

碳中和背景下德国能效政策研究报告

中德能源与能效合作伙伴



版本说明

《碳中和背景下德国能效政策研究报告》由德国国际合作机构（GIZ）在中德能源与能效合作伙伴项目框架下发布。旨在介绍能效政策对实现双碳目标的重要性，以及德国能效最佳实践措施与政策的详细情况和案例研究。该报告是中国国家发展和改革委员会和德国联邦经济和气候保护部（BMWK）指导的中德能效工作组框架下具体成果之一。中德能效工作组是落实中德能效领域合作相关备忘录要求的具体行动，每年开展一次工作组会议，由两国轮流举办。作为中德能源与能效合作伙伴框架下中德能效合作的官方平台，工作组有力加强了中德在能效交流研讨、能力建设等方面的合作。德国国际合作机构作为德方实施机构，与中方执行机构国家节能中心共同推进中德能效工作组框架下具体工作的开展。

发行方

中德能源与能效合作伙伴
受德国联邦经济和能源部（BMWi）委托
北京市朝阳区亮马河南路 14 号
塔园外交办公楼 1-15
邮编：100600
c/o
德国国际合作机构（GIZ）
Torsten Fritsche
Köthener Str. 2
柏林 10963

项目负责人

尹玉霞
德国国际合作机构（GIZ）

作者：

Wolfgang Eichhammer, Frederic Berger, 弗劳恩霍夫系统与创新研究所
Jan Steinbach, Nele Friedrichsen, Su-Min Choi, 资源效率和能源战略研究所

感谢以下专家对本报告的贡献：

Clemens Rohde, Elisabeth Dütschke, Joachim Schleich, Heike Brugger, 弗劳恩霍夫系统与创新研究所



本报告全文受版权保护。截至本研究报告发布前，德国国际合作机构和相关作者对出版物中所涉及的数据和信息进行了仔细研究与核对，但不对其中所涉及内容及评论的正确性和完整性做任何形式的保证。本出版物中涉及到的外部网站发行方将对其网站相关内容负责，德国国际合作机构不对其内容承担任何责任。本文件中的观点陈述不代表委托方的意见。

1.1.9	交通运输行业节能措施实情介绍.....	53
1.1.10	交通运输行业能效政策案例研究.....	56
	乘用车和轻型机动车的二氧化碳排放性能标准	56
	机动车税：增加乘用车二氧化碳排放量的权重	61
	监测与实施最佳实践	63
第三部分：地方层面和接受度		66
	地方（城市）层面政策制定及其与国家和欧洲层面的联系.....	66
	案例研究：城市气候保护方案和市政供热规划	67
	能效政策的分配效应	68
	能效和能源贫困（分配效应）	68
	缓解能源贫困政策.....	68
	社会接受度	69
参考文献		71

缩略语

CBAM	碳边境调节机制
CCS	碳捕集与封存
CCU	碳捕集与利用
CO ₂	二氧化碳
CO ₂ eq.	二氧化碳当量
EE	能效
EED	能效指令
EffSTRA	能效战略
EMS	能源管理系统
GHG	温室气体
GJ	千兆焦耳（10 ⁹ 焦耳）
H ₂	氢
kWh	千瓦时
Mtoe	百万吨油当量
MW	兆瓦
NAPE	《国家能效行动计划》
NECP	《国家能源和气候计划》
NEDC	新欧洲驾驶循环
PJ	拍焦/千万亿焦耳（10 ¹⁵ 焦耳）
PtG	电转气
PtL	电转液
SUV	运动型多用途汽车
SWOT	优势-劣势-机会-威胁
TWh	太瓦时（10 ¹² 瓦）
ZLEV	零排放和低排放车辆
WLTP	全球轻型车统一测试程序
KSG	《气候变化法案》
GEG	《德国建筑能源法》/《德国建筑规范》

前言

全球越来越多的国家和地区承诺，将在本世纪中叶或之后十年间实现气候中和。能效政策对气候中和目标的实现发挥着支柱作用，而且能够对包括可再生能源、氢能经济以及可持续生物经济或碳捕集与封存在内的其他政策产生协同效益，增强政策推行接受度，提升实施效果。与此同时，供应侧的低碳措施往往会带来更大的环境与经济影响，例如资源利用、（新的）进口依赖、消费者群体之间的分配效应以及潜在的接受度问题。

正是出于上述原因，欧盟将“能效优先原则”（Energy Efficiency First Principle）纳入欧盟法律，从而认可了能效的决定性作用。“能效优先原则”被视作欧盟能源政策的指导原则，应被纳入到包括金融业在内的欧盟所有行业的政策中。该原则不应仅局限于能源系统，而应在各个层面得到体现。在为供应侧及其他政策领域制定新规则时，能效应被视作规划和投资决策的首选解决方案。

本报告论述了德国能效政策的重要作用，并在三个章节中探讨了其主要机制：

- 第一部分阐释**能效框架**（涉及气候中和、供应安全及经济性）。
- 第二部分从**行业视角出发**，对德国能效政策（贯穿各领域的政策，重点关注定价与交易政策、建筑、电器、工业和交通运输领域）进行分析。第二部分还借助政策案例研究，详尽阐述了德国能效政策的成功和失败之处。此外，第二部分还特别介绍了德国能源系统转型的监测分析方法，以及欧盟层面 **Odyssee-MURE** 项目提供的分析工具。
- 第三部分指出了**地方层面**能效政策的强大作用、**针对弱势消费者群体**制定相关政策的重要性以及提高能效政策接受度的重要性，尤其是定价与交易方案的**接受度**。

所有三个部分都随附 **SWOT** 分析（态势分析法，**SWOT** 分别代表优势、劣势、机会、威胁），分析范围涉及框架政策、行业政策和详细的政策案例研究。

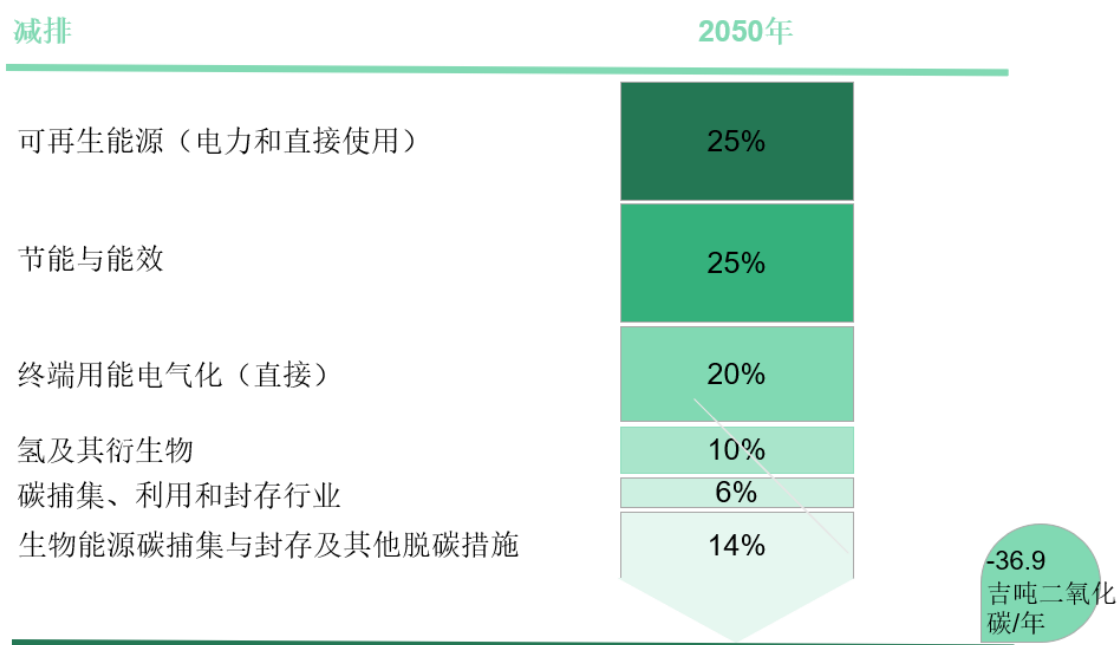
欧盟委员会于 2021 年推出的“减碳 55%”（Fit-for-55）一揽子计划中规定了欧洲政策框架设计，新一届德国政府也于同年 11 月提出了更高的气候目标，承诺在 2045 年实现气候中和，这将助力德国在政策实践中有效贯彻能效优先原则。基于新的框架政策带来的机遇，本书将分析各项政策的优劣势。

导言：能效在气候中和框架中的重要性

近年来，为了将本世纪全球平均气温上升幅度控制在 1.5°C 以内，实现气候中和已成为世界各国的一项主要行动目标。中国已表示力争在 2030 年前实现碳排放量达峰，2060 年前实现碳中和目标。欧盟于 2021 年提出“减碳 55%”一揽子计划（欧盟委员会，2021a）。在这一提案中，欧盟重申了到 2050 年实现温室气体（GHG）中和的目标，以及 2030 年温室气体排放量与 1990 年水平相比至少减少 55% 的中期目标。

能效是各部门实现气候中和目标的关键要素。如图 1 所示，在其发布的《世界能源转型展望》（World Energy Transition Outlook）中，国际可再生能源署（IRENA，2021 年）在全球层面上就此进行了论述。根据该机构的分析，能效与可再生能源所能实现的碳减排份额将占温室气体减排目标量的一半，而进一步的减排贡献则来自直接电气化。如果采用相关可再生能源供应措施，包括氢能、工业中的碳捕集、封存和利用（CCS/CCU）以及生物能源碳捕集与封存，整体效率有望进一步提升，甚至实现二氧化碳负排放和碳抵消。

图 1：在国际可再生能源署的 1.5°C 情景下有助于减少碳排放的主要政策组成部分

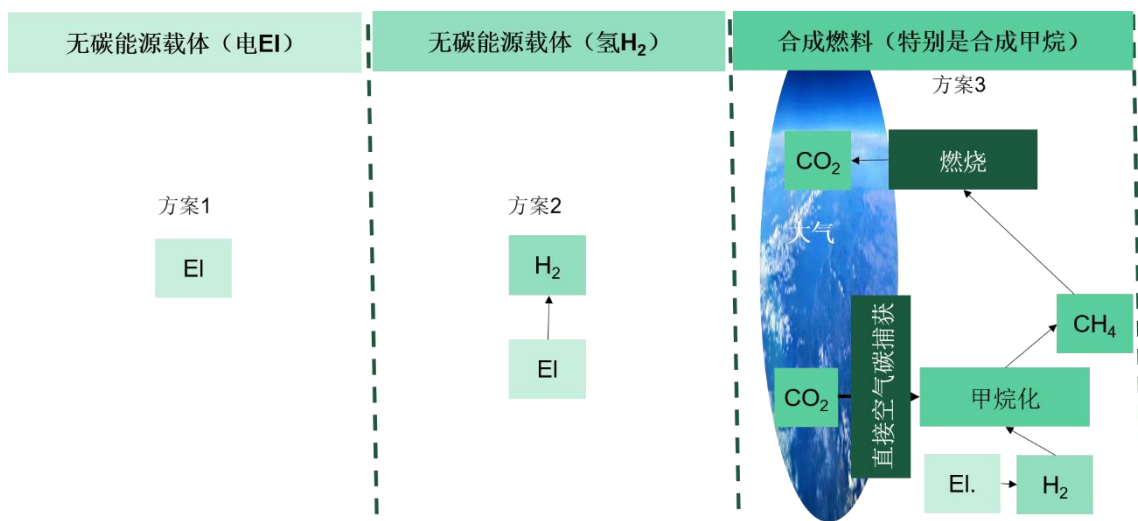


资料来源：国际可再生能源署（2021 年）

2021年发布的最新“长期情景”（Long-term Scenarios）在德国各行业详尽地证实了这一论断。提出这些情景的目的是深入研究实现气候中和目标的不同路径¹，特别是以下路径²（如图2所示）：

- 方案1（情景TN-电力），对电力的依赖程度很高
- 方案2（情景TN-氢能），主要基于氢能
- 方案3（情景TN-电转气/电转液），在很大程度上基于（以氢气为原料制备的）合成燃料，包括从大气中回收二氧化碳

图2：德国实现气候中和目标的主要脱碳路径



资料来源：（弗劳恩霍夫系统与创新研究所等，2021年）

分析表明，与当前水平相比，终端能源需求³至少需减量 28-37%（弗劳恩霍夫系统与创新研究所等，2021年）。尤其值得一提的是，建筑行业 and 交通运输行业（其能耗在德国能源消耗总量中分别占比 35%和 29%）需要大幅锐减 41-50%的能耗需求（见表1和图3）。此外，工业和电器行业（其能耗在德国能源消耗总量中分别占比 22%和 14%）也需大幅锐减其能耗需求。

与使用大量氢能或合成燃料的情景相比，电力情景中的终端能源需求需减少更多（电力情景降幅为 37%，而氢能或合成燃料情景降幅则为 38-30%）。这是因为在这些情景中，进口氢能的价格似乎更加低廉，因为氢能出口国的氢能生产成本较德国更低，因此氢能方案在德国能够发挥比能效方案更大的作用。然而，这也掩盖了氢能和合成燃料在很大程度上依赖进口的事实。此种依赖不仅会引发新的进口依存度问题，还会涉及氢能出口国如何在氢能出口、可持续发展以及出口国自身经济脱碳需要之间求取平衡的问题。

¹ 情景路径还研究了方案4，其中包括二氧化碳封存以补偿持续使用化石甲烷燃料而导致的环境问题。然而，即使与二氧化碳封存结合使用，人们不继续使用化石燃料的原因也可以多种多样，尤其是石油和天然气的资源可用度，以及与其开采相关的环境破坏以及进口依存度。

² 应当指出的是，涉及能源消耗的行业包括建筑、工业、交通运输和电器。节能目标应针对建筑、工业、交通运输和电器，而减排目标则应针对建筑、工业、交通运输、能源、农业和废弃物处置等行业。

³ 原则上，必须将提高能效和减少能源需求区分开来。在这方面，由于能源需求不再增长，因此欧盟各国的情况大致相同。但是在中国等到目前为止能源需求仍在不断增长的国家，情况则可能有所不同。然而，倘使全球实现气候中性目标，那么像中国这样的大国也需走上减少能源需求（类似于减排）的道路，而不是仅仅关注能效提升。这一原则也适用于即将发展成为主要排放国的印度及其他发展中国家。

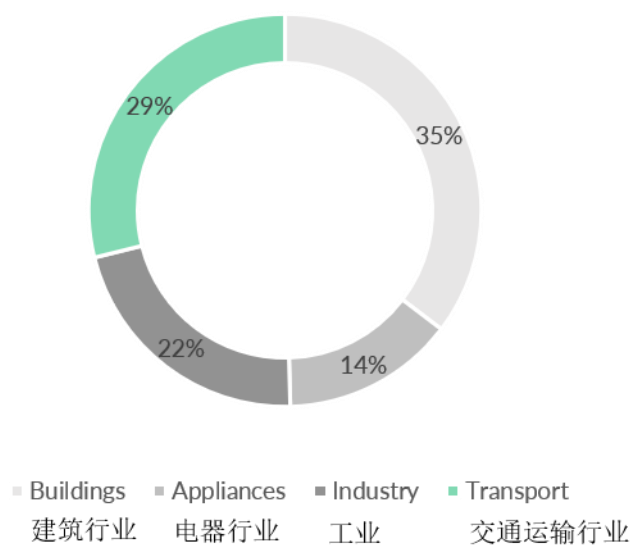
总而言之，“长期情景”已从广义上表明，能效路径需要独立于脱碳路径，成为一项强有力的贡献因素，否则不同能源供应方式仍会对环境产生较大影响。这是欧盟制定“能效优先原则”的主要原因。

表 1 在截至 2050 年的最新气候中和路径中德国需要减少的终端能源（FE）需求量

与当前水平相比的减少量	TN-电力	TN-氢能	TN-电转气/电转液
建筑行业	-41%	-26%	-26%
工业	-23%	-21%	-18%
交通运输行业	-50%	-44%	-40%
服务业电器行业	-30%	-30%	-30%
家用电器行业	-34%	-30%	-34%
所有行业	-37%	-30%	-28%

资料来源：（弗劳恩霍夫系统与创新研究所等，2021 年）

图 3：德国 2020 年各行业能源消费量



资料来源：基于（德国联邦经济和气候保护部，2021b）的数据自行绘制

第一部分：能效框架（气候、供应安全、经济竞争力）

能效的气候中和框架（在欧盟和巴黎协定层面）

欧盟从 2015 年起批准了《巴黎协定》——这是一项具有法律约束力的全球气候变化协定。根据该协定，所有缔约方承诺共同努力将全球变暖限制在远低于 2 摄氏度的水平，并承诺采取措施以实现将全球升温限制在 1.5 摄氏度的目标。为此，欧盟迅速确立了减排目标。对于本世纪下半叶，气候中和的目标是通过消除排放温室气体到大气中的活动来抵消剩余排放量。在最初提交的《欧盟及其成员国国家自主贡献计划》（**Nationally Determined Contribution of the EU and its Member States**）中，欧盟承诺到 2030 年，欧盟整体温室气体排放量比 1990 年减少 40%。之后，欧盟对这一承诺进行更新，并将其提升至到 2030 年，欧盟整体温室气体排放量比 1990 年至少减少 55%。

随着 2021 年 7 月《欧洲绿色协议》（**EU Green Deal**）和《欧洲气候法》（**European Climate Law**）的实施，欧盟成员国就一系列目标达成一致，承诺共同努力使欧洲到 2050 年成为世界上首个实现气候中和的大陆。为此，欧盟的主要目标是到 2030 年，欧盟整体温室气体排放量比 1990 年至少减少 55%；到 2030 年，可再生能源将占欧盟最终能源消费量的至少 40%，到 2030 年，欧盟最终能源消费量和一次能源消费量比 1990 年分别减少 36% 和 39%（在 2020 年的基础上减少 9%）。之后，欧盟进一步提出了到 2030 年减少 3.1 亿吨二氧化碳排放以及到 2030 年绿色经济为欧盟创造 16 万个就业机会的目标。通过《欧洲绿色协议》的融资约 6,000 亿欧元（欧盟委员会，2021a）。

所有欧盟成员国同意为推动上述目标的如期实现做出贡献。此外，欧盟还在《欧盟治理条例》（**Regulation of the Governance of the European Union**）中对治理进行了规定。各成员国需要参照一套通用模板，制定本国的《2030 年国家能源和气候计划》（**NECP**）。该计划应涵盖脱碳、能源安全、能效、内部能源市场以及研究、创新和竞争力等领域。成员国需在 2024 年之前对这一计划进行更新。此外，成员国亦需制定国家长期战略。成员国还必须每年向欧盟报告其二氧化碳排放量及其他温室气体排放量，而欧盟每年也都会通报整个欧盟的进展情况。成员国将于 2023 年 3 月首次报告本国能源和气候计划进展情况（欧盟委员会，2021h）。

随着 2007 年《欧洲能源指令》（**European Energy Directive**）的颁布，欧盟在欧洲层面设定了到 2020 年需要实现的三项目标，并要求各国制定相应的国家目标。这三项目标是：到 2020 年欧盟整体温室气体排放量比 1990 年减少 20%；到 2020 年可再生能源将占欧盟最终能源消费量的 20%；以及到 2020 年能效比 2007 年设定的基线水平提高 20%。该指令已于 2018 年进行修订，设定了到 2030 年温室气体减排 32.5% 的目标，并随附了到 2023 年上调减排目标的条款。然而，欧盟实际实现的减排量仅占最终能源消费量的 29.4%，占一次能源消费量的 29.7%（欧盟委员会，2021e）。

2021 年 7 月，作为“履行《欧洲绿色协议》”（**Delivering on the European Green Deal**）一揽子计划的一部分，欧盟提出了制定一项新能效指令的提案。新版提案建议将节能目标设定为 36% 和 39%，意味着一次能源消费总量最多不超过 10.23 亿吨油当量（折合 14.62 亿吨标准煤）、终端能源消费总量最多不超过 7.87 亿吨油当量（折合 11.24 亿吨标准煤）。这意味着欧盟成员国必须将其年度节能目标从之前的 0.8% 提高到现在的 1.5%，几近翻番。对于公共建筑、公共交通运输、供水和街道照明等部门，将节能目标设定为 1.7% 就是一个值得参考的良好示例（欧盟委员会，2021c）。

新版提案还包括一条关于**修改治理规例**的建议。与针对可再生能源目标确立的硬性规定相比，人们发现，为了规范欧盟成员国在实现节能目标过程中所采取的行动而设立的软性机制导致合规水平普遍较低。为此，欧盟进一步在法律层面明确了“能效优先原则”的地位。

专题 1：能效优先原则

能效的决定性作用在《能效指令》中得到了“能效优先原则”的支持。“能效优先原则”被视作欧盟能源政策的指导原则，应被纳入到包括金融业在内的欧盟所有行业的政策中。该原则不应仅局限于能源系统，而应在各个层面得到体现。在为供应侧及其他政策领域制定新规则时，能效解决方案应被视作规划和投资决策的首选方案。在欧盟能源基础设施的未来投资决策中，能效应被视为一项关键因素和优先考虑因素。在运用“能效优先原则”时，应首先考虑系统效率方法，并从社会影响的角度看待该原则。因此，该原则应有助于提高单个终端使用行业和整个能源系统的效率。对于为了实现环境目标而在节能解决方案领域做出的投资而言，该原则的运用还应为此类投资提供支持。例如，所有欧盟成员国、国家监管部门、输配电系统运营商应遵循“能效优先”原则，在能源网络运营中，废止所有针对节能增效改善工作的监管措施、技术措施及非监管措施。

为了切实发挥作用，在每笔价值超过 7,500 万欧元的交通基础设施项目大规模投资或者每笔超过 5,000 万欧元的其他项目大规模投资中，决策者需要始终如一地运用“能效优先原则”，因为此类大型投资可影响能源消费量和供应量。

现引述“能效优先原则”第三条如下：

1. 根据“能效优先原则”，欧盟成员国应确保在与以下行业相关的各项规划、政策和重大投资决策中将能效解决方案纳入考量：

- (a) 能源系统，和
- (b) 对能源消耗和能效有影响的非能源行业。

2. 欧盟成员国应确保，在政策、规划和投资决策须符合审批要求和监督要求的领域，“能效优先原则”的运用得到相关实体的验证。

3. 在运用“能效优先原则”时，欧盟成员国应：

- (a) 推广成本效益分析方法的运用，并在需要进行成本效益评估时确保采用成本效益分析方法，以便从社会角度对能效解决方案的更广泛效益进行适当评估；
- (b) 确定一家实体，负责监测“能效优先原则”的运用以及各项规划、政策和投资决策对能源消费量与能效的影响；
- (c) 根据欧盟第(EU) 2018/1999 号法规第 17 条能效优先的规定，作为国家能源和气候进展综合报告的一部分，欧盟成员国应向欧盟委员会提交如何在国家和区域规划中以及与国家和区域能源系统有关的政策和重大投资决定中考虑“能效优先原则”的报告。

新条款（第 3 条）要求欧盟成员国在非能源行业以及在政策和投资决策中也确保运用这一原则，并及时监测和报告这一原则的运用和预期社会效益。欧盟向成员国提供的建议和详尽指南应该有助于切实推动这一原则的实施（欧盟委员会，2021d）。此外，欧盟还提出了一套用于在欧盟成员国之间分配排放量的新公式，以期通过设定客观标准来确保上述目标的最终实现。此公式包含一个固定比率份额、一个基于人均国内生产总值的份额、一个基于能源强度的份额和一个基于成本效益潜力的份额。此外，成员国还必须针对最终能源消费量和一次能源消费量设定相应的国家目标，以便与由此计算出的目标保持一致。最近一项研究（弗劳恩霍夫系统与创新研究所/Scheuer，2021 年）评估了欧盟委员会发布的“减碳 55%”（Fit-for-55）一揽子计划以及由欧盟成员国提出的公式。该研究在上述公式的基础上，通过提高实现降本增效型能效潜力的权重，为制定更宏远目标提供了建议。

该提案进一步引入了一套强化版“缺口填补机制”，以帮助落后于其目标的国家摆脱困境。此外，该提案还要求成员国采取有效措施缓解能源贫困现象，以支持弱势群体，通过强制性要求这些弱势消费者分担节能份额来确保缓解这一现象。欧盟碳排放交易体系（EU Emission Trading Scheme）中建筑与交通运输行业的收入将为相关工作提供资金，这些收入将汇入新成立的社会气候基金（欧盟委员会，2021k）。

