



以数字化带动氢能经济的加速发展

Aspen Technology Inc. 行业营销高级总监 Ron Beck

引言

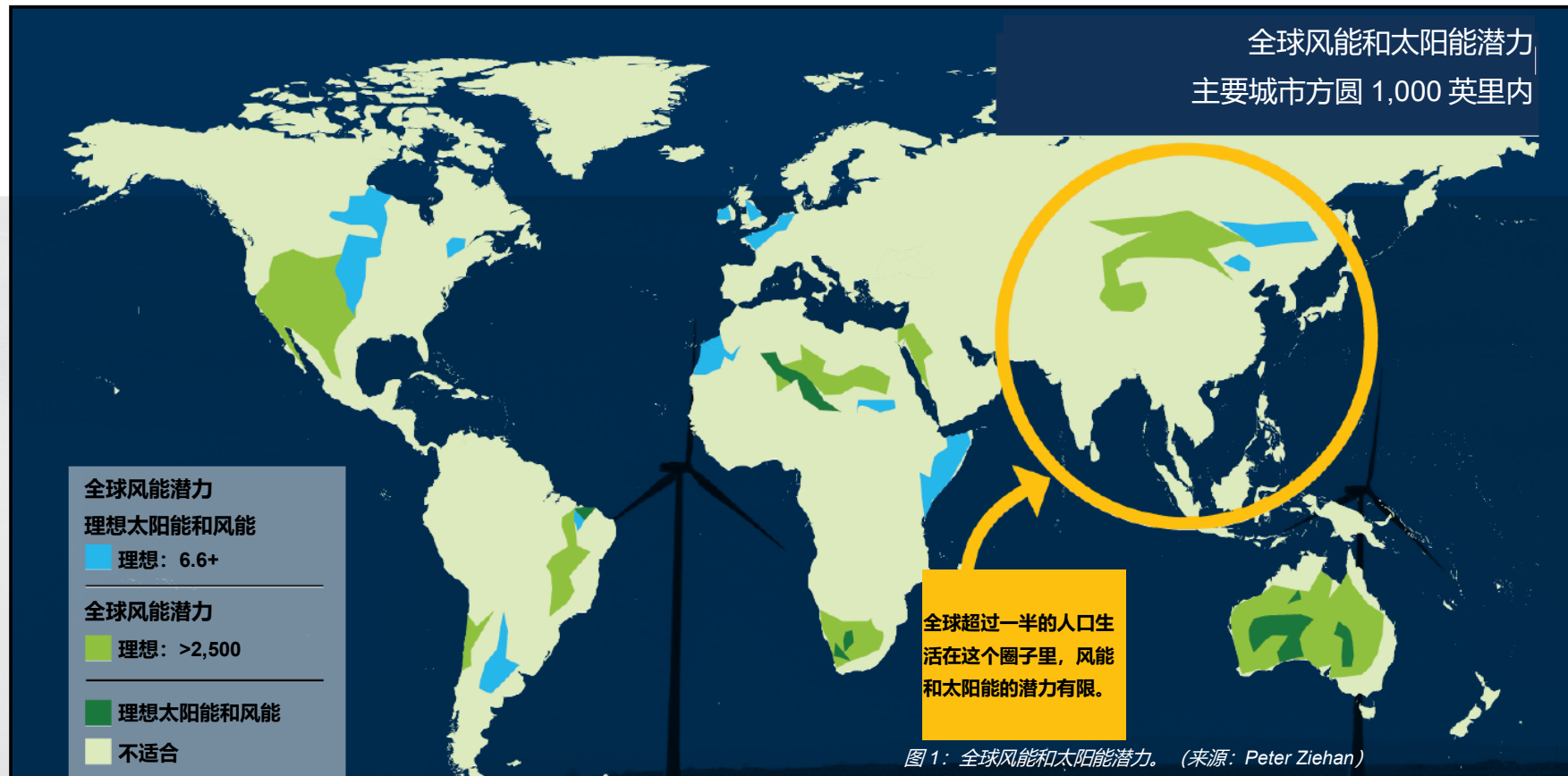
能源转型，伴随着全球对能源和化工行业可持续发展的推动，已经对经济和能源价值链的所有参与者产生了影响。未来 10 年，这些地缘政治力量将在这些行业中分出胜负。

风能和太阳能等可再生能源在地理意义上分布不均。亚洲许多地区面临的挑战是，能够生产丰富太阳能或风能的地区交通不便（见图 1）。此外，液体燃料在航空和海洋运输等多种应用中难以替代。

更重要的是，交通工具电气化和其他应用将来会为金属加工创造巨大需求，而这又产生了无法确定的碳生命周期的影响。

氢能的引入。氢能提供了填补很大一部分世界能源需求的机遇，而且可以无碳生成。然而，氢能也带来了一些挑战，特别是在储存、运输、电解生产成本、电解可再生能源的来源和可用性、碳捕获成本和效率（就蓝色氢能而言）和安全方面。相比其他能源（比尔·盖茨在 2020 年创造的“绿色高级能源”），减少使用氢能的成本损失竞赛正在展开。

