

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

内 容 提 要

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

*

850X1168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 周运远

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 孙素楨 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	
第一节 国际单位制 (SI)	1
第二节 在一些专门领域内常用的非国际制单位	6
第三节 公制与英制、市制单位的换算	10
第四节 各种温标	13
第五节 能量折算因子	15
第六节 基本常数	16
第二章 物理性质	
第一节 物质的基本物理性质	19
一、单质和无机化合物的基本物理性质	20
二、有机化合物的基本物理性质	85
第二节 密度	191
一、无机化合物水溶液的密度	191
二、有机化合物水溶液的密度	205
第三节 气体的膨胀和压缩	227
一、理想气体状态方程式	227
二、实际气体状态方程式	228
三、压缩因子图	235
第四节 热膨胀	241
一、线膨胀系数	241
二、体膨胀系数	245
第五节 粘度	247
一、纯物质的粘度	247
二、水溶液的比粘度	255
第六节 表面张力	258
一、纯物质的表面张力	258
二、水溶液的表面张力	262
三、界面张力	268
第七节 旋光度	269
第八节 节流系数	271
第九节 水的性质	276
一、水的密度	276
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溫度系数	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、搅拌器的操作特性·····	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	

计	984	一、流体混合状态的 试验方法	1026
三、搅拌器的机械设 计	985	二、活塞流和完全混 合	1027
第六章 流态化		三、流态化床中的流 体混合	1027
第一节 概述	986	第七节 气力输送	1027
一、流态化现象	986	一、气力输送的特点 和分类	1027
二、流态化的主要用 途	988	二、稀相输送	1029
三、流态化床的特点 及床型	988	三、密相输送	1036
第二节 流态化床的流 体力学特性	990	第七章 传热	
一、流态化速度	990	第一节 概述	1039
二、床层压力降	995	第二节 热传导	1040
三、孔隙率 ϵ 与形状 系数 ϕ_s	997	一、稳定热传导	1040
第三节 流态化床主要 尺寸的确定	1000	二、非稳定热传导	1042
一、流态化床直径	1000	第三节 对流传热膜系 数的计算	1046
二、流态化床高度	1001	一、牛顿冷却定律	1046
第四节 流态化床中的 传热和传质	1005	二、强制对流的传热 膜系数	1047
一、流态化床中的传 热	1005	三、自然对流的传热 膜系数	1059
二、流态化床中的传 质	1011	四、有相变化时的传 热膜系数	1059
三、传热与传质相似	1013	五、非牛顿型流体的 传热膜系数	1065
第五节 流态化床的总 体结构	1015	六、液态金属 ($Pr \leq$ 0.10) 的传热膜 系数	1066
一、流体分布装置	1015	第四节 热辐射	1070
二、固体颗粒的进料 装置	1019	一、热辐射基本概念	1070
三、尘粒的分离装置	1019	二、两物体间的辐射	1074
四、挡板	1023	三、气体的辐射能力 及发射率(黑度)	1074
第六节 流态化床中流 体的流动与混合	1026	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 间壁式换热器		一、总传热系数K的经验数据.....	1142
备.....	1096	二、几种常见蒸发器沸腾传热膜系数的计算.....	1146
一、列管式换热器.....	1096	第三节 蒸发器的计算.....	1149
二、蛇管式换热器.....	1101	一、单效蒸发器的计算.....	1149
三、夹套式换热器.....	1103	二、多效蒸发器的计算.....	1150
四、螺旋板式换热器.....	1104	第四节 多效蒸发操作流程和效数选择.....	1155
五、板式换热器.....	1106	一、多效蒸发操作流程.....	1155
六、板翅式换热器.....	1107	二、蒸发器的生产能力.....	1155
七、翅片管式换热器(包括空冷器).....	1109	三、多效蒸发中效数的限制.....	1157
八、鼓泡层中的间壁换热.....	1115	第五节 蒸发器的种类和选型.....	1158
第七节 热损失与隔热	1116	一、蒸发器的种类.....	1158
一、热(冷)损失的计算.....	1116	二、蒸发器的选型.....	1163
二、隔热层厚度的计算.....	1117	第六节 蒸发器的设计	1164
第八节 传热计算的经验参考数据和选择传热设备的部分参考资料	1121		
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
一、吉布斯相律	1230
二、理想气体混合物 (道尔顿定律)	1230
三、理想液体混合物 (拉乌尔定律)	1230
四、非理想气体混合物	1231
五、非理想液体混合物	1231
第二节 二元物系的汽 液平衡	1231
一、理想气体和理想 液体	1231
二、非理想气体和非 理想液体	1231
第三节 多元物系的气 液平衡	1240
一、理想多元物系	1240
二、理想三元物系	1241
三、非理想三元物系	1242
四、非理想多元物系	1249
第四节 气液平衡常数 计算	1251
一、低压、中压和高 压下烃类的气液 平衡常数	1251
二、气液平衡常数的 计算方法	1258
第五节 闪蒸计算	1277
一、泡点和露点的计 算	1278
二、二元物系平衡闪 蒸	1278
三、多元物系平衡闪 蒸	1278

