

化工工艺算图手册

全国图算学培训中心 组织编写
青 岛 科 技 大 学

刘光启 马连湘 主编

化 学 工 业 出 版 社

工业装备与信息工程出版中心

·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

化工工艺算图手册/刘光启,马连湘主编. -北京:化学工业出版社,2002.8
ISBN 7-5025-3862-3

I.化… II.①刘… ②马… III.化学工程-算图-手册 IV.TQ015.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 040056 号

化工工艺算图手册

全国图算学培训中心 组织编写
青 岛 科 技 大 学
刘光启 马连湘 主编
责任编辑:周国庆
责任校对:陶燕华
封面设计:蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话:(010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京管庄永胜印刷厂印刷
三河市东柳装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 56 1/4 字数 1402 千字

2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3862-3/TQ·1549

定 价: 118.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

《化工工艺算图手册》编委会

名誉主任委员： 璩定一 孙克定

主任委员： 马连湘

副主任委员： 刘光启 邢志有 陈明华

委 员： (以姓氏笔画为序)

马连湘 青岛科技大学副校长 教授 工学博士

刘光启 中国图算学会副理事长兼秘书长
高级工程师

孙克定 中国科学院系统工程研究所研究员
中国图算学会名誉理事长

邢志有 中国图算学会理事长 大庆图算学研究会
理事长 高级工程师

陈明华 青岛化工设计院副院长 高级工程师

赵 文 青岛科技大学化工与制药工程学院院长
教授 工学博士

杨宜年 原化工部科学技术研究总院及中国化学学
会高级工程师 中国图算学会副理事长

蒋 靖 天津理工大学教授 中国图算学会名誉理
事长

璩定一 华东理工大学教授

《化工工艺算图手册》编写人员

名誉主编： 璩定一

顾问： 杨宜年 孟庆东 黄伯平

主 编： 刘光启 马连湘

副主编： 张道光 赵 文 蒋 靖

编 著： 马连湘 王玉斌 王晓红 刘光启

李 晨 李冠忠 迟春红 张道光

赵 文 唐继国 高 军 崔自介

蒋 靖

审 核： 杨宜年

序

《化工物性算图手册》出版，《化工工艺算图手册》脱稿，《化工设备算图手册》书稿正在积极编写并计划今年6月份完成，此三件乃是我国图算界和化工界久盼的喜事，值得祝贺。我在此预祝参加编写、出版和发行工作的同志们工作顺利，马年马到成功；同时也趁此机会，怀着十分喜悦的心情，向广大化工界的科研人员、设计人员和院校师生推荐这三部书。

在化学工程中，因为很多计算问题解决起来相当麻烦，而用算图却可易如反掌，所以我国在20世纪50年代和80年代，先后编译出版并多次重印过两套化工算图手册，分别是《化工算图集》和《化工工艺算图》。相比起来，现在这一套手册更具有一些特点，这就是采用了我国法定单位，读者使用起来十分方便，而且，内容也相当丰富（算图数量为前者的8倍多，为后者的3倍多）。可能有些人认为，现在已经基本普及了计算机，算图没有用武之地了，其实不然。因为计算机只是硬件，必须要有软件辅之，而现有的化工类应用软件并不全面，我就听一位朋友说他要利用一个物性数据软件包来查丁醇的吸附性能，但却一无所获便是一例；当然现在也有不少人能编程，但毕竟编程、调试需要时间，一个不大的程序，没有几个钟头是通过不了的，稍大一点的程序，甚至需要几天。所以应该说，对于一些日常计算，无论是在大型企业还是中、小型企业，无论是在院校还是设计单位，算图都是十分适用的，更何况它价格低廉，直观明了，有便于携带和现场使用等优点。另外，本手册还有图幅统一，刻度细致均匀，并把公式、例题、求解方法有机地与算图结合在一起等特点，相信大家在使用中还会有比我更深刻的体会。

本书收集了50种书刊中的800多幅算图，基本上涵盖了化工工艺各方面的内容，编者花费了很多时间和精力；更值得赞扬的是他们将这些绝大多数是英制的算图，一一进行图形改造，使其成为我国法定单位制算图，实属不易。有了这个基础，以后大家工作起来就方便多了，真可谓几人种树，大家乘凉。

本人参加过前两套算图的编写，但因年龄关系，未能参加这一次的具体编写工作，仅写以上几句话。

华东理工大学教授

陈之

2002年2月 上海

前 言

继《化工物性算图手册》之后,《化工工艺算图手册》又将要与广大读者见面了。至此,1994年在上海召开的全国第五次图算学术交流会交给我们的任务,只剩下《化工设备算图手册》书稿了,而这本书,预计也可以在年内出版。

在本手册编著过程中,我们不仅参考了包括《化工算图集》和《化工工艺算图》在内的20余种中文图书,而且参考了大量的英、日、俄文书籍和中外期刊(均在算图标题的右上角[]内注明),尽量地核对了与其相应的参考文献,对其中一些笔误和错误做了改正,并增加了一部分自行设计的算图。在处理这些素材时,不仅逐一进行了图形改造,将英制单位改成我国法定单位,而且遵循“不照搬、有改进、多揉合、重创新”的原则,力求使手册的质量达到高水平。所以,既内容丰富,图幅统一,实用性强,又节省篇幅。

由于在算图中,参数的物理意义都注得很详细,故没有必要时均不另加文字说明,基本上一页一图,例题、求解方法和公式、必要的注解均揉入其中。为了避免公式变形后可能引起的误解,故一般仍以英制形式列出供参考。

同一幅算图,可以用来求不同的参数,例如在流体流动中,已知流量、管径,可以求出流速;反过来也可以已知流量、流速求管径;或者已知流速、管径求流量。所以图中的求解线编号,只是对图中例题而言的,当已知条件或求解对象发生变化时,其次序也要相应变化;为此,求解线上一概未加箭头,这样做图面也较为简洁。

