

<<<<< 化学化工节能减排丛书 <<<<<

节能减排 新途径与新技术



上海市经济团体联合会
上海市化学化工学会

◎ 编著



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

化学化工节能减排丛书

节能减排 新途径与新技术

上海市经济团体联合会 编著
上海市化学化工学会

图书在版编目(CIP)数据

节能减排新途径与新技术/上海市经济团体联合会,上海市化学化工学会编著. —上海:华东理工大学出版社,2010.5

(化学化工节能减排丛书)

ISBN 978-7-5628-2791-7

I. ①节… II. ①上…②上… III. ①化学工业—
节能—新技术应用 IV. ①TQ

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 067680 号

化学化工节能减排丛书

节能减排新途径与新技术

编 著 / 上海市经济团体联合会,上海市化学化工学会

策划编辑 / 周永斌

责任编辑 / 周 颖

封面设计 / 陆丽君

责任校对 / 李 晔

出版发行 / 华东理工大学出版社

社 址:上海市梅陇路 130 号,200237

电 话:(021)64250306(营销部) (021)64252253(编辑部)

传 真:(021)64252707

网 址:press.ecust.edu.cn

印 刷 / 常熟华顺印刷有限公司

开 本 / 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 / 17.25

字 数 / 437 千字

版 次 / 2010 年 5 月第 1 版

印 次 / 2010 年 5 月第 1 次

印 数 / 1-1 500 册

书 号 / ISBN 978-7-5628-2791-7/TQ·152

定 价 / 68.00 元

(本书如有印装质量问题,请到出版社营销部调换。)

节能减排小组活动丛书编委会名单

主 任 蒋以任

副主任 周 亚 杲 云 吴启洲 杜仁伟

陈祥麟 唐晓芬 陈振浩 孙环葆

胡云芳 张培璋

编 委 赵国通 施明荣 周 强 陈金海

倪前龙 王 珏 陈汝媚 邓 绩

金国强 水从芳

序

节能减排已成为我国和上海市经济社会发展的一项紧迫任务。我们一定要从全面贯彻落实科学发展观的高度,充分认识节能减排工作的重要性和紧迫性,把这项工作作为贯彻实践科学发展观的重点,作为结构调整的突破口,作为实现经济又好又快发展的重大举措,切实抓紧抓实抓好。

为了贯彻落实党中央、国务院关于节能减排工作的一系列部署,形成以政府为主导、企业为主体、全社会共同参与的强有力的工作格局和长效机制,上海市经济团体联合会、上海市工业经济联合会根据《上海市节能减排工作实施方案》要求,在调查研究的基础上,倡议在全市开展节能减排小组活动(简称“JJ小组活动”),并拟订了行动计划,为配合开展试点工作,组织编写了《节能减排小组活动通读本》,以推动企业开展节能减排小组活动,把节能减排的任务落实到基层,落实到班组,落实到每个岗位。

节能减排小组活动是全民参与节能减排活动的一项创举。通过开展节能减排小组活动,动员广大企业员工针对生产运行和管理中存在的能耗、污染问题,找出关键原因,运用技术和管理手段,进行改进和组织攻关,以达到节约能源和资源,减少污染物排放的目的,并通过PDCA循环,不断总结提高,不断推动节能减排取得实效。因此,节能减排小组活动是推进节能减排工作的有效形式和重要措施。我衷心希望全市广大企业员工进一步增强责任感和使命感,充分发挥聪明才智和创新精神,扎实有效地开展节能减排小组活动,为努力建设资源节约型、环境友好型城市,使上海真正走出一条可持续发展之路做出贡献。

上海市市长

韩正

2008年11月30日

前 言

正值由美国次贷危机而引发的全球经济形势复杂多变的时刻,上海按照党中央、国务院的决策和部署,充分认识全球“金融海啸”产生的影响,积极应对全球经济新形势,坚持不懈走科学发展之路,以保持上海经济社会良好的发展势头。节能减排作为深入贯彻落实科学发展观的重要举措,已成为本市经济社会发展的一项十分紧迫的工作任务。

