



Global Energy Interconnection
Development and Cooperation Organization
全球能源互联网发展合作组织

全球电力发展指数 研究报告

2024

全球能源互联网发展合作组织

二〇二四年七月

并购家 免费行业报告网

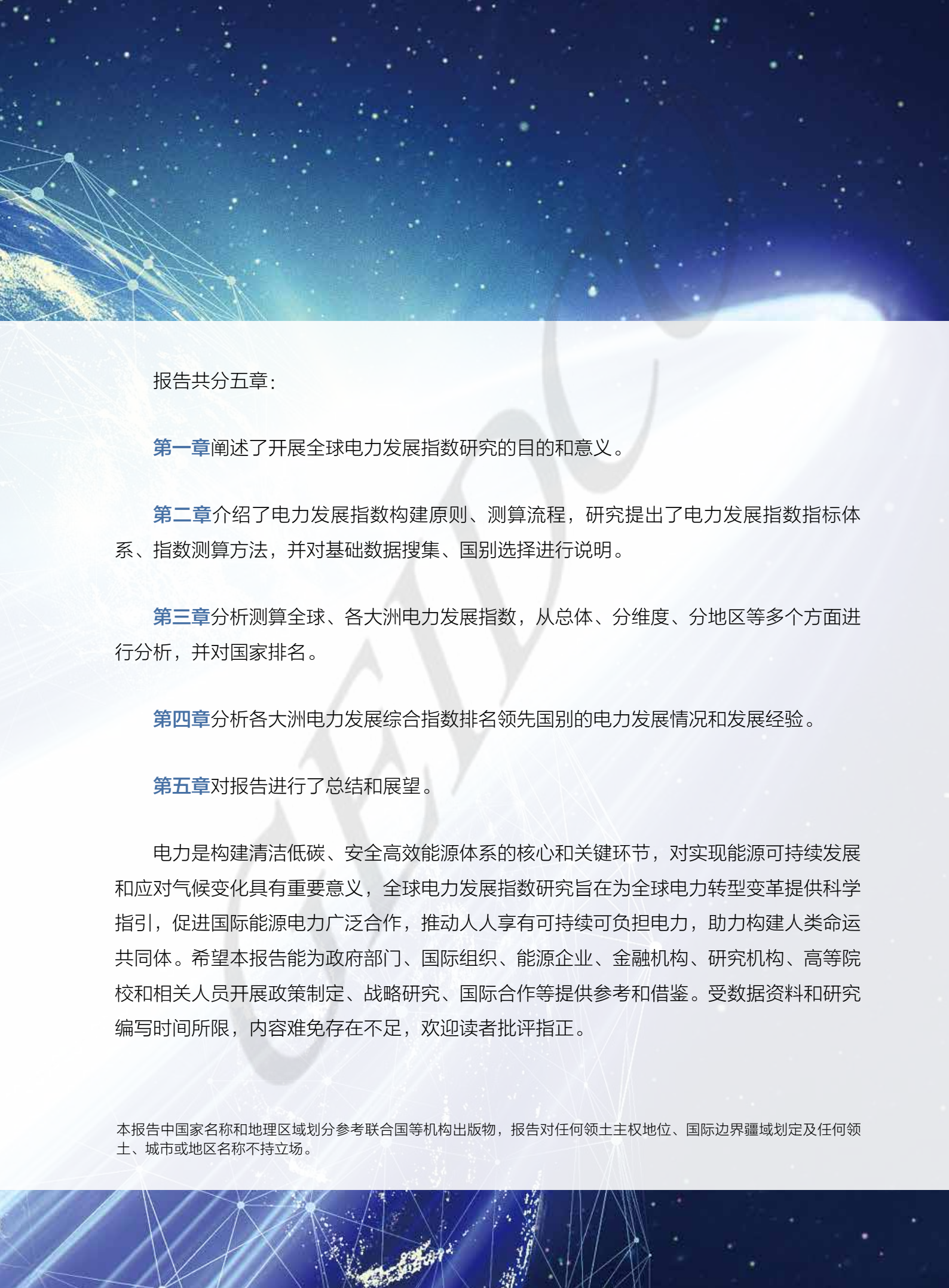
IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

I 前言

应对气候变化、加快能源转型已在全球形成广泛共识，能源配置格局、供给结构、利用方式、技术创新和产业生态正加速演变，能源发展“清洁化、电气化、网络化、数智化”特征愈发显著。电力是满足生产生活需求提供安全、经济、绿色、普惠用能服务的直接载体，也是国民经济发展的关键支柱型和极具潜力的先导型产业，在能源体系中居于核心地位，在全球“碳达峰、碳中和”背景下，电力发展在推动能源绿色低碳转型、保障能源安全中的地位和作用更加凸显。构建全球电力发展指数，系统评估全球各区域、国家电力发展水平和成效，引领电力行业发展变革与技术创新，推动电力及相关产业转型升级，营造良好环境、促进各国电力合作和交流互鉴，意义重大、影响深远。

电力发展态势和发展进程受经济社会、产业结构、技术体系、政策环境、体制机制等诸多因素影响。构建全球电力发展指数，多维度系统评估区域、国家电力发展成效，为决策制定者、投资者、电力行业从业者及关注电力行业发展的相关人士提供参考。基于全球能源转型对电力安全保供、绿色低碳、经济高效、技术创新等方面的新要求，为科学、公正、客观展示各国各区域电力发展水平，全球能源互联网发展合作组织（GEIDCO）研究编制了《全球电力发展指数研究报告 2024》。

基于全球能源转型发展趋势、电力在能源转型中的主导作用，报告研究提出全球电力发展综合指数和两级四维电力发展指数指标体系，阐述了指数量算原则与流程、指标体系构建、指标选择和量算方法，并针对全球各大洲及 100 个国家进行电力发展指数量算和排序。



报告共分五章：

第一章阐述了开展全球电力发展指数研究的目的和意义。

第二章介绍了电力发展指数构建原则、测算流程，研究提出了电力发展指数指标体系、指数测算方法，并对基础数据搜集、国别选择进行说明。

第三章分析测算全球、各大洲电力发展指数，从总体、分维度、分地区等多个方面进行分析，并对国家排名。

第四章分析各大洲电力发展综合指数排名领先国别的电力发展情况和发展经验。

第五章对报告进行了总结和展望。

电力是构建清洁低碳、安全高效能源体系的核心和关键环节，对实现能源可持续发展和应对气候变化具有重要意义，全球电力发展指数研究旨在为全球电力转型变革提供科学指引，促进国际能源电力广泛合作，推动人人享有可持续可负担电力，助力构建人类命运共同体。希望本报告能为政府部门、国际组织、能源企业、金融机构、研究机构、高等院校和相关人员开展政策制定、战略研究、国际合作等提供参考和借鉴。受数据资料和研究编写时间所限，内容难免存在不足，欢迎读者批评指正。

本报告中国家名称和地理区域划分参考联合国等机构出版物，报告对任何领土主权地位、国际边界疆域划定及任何领土、城市或地区名称不持立场。

I 目录

前 言	2
-----	---

1 研究背景

1.1 电力在能源转型中的主导作用	6
1.2 电力发展指数研究目的和意义	12

2 电力发展指数指标体系

2.1 指标体系构建原则与指数测算流程	14
2.2 电力发展指数指标体系	16
2.3 指数测算方法	22

3 全球电力发展指数分析测算

3.1 全球电力发展指数分析	32
3.2 各大洲电力发展指数分析	38
3.3 国家排名分析	53



4 部分国家电力发展指数分析

4.1	亚洲	58
4.2	欧洲	66
4.3	非洲	74
4.4	中南美洲	81
4.5	北美洲	88
4.6	大洋洲	92

5 结语 **97**

附录	98
----	-----------

1

研究背景

1.1

电力在能源转型中的主导作用

电力是构建清洁低碳、安全高效能源体系的核心和关键环节，电力是清洁能源开发利用的主要方式，电力能够实现多种能源间的灵活高效转换、是终端替代化石能源的主要选择。电力系统连接着水能、风能、太阳能等清洁一次能源和热能、氢能等二次能源，是实现能源高效配置的重要枢纽和平台载体。在全球“碳达峰、碳中和”背景下，电力发展在推动能源转型变革、保障能源安全中的地位和作用更加凸显，对实现能源可持续发展和应对气候变化具有重要意义。

（一）电力绿色低碳转型是推动能源行业碳减排的核心

能源活动是碳排放的主要来源，国际能源署发布的《2022 年二氧化碳排放》分析报告显示^①，2022 年与能源相关的二氧化碳排放量达到 368 亿吨，创历史新高，占全球碳排放总量的 83%。分行业看，电力行业碳排放量达到 147 亿吨，占能源领域碳排放的 40%，排第二的工业行业碳排放仅为电力行业碳排放的一半。究其原因，主要是以化石能源燃烧发电为主的传统电力系统碳排放强度大，且电力需求不断增长，造成大量碳排放。电力行业的绿色低碳发展进程将直接决定能源行业碳减排成效，同时电力作为工业等其他能源行业化石能源替代的重要选择，电力行业减排对其他能源行业碳减排具有积极带动作用。

随着风电、太阳能发电量的快速增长，化石能源发电量占比逐渐下降，全球电力行业碳排放已进入结构性下降阶段。2023 年，全球电力行业碳排放 135.8 亿千克^②，年均增长下降至 0.9%。全球单位用电量碳排放持续下降，2023 年降至约 0.49 千克/千瓦时，过去 5 年下降 8 个百分点。

① <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>

② 数据来源：IEA《Electricity 2024》报告

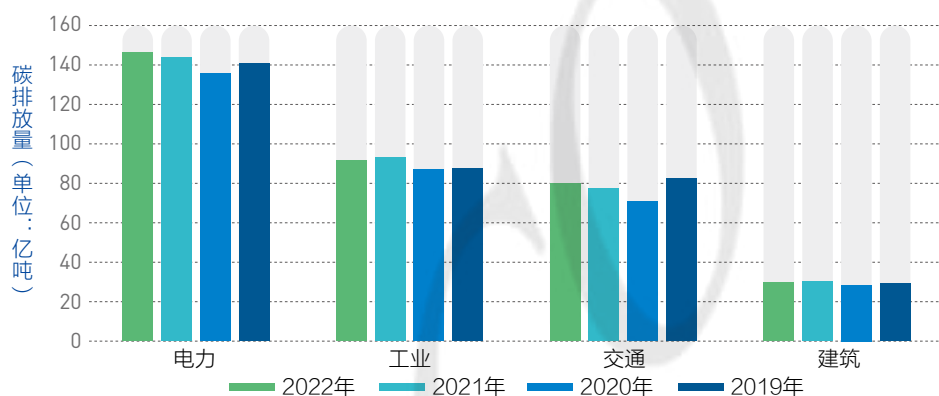


图 1-1 2019—2022 年全球二氧化碳分行业排放量

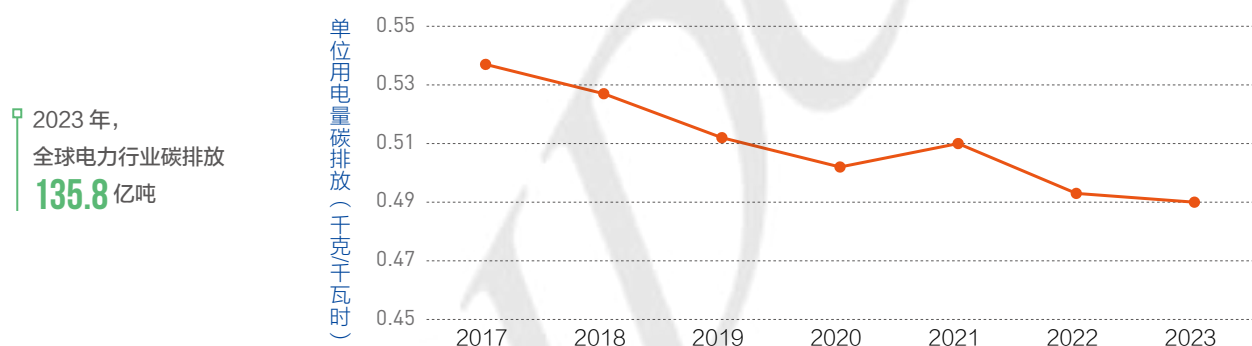


图 1-2 全球单位用电量碳排放变化示意图

2023 年，
全球电力行业碳排放
135.8 亿吨

（二）供应侧以发电为主要方式，推动清洁能源开发利用

全球风能、太阳能等可再生能源极为丰富且具有清洁、易获取、分布广泛的优势，发电是各种可再生能源大规模开发和高效利用的技术途径，在供给侧实施对化石能源的清洁替代，在保障能源安全、促进能源转型方面作用重大。近年来，全球可再生能源开发规模呈快速扩张态势，正成为推动世界能源结构加速转型升级的主导力量。

清洁能源发电装机和发电量占比逐步提升，电源结构持续优化。

2023 年，全球电源总装机达到 89.6 亿千瓦^①，其中清洁能源装机约 42 亿千瓦^②，占比约 47%，近 5 年增长 7.6 个百分点。2023 年，全球电源总发电量达到 29.7 万亿千瓦时^③，其中清洁能源发电量占比达到 39.3%，近 5 年增长 3.3 个百分点。

① 数据来源：根据 IRENA 《Renewable capacity statistics 2024》报告推算

② 数据来源：IRENA 《Renewable capacity statistics 2024》报告，IEA 《Electricity 2024》报告

③ 数据来源：IEA 《Electricity 2024》报告

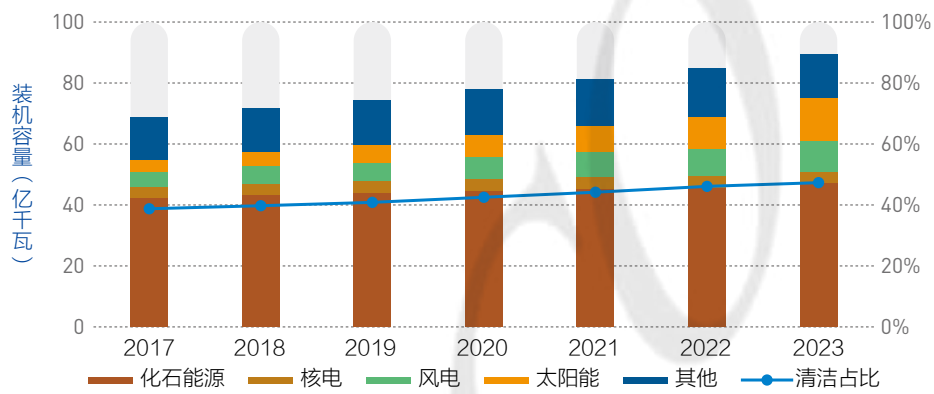


图 1-3 全球电源装机变化示意图

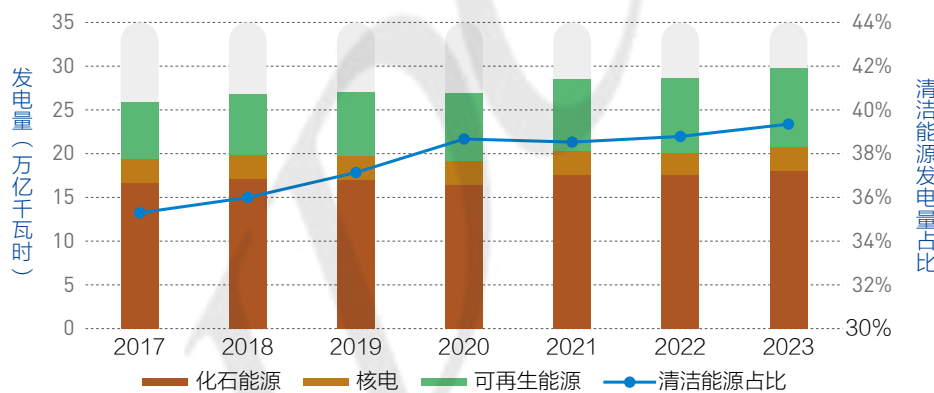


图 1-4 全球电源发电量变化示意图

新能源发电进入倍增式发展阶段。随着风电、光伏的发电成本持续下降，未来全球风电、太阳能发电装机规模快速提升。2023年，全球风电、太阳能装机分别达到 10.2 亿、14.2 亿千瓦^①，总装机占比达到 27%，相比于 2018 年提升了 12 个百分点，总规模是 2018 年的 2.3 倍。2018 年以来，全球新能源装机年均新增规模达到 2.8 亿千瓦。

2023 年，
全球风电装机达到
10.2 亿千瓦
太阳能装机达到
14.2 亿千瓦

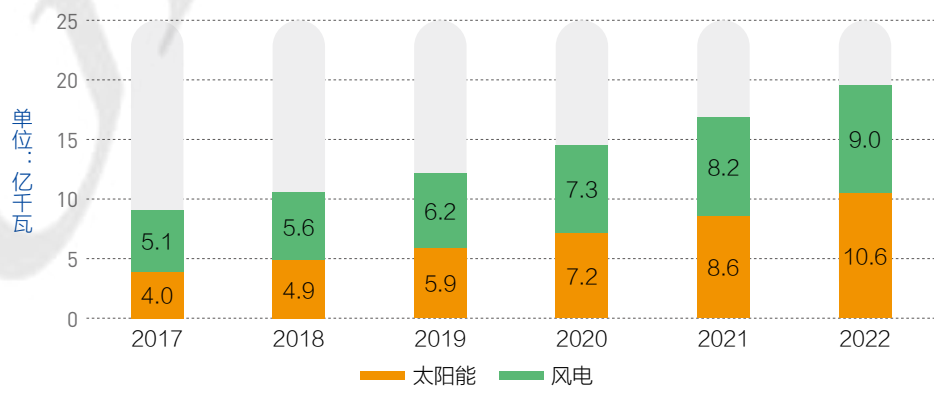


图 1-5 全球新能源装机变化示意图

① 数据来源：IRENA
《Renewable capacity
statistics 2024》报告。

（三）配置侧以能源互联网为载体，构建数智化坚强电网

网络化发展是全球能源清洁低碳转型的内在需求，将推动传统能源系统向能源互联网演进。全球清洁能源资源总量巨大，但多分布于荒漠、戈壁、海洋等人类活动较少的地区，清洁能源资源和消费分布不均衡决定了全球能源电力转型既需要大力开发多种类型的清洁能源资源、又要充分发挥以电网为代表的能源网络在各类能源高效转化、优化配置和供需对接等方面的巨大优势，系统性解决清洁能源灵活配置、高效消纳与能源安全保供等挑战。

