

有色冶金过程及设备

(有色冶金工程)

上册

东北工学院有色系
有色冶金过程及设备教研组编

一九七四年五月

毛主席語录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

学制要缩短，教育要革命，资产阶级知识分子统治我们学校的现象，再也不能继续下去了。

自然科学是人们争取自由的一种武装。人们为着要在社会上得到自由，就要用社会科学来了解社会，改造社会进行社会革命。人们为着在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然界得到自由。

目 录

绪 论

一、有色金属冶金过程概述	1
二、本课程的性质与内容	1
三、本课程的基本任务	2
四、本课程的教改情况	2

第一章 流体力学基本原理

第一节 流体的基本性质	3
一、密度与重度	3
二、粘 度	4
三、压缩性	6
四、物理量的因次与单位制度	6
第二节 流体静力学	7
一、流体静压强	7
二、流体静力学基本方程式	7
三、流体静力学基本方程式的应用	9
第三节 流体动力学	12
一、稳定流动与不稳定流动	12
二、流体的流量与流速	13
三、流体的连续性方程式	13
四、两种流动类型及其判断	14
五、流体流动的边界层	15
六、流体动力学基本方程式	16
七、柏努利方程式的应用	18
第四节 管路阻力	20
一、阻力计算的一般方程式	20
二、流体在直管中的沿程阻力计算	21
三、局部阻力	22
四、烟囱的工作原理	24
第五节 管路计算与布置	26
一、管路计算	26

二、管路布置	27
第六节 流量测定	28
一、测速管（毕托管）	28
二、孔板流速计	29
三、转子流量计	32
第七节 管路及阀门	32
一、管道的种类及规格	32
二、阀门	34

第二章 液体输送

第一节 离心泵	37
一、离心泵的构造和作用原理	37
二、离心泵的特性曲线	38
三、离心泵的操作分析和调节	41
四、离心泵的吸入高度	43
五、离心泵的类型	44
第二节 其他类型泵	45
一、往复泵	45
二、旋转泵	46
三、利用流体作用的泵	47
第三节 各种泵的比较与选择	48

第三章 气体输送和压缩

第一节 气体输送	50
一、离心式风机	50
二、回转式鼓风机	52
第二节 气体的压缩过程和压缩机	53
一、往复式压缩机操作原理	53
二、理论压缩过程及其功率	53
三、实际压缩过程	55
四、生产能力、实际功率与效率	55
五、往复压缩机的分类与构造	57

第四章 液相悬浮系的分离

第一节 重力沉降	59
一、沉降器生产能力的计算	60

第二节 离心沉降	60
第三节 过 滤	61
一、过滤操作的基本原理.....	61
二、过滤设备.....	62
第四节 离心分离	65

第五章 气相悬浮系的分离（收尘）

第一节 基本概念	68
一、收尘的意义.....	68
二、烟尘的分类.....	68
三、各种烟尘的特性.....	69
四、烟尘浓度表示法.....	70
第二节 重力沉降	71
一、烟尘的重力沉降原理.....	71
二、沉降器设计原理.....	72
三、沉降设备.....	73
第三节 离心沉降	74
一、烟尘离心沉降的物理基础（如图5—5）.....	74
二、烟尘的沉降时间和所能沉降的最小粒径.....	75
三、旋风分离器的种类.....	76
四、旋风分离器的计算.....	78
五、影响旋风收尘器收尘效率的因素.....	79
第四节 过滤净制	82
一、滤布过滤含尘烟气的基本理论.....	83
二、布袋收尘器的结构与操作.....	84
三、设备的选择计算.....	84
第五节 烟气的冷却	87
一、混以冷空气冷却烟气（吸风冷却）.....	87
二、表面冷却器冷却烟气.....	89
三、利用水雾的蒸发以冷却烟气.....	90
四、各种冷却烟气方法的应用.....	90
第六节 电气净制	91
一、电收尘的理论基础.....	91
二、电气收尘器的分类和构造.....	95
第七节 湿法收尘	96