对有些问题,可以从不同的角度出发,或者根据不同的条件绘出数个不同的算图;即使条件相同时,算图形式或参数范围也可能不同,只要它有实用价值,一般仍予以保留,并在图题后面加(I)(II)……,以供读者选用。

本书之圆满告成,除了诸位编者的齐心协力外,还与璩定一名誉主编,杨宜年(兼审稿人)、孟庆东、黄伯平顾问,以及各级领导的指导和全力支持密切相关,在此谨向他们表示感谢。同时也要向《化工算图集》的编者璩定一和原化工部化工工艺设计中心站及《化工工艺算图手册》的主编单位吉林化学工业公司设计院付均鸿、杨宜年、黄伯平、忻逸斐和寰球化学工程公司唐士选及工艺室、仪表室、翻译室有关同仁,以及化工八院的钟信昭、王大权、王莉、王玉秀和其他参考文献的作者致谢,感谢他们为本书提供了宝贵的文献与参考材料。可以说,本书是我国三代图算工作者和化工工作者,甚至是“地球村”几代人辛勤劳动的结晶。

本书由全国图算学培训中心、青岛科技大学(原青岛化工学院)和青岛化工设计院联合编写,青岛市机械研究所的领导给予了大力支持。对参加描图工作的刘冰、刘敏同志表示谢意。

由于我们的水平和能力有限,故虽经严格的校对和审定过程,仍难免会有遗漏甚至谬误之处,恳请读者在使用中指出,以便再版时予以订正。

编 者

2002年2月

内 容 提 要

本书以化工单元操作为主线，以算图的形式表达了化工单元操作各种工艺参数的关系和计算方法，按单元操作的类别分为流体流动、传热、蒸馏、分离、干燥、萃取、流态化、空气调节、吸收与吸附、结晶、化学反应等共 12 章。

本书采用法定单位制，资料全面，直观性强，实用性强。可供化工领域生产、科研、设计、开发等技术人员，大专院校有关专业师生，以及其他相关领域的有关工程技术人员使用。

目 录

第1章 流体流动

流 量 和 流 速

1.1 空气的流量和温度	1	1.31 压缩空气管路的直径和流量	31
1.2 气体的容积和温度 (I)	2	1.32 可压缩性气体在管路中的速度	32
1.3 气体的容积和温度 (II)	3	1.33 气体通过填料的平均速度	33
1.4 气体的温度、压强和容积	4	1.34 非常温常压时气体的流量转换	34
1.5 气体的流速和流量 (I)	5	1.35 液体的流速和流量	35
1.6 气体的流速和流量 (II)	6	1.36 流体的流速和流量 (I)	36
1.7 气体的流速和流量 (III)	7	1.37 流体的流速和流量 (II)	37
1.8 空气的流速和流量 (I)	8	1.38 水的流速和流量	38
1.9 空气的流速和流量 (II)	9	1.39 水通过小孔的流量	39
1.10 水蒸气的流速和流量 (I)	10	1.40 水在裸管中不结冰的最低流速	40
1.11 水蒸气的流速和流量 (II)	11	1.41 水排至大气中的排量	41
1.12 水蒸气的流速和流量 (III)	12	1.42 水从矩形堰流出的流量	42
1.13 水蒸气的流速和流量 (IV)	13	1.43 根据压差求管道中水的流速	43
1.14 水蒸气的流速和流量 (V)	14	1.44 自流水通过敞口矩形槽的流速和 流量 (I)	44
1.15 水蒸气通过小孔的流量 (I)	15	1.45 自流水通过敞口矩形槽的流速和 流量 (II)	45
1.16 水蒸气通过小孔的流量 (II)	16	1.46 圆管中满流液体的流量	46
1.17 水蒸气通过小孔的流量 (III)	17	1.47 液体从水平管道敞口端满流时的流量	47
1.18 水蒸气通过小孔的流量 (IV)	18	1.48 液体从水平管道敞口端不满流时的 流量	48
1.19 水蒸气通过小孔的流量 (V)	19	1.49 流体通过锐孔后的速度	49
1.20 水蒸气通过小孔的流量 (VI)	20	1.50 流体通过小孔的流量 (I)	50
1.21 水蒸气通过小孔的流量 (VII)	21	1.51 流体通过小孔的流量 (II)	51
1.22 水蒸气限流孔板的孔径	22	1.52 通过节流孔的颗粒物流量 (I)	52
1.23 饱和水蒸气的流速和流量	23	1.53 通过节流孔的颗粒物流量 (II)	53
1.24 饱和水蒸气从喷嘴向大气中的喷出量	24	1.54 非常温常压时水的流量转换	54
1.25 绝热气体的质量流速	25	1.55 铸铁管水流量的逐年变化	55
1.26 过热蒸汽的流量 (I)	26		
1.27 过热蒸汽的流量 (II)	27		
1.28 气体管路的直径和流量 (I)	28		
1.29 气体管路的直径和流量 (II)	29		
1.30 低压气体管路的直径和流量	30		

