

降碳“节”答：工业进化论

本刊编辑部

在当今全球气候变化的背景下，工业作为能源消耗和碳排放的关键领域，扮演着实现“3060”目标不可替代的角色。依据《2024—2025 年节能降碳行动方案》设定的具体目标，我国正加速推进绿色低碳转型，强化能源效率提升和清洁能源的应用，致力于构建一个更加环保、可持续发展的经济体系。在此过程中，工业企业不仅是政策的践行者，更是技术创新与应用的先锋。《流程工业》2025 年第一期特别推出“降碳‘节’答：工业进化论”专题，我们邀请了来自不同行业的专家学者分享他们的见解和经验，从技术创新到管理优化，从能源结构的调整到生产流程的重塑，这些宝贵的经验分享将为同行提供参考，促进整个行业向更加环保、高效的方向转型。

技术前沿：创新技术驱动工业绿色发展

在追求绿色发展的道路上，工业企业不仅是节能减排的关键力量，更是创新技术的推动者。工业企业正通过数字化节能管理、一体化建设、大数据和人工智能等创新手段，有效应对节能降碳中的成本和技术挑战。

PROCESS：在您所在的专业领域，哪些技术被认为是未来几年内最具潜力的节能降碳手段？

中国石化工程建设有限公司 王树国：石油化工行业是耗能大户，“双碳”背景下最具潜力的节能降碳手段包括以下几个方面：

1) 大力开展风电、光伏互补耦合接入石化电网，大幅提高“绿电”接入比例，提高“消纳率”，减少“弃风率”“弃光率”。

2) “绿电”背景下提高“再电气化率”：a. 将传统化石能源加热的改为“绿电加热”，如石化加热炉、裂解炉等改为“绿电加热炉、绿电裂解炉”。b. 将传统的蒸汽透平驱动的转动设备改为“绿电”直接驱动。以上技术措施可大幅降低“碳”排放，实现绿色节能环保。

案例：2021 年 12 月 17 日中国石

化首个陆上风力发电项目陕西大荔陆上 20 MW 风电项目分散式风力发电项目成功并网发电，实现了中国石化在风力发电领域零的突破。

大荔陆上分布式风力发电项目位于陕西省渭南市大荔县羌白镇、苏村镇和官池镇，项目总投资 1.51 亿元，总装机容量 20 MW。项目安装 8 台 2.5 MW 风力发电电动机组，新建 1 座 35 kV 变电站，以及其他相关配套设施。

该项目采用分布式风力发电型式，其所产生的电力就近接入石化电网，更加灵活，实现了风能资源的有效利用和就地消纳。该项目的电网结构以 10 kV、35 kV 配电电压为主，并已建设了一定规模的分布式风力发电设施。

该项目年上网电量约为 4 286 万 kW·h，满足 2 万余户家庭清洁用电需求，年可节约标煤约 1.36 万 t，减少二氧化碳排放 3.5 万 t。这是中国石化践行绿色低碳发展的重要行动，将促进新能源产业发展助力实现“双碳”目标。

PROCESS：从企业角度来看，实施节能降碳改造的过程中，面临的最大挑战是什么？有哪些破局之道？

中国石化工程建设有限公司 王树国：构建石化版新型电力系统是石化



中国石化工程建设有限公司 王树国

行业绿色转型的关键，首要目标是推动能源工艺与消纳全环节的形态转变，实现从生产到消费全过程含碳量的逐步下降。一是立足供给侧，逐步实现能源电力在供给环节上的降碳，有计划、分步骤地提升清洁发电占比，推动化石能源低碳化发展，做到各类电源互补。同时，保障清洁电力发得出并且用得上，通过就近平衡的方式实现清洁电力的高水平利用；二是立足消费侧，提升终端用能电气化、高效化与减量化等能效，增加新型电力系统对终端用能的降碳作用。

石化行业新型电力系统是以确保石化行业供配电安全为前提，以满足

石化行业高质量发展电力需求为目标,以高比例新能源消纳为主线,以源网荷储多向协同、灵活互动为支撑,以坚强、智能、柔性石化电网为平台的新时代石化电力系统。

石化行业新型电力系统是新型能源体系的重要组成和实现“双碳”目标的关键载体。应聚焦新型电力系统、大容量风电、高效光伏、大规模储能、可再生能源制氢等重点领域和方向,加快开展技术攻关和成果转化应用;不断完善能源领域碳达峰碳中和的系列政策,持续优化能源绿色转型市场机制,加快建设全国统一电力市场体系,进一步完善绿证制度,推动绿证市场、碳市场、电力市场有效衔接。

在新型电力系统中,供电侧通过智能控制、柔性调节、储能系统,解决新能源波动性、间歇性、不稳定性问题,提高新能源消纳率,大幅提高绿电接入比例;用电侧从原来的有序用电过渡到负荷需求响应,从“被动适应负荷”向“源网荷储主动协调”发展,同时进行再电气化流程再造,从工艺流程、关键装备、控制系统等方面,对石化加工流程进行再造,以适应新的能源供给模式。

PROCESS: 大数据和人工智能等现代信息技术如何助力工业节能降碳?

中国石化工程建设有限公司 王树国: 1) 随着石化行业新型电力系统的构建,石化配电网运行逐渐呈现智能化、数字化的特点。发展“源网荷储一体化”运行急需“云大物移智链边”。其中的云计算、大数据、石化电力物联网、边缘计算等技术手段,让石化配电网系统配备拥有海量数据处理分析、高度智能化决策等能力的云端解决方案。从而实现各类石化能源资源整合、打通能源多环节间的壁垒,让“源网荷储”各要素真正做到友好协同。

2) 从有序用电,过渡到负荷需求

响应,向源网荷储管控一体化智能发展。通过构建石化行业能源管理系统,从“源随网动”“网随源动”“网随荷动”向“源网荷互动”协调发展。新型储能从源、荷侧小型储能,经过大规模储能,向大容量网侧构网型储能发展。从“被动适应负荷”向“源网荷储主动协调”发展。

3) 依托海量数据和超强算力,推动构建新能源供给的消纳体系,借助数字技术和绿色技术融合助推重点行业领域用能结构转变和效率提升。另一方面,依托数据共享和业务协同全面满足用户需求,解放用户潜能,更好推进绿色化所需的数字化采集、网络化传输、智能化应用,促进电碳耦合综合能源服务与智慧能源等新产业、新业态、新模式加快发展。

4) 作为衔接风光发电电源、电网和制氢厂用电负荷以及储能控制的中间枢纽系统,通过贯穿电源、电网和负荷的“能量平衡”理念,应实现源网荷储各类资源的可观、可测、可控、可调,充分发挥源网荷储各类资源在实际运行中的作用,来提高绿电制氢供电系统的稳定和可靠性,实现平稳运营,实现能源综合利用效率的提升和用能成本的优化。

PROCESS: 从可再生原料到生物技术,化工行业如何推动低碳转型?

