

# 战时经济学视域下中国能源安全探析

■ 徐耀强

美国和以色列2月28日对伊朗开战以来,波斯湾通往印度洋的唯一水道霍尔木兹海峡面临封锁威胁,国际油气价格连连飙升,截至3月9日,伦敦布伦特原油期货价格盘中一度升至每桶约119美元,创下2022年以来新高。中国是全球最大的能源消费国和进口国,战时状况下中国安全问题,引发了人们广泛关注。

事实上,战时经济学研究的重点方向在于,以极端场景下的资源配置、系统韧性、持续动员与生存保障为核心逻辑,将能源安全从常规经济议题提升至国家安全问题,引发了人们广泛关注。

## ■ 战时经济学视域下能源安全逻辑

战时经济学作为研究战争状态下资源配置规律的特殊经济学科,其理论渊源可追溯至第一次世界大战期间各交战国经济动员实践,并在第二次世界大战期间形成较为完整的理论体系。与平时时期的市场经济学相比,战时经济学呈现出根本性的范式转换,形成区别于平时时期的底层逻辑。

其一,价值逻辑:从效率优先转向生存兜底。和平时能源体系以成本效率、市场配置、全球分工为导向,追求最低成本、最优利用、最大产出。战时环境下,外部封锁、军事打击、贸易中断成为常态,可获得性、稳定性、抗毁性取代经济性成为第一准则。能源安全的核心价值不再是优化配置,而是保底线、保关键、保运转。比如,优先保障军事需求、国防工业、核心民生、关键基础设施刚性用能,容忍非必要领域用能压缩、成本上升、效率下降,以局部牺牲换取整体存续。战时经济学强调,能源安全是国家安全的核心资产,任何时候都不能以经济利益置换安全底线。

其二,供需逻辑:从开放依赖转向自主可控。和平时能源供需依托全球化分工,进口来源、运输通道、技术装备高度国际化。战时条件下,全球供应链随时可能断裂,外部依赖即战略软肋。战时能源安全遵循自主优先、内循环为主、外补为辅的供需逻辑,必须以国内产能为根基,战略储备为缓冲,多元通道为补充,替代能源为长远支撑。对外依存度越高,战时脆弱性越强;自主化水平越高,系统韧性越强。战时供需不再追求瞬时平衡,而是以储备调峰、以产能保底、以替代减耗、以管控稳序,实现极端条件下的动态平衡。

其三,系统逻辑:从集中高效转向分散冗余。和平时能源系统趋向规模化、集中化、网络化,以提升效率、降低成本。战时环境下,大型基地、主干管网、枢纽电站、炼化中心极易成为打击目标,单点失效可能引发系统性崩溃。战时能源安全强调分

散化、模块化、冗余化、抗毁化。比如,通过多元供给、多通道运输、多区域储备、分布式利用,降低系统集中度;通过冗余配置、备用回路、应急切换,提升受损后的快速恢复能力。能源系统从“最优效率网络”转向“最强韧性网络”,宁肯牺牲部分效率,也要确保不被“一击致命”。

其四,动员逻辑:从市场调节转向国家管控。和平时能源运行以市场机制为主、政府调控为辅。战时状态下,价格信号失灵、市场秩序紊乱、投机行为加剧,必须实施国家统一动员、统一调配、统一管制。战时能源动员逻辑体现为:统一调度资源、统一分配指标、统一管控价格、统一组织生产、统一实施储备动用,如对重点企业、关键设施、运输工具、能源产品实施特殊管制,确保能源流向最需要的领域。市场让位于动员,效率让位于秩序,形成集中统一、令行禁止、平战转换的能源动员体系。

## ■ 战时经济学视域下能源安全隐患

战时能源安全是一个复杂的系统工程,涉及资源、通道、储备、设施、体制等多个维度,各维度之间相互关联、相互支撑,形成有机整体。在战时经济学的视域下,可以发现中国能源安全现状存在诸多与战时要求不相适应的潜在隐患。

一是油气对外依存度高,外部断供风险突出。我国石油、天然气对外依存度长期处于70%、40%以上高位。战时条件下,主要出口国可能遭遇制裁、参股或封锁,能源供给随时面临中断。中东、非洲等传统来源地地缘冲突频发,是大国博弈焦点,一旦局势失控,油气供应将出现断崖式下滑。

