

## 能源转型的德国模式与日本模式：向左走还是向右走？

当前，全球各国能源处于转型进行时，德国和日本被称之为能源转型的典范国家。福岛核事故是德日两国能源转型的共同拐点，但事故发生之后两者做出了截然不同的能源战略抉择。

2010年德日的核电占比均为30%左右。福岛核事故之后，日本选择了在保障安全前提下加快恢复重启核电之路，到2030年核电占比目标要达到20%~22%。而德国则选择了全面弃核之路，到2022年关闭所有核电站。

日本因事故而关停核电的电力缺口主要依靠大量进口化石燃料发电来弥补，而德国则以大力发展可再生能源来弥补弃核所造成的电力缺口。目前，煤电在德日两国发电结构中均占30%左右，今年德国又选择了去煤化之路，到2038年将全部关停煤电厂，而日本则继续坚持走煤炭清洁高效利用之路，到2030年煤电占比目标要达到27%。

由此可见，德国能源转型之路是弃核、去煤、高比例发展可再生能源，由下而上推进；而日本能源转型之路则是保核、挺煤、低比例发展可再生能源，自上而下推进。如果以能源转型激进与保守的政策光标来划分左右两个阵营，德国是全球能源转型政策最为激进的左翼阵营代表，而日本则是能源转型最为保守的右翼阵营代表。

### 高减排目标VS低减排目标

温室气体排放控制目标是一个国家气候战略和能源转型战略的晴雨表。日本和德国是全球两大经济大国和工业制造强国，2018年GDP分别居全球第三和第四，温室气体排放在全球排行居第五和第六。德日两国皆是巴黎协议的缔约方，德国分别于2015年3月和2016年11月向联合国提交了国家自主贡献目标和长期低排放战略，日本则分别于2015年7月和2019年6月递交。

**德国与日本能源转型的现状与目标对比**

项目	年份	德国	日本
温室气体减排	2017年排放量	9.047亿吨 比1990年减少了27.7%	12.92亿吨 比2013年减少了8.4% (实际比1990年增加1.33%)
	2020年目标	比1990年减少40%	比2005年减少3.8%
	2030年目标	比1990年减少55%	比2013年减少26% (实际比1990年减少18%)
	2050年目标	比1990年减少80%~95%	80% (未设定基准年)
可再生能源占比	2017年	33.1%	16.0%
	2018年	35.2%	17.5% (预报值)
	2030年目标	65%	22%~24%
核电发电占比	2017年	11.7%	3.1%
	2018年	11.7%	6.0% (预报值)
	目标	2022年为0	2030年为20%~22%
煤电占比	2017年	37.0%	32.3%
	2018年	35.3%	28.2% (预报值)
	目标	2038年为0	2030年为26%
气电占比	2017年	13.1%	39.8%
	2018年	12.8%	36.7% (预报值)
	2030年目标	35%	27%
一次能源消费量		2020年比2008年降低20% 2050年比2008年降低50%	2030年比2013年降低13%
GDP单位能耗		2008~2050年年均降低2.1%	2012年~2030年年均降低1%
全社会用电量		2020年比2008年降低10% 2050年比2008年降低25%	2030年比2013年降低17%
建筑用能一次能源需求		2050年比2008年降低80%	2030年比2013年降低约20%
交通运输最终能源消费		2020年比2008年降低10% 2050年比2008年降低40%	2030年比2013年降低约10%

欧盟根据巴黎协定提交联合国的国家自主贡献目标是承诺2030年温室气体排放比1990年减少40%。德国在此基础上又制定了本国的温室气体减排目标，以1990年为基准年，2020年削减40%，2030年削减55%，2040年削减70%，2050年削减80%~95%。高于欧盟同期目标，其战略重心在于实现2050年减排目标。2010年9月，德国联邦政府发布《能源战略2050——清洁、可靠和经济的能源系统报告》，明确提出德国能源转型行动路线图，将节能和发展可再生能源作为应对气候变化和能源转型战略的两大支柱。

但过去几年间，尽管德国风电、光伏装机量快速增长，但碳排放量却没有明显下降。德国电力中很大比例来自燃煤电厂，由于燃煤发电具有价格优势，在欧洲电力出口市场上大行其道，再加上欧洲的碳价在很长一段时间内都在低位徘徊，使得许多企业没有太多关注碳排放，而且德国交通运输业一直偏离脱碳轨道，导致德国碳排放量并没有明显降低。2018年德国碳排放为8.687亿吨，是欧盟排放最高的国家，超过了欧盟第二大排放大国英国排放总量一倍多，碳排放量同比减少了4.2%（3800万吨），比1990年减少了30.6%。尽管这是四年来的首次大幅下降，但距完成2020年的目标还有点距离。从目前来看，2020年目标实际上很难完成，预计德国今后将重新调整温室气体减排目标和政策。