赢创 夏赋良: 在全球绿色低碳的发展趋势下,化工行业面临着前所未有的变革挑战。赢创作为特种化工行业的领军者,致力于为各行各业提供创新的可持续解决方案,支持下游行业实现低碳转型。通过推进绿色技术的应用与发展,赢创积极采用可再生原料并运用生物技术,开拓新的发展路径,持续引领行业的绿色变革。

1) 可再生原料助推绿色化学

当下,越来越多的化工公司开始将目光转向可再生原料。赢创正在扩大产品组合中可再生原料产品的比例,以满足不断增长的以可持续原料替代化石燃料的需求。由于化工行业的物质流极为复杂,生产网络也无比庞大,为了采用可再生原料而彻底重建生产工艺并不现实。为实现这一转变,“质量平衡法”的计算方法孕育而生。这一方法允许在不改变现有生产工艺的情况下,利用可再生资源部分替代燃料。

目前,赢创已推出多款基于质量平衡法的生物基产品,涵盖异佛尔酮产品、无定形 α -聚烯烃、液体聚丁二烯、聚酰胺弹性体等,广泛适用于工业和消费品领域,包括涂料、风电叶



质量平衡解决方案是赢创可持续发展道路上的一个重要里程碑,赢创已推出多款基于质量平衡法的eCO系列产品



赢创工业集团大中华区总裁 夏赋良

片原料，汽车、包装、建筑用胶黏剂与密封胶、跑鞋以及太阳眼镜等。

质量平衡解决方案是赢创可持续发展道路上的一个重要里程碑，赢创已推出多款基于质量平衡法的 eCO 系列产品。

2) 塑料回收的工艺创新

废弃塑料回收后作为可再生原料重新用于化工生产的相关研究，正变得越来越成熟，成为另一种重要的减碳原料。

在物理回收方面，采用加工助剂能够解决塑料回收过程中的工艺难题，提高塑料回收工艺的效率和质量。赢创的表面活性剂可用于唾沫和脱标签工艺，消泡剂可简化洗涤过程，而脱水剂则有助于后续干燥。根据赢创的测算，这些加工助剂有利于将塑料回收物的量提高 5%。

在化学回收方面，赢创正在研发一种甲醇醇解工艺，以促进高污染 PET 废弃物的回收利用。这种技术可以将污渍多、已着色、含有添加剂或其他化学物质的废弃塑料作为有价值的原材料进行回收。

3) 借助生物技术，探索新前景

生物技术被视为每个行业的重要突破口，对化学工业的影响尤为显著。由于生物技术的进步，生物催化的工业化运用变得更加容易。赢创也正积极利用生物催化技术，将可再生碳的生物基原料高效转化为化工产品。

比如，赢创自 2022 年起开始在上海采用基于 100% 可再生能源的酶促法工艺生产用于个人护理应用的酯类润肤剂。通过酶促法这一环保且高效的生物催化合成反应，并且全程采用可再生能源，与传统化学生产工艺相比，相关产品的二氧化碳足迹可减少近 100%。

生物发酵被广泛用于食品、医药、农业、日化和材料等多个领域。这一技术不仅能够减少对化学试剂的依赖，还能够通过自然过程创造出新的活性成分。赢创的鼠李糖脂就是生物表面活性剂的一个代表。该产品以欧洲玉米来源的糖为主要原料，采用专利技术通过发酵工艺生产，且产品可完全



赢创提供一系列可完全生物降解的生物表面活性剂

生物降解，环境毒性与生态毒性极低。赢创位于斯洛伐克的全球首座规模化生物表面活性剂鼠李糖脂生产工厂已于 2024 年初正式投产。

通过可再生原料、塑料回收和生物技术的深入应用，化工行业正逐步实现绿色转型。在此过程中，企业需要在技术创新和产业布局上持续投入，方能在低碳经济中占据先机。

PROCESS：从企业角度来看，实施节能降碳改造的过程中，面临的最大挑战是什么？有哪些破局之道？

西门子 张效翔：在这个过程中面临的挑战，一是缺少全面准确的工厂现状工程资料，导致难以系统性评估当前的能源消耗和碳排放情况；二是由于缺乏数字化工程数据支撑，无法充分利用智能化工具和技术手段来制定最优的改造方案。

西门子 COMOS 软件通过统一的数据库将工厂全生命周期的工程数据进行整合和数字化管理，即使是已有的存量工厂，也可以通过数据重构和反向集成快速补全工程信息。基于数字化的工程数据，企业可以借助 COMOS 对工艺流程和能源使用进行全面分析，识别高能耗环节，优化资源配置。与此同时，COMOS 支持各部门协同工作，从设计到运行全程提供数据支持，帮



赢创的多种助剂解决方案，用于塑料回收工艺的各个环节

助企业实现精准降碳，为工厂制定科学高效的改造路径提供了坚实的技术基础，从而更快速、更经济地实现绿色转型目标。

PROCESS：大数据和人工智能等现代信息技术如何助力工业节能降碳？

西门子 张效翔：大数据和人工智能通过数据采集、分析和优化，为工业企业的节能降碳提供了重要支持。大数据整合生产过程中的分散信息，提供能耗与碳排放的全面视图，帮助企业识别能源浪费点并优化资源分配。人工智能则通过预测性维护减少设备故障引发的能源浪费，并优化工艺参数以实现节能降碳目标。此外，AI还能模拟不同工况下的碳排放，为企业制定精准的减排策略提供科学依据。

西门子 COMOS 覆盖工厂全生命周期，从设计、采购、施工到运维，基于统一数据库实现数据透明化和一致性管理。它不仅支持多部门协作，还通过全流程数据优化帮助企业减少资源浪费、提高能源利用效率，并在各阶段降低碳排放。

