

# 能源革命推动西南地区共享发展战略研究

马洪琪<sup>1</sup>, 李伟起<sup>2</sup>, 迟福东<sup>1</sup>

(1. 华能澜沧江水电股份有限公司, 昆明 650214; 2. 清华四川能源互联网研究院, 成都 610213)

**摘要:** 西南地区是打赢精准扶贫攻坚战、实施生态保护战略的重点区域, 区域内水能、天然气资源极为丰富, 也是支撑“西电东送”“西气东输”的重要区域; 鉴于能源资源禀赋特征差异较大且能源品种互补, 推进区域内能源共享发展是西南地区能源革命的重大内容。本文将能源革命与西南地区区域发展战略相结合, 分析了能源革命推动西南地区共享发展的内涵, 论述了西南地区能源革命的战略定位与目标。研究提出, 能源革命推动西南地区共享发展的举措重在: 推进天然气基础设施建设, 推进煤炭高效开发与清洁化利用, 合理制定水电开发时序, 推进风光水多元化开发利用; 在后续发展方面, 完善水电消纳机制, 打破区域壁垒, 实施针对性财税政策, 资源和资本多元化并重, 加强环境保护, 注重高端智库建设与人才引进。

**关键词:** 能源革命; 西南地区; 共享发展; 清洁能源消纳

**中图分类号:** TK-9; T-9; F123 **文献标识码:** A

## Promoting Shared Development in Southwest China Through Energy Revolution

Ma Hongqi<sup>1</sup>, Li Weiqi<sup>2</sup>, Chi Fudong<sup>1</sup>

(1. Huaneng Lancang River Hydropower Inc., Kunming 650214, China; 2. Sichuan Energy Internet Research Institute, Tsinghua University, Chengdu 610213, China)

**Abstract:** Southwest China is a key area for winning the battle against poverty and pollution. Southwest China is rich in hydropower and natural gas resources; it is also a crucial region for supporting the West-to-East Power Transmission and West-to-East Natural Gas Transmission projects. The energy resources among the five provinces in Southwest China are varied and complement with one another; therefore, shared development is particularly important for the energy revolution in Southwest China. This study combines the energy revolution with the regional development strategy of Southwest China, and analyzes the connotation of promoting shared development through the energy revolution in Southwest China. The strategic positioning and objectives of the energy revolution in Southwest China are discussed. The strategic measures for the shared development include improving the nature gas infrastructure, promoting the efficient development and clean utilization of coal, optimizing the development sequence of hydropower, and encouraging the diversified development and utilization of wind, solar, and hydropower. Furthermore, several policy suggestions are proposed, including improving the hydropower consumption mechanism, breaking regional barriers, implementing preferential fiscal and tax policies, paying equal attention to resource and capital diversification, promoting environmental protection, and strengthening the construction of high-end think tanks and talent introduction.

**Keywords:** energy revolution; Southwest China; shared development; clean energy consumption

收稿日期: 2020-11-28; 修回日期: 2021-01-04

通讯作者: 李伟起, 清华四川能源互联网研究院副研究员, 研究方向为能源战略与低碳发展; E-mail: li\_wq@tsinghua.edu.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

西南地区包含四川省、重庆市、云南省、贵州省、西藏自治区,面积、人口、国内生产总值(GDP)分别占全国的26%、14%、11%,是我国七大自然地理分区之一[1];经济社会发展水平较发达地区有明显差距,人均收入偏低、脱贫攻坚任务较重。此外,西南地区单位GDP废水排放量、SO<sub>2</sub>排放量分别为国家平均水平的1.2倍、1.8倍,生态环境约束日益增强。然而,西南地区拥有极为丰富的水能、天然气资源,如四川省、云南省水电装机量之和占全国的40%以上,四川省、重庆市天然气基础储量占全国的30%;在“西电东送”“西气东输”等国家战略部署下,为东部地区发展提供了大量的清洁能源。

