

中等专业学校轻工专业试用教材

日用陶瓷工厂机械装备

广东轻工业学校 主编

轻工业出版社

中等专业学校轻工专业试用教材

日用陶瓷工厂机械装备

广东轻工业学校 主编

轻工业出版社

内 容 简 介

这是一本轻工业中等专业学校陶瓷专业的试用教材。内容包括流体力学基础和流体输送机械、陶瓷原料处理机械及收尘设备、陶瓷成型干燥与烧成用机械装备、陶瓷修坯施釉与装饰机械、陶瓷生产流水作业线与机械手,以及陶瓷机械设备的安装与修理。

本书取材由浅入深,注意到教材特有的系统性,叙述基本概念也力求明确;同时也适当引入了国内外的最新技术成就。因而,也适合于陶瓷工业中的广大技术人员阅读。

中等专业学校轻工专业试用教材

日用陶瓷工厂机械装备

广东轻工业学校 主编

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

甘肃张掖地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米1/16 印张: 33¹²/₁₆ 字数: 788 千字

1982年11月 甘肃第一版第一次印刷

印数: 1—4,000 定价: 2.95元

统一书号: 15042·1677

前 言

本书是根据轻工业部教育司一九七九年三月在江苏宜兴召开的中等专业学校陶瓷专业教材编审会议制订的“日用陶瓷工厂机械装备”教学大纲编写的。

全书共分六篇：第一篇为流体力学基础和流体输送机械；第二篇为原料处理机械及收尘设备；第三篇为成型、干燥与烧成用机械装备；第四篇为修坯、施釉与装饰机械；第五篇为流水作业线与机械手；第六篇为机械设备的安装与修理。

在编写中，编者曾注意使本书做到基本概念明确、逻辑性强、循序渐进，并与其它专业教材之间避免不必要的重复，但又要保持本课程的一定系统性。在文字方面力求通顺，在内容上注意反映国内外本学科的新成就，以适应我国四个现代化建设的需要。

本书除作为中等专业学校陶瓷机械专业的试用教材外，也可供陶瓷专业师生和本专业有关技术人员、工人参考。

本书由广东轻工业学校邹立德老师主编（具体编写第三、四、五、六篇），参加编写工作的还有宜兴陶瓷工业学校王培森老师（具体编写第二篇）、广东轻工业学校张文风老师（具体编写第一篇）；书中大部分插图由宜兴陶瓷工业学校万金华老师绘制。

本书由河北邯郸陶瓷工业学校赵振祥老师主审，参加审稿、审图的同志还有河北轻工业学校葛子玉老师，湖南轻工业学校邓淑华老师，宜兴陶瓷工业学校李祖兴老师，广东轻工业学校李春元、陈卓贤老师。

编写本书过程中，编者还得到江西景德镇陶瓷学院林云万老师、轻工业部第一轻工业局刘秉诚工程师、华南工学院陶瓷教研室陈帆老师、“广东陶瓷”编辑组黄永宽等同志的大力支持和帮助。在此，我们特表示衷心感谢。

由于我们的水平所限，因此，缺点和错误在所难免，欢迎读者给予批评指正。

编 者

一九八〇年二月

绪 论

日用陶瓷是我国古代劳动人民的一项重要发明。早在新石器时代早期,即距今七千到八千年前,我国就已开始制造陶器。

五千多年前的仰韶文化时期,我国已出现彩陶。约在四千年前的龙山文化时期,我国人民已采用快轮制陶技术,制成的黑陶表面光亮,有的黑陶厚度仅1~2毫米,被称为蛋壳陶,可见在当时陶器制作中已经开始采用了简单的旋坯机械。

河南郑州二里冈、安阳小屯以及江西清江县吴城村等地的商代遗址中出土的青釉器是用高岭土制坯,经过1200℃左右的高温焙烧而成。表面施的釉层吸水性低,质地坚硬,其胎质和釉的化学成分同唐宋的瓷器十分接近,已是原始的青瓷器。