第六章 传热学基本原理

第一节 传热过程概述	99
一、传热过程在冶金工业中的意义.....	99
二、传热的基本概念.....	99
第二节 热传导	100
一、热传导的基本概念和定律.....	100
二、稳定热传导.....	104
第三节 对流传热	107
一、基本概念和定律.....	107
二、对流给热系数的求算.....	108
第四节 热辐射	112
一、基本概念和定律.....	112
二、两固体间的相互辐射.....	116
三、气体的热辐射.....	118
第五节 综合传热	122
一、对流和辐射的综合传热.....	122
二、露焰炉内的传热.....	123
三、对流和传导的综合传热.....	125
第六节 温度的测量	128
一、温度计.....	128
二、高温计.....	130

第七章 热 设 备

第一节 加热、冷却与冷凝	134
一、加热.....	134
二、冷却和冷凝.....	135
第二节 热交换计算	136
一、工业换热方式.....	136
二、热交换的计算.....	137
三、流体流动方向的选择.....	141
第三节 换热设备	142
一、蛇管式和套管式换热器.....	143
二、列管式换热器.....	144
三、平板式换热器.....	146

四、螺旋换热器.....	147
第四节 加热设备	148
一、窑炉概说.....	148
二、回转炉.....	150
三、反射炉.....	153
四、电阻炉.....	157

第八章 蒸 发

第一节 蒸发原理和计算	162
一、蒸发在冶炼过程中的作用.....	162
二、蒸发原理和蒸发器.....	162
三、蒸发设备的计算.....	163
第二节 蒸发设备、流程及其强化	168
一、各种类型蒸发器及蒸发流程.....	168
二、蒸发过程的强化.....	174

第九章 传质过程的基本原理

第一节 传质过程的基本概念	176
第二节 扩散原理	176
一、流体中的分子扩散.....	176
二、气相中的稳定分子扩散.....	177
三、液相中的稳定分子扩散.....	179
四、扩散系数.....	179
五、对流扩散.....	180
第三节 相际物质传递	182
一、相组成的表示方法.....	182
二、相际平衡.....	183
三、传质方程式.....	185

第十章 金属蒸馏和精馏

第一节 蒸馏的基本原理	186
第二节 精馏的基本原理	189
一、精馏原理.....	189
二、精馏的流程.....	191

第三节 双组分混合液精馏塔操作分析	192
一、基本假设.....	192
二、精馏段操作线方程式.....	193
三、提馏段操作线方程式.....	193
四、进料情况对操作线的影响.....	194
五、操作线的作法与应用.....	195
第四节 分离双组分混合液的连续精馏塔的计算	196
一、理论塔板数, 塔板效率及实际塔板数.....	196
二、回流比、塔板数与加热蒸汽消耗量之间的关系.....	198
三、连续精馏塔的热量衡算.....	200
第五节 蒸馏与精馏设备	201
一、蒸馏釜.....	201
二、精馏塔.....	202
三、各种塔的比较.....	204

第十一章 金属有机溶剂萃取

第一节 有机溶剂萃取的基本原理	205
一、有机溶剂萃取的基本概念.....	205
二、有机溶剂萃取的基本原理.....	205
三、萃取剂的分类与结构.....	207
第二节 萃取设备(液-液萃取)	209
一、液-液萃取过程的分类.....	209
二、液-液萃取设备.....	210
第三节 萃取过程计算	212
一、级数的确定.....	212
二、混合-澄清槽的计算.....	218
三、混合澄清槽的操作.....	221

第十二章 离子交换

第一节 离子交换的基本原理	223
一、树脂的类型.....	224
二、树脂的结构.....	224
三、交联度.....	226
四、交换容量.....	226

第二节	离子交换过程和操作	226
一、	离子交换过程.....	226
二、	离子交换过程操作.....	227
第三节	离子交换过程的选择性	228
第四节	离子交换净化水	230
一、	制备交换水的简单流程(图 12—4).....	230
二、	树脂的选择与再生.....	231

第十三章 流 态 化

第一节	流态化过程的基本概念	232
第二节	流化床的流体力学	234
一、	流体阻力.....	234
二、	流体的临界速度(最小流化速度).....	234
三、	流化床的操作速度.....	236
第三节	流化床的传热	236
一、	流化床中的传热特点.....	237
二、	流体与流态化固体粒子之间的热交换.....	237
三、	流化床与器壁之间的热交换.....	238
第四节	流化床的传质	238
第五节	流化床的结构	239
第六节	流态化技术的优缺点及其在工业上的应用	240

