

# 中国实现碳中和的路径建议

---

## 简介

2020年9月，习近平主席在联合国大会上宣布，中国将努力争取2060年前实现碳中和。这是一项关于中国的长期宏愿和优先事项的重磅声明。中国政府已着手采取措施，将低碳发展与碳中和转型确立为中国长期可持续发展与繁荣战略的核心特征，同时巩固中国在全球净零排放转型过程中的经济和政治领导地位。

继中国宣布将于2060年前实现碳中和之后，2020年10月，五部委（生态环境部、国家发展和改革委员会、中国人民银行、中国银行保险监督管理委员会、中国证券监督管理委员会）联合发布了《关于促进应对气候变化投融资的指导意见》。《意见》提出的目标包括制订新标准和新规定，鼓励民间资本和外资进入气候投融资领域，深化气候投融资国际合作。这些措施有助于营造有利于投资者管理气候相关金融风险的政策环境，促进中国低碳转型。

根据 Vivid Economics 在 PRI [“必然的政策回应”](#) (IPR) 项目下所做的研究，同时借鉴其他领先研究资源，PRI 针对中国制定了本气候政策路线图。其中的政策建议涉及总体气候雄心和关键脱碳行业：包括电力、道路运输、建筑和工业。本报告另介绍了中国的气候相关重点金融政策。这些建议共同代表了短期的必要行动，以帮助中国以经济和技术可行、且最终有助于实现可持续发展的方式在2060年前实现碳中和。

全球投资者都认识到主要经济体根据《巴黎协定》目标制定实现净零排放的具体目标和计划极具紧迫性和重要性。如 PRI “必然的政策回应” 项目分析显示，面对气候变化风险，滞后、混乱和无序的政策应对会破坏金融资产价值，并导致按所需速度减排更加困难。另一方面，及时有力的行动可确保市场抓住未来可持续和低碳产业带来的发展和创造就业的机遇。基于上述原因，投资者不仅日益支持净零政策行动，也愿意投入资金，并与政策制定者合作设计和实施促进大规模低碳资本流动的政策。

## 五个重点政策领域

|   |   |
|---|---|
| <b>总体气候雄心</b> <ul style="list-style-type: none"><li>■ 开展并发布气候变化对中国经济和社会的影响评估和分析，以及到 2060 年前实现碳中和目标（包括阶段性目标）的路径，并制定实现目标的全面政策路线图。</li><li>■ 提高全国碳排放交易体系的有效性和覆盖面，措施包括：根据碳中和目标设定相应的温室气体排放上限；引入碳排放配额盈余的修正机制；公布电力行业和其他行业（如石化、化工、建材、钢铁、有色金属、造纸和国内航空）的覆盖时间表。</li></ul>                |   |
| <b>零碳电力</b> <ul style="list-style-type: none"><li>■ 制定并实施与 2060 年碳中和目标（包括 2025 年和 2030 年阶段性目标）一致的电力行业零排放或近零排放计划。</li><li>■ 宣布停止审批不采取有效减碳措施的所有新建燃煤电站，以及逐步淘汰所有不采取有效减碳措施的燃煤电站的中期目标。</li><li>■ 建立并实施扶持机制，释放对储能、需求响应和区域电力市场间高压输电的投资。</li><li>■ 继续推动电力市场改革，实施跨区域电力市场经济调度。</li></ul> | <b>工业</b> <ul style="list-style-type: none"><li>■ 在十四五规划中制定更高的强制性工业厂房能效目标，并将覆盖范围扩大到十三五规划项下的三万家企业之外。</li><li>■ 制定并实施钢铁、化工和水泥行业低碳战略。此类战略应设定能源密集行业的脱碳目标，并提供转向电、氢以及碳捕集与封存（CCS）生产技术的路线图，从而在与《巴黎协定》目标一致的时间轴上实现脱碳目标。</li></ul> |
| <b>建筑</b> <ul style="list-style-type: none"><li>■ 新建筑——发布新建筑综合热效率计划，包括：制定直至 2025 年的热效率新标准；承诺每五年将标准提高一次；将新建筑的热效率标准推广至农村建筑。</li><li>■ 现有建筑——设定到 2050 年所有住宅、商业和公共建筑的节能改造目标；建立政策机制（投资补贴、业主义务）以实现最终目标以及用于跟踪进展情况的阶段性目标。</li></ul>   | <b>道路运输</b> <ul style="list-style-type: none"><li>■ 宣布到 2040 年停止销售化石燃料汽车和货车，并制定长期政策制度，在此日期之前交付 100% 的零排放车辆。</li><li>■ 制定并实施重型道路运输车辆的全面脱碳战略，包括：设定明确的减排目标，提供低碳卡车研发和示范项目的开展计划。</li></ul>                                   |

## 总体气候雄心

### 现状

中国是目前世界上最大的二氧化碳排放国。2018 年，中国的二氧化碳排放量为 95 亿吨，占全球总排放量的 29%。随着中国工业化进程的推进，二氧化碳排放量急剧上升，从 2000 年的 31 亿吨增长至 2012 年的 88 亿吨。自 2012 年以来，中国的二氧化碳排放增速放缓，原因包括整体经济重心从重工业和能源密集型产业转移、经济增速放缓、煤改气，以及可再生能源推广。<sup>1</sup>

