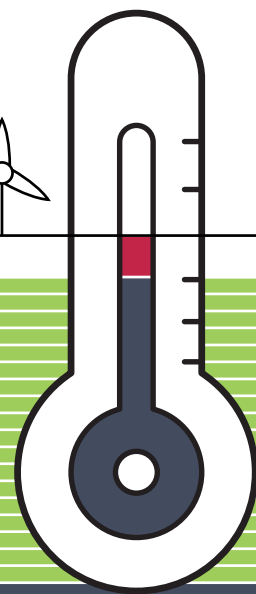


系统转型 能源



— 坚守
全球气温
上升的警戒线

关键数字

到 2050 年对该行业的投资将达

110

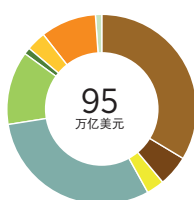
万亿美元

+15 万亿美元

较

当前计划

能源转型



增加投资和改变能源结构



可再生
能源投资:

27

万亿美元

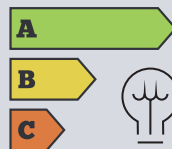
目前是 12 万亿美元

能源效率投资:

37

万亿美元

目前是 29 万亿美元



改变贸易、
支出和投资模式

电力



22.5

万亿美元

目前是 12 万亿美元

最终使用



2.5

万亿美元

目前是 1 万亿美元

生物燃料



2

万亿美元

目前是 1 万亿美元

GDP 增加

2.5%

工作岗位增加

7

百万



*与当前计划相比, 通过能源转型预计 2050 年整个经济领域净就业率将提高 0.15%

主要研究成果

《巴黎协定》提出了一个目标，即“将全球平均气温上升控制在比工业化前水平高 2°C 以下，并努力将气温上升限制在比工业化前水平高 1.5°C 以下”，以显著降低气候变化的风险和影响。当今世界只有不到 20 年的时间来大幅削减碳排放量。根据政府间气候变化专门委员会（IPCC，2018）所述，假如我们守不住这条底线，我们就可能会跨过临界点，走向灾难性气候变化的未来。¹

能源领域的巨额投资——在供应侧和需求侧实现发电、交通运输和其他能源利用的转型——可为可持续未来带来许多立竿见影的效果。可再生能源，加上不断提高的能源效率，在 IPCC 规定的时间范围内提供了最实用和最可行的解决方案。从现在开始通过全面的能源转型，我们可以开始创建一个更好的能源系统——一个能够确保本世纪末全球平均气温不高于工业化前水平 1.5°C 的能源系统。

当今世界，靠各国的能源计划和国家自主贡献（NDCs）远远达不到所需的减排目标。目前全球可能在短短十年内耗尽本世纪末能源相关排放的“碳预算”。为守住 1.5°C 的警戒线，到 2050 年，与能源相关的二氧化碳（CO₂）累积排放量必须比现行政策和计划规定的要低 400 亿吨。

国际可再生能源机构（IRENA）研究了两大未来发展路线：当前计划（指当前和计划政策制定的路线）；以及清洁、适应气候变化的能源转型路线。² IRENA 的分析显示，建设这样一个低碳、气候安全的未来可以带来广泛的社会经济效益。但要实现这一目标，必须毫不拖延地加快可再生能源投资的速度和深度。

