

82.169013
605

日用化工 理化数据手册

(合成洗涤剂、磷酸盐及其它助剂)

轻工业部设计院 编

轻工业出版社

内 容 提 要

本书主要收集了合成洗涤剂、磷酸盐及其它助剂的主要物理化学数据。共分五个部分：合成洗涤剂的原材料，助剂，中间产品、成品，载热体、传热系数和“三废”，以及磷和磷酸盐。

本书可供日用化学工业系统的生产、科研、设计技术人员和大专院校师生查阅。

日用化工理化数据手册 (合成洗涤剂、磷酸盐及其它助剂)

轻工业部设计院 编

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

张家口地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米1/16 印张：68 8/16 插页：9 字数：2616 千字

1981年2月 第一版第一次印刷

印数：1—8,000 定价：7.45 元

统一书号：15042·1515

前 言

合成洗涤剂工业是日用化学工业中的新兴行业。随着我国人民生活的不不断提高及我国石油、石油化学工业的迅速发展，合成洗涤剂工业也正在大步前进。各有关部门和厂矿的广大工人、工程技术人员，对本行业技术资料感到有迫切的需要。为此，我院组成编辑小组，收集、整编了合成洗涤剂、磷酸盐及其它助剂的有关资料，编制本书。

磷酸盐在日用化工中应用较广，这方面文献资料也较丰富，故“手册”中，将其作为单独部分列出。

合成洗涤剂生产中所用烃类原料，一般都在 $C_8 \sim C_{18}$ 的范围内，“手册”中所列烃类，大致以此为限，碳链过长或过短的烃类从略。

在表面活性剂方面，因阳离子表面活性剂当前主要作为杀菌剂、消毒剂和杀虫剂使用，在日化行业中应用较少，故本“手册”中暂未予编排。

“手册”中资料大部分取自国内外公开发表的文献，有些工艺生产数据是国内有关生产科研单位测得的，有一定的实用意义，现亦列入，供作参考。手册中有些物料的某一特性数据，同时出现几个不同的数值，这是由于来自不同资料的缘故。

为便于追索原文献，图、表标题右上角都注有文献号，参考文献列于书末备查。

“手册”中计量单位以公制为主，但因资料来源不同并存有少量英制单位数据，为避免图表改动过繁，未予换算，附录中列有单位换算表，供读者查阅。

由于我们的水平有限，难免有材料收集不齐和编排不当等问题，望读者提出批评指正。

在编制过程中，得到各地兄弟单位的热情帮助和鼓励，在此谨致以深切的谢意。

轻工业部设计院

目 录

第一部分 原 材 料

第一章 烷 烃

一、综合常数

表1.1 烷烃的物理数据	1
表1.2 烷烃的主要理化性质	3
图1.1 石油馏物之分子量、临界 温度及特性因数	3

二、临界常数

表1.3 烷烃的临界常数及正常沸点	4
表1.4 烷烃二元混合物的临界常数	4
表1.5 烷烃和芳烃混合物的临界常 数	5
图1.2 烷烃、烯烃临界压力估算图	6
图1.3 烯烃临界温度估算图	6

三、密度

表1.6 烷烃的密度	7
------------------	---

四、比热

表1.7 烷烃的比热	10
图1.4 石油馏份液体比热图	11
图1.5 石油蒸气在常压时比热图	12

五、气化热

表1.8 正构烷烃的气化热	13
图1.6 烃类及石油馏物的气化热	13
图1.7 正构烷烃蒸发潜热与温度、 压力关系图	14
图1.8 烃类在减压时的蒸发潜热	15

六、生成热

表1.9 烷烃的生成热 ΔH_f°	16
--------------------------------------	----

图1.9 正构烷烃的生成热图 (理想 气体状态)	17
-----------------------------------	----

七、燃烧热

表1.10 烷烃的燃烧热 ΔH_c	17
图1.10 燃料油和石油馏份的燃烧热	18

八、热力学

表1.11 $C_8 \sim C_{18}$ 正构烷烃的热力学 函数	19
表1.12 烷烃的熵、热容、标准生成 熵、标准生成热和标准生成 等压位	31
表1.13 烷烃蒸气的热力学位—— ϕ	32
表1.14 烷烃的焓 ($H_f^\circ - H_0^\circ$) (卡/ 克分子)	32
图1.11 石油馏份焓图	33

九、热传导

表1.15 正构烷烃蒸气的导热系数	34
图1.12 烃类气体导热系数图	36
图1.13 石油产品液体导热系数图	36

十、扩散系数

表1.16 正构烷烃在不同气体中的扩 散系数	37
表1.17 烷烃在各种溶剂中的扩散系 数 D	37
图1.14 正辛烷 + 正十二烷系的扩散 系数	38
图1.15 正构烷烃的扩散系数	38