为贯彻落实党中央、国务院关于节能减排工作的一系列部署,上海市经济团体联合会、上海市工业经济联合会根据《上海市节能减排工作实施方案》要求,向市政府建议围绕全市和二、三产各企业节能减排的目标和任务,在全市开展节能减排小组活动,把节能减排的任务落实到基层,落实到生产工作第一线,落实到每个岗位。韩正市长为此作出重要批示,号召和支持在全市大力倡导开展节能减排小组活动。

在市节能减排领导小组的领导下,市经团联、市工经联对上海市节能减排小组活动的推进工作进行了总体安排,形成了上海市关于开展节能减排小组活动的行动计划,并为配合开展“节能减排小组活动”试点工作,编写了《节能减排小组活动通读本》。

本书介绍了全球以及我国能源和环境所面临的严峻状况,阐述了我国及上海节能减排的战略举措和目标任务,并且通过大量的事实和数据说明:企业是实现节能减排战略目标的主体;领导在节能减排活动中具有举足轻重的地位;管理在实现节能减排目标中发挥着重要作用。还专门论述了群众性节能减排小组活动(JJ小组活动)是实现企业节能减排目标的有效形式,并介绍了相关的成功案例。

本书由上海市经济团体联合会、上海市工业经济联合会组织,上海市质量协会等参与编写,上海市发展和改革委员会、上海市经济和信息化委员会、上海市环境保护局等部门的领导对本书的编写提出了许多指导性意见,在此表示感谢。

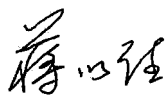
编写这样一本节能减排知识普及性读物,是一次新的探索和尝试。本书力求通俗易懂,但不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

全 国 政 协 常 委

上海市经济团体联合会

上海市工业经济联合会

会长



2008年11月 于上海

绪论

在资源紧缺日益加剧、环境保护日渐重要的今天,节能减排工作作为调整经济结构、转变经济发展方式的重要着力点,已经上升到国家战略高度。特别是在当前全球经济形势风云突变、宏观调控面临更加复杂局面、更加艰巨任务的情况下,坚持和推进节能减排既是当前我国经济社会发展的一项紧迫任务,也是贯彻科学发展观与社会主义和谐社会理论的重要体现。

上海市是一个高度城市化的特大型城市,人口规模大且高度集中,工业化程度高但资源匮乏。改革开放以来,上海社会经济持续高速发展,经济总量增长率连续十七年超过10%。然而,作为能源匮乏地区,上海消费的一次能源几乎全部从外部调入,其中煤炭全部从外省市调入,原油进口占原油总量的93.2%,外来电力的比重已从2000年的8.20%上升至2007年的31.05%,资源约束非常突出。因此,节能减排对推进上海经济的可持续发展具有十分重要的现实意义,节能减排是上海的一项长期战略任务。

近年来,上海市通过大力推进能源建设,不断提高能源供应能力,积极推动全社会节约能源,努力缓解经济社会发展的能源瓶颈,能源工作取得较大成绩,能源供应基本保障了经济社会快速发展的需求。自2005年能源综合利用率这一发展的“软”指标进入上海百姓视野以后,上海万元GDP能耗逐年下降,已由2005年的0.907吨标准煤降至2008年的0.801吨标准煤,降幅达11.7%。在减排方面,《上海应对气候变化碳减排研究报告2008》指出:上海市万元GDP碳排放量从1985年的3.94吨/万元下降到2007年0.60吨/万元,远低于2007年全国0.79吨/万元的平均水平,直观反映出能源利用效率的提升,说明上海通过调整产业结构、加大节能技术改造、加快落实减排措施、加强能源综合管理,节能减排工作已取得了较好的成绩。

在看到成绩的同时,我们更要看到上海与国际发达国家和地区相比还有很大的差距。目前,上海的万元GDP能耗是日本的4.2倍,是中国香港的3.5倍,是新加坡的3倍,是美国的2.4倍,上海的能源综合利用率约为国外平均水平的80%。