西南地区能源供需特征差异显著,互补优势明显。①四川省能源资源整体情况为:水资源、常规/非常规天然气资源丰富,煤炭资源有限,风能资源较贫乏,太阳能资源局部富集;电力、天然气外送比例分别达到44.4%、47.3%。②重庆市能源资源总体匮乏,属于一次能源匮乏地区,具有“贫煤少水、富气无油”的特征;天然气外调比例为16.4%,但电力调入比例达到55.8%。③云南省能源资源以水能、煤炭、太阳能、风能为主,水力、风光资源丰富,而煤炭资源、油气资源相对匮乏;云南省电力外调比例高达52.3%。④贵州省能源资源包括丰富的煤炭资源、一定规模的水能资源,但水能资源已基本开发完毕,煤炭产量呈下降趋势;煤炭、电力外调比例分别达到33.5%、78.2%[2]。⑤西藏自治区水电、光伏资源极为丰富,但受限于山高谷深的地形地理特征、高标准的生态环境保护,清洁能源开发利用相对困难。从优化资源配置的角度出发,实现西南地区能源资源的协调开发与利用,将比相关省份独立发展单一特色资源投入成本更低、综合效益更高,对于区域性能源结构优化、经济社会发展也有更强的带动作用。

西南地区既是西部大开发战略的重点区域,也是打赢精准脱贫攻坚战、实施生态保护战略的难点区域,更是长江经济带发展战略不可或缺的组成区域;需要统筹考虑经济社会、生态环境协调发展,全面分析西南地区能源革命的推进路径。本文以西南地区能源-经济-环境的基本特征和存在问题为

切入点,研究能源革命推动西南地区共享发展的战略举措和对策建议。

## 二、西南地区能源-经济-环境的基本特征

### (一) 清洁能源资源丰富,分布差异明显

西南地区水能资源丰富,技术可开发量为 $4.2 \times 10^8$  kW,集中在四川省、云南省、西藏自治区;天然气资源储量占全国的29%,集中在四川省、重庆市;煤炭储量占全国的10%,主要分布在贵州省;石油资源短缺,储量仅占全国的0.3%;太阳能资源局部较丰富,除云南省之外的地区风能资源整体贫乏。

### (二) 清洁能源生产占比高,终端部门能源消费结构尚需优化

2017年,西南地区(不含西藏自治区)一次能源产量构成中,一次电力(非化石)、天然气分别占到64%、13%,均大幅高于全国水平(16.8%、5.2%);一次能源消费结构清洁化程度较高,煤、油气、非化石能源的比例为42:26:32,优于全国平均水平(60:26:14)[3];终端部门能源消费结构尚需优化,煤在工业、住宿餐饮业的终端能源消费中的占比分别为47%、40%,次于全国平均水平(38%、23%)。

### (三) 能源自给率差异显著,但综合缺口不大

西南地区综合能源自给率为88.4%;电力、天然气输出特征明显,自给率分别为126%、114%;石油消费基本依赖区外调入,自给率仅为0.1%;煤炭生产、消费量基本对等,自给率为94%。根据相关省市的“十三五”能源发展规划数据:四川省综合能源自给率为82%,输出电力、天然气,调入煤、石油;重庆市综合能源自给率为45%,煤、石油、天然气、电力均需调入;云南省综合能源自给率为109%,输出电力,调入煤、石油和少量天然气;贵州省综合能源自给率为139%,输出煤、电力,调入石油和少量天然气。

### (四) 整体经济发展水平不高,生态环境约束性逐步增强

2010—2018年,西南地区GDP从3.7万亿元

增长到 9.5 万亿元，年均增速高达 12.4%，高于全国水平（10.3%）[3,4]。然而，对比各省市 GDP（见图 1），除四川省处于较靠前位置（全国排名第 6 位）外，其余省市均处于靠后位置。西南地区仍属于欠发展地区，贫困人口数量多、人均收入低于全国平均水平、工业化进程落后。在生态环境方面，西南地区整体状况良好，其中云南省最优；但大气、水、土壤等环境污染问题趋于显现，部分地区生态脆弱、自然灾害频发、水土流失和石漠化现象明显、森林覆盖率下降、矿区污染未能缓解。

