

The background of the cover is a photograph of a renewable energy site. In the upper half, two large white wind turbines are visible against a bright blue sky with scattered white clouds. Below the turbines, a series of solar panels are mounted on a structure over a body of water. The panels are tilted and reflect the sky. The water in the foreground is dark and calm, with some reflections. A large, dark blue diagonal shape cuts across the middle of the image, serving as a background for the title text.

# 现代能源体系指数蓝皮书 2022

MODERN ENERGY SYSTEMS INDEX 2022

青岛 / 中国

中国工程院

“推进现代能源体系建设进程评估及发展战略研究”项目组

# 作者与鸣谢

### 项目负责人

谢克昌 院士

### 课题负责人

刘中民 院士  
陈 勇 院士

### 参与单位

中国工程院战略咨询中心  
华北电力大学 国家能源发展战略研究院  
中国科学院青岛生物能源与过程研究所 泛能源大数据与战略研究中心  
常州大学 城乡矿山研究院

### 责任编辑

田亚峻

### 特别感谢

向参与本研究与调研的院士专家表示诚挚的谢意！  
向中国工程院工程科技知识中心能源分中心、中国科学院大连物理化学研究所能源战略研究中心等单位的支持表示衷心的感谢！

### 版权与引用

文中关于指数的数据、表格、图片版权属于中国工程院。引用请注明：  
中国科学院青岛生物能源与过程研究所泛能源大数据与战略研究中心 .  
现代能源体系指数蓝皮书 2022.(2023-03)[R/OL].<http://energy.ckcest.cn/App/energyIndex/>

# 现代能源体系指数蓝皮书 2022

MODERN ENERGY SYSTEMS INDEX 2022

## 目录 CONTENTS

|              |    |                |    |
|--------------|----|----------------|----|
| 1 前言         | 02 | 低碳指数           | 18 |
| 2 现代能源体系发展   | 04 | 安全指数           | 20 |
| 现代能源体系内涵     | 04 | 高效指数           | 22 |
| 现代能源体系指数指标组成 | 06 | 综合分析           | 24 |
| 数据来源         | 08 | 5 中国各省现代能源体系指数 | 26 |
| 3 中国现代能源体系指数 | 10 | 综合指数           | 26 |
| 综合指数         | 11 | 清洁指数           | 28 |
| 二级指数         | 12 | 低碳指数           | 30 |
| 综合分析         | 13 | 安全指数           | 32 |
| 4 全球现代能源体系指数 | 14 | 高效指数           | 34 |
| 综合指数         | 14 | 综合分析           | 36 |
| 清洁指数         | 16 |                |    |





# 前言

## PREFACE

从人类利用能源的历史来看，能源大致经历了薪柴时代、煤炭时代、石油时代和电力时代等。能源角色从满足基本的生存发展到支撑现代文明的高度繁荣。今天，能源对经济、社会、工程、科技、生态、环境、国际政治等重要的社会维度均产生着重要影响，是一个国家稳定发展长治久安的关键要素。

改革开放以来，我国对能源需求不断增加，对能源发展越来越重视，“十一五”规划提出“构筑稳定、经济、清洁、安全的能源供应体系”；“十二五”规划提出“推动能源生产和利用方式变革，构建安全、稳定、经济、清洁的现代能源产业体系”；“十三五”规划正式写入“建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系”；“十四五”规划单独设置“构建现代能源体系”一节，提出“推进能源革命，建设清洁低碳、安



全高效的能源体系，提高能源供给保障能力”，成为新时代能源发展方向。

2022 年，国家发改委、国家能源局正式印发《“十四五”现代能源体系规划》，现代能源体系建设正式成为能源发展的国家规划。该规划明确提出要“加强对本规划实施的组织、协调和督导，建立健全规划实施监测评估、考核监督机制”。但是，对于如何评估现代能源体系建设成效，一直没有可量化的方法体系。同年，中国工程院启动“推进现代能源体系建设进程评估及发展战略研究”项目，研究引入泛能源大数据理念，采用系统分析法构建了包含清洁、低碳、安全、高效四个维度的现代能源体系评价指标体系，并对我国现代能源体系建设的历史进程和全国各省、自治区、直辖市(以下

均简称为“省”)现代能源体系建设的现状进行了对比分析，最后与全球 76 个国家进行了对比，从不同角度定位中国现代能源体系建设的水平。

数据表明，过去十年(2010-2020)我国推动能源革命进程成效显著，综合指数由 38.56 持续上升至 50.09，76 个主要经济体中排名第 38，落后于欧盟、美国、日本等发达经济体，领先于俄罗斯、印度等发展中经济体。

为让全社会了解我国现代能源体系的建设进程、参与现代能源体系的建设，同时也为国家和地区的现代能源体系建设提供量化指导，项目组将研究成果形成蓝皮书，并向全社会分享，助力我国能源革命、“双碳”战略乃至新型能源体系建设。



# 现代能源体系指数概述

## Overview Of Modern Energy Systems Indices

### 现代能源体系内涵

2014年6月，中央财经领导小组第六次会议强调，面对能源供需格局新变化、国际能源发展新趋势，保障国家能源安全，必须推动能源生产和消费革命。2015年中国共产党十八届五中全会首次提出建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系。2017年党的十九大报告提出，要推进能源生产和消费革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系。2021年“十四五”规划纲要重申要推进能源革命，建设清洁低碳、安全高效的能源体系。清洁、低碳、安全、高效四个关键维度，是中国新时代能源发展的根本要求，具有鲜明时代特征。

### 清洁 CLEAN

清洁是指能源的开发利用全过程最大程度的减少对生态的破坏以及对环境的污染。能源的清洁生产和消费从本质上来说，就是采取整体预防的环境策略，减少或者消除它们对人类及环境的可能危害，同时充分满足用户需要，使社会经济效益最大化。清洁能源有两方面的含义，一方面是大力发展清洁能源，如风能、太阳能等新能源和核能；另一方面是积极推进传统能源的清洁高效利用，在全产业链上实现绿色开发、清洁高效利用，实现了清洁高效利用的煤炭就是清洁能源。

### 低碳 LOW CARBON

低碳是指能源的生产和消费过程中最大程度地减少碳排放。2015年170个缔约方签署了《巴黎协定》，减少碳排放成为国际社会的共识，目前超过130个国家和地区提出了碳中和目标。2020年9月，中国政府在第七十五届联合国大会上提出：“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。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，能源领域是主战场，从能源的全生命周期链条上研发低碳技术、替碳技术、化碳技术、固碳技术和封碳技术是解决碳排放问题的重中之重”。

### 安全 SAFE

能源安全是落实总体国家安全观在能源领域的重要体现。我国油气资源匮乏的短板无法改变，高度对外依存长期存在。我国资源禀赋特征决定了短期内煤炭仍将发挥主体能源作用，面向碳达峰碳中和目标，我国将规模化发展新能源，其间歇性、波动性将对能源安全供应带来巨大影响。保障国内能源供需稳定和供应安全，将能源的饭碗牢牢端在自己手里，是保障国家经济高质量发展的先决条件。

### 高效 EFFICIENT

高效是指全面提高能源生产、转换、输配和消费的全生命周期效率，减少对能源与资源的消耗。能源利用效率是衡量一个国家和地区发展质量的重要标志。提高能源利用效率不仅是满足我国经济高质量发展的重要保障，也是实现美丽中国和应对气候变化的重要前提，还是壮大绿色发展新动能的重要源泉。



