



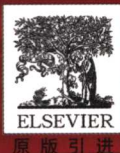
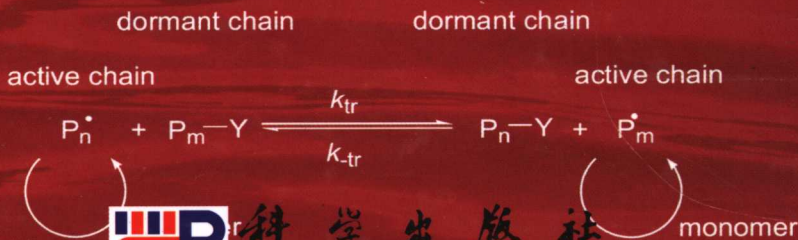
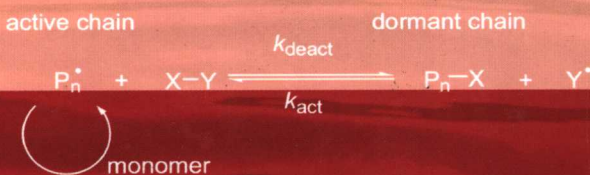
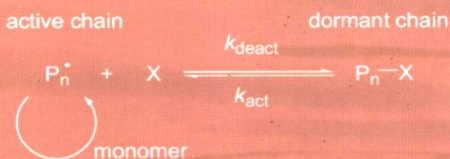
· 导读版 ·

The Chemistry of Radical Polymerization

自由基聚合化学

(第二版)

Graeme Moad and David H. Solomon



科学出版社
www.sciencep.com

The Chemistry of Radical Polymerization

自由基聚合化学

(第二版)

Graeme Moad and David H. Solomon

科学出版社

北京

图字:01-2006-7339号

This is an annotated version of

The Chemistry of Radical Polymerization, Second Fully Revised Edition

Graeme Moad and David H. Solomon

Copyright © 2006 Elsevier Ltd.

ISBN-10:0-08-044286-2

ISBN-13:978-0-08-044286-0

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopy, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher.

AUTHORIZED EDITION FOR SALE IN P. R. CHINA ONLY

本版本只限于在中华人民共和国境内销售

图书在版编目(CIP)数据

自由基聚合化学:英文/(澳)莫阿德(Moad, G.)编著.一影印本.

—北京:科学出版社,2007.1

ISBN 978-7-03-018259-3

I. 自… II. 莫… III. 自由基聚合—英文 IV. 0631.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第148905号

责任编辑:邹 凯/责任印刷:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2007年1月第一次印刷 印张:42 3/4

印数:1—2 000 字数:946 000

定价:95.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

导 读

由澳大利亚 CSIRO 的 Graeme Moad 博士和墨尔本大学的 D. H. Solomon 博士二位撰写的“自由基聚合化学”第二版，是十年前由他们所著该书第一版的整体改版本。

正如书中所指出的：有关对自由基反应机制的认识，大约在 20 世纪 70 年代初，存在着两种各占优势的看法。一种看法认为自由基反应涉及高活性的物种，因而不能期望它能有特殊的选择性。而另一种看法则认为反应的结果可根据反应产物自由基相对的热化学稳定性而加以预示。这两种看法是相互矛盾的。对于第一种看法，认为反应的过渡态有着类似于反应物的结构，具有接近于零的活化能，而第二种看法，则认为其过渡态有着近似于产物的结构，这是因热力学控制下的快速可逆变化而出现的结果。这两种看法的任一种，都可在某种特殊的场合下得到适当的应用，但在一般性自由基反应的应用中，无论那种都不适用。这种状况随着 20 世纪 80 年代以来科学的进展有了很大的变化。现在已经认识到自由基反应经常受控于反应的动力学，而不是反应的热力学。而反应所呈现出的高度特征性则受影响于诸如：立体效应、极性影响、电子效应以及键的强度等因素。在不同的自由基反应中，各种因子都可起到作用，而在某种具体的特定反应中，可能某种因子处于重要位置。这说明经过了多年的努力，人们已注意到自由基聚合反应中，存在问题的复杂性，而开始用有机化学和物理有机的观点来对自由基聚合反应进行研究。即对其反应机制的认识，不能简单的加以处理。这就出现了如本书作者所指出的：自由基聚合反应的研究已进入了所谓的“文艺复兴”阶段。