日本借福岛核事故之名，2013年退出了京都议定书第二承诺期，而且将2020年的减排目标设定为比2005年减少3.8%的低位目标，这一目标反而比1990年增加碳排放3.1%，日本应对气候变化立场和减排政策的倒退遭到了国际社会的广泛批评。巴黎协定之后，日本2030年国家自主贡献目标比2013年减少26%，2050年减排目标尽管确定了一定条件下削减80%，但并未设定基准年，显然2050年目标仅仅是一种宣誓而已，其战略重心仍锁定在2030年目标。2017~2018财年碳排放总量为12.92亿吨，同比减少了1.2%（1610万吨），尽管比2013年减少8.4%，但比1990年反而增加了1.33%。日本应对气候变化战略将能源多元化和能源技术创新作为两大支柱，在具体政策上，与德国政府多采用市场手段不同，日本政府主要采取大力推广节能、建设氢能社会、实现碳循环利用等行政管制式的综合措施，并制定了可再生能源、核电、煤电、气电四分天下的电力结构规划。

## 弃核vs保核

核电是公认的应对气候变化的一把利器。一台百万千瓦电功率核电机组每年可以减少二氧化碳排放600多万吨。福岛核事故后，尽管核电的安全性得到了很大的加强和保障，但核电站退役和核废料处理问题仍是一个难题。

德国能源转型不是从退出化石能源、碳减排开始的，而是源于民众反核的诉求。德国没有地震和海啸的地质风险，而且核电技术一直居全球领先地位。切尔诺贝利核事故之后德国就开始酝酿废核，因为事故导致德国南部土地、森林和植物至今仍残存具有较长半衰期的铯-137。2002年德国通过法律明文规定2022年之前逐步废核。2010年德国政府又决定废核计划缓期到2036年之前逐步进行。2011年6月，德国受福岛事故影响当即决定到2022年全部废除核电。2012年3月，德国迅速从17台机组减少为9台。2016年和2017年又分别各关闭了1台，今年还将按计划关闭2台，最后只剩下5台机组苟延残喘直至最后全部关闭。其实，德国被法国、瑞士、瑞典、捷克、芬兰、匈牙利、保加利亚、乌克兰以及俄罗斯等许多有核国家所包围，其中有一个周边核国家发生核泄漏事故，随着风向变幻或许整个欧洲都难以幸免放射性污染，德国是否因为其单独弃核而能独善其身呢？

福岛事故前日本在运核电机组有54台，现已确定的退役机组已达21台，实际只剩下33台，装机容量为3300万kW，若加上建设中的2台机组，则为3600万kW。因此，日本核电事实上已废掉了三分之一“武功”。目前，在运机组仅有9台，装机约900万kW。由于受制国内强大的反核舆论，日本政府出台的核电政策非常矛盾，一方面要尽可能减少对核电依存度，另一方面则将核电作为基荷电源，到2030年占比目标要达到20%~22%。如果要实现此目标，按核电机组平均利用率达到80%计算，核电装机容量至少要确保3000万kW~3600万kW，但最近东京电力柏崎刈羽核电站的5台机组被当地市政府叫停，装机容量为550万kW的5台核电机组又将面临折损的风险。其它剩下的核电机组是否能如期重启还是个未知数。近日，国际能源署（IEA）发布《清洁能源系统中的核电：低碳发电的关键来源》报告指出，核电在发达经济体中发电量可能出现急剧下降，这将威胁能源安全和气候目标。因此，日本强调核电是应对气候变化和能源安全保障不可或缺的，一方面通过延长机组寿命盘活装机存量，另一方面则在小堆和核聚变技术上下功夫，通过技术创新实现核电装机增量。

## 去煤VS挺煤

煤炭是最富有争议的能源，去煤与挺煤是左右政策的分水岭。去煤派认为煤电大量消耗不可再生的自然资源，高污染、高排放，是全球气候变暖最大的元凶。挺煤派认为煤炭蕴藏量丰富、成本低，可以实现清洁高效利用，并成为很多国家发电的主要燃料。无论有多大的争论，煤炭都曾经是战后德日两国经济高速增长的工业血液，这是不争的事实。

