

78.132
161(3)

顆 粒 大 小 測 定

(第 三 版)

[英] T·艾伦 著

喇华璞 童三多 施娟英 译

中國輕工出版社

本书原版初版于1968年，再版于1975年，1981年出第三版。内容主要介绍：粉末的取样；颗粒的形状和分布；筛分；显微镜；重力场中颗粒和流体的相互影响；粉状物料的分散度；增量沉降法；累积沉降法；流体分散；离心法；电感法；射线散射法；渗透和气体扩散；气体吸附；测定表面积的其他方法；孔径测定；水银测孔仪；在线颗粒大小分析等，还介绍了很多仪器设备，书后还附有习题。

本书适合于建材、冶金、化工、轻工、食品、医药、地质、石油、环保等工业中涉及粉体的科研单位和工厂的科技人员阅读，也可供仪器制造的技术人员参考，并可作为大学生和研究生的重要参考文献。

本书第一章至第六章由喇华璞译，第七章至十二章、第二十章和习题由童三多译，第十三章至第十九章由施娟英译，全书由童三多、喇华璞校对。

Particle Size Measurement 3rd ed

(Powder Technology Series)

Allen, T.

Chapman & Hall 1981

* * *

颗粒大小测定

(第三版)

喇华璞 童三多 施娟英 译

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：22 字数：590千字

1984年8月第一版 1984年8月第一次印刷

印数：1—5,200册 定价：3.50元

统一书号：15040·1583

第一版编辑者前言

过去对粒状固体组成物系性质和状态的研究，远不及对流体的研究来得注意。但，为了提高这些系统的效率和加强对其控制，越来越有必要了解那些包括固体颗粒生产、处理和加工的工业流程。因此最近几年对固体颗粒系统性质的研究工作日益增多。这方面的成果散见于很多文献中，但许多资料一直未编成专著供学生，尤其是化工系的学生参考，以帮助他们解决在今后的工作中可能面临的固体处理问题。那些负责固体处理设备的设计和选型的工程师们，利用现有的知识也有困难，以致工业实践中常达不到应有的最佳效果。本书是粉末工艺专题丛书之第一本，希望本丛书的出版，能为读者了解这一专题各方面的现有知识提供方便。

在粉末工艺中细颗粒大小的测量是首要的基本技术，因此本书理应为这套丛书的第一专题。例如，固体颗粒粉磨研究结果的可靠性最大程度地依赖于所用颗粒尺寸测量技术的可靠性。而测定颗粒大小的困难和限制在研究工作中往往被忽视，因此任何研究结论都成为可疑的了。所以对每一个从事粉末工艺的工作者来说，全面了解有关细颗粒大小测量方面的问题很重要。这么强调不算过分。本书作者是一位有经验的颗粒分析者，曾批判地研究过所述的大多数方法。希望本书对促进此课题作为一种有益的和重要的入门具有价值，并将有助于选择测试设备和真实评价颗粒大小测定的数值。

第一版自序

尽管人类的环境，从星际尘埃到足下的土地，都由大量细分散的物质所组成，但人类对这些物质性质的知识却惊人地不足。多年来科学家将物质分为固态、液态或气态，尽管这三态的区分常常是混淆的，但这种分类法却不适用于粉末；当粉末是静止时它是固态；充以空气时它可具有液体的性质；当悬浮于气体中时又具有某些气体的性质。

现在人们广泛地认识到粉末工艺应作为单独的研究领域。这门科学在工业上的应用是影响深远的。细颗粒的大小在许多重要方面影响粉末的性质。例如它决定水泥的凝结时间、决定颜料着色的能力、以及化学催化剂的活性；此外粉末颗粒的大小对食品的味道、药物的效力和冶金粉末的烧结收缩等也有很大的影响。测定颗粒大小对粉末工艺正象测温学对研究热学一样重要。并象早期的测温学一样同样地在不断变化。

只有颗粒是球状体时其尺寸才能用一个数字来完整地描述之。然而，颗粒分析者所必须测定的颗粒却极少是球形的，此外，任何系统中颗粒尺寸大小可能有过分大的范围以致不能用一种方法加以测定。V.T.Morgan 讲过一个故事：有些火星人带着测量人类住房尺寸大小的任务来到地球上。火星人自己的住房是球形的，所以当其中之一降落在北极时很容易分辨出爱斯基摩人的房屋是具有可测直径的半球形。另一个火星人降落到北美州，可以分辨印第安人小屋是具有可测其高度和底面积的圆锥体。降落在纽约者分辨出建筑物是具有三边互相垂直的立方体。可是降落在伦敦者却目瞪口呆不知所措而终于自戕。本书目的之一就是要减少出现这类悲剧的可能性。上述故事说明欲用一种尺