第十四章 真 空 技 术

第一节	真空过程的基本概念	242
一、	真空的表示法.....	242
二、	真空过程的特点.....	242
第二节	真空的获得	243
一、	机械真空泵.....	244
二、	扩散泵.....	247
第三节	真空的测量	248
一、	U形管压力计.....	249
二、	压缩式真空计.....	250
第四节	真空系统的设计和使用	251
一、	抽气过程的理论基础.....	251
二、	真空技术基本方程的应用.....	254

三、气体沿导管的流动状态与通导能力的确定.....	254
四、抽气时间的计算.....	256

第十五章 有色冶金设备材料

第一节 金属材料	258
一、腐蚀的概念和分类.....	258
二、金属材料的耐腐蚀性能.....	258
第二节 非金属材料	260
一、有机材料.....	260
二、无机材料.....	265
第三节 耐火材料	268
一、耐火材料概述.....	268
二、耐火材料的主要性质.....	270
三、常用的几种耐火材料.....	772
四、散料耐火材料和绝热材料.....	274
附 录.....	277
主要参考资料.....	284

绪 论

一、有色金属冶金过程概述

有色金属冶金过程是研究如何从矿石中分离提炼金属的工业过程。有色冶金过程按冶金方法分类可分为火法冶金过程和湿法冶金过程，其流程示意图如图(1)和图(2)。火法冶金的特点是在高温下进行，而湿法冶金是在低温下进行。由这两图可见有色金属

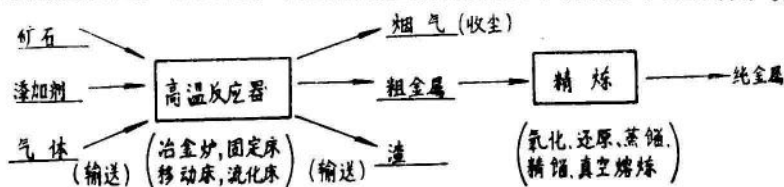


图 1 火法冶金过程示意

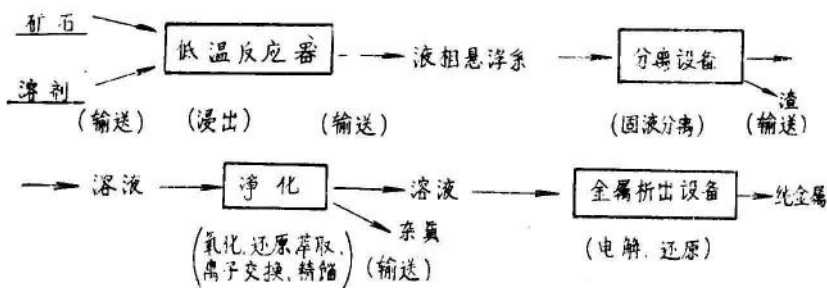


图 2 湿法冶金过程示意

冶金过程的实质就是将矿石在高温或低温下用物理或化学的方法进行处理，使金属和杂质分离的过程。有些金属全用火法冶炼，有些金属全用湿法冶炼，但大多数金属的冶炼采取火法和湿法联合流程。

二、本课程的性质与内容

本门课程是把各种金属的各种各样的生产方法中所共有的典型过程和设备抽出来加以深入的研究。它完全不考虑个别金属生产过程的特性，即不考虑具体的生产技术条件，而研究它们的共性。即本门课要研究气体、液体和固体的输送过程及设备；高温或低温传热过程及设备；各种物理和化学以及物理化学分离过程及设备。必须掌握这些过程的原理和设备的构造及材料的选择。根据上述要求而安排本课程主要内容如下：

1. 流体输送（液体和气体）
2. 非均相分离（气相悬浮系分离和液相悬浮系分离）
3. 均相分离（金属精馏；金属的萃取和离子交换等）
4. 低温和高温传热（换热器和冶金炉）
5. 流态化技术和真空技术
6. 有色冶金设备材料