德国是个煤炭生产和消费大国，特别是褐煤蕴藏量极为丰富。1990年德国煤电占比曾高达56.7%，尽管近30年来占比有所下降，但2018年仍高达35.3%。2019年1月26日，德国“增长、结构转型与就业委员会”（又称“煤炭委员会”）提出，最晚到2038年废除全部煤炭，在此之前将分阶段按计划有序推进弃用煤电进程。2017年底德国燃煤火电的装机容量为42.7GW，到2022年要减至30GW。因此，至少要砍掉12.7GW，相当于关闭24座燃煤火电厂。之后再花15年时间，计划到2038年全部关闭煤电厂。2023年之后专家委员会将每3年1次对去煤化成效进行评估，倘若对电力市场和就业不会产生较大不良影响，到2035年将提前关闭所有燃煤火电厂。受弃用煤电计划影响的北威州、萨克森州、萨克森安哈特州以及勃兰登堡州等将在未来20年内获得总额为400亿欧元的财政补贴，用于去煤化后的产业转型。

关闭核电站后再关闭煤电厂，对于德国来说无疑是雪上加霜。其实，德国能源结构对煤炭依存度极高，与法国和英国的“去煤保核”政策不同，实行“弃核去煤”政策之后，德国并没有太多的能源替代选项。扩大气电占比是核电替代的唯一基荷电源选项，但德国天然气高度依赖进口，俄罗斯是其主要的传统来源国，页岩气革命后美国也加入德国天然气市场争夺。因此，德国从能源安全保障考虑，一方面铺设一条由俄罗斯经波罗的海海底到德国的“北溪-2”天然气管道，另一方面计划建立第一个液化天然气进口终端，准备同时接受来自俄罗斯、美国等其它国家的天然气，然而背后却隐藏着各种国际政治势力的激烈角逐。

日本是高度依赖煤炭进口的国家。2014年第4次能源基本计划提出煤炭是安全、可靠、经济的重要基荷发电燃料，到2030年煤电占比将达到26%。2018年第5次基本能源计划继续将煤电确定为基荷电源，提出今后将扩大煤炭清洁高效利用，淘汰落后煤炭利用方式，开发和输出煤炭清洁高效发电技术装备。早在2016年6月，日本就出台了新一代火电技术路线图，提出2025年逐步推广IGFC和GTFC高效火电机组，2030年逐步实现火电零排放。实现煤电零排放的一条路是CCUS技术路径，另一条是煤制氢技术路径。实际上，福岛核事故之后，日本政府加快煤电环评速度，导致京都市议定书暂时停批的煤电再度掀起一个小高潮。从2012年至今，日本前后计划新建煤电机组达到50台，装机容量共计2332.3万kW，其中，已投运15台（301.2万kW），在建15台（866.9万kW），中止13台（703.0万kW）。到2018年底计划新建煤电机组仍达到33台。新建机组大多在2020年以后投运，若新机组全部投运，装机容量将达到6020.9万kW，到20



30年碳排放为此将多出5200万吨以上。特别是小规模煤电建设问题突显，由于11.5万kW以下的煤电机组免环评，50台煤电机组新建计划中竟有19台是小规模机组，显然是电力公司为逃避环评而恶意所为。于是，2019年4月，日本环境省提出要对煤电的严格环评。截至2019年8月1日，日本在运煤电机组共计122台，装机容量4471万kW。

### 高比例可再生能源VS低比例可再生能源

发展和普及可再生能源是举世公认的一条能源转型康庄大道，但电网建设往往跟不上风光电的发展速度，而且居高不下的可再生能源附加费是很多国家共同面临的问题。日本作为一个岛国，几乎没有与国际互联的电网，在可再生能源发电过剩时，只能通过抽水蓄能方式消纳，而且电力体制改革的进程又大大晚于德国。德国则可通过欧洲电网将富余可再生能源发电输送给邻国，当遇到因气象条件发电不足时又可从法国等周边国家进口电力，电力市场化程度较高，这是两国可再生能源发展目标制定差异的重要因素。