寸来定颗粒大小的企图可能遇到的困难。测定多种尺寸来定颗粒大小的唯一办法是显微镜法。不过对某特定的系统可以用两种分析方法测出重要尺寸的平均比率，并找出两种平均颗粒大小的比率。由于颗粒大小的范围很宽，所要决定的受颗粒大小支配的物系性质往往不一样，所以测定的方法也是多样化的；一把12英寸的尺不能满足测量以英里计或以千分之几英寸计的长度之需要，所以测定颗粒的容积或表面积的方法也是有限制的。在决定选用何种测定方法时，分析者应首先考虑测定颗粒大小的目的。一般并不是单纯为测其大小而测定。在某种情况时重要的是只要有可能应直接测定欲知的物系性质，而不是先测出颗粒的大小从而推导出物系的性质。例如：为了预告大气污染的程度而测定飞灰的“大小”时应测定颗粒的最终速度；决定催化剂的反应能力的因素是比面积，故测定其“大小”时应测定的比面积。接着应考虑仪器设备的价格，使用的难易，以及测定所需时间的长短。最终的标准是：所用的方法可以知道相应的颗粒性质，在合理的价格下有足够的准确性，测定所需的时间要满足应用这些结果的需要。

我们希望本书能帮助读者选择最佳的方法。作者本来打算介绍测定颗粒大小的方法的现状，但必须强调指出还有相当数量的研究和开拓工作正在进行中，故对此课题需经常加以补充。在英国研究颗粒大小测量方法的组织增加的事实说明了大家对这个领域感兴趣的程度。作者是分析化学协会颗粒大小分析组主席。英国药物学会和英国标准协会也成立了另一些委员会，还有许多别的团体将测定颗粒大小作为参考项目。在伦敦的罗包劳大学和布腊德弗德大学分别举行过国际论文会，作者与布腊德弗德大学有联系。本书是作为粉末工艺学研究生的教材而著，并相信有更大范围的读者将对此书感兴趣。

T·艾伦

于布腊德弗德大学
粉末工艺研究生院

第三版序言

从读者对本书的反映受到鼓励，因而写了第三版。自第二版问世五年来有很多工艺技术改变，为了包含这些改变，有必要扩充本版的内容。

关于开头有关取样的三章，我遗憾地注意到违反“取样黄金规则”者多于应用该规则者。有利的一面是人们更加明瞭对环境监督和控制的需要。第四章的内容扩充很多，并增加了用数学处理颗粒尺寸数据的德国方法。为了对盘式离心机作充分的说明故对有关离心法的章节作了扩充，同时为了充分说明 Coulter 原理的第十三章也扩充了。关于比表面积测定的几章也扩充了，在不小的程度上是由于对这个参数的巨大的兴趣，这个参数有了相当多的重要进步。将孔的大小的测定扩充成两章，并且最后增加了新的一章“在线颗粒大小分析”。在写新的这一章时，我的同事 N.G. Stanley-Wood 博士允许我广泛地借用他的讲课笔记，兹特表谢意。

我衷心希望在这本书里你们找到有关这种特殊分析领域中的充分说明。尽管尽了最大努力难免仍有疏漏和错误，我对曾指出书中的疏误者谨致谢意并望他们今后仍然继续指正。

T·艾伦

目 录

第一版编辑者前言

第一版自序

第三版序言

第一章 粉末的取样	1
1.1 引言	1
1.2 理论	1
1.3 取样的黄金规则	5
1.4 大量物料中的取样	5
1.4.1 从移动的粉料中取样(6) 1.4.2 从输送带上或溜子中取样(12) 1.4.3 斗式输送机的取样(12) 1.4.4 袋中取样(12) 1.4.5 取样器(13) 1.4.6 在车厢和容器内取样(15) 1.4.7 料堆中取样(15)	
1.5 稀浆的取样	17
1.6 试样的缩分	19
1.6.1 勺取法(19) 1.6.2 锥形四分法(22) 1.6.3 盘式缩分器(22) 1.6.4 叉溜式缩分器(23) 1.6.5 旋转格槽缩分器(24)	
1.7 其它装置	26
1.8 从试验室试样缩分为分析样	28
1.9 从分析试样缩分至测定试样	30
1.10 试样缩分法之测试	30
第二章 气流中含尘气体的取样	33
2.1 引言	33
2.2 基本取样程序	36
2.2.1 取样的位置(36) 2.2.2 温度和速度的测定(38)	
2.2.3 取样点(38)	
2.3 取样装置	41
2.3.1 取样嘴(41) 2.3.2 粉尘试样收集器(44) 2.3.3	

