的主要剂型,但它不断与第三、第四、第五代等新剂型和新技术相结合,形成具有新内容的给药系统。随着制剂工艺和剂型的发展,制剂装备也日趋发展。本篇结合药物制剂生产的工艺流程阐述生产设备的基本构造和生产原理。

第一章 口服固体制剂生产设备

目前大多数药物是制成以口服形式给药的固体制剂。由于片剂和胶囊剂在使用过程中具有剂量准确、质量稳定、服用方便等优点,并适于以低成本、高效率的工业化大生产,因此在所有使用的口服固体制剂形式中占了绝大部分。

本章将着重介绍常用的口服固体制剂生产设备,同时还将简要介绍一些生产过程中由设备故障引起的常见质量问题,相应的解决方法和简单的设备维修、保养知识。其中第一节到第五节介绍片剂生产设备,第六节介绍微丸剂生产设备,第七节介绍胶囊剂生产设备,第八节介绍口服固体制剂的包装设备。

第一节 粉碎和筛分设备

一、概述

固体制剂生产前,常常需要对原、辅料进行预处理,其目的如下。

(1) 降低固体药物的粒径,增大表面积。增大与液体分散媒体的接触面,可以加快药物的溶出速度,提高药物利用率。

(2) 原料、辅料经粉碎后,单位重量微粒数增多,便于混合均匀,并能够提高主药在颗粒中的分散均匀性,提高着色剂或其他辅料成分的分散性。

物料预处理常用的方法为粉碎,因而粉碎技术直接关系到产品的质量和应用性能。

所谓粉碎就是用机械方法克服固体物料内部的凝聚力,并将其破碎的操作。固体物料的粉碎效果常以粉碎细度来表示。粉碎细度定义为:粉碎前后固体药物的平均直径之比。

$$n = \frac{d}{d_1}$$

式中 d ——粉碎前固体药物的平均直径, m;

d_1 ——粉碎后固体药物的平均直径, m。

由于物料颗粒的形状不可能全为球形, 因此每一颗粒的尺寸大小常用平均粒径代表。粒径常用的表示方法有以下两种。

(1) 质量平均粒径 d_{cp}

$$d_{cp} = \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{x_i}{d_i}}$$

式中 x_i —— i 粒级颗粒的质量百分数, %;

d_i —— i 粒级颗粒的平均粒径, m。

(2) 算术平均粒径 $\bar{d}$

$$\bar{d} = \sum_{i=1}^m x_i d_i$$

式中 x_i , d_i 意义同上。

粉碎过程大多采用机械方式, 对一些药物也可能产生不良影响, 例如一些多晶型药物经粉碎后, 晶型受到破坏, 引起药效下降或出现不稳定晶型; 粉碎过程产生的热效应可使热不稳定药物发生降解; 因表面积增大而使表面吸附空气增加, 易氧化药物发生降解, 这些现象都将影响制剂质量及稳定性。此外制剂中难溶性药物的释放-吸收与药物的分散状态关系极为密切, 粒径大小, 对其释放-吸收影响很大。以一般的粉碎方法制得的粗分散状态的粉末, 往往生物利用度较低。因此实际生产中应根据药物的性质, 采用合适的粉碎机, 以达到一定的粉碎程度。

二、粉碎设备

(一) 球磨机

球磨机是较古老的研磨设备。目前在制药工业和精细化工行业中仍被广泛使用。球磨机外形如图 1-1-1 所示。

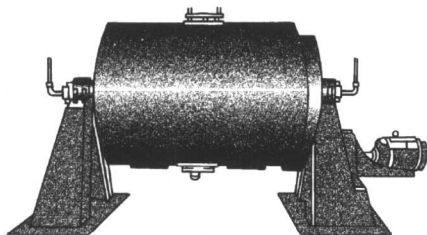


图 1-1-1 球磨机外形

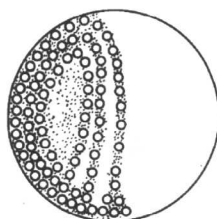


图 1-1-2 球磨机研磨原理

球磨机具有一个回转的筒体, 筒体内装有研磨介质。球磨机的研磨原理如图

1-1-2 所示。

当球磨机旋转时，研磨介质由于受离心力的作用贴在筒体内壁上与筒体一起旋转，随之上升到一定高度时，因重力作用自由落下。此外，在球磨机筒体旋转过程中，研磨介质还有滑动和滚动作用，使研磨介质相互产生摩擦、剪切和碰撞等力。物料在上述诸力的作用下研磨成细粉。