针对公共部门的进一步修订案包括将改造率提高至建筑物总建筑面积的 3%；在公共采购中考虑各级各类能效标准；以及公共部门的最终能源消费量应以每年 1.7% 的速度缩减（Pause 等人，2021 年）。该提案的进一步设想是，将能源管理系统作为大型能源消费者的默认义务，概述了更严格的规划管控措施，涉及到地方层面和区域层面各级各类要求，并要求确保能源服务提供商、审计公司、管理人员和安装人员的能力（欧盟委员会，2021k）。此外，还规定必须统筹规划制冷供热设施，并不断提高供热制冷管网的能效标准。各成员国必须树立起需要对“能效优先原则”运用情况进行监控的立场和观点。该政策还针对国家能源监管机构提出直接要求，要求它们在天然气和电力网络运营中也有效运用“能效优先原则”。另一方面，欧盟成员国也有责任和义务确保网络运营商在网络规划中运用“能效优先原则”（Pause 等人，2021 年）。

欧盟还在《建筑能效指令》（Energy Performance of Buildings Directive）中对建筑行业的能效进行规管。根据计划，该指令将于 2021 年底更新。2020 年 10 月，作为《欧洲绿色协议》的一部分，欧盟委员会提出了建筑改造浪潮战略。为了实现到 2030 年建筑物改造率至少翻一番的目标，该战略包含一套多措并举的具体行动计划。该战略还将在即将推出的《建筑能效指令》新版中发挥作用。为此，欧盟借助各类研讨会，收集了公众意见和利益相关者的意见和建议。目前，该指令包括多项措施，譬如，**欧盟成员国**有义务制定长期战略以在 2050 年之前实现存量建筑物的脱碳：自 2021 年起，成员国只能新建近零能耗建筑；向消费者发放能效证书；制定检查方案；推广包括监管系统在内的智能建筑技术。为支持《建筑能效指令》，欧盟委员会还制订了一套标准，即《建筑能效标准》（Energy Performance of Buildings Standards），并随附一份相关技术报告（欧盟委员会，2021f）。

改造浪潮战略还致力于提高居民生活质量、创造绿色就业机会和解决能源贫困问题。此外，欧盟还推出了一项全新的智能就绪指标（smart-readiness indicator），其目的在于通过提高人们对建筑物能力的认识来优化能效，使建筑物运行在适应居民需求的同时适应电网信号，从而推进数字友好型建筑物改造、整合可再生能源并实现实际能源消耗量的测定。

长期建筑翻新改造战略必须包括对国家存量建筑物概况的描述、旨在提高建筑物改造成本效益的政策（尤其需要针对能效最差建筑物制定政策），以及旨在提升相关行业技术

和能力的举措。此外，必须列出已纳入规划的各项措施和可衡量的指标。欧盟存量建筑物观测工具（EU Building Stock Observatory tool）将为这一转型提供支持，该工具可提供有关所有欧洲国家各种存量建筑物特征和能效指标的广泛数据（欧盟委员会，2021f）。该工具可以用于监控进度和保障规划。除了适用于建筑行业的更常见的欧盟资金流之外，欧盟还将在 2021 年至 2027 年间开发更具体的金融工具（欧盟委员会，2021g）。此外，“新欧洲包豪斯”（New European Bauhaus）运动还有效推动了可持续节能建筑的发展。

欧盟支持发电能效提升的一个重要手段是强制性要求欧盟成员国针对热电联产潜力开展成本效益分析（欧盟委员会，2021b）。自 2012 年出台《欧盟能效指令修订版》以来，能源公司还被直接要求通过帮助最终消费者提高能效（例如通过保温隔热、改变行为习惯或启用全新供热系统），必须实现平均累积年度终端节能不少于年度能源销售额的 1.5% 的目标（欧盟委员会，2021i）。

此外，欧盟通过欧洲能源标签和生态设计要求，对电器能效产生重大影响。

能效的气候中和框架——能源政策 SWOT 分析

优势—现行框架

- 一整套雄心勃勃且相互作用的强有力政策：
 - 《欧洲绿色协议》
 - 《欧洲气候法》
 - 一整套雄心勃勃的 2030/2050 年目标。2030 年目标（温室气体减排 55%）与 2050 年目标（实现气候中和目标）保持一致
 - 《欧盟治理条例》
 - 《2030 年国家能源和气候计划》（NECP）
 - 国家长期战略
 - “能效优先原则”及其具体实施指南
 - 强化版“缺口填补机制”
 - 用于在欧盟成员国之间分配排放量的新公式
 - 在转型过程中支持弱势群体

劣势—政策优化

- 欧盟目标与成员国目标之间存在不一致问题
- 成员国未能在国家层面的各项政策中体现“能效优先原则”
- 缺失“能效优先原则”的可操作性实施举措（仅停留在喊“口号”阶段）
- 目标并不能代表全部的节能潜力

机会—新颁政策和政策方案

- 欧盟在其“减碳 55%”（Fit-for-55）一揽子计划中出台/更新了 11 项一揽子监管方案，特别是：
 - 能效指令
 - 《建筑能效指令》

威胁—壁垒和市场短板

- 不能接受能效政策对转型过程的影响（例如抵制提高能源税和能源价格；对既有建筑进行翻新改造的义务等）

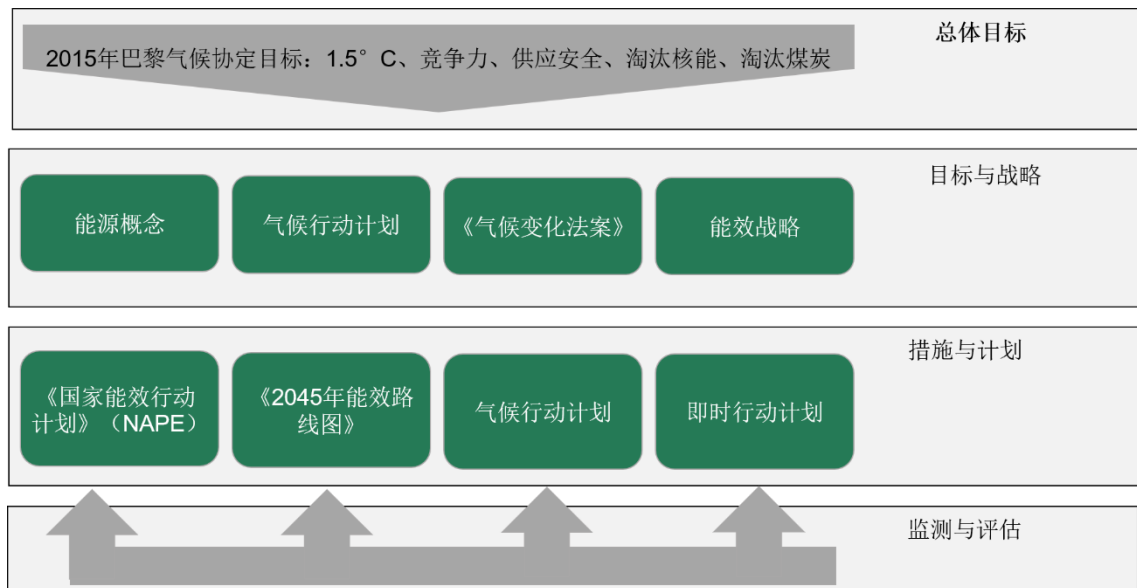
德国能效的气候中和框架

德国气候保护框架（见图4）由总体目标、目标、战略、措施和方案构成。其标题由《巴黎协定》指定。德国在《能源方案》（Energy Concept）、《气候行动计划》（Climate Action Plan）及《气候变化法案》（Bundes-Klimaschutzgesetz, 2019年）中明确了国家目标和长期战略。《能源效率战略》（EffSTRA）阐明了更具体的能效目标和措施（德国联邦经济和气候保护部，2019年）。未来，通过推动资源效率与能效政策的更紧密结合，该框架可能会得以强化。⁴

这些目标与具体措施的方案相辅相成，措施包括《国家能效行动计划》（NAPE）、《2045年能效路线图》（Roadmap Energy Efficiency 2045）、《气候行动计划》以及《即时行动计划》。目标和计划与监控和评估相辅相成。

继2011年宣布在2022年底之前逐步淘汰核电的决定之后，德国又于2020年宣布了将在2038年底之前逐步淘汰褐煤和硬煤的决定。这两项决定定义了德国能源和气候政策的重要边界条件。

图4：德国气候保护框架概览（自行编制）



资料来源：自行汇编。

德国管辖权法院的一项裁决要求气候治理方式绝不可损害子孙后代的共同利益。该项裁决规定，国家有责任采取行动，以防止对青年一代的基本自由权和规划安全的过度限制。该项裁决旨在强调气候保护重要性，并推动了德国《气候变化法案》的修订。

长期战略—《气候行动计划》

在2016年首次发布的《气候行动计划》中，德国强调了其对这一目标的承诺。作为一项推动社会转型和行业转型的长期战略，该计划旨在提供明确指导，以避免投资失败。该计划明确了德国减排的长期目标以及所有行业的关键节点和目标。此外，该计划还规定了各个行动领域应采取的指导原则和战略措施。根据《巴黎协定》的规定，该计划须定

⁴ 能效路线图建议将这两个主题更紧密地联系起来。此外，路线图还特别建议负责资源效率和能源的不同部委有效整合相关信息和指南，以方便利益相关者获取（德国联邦经济和气候保护部，2021a:14）。此外，路线图还建议将材料效率指标纳入工业能效支持计划。

期更新。年度气候保护报告将负责记录该计划的实施情况，并作为该计划及时修正的依据。

减排目标—《气候变化法案》修订版

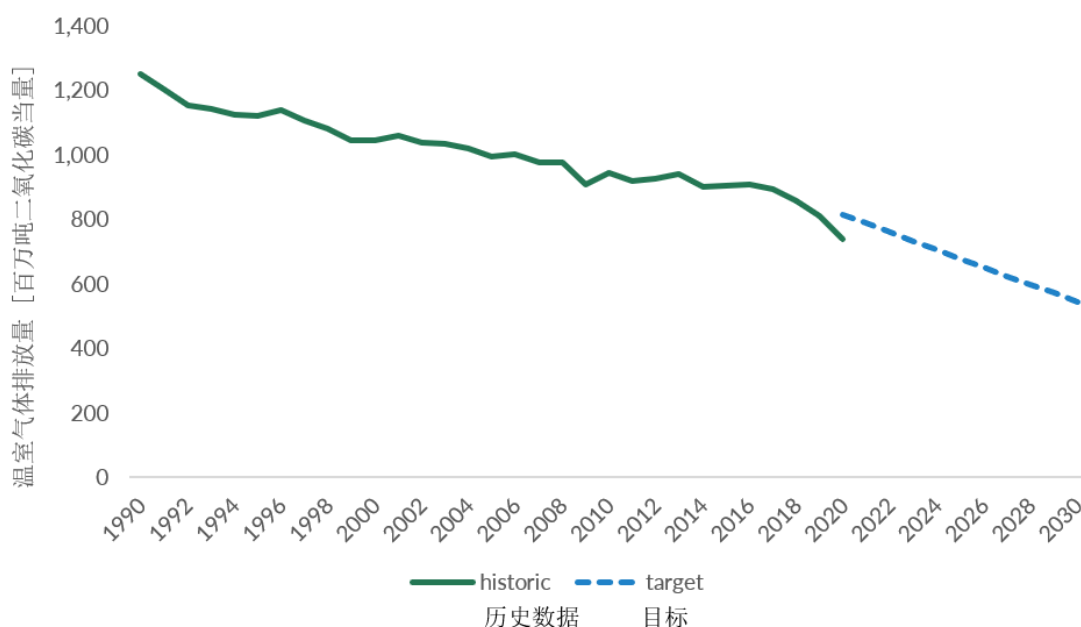
德国在《气候变化法案》中明确了具有约束力的减排目标，即，到 2045 年实现气候中和的目标。到 2030 年德国二氧化碳排放量比 1990 年减少 65%；到 2040 年德国二氧化碳排放量比 1990 年减少 88%。自 2050 年起，德国的目标是通过吸收天然碳汇来实现负排放。

德国减排总体目标被分拆为六个行业的减排目标，这六个行业是“能源行业”、“工业”、“交通运输行业”、“建筑行业”、“农业”和“废弃物行业/其他行业”。得益于这种明确且差异化的目标设定，实现气候中和目标的途径变得清晰透彻且具可预见性。此外，政府部门还可测定和监控目标完成进度。德国联邦环境署负责将年度报告提交给专家委员会。一旦相关行业超过排放总量控制指标，则政府必须立即制定行动计划，以确保该行业下一年实现减排目标。专家委员会在提出方案草案之前会对方案草案进行审查，并在草案之中随附审查声明。自 2022 年起，专家委员会将每半年提交一次专家意见，以阐明对气候政策目标、措施和趋势的洞见。⁵

在 2030 年之前，德国每年的减排目标将保持恒定不变。德国将最迟在 2024 年，确定 2031 年至 2040 年的减排目标。到 2034 年，德国将制定 2041 年至 2045 年的减排目标。

我们在图 5 中分列了自 1990 年以来德国的温室气体排放总量水平以及《气候变化法案》规定的到 2030 年力争减排 5.43 亿吨的目标。

图 5：德国历年排放量以及《气候变化法案》规定的 2020 年至 2030 年减排目标



资料来源：基于（德国联邦环境署，2021b）的数据自行汇编

⁵ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/transparenter-klimaschutz-1792144>

节能目标

德国政府的目标是使德国成为“全球最节能的经济体”，因为只有“不断提高能效，才能以降本增效方式实现能源转型和气候保护目标”（德国联邦经济和气候保护部，2019:6）。

可再生能源和能效是实现减排目标的两种重要手段。从短期来看，能效在满足用户用电需求的同时减少所需常规发电量，从而直接促进减排。对于以可再生能源为主导的能源系统，能效的二次效应变得更加重要：能效有助于地球上有限资源的节约和综合利用，例如可再生能源设施或合成燃料的应用领域。因此，提高能效能够最大限度地降低能源供应成本（德国联邦经济和气候保护部，2019:33）。

在《2050年能效战略》（EffSTRA）中，德国政府将能效目标设定为：到2030年，德国一次能源消费量比2008年减少30%，到2050年减少50%（见表2）。然而，随着减排力度的加大和《气候保护法案》的修订，这些目标也必须变得更加宏远。据初步规划，德国应在2030年实现减量40%的目标。到2045年应实现减量50%的目标，即提前五年完成当前减排目标（德国联邦经济和气候保护部，2021a；普罗诺斯研究所 Prognos、应用生态学研究所 Öko-Institut 及伍珀塔尔气候、环境、能源研究所 Wuppertal-Institut，2021年）。除设定目标之外，《能效战略》中还包含《国家能效行动计划 2.0》（National Action Plan for Energy Efficiency 2.0）。该行动计划是为了实现多项减排目标而制定的一系列措施，这些减排目标主要包括到2030年减排30%的目标以及《2050年能效路线图》中规定的减排目标。后者是以利益相关者为导向的模式而制定的一系列路径和措施，目的是实现2050年减排目标。路线图现已更新为《2045年能效路线图》（Roadmap Energy Efficiency 2045），最终版预计2022年下半年正式发布。

表2 德国能效和减排目标概览

	基准年	2018年	2020年目标	2030年目标	2050年目标
一次能源需求（相较2008年）	14.380拍焦耳	-8.7 % 13 129拍焦耳	-20 % 11 504拍焦耳	-30 %**** 10 666拍焦耳	-50 %**** 7 190拍焦耳
最终能源生产率（相较2008年） 每吉焦耳国民生产总值最终需求（2015年）	309欧元/吉焦耳	-1.5 % p.a. 360欧元/吉焦耳	-2.1 % p.a. 396欧元/吉焦耳	-2.1 p.a. 488欧元/吉焦耳	-2.1 % p.a. 740欧元/吉焦耳
总用电量（相较2008年）***	615太瓦时	-4.4 % 589太瓦时	-10 % 554太瓦时		-25 % 462太瓦时
温室气体排放量（相较1990年）	1 251百万吨	-31.4 % 858百万吨*	-40 % 751百万吨	-65 %** 438百万吨	-100 %** 负排放
*初步数据 **基于《气候保护法案》修订案 ***不含抽水蓄能用电量 ****基于能源概念，特别是能效战略。可能很快就会收紧。					
资料来源：根据德国联邦环境署《2020年能效图》表5修改。					

《国家能效行动计划》和《2045年能效路线图》

2019年，作为《2050年能效战略》的一部分，德国颁布了新版《国家能效行动计划 2.0》（NAPE 2.0）（德国联邦经济和气候保护部，2019年）。尽管电力系统改革将为一次能源消费量减量目标贡献近半壁江山，但显而易见的是，需求也必须大幅减少才能够实现减量目标。因此，新版《国家能效行动计划》专注于解决能源系统需求侧问题。其中涉及所有相关行业，包括建筑、工业和商业、交通运输及农业。该计划着力于制定措施以减少这些行业终端能源需求。《国家能效行动计划 2.0》的实施将推动2030年目标如期实现，即到2030年一次能源需求量减少300太瓦时（折合约3687万吨标煤）。该计划以《2030年气候保护计划》中已达成一致的节能措施为基础，并在此基础上加以扩展。

《2045 年能效路线图》⁶设置了利益相关者进程，涉及到企业、社会团体、科学家及各联邦州代表。目的是制定出到 2045 年大幅减少一次能源需求的路径，并制定具体措施，以期在一个与所有利益相关者的密切对话和协作的环境中实现目标。路线图进程由全体会议和工作组组成，这些会议和工作组部分侧重于解决行业问题，部分侧重于解决跨领域问题。

德国联邦经济和气候保护部于 2021 年初启动了名为“2045 年供热领域气候中和”的第二个对话进程，作为对《能效路线图》的补充。

为符合欧盟政策（“减碳 55%”一揽子计划）和德国新设目标的要求，德国正在修订能效战略。之后，在可再生能源份额不断增加且减少终端能源需求刻不容缓的社会背景下，德国还需讨论制定一项恰当的能效指标。《2045 年能效路线图》将讨论是否应将主要指标从一次能源需求转变为终端能源需求（德国联邦经济和气候保护部，2021a）。

绿色经济刺激计划和辅助计划

与其他多个国家如出一辙的是，德国也出台了经济刺激计划，以驱动经济从新冠疫情引发的低迷中复苏。德国在这些一揽子刺激计划中纳入了有助于加强气候保护的各类措施，以确保经济复苏与促进向气候中和的必要转型齐头并进，而不是与之背道而驰。

2020 年至 2021 年，德国在气候行动计划和经济刺激计划中拨付了 800 亿欧元用于气候保护。⁷根据《2022 年气候保护即时行动计划》的安排，预计德国还将另行拨付 80 亿欧元，用以支持工业脱碳、绿色氢能、建筑翻新改造、气候友好型电动出行以及可持续林业和农业发展。德国政府的目标是为重要气候保护措施融资提供进一步支持，在 2022 年至 2025 年间支持资金将超过 930 亿欧元。

德国已出台多项计划，根据这些计划，私人家庭以及企业和市政当局可以获得与节能措施相关的财政资助。此类计划通常以较低利率提供投资赠款或贷款。此类计划可以分为四类：咨询支持、入门级支持、系统支持及专项融资。融资计划通常针对特定行业，因此将在相应章节中有所提及。

德国的主要融资工具是能源和气候基金。该基金的资金来源于拍卖二氧化碳配额的收入、最近引入的国家碳定价机制以及政府资金。

⁶ <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/Energieeffizienz/roadmap-energieeffizienz-2045.html>

⁷ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/buerokratieabbau/sofortprogramm-klimaschutz-1934852>

能效的气候中和框架——能源政策 SWOT 分析

优势—现行框架

作为欧洲立法第二大支柱的一整套相互作用的强有力政策：

- 能源税与电力税
- 用于交通运输和供热领域的国家碳定价机制
- 包含一整套详尽措施和监控制度的《国家能效行动计划 2.0》
- 《2030 年气候保护计划》中旨在实现 2030 年目标的量化措施和监测措施
- 《2022 年气候保护即时行动计划》中为实现更严格目标而采取的额外措施
- 《绿色经济刺激计划》激励企业在支持经济复苏的同时实现企业更可持续发展
- 面向宏远解决方案的辅助计划为能效解决方案打开市场之门。法规遵照并执行最低标准。

劣势—政策优化

- 与气候中和目标相比，详尽政策不够充分
- 税费不能充分发挥价格信号引导电力消费的作用，甚至产生壁垒
- 工业部门在节能成效方面没有强大竞争对手，因此可享受大幅税收减免政策
- 欧盟雄心与各国雄心之间存在差异（应力争在“减碳 55%”立法框架下缩小差距）

机会—新颁政策和政策方案

- 《气候差价合约》（Climate Contracts for Difference）有助全面推动工业用能脱碳
- 税费改革有助改善价格激励机制，因此有利于促进能效提升和保护气候
- 严苛标准与财政支持的紧密结合有助加快开发能效解决方案
- 碳定价收入的使用有助减轻弱势消费者和企业负担

威胁—壁垒和市场短板

- 分配效应：高价格给低收入家庭带来不成比例的负担，从而降低高价格的接受度

能效、经济竞争力及供应安全

节能可提供大量**多重效益**（即除节能之外的效益，如图 6 所示）。它们可以分为环境多重效益、经济多重效益及社会多重效益。这些多重效益的两大优势是资源供给安全/进口依存度和竞争力。能效对两者都有重要作用。

图 6：能效的多重效益

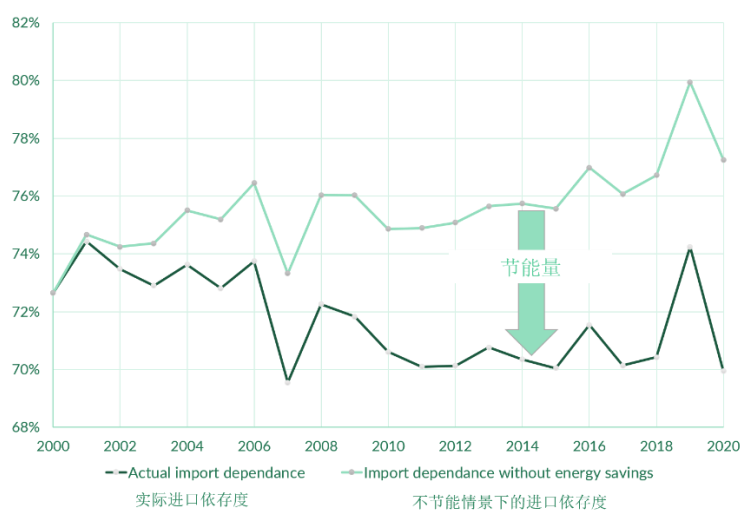


资料来源：（Odyssee-MURE，2021a）

德国能源进口依存度和节能影响

德国的能源进口依存度高企不下：尽管自 2000 年以来进口依存度略有下降，但是现在仍高于 70%。德国每年能源需求总量的三分之二以上都需要依赖进口。在这一高于 70% 的进口依存度中，仅石油和天然气就占了 57 个百分点。其余部分则与煤炭和核能有关。不过，在过去 20 年间，能效提升使德国能源进口依存度从 77% 左右降至 70%（降低 7 个百分点以上），为保障德国能源安全稳定供应做出了贡献（见图 7）。

图 7：德国能源进口依存度（实际进口依存度和不节能情况下的进口依存度）

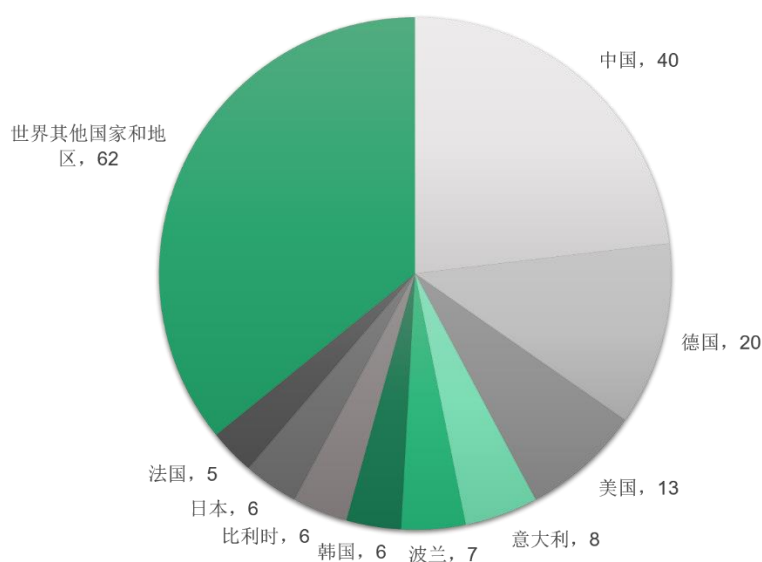


资料来源：基于（德国能源平衡工作组，2021 年；Odyssee-MURE，2021b）的数据自行汇编

竞争力：能效技术出口的裨益

一个行业的竞争力通常会受到生产要素成本降低的强烈影响，在能源价格和碳价格上涨时，这种影响尤为明显。然而，能效不仅通过降低生产要素成本来提高国家整体竞争力，而且还通过创造技术供应产业来提高国家整体竞争力，而这些产业能够将其产品出口到世界各地。德国的商品和技术出口在世界市场上占有很大份额。能效技术为德国跻身全球出口大国做出了重大贡献，其贡献率仅次于可再生能源技术。**德国能效技术出口额占该领域世界贸易额的 12%（200 亿美元, 折合大约 177 亿欧元）**，仅次于中国。中国出口额约为德国的两倍，占世界贸易总额的近四分之一（见图 8）。未来数年间，这些技术将大幅扩展。