## 现代能源体系指数指标组成

通过分析现代能源体系四个维度的内涵,确定现代能源体系指数指标组成(见表-1),单项指标、各维度指数和现代能源体系综合指数均进行数据归一化处理,其中指数值100代表最优值,50代表中值(主要体现2020年世界平均水平),0代表最差。采用序关系分析法通过能源领域专家访谈与调研等方法,综合获得各项指标权重。

表 - 1 现代能源体系指数指标组成

| 维度 | 指标             | 单位              |
|----|----------------|-----------------|
| 清洁 | 清洁能源消费总量占比     | %               |
|    | 清洁能源生产总量占比     | %               |
|    | 单位生产总值二氧化硫排放量  | 吨 / 亿元          |
|    | 单位生产总值氮氧化物排放量  | 吨 / 亿元          |
|    | 单位生产总值颗粒物排放量   | 吨 / 亿元          |
| 低碳 | 二氧化碳人均排放量      | 吨 / 人           |
|    | 单位能源消耗二氧化碳排放量  | 吨 / 吨标煤         |
|    | 单位生产总值二氧化碳排放量  | 吨 / 万元          |
|    | 单位工业增加值二氧化碳排放  | 吨 / 万元          |
|    | 非化石能源消费占比      | %               |
|    | 非化石能源发电量比重     | %               |
|    | 森林面积覆盖率        | %               |
| 安全 | 人均森林积蓄量        | 立方米 / 人         |
|    | 石油储采比          | 年               |
|    | 天然气储采比         | 年               |
|    | 原煤储采比          | 年               |
|    | 单位面积非化石能源的可开发量 | 万千瓦时 / 平方千米 / 年 |
|    | 煤炭生产量 / 消费量比值  | %               |
|    | 天然气生产量 / 消费量比值 | %               |
|    | 石油生产量 / 消费量比值  | %               |
|    | 电力生产量 / 消费量比值  | %               |
| 高效 | 能源多样性 *        | /               |
|    | 单位生产总值能耗       | 吨标煤 / 万元        |
|    | 能源消费弹性         | /               |
|    | 电力占终端能源消费比重    | %               |
|    | 供电煤耗           | 克标煤 / 千瓦时       |
|    | 电力线损率          | %               |

\* 注：采用 Shannon-Weiner 指数来衡量能源多样性。





## 数据来源

对于中国各省、自治区、直辖市的指数计算，数据来源于历年《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《中国电力统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、《中国林业统计年鉴》、中国碳核算数据库（CEADs）国家级清单、《各省历年统计年鉴》、《中国国土资源统计年鉴》、《2020年全国矿产资源储量统计表》、《中国可再生能源展望 2021》以及各省历年统计年鉴等，中国台湾、西藏、香港、澳门数据暂缺。

对于其他国家或地区指数计算，数据来源于英国石油公司（BP）、国际能源署（IEA）、世界银行、联合国粮农组织、全球大气研究排放数据库（EDGAR），以及世界银行和ESMAP 等机构联合开发的全球太阳能资源平台、全球风能资源平台等。







# 中国现代能源体系指数

## China's Modern Energy Systems Indices

## 综合指数

2010-2020 年我国现代能源体系综合指数如图 -1 所示。2012 年以来我国综合指数呈持续上升趋势，由 2011 年的 38.01 上升至 2020 年的 50.09，年均增长率约 3.11%。由此可见，近十年我国推动能源革命成效显著，现代能源体系建设水平稳步提升。

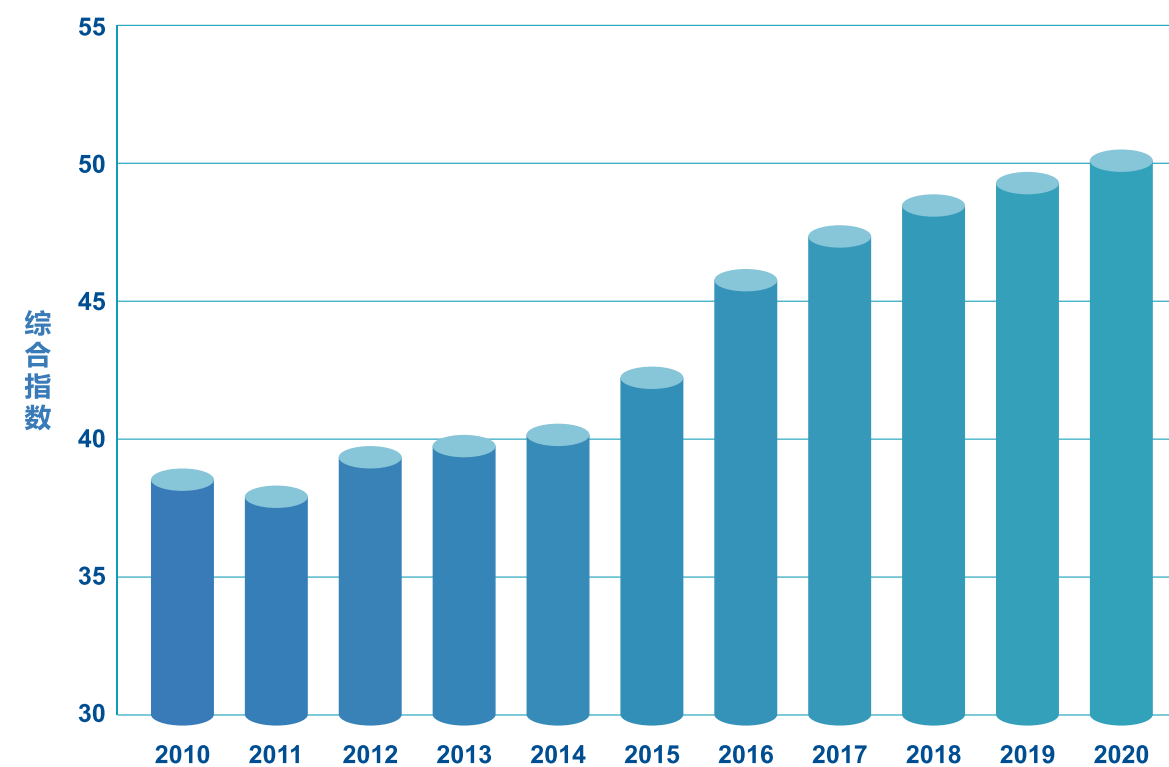


图 -1 中国历年现代能源体系综合指数

## 二级指数

图 -2 表示了中国 2010-2020 年现代能源体系二级指数，包括清洁指数、低碳指数、安全指数和高效指数。

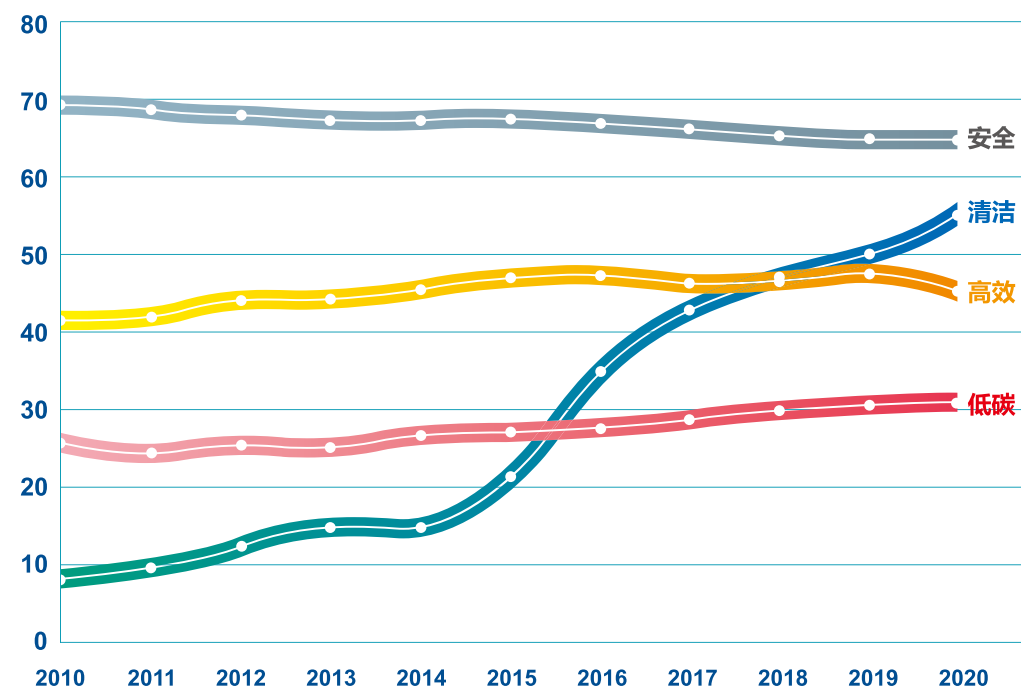


图 -2 中国历年现代能源体系四个维度指数 (2010-2020)

