

煤炭分选加工技术丛书

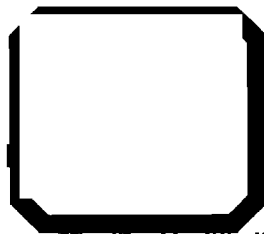
选煤厂固液分离技术

XUANMEICHANG GUYE FENLI JISHU

金 雷 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



煤炭分选加工技术丛书

选煤厂固液分离技术

金 雷 编著

北 京
冶金工业出版社
2012

内 容 简 介

本书系统地叙述了煤炭洗选中所遇到的固液分离技术的基本原理、方法和应用等内容。全书分为绪论、悬浮液的基本性质、凝聚与絮凝、筛分脱水、离心脱水、分级与浓缩、过滤原理、真空过滤、压滤脱水和热力干燥 10 章内容。密切联系选煤厂煤泥水处理的生产实践。

本书既可作为高等院校和高职高专院校矿物加工专业学生的教材,也可作为研究生及选煤研究人员参考用书,对环保专业工作人员也具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

选煤厂固液分离技术/金雷编著. —北京:冶金工业出版社,
2012.3

(煤炭分选加工技术丛书)

ISBN 978-7-5024-5795-2

I. ①选… II. ①金… III. ①选煤—后处理—脱水
IV. ①TD926.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 256637 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 李 雪 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 卿文春 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5795-2

三河市双峰印刷装订有限公司印刷;冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销

2012 年 3 月第 1 版, 2012 年 3 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 10.5 印张; 246 千字; 152 页

29.00 元

冶金工业出版社投稿电话: (010)64027932 投稿邮箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话: (010) 64044283 传真: (010) 64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100010) 电话: (010) 65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

《煤炭分选加工技术丛书》序

煤炭是我国的主体能源，在今后相当长时期内不会发生根本性的改变，洁净高效利用煤炭是保证我国国民经济快速发展的重要保障。煤炭分选加工是煤炭洁净利用的基础，这样不仅可以为社会提供高质量的煤炭产品，而且可以有效地减少燃煤造成的大气污染，减少铁路运输，实现节能减排。

进入 21 世纪以来，我国煤炭分选加工在理论与技术诸方面取得了很大进展。选煤技术装备水平显著提高，以重介选煤技术为代表的一批拥有自主知识产权的选煤关键技术和装备得到广泛应用。选煤基础研究不断加强，设计和建设也已发生巨大变化。近年来，我国煤炭资源开发战略性西移态势明显，生产和消费两个中心的偏移使得运输矛盾突出，加大原煤入选率，减少无效运输是提高我国煤炭供应保障能力的重要途径。

《煤炭分选加工技术丛书》系统地介绍了选煤基础理论、工艺与装备，特别将近年来我国在煤炭分选加工方面的最新科研成果纳入丛书。理论与实践结合紧密，实用性强，相信这套丛书的出版能够对我国煤炭分选加工业的技术发展起到积极的推动作用！

是为序！

中国工程院院士

中国矿业大学教授

2011 年 11 月

《煤炭分选加工技术丛书》前言

煤炭是我国的主要能源，占全国能源生产总量70%以上，并且在相当长一段时间内不会发生根本性的变化。

随着国民经济的快速发展，我国能源生产呈快速发展的态势。作为重要的基础产业，煤炭工业为我国国民经济和现代化建设做出了重要的贡献，但也带来了严重的环境问题。保持国民经济和社会持续、稳定、健康的发展，需要兼顾资源和环境因素，高效洁净地利用煤炭资源是必然选择。煤炭分选加工是煤炭洁净利用的源头，更是经济有效的清洁煤炭生产过程，可以脱除煤中60%以上的灰分和50%~70%的黄铁矿硫。因此，提高原煤入选率，控制原煤直接燃烧，是促进节能减排的有效措施。发展煤炭洗选加工，是转变煤炭经济发展方式的重要基础，是调整煤炭产品结构的有效途径，也是提高煤炭质量和经济效益的重要手段。

