

全球能源 转型

A ROADMAP TO
2050

执行摘要

© IRENA 2018

除另行说明，本文内容可以免费使用、共享、拷贝、复制，转载、印刷和/或存储，但须声明其所有权属于 IRENA。本文中内容涉及到第三方的，可能会受到第三方版权的保护，其任何有关商业化使用均受到单独条款的规定和限制。

本文件总结了 IRENA (2018)，*全球能源转型：2050 路线图*，国际可再生能源机构，阿布扎比 (ISBN 978-92-9260-059-4)。

关于 IRENA

国际可再生能源机构 (IRENA) 是一个政府间组织，支持各国向可持续能源的未来转型，是国际合作的主要平台，卓越中心，以及与可再生能源相关的政策、技术、资源和财务知识的储备库。IRENA 致力于促进所有形式可再生能源的广泛使用和可持续利用，包括生物能、地热、水力发电、海洋能、太阳能和风能等，努力实现可持续性发展、能源普及、能源安全以及低碳经济增长和繁荣。www.irena.org

完整报告的下载地址为：www.irena.org/publications

若要获取更多信息或提供反馈，请发送电子邮件至：info@irena.org

免责声明

本出版物和本文内容按“原样”提供。IRENA 已采取合理预防措施验证本出版物中内容的可靠性。不过，无论是 IRENA 还是其任何行政人员、代理、数据或其他第三方内容提供商都不提供任何明示或者暗示的保证，并且他们对使用本出版物或其内容引发的任何后果概不负责。

此中所含信息不一定代表 IRENA 成员的观点。本文提及的具体公司、特定项目或产品并不意味着它们因优于其他未提及同类事物而被 IRENA 认可或推荐。此中所用名称和内容表述并不意味着 IRENA 对任何地区、国家、领土、城市或区域或其当局的合法地位、或对边界或边境划定持有任何意见。

照片来自 Shutterstock 和 iStock

执行摘要

050



为使世界逐渐实现《巴黎协定》设定的目标，扩展可再生能源规模的速度需要至少提高六倍。

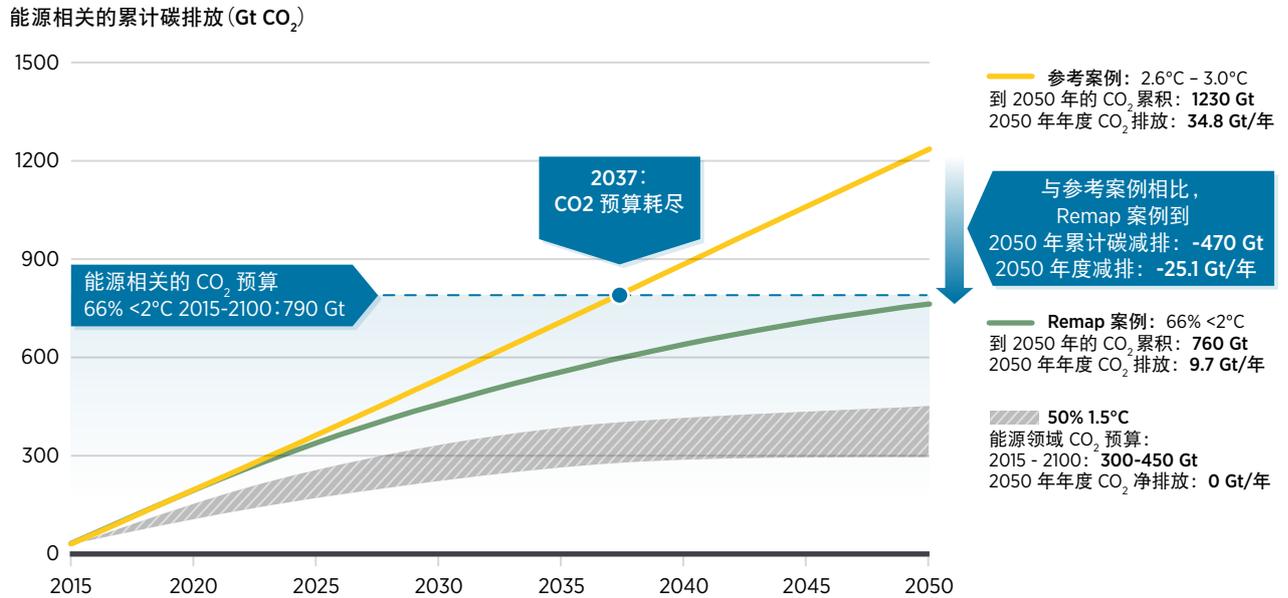
这项历史性的气候协议于 2015 年通过，其主要目标是相较于前工业化时期水平，将本世纪内全球平均气温上升幅度至少限制在 2°C 以内。可再生能源结合迅速改进的能源效率，形成了可行的气候解决方案的基石。