清洁指数曲线显示 2010-2020 年间我国清洁指数呈快速上升趋势，由 2010 年的 8.26 上升至 2020 年的 55.75，年均增长率约 18.96%，表明过去十年间我国能源清洁生产和利用成效突出。

低碳指数曲线显示 2011-2020 年间我国低碳指数呈逐步上升趋势，由 2011 年的 24.51 上升至 2020 年的 30.95，年均增长率约 2.63%，同期低碳指数增长速率要明显低于清洁指数。

安全指数曲线显示 2010-2020 年间我国安全指数呈下降趋势，由 2010 年的 70.27 下降至 2020 年的 64.67，年均下降率约 0.75%，主要受累于石油和天然气的对外依存度不断提升。

高效指数曲线显示 2010-2020 年间我国高效指数呈波动上升趋势，主要受能源消费弹性系数的波动影响，总体上由 2010 年的 41.76 上升至 2020 年的 45.25，年均增长率约 0.73%，同期高效指数增长速率要低于清洁指数和低碳指数。



## 综合分析

对 4 个维度的指数进行对比分析，2010-2020 年我国能源安全指数相对较高，处于 60~70 区间；能源低碳指数相对较低，处于 20~30 区间；能源高效指数在 40~50 区间；能源清洁指数发展跨度最大，从 10 左右跃升至 55 左右。各指数历年的数据见表 -2。

表 -2 中国现代能源体系指数历年数据 (2010-2020)

| 年份   | 清洁指数  | 低碳指数  | 安全指数  | 高效指数  | 综合指数  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2010 | 8.26  | 25.93 | 70.27 | 41.76 | 38.56 |
| 2011 | 9.20  | 24.51 | 68.70 | 41.87 | 38.01 |
| 2012 | 12.50 | 25.45 | 68.17 | 44.13 | 39.37 |
| 2013 | 15.61 | 25.36 | 67.42 | 44.22 | 39.89 |
| 2014 | 14.81 | 26.62 | 67.31 | 45.38 | 40.23 |
| 2015 | 20.84 | 27.18 | 67.67 | 47.15 | 42.30 |
| 2016 | 35.02 | 27.87 | 67.03 | 47.59 | 45.72 |
| 2017 | 43.14 | 28.63 | 66.26 | 46.56 | 47.35 |
| 2018 | 47.49 | 29.72 | 65.42 | 46.91 | 48.47 |
| 2019 | 50.18 | 30.52 | 64.99 | 47.50 | 49.30 |
| 2020 | 55.75 | 30.95 | 64.67 | 45.25 | 50.09 |

总体而言，过去十年我国能源在清洁、低碳、高效利用方面均取得不同程度的进步，尤其在清洁利用方面成绩斐然。安全指数受油气资源对外的依存度居高不下影响略有下降，但依然处于较高的水平，主要得益于我国煤炭资源的自给自足程度较高，凸显煤炭在能源安全中的重要地位。





# 全球现代能源体系指数

Global Modern Energy Systems Indices

## 综合指数

世界主要国家与地区现代能源体系之综合指数如表 -3 所示。中国综合指数为 50.09，世界排名第 38，处于中游位置。欧盟、美国、日本的综合指数分别为 67.58、66.72、60.02，依次位列第 2、第 3、第 16。中国综合指数与 G7 等发达经济体有明显差距，在 G20 成员国中排名第 14，排名落后于中国的有俄罗斯、土耳其、印度尼西亚、沙特阿拉伯、印度和南非共和国。

(注：G7：Group of 7 的简称，7 国集团包括：美国、加拿大、英国、意大利、法国、德国、日本。G20：Group of 20 的简称，由中国、韩国、印度、美国、英国、加拿大、德国、意大利、法国、俄罗斯、日本、欧洲联盟、印度尼西亚、墨西哥、南非共和国、沙特阿拉伯、土耳其、澳大利亚、阿根廷、巴西 20 个国家和国际组织组成。)

表 -3 世界主要国家与地区现代能源体系之综合指数（2020）

| 国家    | 综合    | 排名 | 国家       | 综合    | 排名 |
|-------|-------|----|----------|-------|----|
| 挪威    | 70.88 | 1  | 俄罗斯      | 49.98 | 40 |
| 欧盟    | 67.58 | 2  | 希腊       | 48.77 | 41 |
| 美国    | 66.72 | 3  | 越南       | 48.47 | 42 |
| 英国    | 66.05 | 4  | 孟加拉国     | 48.39 | 43 |
| 加拿大   | 64.69 | 5  | 立陶宛      | 48.18 | 44 |
| 西班牙   | 64.32 | 6  | 阿联酋      | 47.57 | 45 |
| 德国    | 63.75 | 7  | 乌兹别克斯坦   | 47.41 | 46 |
| 瑞典    | 63.67 | 8  | 智利       | 47.38 | 47 |
| 奥地利   | 63.25 | 9  | 波兰       | 46.64 | 48 |
| 法国    | 63.00 | 10 | 土耳其      | 46.09 | 49 |
| 芬兰    | 62.14 | 11 | 阿塞拜疆     | 45.89 | 50 |
| 丹麦    | 62.12 | 12 | 特立尼达和多巴哥 | 45.81 | 51 |
| 瑞士    | 61.81 | 13 | 埃及       | 44.94 | 52 |
| 爱尔兰   | 61.75 | 14 | 保加利亚     | 44.21 | 53 |
| 秘鲁    | 60.48 | 15 | 马来西亚     | 43.98 | 54 |
| 日本    | 60.02 | 16 | 塞浦路斯     | 43.61 | 55 |
| 斯洛文尼亚 | 59.96 | 17 | 厄瓜多尔     | 43.29 | 56 |
| 意大利   | 59.76 | 18 | 哈萨克斯坦    | 42.77 | 57 |
| 哥伦比亚  | 59.23 | 19 | 阿曼       | 42.43 | 58 |
| 匈牙利   | 59.06 | 20 | 泰国       | 42.19 | 59 |
| 澳大利亚  | 58.54 | 21 | 乌克兰      | 42.16 | 60 |
| 新西兰   | 58.35 | 22 | 新加坡      | 41.90 | 61 |
| 罗马尼亚  | 58.30 | 23 | 爱沙尼亚     | 41.62 | 62 |
| 新西兰   | 58.25 | 24 | 伊朗       | 41.34 | 63 |
| 比利时   | 57.31 | 25 | 科威特      | 41.17 | 64 |
| 巴西    | 57.22 | 26 | 阿尔及利亚    | 40.90 | 65 |
| 斯洛伐克  | 56.46 | 27 | 印度尼西亚    | 39.54 | 66 |
| 葡萄牙   | 56.28 | 28 | 土库曼斯坦    | 39.44 | 67 |
| 拉脱维亚  | 55.96 | 29 | 沙特阿拉伯    | 38.80 | 68 |
| 以色列   | 55.44 | 30 | 巴基斯坦     | 38.36 | 69 |
| 冰岛    | 54.55 | 31 | 斯里兰卡     | 37.36 | 70 |
| 克罗地亚  | 53.23 | 32 | 菲律宾      | 36.00 | 71 |
| 捷克    | 53.15 | 33 | 印度       | 34.31 | 72 |
| 墨西哥   | 52.91 | 34 | 伊拉克      | 34.00 | 73 |
| 阿根廷   | 52.74 | 35 | 马其顿      | 32.78 | 74 |
| 卡塔尔   | 52.61 | 36 | 白俄罗斯     | 32.36 | 75 |
| 韩国    | 51.94 | 37 | 摩洛哥      | 31.79 | 76 |
| 中国    | 50.09 | 38 | 南非共和国    | 23.82 | 77 |
| 卢森堡   | 50.03 | 39 |          |       |    |





