



执行摘要

经济、人口、气候变化和科技的协调发展需求正在推动着全球能源体系的持续转变。

人口的不断增长、生活水平的提高、人口不断向城区中心集中，极大提高了对能源服务的需求。同时，针对气候变化造成的威胁不断达成的共识，促使全球各地的人们及政府在寻求能源生产方式的同时，最大程度地减少温室气体排放并降低其它环境影响。

科技的迅速发展、成本的不断降低、对金融风险的更深了解、对更广泛利益的不断认识，使得可再生能源愈加被视为解决问题的答案。REmap 2030 是国际可再生能源机构（IRENA）制定的全球路线图，该路线图指出，可再生能源不仅能够满足全球不断增长的能源需求，而且其价格更低，并且有助于将全球变暖限制在 2 摄氏度以内（2 摄氏度是被广泛引用的气候变化临界点）。

一项曾被视为利基的技术，如今正逐渐成为主流。尚不清楚的是：这一转变将持续多长时间以及决策者们应对变革的效果如何。

随着这一转变的开始，将对社会的方方面面产生影响。IRENA 的新系列出版物《反思能源》将探究如何对可再生能源进行融资、生产、分配、消费，并将用图标来说明其引致的国家、公司、个人间不断变化的关系。

第一卷将聚焦电力行业。该卷的内容为 —— 推动这一变化的趋势、技术如何发展、谁提供资金以及将带来的更广泛利益。最后，还探讨了由可再生能源驱动支撑的能源体系的可能面貌，以及决策者们如何为这一转变提供进一步支持。

为什么说能源体系正在发生转变

能源体系转变的核心在于需求，在于提高能源安全性的目标，在于未来可持续发展的必要性。

在过去 40 年里，全球人口从 40 亿激增到 70 亿。中产阶级及在城市居民所占的比重不断提高。而在同期，发电量增长了 250% 以上。

而且这一增长仍将持续。到 2030 年，全球人口将超过 80 亿，其中有 50 亿集中在城市里。全球中产阶级的支出预计将会是现在的两倍以上，从 2010 年的 21 万亿美元增加到 2030 年的 56 万亿美元。全球发电量预计将会增长 70%，从 2011 年的 22,126 太瓦时 (TWh) 增加到 2030 年的 37,000 太瓦时。

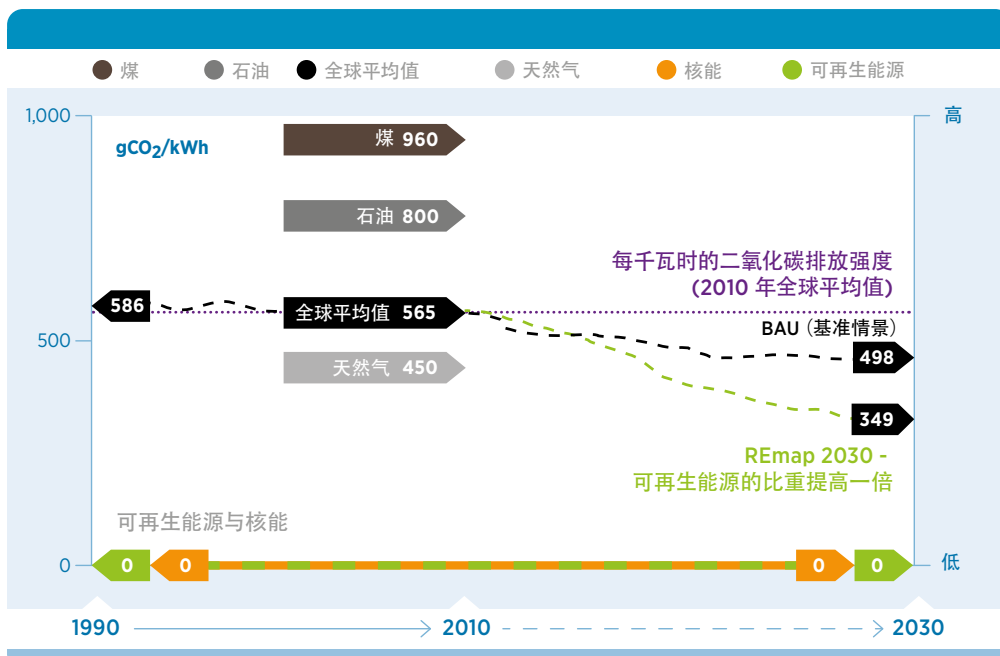
但是能源的生产是有成本的。针对不断升高的温室气体浓度导致的气候变化的威胁，正不断达成共识，这推动了全球各国努力地实施减排。