十一、粘度

表1.18 烷烃的粘度	39
图1.16 不同温度下的烷烃液体粘度 图	41

图1.17 液体烃粘度图(常压及中压)	42	表1.31 石油物理化学指标	60
图1.18 石油馏份在高压下粘度图	43	表1.32 汽油指标	60
表1.19 正十四烷和正己烷的二元混 合物运动粘度(25°C)	43	表1.33 轻柴油指标	61
图1.19 油品混合粘度图	44	表1.34 重柴油指标	61
表1.20 正十六烷和正十四烷的二元 混合物运动粘度(25°C)	44	表1.35 石油部重油标准	62
表1.21 正十六烷和苯的二元混合物 运动粘度(25°C)	45	表1.36 国内各厂实际生产原油指标	62
表1.22 正十六烷和己烷的二元混合 物运动粘度	45	表1.37 国内各主要炼油厂的重油规 格	63
图1.20 油品特性因数与粘度关系图 (50°C时粘度)	46	表1.38 国内各主要炼油厂的渣油规 格	64
图1.21 油品特性因数与粘度关系图 (100°C时粘度)	47	表1.39 合成洗涤剂用轻蜡的质量标 准	65
十二、蒸气压及熔解热		表1.40 南京52筛轻蜡	65
表1.23 正构烷烃的饱和蒸气压和沸 点	48	表1.41 裂解用石蜡规格	65
图1.22 烃类的饱和蒸气压(考克斯 图)	插页	表1.42 软蜡或蜡下油规格	65
表1.24 烷烃(饱和及不饱和)蒸气 压的推算	49	表1.43 Molex 装置精制的煤油规格	66
表1.25 石蜡熔解热 H	50	表1.44 分子筛脱蜡的原料和产品性 质	68
十三、表面张力		表1.45 10X 分子筛精制轻蜡的分析	68
表1.26 $C_8 \sim C_{18}$ 烷烃的表面张力	50	表1.46 不同分子筛轻蜡的硅胶柱液 体色谱分析结果	69
图1.23 烃类混合物表面张力与液气 密度差的关系	56	表1.47 合成洗涤剂原料油(GB495- 65)	69
图1.24 烷烃表面张力与温度的关系	56	表1.48 尿素蜡 A、B 的性状	69
十四、溶解度		表1.49 尿素蜡、合成油的性状	70
图1.25 水在烃类和石油馏份中的溶 解度	57	表1.50 合成重油、尿素重油、分子 筛重油的质量分析	71
表1.27 轻蜡含水量(南京炼油厂)	57	表1.51 尿素蜡回收油处理前后的性 状	71
十五、质量和规格		表1.52 洗涤剂原料油(SYB1810- 62S)	72
表1.28 合成洗涤剂用各种原料油的 馏程	58	十六、爆炸下限及闪点	
表1.29 合成洗涤剂用各种原料油的 碳分布	58	表1.53 烷烃类爆炸下限 X 与燃烧热 Q 的关系	72
表1.30 合成洗涤剂用各种原料油的 物化数据	59	图1.26 烷烃气体的着火下限浓度 (C) 与燃烧热(Q) 的关 系	73
		图1.27 正构烷烃的闪点与沸点的关	

系	73	格	86
图1.28 异十二烷对材料的腐蚀性能	74	表2.19 美国谢弗隆公司石蜡裂解 α - $C_{15}\sim C_{18}$ 烯烃规格	86
第二章 烯烃		表2.20 蜡裂解各产品收率	87
一、综合常数		表2.21 150~280°C 烯烃馏份分析数据	87
表2.1 烯烃的物性数据	75	表2.22 沈阳油化厂烯烃油	88
表2.2 石蜡裂解 $C_{15}\sim C_{18}$ 烯烃的物理性状	77	六、其它	
表2.3 乙烯聚合 C_{14} 烯烃的物理性状	77	表2.23 海湾公司 A、B 型石蜡裂解的 α -烯得率和浓度	88
表2.4 烯基磺酸钠原料油的物化性能	77	表2.24 石蜡裂解气体分析	89
表2.5 石蜡热裂解液体产物中单烯的性质和馏程	78	表2.25 α -烯烃的精制与 α -烯基磺酸盐的着色	89
二、临界常数		表2.26 用尿素法从 $C_{13}\sim C_{18}$ 烯烃中分离出来杂质的组成	89
表2.6 烯烃的临界常数	78	表2.27 烯基磺酸钠原料油的恩氏馏程	90
三、热性能		第三章 氯	
表2.7 烯烃理想气体热容	79	一、综合常数	
表2.8 烯烃比热 C_p	79	表3.1 氯的一般性质	91
图2.1 烯烃蒸气比热	80	表3.2 液氯的一些物理性质	93
图2.2 庚烯-1、辛烯-1 导热系数	81	二、密度	
图2.3 庚烯-1、辛烯-1 蒸发潜热图	81	图3.1 氯气密度	94
四、热力学性质		图3.2 液氯温度和密度的关系	94
表2.9 烯烃的热力学性质	81	表3.3 液氯的重度	95
表2.10 烯烃的熵、热容、标准生成熵、标准生成热和标准生成等压位 (标准状态为25°C和1大气压)	82	图3.3 液氯重度曲线图	95
表2.11 烯烃的焓	82	三、热力学	
表2.12 烯烃的燃烧热 ΔH_c	83	表3.4 氯蒸气表	96
表2.13 烯烃的生成热 ΔH_f°	83	表3.5 过热氯的热力学性质	97
表2.14 烯烃 SO_3 磺化的反应热	83	表3.6 饱和水蒸汽的湿氯气的热焓	98
图2.4 n-单烯烃的生成热 (理想气体状态)	84	图3.4 饱和水蒸汽的湿氯气的热焓	99
表2.15 烯烃蒸汽的热力学位 $-\phi$	84	表3.7 氯在标准状态下的熵和热容以及其标准生成熵、标准生成热和标准生成等压位	99
五、质量及规格		表3.8 氯 (气相) 的热化学性质	99
表2.16 蜡裂解目的烯烃质量	85	四、热性能	
表2.17 四聚丙烯参考质量指标	86	图3.5 液氯的气化潜热	100
表2.18 胜利炼油厂的四聚丙烯规		表3.9 液氯的导热系数	101

