

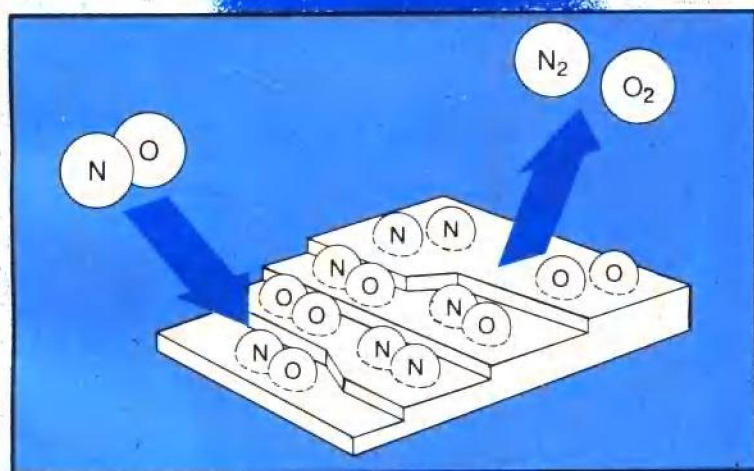
催化展望

[美] 美国国家研究委员会

化学科学与技术部

催化科学技术新方向专家组

熊国兴 陈德安 译
蔡启瑞 郭莹贤 审校
北京大学出版社



催 化 展 望

[美] 美国国家研究委员会
化学科学与技术部
催化科学技术新方向专家组

熊国兴 陈德安 译
蔡启瑞 郭燮贤 审校

北 京 大 学 出 版 社

新登字(京)159号

图书在版编目(CIP)数据

催化展望/美国催化科学技术新方向专家组著;熊国兴,陈德安译. —北京:北京大学出版社,1993.8

书名原文: Catalysis Looks to the Future

ISBN 7-301-02325-1/O · 325

I. 催…

II. ①美… ②熊… ③陈…

III. 催化-技术

IV. O643.3

出版者:北京大学出版社

(北京大学校内,邮编:100871)

排印者:北京经纬印刷厂印刷

发行者:北京大学出版社

经销者:新华书店

版本记录:787×1092毫米 32开本 3.5印张 80千字

1993年10月第一版 1993年10月第一次印刷

印数:00001—2000册

定 价:6.50元

Catalysis Looks to the Future

National Research Council of the United States

Board on Chemical Sciences and Technology

Panel on New Directions in Catalytic Science
and Technology

Original English Language Edition Published in 1992

by the National Academy Press, Washington, D. C. , USA

All rights reserved

原 版 说 明

本报告的题目,作为项目是由美国国家研究委员会的执行委员会批准的。执委会成员来自国家科学院、国家工程科学院以及医学研究院。对本报告负责的委员会成员的选择是考虑他们的特殊才能,也顾及适当的平衡。

本报告是由作者以外的一个小组按照报告评审委员会批准的程序进行的。该委员会成员由来自国家科学院、国家工程科学院院士及医学科学院的院士们组成。

国家科学院是一个由从事科学与工程研究的著名学者自己维持的私人非盈利的组织,旨在促进科学技术及其应用于造福社会。根据 1863 年国会授予科学院的特权,要求它就科学技术问题向联邦政府提供咨询。现任国家科学院院长是 Frank Press 博士。

国家工程科学院作为杰出的工程师的相应组织,在国家科学院的授权下成立于 1964 年。它在行政上及其院士遴选上是自治的,它与国家科学院共同负责向联邦政府提供咨询。国家工程科学院也负责旨在适应国家需要的工程规划,奖励教育与研究,并论证工程师的优秀成果。现任国家工程科学院院长是 R. M. White 博士。

医学科学院是国家科学院为了保证相关专业的卓越院士们致力于有关公众健康政策事务的审核而于 1970 年建立的。在国家科学院院士会议授予的职权下,它向科学院负责对联邦政府提出建议,并基于它自身的首创精神鉴定医学护理、研究及教育的出版物。现任医学科学院的执行主席是 S. Bondurant 博士。

国家研究委员会是在 1916 年由国家科学院组建,目的在于将主要的科学技术团体同科学院增进知识和对联邦政府咨询的目标连结起来。按照由科学院确定的总政策发挥作用,该委员会已成为国家科学院与国家工程科学院两者的主要执行机构,为政府、公众及科学和工程团体提供服务。该委员会是由科学院和医学科学院联合管理的。Press 博

