

## 俄乌战火下的能源危机：要摆脱对俄依赖，欧洲还能非核化吗？

为了摆脱对俄罗斯能源的依赖，欧洲各国似乎掀起了一场核能复兴运动；而被牺牲的，就是无核化的目标。



2021年12月14日，法国巴黎，环保份子戴著描绘法国总统马克龙的面具参加抗议，谴责法国推动将核能和化石气体纳入欧盟绿色分类法。摄：Benoit Tessier/Reuters/达志影像

特约撰稿人 蔡百蕙 发自台北 | 2022-06-08

俄乌战争 反核 能源安全 核电 欧盟

俄罗斯因素：俄乌冲突已逾三个月，欧洲各国除了谴责及制裁俄罗斯，亦积极提出以摆脱对俄能源依赖

俄罗斯车争人侵与克三已逾二个月，欧洲各国除了谴责及制裁俄罗斯，亦相继提出以摆脱对俄能源依赖为目标的新能源策略。欧盟一向颇为依赖俄罗斯能源供应，去年有超过六成的进口能源来自俄罗斯——从俄罗斯进口的天然气占欧盟总消费量的40%以上，进口的石油占27%，进口的煤炭占46%。在全球制裁俄罗斯的大环境下，电费水平大幅上涨，欧洲各国的能源贫穷问题也渐渐浮出水面。于是强化能源独立，就成了欧盟各国的抗俄新运动。

同时间，欧洲各国还必须兼顾2050前净零碳排的气候目标。在两者兼顾的前提下，拥核与反核成了最大的路线之争。根据最新统计，欧盟已约有4分之1的电力来自核能，而英国与法国等还有大规模的新核电厂兴建计划。如今欧洲已俨然掀起一场由英法领军的核能复兴运动，但欧盟国家中，德国仍坚定反核，即使短期内要维持高度燃煤，亦在所不惜。

## 欧洲各国核能发电量、核能发电占比

**比利时**  
435亿度电  
占全国总量**46%**

**英国**  
503亿度电  
占全国总量**16%**

**法国**  
3900+亿度电  
占全国总量**70%**

**德国**  
751亿度电  
占全国总量**12%**

**瑞典**  
661亿度电  
占全国总量**39%**

**荷兰**  
39亿度电  
占全国总量**3.9%**

**捷克**  
300亿度电  
占全国总量**30%**

**乌克兰** \*非欧盟国家  
830亿度电  
占全国总量**54%**

注：为比较目的，图中列出的为2019年数据，与内文最新数据有出入

资料来源：国际原子能机构、世界核协会



端传媒

Initium Media

## 法国：发展绿色核能经济

“未来5年会是新的时代，不会是上一个任期的延续，上一任在此刻终结！”法国总统马克龙（Emmanuel Macron；另译：马克宏）在艾菲尔铁塔前发表胜选演说时，对著欢呼的群众如此说道。在4月24日第二轮选举中胜出的他，是20年来第一位连任成功的法国总统。

在乌俄的战火下，外界大多关注他的外交与欧洲政策，较少注意到在他的“新时代蓝图”中，马克龙也提及将“透过投资与全新的规划，以创意和国家的创新，要让法国成为一个生态永续的国家。”而他想像中的生态永续的法国，是增加再生能源和兴建最多达14个核子反应炉的“绿色核能经济”。

一改之前强调要让法国降低依赖核能发电的立场，马克龙如今积极地推销核能。战争爆发前的2月初，马克龙已宣布新的核能计划，包括自2028年起兴建6座核子反应炉，预计于2035年前启用，以及必要的话，将再追加兴建8个核子反应炉。

在宣布新核能计划的同时，马克龙甚至明确地说道：“核能复兴的时刻已经来临。”

法国本来就是核能大国：据统计，2021年法国56座核反应炉的发电量高达3,607亿度电(360.7TWh)，供应全国约7成的用电。此外，法国已是全欧最大、世界第三大的核电生产国(全球占比13.3%，略少于中国的13.5%)。

左翼反对核电的意见认为，核电的投资挤压了对绿能的投资。此外，绿能发展中至为重要的风力发电，尤其是离岸风场的开发，也因为受影响的地方和渔民团体等，以海洋生态被破坏等理由强烈反对，在诸多的反对力量集结下，过去10年来，法国风电的投资与发展严重落后于预期的目标。