第六节 二元物系精馏 的计算	1279
一、物料衡算和操作 线方程	1279
二、解析法求理论塔 板数	1281
三、图解法求理论塔 板数	1284
第七节 多元物系蒸馏 计算	1292
一、物料衡算	1292
二、关键组分的选择	1293
三、成分分布	1293
四、理论塔板数	1294
第八节 特殊蒸馏	1298
一、平衡关系	1298
二、恒沸蒸馏及其计 算	1299
三、萃取蒸馏及其计 算	1308
四、水蒸气蒸馏	1311
第九节 间歇蒸馏	1313
一、简单蒸馏计算	1313
二、恒馏出液组成的 间歇蒸馏计算	1315
三、恒回流比的间歇 蒸馏计算	1318

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	一、泡罩的种类·····	1389
第五节 萃取流程及其		二、泡罩的尺寸·····	1389
计算·····	1340	三、泡罩的排列·····	1384
一、单级萃取计算·····	1340	四、溢流堰和降液管·····	1384
二、多级错流萃取计		五、排液孔·····	1385
算·····	1341	六、齿缝开度·····	1385
三、连续逆流多级萃		七、泡罩塔板的压降·····	1386
取计算·····	1344	八、液面落差·····	1388
四、萃取剂最小用量·····	1350	九、雾沫夹带·····	1388
五、具有回流的多级		十、设计程序·····	1390
逆流萃取·····	1351	第四节 筛板塔板的设	
六、具有多溶剂流的		计·····	1391
多级逆流萃取·····	1354	一、筛孔·····	1392
七、具有回流和循环		二、气体通过筛孔时	
溶剂的多级逆流		的速度·····	1395
萃取·····	1355	三、溢流堰和降液管·····	1395
八、具有回流和两个		四、筛板压降·····	1395
进料点的多级逆		五、液面落差·····	1397
流萃取·····	1356	六、雾沫夹带·····	1397
九、双溶剂萃取·····	1359	七、漏液·····	1397
十、微分萃取·····	1361	八、设计程序·····	1399
十一、多元萃取·····	1362	第五节 浮阀塔板的设	
第十二章 气液传质设备		计·····	1399
第一节 概述·····	1364	一、浮阀的种类·····	1401
一、板式塔·····	1364	二、浮阀的排列·····	1402
二、填料塔·····	1364	三、浮阀数目的确定·····	1402
三、特殊接触塔型·····	1364	四、溢流堰和降液管·····	1403
第二节 板式塔·····	1364	五、阀孔泄漏·····	1403
一、塔板的类型·····	1364	六、塔板压降·····	1403
二、塔板间距·····	1365	七、液面落差·····	1404
三、塔内径·····	1366	八、雾沫夹带·····	1404
四、溢流堰·····	1369	九、设计程序·····	1406
五、降液管·····	1374	第六节 塔板效率的计	
六、塔板压降·····	1381	算·····	1406
第三节 泡罩塔板的设		一、塔板效率的表示	
计·····	1381	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 蒸气压缩制冷.....1487
一、干燥的特点.....1444	一、单级蒸气压缩制冷循环.....1487
二、干燥的分类.....1444	二、多级蒸气压缩制冷循环.....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	四、防腐蚀·····1514
基本原理·····1507	第八节 深冷过程·····1523
二、流程及设备·····1507	一、深冷的应用及方
三、平衡数据及操作	法·····1523
过程的分析·····1509	二、逐级液化冷冻循
四、吸收制冷的特点·····1510	环·····1523
第七节 载冷剂·····1513	三、气体节流制冷循
一、载冷剂的要求和	环·····1524
种类·····1513	四、气体对外作功的
二、载冷剂的选择·····1513	深冷循环·····1526
三、主要载冷剂的理	五、典型的深冷气体
化性质·····1514	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 原料气中一氧化碳的清除·····	1635
三、汽化热·····	1567	一、热力学关系·····	1635
第五节 化学反应热·····	1568	二、变换催化剂·····	1635
一、用盖斯定律计算·····	1568	三、催化剂用量的计算·····	1636
二、用标准生成热和标准燃烧热计算·····	1568	第五节 原料气中二氧化碳的清除·····	1648
三、反应热与温度的关系·····	1569	一、物理吸收法·····	1648
四、工业反应的热效应·····	1569	二、化学吸收法·····	1649
第六节 物料平衡和能量平衡的联合求解·····	1570	第六节 原料气中微量杂质的清除·····	1683
第七节 热力学图表在能量平衡中的应用·····	1572	一、铜洗法·····	1683
第三章 合成氨		二、甲烷化法·····	1687
第一节 合成氨的原理和流程·····	1576	第七节 氨的合成·····	1692
第二节 合成氨原料气的制备·····	1578	一、热力学关系·····	1692
一、固体燃料气化制原料气·····	1578	二、含氨混合气的物性数据·····	1693
二、气体烃类制原料气·····	1578	三、氨合成催化剂及催化剂用量的计算·····	1695
三、液态烃部分氧化制气·····	1579	第八节 液氨及氨水·····	1757
第三节 原料气中硫化物的清除·····	1600	第四章 尿素	
一、氨水脱硫·····	1600	第一节 尿素的合成原理及流程·····	1791
二、碳酸钠水溶液脱硫·····	1602	第二节 合成尿素原料的增压·····	1792
三、乙醇胺溶液脱硫·····	1602	第三节 尿素的合成·····	
四、低温甲醇脱硫·····	1602	第四节 未反应物的循环·····	1822
五、碳酸丙烯酯脱硫·····	1603	一、减压分解回收·····	1822
		二、二氧化碳气提和高压冷凝·····	1824
		第五节 尿素溶液的蒸发·····	1863