辅助设备 (48)	2.3.4 在线粉尘的抽取 (49)	2.3.5 Andersen 烟囱取样器 (50)
2.4 非等动取样的校正	51	
2.5 取样头的定位	57	
2.6 放射法	57	
第三章 从大气中取样和测定颗粒大小	62	
3.1 引言	62	
3.2 惯性法	67	
3.3 过滤法	78	
3.4 静电集尘法	80	
3.5 荷电和迁移率	83	
3.6 热沉淀法	85	
3.7 石英微天平	88	
3.8 光散射法	89	
3.8.1 讨论 (99)		
3.9 其它的测定方法	99	
第四章 颗粒的大小、形状和分布	108	
4.1 颗粒的大小	108	
4.2 颗粒的形状	112	
4.2.1 形状系数 (113)	4.2.2 形状因素 (115)	4.2.3 形状因素和形状系数的应用 (118)
4.2.4 形状指数 (124)	4.2.5 Fourier 方法再现形状 (125)	4.2.6 结构表面的部分尺寸表征 (125)
4.3 从颗粒大小分布数据决定比面积	126	
4.3.1 颗粒个数分布 (126)	4.3.2 表面分布 (128)	4.3.3 体积分布 (128)
4.4 颗粒个数、表面和质量之间的颗粒大小分布的转换	128	
4.5 平均直径	131	
4.6 颗粒的分散	136	
4.7 表示颗粒大小分析数据的方法	137	
4.8 将累积分布曲线改成直线的方法	140	
4.8.1 算术正态分布 (140)	4.8.2 对数-正态分布 (143)	
4.8.3 Rosin-Rammler 分布 (146)	4.8.4 Rosin-Ra-	

mmmler分布的平均颗粒大小和比表面积的计算(147)	4.8.5 其
它颗粒大小分布方程(147)	4.8.6 双参数方程的简化(148)
4.8.7 在对数-正态坐标纸上计算非线性分布(148)	4.8.8
从平行的对数-正态曲线推导形状因素(151)	
4.9 补偿误差的定律	152
4.10 对于频率分布的另一种符号	156
4.10.1 符号(156)	4.10.2 分布的矩量(157)
4.10.3 从 $q_r(x)$ 转变为 $q_r(x)$ (157)	4.10.4 矩量之间的关系(158)
4.10.5 分布的平均(158)	4.10.6 标准偏差(159)
4.10.7 “偏差”系数(160)	4.10.8 应用(160)
4.10.9 横座标的变换(162)	
4.11 ϕ 符号	163
4.12 对数-概率方程的运算	164
4.12.1 平均尺寸(166)	4.12.2 推导的平均尺寸(167)
4.12.3 从个数的对数-正态分布转换为重量的对数-正态分布(168)	
4.13 对数-正态分布的中值和频率最高值之间的关系	169
4.14 对数-正态计算的改进方程和图纸	169
4.14.1 应用(170)	
第五章 筛分	173
5.1 引言	173
5.2 编丝筛和板上冲孔筛	174
5.3 电成型微孔筛	175
5.4 英国标准规格筛	178
5.5 应用细筛的各种方法	180
5.5.1 机械筛分(180)	5.5.2 湿法筛分(181)
5.5.3 手筛(183)	5.5.4 空气喷射筛分(184)
5.5.5 声筛法(185)	5.5.6 淘筛法(186)
5.5.7 自组筛(SORSI)(187)	
5.6 筛分误差	188
5.7 筛分过程的数学分析	190
5.8 筛子的标定	193
第六章 显微镜	197
6.1 引言	197