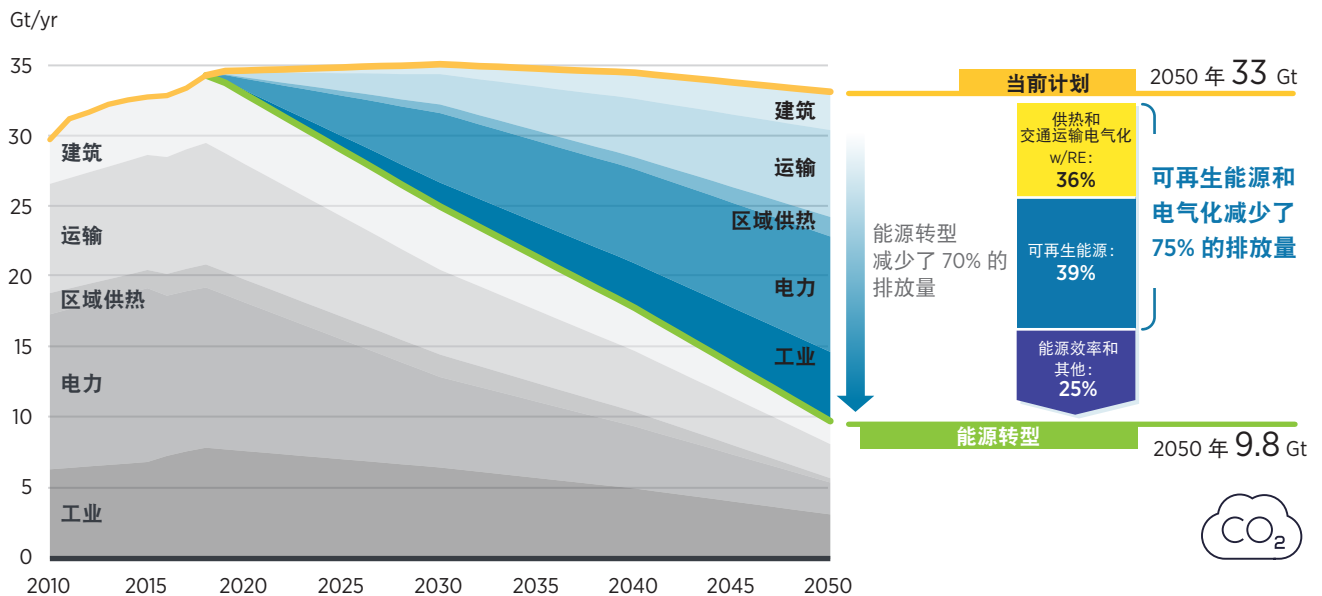
单凭可再生能源技术还不足以实现大规模脱碳。未来能源系统包含三个相互关联的要素：第一，可再生能源将依赖于能源效率的稳步提高，加大终端使用行业的电气化程度。降低成本也很重要，因为只有经济实惠的可再生能源能够更快、更可行地替代传统燃煤和燃油系统。

通过利用可再生能源，提高能效，
加上电气化，就能实现减少十分之九
以上与能源相关的 CO₂ 排放量

¹ 《巴黎协定》，第 2(1)(A) 条

² 全球能源转型：2050 年路线图（IRENA，2019）分析并比较了至本世纪中叶的这两种投资和发展路线。

2010-2050 年与能源相关的 CO₂ 排放量和减排量



全球能源脱碳的实用方案

IRENA 从两个主要角度探讨了全球能源发展的方案：一个是按当前和规划了的政策实现的方案，另一个是采用更大比例可再生能源及其相关技术的更加清洁更适应气候变化的方案。在这份报告中，我们将第一种当前计划方案作为第二种更宏伟的能源转型方案的比较基准。

全球能源转型：2050 年路线图 (IRENA, 2019) 分析并比较了至本世纪中叶的这两种投资和发展路线。

正在进行的路线图分析每年更新一次，其中包括几个关键步骤：

- 将全球能源发展的当前计划定为基准情景（或参考案例），以比较到 2050 年全世界的投资选择。这是一个基于政府当前能源计划和其他计划目标和政策的设想，包括自 2015 年以来在《巴黎协定》国家自主贡献中所作的气候承诺；

- 评估扩大或优化低碳技术和方法（包括可再生能源、能源效率和电气化）的附加潜能，同时考虑其他技术的作用；
- 开发一个现实且实用的能源转型方案，在其他出版物中将其称为 REmap 案例。这要求加快部署低碳技术，主要以可再生能源和能源效率为基础，从而实现能源使用的转型，使本世纪全球气温上升幅度低于工业化前水平的 1.5°C。该方案主要着眼于削减与能源相关的二氧化碳 (CO₂) 排放量，其约占全球温室气体排放量的三分之二；
- 分析全球低碳技术的成本、效益和投资需求，以实现设想的能源转型。

有关全球路线图及其基础分析的更多信息，请参见

www.irena.org/remap。

此外，不断下降的可再生能源成本为电动汽车和供热提供了至关重要的协同作用。仅基于可再生能源的供热和运输解决方案就可提供实现协定的国际气候目标所需的三分之二的能源减排。

现代日益“智能”的电网基础设施使得能源的生产、分配和使用具有了前所未有的灵活性。但要充分利用这些效益，就需要投资。

投资模式必须改变

尽管气候问题刻不容缓，但目前的投资模式与保持 1.5°C 警戒线的路径明显不匹配。在过去三年里，对低碳能源解决方案的投资一直停滞不前。

政府如今制定的计划要求在未来 30 年内对能源系统投资至少 95 万亿美元。但这些计划和相关投资并不总是用于抵御气候变化的系统。投资必须重新定向。

为确保气候安全的未来，对能源系统的投资需要优先考虑可再生能源、能效和相关能源基础设施。按照不同的能源投资结构，总投资额仅增加 15 万亿美元，运用以高效利用为基础的具有成本效益的可再生能源技术，全球能源系统就可以在很大程度上抵御气候变化。

