



# 加快中国居住建筑低碳转型的 政策路径： 欧盟经验启示

---

2025

---

**switchasia**  
GRANTS PROGRAMME



## 作者:

---

Chun Xia-Bauer	Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy (WI)
Felix Suerkemper	Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy (WI)
Stefan Thomas	Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy (WI)
王野	中国建筑节能协会
武涌	项目政策专家

---

## Contact:

Chun Xia-Bauer, [chun.xia@wupperinst.org](mailto:chun.xia@wupperinst.org)

## \*\*致谢\*\*

本报告由 RurEnergy 项目编制，并得到了欧盟资助的 SWITCH-Asia 计划的支持。报告中的内容和观点仅为作者的观点，并不一定代表欧盟或 SWITCH-Asia 的立场或政策，也不应被视为官方认可。

## \*\*免责声明\*\*

本出版物是在欧盟的财政支持下完成的。其内容完全由 RurEnergy 项目团队负责，并不一定反映欧盟的观点。

# 目 录

1. 概述	1
2. 欧盟居住建筑脱碳	2
2.1 欧盟居住建筑能耗	2
2.2 欧盟居住建筑脱碳路径	2
2.3 欧盟及成员国的居住建筑脱碳政策	3
2.3.1 居住建筑脱碳的总体政策	3
2.3.2 定价机制	4
2.3.3 综合基金	6
2.3.4 建筑能源法规与建筑信息公示	6
2.3.5 财政激励措施	8
2.3.6 为建筑业主提供信息与建议	10
3. 中国居住建筑的脱碳	13
3.1 中国居住建筑能耗	13
3.2 中国居住建筑脱碳路径	13
3.3 中国居住建筑脱碳政策	13
3.3.1 总体目标	14
3.3.2 定价机制	14
3.3.3 建筑能效标准与建筑信息公示	15
3.3.4 财政激励措施	16
4. 加快中国居住建筑领域脱碳的启示	17
参考文献	19

## 1. 概述

欧盟（EU）制定了雄心勃勃的气候目标，承诺到 2050 年实现气候中和，并在 2030 年前将温室气体（GHG）排放量较 1990 年水平至少削减 55%<sup>1</sup>。2022 年，建筑占能源相关二氧化碳排放总量的 34%，是欧盟温室气体排放的重要来源<sup>2 3</sup>。2021 年，居住建筑能耗产生的直接二氧化碳排放量达 3.06 亿吨<sup>4</sup>。因此，提高居住建筑本体节能和能效已成为实现气候目标的关键抓手。欧盟及其成员国长期以来一直是这一领域的先行者，制定了一套多层次的政策组合，包括总体战略、市场政策、建筑能效标准、财政激励措施和信息工具。尽管这些政策在实施中面临挑战，且在不同地区的成效不一，但它们为其他国家完善建筑脱碳战略提供了丰富的经验。

中国承诺在 2030 年前实现二氧化碳排放达峰、2060 年前实现碳中和，其居住建筑领域的能效提升同样迫在眉睫。截至 2022 年，中国既有居住建筑总面积超过 570 亿平方米（其中城镇 351 亿平方米、农村 219 亿平方米），居住建筑运行阶段产生的二氧化碳排放量超过 13.7 亿吨，占建筑领域总排放（含直接与间接排放源）的近 60%<sup>5</sup>。鉴于这一规模，居住建筑的能效提升对中国实现气候目标至关重要。中国已通过清洁取暖行动和日益严格的城市建筑能效提升标准等政策，启动了雄心勃勃的建筑节能计划。

本报告概述了欧盟在居住建筑脱碳方面的努力，梳理了其总体政策框架，并详细分析了关键政策工具。通过介绍欧盟的最新政策、总结具体措施的关键成功因素，并评估中国当前的居住建筑政策，本报告旨在为中国加速居住建筑脱碳提供有价值的参考。同时，报告也希望为全球范围内关于居住建筑减排有效政策的讨论提供借鉴。

---

<sup>1</sup> European Commission (2023a)

<sup>2</sup> EEA (2024)

<sup>3</sup> In addition to direct CO<sub>2</sub> emissions, this also includes indirect emissions from electricity and district heat, as well as construction. It also includes non-residential buildings.

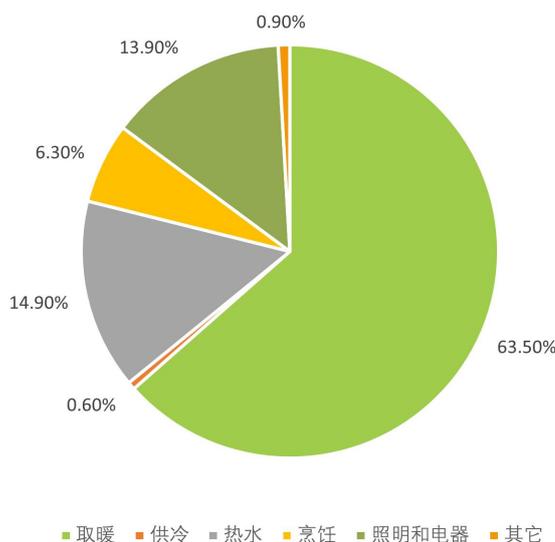
<sup>4</sup> BPIE (2022)

<sup>5</sup> 中国城乡建设领域碳排放研究报告（2024）

## 2. 欧盟居住建筑脱碳

### 2.1 欧盟居住建筑能耗

2022 年，居住建筑能耗约占欧盟终端能源消费总量的 25.8%。供暖仍然是家庭能源消耗的主要部分，占住宅能源总消费的 63.5%。2022 年，居住建筑能源结构主要由天然气 (30.9%)、电力 (25.1%)、可再生能源和废弃物 (22.6%) 以及石油和石油产品 (10.9%) 构成<sup>6</sup>，体现对化石燃料的严重依赖。



图表 1 2022 年欧盟居住建筑终端能源消费

来源: Eurostat<sup>7</sup>

欧盟建筑行业正面临严峻的能效转型挑战，这主要体现在三个方面：首先，建筑存量存在结构性缺陷，约 75%-95%的既有建筑建造于现代能效标准实施之前，导致整体能效水平低下<sup>8, 9</sup>；其次，改造进展严重滞后，当前居住建筑年改造率不足 1%，远未达到实现气候目标所需的进度<sup>10</sup>；最后，改造质量参差不齐，部分已完工项目仅实现有限节能效果，存在明显的“浅层改造”现象，未能充分释放节能潜力。这三个维度的挑战相互交织，共同制约着欧盟建筑行业低碳转型的进程。

### 2.2 欧盟居住建筑脱碳路径

为实现 2050 年建筑领域气候中和目标，欧盟将深度节能改造列为核心战略。研究表明，若对全部居住建筑实施围护结构节能改造，实现至少 20%的能效提升，预计年节能潜力可达 777 太瓦时 (TWh)<sup>11</sup>。

欧盟居住建筑脱碳的另一个关键支柱是取暖电气化，这与可再生能源的快速扩张密切相关。2023 年，欧盟共售出 302 万台热泵，使欧洲累计安装量接近 2400 万台<sup>12</sup>。为实现欧盟

<sup>6</sup> European Union (2024, updated 2025)

<sup>7</sup> Eurostat (2024) [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy\\_consumption\\_in\\_households](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households)

<sup>8</sup> EESC (2022)

<sup>9</sup> BPIE (2017)

<sup>10</sup> Filippidou et al. (2023)

<sup>11</sup> Fabbri et al. (2023)

<sup>12</sup> European Commission (2019)

2050 年气候目标，供暖系统低碳转型势在必行。欧洲热泵协会评估数据显示，为实现阶段性减排目标，到 2030 年欧盟需安装至少 6000 万台热泵<sup>13</sup>。在气候条件适宜的北欧及中欧地区，区域供热系统通过整合可再生能源与工业废热等低碳热源，正在发挥重要作用。

欧盟正通过以上综合方式以实现居住建筑领域的深度脱碳。然而，这一转型过程仍面临多重挑战：首先需要提升建筑改造率至目标水平，同时确保改造方案的经济可行性，此外还需协调各成员国在政策执行层面的差异性。

## 2.3 欧盟及成员国的居住建筑脱碳政策

本章系统梳理了欧盟及其成员国在建筑脱碳领域的关键政策框架与实践经验。首先概述欧盟层面的核心政策体系，随后重点介绍成员国在加速建筑脱碳进程中的创新政策实践，为相关政策制定提供参考借鉴。

作为欧盟实现 2050 年气候中和目标的顶层战略，《欧洲绿色协议》框架下推出的“减碳 55%”一揽子计划具有里程碑意义。该计划设定了到 2030 年将温室气体排放量较 1990 年水平减少 55%的量化目标，并通过系列修订法案推动经济各领域深度转型。鉴于建筑行业在减碳进程中的关键作用，“减碳 55%”计划特别制定了针对该领域的专项立法措施，主要围绕三大实施路径：

- 1) 全面提升建筑能效标准
- 2) 规模化应用可再生能源
- 3) 推进既有建筑深度节能改造

从而确保该行业为气候中和目标实现作出实质贡献。

### 2.3.1 居住建筑脱碳的总体政策

#### 总体目标

《建筑能效指令》(EPBD) 是欧盟建筑脱碳法规体系的核心支柱。为加强节能改造的实施，EPBD 现要求所有欧盟成员国制定长期建筑改造计划，以在 2050 年前将其国家建筑存量转变为零排放建筑。这些战略必须包括明确的路线图，其中包含具体措施、可衡量的进展指标以及 2030 年、2040 年和 2050 年的阶段性里程碑。这些计划将更紧密地与国家能源和气候计划保持一致，确保建筑改造战略与更广泛的气候目标更好地结合<sup>14</sup>。通过关注具有成本效益的深度节能改造，EPBD 旨在显著提高整个欧盟建筑的能效表现。