如果企业继续像以往一样，那么这些努力将付诸东流。在过去 20 年里，发电行业的平均排放强度几乎没有变化。通过不断部署可再生能源及天然气等排放强度较低的化石燃料而得到的好处，都被效率较低的发电厂及煤炭消耗量的不断上升所抵消。如果可再生能源在能源组合中的份额没有大幅提高，那么减缓气候变化仍将难以实现。

REmap 2030 表明，依据当前政策及各国的规划（基准情景），到 2030 年，二氧化碳（CO₂）的平均排放量只能降到 498 g/kWh。这还不足以将空气中二氧化碳水平保持在 450 ppm（超过这一水平，预计将会引起剧烈的气候变化）以下。将可再生能源的份额翻倍可将全球二氧化碳平均排放量降低到 349 g/kWh，这将有助于减缓气候变化——正如下图所示，这个值等于比 1990 年的水平降低了 40%。

随着快速发展的经济体正面临着空气质量不断下降和呼吸疾病患者激增的问题，人们也愈加担忧化石燃料燃烧所带来的直接健康影响。美国环境保护署最近发现，全国每年因化石燃料引起的疾病医疗费用在 3620 亿美元与 8870 亿美元之间。欧盟健康与环境联盟发现，燃煤发电厂的废气排放导致的公民健康成本每年高达 428 亿欧元。一些区域性灾难，如美国的墨西哥湾漏油事故及日本的福岛核电站事故，已成为发人深省的全球新闻。政府业已注意到这一问题。

每千瓦时的二氧化碳排放强度 — 2030 年展望



来源：国际能源机构（2010）与 IRENA（2014a）

各国均在不断努力降低对进口化石燃料的依赖程度。各国正在努力通过减少能源进口来实现更大程度的能源独立；避免潜在的供应中断（比如，出现冲突或灾难时）、高能源价格、价格波动。

同时，当前仍有 13 亿人未用上电，这些人大多居住在偏远地区，为了让这些人用上电，供电压力会不断增大，而传统的大型发电厂与输电系统并不能解决这一问题。而且，全球还有 26 亿人依靠传统生物质能生活，使用会产生严重健康影响的传统炉灶。

这些趋势促使人们坚信，现在必须要做出一些改变。化石燃料推动了第一次工业革命，但即使到了页岩油气的新时代，对它们与人类长远福祉是否相容的质疑仍然存在。具有成本竞争力、主流且可持续的现代可再生能源的时代已经到来。

随着发展规模的不断提高，可再生能源的成本急剧下降

在一些时期，大型水电站、地热、生物质能发电表现得很有竞争力，但多年以来，风力发电、太阳能发电仍很难与煤、油、天然气竞争。但是，过去十年，尤其是过去五年，这种局面已经有了巨大变化。

可再生能源技术已经发展得更为成熟稳健，更有效率，发电能力不断提高，即使在低风速、低太阳辐射等并不理想的条件下也能发电。储能技术也在快速发展。在欧美等国政府的支持下，在中国等国制造业崛起的推动下，成本直线下降。这些趋势在下图中均有反映，下图还用图表反映了不同形式公用电力及离网电力的平均度电成本。

2008 年以来，太阳能光伏（PV）价格下降了 80%，预计仍将持续下降。2013 年，在意大利、德国、西班牙，商用太阳能发电达到了电网平价，墨西哥、法国也将很快达到电网平价。更有甚者，太阳能光伏在没有补贴的情况下仍展现出越来越强的竞争力：比如，智利正在建设中的 70 兆瓦太阳能发电厂，预计将在该国电力现货市场上售电，直接与采用化石燃料的发电厂竞争。2009 年以来，陆上风电成本降低了 18%，2008 年以来，涡轮机成本降低了近 30%，使其成为广阔且不断增长的市场上最便宜的新增能源。目前有超过 100 个国家在使用风电。随着成本下降，海上风电预计也会迅速发展，英国目前是这一市场的领导者，截至 2014 年年中，装机容量达到 4.2 吉瓦。

