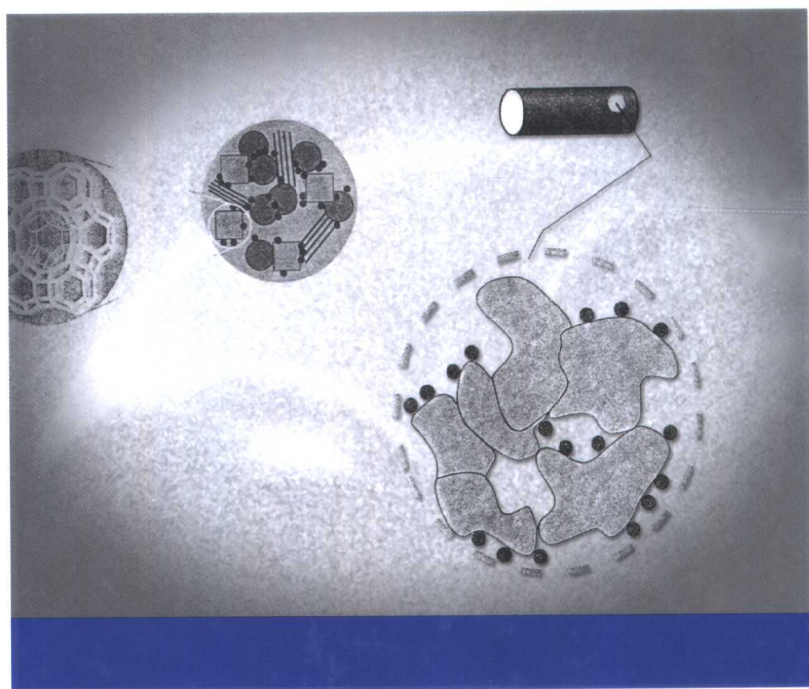


《工业催化剂手册》编委会 组织编写
黄仲涛 主编

工业催化剂手册



Chemical Industry Press



化学工业出版社
化学与应用化学出版中心

工业催化剂手册

《工业催化剂手册》编委会 组织编写
黄仲涛 主编



化学工业出版社
化学与应用化学出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

工业催化剂手册/《工业催化剂手册》编委会组织编写;黄仲涛主编. —北京:化学工业出版社,2004.6
ISBN 7-5025-5872-1

I. 工… II. ①工…②黄… III. 催化剂-手册
IV. TQ426-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 077332 号

工业催化剂手册

《工业催化剂手册》编委会 组织编写

黄仲涛 主编

责任编辑:郭乃铎

责任校对:蒋宇

封面设计:郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
化学与应用化学出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 52½ 字数 1301 千字

2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5872-1/TQ·2040

定 价:120.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

第一版前言

我国塑料加工工业获得迅速发展，塑料制品广泛应用于工业、农业、交通运输业、军工、文教卫生和人民生活的各个领域，因此关注塑料制品生产的人们日益增多。为了适应我国蓬勃发展的塑料工业的需要和满足各行各业人员了解、掌握塑料制品生产基本知识的渴望，我们编写了这本手册。

本手册系统介绍了 38 大类 226 种塑料制品生产技术的基本情况，内容主要包括各种塑料制品的原材料配方、生产工艺流程、生产工艺控制参数、生产设备、产品标准、国内主要生产厂家等。

本书由河北省塑料工程学会组织编写，学会副理事长吴培熙、王祖玉任主编，其他主要编写人员有：景志坤、沈志刚、王进伍、王凤然、周振林、王爱珍、夏敏、陆作谬、王正侠、吴云琴、王泽军、谭平、秦秀杰、魏跃成、张殿杰等。此外，李宗国、李宗炎、王惠琼、金莲娣、宋宗升、秦玉军、杨丹、李景顺、苏学位、谢光贤、杜秀君、李新光、丁雨泽、卢振琦、郭玉敏、王福玲、李茂隆、马绍曾、宋秀玲、王金生、高乐、葛同江、赵须辰、胡志刚、王中明、李文章、李晓峰、张乔、李素华等也参加了编写工作。

