

iea

International
Energy Agency

能效2022

CCEEE 编译

CCEEE 
ENERGY · EFFICIENCY · ECONOMY

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

The IEA examines the full spectrum of energy issues including oil, gas and coal supply and demand, renewable energy technologies, electricity markets, energy efficiency, access to energy, demand side management and much more. Through its work, the IEA advocates policies that will enhance the reliability, affordability and sustainability of energy in its 31 member countries, 11 association countries and beyond.

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

IEA member countries:

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

The European Commission also participates in the work of the IEA

IEA association countries:

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

摘要

《能效 2022》是国际能源署（IEA）针对全球能效市场及相关政策进展情况进行年度分析的主要产出。该报告对全球在能源强度、能源需求，以及能效相关投资、创新、政策和技术等方面的近期趋势进行了探索，同时围绕政策制定者面临的关键问题进行了讨论。

2022 年全球几乎所有国家都发生了创纪录的能源开支，同时需要确保可靠的能源供应，因此各国政府都在这一年承担了紧迫的政治和经济任务。由于能效提升行动能够同时兼顾（能源）经济性、供应安全和气候（友好）目标，各国正将其作为应对能源危机的优先措施。

尽管全球能效投资水平近期创下新高，但全球能源强度改善的进程却在近五年显著放缓，在新冠疫情爆发的最初两年更是几乎停滞。全球能源危机后各国采取措施进一步控制能源消费增长，促使能源强度改善速度重新开始提升；在这样的背景下，本册报告的关键主题包括：全球能效趋势在 2022 年发生的转折能否延续，以及人们为此还可以付出哪些努力。

Acknowledgements

Energy Efficiency 2022 was prepared by the Energy Efficiency Division (EEfD) of the International Energy Agency (IEA) under the leadership of Brian Motherway, Head of EEfD, and Kevin Lane, Senior Programme Manager.

The report was led and coordinated by Nicholas Howarth. Other lead authors were Jack Miller, Emma Mooney, Ksenia Petrichenko, Alison Pridmore, Cornelia Schenk, and Fabian Voswinkel. Major contributions were made by Conor Gask, Pauline Henriot, Orestis Karampinis, Natalie Kauf, Sungjin Oh and Monica Troilo, along with Andika Akbar, Paola Cajamarca, Edith Bayer, Emi Bertoli, Clara Camasara, Celine Gelis, Manuel Portilla Paveri, Matthieu Prin, Vida Rozite, Hugo Salamanca, Melanie Slade and Seohee Song. Diane Munro carried editorial responsibility for the report.

Keisuke Sadamori, Director of Energy Markets and Security (EMS), provided strategic guidance and input to this work. Valuable comments, feedback and guidance were provided by other senior managers within the IEA and, in particular, Laura Cozzi, Tim Gould, Timur Guel and Nick Johnstone.

Data and analysis from the IEA Energy Data Centre were fundamental to the report, particularly from Roberta Quadrelli, Domenico Lattanzio, Alexandre Bizeul, Jungyu Park, Arnau Riquez Martin, Pouya Taghavi-Maghavi, Pedro Carvalho, Juha Köykkä and Suzy Leprince.

Analysis and input from the IEA World Energy Outlook, Tracking Clean Energy Progress, World Energy Investment, Energy Technology Perspectives and Sustainable Recovery Tracker teams was essential to this work. Particular thanks go to Daniel Wetzel, Araceli Fernandez Pales, Timothy Goodson, Mathilde Huisman, Yannick Monschauer, Chiara Delmastro, Tiffany Vass, Tanguy De Bienassis, Jacob Teter, Blandine Barreau and Leonardo Paoli. Other IEA colleagues who made important contributions include: Jean-Baptiste Le Marois, Simon Bennett, Sylvia Beyer, Toril Bosoni, Joel Couse, Rebecca Gaghen, Gergely Molnar, Yasmina Abdelilha, Jeremy Moorhouse and Francois Briens. Thanks also goes to colleagues at the OECD Daniel Sanchez Serra, Arnaud Benoit and Pierre-Alain Pionner.

Colleagues at the Energy Efficiency Hub who provided helpful comments and support to the project included Jonathan Sinton and Kristina Klimovich. Other helpful research, support and advice was provided by Mitsidi Projetos, Marianne Pearson and Ian Skinner (TEPR), Thomas Nowak (EHPA), Ian Hamilton, and Professor Amory Lovins (Stanford University). We would also like to recognise advice and input from Simon Black, Karlygash Zhunussova, Ian Parry, Dora Iakova, Philip Barrett, Nate Vernon, Nicolas Arregui and Jing Zhou from the International Monetary Fund.

The report would not have been possible without Jad Mouawad, Head of the Communications and Digital Office (CDO), and his team who were responsible for production and launch support, especially Astrid Dumond, Tanya Dyhin, Grace Gordon, Jethro Mullen, Rob Stone, Isabelle Nonain-Semelin and Therese Walsh.

The report was made possible by assistance from the Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan.

Peer reviewers

Many senior government officials and international experts provided input and reviewed preliminary drafts of the report. Their comments and suggestions were of great value. They include:

Rasmus Kristensen	Danfoss
Alex Ablaza	Asia-Pacific ESCO Industry Alliance
Peter Bach	Danish Energy Agency
Jeferson Soares	Energy Research Office, Brazil
Martin Bornholdt	DENEFF
Paolo Ceccherini	Signify
Robert Deegan	Department of the Environment, Climate and Communications, Ireland
Saurabh Diddi	Bureau of Energy Efficiency, India
Yaroslav Dobrovolskii	Signify
Lesley Dowling	Department of Industry, Science, Energy and Resources, Australia
Bilal Düzgün	Ministry of Energy and Natural Resources, Türkiye
Lynette Dray	University College London
Christine Egan	CLASP
Wolfgang Eichhammer	Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research)
Mark Ellis	Mark Ellis & Associates
Steven Fawkes	EnergyPro
Alessandro Federici	Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development
Brian Fitzgerald	Energy Efficiency and Conservation Authority, New Zealand
Peter Fraser	Consultant
Robi Ginting	Youth representative
Takashi Hongo	Mitsui & Co. Global Strategic Studies Institute

Rod Jansen	Energy in Demand
Harry Kennard	University of London
Ga-yon Kim	Korea Energy Agency
Juan Ignacio	Permanent Delegation of Spain to the OECD
Nethe Laursen	Danish Energy Agency
Skip Laitner	Association for Environmental Studies and Sciences
Jarrood Leak	A2E2
Hana Lee	Korea Energy Agency
Soren Luetken	Global ESCO Network
Alexandra Maciel	Ministry of Mines and Energy, Brazil
Rob Murray-Leach	Energy Efficiency Council
Vincent Minier	Schneider Electric
David Morgado	Asian Development Bank
Steve Nadel	American Council for an Energy-Efficient Economy
Christian Noll	DENEFF
Halil Oruç	Ministry of Energy and Natural Resources, Türkiye
Alan Pears	RMIT University
Timo Ritonummi	Ministry of Economic Affairs and Employment, Finland
Rika Safrina	ASEAN Centre for Energy
Chandana Sasidharan	AEEE
Ashok Sakar	World Bank
Yasuhiro Sakuma	METI
Barış Sanli	Government of Türkiye
Marion Santini	RAP
Koichi Sasaki	Institute of Energy Economics, Japan
Andreas Scholt	Data Ahead
Jeremy Sung	Department of Environment, Land, Water and Planning, Victoria, Australia
Peter Sweatman	Climate Strategy & Partners
Pradeep Tharakan	Asian Development Bank
Samuel Thomas	RAP
Melissa Tomassini	Youth representative
Sara Vad Sørensen	Danfoss
Harry Verhaar	Signify
Evi Wahyuningsih	Consultant

目录

执行摘要	06
第 1 章 全球能效趋势	20
1.1 能源强度	20
1.2 能源需求	24
1.3 金融和投资	31
1.4 创新	37
第 2 章 政策与技术	42
2.1 国家层面及国际进展	42
2.2 标准和标识	48
2.3 基于市场的政策工具	51
2.4 建筑	53
2.5 工业	57
2.6 交通	62
2.7 系统层面能效	67
第 3 章 能效与能源危机	72
3.1 减少能源开支和对抗能源贫困	72
3.2 消费者节能意识提升，节能导向的行为转变增加	84
3.3 能源安全与俄罗斯天然气	87
3.4 加强相关供应链和技能准备，以便加速推广能效措施	98
3.5 实现气候目标	101
第 4 章 特别关注：东盟国家能效	104
4.1 东盟用能情况概述	104
4.2 各部门情况	106
4.3 提高能效目标	116
附录	119
缩略语列表	119
单位	120

执行摘要

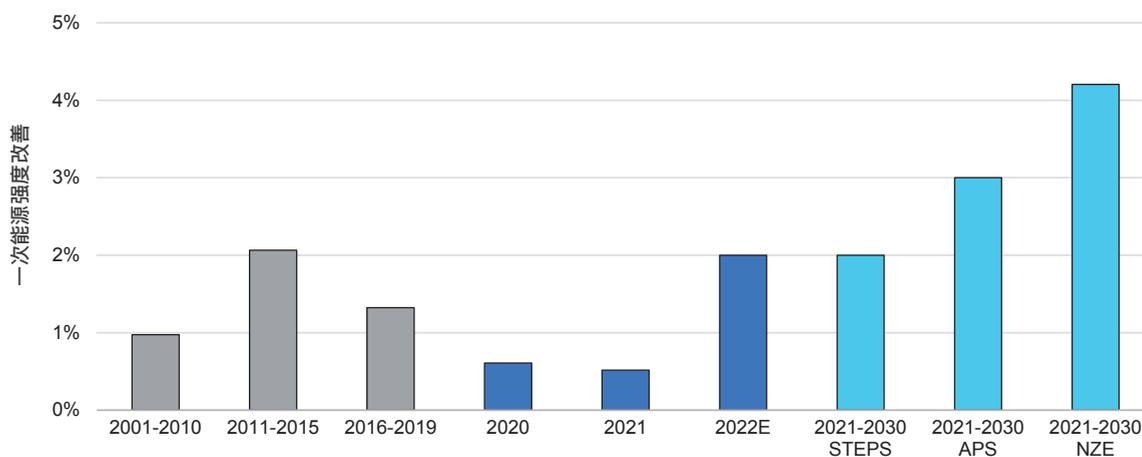
各国采取措施控制能源危机的经济影响，能效提升行动随之加速

俄罗斯联邦（以下简称“俄罗斯”）和乌克兰之间的战争引发了空前的全球能源危机，导致能源安全问题和能源价格上涨，后者进一步造成了世界经济的通货膨胀效应；人们对这些问题的担忧急剧升级。

对全球几乎所有国家的政府而言，降低消费者创纪录的能源开支、确保可靠的能源供应，都是政治和经济上的一项核心任务。虽然各国有许多方式可以应对目前的危机，但从兼顾（能源）经济性、供应安全和气候（友好）目标而言，聚焦能效提升行动毫无疑问是首要的最优措施。

随着本次危机爆发以来各国采取措施对能源消费总量的减少和控制进行重点关注，全球能效提升趋势开始向好，预计 2022 年能源强度年度改善¹ 速度将达到 2%。

2001–2022年和各情景下2021–2030年全球一次能源强度年度改善情况



IEA. CC BY 4.0.

注：图上2022E指2022年估算值；STEPS指“既定政策”情景；APS指“承诺目标”情景；NZE指“2050年净零排放”情景。

¹ 译者注：如无特殊说明，本报告中的“能源强度改善”指能源强度的下降，并等同于“能效提升”。

2022 年全球能源需求² 增长锐减，预计全年增幅仅为约 1%。而该数字在上一年高达 5%，是近五十年来最大的单年增幅之一。

2022 年的能源强度改善发生在新冠疫情爆发以来的一系列颓势之后。此前的 2020 和 2021 年均以 0.5% 左右的年改善幅度，提名史上全球能源强度改善进程最差的年份名单。这一趋势主要来源于能源需求总量中能源密集型行业的占比增加以及能效提升进程减缓，在建筑和工业部门尤其如此。

然而早在新冠疫情开始之前，20 国集团（G20）中的 13 国就已经出现了能源强度改善进程的滞缓，仅四国有较大提升。2010–2020 年期间，全球能源强度的（年均）改善速度从前五年的 2%，下降到了后五年的 1.3%。这意味着如果要实现国际能源署（IEA）“2050 年净零排放”情景，全球需要面临重新加速能效提升进程的挑战，将（现在起）到 2030 年的（年均）能效提升速度再度恢复到 4%。

2022 年的能源强度改善部分来自消费者为了控制（能源）成本所减少的能源消费，因此并不能完全视为（能效方面的）进步。（能源成本的）重压之下，企业纷纷关停或减产，世界各地的许多人勉力支付才能维持基本的能源需求。目前全球无法稳定获取供暖、制冷、清洁烹饪和其他能源服务的人口数量已经增加到了 25 亿，2019 年以来全球能源贫困家庭新增 1.6 亿。

高昂的化石能源价格正在催生生活成本危机，造成能源贫困和公共健康问题恶化

能源价格在各国的上涨情况有所不同，主要取决于（该国）能源结构、能效水平、经济结构，以及燃油税和能源账单支持策略等政府政策。虽然本次（能源）危机是全球性的，但论及影响，欧洲首当其冲——来自俄罗斯的能源供应减少，导致（欧洲）消费者不得不在冬季供暖月承受更加昂贵的能源账单和更高的（能源）供应短缺风险。

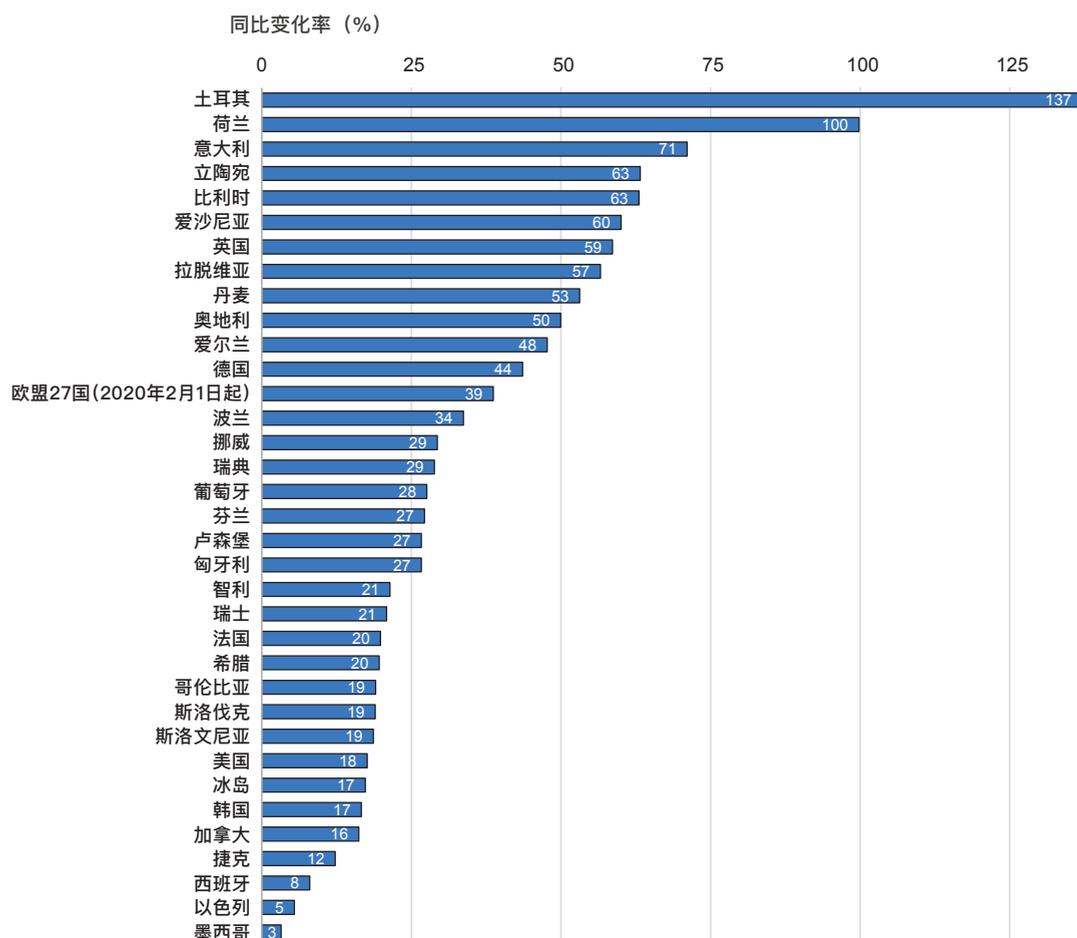
在欧盟，消费者面临的能源价格在截至 2022 年 10 月的这一年中上涨了 39%，估计约 1/4 的家庭生活在能源贫困中。脆弱群体受影响最大，他们往往住在老旧、质量较差的建筑中，使用效率较低的电器和能源性能较差的旧车。这意味着他们可能要支付（比非脆弱群体）高出几倍的家庭能源账单，同时还要忍受更加寒冷、潮湿、阴暗的生活环境，从而承受更高的健康风险。

2022 年也见证了一项重要转变：（一些家庭）开始重新使用价格较为低廉的木材、木炭等传统生物质来进行供暖和烹饪。这一转变在新兴经济体和发展中国家尤为明显。全球估

² 译者注：如无特殊说明，“能源需求”等同于“能源消费”。

计约有 7500 万新近获得电力接入的人口失去了电力支付能力，一亿人可能需要从液化石油气重新用回传统炉灶进行烹饪。由于妇女和儿童受家庭烹饪空气污染的影响最为严重，这对他们构成了尤其重要的健康风险——2022 年由该原因引发的过早死亡估计共有 250 万例。

2022年10月各国能源价格同比上涨情况



IEA. All rights reserved.

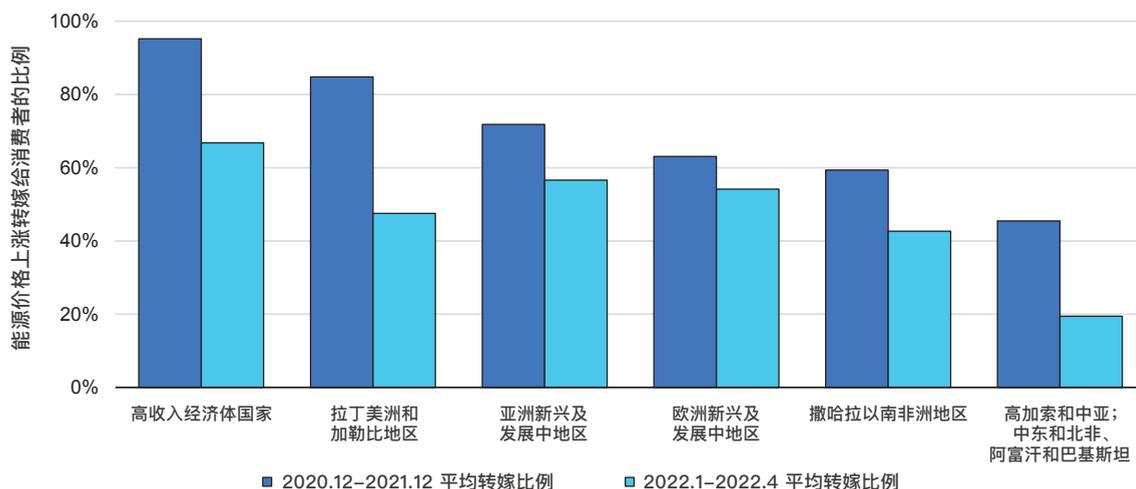
来源：[OECD Database on Consumer Price Indices](#), as modified by the IEA.

目标明确的公共支出能够支持脆弱群体并提高能效

由于 2022 年全球家庭和企业都面临显著增加的能源账单，各国政府均采取了一系列措施来为消费者提供支持，包括新增针对广泛能源品种的能源补贴、或是加大补贴力度，以及向需要援助的家庭直接支付现金等。全球用于该领域的紧急政府支出总额超过 5500 亿美元。在新兴经济体和发展中国家，政府提供的这一类短期支持性投入已经超过了 2020 年 3 月以来的清洁能源投资。全球各国对该领域的支持预计还会进一步大幅增加，例如德国已提出价值高达 2000 亿美元的一揽子政策。

在交通部门，许多国家能源价格上涨转嫁给消费者的比例已经有所下降，市场价格和终端用户价格之间的差额通常由公共预算来填补。

各地区交通燃料价格上涨转嫁给消费者的比例



IEA. CC BY 4.0.

来源：Based on IEA data and the IMF (2022), [Fiscal Policy for Mitigating the Social Impact of High Energy and Food Prices](#).

在利用这类支持性措施提供重要短期救济的同时，也要注意避免其削弱那些用于减少能源浪费的激励性政策，或是妨碍能源供应的低碳转型。其中效率最低下的救济措施就是对所有消费者一视同仁，并通过直接的化石能源消费补贴来降低能源的市场价格。这类补贴可能会抹杀人们提高能效的动力，并且使作为能源大用户的富有消费者（与政策初衷）不相称地受益。

国际货币基金组织（IMF）和经合组织（OECD）强调，需要减少此类面向广泛对象的能源补贴，并将相应的资金转移到面向能源贫困和结构性能效措施的针对性支持上。能效提升能够减少能耗，因而长期来看，也将在降低公共预算的能源补贴整体负担中发挥重要作用。

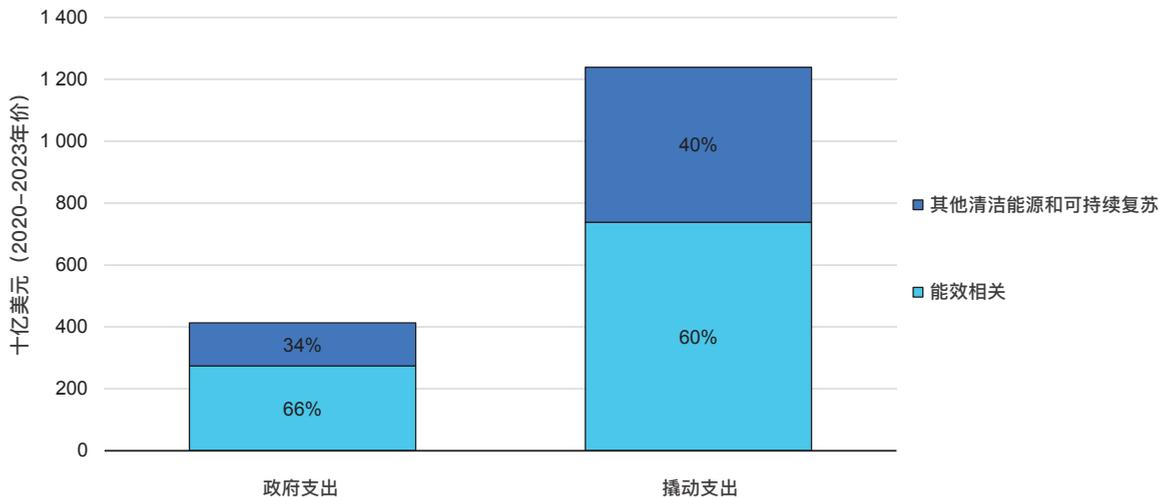
能效支出达万亿美元，占清洁能源复苏方案的 2/3

2020 年以来，世界各国政府帮助撬动了价值约 [1万亿美元](#) 的能效相关行动，包括建筑节能改造、公共交通和基础设施项目，以及对电动车的支持等。这相当于在 2020-2023 年期间每年（为能效措施）部署约 2500 亿美元，占清洁能源复苏总支出³ 的 2/3。

³ 译者注：国际上通常认为“清洁能源”包括能效。

上述能效相关支出是通过 2700 亿美元政府直接公共支出所实现的结果，预计将撬动 7400 亿美元私营部门及其他公共支出。这些投入能够刺激经济生产力的增长，并有助于将未来可能出现的能源相关生活成本压力降至最低。

2020–2023年全球清洁能源和可持续复苏支出



IEA. CC BY 4.0.

注：“撬动支出”包括政府行动所撬动的私营部门及（其他）公共支出。
来源：[Tracking Sustainable Recoveries](#), as of April 2022.

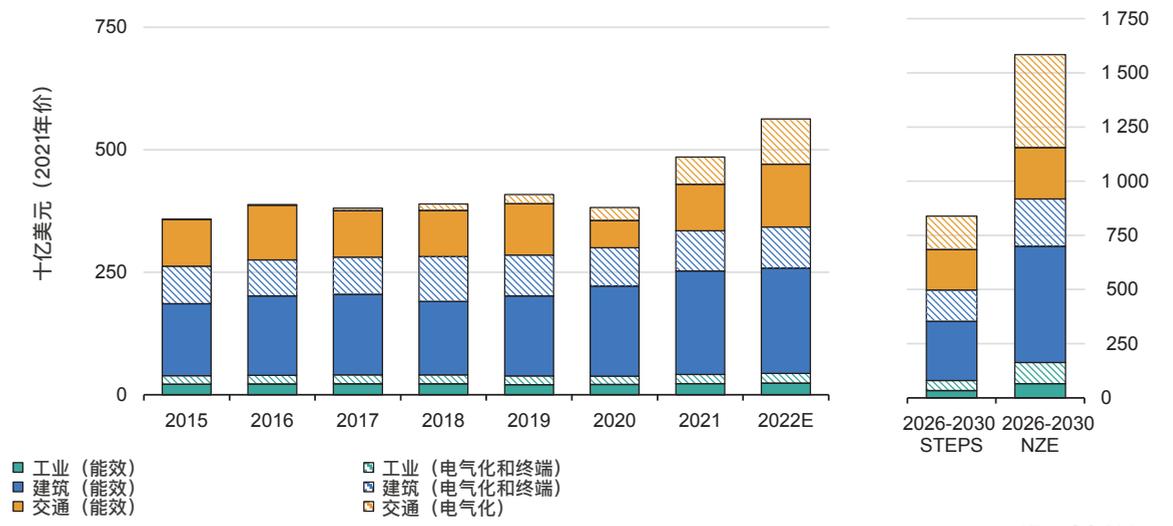
全球能效相关投资上涨 16%，其中电动车销量历史性增长的带动作用最大

消费者对于新型节油汽车和电动车的支出强劲，预计将有助于能效相关的总体投资⁴在 2022 年上浮 16%，达到略高于 5600 亿美元。按照当前的既定政策，这一数额在 2026–2030 年期间预计还将再增加 50%，达到每年近 8400 亿美元。然而，这依然只达到了实现“2050 年净零排放”情景所需的 2026–2030 年能效相关投资水平的一半左右。

2022 年全球能效相关的交通投资预计增长 47%，达到 2200 亿美元。其中包括稍高于 900 亿美元的（交通）电气化投资，估计占能效相关交通投资总额的 42%，较 2019 年的 19% 有显著提高。用于建筑部门的能效相关投资在这一年仅增加了 2%，较上一年 12% 的增幅有所下降，主要是由于建设活动放缓，以及由高利率、材料及劳动力供应链压力所共同导致的成本急剧上涨。

⁴ 译者注：主要包括用于能效的部分和用于电气化的部分。

2015–2022年全球能效相关投资与按不同情景划分的2026–2030年年均（能效相关）投资



注：图上2022E指2022年估算值；STEPS指“既定政策”情景；NZE指“2050年净零排放”情景。
来源：[World Energy Investment 2022](#)。

IEA. CC BY 4.0.

全球电动车销量在过去两年几乎翻了一番，2022年高达约1100万辆，较2017年的仅100万辆显著增加。这意味着电动车现在占全球新车销量的13%。交通部门针对常规能效提升的投资也有突出表现，增长了330亿美元，增幅35%，达到1280亿美元，主要面向高效汽车。

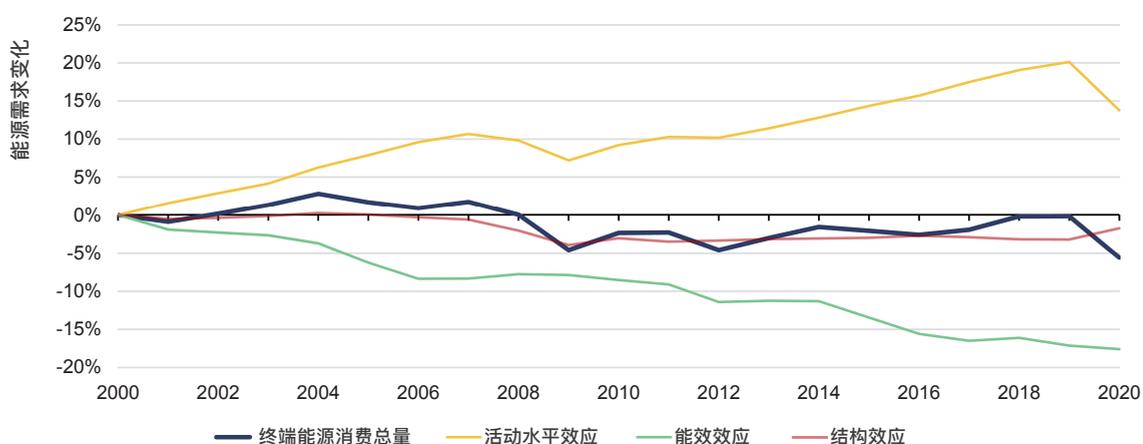
尽管有这种创纪录的增长，但证据表明，来自供应链的限制，尤其是半导体和锂加工的可用性，正在制约该领域更加高速的发展。许多受欢迎的新型电动车型号现在普遍要面对更长的（原料）等待名单，二手电动车的价格也水涨船高。

以往能效行动实现的节能量帮助 IEA 成员国在 2022 年减少了 6800 亿美元能源开支

随着大多数国家的消费者能源开支在2022年发生大幅上涨，能效提升对于节约能源、降低成本的价值也出现了成倍的增长。能效提升所带来的效益将有助于缓解居民消费者的财务困境，也能为在全球经济疲软中挣扎求生的商业用户节省下关键的成本。但要实现上述目标，政策制定者必须采取具有针对性且作用广泛的能效措施。

过去二十年，IEA 成员国在建筑、工业、交通部门实施了各种能效相关举措，这些行动在2022年估计为家庭和企业节省了约6800亿美元能源开支，相当于IEA 成员国当年实际能源开支总额4.5万亿美元的15%左右。该节能效益是基于这些国家2022年各能源品种的终端能源价格，以及能效相关措施所节省的24艾焦（EJ）额外能源需求，计算得出的。

2000–2020年IEA成员国能源需求及其驱动因素变化



IEA. CC BY 4.0.

来源: [Energy Efficiency Indicators 2022](#).

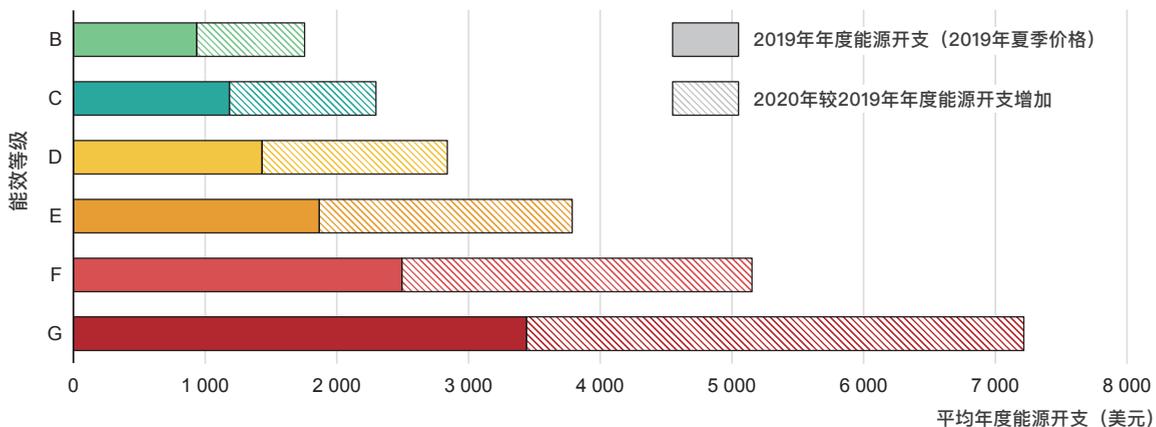
由于能效提升具有非常强的累积效应，因此 IEA 成员国整体的终端能源需求在二十年来一直相对稳定地保持在 140 EJ 的水平。即使是在这些国家经济规模总量增长 40%（按固定价或不变价计），而总体经济结构只向非能源密集型活动有略微转移的情况下，能源需求也保持在了这一水平。

能效提升是降低能源开支的首要及最佳政策方案

各个房屋、办公室、企业和车辆的能效水平各异。例如，有证据表明，能效水平最高和最低的房屋或车辆之间通常存在 40%、有时高达 75% 的运行成本差异，具体取决于（能效提升前的）初始能效水平。这意味着一些消费者在给同样面积的房屋供暖或者行驶同样的里程时，可能需要花费两倍甚至三倍的开支。

国家之间和各国内部都存在能效水平差异。例如，在气候相似的欧洲国家为同样面积的空间进行供暖，一些国家需要消耗的能源可能是另一些国家的两倍；在同一个国家，最低和最高能效水平的房屋在面积一定的情况下，消耗能源的差异可能高达三倍之多。

英国按建筑能源性能证书等级划分的典型家庭年度能源开支，基于2019年夏季和2022年10月价格

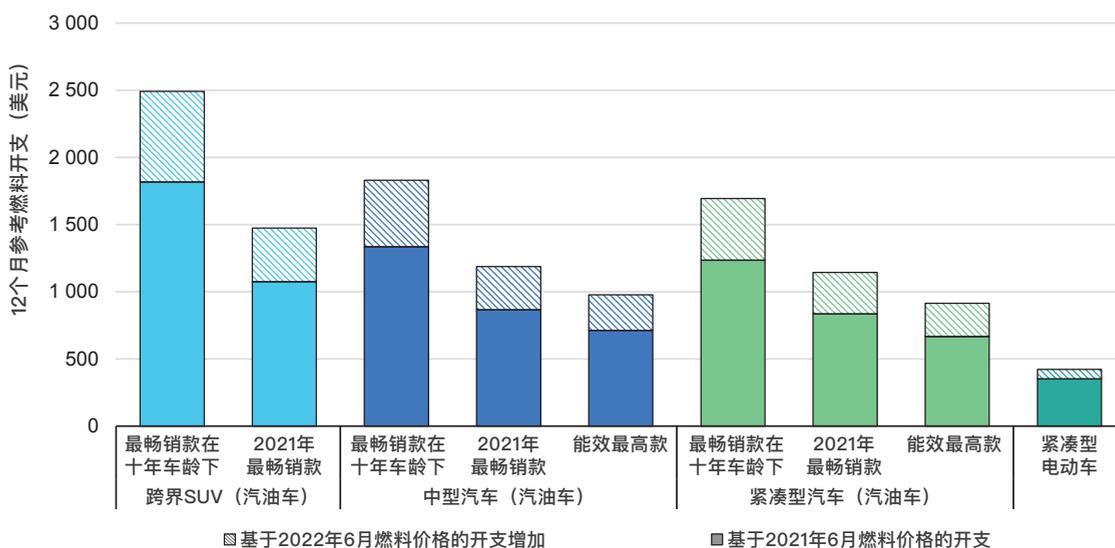


IEA. CC BY 4.0.

来源：IEA analysis of data from [UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy](#).

在交通部门，车辆的年度燃料开支主要受车龄、能效水平、车辆大小和燃料种类影响；这些因素也会影响到人们对出行方式的选择。例如，在车辆大小和重量相同的情况下，能效水平最高的车辆所需的能源约为拥有十年车龄的同类车辆的一半。欧洲一项针对私家车的分析显示，某新款紧凑型电动车是目前为止运行成本最低的车辆，该车型的典型年度能源成本约为能效水平最高的新款紧凑型非电动车的一半。

欧洲不同类型私家车在2021年6月–2022年6月的燃料开支



IEA. CC BY 4.0.

注：图上SUV指运动型多用途车。

建筑能效提升将在助力欧洲摆脱对俄天然气依赖中发挥关键作用

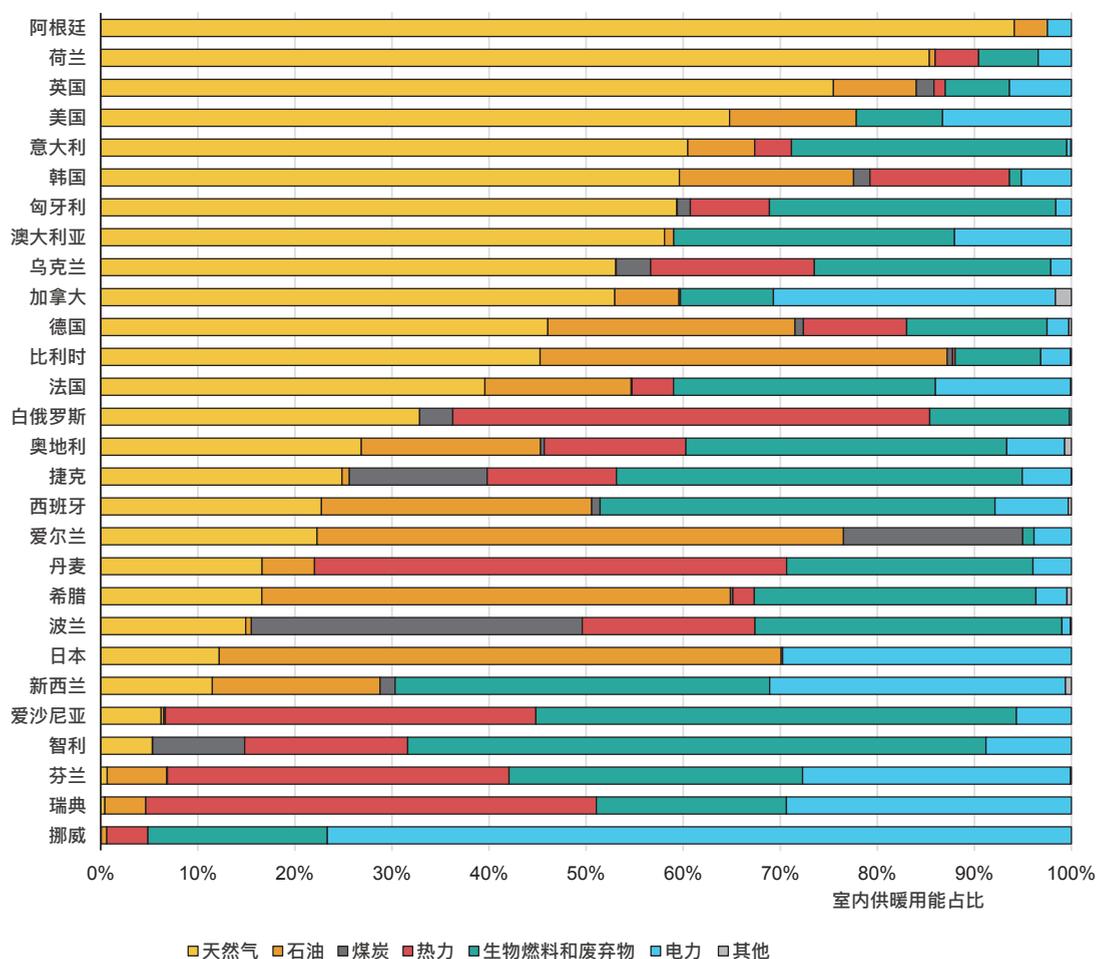
天然气是目前全球住宅供暖最常使用的燃料，占供暖能源需求的 42%，即 7600 亿立方米（m³）。在欧洲，供暖用天然气的对外依存度从荷兰的 80% 以上，到挪威、瑞典等国的近乎完全独立（0%），各国不尽相同。

由于当前的能源危机，俄罗斯天然气在欧洲需求总量中的占比已经从 2019 年的 47% 下降到了 2022 年的约 9%。由于价格适宜的替代性天然气资源有限，其供应减少催生了严重的能源安全危机，并且将欧洲对供能来源及路线多样性提升的迫切需求提上了焦点议程。

在欧洲大多数国家，民用天然气相对于民用电的价格已经出现明显上涨，并强烈改变了供暖的经济性。例如在丹麦，一个普通家庭运行一套天然气供暖系统的成本增加了约 330%，但利用电热泵对相同面积的空间进行供暖的成本涨幅约为 100%。虽然欧洲各国（天然气和电力）的相对价格各不相同，但从大多数建筑的供暖运行成本出发，高效电热泵现在都是毫无疑问的领军者。

越来越多的国家和各国地方政府正在出台法律法规，针对燃气和燃油供暖设备提出禁用或逐步淘汰时间表。在欧盟和英国，占民用天然气 80% 的七个国家计划禁止接入新增天然气供暖设备。

2020年部分国家住宅供暖能源消费中各能源品种比重



IEA. CC BY 4.0.

来源: [Energy Efficiency Indicators 2022](#).

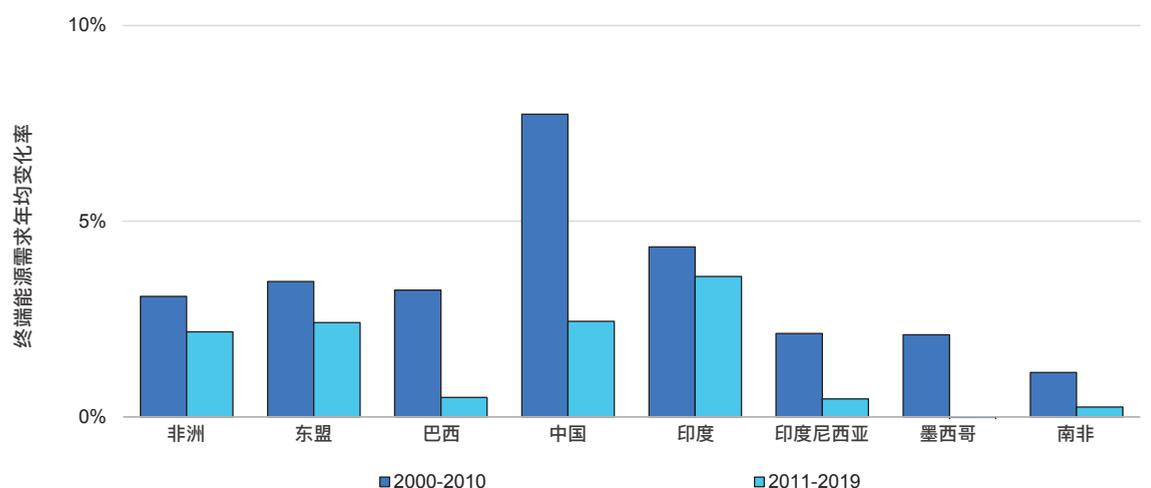
举例来说，德国计划从 2024 年起对新增化石能源供暖实施隐性禁令，届时将要求所有新安装供暖系统中至少 65% 的用能由可再生能源供应。法国计划自 2023 年起在建筑中禁止新增天然气接入；奥地利预计从 2023 年起实施禁令；荷兰将从 2026 年起要求建筑安装热泵或接入热力网络。英国宣布计划在 2025 年前禁止新增天然气供暖系统和锅炉，2035 年前在所有建筑中对其全面禁用。

美国少数几个州正在进行立法，将对新增化石燃料供暖提出禁令。2022 年 9 月，加州出台法规，从 2030 年起禁止销售燃气供热器和热水器。该州超过 60 个城市已宣布相关禁令或正积极阻止在建筑中使用天然气。佛冈州已经取缔了 2021 年以来所有新建建筑中的天然气使用。加拿大温哥华市和魁北克省也制定了计划，将对基于化石燃料的热水系统提出禁令。

未来最大的能效机遇将出现在新兴和发展中国家

新兴市场和发展中经济体（EMDEs）共同占到全球终端能源需求的 60%，约 260 EJ。虽然许多国家的能源需求增长正在放缓，但按照当前政策的政策设置，2030 年这一数字预计将增长近 20%，达到约 305 EJ。由于同期发达经济体能源需求预计将保持相对稳定，届时新兴市场和发展中经济体的全球占比将提高 5 个百分点。

2000–2019年部分新兴市场和发展中经济体终端能源需求年均变化率



IEA. CC BY 4.0.

新兴市场和发展中经济体能源需求增长背后的原因，是人均能源消费随收入水平提高而上涨。例如，目前一个发达经济体国家的普通人用于住宅和交通的能源，分别是一个 EMDE 国家普通人的三倍和四倍。

随着新兴国家在全球能源需求中的占比越来越大，那些最大的能效机遇将越来越多地出现在巴西、中国、印度、印度尼西亚、墨西哥、南非等国家中。由于这些国家对于全球能源安全和气候目标（的实现）至关重要，IEA 与它们以及非洲、东盟和拉美地区的一些其他国家合作，通过 IEA“新兴经济体能效”（E4）项目支持能效提升。

为帮助确保清洁能源的可负担性，全球正处在国际能效合作的历史性时刻

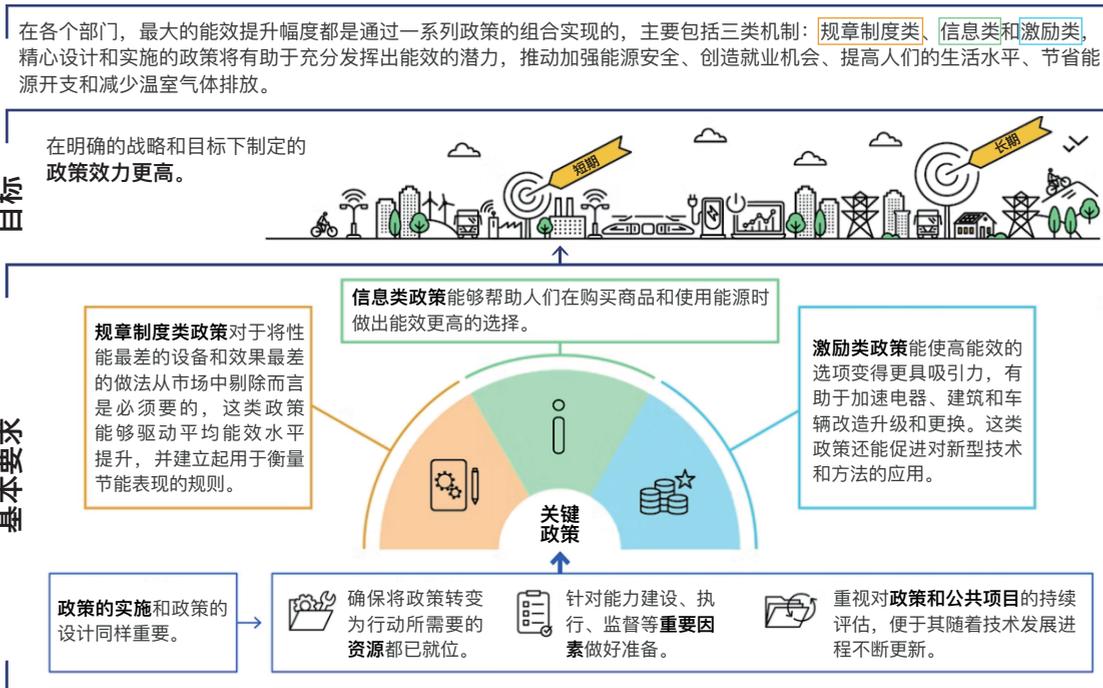
自 1974 年 IEA 成立以来，全球对开展能效合作、避免能源浪费和低效使用的需求变得前所未有地强烈。能效作为一种兼顾能源经济性、供应安全和气候变化危机的解决方案，拥有其他能源所无法比拟的优势。这也是 IEA 将能效称为所有能源转型中“第一能源”的原因。

2022 年 6 月，IEA 在丹麦森讷堡举行了第七年全球能效年度大会。这次会议聚集了有史以来最多的世界各国部长级官员，并专门探讨加强能效行动的价值。会上，26 个国家和地区

的政府共同发表了一份联合声明，“号召所有政府、行业、企业及相关方加强各自的能效行动”，并对《森纳堡能效行动计划》的发布表示欢迎。该计划列出了 IEA 制定的一系列[战略性原则](#)和[政策工具包](#)，这些内容将有助于各国政府迅速实施能效政策。

用于提高能效的政策措施和方法

能效政策措施组合



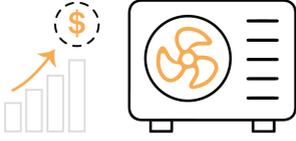
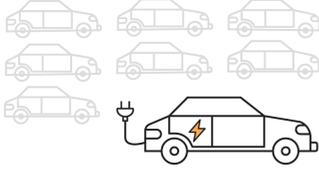
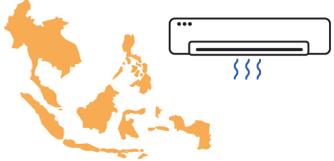
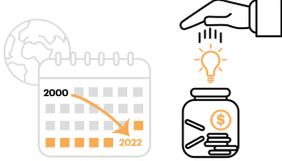
iea
All rights reserved

IEA. CC BY 4.0.