电力转型发展对各类创新要素和资源的配置能力提出更高要求，电力系统呈现数智化发展趋势。电力系统数智化发展以数字化转型为基础、智能化发展为目标，绿色化发展为手段，“大云物移智链”等现代信息技术为驱动，发挥数字产业与能源电力产业深度耦合优势，推动源网荷储各环节各类主体的信息共享和能力互补，激发各类资源和创新要素互联互通。2023 年，电力行业数字化智能化相关项目和合作数量较 2022 年增长一倍^①，重点业务领域包括新能源发电预测，电网运行在线监测与自动控制、电力营销与市场服务等。

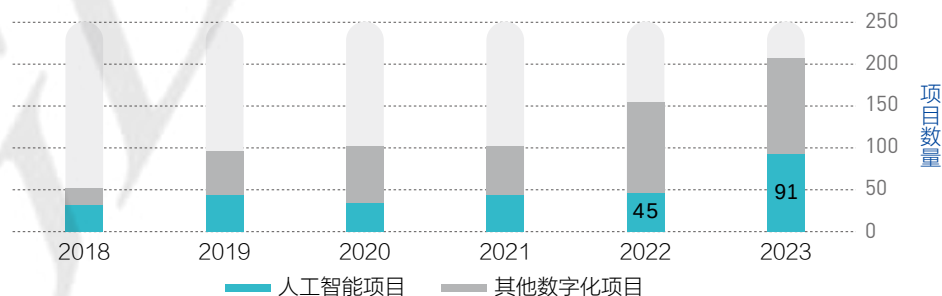


图 1-6 近年来全球电力行业数字化智能化项目与合作变化情况

^① 数据来源：彭博新能源财经《AI Joins the Front Lines in Battle to Clean Up Power Grids》报告

数智化坚强电网是支撑能源配置平台化的关键载体。以电网为主要载体推动能源网络广泛互联，可充分利用多种清洁能源资源之间的时区差、季节差、资源差、价格差，实现清洁能源优化配置和

高效利用，形成“风光水火核”多能互补、“电氢冷热气”互通互济、“源网荷储”协调联动，各类能源、各个环节协同融合发展。通过构建以特高压和超高压为骨干网架，以各级电网为有力支撑，融合“大云物移智链”等现代信息技术的数智化坚强电网，可显著提升可再生能源广域输送和深度利用能力。



图 1-7 全球能源互联网骨干网架示意图

（四）消费侧以电能替代为主要选择，全面提升电气化水平

加快电能替代，提高能源消费电气化水平，是推动能源消费结构持续优化的重要途径。电能是优质高效的二次能源，经济价值相当于等当量煤炭的 17.3 倍、石油的 3.2 倍，电能消费占终端能源消费比重每提高一个百分点，能源强度下降 3.7%。加快消费侧电能替代，推动以电代煤、以电代油、以电代气、以电代柴，形成电能为主的能源消费格局，叠加供给侧清洁替代，新增电能需求主要由可再生能源满足，将大幅提高各国能效水平、用能结构清洁化水平，保障能源转型顺利推进。

2023 年，全球电力总需求达到 27.7 万亿千瓦时^①，保持了 2020 年以来持续增长的趋势，其中中国增长 6.4%、印度增长 7%、印度尼西亚增长 7%，显著高于全球平均水平，新兴经济体

① 数据来源：IEA《Electricity 2024》报告

2023 年，
全球电力总需求达到
27.7 万亿千瓦时

和发展中国家已成为推动全球电力需求增长的主要力量。电能占全球终端能源消费比重连续 3 年保持 20% 以上，电气化已成为全球主要国家推动传统行业降碳、促进新兴产业发展和提高电力可及率的关键途径。

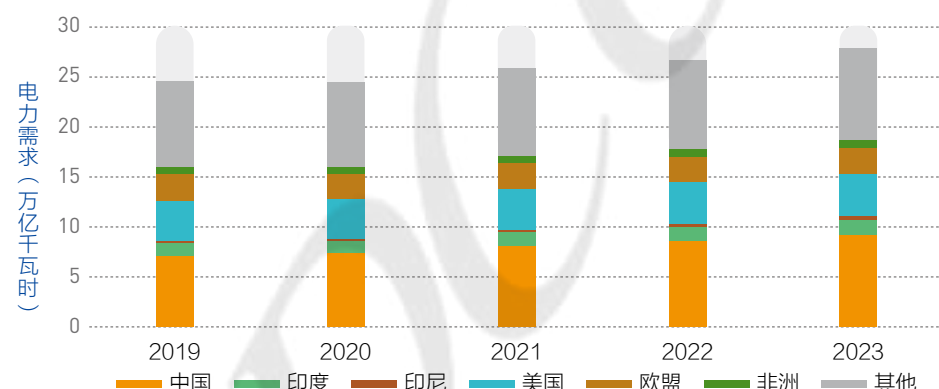


图 1-8 全球及主要国家和地区电力需求变化情况

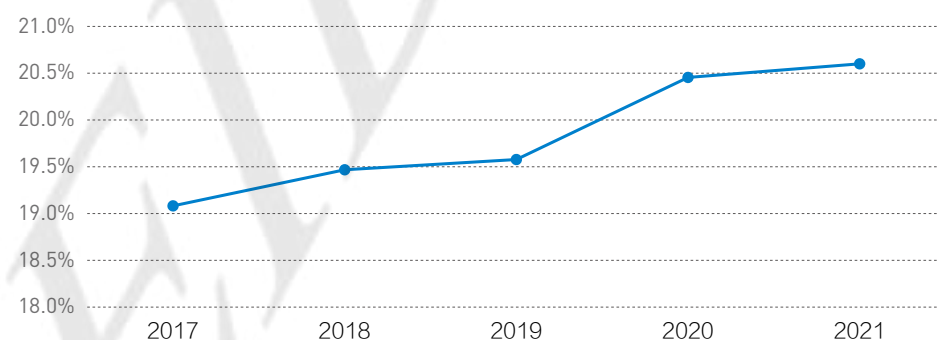


图 1-9 全球电气化水平变化示意图

2023 年，
全球电动汽车总保有量
已达到 **4000** 万辆

电动汽车等交通部门电气化、数据中心、人工智能算力、新能源装备制造等新兴产业形成了全球电力需求增长的新动力。2023 年，全球电动汽车^①总保有量已达到 4000 万辆，总用电量达到 1300 亿千瓦时^②，占据全球电力总需求的 0.5%，相当于中国和欧盟用电量之和的 1%，约等于挪威全国的用电量。以中国为代表，全球电动汽车产业取得了长足进步，产能不断提高，未来全球电动汽车电力需求将快速增长，预计 2030 年有望超过 1 万亿千瓦时。数据中心、人工智能及新能源装备制造已成为许多地区电力需求增长的重要推动力。目前全球在运数据中心已超过 8000 个，其

① 纯电汽车和插电混动汽车之和。
② 数据来源：IEA《Global EV Outlook 2024》报告

中一半以上集中在美国（33%）、欧洲（16%）和中国（10%）。2022 年全球数据中心总用电量约 4600 亿千瓦时^①，占全球用电量的 2%。预计 2026 年可能超过 1 万亿千瓦时，相当于日本的用电量。

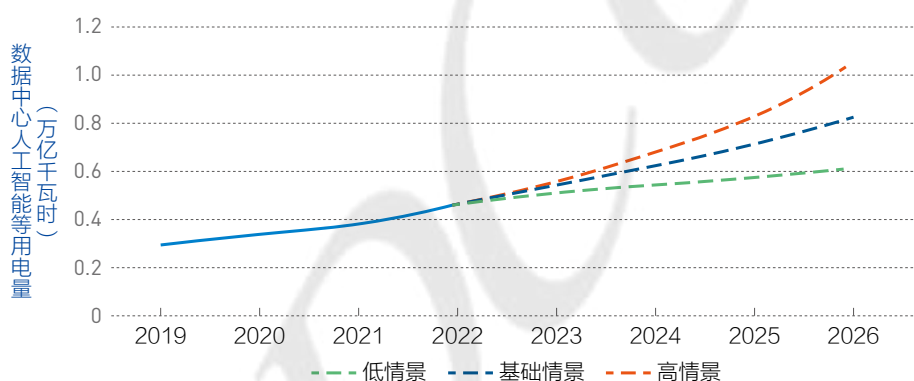


图 1-10 全球数据中心、人工智能相关电力需求变化及预测

1.2

电力发展指数 研究目的和意义

电力是国民经济发展的关键支柱型和极具潜力的先导型产业，在能源体系中居于核心地位，构建全球电力发展指数，科学评价全球各区域、主要国家电力发展成效和挖掘优势潜能，指引电力行业发展变革与技术创新，推动产业转型升级，促进互学互鉴、协同合作，推动人人享有可持续可负担电力具有重要意义。

（一）评估发展成效、挖掘优势潜能

电力发展态势和发展进程受经济社会、产业结构、技术体系、政策环境、体制机制等诸多因素影响。全球各大洲、区域及国家在发展阶段、资源禀赋等诸多方面存在差异，因地制宜、因时制宜，系统评估全球各区域各国电力发展水平和发展成效，对各国科学研判电力发展定位，深入挖掘优势潜能，着力补齐短板弱项，促进电力行业创新和可持续发展至关重要。全球目前仅有世界银行等机构发布了获得电力等单一维度的电力评价指标，难以全面、系统地反映世界各国特别是新兴经济体和广大发展中国家近年来的电力发展状况、发展成就和发展趋势。

① 数据来源：IEA《Electricity 2024》报告

（二）引领转型变革、推动技术创新

通过引入电力发展指数，多维度、分区域、分国别对电力发展水平进行综合评估，可为政策制定者和决策者把握行业变革趋势和技术创新方向提供指引；统筹本国资源禀赋、产业结构、技术基础、政策环境等发展实际，找准发展差距、明确创新投入主攻方向和技术研发关键突破口；通过区域、国家横向比较，优化调整行业相关政策、完善市场体制机制，营造能源电力绿色低碳、经济高效转型的政策和市场环境。

（三）推动产业升级、提高效率效益

通过评估电力技术创新能力、基础设施建设水平、市场潜力及发展趋势，为产业升级提供方向指引，带动电力行业和相关新型产业投资；以产业转型升级为契机，实现生产力要素优化组合的跃升，培育产业发展新业态、新模式、新动能，实现资源共享、优势互补，提升投资效率和效益。

（四）营造良好环境、促进协同合作

通过对全球各区域各国家电力发展水平、供应保障能力、服务水平 and 转型进程等进行系统评估，营造交流互鉴的良好环境，便于各国分享在电力基础设施建设、运营服务、技术创新、市场改革、环境保护等方面的经验，推动不同发展阶段、不同资源禀赋国家间协同合作，助力人人享有可持续可负担电力。



2

电力发展指数指标体系

2.1

指标体系构建 原则与指数测算 流程

（一）电力发展指数内涵

全球电力发展指数定位为跟踪评价区域、国家层面电力发展绩效的综合性全球指数，涵盖电力生产、消费、配置各个环节，构建安全可靠、绿色低碳、经济高效及技术、政策和市场等多维度综合评价体系，致力于为决策者、投资者、电力行业从业人员及关注电力行业发展的人士提供参考。

（二）指标体系构建原则

注重
系统、全面

构建全球电力发展指数，要满足未来全球能源电力发展对电力安全保供、绿色低碳、经济高效、技术创新等方面的新要求。指标体系构建和指标选取应突出电力发展在全球能源转型中的主导地位和引领作用，全景刻画、科学呈现全球不同国家和地区电力发展水平、发展特征和发展趋势。电力发展指数应力求涵盖电力生产、传输、配置、消费各环节关键指标，全面反映一个国家或地区电力行业的发展水平，指标体系应覆盖电力安全保供、绿色低碳、经济高效、技术创新等方面。

注重
客观、公正

电力发展指数指标选取需统筹指标内涵和数据可获得性，指数测算应更多选取可量化、可比较的连续统计数据作为指标数据源，以定量分析为主、定性分析为辅，降低主观判断的影响；指标选择不考虑总量指标仅考虑人均指标，降低国家体量对评估结果的影响，确保指数计算结果的客观性。充分考虑不同国家发展现状、发展特点和数据可及性的差异，遵循公平公正的原则，建立平衡不同区位、不同发展阶段国家的指标体系。

注重 普适、开放

指标测算过程中，对基础数据进行标准化处理，采用通用的指标赋权方法，确保评价方法适用于所有国家。充分考虑电力行业发展环境的复杂性，评价指标设计和权重选择应更加开放，根据本身的需求差异可灵活选择，以表征不同侧重点，测算和排序结果也相应变化，评价方法更易于被人理解和接受。

注重 发展、包容

全球电力发展指数要充分体现各国电力发展水平和成长性，指数指标除了表征当前各国电力发展水平，还应体现各国近期电力发展成效，指标设计应兼顾现状指标和增速指标等；指数指标充分考虑各地区各国家经济文化和环境多样性，指标体系设计应更具包容性，对发展中国家至关重要。

（三）指数测算基本流程

开展全球电力发展指数测算及分析，是一项既复杂又系统的工程，涉及多个关键环节。需要精心构建指标体系、严格筛选数据、科学分配权重、精准计算得分，并进行全球范围内的评估和比较。



图 2-1 全球电力发展指数测算流程示意图

首先 构建全面、客观、科学的指标体系是基础和关键。指标体系需覆盖电力生产、消费、服务、政策、市场等多个环节，以及安全、经济、环保等多个维度，全面客观反映各国电力发展水平。

第二步 准确获取各国相关指标基础数据并进行严格的整理与筛选，确保测算结果客观性和可比性。数据需要进行广泛搜集、细致筛查、勘误校核，确保测算结果的准确性和可靠性。

第三步 对各项指标进行科学的权重分配，以反映它们在电力发展中的相对重要性。这一过程需要深入研究和专家咨询，确保权重设置合理、公正。

完成基础数据搜集和权重设置后，选取一部分代表性国家进行指数计算，将各国的指标数据进行标准化，并与权重相结合，通过科学计算得出各国的电力发展指数得分。根据代表性国家电力发展指数测算结果优化调整指标权重设置。权重设置需开展敏感性分析，通过评估不同权重设置对测算结果的影响程度，更好地理解指数的变化趋势和不确定性，为决策提供更加全面的参考。

最后 进行全球范围的电力发展指数测算分析，全面评估各国电力发展水平。通过对比分析各区域各国电力发展指数综合得分和各项指标得分，梳理全球各区域电力发展整体趋势和国家间差异，研判全球各区域各国家电力发展现状和未来趋势。

2.2

电力发展指数 指标体系

（一）理论基础

1987年，世界环境与发展委员会（WCED）发表了《我们共同的未来》报告，首次提出可持续发展理念，并在1992年联合国环境与发展大会上得到广泛共识与承认，明确可持续发展为全球共同行动。可持续发展是指既满足当代人需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展。2013年，中国国家主席习近平

在出访中亚和东南亚国家期间提出共建“一带一路”倡议，2015年，在第七十届联合国大会一般性辩论时发表重要讲话中提出推动构建人类命运共同体目标，旨在为实现联合国2030年全球可持续发展目标贡献中国智慧与中国力量。

能源作为人类社会可持续发展的基础，能源可持续发展近年来成为联合国可持续发展的最重要议题。要实现能源可持续发展的关键是要处理好能源、经济和环境三者之间的关系。在能源开发利用的过程中，平衡好经济、环境和社会的需求，确保资源的可持续利用和未来世代的利益。能源可持续发展的核心是倡导利用可再生能源，通过能源节约和改善能源效率，满足社会对能源的需求，减少环境和社会的负面影响。

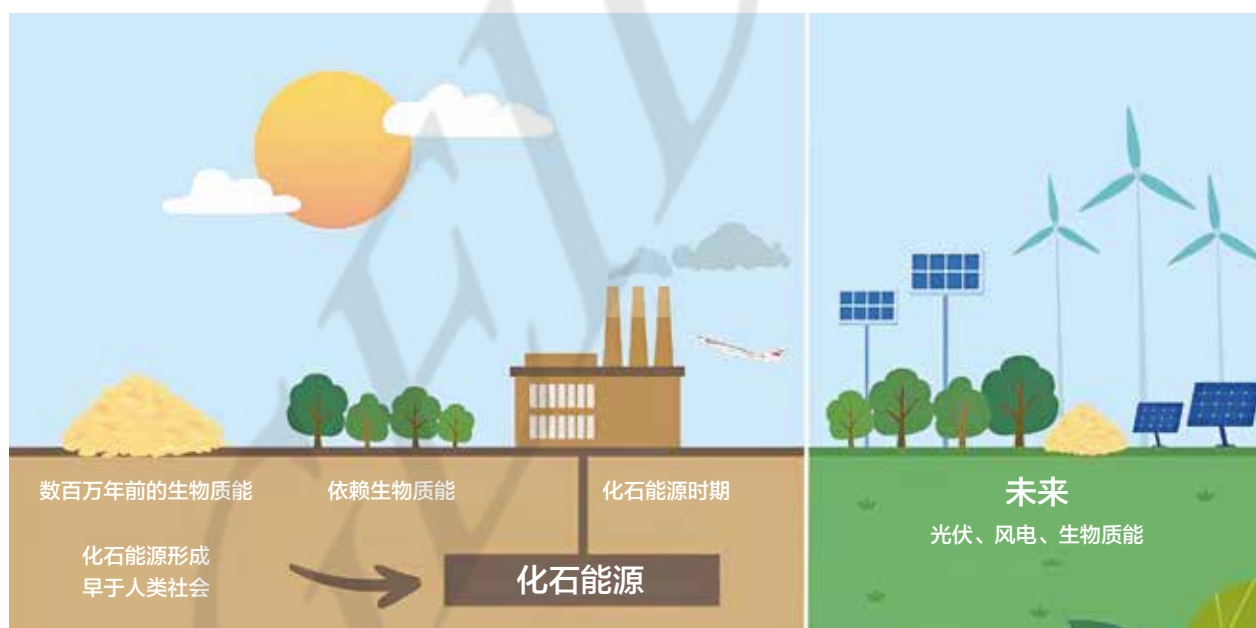


图 2-2 能源可持续发展方向示意图^①

电力作为能源系统的关键组成部分，要实现电力的可持续发展，也是要处理好电力与经济、环境和社会三者之间的关系。电力系统作为公共基础设施，直接影响到一个国家经济社会发展和人民生活，因此**安全可靠的电力供应是对电力发展的最根本和最核心诉求，优质高效的电力消费服务是电力发展的重要目标。**

