

固液分离

教育部高等学校地矿学科教学指导委员会
矿物加工工程专业规划教材

PLANNED TEXTBOOK FOR MINERAL PROCESSING ENGINEERING

丛书主编 胡岳华

主编 孙体昌



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

**SOLID-LIQUID
SEPARATION**

教育部高等学校地矿学科教学指导委员会
矿物加工工程专业规划教材

固 液 分 离

主 编 孙体昌

副主编 张 芹 周 源



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

内 容 简 介

全书共分8章,主要介绍固液分离的基本概念和发展;固体颗粒性质的表征;固液两相系统的性质;重力与离心沉降分离设备;表层过滤;深层过滤;膜过滤;固液分离效率、洗涤效率及分级设备。内容涉及到与固液分离有关的基本概念、基本方法、常用设备等。

本书的主要读者对象是矿物加工专业的本科生及有关的技术人员,也可从事冶金、化工、轻工、生物化工等领域的科技人员及大专院校师生提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

固液分离/孙体昌主编. —长沙:中南大学出版社,2011.5

ISBN 978-7-5487-0257-3

I. 固... II. 孙... III. 固液分离 IV. TQ028.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第083360号

固液分离

主编 孙体昌

☐责任编辑 刘颖维 陈海波

☐责任印制 文桂武

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 国防科技大学印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 16.75 ☐字数 411千字

☐版 次 2011年8月第1版 ☐2011年8月第1次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-0257-3

☐定 价 38.00元

图书出现印装问题,请与出版社调换

教育部高等学校地矿学科教学指导委员会
矿物加工工程专业规划教材

编 审 委 员 会

主 任 王淀佐

丛书主编 胡岳华

委 员 (按姓氏笔画排序)

马少健	王化军	王毓华	文书明	冯其明
吕宪俊	刘炯天	刘新星	孙体昌	李世厚
邱廷省	张一敏	林 海	赵跃民	胡岳华
段希祥	顾帼华	陶秀祥	龚文琪	韩跃新
童 雄	雷绍民	魏德洲		

总序

.....

“人口、发展与环境”是 21 世纪人类社会发展过程中的重要问题，矿物资源是人类社会发展和国民经济建设的重要物质基础。从石器时代到青铜器、铁器时代，到煤、石油、天然气，到电能和原子能的利用，人类社会生产的每一次巨大进步，都与矿物资源利用水平的飞跃发展密切相关。

人类利用矿物资源已有数千年历史，但直到 19 世纪末至 20 世纪 20 年代，世界工业生产快速发展，使生产过程机械化和自动化成为现实，对矿物原料的需求也同步增大，造成了“矿物加工”技术从古代的手工作业向工业技术的真正转变，在处理天然矿物原料方面获得大规模工业应用。

特别是 20 世纪 90 年代以来，我国正进入快速工业化阶段，矿产资源的人均消费量及消费总量高速增长，未来发展的资源压力随之加大。我国金属矿产资源总量不少，但禀赋差、品位低、颗粒细、多金属共生复杂难处理，矿产资源和二次资源综合利用率都比较低。

矿物加工科学与技术的发展，需要解决以下问题：

(1) 复杂贫细矿物资源的综合回收：随着富矿和易选矿物资源不断开采利用而日趋减少，复杂、贫细、难处理矿产资源的开发利用成为当前的迫切需要。

(2) 废石及尾矿的加工利用：在选矿过程中，全部矿石经过碎磨，消耗了大量原材料和能源，通常只回收占总矿石质量 10% ~ 30% 的有用矿物，大量的伴生非金属矿不仅未能有效利用，并且当做“废石”和“尾矿”堆存成为环境和灾害的隐患。

(3) 二次资源：矿山、冶炼厂、化工厂等排出的废水、废渣、废气中的稀有、稀散和贵金属，废旧汽车、电缆、机器及废旧金属制品等都是仍然可以利用的宝贵的二次资源。由于一次资源逐步减少，二次资源的再生利用技术的开发无疑成了矿物加工领域的重要课题。

