

行业研究

2022 年 5 月 12 日

看好**维持****证券分析师**王璐
A0230516080007
wanglu@swsresearch.com**联系人**王璐
wanglu@swsresearch.com

天然气与新能源代序 探索清洁独立之路

德国能源改革复盘

煤炭曾肩负重任，先后被天然气与可再生能源代替并进入全面淘汰阶段。德国煤炭矿产丰富，储量位居世界第六。煤炭曾是德国能源改革前的能源支柱，1990 年占比发电结构的 58%，但是在能源改革过程中先后被天然气和可再生能源替代。2020 年，煤炭在发电结构中份额仅剩 25%。同年德国推出 KVBG 法案限制或停止燃煤电厂的建设与运营，由此煤炭进入到全面淘汰阶段。根据德国政府规划，煤炭发电最迟将于 2038 年全部停止。

石油消费量常年下滑但占比稳定，率先完全放弃核电。石油和核电是德国除煤炭外重要的能源，在发电结构和一次能源消费结构中占据重要地位。至今，石油仍居一次能源消费量占比的榜首，但总体消费量下滑趋势明显。得益于天然气和可再生能源的发展，除交通部门外，居民及工商业对石油的依赖程度逐渐下降。德国对于核电的摆脱更为彻底，2011 年日本福岛核事故发生后，德国决意减少核电。自 2011 年来德国核电发电量稳定下降，并计划在 2022 年底关闭境内所有核反应堆。

可再生能源长期收到政策扶持，未来十年将加速发展。可再生能源是近三十年能源改革的中心，也是未来德国能源结构的核心。德国通过修订《可再生能源法案》设置目标并制定详细的补贴政策，保证了可再生能源的精细、有序发展。2020 年德国可再生能源在发电结构中占比 46%，但在一次能源消费结构中仍仅占 16%。可再生能源平价化后，因成本优势与经济效益，进入对传统能源的加速替代期。目前可再生能源的装机成本与发电成本，尤其是占据主流的风电与光伏相比于传统能源已经具备优势。由于可再生能源是德国同时满足环保要求及实现能源独立的唯一途径，在俄乌冲突背景下，德国推出雄心勃勃的“复活节一揽子计划”，决心加速并将完全由可再生能源发电的目标从 2050 年提前至 2035 年实现。

天然气扮演过渡能源角色，短期面临供给危机。三十年能源改革历程中，天然气由于其清洁高效的特点受到德国青睐，一直保持了良好的发展态势。天然气作为过渡能源，在可再生能源崛起前补充传统能源退坡留下的能源缺口，成为在电力结构中唯一上涨的化石能源。德国作为天然气进口大国，目前进口依存度接近 90%。俄罗斯是德国最重要的天然气供应国，2020 年德国 66% 的天然气来自俄罗斯。2021 年下半年起至今，紧张的国际局势下，德国承受天然气价格暴涨和供给紧张的双重挑战，天然气的可替代性下降。德国急需寻找多元的、稳定的天然气供给来源。

短期德国的政策或导致能源结构剧变，长期寻求能源供给稳定且独立。我们认为，德国政府坚决的弃核限煤措施，叠加天然气供应危机或将让德国陷入短期的能源供给困境。同时，2025 年前计划的可再生能源新增装机容量难以弥补传统能源退出导致的电力缺口，自发电量或低于 2021 年水平。以风电、光伏为首的可再生能源仍处于成本下降通道，长期具有市场竞争力，助推发电量高速增长，最终实现对于其他能源在发电结构中的完全取代。我们推算 2026 年后德国电力实际发电量将会恢复至 2021 年水平，并伴随高速增长的可再生能源装机量维持上升趋势。同时根据测算，如果可再生能源装机符合预期，我们预计 2030 年德国可再生能源将会占据电力结构的 85%，助力实现能源独立的目标。

Industry Insights:

Coal, being replaced by natural gas and renewable energy successively, will have been eliminating completely. Germany has considerable coal reserves, ranking 6th in the world. With high extraction costs, the government used to subsidy coal mining. Coal accounted for 58% of electricity generation in 1990, and this portion has dropped to 25% by 2020. In 2020, Germany introduced the *KVBG Act* to cease the construction or operation of coal-fired power stations. Coal has entered the stage of complete phase-out and will be eliminated by 2038 according to the government's program.