2022 年：全球能效转折点？

政策制定者目前所关心的一个关键问题是：继近几年（能效领域）的低迷表现之后，能源危机是否能为全球带来一个转折点，在 2021–2030 年的十年间加速全球亟需的能效提升进程。全球能源强度的改善速度从过去两年的每年不到 0.5%，到 2022 年的近 2%，发生的进步令人欣慰，然而比预期更低的经济增长或是更高的能源消费可能会使这一数字下调 0.3 个百分点。不仅如此，要实现“2050 年净零排放”情景，2021–2030 年期间平均每年将需要 4% 的能源强度改善，而 2022 年的 2% 仅为所需水平的一半。因此虽然人们有理由感到乐观，但要加快能效提升进程依然存在重大阻力。

有望促成2022年成为全球能效转折点的几大贡献因素

<p>各国在应对危机的政策组合中，撬动了超过1万亿美元资金用于能效措施</p> 	<p>16个国家政府发布了重点聚焦能效的国家级计划，占全球能耗一半以上</p> 	<p>关于节能意识提升的全球活动浪潮正在帮助人们采取行动降低能源需求</p> 
<p>数字化需求响应帮助应对了几次大型的电力供应紧急事件</p> 	<p>占全球建筑能耗一半的国家正在实施针对热泵的激励性政策</p> 	<p>得益于强劲的消费者需求和政府支持，全球现在每售出8辆汽车，就有1辆是电动车</p> 
<p>所有东盟国家都已实施或正在制定制冷能效政策</p> 	<p>31个新兴经济体国家和地区的政府正在制定新的建筑节能法案，届时全球颁布建筑节能法案总数将达111部</p> 	<p>2000年以来的能效提升仅在2022年一年就为IEA成员国节省了6800亿美元的能源成本</p> 

IEA. CC BY 4.0.

然而 2022 年发生的各大事件却改变了未来数十年的能源市场动态。随着这些扰动而来的，是在全球范围内对能效提升的一系列重大推动：

- 全球能效相关投资正快速增长，2022 年各国政府、行业和家庭共投资 5600 亿美元，创下新纪录。
- 全球能效相关支出占清洁能源和可持续复苏性支出总额的 2/3，自 2020 年以来共撬动 1 万亿美元。至少有 16 个高规格的国家级计划促进了全球能效在这一方面的进展，包括美国的《通胀削减法案》（Inflation Reduction Act），欧盟的《欧盟重新赋能计划》（REPowerEU Plan）和日本的“绿色转型倡议”（Green Transformation Initiative）。
- 关于节能意识提升的社会活动正在掀起一股浪潮，帮助数以百万计的市民更好地管理用能（行为）、制定能效相关决策。
- 现有的建筑节能法规正在升级，而新兴和发展中经济体也在引入新的建筑节能法规。空调制冷需求快速增长的地区正在引入制冷相关战略。

- 交通和供暖的电气化似乎已经迎来了转折点。目前全球每售出八辆车，其中就有一辆是电动车；随着热泵成为一种更受欢迎的供暖方案，2022 年仅欧洲的热泵销量就达到了 300 万组。
- 由于能源价格猛增，能效提升为消费者提供的价值也在 2022 年急剧上升。对 IEA 成员国而言，虽然与能源相关的生活成本压力大幅增加，但这些国家过去二十年实施的能效提升行动在 2022 年、基于当前能源价格，为其消费者节省了 6800 亿美元的能源开支。

尽管上述趋势令人感到欣慰和乐观，但要加快能效提升进程依然存在一些障碍：

- 由于各国政府试图缓解能源价格上涨对家庭开支的影响，化石能源补贴的规模急剧扩大。2021 年，超过 5500 亿美元用于相关的临时支持。如果这类支持的针对性不够强，则有可能会削弱能效提升的作用。
- 能效相关投资高度集中在发达经济体。如果要加速全球能效提升进程，就必须加强用于覆盖新兴市场和发展中经济体能源消费的投资和政策，因为这部分能源消费占全球总量的 60%。
- 新冠疫情引发的危机致使全球向能源密集程度更高的产业转移。如果工业能源需求持续强势，且工业能效不发生重大提升，那么全球能效提升进程还将继续受阻。
- 在目前已经发生的能源需求减少中，很大部分可能是来自商业不景气，或是消费者为了节省开支而放弃能源服务的消极结果。一旦危机缓解，这些暂时性的节能举动可能很容易就会恢复到过去的行为模式。

面对全球多重危机，能效作为“第一能源”的作用因其兼顾能源经济性、安全性和气候目标（实现）的能力而得到重视。能效提升行动有助于减少整体能源需求、促进能源价格下降和二氧化碳（CO₂）减排、创造就业，以及为消费者节省开支。

2022 年具备成为全球能效进程转折点的条件。世界各国政府都在通过能效提升行动来巩固经济、为困难人群提供帮助和促进商业发展。但要想把握这次机遇、加速能效提升进程，各国政府还需要继续出台实施一些更有针对性和持续性、适用范围更广的措施，这一点至关重要。

第 1 章 全球能效趋势

1.1 能源强度

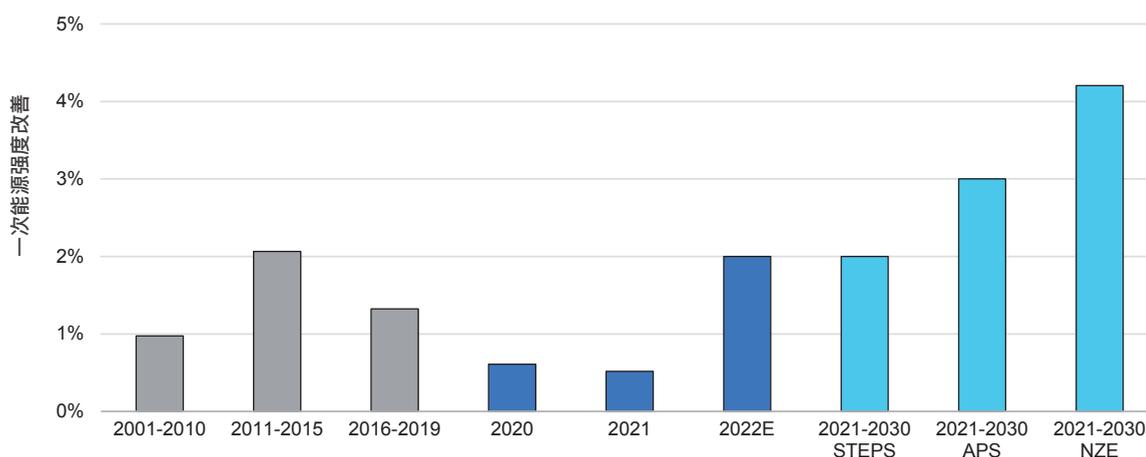
全球能效提升在经历多年缓慢进展后，其发展轨迹可能会被能源危机重置

作为衡量经济体能效水平的一项关键指标，全球经济的能源强度⁵在经历两年的停滞不前后，预计将在 2022 年改善近 2%。

飙升的能源成本、供能中断，以及日渐逼近的能源短缺危机促使人们更加关注能效提升，全球各国的消费者和政府正在紧急采取措施和出台新政策，对能源消费进行节约和更好的管理。

虽然 2022 年能源强度的改善较过去两年已经有了显著提升，但这一近期趋势依然与实现“2050 年净零排放”情景所需要的路径存在较大的差距，该情景要求 2020–2030 年之间平均每年实现 4% 的能源强度改善。为了实现温室气体净零排放，人们必须打破经济增长和不断上升的能源消费之间的联系。

2001–2022 年和各情景下 2021–2030 年全球一次能源强度年度变化



IEA. CC BY 4.0.

注：图上 2022E 指 2022 年估算值；STEPS 指“既定政策”情景；APS 指“承诺目标”情景；NZE 指“2050 年净零排放”情景。“一次能源强度改善”指全球范围内单位生产总值（GDP）对应能源供应量的下降百分比。基于国际货币基金组织（IMF）的最新预测，此处假设 2022 年全球 GDP 增长率为 3.2%。然而如果最终估算结果中 GDP 增长率下调至 2.8%，在其他条件保持不变的情况下，能源强度改善也将相应地降至 1.7%。

⁵ 译者注：如无特殊说明，本报告中的“能源强度改善”指能源强度的下降，并等同于“能效提升”。

2022 年全球能源需求⁶ 增长预计将显著放缓，增长率达到 1% 左右，而日渐低迷和充满不确定性的经济环境也让人们对这一年全球生产总值（GDP）增长率的期待从约 5% 下滑到了 3.2%。如果经济增长进一步滞缓，在其他条件保持不变的情况下，2022 年能源强度改善率可能会降低至 1.7%。

随着人们和企业通过减少能源消费来控制成本、满足家庭预算，在将 2022 年能源强度的改善解读为一种“进步”时也需要对这些因素多加考虑。各个家庭都在减少用能，同时许多企业也因为高昂的能源价格而正在面临[减产](#)或关停的压力。对新兴经济体而言尤其如此。例如，全球约有 [7500 万](#) 新近获得电力接入的人口，目前已经失去了支付电费的能力。

总体而言，新冠疫情已经构成全球能源强度改善的重大阻力。改善滞缓的背后，是源于 2020 年全球向能源密集程度更高的（经济）活动转移，以及 2021 年能源消费反弹超出预期——这两年能源强度的年度改善率均在 0.5% 左右。由于后新冠时代全球经济复苏势头强劲，造成 2021 年全球能源消费实现了五十年来最大的年增幅，特别是在能源密集型行业，因此早前关于 2021 年能源强度改善率重回近十年平均水平 1.9% 的预测并未实现。

从更大的时间尺度来看，全球能效在过去十年间还是取得了比较积极的进展。例如，与没有任何能效提升的情况相比，2001–2010 年年均约 1% 的能源强度改善实现了约 3 吉吨（Gt）的二氧化碳（CO₂）减排；在此基础之上，2011–2020 年平均每年 1.7% 的能效提升到 2020 年共计实现了 6 GtCO₂ 减排。

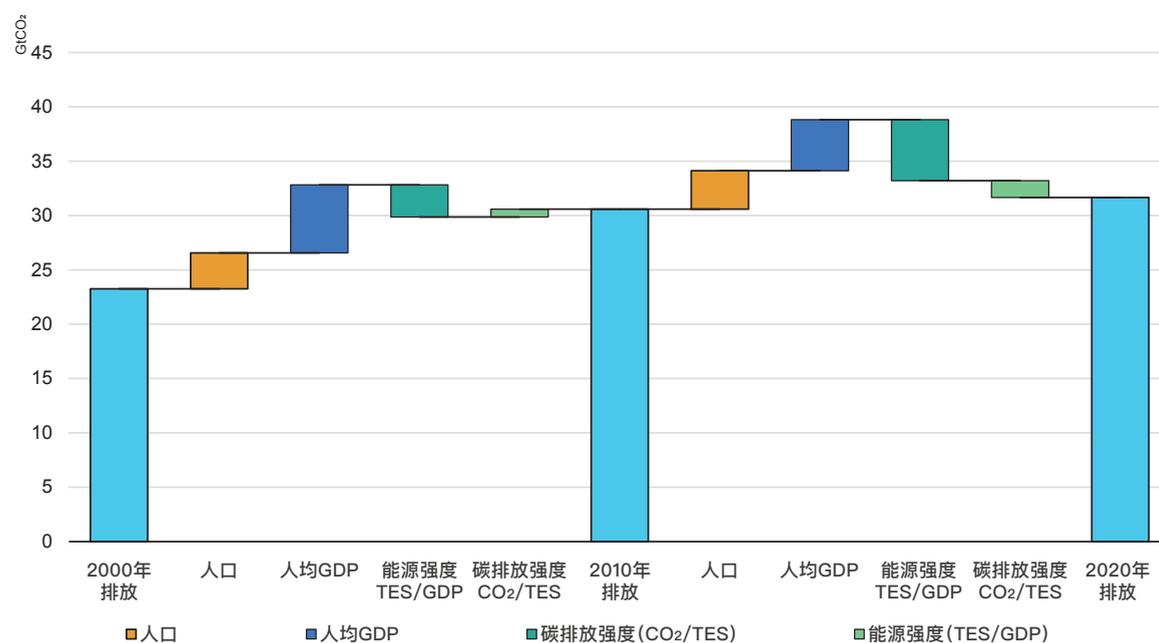
能源强度改善带来了 CO₂ 减排量的翻倍，将全球人口增加和人们收入增加可能造成的额外 CO₂ 排放总量抵消掉了几乎一半。如果没有 2000–2020 年期间的能源强度改善，碳排放和[能源消费总量](#)将比现有水平高出约 30%，相当于在这一个十年的一开始，全球年度碳排放和年度能源消费分别在现有实际水平的基础上，额外增加 9 GtCO₂ 和 125 艾焦（EJ）。

“既定政策”情景（STEPS）中设定的能源强度改善率为 2%，在此基础之上，“2050 年净零排放”情景（NZE）中设定的 4% 加速改善率能够在 2030 年[节省 95 EJ/年](#)的额外能源消费。这将比 STEPS 实现的减排量额外多出 5 GtCO₂。

假设在 2020–2030 年期间，能源强度改善率 2% 对应的二氧化碳减排量为每年 6 Gt 左右，而实现“2050 年净零排放”情景中 4% 的改善率则能够每年额外增加 5 Gt 的二氧化碳减排量，那么到 2030 年，来自能源强度改善的 CO₂ 减排就可能高达每年 11 Gt。这几乎是当前全球燃料燃烧每年所产生排放量的 1/3。

⁶ 译者注：如无特殊说明，“能源需求”等同于“能源消费”。

2000–2020年全球燃料燃烧产生的二氧化碳排放及其驱动因素



IEA. CC BY 4.0.

注：图上TES指能源供应总量(total energy supply)。2019–2020年，由于新冠疫情引起的经济活动水平下降，全球CO₂排放减少了约2 Gt。

在上一个十年的后半段，二十国集团有 13 个国家能效提升进程放缓，4 个国家加快进度

在国家层面，几个主要的能源消费国有望改变能效提升进展的方向。受本国经济结构、能源价格、气候和其他社会政治因素影响，各国能源强度存在很大差异。例如，制造同样价值的 GDP，俄罗斯所需要的能源是英国的四倍。

2020–2021 年，能源强度改善进展在国家层面发生了剧烈波动，这反映出新冠疫情及相关经济扰动和复苏的影响，也意味着透过长期趋势或许能更加清晰地观察到能效进展情况。例如，2015–2020 年能源强度年度改善率最大的国家包括 2.8%/ 年的英国，2.6%/ 年的法国，2.5%/ 年的德国、美国和中国，以及 2.4%/ 年的印度。

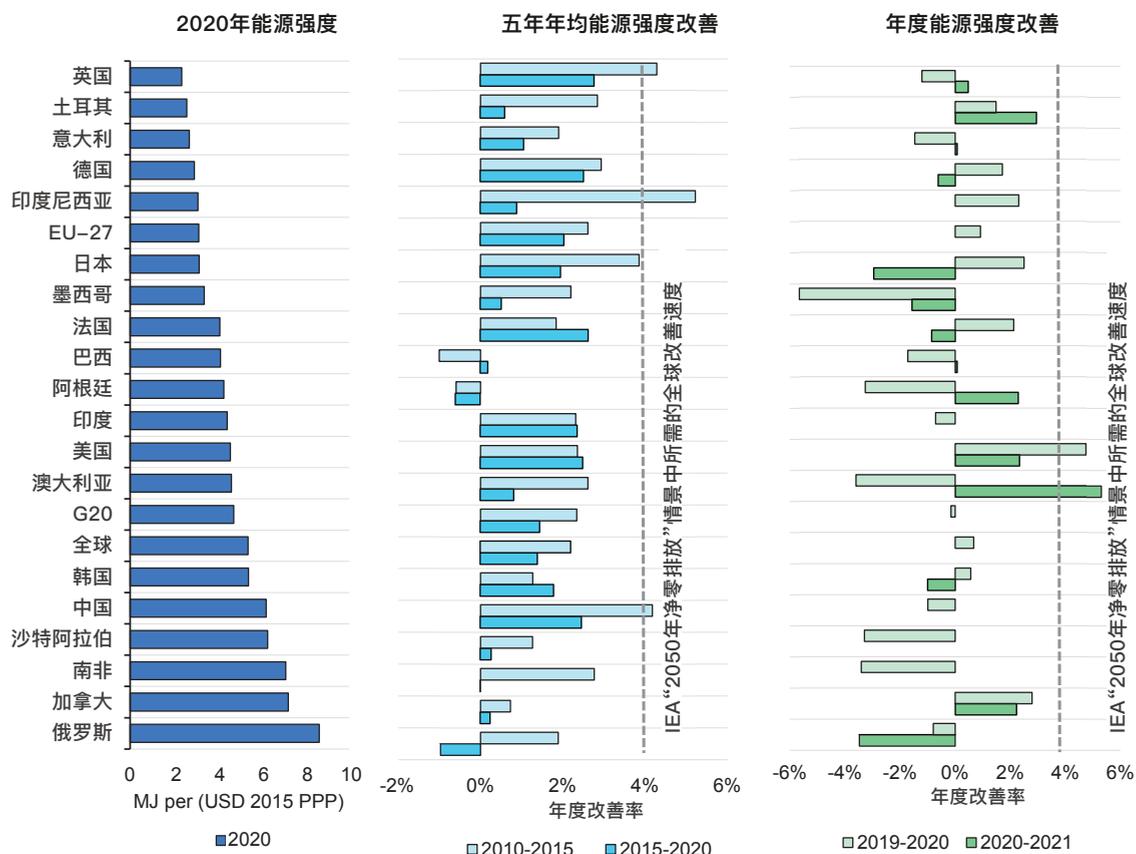
虽然全球能源强度的总体改善速度从 2010–2015 年的 2.2% 减弱到了 2015–2020 年的 1.4%，还是有三个国家在这期间实现了能效提升进程的加速。法国从 2010–2015 年的 1.8%/ 年提升到了 2015–2020 年的 2.6%/ 年；韩国也在同一时段从 1.3% 加速到了 1.8%。巴西在这十年的后半段上演反转，从 2010–2015 年的 -1%/ 年（即能源强度每年变差或增加 1%），到 2015–2020 年能源强度逐渐稳定并实现了 0.2%/ 年的微弱改善。

在亚洲，全球能源强度改善最快的一些国家在上一个十年的后半段明显放缓了速度。

对比 2010–2015 年和 2015–2020 年两个时间段，中国从每年 4.2% 的高速改进放缓到了 2.5%，印度尼西亚从 5.2% 减速至 0.9%，日本从 3.9% 降低到 2%，而澳大利亚则从 2.8% 下滑至 0.8%。

欧洲也发生了一些明显的滞缓。欧盟 27 国 (EU-27) 能源强度改善速度从 2010–2015 年的每年 2.6%，下降至 2015–2020 年的 2%。就具体国家而言，同一时段英国的改善速度从每年 4.3% 退至 2.8%，德国从 2.9% 到 2.5%，意大利则从 1.9% 到 1%。

二十国集团 (G20) 成员国2020年一次能源强度和2010–2021年年度改善率



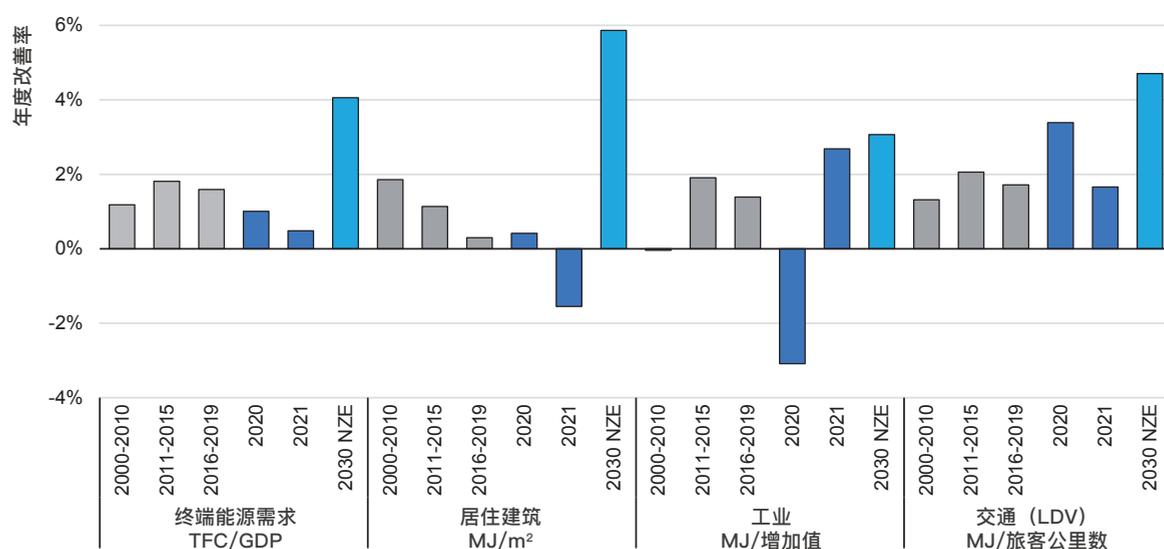
IEA. CC BY 4.0.

注：图上MJ per (USD 2015 PPP)指基于2015年购买力平价 (2015 PPP) 的一美元 (USD) 所对应的、以兆焦 (MJ) 为单位的用能。南非、沙特阿拉伯、中国、印度、印度尼西亚的2021年数据尚无法获取。

建筑和工业部门能效提升进程正在减缓

2015–2020 年，居住建筑单位建筑面积能耗⁷的平均改善速度为 0.5%/年，而此前的历史改善速度在 1.5% ~ 2%。工业方面，制造每一美元工业增加值所需能耗⁸的改善速度从 2010–2015 年的接近 2%/年，下降到了 2015–2020 年的不足 1%。只有交通部门的能效提升进程在 2010–2020 年保持了相对稳定，轻型车（LDV）单位旅客公里数（passenger kilometre travelled）能耗⁹平均每年改善（即下降）2%。

2000–2021年和“2050年净零排放”情景下2030年的全球各部门终端能源强度改善



IEA. CC BY 4.0.

注：图上TFC/GDP表示单位GDP所需终端能源消费总量（TFC）；MJ表示兆焦，MJ/m²表示兆焦/平方米；“交通”仅包括轻型车（LDV）；NZE指“2050年净零排放”情景。

1.2 能源需求

能源成本上涨给消费者和企业带来的压力增加

全球能源价格在 2022 年屡次突破高价纪录。截至 2022 年 1 月，由于后新冠时期的全球复苏、一系列极端天气事件和计划外的能源断供，天然气、石油和电力价格已经连续上涨了超过 12 个月。同年 2 月底开始，俄乌战争给全球能源价格带来了自 20 世纪 70 年代以来最大的冲击。

⁷ 译者注：通常用来表示居住建筑能源强度。

⁸ 译者注：即单位工业增加值能耗，通常用来表示工业能源强度。

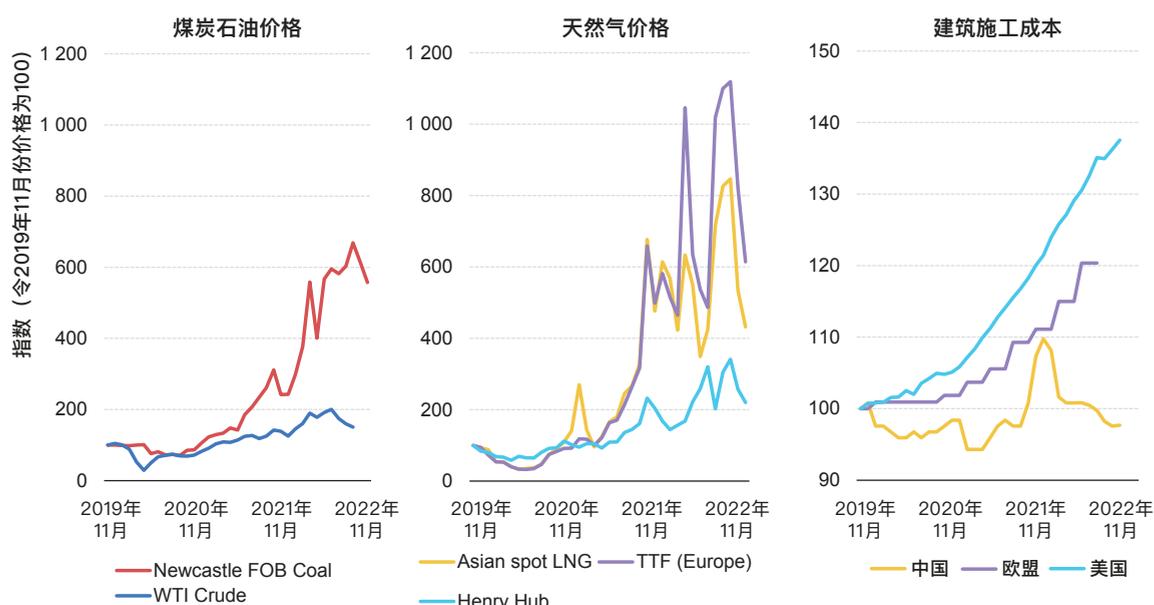
⁹ 译者注：通常用来表示客运交通能源强度。

虽然本次危机的中心在欧洲，但其影响已经遍及全球。2022 年初，欧洲和亚洲的天然气现货价格分别是 2019 年 11 月的**五倍和六倍**；到同年 8 月，又分别达到 94 美元 / 百万英制热单位 (MMBtu) 和 67 美元 / MMBtu，是其各自在 2019 年 11 月对应价格的 18 倍和 12 倍，其中欧洲价格 (94 美元 / MMBtu) 为历史最高点。2022 年夏季以来，能源价格已经从这些历史高峰有所回落，但依然是 2019 年末价格水平的好几倍。

石油、煤炭和天然气价格上涨也导致了终端（能源）价格随之上涨，然而受本国能源结构、长期（能源）合同签订、税收、美元汇率和政府政策等影响，各国的情况存在很大差异。

高昂的能源成本还贯穿了包括能效在内的**清洁能源的供应链**。钢材、铜、木材、化学品、塑料等关键材料价格上涨，迫使建筑施工、制造、能效相关设备、热泵等许多产品也面临成本上升的压力。在欧洲和北美，能源价格在近几个月有所下降，但还没有反映到建筑施工成本的下降上。

2019年11月–2022年11月关键能源价格和建筑施工成本指数



IEA. CC BY 4.0.

注：图上Newcastle FOB Coal表示（澳大利亚）纽卡斯尔港煤炭离岸价格；WTI Crude表示（美国）西德克萨斯轻质原油价格；Asian spot LNG表示亚洲液化天然气现货价格；TTF(Europe)表示荷兰产权转让设施天然气价格（欧洲）；Henry Hub表示（美国）亨利枢纽天然气价格。

来源：IEA (gas and oil spot price data); Argus Media Ltd (coal price data); National Bureau of Statistics of China, [Ex-factory price index of industrial products](#); Eurostat, [Construction cost \(producer prices\), new residential buildings-quarterly data](#); United States Census Bureau, [Construction Price Indices](#).

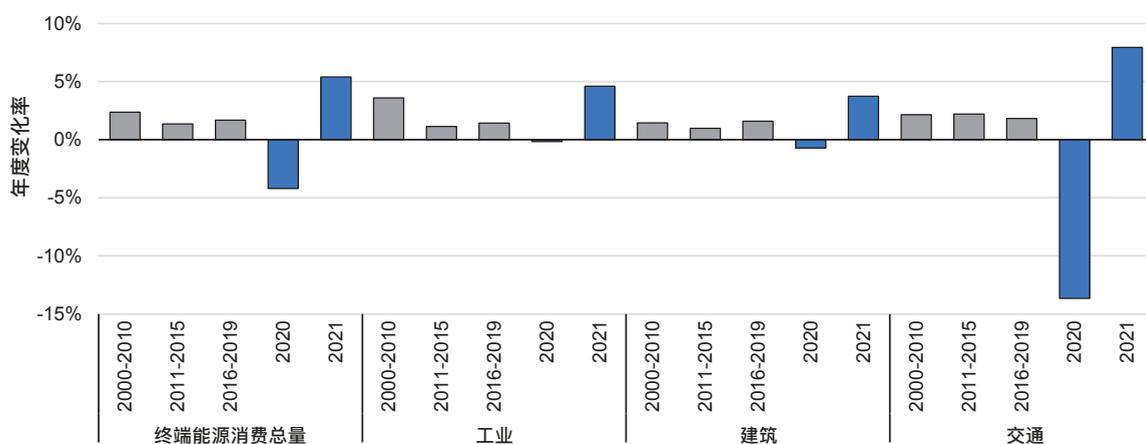
全球能源需求在经历五十年来最大单年增幅之一后，在 2022 年放缓增势

随着 2022 年全球经济增速降至 3.2%，全球能源需求增长预计将减缓至 1% 左右；而由于[前景越发黯淡和不确定](#)，这一年经济增速很有可能会进一步降低至 2.8%。

由于新冠疫情后的经济复苏依靠能源消费推动，2021 年是五十年来全球能源消费增幅最大的年份之一，因此早前关于全球能源强度改善率会在这一年重回 1.9% 的预测并没能实现。2021 年全球能源需求增加了 5.4%，抵消了 2020 年下降的 4.1%，达到 440 EJ；能源相关 CO₂ 排放超过 36 Gt，较上年增加 2 Gt，为有史以来最大的年度增长。

上述趋势是由于经济复苏；新冠疫情导致 2020 年全球经济缩水 3%，但在 2021 年回升到了 6% 以上的增速。其中，新兴市场和发展中经济体（EMDE）2021 年增速接近 7%，而发达经济体约为 5%；这两类国家和地区的经济在 2020 年分别缩水 2% 和 4.5%。新冠疫情期间，中国的经济增长尤其稳健，2020 年和 2021 年 GDP 年增速分别为约 2% 和 8%。

2000–2021 年全球各部门能源消费变化



IEA. CC BY 4.0.

各部门而言，建筑部门能源消费在 2021 年的增长是 2020 年新冠疫情引发减少量的五倍，从上一年的下降 1% 变为增长 4%。室内供暖和热水是建筑中能耗最大的两个终端，几乎占该部门能源需求的一半；同时室内制冷用能增长最快，2021 年与上年相比增加了 6.5%。

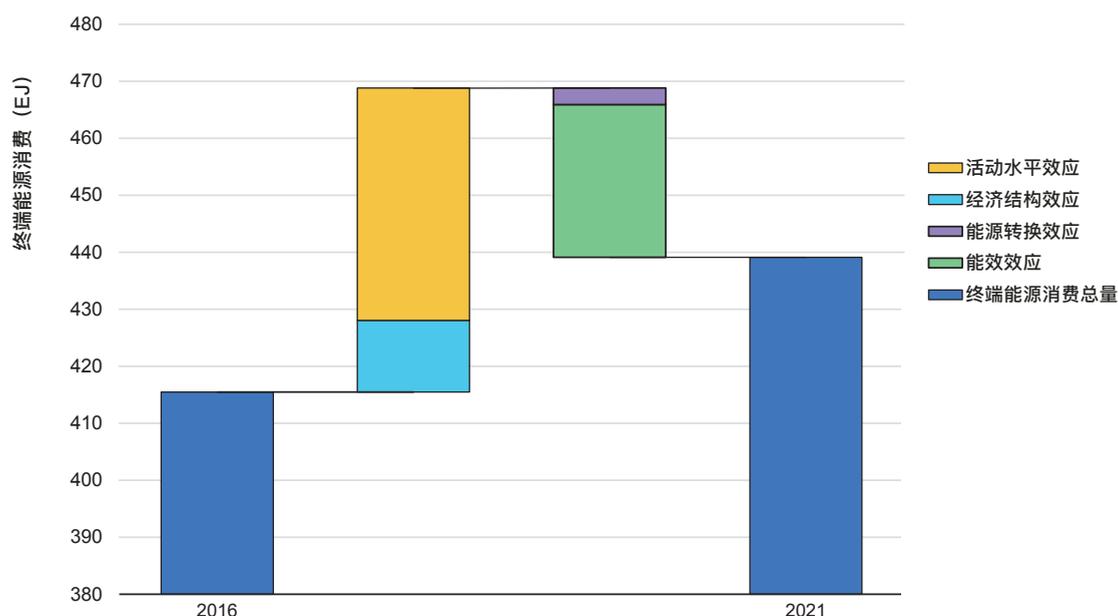
交通能源需求正在恢复，但仍低于新冠疫情前的水平。然而从绝对量上来看，交通部门在 2021 年全球能源需求增量中占比最大，增加了 8 EJ，增幅 8%，而在此前的 2020 年该部门能源需求减少了 14%，即 16 EJ。

能效提升将过去六年潜在的全球能源需求增长减少了一半以上

能效提升，以及包括供暖和交通领域电力占比提高在内的能源结构变化所共同产生的节能量，与没有这些效应的情况相比，在 2016–2021 年期间为全球减少了 30 EJ 的额外能源需求，帮助抵消了半数以上因经济活动水平提高所引起的能源需求增加。同一时段，全球实际 GDP（按固定价或不变价计）增长了 17%，加之全球转向能源密集程度更高的经济结构，（如果没有能效提升和能源结构变化带来的节能效应，）全球能源需求在这期间承受的上涨压力实则会在 54 EJ 左右。

上述各类驱动因子共同作用，最终体现为全球终端能源需求在 2016–2021 年仅上涨了 6%，即 24 EJ，达到 440 EJ。假使没有能效提升所带来的节能量，这期间的能源需求增幅将为 13%，达到近 470 EJ。但在“2050 年净零排放”情景下，全球终端能源需求将在 2030 年下降至略低于 400 EJ，凸显出能效需要在未来几年发挥愈加重要的作用。

2016–2021 年全球终端能源消费总量变化分解



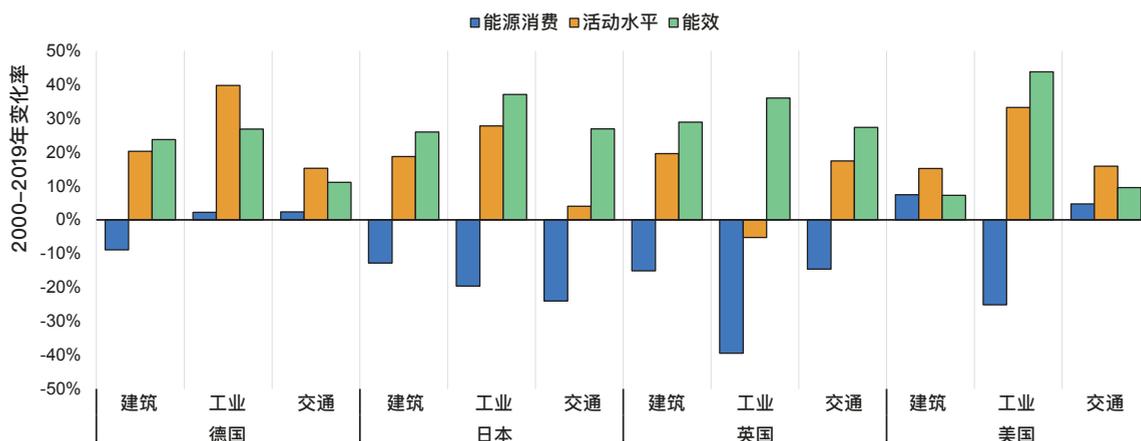
IEA. CC BY 4.0.

尽管能效提升近期进展缓慢，但依然在活动水平上升的情况下减少了大量能耗

过去二十年能效显著提升，让国际能源署（IEA）成员国即使是在总体经济活动水平上升 40% 的情况下，终端能源需求总量依然保持稳定在 140 EJ 左右。其中一些国家和地区的能源消费甚至有所下降。

例如在英国，2000–2019 年新增（居住）建筑面积为 5 亿平方米（m²），相当于新增 530 万户住宅，或是每年增加约 26 万户住宅；同期居住建筑能源消费总量却减少了约 270 佩焦（PJ），降幅 15%。居住建筑能源需求的减少来自建筑能效的整体提升，提升幅度 29%——建筑面积能源强度¹⁰由 2000 年的 0.83 吉焦（GJ）/m² 降至 2019 年的 0.59 GJ/m²。

2000–2019年部分国家能源消费及其部分驱动因素的变化



IEA. CC BY 4.0.

注：此处采用2000–2019年数据，而非2000–2020年，是为了排除新冠疫情造成许多国家2020年能源消费大幅下降的特殊影响。图上“建筑”部分：“能源消费”仅包括居住建筑；“活动水平”体现为建筑面积（m²）；能效体现为单位建筑面积能耗（GJ/m²）。“工业”部分，“能源消费”仅包括制造业；“活动水平”体现为工业增加值（美元，2015年购买力平价）；“能效”体现为单位工业增加值能耗（GJ/美元，2015年购买力平价）。“交通”部分：“能源消费”包括道路交通的小汽车和轻型卡车（用能）总量；“活动水平”体现为小汽车和轻型卡车的行驶公里数；“能效”体现为小汽车和轻型卡车单位行驶公里数能耗（兆焦/行驶公里数）。

日本的汽车能效提升尤为强烈。长期以来的政策促进了超小型汽车“k-car”的发展，而混合动力电动车在新车销量中占有很高的比例；如此一来，轻型车新车的额定燃油经济性得以持续改善。在新冠疫情爆发前的二十年期间，日本小汽车和轻型卡车的终端能源消费总量减少了 470 PJ 以上，降幅 24%。这一节能幅度甚至是在日本车辆行驶公里数每年增加 260 亿公里（km）的情况下实现的，相当于让 2022 年日本所有的在用车每一辆多行驶约 400 km。

在美国，即使是在制造业总增加值提高 1/3 的情况下，相关能源消费依然减少了 3500 PJ，降幅 25%。其中，制造业包括食品、纺织、造纸等轻工业，化学品、塑料、基本金属、水泥等重工业，以及汽车制造、电子设备和家具等。

¹⁰ 译者注：即单位建筑面积能耗。

未来最大的能效机遇将出现在新兴和发展中经济体

新兴市场和发展中经济体共同占到全球终端能源需求的 60%，即约 260 EJ。在现有政策设置下，到 2030 年，这部分能源需求预计将增加近 20%，达到约 305 EJ；随着发达经济体能源需求在同一时段保持相对稳定，新兴市场和发展中经济体的全球占比届时将增加 5 个百分点。

新兴经济体的能源消费通常可能会出现较快增长，这是由于这些国家和地区的新建基础设施需要钢材、水泥等能源密集型的工业产品。这些国家和地区的许多居民也正在经历初次获得现代能源服务的过程，因此其建筑和交通部门的能源消费也会增加。

能源消费总量增加的背后，是新兴经济体现代化发展过程中，人均能源消费的增加。例如，一个 EMDE 国家或地区普通人目前的家庭和交通用能，分别是一个发达经济体国家或地区普通人的 $\frac{1}{3}$ 和 $\frac{1}{4}$ 。

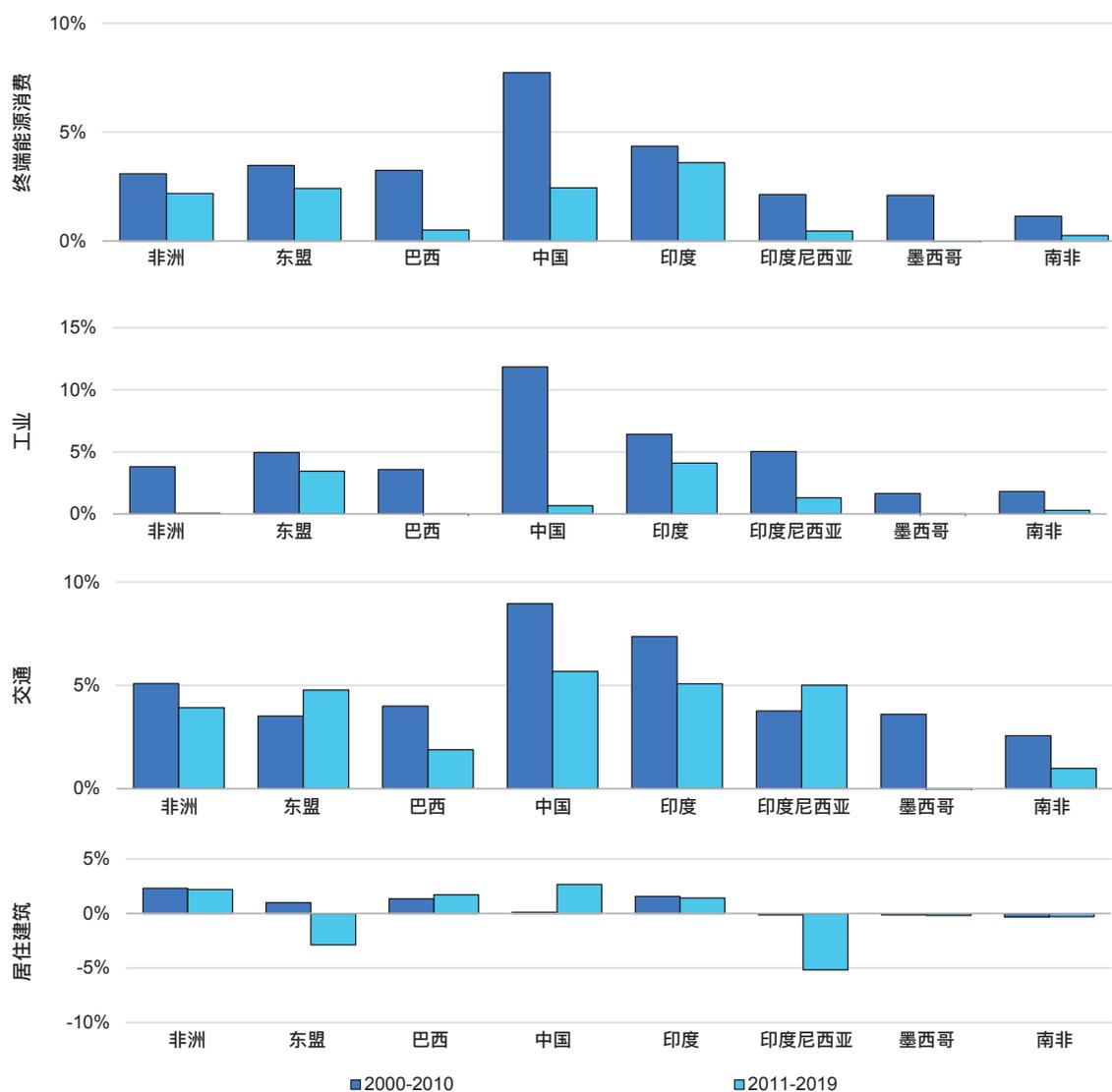
随着新兴国家的能源需求占比越来越大，那些最大的能效机遇将越来越多地出现在巴西、中国、印度、印度尼西亚、墨西哥、南非等国家。由于这些国家对于全球能源安全和气候目标（的实现）至关重要，IEA 与它们以及非洲、东盟和拉美地区的一些其他国家合作，通过 IEA“[新兴经济体能效](#)”（E4）项目支持能效提升。

例如，[《巴西能效地图》](#)（Brazilian Atlas of Energy Efficiency）详细说明了[（居民）平均收入增加](#)是如何成为能源消费的主要驱动因素的，以及能效政策和项目是如何帮助减缓能源需求增长的。巴西在过去几年和 IEA 合作的这份《地图》已经为其建立起了可靠的数据体系，为追踪能效提升和评估住宅、工业、交通部门的政策提供了有力的意见参考。

在许多 EMDE 国家，能源需求早在新冠疫情爆发前就已经开始放缓增速、停滞甚至下降。例如，中国工业能源消费的平均年增速从 2000–2010 年期间的 10% 以上，下降到了 2010–2019 年期间的约 1% ~ 2%；同一时段，印度的增速从 6.5% 降至 4.5%，印度尼西亚则从 5% 减少到了 2%。巴西、墨西哥和南非的工业能源需求则似乎趋于稳定，甚至开始下降。

中国在 2021–2022 年期间发布了几项重要的纲领性能效政策，包括[《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》](#)（简称《意见》）、[《工业能效提升行动计划》](#)、[《城乡建设领域碳达峰实施方案》](#)等。这些政策为中国设立了 2030 年建筑用电占建筑用能比例超过 65%，（2025 年）新增高效节能电机占比达到 70% 以上等目标。2022 年 2 月，该国针对[17 个高耗能行业](#)发布了一系列新的最低能效标准，旨在鼓励这些行业在 2025 年前采用先进设备和新型技术。

2000–2019年部分新兴市场和发展中经济体终端能源需求的年平均变化



IEA. CC BY 4.0.

