

绿色视野

# 制浆造纸：走出自主创新之路

■本报记者 王方

源自植物纤维的制浆造纸，是社会发展进程中不可缺少的重要一环。然而，其发展面临着资源短缺、产品结构不合理、环境污染重等瓶颈问题。如何从科技入手予以突破？

“我们的目标是实现制浆原料多元化、目标产品高值化、核心装备自主化和生产过程清洁化，践行国家节能减排战略，支撑造纸产业向资源节约、产品结构合理、环境友好的可持续发展方式转变。”中国林业科学研究院林产化学工业研究所(以下简称林化所)副所长、研究员房桂干在接受《中国科学报》采访时表示。

在国家基金和科技攻关等项目资助下，房桂干领衔的团队创新开展混合材均质软化处理、纤维低温定向解离、化学品减量、废水高效处理等技术攻关和核心装备创制，为实现造纸工业低碳、绿色和可持续发展提供技术支撑。

### 关键一环更要自主

既为工农业、科技、国防提供功能性基础原材料，又为人们文化和生活提供消费材料，可以说，造纸是与国民经济和社会发展关系密切的重要基础原材料产业。

“我国制浆造纸从 2009 年发展至今，一跃成为世界第一生产大国和消费大国。2018 年我国纸和纸板产量为 1.166 亿吨，纸张消费总量超过 1 亿吨。造纸工业为我国经济发展作出了重要贡献。”房桂干介绍。

木材、芦苇、稻草、麦秸……这些都是造纸原材料，主要来源于天然和回收的植物纤维等可再生资源。在造纸中，不仅使用的原料，其生产过程排放的固、气、液态废弃物已基本实现回收利用，形成了完整的资源可回收、低排放、低能耗的绿色工业体系。

房桂干表示：“为摘掉行业高耗能、高污染的帽子，节能减排是造纸行业一项重要工作，目前行业各项排放指标基本上达到国际先进水平。”

不过，事关经济、社会、生态环境效益的造纸业也面临着自己的困局：制浆纤维原料依赖进口，制浆核心技术和装备依赖进口。高得率制浆技术和装备如何实现国产化？

2017 年，我国进口木浆 2372 万吨、废纸 2572 万吨，木片 1140 万吨，进口造纸纤维原料(木浆、废纸和木片)对外依存度高达 50%以上。当前国家限制废纸进口，进口由 2012 年的 3006 万吨削减到 2018 年的 1705.5 万吨，预计到 2021 年将降低为零。同时随着森林禁伐工程的实施，我国



▲具有完全自主知识产权的技术和装备出口马来西亚(国产装备 EFB 棕榈空果串制高强瓦楞原纸生产线)。

►自主设计建造的化机浆废水处理工程。 林化所供图

造纸工业原料缺口将进一步加剧。

“新型高得率浆制浆生产技术具有巨大发展潜力，与传统化学制浆比较，前者具有资源利用率高、工程投资省、木材利用率提高近 1 倍的优势，吨浆节约木材可达 2 立方米，且污染物发生量仅为传统化学法制浆的 1/6~1/4。”房桂干介绍。然而我国高得率浆生产线超过 90% 以上采用国外技术和装备，且产生了“水土不服”。

此外，我国每年产生 2 亿吨林木剩余物未得到有效利用，现有的制浆工艺和装备无法利用其生产优质纸浆和高值化产品，同时其不合理处置也带来严重大气污染和生态环境问题。

### 创新突破 提升技术水平

混合材是指林业三剩(采伐、造材和加工剩余物)和商品混合木片的统称，将其用于制浆造纸，不仅可缓解我国造纸原料短缺，更可以调整林业产业结构、改善生态环境、增加林农收入。但混合材面临材性差异大、制浆得率低、化学品用量大、进口装备无法利用混合材制浆等难题。

房桂干团队系统开展木片药液渗透与均质软化机制、纤维定向解离、高效漂白机理等基础理论研究，重点突破木片浸渍均质软化、纤维低温定向解离、清洁高效漂白、废水处理与回用等关键技术，创制高得率制浆、废水高效处理等核心技术装备。

针对混合材种类杂、材性差异大、制浆得率低，团队研究木材微细结构、化学组成和分布特性，揭示木片药液渗透机理，为均质浸渍软化技术研发提供了理论指导；创制的混合材多级变压浸渍均质软化技术，突破传统技术无法利用混合材生产优质纸浆的技术瓶颈，制浆得率从 75%~80%提高到 85%~92%。