(4) 海洋资源：海洋锰结核、钴结壳是赋存于深海底的巨大矿产资源，除富含锰外，铜、钴、镍等金属的储量也十分丰富，此外，海水中含有的金属在未来陆地资源贫乏、枯竭时，也将成为人类的宝贵资源。

(5) 非矿物资源：城市垃圾、废纸、废塑料、城市污泥、油污土壤、石油开采油污水、内陆湖泊中的金属盐、重金属污泥等，也都是数量可观的能源资源，需要研发新的加工利用技术加以回收利用。

面对上述问题，矿物加工科技领域及相关学科的科技工作者不断进行新的探索和研究，矿物加工工程学与相邻学科的相互交叉、渗透、融合，如物理学、化学与化学工程、生物工程、数学、计算机科学、采矿工程、矿物学、材料科学与工程已大大促进了矿物加工学科的拓展，形成各种高效益、低能耗、无污染矿物资源加工新知识、新技术及新的研究领域。

矿物加工的主要学科方向有：

(1) 浮选化学：浮选电化学；浮选溶液化学；浮选表面及胶体化学。

(2) 复合物理场矿物分离加工：根据流变学、紊流力学、电磁学等研究重力场、电磁力场或复合物理场（重力 + 磁力 + 表面力）中，颗粒运动行为，确定细粒矿物的分级、分选条件等。

(3) 高效低毒药剂分子设计：根据量子化学、有机化学、表面化学研究药剂的结构与性能关系，针对特定的用途，设计新型高效矿物加工用药剂。

(4) 矿物资源的生化提取：用生物浸出、化学浸出、溶剂萃取、离子交换等处理复杂贫细矿物资源，如低品位铜矿、铀矿、金矿的提取，煤脱硫等。

(5) 直接还原与矿物原料造块：主要从事矿物原料造块与精加工方面的科学研究。

(6) 复杂贫细矿物资源综合利用：研究选 - 冶联合、选矿、多种选矿工艺（重、磁、浮）联合等处理一些大型复杂贫细多金属矿的工艺技术和基础理论，研究资源综合利用效益。

(7) 矿物精加工与矿物材料：通过提纯、超细粉碎、纳米材料制备、表面改性和材料复合制备等方法和技术，将矿物加工成可用的高科技材料。

现今的矿物加工工程科学技术与 20 世纪 90 年代以前相比，已有更新更广的大发展。为了适应矿业快速发展的形势，国家需要大批掌握现代相关前沿学科知识和广泛技术领域的矿物加工专业人才，因此，搞好教材建设，适度更新和拓宽教材内容对优秀专业人才的培养就显得至关重要。

矿物加工工程专业目前使用的教材，许多是在 20 世纪 90 年代前出版的教材基础上编写的，教材内容的进一步更新和提高已迫在眉睫。随着教育部专业教育规范及专业论证等有关文件的出台，编写系统的、符合矿物加工专业教育规范的全国统编教材，已成为各高校矿物加工专业教学改革的重要任务。2006 年 10 月

在中南大学召开的2006—2010年地矿学科教学指导委员会(以下简称地矿学科教指委)成立大会指出教材建设是教学指导委员会的重要任务之一。会上,矿物加工工程专业与会代表酝酿了矿物加工工程专业系列教材的编写拟题,之后,中南大学出版社主动承担该系列教材的出版工作,并积极协助地矿学科教指委于2007年6月在中南大学召开了“全国矿物加工工程专业学科发展与教材建设研讨会”,来自全国17所院校的矿物加工工程专业的领导及骨干教师代表参加了会议,拟定了矿物加工专业系列教材的选题和主编单位。此后分别在昆明和长沙又召开了两次矿物加工专业系列教材编写大纲的审定工作会议。系列教材参编高校开始了认真的编写工作,在大部分教材初稿完成的基础上,2009年10月在贵州大学召开了教材审稿会议,并最终定稿,交由中南大学出版社陆续出版。