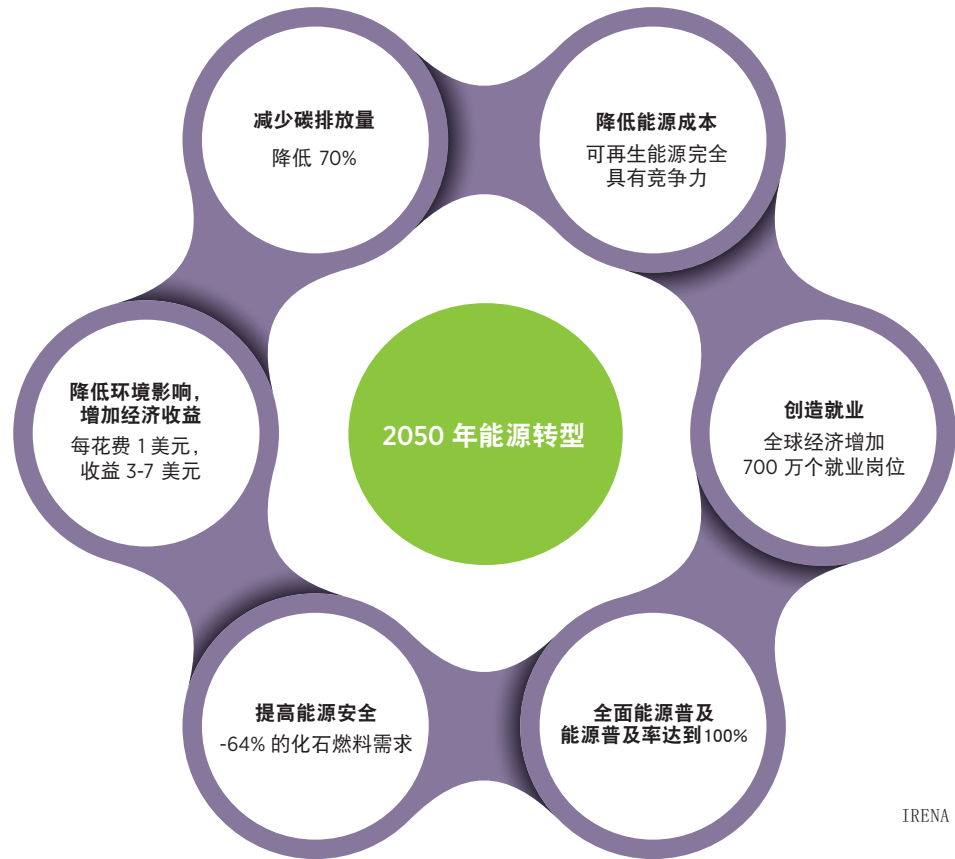
为实现低碳能源转型，每年需要投资 3.2 万亿美元（约占全球国内生产总值（GDP）的 2%）。这比目前的计划多出约 0.5 万亿美元。到 2050 年，全球能源累计投资金额将增加 16%，但其总体构成将决定性地摆脱对化石燃料的依赖。

可再生能源和相关基础设施将占据近一半的增额，而能源效率和电气化运输及供热应用则会吸收剩余金额：

- 提高可再生能源发电装机容量的投资为目前预期的两倍，到 2050 年将达到 22.5 万亿美元。
- 能源效率要求每年投资 1.1 万亿美元，这是目前水平的四倍多。
- 随着太阳能和风能的兴起，电网运营商需要新设备来使整个电力系统灵活运行。有些解决方案以市场为基础，有些则需要投资于现代技术解决方案。快快速爬坡的备份火电厂、抽水蓄能电站、强化的输配电网、数字控制设备、大幅度扩大的存储容量，以及通过热泵、电锅炉和表后电池进行的需求侧管理，这些都只是电力系统投资的部分领域。
- 到 2050 年，转型后的能源系统将包括全球超过 10 亿辆电动汽车。充电基础设施和铁路电气化的综合投资每年可能达到 2980 亿美元。
- 工业和建筑业将可能安装超过 3 亿台高效热泵，这是目前运行数量的 10 倍多。这意味着每年的投资将高达 760 亿美元。
- 为进一步深化该系统的协同作用，可再生氢（即可再生能源生产的氢）可满足全球近 19 E 焦耳的能源需求。但这意味着到 2050 年，将以每年 160 亿美元的全球平均投资成本，增加近 1 兆瓦的电解槽容量。
- 去年对可再生能源供暖、燃料和直接用途的投资总额约为 250 亿美元（IEA，2019）。在未来三十年内，每年的投资必须增加近两倍，达到 730 亿美元。
- 到 2050 年，东亚在能源转型方面的年度投资将最高，达到 7630 亿美元，其次是北美，为 4870 亿美