中国的人均二氧化碳排放量低于许多工业化国家。2018 年，中国人均化石燃料排放量为 7 吨，低于美国的 16 吨和日本的 9 吨。<sup>2</sup>2005 年至 2019 年，中国单位 GDP 二氧化碳排放量减少了 48.1%。<sup>3</sup>二氧化碳占全国温室气体（其他温室气体包括甲烷、一氧化二氮和氟化气体）排放量的 80%左右。<sup>4</sup>

中国在根据《巴黎协定》制定的第一个国家自主贡献（NDC）方案中承诺，到 2030 年达到二氧化碳排放量峰值，同时还提出了其他三个目标：（i）到 2030 年，单位 GDP 碳排放量较 2005 年水平降低 60-65%；（ii）到 2030 年，非化石能源占一次能源消费比重提高至 20%左右；（iii）到 2030 年，森林蓄积量较 2005 年水平增加约 45 亿立方米。<sup>5</sup>

为达成 2060 年前实现碳中和的新目标，中国需要针对主要经济部门扩大气候政策和减排范围，并提高相应目标。有明确的信号表明，十四五规划将针对此类变化制定框架，一些新政策已经宣布和出台，包括一系列促进气候投融资的提案。

目前，中国政府尚未就推进实现碳中和的方式和速度公布详细的计划或政策框架。清华大学已经发布新的分析报告，就一系列可能的脱碳路径，包括 2060 年前实现碳中和的路径，提出了高层面见解。<sup>6</sup>

国际能源署（IEA）估计，在现行政策下，中国能源相关的二氧化碳排放量将是《巴黎协定》减排路径下排放量的三倍以上。<sup>7</sup>据清华大学分析，为了达到符合《巴黎协定》的减排量，中国的排放量需在 2030 年之前达到峰值，然后以 8-10%的速度迅速下降，直至 2050 年。在这样的条件下，二氧化碳排放将于 2050 年实现净零，总体温室气体排放将于 2060 年前实现净零。

中国借鉴七个区域性碳排放交易市场的成功实施和运作经验，于 2017 年推出全国碳排放交易体系。<sup>8</sup>截至 2020 年 11 月，企业尚未开始全面配额交易，但生态环境部最近的声明表明准备工作进展顺利，预计交易将很快启动。<sup>9</sup>

---

<sup>1</sup> Sandalow, D. (2019). *Guide to Chinese climate policy 2019*.

<sup>2</sup> Ibid.

<sup>3</sup> Sino-German Cooperation on Climate Change, Environment, and Natural Resource (2020). *MEE Plans to Include More Sectors in the National ETS During 14th FYP*.

<sup>4</sup> UNFCCC (2018). *The People's Republic of China Second Biennial Update Report on Climate Change*.

<sup>5</sup> Sandalow, D. (2019). *Guide to Chinese climate policy 2019*.

<sup>6</sup> Tsinghua University Institute for Climate Change and Sustainable Development (ICCS) (2020), *China Low-Carbon Development Strategy and Transformation Pathways*.

<sup>7</sup> IEA (2019). *World Energy Outlook 2019*.

<sup>8</sup> ICAP (2020). *China - Beijing pilot ETS*.

<sup>9</sup> Sino-German Cooperation on Climate Change, Environment, and Natural Resource (2020). *MEE Plans to Include More Sectors in the National ETS During 14th FYP*.

中国全国碳排放交易体系将首先覆盖电力行业，不过，目前已经开始筹备将覆盖范围扩大至其他行业，包括化工、钢铁、混凝土、有色金属、造纸和国内航空。<sup>10</sup>中国尚未公布其碳排放交易体系的二氧化碳减排目标。设定该二氧化碳减排目标非常重要，可以使碳定价政策与中国的总体气候治理和目标保持一致。<sup>11</sup>

## 关键政策建议

- **开展并发布气候变化对中国经济和社会的影响评估和分析，以及到 2060 年前实现碳中和目标（包括阶段性目标）的路径，并制定实现目标的全套政策。**分析应考虑：
  - 从全国角度评估气候变化对中国经济、关键基础设施、粮食安全和社会的影响
  - 总碳预算
  - 各行业脱碳所需的实际行动
  - 各行业脱碳的时间跨度
  - 气候行动总成本
  - 按空间和收入群体进行的成本分配
  - 净零行动的协同效益
  - 实现净零排放面临的挑战
  - 实施净零排放的当务之急
- **提高全国碳排放交易体系的有效性和覆盖面：**
  - 根据净零排放路径设定相应的温室气体排放上限，且至少提前十年设定，以确保碳排放交易体系提供前瞻性价格信号
  - 引入配额盈余的修正机制
  - 公布电力行业以及另外七个行业（石化、化工、建材、钢铁、有色金属、造纸和国内航空）的覆盖时间表

---

<sup>10</sup> ICAP (2020). *China National ETS*.

<sup>11</sup> IEA (2020). *China's Emissions Trading Designing efficient allowance allocation Scheme*.