日本的能源状况与上海相似,她既是一个能源资源极度匮乏的国家,也是一个能源消费大国。极度匮乏的能源资源和巨大的能源需求,致使日本能源的对外依存度一直非常高,日本进口能源占总能源消费量的比重一直保持在80%左右。长期以来,为缓解能源压力,日本在节能方面付出了巨大努力,从完善节能法律法规、积极的财税政策、大力开发节能技术到有针对性的节能措施,甚至号召全民挖潜提效,使自身成为目前世界上万元GDP能耗最低的国家,其节能经验值得我们借鉴。

为进一步推进节能减排工作,上海在“十一五”节能减排规划中提出了约束性指标:到2010年,全市万元GDP总能耗比2005年下降20%左右;化学需氧量(COD)排放量比2005年削减15%,二氧化硫(SO₂)排放量比2005年削减26%;城镇污水处理率达到80%;工业固体废弃物综合利用率保持在96%以上。要实现上述目标难度很大。目前,上海能源消费需求仍在上升。从增量看,钢铁、石化、交通运输等高耗能企业用能继续呈快速增长态势,一批大项目陆续进入产能释放期。从存量看,上海已“关停并转”了一批能耗高、污染大的企业,今后依靠结构调整降低能耗的空间将缩小,难度越来越高。因此,只有不断推广先进节能技术,提高能源管理水平,加快产业结构调整,严格行业准入条件,加强技术改造和创新,加大清洁生产全程控制,大力发展产业链和循环经济模式,强化污染物控制和治理,提高各行业资源能源的综合



利用率,建设资源节约型、环境友好型的产业格局,才能实现上海的节能减排目标。

为将节能减排目标落到实处,上海市经济团体联合会、上海市工业经济联合会根据《上海市节能减排工作实施方案》要求,向市政府建议围绕全市二、三产各企业节能减排的目标和任务,在全市开展节能减排小组活动,把节能减排的任务落实到基层,落实到生产工作第一线,落实到岗位。韩正市长对此做出重要批示,号召和支持在全市各行业大力倡导开展节能减排小组活动。

化学化工产业是上海经济发展的支柱产业之一,近年来一直保持着强劲的增长势头。尤其在“十五”期间,适逢全球石化景气周期,上海化工产业把握住机遇,加快发展步伐,在竞争激烈的市场中,做大做强,迅速崛起。

作为国民经济的基础产业,化学工业在高速发展的同时,也消耗了大量的宝贵的能源和资源,其生产过程中排放的“三废”,对生态环境造成了不利影响。据统计,化学工业能源消耗约占全国消费总量的15%,万元GDP能耗仅次于钢铁和冶金工业居第三位,在工业各部门中,化工排放废水居第一位、废气居第三位、废渣居第四位,分别占全国工业“三废”排放量的22%、8%、7%,是国家节能减排行动重点关注的行业之一。

为此,为积极响应市府号召,在市节能减排领导小组的领导下,按照市经团联、市工经联对上海市节能减排小组活动的总体安排,由上海市化学化工学会牵头,承担了《节能减排JJ小组活动化学化工篇丛书》的编辑工作并正式成立了编委会,经过组织相关专家进行慎重、反复和深入的讨论,最终形成本书的指导思想、确定本书的内容结构及应用范围和服务对象。在编纂小组成员们辛勤耕耘下,历经一年的时间,现在终于完成了全部书稿。

本书是上海市节能减排JJ小组活动系列丛书之一,本书所涉及的技术内容都为目前国内先进的化工节能减排技术,化工企业可以将本书作为节能减排技术培训教材,对具有较高化学工程理论水平的工程师和技术人员实施培训。同时,本书也是一本可操作性很强的实用技术手册,可作为向化工企业推广先进的化工节能减排技术宣传手册,促进上海化工企业整体节能减排水平的提高,体现企业社会责任。

本书的编委和作者在欣慰于祖国强盛而屹立于世界强国之林的同时,也深深地为发展过程中留下的环境隐患而担忧。所以,本书尽管立意于化工产业节能减排技术的推广,其更深远的意义在于提高全民环境危机意识,为政府建言献策,在发展地方经济的同时,兼顾资源整体利用,尽可能地充分利用区域资源,节约开发,减少环境污染,使上海市的化工产业立足长远地科学发展、节约发展。