将全球气温上升幅度维持在 2°C 以内是可行的。相比现行和拟定的政策所制定的路线，这更符合经济性、社会性以及环境友好性。然而，这要求全球能源系统必须经历一场深刻的转型——从很大程度上基于化石燃料的能源体系转型为以可再生能源为基础的高效能源体系。这种全球能源转型也被视为许多国家已在发生的“能源转型”的极点，可以创造更加繁荣和更具包容性的世界。

目前，排放趋势没有希望会达到既定目标。政府的规划仍然远远不能满足减排的要求。在现行和拟定的政策下，要达到全球升温低于 2°C 的目标（可能性为 66%），全球将在 20 年内耗尽与能源相关的“碳预算”（CO₂）；与此同时，诸如石油、天然气、煤炭等化石燃料将在未来几十年继续主导全球能源结构。

为达到低于 2°C 的目标，马上采取行动极其重要。为实现这一目标，与现有计划政策相比，到 2050 年累计碳排放量必须至少再减少 470 Gt（Gigatons，十亿吨）。

图 1. 不到 20 年内，全球将耗尽使气温上升维持在 2° C 以内所需的能源相关的 CO₂ 排放预算。
 排放及排放差值，2015-2050



能源效率和可再生能源是能源转型的主要支柱。虽然可以通过不同途径缓解气候变化，但是可再生能源和能源效率能够提供最优路径，可以实现按所需的速度要求的大部分减排量。二者结合起来，通过使用安全、可靠、经济适用、广泛应用的技术，可以提供超过 90% 的能源相关的 CO₂ 减排。

可再生能源和能源效率需要扩展到各个领域。可再生能源的总份额必须从 2015 年的占一次能源供应总量 (TPES) 的约 15% 上升至 2050 年的约 2/3。为实现气候目标，到 2050 年，全球经济的能源强度需下降约 2/3，这将使该年度的一次能源供应总量减少至略低于 2015 年的水平。尽管存在显著的人口和经济增长，但可以通过大幅提高能源效率来实现这一目标。

到 2050 年，所有国家都可以大幅增加可再生能源在其总能源使用中所占的比例。REmap 是由国际可再生能源机构 (IRENA) 编制的全球路线图，提出可再生能源可以占到许多国家最终总能耗 (TFEC) 的 60% 或更多。例如，中国可以将可再生能源占其能源消耗的比例从 2015 年的 7% 提高到 2050 年的 67%。在欧盟 (EU)，这一比例可以从 2015 年的 17% 左右提高到 2050 年的 70% 以上。印度和美国可能会提高到 2/3 或更多。

可再生能源主导的电力领域脱碳是未来向可持续能源方向过渡的关键。可再生能源占电力领域的份额将从 2017 年的 25% 增加至 2050 年的 85%，主要通过太阳能和风力发电的发展。这一转型将需要新方法来进行电力系统规划、体系及市场运作、法规及公共政策。随着低碳电力成为主要能源载体，在终端用户领域消耗的电力份额需从 2015 年的约 20% 翻倍至 2050 年的 40%。电动汽车（EV）和热泵将在世界大部分地区变得更加常见。就最终能源而言，可再生能源电力将在可再生能源使用总量中所占的比例不到 60%，是目前可再生能源整体消费比例的 2.5 倍。



近年来，电力领域取得了重大进展，但发展速度必须加快。在 2017 年，全球电力领域增加了 167 GW（Gigawatts，十亿瓦）的可再生能源产能，比上年增长了 8.3%，保持了自 2010 年以来 8% 的年均增长率。可再生能源发电占全球发电总量的四分之一，创下了新记录。太阳能和风能领域也创造了新记录，总共新增了 94 GW 太阳能光伏（PV）和 47 GW 风电装机，包括 4 GW 海上风电。可再生能源的发电成本持续下降。有充分证据表明，由可再生能源主导的电力系统将成为现实，我们可以满怀信心地加速可再生能源利用的规模和速度。