到明代,中国陶瓷已誉满全球,中国与瓷器几乎已成为同义语。

但是,到了清末与民国期间,由于反动统治的丧权辱国,连年天灾人祸,内忧外患,百业凋零,中国的陶瓷工业也和国民经济其它部门一样,一蹶不振。

新中国成立后,我国与世界各国人民的友好往来日趋频繁,加上外贸的发展,我国日用陶瓷的生产,无论从质量与产量方面来说,都有了很大提高。

为了满足国内外对日用陶瓷的要求,生产日用陶瓷专用机械设备的机械化和自动化也就提到了工业生产的议事日程。

我国日用陶瓷工业虽有源远流长的传统工艺,但生产的机械化程度较低,特别是缺乏能掌握现代化机械生产的科技人材。

为此,自一九七三年以来,我国一些轻工业中等专业技术学校中特别开设了陶瓷机械专业课程。新专业设置后,较为突出的就是教材问题。在过去几年中,各校自编讲义或印发教学参考资料,经过教学实践,积累了一定经验。在此基础上,1979年由轻工业部教育司组织了有关学校,讨论制定了本课程的教学大纲,并据此,在原试用讲义的基础上编写了本书。

我国日用陶瓷品种繁多,南北又各有生产特色,所采用的专业设备也多种多样。为了取长补短,兼容并蓄,本教材中都分类排列,因而篇幅不免较大。即使如此,本教材还是不可能充分反映出我国日用陶瓷工业中日新月异的专业机械设备的革新与改进的全部情况。

由于南北生产工艺的不同或专业学习时数的限制(例如陶瓷机械专业与陶瓷工艺专业的教学时数就有很大的不同),各院校采用本教材时,应该由任课教师根据实际情况作适当取舍。

学习本课程时,还要结合下厂实习、劳动,进行现场教学和课程设计,以达到理论联系实际,并运用于生产实际的教学目的。

希望选用本教材的教师将教学过程中发现的问题以及宝贵的建议和指正意见寄交负责编写本书的广东轻工业学校与宜兴陶瓷工业学校,以便再版时作进一步的修订和补充。

目 录

第一篇 流体力学基础和流体输送机械

第一章	流体力学基础	(1)
第一节	常用单位制	(1)
第二节	流体的主要物理性质	(5)
第三节	流体静力学	(13)
第四节	流体动力学	(22)
第五节	流体的阻力计算	(31)
第六节	流量的测量	(47)
第二章	流体输送机械	(59)
第一节	离心泵	(59)
第二节	其它常用泵	(86)
第三节	各种常用泵的比较	(91)
第四节	气体输送和压缩机械	(92)
第三章	管路	(121)
第一节	常用管子、管件和阀门	(121)
第二节	管路的计算	(131)
第三节	管路安装	(139)

第二篇 原料处理机械及收尘设备

第一章	粉碎机械	(147)
第一节	颚式破碎机	(149)
第二节	轮碾机	(155)
第三节	环辊细磨系统	(161)
第四节	球磨机	(168)
第五节	振动磨简介	(186)
第六节	流能磨简介	(188)
第二章	筛选与搅拌机械	(191)
第一节	筛分机械	(191)
第二节	磁选设备	(202)
第三节	搅拌机械与设备	(204)
第三章	压滤机系统	(212)
第一节	隔膜泵	(212)

第二节	过滤过程	(215)
第三节	箱式压滤机	(220)
第四章	真空练泥机系统	(224)
第五章	喷雾干燥简介	(241)
第一节	离心式喷雾干燥系统	(242)
第二节	喷泉式喷雾干燥系统	(246)
第六章	除尘设备	(248)
第一节	旋风收尘器	(248)
第二节	袋式收尘器	(254)
第三节	湿法收尘器	(257)

