



“中国加速迈向碳中和” 水泥篇：水泥行业碳减排路径



编者按

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三篇，本文将以前水泥行业为样本继续展开碳中和转型研究。未来我们还将陆续发布一系列文章，内容涵盖煤化工、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，以及碳捕集利用与封存（CCUS）、氢能等新兴碳减排趋势等。在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。

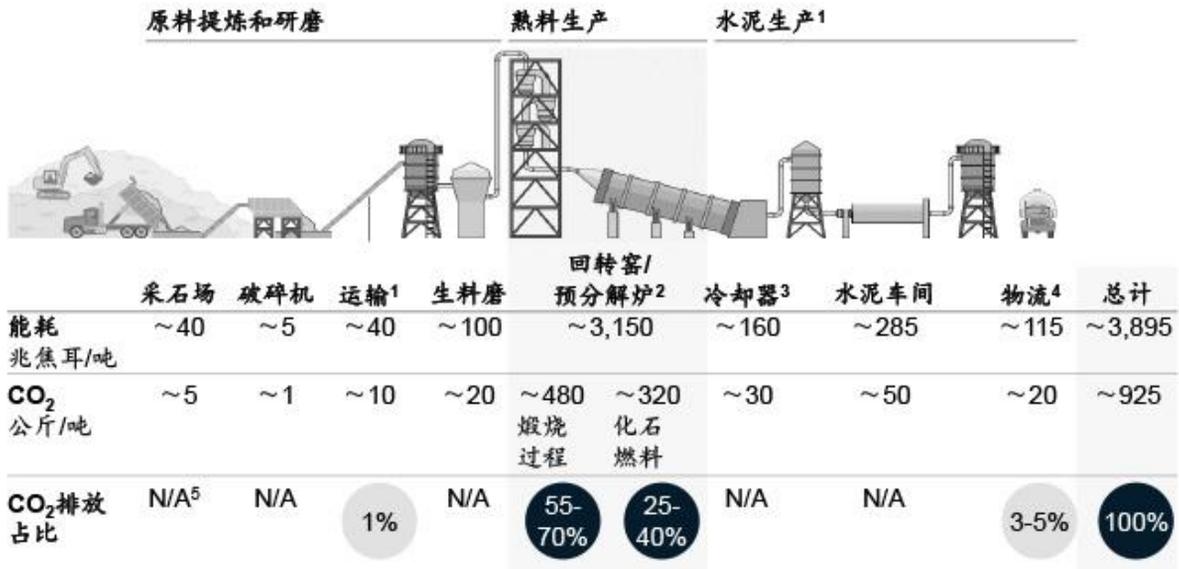
中国水泥行业碳中和转型的必要性

水泥行业是我国国民经济的重要基础产业，也构成了现代城市建筑的躯干。放眼全球，水泥行业贡献了碳排放总量的 7%。如果将全球水泥行业看作一个国家，那么它将是仅次于中国和美国的第三大碳排放国。我国生产全球近六成水泥，水泥行业碳排放量也逾全球水泥产业碳排放总量的一半。

水泥生产过程中的二氧化碳排放主要源于熟料生产过程（见图一），其中石灰石煅烧产生生石灰的过程所排放的二氧化碳，约占全生产过程碳排放总量的 55-70%；高温煅烧过程需要燃烧燃料，因此产生的二氧化碳，约占全生产过程碳排放总量的 25-40%。

图1 水泥制造是一个非常复杂的过程，熟料生产阶段排放约95%的CO₂

水泥生产全周期过程中的能耗和排放细分



1. 假设1kWh/吨/100米
2. 假设全球平均值，数据来自全球水泥和混凝土协会的《Getting the Numbers Right》报告(2017)
3. 假设是5kWh/吨熟料的往复式炉排冷却器
4. 假设货车运输平均距离为200公里
5. 排放被纳入电力行业

McKinsey
& Company

资料来源: 麦肯锡化工咨询业务; 专家访谈; 小组分析

目前，中国水泥行业碳排放量占全国碳排放总量的约 9%，是制造业中主要的二氧化碳排放源。中国是全球水泥制造第一大国，2019 年全球水泥产能为 37 亿吨，中国约占其中 60%。根据麦肯锡测算，要实现全球升温不超过 1.5°C 的情境，到 2050 年中国水泥行业碳减排需达 70% 以上。