6.2 光学显微镜	197
6.2.1 试样的制备 (199)	
6.2.2 测定通过填实床平断面所得之颗粒大小分布 (201)	
6.3 颗粒的大小	202
6.4 透射电子显微镜 (TEM)	203
6.4.1 试样标本的制备 (204)	
6.4.2 复制和影印术 (206)	
6.4.3 化学分析 (207)	
6.5 扫描电子显微镜 (SEM)	207
6.6 人工法测定颗粒大小	209
6.6.1 测微尺 (210)	
6.6.2 操作者的培训 (212)	
6.7 显微镜半自动化测定辅助装置	213
6.8 自动计量颗粒数目和测定颗粒大小	220
6.9 定量影象分析仪	221
6.10 改进标本的技术	222
6.11 显微镜计数测定颗粒大小的统计研究	223
6.11.1 测定频率分布 (221)	
6.11.2 测定重量分布 (224)	
6.12 结论	224
第七章 在重力场中颗粒与流体之间的相互影响	229
7.1 引言	229
7.2 球体颗粒在液体中沉降时阻力系数与雷诺数之关系	231
7.3 层流区	232
7.4 层流沉降之临界直径	233
7.5 颗粒的加速度	234
7.6 因流体的有限范围所引起的误差	235
7.7 流体的不连续性造成的误差	237
7.8 布朗运动	238
7.9 悬浮物的粘度	241
7.10 过渡区内终极速度的计算	241
7.11 湍流区	246
7.12 非刚性球体	247
7.13 非球形颗粒	248
7.13.1 斯托克斯区 (248)	
7.13.2 过渡区 (251)	
7.14 浓度的影响	252

7.15 阻滞沉降	258
7.15.1 低浓度效应 (258) 7.15.2 高浓度效应 (259)	
7.16 电粘滞性	261
第八章 粉状物料的分散	264
8.1 讨论	264
8.2 应用润滑剂改善干粉末的流动性	270
8.3 密度的测定	271
8.4 粘度	275
8.5 沉降系统	276
8.6 一些水溶液的密度和粘度	282
8.7 标准粉	283
第九章 颗粒大小分析的增量沉降法	289
9.1 基本原理	289
9.1.1 在沉降悬浮液范围内浓度变化 (289) 9.1.2 密度梯度 与浓度间的关系 (290)	
9.2 增量法的分辨率	291
9.3 移液管法	292
9.3.1 实验误差 (296)	
9.4 光沉降法	299
9.4.1 引言 (299) 9.4.2 理论 (299) 9.4.3 消光系数 (301) 9.4.4 光沉降仪 (303) 9.4.5 讨论 (305)	
9.5 X射线沉降	306
9.6 比重计法	310
9.7 沉没子	313
9.8 比重天平	314
9.9 附录: 实例	315
9.9.1 宽角度扫描光沉降仪; 二氧化硅的分析 (315) 9.9.2 从面积分布转换成重量分布 (316) 9.9.3 LADALX射线沉积 仪; 氧化钨的分析 (316)	
第十章 颗粒大小分析的累积沉降法	321
10.1 引言	321
10.2 线始法	321
10.3 均匀悬浮系	322

10.4	沉积天平	325
10.4.1	Gallenkamp天平(327)	
10.4.2	Sartorius天平(328)	
10.4.3	Shimadzu天平(330)	
10.4.4	其它天平(330)	
10.5	粒度计	332
10.6	空气粉尘粒径测定器	333
10.7	沉降柱	334
10.8	测压法	338
10.9	用沉降管壁上的压力测定法	339
10.10	沉淀分离法(泌液法)	339
10.11	β 射线反回散射法	341
10.12	讨论	343
10.13	附录: 根据累积沉降法结果计算颗粒分布的近似法	344
第十一章 流体分级		350
11.1	引言	350
11.2	分级器效率的评价	350
11.3	分级器系统	356
11.4	在重力场中的相对流动平衡分级器——离析器	357
11.4.1	水离析器(360)	
11.4.2	空气离析器(363)	
11.4.3	曲折形分级器(366)	
11.5	正交流动重力分级器	367
11.5.1	Warmain旋流粒度分析器(367)	
11.6	在离心场中相对流动平衡分级器	368
11.6.1	Bahco分级器(368)	
11.6.2	BCURA离心离析器(369)	
11.6.3	在液体悬浮液中离心离析(369)	
11.7	离心场中正交流动平衡分级器	369
11.7.1	Analysette 9(369)	
11.7.2	Donaldson分级器(370)	
11.7.3	微粒分级器(371)	
11.8	其他型的商品分级器	372
11.9	流体动力色层分离法	372
第十二章 离心法		375
12.1	引言	375
12.2	斯托克斯直径的测定	376
12.3	线始法	377