雷诺数和摩擦系数

1.56 流体的雷诺数 (I)	56
1.57 流体的雷诺数 (II)	57
1.58 流体的雷诺数 (III)	58

1.59	水的雷诺数	59	1.99	液氨在钢管中流动的压降	109
1.60	水蒸气的雷诺数	60	1.100	液氯在直管中流动的摩擦压降	110
1.61	过热水蒸气的雷诺数	61	1.101	熔融硫磺在直管中流动的摩擦压降 (湍流)	111
1.62	一些气体的雷诺数	62	1.102	水和水蒸气二相流的压降	112
1.63	一些液体的雷诺数	63	1.103	液体并联管路的导流系数	113
1.64	高粘度油的雷诺数	64	1.104	液体并联管路的流量和压降	114
1.65	气体流动的雷诺数和摩擦系数	65	1.105	液体串联管路的阻力函数	115
1.66	液体流动的雷诺数和摩擦系数	66	1.106	液体串联管路的流量和压降	116
1.67	油类在管道内流动的摩擦系数	67	1.107	气体的流量和压降 ($p < 7\text{kPa}$)	117
1.68	硫酸在管道内湍流态时的摩擦系数	68	1.108	空气在圆管中流动的摩擦压降	118
1.69	苛性钠在管道内湍流态时的摩擦 系数	69	1.109	空气在钢管中流动的压降	119
1.70	管接头和阀门的阻力系数	70	1.110	空气管路中的压头损失	120
1.71	渐扩管的阻力系数	72	1.111	空气在带接头管路中的流速和摩擦 压降	121
1.72	阀门的阻力系数和流量系数	78	1.112	冷风管路的流速和压降	122
1.73	管路内流体的中心角、截面积和水力 半径	79	1.113	非压缩性空气管路的压降	123
1.74	水和其他流体的等压降流量	80	1.114	压缩空气管路的流速和压降	124

压 降

1.75	根据液体流量求直管的压降	81	1.115	压缩空气管路的流量和压降 (I)	125
1.76	根据液体流速求直管的压降	82	1.116	压缩空气管路的流量和压降 (II)	126
1.77	冷水在管道中流动的压降	83	1.117	压缩空气管路的流量和压降 (III)	128
1.78	水在管道中流动的压降 (I)	84	1.118	气体在直管中流动的摩擦压降	129
1.79	水在管道中流动的压降 (II)	85	1.119	气体在圆管中流动的摩擦压降	130
1.80	10℃水在管道中流动的压降	86	1.120	气体在管路中流动的压降 (湍流)	131
1.81	高温水在管道中流动的压降	87	1.121	气体在圆管中流动的压降 (I)	132
1.82	水在铁管中流动的摩擦压降	88	1.122	气体在圆管中流动的压降 (II)	133
1.83	水在铁管中流动的压降	89	1.123	蒸汽在直管中流动的压降 (I)	134
1.84	水在软管中流动的压降	90	1.124	蒸汽在直管中流动的压降 (II)	136
1.85	水在不同材质管道中流动的压降	91	1.125	蒸汽在直管中流动的压降 (III)	137
1.86	给水管道和压力凝结水管道的压降	92	1.126	蒸汽在直管中流动的压降 (IV)	138
1.87	自流凝结水管道的压降和流速	93	1.127	饱和蒸汽在直管中流动的压降	139
1.88	水管的局部阻力压降	94	1.128	蒸汽管道的流量和压降 (I)	140
1.89	水在管道出入口间的压降	95	1.129	蒸汽管道的流量和压降 (II)	141
1.90	流体在管道中流动的压降 (I)	96	1.130	蒸汽管道的流量和压降 (III)	142
1.91	流体在管道中流动的压降 (II)	97	1.131	蒸汽管道的流量和压降 (IV)	143
1.92	液体在管道中流动的压降 (层流)	98	1.132	气体及蒸汽管道的压降 (湍流)	144
1.93	液体在管道中流动的压降 (湍流, I)	99	1.133	高压蒸汽管道的流量和压降	145
1.94	液体在管道中流动的压降 (湍流, II)	102	1.134	低压蒸汽管道的流速和压降 (I)	146
1.95	粘性液体在管道中流动的压降 (层流)	104	1.135	低压蒸汽管道的流速和压降 (II)	147
1.96	高粘度液体在管道中流动的压降	106	1.136	蒸汽管道的局部阻力压降	148
1.97	高粘度油在管道中流动的压降	107	1.137	流体在管束中流动的压降 (湍流)	149
1.98	汽油在管道中流动的摩擦压降	108	1.138	流体经过小孔的压降	150
			1.139	管道截面积突缩引起的压降	151
			1.140	管道截面积突扩引起的压降 (I)	152

1.141	管道截面突扩引起的压降 (II)	153
1.142	管径变化后流体压强的变化	154
1.143	油类管路的局部压力损失	155

管 径 和 管 长

1.144	蒸汽管道的直径	156
1.145	压缩空气管路的最佳管径	157
1.146	湍流流体的最佳管径	158
1.147	层流流体的最佳管径	159
1.148	矩形管的等摩擦等流量当量管径	160
1.149	阀门的当量管长	161
1.150	管接头和阀门的当量长度	162
1.151	管件及弯头的阻力系数及当量长度	163
1.152	管接头和阀门的阻力系数及当量长度	164
1.153	90°矩形截面弯头的当量长度	166
1.154	锐孔的当量长度	167
1.155	管道的当量长度	168
1.156	管路系统的当量长度	169
1.157	局部阻力的当量长度	170

1.158	并联管路的流量、长度和直径	171
1.159	等流量等压降的管道内径和长度	172
1.160	与大管等流量等压降输气管道的 小管根数	173
1.161	与大管等流量等压降输水管道的 小管根数	174
1.162	与大管等流量等压降输送管道的 小管根数	175
1.163	串并联管路的当量直径和当量长度	176

其 他

1.164	管道的经济直径 (I)	178
1.165	管道的经济直径 (II)	179
1.166	管道的经济直径 (III)	180
1.167	容器中液体自流排尽所需时间	181
1.168	液体的压缩性	182
1.169	湍流液体在环道内的最大流速半径	183
1.170	水锤引起的压强	184
1.171	伯努利力	186