## 零碳电力

### 现状

发电产生的二氧化碳占中国能源相关总排放量的 51%左右。2018 年，中国电力行业二氧化碳排放量总计 49 亿吨，较 2010 年上升 40%。<sup>12</sup>

尽管中国在可再生能源部署上取得了显著进展，但仍然严重依赖煤电（占 2018 年总供电量的 66%），并且仍然在新建燃煤电站。<sup>13</sup>中国设定的 2020 年煤电装机容量上限为 1100GW，而 2019 年部署的装机容量为 1040GW。<sup>14</sup>近年来，天然气发电量增长强劲，但在 2018 年仍仅占总发电量的 4%。<sup>15</sup>

可再生能源占中国总发电量的比例在 2018 年为 26%，2010 年则为 19%。水电仍然是中国最大的可再生能源来源，占 2018 年总发电量的 17%。太阳能光伏发电和风能发电的总占比在过去十年中快速增长，从 2010 年的 1%增长至 2018 年的 8%（风能 5%，太阳能 3%）。<sup>16</sup>

电价补贴非常成功地推动了中国的可再生能源部署，陆上风能和太阳能光伏发电装机容量从 2011 年的 50GW 增长至 2019 年的 410GW 左右。<sup>17</sup>十三五规划的目标是，到 2020 年可再生能源装机容量达到 680GW。<sup>18</sup>中国已于 2018 年提前两年超额完成目标。政府计划在 2021 年以无补贴竞价取代电价补贴，允许风能和太阳能开发商投标争取 20 年固定电价购售电合同。<sup>19</sup>政府已在 2017 年到 2020 年间授予了 64GW 无补贴可再生能源合同。<sup>20</sup>

近年来，中国的电力市场改革进展缓慢。中国在发电调度上采用电厂配额制，而不是择优经济调度。<sup>21</sup>这有利于高成本的既有能源，却不利于可再生能源。可再生能源运营成本低，在择优制度下本具有竞争力。电价制度市场化转型目前仍然是政府的优先重点，2020 年《中华人民共和国能源法（征求意见稿）》也彰显了中国转向竞争性能源市场转型的决心。<sup>22</sup>

中国是超高压输电线路部署方面的全球领导者，并计划在 2020 年再投资 270 亿美元部署超高压输电线路。<sup>23</sup>尽管中国在超高压输电线路和抽水蓄能方面取得了进展，但在实现电网现代化所需的其他方面，如蓄电池储能和需求侧响应，进展仍然有限。

如果电网缺乏灵活性，调度中心可能需要在电力供过于求时削减较高比例的可再生能源电力输出。目前整体电网灵活性仍然较低，这是 2018 年高弃风率和弃光率（分别为 7%和 3%）的关键原因。<sup>24</sup>

---

<sup>12</sup> IEA (2019). *World Energy Outlook 2019*.

<sup>13</sup> Ibid.

<sup>14</sup> Reuters (2020). *China to cap 2020 coal-fired power capacity at 1,100 GW*.

<sup>15</sup> IEA (2019). *World Energy Outlook 2019*.

<sup>16</sup> Ibid.

<sup>17</sup> IRENA (n.d.). *IRENA statistics*.

<sup>18</sup> NDRC (2016). *The 13th Five-Year Plan for Economic and Social Development of The People's Republic of China (2016–2020)*.

<sup>19</sup> Sandalow, D. (2019). *Guide to Chinese climate policy 2019*.

<sup>20</sup> Bloomberg New Energy Finance (2020). *China clinches subsidy-free shift with 45 GW renewables*.

<sup>21</sup> IEA (2019). *China Power System Transformation. Assessing the benefit of optimised operations and advanced flexibility options*.

<sup>22</sup> Columbia Center on Global Energy Policy (2020). *Trends and Contradictions in China's Renewable Energy Policy*.

<sup>23</sup> Power Technology. (2020). *China Develops \$26bn Ultra High Voltage Electrical Grids to Stimulate Economic Recovery*.

<sup>24</sup> IEA (2019). *China Power System Transformation. Assessing the benefit of optimised operations and advanced flexibility options*.

尽管中国近年来关闭了数百个低效燃煤电站，但在 2020 年 1 月仍有大量新燃煤电站开工建设，总装机容量约为 140GW。<sup>25</sup>鉴于燃煤电站的寿命为 50 年或以上，该批新建燃煤电站可能一直运营至 21 世纪下半叶。这与实现《巴黎协定》目标相悖，《巴黎协定》要求最晚到本世纪中叶逐步淘汰不采取有效减碳措施的燃煤电站。<sup>26</sup>

现行政策不足以支撑电力行业有效实现与《巴黎协定》目标一致的减排。IEA 估计，到 2040 年，现行政策下（落实 2060 年碳中和承诺之前）可再生能源发电量将比《巴黎协定》减排路径下的发电量低 36%。<sup>27</sup>清华大学最近设定了一系列与《巴黎协定》一致的减排情景，其中最具雄心的是使非化石燃料发电量到 2050 年占中国总发电量的 90%。电力系统的脱碳需要减少燃煤发电，提高低碳发电容量，同时部署技术以提高电力系统的灵活性。

## 关键政策建议

- **制定并实施与 2060 年碳中和目标（包括 2025 年和 2030 年阶段性目标）一致的电力行业净零或近零碳排放计划。**
- **宣布停止审批不采取有效减碳措施的所有新建燃煤电站。**
- **根据碳中和目标（包括 2025 年和 2030 年的阶段性目标）设定中期目标，逐步淘汰所有不采取有效减碳措施的燃煤电站。**
- **通过直接采购或市场机制，制定并实施扶持机制，释放对储能、需求响应和区域电力市场间高压输电的投资。中国需要提高电网灵活性，在可再生能源部署增加的同时平衡电力市场。**
- **继续推动电力市场改革，实施跨区域电力市场经济调度，确保最便宜、最清洁的发电能源在调度上优先于成本较高、污染较重的化石能源。**

