

# 全国碳排放权交易体系覆盖行业扩大所面临的挑战及对策分析

CHRIS BUSCH (EI), 胡敏(IFS), 陈美安 (IGDP)

2022 年 4 月

## 摘要

扩大碳排放权交易体系的覆盖范围是中国碳排放权交易体系建设<sup>1</sup>下一步的重点工作。与第一阶段仅涵盖电力行业相比，全国碳排放权交易体系的行业扩大后，其所覆盖的排放量或将翻倍，将包括石化、化工、建材、钢铁、有色金属、造纸和民航。<sup>1</sup>

有研究表明，其实中国最早可以在2022年将全国碳排放权交易体系的覆盖范围扩大到铝和水泥行业。<sup>2</sup> 尽管中国已经计划要推进这项工作，但目前还没有给出正式的时间表。

同电力行业相比，下一步拟纳入碳排放权交易体系的几个行业同出口贸易的关系更为紧密，因此可以采取一些对策来减少对本国产业国际竞争力所受的影响，<sup>3</sup>但信息不充分仍然是政策制定过程中的一大挑战。

---

<sup>1</sup>此报告中使用了更为常见的术语“排放交易体系”，但政府通常将中国的计划称为国家碳市场。

## 关于作者

- **Chris Busch**，能源政策与技术创新公司的研究主任，负责公司的加州气候政策项目，带领团队开发了 EI 的加州能源政策模型，为该州实现深度零碳承诺的最佳政策组合提供了见解。邮箱地址：chrisb@energyinnovation.org
- **胡敏**，北京绿色金融与可持续发展研究院副院长。曾发起或主持包括低碳规划、碳价格、中长期能源排放情景研究、绿色金融、大气污染治理、制冷能效、HFC 减排等领域百余课题和项目，合著出版低碳规划和碳市场相关书籍。邮箱地址：hum@ifs.net.cn
- **陈美安**，绿色创新发展中心的项目总监/高级分析师，主要研究领域包括中国气候变化政策分析和工具开发、碳市场、非二氧化碳温室气体排放等。邮箱地址：chenmeian@igdp.cn

研究团队同时感谢IGDP同事洪佳玲、实习生陆彬和宋曼娇为中文报告翻译和校对提供的重要支持。

## 免责声明

本报告所采用的数据均来自公开的信息和渠道，我们力求准确和完整，但难免偶有疏漏。报告内容和观点仅代表作者个人理解，不代表支持方、作者所属机构、调研专家学者的立场和观点。

## 引用建议

Chris Bush, 胡敏, 陈美安. 完善全国碳排放权交易体系, 助力中国气候目标的实现[R]. 美国能源政策与技术创新公司、北京绿色金融与可持续发展研究院、绿色创新发展中心, 2022.

我们针对解决信息壁垒和如何减少对经济的影响提出了如下两项政策建议：设定碳价区间和尽量减少配额分配基准线的数量。

设定碳价区间，设定碳价上限和碳价下限。碳价区间是避免碳价产生大幅波动最简单、最有效的方法，从而控制经济风险，减少对经济的影响。碳价区间提供了一个简明易懂的成本控制方法，同时也解决了信息障碍，使政策制定者在对每个行业的技术和市场情况掌握并不详尽的情况下仍能向前推进工作。

减少配额分配基准线的数量有利于克服信息障碍，因为基于不同的技术设定多个基准线需要一个详细的知识库。因此，生态环境部应尽量减少基准数量，争取每类产品只对应一个基准。这样做的益处在于不需要为每个行业的技术、燃料使用、排放和生产方法制定全面清单。

应该重点强调加入全国碳排放权交易体系将给各行业带来的经济效益，以及这些效益是符合中国的经济发展战略的，从而消除行业对产业竞争力的担忧。在国际社会对低碳产品需求快速增长之际，加入碳排放权交易体系的行业将更快实现创新和清洁技术竞争力的提高。2021年，全球对脱碳技术的投资激增了25%，在过去五年内翻了一番。<sup>4</sup>加速国内创新，增强中国从事先进技术制造的企业的竞争力，是中国长期以来的发展重点。

本报告提出了一个“三步走”的方法，以克服信息不充分和其他政治经济方面的障碍，将全国碳排放权交易体系扩展到更多的行业。首先，通过设定碳价区间来解决产业竞争力的问题。第二，简化基准，将配额分配基准减至最小的可行数量，使每类产品对应一个基准。第三，关注不断增长的清洁技术的市场机遇，即将纳入碳排放权交易体系的行业将在创新领域得到进一步发展；充分认识这些结果与国家经济战略的一致性。碳排放权交易体系作为为中国实现双碳目标的重要机制，扩大行业覆盖范围是必不可少的一步，实施上述三个步骤将有助于这一工作的顺利开展。

目录

摘要.....错误!未定义书签。

引言.....4

碳泄漏和产业竞争力的问题.....5

    碳泄漏和排放密集型、外向型产业的定义.....5

    缓解碳泄漏风险的因素.....5

    定量分析.....6

全国碳排放权交易体系扩容的现状.....7

全国碳排放权交易体系扩容的障碍.....8

政策建议.....8

    设定价格区间.....9

    尽量精减分配基准.....9

    其他影响因素.....9

经济效益分析.....10

绿色氢能案例研究.....11

结论.....12

术语表.....13

参考文献.....13

引言

本报告分析了全国碳排放权交易体系覆盖行业扩大面临的挑战及对策。全国碳排放权交易体系实施的第一阶段仅覆盖电力行业。近几年中国一直计划扩大交易体系的覆盖范围，但尚未明确具体的时间安排。

本报告首先探讨了关于碳泄漏和产业竞争力的问题，这些问题对于即将被纳入全国碳排放权交易体系的行业来说比对发电行业更为突出。然后报告简述了全国碳排放权交易体系实施的最新情况（详见"碳排放权交易体系的扩展现状"），分析了政策制定者在推进工作中遇到的具体挑战（详见"碳排放交易体系的扩展障碍"）。随后，报告提出了克服技术和政治经济障碍的两项政策设计策略。最后，报告建议政策制定者关注拟被纳入全国碳排放权交易体系的行业的经济利益，以及这些利益与国家经济战略的一致性。最后，报告分享了绿色氢能案例研究，阐述了全国碳排放权交易体系的扩展将如何推动中国企业发展绿色氢能供应链，记录了中国企业为发展绿色氢能所采取的行动，并概述了全球氢能需求增长的前景。

本报告是三份系列报告中的第二份。第一份报告为完善全国碳排放权交易体系、助力中国气候目标的实现提供了总体建议。第三份报告探讨欧盟提议的碳边境调节机制以及其对中国的影响。