表3.10 氯气的导热系数	101	图3.16 制造液氯所需的理论冷冻能 力	111
表3.11 液体氯的比热和克分子比热	102	图3.17 氯气液化温度与废气浓度 (以体积%计)的关系曲线	111
图3.6 液氯体积与温度的关系	102	表3.22 不同压力下氯气的液化温度 图	111
图3.7 氯在高温下的平均分子比热 图	103	图3.18 氯气的液化效率图(以体积 %计)	112
五、粘度		十二、爆炸极限	
图3.8 氯的粘度	103	图3.19 氯、氢、空气混合物的爆炸极限	112
图3.9 氯气的粘度	104	表3.23 Cl_2 气相反应的平衡常数	113
六、相平衡		十三、腐蚀	
图3.10 $\text{Cl}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系统相图	104	表3.24 氯对某些结构材料的腐蚀性 能	113
图3.11 液氯的蒸气压	104	表3.25 某些材料对氯的耐腐蚀性能	114
表3.12 氯的表面张力	105	第四章 苯	
七、溶解度		一、一般性质	
图3.12 氯在水中的溶解度	105	表4.1 苯的一般性质	115
图3.13 氯气与水的平衡曲线图	105	表4.2 苯的临界常数	115
表3.13 不同温度及压力下氯气在水 中的溶解度	106	表4.3 苯的密度	115
表3.14 常压下氯在水中的溶解度	106	表4.4 苯的粘度	116
表3.15 氯和 HCl 气体在苯中的溶解 度	107	表4.5 苯的表面张力	116
表3.16 氯气在水中水解反应的速度 常数及平衡常数	108	表4.6 苯的折射率	117
图3.14 氯在某些有机溶剂中的溶解 度(大气压)	108	图4.1 苯的比容与折光率的关系	117
图3.15 1 大气压的 Cl_2 在 S_2Cl_2 中的 溶解度	108	二、热力学	
表3.17 氯在某些溶剂中的溶解度	108	表4.7 苯的热力学性质	117
表3.18 氯在某些有机溶剂中的溶解 度(760毫米汞柱)	109	表4.8 苯的热力学常数	118
八、生理反应		表4.9 苯的热化学性质	118
表3.19 氯对生理的反应	109	表4.10 苯蒸气的热力学位 $-\phi$	118
九、规格		图4.2 苯的焓图	119
表3.20 国内外液氯规格	110	图4.3 苯的压焓图	120
十、电性能		三、热性能	
表3.21 氯在饱和氯化钠溶液中的过 电压(毫伏)	110	表4.11 苯的比热	121
十一、液化		表4.12 芳烃比热 C_p	121
		表4.13 苯蒸气与液体平衡状态下的 膨胀系数 α	121

表4.14 苯的蒸发潜热	121	表4.22 苯 + 正戊烷 (正癸烷、正十 三烷) 系的混合热	130
图4.4 苯的蒸发潜热	122	表4.23 苯 + 甲苯系混合热	130
图4.5 苯和甲苯的导热系数	122	图4.16 活性炭吸附苯的等温线	130
表4.15 苯的扩散系数	122	七、苯的生理反应	
四、相平衡		表4.24 苯对生理的反应	131
图4.6 苯的气液平衡常数图	123	八、规格和标准	
表4.16 苯-水二元系 (高浓度苯) 的 蒸馏参数	124	表4.25 苯的国家标准	131
表4.17 苯-水二元系 (1 个大气压) (高浓度苯) 的汽液平衡	124	表4.26 工业纯苯的性质	132
表4.18 苯、氯化石油溶液的气相组 成	124	表4.27 纯苯的物理化学指标	132
表4.19 苯、氯化苯溶液的气相组成	124	表4.28 铂重整装置苯的含水量	133
表4.20 苯的二元混合物共沸数据	125	表4.29 回收苯和混合苯的分析	133
图4.7 苯液体蒸气压及闪点	126	九、腐蚀性性能	
五、安全性能		图4.17 苯对材料的腐蚀性能	133
图4.8 苯在 N_2 和 CO_2 中的着火界 限浓度	127	第五章 烷基苯	
图4.9 苯的着火速度与温度的关系 (空气中)	127	一、综合常数	
六、溶解平衡		表5.1 烷基苯的一些物性数据	135
表4.21 苯的溶解度	127	表5.2 在融点时烷基苯的性质	137
图4.10 不同压力下苯在水中溶解度 图	128	表5.3 单体正构烷基苯的分子量及 折光率	137
图4.11 常压下苯和甲苯在水中溶解 度图	128	表5.4 单体正构烷基苯的临界常数	140
图4.12 苯在煤馏油中的平衡浓度 图	128	二、密度、比重	
图4.13 氢氧化钠浓度对含 0.05M 油 酸的苯-水乳化液体积百分 比的影响	129	表5.5 单体正构烷基苯的密度	140
图4.14 氢氧化钠浓度对含 0.005M 油酸的苯-水乳化液稳定性 的影响	129	表5.6 脱苯缩合液各馏份的比重	140
图4.15 氢氧化钠浓度对含 0.005M 油酸的苯-水乳化液体积百 分比的影响	129	图5.1 三菱烷基苯*246及*253的比 重	141
		三、热力学	
		表5.7 缩合烷基苯的热效应	141
		表5.8 烷基苯理想气体热容	142
		表5.9 烷基苯的生成热 ΔH_f°	142
		表5.10 烷基苯的燃烧热 ΔH_c	143
		表5.11 烷基苯蒸气的热力学位	143
		表5.12 烷基苯的热力学常数	144
		表5.13 烷基苯的焓	144
		表5.14 单体正构烷基苯的蒸气压、 气化热、压缩因子、分子气 化熵及介电系数	145
		四、相平衡	