中国钢铁行业占全球总产量的一半以上 (53%)，因而有能力转变全球（钢铁行业）能源强度的发展方向。中国钢铁产量在 2021 年实现历史新高，但粗钢产量在 2022 年 1–10 月下降了 2.2%，同期水泥产量也下降了 11.3%。为了减少碳排放和缓解钢企的成本压力，中国目前采取限制新增粗钢产能和压减产量的行动，预计将带来进一步减产。伴随着中国房地产行业需求减少（给钢铁行业）带来的额外影响，加之该国计划增加废钢（使用）比例、提高电弧炉¹¹产能，钢铁行业正在形成一种共识，即中国的钢材消费量可能会很快到达上限，从而加速相关碳排放比预期时间更快达峰。作为综合性碳达峰方案的一部分，中国石化行业也面临在 2025 年之前将原油（一次）加工能力控制在 10 亿吨 / 年之内的压力。

¹¹ 译者注：即电炉。

在全球最大的几个新兴国家，交通能源消费的增长也有所减缓。巴西的交通能源需求增长在 2010–2019 年期间减缓到了平均每年约 2%，而在上一个十年则为每年 4%；在相同时段，中国的平均增速从 9% 降至 6%，印度从 7% 到 5%，而南非则由 2% 减少为 1%。墨西哥的交通能源消费在 2010–2019 年期间保持了稳定。仅印度尼西亚交通能源需求增长有所加快，与上一个十年的每年约 4% 相比，2010–2019 年期间平均每年的增速提高到了 7%。

新兴经济体国家和地区居住建筑能源消费趋势受两方面因素驱动。一方面，这些国家和地区正在进行供暖和烹饪方式转型，从传统的利用生物质转向其他能源，这一转型能够产生节能效应；另一方面，这些国家和地区因为（开始）使用空调等现代能源服务，所增加的能耗在很大程度上抵消掉了因减少生物质使用所产生的节能量。全球约有 [50 亿人口居住](#)在需要室内制冷的地区，但目前只有 1/3 的家庭拥有空调，这些家庭大部分来自发达经济体。这些驱动因素加上能效提升的影响，最终普遍体现为（大多数新兴经济体国家和地区）能源消费增长放缓，甚至造成了印度尼西亚等部分国家能源消费的下降。

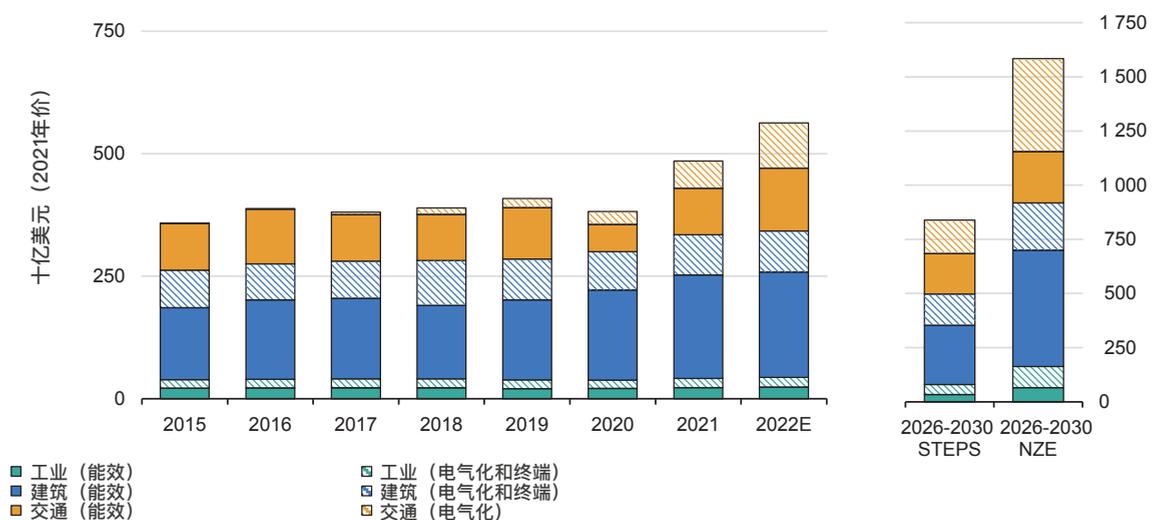
1.3 金融和投资

2022 年能效相关投资预计实现 16% 的强劲增长

全球能效相关的（用能）终端投资¹²继上一个十年后半段的连续疲软甚至是零增长之后，在 2021 年开始强势增长。这一趋势主要受各国政府针对建筑部门的刺激计划，以及交通投资复苏的共同驱动；此前的 2020 年，交通投资由于新冠疫情减少了约 50%。2022 年，能效相关投资维持总体强势增长，其中交通部门超过建筑部门成为新增支出流向的主要部门，带动全球能效相关投资总额提升了 16%，达到略高于 5600 亿美元水平。然而由于供应链压力、劳动成本增加和材料价格上涨，能效相关投资增量约有一半被通货膨胀和成本上涨抵消。包括能效和（用能）终端支出在内的清洁能源投资，在新兴市场和发展中经济体中依然显著低于发达经济体。

¹² 译者注：主要包括用于能效的部分和用于电气化的部分。

2015–2022年全球能效相关的（用能）终端投资和各情景下2026–2030年的年平均投资



IEA. CC BY 4.0.

注：图上2022E指2022年估算值；STEPS指“既定政策”情景；NZE指“2050年净零排放”情景。能效相关投资包括对新增节能设备的增量投资，以及用于节能改造的全部成本；这样定义能效投资有助于将所有促进能源消费减少的支出纳入统计。高效交通投资包括对高效道路车辆和道路电动车的额外支出，其中道路电动车包括插电式混合动力车（PHEV）。

来源：[World Energy Investment 2022](#)。

在当前的预期政策下，能效相关投资预计将在 2026–2030 年期间（较现有水平）进一步增长 50%，达到每年近 8400 亿美元。然而，这一投资水平仅能达到实现“2050 年净零排放”情景在同一时段所需能效相关投资的一半左右。为了实现全球气候雄心，各部门都需要采取有力措施加速相关投资，从而促进建筑能效提升和交通、供暖、制冷和工业生产等领域的电气化。根据 IEA [《世界能源展望 2022》](#) 报告，在“2050 年净零排放”情景下，能效和电气化投资在全球投资总额中的占比将从目前的 17%，提高至 2030 年的 32%，以及 2050 年的 40%。

据估计，2022 年全球用于建筑能效提升的投资仅有 2% 的小幅增长，达到 2150 亿美元。与 2021 年的 12% 年增幅相比，2022 年的增长滞缓来自建筑施工和材料成本的上涨、融资成本的增加，以及新兴市场和发展中经济体的相关支出减少。

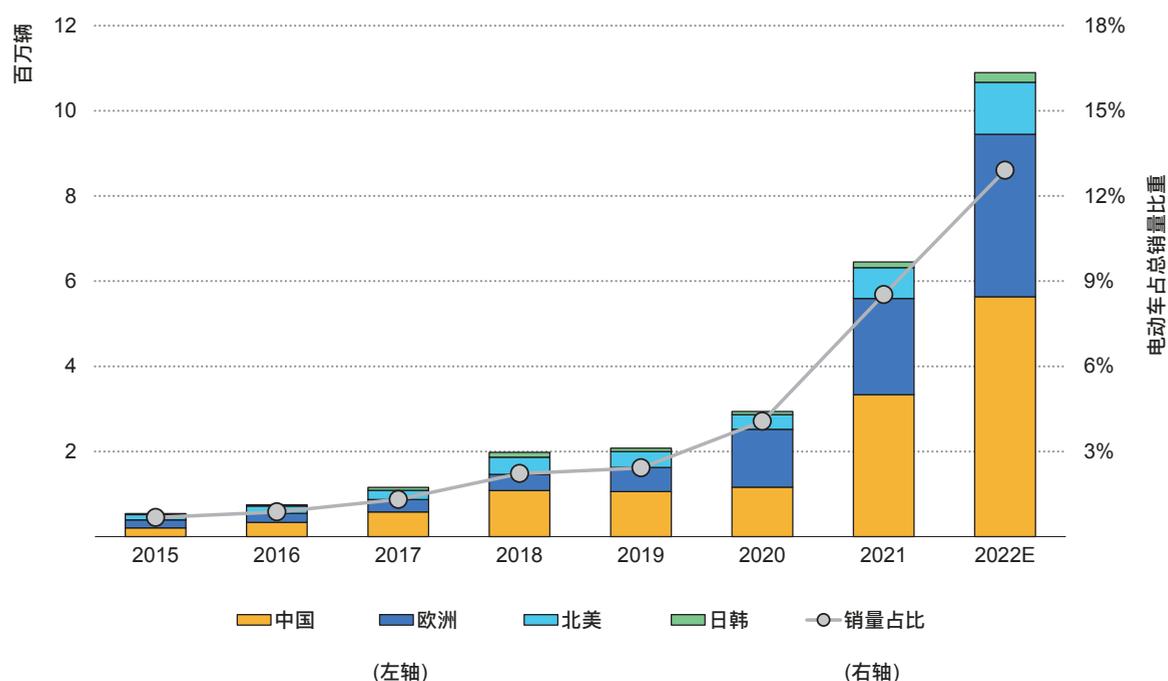
电动车销售推动 2022 年交通能效相关投资增加近 50%

全球交通能效相关投资据预测将在 2022 年实现 47% 的大幅增长，达到 2200 亿美元；其中包括稍高于 900 亿美元的电气化投资，较上年增长 370 亿美元，涨幅 67%。交通电气化投资目前约占交通能效相关投资总额的 42%，较 2019 年的 19% 有明显提升。

在过去的两年内，全球电动车销量几乎翻了一番，并在 2022 年达到了 1100 万辆左右；而在 2017 年，这一数字仅为 100 万辆。这意味着电动车目前占全球新车销量的 13%，而在五年前其占比还只是略高于 1%。各国利用政府支出，通过电动车补贴和激励措施的形式为交

通部门的这一转型提供了支持；相关政府支出在 2021 年几乎翻倍，达到约 300 亿美元。尽管如此，但政府补贴在轻型电动车相关支出中的占比正在不断降低，而其销量数字正在不断攀升，这说明在一些较为成熟的电动车市场，消费者选择正在成为主要的驱动因素。

2015–2022年全球轻型乘用车新车销量趋势



注：图上2022E表示2022年估计值。
来源：[Global EV Outlook 2022](#)。

IEA. CC BY 4.0.

交通部门针对常规能效提升的投资也有突出表现，增长了 330 亿美元，增幅 35%，达到 1280 亿美元；这一增长主要来自针对高效汽车的支出增加，例如混合动力电动车等。燃油经济性标准是促进传统汽车能效提升的关键性政策工具之一；这类标准如果足够严格，还有助于[推动电动车更好地渗透市场](#)。

虽然电动车销量在亚洲发展中地区翻了一番，在东欧、拉美和加勒比地区的一些市场也有激增，但其市场占比在巴西、印度、印度尼西亚等大型新兴经济体国家依然很低，[不足汽车销售总量的 0.5%](#)。这一市场占比是一系列因素共同作用的结果，包括与传统汽车相比成本竞争力较低，以及与发达经济体相比可供选择的电动车型号较少。全球轻型商用电动车销量在 2021 年增加了 70% 以上。尽管轻型商用车的电气化具有很强的[经济性](#)，对城市地区的快递车队而言尤其如此，但电动车在轻型商用车总销量中的市场占比依然只有 2%。

[针对电动两轮和三轮车](#)，以及公共汽车和重型车电气化的投资也在 2021 年发生了增长。2022 年 5 月，绿色气候基金（GCF）通过了一项[价值 15 亿美元的印度私营部门“电动出行融资计划”（E-mobility Financing Programme）](#)，旨在为电动车车主和操作人员提供融资解决方案，并为支持电动车生态系统的发展开展充电基础设施和电池建设。与 2020 年水平相比，

印度电动公共汽车销量增加了 40%，电动的中型和重型卡车销量增加了一倍以上。中国在所有细分(电动车)市场中都占据主导地位，占 2021 年全球电动两轮和三轮车注册量的 95% (近 950 万辆)，以及电动公共汽车和电动卡车注册量的 90%。

在一些市场中，(电动车的)换电模式正在得到越来越多的关注，对亚洲的两轮和三轮车而言尤其如此。印度在 2022 年 4 月引入了一项针对两轮和三轮车的换电政策草案；而印度尼西亚的[能源和矿产资源部 \(ESDM\)](#)正在修订 2020 年第 13 号部长条例，计划增加充电和换电站的数量。据相关记录，中国在 2021 年售出 25 万辆换电汽车，并且在相关政策和“电池即服务”(battery-as-a-service)等创新商业模式的加持下，该数字预计还会增加。

智利和印度的公共汽车批量采购及大规模电气化

在智利交通和电信部关于车队更新和扩展的招标之下，圣地亚哥的公共交通系统采购了近 1000 辆电动公共汽车并投入使用。至此，这一智利首都的公共交通车队拥有 [1700 多辆电动车 \(占车队总车辆数 25% 以上\)](#)，使智利成为拥有[继中国之后全球第二大城市电动公共汽车车队](#)的国家。

印度准备通过批量采购计划来实现其公共汽车车队的电气化，预计将在未来五年采购 5 万辆公共汽车。在 2022 年初的“大挑战”(Grand Challenge) 电动公共汽车招标中，印度超级节能服务公司 (Super ESCO) EESL 的子公司，[Convergence Energy Services Limited \(CESL\)](#)，成功在其“混合动力和电动车加速应用和制造”二期 (FAME II) 计划下，在五个城市招标到了超过 [5450 辆电动公共汽车](#)。本次招标的合同提供“电动出行即服务”(e-mobility as a service)，并实现了有史以来基于总价合同 (Gross Cost Contract) 的最低价格。这一批公共汽车预计将在 12 年内运行约 71 亿公里，节省近 19 亿升燃油，并为至少 2.5 万人创造就业机会。2022 年 7 月，CESL 还与金融科技公司 Three Wheels United (TWU) 签订了一份谅解备忘录，将[采购 7 万辆电动三轮车](#)，并从班加罗尔和德里开始，分阶段在印度全国进行部署。

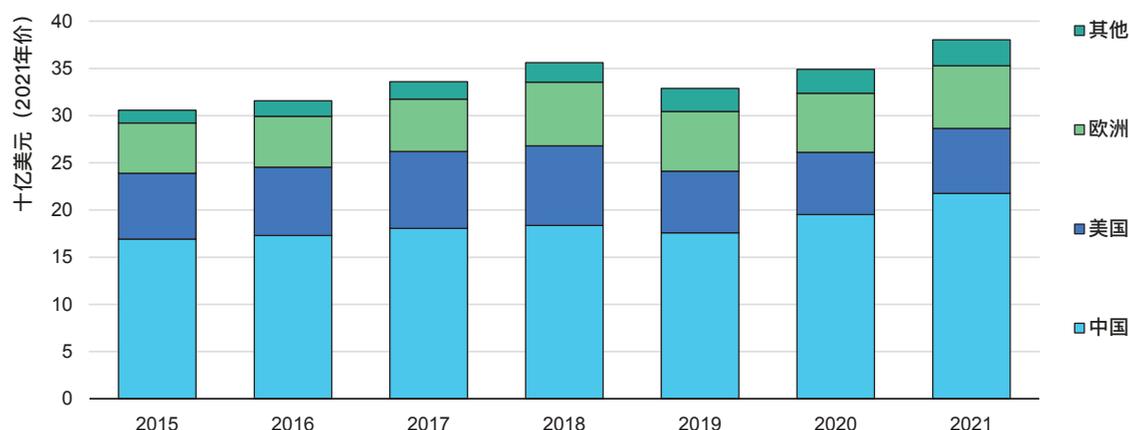
中国继续推动全球节能服务市场增长

节能服务公司 (ESCO) 为客户提供一系列广泛的服务，上至发供电，下至能源管理和节能改造。ESCO 公司能够提供专业支持，便于能源用户更好地识别项目机会、为其进行融资并予以实施，因此可以对降低能效相关投资的先期成本起到尤为重要的作用。

2021 年，全球 ESCO 市场增长 9%，达到 380 亿美元。其中，最大市场中国的相关投资上涨 9%，达到 220 亿美元。近期全球范围内针对 ESCO 市场的相关举措包括创新和数字化的商业模式，以及更好的项目聚合，包括投资组合法 (portfolio approaches)、服务打包和超级 ESCO 等形式。[肯尼亚](#)和[塞内加尔](#)都已着手建立超级 ESCO 公司，而沙特阿拉伯和阿

联酋七个酋长国中的三个都已经拥有正常运转的超级 ESCO 公司。加拿大的私营超级 ESCO 公司 SOFIAC 和菲律宾的 Climargy 已在近期开始运作。

2015–2021年全球ESCO项目投资



IEA. CC BY 4.0.

来源：Based on IEA annual ESCO market surveys, including the 2022 collaboration with the Global ESCO Network.

建筑项目在欧洲、北美和亚洲的许多 ESCO 市场占主导地位，并在 2021 年首次突破中国 ESCO 市场 50% 的市场份额。工业项目在日本、土耳其共和国（以下简称“土耳其”）和其他几个亚洲的 ESCO 市场较为强势；同时（全球）电动车保有量的整体提高可能会为发达和新兴经济体（ESCO 市场）带来新的机遇。2022 年 11 月，[欧洲投资银行](#)确定成立一项 2.2 亿欧元的基金，用于能效和离网式（behind-the-meter）¹³ 可再生能源投资，以及为欧盟境内的 ESCO 公司提供支持。

IEA 关于 ESCO 市场的最新年度调查结果显示，虽然昂贵的能源价格和对于能效措施的高度认知为 ESCO 项目带来了新的机遇，但也存在一些阻碍项目实施的障碍，包括可用人员不足、所需物资短缺，以及材料成本上涨等。客户侧的信用风险，对 ESCO 行业缺乏需求和信任，以及行政和监管方面的障碍，依然是 ESCO 行业面临的一部分最重要的挑战。其他障碍包括，一些市场中的能源补贴延迟退出，以及一些政府的（资金）支持计划将 ESCO 公司等第三方主体排除在外等。

¹³ 译者注：behind the meter 通常指屋顶太阳能光伏等直接为建筑提供电力的可再生能源发电形式，这部分电力并不并入电网，从而无法通过电表进行测量，因此称为 behind the meter（在电表后面）。此处意译为“离网式”。

沙特阿拉伯超级 ESCO 公司——Tarshid

沙特阿拉伯的公共投资基金在 2017 年以 [5 亿美元](#) 的初始资本建立了超级 ESCO 公司 [Tarshid](#)。该公司致力于提高公共机构建筑¹⁴ 能效，包括路灯、政府办公楼、学校和清真寺等，也开展一些商业部门的项目。所有公共机构都必须与 Tarshid 公司签订独家合同；在沙特阿拉伯 110 亿美元的 ESCO 市场中，该公司预计覆盖了全国 70% 的能效项目。Tarshid 公司通过合同能源管理来获取私营 ESCO 公司的服务，从而（向客户）提供节能设备和其他解决方案。例如，该公司 2022 年开始着手对 [大学建筑](#) 进行翻新，每年约产生 1.15 亿千瓦时 (kWh) 节能量，相当于释放了 7.7 万桶油当量，可供出口或其他用途。Tarshid 公司还在 2022 年完成了 [5.4 万 LED 公共灯柱](#) 的安装，与原先的公共照明相比，（每年）节能约 1.04 亿 kWh，节能率 60%。

中小企业寄望通过能效措施实现节能效果

全球约有 3.33 亿家企业被划分为中小微企业 (MSME)，这类企业占本国能源需求的 [9% ~ 29%](#) 不等。在亚洲，中小微企业占 [企业总数的 97%](#)，总劳动力的 69%；而在欧洲，2300 万家中小企业 (SME) 雇佣了约 8300 万人，约占总劳动力的 38%。这些企业占欧洲 GDP 总量的一半左右，并且对每一个经济部门的增值都发挥着关键作用。

最近一项调查发现，超过半数的中小微企业正计划在近期内实施新的 [能效提升举措](#)，其中 61% 的企业已经开始采取行动进行节能。例如，墨西哥政府通过向占全国企业 98% 的中小企业提供优惠贷款，实施了老旧设备更换等 [约 3.6 万项标准化的能效措施](#)。

为了维持欧洲经济并帮助规模较小的企业克服挑战，[欧盟委员会和 IEA](#) 携手合作，提高各国政府、企业和相关方对保护和赋能中小企业可选方案的认知。除此以外，“国家援助临时危机框架”的修订案也已颁布，旨在给予各成员国更大的空间支持其企业发展，并为此提供 400 亿欧元的欧盟凝聚力基金。

2022 年，英国引入一项 [拨款计划](#)，帮助家庭和小企业投资热泵和生物质锅炉。在此基础上，英国政府在其 [《秋季预算声明》](#) 中，针对 2025–2028 年期间的相关投入分配了额外资金。相关工作将接受一个新成立工作组的监督，该工作组主要负责住宅保温、锅炉升级，以及在这一个十年内将总体能源需求降低 15%。[捷克](#) 为能源成本占运营总成本 10% 以上的中小企业推出了一种新的担保。与此同时，美国能源部 (DOE) 宣布，将为从事清洁能源和气候解决方案的小企业提供 [5300 万美元](#) 的资金支持。

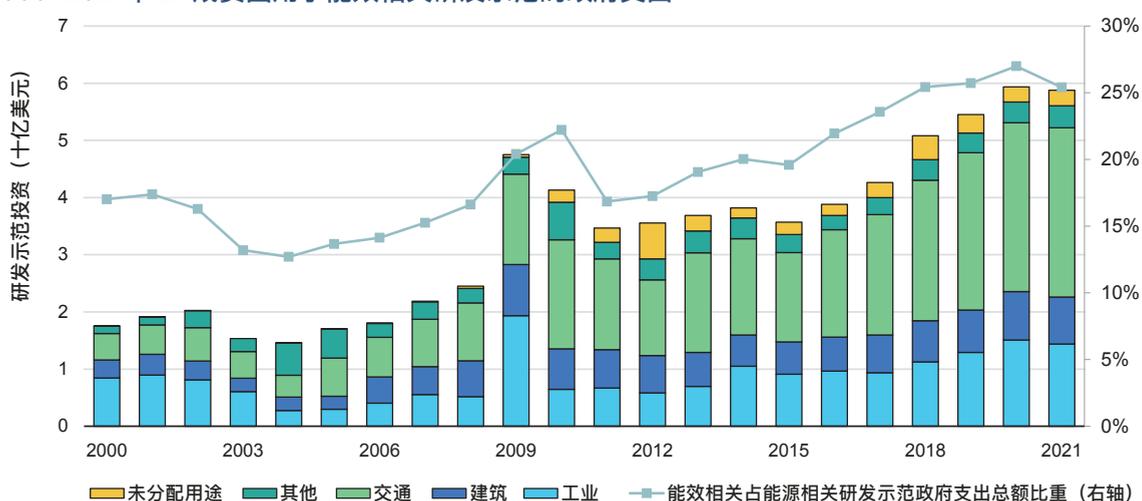
¹⁴ 英文称 public buildings，指政府等公共资金支持公共建筑。

1.4 创新

用于能效相关研发示范的公共支出在经历十年增长后保持稳定

用于能效相关研究、开发和示范（RD&D）的公共支出在 2021 年保持稳定，约为 60 亿美元，按固定价或不变价计依然比 2015 年水平高出 50%。2021 年用于能效相关研发示范的公共支出中，交通部门依然占主导地位（49%），其次是工业部门（24%）。过去十年间，在（每年）用于能源相关研发示范的政府投资总额中，能效相关投资的占比实现了稳定提升，目前已占到 1/4。

2000–2021年IEA成员国用于能效相关研发示范的政府支出



IEA. CC BY 4.0.

来源：IEA's Energy technology RD&D budgets database.

针对能效的风险资本投资正在增长，但可能会随经济状况恶化而减少

为了开发更好、更廉价的清洁能源技术，并让全球稳步迈向 [2050 年净零排放](#)，能效领域需要实现更多的创新。在政府和商业的研发示范以外，清洁能源初创企业的角色正在变得越发重要，特别是（它们能够）以低于传统能源项目的先期成本开发新型产品和服务。

2021 年，尽管受新冠疫情影响，但风险资本（VC）针对从事建筑、工业、电力能效技术开发的早期初创企业的[投资](#)依然增加了 30% 以上，达到 11 亿美元。这一增长主要流向了推进智能电网和电力流综合优化（integrated power flow optimisation）概念的公司，这类公司（在这一年）比以往任何一年吸引到的资金都要多。同时，针对交通电气化和电池技术的早期风险资本投资增长了超过 40%，达到 18 亿美元，主要由电池市场的扩张所带动。

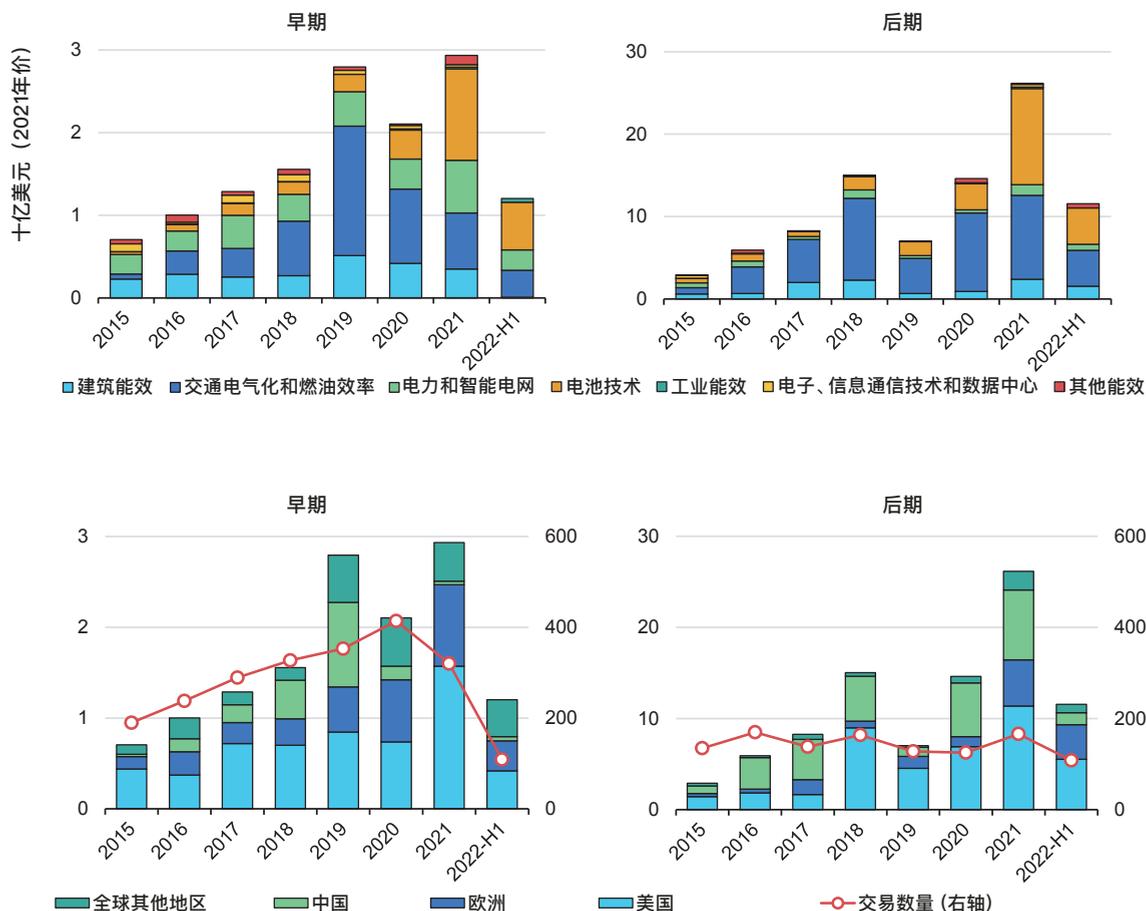
针对能效初创企业的后期风险资本投资也在 2021 年发生了显著提升，增加了一倍以上，达到历史新高的 43 亿美元。这一增长主要用于电力和智能电网，以及建筑能效。电动出行和电池公司募集到近 220 亿美元投资，较 2020 年水平提升 70%，金额远远领先于其他能效相关的技术领域；这些资金将主要用于（企业）发展、规模提升和市场扩张。

[交通部门](#)正在进行一场技术革命——相关创新拓展了电气化的边界，也使投资者的眼光转向电动车的大规模推广。事实上随着电动车行业逐渐成熟，针对电动车初创企业的早期投资正在为后期融资飙升让出空间：2021 年针对交通电气化的早期风险资本投资下降了 25%，但相关的后期投资却增加了 5%。

与此同时，随着相关需求的蓬勃发展，电池层面的创新——从矿物开采到（电池）制造——也正在加速，这一领域各个阶段的风险资本投资也都增加了两倍以上。新的交叉领域正在兴起，例如电池管理系统，2021 年吸引到了近 5000 万美元投资，其中包括总部位于印度的 [ION Energy 公司](#)和总部位于德国的 [volytica 公司](#)，这两个公司为提高电池性能和寿命开发了电池诊断解决方案。

与往年一样，能源领域的风险资本投资主要流向了美国、欧洲和中国。初步数据显示，受 2022 年金融市场对技术投资进行风险回避（risk-off approach）的影响，该领域早期风险资本投资在 2022 年上半年可能放缓。

2015年–2022年上半年全球针对清洁能源初创企业在能效和电气化领域的风险资本投资，按技术领域和地区划分



IEA. CC BY 4.0.

注：这一分类考虑了开发能效技术、服务和解决方案——包括硬件和软件——的初创企业。早期阶段（投资）交易界定为种子期、A轮和B轮交易；这些类型的交易中，价值高于同行业当年成长型股权投资第90百分位（90th percentile）的大型交易被重新归类为后期阶段（投资）交易。除此之外，后期阶段交易还包括成长型股权、后期私募股权和针对上市股权的私募投资。图上“建筑能效”包括居住和公共建筑¹⁵的建筑维护结构、供暖和制冷、能源管理系统、照明和智能化设备；“交通电气化和燃油效率”包括电动车，但不包含相关的电池技术，后者作为一个单独的分类，包括电池相关的矿物开采和加工、部件、制造、回收利用和管理系统；2022年数据仅包括2022年上半年（2022-H1）的初步数据。

来源：IEA calculations based on [Cleantech Group, i3 database](#) (2022). Also see: [World Energy Investment 2022](#).

数字化能效提升模式的发展对风险资本资金的利用从早期转向后期

在清洁能源初创企业之间，“数字化”已经成为了热门词汇，这是因为创业者们不断地寻求基于数字化工具或流程的新想法，致力于开发新的**数字化商业模式**，例如“能源即服务”（EaaS）和针对分布式能源（DER）的虚拟电厂（VPP）聚合模型。相关领域的创新和对新

¹⁵ 译者注：英文称 commercial buildings，包括办公建筑、零售建筑（如商场）、酒店建筑、医疗建筑等非居住建筑。

型数据的获取，正在为传统的能源公司和（水电等）能源供应商（utilities），以及工业、交通、建筑部门创造更多的机遇。

针对能效初创企业并用于数字化商业模式开发的早期风险资本投资在新冠疫情期间表现出了令人印象深刻的韧性，但在随后的 2021 年下降了约 20%，达到 8 亿美元。下降的主要原因是针对电动车“充电即服务”（charging as a service）的投资大大减少。这可能反映出[一个较为普遍的趋势](#)，即那些致力于开发电动车及相关技术的公司在过去十年吸收了大量资金后，已经趋于成熟并步入了后期发展阶段。如果排除这一因素，上述投资下降实际上意味着 15% 的增长。提供“能源即服务”的公司，以及从事分布式能源和电网管理的公司，募集到了更多的早期风险资本资金，分别为 3.7 亿美元和 2 亿美元左右。

数字技术为新型商业模式构建基础

利用数字技术，新型商业模式触及到了更多的终端用户。“能源即服务”的商业模式将焦点从以资产为基础，转变为以消费者为中心和服务导向型的产品，消费者可以在不进行先期资本投资的情况下，通过订购计划购买某一项能源服务。这类商业服务模式的应用范围包括将能效提升、照明、制冷、储能等作为一种服务进行供应，以及提供共享出行、电动车充电、“电池即服务”等出行服务。

各类实体的、数字的、信息通信技术的基础设施使用，为更多的参与者打开了市场，这些参与者包括（水电等）能源供应商、ESCO 公司、工业设备供应商、电信公司和技术供应商等。

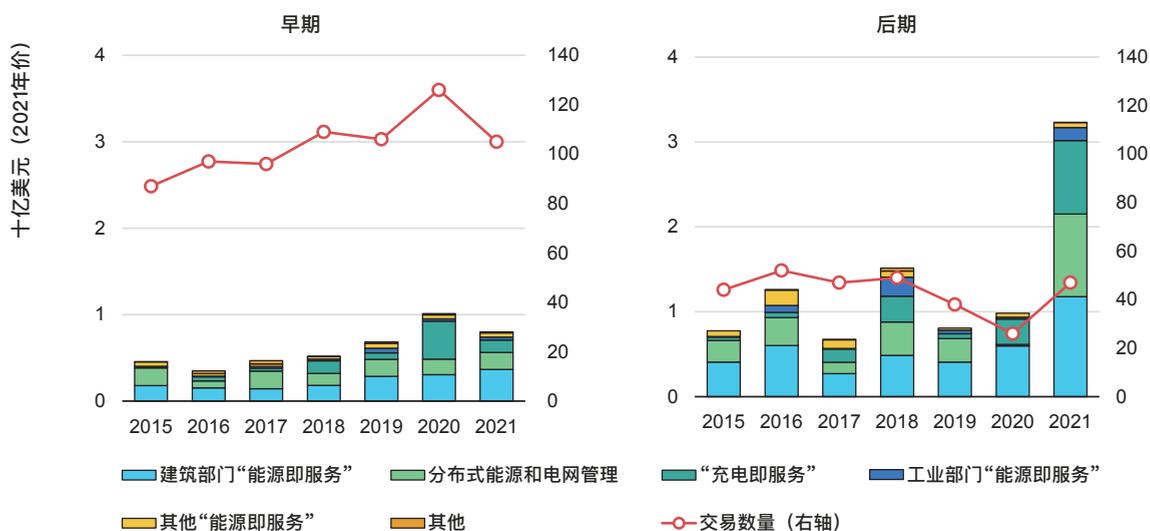
尽管对市场增长的预测存在较大差异，但“能源即服务”市场正在快速扩张，预估市场潜力从[“2025 年达到 190 亿美元”](#)到[“2029 年达到 1480 亿美元”](#)不等。

先期投资成本高是电动车大规模应用的主要障碍之一；而电池是电动车最昂贵的部件，因此将电池和车辆进行分离可以降低先期投资成本。换电模式也有助于消费者从电池技术的发展中获益，并推动充电管理更好地发展，从而延长电池寿命、改进车网互动方案。目前，通过“电池即服务”模式向客户租赁电池是最广泛采用的一种提供换电服务的方法。

中国换电市场是该技术领域增长最快的市场之一。截至 2022 年 9 月，中国共有超过 1760 个换电站（BSS），较上年增加 98%。据[彭博新能源财经](#)（Bloomberg New Energy Finance）报道，中国六家大型换电供应商计划在 2025 年底之前建立 2.6 万个换电站，几乎是现有水平的 15 倍。印度也为扩大换电规模采取了一系列尤其是针对两轮和三轮车的重要行动；印度国家转型委员会（NITI Aayog）在 2022 年 4 月发布了一项关于换电的政策草案。该国目前有三个邦（德里、马哈拉施特拉、果阿）为没有预装电池的电动两轮车提供购车补贴，还有几个邦为换电站的建立提供激励。

与早期投资的下滑形成鲜明对比，2021 年后期风险资本投资同比增长两倍以上，达到超过 30 亿美元，且交易数量恢复到了新冠疫情前的水平。增长主要流向了分布式能源和电网管理，该领域通过建筑部门“能源即服务”（投资）翻倍，以及“充电即服务”，在 2021 年吸引了近 10 亿美元资金，而在 2020 年几乎为零。[Daystar Power 公司](#)是其中一个典型例子，该公司在非洲西部地区通过“电力即服务”模式向企业提供混合太阳能系统，并在 2021 年募集到了 3800 万美元的 B 轮融资。

2015–2021 年全球针对从事新型数字化商业模式开发的能效初创企业的风险资本投资



IEA. CC BY 4.0.

注：这一分类考虑了开发能源技术、服务和解决方案——包括硬件和软件，并且直接接触终端用户的初创企业；不包括只专注于硬件制造或分销的初创企业。图上“建筑部门‘能源即服务’”包括居住和公共建筑智能供暖和制冷、能源管理系统、照明和智能化设备；“分布式能源和电网管理”包括虚拟电厂、点对点等能源交易体系，以及“随用随附”（pay as you go）等离网接入解决方案。早期阶段（投资）交易界定为种子期、A轮和B轮交易；这些类型的交易中，价值高于同行业当年成长型股权交易第90百分位（90th percentile）的大型交易不纳入早期阶段交易，并被重新归类为后期阶段（投资）交易。除此之外，后期阶段交易还包括成长型股权、后期私募股权和针对上市股权的私募投资。

来源：IEA calculations based on [Cleantech Group, i3 database \(2022\)](#). Also see: [Energy Efficiency Market Report 2021](#).

第 2 章 政策与技术

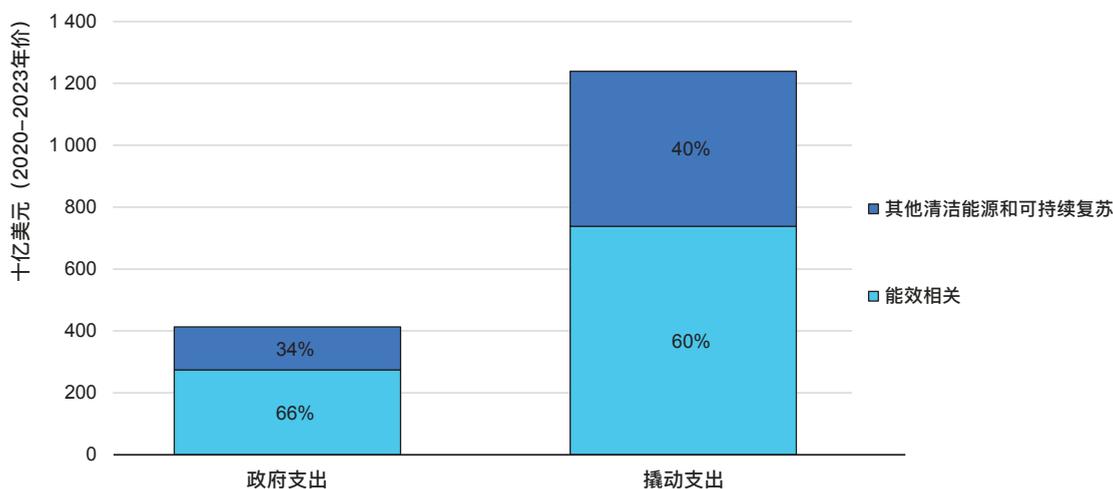
2.1 国家层面及国际进展

2020 年以来，各国清洁能源复苏方案撬动逾万亿美元支持能效提升

根据 IEA“[可持续复苏追踪](#)”政策工具监测到的情况，随着各国政府 2020 年以来加大清洁能源投资力度，并对俄乌战争引发的能源危机做出应对，全球可持续复苏支出总额出现强劲增长。

这一分析表明，2020–2023 年期间全球共计撬动超过 1 万亿美元资金，用于能效相关行动。其中约有 2700 亿美元为直接的公共支出；另有 7400 亿美元为撬动支出，用于建筑节能改造、车辆、交通基础设施和工业能效项目。在 2020–2023 年各国政府及其所撬动的私营部门关于清洁能源和可持续复苏的约 1.6 万亿美元支出总额中，能效相关支出约占 2/3。

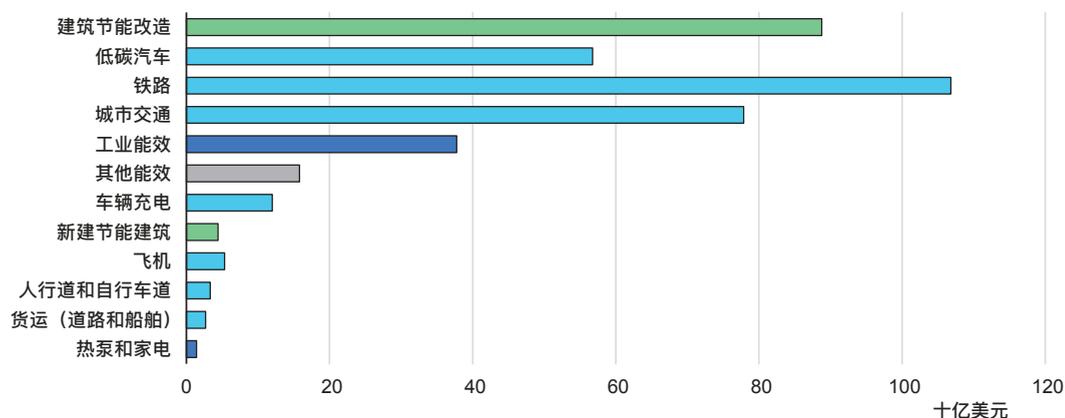
2020–2023年清洁能源和可持续复苏支出



IEA. CC BY 4.0.

注：“撬动支出”包括由政府行动所撬动的私营部门和公共支出。
来源：[IEA Tracking Sustainable Recoveries](#); as of April 2022.

截至2023年指定用于清洁能源复苏的累计政府支出



IEA. CC BY 4.0.

来源: [IEA Sustainable Recovery Tracker](#); as of April 2022.

由于许多国家和地区的政府自 2022 年中以来又颁布了新的投资方案，因此在 IEA 将该分析更新至 2022 年全年数据时，以上支出数字预计还会增加。

美国国会在 2022 年 8 月通过了 [《通胀削减法案》 \(Inflation Reduction Act\)](#)，用于帮助解决生活成本增加和其他相关问题。该法案从其框架下 7370 亿美元的资金总额中，史无前例地为能源和气候变化相关措施分配了 3690 亿美元，需要在十年内使用。《法案》涉及的一揽子政策中，能效相关条款估计价值约为 950 亿美元，其中 200 亿美元为面向电动车的清洁交通税收抵扣、针对美国邮政服务和公共服务中零排放车的投资，以及针对港口基础设施中零排放设备的投资。

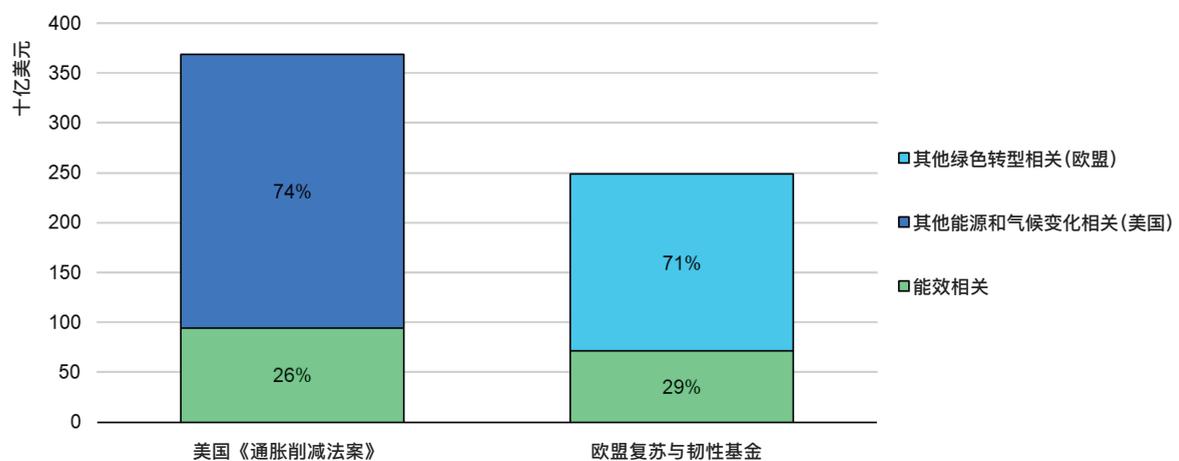
约有 530 亿美元被指定用于建筑能效提升，包括面向居住建筑电气化和高效家电的税收抵扣。另外还有 160 亿美元用于制造业，包括针对电动车生产的拨款和贷款，以及面向其他清洁制造的税收抵扣。作为应对供应链挑战的重要一步，美国通过《国防生产法案》 (U.S. Defense Production Act)，为加速热泵、保温结构和光伏板等清洁能源技术的生产提供了资金。

欧盟于 2022 年 5 月启动 [《欧盟重新赋能计划》](#)，成为该领域另一重大进展。《计划》旨在加速清洁能源转型，并减少对俄化石能源依赖——具体计划为在 2022 年底减少 2/3 的俄罗斯进口化石能源使用，并在 2030 年减少 100%。该计划将节能作为三大核心支柱之一，并设定了一系列目标，包括 2023–2027 年期间热泵安装率翻番、累计达到约 1000 万组，以及加速电气化，尤其是工业部门电气化等；这可能会将《能源效率指令》 (Energy Efficiency Directive) 原先设定的欧盟总体节能 9% 的目标提高到 13%。2022 年 8 月发布的 [《欧盟节能通讯》](#) 为消费者介绍了一些短期节能方案；欧盟委员会也敦促各成员国开展公众意识提升活动。与此相关的还有 [《欧盟天然气需求减少计划》](#)，该计划列出了一些可以在 2023 年春季前将欧洲天然气使用量减少 15% 的短期措施。

欧盟委员会针对《欧盟重新赋能计划》发布了一项议案，提出通过增加[欧盟复苏与韧性基金](#)（RRF）来为该计划提供资金支持。该计划中，“绿色转型”支柱的预估总开支为 2490 亿欧元，其中能效相关要素约占 29%。

法国“[住房优质整修](#)”（MaPrimeRénov）拨款计划增加了 20%，即 4 亿美元的预算。该计划在 2022 年 1 月 1 日至 9 月 11 日收到了 43 万份申请。在西班牙，用于应对能源危机的各项应急方案包含了一系列能效和需求侧措施，例如降低[公共交通](#)价格、限制公共机构建筑¹⁶内的[供暖和制冷](#)服务使用，以及一项关于居住建筑能源审计和节能改造的计划。

美国《通胀削减法案》和欧盟复苏与韧性基金预算分配



IEA. CC BY 4.0.

注：图上资金数据截至2022年7月。美国《通胀削减法案》包含几个类别的预算，本次分析中仅考虑“能源和气候变化”分类下的预算。欧盟复苏与韧性基金聚焦六大政策支柱，本次分析中考量的是“绿色转型”支柱。

来源：IEA based on data from [Congressional Progressive Caucus Center](#), [European Commission](#).