本次矿物加工专业系列教材是在总结以往教学和教材编撰经验的基础上,以推动新世纪矿物加工工程专业教学改革和教材建设为宗旨,提出了矿物加工工程专业系列教材的编写原则和要求:①教材的体系、知识层次和结构要合理;②教材内容要体现科学性、系统性、新颖性和实用性;③重视矿物加工工程专业的基础知识,强调实践性和针对性;④体现时代特性和创新精神,反映矿物加工工程学科的新原理、新技术、新方法等。矿物加工科学技术在不断发展,矿物加工工程专业的教材需要不断完善和更新。本系列教材的出版对我国矿物加工工程专业高级人才的培养和矿物加工工程专业教育事业的发展将起到十分积极的推进作用。

出版一整套符合上述要求的教材,是一项有重要价值的艰巨的学术工程,决非一人一单位之力可以成就的,也并非一日之功即可造就的。许多科技教育发达的国家,将撰写出版水平很高的、广泛应用的并产生重要影响的教材,视为与高水平科学论文、高水平技术研发成果同等重要,具有同等学术价值的工作成果,并对获得此成果的人员给予的高度的评价,一些国家还把这类成果,作为评定科技人员水平和业绩的判据之一。我们认为这一做法在我国也应当接纳并给予足够的重视。

感谢所有参加矿物加工专业系列教材编写的老师,感谢中南大学出版社热情周到的出版服务。

王汝佐

2010年10月

固 液 分 离

编 委 会

主 编 孙体昌

副 主 编 张 芹 周 源

参 编 人 员 周兴龙 李正要 雷 芸

包申旭 何桂春 余新阳

匡敬忠

主 编 单 位 北京科技大学

副主编单位 武汉科技大学

江西理工大学

参 编 单 位 昆明理工大学

武汉理工大学

前 言

本书由北京科技大学、武汉科技大学、昆明理工大学、武汉理工大学、江西理工大学等院校共同编写。主要介绍与矿物加工专业有关的固液分离过程的基本原理、基本工艺和所用主要设备的工作原理和结构。关键内容是介绍不同固液分离过程所涉及的基本原理，各种固液分离方法的特点和适用范围。固液分离过程涉及的设备比较多，主要介绍常用设备的主要构造及各部分的主要作用，各种设备的特点及选择设备和使用中存在的问题及解决方法。

全书共分8章，各章编写分工如下：孙体昌，第1章概述和第7章膜过滤；张芹，第2章固体颗粒性质的表征；包申旭，第3章固液两相系统的性质；周源、何桂春、余新阳和匡敬忠，第4章重力与离心沉降分离设备；雷芸，第5章表层过滤；李正要，第6章滤池过程；周兴龙，第8章固液分离效率与洗涤效率。

本书的编写方式和内容体系与其他教材有所不同，为便于理解，按照认识事物的一般规律遵从“从宏观到微观”的原则编写，即在每一章或每一种方法，首先给出该方法的宏观过程、所需设备的结构和工作过程，使读者对该过程有一个全面的、宏观的感性认识，然后再逐步从微观上分析该过程的机理，如果可能再讲述如何用数学的方法或其他方法定量地描述该过程，这样可以使读者能更深入地理解每一个工艺过程，也更符合人们一般认识事物的规律。

由于固液分离技术发展很快，教材的篇幅有限，很难把固液分离的所有进展包括在其中。同时由于编者的水平所限，不可能满足所有读者的要求，希望各位读者选择阅读并提出宝贵意见。