上述这些过程所涉及的基本原理主要是在物理，化学，物理化学等课中研究，本课程是根据生产需要把这些基本原理同生产实际联系起来，即应用这些基本理论指导生产实践的学科。它与专业结合就构成了冶金生产过程。总的来讲它是技术基础课，而个别内容就是与专业课的适当分工。

三、本课程的基本任务

由于本课程是研究各种有色金属生产中具有共同典型的典型过程和设备，因此它的基本任务是：

1. 掌握某些典型的冶金过程的基本原理及其计算方法；
2. 掌握典型设备的构造、选择及设计方法；
3. 寻找适宜的操作条件，探索强化过程的方向及改进设备的途径。

四、本课程的教改情况

本课程的前身是化工过程及设备，由于在文化大革命前多年照搬照抄化工院校化工过程及设备课的教材，严重脱离有色冶金生产实际；影响教学质量。经过了文化大革命的冲击和斗批改的深入发展，推动了教材的改革，特别是在伟大的批修整风运动中，抓住了刘少奇一类骗子的修正主义路线右的实质进行批判以后，使我们加深了对毛主席关于“教育要革命”“学制要缩短，课程设置要精简，教材要彻底改革，有的首先删繁就简”伟大指示的理解，增强了革命信心，决心彻底改造化工课。经过反复的调查研究之后，我们感到要想彻底改革化工课，必须跳出化工课旧体系的框框，在有色冶金系建立一个紧密结合冶金与化工院校化工过程及设备相当的一门课程，名称可叫做“有色冶金过程及设备”或叫“有色冶金工程”。这门课程按有色冶金生产的实际需要安排教学内容，按内容的内在规律性安排课程体系。因此这门课是在改革旧化工课之后形成的一门新课，本课的内容大体可分为四部分：

有五分之一是原流体力学、泵和风机，但经过改革后的内容；

有五分之一是原冶金炉，但经过改革后的内容；

有五分之二是原化工但经过改革后的内容；

有五分之一是根据有色冶金需要新增加的内容。

这门新课程第一个特点是它跳出了原化工课的体系，按冶金生产需要安排教学内容，按内容的内在联系安排课程体系，形成一门新的技术基础课。

这门新课程第二个特点就是精减了课程，减少了学时，过去流体力学、泵和风机课为60学时，冶金炉为100学时，化工为100学时，现在需140学时左右。

这门新课程第三个特点就是本课重点介绍了一些能够强化冶金生产过程和正在推广应用的新型设备和技术，这必将对冶金工业的发展起一定的推动作用。

目前这门课程刚刚形成，按课程性质，虽属于技术基础课，但某些内容只是与专业课的适当分工，因此，它在同专业课和基础理论课的关系上，内容的取舍上尚需深入调查研究。但是我们相信在批修整风运动中，只要坚持革字当头，一定能把这门课改造成具有革命性科学性和实践性的新课。

第一章 流体力学基本原理

在有色冶金生产中，绝大多数生产过程都是在流体流动的状态下完成的。近年来甚至将本为固体的物体也使其流态化，即使其具备流体的流动性质，来强化生产，实现连续操作和便于自动控制。因此，为了保证各生产设备中过程能良好的进行，必须选择最适宜的流体动力学条件，以利于小设备大生产低消耗。所以，必须研究流体（气体及液体）宏观运动和平衡规律及其应用的流体力学。所以，我们先从流体力学的学习入手，为的是能比较深刻的掌握了流体平衡与运动的基本规律以后，从而解决冶金生产中的实际问题。

第一节 流体的基本性质

有色冶金工业中所涉及的流体，除了常见的水、空气外，还有酸硷和各种具有腐蚀性的溶液，各种有毒和无毒的气体。这些流体经常在各种管道和设备中流动，为了达到不同的目的，就要控制不同的条件，使流动符合生产的需要。而流动与流体本身的性质密切相关，因此我们首先阐述与流体流动有关的一些基本性质。

一、密度与重度

密度是流体介质中一个非常重要的特性，它表明流体质点在空间的分布。

从流体中取出任一体积 ΔV ，以 Δm 表示该体积中的质量，这时 $\frac{\Delta m}{\Delta V}$ 称为流体的平均密度。若体积 ΔV 缩小，此时 $\frac{\Delta m}{\Delta V}$ 也将趋于某一极限，此极限称为密度，即：

