

精细化工装备

● 李春燕 陆辟疆 主编



化学工业出版社
CHEMICAL INDUSTRY PRESS

74-2-1-17

精细化工装备

李春燕 陆辟疆 主编

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

精细化工装备/李春燕, 陆辟疆主编. — 北京: 化学工业出版社, 1996

ISBN 7-5025-1575-5

I. 精… II. ①李… ②陆… III. 化工设备, 精细化工
IV. TQ05.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 18928 号

出版发行: 化学工业出版社(北京市朝阳区惠新里 3 号)

社长: 俸培宗 总编辑: 蔡剑秋

经 销: 新华书店北京发行所

印 刷: 北京昌平振南印刷厂

装 订: 三河新集装订厂

版 次: 1996 年 1 月第 1 版

印 次: 1996 年 1 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 15

字 数: 368 千字

印 数: 1—10500

定 价: 22.00 元

21.18
3

编者的话

本书主要介绍了在精细化工生产中常用的生产设备与机器。同时也介绍了精细化工装备的最新技术及其发展趋势。

本书共分十章。由北京联大化学工程学院李春燕、陆辟疆主编。全书分别由陆辟疆(绪论)、曲宗祺(第一章)、李家骅(第二章、第五章、第七章)、陆辟疆、李春燕(第三章、第十章)、李春燕(第四章、第九章)、李青(第六章)、汪家瑜(第八章)编写。

北京大学张滂教授为本书写了前言。编写过程中曾得到我院副院长王惠连等领导的大力支持,他们提出了十分宝贵的意见,在此谨表谢意。

本书限于编者的水平有限,难免有缺点和错误,恳请读者给予批评指正。

编者

1995年2月

前 言

《精细化工工艺》的姊妹篇《精细化工装备》即将同读者见面了。精细化工涉及的面和品种极为广阔,它是直接同人民的生活息息相关的生产部门,诸如化妆品、表面活性剂、香料、高分子制品、造纸等,特别是改革开放以来的十多年里,人民生活水平的大幅度提高对精细化工产品的需求无论在量和质上都与日俱增,这一态势在国际上更是如此,它们远远地走在我国的前面,两书的出版正是适应了这个当前的状况。

与其他的工业一样,精细化工的进展离不开装备的改进和更新。从七十年代以来,国际的趋向是,精细化工的设备和操作方法很大程度地提高了效率和精度。使得产品的质量大为改观,其中包括了诸如过滤、干燥、粉碎等操作和装备的组合,突出的是引用了计算机控制和自动化。把运转串结成为一个整体。此外,分析还要能跟上,从原料和加工的各个阶段,分析监测是保证产品质量的必要手段。

本书的编著充分考虑了我国当前在近代精细化工装备上的不足和不得不从事半机械化操作的状况,因此在处理一般装备的同时还着重引入文献资料。对近代各个方面的先进装备和运用进行了介绍和阐述。全书包括加热技术、冷冻技术、极限技术、多组分精馏和特殊精馏、过滤和膜分离技术、干燥、粉碎、混合和乳化,以及精细化工装备的发展共十章;换言之,本书实际上把散见于专著和期刊中的文献资料综合于一册之中。笔者认为收到了概括近代精细化工装备于一体的目的。将会对读者在高层次上起到引导入门的效果。

北京大学 教授
中国科学院院士

張 濤

1995. 5. 20

内 容 提 要

本书阐述了精细化学品生产中的主要生产原理、技术及其装备。主要内容有：加热技术、制冷技术、极限技术、多组分精馏及特殊精馏、过滤、膜分离技术、干燥、粉碎、混合及乳化和，并对精细化工装备的应用与发展作了较简单介绍，同时附有图、表、文献等供查阅。

