

测量技术助力实现脱碳目标

文 / Florian Kraftschik, Frederik Effenberger

在工业领域，能源转型目标非常明确：使用可再生资源，保证可持续能源供给。即减少化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放，甚至实现零排放。工业脱碳技术对测量技术提出了严格且具体的要求。本文概述了过程自动化专家 Endress+Hauser 如何为这项事业贡献自己的力量。

化工行业的能源转型充满挑战，必须抓紧时间积极应对。化石燃料燃烧会产生大量的二氧化碳气体，对环境造成污染，替代需求非常迫切；然而，二氧化碳依然是众多化工生产的基础原材料。可以说，我们面临的能源转型任务复杂而艰巨。时至今日，二氧化碳在化工生产中仍然以副产物的形式产生并存在，可见，传统的生产方式已经无法适应未来的脱碳发展需求。

可再生能源转型要求全面改进现有工艺。与此同时，它也开辟了去除、捕获和封存二氧化碳的新途径。

为了帮助人们更好地理解气候目标战略和实现方法，探讨相关挑战和解决方案，本文将从以下 3 个方面进行说明。

1. 流程电气化改造：减少二氧化碳气体排放，同时提高工厂现有生产装置的工作效率，目标是尽可能地减少现阶段仍不可避免的碳排放。

2. 转型使用替代能源：尤其是绿色氢能。不仅涉及氢气的生产、运输、利用和储存，还会探讨电能转化为化学能（P2C）技术、绿色钢铁制造等议题。



在分布式电解槽中使用可再生能源制氢

3. 工业原料二氧化碳：可视为排放产物或捕获产品。包括碳捕获（CC）和直接空气捕获（DAC），以及二氧化碳封存和运输的相关内容。

1 流程电气化改造和效率优化提升

化工工艺流程是最具潜能的改进点，工厂转型升级后，直接采用风力、水力和太阳能发电，由此实现可再生能源。这无疑过程工业领域最大的转型之一，也是最容易实现的。大多数情况下，上述升级调整不会严重干扰工艺流程的正常运行。蒸汽生产就是很好的例子，它无需改变现有热管网，也无需更换测量仪表，即可

轻松完成工厂的电气化改造，有效平衡制热量、热量分配和耗热量。

那些无法立即转变为零碳的工艺，往往蕴藏着更大的减排潜能，可以通过优化提高工厂效率来实现。优化措施需要测量和平衡能耗。Endress+Hauser 拥有型号齐全的现场仪表，能够满足关键工艺参数的监测要求。此外，还能提供蒸汽、冷却或 CIP/SIP 清洗等辅助系统。仪表种类丰富，涵盖压力、流量、液体分析、物位、光学分析、系统组件和温度测量仪表，可胜任多种参数的测量任务。Endress+Hauser 还提供二氧化碳排放量监测服务和 Netilion 数字化服务。Netilion 是 IIoT 工业物联网云生态系统，提供透明化资产信息，助

本文作者 Florian Kraftschik 系 Endress+Hauser 集团德国销售市场经理；Frederik Effenberger 系 Endress+Hauser 集团德国脱碳行业经理。



采用 Endress+Hauser 的直接空气捕获技术直接收集并封存空气中的二氧化碳，供日后使用



可再生能源中的氢气可以替代钢铁工业中的燃料气体



Endress+Hauser 的碳捕获技术有助于减少二氧化碳排放，封存二氧化碳，服务工业生产过程

力工厂优化。

2 氢储能

转型使用替代能源也是工业脱碳的话题之一。通过电气化改造实现节能减排必须保证充足的可再生能源供给。太阳能的使用有一定局限性，不是所有地方通用，也不是所有时段适用，不同地区的太阳光光照强度还不一样，另外风能的波动性比较大。虽然可再生能源是电气化改造的基础，但储能是确保能源成功转型的关键技术，它能够有效平衡波动因素。

因此，可以利用氢气储存富余的太阳能和风能。在电能转化为氢能的过程中，虽然需要损失部分能量，但是氢气更易储存，同时在需要时候，氢能还能较为容易地转化成电能。氢储能技术又称电能转化为化学能（P2C）技术。然而，许多化工生产工艺需要耗费大量能源，可再生能源发电无法完全满足生产的全部能源需求。氢能可以完善补充这一局限，氢气通过输气管网送至工厂，为生产过程提供支持。

3 Endress+Hauser 的测量技术助力能源转型

在能源转型过程中，现场仪表和解决方案至关重要。如今，人们会在关键工艺、加热冷却等辅助系统，以及 CIP/SIP 清洗系统上安装多种仪表，

测量过程参数和其他数据，监控生产过程，并将信息发送给控制系统。工厂能源转型离不开精准的测量值，及时了解工厂的总能源输入量、实际使用量，具体能源分配和能源平衡信息。同时还需密切跟踪监测二氧化碳排放量。使用具有高测量精度且能长期稳定运行的仪表才能可靠进行高精度能源监测。总之，只有清楚知晓能源的使用状况，才有机会考虑如何节能，或进一步实现能源转型。