孙体昌

2010年10月

目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 固液分离方法的分类	(1)
1.2 固液分离的应用范围	(2)
1.3 固液分离的发展趋势	(3)
第 2 章 固体颗粒性质的表征	(6)
2.1 密度	(6)
2.1.1 真密度	(6)
2.1.2 堆密度	(7)
2.2 形状表征	(7)
2.2.1 颗粒粒度	(7)
2.2.2 颗粒形状	(10)
2.2.3 比表面积	(12)
2.3 粒度分布	(13)
2.3.1 频率分布与累计分布	(13)
2.3.2 粒度分布的数学表达式	(15)
2.4 颗粒粒度的测量技术和方法	(18)
2.4.1 显微镜法	(18)
2.4.2 筛分	(21)
2.4.3 沉降分析法	(26)
2.4.4 其他方法	(32)
第 3 章 固液两相系统的性质	(34)
3.1 固液系统的分离性质	(34)
3.1.1 液体的物理性质	(34)
3.1.2 固液悬浮液的性质	(37)
3.1.3 流变学与非牛顿流体	(39)
3.2 固液系统的胶体性质及絮凝理论	(40)
3.2.1 胶体的凝聚与絮凝	(40)
3.2.2 凝聚的机理	(41)
3.2.3 胶体表面的双电层模型	(44)
3.2.4 絮凝	(47)
3.3 颗粒的沉降性质与悬浮性质	(51)

3.3.1	自由沉降	(51)
3.3.2	干涉沉降	(55)
3.4	重力沉降与离心沉降	(57)
3.4.1	重力沉降	(57)
3.4.2	重力沉降理论及相关模型	(58)
3.4.3	离心沉降	(63)
第4章	重力与离心沉降分离设备	(66)
4.1	沉降设备的分类	(66)
4.1.1	重力沉降设备分类	(66)
4.1.2	离心沉降设备的分类	(67)
4.2	连续重力沉降设备的结构与性能	(67)
4.2.1	平流沉降槽	(67)
4.2.2	竖流沉降槽	(68)
4.2.3	辐流沉降槽	(69)
4.2.4	沉降过滤器	(71)
4.2.5	深锥浓缩机	(73)
4.2.6	浓密机的性能参数	(73)
4.3	新型高效沉降设备的结构与性能	(78)
4.3.1	倾斜板(或倾斜管)沉降槽	(78)
4.3.2	向心辐流式浓密机	(79)
4.3.3	高效浓密机	(80)
4.4	离心沉降设备的结构与性能	(84)
4.4.1	管式离心分离机	(84)
4.4.2	室式离心分离机	(85)
4.4.3	无孔转鼓离心分离机	(85)
4.4.4	螺旋卸料沉降离心机	(86)
4.4.5	碟式(盘式)离心分离机	(87)
4.4.6	沉降离心机的选型	(89)
4.5	水力旋流器	(91)
4.5.1	水力旋流器的构造	(91)
4.5.2	水力旋流器的生产能力和分离粒度的计算	(91)
4.5.3	水力旋流器结构参数的设计选择	(92)
4.5.4	水力旋流器的配置安装方式	(93)
4.5.5	水力旋流器的磨损	(94)
第5章	表层过滤	(95)
5.1	真空过滤机	(95)
5.1.1	真空吸滤盘	(96)