## 碳泄漏和产业竞争力的问题

与电力行业不同，下一步拟纳入交易体系的行业有较高比例的出口业务，因此一些观点认为碳市场的实施会带来碳泄漏的风险。虽然碳泄漏和行业竞争力是全国碳排放权交易体系扩展中不可避免的话题，但行业在抵制比较严厉的政策时往往会夸大这些问题。在阐明相关定义的基础上，本节阐述了一些有助于减少中国企业碳泄漏影响的因素，并对这一问题进行了定量分析。

### 碳泄漏和排放密集型且易受国际贸易影响行业的定义

在气候政策中，“碳泄漏”是指新的政策法规，如碳交易，有可能导致经济活动和相关排放转移到排放控制更为宽松的地区。对碳泄漏风险进行评估和核算，有利于保护全球环境（而不是只顾及本地区或本国的环境保护），并获得相关方的支持。影响碳泄漏量的两个因子为：转移到新法规范围之外的生产量和进口替代导致的产品消费的排放强度差异。碳泄漏量可以用数学公式表示：<sup>5</sup>

$$\text{碳泄漏量} = \text{产量变化} \times \text{二氧化碳排放强度变化}$$

其中，“产量变化”是指从国内制造商转移到国外制造商的生产数量。例如，这可以用钢铁吨数来衡量。“二氧化碳排放强度变化”是指额外进口产品的生产与其所替代的国内产品相比，在排放强度上的平均差异。例如，这可以用每生产一吨钢所排放的二氧化碳量来衡量。

碳排放交易体系在设计过程中通常会识别某些具有碳泄漏风险的行业，称为排放密集型且易受国际贸易影响行业（EITE）。EITE行业分类的具体内容因项目而异，但通常有两个考虑因素。首先，由于对化石燃料的依赖，排放密集型行业在引入碳交易时面临较大的对生产成本的潜在影响。第二，易受国际贸易影响企业在国内市场面临着大量进口产品的竞争，或出口份额占比极高。

欧盟碳排放交易体系划分EITE产业的方法极值得借鉴。排放强度为由于碳价导致单位产品国内价值创造总额中的额外成本。<sup>ii</sup>贸易强度取决于与欧盟公司的市场份额的比值相比，进口和出口的程度。<sup>iii</sup>在欧盟碳排放交易体系的第四阶段，如果排放强度和贸易强度的乘积大于0.2，一个行业就可以被纳入EITE行业。<sup>6</sup>

历史上，碳排放交易体系设计一直使用免费配额分配，将免费配额奖励给EITE行业作为管理行业竞争力和碳泄漏问题的主要手段。欧盟现在正在试行另一种方法，即碳边境调节费，这将在本系列的第三份报告中展开讨论。

### 缓解碳泄漏风险的因素

即使是被认为最容易发生碳泄漏的行业，也可以通过以下几个方面应对上述问题。首先，中国庞大的国内市场由国内生产商主导，在一定程度上为行业竞争力问题提供了缓冲。

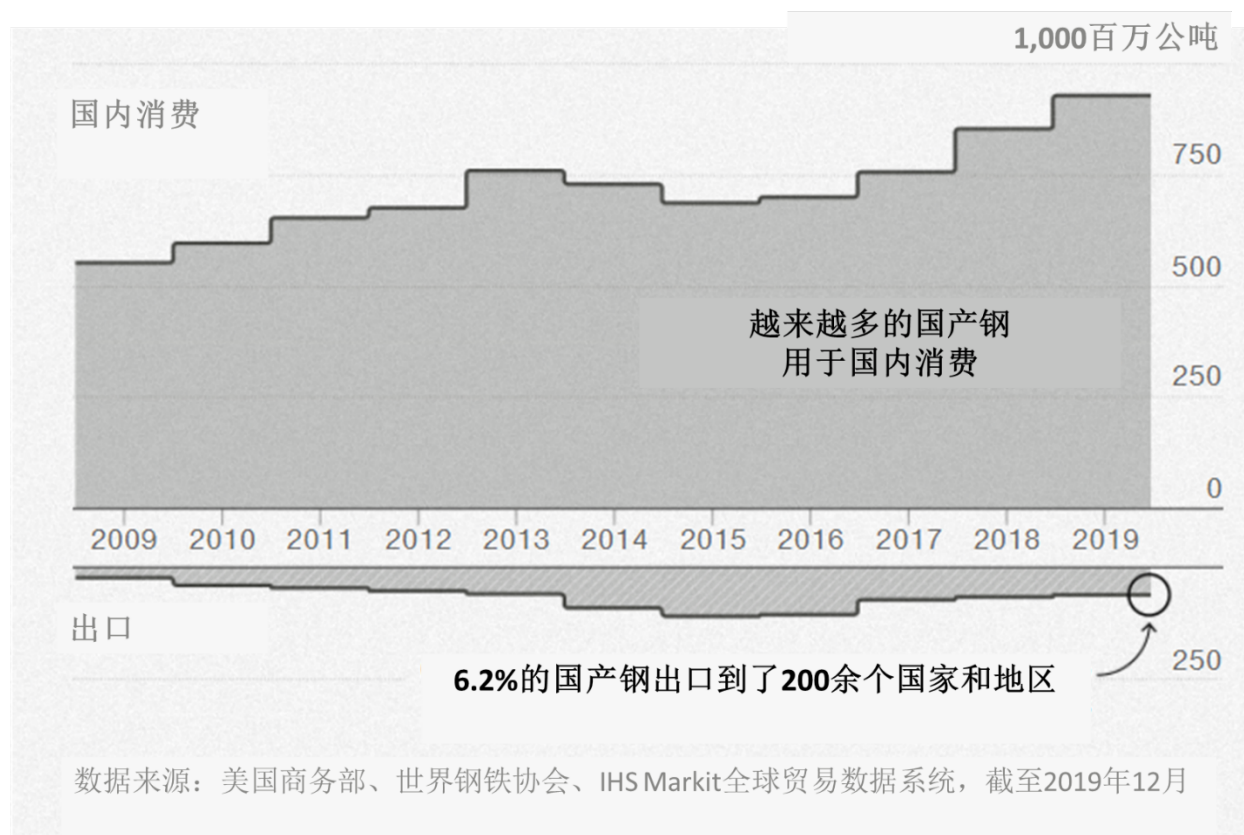
---

<sup>ii</sup> 在欧盟碳排放交易体系中，这一指标被称为成本强度，其计算公式为：成本强度=[碳价格×(直接排放量×拍卖因子+用电量×排放因子)]/总增加值。