With overall consumption of both oil and nuclear declining gradually, oil consumption structure still remains stable while nuclear power will be the first energy to be abandoned. Apart from coal, nuclear and oil are essential energy sources for Germany. Currently, oil still accounts for the most significant part of primary energy consumption, despite the declining oil consumption overall amount YOY. Due to natural gas and renewable energy's rapid development, oil dependency has been reduced in all sectors except in transportation. Nuclear power has been phased out more thoroughly. After the Fukushima Nuclear Accident in 2011, several nuclear power plants were decommissioned in Germany. Since then, nuclear power generation has declined steadily. By the end of 2022, the German government plans to close all nuclear reactors.

With long-term policy incentives, renewable energy development will accelerate in the next decade. Renewable energy is the centre of energy reform and will become the heart of Germany's energy mix. Germany ensures renewable energy development with new targets and policies in the revised *Renewable Energy Act*. In 2020, renewable energy accounted for 46% of power generation and 16% primary energy consumption. Grid parity accelerates the process of energy replacement. The current renewable energy cost has comparative advantages already, especially for photovoltaic and wind power. Renewable energy is the sole solution for Germany to achieve its goals of environmental protection and energy sovereignty. The *Easter Package*, launched after the break of the Russian-Ukrainian conflict, brings forward the target of 100% renewable energy power generation from 2050 to 2035.

Natural gas plays a transitional role, with little room for future development. During the 30-year energy reform, Germany favored natural gas for its cleanliness and high combustion efficiency. As transitional energy, natural gas supplements the gap between rapidly-reducing traditional energy and developing renewable energy. In Germany, about 90% of natural gas relies on imports. Russia once was the most important supplier, which supplied 66% of total consumption in 2020. Since the second half of 2021, Germany has faced the challenges of skyrocketing natural gas prices and declining supply due to the intensifying international situation. The role of natural gas as a transitional energy has been severely weakened. Germany urgently needs to find diversified and stable natural gas supply sources.

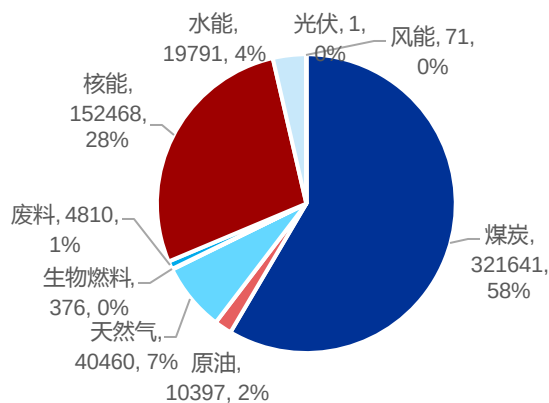
Short-term policy change may drastically alter energy structure while long-term energy supply will stabilize and become independent. Along with the nuclear and coal restriction policies, combined with the natural gas shortage, it might lead to a short-term energy dilemma in Germany. Newly installed renewable energy capacity by 2025 will hardly fill the gap of traditional phase-out energy; thus, domestic power generation will drop significantly. However, renewable energy will ultimately boost power generation and replace other energy forms with constantly decreasing cost and market competitiveness. We estimate renewable energy will account for 85% of power generation in Germany in 2030. By that time, Germany will have achieved its power sovereignty goal if the installed renewable energy capacity meets expectations.