我国塑料工程界著名专家、中国塑料工程学会副理事长陈文瑛高级工程师热情支持本书的编写并为本书作序。本书在编写过程中还得到了河北省塑料公司、河北省塑料科技情报站的大力支持和帮助，在此一并表示深切的谢意。

本书以产品类型分类，这是一次新的尝试。由于我们水平所限以及资料收集的某些困难（例如技术保密的原因），所以本书不尽完善，甚至谬误之处在所难免，我们恳请广大读者给以批评指正。

编 者

1988 年 7 月

第二版前言

近十余年我国塑料加工工业一直持续快速发展，塑料制品在工业、农业、文教卫生、交通运输业、军事工程以及人民生活的各个领域获得越来越广泛的应用，因此从事和关注塑料、塑料制品研究、生产与应用开发的人们也日益增多。为了适应我国蓬勃发展的塑料工业的需要和满足塑料工程界以及各行各业人员了解、掌握塑料制品生产基本知识的渴望，我们在1988年完成了《塑料制品生产工艺手册》（第一版）一书的编写，并于1991年出版发行。

该书以产品类型分类（不是以成型加工方法分类）加以介绍，是一次新的尝试，也是与众多有关塑料专业出版物不同的一大特点；该书由我们主编，同时还邀请了许多在塑料制品生产第一线工作多年并富有经验的工程技术人员参加了编写（名单详见该书第一版前言），内容全面，讲求实际，结合国情构成了该书的另一特点。

我国塑料工程界著名专家、中国塑料工程学会副理事长、原轻工部塑料局陈文瑛总工非常支持我们的编撰工作，并欣然为该书作序。在陈总当年写的序言中，对发展塑料工业的重要性给予了精辟的阐述，同时充分肯定了该书的上述特点，指出该书“不仅是我国塑料制品生产工艺的总汇，更是适应塑料加工企业、应用设计部门、供销部门以及专业院校中的科技、经济和教学工作者需要的必备参考资料”。在序言中，陈总还热情向读者推荐该书，并称赞该书的编写是一项“大工程”，还提出“希望今后定期加以充实、完善和更新，以适应我国塑料工业的快速发展”。

正是在陈总的殷切希望、化工出版社龚浏澄编审的热情支持以及广大读者强烈的需求（该书已五次印刷，发行2万余册，仍供不应求）激励下，我们在去年又开始着手本书（即第二版）的编写。参加过第一版编写的人员中，大多数由于工作的变动或非常忙碌，未能参加本书（即第二版）的编写工作，这是我们深感遗憾的事，但他们曾经为此所做的贡献以及在与我们的合作中所建立起的深厚友谊，将永远铭记在我们的心中。

本书仍保持原书（即第一版）的结构框架和写作特点。内容上，由原来共十三章，38大类226种塑料制品扩展至共十四章，45大类264种塑料制品，并重点增补了关于塑料母料的内容。本书名仍为《塑料制品生产工艺手册》。沈志刚、李曙云、侯玉萍同志参加了部分内容的编写。

本书主要技术内容取自作者及其第一版合作者的多年工作经验，但亦有相当部分参考了国内的公开出版物。由于联系上的困难，未能一一征询这些出版物原作者的意见，尚请有关同志见谅，并接受我们的敬意。

在第一版前言最后一段说的话，现在仍有必要再重述一遍，即：由于我们水平所限以及资料收集的某些困难（例如技术保密的原因），所以本书不尽完善，甚至谬误之处在所难免，我们恳请广大读者给以批评指正。

编者

1996年8月于天津

第三版前言

近三十年来我国合成树脂及塑料工业一直持续快速发展，塑料制品在工业、农业、文教卫生、交通运输、军事及航空航天工程以及人民生活的各个领域获得越来越广泛的应用，因此从事和关注塑料和塑料制品的研究、生产与应用开发的人们也日益增多。为了适应我国蓬勃发展的塑料工业的需要和满足塑料工程界以及各行各业人员了解、掌握塑料和塑料制品生产基本知识的渴望，特编著此书以奉读者。

