

以先进技术促进可持续发展

霍尼韦尔 2022 低碳发展绿皮书



目录

1 碳捕集技术	4
2 清洁煤化工技术	5
3 储能	7
4 氢氟烯烃 (HFO)——低全球变暖潜值产品	9
5 可再生柴油、航空燃料和石脑油技术	12
6 塑料循环	14
7 以数字化技术促进可持续发展	15





2020年9月，中国在第75届联合国大会上宣布，将力争在2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和。中国的碳减排决心彰显了大国担当和决心，获得了国际社会的广泛认可。中国制定了一系列具体目标和监管细节

的措施，包括提出完整、准确地全面贯彻新发展理念的建议，以有效实现碳达峰和碳中和目标，以及建设碳交易市场，暂停高排放项目，努力将增长道路转向更可持续的方向。

然而，这条道路上充满了挑战。仅举几个例子：

中国最大的碳排放源是电力行业，其排放量约占全国二氧化碳排放总量的40%¹。中国的大多数电厂都是燃煤发电厂，这些电厂会排放低浓度、低压的二氧化碳。与此同时，中国的钢铁产量占全世界的一半以上¹。中国的钢铁行业也会排放大量低浓度低压二氧化碳。另一个排放大量低浓度低压二氧化碳的行业是水泥行业¹。在中国，这三个行业的二氧化碳排放量达到全国排放总量的60%以上¹。如果不大幅减少这三个行业的二氧化碳排放量，中国的碳中和解决方案就是一纸空谈。



解决方案：霍尼韦尔碳捕集、利用和封存 (CCUS) 技术

¹ 基于重点行业 / 领域的我国碳排放达峰路径研究。《环境科学研究》，2022，35(2)：309-319

中国居民的生活水平不断提高，GDP 持续稳步增长，这推动了对由化石燃料制成的化学品和材料的需求。中国的主要化石燃料储备是煤炭。因此，以可持续的方式发展煤制化学品行业对中国至关重要。

解决方案：霍尼韦尔清洁煤化工技术



为了实现碳中和，风能和太阳能等可再生能源将在中国未来的能源构成中扮演重要角色。然而，要稳定来自可再生能源的电力输出，大规模储能是关键所在。

解决方案：霍尼韦尔液流电池储能技术



非二氧化碳温室气体排放是中国亟待解决的另一个难题。作为制冷剂和发泡剂的含氟烷烃的全球变暖潜值 (GWP) 非常高。例如，中国目前用于汽车空调的制冷剂主要是 R134a，其 GWP 值是 1300。2021 年，中国宣布接受《蒙特利尔议定书》的基加利修正案，该修正案的目标是逐步减少使用氢氟碳化物 (HFCs)，到 2047 年实现 HFCs 消耗量减少 80% 以上。霍尼韦尔可以帮助中国采用低 GWP 值的氢氟烯烃 (HFOs)。以可用作 R134a 替代品的 1234yf 为例，其 GWP 值小于 1。

解决方案：采用 HFOs



除了上述技术，作为可持续发展领域的技术领导者之一，霍尼韦尔还研发了许多其他技术，并正在开展多项旨在减少人类碳足迹的研究项目。

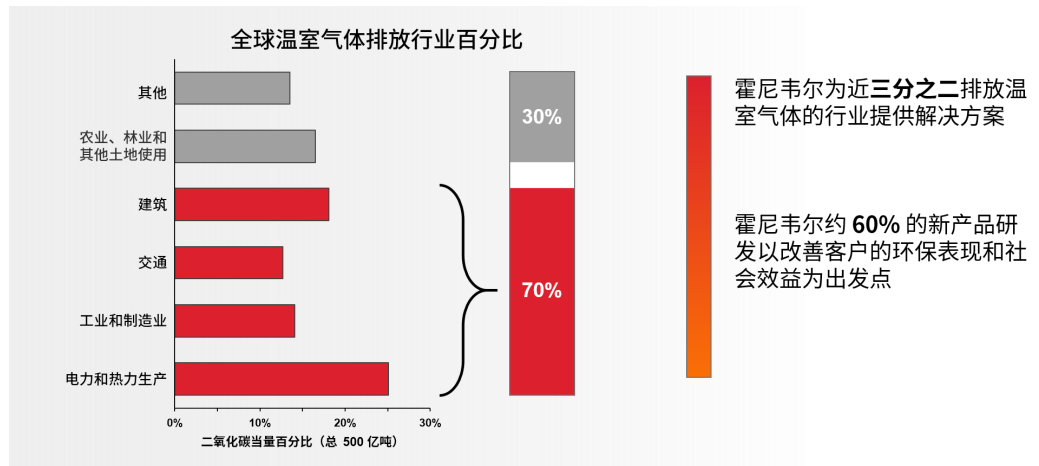
我们是研发可持续航空燃料 (SAF) 和可再生柴油的先驱。霍尼韦尔 UOP 的 Ecofining™ 工艺可以将动物脂肪、植物油、废弃食用油、海藻油等转化为可再生燃料。霍尼韦尔的新技术是首个被用于目前最大化量产商业航空燃料的技术。2011 年，霍尼韦尔和中国石油利用霍尼韦尔的技术在中国联合生产了 50 公吨由能源作物芥蓝转化而来的可持续航空燃料。中国国际航空公司在国内飞行中测试了该可