全书分为上、中、下三册。上册为理论基础与装备技术,以化工装置节能减排应用到的化工原理、化工单元操作系统工程以及化工能量分析实例、新技术研究现状与发展趋势等为重点阐述内容;中册为工程技术与应用案例,在各种节能技术中,通过生产工艺设计改进实现节能,往往是降低产品能耗的非常有效的方法,因而主要介绍公用工程节能减排技术,另外一个部分是利用化工企业24个真实案例,详实介绍企业在装置节能减排改造过程中遇到的问题、使用的关键节能减排设备、典型的工艺流程、应用技术的个性和共性,并通过数据展示节能减排的效果;下册为新途径与新技术,通过对二氧化碳的绿色利用技术、氮氧化物排放控制技术、氢能与燃料电池技术、新型合成技术等前沿技术的介绍和展望,展现了人类友好利用环境和资源的美好前景。

本书在编纂的过程中,编写人员付出了辛勤的劳动与汗水,来自社会各界的友好人士给予我们无私的帮助与关心,在此一并向他们表示衷心感谢!

上海市化学化工学会理事长

2009年12月

编者的话

建国 60 周年之际,回首我国在经济、政治、文化、社会建设中取得的举世瞩目的成就,无不为之振奋。特别是改革开放后,我国的经济实力得到了大幅提升,人民生活显著改善,这些都得益于党中央的正确领导,经济政策的逐步完善。可是高速的发展也伴随着严重的环境问题,成为当前发展面临的突出问题。如何让高山常青,碧水长流,让天空湛蓝,白云悠悠,让人民生活绿色的家园,如何现实有效地解决这个长期困扰国家发展的环境问题,如何在科学发展观的指导下,创造人与人、人与自然、企业与社会和谐,是现代企业家们必须思考的问题,也是企业家们必须承担的社会责任和必须具备的人文关怀。

在这样的历史形势下,上海化工行业响应党中央和市政府关于节能减排的号召,积极倡导“节能减排,化工先行”,希望用我们的手,书写我们的经验,希望用读者的手,创造一片又一片蓝天。节能减排不仅是目标,更是一种坚定的信念,鼓舞我们化工企业在节能减排的道路上越走越远,将祖国的蓝天描绘得越来越蓝。

《节能减排化学化工篇》是一部化工企业节能减排理论与实践相结合的丛书,由于本书所涉及的化工节能减排理论及技术既深且广,为便于读者按需阅读,将全书分为上、中、下三册。

下册是“新途径与新技术”,内容丰富且较全面,对有效控制和治理废气(如 CO_2 、 NO_x 、 SO_x 等), CO_2 的化工综合利用,光催化和污水处理,固体废物的处理和资源化,清洁有机化工生产的新方法,煤化工中的甲醇制烃和费托合成技术,氢能源和燃料电池的开发应用等领域,分别从发展历史、应用背景、基本原理、技术水平和生产工艺等方面做了详细介绍。并且书中还突出介绍了各领域近年来国内外的新成果和新进展,使读者对有关学科的发展新动向亦可有基本了解。本册不仅是目前从事节能减排研究、开发和生产的科研人员重要的学习资料,对于化学和化工行业各类科技人员亦有一定的参考价值。

本册主审是复旦大学高滋教授,副主审是复旦大学贺鹤勇教授、乐英红教授。

在本册编纂的过程中,上海市化工学会催化专业委员会主任陈庆龄教授和各位委员对本书选材提出了许多指导性意见,《化学世界》杂志编辑部也对本册写作的格式提出了积极建议;本册的出版得到了华东理工大学校领导的高度重视;在此致以诚挚的感谢!