意大利的“超级津贴”（Superbonus）节能改造计划是欧洲最大的针对单一改造的拨款计划，截至 2022 年 10 月已为相关项目提供了价值超过 [550 亿美元](#) 的税收抵扣。2021 年底，意大利对该计划进行了更新，使其更加严格——适用该计划的节能改造项目必须将建筑性能提升两个等级。爱尔兰于 2022 年 2 月发布 [《国家节能改造方案》](#)（National Retrofit Plan），计划到 2030 年对占全国住房存量 30% 的 50 万套住房进行改造升级，期间将通过拨款对改造项目予以支持——最高可覆盖深度改造成本的 50%，同时爱尔兰的（建筑改造）“一站式商店”（One-stop Shops）还会在项目管理等方面为改造项目提供援助。

¹⁶ 英文称 public buildings，指政府等公共资金支持公共建筑。

加拿大新发布的[《绿色建筑战略》\(Green Buildings Strategy\)](#)旨在利用 1.09 亿美元 (1.5 亿加元) 的资金支持, 提高建筑的节能改造率, 并在 2050 年之前建立起一个具备净零排放条件 (net-zero-ready) 的建筑部门。

日本政府颁布了[《绿色转型计划》\(Green Transformation Plan 或 GX Plan\)](#), 并且通过修订[《合理使用能源法案》\(Act on Rationalizing Energy Use\)](#)和[《建筑节能法案》\(Building Energy Efficiency Act\)](#), 为提高能效目标巩固了法律基础。这些措施加强了 (日本的) 建筑节能相关法令, 以及针对大规模能源用户、包括需求响应措施在内的年度能源报告制度。日本政府还将通过一项三年的能效投资计划, 为工厂和建筑中老旧设施的更换提供 5000 亿日元的补贴。

为了缓解高电价带来的负担, 日本政府启动了[“节电项目”\(Setsuden Program\)](#), 据估计项目预算约为 [1800 亿日元](#) (12.5 亿美元)。该项目通过经济激励对电力供应商运行的需求响应机制进行推广, 在这些机制下, 消费者每节约一度电都能获得积分。这些积分可以用于多种支付场景, 例如电费账单和一些著名的电商市场, 1 积分大约相当于 1 日元, 从而有助于引导消费者参与这些节能机制。

能效投资在乌克兰重建中的作用

[世界银行](#)报告称, 截至 2022 年 6 月 1 日, 俄乌战争已经造成乌克兰约 81.7 万住宅单位遭到破坏, 其中超过 31.2 万住宅单位被彻底摧毁。同年 7 月, 在瑞士卢加诺举行的乌克兰重建大会上, 欧盟委员会主席[乌尔苏拉·冯德莱恩 \(Ursula von der Leyen\)](#)表示, 这场战争让世界意识到“关于一个崭新乌克兰的梦想, 不仅是自由、民主和欧洲的, 还 (将) 是绿色和繁荣的。”

会上, [乌克兰总理](#)承诺新的住房建设将基于欧洲相关标准和指南。据世界银行称, 乌克兰有望在居住建筑部门实现 30% 的节能率, 并且[约 70%](#) 的建筑可能通过热力现代化 (thermal modernisation) 和区域供暖 (DH) 实现大幅的供暖节能。

乌克兰在 2021 年 10 月通过了关于[能效](#)的国家法律, 为其重建提供了 (能效) 相关框架。乌克兰[“能效基金”](#)自 2019 年启动以来, 已经吸引了超过 800 个项目。例如, 卢茨克市一栋 40 年楼龄的五层建筑改造项目, 预计将实现[61.5% 的节能率](#), 并且平均每年为 (楼中居住的) 每一户家庭节省 1.81 万乌克兰格里夫纳 (UAH) 的开支。此外, [52 栋多层建筑](#)即使是在战争期间也完成了能源现代化改造项目。

欧洲投资银行 (EIB) 正在通过其价值 22.6 亿欧元的[“乌克兰团结紧急响应”\(Ukraine Solidarity Urgent Response\)](#)一揽子政策积极支持乌克兰重建, 这些政策中包括能效相关措施和项目。乌克兰是 IEA 第 11 个联盟国; IEA 目前正在深入推进和扩展其在乌克兰能源安全、清洁能源转型和重建措施等方面的工作。

澳大利亚政府在其 [2022 年 10 月预算](#) 中，为支持从事节能改造的中小企业（在原先基础上）又提供了 6260 万澳元资金，为制定《国家节能战略》（National Energy Performance Strategy）提供了 150 亿澳元，还为扩大“温室最低能效标准”项目和《全国住房能效评级方案》提供了 400 万澳元。目前制定中的 [《国家节能战略》](#) 将为澳大利亚能效提升和节能提供（行动）框架，从而实现其 2030 年和 2050 年减排目标；同时该战略还将（致力于）减轻消费者和电网压力。

[“国家保温项目”（National Insulation Program）](#) 是荷兰新一届政府的优先议程之一，该项目将为 250 万户住房提供保温（措施），并将为此提供总计 39 亿美元（40 亿欧元）的资金。该国还推出了一项加强的能效责任制度（energy efficiency obligation），该制度强制要求公司实施所有投资回收期在五年内的节能改造。

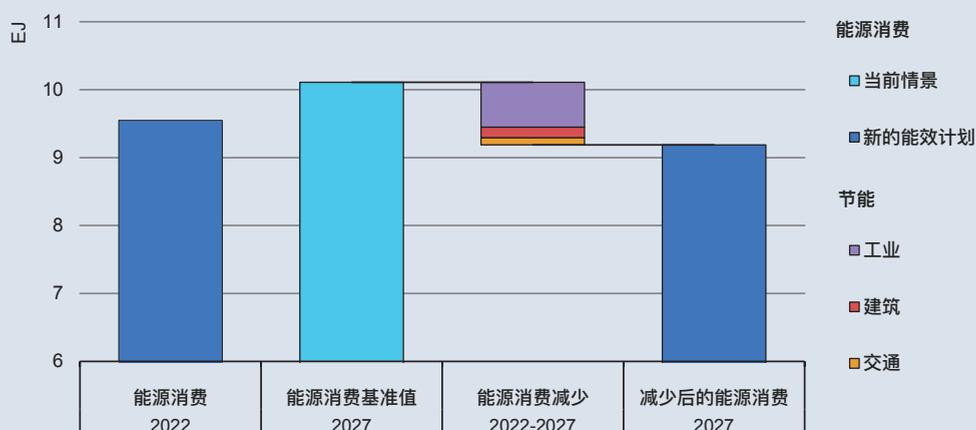
2022 年 8 月，印度修订了 [《节能法案》（Energy Conservation Bill）](#)，修订后的法案将和其他措施一起，通过新的建筑法规和执行措施来拓宽印度节能制度的规模和范围。

韩国为加强能源安全发布新的国家能效战略

2022 年第一季度，韩国进口约同样数量的能源所花费用几乎是上年同期的两倍。为了帮助解决日益突出的能源安全问题，2022 年 5 月就任的韩国新一届政府出台了一项富有雄心的能效计划，希望在 2022–2027 年之间通过 15 项各部门的主要任务，使全国能源强度改善 25%。

该计划旨在将韩国能源消费总量减少 22 兆吨油当量（Mtoe），相当于其首都首尔六年的用电量。该计划生效后，预计将能避免 59 兆吨（Mt）额外二氧化碳排放，节省 1.3 万亿韩元（10 亿美元）输配电设施成本，以及 14.6 万亿韩元（112 亿美元）能源进口支出。

2022–2027 年韩国终端能源消费变化分解



IEA. All rights reserved.

来源: Ministry of Trade, Industry and Energy (2022) as modified by the IEA.

工业部门占韩国能源消费总量的 62%。该部门将引入一项新的自愿性目标管理项目——“韩国能效伙伴关系”（KEEP），聚焦年度能源消费不低于 200 千吨油当量（ktoe）的能源密集型公司。在由 44 家企业组成的 2020 年[试点项目](#)中，19 家表现优秀的（企业）场址能源强度较前三年平均值改善了 9.5%。

在建筑部门，面向公寓楼居民的新的节能奖励项目——“[能源返现](#)”（Energy Cashback）已于 2022 年 7 月启动。在[试点项目](#)中，参与居民平均每户实现了 14.1% 的节能率。节电总量为 779 兆瓦时（MWh），足够为 1.22 万辆电动车充满电。

针对 2022–2023 年的冬季，韩国已经制定了一系列[紧急措施](#)，包括限制能源需求、提高天然气价格和电价、确保液化天然气供应，以及为能源进口商提供支持等。

智利在 2022 年 2 月颁布了[《2022–2026 年国家能效方案》](#)（National Energy Efficiency Plan 2022–2026）。该方案的总体目标是为能效提升提供战略框架，以及实现相关节能潜力、推动实现 2050 年碳中和目标。由于大型能源用户占智利能源消费总量约 40%，该方案包含了七项针对工业部门的具体措施，旨在将大型能源用户的能源强度在 2026 年和 2050 年较 2019 年水平分别改善 4% 和 25%。未来四年，智利将要求超过 1000 家公司报告其能源消费和能源强度。

[厄瓜多尔](#)在 2022 年 6 月通过了九项用于能效提升和温室气体减排的公共政策，这些政策从同年 8 月起生效。涉及措施包括：全面普及更加高效的技术，例如电动车、电动自行车或踏板车；为电动车、机械设备、建筑和车辆制定新的最低能效标准；鼓励为研究、创新、（项目）资助和创业提供支持，推进能效提升的发展和应用；授权开展能效相关教育培训，并简化相关流程，以吸引能效投资。

历史性的国际政府会议为推进能效提升进程再添新动力

2022 年的新行动、新政策，以及新的支出承诺表明，全球各国政府意识到了能效是应对能源危机的核心措施。2022 年 6 月，来自 26 个国家和地区政府的代表，包括 17 名部长级官员，出席了在丹麦森讷堡举行的[IEA 第七届全球能效年度大会](#)——这是近年来意义最为重大、专门聚焦能效的部长级会议。

会上，各国政府针对一份[联合声明](#)达成一致，该声明肯定了能效和需求侧措施在解决高能源成本和能源进口依赖等问题中的重要作用，并呼吁“所有政府、行业、企业和相关方共同加强能效行动”。各国政府还对[《森讷堡能效行动计划》](#)（Sønderborg Action Plan）的发布表示欢迎；该计划包含 IEA 制定的一系列[战略性原则](#)和政策工具包，这些内容将有助于各国政府迅速实施能效政策。

在 2022 年的[七国集团 \(G7\) 公报](#)中，全球领导人们重申了他们的能效承诺，号召迅速扩大能效投资，并认可了 IEA 和全球能效中心 (Energy Efficiency Hub) 在促进国际能效合作中发挥的领导作用。本次 G7 会议特别聚焦于建筑节能和脱碳，以及能效在能源转型中作为“第一能源”的重要性。在 2022 年 11 月 15–16 日印度尼西亚举行的二十国集团 (G20) 会议中，随着 IEA [《清洁能源转型安全 2022》](#)和 [《印度尼西亚能源部门净零排放路线图》](#)，以及高度关注能效的[《巴厘岛契约》](#)发布，人们对能源安全的关注进一步加强。

[全球能效中心](#)成立于 2019 年，秘书处设在 IEA，成立以来通过其任务工作组，并借由成员国之间一系列高级别的政策交流，实现了较好的发展。该中心的任务工作组包括超高效设备和家电推广 (SEAD) 计划，由全球能效中心、清洁能源部长级会议联合发起，该计划也推动了《COP26¹⁷ 产品能效行动倡议》在 2021 年的发布。该中心的另一个工作组——数字化工作组 (DWG) 在美国的领导下建立，旨在加强能效和需求灵活性领域的国际合作。数字化工作组的[第一份报告](#)《建筑运行能效数字化：全球能效中心数字化工作组的经验》评估了各国国家政策在加速建筑能源系统数字化过程中面临的挑战、机遇，以及积累的成功和教训。由中国牵头的“双十佳” (TOP TENS) 工作组，聚焦 (各国) 本土和国际最佳实践和技术；而由日本牵头的能源管理行动网络 (EMAK) 工作组，则致力于促进公共和私营部门关于工业和建筑能效提升系统的交流。

2022 年 10 月，欧盟委员会和德国牵头成立了新的建筑能效 (EEB) 任务工作组，并得到了来自阿根廷、巴西、中国、韩国和沙特阿拉伯的初步参与。EEB 工作组将首先专注于应对能源危机的短期节能行动，例如热泵推广、消费者 (节能) 活动、扶贫等，并且像其他工作组一样，将与其他政府间机构协同合作。

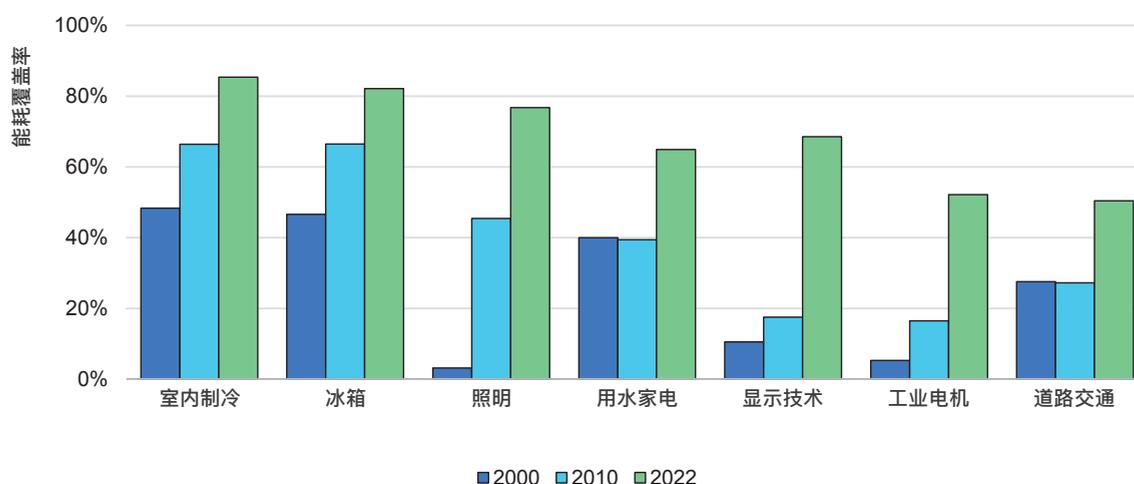
2.2 标准和标识

二十余国正在制定新的最低能效标准

由于最低能效标准 (MEPS) 能够[成本有效地实现大幅节能](#)，并且兼具其他效益，全球目前有超过 100 个国家在意识到其优点后，针对最常见的家电采用强制的 MEPS 标准与 / 或能效标识。然而在一些家电保有量迅速增长的市场，相关政策依然缺位，尤其是在新兴经济体。超过 20 个国家正在制定额外的或扩展的能效标准和标识项目，这些国家主要分布在亚洲、非洲东部和非洲南部。

¹⁷ 译者注：第二十六届联合国气候变化大会。

2000–2022年全球关键用能终端的能耗受最低能效标准的覆盖率



注：图上“室内制冷”、“冰箱”和“照明”能耗的最低能效标准覆盖率仅限于居住部门。
来源：IEA analysis based on [IEA PAMS database](#), [CLASP Policy Resource centre](#).

IEA. CC BY 4.0.

如果能效标准和标识项目的目标能效水平能够定期调整、反映出最新的技术进步，这类政策就能够实现能源消费的大幅减少；这在过去几十年已经被一些[实施时间较长的项目](#)证实，这些项目每年能够节能约 15%。

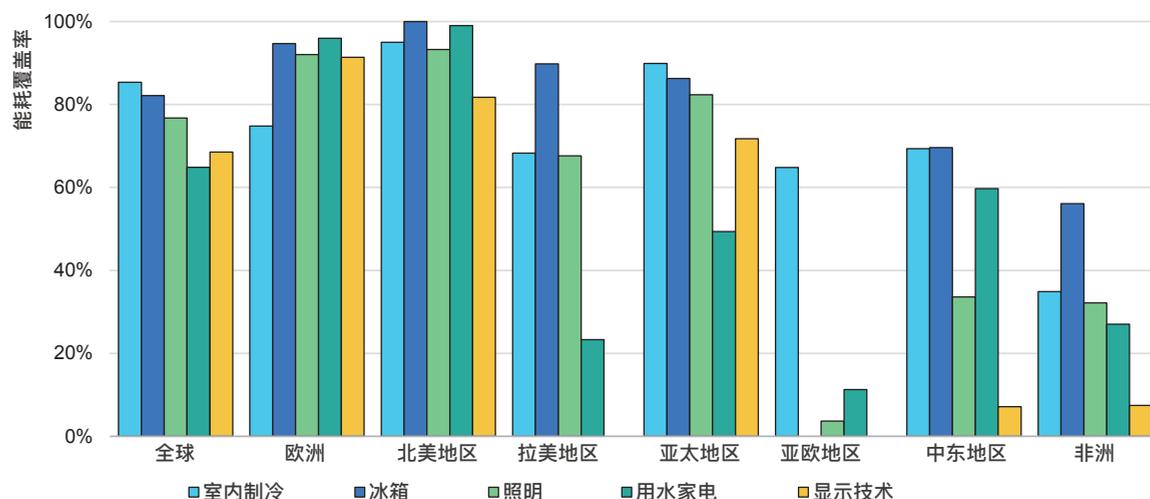
运行时间长的能效标识项目也需要重新分级，或是为更高的能效水平增加额外的分级，或是对整个能效分级量表进行更新。欧盟最近更新了其能效标识项目，包括引入了可以连接到“欧洲产品能效标识注册表”的二维码。在欧洲《生态设计指令》下，冰箱能效标准在最近一次更新中引入了一个新的测量体系，通过统一方式对不同冰箱尺寸和其他技术特点进行考量。

不同国家和地区在标准和标识项目的覆盖率和强度上也存在很大差异，尤其是新兴和发展中经济体。例如，东盟地区正在努力实现区域内家电和设备最低能效标准的统一。

加纳将有 17 种新的家电类别受强制性最低能效标准和能效标识覆盖。现有的[冰箱和空调](#)最低能效标准相关条例正在更新，并且该国还将禁止旧电器的进口，以及白炽灯泡的制造和进口。此外，能效标识的分级也正在从一星到七星进行重新分类，以反映其能效水平。这些法规预计将于 2022 年底前通过。

相关领域存在巨大的空间，可以加强国际合作，从而帮助各国政府引入新的标准，从过去的经验中学习，以及采用最佳实践。在不同国家之间跨境使用统一的强制性能效标识，将带来许多效益，例如所需测试方法减少，制造商合规成本降低，以及政府可以开展对照测试等。

2022年关键用能终端的能耗受最低能效标准的覆盖率



IEA. CC BY 4.0.

注：图上“室内制冷”、“冰箱”和“照明”能耗的最低能效标准覆盖率仅限于居住部门。
来源：IEA analysis based on [IEA PAMS database](#), [CLASP Policy Resource Centre](#).

将产品能效政策扩展到系统层面将能进一步节能 10%

用能系统蕴藏着很大一部分未被开发的节能减排潜力；可以将针对单个用能产品的能效相关法规延伸到用能系统上，从而实现大幅节能和温室气体减排。

IEA“高效终端设备（4E）技术合作项目”开展的一项近期研究《[系统层面能效政策推进](#)》显示，将产品能效政策扩展到覆盖相关的用能系统，将有望实现全球每年 9% 的节能率（17 EJ；4780 太瓦时或 TWh），高于美国 2021 年用电总量，也超过全球九个最成功的、针对单个产品的国家能效标准和标识项目所产生节电量之和的三倍以上。

假设将产品能效政策扩展到覆盖用能系统，预估将产生的全球年度节能量



IEA. All rights reserved.

注：图上S&L代表（能效）标准和标识。

来源：4E TCP (2022) , [Progressing Energy Efficiency Policies for Systems](#), as modified by the IEA.

2.3 基于市场的政策工具

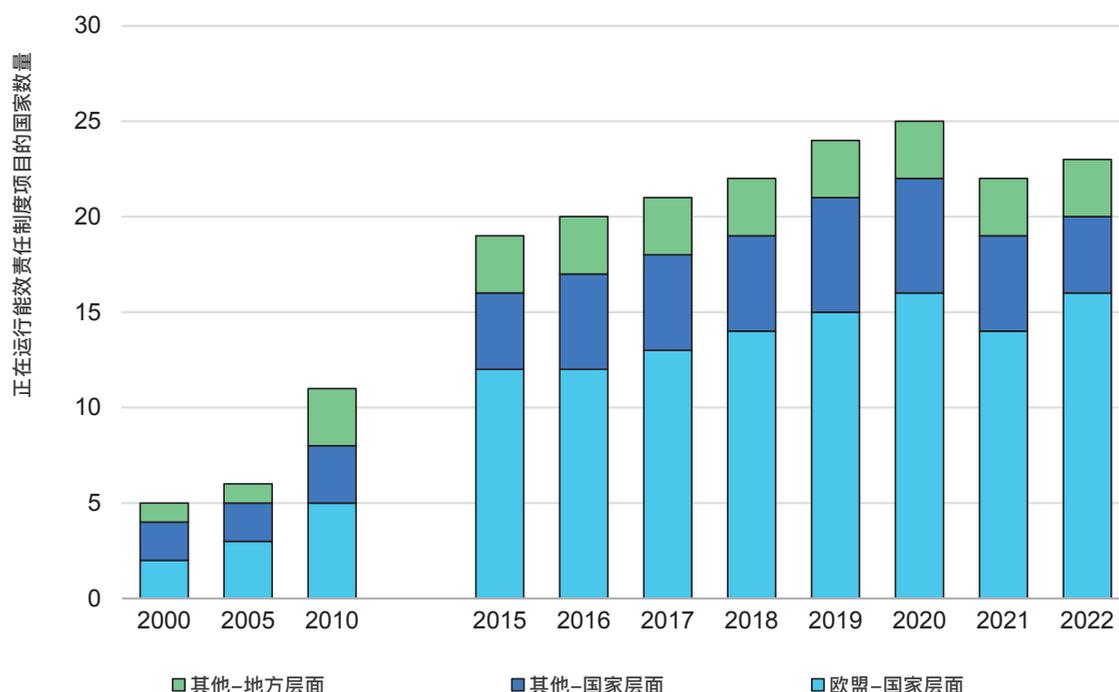
欧洲国家和美国继续发挥市场化政策工具的最大效力

基于市场的政策工具 (MBI) 是指一类明确指定结果、而不对达成结果的机制做出规定的常用项目，其指定的结果可以是节能量或者成本效益，这些结果由能源供应公司等市场主体实现。用于能效提升的 MBI 政策工具通常分为两大类项目：能效责任制度 (EEO) 和拍卖机制。

- 能效责任制度——包括白色证书项目和美国的能效资源标准——要求适用的市场主体实现规定水平的节能效果，但不规定实施路径。在一些情况下（如澳大利亚的一些州），政府可能会制定一系列具体方法来进行节能示范，以便能源供应商和消费者从中选择。一些项目基于预估的终生节能量提供先期激励，另一些项目则通过持续的（能源）监测来确定定期支付（金额）。
- 拍卖机制——包括招标项目和未来（节能）能力拍卖——允许市场主体以实现特定节能量为条件，对支持资金进行竞标。

虽然这两类 MBI 政策工具（的使用）都有所增加，能效责任制度依然是绝大多数，占相关 MBI 政策工具的 96%。

2000–2022年采用能效责任制度的国家数量



IEA. CC BY 4.0.

截至 2022 年，全球共有 48 个能效责任制度项目，分布在 23 个国家和地区。在欧盟，16 个国家正在运行能效责任制度项目；而仅在美国，就有 24 个州实施这类项目，又称“[能效资源标准](#)”（EERS）。匈牙利在 2021 年启动了一个新的能效责任制度项目，韩国和波黑（即波斯尼亚和黑塞哥维那）目前也正在制定此类项目。

现行的能效责任制度项目中，大多数覆盖了多个部门。仅 4% 的项目针对居住建筑部门，2% 专门针对工业部门。澳大利亚的“[维多利亚能源升级 EEO 项目](#)”于 2022 年 2 月进行了扩展，扩展后包含新的商业和工业热泵更换。

2021 年，美国科罗拉多州引入了一项清洁供暖目标法案，要求零售客户数量超过九万的各公共或市政能源供应商向科罗拉多州空气质量控制委员会提交一份“清洁供暖方案”，用于削减其天然气供应中的二氧化碳和甲烷排放。马萨诸塞州和佛蒙特州均发起了[清洁供暖标准提案](#)，将对供暖能源（主要为石油和天然气）供应商实施基于信用的能效标准，要求其在向客户提供的热力中，逐步提高低排放或零排放热力比重。

基于拍卖的机制依然不如能效责任制度项目应用广泛。目前采用拍卖机制的国家包括美国、瑞士（工业部门）、葡萄牙、德国，以及最近开始采用此类机制的丹麦。但希腊、意大利、土耳其和英国对实施此类机制的（节能）潜力正在产生越来越大的兴趣。

最近的一项能效拍卖机制于 2020 年在丹麦建立，作为能效责任制度项目在一定程度上替代性机制。该项名为“商业池”（Business Pool）的拍卖机制由丹麦能源署运行，

目标是实现丹麦目前在《能源效率指令》（EED）下约 60% 的节能任务。2022 年 6 月，丹麦政府同意对“商业池”的申请条件作出调整，包括提高天然气转型项目的优先级等，从而使该机制更好地吸引公司申请拨款、开展节能或减排项目。为加速该机制发展，“资金池”不再以拍卖为基础，而是使用固定费率的方式，对项目申请采取“先到先得”的优先处理模式。修改后的“[资金池](#)”机制于 2022 年 11 月 1 日开始生效，将持续运行到 2029 年，预算为 35 亿丹麦克朗（DKK）（约合 5.2 亿美元）。

印度“履行、实现和交易”机制

印度的“[履行、实现和交易](#)”（PAT）机制是一项市场化机制，通过对可交易的节能量进行认证，提高大型能源密集行业和设施能效提升的成本效益。印度通过 PAT 机制已经实现了 17.57 Mtoe 的节能总量，在第一周期和第二周期分别避免了约 31 Mt 和约 61.34 Mt 的额外碳排放。PAT 机制覆盖了来自 13 个能源密集行业的 1073 个指定能源用户（占全国一次能源消费约 50%）。在该机制的第七周期，即从 2022–2023 年到 2024–2025 年之间的时段，设定了 6.627 Mtoe 的总体节能目标。2022 年 8 月，印度议会通过了《2022 年节能（修正）法案》，其中一项关键内容即是提议建立一个[本土的碳信用交易市场](#)，该市场将与 PAT 机制协同运行。

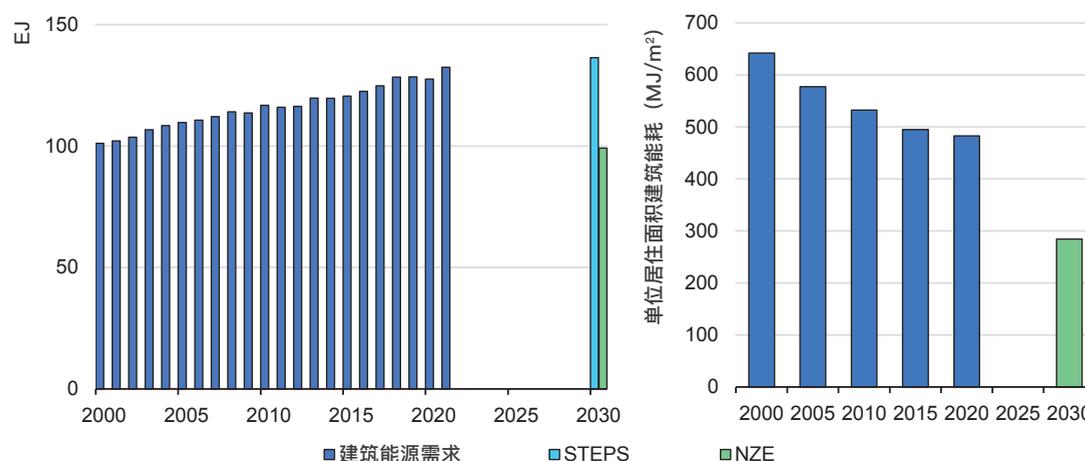
2.4 建筑

随着建筑能效提升速度放缓，建筑能源需求的发展趋势与实现净零排放的进程相去甚远

2021 年全球建筑能源需求预计将比新冠疫情前水平高出 3%，达到约 130 EJ。2020 年，由于新冠疫情第一年的经济低迷和种种限制，全球建筑能源消费下降了约 1%。2021 年，能源需求（较上年）增加了近 4%，是二十多年来最高的年增幅。

在 IEA“2050 年净零排放”情景下，2030 年全球建筑能源需求应下降 24%，达到约 100 EJ。为实现这一目标，全球住宅能效应在 2020–2030 年期间以每年约 5% 的速度进行改善。作为对比，2000–2015 年期间，全球能效改善速度为每年 1.5% ~ 2%，而在过去十年的后半段，平均每年仅有 0.5%。

2000–2020年全球建筑部门终端能源需求和能效指标，按情景划分



IEA. CC BY 4.0.

注：图上STEPS指“既定政策”情景；NZE指“2050年净零排放”情景；MJ指兆焦。

各国正在制定新的建筑节能法规，并将现有法规向净零排放升级

全球目前有 31 个新兴和发展中国家正在积极制定新的建筑节能法规，这些法规出台后，将使全面实施建筑节能法规的国家从目前的 80 个很快增加到 111 个。实施建筑节能法规的国家中，69 个目前采用强制性法规，11 个采用自愿性法规、标准法规模板或基于城市的标准等节能法规。全球约 85 个国家目前没有制定或实施明确的建筑节能法规。为实现“2050 年净零排放”情景，2030 年全球所有新建建筑和既有建筑节能改造都需要具备零碳条件，为此各国还需付出大量努力。

作为解决建筑节能问题的关键手段之一，建筑节能法规为新建建筑设定最低能效标准，同时也能推动制定对既有建筑进行重大节能改造的要求，使其满足现有建筑法规中的相关目标。建筑节能法规通常针对建筑的运行能耗，聚焦墙、窗、屋顶等建筑围护结构，以及供暖、制冷、照明、通风等主要终端能源服务设备的能效标准。

就该领域最新进展而言，[格鲁吉亚](#)在 2021 年中开始实施一项新的建筑能效法规，该法规采用了[欧盟第 2010/31/EU 号指令](#)的相关规定。另外，肯尼亚以及[特立尼达和多巴哥](#)均发布了[高效建筑法规草案](#)，但尚未生效。美国一部分州对其强制性和自愿性的建筑节能法规的适用范围和严格程度进行了扩展和升级，包括[加利福尼亚](#)、[马萨诸塞](#)、[威斯康辛](#)、[夏威夷](#)和[俄勒冈](#)。

澳大利亚国家、州级和领地¹⁸政府达成一致，对新建居住建筑[国家能效标准](#)进行升级，

¹⁸ 译者注：澳大利亚全国划分为六个州 (state) 和两个领地 (territory)。

升级后的标准将覆盖建筑围护结构、固定电器和建筑自用就地发电（on-site generation）。此次升级还包括对“全国住房能效评级项目”自其 1993 年生效以来最大的一次改动。以上建筑法规的能效相关改动在 2022 年 10 月 1 日至 2023 年 10 月 1 日的过渡阶段将是自愿性的。

为确保各项建筑节能法规在实现净零碳排放的目标下相互协同，《2021 年国际节能法规》一项新的自愿性附录为此提供了标准。对于居住建筑，补充能源可以通过就地的太阳能光伏电池组等本地项目产生。美国几项建筑节能法规也针对实现[净零碳排放](#)，就相互间的标准达成了一致，包括[加州各项（地方级的）“达到-超越”法规（Reach Codes）](#)¹⁹和适用于公共建筑²⁰的[《加州零碳建筑法规》（California ZERO code）](#)。2022 年 1 月 1 日生效的[《法国环境条例 2020 法规》（French Code RE2020）](#)包含了对强制性能源消费阈值的升级，并且首次新增了两项强制性温室气体排放阈值（一项针对能源相关排放，另一项针对建筑施工相关排放，后者包括材料隐含排放）。

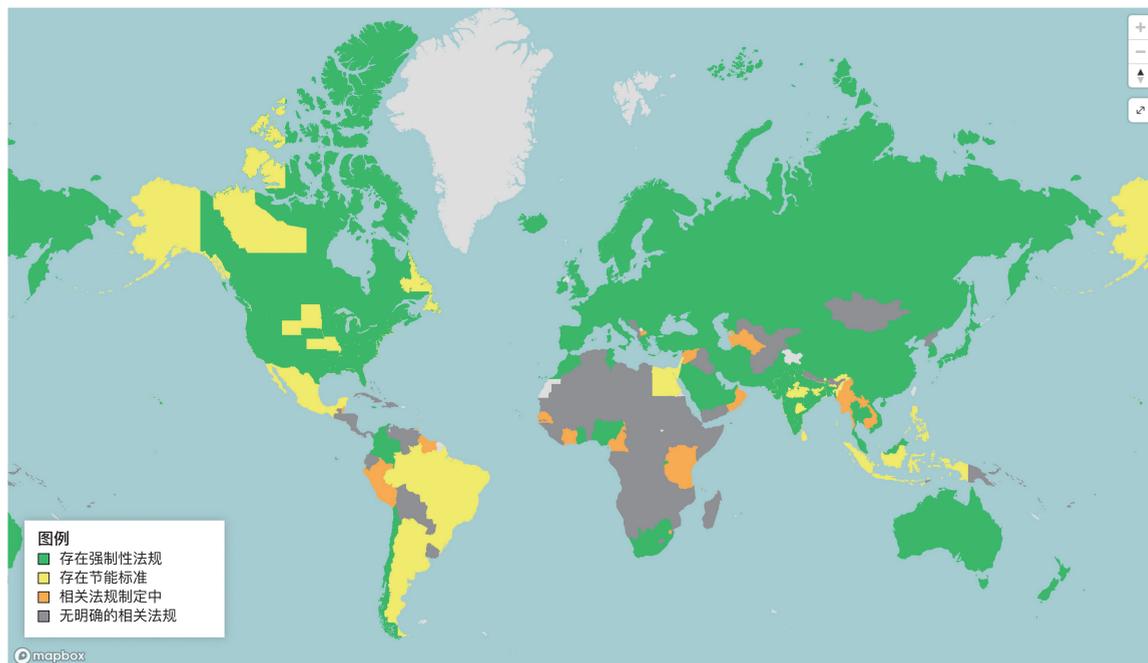
超过 60 个国家更新了各自的《国家自主贡献》（NDC），为其通过能效行动实现建筑脱碳的措施提供进一步的细节，其中 19 个国家首次提及建筑部门。这反映出各国国家级行动的一个积极转变——通过《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）将聚焦建筑能效提升的各项政策汇聚在一起。

随着城市规模不断扩大，全球需要制冷或供暖服务的建筑面积到 2030 年预计将增加 20% 以上。其中 80% 的增长预计将发生在新兴和发展中国家，因此对那些在《国家自主贡献》中并未将建筑部门纳入其气候行动措施的一部分、但是占全球 20% 人口的国家而言，利用建筑节能法规对其建筑能效进行管理就显得尤为重要。

¹⁹ 译者注：Reach Codes 指高于州级法规的地方要求 / 法规。

²⁰ 译者注：英文称 commercial buildings，包括办公建筑、零售建筑（如商场）、酒店建筑、医疗建筑等非居住建筑。

2022年全球建筑节能法规发展情况



IEA. CC BY 4.0.

建筑节能法规在制冷中的作用日益凸显

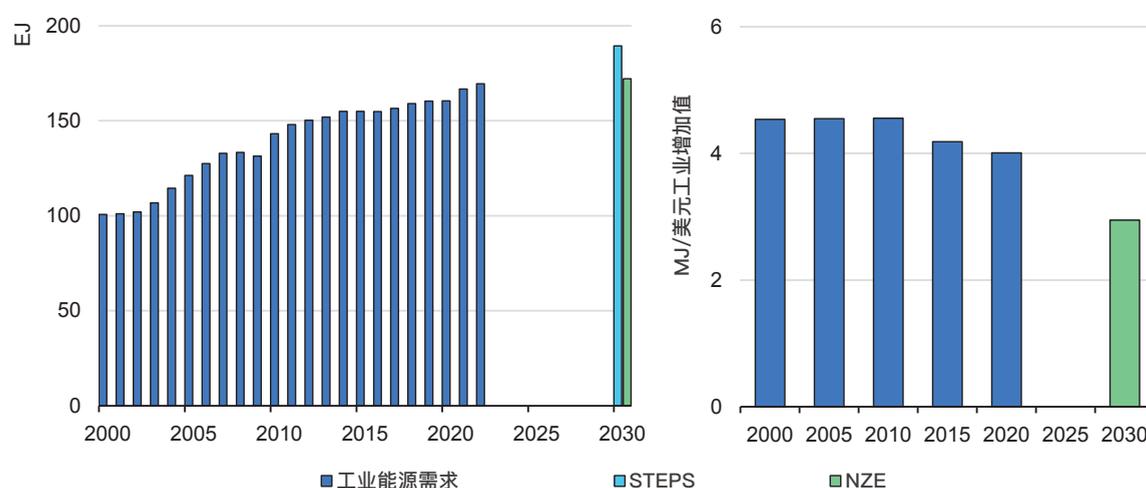
由于各地气温在气候相关影响下出现升高，预计未来制冷需求将有所增加，因此一些建筑节能法规在修订过程中增加了对制冷能效标准的关注。美国近期修订的一些与零碳目标协同的建筑节能法规明确将减少制冷需求作为改进的基础。例如，马里兰《[建筑能源转型方案](#)》和佛蒙特《[建筑法规路线图](#)》都明确提到，建筑节能法规的改进将（包括）减少制冷所需的热能需求强度，作为其净零排放建筑战略的一部分。最新版的《[国际节能法规](#)》（IECC）提供了可选的制冷设备能效标准。例如，空气源热泵的季节能效比（SEER）应该达到 16，而地源（热泵）系统的性能系数（COP）应该达到 3.5。制冷占高度主导地位的各个国家，例如新加坡，也已经通过其《[超低能耗建筑技术路线图](#)》对削减制冷能耗做好了规划，例如通过对表面进行冷却和减少得热（heat gain）的策略（如建筑遮阳），增强（制冷）设备和建筑围护结构的节能表现，以及提高其绿色建筑认证金色标志（Green Mark Gold）的[节热能效标准](#)等。

2.5 工业

由于工业能源强度改善进程放慢，工业需求正推动全球能源消费增长

自新冠疫情爆发以来，全球工业能源消费出现了强劲增长，2021年较2019年增长了4%，达到165 EJ。该增长延续了（先前）工业能耗在全球终端能源需求中占比升高的趋势，由2000年占比33%提高到2022年的38%。

2000–2022年和按情景划分的2030年全球工业部门终端能源需求和工业能源强度



IEA. CC BY 4.0.

注：图上STEPS指“既定政策”情景；NZE指“2050年净零排放”情景；MJ指兆焦。

[化工、钢铁和水泥](#)三大重工业占工业能源需求近60%，其中新兴和发展中经济体，尤其是中国，占这几类商品全球总产量的70%~90%。在“2050年净零排放”情景下，新兴市场和发展中经济体的经济增长预计将继续推动全球工业能源消费增加，其中这三类商品的产量到2030年预计将分别增加21%、9%和5%。

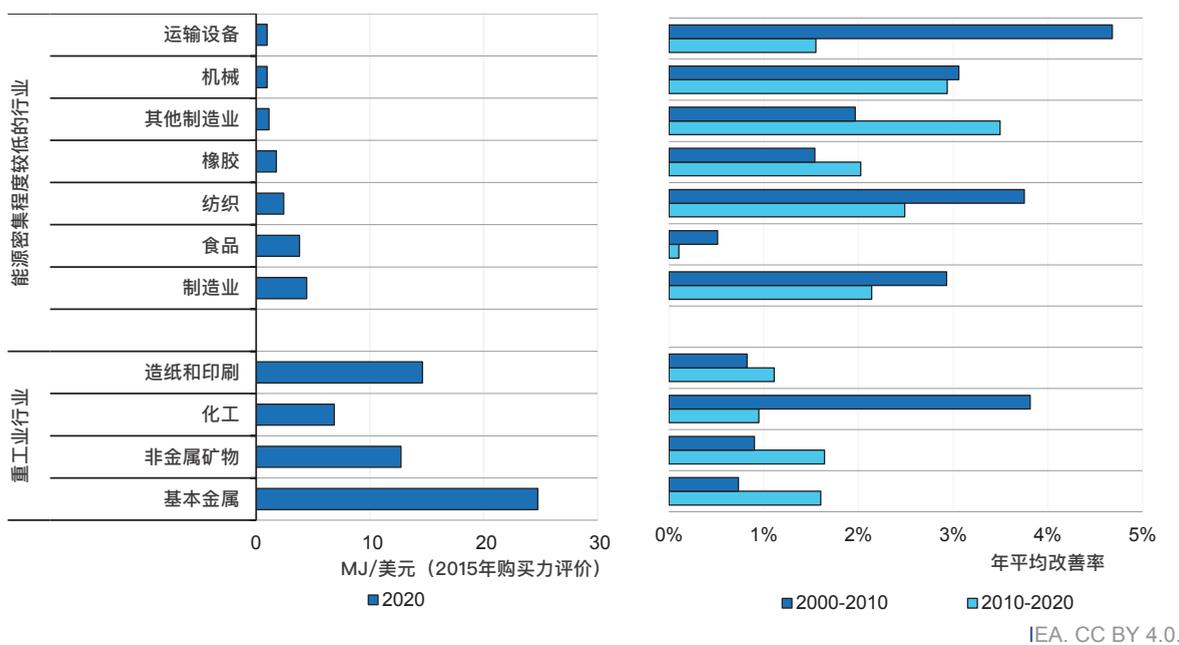
总体而言，目前占全球能源相关二氧化碳排放约1/4（9.4 Gt）的工业部门，并没有达到“2050年净零排放”情景所需要的进程里程碑。这要求在采取其他相关措施的同时，还要将工业部门能效水平以每年3%的速度进行提升，从2020年的约4兆焦（MJ）/美元工业增加值，到2030年实现3 MJ/美元。而该部门目前的能效水平提升速度约为每年1%。该路径所面临的另一项挑战在于，虽然氢气有利于促进可再生能源在高温工艺流程中的使用，但其生产效率低下，因此虽然能够减少温室气体排放，但也会导致工业能源消费的增加。

在 IEA 成员国中，能源密集程度较低的工业行业能效提升最快

在 IEA 成员国中，能源密集程度较低的制造业能效提升进程比重工业更快。2000–2020 年期间，纺织行业和运输设备行业实现了最大的能源强度改善幅度，均为 47%，其次是机械生产行业 46%，和其他制造业 43%。食品制造业与上述行业相比表现相对较差，同期能源强度改善幅度为 6%。

在过去二十年，重工业行业的能源强度改善幅度较小，其中化工行业改善幅度最大，为 38%，其次是非金属矿物行业 23%，金属行业 21%，造纸和印刷业 18%。2010–2020 年期间，化工、非金属矿物、金属几个行业的年平均改善率在 1% ~ 2% 之间。在能源密集程度较低的制造业行业，同期年平均改善率为 2% ~ 4%。

2000–2020年IEA成员国主要工业行业的平均能源强度及其年平均改善率



2022 年一次面向 13 个国家超过 2200 家工业企业的[全球性调查](#)显示，这些企业中有 97% 已经或计划对能效进行投资，89% 预计会在未来五年增加其能效投资，52% 计划在五年内实现净零排放。

中国钢铁行业改革

中国的国家《“十四五”规划（2021–2025）》将钢业行业转型作为重要目标之一。该项关键性政策将要求钢铁企业进行结构调整和设备升级，提高钢铁行业总体绿色化和低碳发展水平，有效撬动社会投资，推动经济稳定增长。

2022 年 1–7 月期间，251 家（钢铁）企业和 681 Mt 粗钢产能已经完成或正在开展超低排放改造。根据最新统计，尽管改造尚未全面竣工，但针对全国钢铁企业超低排放改造的累计投资已经超过 [1500 亿人民币](#)（约 210 亿美元）。

[中国钢铁工业协会](#)发布的数据显示，到 2025 年将有 800 Mt 钢铁产能完成改造（目前完成 400 Mt），其中约有 400 Mt 尚未完成。按照 360 元人民币（约 50 美元）每吨钢材的平均投资水平估算，还需要至少 1500 亿人民币的额外投资。

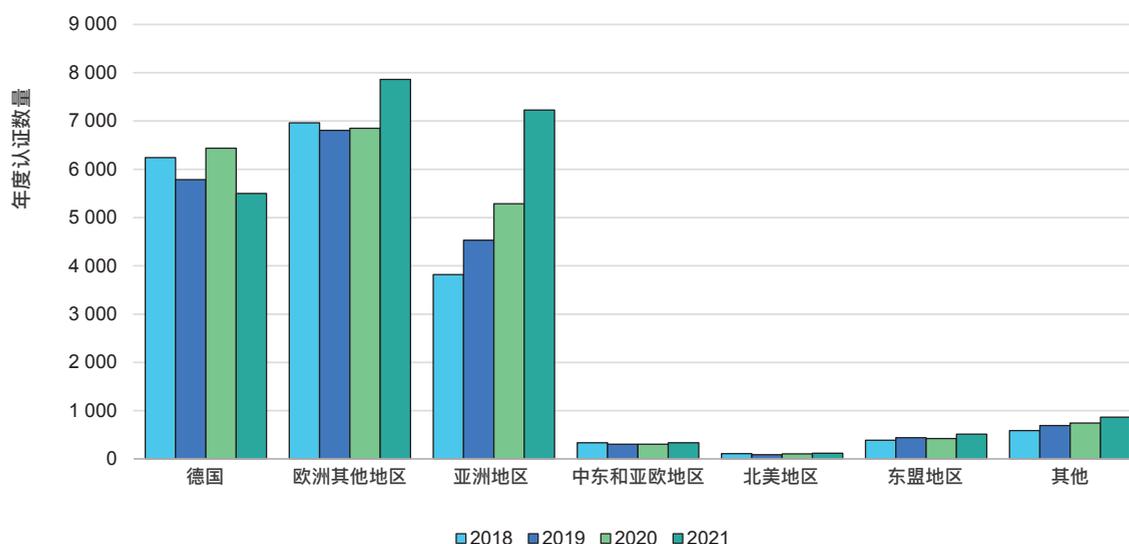
企业对能源管理最佳实践的兴趣和参与度均有提升

随着全球商业广泛受到能源价格上涨和通货膨胀压力的困扰，企业越来越多地转向能源管理体系（EnMS）来寻求关键的成本下降。能源管理体系为确保对用能和能效的系统规划、分析、控制、监测和提升，提供基本的流程和最佳实践框架。其应用能够显著降低能源消费、提升能效水平，还能提高企业用能和相关开支的能见度。

能源管理体系的应用和增长，通常通过比较相关国际标准的年度采用情况，以及国际标准化组织（ISO）发布的[年度调查](#)中相关认证的颁发数量进行追踪。针对工业能源管理体系的主要国际标准 ISO 50001 于 2011 年制定，并在 2018 年进行了修订。相关机构每年对（该标准下的）[全球认证数量](#)数据进行统计。

2021 年 9 月，一项新的标准 [ISO 50005](#) 发布，主要针对中小企业和资源不足以建立完善能源管理体系的公司。该项简化的标准允许（企业）采用渐进式方法建立能效监控及提升系统，该系统可以后续升级至满足 ISO 50001 中更加严格的要求。在当前的能源危机下，这项新的能源管理体系标准将促使更多的公司更好地管理用能并提升能效水平。目前尚未有（该标准下的）认证情况数据公布。

2018–2021年部分地区的 ISO 50001 认证数量



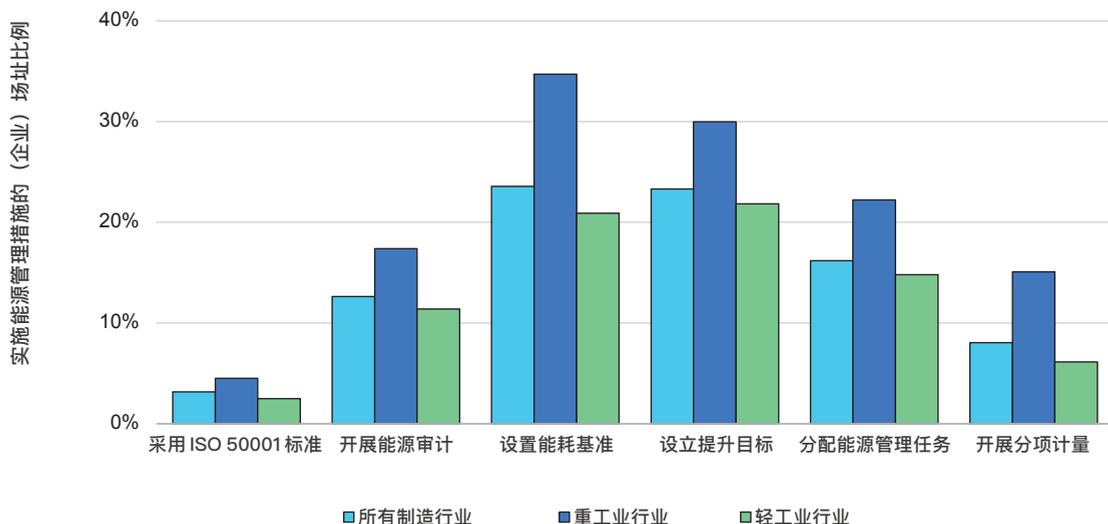
IEA. CC BY 4.0.

来源：IEA based on data from ISO (2022), ISO Survey of Certifications, 2021.