上述事实及其他方面的发展，使得可再生能源在越来越多市场上受到越来越多的关注。2013 年，非经合组织成员国可再生能源的新增装机容量第一次高于非可再生能源。2013 年，中国部署的太阳能光伏与风电估计为 27.4 吉瓦；是排名第二的日本的近四倍。

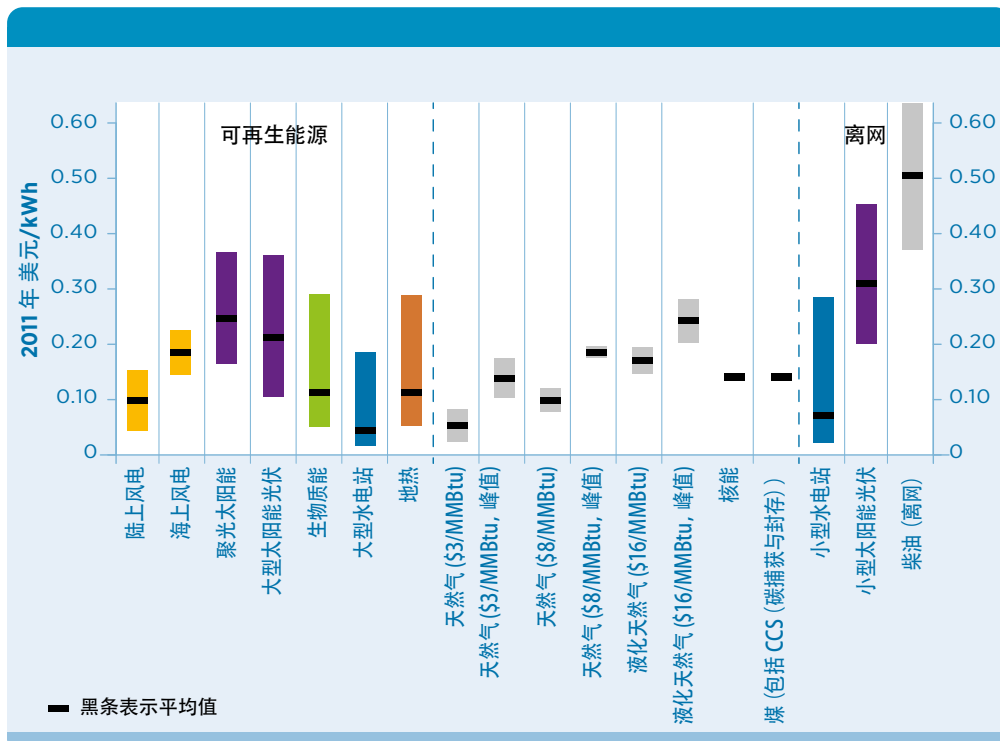
从全球来看，过去 10 年，可再生能源发电量增长了 85%，2013 年达到了 1,700 吉瓦，当前，可再生能源在全球总装机容量中所占比例达到了 30%。如今面临的挑战已从可再生能源能否以合理成本为现代生活方式提供电力（这一点我们如今知道是可以的）转移到如何最好地为其融资并加快其部署。

可再生能源融资成本不断降低，更易获取

从每千瓦时发电量成本来看，可再生能源具有竞争力。相比运行成本，大多数可再生能源技术的初始投资成本更高，因此它们的技术经济性对投资成本尤其敏感。这就是为什么一直以来政府资金支持对推动可再生能源而言非常关键的原因。但是，因为技术已经发展得更具市场竞争力，而且财政预算的压力不断增大，因此政府正在减少对它们的支持。

值得欣慰的是越来越多的私人资金准备接棒。借助于不断积累的经验，开发商能够对现金流进行更准确预测，融资人能够对风险进行更准确评估。资本成本不断下降，一些针对更大范围的投资者（从小型社区到大型机构）的产品也被设计出来以满足市场需要。众筹亦被用于吸引资本，尤其是在发展中国家，这些国家的资本成本一般很高。下图展示了可再生能源投资的来源如何随技术与市场的不断成熟而变化。

