

氮肥工艺设计手册

理化数据

石油化学工业出版社

氮肥工艺设计手册

理化数据分册

石油化学工业部化工设计院主编

河北工学院编写

石油化学工业出版社

内 容 提 要

本分册由河北工学院化工系无机化工专业编写, 主要介绍合成氨、合成甲醇、碳酸氢铵、尿素、硝酸、硝酸铵、氯化铵、硫酸铵等品种在工艺设计中常用理化数据, 包括常用物质的热力学及传递性质的数据; 溶解平衡、化学平衡及热效应数据等。本书内容共分六章: 第一章为气体的理化数据, 包括常用气体和气体混合物的临界常数、压缩系数、热容、粘度、导热系数等; 第二章为液体和溶液的理化数据, 包括常用液体和溶液的饱和蒸气压、密度(比重)、热容、粘度、导热系数及表面张力等; 第三章为热力学数据及热力学图, 包括常用气体、液体和溶液的焓、熵、逸度等; 第四章为气体-液体溶解平衡, 包括气体的溶解度、压缩气体中溶剂饱和蒸气压以及部分气液平衡数据; 第五章为固体-液体的溶解平衡数据; 第六章为化学反应平衡常数及热效应, 热效应包括化学反应热、溶解热、稀释热、熔融热和气化热等。书后有附录。

本分册收集了国内外近期的资料数据, 主要采用图表形式对上述内容予以介绍。每章前, 对所介绍的理化数据的定义、表示方法及计算公式均有说明。对于某些数据不全或无计算式时, 则介绍了经验公式估算。

《氮肥工艺设计手册》主要供从事氮肥设计工作的工人、工程技术人员和研究人员使用, 亦可供大专院校师生参考。

氮 肥 工 艺 设 计 手 册

理 化 数 据 分 册

石油化学工业部化工设计院主编
河 北 工 学 院 编 写

石油化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

石油化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 $43 \frac{1}{2}$ 插页 5 字数 1082 千字印数 1—16,600

1977 年 12 月北京第 1 版 1977 年 12 月北京第 1 次印刷

书号 15063·化 57 定价 5.40 元

限 国 内 发 行

前 言

以合成氨为主体的氮肥工业，是本世纪初发展起来的一门基本化学工业，它在国民经济中占有重要的位置。

解放前，由于遭受帝国主义的侵略和国民党反动派的摧残，我国氮肥工业和其它工业一样，基础非常薄弱。那时，只有两个规模不大的氮肥厂，不仅生产能力低，技术水平也很落后。

建国以来，在党的正确领导下，在毛主席革命路线指引下，我国氮肥工业得到了迅速发展。不仅在产量上有了很大的增长，而且在技术上也取得了显著成就，大大改变了解放前十分落后的面貌。在“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线和“独立自主、自力更生”的方针指导下，我国已能自行设计各种规模的氮肥厂和制造成套大型高压设备。

伟大的无产阶级文化大革命运动，有力地推动我国氮肥工业的发展。为了进一步总结、交流氮肥工业技术革新成果，促进我国氮肥工业的发展。我们组织兄弟单位编写这本手册。

本书主要搜集、整编有关氮肥工艺理化数据及工艺计算方面的资料。对于一般性理化数据，因限于篇幅，可参阅其它化工手册。

本书分：理化数据；合成氨原料气的制取；合成氨原料气的净化；气体压缩、合成氨、合成甲醇；尿素；硝酸、硝铵；小氮肥分册。

参加编写单位：河北工学院、山西省化工设计院、湖北化工设计院、兰州化学工业公司化工设计院、四川省化工第一设计院、吉林化学工业公司设计院、江苏省化工设计研究所、上海市化工局设计室、安徽省化工设计院、辽宁省石油化工设计院、浙江省衢州化工厂、福建省化学工业设计研究院、广西大学、石油化学工业部化工设计院。

本书主要供从事氮肥工艺设计工作的工人、技术人员和研究人员使用，亦可供高等院校师生参考。

在编写过程中得到石油化学工业出版社及有关单位的大力支持，仅此表示感谢。

由于我们水平所限，手册中谬误之处，恳切希望广大读者批评指正。

编者 1974年9月

目 录

第一章 气体的理化数据

第一节 气体的临界常数..... 8	图 1-3 天然气的压缩系数(共七图).....25
表 1-1 气体的临界常数..... 8	图 1-4 普遍化压缩系数(共四图).....32
表 1-2 常用气体的主要理化数据..... 9	图 1-5 普遍化压缩系数(三参变量 P_r 、 T_r 、 Z_c)34
第二节 气体的压缩系数.....10	表 1-28 纯气体和纯液体的普遍化压缩系数35
表 1-3 氢的压缩系数.....10	第三节 气体的热容.....43
表 1-4 氮的压缩系数.....11	表 1-29 常压下, $0\sim t^{\circ}\text{C}$ 的气体平均定压热容43
表 1-5 氧的压缩系数.....11	表 1-30 常压下, $0\sim t^{\circ}\text{C}$ 的有机气体平均定压热容44
表 1-6 一氧化碳的压缩系数.....11	表 1-31 常压下气体的定容热容44
表 1-7 二氧化碳的压缩系数.....12	表 1-32 合成氨气体的热容(常压).....45
表 1-8 氨的压缩系数.....12	表 1-33 氢的热容45
图 1-1 净化前合成氨原料气的压缩系数(共两图).....13	图 1-6 氢的热容(共两图).....46
图 1-2 含 76% H_2 +24% N_2 合成氨原料气的压缩系数(共两图).....15	表 1-34 氮的热容47
表 1-9 氮-氢(1:3)混合气的压缩系数.....16	图 1-7 氮的热容(共两图).....48
表 1-10 氮-氢-氮混合气的压缩系数17	表 1-35 氧的热容49
表 1-11 氮-氢-氮-甲烷-氨($\text{N}_2:\text{H}_2=1:3$, CH_4 5.2%, Ar 9.2%)混合气的压缩系数18	表 1-36 一氧化碳的热容49
表 1-12 氢-氨(34.75% NH_3)混合气的压缩系数18	表 1-37 二氧化碳的热容50
表 1-13 甲醇-一氧化碳-氢($\text{CO}:\text{H}_2=1:2$)混合气的压缩系数.....19	表 1-38 氨的热容50
表 1-14 氢-一氧化碳混合气的压缩系数19	图 1-8 氨的热容(共两图).....52
表 1-15 一氧化氮的压缩系数19	表 1-39 氮-氢(1:3)混合气的热容53
表 1-16 二氧化氮的压缩系数19	图 1-9 氮-氢(1:3)混合气的热容(共两图)53
表 1-17 氧化亚氮的压缩系数20	表 1-40 氮-氢-氮混合气的热容54
表 1-18 甲烷的压缩系数20	表 1-41 氢-氨(NH_3 34.75%)混合气的热容54
表 1-19 乙烷的压缩系数21	图 1-10 氮-氢-氮-氨-甲烷混合气的热容(共七图)55
表 1-20 丙烷的压缩系数21	表 1-42 300 大气压下合成甲醇混合气的热容59
表 1-21 正丁烷的压缩系数22	表 1-43 一氧化氮的热容59
表 1-22 乙烯的压缩系数22	图 1-11 常压下氧化亚氮、一氧化氮、二氧化氮及氮的热容60
表 1-23 甲醇的压缩系数22	图 1-12 四氧化二氮($\text{N}_2\text{O}_4\rightleftharpoons 2\text{NO}_2$)的热容60
表 1-24 硫化氢的压缩系数23	表 1-44 甲烷的热容61
表 1-25 氫的压缩系数23	
表 1-26 空气(含 CO_2)的压缩系数.....24	
表 1-27 天然气的压缩系数24	

