

化工手冊

上卷

化 工 手 册

张受谦 主编

山东科学技术出版社

一九八六年·济南

化 工 手 册

(上、下卷)

张受谦 主编

*

山东科学技术出版社出版

山东省新华书店发行

济南印刷厂印刷

*

850×1168毫米32开 86.875印张 9插页 2860千字

1986年7月第1版 1986年7月第1次印刷

印数: 1—3500

书号15195·99 定价(上、下卷)25.00元

主 编 张受谦

副主编 李长太 吴庆邦 谢永福

张石铭 曹泽环

参加编写人员 (以姓氏笔划为序)。

丁士均 于勤文 王民社 王光信 王洪孝 王建华

刘承志 刘德义 许家琪 刘亦凡 朱凤珍 任隆华

孙守樟 李建德 杜培德 李秀兰 李洪宽 周运达

张大涛 赵成洪 唐继国 徐洪楷 徐魁智 高瑞华

戚平昇 陶英丕 傅文娥

绘 图 孙素桢 谭斌源 杨宗建

责任编辑 霍宝珍

前 言

在大力发展化学工业中，要经常进行企业的新建、改建、扩建和老厂的革新挖潜，以及设备的改造更新。设计计算是完成上述工作必不可少的重要任务。在设计计算中，许多化学工程技术人员和有关院校师生，都希望有一本包括基础数据、单元操作、化工工艺和机械设备在内的、内容比较全面的、简明适用的书，为此我们编写了这本《化工手册》。

《化工手册》共分四篇：第一篇为物理和化学数据，其中收集了供一般设计计算使用的基础理化数据。对于其他各篇专用的数据和图表，为查找方便，分别列入各篇。第二篇为化工单元操作，着重列举了各单元操作设备的设计计算方法和选择，并对过程原理作了扼要说明。第三篇为基础化工工艺，以通用的工艺计算内容、计算方法、典型工艺计算所需要的公式、数据及图表为主。第四篇为化工机械，主要介绍设备结构、强度、材料、防腐等方面的内容。

本手册适用于各类化工技术人员和有关大专院校师生使用。

本手册在编写过程中，曾得到山东化工学院各级领导的支持和山东省化学石油工业厅有关同志的关心，在此致谢。

编 者

一九八一年十二月

目 录

第一篇 物理和化学数据

第一章 单位换算和基本常数		程式·····	228
第一节 国际单位制 (SI)·····	1	三、压缩因子图·····	235
第二节 在一些专门领域内常用的非国际制单位·····	6	第四节 热膨胀·····	241
第三节 公制与英制、市制单位的换算··	10	一、线膨胀系数·····	241
第四节 各种温标·····	13	二、体膨胀系数·····	245
第五节 能量折算因子·····	15	第五节 粘度·····	247
第六节 基本常数·····	16	一、纯物质的粘度·····	247
第二章 物理性质		二、水溶液的比粘度·····	255
第一节 物质的基本物理性质·····	19	第六节 表面张力·····	258
一、单质和无机化合物的基本物理性质··	20	一、纯物质的表面张力·····	258
二、有机化合物的基本物理性质·····	85	二、水溶液的表面张力·····	262
第二节 密度·····	191	三、面张力·····	268
一、无机化合物水溶液的密度·····	191	第七节 旋光度·····	269
二、有机化合物水溶液的密度·····	205	第八节 节流系数·····	271
第三节 气体的膨胀和压缩·····	227	第九节 水的性质·····	276
一、理想气体状态方程式·····	227	一、水的密度·····	276
二、实际气体状态方程式·····	228	二、冰和水的蒸汽压·····	277
		三、水的沸点·····	278
		四、水和水蒸气的比热·····	279
		五、水的汽化热·····	280
		六、水的其他性质·····	280
		七、饱和水蒸气的性质·····	283
		第十节 空气的性质·····	285
		一、空气的密度·····	285
		二、空气的其他性质·····	287