图 8：2017 年世界各国能效相关商品的出口额（单位：十亿美元）



资料来源：（GWS, 2020 年）

第二部分：能效最佳实践措施与政策的实情介绍和案例研究

我们将在本章中解析德国五个领域的能效政策：

- 跨领域综合能效政策
- 建筑行业的能效政策
- 工业领域的能效政策
- 电器行业的能效政策
- 交通运输业的能效政策

我们将分两步分析各个领域的能效政策：

1. 提供各领域的情况介绍，简要概述政策和趋势，包括对该领域政策的 SWOT 分析
2. 浅析各领域的政策案例研究，讨论其成功之处和失败之处，并将研究结果浓缩在独立的 SWOT 政策分析中

跨领域能效政策

1.1.1 德国能源需求和能效的情况介绍

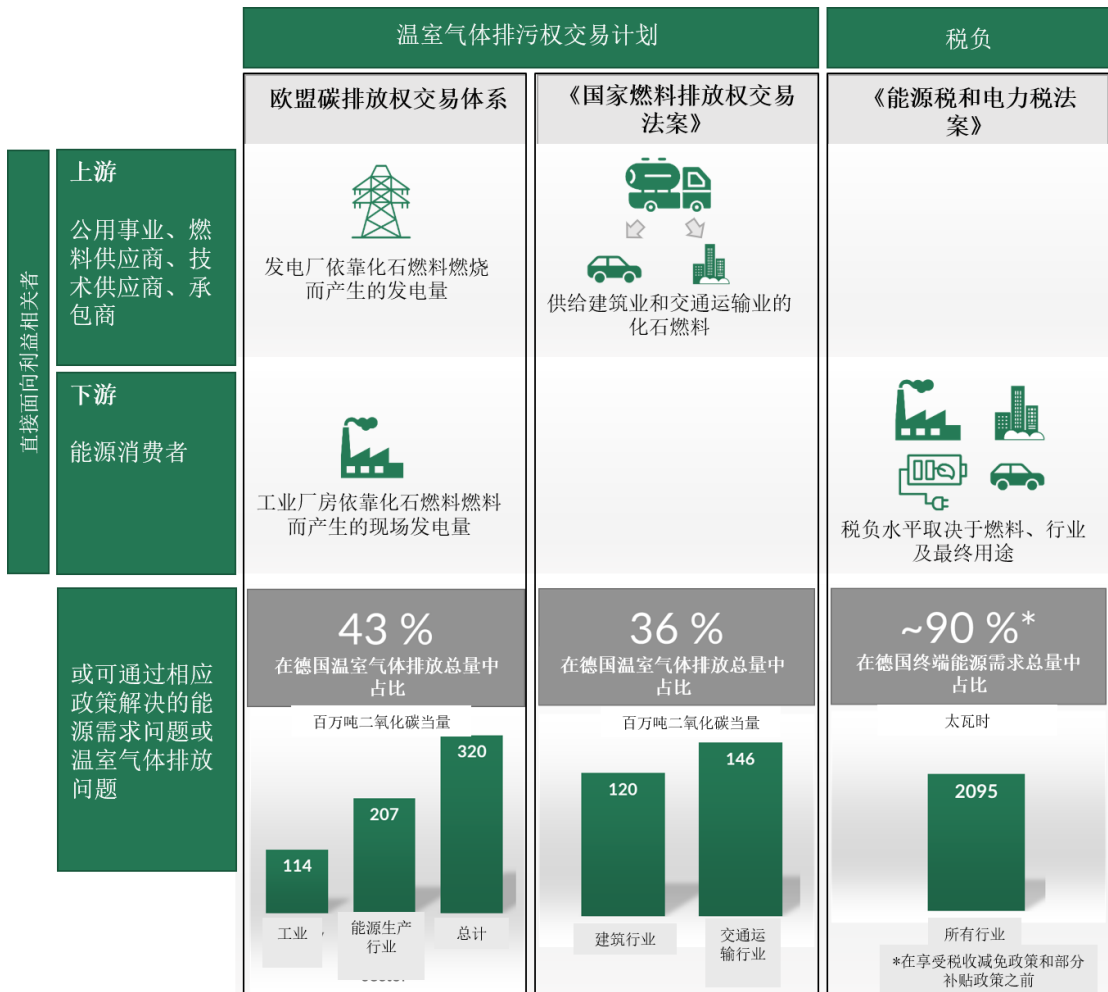
什么是跨领域政策？

跨领域政策系指旨在促进不同领域或部门提升能效或保护气候的政策工具。这些工具通常被设计用于在成本收益率最高的领域吸引投资。由于跨领域措施涉及所有或至少多个存在能源需求的行业，因此政策设计需要采用更宽泛的办法，而不是只能在有限范围内解决特定行业的壁垒的狭义办法。例如，基于评估和了解可用节能措施的不同投资决策方式之间就存在显著差异。然而，如果跨领域政策被设计为一项政策中的辅助工具并与特定行业工具捆绑在一起，那么此类跨领域政策就可以成为有效工具。德国在跨领域措施的制定和实施方面经验十分有限。虽然在推行欧盟层面工具的背景下，德国已针对跨领域措施的政策设计开展了大量研究，但实施措施的经验十分有限。

德国实施的跨领域政策类型以及与温室气体排放和能源需求的相关性

德国能源行业中主要的跨领域政策是温室气体排放总量管制和交易制度以及针对电力和化石燃料的征税制度。一项类似于能源上网电价的试点辅助计划已于 2021 年关闭，因此在下图中未提及。节能义务计划（Energy Saving Obligations）是能效方面一项被广泛讨论的全方位跨领域工具。根据《欧盟能效指令》的要求，这一计划已在多个欧盟成员国付诸实施。然而，德国政府决定借助针对特定行业的替代性措施来遵循《欧盟能效指令》的要求。因此，德国并没有实施“节能义务计划”的实践经验。

图 9：德国能源/碳定价计划概览以及在排放和能源需求方面的覆盖范围



资料来源：资源效率和能源战略研究所根据（德国联邦经济和气候保护部，2021c；德国联邦环境署，2021b）提供的数据自行绘制

跨领域政策——能源政策 SWOT 分析

优势—现行政策组合

目前的这套跨领域技术主要关注碳定价工具和碳交易工具，它们是实现气候中和目标的重要手段：

- 面向工业和能源行业运用碳定价机制的碳排放交易体系
- 自 2021 年起，运用碳定价机制的国家燃料排放交易体系也覆盖交通运输行业和建筑行业
- 征收燃料税和电力消费税

劣势—政策优化

- 目前，国家碳排放交易体系中的碳定价相对较低，对节能措施的经济可行性影响有限
- 对集中供热征收电力税、燃料税及其他税费会适得其反，因为向气候中和能源系统转型需要所有行业都转而使用电力，并维护和扩展集中供热网络

机会—新颁政策和政策方案

- 预计碳定价会有所上涨
- 《可再生能源法》中的电力税将在未来几年内逐步缩减
- 德国正在讨论实施节能义务计划或基于市场的类似工具

威胁—壁垒和市场短板

- 燃料零售价格的暂时性上涨降低了对碳定价的接受度，并可能导致国家排放交易体系停摆
- 这些政策会增加节能措施的投资成本，并面临能效市场缺失等问题

1.1.2 跨领域政策案例研究

碳定价——欧盟碳排放交易体系与《国家燃料排放交易法》

方案目标

碳排放交易是一种基于市场的减排政策工具。碳排放量总量控制制度使得碳排放配额成为一种稀缺资源，因此有效推动了碳定价机制的引入。这使得企业能够内化其碳排放对环境影响的外部成本。此外，如果碳定价低于继续污染环境所引发的费用，此举还有助于促使企业投资减排项目。允许证书交易还有助于催生出减排市场。在这个市场中，企业能够以最低成本实现减排，并且减排成本高的企业也可以选择购买证书。这种机制以灵活高效的方式把社会最终碳排放量控制在预期的上限以内。

在欧盟内部，欧盟碳排放交易体系是气候政策的核心工具。

方案设计

德国也是欧盟碳排放交易体系（EU ETS）的参与国，该体系是欧洲气候政策的核心工具。能源行业和能源密集型行业中的排放主体有义务针对其设施的碳排放量提交碳排放配额。欧盟范围内的总量控制上限限制了可分配碳排放配额总量。欧盟成员国将碳排放配额分配给各个排放设施——部分以免费分配的方式发放，部分以拍卖的方式发放。之后排放主体可以在市场上交易碳排放配额，而每个碳排放配额的价格则将由市场决定。

除欧盟碳排放交易体系之外，德国还出台了《燃料排放交易法》（BEHG，2019年），为交通运输和建筑供热引入碳定价机制。德国碳定价计划于2021年启动，旨在为不受欧盟碳排放交易体系监管的碳排放设定碳价，从而推动气候政策目标如期实现。销售取暖油、天然气、汽油和柴油的企业有义务为其产品造成的温室气体排放购买碳排放配额。在2025年之前，碳排放配额采用固定价格，并将从2021年的每吨25欧元逐年增长至2025年的每吨55欧元。到2026年，碳排放配额将在一个价格区间内浮动，最低价为每吨55欧元，最高价为每吨65欧元。在此入门阶段之后的数年间，碳排放配额将由市场拍卖决定。

交易收入的一部分应被投资用于推进实施气候保护计划。另一部分则将用于通过降低可再生能源税、加大生活支持力度或提供交通运输补贴，以减轻不断上涨的供热价格和燃料价格给公民带来的负担。

方案实施成果

过去，由于未引入严苛的总量控制上限，加之受到经济危机和产量低迷的影响，欧盟碳排放交易体系的碳价格始终偏低。然而，自2017年以来，得益于多措并举的系列改革，欧盟碳排放交易体系的碳价格有所上涨。2021年年中，碳价格已涨至每吨55欧元（德国联邦环境署，2021a）。

低价格和对未来价格走势缺乏安全感是工业部门及其他行业投资脱碳项目的制约因素。相反，对稳定的高碳价格的预期可以为企业投资脱碳项目提供一个有利环境。

德国碳定价计划于2021年方才启动，因此目前尚无有关其实施效果的数据。

碳定价—SWOT 分析

优势—计划实施过程中积累的经验

- 得益于欧盟碳排放交易体系和国家计划，所有行业都受碳定价的制约。
- 向消费者发送碳价格增长信号但价格走势仍可预见，这使目标群体更易于采取适当措施

劣势—计划实施过程中吸取的教训

- 目前国家碳排放交易体系中的碳定价相对较低，对节能措施的经济可行性影响有限
- 建筑行业深受投资者-用户困境的影响：碳价格由租户支付。

机会—计划发展前景

- 建议修订德国《燃料排放交易法》，在建筑物业主和租户之间分摊二氧化碳成本
- 适用于建筑行业和交通运输行业的国家碳排放交易体系可能扩展至欧洲层面

威胁—壁垒和市场短板

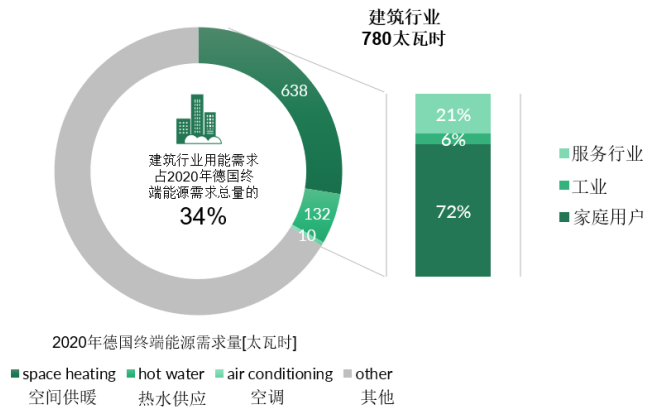
- 随着供热和交通运输成本的不断增加，碳定价机制的接受度将有所降低

建筑节能

1.1.3 建筑节能措施实情介绍

德国建筑行业终端用能结构及其与能源需求的相关性

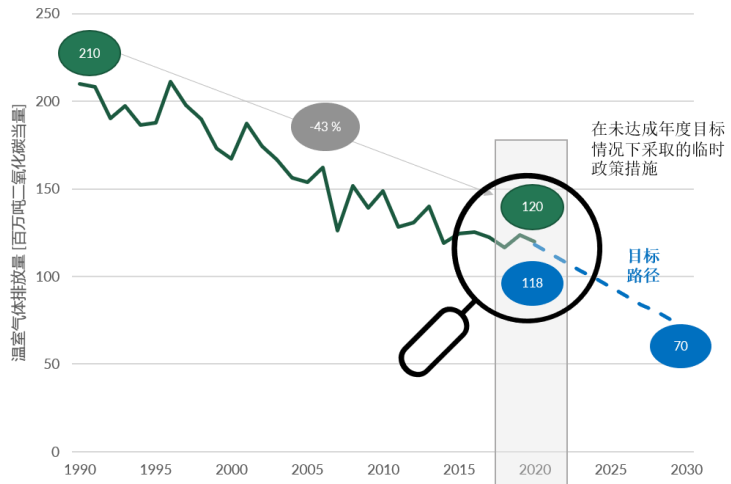
建筑行业的能源需求可以定义为⁸（在服务业、工业和交通运输行业中）居住建筑和非居住建筑实施热调节所需的能源，包括空间供热、热水供应和空调的终端能源需求。根据这一定义，建筑行业用能需求占德国终端能源需求总量的34%。



资料来源：基于（德国联邦经济和气候保护部，2021c）的数据自行汇编

制定减排路径和目标路径

2020年，德国建筑行业⁹温室气体排放量相较1990年减少42%，为1.2亿吨二氧化碳当量。德国《气候变化法案》规定，到2030年德国建筑行业温室气体排放量不得超过7,000万吨。此外，该法案还规定了每年最低减排幅度。为此，德国每年对目标实现情况进行监控，如果目标未能实现，则要求负责的部委制定新的政策措施，新政将由独立的专家委员会进行评估。



资料来源：基于（德国联邦环境署，2021b）的数据自行汇编

⁸ 不同的政治目标和相关研究对德国建筑行业范围的界定各不相同，因此有时很难进行比较。

⁹ 德国《气候变化法案》给出了建筑行业的另一个定义。根据该法案，家庭和服务行业的所有温室气体排放都由建筑行业产生。

建筑行业—能源政策 SWOT 分析

优势—现行政策组合

政策体系完善包括新建和既有建筑法律法规、补贴计划建议及化石燃料定价计划：

- 德国《建筑能源法》（GEG）
 - 对建筑新建和改造提出强制性能效要求
 - 对建筑围护结构提出一次能源要求和质量要求
- 节能建筑联邦资助计划
 - 为雄心勃勃的能效标准和个别措施提供投资补贴和软贷款
 - 为可持续材料提供额外支持
 - 为建筑开发商设立市场标准——“节能房屋”（Efficiency House）标准
- 为综合能效建议和建筑翻新改造路线图提供财政支持
 - 补贴额度最高可达成本的 80%
 - 已针对节能顾问机构出台相关质量标准
- 《燃料排放交易法》（BEHG）
 - 为供热和交通运输行业的化石燃料划定碳价格（不受碳排放交易体系监管的行业）

劣势—政策优化

- 对最低能效标准的定义仅限于经济效率，而不是根据减排目标提出要求
- 针对既有建筑的能效标准自 2009 年以来从未收紧
- 能效证书制度亟待完善：由于允许使用不同计算方法，因此导致建筑与建筑之间缺乏可比性¹⁰
- 缺乏针对工匠、安装工或其他相关技术人员的政策工具
- 二碳价格依旧偏低，因此效应有限→在当今投资决策中未必会考虑未来碳价格的预期上涨因素
- 实施效果堪忧、法规管控不严

机会—新颁政策和政策方案

- 禁止新建化石燃料锅炉
- 通过规定翻新改造义务或提供额外财政支持，解决“能效最差建筑物”问题
- 建立节能建筑区域实施中心
- 进一步制定和完善最低能效标准，并为不具经济性的要求或规定提供财政支持
- 为技术人员培训提供财政支持

威胁—壁垒和市场短板

- 再投资周期长
- 大多数已付诸实施的措施与气候中和目标不符
- 专业人员和所需技能短缺
- 成本透明度和措施透明度极低
- 建筑能效领域缺失共同市场→大多是区域性经营的小公司和安装商，未进行统筹管理
- 不同利益相关者提出的措施建议相互矛盾

¹⁰ 能量证书可以根据最近三年的能耗进行计算，也可根据建筑物特征（U 值、几何形状），使用能源建模软件进行计算

1.1.4 建筑能效政策案例研究

节能建筑联邦资助计划

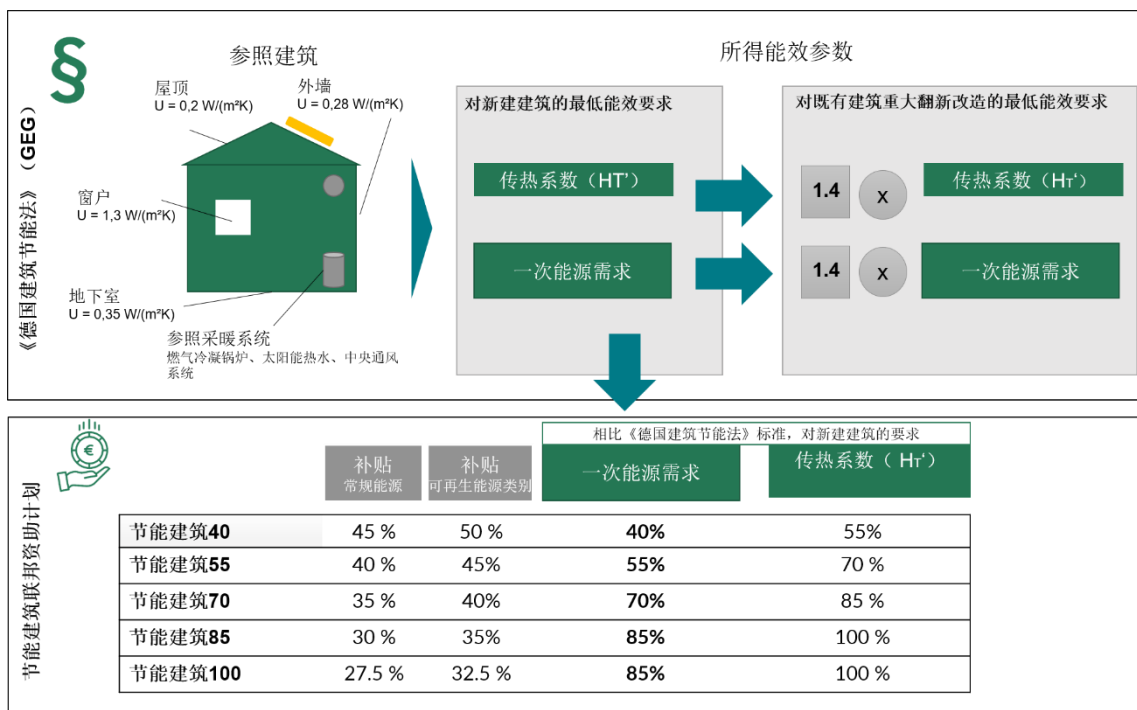
方案目标

节能建筑联邦资助计划（Federal Funding for Efficient Buildings）于 2020 年合并了现有的建筑能效和可再生能源财政支持计划（德国联邦经济与出口管制局，2021 年；联邦公告 BAnz AT 18.10.2021 B2 2021；联邦公告 BAnz AT 18.10.2021 B3 2021；联邦公告 BAnz AT 18.10.2021 B4 2021）。此外，该计划还提供更高的支持预算和更高的专项补贴。现行计划不仅在实施节能措施方面非常成功，而且在设立能效技术最低效率和质量标准以及设立高能效建筑整体施工标准方面也都非常成功。该计划涵盖整个建筑行业，致力于推动居住建筑与非居住建筑的新建以及既有建筑的翻新改造。该计划支持结构性节能措施，例如建筑围护结构与节能型窗的隔热以及可再生供热系统改造。

方案设计

为解决不同投资决策带来的不同问题，该计划既支持单项措施（例如安装节能型窗、建筑部件保温隔热或新装供热系统等），也支持建筑物整体节能优化改造，以将雄心勃勃的能效标准落到实处。作为获得联邦政府支持的能效标准，“节能房屋”在建筑围护结构能效和一次能源需求（见图 10）方面与德国《建筑节能法》（GEG，2020 年）对新建建筑的最低要求有所不同。

图 10：《德国建筑节能法》对既有建筑的最低要求与联邦资助力度之间的关系



资料来源：由资源效率和能源战略研究所自行绘制

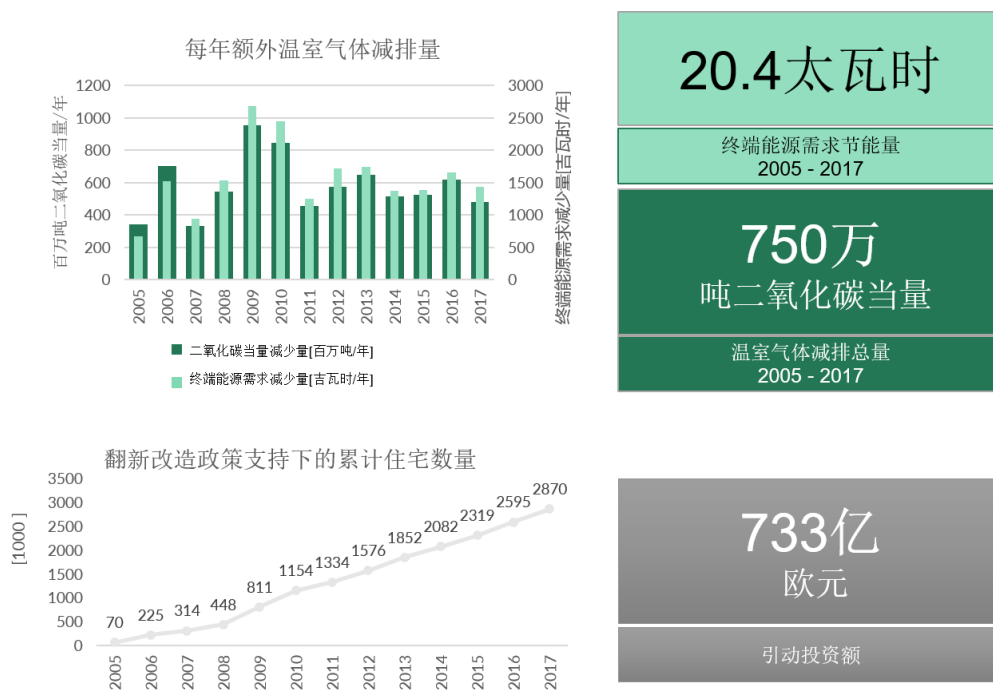
衡量建筑围护结构能效水平的指标是由导热损失系数计算得出的建筑围护结构的平均 u 值。此外，如果可再生能源能够满足该建筑物至少 55% 的供热需求，则联邦政府还将

提供额外的财政支持。该计划还通过为低能耗和低碳排放的新建建筑提供额外支持（包括制造阶段和上游供应链），致力于解决建筑物生命周期效率问题。

方案实施成果

图 11 展示了该计划在为现有居住建筑提供节能措施支持领域所取得的成果。“节能改造”（Energy Efficient Refurbishment）计划现在是节能建筑联邦资助计划的一部分，德国政府已对该计划在 2005 年至 2017 年期间的实施效果进行了评估（Diefenbach 等人，2018 年）。在计划实施期间由政府提供支持并直接推行建筑节能措施，每年可节约终端能源需求 20.4 太瓦时（折合 250.7 万吨标煤），约占建筑行业终端能源需求总量的 3%，相当于每年减排温室气体 750 万吨二氧化碳当量。不仅如此，该计划还为既有建筑的节能措施提供支持，德国目前共计有 287 万套住宅，政府对节能措施的投资额高达 734 亿欧元。

图 11：“节能改造”计划的影响



资料来源：基于（Diefenbach 等人，2018 年）的数据自行汇编

在新建节能建筑项目部分，联邦政府已为 115 万套住宅的节能改造提供支持。这些数字从一个侧面反映了该计划与建筑行业的高度相关性，因为德国约有 10% 的住宅受益于雄心勃勃的翻新改造措施或政府对新建节能建筑的支持措施¹¹。

2020 年新修订的节能建筑联邦资助计划进一步提高了专项补贴额度和总体预算水平，因此预计该计划会产生更大影响。与 2019 年相比，申请资助的建筑物数量激增了 60% 到 190%。（应用生态学研究所，2021 年）。

