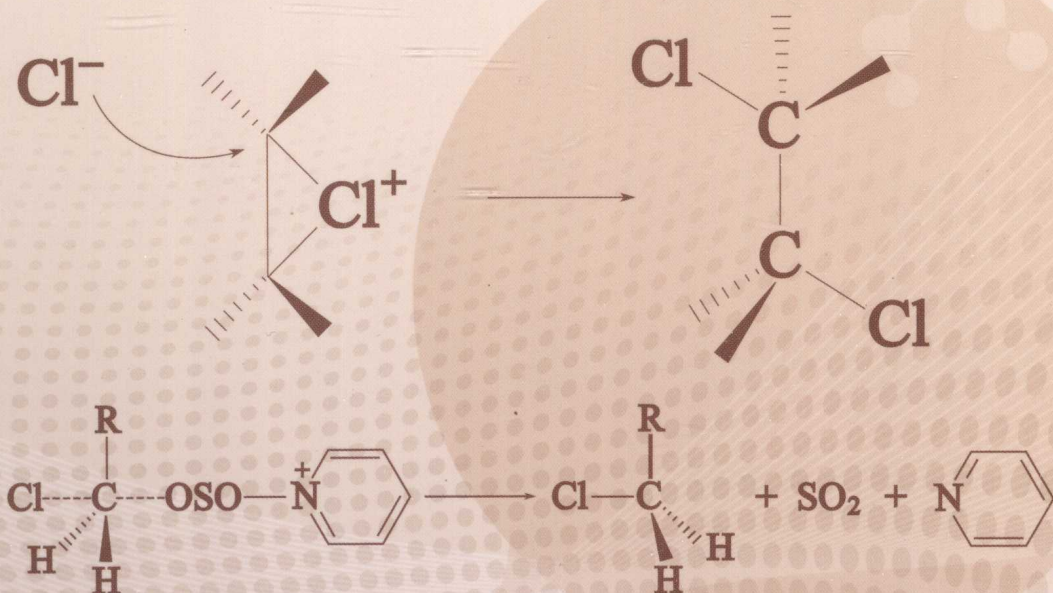


“十一五”国家重点图书

功能元素精细有机化学品
结构、性质与合成

含氯精细化学品

李和平 主编



化学工业出版社

“十一五”国家重点图书

功能元素精细有机化学品
结构、性质与合成

含氯精细化学品

李和平 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以含氯功能元素精细化学品为核心,详细介绍各类含氯精细化学品的物理性质及热力学数据、化学性质及结构、合成反应原理与工艺、用途和毒性等。全书分 16 章进行论述,主要内容包括含氯精细化学品概论、脂肪族氯碳精细化学品、芳香族氯碳精细化学品、氯醇精细化学品、氯酸类精细化学品、氯酚精细化学品、氯醛精细化学品、氯醚精细化学品、氯酮精细化学品、磺酰氯精细化学品、氯铵精细化学品、氯胺精细化学品、硝基氯苯精细化学品、氯腈精细化学品、氯氮六元杂环精细化学品、含氯精细高分子等。

全书编排新颖、层次清楚、系统全面、资料翔实,具有较强的理论性、学术性与实用性。系一部从事精细化工尤其是含氯精细化学品研究、开发、生产、教学、管理和应用人员的参考书;也可作为大专院校化学工程与工艺、精细化工、应用化学、高分子材料科学与工程等相关专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

含氯精细化学品/李和平主编. —北京:化学工业出版社, 2010.6

(“十一五”国家重点图书)

(功能元素精细有机化学品结构、性质与合成)

ISBN 978-7-122-08359-3

I. 含… II. 李… III. 氯-精细化工:有机化工-化工产品 IV. TQ124.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 075121 号

责任编辑:路金辉

文字编辑:林媛

责任校对:宋夏

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 28½ 字数 844 千字 2010 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:88.00 元

版权所有 违者必究

前言

PREFACE

精细化工对一个国家化学工业起着至关重要的促进与推动作用,属化工行业中最最新兴起的高新技术产业群,它在很大程度上反映着一个国家的发达程度、生态工业和综合技术水平。随着经济和社会的可持续发展,对精细化工提出了更高的要求。精细化工产品的生产涉及了化工科学技术中的多个层次,这是功能分子结构设计的依据,如原子层次上的 sp 区元素化学、官能团(介于原子与分子之间)层次的性质、分子和超分子层次上的化学等。当今精细化学品的生产过程力求原子经济性反应、高选择性、高反应率、环境友好的溶剂和工艺等。无论是分子的功能性或化学反应性,以及合成和应用中的基本科学技术等问题都与原子(元素)和分子性质有关。功能精细有机化学品分子结构中除了碳、氢、氧之外几乎所有分子当中都有特定功能元素,这些元素数量不多,但是作用很大。如含氯的精细化学品由于功能卤素元素的存在而表现出特定的物理化学性质、化学反应性和产品的功能性。

含氯精细化学品主要是指含有氯元素的精细有机和高分子化工产品。有机分子或高分子中引入氯原子可以改变分子的电荷分布和空间构型,形成特殊的电子效应、类氢模拟效应、阻碍效应、脂溶渗透效应、特殊的生物模拟效应,使含氯精细化学品为工业合成及在诸多行业和领域的应用奠定了基础。