根据法国民调机构Odoxa去年底的一项调查结果，虽然风能仍是法国最受支持的能源、高达63%，但比起2年前，风能的支持度下跌了17%，核能却是上升了17%、来到51%。风能虽然被视为较低污染的能源，但多数民众反对在自家附近装设风机；核能发展则在近年动荡的国际局势下，被视为强化法国的能源独立的途径，而且也是能稳定供电的重要能源。





2022年4月7日，英国首相约翰逊参观欣克利角C核电厂。摄：Finnbarr Webster/Getty Images

## 英国：扩大投资核能、最多将兴建8座反应炉

在英吉利海峡另一端的英国，则是在乌俄战争爆发之后，率先于2月底全面停止进口俄罗斯能源，也持续提高核能在英国能源策略中的关键角色。

三月中，英国首相约翰逊（Boris Johnson；另译：强森）在投书电讯报的评论中，更以英国脱欧的口号“夺回控制权（Take back control）”来突显核能的重要性，为了达到能源独立，除了必须充份利用快速且便宜的再生能源外，“也需要太阳不照，风不吹的时候可以依赖的基载能源（base-load fuel），所以现在正是对核能押下一系列高额的新赌注的时刻。”

没多久，约翰逊继续加码推销，三月底在对国会提及未来能源计划时更说道：“再生能源非常棒，尤其离岸风力有非常大的潜力，但核能也是。”他甚至以法国的56座核子反应炉相比，认为1956年就开启全世界第一座商业化核电厂的英国，如今不该落后法国这么多。

根据2020年资料，英国共有11座核子反应炉，核能发电量约为500亿度电、目前占全国发电比例约16%。

一连串的试水温之后，约翰逊政府于4月初正式提出的“英国能源安全策略”中，明确地列出扩大核能发电的具体计划，目标是“再度以英国一度领先的科技领导世界。”达到在2050年前，可有占比25%、24GW的

电力来自核能。因此，取决于实际计划的进度，可以兴建最多达8个核子反应炉。

执政的保守党与主要反对党工党都支持核电，英国为何如此地“非核不可”？英国萨赛克斯大学科技政策教授史特灵(Andy Stirling)在接受《Forbes》访问时分析，如同美国和法国等核武拥有国，“非核不可”是因为民用核能与国防核武的发展息息相关，而借由税收等财源打造的核电基础建设与供应炼，也可以用来支持军事的核武活动，否则仅为军事用途而发展会太过昂贵。

不过，约翰逊的核能计划被批评为缓不济急。目前兴建中的欣克利角核电厂(Hinkley Point C)，2016年即被批准，预计最快2026年才能开始供应电力。此外，核电厂的高额造价甚至会让过去一年承受高额能源帐单的英国家庭雪上加霜，最近连英国商务大臣关浩霆(Kwasi Kwarteng)都坦承，依目前兴建的财务规画，家户的电费短期来说还会再上涨。

## 欧洲各国的核电新政

### 荷兰

计划5年内新增2座新的核电厂

### 英国

计划到2050年  
最多兴建8座核反应炉

### 比利时

原本预计明年淘汰的2座核反应炉  
将延役至2035年

### 法国

计划2028年起  
兴建6座核反应炉

### 希腊

计划与邻国保加利亚  
合作新建1座核反应炉

## 荷兰跟进以核养绿、比利时被迫非核目标延后10年

在英国和法国积极的动作之外，荷兰也重新表达了对核能的兴趣。理论上，位于荷兰东北部的格罗宁根省 (Groningen) 有世界前十大、全欧最大的天然气田，自1960年代开始开采以来，荷兰的天然气向来自给自足，甚至可出口德、比、法等国。但长期的开采导致当地地层下陷，地震也越来越频繁，于是在2014年始逐步减产。根据荷兰国家统计局的资料，自2018年起，荷兰反而成了天然气的净进口国，其中15%进口自俄罗斯。

为了填补格罗宁根天然气田减产的能源缺口，并兼顾2050年达到碳中和 (carbon neutrality；指二氧化碳净排放量为零的状态) 的目标，去年底，荷兰的联合政府在跨政党协商后的5年发展计划中提出再生能源加核能的能源策略，指由于核能可以补充太阳能、风能和地热等再生能源的不足，让国家减少天然气进口的依赖，不仅境内唯一一座1973年即开始商转的核子反应炉，将在安全无虞的情况下延长运转，并将兴建两座新的核电厂。



