

行业白皮书

力行致远 — 践行脱碳： 制浆造纸业通往净零排放之旅



引言

制浆造纸行业将在全球脱碳进程中发挥重要作用。该行业在脱碳领域具备独特优势，因为其原材料能够可持续生长、多次回收利用，并支持碳循环，这种得天独厚的条件在其他领域难以企及的，进一步凸显了其在可持续社会中的重要价值。然而，该行业属能源密集型产业，且需要大量水资源支撑。为确保未来的可持续发展，行业亟需减排降耗并改善资源管理。

本行业白皮书深入探讨了制浆造纸行业的净零排放之旅，聚焦已经取得的进展，以及企业当前可通过工艺流程数字化、自动化及电气化采取哪些切实举措。

白皮书将重点讨论以下话题：

- 脱碳驱动因素
- 行业如何追踪脱碳进度
- 实现可持续发展的必要条件：定义与目标
- 需要克服的障碍
- 脱碳解决方案与实现路径
- 践行“力行致远”

本白皮书还特别收录了来自Metsä Group、Sappi、Smurfit Westrock、UPM、Modellfabrik Papier、Metsäteollisuus及ABB等组织的深度访谈洞见。

本行业白皮书是题为《力行致远 – 制浆造纸业的可持续发展》的三部曲之一。另外两篇的主题分别关于“面向未来的创新”和“资源效率”。



前言



刘月明
ABB造纸及纤维业务
中国区负责人

力行致远——告别化石燃料时代

脱碳是制浆造纸业面临的最严峻挑战之一。我们深知，对能源使用方式进行彻底变革势在必行；同时，需要集中更多力量优化制造工艺，使自然资源的利用更加可持续。

然而，我们也坚信，行业已准备好迎接这一挑战。在工业脱碳的滚滚浪潮中，我们在减少环境影响方面已取得实质进展，成为加快全球脱碳进程与构建未来可持续社会的重要力量。

当下正是汲取数十载经验积淀、共同探索减碳新路径的关键时期。制浆造纸业能够充分利用现有工具与解决方案，同时始终着眼于更广阔的长远目标。



本行业白皮书深入剖析行业脱碳之旅的发展形势。我们特别邀请到多位业内前沿专家分享其真知灼见，话题涵盖从脱碳驱动因素和可持续发展战略，到对于主要障碍、解决方案的探索，以及“力行致远”行动中的真实案例。

尤为重要的是，我们关注研发领域的创新途径，重点探讨在脱碳之旅中潜在的运营战略考量。

我们相信，这份白皮书将成为行业同仁及相关支持方与供应商的宝贵资源。我们希望能为您提供有价值的参考，如有任何疑问或者希望探讨合作可能，欢迎随时与我们联系。

变革风起云涌

如同其他能源密集型产业，制浆造纸业正在努力减少排放以如期实现脱碳目标。《巴黎协定》所依据的科学理论明确说明：为保护地球宜居性，全球变暖趋势必须得到遏止，哪怕一丝温升都应得到重视。目标是将平均温升幅度控制在较工业化前水平1.5摄氏度以内。为实现这一目标，全球碳排放量必须在2025年达到峰值，并在2030年前减少43%。^{1,2}

在上述全球减排目标的背景下，行业的可持续发展之旅主要受到以下因素的推动：政策法规、市场预期、利益相关方压力、商业必要条件以及技术创新。





关键驱动力

政策法规

随着世界各国政府努力实现其净零排放目标，日益严格的环境法规正深刻影响着制浆造纸企业的运营方式。例如，任何在欧洲经营的制浆造纸企业都必须遵守《欧洲绿色协议》（European Green Deal）的相关法规，比如为温室气体的排放付费等制度。³

市场预期

消费者期待企业采取行动以抵御气候变化。德勤研究表明，当今已进入“行动主义时代”，公众对社会、文化及环境问题表现出强烈关注。如果制浆造纸企业能够展示出适应变化并解决此类问题的能力，不仅将降低收入损失与声誉受损等风险，更将赢取市场信任及品牌忠诚度。⁴

投资者压力

据哈佛大学分析人员称，投资者正强烈呼吁企业践行气候相关责任⁵。这意味着，制浆造纸企业需要引入科学碳目标，并接受第三方审计机构核验进展以确保排放报告的准确性。

商业必要条件

为在当今和未来市场上保持竞争力，制浆造纸企业向公众自证可持续性变得愈发重要。此外，越来越多的证据表明，尽管通货膨胀导致生活成本压力上涨，消费者仍愿意溢价购买绿色产品⁶。反之，这也意味着消费者可能会拒绝从不践行可持续发展的企业购买产品。

技术创新

技术创新不仅能够帮助提升盈利能力、灵活性、吞吐量和产量，还能减少浪费、提高资源效率。因此，制浆造纸企业正积极拥抱科技创新，推进可持续发展目标的实现。

行业速览



制浆造纸行业约占

6% 及 **0.6%**
 全球工业 全球温室
 能源使用量 气体排放量

—— 后者超过了丹麦、芬兰、挪威及瑞典四国排放量的总和⁷。



统计数据显示，2022年全球纸张与纸板产量约为

4.14 亿吨。

到2030年制浆造纸产量有望超过

4.6 亿吨。

其原因归结于全球人口增长、电子商务兴起、生活用纸普及以及代塑制品需求上升⁸。



国际能源署（IEA）报告显示，在过去二十年内，制浆造纸业排放强度稳步下降（2010至2022年间年均降幅约3%），但报告同时指出，要与

2050年净零目标保持同步，仍需进一步提升能源效率并推进燃料替代⁹。

数十载环保征程

如何过渡至净零排放是当今工业面临的巨大挑战之一，这要求对直接排放源的能源与土地利用体系进行彻底变革。

然而，对制浆造纸业而言，这一挑战并非新命题。该行业在减少环境影响方面拥有数十年的经验积淀，不仅制定了成熟的可持续发展战略，并且早在进入21世纪之前就发布了排放报告。

事实上，该行业早已从二十世纪的主要污染源之一转型为可持续发展及生物基经济领域的领航员之一，如今已被公认为节能减排与能源转型的典范¹⁰。

例如，在1973至1990年间，瑞典制浆造纸业就将排放量削减了80%¹¹。过去二十年来，芬兰制浆造纸业广泛采用

生物质作为生产现场燃料，使得该国在纸张和纸板产量增长23%的同时，控制其能耗仅增加1%¹²。这些北欧国家为环保表现与循环经济转型提供了标杆范例。

欧洲造纸工业联合会 (CEPI) 的数据显示，该行业的化石燃料碳排放量在2005年水平的基础上已降低34%；1990至2023年间，每吨产品的排放总量降幅达55%¹³。值得一提的是，该行业是可再生能源的最大工业领域生产者与使用者，在其能源消耗总量中，生物质能源占比高达62%¹⁴。



在大西洋彼岸，美国国家环境保护局 (EPA) 报告显示，2011至2021年间，制浆造纸业的温室气体排放量已大幅下降。具体而言，其二氧化碳排放量从2011年的4220万公吨减少到2021年的3490万公吨，总计下降21%¹⁵。

不可否认前路依然充满挑战，但值得肯定的是，制浆造纸业在可持续发展方面已取得显著成就。众多制浆造纸企业在数十年前就已开启脱碳征程，如今能够以榜样的角色为净零之旅中的后来者提供启示。