### 三、西南地区推进能源革命的必要性

#### （一）能源系统的多重结构性问题突出

西南地区能源消费集中于高耗能行业，产出附加值低，能源消费结构需要调整。例如，“十二五”时期，云南省六大高耗能行业的能源消费量占到能源消费总量的 70%。部分地区传统能源产能过剩、投资需求旺盛的矛盾突出，如水电生产结构性矛盾亟需解决，有调节能力的龙头水库建设相对滞后；除云南省已建成的小湾、糯扎渡等具备多年调节能力的水电站外，地区水电的调节能力不足 [3]。煤炭产业集聚化水平偏低，存在相当数量的小煤矿，而煤炭开采的智能化、信息化建设滞后；煤制烯烃、煤制清洁燃料等新型煤化工产业发展较慢，能源清

洁利用的结构多样化需进一步提高。

#### （二）能源系统运行存在问题，整体效率亟待提升

西南地区能源粗放式利用状况尚未得到根本性转变。能源加工转换、储运与终端利用的综合效率较低，电力、热力、燃气等不同供能系统集成互补、梯级利用程度不高，需求侧节能、用户响应机制尚未建立。电力统筹调度效率不高，电力运行峰谷差较大，电网所需备用容量较高，水电送出线路距离长、线损高、利用小时数不充分。天然气储气调峰设施不足，用气高峰、低谷时段不均衡，调峰压力较大。

#### （三）清洁能源消纳面临双重挑战

增加水电消纳是落实我国减少 CO<sub>2</sub> 排放目标的重要方向，而当前西南地区清洁能源消纳仍面临挑战。受端地区接受意愿低、跨区输电通道能力不足，是制约西南地区清洁能源消纳的重要因素。“十三五”时期，西南地区出现了严重的弃水现象。例如，2017 年四川省理论弃水电量为 4.19×10<sup>10</sup> kW·h，考虑当年实际来水情况则弃水电量超过 5.0×10<sup>10</sup> kW·h，其中调峰弃水电量 1.4×10<sup>10</sup> kW·h（见图 2）；2018 年云南省弃水电量为 1.75×10<sup>10</sup> kW·h，2019 年以后弃水情况有所好转。究其原因，一方面是受端省份在经济下行的大背景下，往往从自身经