本书由塑料及塑料制品生产技术两个基本部分，共十八章组成。塑料部分，包含填充改性塑料、增强改性塑料、共混改性塑料（塑料合金）、纳米塑料及塑料母料等五章，刻意突出改性技术的特点；塑料制品部分，简要介绍了360余种重要塑料制品的生产技术，由于是以制品类型分类（不是以惯常的成型加工方法分类）加以介绍，所以便于检索和阅读，这是与众多有关塑料制品生产的专业出版物不同的一大特点。

本书由吴培熙、王祖玉、张玉霞、景志坤担任主编，并由吴培熙负责全书整理。其他参加编写的主要有：沈志刚、王进伍、王凤然、夏敏、魏跃成、秦秀杰、张殿杰、李曙云、薛平、龙文宝、李红艳等。

本书主要技术内容源于作者及其合作者多年的实际生产实践，所以具有真实、参考价值高的特点。本书中有一部分内容虽曾在我们先前的著作（《塑料制品生产工艺手册》）中有所介绍，在此又根据技术的发展加以修改补充重新发表。另有一部分内容撰自许多新的合作者或参考国内若干公开出版物而完成。

对于化工出版社和中国塑料杂志编辑部给予本书编著和出版的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于我们水平所限以及资料收集的某些困难，所以本书不尽完善，甚至难免有谬误之处，恳请广大读者给以批评指正。

编者

2004年3月于天津

目 录

第一篇 总 论

第一章 催化作用基础	3
第一节 绪论	3
一、催化作用定义.....	3
二、催化作用的特征.....	4
三、重要的催化反应领域.....	5
(一) 石油炼制催化.....	6
(二) 石油化工催化.....	6
(三) 聚合催化.....	7
(四) 络合催化.....	7
(五) 精细化工催化.....	7
(六) 相转移催化.....	7
(七) 酶催化、光催化与电催化.....	8
(八) 化肥催化.....	9
(九) 碳一化学催化.....	9
(十) 环境催化.....	10
(十一) 膜催化.....	10
(十二) 不对称催化.....	11
第二节 催化剂	12
一、催化剂的功能显示.....	12
(一) 活性.....	12
(二) 选择性.....	13
(三) 稳定性.....	14
二、催化剂的基本组成.....	15
(一) 主(共)催化剂.....	15
(二) 助催化剂.....	15
(三) 载体.....	16
三、催化剂的基本类型.....	17
(一) 过渡金属催化剂.....	18
(二) 过渡金属氧(硫)化物催化剂.....	21

(三) 过渡金属配合物催化剂	23
(四) 固体酸碱催化剂	26
(五) 双功能催化剂	30
四、新型催化材料	31
(一) 杂多酸催化剂	31
(二) 沸石分子筛	32
(三) 交联黏土(层柱分子筛)	36
(四) 非晶态合金	37
(五) 无机纤维催化剂	38
(六) 整体式催化剂载体	42
第三节 多相催化反应动力学	44
一、吸附作用	44
(一) 物理吸附与化学吸附	45
(二) 吸附位能曲线	45
(三) 吸附热与固体吸附剂的表面模型	46
(四) 吸附和脱附速率	47
(五) 吸附等温式	51
二、多相催化反应历程和动力学方程	54
(一) 多相催化反应历程的假设	54
(二) 动力学方程的推导	55
(三) 动力学分析示例	59
三、复杂反应	65
(一) 多相催化复杂反应的动力学特性	65
(二) 动力学数据的分析	68
(三) 传质对选择性的影响	70
参考文献	74
第二章 工业催化剂的设计	77
第一节 引论	77
一、经济和科技的发展对催化剂研制开发的推动作用	77
二、工业催化剂的基本要求	78
三、工业催化剂研制开发的任务	81
第二节 工业催化剂设计方法	82
一、引言	82
二、催化设计的框图程序	83
(一) 催化剂主要组分的设计	85
(二) 催化剂次要组分的设计	88
三、催化剂的类型设计法	89
(一) 块状(massive)金属催化剂	89
(二) 负载金属催化剂	91
(三) 固体酸碱催化剂	97