“十一五”期间，我国煤炭分选加工迅猛发展，全国选煤厂数量达到1800多座，出现了千万吨级的大型炼焦煤选煤厂，动力煤选煤厂年生产能力甚至达到3000万吨，原煤入选率从31.9%增长到50.9%。同时随着煤炭能源的开发，褐煤资源的利用提到议事日程，由于褐煤含水高，易风化，难以直接使用，因此，褐煤的提质加工利用技术成为褐煤洁净高效利用的关键。

“十二五”是我国煤炭工业充满机遇与挑战的五年，期间煤炭产业结构调整加快，煤炭的洁净利用将更加受到重视，煤炭的分选加工面临更大的发展机遇。正是在这种背景下，受冶金工业出版社委托，组织编写了《煤炭分选加工技术丛书》。丛书包括：《重力选煤技术》、《煤泥浮选技术》、《选煤厂固液分离技术》、《选煤机械》、《选煤厂测试与控制》、《煤化学与煤质分析》、《选煤厂生产技术管理》、《选煤厂工艺设计与建设》、《计算机在煤炭分选加工中的应用》、《矿物加工过程 Matlab 仿真与模拟》、《煤炭开采与洁净利用》、《褐煤提

质加工利用》、《煤基浆体燃料的制备与应用》，基本包含了煤炭分选加工过程涉及的基础理论、工艺设备、管理及产品检验等方面内容。

本套丛书由中国矿业大学（北京）化学与环境工程学院组织编写，徐志强负责丛书的整体工作，包括确定丛书名称、分册内容及落实作者。丛书的编写人员为中国矿业大学（北京）长期从事煤炭分选加工方面教学、科研的老师，书中理论与现场实践相结合，突出该领域的新工艺、新设备、新理念。

本丛书可以作为高等院校矿物加工工程专业或相近专业的教学用书或参考用书，也可作为选煤厂管理人员、技术人员培训用书。希望本丛书的出版能为我国煤炭洁净加工利用技术的发展和人才培养做出积极的贡献。

本套丛书内容丰富、系统，同时编写时间也很仓促，书中疏漏之处，欢迎读者批评指正，以便再版时修改补充。

中国矿业大学（北京）教授

2011年11月

前 言

煤泥水处理工艺是煤炭洗选过程中的一个重要环节，它直接关系到选煤厂产品数、质量指标的好坏，同时对介质消耗、药剂消耗、尾煤回收及全厂洗水循环都有重要的影响。因此，煤炭洗选企业必须高度重视煤泥水的处理工艺。

《选煤厂固液分离技术》是针对选煤厂产品脱水、洗水循环、煤泥厂内回收及有关工艺流程、设备等方面的综合性专业图书。书中系统阐述了有关煤泥水处理流程，粗、细物料的不同脱水方法，产品干燥过程，及相关设备的工作原理及应用等内容；并对悬浮液的基本性质、煤泥水的凝聚与絮凝、分级、浓缩、过滤的基本原理进行了介绍。

全书的编写力求深入浅出、简明扼要、理论和实践并重，内容较全面地反映了目前煤炭洗选中固液分离的主要特色，既满足教学需要，又具有一定的实用性。本书可作为高等院校、高职高专院校教学用书，也可供选煤工程技术人员参考。

全书共分10章。其中第1、2、4~9章由金雷编写，第10章由张玉君编写，第3章由解维伟编写。

由于编者水平有限，书中不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2011年10月

目 录

1 绪 论	1
1.1 固液分离的目的及分类	1
1.2 固液分离在选煤厂中的应用	2
2 悬浮液的基本性质	4
2.1 液相的基本性质	4
2.1.1 水的极性	4
2.1.2 水的黏性	5
2.1.3 水的表面张力	5
2.2 固相的基本性质	6
2.2.1 颗粒粒度	6
2.2.2 颗粒的形状	8
2.3 固液体系的基本性质	9
2.3.1 固液体系的稳定性	9
2.3.2 悬浮液的流变性	10
2.3.3 颗粒表面的电性及润湿性	11
2.3.4 液相在固体物料中的赋存状态	13
2.4 煤泥水处理	15
2.4.1 煤泥水的性质	15
2.4.2 煤泥水处理系统的原则流程	20
2.4.3 煤泥水处理流程的内部结构	26
2.4.4 洗水闭路循环	31
3 凝聚与絮凝	34
3.1 凝聚与絮凝原理	34
3.1.1 颗粒处于分散状态的原因	35
3.1.2 凝聚理论	35
3.1.3 絮凝原理	38
3.2 凝聚剂和絮凝剂	40
3.2.1 无机电解质类凝聚剂	40
3.2.2 高分子化合物类絮凝剂	40
3.3 絮凝剂的应用	44

