

# 新时代西北地区推进能源革命的战略路径研究

朱汉雄, 耿笑颖, 肖宇, 蔡睿, 刘中民

(中国科学院大连化学物理研究所, 辽宁大连 116023)

**摘要:** 新时代, 维护国家能源安全和应对气候变化已经成为能源高质量发展的重点。由宁夏宁东、内蒙古鄂尔多斯、陕西榆林组成的能源“金三角”和新疆等西北地区是我国能源资源典型富集区, 承担了我国能源供应的重任, 同时也因其生态环境的脆弱而面临着“大开发”与“大保护”统筹发展的难题。新时代下西北地区如何通过能源革命提升服务国家战略的能级和水平, 是西北地区能源发展迫切需要回答的问题。本文在分析西北地区资源、产业和区域优势与挑战的基础上, 结合能源革命要求, 提出西北地区实施能源革命应战略定位于国家多能融合技术示范基地、国家煤制燃料战略储备基地和国家综合能源供应基地, 多能融合是实现西北地区战略定位的有效路径。建议围绕化石能源清洁高效开发利用及耦合替代, 可再生能源多能互补与规模应用和低碳化、智能化多能融合三条主线, 推进六项融合示范举措, 共同实现以多能融合为特征, 以能源技术革命为引领的能源革命“西北方案”。

**关键词:** 能源“金三角”; 能源革命; 多能融合; 战略路径

**中图分类号:** F426.2; TK01 **文献标识码:** A

## Strategic Path for Energy Revolution in Northwest China in the New Era

Zhu Hanxiong, Geng Xiaoying, Xiao Yu, Cai Rui, Liu Zhongmin

(Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Dalian 116023, Liaoning, China)

**Abstract:** Both energy security and climate change are key challenges for China in the New Era. Northwest China, especially the Energy Golden Triangle area and Xinjiang, is playing a significant role in China's energy supply owing to its rich energy resources. However, protecting the vulnerable ecosystems in this region becomes increasingly challenging; therefore, developing a performance improvement plan for energy revolution becomes urgent in this region. In this article, we first analyze the unique competencies and challenges regarding resource, industry, and location; considering the requirements of energy revolution, we propose that the Northwest China should be established as a national multi-energy integration technology demonstration base, a national coal-to-fuel strategic reserve base, and a national comprehensive energy supply base. As a strategic path for promoting energy revolution in Northwest China, multi-energy integration consists of three main themes and six demonstration measures. The three main themes are the clean and efficient use of fossil resources and coupling substitution, multi-energy complementarity and large-scale application of renewable energy, and the low-carbon and intelligent multi-energy integration. Adopting these measures, a Northwest China approach to energy revolution can be formed that is characterized by multi-power integration and led by energy technology revolution.

**Keywords:** Energy Golden Triangle; energy revolution; multi-energy integration; strategic path

**收稿日期:** 2020-12-15; **修回日期:** 2020-12-30

**通讯作者:** 刘中民, 中国科学院大连化学物理研究所研究员, 中国工程院院士, 主要研究方向为工业催化; E-mail: zml@dicp.ac.cn

**资助项目:** 中国工程院咨询项目“推进能源生产和消费革命(2035)——能源革命推动经济社会发展和生态环境保护战略研究”(2018-ZD-11)

**本刊网址:** www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

## 一、前言

当前,我国正处于“两个大局”和“两个一百年”奋斗目标交汇的重要时期。面对全球疫情冲击、世界“逆全球化”思潮加剧、国际地缘政治不稳定、不确定因素增多等外部冲击,我国能源安全风险加剧。十八大以来,中国发展进入新时代,中国的能源发展也进入新时代。2020年9月22日,习近平总书记从人类命运共同体理念高度,在联合国大会上做出中国二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取在2060年前实现碳中和承诺,并先后多次重申了中国应对气候变化的目标,对我国能源低碳发展提出了明确要求。国务院新闻办公室在2020年12月发布的《新时代的中国能源发展》白皮书指出,新时代的中国能源发展,积极适应国内国际形势的新发展新要求,坚定不移走高质量发展新道路[1]。因此,构建自主可控的能源供应体系,提升能源安全保障能力和气候变化应对能力,是我国能源革命的首要需求和战略重点。