表 1-45	乙烷的热容	61	16.1%CH ₄ , 14.3% NH ₃)	
图 1-13	甲烷的热容	62	混合气的粘度	90
表 1-46	丙烷的热容	63	表 1-69	甲烷转化气的粘度
图 1-14	常压下甲醇气体的热容	64	图 1-26	甲烷转化气的粘度及各组分的
表 1-47	甲醇的热容	64		$(\frac{\partial \mu_m}{\partial x_1})$ 值 (共四图)
表 1-48	乙烯的热容	65	表 1-70	中温变换气的粘度
图 1-15	硫化氢、硫氧化碳、二硫化碳		图 1-27	氮-氢-氮-氩-甲烷混合气的粘
	等的定压热容	65		度(共七图)
表 1-49	氫的热容	66	表 1-71	合成甲醇混合气的粘度
图 1-16	氫的热容	67	图 1-28	合成甲醇混合气的粘度
表 1-50	空气的热容	68	表 1-72	氢-一氧化碳混合气的粘度
表 1-51	过热水蒸汽的真实定压热容	69	图 1-29	氢-一氧化碳混合气的粘度
表 1-52	过热水蒸汽的平均定压热容 \bar{C}_p		表 1-73	常压下 $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2 \rightleftharpoons$
	(从饱和温度起)	70		$2NO + O_2$ 系统的粘度
表 1-53	过热水蒸汽的真实定容热容 C_v	71	表 1-74	一氧化氮-氧化亚氮混合
图 1-17	水蒸汽的真实定压热容	72		气的粘度
图 1-18	天然气的热容	72	表 1-75	二氧化氮的粘度
表 1-54	焦炉气的热容	73	表 1-76	甲烷的粘度
表 1-55	烟道气的热容 C_p	73	图 1-30	甲烷的粘度
表 1-56	气体真实热容的计算公式及		表 1-77	乙烷的粘度
	常数	74	表 1-78	丙烷的粘度
表 1-57	常压下各种气体平均热容		表 1-79	正丁烷的粘度
	计算式	75	表 1-80	甲醇的粘度
表 1-58	气体平均定容分子热容		表 1-81	硫化氢的粘度
	计算式	75	表 1-82	氫的粘度
图 1-19	普遍化热容校正图	76	图 1-31	氫的粘度
图 1-20	非理想气体 C_p-C_v 图	77	表 1-83	空气的粘度
第四节 气体的粘度		78	表 1-84	水及过热蒸汽的粘度
表 1-59	常压下气体的粘度	78	表 1-85	饱和水及饱和水蒸汽的粘度
图 1-21	常压下一般气体的粘度	79	图 1-32	水蒸汽的粘度(共两图)
表 1-60	氢的粘度	80	表 1-86	天然气的粘度
图 1-22	氢的粘度(共两图)	81	表 1-87	天然气的粘度、密度实测值
表 1-61	氮的粘度	83	图 1-33	常压下天然气的粘度
图 1-23	氮的粘度(共两图)	84	图 1-34	不同压力、比重下天然气的粘
表 1-62	氧的粘度	86		度(共五图)
表 1-63	一氧化碳的粘度	86	图 1-35	不同温度、压力下天然气的粘
表 1-64	二氧化碳的粘度	86		度(共四图)
图 1-24	二氧化碳的粘度	87	图 1-36	烃类燃烧气的粘度
表 1-65	氫的粘度	88	图 1-37	双原子气体的粘度
图 1-25	氫的粘度(共两图)	89	图 1-38	普遍化气体对比粘度
表 1-66	氮-氢(1:3)混合气的粘度	90	图 1-39	加压下气体粘度
表 1-67	氮-氢-甲烷($N_2/H_2=1/3, 17\%$		图 1-40	粘度对比状态(共三图)
	CH ₄) 混合气的粘度	90	图 1-41	氮、甲烷、氫的粘度修正系数
表 1-68	氮-氢-氮-甲烷($N_2/H_2=1/3,$			(共两图)

第五节 气体的导热系数	131
表 1-88 常压下气体的导热系数	131
表 1-89 氢的导热系数	132
图 1-42 氢的导热系数(共两图)	133
表 1-90 氮的导热系数	135
图 1-43 氮的导热系数(共两图)	136
表 1-91 氧的导热系数	138
表 1-92 一氧化碳的导热系数	138
表 1-93 二氧化碳的导热系数	139
图 1-44 二氧化碳的导热系数	141
表 1-94 氨的导热系数	142
图 1-45 氨的导热系数	143
表 1-95 氮-氢(1:3)混合气的导热系数	144
表 1-96 氮-氢-氨(20.12% NH_3)混合气的导热系数	144
表 1-97 氮-氢-甲烷(19.7% CH_4)混合气的导热系数	144
表 1-98 氮-氢-氨-甲烷(17.06% NH_3 , 18.78% CH_4)混合气的导热系数	144
表 1-99 甲烷转化气的导热系数	145
图 1-46 甲烷转化气的导热系数及各组分的 $(\frac{\partial \lambda_m}{\partial x_i})$ 值(共四图)	150
表 1-100 中温变换气的导热系数	154
图 1-47 氮-氢-氨-氫-甲烷混合气的导热系数(共七图)	155
表 1-101 合成甲醇混合气的导热系数	158
图 1-48 压力为300公斤/厘米 ² 时,合成	

甲醇混合气的导热系数	158
图 1-49 甲醇蒸汽的导热系数	159
表 1-102 一氧化氮的导热系数	159
表 1-103 氧化亚氮的导热系数	160
表 1-104 甲烷的导热系数	160
图 1-50 甲烷的导热系数(共两图)	162
表 1-105 乙烷的导热系数	164
表 1-106 丙烷的导热系数	164
表 1-107 正丁烷的导热系数	164
表 1-108 乙烯的导热系数	165
图 1-51 乙烯的导热系数	165
表 1-109 空气的导热系数	166
表 1-110 氩的导热系数	167
图 1-52 氩的导热系数(共两图)	167
表 1-111 水蒸汽的导热系数	168
图 1-53 水蒸汽的导热系数(共两图)	169
表 1-112 天然气的导热系数	169
图 1-54 分子量对天然气导热系数的影响	170
图 1-55 烃类燃烧气的导热系数	171
表 1-113 焦炉气的导热系数	171
表 1-114 烟道气的导热系数	172
图 1-56 二原子气体的导热系数	172
图 1-57 普遍化气体对比导热系数	173
图 1-58 高压下气体的导热系数(共两图)	174
图 1-59 甲烷、氢、氮的修正临界导热系数(共三图)	175
参考文献	176