3.3.1 絮凝剂在选煤厂的用途	44
3.3.2 絮凝剂的选择	45
3.3.3 絮凝剂溶液的配制和添加	45
4 筛分脱水	47
4.1 脱水筛	47
4.1.1 固定筛	47
4.1.2 振动筛	51
4.1.3 影响脱水筛脱水效果的因素	54
4.2 脱水提斗	55
4.2.1 脱水提斗的用途	55
4.2.2 脱水提斗的构造	55
4.2.3 脱水提斗的安装要求及脱水效果	57
4.2.4 脱水提斗的输送能力	57
5 离心脱水	59
5.1 过滤式离心脱水机	59
5.1.1 过滤式离心脱水机的工作原理	59
5.1.2 不同类型的过滤式离心脱水机	61
5.1.3 过滤型离心脱水机工作效果的评价和主要影响因素	66
5.2 沉降式离心脱水机	68
5.2.1 沉降型离心脱水机的工作原理	68
5.2.2 分级粒度的确定	69
5.2.3 沉降式离心脱水机的构造	70
5.2.4 沉降式离心脱水机的主要参数	71
5.3 沉降过滤式离心脱水机	72
5.3.1 沉降过滤离心脱水机构造	73
5.3.2 工作过程	73
5.3.3 沉降过滤型离心脱水机工作影响因素	74
6 分级与浓缩	76
6.1 分级原理	76
6.1.1 分级的实质	76
6.1.2 分级设备的工作原理	77
6.1.3 分级设备工作影响因素	78
6.2 常用的分级设备	79
6.2.1 重力场中的分级设备	79
6.2.2 离心场中的分级设备	84
6.3 沉降浓缩原理	88

6.3.1 沉降试验	88
6.3.2 沉降曲线	89
6.3.3 浓缩机的沉降过程	89
6.3.4 浓缩理论模型	90
6.3.5 浓缩机的计算	92
6.4 常用的浓缩设备	94
6.4.1 沉淀塔	94
6.4.2 耙式浓缩机	94
6.4.3 深锥浓缩机	96
6.4.4 高效浓缩机	96
6.5 分级浓缩效果评定	97
6.5.1 定性分析	97
6.5.2 评价指标	98
7 过滤原理	99
7.1 概述	99
7.2 流量速率与压力降的关系	100
7.2.1 清洁的过滤介质	100
7.2.2 表面形成滤饼的过滤介质	101
7.3 不可压缩滤饼的过滤	102
7.3.1 恒压过滤	103
7.3.2 恒速过滤	105
7.3.3 先恒速后恒压操作	106
7.3.4 变压-变速操作	108
7.4 可压缩滤饼的过滤	110
7.4.1 恒压过滤	110
7.4.2 恒速过滤	111
7.4.3 变压-变速操作	111
8 真空过滤	113
8.1 概述	113
8.2 圆盘真空过滤机	114
8.2.1 圆盘真空过滤机的结构	114
8.2.2 工作原理	116
8.3 圆筒形真空过滤机	118
8.3.1 圆筒形真空过滤机的基本结构和工作原理	119
8.3.2 折带真空过滤机	120
8.4 过滤系统	121
8.4.1 一级过滤系统	121