以宁夏宁东、内蒙古鄂尔多斯、陕西榆林为核心的能源“金三角”和新疆等西北能源富集地区在我国能源安全保障中被赋予多项国家重任,当前已是我国“西煤东运”“西气东输”“西电东送”的源头,同时也是国家十分重要的能源化工基地。西北地区以全国不到18.6%的国土面积,赋存了全国70%的煤炭资源储量,近1/3的油气当量储量;提供了全国1/3的原煤、1/5的原油和近一半的天然气等化石能源[2~8];其中,在能源“金三角”地区建成了全国1/3的大型煤电基地[9]和超过1/3的现代煤化工项目[10],有力地保障了我国能源供应安全。西北地区基于既有的资源禀赋、产业基础和战略使命,如何紧密围绕国家能源产业政策导向,充分调动多元力量,抓住产业结构调整和发展契机,提升服务新时代国家能源发展战略需求,是当前及今后需要回答的问题。

## 二、西北地区能源发展现状及趋势

西北地区煤、石油、天然气等化石能源资源丰富,同时蕴含丰富的风、光等可再生能源资源,为区域多种能源融合发展提供基础。经过20多年的

发展,西北地区能源资源开发利用重点逐渐发生转移,开采绿色化、产业高端化、能源结构低碳化成为新趋势。

### (一)化石能源资源开采由规模扩张向质量提升发展,绿色开采成为趋势

煤炭是西北地区最具优势的能源资源,也是目前开发利用程度最高的能源。西北地区埋深2000 m以浅的煤炭资源量达到 $2.6 \times 10^{12}$  t左右,占全国煤炭资源总量超过70%。已探明煤炭资源 $8.758 7 \times 10^{11}$  t,占全国探明煤炭资源的51.3%[2]。同时,区域整体地质构造简单,开采条件好,便于大规模开采。区域内煤炭产量从2000年的 $0.75 \times 10^8$  t增加到2019年的 $1.45 \times 10^9$  t,占全国产量比例由5.4%上升到37.7%[3~8](见图1)。其中,鄂尔多斯和榆林已经是我国煤炭产量最高的两个城市。此外,煤种齐全且质量优良,具有低灰、低磷、低硫、高发热量及高含油率的“两高三低”特征,是优质的化工原料煤。

随着全国煤炭供给侧改革继续推进,煤炭生产基地将加速向西部接续地区转移,西北地区仍能保持现有的产能和产量,甚至进一步扩能增产。但考虑到未来我国煤炭消费总量增量有限,甚至减量发展,叠加西北地区脆弱的生态环境限制,西北地区煤炭生产规模将难以再有更大发展空间。整体上,西北地区煤炭产量占全国比重仍将上升。因此,在当前产能规模下提升产能优质水平,实现绿色开采将是西北地区煤炭资源开采的趋势。

除煤炭外,西北地区油气资源也很丰富(见图2),2013年区域原油产量突破 $4 \times 10^7$  t,到2019年区域内原油产量维持在 $3.8 \times 10^7$  t以上,占全国原油产量的19.9%。在天然气生产方面,榆林、鄂尔多斯和新疆都是“百亿方”级天然气生产基地,2019年天然气产量分别为 $1.764 \times 10^{10}$  m<sup>3</sup>、 $3 \times 10^{10}$  m<sup>3</sup>、 $3.399 \times 10^{10}$  m<sup>3</sup>,合计共占全国天然气产量的46.3%。随着全国其他区域天然气产量的增长,区域内天然气产量占全国比重在2011年达到最高值(58.6%)后呈逐年波动下降态势[3~8]。综上,西北地区油气生产总量在现有技术和管理体制下进入了稳定生产期,未来油气开采重点将转向提升油气绿色开采水平,包括提升开采效率,降低开采过程对生态环境的影响,推进二氧化碳驱油封存等方面。