表5.15 单体正构烷基苯的沸点及冰点	147	钠去污性能的影响	160
表5.16 一定压力下苯与烷代苯溶液的沸点	147	图5.11 分子结构对去污能力的影响	161
图5.2 烷代苯的沸点与含苯量的关系	148	图5.12 直链烷基苯的苯环位置与降解速度的关系	161
表5.17 $C_{10} \sim C_{15}$ 直链烷基苯同分异构体在常压下的沸点	148	表5.28 烷基苯中苯基异构体的分布	161
表5.18 $C_{11} \sim C_{16}$ 直链烷基苯的沸点	149	表5.29 十二烷基苯异构体的分布	161
图5.3 $C_9 \sim C_{15}$ 烷基苯异构体沸点关系图	150	表5.30 1- C_{12} 烯烃和苯用不同催化剂烷基化所得烷基苯异构体的分布	162
图5.4 $C_9 \sim C_{15}$ 烷基苯的分布	151	表5.31 α -烯烃烷化物异构体的分布 (HF)	162
表5.19 正构烷基苯蒸气压和饱和蒸气密度的计算常数	152	表5.32 α -烯烃烷化物异构体的分布 ($AlCl_3$, CH_3SO_3H)	162
图5.5 $C_9 \sim C_{15}$ 烷基苯 Antoine 常数	154	表5.33 脱氢法直链烷基苯碳数和苯基异构体的分布	163
图5.6 烷代苯与工业纯苯蒸气压	155	图5.13 用氯化煤油烷基化所得烷基苯的异构物组成	163
表5.20 烷代苯的蒸气压	155	七、氯代烷和苯的缩合	
图5.7 烷基苯 P-t 图	156	表5.34 不同原料制烷基苯的馏份分配	163
图5.8 烷基苯一定含苯量下的 P-T 关系	157	表5.35 合成石油在不同氯代深度下所得粗烷基苯各馏份分配	164
表5.21 烷基苯不同含苯量的蒸气压与温度方程式和活度系数	157	表5.36 尿素蜡油在不同氯代深度下所得粗烷基苯各馏份分配	164
图5.9 烷基苯含苯量 (对数) 和活度系数	157	表5.37 各纯物质对粗烷代苯中各馏份分配的影响	164
图5.10 烷基苯的活度系数与含苯量的关系	157	表5.38 烷基化产物分布、品质及消耗	165
五、粘度、表面张力		表5.39 氯化、烷基化和蒸馏中的物料组成	166
表5.22 单体正构烷基苯的粘度	158	图5.14 缩合液中烷基苯含量和折光指数的关系	167
表5.23 单体正构烷基苯的表面张力	159	表5.40 水蒸汽气提脱苯的估计	167
六、结构及其影响		表5.41 脱油烷基苯酸洗时酸用量优选及其结果	168
表5.24 直链烷基苯分子结构	159	图5.15 烷基化产物中烷基苯含量与氯化物中含氯量的关系	168
表5.25 硬型烷基苯分子结构	160	图5.16 烷基化物中烷基苯的含量与	
表5.26 苯环位置对烷基苯磺酸钠的湿润力和表面张力的影响	160		
表5.27 苯环位置对十二烷基苯磺酸			