针对高得率浆磨浆能耗高，结合强度差、纸浆品质差，研究揭示木质素迁移和纤维表面玻璃化机制，建立纤维低温定向解离磨浆理论；创制盘磨功能分区高能磨浆关键技术，突破传统磨浆无法实现细胞壁 S<sub>2</sub> 层定向解离的技术难题。

针对化学品用量大、漂白效率低，研究揭示过氧化氢稳定化机制和高效漂白机理；研发的多价金属离子整合转移、多段施药挤提高效漂白、逃逸 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 捕捉回用等关键技术，确保了反应产物不断移

除，漂白药剂保持稳定浓度水平，实现漂白反应进程平稳高效清洁。

针对进口装备无法利用混合材制高品质高得率浆，团队创制多级差速挤压揉搓浸渍装备、双功效反应塔、高能效磨浆单元、脉动湍流新型厌氧反应器、多相效协同催化氧化反应器等高得率清洁制浆和废水高效处理核心装备；根据不同制浆原料和产品定位，创新集成混合材高得率清洁制浆产业化技术，实现核心装备自主化。

### 产业化效益显著

开发节能型高得率制浆清洁生产技术和装备，高值化利用低等级木材及木材加工剩余物，一直是国内外制浆领域的研究热点。

“引进的技术设备主要针对新鲜木材等优质木材原料设计，不能适应我国低质纤维原料用于高得率制浆生产，导致企业生产成本低、市场竞争力弱，生存和发展问题严峻。”房桂干说。

由团队自主研发设计的高得率制浆生产线，突破层层技术瓶颈，制造出优质纸浆，可完全替代进口纸浆用于轻型纸、液体包装纸、防伪白卡纸和生活用纸等各类高档纸及纸板产品抄造。

项目先后在山东、江苏、福建、四川、安徽等地建成全国产业化装备清洁制浆生产线 16 条，升级改造山东晨鸣、山东华泰、江苏金东、广西金桂、福建腾荣达、河南瑞丰、湖南岳阳等国内 20 多家企业进口高得率浆生产线 32 条，技术成果覆盖高得率浆总产能 780 万吨/年，约 70%以上。

“采用中国林科院林化所专家研发的混合材高效清洁制浆成套装备，同等规模下投资仅为进口装备的 30%左右，原料利用率高达 85%~92%，而传统化学法制浆仅 40%~50%，而且中水回用率由 40%提高到 65%。”一位造纸企业负责人说道。

近三年，项目产生显著经济、社会和生态环境效益。利用混合材 1870 万吨，林农增收 224 亿元，增加岗位 8000 个，工资总额 11 亿元以上；节约木材 500 万 m<sup>3</sup> 左右、节水 1.8 亿 m<sup>3</sup>、节电 69.6 亿 kWh、COD 减排 15 万吨。此外培养研究生 87 名、企业技术骨干 180 名。

“该项目属于国家先进装备制造及制浆造纸工业清洁生产重要内容，不仅打破高得率制浆技术和装备被国外公司长期垄断的局面，而且整体提升我国清洁制浆生产技术水平。”房桂干表示，团队未来还将继续探索，进一步促进行业科技进步。

放假，对于浙江农林大学的专家教授来说，是走向农村基层，以科技成果为“红包”助力农民增收、服务“三农”的最佳时机。

“我今年寒假一开始，就应浙江省遂昌县有关乡镇邀请，参与到当地农业产业规划的制定和实施中去了。因为科技服务工作需要，我春节也没有回家，都是在遂昌农村过的。虽然少了和家人团聚的时间，但是想着能为农民致富、农村发展出份力，我觉得还是非常值得的。”浙江农林大学动物科技学院岳万福博士是浙江省科技特派员，他寒假期间大部分时间都是和农民在一起度过的，给农民们送上了一个个“科技红包”，用科技的力量助力当地经济发展。

“我从担任省科技特派员开始，就结合遂昌当地实际探索选育中华蜜蜂。如今蜜蜂养殖成了当地农民脱贫致富的新兴产业。”岳万福从 2014 年开始担任省科技特派员，他将发展蜜蜂养殖作为农户扶贫的切入点，带领当地群众发展“甜蜜事业”。