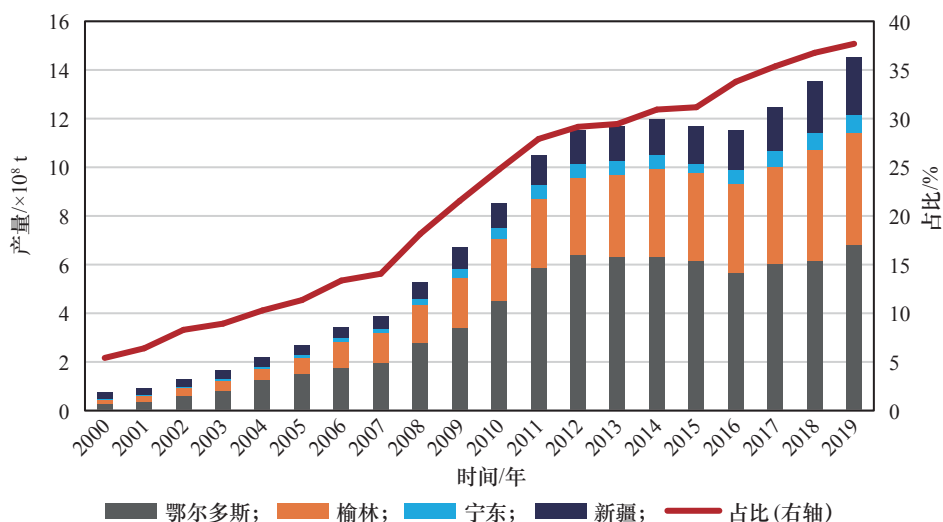


图1 西北地区煤炭产量及占全国比重（2000—2019年）

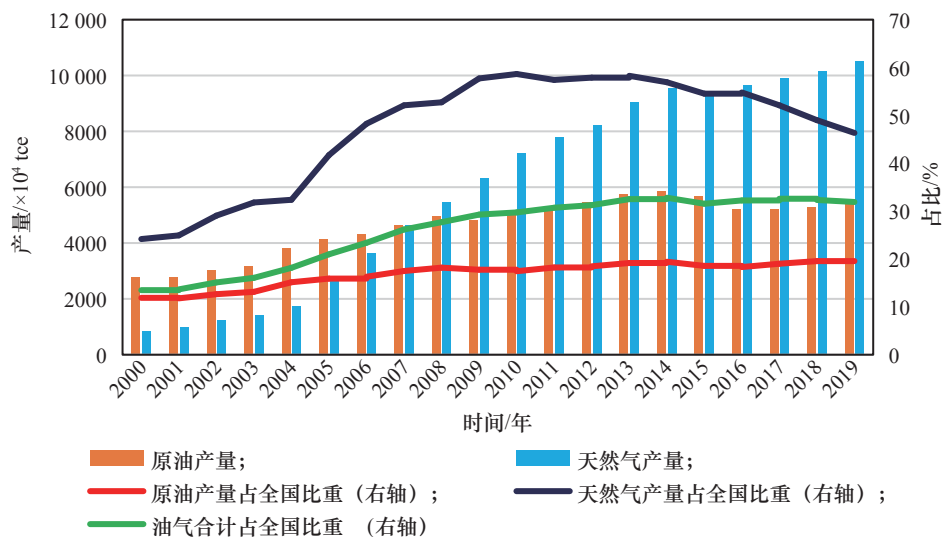


图2 西北地区油气产量及占全国比重（2000—2019年）

## （二）现代能源化工产业集聚发展，能源产业呈高端化发展

2017年3月，国家发展和改革委员会、工业和信息化部发布的《现代煤化工产业创新发展布局方案》中布局了四个现代煤化工产业示范区，鄂尔多斯、榆林、宁东、新疆准东均被列入。近年来，随着特高压输电技术和一批现代煤化工技术产业化推广，西北地区靠近市场区域纷纷由输煤、输气等一次能源产品转向输电、输化学品等高附加值产品，以期跨越“资源陷阱”。除新疆受运输距离限制，煤炭生产基本供应本地外，其他区域都将煤炭就地转化率列为政府的追求目标，进一

步推动了西北地区电力外输基地和煤化工基地的快速发展。到2019年，能源“金三角”地区煤炭就地转化率达到23%左右 [11]。

截至2019年年底，西北能源富集地区建成投产的煤直接制油、煤间接制油、煤制天然气、煤制烯烃、煤制乙二醇分别占全国总产能的100%、79%、74%、44%和18% [10]。此外，在建及拟建项目也占全国较大比重，具体见图3。

## （三）可再生能源加速开发，能源结构呈低碳化发展

西北地区开发利用可再生能源具有良好的资源基础。宁夏、新疆等地绝大部分地区的年日照时数

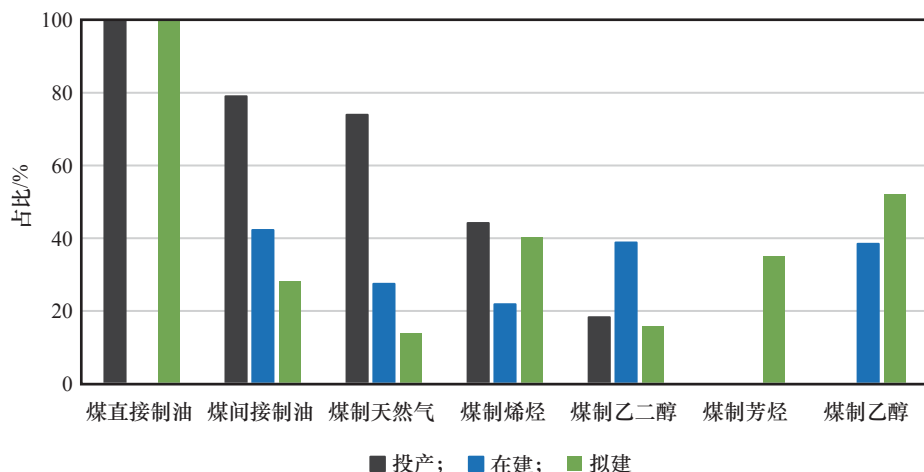


图 3 2019 年西北地区现代煤化工产能占全国比重

大于 3000 h，年均辐射量约为 5900 MJ/m<sup>2</sup>，具有利用太阳能的良好条件。新疆等地也是我国大陆风能资源最丰富的地区之一，技术开发的风能储量可达 3.9×10<sup>8</sup> kW [12]。同时，西北地区地域广阔，开发成本低，为大规模发展风、光等可再生能源提供了良好基础。