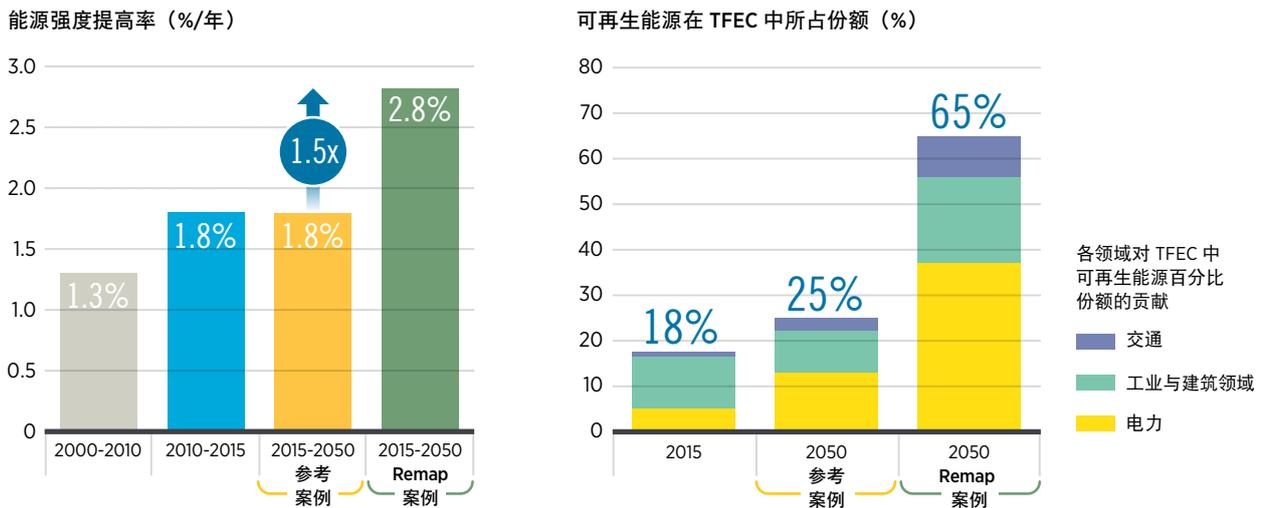
工业、交通和建筑行业将需要使用更多可再生能源。在这些领域，可再生能源——包括不断增长的可再生能源供电、以及太阳能、地热能和生物能——必将发挥重要作用。可再生能源电力将发挥越来越重要的作用，此外，可再生燃料以及在供暖和交通中的直接使用也将做出巨大贡献。对于这些领域，生物质可为供热和燃料提供近 2/3 的可再生能源；太阳能热利用可提供约 1/4 的能源需求，剩余部分可由地热和其他可再生能源提供。

在建筑领域，能源效率至关重要。但是，该领域能源效率提高缓慢仍然是个大问题，部分原因在于每年现有建筑的翻新率仅为 1%。为实现气候目标，必须将建筑翻新率提高三倍。在工业领域，某些行业的高能源需求、某些产品的高含碳量以及某些高排放工艺，都需要全新解决方案和生命周期考虑。