1. 德国能源改革，传统能源被逐渐取代

1.1 煤炭和核能退坡，可再生能源和天然气崛起

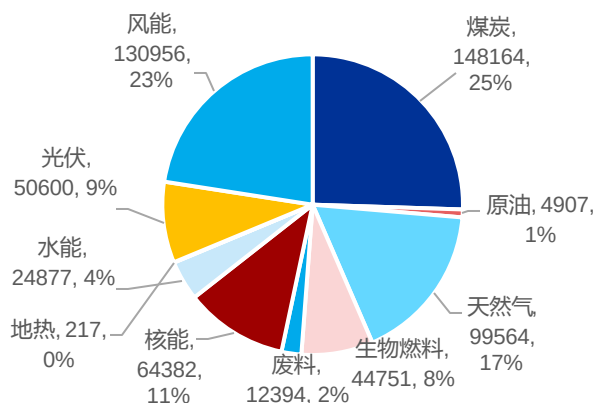
自 20 世纪 90 年代至今，德国发电结构从以煤炭为主转变为清洁能源主导。1990 年，德国煤炭发电量占全部总发电量的 58%，核能位列其次，同期可再生能源发电占比不及 5%，其中绝大部分是水力发电。2020 年煤炭发电量缩减到 25%，相较于 1990 年份额下降超过一半。此外，德国加速核能淘汰，核电发电量占比由 1990 年的 28% 下降至 2020 年的 11%，并计划于 2022 年关闭所有核电站。天然气成为唯一份额上涨的化石能源，份额由 1990 年 7% 增长至 17%。1991 年，德国推出了《电力上网法》，并在本世纪初推出《可再生能源法案》鼓励可再生能源应用发电，光伏和风能快速发展。2020 年，风光发电合计占比 32%，可再生能源整体在总电力消费中的占比达到 45%，超越了化石能源。

图 1：1990 年德国发电结构（单位：GWh）



资料来源：EIA，申万宏源研究

图 2：2020 年德国发电结构（单位：GWh）

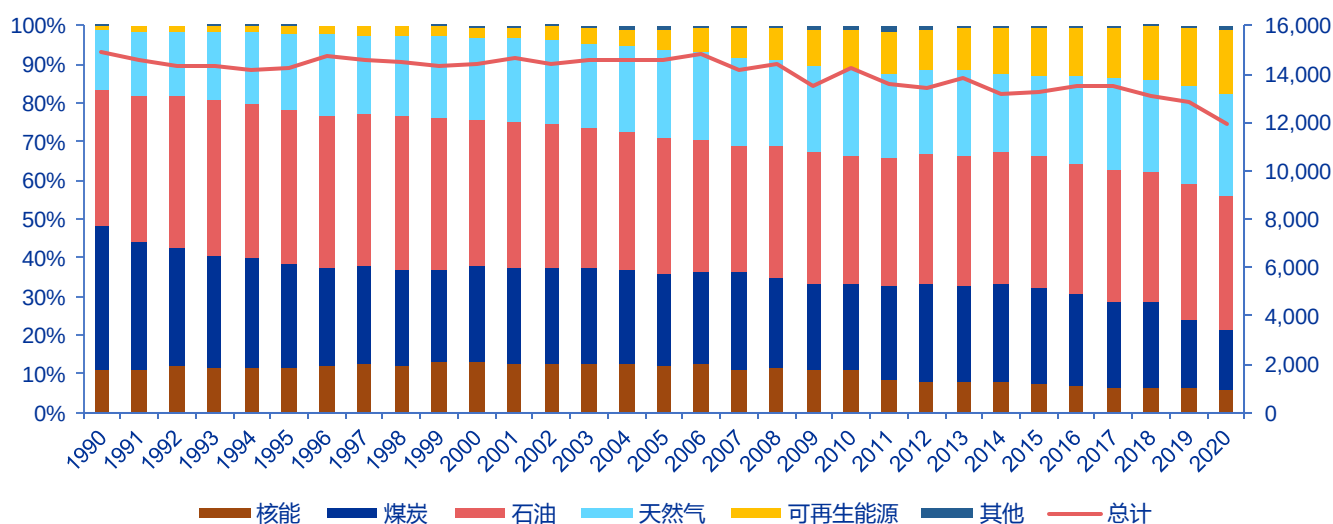


资料来源：EIA，申万宏源研究

2006 年以来一次能源消费总量开始下降。自 1990 年至 2006 年，德国一次能源消费长期维持在 14500 皮焦耳以上。2006 年起，一次能源消费总量总体呈现下滑趋势，尤其 2020 年因为疫情影响德国总体能源消费大幅下降，仅为 11899 皮焦耳，达到 30 年来新低。