## 评估和影响分析

据碳追踪机构（Carbon Tracker）估计，中国 40%的燃煤电站在 2018 年已经处于亏损状态，而受空气污染法规合规成本和碳价不断上涨的影响，这一比例到 2040 年可能上升至 95%。<sup>28</sup>如果中国的电站业主按照《巴黎协议》淘汰自有电厂，则可以减少 3900 亿美元的亏损。逐步淘汰燃煤发电站还可以减少空气污染，带来显著的健康效益。

2015 年，中国煤炭开采和加工行业提供了约 580 万个工作岗位。<sup>29</sup>燃煤电站的逐步淘汰将导致煤炭需求下降，让上游采矿和加工职业面临淘汰风险，需要从政策上为日益式微的高碳行业的工作人员提供支持和就业机会。不过，中国东北部因矿山资源枯竭，就业人数已经开始下降，与 2013 年相比，2020 年就业人数可能减少 200 多万。<sup>30</sup>

<sup>25</sup> The Economist (2020). *A glut of new coal-fired power stations endangers China's green ambitions.*

<sup>26</sup> Climate Analytics (2016). *Implications of the Paris Agreement for coal use in the power sector.*

<sup>27</sup> IEA (2019). *World Energy Outlook 2019.*

<sup>28</sup> Carbon Tracker (2018). *40% of China's coal power stations are losing money.*

<sup>29</sup> Cheng, H. and Eikeland, P. O. (2015). *China's political economy of coal Drivers and challenges to restructuring China's energy system.*

<sup>30</sup> China Dialogue (2017). *2.3 million Chinese coal miners will need new jobs by 2020.*

可再生电力的减排成本低。2010 年至 2018 年，太阳能光伏和风能发电的平准化成本分别下降了 77%和 35%。<sup>31</sup>某些省份的可再生能源发电成本已经与现有化石燃料的成本持平，<sup>32</sup>到 2026 年可能在全国范围内实现与燃煤电站的成本持平。<sup>33</sup>

随着可再生能源占比的提高，政府将面临电网平衡支出，比如部署额外的电池储能容量或维持备用化石燃料发电。虽然太阳能和风能发电现在是最便宜的电力形式，但可能还需要新核能、碳捕集与封存以及氢能发电的加入才能实现近零碳电力系统。

可再生能源投资能够创造大量就业机会。据估计，在太阳能和风能领域投资 100 万美元可以创造 87 至 99 个直接和间接工作岗位。<sup>34</sup>2018 年，中国有 410 万个与可再生能源行业相关的就业岗位，这表明低碳供应链（包括可再生能源设备制造）蕴含着大量就业机会。

具备充分灵活性的电力系统（包括需求响应、电力存储和电动汽车智能充电的广泛使用）到 2035 年可以在中国创造 640 亿美元的净收益，其中包括运营成本的下降和高峰负荷发电资本支出的减少。此外，充分灵活的电力系统与低灵活性系统相比，能够将电力行业的二氧化碳排放量减少 14%。<sup>35</sup>

区域间输电能力投资可以促进全国范围内的电力交易，将可再生能源高潜力地区与中国的需求中心充分对接，减少可再生能源弃电率。IEA 估计，通过加强区域间电力交易，结合经济调度，到 2035 年可再生能源弃电率将降至零（一切照旧情境下则为 33%），使电力行业二氧化碳年排放量减少 15%，约 6.5 亿吨。<sup>36</sup>

## 投资者的作用

由于中国计划实现更高的脱碳目标，低碳电力市场将继续增长。这将提高低碳供应链企业的盈利能力，并将投资机会从化石燃料发电领域转移。投资者将有机会为可再生能源供应链上的企业提供投融资，包括可再生能源开发商和安装商，以及可再生能源技术设备制造商。

中国是目前全球最大的可再生能源投资市场，2018 年总投资额超过 800 亿美元。IEA 估计，为实现《巴黎协定》目标，中国可再生能源的年投资需求将在 2025 年至 2030 年间达到 1500 亿美元。<sup>37</sup>2018 年，私人投资者贡献了中国 67%的太阳能光伏投资和 22%的风电投资。<sup>38</sup>即便如此，中国私人投资比例仍然大幅低于全球约 90%的平均水平。<sup>39</sup>

向经济调度转型将优先考虑成本最低的电力资源，从而降低可再生能源的弃电率。<sup>40</sup>这应当能完善可再生能源投资的商业论证，并释放部署可再生能源产能的其他投资机会。

---

<sup>31</sup> He, G., Lin, J., Sifuentes, F., Liu, X., Abhyankar, N. and Phadke, A. (2020). *Rapid cost decrease of renewables and storage accelerates the decarbonization of China's power system.*

<sup>32</sup> Carbon Brief (2019). *Solar now 'cheaper than grid electricity' in every Chinese city, study finds.*

<sup>33</sup> Wood Mackenzie (2019). *China's renewables cost to fall below coal power by 2026.*

<sup>34</sup> Chen, Y. (2018). *Renewable energy investment and employment in China.*

<sup>35</sup> IEA (2019). *China Power System Transformation. Assessing the benefit of optimised operations and advanced flexibility options.*

<sup>36</sup> Ibid.

<sup>37</sup> IEA (2019). *World Energy Investment 2019.*

<sup>38</sup> Century New Energy Network (2019). *The era of leading photovoltaic power plant investment in private enterprises is over!*

<sup>39</sup> IRENA. (2018). *Renewable Energy Finance.*

<sup>40</sup> IEA (2019). *China Power System Transformation. Assessing the benefit of optimised operations and advanced flexibility options.*



提高电网灵活性的扶持机制可以释放各项电网现代化技术的投资机会。这些投资机会可能涉及多个方面，包括：储电容量、输配电基础设施、软件公司以及电网现代化技术设备（如蓄电池）制造商。虽然到目前为止，电网现代化技术投资由国家电网主导，但政府已经宣布未来将支持私人投资该领域。<sup>41</sup>

---

<sup>41</sup> Caixin. (2019). *In Depth: Why Outside Investors Aren't Energized by China's Power Grid*.