基于人工智能技术的 SiePA (Siemens Predictive Analytics) 通过预测性分析和实时优化，为企业节能降碳提供了强大的支持。结合工业 AI 的预测能力，SiePA 利用工厂历史数据和实时运行数据评估设备状态，提前预警故障风险并智能推荐解决方案，从而减少非计划性停机，提高设备运行效率。与此同时，SiePA 动态调整能源使用策略，帮助企业在实现生产效率最大化的同时，显著降低能源消耗和碳排放，为工业节能降碳提供了高效的数字化解决方案。这种技术的协同应用，帮助企业从全生命周期优化能源管理，实现绿色转型目标。

PROCESS：数字化技术如何帮助企业更高效地管理和优化能源使用？



赛莱默研发部振动分析专家 刘华胜

赛莱默 刘华胜、邢进：在建筑、工业等关键领域，水泵和电动机等设备是系统稳定运行的核心支撑，其性能和可靠性直接决定了整体应用的效率与安全性。通过数字化和智能化技术的引入，尤其是预测性维护技术与大数据分析的应用，能够实时监测设备状态，精准识别潜在问题并提前采取预防措施，有效避免因设备突发故障引发的生产中断或经济损失。这些技术不仅延长了设备的使用寿命，还显著提升了系统的整体可靠性与运行效率，为实现工业节能与绿色发展提供了坚实保障。

赛莱默 optimize® 水泵健康监测解决方案针对核心设备与资产设计，集状态监测、趋势分析和预测性维护建议于一体。通过对数据的深度分析，



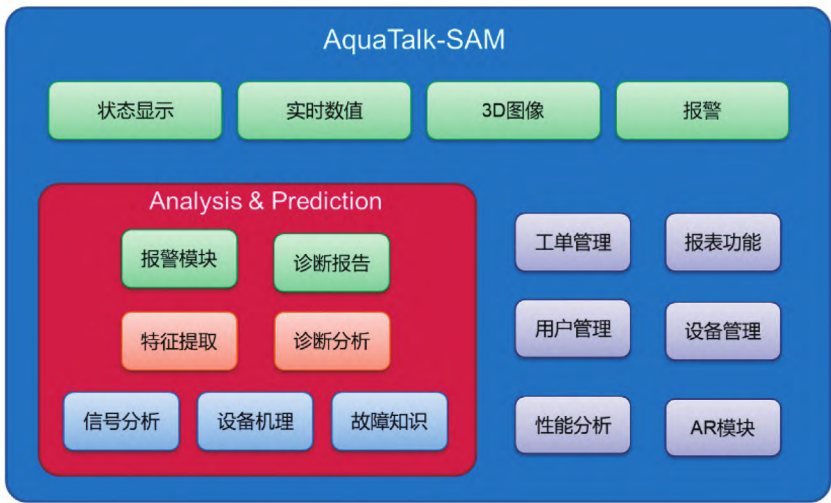
赛莱默市场部经理 邢进

optimize® 水泵健康监测解决方案不仅帮助用户全面了解设备的当前状态与历史趋势，还能生成详细报告，提前识别潜在故障并提供预警，协助用户优化维护计划，在问题影响系统运行之前实施预防性维护，显著提升系统的可靠性和稳定性。optimize® 水泵健康监测解决方案通过了 CE、UL 和 FCC 认证，其模块由内置电池供电，可通过蓝牙与移动设备连接，或借助 optimize® 网关实现数据传输。结合赛莱默的智能监测平台，用户能够随时随地实时访问设备状态数据，实现全面且持续的监测。

赛莱默智能水泵预测性维护方案 (SAM) 建立了能识别设备健康问题、特别是早期故障迹象的预测性诊断系统，提供维护维修执行建议。作为预



赛莱默 optimize® 水泵健康监测解决方案



赛莱默智能水泵预测性维护方案（SAM）预测性诊断分析功能组成

降本的重要手段之一，目前厚普股份已实现了加氢机、氢气压缩机、加氢枪、流量计、高压氢气拉断阀等产品的国产化替代，大大降低建站的设备采购成本。同时，厚普股份的自主研发的集成化箱式橇装加氢设备，具有占地面积小、建站周期短、集成化程度高、投资少等特点，现已成功应用于多个国家级、省级示范加氢站，为加氢站建设提供了降本的另一路径。此外，在建设加氢站时，客户还可以选择建设油气氢电综合能源站的方式，从而降低加氢站的运营成本。

测性维护系统是现场工业控制系统组件，不干预设备工作。由现场传感器及数据采集装置和机房 SAM 专用服务器组成。数据上传至服务器，结合设备模型和工况数据，实时诊断设备健康，异常时报警并生成报告。智能水泵预测性维护方案（SAM）从两个维度分析振动数据判断设备健康：一是从整体健康数据中找“亚健康”迹象，而非仅依赖阈值判断；二是对“亚健康”进行分析诊断，确定病因病灶。从诊断分析技术层面讲，智能水泵预测性维护方案（SAM）结合了故障机理分析和数据驱动分析两种不同的手段，取长补短之后，对早期故障问题的诊断识别有非常卓越的效果。

智能水泵预测性维护方案（SAM）报告头部有预警基本信息、提供触发报警的数据曲线并标记故障特征。报告重点部分是故障分析及建议，含概要描述、故障模式、原因、处理措施、改进建议及详细记录。用户依据报告可提前干预，避免严重故障。

PROCESS：从企业角度来看，实施节能降碳改造的过程中，面临的最大挑战是什么？有哪些破局之道？

厚普股份：企业在节能降碳过程中面临的挑战涉及技术、经济、政策、社

会等多个方面，针对这些挑战，企业将持续通过技术创新、合作共赢、多元化投资以及政策参与等策略来有效应对。比如厚普股份所在的氢能行业，目前氢能发展面临的最大挑战是高昂的成本问题，目前在制氢成本、储运成本、加氢站建设成本等方面，仍是居高不下，也是氢能发展的重大制约因素。

对此，厚普股份向市场推出的制氢加氢一体化建设，将是降低氢能成本的有效破局之道。制氢加氢一体化是指通过整合制氢和加氢工艺，整合生产、储存和利用环节，实现能源链条的闭环，以实现节约能源成本、提高生产效率、减少设备占地、减少废物和污染，从而提高能源利用效率、降低成本、保护环境。