四、催化剂设计的经验程序	107
(一) 用于新催化剂设计经验框图	108
(二) 传统法催化剂设计的经验程序	111
第三节 计算机辅助催化剂设计	111
一、引言	111
(一) 计算机应用于催化剂的研究和开发	112
(二) 计算机辅助催化剂设计的分类	112
二、决定论模型法及案例分析	113
(一) 基于反应工程模型的决定论框图	113
(二) 用于控制 NO_x 发射催化剂的物理结构	113
(三) 其他的案例分析	114
三、非决定论模型法及案例分析	114
四、CAD 催化剂的微动力学分析法	116
第四节 固体催化剂设计的几种新思路	116
一、借用酶催化原理于非生物物质固体催化材料合成的设计思路	116
二、利用组合技术设计和开发催化剂	118
三、固体催化剂构件组装	120
参考文献	122
第三章 工业催化剂的生产原理和工艺	124
第一节 无载体催化剂和载体生产的传统方法与工艺	125
一、生产方法	125
二、单元操作	130
第二节 催化剂或载体的成型	133
第三节 负载型催化剂的制备	136
第四节 催化剂活化与钝化	140
一、焙烧活化	141
(一) 焙烧过程	141
(二) 焙烧条件的影响	142
二、还原活化	142
三、催化剂钝化	142
第五节 催化剂制备的新技术	143
一、溶胶-凝胶技术	143
(一) 基本过程	143
(二) 条件分析	144
(三) 特点和存在问题	147
二、超临界技术	147
(一) 气凝胶催化剂及其应用	147
(二) 超临界条件下的催化反应	148
(三) 展望	151
三、纳米技术	151

(一) 超细粒子概述	151
(二) 超细粒子的制备	152
(三) 超细粒子催化剂的应用	154
四、成膜技术	155
(一) 膜制备方法	156
(二) 膜修饰方法	163
(三) 催化膜(膜催化剂)	164
五、微晶化技术	165
(一) 急冷技术	165
(二) 烧结技术	166
六、主体-客体组装技术	167
(一) 引言	167
(二) 主体与客体	168
(三) 分子接受体	169
(四) 抗体酶	172
(五) 分子印迹	173
参考文献	175
第四章 催化剂表征与评价	179
第一节 催化剂性能评价	179
一、催化剂反应性能评价	179
(一) 反应区问题	179
(二) 实验反应器	180
(三) 实用活性评测	183
二、催化剂失活	183
第二节 常用的催化剂表征技术	185
一、X射线衍射分析	185
(一) 多晶X射线衍射	185
(二) 物相分析	187
(三) 结构表征	191
二、热分析	191
(一) 热分析定义与基本原理	191
(二) 差热分析技术	192
(三) 热重分析技术	195
(四) 热分析技术催化应用举例	196
三、气体色谱技术	198
(一) 气体色谱原理与实验技术	198
(二) 气体色谱用于吸附研究	203
(三) 色谱技术表征催化剂表面性质	204
(四) 色谱技术应用于催化反应研究	210
第三节 催化剂宏观物性测定	213