《节能减排化学化工篇》是一套节能减排专业技术丛书,涉及到的各化工生产单元的理论和应用内容丰富,但由于编纂时间有限,难免有所纰漏或不当之处,敬请读者批评指正。

编者

2010 年 1 月

撰写人名单

- 第 1 章 张春雷(上海华谊集团公司技术研究院)
- 第 2 章 乐英红(复旦大学化学系)
- 第 3 章 郭杨龙 童伟益 卢冠忠 郭 耘(华东理工大学工业催化研究所)
- 第 4 章 唐幸福 陈建民 孙 亮(复旦大学环境科学与工程学院)
- 第 5 章 杨建国 何鸣元(华东师范大学化学系)
- 第 6 章 赵由才 汪宝英(同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室)
- 第 7 章 李和兴 霍宇凝 朱 建(上海师范大学化学系)
- 第 8 章 李和兴 张 昉(上海师范大学化学系)
- 第 9 章 吴 鹏 刘月明(华东师范大学化学系)
- 第 10 章 高焕新 何文军 杨为民 陈庆龄(上海石油化工研究院)
- 第 11 章 华伟明(复旦大学化学系)
- 第 12 章 华新雷 孙中海 王尤琦(亚申科技研发中心(上海)有限公司)
- 第 13 章 潘相敏 张存满 杨代军 乔锦丽 林 瑞 马建新(同济大学新能源汽车工程中心)
- 第 14 章 王金意 张涵轩 彭 斌 蔡文斌(复旦大学化学系)

目 录

第1章 CO ₂ 化学减量技术和绿色化工利用新途径	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 CO ₂ 化学减量技术	(2)
1.2.1 CO ₂ 的分离回收	(2)
1.2.2 CO ₂ 的化学固定	(2)
1.3 CO ₂ 化工利用新技术	(4)
1.3.1 CO ₂ 作为萃取剂和溶剂	(4)
1.3.2 CO ₂ 用于生产无机化工产品和纳米功能材料	(5)
1.3.3 CO ₂ 与环氧化物共聚合成脂肪族聚碳酸酯(PEC/PPC)	(6)
1.3.4 CO ₂ 为原料合成碳酸酯	(7)
1.3.5 CO ₂ 取代光气合成异氰酸酯和唑啉诱导体	(8)
1.3.6 CO ₂ 催化加氢合成含氧化合物	(9)
1.3.7 CO ₂ 催化加氢合成烃类及混合燃料	(10)
1.3.8 CO ₂ 催化还原	(11)
1.3.9 CO ₂ 氧化烃类脱氢制烯烃并伴生 CO	(12)
1.4 CO ₂ 绿色利用新途径	(13)
1.4.1 捕集燃煤电厂 CO ₂ 并转化为甲醇燃料的 Carnol 系统	(13)
1.4.2 捕集空气中 CO ₂ 并转化为汽油的 Green Freedom 体系	(14)
1.5 结束语	(15)
第2章 CO ₂ 作为氧化剂在烃类转化中的应用	(17)
2.1 引言	(17)
2.2 低碳烷烃氧化制烯烃	(17)
2.2.1 甲烷氧化偶联制乙烯	(17)
2.2.2 低碳烷烃氧化脱氢制低碳烯烃	(20)
2.3 甲烷氧化制芳烃	(26)
2.4 乙苯氧化脱氢制苯乙烯	(26)
2.4.1 热力学基础	(26)
2.4.2 催化体系	(27)
2.4.3 反应机理与 CO ₂ 的作用	(29)
2.5 结束语	(30)
第3章 环境保护中废气的催化治理技术	(35)
3.1 引言	(35)
3.2 天然气的催化燃烧	(36)
3.3 机动车尾气的催化净化	(38)
3.4 有毒有害废气的催化净化	(39)



