



中国·内蒙古现代能源经济发展指数报告 (2022)

——步入构建现代能源体系新阶段

中国经济信息社
内蒙古自治区能源局
2022年12月

引言

经过多年发展，世界能源转型已由起步蓄力期转向全面加速期，正在推动全球能源和工业体系加快演变重构。同时，我国也步入构建现代能源体系新阶段。

内蒙古现代能源经济近年发展迅速，供应保障能力不断增强，煤炭在产产能占全国总产能 1/4 以上，电力总装机、发电量、外送电量、天然气产量、煤制气产量、原油产量、煤制油产量、均有不同幅度增长。能源结构调整步伐加快，内蒙古并网新能源装机远高于全国平均水平。内蒙古正步入现代能源体系新阶段。

习近平总书记在参加十三届全国人大一次会议内蒙古代表团审议时发表重要讲话指出，要把现代能源经济这篇文章做好，紧跟世界能源技术革命新趋势，延长产业链条，提高能源资源综合利用效率。

2020 年，内蒙古自治区能源局与中国经济信息社，聚焦内蒙古现代能源经济发展特征，围绕低碳转型、经济高效、创新驱动、社会贡献四个维度构建综合评价体系，通过评价体系发现产业发展瓶颈，探索产业高质量发展路径，为内蒙古现代能源经济发展工作提供决策参考。

本报告作为第三期成果，对部分二、三级指标予以调整优化，在保持连续性的同时，以“步入构建现代能源体系新阶段”为年度主题，重点突出在新阶段内蒙古现代能源经济发展成果，为统筹优化内蒙古现代能源经济工作提供参考。

作为阶段性研究成果，报告难免有不足之处，我们将不断修正、优化。

内蒙古现代能源经济发展指数编委会

2022年12月

目录

| | |
|---|----|
| 一、 时代背景 | 5 |
| 二、 总指数结果 | 9 |
| 三、 分项指数：低碳转型 | 11 |
| （一） 清洁供给子指数在新能源带动下持续上升 | 12 |
| （二） 低碳消费子指数增长缓慢 发展潜力有待挖掘 .. | 14 |
| （三） 生态碳汇子指数平稳运行 | 15 |
| 四、 分项指数：经济高效 | 18 |
| （一） 效率提升子指数整体保持较高水平 | 19 |
| （二） 产业发展子指数显著上升 能源工业蓬勃发展 .. | 22 |
| （三） 体制优化子指数彰显市场主体活力 | 23 |
| 五、 分项指数：创新驱动 | 26 |
| （一） 创新投入子指数增速明显放缓，创新潜力待加强 | 27 |
| （二） 创新产出子指数同比增长 14.39% 保持匀速增长 | 28 |
| 六、 分项指数：社会贡献 | 30 |
| （一） 能源保障子指数稳步增长 有效发挥能源和战略资源 基地作用 | 31 |
| （二） 社会民生子指数整体呈上升态势 | 32 |
| （三） 国际合作子指数 2021 年回升显著 | 34 |
| 七、 对策建议 | 36 |

| | |
|-------------------------------|----|
| (一) 推动能源生产 消费方式绿色变革 | 36 |
| (二) 科技创新驱动能源高质量发展 | 37 |
| (三) 进一步提高效率 壮大能源经济 | 38 |
| (四) 夯实能源生产基础 扛稳能源安全重任 | 40 |
| 八、内蒙古现代能源经济发展实践场景 | 42 |
| 附录：中国·内蒙古现代能源经济发展指数编制方法 | 47 |
| (一) 总体思路 | 47 |
| (二) 指数内涵 | 47 |
| (三) 设计原则 | 49 |
| (四) 指标体系 | 50 |
| (五) 数据处理 | 53 |
| (六) 模型计算 | 54 |
| (七) 指数计算 | 58 |

核心观点

内蒙古现代能源经济发展指数，遵循“把现代能源经济这篇文章做好，紧跟世界能源技术革命新趋势，延长产业链条，提高能源资源综合利用效率”的理念，为区域经济高质量发展提供“数字工具”和“参照标准”。

内蒙古现代能源经济发展水平增长显著。指数运行结果显示，内蒙古深入贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，围绕“四个革命、一个合作”能源安全新战略，推进能源供给侧结构性改革，能源发展质量不断提高，转型发展取得显著成效。

2021年，内蒙古现代能源经济发展指数达136.82点，同比增长23.45%

内蒙古现代能源经济发展指数通过低碳转型、经济高效、创新驱动和社会贡献四个维度，衡量内蒙古现代能源经济发展水平。2021年，内蒙古现代能源经济发展指数达136.82点，同比增长23.45%，年均复合增长11.02%，在错综复杂的国内外形势下彰显了内蒙古现代能源经济的活力和增长潜力。

从分项指数来看，低碳转型和创新驱动呈现稳步增长，经济高效和社会贡献2021年克服内外部因素影响取得迅速上升。2021年，低碳转型和创新驱动两支分项指数分别达128.96点和131.17点，同比增长10.17%、5.93%，年均复合增长8.85%和9.47%；经济高效和社会贡献分别达141.87和146.00，同比上升37.42%

和 46.25%，彰显能源经济发展活力。

低碳转型分项指数同比增长 10.17%，清洁供给子指数上升趋势较为明显，低碳消费和生态碳汇子指数增长相对稳定

低碳转型分项指数主要从能源供给清洁化、能源消费低碳化、生态碳汇三方面选取核心指标，衡量内蒙古能源工业低碳转型水平。2021 年低碳转型分项指数为 128.96 点，同比增长 10.17%，年均复合增长率为 8.85%。其中清洁供给子指数上升趋势较为明显，2021 年达 151.09 点，同比增长 16.07%，带动分项指数上升；低碳消费、生态碳汇子指数增长相对稳定，2021 年分别收于 101.66 点、103.26 点。在“碳达峰、碳中和”的历史背景下，内蒙古应根据经济社会发展实际情况着力推动优化能源结构，加快发展方式绿色转型，让绿色成为发展底色。

经济高效分项指数同比增长 37.42%，产业发展和体制优化子指数 2021 年出现大幅提升，效率提升子指数稳步增长

经济高效分项指数由效率提升、产业发展、体制优化三项子指数构成，量化评估内蒙古现代能源经济发展水平。2021 年经济高效分项指数为 141.87 点，同比增长 37.42%，年均复合增长率为 12.36%。其中产业发展与体制优化子指数 2021 年上升趋势明显，分别同比增长 84.00%和 40.57%，带动分项指数大幅上升；效率提升子指数平稳缓慢增长，2021 年收于 108.37 点，同比增长 2.07%，年均复合增长 2.71%。

创新驱动分项指数同比增长 5.93%，创新投入子指数增速放

缓，创新产出子指数稳步增长

创新驱动分项指数从创新投入、创新产出两个子指数对为内蒙古现代能源经济发展过程中的创新驱动水平进行量化评估。2021年创新驱动分项指数为131.17点，同比增长5.93%，年均复合增长率为9.47%。其中创新投入子指数2021年增速较前两年增速放缓，同比增长0.78%，是分项指数增速降低的主要因素；创新产出子指数匀速增长，2021年收于156.46点，年均复合增长16.09%。

社会贡献分项指数同比增长46.25%，能源保障子指数稳步增长，社会民生子指数总体呈上升态势，国际合作子指数2021年显著回升

社会贡献分项指数选取了能源保障、社会民生、国际合作三个子指数对能源工业社会贡献水平进行评估。2021年，社会贡献分项指数为146.00点，同比增长46.25%，年均复合增长率为13.44%。其中能源保障子指数稳步增长，年均复合增长14.36%，是分项指数增长的主要带动因素；社会民生子指数2021年达114.81点，同比增长5.19%，年均复合增长4.71%，在2019年达到峰值后整体呈上升态势；国际合作子指数2019-2020年出现下滑，2021年回升至178.77点，显著回升。

需从四方面提升内蒙古现代能源经济发展水平

报告从推动能源生产、消费方式绿色变革，科技创新驱动能源高质量发展，进一步提高效率、壮大能源经济，夯实能源生产

基础、扛稳能源安全重任四维度提出持续推动能源供给绿色低碳转型、推广绿色生产生活方式、强化创新驱动提升能源产业链整体效能、提升电力系统调节能力等 13 项具体建议。

场景聚焦：现代能源经济发展内蒙古实践

报告从煤炭清洁利用、新型能源体系建设、能源创新发展三方面展现内蒙古现代能源经济发展实践场景，以期为全国提供现代能源经济的内蒙古实践经验。

一、 时代背景

我国步入构建现代能源体系新阶段

能源对国计民生和国家安全至关重要，构建现代能源体系对我国能源产业发展意义重大。国家发改委、国家能源局印发的《“十四五”现代能源体系规划》提出，2035年，我国能源高质量发展取得决定性进展，基本建成现代能源体系。

党的二十大报告指出，实现碳达峰碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。立足我国能源资源禀赋，加快构建现代能源体系，既是保障国家能源安全，力争如期实现碳达峰、碳中和的内在要求，也是推动实现经济社会高质量发展的重要支撑。

近年来，在“四个革命、一个合作”能源安全新战略指引下，我国能源高质量发展迈出了新步伐。2021年，我国能源保障更加安全有力，煤炭产量达到41.3亿吨，大型煤矿产能占全国总产能的70%以上；可再生能源发电装机历史性突破11亿千瓦，占总装机的比重达到45.8%；可再生能源发电量达到2.49万亿千瓦时，占全社会用电量的29.9%；建成33条交直流特高压线路，“西电东送”规模超过2.9亿千瓦；抽水蓄能电站装机规模达到4000万千瓦；新型储能累计装机超过400万千瓦；油气总产量增长至3.65亿吨油当量；原油产量实现连续3年回升，天然气产量实现连续5年增产超过100亿方。

能源低碳转型取得积极成效，系统效率进一步提升。2021年，我国国内生产总值（GDP）二氧化碳排放比2020年降低3.8%，

单位 GDP 能耗比 2020 年下降 2.7%；非化石能源占一次能源消费比重达到 16.6%；清洁能源占能源消费总量的比重达到 25.5%，较 2020 年提高 1.2 个百分点，煤炭消费比重降至 56.0%，较 2020 年下降 0.9 个百分点，全国非化石能源发电装机首次超过煤电，装机容量达到 11.2 亿千瓦，水电、风电、光伏装机均超过 3 亿千瓦；北方地区清洁取暖率达 73.6%，累计替代散煤超过 1.5 亿吨，对降低 PM2.5 的浓度、改善空气质量的贡献率超过 1/3。

普遍服务水平持续提升。截至 2021 年，我国在发展中国家率先实现人人有电用；建成 2636 万千瓦光伏扶贫工程，惠及 6 万个贫困村、415 万户贫困户；持续优化用电营商环境，全面推行用电报装“三零”“三省”服务，累计为用户节省办电投资超过 1500 亿元；在世界银行全球营商环境评价中，我国“获得电力”指标排名大幅上升到第 12 位，跻身于“全球最佳实践行列”。

内蒙古率先探索现代能源经济发展路径

习近平总书记连续 5 年参加全国两会内蒙古代表团审议，叮嘱内蒙古要把现代能源经济这篇文章做好；内蒙古要建设国家重要能源和战略资源基地。

牢记总书记嘱托，内蒙古聚焦做好现代能源经济这篇文章，率先探索现代能源经济发展路径，深入推进能源革命，建设国家现代能源经济示范区，推动内蒙古由化石能源大区向清洁能源大区转变，走以生态优先、绿色发展为导向的高质量发展新路子不断破题解题、见行见效。

内蒙古紧跟世界能源技术革命新趋势，提高能源资源综合利用效率，加快形成多种能源协同互补、综合利用、集约高效的供能方式，在全国率先开展源网荷储、风光火储一体化示范，配套建设了现代能源产业园区。区内 1/3 以上电力装机来自风电、光电等新能源，内蒙古成为全国最大新能源基地。

作为国家重要能源和战略资源基地，内蒙古能源生产总量约占全国 1/6，外输能源占全国跨区能源输送总量 1/3，在保障全国能源供应和经济发展格局中具有重要战略地位。能源作为内蒙古支柱产业，贡献了 50%以上的工业增加值和税收，对促进内蒙古边疆稳定和经济繁荣具有举足轻重作用。

新阶段，内蒙古面临的机遇与挑战

经过多年发展，世界能源转型已由起步蓄力期转向全面加速期，正在推动全球能源和工业体系加快演变重构，结构低碳化、系统多元化、产业智能化、供需多极化特征愈发明显。我国也步入构建现代能源体系的新阶段，能源安全保障进入关键攻坚期，能源低碳转型进入重要窗口期，现代能源产业进入创新升级期，能源普遍服务进入巩固提升期，实现碳达峰碳中和成为广泛而深刻的经济社会系统性变革。

党的二十大将碳达峰、碳中和放到重要位置。作为能源大省，内蒙古在碳达峰、碳中和方面的工作任重道远。同时，内蒙古能源产业仍面临能源供应保障责任重大、绿色低碳转型任务艰巨、发展模式升级挑战严峻、创新驱动发展不足等压力。

内蒙古要抓住历史性新机遇，以能源资源为核心要素带动上下游相关产业发展，推动比较优势向发展优势转化，实现区域经济高质量发展，在全国现代能源经济发展中率先取得突破。

二、 总指数结果

为进一步刻画内蒙古在现代能源体系新阶段现代能源经济发展成果，内蒙古现代能源经济发展指数通过低碳转型、经济高效、创新驱动和社会贡献四个维度¹，衡量内蒙古现代能源经济发展水平。