^① 图片引自 <https://green.org/2024/01/30/sustainable-energy-transition-a-thought-leaders-blueprint/>

要推动电力可持续发展，**技术创新进步是关键**。

一是 大力发展清洁能源发电技术，满足电力供应可持续发展需要。

二是 要加快智能电网技术研发应用，提升电网数字化智能化水平，提高电力资源配置能力和电力系统稳定性、安全性，为用户提供便捷高效的电力服务。

三是 研发推广先进的电力传输和存储技术，提高电力资源配置效率。

四是 推广电能替代和智能用电技术，如电动汽车和充电基础设施、电制燃料等，提升电气化水平、减少化石能源消费、保护环境。

绿色低碳发展是电力转型和可持续发展的方向。一方面，电力系统碳排放是全球碳排放的主要来源之一，应对气候变化，必须减少化石能源发电利用，降低碳排放；另一方面，可再生能源资源分布广泛、储量充足，能够可持续发展利用，同时可再生能源发电成本持续下降，使用绿电代替化石能源发电能够提升能源供应安全、节约能源利用成本。绿色低碳发展是实现电力可持续发展的主要途径。

基于能源和可持续发展理论，以及经济、社会、环境可持续发展对电力发展提出的安全可靠、经济高效、绿色低碳、技术创新等方面的要求，研究提出构建涵盖供应保障、消费服务、技术创新、绿色低碳等**全球电力发展指数四维模型**，其中**供应保障**维度衡量一个国家电力发展基础设施水平和供应保障能力；**消费服务**维度衡量一个国家电力消费水平、服务质量和服务效率；**绿色低碳**维度衡量一个国家电力转型发展的水平和速度；**技术创新**维度衡量一个国家电力发展的潜力和动力。



图 2-3 电力发展指数 4 维模型示意图

（二）指标体系

为更加全面、准确、深入、客观表征各国电力发展水平，基于电力供应保障、消费服务、技术创新、绿色低碳四个维度的评估范围和相关技术经济指标，构建两级指标体系，明确各级指标释义和测算方法。

供应保障维度

衡量一个国家电力生产供应基础能力是否能够满足经济社会发展需要，满足安全可靠、经济高效的要求。共选择 6 个二级指标从不同方向衡量一个国家的电力供应保障能力。其中，人均发电装机、人均输电线路长度分别衡量一个国家电力生产能力和电网配

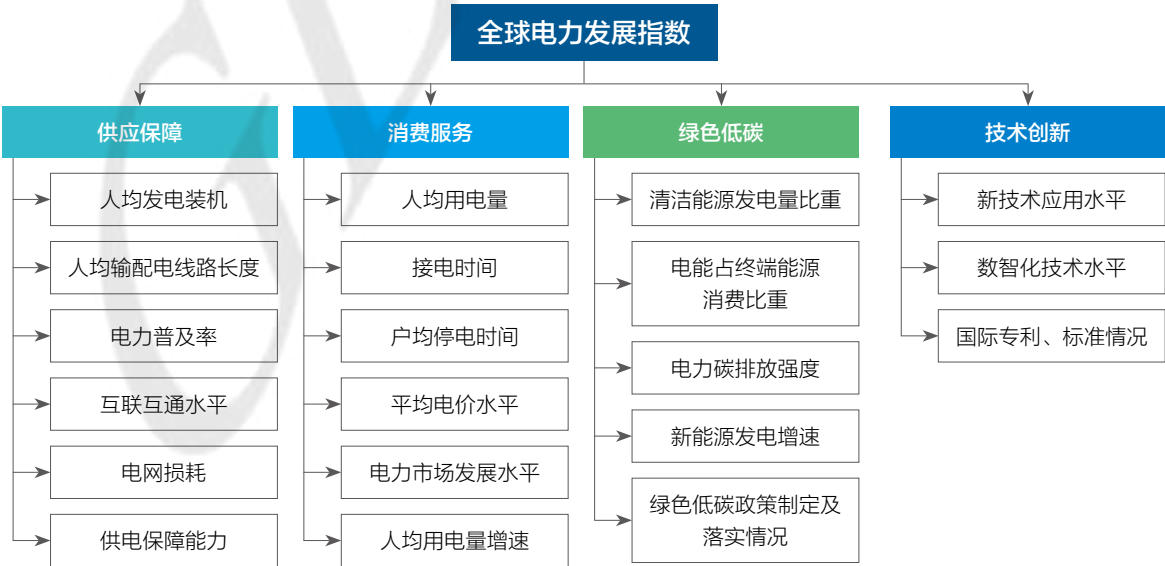


图 2-4 全球电力发展指数两级指标体系示意图

置能力；电力普及率表征电力可及性；互联互通水平体现不同分区电网互联密切程度；电网损耗体现输配电网运行效率；供电保障能力反映一个国家电力生产和供应能力是否能够满足经济社会发展需要。

表 2-1 供应保障二级指标意义与算法

一级指标	二级指标	表征意义	计算方法
供应保障	人均发电装机	电力生产能力	总装机 / 总人口
	人均输电线路长度	电网配置能力	输电线路总长度 / 总人口
	电力普及率	电力可及性	1- 无电人口 / 总人口，衡量电力供应覆盖水平
	互联互通水平	电力互供互援能力	根据跨区电力交换能力、电网结构，定性与定量相结合赋分
	电网损耗	电网配置效率	输配电网损耗 / 供电量，衡量电网配置效率
	供电保障能力	电力供应是否能够满足经济社会需要	综合①有效装机 / 最大负荷 - 1（备用率）②大规模停 / 限电次数及范围

消费服务维度

衡量一个国家电力消费水平和潜力，以及电力系统能否为用户提供优质、经济、高效的供电服务。共选取 6 个二级指标，从不同方向衡量一个国家的电力消费服务水平。其中，人均用电量衡量一个国家的电力消费水平；接电时间，反映一个国家为客户提供办电服务的效率；户均停电时间，体现消费服务的可靠性；平均电价水平，反映电力服务的可负担水平；电力市场发展水平，反映电力市场化程度和建设发展进度；人均用电量增速，反映一个国家电力消费发展潜力。

表 2-2 消费服务二级指标意义与算法

一级指标	二级指标	表征意义	计算方法
消费服务	人均用电量	电力消费水平	总用电量 / 总人口
	接电时间	电力服务效率	平均接电时间
	户均停电时间	供电可靠性	停电总时长 / 总户数
	平均电价水平	电力可负担水平	工商业、居民等加权平均电价 / 人均可支配收入
	电力市场发展水平	电力市场建设发展进度	综合①市场化交易电量占比②电力市场建设进度
	人均用电量增速	电力消费发展潜力	过去 5 年人均用电量年均增速

绿色低碳维度

衡量一个国家电力转型发展效果与潜力。共选取 5 个二级指标，对电力绿色低碳发展水平和发展潜力进行评估。其中，清洁能源发电量比重衡量一个国家电力生产清洁化水平；电能占终端能源消费比重，体现一个国家电气化水平；电力碳排放强度，体现一个国家电力消费低碳化水平；新能源发电量增速，体现一个国家在电力绿色低碳转型方面所做的努力和成效；绿色低碳政策制定及落实情况，体现国家层面对电力绿色低碳转型的决心，以及提供的支持和保障。

表 2-3 绿色低碳二级指标意义与算法

一级指标	二级指标	表征意义	计算方法
绿色低碳	清洁能源发电量比重	生产清洁化	清洁能源发电量 / 发电总量
	电能占终端能源消费比重	电气化水平	电能 / 终端用能
	电力碳排放强度	消费低碳化	电力碳排放总量 / 总用电量
	新能源发电量增速	绿色转型和新能源开发利用速度	过去 5 年新能源发电量增速
	绿色低碳政策制定及落实情况	政策保障	根据绿色低碳政策制定情况、执行情况和执行力度进行定性定量相结合赋分

技术创新维度

衡量一个国家在电力发展领域的技术创新水平。共选择 3 个二级指标，分别为新技术应用水平、数智化装备水平以及国际专利、标准等创新成果情况。其中新技术应用水平，根据一个国家电力系统各环节对新技术的应用进行赋分，例如一个国家输电网选择了更高的电压等级，投入了新的储能设备等；数智化技术平衡量一个国家数字化、智能化新技术的应用水平，衡量方法是已开展数智化业务量在总业务量中的占比；国际专利、标准情况统计一个国家在水平年内参与编制的国际专利和国际标准情况。

表 2-4 技术创新二级指标意义与算法

一级指标	二级指标	表征意义	计算方法
技术创新	新技术应用水平	新技术应用	根据一个国家电力系统各环节对新技术的应用情况进行定性与定量相结合赋分
	数智化技术水平	数智化水平	已开展数智化业务量 / 可数智化业务总量
	国际专利、标准情况	创新成果	根据电力相关国际专利、国际标准颁布情况进行定性与定量相结合赋分

2.3

指数测算方法

（一）基础数据搜集

指标测算所需基础数据的搜集、清洗和汇总是确保指数准确性的关键。研究中采用了线上线下相结合的方式进行了数据搜集。对于人均用电量、人均发电装机、电网损耗率、人均输配电线路长度、电能占终端能源比重、接电时间、电力普及率、户均停电时间、清洁能源发电量比重、电力碳排放强度、人均用电量增速、新能源发电量增速、平均电价等 13 个定量指标，合作组织主要采用线上公开搜集的方式，从各国统计局、能源电力部门官方网站披露的公开数据，以及联合国、世界银行、国际能源署等国际组织公开发布的数据进行汇集整理。

供电保障能力、互联互通水平、国际专利和标准情况等 3 个无法直接获取的定量指标，采用线上线下调研的方式搜集基础数据，并对指标进行综合测算。供电保障能力评估，搜集各国有效装机、最大负荷、大规模停限电次数、规模及范围；互联互通水平评估，调研搜集各国电网网架结构，明确跨区电力交换能力；国际专利和标准情况评估，从国际专利数据库调研搜集各国电力行业相关国际专利，从 IEEE、CIGRE、IEC 等电力相关国际组织搜集各国参编国际标准的情况。

电力市场发展水平、新技术应用水平、数智化技术应用水平、绿色低碳政策制定及落实情况等 4 个定性指标由专家根据各国实

际情况进行打分。电力市场发展水平根据市场化交易电量占比和电力市场建设进度进行综合打分，例如各国现货市场建设进度、辅助服务市场建设进度等；新技术应用水平，根据各国电力系统源网荷储各环节新技术应用情况进行综合打分，例如输电网首次采用更高电压等级或者柔性直流输电等新的输电技术，配电网首次应用虚拟电厂技术，发电侧首次并网海上风电等；数智化技术应用水平根据各国已开展的数智化业务情况进行综合打分，如电力信息化调度交易平台、智能电表应用等；绿色低碳政策制定及落实情况，根据各国颁布的绿色低碳政策、政策目标力度和执行情况进行综合打分。

（二）数据标准化方法

不同国家各指标原始数据差异巨大，以人均用电量为例，2022 年冰岛最高，人均用电量为 5.5 万千瓦时 / 年，第二为挪威，人均用电量为 2.3 万千瓦时 / 年，而全球平均水平仅为 3324 千瓦时 / 年，非洲大部分国家低于 1000 千瓦时 / 年，如简单采用归一化处理，会影响测算结果的合理性和公平性。

本研究采用正态分布五分位法的理念对所有指标原始数据进行标准化处理。数据开展标准化时，按照排名赋分，共分为 5 档，排名前 20% 为 A 档，排名前 40%~20% 为 B 档，排名前 60%~40% 为 C 档，排名前 80%~60% 为 D 档，排名最后 20% 为 E 档。

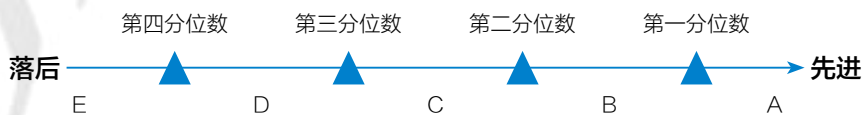


图 2-5 五分位法示意图

以年人均用电水平为例

100 个国家中，用电水平超过 6960 千瓦时为 A 档，用电水平在 4440~6960 千瓦时为 B 档，2320~4440 千瓦时为 C 档，860~2320 千瓦时为 D 档，860 千瓦时以下为 E 档。

以人均用电装机
水平为例

100 个国家中，人均装机超过 2.36 千瓦为 A 档，人均装机在 1.55~2.36 千瓦为 B 档，0.8~1.55 千瓦为 C 档，0.23~0.8 千瓦为 D 档，0.23 千瓦以下为 E 档。

（三）权重设计方法

权重设计对最终各国电力发展指数测算和排序结果有着至关重要的影响，指标权重的高低表示指标对于指数最终测算结果的影响程度。本研究采用主观与客观相结合的方法对全球电力发展指数两级指标模型中一级指标和二级指标权重进行了综合计算。

主客观赋权法首先采用层次分析法计算得到各指标的主观权重，再应用熵权法计算得到各指标的客观权重，最后将主观权重与客观权重进行加权耦合得到最终的指标权重，如图 2-6 所示。

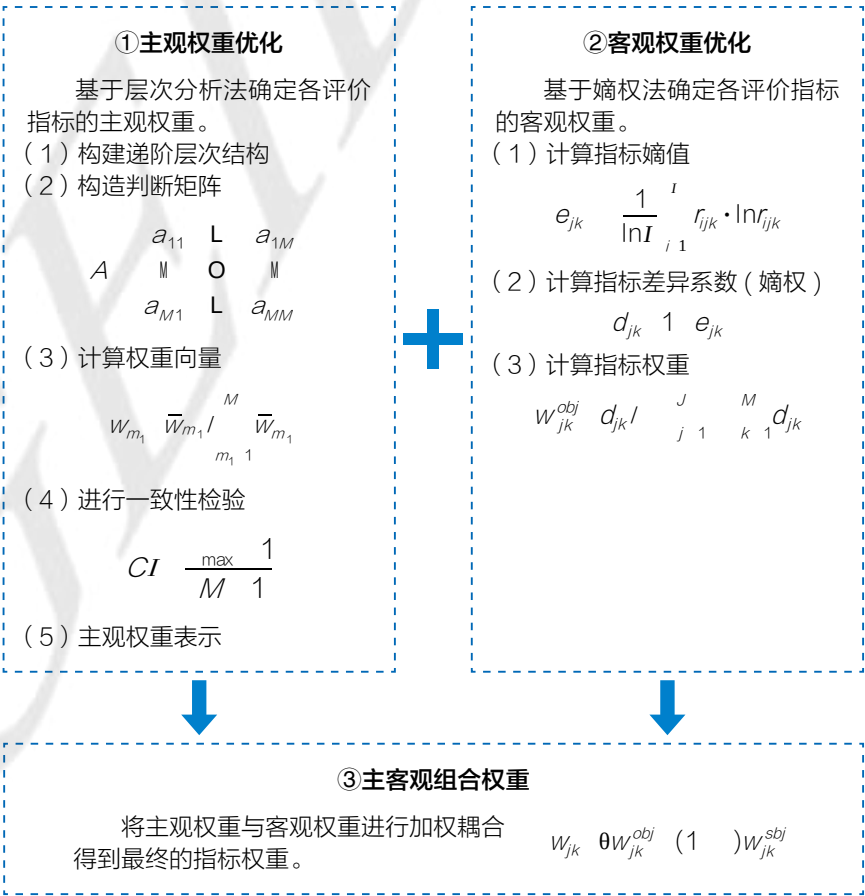


图 2-6 权重设计方法

1. 主观权重计算方法

第一步 构建指标体系的递阶层次结构。基于所构建的评价指标体系，将评价目的视为目标层、一级指标视为准则层、二级指标视为方案层，形成递阶层次结构。

第二步 构造判断矩阵。对于同一层次指标，采用 1~9 标度进行两两比较，确定指标间的相对重要程度，得到判断矩阵 $\mathbf{A}$ ，表示如下：

$$\mathbf{A} = (a_{m_1, m_2})_{M \times M} \quad (2-1)$$

式中： a_{m_1, m_2} 表示在同一个父指标下，子指标 m_1 相对于子指标 m_2 的重要程度； M 为指标个数。

第三步 指标权重计算。各个指标的权重计算方式如下：

$$\begin{aligned} Q_{m_1} &= \prod_{m_2=1}^M a_{m_1, m_2} \\ \bar{W}_{m_1} &= \sqrt[M]{Q_{m_1}} \\ w_{m_1} &= \bar{W}_{m_1} / \sum_{m_1=1}^M \bar{W}_{m_1} \end{aligned} \quad (2-2)$$

式中： Q_{m_1} 为矩阵 $\mathbf{A}$ 中第 m_1 行元素的乘积； $\bar{W}_{m_1}$ 为 Q_{m_1} 的 $1/M$ 次方； w_{m_1} 为指标 m_1 的权重。

