

俄罗斯入侵乌克兰触发全球能源危机

世界正在经历第一次全球能源危机，其冲击之广泛和复杂程度前所未有。俄罗斯入侵乌克兰之前，新冠疫情造成能源等行业的全球供应链全面吃紧，市场压力已经存在。疫情后世界经济迅速复苏的过程中，俄罗斯的行动引发了全面能源动荡。俄罗斯是化石燃料出口大国，出口量远高于其他国家，但随着俄罗斯减少对欧洲的天然气供应，以及欧盟实施制裁限制进口俄罗斯的石油和煤炭，全球能源贸易主动脉之一逐渐断裂。此次震荡波及各类燃料，但震中位于天然气市场，原因是俄罗斯企图推高消费者的能源账单、造成供应短缺，从而增大影响力。

天然气现货价格已达空前高位，相当于 250 美元/桶原油的价格司空见惯。煤炭价格亦创历史新高，石油价格则在 2022 年中期达到远高于 100 美元/桶的高峰之后有所回落。全球电力成本上升压力中，90%来自天然气和煤炭价格高涨。欧洲为了填补俄罗斯天然气供应缺口，2022 年将比上年增加进口液化天然气 500 亿立方米。欧洲能够提高天然气进口量的助益因素是中国需求下降（由于防控措施和经济增长放缓，中国天然气用量减少），但欧洲对液化天然气需求的增加已分流了亚洲其他国家的天然气进口量。

本次危机造成通胀压力，致使衰退风险迫在眉睫，化石燃料厂商的净收入与 2021 年相比意外创收金额巨大，高达 2 万亿美元以上。对许多发展中经济体而言，能源价格上涨还加剧了粮食不安全，较贫困家庭的负担最为沉重，因为这些家庭的大部分收入都用于购买能源和食品。大约 7500 万新增用电人口很可能无法继续负担电力开销，全球用不上电的总人数自从我们跟踪该指标以来首次开始增加。烹饪方面，多达近 1 亿人可能无法继续使用清洁健康的烹饪方法，而被迫重新依赖薪柴。

面对能源短缺和高昂价格，多国政府（主要是发达经济体）迄今已承诺投入超过 5000 亿美元，用于保护消费者免受其即期影响。这些政府已采取快速行动，力图保障替代燃料供应，确保天然气储备充足；其他短期行动包括增加燃油和燃煤发电、延长部分核电站的寿命，以及加快可再生能源新项目的进程。需求侧措施通常得到的关注较少，但无论是对短期还是长期响应而言，在需求侧提高效率都是有必要的。

危机将会推动抑或阻碍能源转型？

能源市场仍然极为脆弱，此次能源冲击提醒我们，目前的能源体制既不坚固也不可持续。政策制定者和 *World Energy Outlook*（WEO，即《世界能源展望》）需要回答的一个关键问题是：这场危机将会阻碍清洁能源转型进程，还是会催化更大力度的行动？一些人认为气候政策和净零承诺导致了能源价格上涨，但这一论点的证据并不充分。在受影响最严重的地区，可再生能源比重越高，电价越低；高能效住宅和电气化供暖为一部分（但比例还不够高）消费者提供了重要的缓冲。

危机时期，各国政府及其应对措施备受关注。许多国家的政府除采取短期措施之外，也在推行长效举措：有些国家力求推动油气供给增加并实现多样化，还有不少国家着手加速结构性变革。本年度 WEO 探讨的三大情景主要根据对政府政策的不同假设加以划分。既定政策情景（STEPS）描述当今政策环境下的发展轨迹。承诺目标情景（APS）假设政府宣布的各项目标都按时足额实现，包括长期净零排放目标和能源普及目标。

2050年净零排放情景（NZE）则提出一种将全球平均升温稳定在1.5°C，并于2030年前实现现代能源普及的方案。

政策反应正在快速推动清洁能源经济形成

既定政策情景下，主要能源市场的新政策有助于在**2030年前将年度清洁能源投资提高到2万亿美元以上，与目前相比增幅超过50%**。清洁能源将带来巨大的增长和就业机会，并成为国际经济的主要竞技场。到2030年，美国太阳能和风能每年新增装机将达到当前水平的两倍半，而电动汽车销量将增加到现在水平的七倍；这在很大程度上是由《降低通货膨胀法案》推动的。在中国，新目标继续推动清洁能源大规模建设，煤炭和石油消费量将在2030年前达到峰值。欧盟由于需要在俄罗斯天然气之外发掘经济和工业新优势，将会进一步加速部署可再生能源并提高能效，2020-2029这十年间欧盟的油气需求将因此下降20%，煤炭需求下降50%。日本的绿色转型计划（GX）为核能、低排放氢、氨等技术提供大量资金支持；韩国亦寻求增加能源结构中核能和可再生能源的比重。印度努力实现2030年可再生能源发电装机达到5亿千瓦的目标，该国快速增长的电力需求中，近三分之二将由可再生能源满足。