本书可作为高等院校精细化工专业及化工类专业师生教学参考教材，也可供从事精细化学品研究和生产、设计专业人员参考用书。

目 录

绪论

第一篇 精细化学品操作条件所需设备

第一章 加热技术	3
第一节 电加热技术.....	3
第二节 辐射加热技术.....	5
一、热辐射的基本概念	5
二、热辐射基本定律	7
第三节 红外线和远红外线加热.....	8
一、基本原理	8
二、红外线加热装置	9
三、电热式远红外线辐射器.....	10
第四节 高频加热	11
一、基本原理.....	11
二、高频加热设备.....	13
第五节 微波加热	14
一、基本原理.....	14
二、微波加热设备.....	14
第六节 传感器	15
一、传感技术.....	15
二、传感器的组成.....	16
三、传感器的类型.....	16
四、几种常用的传感器的原理及其使用.....	16
五、传感器的应用情况.....	23
参考文献	26
第二章 冷冻技术	27
第一节 基本概念	27
一、冷冻操作的物理基础.....	27
二、冷冻系数.....	28
三、冷冻能力.....	28
第二节 蒸汽压缩式制冷循环	29
一、理想压缩蒸汽冷冻机.....	29
二、实际压缩蒸汽冷冻机.....	30
三、温熵图($T-S$ 图)和压焓图($P-I$ 图)	31

四、冷冻剂	34
五、载冷体	35
第三节 吸收式制冷循环	35
第四节 蒸汽喷射式制冷机	36
第五节 深度冷冻	37
一、基本概念	37
二、空气的 T - S 图	39
三、林德循环	40
参考文献	40
第三章 极限技术	41
第一节 超高温技术	41
一、一般概念	41
二、超高温技术的应用	41
第二节 超低温技术	42
一、一般概念	42
二、超低温技术的应用	43
第三节 超高压技术	43
一、超高压技术的实现	43
二、超高压技术的应用	44
第四节 超高真空技术	44
一、超高真空概念	44
二、超高真空应用	44
第五节 超微颗粒技术	45
一、超微颗粒的特性	45
二、超微颗粒材料的应用	45
第六节 无(极微)重力技术	47
一、无重力环境下的特点	47
二、无(微小)重力环境的应用	48
三、无重力环境下生产的产品	48
参考文献	48

第二篇 精细化学品化工过程主要设备

第四章 多组分精馏和特殊精馏	50
第一节 多组分精馏	50
一、多组分体系的汽-液平衡	51
二、多组分精馏的物料衡算	59
三、最小回流比	65
四、简捷法计算理论板数	66
五、逐板计算法	68
第二节 特殊精馏	70

一、恒沸精馏	70
二、萃取精馏	71
三、恒沸精馏与萃取精馏的比较	72
参考文献	72
第五章 过滤	73
第一节 过滤理论	73
一、过滤基本方程式	73
二、恒压过滤	78
三、恒速过滤与恒速恒压过滤	79
四、过滤常数的测定	84
第二节 板框式过滤设备	87
一、板框式压滤机	87
二、全自动式板框压滤机	91
三、立式滤布全行走型压滤机	93
四、螺旋式压榨机	94
五、机械挤压式连续压滤机	95
六、密闭式加压耙式过滤机	97
七、压滤操作中挤压和吹干的效果	100
第三节 真空式过滤设备	100
一、间歇式真空过滤槽	101
二、连续转鼓真空过滤机	101
三、滤布行走式转鼓真空过滤机	102
第四节 离心式过滤设备	102
一、离心机的生产能力	103
二、间歇式离心过滤机	104
三、连续式离心过滤机	105
四、虹吸式刮刀离心过滤机	106
五、管式高速离心过滤机	107
六、高速离心沉降机	107
参考文献	109
第六章 膜分离技术	110
第一节 基本概念	110
一、膜的分类	110
二、膜的制备和膜组件	113
三、膜分离技术的特点	114
第二节 膜分离机理	114
一、反渗透膜的透过机理	114
二、超过滤膜的透过机理	116
三、浓差极化	116
第三节 膜分离技术的应用	117