2021年，全球新增 ISO 50001 认证数量较上年增加 11%。最大增幅出现在亚洲，为 37%，其次是东盟国家 21%。作为拥有最多认证数量的国家，德国在这一年的新增认证数量下降了 15%，为四年以来新低。八个新的国家开始获得认证，将实施该标准的国家总数增加到 108 个。这八个国家包括蒙古、黑山、坦桑尼亚、牙买加、[加纳](#)、加蓬、赞比亚和科特迪瓦。

虽然 ISO 50001 标准得到了广泛采用，但其对工业能源管理体系而言既不具有普遍性，又不具有唯一性。美国能源信息局最近进行的四年一度 [《制造业能源消费调查》\(MECS\)](#) 分析中强调，所有制造业企业中几乎一半（48%）都参与了常规的能源管理活动，远超通过 ISO 50001 认证的比例（3%）。然而该调查也显示，针对单个工业过程进行能源分项计量的比例很低（8%），突显出对精细化监测和目标系统的缺乏，而这对有效的能源管理和持续的能效提升而言是不可或缺的。

2018年美国工业部门上报的能源管理活动



IEA. CC BY 4.0.

来源: IEA based on data from U.S Energy Information Administration, (2021), MECS.

电机系统占工业用电量的 70%，亟需增加相关能效标准

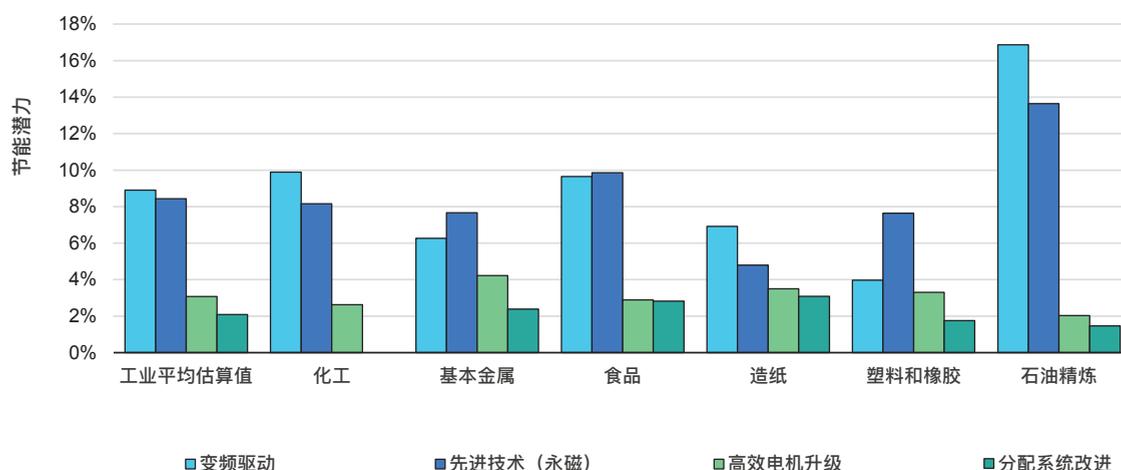
电机和电机驱动系统占全球工业部门用电总量的 [70%](#) 左右。各国政府利用（电机）国际能效（IE）标准对（各类）低压（交流）电机的最低能效水平做出划分和规定。IE 标准将电机能效划分为从 IE1 到 IE4 的四个水平，其中 IE4 又称“超高效”电机。

2022 年，全球共有 57 个国家对工业电机实施最低能效标准，覆盖全球工业电机用电量约 50%，较十年前的 20% 覆盖率显著增加。IE 电机能效等级的广泛采用推动了电机最低能效标准的进一步实施，也为再度大幅提升电机用电量的政策覆盖率创造了空间。[乌克兰](#)于 2021 年开始实施电机能效标准，成为最新一个引入该类标准的国家。虽然大多数国家和地区政府只对新电机的能效进行管理，但巴基斯坦在 2021 年针对翻新的二手电机引入了最低能效标准和标识，从自愿性项目开始，并将最终在 2023 年过渡到强制注册和 IE3 的最低能效要求。

自 2021 年中起，中国和哥伦比亚增加了必须达到 IE3 能效等级的（电机）产品种类。[从 2023 年起，欧盟、英国和瑞士](#)的部分电机种类将必须达到 IE4 的“超高效”要求。

目前全球共有 11 个国家利用强制性比较标识来激励高效工业电机的销售，而另外 8 个国家则为此提供自愿性比较标识或认可标识。一些国家近期强化了其标识项目的能效分级，并且拓展了适用范围。2022 年，泰国采用了针对单相电机、三相电机和变速驱动电机（VSD）的自愿性“高效标识”。

美国部分工业行业的电机系统节能潜力



IEA. CC BY 4.0.

来源：IEA based on data from LBNL, (2022), U.S. Industrial and Commercial Motor systems Market Assessment Report. Volume 3: Energy Saving Opportunity. Note: VFD is variable frequency drive.

美国一项针对工业电机系统节能机遇的调查发现，节能潜力最大的四项措施包括为负荷不断变化的工艺流程安装变频驱动（VFD），采用先进技术（永磁），升级至高效电机，以及改进分配系统。

2.6 交通

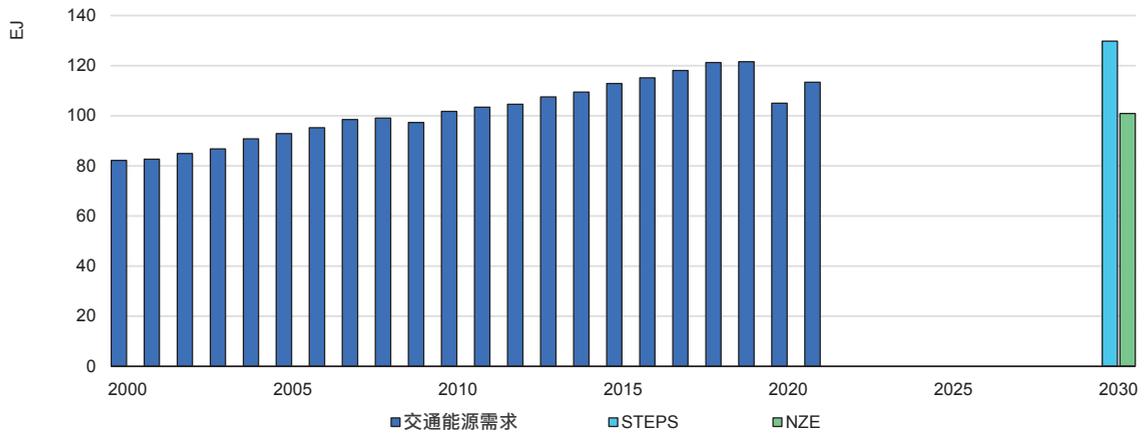
交通能源需求逐渐恢复，但依然低于新冠疫情前的水平

交通部门是受新冠疫情相关限制措施影响最大的部门，部门能源消费在 2020 年下降了 14%，又在 2021 年回升了 8%，但依然远低于 2019 年水平。虽然交通电气化正在加快步伐，但石油产品依然在该部门占主导地位，为其提供 91% 的终端用能。道路交通占交通部门能源需求和温室气体排放的 75% 左右。在新冠疫情之前的 2000–2019 年，该部门能源消费以平均每年 2% 的速度增长。

在“2050 年净零排放”情景下，2030 年全球交通能源需求应为约 100 EJ，较基于现有政策的 2030 年预期水平低 22%。作为向“2050 年净零排放”情景转型的一部分，石油占（交通部门）终端能源需求的比重届时应下降到 80%。这凸显出内燃机汽车的能效提升依然十分重要，因为这类车辆（包括混合动力车）到 2030 年仍将占全球车队²¹ 的 80% 左右。

²¹ 译者注：相当于全球在用车总量。

2000–2021年和按情景划分的2030年全球交通部门终端能源需求

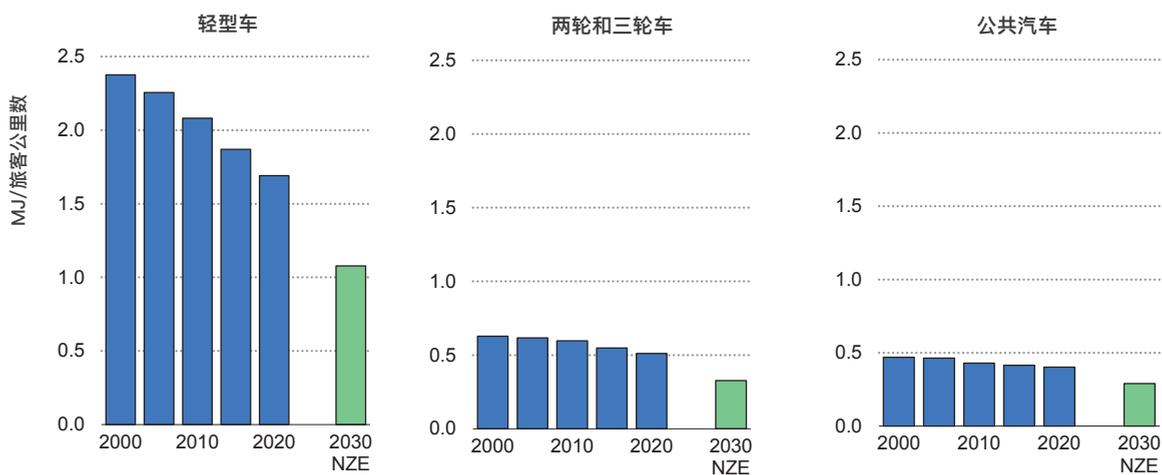


IEA. CC BY 4.0.

注：图上STEPS指“既定政策”情景；NZE指“2050年净零排放”情景。

2000–2020 年期间，小汽车及轻型卡车单位旅客公里数能耗（具体燃料消耗）的年平均改善（下降）率为 1.7%，其次是两轮和三轮车 0.8%，公共汽车也为 0.8%。为实现“2050 年净零排放”情景，轻型车和两轮车的平均改善率需要提高到每年约 4.5%，货车需提高到 3%。过去的改善主要来自车队中电动车比重的增加、发动机技术的持续改进，以及混合动力系统的引入。

2000–2020年和“2050年净零排放”情景下的2030年全球道路交通能效指标



IEA. CC BY 4.0.

注：图上NZE指“2050年净零排放”情景。

汽车燃油经济性标准和激励措施得到加强

欧盟“Fit-for-55”一揽子计划²²中，针对小汽车和商用车新车的减排目标旨在加速向零排放和低排放出行转型。该地区最近设立了一项 2035 年减排 100% 的目标，意味着欧盟自 2035 年起出售的所有小汽车或厢式货车新车都必须实现零排放。作为欧盟“Fit-for-55”计划的一部分，《替代燃料基础设施法规》(AFIR) 针对小汽车、厢式货车、卡车和公共汽车的（再）充电和（再）加氢基础设施设定了部署目标。该法规还为船舶、内河船及飞机在静止时的电力供应基础设施设置了部署目标。

美国政府 2022 年颁布了强化后的企业平均燃油经济性 (CAFE) 标准。这些标准要求整个汽车行业 2026 年款乘用车和轻型卡车车队的平均燃油效率达到约 49 英里每加仑 (mpg)。新标准将使 2024–2025 年款车型的燃油效率以平均每年 8% 的速度进行提升，2026 年款车型则为每年 10%。这些标准预计还将让 2026 年款车队整体的平均燃油效率较 2021 年款提升近 10 mpg。

加州公布了一项价值 100 亿美元的零排放车辆 (ZEV) 计划，旨在加速向零排放车辆转型、应对气候变化。大量投资被指定用于低收入社区的零排放车辆及基础设施；零排放重型车及支持性基础设施；零排放出行（基于可持续社区的公平项目，致力于促进低收入社区获取零排放出行服务）；以及该领域的一些正在兴起的机会（例如非道路应用和大规模车辆并网等）。

智利在 2021 年 2 月颁布了其第一部能效法，强制对新车实施燃油经济性标准。该国于 2022 年 2 月发布轻型车标准，并要求（汽车）进口商和制造商在 2024 年之前遵守相关要求。该标准在 2020 年 14.9 km/升汽油当量 (Lge) 的基准之上，要求轻型车燃油效率在 2027 年和 2030 年分别提升为 22.8 km/Lge 和 28.9 km/Lge。针对中型车的标准将在 2024 年确定，并从 2026 年开始生效。重型车标准将在 2026 年明确，2028 年生效。

新西兰在 2022 年通过了《清洁车辆标准》，并将于 2023 年开始实施。届时，轻型乘用车必须满足 145 克二氧化碳当量 gCO₂e/km 的标准，轻型商用车则为 218 gCO₂e/km。到 2027 年，轻型乘用车和轻型商用车的标准将分别加严至 63.3 gCO₂e/km 和 87.2 gCO₂e/km。

另外，新西兰是最新一个建立（车辆）节能收费 – 补助 (feebate)²³ 项目的国家。该国在 2021 年 7 月引入了一项针对纯电动车 (BEV) 和插电式混合动力电动车 (PHEV) 的返利项目，并在 2022 年 4 月将该项目扩大成为一个完整的奖励 – 惩罚 (bonus-malus) 计划，适用于乘用车和轻型商用车新车及进口二手车。2022 年 4 月，新西兰“车辆燃油经济性标识”

²² 译者注：指欧盟为实现 2030 年温室气体排放较 1990 年水平基础上减少 55% 制定的一系列措施。

²³ 译者注：feebate 为 fee + rebate 的缩合词，是指对耗能车加大收费力度、并对节能车退还部分税费，从而实现（能源消费的）外部性成本内部化和二次分配，并促进节能降耗的机制。

[项目](#)对其标识进行升级，升级后的标识目前包括二氧化碳排放数据和简明易懂的开支减少及返利数据。同年 11 月 1 日，新西兰政府又通过了一项价值 5.69 亿新西兰元的“[清洁汽车升级项目](#)”，从一个公平导向的试点开始，开展了一项（汽车的）报废 – 更换计划。该项目将为中低收入家庭提供针对性的援助，帮助他们在报废原有旧车后，转向低排放车。

中国在 2009 年开始为电动车提供激励，作为其“[十城千辆工程](#)”试点项目的一部分。后续的（电动车）推广项目促进中国创造了全球最大的电动车市场。电动车补贴原本将于 2022 年到期（退出），但[延期](#)到了 2023 年 12 月。[马来西亚](#)于 2022 年 1 月推出了一系列惠及（电动车）制造商和消费者的税收激励，包括免除进口税和销售税，以及对电动车车主减税等。2022 年 5 月，[泰国](#)公布了在 2022–2025 年期间施行电动车税收及关税激励的相关措施，旨在平衡电动车和内燃机车辆之间的购置成本。

2021 年 10 月起，[印度尼西亚](#)视车辆（温室气体）排放水平，向制造商征收不同的机动车税率。电动车税率为 0%，混合动力车 2% ~ 12%，而化石燃料车的税率则高达 15% ~ 40%。

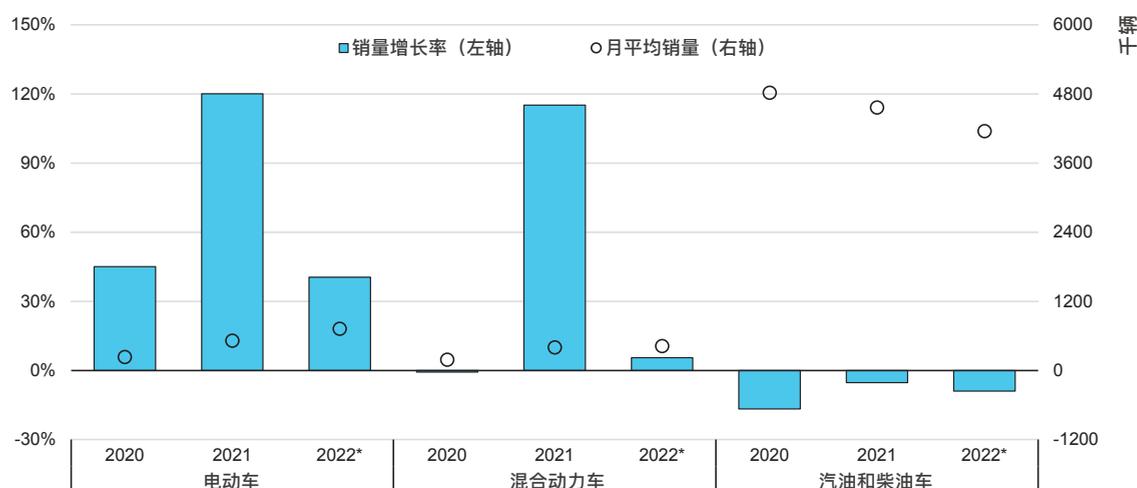
高效汽车及电动车销量正在增加

虽然 2022 年上半年全球汽车销量低于上年同期，但相比于能效水平较差的汽油和柴油车，高效汽车、尤其是电动车的销量表现相对强劲。

尽管美国汽车市场在 2022 年 1–3 月总体减小了近 1/5，但[电动车销量](#)却增加了 60%。受燃油价格上涨的影响，加之车辆税收调整的推动作用，爱尔兰 2022 年初的新增[电动车注册数量](#)（较上年同期）翻了一番。

来自汽车经销商的报告显示，受能源价格上涨的影响，美国和英国（消费者）对节油型汽车的兴趣增加，而这一变化也反映在他们对相关购买信息的搜索中。2022 年 3 月中旬，[英国针对“电动车”](#)的在线搜索量较上周[增加了近 40%](#)，较 2021 年同期水平增加了 1.5 倍。美国的相关搜索数量较上月增长了 40%，与 2022 年初的一项研究结果相呼应——该研究指出，如果燃油价格持续上涨，近 [1/4 的美国机动车驾驶人员](#)将考虑转向电动车。

2019–2022年全球汽车销量增长率及月平均销量变化，按车辆类型划分



IEA. CC BY 4.0.

* 2022年销量增长率基于1–8月的月平均数据。

来源：IEA analysis based on Marklines data.

全球层面，2022年截至目前²⁴混合动力车销量超过300万辆，占同期汽车销售总量约8%。这类汽车在欧洲扮演了关键角色——其销量占比从2020年底的约5%提高到了2022年上半年的近20%。

轻度混合动力车可以为发动机提供辅助，使其更加节油，并且较传统（内燃机）技术能够实现高达15%的二氧化碳减排率。完全混合动力车则同时或单独利用内燃机和电机对汽车进行驱动，从而实现更高的二氧化碳减排率，可以高达30%。这些电机不插电，而是通过内燃机的运行对其进行充电。

其他交通模式中的电气化也在增长。全球电动公共汽车的销量在2021年增加了40%，而电动卡车的销量增加了一倍以上。这些销量中，中国占比90%以上，而欧洲和美国的相关车辆注册数量也有所增加。然而，中型和重型电动卡车销量仅占全球中型和重型车注册总数的不到0.3%。

2021年，全球汽车销量中46%为SUV²⁵，较上年增加2个百分点。2010年该占比仅为17%。如果对轻型车新车的车重按销量进行加权平均，则2010–2019年轻型车新车的（平均）车重增加了6.2%，同时其功率和占地面积也分别增加了20%和7%。造成这一趋势的关键原因之一是（消费者）从小汽车转向SUV和轻型卡车。车辆尺寸和功率的加大，已经抵消了多达40%由车辆和发动机技术进步带来的燃油经济性提升潜力。

²⁴ 译者注：指截至本报告英文原文成稿时（2022年下半年）。

²⁵ 译者注：运动型多用途汽车。

2021 年，全球主要汽车市场中销售的**电动车型号**约一半为 SUV，远高于小型车（10%）和中型车（23%）比重。SUV 和一些豪华车型所产生的**利润率通常（比中小车型）要大得多**，这也是汽车制造商对其进行推广、加大供应的原因之一。

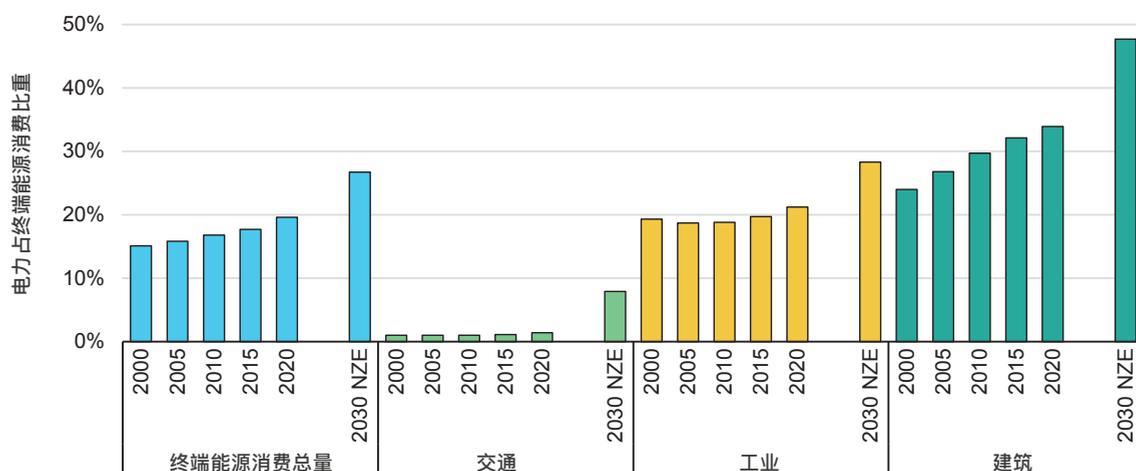
2.7 系统层面能效

电气化和不断增加的可再生电力占比需要采取系统层面能效政策予以配合

过去十年，电力在全球能源消费总量中的占比呈现出稳定增长，从 2000 年的 15% 增长到 2020 年的 20%。作为实现净零目标转型的一部分，世界各国需要快速提高可再生能源电力需求，以便为从内燃机到电动车、从燃气供暖到热泵的能源转换提供动力。

然而如果不对（电气化带来的）新增电力需求加以管理，将给电力系统带来巨大压力，对那些波动性可再生能源占比逐渐增加的系统而言尤其如此。

2000–2020 年以及“2050 年净零排放”情景下 2030 年的电力占全球各部门终端能源消费比重



IEA CC BY 4.0.

注：图上NZE指“2050年净零排放”情景。

各国采取的能效和需求侧措施越来越关注降低峰值用电量，并且致力于将电力需求转移到可再生能源发电充足的时段。

在这一过程中，**数字化**通过提供颗粒度更高的数据、利用新的数据分析方式更好地洞察信息、提升资产性能和能力的能见度等，发挥了重要的赋能作用。例如，数字化能够让人们对相关操作进行更好的控制和调节，以便消费者对电力系统发出的信号做出反应。随着自动

化降低了（人们）对价格信号做出反应的成本，一些小型发电源能够更容易地参与到电力灵活性市场。而这反过来又能提供一些电力系统服务，例如减少电网拥堵、加强系统韧性等。

数字孪生等工具也有助于通过能效措施降低峰值电力需求和缓解电力系统压力。例如，挪威电力供应商 [Adger Energi](#) 正在借助数字孪生，来识别提高其电网运行效率的方式，包括利用分布式能源、设备控制、预测预报等——从而免于进行昂贵又耗时的网络加固和基础设施升级。

在欧洲，能源危机重新推动各国开始寻求市场设计的优化，以及电力系统的灵活性。欧盟委员会提出了一系列[用于减少用电量的优秀措施](#)，目的是将峰值用电量降低至少 5%，并将总体电力需求减少 10%。降低峰值（电力）需求将有助于推动冬季天然气消费量减少 12 亿 m³。根据欧洲输电系统运行商合作协会（ENSTSO-E）的数据，[峰值电荷降低 5%](#)，将有助于缓解欧洲大陆在这个冬季面临的大部分（系统）可靠性风险。

即将发布的[《欧盟能源数字化行动计划》](#)预计将进一步促进相关法规的协同，并为关于需求灵活性增加和系统能效提升的解决方案提供支持。

为避免今冬出现天气寒冷加上风力不足²⁶，从而导致对消费者电力供应中断的情况，英国国家电网运营商 ESO 在 2022 年 11 月启动了一个新项目，[“需求灵活性服务”](#)，在必要时为消费者提供超过 2 吉瓦（GW）的需求响应。电网运营商 ESO 在项目制定过程中，与电力供应商，聚合商，行业，英国天然气和电力市场办公室（Ofgem）及商业、能源与产业战略部（BEIS），以及消费者进行了密切合作。

据英国能源监管机构 [Ofgem](#) 估计，为了确保能源安全，并且成本有效地实现大量可再生能源发电并网，2030 年和 2050 年（该国）低碳灵活性电力容量分别需要达到约 30 GW 和 60 GW。据英国[《2021 年智能系统和灵活性方案》](#)估计，2050 年英国本土的智能系统和灵活性解决方案的开发市场价值将超过 13 亿英镑 / 年，并创造超过一万个就业机会。

在印度，2021 年和 2022 年发生的极端天气事件让人们深刻意识到了气候变化带来的能源安全风险。例如，2022 年发生的热浪造成了该国峰值电力需求前所未有的激增，主要来自空调和风扇用电，[数以百万计的人](#)因此遭遇停电，印度也为此制定了在未来三年内将煤炭产量提高 100 兆吨（Mt）的计划。高效和智能化的制冷系统以及需求响应措施将对降低峰值电力需求、避免停电起到不可或缺的作用。

各国采用的政策开始越来越多地专注于制定方法鼓励系统能效提升。例如，美国加州建立了一个[“电力装载顺序”（loading order）](#)，提倡优先使用所有成本有效的能效资源（来满足电力需求），然后再寻求成本有效的可再生能源资源。越来越多[国家](#)的灵活性市场已经面向需求响应开放。

²⁶ 译者注：导致风力发电不足。

日本经济产业省 (METI)²⁷ 资源能源厅发布了一项战略计划, 对需求侧措施给予了高度关注。该国正在针对大型能源用户制定新的框架; 该框架下, 如果大型能源用户能够根据能源供应的波动, 优化自身能源需求, 则将为此获得奖励。对二次能源结构的进一步优化, 包括对电池等分布式能源的有效利用, 也在政府的计划范围内, 这将尤其有助于促进能够对这些资源加以利用的聚合企业发展。

日本地震与能源需求紧急缩减

2022 年 3 月, 东京电力公司 (TEPCO) 所在地区发生 [7.4 级地震](#), 导致几家火电厂停产, 以及输电容量骤减。随后由于异常的寒冷天气, 电力需求出现猛增, 创造了 2011 年东日本大地震以来在 3 月份出现的最高电力需求水平。另外, 该地区太阳能发电大幅减少, 电力储备率当时预计将降低至远低于 3% 的水平, 东京电力储备率甚至低至 0%。

为节省电力, 经济产业省在 3 月 21 日晚发布了“[电力短缺警报](#)”。这是 2012 年以来, 日本政府发出的首个同类警报。警报发出后, 输电运营商、(电力) 零售公司和地方政府紧急呼吁企业和市民减少用电, 包括采取需求响应措施。3 月 21–22 日, 东京电力公司两次通过 LINE (一种拥有 250 万日本用户的即时通讯应用程序) 要求终端用户节约用电。东京电力公司敦促家庭用户将暖气温度设置为 20 摄氏度, 并关闭不必要的灯具。此外, 该公司还通知用户可能会有 300 万家庭发生停电, 并强调需要采取紧急行动节省出 200 万 kWh 的电力。

在东京和日本东北地区大力开展节能工作的作用下, 3 月 22 日实现了 44 吉瓦时 (GWh) 的节电量, 达到了最大节电目标的 70%。由于同时采取了室内发电、增加火电输出等加强电力供应的措施, [该地区电力供需情况在 3 月 23 日上午达到稳定](#)。

在[南非](#), 由于 (电力) 基础设施老化和能源系统承受的压力, 2022 年全国滚动停电的总小时数从 [1150 小时增加到 2400 小时](#), 翻了不止一番。作为应对能源危机的一部分, 该国采用“[标准报价计划](#)” (Standard Offer Programme) 向节能项目购买节能量, 包括高效照明、热水及太阳能系统, 以及工业过程优化。该计划在考虑节能项目所节省的发电成本的前提下, 提前一天为第二天每个小时的节能量进行单独定价, 从而为节能量提供了一种 (随小时变化的) 动态定价方案。

[英国](#)也启动了一个针对能源智能化家电的项目, 利用智能电表和能源管理系统等, 对这些家电进行可互操作的需求响应测试。

²⁷ 译者注: 日本通常将国家部门称为“省”, 如负责经济、贸易与产业的部门, 称为“经济产业省”。

智能电表保有量增长促使能效行动拥有更加精细化的方案

智能电表的应用正在增加，这为在系统层面提升能效和开展需求响应创造了新的机遇。智能电表采集到的数据，结合天气情况、产品产量等其他数据系列，将能够为许多问题提供有益参考，包括可再生能源供应和电力需求曲线的平衡，热力网络正确规模的选择，热泵的安装，以及电动车基础设施等储能方案的制定。

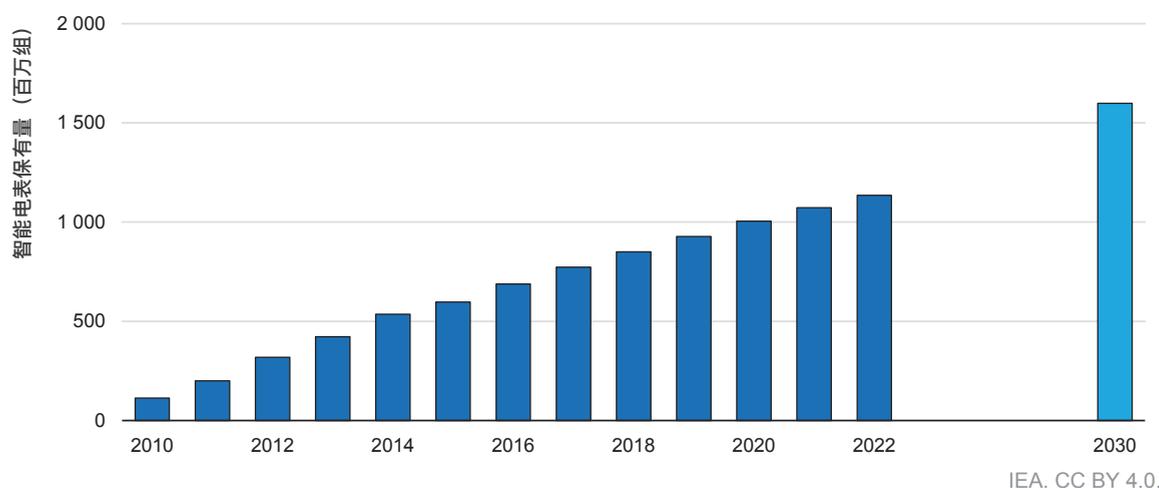
建筑如果能通过各种数字化工具和设备（例如智能电表，以及针对建筑主要用能终端的智能自动化和控制系统）与电网进行互动，就可以在不影响消费者能源需求的前提下，为电网提供一系列广泛的灵活性服务。

2021 年全球智能电表保有量约为 10 亿组，并预计在 2030 年增加至 16 亿组。虽然部分国家已经全面实现了安装应用，但其他一些国家，尤其是发展中和新兴经济体，依然还在推广应用的初期阶段。新兴市场和发展中经济体针对电力网络的投资在 2020–2021 年下降了 15%，仅为 [2015–2016 年平均水平](#) 的 60% 左右。总体而言，过去五年内新兴市场和发展中经济体针对智能电表的投资总额每年不足 20 亿美元，而发达经济体每年为此花费 100 亿美元以上。

为了实现细化的能源消费数据收集，智能电表能够帮助积累关于用能习惯及其影响因素的深入洞察。这类信息随后可以用来对能效项目进行改进，或者对消费者分散化的灵活性加以控制。然而，智能电表只有在有利的环境下才能发挥出全部的作用，这类环境包括优良的数据基础设施、兼容的通信协议、能源管理系统或连接设备、发出正确激励的市场，以及适度的消费者参与。

除智能电表外，（其他）数字技术的进一步推广应用也能打造出高效的电网互动式建筑，这类建筑能够和电网之间相互收发信号，从而在特定时刻及时响应电网的平衡需求。通过对电网发出的信号进行响应，该类建筑能够对自身能源消费进行动态调节，将能耗从峰值需求时段转移到电力最清洁的时段，或是在一段较短的时间内暂停用电，在不明显损害消费者使用能源服务的的质量的情况下缓解电网压力。

2010–2030年全球智能电表保有量



注：如果电表包含集成的机载数据存储和处理（单元），允许频繁（至少每小时一次）读取用能数据，能够在电表和能源供应商的信息技术（IT）系统之间进行集成的双向通信，并且允许远程读取和控制（远程断开-重连）电表，则被认为属于智能电表。图上2030年数据为基于现有政策情景下的预测数据。

来源：IEA analysis based on Guidehouse (2022) and BloombergNEF (2017).

如果建筑配备了屋顶太阳能光伏等自发电系统，也能够根据来自电网的信息对其就地可再生能源发电进行管理。（满足自用后）富余的可再生能源电力可以供应给有需要的（其他）用户，或者输送至可用的储能设施，以供后续调度。

目前有许多这样的建筑正在施工。例如，[新加坡国立大学](#)建设了一栋净零能耗建筑，结合了超高效创新混合制冷系统和屋顶太阳能，并利用后者将富余的 30% 能源接入校园电网，白天为邻近的建筑供电，晚上又将电力供回给自身以满足夜间能源需求。

第 3 章 能效与能源危机

3.1 减少能源开支和对抗能源贫困

过去能效行动产生的节能量在 2022 年为 IEA 成员国节省了 6800 亿美元能源开支

在能源危机前实施的能效措施当前正在为消费者实现大幅节能。随着终端能源价格的上涨，这些过去的能效行动已经升值。

例如，2000 年以来，仅 IEA 的 31 个成员国采取的能效相关措施，就已经在建筑、交通、工业部门实现了略高于 1 EJ/ 年的节能量。这意味着截至 2020 年，这些国家由于能效提升，节省了约 24 EJ 的额外终端能源需求，相当于当前实际水平 140 EJ 的 16%。

由于高效汽车、建筑和工业设施的应用，IEA 成员国整体的能源需求总量保持了相对稳定，略低于 140 EJ，尽管在同一时期，这些国家按固定价或不变价计的 GDP 总量增长了 40%。这意味着旅客公里数、建筑面积、工业和服务业增加值等参数²⁸的显著增加。而在此期间，这些国家的结构效应相对稳定，只造成了总体能源消费的微弱下降。²⁹

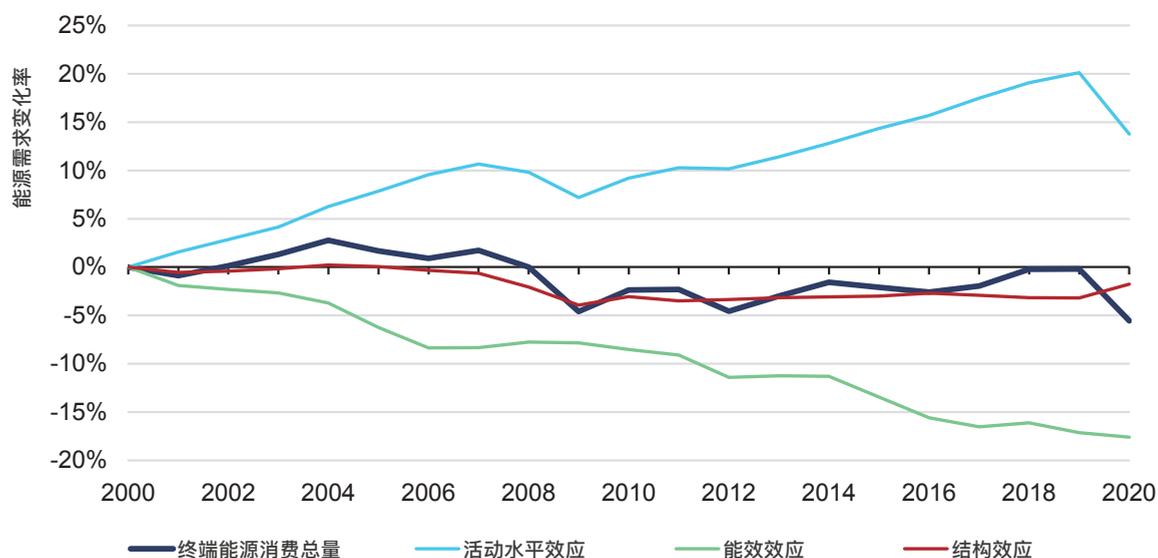
如果节省下来的 24 EJ 能源被家庭和企业用掉，他们 2022 年的能源开支将比实际水平高出约 6800 亿美元（基于 2022 年能源价格），相当于 IEA 成员国同年预计能源开支总额 4.5 万亿美元的约 15%。

这些能效提升带来的节能量还兼具广泛的多重效益。例如，二氧化碳排放量（较没有这部分节能量的情况下）减少了 20%，能源安全得到了巩固，能源需求受到来自能源价格的压力更小，并且居民健康和生活水平也因为空气质量和住房舒适度的提升而得到了改善。

²⁸ 译者注：分别可以代表交通、建筑、工业和服务业部门的活动水平提升。

²⁹ 译者注：根据以往的 IEA《能效》系列报告，能源需求变化受活动水平效应、结构效应和能效效应的共同影响，此处活动水平效应导致能源需求产生较大增长，结构效应相对稳定，因而能源需求最终能保持相对稳定的原因主要是来自能效效应，即能效提升带来的能源需求下降。

2000–2020年IEA成员国能源需求及其驱动因素变化



IEA. CC BY 4.0.

注：终端能源消费总量的变化是建筑、交通、工业部门的活动水平、能效和结构变化共同作用下的净效应。例如在居住建筑部门，活动水平是指人口，结构是指人均建筑面积，能效是指单位建筑面积能耗。完整解释参见IEA《能效指标相关记录》。

来源：[Energy Efficiency Indicators 2022](#)。

化石能源价格上涨引发能源相关的生活成本危机，对脆弱社群造成最大伤害

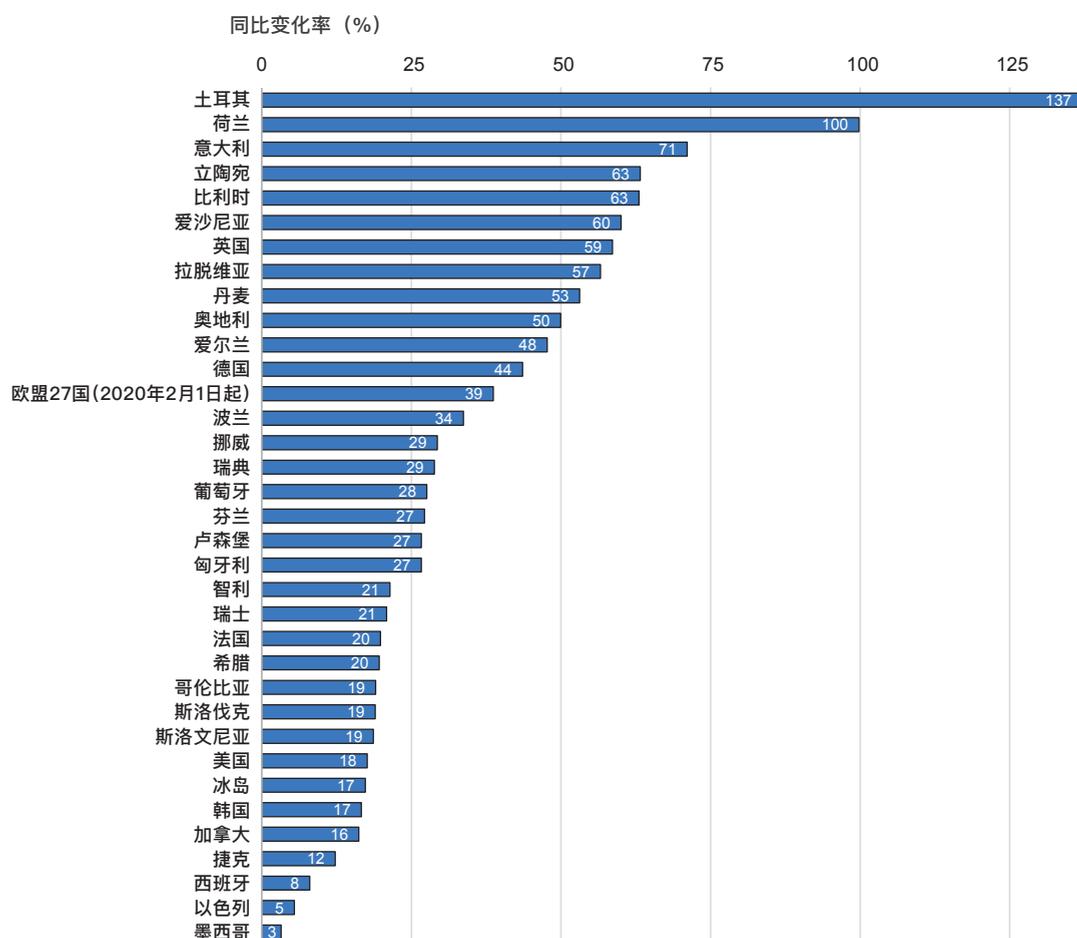
就全球平均水平而言，能源相关支出通常占家庭收入约7%；普遍认为的（能源）“可负担性”（affordability）[阈值](#)在家庭收入的6%左右，而如果能源相关支出占比去到家庭收入的10%以上，这个家庭就会面临能源贫困问题。通常家庭能源开支约有一半用于住宅，主要是供暖、制冷和烹饪；另外一半则用于交通。

能源成本增加，是大多数国家在2022年发生[通货膨胀加剧](#)的最大原因。这对全球经济增长构成了[重大威胁](#)，加剧了能源贫困，并且还让许多新兴经济体无法接入现代化的能源服务。

虽然当前的能源危机是全球性的，但欧洲作为危机中心，正在见证史上罕见的能源价格上涨率。2022年3月，据欧洲《健康住宅晴雨表》估计，欧洲约有[5000万家庭](#)正在经历能源贫困——随着持续性的能源危机，该数字预计很可能还会大幅增加。

介于[房屋室内温度低所造成的影响](#)，及其与疾病和冬季超额死亡之间显而易见的关联，能源贫困对消费者而言不仅是财务问题，更是健康问题。例如，由于（英国）一半的家庭面临燃料贫困，英国医生就今冬的[“重大人道主义危机”](#)发出警告。这凸显出为脆弱消费者提供支持的重要性，以便帮助其管理好这个冬季和未来的能源成本。

2022年10月各国能源价格同比上涨情况



IEA. All rights reserved.

来源: [OECD Database on Consumer Price Indices](#), as modified by the IEA.

能源（价格）同时也是影响食品和其他商品成本的一个重要间接驱动因素，其中石油价格在食品价格变动中的占比高达 64%。这对新兴市场和发展中经济体构成了严重问题，因为在这些国家和地区，食品（开支）在家庭收入中的占比（比其他地区）要高出许多，而能源成本的上涨正在加剧这种粮食危机。

（能源及其他相关商品）价格上涨所造成的负担在各国之间和国家内部都存在不公平的分配，对经济负担能力最差的人群影响最大。IEA《世界能源展望 2022》中的最新分析结果强调，在发达国家，20% 最贫困家庭的能源消费仅为 20% 最富裕家庭的 1/3，但前者能源开支占家庭收入的比例却比后者要高得多。这样的情形在新兴市场和发展中经济体更为明显，最贫困家庭能源消费仅为最富裕家庭的 1/9。

对现代化能源服务和高效清洁烹饪及供暖的接入受阻

2019–2022 年，全球无法稳定接入供暖、制冷、清洁烹饪和其他能源服务的人口增加至约 25 亿，同时还有 [1.6 亿家庭](#) 的能源开支至少占家庭收入的 10%（即面临能源贫困——译者注）。约 [7500 万](#) 近期才获得电力接入的人口可能已经无力支付电费。这将导致供暖和烹饪对薪柴、木炭及其他传统生物质燃料的使用大幅增加。

这是几十年来全球电力接入人口数量首次出现下降，并且对撒哈拉以南的非洲地区影响尤其严重，因为该地区占全球无电人口的 80%。导致这一情况的原因是在新冠疫情和能源危机的共同影响下，电气化项目放慢进程。例如在[南非](#)，2022 年 7 月的交通燃料价格较一年前高出 56%。

IEA 在非洲开展的能效提升活动

IEA 最近的一份报告 [《非洲之角地区的清洁能源转型》](#) ([Clean Energy Transitions in the Greater Horn of Africa](#)) 发现，虽然吉布提、厄立特里亚、埃塞俄比亚、肯尼亚、索马里、南苏丹和乌干达的能源需求在过去十年每年增长 35%，但其人口中约有一半依然缺乏电力接入，并且只有 1/6 的人口在烹饪时采用现代燃料。这些国家占撒哈拉以南非洲地区 GDP 总量的 1/4，其人口总数是比利时和荷兰两个国家之和的十倍，但能源消费却不足这两个国家之和。

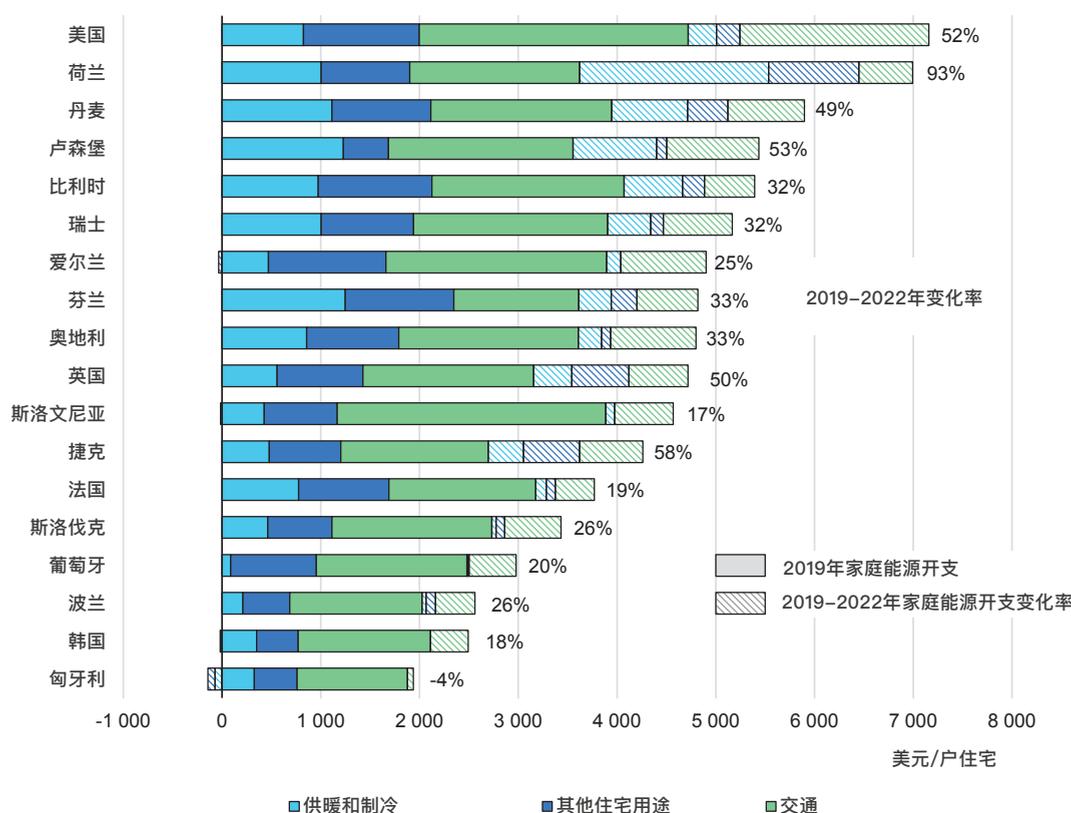
IEA 通过“清洁能源转型项目”支持非洲能效相关的能力建设。2022 年底，[IEA 为撒哈拉以南的非洲地区开展了一次关于能效政策相关方案的区域培训](#)，讨论了能效提升怎样推动一系列经济、社会和环境目标的实现。此次培训介绍的政策方案由一系列法规、信息和激励措施共同组成，针对家电、建筑、工业和交通等主要用能终端，这些政策方案在（过去经验中）进行组合使用时（一度）成功促进了能效提升。此次培训研讨会还探讨了具体的国际和区域案例，并且推动该地区建立了一个区域能效专家网络。

2019–2021 年，拉美地区[生活在贫困线以下](#)的人口比例从 28% 增加到了 30%，增加了 1400 万人。受全球能源和生活成本危机影响，这一数字还在进一步增长。20 世纪 90 年代以来，全家各个国家和地区都[强化了面向最贫困人群的社会援助项目](#)，其中包括针对能源开支的支持：40% 的国家和地区[平均将 GDP 的 1%](#) 用于提供电力补贴，主要面向家庭用电。这些关键性的短期措施能在长期解决方案逐步就位的同时，为脆弱人群和家庭提供（临时）保护。

政策及现有能源消费结构将决定能源价格上涨的具体影响

除交通系统和建筑的能效水平以外，能源开支还受到单位家庭能耗、汽车行驶里程、燃料结构和各能源品种价格，以及相关税收和针对能源开支的支持性措施（如有）的影响。这意味着能源价格上涨对全球各国造成的影响存在显著差异，一些国家更容易受到来自民用电价、供暖天然气价格或交通部门油价上涨的影响。

2019和2022年部分国家家庭平均年度能源开支



IEA. CC BY 4.0.