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V} \quad (1-1)$$

又设体积 ΔV 内的重量为 ΔG ， $\frac{\Delta G}{\Delta V}$ 称为平均重度，而 $\Delta V \rightarrow 0$ 时，这个比值称为重度，即

$$\gamma = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta G}{\Delta V} \quad (1-2)$$

重度的因次为：〔重量/体积〕=〔公斤/米³〕，已知 $G = mg$ ，式中 g 为重力加速度，于是可以确定密度与重度之间的关系为：

$$\gamma = \rho g \quad (1-3)$$

因此密度因次为：〔质量/体积〕=〔公斤·秒²/米⁴〕。某些气体和液体的重度见表 1。

某些气体和液体的重度

表 1

名 称	重度(公斤/米 ³)	名 称	重度(公斤/米 ³)
空 气	1.293	水	1000
氧 气	1.42895	汽 油	760
氢	0.08985	煤 油	850
氮	0.771	HNO_3 , 92%	1500
二 氧 化 碳	1.976	H_2SO_4 , 98%	1830
氯	3.217	HCl (发烟)	1210
一 氧 化 碳	1.250	$NaOH$, 30% 溶液	1330

二、粘 度

当我们观察河道，渠道中的水流时，可以明显地看到越靠近河岸，流速越小，这表明河岸对邻近它的流体有约束作用。流体内部也有相互约束的作用力，这种性质叫做流体的粘性。

假设有两块平行平板(图1—1)其间充满了静止的流体，让下板固定，上面一板以速度 w 均匀而又平行于下板在运动。我们会看到板间流体很快就处于流动状态，且靠近运动平板的流体质点比远离平板的流体质点有较大的速度。这说明，一方面运动的平板带动了紧靠着它的流体质点，也就是说平板与流体之间存在着切向作用力，可称为流体的外摩擦。另一方面，靠近运动平板的流体层将运动传给了紧靠着它的离运动平板较远的流体层。这说明流体之间其接触面上存在着切向作用力，这就是流体的内摩擦，一般所指流体的摩擦，即内摩擦。

牛顿对这类现象进行了归纳，得到通常的所谓牛顿摩擦定律：两流体层之间单位面积上的摩擦力即切应力 τ 与垂直于流动方向的速度梯度成正比(图 1—2)。

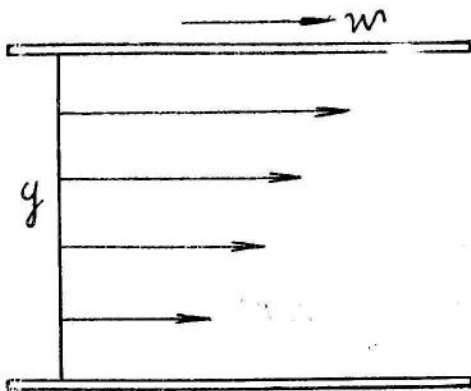


图 1—1 粘性实验

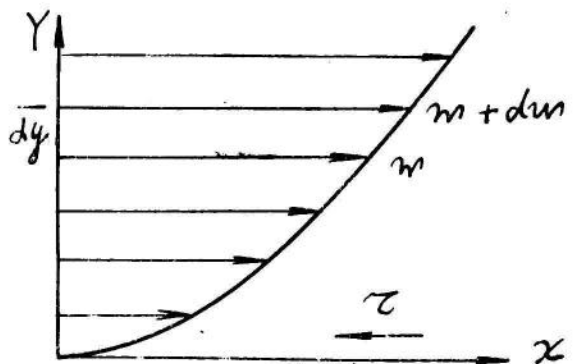


图 1—2 牛顿摩擦定律

$$\tau = \mu \frac{dw}{dy} \quad (1-4)$$

式中 μ 与运动性质无关，取决于流体的物理性质与温度，通常称为粘性系数或粘度。其因次可表示为：

$$\left[\frac{\text{力/长度}^2}{\text{速度/长度}} \right] = \left[\frac{\text{力}}{\text{长度} \cdot \text{速度}} \right]$$

