

中国工程科技论坛

# 轻工重点行业 环境友好型技术

---

● 中国工程院

高等教育出版社

中国工程科技论坛

# 轻工重点行业环境友好型技术

Qinggong Zhongdian Hangye Huanjing  
Youhaoxing Jishu

高等教育出版社·北京

## 内容提要

近年来,资源短缺、能源紧张、环境压力大等世界性难题,成为制约传统行业发展的瓶颈,特别是对轻工领域传统行业影响尤甚。轻工领域工程技术总体发展趋势将会把“节约资源、实现循环发展”、“提高能源利用率、实现低碳发展”、“实施清洁生产、实现污染物有效控制及开发未来新产品”等战略课题,作为需研发和应用的工程技术的重点发展方向。在未来的10~20年间,致力于环境友好型技术的研发与推广,实现轻工业与资源、环境协调发展。

本书是中国工程院“中国工程科技论坛”丛书之一,是中国工程院2014年“轻工重点行业与资源环境协调发展”科技论坛的专家报告汇总。书中主要介绍了造纸、皮革、食品、发酵、生物、轻化工程等领域十多位行业著名专家学者最新的研发进展和成果。从事轻工领域相关行业科研工作的高校师生、研究院所研究工作者、企业技术人员都可以从中得到有益的学术启发和指导。

## 图书在版编目(CIP)数据

轻工重点行业环境友好型技术 / 中国工程院编著.

— 北京:高等教育出版社,2015.11

(中国工程科技论坛)

ISBN 978-7-04-044110-9

I. ①轻… II. ①中… III. ①轻工业经济-节能-研究-中国 IV. ①F426.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第248585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 8.75

字数 160千字

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 2015年11月第1版

印 次 2015年11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 44110-00

# 编辑委员会

主任：陈克复

副主任：孙宝国 石 碧

谢剑平 朱蓓薇

委员：陈 坚 邱学青 陈嘉川

吴清平 马建中 单 杨

赵谋明 孙润仓 姚献平

张 辉 李可成 金凤燮

# 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

造纸工业绿色发展工程科技战略研究 .....	陈克复 等	11
对制革用铬的客观认识及控制铬排放技术探讨 .....	石 碧	31
发酵工程：科技问题与创新任务 .....	陈 坚 等	42
食源性诺如病毒的风险识别及其分子进化机制探索 .....	吴清平等	55
木质素两亲聚合物在木质纤维素酶解中的应用 .....	邱学青	70
功能型改性聚丙烯酸酯织物用助剂的制备及性能研究 .....	马建中等	73
生物转化制备淫羊藿素等高活性黄酮类关键技术及应用 .....	金凤燮 等	76
木质纤维生物质结构表征及产业化展望 .....	孙润仓	89
我国造纸化学品重点研究方向与课题 .....	姚献平等	96
青钱柳叶黄酮的分离提纯及结构鉴定 .....	吴彩娥 等	107
改性 SiO <sub>2</sub> 包覆纳米零价铁强化厌氧降解造纸废水中的氯代物 ...	万金泉	115
附录 主要参会人员名单 .....		127
后记 .....		132





# 综 述

## 一、概况

2014年8月22-23日,第184场中国工程科技论坛“轻工科技发展论坛——轻工重点行业与资源环境协调发展”在广西南宁举行。本次论坛由中国工程院、广西壮族自治区人民政府联合主办,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、中国轻工业联合会科技发展研究分会、广西大学、北京工商大学共同承办。

论坛由陈克复院士担任大会主席,出席会议的嘉宾有:广西壮族自治区人民政府副主席黄日波教授,中国工程院副院长徐德龙院士,中国工程院主席团成员、大会主席陈克复院士,中国工程院孙宝国院士、石碧院士、谢剑平院士、朱蓓薇院士,广西壮族自治区人民政府副秘书长陈幸良先生,广西大学校长赵艳林教授,广西壮族自治区科学技术厅副巡视员宋文学先生,中国工程院王元晶副巡视员,江南大学校长陈坚教授,华南理工大学副校长邱学青教授,齐鲁工业大学校长陈嘉川教授,陕西科技大学副校长马建中教授。