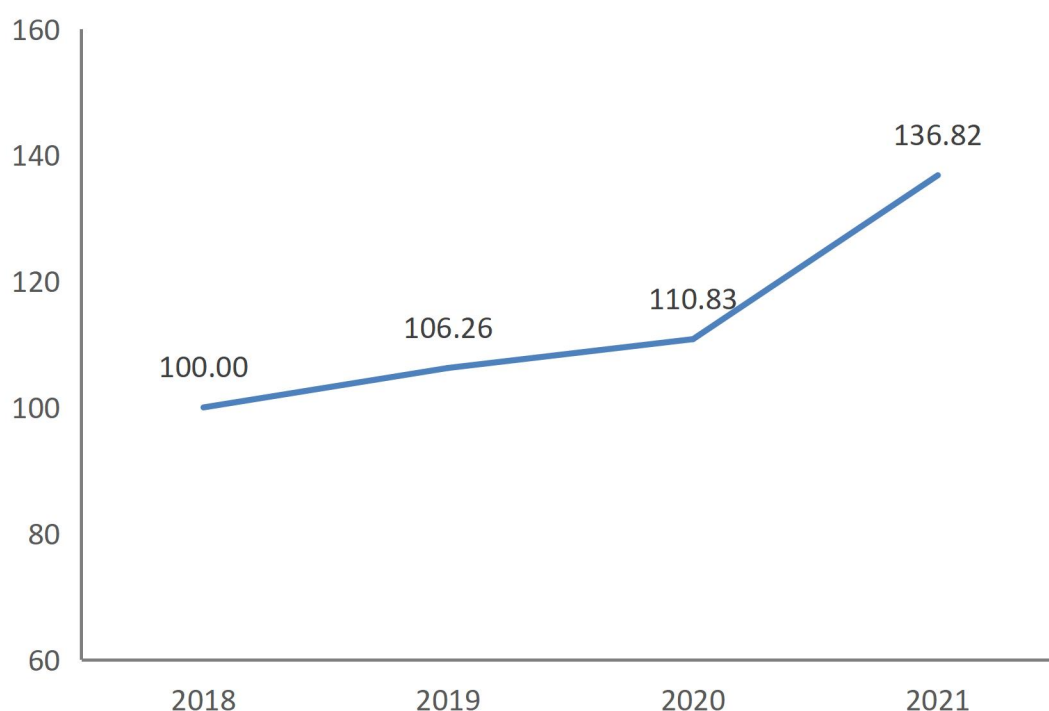


图1 中国·内蒙古现代能源经济发展指数走势图（单位：点）

内蒙古现代能源经济发展水平增长显著。指数结果显示，内蒙古深入贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，围绕“四个革命、一个合作”能源安全新战略，推进能源供给侧结构性改革，能源发展质量不断提高，转型发展取得显著成效。2021年，内蒙古现代能源经济发展指数达136.82点，同比增长23.45%，

¹ 四个维度分别与《“十四五”现代能源体系规划》（简称《规划》）中经济指标相对应，其中，“低碳转型”对应《规划》中加快推动能源绿色低碳转型内容；“经济高效”对应《规划》中加快推动能源绿色低碳转型、优化能源发展布局和增强能源治理效能内容；“创新驱动”对应《规划》中提升能源产业链现代化水平内容；“社会贡献”对应《规划》中增强能源供应链稳定性和安全性、优化能源发展布局和构建开放共赢能源国际合作新格局内容。

年均复合增长 11.02%，在错综复杂的国内外形势下彰显了内蒙古现代能源经济的活力和增长潜力。

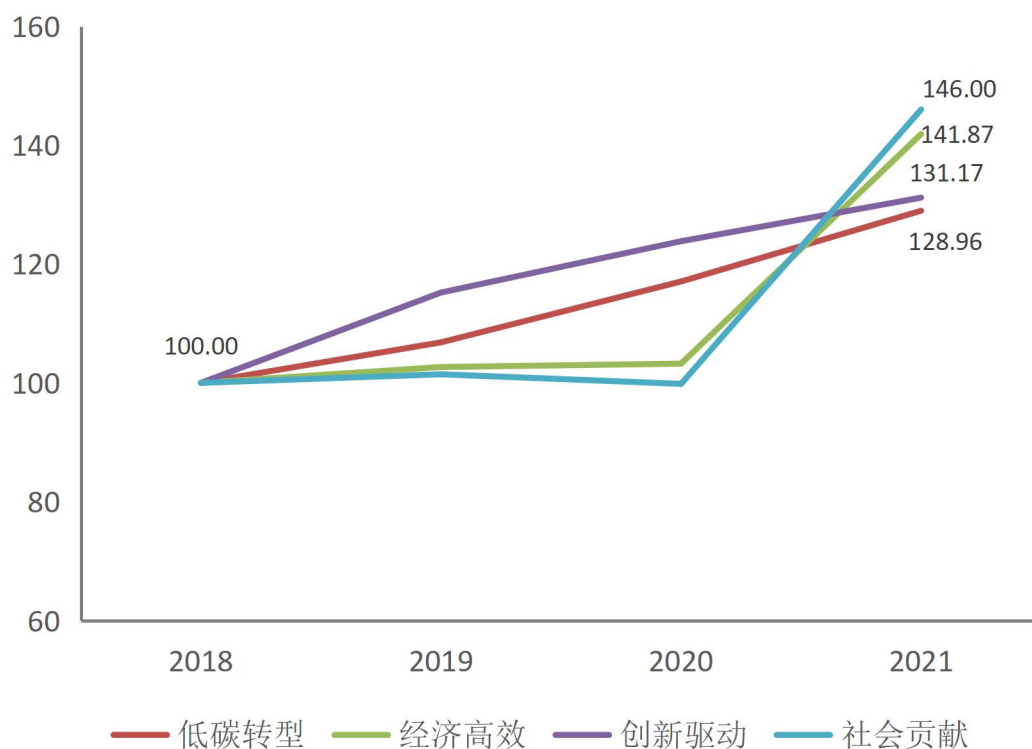


图 2 中国·内蒙古现代能源经济发展指数分项指数走势图（单位：点）

从分项指数来看，低碳转型和创新驱动呈现稳步增长，经济高效和社会贡献 2021 年克服内外部因素影响取得迅速上升。2021 年，低碳转型和创新驱动两支分项指数分别达 128.96 点和 131.87 点，同比增长 10.17%、5.93%，年均复合增长 8.85%和 14.39%；经济高效和社会贡献分别达 141.87 和 146.00，同比上升 37.42%和 46.25%，彰显能源经济发展活力。

三、分项指数：低碳转型

作为我国最大新能源生产基地和消纳利用地区，内蒙古把“低碳转型”作为社会经济发展的一项重要原则，持续推进煤炭、煤电绿色改造，推动能源清洁低碳高效利用，清洁发展水平不断提升。低碳转型分项指数主要从能源供给清洁化、能源消费低碳化、生态碳汇三方面选取核心指标，衡量能源工业发展运行的绿色化水平。

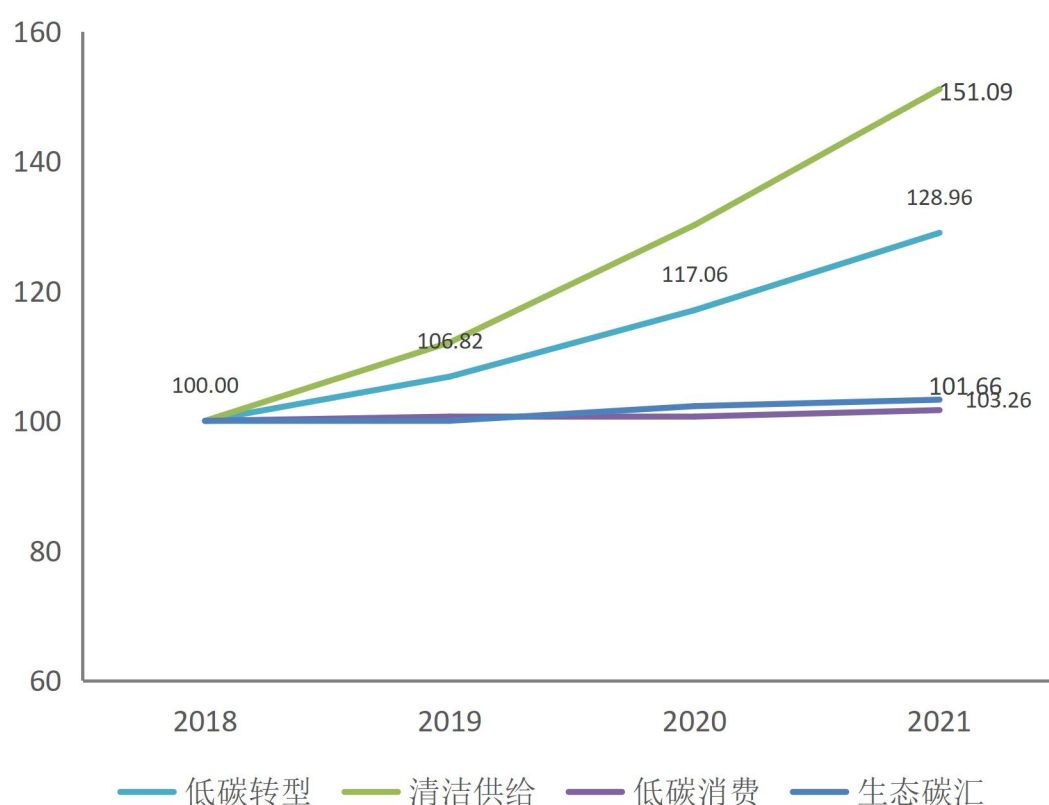


图3 低碳转型分项指数走势图（单位：点）

数据显示，2021年低碳转型分项指数为128.96点，同比增长10.17%，年均复合增长率为8.85%。其中，清洁供给子指数上升趋势较为明显，2021年达151.09点，同比增长16.07%，带动分项指数上升；低碳消费、生态碳汇子指数增长相对稳定，2021

年分别收于 101.66 点和 103.26 点。

节约集约循环发展成为下一步工作重点。2022 年内蒙古自治区政府工作报告提出科学构建碳达峰、碳中和政策体系，加强煤炭清洁高效利用，加大重点领域节能降碳力度，实行能耗强度严格控制、总量弹性管理。在政策引导下，内蒙古低碳消费子指数未来有望加速上升。

（一）清洁供给子指数在新能源带动下持续上升

2021 年，清洁供给子指数达 151.09 点，同比增长 16.07%，年均复合增长 14.75%。绿色矿山占比持续上升，新能源装机规模和发电量有序增长，清洁供给水平稳步提升。

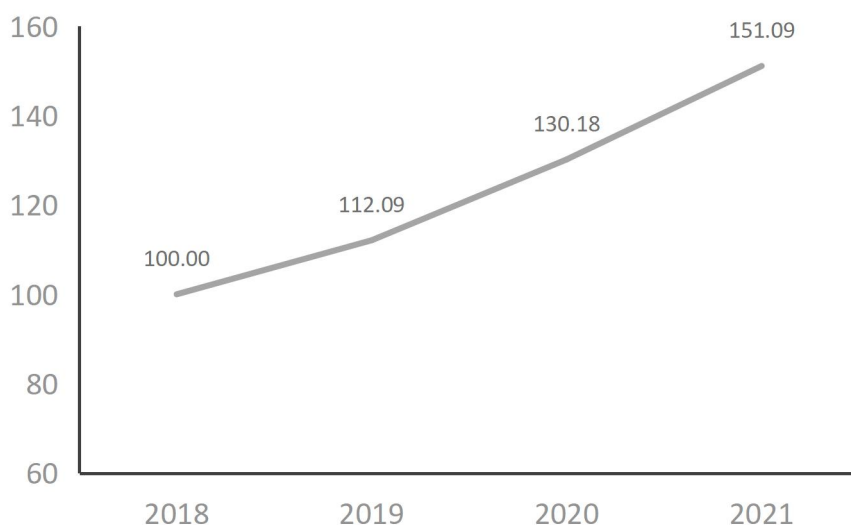


图 4 清洁供给子指数走势图（单位：点）

绿色矿山产能比重逐步扩大。作为我国北方重要生态安全屏障，内蒙古锚定生态优先、绿色发展，2017 年印发了全国首个以省级政府名义实施的绿色矿山建设方案。2020 年印发《内蒙古自治区矿山环境治理实施方案》，明确全面治理各类矿山环境

问题。2021年施行的《内蒙古自治区地质环境保护条例》，首次将绿色矿山建设纳入条例，绿色矿山建设的法治体系、制度标准日趋完善，截至2022年6月初，内蒙古各地已建成绿色矿山360家，其中包含47家国家级绿色矿山。

风电及太阳能装机容量和发电规模稳步增长。2021年，内蒙古发电装机容量15403万千瓦（6000千瓦及以上），其中，风电装机容量3993万千瓦，增长5.5%；太阳能发电装机容量1341万千瓦，增长14.0%。据内蒙古电力行业协会统计，2021年内蒙古6000千瓦以上电厂风力发电965.99亿千瓦时，同比增长33.04%；太阳能发电203.75亿千瓦时，同比增长13.07%。

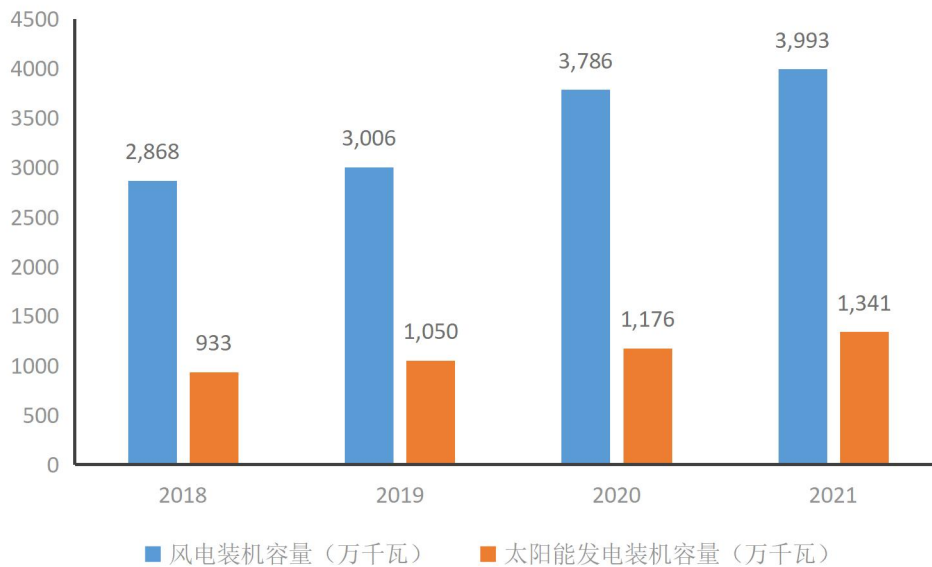


图5 内蒙古风电和太阳能发电装机容量（单位：万千瓦）

风电方面，风电设备平均利用小时数2429小时，2021年蒙西地区风电利用率91.1%，蒙东地区风电利用率97.6%，比2020年出现小幅下滑。光伏方面，光伏发电设备平均利用小时数1563

小时，出现下滑。

2021年12月29日，由三峡能源投资的三峡乌兰察布新一代电网友好绿色电站示范项目首批机组并入内蒙古电网。该项目是中国规模最大的“风光储”一体化项目，也是国内首个储能配置规模达到千兆瓦时的新能源场站。项目总建设规模200万千瓦，分为170万千瓦风电项目和30万千瓦光伏项目，配套建设55万千瓦*2小时储能系统，分为4个风光储单元，共计建设4个升压储能一体化站和1个智慧联合调度中心。