指标权重向量 $\mathbf{W}$ 可表示为： $\mathbf{W}^T = (w_1, w_{m_1}, \dots, w_M)$ 。

第四步 对判断矩阵进行一致性检验。首先，计算判断矩阵 $\mathbf{A}$ 的最大特征根 $\lambda_{\max}$ ，如下式所示：

$$\max_{m_1-1}^M \frac{(A \cdot W)_{m_1}}{M W_{m_1}} \tag{2-3}$$

式中： $(A \cdot W)_{m_1}$ 表示 A 、 W 矩阵相乘后得到新矩阵的第 m_1 个元素。

其次，计算判断矩阵的一致性指标 CI 及随机一致性比率 CR ，计算公式如下：

$$\begin{aligned} CI &= \frac{\max}{M-1} \frac{1}{\lambda - 1} \\ CR &= \frac{CI}{RI} \end{aligned} \tag{2-4}$$

式中： RI 为平均随机一致性指标，通过查表获取。

当随机一致性比率 $CR < 0.01$ 时，则认为满足一致性要求；若 $CR > 0.01$ ，则需要调整判断矩阵，直至满意为止。

第五步 主观权重表示。重复第一到四步，得到准则层及方案层的各指标权重，通过加权相乘，得到二级指标的主观权重，表示如下：

$$W_{jk}^{sbj} = W_j^{PR} \cdot W_{jk} \tag{2-5}$$

式中： W_{jk}^{sbj} 为二级指标 j 所含三级指标 k 的主观权重最终值； W_j^{PR} 为二级指标 j 的主观权重； W_{jk} 为二级指标 j 下三级指标 k 的主观权重过程值。

2. 客观权重计算方法

将预处理后的样本数据矩阵 $X = (x'_{ijk})_{I \times J \times M}$ 进行比重化变换，得到数据矩阵 $R = (r_{ijk})_{I \times J \times M}$ ，其中： I 、 J 、 M 分别为评价对象个数、一级指标个数、二级指标个数。比重变换方式如下：

$$r_{ijk} = \frac{X'_{ijk}}{\sum_{i=1}^I X'_{ijk}} \quad (2-6)$$

然后，计算各指标熵值 e_{jk} 为：

$$e_{jk} = \frac{1}{\ln I} \sum_{i=1}^I r_{ijk} \cdot \ln r_{ijk} \quad (2-7)$$

计算差异系数 d_{jk} 为

$$d_{jk} = 1 - e_{jk} \quad (2-8)$$

对 d_{jk} 进行归一化，得到三级指标 k 的客观权重 w_{jk}^{obj} 为

$$w_{jk}^{obj} = d_{jk} / \sum_{k=1}^M d_{jk} \quad (2-9)$$

3. 二级指标主客观组合权重计算

将计算得到的主观权重和客观权重组合计算，得到最终的组合权重，如下式所示：

$$w_{jk} = \theta w_{jk}^{obj} + (1 - \theta) w_{jk}^{sbj} \quad (2-10)$$

式中： w_{jk} 为二级指标 j 的最终权重值； θ 为客观系数，取 0.5。

4. 一级指标权重计算

一级指标权重由所含二级指标的权重求和得到，公式如下：

$$W_j = \sum_{k \in L_j} w_{jk} \quad (2-11)$$

式中： L_j 为一级指标 j 包含二级指标的集合。

基于权重计算结果，选取一部分国家开展电力发展综合指数初步测算及排序，并根据排序结果对权重设计进行优化调整。

本研究旨在提供一种对电力发展水平进行综合评估的工具，权重选择可以是开放性的。不同研究者可按照主观偏好和需求对各级指标进行权重设置，表征不同侧重点，测算和排序结果也相应变化。

（四）国别选择

首次开展全球电力发展指数研究，对全球 190 多个国家和地区进行电力发展指数评估难度较大，许多国家难以获得及时的电力发展基础数据，综合考虑选取 100 个国家进行电力发展指数测算及排序。为能够代表全球及各区域电力发展整体情况，国别选择时各大洲均需选取一定数量的国家，所选国家电力需求总和应不低于全球电力总需求的 95%，各大洲所选国别电力需求总和不低于该洲电力总需求 90%。



亚洲

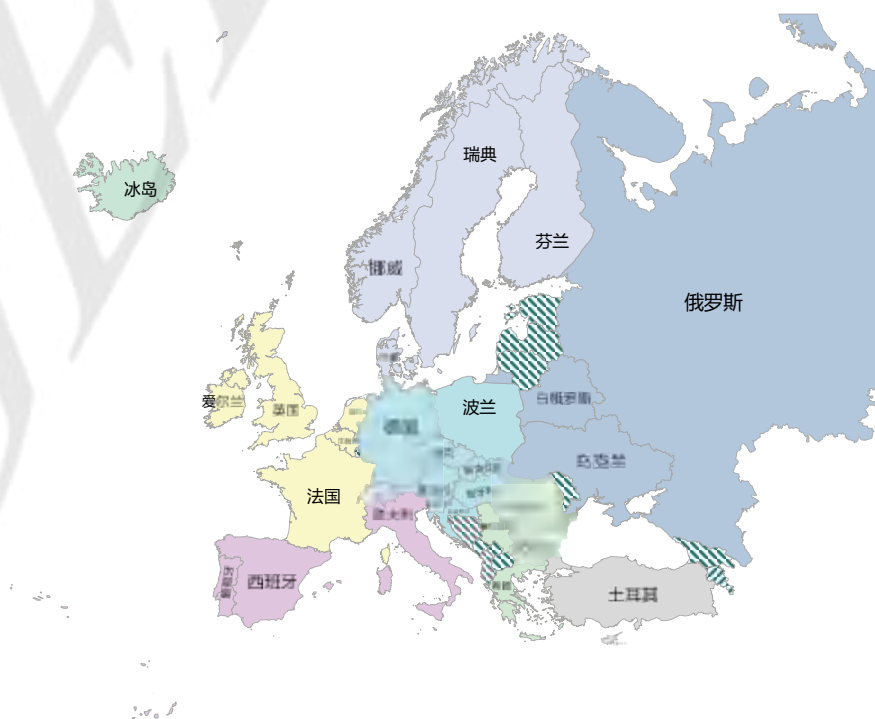
选择中国、日本、韩国、蒙古等 34 个国家，所选择国家 2022 年用电量占亚洲总用电量 **97.2%**，装机占 **97.4%**，剔除国家为电力发展体量较小或数据难以获得的国家。



图 2-7 亚洲参与电力发展指数测算的国家示意图

欧洲

选择英国、德国、挪威、瑞典等 30 个国家，所选择国家 2022 年用电量占整个欧洲用电量的 **98.3%**，装机占 **98.4%**。



这几个地图里面，所有绿色斑马格子表示未被选择进行电力指数测算的国家或地区。

图 2-8 欧洲参与电力发展指数测算的国家示意图

非洲

选择南非、埃及、阿尔及利亚、摩洛哥等 17 个国家，所选择国家 2022 年用电量占整个非洲用电量的 **90.3%**，装机占 **90.0%**。

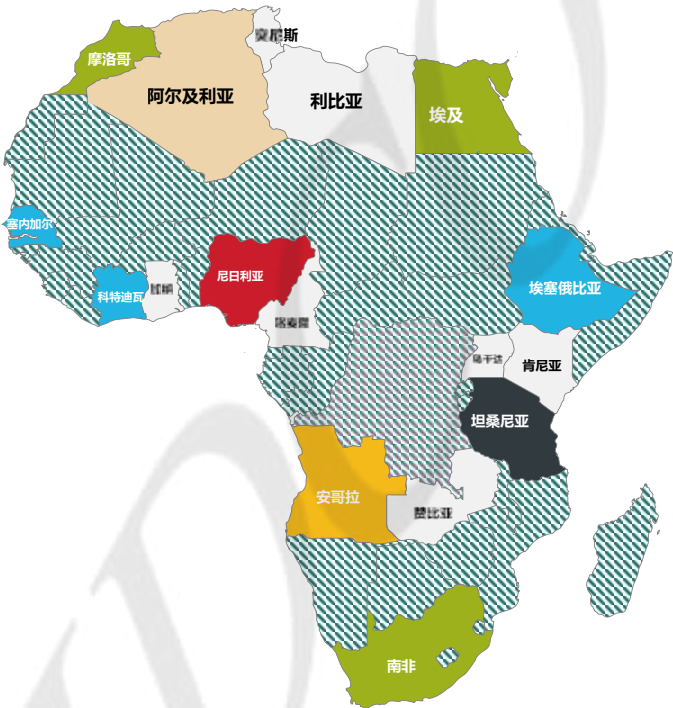


图 2-9 非洲参与电力发展指数测算的国家示意图

中南美洲（南美洲及加勒比地区）

选择巴西、智利、阿根廷、多米尼加共和国等 14 个国家，所选择国家 2022 年用电量占整个中南美洲用电量的 **94.1%**，装机占 **93.4%**。



图 2-10 中南美洲参与电力发展指数测算的国家示意图

北美洲

共加拿大、美国、墨西哥 3 个国家，全部选择。

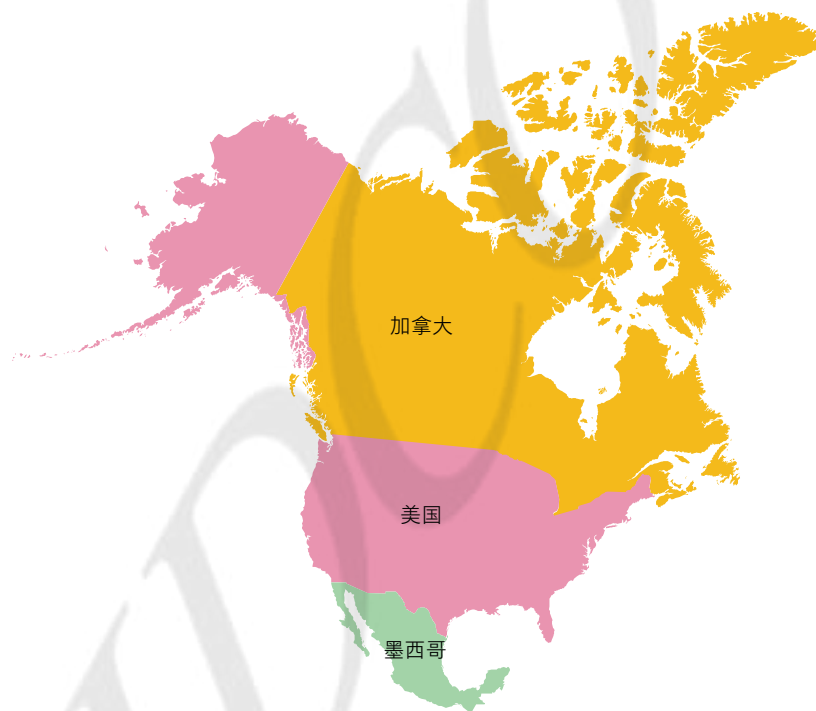


图 2-11 北美洲参与电力发展指数测算的国家示意图

大洋洲

选择澳大利亚、新西兰两个国家，所选国家 2022 年用电量占整个大洋洲用电量的 **91.7%**，装机占 **97.0%**。

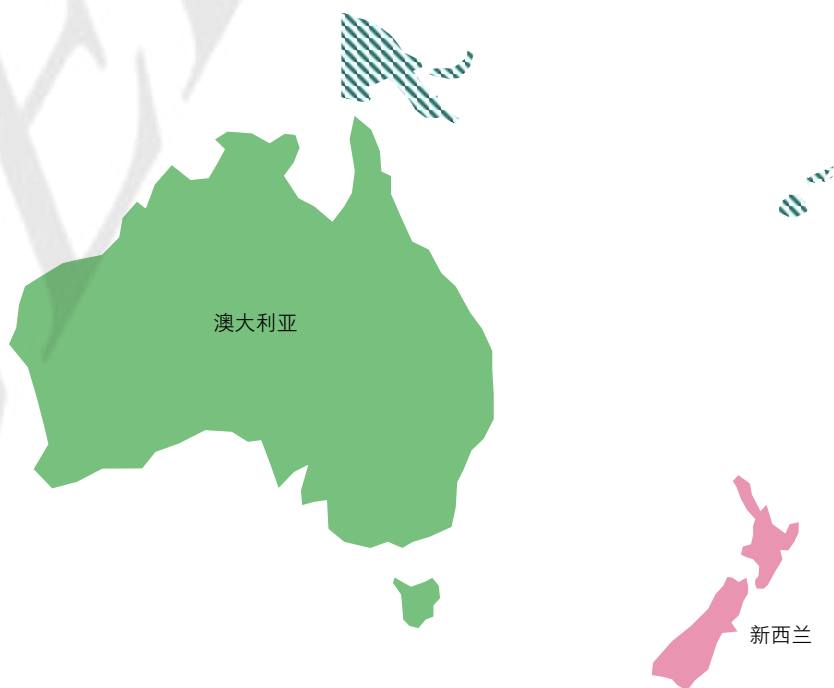


图 2-12 大洋洲参与电力发展指数测算的国家示意图

3

全球电力发展指数分析测算

3.1

全球电力发展指数分析

对全球和各大洲电力发展综合指数、各专项指标及二级指标进行测算和横向对标，从电力行业整体发展水平，以及供应保障、消费服务、绿色低碳和技术创新各维度对各大洲电力发展特点、优势与劣势进行分析。

（一）全球综合指数

根据各大洲电力发展综合指数和不同维度电力发展专项指数测算结果，**全球电力发展综合指数约为 73.9**，电力发展具有较好基础，有力支撑了全球经济稳步复苏。

分维度看

各维度发展较为均衡，技术创新、绿色低碳专项指数得分较低。近年来俄乌冲突长期化、复杂化对全球能源体系和能源安全造成了巨大影响，电力价格大幅波动，煤电等传统电源退出进程放缓影响了全球能源电力转型进程。各国应继续加大对新能源开发利用、电能替代等领域技术创新，推动电力可持续发展。

分区域看

欧洲、北美洲综合指数大幅超过平均值，欧洲电力发展综合得分最高，各维度发展较为均衡，技术创新和供应保障维度上领先全球其他地区。其次为亚洲、中南美洲和大洋洲。非洲各维度发展水平平均相对落后。全球电力发展指数区域特征与其经济发展水平和发展阶段高度相关。



表 3-1 全球及各大洲分维度指标测算结果对比表

指标	全球	亚洲	欧洲	北美洲	中南美洲	非洲	大洋洲
供应保障	75.2	77.5	92.5	92.9	69.5	54.1	73.8
消费服务	77.3	83.1	79.2	87.9	74.2	55.8	60.6
绿色低碳	69.0	69.6	76.5	71.8	86.0	54.8	81.5
技术创新	68.6	70.6	83.8	81.1	54.8	54.0	73.7
综合指数	73.9	76.9	84.4	86.0	72.7	54.7	71.4



图 3-1 各大洲不同维度电力发展情况对比示意图

（二）供应保障专项指数

表 3-2 各大洲电力供应保障维度二级指标测算结果对比表

指标 \ 区域	全球	亚洲	欧洲	北美洲	中南美洲	非洲	大洋洲
人均装机（千瓦）	1.02	0.91	2.04	2.87	0.80	0.17	2.50
电力普及率	90.5%	98.8%	100%	100%	98.3%	54.8%	81.4%
电网损耗	7.65%	6.98%	8.31%	5.51%	17.24%	16.94%	4.81%
人均电网长度（米）	7.7	4.7	21.5	29.2	9.2	2.7	29.1
供电保障能力	3	3	4	3.5	3.5	1	3
互联互通水平	2	2	5	1.5	2	2.5	0
供应保障专项指数	75.2	77.5	92.5	92.9	69.5	54.1	73.8

全球电力供应保障
专项指数为75.2，
其中北美洲电力
供应保障专项指
数得分最高，非
洲得分最低。

→ 人均装机方面，全球平均水平 1.02 千瓦，其中北美洲最高，人均装机 2.87 千瓦，非洲最低，仅 0.17 千瓦。电力普及率方面，全球平均水平约 90.5%，其中欧洲、北美洲电力普及率达到 100%，非洲电力普及率仅 54.8%，仍有 6 亿左右无电人口。输电网损耗方面，全球平均水平约 7.7%，其中中南美洲、非洲最高，约为 17%，主要原因是存在大量私接电力，未计入电力销售总量，导致线损率畸高，最低为大洋洲，仅 4.81%，得益于电力负荷分布在主要的几个大城市，电源距离负荷位置较近。人均输配电线路长度方面，全球平均水平约 7.7 米，北美洲和大洋洲最高，接近 30 米，主要原因是国土面积大且配电网建设较为发达；亚洲、非洲和中南美洲人均输配电线路长度较短，均在 10 米以下。

供电保障能力方面，欧洲得分最高，主要原因是电力基础设施完备，负荷增长速度相对缓慢，2022 年夏季极端高温天气下也未发生大规模停限电事故，电力供应保障水平整体较好；非洲得分最低，撒哈拉以南非洲许多国家电力基础设施落后，电力发展无法满足经济社会需要，尼日利亚、南非、津巴布韦等国均出现了较大规模停限电事故，高峰期部分地区日停电时间高达 6~12 小时，电力供应保障能力差。互联互通方面，欧洲得分最高，在欧盟和欧洲互联电网（ENTSO-E）的努力下，整个欧洲基本建成了跨国交流互联电网，跨国跨区电力交换水平全球领先；其次为北美洲和中南美洲，在区域电力市场引导下，建成了大范围跨区跨国互联交流电网，电网间联系较为紧密；得分最低为非洲，许多国家内部电网覆盖率较低，跨区跨国电力互联规模较小，仅部分国家如南非、埃及电力互联互通程度较高。



(三) 消费服务专项指数

表 3-3 各大洲电力消费服务维度二级指标测算结果对比表

指标\区域	全球	亚洲	欧洲	北美洲	中南美洲	非洲	大洋洲
人均用电量（千瓦时/年）	3324	3190	5481	9920	2201	528	6844
户均停电时间（分钟）	1400	587	322	65	404	6500	13880
平均电价（美分/千瓦时）	14	10.7	22.5	16.3	14.5	8.1	24.0
接电时间（天）	42	25	41	34	36	47	53
电力市场发展水平	2.5	1	4	3.5	2.5	2.5	3.5
人均用电量增速	1.7%	3.5%	1.6%	0.6%	0.5%	-1.4%	-1.3%
消费服务专项指数	77.3	83.1	79.2	87.9	74.2	55.8	60.6

