



HORIZONS

桥梁:

天然气在能源转型中的关键作用

二月 2025

Massimo Di Odoardo, Vice President, Gas and LNG Research
Joshua Ngu, Vice Chairman, Asia Pacific
Gavin Thompson, Vice Chairman, Energy – Europe, Middle East & Africa

 **Wood
Mackenzie**

过去 25 年间，全球天然气需求激增了 80%，如今已满足近四分之一的能源需求。这一成功源于四大优势：全球资源储量丰富、生产成本低廉、储运调度灵活，以及相对环保的特性。

天然气在加速能源转型中的核心作用不容低估。它既能取代高污染的煤炭，也可支持电力行业可再生能源的扩张。在交通领域，液化天然气正迅速替代柴油成为中国卡车的动力来源，并在全球船用燃油领域与燃料油展开竞争。未来数年间，天然气仍将是众多工业流程和居民供暖不可或缺的能源支柱。

当然，天然气也面临诸多质疑。有人否定其作为过渡燃料的价值，认为它只是另一种加剧气候危机的化石燃料。天然气，尤其是液化天然气的排放问题正受到空前关注，这种担忧并非毫无道理。此外，天然气并不便宜。液化天然气的到岸成本居高不下，在缺乏有效碳定价机制的情况下，难以与煤炭在驱动亚洲新兴经济体发展时竞争。更值得注意的是，俄乌战争印证了过度依赖单一气源绝非稳健的能源安全战略。

面对这些挑战，天然气必须展示其真正的价值，它既是未来能源体系中可靠、经济、灵活的重要支柱，更是助力能源转型的低碳解决方案。当替代技术尚未形成规模效应之际，天然气应当成为能源转型的助推器而非绊脚石。

在这个日益渴求清洁、稳定、可负担能源的时代，为天然气奠定发展基石已显得尤为迫切。





天然气的发展前景

在全球能源需求持续增长的背景下，天然气及液化天然气将在向低碳未来的转型中扮演关键角色。虽然可再生能源驱动的电气化浪潮是减排主力军，但电气化进程有其限度，而氢能等新兴低碳技术的应用速度目前仍不足以支撑2050年净零目标。当全球仍有30%的能源需求依赖煤炭时，转向天然气作为过渡燃料显然是一个更具说服力的选择。

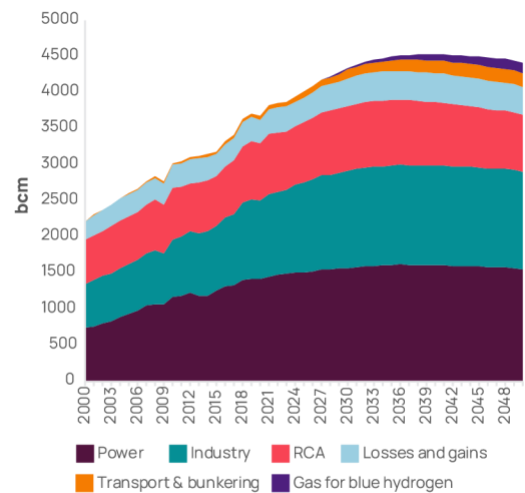
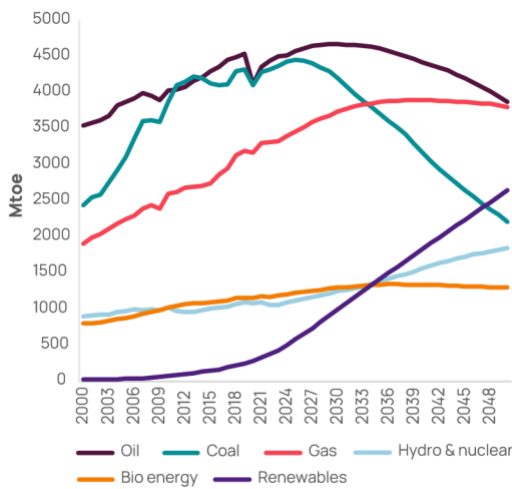
最清洁的化石燃料 天然气燃烧对环境的影响远低于其他化石燃料，这一优势显而易见：其燃烧产生的二氧化碳仅为煤炭的一半，石油的70%。

