

散料输送与贮存

张荣善 著

化学工业出版社

散料输送与贮存

张荣善 著

化学工业出版社

·北京·

Bulk Solids Handling

Daval Y. Chang

Chemical Industry Press

Beijing, China

(京)新登字039号

图书在版编目(CIP)数据

散料输送与贮存/张荣善著. —北京: 化学工业出版社,
1994

ISBN 7-5025-1407-4

I. 散… II. 张… III. 散料装卸机-输运系统 IV. TQ05
1.23

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第04535号

责任编辑: 张红兵

封面设计: 王 显

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号)

化学工业出版社印刷厂印刷

三河前程厂装订

新华书店北京发行所经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 24 1/4 插页 1 字数 610千字

1994年8月第1版 1994年8月北京第1次印刷

印 数 1—2000

定 价 20.00 元

谨以此书祝贺母校
——武汉大学百年校庆

作者序

散料(或称散状固体物料)是包括粉状、粒状及块状的固体物料。它的贮存、输送、加工处理及控制过程是涉及范围较广、工业部门较多的一门学科。采矿、冶金、化工、化肥、煤气、炼焦、塑料加工、食品、制药、建材、发电厂、城市垃圾处理等各种行业无论在工厂、矿山、港口、仓库、工地等内部不同设备或装置之间,或者对外各部门之间的衔接都要涉及原料、产品、中间产品及废渣的接收、装卸、贮存和输送过程。散状固体物料在这些作业中,其范围是相当广泛的。就物料的品种来说有矿石、煤炭、焦炭、粮食、塑料、化肥、砾石、砂子、玻璃、水泥、石灰等;就其颗粒大小来分有粉状、粒状、块状,有规则的与无规则的、均匀的与不均匀的之分;就其物理性质而分有干的、湿的、粘性的、脆性的、有毒的与无毒的、有腐蚀性与无腐蚀性的、有爆炸危险的、有粉尘污染的等等。所有这些差异构成了散状固体物料处理的广泛性和复杂性。

由于散状固体物料种类多、性质差别较大,输送和处理过程所涉及设备品种繁多,因此至今还未形成一门成熟的由理论到实践,科学化、系统化的学科。一些理论和资料往往都散落在杂志及有关公司的内部资料中。因此急需一本专著来汇集、总结这方面的经验信息和资料,使其系统,标准和规范,以便本专业人员使用方便,用之有效。

本书的目的是介绍散状固体物料的基本性质及其处理过程中的各种设备及选择、装置的布置、输送系统的工程设计数据、程序、操作控制以及定货要求等,内容力求易懂和实用。

作者长期在美国从事工程设计工作。60年代起在鲁姆斯(Lummus)公司担任散状固体物料输送工艺的设计与研究开发工作。负责全部系统设计和选择设备及平面布置等。由于工作的需要,常常亲临现场及设备制造厂家参观和了解情况,并多次被派往英国、日本、法国、中国台湾、中东、南美等地作实地调查、收集有关工程设计资料、讨论或提出建议或解决工程中的技术问题及困难工作等。从这些工作过程中收集了不少资料,累积了丰富的经验。

1981及1985年作者曾两次回到中国讲学,因此有机会与中国从事该领域的学者与工程技术人员交流技术及经验,深深感到有必要将历年来收集的大量有关散状固体物料处理、贮存、输送等各种设备及工程设计的资料及经验汇集成书,贡献给祖国四化建设。如果读者能够在工作中从本书取得启示和帮助,那就是作者最诚挚的期望。

本书的出版多承化工部北京化工研究院魏文德先生的热情协助,并提出一些可贵意见。全书原稿是用英文撰写的,由化工部北京化工研究院白庚辛先生翻译为中文,南京化学工业公司设计院梁庚煌先生校订。还有化工部化工出版社的编辑先生大力支持,谨向他们致以由衷的感谢。

张荣善(Daval Y. Chang)