在新一版的“自由基聚合化学”一书中，作者等除了结合近十年来自由基聚合研究的最新进展，对原书所有章节作了充分和全面的修改补充外，还增添了新的第九章—活性自由基聚合。这一补充的本身说明，不只是在自由基聚合反应的大家庭中增添了一个新的成员，而且，正是由于在自由基聚合反应中采用了有机和物理有机的观点和方法，可在搞清其反应过程机制的基础上，对反应产物的结构与性能作出相当准确的预示。与此同时，这也为可控的聚合反应提供了一种新的方法。相信会在科学研究与工业生产等方面产生重要的影响。

从上面的介绍可以看到：由 Graeme Moad 和 D. H. Solomon 两位博士所撰写的《自由基聚合化学》第二版，是一本用较新的观点来讨论自由基聚合反应的专著。它在书中列出了一系列对自由基聚合反应有重要影响的因子，以及在利用这些因子时所应注意的某些准则或方针 (guideline)。这对我们在设计某种新型的自由基聚合反应是有重要参考意义的。对于自由基聚合反应过程与机制的认识，虽说还处于继续研究和发展的阶段，但书中所列出的那些前人已注意的方向，对我们进一步的研究也将给以启发。为此，我认为本书是一本颇有价值和值得推荐的好书。

吴世康
中科院理化技术研究所

第一版前言

近年来，自由基聚合的研究经历了某种“文艺复兴”。使我们所了解的这一领域出现了重大的变化，并导致在对聚合过程结果的控制和预示上，取得了重大的进展。出现这种现象以及自由基化学之所以引起人们对其各个方面产生强烈兴趣的原因，我认为主要有以下两点：

第一，有关自由基反应和聚合机制的经典理论并不适宜于来解释简单自由基反应的速度和特征性。因此它们就不能用来预示聚合中的速度参数以及那些依赖于反应条件，转化率以及分子量分布的聚合物微结构的有关细节。

第二，一些可同时用于详细表征聚合物微细结构以及聚合反应动力学和机制的新技术得到了发展，这就允许机制-结构-性质间的严格相互关系得以建立。

新的知识和对自由基过程的了解，促使人们发现新的聚合结构和许多具有商业价值的合成新途径。例如，自由基聚合目前已用于合成嵌段共聚物，窄分布的均聚物以及其他具可控结构的材料，而过去这些材料的合成要求有极为苛刻的条件。这些商业上的发展也已加入到自由基聚合研究的“复兴”之中。

我们相信，现在来评述自由基聚合，特别着重于对聚合过程的有机和物理有机方面的这些最新进展是及时的。在本书中，我们严格的评价了近年来的发现，并按照这些观点对早期工作作出必要的重新解释，同时指出对现在和将来的研究工作具有指导意义的领域。本书总的目的是要提供一个进一步扩充我们对自由基聚合认识的框架，并在合成条件与聚合物结构、性能之间建立一种确定的联系，其最终的目标是使聚合物具有可预示性和可重复性的特点。

本书的起始部分为一般性的序论，它扼要的讨论了有关的基础概念。接着的一章是自由基反应，它可看作是以后章节，如引发，链的增长和终止等的理论基础。由于自由基共聚合的重要性，因此我们将它作为独立的一章。然后，结合这些章节中某些内容的潜在应用，我们讨论了控制聚合过程和结构与性质关系的研究前景。在每一章中我们都讨论了一些用于表征聚合物和聚合反应的技术，它们在使我们对自由基聚合的认识上取得突破，起到重大的作用。书中的重点则是放置于最近的发展上。

本书将是一本在工业部门和研究单位工作的研究人员感兴趣的书籍。它可作为控制自由基聚合反应以及设计聚合物的合成中诸因子的参考来源，也可作为一本教科书为聚合物化学很宽领域的研究生们应用。本书的重点放置于反应机制以及聚合有机化学上。本书还将聚合动力学和体系的物理化学的发展联系在一起，为聚合物化学这个极为重要的学科提供一幅完整的图画。

Graeme Moad
David H. Solomon

(吴世康 译)

第二版前言

自本书第一版问世的十年来，自由基聚合中的“文艺复兴”仍在持续发展着。在这一阶段，文献上有关控制聚合，特别是活性自由基聚合，得到巨大的发展。如在 1955 年末，出现了原子转移自由基聚合 (ATRP) 的第一个报告，以及在 1998 年出现的可逆加成碎片链转移聚合 (RAFT) 等。在这一阶段，还可看到已于 1987 年首次报告，并在第一版中已提及的有关氮氧化物—中介聚合 (NMP) 方法也得到充分的发展。而新一代的控制剂也增加了它们的多功能性及新的应用，使目前有关活性自由基聚合的论文在这一研究领域中占据了主要部分。为此，在本书的新版中，我们用一个新的章节专门介绍活性聚合研究。