## 工业脱碳

### 现状

工业占中国能源相关二氧化碳总排放量的 28%，2010 年到 2018 年间工业排放减少了 7%。根据十三五规划，中国的强制性能效要求需覆盖 70% 的工业能耗。《工业绿色发展规划（2016-2020 年）》对上述目标作出补充，旨在到 2020 年实现工业能源强度较 2015 年降低 18%。<sup>42</sup>这些措施卓有成效。

在零碳工业生产技术的商业化方面，政策行动较为有限。目前还没有关于钢铁、水泥和化工等关键排放密集型工业部门的脱碳政策。虽然中国已经开展了碳捕集与封存（CCS）示范项目，但没有针对 CCS 或氢能的整体政策框架。<sup>43</sup>

当前的工业政策不能实现《巴黎协定》目标。IEA 估计，当前政策下（落实 2060 年碳中和承诺之前），中国工业排放量到 2040 年将约有约 23 亿吨，是《巴黎协定》减排路径下排放量的三倍以上。<sup>44</sup>

### 关键政策建议

- 在十四五规划中制定更高的强制性工业厂房能效目标，覆盖范围扩大到十三五规划项下的三万家企业之外。
- 制定并实施钢铁、化工和水泥行业低碳战略。此类战略应设定能源密集行业的明确脱碳目标，并提供转向电、氢以及碳捕集与封存（CCS）生产技术的路线图，从而在与《巴黎协定》目标和中国 2060 年碳中和承诺一致的时间轴上实现脱碳目标。

### 评估和影响分析

全球范围内，很多工业能效投资项目都具有吸引人的高收益率和低于五年的投资回收期。<sup>45</sup>虽然目前没有针对中国工业能效投资回收机会的综合分析，但国际金融公司（IFC）针对中国能源服务公司（ESCO）的市场调查显示，能效投资的商业论证通常十分有力，投资回收期一般为两到三年。<sup>46</sup>提高工业能效可以提升中国能源密集型行业的国际竞争力。

工业在提高能效方面仍然面临障碍，包括缺乏信息、专业技术或资金。大多数能源服务公司为私有，其中很多公司很难获得外部融资来促进能效投资。<sup>47</sup>政策支持有助于克服上述障碍。例如，对工业能效投资给予补贴或公共担保以降低感知风险。<sup>48</sup>

<sup>42</sup> New Climate Policy Database (2016). *Green industry development plan (2016-2020) China 2016*.

<sup>43</sup> Global CCS Institute (2018). *Carbon capture and storage in de-carbonising the Chinese economy*.

<sup>44</sup> IEA (2019). *World Energy Outlook 2019*.

<sup>45</sup> AEA (2012). *Next phase of the European Climate Change Programme: Analysis of Member States' actions to implement the Effort Sharing Decision and Options for further Communitywide Measures*.

<sup>46</sup> IFC (2017). *China Energy Service Company (ESCO) Market Study*.

<sup>47</sup> Ge, JFeng, WZhou, NLevine, MSzum, C. (2017). *Accelerating Energy Efficiency in China's Existing Commercial Buildings Part 1: Barrier Analysis*; and IFC (op cit).

<sup>48</sup> International Energy Charter (2018). *China energy efficiency report*.

某些工业部门的减排成本可能很高。全球范围内，钢铁厂的减排成本约为 60 美元/吨二氧化碳，水泥厂约为 130 美元/吨二氧化碳。<sup>49</sup>但从长远来看，随着贸易伙伴对高排放产品施加惩罚，工业脱碳可以提高效率，并保护中国工业的竞争力，

欧盟委员会已建议欧盟实施碳边境调节，对进入欧盟统一市场的进口产品设碳价。<sup>50</sup>如果欧盟和其他主要贸易伙伴实施碳边境调节机制，依赖传统高碳制造工艺的企业的竞争力可能受到影响。相比之下，转向零碳制造有助于避免此类惩罚，提升竞争力。

工业是造成中国有害空气污染的主要因素，工业脱碳可以减轻空气污染。举例而言，金属开采、熔炼、加工行业以及非金属产品行业排放的粉尘占总粉尘排放量的 61% 左右，是 PM2.5 等有害空气污染物的主要源头。<sup>51</sup>

## 投资者的作用

投资者可以资助工业投资能效措施，如能源管理系统、建筑结构材料、供热和制冷系统以及通风。此外，规模较大的投资者可以投资该市场的供应商，包括能源服务公司以及材料和能效技术制造商。

中国的工业能效市场规模潜力巨大。IEA 估计，到 2030 年，中国 41% 的节能可能来自工业部门。<sup>52</sup>这占到了中国 2018 年最终能耗的 8% 左右，并表明至少在 2030 年之前，工业能效投资可能都是一个巨大的市场。

投资机会将转向钢铁、水泥和化工行业的低碳制造工序。这些行业的碳减排投资机会将集中在四个方面：电气化、生物质利用、CCS 应用以及氢能利用。由于各行业之间存在实质性差异，投资机会因行业而异。例如，水泥生产可以采用电气化、生物质和氢能之一进行产热，并利用 CCS 捕集过程中的碳排放；而炼钢可以主要依赖电弧炉废料生产，同样利用 CCS 捕集过程中的碳排放。<sup>53</sup>

全球范围内（包括在中国），投资者可能都需要提高其能效投资评估能力。截至目前，很多投资者都缺乏评估能效投资的技术能力，可能无法充分衡量其面临的风险和收益。<sup>54</sup>培养评估能力可能包括认识到能效投资如何降低其他投资风险，比如有的能效投资可以改善企业现金流，从而降低向这些企业发放贷款的风险。<sup>55</sup>

---

<sup>49</sup> Energy Transitions Commission (2018). *Mission Possible: Reaching Net-Zero Carbon Emissions from Harder-to-Abate Sectors by Mid-Century*.