一、催化剂的颗粒分析	213
(一) 颗粒尺寸、颗粒度	213
(二) 平均粒径、粒径(度)分布	213
(三) 粒度分析技术	214
二、密度测定	218
(一) 松装密度测量	219
(二) 堆积密度测量	219
(三) 颗粒密度测量	219
(四) 骨架密度(真空度)测量	220
三、机械强度测定	220
(一) 压碎强度测定	220
(二) 磨损性能测试	221
四、孔结构的表征	223
(一) 蒸汽物理吸附等温线与表面积测定	223
(二) 蒸汽毛细凝聚方程与孔分布测定	224
(三) 蒸汽物理吸附实验技术	227
(四) 压汞法测量孔结构参数	227
第四节 表征催化剂的近代物理方法	229
一、电子显微术	229
(一) 基本原理	229
(二) 催化剂研究应用	231
二、红外光谱与拉曼光谱	233
(一) 红外光谱基本原理	233
(二) 催化剂表征应用红外光谱的实验技术	235
(三) 红外光谱的催化应用	237
(四) 拉曼光谱及其催化应用	240
三、核磁共振谱	242
(一) 基本原理	242
(二) 催化研究实验技术	244
(三) 催化研究应用	245
四、X射线光电子能谱	253
(一) 基本原理和实验	253
(二) 催化剂表征应用	257
五、延伸X射线吸收细结构(EXAFS)	259
(一) EXAFS基本原理	259
(二) EXAFS实验方法与数据处理	260
(三) 催化剂表征应用	261
六、穆斯堡尔谱	263
(一) 基本原理	263
(二) 催化表征应用举例	263

第二篇 各 论

第五章 石油炼制催化剂	273
第一节 概述.....	273
第二节 催化裂化.....	274
一、催化裂化催化剂.....	274
二、DCC 催化剂.....	289
三、MGG 催化剂.....	293
四、MIO 催化剂.....	296
五、CPP、HCC 催化剂.....	300
参考文献.....	302
第三节 催化重整.....	302
一、催化重整化学反应.....	303
二、重整反应的热力学和动力学特征.....	305
三、影响重整反应的主要因素.....	307
四、催化重整催化剂的特性及作用.....	310
五、重整催化剂的制备.....	312
六、重整催化剂的品种、牌号.....	316
参考文献.....	320
第四节 加氢处理催化剂.....	320
一、综述.....	320
二、反应机理.....	320
三、催化剂结构与催化反应活性之间的关系.....	325
四、国内外主要牌号加氢处理催化剂.....	329
参考文献.....	331
第五节 加氢裂化催化剂.....	334
一、综述.....	334
二、反应机理.....	334
三、加氢裂化流程及操作模式.....	336
四、反应参数的影响.....	339
五、加氢裂化催化剂.....	342
六、临氢降凝.....	346
参考文献.....	347
第六章 石油化工（基本有机原料）催化剂	348
第一节 概述.....	348
一、石油化工（基础有机原料）生产技术概况.....	348
二、石油化工生产中的主要催化剂简介.....	349
第二节 乙烯及其初级衍生物生产用催化剂.....	350

一、碳二馏分选择性加氢除炔	350
(一) 综述	350
(二) 催化反应及反应机理	350
(三) 催化剂的生产	351
(四) 催化剂工业应用及质量指标	352
(五) 催化剂的使用技术与操作	352
(六) 工业催化剂简介	353
二、乙烯部分氧化制环氧乙烷	354
(一) 前言	354
(二) 催化反应及反应机理	355
(三) 催化剂生产	356
(四) 催化剂的使用技术与操作指南	359
(五) 工业催化剂简介	361
三、乙烯和乙炔法制醋酸乙烯	361
(一) 综述	361
(二) 乙烯法制醋酸乙烯	362
(三) 乙炔法制醋酸乙烯	366
四、乙烯和苯合成乙苯	369
(一) 前言	369
(二) 催化反应及反应机理	369
(三) 催化剂的生产	370
(四) 催化剂的工业应用及质量指标	371
(五) 催化剂的使用技术与操作指南	371
(六) 工业催化剂简介	372
第三节 丙烯及其初级衍生物生产用催化剂	372
一、碳三馏分选择加氢除炔	372
(一) 前言	372
(二) 催化反应及反应机理	372
(三) 催化剂的生产	373
(四) 催化剂工业应用及质量指标	373
(五) 催化剂的使用技术与操作	375
(六) 工业催化剂简介	375
二、异丙醇脱氢制丙酮	375
(一) 前言	375
(二) 催化反应及反应机理	376
(三) 催化剂的制备	376
(四) 工业催化剂简介	377
三、丙烯氧化制丙烯酸	377
(一) 前言	377
(二) 催化反应及反应机理	378

