



## 特别报道

压缩油气业务比例  
建立低碳利润中心 6版全球经济触底反弹,  
呼吁加快能源转型 7版用优质海外工程  
助力美好生活 8版

**编者按:**国际能源署(IEA)发布的《2023年能源技术展望报告》仍延续了前几年的特点,聚焦以实现能源安全、经济发展和环境可持续性为目的的清洁能源技术和革新。2022年的地缘政治局势严重干扰了全球清洁能源和技术供应链,不仅推高了化石能源价格,也导致清洁能源技术所需的关键矿物、半导体和其他材料及元器件的短缺。由此引发的能源短缺状况对全球短期

经济发展前景有不利影响,或延缓部分清洁能源技术的推进和开发,但也加快了人类社会从化石能源向清洁能源的转型步伐,使资金更多投向新能源和提高能效的清洁能源技术。与此同时,近期的极端天气事件也不断提醒人类遏制温室气体排放的必要性,正如IEA反复强调的那样,人类无须在应对能源危机或是气候危机之间踟蹰,因为加快向清洁能源转型获得的社会和

经济效益已很显著。考虑到各国政府在推动清洁能源转型过程中的重要作用,IEA的报告评估了现存、新兴能源技术的机遇和风险,选取了6个重要的清洁能源技术链进行了梳理和预测,为制定更合理的能源和环境政策提供参考。

本版文字由 卢雪梅 提供 图片由 视觉中国 提供 (资料来源:国际能源署)

国际能源署近期发布《2023年能源技术展望报告》

## 聚焦清洁能源技术和革新 实现能源安全与可持续发展

### IEA 预测情景和技术链的选择

净零排放情景,假定 2050 年实现全球能源部门二氧化碳的净零排放,而不依赖能源部门以外的碳减排,将全球平均气温稳定在比工业化前水平高 1.5 摄氏度的目标。

实现承诺情景,假定各国民政府将全额且按时履行其与气候相关的承诺。

实现清洁能源转型至关重要的 6 个能

源和技术供应链分别是:低排放发电技术、低排

放氢能技术、低排放合成烃燃料技术、电动汽车技术、热泵技术、燃料电池卡车技术。

#### 能源转型任务艰巨

2022 年,全球清洁能源投资在 2021 年的基础上增长了 10%,高达 1.4 万亿美元,在能源部门总投资增长中占比达到 70%。尽管如此,化石燃料的主角光环仍在,其在一次能源结构中的占比仍高居 80%。这对实现净零排放目标构成了巨大威胁,也推动了清洁能源技术的加快部署。

根据 2050 年的净零排放情景,到 2030 年,全球电动汽车产量需在当前基础上增加 6 倍;可再生能源在发电量中占比达到 60% 以上(目前为 30%);电力需求增长 25%,在最终总消费中占比接近 30%(目前为 20%)。如果已宣布的清洁能源项目都能按计划推进,将满足净零排放情景下 2030 年全球对光伏组件和电动汽车电池的需求,但在其他领域则力有不逮,尤其是电解槽和热泵(离目标尚有 40% 和 60% 的缺口)。

向清洁能源转型的速度主要取决于清洁能源技术供应链是否完善。据预测,实现净零排放情景下 2030 年的目标,全球需累计投入 1.2 万亿美元来建设供应链所需的产能,考虑到项目周期,大部分投资需在 2023~2025 年到位,这意味着未来 3 年平均每年需投入 2700 亿美元,这将是 2016~2021 年平均投资力度的 7 倍。

铜、锂、钴和镍等清洁能源技术所需的关键材料正改变整个世界的能源安全范式。制造一辆典型尺寸的电动汽车所需的材料是普通汽车的 5 倍,这无疑将导致供需紧张。预测显示,2030 年的锂缺口将高达 35%,硫酸镍缺口将高达 60%。

建立新供应链和扩大现有供应链的筹备工作相对耗时,亟需获得政策扶持。采矿或建清洁能源基础设施通常需要十几年,建厂或应用大规模制造工艺则仅需 1~3 年。

2021~2030 年,净零排放情景下清洁能源行业的就业岗位将从 3300 万个增至 7000 万个,可抵消化石燃料相关行业 850 万个就业岗位的损失。建立庞大、熟练的劳动力队伍是实现净零排放目标的关键,但当下全球清洁能源行业仍存在劳动力短缺和技能瓶颈。

#### 关键矿产的地理特点

清洁能源所需的关键矿产分布在为数不多的几个地区,这无疑将加大供应风险。如全球 70% 的钴采自刚果民主共和国;60% 的稀土元素来自中国;40% 的镍产自印尼;55%

的锂来自澳大利亚,25% 的锂来自智利。除了产地,这些矿产的加工地也高度集中,中国承担了 90% 的稀土和 60%~70% 的锂和钴的精炼,主导部分大宗材料的供应,粗钢、水泥和铝产量占全球总量的一半左右,不过其中大部分用于国内建设。