球磨机筒体的转速对成品粒径的影响很大，研磨介质在不同转速下，它的运动轨迹有三种，如图 1-1-3 所示。转速过低，研磨介质提升高度不够，冲击力小，研磨效果差；转速适当，如图 1-1-3 (a) 所示，研磨介质连续不断地被提升，上升一定高度时向下滑动和滚落，两者均发生在物料内，此时研磨效率最高，物料被研磨成细粒子；增加转速，研磨介质被进一步提高后抛落，如图 1-1-3 (b) 所示，此时研磨效率很差，且容易造成研磨介质的破碎和筒壁的磨损。当转速再进一步提高，离心力起主导作用，物料与研磨介质贴附于筒壁，与筒壁同步旋转，此时完全没有研磨作用，如图 1-1-3 (c) 所示。



图 1-1-3 研磨介质运动轨迹

假设球磨机筒体的转速达到某一数值，使研磨介质升至最高点（顶点）时而落下，这个转速称为临界转速。临界转速与球磨机直径的关系，可用下式表示。

$$N = \frac{42.2}{\sqrt{D}}$$

式中 N ——球磨机临界转速，r/min；

D ——球磨机筒体直径，m。

球磨机粉碎效率最高时的转速称为最佳转速。最佳转速一般为临界转速的 60%~85%。

研磨介质的材料有钢球、瓷球，还有无规则形状的鹅卵石等。研磨介质的密度和大小对研磨效率有影响。材料密度越大，研磨效率越高。研磨介质的粒径越大，研磨成品粒径也越大，产量越高；反之研磨介质的粒径越小，研磨成品粒径也越小，产量越低；适宜的研磨介质粒径要视物料的性质以及对成品粒径大小的要求来决定。

球磨机按筒体的形状可以分为以下三种。

- (1) 短筒球磨机（简称球磨机）。筒体长度与直径比为 1~1.5。
- (2) 管磨机。筒体长度与直径比为 2~7。
- (3) 圆锥式球磨机。

球磨机应用范围广，能处理多种物料，特别适合于粉碎结晶性或脆性药物。由于筒体常为封闭系统，能达到无菌无尘要求。但球磨机也存在粉碎时间长，单位产量能耗大，球磨筒在使用之后清洗较为麻烦的缺点。

(二) 锤式粉碎机

锤式粉碎机是一种撞击为主的粉碎设备，几乎可用于任何类型的粉碎操作。

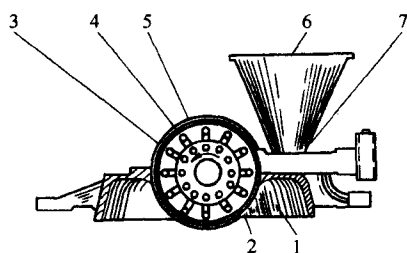


图 1-1-4 锤式粉碎机外形结构

1—成品出口；2—筛；3—T形锤；4—机壳；5—衬板；6—加料斗；7—螺旋加料器

锤式粉碎机外形结构如图 1-1-4 所示。它是由设置在高速旋转主轴上的 T 形锤、带有衬板的机壳、筛网、加料斗、螺旋加料器等组成。锤式粉碎机主要部件为高速转子，转子上固定着多个 T 形锤。由于锤子是锤式粉碎机的主要磨损件，通常采用优质钢、高锰钢或其他合金钢制作，并要求锤头的形状、大小尺寸和重量能有效地破碎物料。粉碎机工作时，小于 10mm 粒径的固体物料自加料斗经加料器连续定量加入粉碎室

粉碎。由于离心力的作用，物料被锤击碎或与沿圆筒形外壳装置的衬板撞击而破碎。粉碎成的微细颗粒通过筛子由出口排出，成为成品。选用不同孔径大小的筛网，从锤式粉碎机中能得到粒径为 4~325 目细度的粉碎物料。

