

前 言

当今世界进入第六次科技革命、第四次工业革命和第三次能源革命“三大革命”叠合发展的新时代。中国是全球第七大产油国、第四大产气国，中国从能源小国发展成为能源大国，作为全球最大的能源生产国、最大的能源消费国和最大的能源进口国，加快建设能源强国，对保障能源安全、应对气候变化、推动能源绿色安全转型和实现碳中和目标意义重大。中国建设“能源强国”正处于世界百年未有之大变局和中华民族伟大复兴战略全局交汇期，驱动构建以新能源为核心的新型能源体系，助力实现碳中和目标，奋力实现“能源独立”，加快建成“能源强国”势在必行。

当前，人类世界面临“五大安全”：粮食安全、国土安全、信息安全、能源安全和气候安全。其中，粮食安全是人类生存的安全，能源安全是工业发展的安全，二者事关整个人类的生存与生活。煤炭资源具有有限性、含碳性、战略储备性，油气资源具有稀缺性、不可再生性、难以替代性，相较化石能源的稀缺性和含碳性，新能源具有本土性、无限性和零碳绿色性等优势，“风吹、日晒、水流”等新能源取之不尽、用之不竭，大自然“风光”能源无限，新能源无限“风光”。新能源的地位，已经由“传统能源替补”向“多能融合核心”，再向“能源转型主角”发展。能源工业呈现出化石能源和碳捕集、利用与封存（carbon capture, utilization and storage, CCUS）/ 碳捕集与封存（carbon capture and storage, CCS）协同融合发展、化石能源与新能源接续融合发展、全能源系统与人工智能智慧融合发展三个融合发展趋势。

全球能源发展出现了黑色页岩油气革命和绿色新能源革命“两匹黑马”。美国黑色页岩油气革命是世界能源史上的第一匹“黑马”，2019年美国能源消费量约 $22.2 \times 10^8 \text{t}$ 油当量、产量 $22.6 \times 10^8 \text{t}$ 油当量，自1957年来首次实现能源产量超过消费量，美国依靠“黑色页岩油气革命”实现了“能源独立”。中国“风能—光能—氢能—储能—智慧能源”（“风—光—氢—储—智”）绿色新能源革命是世界

能源史上的第二匹“黑马”，2023 年底中国水电、风电和太阳能发电三类新能源电源装机占比 50.4%，首次超过火电装机占比 47.6%，标志着中国新能源进入新阶段，加快推动了全球能源绿色转型。

中国是以煤炭生产、消费为主的能源大国，未来能源转型以新能源为主。新能源、新浪潮、新使命，新能源是世界能源转型的方向、能源科技创新的前沿、能源强国建设的主力、绿色地球建设的动力，新能源将支撑中国的能源转型、能源安全、能源独立、能源强国。能源转型不单是因为碳基能源自身减少，而是人类自身需要减碳能源，实现绿色发展。化石能源向新能源转型是历史的必然，更是人类必然的选择。

能源安全与能源转型同等重要。能源绿色转型具有长期性、曲折性和必然性，能源安全包含科学性、可控性和储备性。中国能源转型过渡期需特别关注产能过剩、极端气候、关键矿产进口、大电网受攻击等风险点。中国能源人肩负着碳达峰碳中和践行者、科技自立自强引领者、能源基业长青推动者、能源强国建设贡献者的新征程新使命，需为建设社会主义现代化强国和实现碳中和目标提供坚实的能源保障。

能源转型过渡期需要突破“四难”挑战：多种能源协同智慧融合难、集中与分布式能源谐同难、不同能源工业能力转换难、突发极端事件应急保供难。世界能源绿色转型革命呈现出“十大趋势”：能源转型具有曲折性与必然性；非常规与新能源是两匹大黑马；新科技革命引领支撑能源革命；要重新认识能源资源禀赋特征；油气在碳中和时仍然不可替代；多能协同融合构建全能源系统；中国将从能源大国到能源强国；新能源革命将破解“不可能三角”；碳中和目标下构建减碳全产业链；能源转型有利于地球绿色发展。能源转型的核心逻辑已从“资源约束”转向“需求驱动”，人类主动选择减碳能源以应对气候变化，能源绿色转型成为不可逆的历史必然。加强科技创新驱动，因地制宜大力发展能源新质生产力，加大煤炭、石油、天然气等传统产业的转型升级、加快新能源等新兴产业的培育壮大、加强可控核聚变等未来产业的布局发展，保障国家能源安全，实现能源绿色转型与碳中和目标。

中国具有“煤炭较多、油气较少、风光无限”的资源禀赋，以及煤炭消费占比高、油气消费占比低、新能源消费快速增长的消费结构特点，决定了中国能源强国建设与碳中和绿色转型要加快化石能源清洁化、新能源规模化、集中分布