图 2. 为显著提高能源强度，可再生能源的份额必须提高到整体能源供给的 2/3

能源强度提高率(%/年)和 TFEC 中的可再生能源份额(%), 参考案例和 REmap 案例, 2015-2050



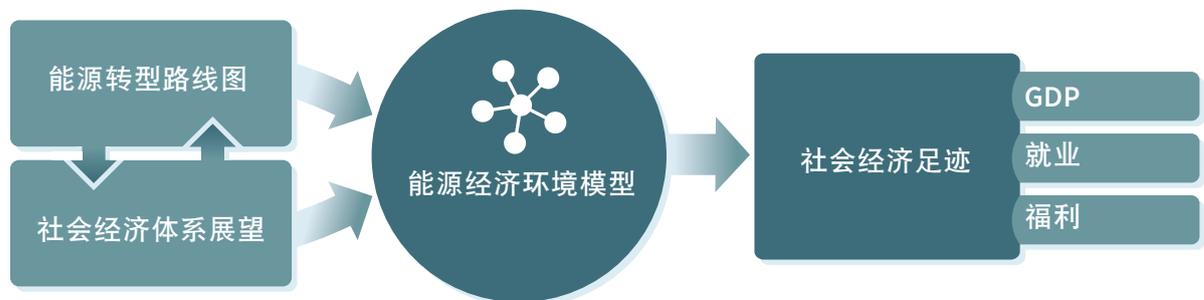
全球能源转型具有经济意义。到 2050 年，全面、长期能源转型的额外成本每年将达到 1.7 万亿美元。然而，减少空气污染、改善健康和减少环境破坏的效益将远远超过这些成本。REmap 案例表明，到 2050 年，这三个领域节省的费用每年将达到 6 万亿美元。此外，能源转型将显著改善能源体系的全球社会经济足迹（较之通常的商业模式），改善全球福利、GDP（国内生产总值）和就业情况。纵观全球经济，到 2050 年，GDP 在参考情景和能源转型情景下都会增长。能源转型除了会促进业务的常规增长之外，还会刺激经济活动。从 2018 年到 2050 年，通过 GDP 的增长带来的累积收益将达到 52 万亿美元。

与现行和拟定的政策相比，低碳技术需要大量额外投资。参照现行和拟定的政策，为实现能源转型，2015 年至 2050 年间，能源体系累计投资将需要增加约 30%，从目前的 93 万亿美元增加到 120 万亿美元。可再生能源和能源效率方面的投资将会吸收大部分的能源投资。其中包括需要投入电网和能源灵活性改造的 18 万亿美元，这是现行和拟定政策的两倍。总而言之，全球经济将需要在脱碳解决方案（包括可再生能源、能源效率和其他所需技术）上投资约全球平均 GDP 2% 的资金。



理解能源转型的社会经济足迹对优化产出至关重要。能源转型与其所处的社会经济体系¹息息相关，不能孤立地考虑。通过不同途径可以实现能源转型，同样也可通过各种方法实现社会经济体系转型。REmap 案例显著地改善了能源体系的全球社会经济足迹（相较于参考案例）。到 2050 年，这将使社会福利增加 15%，GDP 增长 1%，就业增加 0.1%。GDP 增长约在 10 年后达到顶峰，而福利水平将持续提高到 2050 年及以后。能源转型所带来的社会经济效益远远不止 GDP 的改善，还包括卓有成效的社会效益和环境效益。对地区而言，能源转型的结果取决于地区目标和地区社会经济结构。尽管 GDP 和就业都出现了波动，但所有地区的福利水平都将显著提高。

