

“十五”国家重点图书

粉体技术手册

- ▶ 主 编 卢寿慈
- ▶ 副主编 沈志刚 郑水林 徐 政



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

“十五”国家重点图书

粉体技术手册

主 编 卢寿慈

副主编 沈志刚 郑水林 徐 政

化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北 京·

3327/06

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

粉体技术手册/卢寿慈主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 6

ISBN 7-5025-5227-8

I. 粉… II. 卢… III. 粉体-工业技术-技术手册
IV. TB44-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 010970 号

粉体技术手册

主 编 卢寿慈

副主编 沈志刚 郑水林 徐 政

责任编辑: 龚浏澄 邢 涛 杜春阳

文字编辑: 沈冬娜

责任校对: 郑 捷

封面设计: 潘 峰

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 76 字数 1861 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5227-8/TQ·1928

定 价: 168.00 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

京工商广临字 2004 012 号

前 言

世界上最早出现的粉体技术手册是由德国 VDI 出版社于 1953 年出版的由 R. Meldau 编著的“Handbuch der Staubtechnik”，该书于 1960 年再版。此后，M. F. Fayed, L. Otten 主编的“Handbook of Powder, Science and Technology”于 1984 年由 Van Nostrand Reinhold Company 出版，“Handbook of Powder, Science and Technology”一书在粉体技术领域的影响颇大，1998 年又由 Chapman & Hall 出版社出版了该书的增订版。几乎同时，Keishi Gotoh 于 1997 年也编辑出版了另一本“Powder Technology Handbook”。“Handbook of Powder, Science and Technology”的第一版已在 1991 年组织译成中文，译名为《粉体工程手册》，由化学工业出版社出版发行。在组织翻译这本书的过程中，我们感觉到该书的内容的确很丰富、新颖，然而，作为手册，书中的一些篇章过于侧重基本原理的阐述，缺乏技术数据的全面引证，显得实用性不足，也不便于查阅。

从《粉体工程手册》中文版的出版至今又过去十多年了。在这十多年里，我国的粉体技术有了令人瞩目的发展，引起了国民经济各个部门的浓厚兴趣及重视，在某些领域正在形成我国自己的特色。形势表明，编写一本我国自己的、反映我国及世界粉体技术现状及发展以及粉体工业在不同领域中的应用及进展，技术资料全面，便于查阅，具有较强实用性的《粉体技术手册》已经提到了议事日程。其实，中国颗粒学会颗粒制备及处理专业委员会早在十年前，即在组织翻译完《粉体工程手册》之后，便已开始筹备这本手册的编写工作。由于一系列原因延误至今。

在组织编写的过程中，我们力求使这本《粉体技术手册》尽可能全面地包括所有的粉体技术单元操作以及粉体技术在各个工业部门及国民经济领域的应用，尽量组织各行各业的粉体技术专家参加本手册的撰写工作；我们也力求使这本手册能较好地体现实用性及先进性，在充分反映我国粉体工业当前实际状况的同时，也能展示我国及世界在该领域的最新科技成就以及发展趋势。读者从本书的目录中便可以看到，在上篇中包括了颗粒的制备、分级、分散、表面改性、固液分离及固气分离、仓储、运输、包装、混合、造粒及颗粒测量等单元操作；还将颗粒的制备分为颗粒的机械制备（粉磨）及超细颗粒的合成分别进行论述。在单元操作中首先阐述工艺过程、工艺流程及设备的特点与比较，工程设计原则及应用，典型的应用实例等。下篇则分为二十章，着重介绍粉体技术在国民经济各部门的应用现状及技术发展趋势。

为了编写这本书，我们邀请了工业及国民经济各个部门的粉体技术专家负责撰写他们各自专攻领域的内容。可以不夸张地说，这本书是动员了我国粉体技术界的力量写成的。我们特地向所有撰写者表示我们衷心的感谢。

编写这样一部手册在我国尚属首次，缺点及疏漏在所难免，编者诚恳地欢迎批评及指正。

卢寿慈

2004 年 3 月于北京科技大学

目 录

上篇 粉体的制备与处理

第1章 粉体的气相合成 戴遐明	3	3.4 沉淀法	43
1.1 概述	3	3.5 水热合成	46
1.2 气相合成粉体的基本原理	4	3.6 熔盐合成	49
1.2.1 成核	4	3.7 溶胶工艺	51
1.2.2 核坯的长大	7	3.8 有机树脂法	55
1.2.3 颗粒团聚问题	8	3.9 喷雾热分解法	56
1.3 主要工艺简介	8	3.10 乳液合成法	57
1.3.1 电阻加热法	9	参考文献	58
1.3.2 电子束加热法	9	第4章 振动磨 王树林	62
1.3.3 化学火焰法	10	4.1 概述	62
1.3.4 等离子法	11	4.2 振动磨的发展及现状	63
1.3.5 激光法	14	4.2.1 振动磨的萌芽	63
参考文献	16	4.2.2 振动磨的试验研究及初步 理论基础的建立	63
第2章 粉体的固相合成 戴遐明	18	4.2.3 工程应用阶段	63
2.1 概述	18	4.2.4 振动磨内部动力学及能量 分布研究	64
2.2 粉体固相合成的基本原理	18	4.2.5 振动磨的最新发展	66
2.2.1 固相合成的分类方法	18	4.3 振动磨的工作原理、分类及用途	67
2.2.2 合成反应热力学问题	19	4.3.1 工作原理	67
2.2.3 合成反应动力学问题	20	4.3.2 振动磨的分类及用途	68
2.3 主要固相合成工艺简介	22	4.4 振动磨的工艺设计	69
2.3.1 热分解法	22	4.4.1 工艺流程设计	69
2.3.2 复合氧化物固相反应法—— 烧结法	25	4.4.2 研磨介质的选择	70
2.3.3 还原-化合法	27	4.5 内部动力学研究及能量设计	72
2.3.4 自蔓延高温合成法	28	4.5.1 介质运动学	72
2.3.5 电爆炸法	31	4.5.2 介质动力学及能量传递分析	73
2.3.6 机械化学制粉法	32	4.6 外部动力学研究及参数设计	75
参考文献	34	4.6.1 外部动力学的高速摄影分析	75
第3章 粉体的液相合成 李懋强	36	4.6.2 重心偏移的非线性振动模型	76
3.1 概述	36	4.6.3 控制方程的求解	78
3.2 颗粒的形状、大小和均匀性的 控制	37	4.6.4 振动磨的功率计算	81
3.3 液相合成粉料中的团聚问题以及团 聚程度的控制	41	4.7 振动磨的传质理论及应用	81
		4.7.1 颗粒传输过程的数学模型	82

