

蒋剑春：生物质热化学转化利用开拓者



人物档案

蒋剑春，1955年生于江苏溧阳，研究员，中国工程院院士、博士生导师，国际木材科学院院士，原中国林科院林产化学工业研究所所长、党委书记，中国林学会林产化学分会副理事长，生物基材料产业技术创新战略联盟理事长，中国可再生能源学会常务理事，中国农村能源行业协会副会长，国家“863”计划现代农业技术领域主题专家，“生物质能源产业技术创新联盟”副理事长。获得全国创新争先奖、江苏省高校院所科技人员创新创业先进个人、“十一五”国家科技计划执行突出贡献专家、南京市“十大科技之星”等荣誉，带领的生物质能源创新团队荣获“十二五全国生态建设突出贡献先进集体”荣誉称号。获国家科技进步奖一等奖1项、二等奖3项，省部级奖6项，授权发明专利69件，发表学术论文300余篇。

利用秸秆、木屑、枝桠、果壳等农林废弃物生产清洁能源和炭材料等国民经济必需的产品，是中国林业科学研究院林产化学工业研究所蒋剑春院士团队的杰作，让更多生物质资源变废为宝，为新能源和环保战略作出贡献也是他所致力

的事业。蒋剑春院士从事农林生物质热化学转化研究工作30多年来，创新了农林生物质热化学定向转化的基础理论与方法，突破了热化学转化制备高品质液体燃料、生物燃气与活性炭材料关键技术，构建了生物质多途径全质利用工程化技术体系，有力推动了我国农林生物质产业的快速发展，让以秸秆、木屑、枝桠、果壳等农林剩余物替代化石能源和材料的科技梦想“照进现实”。具有自主知识产权的科研成果获国家科技进步奖4项（其中第一完成人3项）、省部级科技进步奖10项，授权发明专利69项；在国内外刊物发表研究论文318篇，其中SCI 68篇、EI 65篇。



蒋剑春院士获国家科技进步奖

开启农林剩余物热解气化研究利用之路

能源是现代生活赖以生存和国民经济发展的基础。作为能源支柱的化石能源给人类生存环境带来严重的污染，且面临着逐渐枯竭的危险，全世界都在寻找新的可再生清洁能源。不少国家将目光瞄向生物质能源，然而，多年来，由于缺乏基础理论突破和有效的定向控制手段，我国生物质热解气化产业仍存在着技术单一、气化设备的原料适应性窄、燃气品质低、系统操作弹性和运行稳定性差、气化固体炭产物没有得到高值化利用、工程化技术集成应用创新不足等一系列技术瓶颈，难以规模化推广应用，严重制约了产业化进程。

20世纪90年代初，生物质能研究在中国尚处于起步阶段。忆及当时的研究情况，蒋剑春颇有感触：“1993年我加入了全国生物质能源专业委员会。当时研究生物质能的人非常少，我们召开会议时来参加的只有十几个人。”即便在10年后，参与林化所召开的全国生物质能源会议的业内人士也只有50余人。

“现如今，每年全国范围内与生物质能相关的会议可谓铺天盖地。”蒋剑春说。



当前生物质能全行业的红火，源于“十五”以来我国政府不遗余力地推动。在国家政策大力向该行业倾斜前，蒋剑春与林化所为何会“独具慧眼”地将生物质热解气化作为研究重点？蒋剑春坦言是基于“国家需求”。“当初我国石油、煤炭等化石能源价格较低，大家都觉得没有必要研究生物质能，这个行业也没有发展与利用的前景。但生物质能确实是当时国家有需求的科研项目，而且林化所也有传统研究优势，我坚定地认为这个方向非常具有科研价值。”

在外界并不看好的情况下，怀揣着为国家解决需求的决心，蒋剑春带领团队就此开启了农林剩余物热解气化的研究利用的绿色之路。

将生物质“废弃物”变高品质燃气

《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020）》明确，在农业领域中，将“农林生物质综合开发利用”作为优先主题。

我国生物质资源丰富，每年仅农作物秸秆和林业采伐加工剩余物就超过了10亿吨。其中，可以收集利用的林业采伐剩余物、加工剩余物大约有1亿吨，而农业秸秆的可收集量比林业剩余物多，农林可收集总量大约在2亿吨以上。但如何让农林废弃物变废为利？需要突破哪些技术瓶颈？这是蒋剑春团队长期研究的课题。