一般来说，氢气的应用在制氢、运氢、加氢 3 个方面产生成本。制氢加氢一体化解决方案，很明显的是可减少运输环节，在运输上降低成本。在制氢端，设计时可根据客户的资源进行匹配对应的制氢方式，比如客户在用电方面具有低成本优势资源，则使用电解水制氢方式；若客户在废气资源方面拥有优势，可考虑工业副产氢的方式制氢，从而降低氢气制取成本。在加氢端，加氢设备的国产化替代是

PROCESS：大数据和人工智能等现代信息技术如何助力工业节能降碳？

厚普股份：大数据和人工智能技术在对能源消耗进行监测和管理、能源预测和分析推理、节能设计等方面可帮助企业更好地管理能源，预测碳排放，提高能源效率，以及优化能源使用来实现节能降碳的目标。

能耗数据分析与优化：通过收集工业生产过程中的大量能耗数据，如电力、水、蒸汽等的消耗量，利用大数据技术进行深入分析，可以准确识别出能源浪费的环节和设备，从而优化设备运行参数，提高能源利用效率。

设备故障预测与维护：通过对设备运行数据的持续监测和分析，大数据技术能够预测设备可能出现的故障，提前进行维护和检修，避免因设备故障导致的能源浪费和生产中断。

生产过程优化：在生产过程中，大数据技术可以实时监控和分析生产参数，如温度、压力、流量等，及时调整生产条件，使生产过程始终处于最佳状态，提高能源利用效率。

能源管理系统：利用人工智能技术构建的能源管理系统，可以实现对工业企业的能源消耗进行实时监控、分析和管理的。系统能够自动识别能源浪费行为，提供节能建议，帮助企业制

定科学的能源管理策略。

智能诊断与维护：人工智能技术可以对工业设备进行智能诊断，及时发现设备的异常状态和潜在故障，指导维护人员进行精准维护。这不仅能够延长设备的使用寿命，还能减少因设备故障导致的能源浪费。

PROCESS：贵公司在节能降碳过程中引入了哪些数字化技术？这些技术如何帮助企业更高效地管理和优化能源使用？

厚普股份：近年来，厚普股份持续加强了对互联网信息技术的投入与研发，利用信息化技术、云计算技术、大数据技术、物联网技术在清洁能源领域成功推出 HopNet 能源物联网平台，在清洁能源加注行业实现了加注站设备智能监管、加注站智慧运营管理、售后服务动态管理等功能的管理平台，形成了人与物、物与物、信息化、智能化相联的“万物互联”网络。HopNet 能源物联网平台，首家在清洁能源充装行业实现了充装站设备智能监管、充装站智慧运营管理、售后服务动态管理等功能的综合性管理平台。实现设备远程实时监控、智能预警和数据分析等功能，数据更新频率小于 5 s，实现设备安全监控、设备运营调度监管和售后服务目前平台已为我公司参与建设的 7 000 余座 CNG/LNG/L-CNG/H₂ 加注站提供实时服务，确保安全生产。

PROCESS：在您所在的专业领域，哪些技术被认为是未来几年内最具潜力的节能降碳手段？

阿特拉斯·科普柯 刘宇楠：压缩空气常被誉为工业“第四大动力”，在制造业里，其使用频率与水、电、煤气不相上下。不过，生产压缩空气耗能巨大，电费在空气压缩机总成本中占比极高，可达 80%。

在限电双控背景下，压缩空气系统节能意义重大，既能削减企业生产制造成本，帮企业省钱，又有助于企业实现碳资产增值。而且，压缩空气节能并非单台设备的事，既关乎压缩机自身，也涉及后处理等多设备的管理设置，要整个系统协同实现节能。

阿特拉斯·科普柯相较于单台压缩机节能，更关注站房整体用气能耗表现。我们是《压缩空气站能效分级指南》的主要倡导和起草推动者，多个一级能效站房项目成果优异，综合输功效率远超一级能效标准。

制造型企业空压站房节能潜力巨大，主要体现在这几方面：

1) 设备更新与优化：新一代空压机多采用变频技术，能按需调节运行速度，能效更高。传统空压机能效普遍低，工作效率不到 70%，电能浪费严重。换上新型高效空压机，可大幅降低能耗。

2) 系统智能化管理：智能空压站房可远程监控、无人值守、自动控制。系统能依用气需求，自主调节空压机运行数量与参数，优化启停顺序，让系统在最窄压力带运行。借助实时数据采集与智能优化控制，降低站房整体能耗。

3) 热能回收系统：空压机运行会产生大量热量，安装热回收系统，可



阿特拉斯·科普柯（上海）贸易有限公司
总经理 刘宇楠

回收部分废热，用于供暖或热水系统，提升资源利用率。

4) 定期维护与保养：定期维护空压机，确保其处于稳健状态。像定期更换空气过滤器、检查润滑油、清理热交换器等都很重要。良好的维护能减少故障，提高效率，延长设备寿命。

PROCESS：大数据和人工智能等现代信息技术如何助力工业节能降碳？

阿特拉斯·科普柯 刘宇楠：在人工智能（AI）助力下，空气压缩机管理意义重大。它不仅能提升压缩空气系统效率，还对工业物联网（IIoT）的实现与发展起到推动作用。借助大数据分析，可挖掘压缩机系统潜在的节能契机。比如，分析压缩空气使用状况，若发现某些用气环节存在浪费现象，就能及时采取优化举措。同时，依据用气需求变化趋势，运用 AI 算法优化用气策略，做到按需供气，减少因过度供气造成的能耗浪费。

像 SMARTLINK 智联星这类 AI 压缩机监控工具，在 IIoT 发展进程中扮演着关键角色。这类在线监测解决方案，能为压缩空气系统提供极具价值的信息与见解，创新性地给出基于数据、针对客户特定需求的规范性建议。

具体而言，AI 机器学习算法可对存储在云端的海量数据进行分析。以 SMARTLINK 智联星为例，它持续从超 25 万台机器中汲取数据并学习。在业内，它是为数不多能通过 AI 模型处理这些大数据的系统，进而为客户生成规范性建议。如此一来，它既能提供优化单台机器或压缩机房性能的相关信息，还能在设备需要维护时及时发出警报，避免出现代价高昂的故障。