来源：Estimated based on IEA [Energy Prices](#) and [Energy Efficiency Indicators](#) databases.

例如，在匈牙利政府“降低能源价格项目”的作用下，布达佩斯是欧盟天然气售价最便宜的城市之一，而在其他一些国家，供暖及其他住宅用途的（能源）费用几乎翻了一倍。交通燃料、天然气和电力的市场价格上涨在多大程度上被转嫁给了消费者，是决定这些能源面向终端用户价格的一个重要因素，而市场价格和终端用户价格之间的差价往往通过增加公共补贴的方式补齐。

有针对性的公共支出能够保护脆弱群体、改善公共预算并继续激励能效提升

随着全球家庭和企业 在 2022 年面临能源开支增加，各个国家和地区的政府都推出了一系列措施，为消费者提供支持。目前在全球范围内，相关的政府紧急支出价值已经超过 [5500 亿美元](#)。

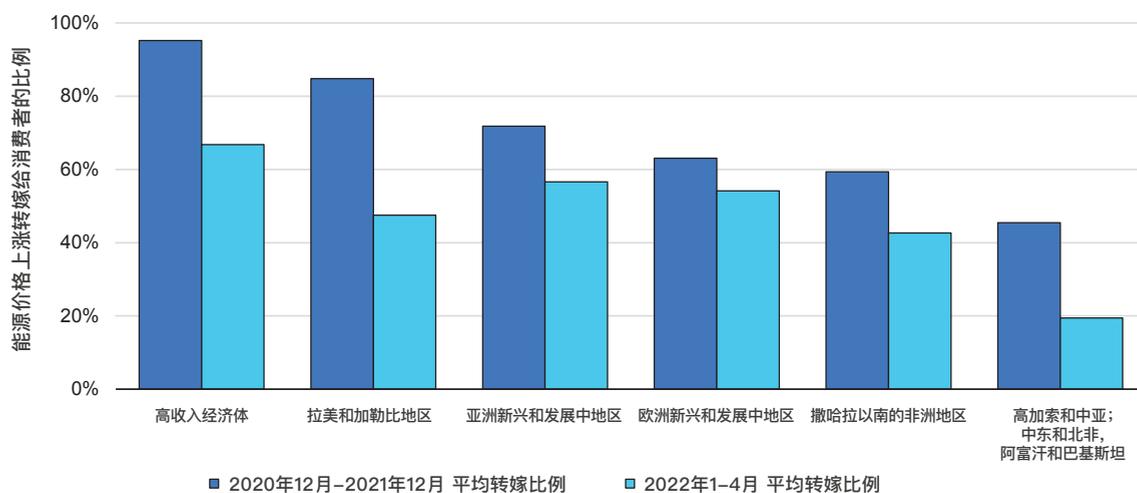
在新兴和发展中经济体，这类短期支持的金额现在已经超过了 2020 年 3 月以来的清洁能源投资。全球在这一领域的总体支持金额预计还将大幅增加，具体包括德国价值 2000 亿美元的大型政策方案等。

相关措施在覆盖范围和规模上各不相同，但通常会采取以下两种方式之一：

- 控制能源价格，即为消费者支付金额设限，该上限通常基于每单位能源进行设定。这类措施针对（能源）批发价格上涨设置综合的价格上限，从而限制供应商利润率，或是去除（消费者）能源开支中关于网络或政策成本的部分。供应商因此而损失的收入由政府进行补偿。这方面的例子包括[葡萄牙和西班牙](#)引入的价格上限，英国的[“能源价格保证”](#)，以及法国对电价上涨的管制——2022 年涨幅上限为 4%，长期上限为 15%。2022 年 10 月，欧盟委员会针对进口天然气发起了一项[“动态价格上限”](#)提案。
- 补偿支付 (income transfers)，即无论消费者使用了多少能源，直接向消费者提供（一定程度上统一金额的）资金。这种方式通常是（尽管并不总是）经过经济情况调查后所采取的，从而能够在社会保障系统允许的情况下，更好地针对那些经济状况不好的消费者（提供支持）。例如，德国向每位所得税纳税人支付了一笔 300 欧元的一次性能源价格津贴，有孩子或低收入的人群还能获得额外津贴。对脆弱消费者的识别和资金支付取决于国家社会保障系统的覆盖是否足够全面。

例如，全球所有国家交通部门能源价格上涨转嫁给消费者的比重都出现了下降，这是由于公共预算通常会补齐市场价格和终端能源用户价格之间的差价。[国际货币基金组织近期的一份备忘录](#)显示，在参与调查的 31 个发达经济体中，有 26 个发布了至少一项措施，限制将国际（能源）价格上涨转嫁给本土消费者；103 个新兴市场和发展中经济体国家中，也有 45 个在 2022 年采取了相关措施，限制价格上涨的转嫁。

各地区将国际交通燃料价格上涨转嫁给本土消费者的比例



IEA. All rights reserved.

来源：IMF (2022), [Fiscal Policy for Mitigating the Social Impact of High Energy and Food Prices](#), as modified by the IEA.

2022 年初的油价上涨增加了政府公共预算的压力，但各地政府对此的吸收³⁰比例有所不同。据智库机构 [Bruegel](#) 估计，欧洲各国政府自 2021 年 9 月至 2022 年 10 月中旬，已经为此类（补齐市场价格和终端价格差价的）项目拨款约 6700 亿欧元。

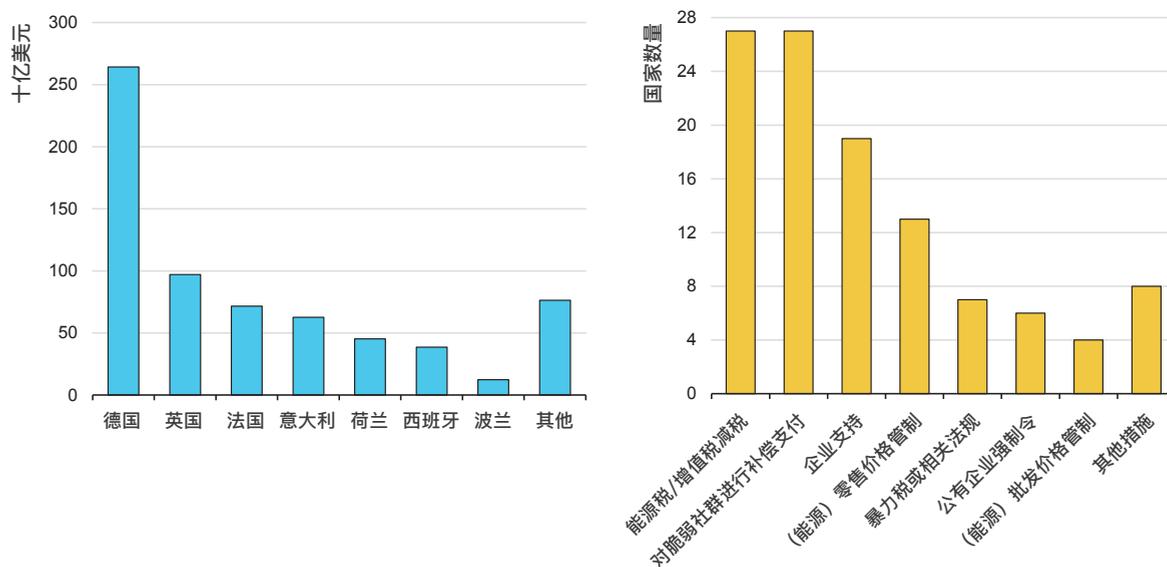
这类补贴会减少公共预算对[更加有效的（能源）减贫项目](#)的支出。为此，[印度尼西亚在 2022 年 8 月宣布减少国家石油补贴](#)，节省下来的资金将用来为低收入家庭提供更加有针对性的支持。能效提升能够降低能源消费，因此也有助于减少公共预算对此类补贴的支出。

[经合组织 \(OECD\)](#) 和[国际货币基金组织](#)在 2022 年建议各国逐步减少针对能源的一般性补贴和价格控制，转而将这部分资金用于提供更加有针对性的支持，尤其是对脆弱家庭的支持。鉴于居住在能效最低的房屋中的人们所面临的[能源开支可能比能效最高的房屋高出一个数量级](#)，因此加强对住房质量的政策聚焦同样重要。有针对性的能效提升类政策支持能够降低（能源）开支，同时通过持续锁定节能量的方式，（为家庭）提供实物性质的收入支持³¹。

³⁰ 译者注：指补齐（上涨的）市场价格和终端价格之间的差价。

³¹ 译者注：开支的节省等同于收入的增加。

2021年9月–2022年10月用于保护消费者免受能源危机影响的公共资金



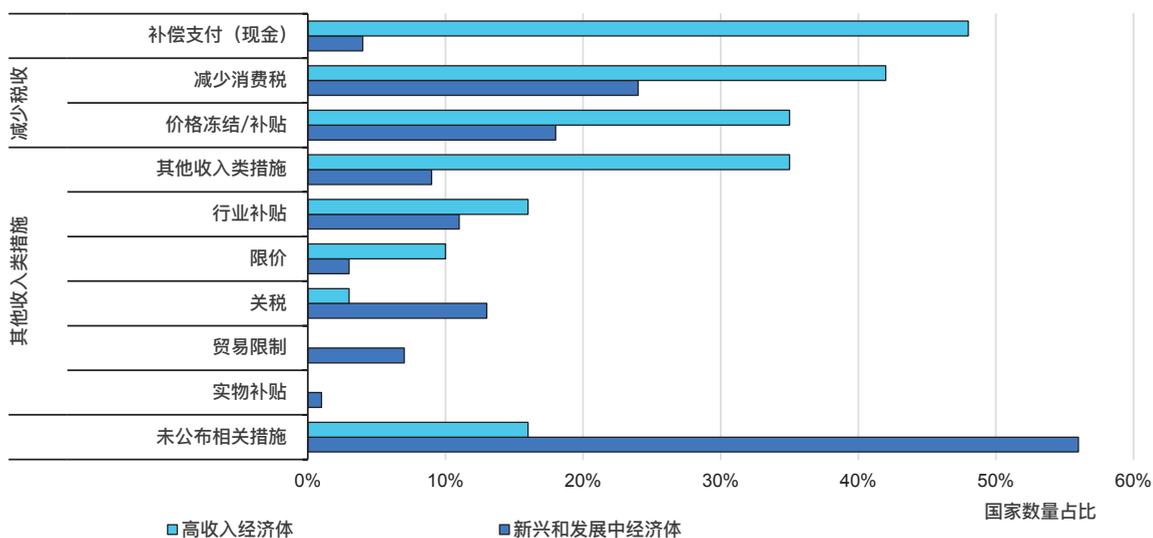
IEA. All rights reserved.

来源: Bruegel, as of 21 October 2022. [National Policies to shield consumers from rising energy prices](#), as modified by the IEA.

德国政府价值 2000 亿欧元的“double ka-boom”[能源支持一揽子政策](#)中，针对天然气价格和电价的控制措施规定，消费者在限定阈值的能源需求范围内可以支付补贴价格，超出阈值的部分则需按市场价格进行支付。将该阈值与上一年的能源消费挂钩，还能持续激励能源需求下降。

新兴和发展中经济体国家和地区政府也采取了一系列措施来缓解消费者压力，部分专注于价格控制，例如减少税收和调节本土价格。然而这些国家和地区超过半数都没有采取任何新的措施。

2022年4月采取措施保护消费者免受（能源）价格上涨影响的国家数量占比



IEA. All rights reserved.

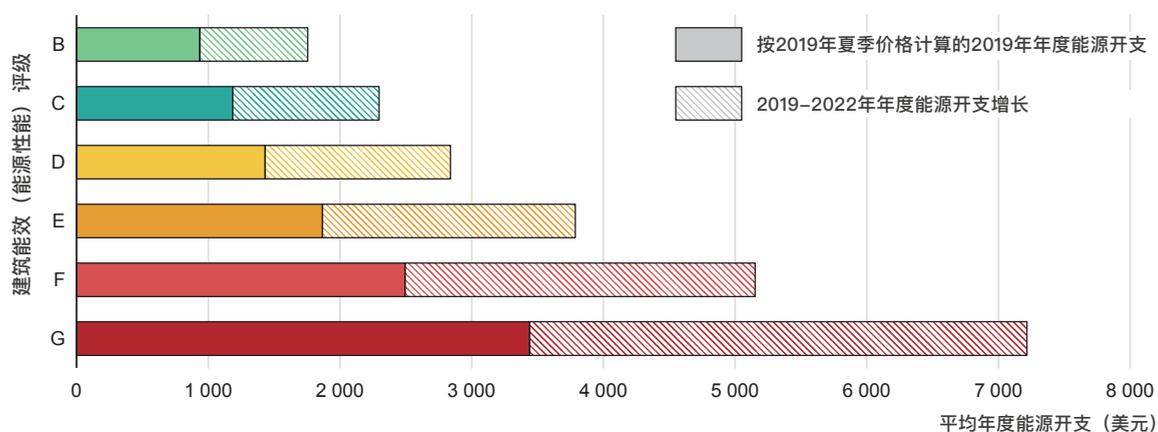
来源：IMF [Fiscal Policy for Mitigating the Social Impact of High Energy and Food Prices](#), as modified by the IEA. Responses to an IMF survey of 134 countries conducted in April 2022.

相比最高效的房屋，能效最差的住房可能导致（家庭）能源开支成倍增加

不同建筑的能效水平差异很大，这意味着许多居民在进入冬天之后，所受到来自能源价格上涨的影响也有所不同。例如在英国，大多数家庭的住房能效评级在 D 级或以下。即使是在 2019 年（即能源价格大幅上涨之前——译者注），一个住在能效最差建筑中的消费者，所面临的年度住宅能源账单也可能高达 3440 美元，是居住在 B 级能效建筑中的家庭年度能源开支（935 美元）的三倍。

伴随着最近的能源价格上涨，2022 年 10 月英国家庭的年度能源账单据估计将达到 2019 年水平的两倍左右。按照该国政府“能源价格保证”方案中（关于当前能源价格）的规定，消耗与 2019 年 G 级能效住房等量的能源，在 2022 年产生的能源开支为 7220 美元；而 2019 年 B 级能效建筑等量能耗则只会在 2022 年产生 1800 美元的开支。这使人们更加关注能效在[支持家庭](#)应对能源成本上涨方面的价值。

英国按建筑能源性能证书等级划分的典型家庭年度能源开支，基于2019年夏季和2022年10月价格



IEA. CC BY 4.0.

注：2019年能源开支为按2019年4-9月大不列颠岛默认电价上限水平估算的12个月用能开支。2019-2022年能源开支增长为按2022年10月“能源价格保证”的价格水平估算出的12个月用能开支，与前述2019年能源开支估算值之差。

来源：IEA analysis of data from UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy [2019 Fuel Poverty Statistics](#); Office of Gas and Electricity Markets, [Default tariff cap level: 1 April 2019 to 30 September 2019](#), [Energy Price Guarantee, Decision for Typical Domestic Consumption Values 2020](#).

其他国家也有类似情形。例如在丹麦，一套典型面积的最差能效住房所需要的供暖用能，可能是相同面积最高能效住房的十倍以上。

居住在高效建筑中的家庭不仅能源开支较低，还能同时享受更加健康、舒适的住房环境。如果进一步提升这些建筑的能效，还能保护居住在其中的家庭在2023年及未来免受（能源的）持续性高价的影响。在英国，安装实心墙和阁楼保温（结构）能够使一个典型家庭的能源开支减少10%以上，以E级能效建筑为例预计能节省400美元开支。简单的低成本技术，例如室内供暖智能恒温器，购买和安装成本低至80美元/组，也能够促进能源需求下降。

通过“水力平衡”（hydraulic balancing）或者优化供暖系统中的水压，对供暖系统进行适当的维护，能够产生高达15%的低成本节能量，在大型建筑中尤其奏效。2022年7月，[德国政府强制要求](#)所有配备中央供暖的大型建筑的业主在未来两年内开展水力平衡措施。

在美国，能源成本的上涨预计将在2022年10月到2023年3月使普通家庭的天然气开支增加19%~28%，具体涨幅将取决于冬季气温。据[美国国家环境保护局](#)估计，该国的房屋屋主将通过基于保温措施的节能改造，平均节省15%的供暖和制冷费用。[美国能效经济委员会 \(ACEEE\)](#)提醒，（能源）价格上涨将会对低收入家庭，以及非裔、西班牙裔和美国原住民家庭造成最大伤害，因为这些家庭的能源开支在其收入中的占比远超其他家庭。能源开支占收入比重较大的其他群体包括[老龄和租房](#)家庭。

智能恒温器成为一种减少能源开支的低成本手段

IEA《[关于减少欧盟对俄天然气依赖的十点方案](#)》的其中一项建议是，鼓励消费者将恒温器的温度暂时调低一度，每年将因此节省约 100 亿 m³ 的天然气。连网的恒温器、智能供暖控制系统（如散热器恒温控制阀即 TRV 等）或是精心设计的自动化系统，将能促进消费者对室内温度进行临时调整，从而帮助实现节能，尤其是峰值时段节能。

法国负责能效相关工作的国家机构——[法国生态转型部 \(ADEME\)](#) 发现，具有编程能力的恒温器能够减少高达 15% 的供暖能源需求，具体幅度取决于建筑类型。[美国能源部](#)发现，在一天中的八个小时（例如夜间或者不在家的办公时间）将（供暖）温度下调 4 ~ 5.5 °C，能够使供暖和制冷能源消费实现高达 10% 的下降。比起手动打开和关闭暖气，自动化的恒温器能让这一操作变得更加简单。为此，一些国家引入了针对智能恒温器的激励措施，例如法国 2020 年的“伸出援助之手”（Coup de Pouce），比利时的“生态优惠券”（Eco Vouchers），以及荷兰 2019 年的“居家节能补贴”（SEEH）项目。

目前全球已安装超过 1.3 亿组连网的智能恒温器和家用能源管理系统组合。其安装和应用正在迅速增加。2030 年安装总量预计将达到 5.1 ~ 6.4 亿组。行业相关估计显示，欧盟约有 7000 万套住房安装了散热器恒温控制阀，而对那些还没有安装这一设备的住房进行相应升级，每年将能够[产生高达 130 TWh 的节能量](#)。

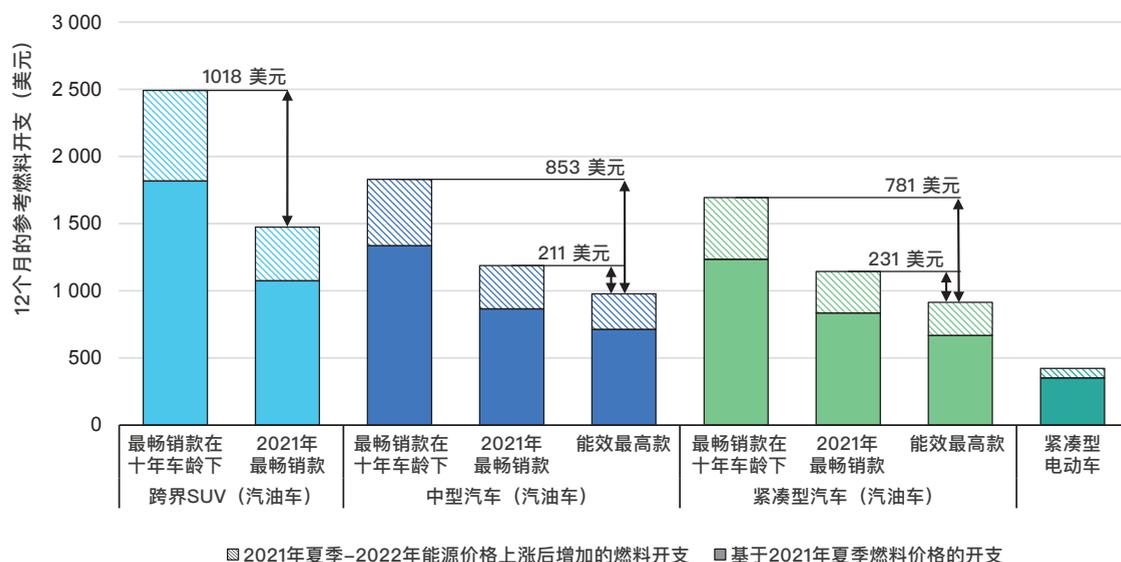
购买新款和较小型的电动车将能大幅减少交通燃料开支

消费者在购买汽车时对车辆大小和能效水平的选择，对燃料开支会产生重大影响。以欧洲汽油车为例，选择最畅销的紧凑型汽车或中型汽车的消费者，其燃料开支将比选择同样大小的最节油车型的消费者高出 20% ~ 25%。按照 2022 年 6 月的汽油价格计算，选择后者的消费者预计每年能够节省 210 ~ 230 美元，（由于油价上涨）比上年多节省约 60 美元 / 年。

选择较小车型的消费者甚至可以实现更大的节能量。在欧洲，选择最高效中型汽车的消费者比起选择最畅销跨界 SUV 的消费者，在大体保持同等实用水平的同时，还能节省 30% 的燃料开支。按照 2022 年 6 月的油价计算，前者比后者每年节省燃料开支近 500 美元。

得益于欧洲近年来开始实施的[最新燃油经济性标准](#)，对老旧车辆进行换新的消费者节省的燃料成本最多。对中型汽车和紧凑型汽车而言，2022 年一辆当下最畅销车型假如在已有十年车龄的情况下，和当下能效最高的相同大小车型相比，其能效水平的区别如果具体反映在燃料开支上，将分别造成 850 美元和 780 美元的燃料开支差异。如果车主将一辆十年车龄的 SUV 更换为一辆类似的新款高效汽车，每年将可能节省超过 1000 美元的燃料开支。

2021年6月–2022年6月欧洲不同车辆类型的燃料开支



■ 2021年夏季–2022年能源价格上涨后增加的燃料开支 ■ 基于2021年夏季燃料价格的开支

IEA. CC BY 4.0.

电动车车主拥有最大的节省燃料开支潜力。例如，欧洲一位典型的电动车车主如果在家充电，尽管民用电价在过去一年有所上涨，其预估年度燃料开支³²依然只需要 420 美元。这一燃料开支水平显著低于上文分析过的所有汽油车车型，原因在于电动动力系统的能效水平大大高于内燃机。

美国能源部在 2022 年 8 月的相关研究也得出类似的结论——研究发现，目前为止的所有轻型车中，电动车的年度燃料支出最低，约为每年 1000 美元甚至更低，而汽油车的开支通常是这一数字的至少三倍。

上述针对电动车较低燃料开支的估计值，还必须在充电开支满足相关条件的前提下才能成立——不同电动车公共充电站的费用差异很大，相比家用充电器可能高出 30% 到两倍。随着充电基础设施的铺开，防止公共充电运营商哄抬价格、推动形成公平的价格，将成为问题的关键。

政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 2022 年 4 月的分析显示，纯电动车单位公里数的能耗可以达到相同重量内燃机汽车的 1/4 ~ 1/3。虽然电动车由于消除了发动机中的燃烧热损，从油箱到车轮 (tank-to-wheel)³³ 的能效非常之高，但发电和输电过程中却存在燃烧和其他损失。因此为了充分发挥出电动车在气候变化方面的效益，需要使用温室气体排放低的电力。为了更加全面地了解电动车的能效和二氧化碳排放情况，针对电动车开展从油井到车轮 (well-to-wheel)³⁴ 的分析显得至关重要，尤其是在煤电依然占主导地位的地区。

³² 译者注：对电动车而言，指车辆用电相关开支，为了便于比较统一称“燃料开支”。

³³ 译者注：指汽车所装载的燃料被转换为汽车动力的过程。

³⁴ 译者注：指一次能源被转换为汽车燃料，再被转换为汽车动力的全过程。

3.2 消费者节能意识提升，节能导向的行为转变增加

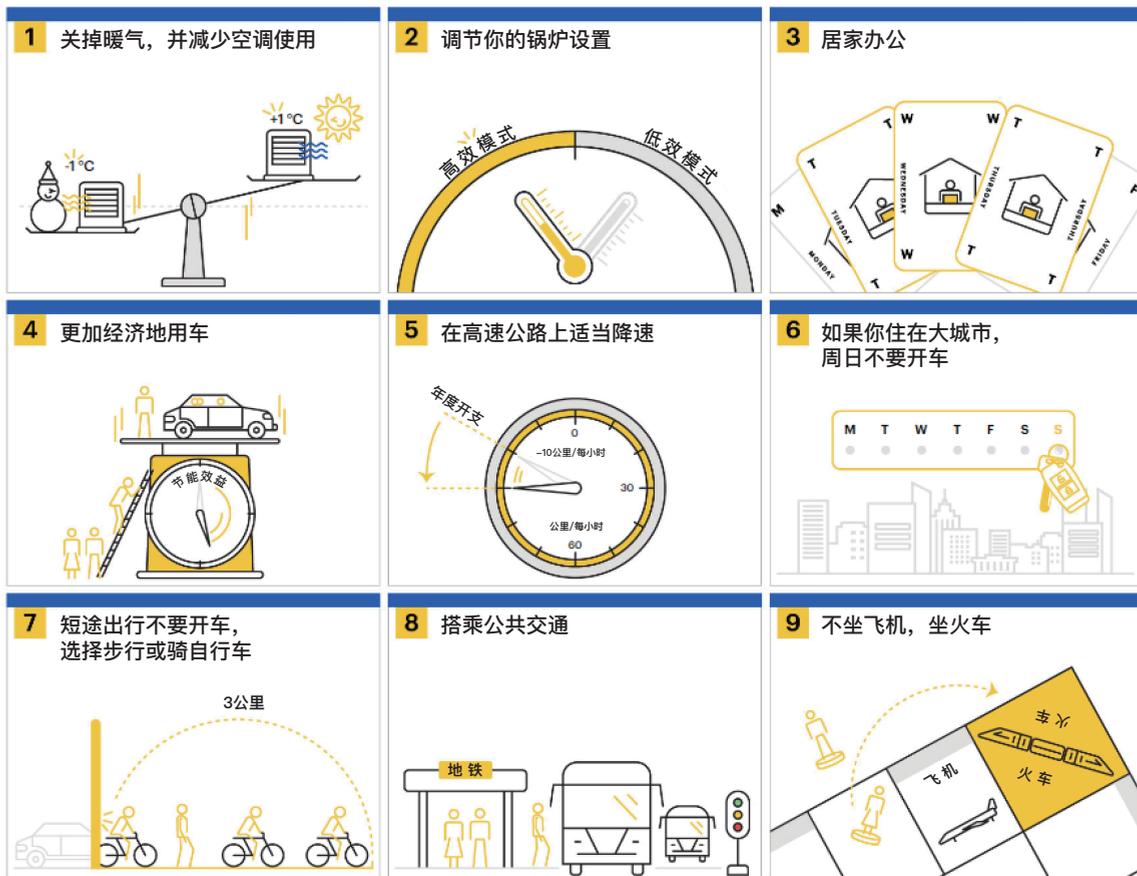
各国政府转向行为转变活动，以推动能源需求迅速下降

自 2022 年初以来，至少十个欧洲国家的政府开展了节能相关的行为转变和[意识提升活动](#)，向消费者解释说明如何减少用能。这些意识提升活动大多鼓励市民调低恒温器温度、缩短淋浴时间、悬挂晾干（而不是烘干——译者注）衣物，以及尽可能减少机动车驾驶能耗。2022 年 4 月，IEA 和欧盟委员会发起“[从我做起](#)”（[Playing my Part](#)）活动，介绍了市民可以采取哪些简单的行动来降低能源开支并减少总体能源需求。

2022 年 5 月，《欧盟节能通讯》对欧盟委员会“双管齐下”的方法进行了介绍，该方法能在促进中长期能效提升的同时，通过行为转变实现即时的节能效果。这一方法在许多国家的国家战略中都得到了体现，例如丹麦的“[共同节能](#)”（[Sammen sparer vi på energien](#)）活动和德国的“[8000 万人共同节能](#)”（[80 Millionen gemeinsam für Energiewechsel](#)）活动，这两个活动都向参与者提供关于“如何帮助市民开展住房节能改造”的信息。

[在欧洲以外的地区，各国也利用这类活动来应对过去和当前的能源危机，并取得了卓越成效](#)。2021 年巴西政府为应对本国水电供应危机，开展了一项意识提升活动，结合财政激励，共同推动减少峰值时段用能。韩国在 2011 年的大规模停电后，通过社交媒体和流行文化渠道，以及传统传媒和公益广告，开展了多个（节能）意识提升活动。为解决当前（能源）危机，新当选的韩国政府计划利用这类活动，配合一项“能源返利”激励机制，共同鼓励公众在今冬将用能减少 10%。近年来，印度政府通过将消费者购买空调时电器的默认温度设为 24 °C 以及一项相关的意识提升活动，鼓励市民在使用空调时将其设置为这一温度或更高。

“从我做起”活动：市民可以采取的九种简单的节能行动



IEA. CC BY 4.0.

成功的行为转变和节能意识提升活动所具备的特点

IEA 通过对 2022 年各国开展的一系列广泛的节能意识提升和[行为转变活动](#)进行分析，总结出[成功的活动](#)所具备的关键特点。

确定（计划传达的）正确信息：如果活动所传达的信息针对性强、可以（与受众）产生关联、具有可操作性，并且与受众调性相符，活动往往更容易成功。政府（在活动中）可以视乎具体情况，选择强调（节能在）开支、环境或者社会方面的效益。丹麦的活动关注“团结的力量”，传递的信息聚焦在“共同节能”上。

传达信息：对信息传递者和传递渠道的选择会对活动的市民接受度产生强烈影响。荷兰在其“按下开关”（[Zet ook de knop om](#)）活动中，[撬动了来自企业、重要的非政府组织（NGO）和基金会的支持](#)。采用视觉效果、朗朗上口的活动名称和专用的网站将能有助于人们分享活动相关信息。活动通常会被人们在一系列的纸质、网络和广播媒体上进行分享，

而追踪活动的线上影响有助于进一步提高活动覆盖度。值得注意的是，韩国在相关活动中除了传统媒体，还使用了短信平台 Kakao，展现了对社交媒体的有效利用。

将相关信息与对行为的洞察相结合：虽然高质量的信息是必要的，但还不足以实现持续性的效果。将活动与实时反馈、相关建议、需求响应项目、住宅能源报告等对用能行为的洞察分析结合起来，将能进一步促进消费者向节能行为转变。采纳来自[行为研究专家](#)的专业意见能够大大助力行为转变活动取得成功。

在能源危机的语境下开展活动：在（能源）危机时期，市民对能源问题的意识和采取行动的意愿往往比平时更高，这时高强度的信息可能会变得更加合理。许多国家（此前）已经有了为应对其他的能源供应危机，设计和发起面向市民的活动的经验。除了前文提到的日本应对 2022 年地震的相关活动，巴西近几年也为应对水电危机发起过一项消费者活动，而南非也为应对可能发生的水资源短缺有过举办“零水日”（Day Zero）活动的经验。2022 年 9 月，美国加州对市民发出关于减少能源需求的紧急手机警报，据估计在 45 分钟内[减少了 2.6 GW 的能源需求](#)。

[德国](#)、[爱尔兰](#)、[南非](#)和[菲律宾](#)也在讨论通过增加居家办公来节省（交通）燃料的可能性。然而，通过减少出行实现的节能量，可能会在一定程度上被供暖和[其他一些行为转变](#)带来的住宅能源消费增加所抵消。支付家庭能源开支的人，将承担居家办公远程作业引起的能源开支增加，约为 [20 ~ 100 美元 / 月](#)。

各国政府也在大力支持搭乘公共交通，其中德国在 2022 年夏季推出了每月 9 欧元不限[公共交通](#)搭乘次数的套票，并在随后推出了该措施的改良版本。该方案实施的前三个月，超过 5200 万人购买了套票，同时车辆使用的减少削减了 1.8 Mt [二氧化碳排放](#)，相当于同期交通排放的 6% 左右。

[意大利](#)正在为低收入人群购买公共交通月票或年票提供补贴，[美国加州](#)提供了三个月的免费公共交通，[英格兰](#)将在 2023 年为公共汽车季票价格设置上限。[奥地利](#)、[爱尔兰](#)和[西班牙](#)也采取了相关行动来降低公共交通的票价。

卢森堡实施了世界上最慷慨的公共交通项目之一，在卢森堡市和全国各地对公共汽车、有轨电车、缆车二等座[免费](#)，免费范围包括乘客的宠物和行李票价。

各国也针对高效使用[私家车](#)和[车队车辆](#)提出了建议，以便减少燃料消耗，同时还在推广[电动出行](#)、[步行和自行车骑行](#)。引入这些措施将从长期上创造节能机遇。作为应对 1973 年石油危机的一种手段，荷兰和丹麦引入了将自行车骑行作为一种优先交通方式的措施，并在危机解除后继续对该措施加以巩固。“[哥本哈根化指数](#)”（[Copenhagenize Index](#)）是衡量城市对自行车友好程度的指数，提供不同城市在这一指数上的全球排名，以及一些最新的（自行车骑行推广）成功案例的链接。

在日本，东京电力公司发起了“2022 年省电挑战”，消费者可以通过节电行为换取积分，并用积分在亚马逊等电商的服务中换取商品。该国采用了一套新的五级排名体系，用来评估和发布能源零售商每年对节能的传播工作。该体系考察电力和天然气公司等能源零售商向其客户提供节能相关信息和服务的水平。如果零售商向其客户提供了诸如小时能耗可视化、发出需求响应参与信号，以及预测未来能源费用和使用情况等额外信息，将能在该体系下获得更高的评估分数。

3.3 能源安全与俄罗斯天然气

在工业和建筑部门迅速采用能效措施将有助于减少欧洲对俄罗斯天然气的需求

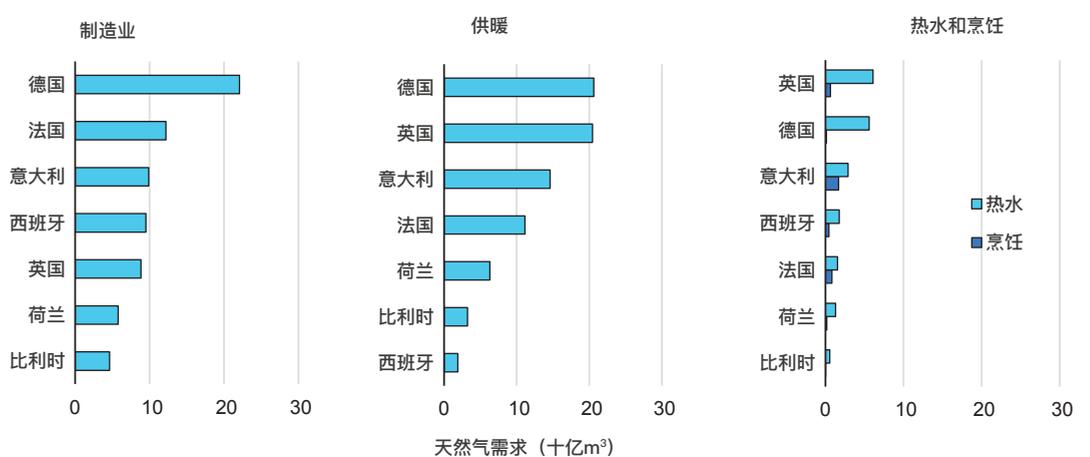
欧洲对俄罗斯天然气供应的依赖在 2022 年成为了最引人注意的话题。IEA 最新的《[天然气市场报告](#)》显示，2009–2019 年，俄罗斯在欧洲天然气供应中的占比从 30% 增加到了 47%。在[欧洲制裁俄罗斯](#)和俄罗斯削减供应的共同作用下，这一比重预计在 2022 年将下降至 9%。

虽然欧洲的天然气缺口在很大程度上已经被替代性供应所弥补，但还是在 2022 年上半年造成了天然气消费同比下降 10%。《[欧盟重新赋能计划](#)》是欧盟委员会针对俄罗斯天然气（供应）危机的主要应对政策，目标是到 2022 年底减少 2/3 的俄罗斯天然气使用，到 2030 年减少 100%。

节能是该计划的三大核心支柱之一。该计划将《[能源效率指令](#)》下整个欧盟到 2030 年节能 9% 的原有目标，提高至 13%；并且准备将热泵安装速度翻番，在 2023–2027 年期间达到 1000 万组的累计安装数量；同时加速电气化发展，尤其是工业部门电气化。[据该计划预计](#)，到 2030 年，这类措施将能使居住建筑部门的天然气消耗每年减少 370 亿 m³，工业部门每年减少 120 亿 m³。

行为转变类措施，正如[《欧盟节能通讯》](#)和“[从我做起](#)”活动中介绍的那样，包括鼓励消费者将恒温器的设置温度调低 1°C 等，将能在每年产生约 100 亿 m³ 的节气量。该计划提出的所有节能措施共同实现的节气量，将相当于 2021 年欧洲从俄罗斯进口的 1400 亿 m³ 天然气总量的 42%。

2019年欧洲主要天然气消费国几个主要终端的天然气需求



IEA. CC BY 4.0.

注：图上数据不包括用于发电的天然气。
来源：[Energy Efficiency Indicators 2022](#)。

欧洲在 2022 年夏季采取的节能措施似乎已经对天然气需求产生了影响。[几项研究](#)显示，2022 年 10 月，对天气因素进行调节后的德国天然气需求较上年同期下降约 20%。然而天然气需求受天气变化的高度影响。在 2022–2023 年的冬季，如果天气寒冷情况超出预期，将会抵消掉大部分已经实现的节能量。

随着欧洲展望 2023 年，对短期节能的关注将让位于一个更加紧急的问题，即各国政府在未来的 10–12 个月能够实现怎样的结构性能效提升，这对欧洲在下一个冬季的能源安全至关重要。

工业热力存在快速电气化的可能性，尤其是在纺织业和食品饮料制造业

全球范围内，热力³⁵占工业部门能源需求总量的 $\frac{2}{3}$ ，占整体能源需求总量的 $\frac{1}{5}$ 。工业过程的电气化能够同时产生一系列效益，包括直接减少化石能源需求、提高工业过程能效，并且有望利用低碳化程度越来越高的电力来供应余下部分的能源需求。另外，由于与基于燃料燃烧的工艺相比，电气化在工厂位置和规模上具有更好的灵活性，因此将有利于工业部门采用新的商业模式。

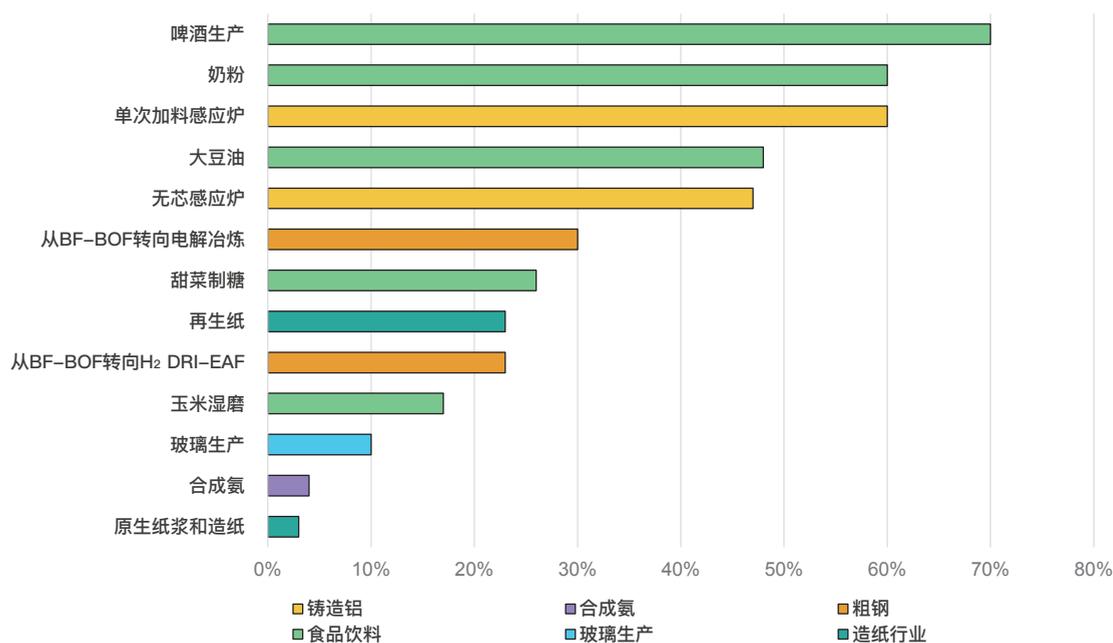
在轻工业行业，电气化通常需要将过程热的热源从化石燃料转变为电力，具体可以通过热泵、微波或电磁感应工艺，或者反渗透等机械分离脱水方法来实现。

³⁵ 译者注：如果不考虑电气化，工业热力主要由化石燃料燃烧产生。

作为对比，重工业行业的电气化通常涉及主要工艺技术的替换。以钢铁行业为例，电气化需要将高炉（BF-BOF）替换为电弧炉（EAF；电炉）或者无芯感应炉。这一技术蕴含着可观的节能和减排潜力。与传统高炉（BF-BOF）流程的原生钢初级生产相比，电炉流程基于废钢所进行的次级钢或回收钢生产能够节省约 70% 的能源。

[工业快速电气化](#)存在巨大潜力，并且短期内有几种可供选择的方案。

美国工业电气化节能潜力

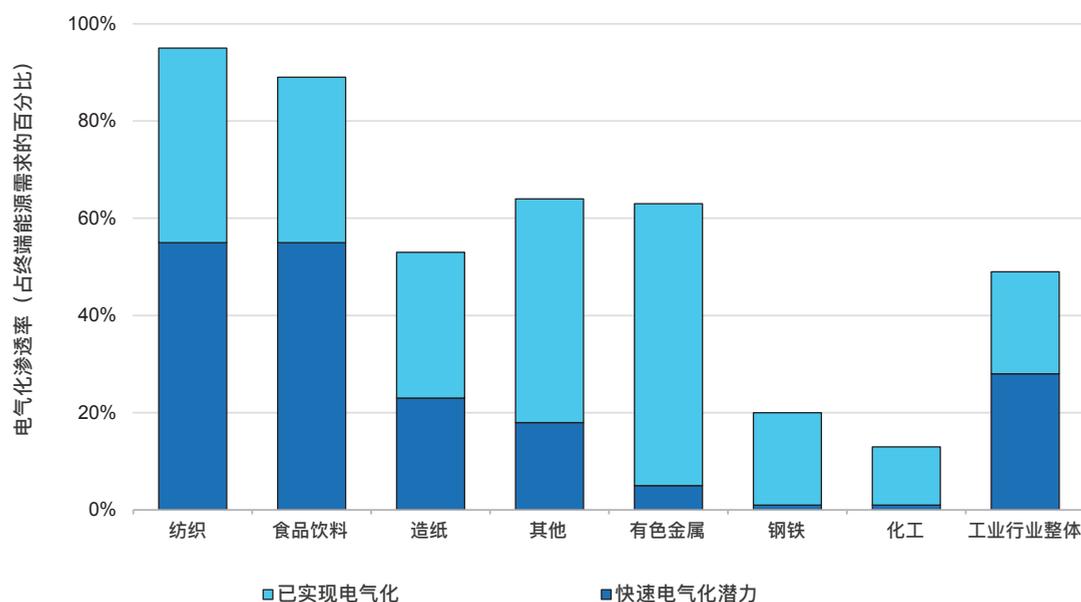


IEA. CC BY 4.0.

注：图上BF-BOF指高炉炼钢；H₂ DRI指直接还原铁；EAF指电炉炼钢。

[啤酒酿造行业](#)从快速电气化中获益的潜力较大，其中热能占行业典型用能约 70%。该行业利用[蒸汽发生器](#)将装有麦芽谷物及其他成分的大桶水煮至约 70 ~ 90°C，随后再冷却发酵。例如，全球性的啤酒制造商[嘉士伯 \(Carlsberg\)](#) 将能效作为优先事项，旗下有八个啤酒厂目前的电力和热力供应完全来自可再生能源。在与之相关的蒸馏酒酿造行业，[Ahascragh](#) 威士忌蒸馏厂通过利用热泵和可再生能源电力，成为了爱尔兰第一家零排放蒸馏酿酒厂。

欧洲工业快速电气化潜力



IEA. All rights reserved.

注：图上各行业电气化渗透率与100%之间的差值代表需要通过更加复杂的系统性工艺转变来实现的那部分电气化潜力。

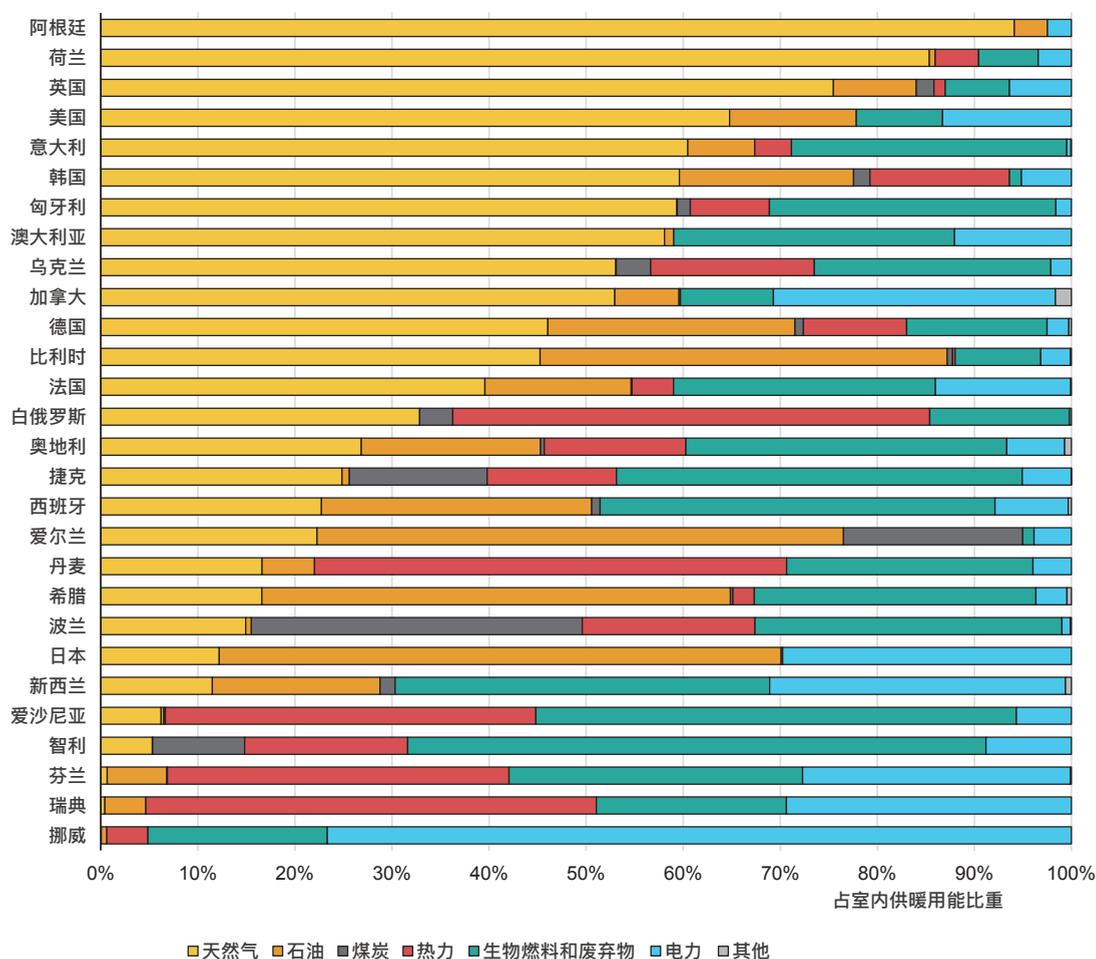
来源：Schneider Electric Sustainability Research Institute (2022), as modified by the IEA.

