

ENERGY EFFICIENCY 能效 2018

Analysis and outlooks to 2040

中文精华版

Abridged Chinese Version

CCEEE 编译

ENERGY **能效** **EFFICIENCY** **2018**

Analysis and outlooks to 2040

中文精华版

Abridged Chinese Version

CCEEE 编译

国际能源署

国际能源署（IEA）的工作涵盖能源领域的诸多议题，包括石油、天然气以及煤炭的供需、可再生能源技术、电力市场、能效、能源可及性、需求侧管理等。国际能源署通过不懈努力，在30个成员国、8个联盟国及全球其他地区倡导促进能源的可靠性、可负担性、可持续性的政策。

国际能源署的四个工作重点是：

- 能源安全：倡导多样、高效、灵活及可靠的燃料及能源来源；
- 经济发展：支持自由市场促进经济增长，消除能源贫困；
- 环境意识：通过政策决策分析，减少因能源生产与消费造成的环境影响，尤其是应对气候变化与大气污染；
- 全球合作：与联盟国和伙伴国紧密协作，尤其是与主要新兴经济体合作，探索全球能源与环境问题的解决方案。

国际能源署的成员国包括：

澳大利亚
奥地利
比利时
加拿大
捷克
丹麦
爱沙尼亚
芬兰
法国
德国
希腊
匈牙利
爱尔兰
意大利
日本
韩国
卢森堡
墨西哥
荷兰
新西兰
挪威
波兰
葡萄牙
斯洛伐克
西班牙
瑞典
瑞士
土耳其
英国
美国



**International
Energy Agency**
Secure
Sustainable
Together

© OECD/IEA, 2018

International Energy Agency
Website: www.iea.org

请注意本出版物在使用和分发时有具体限制。相关条款请参照：

www.iea.org/t&c/

欧盟委员会也参与了国际能源署的工作。

目录

1. 全球趋势和展望	5
能源需求和强度趋势	5
2017 年能源需求增加，能源强度提升减弱	5
能效和能源需求展望	8
发挥已有的能效潜力能够使能源需求大幅下降	9
在高效世界中，2040 年能源强度将仅为现有水平的一半	10
能效的影响	11
能耗相关的温室气体排放卷土重来，积极提升能效对治理气候变化至关重要	11
能效提升减少空气污染	12
能效提升减少化石能源进口，增强能源安全	12
能效政策趋势	13
当前的全球政策情况下，大量机遇有待把握和扩展	13
2017 年全球能耗的强制性政策覆盖率增大	13
强制性政策强度增加，但整体进展相对前几年有所滞缓	15
能效投资趋势和展望	16
2017 年投资增长放缓	16
高效世界情景下能效投资显著增加	16
节能服务公司	18
节能量保险能够进一步降低 ESCO 项目的风险	19
参考文献	20
2. 交通、建筑和工业	22
交通能效趋势和展望	22
交通有望朝更高的能效加速前进	23
交通能效政策	25
交通部门高效世界策略	27
建筑及电器能效趋势和展望	28
能效提升降低了全球建筑和电器能耗	28
高效世界要求建筑和电器加快能效提升的脚步	29
建筑和电器能效政策	31
建筑和电器能耗的能效政策覆盖率持续攀升	31

建筑部门高效世界策略	32
工业能效趋势和展望	33
制造业能源强度降低，但下降速率有望进一步提高	34
工业能效政策	36
工业能效政策进展滞缓	37
工业能源管理体系	38
促进能源管理体系应用的政策措施	39
工业部门高效世界策略	41
参考文献	42
3. 新兴经济体能效进展	45
主要新兴经济体国家的能源需求趋势和能效进展	45
能效提升避免了巨大的额外能耗	45
能效提升可带来可观效益	46
中国	47
能效趋势和展望	47
政策趋势和未来机遇	48
印度	50
能效趋势和展望	50
印度尼西亚	51
能效趋势和展望	51
参考文献	53

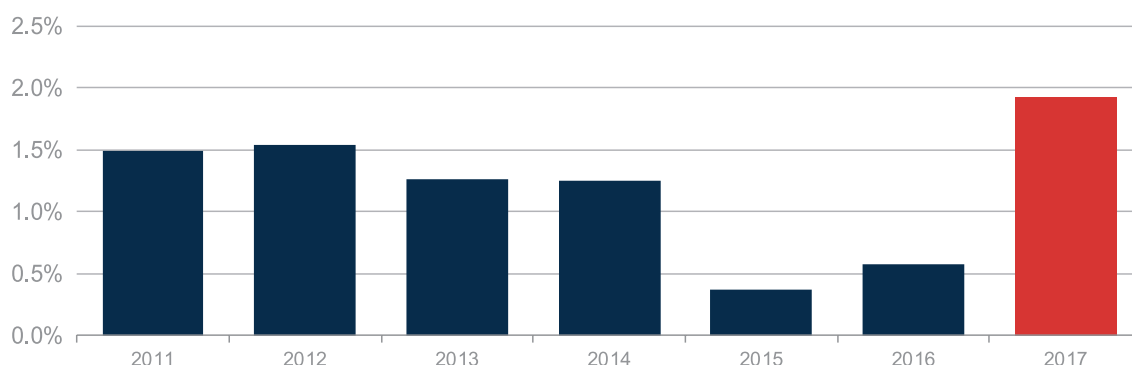
1. 全球趋势和展望

能源需求和强度趋势

2017 年能源需求增加，能源强度提升减弱

2017 年，全球一次能源需求¹增长 1.9%，是自 2010 年以来增幅最大的一年，并且远远高出 2015 年和 2016 年的增长（图 1.1）。其中新兴经济体一次能源需求比上年增长 2.7%，即 9.2 艾焦（ 10^{18} 焦耳，下文简称 EJ），是全球能源需求增长的主要来源；而发达经济体的增长仅为 0.7%（1.5 EJ）。新兴经济体在 2015 年和 2016 年的一次能源需求增长均低于 1%，因此 2017 年的增长趋势显得尤为突出。这一趋势在很大程度上是由于中国的变化——2016 年中国一次能源需求下降 1.1%，而 2017 年则上升了 2.6%（图 1.2）。中国包括钢铁行业在内的能源密集型行业在经历了连续两年的缓慢增长之后，在 2017 年又渐渐显露出抬头的趋势，导致对电力和煤炭等能源的需求增加，一次能源需求攀升（IEA，2018a）。

图 1.1 全球一次能源需求变化

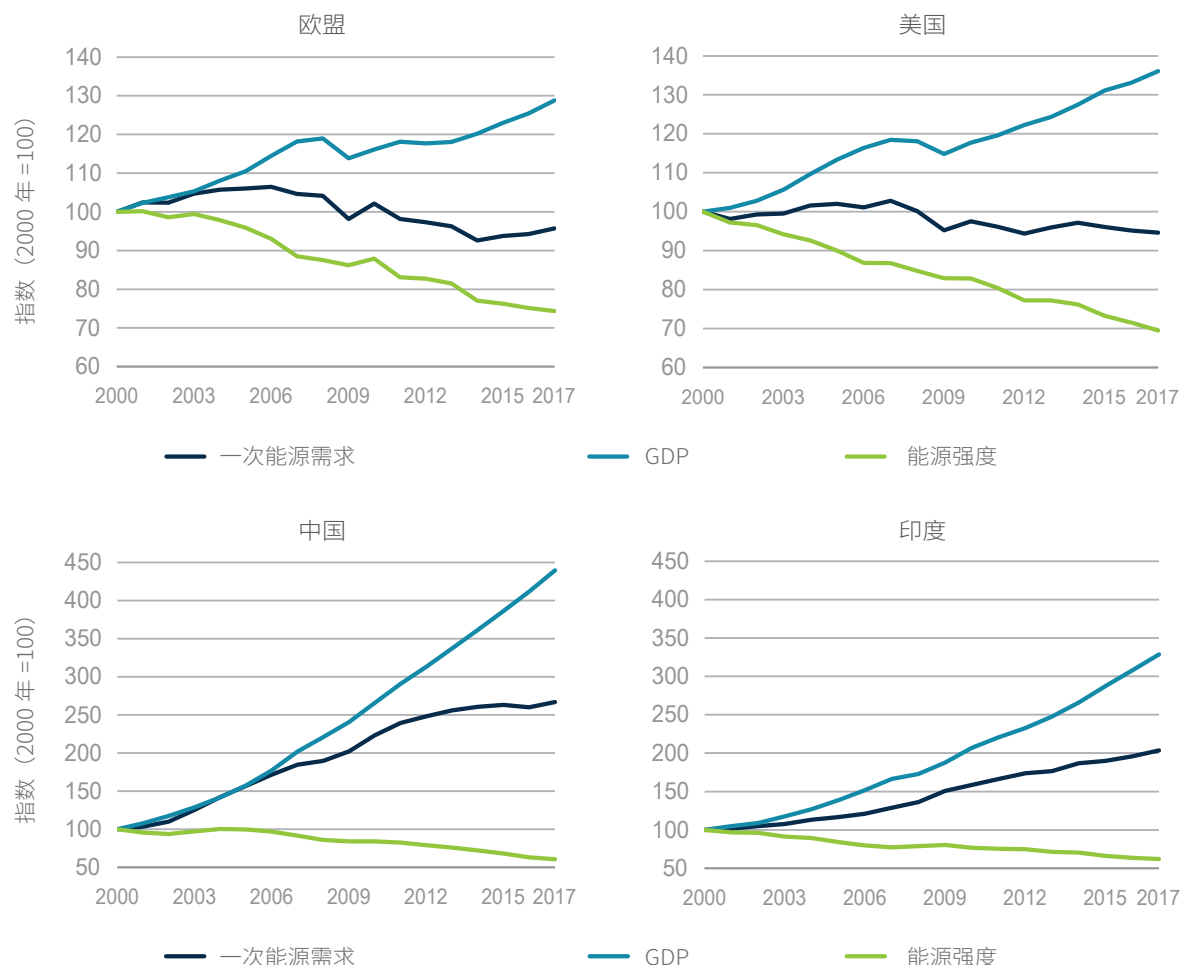


来源：根据 IEA（2018b）《世界能源展望 2018》；IEA（2018c）《世界能源平衡表 2018》（数据库）整理。

全球能源需求趋势在 2017 年的反弹表现与几个因素有关。这一年，全球经济增长速度从 2016 年的 3.1% 提高到 3.7%：世界主要经济体国家经济增速均在 2017 年有所增长。2017 年，中国经济增长速度为 6.8%，比 2016 年略有提升；与 2015 年和 2016 年不同的是，2017 年中国的钢铁行业在国民经济中扮演了更为重要的角色，在经历了 2015 年的缩减和 2016 年的停滞不前，在 2017 年有了 3% 的增长。正如我们所见，中国钢铁行业能源密集的特质决定了其增长会带来一次能源需求的增长。

¹ 即一次能源供应总量（TPES）。报告中所有 2017 年的一次能源需求（TPES）和终端能耗（TFC）数据均为初步数据。

图 1.2 典型国家一次能源需求、GDP 和能源强度趋势比较 (2000-2017)

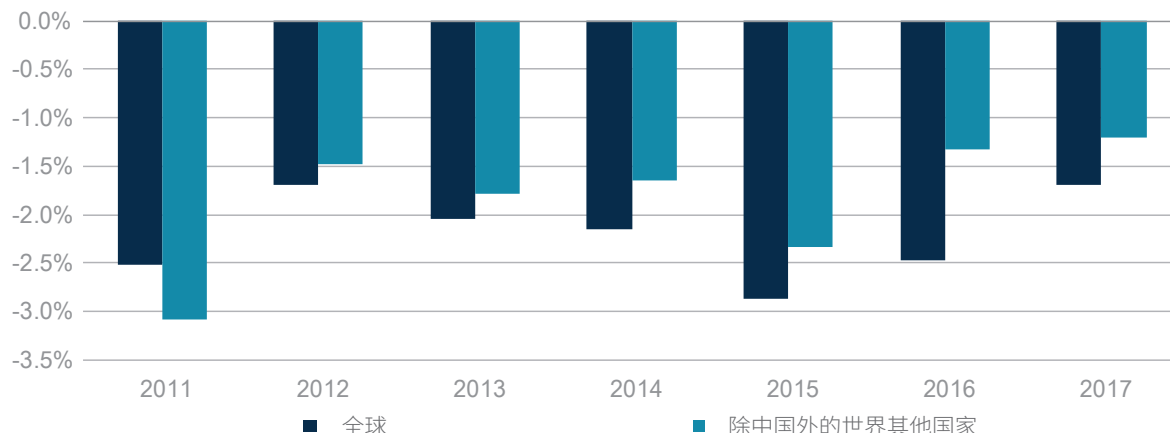


注：欧盟和美国的纵坐标范围为 60-140；中国和印度的纵坐标范围为 50-450。一次能源强度按照“每 1000 美元 GDP（2017 年购买力平价）的一次能源需求”计算。

来源：根据 IEA（2018b）《世界能源展望 2018》；IEA（2018c）《世界能源平衡表 2018》（数据库）整理。

在经济增长和能源需求增长的共同作用下，全球能源强度在 2017 年仅下降了 1.7%，这是 2010 年以来最低的能源强度下降率（图 1.3）。其中，中国能源强度下降率为 3.9%，为全球能源强度下降贡献了 1/3 左右，而世界其他国家下降率仅为 1.2%；可以想见，假如没有中国高出平均水平的下降率拉高平均值，2017 年全球在能源强度上取得的进步将更加微小。

图 1.3 全球一次能源强度变化



注：一次能源强度按照“每 1000 美元 GDP（2017 年购买力平价）的一次能源需求”计算。

来源：根据 IEA（2018b）《世界能源展望 2018》；IEA（2018c）《世界能源平衡表 2018》（数据库）整理。

能效提升减缓能源需求进一步增长

终端能耗²每年的变化主要受以下三个因素影响：

- 活动水平效应：驱动能耗活动的因素是增加还是减少，如工业增加值、吨公里运输或乘客公里数、人口数量等，它们中的大多数都与经济产出的变化有关。
- 结构效应：能耗活动的种类是否发生了变化，如不同经济部门活动水平占比、电器保有量、建筑数量和面积、不同交通出行方式的占比等。
- 能效效应：单位活动水平的能耗是增加还是减少。

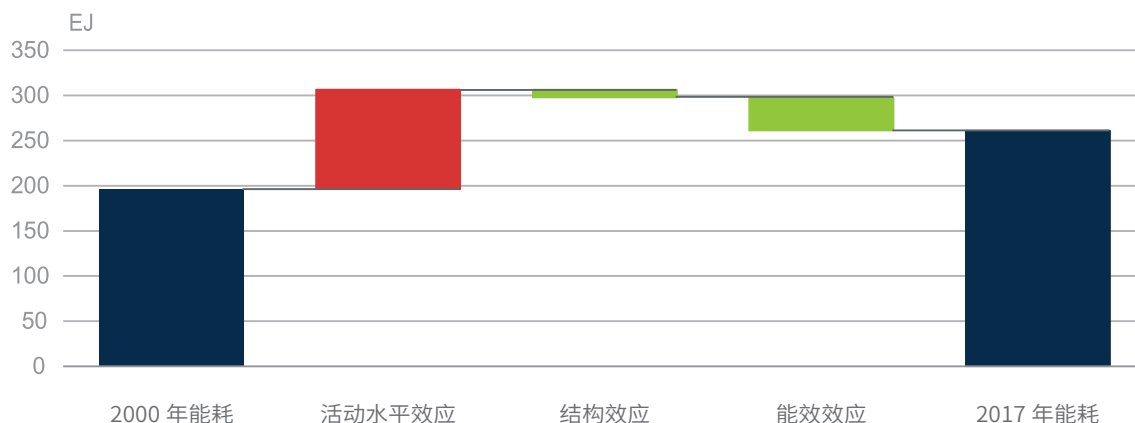
2000 年以来，国际能源署（IEA）成员国和其他主要经济体国家³的能效整体提升了 15%，但 2017 年能效提升幅度仅仅略高于 1%。然而，尽管能效水平有所提升，由于活动水平（此处指经济产出）增加了 5%，2017 年能耗较上年仍呈现出净增长。这一年也是 2011 年以来首次出现由于结构效应引起的能耗增加，这部分增量为上一年能耗的 0.3%。分析显示，2000 至 2017 年间，能效在 IEA 成员国和其他主要经济体国家中抵消了 1/3 由活动水平增加带来的终端能耗增加（图 1.4）。⁴ 假设不存在能效提升，能耗增长将会是 65%，而不是现在的 1/3。

² 即终端（能源）消费总量（TFC）。

³ 基于无法获取 2017 年全球所有国家的能源数据，该分析结果仅限于 IEA 成员国以及阿根廷、巴西、中国、印度、印度尼西亚、俄罗斯和南非。

⁴ 欲了解关于分解分析中所采用方法的更多信息，请前往 www.iea.org/efficiency2018/data。

图 1.4 IEA 成员国和其他主要经济体国家终端能耗分解



注：图中包括的国家为 IEA 成员国、阿根廷、巴西、中国、印度、印度尼西亚、俄罗斯和南非。图中“能耗”包括住宅、工业、服务业和客货运几个部门，不包括非能源的消耗（如原料消耗）、能源供给和美国货运（详情参见第 2 章）。

来源：根据 IEA (2018d) 《能效指标 2018》（数据库）；IEA (2018c) 《世界能源平衡表 2018》（数据库）；IEA (2018e) 《能源技术展望》建筑模型；IEA (2018f) “移动模型”（数据库）；Timmer 等 (2015) 《WIOD 数据库》（数据库）；巴西国家地理与统计局 (2018) 《国民经济季度核算》（数据库）；中国国家统计局 (2018) 《国民经济核算》（数据库）；印度储备银行 (2018) 《印度 KLEMS 数据库》（数据库）；印度尼西亚统计局 (2018) 《国内生产总值》（数据库）；墨西哥国家统计协会 (2018) 《国内生产总值——商品和服务活动水平》（数据库）；南非统计局 (2018) 《国内生产总值，2017 年第四季度》（数据库）；Quantec (2018) 《工业服务——南非标准工业——基本价格下的投入结构》（数据库）；阿根廷统计局 (2018) 《宏观经济总量 (GDP)》（数据库）；世界 KLEMS 数据 (2018) 《俄罗斯》（数据库）整理。

2000 年以来，能效提升在减小经济活动水平上升给终端能耗带来影响方面的作用趋于稳定。2000 至 2017 年，能效提升为 IEA 成员国和其他主要经济体国家节约了 37 EJ 额外的终端能耗，这相当于日本和印度的终端能耗之和。其中工业部门的能效提升所做的贡献最大（19 EJ），接下来分别是建筑（14 EJ）和交通（4 EJ）部门。2000 年以来的能效提升在 2017 年大约为全球节省了 12% 额外的能耗。⁵

工业和服务业出现了结构变化，尤其是服务业和非能源密集型的轻制造业比重相对增加，整体上持续促进全球经济能源强度的下降。然而这一趋势几乎完全被与之同步发生的消费侧结构变化所抵消——家庭开始升级汽车规模并拥有更大的住所。体现在最终的能源消费变化结果上，这些结构效应整体上仅仅抵消了不足 10% 的活动水平效应。

能效和能源需求展望

IEA 在其年度《世界能源展望》(WEO) 报告中，对全球能源市场的未来进行了分析。报告采取了情景分析的方法。其中核心的“新政策情景”考虑现有的能源政策和已公布的政策意向，包括气候变化《巴黎协定》框架下的国家自主贡献 (NDCs) 等，因为在这样的框架下政策意向的可信度很高 (IEA, 2017a)。“现有政策情景”仅考虑业已采纳的政策，因此可视为基准或“一切如常” (BAU) 情景。

⁵ 全球节能量包括来自前文分析的 IEA 成员国、其他主要经济体国家以及占全球能耗 25% 的世界所有其他国家的节能量。首先计算其他主要经济体国家中能效提升率和能源强度下降率的比例，假设世界所有其他国家在该比例上与其他主要经济体国家相同，已知世界所有其他国家的能源强度下降率，因此可以估算世界所有其他国家的节能量。

2012 年的《世界能源展望》报告首次呈现了“高效世界情景”（IEA，2012）。高效世界情景考虑通过政策实现所有已知且经济上可行的能效措施，并对这些措施潜力充分发挥后的效果进行量化。在本报告中，IEA 对高效世界情景进行了更新，通过对现在到 2040 年情况的预测，为现在和将来的能效策略制定提供参考。

发挥已有的能效潜力能够使能源需求大幅下降

在新政策情景下，2040 年一次能源需求将增长至 736 EJ，比现有政策情景少 72 EJ（9%），终端能源消费比现有政策情景少 40 EJ。⁶ 在高效世界情景下，节能效益显著增加：2040 年一次能源需求为 625 EJ，仅比 2017 年增长 7%，比新政策情景少 15%，比现有政策情景低 23%；高效世界情景下，从现在到 2040 年的能源需求增量仅是新政策情景下的一半。这些一次能源需求的节能量将主要体现为石油、煤炭、天然气的节约，从而大大有助于温室气体减排和空气污染治理。

与一次能源需求的情况类似，高效世界情景下 2040 年终端能源消费比新政策情景低 16%（比现有政策情景低 22%）。终端能源消费的节能量大部分将在交通部门产生，这主要是由于高效世界情景中内燃机能效提升和电动车市场渗透率增加共同带来的石油消费降低，从而使交通部门能耗与新政策情景相比下降 22%（与现有政策情景相比下降 30%）。⁷

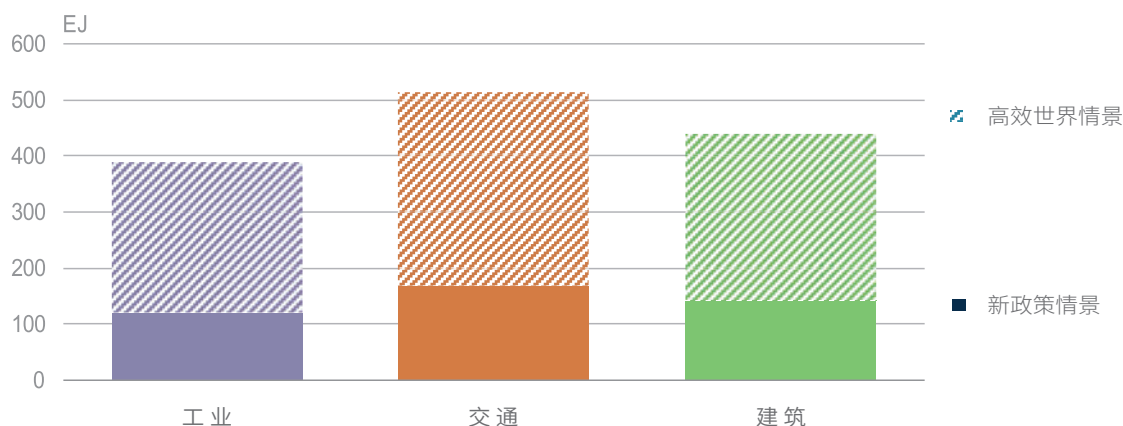
高效世界情景中工业部门依然是 2040 年能耗最高的部门，工业增加值在 2017 至 2040 年间将几乎翻一倍。即使如此，高效世界情景中的工业能耗仍将在新政策情景的基础上再下降 15%。其中工业部门的天然气和煤炭消费下降最多，这主要是来自废旧金属回收利用中电弧炉的使用增加。同时随着高效电热泵被引入并应用于工艺加热中，工业电耗也将有大幅下降。高效世界情景下居住和非居住建筑中的能效措施将在建筑部门产生与工业部门大致相当的节能量。