士及 White 博士现分别任该委员会的正副主席。

本项目的资助是由美国能源部[批准号 DE-FG05-90ER 14103], 国家科学基金会[批准号 CTS-8921829 和 CHE 8921664], 化学及气体产品公司, Chevron 研究公司, Dow 美国化学品公司, Exxon 研究与工程公司, E. I. Du Pont de Nemours 公司, Mobil 研究与开发公司, UOP 公司及国家工程科学院等提供。

Library of Congress Catalog Card Number 91-66333

International Standard Book Number 0-309-04584-3

Additional copies of this report are available from:

National Academy Press

2101 Constitution Avenue, NW

Washington, DC 20418

S447

Printed in the United States of America

催化科学技术新方向专家组成员

Alexis T. Bell	主席, 加州大学, 伯克利
Michel Boudart	斯坦福大学
Burt D. Ensley	Envirogen 公司
David Estell	Genencor 公司
Robert H. Grubbs	加州理工学院
L. Louis Hegedus	W. R. Grace 公司
Leo E. Manzer	E. I. Du Pont de Nemours 公司
Jule A. Rabo	UOP 坦里汤技术中心
Julius Rebek. Jr.	麻省理工学院
James F. Roth	气体产品和化学品公司
Gabor A. Somorjai	加州大学, 伯克利
Vern W. Weekman	Mobil 研究与开发公司
William Spindel	行政事务负责人

化学科学与技术部

L. E. Scriven	明尼苏达大学, 两主席之一
Peter B. Dervan	加州理工学院, 两主席之一
Paul S. Anderson	Merck Sharp & Dohme 公司
Alfred Bader	Aldrich 化学公司
Alexis T. Bell	加州大学, 伯克利
Michael P. Doyle	Trinity 大学
Bruce A. Finlayson	华盛顿大学
Jeanette G. Grasselli	俄亥俄大学
L. Louis Hegedus	W. R. Grace & Company 公司
Richard H. Holm	哈佛大学
Kendall Houk	加州大学, 洛杉矶
Lester C. Krogh	3M 公司
W. Carl Lineberger	科罗拉多大学
James W. Mitchell	AT&T Bell 实验室
Jeanne E. Pemberton	亚利桑那大学
Edwin P. Przyblylowicz	Eastman Kodak 公司
Julius Rebek, Jr.	麻省理工学院
Stuart A. Rice	芝加哥大学
Dotsevi Y. Sogah	康纳尔大学
Daniel I-Chyau Wang	麻省理工学院
Douglas J. Raber	行政事务主任
Peggy J. Posey	办公室主管
William Spindel	顾问
Sybil A. Paige	行政助理
Maria P. Jones	行政秘书

物理科学、数学和应用委员会

Norman Hackerman	Robert A. Welch 基金会, 主席
Peter J. Bickel	加州大学, 伯克利
George F. Carrier	哈佛大学
Dean E. Eastman	IBM T. J. Watson 研究中心
Marye Anne Fox	德克萨斯大学, 奥斯汀
Phillip A. Griffiths	现代研究学院
Neal F. Lane	拉埃斯大学
Robert W. Lucky	AT&T Bell 实验室
Claire E. Max	劳伦斯利佛莫尔实验室
Christopher F. McKee	加州大学, 伯克利
James W. Mitchell	AT&T Bell 实验室
Richard S. Nicholson	美国科学促进协会
Alan Schriesheim	阿尔贡国家实验室
Kenneth G. Wilson	俄亥俄州立大学
Norman Metzger	执行主任

译 序

催化是化学中的一门分支基础科学,又是炼油、化工和环保方面每年创造巨大经济效益和社会效益的关键技术。美国国家科学研究咨询委员会(NRC)1985年发表的专家组调研报告《化学中的机会》曾强调指出,化学是一门中心科学,催化是化学科学中至关重要的优先领域之一;1988年发表的另一专家组调研报告《化学工程的前沿》在论述表面及界面科学和工程学这一优先领域时,也特别强调多相催化的重要性。尽管如此,美国过去几年在催化研究与开发方面并未增加投入。与此形成对照,西欧和日本却正在大力加强这方面的研究、开发,致使美国在催化科学技术的国际领先地位面临着西欧和日本的有力挑战。为此,美国 NRC 最近又组织了以著名催化专家、加州大学伯克利分校的 A. T. Bell 教授为首的专家组,对催化科学与技术新方向进行了调研和审评,并于 1992 年发表了题为《催化展望》(Catalysis Looks to the Future)的调研报告。该书详述了催化以往的成就,表明了它对美国经济和社会发展的巨大推动,展望了催化未来发展的新机遇,并向有关的工业界、学术界、高等学校、国家实验室和联邦政府提出建议:加强各有关方面的联系和协商,统一认识,加快催化科学与技术的协调发展,以保持美国在催化方面的国际领先地位。