正如Sappi集团可持续发展与投资者关系负责人 Tracy Wessels所说：

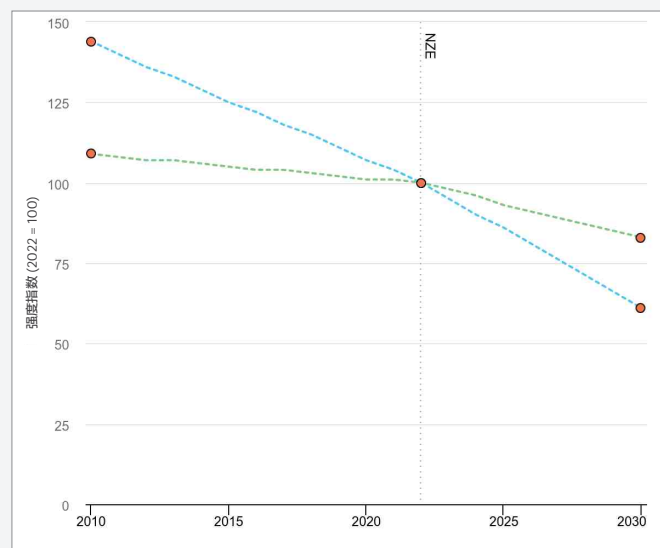
“对于任何企业而言，无论规模大小，运营的关键在于保持开放的心态。无论作为行业先驱，还是快速跟随者，至关重要需牢记自身对利益相关方、更广泛的社区及环境所产生的影响。这关乎根据自身影响力确定行动方向的优先级。归根结底，创新与产业链协同息息相关，彼此之间的经验与技术分享尤为重要。”



制浆造纸业如何追踪2050年净零目标进度？

制浆造纸业尚未与国际能源署“2050年净零排放路线图”保持同步。

国际能源署报告指出：“按照计划发展轨迹，碳排放强度在2022至2030年间年均下降约5%，只有加倍努力，方能加快近年来排放强度逐步降低的速度。这需要在技术创新融资与减排政策落实方面加大力度，以确保可行的技术与低排放燃料得到广泛部署。”¹⁶。



勾画可持续发展之旅蓝图

“目标设定应当兼顾积极远大与切实可行。其目的并不是为了与同行攀比，任意追加两个百分点以赢得竞争；而在于激励公司内部及影响各方成员，同心协力探寻解决方案以完成既定目标。”

—
Jurgita Girzadiene

Smurfit Westrock可持续发展与Better Planet Packaging项目总监

行业对实现2050年净零排放目标的承诺非常明确，为此许多领先企业为自身运营设定了积极进取的目标。但同样重要的是，不妨先暂缓关注“怎么做”，转而厘清可持续发展战略除在脱碳之外还应考虑到哪些维度。ABB造纸及纤维业务中国区负责人刘月明表示，企业制定战略和目标需要从全局视角审视可持续发展对于其组织的意义。

“可持续发展内涵之广泛远远超出碳排放与环境维度。其核心在于为未来世代创造价值，”刘月明表示，“人文维度（包括安全、福祉、多元化与包容性）在可持续发展范畴内同样重要，但有时会被忽略。此外，企业清晰传播其战略和目标的宗旨也相当重要，使员工感到亲身参与其中。只有投资于人，可持续发展战略才能取得成功。”



— 联合国可持续发展目标 (SDGs)

《联合国可持续发展目标》(SDGs) 为所有企业提供了可持续发展之旅的全球纲领性文件，指出要应对气候变化，可持续发展的三大支柱——人类、地球、繁荣——之间必须协调一致。由此，17项SDG（可持续发展目标）构成了一个有机整体，其中气候行动、保护森林与海洋，必须与消除贫困、减少不平等、实现经济增长以及改善健康与教育水平协同推进。

正因如此，企业制定目标时，必须考量如何使目标与地理位置、自然资源供应、基础设施发展水平及资金筹措等因素之间达到平衡。以南非为例，其电力主要来自燃煤，且煤炭深度融入到经济体系之中，目标制定必须考虑可再生能源的可行性。

“我们将可持续发展视为一段旅程，对企业而言如此，对各个国家而言亦然。每个主体的道路都不尽相同，放之四海而皆准的方案并不存在，”Tracy表示。

“例如，在Sappi，我们不仅需要确保寻求既切实可行，又雄心勃勃的目标，同时还需要兼顾每个地区、每项业务的特殊性。全球性和区域性目标将为我们指明前进方向，确保我们的所有努力尽管在具体路线上可能有所不同，但仍能因地制宜地适应当地差异与背景。”



力行致远——制浆造纸业将与化石燃料时代告别



合规与科学碳目标

在设立脱碳目标时，得到验证的重要性日益突出。立法与合规在企业的脱碳进程中对透明度提出更高的要求。科学碳目标倡议 (SBTi) 是一个致力于为企业脱碳路径及目标提供独立验证的全球性联盟。

“企业需要证明其价值链中温室气体的排放正在切实减少。欧美法规要求企业出具情况证明，这也是为什么减碳目标必须经过外部验证，并基于最新的气候科学理论，因为在不久的将来，若要持续运营，获得此类验证将成为必要条件，”Tracy表示。

事实上，合规性是UPM公司于2023年发布的《可持续供应链战略》的基本原则，内容既涵盖外部法规，也包含UPM根据其自身在ESG（环境、社会和公司治理）与脱碳方面的宏伟目标所设立的内部要求。正如UPM特种纸业供应商质量和可持续发展经理胡元亮所述，该战略以ESG支柱为依托，为UPM各公司的供应链明确了目标。

“所有这些力量协同驱动，助力我们实现UPM的愿景：开创超越化石能源的未来，”胡元亮表示：“我们的脱碳目标已通过SBTi认证，并写入UPM与下游合作伙伴及利益相关方签署的正式协议中。”

胡元亮称，UPM《可持续供应链战略》的发布，标志着公司可持续发展旅程中的重要里程碑，因其正式明确了UPM对供应商伙伴的期望。

“从更高层面来看，该战略旨在与战略合作伙伴建立共同的目标。我们的发展不仅仅由产品价格或成本驱动。因此在这一框架内，我们希望双方可以进一步拓展合作关系，从而在更广泛的层面提升产品可持续性与循环性。这是我们的预期。同时，该战略还涵盖了关键的可持续发展主题，包括人权、职业健康与福祉，以及零毁林原则。”