一、反渗透膜分离	117
二、超滤膜分离及酶的提取	117
三、微孔过滤技术	118
四、气体渗透分离	119
五、渗透蒸发分离	120
六、渗析和电渗析分离	121
七、液膜分离技术	122
八、其他新型膜分离技术	124
参考文献	125
第七章 干燥	126
第一节 干燥的基本理论	126
一、物料中所含水分的性质	126
二、干燥特性曲线	127
三、干燥时间的计算	129
第二节 空气干燥过程	130
一、湿空气的湿-焓图	130
二、理论干燥过程与实际干燥过程	130
三、空气干燥过程的几种类型	132
第三节 干燥设备	136
一、箱式干燥器	136
二、箱式干燥器的设计与计算	137
三、回转圆筒干燥器	140
四、回转圆筒干燥器的设计与计算	141
五、真空耙式干燥器	146
六、通道式干燥器	148
七、薄膜干燥器	149
八、气流干燥器	151
九、喷雾干燥器	156
十、流化床干燥器	165
参考文献	172
第八章 粉碎	173
第一节 粉碎的基本概念和理论	173
一、粉碎的目的	173
二、固体颗粒的粒度和粒度分布	173
三、粉碎方法与粉碎力	177
四、粉碎的能耗理论和粉碎速率	178
五、粉碎规则	181
第二节 粉碎设备	181
一、影响物料可粉碎性的因素	181
二、对粉碎设备的一般要求	182

三、干法粉碎机的分类	182
四、粉碎设备	182
五、研磨设备	188
第三节 研磨与辊压技术的进展	192
一、万能研磨机	193
二、试验室用研磨机	193
三、小型辊压研磨机	193
参考文献	193
第九章 混合与乳化	194
第一节 混合	194
一、分离尺度和分离强度	194
二、混合质量的评估	195
三、液体介质中的搅拌混合设备	196
四、非牛顿流体的搅拌功率	204
五、捏合	206
六、固体的混合	209
七、静态混合器	211
第二节 乳化	213
一、乳化理论基础	213
二、乳状液制备及乳化设备	216
参考文献	219
第十章 精细化工装备的发展	220
第一节 精细化工生产的自动化连续化	220
一、精细化学品的生产特征	220
二、间歇生产的计算机控制	220
第二节 多用途精细化工装备	221
一、精细化工的柔性生产系统	221
二、多用途精细化工装备的研制	222
三、多用途精细化工装备简介	224
第三节 一机多用设备介绍	225
参考文献	227

绪 论

一、精细化工装备的发展趋势

化工行业于 70 年代初开始进入了精细化工时代。精细化工是以先进技术为基础生产精细化学品的工业，其生产特点是品种多、产量小、产品寿命短，因而品种更换频繁。相应地，化工设备从原来的“重、厚、长、大”转向了“轻、薄、短、小”。化工生产从单一产品、单一流程、单元操作装置的生产方法，一方面向使单机具有多功能的生产装置（一机多能）发展；另一方面对具有相近的工艺流程的同一类型品种，使用同一套设备生产，即所谓的柔性生产系统（FMS）。如英国 ICI 公司的一个子公司，在 1973 年即开始用三台计算机，在同一套设备上生产偶氮染料 74 个品种中的 50 个产品；近年来，更进一步研究、设计、制造能生产更多品种（约百个品种）或可安排数种不同工艺流程的综合生产装备，即多用途生产系统。日本已有几个厂家研制了这种生产系统。这些生产系统，均具有能自动清洗和无管路的特点，极大的缩短了更换品种的换料时间，适合精细化工生产的要求。预计 2000 年以后，将是计算机集成生产（CIM）实用化的时代。

二、我国精细化工装备的现状

我国从本世纪 70 年代初，开始从国外引进了不少大型化工装置，但生产精细化学品的装备引进很少。目前主要仍是沿用传统的化工生产技术与装备，专用设备较少。

当前我国精细化工厂的装备总的来说水平不高。大多数工序仍停留在半机械化阶段，既影响产品质量的提高，工人劳动强度也很大。结构型式陈旧的设备多，缺乏新型装备，因此必须通过自己研制或对引进技术和设备的消化吸收等途径，加速技术改造工作，赶上世界先进国家的发展水平。下面仅就几个主要单元操作作简要讨论。