二是海上通道高度集中,咽喉要道易被封锁。我国油气进口90%以上依赖海运,高度依赖霍尔木兹海峡、马六甲海峡、南海等战略通道。上述水道狭窄、易封锁、易监控,战时极易被外部势力实施航道控制、油轮拦截、保险拒保、军事威慑。

三是能源结构仍不合理,清洁能源尚不充分。我国能源结构以煤炭为主,油气保供压力大,新能源占比近年虽有大幅提升,但其稳定性、可控性、应急支撑能力仍显不足。特别是,风电光伏具有间歇性、波动性,战时电网受损、调度受限条件下难以独立兜底;同时储能规模不足、分布不均,很难有效平抑波动;交通领域石油消费占比高,新能源替代仍未根本改变对成品油的刚性依赖。能源结构的传统路径依赖,加剧了战时保供压力。

四是战略储备人均偏低,响应机制有待完善。据开源消息,我国战略石油储备已达到国际能源署90天净进口量标准,但是这一标准是基于平时时期对短期供应中断设定的,远低于战时需求。特别是,中国人口基数较大,人均储备相对偏低,同时人口洞窟占比不高、区域布局过度集中于东部沿海,战时易受攻击。此外,战略储备与商业储备联动机制、应急动用程序、分级保供方案仍需完善,极端情况下快速响应与精准投放能力有待提升。

五是基础设施难于防护,网络安全存在风险。大型炼化基地、主干管网、枢纽变电站、LNG接收站等集中布局、目标明显、



难于防护,战时易成为精确打击目标。与此同时,能源系统数字化、网络化程度提高,但也面临着网络攻击、电磁干扰、数据篡改等非传统安全威胁,可能导致调度失灵、计量失控、管网停运的风险。能源基础设施物理安全与网络安全双重短板,使系统在战时极易陷入瘫痪。

六是平战转换无经验,动员能力还需加强。能源领域战时法规体系、动员预案、管控机制、演练频次存在短板。比如,部分企业平战转换意识不强,产能弹性不足;跨部门、跨区域、军地协同调度机制有待完善;需求侧管控、错峰生产、节约用能等战时管理体系尚未成熟;能源应急队伍、物资、装备、技术储备仍然不足,极端情况下难以快速形成动员能力。特别是,平战转换机制未经实战验证,存在一定的不确定性。

七是技术装备存在卡点,自主化水平有差距。部分高端油气勘探开发、炼化装备、核心零部件、控制系统仍依赖进口,战时可能面临断供、断服、断芯风险。新能源与储能领域关键材料、核心设备仍存在“卡脖子”环节,能源数字化、智能化核心技术自主可控存在薄弱环节,制约战时持续生产与维修保养能力。特别是,煤制油、煤制气技术虽已掌握,但产能规模小、转化效率低、成本高,平时缺乏竞争力,战时难以快速扩产。

## ■ 战时经济学视域下能源安全对策

战时经济学视域下的能源安全,是底线安全、生存安全、系统安全。面对日趋复杂的地缘政治与安全环境,必须摒弃平时时期的惯性思维,以极限场景为导向,多措并举,把保障战时能源安全作为国家战略的优先事项。

一是强化国内产能兜底,夯实自主供给根基。坚持“能源的饭碗必须端在自己手里”,把国内产能作为战时能源安全的“压舱石”。加大油气勘探开发力度,推进渤海、鄂尔多斯、塔里木、四川等重点盆地增储上产,提升原油稳产、天然气增产能力;有序释放先进煤炭产能,强化

煤炭清洁高效利用与兜底保障作用;推进页岩油、页岩气、煤层气、煤制油气、绿氢等替代资源产业化,提升非常规能源供给能力。实施产能弹性管理,建立战时增产预案与备用产能,确保极端情况下关键能源自给能力。

二是构建多元运输格局,破解通道封锁困局。坚持海运保底、陆运突破、多线备份,打造不依赖单一通道的能源运输体系。加快中俄、中哈、中缅、中巴等跨境油气管道建设与扩容,提升陆上管道输量比重,形成绕开马六甲海峡的陆路战略通道;优化海运航线布局,开辟绕行航线、备用航线,发展远洋护航与应急保障能力;推进国际陆港、中欧班列与能源物流衔接,提升铁路、管输、内河航运协同运输能力。实现东西南北、海陆双向、多线并行、互为备用,彻底消除单点通道依赖。