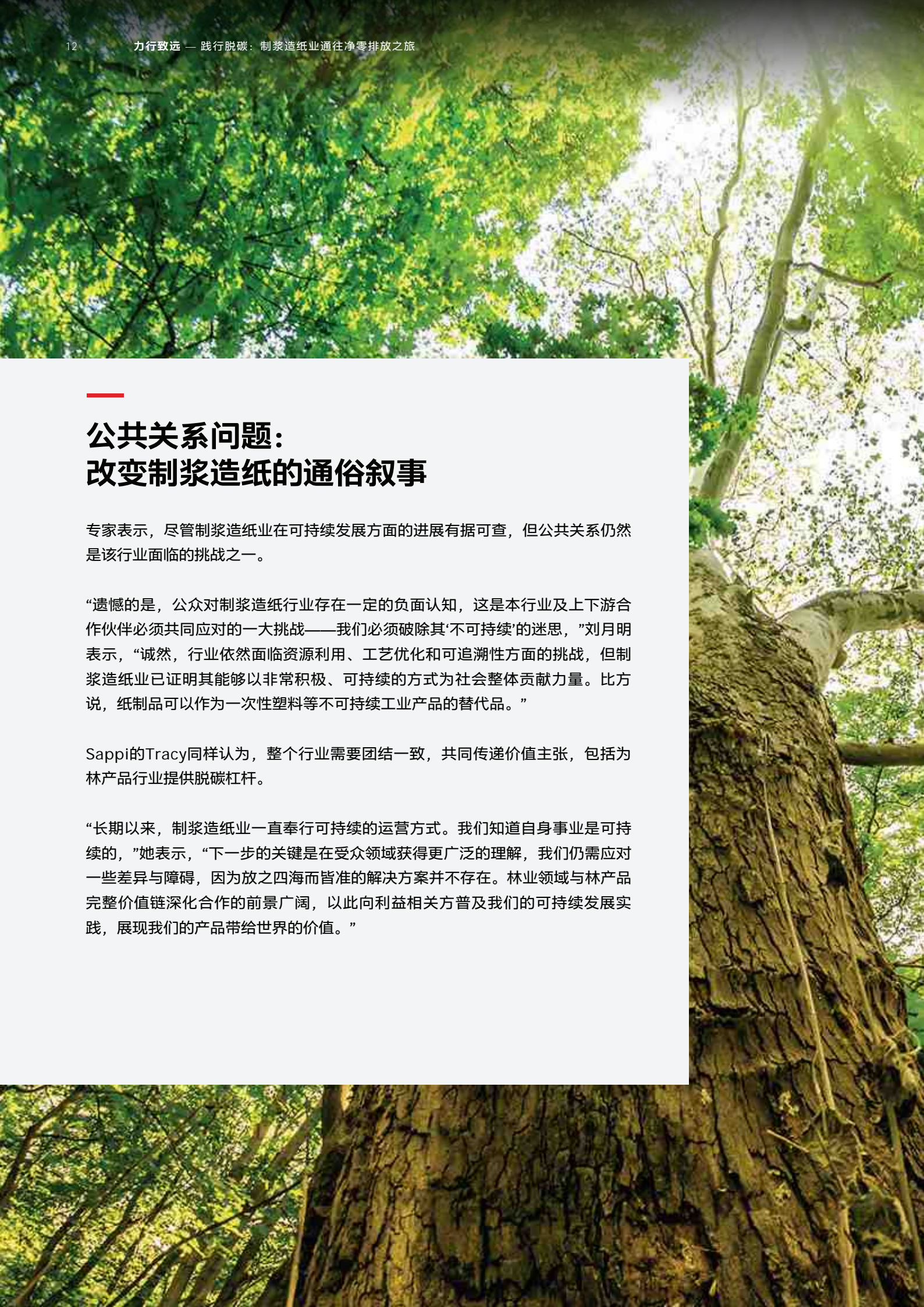
公共关系问题： 改变制浆造纸的通俗叙事

专家表示，尽管制浆造纸业在可持续发展方面的进展有据可查，但公共关系仍然是该行业面临的挑战之一。

“遗憾的是，公众对制浆造纸行业存在一定的负面认知，这是本行业及上下游合作伙伴必须共同应对的一大挑战——我们必须破除其‘不可持续’的迷思，”刘月明表示，“诚然，行业依然面临资源利用、工艺优化和可追溯性方面的挑战，但制浆造纸业已证明其能够以非常积极、可持续的方式为社会整体贡献力量。比方说，纸制品可以作为一次性塑料等不可持续工业产品的替代品。”

Sappi的Tracy同样认为，整个行业需要团结一致，共同传递价值主张，包括为林产品行业提供脱碳杠杆。

“长期以来，制浆造纸业一直奉行可持续的运营方式。我们知道自身事业是可持续的，”她表示，“下一步的关键是在受众领域获得更广泛的理解，我们仍需应对一些差异与障碍，因为放之四海而皆准的解决方案并不存在。林业领域与林产品完整价值链深化合作的前景广阔，以此向利益相关方普及我们的可持续发展实践，展现我们的产品带给世界的价值。”



专家访谈：如何定义可持续发展？



Anni Kovanen
Metsä集团可持续发展
管理总监

“在生物经济领域，可持续发展的考量覆盖从森林到成品的完整价值链，以及其中产生的社会影响。”

“在Metsä集团，我们的宏伟目标是到2030年实现无化石燃料生产。为实现这一目标，我们需要开展大量工作、规划和投资。”

Metsä集团的可持续发展战略基于联合国全球契约原则，涵盖人权、劳工、环境及反腐败等主题，并以SDG（联合国可持续发展目标）为指引¹⁷。



Tracy Wessels
Sappi集团可持续发展与
投资者关系负责人

“我认为，可持续发展对Sappi的意义主要在于三大支柱的平衡：人类、繁荣与地球。我们的一切努力，都为寻求各方共赢的最优解决方案。我们的宗旨是通过释放可再生资源的无限潜能，建设一个繁荣发展的世界，造福人类、社区乃至整个地球。”

“可持续发展已融入我们业务的方方面面。我们的Thrive25战略框架与联合国可持续发展目标及联合国全球契约原则高度契合——我们早在2008年就加入了这一倡议。我们的可持续发展绩效还得到了Carbon Disclosure Project（CDP碳信息披露项目）和Ecovadis两大评估机构的认证。”

“通过SBTi（科学碳目标）对我们的脱碳目标进行验证，能够使利益相关方相信，我们的目标与气候科学高度一致。我们承诺到2030年将范围1和范围2排放量减少41.5%。”

Sappi的可持续发展目标及报告详情如下：[Sappi集团的可持续发展及影响 \(Sustainability and Impact at Sappi\)](#)

专家访谈：如何定义可持续发展？



Jurgita Girzadiene
Smurfit Westrock可持
续发展与Better Planet
Packaging项目总监

“我们的可持续发展战略涵盖气候变化、森林、水、废弃物及人文五大重点领域，每个领域还包含其他目标明确的支柱。”

“我们每年都会发布《可持续发展报告》，其中每一个数据都经过毕马威 (KPMG) 的核查、审计与认证。自2007年以来，我们坚持发布这份报告，并始终以2005年排放数据作为基准开展工作。”

“值得自豪的是，我们实现了截至目前在所有关键领域所设定的目标，包括管理层女性占比达25%的目标——这一比例于2023年已达25.1%。在脱碳方面，自2005年以来，我们已将无化石燃料排放强度降低了43.7%。”

Smurfit Westrock的净零之旅体现在其可持续发展战略中。



王珏
UPM特种纸纸业可持
续发展经理

“从UPM集团视角出发，责任是我们一切行动的核心，也就是说可持续发展是我们整体运营的中心思想。基于可持续发展的三大维度——经济、环境和社会，我们制定了‘2030年可持续发展目标’，以支持联合国可持续发展目标。”

“我们的战略愿景是‘超越化石燃料’。这一愿景的制定立足于企业特质——我们也是一家生物经济公司，我们的原材料源自于以可持续方式管理的森林。因此，我们具备独特优势，部分生物质材料可以取代化石材料，同时减少对环境气候的影响。”

“在脱碳方面，UPM在其气候行动计划中阐述了两大核心目标。其一与范围1和范围2排放相关，UPM集团的目标是到2030年将这两大类排放较2015年基准削减65%；其二与范围3排放相关，我们的目标是到2030年将UPM价值链的排放量较2018年基准削减30%。上述目标已获得STBi（科学碳目标倡议）认证。”