1991年

目 录

作者序

第一章 绪论 1

第二章 散料的基本性质和特征 3

一、散料的颗粒大小、形状和

密度 3

1. 颗粒大小和筛分 3

2. 颗粒形状及不规则度 5

3. 比表面积 6

4. 孔隙度 6

5. 空隙度 6

6. 堆密度 6

二、物理性质 7

1. 密度 7

2. 硬度 7

3. 磨琢性 8

4. 粘着性和附着性 8

5. 休止角 8

6. 下落角 9

7. 差角 9

8. 内摩擦角 9

9. 抹刀角 9

10. 滑动角 10

11. 壁面摩擦角 10

12. 流动性 10

13. 喷流或泻流性 10

14. 含气性 11

15. 压缩性 11

16. 分散性 11

17. 架桥性 11

18. 结块及粘结性 12

19. 团聚性 12

20. 剥落性 12

21. 临界湿度 12

22. 自由表面能 12

23. 颗粒的离析 13

24. 沉降速度 14

25. 湿含量 14

三、化学性质 14

1. 化学组成 14

2. 和其他物料的反应 14

3. 分解 16

4. 污染 16

5. 吸湿性 16

6. 腐蚀性 16

7. 可燃性 16

8. 毒性 16

9. 爆炸性 16

10. 颜色和气味 16

四、电性质 16

1. 静电 16

2. 磁性 17

3. 导电性 17

五、温度的影响 17

1. 熔点 17

2. 冻结 17

3. 温度的变化 17

六、小结 17

附表1 物料性质、堆密度、休止角以及带式输送机的倾斜角 19

附表2 物料分类符号说明 24

附表3 堆密度、流动性及最小滑动角的颗粒大小及分布 24

附表4 常见物料的莫氏硬度 25

附表5 计点法评价干燥固体物料流动性 26

附表6 计点法评价干燥固体物料流动性 26

附表7 临界湿度 27

参考文献 27

第三章 带式输送机 29

一、带式输送机的优点 29

二、槽形带式输送机 29

1. 槽形带式输送机的结构 30

2. 带式输送机的选型布置 30

3. 带式输送机的主要部件	33	3. 支承构架的结构	126
4. 带式输送机的工程设计	50	4. 鳞板输送机的速度	127
5. 输送带的维护与保养	59	5. 鳞板输送机的输送能力	128
三、特殊类型的带式输送机	66	6. 鳞板输送机的选择	129
1. 拉链带式输送机	66	7. 鳞板输送机的结构选型举例	130
2. 波状挡边带式输送机	69	三、刮板输送机	132
3. 压带式输送机	72	1. 刮板输送机	132
4. 弯曲带式输送机	74	2. 拖链输送机	138
5. 圆管带式输送机	78	四、埋刮板输送机	140
参考文献	79	1. 埋刮板输送机的优点	141
第四章 提升输送机	81	2. 埋刮板输送机设计及结构特征	141
一、斗式提升机	81	3. 埋刮板输送机的应用	146
1. 斗式提升机的结构	82	4. 管式拖链输送机	146
2. 斗式提升机的种类	82	5. 选择埋刮板输送机所需的基本数 据	147
3. 斗式提升机的应用及选择	85	参考文献	149
4. 斗式提升机的数据表及工程技术 要求	98	第六章 螺旋输送机	150
二、斗式输送机	102	一、螺旋输送机的基本结构	150
1. 斗式输送机的特点	102	二、螺旋输送机的特点	152
2. 斗式输送机的应用	102	三、螺旋输送机的类型及应用	152
3. 斗式输送机的主要部件	103	1. 螺旋输送机	152
4. 斗式输送机的布置和所需功率	105	2. 垂直螺旋输送机	154
三、转斗式输送机	105	3. 螺旋给料机	156
1. 转斗式输送机的特征	108	4. 料斗及贮仓螺旋卸料机	159
2. 转斗式输送机的应用	108	5. 带加工过程的特殊螺旋输送机	160
3. 转斗式输送机的主要部件	109	四、螺旋输送机的零部件和装配	162
4. 转斗式输送机的布置	109	1. 螺旋输送机的叶片	163
5. 转斗式输送机的输送能力和速度	110	2. 螺旋输送机的槽体	164
6. 转斗式输送机的技术要求	111	3. 悬挂轴承架	166
四、吊斗式提升机	113	4. 悬挂轴承的轴瓦	168
1. 吊斗式提升机的型式和布置	113	5. 螺旋轴	168
2. 吊斗式提升机的特点	115	6. 轴的密封	168
3. 吊斗式提升机的应用	115	7. 输送机的组装及安装	168
4. 吊斗式提升机的主要部件	116	五、螺旋输送机的布置	169
5. 吊斗式提升机的选择	118	1. 水平螺旋输送机的布置	169
五、小结	119	2. 倾斜螺旋输送机的布置	169
参考文献	120	3. 螺旋输送机的进料布置	169
第五章 链式输送机	121	4. 螺旋输送机的卸料布置	171
一、输送机用链条	121	5. 螺旋输送机的传动布置	171
二、鳞板输送机	123	六、螺旋输送机的设计要求和选择	173
1. 鳞板输送机的应用	124	1. 螺旋输送机的技术数据	173
2. 鳞板输送机的鳞板型式	125	2. 物料性质对螺旋输送机操作和设	