尽管面临这些挑战，但氢能经济的强劲势头已经反映在公布的大规模生产和储存氢能的资本项目上。事实上，一些地区正在研究将氢能经济作为重要的零碳替代品这一可行性。



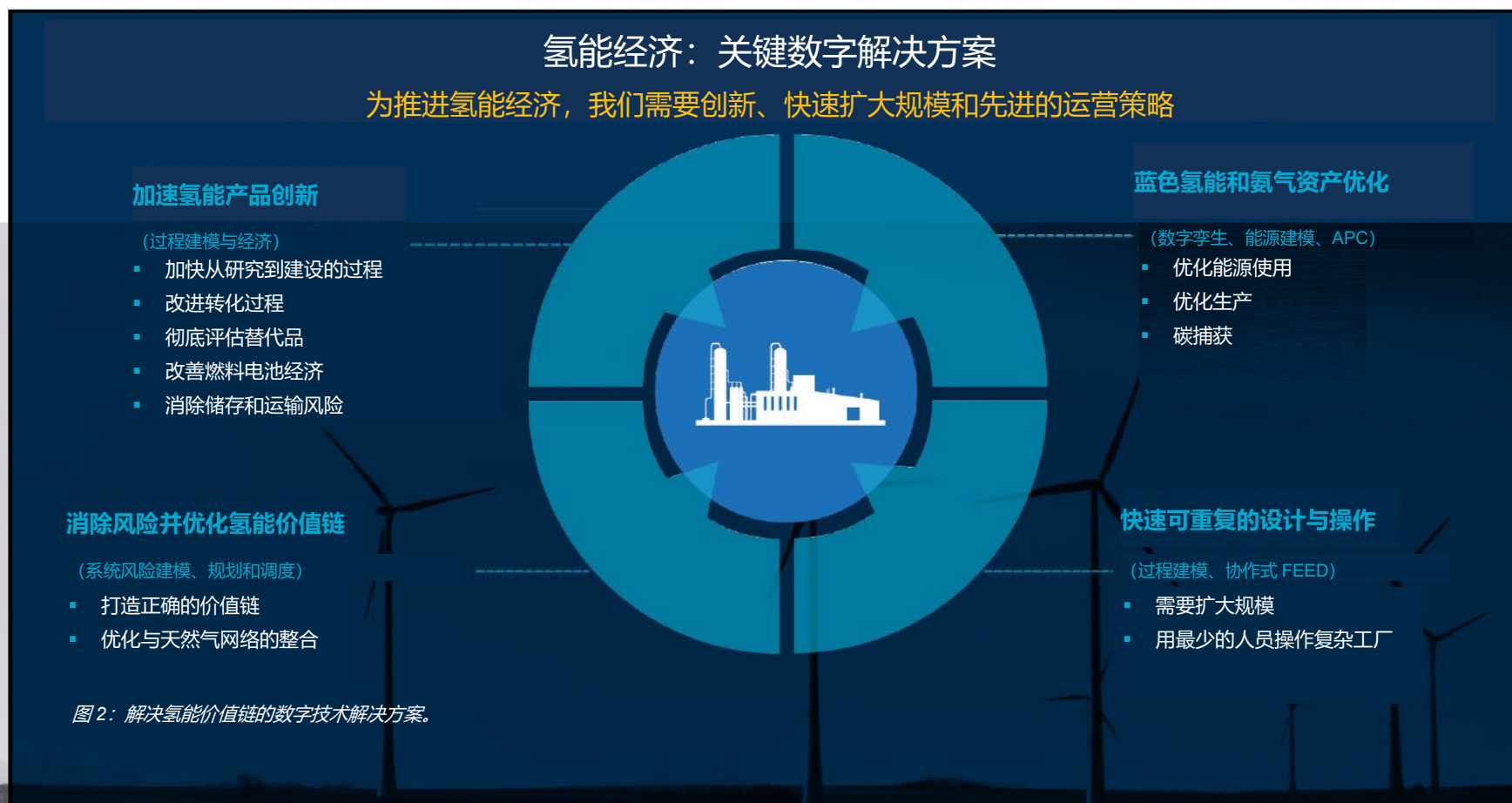
数字技术将是实现氢能经济、加速和消除创新风险、实施风险以及更快地更好地扩大和优化氢能价值链的重要组成部分。这将是克服诸多价值链障碍，最大化商业化、设计和供应链，以及促进生产和经济的基础。

哪些数字技术是最重要的？将氢能作为能源进行开发涉及到从生产到最终使用的完整价值链，并包含了从创新到大规模可靠运行的整个商业化生命周期。目前，资产优化软件的创新跨越了设计、运营、供应链和维护等多个领域，是应对这些挑战的不二之选。

“数字技术将为可持续发展革命提供动力。”

- Al Gore, 世代投资管理公司, 主席,
2021年1月22日, 达沃斯

这些解决方案结合了对氢能和碳捕获过程的建模、跨价值链的风险和可用性评估，并结合了随机建模和资产健康监测（见图2）。



数字技术在氢能领域的作用

简单地说，软件技术将成为行业内谋求成功驾驭能源转型的战略资产。就氢能经济而言，数字技术将成为降低氢能成本、评估和优化诸多价值链替代品、消除价值链安全扩张的制约因素的主要加速器。

我们进一步深入研究，以下是当前的数字技术如何实现向氢能的加速转化并在这一过程中产生影响的关键功能领域：

- **在降低成本的同时，采用先进的方法进行创新和选择。** 严苛的过程模拟软件可表征氢电解、氢重整工艺、其他创新的氢合成方法、氢液化和管道运输-这些加速了商业化，改善了资本获取。¹

加速创新的几个具体数字技术机遇包括：

- 混合模型将人工智能(AI)与新工艺的第一定律模型结合，包括膜技术、合并重整、碳捕获和新型工艺
 - 基于速率的碳捕获模拟建模
 - 处理电化学的强大严谨的模型
 - 用于评估在选择竞争环境下的数千种备选方案的优异计算能力
 - 在概念设计和试点工厂测试期间，综合经济学可以快速筛选技术经济的替代方案
- **整合协作工程工作流程。** 跨职能团队将能够快速选择概念、扩展设计、执行项目，并使用模块化设计来加速工业实施。这将使项目时间表缩短 50%或更多。²
- **促进先进的综合供应链计划。** 新软件的发展优化了氢能经济价值链与现有天然气和电力网络的整合。