3.5 室内空气催化净化	(41)
3.6 结束语	(43)
第4章 氮氧化物排放控制技术	(46)
4.1 概述	(46)
4.1.1 大气中氮氧化物的主要来源	(46)
4.1.2 氮氧化物的危害	(46)
4.1.3 氮氧化物的控制技术	(46)
4.2 固定源氮氧化物排放控制技术	(46)
4.2.1 固定源氮氧化物的排放特性	(46)
4.2.2 固定源氮氧化物的控制技术	(47)
4.3 移动源氮氧化物排放控制技术	(54)
4.3.1 移动源氮氧化物的排放特性	(54)
4.3.2 移动源氮氧化物的控制技术	(55)
4.4 新型低氮和无氮燃烧技术	(58)
4.4.1 新型低氮燃烧技术	(58)
4.4.2 新型无氮燃烧技术	(59)
第5章 新型FCC再生烟气硫转移技术的开发	(62)
5.1 引言	(62)
5.1.1 技术背景	(62)
5.1.2 本研究的目的与创新点	(63)
5.2 类水滑石为前驱体的合成与表征	(63)
5.2.1 实验部分	(64)
5.2.2 结果与讨论	(65)
5.3 喷雾干燥成型技术的研究	(76)
5.3.1 实验方法	(76)
5.3.2 分析表征与活性评价	(77)
5.3.3 结果与讨论	(77)
5.4 硫转移剂工业试生产及其在催化裂化工业装置中的应用	(81)
5.5 结论	(82)
第6章 固体废物处理与资源化	(84)
6.1 引言	(84)
6.2 固体废物来源和分类	(84)
6.2.1 固体废物的定义和特性	(84)
6.2.2 固体废物的来源	(85)
6.2.3 固体废物的分类	(85)
6.3 固体废物的污染及控制	(86)
6.3.1 固体废物的污染途径及危害	(86)
6.3.2 固体废物的污染控制	(86)
6.4 固体废物处理处置及资源化利用	(87)
6.4.1 固体废物的处理方法	(87)



6.4.2 固体废物的处置方法	(90)
6.4.3 固体废物资源化利用	(93)
6.5 固体废物管理的现状与前景展望	(96)
第7章 光催化及应用于环境净化	(99)
7.1 引言	(99)
7.1.1 光催化基本原理	(99)
7.1.2 在环境净化中的作用	(100)
7.1.3 需要解决的问题	(100)
7.2 光催化研究方法	(101)
7.2.1 光催化剂的制备技术	(101)
7.2.2 光催化剂的表征方法	(106)
7.2.3 光催化性能测试	(108)
7.2.4 光催化剂结构与性能的关系	(108)
7.3 光催化应用于净化环境	(110)
7.3.1 污水治理中的应用	(110)
7.3.2 处理大气污染物中的应用	(113)
7.3.3 抗菌、杀菌方面的应用	(114)
7.4 复合光催化体系	(115)
7.4.1 光催化与生物技术的协同作用	(115)
7.4.2 光催化与吸附技术的协同作用	(115)
第8章 水介质中清洁有机合成催化反应	(122)
8.1 发展水介质清洁有机合成的意义	(122)
8.2 水介质清洁有机合成催化反应研究概况	(122)
8.2.1 均相催化	(122)
8.2.2 相转移催化	(128)
8.2.3 非均相催化剂	(130)
8.3 结束语	(139)
第9章 钛硅分子筛催化环境友好氧化过程	(145)
9.1 引言	(145)
9.1.1 氧化过程概况	(145)
9.1.2 传统氧化过程中存在的问题	(145)
9.1.3 清洁氧化的研发状况和发展趋势	(145)
9.2 钛硅分子筛催化环境友好氧化过程的研究	(147)
9.2.1 钛硅分子筛催化剂的研发状况	(147)
9.2.2 钛硅分子筛催化剂的合成、表征和氧化催化机理	(148)
9.3 钛硅分子筛催化苯酚直接羟化清洁合成苯二酚	(151)
9.4 酮类清洁氨氧化过程的研发	(152)
9.4.1 己内酰胺的绿色合成路线	(152)
9.4.2 丁酮肟的绿色合成路线	(155)
9.5 环氧丙烷的绿色合成	(157)