计的影响	174
3. 对物料块度的限制	175
4. 螺旋输送机规格和速度的选择	176
5. 螺旋输送机的功率	178
6. 倾斜螺旋输送机的输送能力和功率	180
7. 其他考虑	180
七、螺旋输送机的数据表及工程技术要求	182
1. 螺旋输送机的数据表	183
2. 螺旋输送机的工程技术说明	185
参考文献	187
第七章 振动输送机	188
一、概述	188
二、振动输送机的优缺点	189
1. 振动输送机的优点	189
2. 振动输送机的缺点	189
三、振动输送机的基本型式及名词术语	189
1. 振动输送机的基本型式	189
2. 振动给料机和振动输送机的区别	189
3. 振动输送机 and 摆动式输送机的区别	190
4. 振动输送机与往复式输送机的区别	190
四、振动输送机的分类	191
1. 按驱动机械的类型分类	191
2. 按“平衡”和“不平衡”系统的设计类型分类	192
3. 分类体系	193
五、振动输送机的设计特点	193
1. 设计考虑的重点	193
2. 影响因素及有关数据	195
3. 振动输送机的输送速度及输送能力	196
4. 应用举例	197
六、振动输送机的结构	197
1. 基本结构	198
2. 槽体结构	201
3. 垂直型振动输送机	202
七、振动输送机的应用	203

1. 振动输送机的一般用途	203
2. 振动输送机的特殊用途	204
八、小结	206
九、振动输送机数据表及工程技术规定	206
1. 振动输送机 and 振动给料机的数据表	207
2. 振动输送机的工程技术规定	208
参考文献	211
第八章 贮仓和料斗	212
一、贮仓卸料	212
1. 贮仓内物料流动的型式	212
2. 散料从贮仓中卸出的流动模式	213
3. 重力流的障碍	214
4. 对称流和非对称流	215
二、贮仓的形状	215
三、贮仓和料斗的设计	217
1. 正确的设计步骤	217
2. 贮仓的设计	218
3. 总体尺寸的确定	219
4. 料斗卸料量的估算	220
5. 试验物料的流动特征	221
6. 数据表	222
四、料斗卸料辅助装置	222
1. 气动设施	226
2. 振动设施	227
3. 机械设施	230
五、小结	233
参考文献	233
第九章 供料和给料装置	234
一、溜槽(或溜管)	234
1. 溜槽的种类及其作用	234
2. 溜槽设计要点	236
二、闸门	237
1. 扇形闸门	237
2. 侧式扇形闸门	237
3. 双向扇形闸门	237
4. 侧向卸料的贮仓闸门	238
5. 齿条平板闸门	238
6. 通道式闸门	240
7. 双重闸门	241

8. 铸铁转向阀门	241
9. 灰渣阀门	241
10. 滚动鳞板式阀门	241
11. 扭转阀门	241
12. 光面式控制阀门	242
13. 换向阀门(翻板阀)	243
三、给料机	243
1. 概述	243
2. 带式给料机	243
3. 板式给料机	245
4. 螺旋给料机	246
5. 振动给料机	246
6. 往复式给料机	249
7. 刮板式给料机	250
8. 旋转给料机	250
9. 圆盘给料机	254
10. 叶轮给料机	255
11. 摆动杆式给料机	259
12. 活动帘式给料机	259
13. 小结	259
四、数据表和工程技术规定	261
1. 数据表	261
(1) 换向阀门(翻板阀)数据表	261
(2) 齿条平板阀门数据表	262
(3) 封闭式旋转叶片给料机(星形给料机)数据表	264
(4) 带式给料机数据表	266
2. 技术规定	269
参考文献	272
第十章 气力输送系统	274
一、概要	274
1. 概述	274
2. 定义	274
3. 气力输送的发展史	274
4. 气力输送系统的分类	275
5. 气力输送系统的优缺点	276
6. 总的考虑	277
7. 被输送物料的性质	277
二、气力输送系统	277
1. 低压气力输送系统	277
2. 机械式气力输送系统	280
3. 高压气力输送系统	282