除石油长期保持着约 35% 的份额，可再生能源与天然气逐渐完成对煤炭与核能的取代。2020 年，可再生能源占能源消费总量的 16%，天然气为 26%，相较于 1990 年二者占比分别为 1% 和 15%，合计增长 26%。该增长部分主要取代煤炭与核能。1990 年煤炭和核能消费比例分别为 37% 和 11%，至 2020 年已经下滑到 16% 与 6%，合计下降 26%。因此德国在保持国内能源消费总量基本稳定的前提下，在三十年间完成了能源消费结构的完全调整而非单一对新兴能源的发展。

图 3：德国一次能源消费结构及总消费量（单位：PJ）



资料来源：AGEB，申万宏源研究

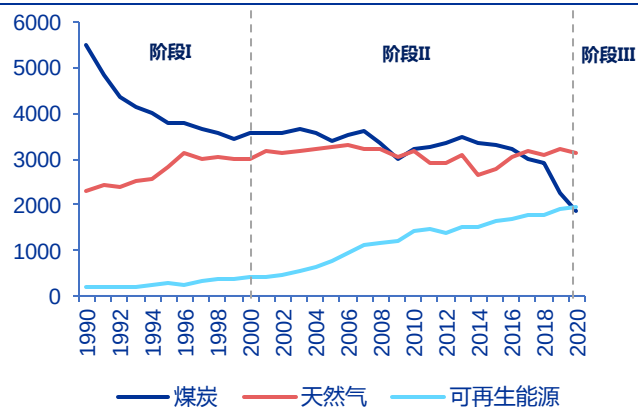
1.2 KVBG 法案实施 减碳走向脱碳

德国煤炭资源分布广泛，储量丰富。德国共有 7 个主要煤田，硬煤为鲁尔煤田、萨尔煤田、亚琛煤田和伊本比伦煤田，褐煤为西部莱茵煤田、东部劳齐茨煤田和中部煤田。目前德国煤炭储量位居世界第六位，仅次于美国，俄罗斯，中国，澳大利亚与印度。1990 年德国煤炭消费达峰后，经历 30 余年的消费减量，主要分为三个阶段：

取消煤炭开采补贴，第一阶段减碳靠“煤改气”。在 20 世纪初期，煤炭在德国一次能源结构占比中高达 90%，长期占据德国能源的主导地位。硬煤和褐煤消费量在 1990 年达到高峰的 5507 皮焦耳后，呈现明显的下降趋势。德国政府在 1991 年推行《电力上网法》及气候变化政策。**高额采购成本与环保驱动使德国关停硬煤矿。**虽然境内煤炭资源丰富，但由于硬煤层薄导致其开采成本是海外竞争者的三倍，因此德国政府一直对煤炭工业采取倾斜政策，提供各种价格补贴、税收计划等，从 1958 年 6 亿欧元增加至 1989 年的 75 亿欧元（注：1999 年以前德国流通货币为德国马克，以上金额经汇率换算而成，汇率为 1 欧元兑 1.955 马克），但由于高额的补贴导致政府财政负担沉重，同时受低价的进口能源的冲击，煤炭行业难以维持。1995 年政府取消了“Coal penny”导致补贴大幅减少至 35 亿欧元。第一阶段的德国煤炭消费下跌，主要靠天然气来替代。最终德国于 2007 年决定逐步停止硬煤开采。德国最后一家硬煤矿于 2018 年 12 月 21 日关停，硬煤开采正式落幕。