全球电力消费服务专项指数为77.3，北美洲电力消费服务得分最高，非洲得分最低。

→ 人均用电量方面，全球平均水平约 3324 千瓦时/年，北美洲最高，约 9920 千瓦时/年，非洲最低，仅 528 千瓦时/年；户均停电时间方面，全球平均水平约 1400 分钟，北美洲最低，仅 65 分钟，大洋洲最高，高达 13880 分钟，主要原因是 2022 年大洋洲受全球气候变暖影响，爆发了大面积的山火、洪水等自然灾害，造成电力基础设施受损，引发了澳大利亚等国大范围停电事故。平均电价方面，全球平均水平约 14 美分/千瓦时，其中大洋洲和欧洲最高，超过 22 美分/千瓦时，非洲最低，仅为 8.1 美分/千瓦时，主要原因是许多非洲国家政府为电力消费提供了高额补贴。接电时间方面，全球平均水平约 42 天，其中大洋洲最高，约 53 天，亚洲最低，仅 25 天，得益于东亚和海湾国家较高的办电效率。

电力市场发展水平方面，欧洲最高，亚洲最低。欧洲国家电力市场发展起步早，电力市场化程度高，交易品种丰富，交易策略完备，由于北欧、南欧、东欧、西欧资源禀赋差异较大，电力市场化交易规模较大。整体上，欧洲电力市场处于全球领先水平。亚洲电力市场发展水平较低，仍有许多国家尚未建立电力市场，已进行电力市场化改革的许多国家电力交易品种相对单一，部分国家和地区尚未建设电力现货市场。亚洲整体上跨国互联程度较低，各国电力供需以自平衡为主。人均用电量增速方面，全球平均水平

约为 1.7%，其中亚洲最高，达到 3.5%，非洲最低，为 -1.4%，主要原因是经济复苏不及预期，2021~2022 年用电需求大幅萎缩。

（四）绿色低碳专项指数

表 3-4 各大洲电力绿色低碳转型维度二级指标测算结果对比表

指标 \ 区域	全球	亚洲	欧洲	北美洲	中南美洲	非洲	大洋洲
清洁能源发电量占比	38.6%	29.6%	54.7%	45.8%	67.9%	24.7%	37.5%
电能占终端能源消费比重	20.6%	23.4%	18.8%	21.9%	20.6%	10.3%	23.8%
电力碳排放强度 (kg CO ₂ /kWh)	0.49	0.62	0.30	0.35	0.19	0.61	0.49
新能源发电量增速	16.6%	24.9%	11.0%	13.9%	28.1%	25.2%	25.4%
绿色低碳政策制定及落实情况	2.5	3	4	2.5	2	1	3
绿色低碳专项指数	69.0	69.6	76.5	71.8	86.0	54.8	81.5

全球电力绿色低碳专项指数为 69.0，中南美洲总体得分最高，非洲总体得分最低。

→ 清洁能源发电量占比方面，全球平均水平约 38.6%，中南美洲最高，达到 67.9%，其次为欧洲，约 54.7%，非洲最低，仅 24.7%。电能占终端能源消费比重方面，全球平均水平约 20.6%，其中大洋洲最高，约 23.8%，非洲最低，仅 10.3%，由于非洲仍处于城镇化、工业化初级阶段，薪柴等生物质能在终端能源消费中占据较高水平。电力碳排放强度方面，全球平均水平为 0.49 千克二氧化碳 / 千瓦时，其中亚洲和非洲最高，均超过 0.6 千克二氧化碳 / 千瓦时，主要是亚洲和非洲许多国家化石能源发电在电源结构中仍处于绝对主导地位，中南美洲最低，仅为 0.19 千克二氧化碳 / 千瓦时，得益于丰富的水电资源。新能源发电量年均增速方面，全球平均水平约 16.6%，其中中南美洲最高，达到 28.1%，欧洲最低，仅为 11%，主要是因为欧洲新能源发电发展起步较早，新能源发电量占比已处于较高水平，同时近年来受火电机组退役影响，新能源消纳受阻，新能源发展速度有所下降。

绿色低碳政策制定及落实方面，欧洲得分最高，法国、德国等大部分欧洲国家都在法律层面明确了 2050 年实现碳中和的发展目标，并制定了清晰的煤电退役计划；非洲、中南美洲得分较低，主要是受经济压力、政策导向转变等因素影响，许多国家暂停了对新能源发电项目的补贴或延迟了新能源项目开发计划，部分国家修改了新能源发展目标。

（五）技术创新专项指数

表 3-5 各大洲电力技术创新维度二级指标测算结果对比表

指标\区域	全球	亚洲	欧洲	北美洲	中南美洲	非洲	大洋洲
新技术应用水平	3.2	3	4.5	2.5	2	3	2
数智化技术应用水平	2.5	2	4	2.5	2	1	4
国际专利、标准情况	4	4	4.5	4	1.5	0.5	2
技术创新专项指数	68.6	70.6	83.8	81.1	54.8	54.0	73.7

全球电力技术创新专项指数为68.6，欧洲整体得分最高，非洲整体得分最低。

→ 电力新技术应用方面，欧洲得分最高，大洋洲得分最低，欧洲在柔性直流输电、电氢协同发展、虚拟电厂等众多领域进行了新技术应用，大洋洲得分最低，新技术应用较少；数智化技术应用方面，欧洲、大洋洲得分最高，得益于智能电表的普及应用，数字化、信息化技术与电力系统的深度融合，非洲得分最低，电力发展相对滞后，绝大部分业务都未开展数智化技术应用；电力领域国际专利、标准化方面，欧洲得分最高，欧洲拥有国际电工委员会（IEC）、国际大型电力系统理事会（CIGRE）等有影响力的国际组织，法国、德国、西班牙、葡萄牙、意大利等发达国家牵头制定了许多电力领域国际标准，西门子、ABB 等国际知名电力装备企业拥有了大量的电力行业国际专利；非洲得分最低，除南非、埃及等国，绝大部分非洲国家在电力领域国际专利申请和标准化方面参与度较低。

3.2

各大洲电力发展指数分析

(一) 亚洲

表 3-6 亚洲经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
面积（万平方千米）	3122	总装机（亿千瓦）	42.2
人口（亿人）	46.5	总用电量（万亿千瓦时）	14.8
GDP（万亿美元）	37.4	人均发电装机（千瓦）	0.91
人均 GDP（美元）	8054	人均用电量（千瓦时）	3190
电能占终端能源消费比重	23.4%	电力普及率	98.8%
清洁能源发电量占比	29.5%	单位用电量碳排放（千克 / 千瓦时）	0.62

亚洲是全球面积最大、人口最多、经济体量最大的大洲，是世界经济发展的重要引擎，绝大多数国家为发展中国家，发展潜力巨大。近年来，亚洲用电需求持续稳步增长，电力装机大幅提升，电网建设规模不断增加，电能在终端能源中的消费比重不断提升，电力发展持续向好。

2017~2022 年，
亚洲总用电量从
11.8 万亿千瓦时增至
14.8 万亿千瓦时，
年均增速 3.5%

2017~2022 年，亚洲总用电量从 11.8 万亿千瓦时增至 14.8 万亿千瓦时，年均增速 3.5%，装机总量从 33.6 亿千瓦增至 42.2 亿千瓦，年均增速 4.65%，电力生产能力和消费水平持续稳步提升。2022 年亚洲人均用电量、人均发电装机分别达到 3190 千瓦时、0.91 千瓦，略低于全球平均水平，南亚、东南亚等部分国家和地区电力发展相对滞后。2022 年，亚洲电力普及率超过 98%，绝大部分国家实现了户户通电。

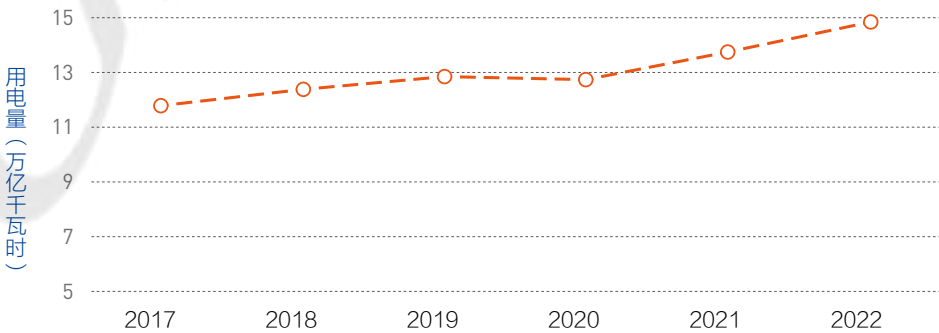


图 3-2 亚洲用电量增长变化趋势

2017~2022年，
亚洲清洁能源发电量
比重从 **23.3%** 增至
29.5%

2017~2022年，亚洲清洁能源发电量比重从23.3%增至29.5%，峰值为2021年的32.6%。总体上，亚洲电力清洁低碳水平持续提升，但是火电在发电结构中仍占据主导地位，电力清洁低碳转型任务艰巨。2022年，亚洲电能占终端能源消费比重达到23.4%，电能正逐步发展成为终端能源消费的重要来源。

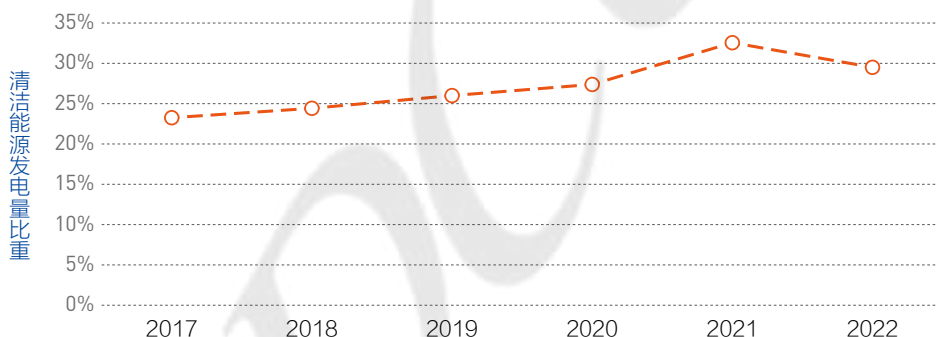


图 3-3 亚洲清洁能源发电量占比趋势图

根据电力发展指数计算结果，亚洲电力发展综合指数为76.9，略高于全球综合指数。

其中，消费服务专项指数高于全球平均水平，绿色低碳专项指数相对落后。亚洲参与电力发展指数测算的34个国家中，排名前三的国家分别为中国、韩国和日本，也是目前亚洲最大的三个经济体。

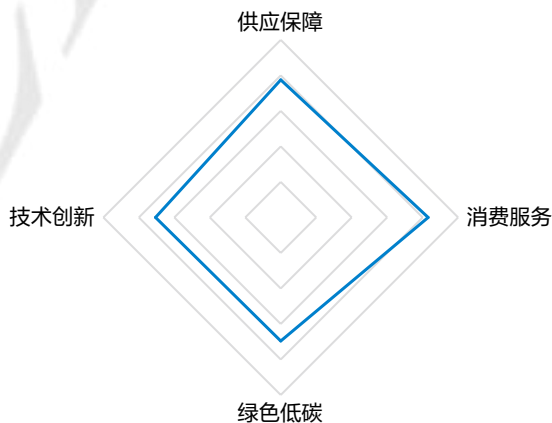


图 3-4 亚洲在不同维度上电力发展水平雷达图

未来，亚洲要提升电力发展水平，一是，进一步加大清洁能源开发利用，压减化石能源发电，加快电力清洁低碳转型；二是，以中日韩等电力发展较快的经济体为引领，为电力发展水平相对滞后

的国家提供技术支持，缩小区域内部国家间电力发展差距；三是，依托数字化智能化技术手段，进一步提升电力系统极端天气条件下气候韧性和对间歇性、波动性新能源的消纳能力，全面提升电力供应保障能力。

表 3-7 亚洲内部 34 个国家电力发展指数排序及得分

排序	国家	得分	排序	国家	得分
1	中国	90.8	18	阿塞拜疆	69.8
2	韩国	86.3	19	泰国	69.2
3	新加坡	85.5	20	吉尔吉斯斯坦	69.2
4	日本	85.1	21	格鲁吉亚	69.1
5	哈萨克斯坦	82.3	22	约旦	68.3
6	阿联酋	80.9	23	伊朗	67.9
7	以色列	79.9	24	印度	65.6
8	沙特阿拉伯	79.8	25	塔吉克斯坦	65.0
9	科威特	78.7	26	蒙古	64.9
10	卡塔尔	78.4	27	菲律宾	64.1
11	巴林	76.9	28	巴基斯坦	64.1
12	老挝	73.2	29	尼泊尔	60.9
13	阿曼	72.6	30	斯里兰卡	60.8
14	马来西亚	72.2	31	孟加拉国	59.1
15	乌兹别克斯坦	71.5	32	柬埔寨	58.8
16	越南	71.5	33	缅甸	54.7
17	印度尼西亚	70.1	34	伊拉克	52.0

（二）欧洲

表 3-8 欧洲经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
面积（万平方千米）	2378	总装机（亿千瓦）	16.9
人口（亿人）	8.3	总用电量（万亿千瓦时）	4.5
GDP（万亿美元）	23.8	人均发电装机（千瓦）	2.0
人均 GDP（美元）	28844	人均用电量（千瓦时）	5481
电能占终端能源消费比重	18.8%	电力普及率	100%
清洁能源发电量占比	54.7%	单位用电量碳排放（千克/千瓦时）	0.3

欧洲经济社会发达，在促进清洁能源发展、应对气候变化、推动区域一体化进程等方面走在世界前列。欧洲总体电力基础设施完善，电力供应能力和消费水平较高，在上个世纪已实现跨国跨区电力互联互通，电力普及率已达到 100%。电力清洁低碳转型起步较早，技术创新全球领先。近年来，受俄乌冲突等引发的能源供应危机影响，叠加人口总量持续下降、能效水平不断提升，欧洲用电增长总体呈下降趋势。

2017~2022 年，欧洲总用电量从 4.64 万亿千瓦时降至 4.53 万亿千瓦时，年均增速 -0.5%

2017~2022 年，欧洲总用电量从 4.64 万亿千瓦时降至 4.53 万亿千瓦时，年均增速 -0.5%，装机总量从 15.3 亿千瓦增至 16.9 亿千瓦，年均增速 1.93%。2022 年欧洲人均用电量、人均发电装机分别达到 5481 千瓦时、2.04 千瓦，接近全球平均水平的 2 倍。

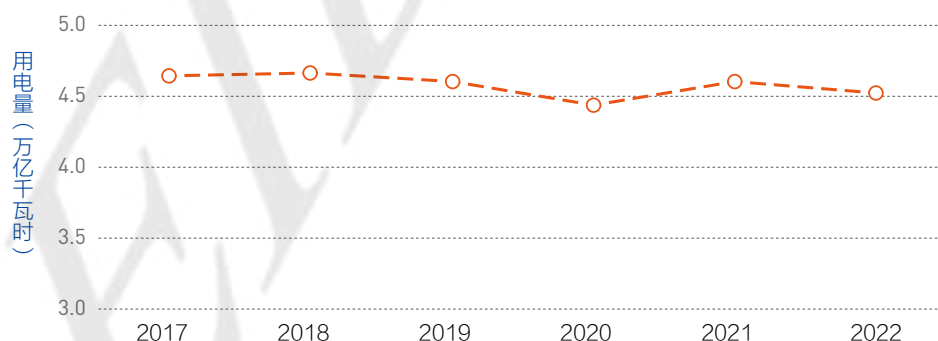


图 3-5 欧洲用电量增长变化趋势

2017~2022 年，欧洲清洁能源发电量比重从 50.8% 增至 54.7%，峰值为 2020 年的 57.5%

2017~2022 年，欧洲清洁能源发电量比重从 50.8% 增至 54.7%，峰值为 2020 年的 57.5%，电力清洁低碳转型发展水平较高。2022 年，欧洲电能占终端能源消费比重仅 18.8%，低于全球平均水平，俄罗斯、白俄罗斯、希腊等国电能在终端能源中的占比较低。

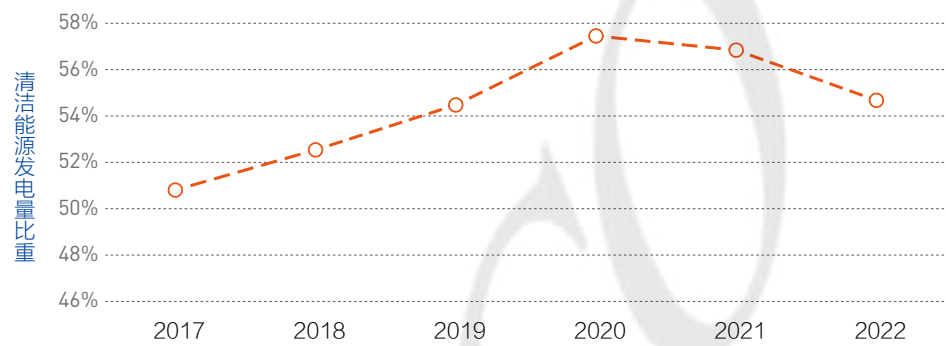


图 3-6 欧洲清洁能源发电电量占比趋势图

根据电力发展指数计算结果，欧洲电力发展综合指数为 84.4，排在区域电力发展指数之首。

其中，电力供应保障、技术创新指数得分最高。欧洲参与电力发展指数测算的 30 个国家中，排名前三的国家分别为瑞典、挪威和瑞士，这 3 个国家在全球 100 个国家电力发展指数排名中也位于前列。

