

中国工程科技论坛

# 减排降耗技术

---

◆ 中国工程院



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

中国工程科技论坛

# 减排降耗技术

Jianpai Jianghao Jishu



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容提要

本书是中国工程院中国工程科技论坛系列丛书之一。该书汇聚了我国轻工、食品领域 22 名科技专家、学者,以“节能、减排、降耗”为主题的最新学术研究成果报告,覆盖了制浆造纸、生物发酵、食品加工与检测、皮革化学、轻化工程六大学科,代表着相关科技领域最高的学术研究成果水平。这本书将为各高校、科研院所、企业技术研发中心的中、高级技术人员的学术研究提供导向参考作用,特别将有助于相关学科的博士、硕士研究生及本科大学生对学术方向的选择与把握。知名专家们所展示的前沿学术成果将成为引领行业进步的源动力,为整个轻工行业的技术提升和转型发挥积极的推动作用。

## 图书在版编目(CIP)数据

减排降耗技术 / 中国工程院编著. -- 北京:高等教育出版社, 2013.5

(工程科技论坛)

ISBN 978-7-04-037264-9

I. ①减… II. ①中… III. ①节能-文集 IV. ①TK01-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 075596 号

### 总策划 樊代明

策划编辑 王国祥 黄慧靖

责任编辑 朱丽虹

封面设计 顾斌

责任印制 韩刚

出版发行 高等教育出版社  
社址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100120  
印刷 北京汇林印务有限公司  
开本 787mm×1092mm 1/16  
印张 15.75  
字数 280千字  
插页 1  
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598  
网址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landraco.com>  
<http://www.landraco.com.cn>  
版次 2013年5月第1版  
印次 2013年5月第1次印刷  
定价 60.00元



本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物料号 37264-00

中国工程院第147场中国工程科技论坛代表合影 2012年9月 无锡



中国工程科技论坛——减排降耗技术参会人员合影 (2012.9.20)



论坛会场

## 编辑委员会

主任：陈克复

副主任：孙宝国 石 碧 瞿金平

委员：万金泉 马建中 王昌禄 李里特

朱蓓薇 孙润仓 陈 坚 陈洪章

张 辉 吴清平 邱学青 金凤燮

金征宇 赵杰文 赵谋明 姚献平

徐 岩 董晋湘 黄日波

(按姓氏笔画排序)

# 目 录

## 第一部分 综述

综 述 .....	3
-----------	---

## 第二部分 主题报告及报告人简介

基于系统生物学技术的维生素 C 高效发酵和流程重构 .....	陈 坚	11
秸秆酶解发酵关键过程的研究进展 .....	陈洪章	16
天然活性成分生物转化的微生物、特异酶以及其应用 .....	金凤燮	26
科技创新是推动食品产业节能减排技术进步的关键 .....	李里特	38
基于嗅觉可视化技术的猪肉新鲜度检测研究 .....	赵杰文	50
食品微生物安全快速检测与高效控制技术研究 .....	吴清平	58
农产品高值化挤压加工利用技术 .....	金征宇	74
创新行业节能减排降耗,推进酿酒产业可持续发展 .....	徐 岩	92
CMC 改性对脱盐咸蛋清酶解液起泡性影响的动力学研究 .....	赵谋明	109
生物技术在降低产毒霉菌污染粮食中的应用 .....	王昌禄	119
双原位法制备酪素基纳米 SiO <sub>2</sub> 复合乳液的研究 .....	马建中	128
层状硅酸钠催化的甘油低聚反应研究 .....	董晋湘	140
淀粉衍生物粉体连续流态管道化清洁制备技术 .....	姚献平	148
造纸工业废水中毒性污染物的去除及其环境风险评估 .....	万金泉	155
防油剂中阳离子淀粉对抗油脂食品包装纸张性能影响 .....	龙 柱	165
稻壳制备高度有序介孔二氧化硅材料的研究 .....	陈正行	173
绿色造纸化学品增强助剂的研究进展 .....	赵传山	184
马铃薯淀粉生产过程中薯渣的有效利用技术 .....	顾正彪	191
新型酶膜生物反应器耦合纳滤清洁生产功能性糖研究 .....	江 波	202
系统代谢工程改造工业酒精酵母及展望 .....	石贵阳	209
生物质资源高值化利用的可行途径 .....	黄日波	222
生鲜食品节能保质高效干燥技术的研究进展 .....	张 懿	229

