



加快并优化
碳的捕集、利用及封存



缓解气候变暖

随着全球能源需求的增加，为了缓解气候变化所采取的脱碳与环境可持续战略，不仅需要更多地使用可再生能源与清洁燃料、加快低碳电气化、提高运营性能与能效、以及减少废弃物和优化排放管理，还需要在碳捕集、利用和封存方面进行更多的投资。



碳捕集、利用及封存

碳捕集、利用和封存（CCUS）是直接从空气中或从生产源头捕集二氧化碳，以防止其进入大气的工业流程。被捕集后的二氧化碳，一方面通过进一步的提纯和液化，被运输至适合的封存地点，以使其与大气保持长期隔离；另一方面则可应用于其它适销的工业与商业产品。

CCUS 有可能在减少难以实现减排行业的排放方面发挥关键作用，尤其是水泥、钢铁和化工行业。对于某些工业和燃料转化过程而言，CCUS 是减少大规模温室气体（GHG）排放最具成本效益的解决方案之一，尤其是对那些本身会产生相当纯度二氧化碳气流排放的场景更是如此。

几十年来，碳捕集的工艺一直用于天然气加工，以去除天然气中的二氧化碳，从而提高纯度。自 20 世纪 70 年代以来，捕集的二氧化碳被输送到油田，并用于提高石油采收率。现在，碳捕集技术也已成功地与地下注入和二氧化碳封存相结合。

碳捕集方式

尽管越来越多的项目专注于验证直接从空气中大规模捕集二氧化碳的可行性，但最具成本效益的方法是从源头捕集碳。根据工业过程和二氧化碳浓度的不同，从源头来看，有三种主要的提取方法：

低浓度

燃烧后捕集——化石燃料燃烧后，从烟气中捕集二氧化碳（尤其是在发电站，但也包括其它源头）。

一般浓度

燃烧前捕集——燃烧前化石燃料的部分氧化会产生一氧化碳。添加的蒸汽会产生被捕集的二氧化碳和可用作燃料的氢气。

高浓度

氧燃料燃烧——化石燃料在纯氧中燃烧，产生几乎完全由二氧化碳组成的废气。



碳捕集、利用及封存（CCUS）行业面临的挑战

碳捕集和封存被认为是一项经过验证的安全技术。然而，较高的运营成本是其面临的巨大挑战。



实施及运营成本

用于捕集技术、运输管道和地质封存的前期资本投入可能会令人望而却步。由于二氧化碳捕集和压缩本身所需大量能耗，项目的运营成本也随之水涨船高。捕集二氧化碳还会降低工厂的效率，增加水的使用。这些低效率和相关成本最终可能导致 CCUS 项目从经济角度考虑不太可行。



运输挑战

由于现有的石油和天然气管道不适用，需要搭建新的设施将冷凝和液化的二氧化碳安全地输送到封存或利用场所，运输二氧化碳成本很高。压缩二氧化碳和维持整个管道的高压需要大量能量。二氧化碳流中存在的杂质（也包括杂质水）会对管道造成损害并导致危险的泄漏；泄漏的压缩流体迅速膨胀成气体又进一步会引发爆炸。对于长途运输中使用的船舶，要求能够进行缓冲封存，且装卸具备贸易交接的能力。



封存注意事项

尽管至少到下一个世纪，全球范围内有足够的封存潜力，但是目前缺乏支持永久封存的法规和责任说明。



主要的运营挑战

CCUS 的成功取决于捕集过程的效率和成本效益，降低运输成本并确保可靠的控制。在这些不同阶段中，有许多关键挑战必须解决：

碳捕集

- 能源效率
- 过程效率
- 设备可靠性

运输

- 压缩机和泵的可靠性
- 液化过程效率
- 液相不稳定性
- 泄漏

封存

- 评估封存容量
- 注入过程效率
- 封存地地质耐久度

自动化技术对 CCUS 的可行性、安全性和有效性起着至关重要的作用。

碳捕集效率

燃烧后胺基吸收是最成熟的碳捕集工艺。它由一个吸收器和一个汽提塔组成，在吸收器中，化学溶剂从烟气中捕集二氧化碳，在汽提塔中，化学溶剂被再生，二氧化碳被提取。二氧化碳捕集效率取决于溶剂循环速率。增加循环速率会增加汽提塔再沸器所需的能量。因此，在捕集效率和再生溶剂的能量成本之间存在权衡。以最有效的方式达到目标二氧化碳捕集率是一项挑战。

