



对发电部门碳捕获和储存成本估算的论述

成本分析在电网脱碳中的作用

碳捕集和封存（CCS）经常出现在成本最低的脱碳途径中，因此随着净零碳排放成为广泛的政策目标，它受到了越来越多的关注。与此同时，该技术的更广泛应用受到了工厂层面高成本观念的阻碍，特别是在电力行业的应用中，风能和太阳能在平准化电力成本（LCOE）基础上更具竞争力。成本分析是项目开发商、投资者和电网规划者确定最经济可行的低碳发电来源的重要工具，也是研究人员能够评估新技术的重要工具。然而，人们越来越认识到，仅计算发电成本对于确定脱碳电网中最佳技术组合可能具有较为有限的价值。对净零技术成本和价值进行更深入的分析有助于阐明为什么一些国家不断在发电部门寻求使用 CCS。

CCS 发电厂的电力成本

由于不一致的方法和输入假设的变化，对于相同的技术，LCOE 的估计可能会显示出相当大的变化——特别是对于那些尚未广泛应用的技术，例如 CCS（碳捕集和封存）。根据对一些“自下而上”的技术经济研究的论述，在美国和西欧地区，采用燃烧后 CCS 的新型超临界燃煤电厂的 LCOE 通常在 90–130 美元/MWh 范围内，而带有 CCS 的联合循环燃气轮机（CCGT）在 70–100 美元/MWh 的范围内。据估计，中国煤基 CCS 的 LCOE 较低（在 80–100 美元/MWh 范围内），中国是少数几个在此基础上 CCGT-CCS 成本似乎更高的地区之一。在没有碳定价的情况下，相对于同类型的新“未减弱”电厂，使用 CCS 建造新的煤炭或天然气电厂往往会导致 LCOE 增加 70–100%。将 CCS 改造到现有发电厂是一种成本较低的选择，但在这些情况下计算 LCOE 的方式存在很大差异。

根据对不同低碳发电的一贯研究，煤炭-CCS 和 CCGT-CCS 的 LCOE 通常比 OECD 国家的太阳能和陆上风能高 1.5–3 倍。海上风电显示出更多的地区差异，其成本与北欧陆上风电的成本相似，但高于美国的 CCS 发电厂。

近年来，有一种趋势是开发“调整后的”LCOE 变体，以更好地考虑对电网有价值的其他特征，例如灵活性和可靠的容量。这些方法包括价值调整的 LCOE (VALCOE)、平准化避免电力成本 (LACE) 和增强的 LCOE。使用这些指标，间歇性能源和配备 CCS 的发电厂之间的成本差异会降低，但对于通常考虑的可再生能源有效应用水平而言并不显著 (<50%)。

二氧化碳回避成本

CCS 等碳减排技术也经常根据捕获或“回避”一公吨二氧化碳的成本进行评估。对运营和计划中的全规模煤 -CCS 工厂的研究表明，捕获二氧化碳的成本正在下降，预计北美下一代改造项目的成本约为 45 美元/吨。这种下降与边做边学、规模经济和模块化建设、融资改善和技术优化有关。然而，对于高收入国家的新的煤 -CCS 工厂来说，二氧化碳回避成本（对捕集过程所消耗的能量负责）通常在 60-80 美元/吨的范围内。在此基础上，CCGT-CCS 的成本似乎略高，因为未减排工厂的二氧化碳强度较低。对中国现有燃煤电厂的分析发现，CCS 改造成本特别低，二氧化碳减排成本低至 30 美元/吨。对二氧化碳减排成本与其他低碳发电的准确对比高度依赖于替代发电的选择。

从成本到价值：总系统成本分析

总系统成本分析旨在表达在一系列代表性天气和需求情景下提供可靠电网的总成本，包括向低碳强度过渡过程中的所有投资和运营成本。这种方法在阐明潜在低输出、可靠容量的价值方面越来越有用，例如 CCS、核能或具有非常高水平间歇性电源的电网中的电力存储。在这种情况下，给定技术的“价值”可以被确定为成本增加，如果电网在没有该技术可用的情况下进行脱碳就会导致这种成本增加。这种方法更接近地代表了消费者或纳税人要承担的电网脱碳的总体成本。

对几个区域和国家电网的分析表明，风能和太阳能始终为脱碳的初始阶段提供成本最低的选择，但随着接近更高水平 (gCO_2/kWh 减少 80-90% 以上)，低碳可调度发电变得极其有价值。CCS 的形式经常为这种可调度的发电提供最经济的选择，煤炭、天然气或生物质发电厂的比例取决于各种当地因素。对于需求快速增长的新兴经济体，对可再生能源应用的可实现率的限制表明，基于 CCS 的发电厂在以最低成本和最短时间实现净零排放方面发挥着重要作用。

国际可持续碳中心（ICSC）在国际能源署（IEA）的主持下成立，但在功能和法律上是自主的。 国际可持续碳中心的观点、调查结果和出版物不一定代表 IEA 秘书处或其各个成员国的观点或政策。

每份执行摘要均基于详细研究，该研究可从以下网站单独获得：

www.sustainable-carbon.org.

这是报告的摘要：**Toby Lockwood 对发电部门碳捕获和储存成本估算的论述**，ICSC/317，ISBN 978-92-9029-640-9，72 页，2021 年 12 月。