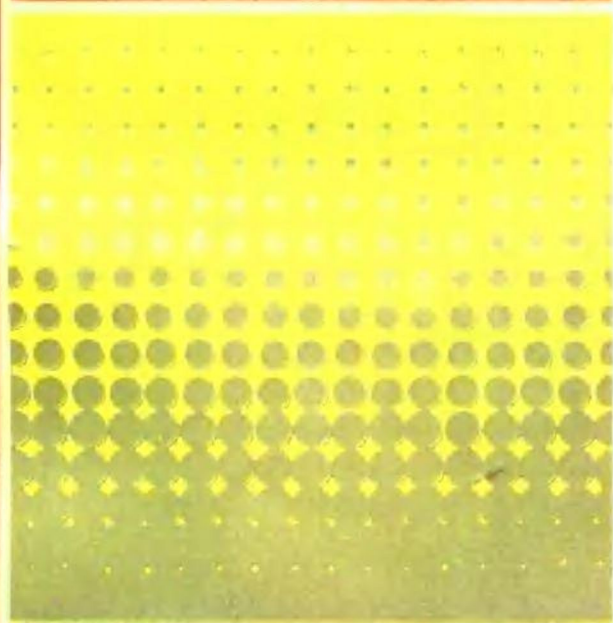


齐格勒—纳塔 催化剂和聚合

〔美〕 小约翰·布尔



化学工业出版社

齐格勒—纳塔催化剂 和聚合

〔美〕 小约翰·布尔 著

孙伯庆 栾瑛洁 张玉崑 顾忠伟 译

李蕴昌 校

化学工业出版社

内 容 提 要

《齐格勒—纳塔催化剂和聚合》一书对齐格勒—纳塔催化剂作了全面论述，综合了各派观点，并作了适当评价。

全书二十三章从十七个方面系统地叙述了齐格勒—纳塔催化剂的各个方面成就，论述了催化剂的起源、立体化学、实验检测、催化剂构成、物理形态、氧化态和活性中心及其改性，阐明烯烃、二烯烃、 α -烯烃、共轭二烯烃和非共轭二烯烃及其等规立构机理。本书还叙述了催化剂反应动力学特性和在各种聚合、共聚及其它领域中的应用。书末汇集了五百多篇文献。

本书可供从事合成树脂、合成纤维和合成橡胶专业及其它高分子领域的高等院校师生、研究和生产领域的工程技术人员参考。

John Boor, Jr.

Ziegler-Natta Catalysts

and Polymerization

Academic Press Inc. New York 1979

齐格勒—纳塔催化剂和聚合

孙伯庆 栾瑛洁 张玉崑 顾忠伟 译

李蕴昌 校

责任编辑：龚浏澄

封面设计：许立

•

化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

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 $850 \times 1168^{1/32}$ 印张22字数585千字印数1—1,870

1986年12月北京第1版1986年12月北京第1次印刷

统一书号15063·3826定价5.35元

译 者 的 话

《齐格勒—纳塔催化剂和聚合》一书是小约翰·布尔的遗作，1979年第一版。这部书引用了大量最新文献，对齐格勒—纳塔催化剂作了全面的论述，综合汇总了各派观点，并作了适当评价，是当前一部较完整的齐格勒—纳塔催化剂和聚合的著作。

