

导语：“森林是钱库”，在“两山”理念指引下，森林的经济价值正从单一木材生产向多元生态产业拓展。通过可持续管理森林资源，并利用森林生物质作为原料生产可再生低碳产品，逐步替代不可再生高碳密集型产品，这一产业模式蕴藏着巨大的发展潜力。即日起，海纳集成推出《从“剩余物”到新资源》系列，分别介绍瑞典、芬兰和加拿大如何通过政策支持和科技创新将森林资源特别是林业“剩余物”转化为新材料、新能源，推动森林产业逐步向多元化高值化利用转型。敬请关注！

## 海纳集成第二十一期



森林生物质（Forest Biomass）指来源于森林生态系统的所有有机物质，包括活体植物（树木、灌木、草本等）及其代谢产物（枯落物、分泌物等），可作为能源、材料或化学品的可再生资源。它由纤维素、半纤维素、木质素、提取物和蛋白质等成分构成，通过生物精炼和加工，能够开发为具有独特性能的产品。



图 1  
左 纤维素 (Cellulose fibres) 制成的泡沫可以替代聚苯乙烯泡沫  
图源:

<https://www.forestindustries.se/siteassets/bilder-och-dokument/forskningsagendan/2023/swedish-forest-based-sector-research-agenda-2023-download.pdf>

右 木质素 (Lignin), 约占树木生物量的三分之一, 可作为电池、胶水、生物燃料和其他产品的原材料。

图源:

<https://www.forestindustries.se/siteassets/bilder-och-dokument/forskningsagendan/2023/swedish-forest-based-sector-research-agenda-2023-download.pdf>

## 01

### ● 瑞典森林生物经济相关政策 ●

瑞典森林总面积约 4.2 亿亩, 森林覆盖率为 68.6%, 蓄积量约 36 亿立方米。2021 年, 瑞典生物经济产值为 3960 亿瑞典克朗, 在瑞典总产值中占比 8.1%, 在总出口额中占比 20.9%。生物经济领域就业人数为 34.5 万人, 占总就业人数的 6.4%。

为实现 2045 年碳中和目标，瑞典通过立法保障、资金支持、行业协作、技术创新等政策，持续推动林业与森林生物质产业融合发展。

2018 年欧盟新颁布的生物经济战略，从战略规划和立法层面要求限制化石基产品的使用，为生物基化工产品提供了更大市场。减少化石基产品使用是瑞典的社会热点和广泛共识。在此基础上，瑞典提出 2050 年过渡到生物经济的愿景，并在《可持续生物经济战略——面向繁荣和无化石燃料社会》《无化石燃料气候政策框架 2045》《瑞典林业的未来议程》《瑞典以森林为基础的行业研究议程》《生物创新战略》等多个战略规划中均强调了生物经济政策，特别是生物基材料和产品的开发、生产和回收举措。

通过技术创新推动森林资源广泛应用于新材料、化学品和燃料等领域，开发出具有市场竞争力的产品，必须依靠技术创新并兼顾成本效益。瑞典每年对林业研究的投资约 3.6 亿欧元，其中三分之一由国家财政支持。凭借持续的高强度研发投入，瑞典在多个森林工业研究领域保持全球领先优势。目前，瑞典以森林资源为原料生产的产品中，约 80% 用于出口，显示出这一领域的国际竞争力。

生物创新计划 (BioInnovation) 是瑞典 17 个战略创新计划之一，由瑞典林业工业联合会、瑞典创新和化学工业协会 (IKEM) 和瑞典纺织和服装工业协会 (TEKO) 联合发起，是一个跨行业的战略创新计划。该计划的项目办公室设在瑞典林业局，资金来源

于瑞典国家能源局、瑞典环境、农业科学和空间规划研究理事会（Formas）的政府基金和商界、学术界、研究所及公共部门的利益相关方。

生物创新计划专注于支持生物基化学品、材料和产品的应用研究项目，旨在推动化学品与能源、材料、建筑与设计等优先领域的生物基发展与创新，从而提升瑞典生物基行业的附加值和国际竞争力。

## 02

### ● 瑞典森林生物质材料开发 ●

通过政策驱动、技术创新和产业协同，瑞典森林生物质新材料开发特别是新型纤维和木质素的开发处于全球领先地位，正逐步构建生物质高值化利用产业链。

#### 1、新型纤维素纺织品

以森林资源为原料的新型纤维素纺织品因其优异的透气性和吸湿性，正成为替代化石基纤维的重要研究方向。2023年全球纺织纤维产量达1.24亿吨，其中合成纤维占比67%，源于森林的纤维素纤维占比6%。源于森林的新型纤维素纤维在替代化石纤维方面具有巨大发展潜力。在这一领域，瑞典已培育出多家具有全球竞争力的创新企业，包括树木纺织（TreeToTextile）、斯道拉恩索（StoraEnso）和兰精集团（Lanzing）等，覆盖了从原料研发到商业化生产的全过程。