<sup>50</sup> European Parliament (2020). *Carbon border adjustment mechanism as part of the European Green Deal*.

<sup>51</sup> Wang, Y., Lai, N., Mao, G., Zuo, J., Crittenden, J., Jin, Y. and Moreno-Cruz, J. (2017). *Air pollutant emissions from economic sectors in China: A linkage analysis*.

<sup>52</sup> IEA. (2018). *Energy efficiency in China*.

<sup>53</sup> Energy Transitions Commission (2018). *Mission Possible: Reaching Net-Zero Carbon Emissions from Harder-to-Abate Sectors by Mid-Century*.

<sup>54</sup> Carbon Trust (2018). *Lessons from the CIF experience in scaling-up energy efficiency: synthesis report*.

<sup>55</sup> Energy Efficiency Financial Institutions Group (2017). *EEFIG underwriting toolkit: Value and risk appraisal for energy efficiency financing*.

## 道路运输

### 现状

道路运输产生的二氧化碳占中国能源相关总排放量的 10%，2010-2018 年，道路运输排放量增长了 61%，反映出汽车保有量的快速增长。<sup>56</sup>

2019 年，中国电动汽车销量为 110 万辆，占全球销量的 50%。<sup>57</sup>中国电动汽车销量增长迅速，到 2019 年已经达到 100 万辆以上，<sup>58</sup>占中国乘用车市场 4.9% 的份额。<sup>59</sup>中国的目标是到 2020 年实现 500 万辆电动汽车 (EV) 上路。<sup>60</sup>

中国于 2009 年启动了电动汽车补贴计划，促进新能源汽车发展，2017 年的电动汽车补贴支出为 77 亿美元。<sup>61</sup>自 2016 年以来，政府减少了对电动汽车的补贴，以逐步取消电动汽车市场的直接购置激励。<sup>62</sup>政策制定者原计划在 2020 年终止对电动汽车的购置补贴，但随后将补贴延长至 2022 年，协助应对新冠疫情。

<sup>63</sup>

中国计划在 2021-2025 年间加强车辆强制性燃料经济性标准。<sup>64</sup>根据这些“第五阶段”标准，汽车生产商必须在 2025 年之前将每辆乘用车的平均油耗降低至每 100 公里 4 升，<sup>65</sup>这将是全球第三严格的标准，仅次于欧盟和日本。<sup>66</sup>中国同时也在收紧针对重型道路运输车辆的强制性燃料经济性标准。

关于电动汽车充电基础设施的公共投资计划规模庞大。中央和地方政府共同提供资金和财政激励，在全国部署电动汽车充电站。这使得中国 2019 年的公共快速充电容量占到了全球总量的 82%。<sup>67</sup>

虽然官方正在考虑逐步淘汰内燃机 (ICE) 汽车，但政府尚未作出正式政策承诺。在地方层面，海南已经正式宣布 2030 年全面转向清洁能源汽车的目标。<sup>68</sup>IEA 估计，现行政策下（落实 2060 年碳中和承诺之前）的运输排放量到 2040 年将是《巴黎协定》减排路径下排放量的 2.4 倍。<sup>69</sup>

### 关键政策建议

- **宣布到 2040 年停止销售化石燃料汽车和货车，并制定长期政策制度，在此日期之前交付 100% 的零排放车辆。有效的长期政策制度可能包括对电动汽车的退坡价格支持，以及不断收紧燃料经济性或二氧化碳标准。**

---

<sup>56</sup> Gan, Y., Lu, Z., Cai, H., Wang, M., He, X. and Przesmitzki, S. (2019). *Future private car stock in China: current growth pattern and effects of car sales restriction*.

<sup>57</sup> IEA (2020). *Global EV Outlook 2020*.

<sup>58</sup> Ibid.

<sup>59</sup> IEA (2020). *Global car sales by key markets, 2005-2020*.

<sup>60</sup> IEA (2020). *Global EV Outlook 2020*.

<sup>61</sup> Forbes. (2018). *What China's Shifting Subsidies Could Mean For Its Electric Vehicle Industry*.

<sup>62</sup> IEA (2020). *Global EV Outlook 2020*.

<sup>63</sup> Reuters. (2020). *China to cut new energy vehicle subsidies by 10% this year*.

<sup>64</sup> ICCT (2019). *Comments on China's proposed 2021-2025 fuel consumption limits, evaluation methods, and targets for passenger cars*.

<sup>65</sup> Ibid.

<sup>66</sup> ICCT (n.d.). *Chart library: Passenger vehicle fuel economy*.

<sup>67</sup> IEA (2020). *Global EV Outlook 2020*.

<sup>68</sup> ICCT (2019). *Hainan's Clean Energy Vehicle Development Plan (2019-2030)*.