齐格勒—纳塔催化剂，自1953~1954年发明以来，对化学科学，特别是高分子化学科学带来巨大变化，使高分子化学突飞猛进，开创了立体化学新领域，终于形成了一门独立的新兴学科；由于高分子化学的发展，使合成材料工业发生了革命性的变化，已有十多种高分子化合物实现了大规模的工业生产，促进了石油化学工业的发展。在塑料和合成橡胶领域里，工业化的高分子产品有高密度聚乙烯，等规立构聚丙烯、聚1-丁烯、聚四甲基-1-戊烯，乙烯—丙烯嵌段共聚物和无规共聚物，顺式-1,4-聚异戊二烯，顺式-1,4-聚丁二烯，反式-1,4-聚丁二烯，反式-1,5-聚戊二烯等等，上述有些产品年产量已达数百万吨。这些都是齐格勒—纳塔催化剂及其聚合应用于工业上的结果，本书对上述产品作了较详细的阐述。在这些产品工业生产中，相继采用淤浆法、溶液法、气相法和本体法等多种生产工艺，生产流程则更是种类繁多。载体高效催化剂的出现，使齐格勒—纳塔催化剂的改性获得重大突破，推动工业生产工艺向不脱除催化剂和无需造粒方向发展（详见《国外聚烯烃生产技术进展》，上海科技文献出版社）。

本书收集的文献较全，据不完全统计，作者引用1955~1978年期间的文献约有2110多篇，更可贵的是作者引用了该催化剂和聚合的重要专利文献约有520多件，这无形中使本书不仅对高分子化学，而且对合成材料，特别是塑料和合成橡胶的工业生产上具有重大使用价值。这也是本书与其它同类型书籍中不同的特点。所以本书对于研究该催化剂理论、聚合反应及其动力学特性

以及聚合生产工艺乃至各种工业化产品的读者是一部非常好的参考用书。

本书可作为高等院校高分子专业、合成树脂和塑料专业、橡胶专业的教学参考书；也可供从事塑料、橡胶工业研究和生产的工程技术人员使用。

本书由孙伯庆译第一至三章和八至十七章及二十二章；栾瑛洁译四至七章；张玉崑译十八、十九章；顾忠伟译二十、二十一章（雷玉倩参与翻译）；全书承蒙李蕴昌审校，最后由孙伯庆统一整理。

根据有关规定，翻译书刊中的计量单位可按原著译出，未将非法定计量单位逐一换算，现将本书中使用的非法定计量单位与法定计量单位的换算系数列出，便于读者使用。

长度

$$\text{\AA} = 1 \times 10^{-10} \text{m}$$

$$\text{ft} = 30.48 \text{cm}$$

$$\text{L} \cdot \text{atm} = 101.325 \text{J}$$

$$\text{Cal}_{\text{IT}} = 4.1868 \text{J}$$

$$\text{Cal}_{\text{th}} = 4.1840 \text{J}$$

体积

$$\text{OZ} = 28.4131 \text{cm}^3$$

温度

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32$$

质量

$$\text{lb} = 0.4536 \text{kg}$$

放射性活度

$$\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{Bq} (\text{原文中为 C})$$

压力

$$\text{atm} = 101.325 \text{kPa}$$

强度、张力

$$1 \text{bf/in}^2 = 6894.76 \text{Pa} (\text{原文中为 } 1 \text{b/in}^2)$$

$$1 \text{bf/ft} = 14.59 \text{N/m} (\text{原文中为 } 1 \text{b/ft})$$

$$\text{mmHg} = 133.322 \text{Pa}$$

电磁单位

$$\text{Torr} = 1 \text{mmHg} = 133.322 \text{Pa}$$

$$\text{EMu} = 1 \times 10^{-8} \text{Wb} (\text{原文中为 e. m. u})$$

能、功、热

在本书的翻译过程中，得到科学院化学所、长春应用化学所和成都科技大学的有关同志在专用术语定名上给予不少帮助，在此仅向他们表示衷心感谢。

由于译者的学识有限，错误在所难免，敬希读者批评指正。

译者 1984.9.25

作者前言

自从1955年以来，关于齐格勒—纳塔催化剂和聚合方面的文献迅速增多，有关该催化剂各方面的期刊论文和专利已发表约一万篇以上。一个人怎样才能应付这样堆积如山的诸多文献呢？浏览论述该催化剂特殊和一般特性的评论文章会给人们很大帮助。