高效世界情景下现在到 2040 年的累计节能量将相当可观。与现有政策情景相比，高效世界情景从现在到 2040 年在工业、交通、建筑部门将分别累计节能 390 EJ、513 EJ、440 EJ。各部门累计节能总量中的 1/3 将可以在新政策情境中达成（图 1.5）。2000 年以来的历史趋势显示，与建筑和工业部门相比，交通部门是能效提升进展最缓慢的一个部门；而在高效世界情景中，各部门未来的节能潜力与过去已经达成的能效提升成果刚好相反，交通部门也成为了未来拥有最大潜在节能量的部门。

⁶ 现有政策情景的结论来自《世界能源展望 2017》。

⁷ 与 2012 年的高效世界情景模拟相比，本次高效世界情景中采用了更新的电动车成本假设，而这也是本次模拟中交通部门潜在能效较之 2012 年模拟有大幅提升的主要原因。

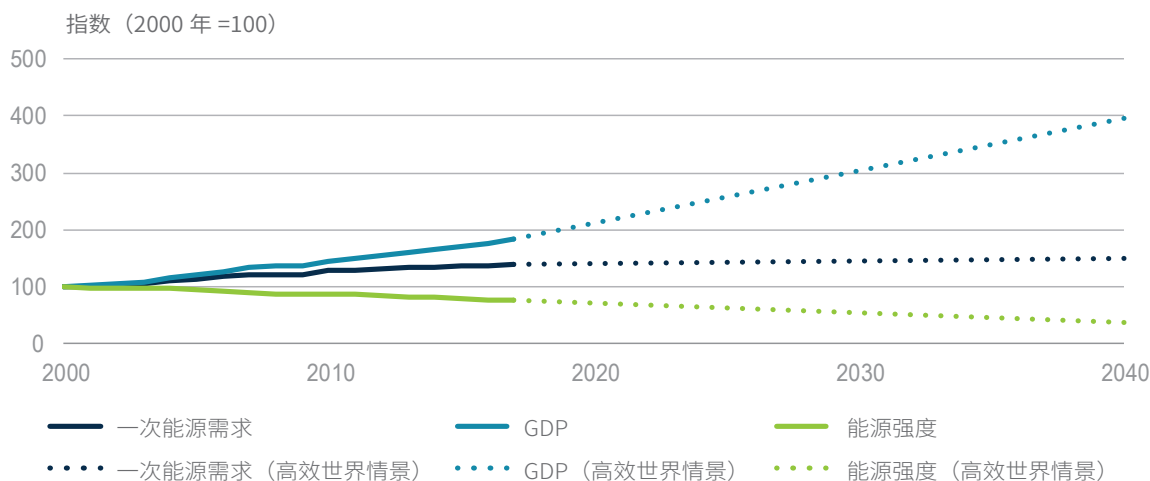
图 1.5 与现有政策情景相比，新政策情景和高效世界情景下全球累计节能量



在高效世界中，2040 年能源强度将仅为现有水平的一半

高效世界情景下，截至 2040 年，全球一次能源强度将以平均每年 3% 的速度下降，在经济产出翻倍的情况下，能源需求将仅有 7% 的微弱增长。2040 年能源强度将仅为目前水平的一半（图 1.6）。

图 1.6 历史趋势和高效世界情景下的全球一次能源需求、GDP 和能源强度（2000-2040）



来源：根据 IEA（2018b）《世界能源展望 2018》；IEA（2018c）《世界能源平衡表 2018》（数据库）整理。

能源强度的显著下降在各个终端部门有不同的表现。在交通部门，2040 年乘用车每公里行车（vkm）油耗将比现在减少近 50%，道路货运车辆每吨公里运输油耗减少 47%，商用飞机每营收旅客公里油耗减少 55%。在工业部门，2040 年单位能耗产值将比现在增加近一倍，粗钢的单位产品能耗下降 25%，这在很大程度上有赖于再生利用率提高。在建筑部门，2040 年新建建筑供热能源强度将比现在下降 84%，空调制冷能源强度下降 47%，从而使居住建筑能源强度（即单位建筑面积能耗）在现在的基础上下降 28%。非居住建筑能源强度下降 37%。

能效的影响

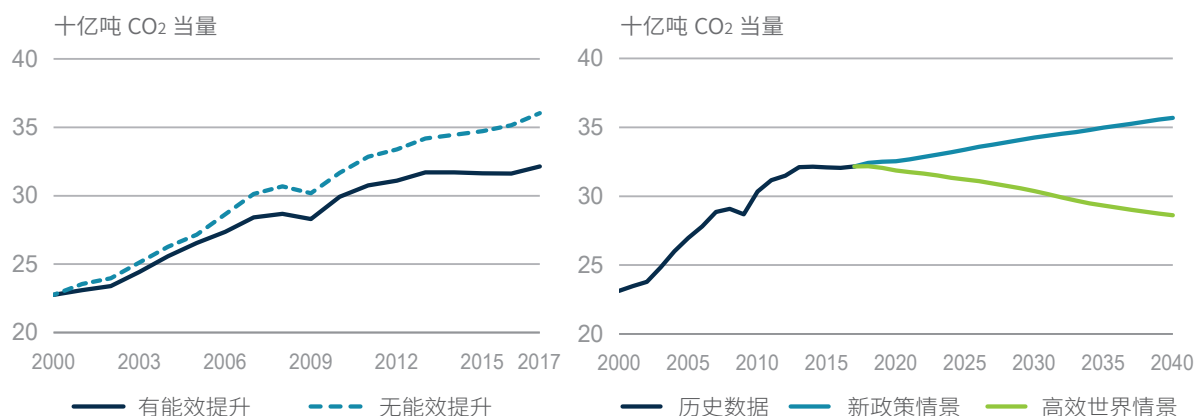
能耗相关的温室气体排放卷土重来，积极提升能效对治理气候变化至关重要

政府间气候变化专门委员会（IPCC）最近在其《全球变暖 1.5°C》特别报告中指出，温室气体排放近期重新开始增加，用来达成减排目标的时间有限，应对气候变化是人类目前任务的重中之重，而能效将起到最核心的作用。在 IPCC 提出的将全球较工业化前水平平均升温控制在 1.5°C 以内的大多数可能路径中，能效都将发挥不容忽视的作用，也是在满足人类能源服务需求的同时降低能耗的关键方法之一（IPCC，2018）。

2017 年全球经济增长导致排放密集型燃料使用增加，全球能源消耗引起的温室气体排放超过 325 亿吨 CO₂ 当量，呈现出 2014 年以来的首次增加，较上年增长 1.4%。但与此同时，能效有效地限制了排放的增长幅度：假如没有 2000 年以来的能效提升，2017 年温室气体排放将会额外增加近 40 亿吨 CO₂ 当量或 12%（图 1.7）。

假如从现在开始实施高效世界情景中的行动，将能够确保能耗相关的温室气体排放 2020 年达峰并在之后开始下降。从现在开始到 2040 年，这些具有成本效益的行动将使年平均温室气体排放 2017 年的水平基础上减少 35 亿吨 CO₂ 当量（12%），对《巴黎协定》要求的减排量贡献率超过 40%。因此能效提升与可再生能源以及其他的措施一样，是实现全球气候目标不可或缺的手段。

图 1.7 有无能效提升情况下的能耗相关温室气体排放
(左：2000-2017；右：2000-2040，新政策情景和高效世界情景)



注：纵坐标轴起点为 200 亿吨 CO₂ 当量。

来源：根据 IEA (2018d) 《能效指标 2018》（数据库）；IEA (2018c) 《世界能源平衡表 2018》（数据库）；IEA (2018e) 《能源技术展望》建筑模型；IEA (2018f) “移动模型”（数据库）；Timmer 等 (2015) 《WIOD 数据库》（数据库）；巴西国家地理与统计局 (2018) 《国民经济季度核算》（数据库）；中国国家统计局 (2018) 《国民经济核算》（数据库）；印度储备银行 (2018) 《印度 KLEMS 数据库》（数据库）；印度尼西亚统计局 (2018) 《国内生产总值》（数据库）；墨西哥国家统计局 (2018) 《国内生产总值——商品和服务活动水平》（数据库）；南非统计局 (2018) 《国内生产总值，2017 年第四季度》（数据库）；Quantec (2018) 《工业服务——南非标准工业——基本价格下的投入结构》（数据库）；阿根廷统计局 (2018) 《宏观经济总量 (GDP)》（数据库）；世界 KLEMS 数据 (2018) 《俄罗斯》（数据库）；IEA (2018g) 《燃料燃烧的 CO₂ 排放》（数据库）整理。

能效提升减少空气污染

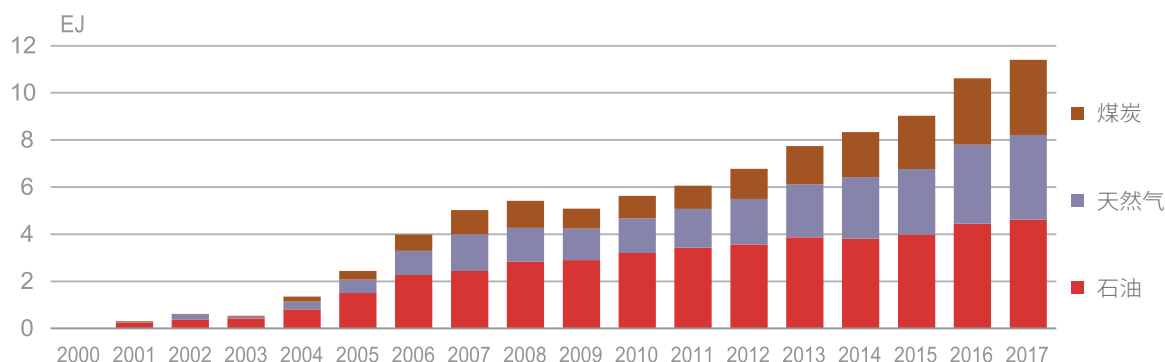
未来能效提升的另一个明显收益是室内和户外空气质量的改善。如果将能效行动扩大到高效世界情景中模拟的规模，二氧化硫（SO₂）、氮氧化物（NO_x）和细颗粒物（PM_{2.5}）的排放均会有大幅下降。交通部门油耗减少以及建筑和工业部门煤耗减少将使 2040 年 SO₂ 排放在 2015 年水平基础上减少 42%。2040 年 NO_x 排放将比 2015 年水平降低 29%，其中交通部门排放将降低 39%，是 NO_x 排放减少的主要贡献部门。供暖、发电中使用的煤炭和汽车使用的汽油和柴油将越来越少，因此 PM_{2.5} 排放也将比 2015 年水平降低 15%。

高效世界情景下，2040 年由于室内空气污染带来的早亡人数将降至 190 万以下，比 2015 年水平低 1/3 左右。使用更高效的生物质能灶具可以有效改善室内空气质量，家庭烹饪用能从生物质能到液化石油气（LPG）或电炉的转变将带来更好的效果。

能效提升减少化石能源进口，增强能源安全

能效提升通过降低净进口国的整体能源需求，减少这些国家对进口煤炭、石油、天然气的依赖，从而增强能源安全。2000 年以来的能效提升使 IEA 成员国和其他主要经济体国家 2017 年的化石能源进口减少了 11 EJ 或超过 20%，其中仅 IEA 成员国所减少的石油进口价值就超过 300 亿美元（图 1.8）。进口减少对宏观经济也有很多好处，例如更好的国际收支平衡和整体竞争力的提升。

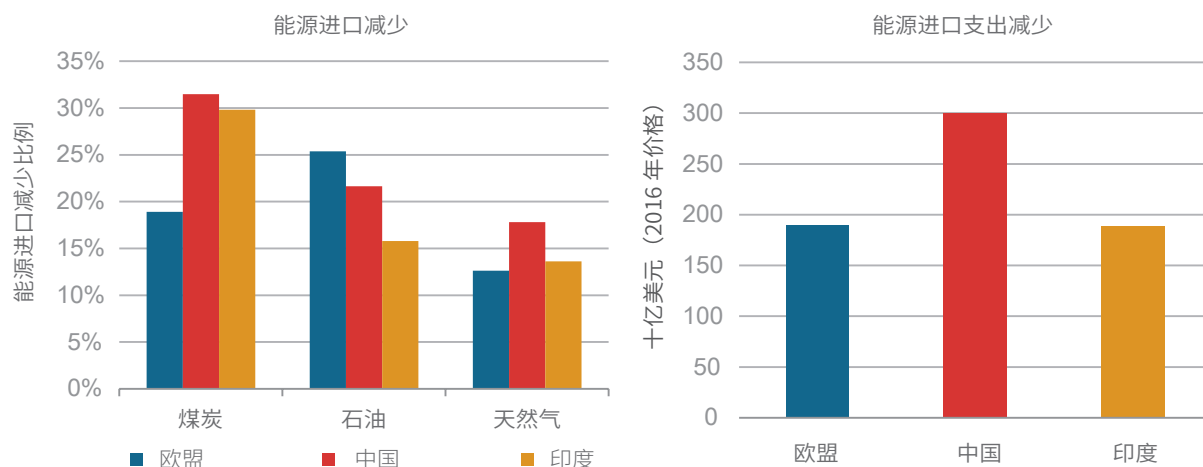
图 1.8 2000 年以来 IEA 成员国和主要新兴经济体国家由能效提升带来的化石能源进口减少，按能源类型分类



注：图中国家包括 IEA 成员国，以及中国、印度、巴西、印度尼西亚、俄罗斯、南非和阿根廷。

高效世界情景下，一些世界主要能源进口经济体国家的化石能源净进口量将会下降（图 1.9）。高效世界情景下中国的天然气进口将比新政策情景少 500 亿立方米（m³），煤炭进口低 30%，即 3100 万吨标准煤当量（tce）；印度能源进口开支将减少 1890 亿美元，主要是因为减少了高达 1 亿吨标准煤当量的煤炭进口需求。

图 1.9 高效世界情景下典型能源进口国家 / 地区 2040 年比新政策情景减少的能源进口（左）和能源进口支出（右）



能效政策趋势

当前的全球政策情况下，大量机遇有待把握和扩展

本报告追踪强制性政策和对最低能效有所要求的法规的实施进展，包括针对电器设备的强制性最低能效标准（MEPS）、强制性建筑节能法规、燃油经济性标准和工业节能目标。⁸ 报告采用能效政策进展指数（EPPI）来衡量这些政策的实施进展。EPPI 考量受强制性能效政策所管理的能耗占总能耗的百分比，以及 2000 年以来的政策强度增加。⁹

2017 年全球能耗的强制性政策覆盖率增大

全球能耗中受强制性政策和法规管理的比例（即全球能耗的强制性政策覆盖率）从 2016 年的 32% 增长至 2017 年的 34%。¹⁰ 与 2016 年的情况类似，能耗的政策覆盖率增加的 99% 都来自于汽车和电器设备换代，而新产品受到现有能效政策的规范；剩下的 1% 源于已有能效标准对用能设备在受管理类别上的扩展（图 1.10）。新政策对能耗的政策覆盖率增长的贡献率近几年呈下降趋势。

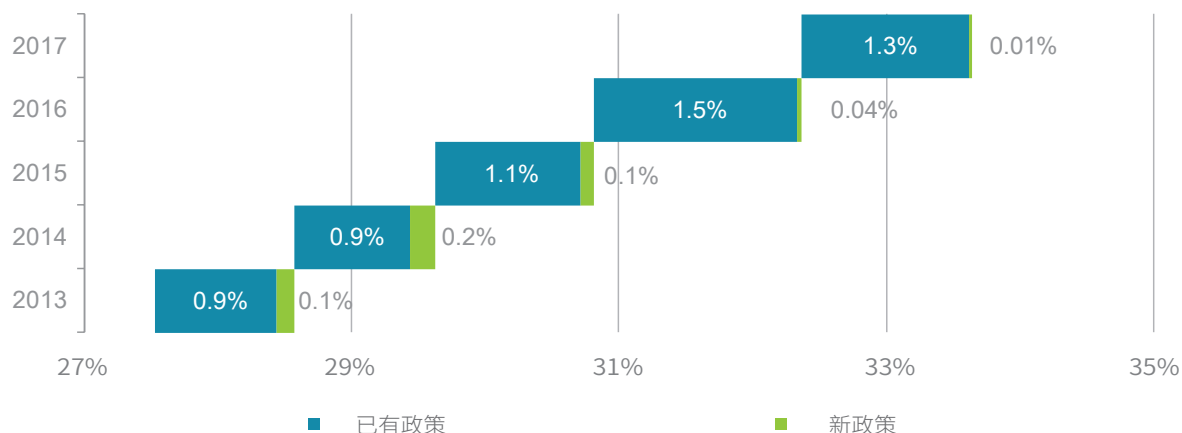
中国超过 60% 的能耗都受强制性政策和法规的管理，再一次在全球能耗的政策覆盖率增长中做出了大的贡献。全球能耗中受中国强制性政策法规管理的能耗从 2016 年的 13.5% 增长至 2017 年的 13.9%，但这部分增长完全是由于产品换代而不是新政策的出台实施。新政策带来政策覆盖率增长的例子包括印度乘用车标准以及秘鲁、新加坡和津巴布韦的电器法规。

⁸ 不包括诸如强制性产品标识、强制性能源 / 排放汇报或审计、碳排放交易机制等其他强制性政策。

⁹ 与 EPPI 计算相关的详细信息请前往 www.iea.org/efficiency2018/data。

¹⁰ 此处能耗的政策覆盖率与《能效 2017》（IEA, 2017b）中的数据不同，这是因为高炉能耗过去被当做非能源消耗，而现在作为工业部门终端能耗的一部分，给建筑部门数据和工业部门终端能源消费数据带来了一些调整。

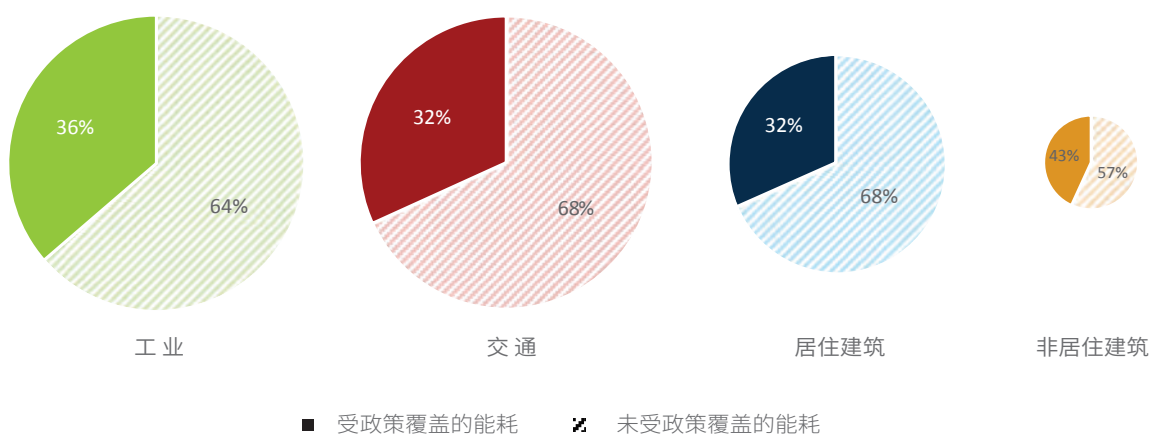
图 1.10 全球能耗的政策覆盖率年度增长，区分已有政策和新政策



注：横坐标起点为 27%，即 2013 年以前的政策覆盖能耗已超过全球能耗的 27%。

2017 年在工业、交通、居住建筑和非居住建筑四个部门中，非居住建筑能耗最低，同时其能耗的政策覆盖率最高，为 43%（图 1.11）。居住建筑能耗的政策覆盖率相对较低，为 32%。这是因为居住建筑能耗大部分来自于家庭生物质能烹饪，而这一部分能耗是完全不受强制性政策管理的。工业能耗的政策覆盖率仅为 36%，但由于工业部门是能耗最高的部门，该部门受强制性政策覆盖的能耗在绝对量上比其他任何一个部门都高。交通部门能耗的政策覆盖率依然最低，为 32%，但其在 2017 年 2.4 个百分点的增长是比其他任何一个部门都高的，这也是交通部门自身经历过最高的政策覆盖率单年增长。这一增长主要源自于汽车燃油经济性标准的覆盖范围扩展，尤其是在欧盟、加拿大、中国和印度，以及创下新高的汽车销售量。

图 1.11 全球各部门终端能源消费受强制性政策覆盖的比重

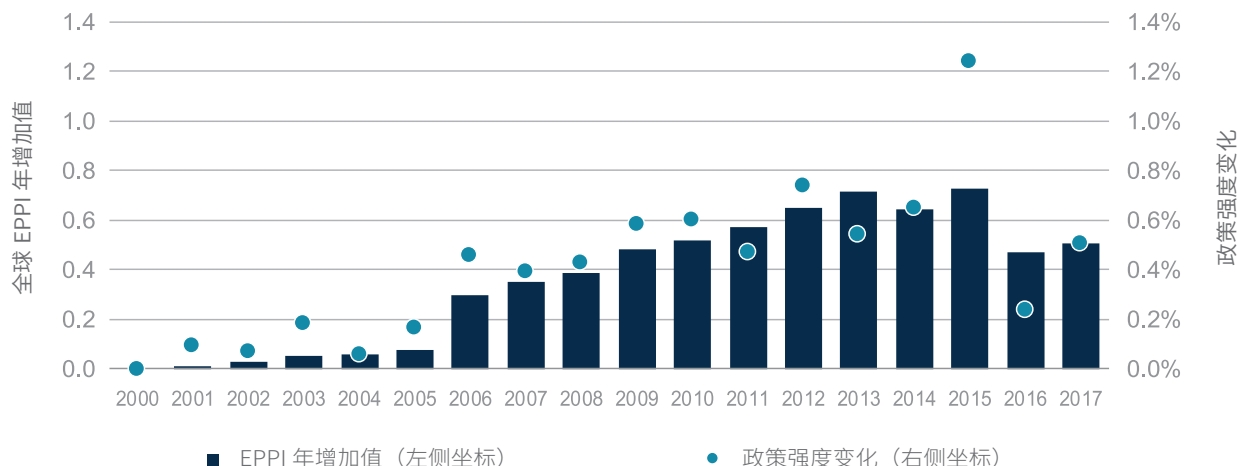


注：各部门饼图中圆的面积大致与部门终端能源消费总量成比例。

强制性政策强度增加，但整体进展相对前几年有所滞缓

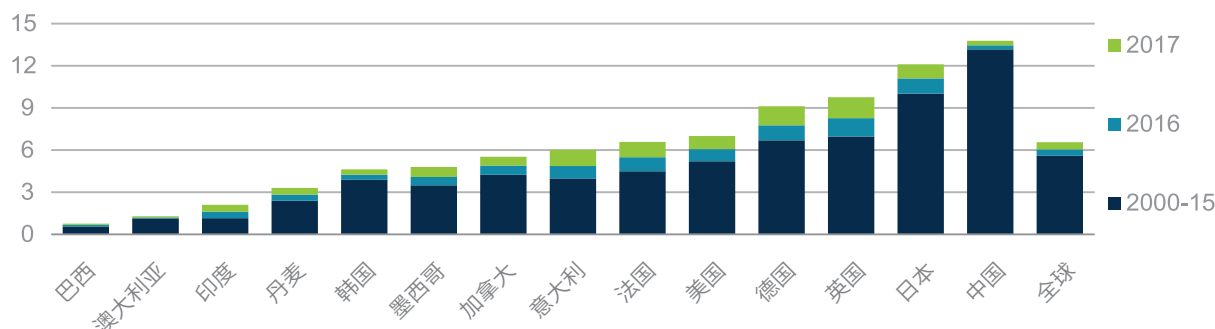
2011 年以来，全球强制性政策的强度一直以平均每年 0.6% 的速度增加，是前一个十年 (2001-2010) 增加速度的两倍 (图 1.12)。这说明各国越来越意识到能效政策不仅需要覆盖率大，还需要有强的效力。