协同化、多能管理智慧化的“四化发展”，要突出煤炭清洁化工程、稳油和增气工程、新能源提速工程和节能与智能工程“四大科创工程”。中国能源结构处于“过去”未去、“现在”即在、“未来”已来的“三期”叠加时期，转型挑战与机遇并存。“过去”未去：煤炭在能源结构中仍占较大比重，2024年煤炭消费占比为52.26%，煤炭对中国能源安全有兜底保障作用，短期内难以根本改变以煤为主的能源结构。“现在”即在：化石能源仍占据重要地位，2024年石油、天然气消费占比分别为18.30%、8.87%，油气在能源供应和消费中发挥着关键作用，煤炭+石油+天然气等化石能源消费占比高达79.43%，化石能源仍是现在的主体能源。“未来”已来：新能源发展势头强劲，以风电、太阳能等为代表的新能源快速发展，装机容量和发电量不断增长，消费占比持续显著提升，2024年新能源消费占比达20.57%，新能源时代已悄然来临。

2025年10月23日，中国共产党第二十届中央委员会第四次全体会议通过了《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》，第46条明确提出“加快建设新型能源体系。持续提高新能源供给比重，推进化石能源安全可靠有序替代，着力构建新型电力系统，建设能源强国”。这是国家对能源行业的新要求，明确要加快建设新型能源体系，全面推进能源强国建设。

中国建设富强、民主、文明、和谐、美丽的社会主义现代化强国，需要能源强国进行战略性支撑，大力发展新能源是关键战略路径和现实途径，实现能源独立，建设能源强国，必须具备强大的能源科技创新能力、强大的国内能源生产能力、强大的国外进口保障能力、强大的能源战略储备能力、强大的应急保供安全能力这五个强大能力建设。建设能源强国可根本性保障国家能源安全及有效应对风险能力，推动实现碳中和目标，提供建设社会主义现代化强国的能源动力，支撑实现中华民族伟大复兴，为世界能源转型与绿色地球建设提供中国方案，推动全球可持续发展。

编写本书旨在立足中国建设能源强国的战略视野，结合全球气候变化、碳中和目标与能源绿色转型的整体趋势，系统分析我国构建能源强国的时代背景与现实需求。在此基础上，提出以“能源三角”与“全能源系统”为核心的理论基础，擘画推进能源强国的实施路径与关键战略，深入阐释其对于国家发展与全球治理的重大意义，以期为中国实现能源独立、全面建成能源强国提供理论支撑与实践参考。

本书共分为四章，分别是能源强国提出的时代背景、能源强国提出的理论基础、能源强国实现路径与战略举措、能源强国的战略意义。第一章由邹才能、李士祥、王子恒、潘松圻、张国生、马锋、王影等编写；第二章由邹才能、熊波、李士祥、杨智等编写；第三章由李士祥、刘翰林、关春晓、陈艳鹏、唐博宁、吴松涛、龙吟、刘东超、肖巩等编写；第四章由邹才能、熊波、潘松圻、梁英波、刘翰林、李士祥等编写。本书由邹才能、李士祥提出总体框架并统稿。

本书在编写过程中，得到了中石油深圳新能源研究院有限公司、中国石油勘探开发研究院领导和同事，以及各位院士专家等的大力支持与帮助，在此一并表示诚挚谢忱。此外，参与本书编写或所引用资料未能在书中全部注明，在此向作者表示感谢。限于本书主要作者专业知识范围有限，从事能源战略实践经验不足，是对能源强国的初步认识，加之时间紧迫，书中有不妥之处，恳请读者不吝指正，以期再版时完善。

著 者

2025 年 11 月

目 录

前 言

第一章 能源强国提出的时代背景

第一节 全球气候变化与碳中和目标	/ 2
第二节 世界能源发展趋势	/ 6
第三节 中国能源绿色转型	/ 21
第四节 “能源强国”基本标准与内涵	/ 28
第五节 建设“能源强国”的历史机遇	/ 34
参考文献	/ 38

第二章 能源强国提出的理论基础

第一节 “能源三角”理论	/ 42
第二节 “全能源系统”理论	/ 51
参考文献	/ 93

第三章 能源强国实现路径与战略举措

第一节 化石能源兜底保障与绿色低碳转型	/ 98
第二节 新能源高质量发展与系统安全	/ 102
第三节 碳中和超级能源盆地先行先试与创新发展	/ 107
第四节 “一带一路”能源带共建共享	/ 122
第五节 能源强国战略实施路径	/ 126
参考文献	/ 137