在活性自由基聚合领域中，起初工作的延伸目的在于利用自由基聚合的多样性，如：反应的条件，以及相对于阴离子聚合有着更宽范围可适用的单体等。阴离子聚合曾被看作为一标准，而现在则有所变化，活性自由基聚合目前已被看作为一种不能为其他方法取代的，具独特组成和性质的聚合方法。活性自由基聚合还可结合其他的过程和机制，来得到那些用过去方法不能得到的分子结构和分子构筑。这些发展已经有了许多应用，特别在一些新兴的学科领域，如电子学，生物工程学以及纳米工艺学等。

在新版的标题和内容上有一些小的变动，这反映了当今 IUPAC 所建议的：自由基不再是“自由”的看法。在自由基聚合的经典步骤中，那里保留着某些可改进的空间。可以这样说：我们现在所具有的方法学所给予控制的含义，已超越了终止和引发等步骤，而达到如可确定性地得到特定的结构、分子量分布、以及特定分子构筑的程度。在自由基聚合领域中所留下的“圣杯”则是涉及在链的增长过程中，对立体化学以及立体规整性等方面的控制。虽说我们已朝这一目标走了几小步，但仍有许多要做的工作。

最近十年来，在自由基聚合领域的其他方面也有许多进展。从第一章到第八章中所做的修正以及许多新的参考文献都反映了这一进展。

Graeme Moad
David H. Solomon

(吴世康 译)

Preface to the First Edition

In recent years, the study of radical polymerization has gone through something of a renaissance. This has seen significant changes in our understanding of the area and has led to major advances in our ability to control and predict the outcome of polymerization processes. Two major factors may be judged responsible for bringing this about and for spurring an intensified interest in all aspects of radical chemistry:

Firstly, the classical theories on radical reactivity and polymerization mechanism do not adequately explain the rate and specificity of simple radical reactions. As a consequence, they can not be used to predict the manner in which polymerization rate parameters and details of polymer microstructure depend on reaction conditions, conversion and molecular weight distribution.

Secondly, new techniques have been developed which allow a more detailed characterization of both polymer microstructures and the kinetics and mechanism of polymerizations. This has allowed mechanism-structure-property relationships to be more rigorously established.

The new knowledge and understanding of radical processes has resulted in new polymer structures and in new routes to established materials; many with commercial significance. For example, radical polymerization is now used in the production of block copolymers, narrow polydispersity homopolymers, and other materials of controlled architecture that were previously available only by more demanding routes. These commercial developments have added to the resurgence of studies on radical polymerization.

We believe it is now timely to review the recent developments in radical polymerization placing particular emphasis on the organic and physical-organic chemistry of the polymerization process. In this book we critically evaluate the findings of the last few years, where necessary reinterpreting earlier work in the light of these ideas, and point to the areas where current and future research is being directed. The overall aim is to provide a framework for further extending our understanding of free radical polymerization and create a definable link between synthesis conditions and polymer structure and properties. The end result should be polymers with predictable and reproducible properties.

The book commences with a general introduction outlining the basic concepts. This is followed by a chapter on radical reactions that is intended to lay the theoretical ground-work for the succeeding chapters on initiation, propagation, and termination. Because of its importance, radical copolymerization is treated in a separate chapter. We then consider some of the implications of these chapters by

discussing the prospects for controlling the polymerization process and structure-property relationships. In each chapter we describe some of the techniques that have been employed to characterize polymers and polymerizations and which have led to breakthroughs in our understanding of radical polymerization. Emphasis is placed on recent developments.

This book will be of major interest to researchers in industry and in academic institutions as a reference source on the factors which control radical polymerization and as an aid in designing polymer syntheses. It is also intended to serve as a text for graduate students in the broad area of polymer chemistry. The book places an emphasis on reaction mechanisms and the organic chemistry of polymerization. It also ties in developments in polymerization kinetics and physical chemistry of the systems to provide a complete picture of this most important subject.