作为“减碳 55%”一揽子计划的一部分，2024 年修订的 EPBD 引入了更进一步的、更具雄心的目标和条款，以加速建筑行业的脱碳进程。主要更新包括：

- **新建建筑的零排放标准**：到 2030 年，所有新建建筑必须实现零排放，而公共建筑需在 2028 年前达到这一标准。
- **既有建筑的能源需求削减目标**：要求到 2030 年将居住建筑的一次能源消耗减少 16%，并进一步在 2035 年前减少 20-22%。
- **最差能效非居住建筑的改造**：该指令要求到 2030 年对 16%的最差能效非居住建筑进行改造，并基于最低能效标准，到 2033 年将这一比例提升至 26%。

这些新条款补充了 EPBD 之前或现有的其他规定，例如新建建筑和重大改造情况下的最低能效要求（参见第 2.3.4 节）、能效证书（第 2.3.4 节）以及一站式服务中心的设立（第 2.3.6

<sup>13</sup> European Heat Pump Association and European Climate Foundation (2023)

<sup>14</sup> European Union (2024)

节)。

此外,《责任分担条例》(Effort Sharing Regulation, ESR) 为成员国设定了具有约束力的年度温室气体减排目标, 涵盖未纳入欧盟排放交易体系(ETS1) 或《土地利用、土地利用变化和林业条例》(LULUCF) 的行业, 包括建筑行业。ESR 的目标是到 2030 年将这些行业的排放量较 2005 年水平减少 40%, 但并未按行业具体划分<sup>15</sup>。

### 2.3.2 定价机制

欧盟脱碳战略中的一项核心定价工具是排放交易体系 1 (EU ETS1), 该体系自 2005 年开始运行, 目前覆盖了欧盟约 40% 的温室气体排放, 主要来自电力、大型供热设施和工业排放<sup>16</sup>。在建筑行业, 现有的 EU ETS 仅覆盖了 30% 的排放, 主要来自电力和区域供热<sup>17</sup>。为解决这一缺口, 2023 年, “减碳 55%”一揽子计划引入了一个新的排放交易体系 (EU ETS2), 涵盖建筑、道路运输和其他额外领域的燃料燃烧排放。ETS2 将于 2027 年正式运行, 并将显著扩大欧盟的碳定价范围<sup>18</sup>。

#### ETS2 的关键设计特点

- **覆盖范围:** 建筑、道路运输及其他领域的燃料燃烧产生的二氧化碳排放。
- **监管点:** 上游, 即燃料供应商层面, 包括煤炭、天然气、取暖油、汽油和柴油的经销商。
- **预期效果:** 企业通过提高家庭和小企业的燃料价格, 将大部分或全部合规成本转嫁给消费者。
- **配额总量及上限削减路径:** 与建筑和道路运输行业的减排目标一致, 即到 2030 年较 2005 年水平减少 42% 的排放; 到约 2042 年实现 100% 的减排目标。
- **配额分配:** 拍卖; 通过从市场稳定储备中释放额外配额来确保价格稳定。
- **拍卖收入分配:** 在成员国和社会气候基金 (SCF, 见下文) 之间分配。

来源: 基于 Eden et al. (2023)

在国家层面, 一些欧盟成员国已经对建筑使用燃料实施了碳定价<sup>19</sup>, 其中瑞典是一个领先的范例。

#### 瑞典的碳税

瑞典的碳税于 1991 年推出, 并逐年逐步提高, 到 2023 年已达到每吨二氧化碳当量 123 欧元, 成为全球最高的碳税之一。

瑞典的碳税作为一项更广泛的税制改革的一部分推出, 改革内容包括<sup>20</sup>:

- **降低现有能源税:** 此前所有能源统一征收能源税, 无论其碳含量如何;
- **削减所得税及其他财政调整:** 旨在减轻企业的整体税负, 并缓解原有税制结构造成的扭曲。

<sup>15</sup> European Commission (n.d. a)

<sup>16</sup> Thomas et al. (2021)

<sup>17</sup> European Commission (2020)

<sup>18</sup> European Commission (n.d. b)

<sup>19</sup> Sweden, Finland, France, Ireland, Germany, Denmark, Portugal, Luxembourg, Slovenia, and Austria (RAP toolbox)

<sup>20</sup> Akerfeldt and Hammer (2015)

瑞典的碳税制度对所有化石燃料按其碳含量征税，为减排创造了直接的经济激励机制。值得注意的是，瑞典并未将碳税收入专项用于气候项目，而是纳入一般公共预算管理。但实践中，这些资金经常被用于各类气候相关措施，包括：缓解碳税的累退性分配效应、支持可再生能源项目投资以及实施能效提升计划等。该制度获得公众高度认可的关键因素之一，是其采用的预先公布税率调整机制，为家庭和企业提供了充分的适应和转型准备期。

瑞典的实践充分证明了碳定价政策在推动能源消费结构转型方面的有效性。特别是在建筑供暖领域，碳税政策发挥了决定性作用，促使 1990 至 2018 年间化石燃料使用量大幅降低 85%，成功实现了能源结构的深度优化<sup>21</sup>。

其他影响建筑燃料使用的定价机制：

- **能源的税收和附加费：**自 2020 年起，大多数成员国对电力的税收和附加费超过对天然气的征收<sup>22</sup>。2021 年，2021 年欧委会提议修订《能源税收指令》，拟确立电力作为最低税率能源载体的地位（反映其环境损害成本将低于化石燃料和生物质的预期）。该提案目前仍在审议中。
- **基于计量的供暖费用计费：**自 2012 年起，《能效指令》（EED）要求基于计量的供暖费用计费，确保消费者根据实际能耗支付费用。这一要求基于 2006 年《能源服务指令》（ESD）的规定，该指令已强调准确和透明的计费对提高能效的重要性。通过技术可行且成本效益高的情况下强制实施单独计量，这些规定旨在鼓励节能行为并改善多户建筑的能源成本分配。
- **动态电价：**随着可变可再生能源（光伏和风能）和电气化比例的不断增加，电力需求模式及其灵活性需求预计将受到显著影响，从而凸显动态定价机制的重要性。《电力指令》（EU）2019/944 规定，必须配备智能电表支持动态定价机制的功能。为加强消费者获取灵活定价的机会，《电力市场指令》（EU）2024/1711 对指令 2019/944 的第 11 条进行了修订。成员国必须确保其国家监管框架允许供应商提供固定期限、固定价格的电力供应合同和动态电价合同。此外，拥有智能电表的用户必须能够申请动态电价合同，而所有客户必须至少从大型电力供应商（服务超过 20 万用户）获得至少一年的固定期限、固定价格电力合同。为改善电价结构，欧盟委员会于 2025 年 2 月发布了《可负担能源行动计划》，旨在使用户能够在不同时段享受更低的电价，目标在 2025 年第二季度实施。这将使消费者，尤其是使用热泵的用户，能够优化能源使用并在非高峰时段享受更低电价。

在欧盟成员国中，动态电价的采用情况差异显著。北欧国家（包括挪威、瑞典、芬兰和丹麦）处于领先地位，得益于智能电表高普及率以及电动汽车和热泵的广泛使用。在这些市场中，许多供应商提供动态电价和智能技术以优化电力消费<sup>23</sup>。在更南部的地区，荷兰和比利时（弗拉芒地区）正逐步引入动态定价，而德国正准备大规模推广。根据《能源转型数字化重启法》，从 2025 年起，在智能电表可用的情况下必须提供动态定价，同时采取措施加速智能电表的推广。此外，对热泵和纯电动汽车用户将实施分时电网费用制度，

<sup>21</sup> Akerfeldt and Waluszewski (2018)

<sup>22</sup> Rosenow et al. (2022)

<sup>23</sup> RAP (n.d.)

以此激励用户采取有利于电网平衡的用电行为。而在意大利、西班牙和法国等智能电表普及率较高的欧盟市场，传统的分时电价（区分日间/夜间电价）模式仍是当前最主要的定价方式<sup>24</sup>。

### 2.3.3 综合基金

- 欧盟层面的社会气候基金（SCF）

作为“减碳 55%”政策一揽子计划的一部分，欧盟委员会推出了由《社会气候基金条例》设立的社会气候基金（SCF）。SCF 旨在缓解碳定价对低收入家庭和交通用户以及微型企业的社会经济影响，这些群体可能因 ETS2 的扩展和化石燃料成本上升而面临不成比例的成本增加<sup>25</sup>。

SCF 将通过两种主要机制提供支持：

- **结构性措施和长期投资**：专注于减少二氧化碳排放，特别是在建筑和交通领域。
- **临时直接收入支持**：短期缓解低收入群体经济负担。

为确保有效实施，每个成员国需在 2025 年 6 月 30 日前制定社会气候计划（SCP）。这些计划必须提出一系列连贯的措施和投资，以减轻扩展碳交易 ETS2 的社会经济影响。SCP 应包括国家和（如适用）地方及区域层面的措施和投资。

2026 年至 2032 年期间，SCF 将分配高达 650 亿欧元的资金。此外，成员国需共同资助其国家社会气候计划中措施和投资成本的至少 25%，例如通过使用 ETS2 配额拍卖收入的一部分。SCF 将动员约 867 亿欧元资金<sup>26</sup>。SCF 的重点优先领域包括建筑改造以及供暖和制冷系统的脱碳，可再生能源和储能解决方案的整合<sup>27</sup>。

- 成员国的能效基金

自 20 世纪 90 年代以来，综合能效基金在推动各行业能效方面发挥了重要作用，并在十余个欧盟成员国中运行。《能效指令》（EED；首次于 2012 年通过，现行版本为指令（EU）2023/1791）明确允许并鼓励这些基金。这些基金主要通过多元化的融资渠道支持能效提升项目，其资金来源包括：成员国公共预算拨款，欧盟碳排放交易体系（EU-ETS）配额拍卖收入，以及专项能效基金等创新融资机制。

### 2.3.4 建筑能源法规与建筑信息公示

《建筑能效指令》（EPBD）于 2002 年颁布以来。该指令最初要求所有欧盟成员国为新建建筑和大型既有建筑的重大改造设定成本最优的最低能效要求（MEPRs）<sup>28</sup>。多年来，该指令逐步加强，以与欧盟的能源和气候目标保持一致。

2024 年生效的最新修订版 EPBD 要求自 2030 年 1 月 1 日起，所有新建建筑必须为零排放建筑（ZEB）。零排放建筑被定义为具有极高能效的建筑，其剩余的少量能源需求完全由可再生能源满足，且现场无化石燃料碳排放。该指令还引入了生命周期全球变暖潜能值（GWP）

<sup>24</sup> RAP (n.d.)