4. 脉冲式气力输送系统	285
5. 闭合回路气力输送系统	286
三、气力输送系统的主要零部件	287
1. 输送管道	287
2. 供料装置	288
3. 气固分离设备	298
4. 供气设备	298
四、气力输送系统的设计和选择	300
1. 概述	300
2. 基本设计数据	300
3. 设计中考虑的因素	301
4. 物料特征对系统设计及设备选择的 影响	301
5. 一般设计程序	301
6. 选择系统的因素	306
7. 数据表及技术规定	307
五、空气输送槽	312
1. 操作原理	312
2. 空气输送槽的基本结构	312
3. 空气输送槽的应用	312
4. 空气输送槽的零部件	314
5. 基本设计考虑	315
参考文献	318
第十一章 粉尘控制	320
一、前言	320
二、粉尘对健康的危害	320
三、粉尘的爆炸性	321
1. 灰尘存在的场所	321
2. 引发源	322
3. 爆炸压力	322
4. 防止爆炸与系统设计	322
5. 结论	324
四、粉尘扩散的控制	325
五、除尘设备	328
1. 沉降分离器	328
2. 旋风除尘器	329
3. 袋式除尘器	331
4. 湿式洗涤除尘器	336
5. 静电除尘器	338
六、除尘设备的选择及设计考虑	339
1. 影响除尘设备选择的因素	339

2. 除尘器的选择	340	六、仪表控制	358
七、工程数据	341	1. 概述	358
参考文献	345	2. 流量检测器	358
第十二章 工程设计	346	3. 流量测定	359
一、概述	346	4. 料位控制	363
二、术语和定义	346	5. 输送机的速度控制	367
1. 物料性质	346	6. 金属探测器和磁力分离器	367
2. 方法和模式	347	7. 紧急停车	368
3. 设备的外廓	347	8. 系统控制	368
4. 能力	347	七、散料的取样	369
5. 工程和设计	348	1. 取样标准	369
6. 设备采购	348	2. 设计准则	369
7. 设备费用	349	3. 自动取样系统	370
三、工程设计的方法	349	4. 取样机	371
1. 工程及系统的设计步骤	349	5. 取样系统的布置	374
2. 系统设计的基本分析	349	八、流程图	375
3. 工程设计的主要步骤	350	1. 概述	375
4. 系统的评价和选择	351	2. 方块流程图	375
5. 结论	351	3. 工艺流程图	375
四、输送设备的选择	352	4. 工艺和仪表图	376
1. 概述	352	5. 流程图的内容	376
2. 初步选择	352	6. 流程图的一般表示和布置	377
3. 主要选择因素	352	九、工艺布置	377
4. 选择指南	353	1. 工艺布置的目的	377
五、设备的工程数据和采购	353	2. 工艺布置和散料处理操作的关系	377
1. 设备技术规格校核清单	353	3. 工艺布置所需的资料	378
2. 工程和采购的职责	353	4. 工艺布置设计的指导原则	379
3. 评标	357	5. 结论	379
4. 采购单	358	十、总结	379
		参考文献	380

第一章 绪 论

化学工业及其他工业生产过程所用的原料及产品种类繁多,但就其状态来说仅包括液体、气体及固体(粒状、粉状等)三种不同的状况。其中液体及气体的性能与特征人们早已进行研究,并有详细而深入的了解,各种论文及专著对其性质、状态、控制等均有记载及论述。大专院校也开设有流体力学、液体流动、水力学等专门课程。然而粉状、粒状固体物料则不然,由于其性质各异、种类繁多,至今尚未形成一套成熟的标准规范,加之基本理论不多、资料不足,因此只有极个别的学校开设这类课程。虽然杂志或书籍中仍有少量的论述及报道,但仍没有达到科学化、系统化的地步。专业人员往往是根据自己掌握的资料和经验来进行设计。

今天,科学技术的进步,促进了工业向高效率的连续化、自动化操作迅速发展,散状固体物料输送和处理过程的技术及设备的应用也日见广泛,这些应用主要包括有:

采矿及冶炼加工过程,化工过程,石油化工后处理过程,食品加工及制药过程,建筑及施工作业,水运及空运港口作业,城市及工业垃圾的处理过程,发电厂。

在上述工厂或过程中主要有以下一种或多种作业使用物料处理系统:

转运或输送物料到工业装置或矿山,或由工业装置或矿山转运或输送物料到其他装置及场所;工厂内不同设备之间物料的输送;工厂中原材料或最终产品的贮存及装卸作业;工厂中固体物料的加工过程(破碎、碾磨、筛分、冷却、干燥等)。