持续航空燃料产品。2021 年 12 月 1 日，美国联合航空公司在从芝加哥到华盛顿的航线上成功完成世界上首次使用由霍尼韦尔 UOP 的 Ecofining™ 技术制造的 100% 可持续航空燃料的商业飞行。

2021 年 10 月，霍尼韦尔推出了另一种可持续技术 UpCycle，该技术可以将废塑料转化为塑料油，作为制造塑料的原料。

总而言之，我们广泛的技术和产品组合、领先的专业知识以及我们在全球项目中的成功经验，使霍尼韦尔在中国的低碳之旅中发挥着自己独特的作用。

广泛的技术和产品组合、领先的专业知识以及在全球项目中的成功经验，使霍尼韦尔在中国的低碳之旅中发挥着自己独特的作用。



1. 碳捕集技术

在中国，燃煤发电厂的煤炭消耗量在所有行业中位居第一。虽然 2010 年代整体用电量继续攀升，各地仍新建燃煤发电厂以满足用电需求，但国家能源局在 2017 年取消了相当于 120 吉瓦产能的燃煤电厂许可证，以遏制燃煤电厂的建设步伐。然而，根据能源与清洁空气研究中心 2021 年 8 月的数据，中国在 2021 年上半年宣布了 43 个新建煤电机组。连同拟建的高炉，每年将新增约 1.5 亿吨的温室气体排放量。在最近的煤电危机中，对煤电机组的依赖、煤炭储量的枯竭、进口价格上涨以及装运和生产的放缓共同导致工业用电受到广泛限制。

第二大碳排放行业是钢铁行业，它使用煤炭来提供电能和还原剂一氧化碳。中国的钢产量几乎占全球钢产量的一半²。钢铁行业排放的大部分二氧化碳来自高炉，高炉会产生含有二氧化碳的低压气流。

水泥行业使用碳酸钙 (CaCO₃) 和大量电能，因

此，它会在燃烧后烟气端排放大量二氧化碳。

减少来自燃煤发电厂、钢铁厂和水泥厂的二氧化碳排放是中国实现碳中和计划的重要组成部分，碳捕集、利用和封存 (CCUS) 技术是实现这一目标的有效途径。霍尼韦尔在 2021 年宣布，它将利用美国德克萨斯大学奥斯汀分校的专有先进溶剂技术，打造一种面向发电厂、钢铁厂、水泥厂和其他工业工厂的新产品，以降低新装置或现有装置捕集烟气中 CO₂ 时的运行成本。该解决方案为这些行业提供了一个额外的工具来满足监管要求和可持续发展目标。这一新产品基于霍尼韦尔超过 70 年的碳捕集技术。根据国际能源署 (IEA) 的数据，2020 年，全球 CCUS 项目每年捕获和封存 / 利用 4,000 万吨二氧化碳³，其中 1,500 万吨二氧化碳通过霍尼韦尔的二氧化碳工艺捕获。对于一座典型发电厂 (650 兆瓦容量)，应用先进的溶剂碳捕集技术后，每年可以捕获约 340 万吨二氧化碳，相当于 735,000 辆汽车的排放量⁴。

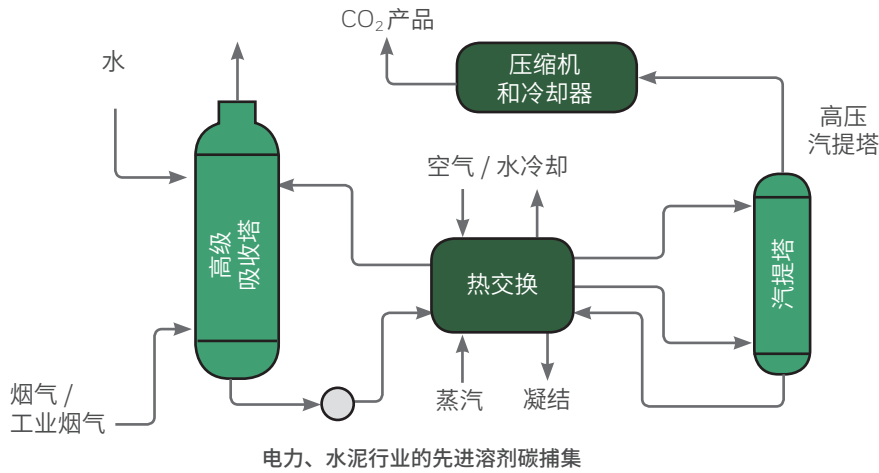
通过世界各地的已安装项目，霍尼韦尔目前每年有能力捕获 4,000 万吨二氧化碳。与传统的碳捕集技术相比，霍尼韦尔 UOP 先进溶剂技术可以：

- 节省投资
- 节省二氧化碳捕集运行成本

² 国际能源署钢铁行业报告——2021 年 11 月 (www.iea.org/repports/iron-and-steel)。

³ 国际能源署 CCUS 技术报告——2021 年 4 月 (<https://www.iea.org/reports/about-ccus>)。

⁴ 减排场景为一个 650 兆瓦煤炭发电厂，其每年 85% 的运营费用用于烟道气碳捕集，从而实现 90% 的碳捕集来自改装设备。碳排放计算基于美国国家环境保护局计算器。 (<https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>)。