<sup>25</sup> European Union (2023)

<sup>26</sup> Carbon Market Watch (2024)

<sup>27</sup> European Commission (n.d. c)

<sup>28</sup> 根据《建筑能效指令》（EPBD）第 2 条第 22 款的定义，“重大改造”指符合以下任一条件的建筑翻新工程：

(1) 涉及建筑围护结构或技术建筑系统的改造总成本超过建筑物价值（不含土地价值）的 25%；或

(2) 建筑围护结构表面积超过 25% 的部分进行翻新。各成员国可选择适用上述任一标准进行判定。

计算，以评估建筑在其生命周期内的碳排放<sup>29</sup>。

为提高透明度并推动能效升级，EPBD 还在 2002 年引入了能效证书（EPCs）显示建筑的能效信息，并提供改进建议。EPCs 在以下情形必须依法提供：所有新建建筑，以及既有建筑在进行重大改造、产权交易、新签租赁合同或续签租约时。这项强制性规定旨在确保建筑能效信息的透明公开，使潜在购房者和租户能够充分了解建筑物的能源消耗状况

2024 年 EPBD 修订中的一个重要更新是引入了统一的欧盟范围内 EPC 评级标准，从“A”到“G”级，以提高其在成员国之间的可比性。“G”级代表每个国家中能效最差的约 15% 的建筑，而“A”级对应零排放建筑。这一标准化增强了透明度，并有助于跟踪欧盟长期脱碳目标的进展<sup>30</sup>。以下是成员国层面实施能效标准的三个案例。

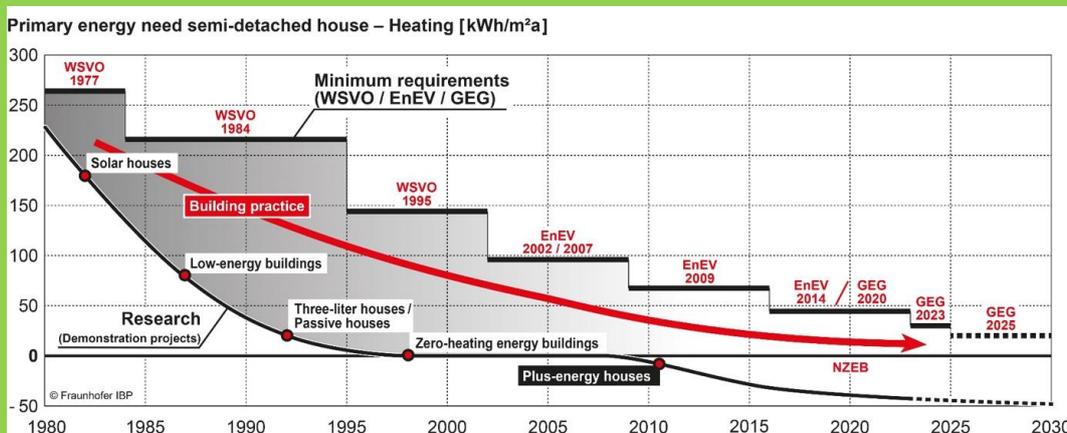
## 德国

2020 年颁布的《建筑能源法》（Gebäudeenergiegesetz, GEG）是德国规范新建建筑、既有建筑以及建筑供暖和制冷中可再生能源应用的综合立法。该法案整合了之前的法规，包括《节能法》（EnEG, 1976-2020 年）、《节能条例》（EnEV, 2002-2020 年）和《可再生能源供热法》（EEWärmeG, 2009-2020 年），形成了一个统一的框架。GEG 的合规要求适用于新建建筑 and 进行重大改造的既有建筑。

与最低能效要求（MEPRs）相关的 GEG 关键点包括：

- 设定建筑一次能源需求、建筑围护结构能效以及可再生能源使用的要求；
- 基于性能的能耗规定，涵盖供暖、制冷和生活热水系统。

多年来，该标准逐步收紧以提高建筑能效。



图表 2 德国最低能效标准体系的发展历程

来源: Fraunhofer IBP (2022)<sup>31</sup>

尽管针对新建建筑的强制性最低能效要求（MEPR）已实施多年，但基于能效证书（EPC）的既有建筑最低能效标准（MEPS）仍相对较新，且对既有居住建筑尚未强制，其执行由各成员国自行决定。目前，只有少数欧盟国家明确将居住建筑强制标准纳入国家法规，例如法国、苏格兰（提案）以及比利时的部分地区<sup>32</sup>。

<sup>29</sup> Legislative Resolution of 12 March 2024 on the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the Energy Performance of Buildings (Recast) (COM(2021)0802 – C9-0469/2021 – 2021/0426(COD)), 2024.

<sup>30</sup> European Union (2024)

<sup>31</sup> Fraunhofer IBP (2022)

<sup>32</sup> EESC (2022)

### 比利时布鲁塞尔首都大区

布鲁塞尔首都大区计划到 2050 年实现其全部建筑的最低能效证书 (EPC) 评级达到 C 级 (一次能源消耗低于 100 千瓦时/平方米/年)。为符合强制性最低能效标准 (MEPS) 计划, 建筑业主必须在规定的时间框架内实施一系列的能效措施。合规要求分为 2030 年至 2050 年间的五个渐进阶段, 在每个立法规定的截止日期前, 业主必须证明已实施 EPC 建议的能效措施<sup>33</sup>。

### 法国

2015 年的《能源转型法》为法国设定了到 2050 年使其建筑存量符合“低能耗建筑标准” (Bâtiment Basse Consommation) 或同等基准的目标。为实现这一目标, 法国引入了强制性最低能效标准 (MEPS), 逐步限制低能效房产的出租。自 2023 年 1 月起, 能耗超过 450 千瓦时/平方米/年的房产已被禁止出租。到 2028 年, 所有 EPC 评级为 F 和 G 的住宅 (占总住房存量的 17%) 将不再允许出租。到 2034 年, 禁令将扩展至 EPC 评级为 E 的房产, 约占住房存量的 40%。这些措施确保了建筑能效的逐步提升, 同时为业主提供了升级房产的时间表<sup>34</sup>。

除了建筑能源法规外, 一些欧洲国家和地区还对新旧建筑中的化石燃料采暖系统实施了限制, 以加速脱碳进程, 例如:

- **奥地利**: 已禁止在新建建筑中安装使用液体或固体化石燃料的中央供暖锅炉。
- **挪威**: 自 2020 年起, 禁止在新建和既有建筑中使用矿物油供暖, 包括现有燃油锅炉的运行。
- **比利时 (弗拉芒大区)**: 自 2022 年起, 禁止在新建建筑和住宅及非住宅领域的重大能源改造中安装燃油锅炉<sup>35</sup>。

这些监管措施进一步推动了欧盟范围内逐步淘汰化石燃料供暖系统并推广可再生能源和电气化。

### 2.3.5 财政激励措施

在欧盟, 《建筑能效指令》(EPBD) 要求成员国确定并向欧盟委员会报告旨在提高能效的国家财政激励措施。节能改造和低碳供暖系统的补贴已在所有成员国广泛实施, 支持业主和企业减少建筑相关排放。此外, 超过十个成员国提供税收激励措施, 包括所得税减免、节能投资税收抵免以及改造材料和服务增值税税率降低。还有 19 个成员国为居住建筑提供贷款和低息融资选项, 使更多改造项目能够获得资金支持。然而, 对于新建建筑, 目前只有少数国家政府为高效建筑的建造提供融资<sup>36</sup>。

### 德国: 高效建筑联邦资助计划 (BEG)

自 20 世纪 90 年代以来, 德国政府一直在实施资助计划, 以促进建筑中的能效和可再生能源使用。2021 年, 德国设立了高效建筑联邦资助计划 (Bundesförderung für effiziente

<sup>33</sup> European Union (2020)

<sup>34</sup> European Commission (2023c)

<sup>35</sup> Braungardt et al. (2022)

<sup>36</sup> Xia-Bauer et al. (2024)

Gebäude, BEG), 作为实现其气候目标的核心工具。BEG 将之前的计划整合为一个统一框架, 为住宅和非居住建筑提供财政支持。2024 年, 气候与转型基金 (Klima- und Transformationsfonds, KTF) 为 BEG 分配了 167.7 亿欧元, 2025 年计划分配 168.6 亿欧元 (根据 KTF 的预算计划)<sup>37</sup>。