绝对单位制中：粘度的因次为：

$$\left[\frac{\text{达因} \cdot \text{秒}}{\text{厘米}^2} \right] = \left[\frac{\text{克}}{\text{厘米} \cdot \text{秒}} \right] = [\text{泊}]$$

由于[泊]的单位太大，常采用更小的单位，称为[厘泊]即：

$$[\text{厘泊}] = 0.01[\text{泊}]$$

工程单位制中粘度的因次以 $\left[\frac{\text{公斤} \cdot \text{秒}}{\text{米}^2} \right]$ 表示，其与[泊]或[厘泊]有如下的关系：

$$1 \left[\frac{\text{公斤} \cdot \text{秒}}{\text{米}^2} \right] = \frac{981000}{10000} \left[\frac{\text{达因} \cdot \text{秒}}{\text{厘米}^2} \right] = 98.1[\text{泊}] = 9810[\text{厘泊}]$$

某些情况下，流体的粘性系数 μ 与密度 ρ 常以 $\frac{\mu}{\rho}$ 的形式出现，以 ν 表示之，称为运动粘性系数。即：

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} [\text{米}^2/\text{秒}] \quad (1-5)$$

在绝对单位制中以 $[\text{厘米}^2/\text{秒}]$ 表示，称为[斯]。某些气体和液体的粘度见表 2。

某些气体和液体的粘度

表 2

名 称	粘度 (在 0°C 和 1 [绝对大气压]) [厘泊]	名 称	粘度 (20°C) [厘泊]
空 气	0.0173	水	1.0
氧	0.0203	硫酸 98%	2.8
氢	0.00842	甘油 50%	6.5
二氧化碳	0.0137	水 银	1.60
一氧化碳	0.0166	乙醇 40%	3.2

气体和液体的粘度都是由实验测得的，手册中所载的粘度数据均以厘泊表示。混合液体、混合气体的粘度都有相应的公式可以计算。

液体与气体粘度随温度变化规律不同，对于液体温度升高，粘度减小，但对于气体则随温度的升高而增大。

实际流体是有粘性的，但各种流体粘性有大有小，在不同情况下，粘性所起的作用也不相同。因此根据处理问题时的不同要求，在实际许可的情况下，有时可以忽略去粘性不计，以求处理问题方便，这种无粘性的流体称为理想流体。

三、压缩性

实际上流体都是可以压缩的。也就是说流体密度是随着压强与温度的变化而改变的。例如水在温度不变的情况下，每增加一个大气压，它的体积比原来减少 0.005% 左右。而对空气来说，在压力不变时，温度增高 100°C 密度大约减少 27%。由此可见，流体是存在着压缩性的，只不过象水那样的流体，压缩性很小，可以当作不可压缩流体看待，而空气就有明显的压缩性，当空气在一般情况下，即其速度比音速小得多以及终压之变化不大于原来压强 20%，密度变化很小，可以忽略，此时空气亦可当作不可压缩流体。因此是否考虑流体的压缩性须视具体情况而定。

四、物理量的因次与单位制度

凡参加生产过程的物质，皆具有各种不同的物理性质，如前面所述的重度，密度和粘度等，而且常须用各种不同的参变数，如温度，压强和速度等以表示其特征，这些物理量可通过三四个彼此独立的基本量来表示，其大小则用各种单位来量度，常用的基本量或称因次为长度 L 力 F 或质量 M 时间 τ 和温度 T 等。应用这些基本量以表示物理量的特性的式称为量纲或因次式，例如速度的量纲 $L\tau^{-1}$ ，加速度的量纲为 $L\tau^{-2}$ 。

用以表示各个物理量的大小的单位，有各种不同的度量衡制度，如公制或英制，公制中又有绝对单位制和工程单位制

在绝对单位制中选定长度、质量和时间作为基本量，所以米公斤秒制厘米克秒制两种单位制的名称就是它们的基本单位

在工程制中选定长度，力和时间作为基本量，所以工程单位制的基本单位是米，公斤力和秒。在英制中，以呎为长度单位，磅为质量或力的单位，秒为时间单位，由于力与质量不分皆以磅表示、致引起混乱。