含氯精细化学品是伴随氯碱工业发展起来的,随着我国有机氯工业的迅猛发展,我国已经成为全球氯产品主要生产国与消费国。精细化工是世界氯碱工业发展的前沿,已成为氯碱企业激烈竞争的焦点,并以强劲的加速度向高技术化、高附加值化、精细化、专用化方向发展。目前,含氯精细化学品已形成典型的精细化工“产品树”或“产品链”。而且更重要的是利用含氯精细化学品或中间体为原料,可大力开发衍生产品,如氯化石蜡树、氯化苯树、环氧丙烷树、对二氯苯树、氯乙酰氯树以及氯化苯树、环氧氯丙烷树等系列,具有广阔的发展前途和强大的生命力。近二十年来,含氯精细化学品是增长较为迅速的一类功能性精细化学品,广泛应用于材料、农药、医药、化工、建材、交通、电器、轻工、军工、塑料、机械、有机合成等行业和领域,深受国内外工业界、科技界的关注。一些重要产品产能、产量年均增长率甚至达到40%以上,产品的研发也得到了长足的发展。

作者在多年从事精细化工领域教学、科研工作的基础上,参阅并归纳整理国内外有关科技学术文献,特编写出版关于功能元素精细有机化学品结构、性质与合成方面的专著《含氯精细化学品》。该书以氯功能元素精细化学品为核心,相应精细化学品的物理性质及热力学数据、化学性质及结构、合成反应原理与工艺等都在书中进行了详细论述,并且比较研究了各类含氯精细化学品的应用与毒性能,便于全面掌握相关的精细化工科学技术知识。全书分16章进行论述,主要内容包括含氯精细化学品概论、脂肪族氯碳精细化学品、芳香族氯碳精细化学品、氯醇精细化学品、氯酸类精细化学品、氯酚精细化学品、氯醛精细化学品、氯醚精细化学品、氯酮精细化学品、磺酰氯精细化学品、氯铵精细化学品、氯胺精细化学品、硝基氯苯精细化学品、氯腈精细化学品、氯氮六元杂环精细化学品、含氯精细高分子。全书编排新颖、层次清楚、系统全面、资料翔实,具有较强的理论性、学术性与实用性。系一部从事含氯精细化学品研究、开发、生产、教学、管理和应用人员的参考书,对大专院校化学工程与工艺、精细化工、应用化学、制药工程、高分子材料科学与工程等相关专业的教学与科研也有一定的参考价值。

鉴于该书编写思想的科学性、创新性、系统性,该书被国家新闻出版总署列为国家“十一五”重点图书。出版以后必将对我国精细化工行业的发展起到积极的推动作用。

本书由李和平担任主编，冯光炷、魏文珑、孙建军、周宇涵担任副主编。参加本书编著的作者及编著章节如下：第1章、第5章、第16章由桂林理工大学李和平编著；第2章由仲恺农业工程学院冯光炷编著；第3章、第14章由太原理工大学魏文珑编著；第4章、第8章由大连理工大学周宇涵编著；第6章、第7章由李和平、桂林理工大学李东旭编著；第9章、第10章由李和平、桂林理工大学鲁勇编著；第11章、第13章、第15章由北京化工大学孙建军编著；第12章由仲恺农业工程学院黄雪编著；附录由周宇涵、李和平编著。全书由李和平教授统编、修改定稿。在全书历时五年的编写过程中得到教育部“长江学者”特聘教授、国家杰出青年基金获得者、大连理工大学博士生导师张淑芬教授的指导和帮助；桂林理工大学何利霞、牛春花、袁庆广、魏锦萍、欧辉、白国璠、江雄知、崔丽丽以及河南工业大学练园园、刘玲娜、唐克亚、肖伟娜等参与了部分文献资料的搜集及校对工作；书稿引用了一些国内外学者的研究成果、专著及文献；在此作者一并表示诚挚的谢意。

由于精细化工发展较快、涉及范围广，加之编著人员水平和资料收集等条件有限，本书难免有遗漏或不足之处，在此作者热忱希望广大读者批评指正。

作者 2010 年 3 月于
桂林理工大学

目录

CONTENTS

第 1 章 含氯精细化学品概论	1
1.1 氯及卤素元素的结构特性与基本物性规律	1
1.1.1 氯原子的结构特性	1
1.1.2 卤素元素的结构特性	1
1.1.3 卤素有机化合物的物性规律	3
1.2 含氯精细化学品的的光波谱性质	3
1.2.1 紫外光谱性质	3
1.2.2 红外光谱性质	3
1.2.3 核磁共振波谱性质	3
1.3 含氯精细化学品的分类	5
1.3.1 按特征元素与功能结构分类	5
1.3.2 按用途分类	5
1.4 含氯精细化学品的命名	5
1.4.1 氯碳精细化学品的命名	5
1.4.2 氯氧精细化学品的命名	6
1.4.3 磺酰氯精细化学品的命名	8
1.4.4 氯氮精细化学品的命名	8
1.5 引入氯原子的精细合成反应	9
1.5.1 常用引入氯原子反应的氯化剂	9
1.5.2 通过加成反应引入氯原子	10
1.5.3 通过氢的取代反应引入氯原子	11
1.5.4 氯取代羟基反应	15
1.5.5 重氮盐的氯代反应	17
1.5.6 氯取代硝基的反应	18
1.5.7 氯取代磺酸基的反应	19
1.5.8 芳烃的氯甲基化	19
1.6 含氯精细化学品的现状与特点	20
1.6.1 含氯精细化学品的现状	20
1.6.2 含氯精细化学品的生产与研发特点	21
1.6.3 含氯精细化学品的市场特点	21
1.7 含氯精细化学品的发展方向及前景	22
1.7.1 含氯精细化学品的宏观发展方向	22
1.7.2 含氯有机中间体的发展	22
1.7.3 含氯新型有机配体的发展	24
1.7.4 氯碱生产工艺的优化与循环经济持续发展	24
1.7.5 氯碱平衡与下游精细化学品的开发	24
1.7.6 氯碱下游含氯精细化学品清洁生产工艺进展	24
1.7.7 含氯阻燃剂的发展	25