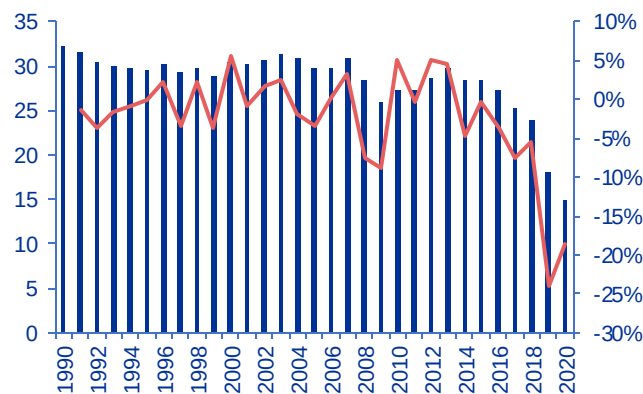
第二阶段，可再生能源发电高速发展对煤电实现逐步替代。1991 年生效的《电力入网法》将上网电价制度引进德国，以保障可再生能源发电和并网，开启了可再生能源发展的道路。2000 年，著名的《可再生能源法案》问世，标志着可再生能源发电进入黄金时代。通过装机规划，补贴激励，市场化程度加深等方式，以风电与光伏为代表的各类可再生能源快速发展，减少了德国对于煤炭尤其是用于发电的消费量。尤其是自 2017 年来随着可再生能源发电成本的逐渐下降，德国煤炭发电量及占比连年下滑，目前可再生能源发电正对煤电进行加速取代。

图 4：1990-2020 年一次性能源消费量（单位：PJ）



资料来源：EIA，申万宏源研究

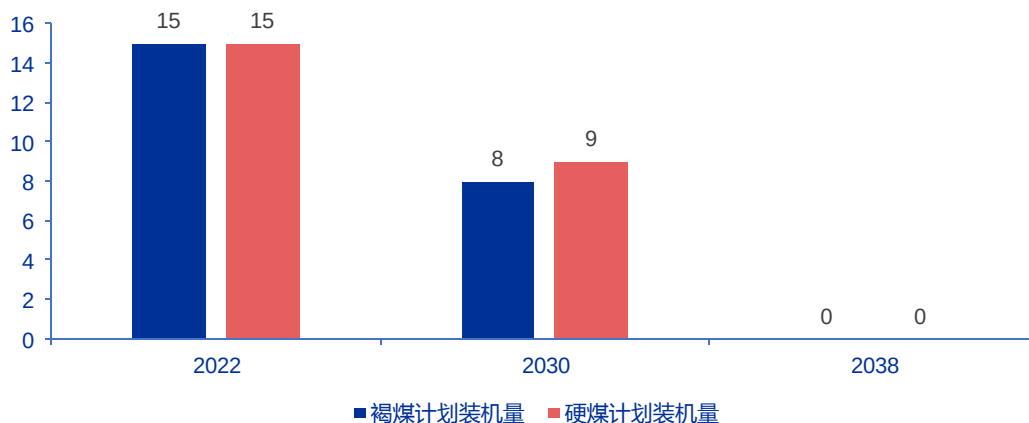
图 5：1990-2020 年煤炭发电量及同比增速（单位：太瓦时）



资料来源：EIA，申万宏源研究

第三阶段，德国立法启动煤电全面淘汰阶段。2020 年，德国政府出台《煤炭发电减少和终止法》（以下简称 KVBG 法案），设立至最迟 2038 年淘汰所有燃煤电厂的发展目标，并从 2020 年 8 月起停建所有燃煤电厂，同时法案对仍在运行的燃煤电厂采取逐渐淘汰以及关停措施。根据燃煤性质与装机容量，可以分为大型硬煤电厂，小型硬煤电厂，大型褐煤电厂以及小型褐煤电厂。对于污染较为严重的大型褐煤电厂，KVBG 法案强制安排退出并设置停产时限，对于大型硬煤电厂以及小型褐煤电厂，法案通过招标形式向电厂支付附加费来限制相关电厂煤炭燃烧以及发电入市。目前 KVBG 法案对于小型硬煤电厂没有做出限制，但在 2030 年后将小型硬煤电厂也视为大型硬煤电厂处理。因此，KVBG 法案通过多元化的政策实施将有效，平稳地完成燃煤电厂的退役计划直至所有燃煤电厂被最终淘汰。