中国工程院副院长徐德龙院士做了重要讲话,广西壮族自治区人民政府副主席黄日波先生、广西大学校长赵艳林教授相继致了欢迎辞。来自四川大学、华南理工大学、北京林业大学、大连工业大学、江南大学、广西大学、南京林业大学、齐鲁工业大学、陕西科技大学、广东省微生物研究所、湖南省农业科学院、杭州市化工研究院14名专家分别做了报告。来自华南理工大学、四川大学、江南大学、北京工商大学、大连工业大学、天津科技大学、齐鲁工业大学、北京林业大学、南京林业大学、陕西科技大学、太原理工大学、广西大学、长沙理工大学等单位220余名代表参加了本次论坛。

在论坛开幕式上,大会主席陈克复院士致开幕辞,阐明了会议主旨所在,他指出:自2008年以来,轻工行业已连续举办了6次中国工程科技论坛,此次是第七次聚会。每次聚会都是学术思想的碰撞,是学术成果的展示,一批批在轻工各行业做出卓越贡献的专家、学者在这个平台上和大家交流、分享他们多年的学术成果和学术思想。年轻人是国家科技进步和发展的关键,我们的论坛有一大批来自高校、科研院所、企业的中青年教师和博士、硕士生、科研人员来参加,希望年轻人能够在短暂的会期认真聆听这些学术专家的报告,从中获得学术灵感,使



专家们的学术思想、奋斗经历成为年轻人学术成长的引领,这是我们举办年度学术交流的主要宗旨。此次会议的主题是“轻工重点行业与资源环境协调发展”,为什么设这个主题呢?资源与环境的约束已成为我们轻工行业发展的瓶颈,如何在发展行业与资源环境优化这两个重心中找到一个绿色化发展之路,是近年来我们轻工科技工作者应致力攻克的难关,每一项节约资源的清洁生产技术,都将会给行业带来微小的进步,一项项的技术将会给行业带来提升,也将逐步酝酿出一个行业的绿色化转变,因此希望我们的专家、学者以及学生们,不要因为技术的微小而不为,我们要从小处着手,一步步地推进轻工行业的绿色化发展之路。

中国工程院副院长徐德龙院士做了重要讲话,他强调指出,我国自改革开放以来,经过 36 年的高速发展,国民经济发生了翻天覆地的变化,各个行业蓬勃发展,行业技术的突飞猛进既成为推动行业发展的巨大动力,同时也在日益加大的科研投入推动下,取得了一大批具有国际领先水平的科研成果,这些具有自主知识产权的成果的成功应用与推广,使我国近 10 年来逐步走出了只能依靠技术引进而发展的怪圈,以这些技术为支撑的企业,也逐步成长为具有国际先进水平的大型企业,成为我国各行各业的支撑力量。轻工产业,是我国最早参与国际竞争并在各个领域具有国际影响力的产业,是我国最主要的出口创汇产业,出口量占我国出口总量的四分之一以上,轻工产业为国民经济的发展做出了重要贡献。进入 21 世纪以来,我国各行业呈现出产能过剩、环境负荷严重的问题,快速增长的积累,环境问题成为阻碍我国发展的最大瓶颈,“工业绿色化发展”、“资源与环境协调发展”、“节能减排”等正成为各行各业科研工作的主战场,现实的迫切需求,正在推动着行业技术的又一次变革。中国工程院作为我国工程技术界的国家最高荣誉性、咨询性学术机构,发挥着国家工程科技思想库的作用,为加快转变经济发展方式勇挑重担、建功立业是中国工程院肩负的历史使命。中国工程科技论坛,是中国工程院为我国工程技术领域中青年科技工作者展示其最新科技成果搭建的技术交流平台,目的是为了广泛征集全国各领域专家、学者的意见和建议,进一步丰富和完善研究成果,为各级政府提供真知灼见,用科学咨询支撑科学决策,用科学决策推动科学发展。自 2008 年第 76 场工程科技论坛以来,以陈克复院士为主席在轻工领域连续举办了 7 场论坛,历年来论坛紧扣“节能减排”、“资源高值化利用”、“资源与环境协调发展”等行业发展的重大主题,培养和发现了一批在轻工各领域做出重大贡献的青年科技工作者,近年来有 5 位相继成为中国工程院院士。中国工程科技论坛的举行对轻工科技的发展起到积极的推动作用。