第三篇 成型、干燥与烧成用机械装备

第一章	旋坯成型机	(262)
第一节	单刀旋坯机	(262)
第二节	壶类旋坯机	(267)
第三节	鱼盘旋坯机	(270)
第四节	双刀半自动旋坯机	(273)
第二章	滚压成型机	(280)
第一节	各种类型的滚压机	(280)
第二节	用于滚压机的主要机构零件的设计	(304)
第三节	滚压机的调试	(318)
第三章	半干压成型机械	(321)
第一节	半干压成型工艺的基本原理	(321)
第二节	手动螺旋压坯机	(324)
第三节	摩擦压力机	(324)
第四章	注浆成型用设备与机械	(327)
第一节	泥浆真空脱气装置	(327)
第二节	离心注浆机	(328)
第三节	转盘式半自动注浆机	(330)
第四节	热压注射制瓷设备	(331)
第五章	干燥机械	(334)
第一节	普通链式干燥机	(334)
第二节	快速干燥机	(344)
第三节	转盘式干燥机	(347)
第四节	隧道式干燥机	(349)
第五节	液压推板式干燥机	(352)
第六节	电磁自动脱模器	(358)
第六章	隧道窑的辅助机械设备	(366)

第一节	窑车	(366)
第二节	托车	(368)
第三节	推车器	(371)

第四篇 修坯、施釉与装饰机械

第一章	修坯机械	(380)
第一节	修坯机	(380)
第二节	行列式双头精坯机	(381)
第三节	挖底机	(383)
第二章	施釉机械	(387)
第一节	半自动三管施釉机	(387)
第二节	杯、盘类自动喷釉机	(388)
第三节	转盘式盘类自动施釉机	(390)
第四节	静电施釉装置(附:电收尘器)	(392)
第三章	装饰机械	(401)
第一节	划线、镶金装饰机械	(401)
第二节	贴花镶金机	(404)
第三节	自动套色印花机	(408)
第四节	采用凹版印刷的印花机	(409)
第五节	丝网印花机	(411)

第五篇 流水作业线与机械手

第一章	流水作业线	(413)
第一节	概述	(413)
第二节	滚压成型、干燥流水作业线的设计	(416)
第三节	滚压成型干燥流水作业线的实例	(433)
第四节	注浆成型、干燥自动线(球座标式机械手)	(448)
第五节	碗类自动镶金联动线(直角座标式机械手)	(453)
第二章	机械手	(458)
第一节	机械手的分类	(458)
第二节	在日用陶瓷工业中应用的一些机械手	(459)
第三节	机械手的设计要点	(474)

第六篇 机械设备的安装与维修

第一章	机械设备的安装	(478)
第一节	机器与设备的基础	(478)
第二节	机器设备安装前的准备工作	(491)
第三节	安装测量	(493)

第四节	专业机械设备安装的实例	(498)
第五节	部件及零件装配	(508)
第二章	机械设备的维修	(517)
第一节	磨损与润滑	(517)
第二节	机器零件的修理	(522)
参考文献		(532)

第一篇 流体力学基础和流体 输送机械

第一章 流体力学基础

第一节 常用单位制

流体包括液体和气体。它们都具有流动性，且没有一定的形状，这点与固体是完全不同的。由于液体分子间的距离较气体小，在压力作用下其体积改变很小，一般可以忽略不计，故工程上称液体为不可压缩的流体；而气体则不然，因气体分子间的距离较大，在压力作用下体积改变较大，一般不能忽略，因此，称气体为可压缩的流体。

流体力学分为流体静力学和流体动力学，它们是流体力学过程的基础。流体力学是研究流体静止和运动的规律，以及如何应用这些规律解决实际问题的一门科学。

由于在学习本课程的过程中，会常常用到各种物理量，如重度、粘度、压强、温度、速度和功率等等，而这些物理量都是用各种单位来表示的，因此，在学习本课程前，先介绍目前常用的各种单位制和它们之间的换算关系。