附录 主要参会人员名单 .....	239
-------------------	-----

后记 .....	243
----------	-----

# 第一部分

## 综 述





## 综 述

2012年9月20~23日,第147场中国工程科技论坛“轻工科技发展论坛——减排降耗技术”在无锡召开。本次论坛由中国工程院主办,中国工程院环境与轻纺工程学部、中国工程院科技合作委员会轻工科技发展促进会、中国轻工业联合会轻工表面活性剂应用研究分会、江南大学和北京工商大学共同承办。

论坛由陈克复院士担任大会主席,中国工程院秘书长白玉良出席并作了重要讲话,无锡市政府副市长曹佳中、江南大学党委书记武贵龙出席并致欢迎辞。中国工程院环境与轻纺工程学部周翔、孙晋良、孙宝国、石碧、瞿金平院士和有关高校和企业专家代表出席了本次论坛。来自江南大学、中国农业大学、大连工业大学、江苏大学、华南理工大学、太原理工大学和南京林业大学等高校的16名专家学者分别作了报告。来自中国科学院过程工程研究所、广东省微生物研究所、杭州市化工研究院、湖南省农产品加工研究所、新疆农业科学院生物质能源研究所、仲恺农业工程学院化学化工学院、广东微生物研究所、江南大学、大连工业大学、中国农业大学、江苏大学、天津科技大学、山东轻工业学院、华南理工大学、陕西科技大学、太原理工大学、南京林业大学、四川大学、东华大学、长沙理工大学的专家,及西安开米有限公司和山东太阳纸业有限公司等企业界代表近160余人参加了本次论坛。论坛听众达到260人,其中包括江南大学的90多名师生代表参加了会议,论文集共收录48篇论文。

在论坛开幕式上,陈克复院士指出:这场论坛主题是“节能、减排、降耗”,这个主题是轻工业工程科技两大重点科技工程之一,另一个工程科技的重大工程是提高轻工装备的整体技术水平。中国轻工业联合会步正发会长在最近全国轻工科技大会上总结说,轻工工程科技的发展,推动了轻工业自主创新,加快了产、学、研体系科技创新平台的建设,推动了轻工重点行业节能减排降耗的清洁生产技术的实施,提高了轻工装备整体技术水平。相信通过这次论坛的召开,将对轻工工程科技的发展具有推动作用。报告专家都是轻工各个领域做出突出贡献的知名专家,论坛将为他们提供把自己的研究成果与大家共享交流的平台,希望同时能对广大博士、硕士研究生们的成长起到积极的影响。

大会报告:江南大学陈坚和金征宇教授、中国科学院过程工程研究所陈洪章研究员、大连工业大学金凤燮教授、中国农业大学李里特教授、江苏大学赵杰文

教授、广东省微生物研究所吴清平教授、天津科技大学王硕教授、华南理工大学赵谋明、万金泉、邱学青和孙润仓教授、陕西科技大学马建中教授、华南理工大学邱学青教授、太原理工大学董晋湘教授、杭州市化工研究院姚献平教授、南京林业大学张辉教授等 16 位专家分别作了专题报告。院士和专家们就轻工科技发展面临的问题和对策展开了深入讨论。

江南大学校长陈坚教授作了题为“**基于基因组工程技术实现维生素 C 的高效发酵和流程重构**”的报告。报告提出了维生素 C 生产过程的关键科学与技术问题,介绍了维生素 C 生物合成过程的系统生物学相关研究,并指出了生物技术将来可能的发展方向。陈坚教授提出,今后的研究工作应集中在:(1)确定微生物之间的功能关系,提高效能;(2)构建单菌或一步发酵菌株,实现重大创新。

中国科学院过程工程研究所生化工程国家重点实验室副主任陈洪章教授作了题为“**秸秆酶解发酵关键过程的研究**”的报告。报告介绍了秸秆等木质素原料酶解发酵制备生物基产品的现状和问题,针对存在的技术成本困难,提出了面向原料、过程、产品的秸秆酶解发酵关键过程研究思路,梳理出秸秆酶解发酵过程的关键问题。创建了基于汽爆技术的组合预处理技术平台,发展和完善了纤维素酶大规模纯种固态发酵平台,建立了高浓度纤维素酶解糖平台;建立了秸秆全生物量多级循环生态产业新模式,为秸秆的大规模资源化利用提供了理论和技术支撑。