## 二、大会报告情况

四川大学石碧院士做了题为《对制革用铬的客观认识及控制铬排放技术探讨》的报告,关于应用铬鞣革的潜在风险,报告对其影响、风险和科学研究的结果提出了一种公平的看法。提出,非常重要的一点是我们不轻视甚至不掩饰风险和危险。但是,如果这种风险是易处理的,那么我们应该保证人们被正确且准确地告知此事,以免他们产生不必要的恐慌。我们应该聚焦于采取一定的措施来进一步减少理论上的风险。

大连工业大学朱蓓薇教授做了题为《我国海洋生物资源利用现状及发展趋势的探讨》的报告,报告指出:我国人均水产品占有量已由 1949 年的 0.8 kg 提高到了 2013 年的 45.4 kg,是世界人均水平的 2.4 倍,极大地缓解了仅用世界 7% 的耕地养活占世界 22% 人口的粮食安全问题。我国虽然是海洋大国,但不是海洋强国,我国海洋水产品起步较晚,基础研究相对薄弱,技术与装备的开发速度较为缓慢,产业化应用水平不高,技术标准不健全。为了更好地发展我国海洋水产品加工业,应在海产品保鲜保活技术的开发、海洋传统食品加工技术提升、海洋现代食品加工技术的研究与开发、加工副产物综合利用关键技术的研究、海洋功能食品与生物制品、新资源食品的研究与开发、海洋食品加工装备的研究与开发、海产品质量安全控制等方面加大科研力度,努力缩小我国与国际先进水平的差距,通过 10~30 年的研究,使我国海洋生物资源开发利用技术水平得到大幅度提升,努力做到在 2020 年我国进入海洋生物利用强国初级阶段,2030 年建设成为中等海洋生物利用强国,2050 年成为世界海洋生物利用强国。

江南大学校长陈坚教授做了题为《发酵工程:科技问题与创新任务》的报告,报告指出:发酵工程是生物加工和生物制造的核心技术。21 世纪,发酵工业不仅是新的经济增长点,也被认为是解决人类面临的人口、环境、能源、食品安全等主要问题的关键出路。报告首先总结了我国发酵工业现状以及近年来所取得的成就,对我国发酵工程技术领域微生物细胞工厂构建与优化、发酵过程控制与优化以及发酵工业装备的进展进行了论述;然后对我国发酵工业发展中的主要科技问题以及相应的创新任务进行了分析;最后,对我国未来发酵工程领域关键发展方向进行了展望。

广东省微生物研究所所长吴清平研究员做了题为《食源性诺如病毒的风险识别及其分子进化机制探索》的报告,报告主要内容:诺如病毒是引起流行性与散发性急性胃肠炎的重要食源性致病微生物之一,近 20 年来已导致至少 6 次全球大规模流行,对公共卫生安全造成极大的威胁。然而,体外复制体系及动物感染模型的缺乏增加了诺如病毒研究的困难,目前还没有有效的抗病毒药物以及

医疗手段。病毒序列信息的积累已经逐渐成为认识病毒的重要基础,因此,本研究以诺如病毒序列信息为基础,分别针对病毒检测技术开发、病毒污染水平调查、病毒衣壳蛋白功能鉴定及病毒进化分析等内容展开了一系列研究。荧光定量 RT-PCR, NASBA 技术和阳离子絮凝,免疫磁珠富集等检测及样本前处理方法检测灵敏、回收率高,可以较好地实现对水体及贝类中病毒的快速检测;以人工污染牡蛎为研究对象,借助免疫组化分析,首次证明除胃肠及消化盲囊外,腮组织也是有效的病毒监测靶点;通过杆状病毒表达系统分别制备 VP1 组装的病毒样颗粒 VLP 以及 VP1 与 VP2 共同组装的 VLPs,并通过比较在不同 pH 及臭氧处理条件下的二级结构变化,显示 VP2 蛋白具有明显的稳定病毒颗粒结构的作用;对 GII 型诺如病毒基因组进行比对分析,结果表明 p22, P2 及 VP2 区为变异热点区域,同时对 GII.4 型诺如病毒基因组深入分析显示,VP1 与 VP2 可能存在共进化现象;针对 GII.4 型诺如病毒衣壳蛋白进行多重比对及同源建模分析,结果显示病毒衣壳上共分布有 6 个预测表位,其不断变化而持续产生新的变异株,是诺如病毒进化研究的热点区域。