中国是当今全球清洁能源技术的主要供应国,也是许多技术的净出口国。全球大规模制造技术中至少 60% 的制造能力来自中国,电解槽制造能力也有 40% 来自中国。除了风力涡轮机部件,欧洲是清洁能源技术的净进口国,电动汽车和电池约 1/4 依赖进口,光伏组件和燃料电池完全依赖进口,且主要来自中国。中国直接向除了北美的所有市场供应光伏设备。美国约 2/3 的光伏组件依赖进口,主要进口地为东南亚。

受疫情和局部地缘政治冲突影响,过去一年出现了清洁能源技术的供应链中断,与此同时需求端持续旺盛,引发了材料和能源成本的大幅上升。2022 年的锂价是 2019 年的近 4 倍,钴和镍的均价则是 2019 年的两倍。2022 年初,电池金属价格上涨还导致全球电池价格在多年持续低迷后,相对 2021 年上涨了近 10%。2020 年上半年~2022 年,多晶硅、铜和钢的价格都翻了一番,助推光伏组件价格大涨 25%,中国以外的风力涡轮机价格则上涨 20%。

纵观清洁能源技术的生命周期,二氧化碳强度远低于化石能源技术,但供应链的碳排放量和其他污染物制造量却与化石能源不相上下,其中材料生产和制造的碳排放量常占清洁能源技术供应链碳排放总量的 90% 以上。鉴于目前在许多情况下并无商业可行的低碳排放技术可用,要想实现清洁能源技术供应链的碳减排将极具挑战,但这也是全球迈向净零排放世界必克的一役。

#### 采矿和材料生产

向清洁能源转型需要大量投入,从风力涡轮机、电动汽车电池到电网的一系列技术和基础设施都需要关键矿物,尤其是锂、钴、镍、铜和钕等金属,以及大宗材料,如钢铁、水泥、塑料和铝等。根据净零排放情景预测,到 2030 年,5 种关键矿物需求将大幅增长,增幅介于 1.5~7 倍。

为实现净零排放目标,需要迅速扩大全球关键矿产的开采能力。目前全球计划投放的资金如果到位将取得可观进展,但到 2030 年,这些资金产生的产能仍不能满足全球需求。缺口最大的是锂,产能即使扩张也仅能满足 2030 年需求的 2/3。新矿建设周期长且不确定性因素较多,这意味着未来 3 年全球将需要 3600 亿~4500 亿美元投资来弥补供应缺口。

实现净零排放目标,矿物加工能力也必须大幅提高。根据即将上马的清洁能源技术项目情况,即使采矿能力提高,满足供应,加工能力不足仍会导致关键材料供应出现缺口。预测显示,2030 年净零排放情景所需的硫酸镍和锂缺口分别为 60% 和 35%。采取措

施实现矿物加工的地域多元化可部分降低供应链中断风险,但中国仍将继续占主导地位。

传统的大宗材料生产减排脱碳非常困难。多数接近零排放的生产工艺还不具备商业性,但要实现净零排放情景,到 2030 年大宗材料产能必须在目前的基础上扩大,粗钢产能增至 1.3 亿吨,水泥产能增至 3.7 亿吨。即将上马且接近零排放生产的项目能贡献的产量仅为 2030 年净零排放情景下粗钢需求的 10%,水泥需求的 3%。这些项目主要位于欧洲和北美,但考虑到需求增长最快的地区是新兴市场和发展中经济体,未来加强国际合作是实现目标的重要途径。

#### 制造与安装

目前全球宣布计划开展的光伏模块制造计划如果顺利实施,将满足净零排放情景下的 2030 年清洁能源技术需求。预计到 2030 年全球需投资 6400 亿美元,才能满足实现净零排放情景下的需求,但根据当下已官宣即刻上马的项目情况,投入资金仅相当于上述投资额的 2/3 左右。

从已宣布的电动汽车电池制造项目看,到 2030 年,全球相关产能将提高 6 倍,满足净零排放情景下 80% 以上的需求。研读项目公告可预测,到 2030 年,陆上风电的器件制造产能将增长 5%~10%,海上风电的器件制造产能将增长 2%~55%。而净零排放情景的设定是风力涡轮机产能增加 4 倍;电解槽产能虽能较目前增长近 10 倍,超过 100 吉瓦,但也仅是净零排放情景设定需求的一半左右。

大规模定制技术能否及时推出目前还难以预测,但从目前项目情况来看,若顺利实施也仅能满足 2030 年净零排放情景下低排放合成燃料需求的 15%、搭载碳捕集技术的生物能源需求的 20%。

清洁能源技术需要大量的安装和制造劳动力。现今全球在清洁能源领域工作的人有 3300 万。净零排放情景下预测,到 2030 年,电动汽车和电池制造将新增 800 万个工作岗位,足以容纳目前参与制造内燃机汽车的工人;太阳能、风能和热泵系统将新增 400 万个安装(75%)和制造(25%)岗位。

中国占全球制造业主导地位的主要原因是支持性产业政策、低成本能源和材料及劳动力,以及贸易政策。其他国家也在努力扩大清洁能源制造能力,但未来 7 年制造业地点的集中依然不会发生大改变。