<sup>iii</sup> 在欧盟碳排放交易体系中，贸易强度的计算方法为：贸易强度=(进口+出口)/(进口+生产)。

以钢铁为例，中国国内市场的重要性在不断上升。图1显示，2019年，国内消费占中国钢铁总需求的93.8%。<sup>iv</sup>

图1 国内市场主导中国钢铁需求<sup>7</sup>



与其他国家相比，中国产业的巨大规模也减少了碳泄漏风险，有助于设定对技术趋势的预期。根据麦肯锡公司的说法，"由于中国产业的巨大规模，业界对中国正在发生的变化非常感兴趣。"<sup>8</sup>

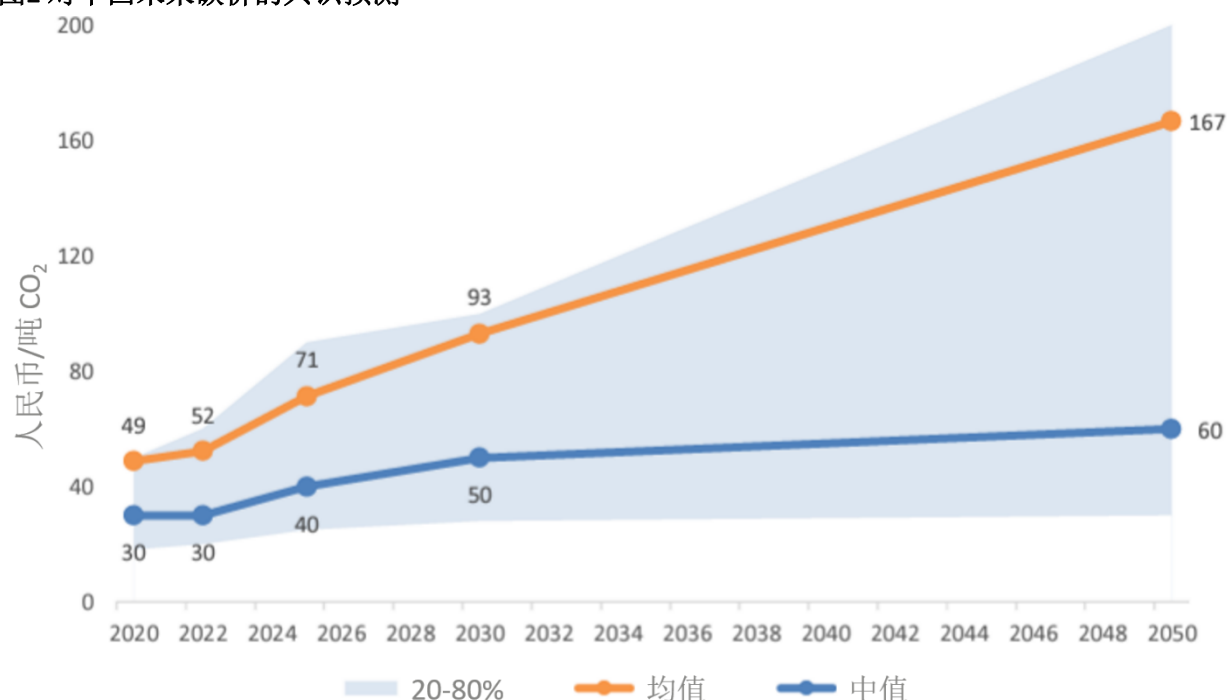
另一个有利因素是被纳入碳排放权交易体系的行业具有日益增长的效益空间。根据欧盟提议的碳边境调节机制，碳排放权交易体系的覆盖将直接降低中国企业需要支付的边境费用。在碳约束日益增加的背景下，碳排放权交易体系的经济效益将在下文"聚焦经济优势"一节中讨论。

### 定量分析

为了评估关于碳泄漏和产业竞争力影响的定量研究，首先要看这些研究所做的假设。其中一个关键问题是这些研究如何预测未来的碳价，因为碳价将影响碳排放权交易体系能否充分发挥作用。自2021年7月全国碳排放权交易市场正式上线交易以来，中国的碳价从40元到60元不等。图2显示了中国的碳价预测，即基于对市场参与者调查的"共识预测"。橙线代表平均价格，少数离群点导致其整体偏高。蓝线代表中位数，即排名中间的数值。中位数不受离群值的影响，这解释了平均数和中位数之间的差异。

<sup>iv</sup>该结论由图中注释（出口占中国钢铁产量的6.2%）推断。

图2 对中国未来碳价的共识预测<sup>9</sup>



通常研究中对未来成本的假设高于共识预测，即便如此，全国碳排放权交易体系扩容所产生的影响仍然是可控的。由清华大学团队所主导的“中国碳排放权交易体系和非碳排放权交易体系工业部门的碳泄漏审查”项目将模型中的碳价设置为每吨200元。<sup>10</sup>共识预测认为几十年内都不可能达到这个价格，而研究发现即使在这个价格下，适度的免费分配也可以中和碳泄漏。研究结论是：“在考虑工业行业直接排放和电价不受碳价影响的情况下，由于泄漏所需补偿的免费配额的适当比例将在15.8%和17.0%之间。<sup>11</sup>如果电力部门改革允许成本转嫁到消费者身上，则需要更高比例配额以抵消碳泄漏。而如果电力部门改革允许碳价转嫁到大型工业的电价上，则40%的免费配额足以完全抵消碳泄漏。”<sup>v 12</sup>

碳泄漏研究通常是分析跨国边界的影响，但来自清华大学的另一个团队调查了省级碳排放权交易体系试点项目如何在中国的省际边界引发碳泄漏。有证据表明经济活动和排放都转移到了试点以外的地区。<sup>13</sup>这项研究证实，碳泄漏在境内比在国际边界上更容易发生。重要的是，碳排放权交易体系的全国性覆盖将消除这类境内省际泄漏的可能性。<sup>vi, 14</sup>

## 全国碳排放权交易体系扩容的现状

<sup>v</sup> 《碳泄漏审查》进一步指出：“如果碳排放交易体系的平均拍卖系数低于60%，发生碳泄漏的风险可忽略不计。”

<sup>vi</sup> 这项研究还涉及整个经济的政策设计，得出的结论是，一揽子政策为实现有效、高效和公平的战略的最优解：“与基于市场的减排机制相比，中国强制减排的五年计划等目标政策对实现更‘平等’的碳达峰至为关键。然而，一旦减排目标实现，就无法激励地方经济体作出额外努力。因此，考虑到这一点，对于像中国这样的新兴经济体来说，混合缓解政策是必要的。”