图 1.12 EPPI 和强制性政策强度的年度变化 (2000-2017)



在强制性政策覆盖率和强度变化的共同作用下，2017 年全球 EPPI 增加值为 0.51 分。EPPI 是 IEA 用来衡量强制性能效政策进展的主要指数。¹¹ 这与 2016 年的 EPPI 增加值基本持平，但比 2011 至 2015 年间的 EPPI 平均年增加值低 1/4 左右 (图 1.12)。既缺乏新的强制性政策，又缺少对已有强制性政策的更新是近年来 EPPI 增加减缓的原因。强制性政策在过去的能效提升工作中起到了核心的指导性作用，因此目前强制性能效政策进展滞缓对未来的能效提升及其所带来的效益都可能造成持续性的负面影响。

图 1.13 典型国家和全球各时期的 EPPI



¹¹ EPPI 将 2000 年以来受强制性政策法规管理的能耗比重 (即强制性政策覆盖率) 和政策强度增加结合起来。某国家或地区 EPPI 每多出 1 分，意味着该国家或地区所有用能汽车、建筑和设备存量的能效比 2000 年水平高出 1%。对于 EPPI 计算方法的解释请前往 www.iea.org/efficiency2018/data。

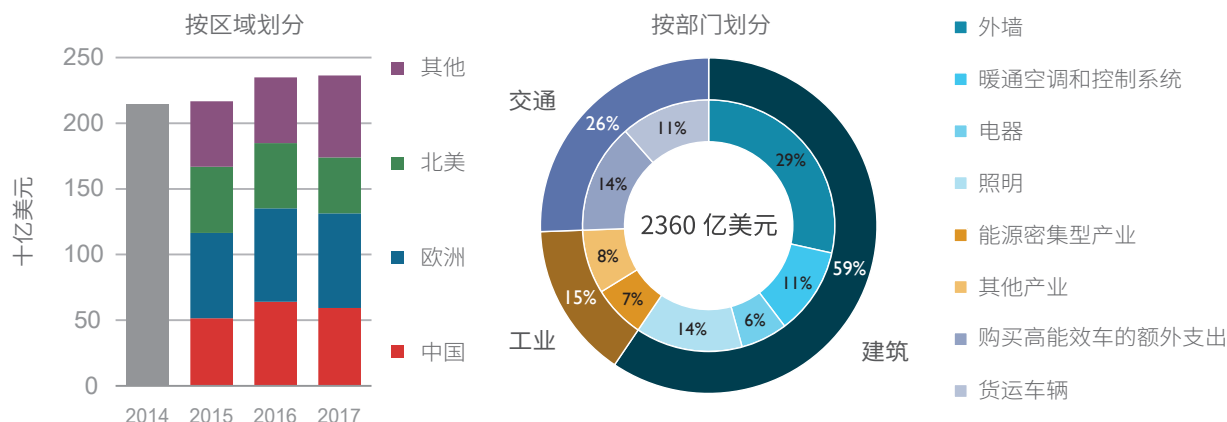
2017 年欧盟 EPPI 的增加值为全球最高，尤其是法国、德国、意大利和英国交通和建筑部门的法案和标准开始实施并且发挥效力，促使政策强度增加（图 1.13）。中国 EPPI 在 2017 年仅有微弱增长，部分增长来自新的乘用车和轻型商用车标准。尽管如此，凭借其在 2016 年以前突出的政策进展，中国 EPPI 仍然在主要能源消费国中处于领先地位。

能效投资趋势和展望

2017 年投资增长放缓

2017 年全球能效投资为 2360 亿美元，增长率仅 3%，较为微弱（图 1.14）。欧洲依然拥有全球最多的能效投资，为 750 亿美元，占全球总量的 32%。北美以 420 亿美元的投资额占全球总量的 18%，比 2016 年的 20% 略有下降，中国在全球的占比从 2016 年的 27% 下降至 2017 年的 25%。

图 1.14 各部门和区域能效投资



建筑部门以 1400 亿美元继续占据 2017 年全球能效投资的最大份额 (59%)，投资额比 2016 年增加 3%。交通部门是 2017 年能效投资增长最快的部门，投资额增长率 11%，总量达 600 亿美元，超过全球总量的 25%。工业部门投资为 350 亿美元，比上年下降 8%。

高效世界情景下能效投资显著增加

高效世界情景中节能潜力的发挥要求能效投资大幅增加（表 1.1）。2017 至 2025 年间的年平均投资需要增加至 5840 亿美元，而 2026 至 2040 年间则需要达到每年 1.3 万亿美元。

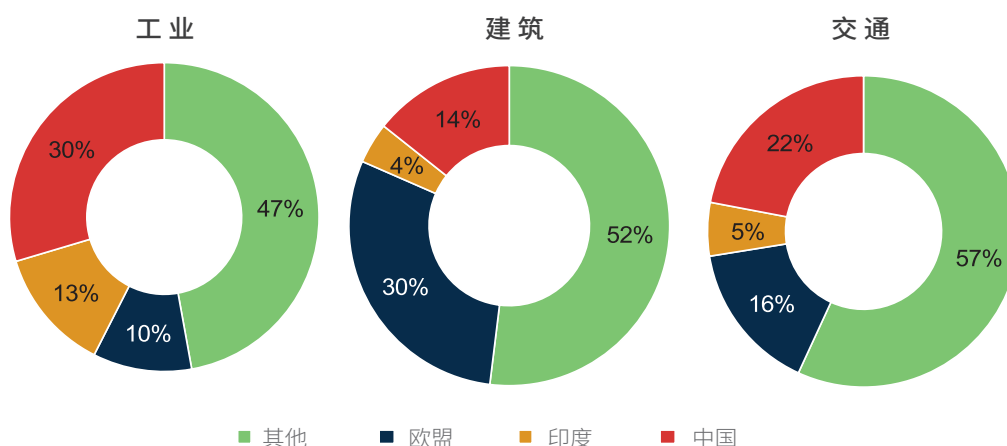
表 1.1 实现高效世界情景的能效投资需求 (2017-2040)

	年平均投资 2017-2025 (十亿美元)	年平均投资 2026-2040 (十亿美元)	累计投资 2017-2040 (十亿美元)
新政策情景	437	790	15 780
高效世界情景	584	1 284	24 514

从部门层面来说，要实现高效世界情景，交通部门是最需要能效投资的部门，特别是燃油能效的提升和电动车的推广。高效世界情景下，现在到 2040 年间交通部门累计投资需求比新政策情景高出 51%；建筑部门投资需求，包括建筑外墙和高能效电器的投资需求，比新政策情景高出 48%；现在到 2040 年累计投资需求中工业部门占比最小，为 10%，但其投资额是新政策情景的近 1.5 倍，是与新政策情景相比投资需求增量最大的部门。

高效世界情景下，各国家和地区投资需求在全球总量中的占比随不同部门而变化（图 1.15）。中国工业部门规模较大，因此中国在现在到 2040 年间的累计工业投资需求占全球工业投资需求总额的 30%，大部分将用于推广电热泵应用以及在非能源密集型行业中提高电机驱动系统的效率。全球建筑部门投资需求总量的 30% 来自欧洲，这些投资将用于老旧建筑的节能改造以及在建筑供暖中推广电热泵的应用。中国交通部门能效投资需求将占全球总量的 20% 以上，主要用于将乘用车中电动车的市场渗透率从目前的 0.4% 提升至 2040 年的 60% 以上。

图 1.15 高效世界情景下各部门累计能效投资需求的地区占比



注：其他包括北美、东南亚、非洲、中东、南美和除中国外的亚太地区。

实现高效世界情景需要的所有能效投资都具备良好的成本效益。对所有部门整体而言，从能效提升措施的全生命周期来看，由于能源支出的降低，用于能效提升的每一美元平均将获得 3 倍的回报。其中交通部门的回报因子为 2 倍以上，建筑部门为 2.4 倍，电机驱动系统的回报因子更是接近 7 倍。而以上对投资回报的预测仅仅考虑了节能量这一项效益，如果把能效能够产生财务收益的各种其他效益纳入考虑，投资回报率势必更为可观。

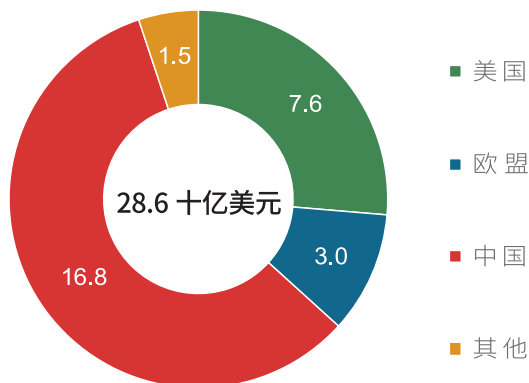
目前大部分能效投资都来自于能源消费者 / 单位的节能收益或贷款（通常称为“表内投资”）。然而要实现能效提升的全部节能潜力，不可能单纯依靠表内投资承担起未来能效投资的全部增长需求。与此同时，吸引其他来源的融资又具有一定的难度。与能源领域的其他投资相比，能效投资规模小，还面临投资者对能效技术不够了解、认为能效投资风险高等问题。基于以上种种原因，开发新的商务模式将对吸引投资流向能效领域起到至关重要的作用。

要实现高效世界情景，政府需要考虑如何为鼓励能效领域投融资活动和商务模式创新营造更好的政策环境。虽然现有的融资渠道和商务模式处在不同的发展阶段，但它们的存在都是为了更好地降低能效项目的风险和提高能效投资的活跃度。

节能服务公司

节能服务公司（ESCOs）通过契约性质的协议负责能效项目的设计和施工，在某些情况下也负责项目的融资，这些项目通常以合同能源管理（EPC）的形式开展。全球节能服务市场 2017 年市值 286 亿美元，比上年增长 8%（图 1.16）。中国 ESCO 市场以 170 亿美元市值继续发挥中流砥柱作用，比上年增长 11%。包括项目利好的账目系统调整和税收鼓励在内的政策支持促进了中国 ESCO 市场的快速增长。一些支持目前已经或正在逐步撤出，但初步看来对 ESCO 市场影响不大，这在一定程度上也反映了中国 ESCO 市场的成熟度及其在能效措施实施中的核心地位。已经运营超过三十年的美国 ESCO 市场 2017 年市值略高于 75 亿美元。欧洲市场则占全球市值的 10%。

图 1.16 各地区 2017 年 ESCO 收益

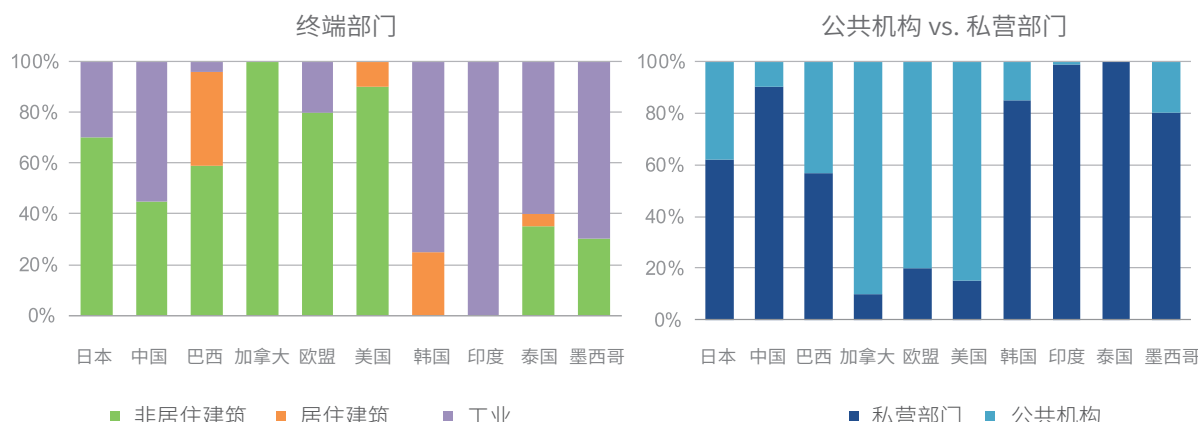


来源：根据 IEA 数据和联合研究中心（JRC）（2017）《欧盟节能服务公司：现状评估和围绕合同能源管理的未来市场发展建议》整理。

节能服务公司在各部门的市场行为依不同国家情况各异（图 1.17）。在大多数亚洲国家，由于政策支持的倾向性，工业部门是节能服务公司的主要服务对象。而在北美和欧洲，工业部门对节能服务市场的贡献非常有限。这些地区的工业部门更喜欢基于自身的专业知识实施能效措施并选择回报周期短的项目，而这对寻求长期合同的节能服务公司来说往往缺乏吸引力。

大多数地区的项目集中在私营部门。然而在北美，绝大多数项目都集中在公共机构。各国政府的政策是造成这一趋势的主要原因。以中国为例，政策为服务于私营部门的节能服务公司提供激励，并且一定程度上限制了节能服务公司在公共机构业务中的参与程度。而在北美，公共机构业主能够以优惠条件负债，从而可以更好地为节能服务合同提供经费。

图 1.17 2017 年不同国家和地区中的 ESCO 市场行为



节能量保险能够进一步降低 ESCO 项目的风险

节能项目实施效果的不确定性是节能服务市场无法回避的问题，这在很大程度上阻碍了第三方融资的深度参与。为了降低这种不确定性，当下有少数金融机构和私营企业推出了节能量保险 (ESI) (材料 1.1)，目前包括技术保险和信用保险两类。¹² 技术保险通过预设能效项目的技术风险，针对节能服务公司或技术供应商无法达成约定节能量的情况作出保障。信用保险则针对客户违约的情况为节能服务公司的后续收款提供保障。

材料 1.1 在能效项目中建立投资方和承保方之间的联系

爱尔兰公司 Proven Lighting 在工业 LED 照明领域有近十年的经验。该公司近期决定推出“服务性照明” (LaaS) 的商务模式：Proven Lighting 在 LED 项目中负责从融资、技术引进到设备安装和维护的一系列工作，客户无需支付前期成本，只需要在设备安装到位后定期向 Proven Lighting 支付费用即可。

Proven Lighting 已开发出五个储备项目，涉及工业、商业和农业部门，总价值 37 万英镑 (48 万美元)。该公司曾考虑通过银行贷款提供项目所需资金，但由于银行贷款被视为表内资产，这将严重影响到 Proven Lighting 开展其他项目的的能力。此外，账目上的贷款还将使未来的所有交易充满风险。为了避免上述信用风险，Proven Lighting 公司决定通过表外融资为这些储备项目提供资金。该公司采用了 Joule Assets 公司开发维护的在线平台 eQuad，在 eQuad 平台上，投资者可以对可再生能源和能效项目进行审查和选择，并为自己选择的项目提供资金。为了确保项目可以通过 eQuad 平台获得资金，Joule Assets 公司会安排储备项目接受财务分析和尽职调查，并且尽力促成保险公司为项目提供节能量保险，从而降低项目在投资者角度的风险预测中的风险性 (图 1.18)。

¹² 这两种保险都可以应用于节能服务合同和融资的不同模式，包括大多数常见的模式：节能量保证型和节能效益分享型。在节能量保证型合同中，节能服务公司保证一定水平的节能量，客户通常负责寻求融资。在节能效益分享型合同中，通常由节能服务公司寻求融资，客户和节能服务公司“分享”节能量带来的财务收益。节能效益分享型模式更适于证券化——一种将债务整合起来变成可交易商品包 (有价证券) 的机制。

图 1.18 储备项目通过 eQuad 平台融资的过程



借助 eQuad，Proven Lighting 公司在项目档案发出一周内就匹配到了投资者。该投资公司与 Joule Assets 共同成立了一家 500 万英镑的特殊目的机构（SPV），由投资公司完全控股。全部储备项目中每一笔投资的回收期均少于两年。

SPV 为 Proven Lighting 最初的五个储备项目安排了足够支付前期成本和后续维护成本的必要资金，并且为其将来的项目提供了基于需要的稳定资金流。这使 Proven Lighting 能够在市场上更好地推广 LaaS 商务模式并增加销售量。与 eQuad 合作使 Proven Lighting 得以更快速地推行他们的 LaaS 商务模式。从在 eQuad 平台上进行项目商务模式的先期准备，到融资成功、合作结束，整个过程耗时不到三个月。

来源：Joule Assets 公司（2018 年 7 月 20 日私人沟通）。

参考文献

- IBGE (2018), *Quarterly National Accounts* (database), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brazilian Institute of Geography and Statistics), Brasilia.
- IEA (2018a), *Coal Information 2018*, OECD/IEA, Paris, www.iea.org/statistics/.
- IEA (2018b), *World Energy Outlook 2018*, OECD/IEA, Paris.
- IEA (2018c), *World Energy Balances 2018*, OECD/IEA Paris, www.iea.org/statistics.
- IEA (2018d), *Energy Efficiency Indicators 2018* (database).
- IEA (2018e), *Energy Technology Perspectives* (Buildings model), www.iea.org/etp/etpmodel/buildings/.
- IEA (2018f), *Mobility Model* (database), www.iea.org/etp/etpmodel/transport/.
- IEA (2018g), *CO₂ emissions from Fuel Combustion* (database).
- IEA (2017a), *World Energy Outlook 2017*, OECD/IEA, Paris.
- IEA (2017b), *Energy Efficiency 2017*, OECD/IEA, Paris, www.iea.org/publications/freepublications/publication/Energy_Efficiency_2017.pdf.
- IEA (2012), *World Energy Outlook 2012*, OECD/IEA, Paris, <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2012-2>.
- IHS Markit (2018), *Vehicle Registrations and Other Characteristics at Model Level* (database), IHS Markit, Essen, <https://ihsmarkit.com/btp/polik.html> (accessed 27 August 2018).

INDEC (2018), Macroeconomic aggregates (GDP) (database), Instituto Nacional de Estadística y Censos, Republica Argentina [National Statistics and Censuses Institute], Buenos Aires, www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=3&id_tema_2=9&id_tema_3=47 (accessed 4 May 2018).

INEGI (2018), GDP – Activity of Goods and Services (database), Instituto Nacional de Estadística y Geografía [National Institute of Statistics and Geography], Mexico City, www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/bs/tabulados.aspx (accessed 28 June 2019).

IPCC (2018), “Global warming of 1.5° C: An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5° C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty” , Summary for Policymakers, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf (accessed 9 October 2018).

JRC (2017), Energy Service Companies in the EU: Status review and recommendations for further market development with a focus on Energy Performance Contracting, European Commission Joint Research Centre, Brussels, <http://dx.doi.org/10.2760/12258> (accessed 21 September 2018).

National Bureau of Statistics of China (2018), National Accounts (database), National Bureau of Statistics of China, Beijing, <http://data.stats.gov.cn/english/easyquery.htm?cn=B01> (accessed 29 June 2018).

Navigant Research (2016), Energy Efficiency Buildings Global Outlook (database), Navigant Research, Boulder, CO, www.navigantresearch.com/research/energy-efficient-buildings-global-outlook (accessed 24 July 2017).

Quantec (2018), Industry Service – RSA Standard Industry – Input Structure at basic prices (database). Quantec, Pretoria, www.easydata.co.za/ (accessed 26 June 2018).

RBI (2018), The India KLEMS Database (database), Reserve Bank of India, Mumbai, <https://rbi.org.in/Scripts/PublicationReportDetails.aspx?UrlPage=&ID=894> (accessed 28 June 2018).

Statistics Indonesia (2018), Gross Domestic Product (database), Statistics Indonesia, Jakarta, www.bps.go.id/subject/11/produk-domestik-bruto--lapangan-usaha-.html#subjekViewTab3 (accessed 26 June 2018).

StatsSA (Statistics South Africa) (2018), Gross Domestic Product (GDP), 4th Quarter 2017 (database), StatsSA, Pretoria, www.statssa.gov.za/?page_id=1854&PPN=P0441&SCH=6985 (accessed 26 June 2018).

Timmer, M. P. et al. (2015), World Input Output Database (database), www.wiod.org/home.

World KLEMS Data (2018), Russia (database), Higher School of Economics, Moscow, www.worldklems.net/data.htm (accessed 22 June 2018).