《齐格勒—纳塔催化剂和聚合》一书现在发表是适时的，自从第一次宣布齐格勒—纳塔发明以来，已经过去二十多年了，新文献发表的速度已经减少到容易处理的程度。

在编写本书的过程中，我曾有过很多设想。最主要的是将齐格勒—纳塔的情况描述到一定深度并把“它汇总到一起”为学习齐格勒—纳塔催化剂和聚合的读者讲清该催化剂的有关问题。齐格勒—纳塔催化剂是一种独特而奇异的催化剂。它在工业上很重要，值得科学界和工程技术界重视。本书也是特为学习化学和工程技术的研究生作为这种催化剂的原始文献而编写的。我希望本书作为教科书和大学研究班的教材是有益的。本书也是为那些涉及齐格勒—纳塔催化剂方面的工业化学家、工程师和经理人员编写的。不管问题是小还是大，本书将有助于为人们提供所需要的基础知识，并且指导要了解更详细情况的人们在本书中找到适当的参考文献。有一些章节适合于作为工艺研究试验室和产品用户之间课题所需要的通用性资料。

我始终致力于尽可能正确和真实地介绍文献中的数据结果，总是力图尽量表达所引用的文献作者的观点。在可能之处还增加了我的个人观点。

本书并不是已发表过的有关齐格勒—纳塔聚合所有文献的汇编。事实也的确如此，本书引用的参考文献只是全部文献的一小部分。本书对引用的某些文献较其它的论述得详细，这取决于我

本人对这些文献的重要性和关联性的评价。我相信，我所写的论题的方法，将有益于接触专利和期刊文献有限的那些学校研究部门。本书收录一些较早期评论文章的汇编有助于读者得到更进一步的背景材料。

正如本书证明那样，聚合物化学家们能够自由地利用催化反应和金属有机化学解决他们遇到的一些问题。聚合物化学家们在催化剂化学家和金属有机化学家们感兴趣领域作出了很多重要贡献。我希望这部书能成功地把这一化学知识传递给他们。

本书所写的每一章，在介绍特定课题领域中都是独立地、互相密切配合和有用的。读完第一章和第三章（概括了本课题全貌）之后，就可以阅读任何一章，而不必通读其它诸章。对于只想了解齐格勒-纳塔聚合概况的读者，只阅读第一章就足够了。

据我所知，这是第一部由一个作者论述齐格勒-纳塔催化剂和聚合全貌的书。1959年，Gaylord和Mark教授在他们写的《线性和等规立构加聚聚合物 (Linear and Stereoregular Addition Polymer)》一书中，主要篇幅叙述的是齐格勒-纳塔催化剂；1972年，Keii教授在他写的《齐格勒-纳塔聚合反应动力学 (Kinetics of Ziegler-Natta Polymerization)》一书中，主要论述的是催化剂的动力学特性。我的这部书包括齐格勒-纳塔催化剂和聚合的十七个重要命题，描述了烯烃、二烯烃和很多其它类型单体的聚合。齐格勒-纳塔聚合的每一个领域都有一定的魅力，吸引世界各地许多实验室的科学工作者对其进行研究。

这部书没有我妻子Janet的协助是写不成的。她为原稿打字，并且不断鼓励我完成这部著作。我感谢壳牌开发公司在这部书原稿取得成功方面对我的帮助。感谢Ken Lackey帮助我照相复制工作、Joan Wilkinson和Marjorie Wallace帮助我速记、Aphrodite Marmoulides和Shirley Thompson帮助我查图书、Laurie Doerr和Martin Baer帮助我查阅专利文献。