目前，可再生能源已经成为国家和地区优化能源结构的重要发展方向，西北地区在可再生能源成本快速下降及国家对地区能源生产消费结构清洁化的要求下，加快了可再生能源发展速度。以能源“金三角”的榆林市为例，“十三五”期间风光可再生能源装机量增长了 2 倍，“十四五”及以后还将继续以倍增速度发展。

### 三、西北地区能源发展面临的问题与机遇

#### (一) 面临的问题

2012 年中国工程院重点咨询项目“能源‘金三角’发展战略研究”中总结了以能源“金三角”为代表的西北地区发展面临的问题，包括：产业化同质化严重、能源资源开发粗放、煤炭转化无序竞争、能源外输压力大、水资源短缺、生态环境脆弱等六大问题 [13]。经过几年发展，尤其是在新时代生态文明战略、能源革命战略引导下，上述各项问题发展不一。

能源资源开发粗放、能源外输压力大等问题有所缓解。在供给侧结构性改革和“优质产能”政策引导下，能源资源开发粗放问题得到缓解，绿色开

采成为发展趋势。在能源外输方面，随着本地资源转化率提升和外输铁路新通道的建成投产，压力有所缓解，运输物品逐渐由大宗能源资源运输转向能源化工产品运输。

水资源短缺、生态环境脆弱等问题依然严峻。西北地区深居内陆，属重度贫水地区，且区域内水资源开发的潜力不大。此外，区域内土质疏松，不利于植被的生长，导致区域植被覆盖率特别低，生态环境极其的脆弱。新时代下，生态红线对地区发展将形成“硬约束”，西北地区“大开发”与“大保护”的矛盾继续深化。

产业同质化严重、煤炭转化无序竞争问题更加突出。西北地区涵盖多个省级行政单位，由于缺少“一体化”发展规划，在相似的能源资源禀赋和发展条件下，各区形成了高度同质化的产业结构。经过近几年发展，产业同质化问题仍未得到有效解决。

此外，西北地区作为我国能源供应基地，也面临着我国系统发展的一些共性问题，如现有能源体系中各分系统相对独立，难以合并“同类项”，结构性矛盾突出，整体效率不高。根本原因一方面是缺少能打破系统壁垒、促进多能融合的关键技术，另一方面是在体制机制上还面临条线管理的障碍。

#### (二) 潜在的机遇

西北地区是党中央、国务院推进“一带一路”倡议和西部大开发的核心地区，2020 年 5 月 17 日发布的《关于新时代推进西部大开发形成新格局的指导意见》进一步确定了新时代西部地区作为整体



在国家战略中的定位和要求，将为西北地区整体推进能源革命提供政策红利。

### 四、新时代西北地区推进能源革命的战略定位建议

面向国家能源发展面临的能源安全保障和气候变化应对重大需求，基于西北地区的基础与现状，以创新性、前瞻性、科学性、系统性的思维来谋划西北能源发展的功能布局和示范布局，重构西北地区能源发展的技术体系、产业体系和制度体系，建议将西北地区打造成为国家多能融合能源技术示范基地、国家煤制燃料战略储备基地、国家综合能源战略供应基地。

#### （一）打造国家多能融合能源技术示范基地，提升能源技术创新能力和区域承接能力

针对能源领域多能融合技术缺乏的现状，在西北地区打造多能融合能源技术示范基地，推动能源领域国家重大研发专项工程落地示范，带动区域“产学研用”完整创新链建设。以重大示范项目为牵引，引导国家能源领域战略科技力量和重要企业向西北地区汇集，建设一批能源创新中心和实验室，形成一批产业联盟，推进技术集成创新，加快技术成熟、市场有需求、经济合理的适于西北定位的重大科技成果的转移转化。在适合区域建设中试熟化基地与服务平台，推动先进适用技术的中试放大、工程化、产业化。

针对多能融合技术落地过程中实际面临的体制机制问题，寻求先行先试改革，在科技创新、土地政策、环保政策、政府管理体系等方面形成一批适合科技创新规律的长效机制，提高区域承接新技术和新产业的能力。