8.4.2	二级过滤系统	122
8.4.3	自动泄水仪	122
8.5	过滤效果的评定	124
8.6	影响过滤效果的因素	125
8.6.1	过滤的推动力	125
8.6.2	矿浆性质	125
8.6.3	过滤介质的性质	126
9	压滤脱水	127
9.1	概述	127
9.2	板框式压滤机	127
9.2.1	箱式压滤机的构造	128
9.2.2	压滤机的工作原理	129
9.2.3	压滤循环	130
9.2.4	压滤机的给料方式	130
9.2.5	压滤机工作的影响因素	131
9.3	快速隔膜式压滤机	132
9.3.1	快速压滤机结构设计原则	132
9.3.2	压滤机的主要过滤元件	132
9.3.3	快速压滤脱水及脱水效果	132
9.4	带式压滤机	134
9.4.1	带式压滤机的结构	134
9.4.2	工作原理	135
9.4.3	影响带式压滤机脱水效果的因素	136
9.5	加压过滤机	137
10	热力干燥	139
10.1	干燥基本原理	140
10.1.1	干燥速度	140
10.1.2	干燥过程	141
10.2	干燥机	142
10.2.1	滚筒干燥机	143
10.2.2	沸腾床层干燥机	145
10.3	干燥工艺流程	147
10.3.1	滚筒干燥机干燥工艺流程	149
10.3.2	沸腾床层干燥机干燥工艺流程	150
10.3.3	干燥过程的防尘和防爆	151
	参考文献	152

1 || 绪 论

1.1 固液分离的目的及分类

固液分离是指从悬浮液中将固相和液相分离的作业。它的目的不外乎四种：

- (1) 回收有价固体（液体弃去）；
- (2) 回收液体（固体弃去）；
- (3) 回收液体和固体；
- (4) 两者都不回收（例如废水治理）。

固液分离方法可按作用原理的不同分为以下几种类型：

- (1) 重力法。是指靠重力而实现的固液分离。它又可细分为以下两种形式。

自然重力法——即利用物料颗粒表面液体的重力作用而使固液分离，如脱水斗子及脱水仓的脱水。

重力浓缩法——即依靠细粒物料的重力作用，在液体中沉降的方法来实现固液分离，如浓缩机、沉淀池等的浓缩脱水。

- (2) 机械法。是指靠机械力（惯性力、离心力、压力等）而实现的液体与固体的分离。它又分为以下三种形式。

筛分分离——靠物料与筛面作相对运动时产生的惯性力而脱除液体，如直线振动筛的脱水。

离心分离——利用离心力作用使固液分离或提高悬浮液的浓度，如过滤式离心脱水机和沉降式离心脱水机等脱水。

过滤分离——使液体透过细密的纤维织物或金属丝网而留住固体，并用真空或压力以加速其分离的一种固液分离过程。如真空过滤机、板框压滤机、加压过滤机等脱水过程。

- (3) 热力法。利用热能使水分汽化而与固体分离。如热力干燥及日光曝晒等。

(4) 磁力法。是指利用强磁场对磁性矿物产生的磁力来实现的固液分离，如磁力脱水槽。

- (5) 其他分离法：

物理化学分离法——利用吸水性的物体或化学品（如生石灰、无水氯化钙等）吸收水分，从而实现固液分离。

电化学分离法——固液混合物在外加电场作用下，水分子带正电荷移向阴极，固体细粒带负电荷移向阳极，从而实现固液分离。

通常应用最多的是（1）、（2）、（3）类方法。

固液分离属于固液两相流的范畴，其中固体颗粒为分散相，连续状态的液相为分散介质，由于它们具有不同的物理性质，所以可用不同的方法将之分离。实现分离的基本要点

是使固液相间产生相对运动。

固液分离技术广泛应用于矿业、化工、冶金、轻工、水利、环保等部门。它在选矿（选煤）流程中占有重要地位，也是选矿（选煤）费用中的一个重要项目。整个固液分离过程（包括回水利用）的总操作费用约占全厂费用的10%~20%，其电能消耗，仅次于碎磨和浮选作业，列于第三位。

1.2 固液分离在选煤厂中的应用

选煤厂中，除了按照质量差异和粒度差异，将物质分离为两个或多个不同产物外，还存在着大量的产品脱水作业。所谓脱水，就是指固液分离过程。

选煤厂除某些干法作业外，都需要大量的水。如跳汰分选作业、重介分选作业和浮选作业等，所得产品均含有大量的水。这种产品不能直接进行销售，必须进行脱水处理，方能作为最终产物进行利用。