每一种单位制中都包括有基本单位和导出单位。所谓基本单位即基本量的单位；而通过基本量导出的单位称为导出单位。

单位制有多种。为了统一我国的计量制度，健全全国计量体系，使计量工作适应社会主义革命和建设发展的需要，我国早在1959年就正式确定了公制为我国的基本计量制度，废除英制和其他旧杂制的计量制度，并统一了公制计量单位的中文名称。

公制（或称米制）中又分绝对单位制和工程单位制两大类。

一、绝对单位制

（一）厘米·克·秒制单位（简称CGS制），又称物理单位制。在此单位制中，其基本量的单位为：

基本量	单位名称	代 号
长 度	〔厘米〕	〔cm〕
质 量	〔克〕	〔g〕
时 间	〔秒〕	〔s〕

其他物理量的单位可通过物理或力学定律，由这些基本量的单位导出。如力的单位可由牛顿第二定律 $F=ma$ 导出。即其单位为：

$$[F] = [m \cdot a] = [\text{克} \cdot \text{厘米}/\text{秒}^2] \text{ 或称 [达因]}$$

在科学实验和物理、化学数据手册中的物理量的单位常用此单位制表示。

(二) 米·公斤·秒制单位 (简称 MKS 制), 又称为绝对实用单位制。在此单位制中, 其基本量的单位为:

基本量	单位名称	代 号
长 度	[米]	[m]
质 量	[公斤]或[公斤(质)]	[kg]
时 间	[秒]	[s]

同理, 其他物理量的单位均由这些基本量的单位导出。如力的单位为:

$$[F] = [m \cdot a] = [\text{公斤} \cdot \text{米}/\text{秒}^2] \text{ 或称 [牛顿]}$$

二、工程单位制或称重力单位制

由于在工农业生产和工程计算中, 经常需要考虑物料的重量和所受的力, 而且物料的质量一般都是通过它的重量来测定的, 因此, 选用力作为基本量就比较方便。故这种单位制中的基本量的单位为:

基本量	单位名称	代 号
长 度	[米]	[m]
力(或重量)	[公斤力]简称[公斤]	[kg]
时 间	[秒]	[s]

这样, 在此单位制中, 质量是导出量了。其单位同理可由牛顿第二定律导出。即:

$$[m] = \frac{[F]}{[g]} = \frac{[\text{公斤}]}{[\text{米}/\text{秒}^2]} = [\text{公斤} \cdot \text{秒}^2/\text{米}]$$

学习过程中, 不但要熟悉各种常用单位制, 更重要的还必须掌握它们之间的单位换算。其中特别要分清重量和质量这两个物理量的概念和单位的不同。当遇到将物理单位制中的力(或重量)或质量的单位换算为工程单位制中的单位时, 应记住它们间的换算关系。即:

$$\begin{aligned} 1 [\text{公斤}] &= 1 [\text{公斤(质)}] \times 9.81 [\text{米}/\text{秒}^2] = 9.81 [\text{公斤(质)} \cdot \text{米}/\text{秒}^2] \\ &= 9.81 [1000 \text{克(质)} \cdot 100 \text{厘米}/\text{秒}^2] = 981000 [\text{克(质)} \cdot \text{厘米}/\text{秒}^2] \\ &= 981000 [\text{达因}] \end{aligned}$$

或:

$$1 [\text{达因}] = \frac{1}{981000} [\text{公斤}]$$

同理可换算出:

$$1 [\text{公斤} \cdot \text{秒}^2/\text{米}] = 9810 [\text{达因} \cdot \text{秒}^2/\text{厘米}] = 9810 [\text{克(质)}]$$

或:

$$1 [\text{克(质)}] = \frac{1}{9810} [\text{公斤} \cdot \text{秒}^2/\text{米}]$$

另外, 还有目前正在我国和一些国家中逐步推广采用的国际单位制 (简称 SI), 我

们也要熟悉它。国际单位制是一种新的计量制度,是米制发展起来的现代形式。原来的米制实际上是多种单位制并用。例如,一个压强的单位就有:〔公斤/厘米²〕、〔克/厘米²〕、〔公斤/米²〕、〔大气压〕、〔毫米汞柱〕、〔巴〕、〔达因/厘米²〕等等。为了消除这些混乱,国际计量局吸取米制的优点,制定了国际单位制。就拿压强的单位来说,只用一个“帕斯卡”〔即(牛顿/米²)〕来表示,而代替了上述所有的压强单位。