（二） 低碳消费子指数增长缓慢 发展潜力有待挖掘

低碳消费子指数增长缓慢，2021年收于101.66点，煤炭仍是全区能源消费构成的主要组成部分，低碳发展潜力有待进一步挖掘。

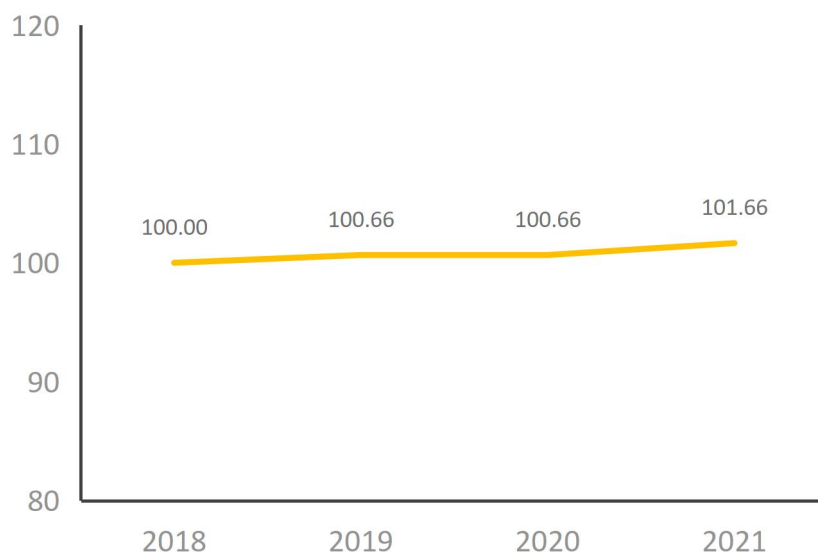


图6 低碳消费子指数走势图（单位：点）

新能源倍增行动扎实推进。2021年，内蒙古非水可再生能源

源电力消纳 890 亿千瓦时，占比达 22.5%，实际完成情况超出下达最低权重指标 3 个百分点，在装机规模上升情况下，消纳水平稳中有升，行业发展健康有序。截至 2021 年底，内蒙古新能源总装机达 5446 万千瓦，占电力总装机比重达 35.2%，新能源发电量 1191 亿千瓦时，占总发电量的比重为 19.8%。

同时，内蒙古推进控煤减碳，严控“两高”项目不合理用电，深入推进煤电机组节能降耗，完成煤电节能改造 848 万千瓦，持续推动绿色低碳转型。

非化石能源消费比重有待进一步提升。“十三五”期间，内蒙古能源结构进一步优化，非化石能源消费占比提高 2.7 个百分点，《内蒙古自治区“十四五”能源发展规划》将煤炭消费实现零增长、消费占比降低到 75%以下、非化石能源消费比重达到 18%列为内蒙古“十四五”时期发展目标，低碳消费子指数未来有望加速上升。

2021 年 10 月 12 日，在“2021 鄂尔多斯零碳产业峰会”上，鄂尔多斯政府和远景科技集团共同发布消息称，全球首个零碳产业园落地鄂尔多斯下辖旗伊金霍洛旗。

伊金霍洛旗计划“十四五”期间推广应用氢能重卡 5500 辆，其中，为了确保氢能持续稳定供给，伊金霍洛旗规划了 28 处加氢站，目前已完成选址工作。

（三）生态碳汇子指数平稳运行

生态碳汇子指数平稳运行，2021 年收于 103.26 点。内蒙古

森林和草地资源丰富，天然草原面积占全区 3/4 的国土面积，是我国生态碳汇大省。据测算，内蒙古生态碳汇总量位居全国第三，约占全国总量的 6.8%。

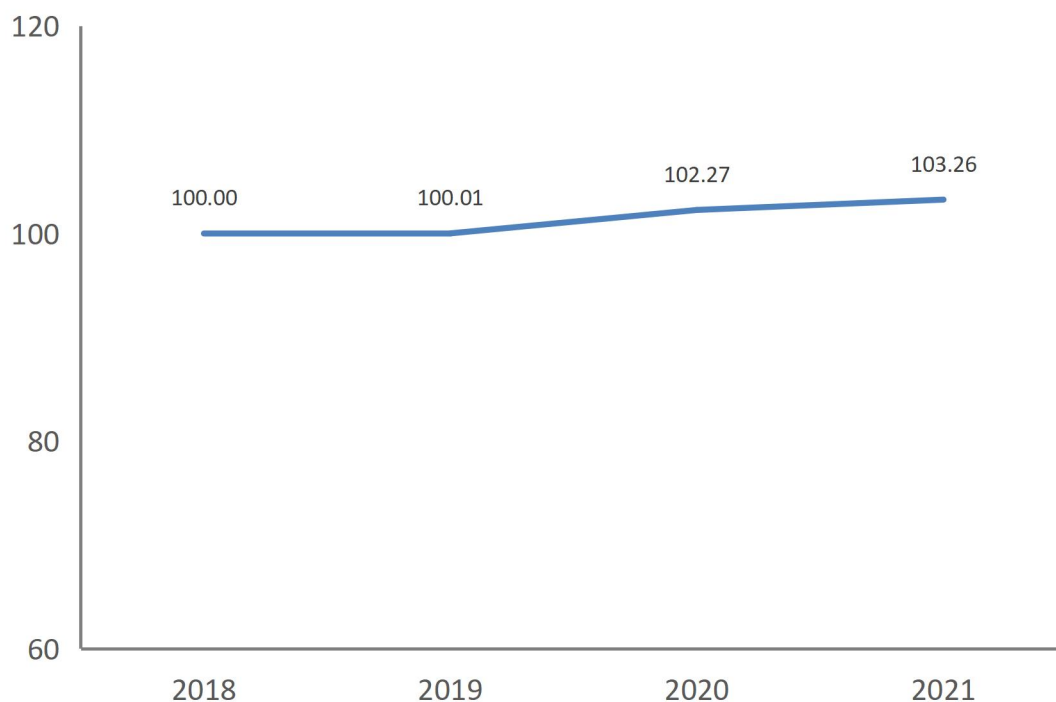


图 7 生态碳汇子指数走势图（单位：点）

2022 年 11 月，内蒙古自治区党委、内蒙古自治区人民政府印发《内蒙古自治区碳达峰实施方案》，《实施方案》立足内蒙古实际，提出了“十四五”“十五五”两个碳达峰关键期的主要目标。到 2025 年，非化石能源消费比重提高到 18%，煤炭消费比重下降至 75%以下，自治区单位地区生产总值能耗和单位地区生产总值二氧化碳排放下降率完成国家下达的任务。到 2030 年，非化石能源消费比重提高到 25%左右，自治区单位地区生产总值能耗和单位地区生产总值二氧化碳排放下降率完成国家下达的任务，顺利实现 2030 年前碳达峰目标。

《实施方案》将碳达峰贯穿于内蒙古经济社会发展全过程、各领域，明确重点实施“碳达峰十二大行动”，主要包括能源绿色低碳转型行动、节能降碳增效行动、工业领域碳达峰行动、农牧业绿色发展行动、城乡建设碳达峰行动、交通运输绿色低碳行动、循环经济助力降碳行动、绿色低碳科技创新行动、碳汇能力巩固提升行动、绿色低碳全民行动、梯次有序碳达峰行动、碳达峰碳中和试点示范创建行动等。

四、分项指数：经济高效

高效是现代能源经济的重要特征，要求能源产业的各个环节充分利用现有技术，向着更高质量、更有效率的方向发展。以能源资源为核心流动要素构建产业链，并使能源资源的效能在价值链循环流动中得到充分的发挥和利用（即价值链的延伸和增值），是内蒙古现代能源经济发展的重中之重。综合数据可得性后，经济高效分项指数由效率提升、产业发展、体制优化三项子指数构成，量化评估内蒙古现代能源经济发展水平。

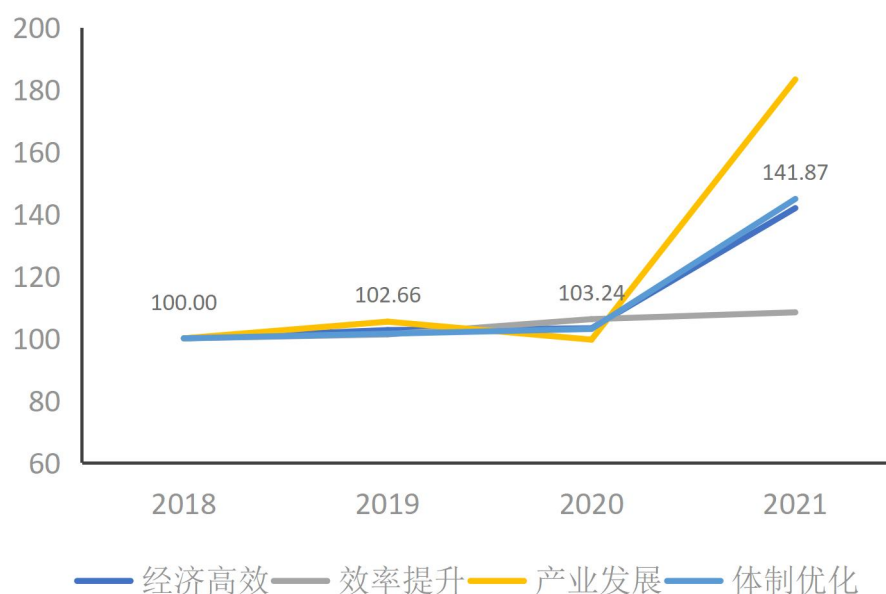


图8 经济高效分项指数走势图（单位：点）

产业发展和体制优化 2021 年出现大幅提升，效率提升稳步增长。2021 年经济高效分项指数为 141.87 点，同比增长 37.42%，年均复合增长率为 12.36%。其中产业发展与体制优化子指数 2021 年上升趋势明显，分别同比增长 84.00%和 40.58%，带动分项指数大幅上升；效率提升子指数平稳缓慢增长，2021 年收于 108.37 点，年均复合增长 2.71%。

（一）效率提升子指数整体保持较高水平

效率提升子指数稳步提升，整体保持较高水平。2021年，效率提升子指数达108.37点，同比增长2.07%，年均复合增长2.71%。由于火力发电厂供电标煤煤耗、产能120万吨以上煤矿产能比例、采煤机械化程度等指标已处于较高水平，高基数因素导致指数增长相对缓慢。

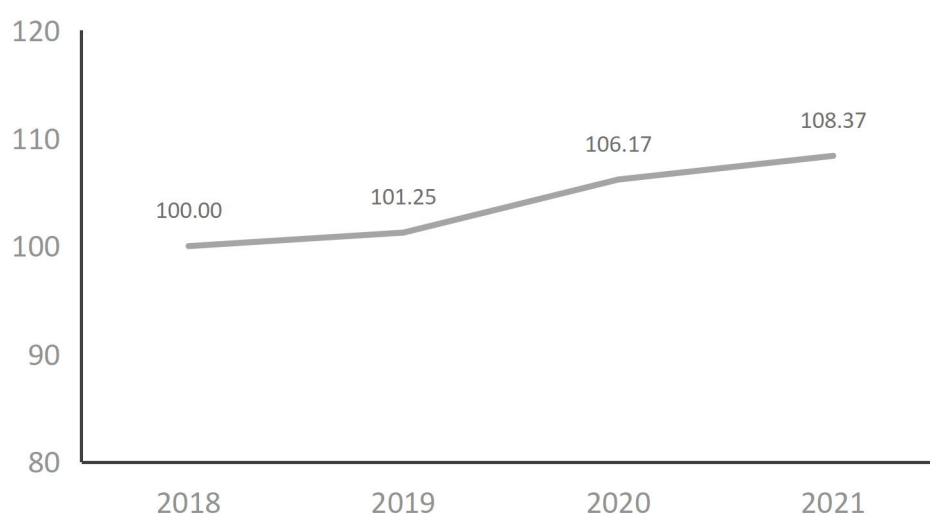


图9 效率提升子指数走势图（单位：点）

煤炭生产更加集中集聚集约。数据显示，截至2021年，内蒙古产能120万吨以上煤矿产能比例约为90%；有关资料显示，内蒙古千万吨级煤矿产能占比达到43%，单矿平均产能为全国水平的3倍。此外，截至2020年，内蒙古采煤机械化程度接近100%，作为优势资源之一的煤炭，供应体系的高效性特征明显。

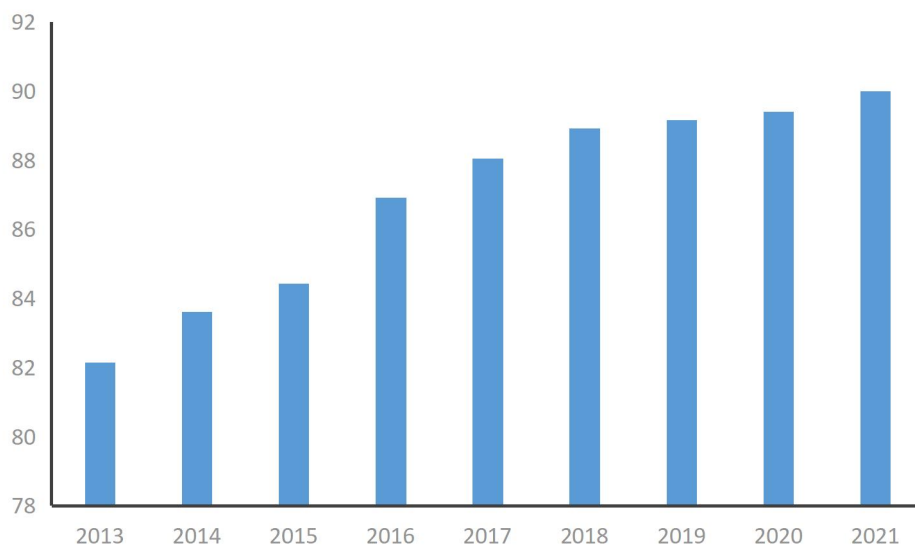


图 10 内蒙古产能 120 万吨以上煤矿产能占比

推进煤炭清洁高效利用。数据显示，2018-2021 年，内蒙古火力发电厂供电标煤煤耗由 331 克/千瓦时降低至 312 克/千瓦时。

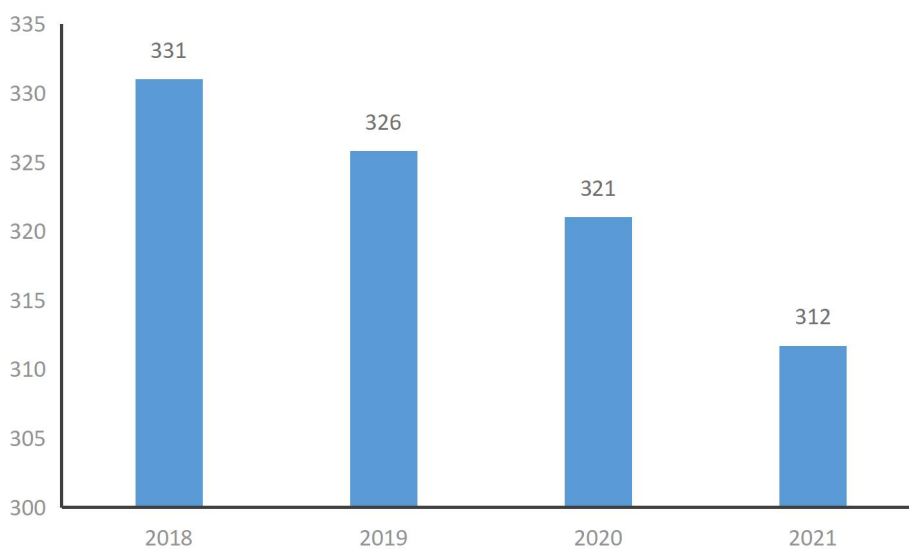


图 11 内蒙古火力发电厂供电标煤煤耗 (单位: 克/千瓦时)

