

中国能源展望(2025-2060)

(上接第六版)

非化石电源是全国电力装机增长的主力,装机容量将从2024年约18.9亿千瓦增长至2030年约38.1亿千瓦、2035年约52.3亿千瓦(11年间增加1.7倍),在电源装机总量中的占比从56.6%分别提升至67.7%、74.1%左右;发电量将从2024年约3.8万亿千瓦时分别增长至2030年约6.6万亿、2035年约8.6万亿千瓦时,在发电总量中的占比从38.5%分别提升至49.5%、56.3%左右。2035年后非化石电源装机将继续快速增长,推动全国电力装机容量到2050年、2060年分别达到95亿、99亿千瓦左右。其中,非化石电源装机容量占比分别提升至82.9%、88.2%左右,发电量占比分别提升至76.9%、95.3%左右。

(三)风电产业将长期保持扩张态势,装机规模在“海陆并进”推动下实现大幅增长。

预计风电装机容量在当前5.2亿千瓦基础上,到2030年、2035年将分别达到10.7亿、14亿千瓦左右,对全国发电量贡献率将从2024年约10%增长至2035年约16.6%。2035年后,随着全国能源消费总量达峰后转降,风电增速有所下降,到2060年装机容量将近28亿千瓦,对全国发电量贡献率接近三分之一,海上风电将持续发力,增长速度快于陆上风电。

(四)太阳能发电产业将在智能电网和新型储能技术进步加持下长期保持快速增长态势,最终成为装机容量和发电量规模最大的电源类型。

预计太阳能发电装机容量在当前8.9亿千瓦基础上,到2030年、2035年将分别达到21.1亿、30.8亿千瓦,对发电总量贡献率将从2024年约8.4%增长至2035年约17.6%,是增速最快的电源类型。2035年后随着全国能源消费总量达峰后转降,太阳能发电增速将有所下降,绝对量仍较可观,到2060年装机容量超48亿千瓦,接近全国电力装机总量半壁江山,贡献全国三分之一以上发电量。

(五)水电产业近中期保持低速增长,远期受资源条件限制将逐渐趋于饱和。

预计2030年、2035年,常规水电装机容量将分别达到4.4亿、5.5亿千瓦左右,增速远低于全国电力总装机容量,对总发电量贡献率将从2024年的13.6%降至2035年的11.9%。2035年后常规水电发展进一步放缓,到2045年我国常规水电开发基本完成,装机容量达到5.5亿千瓦左右峰值,其后进入平台期,到2060年水电对总发电量贡献率逐渐降至11%左右。

(六)核电产业将长期保持稳步增长态势,逐渐成为电力系统中的重要基荷电源。

预计到2030年、2035年,核电装机容量将分别超1.1亿、1.6亿千瓦,对发电总量贡献率将从2024年的4.5%增长至2035年的7.6%。2035年后受核电技术进步推动,装机容量仍保持较快增长,到2050年、2060年核电装机容量将分别达到3.0亿、3.9亿千瓦左右,对发电总量贡献率逐渐上升,到2060年将达到15%左右。

(七)储能、氢能等新兴产业以及“沙戈荒”、虚拟电厂、低碳园区等能源发展新模式未来发展前景广阔。

在非化石能源快速发展进程中,储能产业将起到关键支撑作用,装机容量将同步保持快速增长,预计储能装机容量(含抽水蓄能)将在当前1.3亿千瓦基础上,到2030年、2035年、2050年和2060年分别增长至4.8亿、8.4亿、16.7亿千瓦和18.9亿千瓦,其中电化学储能是增量主体。氢能产业近中期将实现从0到1突破,到2035年全国绿氢产量预计达到1000万吨(电解槽装机容量超过1.7亿千瓦);远期实现从1到10的增长,到2060年全国绿氢产量预计超过8200万吨(电解槽装机容量超过12亿千瓦)。与此同时,“沙戈荒”多能互补清洁能源大基地、虚拟电厂及增量配电网、低碳园区等能源发展新模式新业态,作为实现非化石能源规模化、高效化利用的重要手段,未来发展潜力巨大。