第四章 能源强国的战略意义

第一节 根本性保障国家能源安全	/ 142
第二节 推动实现碳中和目标	/ 148
第三节 支撑建设中国式现代化强国	/ 151
第四节 提供全球能源治理中国方案	/ 154
参考文献	/ 158

第一章

能源强国提出的 时代背景

当今世界正经历一场以绿色低碳为方向的能源变革。全球气候治理紧迫性凸显，“碳中和”已成全球共识，驱动着世界能源格局向清洁化、多元化、智能化方向加速转型。在此背景下，中国的能源发展面临着保障安全与绿色转型的双重挑战与战略机遇。深刻理解并把握这一历史性交汇点，提出建设“能源强国”战略认识，推动中国能源结构绿色转型，实现能源独立，迈向能源高质量发展，具有重大的战略意义，是时代赋予我们的重大命题。

第一节 全球气候变化与碳中和目标

全球气候变化已经成为 21 世纪人类社会面临的最严峻挑战之一。工业革命以来，化石能源的广泛使用极大地推动了全球经济社会的发展，但也造成了大气中温室气体浓度的持续上升，导致全球平均气温显著上升。根据世界气象组织（World Meteorological Organization, WMO）发布的《2024 年全球气候状况报告》（WMO, 2025），全球变暖的趋势在过去十年中显著加速。2024 年是第一个比工业化前时代平均气温高出 1.5℃ 以上的日历年，全球平均近地表温度比 1850~1900 年的平均水平高出 (1.55 ± 0.13) ℃。这是 175 年观测记录中最热的一年。这一升温幅度意味着全球 2024 年气温已超过《巴黎协定》设定的 1.5℃ 控制“红线”，意味着《巴黎协定》的长期温度目标并非遥不可及，这是一个警钟，留给人类社会实现控温目标的空间极为有限。

《2024 年全球气候状况报告》指出，全球变暖的长期趋势几乎完全由温室气体浓度的持续增加驱动。2024 年，大气中二氧化碳（CO₂）年均浓度达到 419ppm^①，比工业化前水平（约 278ppm）高出约 50%；甲烷（CH₄）浓度升至 1922ppb^②，为工业化前的近 2.6 倍；一氧化二氮（N₂O）浓度升至 336ppb，比工业化前水平高出 25% 以上。这三种主要温室气体均创下自有系统观测以来的最高纪录。它们在大气中的滞留寿命从数十年至数百年不等（其中 CO₂ 可超过 300 年），持续吸收地表向外辐射的红外热量，造成“温室效应”积聚，使地球气候系统持续失衡。

气候监测数据显示，2024 年全球气候系统的热异常几乎遍布所有大陆和海洋区域。在陆地上，欧洲、北美洲、东亚、中东及南美洲多地经历了破纪录的高温事件，欧洲多个国家年均气温较常年高出 2℃ 以上；在海洋上，全球平均海表温度自 2023 年 3 月起持续创新高，2024 年全年海表温度达 21.1℃，为有记录以来最高值。北大西洋和地中海区域性海洋热浪的出现频率和强度均创历史新高，导致珊瑚礁大规模白化与海洋生态系统退化。亚洲地区发生了极端高温、暴雨和洪水，中国、印度、巴基斯坦、韩国等多地创下夏季最高温新纪录；欧洲地区遭遇多轮热穹顶事件，法国南部、西班牙、意大利等地气温连续超过 45℃；北美洲和澳大利亚森林火灾频发，仅

① 1ppm=1×10⁻⁶。

② 1ppb=1×10⁻⁹。

加拿大森林火灾烧毁面积就超过 $1800 \times 10^4 \text{ km}^2$ ；非洲之角与南美洲部分地区因厄尔尼诺现象引发严重干旱，粮食减产与能源供给受限并发。WMO 报告指出，2024 年全球重大气候灾害事件超过 500 起，直接经济损失约 3800 亿美元。

冰川与极地系统的变化同样令人担忧。格陵兰和南极冰盖的净冰损量在 2024 年分别达到约 $3700 \times 10^8 \text{ t}$ 和约 $2300 \times 10^8 \text{ t}$ ，为 2000 年以来最高水平；北极海冰最小范围仅为 $410 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，比 1981~2010 年均值低 30% 以上。冰川快速退缩导致海平面上升速度加快，2024 年全球平均海平面较 1993 年上升约 10.3cm，且当前年均上升速率（约 4.7mm/a）为过去 30 年平均值的 1.4 倍。

科学界警告称，地球系统正逼近多个气候临界点（climate tipping points）——包括格陵兰冰盖不可逆消融、北极永久冻土碳释放、亚马孙雨林退化与大西洋经向翻转环流（Atlantic meridional overturning circulation, AMOC）减缓等。若全球气温升幅超过 1.5℃，这些临界点可能被触发，导致区域气候突变、生态系统崩溃与全球气候反馈放大。