与传统碳捕集技术相比，霍尼韦尔 UOP 先进溶剂技术具有以下优势：

之间的烟道气所需要的能量在 2.1 千兆焦耳 / 吨二氧化碳和 2.4 千兆焦耳 / 吨二氧化碳之间。

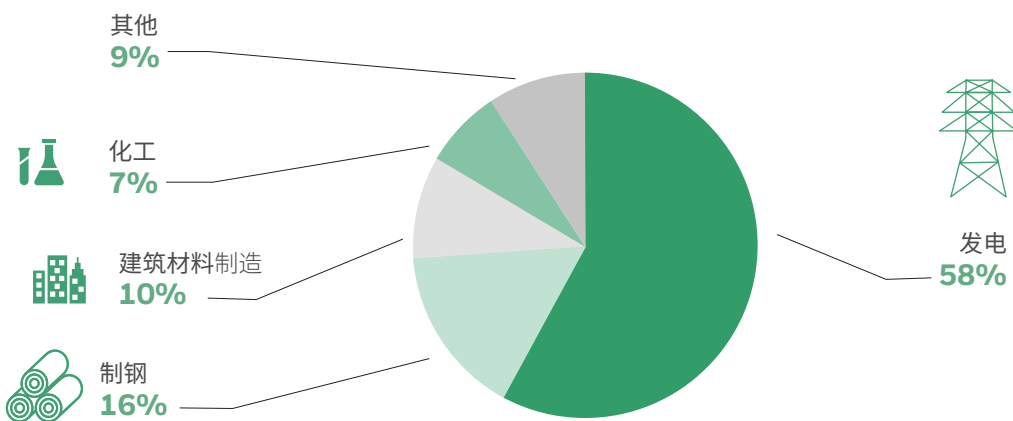
- 1) 该溶剂与二氧化碳反应具有快速的反应动力学，因此可以减小吸收塔的规模以节省投资。
- 2) 这一创新热交换设计下，溶剂再生需要消耗的能量较低。通常来说，浓度在 4% 到 20%

- 3) 该溶剂具有更高的耐热氧化降解性，允许汽提塔在更高压力下作业。汽提塔的温度越高，汽提塔顶部的二氧化碳压力就越高 (5 ~ 6 barg)，这可以节省二氧化碳在高压下运输和封存之前的压缩成本。

2. 清洁煤化工技术

中国是全球最大的煤炭生产国和消费国。然而，在所有化石燃料中，煤炭燃烧所生成的二氧化碳排放量最多。同时，煤炭也是中国储量最大的化石燃料。中国政府已经认识

到，在可预见的未来，煤炭的利用对中国具有重要的战略意义，其关键是如何以可持续的方式使用煤炭。



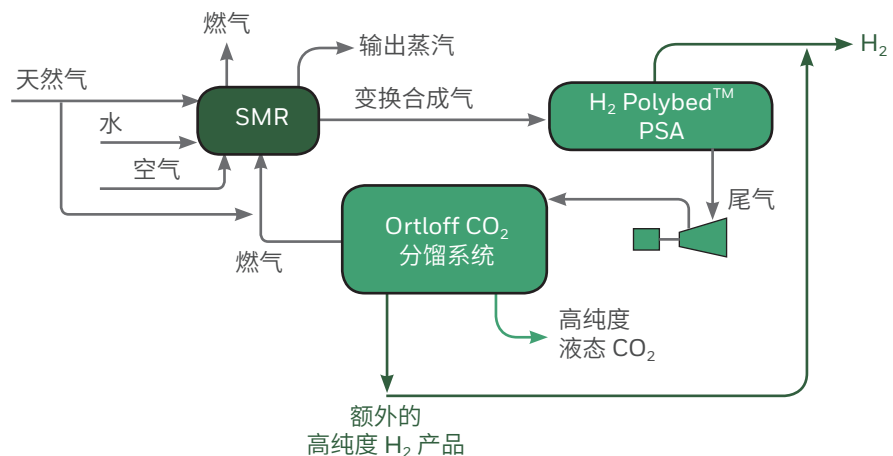
2020 年中国煤炭消费结构
来源: thecoalhub.com

霍尼韦尔 UOP 拥有
很多种碳捕集技术，
如变压吸附 (PSA)、
变温吸附 (TSA)、膜
技术、液态二氧化碳
分离，适用于不同二
氧化碳捕集应用的
不同二氧化碳进料源。

a 霍尼韦尔 UOP 蓝氢技术

除了先进溶剂技术之外，UOP 还拥有很多种碳捕集技术，如变压吸附 (PSA)、变温吸附 (TSA)、膜技术、液态二氧化碳分离，适用于不同二氧化碳进料源。蓝氢是一种清洁氢，由化石燃料制得，其制造工艺中采用了碳捕集技术。霍尼

韦尔 UOP 将变压吸附和低温二氧化碳分离技术结合起来，可经济高效地生产蓝氢。这种新技术的氢气回收率比传统变压吸附技术高，并且可以将液态二氧化碳通过泵加压实现封存，比气体压缩法更加节能。