国际单位制中的基本量的单位为:

基本量	单位名称	代 号
长 度	〔米〕	〔m〕
质 量	〔千克〕或〔公斤〕	〔kg〕
时 间	〔秒〕	〔s〕
温 度	〔开尔文〕简称〔开〕	〔k〕

此单位制中力是导出量,其单位同样用牛顿第二定律导出。即:

$$[F] = [m \cdot a] = [\text{千克} \cdot \text{米}/\text{秒}^2] \text{ 或称 } [\text{牛顿}]$$

例题 1-1 已知水在 20.2〔℃〕的粘度是 1〔厘泊〕〔即等于 0.01(克/厘米·秒)],同等于多少〔公斤·秒/米²〕?

$$\text{解: } \because 1 [\text{克}] = \frac{1}{9810} [\text{公斤} \cdot \text{秒}^2/\text{米}]$$

$$1 [\text{厘米}] = \frac{1}{100} [\text{米}]$$

$$\therefore 1 [\text{厘泊}] = 0.01 [\text{克}/\text{厘米} \cdot \text{秒}] = 0.01 \left[\frac{1}{9810} \right.$$

$$\left. \frac{\text{公斤} \cdot \text{秒}^2/\text{米}}{100} \cdot \text{秒} \right]$$

$$= \frac{1}{9810} [\text{公斤} \cdot \text{秒}/\text{米}^2] = 1.02 \times 10^{-4} [\text{公斤} \cdot \text{秒}/\text{米}^2]$$

上题实质是将物理单位制中的粘度单位换算为工程单位制中的粘度单位。

这里要特别指出的是:对于本课程的计算一律采用工程单位制。

各单位制中的一些常用的物理量的单位见表 1-1 所示。

表 1-1 一些物理量的单位

量的名称	公制单位						国际制(SI)单位	
	绝对单位		MKS制单位		工程单位制		单位名称	代号
	CGS制单位		单位名称		单位名称	代号		
	单位名称	代号	单位名称	代号				
	单位名称	代号	单位名称	代号				
长度	(厘米)	(cm)	(米)	(m)	(米)	(m)	(米)	(m)
质量	(克)	(g)	(公斤)	(kg)	(公斤·秒 ² /米)	(kg·s ² /m)	(千克)	(kg)
力(或重量)	(克·厘米/秒 ²)或(达因)	(g·cm/s ²)	(公斤·米/秒 ²)或(牛顿)	(N)	(公斤)	(kg)	(牛顿)	(N)
时间	(秒)	(s)	(秒)	(s)	(秒)	(s)	(秒)	(s)
速度	(厘米/秒)	(cm/s)	(米/秒)	(m/s)	(米/秒)	(m/s)	(米/秒)	(m/s)
加速度	(厘米/秒 ²)	(cm/s ²)	(米/秒 ²)	(m/s ²)	(米/秒 ²)	(m/s ²)	(米/秒 ²)	(m/s ²)
密度	(克/厘米 ³)	(g/cm ³)	(公斤/米 ³)	(kg/m ³)	(公斤·秒 ² /米 ⁴)	(kg·s ² /m ⁴)	(千克/米 ³)	(kg/m ³)
粘度	(克/厘米·秒)或(泊)	(g/cm·s)	(公斤/米·秒)	(kg/m·s)	(公斤·秒/米 ²)	(kg·s/m ²)	(帕斯卡·秒)	(Pa·s)
压强	(克/厘米·秒 ²)或(巴)	(g/cm·s ²)	(公斤/米·秒 ²)	(kg/m·s ²)	(公斤/米 ²)	(kg/m ²)	(帕斯卡)	(Pa)
功	(克·厘米 ² /秒 ²)或(尔格)	(g·cm ² /s ²)	(公斤·米 ² /秒 ²)或(焦耳)	(J)	(公斤·米)	(kg·m)	(焦耳)	(J)
功率	(克·厘米 ² /秒 ³)或(尔格/秒)	(g·cm ² /s ³)	(公斤·米 ² /秒 ³)或(瓦特)	(W)	(公斤·米/秒)	(kg·m/s)	(瓦特)	(W)
温度	(度)	(°C)	(度)	(°C)	(度)	(°C)	(开尔文)	(K)
热量	(卡)	(Cal)	(千卡)	(KCal)	(千卡)	(KCal)	(焦耳)	(J)
比热	(卡/克·°C)	(Cal/g·°C)	(千卡/公斤·°C)	(KCal/kg·°C)	(千卡/公斤·°C)	(KCal/kg·°C)	(焦耳/千克·开尔文)	(J/kg·K)