1.7.8 光气系列产品的发展	26
1.7.9 含氯精细高分子的发展	26
参考文献	27

第2章 脂肪族氯碳精细化学品	29
-----------------------	-----------

2.1 脂肪族氯碳精细化学品的物理性质及热力学数据	29
2.1.1 甲烷氯化物的物理性质及热力学数据	30
2.1.2 乙烷氯化物的物理性质及热力学数据	30
2.1.3 氯代 $C_3 \sim C_5$ 烃的物理性质及热力学数据	31
2.1.4 乙烯氯化物的物理性质及热力学数据	35
2.1.5 无官能精细氯硅烷的物理性质	35
2.1.6 官能精细氯硅烷的物理性质	35
2.1.7 氯化石蜡的物理性质	36
2.2 脂肪族氯碳精细化学品的化学性质	38
2.2.1 脂肪族氯碳精细化学品的亲核取代反应及机理	38
2.2.2 脂肪族氯碳精细化学品的消除反应及机理	38
2.2.3 脂肪族氯碳精细化学品与金属的反应	42
2.2.4 脂肪族氯碳精细化学品的还原反应	44
2.2.5 甲烷氯化物的化学性质	44
2.2.6 乙烷氯化物的化学性质	48
2.2.7 氯代 $C_3 \sim C_5$ 烃的化学性质	49
2.2.8 乙烯氯化物的化学性质	49
2.2.9 无官能有机氯硅烷的化学性质	51
2.2.10 官能有机氯硅烷的化学性质	56
2.2.11 氯化石蜡的化学性质	56
2.3 甲烷氯化精细化学品的合成原理与生产工艺	58
2.3.1 甲烷氯化法	58
2.3.2 甲醇法	60
2.3.3 $C_1 \sim C_3$ 烃的全氯化	62
2.3.4 烃及其含氯化合物高压氯解法	63
2.4 乙烷氯化精细化学品的合成原理与生产工艺	64
2.4.1 通过氢氯化反应制造乙烷氯化精细化学品	64
2.4.2 通过取代氯化反应制造乙烷氯化精细化学品	65
2.4.3 通过加成氯化反应制造乙烷氯化精细化学品	66
2.4.4 通过氧氯化反应制造乙烷氯化物	66
2.5 氯代 $C_3 \sim C_5$ 烃精细化学品的合成原理与生产工艺	66
2.5.1 氯代 C_3 烃的合成原理与生产工艺	66
2.5.2 氯代 C_4 烃的合成原理与生产工艺	68
2.5.3 氯代 C_5 烃的合成原理与生产工艺	71
2.6 乙烯氯化精细化学品的合成原理与生产工艺	72
2.6.1 氯乙烯的合成原理与生产工艺	72
2.6.2 二氯乙烯的合成原理与生产工艺	80
2.6.3 三氯乙烯的合成原理与生产工艺	88
2.6.4 四氯乙烯的合成原理与生产工艺	92
2.7 无官能氯硅烷的合成原理与生产工艺	95
2.7.1 有机金属化学品法	95

2.7.2	加成法	100
2.7.3	缩合法	101
2.7.4	再分配法	105
2.7.5	直接法	110
2.8	官能氯硅烷的合成原理与生产工艺	117
2.8.1	有机金属化学品法	117
2.8.2	氢硅化加成法	117
2.8.3	热缩合法(氯代烃与 Si—H 键缩合)	118
2.8.4	烷基氯化法	119
2.9	氯化石蜡的合成原理与生产工艺	119
2.9.1	氯化石蜡的基本合成原理	119
2.9.2	生产工艺流程	119
2.10	脂肪族氯碳精细化学品的用途	120
2.10.1	甲烷氯化精细化学品的用途	120
2.10.2	乙烷氯化精细化学品的用途	121
2.10.3	氯代 C ₃ ~C ₅ 烃精细化学品的用途	122
2.10.4	乙烯氯化精细化学品的用途	122
2.10.5	无官能氯硅烷的用途	124
2.10.6	官能氯硅烷的用途	126
2.10.7	氯化石蜡的用途	127
2.11	脂肪族氯碳精细化学品的毒性	128
2.11.1	甲烷氯化精细化学品的毒性	128
2.11.2	乙烷氯化精细化学品的毒性	129
2.11.3	氯代 C ₃ ~C ₅ 烃精细化学品的毒性	130
2.11.4	乙烯氯化精细化学品的毒性	131
2.11.5	无官能氯硅烷的毒性	132
2.11.6	官能氯硅烷的毒性	133
2.11.7	氯化石蜡的毒性	134
	参考文献	134