德国能源转型取得最大的成功是可再生能源发电量的快速增长。根据德国制定的可再生能源发展目标规划，全国总发电中可再生能源发电的比重2020年达到35%，2030年达到50%，2040年达到65%，2050年达到80%以上。德国早就在2000年就开始实施可再生能源固定上网电价（FIT制度），当年可再生能源发电占比仅为6.3%（其中水电占4%）。2018年德国可再生能源发电占比由2017年的36%增加至37.8%，18年间增长了6倍，已经超额完成了2020年的目标。但德国电网存在“南北问题”。德国可再生能源很大一部分来自风电，但风资源区主要位于北方，而德国南部和西部的工业区才是中心负荷区，因此，电网“北电南送”的输送能力成为德国进一步扩大可再生能源电力利用的瓶颈。另一方面，2018年德国居民电价是欧洲最高的，平均电价为0.395美元/千瓦时，而日本居民平均电价则为0.253美元/千瓦时。因此，德国2017年修订的可再生能源法提出了控制成本和引入竞争拍卖机制的政策措施。

日本的可再生能源发展目标比德国低很多，到2030年可再生能源占比目标为22%~24%，尽管提出了可再生能源到2050年发展成为主力能源的目标，但并未设定具体的量化目标。FIT制度实行比德国晚了12年，但自2012年实施以来，可再生能源装机容量年平均增长率达到22%，5年间增长了3倍。到2017~2018财年可再生能源发电占比达到16%，其中光伏5.2%，风电0.6%，地热0.2%，生物质2.1%，水力7.9%。日本同样面临用电成本提高、电网容量不足和建设滞后的问题。要实现2030年目标，财政补贴规模预计将达到3.7万亿~4.0万亿日元，2018年度就已累计达到3.1万亿日元，其中，可再生能源附加累计征收额也已达2.4万亿日元。2018年度可再生能源附加费由2012年的0.22日元/kWh增加到2.90日元/kWh，导致工业用电、居民生活用电比福岛事故前增加了38%、25%，可再生能源附加费分别占了电价的16%、11%。与德国电网的“南北问题”一样，日本电网存在“东西问题”。关东地区与关西地区电网因频率不同而难以互联互通，一个是50赫兹的欧洲标准，一个是60赫兹的美国标准，东西两个电网并网困难制约了可再生能源更大规模和更大范围的发展。为此，日本正在积极研究，拟采取降低发电成本、改善市场环境、优化电网运行、提升调节能力等措施解决可再生能源并网难、并网贵和并网不公的难题，以期实现可再生能源成为主力电源的目标。

### 节能减排与能效政策差异

推广节能和提高能效是能源转型战略的第一选择。德日两国都是节能和能效大国，进一步提升节能和能效水平都是一个巨大的挑战。德国单位GDP能耗目标以2008年为基准年，到2020年降低20%，到2050年降低50%。2018年德国能源消费再创新低，一次能源消费总量为12,963皮焦耳（PJ），相当于4亿4230万吨标准煤，同比下降了3.5%，比2008年降低了5.5%，但仍难以完成2020年目标。日本石油危机后大力推广节能，1973年度至2017年度，GDP增长了2.6倍，最终能源消费只增加了1.2倍，实现了经济增长与能源消耗的脱钩，到2030年单位GDP能耗目标要比2012年降低35%。2017年度一次能源消费总量为21,326皮焦耳（PJ），2030年目标要比2013年降低13%，相当于减少原油5030万KL。从2013年度到2017年度已累计减少了1073万KL，完成既定目标的21.3%。由此可见，德国节能目标略带点“浪漫主义”，而日本节能目标则显得更为“现实主义”。

建筑行业在能源转型中起着举足轻重的作用，均占德日两国能耗的三分之一左右。德国建筑节能目标是以2008年建筑能耗为基准年，2020年降低20%，2050年降低80%。德国古旧建筑较多，室内取暖要求高，外墙保温装修工程量大，因此对既有建筑的节能改造是重点。由于化石燃料供热占比较高，2017年德国建筑能耗仅降低了6.9%，实现2020年目标有点难。而2030年日本建筑节能目标是比2013年降低建筑能耗约20%，相当于减少原油2386万KL。2017年度居民住宅降低了2.7%，公共建筑降低了5.1%。2030年减排目标是比2013年减少碳排放约40%。2017年度居民住宅减少了9.5%，公共建筑减少了12.9%。日本建筑物寿命较短，居民家庭家电消费较多，空调和热水需求量大，因此，推广新建建筑节能标准是重心。日本建筑节能目标是，到2020年一半以上的新建住宅实现零碳建筑标准，到2030年所有新建建筑全部实现零碳建筑标准。2018年累计新建零碳建筑标准住宅达5.3万户，完成既定目标的26.5%。