清洁指数

世界主要国家与地区现代能源体系之清洁指数如表 -4 所示。中国清洁指数为 55.75，世界排名第 48。欧盟、日本、美国的清洁指数分别为 84.07、83.82、70.36，依次位列第13、第15、第34。中国清洁指数落后于 G7 等发达经济体，在 G20 成员国中排名第 11，排名落后于中国的有土耳其、加拿大、墨西哥、巴西、俄罗斯、沙特阿拉伯、印度尼西亚、印度和南非共和国。排名靠前的国家清洁能源资源和利用率均比较高。

表 -4 世界主要国家与地区现代能源体系之清洁指数（2020）

| 国家       | 清洁    | 排名 | 国家     | 清洁    | 排名 |
|----------|-------|----|--------|-------|----|
| 瑞典       | 93.30 | 1  | 阿联酋    | 62.50 | 40 |
| 瑞士       | 93.27 | 2  | 阿曼     | 61.93 | 41 |
| 法国       | 91.26 | 3  | 阿尔及利亚  | 61.61 | 42 |
| 奥地利      | 89.52 | 4  | 阿塞拜疆   | 60.85 | 43 |
| 爱尔兰      | 88.10 | 5  | 爱沙尼亚   | 60.70 | 44 |
| 荷兰       | 87.98 | 6  | 孟加拉国   | 60.67 | 45 |
| 意大利      | 87.91 | 7  | 乌兹别克斯坦 | 58.05 | 46 |
| 比利时      | 87.50 | 8  | 澳大利亚   | 57.96 | 47 |
| 芬兰       | 85.95 | 9  | 中国     | 55.75 | 48 |
| 西班牙      | 85.33 | 10 | 土耳其    | 55.59 | 49 |
| 挪威       | 85.04 | 11 | 马来西亚   | 55.15 | 50 |
| 斯洛伐克     | 84.99 | 12 | 白俄罗斯   | 55.14 | 51 |
| 欧盟       | 84.07 | 13 | 加拿大    | 53.62 | 52 |
| 德国       | 83.97 | 14 | 墨西哥    | 53.44 | 53 |
| 日本       | 83.82 | 15 | 保加利亚   | 51.75 | 54 |
| 卢森堡      | 83.72 | 16 | 哥伦比亚   | 51.31 | 55 |
| 斯洛文尼亚    | 83.49 | 17 | 智利     | 50.53 | 56 |
| 英国       | 83.11 | 18 | 巴西     | 50.08 | 57 |
| 葡萄牙      | 82.20 | 19 | 伊朗     | 47.71 | 58 |
| 卡塔尔      | 82.08 | 20 | 俄罗斯    | 47.64 | 59 |
| 以色列      | 82.05 | 21 | 波兰     | 45.30 | 60 |
| 特立尼达和多巴哥 | 81.38 | 22 | 埃及     | 44.71 | 61 |
| 丹麦       | 81.01 | 23 | 斯里兰卡   | 42.31 | 62 |
| 匈牙利      | 80.94 | 24 | 泰国     | 42.10 | 63 |
| 新西兰      | 79.68 | 25 | 巴基斯坦   | 41.59 | 64 |
| 韩国       | 78.92 | 26 | 科威特    | 40.10 | 65 |
| 克罗地亚     | 78.12 | 27 | 马其顿    | 39.27 | 66 |
| 冰岛       | 78.09 | 28 | 摩洛哥    | 37.08 | 67 |
| 立陶宛      | 77.97 | 29 | 乌克兰    | 34.39 | 68 |
| 拉脱维亚     | 74.48 | 30 | 沙特阿拉伯  | 32.37 | 69 |
| 新加坡      | 73.49 | 31 | 菲律宾    | 29.80 | 70 |
| 罗马尼亚     | 70.91 | 32 | 厄瓜多尔   | 28.72 | 71 |
| 土库曼斯坦    | 70.48 | 33 | 伊拉克    | 27.80 | 72 |
| 美国       | 70.36 | 34 | 哈萨克斯坦  | 19.84 | 73 |
| 捷克       | 67.76 | 35 | 越南     | 18.33 | 74 |
| 塞浦路斯     | 67.35 | 36 | 印度尼西亚  | 11.41 | 75 |
| 阿根廷      | 65.61 | 37 | 印度     | 11.03 | 76 |
| 秘鲁       | 64.75 | 38 | 南非共和国  | 3.43  | 77 |
| 希腊       | 63.28 | 39 |        |       |    |





低碳指数

世界主要国家与地区现代能源体系之低碳指数如表 -5 所示。中国低碳指数为 30.95，世界排名第 56。欧盟、美国、日本的低碳指数分别为 63.06、55.18、50.79，依次位列第 19、第 28、第 35。中国低碳指数明显落后于 G7 等发达经济体，在 G20 成员国中排名第 17，排名落后于中国的有印度、南非共和国和沙特阿拉伯。