在岳万福的积极奔走呼吁下，遂昌有关部门将蜜蜂产业作为推动畜牧业转型升级、低收入农户增收和山区精准扶贫的主攻方向，推出了“遂昌县蜜蜂产业振兴计划”，蜜蜂养殖产业已成为遂昌农业经济增长新亮点。

和岳万福一样，浙江农林大学竹类研究所的很多专家寒假也没有怎么休息。“入冬以来，我们浙北地区下了好几场雪，但只要在大雪来临前将竹子钩梢，雪后及时将雪撬掉、保持竹林合理结构、科学施肥等，就可以很好地抗击雪灾，而且钩梢等措施，并不影响竹子的材质、产量等，是有效的提前预防措施。”

寒假期间，浙江农林大学竹类

研究所的专家们多次冒着大雪分赴浙江的安吉、临安等地，指导竹农抗击雪灾，向广大农民群众发放由抗雪知识、竹林管理技术等组成的“科技红包”，并手把手地指导农户如何对竹林按照配方进行科学施肥，从而提升竹林经营效益。

十多年来，把假期当作服务乡村振兴的好时机，逐渐成为浙江农林大学科技服务的一个特色和传统。浙江农林大学社会合作处负责人戴文圣教授认为，教师利用休息时间开展各种形式的科技服务，在服务“三农”发展、助力乡村振兴的同时，也实现了农林高校研究人员的价值。

浙江农林大学党委书记周国模教授对此十分支持。他说，学校坚持践行“两山”理念，始终致力于服务“三农”发展，紧密对接乡村振兴战略等重大战略部署和经济社会发展需求，为浙江建设乡村振兴示范省、推进农业农村现代化提供有力的人才和科技支撑。作为农林高校的科研人员，无论是不是假期，都应该牢记服务乡村振兴、助力精准扶贫的使命，这也是社会赋予高校科研人员的重要职责。

## 教授下乡发『科技红包』

■本报通讯员 陈胜伟 记者 张晴丹

### 图说农业



## 苦苣苔新品种 生产技术体系日臻完善

本报讯 越来越受花卉消费者青睐的苦苣苔家族喜添四“千金”，并将在北京 2019 世界园艺博览会上亮相。日前记者从国际苦苣苔科植物新品种登录权威认证机构——世界苦苣苔协会获悉，北京林业大学张启翔、罗乐课题组培育的 4 个苦苣苔新品种刚刚获得了国际登录。这意味着我国在苦苣苔野生植物产业化、市场化道路上迈出了新步伐，其新品种生产技术体系日臻完善。

北林大专家称，我国是世界上苦苣苔科植物种类丰富的国家，约有 56 属 450 余种。遗憾的是，当国外将苦苣苔科植物开发成花卉产品并广泛应用时，我国大量的优异资源仍处于野生状态。

为改变这一现状，北林大团队 10 多年来对中国苦苣苔科资源进行了系统的调查、评价和引种工作，筛选优异种质，开展杂交

育种，选育适合作为盆栽、观叶植物的新品种。专家们对其繁殖、栽培等生产关键技术开展了系列研究并取得实质成果。目前，已形成较完善的新品种生产技术体系，为新品种的商品化生产与推广奠定了坚实基础。

此次获国际登录的新品种中有“北林之春”报春苣苔，其特点是丰花、早花，其花色亮粉白至粉紫色，可在整个春天绽放；“紫衣圣代”报春苣苔的花瓣边缘波状，花色浅紫至紫色，花冠内部融合了父母本的黄色斑纹，与浅紫色外部相得益彰；“祥云”报春苣苔花冠呈粉紫色，花冠裂片深，株型紧凑，叶片侧脉明显较多，白色网状纹络更突出，形似中国传统祥云纹样；“启明星”报春苣苔则属中晚花，花冠紫色到蓝紫色，总苞片发红，叶片侧脉纹络明显，且叶片光亮，宛若启明星。

(铁铮 张晴丹)

### 走近农业科技创新联盟⑧

## 绿色投入 才能绿色产出

■本报记者 王方

当前，我国农业有害生物防控仍然依赖化学防治，且在所有人为实施的防治措施中，化学防治面积所占比例高达 60%以上。

“现今在创新、协调、绿色、开放、共享五大发展理念指导下，如何构建农业绿色发展技术体系，切实提高我国农业的质量效益竞争力？这将是农业科技创新的一场深刻革命。”国家农业科技创新联盟(以下简称联盟)秘书长、农业农村部科教司司长廖西元表示。