节能建筑联邦资助计划—SWOT 分析

¹¹2017 年，德国住宅总数为 4197 万套。

优势—计划实施过程中积累的经验

- 为不同措施和不同能效标准提供不同额度的资助资金
- 为雄心勃勃的措施提供高额补贴
- 节能建筑标准是住房市场的既定标准
- 影响深远，尤其在新建建筑领域

劣势—计划实施过程中吸取的教训

- 政府仍会为不符合气候中和目标的措施提供资金支持
- 高能效化石燃料锅炉在 2019 年之前一直在补贴范围内——现在只有与可再生系统结合使用的化石燃料锅炉方能获得补贴

机会—计划发展前景

- 支持性预算的关注重点逐渐从新建建筑向遵循严苛标准的建筑物整体节能优化改造措施转移
- 政府拨款应仅适用于支持建筑物完成气候中和转型的措施
- 政府将废旧材料生命周期分析纳入考量，在推行翻新改造措施时拟将进一步开发和完善可持续发展要求

威胁—壁垒和市场短板

- 不同标准的复杂性以及建筑物整体节能优化改造措施验证过程的复杂性导致关注单项措施
- 租赁建筑面临投资者-用户困境
- 翻新改造措施投资缺乏透明度

居住建筑能效建议联邦资助计划

方案目标

“居住建筑节能建议联邦资助”计划通过实施一系列节能措施，为居住建筑的业主、业主委员会和租户提供支持（联邦公告 BAnz AT 04.02.2020 B1 2020）。该资助计划的目的是为居住建筑提供能效建议，向建议寻求者展示节能建筑翻新改造的各种选项。节能建议为投资决策提供了全面的信息和依据。

方案设计

该计划的资助资金以补贴的形式发放给为房龄十年及以上的居住建筑提供节能咨询服务的服务商。补贴额度为咨询费用的 80%，独立式或半独立式建筑补贴最高不超过 1,300 欧元，内含三个或单个以上住宅单元的居住建筑补贴最高不超过 1,700 欧元。资助对象是由资助机构批准的节能顾问。获得资助的一个先决条件是，节能顾问必须在制造商、供应商、产品及销售等问题上保持中立，并且不得接受或要求第三方提供佣金或金钱利益。补贴申请只能由获得该资助计划批准的节能顾问提交。

节能咨询服务必须至少包括收集现场数据、撰写建议报告、将报告递交给建议寻求者，以及递交报告之后的解释说明。除了由已获认证的节能顾问公司提供现场咨询之外，业主还可获得一份“个性化节能改造路线图”。个性化节能改造路线图为业主提供了渐进式翻新改造的个性化选项。改造措施因建筑物、业主个人需求和个人意愿的不同而异。其优点是，建筑物整体节能优化改造可以分解为循序渐进的具体措施，这些措施可根据业主个人的财务状况和具体情况在数年内实施。个性化节能改造路线图旨在确定未来 15 年的节能改造措施，包括 2 到 5 套连贯式一揽子节能改造措施，并随附按时间顺序排列的

信息以及相应节能措施的成本数额。个性化节能改造路线图中列明的措施将有资格获得联邦资助（见案例 1）。

图 12：包含 5 套一揽子节能改造措施的个性化节能改造路线图示例



资料来源：（德国联邦经济和气候保护部，2017年）；自行汇编

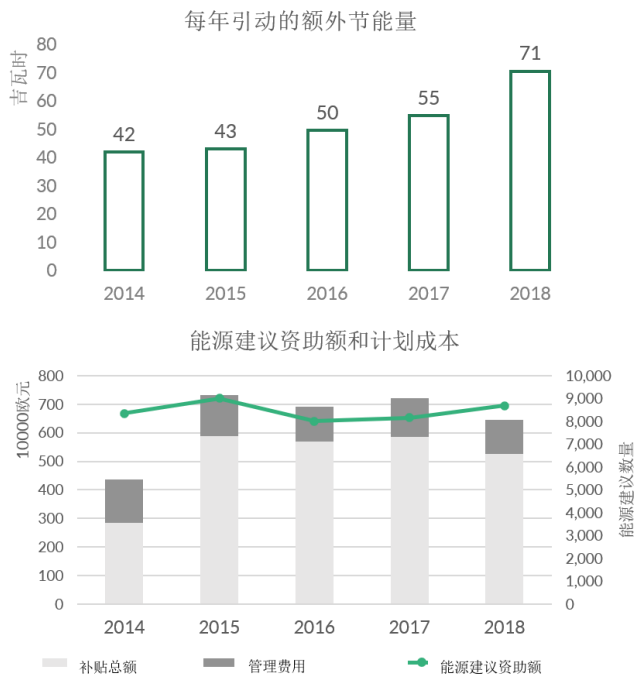
方案实施成果

在截至 2018 年的资助期内，可以获得对该计划影响的评估报告（普华永道，2019 年）。由于 2020 年政府将专项资金补贴额度从 60% 提升至 80%，预计资助申请人数和节能咨询人次将大幅增长¹²。在 2014 年至 2018 年间，该计划为约 26 万项居住建筑全方位现场节能建议提供了资助，建议执行率高达 64%，如果将已纳入规划的各项举措考虑在内，则建议执行率高达 84%（见图 13）。该计划的独立评估报告指出（普华永道，2019 年），节能建议所引动的额外资本投资净额平均为每栋建筑 33,139 欧元。到 2030 年，拟议节能措施和已付诸实施的节能措施将可节电 3,478 吉瓦时¹³。因此，如果除去补贴和计划相关成本之后，该计划的净效益仍可实现每欧元资助资金节电 661 千瓦时，或者每欧元资助资金减少温室气体排放量 150 千克二氧化碳当量，则该计划堪称极为成功。

图 13：2014 年至 2018 年间“居住建筑节能建议联邦资助”计划的影响

¹² 2020 年至 2021 年间资助申请数量尚未公布。

¹³ 因此，我们认为，在相关建筑的整个使用寿命期内，当前实施的能效措施每年都能实现节能。该数字考虑了 2014 年至 2018 年以及在 2030 年前所实施措施的节能情况。



3 478
吉瓦时

已实施措施的累计节能量
2014-2030

660.89
千瓦时/欧元

149.59
千克二氧化碳的/
欧元

在措施实施全过程中节能改造计划在终端能源需求和二氧化碳减排领域的成果

33 139
欧元/每幢建筑

每条能源建议平均引动的额外投资额

资料来源：资源效率和能源战略研究所根据（普华永道，2019年）提供的数据自行汇编

节能咨询联邦资助计划/个性化节能改造路线图—SWOT 分析

优势—计划实施过程中积累的经验

- 融资效率高
- 便于操作，可广泛惠及建筑物业主→经认证的节能顾问公司负责申请和验证
- 个性化节能改造路线图采取渐进式策略，有助实现总体目标
- 平均而言，节能建议可激发更多投资和更雄心勃勃的节能措施
- 补贴额度高，可补贴 80%
- 建议寻求者对节能建议的满意度高

劣势—计划实施过程中吸取的教训

- 建筑物业主对该计划的认识不足
- 节能顾问对可免费获得的市场营销资料知之甚少
- 节能顾问认为，在个性化节能改造路线图中为建筑物业主提供的措施和信息的详细程度太低

机会—计划发展前景

- 面向特定利益相关者加强公关工作，以提高相关方对该计划的认识
- 提高节能顾问在实现气候中和目标领域的资质水平
- 通过设立区域能效中心，协助节能顾问准备软件程序中的咨询报告

威胁—壁垒和市场短板

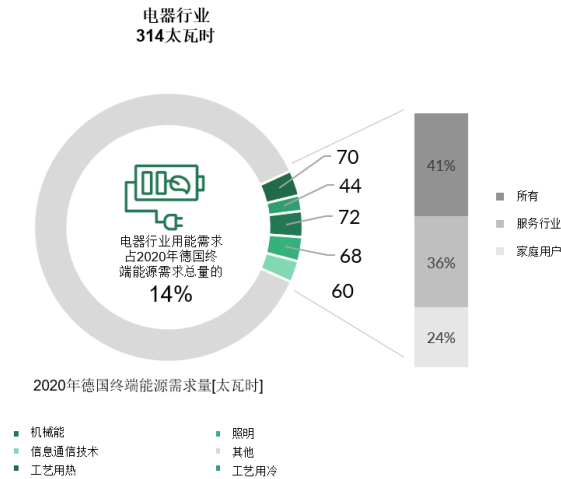
- 节能建议与建议实施之间存在缺口→节能顾问不得推荐实施节能措施的技术人员和安装人员
- 缺乏合格的节能顾问
- 节能顾问给出的建议中往往不符合气候中和建筑的政策目标

电器节能

1.1.5 电器节能措施实情介绍

德国电器（家用电器和服务业电器）行业终端用能结构及其与能源需求的相关性

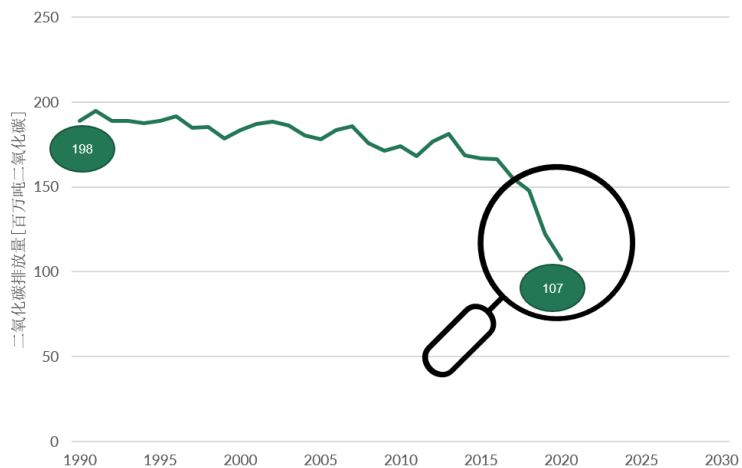
电器行业的能源需求可以定义为在家庭生活和服务过程中照明、信息通信技术、机械能以及工艺用热/冷（用于烹饪、冷凝和制冷）所需的能源。按照这一定义，电器行业用能需求占德国终端能源需求总量的14%。



资料来源：基于（德国联邦经济和气候保护部，2021c）的数据自行汇编

制定减排路径和目标路径

2020年，在电力行业节电脱碳双措并举综合发力下，德国电力行业温室气体排放量以及电器能源消费量相较1990年减少46%，为1.07亿吨二氧化碳当量。德国《气候变化法案》仅针对整体能源供应的温室气体排放容许值进行了界定，其中电力行业占很大比重。据预测，电器能源供应的2020年目标是1.36亿吨二氧化碳当量，2030年目标是4,600万吨二氧化碳当量。



资料来源：基于（德国能源平衡工作组，2021年；德国联邦经济和气候保护部，2021c；德国联邦环境署，2021b）的数据自行汇编

电器（家用电器和服务业用电器）—能源政策 SWOT 分析

优势—现行政策组合

一整套全方位政策，包括六项主要措施，其中前两项与（针对家用电器和服务业电器的）欧盟框架相一致：

- 生态设计
 - 影响深远
 - 有效加速市场开发
- 能效标签
 - 市场空间广阔，认可度高
 - 能效标签是适用于多类电器的简单通用工具
- 德国《国家气候倡议》（National Climate Initiative, NCI）下的补贴计划（制冷/空调；市政投资指令）、企业能效联邦支持计划及德国复兴信贷银行（KfW）能效项目
- 非中小型（SME）企业须履行能源审计义务
- 能效和气候保护网络

小规模配套措施：

- 能源税与电力税
- 生态税制改革
- 可再生能源支持电价改革
- “节电电表”试点项目
- 为贫困家庭提供节能建议（“节电检查”）

机会—新颁政策和政策方案选择

- 纳入新产品类别，并在生态设计/能源标签框架下坚持从严从高标准
- 电价/能源价格上涨（由欧盟碳排放交易体系、燃料价格和欧洲天然气输送战略问题引发）使节能措施更具吸引力
- 智能电器/智能电表既有助于提升能源系统的灵活性，又可节约能源

劣势—政策优化

- 生态设计/能源标签政策对电器的长远影响逐渐减弱
- 通过支持能源贫困家庭提高能效，系统考虑分配影响
- 在实践中，审计建议没有被系统地转化为经济举措

威胁—壁垒和市场短板

- 家用电器和服务业电器的反弹效应可能需要加以重视：电器规格、使用时间、电器数量的不断增加（例如公共场所安装的屏幕、LED灯）
- 因电力和化石燃料高收费而引发的分配效应对低收入家庭造成影响。需要针对这些消费群体推行扶持措施。

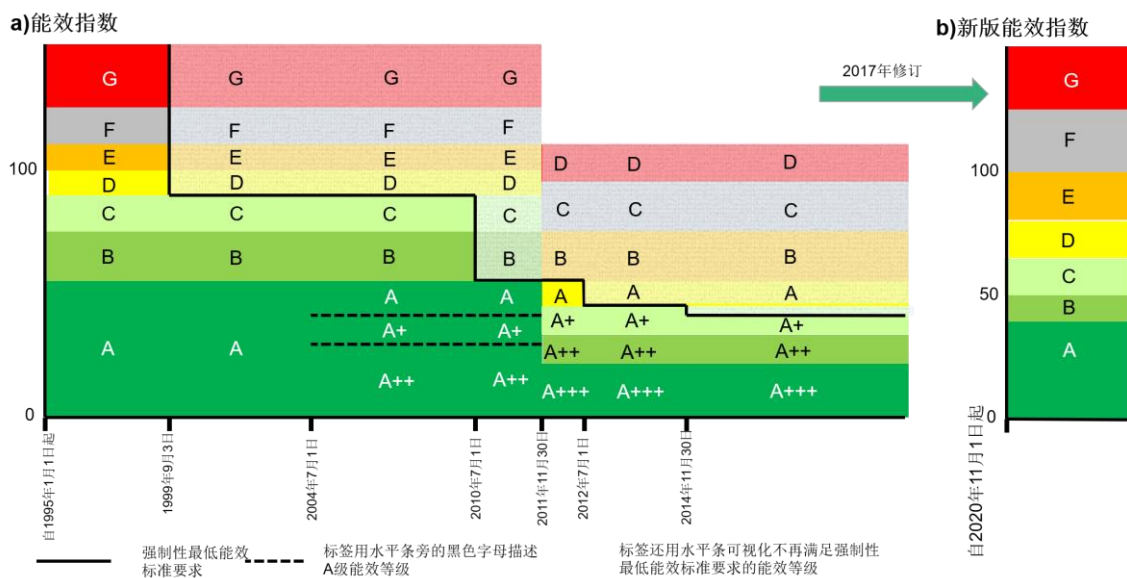
1.1.6 家用电器能效政策案例研究

电器生态设计与能源标识

方案目标

早在 1992 年，《欧盟标签指令》强制要求，在销售某些家用电器时必须提供对比性能效标签（Schleich 等人，2021 年）。其基本思路是告知消费者预期的使用成本，以阻止消费者购买销售价低但总费用高的产品。如图 14 所示，最初方案根据能效等级将能效标签分为七类，A 为能效最高，G 为能效最低。此后，于 1999 年生效的《欧盟生态设计指令》针对一系列电器规定了“强制性最低能效标准”（MEPS）。该指令的目标与能效标签计划相类似，通过要求所有新家电都必须符合欧盟规定的强制性标准来纠正人们仅仅为了低价而购买家电产品的错误倾向。这两项计划都属于市场拉动措施，目的是在促进节能产品销售的同时，降低能效低下产品的市场份额（Schleich 等人，2021 年）。

图 14：制冷电器能源标签和生态设计标准



备注：“欧盟新颁法规对能效指数 EEI 的计算做出了新的规定。此外，能耗评估主要基于国际电工委员会 IEC 62552-3:2015/AMD1:2020 标准。与 2007 版标准相比，这是一项重大调整。因此，无法直接将欧盟新法规的强制性最低能效标准水平和能效等级与 2019 年旧法规的水平和等级进行比较。”

资料来源：基于（Schleich、Faure 及 Meissner，2021 年）的数据自行绘制并在其基础上进行扩展

方案设计

在欧盟能效标签计划的贴标制度中，电器的等级划分主要根据该产品的能效指数（EEI）确定，能效指数根据该产品的标准值计算得出（欧盟委员会，2009 年）：

$$EEI = 100 \cdot \frac{\text{待测电器的实测年耗电量}}{\text{对照产品的标准年耗电量}}$$

标准年耗电量通过一个计算公式演算得出，该公式不仅考虑了待测电器的特性，而还将其与类似型号电器产品的标准值进行比较。

受技术不断进步影响，同时考虑到某些产品类别的 A 类标签所占份额不断增加，一些电器产品的最高能效等级被进一步细分（A、A+、A++，有时为 A+++），以解决之前 A 类标签产品能效值差异较大等问题。同时，能源标签类别的可用范围受《欧盟生态设计指令》所界定的强制性标准的限制，基本上禁止某些低能效类别产品上市，如图 14 所示（Schleich 等人，2021 年）。

针对能效等级的上述变化，能效标签计划在其 2017 年修订版中重新启用最初从 A 到 G 的能效标签分级系统，而不再使用任何加号以示区分（自 2020 年开始）。此外，该标签计划已升级为一项法规，这意味着与指令截然不同，标签计划将立即生效，而不需要在全国范围内推行。通过德国政府额外的两项立法，该能源标签法规得到进一步强化（德国联邦政府，2021 年）。

《欧盟生态设计指令》定义了可获颁 CE 标志（CE 为法文句子"Conformité Européene"的缩写，意为“符合欧洲(标准)”），因此是在欧洲市场上市的电器产品的最低能效标准。这类最低标准是在技术、经济和生态分析的基础上针对每个产品类别单独确定的。确定最低标准的一条关键原则是在考虑产品成本效益的基础上，要求在设备的整个生命周期内，没有任何强制性标准给消费者带来额外成本。为此，欧盟委员会已委托第三方开展一项初步研究，其内容包括技术评估与市场评估。欧盟委员会希望能够在在此基础上着手制定一份法规草案，但该草案必须经咨询论坛讨论并在影响评估中获得通过才能够颁布。或者，欧盟委员会亦有权接受相关行业提出的自愿协议。截至 2021 年，已有 29 项生态设计法规和 2 项自愿协议生效（德国联邦政府，2021 年）。

方案实施成果

总体而言，事实证明，《欧盟能效标签法规》（EU Energy Labelling Regulation）和《欧盟生态设计指令》在降低能耗方面卓有成效（德国联邦政府，2021 年）。2020 年，德国能源标签计划共节电 2.9 太瓦时（占居民家庭能源消费总量的 2.9%），而最低能效要求则使 2020 年能源消费量减少 14.4 太瓦时（折合 177.0 万吨标煤，14.5%）。因此，这两项计划通过提高家用电器的能效，在住宅领域节能降耗效果显著（德国联邦政府，2021 年）。

电器生态设计和能源标签—SWOT 分析

优势—计划实施过程中积累的经验

在能效标准和能效标签领域已引入两套强大、全面且高度协调的泛欧级别计划：

- 生态设计
 - 影响深远
 - 有效加速市场开发
- 能效标签
 - 市场空间广阔，认可度高
 - 能效标签是适用于多类电器的简单而通用工具

劣势—计划实施过程中吸取的教训

- 生态设计
 - 大多数项目仅涵盖使用阶段的能效
 - 市场监察有时疲软
 - 无法应对颠覆性发展，不能对新型应用做出响应
 - 过程漫长
 - 涵盖最重要的产品类别，其余新产品则太过复杂或没有提供足够的改进潜力
- 能效标签
 - 标签类别的重新调整给用户带来诸多不确定性风险

机会—计划发展前景

- 专注于全生命周期评估方法
- 在评估中纳入社会因素（例如工作环境）

威胁—壁垒和市场短板

- 反弹效应没有得到妥善处理（能源效率 vs. 减少能源需求）
- 政府并未直接鼓励用户更换旧电器
- 对于某些项目类别，如果不改变人们的行为习惯，则只能实现小幅改进

“采用竞争性招标方式推动节电：充分提升电能效率潜力”（STEP up!）试点项目

方案目标

德国于 2016 年 5 月启动了“STEP up!”（用电能效提升）项目，作为《国家能效行动计划》的一个试点项目（Heinrich 等人，2019 年）。该项目旨在检验一种竞争性招标模式，找到跨行业、跨技术和跨企业地实现节电和能效提升的新方式。作为德国一项竞争性招标资助计划，“STEP up!”的设计在很大程度上借鉴了瑞士实施“ProKilowatt”计划的经验（BFE，2021 年；Kotin-Förster、Bons 及 Dinges，2019 年）。“STEP up!”项目旨在检测公共资金是否得到有效使用、是否产生显著的节能降耗效果。在实践中，应借助竞争概念的运用，给予申请人一定的回旋余地：在特定技术规格的框架内，申请人可以自行决定为其已纳入规划的各项举措申请资助的资金数额（最高不超过额外投资成本的 30%）。因此，有创意的新型销售或技术解决方案应该借助财务竞争压力来促其问世。如有必要，应鼓励新的参与者进入市场，以产生竞争。“STEP up!”项目是总体能源政策趋势向招标方向发展的一部分，而招标本身则被视作有效落实能源政策的一种手段。目前，德国政府正在就这一问题以及德国《可再生能源法》（Renewable Energy Sources Act）的进一步发展问题展开深入讨论。

方案设计

“STEP up!”项目资助资金向所有市场主体开放，资助对象是在德国设有常设机构或分支机构的公司和市政企业，以及在承包合同框架内在符合条件的公司实施符合条件的措施的承包商。该项目为旨在减少电力消耗的投资措施（更新投资、早期置换投资和追加投资）提供资金。单个项目和集体项目均可申请资助资金。单个项目系指在申请人办公场所实施的项目或者由承包商在符合条件的公司实施的项目。集体项目则包括由第三方（企业或个人）执行并由项目协调员协调的一项或多项同类措施。

该计划包含以下设计要素：

- 每项（部分）措施的投资回收期都应超过三年，即在无补贴情况下能够至少在三年内提供节能降耗成果。将投资回收期设置为 3 年的原因是，以下所有措施一般根据企业的经济指标来执行（除非另外存在非经济壁垒）。
- 考虑到竞争性环境，企业在竞争中申请的补贴额度不应超过这些措施额外投资成本的 30%。
- 成本收益率阈值不应超过每千瓦时 10 欧分（0.1 欧元）。成本收益率（以欧分/千瓦时为单位计算的融资效益）反映了节约电量所需的资金量。

每轮招标分为公开招标和封闭式招标两部分。公开招标一般对所有行业 and 所有技术开放。而封闭式招标则侧重于特定行业、目标群体、节能潜力大但存在较多壁垒的特定技术或领域，这些都将在招标中得到针对性解决。封闭式招标的特定领域包括：

- 电梯系统的节能改造
- 在合约框架内实施节能措施
- 在数据中心推行节能措施
- 在干燥和清洁工艺中实施节能措施，“热电联产项目”
- 在水处理技术和废水处理技术中实施节能措施、“热电联产项目”
- 对所有技术和所有行业开放的“热电联产项目”

方案实施成果

总共有 89 个竞标项目获得了资助，几乎覆盖了全部竞标商。这说明项目进行中并未出现大刀阔斧删减竞标项目的现象（见表 3）。

表 3 “STEP up!”项目——按资助年度分列的资助资金数据

年份	招标轮数	投标项目数	中标项目数	获资助项目数	获资助项目占申请项目总数的比例
2016 年	第一轮	18	3	2	11%
2017 年	第二轮	8	4	3	38%
	第三轮	6	3	3	50%
2018 年	第四轮	26	20	19	73%
	第五轮	41	28	28	68%
2019 年	第六轮	52	34	34	65%
总计		151	92	89	59%

资料来源：基于（Heinrich 等人，2019 年）的数据自行绘制

试点项目提供了价值共计 2,880 万欧元的项目资助（见表 4）。获资助项目的成本收益率介于每千瓦时 0.5 欧分至 10 欧分之间，平均为每千瓦时 4.8 欧分，远低于每千瓦时 10 欧分的最大容许值。如果上述“削减”是由竞争引起的，则必要时可下调最大容许值，从而加剧市场竞争激烈程度。事实证明，将受理标准设为“在没有补贴情况下最低投资回收期为三年”完全正确。这似乎也是遴选申请人的有效标准。许多受访公司表示，缩减投资回收期是利用该项目资金的主要动机。特别是在大型企业中，三年被认为是项目落地所必须达到的时间期限。大部分已获资助项目的投资回收期在 5 年以上，仅有 10 个项目的投资回收期为 3.5 至 5 年。在没有补贴情况下最低投资回收期的中位数为 11.7 年，总成本减去补贴后投资回收期的中位数为 8.4 年。鉴于几乎所有项目的有效期限都为 10 年，因此补贴与项目的经济性休戚相关。“STEP up!”项目在其经济寿命期内的减排成本约为 54 欧元/吨二氧化碳。由于项目提案规模相对较小，因此项目每年实现的节电量为 113 吉瓦时，大大低于预期结果（见表 4）。