5.1.2	转鼓真空过滤机	(97)
5.1.3	圆盘真空过滤机	(107)
5.1.4	转台真空过滤机	(109)
5.1.5	翻斗真空过滤机	(111)
5.1.6	带式真空过滤机	(114)
5.1.7	陶瓷介质真空过滤机	(118)
5.1.8	真空过滤机的选型	(119)
5.2	加压过滤机	(122)
5.2.1	板框压滤机	(122)
5.2.2	厢式压滤机	(126)
5.2.3	加压叶滤机	(128)
5.2.4	微孔管加压叶滤机	(131)
5.2.5	转鼓加压过滤机	(132)
5.2.6	圆盘加压过滤机	(134)
5.2.7	带式压滤机	(135)
5.2.8	气压罐式连续压滤机	(139)
5.3	离心过滤机	(141)
5.4	过滤介质	(141)
5.4.1	过滤介质的材质及结构	(141)
5.4.2	过滤介质的拦截机理	(144)
5.4.3	当量孔径	(145)
5.4.4	过滤介质的截留效率	(146)
5.4.5	过滤介质对流体的阻力	(147)
5.4.6	过滤介质的压力降	(149)
5.5	过滤过程的微观机理和定量描述	(150)
5.5.1	过滤速度基本方程式	(150)
5.5.2	恒压过滤方程式	(153)
5.5.3	多相过滤理论	(154)
5.6	助滤剂	(156)
5.6.1	介质型助滤剂	(156)
5.6.2	化学助滤剂	(159)
5.6.3	助滤剂的作用机理	(161)
5.6.4	助滤剂的选择	(164)
第6章	滤池过程	(167)
6.1	深层过滤的基本过程	(167)
6.2	滤池的结构和工作过程	(168)
6.3	滤池的分类	(169)
6.4	滤层结构	(171)

6.4.1	滤料	(171)
6.4.2	滤料层的结构	(173)
6.4.3	垫料和垫料层	(174)
6.5	配水及反洗系统	(177)
6.5.1	配水系统的作用	(177)
6.5.2	配水系统的分类	(177)
6.5.3	配水系统的设计	(178)
6.6	滤池的运行管理	(181)
6.6.1	滤速变化及控制	(181)
6.6.2	滤池反冲洗	(183)
6.6.3	滤池的运行管理	(184)
6.7	滤池常见故障及对策	(187)
6.7.1	气阻	(187)
6.7.2	结泥球	(187)
6.8	新型滤池	(188)
6.8.1	无阀滤池	(188)
6.8.2	虹吸滤池	(190)
6.8.3	压力滤池	(193)
6.9	深层滤池过滤理论	(194)
6.9.1	过滤机理	(194)
6.9.2	过滤方程	(196)
第7章	膜过滤	(199)
7.1	渗析与电渗析	(199)
7.1.1	原理和工作过程	(199)
7.1.2	电渗析装置	(200)
7.1.3	电渗析的特点和用途	(201)
7.1.4	离子交换膜及透过机理	(202)
7.1.5	电渗析的工艺	(203)
7.1.6	电渗析的影响因素	(204)
7.2	反渗透	(205)
7.2.1	反渗透的原理	(205)
7.2.2	反渗透膜组件	(206)
7.2.3	反渗透膜	(211)
7.2.4	反渗透膜的透过机理	(213)
7.2.5	反渗透装置的组合方式	(215)
7.2.6	反渗透工艺参数	(217)
7.3	纳滤与超滤	(219)
7.4	膜的污染及清洗	(220)

7.4.1 膜的污染的原因	(220)
7.4.2 膜的清洗	(221)
7.5 膜过滤法的特点	(222)
第8章 固液分离效率与洗涤效率	(223)
8.1 颗粒分级效率与分离效率	(223)
8.1.1 分离效率与分级效率	(223)
8.1.2 粒级分离效率与分离精确度	(225)
8.1.3 总分离效率、粒级分离效率与颗粒粒度分布间的关系	(227)
8.1.4 分离效率的修正	(230)
8.1.5 等概率截留颗粒粒度及解析截留粒度	(231)
8.1.6 分离效率的综合判据	(233)
8.1.7 多台分离设备串联的分离效率	(234)
8.2 固液分离的洗涤效率	(235)
8.2.1 多级逆流洗涤	(235)
8.2.2 滤饼洗涤	(239)
8.2.3 滤饼的多级逆流浆化洗涤、过滤	(247)
参考文献	(250)