最后，我要借此机会，感谢在壳牌实验室中工作的同事们，他们帮助我在齐格勒-纳塔催化剂和其它化学领域方面作了很多

实验工作。特别是 D. W. Penhale, 他在技术上协助我工作很多年; E. A. Youngman 博士, 他是我的直接领导者, 我同他在很多论文中进行合作感到高兴。R. M. Cale, 当时是塑料部的领导者, 现已退休。这部书可以佐证, 英国、美国、荷兰壳牌实验室曾经在齐格勒-纳塔化学方面作出了显著贡献。1967~1968年间, 我作为交换科学家转借给阿姆斯特丹壳牌实验室工作, 使我有机会直接与欧洲的同事们一起工作。我认为, 与对齐格勒-纳塔催化剂和聚合有贡献的这些人联系, 对我个人来说, 确是得益不少。

小约翰·布尔

目 录

译者的话

作者前言

第一章 齐格勒—纳塔催化剂和聚合概论	1
I. 概况	1
II. 评论集	11
参考文献	12
第二章 齐格勒—纳塔催化剂的起源	19
I. 在科学和工业上的重要性	19
II. 历史的起源	21
III. 催化剂和现代发明的预测	26
IV. 聚合物科学的黄金时代	29
参考文献	31
第三章 定义、立体化学、实验方法和工业化的聚合物	34
I. 引言	34
II. 齐格勒—纳塔催化剂的定义	34
III. 聚合物的立体化学结构和表征方法	37
IV. 实验方法	63
V. 工业生产的聚合物	70
参考文献	80
第四章 齐格勒—纳塔烯烃催化剂的化学性质	83
I. 引言	83
II. 决定烯烃催化剂性能的因素	84
III. 烯烃用催化剂的主要种类	113
IV. 结论	130
参考文献	131
第五章 共轭二烯烃聚合催化剂化学	136
I. 引言	136
II. 决定异构体的因素	137
III. 各种共轭二烯烃用的主要催化剂	148

IV. 结论	156
参考文献	157
第六章 催化剂的初始物理形态	162
I. 引言	162
II. 催化剂物理形态的重要性	162
III. 可溶性催化剂	164
IV. 胶体状催化剂	164
V. 载体型非均相催化剂	168
VI. 结论	174
参考文献	175
第七章 聚合时聚合物的物理形态	177
I. 引言	177
II. 溶液聚合工艺	177
III. 浆液聚合工艺	181
IV. 气相聚合工艺	182
V. 结论	187
参考文献	188
第八章 聚合物粒子的增长	190
I. 引言	190
II. 重复性	191
III. TiCl_3 粒子的构造	193
IV. 聚合物粒子是怎样增长的?	199
V. 实际应用中的重要性	219
VI. 结论	220
参考文献	220
第九章 用第三组份改进齐格勒—纳塔催化剂	222
I. 引言	222
II. 给予体的讨论; 加入第三组份的类型	224
III. 结论	250
参考文献	251
第十章 聚合物链增长的终止	255
I. 引言	255
II. 用有机化合物和无机化合物使链终止	256

Ⅲ. 用烷基金属化合物使链终止	258
Ⅳ. 用分子氢使链终止	262
Ⅴ. 用不饱和烃使链终止	268
Ⅵ. 热裂解使链终止	269
Ⅶ. 机械力使链终止	271
参考文献	271
第十一章 催化剂及其活性中心的氧化态	273
I. 引言	273
II. 过渡金属盐催化剂	273
III. 结论	290
参考文献	291
第十二章 无烷基金属化合物催化剂	293
I. 引言	293
II. 菲利普催化剂和印第安纳标准油催化剂	294
III. 1955年以来发现的无烷基金属化合物催化剂	299
IV. 与齐格勒—纳塔催化剂的关系	335
参考文献	337
第十三章 烯烃聚合的引发和链增长机理	344
I. 引言	344
II. 术语的命名原则	344
III. 提出的机理	346
IV. 实验证据	362
V. 结论	383
参考文献	385
第十四章 二烯烃聚合的引发和链增长机理	388
I. 引言	388
II. 提出的机理	388
III. 实验证据	392
IV. 结论	403
参考文献	404
第十五章 α-烯烃的立体化学控制机理	406
I. 引言	406
II. 加成模型	407