在上述各种作业过程中,处理散状固体物料的范围极为广泛:以颗粒大小来区分可从微细的粉尘至大块的矿石;以价值区分可从垃圾残渣至金矿;以温度区分可从冰冻的豌豆至高温的金属材料;以运输距离区分可从数米至数公里;以输送量可从每小时数吨至数万吨。此外,气力输送原用于吸取粉状物料,现在则可用于输送块状的煤炭、矿石,甚至可用来输送鱼类食品……等。所有这一切均表明散状固体物料的输送日益为人们重视,应用也更加广泛。这还可通过下列实践加以说明:

要求的运输量愈来愈大,从每小时几百吨增大到每小时数万吨。例如在采矿场使用 4m 宽的巨型带式输送机来取代卡车或火车的运输已不足为奇。

要求工厂的占地面积越来越紧凑,布置要求也越来越严格。这必然影响到装置及设备的选择必须正确和适用、系统的设计要精确合理且经济。

要求采用世界上最先进的技术装备,还要求确定的系统设计及其附属的设备能获得经济效益。

鉴于上述情况,本书将尽量提供散状固体物料的输送、给料、贮存设备的结构、选择及其工程设计有关的资料和方法。为此,本书将包含下列主要内容:

散状固体物料的基本特征和性质。包括各种散状固体物料的物理及化学性质、形状、粒度及粒度分布、休止角及内摩擦角、静电产生的附着性、温度条件的影响等。这些性质极为复杂,对散状固体物料的处理和输送会带来各种各样的问题。因此首先要从了解、认识物料的性质、特征,才能正确地开展系统的设计及设备的选择。

物料输送及供给装置的各种设备。本书介绍带式输送机、提升机、链式输送机、螺旋输

送机、振动输送机以及气力输送系统等。物料供给设备本书介绍了包括溜槽和闸门在内的多种形式及类别的给料机。原则上本书介绍的设备着重在主要而广泛应用的种类，同时也包括了新近发展或改进的特殊设备。在某些情况下，这类资料具有一定的参考价值。至于散状固体物料的加工及处理设备，如破碎机、筛分机械、干燥或冷却设备则不在本书讨论范围之内。

物料贮仓与料斗。在散状固体物料输送设备中，贮仓和料斗一般是不可缺少的。但要考虑如何防止物料在贮仓或料斗内堵塞、离析、架桥、鼠洞等现象的产生，避免这类现象产生是保证设备正常操作的关键。本书介绍了贮仓及料斗的形式、分类及其设计步骤，并介绍了物料由贮仓排出时遇到的困难及防止的办法。

粉尘控制。在散状固体物料的处理及输送过程中，粉尘的产生是不可避免的，而且是一个不可忽略的问题。本书论述了粉尘来源及害处、粉尘的种类、粉尘的爆炸性及对人类健康的危害。此外还介绍了如何避免粉尘产生及控制粉尘的方法，介绍了除尘设备的类型、选择的要点及工程设计的种种考虑。

工程设计。包括散状固体物料输送及处理系统有关的工程设计概念及数据、设计程序及步骤、选择各种输送设备的要点、系统自动控制设计及控制仪器的选取。介绍了制定流程与有关部门的关系，以及平面布置图、设备规格和工艺流程图等应有的步骤及实例等。

本书是作者三十多年来从事该领域实践工作的经验总结，同时参阅了有关资料编写而成。本书内容力求简明、实用，便于读者选用参考。

第二章 散料的基本性质和特征

散料(又称散状固体物料)运搬系统的设计包括物料的输送、加工处理和贮存过程。物料的基本性质将对这些过程产生影响。此外,散状固体物料还具有多种复合性质。相同的物料会有不同形式的反应;湿度、颗粒大小的分布、紧密程度、透气性的好坏以及其他参数的变化对反应的进行都会产生影响;甚至和大气、加工处理物料的条件也与反应有关。因此,工程师们常常面临这样的课题,即利用有限的知识来预测系统的操作性能,例如:

物料在贮仓、料斗及加料器中如何流动,自由流动还是强制性流动,均匀性移动还是非均匀性移动;透气性是否充分;吸收潮气并结块否;腐蚀或风化作用的影响;在料斗或贮仓中物料架桥、起拱或溢流;由于静电作用引起物料附着或粘着。