第三章 热力学性质

第一节 基本热力学数据

据..... 289

一、单质和无机化合物的

基本热力学数据..... 289

二、有机化合物的基

本热力学数据..... 354

第二节 热容..... 403

一、单质和无机化合

物的热容..... 403

二、有机化合物的比

热..... 425

三、水溶液的比热..... 441

四、其他各种材料的

比热..... 443

第三节 相变热..... 445

一、单质和无机化合

物的熔化热和气

化热..... 445

二、有机化合物的熔

化热和气化热..... 456

第四节 溶解热..... 473

第四章 平衡数据

第一节 相平衡..... 487

一、纯物质的蒸气压..... 487

二、溶液的蒸气压..... 550

三、沸点升高常数和

凝固点下降常数..... 550

四、溶解度和溶度积

常数..... 556

第二节 化学平衡..... 574

一、平衡常数..... 574

二、电离平衡..... 588

三、络合平衡..... 593

四、平衡常数与温度

的关系..... 607

第五章 化学动力学数据

第一节 反应速度方程式..... 610

第二节 活化能..... 610

第六章 电化学数据

第一节 电导率和当量

电导..... 619

一、电导率..... 619

二、当量电导和无限

稀释当量电导..... 626

第二节 电池电动势和

电极电位..... 629

一、电池电动势和电

池的温度系数..... 629

二、电极电位..... 633

第七章 化学化工实验室

知识

第一节 毒物和危险品..... 645

第二节 试剂和指示剂..... 663

一、常用酸碱..... 663

二、指示剂..... 663

第三节 实验室的材料

和器皿..... 668

一、干燥..... 668

二、冷却..... 669

三、加热..... 670

四、过滤器..... 672

五、坩埚..... 672

六、筛子..... 674

七、玻璃量器..... 675

第二篇 化工单元操作

第一章 流体流动

第一节 概述..... 677

第二节 管道、管件及 阀门..... 677

一、管道..... 677

二、管件..... 691

三、阀门..... 707

第三节 管径的确定..... 726

一、流体的基本性质..... 726

二、流体的压力及其 测量..... 729

三、流体的流量及其 测量..... 730

第四节 流体流动的阻 力..... 738

一、不可压缩流体的 流动阻力..... 738

二、可压缩流体的流 动阻力..... 775

第二章 流体输送机械

第一节 液体输送机械..... 776

一、泵的选用..... 776

二、B型单级悬臂式 离心水泵..... 795

三、D, GD型多级分段式 离心泵..... 795

四、R型热水循环泵..... 801

五、Y型卧式离心油 泵..... 801

六、F型悬臂耐腐蚀 离心泵..... 803

七、W型旋涡泵..... 803

八、容积式泵..... 805

九、KCB型齿 轮 油 泵..... 812

十、比例泵..... 812

十一、三柱塞高压泵..... 816

十二、ZQS型蒸汽活塞 泵..... 818

第二节 气体输送机械..... 824

一、压缩机..... 824

二、风机..... 843

三、真空泵..... 861

第三章 气相非均一系的 分离

第一节 概述..... 870

一、除尘的目的..... 870

二、除尘方法..... 870

三、除尘器的选择..... 870

四、除尘器的分离效 率..... 870

五、粒径与粒度分布 的测定..... 872

第二节 重力沉降..... 873

一、沉降速度的计算..... 873

二、沉降室的计算..... 875

三、重力沉降器的优 缺点..... 876

四、惯性分离器..... 876

第三节 离心沉降..... 877

一、离心沉降速度的 计算..... 877

二、旋风分离器·····	877	三、离心机功率计算·····	923
第四节 过滤式除尘器·····	888	四、各类离心机的结构及参数·····	929
一、填充层式除尘器·····	888	第五章 机械搅拌	
二、袋式过滤器·····	888	第一节 概述·····	950
第五节 湿法除尘器·····	893	一、搅拌的目的·····	950
一、文丘里除尘器·····	893	二、搅拌设备的基本结构·····	950
二、泡沫除尘器·····	895	第二节 搅拌器·····	951
三、填充式除尘器·····	896	一、分类·····	951
第四章 液相非均一系的分离		二、桨式搅拌器·····	951
第一节 概述·····	897	三、涡轮式搅拌器·····	954
一、分离的作用·····	897	四、螺旋桨式搅拌器·····	957
二、悬浮液的分类·····	897	五、特种类型搅拌器·····	960
三、悬浮液的分离方法·····	897	六、搅拌器的选用·····	961
第二节 重力沉降及沉降器·····	897	第三节 搅拌操作·····	963
一、重力沉降·····	897	一、叶轮的工作原理·····	963
二、沉降器·····	898	二、影响搅拌操作的因素及打漩现象·····	963
第三节 旋液分离器·····	900	三、挡板·····	964
一、旋液分离器的基本原理·····	900	四、搅拌器的操作性·····	965
二、固体颗粒的分离及悬浮液的增稠·····	901	第四节 搅拌器的功率·····	967
三、旋液分离器的设计·····	902	一、基本概念·····	967
第四节 过滤及其设备·····	902	二、功率关联式·····	967
一、过滤的基本概念和基本原理·····	902	三、功率曲线·····	970
二、过滤机·····	905	四、搅拌器的功率计算·····	977
第五节 离心分离及其设备·····	919	第五节 搅拌中的传热·····	979
一、离心分离及分离特点·····	919	一、传热结构·····	979
二、离心机的分类及选用·····	920	二、传热计算·····	979
		三、给热系数 α_i ·····	981
		第六节 搅拌器的设计 ·····	983
		一、工业设计的基本方法·····	983
		二、搅拌器的结构设	