大连工业大学金凤燮教授作了题为“**天然活性成分生物转化的微生物、特异酶以及其应用**”的报告。报告指出,大部分天然产物如中草药等,吸收率低、活性低,改变中草药天然成分,制备高活性、易吸收的成分最有效的方法是生物转化法。但是,中草药成分种类多,现有酶、微生物不能解决问题。针对上述问题,他们团队筛选了一批新微生物,发现了一批新型特异的天然成分转化酶,研究了生物转化制备高活性天然成分单体、异构体混合物组分、活性中草药制备。

中国农业大学李里特教授作了题为“**食品领域科技创新是推动节能减排降耗技术进步的关键**”的报告。报告指出,食品产业在节能减排领域面临严重的挑战和机遇,高耗能、高排放、高污染的落后工艺技术设备面临淘汰,低能耗、低排放、低污染的新技术期待科技创新。报告介绍了他们团队在食品产业节能减排领域有关研究:高产耐热木聚糖酶技术、电渗透脱水技术、电场干燥技术、电场保鲜技术、利用自然冷源果蔬保鲜技术和电生功能水杀菌技术等研究成果分析,讨论了生物技术、工程物理、理化技术等轻工和食品产业节能减排领域的可能性和巨大潜力。

江苏大学赵杰文教授作了题为“**嗅觉可视化技术及其在食品、农产品质量与安全检测中的应用**”的报告。报告介绍了食品、农产品无损检测技术的主要方

法、优点及其理论价值和社会效益。同时,报告了他们课题组在有关食品、农产品无损检测研究方面所做的工作,利用卟啉类化合物与气体反应时颜色明显变化的性质,将气味变化用颜色变化来呈现的嗅觉图像化技术,并从 200 多种卟啉中筛选出 30 种卟啉制成传感器芯片,针对检测对象,开发出特定的检测装置,实现检测系统小型化、仪器化,该检测系统在食品、农产品质量检测中取得较好的效果。

广东省微生物研究所吴清平教授作了题为“**食品微生物安全快速检测与高效控制技术研究**”的报告。报告指出,食源性致病微生物是影响食品安全的重要因素,高效的现场快速检测及污染控制技术是解决问题的关键。吴清平教授通过他们团队的工作,创新建立了生物发光微生物快速检测技术、致病菌分子检测与显色生化确认技术、诺如病毒和轮状病毒依赖核酸序列的扩增技术、反转录聚合酶链反应技术,提高灵敏度 5~100 倍,使检测时间由数天缩短到几分钟至几小时。与国内外同类技术相比,研发出更为系统和配套的食源性致病微生物快速检测技术,时间缩短 2/3,特异性显著提高,较好地实现了高通量快速检测;食品微生物高污染高效控制技术突破了消毒剂稳定性差、利用率低和清洗—消毒互相干扰的瓶颈,解决了食品工业中微生物污染难题。

江南大学副校长金征宇教授作了题为“**农产品高值化挤压加工利用技术**”的报告。报告介绍了挤压技术发展动态及我国食品挤压加工存在的四大问题;阐述了挤压技术在碎米原料的综合利用、变性淀粉干法生产、酿造和饲料原料预处理及特种饲料生产等领域的进展,提出了挤压技术在上述领域应用面临的科学问题,并针对农产品高值化挤压加工利用技术的发展趋势进行了展望。金征宇教授建议未来在农产品挤压可视化研究、农产品目标参数关联的自动化控制等方面,加强基础研究和设计工作,为农产品高值化加工利用提供必要的理论指导和新的技术方法。

华南理工大学赵谋明作了题为“**生物活性肽研究概况**”的报告。报告介绍了生物活性肽的主要生理功能、国外生物活性肽的产业化情况、生物活性肽制备关键技术及目前酶法制备功能性肽存在的关键技术瓶颈。报告介绍了他们团队在生物活性肽方面开发的六项技术:1. 蛋白质预处理技术;2. 可控酶解技术;3. 定向分离纯化技术;4. 反向调控技术;5. 风味提升技术;6. 稳态保护技术。为生物活性肽的制备提供一定的理论依据和实践参考。

天津科技大学王昌禄教授作了题为“**生物技术在降低产毒霉菌污染粮食中的应用**”的报告。报告指出,霉菌及代谢产生的毒素是污染粮食、药材、饲料、果蔬等的重要污染源,严重威胁着人类的健康。报告介绍了目前农副产品受霉菌污染的现状、产生霉菌及代谢产物的检测技术、防治技术,特别是生物防治的方