WMO 秘书长塞尔索·拉法尔（Celso Rafael）在 2025 年发布会上指出：“2024 年全球气候极端已成为新常态，地球正进入一个持续高温与灾害频发的超暖时代（era of global boiling）”。他强调，气候系统变化的惯性极强，即使立即实现全球碳排放峰值，气温上升仍将在未来数十年持续，凸显加快能源转型与碳中和行动的紧迫性。

气候变化带来的影响不仅表现为气温升高，还引发极端天气事件频发、冰川融化加剧、海平面上升和生态系统退化等综合性危机，深刻威胁全球粮食、能源、水资源安全和生态稳定性。在这一背景下，为应对全球气候变化，越来越多的国家做出了碳中和目标承诺（邹才能等，2022b）。据英国能源与气候智库统计，截至 2025 年 3 月，全球已有 142 个国家承诺碳中和^①。大部分发达国家已做出碳中和承诺，实现时间集中在 2040 年、2045 年和 2050 年。中国是全球首个承诺碳中和目标的发展中国家（丁仲礼等，2022），力争 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和。

碳中和（carbon neutrality），是指在一个确定的时间周期内，通过植树造林、碳汇增强，以及碳捕集、利用与封存（carbon capture, utilization and storage, CCUS）/ 碳捕集与封存（carbon capture and storage, CCS）等技术途径，将人为活动排放的二氧化碳（CO₂）等温室气体在空间或时间上实现抵消，使得排放量与吸收量相互平衡，从而实现温室气体的净零排放（net zero emissions）。它不仅是一项技术或工程目标，更是全球气候治理体系的核心共识与行动方向。

这一理念的本质在于通过“源头减排—过程捕集—末端抵消”的系统性路径，实

^① Net Zero Tracker. Tracking progress towards a net zero future. <https://zerotracker.net/> [2025-02-03].

现经济社会运行与气候系统之间的动态平衡。源头减排依托于能源结构调整、产业低碳转型与节能提效；过程捕集主要依靠碳捕集、利用与封存（CCUS）技术，包括将工业排放的 CO₂ 回收后用于油气驱替、合成燃料、矿化固化或长期封存；末端抵消则通过生态碳汇（如森林、草原、湿地、海洋）吸收二氧化碳，以弥补难以消除的残余排放。

从国际视角看，“碳中和”是《巴黎协定》确立的全球气候目标体系的关键环节。《巴黎协定》第四条明确提出：在 21 世纪中叶实现温室气体源与汇的平衡，即全球范围内实现净零排放，以将全球平均气温升幅控制在较工业化前水平 1.5℃ 以内。根据联合国环境规划署（United Nations Environment Programme, UNEP）《2024 年排放差距报告》，若要实现 1.5℃ 控温目标，全球需在 2030 年前将温室气体排放量较 2020 年下降约 43%，并在 2050 年前后实现净零。这意味着在短短 25 年内，世界必须完成一次堪比工业革命规模的能源、产业与技术体系转型。

2024 年，全球温室气体排放 CO₂ 当量约 $408.12 \times 10^8 \text{t}$ （表 1.1）（EI，2025），中国排放量达 30.7%。中国的温室气体排放量高，排放来源复杂多样，涵盖能源活动、工业生产、农业活动、废弃物处理，以及土地利用、土地利用变化和林业（land use, land-use change and forestry, LULUCF）等领域（中华人民共和国生态环境部，2024）。2005 年，不包括 LULUCF，中国温室气体总排放 CO₂ 当量约 $83.55 \times 10^8 \text{t}$ （表 1.2）。2021 年，不包括 LULUCF，中国温室气体总排放 CO₂ 当量约 $143.14 \times 10^8 \text{t}$ （中华人民共和国生态环境部，2024），其中能源活动排放 CO₂ 当量约 $110.07 \times 10^8 \text{t}$ ，占总排放量的 76.9%，工业活动排放 CO₂ 当量约 $21.36 \times 10^8 \text{t}$ ，占总排放量的 14.9%，农业

表 1.1 全球温室气体 CO₂ 当量排放分地区统计表（据 EI，2025）

地区	能源相关 CO ₂ 排放		火炬燃烧 CO ₂ 排放		工业过程与甲烷的 CO ₂ 当量排放		合计排放 CO ₂ 当量	
	/10 ⁸ t	占比 /%	/10 ⁸ t	占比 /%	/10 ⁸ t	占比 /%	/10 ⁸ t	占比 /%
北美	56.20	15.83	0.40	12.41	6.01	12.03	62.60	15.34
中南美	12.94	3.65	0.29	9.03	2.77	5.53	16.00	3.92
欧洲	35.26	9.93	0.03	1.08	1.96	3.92	37.25	9.13
独联体	22.56	6.36	0.64	19.92	7.70	15.39	30.89	7.57
中东	23.31	6.57	0.97	30.19	5.89	11.79	30.17	7.39
非洲	14.00	3.94	0.66	20.65	3.86	7.71	18.52	4.54
亚太	190.65	53.72	0.22	6.72	21.81	43.63	212.69	52.11
全球	354.92	100.00	3.21	100.00	50.00	100.00	408.12	100.00