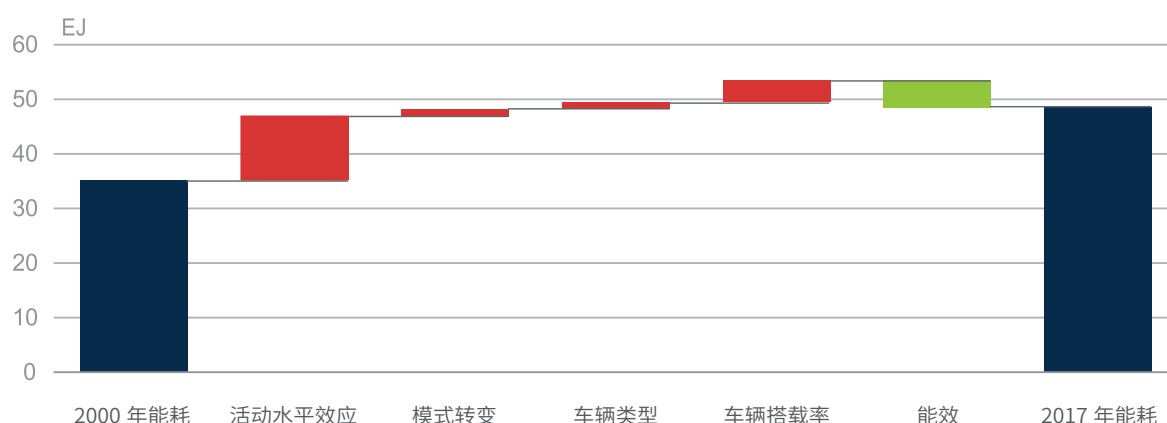
2. 交通、建筑和工业

交通能效趋势和展望

2017 年交通部门终端能耗¹³ 占全球终端能源需求总量约 29%，较上年增长 3.3%，较 2000 年增长 45%。增长主要来自道路车辆数量的增加以及航空和轮船运输需求的增加。2017 年全球道路车辆新车销售量为 9680 万辆，比 2016 年上涨 3.1%（OICA，2018）。2017 年航班载客总量以 41 亿人次突破历史记录，较上年增加 7.1%，而航空旅客公里数也有类似幅度的增长，较上年上涨 7.6%（ICAO，2018a）。

全球范围内，客运交通终端能耗总量在 2000 至 2017 年间增加了 38%，这主要是由于活动水平（如旅客公里数）的升高。其中，1/3 的增长来源于车辆搭载率的降低，即从公共交通向私家车转变（模式转变）和较大车辆的比重增加¹⁴（车辆类型）（图 2.1）。2000 年以来的能效提升使 2017 年客运交通节省了近 5 EJ 的额外能耗，足够近 1.2 亿辆小型车使用。2000 至 2017 年间客运交通能耗增长的 9% 来自 SUV 和乘用车等较大车辆的占比增加，而假如没有这一比重变化，能效提升将为交通部门实现更大的节能量。

图 2.1 客运交通终端能耗分解（2000-2017）



注：图中国家包括 IEA 成员国和阿根廷、巴西、中国、印度、印度尼西亚、俄罗斯以及南非。客运交通能耗包括乘用车（包括两轮和三轮车）、公共汽车以及数据可获取的铁路、船舶和航空客运。

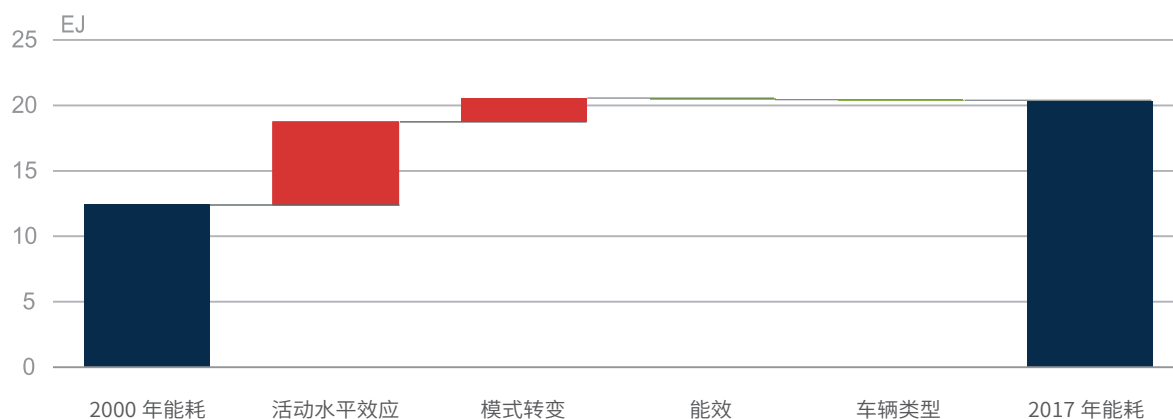
来源：根据 IEA（2018a）《能效指标 2018》；IEA（2018b）“移动模型”（数据库）；IEA（2018c）《世界能源平衡表 2018》（数据库）整理。

¹³ 即最终（能源）消费总量（TFC）。

¹⁴ 从乘用车向乘用车的轻型货车转变。乘用车轻型货车包括运动型多用途车（SUVs），多功能厢式车（MPVs）和轻型卡车（低于 3.5 吨）。全球每卖出 10 辆汽车，其中就有 4 辆 SUV，而这一比例是造成交通能耗增长的原因之一，在第 1 章也所有涉及。

货运交通方面，由于活动水平升高和货运铁转公，2000 至 2017 年间能耗增加了 65%（图 2.2）。车辆能效得到了提升，并且车辆类型也向着载重更多的较大货车¹⁵ 转变，但对能耗增长的抑制作用有限，仅仅抵消了 1% 的能耗增长。货运和客运在交通部门能耗中的比重之比（货运占交通能耗的比重 ÷ 客运占交通能耗的比重）增加了 0.07，某种程度上是由于二者在能效进展上的差异。

图 2.2 货运交通终端能耗分解（2000-2017）



注：图中国家包括 IEA 成员国（除美国外）以及中国、印度、巴西、印度尼西亚、俄罗斯、南非和阿根廷。货运能耗包括中型和重型货运卡车、商用三轮和四轮车、轻型商用车以及数据可获取的铁路、船舶和航空货运。美国道路货运吨公里数和能耗数据在 2008 至 2011 年部分和 2000 至 2015 年部分分别进行了调整，导致出现了道路货运交通同样年份的能源强度数据与之前发布的数据相比大幅升高、节能量下降的现象，因此 IEA 排除了这部分数据。负载系数（每公里行车对应的吨公里数）无法获取。

来源：根据 IEA（2018a）《能效指标 2018》（数据库）；IEA（2018b）“移动模型”（数据库）和 IEA（2018c）《世界能源平衡表 2018》（数据库）整理。

交通有望朝更高的能效加速前进

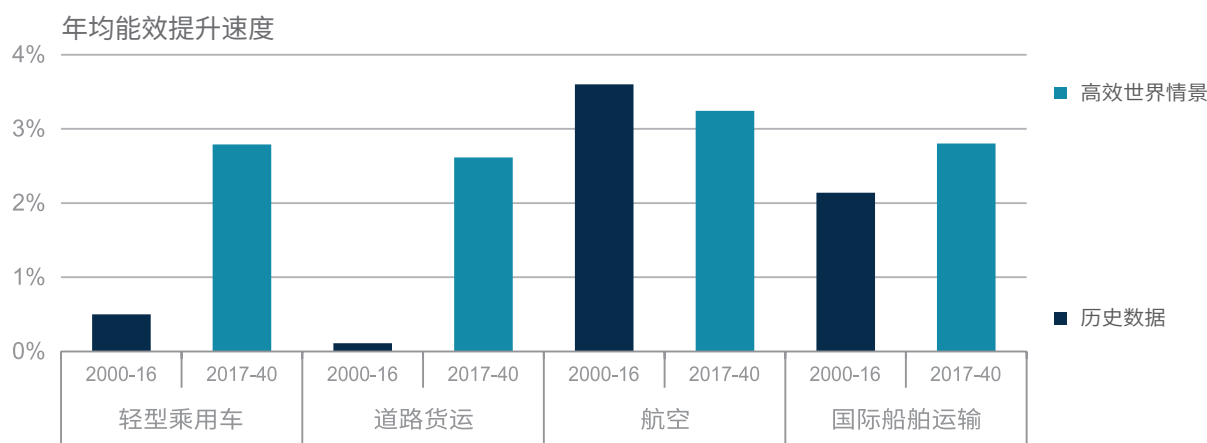
交通能耗增加的压力限制了能效提升所能够发挥的作用。然而高效世界情景下的模拟表明，现在到 2040 年期间，尽管交通部门活动水平翻一番，交通能源需求将有可能保持不变。其中客运交通能效将以平均每年 2.8% 的速度持续提升到 2040 年。2000 年以来交通能效历史数据的平均提升速度为每年 0.5%，但近期实施和规划中的政策将有可能把这个速度增加至每年 2%。高效世界情景中的能效提升速度相当于让 2040 年一辆普通乘用车拥有和目前最好的混合动力车一样的能效水平。

对货车而言，已经实施和规划中的政策将能使能效提升速度从 2000 年以来的每年 0.1% 以下增加至每年 1.5%。而高效世界情景中这一速度有望达到每年 2.5% 以上（图 2.3）。超过一半具有成本效益的客货运能效提升都可以在小型车和厢式货车中实现，其次是货车。

¹⁵ 货车包括中型和重型货运卡车。与客运汽车不同的是，由于较大货车拥有更好的载重能力，较大货车通常能效更高。

虽然近年来航空和船舶运输中的能效提升出现了滞缓趋势，但其过去的能效提升进展一直比客货运输好。以航空为例，航空能效——常用每营收旅客公里能耗表示——在 2000 至 2016 年间以平均每年 3.6% 的速度提升（每营收旅客公里能耗下降）；当然，保持这一能效提升速度有一定的难度，2015 至 2016 年，能效提升速度下降为每年 1.6%。高效世界情景下的模拟显示，航空能效拥有巨大的、具有成本效益的能效提升潜力，尤其是在新机型和后勤工作方面，将在下文“特别关注”部分（材料 2.1）详细讨论。船舶运输也出现了与航空运输类似的趋势，2000 至 2016 年平均能效提升速度为每年 2.1%，而在 2015 至 2016 年降至每年 1.5%。在通过具有成本效益的手段促进能效提升的过程中，存在巨大的潜力可供挖掘。近几年实施的几项政策就是着眼于此，但有待发掘更切实可行的措施来实现这一目标。¹⁶

图 2.3 客货运交通能效提升的历史数据和未来预测（2000-2040）



注：轻型乘用车能效指每公里行车 (vkm) 能耗，道路货运和船舶运输能效指每吨公里 (tkm) 能耗，航空运输能效指每营收旅客公里 (rpk) 能耗。国际船舶运输数据基于 2000 至 2015 年历史数据 (tkm 能耗) 趋势。

来源：根据 IEA (2018a) 《能效指标 2018》(数据库)；IEA (2018b) “移动模型” (数据库) 整理。

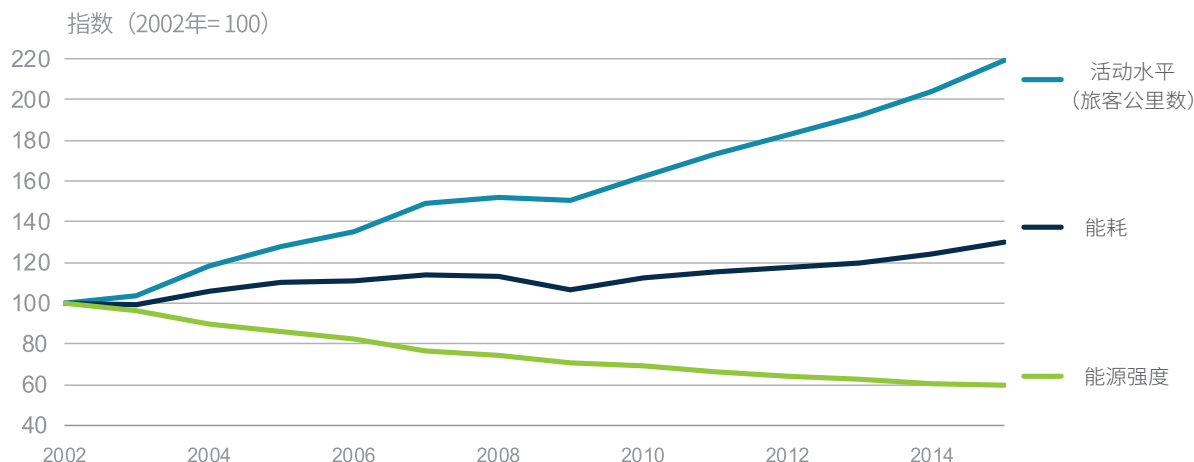
材料 2.1 特别关注：航空运输

随着商务和娱乐出行越来越全球化，航空运输的需求激增。从现在开始到 2040 年，航空运输需求预计将以平均每年 3.8% 的速率持续增长至 17 万亿旅客公里，是 2010 年的三倍以上 (IEA, 2017)。喷气式发动机燃料开支占整个航空运营成本的 30% 左右，为了获取更大的利润，提升能效长期以来都是航空行业为之努力的重要工作之一 (Lee 等, 2001)。2000 至 2017 年，受使用更新、更高效机型并提供更经济出行方案的低成本航空公司（通常称“廉航”）影响，每次航班的平均旅客数量上升，这在很大程度上为航空运输能效提升做出了贡献：每旅客公里航空能耗以平均每年 3.7% 的速率下降（即能效提升）。假如没有这些能效提升，实际的航空运输需求增长将会在 2017 年带来 68% 的额外能耗，相当于国际船舶运输的燃料需求总量。

¹⁶ 2018 年 4 月，国际海事组织 (IMO) 认同了在 2050 年前将船舶行业温室气体排放削减一半的策略。2013 年开始使用的船舶能效设计指数 (EEDI) 也被运用于这一策略下的工作中 (IMO, 2018a; IMO, 2018b)。另一项将对船舶行业产生影响的规范是 2020 年即将实施的低硫石油相关规范 (IMO, 2016)。

高效世界情景下，现在到 2040 年间能效提升幅度为 1/3。过去的能效提升来自喷气式发动机的技术进步、空气动力特性的改善和每次航班乘客人数的增加。然而保持过去的能效提升速度却是很大的挑战。最大的能效提升潜力存在于对机型进行彻底的重新设计。考虑到交付期长以及投资需求大的问题，这一措施在 2030 年前不太可能实现。与现有技术截然不同的发动机技术（如电动机或燃料电池）在短期内也不太可行（Sarlioglu, Morris, 2015）。

图 2.4 指数化的航空能源强度趋势（2002-2015）



来源：IEA（2018c）；ICAO（2018b）。

注：图上包括本土和国际航空运输。2002 年基准值如下：终端能源消费总量 9.3 EJ，旅客公里数 3.025 万亿，能源强度 310 万焦每旅客公里。

在短期内，一系列增量的能效提升是可能的，并且提升幅度介于 10%-30% 之间（Schafer 等，2015），这将有助于实现高效世界情景中的能效提升潜力。“一切如常”情况下的能效提升将来自于新一代的机型，例如空客 A320 NEO 和波音 737 MAX，新机型能将燃油能效提高 15%。更进取的措施能在短期内获得更大的能效提升，包括新机型的早期采用和将已有机型的发动机改造为新发动机。

近几年对航空能效也就是每旅客公里能耗影响最大的因素是单次航班的旅客数量。很多新机型在旅客数量上都有相当大的灵活性。以目前世界上最大的商用客机空客 A380 为例，理论上按照经济舱的座位设置最多可以同时容纳 868 名旅客，但如果提供商务舱和头等舱座位，实际的平均容量就会降至 500 名旅客左右（SeatGuru，2018）。

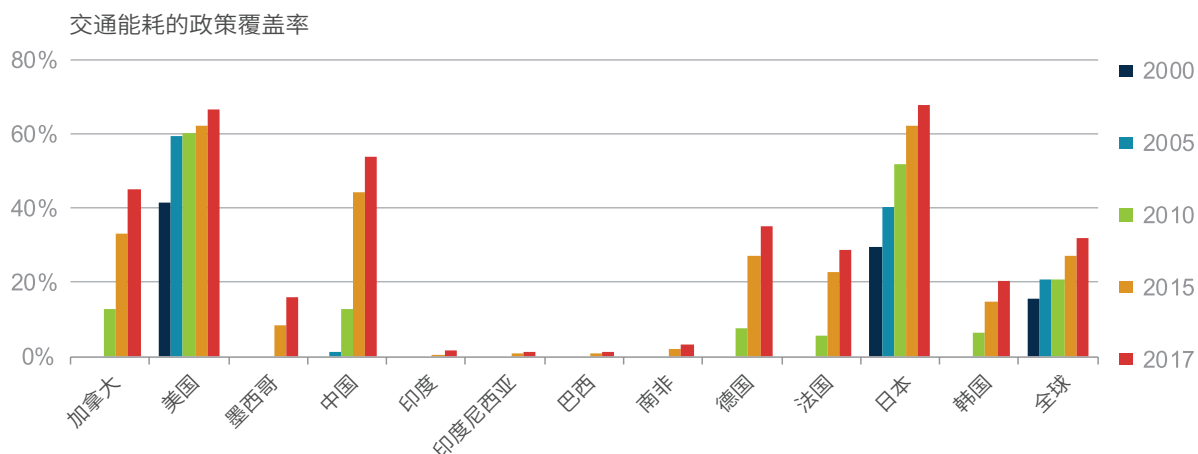
操作上的改进，例如飞行路线优化，也能够降低能耗。对于超长途的航班（一万公里左右），一个常用的方法是通过将其拆分成几个航段（例如两个五千公里的航段）来减少每一次航班的燃料负重（Green，2006）。其他可以采用的操作调整还包括航班的电动滑行，因为据估计目前 6% 的航班燃料都消耗在机场地面阶段（Greener by Design，2017），以及通过激励机制鼓励飞行员采取更高能效的行为（Dobruszkes 和 Givoni，2013）。诸如发动机节能改造一类的新兴技术手段还可以使能效得到进一步的提升。

交通能效政策

全球受到能效标准规范的道路和非道路车辆越来越多。新的政策和对受现行政策覆盖车辆的购买行为共同决定了在现有的车辆保有量中，有多少受到强制性燃油经济性标准的规范。

中国、欧洲和美国车辆市场的增长使交通能耗的政策覆盖率在 2017 年增加了 2.4 个百分点，达到 32%（图 2.5），实现了过去三年交通部门能效政策覆盖率的最高年增长。尽管如此，交通部门能耗受强制性能效政策覆盖的比例还是低于建筑和工业部门。

图 2.5 2017 年典型国家交通部门能耗的强制性政策覆盖率



货车方面，仅加拿大、中国、印度、日本和美国五个国家实施了燃油经济性标准。这些国家 2017 年的重型车销售量占全球总量近 50%。日本和美国由于标准引入早，因此政策覆盖最广，但中国和欧洲正在迎头赶上。一些新兴经济体国家无论对轻型车还是货车都还没有燃油经济性标准。

交通部门高效世界策略

整体机遇

现在到2040年间交通部门在保证活动水平翻番的情况下，能源需求可以基本保持不变。

乘用车：

- 对2040年道路交通潜在节能量的贡献率有望超过50%。¹⁷
- 能效能够以平均每年2.8%的速度持续提升至2040年。2000年以来历史数据的平均提升速度为每年0.5%，但近期已经实施和规划的政策能将这一速度提升至2%。
- 2040年一辆普通的乘用车有可能可以像目前世界最好的混合动力车一样高效，届时全球40%的车辆都会是电动车。

各领域机遇

货车：

- 2040年道路交通潜在节能量的42%将来自货车领域。
- 过去货车能效以平均每年不到0.1%的速度缓慢提升，但近期已经实施和规划的政策可以将这一速度提升至1.5%。
- 通过政策的强化和推广，高效世界情景预测能效提升速度能够增加至平均每年2.5%以上。

航空和船舶运输：

- 2040年交通部门潜在节能量将有1/3来自非道路交通（航空、船舶和铁路）。
- 航空和船舶交通能效提升速度将能达到每年3%，是2016年的两倍。

能效提升 政策建议

法规：

- 推广并强化轻型车和货车燃油经济性标准能够持续提升能效。
- 继续制定和落实航空和船舶运输领域的全球能效目标和措施。

财政和激励：

- 实行基于能效的车辆税收政策。
- 为各种出行方式的电动化提供财政支持。
- 虽然目前相关领域在实际中的应用有限，但应考虑通过基于市场的工具促进投资和商务模式的创新。

信息公开和能力建设：

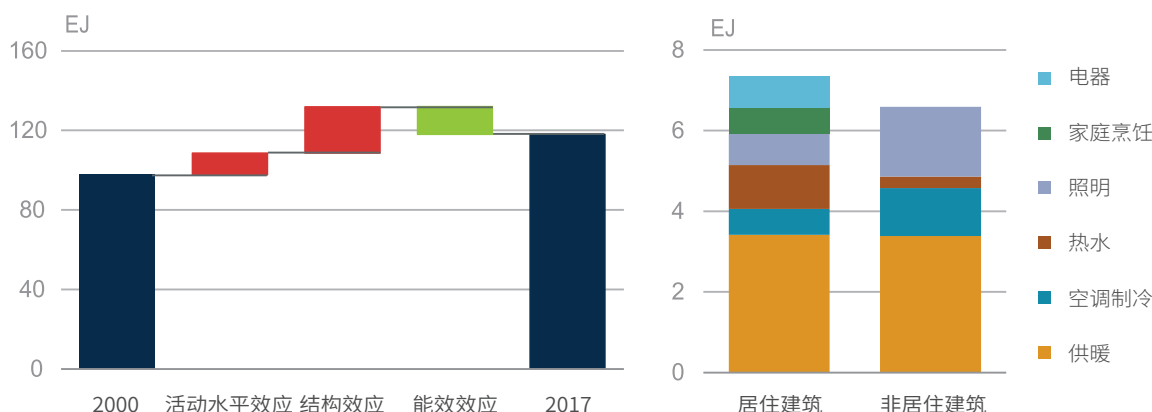
- 促进有利于转变出行方式和提升高能效车辆市场占有率的信息公开（如产品标识、网页信息资源，以及车型/出行方案比较工具等）。
- 开展高能效交通行为的相关培训。

¹⁷ 2040年潜在节能量的计算以新能源情景为基准。

建筑及电器能效趋势和展望

2017 年全球终端能耗中建筑和电器占比约为 30%。建筑能耗比 2016 年增加 0.8%，在 2000 至 2017 年间涨幅为 20%。增长主要来自结构效应，例如建筑面积、建筑占用率和建筑服务可获取性增加，以及包括人口、气候和电器使用水平变化在内的活动水平升高（图 2.6）。在建筑面积每年增加 3% 的同时，建筑能效的重要指标，单位建筑面积能耗（即建筑能源强度）从 2000 年以来以平均每年 1.6% 的速度下降（即能效提升）。

图 2.6 全球建筑终端能耗分解（2000-2017）（左）和居住及非居住建筑节能中的终端贡献（2000-2017）（右）



注：此处非居住建筑能耗不包括非核心的建筑服务（如商业服务、计算机和数据中心），而这一部分纳入工业及服务业能耗的分解分析。
来源：根据 IEA（2018a）《能效指标 2018》（数据库）；IEA《能源技术展望》建筑模型（www.iea.org/etp/etpmodel/buildings/）整理。

2017 年居住建筑终端能耗是非居住建筑的三倍以上。但与此同时，由于经济增长所导致结构效应的巨大影响，非居住建筑能耗 2000 年以来的增幅是居住建筑的两倍。2000 年以来，单位建筑面积能耗（即建筑能源强度）在居住建筑中以平均每年 1.7% 的速度下降，非居住建筑为 1.6%。

全球建筑能耗的增加很大程度上来自于主要的几个新兴经济体国家——巴西、中国、印度、印度尼西亚、墨西哥和南非——2010 年以来这些国家建筑面积平均增加 22%，建筑能耗平均增加 43%。

能效提升降低了全球建筑和电器能耗

2000 年以来，能效提升使建筑和电器节省了约 14 EJ 的额外能耗，相当于巴西 2017 年能源消费总量。如果没有能效提升，全球建筑能耗将会额外增加 12%。居住和非居住建筑都对节能做出了贡献，其中来自供暖的贡献在两类建筑中都相当可观。非居住建筑中大约 1/4 的节能来自照明节能。

尽管建筑部门节能效果显著，2000 至 2017 年间仍然有大量具有成本效益的能效提升潜力未被发掘。以冰箱为例，如果目前世界范围内能效最差的冰箱（约占保有量的 30%）全部受最低能效标准的规范并且全部达到全球平均的冰箱能效水平（即目前能效最差的冰箱在自身基础上降低 30% 的能耗），2017 年可以额外节省能耗 17 万太焦（ 10^{12} 焦耳，下文简称 TJ）。