12.3.1 理论 (377)	12.3.2 利用测光分析法的线始法 (377)
12.3.3 早期仪器: Marshall离心机和MSA颗粒大小分析仪 (380)	
12.3.4 光学离心机 (381)	12.3.5 Joyce-Loebl盘式离心机 (383)
12.4 均匀悬浮液	385
12.4.1 与离心轴距离相比沉降高度较小 (385)	
12.5 均匀悬浮液累积沉降法的理论	385
12.6 变动时间法 (P 随时间 t 而变动)	387
12.7 变动内径法 (P 随 S 而变动)	388
12.8 离心管的形状	389
12.9 另一种理论 (P 随 S 变化)	390
12.10 可变的外部半径 (P 随 R 而变化)	391
12.11 用均匀悬浮液的增量法	392
12.11.1 Simcar离心机 (392)	12.11.2 一般原理 (392)
12.12 LADAL X射线离心机	399
12.13 LADAL移液管离心法	403
12.13.1 LADAL移液管法的理论	404
12.14 高速离心机	409
12.15 超速离心机	411
12.16 结论	412
12.17 附录: 实例	414
12.17.1 Simcar离心机 (414)	12.17.2 X射线离心机 (416)
12.17.3 LADAL移液管离心机 (417)	
第十三章 电感应法测定颗粒大小的分布 (Coulter原理)	421
13.1 引言	421
13.2 操作	422
13.3 校正	423
13.4 结果的计算	426
13.5 理论	428
13.6 颗粒形状和方位的影响	431
13.7 重合修正	432
13.8 脉冲形状	436
13.9 终点的确定	439
13.10 上限尺寸	440

13.11	市售仪器	441
13.12	结论	443
第十四章 测定颗粒大小的射线散射法		447
14.1	引言	447
14.2	散射射线	452
14.2.1	Rayleigh 区 ($D \ll \lambda$) (452)	
	14.2.2 Rayleigh-Gans 区 ($D < \lambda$) (452)	
14.3	散射射线的极化状态	455
14.4	浊度测量	456
14.5	高阶次Tyndall光谱 (HOTS)	458
✓ 14.6	用光衍射分析颗粒大小	459
14.7	光散射设备	460
✓ 14.8	全息照相	463
14.9	其他	463
第十五章 渗透和气体扩散		468
15.1	通过充填粉末层的粘滞流体的流动	468
15.2	另一种用当量毛细管推导Kozeny方程式的方法	470
15.3	形状系数 k	471
15.4	其他的流动方程式	473
15.5	实验应用	477
15.6	粉末层的制备	478
15.7	恒压透气仪	479
15.8	固定容积透气仪	483
15.9	细颗粒	486
15.10	流动类型	487
15.11	粘滞流动和分子流动之间的过渡区	487
15.12	测定 Z 的实验法	489
15.13	透气法表面积计算	490
15.14	扩散流动测定比表面积	492
15.15	扩散常数与比表面之间的关系	493
15.16	非稳定态的扩散流动	494
15.17	稳定态扩散流动	496
15.18	液体渗透仪	499

15.19 阻滯沉降的应用	501
第十六章 气体吸附	503
16.1 引言	503
16.2 吸附理论	504
16.2.1 理想定位单分子层的Langmuir等温线 (504)	16.2.2
多层吸附的BET等温线 (507)	16.2.3
n 层BET方程 (511)	
16.2.4 BET理论的讨论 (512)	16.2.5
BET方程的数学性质 (514)	16.2.6
吸附等温线的形状 (516)	16.2.7
BET方程式的修正 (518)	16.2.8
Hüttig方程式 (518)	16.2.9
Harkins 和 Jura的相对法 (HJr) (519)	16.2.10
BET与HJr法的比较 (521)	16.2.11
Frenkel-Halsey-Hill 方程 (FH-H) (521)	16.2.12
Dubinin-Radushkevich方程(D-R) (521)	16.2.13
V_A-t 方法 (524)	16.2.14
Kiselev方程式 (527)	
16.3 实验方法——影响吸附的各种因素	528
16.3.1 除气 (528)	16.3.2
压力 (529)	16.3.3
温度和时	
间 (529)	16.3.4
吸附质 (530)	16.3.5
实验室间的试验 (531)	
16.4 实验方法——容量法	531
16.4.1 原理 (531)	16.4.2
测定高表面积的容积法装置 (532)	
16.4.3 测定低表面积的容积法装置 (534)	
16.5 实验方法——重量法	535
16.5.1 原理 (535)	16.5.2
简单弹簧天平 (535)	16.5.3
复合弹簧天平 (536)	16.5.4
杠杆天平 (536)	
16.6 连续流动气体色谱法	538
16.6.1 市售连续流动型装置 (543)	
16.7 标准容量法气体吸附仪	544
16.7.1 实例 (545)	
16.8 市售的容量法型和重量法型仪器	547
第十七章 测定表面积的其他方法	556
17.1 引言	556
17.2 从颗粒大小分布数据计算	557
17.3 溶液吸附	558
17.3.1 固-液界面上分子的定向 (558)	17.3.2
有机液体和	
吸附剂的极性 (560)	17.3.3
有机液体和吸附剂的干燥 (561)	

