



“中国加速迈向碳中和” 煤化工篇：煤化工行业碳 减排路径



在“中国加速迈向碳中和”系列的开篇文章中，我们畅想了 2050 年由电动汽车、氢气炼钢、光伏发电、绿色储能等新能源元素主导的碳中和世界，这一愿景的实现也意味着全球需要在 2030 年将人为造成的二氧化碳净排放量较 2010 年减少约 45%，到 2050 年达到“净零排放”。面对目标与时间的双重挑战，碳中和转型的道路亟待开启。

在“中国加速迈向碳中和”系列的开篇文章中，我们畅想了 2050 年由电动汽车、氢气炼钢、光伏发电、绿色储能等新能源元素主导的碳中和世界，这一愿景的实现也意味着全球需要在 2030 年将人为造成的二氧化碳净排放量较 2010 年减少约 45%，到 2050 年达到“净零排放”。面对目标与时间的双重挑战，碳中和转型的道路亟待开启。在各国竞相开展具体的研究与落地工作之时，中国也在第七十五届联合国大会一般性辩论中率先提出了“碳达峰、碳中和”目标。联合国可持续发展目标 13 “气候行动”也是麦肯锡中国区社会责任重点之一，在此关键节点上，麦肯锡在中国区正式启动中国大规模碳中和转型研究公益项目，借助麦肯锡全球可持续发展研究的丰富经验，结合对中国社会、行业和企业的全局理解和深刻洞见，动员全球百余人知识力量，开展横跨各大主要工业板块的碳中和转型趋势、对策和技术研究，希望能为中国早日达成碳中和目标略尽绵力。

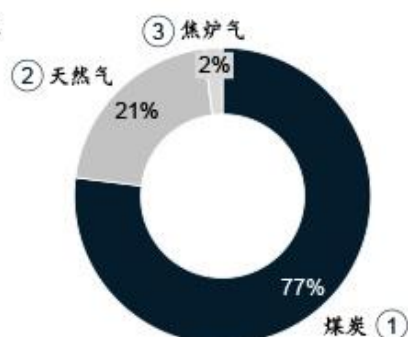
作为该系列文章的第四篇，本文将以煤化工行业为样本继续展开碳中和转型研究。随后我们还将陆续发布一系列文章，内容涵盖油气、电力等高碳排放行业，涉及碳减排路径剖析、新兴技术研讨、投资成本预测、国

际实践分享等众多主题，也会探究传统碳减排工艺革新、碳捕集利用与封存（CCUS）、氢能等新型碳减排技术的最新趋势等。在持续推进此项研究的过程中，我们非常欢迎各界专家同仁不吝赐教，您可在留言区提出宝贵意见，也可直接与团队取得联系。我们期待与社会各界共同推进绿色中国碳中和转型之路。

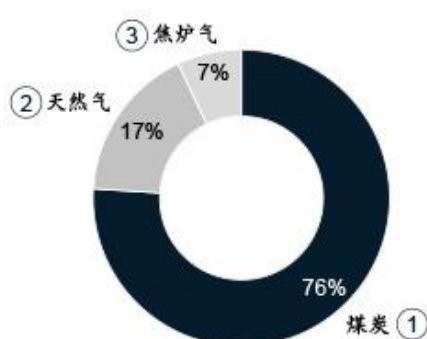
煤化工行业一直是煤炭产业链上的碳排放大户，在 2015 年约贡献了中国碳排放总量的 10%。由于资源禀赋，相比其他国家，中国的化工行业更多使用高碳排放的煤炭作为原料。以合成氨和甲醇为例，天然气是大多数国家合成氨和甲醇的主要原料，而在中国约 80%的合成氨和甲醇是由煤炭制成(图一)，这就导致中国煤化工行业的碳强度高于其他国家。煤制氢 1 公斤（合成氨和甲醇原料气）会排放约 11 公斤的二氧化碳，如果是天然气制氢，碳排放将减少一半。根据麦肯锡内部分析，为达到 1.5 摄氏度温控目标，化工行业需要在 2050 年之前将碳排放量降低 90%以上。