全国碳排放权交易体系在启动之初只对发电行业的二氧化碳排放进行监管，包括发电行业和其他行业自备电厂，覆盖约2200家企业。<sup>15</sup>2021年，全国碳排放权交易体系正式启动上线交易。

中国近几年一直计划将更多行业纳入全国碳市场。2015年首次宣布将建立一个全国性的碳排放交易体系时，就计划覆盖"相当大比例的碳排放"。<sup>16</sup>2016年，国家发展改革委办公厅提议覆盖发电和另外六个行业：钢铁、铝、水泥、化工、造纸和民航。<sup>17</sup>

2021年，生态环境部对八大行业提出了强制性数据报送要求。<sup>18</sup>这种强制性的数据报送规则在企业内部建立了技术能力，但更多的是信息性的报告。碳市场只有在引入企业通过交存碳配额（可交易的二氧化碳排放许可）来核销其排放量的义务后，才会产生碳价格信号并对企业产生减排的激励。

预计在"十四五"期间，即不晚于2025年，全国碳排放权交易体系将扩大到电力以外的另外六个行业。<sup>19</sup>媒体报道援引上海环境交易所董事长的话，从2022年开始，全国碳排放权交易体系将扩大到水泥和铝行业。<sup>20</sup>不过，对于何时增加下一个行业，目前还没有官方时间安排，更不用说全部六个行业。

### 全国碳排放权交易体系扩容的障碍

信息可得性、对经济的影响和部门间的协作效率是全国碳市场扩容的关键阻碍。<sup>21</sup>信息挑战包括与数据收集和解释有关的挑战。收集可靠的排放数据很困难，但至少这类数据已经成为生态环境部核心竞争力的一部分。此外，还需要经济数据来解决碳泄漏和对行业竞争力的影响。同时增加多个部门也增加了信息的复杂性，涉及的燃料、技术和生产过程的异质性的也比电力部门复杂的多。

信息可得性的挑战不仅包括数据限制，还包括缺乏可用的分析工具，无法从数据中提取与政策设计相关的内容。中国通过在地方实施的八个试点项目获得了体系设计方面的经验。诸如"市场准备伙伴关系"和"国际气候行动伙伴关系"之类的国际机构正开始为碳排放权交易体系的设计探索监管分析方面的最佳实践。即使存在极佳的监管分析方面的国际实践案例，中国国情的独特性也要求生态环境部自主开发量化工具，为全国碳排放权交易体系的设计提供信息。

上述信息方面的挑战直接关系到第二个障碍，即经济问题。由于缺乏强大的知识基础，多边环境协定很难有力消除潜在的对经济负面影响的担忧。在中国和其他国家，行业抵制碳市场，有时会提出毫无根据的说法，即碳价会造成其明显的竞争劣势。由于行业维护者植根于本行业、深入了解企业的困难，因此即使提出夸大的说法，政策设计者也很难说服他们。在中国，根据碳市场咨询公司Sino Carbon的说法，由于担心积极推广可能会导致广泛的行业违约行为，碳市场的行业扩大已经放缓。<sup>22,23</sup>

第三个挑战是部门间的协作效率，例如，全国碳市场的经济影响需要与主管投资和宏观经济规划的国家发展改革委协商。碳市场的推进工作需要上级主管部门以及其他政府部门的大力支持。

### 政策建议

以下两个政策建议可以帮助应对信息不完备和对经济产生负面影响的挑战。设定价格区间将控制经济风险，减少关于行业竞争力减弱的担忧。简化分配基准将有助于解决信息、数据不充分的问题。

## 设定价格区间

设定最高和最低可接受的碳配额价格是稳定碳价的最有效方式，可以排除异常的波动，有效规避经济风险。价格上限设定了履约成本的上限，即每吨的最高允许价格。有了价格上限，无论基准分配如何，排放一公吨二氧化碳的成本将不会超过一个已知水平。通过排除最坏的情况，价格区间有助于生态环境部获得各行业和其他政府部门对碳市场工作的支持。

价格区间也有利于克服信息障碍，即生态环境部或所有碳市场设计者在每个行业的技术和市场状况了解并不详尽的情况下，仍然可以继续推进这一工作。

## 尽量精减分配基准

全国碳排放权交易体系目前采取了基于碳排放强度的形式，<sup>24</sup>没有固定的排放总量限制。这种方法设定的是单位产出的二氧化碳排放标准。分配基准规定了企业在每单位产出中获得的免费配额数量。

为了减少信息障碍，碳排放权交易体系的设计应力求简化，尽量减少每个行业的基准数量，争取每类产品只对应一个基准，避免针对特定技术的基准。这样可以减少信息负担和制定各行业的技术和燃料使用等复杂清单的必要性。

精减每个产品的基准数量，也能使碳价信号更加清晰。斯坦福大学的一个中国和国际学者团队的工作表明，使用多个基准会降低成本效益。"多个基准会影响被体系覆盖的不同设施的相对补贴力度，扭曲不同设施对减排的相对贡献，从而增加成本。"<sup>25</sup>我们建议通过投资和其他政策而不是通过技术差异化的基准来实现公平的目标。

全国碳排放权交易体系的第一阶段使用了4个不同的电力技术基准。正是因为考虑到上述基准简化的益处，电力行业的技术基准才从最初的11种缩减到4种。由于电能产品高度统一，电力技术基准还可以进一步改革为单一基准。针对电力行业不同的技术类型而采用不同的基准是出于公平的目的，尤其是针对以低质煤为燃料、具有高排放量的流化煤厂聚集的地区。<sup>26</sup>然而，如果电力行业采用单一的基准，并通过其他预算支出来实现公平目标，整体效率会得到进一步的提高。<sup>27</sup>

## 其他影响因素

全国碳排放权交易体系的扩容工作可以参考第一阶段的实践和教训。本系列第一份报告的建议也适用于即将被纳入碳市场的行业。总体来说，全国碳排放权交易体系应该开始从基于碳排放强度的形式<sup>28</sup>过渡到与中国的国际气候承诺相适应的基于排放总量的形式。中国已经承诺探索实施碳排放的双重控制，指的是减少单位GDP的碳排放（强度目标）和排放总量（固定排放目标）。尽管后者还没有法律约束力，但全国碳排放权交易体系可以作为设定总量控制目标的一个实验。在配额分配方面，关键的举措是减少免费分配的配额，通过拍卖或其他方式来设定强有力的市场信号。

为了协助未来的方案设计，我们建议投资改善监管分析方法。比较其他分配方法的技术进步——考虑补贴的其他用途是否能更好地优化公共资源的使用——将是值得投资的。这些技术可以使碳市场政策与国家的经济发展目标保持一致。关于碳排放权交易体系的设计，研究表明不需要100%的配额来应对中国企业的碳泄漏风险。在之前讨论过的“碳泄漏审查”研究中，以每吨200元的碳