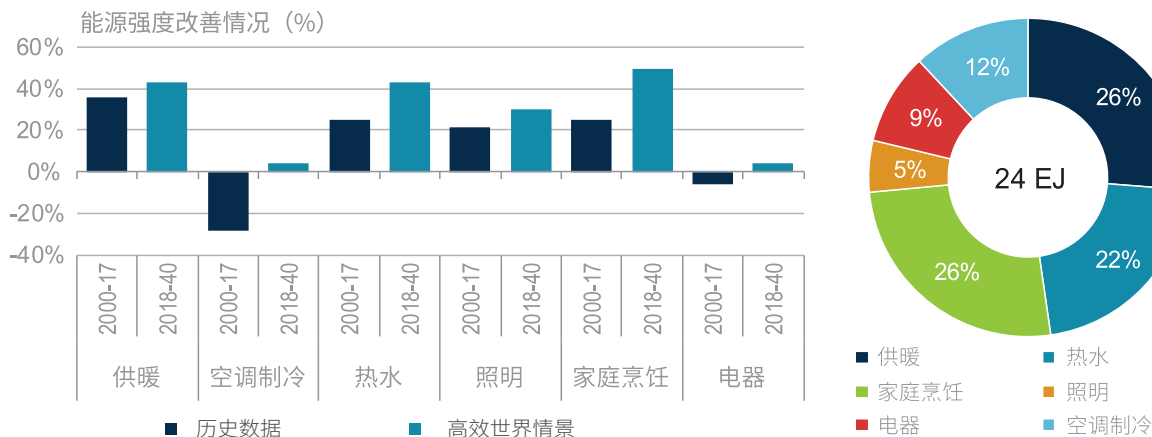
高效世界要求建筑和电器加快能效提升的脚步

把握住建筑和电器能效持续提升过程中具有成本效益的机遇至关重要。高效世界情景模拟显示，2040 年普通建筑的单位建筑面积能效水平将比现在的建筑高出 39%。这需要建筑能源强度（单位建筑面积能耗）从现在开始以平均每年 2.2% 的速度持续下降（能效提升）到 2040 年，略高于 2000 年以来 1.6% 的速度。

大部分节能机遇来自家庭烹饪、供暖和热水能效提升，共计能够在 2040 年节能 24 EJ（图 2.7）。2000 年以来空调制冷和电器能源强度的升高（整体能效水平变差）主要是因为设备和电器的使用增加，尤其是在新兴经济体的使用增加，然而设备和电器本身的能效并没有变差。高效世界情景下，即使面对空调制冷服务的增加和更大的电器保有量，空调制冷和电器能源强度也将分别有 4% 的降低（整体能效水平提升）。

高效世界情景中建筑部门大部分的节能量来自于针对供暖和空调制冷的能效措施。如果全世界建筑供暖能效都能够达到最佳实践市场（如日本和斯堪的纳维亚）的平均水平，全球供暖能源消费将减少一半，对高效世界情景下建筑部门整体能源强度降低的贡献率接近 50%。高效世界情景显示，2040 年全球建筑能效水平将会整体提高一倍，这在某些国家意味着建筑能耗总量的净减少，而在另一些国家则意味着在目前建筑能耗水平基础上仅有微弱增长。

图 2.7 全球建筑能源强度（单位建筑面积能耗）变化（2000-2040）（左）
和高效世界情景下现在到 2040 年建筑节能量的终端贡献（右）



注：高效世界情景下的节能量以新政策情景为基准。

来源：历史数据根据 IEA (2018a) 《能效指标 2018》（数据库）；IEA 《能源技术展望》建筑模型 (www.iea.org/etp/etpmodel/buildings/) 整理。

材料 2.2 特别关注：空调制冷

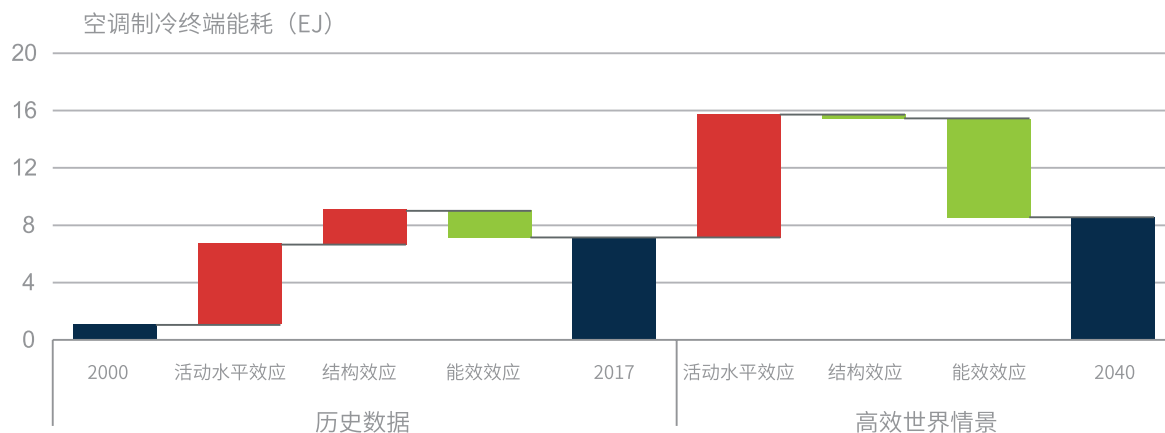
2000 年以来在气温升高¹⁸ 以及人口和经济增长引起活动水平升高的共同作用下，建筑制冷能耗从 3.6 EJ 到 7 EJ，增加了近一倍，使其成为建筑部门能耗增长最快的终端服务。如果没有能效提升，从现在开始直到 2040 年，由于活动水平升高和空调使用增加，建筑空调制冷能耗还将增加一倍以上。高效世界情景下，能效提升能够抵消大部分气候、活动水平和结构变化带来的制冷能耗增加并将其幅度控制在 19%（图 2.8）。

在重视最低能效标准对建筑制冷能源需求削减作用的前提下，制冷技术节能表现的提升将成为空调制冷能效提升的主要来源（贡献率 90% 以上）。大部分（60%）技术进步将发生在制冷能耗大的发达国家。建筑空调制冷领域的节能量有助于抵消大部分由主要新兴经济体国家即巴西、中国、印度、印度尼西亚和墨西哥空调制冷设备保有量增加带来的制冷能耗增长。

最低能效标准尚有很大提升空间

随着空调制冷最佳可获取技术能效的持续提升，在缩小市场平均水平与最佳可获取技术之间差距的过程中存在着巨大的节能潜力（图 2.9）。高效世界情景下，现有技术就足够让一台普通空调的能效水平提升一倍。通过比较反映空调制冷设备全年平均能效的季节能效比（SEER）发现，目前最好设备的能效水平是最差设备的五倍以上。而从能够更好反映设备峰值需求下运行能效的空调能效比（EER）来看，目前最好设备的能效水平比市场平均水平高出一倍。因此应该逐步调整最低能效标准，从 SEER 和 EER 尺度上共同缩小最差可获取技术和最佳可获取技术的差距。

图 2.8 全球建筑空调制冷能耗分解（2000-2040）

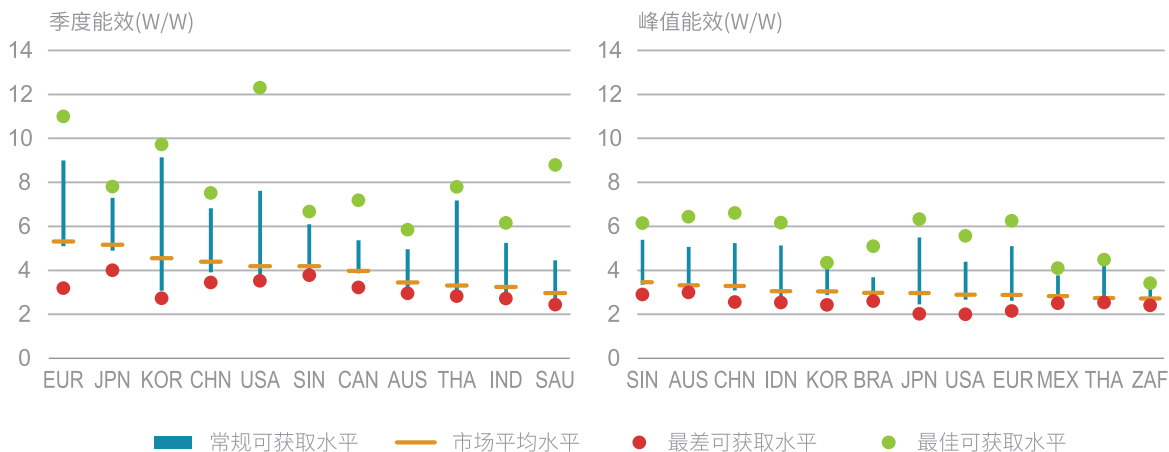


注：此处非居住建筑能耗不包括非核心的建筑服务（如计算机和数据中心），而这部分纳入工业和服务业能耗分解分析。

来源：历史数据根据 IEA（2018a）《能效指标 2018》（数据库）；IEA《能源技术展望》建筑模型（www.iea.org/etp/etpmodel/buildings/）整理。

¹⁸ 通过按照人口数量加权后的冷却度日（CDD）增加值而得知。

图 2.9 2018 年各国小型空调制冷设备能效表现



注：季节能效和峰值能效通常分别以季节能效比 (SEER) 和能效比 (EER) 来衡量。由于各国确定两个参数的检测规程不同，各国的 SEER 和 EER 有时无法进行相互比较。

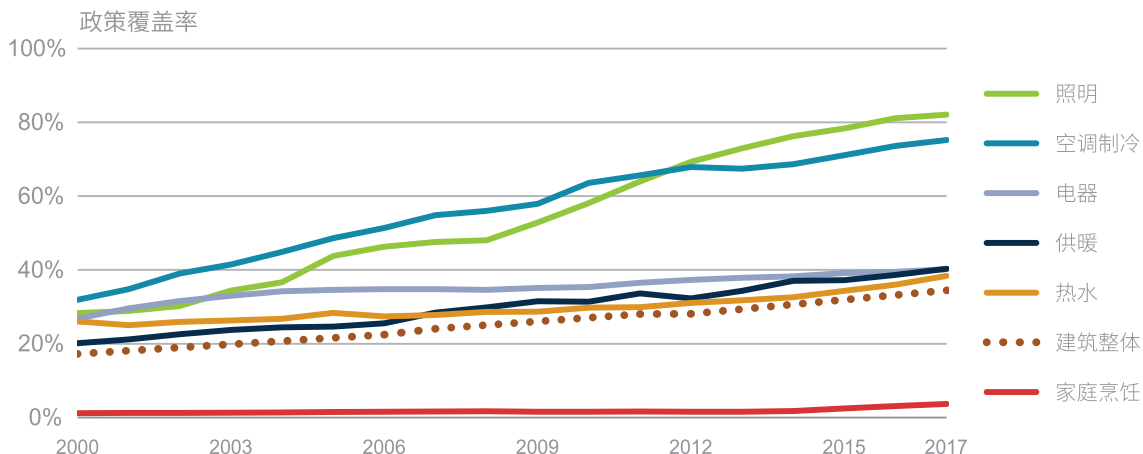
来源：IEA (2018d) “全球能效交流：空调制冷”。

建筑和电器能效政策

建筑和电器能耗的能效政策覆盖率持续攀升

2017 年全球建筑能源消费的 34% 受强制性能效政策（如法规和标准）的管理——其中居住建筑能耗的政策覆盖率为 32%，非居住建筑 43%。在用能终端层面，照明和空调制冷能耗以 80% 左右的强制性政策覆盖率遥遥领先。2017 年约旦、秘鲁等国新引入的空调制冷标准和设备标识项目开始生效，使全球空调制冷能耗的政策覆盖率近期表现出升高趋势。传统生物质的使用能不受监管，致使家庭烹饪成为政策覆盖率最低的用能终端。全球家庭烹饪用能中仅 4% 受强制性政策的规范（图 2.10）。

图 2.10 全球建筑用能终端能耗的能效政策覆盖率（2000-2017）



注：图中政策覆盖率同时包括居住和非居住建筑。

建筑部门高效世界策略

整体机遇

2040年建筑能效水平将在目前基础上提高40%。尽管现在到2040年建筑总面积将增长60%，建筑总能耗仍然可以与现在基本持平。

供暖：

- 高效世界情景下2040年超过25%的潜在建筑节能来自供暖领域。¹⁹
- 2000年以来供暖能效提升了38%，而从现在到2040年还将有43%的提升。发达国家在2020年以前将拥有新型的近零能耗建筑，2030年以前推广到新兴经济体。
- 供暖能效提升的关键措施包括更高效的供暖设备（如增加热泵的使用）以及通过更好的建筑保温性能和窗户来降低供暖需求。

热水：

用能终端机遇

- 高效世界情景下2040年超过20%的潜在建筑节能来自热水领域。
- 2000年以来热水能效提升了25%，从现在到2040年还将有43%的提升。
- 热水能效提升的关键措施包括提升热水设备的能效（如增加热泵的使用）。

空调制冷：

- 高效世界情景下2040年12%的全球潜在建筑节能和超过25%的主要新兴经济体国家潜在建筑节能来自空调制冷领域。
- 空调制冷能效提升的关键措施包括采用高效空调和控制系统，以及通过改善建筑保温性能和窗户来降低制冷需求。
- 现有技术能够使普通空调的能效水平翻倍。

法规：

- 提升新建和既有建筑节能法案和标准的覆盖率和强度。
- 提升关键建筑设备和电器标准的覆盖率和强度，例如热泵标准和空调标准。

财政和激励：

能效提升政策建议

- 通过合理的财政或财务激励鼓励消费者选购高效电器和进行深度节能改造。
- 通过市场工具，如强制性节能机制和“白色证书”节能机制，激发商务模式创新，促进投资增加。

信息公开和能力建设：

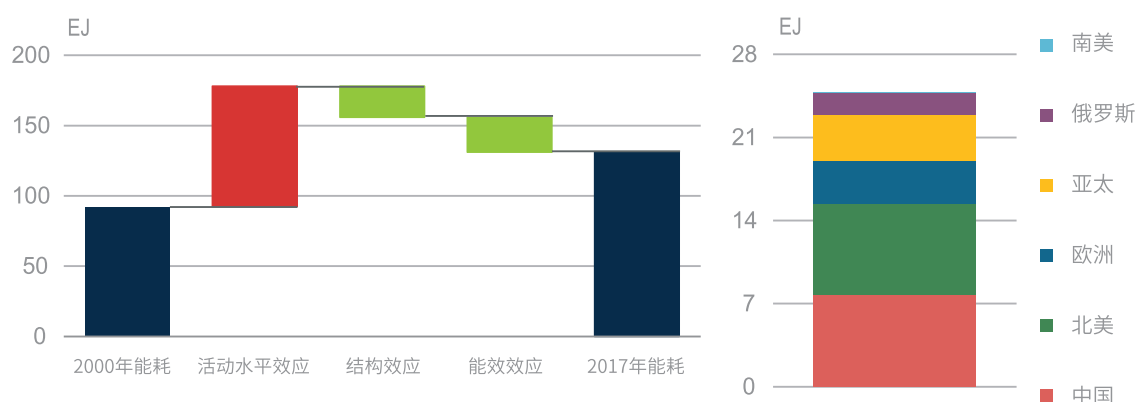
- 提高建筑及其组件节能信息和标识的信息质量和可获取性。
- 推广针对设计公司、供应商、安装服务商和评审方的专业培训项目和资格认证。

¹⁹ 2040年节能量以新政策情景为基准。

工业能效趋势和展望

在能效提升和经济结构变化的共同作用下，IEA 成员国和其他主要经济体国家在工业和服务业部门中因经济活动水平提升造成的终端能耗增加被抵消了一半以上（图 2.11）。2000 至 2017 年间经济活动水平几乎增加了一倍，其中中国和印度贡献了绝大部分，能耗持续增加。从结构效应来看，经济活动从金属、水泥、纸浆和造纸业等能源密集型工业行业转向服务业和非能源密集型的制造业，抵消了活动水平提升所带来影响的 1/4 左右。这种在发达经济体中常见的结构效应现在在新兴经济体中十分显著。中国对全球基于结构效应的节能量贡献超过 40%，非 OECD 经济体则贡献了 2/3。

图 2.11 IEA 成员国和其他主要经济体国家工业和服务业能耗分解（左）
和基于能效提升的节能量的地区贡献（右）（2000-2017）



注：工业包括《国际标准行业分类》（ISIC）中的 10-18 类、20-23 类和 25-32 类，不包括采矿和采石、焦炭和精炼石油产品的生产、以及建筑业。图中能耗不包括非能源消耗（如原料消耗）。服务业包括 ISIC 中的 33-99 类，不包括交通行业。图中国家包括 IEA 成员国，以及阿根廷、巴西、中国、印度、印度尼西亚、俄罗斯和南非。

来源：根据 IEA (2018a)《能效指标 2018》（数据库）；IEA (2018e)《世界能源平衡表 2018》（数据库）；Timmer 等 (2015)《WIOD 数据库》（数据库）；巴西国家地理与统计局 (2018)《国民经济季度核算》（数据库）；中国国家统计局 (2018)《国民经济核算》（数据库）；印度储备银行 (2018)《印度 KLEMS 数据库》（数据库）；印度尼西亚统计局 (2018)《国内生产总值》（数据库）；墨西哥国家统计局 (2018)《国内生产总值——商品和服务活动水平》（数据库）；南非统计局 (2018)《国内生产总值，2017 年第四季度》（数据库）；Quantec (2018)《工业服务——南非标准工业——基本价格下的投入结构》（数据库）；阿根廷统计局 (2018)《宏观经济总量 (GDP)》（数据库）；世界 KLEMS 数据 (2018)《俄罗斯》（数据库）整理。

假如没有 2000 年以来的能效提升，工业和服务业部门将会额外消耗 25 EJ (20%) 能源，相当于印度 2017 年终端能耗总量，并额外排放 24 亿吨 CO₂ 当量的温室气体。能效提升对能耗的影响比结构效应大 10% 以上。在工业和服务业部门基于能效提升的节能量中，中国占了近 1/3，这是由于中国强有力的政策执行和新生产设备在能源密集型行业的使用使能效得到了迅速提升。从行业层面来看，在基于能效提升的节能量中，能源密集型制造业贡献了约 40%。水泥和化工行业能效得到了显著提升，一定程度上是因为中国和印度建设了新的工厂和设施。

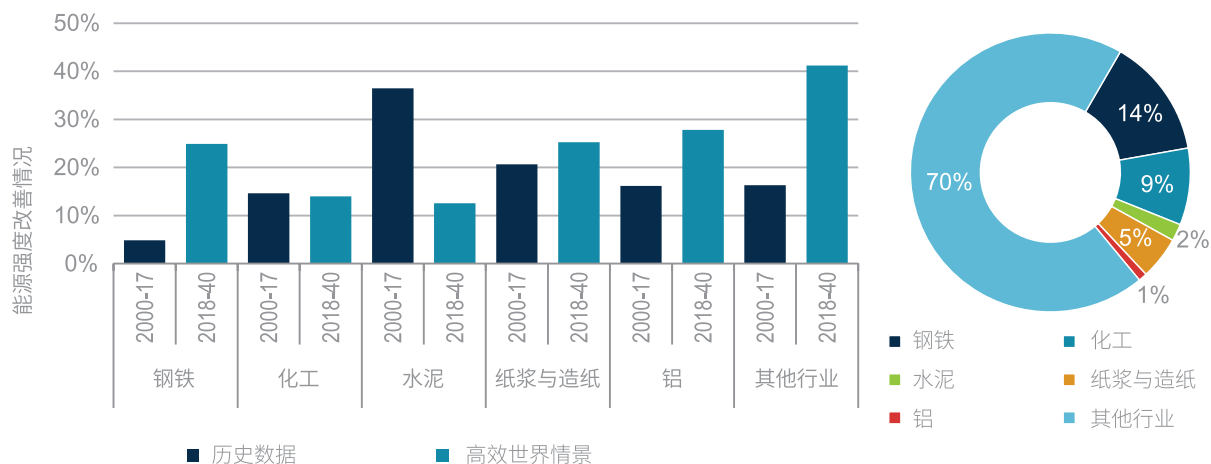
制造业能源强度降低，但下降速率有望进一步提高

2000 年以来，IEA 成员国和其他主要经济体国家制造业的能源强度²⁰下降了 25%（能效提升）。能源强度的改善使得近年来制造业能耗增长显著放缓，然而据估计 2017 年能耗一反前几年的平缓趋势，增长了将近 2%。

新政策情景下，2040 年制造业能源强度²¹将比目前水平降低 36%（能效提升），比图 2.11 中各国 2000 年以来能源强度的平均年下降率高出 20%。而在高效世界情景下还可以达成更大的提升。制造业单位能耗总增加值提高近一倍，从而使能源强度降低 44%，能耗比新政策情景减少 15%。

在行业层面上，高效世界情景模拟显示，2040 年食品、饮料、汽车和纺织品制造等非能源密集型制造业的能源强度——单位增加值能耗——可以降低 41%（能效提升），这些行业都包含在“其他行业”中（图 2.12）。以新政策情景为基准，现在到 2040 年高效世界情景下的工业节能量中，大部分（70%）来自这些行业的能效提升。2000 至 2017 年之间，这些行业总体能源强度仅降低了 16%，因此要达到高效世界情景中的节能效果，还需要大幅提升能效。实现这一提升的两个主要途径包括利用高效电热泵代替天然气、煤炭或燃油锅炉作为低温热源（低于 100°C），以及提高电机驱动系统的效率。在高效世界情景中，用于工艺加热的电热泵数量是新政策情景的两倍。

图 2.12 各工业行业能源强度下降率历史数据和高效世界情景下的预测（左）
和高效世界情景下现在到 2040 年工业节能量的行业贡献（右）



注：高效世界情景下节能量的计算以新政策情景为基准。

在高效世界情景下，到 2040 年，钢铁制造业的能源强度²²将在目前水平基础上下降 25%（作为参考：2000 至 2017 年下降了 5%），同时，铝制造业的能源强度将在目前水平基础上下降

²⁰ 单位总增加值（GVA）能耗，简称单位增加值能耗，按 2010 年美元购买力平价（PPP）计算。

²¹ 单位增加值能耗，按 2016 年美元 PPP 计算。

²² 钢铁制造业的能源强度以每吨钢的能耗来计算；铝制造业的能源强度以每吨铝的能耗来计算；对于化工行业来说，以生产每吨化工产品的能耗量来计算，选取五种生产过程明确建模的化工产品：乙烯、丙烯、BTX 芳烃、氨和甲醇，取每吨产品能耗平均值；造纸行业以生产每吨纸张的能耗来计算；水泥行业以每吨水泥生产能耗来计算。

28%（2000 至 2017 年下降了 16%）。要实现这样的能效提升，除了提高原料金属生产的能效之外，还有一个关键手段是提高废旧金属回收利用率，用以制造新的金属产品，本章稍后将详细阐述（材料 2.3）。对于纸浆和造纸行业来说，2000 年以来能效提升幅度略高于 20%，而到 2040 年，纸张和纸板的回收再利用率的提高将与工艺和设备级别的能效提升相结合，将该行业能源强度在目前水平基础上再降低 25%。

在高效世界情景下，到 2040 年，化工和石化行业的能源强度将比现在下降 14%。到 2030 年，石油需求（与目前相比）增长的 1/3 以上来自石化行业，这个比例到 2050 年将达到一半左右，超过货车、航空和船舶运输。能效提升，包括工艺加热和电机驱动系统的能效提升，将有助于缓解因石化产品需求持续增加带来的能耗增加。能效与其他措施相结合将能降低石化行业产生的 CO₂ 排放和其他环境影响，这些措施包括碳捕集、利用和封存（CCUS），煤制气的原料转变和回收利用率提高（IEA，2018f）。