<sup>69</sup> IEA (2019). *World Energy Outlook 2019*.

- **制定并实施重型道路运输车辆的全面脱碳战略，该战略应设定明确的重型道路运输车辆脱碳年份；提供低碳卡车商业化研发和示范项目的开展计划；并在实现商业化后，识别出推动市场大规模部署的政策选择。**

## 评估和影响分析

电动汽车和货车的减排成本虽低，但在与现有化石燃料汽车的成本持平之前，可能需要一些政府补贴，尤其是在燃油税仍然很低并因此延长内燃机车辆的成本竞争力期限的情况下。预计在 21 世纪 20 年代中期，全球电动汽车的成本将与化石燃料汽车和货车的成本持平。<sup>70</sup>

中国在低碳车辆上具有先发竞争优势，电动汽车产量约为全球销量的一半，出口量占全球总量近 20%。<sup>71</sup> 电动汽车在国内的广泛部署将为制造商提供广阔的国内市场，支持持续创新，同时打造广阔的出口前景。电动汽车、货车和卡车的大量使用还会降低空气污染，对健康和环境大有裨益。不再重视化石燃料车辆还能减少中国对进口石油的依赖，提高能源安全。

从化石燃料卡车到蓄电池电动汽车的长期过渡在技术可行的范围内到 2030 年可能不会产生额外的拥有成本。对于长途旅行而言，到 2030 年燃料电池汽车会成为比柴油和生物燃料汽车更具成本效益的交通工具。

<sup>72</sup>

车辆制造商若要实现低碳重型车辆的商业化，则需在蓄电池和燃料电池技术上大举创新。该创新能够补充其他行业的研发示范工作。以蓄电池技术为例，针对重型道路运输车辆的高密度蓄电池创新对电力脱碳具有积极的溢出效应，因为高密度蓄电池具有成本效益的储能容量对于可再生能源上网至关重要。

## 投资者的作用

随着国内市场从化石燃料汽车和货车转移，车辆消费金融市场也将从传统车辆转向电动车辆。此外，电动汽车充电基础设施领域也将迎来越来越多的投资机会。

2019 年，中国汽车销量为 2500 万辆，是全球最大的汽车市场。<sup>73</sup> 鉴于中国目前的汽车保有量大幅低于许多发达国家，长期来看市场仍有巨大增长潜力。<sup>74</sup> 麦肯锡估计，中国充电基础设施的累计投资到 2030 年可达到至少 190 亿美元。<sup>75</sup>

至今，政府一直主导公共充电基础设施投资，由于电动车辆市场规模有限，投资者往往无法开展盈利性投资。一旦电动车辆普及，充电站的需求量将大幅上升。未来电动车辆需求的增长，可以使投资者在充电基础设施领域开展盈利性投资，并为扩张充电站发挥更大的作用。<sup>76</sup> 有初步证据表明，投资者在中国充电基础设施市场正发挥着越来越大的作用，例如，英国石油公司与滴滴出行宣布成立合资企业，在中国建设、开发和运营充电站。<sup>77</sup>

<sup>70</sup> ICCT (2019). *Global and U.S. electric vehicle trends*.

<sup>71</sup> McKinsey (2017). *China's electric-vehicle market plugs in*.

<sup>72</sup> Energy Transitions Commission (2018). *Mission Possible: Reaching Net-Zero Carbon Emissions from Harder-to-Abate Sectors by Mid-Century*.

<sup>73</sup> IEA (2019). *Coal Information*.

<sup>74</sup> McKinsey (2019). *Winning the race: China's auto market shifts gears*.

<sup>75</sup> McKinsey (2018). *Charging Ahead: Electric Vehicle Infrastructure Demand*.

<sup>76</sup> Hove, A. and Sandalow, D. (2019). *Electric vehicle charging in China and the United States*.

<sup>77</sup> BP (2019). *BP and DiDi join forces to build electric vehicle charging network in China*.

随着内燃机车辆市场下滑，投资机会将转向低碳汽车制造。2018 年，政府宣布了一系列改革，计划在 2020 年取消商用车制造外资股比限制，到 2022 年取消乘用车制造外资股比限制<sup>78 79</sup>

投资者将有机会为货运公司购买零碳卡车提供资金。考虑到中国卡车数量庞大，2018 年销量超过 120 万辆，这很可能是一个巨大的融资机会。<sup>80</sup>投资者还可以投资配套基础设施的扩建，很可能包含充电站、加氢站和氢气生产厂。

投资者有机会长期投资低碳卡车制造。一旦低碳卡车商业化，投资机会还包括将现有内燃机卡车制造能力转为低碳生产和新生产能力，特别是蓄电池和燃料电池的生产。

---

<sup>78</sup> King & Wood Mallesons (2020). *The Impact of China Removal of Foreign Ownership Restrictions in Auto Sector*.

<sup>79</sup> PwC (2018). *The Opening-up of Chinese Automotive Industry and its Impact*.

<sup>80</sup> Business Wire. (2019). *China Heavy Truck Industry Report, 2019-2025 Featuring 15 Chinese Heavy Truck Manufacturers*.