面对新常态下亟待解决的这一现实问题，在联盟框架下，2016 年先后成立国家天敌昆虫科技创新联盟(以下简称天敌昆虫联盟)和国家高效低风险农药科技创新联盟(以下简称农药联盟)，一边最大限度地减少化学农药的使用，一边运用环境友好型的技术措施进行病虫害控制，双管齐下，为农作物病虫害绿色防控提供科技支撑，注入新活力。

**探因溯源 关键技术作保障**

天敌昆虫的扩繁、利用是害虫可持续综合治理的重要手段。随着农业生产精品化、无公害化发展，对天敌昆虫产品有了强烈的市场需求，但目前我国天敌昆虫生产企业只有 20 多家，且分散、规模小，产品种类单一，不能有效满足农业生产上病虫害防治需要。

天敌昆虫联盟依据我国天敌昆虫发展现状、研发需求和关键技术壁垒等开展系统调研分析，形成我国天敌昆虫产业发展报告，并制定出对应的综合技术解决方案。

2017 年，天敌昆虫联盟研发出一批天敌昆虫高效繁育技术，如捕食螨年生产能力达 8000 亿头，赤眼蜂年生产 3000 亿头、丽蚜小蜂年生产 1000 万头、

瓢虫年生产 500 万头等；创制一批天敌昆虫产品，覆盖玉米、水稻、甘蔗等大田作物以及番茄、黄瓜、辣椒等设施作物的主要害虫种类；组装一批天敌昆虫防治害虫应用技术模式等。

“传统农药研发非常看重药效，而绿色生态农药的研发更强调药效、农药对人类、生态环境影响的统一。”农药联盟秘书长、贵州大学校长、中国工程院院士宋宝安说。

为进一步加强农药产品质量管理，农药联盟积极参与草甘膦水剂、可溶粉(粒)剂等高效低风险绿色农药品种、绿色制造工艺、环境友好制剂及绿色施用技术的发展规划建议及国家标准的制定。

其在高效低风险农药环境友好剂型产品挖掘和开发方面成效显著。重点对新型生物农药灰葡萄孢菌植物免疫诱抗蛋白、植物免疫诱抗蛋白含腐植酸水溶肥料等产品进行研制与开发，优化和完善加工工艺，提高生产效率和产品品质，同时进行田间无人机施药技术研究。

“这在进一步保障我国农业生产安全的前提下，为农产品质量安全水平的持续提升和生态文明建设提供技术和物质上的保障。”联盟秘书长、中国农科院副院长梅旭荣评价。

**以平台基地为核心推广辐射**

“2018 年天敌昆虫防治大田作物害虫实现整县推进，在吉林省长春市永吉县开展整县推广赤眼蜂防治玉米螟和稻纵卷叶螟。”天敌昆虫联盟常务理事、山东省农科院植物保护研究所研究员郑礼介绍。

天敌昆虫联盟在全国范围内建立 10 个核心示范基地：东北地区，以赤眼蜂防

治玉米和水稻害虫为核心技术；京津冀鲁地区，以天敌昆虫防治设施蔬菜害虫及熊蜂授粉为核心技术；广东、广西、福建等省区，以赤眼蜂和捕食螨防治甘蔗、南方果树等经济作物害虫为核心技术。

目前在大田作物示范面积 110 万亩，推广应用约 2100 万亩。示范区通过天敌治虫和相关配套措施，化学农药使用量减少 50%以上，其中化学杀虫剂使用量减少 80%以上。在设施作物示范推广 10 万亩。示范区通过天敌治虫、熊蜂授粉及相关配套措施，节本、省工、提质、安全，农药减量 70%~90%，产量提高 15%~30%。

农药联盟秘书长单位贵州大学构建了国内农药领域唯一的创新人才培养示范基地，实现茶树病虫害绿色防控技术体系和水稻、水果等多个作物的全程植保解决方案并示范应用，为贵州 700 万亩茶园安全生产、山地特色高效农业绿色发展及大扶贫、大生态战略实施作出重要贡献。