4.7.2 颗粒流体传输特性分析的 矩法	84	6.1.2 球磨机的主要结构	119
4.8 空气弹簧用于振动磨机的隔振 设计	86	6.1.3 基本工作原理和主要技术 参数	130
4.8.1 囊式空气弹簧的特性方程及在 标准状态下的刚度计算	86	6.1.4 其他筒式磨机	137
4.8.2 在标准状态下空气弹簧的有效 弹性截面及强度计算	88	6.1.5 球(棒)磨机的试验、计算和 选型	139
4.8.3 空气弹簧内部气压的选择	89	6.2 辊压机(高压辊磨机)	143
4.9 振动磨的混沌控制及应用	90	6.2.1 概述	143
4.9.1 振动磨的混沌运动	90	6.2.2 辊压机粉碎原理	143
4.9.2 影响混沌的主要因素及其 控制准则	91	6.2.3 主要结构和技术参数	144
4.9.3 应力释放:超微颗粒制备的 最佳模式	92	6.2.4 国内外典型辊压机产品	150
4.9.4 应力释放在超微颗粒制备试验 中的应用	93	6.2.5 辊压机的应用	153
4.9.5 应力释放与机械合金化	94	6.3 辊磨机	156
4.10 纳米颗粒的振动制备	95	6.3.1 概述	156
参考文献	97	6.3.2 悬辊磨机	156
第5章 搅拌磨 王燕民	99	6.3.3 盘辊磨机	159
5.1 概述	99	主要参考文献	164
5.2 基本工作原理	100	第7章 冲击磨 朱瀛波	167
5.3 结构与部件	102	7.1 概述	167
5.3.1 机型和取向	102	7.2 冲击式超细粉碎机	167
5.3.2 搅拌器	102	7.2.1 立式高速冲击式超细粉碎机	167
5.3.3 研磨介质	102	7.2.2 卧式高速冲击式超细粉碎机	170
5.3.4 磨介分离装置	102	7.3 高速冲击式超细粉碎机的 使用与应用实践	172
5.3.5 冷却系统	105	7.3.1 高速冲击式超细粉碎机与分级 设备的主要影响因素与生产 实践	172
5.3.6 其他辅助设备和仪表	105	7.3.2 高速冲击式超细粉碎与分级设 备的生产实践	173
5.4 影响参数	105	7.4 高速冲击式超细粉碎与分级设备的 生产厂家及发展前景	174
5.4.1 机械参数	105	主要参考文献	175
5.4.2 工艺参数	107	第8章 气流粉碎机 沈志刚	176
5.5 工艺流程及实例	109	8.1 概述	176
5.6 用途	112	8.2 气流粉碎机的种类、工作原理 及其特点	177
5.7 部分注意事项	113	8.2.1 气流粉碎机生产线的基 本构成	177
5.7.1 磨介	113	8.2.2 扁平式(圆盘式)气流 粉碎机	178
5.7.2 冷却	113	8.2.3 循环管式气流粉碎机	180
5.7.3 分离隔筛网的清洗和检查	113	8.2.4 单喷式(靶式)气流粉碎机	181
5.7.4 取样和产品检测	113	8.2.5 对喷式气流粉碎机	182
参考文献	114	8.2.6 汇聚式气流粉碎机	184
第6章 筒式磨机、辊压机和辊磨机 吴建明	116	8.2.7 惰性气体气流粉碎机	185
6.1 筒式磨机	116		
6.1.1 球磨机	119		