计	984
三、搅拌器的机械设	
计	985
第六章 流态化	
第一节 概述	986
一、流态化现象	986
二、流态化的主要用	
途	988
三、流态化床的特点	
及床型	988
第二节 流态化床的流	
体力学特性	990
一、流态化速度	990
二、床层压力降	995
三、孔隙率 ϵ 与形状	
系数 ϕ_s	997
第三节 流态化床主要	
尺寸的确定	1000
一、流态化床直径	1000
二、流态化床高度	1001
第四节 流态化床中的	
传热和传质	1005
一、流态化床中的传	
热	1005
二、流态化床中的传	
质	1011
三、传热与传质相似	1013
第五节 流态化床的总	
体结构	1015
一、流体分布装置	1015
二、固体颗粒的进料	
装置	1019
三、尘粒的分离装置	1019
四、挡板	1023
第六节 流态化床中流	
体的流动与混合	1026

一、流体混合状态的	
试验方法	1026
二、活塞流和完全混	
合	1027
三、流态化床中的流	
体混合	1027
第七节 气力输送	1027
一、气力输送的特点	
和分类	1027
二、稀相输送	1029
三、密相输送	1036
第七章 传热	
第一节 概述	1039
第二节 热传导	1040
一、稳定热传导	1040
二、非稳定热传导	1042
第三节 对流传热膜系	
数的计算	1046
一、牛顿冷却定律	1046
二、强制对流的传热	
膜系数	1047
三、自然对流的传热	
膜系数	1059
四、有相变化时的传	
热膜系数	1059
五、非牛顿型流体的	
传热膜系数	1065
六、液态金属 ($Pr \leq$	
0.10) 的传热膜	
系数	1066
第四节 热辐射	1070
一、热辐射基本概念	1070
二、两物体间的辐射	1074
三、气体的辐射能力	
及发射率(黑度)	1074
第五节 传热计算	1078

一、传热的一般表达式.....1078	二、估算传热系数的参考数据.....1123
二、有效平均温度差的计算.....1079	三、选择传热设备的参考资料.....1130
三、污垢系数.....1086	第八章 蒸发
四、传热系数.....1088	第一节 概述.....1140
五、壁温、流体平均温度及定性温度的计算.....1089	一、溶液的沸点和温度差损失.....1140
六、传热面积的计算.....1089	二、温度差损失(即沸点升高) Δ 的计算.....1140
七、传热效率和传热单元数(NTU)法.....1091	第二节 总传热系数的经验数据与计算.....1142
第六节 间壁式换热设备1096	一、总传热系数K的经验数据.....1142
一、列管式换热器.....1096	二、几种常见蒸发器沸腾传热膜系数的计算.....1146
二、蛇管式换热器.....1101	第三节 蒸发器的计算.....1149
三、夹套式换热器.....1103	一、单效蒸发器的计算.....1149
四、螺旋板式换热器.....1104	二、多效蒸发器的计算.....1150
五、板式换热器.....1106	第四节 多效蒸发操作流程和效数选择.....1155
六、板翅式换热器.....1107	一、多效蒸发操作流程.....1155
七、翅片管式换热器(包括空冷器).....1109	二、蒸发器的生产能力.....1155
八、鼓泡层中的间壁换热.....1115	三、多效蒸发中效数的限制.....1157
第七节 热损失与隔热1116	第五节 蒸发器的种类和选型.....1158
一、热(冷)损失的计算.....1116	一、蒸发器的种类.....1158
二、隔热层厚度的计算.....1117	二、蒸发器的选型.....1163
第八节 传热计算的经验和参考数据 和选择传热设备的部分参考资料.....1121	第六节 蒸发器的设计.....1164
一、估算传热膜系数的参考数据.....1121	