法;同时介绍了他们课题组利用生物技术防治霉菌污染的初步研究成果。王昌禄教授认为降低霉菌污染、减少粮食损失不仅是食品安全的需要,而且也是保障食物供给安全、降低生物产品成本的需要。王教授呼吁全社会,特别是科技工作者对此应给予高度重视。

陕西科技大学马建中教授作了题为“**酪素基  $\text{SiO}_2$  纳米复合皮革涂饰剂的研究**”的报告。报告指出,酪素具有耐打光、耐熨烫、粘合力强、透气性好、可生物降解等优点,成为应用最广泛的水性涂饰材料之一。但纯酪素在成膜后存在硬而脆、耐水性差、延伸性差、易发霉、易裂浆等缺陷,不能满足工业的需要,因此必须对其进行改性。针对目前酪素改性中的问题,课题组采用纳米粒子的前驱体正硅酸乙酯代替市售  $\text{SiO}_2$  粉末,即采用双原位聚合法制备聚丙烯酸酯/纳米  $\text{SiO}_2$  共改性酪素复合乳液。实验结果表明,该方法制备的膜具有更优的热分解稳定性、物理机械力学性能及耐水性。根据以上研究,马建中教授提出了双原位与复配法制备复合乳胶粒的形成机理及成膜机理。

华南理工大学邱学青教授作了题为“**木质素磺酸盐的溶液构形研究**”的报告。报告介绍了他们团队在木质素磺酸盐(NaLS)的溶液构型研究方面所做的工作,以层析提存的窄分布木质素磺酸钠为研究对象,改变盐浓度、添加顺序和NaLS溶解时间,利用激光光散射研究了离子强度NaLS的动态行为。邱学青教授提出,NaLS动态分布图中存在快慢两种模式峰,快模式峰对应钠离子与NaLS阴离子的耦合扩散,慢模式峰的形成既有静电作用引起的聚电解质效应因素,也有NaLS聚集体的贡献。

太原理工大学董晋湘教授作了题为“**层状硅酸钠催化的甘油低聚反应研究**”的报告。报告指出,在目前能源危机背景下,生物柴油的迅速发展为聚甘油醚类表面活性剂的良好应用提供了前景。然而,为了满足绿色化工的要求,寻求高效、易分离、环境友好的甘油低聚催化剂意义十分重大。董晋湘教授认为,多种碱性物质都有催化活性,但同时提高反应活性和选择性并不容易;环境友好、容易制备的层状硅酸钠对二聚甘油和三聚甘油有良好的选择性,是一种具有潜力的催化剂。

杭州市化工研究院姚献平教授作了题为“**淀粉衍生物粉体连续流态管道化清洁制备技术**”的报告。报告介绍了淀粉衍生物粉体连续流态管道化清洁制备新工艺,与传统的湿法和干法工艺比较,具有投资省、反应效率高、速度快、低成本、节能环保突出等优点,尤其是不生产工业废水,产品质量稳定。姚献平教授认为,通过技术创新,提升传统工艺技术水平,实现绿色低碳清洁生产是完全可能的。同时,姚献平教授还强调说,科研开发在产品创新、工艺创新的同时,还要高度重视包括应用技术与装备在内的工程化技术创新,只有这样科技成果才能

实现产业化,我们的技术和产品才有可能参与激烈的国际国内市场竞争,也有可能进入世界的先进行列。

华南理工大学孙润仓教授作了题为“**生物质资源高值化利用基础科学问题**”的报告。报告介绍了农林废弃生物质工业利用现状与瓶颈,指出未能实现清洁高效分离的根本原因在于农林废弃生物质细胞壁组分和结构的复杂性。报告针对生物质功能利用的关键障碍,从建立生物质高值化材料、能源及化学品理论体系出发,提出了研究总体思路。从生物质复杂性进行深入研究,解译生物超微结构,探索生物质组分清洁温和分离机制,实现生物质组分高效分离;然后探索分离组分的构效关系,构建生物质转化为高值化材料的新理论与新方法,并揭示在全球碳循环背景条件下,生物质转化材料过程的节能与 CO<sub>2</sub> 利用和减排途径。