对产品进行固液分离，一方面是后续作业的要求，并减少运输费用；另一方面是回收分选过程中所用的大量的水，使之返回再使用，充分利用水资源。

选煤厂多数精煤用于炼焦或炼焦配煤，水分都有严格规定。如果煤炭水分过高，将延长炼焦时间，降低炼焦炉的产量。据统计，水分增加1%，炼焦时间增长20min。而且，炼焦过程中，由于水分蒸发，要带走大量热量，损失了煤的热值，增加燃料消耗，降低焦炭产量3%~4%。

通常，产品的用户离选煤厂均较远，水分过高，远距离输送大量无用的水，造成无效运输。冬季则给运输和贮存造成麻烦，运输过程中易在车厢内和铁轨上发生冻结现象。含水越多冻结越严重，造成铁路行车不安全及卸车困难。有时甚至需建暖车库，消耗大量能量使精煤化冻。据统计，水分含量与车内冻结程度的关系见表1-1。

表 1-1 水分与冻结程度的关系

水分/%	冻 结 程 度
8	有较粗团块，用铲可以铲动
10	团块稍硬，用力可以铲动
12	结成硬块，铲动很困难
15	冻结很硬，如石头，极难铲动
20	铲不动

选煤厂是一个大量用水的企业，跳汰机每处理1t原煤需用3t水；重介质分选机选煤，1t原煤需用水约0.7t。所用水如果全部随产品带走或外排，其水量是相当惊人的。因此，必须对产品进行脱水。选煤过程中的水，大部分进入浮选，最终由浮选尾矿排出。所以，浮选尾矿也应该脱水。浮选尾矿浓度较小，不能直接采用机械脱水，故需先进行浓缩沉淀处理。该作业的主要目的即为了使选煤过程所用的水返回、进行循环再用。

物料粒度不同，脱水方法不同。当处理含大量水分的粗粒物料时，可用脱水提斗、脱水筛、脱水离心机及脱水仓进行脱水；但当处理细粒物料，需要比较复杂的设备，一般可用真空过滤机、沉降过滤式离心机、压滤机等进行脱水。其工艺也稍复杂一些，主要有浓

缩—过滤两段作业或浓缩—过滤—干燥三段作业脱水。第一步沉淀浓缩，将很稀的煤泥水，利用沉降的方法浓缩至含水量为 50% 左右的矿浆。浓缩利用矿粒的重力沉降，故消耗能量最少，仅用于克服传动设备的机械阻力。第二步过滤，借助于过滤介质，使液体与固体分离，得到含水量为 20% ~ 10% 的产品。过滤作业消耗能量比较大，因需克服液体通过过滤介质的阻力。第三步干燥，如果水分要求严格，以及在高寒地区为了防冻，经机械脱水的细粒物料还需进一步采用干燥的方法对其进行脱水。使产品水分降到 6% 以下。干燥要利用热能使水汽化排除，消耗能量更大一些。通过沉淀浓缩作业除去的水量最多，过滤作业次之，干燥作业最少。设一种液固比 9 : 1 的矿浆，先经浓缩机浓缩至液固比 1 : 1，再经过滤机得到水分为 15% 的滤饼，最后送入干燥机，获得水分为 5% 的最终产品。若所处理的矿浆为 100t，则浓缩机应除去的水量为 80t，过滤机除去的水量为 8.24t，干燥机仅除去 1.23t 水。这是符合节能要求的。近年来，开始在选煤中应用快开隔膜压榨式过滤机，使滤饼的水分大幅度降低（可降低至 8% 或更低），可望取消干燥作业。

由此可见，固液分离环节是选煤厂中极其重要的作业。该作业处理不善，将影响整个选煤厂的正常生产。

2 悬浮液的基本性质

悬浮液一般指固体颗粒粒度在 10^{-5}cm 以上的固液分散体系。在这一范围内的固液分离问题，牵涉到化工、环保、矿业、水处理等许多领域，因而具有广泛而重要的实际意义。显而易见，悬浮液的各种性质，包括物理的、化学的，都将在不同程度上影响固液分离方法的选择及分离效率的高低。在这一章里，我们将较系统地讨论与固液分离有关固相、液相及其所组成的悬浮液体系的基本性质。

2.1 液相的基本性质

在绝大多数工业部门，构成悬浮液的液相是水，因此这里主要介绍水的基本性质。与固液分离密切相关的水的性质包括水的极性、黏性、表面张力等。

2.1.1 水的极性

水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成的，由于在水分子中正负电荷的中心是不重合的，因此水分子是极性分子；正是这种分子极性使得水具有一系列独特的性质。