表 1.2 中国温室气体排放分类构成表（据中华人民共和国生态环境部，2024）

温室 气体	2005 年				2021 年			
	包括 LULUCF		不包括 LULUCF		包括 LULUCF		不包括 LULUCF	
	排放 CO ₂ 当量 /10 ⁸ t	占比 /%	排放 CO ₂ 当量 /10 ⁸ t	占比 /%	排放 CO ₂ 当量 /10 ⁸ t	占比 /%	排放 CO ₂ 当量 /10 ⁸ t	占比 /%
CO ₂	58.04	75.93	65.33	78.19	102.82	79.10	116.28	81.23
CH ₄	13.29	17.39	13.11	15.69	16.98	13.06	16.67	11.65
N ₂ O	3.82	5.00	3.82	4.57	5.57	4.29	5.57	3.89
HFCs	1.17	1.53	1.17	1.40	3.36	2.58	3.36	2.35
PFCs	0.05	0.06	0.05	0.06	0.23	0.18	0.23	0.16
SF ₆	0.07	0.09	0.07	0.09	1.03	0.79	1.03	0.72
合计	76.44	100.00	83.55	100.00	129.99	100.00	143.14	100.00

活动排放 CO₂ 当量约 9.31×10^8 t，占总排放量的 6.5%，废弃物处理排放 CO₂ 当量约 2.43×10^8 t，占总排放量的 1.7%。2021 年，LULUCF 吸收 CO₂ 当量约 13.15×10^8 t，抵消了总排放量的约 10%，为降低净排放发挥了重要作用。

实现碳中和，最核心的支点在于能源系统的深度变革。当前全球能源系统仍以化石能源为主，能源消费结构高度碳密集，碳排放的 80% 以上源自化石燃料的燃烧。这种“碳基能源体系”已无法适应绿色低碳发展的需要。因此，推动能源体系从以煤、油、气为主的“资源主导型”向以风、光、氢、储等为主的“技术主导型”绿色智慧新型能源体系演进，已成为全球能源发展的共同方向。

当前，中国作为世界最大的能源生产国、进口国和消费国，面对气候变化的国际压力与国内能源结构转型的紧迫任务，正处于全球能源绿色转型的关键窗口期。中国提出构建绿色智慧新型能源体系，加快推进以风能、太阳能、氢能、储能为代表的零碳能源发展，推动形成煤炭清洁化、油气稳产增效、新能源提速发展的路径，力争实现能源系统的“两个 80%”结构互换，即使化石能源和碳排放占比由 80% 降至 20%，新能源和碳减排占比由 20% 升至 80%（邹才能等，2023）。

全球气候变化的严峻形势和碳中和战略目标的提出，不仅重新定义了全球能源发展的方向，也为中国建设能源强国提供了时代背景与战略指引。面对能源安全、经济增长与生态保护的多重约束，中国必须以能源绿色转型为核心，开启从“能源大国”迈向“能源强国”的全新征程。

第二节 世界能源发展趋势

全球能源体系正处于深度变革的关键阶段。从历史维度看，能源体系的演进不仅推动了人类文明进程，更塑造了世界产业结构与国家间力量格局。从现实格局看，世界能源结构正加速由化石能源为主的资源主导体系，向以新能源为主体的技术主导体系迭代升级。在碳中和目标的驱动下，绿色低碳、安全高效的能源体系建设已成为各国能源政策的战略共识。当前，全球能源发展进入第三次能源革命阶段，以风能、太阳能为代表的零碳能源快速发展，能源体系的结构性变革与智能化转型正同步推进。深入把握世界能源发展趋势，尤其是历史演化的本质特征与未来演进路径，是理解“能源强国”战略内涵的关键基础。

一、世界能源发展历史的“五性特征”

回溯人类社会发展史，每一次社会形态与产业体系的重大跃迁背后，都伴随着能源系统的根本性变革。从用火技术的掌握，到薪柴、煤炭、石油、天然气等能源主体的演替，再到以风能和光能为代表的新能源崛起，能源体系经历了多阶段的历史演化。系统总结这一历史过程，可以归纳出能源发展的五大本质性特征，即贡献历史性、阶段接续性、不可再生性、可再生性与绿色转型的长期必然性。这“五性特征”不仅揭示了能源如何服务人类社会发展的逻辑，也为构建未来绿色智慧新型能源体系提供了理论依据。