全社会能源节约和绿色低碳转型将持续深入推进

(一)人与自然和谐共生是中国式现代化的重要特征之一,在实现能源产业中国式现代化之路上需要全面推进能源节约和绿色低碳转型。

节能是推进能耗双控、碳排放双控以及实现“双碳”目标的最直接、最首要途径,贯穿能源生产供应、加工转化、终端利用以及居民生活消费各个环节。全面推动经济社会发展绿色化、低碳化,是新时代党治国理政新理念新实践的重要标志,是实现高质量发展的关键环节,是解决我国资源环境生态问题的基础之策,是建设人与自然和谐共生现代化的内在要求。能源行业作为经济社会发展全面绿色转型的关键,产业排放规模大、减排潜力大,是社会节能降碳重要关注领域,需要率先引领全社会绿色低碳发展新风尚,主动适应绿色低碳发展要求,增强环保意识,倡导绿色集约生产,引导公众积极参与,共同推动绿色发展。

(二)全面树立推广“节能是第一能源”理念,着重加强终端消费环节节能,推进生产加工转化节能提效。

当前,我国终端能源消费环节“单耗偏高、精益求精”问题依然存在,钢铁、有色、建材、化工等高耗能行业仍有不少产能未达到能效基准水平,终端用能环节节能降碳仍有较大潜力且放大效应明显,需予以重点关注。以电力为例,当前我国电力消费结构中50%以上来自煤电,全国煤电平均转化效率约为41%,终端节约的1单位电量,相当于直接节约约2单位一次能源消费,而一次能源开采生产、运输输配也消耗能源。在能源生产加工转化环节,需要转变传统粗放方式,推进能源高质量发展成为新时期能源领域工作的重点。当前,能源生

产环节“可采未采、应用未用”问题比较突出,能源转化环节“结构不优、提效趋难”困境日显。主要包括当前煤油气采出率还有较大提升空间,伴生资源如煤矿瓦斯、矸石利用率还较低;低效机组高能耗,以及煤电机组负荷率持续降低而带来的能耗升高等问题突出。解决这些问题既需要持续技术进步、机制政策保障,也需要转变发展理念,树立节约集约的能源开发利用理念。

(三)从中长期看,我国GDP增速显著高于能源消费增速,全社会单位能源产出效率不断提升,未来将以相对较低的人均能源消费和单位GDP碳排放迈入社会主义现代化。

当前,我国人均能源消费仅为经济合作与发展组织(OECD)国家平均水平的2/3左右,人均生活用电仅为美国的1/5。随着规模巨大的人口逐步迈入现代化,我国人均能源消费总体保持增长趋势但增幅不大,预计到2035年,我国将以较2020年增长44%的能源消费量支撑基本实现社会主义现代化和GDP翻一番。近年来,我国碳排放增速低于能源消费增速,单位GDP碳排放下降明显。从当前到“十四五”时期,随着石油、煤炭、天然气先后达峰,全国碳排放将呈现先上升后下降走势,单位GDP碳排放下降速度将进一步加快,预计到2035年单位GDP碳排放将较2020年降低超过45%,到2050年单位GDP碳排放将较2035年进一步降低2/3左右(较2020年降低80%以上),走出一条能源集约化、低碳化的中国式现代化能源之路。