锤式粉碎机结构简单，操作方便，维修和更换易损件容易。粉碎成品粒度比较均匀，且对原料要求不高。适合实验室和工厂生产不同规格的原料。这类粉碎机主要缺点是机器部件易磨损，产热量大。

(三) 振动磨

振动磨是一种超细粉碎设备，它与一般常规球磨机粉碎原理的区别在于前者利用机械使振动磨机筒体产生强烈转动和振动，从而将物料粉碎、磨细，同时将物料均匀混合、分散。

振动磨工作时，筒体内研磨介质的运动方向和主轴旋转方向相反。除了有公转外还有自转。这种运动使研磨介质之间以及研磨介质与筒体之间产生强烈的冲击、摩擦和剪切作用，在短时间内将物料研磨成细小粒子。振动磨按照振动机构的特点可分为惯性式和回转式两大类。惯性振动磨的筒体支撑在弹簧上，当筒体由电机带动旋转时，筒体本身振动，如图 1-1-5 所示。回转式振动磨的筒体支撑

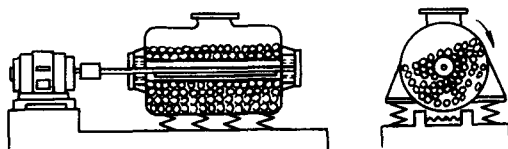


图 1-1-5 惯性振动磨

在弹簧上，主轴的两端有偏心配重，主轴的轴承装在筒体并通过挠性联轴器与电动机相连，如图 1-1-6 所示。当电动机带动主轴快速旋转时，偏心配重产生的离心力使筒体产生近似椭圆轨迹的运动。这种高速回转的运动使筒体中的研磨介质及物料呈悬浮状态，介质的抛射冲击研磨作用可有效地粉碎物料。

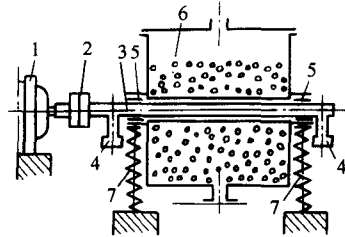


图 1-1-6 回转式振动磨

1—电动机；2—挠性轴套；3—主轴；
4—偏心重；5—轴承；6—筒体；
7—弹簧

振动磨的研磨介质直径较小，其表面积增大，研磨机会比旋转式球磨机增大许多倍，而且介质充填率较一般球磨机高，约为 60%~70%，所以研磨介质冲击次数比球磨机多几万倍。

振动磨具有单位磨机容积产量大，磨碎效率高，占地面积小，流程简单等优点，而且改进磨机筒体使之密封，或充以惰性气体可以用以易燃、易爆、易于氧化的固体物料的粉碎。缺点是机械部件强度及加工要求高，振动噪声大。

（四）气流粉碎机

气流粉碎机又称为流能磨，它与其他超细粉碎设备不同，它的基本粉碎原理是利用高速弹性气流（压缩空气或惰性气体）使物料颗粒之间相互碰撞而达到粉碎目的。由于粉碎由气体完成，整个机器无活动部件，粉碎效率高，可以完成粒径在 5 μm 以下的粉碎，且粉碎粒径分布均匀。

气流粉碎机根据其粉碎方式的特点可分为三类，如图 1-1-7 所示。

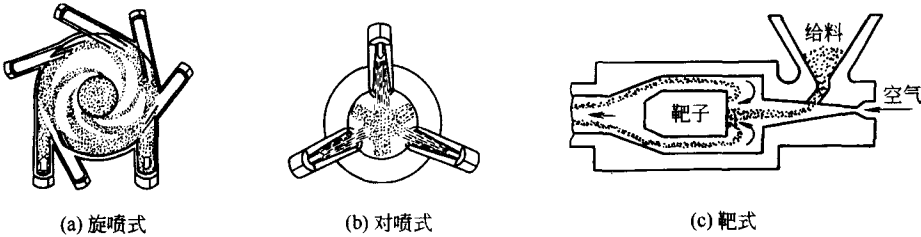


图 1-1-7 气流粉碎机的类型

（1）旋流喷嘴式 [图 1-1-7 (a)] 气流粉碎机 沿粉磨室的圆周安装多个 (6~12个) 喷嘴，各喷嘴都倾斜成一定角度，气流携带物料以较高的压力 (0.2~0.9MPa) 喷入磨机，在磨机内形成高速旋流，使颗粒彼此之间产生冲击、剪切作用而粉碎。被粉碎颗粒随气流从圆盘中部排出进入空气分级器分出。这类气流粉碎机的粉磨室为扁圆盘，故又称扁圆盘气流磨。其结构如图 1-1-8 所示。扁圆盘气流粉碎机粉碎能力较低，物料与气流在同一喷嘴给入，气流在粉磨室中高速旋转，故喷嘴与衬里磨损较快，不适于处理较硬物料。