（一）能源为人类社会发展：贡献历史性

能源是人类文明发展的根本动力源泉，是推动社会组织演进、产业形态变革与技术进步的基础支撑。从原始人类依靠食物维持体力的“原始能源体系”，到薪柴、水力、风力主导的“古代能源体系”，再到煤炭、石油、天然气等化石能源驱动的“近代与现代能源体系”，每一次能源主体的更替都深刻改变了人类的生存方式、社会组织结构与产业发展形态。

纵观人类历史，能源体系的演进可划分为五个主要阶段：原始能源体系、古代能源体系、近代能源体系、现代能源体系与绿色智慧新型能源体系。每一阶段不仅体现了能源类型与技术的更替，更标志着人类文明演进的阶段性跃迁。例如，火的掌握是

人类与自然力量相对抗的开端，薪柴与畜力的使用支持了农业文明的起步；而煤炭的广泛应用引发第一次工业革命，使得人类社会从农业社会迈入工业社会，实现了蒸汽机大规模产业化应用，形成以“煤炭—钢铁—蒸汽机”为特征的生产模式。

20 世纪以来，石油与天然气成为主要能源，推动了交通革命、化工革命和城市化浪潮的全球扩展，其高效、易储运的特性奠定了现代产业体系运行的基础。电力广泛普及之后，能源的二次转化能力进一步增强，使得现代社会实现了对动力、电热和信息系统的全维度支撑。

进入 21 世纪，面对日益严峻的气候危机与资源约束，以太阳能、风能、氢能等为代表的零碳能源开始大规模兴起，开启了以绿色、智慧、协同为特征的第三次能源革命。这一轮能源变革不仅是一场供给侧结构性改革，更是一场全系统、全过程、全社会的深层次生态文明转型。能源正从单一的物质驱动演变为技术创新、制度重构与社会价值重塑的综合动力源。

能源的历史性贡献还体现在国家发展战略与全球政治格局的深刻影响中。20 世纪的多次能源危机——从 1973 年第一次石油危机到近年来的“欧洲气荒”与地缘能源战争，无不昭示能源安全对于国家安全、产业安全与全球稳定的决定性作用。与此同时，能源优势国家通常也是全球话语权的重要掌握者，而能源依赖型国家则面临长期结构性脆弱。能源成为影响一个国家战略纵深、发展韧性与科技自主能力的“战略基底”。

从农业文明的“能源获取—生存保障”逻辑，到工业文明的“能源驱动—规模生产”逻辑，再到生态文明的“能源重构—可持续发展”逻辑，人类对能源的认知与使用方式经历了从简单利用到系统整合、从局部应用到智能协同的历史演变过程。这一演变既是人类物质文明持续提升的表现，也成为理解新时代“能源强国”战略定位的历史基础和现实逻辑。

（二）能源演化有五大时段：阶段接续性

能源体系并非静态存在，而是在社会发展、技术进步与生态条件的长期演进中不断重塑，其历史轨迹呈现出明显的阶段性特征。系统梳理人类能源体系的演化脉络，可以将其划分为五个具有逻辑递进与功能接续关系的阶段：原始能源体系、古代能源体系、近代能源体系、现代能源体系与绿色智慧新型能源体系。

1. 原始能源体系

始于人类诞生，止于掌握用火技术，约距今 2.5Ma 至 1.7Ma，是最早期的能量利用阶段。此时人类以动植物性食物为主能源形式，依靠采集与渔猎满足维持体力和体

温的基本需求。这一阶段能源结构高度单一，能源使用方式原始粗放，尚未形成完整的能源技术系统与管理机制，属于典型的生存性能源体系。

2. 古代能源体系

自人类掌握用火技术起，至第一次工业革命前，即距今 1.7Ma 左右至 18 世纪中期，能源利用逐步由生物本能转向技术辅助，开始掌握薪柴、水力、风力等自然能源。该阶段出现了冶炼、水轮、风帆等初级能源技术工具，推动农业定居化、手工业发展与早期社会组织的形成，但整体仍以人力、畜力等低密度能源为主，未形成跨区域能源流通与制度性管理。

3. 近代能源体系

自 18 世纪中叶至 20 世纪中叶，以煤炭为主的能源体系驱动了第一次与第二次工业革命，是人类从农业社会大规模迈入工业社会的关键阶段。燃煤蒸汽机、水轮机、风力机械等的应用大幅提升能源转化效率，蒸汽动力成为产业核心驱动。能源消费规模显著扩张，能源产业链初步形成。