一、蒸发器设计的基 本程序·····	1164
二、自然循环蒸发器 的设计·····	1164
第七节 蒸发辅助设备 设计·····	1167
一、混合冷凝器的设 计计算·····	1167
二、水喷射冷凝器的 设计计算·····	1170
第八节 立式热虹吸再 沸器的计算·····	1171
一、立式热虹吸再沸 器内加热过程·····	1171
二、设计计算·····	1173
第九章 吸 收	
第一节 概述·····	1184
一、吸收的特点·····	1184
二、吸收操作的工业 应用·····	1184
三、相组成的表示法 及换算·····	1184
四、溶剂的选择·····	1187
第二节 平衡关系·····	1187
一、气体在液体中 的溶解度·····	1187
二、亨利定律·····	1190
第三节 传质原理·····	1192
一、分子扩散与费克 定律·····	1192
二、在气体或液体中 的分子扩散计算式·····	1192
三、分子扩散系数·····	1193
四、对流扩散与传质 速率方程·····	1196
五、传质系数的求取·····	1199

第四节 吸收操作设计 计算·····	1206
一、吸收塔的物料衡 算·····	1206
二、吸收剂用量或液 气比的确定·····	1207
三、塔径的计算·····	1209
四、填料层高度的计 算·····	1210
五、高浓度气体吸收 的计算·····	1215
六、理论塔板数的计 算·····	1216
第五节 解吸·····	1217
一、解吸的特点·····	1217
二、解吸操作的填料 层高度(或塔板 数)的计算·····	1218
第六节 不等温吸收·····	1219
一、吸收时的热效应·····	1219
二、热效应对吸收操 作的影响·····	1219
三、不等温吸收的热 量计算·····	1219
第七节 多组分吸收·····	1222
一、平衡关系—平衡 线·····	1222
二、物料衡算——操作 线·····	1223
三、理论塔板数的求 法及回收率的计算·····	1223
第八节 化学吸收·····	1226
一、化学吸收机理·····	1226
二、伴有不可逆化学 反应的吸收速度·····	1227
第十章 蒸馏	

第一节 汽液平衡关系.....1230	第六节 二元物系精馏
一、吉布斯相律.....1230	的计算.....1279
二、理想气体混合物 (道尔顿定律).....1230	一、物料衡算和操作 线方程.....1279
三、理想液体混合物 (拉乌尔定律).....1230	二、解析法求理论塔 板数.....1281
四、非理想气体混合 物.....1231	三、图解法求理论塔 板数.....1284
五、非理想液体混合 物.....1231	第七节 多元物系蒸馏
第二节 二元物系的汽 液平衡.....1231	计算.....1292
一、理想气体和理想 液体.....1231	一、物料衡算.....1292
二、非理想气体和非 理想液体.....1231	二、关键组分的选择.....1293
第三节 多元物系的气 液平衡.....1240	三、成分分布.....1293
一、理想多元物系.....1240	四、理论塔板数.....1294
二、理想三元物系.....1241	第八节 特殊蒸馏.....1298
三、非理想三元物系.....1242	一、平衡关系.....1298
四、非理想多元物系.....1249	二、恒沸蒸馏及其计 算.....1299
第四节 气液平衡常数 计算.....1251	三、萃取蒸馏及其计 算.....1308
一、低压、中压和高 压下烃类的气液 平衡常数.....1251	四、水蒸气蒸馏.....1311
二、气液平衡常数的 计算方法.....1258	第九节 间歇蒸馏.....1313
第五节 闪蒸计算.....1277	一、简单蒸馏计算.....1313
一、泡点和露点的计 算.....1278	二、恒馏出液组成的 间歇蒸馏计算.....1315
二、二元物系平衡闪 蒸.....1278	三、恒回流比的间歇 蒸馏计算.....1318
三、多元物系平衡闪 蒸.....1278	第十一章 液——液萃取
	第一节 概述.....1320
	第二节 相平衡.....1320
	一、相组成的表示.....1320
	二、相图.....1321
	第三节 分配系数.....1327
	第四节 溶剂的选择.....1328
	一、溶剂的选择.....1328
	二、三元物系溶剂