自 2000 年以来，由于中国和印度采用了全新而高效的生产方式，水泥制造业的能源强度得到了显著改善。在高效世界情景下，现在到 2040 年水泥行业能源强度还能再降低 13%。降低水泥生产能源强度的一个关键措施是降低熟料水泥比。水泥熟料是水泥的主要组成成分，其生产过程中的能耗是整个水泥生产流程中最大的。熟料水泥比对水泥生产的能源强度有显著影响。正如在《能效 2017》中所详细阐述的，这一参数还有降低的空间。

材料 2.3 特别关注：金属回收

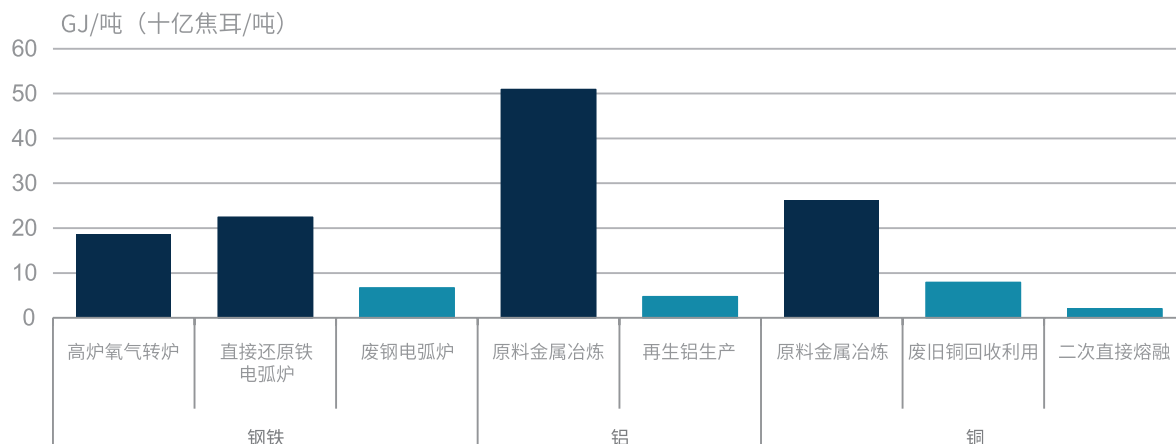
从回收的废旧金属中提炼铁、钢、铝、铜等金属为能效提升提供了重要机遇。金属工业占全球工业总能耗 1/4 以上，其中原料金属冶炼，即从矿产中提炼金属的过程，占比最大。废旧金属回收利用被称为二次冶炼，能源密集程度远低于原料金属冶炼，因此也成为了实现高效世界情景的重要贡献者。与原料金属冶炼相比，回收利用废旧金属、采用电弧炉进行粗钢冶炼比原料钢冶炼节能 60% 至 70%。类似地，废旧铝回收利用，即废旧铝的重熔重铸，将比原料铝冶炼节能 90% 以上。废旧铜回收利用，即废旧铜的重熔重铸，也要比原料铜冶炼节能 70%（图 2.13）。

金属回收发展状况的主要决定因素是废旧金属的品质和可获取性。工业过程中收集和回收的废旧金属称为新废料，而基础设施、车辆和家电报废后收集和回收的称为用后废料。金属设备大都有很长的使用寿命，因此目前有很多金属仍在有效使用中而不能被回收再利用。如果废旧金属收集、分类和回收利用的成本很高，金属回收领域将很难得到商业化发展。

目前存在多种形式的政策支持，用于增加废旧金属的回收利用量和促进金属回收商业化发展，但它们大都针对广义的废物回收而不特别针对金属回收。财政支持是一种广泛使用的推广废物回收的手段，通常以向回收工厂或设施提供拨款或贷款的形式发挥作用。除典型的公司贷款以外的社会融资并不是主要的推动废物回收发展的手段。鼓励废物回收的税收措施是最常见的政策支持形式。在一些国家，采取废物回收措施的公司将会获得一定的税收抵扣。通过对垃圾填埋行为征税来促进废物回收利用的垃圾填埋税就是最常见的支持形式。

回收服务通常由地方政府提供，它使消费者的回收利用行为更加简单方便，但这对塑料和纸张回收的帮助比对金属回收大。生产者责任延伸制度（EPR）要求制造商承担报废产品管理的财务责任，从而激励厂商设计能够以低成本回收利用的产品。这样的政策通常用于促进电子产品制造商进行铜的回收，以及促进汽车制造商进行铝的回收。然而钢材与消费品不同，基于其耐用久、供应链长以及在基础设施中使用规模大等特点，生产者责任延伸制度在提高废旧钢材的回收利用率方面无法起到像其他行业一样显著的作用。

图 2.13 钢铁、铝、铜的原料金属冶炼和再生金属生产能源强度



注：原料铝冶炼是指氧化铝在熔融溶液中电解产生的铝锭的过程（Hall-Héroult 工艺）。再生铝生产是指通过对新废铝料、用后废铝料和金属浮渣的精炼以及对新废料和已分类的用后废料的重熔来生产铝锭。原料铜冶炼是指从铜矿石中产生电解铜的过程，废旧铜回收利用是指从废旧铜料中生产电解铜，二次直接熔炼指将电解铜和铜锭铸造为铜坯。

来源：根据世界钢铁协会（2018）《钢铁行业能耗》；World Aluminium（2018）《原料铝冶炼能源强度》（数据库）；European Aluminium（2013）《欧洲铝业环境档案报告》；铝业协会（2013）《北美半成品铝的环境足迹》；国际铜业协会（2018 年 9 月 12 日私人沟通）整理。

目前的政策设置并没有让金属的回收利用率提高到实现高效世界情景所需要的水平。许多现行政策都侧重于广义的回收利用，因此应该制定对提高金属回收利用率更有针对性的政策。基于税收的激励措施是最常见的政策工具，但仍有赖于公司或者消费者的自主决策。确保金属回收鼓励或强制性政策的有效实施，如 EPR 或垃圾填埋禁令，才是提高废旧金属回收利用率最有力的工具。

工业能效政策

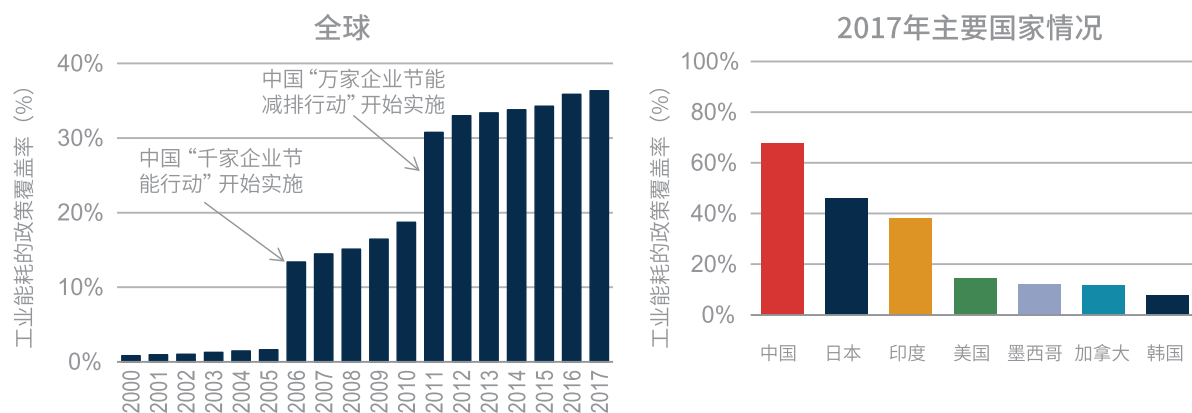
全球工业能耗²³中受强制性能效法规及标准覆盖的比例在 2017 年增加了 0.5 个百分点，达到 36%（图 2.14）。大部分政策覆盖来自中国、印度和日本的强制性工业能效政策实施，以及长期使用电动机最低能效标准的国家。近期工业能耗政策覆盖率持续递增的主要原因是存量产品和设备的换代，而非新政策的制定实施。

基于其工业部门的规模，中国的强制性工业能效政策是全球工业能效政策覆盖的基石。中国的工业能效政策始于 2006 年实施的“千家企业节能行动”，并进一步发展为“万家企业节能减排行动”，为中国能耗最大的企业制定强制性的能源强度下降目标。目标由国家层面设定，分解到区域和地方层面，再进一步在企业中分配和细化。中国还将继续设定工业能源强度下

²³ 关于能效政策的覆盖率及强度的解释及详情参见第 1 章。

降目标，但将对能耗最大的一百、一千、一万家用能单位分别制定能源强度下降目标。该政策正在逐步落实，预计 2018 年下半年全面实施。

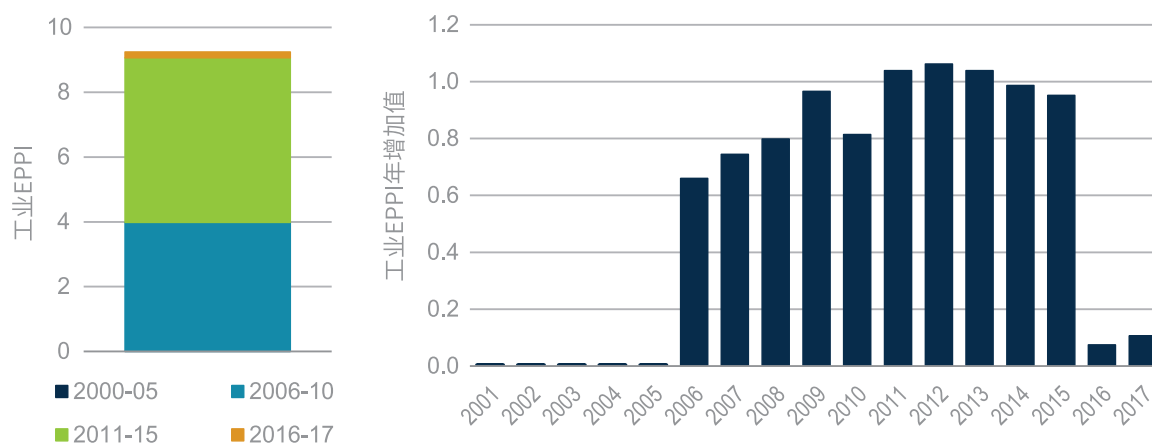
图 2.14 全球 2000 至 2017 年（左）和各国 2017 年（右）工业能耗的强制性能效政策覆盖率



工业能效政策进展滞缓

2017 年强制性工业能效政策和针对工业设备特别是电动机的最低能效标准的出台实施和加强，使全球工业部门 EPPI 达到 9.2 分（图 2.15），比上年增加了 0.1 分，比 2016 年的年增加值高出 40%，但远低于 2000 年以来最快增长时期的水平，即 2011 至 2015 年 EPPI 平均每年增长 1.0 分的水平。这一现象证明 2017 年工业能效政策进展状态相对平静，没有重大的新政策推出，目前进展来自于存量产品和设备特别是电动机的换代。

图 2.15 2017 年工业 EPPI（左）和 2001 至 2017 年工业 EPPI 年增加值（右）

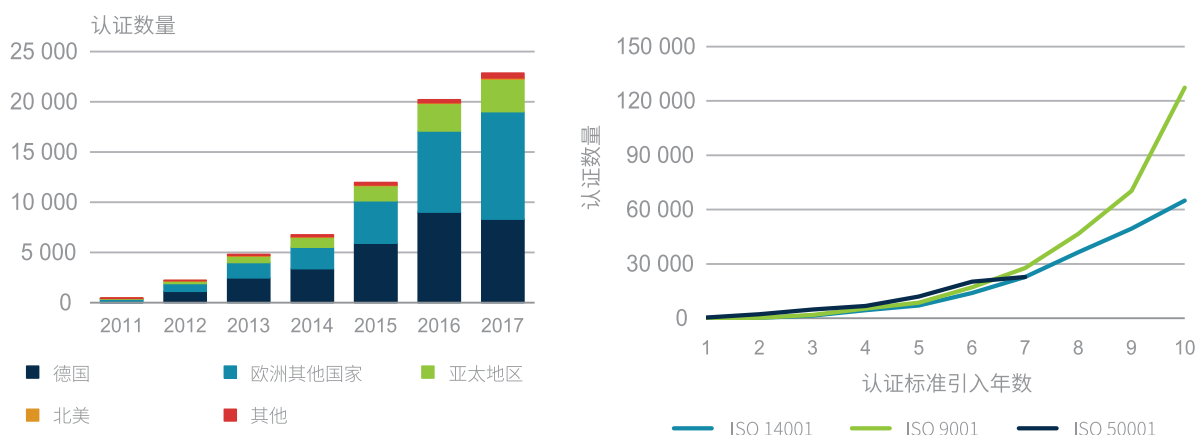


注：关于 EPPI 的详细解释见第 1 章。

工业能源管理体系

能源管理体系是用来确保系统化规划、分析、控制、监测、能效提升和能耗下降的一系列流程和做法的集合。对于大部分缺乏专业知识或激励、不像能源密集型行业那样重视能效的工业行业而言，能源管理体系可以帮助它们有效地发展出能效提升的最佳实践。

图 2.16 2011 至 2017 年 ISO 50001 认证情况（左）和与其他管理标准认证的进展比较（右）



来源：根据国际标准化组织（ISO）（2018）“ISO 对于管理体系认证标准的调查”（数据库）；just-style（2001）《ISO 9000 简版》；Thandapani 等（2011）《经美国工程与技术鉴定委员会（ABET）鉴定并基于 ISO 9001:2000 的质量管理体系》；ISO（2000）“ISO 对于 ISO 9000 和 ISO 14000 认证证书的调查，第十次：截至（含）2000 年 12 月 31 日”整理。

ISO 50001 是能源管理体系的国际标准。截至 2017 年底，获得 ISO 50001 认证的企业或单位已达到近 23000 家，比 2016 年增加了 13%（图 2.16）。与前几年相比，增长明显放缓，其中一个主要原因是德国的认证数量减少了 8%，尽管其税收优惠政策（材料 2.4）的持续实施使德国一直是全球认证数量最多的国家。ISO 50001 标准在之前经历了一段时间的评估更新，这可能也对认证数量增长缓慢产生了一定影响。修订后的标准（《ISO 50001: 2018》）现已发布。

ISO 50001 认证数量在标准发布实施的最初七年里增长趋势与其他管理体系标准类似，如 ISO 14001 和 ISO 9001。²⁴ 然而在它们各自发布实施十年后，ISO 14001 有超过 60000 个认证，ISO 9001 有超过 120000 个认证。ISO 50001 认证是否能遵循类似的发展轨迹将取决于有多少中国公司采用该标准。在已有的 ISO 9001 和 ISO 14001 认证数量中，中国所占的百分比最大，而截至 2017 年底，中国仅占 ISO 50001 总认证数量的 8.5%；但 2016 年中国 ISO 50001 认证数量几乎增加了两倍，2017 年增长超过 40%，使中国成为全球 ISO 50001 认证数量第四多、除欧洲国家外拥有认证数量最多的国家。中国另外还有一套能源管理体系国家标准（GB/T 23331），截至 2017 年底共有 2552 家企业或单位获得该标准认证（CNCA，2018）。

²⁴ ISO 9001 是质量管理体系的国际标准。ISO 14001 是环境管理体系的国际标准。

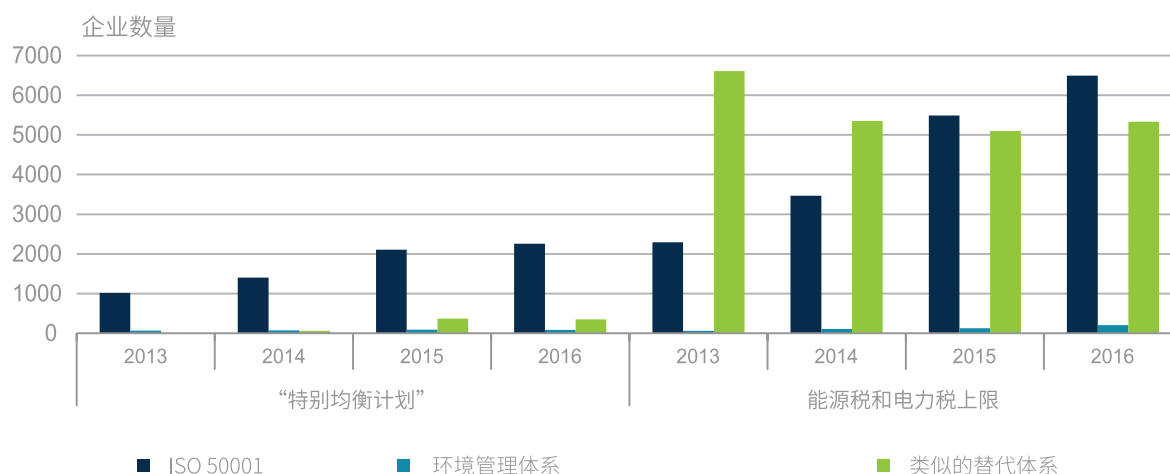
材料 2.4 德国针对 ISO 50001 的税收优惠

在德国，采用能源管理体系的企业可以申请减免可再生能源附加费（“特别均衡计划”）或能源电力税（通过“能源电力税上限”机制）。可再生能源附加费标准为 0.068 欧元 / 度电 (kWh)。凡属于指定的能源密集型行业、符合特定的用电量条件并拥有能源或环境管理体系认证的企业均可申请“特别均衡计划”，申请通过的企业仅需支付不超过 20% 的可再生能源附加费。到 2017 年底，超过 2000 家公司申请了这项优惠政策，优惠总值约 50 亿欧元。

德国工业用天然气的税率为 5.5 欧元 / 千度电 (MWh)，电力为 20.5 欧元 / MWh。制造、能源、采矿、给水和建筑等行业的企业如果能够接受并达成能源强度每年整体降低 1.35% 的目标，并且采用认证的能源或环境管理体系，就能申请 90% 的能源电力税退税。截至 2017 年底，约有 4800 家企业符合能源税退税的条件，9400 家企业符合电力税退税的条件，优惠总值合计约 20 亿欧元。

ISO 50001 认证是满足税收优惠政策对能源管理体系要求的主要方法，但中小企业通常会采用其他标准体系的认证（图 2.17）。符合能源“电力税上限”优惠条件的行业能源强度每年下降约 3%，优于 1.35% 的目标。

图 2.17 符合“特别均衡计划”及“能源电力税上限”税收优惠条件的德国公司所采取的行动 (2013-2016)



来源：德国联邦经济技术部（2018 年 6 月 28 日私人沟通）。

促进能源管理体系应用的政策措施

各国采取不同类型的政策措施促进能源管理体系的应用。能源管理体系标准认证可以确认和追踪能源管理体系的实际应用情况，这使 ISO 50001 成为了许多政策的核心。在北美，能源管理项目主要通过向公司提供信息及协助的鼓励性措施发挥作用。主要的例子是美国的卓越能源绩效项目 (SEP)，该项目对采用 ISO 50001 标准并取得经核实的能效提升效果的公司进行表彰。SEP 有一项新的鼓励性支持措施（基于 ISO 50001）作为补充，这项措施旨在引导中小型企业 (SMEs) 采用 ISO 50001。

在欧洲，监管措施与促进能源管理体系应用的激励措施通过欧盟《能效指令》（EED）第 7 和 8 条相结合。成员国可以通过自愿协议等方式来满足这些条款的具体要求，自愿协议指企业同意采取措施并通过实际行动改善能效以获得财政或法律激励的机制。企业采取的措施包括建立能源管理体系，其中 ISO 50001 已经被纳入丹麦、爱尔兰和瑞典现行或之前的自愿协议（IEA, 2018g）。《能效指令》第 8 条要求欧盟成员国确保非中小型企业每四年至少进行一次能源审计。在许多欧盟成员国，已经取得特定的能源体系标准认证，如 ISO 50001 认证的企业可以在这项要求上获得豁免。

促进能源管理体系应用的措施对于工业能效提升有着关键性的作用，特别是对于实现高效世界情景而言潜力巨大的非能源密集型制造业。税收优惠是目前推动能源管理体系实施的首选方法，但各国成效不一。能源管理体系虽然可以确保企业具备提升能效的系统与流程，但并不能保证具体的提升幅度。这依赖于企业是否能够抓住特定的能效提升机遇以及不断改进操作实践。因此，可以将激励措施与实现既定的能效提升目标相结合，更大程度地减小通过激励措施提升能效的不确定性。在德国（行业层面）和美国，这样的目标已经成为政策的一部分。

能效网络小组也是促进人们了解能源管理体系及其应用的一种途径。小组将相同行业、地区、同一供应链或企业集团的企业联系在一起，通过经验交流和能力建设共同提升能效，辅以激励措施鼓励企业参与。在瑞士，加入小组、接受并落实节能减排目标的企业可以免除碳税（IPEEC, 2017）。能效网络小组也是德国的一项关键政策，德国计划到 2020 年建立 500 个能效网络小组。

数字技术，特别是经改良的能源计量、监测和过程控制系统，将继续增强能源管理体系的效力。数据是能源管理体系有效实施的关键，而数字化创新使实时和自动的数据采集分析成为可能。数字化创新将继续为实现高效世界情景所强调的节能效益提供机遇，但这需要政策制定者保持灵敏的触觉并积极采取行动。主要行动包括促进缺乏专业技能或其他资源的中小型企业采用数字技术；为传播能源管理体系和数字技术的重要价值建立清晰的证据基础；研发能够降低各种涉及隐私安全或网络安全风险的手段等（IEA, 2018g）。

工业部门高效世界策略

整体机遇

2040年工业单位能耗产值几乎能够达到现在的两倍。

轻工业/非能源密集型行业：

- 对高效世界情景下潜在工业节能量的贡献率为70%。²⁵
- 2000年以来能效提升幅度为16%，但现在到2040年能效提升幅度有望超过40%。
- 关键技术是电机驱动系统和电热泵在工艺加热中的应用。
- 高效世界情景下，用于工艺加热的电热泵数量将是新政策情景的两倍，同时绝大多数电动机将达到了目前最高的能效标准水平。

钢铁行业：

行业机遇

- 对高效世界情景下潜在工业节能量的贡献率为14%。
- 2000年以来能效提升幅度为5%，但现在到2040年，能效提升幅度有望超过25%。
- 关键措施是增加金属回收。
- 2040年电弧炉生产将占到全球钢生产的一半。

化工与石化：

- 对高效世界情景下潜在工业节能量的贡献率为10%。
- 现在到2040年能效提升幅度将超过15%，与2000年以来的提升幅度相当。
- 能效提升可以与CCUS、燃料转换以及回收利用率提升相结合，抑制石化产品需求持续增长给能耗造成的影响。

法规：

- 促进针对关键工业设备的最低能效标准覆盖率提升和强度增加，关键工业设备包括电热泵、电机和其他终端装置。
- 采取促进废旧金属回收利用的强制性措施（也可以促进包括铝、铜在内的其他金属制造业回收利用率和能效的提高）。

能效提升 政策建议

财政和激励：

- 采取适当的激励措施鼓励能源管理体系的使用，如财政激励或与环境整治挂钩。
- 通过财务或财政激励促进废旧金属回收利用。
- 通过市场工具，如强制性节能机制和“白色证书”节能机制，激发商务模式创新，促进投资增加。

信息公开和能力建设：

- 通过工业能效网络小组、培训活动和案例研究等机制来提升能效意识和相关能力。

²⁵ 2040年节能量和热泵应用的计算以新政策情景为基准。

参考文献

- Airbus (2018), *A380 – Unique Passenger Experience*, Airbus, Toulouse, www.airbus.com/aircraft/passenger-aircraft/a380-family.html (accessed 13 July 2018).
- CNCA (Certification and Accreditation Administration of the People's Republic of China) (2018), National Certification and Accreditation Administration announced the 2017 quality management system certification and energy management system: Announcement of certification supervision and inspection results, CNCA, Beijing, www.cnca.gov.cn/xxgk/ggxx/2018/201801/t20180118_56141.shtml (accessed 10 May 2018).
- Dobruszkes F. and M. Givoni (2013), “Competition, Integration, Substitution: Myths and Realities Concerning the Relationship between High-Speed Rail and Air Transport In Europe” , *Sustainable Aviation Futures*, Vol. 4, Emerald, Bingley, United Kingdom, pp. 175-197, www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/S2044-9941%282013%290000004008 (accessed 17 August 2018).
- European Aluminium (2013), *Environmental Profile Report for the European Aluminium Industry*, European Aluminium, Brussels, www.european-aluminium.eu/media/1329/environmental-profile-report-for-the-european-aluminium-industry.pdf (accessed 8 August 2018).
- Green, J. E. (2006), “Civil aviation and the environment – the next frontier for the aerodynamicist” , *The Aeronautical Journal*, Vol. 110/1110, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 469-486. <https://doi.org/10.1017/S0001924000001378> (accessed 3 April 2018).
- Greener by Design (2017), *Air Travel – Greener by Design: Annual Report 2016/17*, Greener by Design, Royal Aeronautical Society, London, www.aerosociety.com/media/7603/annual-report-2016-2017.pdf (accessed 3 April 2018).
- IBGE (2018), *National Accounts* (database), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1846> (accessed 27 June 2018).
- ICAO (2018a), *Continued Passenger Traffic Growth and Robust Air Cargo Demand in 2017*, International Civil Aviation Organization, Montreal, www.icao.int/Newsroom/Pages/Continued-passenger-traffic-growth-and-robust-air-cargo-demand-in-2017.aspx (accessed 22 August 2018).
- ICAO (2018b), *Annual Reports of the Council*, ICAO, Montreal, www.icao.int/about-icao/Pages/annual-reports.aspx (accessed 25 June 2018).
- OICA (2018), *2005-2017 Sales Statistics, Paris*, International Organisation for Motor Vehicle Manufacturers, www.oica.net/category/sales-statistics/ (accessed 18 July 2018).
- IEA (2018a), *Energy Efficiency Indicators 2018* (database), OECD/IEA, Paris, www.iea.org/statistics/efficiency/ (accessed 5 July 2018).
- IEA (2018b), *Mobility Model* (database), OECD/IEA, Paris, www.iea.org/etp/etpmodel/transport (accessed 25 June 2018).
- IEA (2018c), *World Energy Balances 2018* (database), OECD/IEA, Paris, www.iea.org/statistics/relateddatabases/worldenergystatisticsandbalances/ (accessed 3 July 2018).
- IEA (2018d), *Global Exchange on Efficiency: Cooling*, OECD/IEA, Paris, www.iea.org/exchange/cooling/ (accessed 2 July 2018).
- IEA (2018e), *World Energy Balances 2018* (database), OECD/IEA, Paris, www.iea.org/statistics.