表 -5 世界主要国家与地区现代能源体系之低碳指数（2020）

| 国家    | 低碳    | 排名 | 国家       | 低碳    | 排名 |
|-------|-------|----|----------|-------|----|
| 瑞典    | 87.50 | 1  | 墨西哥      | 47.36 | 40 |
| 挪威    | 81.81 | 2  | 澳大利亚     | 45.11 | 41 |
| 芬兰    | 77.96 | 3  | 阿根廷      | 43.94 | 42 |
| 秘鲁    | 77.07 | 4  | 希腊       | 42.76 | 43 |
| 巴西    | 77.01 | 5  | 土耳其      | 42.38 | 44 |
| 瑞士    | 75.97 | 6  | 印度尼西亚    | 40.87 | 45 |
| 厄瓜多尔  | 74.95 | 7  | 菲律宾      | 40.17 | 46 |
| 奥地利   | 74.71 | 8  | 俄罗斯      | 40.03 | 47 |
| 新西兰   | 74.45 | 9  | 荷兰       | 39.03 | 48 |
| 斯洛文尼亚 | 74.11 | 10 | 孟加拉国     | 38.27 | 49 |
| 法国    | 72.24 | 11 | 乌克兰      | 37.46 | 50 |
| 拉脱维亚  | 70.63 | 12 | 泰国       | 36.38 | 51 |
| 斯洛伐克  | 67.23 | 13 | 马来西亚     | 36.38 | 52 |
| 加拿大   | 64.59 | 14 | 马其顿      | 36.38 | 53 |
| 丹麦    | 64.05 | 15 | 波兰       | 34.57 | 54 |
| 立陶宛   | 63.71 | 16 | 以色列      | 33.49 | 55 |
| 冰岛    | 63.54 | 17 | 中国       | 30.95 | 56 |
| 罗马尼亚  | 63.12 | 18 | 摩洛哥      | 30.60 | 57 |
| 欧盟    | 63.06 | 19 | 白俄罗斯     | 30.42 | 58 |
| 克罗地亚  | 62.77 | 20 | 塞浦路斯     | 30.22 | 59 |
| 西班牙   | 61.62 | 21 | 埃及       | 28.37 | 60 |
| 哥伦比亚  | 60.83 | 22 | 印度       | 26.87 | 61 |
| 葡萄牙   | 60.03 | 23 | 巴基斯坦     | 25.58 | 62 |
| 智利    | 58.44 | 24 | 阿塞拜疆     | 23.37 | 63 |
| 德国    | 57.74 | 25 | 特立尼达和多巴哥 | 22.32 | 64 |
| 意大利   | 56.03 | 26 | 卡塔尔      | 18.36 | 65 |
| 英国    | 55.83 | 27 | 乌兹别克斯坦   | 16.69 | 66 |
| 美国    | 55.18 | 28 | 阿联酋      | 16.16 | 67 |
| 卢森堡   | 54.62 | 29 | 新加坡      | 15.70 | 68 |
| 比利时   | 54.23 | 30 | 伊拉克      | 12.96 | 69 |
| 匈牙利   | 53.78 | 31 | 阿尔及利亚    | 12.87 | 70 |
| 爱尔兰   | 53.27 | 32 | 南非共和国    | 12.65 | 71 |
| 捷克    | 51.61 | 33 | 伊朗       | 11.47 | 72 |
| 保加利亚  | 51.55 | 34 | 沙特阿拉伯    | 11.43 | 73 |
| 日本    | 50.79 | 35 | 科威特      | 11.06 | 74 |
| 韩国    | 48.47 | 36 | 哈萨克斯坦    | 10.22 | 75 |
| 爱沙尼亚  | 47.64 | 37 | 阿曼       | 9.59  | 76 |
| 越南    | 47.52 | 38 | 土库曼斯坦    | 8.52  | 77 |
| 斯里兰卡  | 47.49 | 39 |          |       |    |



## 安全指数

世界主要国家与地区现代能源体系之安全指数如表 -6 所示。中国安全指数为 64.67，世界排名第 16。美国、欧盟、日本的安全指数分别为 75.30、56.55、37.79，依次位列第 5、第 27、第 48。中国安全指数明显领先于 G7 等发达经济体，在 G20 成员国中排名第 7，排名领先于中国的有俄罗斯、加拿大、美国、澳大利亚、印度尼西亚和沙特阿拉伯。

表 -6 世界主要国家与地区现代能源体系之安全指数（2020）

| 国家       | 安全    | 排名 | 国家    | 安全    | 排名 |
|----------|-------|----|-------|-------|----|
| 哈萨克斯坦    | 96.36 | 1  | 泰国    | 46.28 | 40 |
| 俄罗斯      | 87.30 | 2  | 保加利亚  | 45.33 | 41 |
| 加拿大      | 87.23 | 3  | 西班牙   | 44.13 | 42 |
| 越南       | 78.20 | 4  | 匈牙利   | 43.93 | 43 |
| 美国       | 75.30 | 5  | 南非共和国 | 43.06 | 44 |
| 澳大利亚     | 73.65 | 6  | 希腊    | 40.12 | 45 |
| 哥伦比亚     | 70.22 | 7  | 土耳其   | 38.96 | 46 |
| 卡塔尔      | 69.14 | 8  | 以色列   | 38.10 | 47 |
| 印度尼西亚    | 69.08 | 9  | 日本    | 37.79 | 48 |
| 乌兹别克斯坦   | 68.74 | 10 | 荷兰    | 35.96 | 49 |
| 科威特      | 68.62 | 11 | 韩国    | 35.13 | 50 |
| 沙特阿拉伯    | 67.96 | 12 | 厄瓜多尔  | 34.17 | 51 |
| 阿联酋      | 67.01 | 13 | 爱尔兰   | 30.32 | 52 |
| 乌克兰      | 66.27 | 14 | 比利时   | 29.86 | 53 |
| 伊朗       | 65.25 | 15 | 孟加拉国  | 28.66 | 54 |
| 中国       | 64.67 | 16 | 斯洛文尼亚 | 28.04 | 55 |
| 印度       | 63.35 | 17 | 意大利   | 28.03 | 56 |
| 伊拉克      | 62.71 | 18 | 芬兰    | 27.08 | 57 |
| 埃及       | 62.18 | 19 | 智利    | 26.78 | 58 |
| 墨西哥      | 60.32 | 20 | 白俄罗斯  | 25.92 | 59 |
| 巴西       | 59.89 | 21 | 斯洛伐克  | 25.33 | 60 |
| 土库曼斯坦    | 58.64 | 22 | 法国    | 25.30 | 61 |
| 阿塞拜疆     | 58.63 | 23 | 瑞典    | 25.16 | 62 |
| 波兰       | 58.49 | 24 | 拉脱维亚  | 24.74 | 63 |
| 阿尔及利亚    | 58.36 | 25 | 摩洛哥   | 24.74 | 64 |
| 罗马尼亚     | 57.25 | 26 | 新加坡   | 24.50 | 65 |
| 欧盟       | 56.55 | 27 | 葡萄牙   | 24.48 | 66 |
| 挪威       | 56.54 | 28 | 奥地利   | 24.36 | 67 |
| 阿根廷      | 53.89 | 29 | 马其顿   | 23.52 | 68 |
| 英国       | 53.77 | 30 | 爱沙尼亚  | 23.00 | 69 |
| 阿曼       | 51.17 | 31 | 塞浦路斯  | 21.92 | 70 |
| 丹麦       | 49.98 | 32 | 瑞士    | 21.88 | 71 |
| 德国       | 49.46 | 33 | 菲律宾   | 21.75 | 72 |
| 特立尼达和多巴哥 | 49.01 | 34 | 克罗地亚  | 21.43 | 73 |
| 秘鲁       | 48.64 | 35 | 冰岛    | 21.08 | 74 |
| 巴基斯坦     | 48.47 | 36 | 斯里兰卡  | 20.85 | 75 |
| 马来西亚     | 48.31 | 37 | 立陶宛   | 20.22 | 76 |
| 新西兰      | 47.69 | 38 | 卢森堡   | 19.17 | 77 |
| 捷克       | 47.59 | 39 |       |       |    |





## 高效指数

世界主要国家与地区现代能源体系之高效指数如表 -7 所示。中国高效指数为 45.25，世界排名第 42。日本、欧盟、美国的高效指数分别为 73.51、69.47、63.80，依次位列第 6、第 11、第 18。中国高效指数明显落后于 G7 等发达经济体，在 G20 成员国中排名第 14，排名落后于中国的有巴西、沙特阿拉伯、南非共和国、印度尼西亚、印度和俄罗斯。