第二章 液体和溶液的理化数据

第一节 钠、钾碱溶液及醋酸铜氨液的理化数据	180
一、钠、钾碱溶液的理化数据	180
表 2-1 碳酸钠水溶液的比重	180
表 2-2 碳酸氢钠水溶液的比重	180
表 2-3 碳酸钠水溶液的比热	181
表 2-4 碳酸钠水溶液的粘度	181
表 2-5 碳酸钾水溶液的比重	181
表 2-6 碳酸氢钾水溶液的比重	182
表 2-7 碳酸钾水溶液的密度	182
表 2-8 碳酸钾水溶液的粘度	182
图 2-1 碳酸钾水溶液的密度和比热	183
图 2-2 碳酸钾水溶液的粘度	183

表 2-9 碳酸钾和碳酸钠水溶液的导热系数	184
表 2-10 净制工业气体所用砷碱液的组成和理化数据	184
表 2-11 含砷钾碱溶液的密度和粘度	184
表 2-12 含砷钾碱溶液的比重和粘度	185
表 2-13 含砷钾碱溶液的比热	185
表 2-14 二乙撑三胺钾碱溶液的比重和比热	185
表 2-15 二乙撑三胺钾碱溶液的粘度和表面张力	186
表 2-16 改良 A.D.A. 脱砷液的沸点和粘度	186

图 2-3	A. D. A. 脱硫液的比热	187	数(35°C)	201		
表 2-17	氨基乙酸钾碱溶液的比重和比热	187	图 2-17	乙醇胺的表面张力	202	
表 2-18	氨基乙酸钾碱溶液的粘度和表面张力	188	表 2-32	一乙醇胺及其水溶液的表面张力	202	
二、醋酸铜氨液的理化数据	188	表 2-33	含硫化氢和二氧化碳的一乙醇胺水溶液的 pH 值	202		
表 2-19	醋酸铜氨液的比重和粘度	188	二、乙醇胺-环丁砜水溶液的理化数据	203		
表 2-20	醋酸铜氨液的密度、粘度及表面张力	189	表 2-34	乙醇胺-环丁砜及其混合水溶液的密度	203	
表 2-21	铜氨液的密度计算值与实验值的比较	189	表 2-35	乙醇胺-环丁砜水溶液及环丁砜的比热	203	
表 2-22	铜氨液的比热计算值与实验值的比较	190	表 2-36	乙醇胺-环丁砜水溶液及环丁砜的粘度	204	
第二节 乙醇胺、环丁砜、二甘醇、碳酸丙烯酯、甲替吡咯烷酮水溶液及本菲尔溶液的理化数据	191	表 2-37	乙醇胺-环丁砜水溶液及环丁砜的表面张力	204		
一、乙醇胺的理化数据	191	三、二甘醇、碳酸丙烯酯及甲替吡咯烷酮的理化数据	205	表 2-38	二甘醇的一般性质	205
表 2-23	乙醇胺的一般性质	191	图 2-18	二甘醇及其水溶液的沸点与蒸气压	205	
图 2-4	乙醇胺的蒸气压	192	图 2-19	二甘醇及其水溶液的密度	205	
表 2-24	乙醇胺及其水溶液的蒸气压	192	图 2-20	二甘醇及其水溶液的比热	206	
图 2-5	乙醇胺溶液在沸点温度下的气-液平衡曲线(共三图)	193	图 2-21	二甘醇及其水溶液的粘度	206	
表 2-25	一乙醇胺的密度	194	图 2-22	一乙醇胺-二甘醇水溶液的运动粘度	207	
表 2-26	乙醇胺及其水溶液的密度	194	图 2-23	二甘醇水溶液的导热系数	207	
图 2-6	乙醇胺水溶液的凝点	194	表 2-39	碳酸丙烯酯的一般性质	207	
图 2-7	一乙醇胺及二乙醇胺水溶液的比重(共二图)	195	表 2-40	碳酸丙烯酯的密度	207	
图 2-8	乙醇胺的密度	196	表 2-41	甲替吡咯烷酮的一般性质	207	
表 2-27	一乙醇胺水溶液的比热	196	表 2-42	含水甲替吡咯烷酮的密度	208	
图 2-9	乙醇胺的比热(共二图)	197	表 2-43	5-甲基甲替吡咯烷酮的一般性质	208	
图 2-10	二乙醇胺水溶液的比热	197	表 2-44	5-甲基甲替吡咯烷酮的密度	208	
表 2-28	乙醇胺及其水溶液的粘度	198	四、本菲尔(Befild)溶液的理化数据	208		
图 2-11	乙醇胺的粘度	198	图 2-24	本菲尔溶液中水蒸汽平衡压力	208	
图 2-12	一乙醇胺溶液的粘度	199	图 2-25	本菲尔溶液中二氧化碳平衡压力	209	
图 2-13	二乙醇胺溶液的粘度	199	图 2-26	30%碳酸钾溶液(无 DEA)的沸点	209	
表 2-29	含硫化氢和二氧化碳的一乙醇胺水溶液的比重	200	图 2-27	本菲尔溶液不同压力下的沸点	210	
表 2-30	含硫化氢和二氧化碳的一乙醇胺水溶液的运动粘度	200	图 2-28	本菲尔溶液的密度(共二图)	211	
图 2-14	二乙醇胺及其水溶液的运动粘度	200				
表 2-31	一乙醇胺水溶液的导热系数	201				
图 2-15	乙醇胺的导热系数	201				
图 2-16	乙醇胺及其水溶液的导热系					