8.3 气流粉碎机喷嘴的设计	186	10.3.2 离心分级设备	249
8.3.1 音速喷嘴的设计	186	10.4 典型分级设备的选择	252
8.3.2 超音速喷嘴的设计	187	10.5 湿法分级的发展方向	254
8.3.3 喷嘴的流动特性分析	190	10.5.1 粉体技术发展方向	254
8.4 颗粒在射流中的加速及颗粒破碎		10.5.2 分级技术和装备	255
速度分析	192	参考文献	257
8.4.1 射流的结构与特性	192	第11章 粉体制备工艺 郑水林	259
8.4.2 颗粒在射流中的加速运动		11.1 概述	259
分析	195	11.2 干法超细粉碎工艺	260
8.4.3 颗粒破碎速度分析	198	11.2.1 干法超细粉碎工艺的特点	
8.5 气流粉碎机的分级器	199	及应用	260
8.6 气流粉碎机生产线中的其他主要		11.2.2 干法超细粉碎工艺类型	260
部件	201	11.3 湿法超细粉碎工艺	268
8.6.1 气源系统	201	11.3.1 湿法超细粉碎工艺的	
8.6.2 收集系统	203	特点及其应用	268
8.7 气流粉碎机的最新发展	203	11.3.2 湿法超细粉碎工艺类型	268
主要参考文献	203	11.4 超细粉碎工艺设计与设备	
第9章 粉体干法分级 徐政	206	选型	272
9.1 超细分级的意义	206	11.4.1 工艺设计与设备选型的	
9.2 分级过程理论	208	原则	272
9.2.1 分级及其分类	208	11.4.2 工艺设计与设备选型的	
9.2.2 分级精度及其表示方法	208	程序	272
9.2.3 分级机的容量、处理量和		11.4.3 主要设备选型	274
分级效果	210	主要参考文献	282
9.2.4 气固两相流的特点	211	第12章 粉体机械力化学 张庆今	283
9.2.5 分级机的切割粒径	214	12.1 概述	283
9.3 分级机叶轮内部流场的数值模拟	215	12.1.1 机械力化学的基本概念	283
9.3.1 模拟条件	216	12.1.2 机械力化学过程的分类	284
9.3.2 流场模拟结果	217	12.1.3 机械力化学的研究	287
9.4 超细分级设备	219	12.2 粉碎过程诱发的机械力化学效应	287
9.4.1 利用重力进行分级的分级机	219	12.2.1 粉碎平衡	288
9.4.2 惯性力分级机	220	12.2.2 机械力诱发粉体矿物	
9.4.3 离心力型分级机	222	结构的变化	289
9.4.4 空气冲击筛(风筛)	237	12.2.3 粉体的机械力化学活化	292
9.5 超微分级的发展	238	12.2.4 粉体的物化性能变化	293
参考文献	239	12.2.5 粉体的机械力化学反应	299
第10章 粉体湿法分级 李茂林	240	12.2.6 粉体的机械力化学表面	
10.1 湿法分级技术分类	240	改性	302
10.2 分级原理	240	12.2.7 粉碎过程添加助磨剂的机械力	
10.2.1 颗粒在流体中的运动	240	化学效应	302
10.2.2 分离粒度	241	12.3 粉体机械力化学的实际应用	305
10.2.3 分级效率与计算	244	参考文献	308
10.2.4 影响分级效率的因素	245	第13章 粉体分散 任俊	310
10.3 分级设备	246	13.1 概述	310
10.3.1 重力分级设备	246	13.2 粉体分散体系	310

13.2.1	粉体分散体系的分类	310	14.5	表面改性产品的检测与表征	369
13.2.2	分散相与分散介质	310	14.5.1	润湿接触角	369
13.2.3	分散剂	311	14.5.2	活化指数	370
13.3	粉体在液体中的分散	313	14.5.3	表面能	371
13.3.1	粉体表面的润湿性	313	14.5.4	溶液中的分散稳定性	372
13.3.2	粉体的亲液性和疏液性	314	14.5.5	吸附类型、包覆量与 包覆率	372
13.3.3	粉体在液相中分散的主要 影响因素	315	14.5.6	粒度分布与颗粒形貌	373
13.3.4	粉体在液相中分散的途径	319	14.5.7	表面结构和成分	373
13.4	粉体在空气中的分散	323	14.5.8	其他	374
13.4.1	粉体在空气中团聚的 主要因素	323	14.6	纳米粉体的表面改性	374
13.4.2	粉体在空气中分散的 主要途径	324	14.6.1	概述	374
13.5	粉体分散的应用	326	14.6.2	纳米粉体表面改性的方法和 工艺设备	375
13.5.1	在超细粉碎分级中的应用	326	14.6.3	纳米粉体表面改性效果的 检测与评价	377
13.5.2	在粉体粒度测试中的应用	327	参考文献	378	
13.5.3	在颜料工业中的应用	328	第15章 浓缩过滤 丁启圣	379	
13.5.4	在油田钻井中的应用	329	15.1	浓缩	379
13.5.5	在矿物工程中的应用	330	15.1.1	重力浓缩	379
13.5.6	在农药中的应用	330	15.1.2	离心沉降	386
13.5.7	在混凝土工程中的应用	331	15.2	过滤	388
13.5.8	在水煤浆工业中的应用	332	15.2.1	澄清过滤	389
13.6	粉体分散的评价方法及典型 分散设备	332	15.2.2	滤饼过滤机理	391
13.6.1	粉体分散的评价方法	332	15.2.3	真空过滤	392
13.6.2	粉体分散设备	334	15.2.4	加压过滤	399
主要参考文献		335	15.2.5	离心过滤	414
第14章 粉体表面改性 郑水林		337	15.2.6	过滤介质及助滤剂	423
14.1	概述	337	主要参考文献	426	
14.2	表面改性方法与工艺	338	第16章 干燥 毛志怀 李栋	427	
14.2.1	表面改性方法	338	16.1	干燥基本原理	427
14.2.2	表面改性工艺	343	16.1.1	概述	427
14.2.3	复合工艺	344	16.1.2	湿空气(空气-蒸汽混合气) 的基本性质	428
14.3	表面改性设备	345	16.1.3	湿物料的性质	432
14.3.1	干法表面改性设备	345	16.1.4	基本干燥过程的计算	439
14.3.2	湿法表面改性设备	352	16.2	干燥机的分类和选择	446
14.4	表面改性剂	353	16.2.1	干燥机的分类	446
14.4.1	偶联剂	353	16.2.2	干燥机的选择	448
14.4.2	表面活性剂	362	16.3	干燥方法和干燥器	450
14.4.3	有机硅	364	16.3.1	隧道干燥器和厢式干燥器	450
14.4.4	不饱和有机酸及有机 低聚物	365	16.3.2	转筒干燥器	452
14.4.5	水溶性高分子	367	16.3.3	转鼓干燥器	453
14.4.6	无机表面改性剂	369	16.3.4	带式干燥机	454
			16.3.5	盘式连续干燥器	454