BEG 计划以低息贷款和直接投资补助的形式提供资金。德国国有银行 KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) 是该计划的主要执行机构。对于贷款, KfW 采用转贷方式, 即不直接向最终客户提供资金, 而是与中介金融机构 (主要是商业银行或公共银行) 合作。这些中介银行在转贷 KfW 资金前评估客户的信用状况和投资可行性, 最终由 KfW 决定特定贷款申请是否符合能效标准。虽然信贷风险由转贷银行承担, 但它们可以从 KfW 利率中获得实施保证金作为服务补偿<sup>38</sup>。

KfW 通过系统化的方法为住宅和非居住建筑的能效提供政府资助, 包括购买或建造新的高能效建筑/公寓以及全面能源改<sup>39</sup>。KfW 高效建筑贷款的关键特点包括:

- 高能效和可持续性门槛: 最新通过的 BEG 收紧了能效门槛, 确保只有最高能效的建筑才能获得资助。对于居住建筑, 新建建筑必须满足“能效房屋标准 40”并获得德国可持续建筑质量认证<sup>40</sup>。能源效率改造如果达到“能效房屋标准 85”或更高, 则有资格获得资助。
- 灵活性和低利率: 年金贷款的贷款期限灵活, 可为 4 至 30 年。低利率在贷款期的前十年固定, 之后 KfW 为客户提供另一个 10 年延期的利率选项。
- 与能效和可再生能源应用挂钩的还款奖金: 减少贷款金额并缩短还款期。改造项目实现的能效越高, 业主获得的还款奖金越高。
- 规划和施工监督支持: KfW 要求贷款申请人聘请合格的能效专家进行项目设计和施工监督, 并使用 KfW 提供的在线软件确认项目符合其能效标准。此外, KfW 通过额外贷款金额和还款补助补贴 50% 的合格技术费用<sup>41,42</sup>。

2024 年 1 月 1 日生效的《建筑能源法》(GEG) 修正案规定, 任何新安装的供暖系统必须至少使用 65% 的可再生能源。BEG 为房主提供补贴, 用于将旧的化石燃料供暖系统替换为新的气候友好型替代方案。供暖系统更换的基础补贴为 30%, 另有旨在加速可再生能源供暖解决方案采用的气候奖金, 包括:

- “加速奖金”: 用于在 2028 年前更换运行的燃油、燃煤或旧燃气供暖系统;
- 能效奖金: 用于安装高效热泵;
- 超低排放生物质供暖系统的补助;
- 额外 30% 的收入奖金: 针对低于一定收入的家庭, 以支持经济可负担性。

这些可叠加的激励措施最多可覆盖总投资成本的 70%, 显著减轻了业主的经济负担<sup>43</sup>。

<sup>37</sup> BMWK (2023)

<sup>38</sup> Hennes (2018)

<sup>39</sup> 德国政府的资金支持政策采用双轨制机制: 既可为整体建筑能效提升项目提供资助, 同时也设立专项计划支持单项节能改造措施, 两类资助分别由不同机构负责管理。

<sup>40</sup> 在能效标准体系方面, 德国复兴信贷银行 (KfW) 创立的“能效住宅” (Effizienzhaus) 认证标准已成为行业标杆, 该标准严格对接《德国建筑能源法》(GEG) 确立的能效基准要求, 适用于新建与既有建筑改造项目。能效住宅 40 级标准 (EH 40) 要求: 一次能源消耗 ≤ 参考建筑 40%; 围护结构传热损失 ≤ 参考建筑 55%。

<sup>41</sup> KfW (n.d. a)

<sup>42</sup> KfW (n.d. b)

<sup>43</sup> KfW (2024)

### 奥地利：“全民清洁供暖”（Sauber Heizen für Alle）计划<sup>44</sup>

2022 年，奥地利政府启动了“全民清洁供暖”计划，这是一项旨在支持低收入家庭转向气候友好型供暖系统的针对性举措。该计划为以下两种方式提供全额财政支持：

- 接入区域供热网络，或
- 为独栋、双拼或联排别墅的房主安装热泵。

#### 资格和财政支持

- 收入最低的 20%家庭（收入门槛根据家庭规模调整）可享受全额费用覆盖；
- 收入最低的 30%家庭可享受 75%的费用覆盖；
- 区域供热优先：如果区域供热连接可用，供暖其他系统不符合资助条件。

该补贴涵盖广泛的费用，包括材料、安装、规划以及旧锅炉和系统的拆除和处置。受益者可以将补助与地方倡议和太阳能热安装的额外激励措施结合使用。为符合资格，房主必须在线注册项目提案，提供资格证明，并完成强制性的免费能源审计。在预付费用后，受益者可以在项目完成后申请补贴。

在计划实施的第一年，约有 1,450 户家庭的供暖系统被更换，从燃油、燃煤或天然气系统转变为颗粒燃料集中供暖、生物质供暖或热泵。这一努力每年减少了约 11,000 吨的二氧化碳排放。该计划通过提高应用高效环保供暖技术的经济可负担性并降低能源账单，成功惠及了低收入家庭。

#### 计划成功的关键因素

- 全额费用覆盖：为符合条件的低收入受益者提供全额费用支持；
- 全面的信息和行政支持：确保受益者了解计划并顺利申请；
- 能源顾问的参与：提供专业指导和支持。

然而，计划评估发现，部分受益者因缺乏预付资金而在获得补贴前面临资金压力。为提高可及性并最大化影响，该计划可以引入预融资机制或协助受益者从金融机构获得过渡贷款，从而进一步消除财务障碍并确保更广泛的参与。

### 2.3.6 为建筑业主提供信息与建议

欧盟委员会通过各种政策措施推动了能源服务市场的发展，例如信息传播、ESCO（能源服务公司）认证以及提供模型能源绩效合同。

近年来，一站式服务模式（One-Stop Shops, OSS）在欧盟内获得了广泛关注，全面协助业主和租户应对复杂的节能改造。OSS 可以提供一系列服务，包括评估建筑能效评估、帮助客户选择可靠的承包商、协助融资、提供技术建议、监督项目管理以及确保质量保证。

OSS 通常需要政府的资金支持，但也可以作为能源服务公司（ESCO）运营，提供全方位服务，或与本地供应商合作，帮助客户选择可靠的承包商。修经修订的《建筑能效指令》(EPBD) 专设条款规范一站式服务（OSS）机制，明确要求各成员国须协同政府部门与核心利益相关方共同建设此类机构，确保其可持续运营并建立稳定资金保障体系。根据规定，OSS 网络须覆盖全国范围，向三类主体提供独立、全面的节能改造咨询服务：1) 家庭用户（重点保障能源贫困人口及低收入家庭）；2) 中小企业；3) 公共机构。

<sup>44</sup> 更多信息 (European Commission, Directorate-General for Climate Action et al. 2024):

- Legal basis: <https://gesetzfinden.at/bundesrecht/bundesgesetze/ufg>
- Program website: <https://www.umweltfoerderung.at/privatpersonen/sauber-heizen-fuer-alle-2024>
- Evaluation report: [https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:55c72350-49e6-4c20-adbc-3d789680c391/Bericht\\_Wifo\\_SHfA\\_UA\\_v2.pdf](https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:55c72350-49e6-4c20-adbc-3d789680c391/Bericht_Wifo_SHfA_UA_v2.pdf)

同样，2023年9月通过的修订版《能源效率指令》（EED）进一步强化OSS建设要求，除基础咨询服务外，更明确规定应配套提供：1) 专业技术指导；2) 融资方案设计；3) 消费者权益保护措施<sup>45</sup>。

### 法国：上法兰西大区的一站式服务中心——Régie du SPEE

Régie du SPEE 于2013年由前皮卡第大区设立，旨在为业主、房东、租户和业主协会提供支持，帮助他们进行能源改造和节能措施。这一举措确保所有建筑类型、经济条件或房龄的业主都能平等获得改造服务。

Régie du SPEE 运营两个关键项目：

- **Pass Rénovation**：为个人建筑业主量身定制；
- **Pass Copropriété**：旨在协助业主协会开展集体改造项目。

除了技术指导外，Régie du SPEE 还提供财务解决方案，确保所有相关方能够成功实施能效改造。项目按步骤进行，以促进业主协会内部的必要投票程序。

自2013年以来，该计划取得了显著成效：

- 为6500户家庭信息和指导；
- 超过3000次能源审计已完成；
- 880栋房屋进行了改造，总投资达4000万欧元（平均每个项目45,000欧元）；
- 平均节能52%，能源成本降低覆盖了约60%的月贷款还款（平均贷款金额：30,000欧元）；
- 31个业主协会（代表2700多户家庭）与Régie du SPEE合作寻求能源改造支持，其中14个协会（1073套公寓）已启动或完成改造项目。

通过这些努力，温室气体年排放量减少约为6000吨，展示了该计划在推动大规模住宅能效提升的有效性。

成员国使用的另一重要信息工具是建筑改造护照（Building Renovation Passport, BRP），它为特定建筑提供了定制的长期分步改造计划。《建筑能效指令》（EPBD）第2条将“改造护照”定义为“为特定建筑深度改造量身定制的路线图，通过最多步骤显著提高其能效表现”。BRP旨在帮助建筑业主和投资者确定能源改造措施的最佳时机和范围。EPBD（附件VIII）提出了成员国间BRP的通用框架。到2026年5月，BRP应作为基于EPBD框架的自愿工具提供给建筑业主（EPBD第12条）。包括德国、法国和比利时在内的多个欧盟国家已采用BRP计划，尽管其具体设计有所不同。