中国的高效指数与西方主要经济体差距显著，具有很大的改善空间。

表 -7 世界主要国家与地区现代能源体系之高效指数（2020）

| 国家    | 高效    | 排名 | 国家       | 高效    | 排名 |
|-------|-------|----|----------|-------|----|
| 爱尔兰   | 83.56 | 1  | 阿根廷      | 47.17 | 40 |
| 荷兰    | 76.32 | 2  | 捷克       | 46.98 | 41 |
| 意大利   | 75.33 | 3  | 中国       | 45.25 | 42 |
| 英国    | 74.72 | 4  | 波兰       | 45.16 | 43 |
| 奥地利   | 74.43 | 5  | 阿曼       | 44.88 | 44 |
| 日本    | 73.51 | 6  | 斯里兰卡     | 43.04 | 45 |
| 法国    | 72.88 | 7  | 泰国       | 42.97 | 46 |
| 以色列   | 72.74 | 8  | 越南       | 42.21 | 47 |
| 西班牙   | 71.40 | 9  | 罗马尼亚     | 41.97 | 48 |
| 孟加拉国  | 71.24 | 10 | 巴西       | 41.02 | 49 |
| 欧盟    | 69.47 | 11 | 乌兹别克斯坦   | 40.68 | 50 |
| 德国    | 67.50 | 12 | 埃及       | 40.08 | 51 |
| 葡萄牙   | 66.60 | 13 | 爱沙尼亚     | 39.84 | 52 |
| 芬兰    | 66.53 | 14 | 阿联酋      | 39.57 | 53 |
| 瑞士    | 66.30 | 15 | 科威特      | 37.91 | 54 |
| 比利时   | 64.72 | 16 | 立陶宛      | 37.81 | 55 |
| 冰岛    | 64.12 | 17 | 厄瓜多尔     | 37.55 | 56 |
| 美国    | 63.80 | 18 | 阿塞拜疆     | 37.35 | 57 |
| 挪威    | 63.69 | 19 | 摩洛哥      | 36.61 | 58 |
| 斯洛文尼亚 | 62.35 | 20 | 卡塔尔      | 36.47 | 59 |
| 拉脱维亚  | 61.97 | 21 | 沙特阿拉伯    | 35.99 | 60 |
| 匈牙利   | 61.44 | 22 | 巴基斯坦     | 35.19 | 61 |
| 塞浦路斯  | 60.65 | 23 | 马来西亚     | 34.88 | 62 |
| 智利    | 59.16 | 24 | 伊朗       | 34.80 | 63 |
| 克罗地亚  | 58.73 | 25 | 马其顿      | 34.33 | 64 |
| 新加坡   | 58.55 | 26 | 新西兰      | 33.55 | 65 |
| 瑞典    | 58.43 | 27 | 南非共和国    | 31.35 | 66 |
| 丹麦    | 56.45 | 28 | 哈萨克斯坦    | 30.89 | 67 |
| 斯洛伐克  | 56.18 | 29 | 特立尼达和多巴哥 | 29.52 | 68 |
| 菲律宾   | 56.13 | 30 | 印度尼西亚    | 29.18 | 69 |
| 秘鲁    | 54.39 | 31 | 印度       | 28.52 | 70 |
| 澳大利亚  | 53.53 | 32 | 保加利亚     | 27.72 | 71 |
| 哥伦比亚  | 51.69 | 33 | 阿尔及利亚    | 26.17 | 72 |
| 希腊    | 51.14 | 34 | 伊拉克      | 25.13 | 73 |
| 卢森堡   | 50.45 | 35 | 乌克兰      | 24.20 | 74 |
| 韩国    | 49.47 | 36 | 白俄罗斯     | 19.43 | 75 |
| 土耳其   | 49.26 | 37 | 俄罗斯      | 15.06 | 76 |
| 墨西哥   | 48.60 | 38 | 土库曼斯坦    | 14.95 | 77 |
| 加拿大   | 47.36 | 39 |          |       |    |



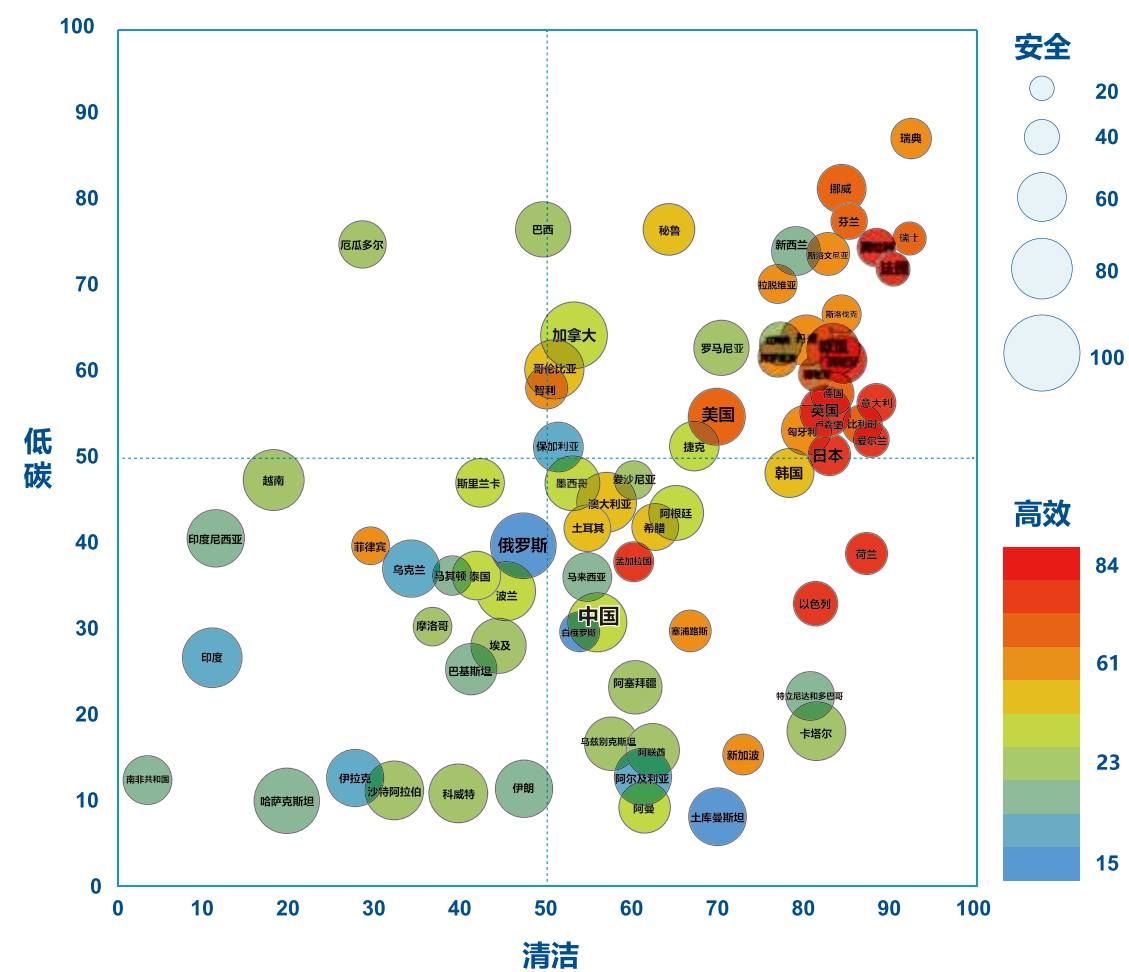


图 -3 全球主要经济体的 4 个维度指数 (2020)

## 综合分析

过去十年中国现代能源体系建设显著提升了在全球的排名位置，在比较的 77 个经济体中综合指数世界排名第 38，G20 成员国中排名第 14，整体处于世界主要经济体的中游水平。除安全指数外，其他三个维度的指数与发达经济体的差距均比较明显。

对 77 个主要经济体的 4 个维度指数进行综合分析，如图 -3 所示，往往清洁、低碳、高效指数相对较高的国家，其安全指数相对较低，例如英国、欧盟等；而安全指数相对较高的国家，其清洁、低碳、高效指数往往相对较低，例如中国、俄罗斯等。