4. 现代能源体系

始于 20 世纪中后期，伴随第三次工业革命发展而成。石油与天然气逐渐取代煤炭成为新的主体能源，核能、水能、风能等实现规模化应用。该阶段以电力为枢纽，通过全链条的能源开发－转化－输配－消费系统，构建起高度工业化、全球化的能源管理与市场体系，能源安全、能源效率、能源政治成为国家战略核心。与此同时，能源结构开始多元化，但仍未摆脱对高碳能源的依赖。

5. 绿色智慧新型能源体系

面向 21 世纪中后期，回应碳中和目标与生态文明建设要求，正在构建中的以“新能源＋新电力＋新储能”为核心的第五代能源体系（图 1.1）。该体系标志着全球能源系统向绿色化、智能化、协同化方向演进。新能源技术与信息技术深度融合，“电源－电网－负荷－储能－智慧管控”（“源网荷储智”）一体化、“集中＋分布”协同发展，以及多能互补与 CCUS/CCS 的普及，形成以技术主导、安全高效、低碳智慧为特征的全新运行机制。

这五个时段既相互衔接又各具特征，展现出能源体系由“生物能源－矿物能源－智慧能源”的历史演化路线。每一个阶段都围绕着新的能源形式、新的转化技术、新的消费需求展开，并在社会结构、产业体系与地缘格局上产生深远影响。阶段性不