### 德国：个性化改造路线图

德国通过为建筑量身定制的分阶段“深度改造”路线图，提供了一种全面的建筑能效提升方法。所谓的个性化改造路线图（Individueller Sanierungsfahrplan, iSFP）为业主提供了清晰且结构化的计划，帮助他们逐步实施改造，最终达到“能效建筑”标准。iSFP根据建筑的具体需求量身定制，为独栋、连栋住宅以及公寓楼提供节能改造步骤及其最佳顺序的建议。

<sup>45</sup> European Commission (2023b)

iSFP 是自愿的，但德国政府通过 BAFA（联邦居住建筑能源咨询计划）提供 50% 的补贴作为激励。要获得这项财政支持，能源顾问必须是被列入国家数据库的官方认可的能效专家。

iSFP 的制定过程包括六个步骤：

1. **初步咨询**：能效专家与业主进行现场会议，评估改造需求。咨询内容包括能源相关和非能源相关方面，例如为老年居民改造建筑、扩大居住空间或提升整体居住舒适度。
2. **建筑能效评估**：专家对房屋当前的能效表现进行深入分析，识别低效建筑组件并提供初步改造评估。
3. **制定改造方案**：专家设计量身定制的改造方案，概述每项措施的最佳顺序和预估成本。iSFP 的有效期最长为 15 年；此后，业主将无法获得已实施措施的额外资助奖金。
4. **创建个性化改造路线图**：专家与业主共同评估不同的改造措施。
5. **最终咨询与文件编制**：能效专家提交最终的 iSFP 方案，确保业主充分理解推荐措施、成本和收益。业主将收到一套完整的文件，包括：
  - “我的改造路线图”：包含建筑现状和计划改造步骤的清晰信息；
  - “措施实施指南”：详细说明各项改造步骤及其能效措施。
6. **实施与改造**：在实施 iSFP 中列出的任何措施之前，业主可以通过 BAFA 申请补助。作为 iSFP 的一部分实施的措施，资助率将额外提高 5%。要获得此奖金，措施必须在 iSFP 签发后 15 年内完成。此外，最高补助金额从 4500 欧元增加到 12,000 欧元。

因此，iSFP 为业主提供了多项益处，并反映了德国在减少建筑领域能耗和碳排放方面的承诺。通过提供详细的分步计划和大量财政支持，德国正推动向更高能效建筑的转型，使业主能够进行深度改造。

### 3. 中国居住建筑的脱碳

#### 3.1 中国居住建筑能耗

中国的居住建筑存量庞大且持续增长。根据国际能源署 (IEA) 的数据<sup>46</sup>，预计到 2060 年，建筑总存量将增长约 40%。此外，这些建筑中有相当一部分相对较新，并将继续使用数十年。

居住建筑占中国建筑能源消耗的主要部分，2022 年消耗了 7.0 亿 tce，占建筑领域总能源使用量的 59%。其中，城市地区贡献了 4.5 亿 tce，而农村地区消耗了 2.5 亿 tce。尽管农村建筑的碳排放强度较低——2022 年为 21.9 kgCO<sub>2</sub>/平方米，而城市地区为 25.4 kgCO<sub>2</sub>/平方米——但这些建筑通常存在围护结构保温性能差和能源效率低的问题，导致严重的热量损失和能源利用效率低下<sup>47</sup>。

#### 3.2 中国居住建筑脱碳路径

要提升中国居住建筑的能源性能，需要采取双重策略：一是持续提高新建建筑能效标准，大力推广超低能耗、近零能耗、低碳和零碳建筑，京津冀、长三角等有条件的地区加快推动超低能耗建筑规模化发展，到 2025 年新建超低能耗、近零能耗建筑增长 0.2 亿平方米。二是开展既有老旧建筑大规模更新改造<sup>48</sup>。针对 2000 年以前的老旧住宅，加强空调、照明、电梯等重点用能设备和外墙保温、门窗改造等内容；针对农村地区，短期内更具成本效益的解决方案是针对性改造，例如部分保温改造<sup>49</sup>。例如，对北向墙壁、门窗和屋顶进行保温处理，可实现高达 30% 的节能效果，尤其是在北方地区，许多家庭在冬季仅供暖一两个房间<sup>50</sup>。既有建筑。

既有建筑中国居住建筑脱碳的另一个关键支柱是向低碳供暖系统转型，主要通过电气化和区域供暖实现。

- 到 2030 年建筑用电占建筑能耗比例超过 65%<sup>51</sup>。
- 在供暖需求较高的北方城市地区，低碳供暖（热泵和区域供暖）的比例应在 2030 年超过 70%，并在 2060 年超过 90%。
- 在其他城市地区，到 2060 年，热泵的普及率应接近 100%。

**在中国农村地区，有两种主要的低碳供暖方案：**

- 利用现代生物质能源（即生物质颗粒和现代炉具）为农村房屋供暖具有巨大潜力。中国每年农业生产约 6.74 亿吨秸秆和 1.1 亿吨农业废弃物。此外，还有 1.4 亿吨林业废弃物、38.1 亿吨（湿重）畜禽粪便以及 3.4 亿吨固体废弃物，总计约 2700 万 TJ。
- 中国农村地区是分散式热泵部署潜力最大的地区之一。根据国际能源署 (IEA) 的预测，到 2050 年，农村地区空气-水热泵的销量预计将增长七倍，而专门用于空间供暖的空气-空气热泵预计将实现更大的增长<sup>52</sup>。

#### 3.3 中国居住建筑脱碳政策

中国已实施了一系列全面的政策，以提高能源效率、减少排放并促进住宅领域（包括农

<sup>46</sup> IEA (2021)

<sup>47</sup> 中国城乡建设领域碳排放研究报告 2024

<sup>48</sup> 加快推动建筑领域节能降碳工作方案

<sup>49</sup> You et al. (2023); Guo et al. (2022)

<sup>50</sup> Energy Foundation China (2022)

<sup>51</sup> 城乡建设领域碳达峰实施方案

<sup>52</sup> IEA (2024)

村地区)的低碳供暖。关键举措包括建筑脱碳战略、强制性建筑能效标准、建筑能效标识以及针对大规模改造和清洁供暖计划的财政激励措施,本节将对这些内容进行概述。

### 3.3.1 总体目标

中国建筑脱碳工作的核心是2022年发布的《城乡建设领域碳达峰实施方案》。该方案明确了具体2030年节能目标,包括要求严寒和寒冷地区的新建居住建筑达到83%的节能标准,而夏热冬冷、夏热冬暖及温和气候区的居住建筑则需实现75%的节能标准。此外,该方案还推动建设绿色和零碳农村住房。在北方地区,节能改造显著提升建筑能源性能超过30%<sup>53</sup>。各省根据自身条件分别制定详细的实施方案。

此外,该方案的实施还得到了国家和省部级政府“五年规划”的支持。例如,住房和城乡建设部“十四五”规划明确提出,到2025年力争完成超过1亿平方米的既有居住建筑节能改造<sup>54</sup>。

中央政府为北方地区居住建筑的清洁供暖制定了技术路线图,并根据试点项目的结果不断完善。第一阶段重点是通过“煤改电”和“煤改气”减少对传统能源的依赖。第二阶段引入了因地制宜的解决方案,优先利用地热、生物质、太阳能热能和光伏等可再生能源。第三阶段则采取灵活多样的策略,根据实际情况平衡电力、天然气和煤炭的使用,同时大力推广集中电供暖、蓄热式电暖器和空气源热泵等先进供暖技术。

### 3.3.2 定价机制

中国于2021年启动了全国碳排放权交易市场(ETS),覆盖了全国32.6%的温室气体排放<sup>55</sup>,但建筑行业尚未被纳入这一框架。此外,中国也尚未引入碳税政策。

在中国,能源价格由地方政府调控。居民电价保持在较低水平,属于全球最低之列,作为社会福利的一部分<sup>56</sup>。

2017年,作为北方地区清洁供暖计划的一部分,中央政府鼓励地方政府采取措施推动住宅领域的供暖电气化。其目标是通过完善分时电价体系和创新电力市场机制,降低清洁供暖用电成本。例如,在分时电价体系下,建议将供暖用电的谷段时间延长最多两小时,并拉大峰谷电价差,以进一步鼓励在供暖季的谷段用电。2021年,国家出台政策,要求地方政府为包括居民用户在内的零售用户实施分时电价,并再次强调了延长供暖谷段时间的重要性<sup>57</sup>。此外,鼓励清洁供暖用电积极参与电力市场,以促进需求侧灵活性。

在风能和太阳能资源丰富的地区,鼓励从事电蓄热及其他储能解决方案的企业与可再生能源发电企业建立直接交易机制。在省级层面,甘肃省出台了一系列针对性政策以支持清洁供暖用电。居民供暖用电采用分时电价,白天和夜间的谷段电价较低。对于主要为居民用户服务的集中电供暖企业,变压器容量在315 kVA及以上的设备按大工业电价执行,低于一般工商业电价。此外,鼓励电供暖企业参与电力市场交易,享受谷段用电成本降低的优惠。这些企业还可享受相应电压等级输配电价的50%减免和容量电费的50%减免,进一步降低运营成本<sup>58</sup>。

在居民供暖定价方面,大多数采用区域供暖系统的地区通常按建筑面积而非实际能耗收

<sup>53</sup> Government of China (2022)

<sup>54</sup> MoHURD (2022)

