

中美碳中和地区性
进展跟踪



加州—中国气候研究院
2023年11月

报告作者

弗雷德里希·卡尔 (Fredrich Kahrl) 博士*、杰西卡·高登 (Jessica Gordon) 博士*、戴凡博士 (Fan Dai)、韩杰[◇] (Jie Han)

* 加州中国气候研究院，加利福尼亚大学伯克利分校

[◇] 加利福尼亚大学伯克利分校

关于加州—中国气候研究院

加州—中国气候研究院成立于 2019 年 9 月，是加州大学伯克利分校法学院和劳瑟自然资源学院联合承办的全校性项目。院长为前加州州长杰里·布朗，副院长为前加州空气资源委员会主席玛丽·尼科尔斯。研究院还与加州大学其他校区、院系和领导密切合作。通过加利福尼亚州和中国的联合研究、培训和对话，研究院致力于为政策制定者提供信息，推进合作和伙伴关系，并在各个层面推行气候解决方案。

致谢

作者对下列审稿人表示感谢，他们提供了宝贵的意见：迈克尔·戴维森（加利福尼亚大学圣地亚哥分校）、何刚（纽约市立大学巴鲁克学院）、尼娜·肯纳（劳伦斯伯克利国家实验室）、鲁虹佑（劳伦斯伯克利国家实验室）和吉姆·威廉姆斯（旧金山大学）。

执行 摘要

中美两国皆制定了远大的碳中和目标——分别是到 2050 年和 2060 年实现二氧化碳 (CO₂) 净零排放。为了实现目标，中美将在国内各省和各州的地方层面施相关政策。那么，两国政府和非政府组织如何跟踪地方碳中和进展？

本报告提供了多项指标及各项指标的 2035 年里程碑，用于跟踪美国各州和中国各省实现本世纪中叶碳中和目标的进展情况。本报告以 2021 年的报告《迈向净零》(Getting to Net Zero) 为基础。2021 年报告已建立了协调中美碳中和的支撑框架，包括技术路径、共同里程碑以及对话、研发和国际领导力等方面的优先领域。

本报告中的指标 (表 1, 见第 vi 页) 旨在简洁和完整之间取得平衡，使用公开获取的数据，以便随着时间的推移进行定期更新。这些指标关注两个主要的转型：(1) 能源系统从以化石燃料为主转向为以非化石燃料为主，及 (2) 转向碳密集程度更高的土地利用。

表 1 列出了两种指标：流量 (增量) 指标和存量 (现有量) 指标。流量指标用于跟踪新增基础设施和设备的流量，变化可能相对较快。存量指标用于跟踪能源组合和土地利用总量的变化，变化往往较慢。流量指标和存量指标相结合，有助于充分了解政策的影响与长短期变化的速度。对于大多数流量指标而言，地方层面尚没有标准化的公开数据，而国家政府可以在解决这一数据缺口方面发挥重要作用。

表 1 中的 2035 年里程碑为国家里程碑，与当前的国家政策或长期碳中和路径的研究一致。¹ 各州的指标值可能会以不同的速度发生变化，但变化的方向应与 2035 年里程碑一致，且从长期来看，各州的指标值应逐渐趋同。跟踪地区性进展的一个关键目标是，明确可能需要国家政府加强针对性支持力度的地区和行业，进而为制定和调整国家政策提供依据。

中美两国拥有截然不同的经济、地理和能源体系。那么，为何要为两国制定一套统一指标？制定统一指标，有助于识别两国进展较快或较慢的行业和地区，这可以作为两国国家和地方政府之间对话和协调的基础；同时还有助于树立信心，确保两国的州或省正在能源和土地利用的转型方面取得进展。

1 在这些里程碑中，只有美国的“非化石燃料发电量占总发电量的比例”明确与某项具体的国家政策目标挂钩。其余的里程碑数值均与长期脱碳研究的结果一致。关于里程碑计算，请见附件一。