IEA (2018f), *The Future of Petrochemicals*, OECD/IEA, Paris, <https://www.iea.org/petrochemicals/> (accessed 9 October 2018).

IEA (2018g), *Energy management systems and digital technologies for industrial energy efficiency and productivity*, OECD/IEA, Paris, www.iea.org/media/workshops/2018/EnMSanddigitaltech_workshopreport_final_web.pdf (accessed 22 June 2018).

IEA (2017), *World Energy Outlook 2017*, OECD/IEA, Paris, www.iea.org/weo2017/ (accessed 5 June 2018).

IMO (2018a), *UN Body Adopts Climate Change Strategy for Shipping*, International Maritime Organization, London, www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/06GHGinitiastrategy.aspx. (accessed 7 June 2018).

IMO (2018b), *Energy Efficiency Measures*, International Maritime Organization, London, www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx (accessed 11 September 2018).

IMO (2016), “IMO sets 2020 date for ships to comply with low sulphur fuel oil requirement” , International Maritime Organization, London, www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/MEPC-70-2020sulphur.aspx (accessed 7 June 2018).

INDEC (2018), *Macroeconomic aggregates (GDP)* (database), Instituto Nacional de Estadística y Censos, Buenos Aires, www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=3&id_tema_2=9&id_tema_3=47 (accessed 4 May 2018).

INEGI (2018), *GDP–Activity of Goods and Services* (database), Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Mexico City, www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/bs/tabulados.aspx (accessed 28 June 2019).

IPEEC (2017), *Energy Efficiency Networks: Towards good practice and guidelines for effective policies to stimulate energy efficiency*, International Partnership for Energy Efficiency Cooperation, Paris, https://ipeec.org/upload/publication_related_language/pdf/636.pdf (accessed 5 July 2018).

ISO (2000), *The ISO Survey of ISO 9000 and ISO 14000 Certificates, Tenth cycle: up to and including 31 December 2000*, International Organisation for Standardization, Geneva, www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/survey10thcycle.pdf (accessed 18 April 2018).

ISO (2018), *ISO Survey of certifications to management system standards* (database), International Organisation for Standardization, Geneva, <https://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=18808772&objAction=browse&viewType=1> (accessed 18 September 2018).

just-style (2001), *ISO 9000 Simplified*, Aroq Ltd., Bromsgrove, www.just-style.com/analysis/iso-9000-simplified_id92698.aspx (accessed 18 April 2018).

Lee, J.J et al. (2001) “Historical and future trends in aircraft performance, cost and emissions” , Annual Review of Energy and the Environment, Vol. 26, Annual Reviews, Palo Alto, California, pp. 167-200 (accessed 4 April 2018).

National Bureau of Statistics of China (2018), *National Accounts* (database), National Bureau of Statistics of China, Beijing, <http://data.stats.gov.cn/english/easyquery.htm?cn=B01> (accessed 29 June 2018).

- Quantec (2018), *Industry Service – RSA Standard Industry – Input Structure at basic prices* (database). Quantec, Pretoria, www.easydata.co.za/ (accessed 20 June 2018).
- RBI (2018), *The India KLEMS Database* (database), Reserve Bank of India, Mumbai, <https://rbi.org.in/Scripts/PublicationReportDetails.aspx?UrlPage=&ID=894> (accessed 28 June 2018).
- Sarlioglu, B. and C. T. Morris (2015), “More electric aircraft: Review, challenges, and opportunities for commercial transport aircraft” , *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, Vol. 1(1), Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway, New Jersey, pp. 54-64, <https://ieeexplore.ieee.org/document/7098414/> (accessed 3 April 2018).
- Schafer et al. (2015), “Costs of mitigating CO₂ emissions from passenger aircraft” , *Nature Climate Change*, Vol. 6, Springer Nature, London, pp. 412-417, www.nature.com/articles/nclimate2865 (accessed 4 April 2018).
- SeatGuru (2018), *Singapore Airlines Seat Maps*, SeatGuru, www.seatguru.com/airlines/Singapore_Air/Singapore_Air_Airbus_A380_D.php (accessed 13 July 2018).
- Statistics Indonesia (2018), *Gross Domestic Product* (database), Statistics Indonesia, Jakarta, www.bps.go.id/subject/11/produk-domestik-bruto--lapangan-usaha-.html#subjekViewTab3 (accessed 26 June 2018).
- StatsSA (2018), *Gross Domestic Product (GDP), 4th Quarter 2017* (database), Statistics South Africa, Pretoria, www.statssa.gov.za/?page_id=1854&PPN=P0441&SCH=6985 (accessed 20 June 2018).
- Thandapani D., et al. (2011), “ISO 9001:2000 based quality management system via ABET based accreditation” , *International Journal of Productivity and Quality Management*, Vol. 7/2, ResearchGate, Berlin, pp. 125-147.
- The Aluminium Association (2013), *The Environmental Footprint of Semi-Finished Aluminium Products in North America*, The Aluminium Association, Arlington, http://aluminum.org/sites/default/files/LCA_Report_Aluminum_Association_12_13.pdf (accessed 8 August 2018).
- Timmer, M. P. et al. (2015), *World Input Output Database* (database), www.wiod.org/home.
- World KLEMS Data (2018), *Russia* (database), Higher School of Economics, Moscow, www.worldklems.net/data.htm (accessed 22 June 2018).
- World Aluminium (2018), *Primary Aluminium Smelting Energy Intensity* (database), World Aluminium, London, www.world-aluminium.org/statistics/primary-aluminium-smelting-energy-intensity/ (accessed 14 August 2018).
- World Steel Association (2018), *Energy use in the steel industry*, World Steel Association, Brussels, www.worldsteel.org/publications/bookshop/product-details.~Energy-use-in-the-steel-industry~PRODUCT~Energy-book~.html# (accessed 26 September 2018).

3. 新兴经济体能效进展

主要新兴经济体国家的能源需求趋势和能效进展

六个主要新兴经济体国家包括巴西、中国、印度、印度尼西亚、墨西哥和南非，2017 年一次能源需求占全球的 1/3，相当于整个欧洲和美国 2017 年一次能源需求的总和。IEA 通过“新兴经济体能效”（E4）项目为这六个国家抓住能效提升机遇并实现相关效益提供支持（材料 3.1）。

在 IEA 的新政策情景下，从现在到 2040 年，这些新兴经济体国家总的能源需求将增加 45%。然而 IEA 高效世界情景模拟显示，增加具有成本效益的能效措施应用可以将这一增幅控制在 24%，届时这六个主要新兴经济体国家的能源需求总量之和将占全球近 40%。上述增长将主要来自中国和印度，两国能源需求之和将占这六个国家 2040 年能源需求总和的 82%。

材料 3.1 新兴经济体能效项目（E4 项目）

IEA 的新兴经济体能效项目支持主要新兴经济体国家政府推动和扩大能效提升的效应。能效提升不仅有助于实现应对气候变化和清洁能源转型的目标，同时还能在社会和经济发展等各方面产生效益。E4 项目框架下，IEA 为新兴经济体国家提供从数据收集分析到政策设计和实施建议等一系列支持。

通过与主要新兴经济体国家合作，E4 项目在过去五年已经开展了一系列活动。以中国为例，E4 项目与其就分析方法学进行了交流，分析了中国能效工作取得的突出进展，并将中国的进展与其他国家分享。

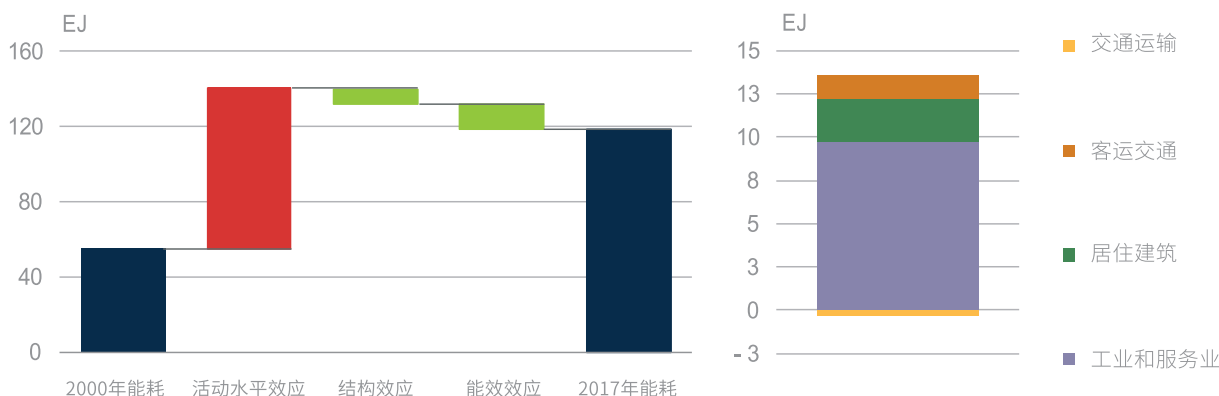
E4 项目的关键支柱之一是针对能效政策制定者的培训和能力建设。密集的培训课程能够帮助政策制定者培养起较为全面的能效知识和能力体系。迄今为止，来自超过 90 多个国家的 1000 余名政府官员接受了培训。经过培训，这些政策制定者对能效政策最佳实践的认识和理解较为接近，IEA 在这一共同认知的基础上建立起了一个能效政策制定者的全球实践网络。

E4 项目是 IEA“清洁能源转型项目”的一部分。该项目支持新兴经济体国家全面发展清洁能源，并且侧重于政策实施和影响方面的数据、模型模拟和政策分析。清洁能源转型项目借助 IEA 作为全球清洁能源枢纽的地位，旨在为推动以能效为首的清洁能源转型建立起全球性的知识、数据和能力基础。更多关于 E4 项目的信息可前往以下网址：www.iea.org/topics/energyefficiency/e4/。

能效提升避免了巨大的额外能耗

2000 年以来的能效提升在 2017 年为六个主要新兴经济体国家节省了 10% 的额外终端能耗，相当于德国 2017 年的能耗总量（图 3.1）。这部分节能量中近 75% 来自工业和服务业部门，尤其是在中国，后者实现了各国工业节能总量的 80%。客运和货运交通能效提升带来的节能量最小，新兴经济体国家中仅中国、印度和墨西哥实施了燃油经济性标准。

图 3.1 六个主要新兴经济体国家终端能耗分解（左）
和基于能效提升的节能量的部门贡献（右）（2000-2017）



注：“能耗”包含居住建筑、工业、客运和货运交通部门所消耗的能源，不包括非能源消耗（比如原料消耗）和能源供应。建筑部分的分析基于 IEA《能源技术展望》报告中的建筑模型（详见 www.iea.org/etp/etpmodel/buildings/）。

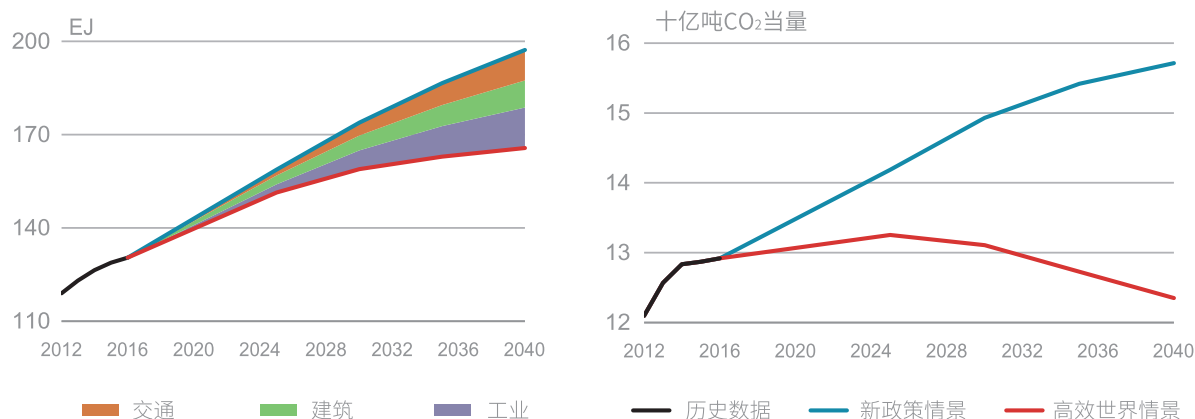
来源：根据 IEA（2018a）《世界能源平衡表 2018》（数据库）；IEA（2018b）“移动模型”（数据库）；Timmer 等（2015）《WIOD 数据库》（数据库）；巴西国家地理与统计局（2018）《国民经济季度核算》（数据库）；中国国家统计局（2018）《国民经济核算》（数据库）；印度储备银行（2018）《印度 KLEMS 数据库》（数据库）；印度尼西亚统计局（2018）《国内生产总值》（数据库）；墨西哥国家统计局（2018）《国内生产总值——商品和服务活动水平》（数据库）；南非统计局（2018）《国内生产总值，2017 年第四季度》（数据库）；Quantec（2018）《工业服务——南非标准工业——基本价格下的投入结构》（数据库）整理。

经济上的结构效应——尤其是经济产出从能源密集型的工业行业逐渐转向服务业和非能源密集型的制造业——对能耗的影响在六个主要新兴经济体国家越来越明显。然而这一促使能耗下降的效应大部分都被导致能耗增加的其他结构效应抵消了，导致能耗增加的结构效应包括交通方式转变、车辆搭载率下降以及电器保有量和建筑面积的增加。整体而言，2000 至 2017 年，结构效应使为六个主要新兴经济体国家节省了 6% 的额外能耗。

能效提升可带来可观效益

高效世界情景表明，六个主要新兴经济体国家可以通过最大程度地采用经济上可行的能效措施获得巨大收益。预计到 2040 年，与新政策情景相比，六个主要新兴经济体国家总共可节省 46 EJ（11 亿吨标油）以上额外的一次能源需求，相当于目前日本、德国和法国三国能源需求之和，意味着可节约 32 EJ 额外的终端能耗，工业、交通、建筑分别占 41%、30% 和 28%，同时节省近 1470 亿美元的额外家庭能源开支，并减少 34 亿吨 CO₂ 当量的额外温室气体排放，是高效世界情景下 2040 年全球温室气体（以新政策情景为基准）减排量的几乎一半（图 3.2）。如果高效世界情景中的所有能效提升潜力都能实现，能源相关的温室气体排放将会在 2025 达峰并随后开始下降。

图 3.2 新政策情景和高效世界情景下主要新兴经济体国家的终端能耗（左）和温室气体排放（右）（2012-2040）



注：“能耗”包括非能源消耗（例如原料消耗），但不包括能源供给。

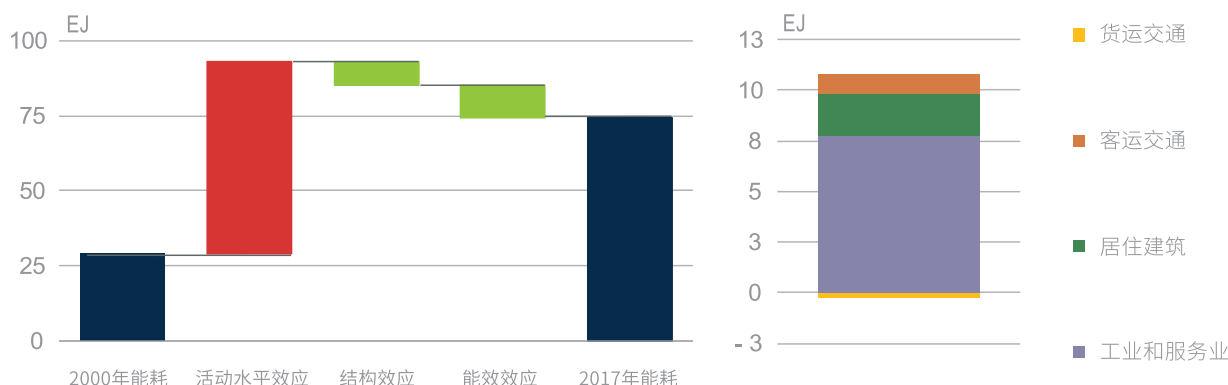
中国

能效趋势和展望

假设中国没有从 2000 年以来持续开展能效提升工作，其在 2017 年将会多消耗 12% 的能源（图 3.3）。工业、服务业部门和建筑部门的能效提升在 2017 年为中国节省了 10 EJ 以上额外的能源消费，相当于德国 2017 年终端能源消费总量，这部分节能量减少了 10% 额外的化石能源进口和近 12 亿吨 CO₂ 当量的额外温室气体排放，几乎是美国 2017 年排放量的一半。

假如没有能效效应和结构效应，2000 至 2017 年期间经济活动水平的上升将使中国能耗增加两倍以上。这一活动水平效应带来的能耗增加中，近 80% 来自工业和服务业部门，这两个部门近年来产出大幅增加，自 2000 年以来总增加值翻了两番。

图 3.3 中国能耗分解（左）和基于能效提升的节能量的部门贡献（右）（2000-2017）



注：“能耗”包含居住建筑、工业、客运和货运交通部门所消耗的能源，不包括非能源消耗（比如原料消耗）和能源供应。建筑部分的分析基于 IEA《能源技术展望》报告中的建筑模型（详见 www.iea.org/etp/etpmodel/buildings/）。

来源：根据 IEA（2018a）《世界能源平衡表 2018》（数据库）；IEA（2018b）“移动模型”（数据库）；Timmer 等（2015）《WIOD 数据库》（数据库）；中国国家统计局（2018）《国民经济核算》（数据库）整理。

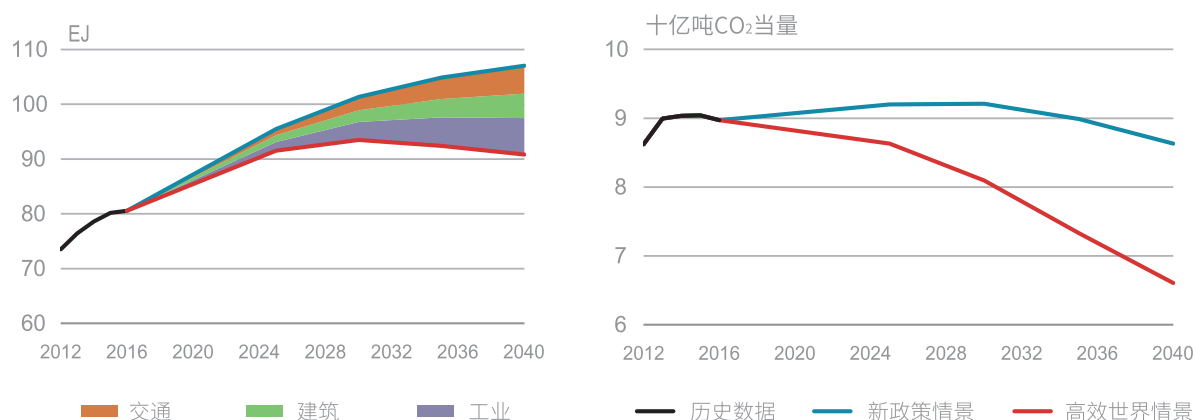
经济上的结构效应，尤其是经济活动由能源密集型的工业行业向服务业和非能源密集型的制造业转移，减小了活动水平提升对能耗的影响。然而这一促进能耗降低的结构效应带来的节能量中，有 30% 被其他促进居住建筑和交通部门能耗增加的结构效应抵消了；这些促进能耗增加的结构效应包括电器保有量增加、交通向低能效出行方式转变以及车辆搭载率下降。整体来看，结构效应使活动水平提升引起的能耗增量降低了 12%。

2000 年以来，中国一次能源需求增加了 160% 以上。但高效世界情景下，通过实践所有具有成本效益的能效措施，可以将现在到 2040 年的能耗增长幅度限制在 8%。与新政策情景相比，这将为中国节省 16 EJ 额外的终端能耗，相当于德国和法国目前能耗之和（图 3.4）。高效世界情景下，中国终端能耗将在 2030 年达峰并开始下降，2040 年温室气体排放量将比目前水平降低 26%，比新政策情景减少逾 20 亿吨 CO₂ 当量，几乎相当于两个日本在 2017 年的排放量。