南京林业大学张辉教授作了题为“**造纸业当今先进可推广高效节能新技术综合**”的报告。报告介绍了我国造纸业能耗现状、“十二五”我国造纸业发展的主要任务、国外推荐和应用的造纸先进有效的节能技术,及近年来国内外造纸业推广应用的节能设备和造纸企业内部生物质能源技术,以及我国造纸企业低碳运行实践。张辉教授认为,中国造纸业必将成为低碳产业。

华南理工大学万金泉教授作了题为“**造纸工业废水中毒性污染物的去除及其环境风险评估**”的报告。报告介绍了以二氧化氯漂白(DED<sub>1</sub>D<sub>2</sub>)硫酸盐桉木浆废水为研究对象,跟踪分析造纸废水处理过程中污染物的去除及造纸废水毒性变化情况。研究通过斑马鱼(*Brachydanio rerio*)急性毒性实验分析制浆造纸废水的生物毒性大小,并跟踪造纸废水经过初级沉淀、活性污泥法生物处理后,造纸废水对受试生物毒性的变化情况;根据毒性实验所获得的半致死效应的体积百分比浓度,结合毒性单位法对处理过程中造纸废水的生物毒性变化进行环境风险综合评价。研究表明:造纸废水中鉴别出有机污染物 88 种,二级出水和排水中的污染物分别减少到 43 种和 26 种;按照生物毒性评价,造纸废水为高毒,一级处理后为高毒,二级处理后为中毒,排放出水为低毒;造纸废水中毒性污染物能在受试鱼各组织器官内产生生物富集,对肝脏组织的富集量最高,并能产生损伤效应。

在论坛交流过程中,会场气氛热烈、学术氛围浓郁,达到了相互学习、相互促进、共同提高的目的。可以说,本次论坛是一次有吸引力、高水平、非常成功的学术研讨会。相信本次论坛的成功召开,必将积极加速我国轻工行业绿色制造技术的创新发展,推动产业经济结构的战略调整,并促进我国乃至全球轻工行业的健康、可持续发展。



## 第二部分

主题报告及报告人简介





# 基于系统生物学技术的 维生素 C 高效发酵和流程重构

陈 坚等

江南大学工业生物技术教育部重点实验室  
江南大学生物工程学院生物系统与生物加工工程研究室

**摘要:**维生素 C 是一种重要的有机酸,广泛应用于制药、食品、饮料、化妆品和饲料等工业中。相对于“莱氏法”而言,生物技术法生产维生素 C 具有低成本、高品质等优势。本文主要介绍了维生素 C 生物合成过程的系统生物学相关研究,并给出了生物技术法将来可能的发展方向。

**关键词:**维生素 C;2-酮基-L-古龙酸;系统生物学;一步发酵

维生素 C (Vitamin C, VC), 又称为 L-抗坏血酸 (L-Ascorbic acid), 是一种人体必需的维生素和抗氧化剂, 广泛应用于医药、食品、饲料和化妆品等工业。我国是世界最大的维生素 C 生产国和出口国, 2011 年维生素 C 出口数量达 10.9 万吨, 出口金额为 6.7 亿美元, 占全球市场的 90% 以上。

随着维生素 C 应用范围不断扩大, 维生素 C 的市场需求量也在不断地增长。最早实现维生素 C 工业化生产的工艺是德国 Reichstein 于 1934 年发明的五步化学反应和一步生物转化, 将葡萄糖转化为 2-酮基-L-古龙酸 (2-Keto-L-Gulonic acid, 2-KLG), 再经酯化生成维生素 C。但该法存在能耗高、消耗大量有机溶剂、环境污染严重等缺点<sup>[1]</sup>。因此需要开发更经济、更具有竞争力的生物转化法或完全生物转化法。由于一直未能发现直接合成维生素 C 的微生物, 所以精力主要集中在利用微生物发酵生产其中间产物, 特别是其直接前体 2-KLG。1972 年, 我国发明了 VC 二步发酵法并很快在全国推广应用。该法很大程度上简化了莱氏法的生产程序, 并使产品生产成本降低, 转化率提高, 因此得到了国内外 VC 生产厂家的大力推广<sup>[2]</sup>, 并于 20 世纪 80 年代将技术转让给了世界最大的维生素生产厂家——瑞士 Hoffmann-La-Roche 公司。

在二步发酵法中, 氧化葡萄糖酸杆菌 (*Gluconobacter oxydans*) 首先将 D-山梨醇转化为 L-山梨糖。随后, L-山梨糖经由一个由巨大芽孢杆菌 (*Bacillus*