植根于森林的无化石未来： “力行致远”在芬兰

林业在制浆造纸行业脱碳进程中所发挥的作用毋庸置疑。毕竟，这两个行业之间有着天然的协作关系，能够带来深远的可持续发展效益。芬兰所取得的进展已成为有力证明，生动展现林业与纸业之间的共生关系将如何帮助我们告别化石燃料，从而创造更广泛的福祉。

森林是芬兰的生存之本——这并不令人意外，毕竟该国超过四分之三的国土面积被森林所覆盖。芬兰森林工业联合会 (Metsäteollisuus ry) 称，“林业是芬兰的优势产业”。它是芬兰的经济与社会命脉，以森林为基础的解决方案（包括制浆造纸解决方案）与芬兰能否实现净零目标息息相关。

本节将通过芬兰森林工业联合会与Metsä集团的视角，探讨芬兰所取得的实质进展。



对话芬兰森林工业联合会

1 林业对于芬兰实现其2035年净零目标有多重要？

根据芬兰林业于2020年发布（并于2024年更新）的行业气候路线图情况预测，我们的工厂可在2035年左右逐步淘汰化石燃料，并在此后不久实现碳负排放。采用芬兰森林木材制造的产品，每年实现的气候效益相当于减排1600多万吨二氧化碳，这主要通过利用木基制品取代化石基密集型产品来实现。

2 能否分享一些关键统计数据？

我们的纸厂通过提高效率并采用可再生能源替代化石燃料，持续减少化石碳排放。如今，可再生燃料在我们工厂中的占比已高达92%。

3 脱碳面临哪些核心挑战？能否简要介绍行业应对这些挑战的策略？

化石燃料在我们工厂中的使用比例仅为8%，有多种方式可以逐步淘汰这部分剩余的化石燃料，主要途径包括电气化改造、利用可再生能源进行替代、数字化转型、人工智能应用、以及能源效率与材料效率提升。当然，投资并开发现有工艺也发挥着重要作用。未来，得益于生物质能二氧化碳的捕获、储存及利用技术(BECCUS)，实现负排放将成为可能。我们认为，保持当前产业的竞争力，是帮助纸厂吸引新投资以逐步淘汰化石燃料的基础。



对话Metsä集团Anni Kovanen

Anni Kovanen是Metsä集团可持续发展管理总监，在企业事务团队内负责集团可持续发展议程，例如可持续发展目标及流程。

请介绍一下Metsä集团可持续发展战略的主要目标或要点。

Metsä集团的宏伟目标是到2030年实现无化石生产。该目标涵盖我们的自主能源生产及外购能源。我们与生产相关的目标包括提高水资源与能源的资源效率，同时还设立了零废弃物目标——到2030年，我们的工厂将不产生任何需要填埋的过程废弃物。为实现这一目标，我们持续在为生产副产物开发新用途。

Metsä集团是否将可持续发展视为投资者和客户价值主张的一部分？

可持续发展是我们产品价值主张的核心，因为它们可以作为化石基材料的替代品。这本身就是一种承诺——我们的产品具有可持续价值。

您认为Metsä集团要实现这些目标必须克服的重大挑战是什么？

当然，所有目标的实现都离不开贯穿价值链的通力合作，单凭一己之力无法实现。为此，我们的工作方式高度重视协作。我们的再生林业倡议作为可持续业务目标的中心思想，只有像生态系统一样运作，与完整价值链深入互动，才能取得成功。这固然是挑战，但也蕴含着与合作伙伴、供应商及社区深化合作的契机。我们需要所有这些利益相关方都参与其中以实现我们的宏伟目标。

您如何管理这些目标？

我们主要通过持续追踪实现目标的进展来进行内部管理。这意味着，我们能够视需要采取改进措施。这已融入我们的日常思维中，每天查看进展并为之努力，对我们的团队产生了强大的激励作用。

能否举例说明Metsä在脱碳方面所取得的实质进展？

我们的Kemi生物制品厂是芬兰林业有史以来规模最大的投资项目。它完全摒弃了化石燃料，且在能源生产方面已超越自给自足的水平——即发电量远远超出自身需求（250%），剩余电力被输送至我们的国家电网。

此外，我们的Rauma锯木厂是芬兰规模最大的锯木厂投资项目，也是全球最先进的锯木厂之一，资源效率极高。锯木厂的地理位置紧邻Rauma制浆厂，这有利于两家工厂之间深度融合，并使锯木厂能够便捷利用制浆厂的生物能源。

除上述案例外，我们在产品碳足迹生命周期评估方法开发方面也取得了重要进展，这有助于我们衡量产品影响及改进空间。

我还想特别强调我们与供应链合作伙伴共同取得的进展。我们的2030年可持续发展战略目标之一是与我们所有供应商伙伴建立一致的可持续发展目标，目前这一目标已经实现。

识别生产环节的挑战

随着可持续发展战略的制定与目标的明确，不少企业都在“寻找立竿见影的解决方案与合作伙伴，”ABB造纸及纤维业务中国区负责人刘月明表示。

从更高层面上看，造纸工艺的基本原理正面临挑战。行业伙伴正致力于研究能否彻底避免目前必须去除水分的纸张烘干环节¹⁷，比如德国Modellfabrik Papier（德语意为“模范纸厂”）倡议——该倡议旨在通过纸张生产脱碳以实现2045年碳中和。

与此同时，生产商正在识别自身运营中可改进的环节，以降低化石燃料的碳排放及能源消耗。这首先可以通过梳理总结制浆造纸工艺的排放源来实现，覆盖从原料制备到干燥与精加工环节。

造纸工艺中的碳排放

原料制备



- 用于剥皮、切片等原料提取工艺的化石燃料或电力消耗。

制浆



磨浆

- 用于制浆过程加热：精磨浆（机械浆）、蒸解釜（化学浆）的化石燃料。

化学还原

- 化石燃料用于石灰窑，且化学反应会排放二氧化碳。

造纸



网压部

- 化石燃料或电力用于驱动压辊挤压湿纸网，以除去水分。
- 在此工艺环节，废水也会释放甲烷。

烘干

- 化石燃料和电力用于蒸发水分并干燥纸张——干燥工艺在整个造纸工艺中能耗占比超过2/3¹⁸。

脱碳路径与解决方案

制浆造纸业务主要遵循两种脱碳策略：一是开发部署高效技术，二是有效利用无化石能源。实现净零排放需要两种策略的协同推进。

尽管行业已经开始向清洁能源转型并积极转向水电、太阳能或风电，但不同地区和企业采用可再生能源方面依然处于不同发展阶段，这具体因现有的能源结构而异。因此，大多数制浆造纸企业正采取分阶段实施的路径。

“例如，碳捕获与储存技术是企业目前投资的短期措施，其未来愿景是利用储存的碳，结合可再生绿氢，生产电燃料，”刘月明表示，“除此以外，行业也聚焦于利用现有技术迅速取得成效，例如借助工艺控制与节能设备实现优化。”

UPM常熟纸厂是一个典型案例，其脱碳运营的主要路径为设备升级与电厂改造以实现能效提升。

“自2016年新纸机投产以来，我们持续推进节能及改造项目，例如纸机真空系统改造及电厂升级。我们已经实施了ISO 50001能源管理体系，使整个工厂的能源管理更加系统化，”王珏表示，“我们还持续采购绿色能源，也就是说，通过外部途径减少碳排放。”