(四)能源结构将加速向绿色化、低碳化转型,从当前以煤炭为主时代逐步转入多元发展时代,最后进入以非化石能源为主时代。

立足我国能源资源禀赋,近中期煤炭在保障能源安全和稳定供应中仍将发挥主体能源和兜底保障作用,到2035年煤炭在能源消费结构中的占比降至四成左右,非化石能源占比提升至1/3左右,将形成煤炭、油气、非化石能源“三分天下”格局。终端用能电气化率稳步提升是能源高质量发展发展的内在要求,电气化水平是现代文明进步的重要标志,提高终端用能电气化水平是世界主要国家推进能源转型、建立现代产业体系的重要方向。我国终端电气化率将不断提高,在当前28%左右基础上持续提升至2030年的35%和2035年的39%左右,届时中国电气化水平或将高于日本、欧洲和美国水平。展望中长期,随着非化石能源大规模发展和能源电力安全技术进步,煤炭、油气将被加速替代,跨越油气时代直接进入非化石能源为主的电气化时代,预计在电力消费替代煤油气消费推动下,非化石能源在一次能源消费中占比将在2035年约35%基础上增长至2050年的接近60%,到2060年进一步提升到80%左右。相较西方主要发达国家经历较长时期的油气时代,中国将走出一条能源绿色低碳转型的高质量发展新路。

我国将在艰难挑战中如期实现碳达峰碳中和目标

成功实现“双碳”目标对我国是一项极具挑战性的长期任务,需在当前良好发展势头基础上持续加强政策引导和支持。我国能源活动碳排放占全国二氧化碳排放总量接近90%,占全球能源活动排放总量的30%左右,是实现碳达峰碳中和的主战场。2024年,能源活动碳排放量约为112亿吨,较上年增长1.2%,其中,火电(含供热)、钢铁、化工、建材四大行业是我国能源活动二氧化碳主要排放源,合计排放约占总排放的4/5。

(一)随着我国经济社会发展全面绿色转型不断推进,我国二氧化碳排放将持续向火电和化工行业集中。

因能源电力稳定供应和化工品原料需求等原因,近中期火电行业(含供热)和化工行业对煤炭和石油消费仍将保持一定增长,预计“十五五”期间,火电行业(含供热)碳排放占比将从48.3%增长至51.0%左右,化工行业到2030年企稳在9.4%左右,合计占比达到60.4%,较2024年提高近3个百分点。2036年到2060年期间,二者碳排放合计占比平均保持60%以上。

(二)通过对化石能源减量替代,我国可成功实现2030年前碳达峰目标和2035年前碳排放达峰后稳中有降。

随着非化石能源对化石能源加速替代,我国煤炭消费将在2026—2028年达峰,石油消费将在当前阶段峰值平台期基础上保持平稳略降走势,天然气作为过渡能源将在“十五五”和“十六五”时期仍保持增长。在综合考虑化石能源消费及化工产品固碳等发展趋势下,我国能源活动碳排放量预计在2030年前进入114亿~116亿吨峰值平台期,到2035年降至108亿吨左右,较峰值低6%左右,“十四五”“十五五”“十六五”时期,我国能源活动碳排放量分别较期初水平新增约14亿吨、1.2亿吨、-6.6亿吨。考虑2035年前CCUS产业仍处于示范推广阶段(占我国能源活动碳排放的比例不足0.4%),该时期难以有效实现大规模应用减排。

(三)通过对化石能源减量替代+规模化发展CCUS工程+林地碳汇,我国到2060年可成功实现碳中和目标。

从2036年到2060年,随着非化石能源对煤炭、石油和天然气进一步加速替代,我国能源活动碳排放将进入快速下降阶段,预计到2040年、2050年、2060年将分别降至95亿、60亿、23亿吨左右。与此同时,我国非能源领域碳排放将随着水泥等大宗工业品产量降低而快速减少,到2060年预计降至5亿吨左右。此外,考虑CCUS兜底脱碳保障并到2035年后进入规模化布局(重点在煤电、石油化工、煤化工、冶金、工业燃煤等领域推广应用),预计2060年CCUS可实现减排13亿吨/年左右,再考虑陆上林地碳汇能力(每年15亿~20亿吨),可成功实现全国碳中和目标。

能源产业中国式现代化之路总体可分为“三步走”