在市场重新平衡的过程中，以核能为支撑的可再生能源将会持续增长，而煤炭受益于当前危机的提升只是暂时的。可再生能源发电量的增速高于总发电量的增速，从而降低了化石燃料对电力的贡献比例。此次危机暂时推高现有燃煤资产的利用率，但不会促成更多资金投向新建燃煤电厂。在更强有力的政策、低迷的经济前景和近期的高价格的共同作用下，能源需求增长总体趋缓；增长主要来自印度、东南亚、非洲和中东。二十年来，全球能源趋势的重要驱动力之一是中国能源需求增长；但随着中国进一步转向服务型经济，其能源需求增长将放缓并在2030年之前趋平。

国际能源贸易将在2020年代经历深刻调整，因为各国需要适应俄欧能源贸易流的断裂，这一断裂被认为是永久性的。俄罗斯断供欧洲的天然气并不能全数进入其他市场，因此俄罗斯的产量和全球供应都会降低。随着欧盟对进口俄罗斯能源的禁令生效，原油和原油产品市场（特别是柴油）将面临动荡期。天然气的调整期更长。在即将到来的北半球冬季，天然气市场潜伏危机，对欧盟的团结构成考验；2023-24年冬季的形势可能更为严峻。主要来自北美、卡塔尔和非洲的大部分液化天然气新增供给直到2020年代中期才能到岸。同时，随着中国进口需求回升，对可用液化天然气的竞争也将十分激烈。

目前政策环境力度更大，化石燃料达峰在即

在基于现行政策环境的**WEO**情景下，全球对各种化石燃料的需求首次全部呈现**达峰或走平趋势**。既定政策情景中，煤炭用量在未来几年回落，天然气需求在2030年前趋平；由于电动车销量不断增加，石油需求从2030年代中期起不再增加，并于本世纪中叶前略有下降。从2020年代中期到2050年，化石燃料总需求年均下降约2艾焦，每年的降幅大致相当于一座大型油田的全生命周期产量。

自18世纪工业革命开始以来，全球化石燃料用量始终与GDP同步增长；在逆转这种增长趋势的同时持续扩大全球经济，将是能源史上的关键节点。数十年来，化石燃料在全球能源结构中的比重一直居高不下，维持在80%左右。既定政策情景下，这一比

重将会在 2030 年下降到 75% 以下，2050 年进一步减少到 60% 多一点；全球能源相关二氧化碳排放量将在 2025 年达到峰值，即每年 370 亿吨，到 2050 年回落至 320 亿吨。相应地，到 2100 年全球平均气温将上升约 2.5°C。这比几年前的预测结果要好：2015 年以来的政策强化和技术发展已将长期气温升幅降低了约 1°C。然而，在既定政策情景中，到 2050 年二氧化碳的年排放量只减少 13%，远远不足以避免气候变化带来的严重后果。

全面实现各项气候承诺将使世界更加安全，但今日的雄心与升温稳定在 1.5°C 的目标之间仍有较大差距。 承诺目标情景下，年排放量在近期达到峰值之后将以更快的速度下降，到 2050 年降至 120 亿吨。这比 2021 年 WEO 分析的承诺目标情景下的减排幅度更大，反映出过去一年间的新增承诺，尤其是印度和印度尼西亚的新增承诺。如果这些新增的国家承诺、特定行业的承诺和企业的承诺（后两者在今年的承诺目标情景中首次纳入考虑）都能按时足额落实，那么承诺目标情景下，到 2100 年的气温升幅将保持在 1.7°C 左右。然而，承诺容易实现难，即使承诺全部实现，二氧化碳排放量仍与净零排放情景有相当大的差距：净零排放情景下，年排放量到 2030 年将减少到 230 亿吨，到 2050 年实现净零排放，从而确保升温不超过 1.5°C。