(三) 催化剂的生产	379
(四) 催化剂的工业应用及质量指标	380
(五) 催化剂的使用技术与操作指南	380
(六) 工业催化剂简介	381
四、丙烯氨氧化制丙烯腈	382
(一) 前言	382
(二) 催化反应及反应机理	382
(三) 催化剂的生产	383
(四) 催化剂的工业应用及质量指标	384
(五) 催化剂的使用技术与操作指南	385
五、丙烯羰基合成制丁醇及 2-乙基己醇	387
(一) 前言	387
(二) 丙烯和一氧化碳制丁醛	388
(三) 丁醛和辛烯醛分别加氢制丁醇和 2-乙基己醇	392
六、丙烯和苯烷基化制异丙苯	394
(一) 前言	394
(二) 催化反应及反应机理	394
(三) 催化剂的生产	396
(四) 催化剂的工业应用及质量指标	396
(五) 催化剂的使用技术与操作指南	397
(六) 工业催化剂简介	397
第四节 碳四馏分主要初级衍生物生产用催化剂	399
一、异丁烷脱氢制异丁烯	399
(一) 前言	399
(二) 催化反应及反应机理	399
(三) 催化反应动力学	400
(四) 催化剂制备	400
二、正丁烷或苯氧化制顺丁烯二酸酐	401
(一) 前言	401
(二) 正丁烷氧化制顺酐	402
(三) 苯氧化制顺酐	405
三、异丁烯(叔丁醇)氧化制甲基丙烯酸	409
(一) 前言	409
(二) 催化反应及反应机理	409
(三) 催化剂的制备	410
四、顺酐酯化加氢或甲醛乙炔化制 1,4-丁二醇	411
(一) 前言	411
(二) 顺酐加氢及酯化加氢制 1,4-丁二醇	411
(三) 甲醛和乙炔制 1,4-丁二醇	415
(四) 工业催化剂简介	420

第五节 轻质芳烃及其初级衍生物用催化剂	422
一、乙苯脱氢催化剂	422
(一) 前言	422
(二) 催化反应	422
(三) 催化剂的生产	423
(四) 催化剂的工业应用及质量指标	424
(五) 催化剂的使用技术与操作指南	425
(六) 工业催化剂简介	425
二、甲苯歧化与烷基转移制二甲苯和苯	426
(一) 前言	426
(二) 催化反应及反应机理	426
(三) 催化剂的生产	427
(四) 催化剂的工业应用及质量指标	429
(五) 催化剂的使用技术与操作指南	429
(六) 工业催化剂简介	430
三、二甲苯临氢异构化	430
(一) 前言	430
(二) 催化反应及反应机理	431
(三) 催化剂的生产	433
(四) 催化剂的工业应用及质量指标	433
(五) 催化剂的使用技术	434
(六) 工业催化剂简介	434
四、苯制己内酰胺	435
(一) 前言	435
(二) 苯加氢制环己烷	435
(三) 苯部分加氢制备环己烯催化剂	438
(四) 环己烷氧化制环己醇和环己酮	440
(五) 环己醇脱氢制环己酮	442
(六) 环己酮氨氧化肟化制环己酮肟	445
(七) 己内酰胺加氢精制	447
五、邻二甲苯氧化制邻苯二甲酸酐	449
(一) 前言	449
(二) 催化反应及反应机理	449
(三) 催化剂的生产	450
(四) 催化剂的工业应用及质量指标	452
(五) 催化剂的使用技术与操作指南	452
(六) 工业催化剂简介	453
六、对二甲苯氧化制对苯二甲酸	454
(一) 前言	454
(二) 对二甲苯氧化制对苯二甲酸	454

