

中等专业学校教材

制药化工过程及设备

第二版

俞子行 主编 蒋作良 主审

中国医药科技出版社

中等专业学校教材

制药化工过程及设备

主 编	俞子行
主 审	蒋作良
参编人员	陆振山
	石少均
	李淑青
	董 漪

中国医药科技出版社

登记证号: (京)075 号

内 容 提 要

本书是国家医药管理局组织编写的普通中等专业学校教材。全书分为流体动力过程、传热过程和传质过程三篇共十四章,阐述了各种单元过程的基本原理、工艺计算、相应设备和选用方法。根据指导性教学大纲的要求与本学科发展的国内外实际情况,在选材和写作上力求简明易懂,重视理论联系实际,并适当介绍有关的新技术与新装备。

本书内容翔实,富有中专特色,适用于中等医药专科学校化学制药工艺、微生物制药工艺、药物制剂工艺、中药制药工艺、制药机械等有关专业,也可供其他医药化工中等职业技术教育使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

制药化工过程及设备/俞子行等编写. —2 版. —北京: 中国医药科技出版社, 1998. 7

中等专业学校教材

ISBN 7-5067-1792-1

I. 制… II. 俞… III. ① 药物-制造-化工过程-专业学校-教材 ② 药物-制造-化工设备-专业学校-教材 IV. TQ46 0.2-4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 13205 号

*

中国医药科技出版社 出版
(北京海淀区文慧园北路甲 22 号)
(邮政编码 100088)

本社激光照排室 排版
河北省香河县印刷厂 印刷
全国各地新华书店 经销

*

开本 787×1092mm¹/₁₆ 印张 29 插页 1

字数 686 千字 印数 15001—20000

2002 年 1 月第 2 版第 4 次印刷

定价: 33.00 元

本社图书如存在印装质量问题,请与本社联系调换。(电话 62244206)

第二版编写说明

本书是国家医药管理局首批组织编写的四本普通中专教材之一。1991年12月第一版发行以来,承各医药中等专业学校使用并提出了许多宝贵意见,1997年6月国家医药局下达了本书第二版的改写任务,现将第二版的编写指导思想说明如下。

1. 教材的内容仍然覆盖化学制药工业、微生物制药工艺、药物制剂工艺、中药制药工艺、制药机械等有关专业,因此编入的内容较多,供各校根据指导性教学大纲及各自的实际情况选择相应的内容来组织教学。

2. 突出医药中专教育所必须的基本理论、基本概念和基本方法,对第一版教材的内容进行删、改、增。删除中专层次不必要的或偏难的内容;删除偏旧的或与突出“三基”联系较少的内容;删除与药物制剂有较多重复的原书第十五章;对于有些公式的推导过程也作了删节。改正第一版中的各种错误,力求第二版有较好的质量;改正第一版中表达不确切、与实际不相符合或不清楚的段落,力求较好的可读性;改正已经更新的各种标准的版本。增加近年来化工、医药行业使用较多、有发展前途的单元过程与设备的内容;调整有些章节的例题,使之系列化,以贯穿前后的内容;对于一些学生在今后工作中有用的内容,以加*的形式编入供参阅;适当增加附录的内容。

3. 强调应用。本课程的实践性以及对学生生产现场的工艺指导意义是十分鲜明的,编写时对于各个单元过程的具体应用,如设备的工艺计算与选用、操作、节能等都作为重点来叙述。对于将与第二版同时发行的本书的学习指导书也再次作了修改后正式出版,该书编入了几个训练学生独立工作能力的大型作业课题,各章自测题的命题也注意了本课程鲜明的实践性。

全书分为流体动力过程、传热过程、传质过程等三篇,共14章,阐述了药厂各种单元过程的基本原理、工艺计算、相应设备的选用方法。本书由安徽省医药学校俞子行高级讲师主编,天津药科中专学校路振山高级讲师、湖北省制药工业学校石少均高级工程师、山东省医药工业学校李淑青讲师、安徽省医药学校董漪讲师参加编写,沈阳药科大学制药系蒋作良教授主审。在编写过程中,国家医药管理局、各参编学校和有关单位都给予了大力支持和帮助,谨在此表示感谢!