第3章 芳香族氯碳精细化学品 138

3.1	芳香族氯碳精细化学品的物理性质及热力学数据	138
3.1.1	氯代苯的物理性质及热力学数据	138
3.1.2	氯代甲苯的物理性质及热力学数据	138
3.1.3	氯代联苯的物理性质及热力学数据	139
3.1.4	氯萘的物理性质及热力学数据	141
3.1.5	苄基氯的物理性质及热力学数据	141
3.1.6	氯二甲苯的物理性质及热力学数据	142
3.1.7	苯基氯硅烷的物理性质	142
3.2	芳香族氯碳精细化学品的化学性质	143
3.2.1	芳环上氯原子的亲核取代反应	143
3.2.2	芳环上氯原子的亲电取代反应	144
3.2.3	芳环上氯原子的还原反应	145
3.2.4	氯代苯的化学性质	146
3.2.5	氯代甲苯的化学性质	148
3.2.6	氯代联苯的化学性质	149

3.2.7 氯萘的化学性质	149
3.2.8 苊基氯的化学性质	150
3.2.9 苯基氯硅烷的化学性质	151
3.3 氯苯精细化学品的合成原理与生产工艺	152
3.3.1 苯液相氯化法	152
3.3.2 苯氧氯化法	154
3.3.3 苯的其他氯化法	154
3.3.4 氯苯的工业生产实例	155
3.4 氯甲苯的合成原理与生产工艺	162
3.4.1 氯甲苯的基本合成方法与工艺	162
3.4.2 氯甲苯的合成原理与生产工艺实例	162
3.5 氯二甲苯与氯联苯的合成原理与生产工艺	171
3.5.1 氯二甲苯的合成原理与生产工艺	171
3.5.2 氯联苯的合成原理与生产工艺	171
3.6 氯萘的合成原理与生产工艺	171
3.6.1 氯萘的基本生产工艺方法	171
3.6.2 氯萘的合成原理与生产工艺实例	171
3.7 苊基氯的合成原理与生产工艺	173
3.7.1 工业合成苊基氯的原理与方法	173
3.7.2 由甲苯氯化生产氯化苊的合成原理与生产工艺	174
3.7.3 苊基氯、亚苊基二氯和次苊基三氯的芳环氯代衍生物的合成原理与生产工艺	175
3.8 苯基氯硅烷的合成原理与生产工艺	182
3.8.1 Grignard 法	182
3.8.2 三氯硅烷与苯热缩合	182
3.8.3 三氯硅烷与氯苯热缩合	182
3.8.4 直接合成法	183
3.9 芳香族氯碳精细化学品的用途	183
3.9.1 氯苯的用途	183
3.9.2 氯甲苯的用途	184
3.9.3 氯联苯的用途	185
3.9.4 氯萘的用途	185
3.9.5 苊基氯的用途	185
3.9.6 氯二甲苯的用途	186
3.9.7 苯基氯硅烷的用途	186
3.10 芳香族氯碳精细化学品的毒性	186
3.10.1 氯苯的毒性	186
3.10.2 氯甲苯的毒性	187
3.10.3 氯联苯的毒性	187
3.10.4 氯萘的毒性	187
3.10.5 苊基氯的毒性	188
3.10.6 氯二甲苯的毒性	188
3.10.7 苯基氯硅烷的毒性	188
参考文献	188

第 4 章 氯醇精细化学品

191

4.1 氯醇的物理性质及热力学数据	191
-------------------------	-----

4.2 氯醇的化学性质	192
4.2.1 环化反应	192
4.2.2 酯化反应	192
4.2.3 氧化反应	192
4.2.4 与醇类或酚类反应	192
4.2.5 醇醛缩合反应	192
4.2.6 与氨(胺)反应	192
4.2.7 取代反应	193
4.2.8 与叠氮化合物反应	193
4.3 氯醇的合成原理及生产工艺	193
4.3.1 氯乙醇的合成原理及生产工艺	193
4.3.2 氯丙醇的合成原理及生产工艺	194
4.3.3 一氯丙二醇的合成原理及生产工艺	195
4.3.4 二氯丙醇的合成原理及生产工艺	196
4.3.5 三氯叔丁醇的合成原理及生产工艺	197
4.3.6 丁烯氯醇化物的合成原理及生产工艺	197
4.3.7 苯乙烯氯醇化物的合成原理及生产工艺	198
4.4 氯醇的用途	198
4.5 氯醇的毒性	199
4.5.1 氯乙醇的毒性	199
4.5.2 氯丙醇的毒性	199
4.5.3 苯乙烯氯醇化物的毒性	199
参考文献	200

第5章 氯酸类精细化学品

201

5.1 氯酸精细化学品的物理性质及热力学数据	201
5.1.1 脂肪族氯酸的物理性质及热力学数据	201
5.1.2 芳香族氯酸精细化学品的物理性质及热力学数据	202
5.1.3 氯酯精细化学品的物理性质及热力学数据	202
5.1.4 酰氯精细化学品的物理性质及热力学数据	204
5.2 氯酸精细化学品的化学性质	207
5.2.1 脂肪族氯酸的化学性质	207
5.2.2 芳香族氯酸的化学性质	208
5.2.3 氯酯的化学性质	208
5.2.4 酰氯的化学性质	210
5.3 脂肪族氯酸精细化学品的合成原理与生产工艺	215
5.3.1 氯乙酸的合成原理与生产工艺	215
5.3.2 二氯乙酸的合成原理与生产工艺	217
5.3.3 三氯乙酸的合成原理与生产工艺	218
5.3.4 2-氯丙酸的合成原理与生产工艺	218
5.3.5 2,2-二氯丙酸的合成原理与生产工艺	219
5.3.6 γ -氯代丁酸的合成原理与生产工艺	220
5.3.7 α -氯代异丁酸的合成原理与生产工艺	220
5.3.8 糠氯酸的合成原理与生产工艺	220
5.4 芳香族氯酸的合成原理与生产工艺	221