第1章 概述

本章提要：主要介绍了固液分离的应用范围、固液分离方法的分类及应用范围，并分析了固液分离技术的发展趋势。

固液分离是采用一定的手段把由固体和液体组成的悬浮物中的固体和液体分开的单元操作。理论上固液分离可以把固体和液体完全分开，但实际上很难完全做到，只能分离到一定程度。一般情况下获得不含悬浮固体的液体比较容易，但得到不含液体的固体比较困难，只能得到一定液体含量的固体或只能得到固形物，其中含液体的比例因固体性质的不同而有很大的差异。

在许多过程工业中，固液分离是必不可少的单元操作过程，例如冶金、矿物加工、化工、轻工、食品、制药、环境保护、生物制品等。有些即使不属于过程工业的制造业，由于其产品是固形物，而生产过程需要在液体中进行，因此需要固液分离。在这些过程中，固液分离是关键操作之一，其技术水平的高低，质量的优劣直接影响到过程实现的可能性、工艺过程的先进性和可靠性、产品质量、能耗、环境保护等经济、社会效益。

固液分离对矿物加工的重要性更为突出。因为，矿物加工的大多数作业都是在由矿石与水组成的矿浆中进行的，但最终产品需要是固体形式，因此固液分离的过程是非常重要的，是保证整个矿物加工工艺顺利进行的关键环节，在某些情况下，固液分离过程决定着矿物加工过程的成败。从投资的角度来看，固液分离设备和设施在矿物加工工程投资中所占的比例也较高。

1.1 固液分离方法的分类

根据目前的发展，固液分离基本上有两种方法，即沉降和过滤，也可以认为有第三种分离方法，即使固液两相均处于运动状态，如水力旋流器分级，流态化洗涤等，但严格来说，它只能达到分级的目的，而远未达到分离的要求。

沉降分离也可分为两种，即重力沉降与离心沉降或称为弱沉降分离与强沉降分离。重力沉降是借助自然力，最为经济，能源消耗低，故称其为环境友好工艺，是固液分离的首选手段。但分离效果有限，属于弱沉降分离，离心沉降、真空过滤、压滤、离心过滤等都是较强的分离手段，因需借助外力，要消耗较多的能源。因此，采取辅助措施，降低分离过程的能源消耗，是今后努力的方向。固液分离的方法及常用设备见表1-1。

表 1-1 固液分离的方法及常用设备

分离方法		所用设备	用 途
沉降分离	重力沉降	澄清槽	以获取澄清液为主
		浓缩槽	以获取浓矿浆为主
		脱泥槽	以脱除细泥为主
		分级箱	将悬浮物中的固体分为粗细两种组分
	离心分离	水力旋流器	矿浆按浓度分离或矿浆中固体按粒度分离
		沉降式离心机	液体和固体分离
过滤	重力过滤	深层过滤	以获得纯净液体为主
		格筛	去除粗颗粒的固体
	真空过滤	间歇式过滤机	获取固体或液体,根据不同的要求和分离对象的性质选择不同形式
		连续回转式过滤机	
	加压过滤	板框式	
		管式	
		叶式	
		带式等	
	离心过滤	篮式	
		锥形、筒形	
膜过滤	超过滤	螺旋卷式、中孔纤维式、管式	获得高纯度的液体
	反渗透	维式、管式	
	电渗析	电渗析器	

在实际应用中,为了提高固液分离的效果,需要从多方面考虑,确定合理的固液分离工艺,主要有以下几种措施:①采用联合流程,即把两种或两种以上的固液分离手段合理搭配,优化配置,如沉降与过滤的组合,旋流器与过滤及沉降分离的组合等,这种方式在矿物加工中应用非常广泛;②利用凝聚与絮凝等手段及助剂以提高沉降速度及过滤速度;③利用预涂层、助滤剂等改善过滤性能,提高过滤速度;④利用电场、磁场等辅助手段促进过滤分离。