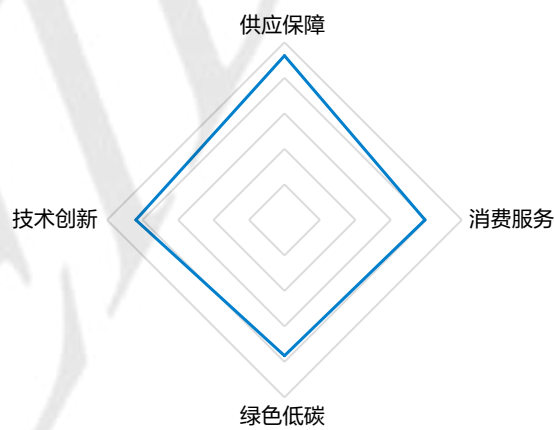


图 3-7 欧洲在不同维度上电力发展水平雷达图

未来，欧洲要进一步提升电力发展水平，一是要进一步提升新能源开发规模，满足火电退出后的供电缺口；二是部分国家要进一步缩短接电时间，提升电力服务水平；三是部分化石能源消费较高的国家，需加强电能替代，提高电气化水平。

表 3-9 欧洲内部 30 个国家电力发展指数排序及得分

排序	国家	得分	排序	国家	得分
1	瑞典	93.9	16	比利时	81.1
2	挪威	92.8	17	俄罗斯	80.2
3	瑞士	91.5	18	希腊	77.1
4	丹麦	91.4	19	斯洛伐克	76.9
5	法国	91.0	20	斯洛文尼亚	76.7
6	冰岛	86.7	21	保加利亚	76.0
7	葡萄牙	86.3	22	捷克	75.8
8	德国	86.3	23	白俄罗斯	75.7
9	奥地利	85.7	24	土耳其	75.2
10	西班牙	85.0	25	波兰	75.1
11	芬兰	84.4	26	匈牙利	74.7
12	荷兰	83.9	27	乌克兰	74.2
13	意大利	83.3	28	克罗地亚	73.3
14	英国	84.3	29	塞尔维亚	71.4
15	爱尔兰	84.0	30	罗马尼亚	68.3

（三）非洲

表 3-10 非洲经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
面积（万平方千米）	3003	总装机（亿千瓦）	2.46
人口（亿人）	14.4	总用电量（万亿千瓦时）	0.76
GDP（万亿美元）	2.9	人均发电装机（千瓦）	0.17
人均 GDP（美元）	2011	人均用电量（千瓦时）	528
电能占终端能源消费比重	10.3%	电力普及率	54.8%
清洁能源发电量占比	24.7%	单位用电量碳排放（千克 / 千瓦时）	0.61

非洲是全球发展中国家最集中的大陆，也是全球最具发展潜力的区域。近年来，非洲国家政治局势日趋稳定，人口红利不断释放，营商环境持续向好，已成为世界经济的重要增长极，正迎来以工业化、城镇化和区域一体化为特征的新时代。但是，非洲国家也面临发展基础薄弱、基础设施建设滞后、能源电力保障能力和应对气候变化能力亟待提升等严峻挑战。非洲目前仍有近一半无电人口，电力普及率仅 54.8%。

2017~2022 年，
非洲总用电量从
7100 亿千瓦时增至
7600 亿千瓦时，年
均增速 **1.3%**

2017~2022 年，非洲总用电量从 7100 亿千瓦时增至 7600 亿千瓦时，年均增速 1.3%，装机总量从 2.09 亿千瓦增至 2.46 亿千瓦，年均增速 3.26%。2022 年非洲人均用电量、人均发电装机分别达到 528 千瓦时、0.17 千瓦，约全球平均水平的六分之一。

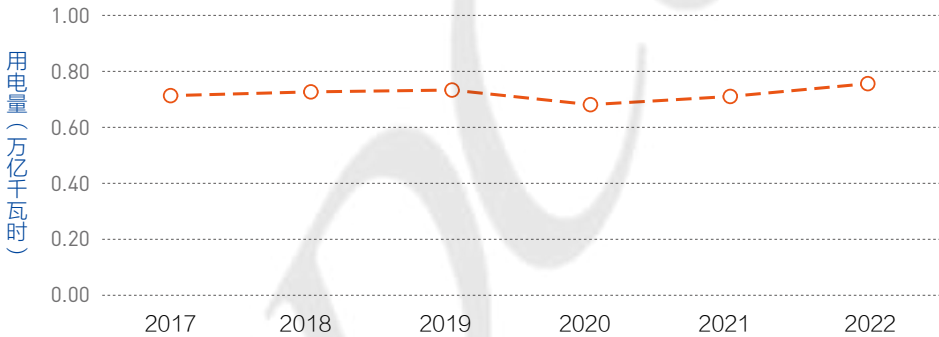


图 3-8 非洲用电量增长变化趋势

2017~2022 年，
非洲清洁能源发电量
比重从 **20.2%** 增至
24.7%

2017~2022 年，非洲清洁能源发电量比重从 20.2% 增至 24.7%，电力清洁低碳转型持续向好。2022 年，非洲电能占终端能源消费比重仅 10.3%，仅为全球平均水平的一半。

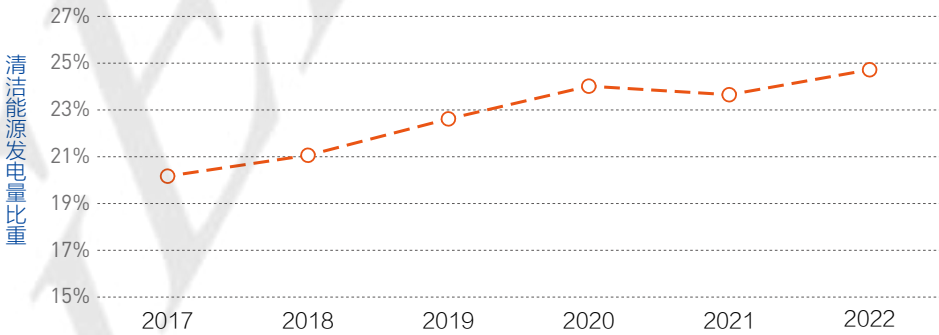


图 3-9 非洲清洁能源发电量占比趋势图

根据电力发展指数计算结果，非洲电力发展综合指数为 54.7，远低于全球综合指数水平。

非洲在各个维度上的得分均处于全球较低水平。非洲参与电力发展指数测算的 17 个国家中，仅有埃及一个国家排名前 50。

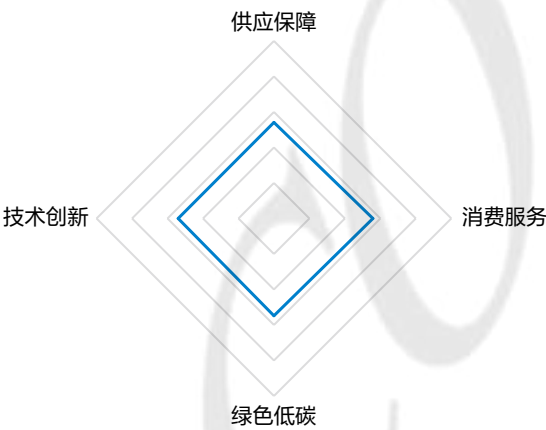


图 3-10 非洲在不同维度上电力发展水平雷达图

未来，非洲要提升电力发展水平，关键是要加快电力基础设施建设，提高电力普及率，加快清洁能源开发，提升电能终端能源消费中的比重，构建可持续电力系统，为经济社会发展提供电力保障。

表 3-11 非洲内部 17 个国家电力发展指数排序及得分

排序	国家	得分	排序	国家	得分
1	埃及	73.0	10	塞内加尔	57.7
2	摩洛哥	70.1	11	喀麦隆	56.0
3	阿尔及利亚	69.2	12	安哥拉	55.1
4	南非	68.2	13	尼日利亚	55.1
5	利比亚	67.3	14	赞比亚	54.7
6	突尼斯	63.1	15	乌干达	53.9
7	加纳	58.3	16	坦桑尼亚	53.7
8	科特迪瓦	58.1	17	埃塞俄比亚	52.9
9	肯尼亚	57.9			



（四）中南美洲

表 3-12 中南美洲经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
面积（万平方千米）	1857	总装机（亿千瓦）	4.3
人口（亿人）	5.35	总用电量（万亿千瓦时）	1.18
GDP（万亿美元）	5.1	人均发电装机（千瓦）	0.8
人均 GDP（美元）	9520	人均用电量（千瓦时）	2201
电能占终端能源消费比重	20.6%	电力普及率	98.3%
清洁能源发电量占比	67.9%	单位用电量碳排放（千克 / 千瓦时）	0.19

中南美洲是由新兴市场国家和发展中经济体组成的区域，自然资源丰富，产业、人力资源和区域一体化基础较好，未来可持续发展优势显著，但能源电力配置能力和应对气候变化能力也面临严峻挑战。中南美洲目前电力普及率为 98.3%，仍有部分无电人口。

2017~2022 年，中南美洲总用电量从 1.10 万亿千瓦时增至 1.18 万亿千瓦时，年均增速 1.3%，装机总量从 3.74 亿千瓦增至 4.28 亿千瓦，年均增速 2.73%。2022 年中南美洲人均用电量、人均发电装机分别达到 2201 千瓦时、0.8 千瓦，较全球平均水平低 30% 左右。

2017~2022 年，
中南美洲总用电量从
1.10 万亿千瓦时增至
1.18 万亿千瓦时，
年均增速 1.3%

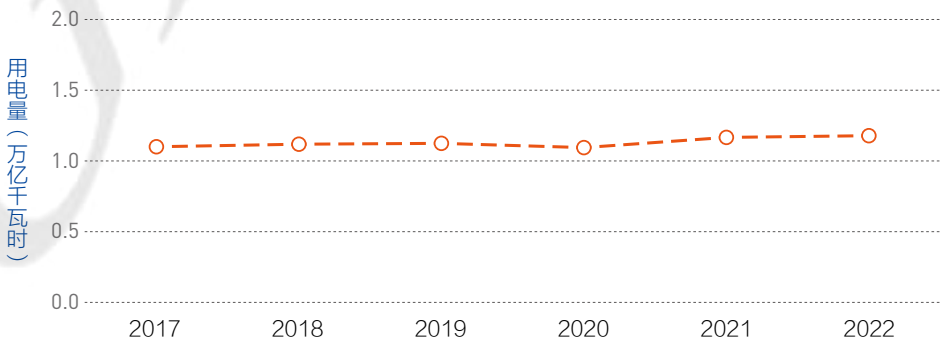


图 3-11 中南美洲用电量增长变化趋势

2017~2022 年，
中南美洲清洁能源发电
量比重从 **65.9%**
增至 **67.9%**

2017~2022 年，中南美洲清洁能源发电量比重从 65.9% 增至 67.9%，峰值为 2020 年的 70.1%，得益于充足的水电资源，中南美洲清洁能源发电量比重遥遥领先于全球其他区域。2022 年，中南美洲电能占终端能源消费比重达 20.55%，为全球平均水平。

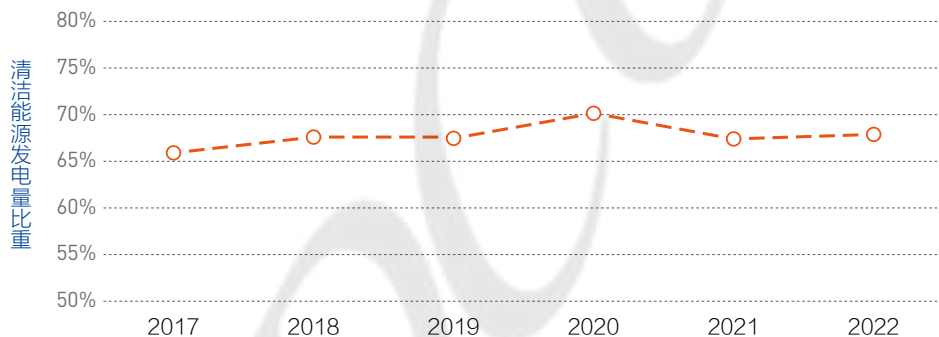


图 3-12 中南美洲清洁能源发电量占比趋势图

根据电力发展指数计算结果，中南美洲电力发展综合指数为 **72.7**，略低于全球综合指数水平。其中，绿色低碳指数得分处于全球领先水平。中南美洲参与电力发展指数测算的 14 个国家中，智利、巴西、乌拉圭、阿根廷排名较高。

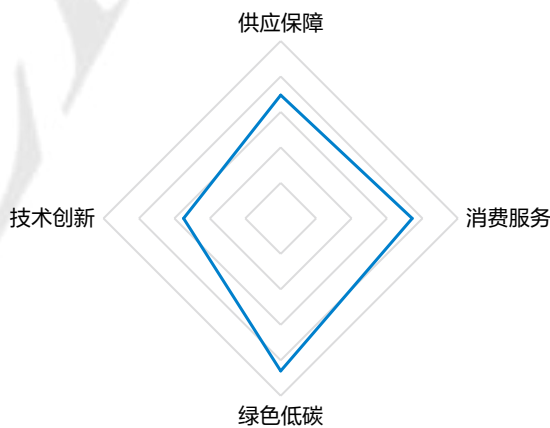


图 3-13 中南美洲在不同维度上电力发展水平雷达图

未来，**中南美洲要提升电力发展水平**，**一**是要提升电力供应保障能力，强化电力供应对经济社会发展的支撑能力；**二**是要加强技术创新，构建数字化智能化电力系统，服务新能源更大规模发展消纳和电力系统安全稳定运行。

表 3-13 中南美洲内部 14 个国家电力发展指数排序及得分

排序	国家	得分	排序	国家	得分
1	智利	82.7	8	秘鲁	71.7
2	巴西	76.1	9	厄瓜多尔	69.4
3	乌拉圭	76.0	10	委内瑞拉	66.4
4	阿根廷	74.8	11	波多黎各	65.8
5	巴拿马	72.8	12	多米尼加共和国	62.9
6	哥伦比亚	72.5	13	玻利维亚	61.5
7	哥斯达黎加	72.0	14	古巴	61.3

（五）北美洲

表 3-14 北美洲经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
面积（万平方千米）	2396	总装机（亿千瓦）	14.4
人口（亿人）	5.02	总用电量（万亿千瓦时）	4.98
GDP（万亿美元）	29.07	人均发电装机（千瓦）	2.87
人均 GDP（美元）	57882	人均用电量（千瓦时）	9920
电能占终端能源消费比重	21.9%	电力普及率	100%
清洁能源发电量占比	45.7%	单位用电量碳排放（千克 / 千瓦时）	0.35

北美洲经济社会发达，区域合作紧密，自由贸易及经济一体化水平高，技术创新领先、营商环境好、能源资源储量大、能源电力基础设施完善，同时也面临基础设施老旧、化石能源消费高、碳排放量大等问题，2022 年电力行业人均碳排放 3.52 吨，超过全球平均水平 2 倍。电力发展起步早，上世纪已实现跨国跨区电力互联、电力普及率已达到 100%。

2017~2022 年，
北美洲总用电量从
4.72 万亿千瓦时增至
4.98 万亿千瓦时，
年均增速 **1.08%**

2017~2022 年，北美洲总用电量从 4.72 万亿千瓦时增至 4.98 万亿千瓦时，年均增速 1.08%，装机总量从 13.27 亿千瓦增至 14.4 亿千瓦，年均增速 1.64%。2022 年北美洲人均用电量、人均发电装机分别达到 9920 千瓦时、2.87 千瓦，接近全球平均水平的 3 倍。

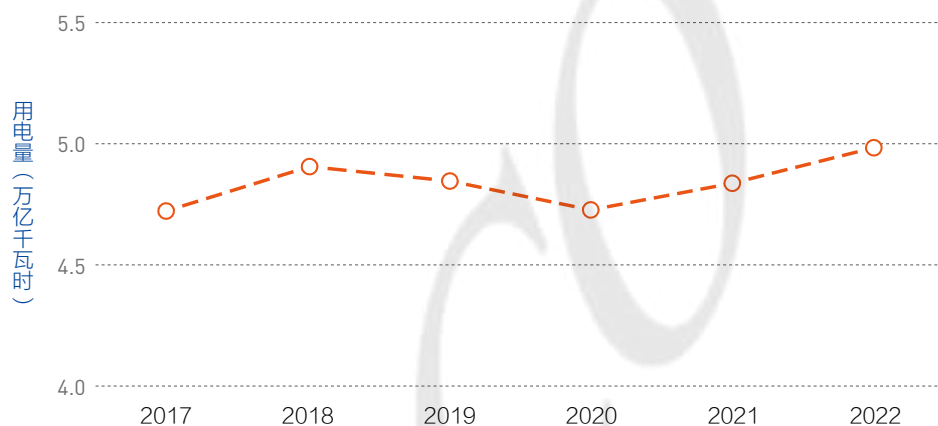


图 3-14 北美洲用电量增长变化趋势

2017~2022 年，
北美洲清洁能源
发电量比重从 **42.1%**
增至 **45.7%**

2017~2022 年，北美洲清洁能源发电量比重从 42.1% 增至 45.7%，电力绿色低碳转型势头向好。2022 年，北美洲电能占终端能源消费比重达 21.9%，略高于全球平均水平，美国最低为 21.4%、墨西哥最高为 25.7%。

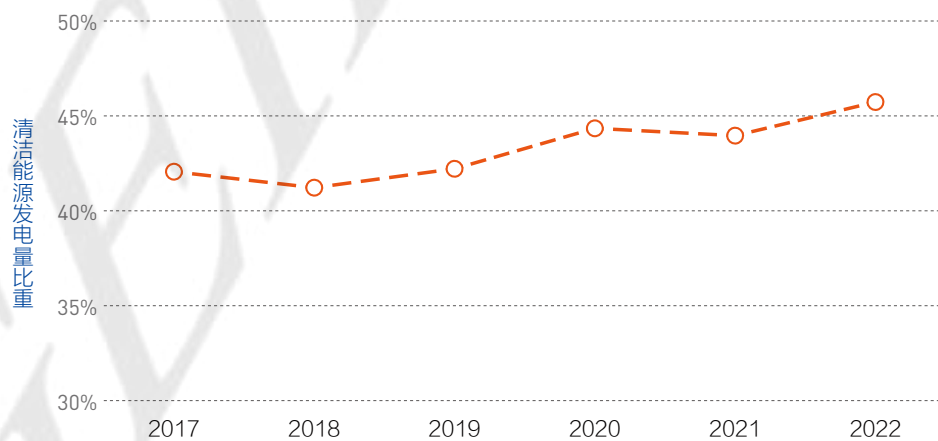


图 3-15 北美洲清洁能源发电量占比趋势图

根据电力发展指数计算结果，北美洲电力发展综合指数为 **86.0**，高于全球综合指数水平。其中电力供应保障、消费服务指数处于全球领先水平，在绿色低碳和技术创新方面，仍有进步空间。北美洲参与电力发展指数测算的 3 个国家中，加拿大和美国排名位于全球前列。

