

自俄乌冲突发生以来，包括德国在内的欧洲国家经历了能源供给短缺、价格飙升的困局，也暴露了能源转型的复杂性和长期性。

德国：能源转型评价及启示

文 / 张运洲

前不久，德国联邦网络管理局（能源监管机构）发出警告：没有俄罗斯天然气，德国熬不过冬天。如果北溪一号天然气管道不能恢复正常供气或继续限制流量，德国能源形势可能会进一步恶化。这意味着因天然气紧缺带来的价格猛涨必然传导到终端用户。作为主要调节电源的燃气发电受阻，难以配合新能源发电项目运行，电力的稳定供应将面临很大风险。更为悲观的预测是，能源短缺的状况会持续3~5年，成本继续上升，德国正面临由能源危机而引发的国家危机，欧洲最大的经济体将走向衰退。不难发现，这与德国长期以来致力于能源清洁低碳转型的目标背道而驰，

令人扼腕叹息。

多年来，德国的能源转型被津津乐道，似乎已成为国际上的样板，我国新能源补贴政策的研究制定也不难看到德国的影子。但自俄乌冲突发生以来，包括德国在内的欧洲国家经历了能源供给短缺、价格飙升的困局，也暴露了能源转型的复杂性和长期性。纵观德国的能源转型历史，并对其实践成果进行分析评估，能为我国的能源电力高质量发展提供有益镜鉴。

能源转型的先行者

德国是欧洲第一大经济体，一次能源消费总量从2005年的4.8亿吨标准煤降至2019年的4.3亿吨标准煤（国

际能源署数据），目前能源进口依存度（净进口量与可用总能源的比率）约为64%，尤其在原油和矿物油产品方面，德国的进口依存度高达97%，天然气则为89%，煤炭为44%。自20世纪90年代起，德国推行能源转型政策，2020年可再生能源发电量占比达到46%，在大国中位居前列。

德国能源转型的动因主要源于三方面，一是20世纪70年代的石油危机使德国不堪重负，发展可再生能源可以实现就近供应，减轻经济负担；二是应对气候变化，降低温室气体排放量；三是降低化石能源的进口依存度。

经过30多年的转型实践，德国的



能源转型取得了显著进展，成为欧洲乃至世界的先行示例。

德国的电力结构发生了重大变化，可再生能源发电量比例已由2000年的6%上升到2020年的46%，其中风电和太阳能发电量占2020年总发电量的比重大于31%。德国还制定了2030年将可再生能源发电量提升至65%的目标。

在需求侧，德国一直推进能效提升行动，特别是在建筑领域，采取技术创新和政策措施等综合手段持续改进能效。有数据表明，德国在过去30年将能效提升了近30%。

风电和光伏发电迅猛增长

德国能源转型成功的标志是风电

和光伏发电得到了迅猛增长，占比持续上升，这主要取决于三个因素。

首先，此成果离不开政府的强力推动。德国于2000年首次颁布《可再生能源法》，后根据执行情况和效果进行了8次修订，内容涉及新能源上网电价调整、补贴分摊、并网技术管理要求以及如何参与电力市场竞争等。

2022年7月8日，德国政府审议通过了包括《可再生能源法》在内的能源政策一揽子法案修订，旨在加快可再生能源发展，强化联邦政府应对天然气发电不足紧急调用备用电力（比如煤电）的政策选择等。持续的修订是由于法律在实施的不同阶段暴露出一些问题，比如过度补贴造成资金入不

>> 德国家庭屋顶上的太阳能电池板

敷出和消费者负担上升过快的问题、新能源发电新增规模与电网发展不匹配问题、全额保障收购带来的效率损失问题等。政府通过制定出台《可再生能源法》和滚动修订来从法律上激励风电和光伏发电的开发，在相当长时期内以固定价格收购其上网电量并实行全额收购，有力促进了新能源发展。

其次，公众对能源转型的认同度高，也能够承受较高的电价。德国社会对于生态环境有着强烈的危机意识，大多数人对于摆脱化石能源持支持态度，并愿意为此付出经济代价。

最后一个因素是用好了市场这只无形的手。自2017年起，德国政府不再以指定价格收购绿色电能，而是采用拍卖竞价机制来确定每年能享受补贴的新能源开发规模和投资者。这不仅推动了新能源技术进步、成本降低和效率提升，也减轻了消费者的负担。

由于风电和光伏发电固有的间歇性，很多专家担心用户的供电质量和可靠性指标会有所下滑。但实际上，德国多年来全国负荷趋于稳定，2020年最高负荷为7600万千瓦，仅常规电源装机总量就达到1.1亿千瓦，加上跨国联络线2000万~3000万千瓦的交换能力，合计远超过最高负荷，确保德国即使不计新能源发电量，也能撑起全社会用电需求。在调度管理上，长期以来德国实行“自下而上”的“自平衡”运行模式，全国有2700个平衡单元，实时运行中各平衡单元偏

差由四大输电运营商统筹负责，从而显著降低整个系统的平衡压力。

根据德国联邦网络管理局的公开资料，2020年电网终端用户平均停电时间创造2006年以来的最短纪录，为10.73分钟。由此可见，随着可再生能源占比持续增加，在分布式新能源加快发展的背景下，其供电可靠性并未受到影响。