过滤设备 过滤是精细化工产品生产中的重要环节。目前，国内普遍采用的板框压滤机，不仅劳动强度大，而且存在漏料的问题。从国外引进的全自动板框压滤机，机件复杂，检修困难，零部件不耐腐蚀，板与框间隙小，滤饼易被卡住，不易清洗，更换品种较困难。在西欧一些先进的工厂里，也很少采用全自动板框压滤机，大多对现有板框压滤机加以改进。

目前，超过滤法、微孔过滤等膜分离技术日趋成熟，成为确保产品质量不可缺少的超净手段。微孔过滤采用一种由特种纤维素酯或高分子聚合物制成的网状结构的滤膜。微孔膜在国外已商品化，生产各种型式的微孔过滤器。

干燥设备 是精细化工生产中又一很重要的设备。目前干燥设备的种类很多，如箱式干燥器、滚筒干燥器、气流干燥器、喷雾干燥器等。如箱式干燥器，虽笨重，劳动强度大、热效率低，是一种陈旧落后的设备，但对小批量生产则具有简便、经济的特点。随着对精细化学品使用性能愈来愈高的要求，喷物干燥器的应用与日俱增。它使产品有一个尽可能准确的粒度范围，而且可以控制细颗粒的量。

因干燥机理比较复杂，目前理论计算与实际操作还有较大差距，大都需要通过实验来选型和确定设备结构参数。由于受现场条件所限，许多干燥设备的性能并不先进，往往干燥工

艺的选择不够合理,设备本身存在缺陷,使物料在干燥过程中变质和飞扬,降低收率,浪费热能。国外有些专业公司如丹麦的尼罗公司,从事干燥技术和设备的开发、制造和技术服务,其技术水平较高。

粉碎设备 在精细化工生产中,粉碎的主要问题是提高细度和研磨效率。当前对许多精细化工产品提出超细粉的要求,所以装备工作者在努力寻求高效的研磨设备。目前,国内干式研磨以气流粉碎机为主,湿式研磨则以砂磨机为主。随着科学技术的发展,气流粉碎机的性能不断改进,气流速度提高到音速的两倍以上。不但能得到细度高(小于 $1\mu\text{m}$)具有一定粒度分布的产品,而且更适用于热敏性物料。在能耗方面也有明显改善。

混合及其他设备 混合是精细化学品实现商品化的重要工序。如染料成品(固-固)混合,农药原药与载体(液-固)混合等。混合设备除传统的滚筒式混合机外,单螺旋和双螺旋锥形混合机及气流式混合机使用也较多。此外考虑到精细化学品常常需要在低于环境温度下进行操作,及对多组分混合液进行分离的要求,故此本书将冷冻及多组分精馏也编写在内。

三、精细化工厂装备设计的共同性问题

多品种小批量生产用的装备,设计时要特别仔细,应考虑下列几个方面:

- (一) 使每个品种生产能力相平衡;
- (二) 选用的运输条件适用范围广;
- (三) 机械的性能、能力应有柔性;
- (四) 选用耐多种腐蚀性的材质;
- (五) 能够使用多种多样物理性质的物料;
- (六) 能够防止物料的粘损或污染;
- (七) 设备容易进行清洗;
- (八) 采用的计量器应用范围广;
- (九) 选择耐腐蚀性的机械;
- (十) 能自动遥控操作;
- (十一) 能实现高度的程序控制。

目前,适合精细化学品生产的专用设备已从设想研制阶段进入到具体装备系统的生产使用阶段,具有高技术的装备占据越来越重要的位置。

参 考 文 献

- [1] 丹羽忠夫等,化学经济,9, 60—63 (1988)。
- [2] 飯田達也等,化学经济,12, 39—42 (1988)。
- [3] 大岛荣次,化学工学,52 10, 716—717 (1988)。