(三) 对苯二甲酸加氢精制.....	457
第六节 甲醇及其初级衍生物生产用催化剂.....	460
一、一氧化碳和氢气合成甲醇.....	460
(一) 前言.....	460
(二) 催化反应及反应机理.....	460
(三) 催化剂生产及使用技术.....	462
(四) 工业催化剂简介.....	462
二、甲醇羰基合成或乙醛氧化制醋酸.....	462
(一) 前言.....	462
(二) 甲醇羰基合成制醋酸.....	463
(三) 乙醛氧化制醋酸.....	465
参考文献.....	467
第七章 合成高分子聚合催化剂.....	476
第一节 概述.....	476
一、聚合催化剂在石油化学工业中的地位与作用.....	476
二、聚合催化剂的定义.....	476
三、合成高分子材料催化剂及产品的特点.....	477
第二节 聚乙烯催化剂.....	477
一、Ti系催化剂.....	478
二、铬系负载型催化剂.....	482
三、钒、锆系催化剂.....	485
第三节 聚丙烯催化剂.....	486
一、等规聚丙烯催化剂的发展.....	486
二、聚丙烯的立构规整性.....	487
第四节 聚烯烃催化剂的表征.....	488
一、活性中心.....	488
二、过渡金属的氧化态.....	490
三、配体对催化行为的影响.....	490
四、谱学表征.....	490
五、催化剂形态对聚合物颗粒形态的影响.....	491
第五节 茂金属催化剂研究进展.....	491
一、茂金属催化剂的特征.....	493
二、茂金属催化剂的改进.....	493
三、茂金属催化剂的应用状况.....	494
第六节 非茂后过渡有机金属催化剂研究进展.....	494
一、后过渡金属配合物催化剂的发现.....	495
二、含钨(Ⅱ)、镍(Ⅱ)的催化剂体系.....	495
第七节 聚烯烃催化剂的国产化工作进展.....	496
第八节 合成橡胶催化剂简介.....	496
参考文献.....	497

第八章 均相络合催化剂	500
第一节 概述	500
第二节 基元反应	502
一、配体的配位和解离.....	502
二、氧化加成和还原消去反应.....	503
三、插入和消去反应.....	505
第三节 均相络合催化剂及催化反应机理	507
一、羧化反应.....	507
(一) 烯烃氢甲酰化反应.....	507
(二) 炔、烯烃氢羧基化反应.....	513
(三) 炔、烯氢酯基化反应.....	514
(四) 甲醇羧化制醋酸、醋酸甲酯.....	515
(五) 醋酸甲酯羧化制醋酐.....	516
(六) 甲醛羧化制乙二醇.....	517
(七) 环氧乙烷羧化制 1,3-丙二醇.....	519
(八) 氯苯羧化制苯乙酸.....	521
(九) 卤代烃双羧化制酮酸、酮酸酯及酮酰胺.....	521
(十) 硝基苯羧化制异氰酸酯.....	523
(十一) 芳基乙醇羧化制芳基丙酸.....	524
二、氧化羧化反应.....	525
(一) 醇氧化羧化偶联制草酸酯.....	525
(二) 醇氧化羧化制碳酸酯.....	526
三、氧化反应.....	527
(一) 乙烯氧化制乙醛 Wacker 法.....	527
(二) 乙醛氧化制醋酸, 醋酐.....	529
(三) 环己烷氧化制己二酸.....	530
(四) 对二甲苯氧化制对苯二甲酸.....	530
(五) 苯乙烯氧化制苯乙酮.....	531
(六) 丁二烯氧化制丁烯醛.....	531
(七) 乙烯醋酸氧化制醋酸乙烯.....	531
(八) 烯烃环氧化反应.....	533
四、环丙烷化反应.....	534
五、氢化反应.....	535
(一) 脱氢氨基酸氢化制氨基酸衍生物.....	535
(二) 芳基酰氨基丙烯氢化制 L-多巴 (L-Dopa).....	537
(三) 芳基丙烯酸氢化制芳基丙酸.....	537
六、氢氰化反应.....	539
七、氢硅烷化反应.....	540
八、烷基化反应和 C—C 键生成反应.....	541
九、烯烃异构化反应 (双键异构化反应).....	543