实践案例：节能降碳项目树立行业标杆

在追求绿色可持续发展的浪潮中，

众多企业正通过实施创新的节能降碳战略，打造出一系列标杆案例，不仅推动了自身业务的转型升级，更为行业树立了节能减排的新典范。

PROCESS：能否分享几个节能降碳项目标杆案例？它们的成功经验有哪些？

中国石化工程建设有限公司 王树国：分享两个案例，第一个是以石化行业典型“1 000 万 t/a 炼油+100 万 t/a 乙烯”为案例。项目总的用电负荷 250 MW，按照绿电装机容量为总用电负荷的 30% 即 75 MW 计算，配置 7.5 MWh/15 MWh 储能容量。配电系统设 220、110、35、10 和 0.38 kV 电压等级，按照 2 套方案考虑：采用集中式，绿电接入 110 kV 系统；采用分布式，绿电接入 10 kV 和 0.38 kV 系统；

储能接入 35 kV，采用磷酸铁锂电池，供配电系统图如图 1 所示。

此技术方案绿电和储能接入电网技术已较为成熟可靠。绿电装机容量 75 MW，按风电、光电互补各占 50% 设置，按照风电年满发利用 2 974 h，可节省用电量约 11 152.5 万 kW·h/a，折合 3.41 万 t 标煤/a。光伏发电年利用小时为 1 644.2 h，可节省用电量约 6 165.75 万 kW·h/a，折合 1.88 万 t 标煤/a，合计折合节省 5.29 万 t 标煤/a。

第二个案例是基于电驱动的加热炉低碳化降碳效益分析，以柴油加氢装置加热炉为例计算电气化效益（100% 绿电），结果分析见表 1。

PROCESS：在过去的 2024 年，贵公司在践行绿色节能方面，有哪些举措、创新实践和收获？

威乐 金剑：威乐集团始终高度关注产品创新，已经连续多年将净销售额 4% 以上用于研发。2023 年，威乐产品研发交付 38 个项目，铸就专业化道路的威乐工业行业厚积薄发，到

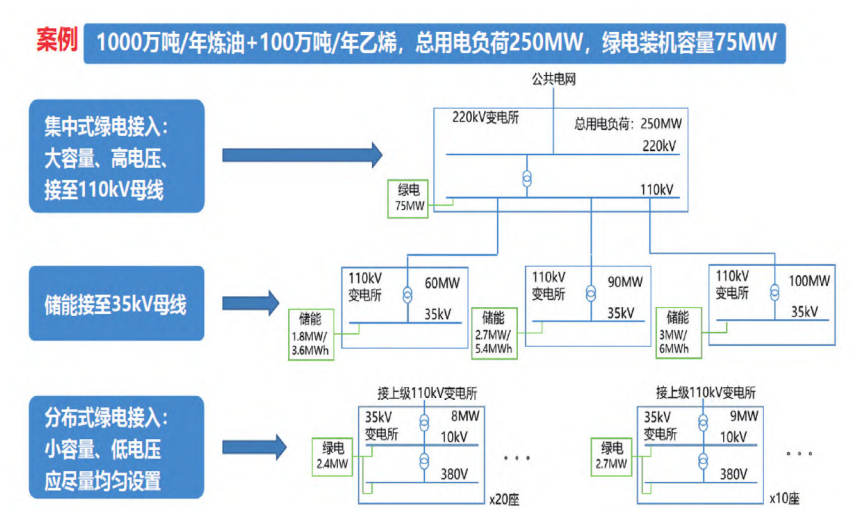


图 1 储能接入 35 kV，采用磷酸铁锂电池供配电系统

表 1 100% 绿电条件下的柴油加氢装置加热炉的电气化效益

以柴油加氢装置加热炉为例计算电气化效益（100%绿电）					
炉子设备	炉子总负荷 MW	用电量 亿度/年	二氧化碳减排 万吨/年	节省燃料天然气 万方/年	备注
反应进料加热炉 脱丁烷塔重沸炉 分馏塔重沸炉	106	9.89	19.27	8520.98	

2030，预计将服务超过 2 000 个现代化工厂。威乐在北京和常州的基地，今年已经全部实现生产制造碳中和。威乐还将与中国节能协会、giz 德国国际合作机构等行业组织携手，共同推动能源行业绿色标准升级。

另外，针对设备更新这个年规模 5 万亿元以上的巨大市场，聚焦工业、

农业、建筑、交通等行业，威乐的可持续发展行动也早有布局。威乐在全球有超过 900 个服务合作伙伴，每年为客户提供 1 万套能源解决方案，通过采用高效水泵，实现年节电 1.8 亿 kW·h。同时，威乐能源优化团队可以针对各行业提供专业的减碳节能全流程服务，助力企业每年减少近 3 万吨的 CO₂ 排放。威乐中国还与 EESIA 能源环境服务产业联盟、EMCA 中国节能协会节能服务产业委员会携手，共同推动能源优化稳步向前。

PROCESS：能否分享几个节能降碳项目标杆案例？它们的成功经验有哪些？

领储宇能 霍佳龙：2024 年，领储宇能持续推动产品落地、帮助业主方实现节能减碳的项目实践中，全年总装机容量超过 1 GW·h，成功助力多个百 MW·h 项目落地，项目遍布祖国大好河山，案例包括南京南钢储能电站、



威乐中国工业行业销售总监 金剑



TÜV 莱茵为威乐颁发碳中和证书

滨海共享储能电站、宁夏太阳山泉眼330变电站电网侧200MW/400MW·h共享储能示范项目、宝武清能梅钢储能电站等。

具体来看，领储宇能南京南钢项目装机容量为61 MW/123 MW·h，系统效率达到了90%。项目配置有17套储能系统，每套含18台200 kW/402 kW·h储能柜和1套3750 kVA升压舱。

在滨海200 MW/400 MW·h共享储能电站项目上，领储宇能交付了1000台以上的418 kW·h储能一体柜。该项目作为当前规模最大的组串式储能电站项目，自运行以来，始终保持着良好的运行态势，各项性能指标稳定，为储能领域的大型项目建设与运营树立了典范标杆。