在清洁电力的引领下，部分行业势在加快转型

世界正处于建设更安全、可持续、可负担能源体制的关键十年，如果即刻采取有力行动，加速进展的潜力将十分巨大。清洁电力和电气化投资，以及电网扩建和现代化改造，都是清晰且成本效益较好的机遇，能够加速减排并降低目前处于高位的电力成本。当前太阳能光伏、风能、电动车和电池的部署增速若能保持，则转型步伐将比既定政策情景预测的更快，不过，这需要在有关技术的领先市场和全球范围内都有配套政策支持。到 2030 年，如果各国都能兑现各自的气候承诺，那么欧盟、中国和美国每两台售出的轿车中就有一台是电动车。

电池、太阳能光伏、电解槽等关键技术的供应链迅速扩张，足以支撑更宏伟的全球目标。 如果所有已宣布的太阳能光伏制造扩张计划都得以实现，那么到 2030 年，光伏制造能力将比承诺目标情景中的部署水平高出约 75%，接近净零排放情景下所需的水平。电解制氢方面，已宣布项目的产能相对于承诺目标情景下 2030 年的部署水平可能会高出约 50%。在电动车领域，电池制造能力的扩大反映出汽车行业正在经历的转变；在电气化出行目标方面，汽车行业追逐目标的步伐有时比政府更快。这些清洁能源供应链是就业增长的巨大引擎，全球清洁能源领域的工作岗位已经超过了化石燃料领域；在承诺目标情景下，前者预计将从目前的 3300 万增加到 2030 年的近 5500 万。

能效和清洁燃料竞争力提升

当今高昂的能源价格凸显了提高能效的重要性，也促使一些国家通过改变行为和利用技术来减少用能。能效措施可以产生显著成效，例如现在电灯泡的效率与二十年前相比至少提高了三倍；但仍有大幅提升空间。政策制定者尤其需要关注制冷需求，因为未来几十年间，制冷需求将是全球电力需求整体增长的第二大来源（第一大来源是电动车）。目前在用的许多空调只需满足较低的能效标准；在新兴和发展中经济体中，五分之一的制冷电力需求没有任何标准可依。在既定政策情景中，新兴和发展中经济体的制冷需求到 2050 年将高达 2.8 万亿千瓦时，相当于在当今全球电力需求的基础上

再增加一个欧盟的需求。承诺目标情景下，由于能效标准收紧、建筑设计和保温改善，新增制冷需求会减少一半；净零排放情景下，该需求又会再度减半。

对燃料价格、能源安全和排放的担忧，加上更有力的政策支持，使得许多低排放燃料的前景更为明朗。未来几年，对低排放燃气的投资将急剧增加。承诺目标情景中，全球低排放氢的年产量将从目前非常低的水平上升到 2030 年的 3000 万吨以上，相当于 1000 多亿立方米的天然气（不过并非所有低排放氢都会用于取代天然气）。这些氢的一大部分在使用地附近生产，但氢能和氢基燃料的国际贸易也呈现出发展势头。氢能出口方面，各规划阶段项目的出口能力共计 1200 万吨，但相应的氢能进口基础设施和需求项目在数量和进度方面略逊一筹。在更有力的政策推动下，碳捕集利用与封存项目也在加速进展，以助力推动工业脱碳、生产低排放和较低排放的燃料，以及利用直接空气捕捉项目从大气中除碳。

但快速转型最终取决于投资

若要降低未来价格尖峰和波动的风险、按计划实现 2050 年净零排放，必须大幅增加能源投资。在既定政策情景中，清洁能源投资将从目前的 1.3 万亿美元增加到 2030 年的 2 万亿美元以上，净零排放情景则要求这一数值到 2030 年超过 4 万亿美元；由此可见，能源部门必须吸引新的投资者。政府应当带头行动并制定有力的战略方向，但实际所需的投资远远超出公共财政的支持能力，因此务必需要利用巨大的市场资源并激励私人行为体发挥作用。目前，全球化石燃料支出与清洁能源技术支出的比例为 1:1.5。在净零排放情景下，2030 年每在化石燃料上花费 1 美元，就有 5 美元用于清洁能源供给以及 4 美元用于能效和终端使用。