Ⅲ. 等规立构增长	415
Ⅳ. 间规立构增长	436
V. 等规立构聚丙烯和间规立构聚丙烯的立体纯度	443
Ⅵ. 结论	444
参考文献	445
第十六章 共轭二烯烃和非共轭二烯烃的立体化学控制机理	447
I. 引言	447
Ⅱ. 共轭二烯烃	447
Ⅲ. 非共轭二烯烃	462
Ⅳ. 结论	465
参考文献	466
第十七章 等速立体选择和不等速立体选择等规立构增长的立体化学控制机理	467
I. 引言	467
Ⅱ. 等速立体选择作用	468
Ⅲ. 不等速立体选择作用	473
Ⅳ. 提出的机理	478
参考文献	486
第十八章 动力学	488
I. 引言	488
Ⅱ. 基本动力学结论	489
Ⅲ. 提出的动力学模型和历程	499
Ⅳ. 影响动力学结果的操作因素	505
V. 聚合物链和粒子的增长	516
Ⅵ. 结论	536
参考文献	537
第十九章 单体的聚合	540
I. 引言	540
Ⅱ. 乙烯	540
Ⅲ. 1-烯烃	541
Ⅳ. 1,1-二取代乙烯	548
V. 1,2-二取代乙烯	550
Ⅵ. 环烯烃	552

Ⅶ. 二环 [n.1.0] 烷烃	560
Ⅷ. 极性单体	561
Ⅸ. 丙二烯	570
X. 乙炔	571
XI. 共轭环二烯烃和无环的二烯烃	575
XII. 非共轭无环的二烯烃和环二烯烃	579
参考文献	588
第二十章 共聚合反应	597
I. 引言	597
II. 共聚合方程和命名原则	598
III. 共聚物链结构的实验控制	599
IV. 典型共聚单体对的共聚反应	611
V. 结论	618
参考文献	619
第二十一章 嵌段共聚合	622
I. 引言	622
II. 开创性的工作	623
III. 嵌段共聚物的其它研究	631
IV. 结论	633
参考文献	636
第二十二章 齐格勒—纳塔催化剂的其它应用	637
I. 引言	637
II. 自由基聚合和阳离子聚合反应	637
III. 无环烯烃和环烯烃的置换反应	638
IV. 烯烃、炔烃的齐聚反应	640
V. 烯烃的异构化反应	642
VI. 烯烃和不饱和聚合物的加氢反应	642
VII. 用不饱和体系使芳核烷基化反应	644
VIII. 其它竞争副反应	644
参考文献	645
第二十三章 结语和展望	647
补充参考文献	649

第一章 齐格勒—纳塔催化剂 和聚合概论

I. 概 况

齐格勒—纳塔催化剂是独特而奇异的催化剂，其万能性恐非任何其它催化剂堪与伦比。K. 齐格勒 (K. Ziegler) 于1953年秋和G. 纳塔 (G. Natta) 于1954年春分别在实验里发现了这种催化剂。齐格勒学派宣布，用烷基金属化合物和过渡金属盐的二元混合物，如 $\text{AlEt}_3 + \text{TiCl}_4$ ，在低压下，容易合成高密度聚乙烯。纳塔学派随后证明了同样催化剂的这种性质，含低价的过渡金属氯化物盐类（如 TiCl_3 ）催化剂，能够使大部分 α -烯烃生成等规立构聚合物。这些发现引起世界范围的研究和开发的热潮，结果导致很多新型塑料和弹性体的工业化生产。现在，齐格勒—纳塔催化剂已经纳入传统的阳离子引发剂、阴离子引发剂和自由基引发剂的行列，成为引发聚合反应的主要方法之一。齐格勒—纳塔催化剂在聚合物科学史上的特殊时期中，它是一代卓越的佼佼者。这个时期，不仅生产出很多新的工业化聚合物，而且也提高了人们在聚合物和聚合反应方面的基础知识。第二章描述齐格勒—纳塔催化剂的起源，简要地回顾了当代其它一些重要的发现。