16.3.6 卧式桨叶式干燥器	456	18.1 概述	517
16.3.7 流化床干燥器	456	18.1.1 料仓的定义和种类	517
16.3.8 振动流化床干燥机	457	18.1.2 料仓的使用要求	517
16.3.9 喷动床干燥	460	18.1.3 料仓的功能	518
16.3.10 喷雾干燥	461	18.2 重力场的粉粒体流动	519
16.3.11 气流干燥	464	18.2.1 筒仓内的粉体压	519
16.3.12 太阳能干燥	466	18.2.2 斗仓内的粉体压	520
16.3.13 真空冷冻干燥	468	18.2.3 粉粒体从料仓流出的机理	521
16.3.14 微波和高频干燥	471	18.2.4 整体流和漏斗流	523
16.3.15 红外热辐射干燥	472	18.3 料仓设计原理	523
16.3.16 冲击穿透干燥	474	18.3.1 整体流料仓的设计	523
16.3.17 对撞流干燥	475	18.3.2 料仓形状的确定	526
16.3.18 过热蒸汽干燥	476	18.3.3 料仓规格的确定	527
16.3.19 声波场干燥	480	18.3.4 卸料装置的荷载	529
16.3.20 接触吸附干燥	481	18.3.5 料仓的动压力	529
16.3.21 超临界流体干燥	482	18.4 料仓故障和对策	530
16.3.22 脉冲燃烧干燥	482	18.4.1 仓内架桥现象及堵塞机理	530
16.3.23 组合干燥	484	18.4.2 粉体的偏析	532
16.3.24 热泵干燥	484	18.4.3 喷流	533
16.4 干燥技术的创新和发展	485	18.4.4 不均匀排出及其他	533
16.4.1 概述	485	18.5 料仓的活化	534
16.4.2 干燥技术的创新	486	18.5.1 气化作业	534
16.4.3 干燥技术的发展	490	18.5.2 衬板与防腐措施	535
主要参考文献	490	18.5.3 助流器	535
第17章 除尘 齐金彦	492	主要参考文献	536
17.1 概述	492	第19章 输送 陈宏勋	537
17.1.1 粉尘的产生和特性	492	19.1 概述	537
17.1.2 收尘的目的	493	19.2 粉体料性的影响	537
17.2 含尘气体的收集	493	19.2.1 颗粒形状、大小和分布	537
17.2.1 生产工艺过程粉尘的排放	493	19.2.2 密度与含水量	538
17.2.2 集尘罩分类	494	19.2.3 流态化能力	538
17.2.3 密闭罩的形式和构造	495	19.2.4 性能	538
17.3 除尘设备的性能和选用	497	19.3 粉体输送装置的种类和特点	540
17.3.1 除尘器的分类	497	19.3.1 机械式粉体输送装置	542
17.3.2 除尘器的性能指标	497	19.3.2 流体式管道输送粉体装置的 种类和特点	557
17.3.3 除尘设备设计要求和选用 原则	498	19.3.3 气力管道输送粉体装置的 种类和特点	560
17.4 除尘系统设计及其运行管理	508	19.3.4 气固两相流的输送理论	565
17.4.1 除尘系统的配置	508	19.3.5 气固两相流的压力损失	568
17.4.2 除尘系统的设计	511	19.3.6 气固两相流装置的设计	570
17.4.3 管道与部件材料的选用	514	主要参考文献	573
17.4.4 除尘系统的运行管理	514	第20章 包装 杨福馨	574
17.4.5 除尘器系统的控制技术	516	20.1 概述	574
主要参考文献	516	20.1.1 粉体受环境因素的制约	574
第18章 料仓 韩仲琦	517		