转变能源系统意味着
在未来 30 年内可再生
能源发电计划投资将
翻一番

需求和机会



为实现不超过 IPCC 建议的 1.5°C 上限，到 2050 年，全球必须将其累计能源投资的近 18.6 万亿美元从化石燃料转向低碳技术。在此期间，化石燃料年平均投资金额将降至 5470 亿美元，约为 2017 年化石燃料行业投资金额的一半。

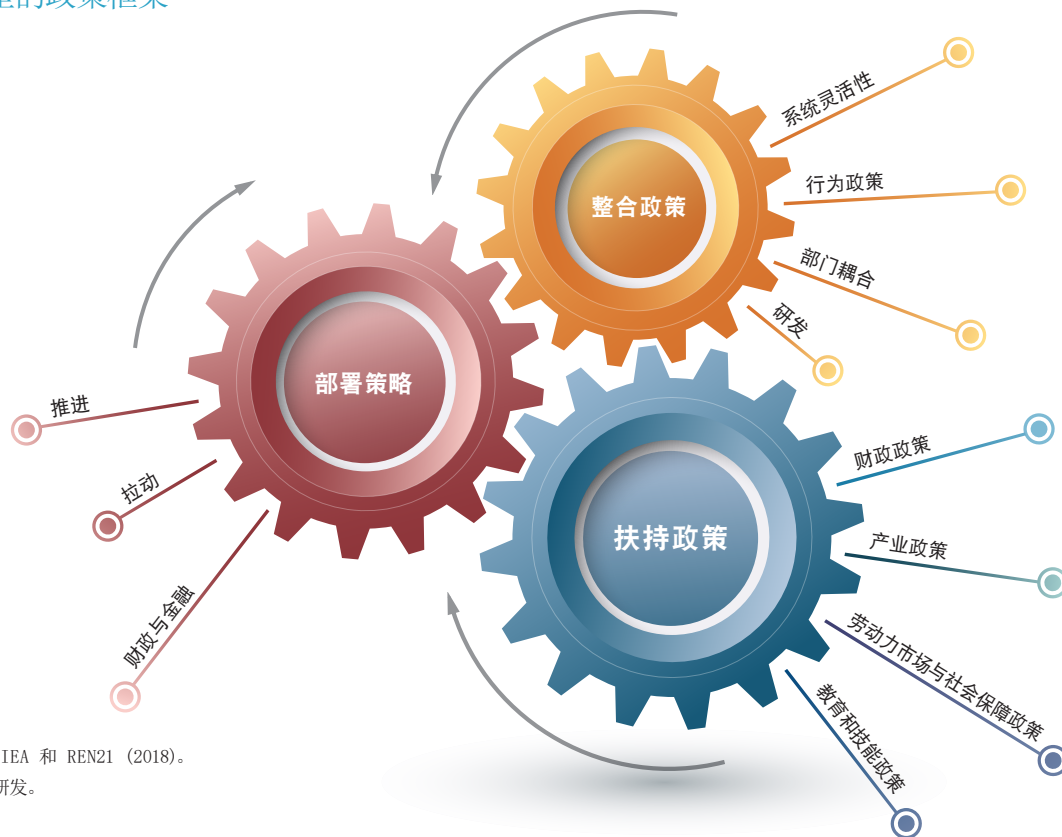
花费的每 1 美元都能节约高达 7 美元的燃油费，减少相应的投资以及对健康和环境的损害。

通过转移投资，全球可以获得更大的效益。幸运的是，转变能源系统的成本比不转变更低。即使不考虑缓解气候变化和实现长期可持续性的效益，也是如此。到 2050 年，通过减少净能源补贴和减少环境健康损害而节省的资金将超过投资金额的三到七倍。

IRENA 的分析显示，到 2050 年，与目前的计划相比，能源转型的投资可能创造约 98 万亿美元的额外 GDP 收益。

随着能源转型，能源行业的就业岗位将增加 14%。即使与化石燃料相关的就业岗位减少，新增的就业岗位也将超过失业岗位。到 2050 年，所有技术领域的可再生能源就业岗位预计将增长 64%。