图 6：德国未来燃煤电厂计划装机量（单位：GW）

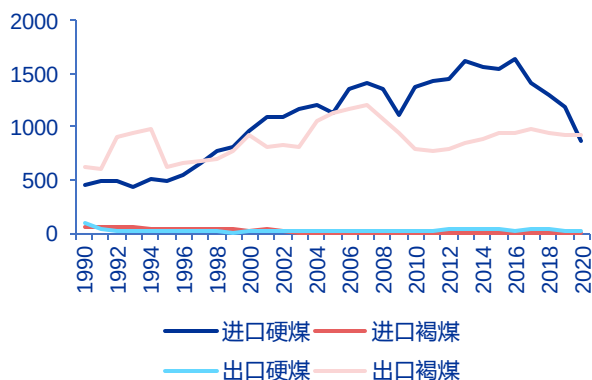


资料来源：KVBG 法案，申万宏源研究

煤炭总体需求下跌，同时需求缺口收窄。自 1990 年以来，随着德国国内煤炭产量减少，硬煤进口呈增长趋势，并在被可再生能源取代后出现下降趋势，进口峰值为 2016 年的 1634 皮焦耳。硬煤价格高企也是进口减少的重要因素，2016 年硬煤的价格从 56 EUR/TCE 升至 2017 年的 100 EUR/TCE，并在此后长期维持高价，因此进口硬煤使年进口量较 2016 年回

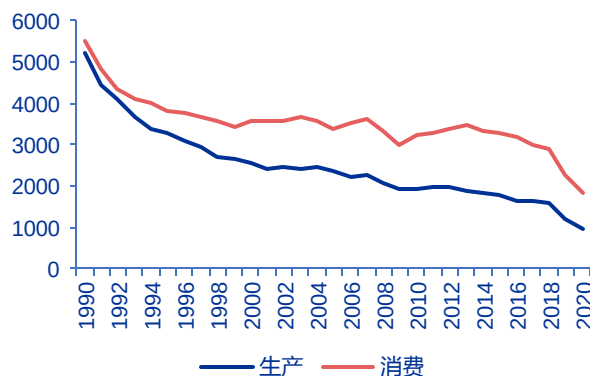
落了46.85%。截至2020年，德国进口煤炭2960万吨，主要来自于俄罗斯（45.4%），美国（18.3%）以及澳大利亚（12.3%）。褐煤在消费结构中相对稳定，国内褐煤生产量足以满足燃煤需求。2020年，在硬煤矿全面关停和KVBG法案的影响下，德国的煤炭生产量及消费量出现明显的下跌。预计未来伴随德国国内燃煤电厂的淘汰与关闭，煤炭产销量将继续保持下降趋势，煤炭需求缺口将不断收窄。