20.1.2	粉体包装受包装材料制约	574	21.5.6	按混合物料来分	601
20.1.3	粉体包装受包装技术与方法的制约	574	21.6	混合设备的选择原则	602
20.1.4	粉体包装需要进行的特殊的技术处理	574		主要参考文献	603
20.2	粉体包装技术设计——充填		第 22 章 造粒技术 崔福德		604
	原理	575	22.1	概述	604
20.2.1	充填阶段确定	575	22.1.1	造粒定义	604
20.2.2	落料机理	575	22.1.2	造粒的目的	604
20.2.3	装填阶段分析	577	22.1.3	造粒物的特性评价	604
20.3	粉体包装材料及容器	579	22.1.4	造粒方法的分类	605
20.3.1	粉体包装材料	579	22.2	造粒物的成形机理	605
20.3.2	粉体包装容器与包装形式	580	22.2.1	粒子间的结合力	605
20.4	粉体包装技术及设备	583	22.2.2	液体的架桥机理	606
20.4.1	容积式充填计量包装技术及设备	583	22.2.3	颗粒的成长机理	607
20.4.2	称量式充填计量包装技术及设备	585	22.2.4	从液体架桥到固体架桥的过渡	608
20.5	粉体袋装工艺实例	588	22.3	湿法造粒方法与设备	608
	主要参考文献	589	22.3.1	湿法造粒常用胶黏剂	609
第 21 章 混合 张庆今		590	22.3.2	湿法造粒方法与设备	610
21.1	概述	590	22.4	干法造粒及设备	620
21.2	混合原理	591	22.5	熔融造粒与设备	621
21.2.1	混合机理	591	22.5.1	喷雾凝固造粒法	621
21.2.2	混合过程	592	22.5.2	流化熔融造粒法	622
21.3	混合效果的评价	592	22.5.3	熔融包衣法	622
21.3.1	混合均匀性概念	592	22.6	包衣技术与设备	622
21.3.2	样品的合格率	593	22.6.1	糖包衣工艺与材料	622
21.3.3	标准偏差	593	22.6.2	薄膜包衣工艺与材料	623
21.3.4	离散度和均匀度	595	22.6.3	包衣设备	624
21.3.5	混合指数和混合度	595		参考文献	627
21.3.6	混合速度	596	第 23 章 颗粒表征与测量 马兴华		
21.3.7	混合的动力消耗	597		董青云 张福根	628
21.4	影响混合的因素	597	23.1	颗粒表征	628
21.4.1	物料的物理性质对混合的影响	597	23.1.1	颗粒的粒度、粒径表征	628
21.4.2	混合机结构形式对混合的影响	598	23.1.2	颗粒的形状	637
21.4.3	操作条件对混合的影响	598	23.2	沉降法粒度测试原理与应用	648
21.5	混合设备	600	23.2.1	概述	648
21.5.1	按操作方式来分	600	23.2.2	原理	649
21.5.2	按设备运转形式来分	601	23.2.3	样品制备	655
21.5.3	按工作原理来分	601	23.2.4	沉降式粒度分布仪及其应用	657
21.5.4	按混合方式来分	601	23.2.5	目前市售沉降粒度仪的性能特点概述	660
21.5.5	按混合与分料机理来分	601	23.3	激光粒度测量法	663
			23.3.1	测量原理	663
			23.3.2	仪器结构	665
			23.3.3	性能特点	665

23.4	电阻法(库尔特)颗粒计数器	666	23.5.1	液体透过法	668
23.4.1	测量原理	666	23.5.2	气体吸附法	669
23.4.2	计数器结构	667	参考文献		670
23.4.3	性能特点	667	其他参考文献		670
23.5	比表面积测量	668			

下篇 粉体技术的应用

第24章 粉体技术在塑料中的应用

刘英俊	673	24.7	粉体与塑料的混合、混炼	699
24.1	粉体材料在塑料中的作用及其重要性	24.7.1	混合与混炼概念	699
24.2	粉体材料在我国塑料工业中应用现状	24.7.2	混合与混炼结果的判定	699
24.2.1	粉体材料在我国塑料工业中应用的历程	24.7.3	混合混炼设备	701
24.2.2	粉体材料填充改性塑料技术及应用现状	24.8	粉体材料在塑料中的应用实例	703
24.3	塑料填充改性常用的粉体材料的特性	24.8.1	填充母料	703
24.4	塑料填充改性常用的粉体材料	24.8.2	增韧型 CaCO ₃ -聚烯烃复合材料	705
24.4.1	碳酸钙	24.8.3	家电壳体用无机粉体-聚丙烯复合材料	707
24.4.2	滑石粉	24.8.4	光钙型环境友好塑料	708
24.4.3	高岭土	24.8.5	煤系高岭土	709
24.4.4	云母粉	24.8.6	微发泡聚氯乙烯-木粉复合材料	710
24.4.5	硅灰石粉	24.8.7	抗菌塑料	711
24.4.6	镁、铝氢氧化物	24.8.8	新型增强、阻燃纤状粉体材料	712
24.4.7	炭黑	24.8.9	汽车、家电用改性塑料专用料	713
24.4.8	金属粉末	参考文献		714
24.4.9	木粉	第25章	粉体技术在橡胶工业中的应用	
24.4.10	淀粉	吕百龄		716
24.4.11	粉煤灰玻璃微珠	25.1	概述	716
24.4.12	蒙脱土	25.2	对橡胶用粉体材料的要求	717
24.5	粉体填料的表面处理	25.2.1	一般要求	717
24.5.1	表面处理的必要性	25.2.2	性能要求	717
24.5.2	填料表面处理应遵循的原则	25.3	粉体配合剂分类及主要品种	718
24.5.3	表面处理剂及处理方法	25.3.1	功能型配合剂	718
24.5.4	表面处理工艺及设备	25.3.2	非功能型配合剂	719
24.5.5	表面处理的表征	25.4	粉体配合剂的表面改性	719
24.6	填充塑料的性能	25.4.1	改性原理和方法	719
24.6.1	填充塑料的加工性能	25.4.2	改性工艺及设备	724
24.6.2	填充塑料的力学性能	25.5	纳米材料特性及应用	725
24.6.3	填充塑料的其他性能	25.5.1	基本特性	725
		25.5.2	应用现状	726
		25.5.3	发展前景	728