<sup>55</sup> OECD (2022)

<sup>56</sup> OECD (2019)

<sup>57</sup> The Government of China (2021)

<sup>58</sup> Gansu Provincial Development and Reform Commission (2021)

费。为加速建筑行业脱碳，政府已推动在可行的居住建筑中逐步过渡到按计量收费。对于因技术或成本原因无法进行分户热计量改造的既有居住建筑，可采用楼栋级计量作为替代方案。同时，北方区域供暖地区的新建建筑必须符合热计量标准<sup>59</sup>。

### 3.3.3 建筑能效标准与建筑信息公示

#### 建筑能效标准

中国于 1986 年首次推出居住建筑能效标准，设定了与 20 世纪 80 年代参考建筑相比空间供暖节能 30% 的目标。随着时间的推移，全国五个不同气候区——夏热冬冷（HSCW）、夏热冬暖（HSWW）、寒冷（C）、严寒（SC）和温和气候区——的住宅能效标准逐步加强。新建建筑的能效要求从 30% 提高到 50%，再到 65%。严寒和寒冷地区的新建居住建筑已实施 75% 的能效标准<sup>60</sup>。2022 年北京市和山东省等地区居住建筑全面执行 80% 以上节能标准。随着住房和城乡建设部对超低能耗建筑、近零能耗建筑规模化的推广，建筑能效标准甚至提升到 85% 以上。

中国的建筑能效标准作为设计标准，常规的能效标准规定了建筑围护结构和能源系统等单个建筑组件和技术的性能要求，但并未设定整体最低能耗值。超低能耗和近零能耗标准居住建筑以总体能耗和单项能耗（采暖、空调、可再生能源）作为约束性指标，对建筑规划设计、围护结构热工性能和能源设备效率提出指引性指标。

2021 年发布《建筑节能与可再生能源利用通用规范》提升建筑能效指标：

- 夏热冬冷和夏热冬暖地区的新建居住建筑必须实现 65% 的节能目标。
- 寒冷和严寒地区的新建建筑必须达到 75% 的节能目标<sup>61</sup>。

2022 年发布的《城乡建设领域碳达峰实施方案》强化了这些目标，设定了雄心勃勃的长期目标：

- 到 2030 年，寒冷和严寒地区的新建居住建筑能耗必须降低 83%。
- 其他所有地区的新建居住建筑能耗必须降低 75%。

建筑能效标准目前仅对新建城市居住建筑具有强制性，而农村住房历来被豁免。然而，在 2022 年发布的《城乡建设领域碳达峰实施方案》中，强调了对农村居住建筑能效标准的执行<sup>62</sup>。中国的农村能效标准分为两大类：

- 指南：这些非约束性框架为绿色低碳农村建筑提供了技术建议，为专业人员提供设计和施工指导。
- 设计标准：这些标准包括国家政府发布的《农村居住建筑节能设计标准》，并辅以地区特定的能效规范。它们为选址、建筑围护结构设计、能源使用结构以及照明和空调系统提供了依据。

此外，还有一套用于评估农村住房是否达到预期可持续性水平的绿色农村住房评价标准。

在政策设计方面，上述标准（适用于城乡）大多采用基于规定的方法，规定了单个建筑技术和组件（如建筑围护结构、暖通空调系统）的性能要求。

2016 年推出的《民用建筑能耗限额标准》（EQS）标志着向基于性能的方法转变，成为中国首个评估实际能源使用强度而非仅依赖设计规范的国家政策。EQS 适用于不同气候区的住宅和非居住建筑<sup>63</sup>，为评估实际能耗提供了框架。然而，EQS 对新建和既有建筑仍为自愿性标

<sup>59</sup> MoHURD (2024a)

<sup>60</sup> MoHURD (2020)

<sup>61</sup> MoHURD (2021)

<sup>62</sup> MoHURD (2022)

<sup>63</sup> MoHURD (2016)

准，数据收集周期为一年，但缺乏合规措施或处罚等执行机制。因此，其实施仅限于部分主要城市的试点项目，尚未在全国范围内广泛推广。

### 建筑能源信息公示

为提高建筑能源性能的透明度，中国于 2008 年推出了《建筑能效测评与标识》(BEEL) 系统，并于 2012 年进行了试点阶段和技术指南修订<sup>64</sup>。

BEEL 向潜在买家提供年度供暖和制冷需求、预期节能效果（设计与实际性能对比）以及 1 至 3 星级的评级系统（1 星=低性能，3 星=高性能）。BEEL 的节能指标与建筑能效标准一致——例如，在指定气候区实现 65%或更高节能的建筑可获得 3 星评级。

尽管该系统适用于新建和既有建筑，但 BEEL 对居住建筑仍为自愿性。由于评估和认证的挑战，其采用率有限，阻碍了其在推动广泛能效提升方面的有效性<sup>65</sup>。

### 3.3.4 财政激励措施

2017 年启动的“北方地区冬季清洁取暖试点城市”项目为节能改造的前期成本以及清洁供暖和烹饪设备及燃料的费用提供补贴。该计划由每年更新的“大气污染防治专项资金”资助，资金分配给指定的试点城市<sup>66</sup>。地方政府需提供配套资金以支持区域层面的实施。

2017 年至 2021 年间，中央政府向 60 多个试点城市拨款超过 620 亿元人民币<sup>67</sup>。在此基础上，2022 年至 2024 年间，另有 88 个试点城市累计获得 1083 亿元资金支持<sup>68</sup>。

然而，在农村地区，大部分补贴用于燃料替代——用清洁供暖替代煤炭和传统生物质，而非提升建筑整体能效。2021 年的一项调查发现，仅有 12.4%的补贴用于建筑围护结构改造，导致节能改造进展有限（国家能源信息平台，2021 年）<sup>69</sup>。此外，天然气被列为清洁燃料，使得天然气锅炉的购买和使用有资格获得部分补贴<sup>70</sup>。因此，到 2022 年，北方平原地区约 52% 的家庭（约 2500 万户）已从燃煤转向天然气<sup>71</sup>。

除清洁供暖计划外，另一项国家资金来源为选定的试点城市提供城市更新项目补贴，其中包括居住建筑的节能改造。根据 2024 年资金计划，每个试点城市可获得 8 亿至 12 亿元人民币的补贴<sup>72</sup>。然而，关于这些支出的分配或细分的详细信息尚未公开。

---

<sup>64</sup> MoHURD (2012)

<sup>65</sup> Xia-Bauer et al. (2024)

<sup>66</sup> Ministry of Finance P.R. China (2023)

<sup>67</sup> Environmental Planning Institute of MEE (2022)

<sup>68</sup> Chinese Government (2023, December)

<sup>69</sup> National Energy Information Platform (2021)

<sup>70</sup> Beijing Sustainable Development Promotion Association & Zhongke Huayue ERI (2021)

<sup>71</sup> Environmental Planning Institute of MEE (2021)

<sup>72</sup> MoHURD (2024b)

## 4. 加快中国居住建筑领域脱碳的启示

欧盟和中国的政策制定者为居住建筑脱碳建立了全面但不同的政策框架和战略。欧盟和中国都制定了居住建筑领域脱碳的政策路线图，涵盖新建和既有居住建筑。欧盟的路线图强调建筑节能改造是其战略的基石，与其 2050 年气候中和目标保持一致。中国在推动既有建筑节能改造的同时，主要侧重于提高新建建筑的能效标准，以实现其 2030 年碳达峰目标。本节探讨了政策相似性，分析了欧盟政策的关键成功因素，并总结了可供中国借鉴的经验，以加速脱碳进程。

### 建筑节能标准从相对量向绝对量转变

中国居住建筑节能标准以 20 世纪 80 年代典型计算能耗作为基准，建筑能耗逐步降低 30%、50%、75%、83%，建筑节能标准仍然采用的是相对量，不利于建筑节能整体设计和运行指导。受欧盟国家被动房和近零能耗建筑政策和标准的启发，结合中国建筑发展现状，2019 年中国开始规模化推广近零能耗建筑，开创性地发布近零能耗建筑技术标准，该标准打破传统以相对节能率模式，以能耗指标作为约束条件，以性能指标作为推荐和指引，有效地控制建筑设计和运行阶段总体能耗。

建议中国通过近零能耗建筑模式的探索和示范，全面转型建筑节能标准体系从相对量向绝对量转变，涵盖居住建筑和农村建筑、新建建筑和既有改造建筑等。

### 建筑能效标准：扩大范围并提高灵活性

欧盟的建筑能效政策不仅对新建筑实施强制性标准，同时也对符合技术可行性、功能适用性和经济合理性要求的既有居住建筑重大改造项目提出明确要求。这种政策设计体现了欧盟对建筑节能改造在实现长期脱碳目标中关键作用的深刻认识，特别是在建筑存量庞大且新建率较低的地区更具现实意义。需要指出的是，当前欧盟对既有建筑的强制性要求仅适用于重大改造项目，而既有居住建筑的最低能效标准（MEPS）在欧盟层面仍保持非强制性特征。不过值得注意的是，部分欧盟成员国已率先在国家层面推行强制性标准，展现出积极的政策探索。

中国在居住建筑节能改造领域蕴藏着巨大潜力，这主要体现在两个方面：一是城市老旧住宅改造空间广阔，二是农村地区能效标准亟待建立。欧盟的实践经验，特别是那些实施强制性标准的成员国做法，为中国完善既有居住建筑节能改造政策体系提供了有益参考。