# 中国各省现代能源体系指数

Modern energy systems indices of Chinese provinces

## 综合指数

中国各省现代能源体系之综合指数如表 -8 所示。综合指数高于 50 的有 11 个省，占比 36.67%。排名前三位的为四川、重庆和北京，综合指数分别为 66.45、60.00、56.83；排名后三位的为辽宁、山西、内蒙古，综合指数分别为 36.35、36.49、36.49。综合指数相对较高的区域是川渝地区、南部沿海地区（广西除外）；综合指数相对较低的区域是华北地区，如图 -4 所示。



图 -4 中国现代能源体系综合指数地图（2020）

表 -8 中国各省现代能源体系之综合指数（2020）

| 省份 | 综合指数  | 排名 | 省份  | 综合指数  | 排名 |
|----|-------|----|-----|-------|----|
| 四川 | 66.45 | 1  | 甘肃  | 48.98 | 16 |
| 重庆 | 60.00 | 2  | 广西  | 46.49 | 17 |
| 北京 | 56.83 | 3  | 吉林  | 45.94 | 18 |
| 福建 | 55.91 | 4  | 安徽  | 45.01 | 19 |
| 海南 | 55.71 | 5  | 山东  | 44.80 | 20 |
| 广东 | 54.97 | 6  | 河北  | 44.56 | 21 |
| 青海 | 52.94 | 7  | 天津  | 43.79 | 22 |
| 湖北 | 52.81 | 8  | 新疆  | 43.65 | 23 |
| 云南 | 52.55 | 9  | 贵州  | 43.33 | 24 |
| 江苏 | 52.06 | 10 | 黑龙江 | 43.20 | 25 |
| 上海 | 50.36 | 11 | 河南  | 42.74 | 26 |
| 陕西 | 49.86 | 12 | 宁夏  | 37.03 | 27 |
| 江西 | 49.80 | 13 | 内蒙古 | 36.49 | 28 |
| 浙江 | 49.48 | 14 | 山西  | 36.49 | 29 |
| 湖南 | 49.21 | 15 | 辽宁  | 36.35 | 30 |

清洁指数

中国各省现代能源体系之清洁指数如表 -9 所示。清洁指数高于 50 的有 18 个省，占比 60%。排名前三位的为北京、浙江和四川，清洁指数分别为 88.59、83.14、82.15；排名后三位的为内蒙古、宁夏、山西，清洁指数分别为 17.08、17.46 和 19.89。清洁指数相对较高的区域是东部沿海地区、南部沿海地区以及川渝地区；清洁指数相对较低的区域是北部地区、能源“金三角”地区（内蒙古、宁夏、陕西）以及山西，如图 -5 所示。



表 -9 中国各省现代能源体系之清洁指数（2020）

| 省份 | 清洁指数  | 排名 | 省份  | 清洁指数  | 排名 |
|----|-------|----|-----|-------|----|
| 北京 | 88.59 | 1  | 河南  | 56.65 | 16 |
| 浙江 | 83.14 | 2  | 山东  | 52.99 | 17 |
| 四川 | 82.15 | 3  | 青海  | 51.52 | 18 |
| 上海 | 81.71 | 4  | 安徽  | 49.13 | 19 |
| 广东 | 80.84 | 5  | 陕西  | 47.51 | 20 |
| 海南 | 80.57 | 6  | 河北  | 47.00 | 21 |
| 福建 | 78.04 | 7  | 贵州  | 45.82 | 22 |
| 重庆 | 75.61 | 8  | 甘肃  | 45.06 | 23 |
| 江苏 | 75.58 | 9  | 吉林  | 44.37 | 24 |
| 广西 | 73.72 | 10 | 辽宁  | 43.39 | 25 |
| 湖南 | 71.69 | 11 | 新疆  | 31.60 | 26 |
| 湖北 | 70.77 | 12 | 黑龙江 | 26.69 | 27 |
| 江西 | 68.64 | 13 | 山西  | 19.89 | 28 |
| 云南 | 66.56 | 14 | 宁夏  | 17.46 | 29 |
| 天津 | 59.87 | 15 | 内蒙古 | 17.08 | 30 |



图 -5 中国现代能源体系清洁指数地图（2020）



低碳指数

中国各省现代能源体系之低碳指数如表 -10 所示。低碳指数高于 50 的仅有 5 个省，占比 16.67%。排名前三位的为四川、云南和广东，低碳指数分别为 66.64、63.88、56.71；排名后三位的为山西、宁夏、山东，低碳指数分别为 14.71、15.56、15.82。低碳指数相对较高的区域是西南地区（贵州除外）、东南沿海地区；低碳指数相对较低的区域是西北地区（青海除外）、华北地区（北京除外）、东北地区，如图 -6 所示。



表 -10 中国各省现代能源体系之低碳指数（2020）

| 省份 | 低碳指数  | 排名 | 省份  | 低碳指数  | 排名 |
|----|-------|----|-----|-------|----|
| 四川 | 66.64 | 1  | 河南  | 30.36 | 16 |
| 云南 | 63.88 | 2  | 江苏  | 29.25 | 17 |
| 广东 | 56.71 | 3  | 甘肃  | 28.93 | 18 |
| 福建 | 52.29 | 4  | 安徽  | 28.16 | 19 |
| 浙江 | 51.82 | 5  | 陕西  | 24.98 | 20 |
| 广西 | 48.12 | 6  | 黑龙江 | 24.80 | 21 |
| 湖南 | 47.74 | 7  | 辽宁  | 23.83 | 22 |
| 海南 | 47.48 | 8  | 吉林  | 23.62 | 23 |
| 重庆 | 45.75 | 9  | 天津  | 22.88 | 24 |
| 湖北 | 45.28 | 10 | 内蒙古 | 21.22 | 25 |
| 北京 | 43.74 | 11 | 河北  | 17.91 | 26 |
| 江西 | 43.34 | 12 | 新疆  | 16.84 | 27 |
| 青海 | 36.28 | 13 | 山东  | 15.82 | 28 |
| 贵州 | 34.64 | 14 | 宁夏  | 15.65 | 29 |
| 上海 | 31.68 | 15 | 山西  | 14.71 | 30 |



图 -6 中国现代能源体系低碳指数地图（2020）

安全指数

中国各省现代能源体系之安全指数如表 -11 所示。安全指数高于 50 的有 14 个省，占比 46.67%。排名前三位的为新疆、甘肃和陕西，安全指数分别为 76.35、71.95、71.30；排名后三位的为北京、浙江、上海，安全指数分别为 17.89、21.18、23.33。安全指数相对较高的区域主要是能源资源富集区，如西北地区；安全指数相对较低的区域是东南沿海地区，如图 -7 所示。

表 -11 中国各省现代能源体系之安全指数（2020）

| 省份  | 安全指数  | 排名 | 省份 | 安全指数  | 排名 |
|-----|-------|----|----|-------|----|
| 新疆  | 76.35 | 1  | 云南 | 43.95 | 16 |
| 甘肃  | 71.95 | 2  | 辽宁 | 43.63 | 17 |
| 陕西  | 71.30 | 3  | 河南 | 41.94 | 18 |
| 四川  | 69.73 | 4  | 海南 | 40.33 | 19 |
| 黑龙江 | 69.36 | 5  | 天津 | 38.66 | 20 |
| 内蒙古 | 65.63 | 6  | 湖北 | 37.79 | 21 |
| 青海  | 65.59 | 7  | 江苏 | 35.70 | 22 |
| 吉林  | 64.77 | 8  | 福建 | 32.06 | 23 |
| 宁夏  | 61.82 | 9  | 江西 | 31.06 | 24 |
| 河北  | 60.86 | 10 | 广东 | 30.42 | 25 |
| 山西  | 57.08 | 11 | 湖南 | 30.35 | 26 |
| 山东  | 54.52 | 12 | 广西 | 25.38 | 27 |
| 重庆  | 53.24 | 13 | 上海 | 23.33 | 28 |
| 安徽  | 52.00 | 14 | 浙江 | 21.18 | 29 |
| 贵州  | 44.65 | 15 | 北京 | 17.89 | 30 |



