



中国热泵的未来

执行摘要

International
Energy Agency

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

The IEA examines the full spectrum of energy issues including oil, gas and coal supply and demand, renewable energy technologies, electricity markets, energy efficiency, access to energy, demand side management and much more. Through its work, the IEA advocates policies that will enhance the reliability, affordability and sustainability of energy in its 31 member countries, 13 association countries and beyond.

This publication and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

IEA member countries:

Australia
Austria
Belgium
Canada
Czech Republic
Denmark
Estonia
Finland
France
Germany
Greece
Hungary
Ireland
Italy
Japan
Korea
Lithuania
Luxembourg
Mexico
Netherlands
New Zealand
Norway
Poland
Portugal
Slovak Republic
Spain
Sweden
Switzerland
Republic of Türkiye
United Kingdom
United States

IEA association countries:

Argentina
Brazil
China
Egypt
India
Indonesia
Kenya
Morocco
Senegal
Singapore
South Africa
Thailand
Ukraine

The European Commission also participates in the work of the IEA

清华大学建筑节能研究中心

清华大学建筑节能研究中心（BERC）成立于 2005 年，其使命是根据国家和国际能源环境目标，致力于中国建筑节能环保发展和创新研究。

清华大学建筑节能研究中心的主要研究包括：

- 核算中国建筑能耗排放现状并进行战略展望。
- 人行为和建筑模拟研究。
- 创新高效建筑节能技术和系统的研发。
- 对各类建筑节能技术的应用研究，包括：中国北方采暖，农村住宅和城镇住宅，以及公共建筑。

BERC 参与国际交流与合作项目，包括与国际能源署的持续合作。自 2007 年以来，BERC 每年负责编制出版《中国建筑节能年度发展报告》（中文版），自 2016 年以来每年出版《China Building Energy Use and Emission Yearbook》（英文版）。

最新 的 报 告 《 Decarbonize Urban Heating System-China Building Energy and Emission Yearbook 2023》（英文版），可从以下链接免费下载：

[https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-99-7875-5.](https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-99-7875-5)



清华大学
Tsinghua University

执行摘要

供热是一项需要进一步脱碳的基本社会服务

供热占全球工业和建筑部门用能的近 20%，占能源部门排放量的约四分之一。中国建筑和工业约占全球热力消费的三分之一，因此对全球趋势具有重大影响。过去十年中，中国建筑热力消费的增长速度居各国之首，目前建筑供暖和热水的能源需求均约为 12 艾焦，已成为仅次于美国的第二大市场。由于中国热力设备普及率不断提高，这一趋势并无放缓迹象。2010–2022 年，中国工业部门的热力消费增长了 13%，达到 38 艾焦。其中近 20% 是 200° C 以下的中低温热力——这最适合热泵应用的温度范围。同期，200° C 以下的热力消费增长了 7%，并且随着中国向高附加值产业转移，其在需求总量中的份额也将增加。

目前中国热力严重依赖煤炭。在建筑和工业热力终端能源使用量中，约有一半为煤炭直接供热。如果将用于集中供暖以及为建筑和工业热力发电的煤炭计算在内，中国二氧化碳排放量和煤炭使用量的 40% 来源于供热。然而，由于中国已采取政策改善空气质量、减少二氧化碳排放并最大限度提高能效，该比例在过去十年中下降幅度超过 5%。

热泵为中低温热力脱碳提供实证有效的解决方案

热泵在全球的销售势头空前强劲。全球热泵销量已在 2020 年基础上增长了 30%，尽管在 2023 年有 3% 的下降。中国是当前全球最大的建筑用热泵市场，占全球销售额的四分之一以上。中国市场上的在售热泵是集中供暖管网以及建筑和工业热力脱碳的最高效选择之一。2022 年，热泵占中国建筑热力设备销售额的 8%；在中国中部和南方的一些地区，热泵已成为新建和既有建筑采暖制冷的标配。采用热泵提供家用热水正在兴起，主要是在城市地区和商业建筑中，但热水市场仍以传统的电热水器和燃气锅炉为主。热泵的能耗平均只有电热或化石燃料解决方案的五分之一到三分之一，但在工业和区域供热中的使用仍不常见，其原因包括认知度低、前期成本高。