对于在全球拥有63家纸厂与560家纸品加工厂的跨国制浆造纸企业Smurfit Westrock，探索新兴技术路径并在企业范围内交流经验同样重要。



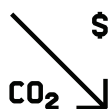
“Smurfit Westrock始终秉持‘全球智慧，本地行动’的理念。作为二十多年来明确聚焦可持续发展目标范围1排放的企业，我们从协作及经验知识分享中受益匪浅，”Jurgita表示，“我们正在积极探索各种技术路径，包括电气化、地热能、绿色氢能及甲烷。我们拥有在本地层面开展试验与创新的领域与机会，这意味着我们在开发具有全球影响力的解决方案方面有着巨大潜力，同时我们也认识到每家工厂都有其独特之处，运营方式会存在差异。”

电气化、
地热能、
绿色氢能、
生物甲烷

数字化成为关键推动力

数字化对现代化运营至关重要，也是可持续发展之旅的重要支撑。数字化内嵌于为现代化运营提供互联性、可视性及流程优化所需的系统中。

同时，数字化带来了大量机遇，即采用先进数字化解决方案能够产生多重成本效益。先进过程控制与质量管理不仅有助于提升生产力和产品质量，还能通过节能增效支持清晰的可持续发展目标。在全球化运营中，优化措施能够实现跨工厂实施，可持续发展足迹因此得到显著改善。



成本节约与可持续效益并行

“利用数字化平台协调数据并提供预测性分析，使我们能够主动管理工艺流程，加快响应和调整速度。这带来了巨大的运营和成本效率，”Sappi集团的Tracy表示，“我们减少了化学品、水资源及能源的使用，这便是显而易见的可持续效益。”

除了从能源优化角度成为可持续发展的强大推动力外，数字化技术还是企业证明其可持续性进展及产品可追溯性的重要途径。这进而能够提升企业声誉和优质产品供应能力，因为产品被证实符合可持续标准。

以Smurfit Westrock为例，该公司提供数字化工具套件来帮助其客户追溯包装的碳足迹，其中包括Paper to Box与Pack Expert等软件解决方案。



“我们的工具能够利用从全球供应链运营中收集的数据，并帮助计算提供给客户的包装解决方案碳足迹。”Jurgita表示：“这意味着在协同开发解决方案时，我们可以将此类专业知识纳入考量，以便帮助客户减少排放或实现其他可持续发展效益。”



更科学的决策从控制入手

数字化系统提供先进的过程控制，包括资产、能源、安全、运营及质量管理，能够为企业带来显著的可持续发展效益。

事实上，在纸厂安装控制系统能够使决策者获取高质量的数据，从而确定运营减排优先级及优化事项。

例如，质量控制系统 (QCS) 技术近年来不断发展，为造纸企业提供了覆盖完整价值链的可视性与可控性。

ABB质量控制系统产品经理Andy Broomfield表示，现代质量控制体系不仅能够减少波动，还能实现自动化控制以优化生产工艺及能耗，减少浪费与成本，同时确保最终产品符合质量标准。

“借助ABB的QCS系统，每台纸机通常可以将生产损失降低2%以上，相当于每年减少1100吨二氧化碳排放，”他表示。

对于Smurfit Westrock集团法国Rethel纸厂厂长Coralie Bertrand而言，数字化系统为纸厂带来的主要优势在于能耗方面的持续改进能力。

“我们将测量设备与当前的ABB系统连接以实现能耗的精准检测，进而启动优化机制。每次测量时，我们都能发现更多改进空间。”她表示：“这类数字化解决方案对我们帮助很大，我们正日益扩大其应用范围与频率。”



— 践行“力行致远”： 数字化系统推动可持续产出

APC仪器助力Mondi Swiecie优化能源使用

波兰领先的纸浆生产商Mondi Swiecie携手ABB部署了先进过程控制 (APC) 解决方案，以优化其化学品与能源的使用，同时实现降本提质。

通过应用APC解决方案，纸浆卡伯值 (Kappa number) 波动幅度降低了56%，纸浆质量得到显著改善。此外，Mondi成功优化其蒸煮工艺中化学品的使用，从而使粗浆洗涤过程中的碱损失降低30%。该系统还能稳定蒸解釜中的碎屑水平，有助于实现更稳定的生产率并减少蒸汽消耗。

SCA纸浆厂利用模拟器为操作人员使用新回收锅炉进行培训

拥有技术娴熟、训练有素的员工队伍对于维持安全高效的运营至关重要，这直接关系到能否达成可持续发展目标。模拟解决方案可为操作人员提供逼真的训练环境，确保他们从上岗第一天起就能处理复杂任务。

瑞典SCA Östrand纸浆厂启动了安装新回收锅炉的重大项目，旨在生产绿色电力。鉴于操作人员培训的重要性，SCA Östrand投资引进了ABB System 800xA仿真器。仿真器能够模拟实际的控制系统，该培训能够确保所有操作人员都能完全掌握该系统并熟练操作。



应用节能技术，效果立竿见影

除了通过数字化技术挖掘可执行洞见外，还有许多节能技术能够助力企业有效减少运营过程中的燃料和电力消耗，包括升级使用更高效的电机与传动系统或采用LED照明，上述措施均能带来快速投资回报。



“我们已展开投资研究与规划，准备申请下一年度的专项补助，以升级改造我们的部分设备，”吴建军表示，“其中包括永磁电机、超高能效设备等创新技术。据初步估算，这种超高能效设备可节省约20%的能耗。”

UPM常熟纸厂还与ABB合作升级其传动系统，包括PM2纸机后段的复卷机传动系统。

电机与传动系统

据估计，电机传动系统消耗工厂总电力的80%以上¹⁹。利用高效设备取代低效电机与传动系统，是降低用电量的有效手段。

在Coralie管理的Smurfit Westrock纸厂，升级更高效率的电机之后，节能效果显著。

Coralie表示：“我们最近安装了配备变频器的清水泵，以取代老旧水泵，从而提高了效率，降低了用电量。在过去三年内，我们还更换了效率更高、速度更低的新技术方案替代废水池的所有曝气机，从而实现能耗降低。目前，我们正在对整个工厂的热交换器进行升级改造，以减少新蒸汽的使用量。”

同样，UPM常熟纸厂也已采取措施，将现有设备升级为高效电机。UPM特种纸纸业PM1和PM2纸机高级维修经理吴建军表示，中国工信部也为高效电机与变压器创新提供了相关支持。



“本次升级改造结果表明，能源效率确实实现了大幅提升，”吴建军表示，“根据专门负责能源统计的同事反馈，从实际能源效率数据来看，2号复卷机用电量与升级之前相比降低5%。”

ABB集团研究中心的研发工程师Stefan Thorburn博士同样强调了高效电机在减少峰值电力需求方面的重要性。

“这对于已存在电网约束的工厂极为有利，”他表示：“通过投资高效电机，这些工厂可推迟甚至避免变压器或变电站的更新换代，从而进一步投资电气化进程。”

—
践行“力行致远”：UPM常熟纸厂通过升级传动系统实现月用电量降低5%²⁰

[了解更多](#)