习近平总书记强调,我们必须从国家发展和安全的战略高度,审时度势,借势而为,找到顺应能源大势之道。研究认为,从当前至碳达峰及峰值平台期是我国新型能源体系“立”的关键时期,重在加强新能源为主的安全可靠供给,推进新能源与传统能源互补联营,增强科技创新驱动能力,建立健全与能源新质生产力相匹配的制度政策体系。随着新“立”的能源体系与配套体制机制逐步完善,有序推进“立破接续”成为重点,届时风光水核等非化石能源将对煤油气等化石能源形成加速替代,并逐步成为能源主体。能源产业中国式现代化之路前途辉煌但道阻且长,绝非一蹴而就就可以实现,我们需要系统谋划、精心设计,积极探索、实践验证,总体可划分为三个阶段。

(一)第一阶段:从当前到2035年。

我国处于第二个百年奋斗目标的第一阶段,也处于跨中等收入陷阱的关键时期,能源消费总量将保持增长,保障能源安全可靠供应是能源重要任务。在这个时期,石油、煤炭、天然气消费总量先后梯次达峰,到2030年全国碳排放达峰目标顺利实现。到2035年,我国终端用能电气化率将接近40%,非化石能源发电在全国总发电量中占比将超过55%,非化石能源消费占比将从2030年的29%提升至35%左右,新型能源体系将在2030年初步建立并在2035年取得显著成效。

(二)第二阶段:从2035年到21世纪中叶。

我国处于第二个百年奋斗目标的第二阶段,能源消费总量总体达峰后稳步下降,能源低碳转型进一步加快。大力推动非化石能源加速替代,促进终端用能电气化的跨越式提升,到2050年终端用能电气化率达到56%左右,非化石能源发电在全国总发电量中占比约77%,非化石能源消费占比接近60%,新型能源体系全面建成。

(三)第三阶段:从2050年到2060年。

我国全面建成社会主义现代化强国后,进入实现碳中和目标的决胜阶段。终端用能电气化率达到67%,化石能源消费将呈现快速下降趋势,煤炭、石油、天然气主要发挥原料属性和应急备用功能,风、光、水、核、生物质等非化石能源的规模不断扩大,非化石能源发电在全国总发电量中占比达到95%左右,非化石能源消费占比达到80%左右,碳中和目标成功实现。

持续加强投资是能源产业高质量发展的必要支撑

(一)能源投资是我国保障能源安全和推动能源产业绿色低碳转型的基础力量。

我国能源投资主要集中在电力、热力、燃气生产和供应、化石能源开采和加工等行业。近年来,为保障能源供应和支撑经济社会绿色可持续发展,能源投资规模不断扩大,建成投产一系列能源领域重大工程,建立起完备的能源装备制造产业链,为全球应对气候变化和绿色低碳转型作出了突出贡献。未来,能源领域需持续加强投资以支撑能源产业高质量发展。

(二)从2025年到2035年,预计我国年均能源投资总量将从5.6万亿元逐步增长至6.6万亿元。

能源投资占当年GDP百分比从4.2%左右降至3.2%左右,在此期间,11年累计能源投资为65万亿~70万亿元。其中,电力、热力生产和供应业(含绿氢、储能和碳捕集利用与封存等)是投资主体,且在投资总量中的占比不断提升,以支持新型电力系统建设,预计在“十五五”时期投资额将从不足4万亿元提高到4.4万亿元左右,占比提升1.6个百分点,预计到2035年,投资额将进一步提升到4.9万亿元左右,占比达到73.5%。

(三)从2036年到2060年,三种情景(基准情景、储能技术更快发展情景、CCUS更大规模布局情景)下的我国能源产业在二十五年期间累计投资160万亿~180万亿元。