新兴和发展中经济体对能源服务的需求预计将快速增长，但清洁能源投资缺口最大，令人关切。自 2015 年《巴黎协定》签署以来，除中国以外的新兴和发展中经济体对清洁能源的年度投资额一直未见增加。2021 年，主要新兴经济体的太阳能光伏电站的资本成本是发达经济体和中国的两到三倍。此类项目尽管在底层成本方面具有优势，但当前持续升高的借贷成本可能会加剧其面临的融资挑战。要增强气候融资、应对使投资者望而却步的各种全经济领域风险或特定项目风险，就要加大国际努力。一种十分可取的做法是制定广泛的国家转型战略，在统筹国际支持和宏伟国家政策行动的同时，保障能源安全并妥善处理变革的社会后果；例如与印度尼西亚、南非和其他国家建立的公正能源转型伙伴关系。

广泛而可信的转型框架建立之后，实践中投资者的反应速度取决于许多细节问题。供应链脆弱，基础设施和高技能劳动力无法确保到位，审批条例和时限通常比较繁冗。要加快可行、可投资的项目进展（无论是清洁能源供给还是能效和电气化），必须要有明确的项目审批程序，以及充分的行政能力支持。我们分析发现，单条架空输电线的审批和建设周期可能长达 13 年，发达经济体的前置时间相对较长。历史数据显示，开发关键矿产的新矿床平均需要 16 年以上，其中 12 年用于办理各项审批和融资事宜，4-5 年用于施工建设。

如果转型不力会怎样？

假如清洁能源投资没有像净零排放情景中那样加速，那么将需要增加对油气的投资才能避免价格进一步波动，但这样做会对 1.5°C 的升温目标构成威胁。在既定政策情景下，到 2030 年上游油气投资额年均约为 6500 亿美元，比近年来的水平高出 50%。然而，此类投资具有商业和环境风险，实际投资额不能保证。尽管今年油气行业意外获得了大量利润，但上游行业中只有中东的一些油气商与新冠疫情之前相比加大了投资力度。在成本通胀阴云不散的背景下，资本纪律已经取代了增产，成为美国页岩油行业的默认规则，近期全球油气增长的部分势头已不复存在。

即使世界正致力于到 2050 年实现净零排放，俄罗斯化石燃料产量的当前缺口也将需要由其他地区的产量来填补。最合适的近期替代品是前置时间短、可以迅速将油气提供给市场的项目；此外，每年因燃除和甲烷泄漏到大气中而浪费的天然气达 2600 亿立方米，可以捕集其中的一部分。但是，此次危机的持久解决方案在于减少化石燃料需求。许多金融组织已经调低化石燃料投资的目标，并制定了相应计划。在扩大清洁能源转型投资方面，有关目标和计划的力度还远远不够，政府也需要大力采取激励措施。

俄罗斯在国际贸易格局调整中失利

由于俄罗斯入侵乌克兰，全球能源贸易格局全面调整，俄罗斯的地位因此大幅削弱。在我们以前分析的各情景中，欧洲的净零宏图最终会削弱俄欧之间与化石燃料有关的一切贸易纽带，但俄罗斯能以相对较低的成本提供化石燃料，这意味着它丧失优势只会是一个逐渐的过程。现在，贸易纽带正在以鲜有预料的速度发生断裂。在本年度 WEO 中，俄罗斯虽然有更多资源流向亚洲市场，但无法找到能完全消化之前对欧洲输出量的市场。与 2021 年 WEO 中的数据相比，2025 年俄罗斯石油减产 200 万桶/日，天然气减产 2000 亿立方米。俄罗斯的长期前景走弱，原因包括需求不确定，以及难以获取国际资本和技术来开发难度较大的油气田和液化天然气项目。在我们分析的各项情景中，俄罗斯化石燃料出口都不会恢复到 2021 年的水平；既定政策情景下，2030 年俄罗斯占国际油气交易的份额将会减半。

俄罗斯天然气转向亚洲市场面临挑战，因为向中国大规模增加输送天然气的市场机会有限。俄罗斯希望修建连接到中国的新管道，特别是途经蒙古国的大口径“西伯利亚力量 2 号”管道。然而，根据我们对中国需求的预测，当现有的“西伯利亚力量”管道达到满负荷状态时，与俄罗斯增建另一条大口径天然气管道的可行性不大。既定政策情景下，2021-2030 年间中国天然气需求年均增速将放缓至 2%，而 2010-2020 年间增速为 12%；这体现出政策重点支持可再生能源和电气化，而不是天然气发电和供热。中国进口商一直在积极签订新的液化天然气长期供应合同，而且中国已经有足够的合同供应量来满足既定政策情景中从现在到 2030 年代的预期需求。