9.5.1 环氧丙烷的制备技术革新进程	(157)
9.5.2 钛硅分子筛催化丙烯环氧化合成环氧丙烷	(159)
9.6 结束语	(160)
第10章 有机化工原料生产中的节能减排技术	(163)
10.1 引言	(163)
10.2 异丙苯生产工艺中的节能减排技术	(163)
10.2.1 异丙苯生产概述	(163)
10.2.2 国外异丙苯工艺技术的进展	(164)
10.2.3 国内异丙苯工艺技术的进展	(167)
10.2.4 催化剂和反应工艺的发展促进节能减排	(168)
10.2.5 结束语	(169)
10.3 环氧乙烷催化水合制乙二醇中的节能降耗技术	(169)
10.3.1 乙二醇工业化生产技术	(169)
10.3.2 催化水合技术开发	(172)
10.3.3 催化水合取代非催化水合的经济性	(175)
10.3.4 结束语	(176)
第11章 甲醇制烃技术的进展	(178)
11.1 引言	(178)
11.2 甲醇的生产	(178)
11.3 甲醇制汽油(MTG)	(179)
11.3.1 Mobil公司 MTG 工艺	(180)
11.3.2 Lurgi公司 MTG 工艺	(180)
11.3.3 我国 MTG 的产业化进展	(180)
11.4 甲醇制烯烃(MTO)	(181)
11.4.1 UOP/Hydro MTO 工艺	(181)
11.4.2 大连化物所 DMTO 工艺	(182)
11.4.3 催化剂的改性研究	(182)
11.5 甲醇制丙烯(MTP)	(183)
11.5.1 Lurgi公司 MTP 工艺	(183)
11.5.2 催化剂的改性研究	(184)
11.6 甲醇制芳烃(MTA)	(184)
11.7 反应机理	(185)
11.7.1 连续反应机理	(186)
11.7.2 平行反应机理	(187)
11.8 结束语	(188)
第12章 费托合成技术	(191)
12.1 引言	(191)
12.1.1 费托合成的历史及工业现状	(192)
12.1.2 费托合成的产物分布	(193)
12.1.3 反应机理与动力学模型	(194)

12.2 费托技术的工业应用	(196)
12.2.1 多样化的原料来源	(196)
12.2.2 性能优异的产品	(197)
12.2.3 应用过程的环保分析	(198)
12.2.4 技术成熟性与经济可行性	(199)
12.3 费托反应器及相关工艺	(199)
12.3.1 工艺条件	(199)
12.3.2 反应器	(200)
12.4 费托合成催化剂	(204)
12.4.1 活性金属组分	(204)
12.4.2 载体的影响	(205)
12.4.3 助剂	(206)
12.4.4 催化剂成型	(206)
12.4.5 工业费托催化剂简介	(207)
12.5 结束语	(209)
第13章 氢能的利用	(212)
13.1 氢能简介	(212)
13.2 氢的制取	(213)
13.2.1 重整制氢	(214)
13.2.2 部分氧化制氢	(215)
13.2.3 电解水制氢	(216)
13.2.4 工业副产氢利用	(217)
13.3 氢的储运	(217)
13.3.1 氢气的储存	(217)
13.3.2 氢气的运输	(219)
13.3.3 氢气的加注	(219)
13.4 氢的应用	(221)
13.4.1 燃料电池简介	(221)
13.4.2 燃料电池的应用	(223)
13.4.3 燃料电池汽车的示范应用	(227)
13.5 氢能展望	(228)
第14章 基于质子交换膜燃料电池的电催化问题	(230)
14.1 燃料电池基础	(230)
14.1.1 燃料电池的概念	(230)
14.1.2 燃料电池的效率	(230)
14.1.3 燃料电池的分类	(231)
14.1.4 实际应用与节能减排的关系	(232)
14.2 质子交换膜燃料电池概况	(233)
14.3 有关催化问题	(236)
14.3.1 重整氢的催化	(236)