CCUS更大规模布局情景投资最低,储能技术更快发展情景投资最高。在三种情景下,年均能源投资预计到2050年将提高到6.6万亿~7.7万亿元,到2060年随着电力消费总量达峰回落,年均能源投资也降低至6.2万亿~7.0万亿元。其中,电力、热力生产和供应业(含绿氢、储能和碳捕集利用与封存等)投资占比均不断提升,预计到2050年、2060年分别达到80%~85%、85%~92%。

科技创新将为能源产业高质量发展提供无限可能

(一)科技创新是建设新型能源体系、实现能源产业高质量发展的动力牵引。

习近平总书记指出,“实现碳达峰、碳中和是我国向世界作出的庄严承诺,也是一场广泛而深刻的经济社会变革,绝不是轻轻松松就能实现的。”当前,我国仍处于工

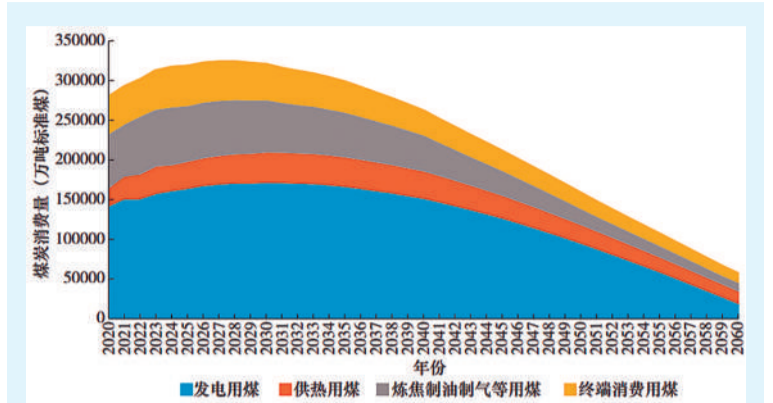


图6 煤炭消费趋势预测

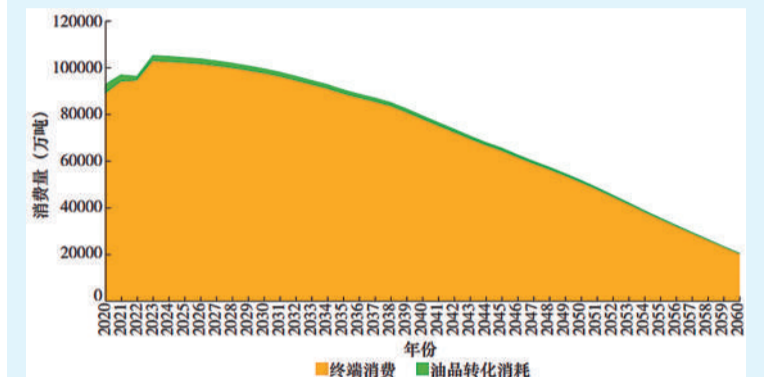


图7 石油消费趋势预测

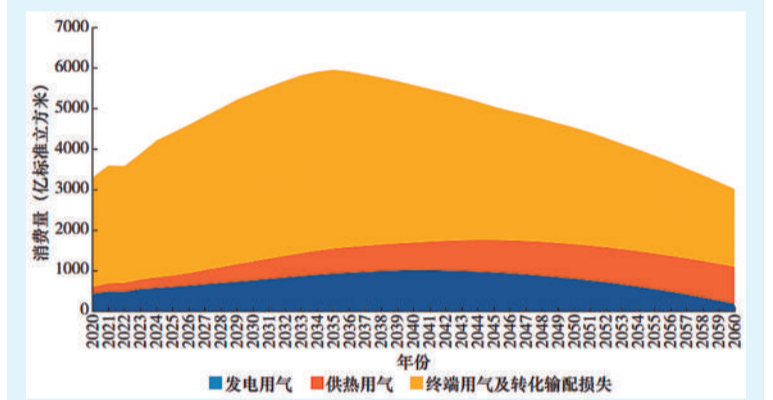


图8 天然气消费趋势预测

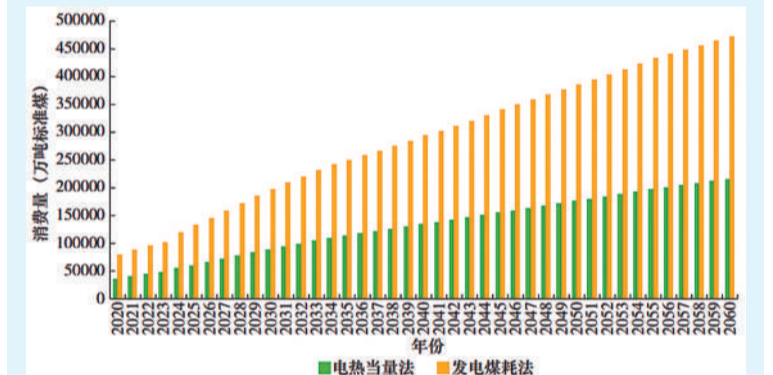


图9 非化石能源消费趋势预测

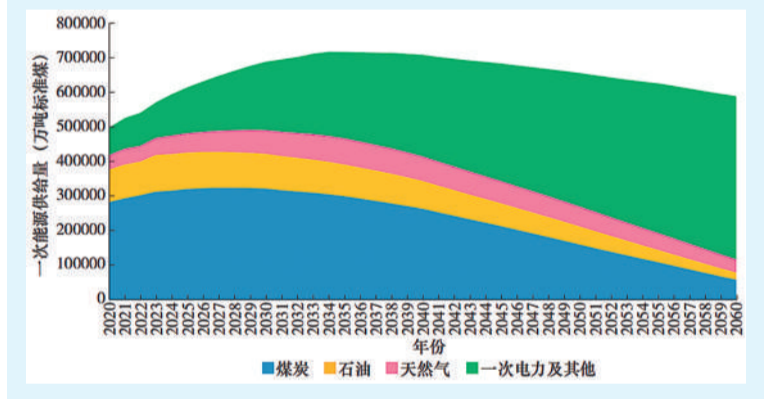


图10 一次能源供给及结构(发电煤耗法)