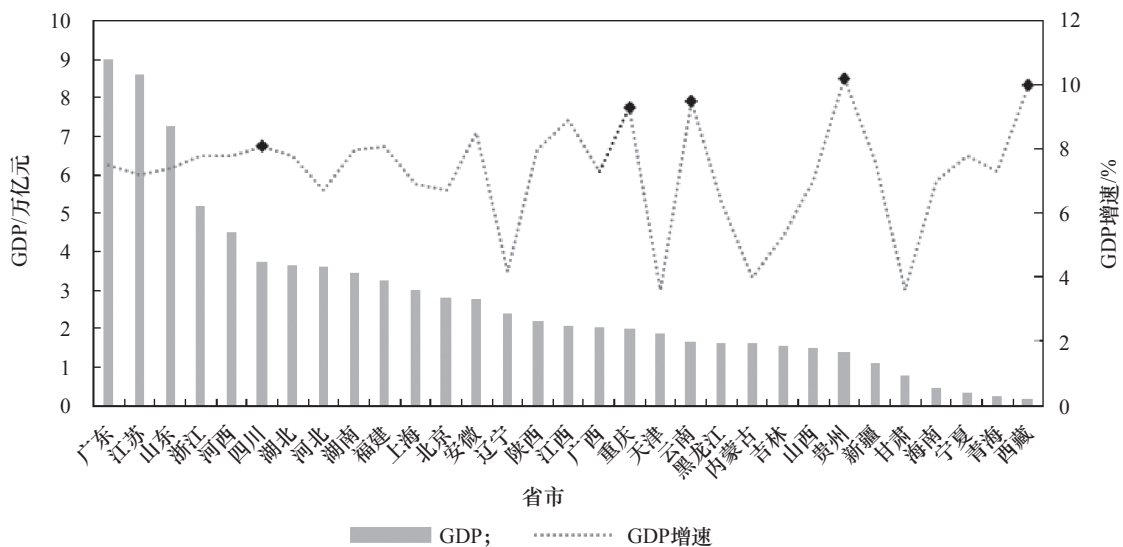


图 1 全国各省市 GDP 及 GDP 增速对比（2017 年）

济发展需要、保护本地企业利益出发而倾向本地建设电源项目,进而造成当地用电市场饱和,故接纳外来水电的意愿不强;另一方面是跨区电力输送通道能力制约了水电外送消纳数量,大型电力外送工程通常涉及地域广、影响范围大、利益牵扯复杂,其筹划、建设涉及众多机构,通道未能及时按期投入运营制约了外送消纳能力。

#### (四) 水电开发成本不断攀升与电价预期不断降低的矛盾日益突出

“西电东送”虽是国家战略,但国家层面的统筹规划和协调监管仍需加强,清洁能源跨区配置的政策体系尚待完善。四川省、云南省水电机组平均上网电价远低于各受电端省市的燃煤、燃气机组平均上网电价(见图3)。西南地区后续水电开发面临诸多挑战:建设成本持续增加,工程建设技术难度大,移民安置等投入成本不断上升,生态环境约束不断增强,这些因素的影响将进一步拉高后续水电开发成本。与此同时,用电端市场对于降低电价的诉求也在增强,为西南地区后续水电开发与外送带来严峻挑战。

#### (五) 区域间壁垒依然制约能源综合利用

西南地区各省份之间尚未开展充分协调,仅根据各自区域发展制定了能源和电力规划;跨省份的资源共享力度薄弱,间接导致西南地区丰富且清洁的水电、天然气资源尚未得到高效利用。在电力供应相对过剩的情况下,各省份希望通过电量市场化交易来降低企业用电成本、促进当地经济增长。区

域间壁垒存在的根本原因在于体制机制不畅,应继续深化全国能源系统“一盘棋”布局,在更高层面推动西南地区电力市场建设,为水电、天然气送出寻求更大的消纳空间。

### 四、能源革命推动西南地区共享发展战略

#### (一) 能源革命推动西南地区共享发展的内涵

分析西南地区能源供需现状、推进能源革命的必要性可以发现,地区内省份的能源资源具有优势互补性;从国家战略布局来看,西南地区仍具有清洁电力输出、天然气输送中转的重要地位;随着西南地区的经济发展,自身能源需求将不断增加,清洁能源外送量将逐渐下降。

能源革命推动西南地区共享发展,核心是清洁能源资源的共享,并以此带动经济社会、生态环境的可持续发展,进而实现经济社会发展、生态环境保护的充分共享。在清洁能源共享方面,考虑各省份长期能源需求的差异,分阶段推进清洁能源资源的跨区域优化配置。在经济社会发展共享方面,通过发展清洁能源带动本区域相关产业,进而促进就业增长、税收增加、贫困改善、基础设施完善,最终实现经济社会的均衡发展。在共享清洁能源方面,促进地区污染物和温室气体减排,兼顾地区的清洁低碳化服务和全国的生态文明建设。

具体到区域层次,西南地区共享发展存在两层内涵:①区域内的共享,应分阶段推进区域内能源资源配置优化,涵盖西南地区水电、风电、光电、天然气,通过区域内共享实现西南省份的能源互惠