为推动建筑领域加速脱碳，建议中国考虑分阶段引入既有居住建筑强制性标准。例如，在屋顶改造中采用与新建筑相当的保温层，或在墙体改造和窗户更换时提升能效标准，这些措施通常都具有较好的成本效益比。未来可将强制性标准逐步延伸至农村住房领域，同时配套建立信息咨询、能效评估和财政补贴等支持体系。在推进过程中，需要充分考虑农村建筑的特殊性，包括传统建造工艺、地方材料应用和经济承受能力等因素，以确保政策的可行性和推广效果。

### 加强信息提供和咨询服务政策

修订后的《建筑能效指令》(EPBD) 使用能效证书 (EPCs) 作为欧盟居住建筑标准指标。EPCs 不仅提供能效信息，还提供节能改进建议，帮助业主识别具有成本效益的措施。德国的“个体改造路线图” (iSFP) 进一步为业主提供结构化的分步改造计划，促进分阶段升级，使业主能够根据可行性、成本和影响优先实施措施。欧盟立法支持的“一站式服务中心” (OSSs) 为业主和投资者提供全面支持，简化改造过程并提高改造率。

相比之下，中国的政策框架更侧重于监管。欧盟的综合政策，包括信息提供和咨询服务，为中国对加强业主和投资者在规划和实施节能改造方面的支持提供了启示。例如，中国可以推广本地咨询中心，提供全面支持，简化节能改造过程。

## 改进财政激励计划：多样化、基于绩效的支持和社会包容性

补贴是欧盟和中国居住建筑脱碳政策的重要组成部分。虽然补贴有效推动了能效措施和清洁供暖技术的早期采用，但其在动员大规模投资方面的能力有限<sup>73</sup>。欧盟成员国向业主和投资方提供低息贷款。例如，德国的赠款和低息贷款组合成功加速了建筑改造。中国也认识到绿色金融的潜力，银行正在试点清洁供暖项目的绿色贷款和绿色基金。

欧盟的一个关键经验是将财政激励与高能效挂钩。例如，德国 KfW 计划为其贷款设定了严格的资格标准，确保支持热泵和先进保温等高能效技术。这种以能效为导向的激励机制最大限度地提高了节能和环境效益，同时确保公共资金的高效使用。此外，咨询支持至关重要。KfW 整合了专家指导的补贴，确保改造项目设计合理、成本效益高且系统实施。中国可以通过引入类似的节能改造咨询支持，帮助业主应对能源改造的复杂性。

从社会角度来看，奥地利“全民清洁供暖”计划为符合条件的低收入家庭提供全额费用覆盖，确保弱势群体受益于清洁供暖和能效升级。中国的清洁供暖计划在惠及低收入家庭方面取得了显著进展，但需注意解决建筑围护结构改造的资金缺口，并避免锁定高运行成本的供暖系统。

## 总体工具：碳定价和能源定价

碳定价仍然是欧盟和中国之间的关键政策差异。一些欧盟成员国已对建筑燃料使用实施碳定价，欧盟的 ETS2 将于 2027 年将这一机制扩展到整个欧盟的建筑领域。瑞典的碳税模型强调了可预测性的重要性，逐步提高税率使家庭和企业能够适应，最大限度地减少经济干扰。为减轻社会影响，欧盟还设立了社会气候基金（SCF），以支持弱势家庭的过渡。

相比之下，中国尚未引入或计划对建筑领域实施碳定价，而是依赖直接补贴和监管措施。与燃料禁令或补贴驱动的方法不同，碳定价提供了市场驱动机制，提供长期价格信号，鼓励持续投资能效。探索碳定价在中国建筑领域的潜力，并辅以社会政策，可能是未来政策发展的一个方向。碳定价收入可用于资助建筑脱碳政策，欧盟立法对 EU ETS1 和 ETS2 的资金使用也有类似要求。

为促进居住建筑电气化，中国保持了低居民电价，增强了分时电价（ToU），并激励电供热企业与可再生能源生产商直接交易。这些措施也可以给欧盟推进电气化带来启示<sup>74</sup>。重要的是，为热泵发展拟使电价低于化石燃料价格（如天然气或煤炭），同时任何电价补贴应仅限于高效电气化技术，如热泵，以避免降低其他应用（如家用电器或智能技术）的激励<sup>75</sup>。

在中国大多数集中供暖区域，住宅供暖价格仍基于建筑面积而非能耗。为激励更高效的用户行为以及节能改造投资，政府必须加快向按计量收费过渡，使供暖成本与实际能耗一致。脱碳集中供暖源，如使用大型热泵、农村地区的生物质锅炉、太阳能热装置或废热，也至关重要。

<sup>73</sup> Bertoldi et al. (2021)

<sup>74</sup> Cf. KfW (2025)

<sup>75</sup> Cf. KfW (2025)

## 参考文献

- Akerfeldt, S., Hammar, H. (2015). *CO<sub>2</sub> taxation in Sweden. Experiences of the past and future challenges*. [https://www.un.org/esa/ffd/wp-content/uploads/2016/12/13STM\\_Article\\_CO2-tax\\_AkerfeldtHammar.pdf](https://www.un.org/esa/ffd/wp-content/uploads/2016/12/13STM_Article_CO2-tax_AkerfeldtHammar.pdf)
- Akerfeldt, S., Waluszewski, D. (2018). *Lessons learned from 25 years of carbon taxation in Sweden. COP24 Katowice, Poland Side event in the Benelux Pavilion "Insights and outlook on carbon taxation in the EU non-ETS sectors"*.  
<https://www.regeringen.se/contentassets/18ed243e60ca4b7fa05b36804ec64beb/lessons-learned-from-25-years-of-carbon-taxation-in-sweden.pdf>
- Beijing Sustainable Development Promotion Association & Zhongke Huayue ERI (2021). *Beijing Shi Nongcun Jianzhu Jieneng Ji Qingjie Qunuan Gaizao Jingyan Yu Qishi (Energy-saving and clean heating renovation of rural buildings in Beijing)*.
- Bertoldi, P., Economidou, M., Palermo, V., Boza-Kiss, B., & Todeschi, V. (2021). *How to finance energy renovation of residential buildings: Review of current and emerging financing instruments in the EU*. WIREs Energy and Environment, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.1002/wene.384>
- BMWK (o. J.). *Erfolgreich sanieren und Energie sparen mit der Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude (EBW)*.  
<https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Foerderprogramme/energieberatung-wohngebäude.html>
- BPIE (Buildings Performance Institute Europe) (2017). *97% of buildings in the EU need to be upgraded*. BPIE - Buildings Performance Institute Europe.  
<https://www.bpie.eu/publication/97-of-buildings-in-the-eu-need-to-be-upgraded/>
- BPIE (Buildings Performance Institute Europe) (2022). *EU Buildings Climate Tracker: Methodology and introduction of building decarbonisation indicators and their results*.  
<https://www.bpie.eu/publication/eu-buildings-tracker-methodology-and-results-for-building-decarbonisation-indicators/>
- Braungardt, S., Bürger, V., & Stein, V. (2022). *Impact of a ban of fossil heating technologies on necps and national energy dependency*.
- Carbon Market Watch (2024). *FAQ: Social Climate Fund*.  
<https://carbonmarketwatch.org/2024/07/01/faq-social-climate-fund/>.
- Chinese Government (2023, December). *Clean heating initiatives in 88 cities*. Gov.cn.  
[https://www.gov.cn/xinwen/jdzc/202312/content\\_6919747.htm](https://www.gov.cn/xinwen/jdzc/202312/content_6919747.htm)
- Eden et al. (2023). *Putting the ETS 2 and Social Climate Fund to Work: Impacts, Considerations, and Opportunities for European Member States*.
- EEA (European Environment Agency) (2024). *Greenhouse gas emissions from energy use in buildings in Europe*.  
<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-energy>
- EESC (European Economic and Social Committee) (2022). *Minimum Energy Performance Standards (MEPS) in the Residential Sector. Final study report*. <https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/files/qe-05-22-310-en-n.pdf>
- Energy Foundation China (2022). *Nongcun qingjie yongneng tixi zhuli jianwu jiangtan xiangcun fuxing [Rural clean energy systems supporting pollution reduction, carbon reduction, and rural revitalization]*.  
<https://www.efchina.org/Reports-zh/report-cemp-20220512-zh>
- Environmental Planning Institute of MEE (2021). *Research on the Control Strategy of Household Coal Pollution during the 14th Five-Year Plan Period*.
- Environmental Planning Institute of MEE (2022). *Qingjie QuNuan Duoyuanhua TouRongZi QuDao JiLi ZhengCe Ji ShiJi YingYong AnLi YanJiu(Research on Diversified Investment and Financing Mechanisms, Incentive Policies, and*

*Application Cases in Clean Heating).*

European Commission (o. J.a). *Effort Sharing Regulation (ESR). Overview.*  
[https://climate.ec.europa.eu/eu-action/effort-sharing-member-states-emission-targets/overview\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/effort-sharing-member-states-emission-targets/overview_en)

European Commission (o. J.b). *ETS2: buildings, road transport and additional sectors.*  
[https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/ets2-buildings-road-transport-and-additional-sectors\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/ets2-buildings-road-transport-and-additional-sectors_en)

European Commission (n.d. c). *Social Climate Fund.*  
[https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/social-climate-fund\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/social-climate-fund_en).