25.6	废旧橡胶制品的回收利用	728	28.2.7	超低温粉碎机	797
25.6.1	回收利用的意义和现状	728	28.3	超细粉碎的应用	797
25.6.2	废旧轮胎处理工艺技术	729	28.3.1	液体超细粉碎食品(湿法生产)	797
25.6.3	胶粉的活化改性	730	28.3.2	酱体超细粉碎食品(湿法生产)	798
25.6.4	胶粉的分类和应用	730	28.3.3	粉体超细粉碎食品(干法生产)	798
	主要参考文献	732	28.4	发展趋势	799
第26章	粉体技术在涂料工业中的应用			主要参考文献	799
	黄天源	733	第29章	粉体技术在药物中的应用	
26.1	涂料用粉体材料定义	733		崔福德	801
26.2	超细粉体材料在涂料中的作用	734	29.1	概述	801
26.3	体质颜料主要物理特性对涂料的影响	736	29.2	粉体性质对固体制剂生产及质量的影响	802
26.4	常用体质颜料的选择	737	29.2.1	固体制剂的工艺路线	802
26.5	选择混合使用体质颜料是涂料的特定要求	738	29.2.2	粉体性质与药物混合均匀度	802
26.6	体质颜料加工工艺发展趋向对涂料的影响	738	29.2.3	粉体的流动性与制剂生产	803
	主要参考文献	739	29.2.4	粉体充填性与计量方法	805
第27章	粉体技术在造纸工业中的应用		29.2.5	粉体压缩成形性对片剂质量的影响	806
	宋宝祥	740	29.3	粉体性质对制剂质量的影响	809
27.1	造纸用矿物材料种类与分类	740	29.3.1	对崩解度的影响	809
27.2	造纸用粉体矿物填料和涂料颜料	743	29.3.2	对溶出度的影响	810
27.2.1	纸张填料	743	29.4	粉体性质对生物利用度和疗效的影响	810
27.2.2	纸张涂布颜料	744	29.5	粉体技术与制剂现代化	812
27.3	常用矿物粉体填料与颜料	749	29.5.1	纳米粒在制剂中的应用	812
27.3.1	碳酸钙	749	29.5.2	超微粉碎技术在中药制剂中的应用	813
27.3.2	高岭土	764	29.5.3	微粒包衣技术的发展与制剂新剂型的开发	813
27.3.3	滑石	777	29.6	展望	814
第28章	粉体技术在农产品、食品及保健食品中的应用			参考文献	814
	沈再春 沈群	781	第30章	粉体技术在饲料工业中的应用	
28.1	粒度对粉碎的要求	781		牟永义	815
28.1.1	粒度与小麦粉加工品质的关系	781	30.1	配合饲料基础	815
28.1.2	花粉、灵芝孢子粉及大豆奶粉的粒度与消化吸收利用的关系	783	30.1.1	饲料中的营养物质	815
28.1.3	粒度与中草药生物利用率的关系	787	30.1.2	饲料分类	815
28.1.4	粒度与加工工艺的关系	788	30.1.3	饲料原料的种类	816
28.2	常用的粉碎设备	789	30.1.4	配合饲料加工工艺流程和工序简介	817
28.2.1	冲击式粉碎机械	789	30.2	饲料粉碎	818
28.2.2	磨碎机	791	30.2.1	粉碎的目的	818
28.2.3	切碎机	794	30.2.2	粉碎粒度对饲料性能的影响和	
28.2.4	超声波粉碎机	797			
28.2.5	胶体磨和均质机	797			
28.2.6	纳米超高压均质粉碎机	797			

粉碎方法	818	31.4 滑石	858
30.2.3 粒度测定及其表示方法	819	31.5 云母	859
30.2.4 锤片粉碎机	819	31.6 石墨	861
30.2.5 微粉碎机和超微粉碎机	821	31.6.1 胶体石墨	862
30.2.6 其他类型粉碎机	822	31.6.2 石墨乳	863
30.2.7 粉碎工艺	823	31.7 硅灰石	864
30.3 饲料配料计量和混合	825	31.8 锆英石	865
30.3.1 配料装置	825	参考文献	866
30.3.2 配料工艺流程	826	第 32 章 粉体技术在精细陶瓷中的应用	
30.3.3 饲料混合	827	李竟先	867
30.3.4 混合质量	830	32.1 概述	867
30.4 饲料添加剂预混合	830	32.2 合成与制备技术的应用	868
30.4.1 预混料特点和生产基本		32.3 表面处理技术的应用	876
要求	831	32.4 改性技术的应用	878
30.4.2 原料的选择与处理	831	32.4.1 机械力化学改性	878
30.4.3 预混料的加工工艺	832	32.4.2 掺杂改性	881
30.4.4 预混料加工设备	833	32.4.3 稀土改性	882
30.5 饲料制粒及饲料加工相关工序	833	32.4.4 颗粒、晶须和纤维增韧增强	882
30.5.1 颗粒饲料的优点	833	32.4.5 颗粒表面无机包覆改性	886
30.5.2 制粒系统的工艺流程	834	32.4.6 其他改性方法	892
30.5.3 制粒中的液体添加和调质	834	32.5 颗粒性能的应用	892
30.5.4 制粒机	835	参考文献	895
30.5.5 制粒后处理设备	836	第 33 章 粉体技术在油墨和墨粉制备	
30.5.6 饲料加工相关工序	837	中的应用 张强	900
30.6 饲料原料和饲料添加剂加工	838	33.1 概述	900
30.6.1 草粉和叶粉加工	838	33.2 粉体技术在油墨生产中的应用	901
30.6.2 棉籽饼粕工业脱毒	839	33.2.1 油墨的分类和成分	901
30.6.3 家禽屠宰副产物加工饲料用		33.2.2 传统油墨的生产工艺	901
蛋白粉	840	33.2.3 传统油墨的生产设备	902
30.6.4 酒精厂糟液制取饲用		33.2.4 高档油墨的生产工艺	907
DDGS	840	33.2.5 珠磨机在油墨制造工艺中的	
30.6.5 饲料添加剂维生素 A 微胶囊		应用	908
及造粒加工	841	33.3 粉体技术在墨粉生产中的应用	909
主要参考文献	842	33.3.1 墨粉的分类和成分	909
第 31 章 粉体技术在非金属矿加工中的应用		33.3.2 混融法生产工艺	909
郑水林	843	33.3.3 混融法生产墨粉的设备	909
31.1 概述	843	33.3.4 聚合法生产工艺	914
31.2 重质碳酸钙	844	33.3.5 聚合法生产设备	915
31.2.1 干法生产线	844	33.4 粉体技术在喷墨打印墨水生产	
31.2.2 湿法生产线	846	中的应用	918
31.2.3 干、湿组合生产线	850	33.4.1 喷墨打印机技术的特点及	
31.3 高岭土	854	原理	918
31.3.1 概述	854	33.4.2 喷墨打印墨水的分类和特性	918
31.3.2 软质高岭土	855	33.4.3 喷墨打印墨水的组成	919
31.3.3 煅烧高岭土	856	33.4.4 喷墨打印墨水的制备方法及	