第 2 章 传 热

自然对流传热

2.1	自由流动气体的传热系数 (I)	187
2.2	自由流动气体的传热系数 (II)	189
2.3	气体的传热系数 (I)	190
2.4	气体的传热系数 (II)	191
2.5	气体的传热系数 (III)	192
2.6	N_2 、 NO_2 、 CO_2 及其与 H_2 混合物的 传热系数	193
2.7	空气自然对流的传热膜系数 (I)	194
2.8	空气自然对流的传热膜系数 (II)	195
2.9	空气自然对流的传热膜系数 (III)	196
2.10	空气、 O_2 、 N_2 和 CO 的自然对流传 热系数 (I)	197
2.11	空气、 O_2 、 N_2 和 CO 的自然对流传 热系数 (II)	198
2.12	自然对流气体在单一水平圆柱外的 传热膜系数	199
2.13	自然对流气体在水平管外的传热膜 系数	201
2.14	自然对流气体在竖管内、外的传热膜	

系数	202
2.15 平面和圆柱面的对流传热系数	204
2.16 空气自然对流的传热强度	205
2.17 自由流动液体的传热系数 (I)	206
2.18 自由流动液体的传热系数 (II)	207
2.19 自然对流液体的传热膜系数	208
2.20 自然对流液体在单一水平圆柱外的 传热膜系数	209
2.21 自然对流液体在水平管外的传热膜 系数	212
2.22 自然对流液体在竖管内、外的传热膜 系数	213
2.23 干木材的传热系数	215
2.24 鲜木材的传热系数	216
2.25 室内空气与周围壁板自然对流的传热 强度	217
2.26 建筑物的传热系数	218
2.27 地下建筑物围护结构的比热流	219

气体对流传热

2.28	气体在管内的传热膜系数 (过渡流或 湍流)	220
------	--------------------------	-----

2.29	气体在管内流动的传热膜系数	221	2.57	甲醇水溶液的传热系数	251
2.30	气体在管内流动的传热膜系数 (湍流)	222	2.58	乙醇水溶液的传热系数	252
2.31	一些气体在管内流动的传热膜系数 (湍流, I)	223	2.59	甘油水溶液的传热系数	253
2.32	一些气体在管内流动的传热膜系数 (湍流, II)	224	2.60	液体在管内流动的传热膜系数 (湍流, I)	254
2.33	一些气体在管内流动的传热膜系数 (湍流, III)	225	2.61	液体在管内流动的传热膜系数 (湍流, II)	255
2.34	一些气体在管内流动的传热膜系数 (湍流, IV)	226	2.62	液体在管内流动的传热膜系数 (过渡流, I)	257
2.35	一些气体在管内流动的传热膜系数 (湍流, V)	227	2.63	液体在管内流动的传热膜系数 (过渡流, II)	260
2.36	空气在管内流动的传热膜系数 (I)	229	2.64	液体在竖管中上行的传热膜系数	262
2.37	空气在管内流动的传热膜系数 (II)	230	2.65	水和盐水在管内流动的传热膜系 数 (I)	263
2.38	空气在直管内湍流流动的传热膜系数	231	2.66	水和盐水在管内流动的传热膜系 数 (II)	264
2.39	空气在蛇管内湍流流动的传热膜系数	232	2.67	水在盘管内流动的传热膜系数 (湍流)	265
2.40	空气蛇管湍流引起的传热膜系数的 修正	233	2.68	水在直管和盘管内流动的传热膜系数 (湍流)	266
2.41	空气和燃气在管内流动的传热膜系数	234	2.69	水在直管内加热(冷却)流动的传热膜 系数(湍流)	267
2.42	气体和蒸汽在管内流动的传热膜系数 (层流)	235	2.70	一些液体在水平管内流动的传热膜系 数(湍流)	268
2.43	气体和蒸汽在管内流动的传热膜系数 (湍流)	236	2.71	一些液体在管内流动的传热膜系数 (湍流, I)	269
2.44	气体在竖管中上行的传热膜系数	238	2.72	一些液体在管内流动的传热膜系数 (湍流, II)	270
2.45	压缩水蒸气的传热系数	239	2.73	一些液体在管内流动的传热膜系数 (湍流, III)	271
2.46	过热蒸汽在直管内流动的传热膜 系数 (I)	240	2.74	一些液体在管内流动的传热膜系数 (湍流, IV)	272
2.47	过热蒸汽在直管内流动的传热膜 系数 (II)	241	2.75	一些液体在管内流动的传热膜系数 (湍流, V)	273
2.48	烃类气体在管内湍流时的传热膜 系数	242	2.76	一些液体在直管内加热时的传热膜 系数	274
2.49	空气流经平板时的传热膜系数	243	2.77	一些液体在直管内冷却时的传热膜 系数	277
液体对流传热					
2.50	水在管内流动的传热膜系数 (I)	244	2.78	石油在管内流动的传热膜系数	280
2.51	水在管内流动的传热膜系数 (II)	245	2.79	氟里昂在管内流动的传热膜系数	281
2.52	水在管内湍流时的传热膜系数 (I)	246	2.80	高粘度液体在管内流动的传热膜系数 (层流)	282
2.53	水在管内湍流时的传热膜系数 (II)	247	2.81	流体在水平管内流动的传热膜系数 (层流)	283
2.54	水在水平管外流动的传热膜系数	248			
2.55	水垂直接经管束的传热膜系数	249			
2.56	水膜的传热膜系数	250			

2.82	流体在管内流动的传热膜系数 (湍流, I)	284
2.83	流体在管内流动的传热膜系数 (湍流, II)	285
2.84	流体在管内流动的传热膜系数 (湍流, III)	286
2.85	流体在盘管内流动时传热膜系数的 修正	287