从图 2-1 中水分子的电子云的分布可见，氢原子在给出自己唯一的电子与氧原子形成共价键后，原子核几乎“裸露”出来，这使它很容易吸引其他强负电性元素（如 O、N、F、Cl 等）的电子云而形成所谓的“氢键”。与负电性元素形成氢键的能力是水分子极性的重要体现之一，它一方面影响到液态水的结构，一方面还影响到水

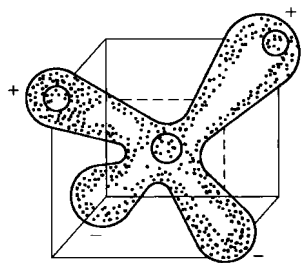
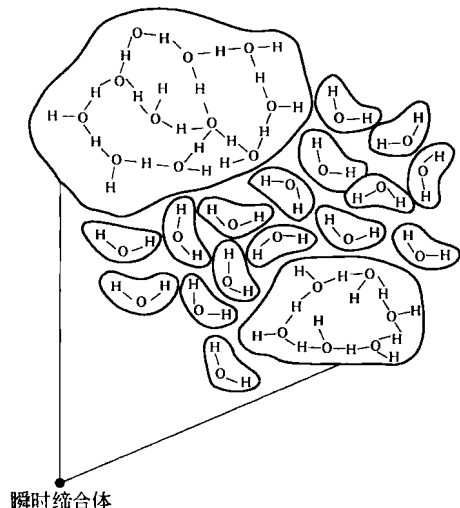


图 2-1 水分子的电子云

与固体物料的作用方式。根据近代化学的研究结果，水分子之间由于氢键而发生强烈的缔合作用，以至在液态水中除了单个的水分子外，还存在所谓的“瞬时缔合体”（如图 2-2 所示），这些缔合体随着温度的升高而逐渐消失。

在固液分离过程中，液态水分子之间的相互缔合是否会对分离效果有所影响？在固体物料表面吸附的这种缔合体是否会比单个的水分子更难除去。尽管人们的兴趣暂时还未深入到这一步，但答案似乎是不言而喻的。至于水分子与固体物料的作用方式，后文将专门讨论，这里仅从氢键作用的角度略加叙述。在存在强负电性元素的固体物料表面，氢键的作用显然将强化水分子在物料表面的附着状态而不利于固液分离的进行，要



瞬时缔合体

图 2-2 液态水中的瞬时缔合体

去除这些水分子，必须额外提供打断氢键所需能量，这无疑会增加固液分离的难度。

2.1.2 水的黏性

黏性是流体反抗变形的一种性质，这种性质只有当流体在外力作用下发生变形，即流体质点间发生相对运动时才显现出来。从本质上来说，黏性反映的是流体分子之间的相互作用。研究流体黏性的学科称为流变学。根据流变学的研究，流体所受的剪切应力 τ （垂直于受力方向的流体单位截面上所受的作用力，这种作用力使流体质点间发生剪切变形）与流体的变形率 γ （即单位时间内流体所发生的变形）之间存在相应的数学关系，这种关系在流变学中称为本构方程，其形式随流体而异。对水来说，本构方程的形式如下：

$$\tau = \mu \gamma \quad (2-1)$$

该式称为牛顿定律，符合该式的流体叫做牛顿流体，水就是一种最常见的牛顿流体。式中的线性比例系数 μ 称为动力黏度，其单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。在实际工作中，有时候会用到运动黏度的概念。运动黏度 ν 定义为动力黏度 μ 与流体密度 ρ 的比值：

$$\nu = \mu / \rho \quad (2-2)$$

运动黏度的单位是 m^2/s ，从动力黏度及运动黏度的单位不难看出它们名称的由来。

习惯上，人们把动力黏度简称为流体的黏度，水的黏度是温度的函数，在 20°C 时为 $0.001 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ，温度每增高 1°C ，水的黏度大约降低 2% 。如果我们联想到前一小节所讨论的水分子的缔合问题，则不难理解这一现象与液态水中水分子缔合体随温度升高而逐渐消失有关。在实际的固液分离过程中，温度变化对浆体黏性有影响，从而对分离效率的影响是显而易见的。例如，浓缩机的溢流在炎热的夏季要比在寒冷的冬季清澈得多；在过滤机引入蒸汽加热技术可明显降低滤饼水分等。不过，在一般情况下，固液系统的温度在分离过程中不会发生大幅度的变化，因而介质的黏度实际上可视为常量。至于借提高固液体系的温度，降低介质黏度从而提高分离效率的方法，由于经济上的原因通常并不能广泛采用。