图 2-29 本菲尔溶液的比热 (共二图).....	212	图 2-44 甲醇的粘度	227
图 2-30 30%碳酸钾溶液的粘度	213	图 2-45 甲醇的导热系数	228
图 2-31 温度对本菲尔溶液及水的表面张力的影响	213	图 2-46 甲醇的表面张力	228
图 2-32 碳酸钾-碳酸氢钾溶液的溶解度	214	表 2-61 甲醇水溶液的蒸气压 (25~62.5°C).....	229
第三节 液氨、甲醇、尿素及其水溶液的理化数据	214	表 2-62 压力下甲醇水溶液的气液相平衡组成	230
一、液氨及其水溶液的理化数据	214	图 2-47 甲醇-水系统气液平衡.....	230
表 2-45 氨的一般性质	214	表 2-63 甲醇水溶液的沸点	231
图 2-33 液氨的蒸气压(共三图)	215	图 2-48 甲醇水溶液的密度	231
表 2-46 液氨(及蒸气)的密度	216	表 2-64 甲醇水溶液的比热	232
图 2-34 液氨的密度	216	表 2-65 甲醇水溶液的粘度	232
表 2-47 氨(液态和蒸气)的比热	217	图 2-49 甲醇水溶液的导热系数(共二图).....	232
图 2-35 液氨的比热	217	表 2-66 甲醇水溶液的表面张力	234
表 2-48 液氨的粘度	218	三、尿素及其水溶液的理化数据	234
表 2-49 饱和状态下氨的粘度	218	表 2-67 尿素的一般性质	234
图 2-36 液氨的粘度算图	218	表 2-68 尿素水溶液上的蒸气总压	235
表 2-50 液氨的导热系数	219	表 2-69 尿素水溶液上的水蒸汽分压	235
图 2-37 1标准大气压下,液氨和气氨的导热系数	219	表 2-70 尿素-氨系统的饱和溶液的蒸气压	235
表 2-51 液氨的表面张力	219	表 2-71 液氨中尿素饱和溶液上的蒸气压与液氨上的蒸气压	236
表 2-52 氨水溶液的比重(比重与浓度关系).....	219	图 2-50 尿素水溶液的蒸气压	236
表 2-53 氨-二氧化碳-水系统部分液相的比重(0.5公斤/厘米 ³ 表压下).....	220	图 2-51 液氨中尿素饱和溶液上的蒸气压	236
表 2-54 氨水溶液的密度	220	图 2-52 尿素水溶液的沸点(760毫米汞柱).....	236
表 2-55 氨-二氧化碳-水系统的液相密度	221	图 2-53 尿素溶液比重、温度、溶解度及沸点的相互关系	237
图 2-38 氨水溶液的密度	222	表 2-72 在不同氨的过量率下,合成尿素反应液的比重	238
图 2-39 氨水溶液的比热	223	表 2-73 常压下尿素溶液和熔融尿素的密度	238
图 2-40 氨水溶液的粘度	223	表 2-74 尿素饱和溶液的密度	239
图 2-41 氨水溶液的导热系数	223	图 2-54 尿素-氨水-系统的密度(15°C)	239
表 2-56 氨水溶液的表面张力(20°C)	224	表 2-75 尿素水溶液的比热	239
二、甲醇及其水溶液的理化数据	224	图 2-55 尿素水溶液的比热	240
表 2-57 甲醇的一般性质	224	表 2-76 尿素水溶液的粘度	241
表 2-58 甲醇的蒸气压	224	图 2-56 尿素水溶液的粘度算图	241
图 2-42 甲醇的蒸气压	225	表 2-77 尿素水溶液的导热系数	242
表 2-59 甲醇的密度	226	表 2-78 尿素水溶液的表面张力	242
表 2-60 各种温度下饱和二氧化碳的甲醇溶液重度及克分子体积	226	第四节 硝酸、硝酸铵及某些铵盐水溶液的	
图 2-43 甲醇的比热	227		

理化数据.....	242	表 2-103	碳酸氢铵的一般性质.....	259	
一、硝酸的理化数据.....	242	表 2-104	干燥的碳酸氢铵的蒸气压.....	259	
表 2-79	硝酸水溶液的密度	242	表 2-105	碳酸氢铵溶液的密度.....	260
表 2-80	含二氧化氮的硝酸的密度	245	表 2-106	氨基甲酸铵的一般性质.....	261
图 2-57	含四氧化二氮的发烟浓硝酸的 密度	246	表 2-107	氨基甲酸铵的蒸气压及离解 压力.....	261
图 2-58	无水硝酸的密度	247	图 2-66	固体氨基甲酸铵的离解压力	261
图 2-59	硝酸水溶液的密度 (共二图).....	247	表 2-108	硫酸铵的一般性质.....	262
表 2-81	含四氧化二氮的浓硝酸的密度 和粘度	248	表 2-109	硫酸铵饱和溶液的蒸气压.....	262
图 2-60	硝酸水溶液的粘度	249	表 2-110	硫酸铵水溶液的比重.....	262
图 2-61	含四氧化二氮的发烟浓硝酸的 粘度	249	表 2-111	硫酸铵水溶液的比热.....	262
图 2-62	硝酸水溶液的导热系数	250	表 2-112	硫酸铵水溶液的相对粘度.....	263
图 2-63	无水硝酸的表面张力	250	表 2-113	硫酸铵水溶液的表面张力(15°C)	263
图 2-64	硝酸水溶液的表面张力	250	第五节 液化气体的理化数据.....	263	
二、硝酸镁水溶液及某些铵盐水溶液的理化 数据.....	250	图 2-67	液态氢的蒸气压 (共二图).....	263	
表 2-82	常压下纯硝酸镁水溶液和含杂 质硝酸镁水溶液的沸点	250	图 2-68	液态氢的密度	263
表 2-83	不同真空度下, 硝酸镁水溶液 的沸点	251	表 2-114	液态氢的比热.....	264
图 2-65	硝酸镁水溶液的沸点 (共二 图).....	251	表 2-115	液态氢的粘度.....	264
表 2-84	硝酸镁-硝酸-水系统的沸点	252	表 2-116	液态氢的导热系数.....	264
表 2-85	硝酸镁水溶液的密度	253	表 2-117	液态氢的表面张力.....	264
表 2-86	硝酸镁水溶液的比热	253	图 2-69	液态氮的蒸气压 (共二图).....	264
表 2-87	硝酸镁水溶液的粘度	253	图 2-70	液态氮的密度	265
表 2-88	常压下硝酸镁水溶液的导热系 数	254	表 2-118	液态氮的定压比热.....	265
表 2-89	硝酸镁水溶液的表面张力	254	表 2-119	液态氮的粘度.....	265
表 2-90	硝酸铵的一般性质	255	表 2-120	液态氮的导热系数.....	265
表 2-91	硝酸铵饱和水溶液的蒸气分压	255	表 2-121	液态氮的表面张力.....	265
表 2-92	硝酸铵水溶液的沸点	256	图 2-71	液态氧的蒸气压 (共二图).....	266
表 2-93	硝酸铵水溶液的比重	256	图 2-72	液态氧的密度	266
表 2-94	硝酸铵水溶液的比热	256	表 2-122	液态氧的定压比热.....	266
表 2-95	硝酸铵水溶液的粘度	257	表 2-123	液态氧的粘度.....	267
表 2-96	硝酸铵水溶液的表面张力	257	表 2-124	液态氧的导热系数.....	267
表 2-97	氯化铵的一般性质	258	表 2-125	液态氧的表面张力.....	267
表 2-98	氯化铵的蒸气压	258	表 2-126	液态一氧化碳的理化数据.....	267
表 2-99	氯化铵水溶液的比重	258	表 2-127	液态二氧化碳的蒸气压及 密度.....	268
表 2-100	氯化铵水溶液的比热.....	258	表 2-128	液态氩的蒸气压和密度.....	268
表 2-101	氯化铵水溶液的粘度.....	259	图 2-73	液态氩的比热	269
表 2-102	氯化铵水溶液的表面张力.....	259	图 2-74	液态氩的粘度	269
			表 2-129	液态氩的导热系数.....	269
			图 2-75	液态氩的导热系数	269
			表 2-130	液态氩的表面张力.....	270
			表 2-131	液态空气的密度.....	270
			表 2-132	液态空气的定压比热.....	270