管内传热

2.86	管内层流流动传热	288
2.87	管内湍流流动传热	289
2.88	沿平壁强制对流时的传热 (I)	290
2.89	沿平壁强制对流时的传热 (II)	291
2.90	沿平壁强制对流时的传热 (III)	292
2.91	流体横向绕流流过物体时的传热 (I)	293
2.92	流体横向绕流流过物体时的传热 (II)	294
2.93	流体横向绕流流过物体时的传热 (III)	295
2.94	考虑热流方向时管内液体流动传热	296
2.95	同心圆夹层内层流的传热 (I)	297
2.96	同心圆夹层内层流的传热 (II)	298
2.97	同心圆夹层内层流的传热 (III)	299
2.98	管内传热的给热系数	300

管外传热

2.99	空气垂直接流经单管外时的传热膜 系数	301
2.100	空气垂直接流经错列管束的传热膜 系数	302
2.101	气体垂直接流经错列管束时的传热 膜系数 (I)	303
2.102	气体垂直接流经错列管束时的传热 膜系数 (II)	304
2.103	空气和燃气垂直接流经错列管束时 的传热膜系数	305
2.104	空气和燃气垂直接流经顺列管束时 的传热膜系数	306
2.105	一些气体垂直接流经单一竖管外的 传热膜系数	308
2.106	一些气体流经错列和顺列管束时 的传热膜系数	312

2.107	一些气体流经错列管束时的传热 膜系数	313
2.108	碳氢化合物蒸气流经横管外冷凝 时的传热膜系数	314
2.109	流体垂直接流经管束时的传热膜系数	315
2.110	流体垂直接流经单一管外的传热膜 系数	316
2.111	液体流经管外的努塞尔数和传热膜 系数	319

冷凝

2.112	水蒸气冷凝时的传热膜系数	322
2.113	水蒸气在真空时冷凝的传热膜 系数	323
2.114	水蒸气在管内流动的冷凝膜系数	324
2.115	水蒸气在垂直管外的冷凝膜系数	325
2.116	水蒸气在低于常压时的冷凝膜 系数	326
2.117	饱和蒸汽的冷凝膜系数	327
2.118	含空气的水蒸气在冷凝时的传热膜 系数	328
2.119	蒸汽冷凝时的传热膜系数	329
2.120	一些物料在管外膜状冷凝的传热膜 系数 (I)	330
2.121	一些物料在管外膜状冷凝的传热膜 系数 (II)	331
2.122	一些物料在管束外的冷凝膜系数 (I)	332
2.123	一些物料在管束外的冷凝膜系数 (II)	333
2.124	一些有机溶剂在单横管外的冷凝膜 系数	334
2.125	凝缩蒸汽的传热膜系数	335
2.126	由冷凝管负负荷求凝缩蒸汽的传热膜 系数	336
2.127	管束外膜状冷凝的传热系数	337
2.128	管外膜状冷凝的传热膜系数 (I)	338
2.129	管外膜状冷凝的传热膜系数 (II)	340
2.130	垂直管 (壁) 外膜状冷凝的传热膜 系数	342
2.131	道氏载热体蒸汽在冷凝时的传热 膜系数	343
2.132	水平管束的冷凝液流数和湍流校 正系数	344

2.133	冷凝器中上下排列水平管束各排的传热膜系数	345
-------	----------------------------	-----

沸腾液体传热

2.134	沸腾水的传热系数	346
2.135	沸腾液体的传热膜系数	347
2.136	沸腾时两相流的传热膜系数	348
2.137	饱和液体沸腾时的最大传热强度	349
2.138	管内水沸腾时的传热强度	350
2.139	吉尔摩泡核沸腾数据	351
2.140	吉尔摩泡核沸腾传热膜系数	352

辐射、对流与传导

2.141	物体辐射传热系数 (I)	354
2.142	物体辐射传热系数 (II)	355
2.143	物体辐射传热系数 (III)	356
2.144	物体辐射传热系数 (IV)	360
2.145	物体辐射传热系数 (V)	361
2.146	水蒸气的辐射传热系数	362
2.147	二氧化碳气体的辐射传热系数	363
2.148	水平保温管道辐射和对流的总传热系数	364
2.149	垂直保温管道辐射和对流的总传热系数	365
2.150	辐射和对流体表面的传热系数	366
2.151	平壁的传热系数	367
2.152	管壁的传热系数	368
2.153	金属壁的传热系数	369
2.154	受太阳辐射物体的表面温度	370
2.155	水蒸气的辐射率与吸收率	373
2.156	完全黑体的辐射能	374
2.157	一些气体的黑度	375
2.158	等径长管间的辐射能	376
2.159	两物体间的辐射传热量	377
2.160	两平行壁的辐射系数和传热量	378
2.161	无限大平行面的辐射系数和传热量	379
2.162	热体在开阔空间的辐射传热量	380
2.163	含水蒸气和二氧化碳气体的辐射传热量	381
2.164	辐射体的传热量 (I)	382
2.165	辐射体的传热量 (II)	383
2.166	炉壁辐射给被加热物的热量	384
2.167	炉壁对流和辐射的散热量	385
2.168	水平管道对流和辐射的散热量	386

2.169	辐射体的辐射强度 (I)	387
2.170	辐射体的辐射强度 (II)	388
2.171	平板不稳定热传导	389
2.172	圆柱体的不稳定热传导	390
2.173	总传热系数	391