顺利转型的政策框架



基于 IRENA、IEA 和 REN21 (2018)。

注：R&D = 研发。

虽然这些指标非常鼓舞人心，但能源投资不能再脱离其更广泛的社会经济背景。随着各国越来越多地转向可再生能源，他们将需要一个全面的政策框架保障随后的转型。在制定计划和投资战略的同时，必须对能源系统如何与更广泛的经济互动进行清晰、综合的评估，以实现顺利及时的转型。

寻求刺激经济增长的国家可同时优化可再生能源的影响，并将经济和就业调整的成本降至最低。如将目光长远的能源投资政策与精明的社会经济政策结合起来，将有助于确保顺利实现的转型，不让任何人掉队。

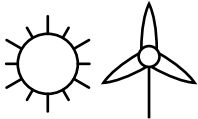
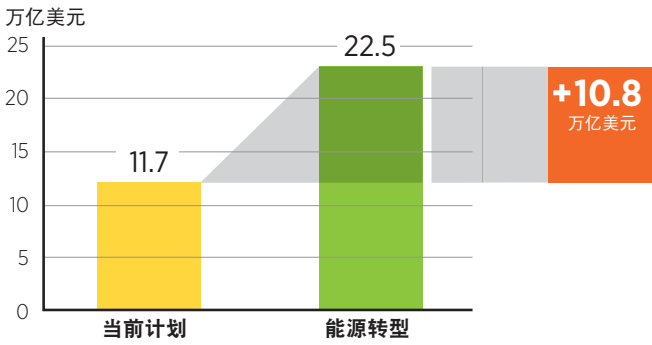
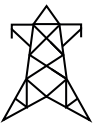
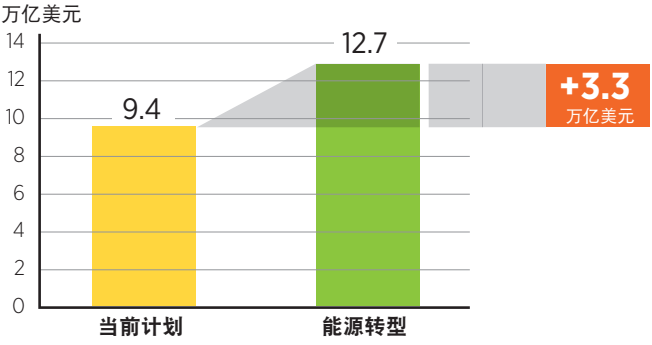
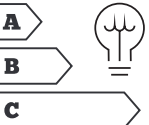
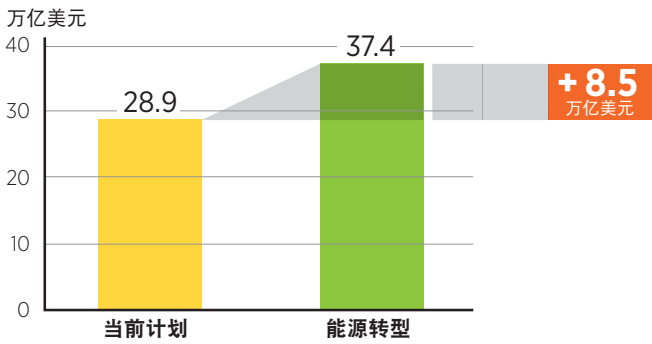

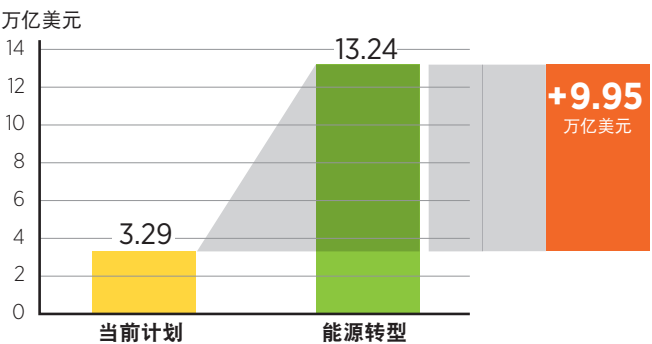
从现在开始，通过明智的投资，各国和社区可以经济高效地扩大可再生能源，稳步提高能源效率，并通过电气