表 2-133	液态空气的粘度	270
表 2-134	液态空气的导热系数	270
表 2-135	液态空气的表面张力	271
图 2-76	液态甲烷、乙烷、丙烷、丁烷 的蒸气压 (共二图)	271
图 2-77	液态甲烷、乙烷、丙烷、丁烷 的密度	273
图 2-78	液态甲烷的密度与蒸气压	273
图 2-79	不同压力下液态甲烷的密度	274
图 2-80	液态甲烷、乙烷、丙烷、丁烷 的比热	274
图 2-81	液态甲烷、乙烷、丙烷、丁烷 的粘度	275
图 2-82	液态甲烷、乙烷、丙烷、丁烷 的导热系数	275
图 2-83	不同压力下液态甲烷的导热系数	276
图 2-84	液态甲烷、乙烷、丙烷、丁烷 的表面张力	276
图 2-85	液态烯烃的蒸气压	277
表 2-136	液态甲烷、乙烷的导热系数	278
图 2-86	液态烯烃的密度	278
图 2-87	液态烯烃的比热	279
图 2-88	液态烯烃的粘度	279
图 2-89	液态烯烃的导热系数 (共二图)	280
图 2-90	液态烯烃的表面张力	281
第六节	其它	281

一、某些含硫化合物的理化数据	281	
表 2-137	硫化氢的蒸气压	281
表 2-138	二硫化碳的一般性质	282
表 2-139	二硫化碳的饱和蒸气压	282
表 2-140	液态二硫化碳的比重	282
表 2-141	二硫化碳的粘度	282
表 2-142	液态二硫化碳的表面张力	282
图 2-91	含硫化合物 (液态) 的密度	283
表 2-143	硫氧化碳的一般性质	283
表 2-144	噻吩的一般性质	284
表 2-145	噻吩族的一般性质	284
表 2-146	噻吩的饱和蒸气压	284
表 2-147	液态噻吩的密度和粘度	285
表 2-148	甲硫醇的一般性质	285
表 2-149	甲硫醇的蒸气压	285
表 2-150	乙硫醇的一般性质	285
表 2-151	乙硫醇的饱和蒸气压	285
表 2-152	液态乙硫醇的密度	286
二、水的理化数据	286	
表 2-153	水的理化数据	286
表 2-154	压力下水的比热	287
表 2-155	压力下水的粘度	287
表 2-156	压力下水的相对粘度	287
表 2-157	高压下水的导热系数 (1~ 8000 公斤/厘米 ²)	288
参考文献	288	

第三章 热力学数据及热力学图

表 3-1	某些无机物的熵、热容及其标准 生成熵、标准生成热和标准生成 等压位	292
表 3-2	某些有机物的熵、热容及其标准 生成熵、标准生成热和标准生成 等压位	293
表 3-3	某些元素及单质, 在标准状态下 的熵、热容及其标准生成熵、标 准生成热和标准生成等压位	294
表 3-4	氢的焓、熵和逸度	295
表 3-5	氮的焓、熵和逸度	296
表 3-6	氧的焓和熵	297
表 3-7	一氧化碳的焓、熵和逸度	297
表 3-8	二氧化碳的焓、熵和逸度	298
表 3-9	氨的焓、熵和逸度	299
表 3-10	饱和状态下氮的热力学性质	300
表 3-11	氮-氢(1:3)混合气的焓和熵	302
表 3-12	氮-氢-氨混合气的焓和熵	303
表 3-13	氮-氢-氨-甲烷-氩 (N ₂ :H ₂ = 1:3, CH ₄ 5.2%, Ar 9.2%) 混合 气的逸度	304
表 3-14	甲醇-一氧化碳-氢混合气的逸 度	304
表 3-15	一氧化氮的焓和熵	304
表 3-16	甲烷的焓、熵和逸度	305
表 3-17	乙烷的焓和熵	307
表 3-18	丙烷的焓和熵	307
表 3-19	正丁烷的焓和熵	308
表 3-20	甲醇的逸度和甲醇-水系统的焓	308
表 3-21	氩的焓和熵	309
表 3-22	两相区空气的焓和熵	310
表 3-23	空气的焓和熵	310

表 3-24	饱和状态空气的热力学性质	311	图 3-25	氫的焓-熵图	356
表 3-25	水及过热水蒸汽的焓、熵和逸度	311	图 3-26	甲烷的压-焓图	357
表 3-26	过热水蒸汽的焓、熵和逸度	312	图 3-27	甲烷的温-熵图(高温区)	358
表 3-27	气体与液体的普遍化焓差(对于理想气体状态) $(\frac{H^0-H}{T_0})$	313	图 3-28	甲烷的温-熵图(低温区)	359
表 3-28	气体与液体的普遍化逸度系数 $(\frac{f}{p})$	321	图 3-29	乙烷的压-焓图	360
表 3-29	某些气体的焓值($H_T^0-H_0^0$)及不同温度下的标准生成热 ΔH_f^0	329	图 3-30	丙烷的压-焓图	361
图 3-1	氮的压-焓图	331	图 3-31	丙烷的温-熵图	362
图 3-2	氮的温-熵图	332	图 3-32	正丁烷的压-焓图	363
图 3-3	氮的焓-熵图	333	图 3-33	异丁烷的压-焓图	364
图 3-4	氢的温-熵图	334	图 3-34	乙烯的压-焓图	365
图 3-5	氢的压-焓图(共二图)	335	图 3-35	丙烯的压-焓图	366
图 3-6	氨的压-焓图	337	图 3-36	水的压-焓图	367
图 3-7	氨的温-焓图	338	图 3-37	水的焓-熵图	368
图 3-8	氨的温-熵图	339	图 3-38	甲醇的温-焓图	369
图 3-9	氨的焓-熵图	340	图 3-39	甲醇的焓-熵图	370
图 3-10	合成氨净化前原料气的温-熵图	341	图 3-40	合成甲醇混合气 300 大气压的温-焓图	371
图 3-11	合成氨原料气(76% H_2 , 24% N_2)的温-熵图(1~40.8 标准大气压)	342	图 3-41	天然气的焓-熵图(比重 0.6, 空气重度为 1.0)	372
图 3-12	合成氨原料气(76% H_2 , 24% N_2)的温-熵图(34.0~1088 标准大气压)	343	图 3-42	天然气的焓-熵图(比重 0.7)	373
图 3-13	氮-氢-氨 $[(N_2+3H_2)+Z\%NH_3]$ 混合气的温-焓图(300 公斤/厘米 ²)	344	图 3-43	天然气的焓-熵图(比重 0.7, 含 10% 氮)	374
图 3-14	氮-氢-氨 $[(N_2+3H_2)+Z\%NH_3]$ (含 8% 惰性气体)混合气的温-焓图(300 公斤/厘米 ²)	345	图 3-44	天然气的焓-熵图(比重 0.8)	375
图 3-15	一氧化碳的压-焓图	346	图 3-45	临界点附近石脑油的温-焓图	376
图 3-16	一氧化碳的焓-熵图	347	图 3-46	四氧化二氮-二氧化氮系统的温-焓图	377
图 3-17	二氧化碳的压-焓图	348	图 3-47	甲烷-氮混合物的焓-浓图	377
图 3-18	二氧化碳的温-熵图	349	图 3-48	氨水溶液的焓-浓图	378
图 3-19	氧的焓-熵图	350	图 3-49	硝酸铵水溶液的焓-浓图	379
图 3-20	氧的压-焓图	351	图 3-50	尿素水溶液的焓-浓图	380
图 3-21	空气的温-焓图	352	图 3-51	甲醇水溶液的焓-浓图(1 标准大气压)	380
图 3-22	空气的温-熵图	353	图 3-52	气体的普遍化焦耳-汤姆逊系数图	381
图 3-23	空气的焓-熵图	354	图 3-53	普遍化焓差图	382
图 3-24	空气的湿-焓图	355	图 3-54	普遍化熵差图	384
			图 3-55	普遍化逸度系数图	385
			图 3-56	普遍化逸度系数图($P_r=0\sim 18$)	386
			图 3-57	普遍化逸度系数图($P_r=18\sim 36$)	386
			图 3-58	普遍化逸度系数图($P_r=30\sim 100$)	387
			参考文献		388