价进行建模，并假设覆盖间接排放源（即电网供电，工业吸收碳成本），铝行业中解决碳泄漏问题所需的最大免费配额水平为33.7%（见表3）。<sup>29</sup>

欧盟的经验为过于慷慨的配额分配提供了一个警示。在欧盟碳市场实施的最初几年，欧盟工业界从碳市场中获得了巨额的利润，使得公众对这一机制的支持度大幅降低。<sup>30</sup> 配额分配方式优化和碳泄漏风险评估方法的改进将提高人们对碳市场公平性的信心，并加强与中国政府所倡议的共同富裕的一致性。

## 经济效益分析

第三项建议是通过更好的认识碳排放权交易体系将带来的经济效益，从而支持该体系的扩容。排放权交易体系将刺激产业的创新，增强中国企业在清洁技术领域竞争力，这些成果都与中国国家经济战略相符。

下面的讨论从全国碳排放权交易体系的覆盖范围开始。对即将被纳入排放权交易体系的行业提出的减排要求通过“学习曲线”效应刺激了国内创新的速度。随着国内生产规模的扩大，规模经济进一步降低了成本，这种竞争力优势被经济学家称为“本土市场”效应。这些学习曲线和本土市场的动力将促进中国企业的进步，在新兴的全球清洁技术市场上表现出竞争力，而所有成果都符合中国的国家经济战略。

“学习曲线”指新兴技术中常见的性能稳步提高和成本下降的模式。<sup>31</sup> 大多数创新不是通过大规模突破而实现的，而是随着时间推移逐步改进，有时是研究过程中的新发现，以及通过制造和使用方面的经验增长而在实践中学习。在过去的20年里，基于不同方法的研究：统计分析<sup>32</sup>、经济史<sup>33</sup>和案例研究<sup>34</sup>巩固了学习曲线的科学性，发现了“有力的证据表明环境法规促进了清洁技术的创新活动”。<sup>35</sup> 一些研究记录了中国清洁能源经验中的学习曲线效应。<sup>36,37</sup>

国内生产和消费的增长也可以通过本土市场效应产生出口效益。超过半个世纪的证据表明，由于规模经济，在国内消费和生产方面的早期领先地位可以带来出口优势。<sup>38,39,40</sup> 当早期实践者从国内经验中获得成本优势时，也比较容易在出口上获得成功，这就是本土市场效应。

由于学习曲线和本土市场效应，在清洁技术产品的国际需求日趋成熟并成为主流的时候，全国碳排放权交易体系的扩容将带来创新和规模经济的好处。2021年，脱碳技术在全球激增25%，达到7550亿美元，在过去五年中翻了一番。<sup>41</sup> 即将加入碳排放权交易体系的这些行业对低碳产品的需求正在增长。例如，到2050年，仅用于风力涡轮机的低碳钢需求就有约17亿吨。<sup>42</sup>

清洁技术的市场机遇本身就会受到各方的关注，而与中国的国家经济战略相符进一步增强了清洁技术的重要性。至少十年来，中国已将清洁能源供应和需求方的清洁技术作为经济战略重点。例如，2011年至2015年的“十二五”规划将新能源利用、新能源汽车和节能技术列为优先经济发展目标，以推动国内技术进步，帮助中国企业在国际市场上提升价值。因此考虑到中国在气候领域技术方面的目标，由碳价所驱动的创新将产生显而易见的效果。

碳排放交易体系的扩容也将鼓励高质量的经济增长，而不仅仅是高速度的增长。至少从2015年开始，中国经济战略已经认识到环境恶化正在损害生活质量和经济表现，并优先考虑高质量发展。

<sup>43</sup> 碳排放交易体系的扩容将空气污染成本内部化，鼓励了更高质量的增长。

中国的领导层已经认识到中国作为气候政策领导者的经济机会。<sup>44</sup> 例如，中国气候变化事务特使解振华说：“应对气候变化的政策行动不仅不会阻碍经济发展，还有助于提高经济增长的质量，培育新的产业和市场。”<sup>45</sup> 然而，产业界和地方官员对经济的担忧仍然是全国碳市场扩容的障碍，需要提高他们对碳市场经济效益的认知和信心。

## 绿色氢能案例研究

碳排放权交易体系的碳价信号将为低碳氢能提供优势，促进经验的积累，并通过学习曲线效应激励创新。碳市场的扩容将加速国内创新，提高中国企业在国际氢能市场上的竞争力，而国际氢能市场在未来几年和几十年内可能会出现强劲增长。

绿色氢能有望成为全球低碳生产的一个日益增长的能源，对于拟被纳入碳市场的行业来说，低碳氢气有望成为热源和部分化学原料的最佳低碳选择。<sup>46</sup> 生产过程对热量有大量的需求，使氢气燃烧成为极富前景的低碳替代品，BloombergNEF创始人Michael Liebreich称之为“必然发生的”。<sup>47</sup>

氢气是一种易燃气体，燃烧时不排放二氧化碳。这使得氢气与天然气和石油等化石燃料不同。氢气的碳强度取决于其生产方式。

大多数氢气是用化石燃料生产的，而绿色氢气是用零排放的电力生产的。<sup>48</sup> 学习曲线有望降低制造绿色氢气所需的电解成本。更有效的利用发电能力是降低绿色氢气成本的另一个可能途径。在系统需求低迷且储存能力不足以吸收多余的发电量时，零排放电力可能被浪费。<sup>49</sup> 利用这些未被使用的电力，即弃电<sup>vii</sup>来制造氢气，是目前正在探索的降低绿色氢气生产成本的一个有希望的途径。

中国企业正在投资氢能研究和示范，并计划转向商业化生产。隆基绿能科技有限公司和中国其他太阳能公司正在投资制造利用零排放电力产氢所需的电解设备。

中国公司也在采取措施以实现规模化生产。国有石油公司中石化已经承诺到2025年在绿色氢气方面投资46亿美元。<sup>50</sup> 2021年，该公司宣布已开始建设最大的太阳能氢气生产设施，该设施由一个300兆瓦的太阳能发电厂提供动力，建成后可提供专用低碳能源。中石化计划在2023年启用这个太阳能驱动的氢气工厂。<sup>51</sup>

在中国新兴绿色氢气市场的需求方面，世界上最大的钢铁制造商宝武集团已经协助组织了一个致力于降低排放的全球钢铁制造商联盟。<sup>52</sup> 宝武集团已在中国西部动工建造一座富氢碳循环高炉，<sup>53</sup> 逐步增加氢气作为还原剂的比例。