图 3. 结合能源转型路线图和社会经济体系结构和前景，获取社会经济足迹

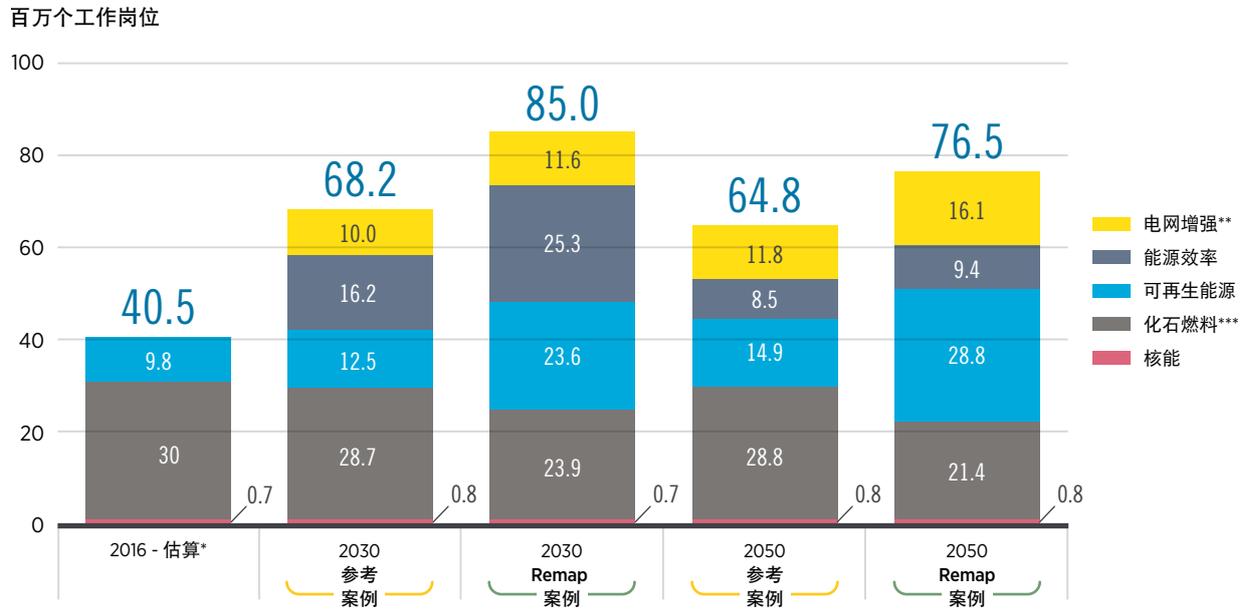


通过整体政策支持，能源转型可以大大促进能源部门的整体就业。总而言之，向可再生能源转型虽会减少化石燃料行业的就业机会，但会在能源领域创造更多的就业机会。到 2050 年，REmap 案例预计化石燃料行业会减少 740 万个工作岗位，但在可再生能源、能源效率、电网增强和能源灵活性方面创造的新就业岗位将达到 1900 万个，净增 1160 万个工作岗位。为满足可再生能源和能源效率领域快速增长的人力资源需求，教育和培训政策，将需要满足这些领域的技能要求，并最大化本地价值创造。公平公正的社会经济产出将帮助能源转型顺畅实施，以免脱轨或停滞。社会经济体系转型是能源转型最重要的潜在利益之一。

¹ 社会经济体系包括社会中存在的所有社会和经济结构及其相互作用。能源转型不是作为独立组件进行部署，而是与现有社会经济体系有着许多复杂的相互作用。从一开始就全盘考虑这些相互作用，有助于免除障碍，打开扩大深化转型潜力的大门。能源转型和社会经济体系的改善，增强了二者之间的协同作用，有助于推进整体转型迈向成功。

图 4. 到 2050 年，能源转型将净增 1100 万个就业岗位

2016 年、2030 年和 2050 年的整体能源领域就业人数（百万个工作岗位）



* 能源效率和电网增强领域的工作岗位估算不适用于 2016 年。

** 电网增强领域的工作岗位参考了 T&D 电网和能源灵活性领域的工作岗位，包括基础设施开发、运行和维护，以便将可再生能源体系集成到电网中。

*** 含化石燃料行业的所有工作岗位，包括开采、加工和消费。

世界上所有地区都受益于能源转型，尽管利益分配会根据社会经济背景而有所不同。正如预期，社会经济利益并非均匀分布在各个国家和地区。这是因为其影响作用各不相同，具体取决于各个国家或地区对化石燃料的依赖、能源转型的雄心、以及社会经济特征。在福利方面，墨西哥的整体改善最为强劲，紧随其后的是巴西、印度、以及大洋洲国家和地区。其他地区，包括东亚的其他地区、南非、南欧和西欧的福利收益也创下新高。所有国家的环境效益都非常相似，因为它们都是由全球温室气体（GHG）排放减少所主导的。随着时间推移，本地就业的净收益将有所波动，但对几乎所有地区和国家的影响都是积极的。

加速部署必须从现在开始。及早投资正确的能源技术是减少资产搁置规模的关键。减排工作至今进展缓慢，这意味着本报告中采用的减排路径将导致价值超过 11 亿美元的资产搁置。如果当今世界开始基于大量可再生能源和能源效率来加速能源转型，将会限制不必要的能源资产堆积（否则不得不予以搁置）；最大程度降低化石燃料造成的环境破坏和健康损害；并在未来减少采用不利环境技术的需求，比如碳捕获与封存（Carbon Capture and Storage, CCS）或核能。