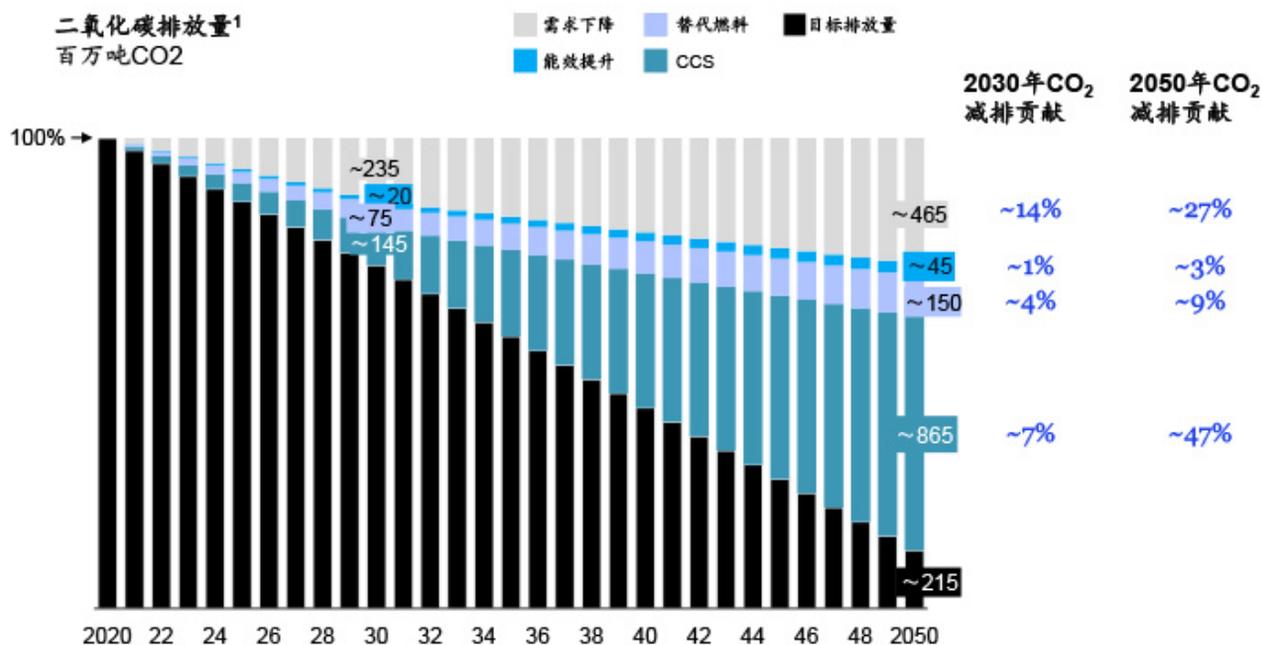
中国水泥行业碳减排路径

综合考量碳减排成本、技术可行性、资源可用性，我们认为需求下降、能效提升、替代燃料、碳捕捉技术的加速推动是中国水泥行业碳减排的重要抓手。据此，我们绘制了中国水泥行业从 2020 年到 2030 和 2050 年的

碳减排路径图（见图二）。

图2 需求下降和CCS对1.5度路径中的CO₂减排贡献最大

2020-2050年中国水泥行业二氧化碳排放量同比预测



McKinsey & Company

1. 基准排放数字基于自下而上的计算
资料来源: 专家访谈、小组分析

综合能源转型委员会（ETC）、国际能源署(IEA)、麦肯锡全球水泥需求预测模型以及中国水泥行业专家的意见，我们预计常规情形下的需求下降到2050年将贡献中国水泥行业约27%的碳减排，其主要动因是城市化和建筑业的增速放缓。随着我国城市化率趋于稳定，GDP驱动的水泥需求预计会进一步下降，现有建筑的维修和更新将逐渐主导未来的水泥需求。此外，混凝土的替代建材（例如钢、预制材料、交错层积木材等）也将进一步降低水泥需求。然而，需求预测的准确性受城市化和建筑业发展实际情况的影响，若需求下降不及预期，则需要依靠其他抓手推动碳减排，特别

是碳捕集与封存 (CCS)。

能效提升是技术成熟的无悔之举,到 2050 年可为水泥板块贡献约 5% 的碳减排。水泥行业的能效变革包括两大方面:一是节电的减排贡献(包括原料研磨、预分解炉、水泥车间用电等),为避免双重计算,我们将这部分潜力放在电力行业碳减排分析中另行展开;二是节省燃料的减排贡献,预计到 2030 年燃料消耗可节省 5%,到 2050 年可节省 14%。