- **实现工艺自动化以建立自优化工厂范例。**氢电解、碳捕获、原油制化学品和工业规模燃料电池等新技术将尽可能自动部署，以弥补高技能操作人员的短缺。³

- **利用风险和可用性建模优化价值链。**利用新功能来评估氢能的生产、运输、储存、最终使用选项以及风险，以实现可靠的能源目标。

对于氢电解和燃料电池而言，电化学模拟、动力学处理和随机变异都是至关重要的。过去30年来，从电解、蒸汽重整到碳捕获和燃料电池，先进的建模和数字孪生解决方案在制氢研发领域发挥了突出作用。AspenTech 建模技术的严密性、准确性和灵活性使其成为行业内，政府研究以及与氢能和碳捕获相关的学术活动的首选。

Aspen Plus®是一个屡经验证的建模解决方案，因其严格模拟复杂的化学过程并对电化学进行有效仿真的能力而用于燃料电池和氢电解工艺等应用。快速估算经济效益的能力也使其成为技术经济分析的战略工具。

氢能面临的挑战：扩展、配送和可靠性

为加速氢能的生产并同时实现可观的经济效益，我们提示您关注以下领域：（1）转化效率、过程优化和扩大制氢的规模-包括选择最有利的生产方式，以降低生产成本；（2）开发低成本、高效的氢配送和存储价值链，包括评估氨、低温氢和固体氢等载体替代品；（3）实施低风险、高可靠性且具有成本竞争力的氢能最终用户技术。



绿色和蓝色氢能生产的核心挑战包括识别和快速评估最高效的电解和/或膜转化方法、评估催化剂和吸收剂选项的经济效益，及基于最高成本的瓶颈改善经济效益。

下文图 3 总结了基本选项的简化状态（当然，实际情况更加复杂，因为碳捕获必须与蓝色氢能合成相结合）。在概述的框架内，若干关键的备选方案包括：

氢能生产：实现清洁氢能商业化的方法

	过程	优点	缺点	成熟度	效率 (%)	相对于 SMR 的成本	Aspen+, HYSYS 模型
蓝氢和灰氢	蒸汽甲烷转化 (SMR)	最佳氢碳比	二氧化碳排放	成熟	70-85	1 ¹	两种方法皆是
	部分氧化	无催化剂	二氧化碳排放	成熟	60-75	1.8 ¹	两种方法皆是
	自热重整		二氧化碳排放	研发	60-75	1	两种方法皆是
	石脑油重整		氢是副产品	成熟		1	两种方法皆是
CU	碳捕获 (蓝氢的必要环节)	了解技术	高能耗惩罚	早期商业化	不适用	不适用	两种方法皆是
棕氢	煤的气化	规模大, 成本低	大量的二氧化碳排放	成熟	60	1.4-2.6 ¹	Aspen+
绿氢	生物质气化	碳中性	低效率	研发	35-50	2.0-2.4	Aspen+
	电解水	二氧化碳, 可扩展	价格昂贵	成熟	10-50	3-10	两者和 ACM
	风能/太阳能辅助电解水	无二氧化碳	系统需要优化	研发			两者和 ACM
	光生物、光电子化学、薄膜太阳能	无二氧化碳	技术未被证实	研发	可能>50		Aspen+、ACM

¹ 不包括二氧化碳捕获成本

图 3: 主要的制氢技术选项、经济优势/劣势, 以及最后一栏中用于设计和优化这些选项的主要建模系统。

1. 分布式制氢模块与大型集中式制氢模块的对比。
2. 一种分阶段的方法，首先利用蓝色和绿色氢能，久而久之，经济效益的改善和技术风险的减少，迁移到更高效率的绿色氢能。
3. 研发降低燃料电池的最终使用成本、电解生产，并降低运输和存储风险。
4. 短期内关注更大规模的集中式终端应用，如发电和电网存储。