此外，该联盟对水稻、甘蔗、马铃薯、花生等多种作物全程植保解决方案和应用技术进行开发，并示范推广。在全国建立植保服务队超过 2000 个，作业面积超过 200 万亩次，实现销售收入超过 3000 万元。

2017 年在黑条矮缩病重发的广西宾阳、平南、上思县推广示范黑条矮缩病综合防控技术，每个县直接示范 1000 亩，带动农户使用 10 万亩；相比于 2017 年减少损失 30%，每亩减少损失 150 元，为农户增收 1500 万元以上。

**科企合作助产业升级**

天敌昆虫联盟在联盟内部科研单位与天敌生产企业之间联合开展科技

创新，包括大粒卵(柞蚕卵)优化处理繁育稻纵赤眼蜂、松毛虫赤眼蜂等优势蜂种技术研发及配套设备改进；“一卵多蜂”技术及设备研发；小粒卵(麦蛾卵、米蛾卵)繁育玉米螟赤眼蜂、蚕黄赤眼蜂、稻纵赤眼蜂技术和生产设施设备研发；丽蚜小蜂、浅黄恩蚜小蜂、食蚜瘿蚊、东亚小花蝽、捕食螨等天敌的工厂化繁育技术和生产设施设备研发等工作。

天敌昆虫联盟常务副理事长、中国农科院植物保护研究所研究员张礼生表示：“科企密切合作，提升了天敌昆虫产业化水平，取得卓有成效的工作成果。”其中，无人机投放赤眼蜂技术实现市场化，吉林省在 2017 年投入 600 万元经费推广应用于 40 万亩水稻，2018 年又投入 1500 万元，在 100 万亩水稻上推广。天敌防治与现代植保机械结合，为统防统治探索出新路径。

2018 年，农药联盟与中国农科院棉花所签订《棉田病虫害防控及水肥调控技术研究与应用》合作协议，针对新疆棉花常发的病虫害和极端气候导致的逆境影响，研究开发更加绿色高效的防控技术及产品。

与此同时，与沈阳化工大学针对广西南宁经济作物顽固病虫害签订绿色新农药创制研究开发合作协议，合作开展绿色低风险新农药的创制，并获得南宁市政府的科技经费支持和产业基金的支持；还与广西大学农学院开展柑橘滴干病防控病虫害的试验示范和推广工作，探索柑橘绿色防控新技术。

交叉融合，共谋产业链开发发展新篇章，该联盟还联合其他农业企业，在乌兹别克斯坦成功开展 1000 亩棉花的高产集成技术示范，赢得该国领导人赞赏，并邀请中方 2019 年将合作规模扩大到 1 万公顷。

## 中原地区枣产业迈上新台阶

本报讯 近日，中原地区枣产业国家创新联盟成立大会暨枣产业科技创新论坛在洛阳师范学院召开。

据悉，该联盟的成立目标是营造健康有序、活力高效的发展环境，依靠科技创新与政策推动，提升中西部区域枣产业的整体水平与市场竞争力，带动当地经济发展，修复、改善中西部脆弱的生态环境。联盟宗旨是打造产、学、研多赢的产业平台，整合优质资源，积极开展技术创新，加强行业内外的广泛合作，突破限制区域枣树种植、枣产品开发等核心技术，推进区域内枣产业的可持续发展。

洛阳师院枣科学研究应用中心主任、生命科学学院副院长赵旭升介绍，未来五年，该联盟将围绕中原地区以及我国中西部地区经济发

展、生态建设、边疆稳定等重大问题，开展枣资源(枣、酸枣、毛叶枣等)生态经济全产业链的重大科技攻关，凝聚行业优势科研院校、龙头企业、行业协会的集体智慧，针对中原地区以及我国中西部生态脆弱的立地条件，特别是干旱、半干旱地区，选育耐旱酸枣、大枣等抗逆良种，推进生态建设，为枣资源高产、丰产及深加工提供科技支撑，搭建枣资源生态经济技术创新平台，开展基础研究与应用研究，解决枣资源生态经济发展的关键重大技术问题，构建“育种—生产—生态修复—产品深加工—销售”的枣资源生态经济全产业链，推动枣资源生态经济可持续发展，为我国中西部地区生态建设、经济发展提供新的发展模式与路径。

(史俊庭 兰欣)