在“双碳”时代背景下，煤矿智能化建设是大势所趋。近年来，鄂尔多斯市在 322 座煤矿均实现了采掘机械化的基础上，率先推进煤矿智能化工作，2021 年建成 65 座，预计到 2023 年将全面建成煤矿智能化。目前，鄂尔多斯市已有 11 座煤矿由企业自主开展了智能化开采试验性工作，其中已投入使用 8 座。智能

化工作面投入使用后，由传统综采工作面 16 人参与生产相比，不同程度减员达到 4-11 人不等，基本做到了减时不减量、减班不减产、安全有保障。同时，鄂尔多斯市已建成使用的智能化综采工作面有 34 处，所有煤矿达到固定场所自动化控制和无人值守，实现以数据决策为导向的全新生产管理模式。

能源发展布局不断优化。内蒙古到期退出草原核心区风电、光伏项目的同时，把风电、光伏电站布局在沙地沙漠区、采煤沉陷区、露天排土区。截至 2021 年底，内蒙古新能源装机超过 5000 万千瓦，全区超三分之一的电力装机和超五分之一的全社会用电量来自新能源。新能源发电量与等量火电相比，减排总量相当于造林 18 万公顷。建成生态光伏装机超过 300 万千瓦，治理沙漠、矿区面积超过 20 万亩。同时，内蒙古加大氢能产业规模化应用。2021 年内蒙古政府工作报告明确提出，要壮大风光氢储产业集群。2021 年 8 月以来，内蒙古氢能项目投资金额约为 400 亿，占全国总投资近一半。2021 年 11 月 9 日，内蒙古自治区人民政府发布《呼包鄂乌“十四五”一体化发展规划》的通知，提出要协同打造氢能产业集群，大力发展风光氢，建设绿氢生产基地。11 月 11 日，《内蒙古自治区“十四五”应对气候变化规划》正式印发，规划指出支持包头市、乌海市等地开展氢气炼铁的示范项目建设，到 2025 年，力争全区绿氢生产能力达到 50 万吨以上，建成加氢站 100 座。

（二）产业发展子指数显著上升 能源工业蓬勃发展

产业发展子指数 2021 年达 183.23 点，同比增长 84.00%，年均复合增长 22.37%。

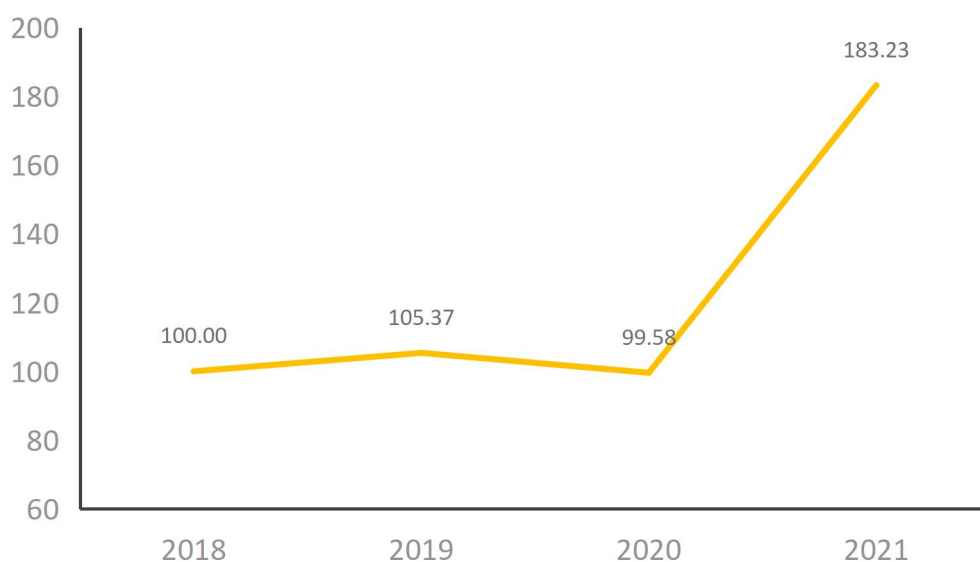


图 12 产业发展子指数走势图（单位：点）

能源是内蒙古支柱产业，对促进内蒙古边疆稳定和经济繁荣具有举足轻重作用。“十三五”期间，内蒙古能源经济进一步壮大，推进能源产业链向下游延伸，价值链向中高端攀升，实施煤炭就地加工转化增值，煤制烯烃、甲醇产量已居全国首位，简单挖煤卖煤的粗放型资源开发模式正在改变。依托能源基地建设，推进能源装备制造和能源新兴产业培育，晶硅产能已占到全国 1/3 左右，矿区运输、公共交通、市政物流等领域新能源汽车快速替代。能源产业增加值和税收均占规上工业的 50% 以上，能源产业成为稳定内蒙古工业发展的“压舱石”。

为推动能源工业绿色转型，内蒙古出台了关于煤炭、风电光伏新能源、氢能、新型储能的 4 个意见，对促进重大项目落地见

效、推动企业技术改造、培育新业态新模式等方面制定了具体的推动措施。

2021年11月24日，超大型陆上风电装备智能制造产业园落户包头市石拐区。据了解，产业园规划占地2100亩以上，一期项目主要建设“五厂、一中心”，即陆上大型风电整机、碳玻混合超长叶片、中速齿轮箱、半直驱发电机、智能电气设备五个智能制造工厂和国家级陆上风机综合实验、检测、认证中心，将建成5-10兆瓦超大型陆上风电整机及核心部件智能制造基地。二期项目建设形成“风光储氢”新能源装备制造产业集群，将助力包头市打造新能源装备制造全产业链，形成千亿级的新能源装备制造产业集群，并建设服务内蒙古、辐射东北、华北、西北的新能源“三低”（低碳、低耗、低电价）智能制造园区，打造绿色低碳城市、实现高质量发展。

2022年上半年，全区能源工业增加值同比增长8.6%。其中，煤炭行业增加值同比增长10.3%，电力热力生产供应业增长3.4%，石油和天然气开采业增长7.4%，燃气生产和供应业增长30.3%。

（三）体制优化子指数彰显市场主体活力

体制优化子指数2021年达144.82点，同比增长40.57%，年均复合增长13.14%，市场主体活力持续激发。

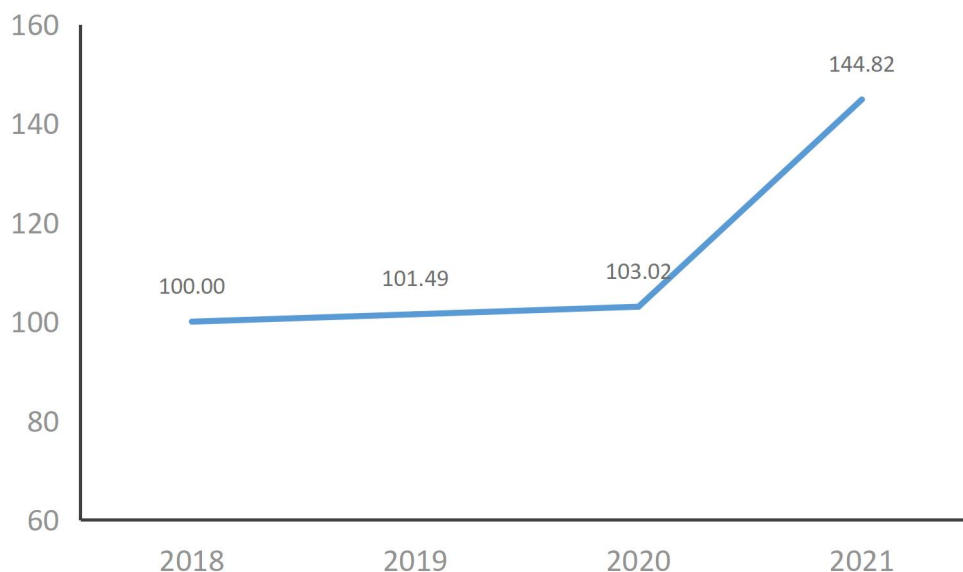


图 13 体制优化子指数走势图（单位：点）

内蒙古不断激发能源市场主体活力。2021 年，内蒙古印发《关于促进民营经济高质量发展若干措施》的通知，从提升民营企业竞争力、解决民营企业融资难融资贵问题、拓宽民营经济发展空间等方面制定若干支持措施。

据 2021 内蒙古民营企业 100 强发布信息，第二产业入围企业 86 家，有 68 家企业集中于能源、战略资源及绿色农畜产品加工产业，煤炭开采和洗选业为百强行业榜首。

2022 年 9 月 28 日，内蒙古发改委发布《关于进一步支持民营经济高质量发展的若干措施》，支持民营企业参与新能源等重点领域建设运营。措施指出，为激发民营企业的活力和创新力，支持参与产业集群产业链建设，对民营企业上年度研发投入按照 1% 给予资金奖补，对规模以上民营企业研发投入增量增幅按照不高于 10% 给予资金奖补，对民营企业牵头建设的国家技术创新中心按照“一事一议”方式给予重点支持。严格执行自治区投资负

面清单，按照“法无禁止即可为”的要求平等对待各类市场主体，支持参与新能源开发、生态保护、交通物流、公共服务、新型基础设施等重点领域建设运营。

电力市场体制改革不断深化。内蒙古电力公司持续加大新能源参与交易度，独创“风火柔性打捆”交易模式，提高新能源消纳水平；利用市场手段拓展新能源消纳途径，横向助力自治区延伸新兴产业链条；纵向加大电力市场研究，实现新能源全面入市、风光氢储等应用场景。努力探索适应市场深化发展的运行机制，开展分布式发电、容量市场、绿电交易、需求侧市场、碳排放交易等适应内蒙古能源结构转型的电力市场机制。2021年，该公司通过市场化运作消纳新能源158亿千瓦时，新能源企业市场化率达到86%，新能源参与全部交易品种。

五、 分项指数：创新驱动

内蒙古过去一段时间经济发展中存在对能源资源依赖较强的情况，为实现区域经济可持续性发展，内蒙古近年来深入实施“科技兴蒙”行动，推动经济发展要素转变。在综合数据可得性基础上，创新驱动分项指数从创新投入、创新产出两个子指数对内蒙古现代能源经济发展过程中的创新驱动水平进行量化评估。

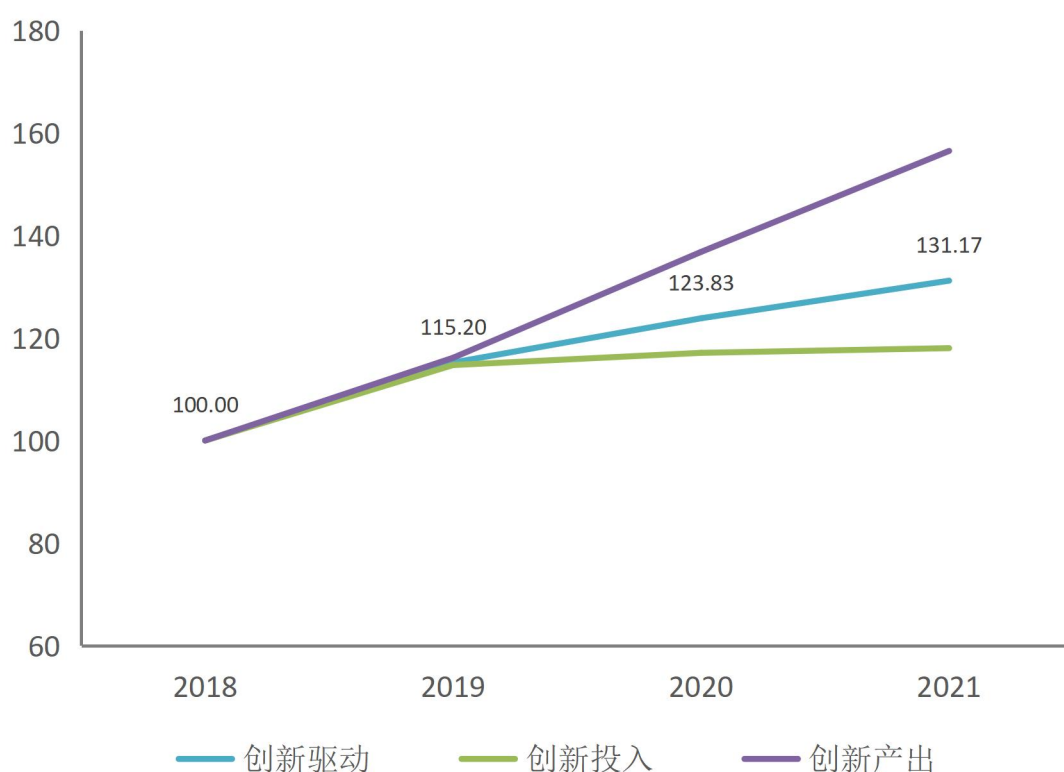


图 14 创新驱动分项指数走势图（单位：点）

创新投入增速放缓，创新产出稳步增长。2021年，创新驱动分项指数为131.17点，同比增长5.93%，年均复合增长率为9.47%。其中，创新投入子指数2021年增速较前两年增速放缓，同比增长0.78%，是分项指数增速降低的主要因素；创新产出子指数匀速增长，2021年收于156.46点，年均复合增长16.09%。

（一） 创新投入子指数增速明显放缓，创新潜力有待加强

创新投入子指数 2021 年达 118.01 点，同比增长 0.78%，年均复合增长 5.68%，规模以上能源工业企业研发人员数量下降是影响子指数上升的主要因素。