#### 基础设施建设

电力、氢气和二氧化碳的运输和储存基础设施是在清洁能源转型过程中经常被忽视却至关重要的因素。根据净零排放情景预测,2021~2050 年,全球输电线长度将增加 185%,配电线长度将增加 165%,其中 85% 的增量来自新兴经济体。2030 年,目前尚无存在感的低碳氢将占全球氢需求的 20% 以上;二氧化碳的年储存注入能力将从目前的 4200 万吨增至 12 亿吨,这意味着需要大规模

扩建二氧化碳运输和储存基础设施。

快速增长是对清洁能源技术供应链的巨大挑战。按净零排放情景预测,2022~2030 年,全球输电线、配电网和变压器的年金属用量将增长 50%。用于电网和变压器的铜几乎占 2030 年全球铜产量的 20%。变压器制造所需的晶粒取向电工钢主要由 5 个国家,即中国、日本、韩国、俄罗斯和美国生产,目前占全球年产能(380 万吨)的近 85%。而在净零排放情景下,2022~2030 年,电工钢的需求将翻番,达到 600 万吨/年。

在净零排放情景下,2030 年前,全球低碳氢和氢衍生燃料运输方面的投资,如管道、存储设施、终端和加氢站等,将超过 500 亿美元/年,几乎相当于目前全球每年天然气管道和航运基础设施投资的 40%。随着时间的推移,全球对氢和氢衍生燃料的需求将不断增加,2041~2050 年基础设施投资将超过 800 亿美元/年。

在净零排放情景下,二氧化碳基础设施建设也将加速,但二氧化碳存储能力提升周期较长,因此会限制速度。对用于二氧化碳存储的储层评估工作开展不足,也会影响相关项目推进。要确保对捕集设施和运输基础设施的投资,就必须加大二氧化碳储层评估力度。

#### 降低供应链风险

清洁能源和技术供应链是全球连接气候、能源和产业政策的纽带,其建立需要各国民政府齐心协力。由于供应链强度取决于最薄弱环节,IEA 提出了全面的风险评估框架,重点是在关注建立清洁能源供应链的主要障碍的同时采取优先行动,加强其安全性、韧性和可持续性。

对于新的清洁能源供应链来说,时间是关键因素。电力、氢能和二氧化碳基础设施,以及矿山项目的交付时间都非常长。因此,简化手续、减少许可证的流程耗时、为供应链的关键要素调整投资和融资、培养预测未来需求的技能、加快早期技术创新等非常重要。

供应地点和市场的高度集中威胁全球清洁能源技术的供应安全。3 个最大的生产国拥有全球 70%~85% 的生产技术产能,如光伏组件、风能、电池和电解槽。实现要素供应地点和市场的多元化,应成为未来保障清洁能源技术供应安全的思路之一。

加强清洁能源技术供应链的弹性。供应链中断和价格波动都会对清洁能源技术成本产生深远影响。减少材料投入和实现材料来源的多元化、设计有利于国内竞争优势的产业战略,有利于提高清洁能源技术供应链的抗打击能力。

建立可持续的清洁能源技术供应链必须应对环境和社会风险。清洁能源技术供应链最密集的部分是关键材料的生产,其次是技术制造。各国制定政策应侧重于扩大接近零排放材料的先导市场,不断提高最低循环利用率的门槛、建立可追溯性标准、制定合理的环境、社会和治理法规。

#### ●相关链接

### IEA 关于能源和技术供应链的定义

能源和技术供应链是指向市场提供技术或能源服务所需的一系列步骤或阶段,包括自然资源的开采、材料和燃料生产、制造部件并将其组合成技术或系统、安装和技术运行、管理技术或系统运行期间及终结时产生的废物。能源技术包括用于生产能源和提供能源服务的硬件、技术、技能、方法,以及进行能源生产、转化、储存、运输和使用的工艺。该报告根据所提供的最终服务区分了技术供应链和能源供应链。

技术供应链是指安装一项技术所需的不同步骤,每个阶段都涉及材料、组件和服务的投入。就清洁能源技术而言,主要步骤包括:矿物开采、矿物加工、零部件制造、设备组装和安装、操作、退役处理和组件回收利用。这些技术包括:供应链设备,如光伏系统和氢电解槽;终端设备,如电动汽车、热泵和氢能汽车。

能源供应链是指向最终用户提供燃料或最终能源服务所需的不同阶段,通常涉及技术供应链和跨技术供应链的能源商品贸易,包括发电或燃料转换,以及其运输、传输、分配和储存,如可再生能源,以及低碳氢和合成碳氢化合物燃料的供应。

技术供应链和能源供应链相互关联。任何形式的能源开采、生产、运输和储存都离不开技术,而技术供应链上的所有阶段也都需要消耗能源,离不开能源供应链。

近期技术成本和能源价格走势也突显了二者之间的联系。过去几年,清洁能源技术必需的矿物和金属价格飙升,主要源于能源需求上升、供应链中断和对未来能源供应担忧导致的能源价格上涨等综合因素。以锂为例,2022 年初以来,价格几乎翻番。锂、镁、钴和锰等锂离子电池的正极材料原来在电池组成本中的占比不足 5%,现已升至 20% 以上。