我们很高兴地看到该书现已由熊国兴、陈德安两位资深的催化工作者译成中文,即将由北京大学出版社出版。《催化展望》中文版的问世对于我国催化科学技术的发展将起十分

有益的借鉴作用。我们愿意向我国化学、化工界的催化科技工作者和教师以及管理工作推荐这本书。

蔡启瑞

1993 年 5 月

目 录

摘 要	1
第 I 章 绪言	12
什么是催化剂?	13
附录 1.1 不列颠之战:催化剂代表胜利	16
附录 1.2 固定化酶作为工业催化剂	17
研究的功能	19
总结与展望	21
第 II 章 催化技术中的新机遇	22
催化技术的重大社会影响	22
附录 2.1 催化裂化:对美国收支平衡的重要影响 ...	23
化学品的生产	25
●现有产品●	25
●新产品●	30
附录 2.2 未来的一个重点	32
燃料生产	38
●现有燃料●	38
●新的燃料——甲醇分解为一氧化碳和氢气●	40
附录 2.3 服务于能源自立的催化科学	41
环境保护	43
●烷基化催化剂●	43
●氟氯烷的替代物●	44
●废气排放的减少●	45
附录 2.4 汽车废气处理催化剂	46

●有机废物的生物降解●	48
附录 2.5 以污染为食	49
第 III 章 催化科学中的研究机遇	52
引言	52
催化材料的合成	53
附录 3.1 聚乙烯的故事:耐切割的外科手术用手套 和洗衣袋	57
催化剂表征	59
附录 3.2 在铁单晶上研究氨的合成	62
催化反应机理与动态学	64
附录 3.3 以虫治虫	66
催化理论	70
附录 3.4 固态高温燃料电池	74
结论	76
第 IV 章 催化研究的国家资源	78
工业部门	78
大学	79
国家实验室	81
第 V 章 研究结果与建议	84
工业部门	85
学术机构研究工作者	87
国家实验室	88
联邦政府	88
附 录	91
通讯投稿者	92
催化科学与技术新方向研讨会日程	94

摘 要

催化科学和社会影响

化学工业是美国最大的工业部门之一,1990 年的销售额达 2920 亿美元,雇员达 110 万人^[1],是国家少数几个产生贸易顺差的工业部门之一。美国现在出口的化学制品总额大约 370 亿美元,几近进口额的一倍(210 亿美元)^[2]。在 1930 年到 80 年代初期间,63 种主要新产品和 34 种工艺过程的革新是由化学工业带来的,其中超过 60%的产品与 90%的过程是基于催化作用。催化也是石油炼制工业的核心,在 1990 年该工业就雇佣 75 万工人,销售额达 1400 亿美元^[3]。因此很清楚,催化对于美国两个销售额最大的工业是举足轻重的,同时也是近来由国家关键技术专家组报告所确认的许多国家关键技术中富有生命力的组成部分^[4]。

展望未来,在发展全新的催化技术及进一步改善现有技术方面人们可以看到许多令人振奋的挑战与机遇。公众对于化学品与工业排放物对环境影响的关注不断增长,迫切要求发现和开发新流程,以限制或至少能减少有害材料的使用与

[1] U. S. Department of Commerce. *U. S. Industrial Outlook 1991*, International Trade Administration. Washington, D. C., 1991.

[2] U. S. Department of Commerce, *U. S. Industrial Outlook 1991*.

[3] U. S. Department of Commerce, *U. S. Industrial Outlook 1991*.

[4] *Report of the National Critical Technologies Panel*, William D. Phillips, chair, Arlington. Va., March 1991.