主要设备	920
主要参考文献	921
第 34 章 粉体技术在金属基复合材料中的	
应用 贾成厂	922
34.1 概述	922
34.1.1 复合材料的定义与分类	922
34.1.2 金属基复合材料的特征	924
34.2 增强体颗粒	925
34.2.1 概述	925
34.2.2 金属基复合材料强化用颗粒	926
34.2.3 强化用颗粒的制备方法	926
34.3 颗粒(分散)强化金属基复合材料的	
制备方法	933
34.3.1 成型与固结	933
34.3.2 利用液相的制备方法	935
34.4 颗粒(分散)增强金属基复合	
材料的特性	937
34.4.1 物理性能	937
34.4.2 力学性能	937
34.4.3 制备方法与强度的关系	938
34.4.4 高温性能	939
34.4.5 分散强化与固溶强化的结合	940
34.4.6 储能能的作用	941
第 35 章 粉体技术在粉末冶金工业中的	
应用李森蓉等	943
35.1 概述	943
35.1.1 粉末冶金技术的发展	943
35.1.2 粉末冶金工艺的优越性	943
35.1.3 粉末冶金材料的分类	944
35.2 粉末冶金中的粉体技术	945
35.2.1 原料制备中的粉体技术	945
35.2.2 成型工艺中的粉体技术	946
35.2.3 烧结工艺中的粉体技术	949
35.3 金属粉末的制备工艺	950
35.3.1 金属粉末制取方法的分类	950
35.3.2 钢铁粉末的制取工艺	951
35.3.3 有色金属粉末制取的工艺	954
35.4 金属粉末材料的特性和技术标准	957
35.4.1 部分金属粉末材料的性能	
及检测	957
35.4.2 部分金属粉末材料的技术	
标准	959
35.5 制取金属粉末的主要设备	961
35.5.1 机械粉碎设备	961
35.5.2 超细粉碎设备	967

35.5.3 雾化制粉设备	969
主要参考文献	970
第 36 章 粉体技术在磨料中的应用	
王晓刚	971
36.1 磨料术语	971
36.1.1 一般术语	971
36.1.2 普通磨料术语	972
36.1.3 超硬磨料术语	973
36.1.4 其他术语	973
36.2 磨料的基本性质	973
36.2.1 硬度	973
36.2.2 韧性和脆性	974
36.2.3 耐高温性	974
36.2.4 可加工性	974
36.2.5 与被加工材料不易产生	
化学反应	975
36.3 磨料的分类、品种及其用途	975
36.3.1 磨料分类	975
36.3.2 品种及其用途	975
36.4 各类磨料粉体的粒度组成	977
36.4.1 涂附磨具用磨料粉体的粒度	
组成	977
36.4.2 固结磨具用磨料粉体的粒度	
组成	979
36.4.3 超硬磨料粉体的粒度组成	981
36.5 各类磨料的技术要求	982
36.5.1 棕刚玉	982
36.5.2 白刚玉	984
36.5.3 黑刚玉	985
36.5.4 铬刚玉	985
36.5.5 碳化硅	986
36.5.6 石榴石磨料	987
36.5.7 人造金刚石	988
36.5.8 立方氮化硼	989
36.6 涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理	
用金属磨料的技术要求	989
36.6.1 磨料类型	989
36.6.2 初始颗粒形状	989
36.6.3 颗粒尺寸范围	989
36.7 涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理	
用非金属磨料的技术要求	990
36.7.1 磨料类型	990
36.7.2 初始颗粒形状	990
36.7.3 颗粒尺寸范围	991
36.8 涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理用	