由于公制为国际单位制，且为十进制制，因此我国均采用公制，有色冶金中一般采用公制中米，公斤、秒工程单位制。但为分别起见，当公斤作为质量单位时，则用公斤（质）表示。

两种不同单位制度中某些物理量的单位和因次式表

表 3

	单 位		因 次 式	
	厘米—克—秒	米—公斤—秒	厘米—克—秒	米—公斤—秒
长 度	[厘米]	[米]	L	L
质 量	[克]	[公斤·秒 ² /米]	M	$F\tau^2 L^{-1}$
时 间	[秒]	[米]	τ	τ
速 度	[厘米/秒]	[米/秒]	$L\tau^{-1}$	$L\tau^{-1}$
加 速 度	[厘米/秒 ²]	[米/秒 ²]	$L\tau^{-2}$	$L\tau^{-2}$
力(重量)	[达因]或[克·厘米/秒 ²]	[公斤]	$ML\tau^{-2}$	F
功	[尔格]或[克·厘米 ² /秒 ²]	[公斤·米]	$ML^2\tau^{-2}$	FL
功 率	[尔格/秒]或[克·厘米 ² /秒 ³]	[公斤·米/秒]	$ML^2\tau^{-3}$	$FL\tau^{-1}$

在运用上述单位进行计算时，无论系用何种单位，均应贯彻到底，不应将不同的单位混合使用，现将厘米克秒绝对单位制和米公斤秒工程单位制两种不同制度中某些物理量的单位和因次关系列于表 3，以供参考。

第二节 流体静力学

流体静力学所研究的是流体在相对平衡时的规律及其应用。实际流体静止时由于不运动而不表现出其内部摩擦力，所以理想流体平衡时的规律也适用于实际流体。冶金工业中所牵涉到流体静力学最多之处为压强与液面的测定，压强与液面的测定皆为生产所必需。

一、流体静压强

在一相对平衡状态下的流体中取一小平面其面积为 ΔF ，而 ΔP 为作用在该小平面上的力，当 $\Delta F \rightarrow 0$ 时 $\Delta P / \Delta F$ 的极限就称为该点的压强

$$P = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta F} \text{ [公斤/米}^2\text{]} \quad (1-6)$$

静压强总是垂直于其作用面，而且任一点静压强数值的大小与作用面的方向无关，但作用在不同点上的静压强不一定相等。

压强的单位除用 [公斤/米²] 来表示外，还可以用 [大气压]，[汞柱高度] 或其他种流体柱高度表示。

1 [大气压] 相当于每平方厘米面积上受 1.033 [公斤] 的压力和相当于 760 [毫米汞高] 的压强或 4 [°C] 时 10.33 [米水柱高] 的压强，此种大气压称为物理大气压。但工业上为了计算便利常用 1 [大气压] 相当于 1 [公斤/厘米²] 或 10 [米水柱] 高的压强为单位，称为工程大气压。工程大气压与物理大气压的各种表示方式有如下关系：

$$\begin{aligned} 1 \text{ [物理大气]} &= 760 \text{ [毫米汞高]} = 10.33 \text{ [米水柱高]} \\ &= 1.033 \text{ [公斤/厘米}^2\text{]} = 10330 \text{ [公斤/米}^2\text{]} \\ 1 \text{ [工程大气]} &= 735.6 \text{ [毫米汞高]} = 10 \text{ [米水柱高]} \\ &= 1 \text{ [公斤/厘米}^2\text{]} = 10000 \text{ [公斤/米}^2\text{]}。 \end{aligned}$$

二、流体静力学基本方程式

平衡流体内，静压强与位置的关系即 $P = f(x, y, z)$ 函数关系的求出是静力学理论的基本问题。为此我们在静止的流体中取一流体柱如图(1-3)。此流体柱既属静止，知其必处于力的平衡状态中，设流体重度为 γ ，考虑到流体柱本身的重力，则可以列出流体平衡方程式：

就 0—面以上的流体柱而言：

$$P_0 F = P_1 \cdot F + H_1 F \gamma \text{ [公斤]} \quad (1-7)$$

就 0—面以下的流体柱而言：