转型后的能源系统
将有助于实现可持续发展目标，并能刺激跨行业的利益


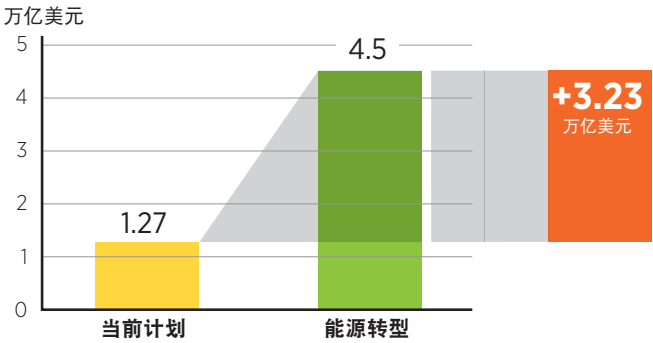
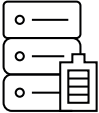
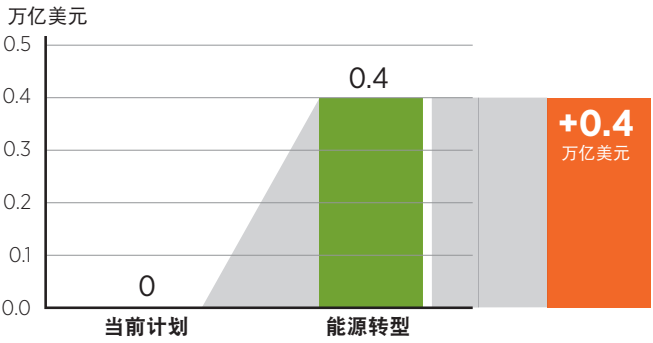

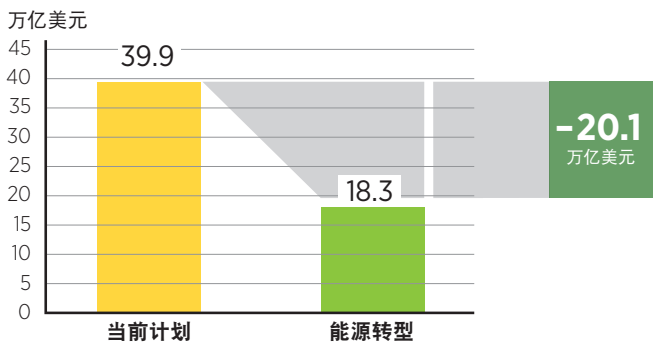
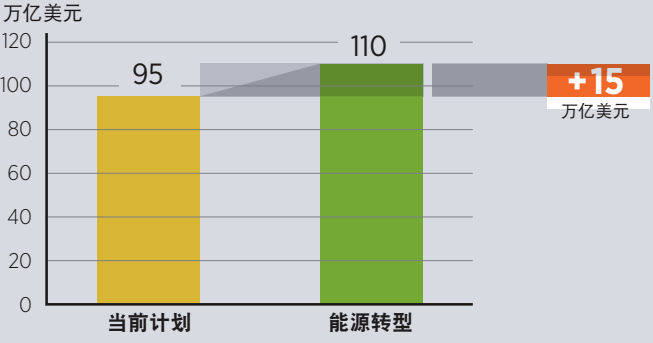
化实现非凡的协同增效。到 2050 年，转型后的能源系统应能满足本世纪后半叶的全球需求。

如同时满足社会经济需求和期望，那么这些变化很可能会获得认可，不仅仅作为满足目前缓解气候变化的急切举措，以后也会继续实行下去。只有到那时，全球能源转型才能真正具有可持续性。

到 2050 年按技术分类的投资需求: 当前计划 ■ 与能源转型 ■

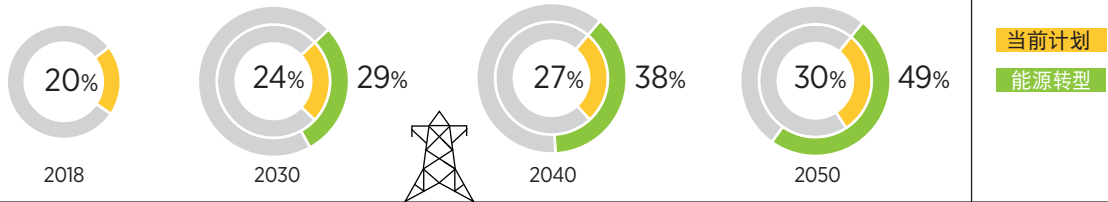
类别	2016 年至 2050 年累计投资	差额	注释
可再生能源发电装机容量 (不包括电气化) 	万亿美元 	+10.8 万亿美元	<ul style="list-style-type: none"> 主要建设以风能和太阳能光伏为燃料的发电站
电网与灵活性 	万亿美元 	+3.3 万亿美元	<ul style="list-style-type: none"> 80% 用于输电和配电网的扩建和加固 平衡智能电表、储能(抽水蓄能、电池储能)和改造或新发电装机容量, 以确保足够的备份容量
最终使用行业的能源效率 (不包括电气化) 	万亿美元 	+8.5 万亿美元	<ul style="list-style-type: none"> 50% 用于建筑节能改造和新建高效建筑 平衡运输和工业能效改进
最终使用部门的电气化 	万亿美元 	+9.95 万亿美元	<ul style="list-style-type: none"> 80% 用于电动汽车充电基础设施和铁路电气化 平衡建筑 (12%) 和工业 (8%) 中的热泵 1% 的 1 兆瓦电解槽容量产生 19 E 焦耳氢气