表 1：指标、近期指标值及 2035 年里程碑

| 领域 | 指标 | 2020 年数值 | | 2035 |
|-------------|----------------------------------|--|---------------------------------|------------------------|
| | | 美国 | 中国 | 美国 |
| 能源供应 | | | | |
| 发电 | 新增非化石燃料发电容量占新增发电总量的比例（三年移动平均值） | 79% (2019- 2021) | 67% (2018- 2020) | >90% |
| | 非化石燃料发电量占总发电量的比例 | 40% | 32% | >95% |
| 集中供暖 | 非化石燃料能源占集中供暖总量的比例 | 不适用 | 2% | 不适用 |
| 能源消耗 | | | | |
| 建筑 | 热泵销量占热水器和水炉总销量的比例 | 不适用 | 不适用 | 80% |
| | 非化石燃料能源占住宅和商用最终能耗的比例 | 51% | 61% | 70% |
| 工业 | 非化石燃料能源占工业最终能耗的比例 | 22% | 32% | 45% |
| 交通运输 | 零排放汽车（ZEV）销量占轻型车或乘用车销量的比例 | 8% (2022) | 22% (2022) | 80% |
| | 零排放汽车销量占重型车或货车销量的比例 | < 1% (2022) | 7% (2022) | 60% |
| | 非化石燃料能源占交通运输业最终能耗的比例 | 5% | 7% | 20% |
| 土地利用 | | | | |
| 森林面积 | 森林面积占土地总面积比例的年增幅（年百分比，%/年） | 0.1%/年 (2007- 2017) | 0.3%/年 (2010- 2020) | 0.1%/年 |
| | 森林面积内森林蓄积量年增幅（每年每公顷立方米，立方米/公顷-年） | 1.1 立方米/ 公顷-年 (21 世纪 10- 20 年代) | 1.7 立方米/ 公顷-年 (2010-2020) | 1.0 立方米/ 公顷-年 |
| 整体经济 | | | | |
| 能源强度 | 每单位实际国内生产总值（GDP）能耗减幅 | 33% (2000- 2020) | 36% (2000- 2020) | 43% (相对于 2020 年) |
| 二氧化碳强度 | 每单位实际国内生产总值能源相关二氧化碳排放量减幅 | 44% (2000- 2020) | 38% (2000- 2019) | 70% (相对于 2020 年) |
| 流量指标 | | | | |
| 存量指标 | | | | |

来源与附注：关于里程碑数值的计算，详见附件一。关于大多数历史数值的来源，请见本报告的相应部分。零排放汽车销量占比指国际能源署公布的电动车销量占比（2023 年）。这些数据包括非零排放的插电式混合动力汽车（PHEV），而不包括燃料电池车等其他零排放汽车。由于美国并未大面积实行集中供暖，我们并未报告美国的这一指标。另外，由于一些数据并未公开，有几个流量指标的数值标为“不适用”。我们将在后续报告中载明林业指标的总值，而不是年数值；此处使用年数值方便与历史数值进行比较。

过去二十年来，中美两国在向非化石燃料能源体系转型的初步阶段均取得了重大进展，而其中电力行业的变化最为明显。两国可再生能源、大型水电、核能等非化石燃料的发电量在新增发电容量中的占比在 70% 到 80% 左右。2010 年至 2020 年间，美国非化石燃料能源发电量占比从 30% 上升至 40%，中国则从 19% 上升至 32%。从地区来看，2000 年至 2020 年间，拥有优质风能的地区，即美国中西部和中国北方地区，非化石能源发电量占比增幅最大。但最近，太阳能发电成本大幅下降，促使中国各地区的新增非化石能源发电容量占比日趋一致，这一趋势很可能也将在美国出现。

建筑、工业、交通运输等能源消耗行业的情况更为复杂。在中国，在环境政策和技术变革的双重推动下，近十年来建筑业和工业的非化石燃料能源消耗占比在不断增加。而在美国，可能是由于天然气价格较低，加上联邦和各州并未大力鼓励燃料转换，建筑业和工业的非化石能源占比相对稳定。虽然两国近十年来均出台了国家生物燃料政策，制定了更加严格的车辆排放国家标准，并且在州和省的层面积极支持使用替代运输燃料，但在减少交通运输业的化石燃料消耗占比方面，两国均未取得重大进展。

中美两国各州省在化石燃料消耗、能源强度和二氧化碳强度方面的变化，反映了两国在向非化石燃料的能源系统转型过程中所面临的不同社会、技术和资源挑战。例如，在建筑行业，中国北方城市建立了广泛的地区供暖网络，而南方城市和大多数农村地区并未提供集中供暖。在中国，增加非化石能源在建筑行业的占比，所面临的挑战包括：（1）制定农村和南方城市的非化石能源供暖解决方案，以及（2）决定是在北方城市开发非化石能源的地区供暖，还是实施建筑电气化供暖。相比之下，美国的区域供暖非常少，城乡区域大多数采用天然气和石油产品进行化石燃料供暖。在美国，增加建筑行业非化石能源占比所面临的挑战是探索可靠的低成本方式，在北方寒冷地区实行电气化供暖。

在未来 15 年内持续取得进展，对于中美两国实现本世纪中叶碳中和目标至关重要。例如，在交通运输行业，排放标准、政府项目及激励政策是否足以促进电动车（EV）快速普及，并增加非化石燃料能源的占比？非化石燃料发电量的增长，是否足以确保交通电气化即可大幅减少二氧化碳排放？本报告提供了全面而可行的方式来衡量未来十年碳中和的地区性进展。

统一跟踪中美两国的碳中和进展，而不是分开跟踪，其重要性将逐渐显著，原因在于两国将不断面临并克服一系列区域性挑战，包括：土地对可再生能源发展的限制；区域电网中的可再生能源整合挑战；工业领域的技术、政治和经济挑战；寒冷地区的建筑电气化与重工业电气化；物流中心采用非化石燃料运输模式；以及协调经济发展与土地保护的难题。同步监测两国的进展，可以加强两国面临类似挑战的地区之间的合作，例如，美国东北部和沿海省份的土地限制意味着两国都要采取更加分散的可再生能源开发方式。在地区层面开展有针对性的双边合作，有助于促进各州和各省的指标逐渐趋同。