齐鲁工业大学校长陈嘉川教授做了题为《生物技术在造纸工业中的应用》的报告,报告介绍了生物技术在造纸工业的应用领域,涉及制浆、造纸、废纸纤维回用等方面的 8 项技术(树脂障碍控制、淀粉改性、生物漂白、改善网部脱水、酶法脱墨、酶法打浆和增强、纸板酶法增强、阴离子垃圾控制),特别介绍了他们课题组最新的研究成果,包括酶促磨浆、酶促消潜、生物帚化和湿部生物调控。上述技术大部分已在生产中应用。

华南理工大学副校长邱学青教授做了题为《木质素两亲聚合物在木质纤维素酶解中的应用》的报告,报告主要内容:木质纤维素中的纤维素和半纤维素通过酶解转变成可发酵的糖分是生物炼制的重要环节,但目前仍存在酶解效率偏低的技术瓶颈。揭示了木质纤维素底物中木质素结构对纤维素酶解效率的影响机制;以木质素磺酸盐为添加剂提高不同底物的酶解效率,并从屏蔽底物中木质素对酶的无效吸附以及强化纯纤维素的酶解两个角度阐述了其机理,然后以酶解木质素残渣为原料合成木质素非离子表面活性剂用于强化酶解;最后将木质素两亲聚合物用于强化木质纤维素高固浆体的酶解。

陕西科技大学副校长马建中教授做了题为《功能型改性聚丙烯酸酯织物用助剂的制备及性能研究》的报告,报告主要内容:聚丙烯酸酯类材料在纺织行业广泛使用,常用于印花和后整理等工序。为提高聚丙烯酸酯类材料性能,通常要对其进行功能化的改性,常见的改性方法有多组分杂化改性技术、交联改性、无机纳米材料改性等。笔者所在课题组长期从事聚丙烯酸酯类复合材料在纺织领域的研究,就聚丙烯酸酯类材料的功能性改性机理及应用效果进行了研究和分

析。

湖南省农业科学院副院长单杨研究员做了题为《柑橘工业国际标准体系研究》报告。主要内容有:柑橘工业国际标准体系的现状,我国柑橘工业标准现状及对比分析,对我国柑橘工业标准体系的四点建议,构建科学的柑橘工业标准体系,加快柑橘工业标准制(修)订,加强国际标准跟踪与研究,强化企业在标准制(修)订中的作用。

华南理工大学赵谋明教授做了题为《食品发酵与代谢调控关键技术及应用》的报告,报告主要内容:蛋白质在不同条件下可以聚集成不同的形态,主要包括纤维聚集、缕状聚集和球形颗粒聚集。其中,球形颗粒聚集,根据颗粒的粒径大小,也被称作蛋白质微颗粒或纳米颗粒。蛋白质纳米颗粒具有许多独特的性质,可以调节乳液和凝胶结构,作为活性物质运载体,控制活性物质释放等。因此,蛋白质纳米颗粒在食品领域具有广阔的应用前景。

大连工业大学金凤燮教授做了题为《生物转化制备淫羊藿素等高活性黄酮类关键技术及应用》的报告,报告主要内容:黄酮类是多半植物和中草药的一类重要的活性成分,是中药、食品和化妆品极其重要的成分。但天然黄酮活性低、难吸收,酶转化法可制备高活性成分;但黄酮类种类极其繁多,现有微生物和酶无法解决。为此,筛选了多种产黄酮苷酶新微生物,建立极端发酵产酶方法;解决了“用酶转化法制备高活性淫羊藿素,制备高活性的异槲皮素和槲皮素、黄芩素和大豆异黄酮”的关键技术以及其设备系统;产品用于保健食品、功能化妆品和中草药开发。