#### （二）打造国家煤制燃料战略储备基地，提升国家油气安全保障能力

基于西北地区的煤炭资源规模及“富油”煤质优势，建立国家煤制燃料战略储备基地，探索“藏油于煤，藏油于技”的多元技术路径。依托重大示范工程，培育形成重大装备设计、制造和成套生产能力，形成可复制、可推广的工艺设计和工程制造体系，建立国家煤制油气战略技术储备基地，打造

能替代亿吨级油气当量的技术和产业体系。

依托区域内大型现代煤化工企业，建成国家级煤制油、煤制甲醇燃料、煤制乙醇燃料等煤基燃料的产能集聚地，形成能支撑极端条件下的液体燃料供应的国家级产能储备。依靠区域内多种能源化工产业集聚，探索煤制燃料产品灵活调变的生产技术和路径，提升产业市场竞争力。

#### （三）打造国家综合能源供应基地，提升国家能源供需平衡能力

面对新时代能源供应新要求，基于西北地区资源优势，稳固国家综合能源供应基地定位，进一步提升能源供应的多元化和清洁化水平。在煤炭方面推进保水采煤、填充采煤等绿色开采技术的大规模推广应用，稳固全国优质煤炭供应基地。在油气方面，完善油气管网建设与布局，提升天然气开采、处理与外输能力，强化天然气液化能力和辐射区域，扩大煤基天然气并网输送规模。在电力外送方面，推进特高压电力输送通道建设，建设千万千瓦级电力外送基地、千万千瓦级风光火储多能互补基地，探索大规模、高比例可再生能源与煤电基地的协同互补技术与机制，提升外送电力的绿色度和稳定性。在能源化工方面，推进现代煤化工产业的终端化、精细化、高端化和高值化发展。在资源利用方面，谋划好生产过程的中间产物、副产物以及废弃物的再利用和资源化利用体系，打造具备区域产业特色的循环经济体系。

### 五、新时代西北地区推进能源革命的实施路径建议

新时代，按照习近平总书记提出的“四个革命、一个合作”的能源安全战略要求，结合西北地区的能源特点和实际情况，本文建议西北地区以多能融合为特征，以能源技术革命为引领推进能源革命，打造适合西北地区的能源革命模式。

#### （一）多能融合的涵义

多能融合是指综合考虑能源资源的能源属性和物质属性，通过新技术、新工艺将传统化石能源各体系与非化石能源进行互补整合，以能量流、物质流和信息流的集成耦合实现综合能源系统中能源效

率、环境效益、经济成本和社会效益的多目标优化。

多能融合可以从分子、反应、过程、产品、能源系统、区域等多个层级和多个尺度实现融合，促使能源资源从单一的能源利用到能源和原料综合利用，从单一产品生产到分级分质多联产利用，从而提升整体能源利用效率，缓解能源供需矛盾，降低能源利用的环境影响。相比目前各能源分系统孤立运行的情况，多能融合不仅需要技术创新，也需要体制创新，以破除各能源种类之间条块分割、互相