释放。对环境与原材料供应的关注也着重于再循环的可能性上。对于化学工业,特别有兴趣的是生产易于再生、可反复使用的聚合物之前景。虽然世界的石油供应已满足了近期的需求,但继续研究那些能使甲烷、页岩油、煤炭在可以接受的成本下转化为液体燃料的技术还是有必要的。而且,为了保持经济竞争能力,美国商品和精细化学产品的生产者也需要转移到低成本原料及具有更高产品选择性的流程。总而言之,这些压力为继续扩展催化科学的前沿提供了强有力的激励作用,促使那些以发现与开发新颖的催化过程为目的的科学研究不断发展。

现将过去年代中在催化科学与技术方面里程碑式的发现列于下面。

●100年前:Paul Sabatier(1912年获诺贝尔奖)在Toulouse大学开始在金属粉末存在下,有机分子加氢方法的研究工作。

●70年前:Irving Langmuir(1932年获诺贝尔奖)在通用电器公司确立了一氧化碳氧化的科学基础。

●50年前:Vladimir Ipatieff和Herman Pines在环球油品公司(UOP)开发了制造高辛烷值汽油的流程,及时运去的这种汽油保证了皇家空军在不列颠战役中的胜利。

●30年前:Karl Ziegler和Giulio Natta(1963年获诺贝尔奖)发明了制造新塑料材料和纤维材料的流程。

●17年前:W. S. Knowles在孟山都公司获得专利,找到了更好的方法制造治疗帕金森氏病(Parkinson)的药品,左旋-二羟基苯丙氨酸(L-Dopa)。

●今天:Thomas Cech(1989年获诺贝尔奖)在科罗拉多大学获得制造核糖酶(ribozymer)的4987071号美国专利。这

是一种遗传物质,有朝一日,它可能用来使致命的病毒失活。

上述例子虽是为保健、衣着、消费产品、燃料和环境保护各方面解决了材料,但他们都有一个共同的特点:都依赖于化学或生物化学催化剂。

什么是催化剂?

这些对我们的健康、经济与生活质量有持续强烈影响,对更好的产品与流程起关键作用的物质——催化剂到底是什么呢? 催化剂是一种物质,它通过基元步骤的不间断地重复循环,将反应物转变为产物,在循环的最终步骤催化剂再生为其原始状态。更简单地说,催化剂是一种加速化学反应而在其过程中自身不被消耗掉的物质。许多种类的物质可用来作催化剂,包括金属、金属化合物(如金属氧化物、硫化物与氮化物等)、有机金属络合物及酶。

催化科学与技术

大规模催化技术的首次奏效可追寻到 1913 年,那时第一座从元素氮(N_2)和元素氢(H_2)合成氨的工厂在德国创建,从起始一直至今,这种工厂的催化剂基本上还是由铁组成的。现在对此反应的机理也已了解得很清楚了。在催化剂表面上的某些铁原子的集团,能先解离一个氮分子,然后是氢分子,最后是将这些碎片再优化结合起来生成氨分子。为了增加催化循环的速率,催化剂是在高温下操作的,又在高压下操作以提高氨的热力学收率。在这些条件下,在需换催化剂前,每个催化中心上完成了上百万次的催化循环。催化剂的这种高生

产效率解释了它低成本的事实,即催化剂在它使用寿命内,生产了价值 2000 倍于其自身价值的产品。

催化作用的另一个范例表明工业催化剂在某种意义上可以是仿生的,它们能模拟自然界存在的酶的能力以生产光学活性分子。已经知道许多药物只有一种形式,我们称之为左旋形式,是有活性的。因此获得高纯度的左旋形式是关键的;尤其当药物是有一定毒性,哪怕是很轻的,并且必须经许多年服用时这一点就特别重要了。一种用来治疗帕金森氏症称为左旋-二羟基苯丙氨酸(L-多巴)的分子确实如此,右旋分子是非活性的。在一般合成中,两种形式是被等量生成的,而且分离它们成本昂贵。是否可能用合成催化剂来生产只有左旋形式的产品呢?这种工业合成首先在孟山都公司获得了成功,L-多巴选择合成于 1974 年获得专利。用于制造 L-多巴的催化过程,今天依然是工业催化中的一项重要成果。

最后,近来催化技术的开发趋势多以环境保护为目标。最广为人知的例子是利用催化转换器从汽车尾气中除去污染物。汽车催化转换器的应用始于 70 年代,由美国首先装备,随后引进到日本,如今正传遍欧共体与瑞典。现在最先进的催化剂含有 3 种铂族元素,通过非常复杂的催化反应网络控制了一氧化碳、氮的氧化物及未燃烧完的汽油分子的排放。此项应用对于公众了解催化作用及其众多造福人类的应用所做的贡献堪称首位。

催化科学与技术中的研究机遇

对于可行的商业应用,任何类型——多相的、均相的或酶的催化剂必须具备许多性质,其中主要的是高活性、选择性和