第四章 气体-液体的溶解平衡

图 4-1	气体在水中的亨利系数	390	图 4-10	正丁烷在水中的溶解度	406
表 4-1	各种气体水溶液的亨利系数	391	图 4-11	异丁烷在水中的溶解度	407
第一节	气体在水中的溶解平衡	392	图 4-12	天然气在水中的溶解度	407
表 4-2	常压下气体在水中的溶解度	392	表 4-21	天然气($\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S}$)在水中的溶解平衡	408
表 4-3	氢在水中的溶解度	392	图 4-13	不同压力、温度下天然气中的二氧化碳在水中溶解度	410
表 4-4	氮在水中的溶解度	393	图 4-14	天然气中酸性气体含量对二氧化碳在水中溶解度的影响	410
表 4-5	氧在水中的溶解度	394	图 4-15	天然气中不同硫化氢含量对二氧化碳在水中溶解度的影响	410
表 4-6	硫化氢在水中的溶解度	394	表 4-22	压缩氢气中的饱和水蒸汽含量(50°C)	411
表 4-7	硫化氢水溶液上的硫化氢平衡分压	394	表 4-23	压缩氮气中的饱和水蒸汽含量	411
表 4-8	硫化氢-水系统的气液平衡组成	395	表 4-24	压缩二氧化碳气体中的饱和水蒸汽含量	411
表 4-9	硫氧化碳(COS)在水中的溶解度	395	表 4-25	压缩氩气中的饱和水蒸汽含量	411
表 4-10	二硫化碳(CS_2)在水中的溶解度	395	表 4-26	压缩氢氮混合气($3\text{H}_2 + \text{N}_2$)中的饱和水蒸汽含量	412
表 4-11	加压下一氧化碳在水中的亨利系数	395	图 4-16	压缩空气中的饱和水蒸汽含量	412
表 4-12	二氧化碳在水中的溶解度	396	表 4-27	压缩甲烷气体中的饱和水蒸汽含量	413
图 4-2	二氧化碳在水中的溶解度(1~700大气压)	397	图 4-17	天然气在各种温度和压力下的含水量	413
图 4-3	二氧化碳在水中的溶解度(100~700毫米汞柱)	397	图 4-18	几种组成的天然气中的饱和水蒸汽含量	414
表 4-13	25°C 时二氧化碳及氢的混合气在水中的溶解度	398	第二节	气体在液氨和甲醇中的溶解平衡	
表 4-14	25°C 时二氧化碳及氮的混合气在水中的溶解度	398	表 4-28	氢在液氨中的溶解度	415
表 4-15	氩在水中的溶解度	399	表 4-29	氮在液氨中的溶解度	415
表 4-16	氢氮混合气($3\text{H}_2 + \text{N}_2$)在水中的溶解度(25°C)	399	表 4-30	氩在液氨中的溶解度(附液相密度)	415
表 4-17	氮在水中的溶解度(重量%)	399	图 4-19	氢在液氨中溶解度的算图	416
表 4-18	氨-水系统气液平衡组成	400	图 4-20	氮在液氨中溶解度的算图	416
表 4-19	氨水溶液的蒸气总压	401	表 4-31	甲烷在液氨中的溶解度(附液相密度)	417
图 4-4	氨水溶液的蒸气压	402	表 4-32	氢、氮、氩、甲烷在液氨中的溶解度系数	417
图 4-5	氨水溶液上氨蒸气压的算图(氨浓度 10 克~100 克氨/1000 克水)	403	图 4-21	氢、氮、氩、甲烷在液氨中的溶解度系数	417
图 4-6	氨水溶液上氨蒸气压的算图(氨浓度 100 克~1000 克氨/1000 克水)	403	表 4-33	氢氮混合气($3\text{H}_2 + \text{N}_2$)在液	
表 4-20	甲烷在水中的溶解度	404			
图 4-7	甲烷、乙烯在水中的溶解度	404			
图 4-8	乙烷在水中的溶解度	405			
图 4-9	丙烷在水中的溶解度	405			