新技术有特殊仪表要求，尤其是直接接触氢气气流的测量仪表。Endress+Hauser 提供带 316L 镀金膜片的压力传感器，有效阻止氢分子通过膜片，可用于电解槽压力测量。氢气容易通过

普通材质的隔膜，引发仪表故障。在某些工况下，直接接触氢的系统 and 仪表必须能够耐受高压和低温，并且还要有较宽的测量范围。作为电解工艺的副产品的氢的定性测量，也对仪器提出了特殊要求。Endress+Hauser 的 OXY5500 氧分析仪，提供了一种能够可靠地实时测定氢中残留氧含量的方法。此外，J22 TDLAS 气体分析仪（可调谐二极管激光吸收光谱），可以实时测量燃气中的痕量水分，也可以指示燃气的质量和热值。

4 天然气掺氢，减少排放

当今，部分或完全转型为氢能源工厂已无技术障碍。但氢能短缺也是关键问题，更不用说前面提到的使用



碳捕获技术有助于减少二氧化碳排放，将其储存并转化为工业生产的宝贵原料或能源

威乐工业水处理解决方案

威乐针对工业水处理系统流程提供丰富的产品及解决方案，凭借专业的技术团队支持，针对水处理各流程的不同系统需求，威乐都将为您提供定制化水泵解决方案。同时，客户可通过威乐Wilo-Select水泵选型工具或在线选型网站，获取水泵各项数据，选择最佳适配的水泵型号。

5 原料二氧化碳：主动碳捕获与排放技术

针对尚未转型为使用可再生能源的生产工艺，或者无法转型的生产工艺，本文的第三个内容提供相应的解决方案，即主动碳捕获技术（CC）。这一技术将排放的二氧化碳收集起来，避免其排放至大气中，影响气候环境。直接空气捕获（DAC）是一种直接从大气中提取二氧化碳的技术。涉及胺洗涤法等常用二氧化碳捕获技术，从工艺气体、废气或出风口提取二氧化碳。为了能够精准测定排气口的二氧化碳浓度，Endress+Hauser 选用技术成熟的可调谐二极管激光吸收光谱（TDLAS）技术可靠高效监测过程。主动碳捕获技术（CC）已经成功应用于水泥行业。在此过程中，虽然无法完全避免二氧化碳排放，但仍能通过 CC 技术和其他措施捕获一部分二氧化碳。上述措施有助于减少二氧化碳排放，同时，主动捕获设备也可以使用可再生能源过滤大气中的二氧化碳。

6 副产物原料二氧化碳

去除和捕获二氧化碳是能源转型的关键，二氧化碳同时还是重要的工业生产原料。比如，二氧化碳温室气体有助于加速光合作用，刺激植物生长，提高单位产量。在食品行业中，碳酸饮料生产需要使用二氧化碳，啤酒厂装瓶过程也离不开二氧化碳。在化工行业中，二氧化碳是生产原料，如果工艺转换为零碳排放的能源且未找到替代产品，就会出现二氧化碳短缺问题。比如，甲醇的生产，可能需要建设全新的二氧化碳供给基础设施，比如输气管网。Endress+Hauser 的现场仪表、解决方案和服务产品能够为每一个储存、运输和输入过程提供高精度测量数据，方便工厂进行过程控制、监测和记录。

7 能源转型的全方位测量理念

成功实现二氧化碳转换需要多种措施和测量技术的支持。Endress+Hauser 提供丰富的现场仪表和解决方案组合，帮助化工企业管理生产过程，成功实现零碳技术转型。其中包括氢气应用专用仪表，专门考虑了分子属性和严苛工况。Endress+Hauser 的 TDLAS、QF 和拉曼光学分析仪成为光学分析领域的新标杆，帮助用户精准测定气体、液体和固体的组份。



Wilo-Atmos GIGA-B
卧式端吸离心泵



Wilo-Atmos GIGA-I
立式管道泵



Wilo-Atmos GIGA-NX
全新一代卧式不锈钢端吸泵



Wilo-Helix
立式多级离心泵



Wilo-EMU-K / Wilo-EMU-D
深井泵



Wilo-FAG
潜水污水泵（隔爆型）

工业水处理

垃圾渗滤液

膜处理配套

威乐(中国)水泵系统有限公司

www.wilo.com.cn

Tel.: +86 10 5234 7888

Fax: +86 10 5234 7666



威乐中国官方微信