PROCESS：能否分享几个节能降碳项目标杆案例？它们的成功经验有哪些？

西门子过程工业软件 王晖：作为全球快速消费品行业的领导者，联合利华在喷雾干燥过程中面临着保持产品质量和运营效率一致性的挑战。喷雾干燥机的手动操作加上季节性变化的影响，使得操作人员难以控制关键的产品参数。为了解决这些问题，联合利华选择与西门子合作。

喷雾干燥是常见的生产工艺，容易受到原材料和季节性变化等因素的影响，客户需要在生产过程中保持产品质量和运营效率一致性。

西门子采用gPROMS工艺数字孪生模型，并结合工业边缘计算技术，为客户提供全工艺过程实时优化和调控。本系统提供实时操作决策辅助，准确判断当前工况并给出满足产率提升要求的操作建议，且可以迅速应对外界变化，提供更高的装置操作灵活性，减少生产成本，避免浪费。

这一解决方案带来了显著的效果，粉末水分含量提升0.3%，能耗降低4%，产量提升1.5%，12个月内实现投资回报。这一成果还获得了世界经济论坛灯塔工厂评估的认可，成为客户数字化转型和可持续制造的标杆案例。

PROCESS：能否分享几个节能降碳项目标杆案例？它们的成功经验有哪些？

浙江中智达科技有限公司 陆经纬：在当前全力践行绿色发展理念、落实国家能耗双控战略目标的宏观形势下，电石生产领域受困于高能耗、高排放的发展瓶颈，电耗成本占比逾40%，节能减排任务迫在眉睫，已成为决定行业可持续发展的关键议题。

2023年，工信部依据行业发展态势与能耗管控需求，精准施策，明确要求电石企业生产电石的综合能耗务必控制在823 kg标准煤/t以下，电炉电耗不得高于3080 kW·h/t。然而，就现阶段而言，能够达到上述标杆电耗标准的企业数量稀少，这一现状引发行业内广泛关注与深刻反思。深入剖析可知，电石生产过程集成复杂的物理及化学转化环节，对从业人员的化工与冶炼专业素养要求颇高。但长期以来，行业管理模式粗放，缺乏严谨、系统的理论体系指引，过度倚重仪表工基于人工经验的操作方式，且在生产流程、工艺管控等方面未建立统一规范与标准，进而导致生产故障频发、产量与电耗关键指标偏离预期，电石炉运行工况亦不稳定。

在此严峻形势下，信息技术与计算机技术仿若破晓曙光，为行业破局带来希望。依托电石炉设备的精确几



领储宇能滨海200 MW/400 MW·h共享储能电站项目

何参数，深度融合电石独特的物理化学模型，引入自适应控制调节的前沿计算机自动控制技术成为当务之急。通过与西部某代表性企业开展深度战略合作，研发团队凭借深厚的专业知识储备与坚韧不拔的探索精神，历经反复、艰辛的参数精细调优，最终成功推动电石冶炼计算机自动控制系统落地应用。

该项目投运后成效显著，借助智能化的电极压放与升降精密调控策略，实现三相电极做功的精准平衡，热效率得以大幅跃升。经实践数据验证，电石产量显著增长 20% 以上，电耗稳步降低 5% 以上，单炉年节电额度超 1 500 万 kW·h，折合节约标准煤超 5 000 t，直接经济效益逾 600 万元。与此同时，操作人员的劳动强度大幅减轻，生产过程的稳定性与产品一致性得到切实保障，诸如电极软硬断故障、出炉不畅等长期困扰生产的难题得以有效攻克，企业整体综合生产能力实现跨越式提升。

综上所述，突破传统技术桎梏，以创新思维积极拥抱信息技术变革，已然成为电石生产乃至整个传统化工行业实现节能减排、降碳节能目标，助力国家能耗双控战略落地的核心动力源泉，更是开启行业高质量发展新篇章的关键密码。

PROCESS：能否分享几个节能降碳项目标杆案例？它们的成功经验有哪些？

EK 中国 王健：EK 至今已拥有超过 60 年的发展历史，基于各行业场景对“双碳”的切实需求，将先进的技术快速转化为创新产品方案，在新能源电芯、生物制药、电子半导体、医疗卫生、数据中心等领域均拥有大量的成功案例，以实实在在的节能降碳效果赢得客户的广泛认可。

在新能源锂电池领域中，我们以



EK 中国区市场营销总监兼 IECD 事业部总监 王健

厦门某新能源节能改造项目为例。该项目为阴极横切分条车间，车间温度为 5 ~ 28℃、相对湿度 45℃，原除湿方案为 2 台单转轮除湿机和 2 台组合式空调机组，为其配置 1 台 DP5 低温直膨深度除湿机（无转轮）直接代替原 2 台单转轮除湿机，不再需要再生能耗，同时送风配置三管制冷凝热回收，对空气进行 0 能耗加热调温后送到室内。根据能源管理公司出具的节能测试报告，改造后的系统节能率达到 74%。

另外，EK 创新性地将一些领先的技术下沉到还没有运用该技术的行业，比如将数据中心领域普遍采用“EC 风墙”技术引入其他行业。以某电子厂房项目为例，机组风量 30 000 m³/h，机组全静压 1 440 Pa，功能段：进风段 + 初效过滤段 + 表冷段 + 蒸汽加热

+ 蒸汽加湿 + 风机 + 均流 + 中效 + 出风，EC 风机相对于传统风机节能率可达 21.2%。

在生物制药领域，EK 同样展现出强大的节能降碳实力，为某知名药企在重庆、成都、湖南等地的生产基地的净化生产车间提供 EKDM 洁净组合式空气处理机组，主要功能段包括混合段、初效过滤段、表冷段、中间段、加热段、加湿段、风机段、均流段、中效过滤段以及出风段，另外通过加长型袋式初效和中效过滤器，增大容尘量，过滤效果更好，配合末端的高效送风口，满足车间内的空气洁净度要求；同时，低湿车间配置转热除湿组合式空气处理机组，满足除湿要求。

EK 在节能降碳领域的成功，主要得益以下两点：一是对各行业在温度、湿度、洁净度等方面需求的精准把握，以及对客户在安全、稳定、降本、增效等方面需求的精准洞察；二是我们自身在 DP5 低温出风直膨深冷除湿技术、HP120 高温热泵再生风技术、超低温变频技术等暖通空调技术的持续创新和领先优势，可为各行业提供定制化解决方案。