低温分馏流程图

低温分馏能够以低成本捕获上述工艺中排放的二氧化碳，并且能够额外生成大量高纯度氢气。在该方案中，H₂ PSA 分离氢气的 PSA 的尾气经过压缩、干燥、冷凝和分馏，产生高纯度液态二氧化碳流。如果需要的是液态产品，在单个装置的作业中结合分离和液化可以为企业节省能源。2011 年，UOP 的 Ortloff 二氧化碳分馏工艺已经在液化天然气 (LNG) 应用中实现商业化。

霍尼韦尔 UOP 蓝氢技术可以应用于新的制氢装置，也可在改造后应用于现有的灰氢生产装置。上述烟道方案利用甲烷蒸汽重整工艺 (SMR) 从制氢装置中捕获二氧化碳。在中国，大多数氢气是通过煤炭汽化或水煤气变换反应从煤炭中制得的。蓝氢技术也适用于中国的此类制氢装置。

b 利用钢铁生产中的焦炉煤气 (COG) 制氢

2020 年，中国的粗钢产量占全球总产量的 56.5%，这使得钢铁行业成为中国第二大煤炭用户。在钢铁行业中，焦炉煤气 (COG) 是生产过程中煤炭焦化过程的副产品，被认为具有很高的价值。一吨焦炭通常会生成大约 360 立方

米的焦炉煤气。中国每年生产 700 亿立方米焦炉煤气，仅有 20% 被用作燃料⁵。在适当的技术条件下，焦炉煤气可以成为一种优异的大量制氢的原料。

⁵ 超大型焦炉炼焦工艺除尘系统研究。《化工管理》，2021 年 6 月



霍尼韦尔 UOP PSA 为上海宝氢提供的焦炉煤气制氢站

由霍尼韦尔 UOP 在 50 多年前发明的变压吸附 (PSA) 技术有助于从焦炉煤气中提纯氢气。UOP Polybed™ PSA 系统可以更可靠地获得高纯度氢气，可满足化学合成、氢燃料电池等严格的下游应用要求。2021 年，宝武钢铁旗下的上海宝氢气体工业有限公司宣布采用霍尼韦尔 UOP PSA 技术对其在上海宝山的焦炉煤气进行净化，以供上海的氢燃料电池站使用。鉴于氢冶金未来在钢铁行业中的应用，霍尼韦尔

目前正在研发一项新技术，旨在更大限度地利用焦炉煤气制氢。

目前，工业上使用一氧化碳 (CO) 作为还原剂从氧化铁 (Fe_2O_3) 中炼铁，过程中会排放二氧化碳 (CO_2)。由于 Fe_2O_3 可以与 H_2 反应生成铁和水 (无 CO_2 排放)，氢气是炼铁的极好还原剂。在钢铁行业，使用成本较低的绿氢炼铁将有助于该行业大幅减少二氧化碳排放。

霍尼韦尔 UOP 是变压吸附 (PSA) 技术的发明者，该技术有助于从焦炉煤气中提纯氢气。霍尼韦尔 UOP Polybed™ PSA 变压吸附系统的可靠性更高。

3. 储能

可再生能源在中国的碳中和目标和战略中变得越来越重要。由于太阳能和风能等可再生能源发电具有不稳定性，大规模储能可以帮助管理能源的高峰和低谷，在能源

转型中具有至关重要的作用。凭借 100 多年的创新经验，霍尼韦尔正在研发一种创新的储能技术，旨在满足即将到来的储能需求。



霍尼韦尔提供具有 KPI 保证的完整的端到端储能解决方案，包括其领先的控制功能和远程操作技术，以及先进的 Experion® 能源控制系统。

霍尼韦尔的储能技术有助于解决公共事业和企业在使用锂离子电池这种当今最常见的技术时遇到的安全性、可靠性、寿命、维护和环境问题。霍尼韦尔正在研发一种非锂离子电池技术。这项霍尼韦尔专有技术采用即插即用解决方案，提供了适用于大型全球部署的模块化和可扩展性。这种霍尼韦尔电池主要面向放电 4 小时以上的长时间储能应用，如调峰、能量转换和微电网。它可以与风能和太阳能等可再生能源搭配，实现按需提供电力。霍尼韦尔电池的主要优势如下：

电池属性	霍尼韦尔电池
放电持续时间	1 到 12 小时以上
电池化学性	不易燃
安全性与环境	安全和无毒材料
维护量	低
每天超过 1 个充放周期	√
不退化	√
寿命超过 20 年	√

霍尼韦尔的电池技术提供了作业的灵活性，特别适合锂离子电池成本效益下降的长期储电的应用。我们电池的化学成分安全环保，可以消除人们对与锂离子电池相关的易燃性和爆炸风

险的担忧。制造霍尼韦尔电池的原材料在地球上储量丰富，它们价格较低，供应稳定。霍尼韦尔的电池性能不退化，一致的性能允许最终用户在项目生命周期内避免昂贵的增补。

霍尼韦尔提供具有性能保证的完整的端到端储能解决方案，包括霍尼韦尔过程控制解决方案部提供的领先的控制功能和远程操作技术，以及先进的 Experion® 能源控制系统 (ECS)。ECS 是一个远程运营平台，帮助能源价值链中的利益相关方实现其业务目标。ECS 也是一个结合了结果保证的能源管理和能源存储平台。