散热与保温

2.174	保温管道的热损失 (I)	393
2.175	保温管道的热损失 (II)	395
2.176	保温管道的热损失 (III)	396
2.177	保温管道的热损失 (IV)	397
2.178	保温管道的热损失 (V)	398
2.179	保温管道的热损失和保温层的表面温度 (有空气绕流)	399
2.180	保温管道的热损失和保温层的表面温度 (自然对流, I)	400
2.181	保温管道的热损失和保温层的表面温度 (自然对流, II)	401
2.182	保温管道的热 (冷) 损失	402
2.183	保温管道的热阻	403
2.184	裸管的热损失 (空气静止, I)	404
2.185	裸管的热损失 (空气静止, II)	406
2.186	裸管的热损失 (有空气绕流)	407
2.187	裸管在风中的传热系数 (I)	408
2.188	裸管在风中的传热系数 (II)	409
2.189	多层保温的总传热系数	410
2.190	平面和圆柱面的保温层厚度	411
2.191	低温管道的保温层厚度	412
2.192	高温管道的保温层厚度	413
2.193	管道和设备的保温层厚度 (I)	414
2.194	管道和设备的保温层厚度 (II)	415
2.195	保温材料经济厚度	416
2.196	管道的保温层厚度	419
2.197	炉壁的保温层厚度和热损失	420
2.198	炉壁的散热损失	421
2.199	设备及管道的防结露保温厚度	422
2.200	平面及管道的防结露保温厚度	423
2.201	平面的防结露保温厚度	424
2.202	管道的防结露保温厚度	425
2.203	物体的散热损失	426
2.204	设备表面单位面积的散热损失	427
2.205	锅炉的散热损失	430
2.206	水蒸汽管道散热引起的温度降 (I)	431
2.207	水蒸汽管道散热引起的温度降 (II)	432

加 热

2.208	加热空气的蒸汽用量	433
2.209	加热空气的用电量 (I)	434
2.210	加热空气的用电量 (II)	435
2.211	加热空气和水的用电量	436
2.212	加热水的蒸汽用量	437
2.213	用热水盘管加热空气的热水用量	438
2.214	电保温管的用电量 (I)	440
2.215	电保温管的用电量 (II)	441

2.216	电保温管的用电量 (III)	442
2.217	电保温管的用电量 (IV)	443
2.218	用螺管加热液体的时间	444
2.219	用螺管冷却液体的时间	445

其 他

2.220	转筒干燥器的容积传热系数	446
2.221	降膜蒸发器的传热膜系数	447
2.222	填充物的有效导热系数	448
2.223	流化床层内换热器的传热膜系数	450

第 3 章 蒸 馏

3.1	由相对挥发度求二元汽-液平衡关系 (I)	451
3.2	由相对挥发度求二元汽-液平衡关系 (II)	452
3.3	由相对挥发度求二元汽-液平衡关系 (III)	453
3.4	由相对挥发度求二元汽-液平衡关系 (IV)	454
3.5	三元物系的汽-液平衡	458
3.6	二元物系的相对挥发度	459
3.7	根据蒸汽压计算汽-液平衡	460
3.8	氮的汽化平衡常数	461
3.9	活度系数的校正	462
3.10	苯-甲苯-二甲苯的露点	463
3.11	苯-甲苯-二甲苯的蒸汽组成及泡点	464
3.12	二元物系闪急蒸馏	465
3.13	二元单级简单间歇蒸馏 (α 为常数, I)	466
3.14	二元单级简单间歇蒸馏 (α 为常数, II)	467
3.15	二元单级简单间歇蒸馏	468
3.16	不挥发溶剂中挥发溶质的蒸汽蒸馏	469
3.17	碳氢化合物和卤碳氢化合物的蒸汽蒸馏	470
3.18	高真空时的蒸馏	471
3.19	间歇蒸汽蒸馏计算	472
3.20	标准分离的分批精馏塔参数	473
3.21	多元物系分批式单纯蒸馏	474
3.22	多元物系闪蒸后的气相组成	475
3.23	多元物系闪蒸后的液相组成	476
3.24	多元物系精馏 Kremser 图	477
3.25	多组分蒸馏的总板效率	478

3.26	栅板塔的最佳空塔气速	479
3.27	栅板精馏塔总板效率	480
3.28	莫弗里塔板效率	481
3.29	莫弗里塔板效率与总效率的关系	482
3.30	板式塔的允许空塔气速 (I)	483
3.31	板式塔的允许空塔气速 (II)	484
3.32	板式塔的允许空塔气速 (III)	485
3.33	泡罩塔的空塔有效气速	486
3.34	泡罩塔的最大允许气速	487
3.35	泡罩塔的泡罩数和总面积	488
3.36	泡罩塔板齿缝的气体流量	489
3.37	泡罩塔板泡罩齿缝的开度 (I)	490
3.38	泡罩塔板泡罩齿缝的开度 (II)	491
3.39	泡罩塔板中气体的渗入度	492
3.40	泡罩塔板静压头	494
3.41	泡罩塔板的压降	495
3.42	泡罩塔板的泡沫高度 (I)	496
3.43	泡罩塔板的泡沫高度 (II)	497
3.44	泡罩塔泡沫层压降	498
3.45	泡罩塔板的雾沫夹带	499
3.46	泡罩塔板的滞液量	500
3.47	泡罩塔的溢流率、雾沫夹带和效率	501
3.48	泡罩塔的蒸发速度	502
3.49	泡罩塔的排液时间	503
3.50	泡罩式蒸馏塔的平均板效率	504
3.51	泡罩塔和目皿塔的板效率	505
3.52	理论板数为无穷大时二元混合物的最小回流比 (I)	506
3.53	理论板数为无穷大时二元混合物的最小回流比 (II)	507
3.54	理论板数为无穷大时二元混合物的最小回流比 (III)	508