自动化解决方案：

- 在线分析允许通过多变量控制和分析进行流程优化
- 先进的控制和报警管理软件有助于优化运行性能，而数字双胞胎技术可提高操作人员效率
- 能源管理信息系统自动侦测高能耗与低能效，帮助现场减少能源消耗可达 15%
- 科里奥利密度计自动测量胺浓度，确定溶剂循环速率，以更低成本实现理想的捕集效率
- 精确控制旋转设备可以减少能耗，而在线机械设备健康监测可以减少意外停机时间
- 压力安全阀具有更高的稳定性和密封性，可减少泄漏，有效减少排放





液化效率

液化是二氧化碳远距离输送的必要过程，由一系列压缩和冷却组成。液化过程的效率取决于可靠的测量和控制。提高流程每个阶段的可视性至关重要，但支持传感器收集可操作数据所需的基础设施成本可能很高。

自动化解决方案：

- 智能无线网络可降低安装成本，并实现持续监控，以及时响应现场问题。
- 控制系统提供工厂可视化工具的无缝集成，有助于保持完整的资产可视性。
- 先进的报警管理工具可提高操作人员效率。

压缩机可靠性

二氧化碳一般需要经过 1500 至 2200 Psi 的压力进行压缩。压缩机是 CCUS 所有阶段都会用到的关键设备，意外故障会造成生产能力中断、设备损坏、额外的维护工作和成本，以及工作计划的延迟。在过去，在线监控一直被认为是高成本且难以实现的。

自动化解决方案：

- 通过普适传感器和数据分析，持续监控压缩机的健康和性能，提供数据可视性，从而降低停机和/或事故风险。
- 优化的数字阀门解决方案确保压缩机流量稳定，防止损坏，延长压缩机寿命。
- 适当的压力安全阀使操作更接近最佳压力设定点，并减少有害排放。





泄漏

泄漏阻碍了二氧化碳捕集整体目标的实现。腐蚀和侵蚀会造成泄漏，因此在 CCUS 的各个阶段都需要重视这些问题。在胺碳捕集装置中，当水蒸气冷凝后遇到二氧化碳，会生成碳酸造成腐蚀危害。汽提塔进料处的两相流也会导致腐蚀问题。切变速率、湍流和蒸汽速度也是有效控制腐蚀和侵蚀的关键。在液化过程中，二氧化碳中的水分含量可能会导致泄漏，必须加以控制。实时检测和定位管道的泄漏可帮助您更快解决问题。

自动化解决方案：

- 通过使用无线声波传感器连续监测管道壁厚，了解腐蚀的影响，并保持无泄漏过程。
- 实时监控和报警解决方案，快速识别泄漏和破裂。
- 软件方案汇聚不同的管道和资产完整性相关数据，帮助识别问题并执行更准确的风险建模。
- 高性能阀门具有优越的密封和填料监测，能及时发现潜在泄漏点，可有效减少污染排放。