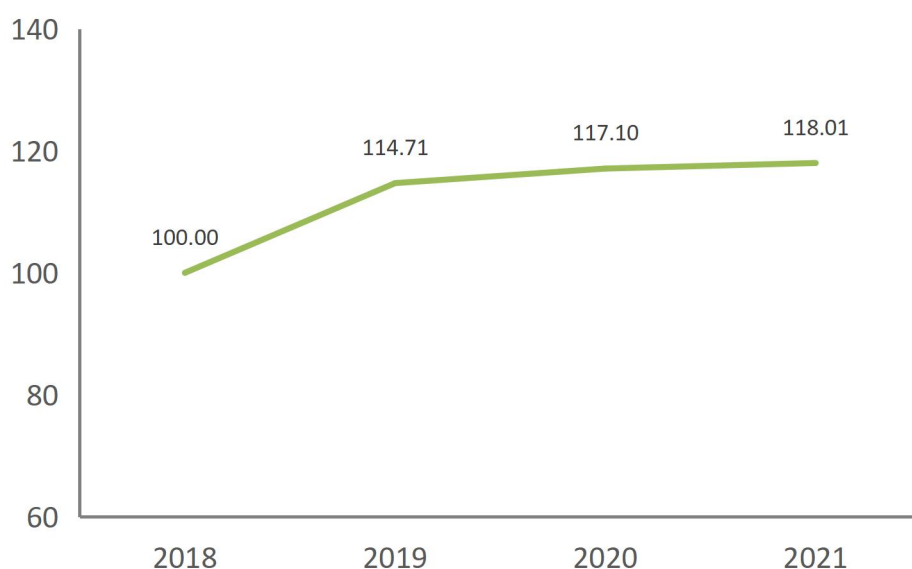


图 15 创新投入子指数走势图（单位：点）

对企业创新的政策支持力度进一步加大。为进一步提升企业作为市场主体的科技创新能力，2021 年 9 月，内蒙古自治区人民政府办公厅印发了《内蒙古自治区研发投入攻坚行动实施方案（2021—2025 年）》（以下简称方案）。方案将加快培育科技型企业、支持企业开展产业创新集中攻坚、完善激励研发的政策体系等纳入未来五年主要举措，并在税收部分给予了相应支持。内蒙古自治区能源局编制完成的《自治区现代能源经济发展战略规划纲要（2019-2035 年）》中重点提出建设“能源技术和体制创新高地”的战略定位，积极开展能源科技、新能源、碳捕集、氢能、储能、节能、智能电网等方面的重大课题研究。

企业科研资金投入持续上升,人力投入下降。数据显示,2021年规模以上能源工业企业研发人员数量 5942, 同比下降 6.95%, 但规模以上能源工业研发经费占营业收入比重较同比上升超 30%。

2021 年, 内蒙古风电企业研发支出占企业主营业务收入比重为 3.98%, 太阳能企业研发支出占企业主营业务收入比重为 2.68%, 均维持在近 5 年平均水平。

2022 年 7 月 5 日, 远景科技集团乌兰察布叶片基地举行首批叶片量产集中发运仪式。企业将美国、欧洲和上海三地实验室自主研发的成果汇集在乌兰察布叶片基地, 主要经营大兆瓦风力发电设备的叶片研发、生产, 并提供技术培训、技术咨询、技术服务、实训基地。叶片全部投产后, 年产能将达 1500 支, 预计给乌兰察布带来 15 亿元产值, 提供 1000 个绿色高科技工作岗位。

(二) 创新产出子指数同比增长 14.39% 保持匀速增长

创新产出子指数 2021 年达 156.46 点, 同比增长 14.39%, 年均复合增长 16.09%, 过去三年保持匀速增长。

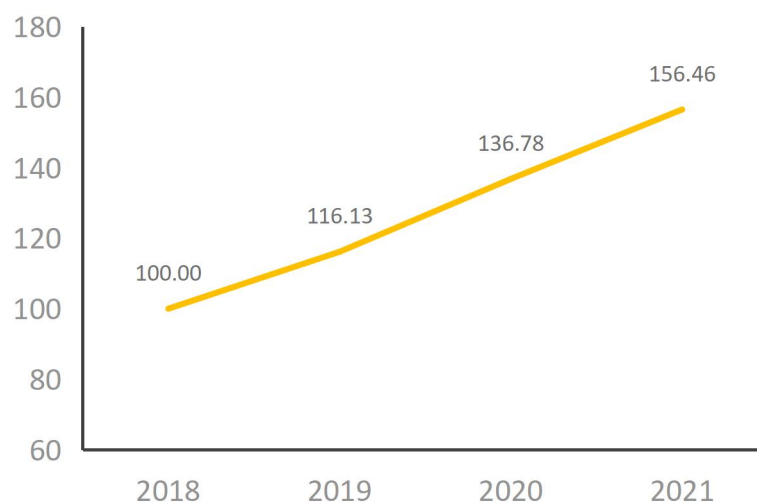


图 16 创新产出子指数走势图 (单位: 点)

《内蒙古自治区能源“十四五”规划》指出，能源科技创新投入不足，创新能力不强，原创性科技成果不多，亟须加速赶上高质量发展要求是内蒙古能源领域存在的问题。2022年5月，内蒙古面向全国发布了“源网荷储”功率路由器关键装备、高海拔低温大型国产化风电机组、氢基熔融还原冶金、CO₂加绿氢制甲醇、碳化法钢渣综合利用等12项首批示范工程“揭榜挂帅”榜单，吸引全国87家企业、12家科研院所、36家高校，包括24位首席科学家参与揭榜，吸引区外超过500位科研人员参与，经专家评审立项支持项目12项，支持资金1.49亿元。同时，稳定支持正在实施的先进飞轮储能、压缩空气储能、电力冶金行业CO₂减排技术集成、CO₂制芳烃等22项科技重大项目，力争取得突破成果。

2021年10月29日，全国首台氢燃料电池混合动力机车从国家电投锦州—白音华铁路（简称：锦白铁路）大板站成功驶出，标志着我国轨道交通装备在新能源领域实现由产品开发到实践应用的重大跨越，开创国内氢能机车上线试运行的先例。该氢能机车项目由国家电投内蒙古公司、中车大同公司、国家电投氢能公司合作推出，在国家电投内蒙古公司自有铁路率先投入应用。据测算，锦白铁路投入使用氢能机车后，每年可减少碳排放量约9.6万吨。

六、 分项指数：社会贡献

现代能源经济是以能源工业为出发点，向上下游产业辐射发展的过程。作为我国重要能源和战略资源基地，内蒙古能源工业发展不仅为全区社会经济发展提供了基础性保障，也为国家能源安全与经济发展提供了有力保障。社会贡献分项指数选取能源保障、社会民生、国际合作三个子指数对能源工业社会贡献水平进行评估。

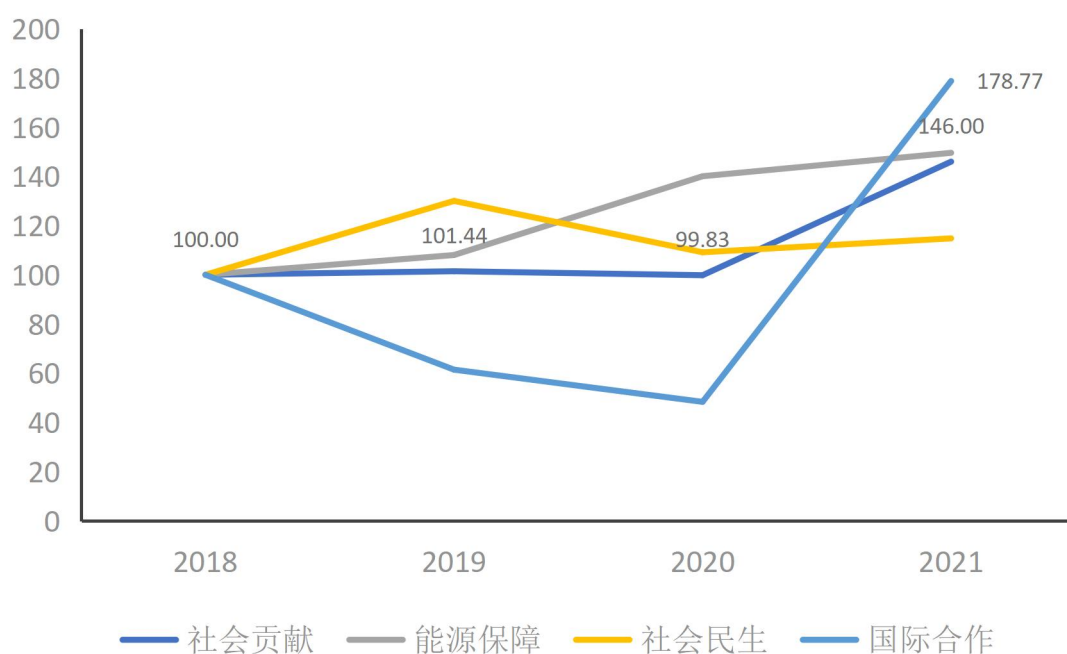


图 17 社会贡献分项指数走势图（单位：点）

能源保障稳步增长，社会民生总体呈上升态势，国际合作 2021 年出现显著回升。2021 年，社会贡献分项指数为 146.00 点，同比增长 46.25%，年均复合增长率为 13.44%。其中能源保障子指数稳步增长，年均复合增长 14.36%，是分项指数增长的主要带动因素；国际合作子指数 2019-2020 年出现下滑，2021 年回升至 178.77 点。

（一）能源保障子指数稳步增长 有效发挥能源和战略资源基地作用

能源保障子指数 2021 年达 149.57 点，同比增长 6.79%，年均复合增长 14.36%，有力保障能源安全稳定供应。

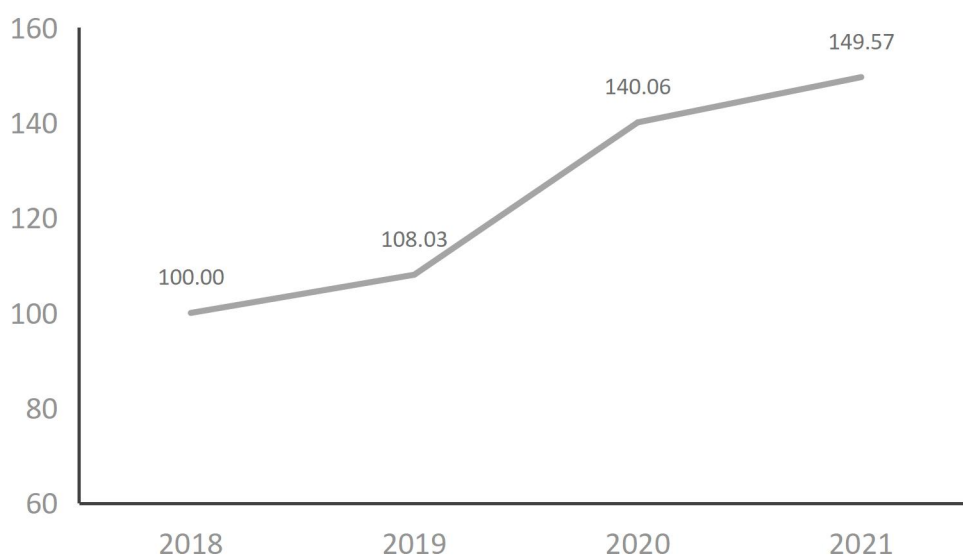


图 18 能源保障子指数走势图（单位：点）

作为我国重要的能源和战略资源基地，内蒙古能源保障作用主要体现在两个方面，一方面是为我国其他地区生产生活提供能源供应，另一方面以其丰富的能源储备与供应能力保障国家能源安全。

挖潜增产保障国家能源资源安全。2021 年，内蒙古先后拿出 50 条措施推进能源增产保供，积极争取国家有关部委支持，先后 5 批次为 125 处煤矿核增、调增产能 1.9 亿吨，全区煤炭产量显著提高，10 月、11 月产量均超过 1 亿吨，创历史最高水平，全年规上煤炭产量 10.39 亿吨、增长 2.7%。此外，内蒙古牢固树立大局意识，坚决保障国家煤炭供应，国家保供煤矿全部按要求补签了四季度中长期合同，签订 9600 多万吨，超额完成煤炭

保供任务。内蒙古还落实好保障运力，促使煤炭价格理性回归，落实好坑口、港口、用户市场直达煤煤源和铁路运力，促进港口煤炭价格逐步回归到合理区间。

电力供应规模逐年上升。加快推进已纳入规划煤电项目建设，全力稳定电力生产运行，2021年全区发电量5999亿千瓦时，增长5.4%，特别是在煤价大幅上涨、电厂发电成本严重倒挂的情况下，保障了京津冀、东北等地区电力供应，2021年外送电量2467亿千瓦时，增长6.8%，外送电量连续17年领跑全国。