高效世界情景下，到 2040 年对中国潜在节能量贡献最大的是工业部门（42%）和交通部门（31%）。工业方面，非能源密集型的制造业，例如食品、饮料和纺织业，将做出最大贡献，使单位工业增加值能耗整体从现在到 2040 年间下降近一半。实现工业能效提升的关键措施包括增加低温工艺加热（低于 100℃）中电热泵的使用和提升电机驱动系统的效率。通过提高金属回收利用率，高效世界情景下中国钢铁行业能源密度（吨钢能耗）也能比目前水平下降 35% 左右。

2016 至 2040 年中国乘用车燃油能效将提高 60%，为交通部门潜在节能量做出最大贡献。燃油经济性进一步提高。同时 2040 年电动车在整个乘用车市场的占有率将从 2016 年的 0.4% 提高到 60% 以上。

图 3.4 新政策情景和高效世界情景下中国终端能耗（左）和温室气体排放（右）（2012-2040）



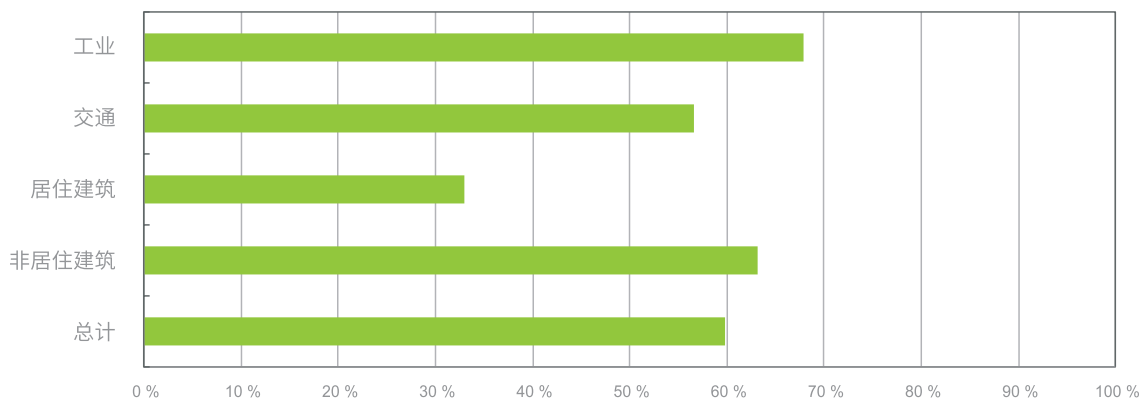
注：此处“能耗”包括非能源消耗（如原料消耗等），不包括能源供应。

政策趋势和未来机遇

2017 年中国终端能耗有 60% 受强制性能效政策的规范，政策覆盖率全球最高（图 3.5）。其中工业是政策覆盖率最高的部门，为 70%，主要归功于“千家企业节能行动”和“万家企业节能减排行动”（下称“万家”项目）项目中引入的强制性节能目标。

非居住建筑（63%）和居住建筑（33%）的政策覆盖率反映了中国严格的建筑节能规范和电器标准。这些政策法规对于抵消新建建筑迅速增加和电器保有量增加带来的能耗增长起到了至关重要的作用。乘用车和货车燃油经济性标准的引入使交通部门能耗的政策覆盖率增加到了 57%。

图 3.5 中国能耗的强制性政策覆盖率



中国“十三五”规划设定了 2015 至 2020 年能源强度下降 15% 的目标。这一目标的实现将意味着 2005 至 2020 年期间能源强度下降 44%。对于在高效世界情景下具有最大节能潜力的工业部门，中国以“万家”项目的形式推行覆盖范围广泛的强制性政策，而“万家”项目将被近期公布的重点用能单位“百千万”行动取代。值得注意的是，这类政策在能源密集型行业的适用性最好，在有大量能效提升潜力有待发掘的非能源密集型制造业却未必能取得同样的效果。

提升电机驱动系统的效率将在非能源密集型制造业能效提升中发挥核心作用。虽然中国实施了电动机能效标准，但仅为 IE2 水平，严格程度低于其他大的经济体国家。能源管理体系的应用也将从整体上提升电机驱动系统的效率。截至 2017 年末，中国共有 4500 家企业或单位获得了 ISO 50001 标准认证或 GB/T 23331 标准认证。中国在其他管理体系的标准认证上一直处于世界领先地位，截至 2016 年底共有超过 13 万个 ISO 9001 认证和 35 万个 ISO 14001 认证。因此中国也应抓住机遇，促使其能源管理体系的认证和应用也达到领先水平。

对于在高效世界情景下占中国潜在节能量 30% 的交通部门，中国已经是全球仅有的对乘用车和货车都实施燃油经济性标准的五个国家之一。这些标准的影响力尚未完全显现，目前中国乘用车平均燃油能效比欧洲和日本分别低 27% 和 23%。标准的严格程度也低于其他一些主要国家的市场。如果中国实施和日本同等严格的乘用车燃油经济性标准，2017 年中国平均每天能节省近 50 万桶油当量（BOE）的能耗。

最低能效标准依然是中国一项核心的能效政策，中国引入了新的标准来规范更多的电器和设备，包括针对空气净化器、数据中心和吸尘器的标准等（CNIS，2016）。政策的执行非常重要：中国将推出一个新的试点项目，通过调查电器和销售数据来提高能效标准的执行效果（NDRC，2018）。其他强制性政策也在促进中国的能效提升，例如在《电力需求

侧管理办法（修订版）》中更新的电网企业电力需求侧管理目标责任考核评价制度（EEOs）（NDRC，2017a）。²⁶

对全球而言，要实现高效世界情景下的能效收益，中国的努力至关重要。确保现有政策的实施和执行效果非常关键。此外，中国还应加强对政策实施和执行效果的评估，以此为将来的政策制定提供参考和依据。

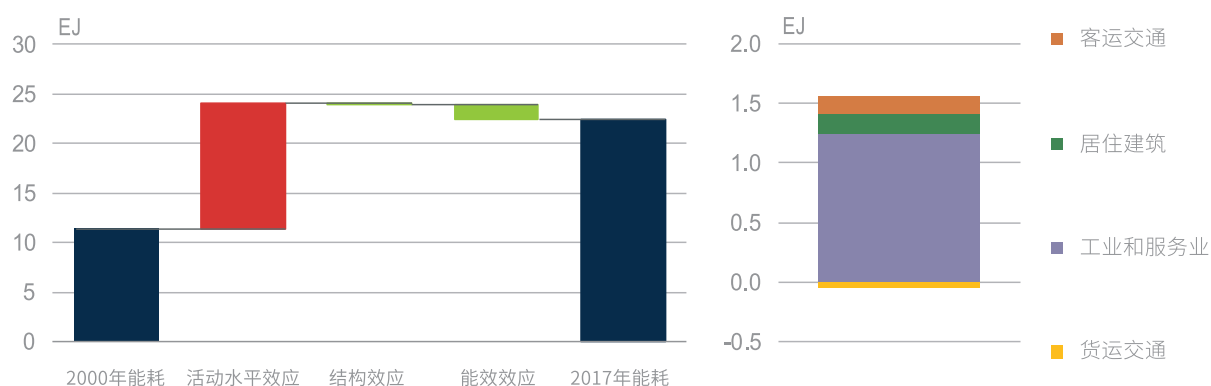
印度

能效趋势和展望

2000年以来的能效提升在2017年为印度节省了6%的额外能耗（图3.6）。工业、服务业和居住建筑为能效提升做出了大部分的贡献。能效提升还在2017年减少了1.45亿吨CO₂当量的额外温室气体排放和5%的额外化石能源进口。

如果不受能效效应和结构效应的影响，经济活动水平的升高会使印度能耗在2000至2017年间增加一倍以上。活动水平升高带来的能耗增长中，70%来自工业和服务业部门，这两个部门产出大幅增加，2000年以来的总增加值增加了两倍以上。

图 3.6 印度终端能耗分解（左）和基于能效提升的节能量的部门贡献（右）（2000-2017）



注：图中能耗包括居住建筑、工业和服务业、客运和货运交通能耗，不包括非能源的消耗（如原料消耗）和能源供应。建筑分析基于 IEA 《能源技术展望》 建筑模型 (www.iea.org/etp/etpmodel/buildings/)。

来源：根据 IEA (2018a) 《世界能源平衡表》（数据库）；IEA (2018b) “移动模型”（数据库）；印度储备银行 (2018) 《印度 KLEMS 数据库》（数据库）整理。

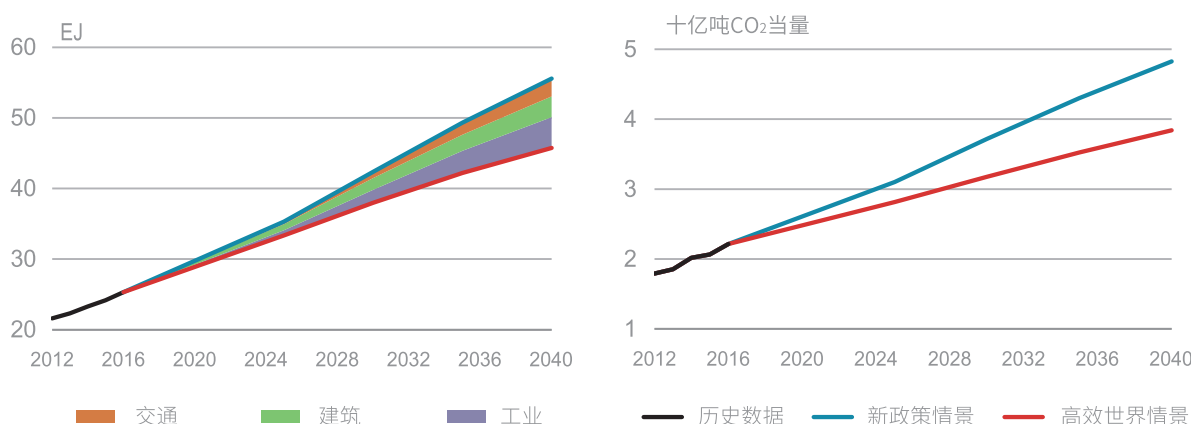
结构效应使印度在2017年节省了1%的额外能耗。这是经济活动从能源密集型的工业行业向服务业和非能源密集型的制造业转移的结果。但这一促使能耗降低的结构效应带来的节能量几乎完全被导致能耗升高的结构效应所抵消，尤其是居住建筑面积和电器保有量增加、交通向能效更低的出行方式转移以及车辆搭载率下降。

²⁶ 《电力需求侧管理办法（修订版）》由六个中央政府部门共同监督管理，其中中国国家发展和改革委员会（NDRC）牵头主管。

2000 年以来印度一次能源需求几乎翻了一番。高效世界情景下，通过采取具有成本效益的能效措施能够将印度 2040 年能耗在目前水平基础上的增幅限制在 82%，与新政策情景相比，高效世界情景下，到 2040 年印度将节省 10 EJ 额外的终端能耗，相当于少排 9.85 亿吨 CO₂ 当量的温室气体，超出澳大利亚和加拿大 2017 年排放量之和（图 3.7）。

与新政策情景相比，高效世界情景下对印度潜在节能量贡献最大的两个部门是工业部门（45%）和建筑部门（30%）。工业部门最大的机遇来自非能源密集型的制造业，如食品、饮料和纺织制造业。随着低温工艺加热中电热泵应用的推广和电机驱动系统能效的提升，这些行业的能源强度（单位增加值能耗）到 2040 年将至少比目前水平降低一半。建筑部门最大的潜在节能量则来自空调制冷（29%）和电器（31%）领域。

图 3.7 新政策情景和高效世界情景下印度终端能耗（左）和温室气体排放（右）（2012-2040）



注：此处“能耗”包括非能源消耗（如原料消耗等），但不包括能源供应。

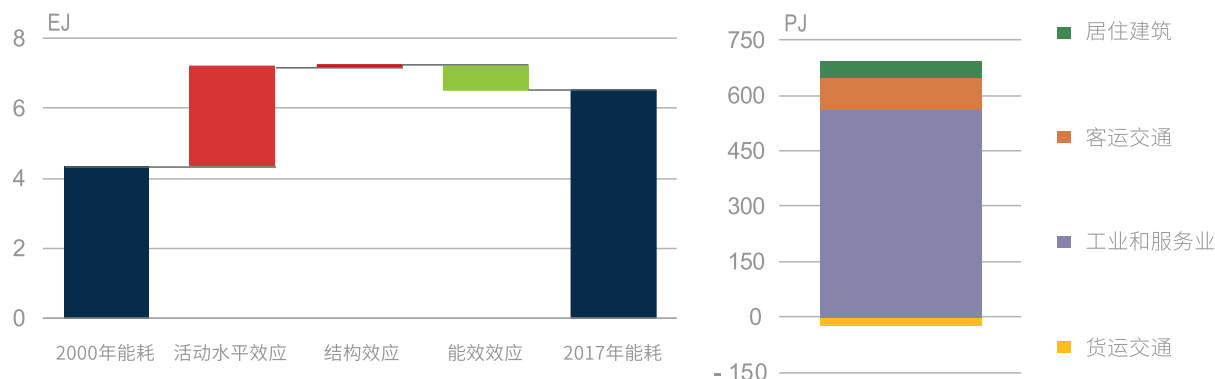
印度尼西亚

能效趋势和展望

印度尼西亚 2000 年以来的能效提升在 2017 年为其抵消了 23% 由经济活动水平升高带来的能耗增长，减少了 9% 的额外能耗（图 3.8）。对整体能效提升贡献最大的是工业、服务业部门以及客运交通。能效提升使印度尼西亚 2017 年减少了 6500 万吨 CO₂ 当量的额外温室气体排放和 6% 的额外石油进口。

假如没有能效提升的效应，经济活动水平升高将使印度尼西亚能耗在 2000 至 2017 年间增加近 2/3。大约 60% 活动水平升高导致的能耗增加来自工业和服务业部门的产出增加。经济活动从能源密集型的工业行业向服务业和非能源密集型的制造业转移，同时交通有向高效出行方式转移的趋势，例如摩托车和小轮摩托（踏板车）。然而这些促进能耗下降的结构效应带来的节能量完全被导致能耗增加的结构效应抵消了，尤其是居住建筑面积和电器保有量的增加。

图 3.8 印度尼西亚终端能耗分解（左）和基于能效提升的节能量的部门贡献（右）（2000-2017）



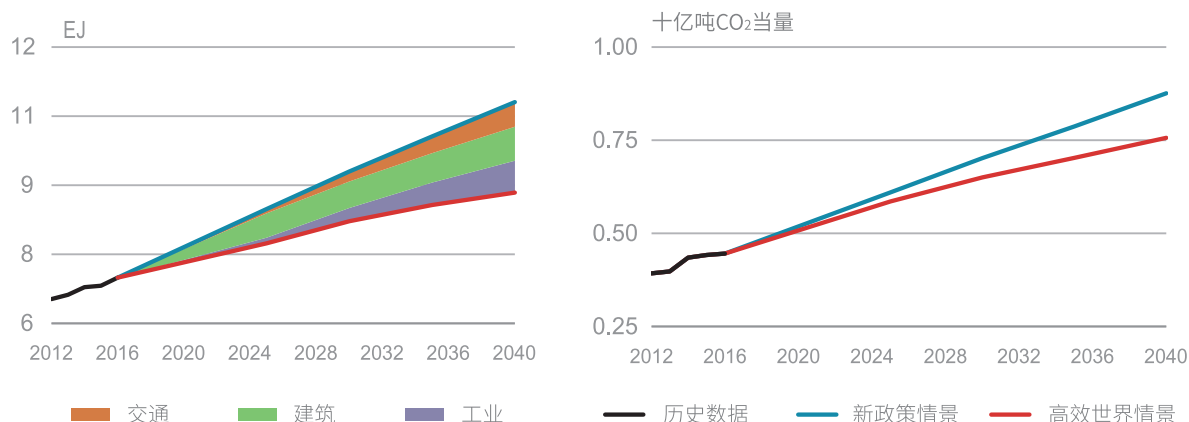
注：图中能耗包括居住建筑、工业和服务业、客运和货运交通能耗，不包括非能源的消耗（如原料消耗等）和能源供应。建筑分析基于 IEA 《能源技术展望》 建筑模型（www.iea.org/etp/etpmodel/buildings/）。

来源：根据 IEA（2018a）《世界能源平衡表》（数据库）；IEA（2018b）“移动模型”（数据库）；Timmer 等（2015）《WIOD 数据库》（数据库）；印度尼西亚统计局（2018）《国内生产总值》（数据库）整理。

2000 年以来，印度尼西亚一次能源需求增加了 48%。但高效世界情景下的模拟显示，通过采用具有成本效益的能效措施，能够将印度尼西亚从现在到 2040 年的一次能源需求增幅限制在 50%，而在新政策情景下这一增幅为 75%。与新政策情景相比，到 2040 年高效世界情景将为印度尼西亚节省 2 EJ 的额外能耗，减少 1.2 亿吨 CO₂ 当量的额外温室气体排放（图 3.9）。高效世界情景下的能效提升在 2040 年能为印度尼西亚的家庭节省总计 70 亿美元的额外能源支出，并让 2600 万家庭能够进行清洁的家庭烹饪。

以新政策情景为基准，高效世界情景下的潜在节能量主要来自建筑部门（28%）和工业部门（35%）。建筑部门潜在节能量的 1/3 将来自空调制冷的能效提升，还有 1/3 来自电器能效提升。工业部门非能源密集型的制造业，包括食品、饮料、烟草和纺织品制造业，将可以使能源强度（单位增加值能耗）从现在到 2040 年间下降逾 40%。

图 3.9 新政策情景和高效世界情景下印度尼西亚终端能耗（左）和温室气体排放（右）（2012-2040）



注：此处“能耗”包括非能源消耗（如原料消耗等），但不包括能源供应。

参考文献

- CNIS (2016), *Updates of Energy Efficiency Standards in China*, China National Institute of Standardization, Beijing, https://china.lbl.gov/sites/all/files/misc/appliance_standards-li_pengcheng.pdf (accessed 19 June 2018).
- IBGE (2018), *Estatísticas: Econômicas* [Statistics: Economic] (database), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1846> (accessed 29 June 2018).
- IEA (2018a), *World Energy Balances* (database), OECD/IEA, Paris, www.iea.org/statistics/relateddatabases/worldenergystatisticsandbalances/ (accessed 8 Aug 2018).
- IEA (2018b), *Mobility Model* (database), OECD/IEA, Paris, www.iea.org/etp/etpmodel/transport/ (accessed 8 Aug 2018).
- INEGI (2018), *GDP-Activity of Goods and Services* (database), Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, Mexico, www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/bs/tabulados.aspx (accessed 28 June 2018).
- National Bureau of Statistics of China (2018), *National Accounts* (database), <http://data.stats.gov.cn/english/easyquery.htm?cn=B01> (accessed 29 June 2018).
- NDRC (2018) *Notification on the Sales Statistics Survey System for Efficient and Energy-Saving Household Appliance Pilot*, National Development and Reform Commission, Beijing, www.ndrc.gov.cn/fzgggz/hjbh/hjzhd/201804/t20180404_881821.html (accessed 15 June 2018).
- NDRC (2017), *电力需求侧管理办法（修订版）* [Power Demand Side Management Approach], National Development and Reform Commission, Beijing, www.ndrc.gov.cn/zcfb/gfxwj/201709/W020170926620561616217.pdf (accessed 20 June 2018).
- Quantec (2018), *Industry Service – RSA Standard Industry – Input Structure at basic prices* (database), Quantec, Pretoria, www.easydata.co.za/ (accessed 22 June 2018).

Reserve Bank of India (2018), *The India KLEMS Database* (database), Reserve Bank of India, Mumbai, <https://rbi.org.in/Scripts/PublicationReportDetails.aspx?UrlPage=&ID=894> (accessed 28 June 2018).

Statistics Indonesia (2018), *Gross Domestic Product* (database) www.bps.go.id/subject/11/produk-domestik-bruto--lapangan-usaha-.html#subjekViewTab3 (accessed 26 June 2018).

StatsSA (2018), *Gross Domestic Product (GDP), 4th Quarter 2017* (database), Statistics South Africa, Pretoria, www.statssa.gov.za/?page_id=1854&PPN=P0441&SCH=6985 (accessed 19 June 2018).

Timmer, M. P. et al. (2015), *World Input Output Database* (database), www.wiod.org/home.

Online bookshop

webstore.iaea.org

PDF versions at 20% discount



E-mail: books@iaea.org

Global Gas
Security
series

Energy
Technology
Perspectives
series

World
Energy
Outlook
series

Energy
Policies
of IEA
Countries
series

World
Energy
Investment
series

Energy
Statistics
series

Oil

Energy
Policies
Beyond IEA
Countries
series

Gas

Coal

Renewable
Energy

Energy
Efficiency

Market
Report
Series

Chinese translation and adaptation of the Energy Efficiency Market Report 2018 © OECD/IEA, 2019

未经允许，不得对本报告的整体或部分进行复制、翻译或将其用作其他用途。

申请授权请发邮件至：right@iea.org。

《能效2018》市场报告的中文精华版是从该报告的英文版——International Energy Agency (IEA) Energy Efficiency 2018 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（IEA）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2018》市场报告中文精华版的中文编译责任由能效经济委员会·中国（CCEEE）全部承担。

This publication reflects the views of the IEA Secretariat but does not necessarily reflect those of individual IEA member countries. The IEA makes no representation or warranty, express or implied, in respect of the publication's contents (including its completeness or accuracy) and shall not be responsible for any use of, or reliance on, the publication. Unless otherwise indicated, all material presented in figures and tables is derived from IEA data and analysis.

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/OECD possible corrigenda on: www.oecd.org/about/publishing/corrigenda.htm

IEA Publications

International Energy Agency

Website: www.iea.org

Contact information: www.iea.org/about/contact

Typeset and Printed in China by CCEEE – December 2018

Cover design: IEA; Photo credits: © Shutterstock

ENERGY 能效 EFFICIENCY 2018

Analysis and Outlook to 2040

MARKET REPORT SERIES

《能效2018》作为国际能源署（IEA）《能效》市场报告系列的第六册，一如既往地追踪全球能效趋势和指标，并为能效政策制定者和相关市场参与者提供重要的参考。本册报告包括了一项前几册报告所没有的独特内容，即《世界能源展望》中新的“高效世界情景”；高效世界情景回答这样一个问题：如果政策制定者将现有技术条件下所有经济可行的能效潜力都加以实现，世界将会变成怎样？结合高效世界情景和历史数据，可以解决以下问题：

- 目前全球能效提升的进展速度如何？
- 从现在到2040年，在扩大能效提升的全球行动方面存在怎样的机遇？
- 能效提升具有怎样的多重效益，以及这些效益在未来将如何增长？
- 交通、建筑和工业各部门目前的能效趋势如何？
- 目前能效投资处于什么水平，以及为了抓住高效世界情景中的机遇，未来能效投资还需要增加多少？
- 为了带动更高的能效投资水平，应该怎样扩大能效融资和商业模式的创新？

本册报告还对中国、印度和印度尼西亚的能效趋势和主导因素进行了详细分析。

《能效2018》展现了国际能源署迄今为止对目前和未来能效趋势最全面的分析，并在分析的基础上提出了可行的政策方案，用来构建尽可能高效的能源系统并实现经济、环境、社会等多方面的效益，为政策制定者提供了明确的参考和思路。