根据广义的专利定义，齐格勒—纳塔催化剂是 I 族至 III 族烷基碱金属化合物与 IV 族至 VIII 族过渡金属盐的混合物。但不是所有可能的络合物都是有效的催化剂，其中很多络合物只对某些单体或在某些条件下才有活性。

立体化学控制是齐格勒—纳塔催化剂的最重要贡献之一。表 1-1 和表 1-2 汇集了一些较重要的例子，并给出这些聚合物的不同立体化学结构。在实验室中研究的很多聚合物中，约有十种聚合物已经工业生产（见下表）或者即将工业生产。

表 1-1 烯烃聚合的典型例子*

烯烃	一般结构单元	催化剂*	产 品
乙烯	$\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$ 线 性	$\text{AlEt}_3 + \text{TiCl}_4$	晶体, $\text{MP} \approx 135^\circ\text{C}$
丙烯 和较高 级 α -烯 烃	$\begin{array}{ccccccc} & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & \\ & & & & & & \\ \text{—CH}_2 & \text{—C—} & \text{CH}_2\text{—} & \text{C—} & \text{CH}_2\text{—} & \text{C—} & \\ & & & & & & \\ & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & \end{array}$ 等规立构	$\text{AlEt}_2\text{Cl} + \text{TiCl}_4$	晶体, $\text{MP} \approx 170^\circ\text{C}$
只有 丙烯	$\begin{array}{ccccccc} & \text{CH}_3 & & \text{H} & & \text{CH}_3 & \\ & & & & & & \\ \text{—CH}_2 & \text{—C—} & \text{CH}_2\text{—} & \text{C—} & \text{CH}_2\text{—} & \text{C—} & \\ & & & & & & \\ & \text{H} & & \text{CH}_3 & & \text{H} & \end{array}$ 间规立构	$\text{AlEt}_2\text{Cl} + \text{VCl}_4$ ($< -45^\circ\text{C}$)	晶体, $\text{MP} \approx 130^\circ\text{C}$
(RS) -3-甲 基 α -1- 戊烯和 相似的 外消旋 α -烯烃	聚合物链相等的混合物, 其中每一个链含有一种主要的(R)- α -烯烃或(S)- α -烯烃	$\text{Al-}i\text{-Bu}_3 + \text{TiCl}_4$	旋光性产 品
乙烯 基环丙 烷	$\text{—CH}_2\text{—CH—} \rightarrow \text{—(CH}_2\text{—)}_2\text{CH=CH—CH}_2\text{—}$ 	$\text{AlEt}_2\text{Cl} + \text{VCl}_4$	—
环丁 烯	 或 $\text{—CH=CH—(CH}_2\text{)}_2\text{—}$	$\text{AlEt}_2\text{Cl} + \text{V(acac)}_3$ $\text{AlEt}_3 + \text{VCl}_4$	晶 体 弹性体
2-丁 烯	$\begin{array}{ccccccc} \text{—CH} & \text{—CH—} & \text{CH}_2\text{—} & \text{CH}_2\text{—} & \\ & & & & \\ \text{CH}_3 & \text{CH}_3 & & & \end{array}$ 2-丁烯只有在乙烯存在下才能聚合	$\text{AlEt}_2\text{Cl} + \text{V(acac)}_3$ ($\leq -30^\circ\text{C}$)	晶 体

* 多数等规立构聚合在 $25 \sim 100^\circ\text{C}$ 条件下进行; 但某些催化剂要在特定温度下才能聚合。

* acac—乙酰丙酮; Et—乙基; Bu—丁基; i-Bu—异丁基; MP—熔点;