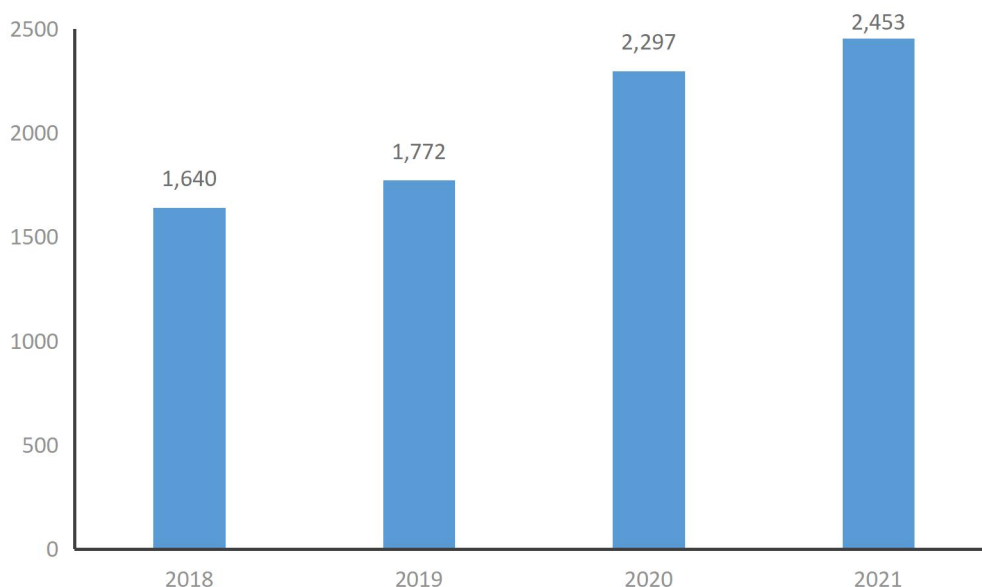


图 19 内蒙古省间电力外送量（单位：亿千瓦时）

（二）社会民生指数整体呈上升态势

社会民生指数2021年达114.81点，同比增长5.19%，年均复合增长4.71%，在2019年达到峰值后整体呈上升态势。

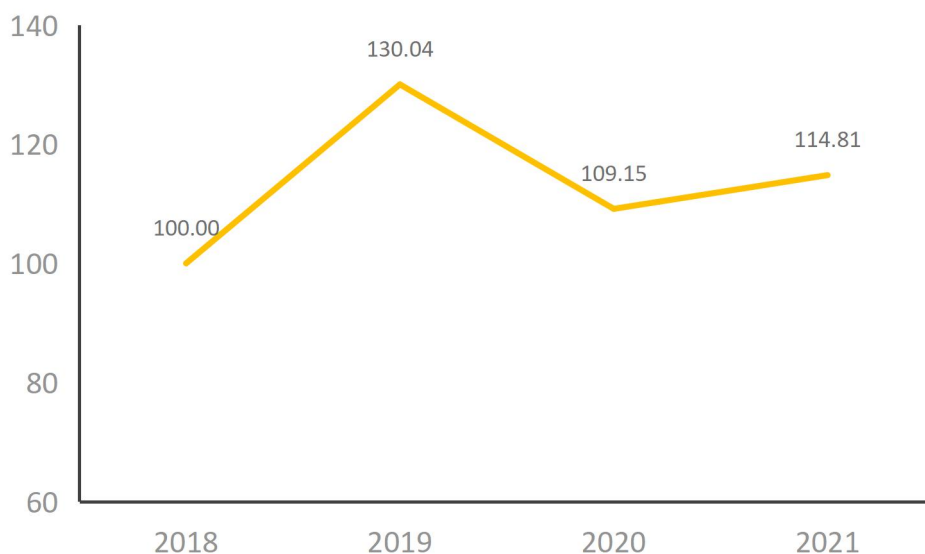


图 20 社会民生指数走势图（单位：点）

有力保障地区税收收入。数据显示，2021年，内蒙古能源企业税收占地区税收比重稳步上升，稳定在70%以上，为重要的地区税源。在新冠肺炎疫情期间，叠加大宗商品价格波动因素影响，内蒙古能源工业“以保促稳”，在稳定区域经济发展方面做出了重要贡献。

服务民生能力增强。为更好满足偏远农牧户用电需求，提高农牧民生产生活水平，2017年5月，内蒙古自治区政府发布《内蒙古自治区人民政府关于偏远农牧区用电升级工程的实施意见》，要求加快实施偏远农牧户用电升级工程，补齐农村牧区电力基础设施短板，进一步提高偏远农牧户生产生活水平，提升农牧户生活质量和幸福指数，为全面建成小康社会奠定坚实基础。内蒙古电力（集团）有限责任公司、国网内蒙古东部电力有限公司聚焦供电区域内贫困村无动力电、用电“卡脖子”、低电压等问题，开展农配网改造升级工程，实现“户户通电”。

（三） 国际合作子指数 2021 年回升显著

国际合作子指数 2021 年达 178.77 点，同比增长 269.74%，显著回升，年均复合增长 21.37%，2021 年克服国内外因素出现显著回升。

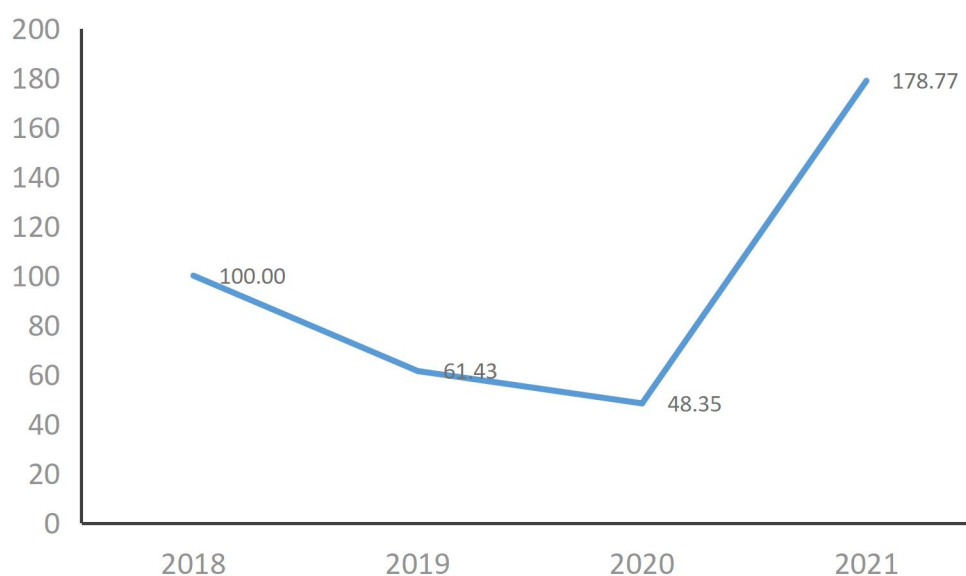


图 21 国际合作子指数走势图（单位：点）

能源工业国际投资回升，能源产品贸易小幅回落。数据显示，内蒙古能源工业企业赴境外投资与获外投资数量均出现大幅上升；但以电力输送为代表的能源产品贸易未受到明显影响，2021 年内蒙古境外电力输出规模 13.72 亿千瓦时，较 2020 年下降 0.13 亿千瓦时。

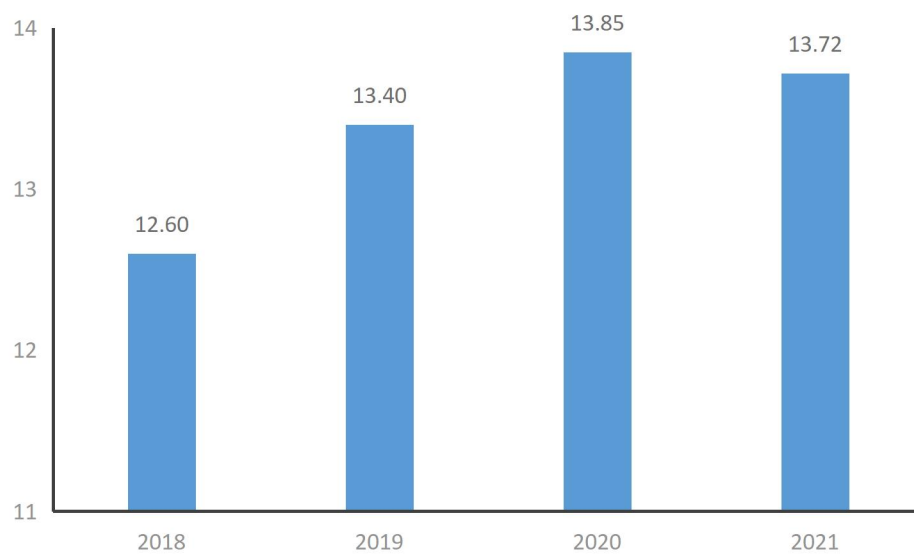


图 22 内蒙古境外电力输出规模（单位：亿千瓦时）

七、 对策建议

（一）推动能源生产、消费方式绿色变革

持续推动能源供给绿色低碳转型。一是推进大型风电光伏基地建设。做好大基地用地、生态、环保等要素保障，在风光资源丰富的地区布局建设大型风电光伏基地，重点在巴丹吉林、乌兰布和、腾格里、库布其沙漠地区先行启动实施一批大型风电光伏基地项目，同步谋划“十五五”沙漠、戈壁、荒漠地区大型风光电基地建设。加快推动已纳入国家第一批8个2020万千瓦、第二批5个1188万千瓦的大型风电光伏基地建设，谋划推动第三批大型风电光伏基地建设。力争到2025年率先建成以新能源为主体的能源供给体系，新能源装机规模达到1.35亿千瓦以上，新能源装机占比超过50%。二是建立先进清洁的煤电体系。一方面强化煤电兜底保障作用，加快推进在建燃煤机组项目建设，科学安排保障电力供应安全的支撑性电源和促进新能源消纳的调节性电源项目，推动煤电由主体性电源向基础保障性和系统调节性电源转型。另一方面加快现役煤电机组“三改联动”步伐，统筹考虑机组的技术特性，因地制宜、因厂施策、一机一策，采用汽轮机通流部分改造、锅炉烟气余热回收利用、能量梯级利用改造等成熟适用的节能改造技术，对亚临界、超临界机组实施综合性、系统性节能改造，改造后供电煤耗力争达到同类型机组先进水平；科学制定改造实施方案，有序推进高温亚临界综合升级改

造。依据节能改造进程，适时修订相关标准，提升节能标准约束力。三是加快构建内蒙古特色的新型电力系统。积极发展“新能源+储能”、源网荷储一体化以及多能互补能源体系建设，大力提升电力系统综合调节能力，提升电网安全保障水平。四是在发展节奏上，立足煤炭仍是主体能源实际，推进新旧能源有序替代，优化煤炭和新能源组合，确保能源安全稳定供应和平稳过渡。

推广绿色生产生活方式。一是广泛拓展新能源场景应用，在重点用能产业推广高比例绿色电力替代。通过实施源网荷储一体化、风光制氢一体化、园区绿色供电等项目，提高新能源消纳利用水平，力争到2025年，清洁能源满足80%以上新增用能需求。二是合理控制“两高”行业用能需求。依据国家对“两高”项目界定，全面审查排查存量、在建和拟建“两高”项目，严格遏制“两高”项目盲目发展，重点抑制高耗能行业不合理用电需求。协调煤化工、钢铁、电解铝、水泥、建材等高载能产业有序生产，实行有保有压，避免与电力、民生用煤争抢资源。在取消优惠电价的基础上，通过电价杠杆引导高载能企业多用新能源电，提高新能源消纳能力，助推传统“两高”行业绿色低碳转型。三是加快散煤综合治理。因地制宜推进农村牧区清洁供暖，最大限度以电力、新能源等清洁能源替代民用散煤。

（二）科技创新驱动能源高质量发展

强化创新驱动，提升能源产业创新链整体效能。加大前沿技

术创新的政策支持，建立产学研一体化平台，发挥高校科研院所的创新源头作用，发挥央企国企主力军作用，激发中小企业创新活力，鼓励各类所有制企业围绕能源产业链、创新链开展强强联合和产学研深度协作，打通“源头创新-技术开发-成果转化-产业聚集”转化链条；建设能源实验室和研发平台，打造全国重要的现代能源技术策源地，塑造能源发展新优势。主动把握新一代能源技术变革趋势，加快能源关键技术突破和升级，开展先进高效燃煤发电、煤炭清洁高效转化、二氧化碳减排和利用等领域的技术攻关；以数字赋能为方向，加快“云大物移智链”等信息技术与能源深度融合，推动能源行业智能化、绿色化发展，提升能源行业治理现代化水平；立足煤炭和煤电仍是内蒙古主导产业，积极研发煤基特种燃料、煤基生物可降解材料，推动煤炭产业价值链向中高端攀升。

发挥内蒙古能源基地建设应用优势，加强科技成果转化。推动内蒙古企业同科研单位有效对接，积极吸引区外科技创新成果，争取更多有用、管用、好用的成果在内蒙古落地。构建完备的科技创新转化配套体系，促进供给方和应用方紧密联结、创新链和产业链“双链”融通。加大能源科技资金支持力度，吸引各类社会资本投资能源科技领域。

（三）进一步提高效率、壮大能源经济

建设绿色智慧的煤炭开采体系。加快煤矿智能化建设，建设

一批智能化示范煤矿，在行业内树立标杆和典范，凝练出可复制可推广的智能化开采模式、技术装备和管理经验在业内推开。对已建成的煤矿，加快智能化改造，在采掘（剥）、供电、供排水、通风、主辅运输、安全监测、洗选等生产经营管理环节，进行智能优化提升。对新建的煤矿，应将工作重点放在智能化设计，创新煤矿智能化采掘（剥）新模式，建设智能化生产、安全保障、经营管理等多系统、多功能融合的一体化平台等。

加快输电通道建设，提高能源电力资源配置效率，提升清洁能源利用率。基于内蒙古产业结构偏重、能源结构偏煤的现实，能耗双控压力下，结合电源布局、负荷分布、新能源发展，加快建设区内输电通道，提高电网断面输送能力，既可以实现本地能源清洁开发利用来满足部分增量需求，也能减少广域能源网的输送压力与用能成本、提升能源供应可靠性，以更加清洁的能源供应、更加高效的消费方式，支撑产业发展、城乡建设和民生改善。

充分利用大型综合能源基地的资源组合优势，用好国家重大电力通道布局。加快形成多种能源协同互补、综合利用、集约高效的供能方式，提升能源供给质量、利用效率。

提高煤炭就地转化率和精深加工度，推进能源产业链向下游延伸，价值链向中高端攀升。以煤炭清洁高效利用为重点，高质量发展煤化工、氯碱化工、精细化工、煤基新材料、氢能源等产业，推动煤化工向产业高端化、产品精细化方向发展。推进煤炭清洁高效利用循环发展体系建设，鼓励煤化工项目向工业园区集

中。同时与周边省份加强协同，避免各自为政，重复建设、无序竞争，强化区域优势产业协同，进行分工协作和错位发展，实现延链、补链、强链，合理统筹布局。可探索以化工园区为载体，以现代煤化工重大项目为支撑，推动能源“金三角”区域形成世界一流的煤基能源化工产业集群和产业带，提升能源资源利用效率，更好地服务国家能源安全战略。

依托内蒙古能源基地建设，推进能源装备制造和能源新兴产业培育。加快推进装备制造产能投产，对在建项目进行动态跟踪，确保产能尽快落地；推进装备制造企业与新能源开发企业达成实质性联营或签订长期供销协议，结合新能源企业资源开发优势、新能源装备制造企业市场优势，实现双方利益共赢共享；发挥市场与装备制造双高地效应，联合国内知名咨询机构或高校设立研发机构，形成高新技术研发成果，促进市场更新。

提升电力系统调节能力。在推进煤电机组灵活性改造的同时，加快赤峰芝瑞、乌海抽水蓄能电站建设，加快包头抽水蓄能电站前期工作，谋划新增一批抽水蓄能电站纳入国家规划。加快布局新型储能“赛道”，出台相关支持政策，在电源侧、电网关键节点和偏远地区设立独立（共享）储能电站。

（四）夯实能源生产基础 扛稳能源安全重任

从维护国家能源安全高度，助力煤炭保供稳价。建立稳定持续的煤炭供应机制和长效协调机制；加快协调已获批产能落地，

把提高煤炭有效供应能力责任落实到安全、环保、土地、生态等环节；制定煤矿保供与弹性生产机制，增强煤炭生产供应弹性，逐步推动煤炭从“主体”向“兜底”能源转变；加强煤炭质量管理，避免煤炭质量下降；强化中长期合同机制，确保中长期合同全覆盖，提高合同履约率，引导煤炭市场价格在合理区间运行；不断优化产运销体系，优化中转和装车，提高运输效率，推动生产和运销“协调共振”，确保煤炭产能合理、产量充裕、运销畅通和安全保供，为保障国家能源安全供应、稳定煤炭价格发挥积极作用。