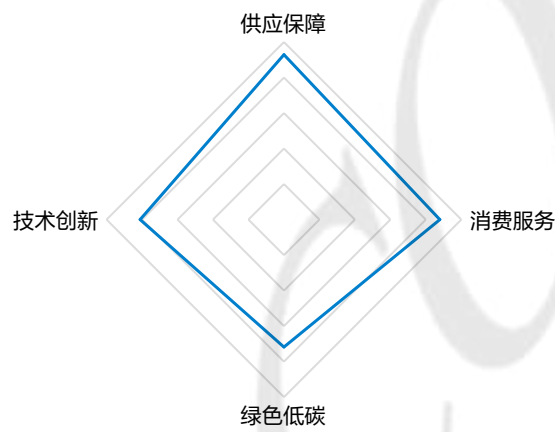


图 3-16 北美洲在不同维度上电力发展水平雷达图

未来，**北美洲要进一步提升电力发展水平**，一是要大力发展新能源发电，减少对化石能源发电依赖，降低电力行业碳排放；二是要加强技术创新应用，对老旧基础设施进行技术改造和更新换代。

表 3-15 北美洲内部 3 个国家电力发展指数排序及得分

排序	国家	得分	排序	国家	得分
1	加拿大	91.7	3	墨西哥	74.8
2	美国	84.0		—	

（六）大洋洲

表 3-16 大洋洲经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
面积（万平方千米）	851.4	总装机（亿千瓦）	1.1
人口（亿人）	0.44	总用电量（万亿千瓦时）	0.3
GDP（万亿美元）	2.0	人均发电装机（千瓦）	2.5
人均 GDP（美元）	45283	人均用电量（千瓦时）	6844
电能占终端能源消费比重	23.8%	电力普及率	81.4%
清洁能源发电量占比	37.5%	单位用电量碳排放（千克 / 千瓦时）	0.49

大洋洲自然资源和矿产资源十分丰富，澳大利亚、新西兰电力发展水平居全球前列，部分太平洋岛国电力基础设施落后，还有很多无电人口，目前大洋洲电力普及率为 81.4%。太平洋岛国地理位置特殊、环境复杂脆弱，是世界上最容易受气候变化影响的地区，大洋洲各国重视气候变化问题，积极参与全球气候治理。

2017~2022 年，大洋洲总用电量基本维持在 **3000** 亿千瓦时左右

2017~2022 年，大洋洲总用电量基本维持在 3000 亿千瓦时左右，装机总量从 8700 万千瓦增至 1.1 亿千瓦，年均增速 4.75%。2022 年大洋洲人均用电量、人均发电装机分别达到 6844 千瓦时、2.5 千瓦，是全球平均水平 2 倍以上。

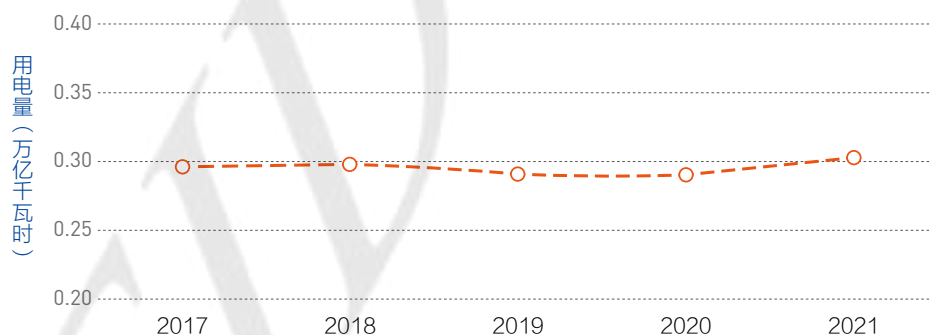


图 3-17 大洋洲用电量增长变化趋势

2017~2022 年，大洋洲清洁能源发电量比重从 **25.3%** 增至 **37.5%**

2017~2022 年，大洋洲清洁能源发电量比重从 25.3% 增至 37.5%，是全球清洁能源发电量比重增速最快的大洲。2022 年，大洋洲电能占终端能源消费比重达 23.8%，高于全球平均水平 3 个百分点。

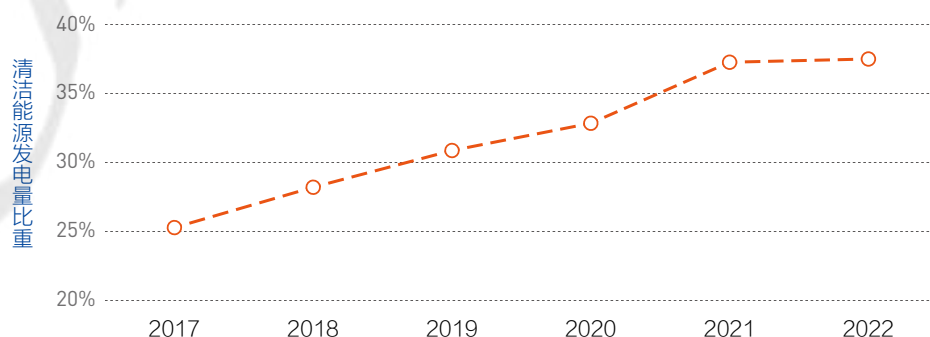


图 3-18 大洋洲清洁能源发电量占比趋势图

根据电力发展指数计算结果，大洋洲电力发展综合指数为71.4，低于全球综合指数水平。其中电力绿色低碳指数处于全球领先水平，在供应保障、消费服务方面得分相对较低。澳大利亚和新西兰在全球电力发展指数的排名中均位于前20，电力发展水平全球领先。

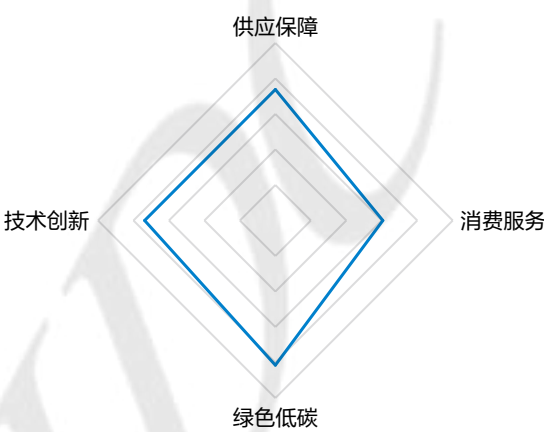


图 3-19 大洋洲在不同维度上电力发展水平雷达图

未来，大洋洲要进一步提升电力发展水平，一是强化电力供应保障能力，特别是加强电力系统应对极端天气的韧性；二是要提升消费服务水平，降低用电成本、缩短接电时间、提升供电可靠性；三是完善小岛国电力基础设施建设。

表 3-17 大洋洲内部 2 个国家电力发展指数排序及得分

排序	国家	得分	排序	国家	得分
1	新西兰	85.1	2	澳大利亚	84.0



3.3

国家排名分析

(一) 总体排名

对选取的全球 6 大洲 100 个代表性国家进行电力发展综合指数测算和排序。基于搜集获得的各国电力发展基础数据，利用全球电力发展指数两级指数模型对各国电力发展综合指数和供应保障、消费服务、绿色低碳、技术创新等 4 个专项指数进行测算和排序。各国总体排名与得分，及各分项指数得分如附表 2 所示。

排名前 20 的国家

根据指数测算及排序结果，全球电力发展综合指数排名前 20 位的国家，除中国外，全部为发达国家。这些电力发展水平最高的国家共同特征包括电力基础设施较为完善，人均装机和用电水平较高，电力供应保障和服务水平高，有明确的能源电力转型意愿和转型目标，重视清洁能源发展和新技术应用，国家之间电力发展综合指数得分差距较小。

排名 21 ~ 50 的国家

主要为欧洲、亚洲、中南美洲国家，非洲仅埃及一个国家排名前 50，整体发展水平较为落后。该排名区间国家共同特征是电力发展不均衡，仅在部分专项指标上得分较高，影响了总体评分。例如，巴林人均用电量和人均装机分别高达 19445 千瓦时、3.93 千瓦，分别位列全球第三、第八位，分别是全球平均水平的 6 倍和 4 倍左右，但绿色低碳发展水平相对较低，电力生产几乎全部来自油气发电，电力技术创新也稍显不足。

排名 51 ~ 80 的国家

主要为亚洲、非洲和中南美洲国家。这些国家电力发展共同特征是电力基础设施发展有一定基础，但人均装机和用电水平相对较低，部分国家在单项指标上处于世界领先水平。

排名倒数 20 国家

主要为非洲和亚洲国家。排名靠后的这些国家电力发展水平共同特点是电力基础设施发展相对落后，人均装机和用电水平较低，许多国家仍有大量无电人口，电力供应保障能力较差、服务水平较低，电力发展无法满足经济社会发展需要。

表 3-18 全球 100 个国家电力发展综合指数排序结果

排序	国家	排序	国家	排序	国家	排序	国家
1	瑞典	26	比利时	51	巴拿马	76	塔吉克斯坦
2	挪威	27	阿联酋	52	阿曼	77	蒙古
3	加拿大	28	俄罗斯	53	哥伦比亚	78	菲律宾
4	瑞士	29	以色列	54	马来西亚	79	巴基斯坦
5	丹麦	30	沙特阿拉伯	55	哥斯达黎加	80	突尼斯
6	法国	31	科威特	56	秘鲁	81	多米尼加共和国
7	中国	32	卡塔尔	57	乌兹别克斯坦	82	玻利维亚
8	冰岛	33	希腊	58	越南	83	古巴
9	葡萄牙	34	巴林	59	塞尔维亚	84	尼泊尔
10	韩国	35	斯洛伐克	60	摩洛哥	85	斯里兰卡
11	德国	36	斯洛文尼亚	61	印度尼西亚	86	孟加拉国
12	奥地利	37	巴西	62	阿塞拜疆	87	柬埔寨
13	新加坡	38	乌拉圭	63	厄瓜多尔	88	加纳
14	日本	39	保加利亚	64	泰国	89	科特迪瓦
15	新西兰	40	捷克	65	阿尔及利亚	90	肯尼亚
16	西班牙	41	白俄罗斯	66	吉尔吉斯斯坦	91	塞内加尔
17	芬兰	42	土耳其	67	格鲁吉亚	92	喀麦隆
18	澳大利亚	43	波兰	68	约旦	93	安哥拉
19	美国	44	墨西哥	69	罗马尼亚	94	尼日利亚
20	荷兰	45	阿根廷	70	南非	95	缅甸
21	意大利	46	匈牙利	71	伊朗	96	赞比亚
22	英国	47	乌克兰	72	利比亚	97	乌干达
23	爱尔兰	48	克罗地亚	73	委内瑞拉	98	坦桑尼亚
24	智利	49	老挝	74	波多黎各	99	埃塞俄比亚
25	哈萨克斯坦	50	埃及	75	印度	100	伊拉克

(二) 分维度排名

在总体排序基础上，对各专项指标排名前 25 的国家进行了排序，有助于各国互学互鉴，促进跨区跨国电力发展经验交流与合作协同。供应保障、消费服务、绿色低碳、技术创新等专项排名前 20 的国家如下表所示。

表 3-19 全球电力发展各专项指数排名 A 档国家列表

专项指数	排名前 20 的国家
供应保障	丹麦、挪威、加拿大、瑞典、冰岛、新加坡、中国、芬兰、奥地利、法国、荷兰、日本、瑞士、比利时、葡萄牙、德国、西班牙、澳大利亚、新西兰、科威特
消费服务	阿联酋、荷兰、韩国、中国、瑞典、瑞士、卡塔尔、沙特阿拉伯、科威特、巴林、爱尔兰、加拿大、英国、新加坡、挪威、葡萄牙、法国、美国、丹麦、哈萨克斯坦
绿色低碳	挪威、瑞士、法国、瑞典、巴西、新西兰、丹麦、芬兰、马来西亚、加拿大、秘鲁、乌干达、塔吉克斯坦、冰岛、吉尔吉斯斯坦、斯洛伐克、葡萄牙、斯洛文尼亚、中国、匈牙利
技术创新	德国、中国、美国、法国、丹麦、瑞典、荷兰、英国、挪威、日本、澳大利亚、巴西、加拿大、意大利、葡萄牙、瑞士、爱尔兰、哈萨克斯坦、西班牙、印度



供应保障排名领先的国家主要为的发达国家和中国，共同特征包括人均发电装机较高、电力供应保障能力较强，能够支撑经济社会发展需要。



消费服务排名领先的国家主要为北欧和部分亚洲国家，共同特征包括供电可靠性高、接电时间短、电价竞争力较强、人均用电水平较高。



绿色低碳排名靠前国家主要为欧洲、中南美洲和部分非洲国家，共同特征包括清洁能源电量占比高、电力碳排放强度低、新能源发展较快。



技术创新排名靠前国家主要为发达国家以及亚洲、中南美洲大国，如中国、巴西、哈萨克斯坦、印度等。这些国家在新技术应用、电力科技研发投入产出方面水平较高。

（三）OECD 国家排名

参与比选的 100 个国家中，OECD 国家共有 34 个，除中南美洲哥伦比亚和哥斯达黎加外，电力发展指数排名均位于全球前 50，其中 18 个国家排名位于前 20。综合来看，OECD 国家电力发展水平较高，主要原因是 OECD 大部分国家经济基础较好，人均 GDP 较高，电力基础设施较为完善，电力生产和消费水平高。

OECD 国家内部，电力发展指数排名前 5 的国家为瑞典、挪威、加拿大、瑞士和丹麦，排名后 5 的国家为波兰、墨西哥、匈牙利、哥伦比亚和哥斯达黎加。

表 3-20 OECD 国家内部电力发展指数排名

排名	国家	排名	国家	排名	国家
1	瑞典	13	新西兰	25	希腊
2	挪威	14	西班牙	26	斯洛伐克
3	加拿大	15	芬兰	27	斯洛文尼亚
4	瑞士	16	澳大利亚	28	捷克
5	丹麦	17	美国	29	土耳其
6	法国	18	荷兰	30	波兰
7	冰岛	19	意大利	31	墨西哥
8	葡萄牙	20	英国	32	匈牙利
9	韩国	21	爱尔兰	33	哥伦比亚
10	德国	22	智利	34	哥斯达黎加
11	奥地利	23	比利时		
12	日本	24	以色列		

（四）发展中国家排名

按照世界银行最新标准，人均国民总收入低于 12,696 美元的国家为发展中国家，参与比选的 100 个国家中，发展中国家共有 54 个，排名前 20 的国家只有中国，排名前 50 的国家还有哈萨克斯坦、埃及、巴西、白俄罗斯、土耳其、墨西哥、老挝等国。

发展中国家总体上电力发展指数排名靠后，许多国家人均 GDP 尚不足 1000 美元，电力基础设施严重不足，部分非洲和南亚、东南亚国家仍有大量无电人口，加强电力基础设施建设，解决电力可及性问题，是这些国家提升电力发展水平的最有效途径。



表 3-21 发展中国家内部电力发展指数排名

排名	国家	排名	国家	排名	国家
1	中国	19	厄瓜多尔	37	古巴
2	哈萨克斯坦	20	泰国	38	尼泊尔
3	巴西	21	阿尔及利亚	39	斯里兰卡
4	白俄罗斯	22	吉尔吉斯斯坦	40	孟加拉国
5	土耳其	23	格鲁吉亚	41	柬埔寨
6	墨西哥	24	约旦	42	加纳
7	乌克兰	25	南非	43	科特迪瓦
8	老挝	26	伊朗	44	肯尼亚
9	摩洛哥	27	利比亚	45	塞内加尔
10	哥伦比亚	28	委内瑞拉	46	喀麦隆
11	马来西亚	29	印度	47	安哥拉
12	秘鲁	30	塔吉克斯坦	48	尼日利亚
13	乌兹别克斯坦	31	蒙古	49	缅甸
14	越南	32	菲律宾	50	赞比亚
15	塞尔维亚	33	巴基斯坦	51	乌干达
16	埃及	34	突尼斯	52	坦桑尼亚
17	印度尼西亚	35	多米尼加共和国	53	埃塞俄比亚
18	阿塞拜疆	36	玻利维亚	54	伊拉克



4.1

亚洲

(一) 中国

中国是亚洲国土面积最大、经济体量最大、人口第二多的国家，也是唯一一个电力发展水平排名前 20 的发展中国家。深入分析中国电力发展的各个维度，有助于为其他发展中国家提高电力发展水平提供参考和借鉴。

1. 电力发展基本情况

表 4-1 中国经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
国土面积（万平方千米）	959.7	总装机（亿千瓦）	25.94
人口（亿人）	14.53	总用电量（万亿千瓦时）	8.54
GDP（万亿美元）	18.3	人均发电装机（千瓦）	1.78
人均 GDP（万美元）	1.26	人均用电量（千瓦时）	5877
电能占终端能源消费比重	28.14%	电力普及率	100%
清洁能源发电量占比	35.1%	单位用电量碳排放（千克 / 千瓦时）	0.61

2022 年
中国发电总装机
25.94 亿千瓦
占全球总装机
30.6%

中国已建成全球规模最大的电力系统，电源装机、输配电网、电力消费规模均居世界第一。2022 年，中国发电总装机 25.94 亿千瓦，占全球总装机 30.6%，超过 G7 国家装机总和；总用电量 8.54 万亿千瓦时，占全球总用电量 32.1%，接近全球用电需求三分之一；35 千伏及以上输电线路长度 226 万千米。