公共事业公司与离网电力平准化电力成本 — 经合组织成员国（范围与平均值）



来源：可再生能源技术来自于 IRENA 成本联盟（未注明日期），非可再生能源技术来自于普华永道数据库。

同时，机构投资者亦开始表现出对这一领域的兴趣。他们愈加认识到化石燃料的风险，而一些新的长期、低风险投资工具也鼓励他们可对再生能源进行投资。2013年，这一领域较早行动的私人开发商吸引了 110 亿美元的投资，较 12 个月前增加了 200%。

大型非能源法人团体亦逐渐进入。比如，宜家家居的涡轮机与太阳能面板产生的能源在其能源消耗中的比例达到了 37%，谷歌在风电与太阳能上投资超过 14 亿美元——大多数投资都是因为可观的经济回报。

但是这些积极趋势还并不够。可再生能源投资总额自 2004 年的 400 亿美元增加到 2013 年的 2140 亿美元（不包括大型水电站）。但要使可再生能源的全球份额翻倍，避免灾难性的气候变化，到 2030 年，每年需要 5500 亿美元投资，所以目前还存在较大的缺口。

决策者们扮演着重要角色。如果他们清楚认识到，可再生能源在该国的能源组合中所占的比重将会更大，并致力于长期的非资金支持机制，那么他们就能够减少不确定性，从而吸引更多投资者。在新兴市场，在建立支持可再生资源发展机制的同时，公共资金仍很重要。在这一背景下，国际合作与资本金融将起到愈加重要的作用。随着可再生能源市场竞争力的提高，可以预见，财政支持会逐渐的减少，取而代之的是对电网升级、教育、行业标准的重视，从而推动市场整体的发展。

传统电力企业也将扮演重要角色。随着企业模式随不断变化的市场条件而变化，大型公共事业公司、小型开发商、客户联合开发项目可能会成为一种可行的方式。

技术与市场发展阶段中的投资进展



可再生能源的更广泛效益

愈来愈多的证据表明，可再生能源将对社会产生积极的连锁效应，同时还会推动经济、社会、环境目标的实现。它的成本与效益，不能在传统的政策框架内理解，而需要将其在推动经济繁荣、社会福利以及环境健康等方面的整体效益一同考虑。

可再生能源对一国的经济是有益的。近期日本对 2030 年可再生能源占比达到 14% - 16% 的目标进行的研究发现，效益比成本高出 2-3 倍 — 包括减少化石燃料进口、减少二氧化碳排放以及经济上的连锁效应。2010 年，西班牙使用可再生能源减少了 28 亿美元的化石燃料进口，2012 年，德国节省了 135 亿美元。对化石燃料出口国来讲，在国内部署可再生能源可帮助实现更多化石燃料出口。

可再生能源刺激国内经济活动并创造就业，并在整个产业链体现可再生能源的效益。如下图所示，2013 年，可再生能源创造了 650 万个直接及间接工作岗位 — 包括中国的 260 万个。

可再生能源亦为当前不能未用上电的人们带来电力，推动生产性消费，促进教育，接入现代通信系统并提供许多新的机遇。

环境方面的效益更是引人注目，无论是在当地及全球层面。大多数可再生资源不会耗尽有限的资源（但设备的清洗与冷却会用到水，这在干旱国家是一个挑战）。可再生资源亦减少生态灾难的风险。

关键是，它提供了减少温室气体排放的途径，而温室气体排放是全球变暖的重要原因。仅电力一项就占当今人类活动所排放的二氧化碳的 40% 以上。太阳能、风能、核能、水电、地热、生物质能在其生命周期内，其碳排放强度比最清洁化石燃料（天然气）低 10 - 120 倍，比煤炭低 250 倍。REmap 2030 估计，可再生能源将在能源结构中的比重翻倍并伴随能源效率的提高，可使大气中的二氧化碳浓度低于 450 ppm（超过这一水平就会引起灾难性的气候变化）。

新工业范式？

随着可再生能源所占份额的提高，工业结构及电力生产商的性质与作用均在发生变化。一个曾经由大型公共事业公司占主导的行业正逐渐去中心化、多元化、分散化。在德国，全部可再生能源中，如今有几乎一半是由家庭与农场主所有，而可再生能源资产中仅 12% 是由公共事业公司直接所有。