广西大学特聘教授、加拿大新布朗斯维克大学教授李可成先生做了题为《木质纤维素生物质精炼制取生物燃料、生物化合物和生物材料》的报告,报告主要内容:木质纤维素生物质和农业废弃物是地球上最丰富的可再生材料。近年来,为了利用木质纤维素材料生产附加值更高的产品,世界各国做了大量的研究,如燃料、化学品和纳米纤维素。可再生材料的使用不仅有利于环境保护,减少碳足迹,也创造了更可持续的新经济。在制浆造纸和木质纤维素生物炼制工艺中,从全过程成本和最终产品质量来看,把植物资源处理成纤维状或木材化学成分是最重要的一个步骤。报告论述了木质纤维素生物处理的基础和应用方面的研究,特别是对应用化学法、生物法和机械法来分离木材纤维的方法进行了讨论,内容包括:几种先进的表面和纳米级的分析技术,纤维形态变化对制浆工艺和酶解纤维素水解过程的影响,对纤维质量和生物量的消化率变化的影响的评价尺度等。研究结果表明,对木质纤维素材料的了解与认识是研发创新的基础,木质纤维素生物处理技术是具有成本效益的工业适用技术,也是商业适用技术,并已与世界领先的工业合作伙伴共同合作开发。

北京林业大学孙润仓教授做了题为《木质纤维生物质结构表征及产业化展望》的报告,主要内容:生物质资源是可再生、可循环、可降解的天然资源。它主要由纤维素、木质素和半纤维素等组成,纸浆造纸主要利用纤维素,而制浆过程中解离的半纤维素和木质素由于降解严重和结构破坏,长期以来并未得到合理的利用。在天然资源受到重视的今天,结合生物质精炼的概念,对木质素和半纤维素进行分离,结构解译和高值化利用研究很有必要。报告围绕木质素和半纤维素研究基础,系统地展望了木质素和半纤维素目前的研究现状和今后的研究方向,这些展望将为木质素及半纤维素产业化利用提供有益的启示。

杭州市化工研究院院长姚献平教授做了题为《我国造纸化学品重点研究方向与课题》的报告,报告主要内容:我国造纸工业正向纸机大型化、高速化,抄造中性化,白水封闭循环等方向发展,但是面临着严重的资源、环境、技术等瓶颈制约。造纸化学品是破解造纸行业这些瓶颈制约的关键技术产品。报告结合当前我国造纸工业的发展需求,以及造纸化学品工业国内外发展现状、存在的突出问题,提出了今后我国造纸化学品的重点研究方向和一些课题。

南京林业大学张辉教授代表陈克复院士做了题为《造纸工业绿色发展工程科技战略研究》的报告,报告对造纸工业绿色发展、循环发展和低碳发展的由来、基本概念、相互间关系和主要内容进行了介绍;对造纸工业绿色发展的基本现状、制约因素与面临的挑战做了探讨;进一步就我国造纸工业绿色发展趋势、目标与基本对策进行战略性讨论;同时,对推进我国造纸工业绿色发展的工程科技体系进行了概括性的罗列;最后,提出了相关性的政策建议。

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。本次论坛是一次有吸引力、高水平、非常成功的学术研讨会。

8月23日上午,12位与会的造纸行业专家和24家广西企业共70余位代表参加了由广西壮族自治区科技厅组织的“院士与企业技术需求对接会”,对接会开始,陈克复院士首先做了题为《我国造纸业的现状及发展趋势》报告,随后企业代表纷纷将企业所面临的问题向专家寻求良策,专家们对企业提出的问题,做了耐心的分析,并给出自己的解决方案。在3个多小时的对接会上,大家畅所欲言,气氛热烈活跃。集体对接只是对接的开始,企业与专家会后继续进行深入探讨,并进行了技术洽谈。

作为工程科技论坛的延伸,专家与地方企业的洽谈会以为地方企业服务为宗旨,多年来,一直作为轻工领域论坛的另一个主要内容,为企业与专家搭建起一个交流与合作的平台。

# 造纸工业绿色发展工程科技战略研究

陈克复<sup>1</sup>, 张一辉<sup>2</sup>, 周爱娟<sup>3</sup>, 侯庆喜<sup>4</sup>, 田晓俊<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 中国造纸工业绿色发展战略研究工程科技重大专项, 北京, 100044

<sup>2</sup> 中国造纸工业绿色发展战略研究工程科技重大专项, 北京, 100044

摘要: 造纸工业绿色发展战略研究工程科技重大专项, 旨在研究造纸工业绿色发展的工程科技战略, 推动造纸工业绿色转型, 实现造纸工业绿色可持续发展。

## 第二部分

### 主题报告及报告人简介

## The Strategic Research on Technologies to Push Forward the Development of Green Paper Industry in China

Ke-fu Chen<sup>1</sup>, Yi-hui Zhang<sup>2</sup>, Jing-hua Zhou<sup>3</sup>,  
Qing-xi Hou<sup>4</sup>, Xiao-jun Tian<sup>4</sup>