业化进程,相当一段时期以煤为主的能源结构难以根本改变,碳排放总量大,从碳达峰到碳中和时间短、任务重。突破制约与瓶颈,必须依靠能源技术革命。这就需要深刻认识和充分把握能源科技革命方向,以高水平科技自立自强,探索和推进中国式现代化能源产业发展之路。

(二)储能和CCUS是未来较长时期内影响能源系统发展趋势的两个重要技术方向。

未来长时低成本储能、CCUS两条技术路径将对我国能源系统特别是2035年后的能源发展路径选择产生重大影响。从“新能源+储能”“煤电+CCUS”两种途径分别取得绝对发展优势设置不同情景,可以清晰展望各自中长期能源图景。

(三)能源生产、系统支撑、能源消费、模式创新等领域多种重大技术方向正在加速孕育,未来可能对能源系统产生颠覆性影响。

除储能和CCUS外,未来可能具有重大影响的能源技术方向包括:在能源生产供给领域,煤制清洁燃料和高纯化学品、地下煤气化等技术将成为煤炭清洁高效利用重要方向,先进太阳能、漂浮式海上风电、核电小型堆等技术将为非化石能源升级发展提供重要支撑,可控核聚变、深层地热发电等技术则具有让人类获得“能源自由”的巨大潜力;在能源系统支撑领域,氢能、新型储能等技术可有效解决新能源大规模并网带来的电网波动性问题,碳捕集、利用与封存技术可为未来实现碳中和提供兜底保障;在能源重点消费领域,氢冶金、交通电气化等技术是重点用能行业过程降碳的重要途径;在能源模式创新领域,车网融合技术有望成为未来我国新型电力系统的重要组成部分。任何一项颠覆性技术重大突破和大规模应用,都将对能源系统带来极大推动作用,进而重塑未来能源系统。