解决方案：在整个价值链中进行数字化

随着行业向氢能转型，企业寻找跨越整个价值链的资产优化软件至关重要，以便解决生产、配送、存储和使用等关键领域的问题。（见图 4。）

以下是对当前的数字解决方案协助客户探索氢能经济的所有途径的近距离观察。

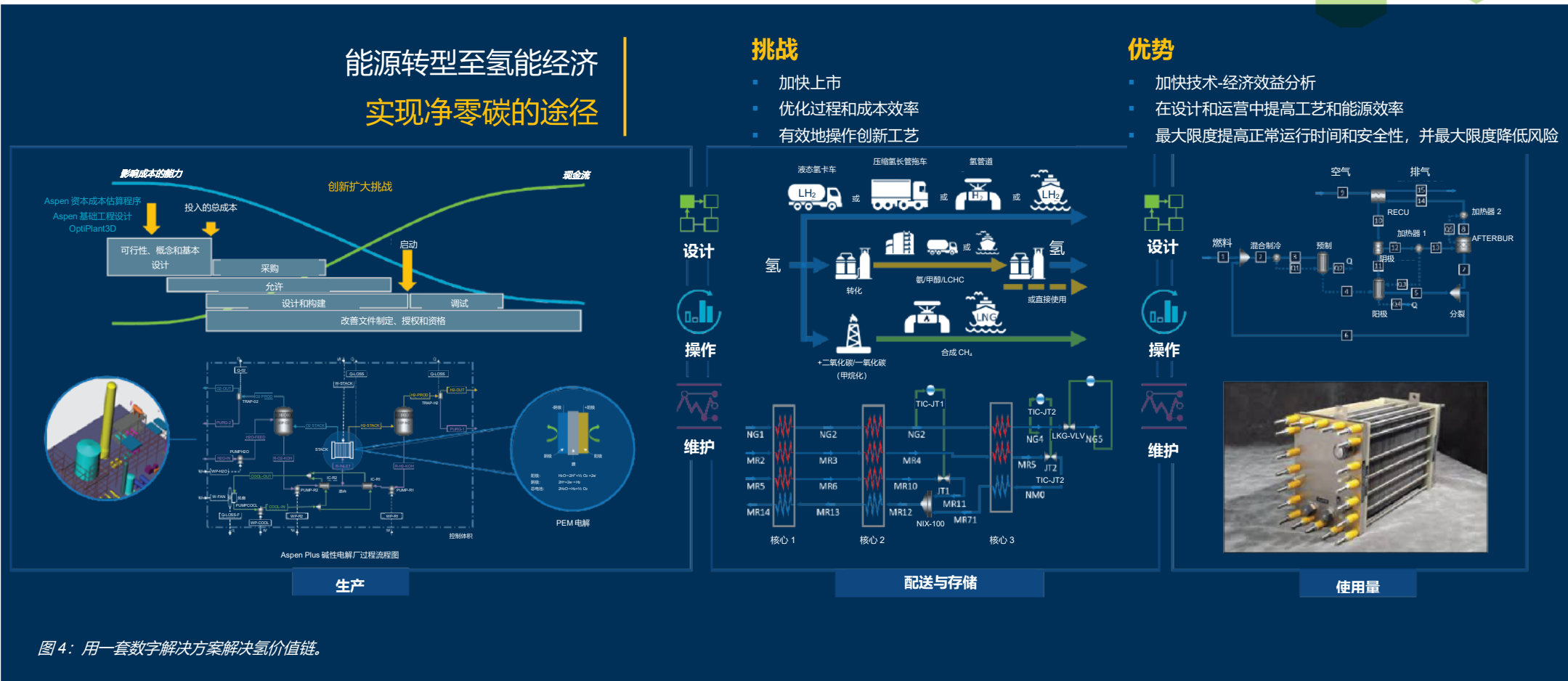


图 4：用一套数字解决方案解决氢价值链。

选择绿色或蓝色技术-系统解决方案

氢能经济提供了许多替代品和产品组合。对技术最适当的选择将高度依赖于地区性能源产品选项、行业参与者和政府政策。目前，从欧洲、中东、亚太到拉丁美洲的行业参与者都在通过不同途径来实现相同的最终目标。

为有效理解替代方案、经济效益和风险，全面了解系统风险至关重要，特别是在评估对拟议价值链的影响时。这正是像 Aspen Fidelis™ 这样的系统风险分析工具的理想之处，因为它包含了内置、专业的氢能经济模型，以便分析（见图 5）。

创新和概念设计

绿氢电解。 当今定制装置建模技术的高明之处在于能够以独特方式处理电化学，包括电解液特性和电源到模型的电解，端到端等。天然气和化工制品供应商，如**空气产品公司**和**法国液化空气集团**，目前正在利用解决方案，推动与电解反应堆相关的建模前沿技术发展，实现氢能生产。

蓝氢-重整。 在从天然气或煤生产氢能的过程中，一流的工程软件对于工艺路径和能源使用进行建模与优化。空气产品公司是蓝氢和绿氢领域的领导者，目前能够有效进行碳捕获。该公司近期展示了一项关于氢能建模的案例研究，以优化已建成的氢工厂来部署蓝氢。

碳捕获。 碳捕获在业内正吸引越来越多的投资注意力。由于碳氢化合物和金属在全球能源和资源组合中继续迎来需求，二氧化碳仍旧是转化的副产品。利用多种技术替代品的碳捕获技术正迎来更广泛的商业可行性。