反应系统中未反应氯的关系163	表5.55 日本用各种原料制单烷基苯 的主要分析指标174
图5.17 煤油苯中烷基苯含量与氯化 煤油中含氯量的关系168	表5.56 国外市售三种烷基苯的分析175
图5.18 杂烃含量对单烷基苯收率的影 响示意图168	表5.57 商品十二烷基苯的近似物理 特性175
表5.42 烷基苯质量与氯化石油含氯 量及其加料方式的关系169	表5.58 苏联用各种烷化剂制取的烷 基化物的组成 (重量%)175
表5.43 烷基苯质量对磺酸盐色泽的 影响169	表5.59 烯烃烷基苯的分析数据176
表5.44 缩合液中泥脚含量169	表5.60 粗烷基苯规格176
表5.45 1-氯正十二烷的缩合反应速 率169	表5.61 烷基苯的色泽176
八、十二烯和苯的缩合	表5.62 蜡裂解的烷基苯质量176
图5.19 苯与十二烯的克分子比对十 二烷基苯产率的影响170	表5.63 脱油烷基苯的组分参数177
图5.20 反应温度对十二烷基苯产率 的影响 (三氯化铝)170	表5.64 脱苯烷基苯成分及参数177
图5.21 苯与十二烯的比率对产物的 影响 (氟化氢催化剂)170	表5.65 脱苯烷基苯质量分析177
图5.22 反应温度对十二烷基苯产率 的影响 (氟化氢催化剂)170	表5.66 缩合液规格177
图5.23 苯与十二烯的克分子比对副 产物产率的影响170	表5.67 缩合液洗后液规格177
九、规格和质量	表5.68 精烷基苯 (以四聚丙烯为原 料) 馏份折光指数178
表5.46 国外氯化法直链烷基苯的质 量171	表5.69 精烷基苯 (以轻烯烃为原料) 馏份折光指数178
表5.47 正构烷烃氯化法的精烷基苯 的性状171	表5.70 粗烷基苯的馏份切割数据178
表5.48 日本烷基苯的性质172	十、烷基苯高沸物及茚满、萘满
表5.49 日本四聚丙烯烷基苯172	表5.71 烷基苯高沸物的一般性质179
表5.50 环球油品公司 $C_{10} \sim C_{13}$ 直链 烷基苯的物理性质172	表5.72 高沸物的性状179
表5.51 十二烷基苯质量要求 (美国 壳牌公司和Distiller公司)173	表5.73 烷基苯高沸物组成及物理性 质179
表5.52 英国谢尔公司石蜡裂解烷基 苯的质量规格173	表5.74 烷基化高沸物各馏份性状179
表5.53 脱氢法烷基苯的质量174	表5.75 二氯代烷烷基化物的组成180
表5.54 催化烷基化制造装置生成物 的性状174	表5.76 某些正构烷烃与烷基苯、茚 满、萘满的性质对照180
	表5.77 同碳数烷基苯与茚满、萘满 的沸点、折光指数、苯胺点181
	表5.78 二烷基萘满、茚满的表面活 性181

十一、腐蚀

图5.24 十二烷基苯的腐蚀性能182

第六章 分子筛 (附活性炭)

一、天然沸石

表6.1 天然沸石及其化学性质和物理性质183

二、合成分子筛

表6.2 商品分子筛的类别和结构184

表6.3 分子筛的通式184

表6.4 A型林德分子筛的性质185

表6.5 几种常见的分子筛产品185

表6.6 A型分子筛一般性质186

表6.7 X型分子筛一般性质187

表6.8 Y型分子筛一般性质188

表6.9 几种商品分子筛规格188

表6.10 圆筒形分子筛床装载4A和5A型(1/8或1/16吋)分子筛长粒的磅数190

表6.11 5A型长粒分子筛的典型物理性质190

图6.1 5A型长粒分子筛的长度分布190

图6.2 5A型长粒分子筛的热容191

表6.12 单个分子筛长粒中的容积分布191

表6.13 分子筛床中的容积分布191

表6.14 分子筛的吸附特性192

三、长链正构烷烃在分子筛上的吸附

图6.3 正癸烷在5A型分子筛上的吸附等温线192

图6.4 正十二烷在5A型分子筛上的吸附等温线193

图6.5 正十四烷在5A型分子筛上的吸附等温线193

图6.6 正十八烷在5A型分子筛上的吸附等温线194

图6.7 $C_{10} \sim C_{15}$ 正构烷烃的饱和等温线194

表6.15 5A型分子筛对正构烷烃的

极限吸附体积195

表6.16 某些烃类在分子筛CaX和NaX上被吸附的百分数195

图6.8 吸附热($-\Delta H$)和正构烷烃碳数的关系195

表6.17 分子筛吸附正构烷烃的吸附热196

图6.9 正十四烷的电子等排物196

图6.10 微孔填充程度低时正十四烷吸附的可逆性196

图6.11 正十四烷在5A型分子筛上吸附的可逆性197

图6.12 $-\Delta H$ 和分子筛微孔填充程度的关系197

图6.13 被吸附正构烷烃的熵和被吸附量的关系197

图6.14 正十四烷的吸附动力学数据198

四、Molex法正异构烷烃的分离

表6.18 Molex中间装置加工 $C_{11} \sim C_{13}$ 煤油的结果198表6.19 Molex中间装置加工 $C_{11} \sim C_{14}$ 煤油的结果199表6.20 Molex中间装置加工 $C_{11} \sim C_{15}$ 煤油的结果199表6.21 Molex工业装置加工 $C_{11} \sim C_{15}$ 煤油的结果200表6.22 Molex工业装置加工 $C_{11} \sim C_{14}$ 煤油的结果200