第二节 流体的主要物理性质

流体的主要物理性质有：重度、密度、比重、比容和粘度等。现分述如下：

一、重 度

流体单位体积的重量，叫流体的重度。用符号 γ 表示，单位为〔公斤/米³〕。即：

$$\gamma = \frac{G}{V} \text{〔公斤/米}^3\text{〕} \quad (1-1)$$

式中 G ——流体的重量〔公斤〕

V ——流体的体积〔米³〕

二、密 度

流体单位体积的质量，叫流体的密度。用符号 ρ 表示，单位为〔公斤·秒²/米⁴〕。即：

$$\rho = \frac{m}{V} \text{〔公斤·秒}^2\text{/米}^4\text{〕} \quad (1-2)$$

式中 m ——流体的质量〔公斤·秒²/米⁴〕

V ——流体的体积〔米³〕

重度和密度两者之间的关系，可根据力学公式推出。因为物体的重量等于它的质量乘以重力加速度。即：

$$G = mg$$

将上式两边除以 V 得：

$$\frac{G}{V} = \frac{m}{V}g$$

即：

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

由式(1-3)可知：流体的重度等于流体的密度乘以重力加速度。

流体的重度和密度的单位及其数值的大小与所采用的单位制度有关。如在物理单位制中纯水在4〔℃〕时的密度为1〔克(质)/厘米³〕或1〔克/厘米³〕，但在工程单位制中其密度为102〔公斤·秒²/米⁴〕。

常用的流体的重度数据可在物理、化学手册中查到。若在某些手册中没有重度这个名称，则可以查出其密度，后换算为重度。

例题 1-2 若以物理、化学手册中查到某流体的密度为 x 〔克(质)/厘米³〕，试求出其在工程单位制中的重度为多少〔公斤/米³〕？

解：根据单位换算，依题意得：

$$\begin{aligned} \rho &= x \text{〔克(质)/厘米}^3\text{〕} = x \cdot \left[\frac{1}{9810} \text{公斤·秒}^2\text{/米} / \left(\frac{1}{100} \text{米} \right)^3 \right] \\ &= x \cdot \frac{10^9}{9810} \text{〔公斤·秒}^2\text{/米}^4\text{〕} \end{aligned}$$

现将上值代入式(1-3)得:

$$\begin{aligned}\gamma &= x \cdot \frac{10^6}{9810} [\text{公斤} \cdot \text{秒}^2 / \text{米}^4] \cdot 9.81 [\text{米} / \text{秒}^2] \\ &= x \cdot 1000 [\text{公斤} / \text{米}^3]\end{aligned}$$