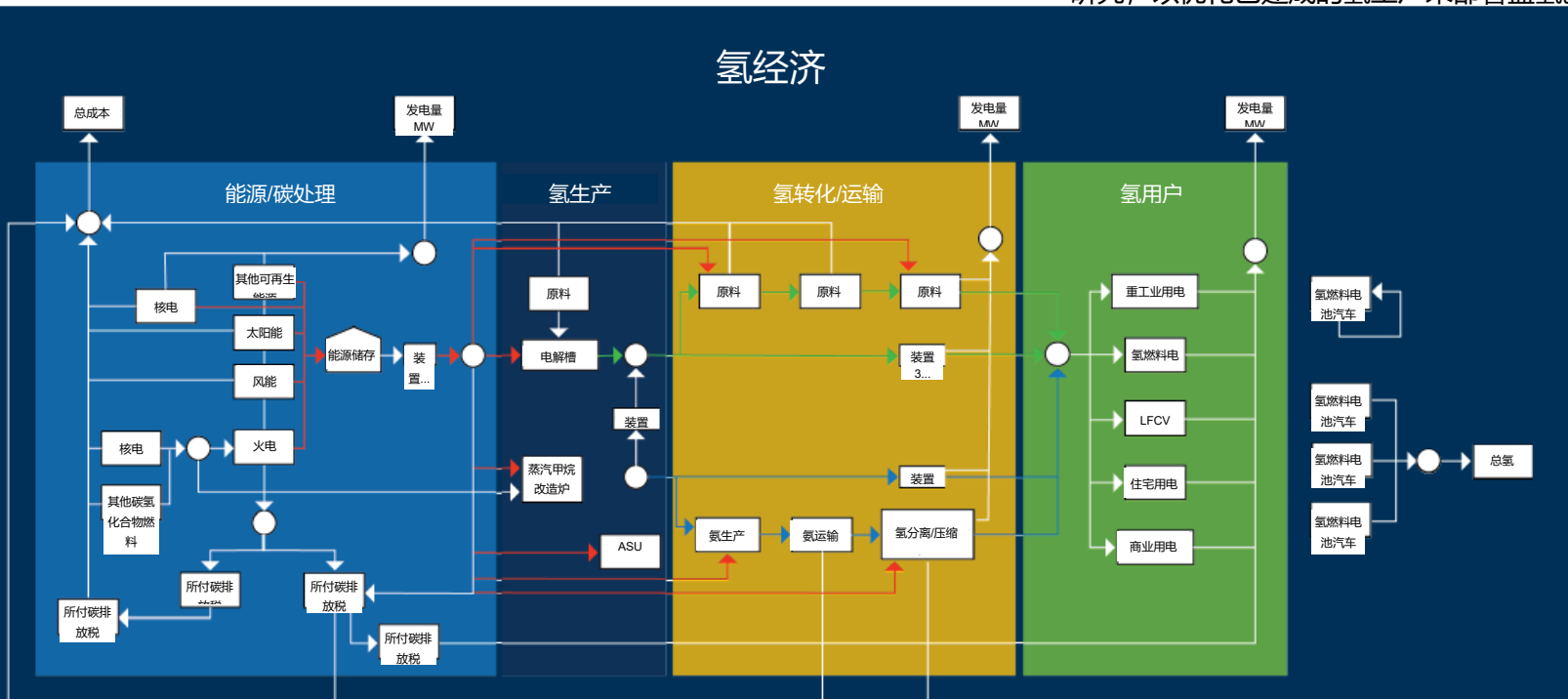


图 5: Aspen Fidelis 的端到端氢能经济价值链建模有利于建立最佳投资战略，最小化风险，最大化经济效益和能源可用性。

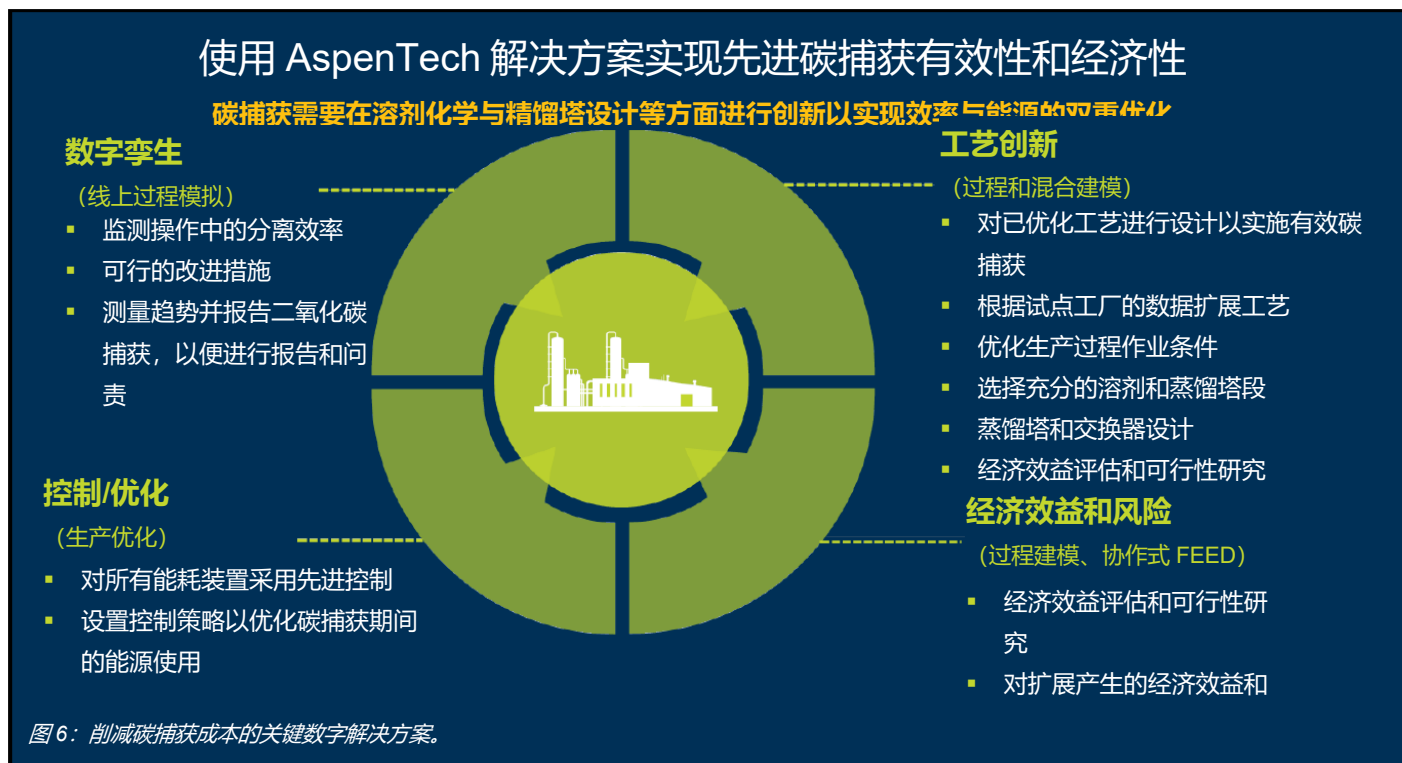
主要面临的挑战包括在二氧化碳捕获期间使用尽可能少的能源，在复杂的化学中优化二氧化碳捕获工艺，有效将催化剂和吸附剂材料的回收再利用最大化，以避免产生二次废物处理。