## 节能建筑

### 现状

建筑业二氧化碳排放量占中国能源相关总排放量的 6%，2018 年总计达 6 亿吨，较 2010 年水平增长了 25%。<sup>81</sup>

政府政策正在推动城市和农村取暖“煤改气”，目标是到 2021 年实现华北清洁取暖率达到 70%，该目标属于北方地区冬季清洁取暖规划（2017-2021 年）的一部分，该规划将“清洁取暖”定义为采用天然气和热泵等低碳制热技术取暖。

政府政策另规定了针对城市地区和所有非家用建筑的新建筑热效率标准，农村地区适用自愿标准，且国内五大气候区之间有所不同。强制性热效率标准不断提升。近年来，政府出资对华北地区建筑开展大规模节能改造。根据十二五规划（2011-2015 年），政府支持华北地区改造了 7 亿多平方米的现有住宅，国家补贴占改造成本的 80%以上。<sup>82</sup>

然而，IEA 估计，在单独实施现行政策的情况下（落实 2060 年碳中和承诺之前），建筑行业的排放量到 2040 年将为《巴黎协定》排放路径下排放量的三倍。<sup>83</sup>通过提升建筑围护结构现有的强制性热效率标准，中国的建筑能耗到 21 世纪末将相较基线情景降低 13%。<sup>84</sup>此外，农村地区具有大幅提高能效的潜力。

### 关键政策建议

- **新建筑——发布新建筑综合热效率计划。该计划应以对具有成本效益的热效率潜力的详细审查为基础，制定体现该潜力直至 2025 年的热效率标准，并承诺每五年将标准提高一次。计划还应即时将新建筑的热效率标准推广至农村建筑。**
- **现有建筑——汲取近期华北地区建筑节能改造的成功经验，设定到 2050 年所有住宅、商业和公共建筑的节能改造目标；建立政策机制（投资补贴、业主义务）以实现最终目标以及用于跟踪进展情况的阶段性目标。**

### 评估和影响分析

更严格的热效率标准可以让新房屋更节能，减少能耗，降低消费者的能源开支。节能改造通过减少取暖需求，节省家庭和企业的能源开支。例如，对重庆用能大户的房屋进行节能改造，每年可降低其 40-68% 的空调能耗。<sup>85</sup>

提高热效率标准会增加新建筑的建设成本，但由于缺乏公开的分析数据，成本增幅目前尚不确定。如果建设成本增幅适中，在城市地区很可能由购房者和开发商承担，有专家指出这是历来的惯例。中国农村家庭

---

<sup>81</sup> IEA (2019). *World Energy Outlook 2019*.

<sup>82</sup> Paulson Institute (2017). *Financing Energy-Efficient Buildings in Chinese Cities*.

<sup>83</sup> IEA (2019). *World Energy Outlook 2019*.

<sup>84</sup> Yu, S., Eom, J., Evans, M. and Clarke, L. (2014). *A long-term, integrated impact assessment of alternative building energy code scenarios in China*.

<sup>85</sup> Tsang, C., Spentzou, E., He, M. and Lomas, K. J. (2018). *Evaluating energy savings retrofits for residential buildings in China*.

的平均收入远低于城市家庭。因此，政府必然会关注农村家庭为达到强制性热效率标准可能面临的成本负担。需要通过政府补贴纾解农村地区的建设成本上涨。

许多能效措施都具有很高的成本效益，但可能需要政策机制来克服与能效投资相关的市场失灵和障碍。一项针对中国企业的调查发现，缺乏专业技术和融资渠道是这些企业在提高能效时面临的若干关键障碍中的两项。<sup>86</sup>因此，政府可能需要通过补贴或业主义务等政策机制，提高整个建筑行业的能效，并充分释放投资潜力。

节能改造投资将为能效措施安装商以及相关材料生产商创造就业岗位，也能成为应对新冠疫情的有效经济刺激，因为其具有出色的经济放大效应，能创造就业机会，同时具有积极的气候影响。<sup>87</sup>

## 投资者的作用

投资者可以针对各种规模的建设项目（包括小型住宅物业和大型办公空间），为开发商提供资金。中国是世界上最大的建设投资市场，约占全球总额的 20%。<sup>88</sup>IFC 估计，中国绿色新建筑的累计投资潜力到 2030 年可能达到 13 万亿美元左右。由于私营部门可参与中国约 85% 至 90% 的建筑投资，投资者在提供资金提高建筑热效率方面起着至关重要的作用。<sup>89</sup>

投资者将有机会向家庭和企业提供贷款，供其投资于建筑结构材料、供暖系统和能源管理系统的能效改进项目。此外，投资者还可以通过能源服务公司为能效投资提供资本。随着节能改造市场价值的上升，投资于能效供应链企业的机会将越来越多。这些机会很可能包括为能源服务公司以及节能材料和技术制造商进一步提供资金。

---

<sup>86</sup> Ge, JFeng, WZhou, NLevine, MSzum, C. (2017). *Accelerating Energy Efficiency in China's Existing Commercial Buildings Part 1: Barrier Analysis*.

<sup>87</sup> Hepburn, C., O'Callaghan, B., Stern, N., Stiglitz, J., & Zenghelis, D. (2020). *Will COVID-19 fiscal recovery packages accelerate or retard progress on climate change?* (Oxford Smith School, Working Paper No. 20-02).

<sup>88</sup> World Resources Institute (2019). *China Is Investing \$13 Trillion in Construction. Will It Pursue Zero Carbon Buildings?*

<sup>89</sup> IFC (2019). *Climate Investment Opportunities in Emerging Markets. An IFC Analysis*.



## 联系人

[罗楠](#)

PRI 中国区负责人

[Margarita Pirovska](#)

亚洲政策与多边关系负责人

[Sagarika Chatterjee](#)

气候变化总监