非金属磨料铜精炼渣的技术要求	991	37.6.3 高铝砖	1031
36.8.1 颗粒尺寸范围	991	37.6.4 铝铬碳制品	1032
36.8.2 要求	991	37.6.5 碳复合制品	1033
主要参考文献	992	37.7 碱性耐火制品	1034
第 37 章 粉体技术在耐火材料中的应用		37.7.1 镁砖及镁硅砖	1034
孙钦英	993	37.7.2 镁铝砖	1035
37.1 耐火材料的性质	996	37.7.3 镁铬砖	1036
37.1.1 致密定型耐火制品的显气孔率、		37.7.4 镁钙砖及镁铝砖	1036
吸水率、体积密度和真			
气孔率	997		
37.1.2 透气度	998		
37.1.3 耐火制品热膨胀	998		
37.1.4 耐火制品常温弯曲强度	999		
37.1.5 致密定型耐火制品常温			
耐压强度	999		
37.1.6 耐火制品高温弯曲强度	1000		
37.1.7 耐火制品压蠕变	1000		
37.1.8 致密定型耐火制品重烧			
线变化	1000		
37.1.9 耐火材料耐火度	1001		
37.1.10 致密定型耐火制品荷重			
软化温度	1001		
37.2 耐火材料原料	1001		
37.2.1 原料的选择	1001		
37.2.2 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 原料	1003		
37.3 碱性耐火原料	1014		
37.3.1 菱镁矿	1014		
37.3.2 镁砂	1015		
37.3.3 白云岩	1017		
37.3.4 尖晶石族矿物	1018		
37.3.5 镁橄榄石	1021		
37.4 锆英石和斜锆石	1022		
37.4.1 锆英石(锆石)	1022		
37.4.2 斜锆石	1023		
37.5 耐火材料生产基本工艺原理	1024		
37.5.1 耐火原料选矿与提纯	1024		
37.5.2 原料的煅烧	1026		
37.5.3 原料的破粉碎	1027		
37.5.4 机械化学和超细粉	1027		
37.5.5 助磨剂	1028		
37.6 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系耐火制品	1029		
37.6.1 硅质耐火制品	1029		
37.6.2 黏土砖 Al_2O_3 含量为 30%~			
48%的 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系耐火			
材料	1031		
		第 38 章 粉体技术在水泥中的应用	
		韩仲琦	1039
		38.1 概述	1039
		38.2 粉体技术与水泥工业的关系	1040
		38.2.1 水泥颗粒的大小	1040
		38.2.2 水泥物性	1040
		38.2.3 粉体的流动性	1040
		38.2.4 粉体技术与水泥工业的	
		关系	1041
		38.3 粉体技术在水泥工业中成功应用的	
		实例	1044
		38.3.1 原料预均化和生料均化	1044
		38.3.2 旋风预热器和分解炉	1045
		38.3.3 立磨(辊式磨)与辊压机	1046
		38.3.4 水泥熟料的预粉磨	1048
		38.3.5 超细粉碎	1049
		38.3.6 料仓设计	1049
		38.3.7 收尘技术	1050
		38.3.8 水泥细度表征技术的进步	1051
		38.4 水泥加工中的粉体故障及对策	1052
		38.4.1 料仓内的结皮架桥和堵塞	1052
		38.4.2 旋风预热器的结皮和堵塞	1053
		38.4.3 排拱助流措施	1053
		38.5 从粉体技术观点出发对水泥工业	
		技术进步的展望	1054
		38.5.1 基础理论方面	1054
		38.5.2 水泥颗粒微细化	1055
		38.5.3 水泥性能的改进	1055
		38.5.4 机械设备	1056
		38.5.5 混合料资源化	1056
		38.5.6 生态水泥的开发与绿色水泥	
		工业	1057
		主要参考文献	1057
		第 39 章 粉体技术在基本化工中的应用	
		张华谷	1058
		39.1 合成氨厂的造气	1059
		39.1.1 造气用煤	1059

41.4 水煤浆的制备工艺	1126	治理	1162
41.4.1 制浆工艺主要环节与功能	1126	42.3.2 工业粉尘的预防和治理	1164
41.4.2 制浆工艺	1127	主要参考文献	1169
41.5 主要设备	1129	第 43 章 粉体技术在河流治理中的应用	
41.5.1 破碎机	1129	李书霞 张俊华	1170
41.5.2 磨机选型及参数计算	1130	43.1 河流泥沙特性	1170
41.5.3 搅拌设备	1136	43.1.1 河流泥沙的来源	1170
41.5.4 泵送设备	1140	43.1.2 泥沙特性	1171
41.5.5 滤浆设备	1141	43.2 泥沙在河流中的运动规律	1176
参考文献	1143	43.2.1 推移质运动	1176
第 42 章 粉体技术与环境保护		43.2.2 悬移质运动	1180
王明星	1145	43.2.3 水流挟沙力	1182
42.1 粉体的来源及其对环境的影响	1145	43.2.4 高含沙水流	1183
42.1.1 粉体的产生过程	1145	43.2.5 水库异重流	1184
42.1.2 粉体污染物及其影响	1146	43.3 泥沙模型试验	1187
42.2 粉体污染物的监测与评价	1154	43.3.1 模型沙选择及特征	1187
42.2.1 粉体污染物的采样和监测	1154	43.3.2 高含沙洪水模型相似理论	
42.2.2 粉体污染的评价方法	1156	及条件	1191
42.3 粉体污染的防治	1162	43.3.3 泥沙模型设计实例	1193
42.3.1 沙尘和局地扬尘的预防和		参考文献	1194