图7：1990-2020年煤炭进/出口量（单位：PJ）



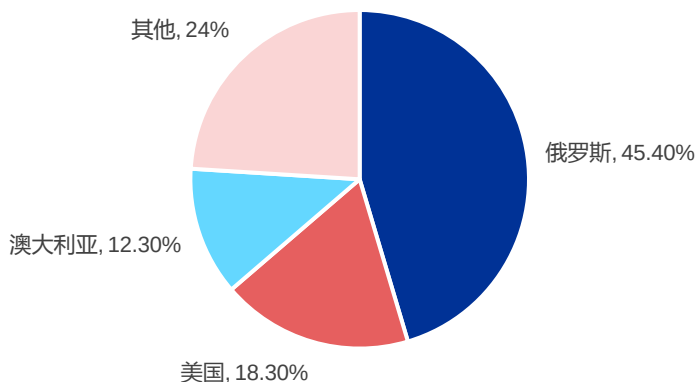
资料来源：AGEB，申万宏源研究

图8：1990-2020年煤炭生产及消费量（单位：PJ）



资料来源：AGEB，申万宏源研究

图9：2020年德国煤炭进口结构

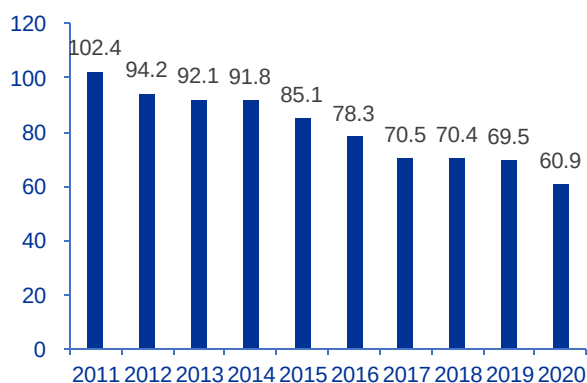


资料来源：Cleanenergywire，申万宏源研究

1.3 从零新增到逐步退出 德国坚定零核电

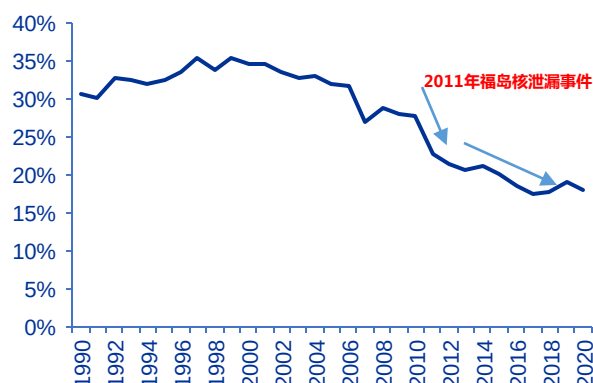
德国核能净发电量连续十年下滑。核能在德国能源结构上一度扮演非常重要的角色，发电占比最高超过35%。进入21世纪以来，核能对德国净发电量贡献逐渐下降，由2011年占比18%下降至2020年的11%。同时，净发电量同样呈现连续下降趋势，由2011年的102.4太瓦时下降至2020年60.9太瓦时，十年间核能净发电量下降超40%。

图 10：2011-2020 年核电净发电量（单位：太瓦时）



资料来源：德国联邦网络署，申万宏源研究

图 11：德国核能占发电消费能量占比持续下降

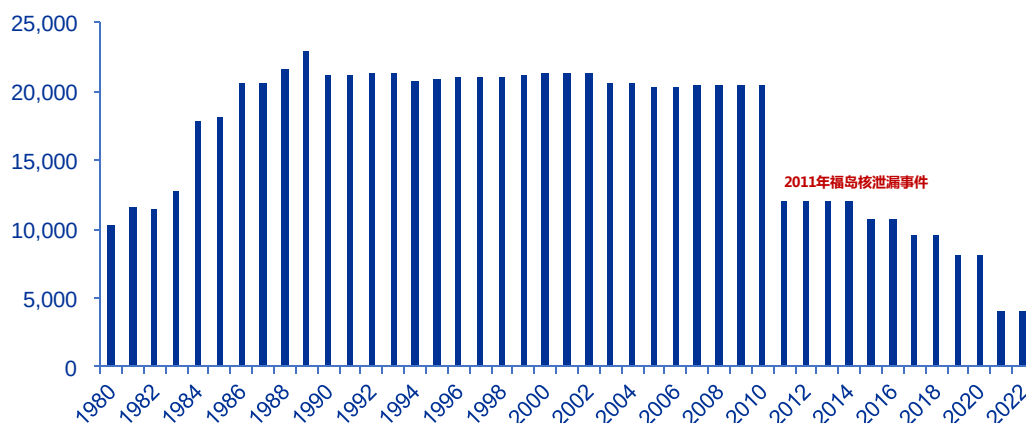


资料来源：德国联邦经济事务和气候行动部，申万宏源研究

德国 1989 年之后就没有新的商业核电站建造。自 1986 年至 2010 年，德国核电站装机容量连续 25 年稳定在 20000 兆瓦以上，2010 年底共有 17 座活跃的核反应堆工作。