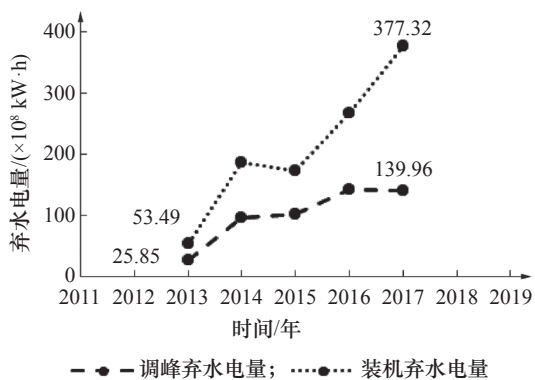


图2 四川省年弃水量变化趋势

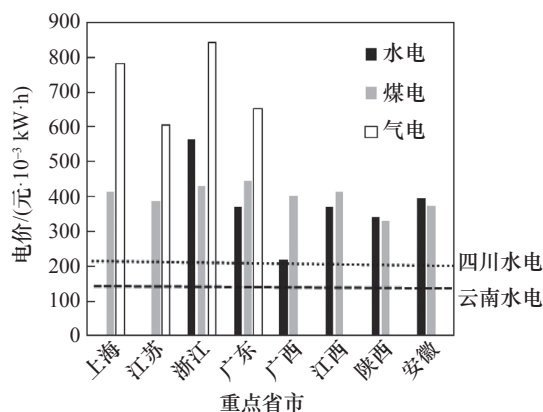


图3 2017年重点省市发电企业平均上网电价对比



互通；②全国范围内的共享，将西南地区的优势能源资源放到国家层面进行优化配置，共享国家经济发展成果，带动西南地区高质量发展和共同富裕。

### （二）西南地区能源革命的战略定位和目标

#### 1. 西南地区能源革命的战略定位

通过努力，将西南地区建设成为：高比例清洁能源消纳的示范区，国家清洁能源基地，能源清洁低碳发展先行者，其他地区低碳转型重要支撑者，区域能源协调共享排头兵，新型能源技术创新与产业培育中心。

#### 2. 西南地区能源革命的目标

能源消费结构进一步升级。能源清洁化、低碳化程度明显提高，煤、油气、非化石能源的消费比例从2020年的4:3:3发展到2035年的3:3:4、2050年的2:3:5。

经济社会持续健康发展。到2035年，基本实现社会主义现代化，人均GDP达到2018年北京、上海等一线城市水平；中等收入群体比例明显提高，城乡区域发展差距、居民生活水平差距显著缩小。到2050年，全面建成社会主义现代化，经济社会发展水平全面提升，居民共同富裕格局基本实现。

污染物和温室气体排放显著降低。到2035年，NO<sub>x</sub>排放、SO<sub>2</sub>排放相比2017年分别减少10%、20%，温室气体排放量在2030年前后达到峰值。作为全国清洁低碳发展的重要贡献者，2035年全国贡献的CO<sub>2</sub>减排量相当于2020年我国CO<sub>2</sub>排放总量的10%。

### （三）能源革命推动西南地区共享发展的重点举措

#### 1. 推动天然气基础设施建设，推进川渝天然气共享

完善以四川省、重庆市为中心的西南地区天然气管网系统，加强两省市向贵州省的天然气管网输出设施建设。建立西南地区天然气调配支撑系统，加快天然气储运基础设施建设，探索利用贵州省废弃煤矿建设天然气地下储气库。打通西南气区畅通的外输通道，实施西南连通中部、长三角地区的大型输气管道工程建设。

#### 2. 推进煤炭高效开发与清洁化利用

推动煤炭的清洁高效开发利用，示范和推广煤

炭智慧化开采，促进高新技术密集型行业的发展。稳步实施燃煤电厂生物质掺烧，降低煤电的碳排放，最大限度发挥煤电原有设备的作用，提升经济性并保留煤电的可靠、稳定、灵活可调等技术优势。

#### 3. 优化水电开发时序，研究藏电外送

合理制定水电开发时序，加快澜沧江上游1×10<sup>7</sup>千瓦级清洁能源基地建设，研究藏电外送的技术可行性。2030年前，重点将金沙江上游、澜沧江上游水电经由特高压直流输电系统输送至华中、华南地区；2030年后，重点开发雅鲁藏布江“大拐弯”大型水电，以之作为“西电东送”的接续电源。

#### 4. 推进“风光水”多元化开发利用，提高清洁能源消纳比例

在推进水电开发的同时，有序规划建设风电、光伏发电基地，形成“风光水”互补的现代电力系统。发挥流域水电整体调节性能，提升电网对风电、光伏发电的消纳能力。发展可再生能源电解水制氢及储能设施，带动西南地区能源产业升级。