未来愿景：新能源引领工业再次转型

随着全球对节能降碳需求的日益迫切，各行各业都在积极探索和实践创新



新疆首个离网光伏发电制氢加氢 EPC

的节能技术。在储能领域，组串式储能技术的出现为节能减碳提供了新的解决方案；在压缩空气系统节能方面，智能化管理和热能回收系统正引领着制造业的绿色转型。同时，可再生能源的利用，如氢能、光伏等，正在逐步改变企业的能源结构，降低碳排放。

PROCESS：在您所在的专业领域，哪些技术被认为是未来几年内最具潜力的节能降碳手段？

领储宇能 霍佳龙：在领储宇能所深耕的储能行业，我们看到组串式储能展现出节能减碳方面的巨大潜力。传统集中式储能通常单台设备容量大、体积大，多个电池簇在直流侧并联并共用同一个储能变流器，而组串式储能系统在结构侧作出优化，由多个较小容量的储能单元串联而成，每个单元都具备独立的控制和管理功能。

领储宇能以标准化储能单元——能量水滴（OCEAN 200L/400L/5000 系列）——为产品基底，以先进的组串式储能为技术路线，依托核心部件自研的技术优势，打造出更灵活、更高效、更安全的组串式储能解决方案 OCEAN 能量蓝海。

灵活性方面，能量水滴最小功率 100 kW 起，可按需拼接组成各种常见功率和容量的系统；高效能方面，系统直流侧无并联，分簇接入 PCS 设计，没有环流导致的电芯一致性失配等问题；系统无簇间“木桶效应”，单簇容量衰减对系统充放电影响较小，电池循环寿命更高，全生命周期可充放电量更高，收益率更高。深知安全高于一切，能量水滴采用“单簇即单柜”这一设计理念，可实现安全管理精细化，温度均匀性更好，电池使用寿命大大延长，系统安全性得以提升。

PROCESS：贵公司在可再生能源利用方面有哪些成功的案例？例如，



全国首个高速公路服务区现场制氢、储氢、热电联供项目



国内首个大规模沼气制氢加氢 EPC 项目

氢能、储能或其他形式的可再生能源，这些应用对企业的能源结构和成本有何影响？

厚普股份：厚普股份在可再生能源利用方面的成功案例包括：光伏离网发电制氢与加氢一体站项目应用与氢能交通节能降碳（新疆首个离网光伏发电制氢加氢 EPC）；沼气制氢加氢项目的节能降碳应用（国内首个大规模沼气制氢加氢 EPC 项目）；制氢储氢热电联供项目应用于高速零碳服务区的节能降

碳（全国首个高速服务区现场制氢、热电联供项目）；风电制氢与氢化工耦合制绿色合成氨项目应用于氢基能源长时储能（张掖首个橇装式风电制氢制绿氨 EPC）；低压固态储氢与氢电转换离网分布式应急发电（我国首个固态氢能发电并网项目）；离网充电桩以及氢燃料电池两轮共享交通等领域的应用（山西省孝义市氢能共享单车项目、成都新都区氢能共享两轮车项目）。这些应用对企业在能源结构降碳转型有积极的引领



我国首个固态氢能发电并网项目



山西省孝义市氢能共享单车

推广与示范作用。

PROCESS : 在过去的 2024 年, 贵公司在践行绿色节能方面, 有哪些举措、创新实践和收获?

厚普股份: 厚普股份以清洁能源装备制造起步, 经过多年发展, 公司在天然气开采领域已具备天然气场站集输、气体介质处理、天然气处理和综合利用等多项核心技术。在清洁能源装备制造领域, 已形成从设计到核心零部件研发、生产、成套设备集成, 再到站点建设、售后服务等全产业链的业务能力。在氢能领域, 已逐步构建起“制、储、运、加”全产业链的产品服务方案, 已具备高电密、多规格电解水制氢装备开发能力。形成

以固态储氢为核心的储氢、供氢解决方案; 并同步完善液氢核心零部件产品研发和制造。

在加氢领域, 厚普股份已具有加氢站从场站工程设计、零部件研发生产、成套设备集成、运营到现场安装和服务的 EPC 总承包等整个产业链的综合能力。先后创新研发了国内首套箱式加氢站设备, 实现了国内首个 70 MPa 红外通信加氢技术突破, 取得加氢橇、加氢机、氢气压缩机产业链多项自主知识产权, 实现批量生产销售并打造民族品牌。同时, 厚普“氢装”多套出海, 曾服务于巴黎奥运会、北京冬奥会、成都大运会等全球顶尖赛事。

此外, 厚普股份拥有石油天然气、化工石化、电力等领域的多项甲级、乙级资质, 在氢能领域的加氢站、氢制氢醇化工项目, 制加氢一体化项目、加氢及综合能源站项目工程设计以及 EPC 总承包位居领先地位, 承建了中石化、中石油、华锐风电、中海油、国家管网等石油天然气项目、综合能源站项目、氢化工项目及其他工程服务项目百余个。

厚普股份先后参与承建了北京大兴加氢站、北京冬奥会首座及配套加氢站、我国首个地下岩穴储氢项目、西南首个集 LNG、油、氢、充电于一体的“四合一”综合能源站(大运会赛时保障服务

加氢站) 以及四川目前最大的“五合一”综合能源站等 70 多个国家级、省级示范项目, 助力北京、广东、上海、天津和宁夏等 20 余个省直辖市地区氢能基础设施建设和氢能产业发展。同时出口西班牙、澳大利亚、加拿大、韩国、新加坡、马来西亚等地加氢设备 30 余套, 并为法国巴黎奥运会加氢站供应设备, 助力全球氢能产业发展。

PROCESS : 贵公司在节能降碳方面的总体战略和目标设定是什么? 这些目标如何与公司的长期发展规划相结合?