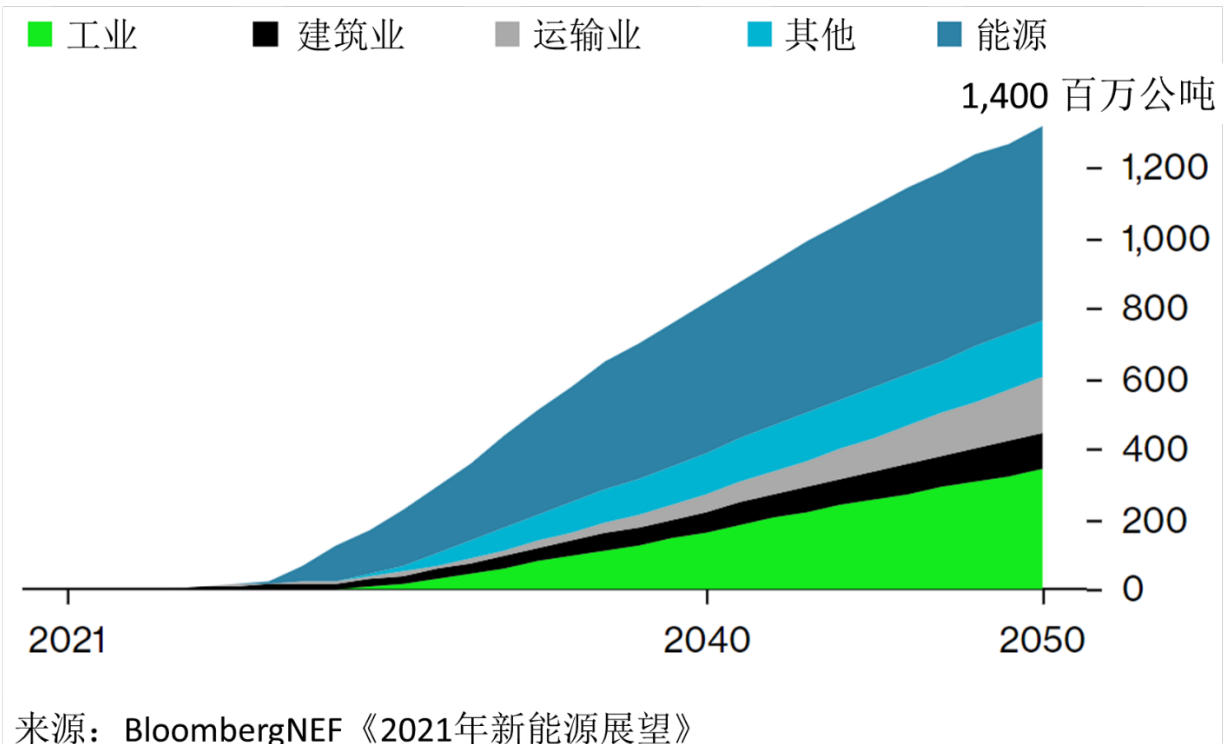
氢能将拥有广阔的市场前景，中国企业越早涉足这个领域，未来将会获得更好的收益。全球对氢气的需求在多年稳步增长后正在激增。自1980年以来，全球氢气需求增加了三倍，从每年不到2000万吨增加到2018年的7000余万吨。<sup>54</sup>

BloombergNEF预计，到2050年，氢气需求量可能达到13亿吨（图3）。为实现温升控制在2摄氏度以内，且假设全球脱碳投资兑现，氢能将增长到最终能源消费总量的22%左右。<sup>55</sup>

---

<sup>vii</sup> “弃电”是一个技术术语，指放弃可再生能源的潜在输出。可再生能源电力被弃用是由于系统供需不匹配导致部分电力没有接入电网，这可能是由于夜间消费者需求低、当前电池容量和其他类型的电力存储的限制。将这些未被利用的能源用于产氢，将更好地利用低碳能源。

图3 全球氢需求展望，需要采取行动将升温控制在2℃以下<sup>56</sup>



结论

全国碳排放权交易体系是中国实施脱碳战略的重要机制，为进一步发挥该体系的作用，将交易体系覆盖到更多的行业是下一步的重点工作。而这项工作被推迟启动以及时间表的不明确表明这项工作正面临着信息不健全和其他相关的政治经济挑战。本报告建议采取三步法来克服这些障碍。首先，生态环境部应通过设定价格区间来解决产业竞争力减弱的问题。第二，生态环境部应该简化配额分配基准，将基准减少到最小的可行数量，争取每类产品对应一个基准。第三，生态环境部应该关注在即将纳入交易体系的行业中日益增长的清洁技术的市场机遇，并认识到这些成果是符合国家经济发展战略的。这种经济效益尚未得到充分的重视，认清这些优势将有助于将全国碳排放权交易体系推广到更多的行业。

## 术语表

| 术语               | 定义                                                                                                                                                                       |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 分配基准             | 分配基准规定了企业单位产出所获得的免费配额数量。                                                                                                                                                 |
| 竞争力              | 与其他公司或国家成功竞争的能力。                                                                                                                                                         |
| 排放强度             | 排放强度，有时也被称为能源强度或成本强度，是指与碳价格有关的成本在总生产成本或生产附加值中的比重。                                                                                                                        |
| 排放密集型且易受国际贸易影响行业 | 排放密集型且易受国际贸易影响（EITI）行业符合排放强度和/或贸易强度阈值，易发生碳泄漏。在欧盟排放交易计划的第四阶段（2021-2030年），如果排放强度和贸易强度的乘积大于0.2，该行业就符合EITE行业标准。 <sup>57</sup>                                                |
| 碳泄漏              | 更严格的监管可能导致生产或投资转移到其他国家或对排放限制较少的地区。碳泄漏一旦发生，减排量将低于预期，受影响的生产商的市场份额将被更多排放密集型竞争者瓜分。                                                                                           |
| 贸易强度             | 国内生产者面对其他国家竞争者的风险。贸易强度由相对于收入的进口份额和出口份额来衡量。欧盟排放交易计划通过公式： $(\text{进口} + \text{出口}) / (\text{进口} + \text{生产})$ 来计算贸易强度。外国竞争的存在与否，代表了国内生产者是否有能力将碳价格成本转嫁给客户而不被国际竞争者夺取利润或市场份额。 |

## 参考文献

- 
- <sup>1</sup> The Ministry of Ecology and Environment, “Notice on Strengthening the Work Related to the Management of Corporate Greenhouse Gas Emissions Reporting. Attachment 1: Covered Industries and Codes,” March 28, 2021, <http://mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk05/202103/W020210330581116693581.pdf>.
- <sup>2</sup> China Clean Development Fund, “Steel, Cement, Chemical and Other Industries Will Be Included in the Carbon Emission Trading Market During the 14th Five-Year Plan,” *Carbon Market News*, January 2021, <https://www.cdmfund.org/27893.html>.
- <sup>3</sup> Hongqiao Liu, “Will China’s Emissions Trading Scheme Help Tackle Climate Change?,” *Carbon Brief*, June 24, 2021, <https://www.carbonbrief.org/in-depth-qa-will-chinas-emissions-trading-scheme-help-tackle-climate-change>.
- <sup>4</sup> Nathaniel Bullard, “Where the Billions Pouring into the Energy Transition Are Going,” *Bloomberg LP*, January 27, 2022, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-01-27/where-the-billions-pouring-into-the-energy-transition-are-going>.