图1

中国合成氨产量占比
按原料划分



中国甲醇产量占比
按原料划分



① 煤炭：中国依赖煤炭气化工艺来生产合成氨与甲醇，该工艺从煤炭中分离出氢气、一氧化碳和二氧化碳作为化工原料

② 天然气：液化天然气是其他国家生产合成氨及甲醇最广泛采用的原料，但因为中国的液化天然气储量有限，天然气在中国的化工行业只占极少份额，在未来份额预测会进一步下降

③ 焦炉气：焦煤气主要用于钢铁行业，导致在其他行业焦煤气供给不足，焦炉气的占比未来不太可能大幅提升

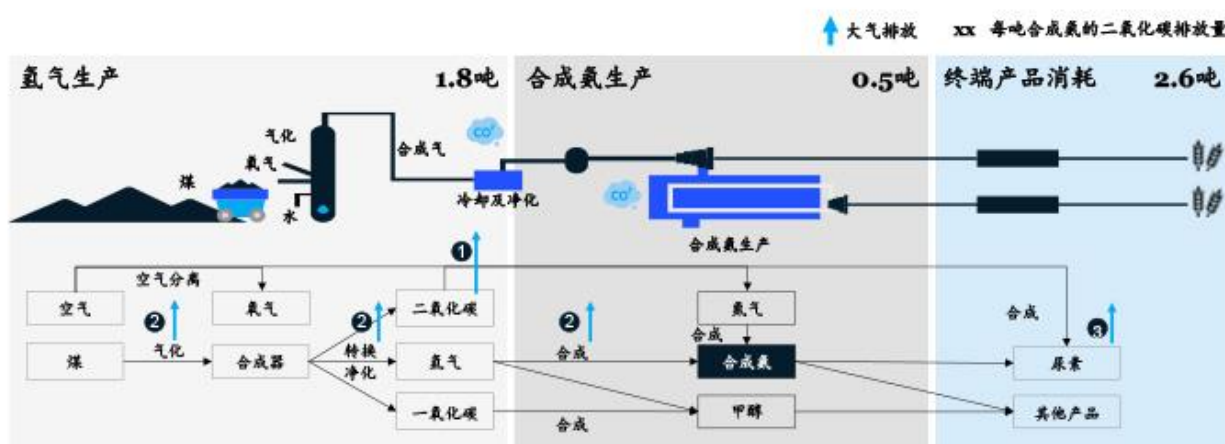
McKinsey
& Company

近年来，传统煤炭企业向煤化工转型，中国煤化工产业规模稳步增长。因为中国特色的能源结构以及经济考量，煤炭在化工领域短期内很难被完全取代，所以煤炭清洁高效利用就成了重中之重。煤化工行业要实现高碳能源的低碳化利用，优化并减少下游产品需求，降低能耗煤耗，提高能源电气化水平，发展洁净能源技术，抢占低碳技术战略制高点，以科技进步推动工业结构全面转型升级。

在煤化工行业，我们重点分析了煤耗最多的两个产品——合成氨和甲醇，这两个产品占到 2019 年煤化工行业煤耗的一半以上。合成氨和甲醇的碳排放来自于煤气制氢过程中的副产二氧化碳和燃煤燃烧，根据我们的

计算，1吨合成氨在全生命周期排放约4.9吨二氧化碳（见图二），1吨甲醇约产生4.4吨二氧化碳。

图2 碳排放流程细分



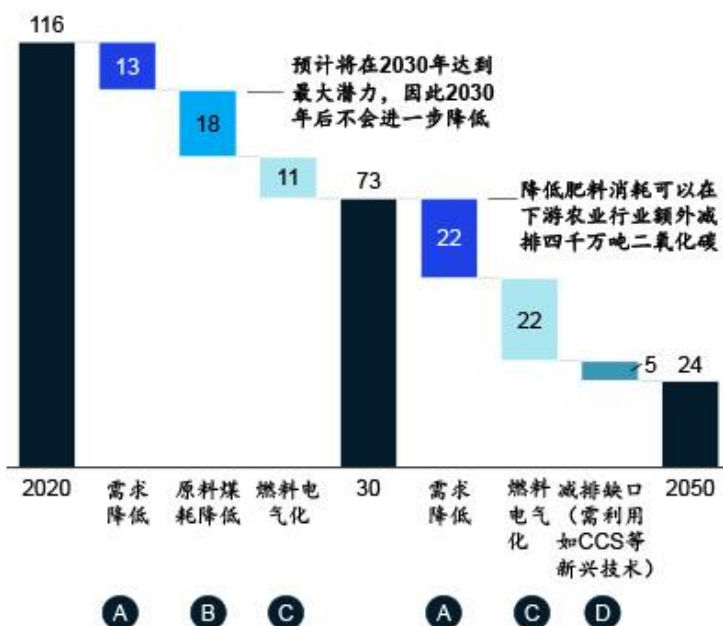
McKinsey
& Company

针对合成氨碳减排，终端需求下降是最大抓手，预计最高可贡献40%的二氧化碳减排；在供给侧减排抓手中，生产能效提高（包括通过工艺和运营优化减少碳排放）贡献约15%，燃煤电气化贡献约30%，剩下5%-10%的碳减排缺口则需要通过碳捕集利用与封存（CCUS）以及绿氢等新兴技术来解决（见图三）。