表 4 “STEP up!”项目—总成本、额外投资、补贴及节电量

	总成本	额外投资	补贴	每年节电量	整个项目周期的节电量
	[单位：百万欧元]			[单位：兆瓦时]	
公开招标	133.2	61.5	21.5	83,064	840,432
单个项目	108.1	53.5	16.3	63,934	645,882
集体项目	25.1	8.0	5.1	19,130	194,559
封闭式招标 单个项目	35.1	20.4	7.3	30,167	301,665
总计	168.3	81.9	28.8	113,231	1,142,097

备注：追加投资是总成本中超出标准技术成本的部分。补贴应减少这些额外成本，但补贴额度不应超过额外成本的 30%。

资料来源：（Heinrich 等人，2019 年）

“采用竞争性招标方式推动节电：充分提升电能效率潜力”（STEP up!）试点项目—SWOT 分析

优势—计划实施过程中积累的经验

- 该项目对所有技术/参与主体/行业开放。
- 成本收益率被证明是评判竞标项目的指导参数（约 3-5 欧分/千瓦时，即远低于 10 欧分/千瓦时的限值）。
- 最低投资回收期的设定可避免竞标项目牟取暴利。
- 试点项目有效激发了拨款受益人的创造力。

劣势—计划实施过程中吸取的教训

- 提交申请的项目数量少：（未超过固定资金的限制）。
- 无法对根据成本收益率挑选供资项目的遴选方式进行测试。
- 由于补助审批的不确定性，在提交申请时需要付诸大量努力。
- 明显偏离节电和减排目标。

机会—计划发展前景

- 能效领域竞争性招标紧密贴合当前的可再生能源容量拍卖趋势。
- 通过将招标项目扩展到供热行业，有助挖掘更多潜力。
- 集体项目适合在短时间内激活大量消费者（大容量）。

威胁—壁垒和市场短板

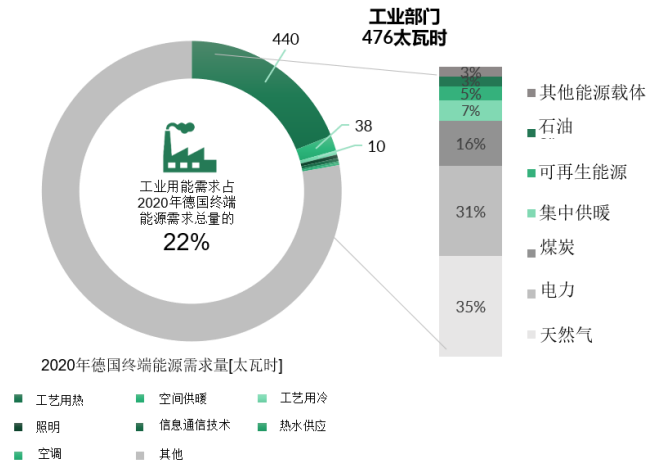
- 与其他资助计划相比，将补助额度限制在 30% 的范围内并不意味着会产生附加价值

工业节能

1.1.7 工业节能措施实情介绍

德国工业部门终端用能结构及其与能源需求的相关性

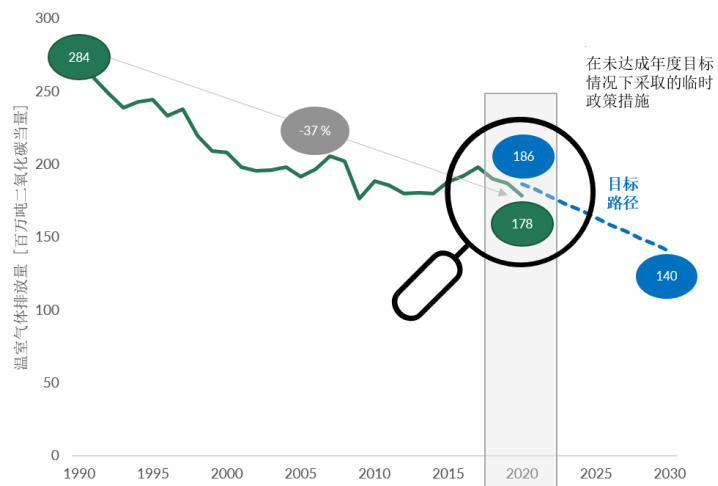
工业部门的终端能源需求主要是指工艺用热/冷凝所需的能耗¹⁴。工业部门用能需求占德国终端能源需求总量的22%。工业部门使用的主要能源是天然气、电力及煤炭。工业部门使用的可再生能源几乎只有生物质一种，占终端能源需求总量的7%。



资料来源：基于（德国联邦经济和气候保护部，2021c）的数据自行汇编

制定减排路径和目标路径

2020年，德国工业部门¹⁵温室气体排放量相较1990年减少37%，为1.78亿吨二氧化碳当量。德国《气候变化法案》规定，到2030年，德国工业部门温室气体排放量不得超过1.4亿吨。此外，该法案还规定了每年最低减排幅度。2020年，德国工业部门的减排目标已超额完成，但这也是由于新冠肺炎疫情危机导致经济放缓所致。



资料来源：基于（德国联邦环境署，2021b）的数据自行汇编

¹⁴ 应当指出的是，工业建筑的空间供热能源需求被计入建筑行业。

¹⁵ 德国《气候变化法案》给出了建筑行业的另一个定义。根据该法案，工业部门的所有直接温室气体排放（包括空间供热所产生的直接温室气体排放）都由工业部门产生。然而，电力使用和集中供热所产生的温室气体排放并未计入工业部门。

工业部门—能源政策 SWOT 分析

优势—现行政策组合

一整套全方位政策，包括碳定价与碳交易、补贴计划、气候网络、计划审计与管理以及创新工具：

- 用于经济领域能源与能效的联邦资助计划（Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft）；新计划：2021 年 11 月启动
- 能效和气候保护网络不仅有助加强思想和经验的交流，而且还可以展示节能降耗效果
- 审计和能源管理系统（EMS）不仅有助提高信息透明度，而且还助推节能措施的顺利实施
- 能源税和免税政策有助落实节能降耗措施
- 欧盟碳排放交易体系
- “工业脱碳”补助计划借助投资补助，激发低碳技术项目的投资
- 气候保护合同试点项目（碳差价合同）通过实施保证不会产生过量碳排放的合同价格，确保对运营成本较高的突破性低碳技术的投资

劣势—政策优化

- 直到最近，碳价格一直偏低
- 过度关注脱碳或可导致忽视节能降耗（低效率的氢经济）
- 缺乏对能源审计的建议措施的专项实施
- 回收工业余热进行集中供热的潜力尚未充分挖掘

机会—新颁政策和政策方案

- 基于欧盟碳排放交易体系的欧盟创新基金将为工业部门提供支持
- 在欧盟层面不断修订的国家能源和环境援助指南，帮助欧盟成员国为环保项目提供支持
- 碳边境税调节机制（CBAM）

威胁—壁垒和市场短板

- 通常涉及生命周期长的资本密集型资产
- 需要彻底变革——渐进式改进依然重要，但仍显不够
- 存在资产搁浅、碳锁定或投资预扣的风险

1.1.8 工业节能政策案例研究

能源审计和能源管理系统

方案目标

能源审计是提高各企业对节能措施认识的一种重要且有效的手段。在德国，能源审计提高了企业对节能减排工作的重视程度（Mai 等人，2017 年）。此外，通过确定节能措施和扫除实施障碍，能源管理系统（EMS）的引入被认为是进一步提高能效的重要措施（Hirzel、Sontag 及 Rohde，2011 年）。然而，仅凭引入能源管理系统一项措施并不会对能源消费量产生实质性影响。

已推行能源管理系统的企业高度重视节能目标和实施责任，并致力于实现持续改进节能效果（Mai 等人，2017 年）。

根据德国标准化学会 DIN EN 16247 标准，能源审计是“对设施、建筑物、系统或组织的能源输入和能源消耗进行的系统检查和分析，目的是识别并报告能源流动和潜在节能增效改善措施”（德国联邦经济与出口管制局，2020 年）。能源审计员或能源审计公司负责评估企业的节能措施，从而帮助企业认识和了解能够节能降耗并有利可图的潜在领域。但是能源审计并不要求企业随后根据既定措施采取相应行动。

能源管理系统的引入有助企业构建系统化架构和管理责任制，从而提高企业内部的能效。此外，该系统还帮助企业进一步确立能耗目标和/或节能目标。能源管理系统使用特定指标来衡量目标完成进度。能源管理系统的基础是定期测量和分析能源载体类型和能量流动模式。根据这些数据，审计员能够确定潜在的节能增效改善措施。这些可以是针对工艺或流程的改进措施，也可以是行为习惯的改变。审计人员将评估这些潜在措施的经济性。

适用于能源管理系统的国际标准是德国标准化学会 DIN ISO 50001 标准。欧盟生态管理与审核体系（EMAS）（欧盟委员会，2009 年）从本质上来说是一个环境管理体系。但是该体系也同时覆盖了能源消费领域，并将其视为环境管理的关键领域之一。已实施欧盟生态管理与审核体系的企业只需进行小幅调整即可符合 ISO 50001 标准的要求（德国联邦环境署，2021c）。反之亦然，根据 ISO 50001 标准构建的能源管理系统可以作为第一步，它将最终推进企业构建更广泛的环境管理体系。

方案设计

《欧盟能效指令》（第 8 条）规定，大型企业必须开展能源审计。通过出台与能源服务和其他能源措施相关的法律，德国将这一要求转化为国家法律（《能源服务法》[EDL-G]，2021 年）。审计义务适用于非中小企业¹⁶，除非它们已经启用能源管理系统或环境管理体系。审计必须每四年开展一次，首次审计应在 2015 年 12 月 5 日前完成。未能正确且完整地完能源审计并提交审计报告的企业可能会被处以不超过 5 万欧元的罚款。已推行能源管理系统的企业不必进行审核。

为了能够有效维持合理的成本收益率，德国为审计义务引入**最低能耗阈值机制**。年耗电量低于 50 万千瓦时的企业可获得审计豁免权。它们只需要按照能源载体的不同提交年度能源消耗量和能源成本。

¹⁶根据欧盟委员会 ABI.Nr.L124 第 36 页的定义，中小企业是指员工人数不超过 250 人、年营业额不超过 5,000 万欧元且资产负债表中总资产不超过 4,300 万欧元的企业（欧盟委员会，2003 年）。

此外，为鼓励企业积极开展能源管理系统或能源审计制度建设，德国还出台了两项财政激励措施：

1. 税收峰值补偿计划¹⁷使制造业企业能够享受与能源税和电力税相关的大额退税优惠政策。但申请退税的基本要求是企业必须实施能源或环境管理体系。根据税收峰值补偿条例，实施能源审计制度或替代性能源管理系统的中小企业可享受税收峰值补偿政策（SpaEfV，2013年）¹⁸。
2. 根据《可再生能源法》的特殊补偿机制（德语：“特别补偿计划（BesAR）”），符合条件的能源密集型企业可减征可再生能源税的优惠政策。该机制还要求符合条件的企业实施能源或环境管理体系。但年用电量不超过5吉瓦时的企业可选择实施能源审计制度或替代性能源管理系统。

这两项计划都有效降低了企业的能源成本。在有效能源价格有所下降的情况下，实施能源审计制度或能源管理系统旨在维持甚至强化能效措施。

对于未被强制要求实施能源审计制度的中小企业，政府还为其审计制度的实施提供财政支持。对这些企业的补贴额度可高达企业实际审计费用的80%。但在特别补偿计划（BesAR）框架下已享受可再生能源税减免优惠政策的企业则不能重复享受能源审计补贴。同样，在税收峰值补偿计划框架下已享受能源税或电力税退税优惠政策的企业只有在特殊情况下才能申请补助。

图 15：德国企业实施能源管理系统和能源审计制度的法律义务概览

	《可再生能源法》 特别补偿计划所需的能源管理系统/审计（每年）	税收峰值补偿政策 税收峰值补偿政策下享受补贴 所需的能源管理系统/审计（每年）	《能源服务法》 首次能源管理系统检查/能源审计应于2015年12月前完成，之后应至少每四年开展一次
中小企业 （制造业）	<ul style="list-style-type: none"> 根据税收峰值补偿政策，年耗电量在1-5吉瓦时范围内的企业可使用替代性审计方案 年耗电量低于5吉瓦时的企业可参照国际ISO 50001标准运行一套能源管理系统（EMS） 	<ul style="list-style-type: none"> 遵循DIN EN 16247-1标准的要求开展审计或根据税收峰值补偿政策开展替代性审计 企业也可选择遵循DIN EN ISO 50001标准或欧盟生态管理与审核体系（EMAS）的要求 	
非中小企业 （制造业）	<ul style="list-style-type: none"> 根据税收峰值补偿政策，年耗电量在1-5吉瓦时范围内的企业可使用替代性审计方案 年耗电量低于5吉瓦时的企业可参照国际ISO 50001标准运行一套能源管理系统（EMS） 	<ul style="list-style-type: none"> 遵循ISO 50001标准或欧盟生态管理与审核体系（EMAS）的要求 	<ul style="list-style-type: none"> 遵循DIN EN 16247-1标准的要求开展审计 遵循ISO 50001标准或欧盟生态管理与审核体系（EMAS）的要求
非中小企业 （其他行业）			<ul style="list-style-type: none"> 遵循DIN EN 16247-1标准的要求开展审计 遵循ISO 50001标准或欧盟生态管理与审核体系（EMAS）的要求

资料来源：基于（Mai 等人，2017年）的数据自行绘制

¹⁷德语：“Spitzenausgleich”

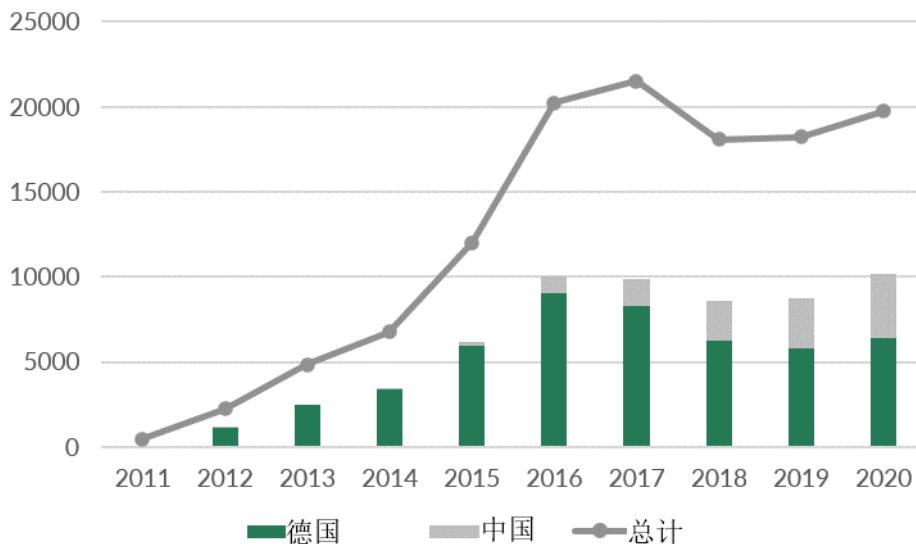
¹⁸条例中还进一步规定了在特殊情况下，与能源税和电力税退税相关的替代系统（税收峰值补偿政策，Spitzenausgleichseffizienzsystemverordnung, SpaEfV）。

方案实施成果

国际上占主导地位的能源管理系统是 ISO 50001 认证体系。2020 年 ISO 调查报告显示，全球有效证书发布量已达 19,731 张，涉及 45,092 家企业。其中三分之一的证书由德国企业持有。数据显示，德国所持证书的数量在 2016 年至 2017 年间达到峰值，随后有所下降。2014 年和 2015 年的强劲增长可能是受到上述提及的“申请享受税收减免优惠政策的企业必须实施能源管理系统”的要求的影响，因为该要求的截止日期为 2015 年底。而 2016 年的再度增长可能是受到《能效指令》要求的驱动。德国《能源服务法》（EDL-G）的引入阶段直至 2016 年方才结束。

2020 年，中国持有全球近五分之一的证书，且自 2015 年以来，中国企业证书持有量每年都呈强劲增长势头。

图 16：能源管理系统的全球演化（根据 ISO 50001）



资料来源：基于 2020 年 ISO 调查报告自行绘制

一项评估结果表明，在构建能源审计制度或能源管理系统之后**已实施和已纳入规划的节能措施所引动的最终节能量**估计占其能源消费总量的 3.4%。这与所报告的 3.9% 节能潜力相差无几（Mai 等人，2017 年）。如果将所有已实施和已纳入规划的节能措施都纳入考量，则据预计，不同行业的节能潜力平均为 2.9%。不同行业的潜在节能潜力大约 0.5% 到 6.5% 之间不等。这些潜力可以在三到五年内通过投资加以挖掘。这意味着已纳入规划的节能措施每年有可能节省约 1% 的能源（Mai 等人，2017 年）。

2015 年审计义务出台后，不少企业争先恐后地开展能源审计，但普遍注重降低成本而非提高质量。此外，部分具有资质的审计员并不具备及时开展审计的能力，而且审计质量也存在问题（Mai 等人，2017 年）。为此，德国于 2019 年对照《能源服务法》的规定调整了合规性要求：要求企业填写在线审计报告。在此报表中，企业必须提交能源审计的若干数据，例如能源消费量、能源成本、已确立的节能措施以及审计费用。这促使负责责任的政府机构**自发地对第三方审计进行某些检查**。此外，德国联邦经济与出口管制局还继续对已提交的审计报告进行随机抽查。这种“审查压力”激励企业努力提高审计报告的质量。

审计人员的水平是确保高品质报告的一项重要因素，也是获得潜在节能投资可靠信息的一个重要前提。唯有如此，能源审计才能给企业带来切实利益，审计重要性才能被企业管理层接受，而企业也才更有可能实施已确立的节能措施。在德国，审计员必须在德国联邦经济与出口管制局登记注册并提供能够证明其已具有资质的证据。此外，审计员还被要求定期参加培训。不仅如此，未来引入一种动态更新机制可能也会有所帮助——将反复提交低质量审计报告的审计员从名单中除名。除了对审计员进行资格预审之外，德国联邦经济与出口管制局还提供指导性文件，以协助审计员编制高品质能源审计报告。

19

然而，企业普遍认为能源审计费时费力，小公司尤其如此。在引入最低能耗阈值机制之前，这一观念往往导致成本收益率不甚理想。

能源审计与能源管理系统—SWOT 分析

优势—计划实施过程中积累的经验

- 构建能源管理系统和能源审计制度有助于：
 - 确定节能潜力
 - 扫除实施障碍
 - 加速节能降耗目标的实现
- 构建能源管理系统和能源审计制度有助于提高人们对能效和节能的认识
- 针对小企业推行的能耗阈值机制和简化规则有助于维持投入成本和付诸努力的合理平衡

劣势—计划实施过程中吸取的教训

- 缺乏对能源审计中建议措施的专项实施

机会—计划发展前景

- 要求企业实现一定份额的节能降耗目标

威胁—壁垒和市场短板

- 审计员水平至关重要

¹⁹ 仅有德语版：https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ea_leitfaden.html; jsessionid = 0C61F2201B7E119A5F4557C0DA179D58.2_cid378?nn=8064128

实施案例研究——位于吕德斯多夫市的西麦斯水泥厂减少二氧化碳排放和化石能源消耗

西麦斯（CEMEX）是世界上最大的水泥生产商之一。在德国，它在靠近柏林的吕德斯多夫市（Ruedersdorf）经营着一家著名的工厂。该厂的水泥熟料生产线日产 5,500 吨。

该厂使用的混合燃料包括煤粉、骨粉饲料、污水污泥、绒毛、循环流化床燃烧产生的气体。

该厂通过了环境管理系统的认证（EMAS 和 ISO 14001）。自 2011 年起，该厂引入了符合 DIN EN ISO 50001 的能源管理系统。

在过去的 20 年里，公司在使用二次输入燃料方面投入了大量的精力，例如污水污泥、骨粉饲料和其他燃料。这一比例平均达到 70%（图 17），该厂打算在未来将这一比例提高到 80%甚至更高。二次燃料的使用减少了二氧化碳的排放，因为它们部分由可再生燃料组成。总的来说，在 2000-2019 年期间，二氧化碳排放量已经减少了 17%（与 1990 年相比，减少量更多）（图 18）。

尽管如此，鉴于燃料质地较为不均，且与部分高湿度的成分混合使用，给能效提升带来了挑战。运用能源管理有助于通过精细化管理手段，抵消能效措施带来的额外能耗。

与能源效率相关的最新目标/措施：

- 安装 Expert Optimizer（EO）。EO 是一个基于计算机的系统，用于控制、稳定和优化工业流程。凭借其优化技术，该软件能够在任何时候都准确且一致地帮助工厂做出最佳的运行决策。EO 提供先进的过程技术，包括线性和非线性模型预测控制、模糊逻辑和神经网络。
- 在保持水泥结构特性的情况下，平均每年每吨水泥节电 0.5 千瓦时。
- 窑炉效率（运行效率）每年 >90%：通过能源管理系统对窑炉效率的长期监测和评估来实现。

资料来源：Environmental Reports CEMEX up to 2019; Expert Optimizer for cement, see <https://new.abb.com/cement/cement/systems-and-solutions/advanced-process-control/abb-ability-expert-optimizer-cement>

实施案例研究——位于吕德斯多夫市的西麦斯水泥厂减少二氧化碳排放和化石能源消耗（续页）

图 17：西麦斯在吕德斯多夫/柏林的水泥厂的二级燃料的质量份额。

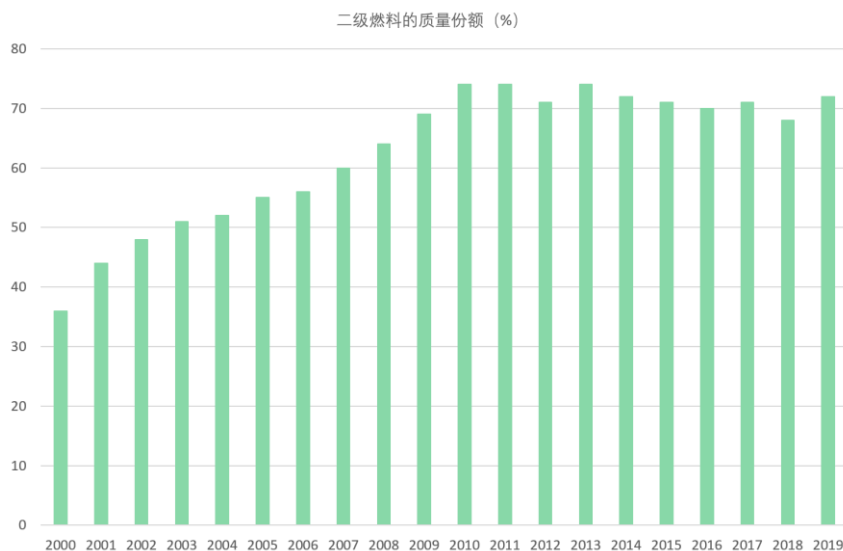
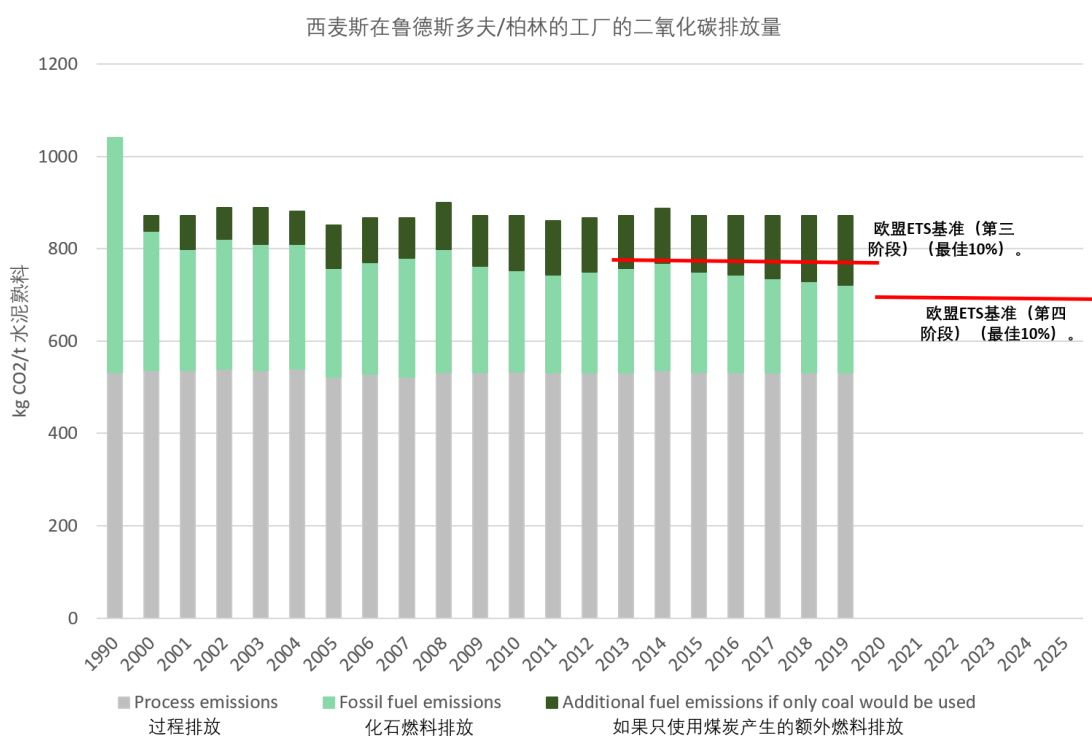