氨中的溶解度	417	的实验值与计算值(20°C)	429
表 4-34 润滑油在液氨中的溶解度	418	二、硫化氢在钠、钾碱溶液中的溶解度	430
表 4-35 润滑油在压缩氢氨气中的饱和 和蒸气量	419	表 4-53 硫化氢在碳酸钾和碳酸钠溶 液中的溶解度	430
表 4-36 压缩氢气中的饱和氨含量	419	表 4-54 0.2M 亚砷酸钠溶液对硫化氢 的平衡吸收量	430
表 4-37 压缩氮气中的饱和氨含量	420	表 4-55 亚砷酸钠-砷酸钠溶液对硫化 氢的平衡吸收量	431
表 4-38 压缩氩气中的饱和氨含量	420	三、硫化氢在乙醇胺溶液中的溶解度	431
表 4-39 压缩甲烷气体中的饱和氨 含量	420	表 4-56 硫化氢在一乙醇胺水溶液中 的溶解度	431
表 4-40 压缩氢氨气(3 H ₂ +N ₂)中饱 和氨含量的实测值	420	表 4-57 硫化氢在一乙醇胺(MEA)和 二乙醇胺(DEA)水溶液中的 溶解度	432
图 4-22 甲烷、氨浓度为0~20%的 压缩氢氨气(3 H ₂ +N ₂)中的 饱和氨含量(共六图)	421	图 4-26 硫化氢在一乙醇胺溶液中溶解 度(共二图)	433
图 4-23 气体在甲醇中的溶解度	423	图 4-27 硫化氢在二乙醇胺溶液中溶解 度(共二图)	433
表 4-41 氨在甲醇中的溶解度	424	表 4-58 加压下硫化氢在2N、3.5N 二乙醇胺溶液中的溶解度	434
表 4-42 氮在甲醇中的溶解度	424	表 4-59 加压下硫化氢在0.5~5N二 乙醇胺溶液中的溶解度	436
表 4-43 氩在甲醇中的溶解度	424	表 4-60 硫化氢和二氧化碳在乙醇胺水 溶液中的共同溶解度(25°C)	437
表 4-44 一氧化碳在甲醇中的溶解度	425	表 4-61 含硫化氢、二氧化碳的一乙 醇胺溶液(15.3%重)上的硫化 氢、二氧化碳分压	437
表 4-45 氢氮混合气(3 H ₂ +N ₂)在甲 醇中的溶解度(25°C)	425	图 4-28 含二氧化碳的一乙醇胺溶液中 硫化氢的溶解度(共二图)	439
表 4-46 氢和一氧化碳混合气在甲 醇中的溶解度	425	四、硫化氢在甲醇中的溶解度	440
图 4-24 300大气压、25°C下气体 (CO ₂ 、CH ₄ 、CO、N ₂ 、H ₂)在 甲醇中的溶解度(共三图)	426	表 4-62 硫化氢在甲醇中的溶解度	440
表 4-47 压缩氢气中的甲醇饱和蒸气 量	426	表 4-63 加压下硫化氢在甲醇中的溶解 度	440
表 4-48 压缩氢与一氧化碳中的甲 醇饱和蒸气量(140°C)	426	表 4-64 硫化氢和氢混合气在甲醇中的 溶解度	440
第三节 硫化氢在各种溶液中的溶解度	427	表 4-65 硫化氢与二氧化碳在甲醇中的 溶解度	441
一、硫化氢在氨水溶液中的溶解度	427	图 4-29 硫氧化碳在甲醇中的溶解度 (-25°C)	441
表 4-49 稀氨水上方硫化氢平衡分压 的计算值	427	图 4-30 二硫化碳在甲醇中的溶解度(共 二图)	441
图 4-25 在20°C下0.5、1.0和2.0N 氨水溶液上,硫化氢与氨的 平衡蒸气压	428	五、硫化氢等含硫气体在某些有机吸收剂中 的溶解度	442
表 4-50 硫化氢-氨-水系统的气液平 衡组成	428	表 4-66 硫化氢在甲替吡咯烷酮中的溶	
表 4-51 氨水(含二氧化碳)脱硫时 硫化氢平衡分压的计算值 (20°C)	429		
表 4-52 氨水(含二氧化碳)脱硫时氨、 二氧化碳及硫化氢平衡分压			

解度	442	碳平衡分压	452
表 4-67 硫化氢在 5 甲基甲替吡咯烷酮 中的溶解度	442	图 4-43 二乙撑三胺钾碱溶液的水蒸汽 平衡分压	452
表 4-68 硫化氢在碳酸丙烯酯中的溶解 度	442	二、二氧化碳在乙醇胺溶液中的溶解度	453
表 4-69 硫化氢在丙酮中的溶解度	442	表 4-76 二氧化碳在乙醇胺溶液中的溶 解度	453
表 4-70 硫氧化碳在甲醇、丙酮、二甲 基甲酰胺及苯中的亨利系数	442	表 4-77 二氧化碳在一乙醇胺溶液中的 溶解度	454
图 4-31 硫化氢在磷酸三丁酯中的溶解 度	443	图 4-44 在 12.3%(重量)的 2 M 一乙醇 胺溶液上的二氧化碳平衡压力	455
图 4-32 硫氧化碳在磷酸三丁酯中的溶 解度	443	图 4-45 在 15%(重量)的一乙醇胺溶液 上的二氧化碳平衡压力	455
图 4-33 25°C 时含硫气体在磷酸三丁酯 中的溶解度(附二氧化碳)	443	图 4-46 在 20.6%(重量)的 2 M 二乙醇 胺溶液上的二氧化碳平衡压力	455
第四节 二氧化碳在各种溶液中的溶解度	444	表 4-78 加压下二氧化碳在一乙醇胺和 三乙醇胺水溶液中的溶解度	456
一、二氧化碳在钠、钾碱溶液中的溶解度	444	表 4-79 加压下二氧化碳在二乙醇胺溶 液中的溶解度	456
表 4-71 二氧化碳在碳酸钾水溶液中的 溶解度	444	表 4-80 二氧化碳在环丁砜-乙醇胺水溶 液中的溶解度	457
图 4-34 碳酸钠水溶液上的二氧化碳分 压	444	图 4-47 二氧化碳在环丁砜-乙醇胺水溶 液中的溶解度(30°C)	458
图 4-35 碳酸钾水溶液上的二氧化碳分 压	444	三、二氧化碳在甲醇中的溶解度	458
图 4-36 热钾碱溶液二氧化碳平衡分压 算图	445	表 4-81 二氧化碳在甲醇中的溶解度	458
图 4-37 热钾碱溶液水蒸汽平衡分压算 图	446	表 4-82 混合气($H_2 + CO_2$)中二氧化碳 在甲醇中的溶解度	460
图 4-38 不同温度、浓度及碳酸氢钾转 化率下的热钾碱溶液比重算 图	447	表 4-83 氢在含有二氧化碳的甲醇中的 溶解度	461
图 4-39 不同温度及碳酸氢钾转化率下 碳酸钾溶解度算图	447	四、二氧化碳在某些有机吸收剂中的溶解 度	462
表 4-72 二氧化碳在含砷碳酸钾水溶液 中的溶解度	448	表 4-84 二氧化碳在环丁砜水溶液中的 溶解度(31°C)	462
表 4-73 含砷碳酸钾溶液上的二氧化碳 与水蒸汽平衡分压	448	图 4-48 二氧化碳在环丁砜水溶液中的 溶解度(31°C)	462
图 4-40 含砷碳酸钾溶液上的二氧化碳 与水蒸汽平衡分压	449	表 4-85 二氧化碳在甲替吡咯烷酮中的 溶解度	462
表 4-74 氨基乙酸钾碱溶液上二氧化碳 与水蒸汽的平衡分压	450	表 4-86 甲替吡咯烷酮-二氧化碳-水系 统 10~25°C 时的亨利系数	463
表 4-75 二乙撑三胺钾碱溶液上二氧化 碳与水蒸汽的平衡分压	450	表 4-87 二氧化碳在 5 甲基甲替吡咯烷 酮中的溶解度	463
图 4-41 氨基乙酸钾碱溶液上的二氧化 碳与水蒸汽的平衡分压	451	表 4-88 二氧化碳在碳酸丙烯酯中的溶 解度	463
图 4-42 二乙撑三胺钾碱溶液的二氧化		表 4-89 加压下二氧化碳在碳酸丙烯酯 中的溶解度	464