2.1.3 水的表面张力

表面张力，或表面自动能，是描述物质表面性质的一个重要参数，其定义为物质增加单位表面积时外界所做的功。由于物质表面分子与内部分子相比，其化学键总处于不平衡状态，从而表面分子比内部分子具有更高的能量，这部分高出的能量就是表面自由能（或表面张力）。

在除了汞以外的所有液体中，水具有最高的表面张力，这显然与水分子的强极性有关。像大多数液体一样，水的表面张力随温度的升高而下降，表 2-1 所列即为水的表面张力随温度的变化情况。

表 2-1 不同温度时水的表面张力

温度/ $^\circ\text{C}$	表面张力/ $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$
20	0.07288
25	0.07214
30	0.07140

水的表面张力对固液分离过程有重要影响。例如在固体物料的孔隙内往往含有所谓的孔隙水，水在孔隙内深入的程度亦即孔隙水的含量与水的表面张力直接相关（这方面的讨论详见本节关于水的赋存状态部分）；再如水在固体表面的附着（润湿或形成水化层）也在很大程度上受到表面张力的影响。一般说来，液体介质的表面张力越大，固液分离越是困难。因此，降低水的表面张力就成为提高固液分离效率的有效途径之一。

从表 2-1 的数据来看，水的表面张力虽然随温度的升高而下降，但变化的速度很小，因此借提高温度而降低水的表面张力在实际上并没有多大意义；实际工作中向固液体系添加表面活性物质是降低水的表面张力的行之有效的手段。

2.2 固相的基本性质

固体颗粒是悬浮液中的分散相。固体物料本身的性质构成悬浮液基本性质的重要组成部分，从而在很大程度上决定固液分离的效率。考虑到固体颗粒在液体介质中的分散与悬浮，不难想象，与颗粒大小有关的性质（如粒度、形状）应当是本节所要论述的主要内容，而与颗粒表面有关的性质（如润湿性、表面电性等）仅当固体颗粒与液相混合时才能体现出来，因此将在固液体系的基本性质一节予以讨论。此外，固体物料的密度也是影响固液分离的重要参数，但由于对一定的固液体系来说，固体密度是一个确定的不可变的因素，因此这里不作详细分析。

2.2.1 颗粒粒度

颗粒粒度在固液分离过程中的作用最为重要，但限于篇幅，本小节只拟讨论颗粒（包括单个颗粒及粒群）粒度的表示方法以及粒度对分离过程的影响等，至于粒度的测定方法，请参看有关的专门书籍。

2.2.1.1 颗粒粒度的表示方法

颗粒粒度是颗粒体积的线性表征。依测量方法的不同，同一颗粒可以有不同的粒度数值；只有对标准的球体，不同方法测出的粒度才是一致的。表 2-2 列出了与固液分离有关的各种粒度的定义，它们各自适用于不同的场合。例如，自由沉降粒度和 Stokes 粒度适用于重力沉降、离心沉降、水力旋流器等场合；而表面粒度或比表面粒度则在絮凝、过滤等过程中用得较多。

表 2-2 颗粒粒度的表示方法

名 称	符 号	定 义	备 注
筛分粒度	x_n	能够通过颗粒的最小方孔宽度	
表面粒度	x_s	与颗粒具有相同表面积的球体直径	$\sim 1.28x_n$
体积粒度	x_v	与颗粒具有相同体积的球体直径	$\sim 1.10x_n$
比表面积粒度	x_{sp}	与颗粒具有相同比表面积的球体直径	$\sim 0.81x_n$
投影粒度	x_p	在垂直于稳定平面方向上与颗粒具有相同投影面积的球体直径	$\sim 1.41x_n$