表6.23 Molex中间装置提取宽馏份正构烷烃的结果201

五、水在分子筛上的吸附

图6.15 水蒸汽在4A、5A和13X型分子筛上吸附的典型等温线201

图6.16 水在4A型分子筛上吸附的等温线202

图6.17 水在各种吸附剂上的高温吸附等压线(10毫米汞柱)202

图6.18 不同相对湿度下三种吸附剂

的平衡吸水量	202	图7.4	液体三氯化铝的密度	211
表6.24 各种干燥剂在5%相对湿度时的吸附能力	203	图7.5	三氯化铝在大气压下的焓	211
图6.19 干燥剂之平衡水分含量	203	表7.6	三氯化铝热化学性质	211
表6.25 不同相对湿度下, 4A 林德分子筛的吸附能力同硅胶和活性氧化铝的比较	203	表7.7	一氯化铝(AlCl ₃ 气)热化学性质	211
表6.26 不同干燥剂(25℃时)平衡水蒸汽压	204	图7.6	三氯化铝蒸气压	212
图6.20 几种吸附剂的平衡吸附量与相对湿度的关系	204	图7.7	AlCl ₃ -H ₂ O 系统相图	212
表6.27 用分子筛床进行气体干燥的一般操作条件	204	表7.8	三氯化铝与烃类生成络合物的情况	212
图6.21 A 型分子筛的残留水分与再生温度及再生气露点的关系	205	表7.9	再生铝的络合物(红油)参数	212
表6.28 气体干燥时的一般设计吸水能力	205	表7.10	无水三氯化铝物理化学指标	212
图6.22 分子筛再生后的残留水分	205	图7.8	三氯化铝对材料的腐蚀性能	213
六、H₂S、CH₄ 等的吸附				
图6.23 硫化氢在 5A 和 13X 两种分子筛上的吸附	206	三、缩合泥脚		
图6.24 甲烷在菱沸石上吸附的典型等温线	206	表7.11	三氯化铝催化缩合泥脚的组成	214
表6.29 用八面沸石型分子筛脱除正构烷烃中的芳烃及硫	206	表7.12	烷基化红油组成、折光、比重	214
第七章 铝、三氯化铝和缩合泥脚				
一、铝				
表7.1 铝的一般性质	207	表7.13	泥脚回收重苯油	214
图7.1 铝的真实比热与温度的关系	207	图7.9	络合物泥脚在不同温度下的粘度	214
表7.2 铝的热化学性质	208	图7.10	络合物泥脚吸水后的粘度	214
图7.2 熔融铝的粘度与温度的关系	208	表7.14	水分对络合物泥脚粘度的影响(50℃)	215
表7.3 再生铝(各种牌号)的成分	209	图7.11	三氯化铝在络合物泥脚中的溶解度与温度的关系	215
图7.3 铝(熔融)对材料的腐蚀性能	209	图7.12	泥脚分离的沉降特性	215
表7.4 铝的规格	210	第八章 氟化氢		
一、综合常数				
二、三氯化铝				
表7.5 三氯化铝的性质	210	表8.1	氟化氢的一般性质	216
		图8.1	液态氟化氢的分子量	216
		表8.2	氟化氢水溶液的性质	216
		图8.2	96.6~100% 氟化氢水溶液的导电率	217
		图8.3	66~100% 氟化氢水溶液的导电率	218
		二、比重		

图8.4 无水氟化氢的比重 ($-80 \sim 100^{\circ}\text{C}$)	219	图8.20 无水氢氟酸的蒸气压-温度曲线	231
图8.5 氟化氢水溶液 ($0 \sim 100\%$ 重量/重量) 在 0°C 时的比重	220	图8.21 氢氟酸水溶液上的氟化氢蒸气压	231
图8.6 无水氢氟酸温度密度曲线	220	图8.22 氢氟酸-水混合物的沸点和蒸汽成分	232
图8.7 氟化氢-水溶液的密度	221	图8.23 氢氟酸溶液上方水蒸汽分压的等温线	232
三、比热		图8.24 氢氟酸溶液上方氟化氢分压的等温线	233
图8.8 氢氟酸水溶液的比热	221	图8.25 氟化氢分压与绝对温度倒数的关系 (在氢氟酸溶液中)	233
图8.9 无水氢氟酸的比热	221	图8.26 水分压与绝对温度倒数的关系 (在氢氟酸溶液中)	233
四、热力学性质		图8.27 氟化氢分压对数值与温度倒数的关系	233
表8.3 HF 的热力学位 $-\phi$	222	图8.28 水分压对数值与温度倒数的关系	234
表8.4 氟化氢 (g) 的热化学性质	222	图8.29 氟化氢和水平衡常数的比较	234
图8.10 无水 HF 的 S-T 线图	223	表8.11 HF- H_2O 体系中的沸点温度与平衡曲线	235
图8.11 无水 HF 的 H-T 线图	223	图8.30 HF- H_2SiF_6 - H_2O 系统的汽液平衡图	235
五、粘度		表8.12 HF- H_2SiF_6 - H_2O 系统汽液相组成和沸点的关系	236
图8.12 无水氢氟酸的粘度	224	七、溶解平衡	
图8.13 氢氟酸水溶液的粘度	224	图8.31 氢氟酸水溶液的冻点	237
六、相平衡		图8.32 无水氟化氢蒸气在 1 大气压下的表观分子量	238
图8.14 无水氟化氢的蒸汽压	225	图8.33 氢氟酸的积分溶解热	238
图8.15 液态氟化氢的蒸汽压	225	表8.13 氟化氢绝热吸收时的极限浓度	238
表8.5 HF 的蒸汽压	226	图8.34 氟化氢绝热吸收的 $y-x$ 图	239
表8.6 HF 水溶液上面 HF 与 H_2O 的分压	227	图8.35 氟化氢的稀释热	239
图8.16 HF- H_2O 体系中的 HF 分压	228	表8.14 氟化氢的溶解热	240
图8.17 HF- H_2O 体系中的 H_2O 分压	228	表8.15 氟化氢的标准溶解热 $\Delta H_{\text{m}}^{\circ}$ 和标准溶解自由能 $\Delta G_{\text{m}}^{\circ}$	240
表8.7 HF- H_2O 共沸混合物的组成与沸点	228		
表8.8 HF- H_2O 系统的共沸混合物	228		
表8.9 HF- H_2O 系的平衡	229		
图8.18 HF- H_2O 体系的蒸气压图	229		
表8.10 HF- H_2O 系统汽、液相组成和沸点的关系	230		
图8.19 氟化氢分压与温度的关系	231		