## 五、对策建议

### （一）完善水电消纳机制，凸显水电清洁、低碳价值

建议探索建立龙头水库调节功能补偿、资产收益扶持、设立发展基金等水电开发利益共享机制，注重西南地区各省份的经济协调发展，以水电开发促进移民脱贫致富。按照市场化模式扶持和加快龙头水库建设，合理设立有关龙头水库、可调节库容的补偿方式，同步推动流域梯级电站的联合调度。完善西南地区水电上网电价形成机制，按照“政府+市场”“成本+社会/生态效益”的定价模式，建立市场与电网能接纳、发电企业能承受、水电发展有后劲、区域发展有实惠的电价机制，更好体现水电的清洁能源价值。

### （二）打破区域壁垒，促进清洁能源共享消纳

建议加强国家层面的政策引导，合理优化西南地区经济社会发展的考核机制，倡导绿色GDP概念，提高地区内各省份积极消纳清洁能源的主观意愿。西南地区五省份分属两个电网公司，可推动“两网”的物理连接以及结算、交易制度统一，突破电网之间、省际之间传统的自我发展思维模式，

在全国能源系统“一盘棋”的战略部署下进行资源优化配置,由此切实推动西南地区的共享发展。优化国家能源规划布局,研究建立区域级能源调度中心、能源统筹调度管理机制,打通西南地区各省份之间的管理边界,促进地区内的能源资源优化配置。

### (三) 实施针对性财税政策,鼓励清洁能源多元消纳

建议推进西南地区煤炭分散利用模式,对传统高耗能产业的落后产能征收污染物排放费,为技术先进的煤改电和煤改气企业提供税收优惠、财税补贴、奖励政策。研究制定支持西南地区工业燃料升级改造政策,支持向燃煤锅炉、窑炉改用天然气的企业提供优惠贷款、土地收益返还。参照清洁能源汽车支持政策,对在西南地区发展电动汽车、液化天然气船舶的企业,给予充电桩和加气站的建设、运营补贴与税收优惠。

### (四) 资源和资本多元化并重,扩大页岩气规模化开发利用

建议引导西南地区资源类企业及其他社会资本进入油气上游开发领域,鼓励投资主体的多元化,支持社会资本、民间资本进入油气勘探开发领域。以国家能源局《页岩气发展规划(2016—2020年)》为指引,践行非常规天然气“先上产后增储”理念。依拖政策支持、技术进步、机制改革,加快实施页岩气勘探开发核心技术攻关,打牢页岩气产业发展的资源、技术、装备储备工作,稳步实施页岩气规模化开发利用。

### (五) 加强环境保护,改善环境污染

建议构建以改善大气环境质量为核心的大气污

染防治体系,落实西南地区各级政府、污染物排放主体的节能减排义务和责任。科学制定西南地区能源产业污染排放控制标准并严格实施。对于大气污染较为严重的区域,能源消费量大、污染物排放强度高的行业,建议实行更为严格的“三废”排放标准。实践并推广煤炭消费权、污染物排放权的交易管理制度,建立重污染天气应急预案。

### (六) 加强清洁能源高端智库和人才队伍建设

构建西南地区清洁能源发展高端智库,为西南地区推进能源革命、建设国家清洁能源基地提供科技支持和发展依据。建设一批国家级、省级重点科研和产业发展基地,注重优秀人才培养、创新团队建设,完善能源创新人才的培养模式和激励机制,为能源革命推进西南地区发展提供扎实的智力支持。

#### 参考文献

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴2019 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.  
National Bureau of Statistics of China. China statistical yearbook 2019 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2019.
- [2] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴 2016 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2017.  
Department of Energy Statistics, National Bureau of Statistics of China. China energy statistical yearbook 2016 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2017.
- [3] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴2019 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.  
Department of Energy Statistics, National Bureau of Statistics of China. China energy statistical yearbook 2019 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2019.
- [4] 国家统计局. 中国统计年鉴2011 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.  
National Bureau of Statistics of China. China statistical yearbook 2011 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2011.