5.4.1	氯苯甲酸类精细化学品的合成原理与生产工艺	221
5.4.2	其他氯苯酸的合成原理与生产工艺	229
5.5	氯酯的合成原理与生产工艺	232
5.5.1	氯甲酸酯的合成原理与生产工艺	232
5.5.2	双光气的合成原理与生产工艺	233
5.5.3	乙酸-3-氯丙酯的合成原理与生产工艺	235
5.5.4	氯乙酸甲酯的合成原理与生产工艺	235
5.5.5	二氯乙酸甲酯的合成原理与生产工艺	236
5.5.6	氯乙酸乙酯的合成原理与生产工艺	236
5.5.7	氯乙酸异丙酯的合成原理与生产工艺	238
5.5.8	γ -氯代丁酸甲酯的合成原理与生产工艺	238
5.5.9	2-氯苯甲酸乙酯的合成原理与生产工艺	239
5.6	酰氯的合成原理与生产工艺	239
5.6.1	氯乙酰的合成原理与生产工艺	239
5.6.2	光气的合成原理与生产工艺	240
5.6.3	丙酰氯的合成原理与生产工艺	240
5.6.4	α -甲基丙烯酰氯的合成原理与生产工艺	240
5.6.5	三甲基乙酰氯的合成原理与生产工艺	241
5.6.6	辛酰氯的合成原理与生产工艺	242
5.6.7	月桂酰氯的合成原理与生产工艺	242
5.6.8	草酰氯的合成原理与生产工艺	243
5.6.9	氯乙酰氯的合成原理与生产工艺	243
5.6.10	二甲氨基甲酰氯的合成原理与生产工艺	245
5.6.11	苯甲酰氯的合成原理与生产工艺	246
5.6.12	对苯二甲酰氯的合成原理与生产工艺	250
5.6.13	邻氯苯甲酰氯的合成原理与生产工艺	251
5.6.14	间甲基苯甲酰氯的合成原理与生产工艺	252
5.6.15	2,4-二氯苯甲酰氯的合成原理与生产工艺	252
5.6.16	N-氯甲基-N-苯基氨基甲酰氯的合成原理与生产工艺	253
5.6.17	3,5-二硝基苯甲酰氯的合成原理与生产工艺	253
5.6.18	间硝基苯甲酰氯的合成原理与生产工艺	253
5.6.19	对硝基苯甲酰氯的合成原理与生产工艺	254
5.6.20	α -异丙基对氯苯基乙酰氯的合成原理与生产工艺	255
5.6.21	水杨酰氯的合成原理与生产工艺	256
5.6.22	乙酰水杨酰氯的合成原理与生产工艺	256
5.6.23	乙酰基扁桃酸酰氯的合成原理与生产工艺	256
5.6.24	糠酰氯的合成原理与生产工艺	257
5.6.25	2-噻吩乙酰氯的合成原理与生产工艺	258
5.7	氯酸精细化学品的用途	258
5.7.1	脂肪族氯酸的用途	258
5.7.2	芳香族氯酸的用途	259
5.7.3	氯酯的用途	259
5.7.4	酰氯的用途	260
5.8	氯酸精细化学品的毒性	261
5.8.1	脂肪族氯酸的毒性	261

5.8.2 芳香族氯酸的毒性	262
5.8.3 氯酯的毒性	262
5.8.4 酰氯的毒性	262
参考文献	263

第6章 氯酚精细化学品	265
--------------------	------------

6.1 氯酚精细化学品的物理化学性质及热力学数据	265
6.2 单氯酚精细化学品的合成原理与生产工艺	266
6.2.1 邻氯苯酚的合成原理与生产工艺	267
6.2.2 间氯苯酚的合成原理与生产工艺	267
6.2.3 对氯苯酚的合成原理与生产工艺	268
6.3 二氯酚的合成原理与生产工艺	268
6.3.1 2,3-二氯酚的合成原理与生产工艺	268
6.3.2 2,4-二氯酚的合成原理与生产工艺	269
6.3.3 2,5-二氯酚的合成原理与生产工艺	270
6.3.4 2,6-二氯酚的合成原理与生产工艺	270
6.4 三氯酚的合成原理与生产工艺	272
6.4.1 2,4,5-三氯酚的合成原理与生产工艺	272
6.4.2 2,4,6-三氯酚的合成原理与生产工艺	273
6.5 五氯酚的合成原理与生产工艺	274
6.5.1 以苯酚为原料制备五氯酚	274
6.5.2 以六氯苯为原料制备五氯酚	274
6.6 其他氯酚类精细化学品的生产工艺	275
6.6.1 4-氯间苯二酚的合成原理与生产工艺	275
6.6.2 4-氯-3-甲苯酚的合成原理与生产工艺	275
6.6.3 6-氯-3-甲苯酚的合成原理与生产工艺	275
6.6.4 2,6-二氯对甲苯酚的合成原理与生产工艺	276
6.6.5 4-氯-3,5-二甲苯酚的合成原理与生产工艺	276
6.6.6 对氯邻硝基苯酚的合成原理与生产工艺	276
6.6.7 2,6-二氯对硝基苯酚的合成原理与生产工艺	277
6.7 氯酚精细化学品的用途	277
6.7.1 除草剂及植物生长调节剂	277
6.7.2 农药用杀菌剂	277
6.7.3 防腐剂和防霉剂	277
6.7.4 农药杀虫剂	278
6.7.5 医药和染料中间体	278
6.8 氯酚精细化学品的毒性	278
参考文献	279