在解决这些技术挑战，提高经济效益，以及在确保操作完整性、能源优化和改进时，先进生产过程建模至关重要。客户需要寻求高度差异化的、基于速率的建模-这是对基于溶剂的碳捕获过程进行建模的最严格、准确和有效的方法。此外，定制装置建模和基于人工智能的混合模型可用于对目前正在测试的用于碳捕获的先进膜技术进行建模。

使用数字工具的碳捕获领域的领先者实现了创新跨越式发展，包括深耕于该领域的多数大学、数个政府科研实验室和研发中心，如**美国国家能源技术实验室、麻省理工大学能源中心、美国北达科塔大学的能源与环境研究中心和加拿大矿山与能源中心**。也有几家关键商业公司也参与了碳捕获，如**康世富科技公司**（壳牌技术集团旗下的碳捕获化工公司）、**陶氏化学、福陆公司**（拥有碳捕获技术）、**碳捕获公司、碳工程公司、挪威蒙斯塔德碳捕集技术测试中心**等。一些炼油厂和化工制品生产商也在使用化学和能源模拟软件来对端到端的碳捕获进行建模（在碳捕获过程中创造价值的数字解决方案见图 6）。

氢液化和存储。强大的建模环境可预测氢液化设计的性能和安全性。例如，**Norwegian NTNU**（挪威科技大学），已展示如何利用 Aspen HYSYS® 等工具实现严格的液化建模。

燃料电池技术。与电解一样，当今的数字应用程序在建模和改进燃料电池技术等方面具有独特的动力和灵活性。在这种情况下，吸附建模和动态建模等领域也是在这些工具中的关键元素。燃料电池领域有几十家公司正在利用这些技术，其中包括，生产分布式工业燃料电池装置的**燃料电池能源有限公司**，以及韩国的斗山集团（见图 7 燃料电池系统模型案例）。



备选方案和商品化

如今的数字解决方案提供集成的工作流程，在研发、概念设计、技术经济可选性和商业化过程中提供强大的创新能力。事实证明，这些先进工具对于降低氢燃料成本、提高经济效益和规模化生产至关重要。关键差异如下：

备选方案工作流程：快速找到从成本、可持续发展和可靠性的角度出发的最佳技术与以实施：

- 高性能计算和集成解决方案可以快速筛选数千种过程替代方案，并确定领先的候选方案，这在最优工艺设计尚在发展的领域，如绿色氢和碳捕获中至关重要。
 - 企业还可以利用综合经济和成本建模、能源效率优化和风险建模工作流程来探索不同替代方案的成本和能源敏感性。欧洲炼油技术年

会、挪威威蒙斯塔德碳捕集技术测试中心、美国国家能源技术实验室等机构正在使用这些工具在概念开发期间进行技术经济效益评估。

概念布局工作流程：

- 概念性 3D 布局软件与生产过程模拟的结合，可优化现有或新工厂在约束条件下的过程设计。在分布式实施的情况下，可以将燃料电池装置或氢能生产装置安装到现有场地，如发电厂或加油站。这种方法已被埃克森美孚石油公司采用，在概念设计过程中重用资产 3D 模型。

模块设计工作流程：

- 一系列模块化设计工具可快速开发可重复使用和可重组的设计，用于分布式氢能生产、工业燃料电池或碳捕获，并达到公司战略需要的范围和规模。



工业人工智能驱动的工作流程：

- 当您可以基于实验室和实验数据（混合模型）建立模型，并利用人工智能来确定实施和消除氢能配送供应链瓶颈的战略时，就可以更快地发现机遇。

先进控制和优化

一流的自适应过程控制和动态优化技术对以氢能生产和碳捕获为代表的新型复杂技术的控制和可靠性至关重要。许多炼油厂对其现有氢厂使用了自适应过程控制，并实施动态优化，这大大降低了能源消耗、氢损失和燃烧，如西班牙石油公司 RLR 炼油厂的氢网络。

集成化供应链

氢能经济需要一个渐进的方式，将现有的能源配送供应链转变为能够处理灰色、蓝色和绿色氢能的供应链。如今先进的规划、调度和供应链工具为

Bold Reliance 这样的能源公司提供了统一平台，以独特方式处理跨企业的端到端供应链。此外，企业风险建模系统将成为理解供应链实施的关键成功因素。

氢能之外：短期和长期可持续发展

如今的能源行业正面临着一系列挑战：实现净零碳排放的需求、宏观经济对碳氢化合物的全球需求的影响、能源转型势头强劲，对可再生电力和零碳运动解决方案的需求不断增加。

在 2021 年 1 月召开的[世界经济论坛达沃斯议程](#)上，比尔·盖茨谈到了建立可信赖的全球碳市场的必要性，这将刺激大量资本投资转移到低碳领域这一需求。他特别谈到了氢能经济、碳捕获和能源存储，以及绿色高级能源和通过扩大规模和投资推动新技术经济。