表8.16 氟化氢的中和热	240
---------------------	-----

八、生理反应

表8.17 氟化氢对生理的反应	240
-----------------------	-----

九、质量及规格

表8.18 氢氟酸的国家标准	241
表8.19 “制酸级”氟石规格	241
表8.20 氢氟酸分析	242
表8.21 日本氢氟酸规格	242
表8.22 日本无水氢氟酸的质量	242

十、其它

表8.23 无水氢氟酸和稀氢氟酸的包 装	243
图8.36 氟化氢对材料的腐蚀性能	244

第九章 氢氧化钠

一、综合常数

表9.1 氢氧化钠的一般性质	245
----------------------	-----

二、相平衡

图9.1 浓氢氧化钠溶液相图	245
表9.2 氢氧化钠溶液上的蒸气压之 一	246
表9.3 氢氧化钠溶液上的蒸气压之 二	246
表9.4 氢氧化钠溶液上的蒸气压之 三	247
图9.2 氢氧化钠溶液上的蒸气压曲 线	248
图9.3 氢氧化钠溶液结晶点(凝固 点)与温度的关系	248
表9.5 氢氧化钠溶液的浓度与凝固 点的关系	249

三、比重

表9.6 氢氧化钠溶液的比重	249
图9.4 氢氧化钠溶液的比重	250

四、比热

表9.7 氢氧化钠溶液的比热	250
图9.5 无水氢氧化钠的比热	251
图9.6 氢氧化钠比热容与浓度的关 系	251

五、溶解度和溶解热

表9.8 氢氧化钠在水中的溶解度	252
---------------------------	-----

图9.7 氢氧化钠在水中的溶解热图	253
----------------------------	-----

六、粘度

图9.8 氢氧化钠溶液的粘度曲线图	253
表9.9 氢氧化钠溶液的粘度	254

七、热性能

表9.10 氢氧化钠溶液在不同温度时 所含的热量	254
表9.11 氢氧化钠的热化学性质	255

八、热传导

图9.9 氢氧化钠溶液的导热系数	256
表9.12 氢氧化钠溶液的导热系数	257

九、质量规格

表9.13 氢氧化钠国家标准	257
图9.10 氢氧化钠对材料的腐蚀性能	258

第十章 硫

一、理化性质

表10.1 硫的一般性质	259
表10.2 液态硫的密度	259
表10.3 液态硫的粘度 η 及动力粘度 ν	260
图10.1 硫磺的粘度	260
表10.4 硫的溶解度 α	261

二、热化学性质

表10.5 硫(菱形体, 单斜晶体)热化 学性质	261
表10.6 硫(单原子气体)热化学性 质	262
表10.7 硫(二原子气体)热化学性 质	262
表10.8 硫(八原子气体) $S_8(g)$ 热 化学性质	263

三、热性能

图10.2 硫的比热	263
------------------	-----

图10.3 各种状态的水和硫的比热和温度的关系	264
图10.4 硫的蒸发热	264
表10.9 各种含硫原料燃烧时的热效应	264
表10.10 硫的热力学位—— ϕ	264

四、规格及其它

表10.11 在每小时燃烧10公斤硫的小型装置中 SO_2 浓度与空气消耗量的关系	265
表10.12 日本硫磺的规格	265

五、腐蚀性能

图10.5 硫对材料的腐蚀性能	266
图10.6 硫(充空气)对材料的腐蚀性能	267
图10.7 硫磺蒸气对材料的腐蚀性能	268

第十一章 二氧化硫

一、综合常数

表11.1 二氧化硫的一般性质	269
-----------------------	-----

二、密度和粘度

表11.2 气态 SO_2 的密度	270
表11.3 液态 SO_2 的密度	270
表11.4 液态 SO_2 的粘度 η 和动力粘度 ν	271
表11.5 气态 SO_2 的粘度 η 和动力粘度 ν	271

图11.1 SO_2 的对比粘度	272
图11.2 SO_2 气体粘度	273
图11.3 SO_2 的 $\mu-\mu^*$ 与对比密度的关系	274

表11.6 在相同温度下空气粘度与炉气粘度比较	274
表11.7 用空气焙烧硫铁矿时几种 SO_2 炉气的粘度	275

三、热性能

表11.8 气态 SO_2 的热容量 C	275
表11.9 液态 SO_2 的热容量 C	275
表11.10 几种气体的平均分子热容	276
图11.4 几种气体的热容量和温度的关系	276

关系	276
----------	-----

表11.11 液态 SO_2 的蒸发热 q	276
--	-----

图11.5 SO_2 的焓熵图	插页
--------------------------------	----

图11.6 二氧化硫气体平均分子比热图	277
---------------------------	-----

表11.12 SO_2 氧化为 SO_3 的反应热与温度的关系	277
---	-----

图11.7 $\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3$ 反应的反应热与温度的关系	278
---	-----