LED照明

制浆造纸企业降低能耗的另一项有效措施是改用发光二极管 (LED) 照明。

众所周知，传统白炽灯（包括卤素灯）能效极低。白炽灯90%的能量以热能形式释放，能量浪费严重²¹。相比之下，LED可比卤素灯降低高达75%的能耗，二氧化碳排放降低90%，发热量更少，并且使用寿命延长约25倍²²。

换用LED的安装成本可通过电力节省迅速收回。此外，LED照明能够提供更好的能见度，提高员工的专注度，从而改善工厂安全水平。

刘月明表示：“这是纸厂当前可随时实施的高性价比措施，其效益不仅体现在用电量及相关成本的降低，更关乎员工福祉。”

此外，ABB的Stefan还指出了数字化及先进控制方法未来将在楼宇管理方面创造收益。

他表示：“我们应关注楼宇管理方面的节能空间，比如按需通风、湿度与温度控制等。”



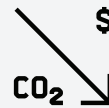
LED节能高达

75%



二氧化碳排放减少

90%



使用寿命延长

25倍





干燥工艺的电气化

蒸发水分以干燥纸浆和纸张的工艺占据行业能耗的主要部分。因此，干燥工艺的电气化是减少能源相关碳排放的重要路径。

值得一提的是，尽管该部门热能消耗较大，但所需的热能温度并非极高。具体而言，97%的热能需求低于400°C，剩余3%在制浆期间用于石灰窑²³。这意味着干燥设备的电气化比其他行业更具可行性，也更易实现。以原生钢为例，尽管炼钢工艺使用的热能与制浆造纸相当，但其非电工艺热能的温度需求超过1000°C。因此，波茨坦气候影响研究所的研究表明，制浆造纸业几乎可以通过现有技术实现完全电气化²⁴。

ABB专家特别提及一家挪威纸浆厂通过改用电干燥实现运营脱碳的案例。

“Vafos Pulp纸浆厂利用由绿电驱动的电干燥加热器取代燃油加热器，成功将其运营过程中的碳排放减少约1.4万吨/年，相当于减少7000辆汽车上路行驶，“他表示，“这是脱碳取得实质进展的一个令人鼓舞的案例，为业内其他企业提供了参考。”



阅读了解Vafos Pulp纸浆厂（一家生产纸板用未漂白纸浆的企业）的能源密集型干燥工艺如何实现油改电²⁵

部署热泵

在过渡至净零排放的过程中，许多工业企业正在摸索热泵技术。据国际能源署分析，热泵为工业热能脱碳提供了关键解决方案。热泵技术有望在2030年前助力实现全球每年约5亿吨的二氧化碳减排量，相当于欧洲全年汽车排放总量²⁶。

热泵技术特别适用于在生产过程中产生余热的造纸运营。借助热泵，可以将余热用作热源，将气缸冷凝水转化为蒸汽，进而将蒸汽用于进一步干燥。

在过去，热泵无法达到造纸所需的高温条件，但近期的技术发展表明，市售大型热泵和蒸汽压缩机如今已可将温度提升至200°C²⁷。

欧洲造纸工业联合会 (CEPI) 与欧洲热泵协会 (EHPA) 联合开展的研究证实，高温热泵可以集成到纸厂运营中，其节能潜力超过50%²⁸。

对于Smurfit Westrock而言，投资热泵技术对其降低碳排放的计划相当重要。

“我们已在全球范围内开展对照试验，”Jurgita表示，“相关研究成果亦在全球范围内分享，以便Coralie这样的管理人员能够在不久的将来进行推广应用。”

热泵技术还能将生产过程产生的余热从工厂输送到社区，为当地家庭提供区域性供暖。这具有减少碳排放以及提供实用供暖解决方案的双重效益。

Sappi集团热泵技术在其奥地利Gratkorn工厂的应用已成为这类生态高效创新的典范。该工厂持续为格拉茨市一座城镇的2万户家庭提供充分的供暖服务，约占该市供暖总需求的15%²⁹。





使用生物质燃料锅炉

生物质燃料锅炉的使用是一体化运营工厂正在积极探索的脱碳路径。这主要是因为一体化工厂可利用回收锅炉，通过碳中性生物质产生蒸汽，提供电力及工艺热能，同时还能够回收利用蒸煮化学品，从而减少浪费。

Sappi集团的Tracy表示：“Sappi重点关注如何减少范围1排放。我们正加大投资，利用我们在工艺流程中自产的，或者从林业价值链外购的生物质燃料替代化石燃料。在欧洲，我们已成功实施两个升级改造项目，将燃煤或燃气锅炉改造为燃烧生物质锅炉。”

Smurfit Westrock的Coralie在她管理的法国Rethel工厂中也采用了类似方法。

“最近，我们正在重点研究使用沼气作为天然气替代品，着力提升输送至锅炉的沼气品质与供应量，”她表示，“因此，我们正在努力改善设备的存储容量、可靠性以及沼气的干燥度以提升效率。”





洞察与趋势：值得探索的脱碳途径



Stefan Thorburn博士
首席科学家
ABB集团研究中心

脱碳方法的新视角与创新对推进制浆造纸行业可持续发展至关重要。ABB集团研究中心首席科学家Stefan Thorburn博士总结了制浆造纸组织在净零排放之旅中可以探索的若干策略。

一 利用生物基副产品创收

制浆造纸厂产生大量生物基副产品，通常被用于现场燃烧以产生蒸汽，用于过程加热或工厂运营的现场发电。然而，不断变化的市场认知、日新月异的消费者需求以及政治决策正在为更多元化的利用方式铺平道路，重塑该行业对生物基或有机副产品的认知。

企业也许正在考量，燃烧生物质产能是否为最佳选择，亦或将高价值生物基副产品进行出售是否能够获得更高利润，并有利于更广泛的社群。预测绿电的价格波动固然较为棘手，但通过灵活的生产体系，企业可以在电网价格较低时使用绿电，以较高市场价格出售生物基副产品，而在电网价格较高时则切换为燃烧生物质发电。

此外，经过合理优化，这一策略还能灵活适应可再生能源供应的不稳定性。通过调整需求匹配供应，从而帮助电网保持平衡。这进而使工厂进一步优化其能源使用以降低运营成本。全球已有组织投资建设现场生物精炼厂的实例。这些精炼厂将生物质转化为具有商业用途的高价值产品，彰显了行业对可持续实践和创新的坚定承诺。

要点总结： 该策略的多重优势

- 1 **经济价值更高**

出售生物基副产品，例如生物燃料、生物塑料或木质素，可能比燃烧生物质产能获得更可观的经济回报。
- 2 **环保效益**

与燃烧生物质发电相比，将生物质提炼为可再生产品具有更低的碳足迹，例如应用于航空等难以减排的行业。
- 3 **适应能源供应波动**

通过利用电价低谷期的绿电，工厂可以减少对内部生物质能源的依赖。
- 4 **满足市场需求**

随着消费者环保意识的觉醒以及针对化石燃料与塑料的法规要求日趋严格，市场对可持续生物基产品的需求正快速增长，生物燃料（例如石灰窑常用的石油沥青）的价格也持续攀升。
- 5 **能源效率提升**