图 17：西麦斯在鲁德斯多夫/柏林的水泥厂的二氧化碳排放量。



资料来源：Environmental Reports CEMEX up to 2019
(https://www.cemex.de/ueber_cemex/nachhaltigkeit/umweltschutz)

实施案例研究——斯道拉恩索马塞（SEM）造纸厂的工业余热回收和集中供热

坐落于莱茵河畔的斯道拉恩索马塞（SEM）造纸厂的部分工业过程余热将在未来得到回收，用于为卡尔斯鲁厄市提供集中供热（卡尔斯鲁厄市政厅，2020年）（1）。位于德国西南部的斯道拉恩索马塞工厂主要利用再生纸生产超级压光纸和脱墨浆，年生产能力分别为53万吨（纸张）和27万吨（脱墨浆）（斯道拉恩索，2021年）（2）。卡尔斯鲁厄市集中供热网络是德国最大的集中供热网络之一，供热能力逾600兆瓦时，网络长度逾180公里（VfW，2021年）（3）。卡尔斯鲁厄市集中供热中，90%以上的热源由工业余热和热电联产（CHP）电厂提供。主要热源供应商是上莱茵矿物油炼油厂（MiRO）和Energie Baden-Württemberg AG公司的莱茵港蒸汽发电厂。如果不用于集中供热，炼油厂的工业余热会被白白浪费，而热电联产电厂的供热能力也会被闲置。



图片来源：斯道拉恩索马塞（SEM）工厂

2020年初，斯道拉恩索马塞工厂启动了将制浆过程余热整合为另一个热能馈入源的项目。为了向造纸厂提供生产用蒸汽和电能，斯道拉恩索马塞工厂配备了一台流化床锅炉和多台汽轮机。在流化床锅炉的燃料源中，生物质占比超过80%，而汽轮机则被用于热电联产（CHP）和冷凝作业。目前正在兴建的一台新型高效涡轮机将有望在未来进一步提升热电联产机组的供热能力。斯道拉恩索马塞工厂及作为其合作伙伴的当地公用事业公司希望在未来将其用于供热。据预计，该项目每年可减排约1万吨二氧化碳（卡尔斯鲁厄市政厅，2020年）。斯道拉恩索马塞工厂的新型蒸汽轮机和新型加热冷凝器每小时可使用约40吨蒸汽用于热电联产供热。此外，卡尔斯鲁厄市还将新建一条约两公里长的连接管道，用于连接造纸厂和现有的集中供热管网。

资料来源：

(1) Stadtwerke Karlsruhe (2020). Prozessabwärme der Papierfabrik wird zu Fernwärme. <https://www.stadtwerke-karlsruhe.de/de/presse/meldungen/2020/20200123.php>

(2) Stora Enso (2021). Maxau Mill. <https://www.storaenso.com/en/about-stora-enso/stora-enso-locations/maxau-mill>

(3) VfEW (2021). Karlsruhe heizt mit Fernwärme aus Abwärme und KWK. <https://www.vfew-bw.de/magazin/waerme/karlsruhe-heizt-mit-fernwaerme-aus-abwaerme-und-kwk/>

实施案例研究——陶瓷生产商 Adolf Gottfried Tonwerke 有限公司的智能能源管理

Adolf Gottfried Tonwerke 有限公司是一家中小型家族企业，主要为巴伐利亚州大海拉特市（Großsheirath）的陶瓷和粘土加工业采掘和精炼粘土及其他原材料。自 2014 年以来，该公司一直参照 ISO 50001 标准运行一套能源管理系统（EMS）。该公司积极参与弗朗哥尼亚能效网络（Energy Efficiency Network Franconia）*组织的各项活动。为此，该公司与德国乐能公司（Orcan）一起获得由德国能源署颁发的“2019 年能源效率奖”。

在成功实施了最初各项节能措施之后，该公司致力于追求更高目标——将已经在生产中实施的余热利用手段扩展到陶瓷烧制工艺中。为此，该公司对用于粘土烧制的两个回转窑进行了重点改造。在最大限度减少现有工艺变更的前提下，该公司充分利用回转窑窑尾高温废气的余热。

该公司与德国乐能能源股份公司（Orcan Energy AG）合作开发了一套适宜型解决方案。专精于有机朗肯循环（ORC）技术的德国乐能公司接管了有机朗肯循环模块的规划设计和实施工作。得益于其高度灵活性，该模块可以在数秒钟内对热量波动做出响应，即使在部分负荷工况下也能实现高效率的热电转换。此外，有机朗肯循环模块的特点是除低温回路外还设有高温回路，因此也可使废热流达到更高温度状态。该项目的技术挑战是如何将有机朗肯循环技术集成到现有回转窑系统中。为此，必须在 1 号和 2 号焚烧炉的废气流上安装一套额外的废气热交换系统。但是废气中的高粉尘含量导致情况复杂化。最后，专为这一应用设计的废气热交换器提供了解决方案。它的运行使得有机朗肯循环解决方案成为可能。热交换器有效降低了进气风机的负荷系数，因此额外节省 15 千瓦电力。此外，该解决方案还配备了一套能够连续测量所产生电力的集成控制系统，以记录该节能措施所实现的节能成果。

节能措施：

- 有机朗肯循环（ORC）系统，用于直接将废热转化为电能
- 安装了一台用于高含尘废气的专用热交换器
- 粉尘/灰分离和管路设备

节能成果：

- 减少用电量：每年 304,000 千瓦时
- 二氧化碳减排量：每年 181 吨
- 为企业降低用电成本逾 5 万欧元

*弗朗哥尼亚能效网络简介：

2016 年年中，能源供应公司意昂集团（E.ON）与另一家电力供应商拜仁工厂（Bayernwerk）携手 14 家工业客户，联合推出了学习型能效网络“弗朗哥尼亚网络”（德文名：Franken vernetzt sich，英文名：Franconia interlinks）。两家公司以 2015 年为基准年，希望共同提高 5% 的能效，并减少 6% 的二氧化碳排放量。三年后，它们甚至超额完成了这一雄心勃勃的目标。两家公司总计实施了 113 项节能措施，每年可节电 13,700 兆瓦时，相应减少二氧化碳排放 5,400 吨。在弗朗哥尼亚网络三年运营过程中，两家公司的能效总计提高 5.5%。二氧化碳排放量减少 7.1%。弗朗哥尼亚网络在 2020 年继续运行（“Franken vernetzt sich II”），力争在 2019 年至 2022 年间实现节电 7,000 兆瓦时的目标。

资料来源：德国能源署（2019 年）和能效与气候网络倡议（Initiative Energy Efficiency and Climate Networks）（2021 年）。

实施案例研究——法兰克福机场智能能源管理

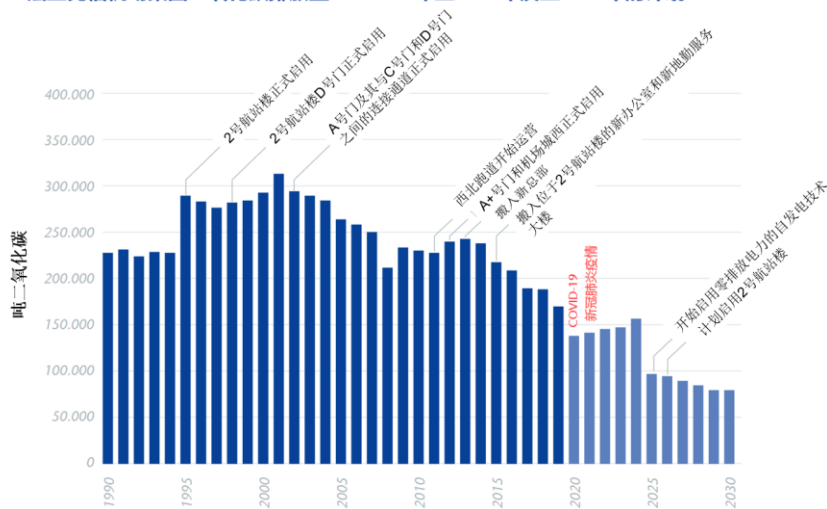
法兰克福机场集团（Fraport）在 20 世纪 90 年代决定引入一套经过外部验证的环境管理体系。法兰克福机场于 1999 年首次通过欧盟生态管理与审计体系（EMAS）认证。此后，法兰克福机场不断跟进和完善其环境与能效管理。不仅如此，法兰克福机场还通过了旨在引导欧洲机场实现无碳运营的机场碳认证。法兰克福机场集团的目标是到 2030 年将排放量减至每年 8 万吨二氧化碳，比 1990 年排放水平减少 65%。到 2050 年，法兰克福机场集团将实现无碳运营（无需补偿）。

图 18：法兰克福机场的历史排放量和计划排放量。资料来源：法兰克福机场集团，2021 年。作者编译。

CO₂-Emission der Fraport AG – von 1990 bis 2019 und der Plan bis 2030

■ 年排放量 ■ 计划年排放量

法兰克福机场集团二氧化碳排放量——1990年至2019年及至2030年的计划



实现上述宏远目标的一个重要手段是确保信息透明度。在德国达姆施塔特应用生态学研究所的支持下，法兰克福机场集团于 2011 年至 2012 年间对法兰克福机场的节能潜力进行了详细审查。随后，他们于 2013 年引入一套详尽的能源消耗与温室气体排放控制系统，并于 2014 年引入能源管理系统。节能减排数据层层收集、每月上报，广泛覆盖每个工艺流程、装置或建筑物。这使得该法兰克福机场集团能够有效识别能效提高潜力，并正确评估已实施措施的有效性。与此同时，该集团还可持续跟踪目标完成进度。自 2013 年启用以来，通过推行各类技术手段和运营措施，该控制系统已累计节电 112,000 兆瓦时（16%左右（2019 年）），主要覆盖电力、集中供热和供冷等领域。

为了进一步节约能源，法兰克福机场集团确立了四个关键杠杆：

LED照明	节能建筑	可再生能源发电	新车二氧化碳排放量限额
<ul style="list-style-type: none"> 完成由常规照明向LED照明的转型 	<ul style="list-style-type: none"> 节能改造和建设施工 基于仿真模型优化空调和通风系统。 	<ul style="list-style-type: none"> 2020年首座光伏电站投产 根据规划，年发电量可达1.5吉瓦时 分析风力发电潜能 可再生能源采购协议 	<ul style="list-style-type: none"> 新车和特种车辆电气化 替代燃料研究

资料来源：法兰克福机场集团 2020a、法兰克福机场集团 2020b。

能源税

方案目标

1999年，德国以生态环保为驱动力对税制进行结构性改革，在提高能源税税率的同时引入电力税税制。税收是一种实现外部效应内部化的必要工具——就能源消费而言，外部效应指化石燃料燃烧对环境的不利影响，即二氧化碳排放。政府通过征税可以提高能源消费价格，因此有助于完善经济激励机制，加强能源节约与管理，助推绿色消费。因此，能源税应有助于控制能源消费总量、减少相关二氧化碳排放量。

赋税收入可用于资助其他领域。在德国，生态税制改革的赋税收入被部分用来补充养老保险基金，以减少用人单位为员工按比例负担的个人所得税税率。因此能源税将有助于激发经济社会发展的内生动力，并促进劳动力市场发展。

此外，政府还出台了一些可降低有效税率的**税收减免政策**，其目的是 a) 避免给企业和消费者带来不必要的负担，或者 b) 迫使人们使用对环境有利的能源或运输方式。²⁰

方案设计

与能源税和电力税相关的法律规定了不同能源载体和不同产品间的差别税率（见表5）。除其他外，政府对可再生能源和某些能源密集型工艺（见表6）免征能源税和电力税。林业、农业、国营铁路、液化天然气和交通用天然气均可享受税率优惠政策。

表 5：生态税制改革前后的税率比较

能源载体		1999年4月1日之前	EnergieStG 2006年8月1日之后
汽油	欧元/1 000升	501.07	654.50
柴油	欧元/1 000升	317.00	470.40
轻质燃料油	欧元/1 000升	40.90	61.35
重质燃料油	欧元/1 000千克	15.34/28.12	25.00
天然气（采暖用）	欧元/兆瓦时	1.84	5.50
煤炭（采暖用）	欧元/吉焦耳煤炭		0.33
电力	欧元/兆瓦时		20.50

资料来源：基于（德国联邦环境署，2021b）数据改编

²⁰更多信息，请访问：https://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verbrauchssteuern/Energie/energie_node.html

表 6: 完全免征能源税和/或电力税的生产工艺

工艺*	电力税	能源税
废弃物热力处理		X
电解	X	
用于生产* -玻璃 -陶瓷 -瓷砖 -水泥 -石灰	X	X
金属生产与加工	X	X
化学还原工艺	X	X
*部分工艺。并非完整清单。		
资料来源: 基于§ 51 EnStG和§ 9a StromStG自行汇编		

制造业企业还可受益于**税收峰值补偿计划**²¹。该计划旨在帮助德国能源密集型产业保持国际竞争力。它降低了除合理基础贡献以外的税率。峰值补偿减免金额取决于超出基数的能源税和/或电力税差额，即，“因生态税税制改革而增加的能源税和电力税税赋”减去“用人单位少缴的基本养老保险费金额”之后所得的差额。最多可以免除或补偿 **90%**的差额。

倘想获得税赋减免或补偿，企业必须满足以下三个条件：

1. 已缴纳的电力税超过 1,000 欧元的基数、已缴纳的能源税超过 750 欧元的基数。
2. 申请企业必须遵循 DIN EN ISO 50001 标准的要求已引进并跟进能源管理系统，或者遵循欧盟生态管理与审计体系（EMAS）的要求已引进并跟进环境管理体系。中小企业也可根据 DIN EN 16247-1 的要求开展能源审计或实施替代性能源管理系统。此项规定的目的是减少中小企业的管理负担。
3. 德国制造业整体必须将能源密集度降低一定比例。对于 2018 年至 2022 年申请年的税赋减免或补偿申请，自 2016 年起（基准年为 2016 至 2020 年），目标额度为 1.35%。此前，自 2013 年起目标额度为 1.3%。

条件 2 和 3 解决了减税问题。尽管这有助于有效降低能源成本（在所有其他条件相同的情况下），但同时存在能效提升激励机制被削弱的风险。尽管能源价格下降，但要求企业引入能源管理系统和要求整个制造业降低能源密集度的规定有助于提高德国制造业的能源效率。

方案实施成果

通过支持养老保险计划，德国生态税税制改革实现了降低劳动力成本的目标（德国经济研究所，2019 年）。能源税每年的赋税收入约为 380 亿欧元²²，是德国国家公共财政的重要收入来源。但其对环境的影响微不足道。在 1999 年至 2008 年间，能源税对能源价格上涨的贡献微乎其微（德国经济研究所，2019 年）。在已实现的减排总量中，生态税

²¹德语：“Spitzenausgleich”

²² https://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verbrauchssteuern/Energie/energie_node.html

税制改革的贡献只占很小一部分。德国的 2021 年预测报告将工业部门 0.4 太瓦时的节电量和 1.5 千万亿焦耳的燃料节约量归因于能源税和电力税（年份：2020）。此外，据预计，德国 2020 年服务行业节电量将为 2.9 太瓦时（普罗诺斯研究所等，2021 年）。

但是能源税和电力税因为在不同产品和不同行业间采取差别税率（每吨二氧化碳当量的有效碳税率）而受到批评（德国经济研究所，2019 年；FOES，2016 年和 2017 年）。此外，税收减免政策（特别是针对工业部门的税收减免政策）是为审查而设立的。此类政策应该更具体地针对那些在国际竞争中受到威胁的德国企业，并更好地与气候政策目标保持一致（未来能源专家委员会，2021 年）。税收峰值补偿计划与节能减排措施的结合具有积极意义。尽管如此，仍应强化能效激励机制（FIFO、弗劳恩霍夫应用信息技术研究所及德国欧洲经济研究中心，2019 年）。

尽管批评声不断，税收仍是一种重要手段。专家建议，应更有效地协调德国和欧盟范围内的不同手段，例如碳定价和能源税等，并且通过改革建立连贯一致的碳价格信号（未来能源专家委员会，2021 年）

工业部门能源税和税收减免—SWOT 分析

优势—计划实施过程中积累的经验

- 已建立的节能降耗手段已经并将继续发挥作用
- 赋税收入可用于进一步促进气候保护或为实现其他目标提供支撑

劣势—计划实施过程中吸取的教训

- 税制设计的不一致性不仅导致供热、电力及交通运输行业内部出现价格扭曲，而且还在这些部门之间造成扭曲
- 按含碳量比例征税的税率差异巨大
- 存在诸多减免政策。需要更具体的设计，以与气候目标保持一致并仅在必要时提供减排效果
- 实际有效税率随着时间的推移而逐渐下降，因此削弱了人们节能降碳的自觉性和主动性

机会—计划发展前景

- 能源税有所降低，并用基于碳排放的工具替代
- 二氧化碳价格区间有效强化了激励机制，因为价格水平的稳定上升有利于决策者做出投资决策

威胁—壁垒和市场短板

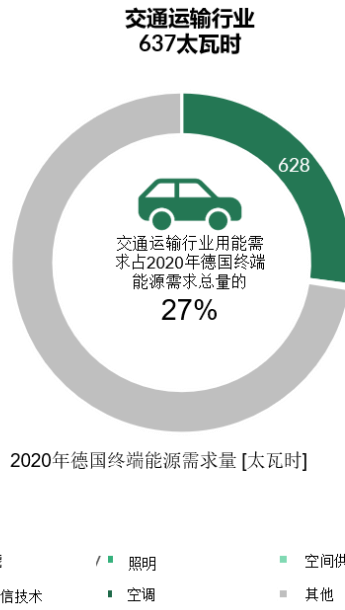
- 基于价格的工具不足以克服与能效相关的所有障碍，例如信息障碍等
- 需要对基础设施、未来技术或技术人员教育培训提供独立的支持手段

交通运输能效

1.1.9 交通运输行业节能措施实情介绍

德国交通运输行业终端用能结构及其与能源需求的相关性

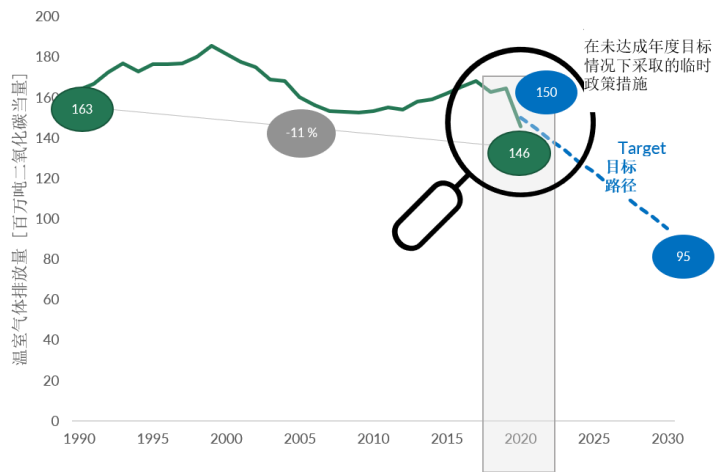
交通运输行业的能源需求可以定义为在交通运输过程中所需的能源，主要涉及机械能。图中列示的其他能源使用仅占很小比例。按照这一定义，交通运输行业用能需求占德国终端能源需求总量的 27%。



资料来源：基于（德国联邦经济和气候保护部，2021c）的数据自行汇编

制定减排路径和目标路径

2020 年，德国交通运输行业温室气体排放量相较于 1990 年减少 11%，为 1.46 亿吨二氧化碳当量，但该数字在 2015 至 2019 年间呈增长势头。该行业已实现 2020 年行业减排目标，但这只是因新冠肺炎疫情所致。德国《气候变化法案》规定，到 2030 年，德国交通运输行业温室气体排放量不得超过 9,500 万吨。此外，该法案还规定了每年最低减排幅度。据此，交通运输行业成为自 1990 年以来所有需求行业中温室气体减排最少的行业。



资料来源：基于（德国联邦环境署，2021b）的数据自行汇编

交通运输行业—能源政策 SWOT 分析

优势—现行政策组合

一整套全面的交通运输政策，包括轻型与重型车辆标准（在全欧洲范围内高度协调）、税收与定价方案、可再生能源在交通运输中的份额配额以及模式转换政策：

- 欧盟乘用车和轻型商用车二氧化碳排放性能标准（LNF）
- 机动车税与车辆二氧化碳排放强度成正比，且差异巨大
- 已在供热和交通运输行业实施碳定价机制
- 已出台欧盟重型机动车二氧化碳排放性能标准
- 可再生燃料开发利用不断推陈出新、新版《可再生能源指令》（RED II）：温室气体配额调整已在全德范围内实施
- 模式转变政策（主要在城市和区域层面）

劣势—政策优化

- 基于新车平均二氧化碳排放量核算二氧化碳碳排放限额标准
- 通过一项基于重量的积分，给予重型车辆优惠政策
- 在现实世界中未对上路行驶的车辆真正施行碳排放限额标准
- 尚未针对电动汽车制定有效的能效标准和能耗上限
- 缺乏强有力的城市和地区模式转变政策供人选择

机会—新颁政策和政策方案

- 自 2021 年起，大部分欧盟气候立法将陆续修订，包括乘用车二氧化碳排放性能标准
- 欧盟将于 2035 年实施新车零排放标准，以便到 2050 年实现气候中和目标

威胁—壁垒和市场短板

- 大型乘用车（运动型多用途汽车，SUV）的市场份额不断增长
- 重型货物运输（电池电力、高架线路、氢能）的技术前景并不明朗
- 二氧化碳排放与节能脱钩趋势愈发明显

1.1.10 交通运输行业能效政策案例研究

乘用车和轻型机动车的二氧化碳排放性能标准

方案目标

《乘用车与货车二氧化碳排放性能标准》（欧盟第 EU2019/631 号法规）不仅是欧盟助推交通运输行业转型的核心手段，也是助推德国能源转型的核心手段。该标准旨在确保汽车制造商所生产汽车的排放量越来越低而电动化程度越来越高。二氧化碳排放性能标准是**新车二氧化碳排放量上限**，即该标准适用于制造商在一年内售出的新车的平均排放量，而不是单个汽车的排放量。在此种情况下，纯电动汽车每公里排放的二氧化碳应为 0 克，这为纯电动汽车生产提供了动力。2015 年，欧盟开始正式强制推行首个新车二氧化碳排放量上限，规定在欧洲销售的所有新车的平均二氧化碳排放量必须降到每公里 130 克以下。事实上，制造商达到了这一排放量上限要求，但部分是通过操纵实验室测试程序实现的。在 2016 年至 2019 年间，随着制造商致力于推动更大、更重且利润率更高车辆的销量，新车二氧化碳排放量上限再次上升。自 2020 年起，新车二氧化碳排放量上限变为每公里 95 克。如果排放量超标，每售出一辆汽车时碳排放量每超标一克就将对制造商处以 95 欧元的罚款。2019 年，最新修订的二氧化碳排放性能标准规定，与 2021 年基准年相比，制造商必须进一步减少新车二氧化碳排放量，到 2025 年碳排放量减少 15%，到 2030 年碳排放量减少 37.5%。作为“减碳 55%”（Fit for 55）一揽子计划的一部分，欧盟委员会于 2021 年 7 月提议修订欧盟第（EU）2019/631 号法规，自 2030 年起为新车和货车设定更雄心勃勃的二氧化碳排放目标。