与其他化石燃料相比，燃烧天然气对环境的影响明显更小。

天然气燃烧不会产生二氧化硫（SO_x）或汞，其排放的一氧化碳和氮氧化物（NO_x）仅为煤炭的五分之一。在过去十年间，美国二氧化碳排放量下降了12.6%，而北京通过“蓝天”政策使空气污染（主要指PM2.5和二氧化氮NO₂）减少了45%，这些成果主要都应归功于“煤改气”的能源转型。

图 1 (左) 全球主要能源需求

图 2 (右) 全球天然气需求



Source: Wood Mackenzie Energy Transition Service, Lens Gas & LNG

可靠性和灵活性

全球发电企业正积极扩大天然气需求，尽管原因各不相同。在美国，随着人工智能（AI）革命和制造业回流重塑电力市场格局，年均用电需求增幅达 3%，天然气的可靠供电特性被视为关键支撑。美国基荷电力需求的显著增长，为天然气需求带来了巨大的上升空间。随着数据中心被纳入国家安全资产范畴，这种能源转型模式或将在全球范围内重现。

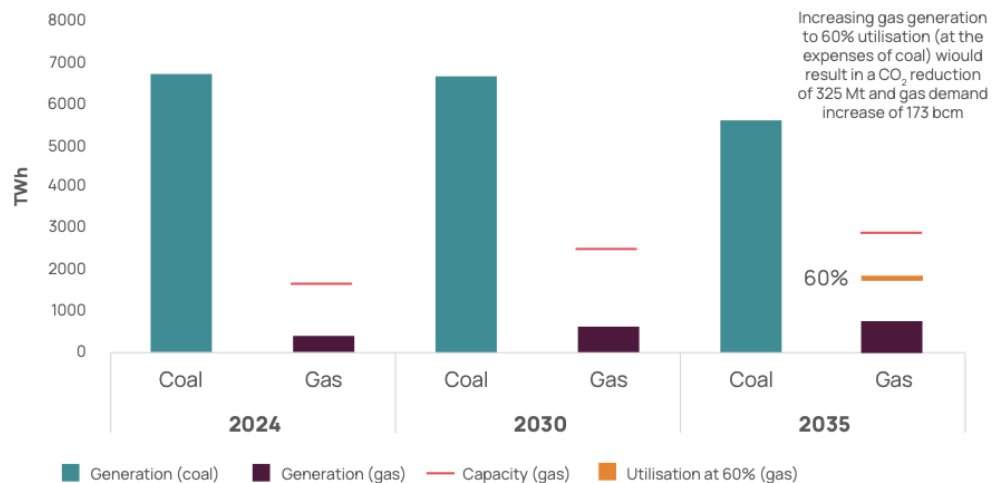
在欧洲，尽管可再生能源投资持续高速增长，各国政府仍在积极支持更多燃气发电厂的建设，以确保电网具备足够的可靠性与灵活调节能力，有效应对可再生能源的间歇性特性与季节性需求。

在东南亚主要经济体中，液化天然气是满足电力需求激增、同时避免进一步依赖煤炭的唯一可行的基荷选择。越南、印尼、马来西亚和菲律宾均制定了雄心勃勃的计划，预计到 2050 年可能建设高达 180 吉瓦的燃气发电设施。

人工智能（AI）革命与制造业回流正在重塑电力市场

然而，自 2022 年以来居高不下的液化天然气价格，正在削弱天然气在亚洲广泛应用的潜力。在中国和印度，天然气主要用于电力调峰，预计到 2050 年电力领域需求仍将增长 950 亿立方米，这为可再生能源投资激增背景下确保电网灵活性提供了最现实的解决方案。若无法实现约每吨二氧化碳 100 美元的碳价，中印两国摆脱基荷煤炭依赖的目标仍将任重道远。但若能够实现这一转变，到 2035 年不仅可减少超过 3.25 亿吨二氧化碳排放，更能额外创造高达 1730 亿立方米的天然气需求。