从上面单位换算的结论中可以看出:要将物理单位制的密度数值为若干〔克(质)/厘米³〕换算成工程单位制的重度〔公斤/米³〕时,只要将其密度的数值乘以1000即可。

例如,从物化手册中查出纯水在4〔℃〕时的密度为1〔克(质)/厘米³〕时,则其在工程单位制中的重度为:

$$\gamma = 1 \times 1000 = 1000 [\text{公斤} / \text{米}^3]$$

三、比 重

某液体的重度与纯水在4〔℃〕时的重度的比值,叫此液体的比重。用符号 Δ 表示。即:

$$\Delta = \frac{\gamma}{\gamma_{\text{水}}} = \frac{\rho g}{\rho_{\text{水}} g} = \frac{\rho}{\rho_{\text{水}}} \quad (1-4)$$

由式(1-4)可知,比重是没有单位的,它仅仅是一个比值(即表示各液体的轻重)。如水银(汞)的比重为13.6,即表示它比温度4〔℃〕时的纯水重13.6倍。

因纯水在4〔℃〕时的密度为1〔克/厘米³〕,所以比重的数值与用物理单位制表示密度的数值是相等的。

因为在工程单位制中,水的重度为 $\gamma_{\text{水}} = 1000 [\text{公斤} / \text{米}^3]$,所以,根据式(1-4)可知,在工程单位制中某液体的重度为:

$$\gamma = 1000 \cdot \Delta [\text{公斤} / \text{米}^3] \quad (1-5)$$

例题1-3 已知水和水银的比重分别为1和13.6,试求它们在物理单位制中的密度和在工程单位制中的重度。

解: (1)

∵ 水的比重 $\Delta = 1$

∴ 在物理单位制中的密度为: $\rho = \Delta = 1 [\text{克} / \text{厘米}^3]$

在工程单位制中的重度为: $\gamma = 1000 \cdot \Delta = 1000 \times 1$
 $= 1000 [\text{公斤} / \text{米}^3]$

(2)

∵ 水银的比重 $\Delta = 13.6$

∴ 在物理单位制中的密度为: $\rho = \Delta = 13.6 [\text{克} / \text{厘米}^3]$

在工程单位制中的重度为: $\gamma = 1000 \cdot \Delta = 1000 \times 13.6$
 $= 13600 [\text{公斤} / \text{米}^3]$

测定液体比重最简单的方法是用比重计。比重计种类多,刻度方法也不一样。目前常用的有一般比重计、波美计(其值用波美°Bé表示)等。它们之间可通过一些公式或图表等进行换算。

四、比 容

流体单位重量所占有的体积，叫流体的比容。用符号 v 表示，单位为〔米³/公斤〕。即：

$$v = \frac{V}{G} = \frac{1}{\gamma} \quad [\text{米}^3/\text{公斤}] \quad (1-6)$$

从式 (1-6) 可知，比容和重度互为倒数。

液体的重度和密度在压强增加时增加极小，通常随温度的升高而略有减小。因此在一般工程计算中可以认为压强对液体的重度和密度的影响可忽略不计，而温度的影响则看具体情况而定。当温度变化不大时，也可以忽略温度对其重度或密度的影响。但对气体则不然，其重度和密度随压强和温度的不同而有较大的变化。如果气体的压强不太高而温度又不太低时，则气体的性质与理想气体偏差不大，故在工程计算中，可以近似地应用理想气体状态方程式来计算其不同压强和温度状态下的重度。

理想气体状态方程式可用下式表示：

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p \cdot V}{T}$$

现以 G 除上式两边得：

$$\frac{p_0 V_0}{T_0 G} = \frac{p V}{T G}$$

或：

$$\frac{p_0 \cdot \frac{G}{V_0}}{T_0} = \frac{p}{T \cdot \frac{G}{V}}$$

$$\frac{p_0}{T_0 \gamma_0} = \frac{p}{T \gamma}$$

移项得：

$$\gamma = \gamma_0 \frac{p T_0}{p_0 T} \quad [\text{公斤}/\text{米}^3] \quad (1-7)$$