方案设计

在 2020 年至 2024 年间，欧盟第 EU2019/631 号法规确认了先前法规（第 EC443/2009 号法规和第 EU510/2011 号法规）设定的欧盟范围内所有新车二氧化碳排放量上限目标（乘用车二氧化碳排放量上限为每公里 95 克，货车为每公里 147 克）²³。此外，欧盟第 EU2019/631 号法规还设定了更严格的欧盟范围内所有新车二氧化碳排放量上限的分阶段目标（分别自 2025 年和 2030 年起实施），其定义为相较 2021 年新车二氧化碳排放量上限水平的减量幅度：自 2025 年起，乘用车和货车均减量 15%；自 2030 年起，乘用车和货车分别减量 37.5% 和 31%。在自 2021 年 7 月开始推行的“减碳 55%”（Fit-for-55）一揽子计划中，欧盟委员会提议将 2030 年乘用车和货车的新车二氧化碳排放量上限减量目标分别更新为相较 2021 年水平分别减量 55% 和 50%。自 2035 年起，所有新的乘用车和货车都应达到零排放目标。否则，到 2050 年将无法实现气候中和目标。所有目标都基于欧盟范围内所有新车的二氧化碳排放量上限目标，同时还考虑到每个制造商在给定年份注册的新车的平均质量，因此使用了极限值曲线。这意味着重型汽车制造商的新车二氧化碳排放量上限高于轻型汽车制造商的新车二氧化碳排放量上限。该曲线的设置，是为了实现欧盟范围内所有新车的二氧化碳排放量上限目标。此外，欧盟第 EU2019/631 号法规还针对**零排放和低排放车辆（ZLEV）**引入了**复杂的激励机制**²⁴。欧盟委员会于 2021 年提议自 2030 年起取消这一激励措施，因为届时零排放和低排放车辆将成为排放标杆。在出台 2021 年汽车标准提案的同时，欧盟委员会还提议出台《替代燃料基础设施

²³ 这些目标水平参照 NEDC（新欧洲驾驶循环）排放测试程序（于 1997 年推出）从 2021 年起，制造商的排放目标就基于新的 WLTP（全球轻型车统一测试程序）排放测试程序（从 2017 年开始）。

²⁴ https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/co2-emission-performance-standards-cars-and-vans_de

法规》（欧盟委员会，2021j），该法规将确保零排放车辆充电加油基础设施的可用性。毕竟，强化版二氧化碳排放性能标准将催生大批零排放车辆涌入市场。

除诸多汽车标准之外，德国还有另外两种节能降碳手段：

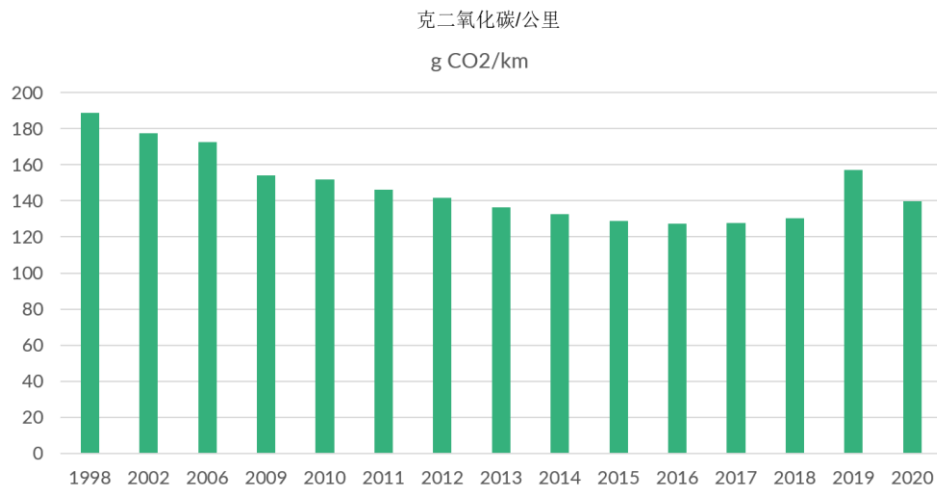
- 自 2021 年 1 月 1 日起，对首次登记注册的高油耗汽车征收**更高的机动车税**（德国联邦财政部，2020 年）。该政策会深度影响运动型多用途汽车（SUV）和二氧化碳排放量超过每公里 116 克的跑车。该政策旨在鼓励人们购买更经济实惠的乘用车。
- 此外，自 2021 年起，**交通运输领域的碳定价机制也开始生效**。起初，每吨二氧化碳价格为 25 欧元，这使每升 Super E10（一种 95 号环保型汽油）价格平均上涨 7.7 欧分，每升柴油价格平均上涨 7.6 欧分。二氧化碳价格将逐年上调，预计到 2025 年将达到每吨 55 欧元。届时，每升汽油价格将比 2020 年底水平高出 15 欧分，而每升柴油价格则将比 2020 年底水平高出 17 欧分。

方案实施成果

得益于二氧化碳排放性能标准的实施，2020 年德国车辆平均二氧化碳排放量减少至每公里 136 克²⁵（欧洲环境署，2021 年）。2019 年德国车辆二氧化碳排放量的跃升是由于引入了全球轻型车统一测试程序（WLTP）（见图）。相比之下，2020 年欧洲新车的平均二氧化碳排放量则为每公里 130.8 克（WLTP 二氧化碳平均排放量）或每公里 107.8 克（NEDC 平均二氧化碳排放量）。德国新车二氧化碳排放量之所以超过欧洲平均水平，是因为乘用车体积相对更大（2020 年德国乘用车平均重量为 1.53 吨，而欧洲乘用车的平均重量则为 1.46 吨）。

²⁵WLTP 平均二氧化碳排放量，相当于 NEDC 平均二氧化碳排放量，即每公里 113.6 二氧化碳当量

图 20：德国新注册乘用车的平均二氧化碳排放量

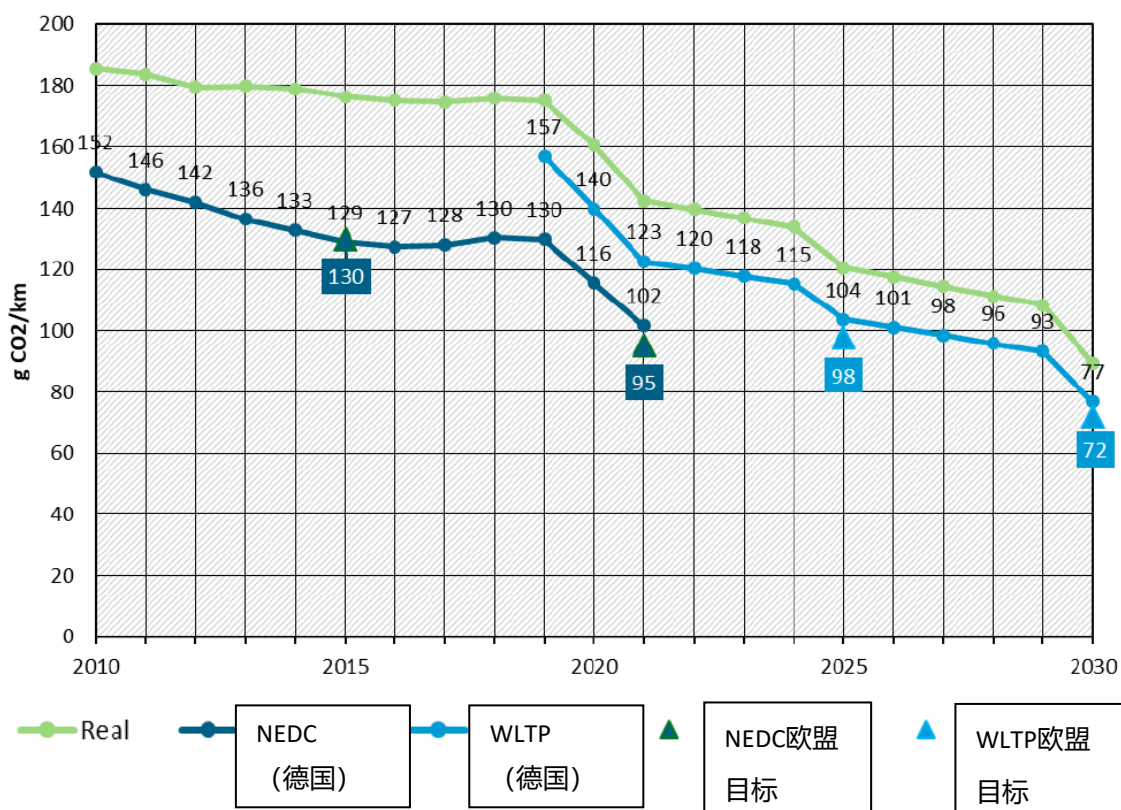


资料来源：（德国联邦汽车运输管理局，2021 年）²⁶

图 1 显示了二氧化碳排放性能标准和辅助措施（包括欧盟第 EU2019/631 号法规）的预期影响。该图还显示了 NEDC 和 WLTP 两个测量规程的影响及其与实际二氧化碳排放量的比较。该图并未包括根据“减碳 55%”一揽子计划在 2030 年之前拟在欧盟层面逐渐收紧的二氧化碳排放性能标准，特别是并未包括到 2035 年二氧化碳排放量将减至零的目标。

²⁶ 在 2018 报告年度，与过去一样，官方统计数据中公布的新注册车辆二氧化碳排放量系根据新欧洲驾驶循环（NEDC）确定的值和实测的燃料消耗量。然而，随着 NEDC 被全球统一轻型车辆测试程序（WLTP）所取代，WLTP 自 2017 年 9 月 1 日起适用于新批准的车型，自 2018 年 9 月起适用于所有新注册车型。在这一阶段，将使用欧盟委员会定义的相关方法，为这些 WLTP 二氧化碳排放量计算可比的 NEDC 二氧化碳排放量，直至 2020 年年底。因此，2018 年报告年度的数据依据包括二氧化碳排放量实测值和关联值。然而，自 2019 年 1 月 1 日起，官方统计数据中只报告基于 WLTP 的二氧化碳排放量。

图 21：德国新注册乘用车的预期二氧化碳排放量



资料来源：（德国联邦政府，2021年）

总体而言，该措施对交通运输行业的影响似乎很大（见表7）。

表 7：乘用车和轻型机动车二氧化碳排放性能标准引动的预期减排量

减排措施的效果（单位：百万吨二氧化碳当量）	2025年	2030年	2035年	2040年
更新乘用车和轻型商用车的欧盟二氧化碳排放性能标准（不包括“减碳55%”一揽子计划的额外影响）	0.98	4.93	9.62	10.37

资料来源：（德国联邦政府，2021年）

乘用车和轻型机动车的二氧化碳排放性能标准—SWOT 分析

优势—计划实施过程中积累的经验

- 在 2030 年之前定期降低二氧化碳排放标准
- WLTP 测试循环时间更长，因此测量值更接近真实水平（采用 WLTP 测试循环来取代此前的 NEDC 测试循环）

劣势—计划实施过程中吸取的教训

- 基于新车平均二氧化碳排放量核算二氧化碳碳排放限额标准（允许使用小型乘用车碳排放量来补偿大型乘用车碳排放量）
- 放宽二氧化碳排放量上限的零排放和低排放车辆（ZLEV）机制
- 通过一项基于重量的积分，给予重型车辆优惠政策
- 将替代燃料计入二氧化碳排放量上限
- 在现实世界中未对上路行驶的车辆真正施行碳排放限额标准
- 尚未针对电动汽车制定有效的能效标准和能耗上限（即车辆重量可以通过二氧化碳中性燃料来补偿）

机会—计划发展前景

- 根据欧盟“减碳 55%”一揽子计划提出的拟议修订案为到 2035 年实现乘用车零排放目标提供了压力和动力。
- 随着机动车税（年度机动车税）和燃料税连年上调，二氧化碳排放性能标准亦不断收紧，同时还应考虑到二氧化碳排放量上限将进一步加大将化石燃料从乘用车市场中淘汰出局的压力和动力。

威胁—壁垒和市场短板

- 大型乘用车（运动型多用途汽车，SUV）市场份额的不断增长导致可能无法实现交通运输行业能效目标。

机动车税：增加乘用车二氧化碳排放量的权重

方案目标

2020年10月16日颁布的《机动车税法案第七修正案》（*Siebttes Gesetz zur Änderung des Kraftfahrzeugsteuergesetzes vom 16. Oktober 2020*）（联邦法律公报|第2184页/BGBl. I S. 2184）规定，自2021年起，在德国首次注册的乘用车的二氧化碳排放量将通过逐步累进税率的方式进行加权，从而加大对小排量机动车的正向激励力度。

方案设计

按二氧化碳排放量征收的机动车税采用累进式费率，即对于每公里二氧化碳排放量超过95克但低于195克的汽车，每公里二氧化碳排放量每增加一克就要额外收取2至4欧元的税费。德国将机动车按二氧化碳排放量分为六个等级，不同等级征收不同税费。其中，前五个等级跨度相同，第六个等级的二氧化碳排放量上不封顶。各等级的具体收费如下（每克/公里相对于二氧化碳排放量测实测值）：

- 对于每公里二氧化碳排放量超过95克但低于115克的汽车：每克征收2.00欧元税费；
- 对于每公里二氧化碳排放量超过115克但低于135克的汽车：每克征收2.20欧元税费；
- 对于每公里二氧化碳排放量超过135克但低于155克的汽车：每克征收2.50欧元税费；
- 对于每公里二氧化碳排放量超过155克但低于175克的汽车：每克征收2.90欧元税费；
- 对于每公里二氧化碳排放量超过175克但低于195克的汽车：每克征收3.40欧元税费；
- 对于每公里二氧化碳排放量超过195克的汽车：每克征收4.00欧元税费。

德国采用全球轻型车统一测试（WLTP）规程下测得的二氧化碳排放量，因此能更真实地反应车辆的碳排放量和能源消耗量。

方案实施成果

截至目前，按二氧化碳排放量征收的内燃机乘用车机动车税税率为：每公里二氧化碳排放量超过95克的汽车，每公里二氧化碳排放量每增加一克，就要额外收取2欧元的税费。自2021年1月1日起，对首次注册时每公里二氧化碳排放量超过116克的乘用车征收比先前更高的机动车税。继2018年引入税收影响评估（基于WLTP测试规程下测得的二氧化碳排放量）之后，自2021年起，新的二氧化碳排放累进税将进一步提高在德首次注册的内燃机乘用车的年均机动车税；在首次注册车辆二氧化碳排放量保持不变的理论假设下，按二氧化碳排放量征收的机动车税最高可达230欧元（总体上调+60%）。机动车税会影响汽车保有成本，从而间接影响汽车动力的选择。

总体而言，由于与其他措施的相互作用，这些措施的影响似乎相对较小，并且影响力会随着时间推移而逐步下降（见表8）。

表 8：自 2021 年起，增加机动车税中二氧化碳排放量权重对预期减排量的影响

减排措施的效果（单位：百万吨二氧化碳当量）	2025 年	2030 年	2035 年	2040 年
自 2021 年起，增加机动车税中二氧化碳排放量的权重	0.29	0.20	0.08	0.09

资料来源：（德国联邦政府，2021 年）

尽管如此，机动车税中二氧化碳排放量权重因子似乎是汽车性能标准的附属工具（见之前案例研究），它为未来数年内加速淘汰使用化石燃料的乘用车和轻型机动车提供了外驱力。

机动车税：增加乘用车二氧化碳排放量的权重—SWOT 分析

优势—计划实施过程中积累的经验

- 首次对机动车实行高度差别化的机动车税
- 其他交通运输措施的辅助工具，例如二氧化碳排放性能标准
- 相对而言，机动车税的增加对车主来说至关重要（+60%）

劣势—计划实施过程中吸取的教训

- 机动车税的增加量相对于汽车成本而言微不足道
- 对于每公里二氧化碳排放量超过 195 克的汽车，机动车税不再增加
- 机动车税随二氧化碳排放量的增加而呈线性增长
- 未出台针对电动汽车的能效激励措施

机会—计划发展前景

- 为了加快推进转型，二氧化碳排放税可以在未来数年间进一步差异化
- 机动车税可以进一步差异化，以包括能源权重因子

威胁—壁垒和市场短板

- 如果不对税收制度进行妥帖设计，则大型电力技术及其他低碳技术在交通运输领域的日益普及或将导致能耗不断攀升

监测与实施最佳实践

德国能源体系转型监测报告

德国每年都会监测能源体系转型情况。德国联邦经济和气候保护部已被指定为监测能源转型进程的牵头部门。德国联邦内阁负责审批每年的**监测报告**，并移交给议会第一议院和第二议院（德国联邦议院和联邦参议院）。此外，一个由四位知名能源专家组成的独立委员会也参与这一过程。他们在整个文件起草过程中提供建议，并对**监测报告提出科学意见**。他们的科学观点将与联邦政府的报告一起发布。简单的“红绿灯”评估法则由详尽的分析演变而来（见图 19）。联邦政府每三年发布一份能源转型进度报告。该**进度报告**将提供能源转型的广泛概述，从而允许相关人员在更长时间内开展更深入的分析，并在此基础上识别趋势。该报告还将考察德国是否有望实现《能源方案》（Energy Concept）中设定的目标和指标，以及可能需要采取的额外措施类别。年度监测报告将被纳入能源转型进度报告。与之相关的最新发布文件是《第八期监测报告》及其专家意见，以及《第二期进展报告：未来能源》（德国联邦经济和气候保护部，2021a）。专家意见对能源体系转型中的能效机制尤其持怀疑态度，而对可再生能源则更具信心。

图 19：德国能源转型主要监测报告

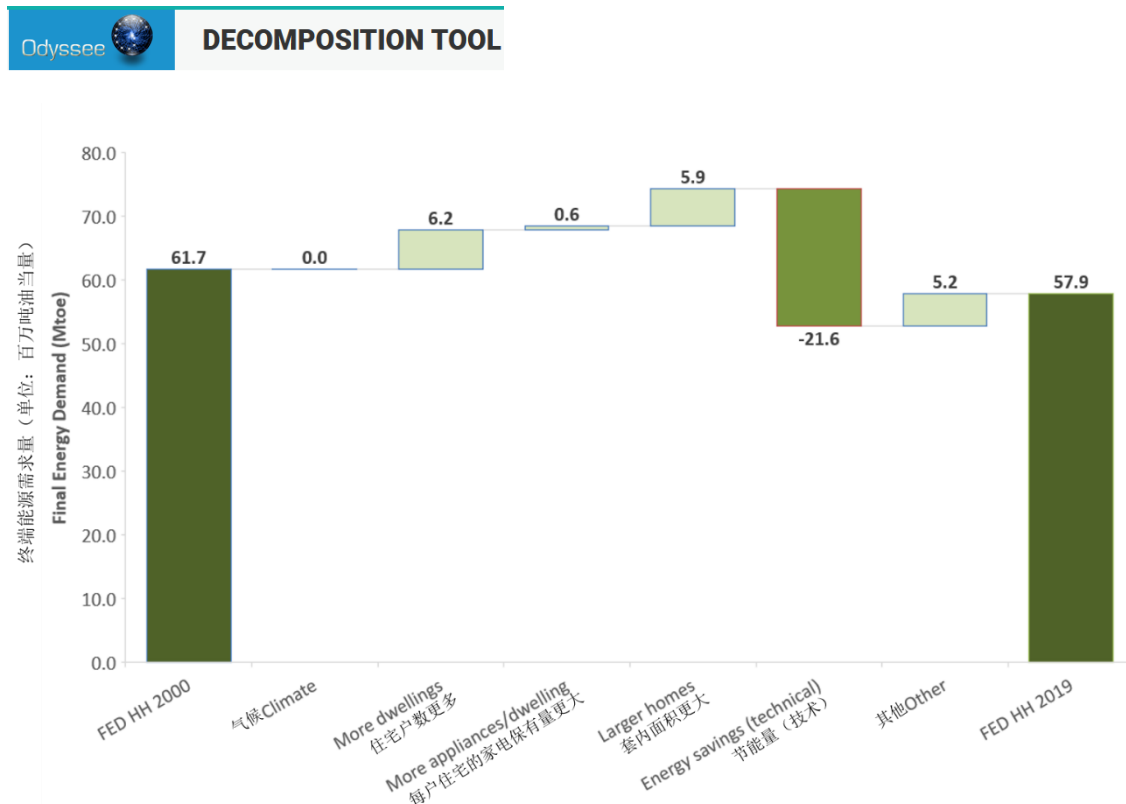


资料来源：（德国联邦经济和气候保护部，2021a）

ODYSSEE-MURE 项目：分析能效趋势和政策

ODYSSEE-MURE 项目（www.odyssee-mure.eu）成功试行了第二种重要的能效监测方法，该项目使用了大量能源指标和能效政策，广泛覆盖所有欧盟国家（包括德国）和所有能源用途。这套监测工具提供许多分析手段，例如分解工具（见图 20）。这一工具有助于理解和阐释特定行业或特定能源用途的年度能源需求量变化。

图 20：德国住宅用能变化贡献因子分解图



备注：2000 年至 2019 年，导致家庭用户（HH）终端能源需求（FED）变化的原因如下：

- 这两个日期之间的气候差异（“气候”）；
- 有人居住住宅数量的变化（“住宅户数更多”）；
- 家电保有量的变化（“每户住宅的家电保有量更大：电器和中央供热”）；
- 平均每户建筑面积的变化（“套内面积更大”）；
- （技术）节能（“修正了因低效行为而导致的负节能量后的总节能量”）；
- 其他影响（主要是供热行为的变化）。

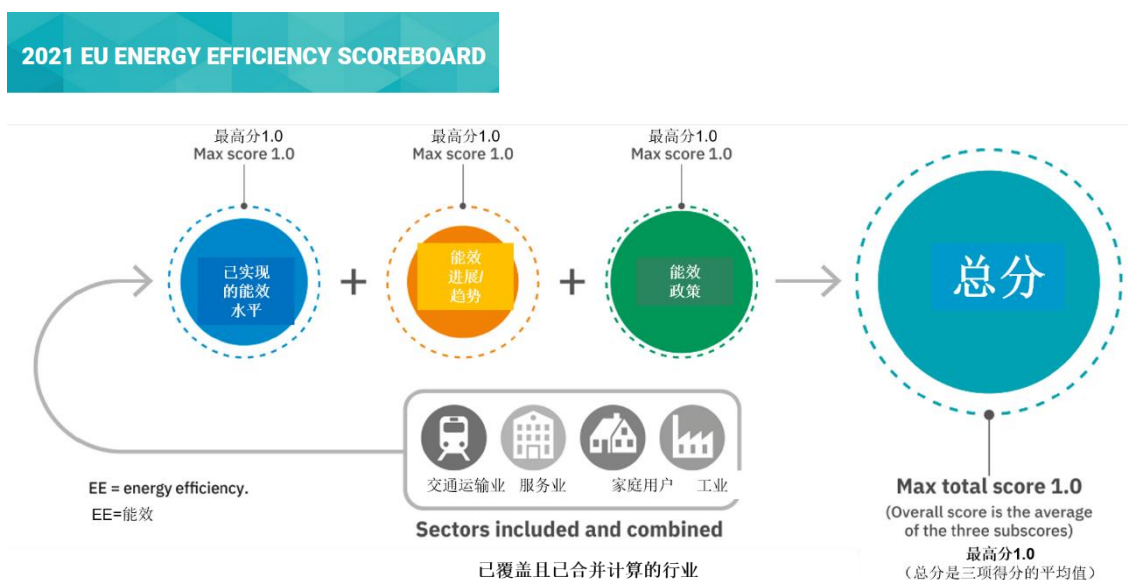
根据国家度日数（欧盟：欧盟统计局）计算气候修正。

资料来源：（ODYSSEE-MURE, 2021b）

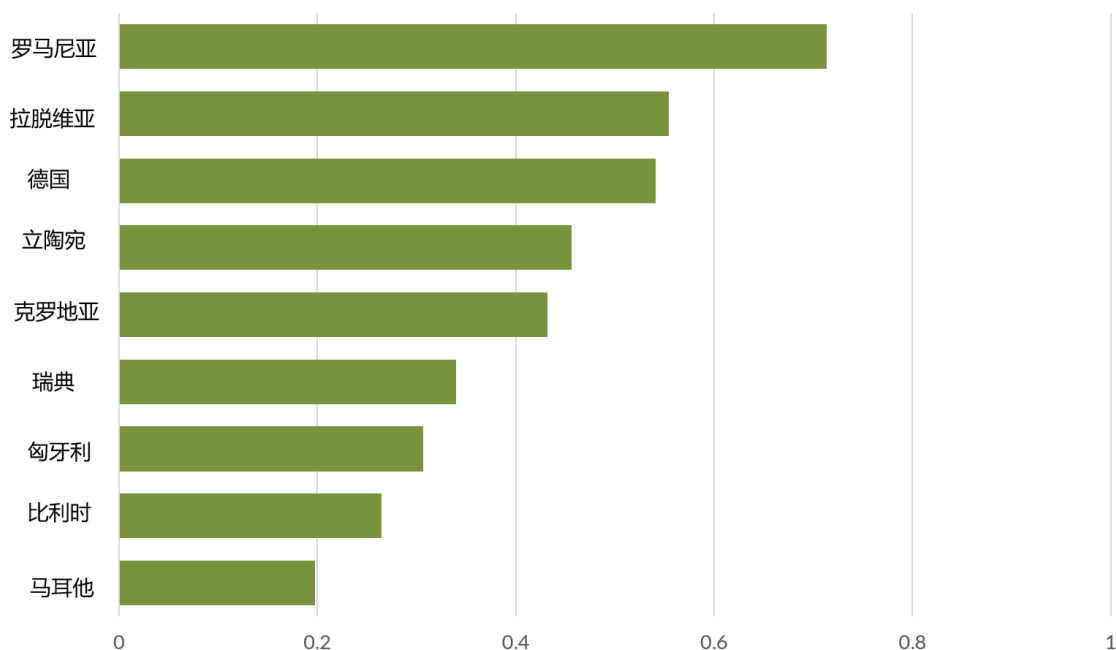
ODYSSEE-MURE 项目：分析能效趋势和政策

另一项重要工具是**欧洲能效记分牌（European Energy Efficiency Scoreboard）**，此工具据各国在能效水平、趋势和政策方面的成功程度对该国进行排名（见图 21）。