新的储能技术及为更好地实施需求侧管理提供支持的智能技术的将变得更加重要 — 这创造了一个全新的智能家居行业。在许多新兴市场，可再生能源对离网及微网系统而言已成为最经济的电源。随着固定电话向移动电话的转变，许多国家有机会跳过电网的发展，直接进入多元、互联的微网系统。

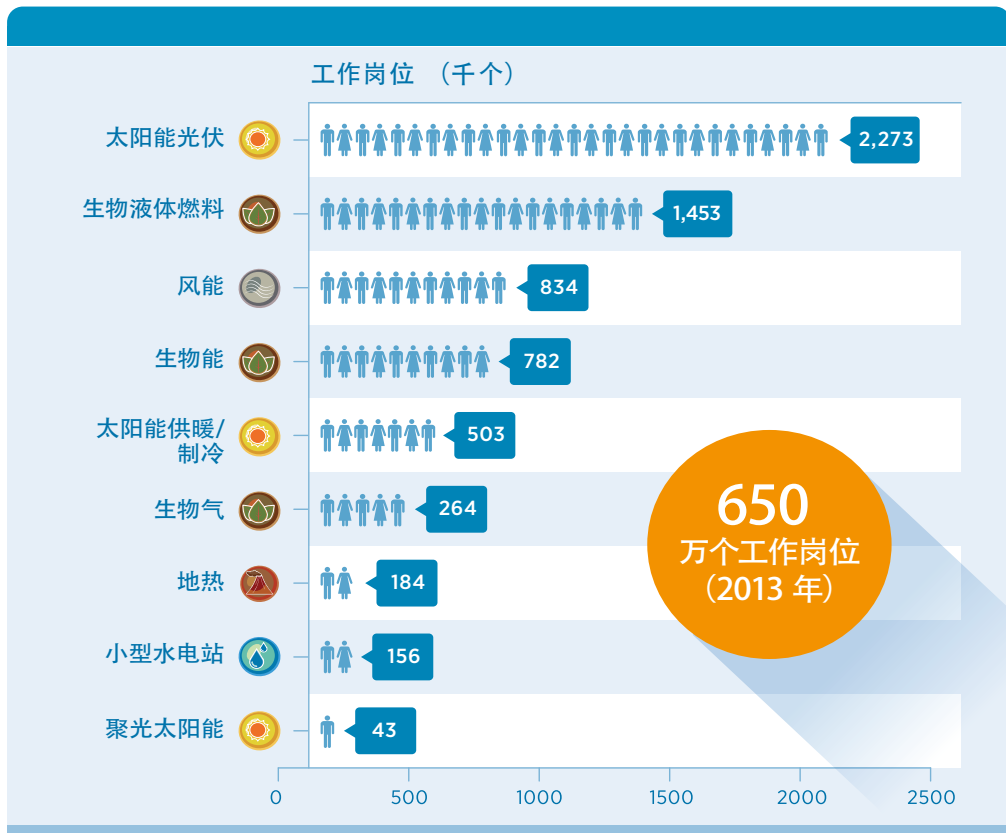
这些及其它趋势要求对能源采取不同的思维方式，从由少数集中化公共事业公司主导的系统转变为多元、分布式系统，在多元、分布式系统中，消费者亦是生产者，对怎样及何时使用能源具有更大控制权。

在推动或阻碍这一愿景方面，决策者们起到决定性作用。可再生能源投资者需要稳定及可预测的政策框架，该框架认可可再生能源能够带来的系统层面的效益。它们需要公平竞争的环境，这包括削减全球化石燃料当前享受到的巨额补贴。它们需要电网基础设施方面的支持，其中包括更多地区互连，以实现不同形式可再生能源发电之间的协同效应。

反思能源意指决策者需要从整体上考虑可再生能源的效益，将以前认为无关的领域（比如保健、农村开发与治理等）联系起来。这里存在最大的变化：采用真正的整体分析，不仅要考虑短期增长效益，而且还要为所有人提供长久繁荣的机遇。

即将到来的变化提供了新工业革命的潜在可能——创造基于可持续能源的体系，它不仅能够增强接入性、健康、安全，而且还能创造就业岗位，保护环境。技术已经准备就绪。人员、企业、政府现在就必须接受这一潜在可能性。

可再生能源利用（按技术）



来源：IRENA (2014e)