图 -7 中国现代能源体系安全指数地图（2020）



高效指数

中国各省现代能源体系之高效指数如表 -12 所示。高效指数高于 50 的有 14 个省，占比 46.67%。排名前三位的为北京、江苏和上海，高效指数分别为 87.35、72.12、71.84；排名后三位的为辽宁、内蒙古、云南，高效指数分别为 32.67、34.64、37.79。高效指数相对较高的区域主要集中在华东、华中地区，如图 -8 所示。

表 -12 中国各省现代能源体系之高效指数（2020）

| 省份 | 高效指数  | 排名 | 省份  | 高效指数  | 排名 |
|----|-------|----|-----|-------|----|
| 北京 | 87.35 | 1  | 安徽  | 49.04 | 16 |
| 江苏 | 72.12 | 2  | 浙江  | 48.94 | 17 |
| 上海 | 71.84 | 3  | 河北  | 48.41 | 18 |
| 福建 | 67.44 | 4  | 贵州  | 47.91 | 19 |
| 重庆 | 67.23 | 5  | 宁夏  | 47.03 | 20 |
| 湖北 | 61.30 | 6  | 吉林  | 46.21 | 21 |
| 江西 | 61.06 | 7  | 四川  | 46.18 | 22 |
| 海南 | 58.41 | 8  | 黑龙江 | 45.33 | 23 |
| 广东 | 58.18 | 9  | 甘肃  | 44.10 | 24 |
| 天津 | 55.19 | 10 | 广西  | 44.06 | 25 |
| 青海 | 55.18 | 11 | 河南  | 42.23 | 26 |
| 山东 | 53.51 | 12 | 新疆  | 41.48 | 27 |
| 湖南 | 51.88 | 13 | 云南  | 37.79 | 28 |
| 陕西 | 50.23 | 14 | 内蒙古 | 34.64 | 29 |
| 山西 | 49.19 | 15 | 辽宁  | 32.67 | 30 |



图 -8 中国现代能源体系高效指数地图（2020）

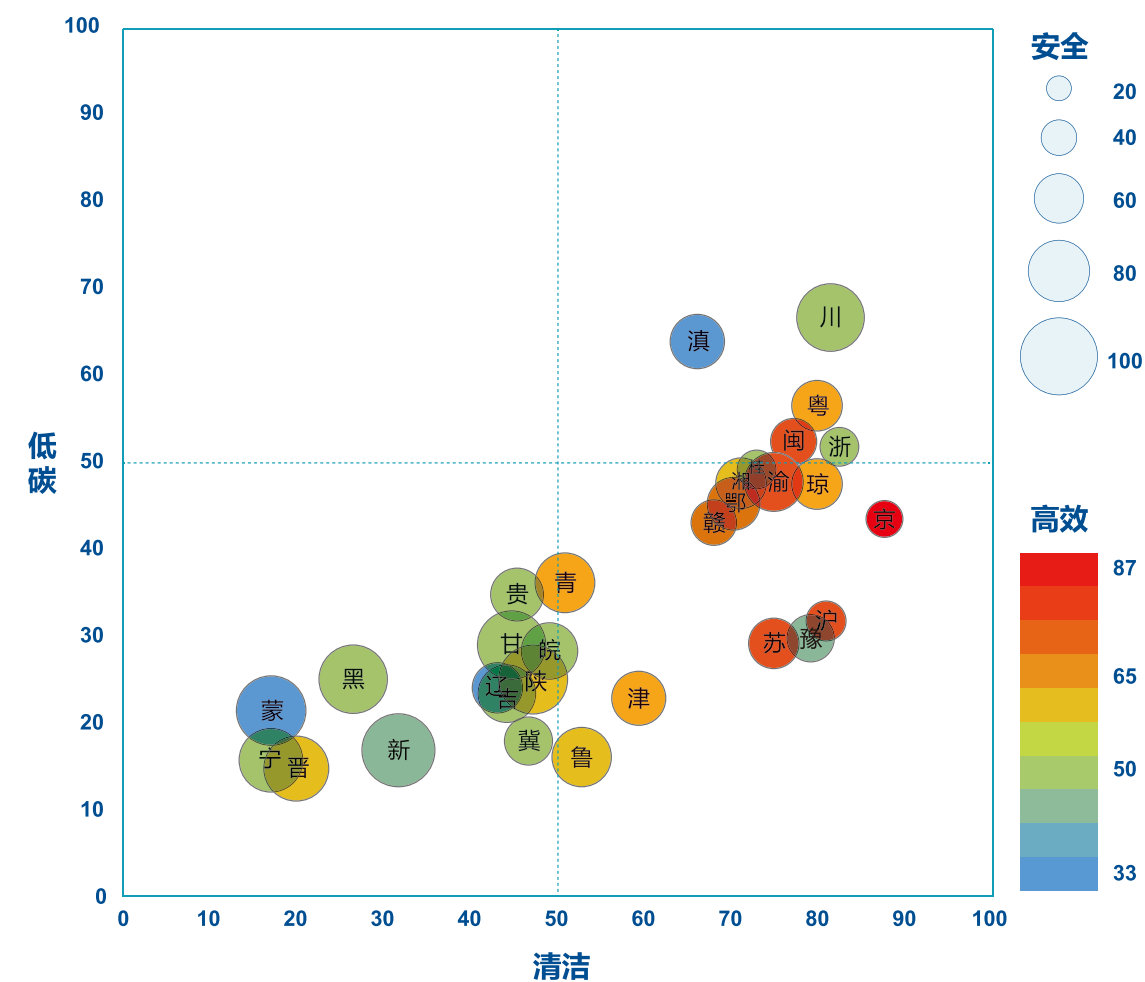


图 -9 中国各省 4 个维度指数 (2020)

## 综合分析

通过对 30 个省 4 个维度指数进行综合分析,清洁指数和低碳指数均大于 50 的是四川、云南、广东、福建、浙江;安全指数和高效指数均大于 50 的是重庆、青海、陕西、山东;清洁指数和高效指数均大于 50 的有 13 个省,其中北京这两个指数明显领先其他地区;安全指数和低碳指数均大于 50 的仅有四川。无一省份 4 类指数均大于 50。能源富集区安全指数相对较高,如陕甘宁新地区、晋蒙冀地区、鲁渝皖地区,具有丰富的煤油气资源,但这些地区对化石能源较为依赖,低碳指数普遍偏低;北京、上海及东南地区能源资源匮乏,能源消费极大依赖于外部能源输入,安全指数相对较低,由于输入清洁能源比例较高,清洁指数位居前列,能源的安全与清洁低碳难以同时兼顾,如图 - 9 所示。





# 现代能源体系指数蓝皮书 2022

MODERN ENERGY SYSTEMS INDEX 2022



## 中国科学院青岛生物能源与过程研究所 泛能源大数据与战略研究中心

地址：山东省青岛市崂山区松岭路 189 号

邮编：266101

电话：0532-80662790

邮箱：eebd@qibebt.ac.cn

中心官网：<http://eebd.qibebt.ac.cn>

现代能源指数体系平台地址：<http://energy.ckcest.cn/App/energyIndex/>



扫码进入  
能源专业知识服务系统



扫码进入  
现代能源体系指数平台  
免费获取全文