2011 年 3 月日本福岛核电站泄漏事故后，德国政府坚定弃核。2011 年 6 月决定关闭 8 座核电站，并将其余 9 座核电站的运行时间限制在 2022 年。2011 年，德国核反应堆装机容量从 20490 兆瓦骤降至 12068 兆瓦，同比下降 41%；当年德国核能消费占全部能源发电总消费量降低至 23%，同比减少 5%，创 21 世纪以来单年度最大跌幅。2011 年后德国剩余的 9 个仍在运行的核反应堆也陆续停止运行。最后运营的 3 个核反应堆将运营至 2022 年底并随之关闭，德国即将成为西方第一个完全放弃使用核能的国家。

图 12：德国历年运行核电装机容量（单位：兆瓦）



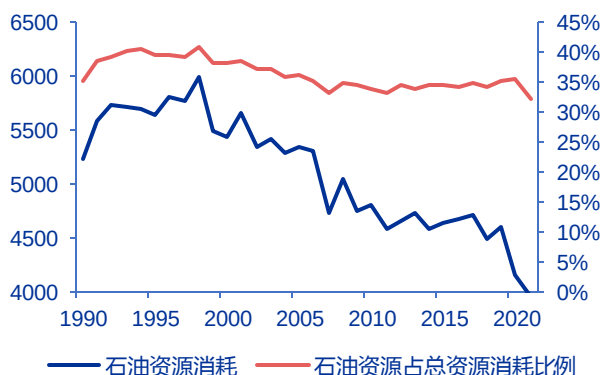
资料来源：世界核协会，申万宏源研究

1.4 石油消费总量减少 占比长期稳定

石油在整体能源消费量排名第一，虽然消费量逐年下滑但在整体能源结构中地位不变。2021 年，德国能源总体消费中石油占比 32%，位列所有能源之首。自 1990 年起德国的石油资源的消费处于先升后降的过程，年达到峰值 皮焦耳，并在进入 世纪以来步入

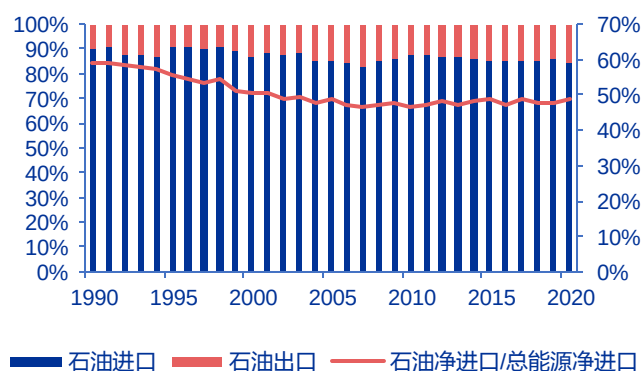
稳定下降阶段。2020 年，受到新冠疫情影响，德国石油消耗量同比下降 10%，创历年消费量降幅之最，并在 2021 年继续下降 5%。过去三十年间，石油消费量的下滑没有影响其在能源结构中的地位，得益于能源总消费量的下降，石油消费在能源总消费量的占比长期维持在 35% 左右较为稳定的水平，峰值为 1998 年的 41%，谷值为 2021 年的 32%。

图 13：1990-2021 年石油资源总体消费量（单位：PJ）及其占总能源消费的比例



资料来源：AGEB，申万宏源研究

图 14：德国石油资源进出口对比及石油净进口占总能源净进口的比值



资料来源：AGEB，申万宏源研究

石油资源高度依赖进口，国际局势动摇结构性能源消费。德国石油对外依存度极高，约 90% 依赖进口。2020 年德国石油进口来源国前五名分别是俄罗斯、美国、英国、哈萨克斯坦和挪威。受俄乌冲突影响，2022 年 3 月，德国宣布要在 2022 年底前停止俄罗斯石油相关的进口贸易。为补充来自俄国的石油缺口，德国需要向现有能源出口国家购入更多的原油或开发新的国家保障石油供给，以满足其正常的石油能源消费。截至 2022 年 1 月 31 日，德国储存了 2260 万吨原油、燃料和加热材料，为 2015 年以来的最低水平。

图 15：2020 年德国石油进口来源前 10 名的国家

沙特阿拉伯, 20% 利比亚, 3% 伊拉克, 3%

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=1_41714