2018年1月19日，示威者举著横幅走上荷兰北部格罗宁根的街头，抗议天然气持续开采影响地质引致地震。摄：Peter Dejong/AP/达志影像

战争爆发加深了能源转型的急迫感。荷兰首相吕特（Mark Rutte）在三月初率团访问法国讨论乌俄情势时，更于巴黎政治大学的公开演讲中，强调必须加速摆脱对俄罗斯天然气的依赖，“现在是转型至其他替代能源的时刻，包括核能。”

对于核能发展，希腊则提出了一个有趣的作法。希腊曾经意图发展核电，但1981年在雅典附近发生的一场严重地震令公众对核电厂安全产生疑虑，加上该地区频繁的地震发生率，希腊在遂中止境内核电厂发展计划。

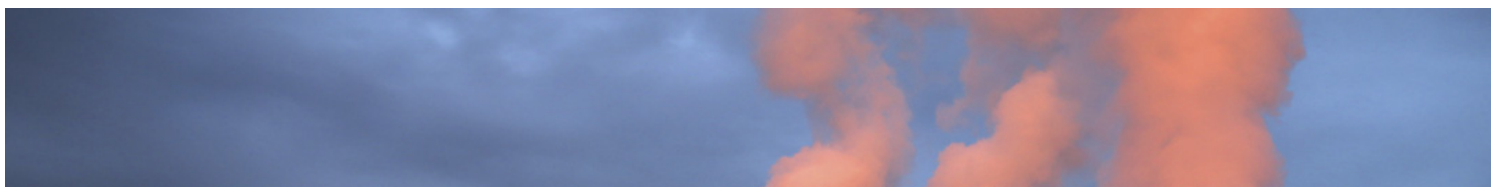
由于本身不具备发展核能的地理条件，希腊于是寻求与邻国保加利亚合作，在他国兴建核电厂。今年初，以降低对俄罗斯天然气的依赖为由，希腊更宣布了正与保加利亚协商兴建核反应炉的新计划，预计在保加利亚境内的 Kozloduy核电厂址上，盖一座新的核反应炉，未来电力会由二国共享。

这场预料之外的战争成了行销核能的契机，但同时也冲击了反核国家的能源规划。例如比利时就率先被迫延后了2025非核家园的目标。

2025非核家园的目标是现任比利时政府组成的关键。当初经历了各政党协商超过一年的时间，最后绿党开出2025年前非核家园的条件被接受，7党组成的联合政府才终于成局，能源部更由绿党的丝特雷滕(Tinne Van der Straeten)担任部长，亲自执行比利时的非核家园计划。

但乌俄开战后，全欧团结抵制俄罗斯，各国纷纷设法取代俄罗斯能源。比利时的联合内阁在经过一番激烈辩论之后，决定了因整体能源危机的冲击，做出延后10年淘汰核能的决定，即使比利时的俄罗斯进口能源占比不高。原本预计明年除役的两座核反应炉将持续运转至2035年。

对于这个戏剧性的变化，比利时能源部发言人迪托杜瓦尔(Jonas Dutordoir) 表示，战争之后，比利时重新检视了可以确保能源安全的各个选项，决定让两座核反应炉延役只是一个“保障能源安全且兼顾能源转型”的方法，比利时的最终目标还是要使用100%的再生能源，目前正和核电厂所属的法国能源公司Engie 协商中，确认延役的可行性与安全性。





2016年4月12日，比利时的 Tihange 核电站冒出蒸气。摄：Oliver Berg/picture alliance via Getty Images

这些新核能计划以摆脱对俄罗斯化石燃料的依赖为发展的理由之一，招来缓不济急的批评。欧洲原子能协会（Foratom）会长德斯巴泽耶(Yves Desbazeille)在接受记者视讯采访时表示，正因为核电厂从兴建的决策到供电的前置时间长，从决定兴建核电厂到开始供电，至少要10年的时间。因此，核电系统运转的时间应是越长越好，也要及早规画和准备它们除役之后的替代机组，不要等到核电机组退役了才发现我们需要它供电。“这正是我们现在在欧洲所看到的，很多国家决定把核电机组淘汰之后，才开始发现他们需要能源，但却没有B计划来弥补能源的缺口。”核电的发展关键，还是整体电力生产的系统性策略。