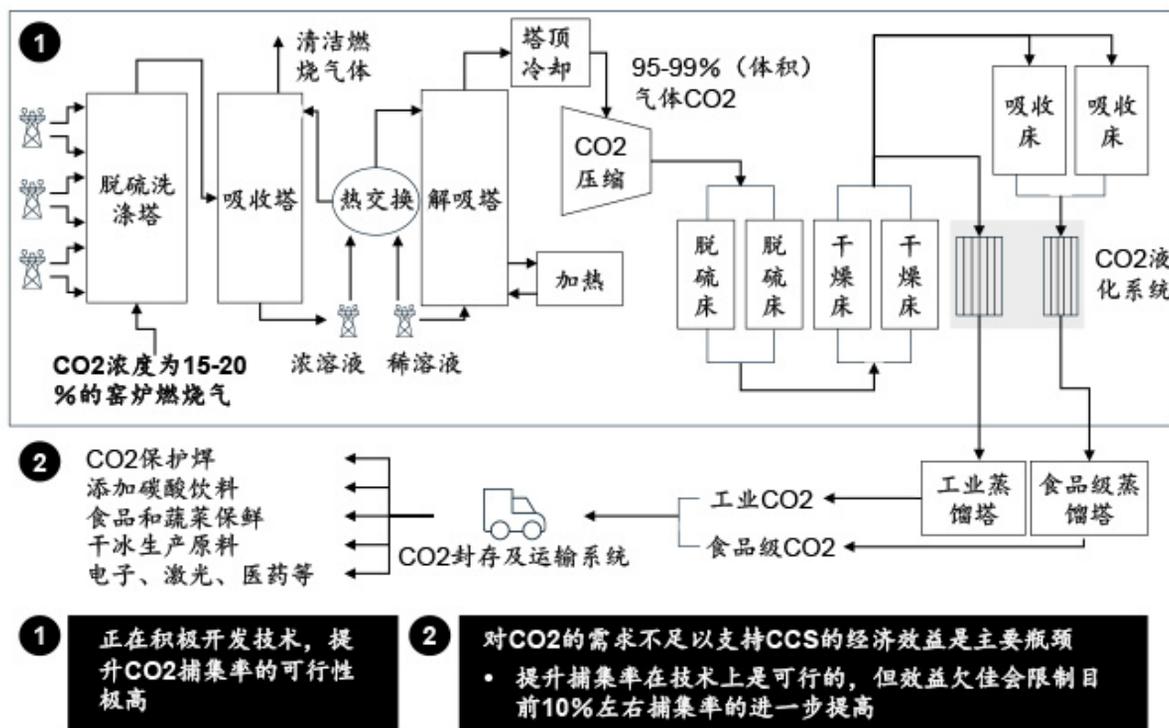
替代燃料是更优先、更具成本效益的手段,到 2050 年可推动行业约 10% 的碳减排。如果我们逐个分析可为水泥生产供热的主要燃料,会发现可再生废弃物是最可行的煤炭替代燃料:

在需求下降、能效提升、替代燃料三大抓手均发挥作用的情况下,预计可产生的碳减排成效与 1.5°C 情景下的碳减排目标之间仍有较大缺口,还需要新兴技术的支持。鉴于水泥生产中熟料工艺排放的特点,在没有新兴技术大规模代替熟料的情况下,碳捕集与封存 (CCS) 将成为水泥行业实现碳中和的唯一选择,预计到 2050 年需要贡献行业约 50% 的碳减排。CCS 需要相匹配的地质条件,如靠近衰退期油田、盐水层等;且由于水泥厂规模较小、地点分散,单个企业难以承担大规模 CCS 基础设施建设,因此可考虑参与“CCS 工业园区”模式,与其他需要依赖 CCS 技术减排的行业(如钢铁、煤电等)组团开展试点,例如可以从行业集中度较高的河北或山东开始试验。

国内某水泥生产头部企业在 2018 年下半年推出了中国首个水泥 CCS

示范项目（如图三），目前也是国内唯一的水泥企业 CCS 项目。该 CCS 项目投资逾 5000 万元人民币，每年捕获二氧化碳约 5 万吨，捕集率约为 1/30，是一个小规模的项目。未来水泥行业 CCS 试点的重点将聚焦于捕集技术的创新突破、捕集规模的大幅提升，以及 CCS 产业链的逐步搭建。

图3 某头部水泥企业的CO2捕集工艺和价值链



McKinsey & Company

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_33991