针对农林剩余物热解气化过程中存在的关键技术瓶颈问题，蒋剑春率领研究团队开展了热解气化反应过程的基础理论、控制机制、反应器新型结构等研究。经过20多年的持续攻关，他们取得了多项创新性成果，获得了2013年度国家科技进步二等奖。研究阐明了农林生物质定向气化规律，创新了高品质生物燃气调控方法。揭示了生物质热解气化反应过程燃气组分调控和炭化产物微结构形成与演变规律，以及不凝性可燃组分变化与氧含量的协同作用机制、可凝性有机物高温催化裂解机理；发现了热解过程固体炭石墨化转化温度，为制备高品质炭材料的选择性利用提供理论依据；建立了锥形流化床最小流化速度数学模型，揭示了生物质颗粒气-固多相流动特性与传热之间相似性及放大规律，该成果对多相流反应器工程化设计和应用具有重要意义。开发了高品质生物燃气调控关键技术和装备，并规模化应用于工业锅炉的供气、供热以及发电等行业。发明了新型锥体结构流化床气化反应器，发现了宽粒径分布物料理想流化状态的锥体最佳锥角为20°；创新设计出环状间隙双锥体结构气体分布器，首次实现了生物质热解气化操作负荷弹性范围宽达25%~100%的连续化运行；创建了适合块状生物质物料的固定床气化工艺，开发出具有连续加料、双级组合密封等功能和结构的气化炉系统；创制出连续化气-炭联产关键技术和装备，解决了生物质热解气化生产过程中存在的原料适应性窄、燃气品质低和生产运行不稳定等行业共性难题，率先实现了单机发电达1 MW以上、热值高达15 MJ/Nm³的气化技术及装备的工程化，提升了我国农林生物质生产高品质燃气和炭产品技术和装备水平。



蒋剑春院士（右一）在实验室指导科研工作

所谓生物质多途径热解气化，蒋剑春介绍说，就是利用内循环锥形流化床、上吸式气化炉、下吸式气化炉和回转炉热解气化等4种不同设备和工艺路线，采用最低成本的空气气化法，将农林剩余物完全气化或部分气化制备燃气，同时联产产出高附加值炭材料和炭质吸附材料作为工业和民用。通过该技术实现了农林剩余物高值化综合利用替代化石燃料、减少温室气体及其他有害气体排放的目标。

这项研究不仅为屡禁不止的全国性秸秆就地焚烧问题和几十万台中小型燃煤锅炉带来的污染问题，以及能源短缺问题找到了解决之策，也使林业板材加工剩余物能源化和材料化利用变得更加经济可行。

在扎根农林剩余物热解气化研究30多年后，蒋剑春感慨地说：“如今不仅国家从能源安全的角度出发，开始大力发展生物质能，而且随着环境污染治理任务的加剧，该行业的重要性也日益突出。从环境需求、能源安全与提高农民经济收入等角度看，生物质能研究的发展空间非常广阔。”



攻克活性炭材料关键技术

从1996年开始，蒋剑春就开展了生物质热解转化活性炭材料制备和应用等方向的科学基础和应用技术研究及成果转化工作。在当时，在可能“坐冷板凳”的科研领域，怀揣着为国家解决环境污染治理和食品医药精制用活性炭材料需求的决心，蒋剑春带领团队围绕热化转化基础理论，将研究领域从热解气化拓展到木制活性炭材料。

“不仅是生物炭，木质活性炭也与我们的日常生活息息相关。”蒋剑春在接受记者采访时表示，木质活性炭产品被广泛应用于环保、新能源、食品、医疗、军工等领域，是促进国民经济可持续和高质量发展的朝阳产业。我国完全有条件将这一产业做得更大、更强，要加大技术创新力度，不断延伸产业链条，提升产品附加值，扩展应用领域，使之真正成为提高森林资源综合利用水平、促进林农增收和社会经济发展的重要支柱产业。