## 德国：绿党坚定反核、短期内将维持高度燃煤发电

相较其他欧洲国家，对俄罗斯能源的依赖最深的德国，寻找替代能源的压力更为巨大。根据路透社报导，德国2021年自俄罗斯进口55%的天然气，2022年第一季虽然减少进口，但仍高达40%；而德国大约15.4%的电力和25%的工业生产都仰赖天然气能源。

在兼顾抵制俄罗斯与能源安全的考量下，德国由出身绿党的副总理兼经济与气候行动部长哈柏克(Robert Habeck)带领，于四月初提出了加速转型再生能源的对策，将扩大再生能源投资，将再生能源的发电占比从2030原订目标的60%提升到80%。原订在2040达成的，再生能源发电占比100%的目标，也提前至2035。理想上，德国希望在两年内摆脱俄罗斯能源。

至于核能呢？直到2022年，德国仍靠核能提供约5%的电力。为尽速脱摆对俄罗斯能源的依赖，国内出现了让最后3个核电厂延役的呼声，德国16个邦之中进口俄罗斯能源最多的巴伐利亚邦(去年的采购金额达56

亿欧元)，其邦长索德(Markus Söder)即呼吁让核电厂延役3至5年，极右派的“德国另类选择党(AfD)”议员伯恩哈德(Marc Bernhard)甚至在联邦议院质询总理时，要求让去年底甫除役的核电机组重启。然而，哈柏克坚决地表示，今年底零核电的目标不变，12月将关闭境内最后的3座核电厂，如期完成非核家园。

这个加速的去核展绿作法行得通吗？

德国权威的能源政策专家、达姆施塔特应用科技大学能源经济学教授哈洛德(Sebastian Herold)在接受记者采访时表示，加速再生能源的扩大应用符合气候治理的方向并且能强化能源安全，“但是要达成2030年前再生能源发电占比80%、2035年前接近100%的目标，不只是非常有企图心，而是几乎不可能。”

他解释，因为在这个绿能目标的情境下，德国不仅需要大幅地加速风力发电机和太阳能板的装设，电力系统也会需要大量的“绿氢(green hydrogen)”来支援风力与太阳能不足时的状况，“而这在设定的时间点之前要达到是不可行的。”

不仅如此，他也指出，未来可取得的能源还要考量生产成本的问题。很多其他国家具备更好地发展风力和太阳能发电的自然条件，在新的能源策略下，德国的能源密集产业如化学业和金属业是否还能维持竞争力是一大问题。“反过来，这也意味著相关的德国产业可能必须彻底地改变才能够生存。”

德国和比利时同样由绿党主导能源政策，同样主张反核，却在路径上有不同的弹性。哈洛德说：“绿党是最坚定要求环保以及碳中和的政党，同时间，他们将反核优先于反煤，而这当然是互相矛盾的，”此外，德国绿党是在反核运动下成立，“非核家园是他们基因的一部份，即使最近的（战争）事件也不能改变甚么。”





2011年3月26日，德国柏林，随著日本福岛核电站持续发生意外，反核活动人士游行要求德国解散核能。 摄：Carsten Koall/Getty Images

2011年的福岛核灾，让德国更确立了非核家园的政策，但德国反核的同时却也高度依赖燃煤发电，因此争议不少。依去年的统计，煤碳是德国电力生产的第二大能源，约28%的电力来自燃煤（对比之下，法国燃煤发电占比1.1%，英国则是2.4%）。在提出再生能源加速发展的计划之后，哈洛德指出，德国也已针对燃煤发电达成共识，在接下来几年内燃煤电厂将继续维持运作或者至少保持在备用状态。

对于德国在能源危机下仍坚定反核，长期推动欧洲核能产业发展的德斯巴泽耶认为，这是因为反核是深植在德国人心里的主张，是无法理性辩论的议题，至于为什么？这对他来说也是个谜，如果看数字、看事实，让核电机组延役明显是德国合理的选项，“但他们宁愿重启天然气、甚至燃煤电厂，也不让核电机组延役，这个决定是不理性的。”比利时的状况和德国不同，不像德国有很多的燃煤电厂可以补上能源的缺口，“这对气候来说很不幸，但接下来就是会走到这一步。”