图11.8 二氧化硫导热系数图	278
-----------------------	-----

表11.13 几种气体之导热系数	278
------------------------	-----

表11.14 液态 SO_2 的导热系数	279
-------------------------------------	-----

表11.15 液态 SO_2 的膨胀系数	279
-------------------------------------	-----

表11.16 气态 SO_2 的平均膨胀系数	279
---------------------------------------	-----

表11.17 几种气体的热焓量	280
-----------------------	-----

表11.18 气体二氧化硫的热化学性质	280
---------------------------	-----

表11.19 SO_2 的热力学位—— ϕ	281
---	-----

四、蒸气压

表11.20 液态 SO_2 的蒸气压力 P_{SO_2}	281
表11.21 SO_2 蒸气在其水溶液上的分压	282
图11.9 SO_2 在图中所示浓度的水溶液中的分压	283

五、溶解、平衡及组成

表11.22 SO_2 在硫酸及发烟硫酸中的溶解度	283
--	-----

表11.23 $\text{SO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 系统	284
--	-----

表11.24 SO_2 在水中的溶解度 V_{SO_2} 及其饱和水溶液的浓度 G_{SO_2}	284
---	-----

图11.10 SO_2 吸收指标与其在气体中的浓度的关系	284
---	-----

图11.11 燃烧硫磺所得炉气中 SO_2 和 O_2 含量间的关系	284
--	-----

六、生理反应及污染

表11.25 SO_2 对生理的反应	285
-----------------------------------	-----

表11.26 SO_2 对人体的影响	285
-----------------------------------	-----

表11.27 各国 SO_2 的大气污染标准及硫氧化物的大气标准	285
---	-----

七、腐蚀性能

图11.12 二氧化硫对材料的腐蚀性能	286
---------------------	-----

第十二章 三氧化硫

一、综合常数

表12.1 三氧化硫(硫酐)的一般性质	287
表12.2 三氧化硫的理化常数	287
表12.3 固态 SO_3 的性质	287

二、密度、粘度和临界常数

表12.4 液态 SO_3 的密度	288
表12.5 液态 SO_3 的粘度	288
图12.1 三氧化硫水溶液在各种温度下的粘度	288

表12.6 $\text{SO}_3\text{-H}_2\text{O}$ 系的临界温度, 临界密度	289
---	-----

三、表面张力、膨胀系数

表12.7 液态 SO_3 的表面张力	289
表12.8 液态 SO_3 的膨胀系数	289

四、热性能

表12.9 液态 SO_3 的蒸发潜热	290
表12.10 SO_3 和 α -烯烃及烷基苯的反应式和反应热	290

表12.11 三氧化硫的熔化潜热	290
表12.12 气体三氧化硫的热化学性质	291

表12.13 五氧化二钒的热化学性质	291
表12.14 SO_3 的热力学位—— ϕ	292

五、相平衡

图12.2 硫酸溶液中三氧化硫的分压	292
--------------------	-----

图12.3 $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4(\text{气}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4(\text{液})$ 系统平衡状态曲线	292
---	-----

图12.4 $\text{H}_2\text{O-SO}_3$ 系统结晶图解	293
--	-----

表12.15 液态 SO_3 的蒸气压	293
------------------------------	-----

图12.5 三氧化硫在硫酸中的吸收率和酸浓度及温度的关系	293
------------------------------	-----

表12.16 三氧化硫的聚合物	294
-----------------	-----

六、溶解平衡

图12.6 气态 SO_3 在硫酸中的积分 S 及微分 ϕ 的溶解热	294
--	-----

表12.17 三氧化硫在硫酸和发烟硫酸中的微分溶解热	294
----------------------------	-----

表12.18 液态三氧化硫与水的混合热	295
---------------------	-----

七、生理反应

表12.19 SO_3 对生理的反应	296
-----------------------------	-----

八、腐蚀性能

图12.7 三氧化硫对材料的腐蚀性能	296
--------------------	-----

第十三章 硫酸、发烟硫酸和氯磺酸

一、密度

表13.1 硫酸及发烟硫酸溶液的浓度关系及密度(20℃时)	297
-------------------------------	-----

表13.2 硫酸及发烟硫酸密度修正值与温度的关系	302
--------------------------	-----

图13.1 40℃时硫酸和发烟硫酸的密度	302
----------------------	-----

图13.2 发烟硫酸换算 SO_3 的列线图解	302
----------------------------------	-----

二、热性能

图13.3 硫酸的浓度和比热	303
----------------	-----

图13.4 20℃时硫酸的比热	304
-----------------	-----

图13.5 硫酸溶液的比热	304
---------------	-----

表13.3 硫酸与发烟硫酸的热容量	304
-------------------	-----

表13.4 硫酸的导热系数	305
---------------	-----

表13.5 硫酸的熵、热容以及其生成熵、生成热和生成等压位	306
-------------------------------	-----

图13.6 硫酸的比热容与浓度的关系	306
--------------------	-----

三、粘度

表13.6 硫酸和发烟硫酸的粘度	306
------------------	-----

表13.7 在 0~75℃时硫酸的粘度	307
---------------------	-----