由于编者水平及时间所限,还会有很多缺点与错误,欢迎大家批评指正,以便今后修改。

编者

1997年12月

第一版编写说明

本书是国家医药管理局首批组织编写的四本医药中专教材之一，供化学制药、抗生素、药物制剂、中药制药、制药机械等有关专业教学使用，还可作为医药技工学校或药厂岗位培训的参考用书。

全书分为流体动力过程、传热过程、传质过程和其它过程四篇共十五章，阐述了药厂中各种单元过程的基本原理、工艺设计、相应设备和选用方法。按照国家医药管理局教材编写工作会议的精神，编写组在选材和写作上力求简明易懂，注重理论联系实际，以适合中专学校的教学要求，并在保证基础知识教学的前提下，适当介绍了新技术、新设备以及各单元过程在医药工业生产中的发展动向。

本教材的编写大纲（初稿）曾征求了各省、市医药中专学校以及一些高等院校、设计院和药厂的教师、工程师的意见。全书由安徽省医药学校高级讲师俞子行主编并编写第Ⅲ篇，天津市制药学校讲师路振山编写第Ⅰ篇，湖北省制药工业学校讲师石少均编写第Ⅱ、Ⅳ篇，天津大学化工系王绍亭教授担任本书主审。在编写过程中，国家医药管理局、各参编学校及所在省、市医药管理局的领导和有关部门都给予了大力支持和帮助，国家医药管理局高级工程师张修淑同志对编写工作作了具体指导，谨在此一并致谢！

由于编者水平及编写时间所限，缺点错误在所难免，欢迎大家批评指正，以便今后修改。

编 者

1991年元月

目 录

绪 论

一、本课程的内容和任务	(1)
二、计量单位的使用	(2)
三、物料衡算与热量衡算	(4)
四、怎样学习《制药化工过程及设备》	(5)

第 I 篇 流体动力过程

第一章 流体的流动	(6)
第一节 流体的有关性质	(6)
1-1 流体的密度	(6)
1-2 流体的压力	(8)
第二节 流体静力学基本方程与应用	(10)
1-3 流体静力学基本方程	(10)
1-4 流体静力学基本方程的应用	(12)
第三节 流体动力学	(13)
1-5 流量与流速	(14)
1-6 稳定流动与不稳定流动	(14)
1-7 流体流动的物料衡算——连续性方程	(15)
1-8 流体流动的能量衡算——柏努利方程	(16)
第四节 流体在管内流动时的阻力	(23)
1-9 牛顿粘性定律与粘度	(24)
1-10 流体的流动类型	(26)
1-11 流体的流动阻力	(28)
1-12 管路计算	(35)
1-13 管道直径的确定	(38)
第五节 流速与流量的测量	(39)
1-14 测速管	(39)
1-15 孔板流量计	(40)
1-16 转子流量计	(41)
第六节 化工管路	(42)
1-17 化工管路、设备的常用材料	(42)
1-18 管材规格	(46)

1-19 管路的连接	(4 7)
1-20 管件与阀门	(5 0)
1-21 管路的保温与涂漆	(5 3)
1-22 管路布置原则	(5 5)
思考题	(5 5)
习题	(5 6)
第二章 液体的输送	(5 9)
第一节 离心泵的工作原理和结构	(5 9)
2-1 离心泵的工作原理	(5 9)
2-2 离心泵的构造	(6 0)
第二节 离心泵的主要性能与特性曲线	(6 2)
2-3 离心泵的主要性能	(6 2)
2-4 泵的特性曲线	(6 5)
第三节 离心泵的吸上高度和汽蚀	(6 6)
2-5 吸上高度的限度	(6 6)
2-6 汽蚀现象	(6 6)
第四节 离心泵的安装与运转	(6 8)
2-7 离心泵的安装	(6 8)
2-8 离心泵的运转	(6 9)
第五节 离心泵特性曲线与管路特性曲线的配合	(7 0)
2-9 管路的特性曲线	(7 0)
2-10 流量调节	(7 0)
2-11 离心泵的串联与并联	(7 1)
第六节 常用离心泵的选用	(7 2)
2-12 离心泵的类型	(7 2)
2-13 离心泵的选用	(7 4)
第七节 其它类型泵	(7 5)
2-14 往复泵	(7 5)
2-15 齿轮泵	(7 6)
2-16 螺杆泵	(7 6)
2-17 旋涡泵	(7 7)
2-18 流体作用泵	(7 7)
思考题	(7 8)
习题	(7 8)
第三章 气体的压缩与输送设备	(8 0)
第一节 离心式气体压送机械	(8 0)
3-1 离心式通风机	(8 0)
3-2 离心式鼓风机与压缩机	(8 5)
第二节 往复式压缩机	(8 6)