## 核能足以取代俄罗斯天然气？

既然欧洲多国借摆脱对俄罗斯化石燃料的依赖为由，合理化这些新核能计划的启动，那么关键的问题是，至少就电力生产而言，核能足以取代俄罗斯天然气吗？

哥伦比亚大学能源政策中心全球研究学者科尔波（Anne-Sophie Corbeau）有超过二十年能源产业工作经验。就短期而言，她认为核能的帮助恐怕有限。根据欧盟统计，以2020年的欧盟发电情况来看，天然气和核能的占比都在24%左右，两者不相上下。

她解释，欧洲如果要增加核能发电量只有三种方式，一是让德国和比利时预计2023年除役的核电机组延役，其次是重启德国去年刚除役的核电机组，最后则是提高法国的核能发电量，因为法国的核电厂通常有较低的容量因数（实际发电量占额定发电量仅约7成），可提升发电量的潜力较大。然而，即便能克服安全性与燃料补给等挑战，上述三种方式全都成功，比起2021年的水准，2023年也仅能增加约3%的发电量。而且要德国愿意重启核电机组，恐怕是极度困难。

因此，科尔波认为，2022和2023年基于核电厂运转现况与除役的规划，“短期来看核能会是个能源的问题而非解方，因为接下来两年，整体的核能发电量预估会逐步下滑。”

那么核能是否有作为欧洲长期稳定能源的潜力呢？科尔波表示，长期而言，因为核电的前置时间冗长，愿意发展核能的国家必须现在就开始兴建新的核电厂。



2022年3月2日，德国梅克伦堡一个天然气接收站有一幅彩绘地图，上方悬挂著“北溪 2 号承诺可靠安全”的标语。摄：Stefan Sauer/picture alliance via Getty Images

## 战争令核电更昂贵

而马克龙宣称核能复兴的时刻已经来临，英、荷与希腊等国更以战争为由合理化新核电厂计划，连日本首相岸田文雄也在近期访问伦敦时公开表示，日本将利用核能减少对俄罗斯能源的依赖，这一股核能复兴的力道是否将进一步扩散？

“我认为乌克兰危机不会成为全球核能复兴的大动力。”台湾环境规划协会理事长赵家纬博士表示，一方面是时间的问题，目前兴建已经太晚了，不可能对当下的能源供给有任何影响，另一方面则是核能的高成本问题也不会因此改变，成本甚至可能再往上飙。

赵家纬指出，自从2011年的福岛核灾之后，欧盟境内的核能机组就要定期进行压力测试，确认各种极端状

况下的核能安全，但也一直被批评未将战争的发生纳入压力测试的情境中。结果此次的乌克兰危机，俄罗斯把核电厂视为战略点，即使目前情势仍在发展之中，但很可能在战争结束后，各国核能机组要加上对战争因应的测试，“而过往每次压力测试完之后，各国的核能机组运转成本都会再提升。”

科尔波则认为，战争使得欧洲国家加速能源转型以摆脱天然气，这给了原本就依赖核能的国家例如法国不少的安慰，毕竟受到的影响相对较小。对于其他有核能的国家如比利时，他们的核电机组如果不延役，就会对天然气需求更大，所以接下来可能会有其他的国家跟随脚步扩大核能，“但我不认为任何原本就反对核能的国家会因此改变立场。”

相较起战争的因素，科尔波特别指出，今年初欧盟执委会将核能有条件地纳入“欧盟永续金融分类标准(EU Taxonomy)”，这个以引导民间投资在达到碳中和所需项目上的分类，把核能投资定义为符合永续性的金融投资，目的就是在支持对核能的投资，这应该也帮助了核能的发展，是另一个值得关注的因素。

等于是，今年起支持核能的国家因战争得以合理化新核能项目的发展，连募资都相对地更容易。

拥核或反核，始终是国际能源转型路径的最大争议。反对者认为核电的前置时间、高额成本与废料处理等问题仍然无解，支持者则认为可24小时稳定供电与低碳排是核能的极大优势。一场乌俄战争，让拥核与反核方立场更坚定，同时也为能源发展带来重大启示：无论发展核能与否，必须假想所有不预期、不可能的情境，然后做好准备。