德日两国都是汽车制造大国，交通运输行业是能源转型的重点领域。德国在弃核、去煤之后，下一个目标就瞄准了“脱油”。德国交通运输行业碳排放已连续5年增长，2018年交通运输行业排放量为1.61亿吨，同比增加了2.4%，比20

05年增加了6.5%，交通运输领域最终能源消费以2005年为基准年，到2020年降低10%，到2050年降低40%，显然德国的现状难以完成2020年目标。日本交通运输行业节能目标是到2030年最终能源消费比2013年降低14%，相当于减少原油1607万KL。2017年度比2013年降低了4.2%。交通运输行业减排目标是2030年比2013年减少28%，2017年度碳排放量为2.13亿吨，比2013年的2.24亿吨减少了4.9%。

针对上述情况，一方面，德日两国都采取措施重点控制新车的节能减排水平。欧盟交通运输行业2030年碳减排目标是比2021年削减37.5%。欧盟规定2021年以后所售新车的二氧化碳排放量限制为95克/km，2025年、2030年再减少15%、30%，每超过1克将罚款95欧元。目前，宝马平均为128克/km，戴姆勒平均为134克/km，德国为此宣布到2030年禁止销售传统燃油汽车。目前，日本车企碳排放水平为122克/km，日本则主要采取严格限定传统燃油汽车油耗标准的措施，到2030年每升油可行驶距离为25.4公里，相当于百公里油耗为3.94升，油耗水平将比2016年度降低32.4%。此外，日本还拟对电动汽车的电耗标准进行限制，将电力生产碳排放计入电动汽车电力耗能排放量，迫使电动车企提高能效。

另一方面，德日两国均出台政策鼓励发展普及新能源汽车。德国在2018年新售出的乘用车中，汽油车62.4%，柴油车32.3%，电动车仅为4.9%。尽管提出了实现1000万辆电动汽车的市场目标，但截至2018年12月，德国注册电动汽车的数量只有不到20万辆，距离目标还有点远。日本在电动汽车市场普及方面则远远走在德国前面，2017年度新售出的新能源乘用车已达159.5万台，占新车销售的36.4%。到2030年新能源汽车新车占比目标要达到50%~70%，其中，混合动力车达到30%~40%，EV和PHV达到20%~30%，燃料电池车达到3%，清洁柴油车达到5%~10%。

德日两国都着眼于能源安全、建设低碳化社会、振兴产业和技术而高度重视氢能、储能和智慧能源技术的研发。

在氢能方面，德国更注重利用可再生能源电解水制备，而日本更倾向于化石燃料制备；德国以国内制备为主，而日本则以从国外进口为主；德国除注重与天然气混燃外，更重视合成燃料的生产，优先在电气化实现困难的领域应用，而日本则更注重利用纯氢燃料，包括纯氢燃料发电等“氢能社会”的全面建设。

在储能方面，德国非常重视电转气技术（P2G）开发，将电转气作为在德国北部利用剩余风电的一种重要方式，而日本则高度重视燃料电池和蓄电池技术的开发和应用，这主要源于两国对于大型电网储能的需求不同。

在智慧能源方面，数字化转型成为新一轮能源转型的焦点，德日两国都积极发展智能电网，推广大数据、电力物联网、虚拟电厂、需求响应、区块链技术和应用，推动整个能源系统从一个高度集中的能源系统向分散、灵活和可再生的分布式能源系统转变。

由于自然条件、资源禀赋、社会文化和经济人口状况的不同，德日两国能源转型战略选择了不同的道路。如前所述，各国能源转型之路可划分为左右两个阵营。以德国等欧洲国家为代表的左翼阵营，强调发展可再生能源和提高能效才是能源转型之正道，对化石能源的清洁高效利用、CCS技术和化石能源制备氢项目往往持消极或否定的态度；以日本以及包括美国、俄罗斯、南非、土耳其、沙特等国家为代表的右翼阵营，则强调能源转型要实行多元化发展路径，除大力发展可再生能源之外，不排斥化石能源的清洁高效利用，积极开发核能、CCS以及氢能等清洁低碳技术。

未来能源转型究竟向左走还是向右走？没有孰是孰非，能源转型是各国所面临的一项长期能源战略和气候战略，未来的能源转型一定是混合型的能源形态，而技术创新则是能源转型战略成功的关键。清洁低碳、经济高效、安全可靠、多样灵活必将成为新一轮全球能源转型的共同目标和方向。（作者 周杰 国际清洁能源论坛（澳门）秘书长、武汉新能源研究院研究员）

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/news/151848.html>