- 
- <sup>5</sup> Meredith Fowlie and Danny Cullenward, “Report on Emissions Leakage and Resource Shuffling” (Independent Emission and Market Advisory Committee, California Environmental Protection Agency, September 10, 2018), [https://calepa.ca.gov/wp-content/uploads/sites/6/2018/09/6e.-IEMAC\\_Meeting\\_Materials\\_9-21-18\\_\\_Fowlie\\_and\\_Cullenward\\_Report\\_on\\_Emissions\\_Leakage.pdf](https://calepa.ca.gov/wp-content/uploads/sites/6/2018/09/6e.-IEMAC_Meeting_Materials_9-21-18__Fowlie_and_Cullenward_Report_on_Emissions_Leakage.pdf).
- <sup>6</sup> European Commission, “Adoption of the Delegated Decision on the Carbon Leakage List for 2021-2030,” News Article, February 15, 2019, [https://ec.europa.eu/clima/news-your-voice/news/adoption-delegated-decision-carbon-leakage-list-2021-2030-2019-02-15\\_en](https://ec.europa.eu/clima/news-your-voice/news/adoption-delegated-decision-carbon-leakage-list-2021-2030-2019-02-15_en).
- <sup>7</sup> Bloomberg News, “The Chinese Companies Polluting the World More Than Entire Nations,” *Bloomberg.com*, October 24, 2021, <https://www.bloomberg.com/graphics/2021-china-climate-change-biggest-carbon-polluters/>.
- <sup>8</sup> Eddie Spence, Sam Dodge, and Akshat Rathi, “The Green Revolution Is Being Built on a Very Dirty Industry,” *Bloomberg*, June 13, 2021, <https://www.bloomberg.com/graphics/2021-green-steel/>.
- <sup>9</sup> Huw Slater et al., “China Carbon Pricing Survey 2020” (Beijing: China Carbon Forum, December 2020), <http://www.chinacarbon.info/wp-content/uploads/2020/12/2020-CCPS-EN.pdf>.
- <sup>10</sup> Xin Wang et al., “Carbon Leakage Scrutiny in ETS and Non-ETS Industrial Sectors in China,” *Resources, Conservation and Recycling* 129 (February 1, 2018): 424–31, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.017>.
- <sup>11</sup> Christopher Kardish et al., “The EU Carbon Border Adjustment Mechanism and China: Unpacking Options on Policy Design, Potential Responses, and Possible Impacts” (Adelphi, June 2021), <https://www.adelphi.de/en/publication/eu-carbon-border-adjustment-mechanism-cbam-and-china>.
- <sup>12</sup> Wang et al., “Carbon Leakage Scrutiny in ETS and Non-ETS Industrial Sectors in China.”
- <sup>13</sup> Meng Li et al., “Managing the Mitigation: Analysis of the Effectiveness of Target-Based Policies on China’s Provincial Carbon Emission and Transfer,” *Energy Policy* 151 (April 1, 2021): 112189, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112189>.
- <sup>14</sup> Li et al., “Managing the Mitigation”
- <sup>15</sup> International Carbon Action Partnership, “China National ETS Detailed Information,” November 17, 2021, [https://icapcarbonaction.com/en/?option=com\\_etsmap&task=export&format=pdf&layout=list&systems\[\]=55](https://icapcarbonaction.com/en/?option=com_etsmap&task=export&format=pdf&layout=list&systems[]=55).
- <sup>16</sup> White House Office of the Press Secretary, “The United States and China Issue Joint Presidential Statement on Climate Change with New Domestic Policy Commitments and a Common Vision for an Ambitious Global Climate Agreement in Paris,” September 25, 2015, <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2015/09/25/fact-sheet-united-states-and-china-issue-joint-presidential-statement>.
- <sup>17</sup> National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation, “Notice of the General Office of the National Development and Reform Commission on Effectively Completing the Key Tasks of Launching the National Carbon Emission Trading Market,” 2016, [http://www.ncsc.org.cn/SY/tpfqjy/202003/t20200319\\_769748.shtml#](http://www.ncsc.org.cn/SY/tpfqjy/202003/t20200319_769748.shtml#).
- <sup>18</sup> The Ministry of Ecology and Environment, “Attachment: 1. Covered Industries and Codes.”
- <sup>19</sup> China Clean Development Fund, “Steel, Cement, Chemical and Other Industries Will Be Included.”
- <sup>20</sup> Jiefei Liu and Stian Rekvold, “China Plans to Add Aluminium, Cement to ETS Next Year,” *Carbon Pulse*, December 6, 2021, <https://carbon-pulse.com/145937/>.
- <sup>21</sup> Liu, “Will China’s Emissions Trading Scheme Help Tackle Climate Change?”
- <sup>22</sup> Liu, “Will China’s Emissions Trading Scheme Help Tackle Climate Change?”
- <sup>23</sup> Liu, “Will China’s Emissions Trading Scheme Help Tackle Climate Change?”
- <sup>24</sup> Xiliang Zhang et al., “Emissions Trading Systems for Global Low Carbon Energy and Economic Transformation,” *Applied Energy* 279 (December 1, 2020): 115858, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115858>.
- <sup>25</sup> Lawrence Goulder et al., “China’s Unconventional Nationwide Carbon Dioxide Emissions Trading System: The Wide-Ranging Impacts of an Implicit Output Subsidy” (Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, December 2019), <https://doi.org/10.3386/w26537>.
- <sup>26</sup> Goulder et al., “China’s Unconventional Nationwide Carbon Dioxide Emissions Trading System”
- <sup>27</sup> Goulder et al., “China’s Unconventional Nationwide Carbon Dioxide Emissions Trading System”