第7章 氯醛精细化学品	280
--------------------	------------

7.1 氯醛精细化学品的物理性质及热力学数据	280
7.1.1 脂肪族氯醛精细化学品的物理性质及热力学数据	280
7.1.2 芳香族氯醛精细化学品的物理性质及热力学数据	280
7.2 氯醛精细化学品的化学性质	281
7.2.1 脂肪族氯醛精细化学品的化学性质	281

7.2.2 芳香族氯醛精细化学品的化学性质	281
7.3 脂肪族氯醛精细化学品的合成原理与生产工艺	282
7.3.1 氯乙醛精细化学品的合成原理与生产工艺	282
7.3.2 二氯乙醛精细化学品的合成原理与生产工艺	282
7.3.3 三氯乙醛精细化学品的合成原理与生产工艺	282
7.3.4 醇合三氯乙醛精细化学品的合成原理与生产工艺	283
7.3.5 水合氯醛精细化学品的合成原理与生产工艺	283
7.3.6 3-氯代巴豆醛精细化学品的合成原理与生产工艺	283
7.4 芳香族氯醛精细化学品的合成原理与生产工艺	284
7.4.1 邻氯苯甲醛精细化学品的合成原理与生产工艺	284
7.4.2 间氯苯甲醛精细化学品的合成原理与生产工艺	285
7.4.3 对氯苯甲醛精细化学品的合成原理与生产工艺	286
7.4.4 2,3-二氯苯甲醛精细化学品的合成原理与生产工艺	287
7.4.5 2,4-二氯苯甲醛精细化学品的合成原理与生产工艺	288
7.4.6 2,6-二氯苯甲醛精细化学品的合成原理与生产工艺	289
7.4.7 3,4-二氯苯甲醛精细化学品的合成原理与生产工艺	290
7.4.8 3,5-二氯-4-羟基苯甲醛精细化学品的合成原理与生产工艺	291
7.4.9 5-氯-2-硝基苯甲醛精细化学品的合成原理与生产工艺	291
7.5 氯醛精细化学品的用途和毒性	292
7.5.1 脂肪族氯醛精细化学品的用途和毒性	292
7.5.2 芳香族氯醛精细化学品的用途和毒性	293
参考文献	293

第8章 氯醚精细化学品 294

8.1 氯醚精细化学品的物理性质及热力学数据	294
8.2 氯醚精细化学品的化学性质	295
8.2.1 分解反应	295
8.2.2 脱氯反应	295
8.3 氯醚精细化学品的合成原理与生产工艺	295
8.3.1 氯甲醚的合成原理与生产工艺	295
8.3.2 二氯甲醚的合成原理与生产工艺	295
8.3.3 双(氯乙基)醚的合成原理与生产工艺	295
8.3.4 2,3-二氯苯甲醚的合成原理与生产工艺	296
8.3.5 苄基氯甲基醚的合成原理与生产工艺	297
8.3.6 2-硝基-4-氯苯甲醚的合成原理与生产工艺	297
8.3.7 4-氯-2-硝基二苯醚的合成原理与生产工艺	298
8.3.8 2'-氯-4-硝基二苯醚的合成原理与生产工艺	298
8.3.9 4,4'-二氯-2-硝基二苯醚的合成原理与生产工艺	298
8.3.10 对氯邻氨基苯甲醚的合成原理与生产工艺	298
8.3.11 4-氯-2-氨基二苯醚的合成原理与生产工艺	299
8.3.12 2,4,4'-三氯-2'-氨基二苯醚的合成原理与生产工艺	299
8.3.13 除草醚的合成原理与生产工艺	300
8.3.14 草枯醚的合成原理与生产工艺	300
8.3.15 甲酯除草醚的合成原理与生产工艺	301
8.4 氯醚精细化学品的用途	301
8.5 氯醚精细化学品的毒性	302