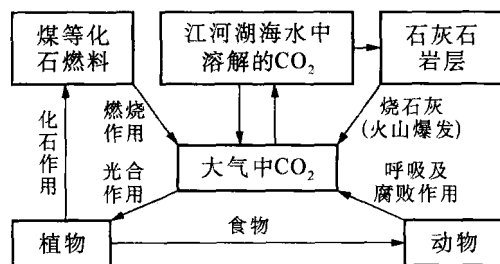
14.3.2 电催化	(238)
14.4 质子交换膜燃料电池电催化剂	(244)
14.4.1 电催化剂概述	(244)
14.4.2 氢氧燃料电池催化剂	(245)
14.4.3 直接甲醇燃料电池催化剂	(249)
14.4.4 直接乙醇燃料电池催化剂	(251)
14.4.5 直接甲酸燃料电池阳极催化剂	(252)
14.5 总结与展望	(253)

第1章

CO₂ 化学减量技术和绿色化工利用新途径

1.1 引言

碳在自然界中分布极广,如在煤炭、石油、天然气、植物、动物、石灰石、白云石、水和空气中,碳最终几乎全部转化为 CO₂,它在自然界中的循环见图 1-1^[1]。地球上所蕴藏的煤炭、石油等矿物燃料含碳 10¹³ 吨,可转化成 4×10¹³ 吨 CO₂。由于工业的迅猛发展,大量化石能源被开采和消耗,使得大气中 CO₂ 的含量与日俱增,目前全世界 CO₂ 年排放量已高达 300 亿吨,预计到 2030 年将超过 400 亿吨^[2]!这么多的 CO₂ 尽管有植物的不断吸收,但大气中 CO₂ 含量还是不断增加,其后果一是会加剧“温室效应”,使生态平衡遭到严重破坏,引起一系列生态环境问题;二是大量消耗矿物燃料,引起资源短缺。



目前,大气中 CO₂ 浓度已从工业革命前的 270 μL/L 增到 380 μL/L,并且以每年 0.5% 速度递增,预计 2050 年达到 450~550 μL/L^[3]。京都议定书规定,发达国家到 2012 年必须将 CO₂、CH₄、N₂O、氢氟碳化物、全氟化碳、六氟化硫 6 种温室气体排放总量在 1990 年的基础上削减 5.2%。为此,欧盟实行了 CO₂ 排放权交易制度,2008 年超标排放 CO₂ 罚款 100 欧元/吨。2007 年全球 CO₂ 交易额超过 600 亿美元,预计在未来 10 年内将增到 10 000 亿美元^[4]。2006 年我国的 CO₂ 排放量为 56 亿吨,美国的为 57 亿吨;2007 年我国的为 67 亿吨,美国的为 59 亿吨^[5]。虽然我国目前没有减排义务,但对 CO₂ 减排同样负有责任,且正面临越来越大的外部压力。2007 年我国在应对气候变化国家方案中提出了控制温室气体排放目标,即到 2010 年减排 2.9 亿吨 CO₂^[6]。

联合国政府间气候变化委员会(IPCC)对全球气候的 4 次评估表明:全球明显变暖,未来持续升温,海平面上升,北极海冰面积明显减小,北半球多年冻土层正在融化,极端气候事件出现频率加快^[6]。随着世界工业的快速发展,电厂、钢厂、水泥厂、化工厂等排放的 CO₂ 急剧增加,温室效应加剧,给生态环境及人类生产生活带来严重危害,使旱灾、水灾、热浪、疾病等自然事件频发^[7]。目前,“温室效应”已成为人类生存的大敌,海平面不断上升和气候异常使各个岛国及靠海都市面临被淹没的危险,城市热岛使人类付出了巨大代价,地球暖化所造成的全球损失已超过每年经济增长所带来的产值^[8],气候变化已成为全球经济社会可持续发展的挑战性问题,而石油、煤炭等资源的日渐枯竭也需要有新的碳源及时补充,自 20 世纪 80 年代以来已引起世界各国特别是工业发达国家的普遍关注,因此世界各国都十分重视开发相应的 CO₂ 回收、固定和再利用技术。作为导致温室效应的主要气体,CO₂ 减排和合理利用已成为世界性课题和国际社会应对气候变化的重要策略。为应对全球性化石能源短缺和实现温室气体减排目标,我国应探求适宜的控制 CO₂ 排放的新能源技术路线,并着力构建 CO₂ 绿色利用新途径