3-3 往复式压缩机的工作原理	(86)
3-4 往复式压缩机的性能	(88)
3-5 多级压缩	(89)
3-6 往复压缩机的类型及选用	(91)
第三节 其它类型压缩输送机械	(92)
3-7 旋转式鼓风机和压缩机	(92)
3-8 真空泵	(93)
思考题	(95)
习题	(95)
第四章 非均一系的分离	(96)
第一节 重力沉降	(96)
4-1 自由沉降和沉降速度	(96)
4-2 降尘室	(99)
4-3 沉降槽	(100)
第二节 离心沉降	(102)
4-4 离心沉降速度	(102)
4-5 旋风分离器	(103)
4-6 其它离心沉降设备	(106)
第三节 过滤	(108)
4-7 基本概念	(108)
4-8 过滤基本方程	(109)
4-9 过滤设备	(114)
思考题	(119)
习题	(120)

第 I 篇 传热过程

第五章 传热基本原理、间壁式换热器	(121)
第一节 概述	(121)
5-1 工业传热的目的和方式	(121)
5-2 稳定传热和不稳定传热	(122)
5-3 三种传热机理	(123)
第二节 导热	(123)
5-4 傅立叶定律	(123)
5-5 导热系数	(123)
5-6 单层和多层平壁导热	(125)
5-7 单层和多层圆筒壁导热	(127)
第三节 对流传热	(130)
5-8 概述	(130)
5-9 对流传热系数的关联式	(131)

5-10	流体无相变化时的对流传热系数	(133)
5-11	流体有相变时的对流传热系数	(135)
5-12	对流和辐射的联合传热系数	(138)
第四节	间壁两侧流体的传热	(140)
5-13	总传热速率方程	(140)
5-14	换热器的热量衡算	(140)
5-15	传热推动力的计算及两流体的流向分析	(141)
5-16	总传热系数 K	(146)
第五节	间壁式换热器	(149)
5-17	常用换热器	(150)
5-18	紧凑式换热器	(155)
5-19	石墨换热器	(162)
5-20	强化传热的途径	(163)
第六节	换热器的选用及有关计算	(163)
5-21	蛇管换热器的计算方法	(163)
5-22	管壳式换热器的选用及计算	(164)
思考题	.....	(170)
习题	.....	(170)
第六章	加热、冷却与冷凝	(172)
第一节	加热	(172)
6-1	一次热源(直接热源)加热	(172)
6-2	二次热源(间接热源)加热	(173)
6-3	冷凝水与不凝气体的排放	(174)
6-4	夹套加热管路布置	(177)
第二节	冷却与冷凝	(178)
6-5	常用冷却与冷凝方法	(178)
6-6	夹套设备综合管路布置	(180)
思考题	.....	(181)
习题	.....	(181)
第七章	蒸发	(182)
第一节	概述	(182)
7-1	蒸发的目的	(182)
7-2	基本概念	(182)
第二节	单效蒸发器的计算	(183)
7-3	单效蒸发器的物料衡算	(183)
7-4	单效蒸发器的热量衡算	(183)
7-5	蒸发器传热面积的计算	(185)
第三节	常用蒸发器	(189)
7-6	夹套蒸发器	(189)

7-7 自然循环蒸发器	(189)
7-8 强制循环蒸发器	(191)
7-9 单程型蒸发器	(192)
7-10 蒸发器的辅助装置	(196)
7-11 溶液的蒸发特性	(197)
7-12 蒸发器的生产强度	(198)
第四节 蒸发器的节能	(198)
7-13 蒸汽的利用率	(198)
7-14 多效蒸发器	(198)
7-15 多效蒸馏水机	(200)
思考题	(201)
习题	(202)

第Ⅲ篇 传质过程

第八章 结晶	(204)
第一节 概述	(204)
8-1 结晶操作在制药工业中的应用	(204)
8-2 获得结晶的途径	(204)
第二节 结晶原理	(205)
8-3 溶解-结晶的相平衡关系	(205)
8-4 晶核的生成和晶体的成长	(208)
8-5 结晶过程的控制	(210)
8-6 用结晶操作分离混合物	(211)
8-7 结晶的计算	(211)
第三节 常用结晶设备	(213)
8-8 冷却式结晶器	(214)
8-9 奥斯陆结晶器	(215)
思考题	(217)
习题	(218)
第九章 蒸馏与精馏	(219)
第一节 双组分液体混合物的气液平衡	(219)
9-1 理想溶液的气液平衡	(219)
9-2 非理想溶液的气液平衡	(221)
9-3 相对挥发度	(223)
第二节 蒸馏与精馏的流程与原理	(224)
9-4 简单蒸馏	(224)
9-5 精馏原理	(225)
第三节 双组分混合液体连续精馏的计算	(228)
9-6 全塔物料衡算	(228)