可持续发展价值链杠杆

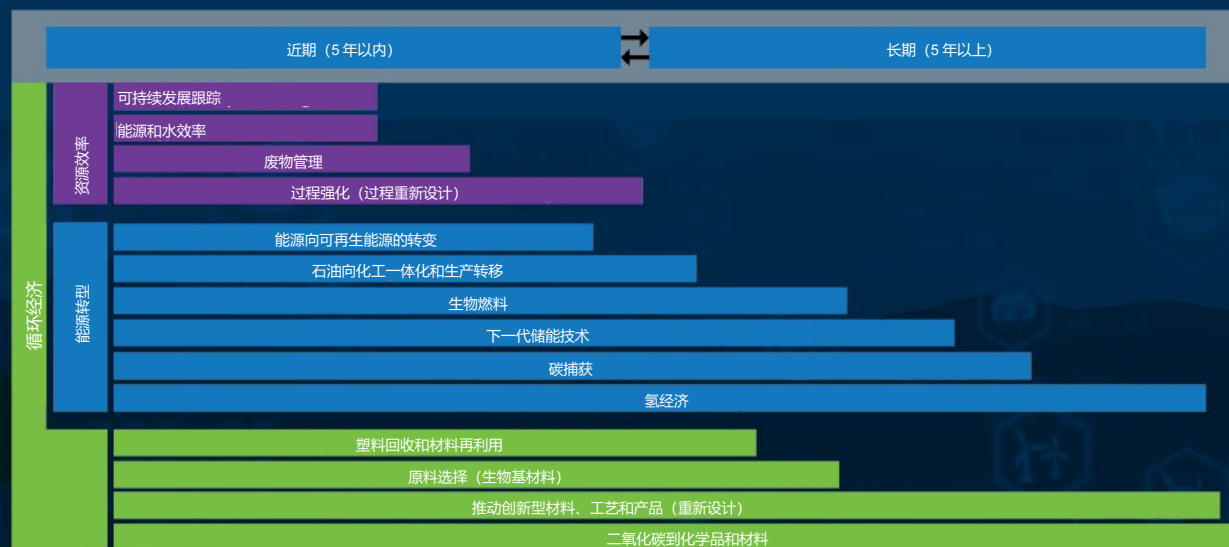
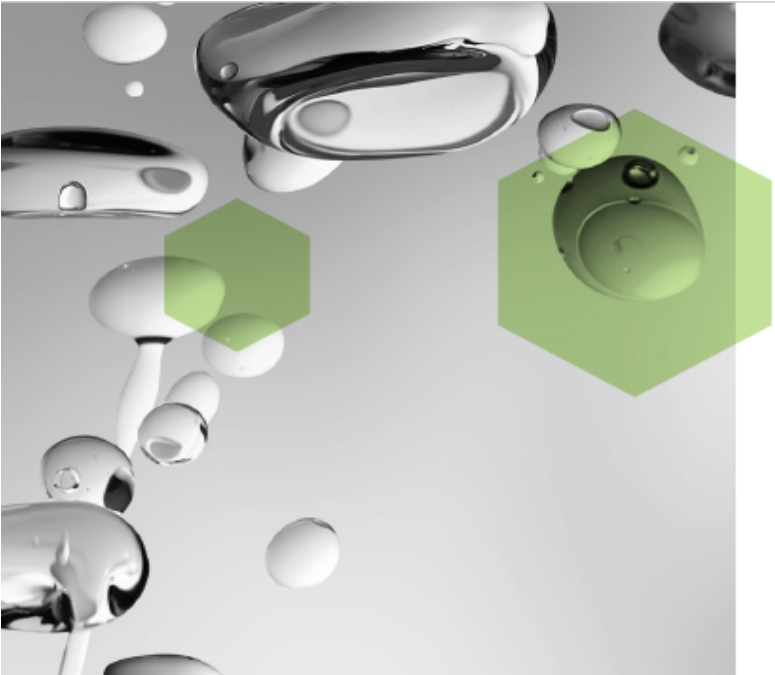


图 8：能源和化工企业的关键可持续发展杠杆。





在氢能经济、生物燃料和其他能源转型战略的创新、规模化和实现竞争优势方面，目前已有独特和差异化的技术。

图 8 总结了预期将生产工艺行业用于主动推动脱碳和能源转型的价值创造杠杆。此外，氢能还为循环经济项目提供了能源，以减少生产过程中的排放和浪费。

利用目前的数字解决方案，快速采纳、扩大规模和获得竞争优势可以加快氢能经济、碳捕获和生物燃料的价值兑现，这对于您而言是一个意义重大的机遇。

快速推进可持续发展的技术解决方案

能源转化的复杂性需要平衡企业资产的许多目标，并采用基于数据和定量的方法。数字化和工业人工智能将是实现这一平衡的关键工具。AI Gore 在 2021 年 1 月的世界经济论坛达沃斯议程上表示：“可持续发展革命将由数字技术推动。”图 9 显示了数字技术如何与行业正在考虑的能源转化的基本要素紧密相关。

技术解决方案集赋能可持续发展用例

		资源效率		能源转型				循环经济				
		排放 (所有 GHG 来源)	能源和水效率	生物燃料	碳捕集和利用	绿色和蓝色氢	原油到化学品	太阳能/风能/可再生能源/	塑料和材料回收	二氧化碳到化学品	创新工艺/产品	生物基原料
全体	能源和排放监测/优化	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■
	战略、资本规划(CAPEX)和设计	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■
性能工程	数字孪生	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■
	公用工程优化	■	■			■	■	■	■	■	■	■
产品优化	规划与时间表		■	■	■	■	■		■	■	■	■
	控制和优化	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■
	监控与执行	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
价值链	供应/价值链优化			■	■	■	■		■	■	■	■
	废物核算	■	■	■			■		■	■	■	■
APM	预防性维护和资本健康	■			■	■	■	■	■	■	■	■