第一篇 精细化学品操作条件所需设备

第一章 加 热 技 术

第一节 电加热技术

电加热是利用电能转化为热能加热物料。电加热方式、设备及用途如表 1-1 所示。

表 1-1 电加热方式、设备及用途

加热方式	发热原理	主 要 设 备		用 途
		电 焊 机	电 炉	
电阻加热	直接与电源连接的导体在电流通过时因本身电阻而产生热	点焊机、缝焊机、凸焊机、对焊机（包括闪光焊机） 其他焊机（次级整流焊机、电容储能焊机等）	直接加热式电阻炉 间接加热式电阻炉 间歇式（箱式炉、井式炉、台车式炉、钟罩式炉） 连续炉（传送带式、推送式、震底式、辊底式、滚筒式等）	金属材料零件的热处理、焊接和钎焊以及材料和制品的干燥、烘烤和烧结等 加热可以在空气中进行，亦可在控制气氛或真空条件下进行
电弧加热	气体电弧放电产生热	手弧焊机、埋弧焊机、惰性气体保护焊机、二氧化碳气体保护焊机	直接加热式电弧炉、炼钢电弧炉、自耗电极和非自耗电极真空电弧炉 间接加热式电弧炉、矿热炉（铁合金炉、冰铜炉、电石炉、黄磷炉等）	特种钢、普通钢、活泼金属、铁合金、冰铜、电石、黄磷等的熔炼和制取。金属的各种焊接
感应加热	交变磁场中的导体，因电磁感应产生感应电流通过导体本身时产生热	感应缝焊机、感应对焊机、感应钎焊机	无心感应熔炼炉（包括高频、中频和工频）、有心感应熔炼炉、感应透热炉、感应烧结炉、感应热处理设备、悬浮熔炼和区域熔炼设备	合金钢、铸铁、有色金属的熔炼，锻压前加热、各种热处理和粉末冶金烧结以及制取高纯材料和单晶
电子束加热	高速运动的电子束撞击炉料而产生热	电子束焊机	电子束熔炼炉电子束加热炉电子束气相沉积设备等	活泼、难熔金属，特殊钢等的熔炼和焊接，某些零件的热处理
介质加热设备	高频电场中的电介质、正负电荷高速移位摩擦产生热	塑料缝焊机	板式加热设备微波炉和微波加热设备	木材、纸、谷物，铸造型芯等的干燥，橡胶硫化，塑料加热和焊接，以及轻纺和食品工业的一些加热

续表

加热方式	发热原理	主要设备		用途
		电焊机	电炉	
等离子加热	等离子体的能量产生热	等离子弧焊机	等离子电弧炉、等离子感应炉和真空等离子炉等	活泼金属、难熔金属和特种钢的熔炼和焊接
(电) 红外加热	物体吸收加热元件放出的红外线而加热	—	远红外 ($\lambda > 5.6\mu\text{m}$) 加热设备 中红外 ($\lambda = 1.5 \sim 5.6\mu\text{m}$) 加热设备 近红外 ($\lambda = 0.72 \sim 2.5\mu\text{m}$) 加热设备	用于一些低、中温的加热、烘烤和干燥, 目前以远红外加热设备应用较多
激光加热	物体表面吸收激光能而产生热	激光焊机	激光加热设备	金属焊接和表面淬火等

表中所指出的各种加热方式中, 化学工业生产常用的有介质加热、红外加热、电阻加热等方式。

介质加热是利用高频电场的能量对电介质一类的材料进行加热。材料在高频电场的作用下, 其分子和原子中的正、负电荷产生高频率的交变位移, 引起了分子间的激烈摩擦, 从而在内部产生热量, 将材料加热。其主要特点是:

- ① 热量从被加热物体的内部产生, 所以加热速度快, 内外均匀, 热效率高;
- ② 与其他电加热设备相比较, 其效率较低;
- ③ 高频电场对人体有一定危害, 因此介质加热应考虑安全防护措施。

介质加热设备一般可分为极板式电场加热设备和微波加热设备两种。极板式电场加热设备的主要加热方法是被加热物体放置在两块极板之间的高频电场中进行加热。而微波加热方法是被加热物体在微波加热器中或直接由微波进行辐射加热。以上两种加热方式所采用的加热电磁波频率也不同, 极板式为 $0.3 \sim 75\text{MHz}$; 微波加热为 $890 \sim 940\text{MHz}$ 、 $2400 \sim 2500\text{MHz}$ 、 $5725 \sim 5875\text{MHz}$ 、 $22000 \sim 22250\text{MHz}$ 。