9-7	图解法求理论塔板数	(229)
9-8	塔顶冷凝、冷却水用量与塔釜水蒸气消耗量的计算	(239)
9-9	间歇精馏	(244)
第四节	塔设备	(247)
9-10	填料塔	(247)
9-11	板式塔	(258)
9-12	塔设备的原则性设计程序	(263)
9-13	塔的实际操作	(267)
第五节	特殊蒸馏	(268)
9-14	水蒸气蒸馏	(268)
9-15	恒沸精馏和萃取精馏	(270)
思考题	.....	(272)
习题	.....	(273)
第十章	吸收	(276)
第一节	概述	(276)
10-1	气体在液体中的溶解度	(276)
10-2	吸收操作的相平衡关系	(278)
10-3	吸收剂的选择	(281)
第二节	吸收过程的机理和吸收速率	(282)
10-4	传质的基本方式	(282)
10-5	吸收过程的机理	(282)
10-6	吸收速率方程	(283)
第三节	吸收塔的计算	(285)
10-7	物料衡算与操作线方程	(285)
10-8	吸收剂用量	(286)
10-9	板式塔塔板数的确定	(288)
10-10	计算吸收塔填料层高度	(289)
第四节	吸收和解吸流程	(290)
10-11	解吸	(290)
10-12	吸收操作流程	(291)
第五节	其他吸收方法和设备	(292)
10-13	涉及气体吸收的间歇反应釜	(292)
10-14	喷射泵吸收	(293)
思考题	.....	(293)
习题	.....	(293)
第十一章	萃取	(295)
第一节	液液萃取的相平衡和传质速率	(295)
11-1	三角形相图	(295)
11-2	液液萃取的相平衡关系	(297)

11-3	液液萃取的机理和传质速率	(301)
11-4	萃取剂的选择	(302)
第二节	单级液液萃取器及计算	(303)
11-5	单级一次液液萃取的计算	(303)
11-6	连续操作时的计算	(306)
第三节	多级逆流液液萃取及计算	(306)
11-7	多级液液萃取的流程	(306)
11-8	多级逆流液液萃取的计算	(307)
第四节	液液萃取设备	(311)
11-9	萃取塔	(311)
11-10	离心萃取器	(314)
第五节	固液萃取的相平衡和传质速率	(317)
11-11	固液萃取的历程与相平衡关系	(317)
11-12	固液萃取过程的传质速率	(319)
11-13	萃取剂的选择	(319)
第六节	单级固液萃取及计算	(320)
11-14	单级固液萃取器	(320)
11-15	单级固液萃取设备的计算	(321)
11-16	单级多次固液萃取	(323)
第七节	多级逆流固液萃取及计算	(326)
11-17	多级错流固液萃取	(326)
11-18	多级逆流固液萃取的计算	(326)
11-19	多级逆流固液萃取罐组	(328)
第八节	微分半连续固液萃取	(330)
11-20	微分半连续固液萃取的操作特性	(330)
11-21	微分半连续固液萃取的计算	(332)
思考题	.....	(332)
习题	.....	(333)
第十二章	干燥	(337)
第一节	概述	(337)
12-1	干燥在制药工业的应用	(337)
12-2	干燥方法的分类	(337)
第二节	湿空气的性质和湿度图	(338)
12-3	湿空气的性质	(338)
12-4	空气的湿度图 ($T-H$ 图)	(341)
12-5	湿度图的用法	(343)
第三节	干燥器的物料和热量衡算	(345)
12-6	对流干燥器的操作过程	(345)
12-7	干燥的物料衡算	(346)