与其他解决方案相比，购买热泵从长远来看物有所值，但高昂的前期成本仍构成障碍。空气-空气热泵在中国一些气候寒冷的地区以及夏热冬冷的城市，已经成为全寿命周期成本竞争力最高的供热选择，可以同时满足采暖制冷需求。而空气-水热泵与前期成本较低但效率低下的电热设备相比，全寿命周期成本更低。不过，空气-水热泵比燃气锅炉更昂贵，并且只有在电价与燃气价格比具有竞争力的地区，才可以实现全寿命周期成本节约。工业热泵的前期成本是燃气锅炉的六倍多，但

工业热泵的效率高，其全寿命周期成本现已远低于燃气锅炉和电锅炉，成本竞争力与燃煤锅炉相当。

热泵在建筑和轻工业部门的部署具有最大扩张潜力

目前，中国建筑中安装的分布式热泵占全球总装机的四分之一，其安装总量超过 2.5 亿千瓦，约占建筑热力需求的 4%。在考虑到中国碳中和目标的承诺目标情景（APS）中，到 2050 年，其安装量将达到 14 亿千瓦，可满足热力需求的 25%。要想实现承诺目标情景中的宏伟目标，从现在到 2050 年期间，每年建筑中热泵安装量需要达到约 1 亿千瓦，这相当于美国、中国和欧盟 2022 年热泵部署安装量的总和。

在建筑部门，分布式热泵的最大应用潜力在于中国农村以及南方和中部城市，其在中国北方城市的新建建筑中的应用也预计将会增加。在承诺目标情景中，到 2030 年，这些地区的热泵装机将翻不止一番，到 2050 年将达到现在的五倍。在气候温和或夏热冬冷的地区，随着热力设备普及率提高，可逆式空气-空气热泵的份额预计将增长。空气-水热泵市场预计也将扩大，特别是在中国北方的新建建筑中，因为北方地区更严格的建筑能源规范有利于热泵普及。承诺目标情景下，到 2050 年农村地区的空气-水热泵销量将增加到现在的七倍，用于空间供暖的空气-空气机组的增幅更大。要确保热泵能高效运行，就必须提高人们对热泵技术及其应用的认识，并由有关人员对其进行熟练的安装。

在各工业部门中，热泵的最大潜力在于满足温度低于 200° C 的热力需求。在轻工业、纸浆和造纸业以及化工行业，中低温热力的使用比较普遍。目前，这些行业占中国工业热力消费的三分之一以上，占 200° C 以下热力消费的四分之三以上。从理论上讲，热泵目前已经可以提供 1.75 亿-2.8 亿千瓦的潜在热力，足以满足前述行业当前热力需求的约 15%。承诺目标情景中，2025-2050 年期间每年将在轻工业部门安装热泵约 150 万千瓦，以满足到 2050 年 20% 左右的热力需求。然而，在目前的工业脱碳计划中，对热泵的关注有限，而且由于热泵需要根据具体的工艺过程进行定制，导致标准化难度大，设备成本降低空间相对有限。因此，进一步支持为工业应用开发成本较低的先进热泵设计将非常重要。

大型热泵可集成到现有集中供暖系统中并优化余热利用

应用于集中供暖管网的热泵为进一步实现热力脱碳提供机遇。中国北方城区的集中供暖管网中已部署了一些大型热泵，但供热管网 80% 以上的热力生产仍然依赖煤炭。热泵可以通过降低管网回水温度来提高系统整体效率，若与热储能结合，还可能有助于避免波动性可再生能源弃电。中国北方城市依赖于集中供暖，而大型热泵作为一种配合扩建和现代化计划的脱碳解决方案，已得到有关方面的关注。

热泵还为余热回收提供机遇。中国已在水泥等行业系统推广余热回收，并且还有其他温度低于 50° C 的余热资源，可通过在集中供暖系统和产业集群中集成大型热泵加以利用。到 2050 年，来自火电厂、工业、数据中心和废水处理厂的余热将达到近 20 艾焦，其中三分之二适合引入热泵——这相当于 6.5 亿千瓦的热泵装机，是轻工业潜力的 20 倍。目前，小型工业企业在以下方面面临尤其大的挑战：证明实施余热回收战略的经济效益，以及为发现共用集中供暖管网联网带来的机遇而与其他热力用户和生产商的有效协调。政府采取行动克服这些障碍将是进一步开发余热回收潜力的关键。