霍尼韦尔的储能解决方案采用优化设计，具有高度可定制的特性，并提供了出色的灵活性和前瞻性。灵活性的一个关键设计特征是霍尼韦尔热管理，该技术基于霍尼韦尔控制系统通过全球应用积累的信心。霍尼韦尔储能电池目前正在研发之中。霍尼韦尔拥有一支由顶尖科学家和工程师组成的专属团队。这些专属资源使霍尼韦尔能够开展并行开发，实现快速上市。霍尼韦尔计划在 2022 年部署一个 25 ~ 100 千瓦时示范装置，并在 2023 年部署首批 100 ~ 400 千瓦时商用装置。随着霍尼韦尔扩大适用电网和工业规模装置的安装，这些将是重要的技术证明。

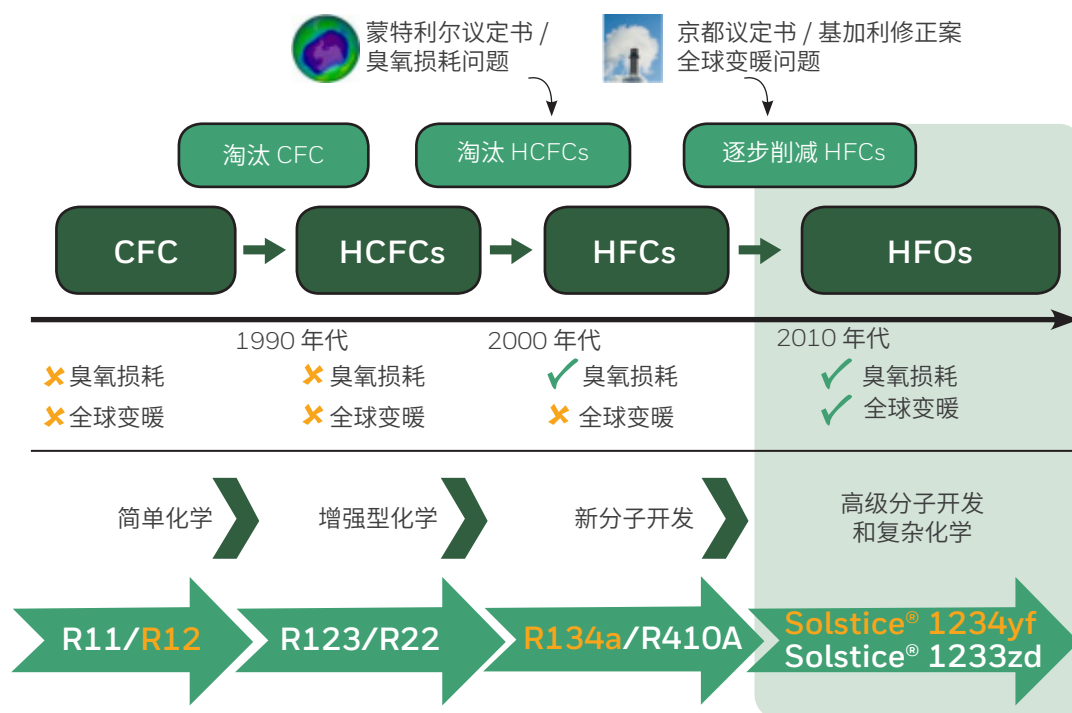
除了储能，我们的 Experion® 能源控制系统可以支持多种应用，如调峰、调频、峰值预测、预测分析和虚拟电厂 (VPP)。Experion® 的虚拟发电厂对分布式资产进行聚合和优化，像大

型发电厂一样运行，其自主调度算法可以自动调度和优化大规模分布式资产。Experion® 的预测性维护技术可以在集中式远程操作中心解决大型分布式资产的维护难题。

4. 氢氟烯烃 (HFOs)—— 低全球变暖潜值产品

2021 年，中国宣布接受《〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉基加利修正案》，到 2047 年实现氢氟碳化物 (HFCs) 生产和使用减少 80% 以上。该修正案旨在逐步减少使用 HFCs，从而帮助到本世纪末，全球

气温上升速度减缓 0.5 摄氏度。作为全球最大的氟化物生产国，中国展示了对气候控制的决心。该修正案已于 2021 年 9 月 15 日对中国生效，中国也成为该修正案的第 122 个缔约方。



在过去几十年里，霍尼韦尔高性能材料部 (AM) 一直将主要研发精力投入到能为客户改善环境和社会成果的新产品上。通过替代全球变暖潜值更高的含 HFCs 产品，霍尼韦尔的 Solstice®

产品组合可减少高达 99% 的温室气体排放。Solstice® 产品在全球范围内的采用已经帮助全球减排近 2.6 亿吨的二氧化碳当量，相当于减少了超过 5500 万辆汽车一整年的潜在排放量。



霍尼韦尔 Solstice® 产品不仅为工业客户提供环境价值，还可通过卓越的产品效能实现节能。霍尼韦尔 Solstice® N40 的全球变暖潜值 (GWP) 比传统 HFCs 制冷剂 (如 R-404A) 低约 68%。此外，Solstice® N40 是一种高效制冷剂，比 R-404A 节能 5% ~ 10%。Solstice® N40 已经应用于全球超过 30,000 台工业和商业制冷设备，成为全球超市和冷藏行业公认的 R-404A 的替代产品。