注: EJ = E 焦耳; PEM = 聚合物电解质膜; PV = 光伏; TW= 太瓦。

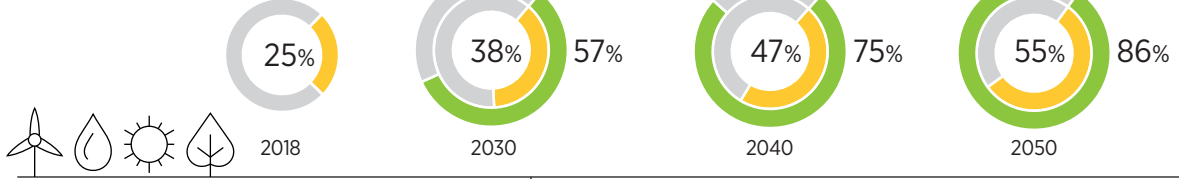
类别	2016 年至 2050 年累计投资	差额	注释
可再生能源的直接应用 	万亿美元 	<ul style="list-style-type: none"> • 42% 用于生物燃料生产, 以使运输部门, 特别是航空和航运部门脱碳 • 40% 用于工业(主要)和建筑中的太阳能热利用 • 11% 用于现代生物质; 平衡地热部署 	
其他 	万亿美元 	<ul style="list-style-type: none"> • 包括工业中的碳捕获和封存以及材料效率的提高 	
不可再生能源 	万亿美元 	<ul style="list-style-type: none"> • 90% 以上的变化由化石燃料支出减少(上游供应、发电能力)导致 • 平衡反映了避免对核能发电能力的投资 	
总差额	万亿美元 	<div style="border: 1px solid white; padding: 10px; text-align: center;"> <p>总体增量 投资需求为 15 万亿美元。</p> </div>	