现代化工厂可利用可再生能源等更清洁的替代性能源取代生物质能，从而获得更高的能源效率。

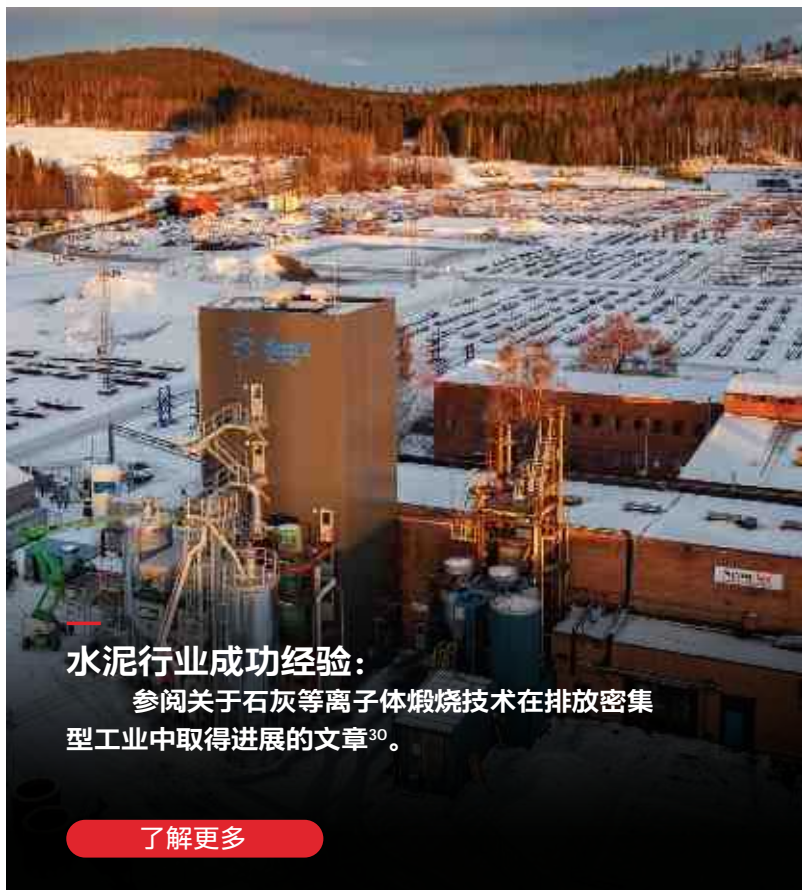
行业创新： 木质素在电池中的应用

利用木质素替代锂离子和钠离子电池的化石基负极具有广阔应用前景。了解Södra与Stora Enso如何合作开发这种天然树木资源在电池制造方面的应用。



利用等离子体煅烧工艺取代化石燃料石灰窑

从利润与投资两个角度看，探索利用等离子体煅烧工艺取代石灰窑可能是一项前景广阔的方案。石灰窑的主要缺点之一是其需要高温环境，这一般依赖燃烧天然气。这种高能耗导致运营成本增加，并对环境产生显著影响。此外，传统的石灰窑往往导致产品质量不稳定、二氧化碳排放增加。与绿电驱动的等离子体煅烧炉相比，石灰窑在效率及环保性方面表现较差。转向等离子体煅烧技术可利用更高效的热量生成及能源使用工艺，从而显著减少纸厂的碳排放量。



选择等离子体煅烧炉的主要理由：

1

避免化石燃料燃烧

传统石灰窑的燃烧过程会排放大量二氧化碳。而等离子体煅烧炉则使用电力驱动的等离子体火炬产生热量，因此无需任何化石燃料。

2

消除化石燃料供应链相关排放

转向等离子体煅烧技术后，将彻底消除石灰窑所用化石燃料在开采、运输及加工过程中产生的所有排放，有助于减少工厂的整体碳足迹。

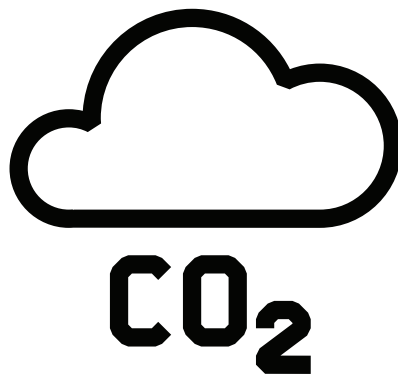
3

捕获高纯度二氧化碳

除燃烧化石燃料外，石灰煅烧过程还会排放二氧化碳，这是其固有化学反应的一部分。复杂的气体混合情况使碳捕获变得困难或低效。而等离子体煅烧技术则可提供捕获高纯度二氧化碳的机会。这种方法可以为工厂创造高附加值，因为高纯二氧化碳气体具有商业价值，并为捕获、储存和利用二氧化碳提供了可行的途径。

二氧化碳利用：将排放挑战转化为价值

如今，越来越多的工厂开始将二氧化碳进行捕集而不是将其排放至大气。这一举措也许具有一定价值：纸厂既可以捕获二氧化碳供未来自用，也可将其出售给外部合作伙伴用于精炼加工。通过将捕获的二氧化碳与绿氢结合，可以生产清洁甲醇与合成燃料，这两者均被认为是可再生碳源。



生产氢气并利用废热

另一项值得企业考虑的投资是生产氢气，尤其在绿电价格处于低位时。

工厂可以利用低温电解技术将废热转化为氢气。此外，纸厂还能处理电解槽废热，从而进一步减少能源浪费，提高循环性。

主要可通过两种方法实施：

- **低温电解：**

低温蒸汽可用于质子交换膜电解槽中，使之在80°C左右的温度下高效运行。这一工艺可以与工厂现有废热回收系统整合在一起。

- **高温蒸汽电解：**

为提高效率，可采用高温蒸汽电解工艺。该工艺在700°C至1000°C的温区内运行，可以由工厂的高品位废热提供动力。目前已有相关技术探索案例，如Topsoe公司的固体氧化物电解池 (SOEC) 工厂³¹。

将带来哪些益处？

- **与现有系统集成：**

所产生的氢气可用于纸厂内部多种用途，例如取代锅炉使用的天然气或作为化学工艺原料。电解还可以产生漂白工艺所需的氧气。

- **环保效益：**

利用废热制氢可以显著降低工厂碳足迹，提高整体能效。



值得注意的是：欧盟碳排放交易体系 (EU ETS) 即将逐步取消免费配额

对欧洲制浆造纸业而言，在投资创新性脱碳解决方案时需要重点考虑的是欧盟碳排放交易体系 (EU ETS) 将从2026年开始逐步减少免费排放配额的发放，并将于2034年完全停止。这意味着制浆造纸企业将需要购买配额或投资低排放技术，以符合欧盟碳排放交易体系的法规要求。此外，向欧盟出口的企业也将面临类似的碳减排压力，以保持在欧洲市场的竞争力。





转向可再生能源

为实现净零排放，行业向可再生能源过渡势在必行，其中包括生物质能、太阳能、风能、水电及地热能。

值得庆幸的是，制浆造纸领域在生物质能利用方面处于领先地位——该行业构成了全球最大的木质生物质利用系统，也是生物能源与生物材料的最大消费领域³²。据欧洲制浆造纸工业联合会 (CEPI) 统计，欧洲制浆造纸业所需能源中已有60%来自可再生能源³³。