要实现（工业）节能，在很大程度上有赖于电气化与工业过程的成功整合、对节能表现的数字化反馈，以及对运行参数的持续控制。虽然相关技术大部分已经发展到了成熟适用阶段，工厂中新型电气化系统的安装和操作依然需要大量的政策、管理和技术行动予以支持。这将关系到工厂及其工艺的设计、优化、开发、运行、维护、监测、目标设定和控制，以及提供这些服务所需要的资源。

各国居住建筑供暖对天然气的依赖程度各异，从 90% 到接近零

正如 IEA [《追踪清洁能源进展》](#) 报告详细描述的那样，天然气是全球家庭采暖中最常用的燃料，在 2021 年占居住建筑供暖能源需求的 42%，达到 7600 亿 m³。

2020年部分国家居住建筑供暖能源消费，按能源品种划分



IEA. CC BY 4.0.

注：图上“热力”指以直接销售为目的所生产的热力，主要通过区域供暖网络和工业过程及其他来源的热能获得。“其他”主要包括传统生物质。

来源：[Energy Efficiency Indicators 2022](#)。

在阿根廷、意大利、韩国、荷兰、土耳其、英国和美国，天然气占供暖用能的 60% 以上。芬兰、挪威和瑞典几乎不使用天然气进行供暖，尽管挪威是西欧最大的天然气生产国。挪威引领了全球居住建筑供暖的电气化——该国近 80% 的供暖由电力提供。其他值得注意的国家包括加拿大、芬兰、日本、新西兰和瑞典，电力占居住建筑供暖比重均为约 30%。

全球建筑供暖中，10% 为区域供暖，采用的燃料从化石燃料，到发电、工业过程、废水和数据中心的余热回收，再到可再生能源，各不相同。在欧洲，6000 多个区域供暖网络满足了该地区约 11% 的供暖需求。

在斯德哥尔摩市，98% 的供暖由可再生能源和利用大规模热泵回收的余热提供，后者也是德国一些城市正在试图模仿的方法，作为减少天然气使用的手段之一。赫尔辛基的 [Katri Vala](#) 区域供暖和制冷工厂拥有 126 兆瓦 (MW) 的供暖能力和 80 MW 制冷能力，是

全球最大的供暖和制冷热泵系统。利用热泵技术的新型区域供暖网络还能够通过可逆技术实现冷却水循环。

在“2050 年净零排放”情景下，化石能源在全球供暖中的占比将从目前的 64% 下降至 [2030 年的 45%](#)。这一下降幅度将在建筑能效提升，以及电气化、可再生能源和其他低排放供暖技术的共同推动下实现。该情景下，电力在全球供暖能源结构中的占比将从 2021 年的 15% 提高到 2030 年的 20%。

计划禁止接入新增天然气供暖系统的国家占欧洲民用天然气消费的 80%

越来越多的国家和地方政府发布了关于燃气设备的禁令，或将对其进行逐步淘汰。欧盟为此设立了逐步减少建筑中天然气使用的总体目标，部分国家特别提出将施行相关禁令。其中包括奥地利和荷兰，分别将从 2023 年和 2026 年起，只允许建筑通过安装热泵或接入热力网络的方式进行采暖。

爱尔兰发布了新建建筑燃油锅炉禁令，从 2022 年起开始实施，并将在 2025 年之前实施燃气锅炉禁令。英国设定了从 2025 年起禁止新建住房安装天然气供暖系统及燃气锅炉的目标，并且该禁令将从 2035 年起对所有建筑生效。德国也计划在 2024 年实施针对化石燃料供暖系统的隐性禁令，要求所有新安装供暖系统至少 65% 的用能由可再生能源提供，并已为此启动了立法程序。法国在 2022 年针对新建建筑引入了一项隐性禁令，为新增供暖系统设定了强制性的二氧化碳排放强度上限，该强度在几乎所有的建筑中都无法通过化石燃料实现。

在美国，[加州已有超过 60 个城市](#)针对新建建筑宣布了天然气相关禁令，或者不鼓励其使用。2022 年 9 月，[加州空气资源委员会 \(California Air Resources Board\)](#) 指导州政府相关机构起草了一项法规，将促进在 2030 年之前全面禁售新的燃气供暖设备及燃气热水设备。到 2023 年，包括俄勒冈州尤金市在内的部分美国城市将实施针对所有新建建筑的天然气禁令。华盛顿特区，以及纽约州伊萨卡市和纽约市分别计划在 2026 年、2030 年和 2040 年采取类似的措施。针对美国各州，虽然至少有八个州的立法机构提出了相关法案，但其他一些州也提出了禁止市政实施天然气禁令的法案。

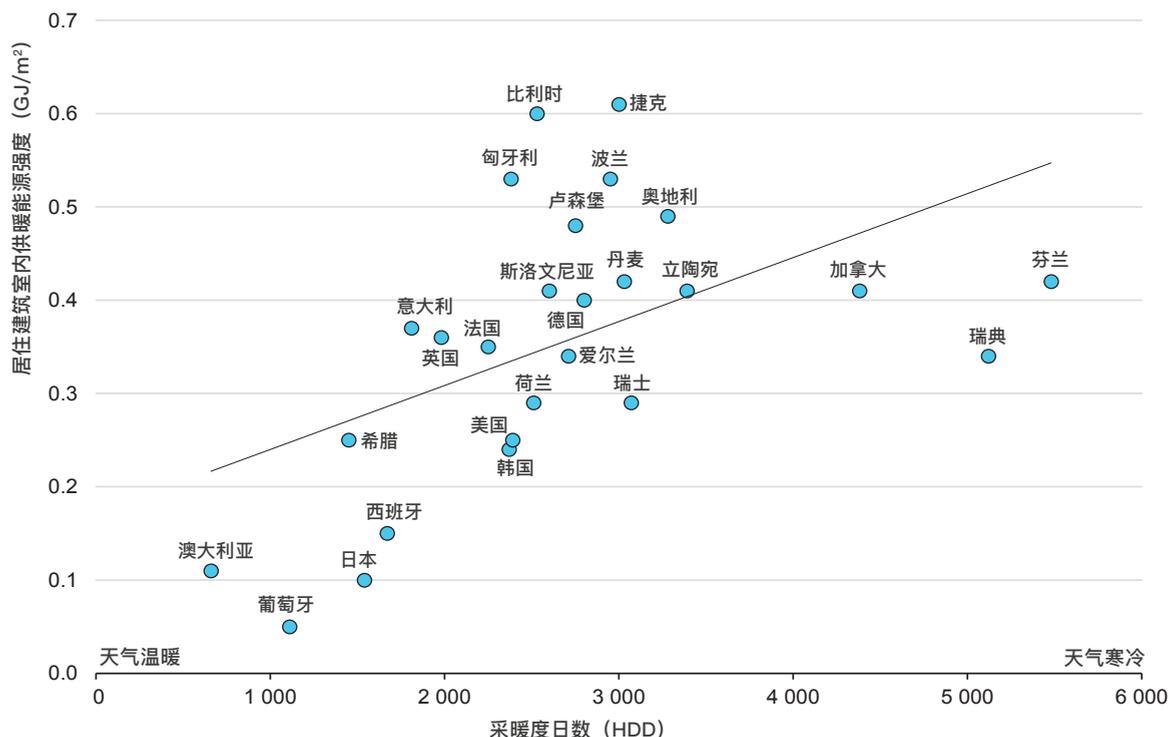
加拿大温哥华市和魁北克省也提出了相关规定，要求新建建筑实现零排放，并且正在禁止在更换室内供暖和热水系统时选用基于化石燃料的系统。

能效相关法规已使欧洲建筑部门用于室内供暖和热水的天然气消费减少了 21%

建筑部门占欧洲能源需求总量近 40%。受能效提升驱动，该部门的能源消费在过去十

年下降了 14%。然而即使是在气候情况类似的几个欧洲国家之间，建筑的能效水平也存在很大差异；在类似的气候条件下为同样面积的建筑供暖，一些国家所需要的能源可能是另一些国家的两倍。例如，居住建筑室内供暖的能源强度在荷兰、瑞士、爱尔兰等国约为 0.3 GJ/m²，而在比利时、捷克、奥地利和波兰却高达 0.5 ~ 0.6 GJ/m²。

2019年欧洲居住建筑能源强度和采暖度日数 (HDD)³⁶



IEA. CC BY 4.0.

来源: [Energy Efficiency Indicators 2022](#).

欧洲的健康数据也显示，在气候较为温和的国家，建筑的保温和供暖性能较差，冬季因室内环境寒冷所导致的超额死亡率较高：例如，葡萄牙的冬季超额死亡率高于芬兰。

根据 IEA 《关于减少欧盟对俄天然气依赖的十点方案》，重点针对能效最低的那部分住房和非居住建筑迅速扩大节能改造规模，将能及时为欧洲省下超过 10 亿 m³ 或相当于 10 TWh 的天然气，为 2023 年冬季做好准备。

生态设计类法规仅针对室内供暖和热水方面，就在 1990–2020 年期间实现了约 730 TWh 的节能量，作为参考，2020 年基准能源消费³⁷为 3400 TWh。这意味着相比不实施此类法规的情况，生态设计类法规减少了约 21% 的额外能源消费。约 640 TWh 节能量来自建筑

³⁶ 译者注：采暖度日数 (heating degree days; HDD) 是一年中当某天室外日平均气温低于特定温度时，将该日平均气温与该特定温度的差值度数乘以 1 天，所得出的乘积在一年内的累加值。

³⁷ 译者注：即不考虑新增节能措施的“一切如常” (business-as-usual) 情景下的能源消费。

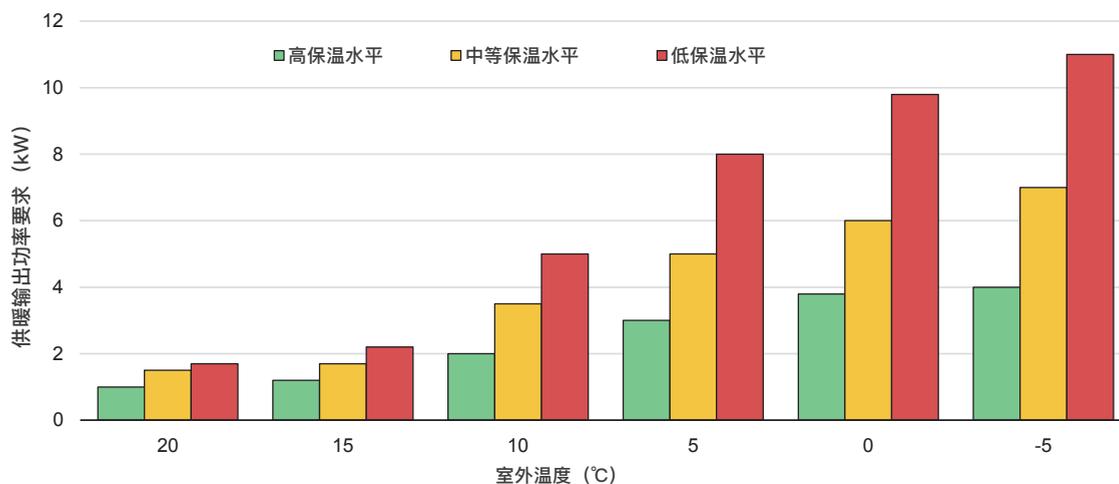
供暖（减少）对天然气、煤炭和石油等化石能源的直接使用，这部分节能量相当于德国和波兰用于室内供暖和热水的能源消费总量之和。

欧洲存量建筑的保温性能存在很大的改善空间。一些估计显示，利用保温和热泵技术相结合，对欧洲 F 级和 G 级能效建筑进行改造，使其升级为 B 级或 C 级能效，将能节省 710 亿 m³ 天然气，而就算只升级为 E 级能效也能节省 220 亿 m³ 天然气。

保温较好房屋的能耗可以达到保温较差建筑的 1/3，尤其是在寒冷气候地区

建筑性能的提升可以通过更换窗户、增强气密性，以及采用室内保温材料等措施加以实现。将一套普通的 F 级能效房屋升级到 E 级能效的成本约为 1500 美元，进一步升级到 D 级能效则需要再增加少许成本。按照欧洲当前的能源价格计算，这笔投资只需要一年多一点的时间就可以完全收回成本。

不同保温水平下，室外温度对应的供暖功率（千瓦；kW）要求



IEA. CC BY 4.0.

注：按照五分位法划定能效水平分组，各组的平均热损失为：高保温水平188瓦/开氏温度（W/K），中等保温水平335 W/K，以及低保温水平563 W/K。

来源：Based on Summerfield et al (2017).

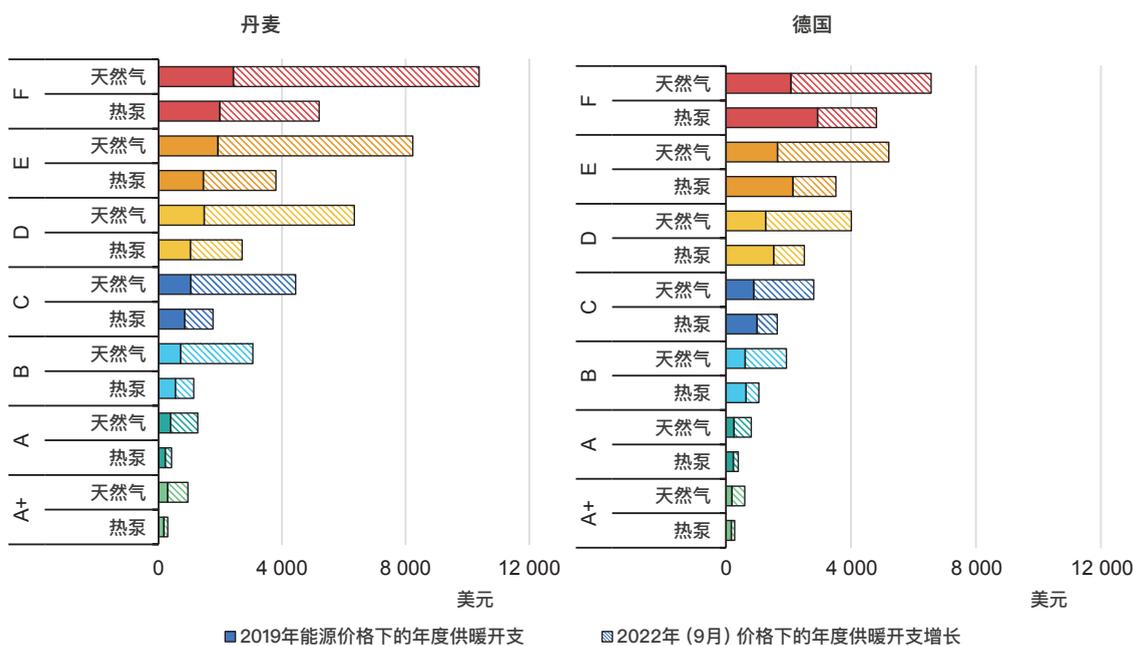
英国一项大型[能源性能监测](#)研究的分析结果表明，在平均热损失（瓦 / 开氏温度；W/K）水平不同的房屋中，建筑保温对于降低不同室外温度对应的供暖功率需求（千瓦；kW）而言是多么有效。保温性能较好的住宅对供暖的需求，约为能效水平最低的住宅的 1/3。在室外温度较低的情况下，建筑保温的（节能）效益就会更加显著。

欧洲天然气价格上涨使热泵成为目前降低家庭能源开支的更好选择

在大多数欧洲国家，天然气相对于电力的价格发生了大幅上涨。虽然每个国家都有各自特定的相对价格结构，但天然气价格上涨的比例和量级已经促使供暖的经济性发生了剧烈变化。

在丹麦的一座 B 级或 C 级能效住宅中，运行一组非常高效的热泵系统的开支，在过去只比天然气（供暖）系统略微低一点。但现在情况已经发生了戏剧性的变化。继近期能源价格上涨后，一个普通家庭运行一套天然气供暖系统的开支增加了约 3.3 倍。作为对比，利用电热泵对同样的面积进行供暖，开支只增加了约 1 倍。在德国，按照 2019 年能源价格计算，天然气供暖系统（比热泵）更加经济，但在当前价格下，情况却截然相反。

丹麦和德国在2019年和2022年9月能源价格下 100m²（建筑）的天然气和热泵供暖年度开支，按建筑能效等级划分



IEA. CC BY 4.0.

注：为了便于比较，丹麦各个建筑能效等级对单位面积能耗的阈值规定，也被运用到了对德国建筑的分析中。但（在现实中）各国根据所在地区的气候情况，设定了各自的本国阈值。图上的A级相当于丹麦2015年的A级水平，A+级相当于丹麦2020年的A级水平。
来源：IEA based on [Statistics Denmark](#), [Environment and Energy Statistics](#), [Energistyrelsen](#).

热泵安装使用规模扩大，亟需采取系统性措施应对冬季峰值电荷增加

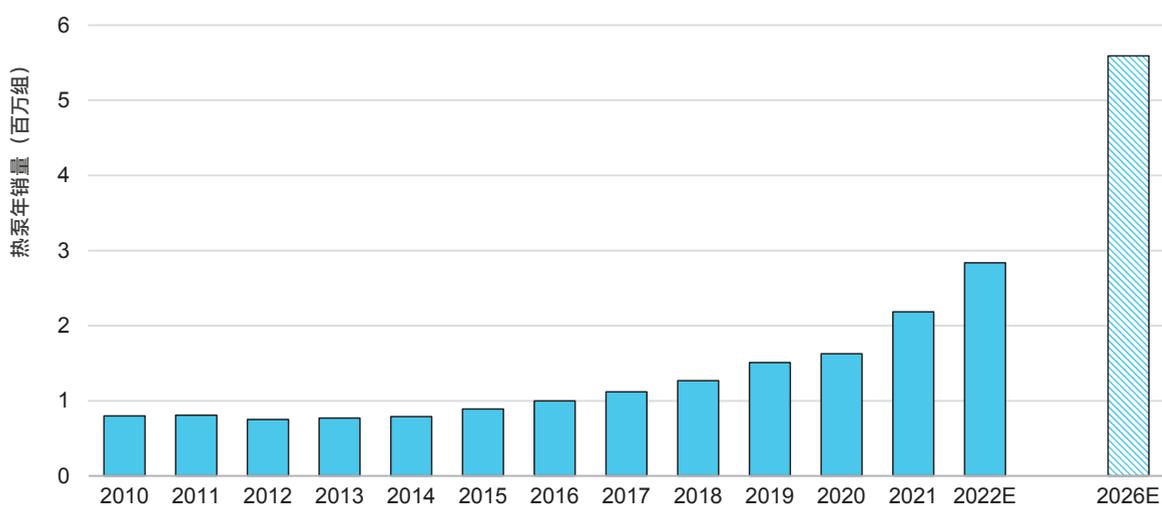
根据[欧洲热泵协会 \(EHPA\)](#) 的数据，热泵已经取代了欧洲 20% 的锅炉，并且每年为消费者创造约 1000 亿美元的节能效益。欧洲热泵销量在过去两年增长了超过 30%，2022 年售出近 300 万组。到 2026 年，热泵年销量预计将达到约 550 万组。IEA 在 2022 年 12 月发布的《世界能源展望》旗下最新特别报告[《热泵的未来》](#)，包含了上述以及其他的全球热泵进展相关内容。

《欧洲重新赋能计划》设定了一项目标，要使热泵普及率翻一番，包括在未来五年内新增 1000 万组、到 2030 年新增 3000 万组以水作为输出介质的热泵。这种以水作为基础的热泵机组占欧洲热泵销量的一半左右。

热泵使用增加带来的结果之一就是[冬季峰值电荷](#)的升高。随着冬季气温下降，热泵需要更长时间地使用更大功率的电力，以支持其从寒冷的户外空气中提取热能。因此在天气寒冷的时期，（热泵）对电网的电力需求更大。

近期一项研究显示，一栋欧洲传统的多户式公寓建筑如果从燃气锅炉转向电热泵，该建筑在傍晚人们下班回家时的[电力需求可能会翻倍](#)。这意味着随着热泵普及率的提高，智能热泵控制系统和需求侧管理将会变得越来越重要。

欧洲2010–2021年热泵销量，以及直到2026年的销量预测



IEA, CC BY 4.0.

注：图上欧洲销量包括21个欧盟国家，以及挪威和英国的数据；2022E和2026E分别指2022年估计值和2026年预测值。

来源：IEA based on data from the European Heat Pump Association.

为了帮助电网应对峰值时段的负荷激增，有必要利用需求侧管理（DSM）技术来发挥出热泵和建筑灵活性资源的优势。

在 IEA“承诺目标”情景 (APS) 下，热泵在 2030 年将为欧洲提供约 12% 的需求侧灵活性。但为了能够在不降低供暖服务舒适度的前提下，将热泵的运行从峰值时段转移到其他时段，需要进行储热，或者通过其他方式按需产生热能。

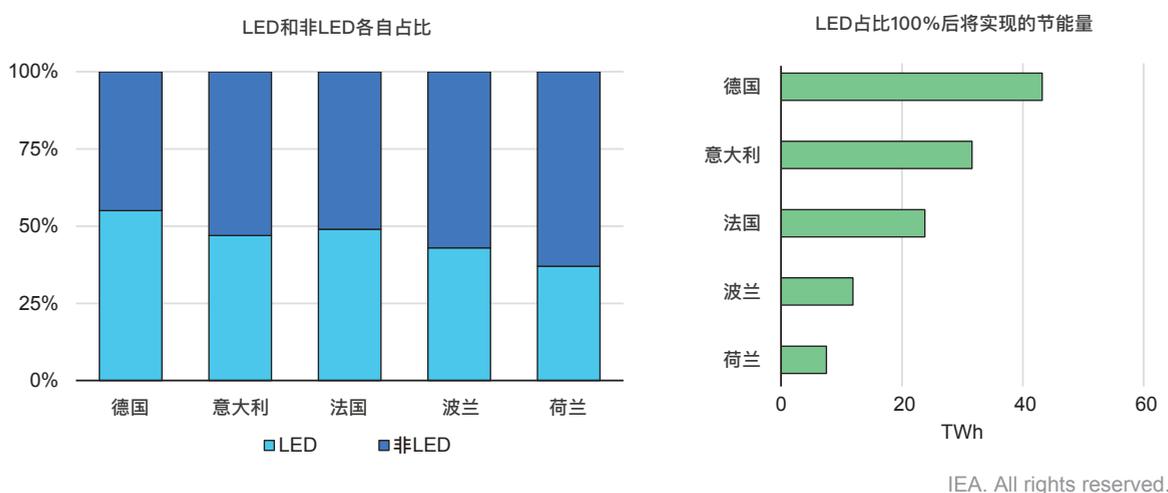
如果建筑的**保温性能足够好**，足以在热泵为了平衡电网负荷而降低功率运行时防止室内温度大幅下降，那么建筑的热惯性（thermal inertia）就能够成为一种大型的储能资源。这意味着保温性能好的建筑不仅能够降低用于供暖的年度和峰值电力需求，还可以帮助提供**需求灵活性**，从而能够在不牺牲热舒适度的前提下实现更长时段供暖（用电）负荷的转移。

热泵系统将会越来越需要允许电网运营商对其进行自动化或远程控制，以便辅助管理冬季峰值电荷增加。各国政府可以调整热泵的最低能效标准，使其覆盖对这一（电网 - 热泵）通信功能的基本能效水平要求。

作为向电网提供灵活性服务的奖励，消费者可以享受较低的电价，或者收到电网运营商一笔单独的付款。英国 [Octopus Energy 公司](#) 开展了一系列试点项目，利用创新商业模式对灵活性的**价值进行货币化**。市场设计的改变也能够支持（市场）对**热泵灵活性**（资源）的吸收，从而实现多赢局面。类似于“[欧盟生态电网](#)”（EcoGrid EU）这样的试点项目，通过促成 270 个拥有热泵的家庭削减高达 167 kW 的峰值电荷，充分说明了热泵灵活性的“削峰”潜力。

要应对供暖系统电气化引起的电力需求增加，另一个方法是在住宅内采取其他的能效提升措施。Signify 公司的分析表明，将欧盟所有的照明换成 LED，每年将能节省约 188 TWh 的用能。等量的电能足以支持 4700 万组热泵的运行；这一数字相当于欧盟家庭总数的 1/4，约等于德国和荷兰两国家庭总数之和。

扩大LED照明规模的节能潜力



来源：Signify, as modified by the IEA.

IEA. All rights reserved.

政策行动能够进一步降低新增热泵所需的先期投资

相对于化石燃料锅炉，热泵的先期成本更高，这也是提高热泵使用率的主要障碍之一。几乎所有的欧盟成员国，以及英国、挪威和瑞士目前都实施了针对热泵和建筑保温的支持性政策。

德国联邦热泵支持计划的早期迹象显示，仅 2022 年 8 月就有 [14.8 万户家庭](#) 发起（热泵项目）申请，几乎相当于 2021 年全年的（热泵项目）数量。意大利正在实施其“超级津贴”计划下的一项税收优惠，对热泵适用。截至 2022 年 10 月，该措施已拨发 [550 亿欧元](#)（570 亿美元）资金。受相关法规驱动，荷兰家庭安装的热泵数量预计将在 [2022 年增加 37%](#)，达到近 10 万组。热泵成为了新建住宅中的优选（供暖）方案，同时新增热泵安装中有 1/3 用于既有住宅。

在欧洲以外的地区，例如美国，联邦政府正在按照 2022 年 [《通胀削减法案》](#) 的相关规定，为热泵安装提供 30% 的税收抵扣，抵扣上限为 2000 美元。其中，中低收入家庭还能额外获得高达 8000 美元的退税。

安装热泵也是 [加拿大“绿色住房补助”（Greener Homes Grant）](#) 框架下最受欢迎的节能改造选项之一——2022 年 6 月以来，约 3200 位（选择安装热泵的）加拿大屋主共获得了 1320 万加元（976 万美元）的补助。新西兰的 [“温暖新西兰房屋”（Warmer Kiwi Homes）](#) 项目面向低收入家庭，为促进其安装保温结构和热泵等经认可的供暖设备，提供覆盖相关成本高达 80% 的资金支持，其中供暖补助上限为 3000 新西兰元（1800 美元）。

3.4 加强相关供应链和技能准备，以便加速推广能效措施

供暖转型需要更加强大的供应链来降低成本、加快部署

鉴于全球各国都设立了富有雄心的热泵部署速度目标，国际供应链能否跟上需求增长的脚步已经成为备受关注的问题。例如，美国政府为包括热泵在内的多项清洁能源技术启动了《国防生产法案》。该法案允许公共机构对热泵的生产施加更多影响，并允许该行业获取公共资金的支持。《通胀削减法案》预计将为此拨付 5 亿美元，作为其“清洁制造业投资”税收抵扣的一部分。《国防生产法案》能够显著提升供应链能力，从而推动美国热泵增产，并提高出口潜力。

阻碍热泵快速部署的主要瓶颈在于安装人员有限。根据 [欧洲劳工局](#) 的数据，在欧盟所有职业短缺情况的排名中，水管工和管道工人的排名最高，电工紧随其后。在德国，如果要实现欧盟设立的热泵安装使用目标，[需要增加的热泵安装人员高达 6 万位](#)。目前，热泵

安装人员在许多国家和地区都不是一个需要技能认证的**职业**。为了促进相关的职业培训顺利进行，各国应该在高于国家的地区或国际层面为该职业制定相关的资格要求，以确保高效分配劳动力。

热泵的（安装人员）等待时间目前在 6 ~ 12 个月，而这种技能短缺也造成了（安装）[价格的上涨](#)。根据欧洲热泵协会的数据，从短期上看，燃料锅炉安装人员经过 1 ~ 2 周的重新培训就可以进行热泵安装；但介于目前市场对该职业的高需求，从中期上来说，还是亟需增加新培训上岗的热泵安装人员。然而，新员工的培训通常需要花费三至四年，这突显出相关劳动政策规划的必要性，以便激励人们选择热泵安装人员作为职业路径。不仅如此，热泵安装还能被分解为不同的子任务，对技能水平的要求也有所不同，从而帮助优化劳动分工和提高资源分配效率。

欧洲有 [20 多家生产热泵的公司](#)正在尝试快速扩大生产规模。[大金 \(Daikin\) 公司](#)对其欧洲生产基地投资 12 亿欧元（12.5 亿美元），主要用于热泵和生产数字化。[Viessmann 公司](#)为清洁供暖技术投资 10 亿欧元（10.4 亿美元），而 [Stiebel Eltron 公司](#)花费约 6 亿欧元（6.2 亿美元）用于建立额外的热泵产能。还有许多其他制造商宣布将在 2022 年进行大规模投资，新增产线预计将于 2023–2024 年投产，并计划在 2025 年建立新的生产基地。

2022 年面向欧洲热泵协会会员单位的一项调查显示，约 75% 的受访单位认为，完成《欧盟重新赋能计划》热泵目标所必需的 15%（热泵部署）年增长率是有可能实现的，并且他们中的许多人认为有可能实现 25% 以上的增长率。然而，几种热泵原料在全球范围内持续短缺，尤其是半导体芯片、铜、铝，以及钢材，给热泵带来了成本增加的压力，并且拖慢了一些热泵推广计划的进度。

压缩机是热泵中成本最高的部件，并且在大多数情况下需要向专门的制造商购买。然而，许多其他的技术也要用到压缩机，从而造成了压缩机市场中的需求竞争。制冷剂的供应，以及热泵生产过程中熟练劳动力的数量也成为了日益重要的问题。此外，[生产流程优化](#)和稳定可控的测试环境可以成为热泵行业应对上述限制的关键工具。

供应限制正在影响车辆生产

虽然电动车（纯电动车及插电式混合动力电动车）和（轻度及完全）混合动力车的销量都在增加，但汽车产量却普遍因为面临供应限制而苦苦挣扎。截至 2022 年 7 月中旬，全球汽车产线上削减了 [超过 250 万辆汽车](#)，主要发生在欧洲和北美，很大程度上是因为 [半导体](#)供应短缺。即使是在新冠疫情之前，市场对半导体的需求就已经超过了供应。[新冠疫情](#)和俄乌战争大大加剧了这一问题，对汽车行业的 [原材料](#)供应造成了负面影响。不仅如此，汽车行业还面临持续的技能短缺，尤其是 [欧洲](#)和 [亚洲](#)的电动车电池生产。

在法国、德国、英国和美国，半导体供应短缺和原材料价格上涨造成的新车供应不足，在二手车市场造成了连锁反应。由于新车供应不足，一些消费者转向二手车市场，导致二

二手车销量增加、价格上涨。二手车市场的需求已经高到了一定程度——报道称，有人购买电动车不是为了[使用](#)，而是为了转卖营利。

2022 年 4 月，[福特 \(Ford\)](#) 公司对其标志性的电动跨界车 Mach-E 停止接单，因为该公司无法生产出满足需求数量的此款车型；尽管该车型[产量](#)后来有所增加。尼桑 (Nissan) 公司对美国市场的电动车所面临的供应限制感到担忧，因为这意味着电动车将无法[充分把握](#)高油价带来的机遇。欧洲也存在类似的问题。截至 2022 年中，英国订购了电动车新车但还在等待提车的消费者等待名单很长；目前，一些车型的等待时间已经长达[两年](#)。

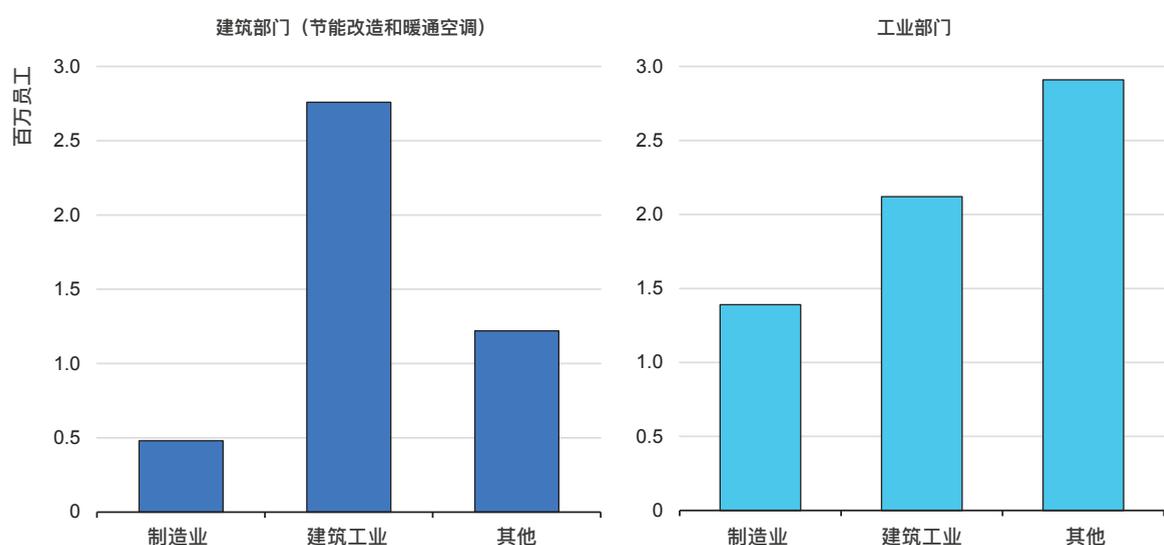
强化（从业人员的）基本能源管理技能是能效提升的关键

缺乏熟练专业的从业人员是实施能效提升的[关键障碍](#)之一。这一问题出现在能效供应链的各个环节，从[专业咨询](#)到工艺层面的熟练技工。报道称，缺乏有经验的能源顾问将对能源服务的提供产生负面影响。美国能源部在其 2022 年的[《工业低碳化路线图》](#)中，提出了一系列用于提高人员技能和知识的行动建议，这对实现其《路线图》目标至关重要。

实施能效项目的劳动密集程度极高，尤其是在建筑部门。IEA 近期在其 2022 年[《世界能源就业》](#)报告中的分析发现，2019 年全球约 1090 万人口在建筑和工业能效领域就业，其中 1/3 的就业位于中国，其次是北美，就业人数约为 200 万。

IEA [《清洁能源转型的技能发展和包容性》](#)报告中强调了一些提升人员技能的成功范例，包括印度的[绿色就业技能委员会](#)、德国和约旦合作的“能源学院”，以及菲律宾 2016 年的[《绿色就业法案》](#)。2022 年一个正在进行中的例子是巴西政府的 [PotencializEE](#) 项目（“利用投资实现工业能效转型”项目），致力于提升中小型工业企业的能效水平。

按用能终端部门和经济部门划分的2019年能效就业数量



IEA. CC BY 4.0.

注：图上“其他”包括（水电等）能源供应商、专业人员、能源批发，以及交通部门的能效相关就业。

来源：[World Energy Employment Report](#)。

3.5 实现气候目标

加大能效提升能够助推这十年排放减少

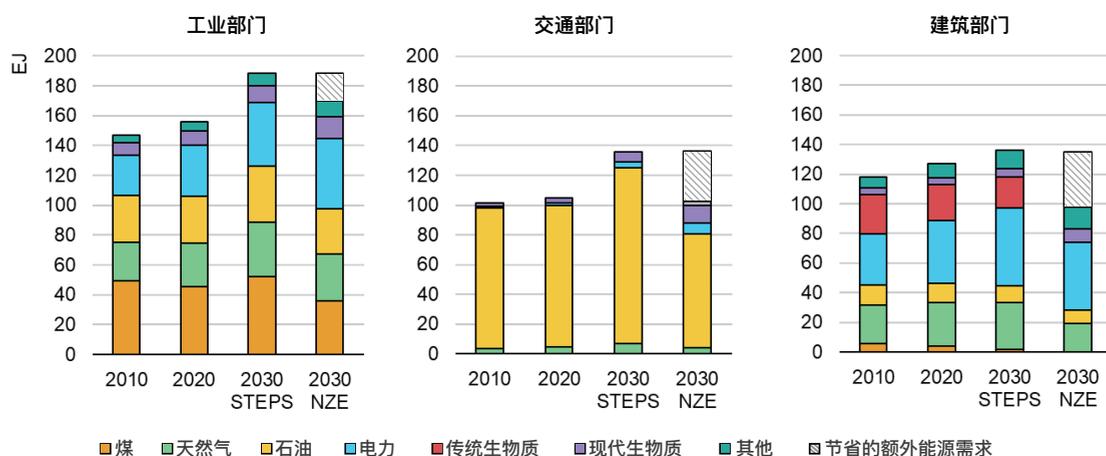
为了让全球迈向符合“2050 年净零排放”情景的路径，有必要将全球能源强度改善速度从 2010–2020 年期间的每年 2% 翻一倍，提升到 2020–2030 年期间的每年略高于 4%。为了实现这一目标，需要在一系列广泛的能效及需求侧措施上加强行动，这些措施包括技术能效提升、行为转变、电气化，以及材料效率、数字化和工业燃料转换。

据 IEA [《早期能效行动价值》](#) 报告估计，在“2050 年净零排放”情景下，上述所有措施到 2030 年将共同帮助全球节省约 95 EJ/ 年的额外能源消费，并避免 5 GtCO₂/ 年的额外排放。在基于现有能效相关政策的“既定政策”情景（STEPS）下，全球 2030 年终端能源需求总量将增加约 18%，而不是像在“2050 年净零排放”情景下那样减少 5%。

最大的短期节能潜力出现在建筑和交通部门，到 2030 年将分别有望减少约 37 EJ 和 34 EJ 的额外能源需求。尽管工业部门是最大的用能终端部门，但其到 2030 年的节能潜力只有另两个部门（各自潜力）的一半左右。

在燃料方面，到 2030 年，能效相关的节能措施将有助于（利用清洁能源）在全球范围内替换掉约 55 EJ/ 年即 3000 万桶 / 天的石油需求，以及每年 23 EJ 即 6500 亿 m³ 的天然气。

2010年、2020年和按情景划分的2030年全球终端能源需求



IEA. CC BY 4.0.

注：图上STEPS指“既定政策”情景，NZE指“2050年净零排放”情景。节省的 95 EJ 额外能源需求除图上各部门节能量以外，还包括其他部门（农业）的 6 EJ 节能量。

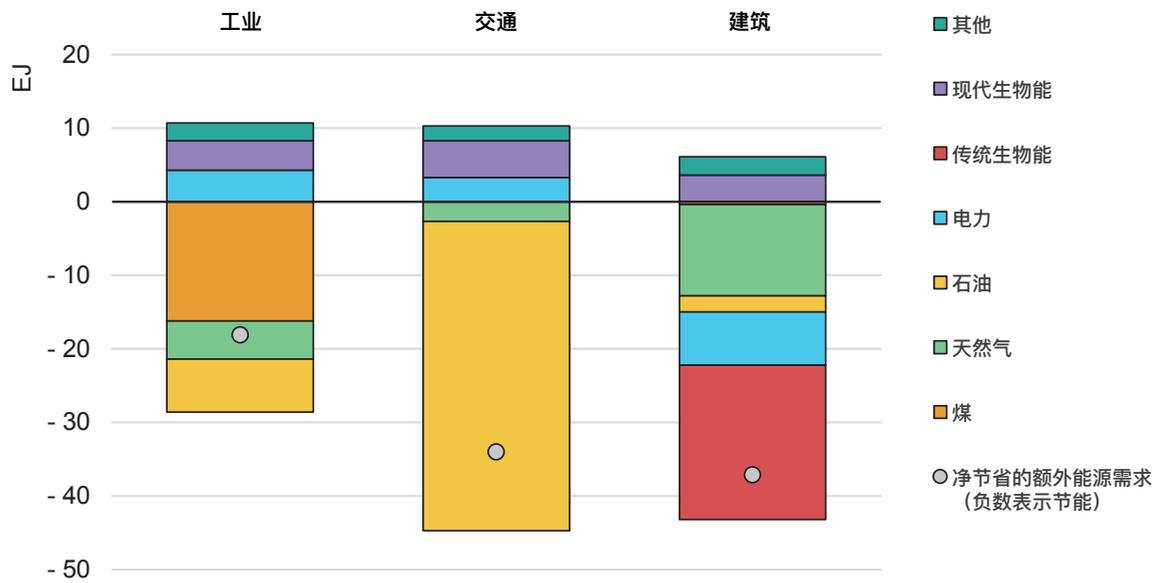
“2050 年净零排放”情景还包括为目前无法获取清洁高效烹饪和供暖服务的人群提供此类服务所带来的大幅节能量。该情景下，通过减少木材和木炭等传统生物质的使用，到 2030 年将产生约 20 EJ 的节能量。该措施还能极大地提高数十亿人口的生活质量，尤其是不平等地受到室内空气污染大量负面影响的妇女和儿童。

上述节能量甚至会在全球经济增长和获取能源服务增加的情况下得以实现——该情景下，到 2030 年全球经济预计增长 40%，获得更好能源服务的人口将增加约 8 亿。

在“2050 年净零排放”情景下，到 2030 年最大的节能机遇之一，将是通过技术能效措施来提升内燃机汽车能效。建筑部门的技术能效和材料效率措施，以及在工业部门提高材料回收利用率，也都蕴含着大量的节能减排潜力。

电气化是“2050 年净零排放”情景下推动节能的主要驱动力之一，主要体现为电动车的快速推广使用。介于在该情景下与这一过程同时发生的可再生能源发电转型——可再生能源电力占比从 2020 年的 28% 提高至 2030 年的 61%，交通电气化的二氧化碳减排效应相对较高。

“2050年净零排放”情景相比于“既定政策”情景在2030年节省的额外能源需求，按能源品种划分

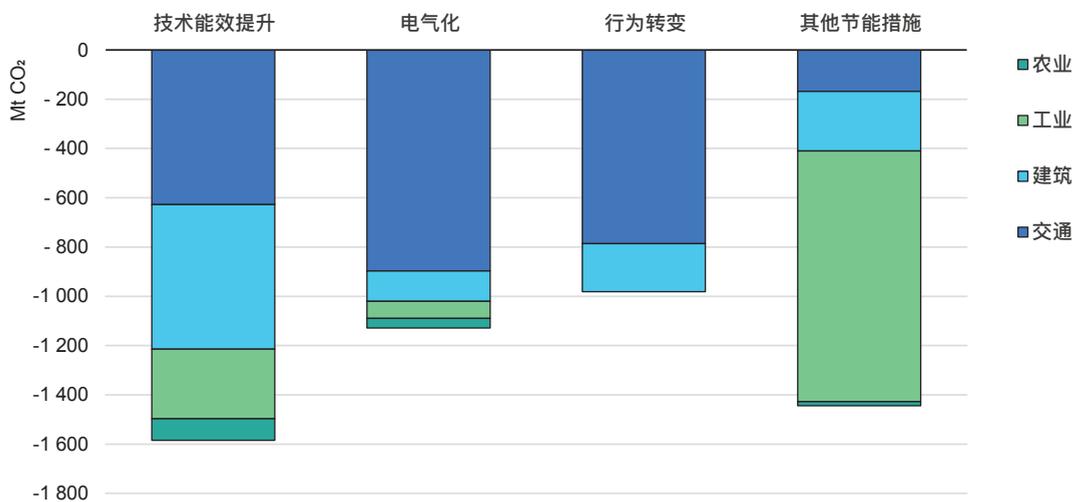


IEA. CC BY 4.0.

“2050年净零排放”情景下波动性可再生能源发电的增加，也凸显出加强电力系统灵活性的重要性。该情景下，这一目标在道路交通、建筑供暖和工业过程电气化水平提高的同时，通过更多地采用数字传感器和控制设备来实现。这类智能化的灵活性（资源）对于平滑电力负荷曲线很有必要，并且还能在白天可再生能源供应峰值时辅助调整能源需求。

在“2050年净零排放”情景中，数字化和对高效终端技术的智能控制对于支持电力系统能效和稳定性也发挥了（比原来）更加重要的作用。例如，一些终端技术可以控制在可再生能源发电峰值时进行能源消费，从而能够为用户降低能源开支和减少二氧化碳排放。

“2050年净零排放”情景下，2020–2030年能效相关节能减排措施所产生的二氧化碳减排



IEA. CC BY 4.0.

第 4 章 特别关注：东盟国家能效

4.1 东盟用能情况概述

东盟国家能效提升对全球清洁能源转型至关重要

本章对全球范围内能源需求增长最快的地区之一——东南亚国家联盟（ASEAN；以下简称“东盟”）进行深入探讨，并考察该地区可选的清洁能源转型方案。[该地区各国关于实现净零排放和碳中和目标](#)的时间线设置各不相同：老挝、马来西亚、新加坡、泰国和越南为 2050 年；印度尼西亚为 2060 年或更早；文莱和柬埔寨则发布了相关政策，但还没有具体的 2050 年目标；菲律宾和缅甸则还没有做出任何官方的净零排放承诺。

虽然该地区能源需求受新冠疫情和能源价格上涨影响，增速在最近有所放缓，但在 2010–2020 年期间，与全球 24% 的电力需求增长相比，东盟地区增幅为 63%。2000 年以来，东盟国家的能源消费翻了一倍，用来支撑该地区目前超过 6.6 亿人口的生活和 1.5 倍的经济增长。该地区能源消费的增长在很大程度上来自人们生活水平的提高、人口的增加，以及城市化。同时，东盟地区在 2018 年实现了 21% 的能源强度改善率（较 2005 年水平），超过了该地区原定 2020 年能源强度改善 20% 的理想目标。

虽然该地区各国间的用能情况和优先事项各不相同，但所有国家都赞同针对加快能效提升速度设立[地区目标](#)。根据《[东盟能源合作行动方案](#)》（[APAEC](#)），该地区计划于 2025 年将能源强度在 2005 年水平基础上降低 32%，并且鼓励进一步的能效和节能行动，尤其是在交通和工业部门。[东盟能源中心](#)是东盟地区致力于加速该地区能源战略整合的主要多边机构。

东盟国家能效目标

国家	能效政策目标
文莱	到2035年，能源消费总量较“一切如常”（BAU）水平下降63%，同年电动车在车辆年度销售总量中的占比达到60%。
柬埔寨	到2030年较BAU水平削减19%的能源消费。
印度尼西亚	能源强度每年下降1%，直到2025年。
老挝	终端能源消费较BAU水平减少10%。
马来西亚	在2016–2025年的十年间，较BAU水平实现52233吉瓦时（GWh）的节电量，即电力需求增长减少8%。

缅甸	到2030年，一次能源需求较2005年水平下降8%。
菲律宾	到2030年，能源强度较2010年水平下降40%。 能源消费每年较预测的基准水平减少1.6%，直到2030年。 到2040年，能源强度和能源消费总量均较BAU水平下降24%。
新加坡	到2030年，能源强度较2005年水平改善35%。
泰国	到2036年，能源强度较2010年水平下降30%。

来源：IEA Southeast Asia Energy Outlook 2022, updated for Cambodia and Malaysia.