3.55 二元物系和某些多元物系精馏塔的最小回流比	509	3.93 筛板蒸馏塔的雾沫夹带	548
3.56 由二元物系的标准沸点求最小理论板数	510	3.94 筛板上的鼓泡层高度	549
3.57 由二元物系的挥发度求最小理论板数	511	3.95 筛板上的液体混合程度	550
3.58 二元物系蒸馏塔的理论板数	512	3.96 雾沫夹带对板效率的影响	551
3.59 二元物系蒸馏塔的塔板数	513	3.97 液体混合对板效率的影响 (I)	552
3.60 二元物系蒸馏塔的回流比和塔板数	514	3.98 液体混合对板效率的影响 (II)	553
3.61 理想二元全回流时的理论板数 (I)	515	3.99 蒸馏或吸收塔盘上泡沫的密度	554
3.62 理想二元全回流时的理论板数 (II)	516	3.100 涡流扩散系数	555
3.63 多元物系的最小理论板数 (I)	517	3.101 进料板位置的确定	556
3.64 多元物系的最小理论板数 (II)	518	3.102 溢流堰长度和降液管面积	557
3.65 超精馏的最小理论板数	519	3.103 蒸馏塔冷凝器和再沸器的热负荷	558
3.66 根据吉利兰公式求理论板数	520	3.104 填料蒸馏塔的等板高度	559
3.67 根据埃杜尔杰公式求理论板数	521	3.105 填料塔的泛点气速 (I)	560
3.68 间歇蒸馏塔的理论板数、回流比和滞液量	522	3.106 填料塔的泛点气速 (II)	561
3.69 回流比和塔板数	523	3.107 填料塔的液泛速度	562
3.70 回流比、理论板数及其最小值的关系	524	3.108 气体流经填料的速度	563
3.71 二元物系物料衡算	525	3.109 填料塔的最佳气速	564
3.72 二元物系蒸馏塔的直径	526	3.110 流量参数和泛点压降	565
3.73 填料塔的传质单元数	527	3.111 填料塔的压降 (I)	566
3.74 气相传质单元高度 (I)	528	3.112 填料塔的压降 (II)	567
3.75 气相传质单元高度 (II)	529	3.113 填料塔填料层的压降	568
3.76 气相传质单元数	530	3.114 通过填料塔流体的压降	570
3.77 液相传质单元高度 (I)	532	3.115 单相流填料塔的压降	571
3.78 液相传质单元高度 (II)	533	3.116 拉西环填料塔的压降	572
3.79 氨-空气-水系统的传质单元高度	534	3.117 环形填料塔中喷淋液体的压降	573
3.80 平堰顶液流高度	535	3.118 一些填料的持液量	574
3.81 二元物系和某些多元物系精馏塔的效率	536	3.119 填料塔的滞液量 (I)	575
3.82 筛板静压头	537	3.120 填料塔的滞液量 (II)	576
3.83 筛板的干板压降	538	3.121 填料塔的动滞液量	577
3.84 精馏塔筛板的压降	539	3.122 填料塔的润湿率和喷淋密度	578
3.85 流体经降液管的压头损失	540	3.123 填料塔的有效相接触面积	579
3.86 水蒸气蒸馏时物料的沸点	541	3.124 填料塔的穿透率	580
3.87 精馏塔的蒸气产量	542	3.125 填料塔的允许气速和塔径	581
3.88 蒸馏塔中水和蒸汽的消耗量	543	3.126 不同填料的有效表面积	582
3.89 筛板塔的漏液速度	544	3.127 填料的比表面积和填充密度	583
3.90 筛板塔的开孔区面积和筛孔数	545	3.128 填料的比表面积和空隙率	584
3.91 筛板塔的雾沫夹带率	546	3.129 填充床的空隙率及填料参数	585
3.92 筛板精馏塔的雾沫夹带	547	3.130 液-液接触用填充物的临界直径	586
		3.131 粒状填料的当量直径	587
		3.132 粒状填料的冷却时间	588
		3.133 蒸馏用填料塔的理论板数	589
		3.134 与填料高度相应的理论板数	590

第4章 分 离

4.1 用扩散法进行气体分离 (分离因子) ...	591	4.18 滤饼的质量 (II)	610
4.2 用扩散法进行气体分离 (体积比例) ...	592	4.19 旋风分离器的筒体半径和升气管 半径	611
4.3 单一颗粒和混合颗粒的沉降速度 (小颗粒)	593	4.20 旋风分离器的进口宽度和高度	612
4.4 单一颗粒和混合颗粒的沉降速度 (大颗粒)	594	4.21 旋风分离器的颗粒直径	613
4.5 流体中球形颗粒的沉降速度 (I)	595	4.22 旋风分离器的料腿尺寸	614
4.6 流体中球形颗粒的沉降速度 (II)	596	4.23 静电除尘器的集尘电极面积	615
4.7 流体中颗粒的沉降速度	597	4.24 水力旋流分离器 d_{50} 颗粒直径	616
4.8 气体中颗粒的沉降速度 (I)	599	4.25 水力旋流分离器的筒体直径	617
4.9 气体中颗粒的沉降速度 (II)	601	4.26 水力旋流分离器的离心加速度	618
4.10 气体中颗粒的沉降速度 (III)	602	4.27 气流输送的空气用量和管径	619
4.11 离子交换色谱分离的纯度和塔板数	603	4.28 破碎和研磨颗粒粒度的分布	620
4.12 稀相悬浮颗粒的沉降速度	604	4.29 研磨物料的粒度分布	621
4.13 中密和高密相悬浮颗粒的沉降速度	605	4.30 筛分产品的最大颗粒尺寸	622
4.14 絮凝物的沉降速度	606	4.31 固体颗粒通过锐孔的流量 (I)	623
4.15 悬浮空隙率	607	4.32 固体颗粒通过锐孔的流量 (II)	624
4.16 滤饼的密度	608	4.33 旋转破碎机中研磨介质的平衡尺寸 分布	625
4.17 滤饼的质量 (I)	609		