然而，要完全实现电力的自给自足，仍需一系列可再生能源的协同作用。



一 可再生能源的企业采购

为了实现绿色用电，部分制浆造纸企业采取的措施之一是直接购买可再生能源，例如购电协议 (PPA)。

CEPI数据显示，通过购电协议 (PPA)、直接现场安装或其他绿电工具，全球范围内的企业采购已为电网新增超过150GW的风电及太阳能发电³⁴。

协同发电：热电联产

热电联产被认为是制浆造纸企业整合可再生与清洁能源的重要路径，它能够有效地联结本地电力、热能和天然气，实现按需供能。

热电联产 (CHP) 工厂已经在制浆造纸业得到普遍应用，即利用蒸汽为干燥工艺提供热能，同时发电以输送至当地电网。此外，还可使用一些数字化工具在有限时间内优化蒸汽与电力组合。

Sappi集团的奥地利Gratkorn纸厂便是通过热电联产取得实质进展的成功案例。该厂将其热电联产设施的工业废热输送至当地一家能源供应商，使其能够为千家万户供暖，同时每年减少2万吨碳排放³⁵。

UPM集团也于2022年在其德国Nordland Papier纸厂全新开设了热电联产工厂。除了为纸厂自身设施供电外，还将盈余电力回馈电网，从而实现每年减少30万吨碳排放。这种热电联产发展方式被视为UPM实现2030年二氧化碳减排65%目标的重要一步³⁶。

打造可再生能源中心的潜力

如果行业持续提升现场可再生能源发电量，纸厂就能将盈余绿电销售至其他行业或电网，有效地为全球碳减排贡献力量。

瑞典工程设计公司AFRY为欧洲制浆造纸工业联合会 (CEPI)开展的一项研究显示，到2030年，欧洲制浆造纸业的现场可再生能源发电量有望上升到31太瓦时，大约相当于现场生产电能总量的30%和热能总量的6%（2020年数据）。CEPI总干事Jori Ringman表示，该研究为行业的未来投资指明了方向。

“我们已深度参与的能源转型，为我们和政策制定者提供了一个契机来重新思考纸厂现在和未来的定位：即可再生能源中心和生物精炼厂，这样的工厂将打造出化石能源密集型材料及产品的替代品，”他表示，“欧盟可成为新型生物基循环经济的全球倡导者与推动者，且已经占据有利位置。我们有机会实现重大的系统性变革³⁷。”



通力协作是净零排放之旅的关键基石

正如前文指出，行业在推动自身运营脱碳的同时，也在助力全球碳减排方面表现出巨大潜力。毋庸置疑的是，通力协作是实现这一目标的重要保障。为达成宏伟的脱碳目标，需要供应链上下游合作伙伴、政府与监管机构、业内及全球相关协会等利益相关方开展深度协作。

这一领域已取得实质进展。非营利组织Modellfabrik Papier（简称MFP，德语意为“模范纸厂”）便是鼓舞人心的实践案例。该组织提出了以协作为根本宗旨，由行业主导的倡议。

MFP由造纸商、机械和设备制造商、技术提供商、供应商及领先学术机构共同组成，致力于联合研究一个课题：“能否从底层重构造纸工艺，使其更具可持续性？”通过汇聚各成员单位的专业力量，MFP旨在实现任何单一机构都无法独立完成的目标：到2045年将造纸的能源需求削减80%³⁸。

MFP研究的核心维度与制浆造纸业脱碳息息相关，包括研究如何提高在纸张成型过程中脱水工艺的能效，以及可大幅降低干燥工艺中能源投入的解决方案。关于后者，该联盟正研究能否采用无水工艺造纸。

了解更多关于MFP的专题信息：



结束语

制浆造纸业正在运营脱碳过程中取得实质进展。如本白皮书所述，该领域已在减少环境影响与投资净零技术路径方面取得长足进步。尤为重要的一点是，该行业具有巨大潜力，能够开发可再生产品，进一步帮助其他行业与社区实现减排目标。通力协作，矢志创新，制浆造纸行业有望帮助全球告别化石燃料。



参考文献

1. UN climate action fact sheet, 2024.
2. [The Paris Agreement](#), UNCC.
3. [European Emissions Trading System](#), EU-ETS.
4. [Get out in front, Industry research report](#), Deloitte, Dec 2020.
5. [Investors and Regulators Turning up the Heat on Climate-Change Disclosures](#), Harvard Law, Oct 2021.
6. [Consumers willing to pay 9.7% sustainability premium, even as cost-of-living and inflationary concerns weigh: PwC 2024 Voice of the Consumer Survey](#), PwC, May 2024.
7. [Sector by sector: Where do our greenhouse gas emissions come from?](#), Our World in Data, Sep 2020.
8. [Global Paper and Cardboard Production](#), Statista, Jan 2025
9. [Paper](#), International Energy Agency, Jul 2023.
10. [The Greening of the Pulp and Paper Industry: Sweden in Comparative Perspective](#), Springer Nature, Oct 2018.
11. [Sustainable energy transition: the case of the Swedish pulp and paper industry 1973–1990](#), Energy Efficiency, Oct 2016.
12. [Energy efficiency and environmental assessment of papermaking from chemical pulp - A Finland case study](#), Journal of Cleaner Production, Jul 2018.
13. [Energy & Climate](#), CEPI, 2023
14. [European Paper Industry in 2023](#), CEPI, Aug 2018.
15. [2011-2021 Greenhouse Gas Reporting Program Sector Profile: Pulp and Paper](#), US EPA, May 2023.
16. [Paper](#), International Energy Agency, Jul 2023.
17. [Modellfabrik Papier](#) initiative.
18. [Paper](#), International Energy Agency, Jul 2023.
19. [Pulp and Paper Manufacturing](#), Department of Energy, Australia.
20. [LED Lighting](#), Department of Energy, Australia.
21. [ABB Drive System enhances energy efficiency at UPM's Changshu Paper Mill](#), ABB, Aug 2024.
22. [LED Lighting](#), Department of Energy, Australia.
23. [Best Available Techniques \(BAT\) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board](#), EU Industrial Emissions Directive Report, 2015.
24. [The CO₂ reduction potential for the European industry via direct electrification of heat supply power-to-heat](#), Environmental Research Letters, Dec 2020.
25. [Pulp plant decarbonizes by switching to electric drying](#), ABB, May 2022.
26. [Heat pumps](#), IEA, Jul 2024.
27. [Press release: A collaboration between the paper industry & heat pump producers could halve its energy needs & help decarbonise the sector](#), CEPI, Feb 2023.
28. [Through pumps to pulp: greening the paper industry's heat](#), CEPI, Feb 2023.
29. [District heating by Sappi](#), Sappi Gratkorn mill.
30. [Salt X and ABB expand collaboration for electrification of emission-intensive industries](#), ABB, Mar 2024
31. [Topsoe, ABB and Fluor form alliance to develop standardized concept for SOEC electrolyzer factory](#), ABB, Jun 2024.
32. [Integration of the biorefinery concept for the development of sustainable processes for pulp and paper industry](#), Computers and Chemical Engineering, Nov 2018.
33. [Press release: New study shows paper industry could increase on-site renewable electricity and heat generation by 2030](#), Nov 2022.
34. [Renewable electricity fact sheet](#), CEPI, Apr 2024.
35. [Combining forces to use waste heat at Gratkorn Mill](#), Sappi.
36. [UPM inaugurates state-of-the-art combined heat and power \(CHP\) plant at Europe's largest paper mill](#), UPM, Nov 2022.
37. [Press release: New study shows paper industry could increase on-site renewable electricity and heat generation by 2030](#), Nov 2022.
38. <https://modellfabrikpapier.de/en/home-en/>

solutions.abb/realprogress-pulp-paper

了解更多

联系ABB制浆造纸专家