独立的技术和体制壁垒，实现能源分系统间的优势协调互补。

根据我国现有能源体系划分，多能融合技术可归为三条主线：化石能源清洁高效开发利用及耦合替代，可再生能源多能互补与规模应用和智能化多能融合 [14]，具体见图 4。

主线一：化石能源清洁高效开发利用与耦合替代。我国“富煤、贫油、少气”资源禀赋和当前以化石能源为主的能源生产、消费体系决定了在

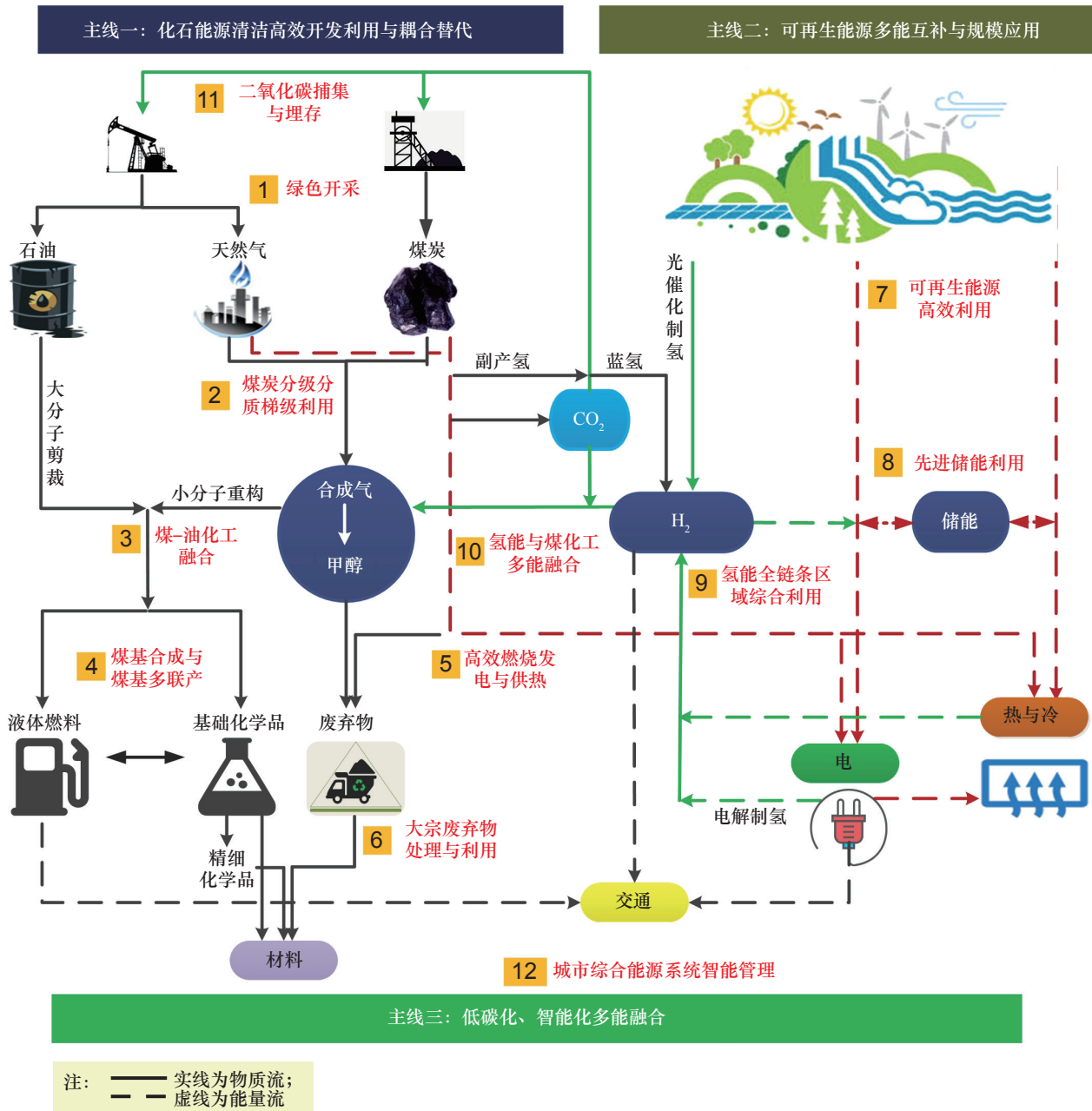


图 4 多能融合战略技术路线图

当前及今后较长时期内，推进化石能源，尤其是煤炭清洁高效利用仍是技术创新和产业发展的重点方向。主线一通过合成气/甲醇中间转化平台，利用烯烃、芳烃和含氧化合物等大宗化学品/燃料合成的变革技术，实现煤化工与石油化工过程中产物耦合与热力耦合，促进煤炭清洁高效转化，促进能源化工产业链终端化、高端化、差异化发展，实现煤炭对石油天然气的部分替代，并与炼油化工产业形成协调发展关系，提升国家能源安全保障水平与化石能源清洁高效利用水平。

主线二：可再生能源多能互补与规模应用。面向可再生能源逐步由补充能源转为主体能源的趋势，西北能源资源富集地区应提前谋划，主动转型，推进可再生能源规模化、高比例发展，为多能互补融合创造基础条件。主线二通过技术创新，充分发挥大规模先进储能平台，解决可再生能源低能量密度、高波动特性的问题，解决可再生能源大规模发展中供应与消费的时空错配问题。同时，探索用物理储能、化学储能、氢储能等多种储能方式，实现可再生能源和化石能源系统的融合互补，进一步扩大可再生能源对化石能源系统的深度替代。

主线三：低碳化、智能化多能融合。当前，能源结构正处于从高碳到低碳、无碳的过渡期。我国能源消费以化石能源为主，而化石能源利用过程中必然排放二氧化碳，因此只有借助以可再生能源为基础的低碳能源载体，通过融合促进化石能源原料化利用和二氧化碳资源化利用，才能实现二氧化碳减排。主线三通过技术创新，充分发挥氢/低碳醇的多能载体作用，促进化石能源由燃料向原料和燃料并重转变，促进化石能源与可再生能源多能互补，促进终端能源消费深度电气化和低碳化，是实现碳资源的高效、循环利用，促进能源系统低碳化转型的重要选择。