三是完善战略储备体系,提升战时保供能力。按照战时够用、长期安全原则,扩大石油、天然气、煤炭、成品油战略储备规模,推动储备布局从沿海向内陆、地上向地下、集中向分散转变,建设一批地下洞库、含水层储气、盐穴储气等抗毁型储备设施。完善国家储备、地方储备、企业储备、家庭储备联动机制,健全储备动用、轮换、补库、调度流程,建立分级分类保供清单,优先保障军事、国防工业、民生、关键基础设施用能。推动储备与应急、储备与产能、储备与贸易协同,提升储备缓冲与托底能力。

四是加快能源结构转型,降低油气对外依赖。要锚定“十五五”发展目标,逐步建立以非化石能源为主体、化石能源为兜底、新型电力系统为支撑、绿色智慧节约为导向的新型能源体系,不断提升能源供给自主化能力和水平,从根本上降低战时油气对外依赖。为此,要大力发展风电、光伏、水电、核电等非化石能源,提升新能源装机与发电量占比;加快抽水蓄能、压缩空气、电化学储能、氢能储能等多元储能建设,增强新能源可控性与稳定性;推进交通领域电动化、轨道交通电气化、船舶替代,大幅削减成品油消费;实施工业领域电能替代、燃料替代,推广节能降耗技术,降低刚性用能强度。

五是加强基础设施防护,保障能源运

行安全。实施能源基础设施防护工程,对大型炼化、管网枢纽、电站、LNG接收站等进行抗毁加固、分散布局、冗余配置;建设地下管网、备用线路、应急电源,提高受损快速修复能力。构建能源系统网络安全防护体系,强化关键控制系统自主可控,建立攻防演练、监测预警、应急处置机制,防范网络攻击与电磁干扰。推进重要能源设施军地联防、群防群控,形成物理防护与数字防护双重屏障。

六是健全平战转换机制,强化应急动员能力。加快完善能源战时动员法规体系,制定能源管制、征用、调配、价格管控等配套制度;编制国家、区域、企业三级能源应急动员预案,明确职责分工、调度权限、保供序列、管控措施;建立军地协同、跨部门联动的能源指挥调度中心,实现战时统一指挥、统一调配、统一行动;强化应急队伍建设、物资储备、装备保障,常态化开展实战化演练;实施战时需求侧管理,建立用能配额、错峰生产、节约用能、非必要领域限能机制,确保战时能源精准投放。

七是突破关键核心技术,筑牢安全自立底座。实施能源关键核心技术攻关工程,聚焦勘探开发、高端炼化、储能材料、电力电子、工业控制、新能源装备等领域,突破关键核心技术,实现核心装备与关键零部件自主可控;加快发展智慧能源、分布式能源、微电网、应急储能等战时适配技术,提升极端环境下能源生产、输送、利用能力;推动能源技术与数字技术、国防科技融合创新,提升战时智能化调度、无人化运维、快速化抢修能力。以技术自主支撑战时能源安全自立。

八是深化国际能源合作,构建多元协同格局。坚持独立自主与开放合作相结合,深化与稳定供应区域的能源合作,扩大油气能源来源多元化;推进能源贸易人民币结算,规避金融制裁风险;加强国际能源应急协调,构建双边、多边能源安全合作机制;依托“一带一路”建设海外能源保障节点,提升海外资产安全保护能力。通过稳定可靠的国际合作,为战时能源安全提供外部支撑。

(作者系中国电力企业联合会专家委员、特约研究员)

# 煤矿智能化走向智能定制化



■ 黄祥宽

权威数据显示,截至2025年底,我国已建成智能化煤矿1066处,智能化产能占比突破65%,煤矿智能化建设从示范试点迈向规模化应用新阶段。智能化矿井采煤掘进工作面单班减人比例超过20%,灾害严重矿井事故率下降40%。另有资料显示,全国煤矿已有超1.6万个固定岗位实现无人值守,危险岗位机器人替代率从2022年的15%提升至2025年的35%。

然而,在看到煤炭行业通过现代智能技术加持实现提质增效的同时,我们还应该看到,全国还有占比超过2/3的矿井没有进入智能化矿井之列,以相对落后的生产技术水平,苦苦支撑着35%的煤炭产能。这至少说明两大问题:一是我国煤矿要全

面实现智能化还需要继续努力,还有相当长的路程要走。二是我国煤炭产能还有相当大的潜力可挖,在那两千多座未实现智能化的煤矿中,除掉那些资源量少、资源禀赋差、自然条件限制确实无法或者无须进行智能化改造的矿井之外,其它矿井通过智能化升级改造之后,不仅安全生产条件会得到更好的改善,其产能也必将得到极大提升。