图 3 中国与印度的电力容量与利用率



Source: Wood Mackenzie Lens Power

新兴低碳技术的催化引擎

天然气还能作为推动其他低碳技术发展的催化剂，其中包括碳捕集与封存（CCS）以及低碳氢能。

在化肥、钢铁和水泥等难以减排的行业，由于工业生产过程需要高温热源，电力应用受限，CCS 因而成为减排的关键手段。在合理的碳价与补贴政策支持下，CCS 将成为极具吸引力的减排方案。将 CCS 与天然气发电相结合，有望显著降低碳排放。

相比配备 CCS 的燃煤电厂，燃气电厂不仅运行灵活性更强，每兆瓦时发电量所需的二氧化碳处理量与封存容量也更低，这为可再生能源规模扩张提供了有力支撑。当前欧美地区凭借丰厚的补贴与碳定价机制，已通过多项投资决策推动 CCS 发展。但亚洲地区也需加速建设 CCS 枢纽。若政策与激励机制到位，到 2050 年全球各领域 CCS 开发规模有望达 22 亿吨。

CCS 技术的成功应用还将加速低碳氢能发展。虽然采用天然气与 CCS 工艺的蓝氢在碳强度上高于可再生能源电解水制成的绿氢，但由于其成本目前显著低于绿氢，蓝氢将在市场培育初期发挥关键推动作用。当前已投产或在建的低碳氢能项目中，蓝氢项目数量近乎两倍于绿氢。根据 Wood Mackenzie 的预测，到 2050 年全球蓝氢产能将超过 4000 万吨。

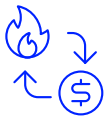
在电力领域推行"天然气+CCS"技术组合，将为实现碳减排贡献巨大潜力

长期的天然气替代方案

低碳气体（如生物甲烷与 e-甲烷）被视为可实现净零排放的替代燃料。它们可直接替代天然气使用（即“即插即用”解决方案），并且可利用现有的天然气与液化天然气基础设施，从而降低投资成本。生物甲烷源自有机废弃物和农业原料产生的沼气，虽然成本较高，但已在多个市场中逐渐成为天然气的替代品。

在欧美丰厚补贴政策推动下，生物甲烷生产初具规模，亚太国家也正凭借丰富农业资源积极布局。根据 Wood Mackenzie 的预测，到 2050 年全球生物甲烷供应量将达到 740 亿立方米，仅能满足全球天然气年需求的约 2%。然而，在欧洲和北美市场的渗透率预计将更为显著，到本世纪中叶可达到近 6%，若进一步扩大产能，这一数字可能仍偏保守。

E-甲烷是通过将绿氢与来着生物源或直接空气捕集获取的二氧化碳结合生产而成。它被视为向偏远地区运输氢能的一种新思路，但目前高昂的生产成本仍然严重限制了其未来的规模化发展前景。