### （二）西北地区推进多能融合路径与举措

基于西北地区资源禀赋、产业基础和战略定位，建议从以下六个方面推进该地区多能融合，践行能源革命。

#### 1. 推进现代煤化工与石油化工的互补融合示范

针对我国石油对外依存度过高所导致的能源安全问题，推进煤炭与石油的互补融合。重点布局煤炭分级分质梯级利用技术与示范，煤制油和烃类

基础化学品技术与示范，煤制基础含氧化合物技术与示范，煤化工与石油化工耦合技术与示范等。战略上注重煤炭弥补石油资源的不足，市场上注重煤化工弥补石油化工的不足，重点关注烯烃、芳烃等大宗化学品及特种油品（如高端润滑油，大比重航煤，高原用燃料等），特别关注煤化工在合成含氧化合物方面的特殊优势，在巩固甲醇优势的同时，注重各种用量大的小分子含氧化合物，如乙醇、乙二醇等；在技术上，重点关注具有变革性意义的新技术，如高效煤气化技术，粉煤热解，合成气一步合成乙醇、乙二醇、对二甲苯（PX）、烯烃等技术的开发与应用。

#### 2. 推进能源化工产业全链条、多产业融合示范

针对能源富集地区高度依赖资源开发、产品附加值低、同质化竞争严重、产业链延伸关键技术缺乏等问题，推进能源化工产业的全链条延伸、多产业融合，推进能源化工产品终端化、精细化、差异化、绿色化发展。重点布局煤-精细化工全产业链示范、高效燃烧发电与供热、大宗固体废弃物综合利用示范。重点推进煤化电热一体化集成、煤基新材料、煤基精细化学品的项目示范及产业发展，推动现代煤化工与电力、材料和化纤等产业融合；推进煤矸石综合利用、粉煤灰综合利用、化工渣综合利用、工业废弃料综合利用等项目示范及产业发展，提升资源利用效率，降低煤化工对生态环境的影响。

#### 3. 推进可再生能源与储能的融合示范

针对能源富集地区低碳化转型发展的需求，结合区域风能、太阳能资源丰富的条件，推进可再生能源与储能的融合发展，探索大规模、高比例可再生能源系统建设路径。重点布局可再生能源高效利用、先进储能利用示范。积极示范和推广可再生能源大规模发电、先进光热技术、完善并推广应用需求侧互动技术、电力虚拟化及电力交易平台技术，构建“互联网+”电力运营新模式。实现千万千瓦级风光火储一体化示范工程，提升可再生能源在能源消费中的比重，降低城市综合能源系统的碳强度。

#### 4. 推进以氢/低碳醇为载体的多能融合示范

针对国家未来能源体系全面低碳化、绿色化发展的需求，推进以氢/低碳醇为载体的未来能源体系建设，充分发挥氢的能量和物质双重属性，把氢



打造为煤化工、生物质及可再生能源的连接载体。重点布局氢能全链条区域综合利用、氢能与煤化工多能融合、二氧化碳捕集与埋存示范。充分发挥西北地区的氢资源多元丰富、可再生能源规模大、管网基础设施较完善等优势,抢抓氢能产业进入市场化的战略性机遇,重点开展制氢、输氢、加氢、燃料电池、氢能汽车等氢能产业链的关键环节建设,先行先试氢能对高碳城市、高碳产业的降碳路径和潜力,建设具有全国影响力的氢能示范地区。基于煤化工产业二氧化碳排放源集中、气体高浓度的特点,开展二氧化碳大规模捕集与埋存示范;推进氢气与二氧化碳合成制低碳醇/燃料等领域的研究与示范,打造“液态阳光”能源体系雏形。

基于西北地区低碳醇产业发达,甲醇、乙醇原料富集优势,开展煤基醇醚燃料的区域综合应用示范,为我国液体燃料补充替代战略提供多元选择。尤其在煤制乙醇燃料方面,随着 50 万吨级煤制乙醇项目的建成投产,可在地区内先行先试煤制乙醇燃料的区域综合应用。

#### 5. 推进以智能技术为支撑的智慧融合示范

针对能源产业数字化、智能化的发展需求,推进以智能技术为支撑的先进能源系统构建,如综合能源系统管理平台、虚拟工厂等,重点布局城市综合能源系统智能管理示范。一方面,通过智能终端设施加强对能源系统内从原料、过程、产品、储存等各环节的全面感知和智能化处理;另一方面,通过区域综合能源系统的智能化,促进城市用能的科学化、精细化,提升城市能源监管和总体管理水平。