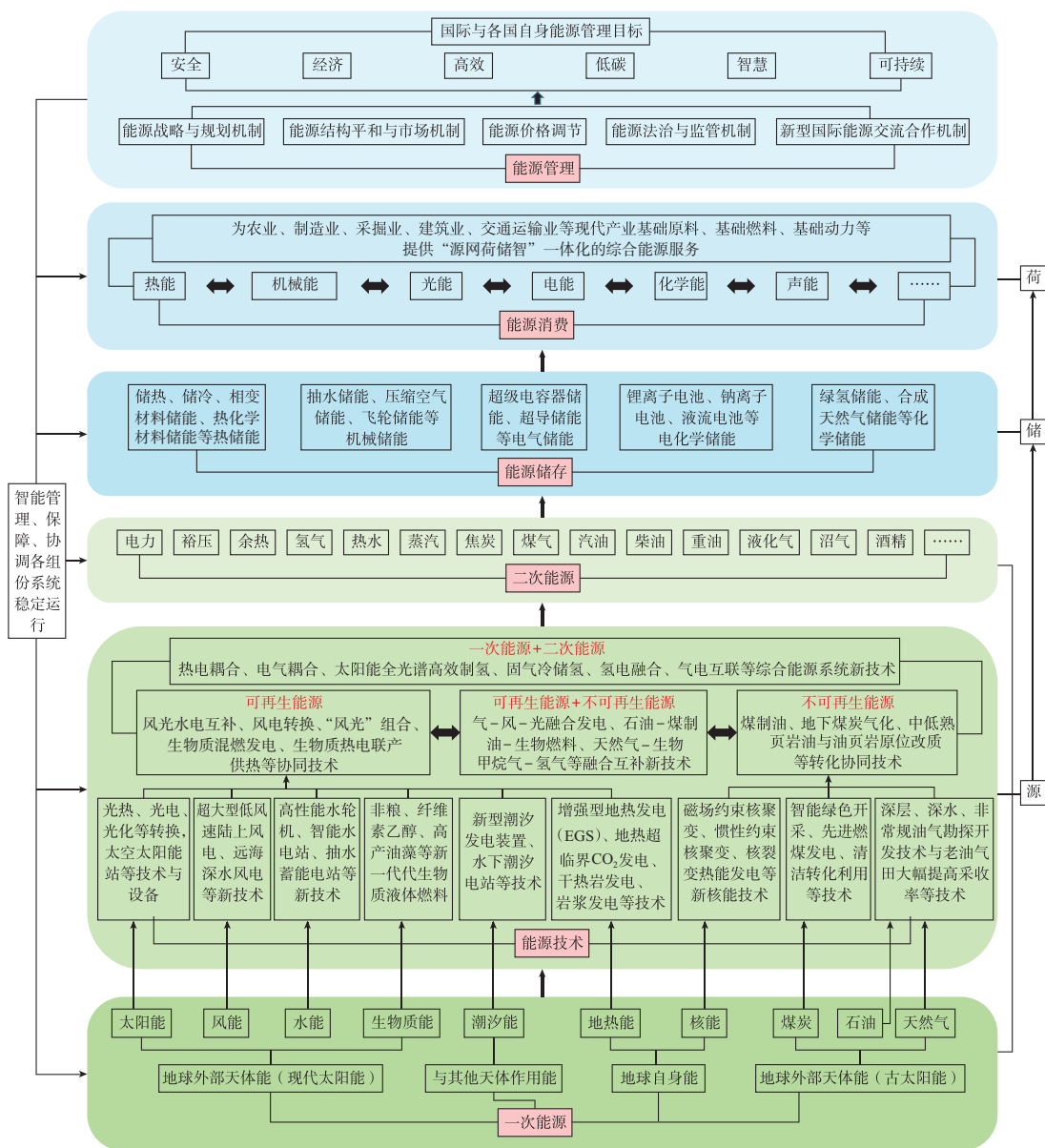


图 1.1 绿色智慧新型能源体系架构图（据邹才能等，2023）

仅是时间上的划分，更是能源形态、组织方式与运行逻辑的重大转变。正是在这种历史性与阶段性的递进关系中，能源体系不断走向复杂、集成与高效，为人类文明提供持续跃升的物质支撑。

（三）全球煤炭石油天然气：不可再生性

以煤炭、石油、天然气为代表的化石能源，构成了近代与现代能源体系的核心支柱。然而，这一能源形态的基本属性是不可再生性，意味着其形成时间跨度巨

大、自然补给极其缓慢，而人类工业文明对其的开采与消耗却呈现高速度、高强度和高集中度的趋势，导致其资源枯竭性日益凸显。

煤炭是地球上分布最广、开采历史最悠久的化石能源，其形成需经历数百万年至数亿年的沉积与地质转化过程。根据《2025 年世界能源统计年鉴》(EI, 2025) 数据，至 2020 年底，全球煤炭已探明储量约为 $10741.08 \times 10^8 \text{t}$ (表 1.3)，其中，亚太地区占比为 42.80%，北美地区占比为 23.90%，仍为世界两大煤炭资源中心。《2025 年世界能源统计年鉴》同时指出，2024 年全球煤炭产量创历史新高，达到 $92.42 \times 10^8 \text{t}$ (EI, 2025)，其中亚太地区占 80.26%，亚太地区仍是全球煤炭供需的核心区域。中国的煤炭探明储量约为 $1432 \times 10^8 \text{t}$ ，占全球的 13.3%，位居世界第 4，仅次于美国、俄罗斯和澳大利亚；2024 年，中国的煤炭产量约为 $47.8 \times 10^8 \text{t}$ ，占全球煤炭产量的 51.7%，虽然中国煤炭产量全球第一，但消费强度巨大，储采比持续走低，未来长期保障能力面临严峻挑战。

石油作为现代工业化与全球运输体系的基础能源，其资源分布严重不均。根据《2025 年世界能源统计年鉴》(EI, 2025) 数据，至 2020 年底，全球石油探明储量约为 $2444.21 \times 10^8 \text{t}$ (约 $17324 \times 10^8 \text{bbl}^{①}$)。中东地区依然是世界石油资源的核心，占全球探明储量的 46.31%；北美和中南美地区占比为 35.58%，主要集中在委内瑞拉、加拿大和美国；亚太地区占比为 2.48% (表 1.3)。2024 年，全球石油产量约为 $45.43 \times 10^8 \text{t}$ ，创历史新高，中东和北美地区是主要产油地区，合计生产全球石油产量的 58.37% (表 1.3)，是全球石油生产核心区。中国的石油探明储量约为 $35.4 \times 10^8 \text{t}$ ，占全球总量的 1.45%；2024 年，中国的石油产量约为 $2.13 \times 10^8 \text{t}$ ，约占全球总量的 4.69%，属于典型的石油资源相对贫乏国家。同时，石油勘探难度加大、开采成本上升、环境外部性扩大，其“战略性”属性愈发突出，极易受到地缘政治与金融风险冲击，成为全球能源安全最敏感的环节之一。

天然气作为相对清洁的化石能源，其消费占比快速上升，已成为能源结构中“低碳过渡”的关键能源。根据《2025 年世界能源统计年鉴》(EI, 2025) 数据，至 2020 年底，全球天然气探明储量约为 $188.07 \times 10^{12} \text{m}^3$ (表 1.3)。储量分布极不均衡，其中中东地区占 40.30%，独立国家联合体 (Commonwealth of Independent States, CIS，简称独联体) 占 30.10%，两者合计超过全球总储量的三分之二，构成全球天然气资源的核心地带。2024 年，全球天然气产量约为 $41244.52 \times 10^8 \text{m}^3$ ，同样创历史新高，北美、独联体、中东、亚太地区产量分别占 30.62%、19.72%、17.90%、17.16%。中国的天然气探明可采储量约为 $8.4 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，占全球比重约 4.5%，排名世界第 6 位；

① 桶，1bbl≈158.987L。