对于工商业应用，安全性是除环境保护和能源效率之外需要考虑的第三个关键因素。Solstice® N41 是业内首款 A1 级非易燃低 GWP 制冷剂，可替代固定式空调系统中的 R-410A，并将全球变暖影响降低 65%。迄今为止，Solstice® N41 已经通过超过 15 家原始设备制造商 (OEM) 和领先压缩机制造商的广泛分析。该产品在商业空调 (变制冷剂流量、屋顶) 和住宅空调 (美国的统一管道设备) 等不同应用中已积累超过 100,000 小时的可靠运行时间。

霍尼韦尔的有机朗肯循环 (ORC) 工质具有优异的综合性能。以常用的 HFC-245fa 制冷剂为例，其 GWP 值为 1030，这意味着 1 吨 HFC-245fa 制冷剂相当于 1030 吨碳排放。当使用 HFO-1233zd 制冷剂时，其小于 1 的 GWP 值可以直接减少 99% 的碳排放。同时，发电过程中的电力可以增加约 3% ~ 6%，提供初始原材料减排和工艺效率提升的双重优势。

2018 年，中国宝武钢铁集团旗下的上海宝钢节能环保技术有限公司在其烧结工序中使用 ORC 技术进行余热回收发电，其中使用了霍尼韦尔 HFC-245fa 工业介质流体。其年发电量约为 1099 万千瓦时，每年可节约标准煤 3,517 吨，相当于每年减少碳排放约 9,140 吨。如果在类似规模的项目中使用 HFO-1233zd 工业介质，可进一步减少约 12,000 吨的初始碳排放，并且，由于发电效率的提高，每年可实现约 260 吨的可持续减排。



Solstice® 发泡剂的典型应用

霍尼韦尔 Solstice® 发泡剂包括液体发泡剂 (LBA) 和气体发泡剂 (GBA)，是具有不同沸点的卤代烯烃发泡剂，可用于不同的聚合物发泡应用。Solstice® 作为一种低 GWP 值、不易燃的发泡剂，用于替代目前使用碳氢化合物、HFCs、氯氟烃类 (HCFCs) 和其他液体发泡剂在不同领域的应用，包括喷涂泡沫绝缘层、家用冰箱和冰柜、绝缘建筑板材和冷藏集装箱，涵盖聚氨酯和热塑性泡沫材料。与目前使用 HFCs 做发泡剂的保温材料相比，使用 Solstice® 发

泡剂配制的隔热泡沫材料通常具有更优异的绝热性能，同等或更好的尺寸稳定性和压缩强度。

从 2015 年以来，中国知名家电品牌海信（其海信和海信科龙品牌家电在全球范围内销售）开始商业化采用霍尼韦尔的 Solstice® 液体发泡剂解决方案，在提高能效的同时，降低了 GWP 影响。与其他发泡剂相比，Solstice® LBA 可以帮助家电制造商提高 8% 到 10% 的能效。

5. 可再生柴油、航空燃料和石脑油技术

霍尼韦尔 UOP Ecofining™ 技术能够灵活地利用炼油厂改造项目或新建项目生产可再生柴油、可持续航空燃料 (SAF) 和可再生石脑油。Ecofining™ 的设计适用于单个或多个加氢反应器或裂解反应器，可以灵活地选择柴油和航空燃料在成品中的比例分配。鉴于原料选择对可持续发展至关重要，Ecofining™ 技

术的研发宗旨即是从各种废物和可持续原料中生产出性能出色的产品。UOP 已经完成了从小容量 (小于 1000 BPSD) 到目前世界最大容量 (35000 BPSD) 的不同规模的 100% 生物原料的可再生柴油和航空燃料项目。所有六个采用 UOP Ecofining™ 技术的商业装置都已扩大或正在考虑扩大现有生产能力。



目前，只有霍尼韦尔 UOP 拥有六年以上将 100% 生物原料转化为可持续航空燃料的商业经验。并且，在 2016 年，UOP 在美国加利福尼亚州的 World Energy 交付了目前唯一正在运营的主要生产可持续航空燃料的商业设施。

随着燃料产品需求的变化，炼油厂正在寻找重新利用现有资产，高效生产可再生燃料的方法。改造转产使该行业能够在对现有运营影响最小的情况下引入新型燃料。霍尼韦尔 UOP 在改造方面拥有专业知识，在目前投入商业运营的六个 100% 可再生原料加工装置中，有四个是从炼油装置转化而来。Ecofining™ 技术具有良好的灵活性，允许客户选择单级或两级反应器配置来生产可再生燃料。

炼油厂改造转化的资金成本通常只有类似产能的新建项目的 30% ~ 50%。通过重新利用现有设备、支持能力和燃料存储设施，这些项目的成本可以大幅降低，同时节省空间。这还有利于加快项目进度、缩短设备交付周期、减少设备数量，以及提前投入商业生产。改造项目的周期通常是 12 到 18 个月或者更短，而新建项目的周期则达到 24 到 30 个月。



随着欧洲和其他地区陆续颁布可持续航空燃料指令，生产可持续航空燃料的能力可以大幅提高企业未来的盈利能力。目前，只有 UOP 拥有六年以上将 100% 生物原料转化为可持续航空燃料的商业经验。早在 2016 年，UOP 就在美国加利福尼亚州的 World Energy 交付了目前唯一正在运营的主要生产可持续航空燃料的商业设施。该项目将一家已经关闭的沥青炼油厂改造成全球首屈一指的可持续航空燃料加工厂，该工厂目前正在扩大规模，以满足来自全球的不增长的需求。