图3

中国2030、2050年合成氨行业温室气体减排路径
百万吨二氧化碳

✕ 主要抓手



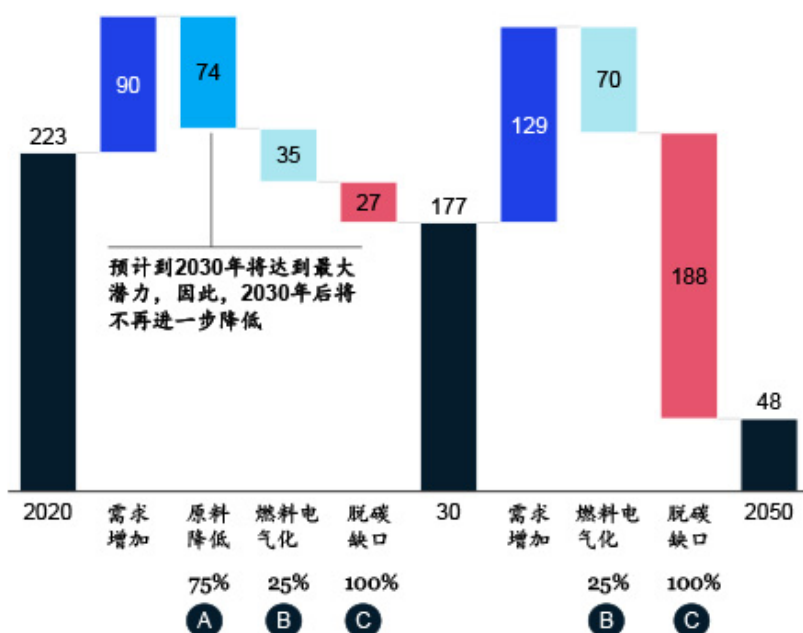
McKinsey
& Company

甲醇的碳减排抓手与合成氨相似,能效提高和燃煤电气化可分别将碳排放量降低 15%和 20%。但因为在建筑、化工上的广泛使用,甲醇终端需求在未来 30 年预计会持续增长,所以更大的碳减排缺口仍需要新兴技术解决。我们预计在 2050 年,80%以上的甲醇生产需要使用 CCUS 或绿氢,才能实现 1.5 摄氏度温控路径下甲醇行业全面碳减排的要求(见图四)。

图4

2020、30、50 中国甲醇行业的温室气体减排途径
百万吨二氧化碳

✕ 主要抓手
XX% 可处理二氧化碳比例



McKinsey
& Company

- A 减少原料：**通过升级为低煤耗的气化技术，到2050年可能会将二氧化碳排放减少约15%，到2030年将达到最大潜力
- B 燃煤的电气化：**与CCS和氢气相比，技术更成熟，有潜力减少约25%的排放
- C 脱碳缺口：**大量的脱碳缺口仍有待通过包括CCS、绿氢在内的新兴技术来解决。为解决脱碳缺口，80%的产能需转换为CCS或电解氢

例：合成氨碳减排路径

因为生产流程相似、减排抓手重合，我们在本篇文章将以合成氨为例来进一步阐明每个碳减排抓手。

a.耕地减少：我国总体耕地面积预计未来将延续下降趋势，从20亿亩降低到接近18亿亩，预估下降10%。长期过度耕种导致耕地土质下降，当前我国20亿亩耕地中已有4%污染耕地、17.8%低等耕地和8000多万亩不稳定耕地，休养生息、退耕还林还草、轮作休耕势在必行。同时，伴随着城镇化进程，未来农村人口预计将进一步迁出，导致部分耕地荒置。

b.化肥使用效率提高：在不影响产量的前提下，我们预计中国的每公顷每年氮肥用量有潜力在 2050 年下降 30%（见图五）。中国农场的人均耕地面积远低于西方国家，小农户缺乏科学使用化肥的知识，导致中国存在化肥过量使用、盲目使用的问题，中国的农作物公顷均氮肥用量为 306 公斤，远高于世界平均水平，是美国的两倍以上。近年来这个问题有所改善，在“十三五”时期，政府通过农民教育和地方监管，积极控制化肥施用量。未来，随着土地所有权整合，大农场预计会逐渐代替个体农户成为主流农场模式。大农场主的每公顷氮肥施用量远远低于小农场主；同时，大农场主也更愿意采用优化的耕种技巧，例如使用有机化肥、缓释化肥等新式化肥，进一步提高化肥使用效率。

图五 5

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=1_33989