1.2 固液分离的应用范围

(1) 制药工业、生物发酵和生物制品工业

生物发酵工艺中都存在发酵液与菌丝体分离的问题,最常用的是过滤和离心分离。在发酵工业中,发酵残液的综合利用不但可解决环境污染问题,同时可生产出高质量的饲料,具有非常显著的社会和经济效益,而在工业上要实现这一目标,又与高效的液固分离设备密切相关。在酶制剂工业中,碱性蛋白酶,脂肪酶和多糖微生物的浓缩分离常用微滤和超滤技术。在制药工业中,抗菌素的生产和无菌水的制备等也少不了液固分离工序。

(2) 化工生产

在无机盐工业中常涉及酸解、碱溶、浸出物的过滤和滤饼的洗涤,如制碱行业中重碱的过滤和氨泥的分离。在化肥生产中,磷石膏的过滤、酸不溶物的分离都离不开液固分离操作,其分离的优劣直接影响产品的质量、产量及收率。精细无机化工产品的迅速发展也对过滤和分离设备提出了新的要求。染料生产中大部分产品的生产工艺都有过滤、滤饼洗涤过程。在石油化工产品、颜料、涂料、水泥、精细化工产品的生产过程中都要涉及液固分离操作,因此液固分离在化工生产中具有举足轻重的地位。

(3) 环境保护工程

在工业生产和日常生活中都会产生大量的污水,如不经处理直接排放,将造成环境的严重污染,影响人民身体健康,因此污水的综合治理能力已经成为一个国家经济实力和技术水平的重要标志。目前生物法治理污水是一种重要的方法,它涉及污泥的浓缩、凝聚、脱水过程,其中脱水效果将影响整个处理过程的能耗指标。

(4) 食品及饮料

啤酒、葡萄酒、果酒、清酒、白酒、黄酒、果汁、瓶装水、茶饮料、豆奶、味精等食品添加剂制造流程的净化和无菌处理,都离不开固液分离过程。

再如,食品工业中产生大量含蛋白质的废水,如果直接排放不仅会造成环境污染还会导致大量蛋白质的流失,若经过沉降、脱水和膜过滤可节约大量的生产用水,并可回收有价值的蛋白质,这是目前工业发达国家正在开发的领域。

以上仅是固液分离应用的部分实例,实际上利用固液分离的行业还有很多,如汽车制造中的电泳漆、前处理液、面漆、超滤水;石油及天然气行业的天然气的分离与净化,加气站过滤,胺液脱硫及脱水溶剂过滤等;电子及电镀行业的集成电路、显像管、液晶显示、光刻剂等部门也有液固的分离与过滤。

1.3 固液分离的发展趋势

十几年来,随着物料脱水技术应用领域的扩大,很多要求固液分离的浆体中的固形物颗粒粒度都很细,且有越来越细之势,而且总的发展趋势是要求滤液的高澄清度和滤渣的低含液量,以减少干燥和进一步处理的工作量,降低固液分离成本。因此,固液分离技术正处于方兴未艾的发展期,但由于固液分离所涉及的领域和学科非常广泛,其发展速度也很快,其发展趋势大致在如下几方面。

(1) 在不太增加能耗的前提下发展和改进各种压滤机

为降低滤渣的含液量和降低脱水总成本,促进各式压滤机的发展,同时基于对滤饼尤其是可压缩滤饼性质的深入研究,应更加重视和发展滤饼的压榨或压缩技术。

间断式板框压滤机仍是主要的压滤设备,国内外产量均很大。提高板框压滤机的工作压力是降低滤饼水分的重要措施,国外的板框式压滤机的工作压力,一般为0.6~1.4 MPa,有些可达2.5 MPa,最高可达7.0 MPa。间断式板框压滤机在材料、板框结构、进出口布置、过滤介质、提高和合理采用过滤压力以及过滤机理等多方面进行研究和改进。理论上提出了板框压滤机是半横流式而非端式过滤等观点。板框材料和结构上也有新的发展,如除铸铁外,还采用不锈钢或涂有合成树脂膜的铝合金、青铜、聚丙烯(PP)或聚乙烯(PVC)、CPVC板框