Graeme Moad
David H Solomon

Preface to the Second Edition

In the ten years since the first edition appeared, the *renaissance* in Radical Polymerization has continued and gained momentum. The period has seen the literature with respect to controlled and, in particular, living radical polymerization expand dramatically. The end of 1995, saw the first reports on atom transfer radical polymerization (ATRP) and in 1998 polymerization with reversible addition fragmentation chain transfer (RAFT) was introduced. The period has also seen substantial development in nitroxide-mediated polymerization (NMP) first reported in 1987 and discussed in the first edition. A new generation of control agents has added greater versatility and new applications. The area of living radical polymerization is now responsible for a very substantial fraction of the papers in the field. In this edition, we devote a new chapter to living radical polymerization.

The initial thrust of work in the area of living radical polymerization was aimed at capitalizing on the versatility of radical polymerization with respect to reaction conditions and the greater range of suitable monomers as compared to anionic systems. Anionic polymerizations were seen as the standard. This has now changed, and living radical polymerizations are now seen as offering polymers with unique compositions and properties not achievable with other methodologies. Living radical polymerization has also been combined with other processes and mechanisms to give structures and architectures that were not previously thought possible. The developments have many applications particularly in the emerging areas of electronics, biotechnology and nanotechnology.

A small change has been made to the title and the text of this edition to reflect the current IUPAC recommendation that radicals are no longer 'free'. Of the classical steps of a radical polymerization, while there remains some room for improvement, it can be stated that we now have methodologies that give control over the termination and initiation steps to the extent that specific structures, molecular weight distributions, and architectures can be confidently obtained. The remaining 'holy grail' in the field of radical polymerization is control over the stereochemistry and regiospecificity in the propagation step. Although some small steps have been taken towards achieving this goal, much remains to be done.

The last ten years have also seen significant advances in other areas of radical polymerization. Chapters one through eight have been updated and many new references added to reflect these developments.

Graeme Moad
David H Solomon

Acknowledgments

We gratefully acknowledge the contribution of the following for their assistance in the preparation and proof reading of the manuscript.

Dr Agnes Ho
Dr Catherine L. Moad
Dr Almar Postma
Dr Greg Qiao
Dr Tiziana Russo

In addition, we thank again those who contributed to the production of the first edition.

We also thank Max McMaster of McMaster Indexing for his efforts in producing the index for this volume.

目 录

目录	v
列表索引	xvi
附图索引	xx
第一版前言	xxiii
第二版的前言	xxv
致谢	xxvi
1 序论	1
1.1 参考文献	8
2 自由基反应	11
2.1 序言	11
2.2 自由基的性质	12
2.2.1 自由基的结构	12
2.2.2 自由基的稳定性	14
2.2.3 自由基的检测	14
2.3 碳-碳双键的加成	16
2.3.1 空间因子	19
2.3.2 极性因子	21
2.3.3 键的强度	22
2.3.4 立体电子因子	23
2.3.5 熵的考虑	24
2.3.6 反应条件	24
2.3.6.1 温度	24
2.3.6.2 溶剂	25
2.3.7 理论处理	26
2.3.8 小结	28
2.4 氢原子转移	29
2.4.1 键的离解能	30
2.4.2 空间因子	30
2.4.3 极性因子	31
2.4.4 立体电子因子	32
2.4.5 反应条件	33

2.4.6	对于加成的提取	34
2.4.7	小结	36
2.5	自由基—自由基反应	36
2.5.1	重合的途径	37
2.5.2	歧化的途径	38
2.5.3	对于歧化的重合	39
2.5.3.1	统计因子	39
2.5.3.2	空间因子	40
2.5.3.3	极性因子	41
2.5.3.4	立体电子和其它因子	41
2.5.3.5	反应条件	42
2.5.4	小结	43
2.6	参考文献	44
3	引发	49
3.1	序言	49
3.2	引发过程	50
3.2.1	和单体的反应	51
3.2.2	碎片化	54
3.2.3	和溶剂, 添加物或杂质的反应	55
3.2.4	温度和反应介质对自由基活性的影响	55
3.2.5	和氧的反应	56
3.2.6	在热引发中的引发效率	57
3.2.7	光引发	58
3.2.8	笼反应和引发—导出的副产物	60
3.2.9	初级的自由基终止	61
3.2.10	转移到引发剂	62
3.2.11	在异相聚合中的引发	63
3.3	引发剂	64
3.3.1	偶氮化合物	68
3.3.1.1	二烷基偶氮化合物	68
3.3.1.1.1	热分解	72
3.3.1.1.2	光化学分解	74
3.3.1.1.3	引发剂的效率	74
3.3.1.1.4	转移到引发剂	77
3.3.1.2	连二硝酸盐 (Hyponitrites)	78
3.3.2	过氧化物	79
3.3.2.1	二酰基或二芳酰基过氧化物	82