缓解煤电企业经营压力，提高电力安全保供能力。落实好国家燃煤发电上网电价市场化改革的同时，对于运营艰难的煤电企业、供热企业，在把握原则的基础上，给予“精准滴灌”的成本补贴。鼓励政策性、开发性银行对承担保供任务煤电企业提供低息融资支持，引导金融机构对煤电企业合理调整贷款结构、还款进度、期限安排，研究提供税收优惠、财政贴息、专项补贴等财税金融等手段，缓解当前煤电企业经营压力。

抓好冬季民生用煤保障。摸清区内城镇集中供热和农牧民取暖用煤需求，加大保供煤源统筹协调力度，全流程安排好冬季民生取暖用煤的煤源落实、物流配送、市场销售和价格监管。

八、内蒙古现代能源经济发展实践场景

案例一：世界首套万吨级二氧化碳制芳烃工业试验项目实现“风光氢储化”的深度耦合

清华大学与久泰集团合作建设的万吨级二氧化碳制芳烃工业试验项目在内蒙古准格尔经济开发区大路产业园开工。该项目以二氧化碳和氢气为原料，是世界首套万吨级以碳氢化合物为产品的二氧化碳利用项目，是内蒙古发展煤炭清洁高效利用产业的又一硕果，对促进地方经济高质量发展具有重要的推动作用。每年万吨级芳烃工业示范建成后，将改变我国长期依赖进口芳烃的现状，为建立百万吨级煤基合成气生产芳烃装置提供可靠依据，真正实现用煤制备高端化学品（芳烃）的工业路线。

案例二：全国首个现代能源“火风光储制研”一体化示范项目在通辽投入运营

2022年8月31日，总投资137.5亿元的全国首个现代能源“火风光储制研”一体化示范项目一期工程正式投入运营，该项目集技术研发创新、能源供应保障、优化电网调峰能力、降低用电成本等优势于一身，对于推动绿色载能产业高质量发展，具有良好的示范效应和重大现实意义。据了解，现代能源“火风光储制研一体化”示范项目是全国首个煤电风光储一体化示范项目，也是国内首个开展定制化风机和大规模储能电池应用项目截至目前，开鲁县范围内的同步配套储能设备已经安装完毕投入运营，

这也是整个“火风光储制研”一体化示范项目的核心项目之一，容量在 4265 千瓦时。

案例三：全球陆上单体规模最大风电项目引领内蒙古清洁能源发展新变革

位于乌兰察布市四子王旗的全球陆上单体规模最大风电项目，项目首批 120 万千瓦就地消纳工程去年底已经全面开工，今年将安装 126 台大型风机，项目整体将安装 1429 台，全容量投产每年将发电 180 亿千瓦时。这将为我国碳达峰、碳中和工作作出示范和积极贡献，引领清洁能源发展新变革。

乌兰察布风电基地一期 600 万千瓦示范项目不仅是全球陆上单体规模最大风电项目，也是国家能源局批复的首个大规模可再生能源平价上网示范项目，是推动我国风力发电去补贴化、新能源转型发展的重大项目，对于探索新能源优势区域可持续发展具有重要示范意义。项目总投资近 400 亿元，规划区域总面积 2072 平方公里。乌兰察布是国内距离京津冀负荷中心最近的风电基地建设重点区域之一。区域内风能资源品质高、可开发量大、风向稳定、距离负荷中心较近，适合大规模开发，是目前国内最具备规模化平价上网示范条件的地区。

案例四：全国最大的光伏治沙项目助力生态综合治理进入新阶段

2021 年 10 月 16 日，作为国家第一期开工的大型风电光伏基地项目之一内蒙古蒙西基地库布其 200 万千瓦光伏治沙项目

在内蒙古自治区鄂尔多斯市杭锦旗开工建设。据悉，该项目总投资近 120 亿元，规划用地规模 10 万亩，计划于 2023 年底前实现全容量并网发电。预计项目建成后，年平均上网电量为 41 亿千瓦时，年节约标准煤 125.06 万吨，年均减少二氧化碳排放 341.26 万吨。随着项目的实施，促进新能源与农业、牧业、林业、生态环保业、旅游业等产业融合发展，建立能源开发与生态保护融合发展新模式，这一新模式可以带动当地 3000 余农牧民就业，有效促进农牧民稳定就业，助推乡村振兴。

案例五：全球首个零碳产业园落地鄂尔多斯伊金霍洛旗将绿色能源生产和消费有机结合

该零碳产业园基于鄂尔多斯当地丰富的可再生能源资源和智能电网系统，实现了高比例、低成本、充足的可再生能源生产与使用，有 80% 的能源直接来自风电、光伏和储能，另外 20% 的能源基于智能物联网的优化，通过“在电力生产过多时出售给电网，需要时从电网取回”的合作模式，从而实现 100% 的绿色能源供给。以集约化的顶层设计形成了围绕动力电池与储能、电动重卡、电池材料、绿色制氢等上下游集成产业链，将绿色能源的生产和消费将有机结合在一起，相对于能源生产和使用分离的工厂模式是一次飞跃，也是工业领域脱碳和培育新工业体系的重要途径。

案例六：全国首台氢能机车在内蒙古试运行

2021 年 10 月 29 日，全国首台氢燃料电池混合动力机

车从国家电投锦州—白音华铁路（简称：锦白铁路）大板站成功驶出，标志着我国轨道交通装备在新能源领域实现由产品开发到实践应用的重大跨越，开创国内氢能机车上线试运行的先例。该氢能机车项目由国家电投内蒙古公司、中车大同公司、国家电投氢能公司合作推出，在国家电投内蒙古公司自有铁路率先投入应用。据测算，锦白铁路投入使用氢能机车后，每年可减少碳排放量约 9.6 万吨。

案例七：氢能重卡汽车用于煤化工企业与各大煤矿之间的原料煤短倒运输

2021 年，鄂尔多斯伊金霍洛旗在内蒙古范围内率先启用 30 辆氢能重卡汽车。首批投入运行的氢能重卡由落地开工的上汽红岩集团和美锦国鸿产业联盟的飞驰汽车有限公司生产制造，并由包钢钢联物流有限公司与旗属国有企业圣圆能源集团组建的圣圆新能钢联智慧物流有限公司负责运营，重点用于汇能、正能等煤化工企业与各大煤矿之间的原料煤短倒运输。氢能重卡汽车将与“智慧物流系统”和“运钢好司机”等 APP 深度结合，通过整合信息资源、加强在线调度、简化结算流程、线上预约、矿口免排队等措施，不断降低运输成本、提升服务质量。鄂尔多斯现在每年大约淘汰更新 7.5 万辆重卡，按更换一辆氢能重卡减排二氧化碳 110 吨计算，当年可直接减排 825 万吨，每公里还可节省燃料费用近三分之一。

案例八：成立碳中和研究院打造科技创新平台

2021年，集研发、孵化、产业化于一体的新型研发机构鄂尔多斯碳中和研究院成立，该院围绕碳达峰碳中和开展市场导向型研发、高科技成果转移转化、科技企业孵化和高端人才引进与培养，是内蒙古自治区第一家碳中和研发机构，根据企业“需求清单”、高校“能力清单”和政府“政策清单”，对接高校和企业，围绕鄂尔多斯市绿色低碳高质量发展，开展政策分析、路径设计、规划编制等工作。该研究院成立了北京大学-鄂尔多斯碳中和联合实验室和清华大学-新能源产业创新中心2个校企平台，分别与华北电力大学、中国汽车工程研究院联手打造鄂尔多斯新型电力系统实验室和新能源汽车检测中心；与9个院士团队合作开展理论课题研究、关键技术攻坚及成熟技术中试。

附录：中国·内蒙古现代能源经济发展指数编制方法

（一）总体思路

中国·内蒙古现代能源经济发展指数研究分为如下七个步骤：

第一步：指数理论研究。通过对相关文献资料收集整理，全面了解现代能源经济发展理论基础。对政府机构、研究学者、从业者等进行深度访谈，听取各方对指数编制方法及指标选取的建议。

第二步：指标体系设计。研发中国·内蒙古现代能源经济发展指数指标体系，并组织专家委员会进行论证。

第三步：数据采集处理。以公开统计数据及相关单位填报两种渠道完成指标数据初步采集工作，并同步标准化处理相关指标数据。

第四步：指数模型计算。在前期理论研究基础上，根据指标之间关联性，建立指数模型，计算指数结果。

第五步：指数报告撰写。在专家委员会指导下完成指数报告。

第六步：专家论证研究成果并确定最终结果。

第七步：指数结果发布。

（二）指数内涵

内蒙古现代能源经济发展指数，遵循“把现代能源经济这篇文章做好，紧跟世界能源技术革命新趋势，延长产业链条，提高

能源资源综合利用效率”的理念，围绕**低碳转型、经济高效、创新驱动、社会贡献**四个现代能源经济体系的重要特征构建综合评价体系，旨在客观评价内蒙古自治区现代能源经济发展水平，为区域经济高质量发展提供“数字工具”和“参照标准”。

1、 低碳转型

低碳转型是构建高质量现代化经济体系的必然要求，也是解决污染问题的根本之策。过去很长一段时期里，我国“一煤独大”的能源结构与生态环境承载力的矛盾日渐突出，能源清洁替代任务艰巨。在“碳达峰、碳中和”的新背景下，低碳转型已成为现代经济发展的基础要求与约束性前提，也是现代能源经济的基本特征。

2、 经济高效

经济是现代能源经济发展的核心。根据产业经济学理论，实现能源领域效率提升是建设现代能源经济体系的第一步。围绕质量、效率、动力实现产业变革，延长产业链条、提高能源资源综合利用效率，深化电力市场化改革，扩大对外开放，推动能源经济投入产出效率不断提高，将有助于内蒙古在实现经济发展同时，平衡资源、环境与人口关系。

3、 创新驱动

创新是现代能源经济发展的动力。创新是引领发展的第一动力，是推动高质量发展、建设现代化经济体系的战略支撑。紧跟世界能源技术革命趋势，既是习近平总书记对内蒙古现代能源体

系提出的期望，也是我国能源在全球新一轮技术革命中抢占先机、实现赶超跨越的要求。

4、 社会贡献

社会贡献是能源工业的最终目的。内蒙古是国家重要能源基地，是我国能源外送的主要省份。能源产业是内蒙古经济发展支柱产业，也是社会发展重要引擎。**社会贡献维度旨在刻画能源经济对区内社会经济发展起到的带动作用以及为我国能源安全保障做出的巨大贡献。**

（三） 设计原则

真实性：通过对可查可考真实运行数据的采集运用，减少人为合成指标，避免指数的模糊性和不可追溯性。

全面性：构建多维度、立体化的综合评价体系，并根据实际运行情况建立更新升级机制，以全面及时反映内蒙古现代能源经济发展水平。

科学性：指标体系经多轮专家意见征集及专家委员会研讨确认，每项指标均能反映现代能源经济特征，且逻辑关系严密，符合一致性、代表性和相对独立性要求。

权威性：所选指标主要来源为内蒙古自治区官方统计数据、统计年鉴数据以及其他公开数据，数据规范、稳定、口径统一，易于比较计算，评价指标含义明确。权重经多轮意见征集考量，具备权威性及导向性。

(四) 指标体系

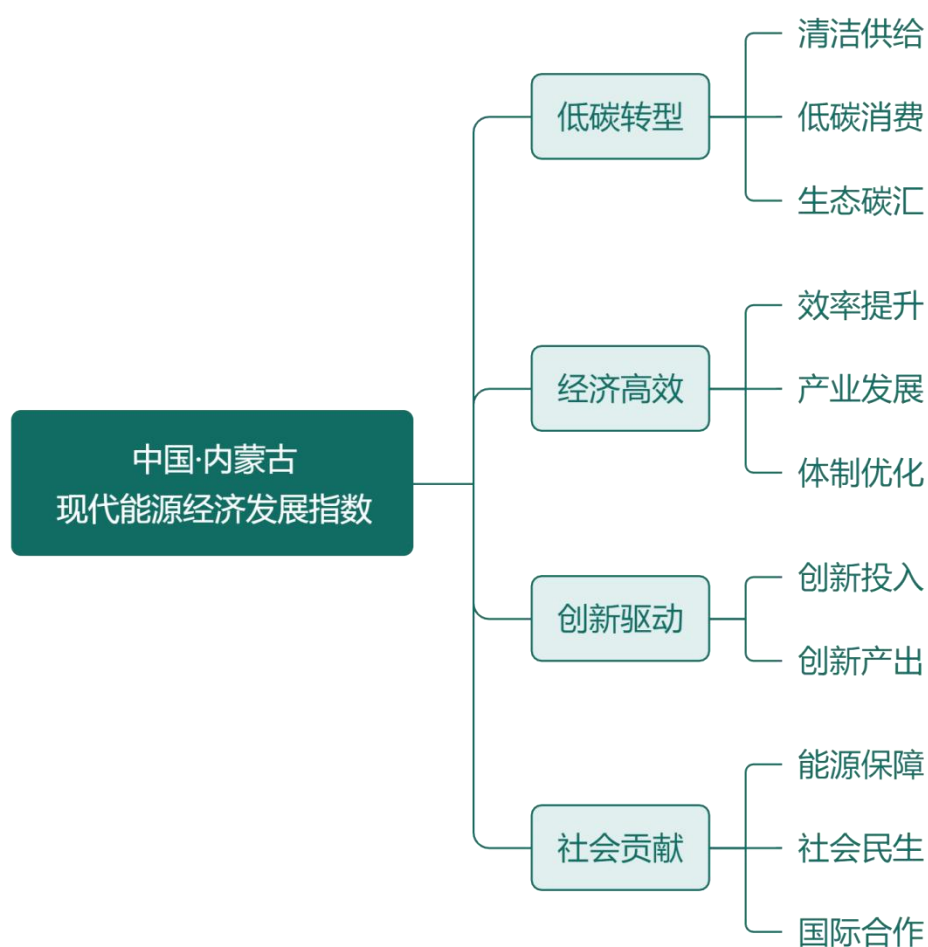


图 I 指标体系结构图

依据指数内涵及设计原则，内蒙古现代能源经济发展指数指标体系包含四项一级指标、十一项二级指标。一级指标聚焦**低碳转型**、**经济高效**、**创新驱动**、**社会贡献**四个维度，衡量现代能源经济建设基本特征；二级指标基于功能属性对一级指标进行具体展开。