#### 6. 推进园区级化石能源与可再生能源的低碳融合示范带动区域示范

针对高碳能源产业低碳化发展的需求,基于我国已经积累的一批先进融合能源技术条件,在典型园区,打造高碳产业低碳排放的多能融合示范工程。通过园区级系统规划与设计,借助技术创新、工艺创新和系统集成创新,打破园区系统间壁垒,实现物质流、能量流、信息流的多流融合,提升能量利用效率和原子利用率,实现园区级以低碳生产为目标的多种能源、多条路线耦合利用新模式。重点探索煤化工补氢过程与可再生能源制氢过程的耦合集成,为煤化工低碳化发展探索技术路径。探索以园区级多能融合示范促进区域多能融合发展的路径,

为国家能源革命战略落地提供有效途径。

## 六、结语

进入新的发展阶段,我国将继续坚定不移推进能源革命,加快构建清洁低碳、安全高效的能源体系。西北地区作为我国能源生产接续地与核心区,当前正集中体现了我国未来能源转型发展中面临的问题与挑战。新时代下,西北地区更需以“一体化”姿态,通过顶层思考与设计,集中试验示范,突破多能融合先进能源体系下面临的技术难题、体制障碍等,合力实现我国能源发展面临的化石能源清洁高效利用、可再生能源大规模发展和高碳产业低碳发展,促进区域能源革命的实施,为国家能源革命战略的全面实施探索有效途径,加快提升国家能源安全保障能力和气候变化应对能力。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 新时代的中国能源发展 [N]. 人民日报(18).  
The State Council Information Office of the People's Republic of China. Energy in China's New Era [N]. The People's Daily Online (18).
- [2] 中华人民共和国自然资源部. 中国矿产资源报告2019 [M]. 北京: 地质出版社, 2019.  
Ministry of Natural Resources. Report on China mineral resources of 2019 [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2019.
- [3] 榆林市统计局. 榆林市统计年鉴2019 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.  
Bureau of Statistics of Yulin. Yulin statistical yearbook of 2019 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2019.
- [4] 鄂尔多斯市统计局. 鄂尔多斯统计年鉴2019 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.  
Bureau of Statistics of Ordos. Ordos statistical yearbook of 2019 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2019.
- [5] 银川市统计局. 银川统计年鉴 2019 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.  
Bureau of Statistics of Yinchuan. Yinchuan statistical yearbook of 2019 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2019.
- [6] 新疆维吾尔自治区统计局. 新疆统计年鉴 2019 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.  
Statistic Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Xinjiang statistical yearbook of 2019 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2019.
- [7] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴 2018 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2018.  
National Bureau of Statistics of China. China energy statistical yearbook of 2018 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2018.
- [8] 国家统计局. 中华人民共和国2019年国民经济和社会发展统



- 计公报 [EB/OL]. (2020-02-28) [2020-09-25].[http://www.gov.cn/xinwen/2020-02/28/content\\_5484361.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2020-02/28/content_5484361.htm).
- National Bureau of Statistics of China. Statistical Communiqué of the People's Republic of China on the 2019 national economic and social development [EB/OL]. (2020-02-28) [2020-09-25].[http://www.gov.cn/xinwen/2020-02/28/content\\_5484361.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2020-02/28/content_5484361.htm).
- [9] 国家能源局. 2014年能源工作指导意见[R]. 北京: 国家能源局, 2014.
- National Energy Administration. Guideline for energy work of 2014 [R]. Beijing: National Energy Administration, 2014.
- [10] 化化网煤化工. 中国现代煤化工项目分布图2020版 [R]. 北京: 化化网, 2020.
- Coal Chemical Industry of Anychemical. China modern coal-chemical project distribution map 2020 edition [R]. Beijing: Anychemical Net, 2020.
- [11] 姜从斌, 崔学军, 尚建选. 能源化工“金三角”产业发展调研报告(2019年) [M]. 北京: 化学工业出版社有限公司, 2020.
- Jiang C B, Cui X J, Shang J X. Energy and chemical “Golden Triangle” industry development research report (2019) [M]. Beijing: Chemical Industry Press Co., Ltd., 2020.
- [12] 综合组能源领域咨询研究. 能源“金三角”发展战略研究 [J]. 中国工程科学, 2015, 17(9): 18–28.
- The Comprehensive Research Group for Energy Consulting and Research. Strategy on the development of energy “Golden Triangle” [J]. Strategic Study of CAE, 2015, 17(9): 18–28.
- [13] 黄其励, 倪维斗, 王伟胜. 西部清洁能源发展战略研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2019.
- Huang Q L, Ni W D, Wang W S. Research on western China Clean energy development strategy [M]. Beijing: Science Press, 2019.
- [14] 肖宇, 彭子龙, 何京东, 等. 科技创新助力构建国家能源新体系 [J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(4): 385–391.
- Xiao Y, Peng Z L, He J D, et al. Science and technology innovation promotes construction of New national energy system [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(4): 385–391.