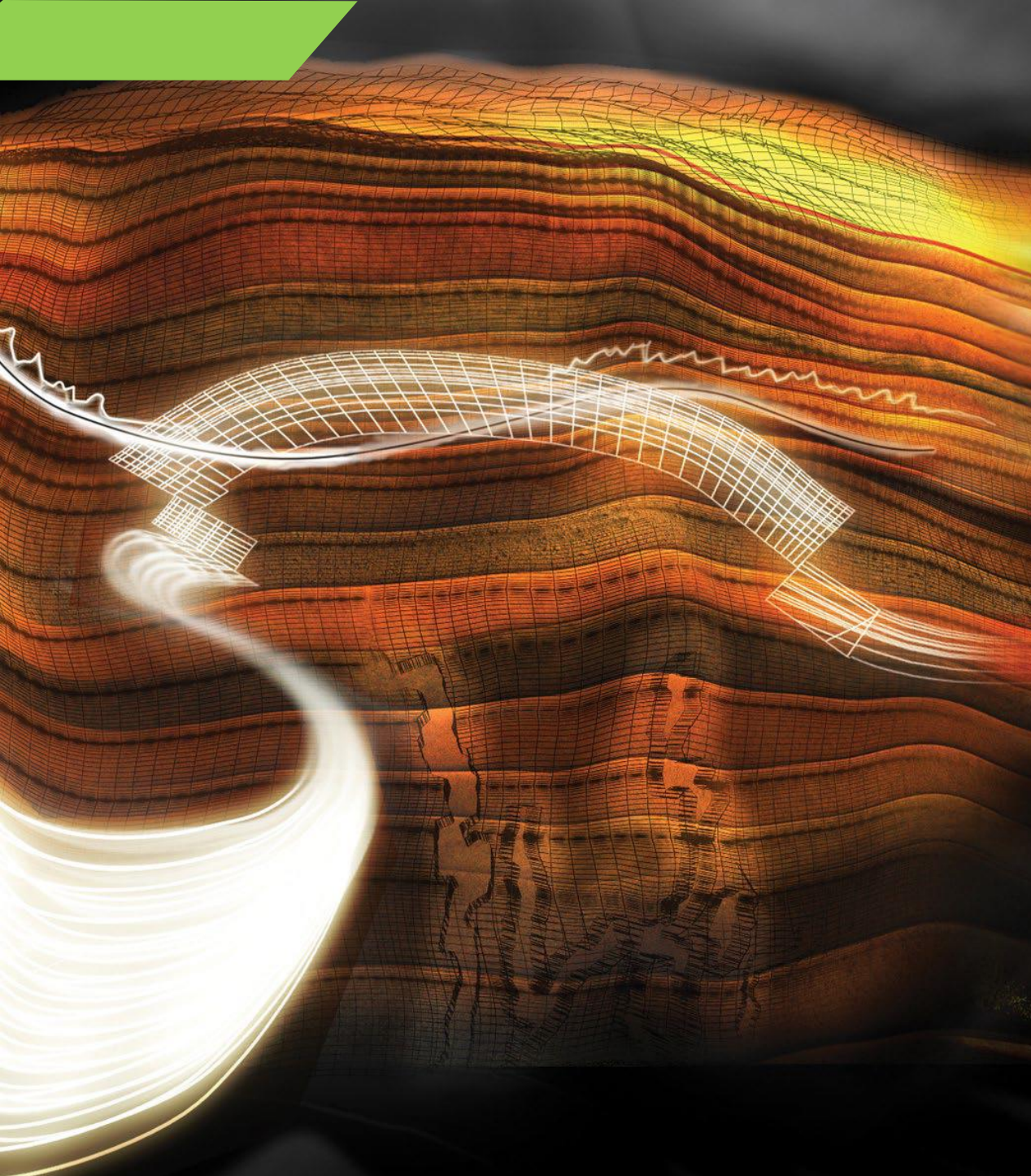
二氧化碳完整性

将二氧化碳保持在液态是非常重要的，但实施起来可能很困难。二氧化碳的纯度对于在不需要额外能量的情况下保持其单相很重要。杂质和潮湿条件会导致干冰的形成，湿度也会带来腐蚀和潜在泄漏的风险。因此对流体进行准确的分析对于运营和安全也是至关重要的。

自动化解决方案：

- 连续分析技术可远程执行可靠的在线气体分析。
- 采用科里奥利流量计可应对二氧化碳处于或接近超临界状态时的多相流和密度测量挑战。





封存容量

地下碳封存项目的成功取决于对二氧化碳封存能力的可靠估计。地质环境和岩石特征的高度多样性使得对于封存容量的评估具有挑战性。对来自多个来源和学科的地下信息进行全面整合，对于预测地质构造中可注入和封存的碳量可起到关键作用。

自动化解决方案：

- 先进的地震处理和成像软件方案能够准确显示地质特征和地下封存综合体的轮廓。

封存完整性

封存过程的可靠性是非常关键的，因为二氧化碳泄漏会破坏碳封存作为脱碳缓解方案的价值。长期封存的封隔完整性的可靠评估对于选址和开发方面的商业决策至关重要。为了将泄漏风险降至最低，需要验证注入的二氧化碳是否封隔在封存体内，通过有效的监控可及时响应危及封存过程可靠性的事件。

自动化解决方案：

- 井下仪表提供来自储层的连续实时数据，确保井孔完整性和工艺可靠性。
- 软件方案可分析和解释项目全生命周期内的地震数据，从而了解地下的状态变化。





选择合适的业务合作伙伴

与能够提供较为完整自动化解决方案组合及广泛项目专业知识的供应商进行合作，有助于降低项目复杂性、提高运营效率和封隔可靠性。

艾默生的自动化技术专门用于监测和控制捕集过程、液化、压缩、管道输送、装载和卸载、中转和地下封存，通过提供先进的控制、增强的过程可视性和可操作的信息以优化决策，并确保运营确定性。

艾默生的项目确定性方法和技术，加上全球范围内广泛的行业专业知识，可有效降低项目风险，有助于确保在预算内按时交付大型投资项目。

向低碳未来进发

艾默生通过帮助用户应对技术挑战和扩大方案规模，助力其实现脱碳目标。这包括优化低碳电力和氢能等低碳燃料的生产，实现最终用途的电气化，减少建筑物和工业企业的能源使用，最大限度地减少废弃物的产生和材料的使用，防止排放泄漏，以及捕集和封存二氧化碳。



为了提高 CCUS 的可行性并满足可扩展的需要，艾默生将不断开发创新解决方案，以确保更高效的捕集、安全经济的运输和可靠的封存。

<https://www.emerson.cn/zh-cn/esg/sustainability>



艾默生官方微信