天然气的推广仍面临挑战

“污染”标签难除

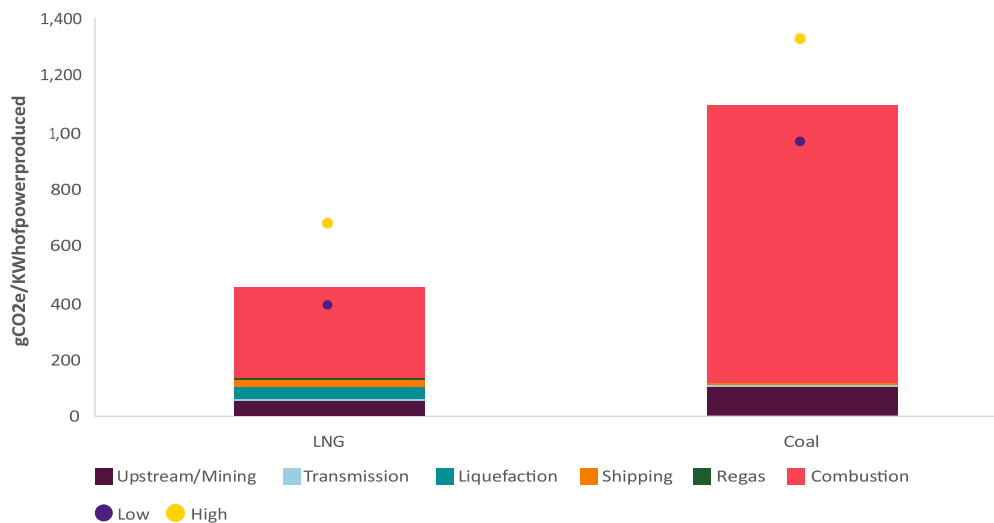
天然气和液化天然气都是温室气体排放的重要来源。Wood Mackenzie 认为，近期一些关于“液化天然气全产业链温室气体排放强度高于煤炭”的说法并无根据。我们的分析显示，平均而言液化天然气的温室气体排放强度比煤炭低约 60%。即使在采用 20 年全球变暖潜能值 (GWP) 来进行计算，将甲烷排放密集的液化天然气与高效燃烧煤炭进行比较，前者的温室气体排放强度仍低 26%。尽管如此，液化天然气产业仍需加紧应对二氧化碳与甲烷排放问题，以确保其能够持续作为能源转型中的“桥梁燃料”发挥核心作用。

甲烷减排的力度正在加速，尤其是在美国，开发商正不断增加认证天然气的采购量。新的液化天然气项目正积极应用电动驱动、燃烧前碳捕集等技术以降低排放足迹。

二氧化碳和甲烷排放问题急需解决

行业面临的主要挑战来自现有工厂的排放，由于改造电驱动系统或加装燃烧后碳捕集装置仍不具经济效益。加之买方不愿承担溢价，大规模减排投资陷入停滞。若这些问题持续未解，天然气作为能源转型“桥梁燃料”的地位将受到严重动摇。

图 4 液化天然气和煤排放比较 (GWP 20)



Notes:
 LNG: upstream, transmission liquefaction and shipping emissions calculated as global average, weighted based on nominal capacity. Gas fired power plant assumed at 55% efficiency. High and low LNG emissions refer to location of emission intensity of LNG only.
 Coal: mining, transmission and shipping emissions calculated as global average of supply and trade. Coal fired power plant assumed at 36% efficiency. High and low emissions refer to both coal type (e.g. bituminous, lignite, etc.) and coal plant capacity efficiency (from 30% to 42%).
 Source: Wood Mackenzie LNG Carbon Emissions Tool and Emissions Benchmarking Tool

液化天然气的成本仍是关键问题

液化天然气永远不会成为廉价能源。其价格将由新增供应链的开发成本所决定。在可预见的未来，美国项目仍将是边际成本供应方，因此随着 Henry Hub 价格上升，全球液化天然气价格也将逐步上涨。与此同时，生产商的脱碳压力将进一步推高成本。若燃气电厂配套部署 CCS 系统以实现近零排放，客户的终端电价势必上升。