上述的这些问题都和散状固体物料的基本性质和特征有关,而这些问题又决定了工艺过程、输送和贮存的方法以及选择系统适用的设备和器材类型。本章目的是使读者较好地了解散状固体物料的性质,并为读者列出了一些与处理过程有关的数据及文献。

一般,散状固体物料的性质可归纳为以下几类:粒度大小、形状及密度;物理性质;化学性质;电性质和温度的影响。下文将分别加以说明与讨论。

本书不涉及特殊物料的性质,但所列文献中将包含有特殊物料的数据。

一、散料的颗粒大小、形状和密度

1. 颗粒大小和筛分

固体物料颗粒直径的测量可根据其本身大小而采用不同的方法。如显微镜法、沉降法、筛分法、离心法、光散射法、库尔特计数器、悬浮微粒分光光度计法等。表 2-1 列出了颗粒大小的分类及其测定方法的适用范围。文献[1,2,3]给出了有关粒径大小测量的方法。一般来说,在散状固体物料运搬设计过程中用筛分法测量粒径较为普遍而方便。物料颗粒大小通常的分类如下:

粉末状	200目以及200目以下
细粒	200目以上至3mm
粗粒	3mm至10mm
块状	12mm及12mm以上
不规则状体	纤维状及绞索状等

粒度分布是根据筛分法测定同一批散状固体物料中相同大小范围的颗粒占总体质量的百分数来表示,通常以表格的形式出现。例如,表 2-2 列出一种粉状褐煤的粒度分布。

表 2-2 中所列的褐煤粒度分布数据是以筛上留下粒状物料的累积百分数值表示的。另外一种表示方法是直接列出一定大小范围的颗粒所占的质量百分数,以此法表示的铁矿砂粒度分布的实例列于表2-3。

粒度分布是设计资料必须数据之一。从物料中粉体含量的多少可预测物料在处理过程中是否会存在架桥现象;根据颗粒大小及含量多少决定在设计时是否要采取措施以预防泻流现象的产生等(见附表3)。