12-8	干燥的热量衡算	(347)
第四节	干燥速率和干燥时间	(352)
12-9	物料中所含水分的性质	(353)
12-10	干燥曲线和干燥速率曲线	(355)
12-11	干燥时间的计算	(356)
第五节	常用干燥设备	(357)
12-12	气流干燥器	(357)
12-13	流化床干燥器	(361)
12-14	喷雾干燥器	(366)
12-15	间歇箱式干燥器	(373)
12-16	传导干燥	(374)
12-17	干燥设备的选型	(375)
思考题	.....	(376)
习题	.....	(376)
第十三章	离子交换和膜分离	(378)
第一节	离子交换	(378)
13-1	离子交换树脂的分类	(378)
13-2	离子交换树脂的基本性能	(379)
13-3	离子交换树脂的预处理和再生	(382)
13-4	离子交换过程和装置	(382)
13-5	离子交换树脂用作吸附分离	(385)
第二节	膜分离	(386)
13-6	反渗透	(388)
13-7	电渗析	(392)
13-8	超滤	(393)
思考题	.....	(394)
第十四章	空调与制冷	(395)
第一节	概述	(395)
14-1	空调在制药工业中的任务和作用	(395)
14-2	空调的基本方法和分类	(395)
第二节	药厂空调热湿负荷与送风量的确定	(396)
14-3	空调热湿负荷的来源	(396)
14-4	送风状态和送风量的确定	(399)
第三节	工业集中式空调系统	(401)
14-5	空气湿热处理的途径	(401)
14-6	空气与水直接接触的热湿处理方法	(401)
14-7	空气的间接热湿处理	(405)
14-8	空气的其他处理方法	(405)
14-9	工业集中式空调系统及其运行调节	(406)

第四节 冷冻操作的物理基础	(408)
14-10 理想冷冻循环——逆卡诺循环	(408)
14-11 冷冻系数	(409)
14-12 温熵图	(410)
第五节 压缩式冷冻机的工作过程	(410)
14-13 理想压缩制冷	(410)
14-14 实际压缩制冷	(411)
第六节 压缩式冷冻机	(412)
14-15 冷冻压缩机的分类	(412)
14-16 往复活塞式冷冻压缩机型号的表示方法	(414)
14-17 往复活塞式冷冻压缩机的主要构件	(414)
14-18 换热器	(416)
14-19 膨胀阀	(416)
14-20 能量调节装置	(417)
第七节 冷冻剂和载冷体	(417)
14-21 冷冻剂	(417)
14-22 载冷体	(419)
第八节 吸收式制冷和喷射制冷	(420)
14-23 吸收式制冷	(420)
14-24 蒸汽喷射制冷	(420)
思考题	(420)
习题	(421)
附录	(422)
1. 常见的几个 SI 单位与非 SI 单位间的换算	(422)
2. 空气的重要物理性质 ($p=101.3\text{kN/m}^2$)	(422)
3. 水的重要物理性质	(424)
4. 水的饱和蒸气压 (-20 至 100°C)	(425)
5. 饱和水蒸气表 (按温度排列)	(427)
6. 饱和水蒸气表 (按压力排列)	(428)
7. 水的粘度 (0 至 100°C)	(429)
8. 液体粘度共线图和密度	(430)
9. 气体粘度共线图	(431)
10. 气体的比热容 ($p=101.3\text{kN/m}^2$)	(432)
11. 液体的比热容	(433)
12. 液体气化潜热共线图	(435)
13. 某些有机液体的相对密度 (液体密度与 277K 水的密度之比)	(437)
14. 离心泵规格	(439)
15. 管子规格	(442)
16. 各组成表示法的相互换算关系	(443)

17. 气体的自扩散系数 ($p=101.3\text{kN/m}^2$)	(443)
18. 某些气体二组分扩散系数 ($p=101.3\text{kN/m}^2$)	(443)
19. 某些液体二组分扩散系数 (稀溶液)	(445)
20. 氨的 T - S 图	(446)
主要符号表	(447)

绪 论

一、本课程的内容和任务

制药工业生产原料药（化学合成药物、抗生素、微生物制品及生化制品等）与制剂（西药的各种制剂、中药的提取与各种制剂）产品。医药产品因关系到人们的身体健康在质量的控制上有极为严格的要求；医药产品品种的多样化以及市场需求的经常变化，确定了小批量、间歇生产的基本方式；作为知识密集型产业采用了较先进的工艺技术、设备，要求高素质的劳动者与严格的岗位操作。制药工业从其本质来讲，仍属于化学工业的范畴，不论是何种产品，其生产工艺基本上由化学与物理两大类过程组合而成。