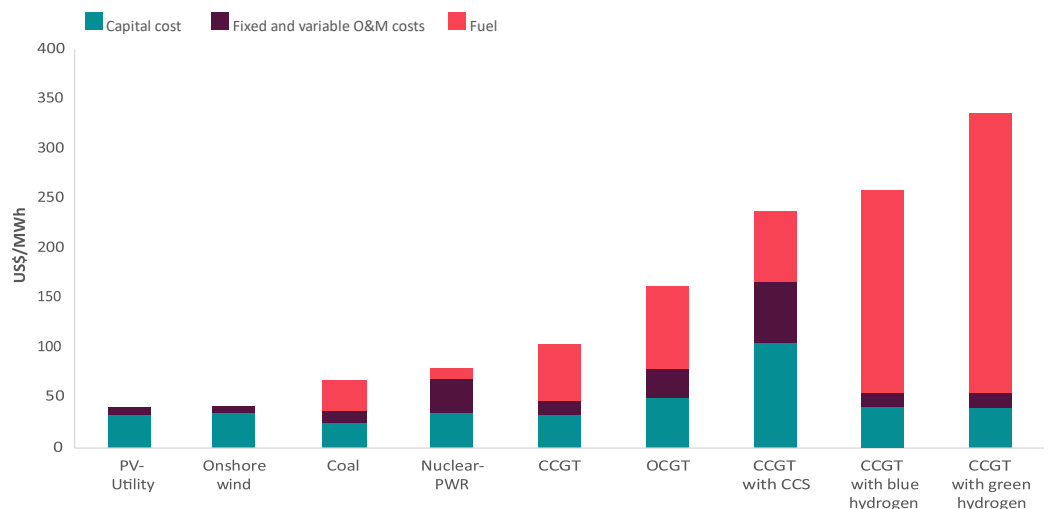
在亚洲市场，液化天然气的最大挑战在于成本。预计自 2026 年起的新一轮液化天然气的供应浪潮会暂时拉低价格，但对于亚洲市场而言，液化天然气发电仍将是成本最高的能源选项。政府可通过电力购售协议、天然气价格市场化以及基础设施补贴等政策给予支持，但如果碳价无法明显上调，天然气的市场潜力仍难以有效释放。

低碳仍处于起步阶段

尽管我们对 CCS、蓝氢以及生物甲烷等低碳气体技术，在减少温室气体排放方面的潜力充满信心，但这些技术仍存在较大的不确定性。目前它们大多处于早期发展阶段，仍然需在技术和商业化方面取得实质性突破，才能实现规模化应用。以亚太地区为例，配备 CCS 技术的联合循环燃气机组，其当前的平均发电成本约为每兆瓦时 250 美元，是未配备碳捕集与封存技术的燃气发电成本的两倍多。

若缺乏政策支持来推动低碳气体技术的持续发展，其在短期内实现快速进步和成本下降都将十分困难。由此，这些新兴技术的应用进程可能被推迟，甚至可能无法真正落地。

图五 2030 年亚太地区新建电源的平均发电成本



OCGT: open-cycle gas turbine. CCGT: combined cycle gas turbine. PWR: pressurised water reactor. PV: Photovoltaic
Source: Wood Mackenzie Lens Power



什么能确保天然气在能源转型中的地位？

一次彻底的绿色变革

天然气和液化天然气行业必须将降低整个产业链的温室气体排放作为首要任务。由于高昂的成本和技术瓶颈，对现有项目进行减排改造颇具挑战，但控制甲烷排放恰是其中最具成本效益的突破口。新的天然气和液化天然气项目应以打造“低碳标杆”为目标进行规划和设计。

行业应将制定排放标准和处罚机制等政策倡议视为推动低碳转型的契机，而非运营负担。在全产业链建立并获取低碳认证，应成为供应商的重要竞争优势，即便当前买方尚未愿意为此支付溢价。

控制甲烷排放的成本相对较低。

天然气行业还必须着手应对范围三排放（供应链上下游产生的其他间接排放）。燃烧后的排放约占天然气全产业链碳排放总量的 85%，这意味着与终端用户合作推进 CCS 才是根本解决之道。虽然美国的《通胀削减法案》和欧洲的碳排放交易体系等政策提供了有力的激励，但天然气行业仍需更果断地行动与资本投入。尤其在亚洲市场，尽管碳定价政策目标宏大，但执行成效仍显不足，需更多实质性投资。