式中 p_0 ——气体在标准状态时的绝对压强，其值为： $p_0 = 760$ 〔毫米汞柱〕或 10332 〔公斤/米²〕

p ——气体在任何状态时的绝对压强〔毫米汞柱〕或〔公斤/米²〕

T_0 ——气体在标准状态时的绝对温度，其值为： $T_0 = 273$ 〔°k〕

T ——气体在任何状态时的绝对温度〔°k〕。如气体温度为 t 〔°C〕时，则 $T = 273 + t$ 〔°k〕

γ ——气体在压强为 p 和温度为 T 〔°k〕的状态下的重度〔公斤/米³〕

γ_0 ——气体在标准状态（即温度为 0 〔°C〕和绝对压强为 760 〔毫米汞柱〕）时的重度〔公斤/米³〕。其值可查手册得到。如干空气 $\gamma_0 = 1.293$ 〔公斤/米³〕；烟气 $\gamma_0 = 1.34 \sim 1.32$ 〔公斤/米³〕等等。或通过下式求出

因为在标准状态下, 每公斤分子气体占有体积为22.41〔米³〕, 则在标准状态下气体的重度 γ_0 为:

$$\gamma_0 = \frac{M}{22.41} \text{〔公斤/米}^3\text{〕} \quad (1-8)$$

式中 M ——气体的分子量〔公斤/公斤分子〕

应用式(1-7)求解气体重度时, 要注意压强 p 和 p_0 的单位不但要一致, 且要用绝对压强值代入。

通过变换式(1-7)还可以化为:

$$\gamma = \frac{pM}{RT} \text{〔公斤/米}^3\text{〕} \quad (1-9)$$

式中 R ——通用气体常数, 其值为: $R=848$ 〔公斤·米/公斤分子·°k〕

p ——气体的绝对压强〔公斤/米²〕

其他符号的意义和其单位同前。

例题 1-4 某一干燥设备需要输送温度 80〔°C〕, 压强 1.05〔公斤/厘米²〕(绝对压强)的热空气量 25〔米³/分〕来干燥物料。问此干燥器每小时空气消耗量为多少公斤?

解: 已知: 空气的分子量 $M=29$ 〔公斤/公斤分子〕

温度 $t=80$ 〔°C〕, 即 $T=273+80=353$ 〔°k〕

压强 $p=1.05$ 〔公斤/厘米²〕 $=1.05 \times 10^4$ 〔公斤/米²〕〔绝对压〕

将已知值代入式(1-9)得:

$$\gamma = \frac{1.05 \times 10^4 \times 29}{848 \times 353} = 1.016 \text{〔公斤/米}^3\text{〕}$$

∴ 每小时空气消耗量为:

$$25 \times 60 \times 1.016 = 1530 \text{〔公斤〕}$$

在化工生产过程中, 常常还会碰到气体和液体的混合物。对于气体混合物的平均重度, 可按下列式计算:

$$\gamma_{\text{平均}} = \frac{M_{\text{平均}}}{22.41} \cdot \frac{pT_0}{p_0T} \text{〔公斤/米}^3\text{〕} \quad (1-10)$$

式中 $\gamma_{\text{平均}}$ ——气体混合物的平均重度〔公斤/米³〕

$M_{\text{平均}}$ ——气体混合物的平均分子量〔公斤/公斤分子〕

其余符号的意义和其单位同前。

气体混合物的平均分子量 $M_{\text{平均}}$ 可按下列式计算:

$$M_{\text{平均}} = M_1 y_1 + M_2 y_2 + \dots + M_n y_n \quad (1-11)$$

式中 $M_1, M_2, \dots, M_n$ ——气体混合物中各组分的分子量〔公斤/公斤分子〕

$y_1, y_2, \dots, y_n$ ——气体混合物中各组分的分子分数(或体积分数)

例题 1-5 试求空气的平均分子量。假设空气仅由氧和氮所组成, 氧的体积百分数为 21%, 氮为 79%。

解: 已知: 氧的体积分数为 0.21, 分子量为 32〔公斤/公斤分子〕