2010 年代是“天然气黄金时代”吗？

俄罗斯行动的影响之一是导致天然气需求快速增长的时代进入尾声。在既定政策情景（天然气消费量最高的情景）下，全球天然气需求在 2021-2030 年间增长不足 5%，之后直到 2050 年都保持在 4400 亿立方米左右。天然气前景的制约因素包括：近期价格较高，热泵和其他能效措施加速部署，可再生能源部署扩大和电力部门对其他灵活调

节选择加速吸收，以及（在某些情况下）对煤炭依赖时间小幅延长。由于《降低通货膨胀法案》的出台，既定政策情景中对 2030 年美国天然气需求量的预期下调，比去年预测量减少 400 多亿立方米，造成可出口的天然气量增加。在更有力的气候政策推动下，欧洲脱离天然气的结构性转变正在加速。到 2020 年代中期，新的天然气供应将推低天然气价格，液化天然气对整体天然气安全更加重要。然而，发展中经济体的天然气增势已趋平缓，特别是在南亚和东南亚，天然气作为过渡燃料的作用不及往昔。根据今年的预测，在既定政策情景下到 2030 年天然气需求的下调量中，大部分是清洁能源转型加速的结果，此外约有四分之一是由于煤炭和石油取代天然气。

聚焦基于韧性供应链的可负担安全转型

需要新的能源安全范式，在减排的同时保持能源可靠、可负担。本年度 WEO 提出了十项原则，可以帮助指导政策制定者顺利渡过化石燃料体系收缩、清洁能源体系扩大的转型时期。能源转型期间，虽然这两套体系各自的贡献随着时间的推移将会发生改变，但它们都需要保持良好运行，才能满足消费者的能源服务需求。在未来电力系统中，维护电力安全需要新的工具、更灵活的方法和机制来确保充足的供电能力。发电企业需要增强反应能力，消费者需要提升联网和适应能力，电网基础设施则需要强化并实现数字化。只有采取充分包容、以人为本的方法，才能处理好清洁技术对脆弱群体造成的前期成本问题，并确保转型的利好广泛惠及全社会。转型期间，虽然化石燃料用量减少，但化石燃料体系的某些部分仍然对能源安全至关重要，例如仍需燃气发电满足高峰电力需求，或仍要炼油厂向尚未完成转型的用户供应交通运输燃料。化石燃料基础设施如果出现计划外退役或过早退役，可能会损害能源安全。

在世界走出当今能源危机的过程中，需要避免因关键矿产价格高涨和波动或清洁能源供应链高度集中而产生新的脆弱性。这些问题如果得不到充分解决，可能会延迟能源转型或推高转型成本。承诺目标情景下，清洁能源技术对关键矿产的需求将急剧上升，到 2030 年将比现在翻一番以上。从需求的绝对体量来看，铜的增幅最大；从需求的增速来看，其他关键矿产的增速明显更快，特别是用于太阳能光伏的硅和银、用于风力涡轮发动机的稀土元素，以及用于电池的锂。持续开展技术创新和回收利用是缓解关键矿产市场压力的重要选项。如果在关键矿产供应和许多清洁技术供应链方面高度依赖中国等少数国家，将会对转型构成风险；不过，某些多样化选择不利用贸易利益，也会对转型构成风险。

此次能源危机有望成为迈向更清洁、更安全能源体制的历史转折点

由俄罗斯入侵乌克兰而造成的能源市场和政策变化不是暂时的，而是会持续数十年。清洁能源的环境论据已经令人信服，无需赘述；而随着清洁技术成本竞争力提高、可负担性提升，清洁能源的经济论据和能源安全论据也都日益坚固。对经济、气候和安全重点做出的一致调整，已经开始发挥作用，推动全世界人民和地球走向更好的未来。然而，还有许多工作尚待完成。随着这方面的努力不断加强，所有人都必须通力合作；在地缘政治导致能源和气候裂痕扩大的情况下，同心协力尤为重要。这意味着要加倍努力，确保更多国家共同在新能源经济中占有一席之地。通往更安全、更可持续能源体制的征程未必一帆风顺，但当今的危机已经清楚地表明了我们要奋勇向前推进。