极板式加热主要用木材、纸张、谷物等的干燥; 木材、塑料等的粘合; 罐头杀菌、橡胶硫化、塑料加热等。极板式电场加热的运行参数如表 1-2 所示。

表 1-2 极板式高频电场加热的运行参数

材 料	频 率 MHz	单 位 功 率 W/cm ³	电 场 强 度 V/cm	加 热 或 干 燥 时 间
木材 (干燥)	0.3~0.75	0.003~0.05	50~400	8~30h
木材 (胶合)	0.5~0.7	0.02~0.05	400~700	10~20min
木材 (胶合)	8~15	0.2~1.0	200~1200	0.3~2min
壳模铸型 (胶合)	10~20	~7W/cm ²	300~500	20~30s
铸造泥芯 (干燥)	6~50	1~3	200~800	2~20min
谷粒 (真空干燥)	10~12	0.08~0.09	50~100	0.75~1.2h
大型汽车轮胎 (硫化)	5~10	1.4~5.0	200~700	4~8min
纸层 (干燥)	20~30	3~5	300~800	0.25~3h

续表

材 料	频 率 MHz	单 位 功 率 W/cm ³	电 场 强 度 V/cm	加 热 或 干 燥 时 间
薄纸层 (干燥)	20~30	100~500	1200~5700	5~40s
水果罐头 (杀菌)	25~35	3~7	250~300	40~110s
塑料粉 (加热)	10~50	2~4	1500~2500	30~100s
硬聚氯乙烯塑料 (焊接)	50~75	100~600	1000~10000	0.5~20s

红外线加热设备是利用红外线电热元件辐射出的红外线辐射到物体上,除一部分被反射和透射之外,其余部分被物体吸收,并转变为热能,将物体加热。其主要特点是:

- ①红外线能透入被加热物体表面一定深度,所以内外加热均匀;
- ②不同物质对红外线具有不同波长范围的吸收带。根据被加热物体吸收带的波长范围,选择适当的红外线辐射源,使主辐射光谱与吸收带波长相互匹配,就可以提高加热速度,节约电能;

③红外线加热元件可以灵活配置,方便地组合加热设备,所以用于大型容器和管道的局部加热非常方便。

④红外线经聚焦后可以获几千度的高温,又是一种清洁而灵活的高温热源。

红外线加热在化工工业中应用极为广泛,主要用于加热、烘烤和干燥。

辐射和吸收光谱相匹配是红外线加热技术的核心,是节能的关键,所以掌握被加热材料的热辐射特性非常重要。

电加热技术的发展方向主要是:

①开发节能型新产品。主要是提高设备容量和功率密度,缩短加热时间,选用良好的耐火材料和绝缘材料,采用先进的控制技术等。

②实现机电一体化。随着微电子技术的发展、微型计算机的应用,使电热设备增加信息处理功能,向智能型发展。

③开拓新技术领域。如电子束加热、等离子加热、激光加热、超高频脉冲加热和微波加热等。

第二节 辐射加热技术

一、热辐射的基本概念

在工程上和生活中,人们会遇到大量的热传递现象。凡是具有温度差就一定有热量的传递,且热量总是自动地由高温物体传向低温物体,这种能量传递的过程称为热传递现象。传导、对流和辐射是热量传递的三种基本形式。由物体中的电子、原子、分子的运动(热运动)而传递能量的过程称为热传导。流体从空间某一区域移动到另一温度不同的区域时所造成的能量转移称为热对流。物体借助本身的温度以电磁波形式向空间传递热能的过程称为热辐射。

热辐射是热量传递的三种基本方式之一,在工程技术上得到广泛的应用。在日常生活中有许多辐射现象,如太阳的辐射能,白炽灯内的钨丝在高温(约2500~3000K)下发出的辐射能等。物体会因各种原因发出辐射能。辐射的一个基本特点是:辐射能可以在真空中传播,而导热、对流只能发生在固体、液体、气体中。