- 
- <sup>28</sup> Xiliang Zhang et al., “Emissions Trading Systems for Global Low Carbon Energy and Economic Transformation,” *Applied Energy* 279 (December 1, 2020): 115858, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115858>.
- <sup>29</sup> Wang et al., “Carbon Leakage Scrutiny in ETS and Non-ETS Industrial Sectors in China.”
- <sup>30</sup> Sander de Bruyn et al., “Does the Energy Intensive Industry Obtain Windfall Profits through the EU ETS? An Econometric Analysis for Products from the Refineries, Iron and Steel and Chemical Sectors” (CE Delft, April 2010), <https://cedelft.eu/publications/does-the-energy-intensive-industry-obtain-windfall-profits-through-the-eu-ets/>.
- <sup>31</sup> Rupert Way et al., “Empirically Grounded Technology Forecasts and the Energy Transition” (Institute for New Economic Thinking, Oxford University, September 14, 2021), [https://www.inet.ox.ac.uk/files/energy\\_transition\\_paper-INET-working-paper.pdf](https://www.inet.ox.ac.uk/files/energy_transition_paper-INET-working-paper.pdf).
- <sup>32</sup> J. Doyne Farmer and François Lafond, “How Predictable Is Technological Progress?,” *Research Policy* 45, no. 4 (April 2016): 647–65.
- <sup>33</sup> Jonathan Gruber and Simon Johnson, *Jump-Starting America: How Breakthrough Science Can Revive Economic Growth and the American Dream*, 2018, <https://www.publicaffairsbooks.com/titles/jonathan-gruber/jump-starting-america/9781541762503/>.
- <sup>34</sup> Gregory Nemet, *How Solar Energy Became Cheap: A Model for Low Carbon Innovation*, 1st ed. (Routledge, 2019), <https://www.howsolargotcheap.com/>.
- <sup>35</sup> Antoine Dechezleprêtre and Sato Misato, “Impacts of Environmental Regulations on Competitiveness,” *Review of Environmental Economics and Policy* 11, no. 2 (July 27, 2017): 183–206, <https://doi.org/10.1093/reep/rex013>.
- <sup>36</sup> Kelly Sims Gallagher, “Why & How Governments Support Renewable Energy,” *Daedalus*, MIT Press Journals 142, no. 1 (January 2, 2013): 59–77, [https://doi.org/10.1162/DAED\\_a\\_00185](https://doi.org/10.1162/DAED_a_00185).
- <sup>37</sup> Kelly Sims Gallagher and Fang Zhang, “Innovation and Technology Transfer Across Global Value Chains: Evidence from China’s PV Industry” (Tufts University, July 2013).
- <sup>38</sup> Linder, S.B., *An Essay on Trade and Transformation* (1961), Uppsala: Almqvist and Wiksells.
- <sup>39</sup> Paul Krugman, “Scale Economies, Product Differentiation, and the Pattern of Trade,” *American Economic Review* 70, no. 5 (1980): 950–59.
- <sup>40</sup> Arnaud Costinot et al., “The More We Die, The More We Sell? A Simple Test of the Home-Market Effect,” *The Quarterly Journal of Economics* 134, no. 2 (May 2009): 843–94.
- <sup>41</sup> Bullard, “Where the Billions Pouring into the Energy Transition Are Going.”
- <sup>42</sup> Spence, Dodge, and Rathi, “The Green Revolution Is Being Built on a Very Dirty Industry.”
- <sup>43</sup> State Council of the People’s Republic of China, “Full Transcript of the State Council Policy Briefing,” November 13, 2015, [https://english.www.gov.cn/news/policy\\_briefings/2015/11/13/content\\_281475234238285.htm](https://english.www.gov.cn/news/policy_briefings/2015/11/13/content_281475234238285.htm).
- <sup>44</sup> State Council Information Office of The People’s Republic of China, “Xi Stresses Solid Implementation of Decisions, Arrangements on Carbon Peaking, Neutrality,” January 26, 2022, [http://english.scio.gov.cn/m/topnews/2022-01/26/content\\_78011631.htm](http://english.scio.gov.cn/m/topnews/2022-01/26/content_78011631.htm).
- <sup>45</sup> Yulin Ruan and Haiyan Ma, “China promotes the whole society to accelerate the transition to green and low carbon,” *China News Service*, October 12, 2020, <https://www.chinanews.com/cj/2020/10-12/9310688.shtml>.
- <sup>46</sup> Michael Liebreich, “The Clean Hydrogen Ladder (V4.1),” August 15, 2021, <https://www.linkedin.com/pulse/clean-hydrogen-ladder-v40-michael-liebreich/>.
- <sup>47</sup> Liebreich, “The Clean Hydrogen Ladder (V4.1).”
- <sup>48</sup> Jeffrey Rissman et al., “Technologies and Policies to Decarbonize Global Industry: Review and Assessment of Mitigation Drivers through 2070,” *Applied Energy* 266 (May 15, 2020): 114848, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114848>.
- <sup>49</sup> Bloomberg News, “China’s Solar Giants Make a Bid to Dominate Hydrogen Power,” *Bloomberg.com*, December 12, 2021, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-12-12/china-s-solar-giants-make-a-bid-to-dominate-hydrogen-power>.
- <sup>50</sup> Muyu Xu and Chen Aizhu, “Sinopec Plans to Spend \$4.6 Bln on Hydrogen Energy by 2025,” *Reuters*, August 30, 2021, sec. Energy, <https://www.reuters.com/business/energy/sinopec-plans-spend-46-bln-hydrogen-energy-by-2025-2021-08-30/>.

- 
- <sup>51</sup> Peter Kiernan, "China's Sinopec Starts Construction of 300 MW Green Hydrogen Project," *Carbon Pulse*, November 30, 2021, <https://carbon-pulse.com/145416/>.
- <sup>52</sup> Min Zhang and Shivani Singh, "Top Steel Firm China Baowu Unveils Global Alliance to Cut Emissions," *Reuters*, November 18, 2021, sec. Sustainable Business, <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/top-steel-firm-china-baowu-unveils-global-alliance-emissions-effort-2021-11-18/>.
- <sup>53</sup> Zhang and Singh, "Top Steel Firm China Baowu Unveils Global Alliance to Cut Emissions."
- <sup>54</sup> International Energy Agency, "Global Hydrogen Review 2021 – Analysis," November 2021, <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2021>.
- <sup>55</sup> Bloomberg News, "China's Solar Giants Make a Bid to Dominate Hydrogen Power."
- <sup>56</sup> BloombergNEF, "New Energy Outlook 2021" (Bloomberg Finance L.P., July 2021), <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>.
- <sup>57</sup> European Commission, "Adoption of the Delegated Decision on the Carbon Leakage List for 2021-2030."