为了更快、更大范围地推进煤矿智能化工作,煤矿智能化应走向智能定制化。

从过去的情况看,2020年国家启动“煤矿智能化建设三年行动”,初衷是解决“人海战术”带来的高风险。早期建设中,不少煤矿生搬硬套“标准方案”,结果在薄煤层区遭遇采煤机“卡壳”,在高瓦斯区域因传感器精度不足导致预警失灵,通用

型智能综采系统在煤层倾角陡变的区域无法动态调整液压支架支撑力。一系列问题暴露了智能化建设的“中初级”困境——设备可靠性不足、感知不精准、数据交互不畅、设计和现场不匹配。解决这些问题的过程,已经让我们在实践中真切地感受到,煤矿智能化必须走智能定制化之路。

从当前的现实情况看,我国幅员辽阔,各个煤矿地质条件、煤层赋存情况、开采难度、环境约束条件千差万别,这些都是智能定制化的核心逻辑。因此,无论是在理念层面还是技术层面,都应充分体现和落实这一核心理念。

在理念层面,需要坚持两个观念:一是坚持创新。创新是智能定制化的基础。每一个矿井的实际情况都不可能完全相同。对于智能开采的匹配条件而言,每一个矿都是“新的”,过去的、其他煤矿的成功经验,只可借鉴,不可重复,更不可抄。要立足于每一个矿井的实际需要进行应用型创新,让每一个场景应用都是跨越。二是坚持实事求是,因地制宜。只有实事求是才能创新,在建设煤矿智能化过程中,应坚持各取所需,适用的才是最好的。要让每一座煤矿,都能按自己独特的“基因”实现智能化。为此,在具体操作上,要打破“设备供应商主导”的传统模式,让矿方成为煤矿智能定制化主导方。煤矿提要求,研发

及设备制造方去实现。

从当前的技术层面看,至少需要通过三重技术突破,来促进和实现煤矿智能定制化的“精准适配”。

一要实现到现场生产条件的精确感知和精准预判。其中,首要的是加强地质基础工作,加强现代地质技术在煤矿中的应用,根据煤矿井下的特殊工作环境,推广应用矿井“轻量化地质探测”设备,运用数字大模型技术和数字孪生技术,加快煤矿透明地质系统建设,实时快速高精度生成三维地质模型,将煤层厚度、断层分布、地层变化等数据实时映射到智能设备上。通过“5G+AI”构建“全矿井数字孪生体”,从地质勘探到灾害推演,每个环节都可进行模拟优化,使采煤、掘进、机电、运输、通风、安全各系统得以实时调整跟进,及时适应现场新的变化,确保效率发挥和安全保障。

二要实现多传感器及多源数据融合,实现感知与动作的快速响应。煤矿智能化系统涉及采煤、掘进、运输、通风等多个环节,每个环节都会产生海量数据,但这些数据如果格式不统一、标准不一致,不能实现“多源数据融合”,必将导致系统难以实现“一盘棋”的协同决策。这样的整合已经在实践中得到很好的验证。一些已建成的智能化煤矿,在智能工作面运用“多传感器融合+边缘计算”技术,让采煤机集成瓦斯浓

度、顶板压力、煤质硬度等10余种传感器,数据在设备端即时处理,无需回传云端,响应速度从秒级提升至毫秒级。这些技术,都值得持续探索与优化推广。

三要兼顾“通用性”和“针对性”,实现“软件定义”的可视化和灵活配置,实现操作上的便捷化。给煤矿装上“智能操作系统”,降低操作上的技术门槛,使煤矿智能化设备能像手机App一样具有自由定制功能,让非技术人员通过图形化界面而拖拽模块,就能完成符合现场需要的设置方案及调整。

当前,煤矿智能化建设已从追求“有无”转向追求“优劣”,从“通用化”向“精准定制化”转型。实践证明,智能化不是盲目追求“大而全”,而是聚焦“精而准”,国家能源局的规划已清晰指向这一方向——到2035年,基本实现各类煤矿智能化。要实现这一目标,必须走好智能定制化之路。根据每个矿井的地质条件、开采环境“量体裁衣”,以适用、好用为主,兼顾开发成本和运维难度,在“通用能力”与“定制需求”间找到平衡点,最终以智能定制化之保障安全、提升效率,促进煤矿产业全面升级优化、筑牢保障国家能源安全“压舱石”底线。

(作者供职于四川川煤华荣能源有限责任公司广元分部)