的选择·····	1329
第五节 萃取流程及其	
计算·····	1340
一、单级萃取计算·····	1340
二、多级错流萃取计	
算·····	1341
三、连续逆流多级萃	
取计算·····	1344
四、萃取剂最小用量·····	1350
五、具有回流的多级	
逆流萃取·····	1351
六、具有多溶剂流的	
多级逆流萃取·····	1354
七、具有回流和循环	
溶剂的多级逆流	
萃取·····	1355
八、具有回流和两个	
进料点的多级逆	
流萃取·····	1356
九、双溶剂萃取·····	1359
十、微分萃取·····	1361
十一、多元萃取·····	1362
第十二章 气液传质设备	
第一节 概述·····	1364
一、板式塔·····	1364
二、填料塔·····	1364
三、特殊接触塔型·····	1364
第二节 板式塔·····	1364
一、塔板的类型·····	1364
二、塔板间距·····	1365
三、塔内径·····	1366
四、溢流堰·····	1369
五、降液管·····	1374
六、塔板压降·····	1381
第三节 泡罩塔板的设计	
计·····	1381

一、泡罩的种类·····	1382
二、泡罩的尺寸·····	1382
三、泡罩的排列·····	1384
四、溢流堰和降液管·····	1384
五、排液孔·····	1385
六、齿缝开度·····	1385
七、泡罩塔板的压降·····	1386
八、液面落差·····	1388
九、雾沫夹带·····	1388
十、设计程序·····	1390
第四节 筛板塔板的设计	
计·····	1391
一、筛孔·····	1392
二、气体通过筛孔时	
的速度·····	1395
三、溢流堰和降液管·····	1395
四、筛板压降·····	1395
五、液面落差·····	1397
六、雾沫夹带·····	1397
七、漏液·····	1397
八、设计程序·····	1399
第五节 浮阀塔板的设计	
计·····	1399
一、浮阀的种类·····	1401
二、浮阀的排列·····	1402
三、浮阀数目的确定·····	1402
四、溢流堰和降液管·····	1403
五、阀孔泄漏·····	1403
六、塔板压降·····	1403
七、液面落差·····	1404
八、雾沫夹带·····	1404
九、设计程序·····	1406
第六节 塔板效率的计算	
算·····	1406
一、塔板效率的表示	
方法·····	1406

二、影响塔板效率的因素.....1408	二、计算方法.....1468
三、塔板效率的计算.....1408	第七节 空气调湿和水的冷却.....1479
第七节 填料塔.....1416	一、调湿过程的传热与传质.....1479
一、几种典型填料.....1416	二、调湿设备.....1481
二、填料层的特性.....1427	三、凉水塔的计算.....1482
三、填料塔的设计.....1429	第十四章 冷冻
第十三章 干燥	第一节 概述.....1486
第一节 概述.....1444	第二节 蒸汽压缩制冷.....1487
一、干燥的特点.....1444	一、单级蒸汽压缩制冷循环.....1487
二、干燥的分类.....1444	二、多级蒸汽压缩制冷循环.....1491
第二节 湿空气的性质与湿度图.....1445	三、复叠式制冷循环.....1492
一、湿空气的性质.....1445	第三节 冷冻剂.....1493
二、湿空气的湿度图.....1448	一、冷冻剂的种类.....1493
三、湿度图的用法.....1449	二、对冷冻剂性能的要求.....1493
第三节 干燥器的物料衡算与热量衡算.....1451	三、主要冷冻剂的特性.....1494
一、物料衡算.....1451	四、冷冻剂的分类及适用范围.....1500
二、热量衡算.....1452	第四节 蒸汽喷射制冷.....1502
三、干燥器出口空气状态的确定.....1455	一、原理及流程.....1502
四、干燥器的热效率与干燥效率.....1456	二、主要设备.....1503
第四节 干燥速率与干燥时间.....1458	三、热力计算.....1504
一、干燥速率.....1458	四、多级喷射制冷.....1504
二、干燥时间.....1461	五、影响冷冻能力的因素.....1505
第五节 干燥器.....1462	第五节 氨吸收制冷.....1505
一、对流干燥器.....1462	一、原理及流程.....1505
二、冷冻干燥器.....1465	二、吸收制冷的能量消耗.....1506
三、干燥器的选型.....1466	第六节 溴化锂吸收制冷.....1507
第六节 干燥器的计算.....1468	一、计算前的准备工作.....1468