（2）对喷式 [图 1-1-7 (b)] 气流粉碎机 基本特点是气流喷嘴相对安装，

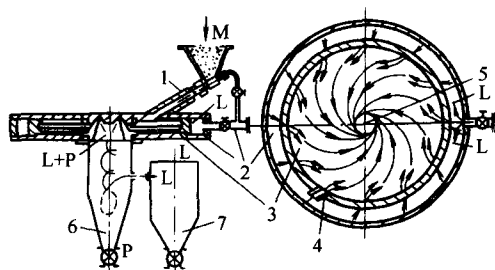


图 1-1-8 扁平圆盘气流磨

1—给料喷嘴；2—压缩空气；3—研磨室；4—喷嘴；5—旋流区；6—气流力旋流器；7—滤尘器；
L—气流；M—原料；P—最终产品

这样携带物料的气流进入磨机后直接相对碰撞，加强了粉碎效果。其结构如图 1-1-9 所示。对喷式气流粉碎机主要有冲击室、分级室、加料斗、两套喷嘴及喷管组成。物料经加料斗送入，从喷嘴喷入的气流将料粒吹入喷管，与对面喷嘴喷射出的气流相互冲击、碰撞、摩擦和剪切达到粉碎。粉碎的颗粒随气流经上导管进入分级室，达到要求的细颗粒经分级后由分级室中心出口管排出；而粗颗粒在旋转气流的离心力作用下，沿分级室周壁经下导管降落到喷嘴前，被喷嘴中喷出的气流加速重新进入冲击室，与对面加入的新物料一起进行再粉碎。

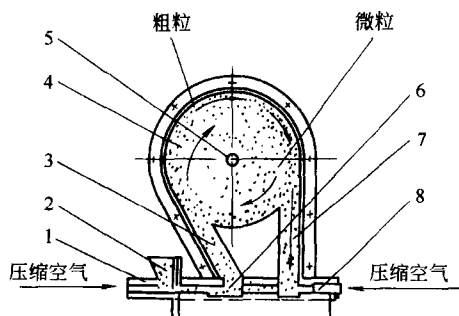


图 1-1-9 对喷式气流粉碎机

1, 8—喷嘴；2—加料斗；3—上导管；4—分级室；5—出口管；6—冲击室；7—下导管

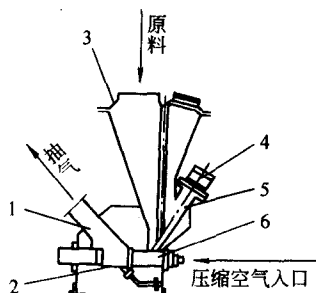


图 1-1-10 靶式超音速 I 型气流粉碎机

1—冲击靶；2—粉碎室；3—加料斗；
4—电动机；5—搅拌器；6—喷嘴

(3) 靶式 [图 1-1-7 (c)] 超音速 I 型气流粉碎机 结构及工作原理如图 1-1-10 所示。它由粉碎室、超音速喷嘴、冲击靶、加料斗及电动机带动的搅拌器构成。物料由加料斗加入，经搅拌器搅拌，均匀地加入到喷嘴管中，物料在喷管中与喷入的超音速气流（2.5 倍音速以上）相混，并得到加速，成为超音速气固混合流。由于料粒在湍流作用下相互冲击、摩擦和剪切后部分粉碎，然后混合流经喷嘴强制射向冲击靶，颗粒进一步受冲击、碰撞、摩擦和剪切作用粉碎成细小颗粒。粉碎的细小颗粒经出口管去分级器分级，分出细颗粒成为成品，粗颗粒回