表2-1 固体物料粒径测定方法及其适用范围

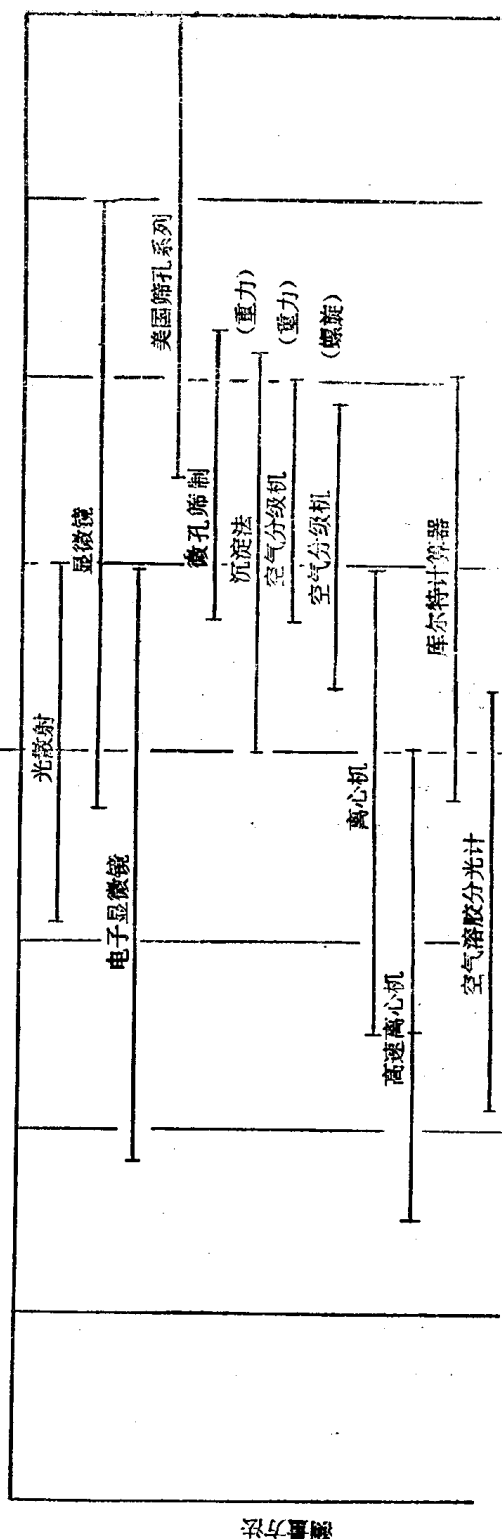
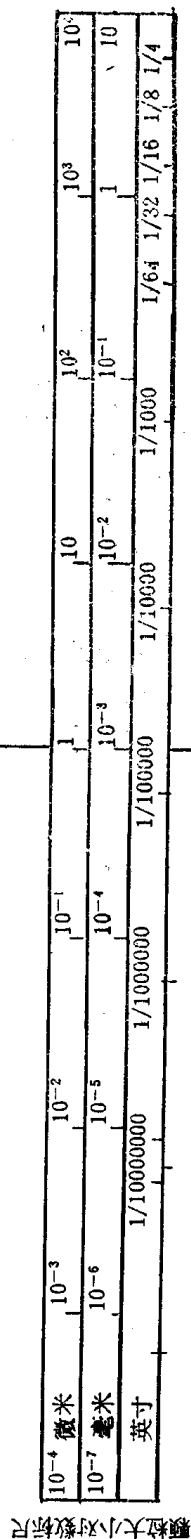
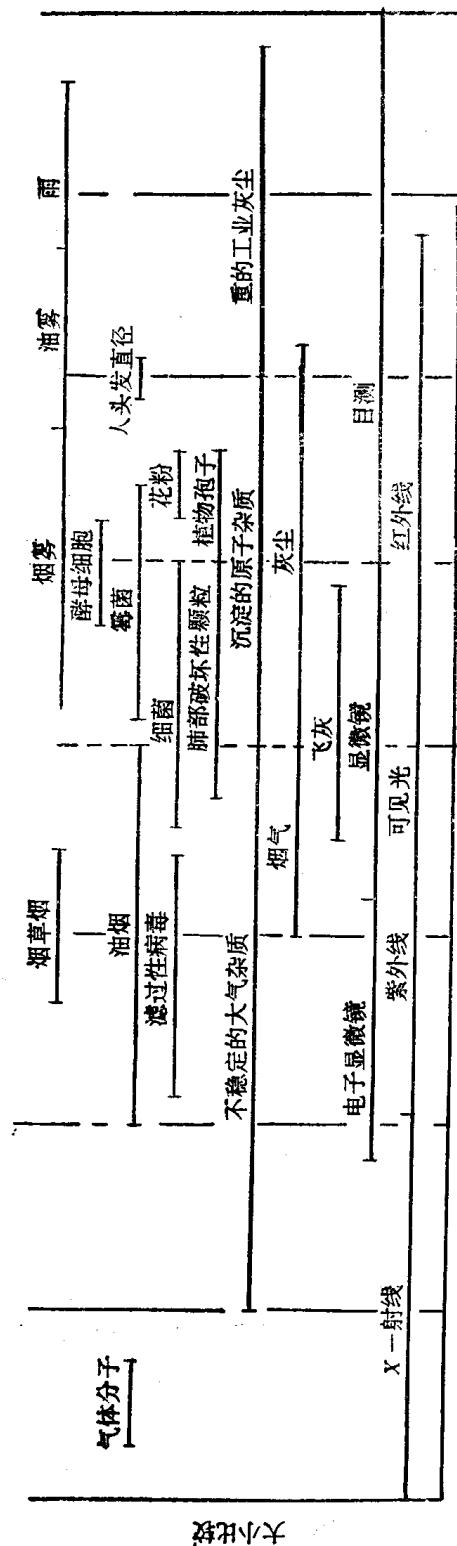


表2-2 粉状褐煤粒度分布实例

美国标准局筛眼孔径		筛上物的百	筛下物的
筛网号	筛眼孔径, μm	分数差, %	总百分数, %
16	1190	0.4	99.6
30	590	1.9	97.7
50	297	10.3	87.4
100	149	23.5	63.9
140	105	10.8	53.1
200	74	15.0	38.1
200目以下		38.1	—

表2-3 铁矿砂粒度分布实例

颗粒的大小, mm	质 量, %
6~3	0.1
<3~1	4.0
<1~0.5	27.8
<0.5~0.3	21.3
<0.3~0.2	23.4
<0.2~0.1	16.1
<0.1	7.3
100	

筛分法是一种颗粒大小分析方法。特别对比较粗的物料是常用且廉价的方法。试验用筛子一般是由钢丝织成的筛网牢固地固定在浅的框架上构成的。筛网具有相同大小的网眼。常用的筛子大小是以单位长内网眼的数量或者称为“目”来表示,但亦可给出以“ μm ”表示的实际网眼尺寸。例如表2-4。