厚普股份: 厚普股份将围绕天然气、氢能两条清洁能源发展主线, 以全球技术领先的清洁能源装备整体解决方案提供商为愿景, 秉承“科技引领, 创新驱动”的理念, 通过“产、学、研、用、金”结合的方式, 开发“专、精、特、新”产品, 为行业提供从能源工程设计、到核心零部件研发生产、成套设备集成、工程安装调试、站点智慧运营及全天候技术服务等覆盖整个能源工程全流程的一站式整体解决方案。

同时, 继续坚定推进氢能战略的实施, 依托厚普国际氢能产业园等载体, 持续强化技术创新, 积极开展对外合作, 不断完善和提升氢制备、氢储运、氢加注、氢应用的全产业链发展的氢能品牌核心竞争力, 为我国“双碳”目标的实现以及国际碳减排事业, 贡献厚普力量。

PROCESS : 在过去的 2024 年, 贵公司在践行绿色节能方面, 有哪些举措、创新实践和收获?

HAMMELMANN 哈莫尔曼 宋鸣: 绿色燃料涵盖甲醇、乙醇、液氨和氢等多种类型。除氢燃料外, 这些绿色燃料均能通过 HAMMELMANN 燃料喷射泵输送到新型绿色燃料内燃机中使用。目前, 以甲醇作为替代化石燃



全球最大海上风电安装船 Boreas 在来福士烟台船厂交付



HAMMELMANN 甲醇燃料喷射泵

料的技术最为成熟。

Stena Germanica 渡轮是全球首艘装配瓦锡兰 (Wärtsilä) 甲醇燃料中速机的船舶，该船配备了 4 台 HAMPRO®72 甲醇燃料喷射泵，工作压力为 600 bar，流量达到 50 L/min。自 2015 年起，这 4 台泵就一直稳定运行至今。

2025 年 1 月 8 日，由中集来福士为荷兰海上安装公司 Van Oord 建造的全球最大海上风电安装船 Boreas 在来福士烟台船厂举行了交付仪式，并预计于 2025 年第 3 季度投入商业运营。此船是同类中首个能够使用甲醇双燃料发动机作业的船只，可减少超过 78% 的碳足迹。此外，中国两家公司的 12 艘新集装箱船将配备瓦锡兰甲醇燃料辅助发动机，每艘船配置包括 3 台 8 缸和两台 6 缸瓦锡兰 32M 甲醇发动机，并且



哈莫尔曼 HAMMELMANN 中国区
总经理 宋鸣

都会装配 HAMMELMANN 甲醇燃料喷射泵。

HAMMELMANN 绿色燃料喷射泵以其高压喷射技术、零泄漏系统、广泛的功率范围等特点著称，适用于现有及

新型内燃机的改装或应用。其设计优化了材料和系统，确保连续运行的稳定性。立式设计减少了机械应力对部件的影响，而不锈钢制成的泵头避免了交变应力负载，实现了低磨损和平稳操作。柱塞几乎无脉动地输送介质，机械效率高达 95%，并且阀块不受交变应力影响，降低了低周疲劳开裂的风险，小间隙体积保证了低脉动和高容积效率。

PROCESS : 请介绍贵公司在节能降碳方面的总体战略和目标设定，这些目标如何与公司的长期发展规划相结合？

威乐 金剑：我们内部将威乐集团的 2030 可持续发展战略精炼为“3C”战略，即创新 (Creating)、关爱 (Caring)、连接 (Connecting)，每一项均与可持续发展紧密相关。在 2025 年年初，威乐集团 CEO Oliver Hermes 先生特别指出，集团已将可持续发展战略置于首位，其他所有职能性战略均次之，这彰显了威乐集团对可持续发展的坚定承诺。

众所周知，我国设定了 3060 的“双碳”目标，作为全球可持续发展的领军者，威乐集团始终处于行业前沿。自 2017 年以来，威乐集团连续多年荣获德国可持续发展奖，并且被联合国认定为“50 家可持续发展和气候领袖企业”之一，这些成就充分证明了其在可持续发展道路上的卓越表现。

威乐集团承诺到 2025 年，全球所有的生产制造基地将全部实现碳中和，并将为全球 1 亿人提供清洁的水。通过智能水泵的技术升级，将大幅节约全球能源消耗，威乐致力于每年将智能水泵的应用提高 15%，同时威乐每年为客户提供能源优化解决方案超过 1 万套，持续深入地贯彻我国 3060 的“双碳”战略目标贡献威乐力量。

PROCESS : 请介绍贵公司在节能降碳方面的总体战略和目标设定，这

wilo

国家双碳战略 & 威乐可持续发展战略



威乐集团可持续发展战略

些目标如何与公司的长期发展规划相结合?

EK 中国 王健:“赋予能管智慧,让用户节能低碳”是 EK 新的使命也是 EK 的未来。EK 中国致力成为节能低碳能源系统专家,围绕“节能 & 低碳”“工程产品化”“数智化运维”三大核心战略,提供高效、绿色、低碳、智能的解决方案,实现提高能源利用率、降低社会总成本、促进社会总效率的方向和战略目标。

EK 中国认为,节能 & 低碳是两个不同的领域,节能是在原有框架内采用能效更高的技术和部件,低碳则要跳出原有的框架和维度。在节能方面,EK 中国全面推动“变频普及风暴”,让节能技术不再只是服务少数高端用户,将节能技术惠及更广泛的用户群体;而在低碳领域,EK 中国在行业内发起《热回收蓝皮书》,普及、规范冷热联供技术,利用冷凝废热制取生活热水,摆脱原有的热源获取方式,大

幅降低碳排放。此外,自然冷源和高温热泵技术也是 EK 中国在低碳领域的核心技术。

基于提高社会总效率、降低社会总成本的战略目标,EK 中国积极推进工程产品化策略,陆续推出数据中心用 CDU、HEAD 云智慧高效集成冷站、HP120 云智慧高效集成热站和 ADR 一体化集成式除湿站等一系列集成方案,将工地分散布置的各个厂家设备整合成一体化产品,实现从单一设备到成套系统的全面升级,为用户大幅缩短建设时间、提升系统品质。

同时,针对行业中存在大量“哑巴”空调的问题,EK 中国依托移动互联网、物联网及 AI 技术的发展,在 2016 年推出 EK-CLOUD 第一代云平台,全面推进设备上云;在 2022 年推出全新升级的 EK-AIoT 第三代工业物联网能源优化平台,实现设备的精细化能源管理、数智化节能增效与运维管理,全力支持各行业客户在全球低碳节能环保的大背景下实现降本增效。



机械工业信息研究院



记录双碳背景下 工业企业的变革之路

用视频讲好工业故事

流程工业



扫码看专题



视频号



广告