<sup>1</sup> South China University of Technology, Guangzhou

<sup>2</sup> Nanjing Forestry University, Nanjing

<sup>3</sup> Dalian Polytechnic University, Dalian

<sup>4</sup> Tianjin University of Science & Technology, Tianjin



# 造纸工业绿色发展工程科技战略研究

陈克复<sup>1</sup>, 张 辉<sup>2</sup>, 周景辉<sup>3</sup>, 侯庆喜<sup>4</sup>, 田晓俊<sup>1</sup>

1 华南理工大学, 广东广州; 2 南京林业大学, 江苏南京;

3 大连工业大学, 辽宁大连; 4 天津科技大学, 天津

**摘 要:**对造纸工业绿色发展、循环发展和低碳发展的由来、基本概念、相互间关系和主要内容进行了介绍;对造纸工业绿色发展的基本现状、制约因素与面临的挑战做了探讨;进一步就我国造纸工业绿色发展趋势、目标与基本对策进行战略性讨论;同时,对推进我国造纸工业绿色发展的工程科技体系进行了概括性的罗列;最后,提出了相关性的政策建议。

**关键词:**造纸工业;绿色发展;制约因素;发展目标;工程科技;政策建议

## The Strategic Research on Technologies to Push forward the Development of Green Paper Industry in China

Kefu Chen<sup>1</sup>, Hui Zhang<sup>2</sup>, Jinghui Zhou<sup>3</sup>,  
Qingxi Hou<sup>4</sup>, Xiaojun Tian<sup>1</sup>

1 South China University of Technology, Guangzhou;

2 Nanjing Forestry University, Nanjing;

3 Dalian Polytechnic University, Dalian;

4 Tianjin University of Science & Technology, Tianjin

**Abstract:** In this paper, the origins and fundamental concepts about Green Development, Recycle Development and Low-carbon Development in paper industry as



well as the relationships among the three and the contents of the three are introduced. And then, the current situation of green development in China's paper industry, and the restraining factors and challenges being encountered to push forward the development of the paper industry are discussed; furthermore, the tendency, goals and countermeasures of the green development in China's paper industry are explored. Meanwhile, the technological systems needed to push forward the green development are briefly mentioned. Finally, some policy proposals related to the green development are put forward.

**Key words:** paper industry; green development; restraining factor; developmental goal; engineering technology; policy proposal

## 一、必须推进造纸工业绿色循环低碳发展

### (一) 造纸工业绿色循环低碳发展的由来

#### 1. 绿色发展

绿色发展源于环境保护领域,是培育新的经济增长点、保护生态环境活动的总和,是资源承载能力和环境容量约束下的可持续发展。

广义的绿色发展包括存量经济的绿色化改造和发展与传统造纸业相关的具有上下外延性、新的增长领域的绿色经济两方面,跨出了传统造纸工业的空间布局、生产方式、产业结构和消费模式;狭义的绿色发展包括绿色生产制造过程、产品绿色化、节能减排、清洁生产、企业绿色化。总的来说是发展绿色经济。

当前造纸工业绿色发展首先应从狭义的绿色发展做起,实现造纸业的转型升级,同时高度重视通过产业结构调整为抓手,推进广义的绿色发展。要以发展为主题,在保护中发展,在发展中保护,以实现经济效益、社会效益和环境效益有机统一。

#### 2. 循环发展

实施循环经济,推进资源节约型、环境友好型社会,应该以3R为原则,即Reduce(减量化)、Reuse(再利用)、Recycle(再循环)。但“3R”只是原则,不是实现循环经济过程中的全部要素。循环经济必须注意到物质循环链、能量循环链的构建,应以合理的时间、空间配置为前提,而且实施循环经济是有循环成本的、有资金流动增值内涵的,所以实施循环经济还应该在一定条件下将物质、能量、时间、空间、资金等“5要素”有效地整合在一起。合理安排构成相关的产业链群,并改变资源的无序利用、过量生产、过度消费和无序废弃的生产/消费模式,