Ecofining™ 技术也可用于生产可再生石脑油，作为

蒸汽裂解装置的原料。通过改变操作条件，双反应器 Ecofining™ 设计可以将 100% 生物原料加氢反应和加氢裂解成可再生石脑油，这是一种适用于很多蒸汽裂解装置的理想轻质原料。对于能够使用较重的馏分绿色原料的蒸汽裂解装置，Ecofining™ 设计可以使用单级反应器装置来生产可再生正链烷烃，用于生产石化产品。

中国拥有丰富的生物原料，包括植物油、动物脂肪和废弃食用油等等。霍尼韦尔的 Ecofining™ 技术可以帮助中国客户将生物原料转化为可再生柴油、可持续航空燃料和可再生石脑油，从而减少碳排放。



6. 塑料循环

结合其他化学及机械回收工艺并改进废品收集和分类，霍尼韦尔的 UpCycle 工艺技术有望回收处理高达 90% 的塑料废品^{6,7}，从而将大多数塑料废品转化为聚合物原料

塑料回收再生是指利用工业或生活废物生产有用产品的再制造技术。材料回收再生也是碳减排的重要策略之一。

以塑料制品为例，中国每年生产的塑料消费品已超过 6,000 万吨，其中，大量 PE、PP 和其他塑料废物不利于物理回收，严重威胁环境质量和生态系统的健康。塑料回收再生是促进石化行业可持续发展的一个重要课题。提高一次性塑料的回收再生比例，以及通过热解技术对回收塑料进行重复利用，不仅可以最大限度地减少化工原料的消耗，还可以削减塑料垃圾焚烧产生的二氧化碳，从而显著减少二氧化碳的排放。

霍尼韦尔的新型 UpCycle 工艺技术利用行业领先的分子转化、热解和污染物管理技术将废旧

塑料转化为可生产再生塑料的再生聚合物原料 (RPF)，然后广泛用于制造各种新的塑料制品，包括彩色塑料、柔性塑料、多层包装塑料和聚苯乙烯等。结合其他化学及机械回收工艺并改进废品收集和分类，UpCycle 工艺有望回收和处理高达 90% 的塑料废品^{6,7}。该技术采用模块化设计。这是一种工程和预制造的整合工艺，可以提供高质量、低成本、快速的生产。因为它是模块设计，因此可以根据客户的需求和可取得的废弃塑料状况进行扩大化生产。

霍尼韦尔 UpCycle 工艺生产的可循环聚合物原料可直接混合到现有原料中，帮助企业实现资源回收利用的要求。该技术具有一个可选择的塑料分拣工艺，不需要用水就可减少处理中的废塑料中的杂质，从而避免用水和废水处理可能带来的环境影响。



6 假设收集和分拣技术的改进足以回收大部分塑料废品且广泛部署包括霍尼韦尔 UOP UpCycle 工艺在内的化学回收技术。90% 这一塑料废品回收率可能随着参与塑料废品回收的消费者和社区数量或回收设施的数量不同而有所变化。

7 霍尼韦尔 UOP 对美国环保署《推进可持续材料管理：2018 年事实和数据》以及《HIS Markit 2019 年全球聚合物消费数据》的分析。

7. 以数字化技术促进可持续发展

尽管原材料、工艺流程和资产中的技术应用非常重要，但智能和互联等数字技术的应用也是帮助炼油、石化和化工行业节约能源和减少碳排放的有效方式。

通过应用数字技术来改进工艺、提高资产效率

和减少温室气体排放，霍尼韦尔互联工厂解决方案可以实现行业中运营和生产的端到端优化。霍尼韦尔互联工厂解决方案包含咨询服务、预置工业软件、分析和解决方案，涵盖从数据管理、数字孪生、实时优化到智能运营管理的众多功能。

a 通过端到端能源优化实现节能和碳减排

顾问服务 — 霍尼韦尔提供能源和碳优化顾问服务，通过有针对性的研讨会和访谈以及制定能效计划，识别工厂关键资产的能耗和碳排放基准线，确定现有资产和系统的减排潜力，诊断当前工艺、实践、系统和工具并与行业最佳实践进行比较，以确定差距。

数字孪生和模拟 — 现代数字孪生是对实体对象或流程进行精确的数字复制，以提供对行为和性能的新洞察。全面的数字孪生工艺模型为工程师提供了热能及物料平衡的完整视图，可用于评估极限设计情况和其他操作条件。模拟技术用于可行性研究、评估替代流程和识别风险。工程师利用该信息来确保设计的安全性和环境法规合规性，从而提高资产的运营和绩效。

- 霍尼韦尔 UniSim® 软件包含二氧化碳排放的热力学模型，用于优化和监控碳捕集、碳运输和碳封存操作。UniSim® 被用作数字孪生来建模和模拟新的生产工艺（例如绿氢和零碳工厂），以及开展能源整合研究。

英国初创公司 Clean Planet Regeneration Ltd 使用 UniSim 来调整和配置他们的精炼反应器模型（塑料的热催化热解），以模拟新的专利燃料工艺，将废塑料转化为清洁燃料（石脑油、喷气燃料和船用柴油），并将这种超精炼燃料的二氧化碳排放量成功降低 75%⁸。