提升竞争力

确保液化天然气在全球能源体系中的竞争力，是行业长期可持续发展的关键所在。尽管高价在短期内有助于提升供应商盈利水平，但从中长期来看，这将抑制需求增长，并加剧市场对液化天然气过度依赖的担忧。预计从 2026 年起，随着新一轮液化天然气供应项目陆续投产，价格水平将有所回落，从而增强市场的整体韧性。然而，考虑到全球能源需求的持续增长，至 2030 年左右仍需新增供应能力以填补潜在缺口。目前，供应方正积极推动产能扩张，但需求方亦需发挥相应作用。不仅应通过长期购销合同为新项目提供稳定支撑，还应推动供应来源多元化，避免过度集中于美国和卡塔尔等主要出口国。

同时，各国政府应在“净零排放”目标与能源供应安全之间实现更好的平衡。这将帮助买方在低碳技术发展未及预期时，确保液化天然气依然能够作为稳定、可调度的能源选项。以日本为例，其于 2024 年 12 月发布的新版能源战略草案提出多种能源发展情景，并鼓励国内企业加大液化天然气采购力度。这一务实、灵活的能源规划思路，值得其他国家参考与借鉴。

此外，液化天然气行业自身也应主动适应市场结构变化，支持更广泛的买方群体和进口国的发展需求。例如，欧洲买家更倾向于在价格机制和合同期限上寻求更高灵活性；东北亚的成熟市场则更关注目的地条款的灵活安排；而新兴市场则迫切需要资本支持，用于建设进口接收终端及燃气发电设施。

加强天然气产业倡导力度

天然气行业需建立一套清晰、一致且协同的倡导与传播策略，以便有效地向各利益相关方传递其战略价值。无论是政策制定者、金融机构、终端用户还是广大公众，都需充分认识到天然气作为重要过渡能源的独特优势，包括其环境表现、供能可靠性，以及在能源系统中所具备的灵活调节能力。建立有效的碳定价机制、拓展多元融资渠道，并为碳捕集与封存及低碳气体发展提供政策激励，将有力提振市场信心，推动行业迈向可持续未来。与此同时，天然气行业亦需通过切实行动，兑现其对能源转型的长期承诺。这意味着在短期收益与长远发展之间做出坚定抉择，优先推进结构性的减排与清洁化转型。

行业必须进一步努力，向利益相关方阐明其价值

在必要的电网扩建与长效储能技术成熟之前，天然气行业必须与风能、太阳能开发商建立合作伙伴关系，共同强化“天然气作为备用电源”的公共认知。通过这种合作，可再生能源行业将有望从竞争对手转变为重要盟友。

Wood Mackenzie™, is a trusted intelligence provider, empowering decision-makers with unique insight on the world's natural resources. We are a leading research and consultancy business for the global energy, power and renewables, subsurface, chemicals, and metals and mining industries. For more information visit: woodmac.com

WOOD MACKENZIE is a trademark of Wood Mackenzie Limited and is the subject of trademark registrations and/or applications in the European Community, the USA and other countries around the world.

Europe:	+44 131 243 4400
Americas:	+1 713 470 1600
Asia Pacific:	+65 6518 0800
Email:	contactus@woodmac.com
Website:	www.woodmac.com

Disclaimer

These materials, including any updates to them, are published by and remain subject to the copyright of the Wood Mackenzie group ("Wood Mackenzie"), and are made available to clients of Wood Mackenzie under terms agreed between Wood Mackenzie and those clients. The use of these materials is governed by the terms and conditions of the agreement under which they were provided. The content and conclusions contained are confidential and may not be disclosed to any other person without Wood Mackenzie's prior written permission. Wood Mackenzie makes no warranty or representation about the accuracy or completeness of the information and data contained in these materials, which are provided 'as is'. The opinions expressed in these materials are those of Wood Mackenzie, and nothing contained in them constitutes an offer to buy or to sell securities, or investment advice. Wood Mackenzie's products do not provide a comprehensive analysis of the financial position or prospects of any company or entity and nothing in any such product should be taken as comment regarding the value of the securities of any entity. If, notwithstanding the foregoing, you or any other person relies upon these materials in any way, Wood Mackenzie does not accept, and hereby disclaims to the extent permitted by law, all liability for any loss and damage suffered arising in connection with such reliance.