长期的生产实践使人们认识到：尽管每一种化工、医药产品所使用的原材料、中间体、工艺条件、生产过程组织和控制等并不相同，但就共性而言几乎都有流体的输送与压缩、过滤与沉降、加热与冷却、蒸发、结晶、蒸馏、萃取、干燥、粉碎等“单元操作”，利用这些“单元操作”，可以组合成化学工业和制药工业中各种产品的生产过程。

单元操作（Unit operation）是华尔克（Walker）等人在1923年提出的，自此之后作为一门工程学科取得了迅速的发展。建国以来，作为学校的教科书，“单元操作”曾经采用过诸如“化工过程及设备”、“化工原理”、“化工单元操作”、“化学工程”等多种名称。

“化工过程及设备”或“化工单元操作”所研究的内容，主要包括各种物理过程的原理、设备的结构、操作及其特性以及设备的工艺设计计算等内容。按照单元操作所遵循的基本规律，可将过程分为流体动力过程、传热过程及传质过程三大类，加上化学反应过程，化学工程被概括为“三传一反”。

表1中列出了大部分单元操作过程，其中粉碎和冷冻不属于上述三种传递过程。

单元过程分为间歇过程和连续过程。每次操作向设备投入一批料，然后进行各种相应的化工过程，最后出料，称为间歇过程。在设备中不同时刻进行着不同的操作，在设备的同一位置，物料的组成、压力、温度、流速等参数都随时间而变化是间歇过程的特点。连续过程则是从设备或成套装置一端连续投料，另一端连续出料，装置中任一处的物料组成、温度、压力、流速等参数都不随时间而变化，过程处于一种稳定状态（只有开车、停车时处于暂时的不稳定的状态）。

“制药化工过程及设备”也是属于“化工过程及设备”的范畴；但考虑到制药生产自身的特点，其对各种化工单元操作的侧重点有所不同，就某一具体的单元操作而言，内容的侧重点也有所不同，为使本教材更加符合制药生产的实际，故将本书定名为“制药化工过程及设备”。由此可知，本课程是具体结合制药生产的“化工过程及设备”。

表 1 常用单元操作过程

单元操作	遵循原理和过程分类	操作涉及相态	目的
流体输送	流体动力过程、流体动力学原理	气态或液态	流体的输送、压缩
沉降、过滤		气液、气固、液液、液固	非均一系的分离
加热、冷却与冷凝	传热过程、传热基本原理	气或液态	物料升温、降温和改变相态
蒸发		液、气态	浓缩液体、回收溶媒
结晶	传质过程、传质基本原理	溶液与固态结晶体	溶质溶剂分离
蒸馏与精馏		液体混合物及蒸汽	液体混合物的分离
吸收		气、液态	利用液体分离气体混合物
萃取		固液或液液	溶解固体或液体中的组分
干燥		固、液、气态	降低物料的湿含量
吸附		固气或固液	用固体分离气体或液体混合物
膜分离		溶液	溶剂溶质的各种分离
粉碎	机械过程	固态	减小粒径，增大表面积
冷冻	热力过程	液气态	制冷

二、计量单位的使用

随着科技的发展，国际间交往的日益增多，区域性的各自为政的单位制度愈来愈成为这种交流的障碍，克服这种困难的唯一的方法就是建立一个为世界各国所普遍接受的、可行的、统一的单位制度。1960 年第十一届国际计量大会上通过并建议世界上所有国家逐步采用一种新的单位制度——国际单位制 (SI)。1986 年 7 月 1 日起实施的《中华人民共和国计量法》规定：“国家采用国际单位制。国际单位制计量单位和国家选定的其他计量单位为国家法定计量单位。”为此对国际单位制的基本内容作如下介绍。

国际单位制由基本单位、导出单位和辅助单位三部分构成。现将国际单位制的七个基本单位示于表 2。

表 2 国际单位制的七个基本单位

量的名称	长度	质量	时间	热力学温度	物质质量	电 流	光强度
单位名称	米	千克	秒	开尔文	摩尔	安培	坎德拉
单位符号	m	kg	s	K	mol	A	cd

其他物理量的单位都由基本单位导出，表 3 列出了部分常用物理量导出单位及符号。此外国际单位制还有两个无因次的辅助单位：

平面角 弧度 (rad)
球面角 球面度 (sr)

国际单位制的基本单位和导出单位在使用时若太大或太小，可对原单位乘以放大或缩小的倍数，即在单位前加上词头，国际单位制允许使用的词头示于表 4。