3.3.2.1.1	热分解	82
3.3.2.1.2	光化学分解	83
3.3.2.1.3	引发剂效率	84
3.3.2.1.4	转移到引发剂和诱导分解	85
3.3.2.1.5	氧化还原反应	85
3.3.2.2	二烷基过氧化二碳酸酯	87
3.3.2.3	过氧化酯	88
3.3.2.2.1	热分解	88
3.3.2.2.2	光化学分解	90
3.3.2.4	二烷基过氧化物	90
3.3.2.5	烷基氢过氧化物	92
3.3.2.6	无机过氧化物	93
3.3.2.6.1	过(二)硫酸盐	94
3.3.2.6.2	过氧化氢	96
3.3.3	多功能引发剂	96
3.3.3.1	协同分解	97
3.3.3.2	非一协同分解	97
3.3.4	光化学引发剂	98
3.3.4.1	芳基羰基化合物	98
3.3.4.1.1	苯偶姻和相关化合物	99
3.3.4.1.2	羰基化合物—叔胺体系	102
3.3.4.2	含硫化合物	103
3.3.5	氧化还原引发剂	104
3.3.5.1	金属配合物—有机卤化物氧化还原体系	104
3.3.5.2	铈离子体系	105
3.3.6	热引发	106
3.3.6.1	苯乙烯的均聚合	107
3.3.6.2	丙烯酸的均聚合	109
3.3.6.3	共聚合	110
3.4	自由基	111
3.4.1	碳-中心自由基	112
3.4.1.1	烷基自由基	112
3.4.1.1.1	α -氰烷基自由基	113
3.4.1.2	芳基自由基	117
3.4.1.3	芳酰基自由基	117
3.4.2	氧-中心自由基	118
3.4.2.1	烷氧基自由基	118
3.4.2.1.1	t-丁氧基自由基	119

3.4.2.1.2	其他 t-烷氧基自由基	124
3.4.2.1.3	伯烷及仲烷氧基自由基	125
3.4.2.2	芳酰氧基及烷氧羰基氧自由基	125
3.4.2.2.1	苯甲酰氧基自由基	126
3.4.2.2.2	烷氧羰基氧自由基	127
3.4.2.3	羟基自由基	128
3.4.3.4	硫酸根阴离子自由基	129
3.4.2.5	烷基过氧化自由基	130
3.4.3	其他杂原子-中心的自由基	131
3.4.3.1	硅-中心的自由基	131
3.4.3.2	硫-及硒-中心的自由基	132
3.4.3.3	磷-中心的自由基	132
3.5	技术	133
3.5.1	动力学研究	133
3.5.2	自由基捕获	133
3.5.2.1	自旋捕获	134
3.5.2.2	过渡金属盐	136
3.5.2.3	金属氢化物	137
3.5.2.4	氮氧化物	138
3.5.2.5	α -甲基苯乙烯二聚物	140
3.5.3	端基的直接检测	141
3.5.3.1	红外与紫外-可见光谱	141
3.5.3.2	核磁共振波谱	142
3.5.3.3	电子顺磁波谱	143
3.5.3.4	质谱	143
3.5.3.5	化学方法	144
3.5.4	标志技术	145
3.5.4.1	放射性标志	145
3.5.4.2	稳定同位素和核磁共振	146
3.6	参考文献	149
4	(链) 增长	167
4.1	序论	167
4.2	立体序列异构化—规整度	168
4.2.1	名词学和机制	168
4.2.2	测定规整度的实验方法	173
4.2.3	聚合物的规整度	173
4.3	区域序列异构化—头对尾的加成	176