热辐射是由于物体本身的高温而发射出的一种电磁辐射。高温的物体内部以分子和原子不停的运动,将引起电子运动轨道的变化,于是在周围产生变化的电场,根据电磁感应原理变化的电场必将环链着变化的磁场,这种电磁场的交替变化形成电磁波。物体对外发射电磁波的过程称为辐射或称为电磁辐射。热辐射是电磁辐射的一种形式,电磁波所承运的能量称为辐射能。因电磁波能在真空中传播,所以热辐射也能在真空中传播。电磁波是以光速($3 \times 10^8 \text{m/s}$)在空间传播的。电磁波的波谱图如图 1-1 所示。

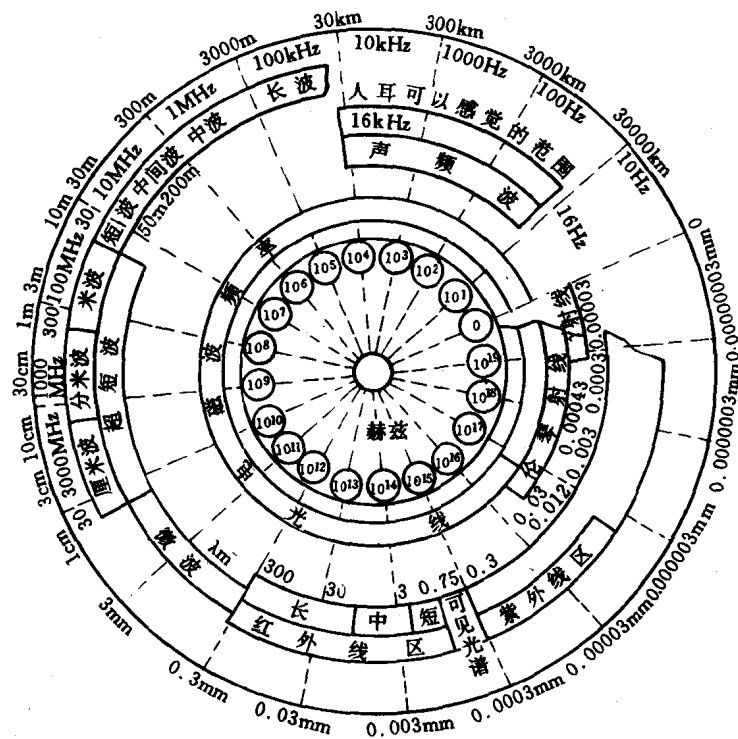


图 1-1 电磁波波谱图

物体在一定温度下,可向外界辐射不同波长的电磁波。波长的单位为米(m)、微米($1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$)或埃($1\text{\AA} = 10^{-10}\text{m}$)。不同波长的电磁波落到另一物体上时,所产生的效应不同,根据它们的不同效应可将电磁波分成许多波段。如紫外线、X射线、 γ 射线等,它们有显著的化学效应或光电效应。一般热辐射波长约在 $0.1 \sim 1000\mu\text{m}$ 的范围内,可见光、红外线、微波都是电磁辐射谱中某一范围内的电磁波。

电磁波在空间传播过程中,一旦遇到另一物体,电磁波所承运的辐射能有一部分被该物体吸收,引起该物体内部电子的谐振运动,就转变为该物体内部微观粒子运动的动能,即所谓热能。因此,当物体辐射或物体吸收辐射能时,都伴随着辐射能和热能之间的转换。

一个物体表面在每单位时间内,每单位面积上发射的辐射能与该表面的性质和温度有关,低温时,辐射率小,随温度的升高辐射率剧增,其数值与绝对温度的四次方成正比。例如,一铜块温度为 100°C (373K) 时,每平方厘米的表面约辐射 0.03W 的能量,温度为 500°C (773K) 时,每平方厘米约辐射 0.54W 的能量,到了 1000°C (1273K) 时,每平方厘米约辐