参考文献	302
第9章 氯酮精细化学品	303
9.1 氯酮精细化学品的物理性质及热力学数据	303
9.2 氯酮精细化学品的化学性质	304
9.2.1 分解反应	304
9.2.2 酯化反应	304
9.2.3 缩合反应	304
9.3 氯酮精细化学品的合成原理与生产工艺	304
9.3.1 氯丙酮精细化学品的合成原理与生产工艺	304
9.3.2 1,3-二氯丙酮精细化学品的合成原理与生产工艺	306
9.3.3 1,1,3-三氯丙酮精细化学品的合成原理与生产工艺	307
9.3.4 邻氯环己酮精细化学品的合成原理与生产工艺	307
9.3.5 2,2,6,6-四氯环己酮精细化学品的合成原理与生产工艺	307
9.3.6 6-氯-2-己酮精细化学品的合成原理与生产工艺	307
9.3.7 对氯苯乙酮精细化学品的合成原理与生产工艺	308
9.3.8 邻氯苯乙酮精细化学品的合成原理与生产工艺	308
9.3.9 异丙基-4-氯苯甲酮精细化学品的合成原理与生产工艺	309
9.3.10 环丙基-4-氯苯甲酮精细化学品的合成原理与生产工艺	310
9.3.11 1-氯-3-苯基丙酮精细化学品的合成原理与生产工艺	310
9.3.12 苯乙烯对氯苯甲酮精细化学品的合成原理与生产工艺	310
9.3.13 邻氯二苯甲酮精细化学品的合成原理与生产工艺	310
9.3.14 对氯二苯甲酮精细化学品的合成原理与生产工艺	311
9.3.15 2,5-二氯苯乙酮精细化学品的合成原理与生产工艺	311
9.3.16 α -氯代苯乙酮精细化学品的合成原理与生产工艺	311
9.3.17 4-羟基-4'-氯二苯甲酮的合成原理与生产工艺	311
9.3.18 5-氯-2-氨基二苯甲酮的合成原理与生产工艺	312
9.3.19 γ -氯代对氟苯丁酮精细化学品的合成原理与生产工艺	313
9.3.20 2,4-二氯-5-氟苯乙酮精细化学品的合成原理与生产工艺	313
9.3.21 盐酸氯胺酮精细化学品的合成原理与生产工艺	314
9.4 氯酮精细化学品的用途	315
9.5 氯酮精细化学品的毒性	315
参考文献	316
第10章 磺酰氯精细化学品	317
10.1 磺酰氯精细化学品的物理性质	317
10.2 磺酰氯精细化学品的化学性质	317
10.3 烷烃磺酰氯精细化学品的合成原理与生产工艺	318
10.3.1 烷烃氯磺化机理	318
10.3.2 烷烃氯磺化方法	319
10.3.3 烷烃氯磺化的工艺流程	320
10.3.4 烷基磺酰氯的生产工艺实例	320
10.4 芳烃磺酰氯的合成原理与生产工艺	324
10.4.1 芳烃用氯磺酸氯磺化机理	324
10.4.2 芳烃类氯磺化方法	324

10.4.3	芳烃氯磺化工艺流程	326
10.4.4	芳烃磺酰氯的生产工艺实例	327
10.5	磺酰氯精细化学品的用途和毒性	329
10.5.1	合成磺酸盐	329
10.5.2	合成磺酰酚酯	329
10.5.3	合成磺酰胺	329
10.5.4	合成磺酐及二硫化物	329
10.5.5	合成亚磺酸及砒	329
	参考文献	329

第 11 章 氯铵精细化学品 331

11.1	氯铵精细化学品的物理化学性质	331
11.2	氯铵精细化学品的合成原理与生产工艺	331
11.2.1	氯化胆碱的合成原理与生产工艺	331
11.2.2	三乙苄基氯化铵的合成原理与生产工艺	333
11.2.3	三丁苄基氯化铵的合成原理与生产工艺	333
11.2.4	十二烷基二甲基苄基氯化铵的合成原理与生产工艺	333
11.2.5	氯化十二烷基三甲基铵的合成原理与生产工艺	334
11.2.6	氯化十六烷基三甲基铵的合成原理与生产工艺	334
11.2.7	十八烷基二甲基苄基氯化铵的合成原理与生产工艺	334
11.2.8	氯化十八烷基三甲基铵的合成原理与生产工艺	335
11.2.9	氯化双辛基二甲基铵的合成原理与生产工艺	335
11.2.10	氯化双十八烷基二甲基铵的合成原理与生产工艺	335
11.2.11	氯化硬脂酰胺乙基二乙苄基铵的合成原理与生产工艺	336
11.2.12	甲基丙烯酰氧基乙基三甲基氯化铵的合成原理与生产工艺	336
11.3	氯铵精细化学品的用途	337
11.4	氯铵精细化学品的毒性	337
	参考文献	338

第 12 章 氯胺精细化学品 339

12.1	氯胺精细化学品的物理性质及热力学数据	339
12.1.1	脂肪族氯胺精细化学品的物理性质	339
12.1.2	芳香族氯胺精细化学品的物理性质及热力学数据	339
12.2	氯胺精细化学品的化学性质	340
12.2.1	烷基化反应	340
12.2.2	酰基化反应	340
12.2.3	缩合反应	340
12.3	脂肪族氯胺精细化学品的合成原理与生产工艺	340
12.3.1	2-氯乙胺（盐酸盐）的合成原理与生产工艺	340
12.3.2	N,N-二甲基-2-氯丙胺（盐酸盐）的合成原理与生产工艺	341
12.3.3	N,N-二甲基-3-氯丙胺（盐酸盐）的合成原理与生产工艺	341
12.3.4	N,N-二甲基-2,3-二氯丙胺的合成原理与生产工艺	342
12.3.5	N,N-二乙基-2-氯乙胺（盐酸盐）的合成原理与生产工艺	342
12.4	芳香族氯胺精细化学品的合成原理与生产工艺	342
12.4.1	单氯苯胺的合成原理与生产工艺	342