金融体系应符合更广泛的可持续性和能源转型要求。金融约束和惯性可以控制能源转型所需的投资。增加融资和降低借贷成本将进一步增加 GDP 和就业，同时使本报告中设想的转型路线得以实现。在不影响地区金融稳定的前提下，政策措施和社会经济结构的调整增加了金融可用性。应解锁目前对可持续能源投资贡献不大的资金来源。潜在的资金来源包括机构投资者（养老基金、保险公司、捐赠基金、主权财富基金）和社区金融。在可再生能源投资被视为高风险的国家和地区，应利用稀缺的公共财政来降低关键风险和资本成本。全球需要采取快速行动来消除转型的潜在障碍，确保不再拖延清洁能源和现代能源的引进。



虽然能源转型在技术上可行，且在经济上有益，但它不会自行发生。迫切需要采取行动制定政策，引导全球能源体系走向可持续发展道路。

焦点领域

IRENA 报告，**全球能源转型：2050 路线图**，确定了政策和决策者需要采取行动的六个焦点领域：

- 1. 挖掘能源效率和可再生能源之间强大的协同作用。**这应该成为能源政策设计的重中之重，因为到 2050 年，二者的联合效应可以利用成本效益的方式实现大部分与能源相关的脱碳需求。
- 2. 规划可再生能源作为高份额能源提供方的电力领域。**全球能源转型要求构思和运作能源系统的方式进行重大转变。这反过来需要长期规划能源系统，并在地区和国家之间转向更全面的政策制定和更协调的方法。这对电力领域至关重要，及时部署基础设施和重新设计行业规章制度是成本高效的大规模集成太阳能和风力发电的必要条件。这些能源将在 2050 年成为电力系统的支柱。
- 3. 增加交通、建筑和工业用电。**城市规划、建筑法规和其他计划政策必须一体化设计，特别是通过电气化，使交通和供热领域深化成本高效的脱碳。不过，可再生电力只是这些领域的部分解决方案。对于运输、工业和建筑领域能源中服务无法电气化的情况，需要部署其他可再生解决方案，包括现代生物能源、太阳热能和地热。为加快这些解决方案的部署，有效的政策框架将是必不可少的。



4. 推进系统级创新。正如过去新技术发展对推进可再生能源发展起到了关键作用，未来需要继续进行技术创新，以实现全球能源的成功转型。创新必须涵盖技术的全部生命周期，包括示范、部署和商业化。但创新远比技术研发（R&D）涉及的面更为广泛。它应该包括运作能源体系和市场的新方法，并包含新的商业模式。实现能源转型所需的创新将需要各国政府、国际行为体和私营机构更多深入、集中和协调一致的行动。

5. 整合能源转型与社会经济结构和投资。为实现社会经济体系和转型的整合，需要使用综合且全面的方法。能源转型的实现需要大量投资，这增加了适应气候变化所需的费用。实现能源转型的时间越短，适应气候变化的成本就越低，对社会经济的破坏就越小。金融体系应符合更广泛的可持续性和能源转型要求。如今做出的投资决策决定了未来几十年的能源体系。资本流动迫切需要重新分配为低碳解决方案，以免经济受困于碳密集型能源系统，同时使资产搁置最小化。必须尽快建立规章制度和政策框架，这给所有利益攸关方提供了明确并长期的保证：能源体系转型是为了实现气候目标，同时提供充分反映化石燃料的环境成本和社会成本的经济刺激，并移除低碳解决方案加速部署的障碍。推进并激励机构投资者和社区金融更多地参与到能源转型中来。分散投资需求（能源效率和分布式发电）的特殊性也应予以考虑并解决。

6. 确保转型成本和收益公平分配。能源转型需要整个社会共同协作才能实现。为实现各方有效参与，能源转型成本和收益应公平共享，且转型本身的实施也应保持公正。通用能源接入是公平公正转型的关键环节。除了能源接入，目前在不同地区可用的能源服务也存在巨大差异。只有当能源服务在所有地区融合并趋于一致时，能源转型过程才会完成。转型方案和规划应将能源接入和融合纳入考虑范围。应推进并鼓励由个人、社区、国家和地区为实现具体转型做出贡献和义务的社会核算框架。应进一步定义并实施转型成本的公平分担，推动并促进制定公平分配转型效益的结构。在一开始就应从微观和宏观两个层面明确公平能源转型所需的各方面考虑，创造结构化能源体系，使受困于化石燃料的个人和地区能从转型中受益。

www.irena.org

版权所有 © IRENA 2018