能源优化 — 能源优化是企业增加盈利和减少排放的第一步。在炼油厂和石化厂，能源网络涵盖能源的生产、分配和使用。一个典型的能源网络由锅炉、熔炉、涡轮机、热交换器、排放设备、各类用户和管道等组成。霍尼韦尔先进能源解决方案 (AES) 使用霍尼韦尔 Profit Suite 的 Profit Controller 经过验证的鲁棒多变量预估技术来执行效率曲线管理，以优化锅炉和涡轮机的效率，以及主压力和锅炉燃烧的先进控制。通过管理这些高效的效用优化因素，该解决方案可帮助企业实现节能和减排。该解决方案使用 Advanced Process Control 先进流程控件来实时优化工艺的能源，以降低燃料消耗，减少排放。

通过应用数字技术来改进工艺、提高资产效率和减少碳排放，霍尼韦尔互联工厂解决方案可以实现行业中运营和生产的端到端优化。该解决方案包括：

- 端到端能源优化
- 能源和排放的监控及卓越运营

8 www.cleanplanetenergy.com/clean-air

b 能源和排放的监控及卓越运营

对于大多数工厂来说，提升可持续性是从实时监控开始的。实时监控对于改进工艺流程至关重要。“只有可量化，才能被管理。”霍尼韦尔能源和排放监控解决方案使企业能够更加关注运营中的效率和可持续性。

能源和排放 KPI 监控 — 霍尼韦尔 Asset Sentinel 资产管理技术提供实时视觉智能和 KPI 标准化的能源和排放监控、对标、报告和故障排除解决方案，内置计算功能，便于生成碳排放跟踪和审计的可持续性报告。其创新部分基于动态目标的理念，计算实际能源使用量和应用最佳实践作业时的预计能源消耗量，并对二者进行对比分析。在加工厂或加工装置中，实际能源和排放包括净燃料、蒸汽和电力的消耗，以及生产能源的消耗和排放，并根据工艺流中的可回收潜热和捕获的二氧化碳进行调整。预计能源和排放的计算基于实

际进料速率和其他条件，并以工厂或装置尽可能高效作业为前提。使用精确模型是一种选择，因为 Asset Sentinel 可以根据需要链接到 UniSim 设计模型。实际和预计的能源和排放按工艺装置和整个工厂进行总结分析。这些信息可以在报告中找到，也可以在突出显示问题的区域中找到。

卓越运营 — 能源和排放管理是霍尼韦尔智能生产管理执行系统 (MES) 的一个功能模块，其功能包括水电能源网络平衡、工艺装置消耗分配、基于作业班次计算的实时 KPI 以及每个装置的详情，后者为作业班次绩效管理提供了有用工具。该功能和其他 MES 功能（如计划和调度、运营管理，以及产能核算）位于同一个卓越运营管理平台上，共同提供了闭环运营管理，帮助企业提高整体绩效和效率。



关于我们

霍尼韦尔（中国）有限公司可持续发展研究院隶属于霍尼韦尔特性材料和技术集团，前身为 2018 年成立的霍尼韦尔（中国）有限公司环境保护研究院。升级后的研究院融合了该业务集团的创新力量和专家，涵盖了研发、技术、市场、产品等各个领域。可持续发展研究院低碳中心成立于 2021 年 8 月，专注于研究低碳技术发展和市场需求，以霍尼韦尔创新的产品和技术为引擎，推动低碳解决方案在中国市场的开拓和实施，助力客户可持续发展以及中国“碳达峰”和“碳中和”目标的实现。《以先进技术促进可持续发展——霍尼韦尔低碳发展绿皮书》是低碳中心在其 2021 年发表的《霍尼韦尔炼化行业低碳发展白皮书》基础上针对重点碳排放行业和减碳技术编撰修订的续篇，内容更为精炼，后续还将有更多洞见与大众见面。

霍尼韦尔特性材料和技术业务集团是全球领先的特性材料、工艺技术和自动化方案供应商。该集团下属霍尼韦尔 UOP 拥有超过 4900 个专利和应用，并且全球 36 种广泛使用的炼油工艺中的 31 种是霍尼韦尔 UOP 的发明。此外，UOP 技术助力全球 60% 汽油、40% 液化天然气和 70% 聚酯纤维的生产。集团下属过程控制部是分布式控制系统（DCS）的发明者，引领工业自动化行业长达半个世纪之久，其技术应用于全球超过 15,000 家生产基地，覆盖超过 125 个国家和地区。集团下属高性能材料部专业生产多样的高性能产品，包括环境友好型制冷剂、发泡剂和气雾剂。

编辑委员会

感谢参与撰写《以先进技术促进可持续发展——霍尼韦尔低碳发展绿皮书》的各位编者：

周麓波、何剑波、张奎山、卢静、刘焘、徐水根、刘涛、范少龙、顾昕、彭树文、姚正杰、罗超、吴翀。

感谢他们基于对行业发展和相关技术应用的洞察和提出的独到见解和前瞻看法。

霍尼韦尔（中国）有限公司
可持续发展研究院
上海市浦东新区环科路
555 号 1 号楼