表2-4 筛分和颗粒大小的关系

筛 号 或 目 数		筛 孔 的 尺 寸(μm)		筛 号 或 目 数		筛 孔 的 尺 寸(μm)	
美国标准局	泰勒标准筛	美国标准局	泰勒标准筛	美国标准局	泰勒标准筛	美国标准局	泰勒标准筛
3	3	6350	6680	40	—	420	—
4	4	4760	4699	—	48	—	295
6	6	3360	3327	60	—	250	—
8	8	2330	2362	—	65	—	208
10	10	2000	1651	100	100	149	147
14	14	1410	1168	140	—	105	—
20	20	840	833	—	150	—	104
—	28	—	589	200	200	74	74
30	—	590	—	270	270	53	53
35	35	500	417	325	325	44	43

注: 100号筛子或100目筛子则表示每1in (25.4mm) 长度内有100个网眼,或者说每 in^2 内有10000个网眼。若8号筛子则每1in长度内有8个网眼,每 in^2 就有64个网眼。

2. 颗粒形状及不规则度

颗粒形状是以构成其外表面状况来表示的颗粒特性。不规则度是实测的颗粒外表面积和把颗粒假想成球形的表面积之比,这样就可部分地确定颗粒的形状。测定固体颗粒不规则度可采用吸收法,对于表面不规则的颗粒也可进行实测。

颗粒的形状和不规则度将影响物料的性能。圆形颗粒具有较好的流动性,而不规则形状的颗粒流动性则较差。物料颗粒形状的分类如下^[4]:

角状的——尖角状体	不规则状的——不均匀体
针状的——针状体	板状的——平板,薄片
柱形的——柱状体	圆形的——球体
树枝状的——带支叉树状体	方形的——立方体
纤维状的——丝线状体	

3. 比表面积

固体物料的比表面积是指已知单位质量所含物料的表面积,它可通过吸收法或通过粒度分析及目视形状计算确定(当然在实验室另有各种测定方法)^[3,5]。

物料的比表面积对其流动性能有很大影响,比表面积愈大,影响也愈大。因表面力和重力呈反比,当表面积增加到某一点时,在该点表面力超过了重力,物料就成为易喷流的物料。

颗粒的大小和其比表面积有直接关系。较小的颗粒,具有较大的比表面积,反之较大的颗粒,其比表面积较小。堆密度低于 0.64t/m^3 、粒径小于200目的物料可认为是不易流动的粉状物料^[5]。

4. 孔隙度

孔隙度是指颗粒内部空间的大小,可通过显微镜检验的方法来测定。空隙度表明单个颗粒的结构,它能影响物料的流动性、通过流化床层的气体流速降低。例如,氧化锌、石棉纤维、石灰石块以及硅藻土的孔隙度都大于90%,颗粒状砂子孔隙度为45%。

5. 空隙度

空隙度是指颗粒与颗粒之间空间的大小,其表示方法如下:

$$\gamma_0 = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) 100 \quad (2-1)$$

式中 γ_0 ——物料空隙度, %;

ρ_0 ——物料堆密度, t/m^3 ;

ρ ——物料密度, t/m^3 。

空隙度的百分数是固体物料流动性能的标志,同样也可用来计算物料经过流化床层的流速。

6. 堆密度

颗粒的堆密度是设计所需的重要数据,其数值的大小和颗粒堆积状态及填充的紧密程度有关。

堆密度是固体物料自然形成的料堆,其单位体积具有的质量或以一定的方法将颗粒物料充填到已知的容器中,容器中颗粒的质量除以容器的体积即为颗粒物料的堆密度(g/cm^3 、 t/m^3 等)。固体物料可以是大块,也可以是较大体积的。物料的堆密度小于其密度。堆密度共有四种:

(1) 含气的或松散物料的堆密度 选择一容器,通过其中已知物料的净重和该物料单位体积的重量,计算出该容器的系数。将过筛的固体物料样品装入该容器,然后称出其净重并乘以容器的系数即等于该物料的含气堆密度。

(2) 填充堆密度 和上述方法类似,只是将过量的物料装入容器后再振荡五分钟,然后去除多余的物料,再称取其净重。

(3) 平均堆密度 为上述两种堆密度的平均值,即:

$$\rho_c = \frac{\rho_a + \rho_b}{2} \quad (2-2)$$