图 21：2021 年欧洲能效（EE）记分牌和排名



2021各国能效得分概览



资料来源：（ODYSSEE-MURE，2021b）

第三部分：地方层面和接受度

地方（城市）层面政策制定及其与国家及欧洲层面的联系

市政当局和地方政府是实施综合能效战略和气候保护战略的关键主体。尽管总体目标、经济框架及监管框架的设定需要从欧洲和国家层面上进行整体把控，但地方层面的能效政策应包括规划工具和实施方案，并辅之以各市政当局行政区域内的主要经济活动和公民能源消费的详尽潜力分析和情景分析（见图 22）。此外，许多政策和措施也最好在地方层面辅助实施，这些政策和措施通常涉及信息处理、意识提高、公民参与以及专业人员相关技能提升和培训等。

图 22：需要在地方层面解决的能源政策领域



资料来源：资源效率和能源战略研究所根据（Steinbach 等人，2017 年）提供的数据自行绘制

通过设定雄心勃勃的能效标准和努力提高建筑翻新改造率，市政当局也可在建筑领域发挥模范带头作用。考虑到公共合同与私营部门的相关性，市政当局的经济活动也可影响标准的制订。德国每年的公共采购交易量约为 500 亿欧元，其中 60% 由市政当局拨付（德国能源署，2021 年）。因此，确保采购流程与产品和服务的最低能效要求保持一致将极有利于推进公共采购工作的顺利开展，对整个市场具有显著的溢出效应。

案例研究：城市气候保护方案和市政供热规划

城市气候保护方案和各城市气候保护专属管理人员由德国联邦环境、自然保护和核安全部在“国家气候保护倡议”（**National Climate Protection Initiative**）的框架下提供资助。自2008年以来，该倡议业已资助 2,600 多个气候保护方案和潜力分析项目（德国联邦环境、自然保护和核安全部，2021 年）。气候保护方案必须确立各城市温室气体减排的短期、中期及长期目标和措施，因此有助于在地方层面实现国家气候保护目标。这些方案将在所有相关行为主体的共同参与下拟订，内容包括能源和温室气体资产负债表、潜力分析、减排目标、措施列表以及控制与管理工具建议（联邦公告 **BAnz AT 14.08.2020 B7 2020**）。具体项目和措施是在私人家庭、服务行业、工业、市政机构、电动出行和交通运输领域的方案内制定的（见图 23）。

图 23：城市气候保护方案的组成要素和拟定流程



资料来源：资源效率和能源战略研究所自行绘制

另一种规划工具是市政供热规划，此工具不仅被视为实现建筑行业 and 工业部门目标的重要工具，而且也是拟订基础设施总体规划的先决条件。在巴登-符腾堡州，居民人数超过 2 万的市镇必须制定市政供热规划。

市政供热规划是一种工具，可用于制定以气候中和为目标的长期供热转型战略。与气候保护方案相比，供热规划侧重于平衡供热需求和供应，包括规划当地基础设施，例如区域供热和燃气网络等。就分析和基础数据而言，它需要上层规划。根据巴登-符腾堡州《气候保护法案》的要求，市政供热规划应包含以下要素：

- 分析供热供需基础设施
- 分析可再生能源潜力和废热潜力
- 制定 2040 年气候中和目标情景，2030 年的中期目标
- 制定市政供热转型策略和相关措施目录

此外，市政供热规划还需要确定至少五项措施，并在规划发布后的五年内开始实施。

能效政策的分配效应

能效和能源贫困（分配效应）

能源贫困指无法以可承受的成本充分消费所需的能源服务（Schleich, 2019 年）。目前，大约 11% 的欧盟人口无法负担取暖费用，大约四分之一的欧盟人口面临能源贫困风险（欧洲建筑性能研究所，2014 年；Pye 等人，2015 年）。

Ugarte 等人（2016 年）在其发表的文章中（2016 年）将低收入状况与低能效住宅的关系描述为一种恶性循环，因为低收入家庭往往居住在价格低廉、未经翻新的建筑中，而这反过来又催生了高昂的燃料成本（Grösche, 2010 年）。最重要的是，低收入家庭往往没有足够财力购买节能技术，因为节能技术的前期成本通常比低能效技术的成本高（例如，翻新改造措施或最高能效等级的电器设备）。在德国和其他欧盟国家的多项实证研究中，我们发现了这种恶性循环模式的证据（Schleich, 2019 年）。

由于无法提供足够的抵押品，低收入家庭也更有可能会受到信贷限制。通常情况下，不利的偿债比率会使他们无法获得更多贷款。此外，规避债务、规避风险、规避损失或缺乏耐心等行为因素也可能使低收入家庭拒绝采用节能技术（例如 Schleich 等人，2019 年；Schleich、Faure 及 Meissner, 2021 年）。通常情况下，低收入家庭更有可能会规避债务、规避风险、规避损失和缺乏耐心。

能源成本通常呈递减趋势：德国低收入家庭的能源服务支出通常占家庭总收入的较大比重（例如 Bach、Harnisch 及 Isaak, 2018 年）。例如，收入最低阶层（最低的 10%）家庭的电费支出平均约占家庭净收入的 6.5%，但收入最高阶层（最高的 10%）的电费支出平均仅占家庭净收入的 1%（Bach 等人，2018 年）。然而，与其他国家（例如拥有较高保有量的法国、罗马尼亚）相比，在德国，“贫困房主”的现象极为罕见。

低收入家庭将特别受益于具有成本效益的能效措施，因为这些措施通常具有渐进式特性，并且会在中期就体现出节省能源和降低成本的优势。

缓解能源贫困政策

Ugarte 等人（2016 年）在梳理欧盟成员国的节能政策时发现，专门针对低收入家庭的节能政策鲜少存在。大多数政策将能源审计和指定用于改造措施或锅炉更换的低息贷款或赠款结合使用，而很少有政策涉及电器更换（Schleich, 2019 年）。

决策者应关注所涉及的利益相关者，因为除非专门针对“贫困房主”，否则仅使房主受益的用于实施保温隔热措施或供热系统的低息贷款或赠款等很可能逐年递减。同样，高收入家庭尤其受益于税收抵免政策，因为他们的边际税率更高。总体而言，专门针对低收入家庭的政策会有效杜绝投机取巧行为，并可加速推广节能技术。

根据第 0 节中提及的欧盟委员会关于能效新指令及其缓解能源贫困目标的提议以及弱势客户和社会气候基金必须强制性分担节能责任的提议，可以预期的是，欧盟成员国和欧洲将制定和实施旨在解决能源贫困问题的新政策。

目前，德国节能检查计划（German Energy Saving Check programme）每年为大约 5 万户低收入家庭提供建议，安装低成本的能源效率技术（例如 LED 或接头板），并为购买具有最高能效等级的冰箱设备提供最高可达每台 150 欧元的津贴。北莱茵-威斯特法伦州也实施了专门针对财政和法律问题的联邦层面信息计划，计划名称为“北威州扶贫计划”（Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen, 2021 年）。

针对低收入房主的更多有效措施还包括降低利率、延长贷款偿还期限和提供更多补贴（Schleich, 2019 年）。此外，低收入家庭更愿意立即获得补贴，而不是通常在几个月后才收到税收抵免，因为这些利益相关者通常缺乏耐心。

其他有效措施还包括微型合同概念，即，能源供应商接管一项微型合同信贷提供资金的投资，其偿还金额与所节省的电力成本相当（Luschei、Beckmann 及 Schreiner, 2016 年）。

能效政策分配效应—SWOT 分析

优势—现行政策组合

弱势消费群体可以初步体验专门针对这一群体设计的特定工具：

- 面向低收入家庭开展的财务和法律信息宣传活动（北威州扶贫计划，国际明爱机构）
- 低成本能源效率技术（EET）允许分期付款，同时给予低收入家庭提供津贴（国际明爱机构）

劣势—政策优化

- 如果针对性不强，则很容易滋生投机行为
- 与建筑物相关的政策往往具有逐年递减性质
- 鲜少有针对低收入家庭的政策
- 大多忽视行为因素
- 交易成本高：申请资助手续复杂

机会—新颁政策和政策方案

- 针对低收入家庭的政策，例如下调利率、延长贷款和补贴偿还期限
- 有不同利益相关者参与的创新型融资工具
- 对弱势群体实行强制性固定节能率机制（欧盟）

威胁—壁垒和市场短板

- 投资者-用户困境
- 预算限制
- 缺乏信息
- 翻新改造率低
- 激励机制各自为政

社会接受度

使整个社会和相关的利益相关者群体对能源效率和相关政策的重要性达到高水平的认识、理解和接受，对于确保必要的合规性、充分挖掘这些政策的潜能以及最大限度地减少能效差异是至关重要的。

德国人对能源转型的接受度普遍很高。德国联邦开发银行的“能源转型晴雨表”年度调查结果显示，在过去数年间，自称愿意采取行动的家庭比例以及确实使用节能技术或可再生能源技术的家庭比例一直呈稳步增长态势。然而，在邻近地区采取具体措施常常受到邻避效应（“不要建在我家后院”）的制约。例如，风力涡轮机或陆上输电线的建设常常遭到当地居民的反对，因为居民可能担心这些设施会有碍观瞻或受到噪音滋扰（Römer 和 Steinbrecher, 2021 年）。

一些研究表明，有效参与措施有助于提高接受度。在 KomMA-P 项目的一份报告中，研究人员对不同情境下的不同参与措施进行评估，并就如何通过让人们参与决策过程和财务回报以及如何通过以透明方式传达地方措施和提供补助来提高接受度给出多项建议。

尤其值得一提的是，该研究将公用事业和市政当局视为发起参与进程的相关行动主体（Fuchs 等人，2016 年）。

在设计政策机制时还应考虑接受度的问题，以确保这些机制被认为具有公平性和充分性等特征，唯有这样才可实现预期结果。例如，Fanghella 等人（2021 年）对三个欧盟国家（意大利、瑞典、英国）的个体进行了具有人口统计学代表性的离散选择实验。在实验中，他们调查了个人利益对公民成本分配偏好的影响，以及能效政策的环境效益对政策可接受度的影响。他们发现，就成本负担分摊而言，污染者付费分摊则是最受欢迎的负担分摊规则，而等量规则最不受欢迎的负担分摊规则，同时也是利己的证据（即个体通常更喜欢那些他们比别人受益更多但付出更少的政策）。但是，由于偏好可能因地区的不同而异，应考虑研究中国不同地区对不同类型政策的接受程度。

针对特定目标群体的政策的另一个重要考量因素是其他行动主体对决策者决策过程的潜在影响。尤其在建筑能效方面，人们发现技术人员和安装人员等中间要素在家庭决策中发挥着重要作用（Arning 等人，2020 年）。这可能尤为棘手，因为人们经常发现这些行为主体更喜欢自身更熟悉的技术，而不是创新型可持续技术。因此，政策不仅应针对投资者本人，还应考虑创新体系中具有特定利益和特定资源的其他行为主体。同样，政策还应确保在建筑物中使用新型节能技术的操作人员和企业接受新技术并顺利通过相关技术培训，因为缺乏此类技术往往会导致运行效率低下以及预期节能效果与实际节能效果相去甚远等问题（Böhm、Schäfer 及 Stadler，2019 年）。

参考文献

- AG Energiebilanzen. 2021. *Auswertungstabellen Zur Energiebilanz Deutschland. Daten Für Die Jahre von 1990 Bis 2020.*
- Arning, Katrin;, Elisabeth; Dütschke, Joachim; Globisch, and Barbara Zaunbrecher. 2020. *The Challenge of Improving Energy Efficiency in the Building Sector: Taking an in-Depth Look at Decision-Making on Investments in Energy-Efficient Refurbishments. In: Energy and Behaviour. Towards a Low Carbon Future. Amsterdam: Academic Press, S. 129–151.*
- Bach, S. ..., M. .. Harnisch, and N. Isaak. 2018. *Verteilungswirkungen Der Energiepolitik – Personelle Einkommensverteilung. Endbericht. Forschungsprojekt Im Auftrag Des Bundesministeriums Für Wirtschaft Und Energie, DIW, Berlin.*
- BAFA. 2020. *Leitfaden Zur Erstellung von Energieauditberichten Stand 30.11.2020.*
- BAFA. 2021. 'Federal Funding Programme for Energy and Resource Efficiency in the Economy (Bundesförderung Für Energie- Und Ressourceneffizienz in Der Wirtschaft): New Programme November 2021, Previously: Federal Funding Programme for Energy Efficiency in the Economy (Bundesförderung Für Energieeffizienz in Der Wirtschaft).' Retrieved (https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/energieeffizienz_und_prozesswaerme_node.html).
- BAnz AT 04.02.2020 B1. 2020. *Richtlinie Über Die Förderung Der Energieberatung Für Wohngebäude(Vor-Ort-Beratung, Individueller Sanierungsfahrplan Vom 28. Januar 2020.*
- BAnz AT 14.08.2020 B7. 2020. *Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im Kommunalen Umfeld „Kommunalrichtlinie“ Vom 22. Juli 2020.*
- BAnz AT 18.10.2021 B2. 2021. *Richtlinie für Die Bundesförderung Für Effiziente Gebäude– Einzelmaßnahmen (BEG EM) Vom 16. September 2021.*
- BAnz AT 18.10.2021 B3. 2021. *Richtlinie für Die Bundesförderung Für Effiziente Gebäude– Wohngebäude (BEG WG) Vom 16. September 2021.*
- BAnz AT 18.10.2021 B4. 2021. *Richtlinie für Die Bundesförderung Für Effiziente Gebäude– Nichtwohngebäude (BEG NWG) Vom 16. September 2021.*
- BEHG. 2019. *Brennstoffemissionshandelsgesetz Vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2728), Das Durch Artikel 1 Des Gesetzes Vom 3. November 2020 (BGBl. I S. 2291) Geändert Worden Ist".*
- BFE. 2021. *Competitive Calls for Tenders – ProKilowatt.*
- BMF. 2020. *Seventh Act Amending the Motor Vehicle Tax Act (Siebtes Gesetz Zur Änderung Des Kraftfahrzeugsteuergesetzes).*
- BMU. 2021. 'Zahlen Und Fakten Nationale Klimaschutzinitiative Des Bundesumweltministeriums'. *Bundesministerium Für Umwelt, Naturschutz Und Nukleare Sicherheit.* Retrieved 26 November 2021 (<https://www.klimaschutz.de/zahlen-und-fakten>).

- BMWi. 2019. *Energieeffizienzstrategie 2050*.
- BMWi. 2020. *Kurzanleitung In 7 Schritten Zum Sanierungsfahrplan*.
- BMWi. 2021a. *Energieeffizienz Für Eine Klimaneutrale Zukunft 2045 - Zwischenbericht Roadmap Energieeffizienz 2045*.
- BMWi. 2021b. *Gesamtausgabe Energiedaten - Nationale Und Internationale Entwicklung*.
- Böhm, U. ..., M. ... Schäfer, and M. Stadler. 2019. *Energieeffizienz Im Spannungsfeld Zwischen Anlagentechnik Und Sozialen Akteuren. Hemmnisse Für Den Effizienten Betrieb Komplexer Heizungsanlagen. TATuP. 28/3*.
- BPIE. 2014. *Alleviating Fuel Poverty in the EU. Investing in Home Renovation. A Sustainable and Inclusive Solution. BPIE. May 2014*.
- Bundes-Klimaschutzgesetz. 2019. *Bundes-Klimaschutzgesetz Vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), Das Durch Artikel 1 Des Gesetzes Vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) Geändert Worden Ist*.
- Bundesregierung. 2021. *Projektionsbericht 2021 Für Deutschland*.
- dena. 2021. 'Energieeffizienz in Der Kommune'. *Deutsche Energie-Agentur Dena*. Retrieved 26 November 2021 (<https://www.dena.de/themen-projekte/energieeffizienz/oeffentliche-hand/>).
- Diefenbach, Nikolaus, Britta Stein, Tobias Loga, Markus Rodenfels, and Karin Jahn. 2018. *Monitoring Der KfW-Programme „Energieeffizient Sanieren“ Und „Energieeffizient Bauen“ 2017*.
- DIW. 2019. *Umweltwirkungen Der Ökosteuer Begrenzt, CO2-Bepreisung Der Nächste Schritt. DIW Wochenbericht 13 / 2019, S. 215-221*.
- EEA. 2021. *CO2 Emissions from New Passenger Cars (Dashboard)*.
- European Commission. 2009. *Regulation (EC) No 1221/2009 of 25 November 2009 on the Voluntary Participation by Organisations in a Community Eco-Management and Audit Scheme (EMAS)*.
- European Commission. 2021a. *A European Green Deal*.
- European Commission. 2021b. *Energy Efficiency Directive*.
- European Commission. 2021c. *Energy Efficiency First*.
- European Commission. 2021d. *Energy Efficiency Targets*.
- European Commission. 2021e. *Energy Efficient Buildings*.
- European Commission. 2021f. *Governance of the Energy Union and Climate Action*.
- European Commission. 2021g. *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the Deployment of Alternative Fuels Infrastructure*.
- European Commission. 2021h. *Transforming Our Economy and Societies*.
- Expertenkommission Energie der Zukunft. 2021. *Stellungnahme Zum Achten Monitoring-Bericht Der Bundesregierung Für Die Berichtsjahre 2018 Und 2019. .*

- Fanghella, V. ..., C. ... Faure, M. C. ... Guetlein, and J. Schleich. 2021. *What's in It for Me? Self-Interest and Preferences for Distribution of Costs and Benefits of Energy Efficiency Policies. Fraunhofer ISI Working Paper Sustainability and Innovation.* .
- FiFo, Fraunhofer FIT, and ZEW. 2019. *Evaluierung von Steuervergünstigungen - Evaluierungsgruppe A: Energie- Und Stromsteuer.*
- FOES. 2016. *Stellungnahme Zum Grünbuch Energieeffizienz Des BMWI - Marktkräfte Für Energieeffizienz Nutzen.*
- FOES. 2017. *Energiesteuerreform Für Klimaschutz Und Energiewende - Konzept Für Eine Sozial- Und Wettbewerbsverträgliche Reform Der Energiesteuern Und Ein Flächendeckendes Preissignal.*
- Fraunhofer ISI / Scheuer. 2021. *Will the Fit for 55 Package Deliver on Energy Efficiency Targets? A High-Level Assessment.*
- Fraunhofer ISI, Consentec, ifeu, and TU Berlin. 2021. *Long-Term Scenarios for Climate Neutrality.*
- Fuchs, D. ..., S. ... Götz, A. ... Graf, T. ... Gumbert, M. ... Klobasa, M. ... Ruddat, and M. Sonnberger. 2016. *Abschlussbericht. Komplementäre Nutzung Verschiedener Energieversorgungskonzepte Als Motor Gesellschaftlicher Akzeptanz Und Individueller Partizipation Zur Transformation Eines Robusten Energiesystems - Entwicklung Eines Integrierten Versorgungsszenarios (KomMA-P).*
- GEG. 2020. *Gebäudeenergiegesetz Vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728).*
- Grösche, P. 2010. *Housing, Energy Cost, and the Poor: Counteracting Effects in Germany's Housing Allowance Program. Energy Policy 38 (1), 93–98.* .
- GWS. 2020. *Analyse Der Deutschen Exporte Und Importe von Technologiegütern Zur Nutzung Erneuerbarer Energien Und Anderer Energietechnologiegüter.*
- Heinrich, Stephan,; Nora; Langreder, Christoph; Thormeyer, Friedrich; Seefeldt, Lars-Arvid; Dr.Brischke, and Martin; Dr.Pehnt. 2019. *Ex Post-Analyse Des Pilotprogramms STEP Up!*
- Hirzel, S., B. Sonntag, and C. Rohde. 2011. *Betriebliches Energiemanagement in Der Industriellen Produktion.*
- IRENA. 2021. *World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway.*
- KBA. 2021. *Kraftfahrzeug Bundesamt Statistik - Fahrzeuge - Neuzulassungen.*
- Kotin-Förster, Sonja, Marian Bons, and Katja Dinges. 2019. *Evaluation Der Wettbewerblichen Ausschreibungen Für Stromeffizienzmass-nahmen. Anhang III – Internationaler Vergleich.*
- Mai, Michael,; Edelgard; Gruber, Natalja; Ashley-Belbin, Anna; Schulz, Anton; Barckhausen, Gunnar; Will, and Jan-Erik Thie. 2017. *Analyse Der Entwicklung Des Marktes Und Zielerreichungskontrolle Für Gesetzlich Verpflichtende Energieaudits – Schlussbericht an Das Bundesamt Für Wirtschaft Und Ausfuhrkontrolle (BAFA).*
- ODYSSEE-MURE. 2021a. 'EU Environmental Economic & Social Multi Benefits

- Efficiency Tool | ODYSSEE-MURE'. Retrieved 26 November 2021 (<https://www.odyssee-mure.eu/data-tools/multiple-benefits-energy-efficiency.html>).
- ODYSSEE-MURE. 2021b. 'ODYSSEE Database'. Retrieved 26 November 2021 (<https://www.indicators.odyssee-mure.eu/energy-efficiency-database.html>).
- Oeko Institute. 2021. 'Viel Mehr Förderanträge Für Energieeffizienz in Gebäuden 2020: Gut Fürs Klima? - Öko-Institut e.V. Blog'. Retrieved 26 November 2021 (<https://blog.oeko.de/viel-mehr-foerderantraege-fuer-energieeffizienz-in-gebaeuden-2020-gut-fuers-klima/>).
- Pause, F., M. Wimmer, J. Kamm, and J. Nysten. 2021. *Das Fit Für 55-Paket: Updates Und Neufassung Der Energieeffizienz-Richtlinie. Green Deal Erklärt*.
- Prognos, Öko-Institut, and Wuppertal-Institut. 2021. *Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland Seine Klimaziele Schon Vor 2050 Erreichen Kann*.
- PWC. 2019. *Evaluation Der Energieberatung Für Wohngebäude*.
- Pye, S. .., A. .. Dobbins, C. .. Baffert, J. .. Brajković, Grgurev I., R. .. De Miglio, and P. Dean. 2015. *Energy Poverty and Vulnerable Consumers in the Energy Sector across the EU: Analysis of Policies and Measures, Insight_E Policy Report*. London.
- Römer, D. .., and J. Steinbrecher. 2021. *KfW-Energiewendebarmeter 2021. Große Zustimmung Trotz Corona – Drohende Investitionslücken Bei Einkommensschwachen Haushalten*.
- Schleich, J. 2019. *Energy Efficient Technology Adoption in Low-Income Households in the European Union – What Is the Evidence? Energy Policy 125, 196-206*.
- Schleich, J., C. Faure and T. Meissner. 2021. *Adoption of Retrofit Measures among Homeowners in EU Countries: The Effects of Access to Capital and Debt Aversion. Energy Policy 139, 112025*.
- Schleich, J., X. Gassmann, T. Meissner and C. Faure. 2019. *A Large-Scale Test of the Effects of Time Discounting, Risk Aversion, Loss Aversion and Present Bias on Household Adoption of Energy Efficient Technologies. Energy Economics 80, 377–393*.
- SpaEfV. 2013. *Spitzenausgleich-Effizienzsystemverordnung Vom 31. Juli 2013 (BGBl. I S. 2858), Die Zuletzt Durch Artikel 205 Der Verordnung Vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) Geändert Worden Ist*.
- Steinbach, Jan, Eftim Popovski, Tobias Fleiter, Edith Chassein, and Ignacio Bedoya. 2017. *Policy Recommendations to Decarbonise European Heating and Cooling Systems*.
- UBA. 2021a. 'Der Europäische Emissionshandel '. *Umweltbundesamt*. Retrieved 26 November 2021 (<https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/der-europaeische-emissionshandel#teilnehmer-prinzip-und-umsetzung-des-europaischen-emissionshandels>).
- UBA. 2021b. *Previous Year's Estimate of German Greenhouse Gas Emissions for 2020*. Dessau.

UBA. 2021c. *Umwelt- Und Energiemanagementsysteme*.

Ugarte, S. .., B. .. van der Ree, M. .. Voogt, W. .. Eichhammer, J. .. Ordonez, M. ..
Reuter, B. .. Schlomann, P. .. Lloret, and R. Villarafila. 2016. *Energy Efficiency for
Low-Income Households. European Parliament Directorate General for Internal
Policies. Policy Department. Report at the Request of the Committee on Industry,
Research and Energy (ITRE)*. .

VerZ NRW. 2021. *Das Landesprojekt 'NRW Bekämpft Energiearmut'*.