低碳转型维度衡量能源经济绿色化发展水平，主要从**清洁供给**、**低碳消费**和**生态碳汇**三个方面展开。**清洁供给**方面包括绿色

矿山比重（产能）、风电装机容量、太阳能发电装机容量、风、光发电量占比等指标。**低碳消费**方面包括非化石能源消费占内蒙古能源消费总量比重等指标。生态碳汇方面包括森林覆盖率、建成区绿化覆盖率等指标。

经济高效维度衡量能源经济高质量发展水平，主要从效率提升、产业发展、体制优化三个方面展开。**效率提升**方面包括产能120万吨以上煤矿产能比重、采煤机械化程度、超超临界机组占比、火力发电厂供电标准煤煤耗、规模以上工业企业工业总产值/规模以上工业综合能源消费等指标。**产业发展**方面主要包括规模以上能源工业企业资产总计、规模以上能源工业企业利润总额等指标。**市场活力**方面主要包括规模以上民营能源工业企业资产合计、规模以上民营能源工业企业工业总产值等指标。

创新驱动维度衡量能源经济发展的创新驱动水平，主要从创新投入、创新产出两个方面展开。**创新投入**方面为能源企业在技术创新领域的人力与财力投入，包括规模以上能源工业企业研发人员数量、规模以上能源工业 R&D 经费占营业收入比重两项指标。**创新产出**方面为能源工业企业创新成果与收益，包括规模以上能源工业企业有效发明专利数等指标。

社会贡献维度衡量能源及相关产业的社会贡献水平，主要从社会民生、能源保障、国际合作三个方面展开。**社会民生**方面为能源工业对社会民生改善所做出的贡献，包括能源企业税收占地区税收比重、农村牧区用电量等指标。**能源保障**方面为能源工业

对国家能源保障所做的贡献，包括省间电力外送量等指标。国际合作方面为能源工业的国际贸易合作数量及水平，包括外商实际投资企业数（能源工业）、对外投资企业数（能源工业）、境外电力输出规模等指标。

表 I 指标体系

| 一级指标 | 二级指标 | 三级指标 |
|-----------------------|-------------|------------------------------------|
| 低碳转型 | 清洁供给 | 绿色矿山比重（产能）（%） |
| | | 风电装机容量（万千瓦） |
| | | 太阳能发电装机容量（万千瓦） |
| | | 风、光发电量占比（%） |
| | 低碳消费 | 非化石能源消费占自治区能源消费总量比重（%） |
| | | 清洁供暖户数（户） |
| 生态碳汇 | 森林覆盖率（%） | |
| | 建成区绿化覆盖率（%） | |
| 经济高效 | 效率提升 | 超超临界机组占比（%） |
| | | 火力发电厂供电标煤煤耗（k/kwh） |
| | | 产能 120 万吨以上煤矿产能比例（%） |
| | | 采煤机械化程度（%） |
| | | 规模以上工业企业工业总产值/规模以上工业综合能源消费（元/吨标准煤） |
| | 产业发展 | 规模以上能源工业企业资产总计（亿元） |
| | | 规模以上能源工业企业利润总额（亿元） |
| | 市场活力 | 规模以上民营能源工业企业资产合计（现价）（万元） |
| 规模以上民营能源工业企业工业总产值（万元） | | |
| 创新驱动 | 创新投入 | 能源工业企业 R&D 人员全时当量（人年） |
| | | 能源工业企业 R&D 经费（万元） |
| | 创新产出 | 能源工业企业有效发明专利数（件） |
| 社会贡献 | 能源保障 | 省间电力外送量（亿千瓦时） |
| | | 能源生产总量占全国比重（%） |
| | | 外输能源占全国跨区能源输送量比重（%） |
| | 社会民生 | 能源企业税收占地区税收比重（%） |
| | | 农村牧区用电量（亿千瓦小时） |
| | | 煤矿百万吨死亡率（%） |
| | 国际合作 | 外商实际投资企业数（能源工业）（家） |
| 对外投资企业数（能源工业）（家） | | |
| 境外电力输出规模（亿千瓦小时） | | |

（五） 数据处理

中国·内蒙古现代能源经济发展指数，属于多指标的综合评价类指数，因此本研究采用加权算术平均方法来计算。指数计算过程，将根据多维度的实际指标数据获取情况，先进行指数数据无量纲化处理，然后权重确定，最后进行指数合成计算。指数结果将从时间序列上直观展示内蒙古现代能源经济的发展水平和发展趋势。相关数据处理规则如下：

在原始指标数据处理方面，中国·内蒙古现代能源经济发展指数采用无量纲化的方法对各底层指标原始值进行处理。无量纲化处理主要是为了消除多指标综合评价中，计量单位上的差异和指标数值的数量级、相对数形式的差别，解决指标的可综合性问题。

本研究对底层指标 $z_{ij_i k_i t}$ 进行无量纲化处理，基期拟以 2018 年为基准，基准值为 100。

正向指标和逆向指标无量纲化计算公式如下：

$$x_{ij_i k_i t} = \frac{z_{ij_i k_i t}}{z_{ij_i k_i, 2018}} * 100$$

$$x_{ij_i k_i t} = \frac{z_{ij_i k_i, 2018}}{z_{ij_i k_i t}} * 100$$

$x_{ij_i k_i t}$ 表示第 i 个一级指标下第 j_i 个二级指标下第 k 个三级指标的无量纲化取值， $z_{ij_i k_i t}$ 表示第 i 个一级指标下第 j_i 个指标第 k

个三级指标在第 t 期的取值, $Z_{i,j_i,k_i,2018}$ 表示第 i 个一级指标下第 j_i 个指标第 k 个三级指标在基期 2018 年的取值。

(六) 模型计算

鉴于中国·内蒙古现代能源经济发展指数涉及的领域广泛,单一权重设置方法可能很难客观反映不同维度指标的重要性,因此,本研究采用主客观组合赋权法来判定,主观判断与客观情况相结合,提升权重的科学性和合理性。

1、 主观赋权：层次分析法（AHP）

层次分析法将复杂决策问题按总目标、各层子目标、评价准则的顺序分解为不同的层次结构,采用两两比较的方法确定判断矩阵,然后用求解判断矩阵特征向量的办法,求得每一层次各元素对上一层次某元素的优先权重,最后再加权递推总目标的权重。

层次分析法比较适合于具有分层交错评价指标的目标系统,而且目标值又难于定量描述的决策问题。

AHP 算法的基本过程可以分为如下四个基本步骤:

(1) 建立层次结构模型。在深入分析实际问题的基础上,将有关的各个因素按照不同方面自上而下地分解成若干层次,同一层的诸因素从属于上一层的因素或对上层因素有影响,同时又支配下一层的因素或受到下层因素的作用。最顶层为总目标层,

即内蒙古现代能源经济发展指标，下面两个指标层分别为一级子指标和二级子指标（详见“指数指标体系”）。

（2）构造成对比较矩阵，即专家打分结果的矩阵。从层次结构模型的一级指标层开始，对于从属于（或影响）上一层每个因素的同一层诸因素，在 1-9 比较尺度下用成对比较法构造比较矩阵，评价环境就界定在当前的目标层因素，直到最下层。

（3）计算权重向量并做一致性检验。对于每一个成对比较矩阵计算最大特征根及对应特征向量，利用一致性指标、随机一致性指标和一致性比率做一致性检验。若检验通过，归一化的特征向量即为权重向量；若不通过，需重新构造或者删除成对比较矩阵。

（4）计算一级指标权重向量并做一致性检验。计算下层对目标的权重向量，并根据公式做综合一致性检验，若检验通过，则可按照一级指标权重向量表示的结果进行决策，否则需要重新考虑模型或重新构造那些一致性比率较大的成对比较阵。

2、 客观赋权：熵值法

用指标的熵值确定权重，属于突出局部差异的客观赋权方法。指标的离散程度越大，提供的信息量越多，该指标对综合评价的影响越大，其权重也就越大。熵值法是根据各项指标实际值的离散程度来确定权数的，避免了人为因素带来的偏差，但忽略了指标本身的重要程度，实际操作中会结合专家意见进行权数调整。熵值法的基本步骤：

(1) 计算系统的熵值

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(P_{ij})$$

其中, $P_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^m x_{ij}$ 表示第 j 属性下第 i 个方案 A_i 的贡献度,

常数 $K = 1 / \ln m$ 。

(2) 计算差异性系数

$$D_j = 1 - E_j$$

其中, D_j 为差异性系数。

(3) 计算熵值法权重

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}$$

其中, $j=1, 2, \dots, n$ 。

3、 组合赋权法

组合赋权法采用了层次分析法和熵权法相结合的方法。该方法常用的两种组合方式为“乘法”集成法、“加法”集成法, 对应公式分别如下

$$w_i = \frac{a_i b_i}{\sum_{i=1}^m a_i b_i}$$

$$w_i = \alpha \times a_i + (1 - \alpha) \times b_i, \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

其中 w_i 表示第 i 个指标的组合权重; a_i 和 b_i 分别为第 i 个指标的客观权重和主观权重。前者的组合实质上是乘法合成的归一

化处理,该方法适用于指标个数较多、权重分配比较均匀的情况。后者实质上是线性加权,称为线性加权组合赋权方法。当决策者对不同赋权方法存在偏好时, α 能够根据决策者的偏好信息来确定。

4、 指数合成计算

在多指标综合评价中,合成是指通过一定的算式将多个指标对事物不同方面的评价值综合在一起,以得到一个整体性的评价。指标合成的数学方法很多,包括加法合成、乘法合成和加乘混合合成。

中国·内蒙古现代能源经济发展指数模型具体算法为加权算术平均方法,即按照指标体系构建层次,逐级进行量化综合,最终形成总指数。选择加权算术平均法的原因是:各评价指标间重要程度差异较大,且各指标评价值间差异不大,采用加权算术平均法可以反映出指标重要程度的差异;而且相较于加权平方平均法和加权几何平均法,加权算术平均法的结果更为均衡,能更合理地反映产业的发展情况。

将所有底层指标无量纲化后得到的数值与其权重按如下公式进行简单加权计算得到分指数 $I_{i,t}$:

$$I_{i,t} = \sum I_{i,j_i,t} * w_{i,j_i} = \sum (\sum x_{i,j_i,k_{i,j_i},t} * w_{i,j_i,k_{i,j_i}}) * w_{i,j_i}$$

其中, $i=1, 2, \dots, n$, n 为一级指标个数; $x_{i,j_i,k_{i,j_i},t}$ 表示第 i 项分指数对应的第 k 项三级指数的取值; w_{i,j_i} 表示第 i 项指数的二级权重。

将指数评价指标体系中的各指标数值与其权重按如下公式计算得到总指数 I :

$$I = \sum I_{i,t} * w_i = \sum (\sum I_{i,j_i,t} * w_{i,j_i}) * w_i = \sum (\sum (\sum x_{i,j_i,k_{i,j_i},t} * w_{i,j_i,k_{i,j_i}}) * w_{i,j_i}) * w_i$$

(七) 指数计算

内蒙古现代能源经济发展指数为多指标综合评价指数，指数结果采用加权平均法计算，按照指标体系构建层次，将无量纲化处理后指标进行逐级合成，计算最终总指数。

指数基准：习近平总书记 2018 年在参加内蒙古代表团审议时指出，要把现代能源经济这篇文章做好，紧跟世界能源技术革命新趋势，延长产业链条，提高能源资源综合利用效率。指数以 2018 年为基期²，基点值为 100。

数据来源：数据来源为内蒙古自治区能源局、内蒙古自治区科学技术厅、内蒙古自治区工业和信息化厅、内蒙古自治区商务厅、内蒙古自治区统计局、国家税务总局内蒙古自治区税务局等相关部门及内蒙古自治区电力行业协会、内蒙古电力（集团）有限责任公司、国网内蒙古东部电力有限公司填报数。³

权重计算：指标采用主客观组合赋权法设置权重，主观赋权采用层次分析法（AHP），以领域内专家学者打分为依据；客观

² 注：我国经济步入“十四五”的新发展阶段，内蒙古自治区发展所面临的机遇和挑战都有新的发展变化。为使指标体系更符合“十四五”时期内蒙古自治区的发展，自 2021 年起报告对指标体系以及权重设计进行了升级，使之更符合未来五年内蒙古自治区现代能源经济发展目标，并将原指数基期（2013 年）推后五年至（2018 年）。

³ 注：指数计算过程中，部分缺失数据依据统计学方法估算。

赋权采用熵值法，以单个指标所含数据离散程度为依据。依据赋权规则，低碳转型、经济高效、创新驱动、社会贡献四项一级指标权重分别为 27%、30%、19%、24%。

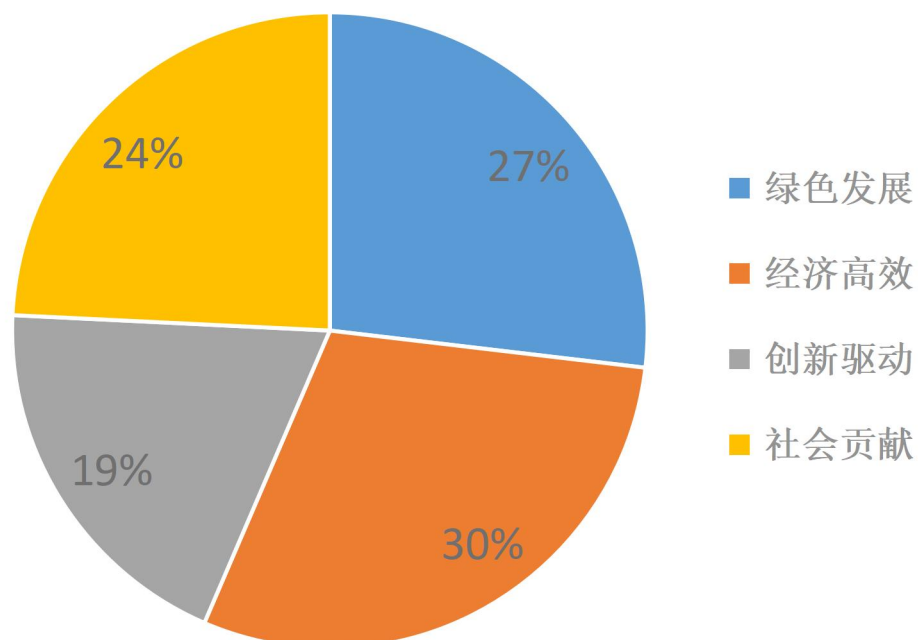


图 II 一级指标权重设置

未来，报告将根据内蒙古经济发展运行情况，定期调整选用指标及权重，增强指数科学性、前瞻性，以期科学反映并引导地区经济发展。