第5章 干 燥

5.1 无孔固体片料的干燥时间	626	5.15 物料在回转式干燥机内的弓形面积和 高度	642
5.2 转筒干燥器的传质单元长度	627	5.16 物料在回转式干燥机内的时间	643
5.3 物料在转筒中的停留时间 (I)	628	5.17 降速干燥期的干燥时间 (I)	644
5.4 物料在转筒中的停留时间 (II)	629	5.18 降速干燥期的干燥时间 (II)	645
5.5 旋流室型喷雾机的喷雾速度	630	5.19 气流输送细粒物料的干燥时间	646
5.6 旋流室型压力喷嘴的平均液滴直径	631	5.20 气流输送的空气用量和管径	647
5.7 旋流室型压力喷嘴的流量	632	5.21 干燥过程中水的蒸发量	648
5.8 旋流室型压力喷嘴的流量系数和喷 雾角	633	5.22 恒定干燥速度	649
5.9 旋流室型压力喷嘴的空气旋转半径	634	5.23 热风的恒定干燥速度	650
5.10 旋转圆盘喷雾机喷雾液滴降落半径	635	5.24 高频干燥计算	651
5.11 旋转圆盘的转速和喷雾液滴直径	636	5.25 一些物料的平衡含水率	652
5.12 二流式内混合喷嘴的平均液滴直径	638	5.26 干燥率和吸收率	654
5.13 二流式外混合喷嘴的平均液滴直径	640	5.27 小孔和多孔板的干燥压力损失	655
5.14 离心压力型喷雾机的平均液滴直径	641	5.28 硫酸干燥塔的传质面积	656

第6章 萃 取

6.1 转盘萃取塔中液滴的特征速度	657	6.5 液-液萃取填料塔的泛点速度和塔径	661
6.2 转盘萃取塔的转速与液滴直径	658	6.6 液-液萃取填料塔填料的临界尺寸	663
6.3 脉动筛板萃取塔传质单元高度	659	6.7 萃取塔分散相的滞液量	664
6.4 脉动筛板萃取塔的泛点速度	660	6.8 固体-液体萃取 (分批式单纯多级倾	

析法)	665	6.13 双溶剂向流法萃取器的级数和萃取 因数	671
6.9 固体-液体萃取(连续式向流倾析质 量法)	666	6.14 润滑油萃取时萃取物的产率	673
6.10 固体-液体萃取(连续式向流倾析容 积法)	667	6.15 萃取效率	674
6.11 液体-液体萃取(分批式单纯多级接 触法)	668	6.16 多级逆流萃取流程中 N 和 X_N 的关系 ...	675
6.12 二水物萃取磷酸估算	669	6.17 多级错流萃取流程中 N 和 X_N 的关系 ...	676
		6.18 多级逆流浸取的级数	677

第7章 流 态 化

7.1 最小流态化速度和颗粒的终端速度	683	网格)	698
7.2 最小流态化速度和空隙率(I)	685	7.15 流化床床层上部空间的分离高度	699
7.3 最小流态化速度和空隙率(II)	686	7.16 流化床中固体的循环速度	700
7.4 最小流态化速度和空隙率(III)	687	7.17 喷射床的最小喷射速度	701
7.5 滞流流动时的最小流态化速度和空 隙率	688	7.18 喷射床的平均喷射颗粒直径	702
7.6 最小流态化质量流量(I)	689	7.19 喷射床的最大高度	703
7.7 最小流态化质量流量(II)	691	7.20 固定床层的压力降(I)	704
7.8 最小流态化质量流量(III)	692	7.21 固定床层的压力降(II)	705
7.9 最小流态化质量流量(IV)	693	7.22 气体在填充管中流动时的压降(层流 和过渡区)	707
7.10 混合固体颗粒的最小流态化质量流量 ...	694	7.23 气体在填充管中流动时的压降(湍流) ...	709
7.11 颗粒浮游的临界风速	695	7.24 填充床的压力降(层流)	710
7.12 喷射层颗粒沸腾的流体速度	696	7.25 填充床的压力降(混流)	711
7.13 流动层上部的最小高度(无稳流 网格)	697	7.26 填充床的压力降(湍流)	713
7.14 流动层上部的最小高度(有稳流		7.27 小颗粒在液体中的沉降速度	714
		7.28 大颗粒在液体中的沉降速度	715

第8章 空 气 调 节

调 温		8.12 加湿所需的水分和蒸汽量	727
8.1 混合空气的温度(I)	716	8.13 空气-蒸汽系统中的蒸汽量	728
8.2 混合空气的温度(II)	717	8.14 空气中水蒸气体积和空气的湿度	729
8.3 混合流体的温度	718	8.15 压缩空气中的含水量	730
8.4 不适指数	719	8.16 含水空气的湿度和分子量	731
8.5 干湿球温度和人感温度(I)	720	8.17 低压空气的饱和湿度	732
8.6 干湿球温度和人感温度(II)	721	8.18 高压空气的饱和湿度	733
8.7 换气量和显热损失(I)	722	8.19 由干湿球温度求相对湿度(I)	734
8.8 换气量和显热损失(II)	723	8.20 由干湿球温度求相对湿度(II)	735
8.9 换气量、湿度差和潜热	724	8.21 由干湿球温度求相对湿度(III)	736
调 湿		8.22 由干湿球温度求露点和湿度	737
8.10 干湿空气的密度	725	8.23 相对湿度和绝对湿度(常压)	738
8.11 空气的加湿和减湿量	726	8.24 相对湿度和露点温度	739
		8.25 室内表面结露的判别	740
		8.26 室内不冷凝时的最大相对湿度和露点 ...	741
		8.27 压强对露点的影响	742