17.4 固体表面上被吸附溶质的分析方法	562
17.4.1 Langmuir 槽 (562) 17.4.2 重量法(563) 17.4.3 容量法 (563) 17.4.4 Rayleigh干涉仪 (563) 17.4.5 柱塞 法 (564)	
17.5 从溶液中吸附的理论	564
17.6 从溶液中吸附的定量方法	565
17.6.1 非电解质的吸附 (565) 17.6.2 脂肪酸吸附 (565)	
17.6.3 聚合物的吸附(566) 17.6.4染料的吸附(566) 17.6.5 电解质吸附 (568) 17.6.6 银的沉积(568) 17.6.7 硝基苯 酚的吸附 (568) 17.6.8 其他系统 (569)	
17.7 液相吸附热理论	570
17.7.1 液体的表面自由能(570) 17.7.2 表面熵与表面能(571)	
17.7.3 湿润热 (571)	
17.8 静态量热计	573
17.9 流动微热量计	574
17.9.1 实验步骤——液体 (575) 17.9.2 标定 (577) 17.9.3 被吸附溶质量的测定: 预流柱法 (577) 17.9.4 气体 (578)	
17.9.5 应用于表面积测定 (579)	
17.10 密度法	579
第十八章 用气体吸附测定孔尺寸分布	583
18.1 各种测孔方法	583
18.2 Kelvin方程式	583
18.3 滞后回线	586
18.4 吸附层厚度与相对压力之间的关系	589
18.5 孔的分类	592
18.6 α_s 法	592
18.7 间隙孔的孔尺寸分布的测定	593
18.7.1 非模型法 (594) 18.7.2 圆柱形孔心模型 (597)	
18.7.3 圆柱形孔模型 (597) 18.7.4 平行板模型 (601)	
18.8 微孔分析: MP法	604
18.9 其他方法	607
第十九章 水银测孔仪	610
19.1 引言	610

19.2	文献概观	612
19.3	水银的接触角和表面张力	615
19.4	原理	616
19.5	容积分布测定理论	618
19.6	表面分布测定理论	621
19.6.1	圆柱形孔模型 (621)	
19.6.2	非模型法 (622)	
19.7	长度分布测定理论	623
19.8	实例	623
19.9	与其他方法的比较	625
19.10	修正因素	626
第二十章	在线的颗粒大小分析	630
20.1	引言	630
20.2	线流扫描	631
20.2.1	HIAC颗粒计数器 (631)	
20.2.2	Climet颗粒计数系统 (634)	
20.2.3	Royco液体运载的颗粒监测器 (635)	
20.2.4	核孔谱 Prototron 颗粒计数器 (635)	
20.2.5	Procedyne颗粒大小分析器 (636)	
20.2.6	光-电子法 (637)	
20.2.7	混合光学法 (637)	
20.2.8	回波测定法 (639)	
20.2.9	Langer音响回声计数器 (640)	
20.2.10	在线 Coulter 监测器 (641)	
20.2.11	在线自动显微镜 (643)	
20.2.12	流动法和扫描法的比较 (643)	
20.3	场扫描	644
20.3.1	粉磨产品颗粒级配的一些性质 (644)	
20.3.2	静态干扰测定法 (645)	
20.3.3	超声衰减测定: 自动PSM系统100和200 (646)	
20.3.4	β 射线衰减: Mintex/RSM悬浮体颗粒大小测定仪 (649)	
20.3.5	X射线衰减及荧光 (651)	
20.3.6	激光衍射 (653)	
20.3.7	分级设备 (655)	
20.3.8	水力旋流器 (658)	
20.3.9	筛析: 旋流传感器 (658)	
20.3.10	自动筛分机 (659)	
20.3.11	气体流动渗透法 (662)	
20.3.12	喷嘴中的压力降 (663)	
20.3.13	非牛顿流变性 (663)	
20.3.14	相关法 (664)	
习题	(668)	