能效提升是帮助控制能源消费增长的关键。该地区能源消费的 3/4 依然来自石油、煤炭和天然气。2010–2020 年，煤炭在该地区能源结构中的使用量翻了一倍，推动地区碳排放增加 42%，从 1.2 GtCO₂ 增加至 1.7 GtCO₂。

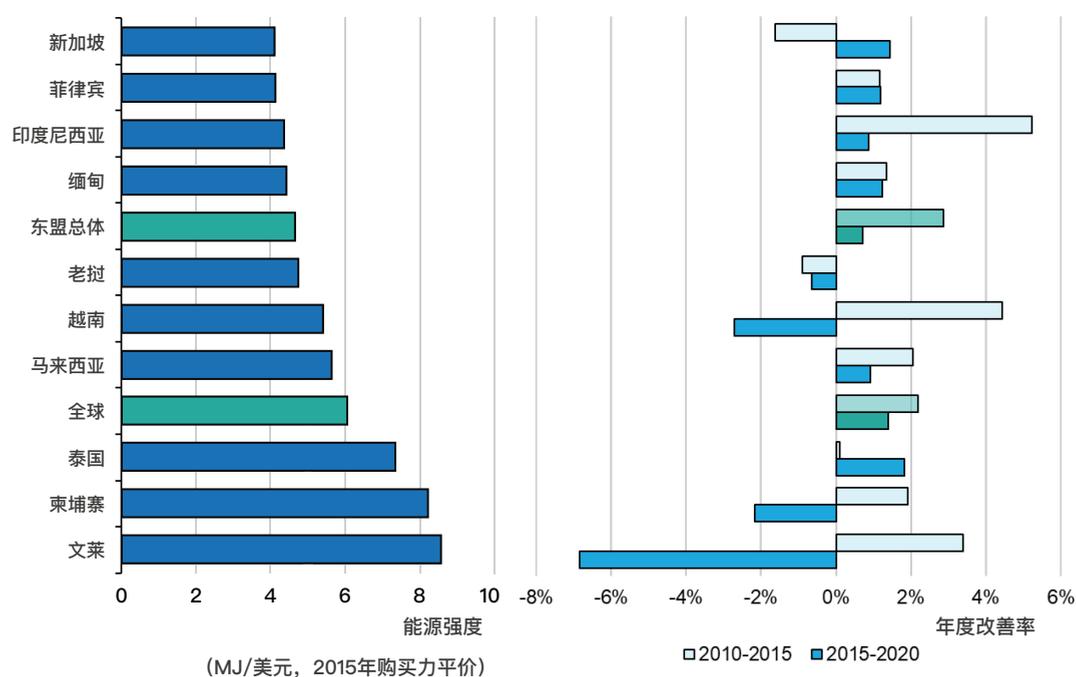
过去二十年，东盟地区发电量几乎增长了两倍，最大增长来自燃煤电厂。可再生能源发电快速增加，2020 年达到 255 TWh，在地区 1100 TWh 发电总量中占比约 23%；煤炭和天然气分别占 43% 和 32%。

地区内各国能源强度情况差异较大

十个东盟国家中，有七个国家能源强度优于世界平均水平，另外三个国家则相反。作为该地区人均收入最高的国家，新加坡的经济由服务业主导，单位 GDP 能耗约为文莱的一半。文莱是该地区能源密集程度最高的经济体；虽然该国人均收入位列东盟第二，但基于石油和天然气的能源密集型行业在文莱经济中的占比较大。

全球在上一个十年后半段经历了能源强度改善速度的放缓，这一趋势在东盟地区也有所体现。该地区在 2010–2015 年期间能源强度以每年 2.8% 的速度改善，而在 2015–2020 年却放缓至每年 0.9%。2021 年，能源强度的变化更不乐观——由于工业能源需求异常强劲的增长，地区能源强度恶化了 0.5%。

东盟地区2020年一次能源强度（左）和2010–2020年年度改善率（右）



IEA. CC BY 4.0.

印度尼西亚是东盟地区人口最多、经济规模最大的国家，拥有约 2.75 亿人口。该国占地区能源需求总量约 1/3；而论及能源强度水平，马来西亚是东盟第三高效的国家。

4.2 各部门情况

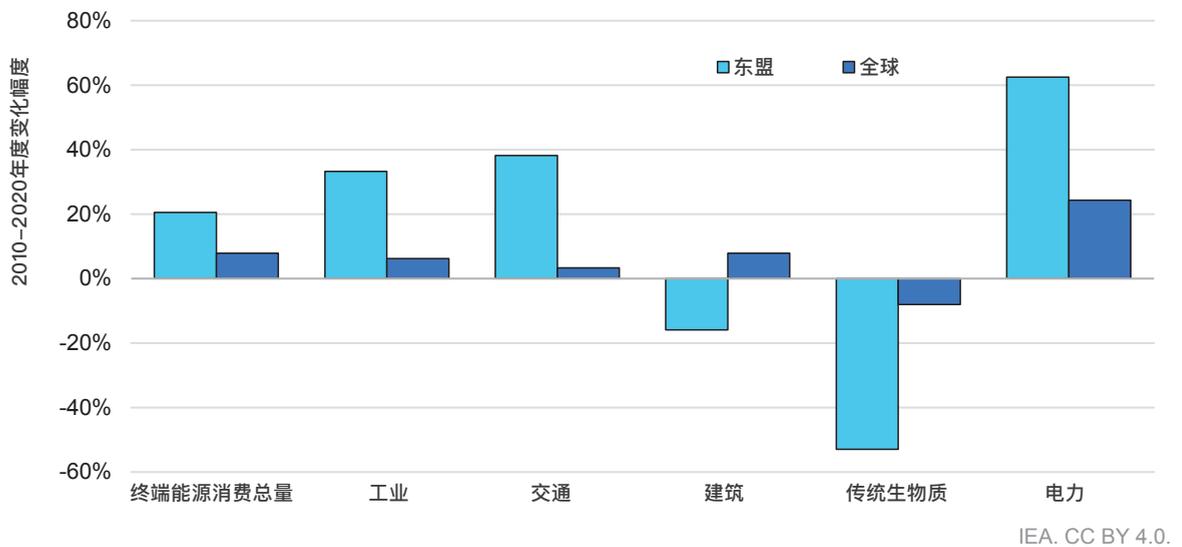
能源需求增长迅速，但部门情况各异

工业部门是东盟地区最大的用能部门，占终端能源需求总量约 44%，其次是交通部门和建筑部门，分别占 27% 和 23%。

该地区工业能源需求在上一个十年的后半段出现加速增长，从 2010–2015 年期间每年增长 1.6%，到 2016–2019 年期间每年增长 8.1%——十年总体增幅为 33%。工业能源需求的加速增长是造成该地区能源强度改善放缓的一个主要因素。钢铁、水泥和石化生产，虽然对该地区新建基础设施和经济发展发挥着关键作用，但也有着特别高的能源密集程度。

该地区交通部门能源消费在过去十年增长了 40%，年增长率 5% ~ 6%，来自乘用车、两轮和三轮车保有量的增加，以及货车使用的增加。石油产品占交通燃料消耗的 90%。

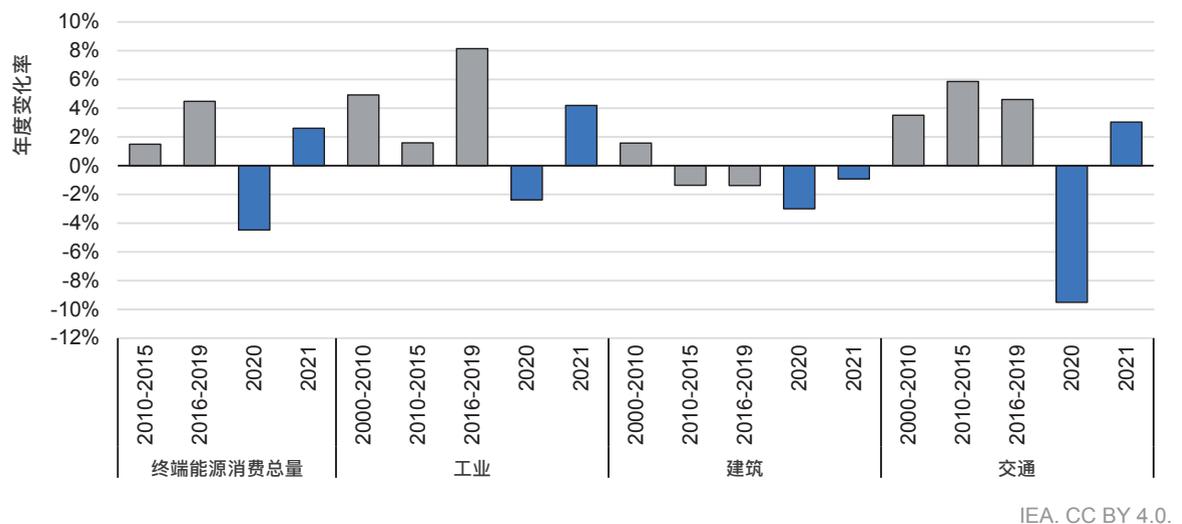
2010–2020年东盟地区和全球的能源消费变化幅度



该地区建筑能源消费在 2010–2020 年期间下降了 16%，主要是因为用于烹饪和室内供暖的传统生物质消费在同期减少了 53%。目前约 95% 的家庭能够使用电力，70% 的家庭能够使用高效清洁的烹饪方式，例如液化石油气和改良炉灶。

受城市化驱动，建筑部门还引领了该地区电力消费的增长——2000 年以来该地区城市居民增加了 70%。这一趋势，伴随着（人们所拥有）财富的增长，造成了空调和其他家电使用的强劲增长；2000 年以来该地区能够享受制冷服务的人数翻了一倍。

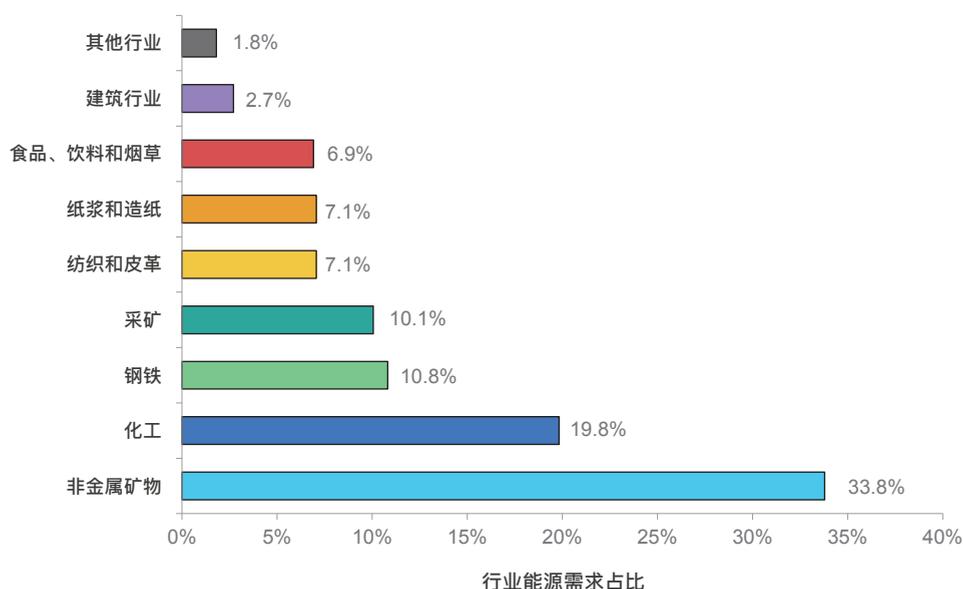
2000–2021年东盟地区能源消费年度变化率



重工业行业持续在东盟地区工业部门能耗中占主导地位

东盟各国的工业部门并不相似。各国产业范围各异，例如文莱以油气行业为主，泰国则由纺织、建筑业、机械、水泥、化工、纸浆和造纸，以及许多其他小型产业共同组成。另外，东盟各国的行业数据覆盖面存在很大差异，因此针对该地区开展详细分析的难度较大。这种数据上的差距导致东盟国家工业部门终端能源需求约 1/3 无法明确具体行业。但作为参考，三大重工业行业——钢铁、水泥和化工，占东南亚工业能源需求的 64%。

2020年东南亚各行业的工业能源需求占比



IEA. CC BY 4.0.

来源：IEA based on data from the ASEAN Centre for Energy (ACE), '7th ASEAN Energy Outlook'.

钢铁制造业是东盟增长最快的行业之一，该行业能耗在过去十年增长了两倍以上。2016–2020 年，[钢材产量](#)从 8.6 Mt 到 16.7 Mt，几乎翻了一倍，主要来自印度尼西亚、马来西亚和越南产量的急剧上升，分别增长 4.37 倍、3.8 倍和 1.74 倍。到 2050 年，东盟地区的钢铁能耗预计至少将增加至现在的四倍，达到 43.9 兆吨油当量 (Mtoe)。

化工行业能耗预计也将发生增长，在 2020–2050 年期间增加两至三倍。目前化工行业[能源需求](#)有 65% 左右通过化石燃料供应，天然气、石油、煤炭分别占比 40%、19% 和 5%。

尽管大型工业行业在用能中占主导地位，轻工业行业依然在该地区扮演重要角色，同时这一领域的能效提升正在获得越来越多的关注。东盟地区共有 7000 万家[中小微企业](#)，占地区企业总数约 97%。这类企业为东盟地区提供了 85% 的就业，贡献了 45% 的 GDP，并且支撑了各国 18% 的出口。

IEA 在 2017 年召开了一次关于东南亚[能效政策建议](#)的专家圆桌会议，会上强调了四条针对工业部门的建议，用于帮助该地区克服相关障碍、实现巨大的能效提升潜力。介于该地

区整体和国家层面的行业多样性，这次会议建议各国政府考虑可以广泛用于各个工业行业和工艺类型的政策，并将以下方面作为战略重点：

- 工业能源管理（基于 ISO 50001 和 ISO 50005 标准）；
- 高效工业设备和系统（基于最低能效标准）；
- 面向中小微企业的能效服务；
- 用于支持工业能效提升的补充性政策，例如建立相关方联盟，促进 ESCO 公司在能效提升中发挥重要作用，以及在各国间进行最佳实践分享。

各国在这些建议的作用下，已经取得了一定程度的进展。例如，部分东盟国家（印度尼西亚、马来西亚、缅甸、菲律宾、新加坡、泰国、越南）目前已经采用了 ISO 50001 标准，获得该标准[认证](#)的数量在 2018–2021 年增加了 24%。

从更加广泛的层面而言，2017 年以来，大多数东盟国家采取各种形式引入了工业能效相关的政策，包括借助《国家自主贡献》（[文莱](#)、[马来西亚](#)、[缅甸](#)、[泰国](#)），制定或加强最低能效标准（[越南](#)），实施绿色工业标准（[印度尼西亚](#)），设立工业能源消费目标（[柬埔寨](#)），开展“能效提升潜力评估”（[新加坡](#)），以及发布《国家能效和节能方案》（[菲律宾](#)）等。然而，这些措施在实施方面依然存在很大的提升空间。

能效标准和电气化是东盟地区交通节能的关键

在东盟的交通部门，燃油经济性标准将对减少未来石油需求起到关键作用。《[东盟燃油经济性路线图](#)》提出了一项目标，到 2025 年轻型车新车平均燃料消耗达到 5.3 Lge/100 km，作为参考，2015 年水平约为 7.2 Lge/100 km。然而截至目前，没有任何一个东盟国家对任何一种交通出行方式采用燃油经济性或二氧化碳排放标准。乘用车方面，印度尼西亚、马来西亚、泰国和新加坡出现了一些积极进展，这些国家就（燃油经济性的）[技术测量](#)过程达成了一致。

该地区国家正在通过一系列的[激励](#)和信息措施来促进燃油经济性提升。针对乘用车，印度尼西亚、马来西亚、菲律宾、新加坡和泰国都采取了税收差异化政策。印度尼西亚更新了相关税收制度，更加关注车辆二氧化碳排放和发动机尺寸，相关规定从 2021 年 10 月起开始生效。新加坡、泰国、越南实施强制性的汽车标识项目，为消费者提供关于车辆燃油经济性和每公里二氧化碳排放的信息，马来西亚和菲律宾也采用了类似的自愿性标识。

两轮和三轮车是东盟国家的主要交通出行方式，并且能够为电气化提供机遇。在越南，2021 年[电动两轮和三轮车销量为 23 万辆](#)，占当年两轮和三轮车[总销量](#)的 10% 左右。

轻型乘用车仅占东盟地区 2022 年（轻型乘用车）总销量的 1%。[泰国和印度尼西亚](#)计划成为电动车市场引领者。[泰国](#)公布相关计划，到 2030 年本土汽车产量中将有 30% 是零排放车辆，到 2035 年所有新注册车辆都将是零排放车辆。2022 年 9 月起，印度尼西亚

要求政府机构采购并使用电动车。

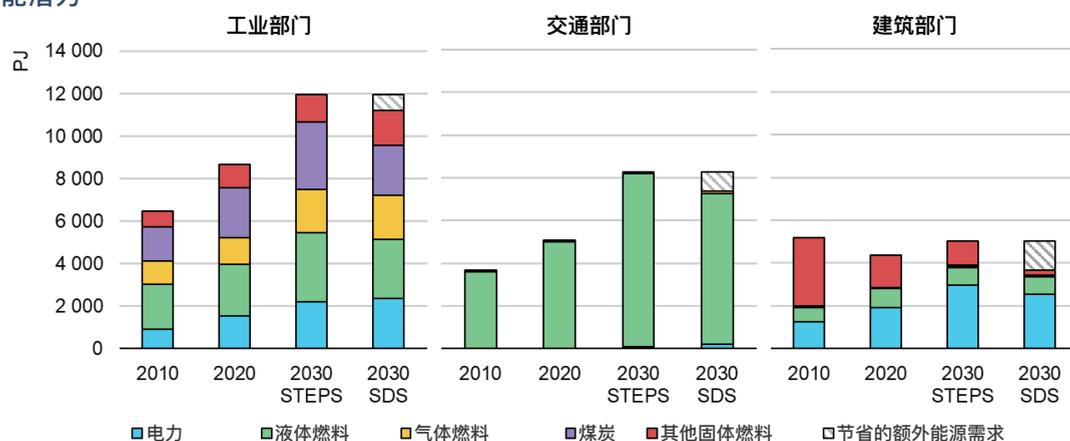
2022 年 1 月，[马来西亚](#)启动了多项惠及汽车制造商和消费者的税收激励，包括免除电动车进口税和销售税，并对电动车车主实行减税。2022 年 5 月，[泰国](#)宣布将在 2022–2025 年期间针对电动车实施多项税收和关税激励。

为了支持不断增长中的电动车市场，[印度尼西亚](#)近期建立了一个国有的电池企业，计划到 2030 年建立 140 吉瓦时 (GWh) 电池产能，其中 50 GWh 将用于出口。作为参考，目前全球电池制造产能约为 871 GWh。2022 年 9 月起，[印度尼西亚要求政府机构](#)采购并使用电动车。

室内制冷成为东盟建筑能效提升的关键

虽然建筑部门在东盟地区终端能源消费中占比最小，但在 IEA“可持续发展”情景下，该部门将能在 2020–2030 年节省 1.4 EJ 的额外能源需求，节能率 46%。高效空调机将对减少额外电力需求发挥主要作用，同时，逐步淘汰用于烹饪的传统生物质将能为建筑部门带来大量的总体能源需求削减。

“既定政策”情景和“可持续发展”情景下，2010–2030年东盟地区按能源品种划分的能源需求和节能潜力

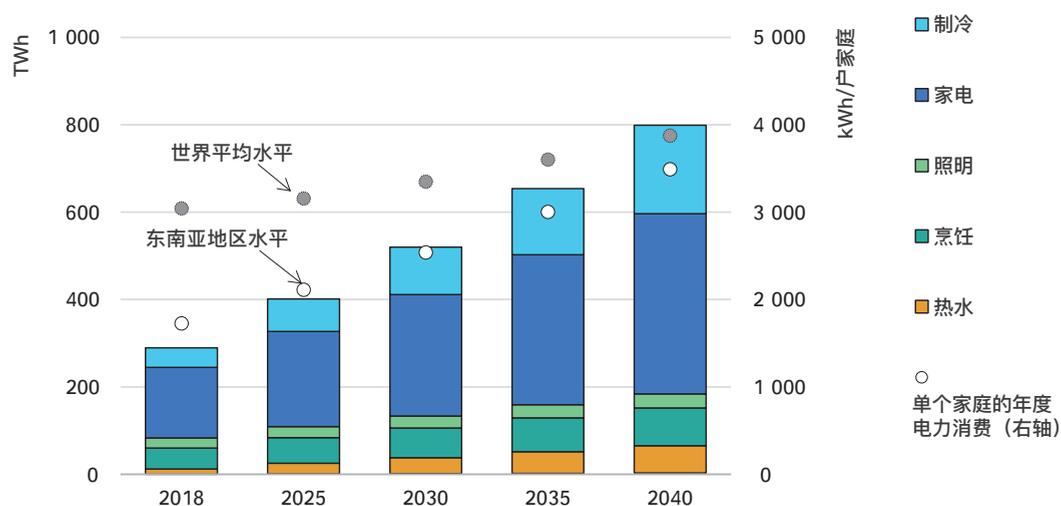


IEA. CC BY 4.0.

注：图上STEPS指“既定政策”情景；SDS指“可持续发展”情景。

室内制冷是该地区增长最快的用能终端之一，到 2040 年，相关能源消费预计将增长三倍以上。这一趋势反映出在相对炎热湿润的东盟地区，人口数量和人们的收入水平都在不断增长。由于这些原因，到 2040 年，该地区用于室内制冷的电力需求预计将从 2019 年的 88 TWh 增加到 314 TWh，其中约 200 TWh 将来自居住建筑。

2018–2040年东盟地区按用能终端划分的居住建筑能源消费



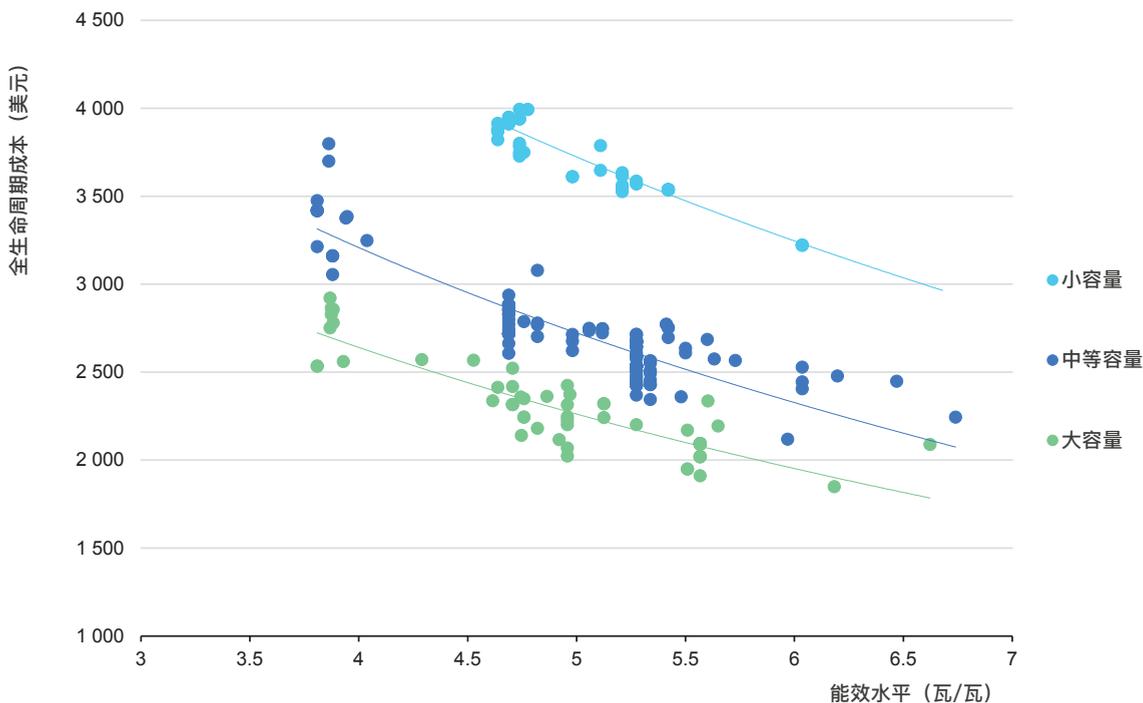
IEA. CC BY 4.0.

到 2040 年，室内制冷在东盟地区峰值电力需求中的占比预计将接近 30%，较 2017 年的约 10% 显著增加；为了满足这部分峰值需求增长，发电容量将需要增加 150 GW。

用于支持高效空调机部署的政策行动，配合高效风机使用和建筑围护结构改造等其他措施，将能在 2040 年为东盟国家节省 110 TWh 电力，将原本预计的室内制冷能耗削减 1/3 以上。这些行动还能在 2040 年减少超过 55 MtCO₂ 的温室气体排放，结合电力供应脱碳，可以使该地区室内制冷相关二氧化碳排放降至 2018 年水平以下。

泰国最新市场数据证实，高效空调机的全生命周期成本（比低能效空调）更低。该国针对空调机实施十年的能源标识项目，包含空调机的年度用电开支信息，将帮助消费者做出更加明智的选择。在许多情况下，单套高效空调机的先期购买价格可能也只会（相对低能效空调）有微不足道的增加，甚至不增加。

2022年泰国新款空调机全生命周期成本及能效水平



IEA. CC BY 4.0.

注：分析基于Premise公司众包搜集的市场数据。小容量：6000 BTU/小时 < 制冷系数³⁸ ≤ 11000 BTU/小时；中等容量：11000 BTU/小时 < 制冷系数 ≤ 15000 BTU/小时；大容量：15000 BTU/小时 < 制冷系数 ≤ 20000 BTU/小时。均化至12000 BTU量纲。“全生命周期成本”基于购买成本和十年的生命周期。

除了提升空调机和风机的能效，一些国家也在致力推进高效的区域供冷。马来西亚 [Megajana \(制冷\) 工厂](#) 为 [赛城](#) 的建筑提供区域供冷服务。这类系统能够减少能源消费，降低建筑运行成本，并且保障环境可持续性，从而促进赛城建设绿色城市。菲律宾的 [Nothgate Cyberzone 地区](#) 作为一个绿色地区 (green district)，也依靠区域供冷来满足人们对热舒适度的需求，并且减少了 40% 的相关能耗。

新加坡启动了“[榜鹅³⁹ 数字区](#)” (Punggol Digital District; PDD) 智慧化建设，计划在该地区的企业园区、社区、零售商店和交通节点采用高效的区域供冷技术。负责供冷的制冷工厂将提供接近 [3 万制冷吨](#) 的制冷容量，能够为 8000 套四室公寓提供供冷。该区域供冷系统将被集成到“[开放数字化平台](#)” (Open Digital Platform) 上，结合智能电网和能源智能计量，将能在区域尺度上实现用能的实时追踪和优化。

³⁸ 译者注：也称制冷性能系数。

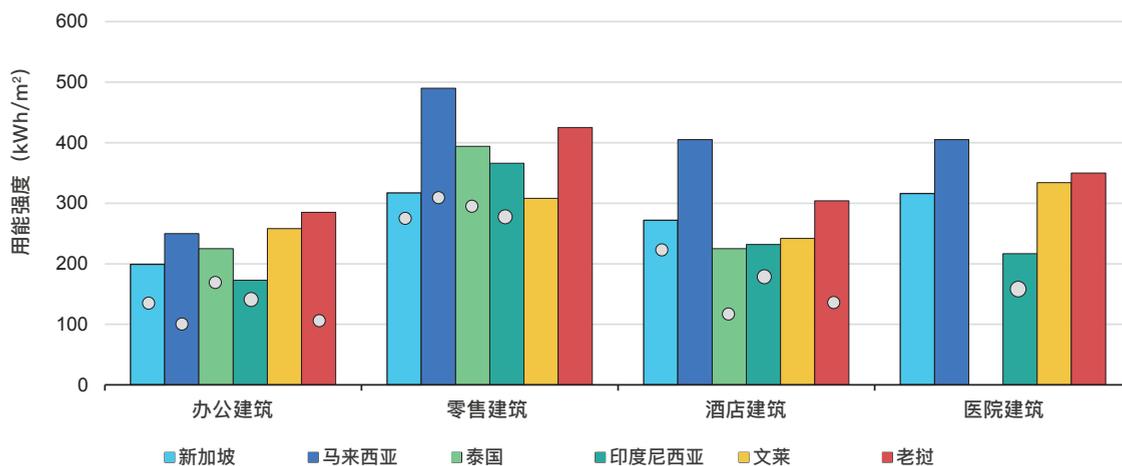
³⁹ 译者注：新加坡地名。

公共建筑能效措施使能源消费大大减少

IEA 近期一项评估发现，在东盟地区的非居住建筑⁴⁰中采取能效行动，可以使建筑能耗减少 20% ~ 70%，具体幅度取决于建筑类型和措施力度。这些行动和措施包括高效通风和制冷系统、LED 照明和智能照明控制设备、建筑遮阳、保温结构、屋顶太阳能光伏系统、建筑自动化、能源管理系统，以及能源智能计量。

该地区的办公建筑用能强度最优，而零售类建筑（例如商场——译者注）在各国都是用能强度最差的建筑类型。[零售建筑的能耗通常比办公或酒店建筑等其他公共建筑更高](#)，这是因为其采用了能源密集程度更高的制冷系统，通过行为转变来减少能耗的能力有限，并且缺乏对建筑运行人员的相关培训。这显示出能力建设和[行为转变](#)对于提升[建筑实际节能表现](#)的重要性。

部分东盟国家非居住建筑的用能强度



IEA. CC BY 4.0.

注：图上用能强度数据来自各国政府数据库、可获取的出版物及其他二次文献，覆盖了五个东盟国家在四个非居住建筑类型（办公建筑、零售建筑、酒店建筑、医用建筑）下超过700栋建筑：新加坡432栋，印度尼西亚153栋，老挝123栋，文莱53栋，马来西亚21栋。灰色圆点代表各建筑类型在一定的能效措施力度下有望实现的建筑能耗。

电网互动式建筑、智能充电器和智能电表将助力灵活性和能效提升

东盟设立了相关目标，到 2025 年，可再生能源要占一次能源供应的 23%，占发电装机容量容量的 35%。基于这些目标，未来波动式可再生能源（VRE）占比将会增加，届时电网互动式建筑和电动车智能充电将能帮助应对这一情况，确保电网在面对电力需求增加时的稳定性、灵活性和安全性。

⁴⁰ 译者注：又称“公共建筑”，包括办公建筑、零售建筑、酒店建筑、医用建筑等。

[电网互动式高效建筑](#)是指那些配备了智能技术的高效建筑，这些建筑能够积极利用分布式能源优化自身能源使用，从而满足电网服务的需要、住户的需求和偏好，以及成本的持续综合下降。到 2026 年，东盟地区的[智能建筑](#)数量预计将是现有水平的三倍以上，达到超过 400 万栋。

新加坡国立大学[设计与环境学院大楼的五层扩建项目](#)于 2019 年竣工。该项目结合了能效策略、就地可再生能源发电及其与校园电网之间的互动，促使该建筑每年生产的能源比自身所需还多 30%。该建筑每天产生的富余发电被并入校园电网，供周边建筑使用。

在“[监管沙盒](#)” (regulatory sandbox) 的帮助下，[新加坡](#)、[马来西亚](#)、菲律宾和[泰国](#)已经开始实施利用[区块链技术](#)的点对点可再生能源交易试点项目。在这些试点项目中，微电网内有限数量的建筑可以通过屋顶太阳能光伏发电，并将部分电力出售给微电网内的其他建筑。泰国曼谷的项目是全球最大的基于区块链、点对点的实时电力[交易试点项目](#)。截至 2021 年，该项目形成了一个 1.2 MW 的市场，覆盖 10 栋建筑，并且为政府考虑改变监管措施、进一步复制“监管沙盒”经验提供了相关依据。

[智能电表](#)是促成建筑和电网实现互动的关键设备。马来西亚的国家电力供应商 TNB 从 2016 年起推出了免费安装[智能电表](#)的活动。截至 2021 年底，马六甲州和巴生谷州已安装了 180 万组智能电表，并且到 2026 年，预计将实现 910 万组的安装量。

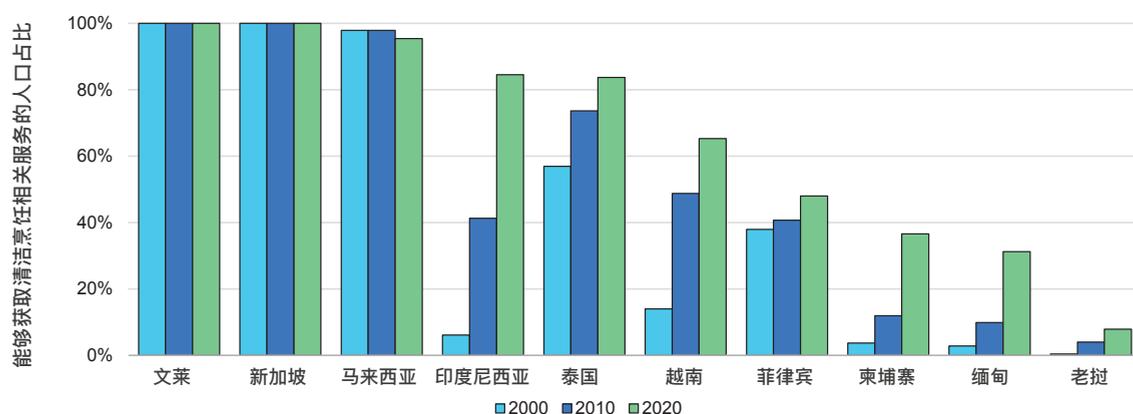
文莱也正在制定计划，预计 2021–2026 年期间将为 20 万户家庭安装新的智能电表和智能水表。这些智能仪表将能帮助消费者对房屋用能和用水实现在线[监测](#)和管理，并通过网站或智能手机在统一的能源及用水智能计量系统中进行费用充值。

清洁烹饪快速转型正在提升数以百万计人口的生活质量，尤其是妇女和儿童

东盟地区能够使用清洁烹饪技术的人口数量持续增加，在过去二十年几乎增长了三倍。然而截至 2020 年，该地区依然有超过 2 亿人无法获取清洁烹饪相关服务，因而不得不依赖传统生物质作为主要的烹饪能源。

东南亚地区尚未实现清洁烹饪的普及，由此给该地区造成的在健康、性别平等和环境方面的花费据估计约为每年 2800 亿美元。其中妇女和儿童所受影响最为严重，这是因为与该地区成年男性相比，妇女和儿童与烹饪油烟的接触时间更长。

2000年、2010年和2020年东盟国家能够获取清洁烹饪相关服务的人口占比



来源：ESCAP (2022) as modified by the IEA.

IEA. All rights reserved.

虽然东盟地区近 87% 的城市人口都能使用现代化和相对清洁的技术进行烹饪，但这一比例在该地区农村人口中只能勉强超过 50%。例如，[菲律宾](#)只有 28% 的农村人口能够获得清洁烹饪相关服务，该数字在柬埔寨为 25%，缅甸为 11%，而老挝只有 2.5%。

2018 年，[东盟地区约 74% 的住宅烹饪](#)使用传统生物质能源，其中木材是最常见的燃料。在该地区最大的用能国印度尼西亚，传统生物质占 2021 年建筑部门能源需求近 30%。利用液化石油气进行烹饪，是传统生物质一个短期、低成本的替换选项，然而在替换后，烹饪依然会依赖于化石能源，并且能效水平不如电灶。2021 年，印度尼西亚依赖液化石油气进行烹饪的家庭数量接近 5000 万户，而只有 1100 万户家庭利用电力进行烹饪。如果没有深度的政策干预，该地区的高生物质占比预计将会保持相对稳定，并持续到 2040 年。现有政策[聚焦](#)的方面包括：提高传统生物质炉灶的产品质量，将传统生物质燃料替换为液化石油气、煤油和电力等现代化燃料，以及利用沼气、太阳能、生物乙醇等可再生能源进行清洁烹饪。该地区一个成功的项目通过将烹饪燃料[从煤油替换为液化石油气](#)，使婴儿死亡率降低了 16% ~ 34%，并且让婴儿出生体重低的问题减少了 8% ~ 25%。

由于[对烟雾的接触](#)与包括急慢性呼吸系统疾病在内的一系列健康问题相关，利用传统生物质进行烹饪将对人们的健康产生负面影响。在东盟地区，印度尼西亚和菲律宾每十万人中，因室内空气污染导致的过早死亡率最高，而柬埔寨每年因此导致的[过早死亡估计约为 1.4 万例](#)。

提升人们对清洁烹饪相关效益的意识，创造清洁烹饪需求，提供结果导向型融资，并在当地针对相关设备的制造和维护进行能力建设等，将能关键性地推动[强化当地清洁烹饪市场](#)，并且鼓励人们采用清洁烹饪技术。

4.3 提高能效目标

加强能效政策和法规将有助于控制东盟地区家电能源需求增长

尽管东盟地区各终端用能部门在规模、特点和节能潜力上都存在较大差异，但如果能在一个协调统一的框架下，采取实施一揽子政策的方法，利用规章制度类和信息类政策工具共同作用，结合财务性和非财务性的激励措施，将能在每一个部门都取得重大节能进展。2022 年 4 月，IEA 和东盟能源中心共同发布了两份能效路线图（分别针对[建筑及建筑业](#)，以及[室内制冷](#)），展示了如何为东盟地区的建筑部门制定上述的一揽子政策。该地区各国政府已经开始采用类似的一揽子政策，特别是针对家电和建筑。

家电方面，统一东盟地区各国的能效标准将能够降低高效家电的生产成本，因此是该地区迈向市场整合和家电质量提升的关键一步。这一过程可以通过对空调机和风机采用地区性的产品能效“阶梯”（ladder）而得到加快。这里的“阶梯”是一种工具，可以将政策措施设定的产品现阶段和未来能效水平（例如最低能效标准和能效标识规定的能效水平）变得可视化。正如由 IEA 牵头的 [SEAD](#) 计划和《产品能效行动倡议》中描述的那样，采用能效阶梯的方法能够简化对相关法规的设置和履行，并且让政策制定者能够更快地提高目标。印度尼西亚在 2021 年加入了 SEAD 计划和《产品能效行动倡议》，显示出其提升家电能效的决心。

一部分东盟国家最近引入了新的电器能效政策，并特别关注空调机产品。至此，该地区所有国家目前都已经在某种程度上采用了最低能效标准和能效标识政策，或者正在制定当中。文莱在 2022 年对电器实施了[能效标准](#)和标识法规，主要针对占建筑电力消费 60% ~ 70% 的空调系统，并且包含了关于标准、标识和履行情况改善的措施。据估计，到 2035 年，这些措施将能使文莱的能源强度在 2005 年水平基础上下降 45%。印度尼西亚政府针对空调机、风机、冰箱、电饭煲和 LED 灯颁布了一项新的最低能效标准和能效标识法规。同时该国还在为另外几类家电制定最低能效标准，预计将在 2022–2024 年期间生效。马来西亚最近启动了[“通过能效实现可持续发展”项目的第三期 \(SAVE 3.0\)](#)，为消费者购买能效评级为四星或五星的家电提供补助。

尽管已经取得了上述进展，但东盟地区的最低能效标准依然存在很大的加严空间。例如，IEA 在 2022 年 9 月发布的[《印度尼西亚能源部门净零排放路线图》](#)中提到，该国市场中所有型号的空调机在最新能效法规生效之时，就已经全部合规，这意味着该法规在将低能效产品移出市场方面没有发挥任何效力；同时，当时已经有 16% 的产品符合能效标识的五星等级。东盟地区在工业电机系统领域也存在巨大的能效法规空白，只有新加坡和越南两国对这类产品采用了最低能效标准，并且只有越南对其采用了能效标识体系。这将让该地区错失从此类产品能效提升中受益的机会。[据估计](#)，仅针对印度尼西亚一国，实施完善的电器能效标准、能源定价改革和建筑节能法规及标准，到 2050 年就能够帮助其节省 225 TWh 的额外电力需求。

东盟各国部分能效政策的实施状态

	住宅用空调机		住宅用冰箱		住宅用灯具		工业电机		轻型乘用车		建筑	
	MEPS	CL	MEPS	CL	MEPS	CL	MEPS	CL	MEPS	CL	BECs	BC/L
文莱	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○
柬埔寨	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
印度尼西亚	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●
老挝	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
马来西亚	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●
缅甸	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
菲律宾	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●
新加坡	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
泰国	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●
越南	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●

实习程度 ● 无 ● 制定中 ● 现行有效 ○ 只对部分建筑类型生效 ● 自愿性

IEA. CC BY 4.0.

注：图上MEPS指最低能效标准；CL指比较性能效标识；BECs指建筑节能法规；BC/L指建筑能效认证/标识。

东盟各国建筑能效取得进展，但建筑节能法规依然存在巨大提升空间

东盟地区建筑能效政策的情况和家电类似。该地区几个国家最近已经实施或者正在制定建筑节能法规、能效标准或其他机制。例如，印度尼西亚在 2021 年颁布了一项新的建筑节能法规，对建筑类型、技术标准、合规措施，以及绿色建筑相关要求做出了规定。该国建立了一套单独的[绿色建筑性能评价体系](#)，对许多大型建筑类型，例如至少四层楼的住宅街区等，提出了强制性的绿色建筑能效要求。柬埔寨计划加速公共机构建筑能效提升，作为内容更加广泛的国家能效政策的一部分，该政策计划于 2022 年底颁布。

新加坡在 2021 年颁布了[《绿色建筑总体规划》](#)，为更加严格的建筑可持续性标准提供支持。该国为提升建筑节能标准，还更新了[绿色建筑标志认证和标识项目](#)，并发布了[“针对既有建筑的绿色建筑标志激励项目 2.0” \(GMIS-EB 2.0\)](#)，用来降低建筑业主开展节能改造的先期成本。

然而东盟地区大多数的建筑节能法规和标准依然是自愿性的，或者只对少数建筑类型生效，而部分国家对现有相关政策的遵守和执行情况很差。由于现在已有的建筑预计将在[2050 年占居住建筑存量的一半](#)，对建筑节能法规和标准进行定期更新和加严，并且在关注新建建筑的同时也做好对既有建筑的覆盖，显得至关重要。

[IEA 推荐](#)的建筑部门一揽子政策措施还包括了针对新建和既有建筑的绿色认证和标识项目，以及与建筑能效挂钩的财务激励。建立强大的数据框架来为监测、验证和执行提供支持显得尤为重要，而东盟地区已经有了一些值得学习的例子。

新加坡从 2012 年起强制要求非居住建筑通过在线的[建筑用能提交系统 \(BESS\)](#) 进行节能表现数据报告。印度尼西亚则为大型能源用户搭建了一个在线报告系统，并由能源和矿产资源部管理。IEA 协助印度尼西亚开发了一个能效信息网站 ([SINERGI](#))，该网站拥有能源报告功能、一个电器能效数据库、能源管理小贴士，以及企业节能相关信息和案例。2022 年，SINERGI 因其对印度尼西亚能效及减排目标的贡献，被授予了一个全国性奖项，成为“公共部门最佳创新奖”获奖者之一。

采用“能效优先”框架有助于东盟地区协调在气候、发展及能源安全等各方面的目标

在当前的政策设置之下，东盟地区能源需求预计将出现快速增长，2021–2030 年期间年均增长率可能超过 3%。伴随着经济增长，预计到 2050 年，该地区能源需求将是 2020 年水平的三倍，对所有燃料和发电技术的需求都将全面大幅增长，石油首当其冲。

然而，能效和材料效率提升、电气化、行为转变等措施将能帮助东盟实现约占预计能源需求 1/4 的节能量。这相当于在 IEA“可持续发展”情景下，到 2030 年，每年较“既定政策”情景节省 3 EJ 的额外能源需求。本章所探讨的各项措施能够为东盟提供一个完善的框架，使其在促进经济发展、人员技能增长、社会和健康福利提升的同时，还能减少能源消费。

通过实施一揽子政策的方法，对各部门采用规章制度类政策，配合信息类、激励类政策共同作用，将能帮助东盟国家确保能效政策的效力，在满足社会发展需求的同时，推动实现气候目标。

为了确保政策得到更好的实施，一些东盟国家将需要借助大规模投资和大量资金来实现其能效和气候目标。受到新冠疫情的持续影响，面向东南亚地区发展中经济体的能效投资情况不甚乐观，同时建筑施工活动持续中断，公共投资项目也数量有限。东南亚地区未来的能源投资将需要更多私人资本的参与。

尽管能效相关支出在最近几年有所增加，但能效及相关终端技术仅占东盟清洁能源支出总额约 1/5，[不足该地区能源投资总额的 10%](#)。通过加大对清洁能源而非化石燃料的投资规模来满足该地区不断增长的能源需求，将成为东盟未来的一项主要挑战。能效投资，配合强大的政策和监管框架，将能帮助填补这一缺口，并使东盟地区走上一条兼具环境和经济韧性的光明大道。

附录

缩略语列表

APS	“承诺目标”情景
ASEAN	东南亚国家联盟，简称“东盟”
CO ₂	二氧化碳
COP	性能系数
DSM	需求侧管理
E4	“新兴经济体能效”项目
EaaS	能源即服务
EEO	能效责任制度
EMDE	新兴市场和发展中经济体
ESCO	节能服务公司
EV	电动车
GDP	国内生产总值
IMF	国际货币基金组织
IPCC	政府间气候变化专门委员会
MBI	基于市场的政策工具
MEPS	最低能效标准
MSME	中小微企业
PHEV	插电式混合动力电动车
RD&D	研发示范
SME	中小企业
STEPS	“既定政策”情景
SUV	运动型多用途车
TCP	技术合作项目
UNFCCC	《联合国气候变化框架公约》
WEO	《世界能源展望》
ZEV	零排放车辆

单位

bcm	十亿立方米
Btu	英制热单位
MMBtu	百万英制热单位
EJ	艾焦，即 10^{18} 焦耳
GJ	吉焦，即 10^9 焦耳
Gt	吉吨，即 10^9 吨
kW	千瓦
MW	兆瓦，即 10^3 千瓦
GW	吉瓦，即 10^6 千瓦
ktoe	千吨油当量
Mt	兆吨，即 10^6 吨
Mtoe	兆吨油当量
PJ	佩焦，即 10^{15} 焦耳

International Energy Agency (IEA)

Chinese translation and adaptation of the *Energy Efficiency Market Report 2022* @ OECD/IEA, 2023

《能效2022》市场报告的中文版是从该报告的英文版——International Energy Agency (IEA) Energy Efficiency 2022编译而成。英文版是国际能源署 (IEA) 发布的官方版本。国际能源署是英文官方原版的原著机构，并不对本次中文编译的准确性和完整性承担任何责任。本次《能效2022》市场报告中文版的中文编译责任由能效经济委员会·中国 (CCEEE) 全部承担。

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



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

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

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

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

Typeset in China by CCEEE - February 2023
Cover design: IEA
Photo credits: © Fabian Voswinkel