两种情景下的关键指标: 当前计划 ■ 与能源转型 ■

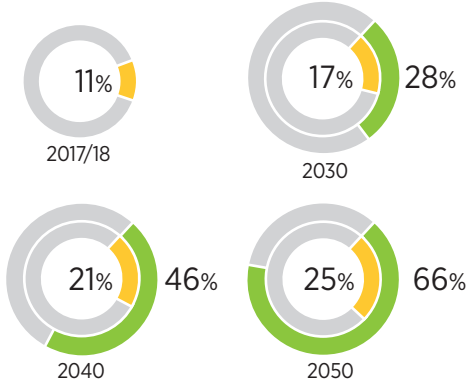
电力在最终能源消耗中的份额



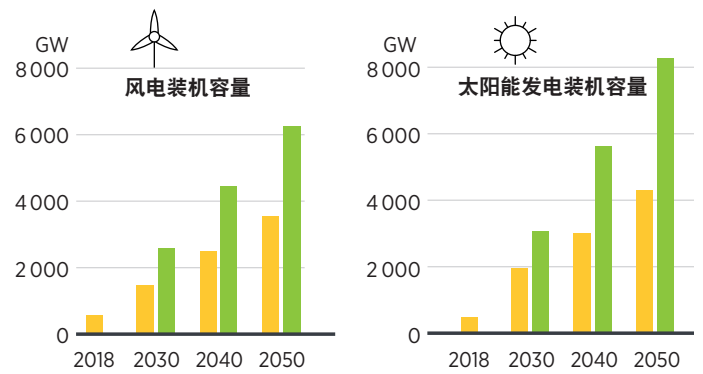
可再生能源在发电总量中的比例



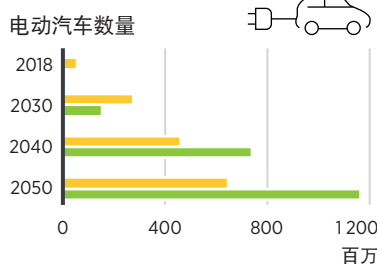
可再生能源在最终使用行业的份额



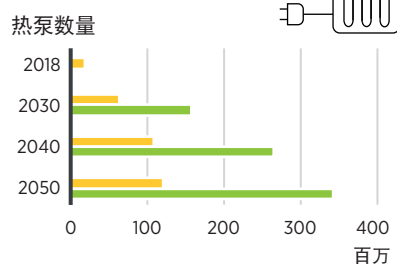
波动性可再生能源装机容量



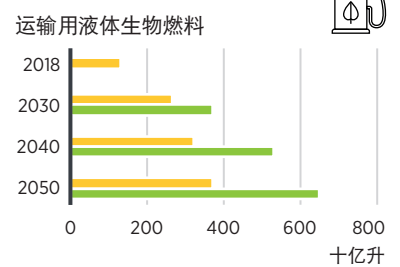
电气化运输



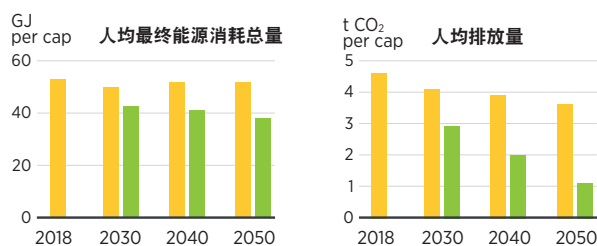
通电加热和冷却



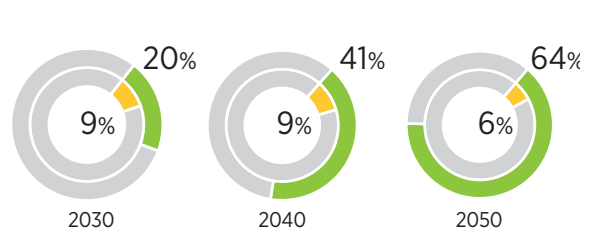
运输用生物燃料



能源效率



与现在相比, 化石燃料总需求减少



IRENA 分析。

注: 风能总容量包括陆上和海上风能; 太阳能光伏总容量包括上网装机容量和小型太阳能电站。

EVs = 电动汽车; GJ= 千兆焦耳; GW = 千兆瓦。

“市场已经发出了具有成本竞争力技术的信号。决策者现在必须制定扶持性框架，以加速抵御气候变化的投资。我们必须建立一个低碳能源系统来控制全球气温的上升。这可以实现。”

Francesco La Camera

国际可再生能源机构 总干事

关于 IRENA

国际可再生能源机构（IRENA）是一个政府间组织，它是主要的合作平台、英才中心、政策、技术、资源和金融知识库，也是推动全球能源系统转型的动力。IRENA 推进广泛采用和可持续利用各种形式的可再生能源，包括生物能源、地热、水电、海洋、太阳能和风能，以追求可持续发展、能源获取、能源安全和低碳经济增长和繁荣。

本文件总结了 IRENA (2019)，*转变能源系统——保持全球气温上升的警戒线*，国际可再生能源机构，阿布扎比（ISBN 978-92-9260-149-2）。

报告和摘要可从以下网站下载：www.irena.org/publications

可通过 info@irena.org 获取更多信息或提供反馈

免责声明

本文件使用的名称和展示的材料均以“原件”为基础，由 IRENA、其官员和代理人提供，仅供参考，无论是明示或是暗示信息均不含任何条件、保证或承诺，其包括但不限于对特定目的或此类内容使用的准确性、完整性和适用性的保证。

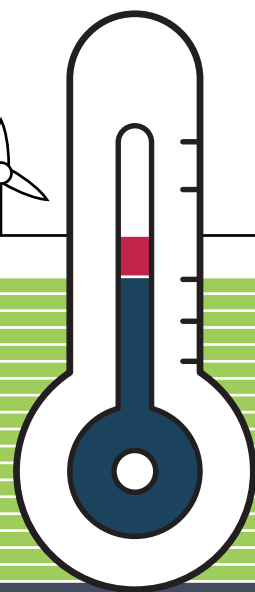
本文件所含信息不一定代表 IRENA 所有成员的观点，也不代表对任何项目、产品或服务提供商的认可。本文件使用的名称和展示的材料并不表示 IRENA 对任何地区、国家、领土、城市、区域或其当局的法律地位，或边界及边界的划定的任何意见。

转变 能源系统

主要研究结果和关键数字

www.irena.org

转变 能源系统



— 保持全球
气温上升的警戒线。