图9: AspenTech 解决方案以战略方式为可持续发展用例创造价值。

图 10 总结了公开披露的由数字技术创造的可持续发展价值的案例研究。

AspenTech 在实现可持续性方面成绩卓著

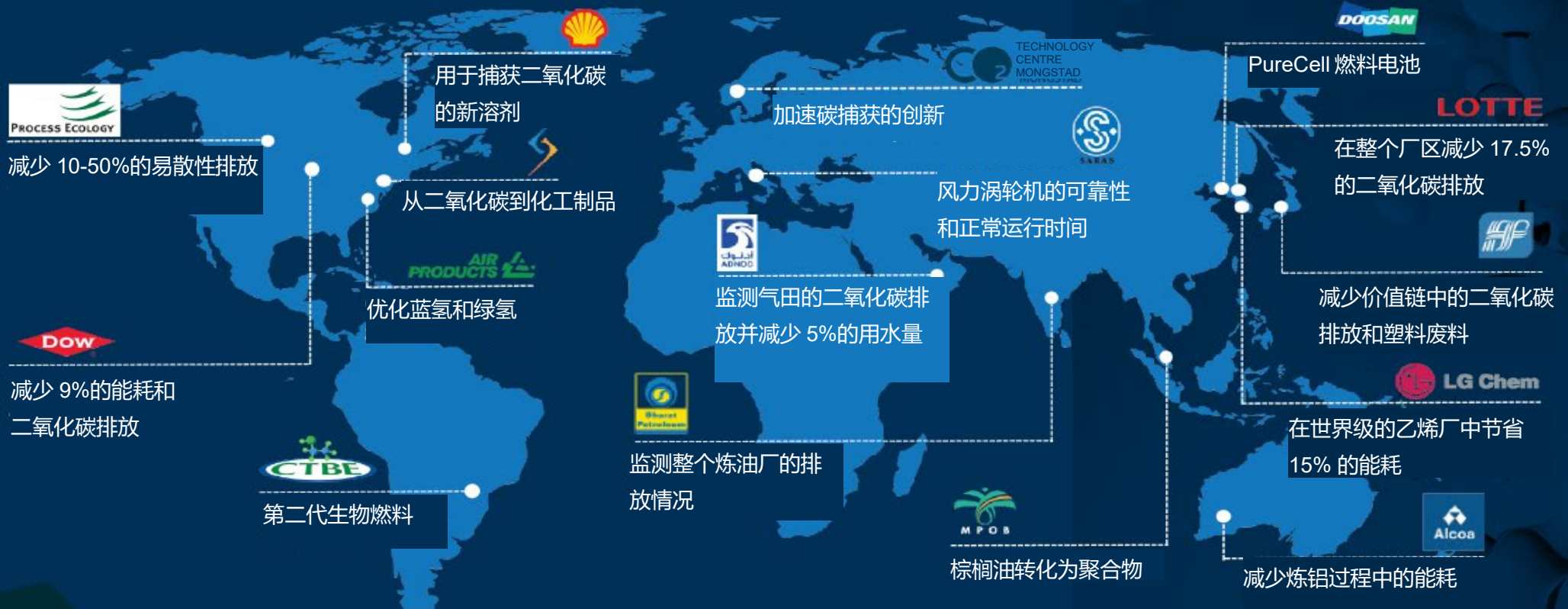


图 10: 由 AspenTech 技术解决方案创造的可持续发展价值案例。

结语

为什么现在与 AspenTech 合作?

当前的宏观经济重心转向可持续发展和能源转化，其背后的动力使得更进一步的紧密协作对于当今行业和技术参与者产生了前所未有的吸引力。双方的创新思路可实现前所未有的突破。

利用工业规模的氢能生产和碳捕获技术实现能源转化的领导地位需要无与伦比的内力、创造力、敏捷性和执行力。AspenTech 这样的软件技术创新者可以从无论个人还是整体层面为客户补缺增值，这是显而易见的。。

使用技术创造股东价值的领域包括：

- **上市时间**：将创新、备选方案、概念选择和资本投资决策加速 50%（或 6-12 个月）。
- **生产成本**：通过可视化估算降低资产成本，通过优化设计节约能源和水，并将新技术有效应用到现有设施中，从而降低运营成本。

- **正常运行时间、安全和风险**：利用人工智能和分析工具来降低风险，同时提高正常运行时间、安全性和可靠性。

- **客户满意度**：最大化供应链的灵活性和弹性。

当您在谋求自身的转型方向且考虑最符合您需求的技术时，我们邀请您通过 AspenTech 了解更多可行的、屡经验证的解决方案。

引用

1. *Carbon Capture Inc, Bill Gross at OPTIMIZE™ 2021, Norwegian University of Science and Technology (NUST).*
2. *ExxonMobil, Don Victory at Optimize 2017 and Optimize 2021*
3. *Air Products at Optimize 2021*

关于 Aspen Tech

Aspen Technology (AspenTech) 是一家资产绩效优化领域的领先软件供应商。我们的产品能够在复杂的工业环境中蓬勃发展，得益于在优化资产设计、操作和维护生命周期等方面的卓越表现。AspenTech 独创性地实现了将数十年的生产过程建模专业知识与机器学习的结合。我们专门设计的软件平台通过在整个资产生命周期中提供高回报，从而将知识工作自动化并建立可持续的竞争优势。因此，资本密集型行业的公司可以最大限度延长正常运行时间，实现性能最大化，以更安全、环保、长久、快速的方式运行资产。

[aspentech.com](https://www.aspentech.com)