R—右旋构型; S—左旋构型。

——译注

表 1-2 二烯烃聚合的典型例子

二烯烃	一般结构单元	催化剂	产 品
丁二烯	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \backslash \\ -\text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2- \\ \text{顺式-1,4-} \end{array} $	$\text{AlEt}_2\text{Cl} + \text{可溶性钴盐}$	弹性体
丁二烯	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CH}_2- \\ \backslash \quad / \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \backslash \\ -\text{H}_2\text{C} \quad \text{H} \\ \text{反式-1,4-} \end{array} $	$\text{AlEt}_3 + \text{VCl}_3$	晶体, $\text{MP} \approx 145^\circ\text{C}$
丁二烯	$ \begin{array}{ccccccc} & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & \\ & & & & & & \\ -\text{CH}_2- & \text{C} & -\text{CH}_2- & \text{C} & -\text{CH}_2- & \text{C} & - \\ & & & & & & \\ & \text{CH} & & \text{CH} & & \text{CH} & \\ & & & & & & \\ & \text{CH}_2 & & \text{CH}_2 & & \text{CH}_2 & \\ & \text{1,2-等规立构} & & & & & \end{array} $	$\text{AlEt}_3 + \text{Ti}(\text{O}-n\text{-Bu})_4$	晶体, $\text{MP} \approx 128^\circ\text{C}$
丁二烯	$ \begin{array}{ccccccc} & & & \text{CH}_2 & & & \\ & & & & & & \\ & \text{H} & & \text{CH} & & \text{H} & \\ & & & & & & \\ -\text{CH}_2- & \text{C} & -\text{CH}_2- & \text{C} & -\text{CH}_2- & \text{C} & - \\ & & & & & & \\ & \text{CH} & & \text{H} & & \text{CH} & \\ & & & & & & \\ & \text{CH}_2 & & & & \text{CH}_2 & \\ & \text{1,2-间规立构} & & & & & \end{array} $	$\text{AlEt}_3 + \text{Cr}(\text{acac})_3$	晶体, $\text{MP} \approx 150^\circ\text{C}$
异戊二烯	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \backslash \\ -\text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2- \end{array} $	$\text{AlEt}_3 + \text{TiCl}_4$ $\text{Al/Ti} \approx 1$	弹性体
1,3-戊二烯	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CH}_2- \\ \quad \\ \text{C}=\text{C} \\ \quad \\ -\text{HC} \quad \text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \\ \text{反式-1,4-等规立构} \end{array} $	$\text{AlEt}_3 + \text{VCl}_3$	—

续表

二烯烃	一般结构单元	催 化 剂	产 品
1,5-己二烯	$ \begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{—CH—} \\ \\ (\text{CH}_2)_2 \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{CH}_2 \end{array} + \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{—H}_2\text{C—CH} \quad \text{CH}_2 \quad * \\ \quad \quad \\ \text{CH}_2\text{—} \quad \text{CH—} \end{array} $	$\text{AlEt}_2\text{Cl} + \text{V}(\text{acac})_3$ $\text{Al-}i\text{-Bu}_3 + \text{TiCl}_3$	弹性体 晶体, MP $\approx 135^\circ\text{C}$
1,3-环己烯		$\text{AlEt}_3 + \text{VCl}_3$	—

* 原文为 $\text{—CH}_2\text{—C} \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \end{array}$, 有误, 改为 $\text{—H}_2\text{C—CH} \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \end{array}$

$n\text{-Bu}$ ——正丁基

——译者

塑料

中密度聚乙烯和高密度聚乙烯

等规立构聚丙烯

等规立构聚-1-丁烯

等规立构聚-4-甲基-1-戊烯

乙烯-丙烯嵌段共聚物

反式-1,4-聚异戊二烯

弹性体

顺式-1,4-聚丁二烯

反式-1,4-聚丁二烯

反式-1,5-聚戊烯

乙烯-丙烯无规共聚物

第三章将详细地论述催化剂的定义和这些重要聚合物的立体化学。并叙述用于制备它们的合成方法、鉴定和评价立体化学结