4.3.1	单烯烃聚合物	176
4.3.1.1	聚(醋酸乙烯酯)	178
4.3.1.2	聚(氯乙烯)	179
4.3.1.3	含氟烯烃聚合物	180
4.3.1.4	烯丙基聚合物	181
4.3.1.5	丙烯酸聚合物	182
4.3.2	共扼双烯聚合物	182
4.3.2.1	聚丁二烯	184
4.3.2.2	聚氯代异戊二烯, 聚异戊二烯	184
4.4	结构异构化—重排	185
4.4.1	环化聚合	185
4.4.1.1	1,6-二烯	186
4.4.1.2	三烯单体	191
4.4.1.3	1,4-和1,5-二烯	192
4.4.1.4	1,7和较高的1,n-二烯	193
4.4.1.5	环化共聚合	194
4.4.2	开环聚合	194
4.4.2.1	烯类取代的环状化合物	196
4.4.2.2	亚甲基取代的环状化合物	199
4.4.2.3	双开环聚合	205
4.4.3	分子内的原子转移	208
4.4.3.1	聚乙烯及其共聚物	208
4.4.3.2	烯类聚合物	211
4.4.3.3	丙烯酸酯及其他单取代单体	211
4.4.3.4	加成-提取聚合	212
4.5	(链) 增长动力学与热力学	213
4.5.1	聚合热力学	213
4.5.2	链增长速度常数的测定	216
4.5.3	增长速度常数与单体结构间的依赖关系	218
4.5.4	增长速度常数与链长的依赖关系	220
4.6	参考文献	221
5	终止	233
5.1	序论	233
5.2	自由基-自由基终止	234
5.2.1	终止动力学	235
5.2.1.1	经典动力学	235
5.2.1.2	分子量和平均分子量	238

5.2.1.3	分子量分布	240
5.2.1.4	扩散控制终止	242
5.2.1.4.1	低转化率下的终止	244
5.2.1.4.2	在介质中高转化率下的终止	248
5.2.1.5	在异相聚合中的终止	249
5.2.1.6	在活性聚合中的终止	250
5.2.2	对重合的歧化	251
5.2.2.1	模型研究	252
5.2.2.1.1	聚苯乙烯及其衍生物	253
5.2.2.1.2	聚(甲基丙烯酸酯烷基酯)	255
5.2.2.1.3	聚(甲基丙烯腈)	256
5.2.2.1.4	聚乙烯	258
5.2.2.2	聚合	258
5.2.2.2.1	聚苯乙烯	260
5.2.2.2.2	聚(甲基丙烯酸酯烷基酯)	261
5.2.2.2.3	聚(甲基丙烯腈)	262
5.2.2.2.4	聚(丙烯酸烷基酯)	262
5.2.2.2.5	聚(甲基丙烯腈)	262
5.2.2.2.6	聚(醋酸乙烯酯)	263
5.2.2.2.7	聚(氯乙烯)	263
5.3	阻抑剂和延迟剂	264
5.3.1	“稳定”自由基	267
5.3.2	氧	268
5.3.3	单体	269
5.3.4	酚类	270
5.3.5	醌类	271
5.3.6	吩噻嗪	272
5.3.7	氮羰基, 硝基及亚硝基化合物	272
5.3.8	过渡金属盐	273
5.4	参考文献	273
6	链转移	279
6.1	序论	279
6.2	链转移	279
6.2.1	转移常数的测定	283
6.2.1.1	加成——碎片化	287
6.2.1.2	可逆的链转移	288
6.2.2	均相取代链转移剂	289

6.2.2.1	硫醇	290
6.2.2.2	二硫化物	291
6.2.2.3	单硫化物	292
6.2.2.4	卤碳化物	293
6.2.2.5	溶剂及其他试剂	294
6.2.3	加成—碎片链转移	296
6.2.3.1	烯烷基醚	298
6.2.3.2	烯丙基硫化物, 磺酸盐, 卤化物, 磷酸盐, 硅烷	299
6.2.3.3	烯丙基过氧化物	303
6.2.3.4	大单体	305
6.2.3.5	硫羰酯和有关的转移剂	308
6.2.4	提取—碎片链转移	309
6.2.5	催化链转移	310
6.2.5.1	机制	310
6.2.5.2	催化剂	313
6.2.5.2.1	卟啉钴及相关配合物	313
6.2.5.2.2	钴(II)卟	313
6.2.5.2.3	钴(III)卟	314
6.2.5.2.4	其他催化剂	315
6.2.5.3	反应条件	315
6.2.6	转移到单体	316
6.2.6.1	苯乙烯	317
6.2.6.2	醋酸乙烯酯	318
6.2.6.3	氯乙烯	318
6.2.6.4	烯丙基单体	319
6.2.7	转移到聚合物	320
6.2.7.1	聚乙烯	321
6.2.7.2	聚(甲基丙烯酸烷基酯)	321
6.2.7.3	聚(丙烯酸烷基酯)	322
6.2.7.4	聚醋酸乙烯酯	323
6.2.7.5	聚氯乙烯	325
6.2.7.6	聚氟乙烯	325
6.2.8	转移到引发剂	325
6.3	参考文献	325
7	共聚合	333
7.1	序论	333
7.2	共聚物的叙述	335