以树木纺织（TreeToTextile）示范工厂为例，其创新工艺

将木材分解和提纯为纤维素浆（溶解浆），再进一步加工成适应于纺织和非织造布产品的短纤维。该产品具有天然干燥触感、半哑光光泽和出色的悬垂性，可作为棉、粘胶和涤纶的理想替代或补充材料。目前，该工厂的生产能力已达到 350 公斤/小时。



**图 2 树木纺织 TreeToTextile 木质纤维素纤维及其制成的纺织品**

图源: <https://treetotextile.com/our-fiber/>

## 2、新型纤维素医疗原料

生物创新计划资助开发的纳米纤维素水凝胶伤口敷料项目，是森林基材料在医疗领域的创新应用。

纳米纤维素作为一种从木纤维中提取的天然抗菌材料，已在多种医学研究领域展现出应用价值，特别是在烧伤伤口敷料的开发方面取得重要进展。传统的以不可再生资源生产的伤口敷料，虽能隔离外界细菌但易与创面粘连，更换时给患者（特别是烧伤患者）带来极大痛苦。而基于森林纤维的新型敷料具有显著优势，其高吸液性、耐水性和透气性能有效克服传统敷料的缺陷。研究表明，纳米纤维素在开发可持续、高性能的伤口护理产品方面具有巨大潜力。



图 3 森林基纳米纤维素在可持续伤口敷料应用方面具有巨大潜力

图源:

<https://www.bioinnovation.se/projekt/nanocellulosahydrogelsarforband-for-brannskador/>

### 3、新型纸纤维塑料环保替代品

生物创新计划资助研发的纸纤维瓶盖项目，是森林基材料应用的又一创新成果。该项目致力于生产比传统塑料制品更具成本效益的环保替代品，已获得 Rottneros 林业公司等多家大型投资方的支持，目前正加速产业化进程。

瑞典食品品牌 Great Earth 已率先在其产品线上采用这种纸纤维瓶盖，并已替代塑料瓶盖进入零售领域。该产品具有两大优势：一是可随纸张回收系统实现循环利用；二是在自然环境中能够快速降解。这一创新产品从概念到商业化应用的转化速度令人瞩目，展现了森林基材料的巨大市场潜力。



图 4

### 纸纤维制成的瓶盖

图源:

<https://www.bioinnovation.se/projekt/avancerade-fiberbaserade-forslutningar-steg-1/>

## 4、木质素弹性材料

木质素弹性材料工业化项目是生物创新计划重点支持的森林基材料研发项目之一。该项目致力于提升木质素等生物基原材料在橡胶等传统化石基产品领域的应用比例，推动行业可持续发展。

2023 年全球橡胶助剂相关产品市场规模约 82.3 亿美元，化石基助剂占据市场主导，生物基助剂占比不足 10%，但增速明显（年均增长 8%以上）。从长远发展看，扩大生物基弹性材料产品的产业化规模，对实现橡胶助剂行业的绿色转型具有重要意义。



图 5

### 基于木质素的弹性材料

图源:

<https://www.bioinnovation.se/projekt/accelererad-industrialisering-av-ligninbaserade-elastomermaterial/>

# 03

## ● 瑞典森林生物质发展路径与经验 ●

瑞典将森林确立为国家战略性资源，在保障可持续经营基础上，建立起覆盖全产业链的政策支持体系，在设立生物创新（BioInnovation）等专项计划的同时，通过税收优惠和产业化补贴等共同激发创新活力，形成了颇具特色的森林科技创新生态。在这一创新生态中，研究机构与初创公司深度合作，探索林木高值化利用技术并开发森林基产品，传统大型林业公司则提供规模化生产支持。这种森林产业链的整合和延伸不仅提高了森林资源的经济效益，创造了新的市场需求和就业机会，同时保留了森林的生态功能，为其他林业地区提供了可操作的参考案例。

### 参考文献：

- <https://www.forestindustries.se/current-issues/research-and-innovation/a-greener-stronger-european-union-2024-political-program-sfif-messages-komprimerad.pdf> (skogsindustrierna.se)
- <https://www.forestindustries.se/siteassets/bilder-och-dokument/forskningsagendan/2023/swedish-forest-based-sector-research-agenda-2023-download.pdf>
- <https://www.skogsindustrierna.se/>
- [https://www.bioinnovation.se/framtidsagendan\\_eng.pdf](https://www.bioinnovation.se/framtidsagendan_eng.pdf) (skogsindustrierna.se)
- <https://www.forestindustries.se/forest-industry/materials-and-products/textile/>
- <https://www.bioinnovation.se/nyheter/bioinnovation-fyller-10-ar/>
- <https://highlights.bioinnovation.se/2023/pa-vag-till-marknad/gott-om-biobaserad-innovation-pa-prestigefyllda-33-listan/>