一、溴化锂吸收制冷	
基本原理	1507
二、流程及设备	1507
三、平衡数据及操作	
过程的分析	1509
四、吸收制冷的特点	1510
第七节 载冷剂	1513
一、载冷剂的要求和	
种类	1513
二、载冷剂的选择	1513
三、主要载冷剂的理	
化性质	1514
四、防腐蚀	1514
第八节 深冷过程	1523
一、深冷的应用及方	
法	1523
二、逐级液化冷冻循	
环	1523
三、气体节流制冷循	
环	1524
四、气体对外作功的	
深冷循环	1526
五、典型的深冷气体	
分离过程	1527

第三篇 基础化工工艺

第一章 物料衡算

第一节 物料衡算的基	
本关系式和方	
法	1532
一、物料衡算的意义	1532
二、物料衡算的基本	
关系式	1532
三、物料衡算的方法	
和步骤	1533
四、物料衡算基准的	
确定	1533
第二节 化学反应过程	
的物料衡算	1536
一、转化率、产率、	
收率的计算	1536
二、联系物料衡算法	1537
三、具有循环过程的	
物料衡算	1537

第二章 能量衡算

第一节 能量衡算的原	
理	1541
一、基本原理	1541
二、能量平衡的基本	
关系式	1541
三、热量衡算	1543
第二节 热量衡算的原	
则和步骤	1544
第三节 显热的计算	1546
一、显热的普遍关系	
式	1546
二、理想气体的热容	1546
三、真实气体的热容	1552
四、用焓值求气体的	
显热	1552
五、固体的热容	1558
六、液体的热容	1563
第四节 相变潜热	1566
一、相变潜热的一般	

关系式·····	1567	六、干法脱硫·····	1603
二、熔化热·····	1567	第四节 原料气中一氧	
三、汽化热·····	1567	化碳的清除·····	1635
第五节 化学反应热·····	1568	一、热力学关系·····	1635
一、用盖斯定律计算·····	1568	二、变换催化剂·····	1635
二、用标准生成热和		三、催化剂用量的计	
标准燃烧热计算·····	1568	算·····	1636
三、反应热与温度的		第五节 原料气中二氧	
关系·····	1569	化碳的清除·····	1648
四、工业反应的热效		一、物理吸收法·····	1648
应·····	1569	二、化学吸收法·····	1649
第六节 物料平衡和能		第六节 原料气中微量	
量平衡的联合		杂质的清除·····	1683
求解·····	1570	一、铜洗法·····	1683
第七节 热力学图表在		二、甲烷化法·····	1687
能量平衡中的		第七节 氨的合成·····	1692
应用·····	1572	一、热力学关系·····	1692
第三章 合成氨		二、含氨混合气的物	
第一节 合成氨的原理		性数据·····	1693
和流程·····	1576	三、氨合成催化剂及	
第二节 合成氨原料气		催化剂用量的计	
的制备·····	1578	算·····	1695
一、固体燃料气化制		第八节 液氨及氨水·····	1757
原料气·····	1578	第四章 尿素	
二、气体烃类制原料		第一节 尿素的合成原	
气·····	1578	理及流程·····	1791
三、液态烃部分氧化		第二节 合成尿素原料	
制气·····	1579	的增压·····	1792
第三节 原料气中硫化		第三节 尿素的合成·····	
物的清除·····	1600	第四节 未反应物的循	
一、氨水脱硫·····	1600	环·····	1822
二、碳酸钠水溶液脱		一、减压分解回收·····	1822
硫·····	1602	二、二氧化碳气提和	
三、乙醇胺溶液脱硫·····	1602	高压冷凝·····	1824
四、低温甲醇脱硫·····	1602	第五节 尿素溶液的蒸	
五、碳酸丙烯脂脱硫·····	1603	发·····	1863