转型之路突遇“寒冬”

2021年，国际上包括一次能源在内的大宗商品价格大幅上涨，给世界各国的经济社会运行带来较大冲击。特别是俄乌冲突爆发以来，欧洲国家饱受能源短缺和价格飙升之苦，德国也是深受其害，预计今年冬天天然气大量短缺，届时大量工厂将很可能暂停运转。近日，德国副总理兼经济和气候保护部长罗伯特·哈贝克在接受媒体采访时表示，德国企业将不得不停止生产、解雇工人，供应链将崩溃，人们不得不贷款支付取暖费。

此轮能源危机深受地缘政治冲突的影响，其结果是欧洲蒙受的损失不可估量，德国首当其冲，危机何时结束，尚有很大的不确定性。回顾德国的转型之路，从能源转型的“样板”到如今深陷能源危机的局面，有三点教训值得正在经历能源转型的大国汲取。

一是德国的能源战略不够成功。德国早在2013年就宣布将于2022年关闭所有核电站，2019年宣布2038年前淘汰煤电，腾出的空间由新能源发电

和气电弥补。但目前核电和煤电发电量总计超过三分之一，这样的激进战略致使德国在当前的能源危机面前举步维艰。一方面，失去俄罗斯气源使德国气电出力大打折扣，冬季取暖能源缺口很大；另一方面，增加的新能源发电弥补不了核电和煤电激进退出所造成的缺口。

据最新报道，德国和欧洲其他多国计划重启煤电度过这场危机。可以说，德国的能源战略忽略了国家的能源安全和外部抗风险能力，短期目标和中长期目标脱节，远水解不了近渴，不能说是成功的战略。

二是新能源补贴政策难以为继。德国的补贴政策虽然刺激了光伏发电和风电的快速发展，但羊毛出在羊身上，高额补贴同样带来高电价问题。2015年，德国居民用电量占比为26%左右，其平均价格为2~2.4元/千瓦时，在西欧国家中是最高的，其中新能源补贴附加在居民电价中占比达到20%以上，家庭用电负担沉重，后来的补贴退坡政策也是不得已而为之。

三是电网基础设施滞后问题始终未能解决。德国的新能源早期主要采用分散开发的模式，考验的是配电网的适应水平和接纳能力。近年来，随着北海及波罗的海风电的规模化开发，北电南送问题逐步显现。新建南北直流输电通道的方案进展缓慢，主要是由建设输电走廊涉及征地难度大、环保政策制约、周期长、干扰多等因素造成的。从某种意义上讲，电

网基础设施滞后是影响德国新能源继续大规模增长的主要瓶颈。

激进转型必有代价

通观德国能源转型，我国也能从中得到三点启示。

第一，能源安全始终是首要目标。推动能源清洁低碳转型、应对气候变化是人类共同使命，大力开发风电及太阳能发电是加快能源转型的战略性举措，必须长期坚持。然而，能源转型必须建立在确保能源安全的基础之上，先立后破，不能急于求成。德国能源战略的失误源于激进的弃核弃煤政策。其传统能源的供应主要来源于外部，由于俄乌冲突何时结束难以预料，德国的能源危机注定会持续几年，德国寻求俄罗斯能源替代方案的经济代价预计会更高，加之新冠肺炎疫情和通胀冲击，若出现经济衰退就不足为奇了。相比之下，我国政府一直高度重视能源安全问题，反复强调立足国情推动煤炭清洁低碳高效开发利用，抓住机遇大力发展可再生能源，截至目前成功地应对了此轮全球性能源危机。这充分证明了我国政府高水平的战略预判能力和宏观调控能力。

第二，长远来看，发展新能源能够明显降低能源供应风险。据英国石油公司统计，2021年全球化石能源消费占比仍达到82%左右，石油、天然气和煤炭国际贸易主要依靠美国、俄罗斯、中东等国家及地区，存在因政

治、经济、军事干预而中断的风险，给世界能源安全带来持久的忧患。另外，风电和太阳能发电资源丰富，分布相对均衡，随着技术进步和成本下降，开发潜力巨大，就地就近分散供应是减少化石能源集中配置风险的有效对策。经历本轮能源危机，国际上也得到了新能源发展步伐还需进一步加快的启示。我国也应从中汲取教训，加大新能源的发展力度，提高抵抗能源风险的能力。

第三，应树立系统思维，推动新能源高比例融合发展。按照目前的趋势，我国新能源在未来相当长时期内将保持高速增长。新能源出力具有间歇性的特点，而用户的可靠性指标又不能降低，这给电力系统保供带来的挑战不可低估。实际上，国内专业机构对新型电力系统发电的构建和运行规律的认知尚处于初级阶段，比如，构建一个区域级高比例新能源发电（电量占比为30%~60%）的仿真型电力系统，并进行电力电量平衡仿真研究、稳定特性解析的案例至今没有出现，在这方面德国的现有经验值得借鉴。

下一步，我国应抓紧研究论证，坚持以电力为中心推进能源转型，坚持电力系统源网荷储整体协同配置，坚持电源的多元化路径，坚持电源与电网协调发展。一边发展，一边探索，不断解决暴露出来的问题，为我国的能源转型提供有力支撑，助力“双碳”目标顺利实现。■

（作者系能源研究院原院长）