12.4.2	氯甲苯胺的合成原理与生产工艺	345
12.4.3	二氯苯胺的合成原理与生产工艺	347
12.4.4	三氯苯胺的合成原理与生产工艺	354
12.4.5	氯硝基苯胺的合成原理与生产工艺	355
12.4.6	其他氯苯胺的合成原理与生产工艺	358
12.5	氯胺精细化学品的用途	361
12.5.1	脂肪族氯胺精细化学品的用途	361
12.5.2	芳香族氯胺精细化学品的用途	361
12.6	氯胺精细化学品的毒性	363
12.6.1	脂肪族氯胺精细化学品的毒性	363
12.6.2	芳香族氯胺精细化学品的毒性	363
	参考文献	363
第 13 章 硝基氯苯精细化学品		364
13.1	硝基氯苯精细化学品的物理性质	364
13.2	硝基氯苯精细化学品的化学性质	365
13.2.1	单硝基氯苯的化学性质	365
13.2.2	其他硝基氯苯的化学性质	365
13.3	硝基氯苯精细化学品的合成原理与生产工艺	366
13.3.1	单硝基氯苯的合成原理与生产工艺	366
13.3.2	其他硝基氯苯的合成原理与生产工艺	369
13.4	硝基氯苯精细化学品的用途	376
13.4.1	染料及香料工业	376
13.4.2	医药及农药工业	376
13.5	硝基氯苯精细化学品的毒性	377
	参考文献	377
第 14 章 氯腈精细化学品		378
14.1	氯腈精细化学品的物理性质及热力学数据	378
14.2	氯腈精细化学品的化学性质	378
14.2.1	与硝酸反应	378
14.2.2	与 Grignard 试剂反应	379
14.3	氯腈精细化学品的合成原理与生产工艺	379
14.3.1	氯乙腈	379
14.3.2	二氯乙腈	379
14.3.3	三氯乙腈	379
14.3.4	3-氯丙腈	379
14.3.5	4-氯丁腈	379
14.3.6	邻氯苯甲腈	380
14.3.7	邻氯苯乙腈	380
14.3.8	对氯苯乙腈	380
14.3.9	2,5-二氯苯甲腈	380
14.3.10	2,6-二氯苯甲腈	381
14.3.11	百菌清	382
14.3.12	α -异丙基对氯苯基乙腈	383

14.3.13 2-氯-5-硝基苯腈	384
14.4 氯腈精细化学品的用途	384
14.5 氯腈精细化学品的毒性	384
参考文献	385
 第15章 氯氮六元杂环精细化学品	 386
15.1 氯氮六元杂环精细化学品的物理性质及热力学数据	386
15.1.1 单异原子氯氮六元杂环精细化学品的物理性质及热力学数据	386
15.1.2 多异原子氯氮六元杂环精细化学品的物理性质及热力学数据	386
15.2 氯氮六元杂环精细化学品的化学性质	387
15.2.1 吡啶的化学性质	387
15.2.2 喹啉的化学性质	387
15.2.3 三聚氯氰的化学性质	387
15.3 单异原子氯氮六元杂环精细化学品的合成原理与生产工艺	388
15.3.1 2-氯吡啶的合成原理与生产工艺	388
15.3.2 2,3,5-三氯吡啶的合成原理与生产工艺	388
15.3.3 2-氯甲基吡啶的合成原理与生产工艺	389
15.3.4 2-氯-5-三氟甲基吡啶的合成原理与生产工艺	389
15.3.5 4-氯-2-丙基吡啶的合成原理与生产工艺	390
15.3.6 2-对氯苯甲基吡啶的合成原理与生产工艺	390
15.3.7 3,5,6-三氯-2-羟基吡啶的合成原理与生产工艺	391
15.3.8 2-氯-5-硝基吡啶的合成原理与生产工艺	391
15.3.9 5-氯喹啉的合成原理与生产工艺	391
15.3.10 4,7-二氯喹啉的合成原理与生产工艺	392
15.3.11 7-氯-4-羟基喹啉的合成原理与生产工艺	393
15.3.12 5,7-二氯-8-羟基喹啉的合成原理与生产工艺	393
15.3.13 4-氯喹哪啶的合成原理与生产工艺	393
15.3.14 6,9-二氯-2-甲氧基吡啶的合成原理与生产工艺	394
15.4 多异原子氯氮六元杂环精细化学品的合成原理与生产工艺	394
15.4.1 3,6-二氯哒嗪的合成原理与生产工艺	394
15.4.2 1-氯酞嗪的合成原理与生产工艺	395
15.4.3 二氯酞嗪的合成原理与生产工艺	395
15.4.4 4,6-二氯嘧啶的合成原理与生产工艺	395
15.4.5 2-氨基-4,6-二氯嘧啶的合成原理与生产工艺	396
15.4.6 4-氯-2,6-二氨基嘧啶的合成原理与生产工艺	396
15.4.7 4-氨基-2,6-二氯嘧啶的合成原理与生产工艺	396
15.4.8 4-对氯苯-4-羟基嘧啶	397
15.4.9 3-氯甲基-4-氧代-1,2,3-苯并三嗪	398
15.4.10 三聚氯氰	398
15.5 氯氮六元杂环精细化学品的用途	400
15.5.1 单异原子氯氮六元杂环精细化学品的用途	400
15.5.2 多异原子氯氮六元杂环精细化学品的用途	400
15.6 氯氮六元杂环精细化学品的毒性	401
15.6.1 单异原子氯氮六元杂环精细化学品的毒性	401