表 4-90	甲烷、氮、氧及氢在碳酸丙烯酯中的溶解度(27°C)	464	图 4-55	氨-二氧化碳-水系统饱和线的相图(重量%)	478	
表 4-91	二氧化碳在酚钠(NaOC_6H_5)溶液中的溶解度	464	图 4-56	氨-二氧化碳-水系统在 40°C 下不饱和溶液的相图(重量%)	479	
表 4-92	二氧化碳、硫化氢及甲烷在磷酸三丁酯中的溶解度	465	图 4-57	氨-二氧化碳-水系统在 60°C 下不饱和溶液的相图(重量%)	480	
表 4-93	二氧化碳在某些有机溶剂中的溶解度	465	图 4-58	氨-二氧化碳-水系统在 80°C 下不饱和溶液的相图(重量%)	481	
第五节 一氧化碳在醋酸铜氨液中的溶解度			466	图 4-59	氨-二氧化碳-水系统在 100°C 下不饱和溶液的相图(重量%)	482
表 4-94	一氧化碳在醋酸铜氨液中的溶解度	467	图 4-60	氨-二氧化碳-水系统在 120°C 下不饱和溶液的相图(重量%)	483	
表 4-95	醋酸铜氨液上氨、水及二氧化碳蒸气分压(附图 A、B)	468	表 4-102	氨-二氧化碳-水系统配料组成与气相氨、二氧化碳含量(体积%)的关系	484	
表 4-96	0~60°C 一氧化碳在醋酸-碳酸铜氨液中的溶解度	469	表 4-103	氨-二氧化碳-水系统配料组成与平衡压力的关系	484	
表 4-97	总压 300 大气压下一氧化碳在醋酸铜氨液中的溶解度	470	表 4-104	氨-二氧化碳-水系统位于氨基甲酸铵相区饱和溶液的气相平衡组成	485	
表 4-98	总压 300 大气压(0~60°C) 一氧化碳在醋酸铜氨液中的溶解度	470	图 4-61	氨-二氧化碳-水系统氨基甲酸铵相区等温线、等压线和等组分曲线图(饱和溶液)	486	
第六节 氨-二氧化碳-水系统气液平衡组成			471	表 4-105	氨-二氧化碳-水系统位于氨基甲酸铵相区不饱和溶液气液平衡组成	487
一、氨-二氧化碳-水系统气液平衡组成			471	表 4-106	0.5 公斤/厘米 ² (表) 等压下液相组成与气相平衡组成的关系	488
表 4-99	氨-二氧化碳-水系统中蒸气和液体的平衡组成	471	表 4-107	2.0 公斤/厘米 ² (表) 等压下液相组成与气相平衡组成的关系	489	
表 4-100	常压下氨-二氧化碳-水系统气液平衡组成(附液相密度)	473	表 4-108	压力为 2 公斤/厘米 ² 的系统气液平衡组成	489	
图 4-49	在 20°C 下 0.125、0.5、1.0 与 2.0N 氨水溶液上二氧化碳与氨的平衡蒸气压	473	表 4-109	压力为 15 公斤/厘米 ² 的系统气液平衡组成	490	
图 4-50	在 40°C 下 0.125、0.5、1.0 与 2.0N 氨水溶液上二氧化碳与氨的平衡蒸气压	473	表 4-110	压力为 20 公斤/厘米 ² 的系统气液平衡组成	490	
图 4-51	在 60°C 下 0.125、0.5、1.0 与 2.0N 氨水溶液上二氧化碳与氨的平衡蒸气压	474	图 4-62	氨-二氧化碳-水系统氨基甲酸铵相区等温线、等压线和等组分曲线图(不饱和溶液, 高于熔点温度 10°C)	491	
图 4-52	氨水溶液上的二氧化碳分压(共三图)	474	图 4-63	氨-二氧化碳-水系统氨基甲酸		
图 4-53	氨水碳化度与游离氨浓度的关系(共三图)	475				
图 4-54	20°C 时氨水浓度与游离氨浓度的关系	475				
表 4-101	不同压力下氨-二氧化碳-水系					
	统气液平衡组成	476				

铵相区等温线、等压线和等组分曲线图（不饱和溶液，高于熔点温度 20°C） 492

图 4-64 10 大气压下氨-二氧化碳系统气固平衡 493

图 4-65 130 大气压下氨-二氧化碳系统气液平衡 493

图 4-66 130 大气压下氨-二氧化碳-（尿素+水）似三元系统平衡 493

二、尿素-氨-二氧化碳-水系统气液平衡组成 494

表 4-111 尿素-氨-二氧化碳-水系统气液平衡组成 494

表 4-112 尿素-氨-二氧化碳-水系统的液相真实组成与气相分压 495

表 4-113 压力为 10~20 大气压的尿素-氨-二氧化碳-水系统的气液平衡组成 496

表 4-114 90~110°C 尿素-氨-二氧化碳-水系统气液平衡组成 498

表 4-115 合成尿素未反应物减压蒸馏的回收量 498

表 4-116 不同温度下尿素-氨-二氧化碳-水系统二氧化碳的分离率 499

表 4-117 不同温度下尿素-氨-二氧化碳-水系统氨的分离率 500

图 4-67 合成尿素熔融物蒸馏系统工艺计算图 501

图 4-68 合成尿素熔融物蒸馏后气相氨和二氧化碳浓度与温度的关系 501

图 4-69 合成尿素未反应物低压分解后液相残留量算图 502

图 4-70 合成尿素未反应物低压分解后液相浓度 (NH₃ 和 CO₂) 算图 503

三、氨和二氧化碳合成尿素的平衡压力 504

表 4-118 尿素-氨-二氧化碳-水系统温度与压力的关系 504

表 4-119 尿素-氨-二氧化碳-水系统由气液两相向液体一相的转移温度与压力的关系 505

表 4-120 在不同氨的过量率下，温度与平衡压力的关系 505

第七节 氮氧化物-硝酸-水系统的气液平衡

组成 505

表 4-121 平衡时硝酸溶液上方含一氧化氮气体中二氧化氮和四氧化二氮的分压 507

图 4-71 30°C 时氧化氮和硝酸平衡算图 509

图 4-72 35°C 时氧化氮和硝酸平衡算图 510

表 4-122 硝酸水溶液的蒸气压 511

图 4-73 硝酸水溶液上的水蒸汽压算图 515

图 4-74 硝酸水溶液上的硝酸蒸汽压算图 515

图 4-75 浓硝酸水溶液上的蒸气总压（硝酸+水）算图 516

图 4-76 含四氧化二氮的浓硝酸的蒸汽压算图 516

图 4-77 760 毫米汞柱下硝酸的沸点及气液相组成 517

图 4-78 不同压力下硝酸水溶液的沸点 517

表 4-123 硝酸-水-硝酸镁系统气液平衡组成 517

图 4-79 硝酸-水-硝酸镁系统气液平衡组成 518

表 4-124 硝酸-水-硝酸钙系统气液平衡组成 519

图 4-80 硝酸-水-硝酸钙系统气液平衡组成 519

图 4-81 硝酸-水-硝酸锌系统的沸腾温度 520

图 4-82 硝酸-水-硝酸锌系统上方气相中的硝酸平衡浓度 520

表 4-125 二氧化氮(重量%)在 97% 硝酸溶液中的溶解度 520

表 4-126 二氧化氮在无水硝酸中的溶解度 520

图 4-83 四氧化二氮在硝酸中的溶解度 521

表 4-127 四氧化二氮和三氧化二氮的液态混合物面上的蒸气压 521

表 4-128 液态四氧化二氮的蒸气压 521

表 4-129 不同压力下含氮氧化物的硝