蒋剑春率团队研究发现了调控农林生物质高性能活性炭材料微结构的方法，获得了2009年度国家科技进步奖二等奖。揭示了农林生物质活性炭活化控制与吸附性能的构效关系，创立了活性炭微孔与介孔结构的调控方法。发现了催化剂提高木质炭反应活性的作用机理、高温重整过程温度变化速率以及活化介质对活性炭微孔结构的定向调控机制，制备出介孔结构丰富（>60%）的类分子筛型专用活性炭。揭示了活性炭表面羟基羧基等官能团与选择性吸附的基本规律。开发出物理和化学吸附组合可控的高性能活性炭系列产品，滤液透光率由65%提高至100%，为制备高性能专用碳质吸附材料提供了新方法。创制了低温条件下生物质降解自成型热固化和活化制备孔结构发达的高强度活性炭新技术，吸附挥发性有机物（VOC）性能超过美国同类产品，实现了国产汽车炭罐用活性炭零的突破，解决了生物质制备活性炭存在孔径分布不集中、产品质量不稳定、吸脱附性能差等问题，打破了高性能专用木质活性炭产品依赖进口的局面，拓展了活性炭的应用领域，有力促进了我国从活性炭生产大国向技术强国迈进。

把科技成果转化为实际效益

“农林剩余物多途径热解气化联产炭材料关键技术”的成功开发和推广应用，为我国各种农林生物质原料的高效能源材料转化利用提供了很好的途径。

“有学术意义不等于有产业应用价值。”蒋剑春说，科研不能与产业、企业脱节，关在象牙塔里搞科研是不行的，特别是在他们这个领域。为此，他和他的团队十分注重科学研究与成果转化间的衔接，在项目研究的同时就进行了市场开发和产业化建设。创制出生物质热化学转化多途径高值化利用成套装备，创新出高品质生物燃气和活性炭吸附材料等系列新产品。创立了“高品质燃气联产炭材料”“热能自给型高性能活性炭生产”等生物质高效全质利用的运营模式，成功建成了世界上最大规模、利用生物质燃气供热、化学法活性炭示范生产线；建成了不同规模、分布式利用的农林剩余物多途径热解气工业化装置计190台套，实现了工业化推广应用，取得了显著的经济、生态和社会效益。

该技术推广应用共建成生产线200多条，产品市场占有率达30%以上，新增产值100多亿元，农林生物质资源增值20多亿元，增加就业岗位6000个以上，经济、社会和生态效益显著。

不过，蒋剑春表示，目前技术的应用还主要局限在林业领域，农业领域涉及较少。“我国农业生产加工的剩余物（废弃物）更丰富，每年多达数亿吨。这是我们希望下一步重点推广的目标。”



带领团队勇攀科研高峰

在蒋剑春看来，做科研工作，应向老一辈科研工作者学习，他们身上那种敬业、负责的科学精神和认真、严谨的工作习惯是科研人员必备的基本素质。因此，在多年的科研“长跑”中，蒋剑春带领团队潜心研究，在高品质生物燃气和炭材料研究领域赢得了多项“第一”“首创”和“领先”技术成果，打破了国外活性炭制造技术垄断，推动了林化产业的发展，提升了我国林产化工技术的国际地位，而林化所这个平台也日渐坚实：现设有生物质化学利用国家工程实验室、国家林产化学工程技术研究中心等科技创新平台，还设有中国林学会林产化学化工分会、国家林业和草原局林化产品质量检验检测中心等学术和技术机构；设有2个博士、4个硕士学位培养点和博士后流动站。

如今，林化所有近200名科技人员，先后培养出了400多名博士、硕士，为林产化工、制浆造纸等行业输送了大批技术骨干。

作为行业的探路先锋和领路人，蒋剑春也因此收获了诸多荣誉：获得第六届全国优秀科技工作者、“十一五”国家科技计划突出贡献奖、南京市“十大科技之星”、全国生态建设突出贡献奖等荣誉。



蒋剑春院士在美国亚历山大林业中心交流考察

科研之路，只有起点，没有终点，生物质热化学转化能源材料技术的开发之路也终将越走越远。蒋剑春认为，未来生物质领域研究必须秉承“科学布局、创新引领、效益优先、绿色发展”的理念，遵循“原料搜集专业化、转化技术高效化、工程装备智能化、多元产品联产化、终端产品高值化”的创新性发展思路。针对我国目前农林生物质利用实际情况，蒋院士指出，对于生物质资源的利用需要坚持生态环境和能源和谐发展，既要强化生物质产业的经济效益，更要注重其生态环境效益，要不断提升生物质产业在生态环境保护以及新农村建设等方面的作用。（作者 | 温雅莉 王建兰 宋平）

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/news/132206.html>