European Commission (2019). *Comprehensive study of building energy renovation activities and the uptake of nearly zero-energy buildings in the EU.*

European Commission (2020). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Stepping up Europe's 2030 climate ambition; Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people.*  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020SC0176>

European Commission (2021). *Revision of the Energy Taxation Directive (ETD).* European Commission.  
[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda\\_21\\_3662](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_21_3662)

European Commission (2023a). *2030 climate targets.*  
[https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-targets\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-targets_en)

European Commission (2023b). *Fit for 55. Directive 2023/1791 on Energy Efficiency of 13 September 2023 – One-stop shops. Concerted Action EED, 3rd Plenary Meeting 11 October 2023, Brussels.*  
<https://www.ca-eed.eu/ia-document/directive-2023-1791-on-energy-efficiency-13-sep-2023-one-stop-shop-s-dg-ener-european-commission/>.

European Commission (2023c). *2023 Country Report. France. Institutional Paper 234, June 2023.*  
[https://economy-finance.ec.europa.eu/system/files/2023-06/ip234\\_en.pdf](https://economy-finance.ec.europa.eu/system/files/2023-06/ip234_en.pdf).

European Commission, Directorate-General for Climate Action, Ludden, V., Laine, A., Vondung, F. (2024). *Support for the implementation of the Social Climate Fund: note on good practices for cost-effective measures and investments*, Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2834/602067>

European Heat Pump Association and European Climate Foundation (2023). *Europe's Leap to Heat Pumps.*  
<https://www.ehpa.org/news-and-resources/publications/europes-leap-to-heat-pumps>

European Union (2020). *Strategy for reducing the environmental impact of existing buildings in the Brussels capital region by 2030-2050.*  
[https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-06/be\\_brussels\\_2020\\_ltrs\\_official\\_translation\\_en\\_0.pdf](https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-06/be_brussels_2020_ltrs_official_translation_en_0.pdf)

European Union (2023). *Regulation (EU) 2023/955 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 establishing a Social Climate Fund and amending Regulation (EU) 2021/1060.*  
<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/955/oj/eng>

European Union (2024, updated 2025). *Energy consumption in households.* Eurostat,  
[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy\\_consumption\\_in\\_households](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households)

European Union (2024). *Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings (recast) (Text with EEA relevance).*  
<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj/eng>.

Eurostat (2024). *Energy consumption in households.*  
[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy\\_consumption\\_in\\_households](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households)

Fabrizi, M., Kockat, J., Jankovic, I., & Sibilleau, H. (2023). *How To Stay Warm and Save Energy Insulation Opportunities in European Homes.* BPIE.  
[https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2022/12/How-to-stay-warm-and-save-energy\\_final-report.pdf](https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2022/12/How-to-stay-warm-and-save-energy_final-report.pdf)

Filippidou, F., Zenginidis, D., Fotiou, T., Andreou, A., & Kronshage, S. (2023). *Decarbonisation pathways for the EU*

*Buildings sector and the role of high energy prices.*

Fraunhofer IBP (2022). *Entwicklung des energiesparenden Bauens.* <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/kompetenzen/energieeffizienz-und-raumklima/energiesparendes-bauen.htm#:~:text=Über%20viele%20Jahrzehnte%20hat%20Hans,Fragestellungen%20der%20Energiewende%20im%20Quartier>

Gansu Provincial Development and Reform Commission (2021). *Gansu Sheng Fazhan He Gaige Weiyuanhui guanyu jinyibu wanshan qingjie qunuan jiage zhichi zhengce youguan shixiang de tongzhi* [Notice on further improving the price support policy for clean heating]. Gansu Provincial Development and Reform Commission.

Government Office of Sweden (n.d.). *Sweden's carbon tax.* <https://www.government.se/government-policy/taxes-and-tariffs/swedens-carbon-tax/#:~:text=Swedish%20carbon%20tax%20rates&text=In%202025%20the%20tax%20rate,per%20tonne%20fossil%20carbon%20dioxide>.

Guo, S., Jiang, Y., & Hu, S. (2022). *The Pathways toward Carbon Peak and Carbon Neutrality in China's Building Sector.* Chinese Journal of Urban and Environmental Studies, 10/2. <https://doi.org/10.1142/S2345748122500117>

Hennes, R. (2018). Financing energy efficiency in the residential sector: lessons learnt from Germany and emerging economies. *Materials on Development Finance*, (9), 1.

IEA (2021). *Renewables 2021: Analysis and Forecasts to 2026.* Paris, France: IEA.

IEA (2024). *The Future of Heat Pumps in China.* <https://iea.blob.core.windows.net/assets/c099bae3-40f1-48cf-b905-64ff37755867/FutureofHeatpumpsinChina.pdf>

KfW (n.d. a). Your promotion for new constructions. <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/index-2.html>

KfW (n.d. b). Your promotion for existing properties. <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/>

KfW (n.d. c). Schritt für Schritt sanieren. Der individuelle Sanierungsfahrplan (iSFP). <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/Energieeffizient-sanieren/Individueller-Sanierungsfahrplan/?redirect=648256>

KfW (2024). *Heating replacement subsidy: application now possible for private owners of multi-occupancy buildings and for condominium associations.* News from 28.05.2024. [https://www.kfw.de/About-KfW/Newsroom/Latest-News/News-Details\\_807936.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.kfw.de/About-KfW/Newsroom/Latest-News/News-Details_807936.html?utm_source=chatgpt.com)

KfW (2025). *Heat pumps are gaining ground in Europe – electricity prices matter.* <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-englische-Dateien/Fokus-2025-EN/Focus-No.-487-February-2025-Heat-pumps.pdf>

Ministry of Finance P.R. China (2023). *Daqi Wuran Fangzhi Zijin (Funds for Air Pollution Prevention and Control).* <http://zyhj.mof.gov.cn/zxzyzf/dqwrffzj/>.

Morcrette, A. (2022). Régie du SPEE: A One-Stop-Shop for Northern France. ProRetro, 06.07.2022, <https://proretro.eu/regie-du-spee-a-one-stop-shop-for-northern-france>. <https://proretro.eu/regie-du-spee-a-one-stop-shop-for-northern-france>.

MoHURD (Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China) (2012). *Jianzhu Nengxiao Ceping Biaozhi Jishu Daoze (Technical Guideline for Civil Building Energy-efficiency Evaluation & Labeling (Trial)).*

MoHURD (Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China) (2016). *Minyong Jianzhu Nenghao Biaozhun (National Standard of Energy Consumption Standard for Civil Buildings).* [https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zhengce/zhengcefilelib/201605/20160519\\_227497.html](https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zhengce/zhengcefilelib/201605/20160519_227497.html)

MoHURD (Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China) (2020). *Jianzhu Jieneng Quan Fugai Lvse Jianzhu Kuayue Fazhan (Full coverage of building energy conservation and leapfrog development of green buildings).*

MoHURD (Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China) (2021). *General Standards for Building Energy Efficiency and Renewable Application.*

MoHURD (Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China) (2022). Shisiwu jianzhu jieneng yu lüse jianzhu fazhan gui Hua [14th Five-Year Plan for Building Energy Efficiency and Green Building Development]. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China

MoHURD (Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China) (2024a). Jiakuai tuidong jianzhu lingyu jieneng jiangtan gongzuo fang'an [Work plan for accelerating energy conservation and carbon reduction in the building sector]. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China.

MoHURD (Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China) (2024b). Guanyu kaizhan chengshi gengxin shifan gongzuo de tongzhi [Notice on carrying out urban renewal demonstration work]. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China.

National Energy Information Platform (2021). Nongfang Jieneng Gaizao Bu Rong Hushi (Energy-saving renovation of rural houses cannot be ignored, and obtaining natural resources).

OECD (2019). *Taxing Energy Use 2019: Country Note – China*. <https://www.oecd.org/tax/tax-policy/taxing-energy-use-china.pdf>

OECD (2022). *Pricing Greenhouse Gas Emissions: Carbon Pricing in China*. <https://www.oecd.org/tax/tax-policy/carbon-pricing-china.pdf>

RAP (n.d.). Imagine all the people. Strong growth in tariffs and services for demand-side flexibility in Europe. <https://www.raponline.org/toolkit/strong-growth-in-tariffs-and-services-for-demand-side-flexibility-in-europe/>

Rosenow, J., Thomas, S., Gibb, D., Baetens, R., de Brouwer, A., & Cornillie, J. (2022). *Levelling the playing field: Aligning heating energy taxes and levies in Europe with climate goals*. RAP. <https://www.raponline.org/wp-content/uploads/2023/09/Taxes-and-levies-final-2022-july-18.pdf>

Schlomann (2021). Energy Efficiency Funds in Europe. ODYSSEE-MURE, Policy brief. <https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/funds-energy-efficiency.pdf>.

The Government of China (2021). *Jin yi bu wan shan fen shi dian jia ji zhi (Further improve the time-of-use electricity pricing mechanism)*. [https://www.gov.cn/xinwen/2021-07/29/content\\_5628289.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2021-07/29/content_5628289.htm)

The Government of China (2022). *Carbon Peak Action Plan for the Building Sector*.

Thomas, S., Sunderland, L., & Santini, M. (2021). *Pricing is just the icing: The role of carbon pricing in a comprehensive policy framework to decarbonise the EU buildings sector* (p. 55). RAP.

THUBERC (2023). *2023 Annual report on China Building Energy Efficiency*.

Xia-Bauer, C., Gokarakonda, S., Guo, S., Filippidou, F., Thomas, S., Maheshwari, J. R., & Vishwanathan, S. S. (2024). *Comparative analysis of residential building decarbonization policies in major economies: insights from the EU, China, and India*. Energy Efficiency, 17(5), 46.

You, K., Ren, H., Cai, W., Huang, R., & Li, Y. (2023). *Modeling carbon emission trend in China's building sector to year 2060*. Resources, Conservation and Recycling, 188, 106679. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106679>