热泵部署必须与电网脱碳齐头并进

承诺目标情景中，到 2050 年分布式热泵将贡献中国建筑供热领域直接减排量的约 30%。由于在电气化和能效方面加大努力，建筑供热的二氧化碳直接排放量将从 2022 年的 2.9 亿吨减少到 2050 年的 7000 万吨。改用热泵并且逐步淘汰煤炭和传统生物质供热也可以大幅减少当地的空气污染物，到 2030 年，居民供热产生的 PM2.5 排放将减少近 80%。在承诺目标情景中，轻工业热力产生的二氧化碳直接排放量将从目前的 1.1 亿吨减少到 2050 年的 1 千万吨以下。到 2050 年，电气化将贡献轻工业热力减排量的三分之二，其中三分之一是热泵的贡献。

若将直接和间接排放均计算在内，则目前中国已安装热泵每年的平均排放量已比燃气锅炉低 30%以上。在承诺目标情景中，到 2030 年，发电产生的间接排放将减少 40%以上，主要是由于太阳能、风能和核能部署增加。同年，热泵的年排放量将比燃气锅炉低近 60%。虽然增加热泵部署必定会推高电力需求，但在承诺目标情景下，2030 年热泵的高峰负荷影响将只有建筑内电器设备的高峰负荷影响的一半。

扩大热泵部署会在全供应链创造增长和就业机会

中国是建筑用分布式热泵的最大制造国，可迅速提高产量，以支持进一步增长。中国在热泵技术创新和制造方面领先全球，2022 年全球销售的热泵中约有 35%产自中国。中国热泵行业的就业人数目前已超过 30 万；承诺目标情景下，该数字到 2050 年将翻一番。相应地，很可能需要对热泵安装人员等有关从业者进行职业培训和技能提升。

承诺目标情景下，工业和建筑部门用于加速热泵部署的投资需求持续增加。在建筑部门，每年的投资额需要在目前的基础上，到 2030 年增加两倍，达到 300 亿美元（2000 亿人民币），到 2050 年增加三倍，相当于 2022 年欧盟和美国风力发电投资额的总和。在轻工业部门，承诺目标情景下，到 2050 年大规模热泵装机将增加到 3000 万千瓦，这将需要约 200 亿美元（1400 亿人民币），相当于 2022 年中国轻工业在天然气热力方面的支出额。

推动中国热泵部署的政策建议

制定全国热力脱碳行动计划，包括热泵部署具体行动



建筑

- 增强能效标准
 - 修订并统一各种热力设备标签，开展宣传活动
 - 加强热泵前期成本支持
-
- 在新建建筑法规中纳入更严格的性能要求，为热泵普及做好铺垫
 - 在协调热泵推广工作中，支持对现有建筑进行大规模系列改造
 - 逐步取消对化石燃料热力的补贴，以便释放更多资金用于更清洁高效的热力解决方案

短期

长期



工业

- 提高认识，支持选择热泵解决方案
 - 促进热泵研究示范项目
 - 为克服安装、运行和维护成本障碍提供支持
-
- 扩大行动，通过在轻工业和区域供热领域使用热泵，推动余能回收
 - 将热泵作为部分行业热力脱碳的推荐技术选择

短期

长期



供应链

- 制定明确的清洁热力分类标准
 - 设定热泵销售和部署增长目标
 - 热泵推广与可再生能源增长齐头并进
-
- 提升制造、安装、操作和维护方面的就业机会和技能
 - 加强数据监督，从而更好地了解热力脱碳机遇
 - 考虑强化生命周期排放标准，以便为提高能效提供参考信息，包括氢氟碳化物、替代制冷剂使用等考虑因素
 - 考虑未来热力电气化和热泵部署对电力系统和需求灵活调节能力的影响

短期

长期

International Energy Agency (IEA)

Chinese translation of *The Future of Heat Pumps in China (Executive summary)*

此执行摘要原文用英语发表。虽然国际能源署尽力确保中文译文忠实于英文原文，但仍难免略有差异。此中文译文仅供参考。

This work reflects the views of the IEA Secretariat but does not necessarily reflect those of the IEA's individual member countries or of any particular funder or collaborator. The work does not constitute professional advice on any specific issue or situation. The IEA makes no representation or warranty, express or implied, in respect of the work's contents (including its completeness or accuracy) and shall not be responsible for any use of, or reliance on, the work.



Subject to the IEA's [Notice for CC-licenced Content](#), this work is licenced under a [Creative Commons Attribution 4.0 International Licence](#).

This document and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

Unless otherwise indicated, all material presented in figures and tables is derived from IEA data and analysis.

IEA Publications
International Energy Agency
Website: www.iea.org
Contact information: www.iea.org/contact

Typeset in France by IEA - March 2024
Cover design: IEA