2022 年
中国人均用电量、
人均发电装机分别达到
5877 千瓦时
1.8 千瓦
是全球平均水平
1.7~1.8 倍

电力安全供应对经济社会发展提供了坚强保障。过去 5 年，中国 GDP 年均增速约 5.3%，是全球平均水平的 2.2 倍，电力需求年均增速达到 6.2%，是全球平均水平的 2.3 倍，发电装机年均增速 7.7%，是全球平均水平的 1.8 倍。2022 年，中国人均用电量、人均发电装机分别达到 5877 千瓦时、1.8 千瓦，是

全球平均水平 1.7~1.8 倍。中国政府和电力企业统筹发展和安全、保供与转型，发电侧电网侧合力保障电力安全可靠供应，为经济社会发展提供了坚强支撑。

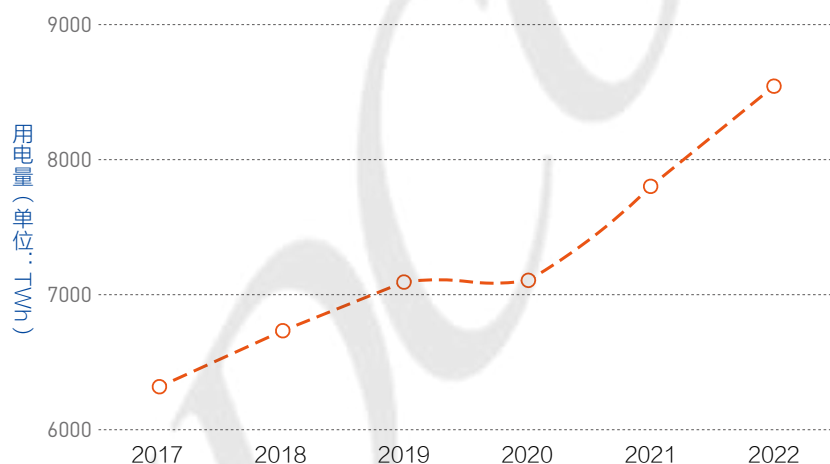


图 4-1 过去 5 年中国用电量变化情况

已实现户户通电 ➤ 为解决偏远地区无电人口问题，中国通过大电网延伸与分散电源就地供电相结合的方式，在 2015 年实现了户户通电，全面提升了电力消费服务水平。

重视电力技术创新发展，依托特高压输电技术实现电力互联互通 ➤ 特高压输电技术是中国电力领域一大创新，有效缓解了电力资源与负荷分布不均的难题。截至 2024 年 4 月，中国已投运特高压工程 38 个（18 交 20 直），“西电东送”规模接近 3.5 亿千瓦，极大提升了电力互联互通水平和资源配置能力。

中国极大推动了全球电力绿色低碳转型 ➤ 2017~2022 年，中国清洁能源装机规模增长 5.61 亿千瓦，占全球清洁能源装机增量 12.35 亿千瓦的 45.4%；清洁能源发电量比重从 28.5% 增至 35.1%，增长 6.6 个百分点；清洁能源装机占比从 38.2% 增至 48.6%，增长超过 10 个百分点。2022 年，中国电能占终端能源消费比重达 28.14%，高于全球平均水平 7.5 个百分点，处于全球领先水平，也高于大部分 OECD 国家。

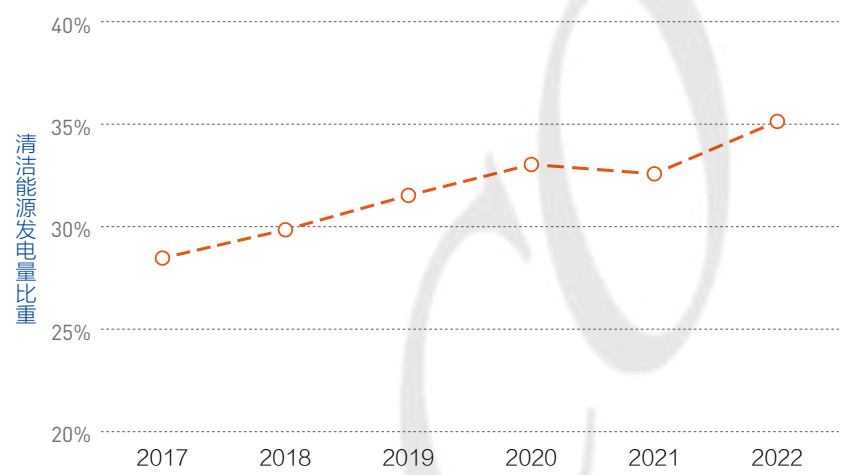


图 4-2 过去 5 年中国清洁能源发电量占比变化情况

2. 电力发展指数测算及分析

根据电力发展指数测算结果，中国电力发展指数综合得分为 90.8 分，在技术创新领域得分较高、处于全球领先，在电力供应保障、消费服务方面也处于全球前列。由于水电、核电发电量比重较低，尽管风光等新能源发展迅猛，清洁能源发电比重总体不高，影响了绿色低碳转型指数得分。

未来，要进一步提升中国电力发展水平。

- 一是 继续大力发展新能源发电，持续推动电力绿色低碳转型，减少化石能源发电，降低电力生产碳排放水平；
- 二是 加快抽水蓄能、新型储能、虚拟电厂、V2G 等灵活性资源部署，优化辅助服务市场机制，加强电力互联互通，进一步提升新能源消纳水平；
- 三是 持续建设完善电力市场，扩大现货市场覆盖范围，丰富市场交易品种，推进电碳市场融合。

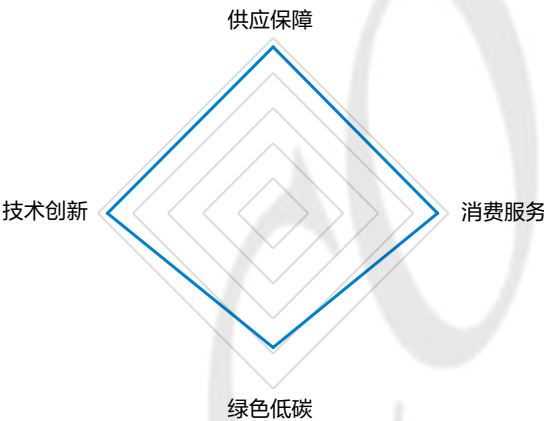


图 4-3 中国在不同维度上电力发展水平雷达图

3. 电力发展经验

中国在新能源发电、特高压输电、柔性直流输电和电力系统数字化智能化等领域均处于全球领先水平，建设了一系列示范工程，为世界各国提供了中国电力创新实践经验。

中国三峡集团和内蒙古能源集团联合建设的库布其沙漠鄂尔多斯中北部新能源基地项目，是在沙漠、戈壁、荒漠地区开发建设的全球最大规模风电光伏基地项目，也是中国首个开工建设的千万千瓦级新能源大基地项目。项目总装机 1600 万千瓦，包括光伏 800 万千瓦和风电 400 万千瓦，配套改扩建先进高效煤电装机

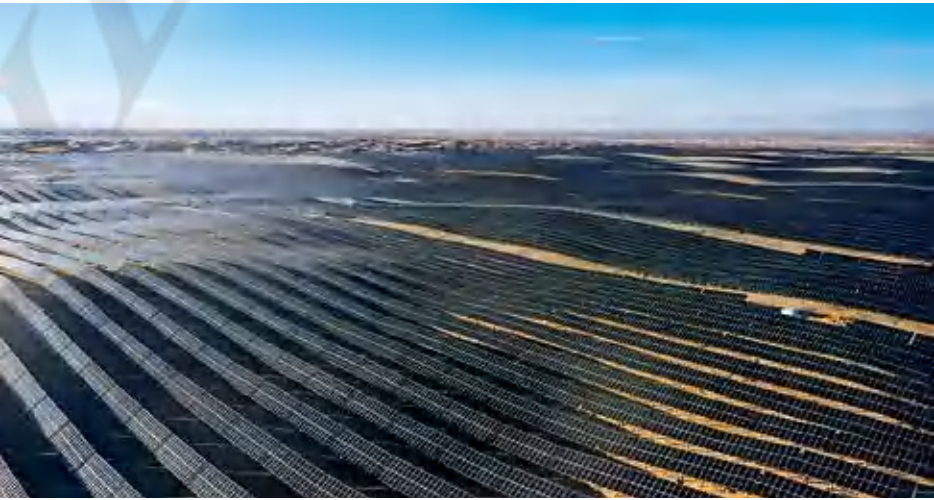


图 4-4 库布齐沙漠大型风光基地示意图

每年可向京津冀地区送电约 **400** 亿千瓦时，其中清洁能源占比 **50%** 以上，相当于节约标准煤约 **600** 万吨，减排二氧化碳约 **1600** 万吨

400 万千瓦，项目已于 2022 年 12 月正式开工建设。项目全部建成后，每年可向京津冀地区送电约 400 亿千瓦时，其中清洁能源占比 50% 以上，相当于节约标准煤约 600 万吨，减排二氧化碳约 1600 万吨。

中国国家电网公司投建的昌吉—古泉 $\pm 1100\text{kV}$ 特高压直流输电示范工程是世界上第一条 $\pm 1100\text{kV}$ 直流输电工程，具有电压等级最高、输送容量最大、输电距离最远、技术水平最先进的“四最”工程。工程线路全长 3293.1 公里，额定输送容量 1200 万千瓦，总投资 407 亿元人民币，2019 年投运。该工程每年可向华东地区输送电量 660 亿千瓦时，可满足华东 5000 万家庭用电需求，并减少燃煤运输 3024 万吨，减排烟尘 2.4 万吨、二氧化硫 14.9 万吨、氮氧化物 15.7 万吨。



图 4-5 昌吉—古泉 $\pm 1100\text{kV}$ 特高压直流输电工程昌吉换流站全景图

中国南瑞继保集团提供核心装备、中国南方电网公司投建的乌东德电站送电广东广西特高压多端直流示范工程（简称“昆柳龙工程”）是世界上容量最大的特高压多端直流输电工程、首个特高压多端混合直流工程、首个特高压柔性直流换流站工程、首个具备架空线路直流故障自清除能力的柔性直流输电工程。该工程电压等级 ± 800 千伏、全长 1452 公里，横跨云南、贵州、广西、广东四省区，总输电容量 800 万千瓦。工程 2020 年正式投运，每年从云南送往广西电力负荷中心和粤港澳大湾区输送绿色清洁水电 330 亿千瓦时。



图 4-6 昆柳龙柔性直流输电工程示意图

中国国家电网公司主导开发的“新能源云”平台是全球规模最大的新能源信息监测与咨询服务系统。“新能源云”创新性形成“地铁图”可视化线上管理模式，为电源项目接网提供一站式全流程线上服务，为新能源规划、建设、并网、生产制造等提供全流程、全环节、全场景数据和专业的功能，已于 2021 年 4 月正式上线，为国网经营区内超过 330 万座、装机容量 6 亿千瓦的全部新能源场站提供运行监测和信息咨询服务。新能源云还设计形成了“碳公信、碳价值、碳研究、碳生态”四大应用体系，推出碳效码、碳金融、碳普惠、碳存证、碳实测等应用场景，荣获了 2022 年第四届全球工业互联网融合创新应用典型案例。



图 4-7 国网新能源云平台大屏显示图

(二) 韩国

韩国作为亚洲发达国家，电力基础设施较为完善，电力生产和消费服务水平较高，近年来重视电力绿色低碳转型和技术创新，电力发展水平排名全球前列。

1. 电力发展基本情况

表 4-2 韩国经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
国土面积（万平方千米）	10.02	总装机（亿千瓦）	1.47
人口（万人）	5170	总用电量（亿千瓦时）	5868
GDP（万亿美元）	1.67	人均发电装机（千瓦）	2.83
人均 GDP（万美元）	3.23	人均用电量（万千瓦时）	1.13
电能占终端能源消费比重	25.36%	电力普及率	100%
清洁能源发电量占比	34.9%	单位用电量碳排放（千克 / 千瓦时）	0.46

韩国电力生产消费水平总体较高。2017~2022 年，韩国总用电量从 5585 亿千瓦时增至 5868 亿千瓦时，年均增速 1.91%；装机总规模从 1.25 亿千瓦增至 1.47 亿千瓦，年均增速 3.2%，疫情后随着经济复苏，电力生产和消费恢复增长。2022 年韩国人均用电量、人均发电装机分别达到 1.13 万千瓦时、2.83 千瓦，是全球平均水平的 3 倍左右。

2017~2022 年，
韩国总用电量从
5585 亿千瓦时增至
5868 亿千瓦时
年均增速 **1.91%**

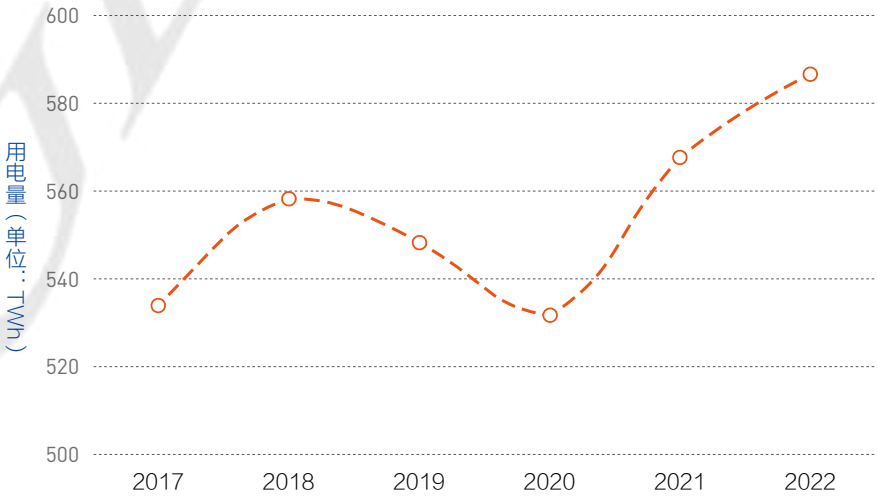


图 4-8 过去 5 年韩国用电量变化情况

2017~2022 年，
韩国清洁能源发电量
比重从 **28.8%**
增至 **34.9%**
增长 **6** 个百分点

韩国积极开展电力绿色低碳转型。2017~2022 年，韩国清洁能源发电量比重从 28.8% 增至 34.9%，增长 6 个百分点；清洁能源装机占比从 30.9% 增至 38.5%，增长 7.6 个百分点。2022 年，韩国电能占终端能源消费比重达 25.4%，高于全球平均水平 5 个百分点。

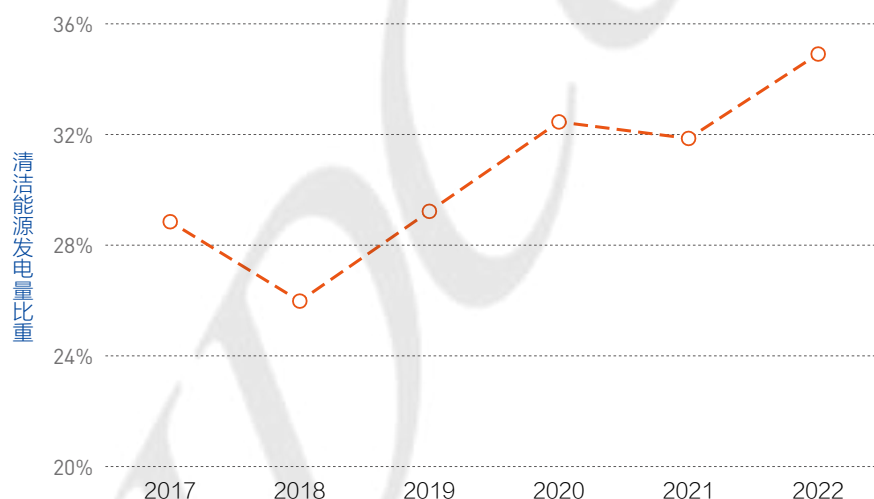


图 4-9 过去 5 年韩国清洁能源发电量占比变化情况

2. 电力发展指数测算及分析

根据电力发展指数测算结果，**韩国电力发展综合指数为 86.3 分**，各维度发展相对均衡，在电力供应保障、消费服务、技术创新方面均处于全球前列。要进一步提升韩国电力发展水平，应聚焦电力低碳转型，加大新能源开发利用，继续降低化石能源发电比重，减少电力行业碳排放。

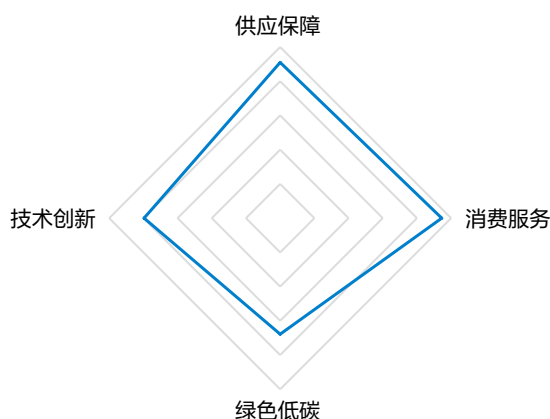


图 4-10 韩国在不同维度上电力发展水平雷达图

3. 电力发展经验

韩国电力系统运行规程规定电力系统备用容量率标准为22%，属于全球较高水平

韩国十分重视电力供应安全，供电安全保障措施有很强的借鉴意义。韩国电力系统运行规程规定电力系统备用容量率标准为22%，属于全球较高水平。为应对新能源波动性对电网安全运行产生的影响，计划2036年前投资29~45兆韩元，新建2630万千瓦备用容量。

根据韩国政府颁布的《第十次长期电力供需基本计划》（简称“新计划”），为保障充足、安全的电力供应，与2020年公布的“旧规划”相比，重启新建核电、放缓煤电退役速度，增加燃气电站，调整风电太阳能开发比重、加大风电开发。根据新计划，到2036年，韩国核电装机将从2022年2470万千瓦增至3170万千瓦，煤电装机从3810万千瓦降至2710万千瓦，燃气发电装机从4130万千瓦增至6460万千瓦，可再生能源发电装机从2920万千瓦增至1.08亿千瓦。

4.2 欧洲

（一）瑞典

瑞典是不仅欧洲电力发展指数排名最高的国家，也在全球电力发展指数排名中全球领先，在供应保障、消费服务、绿色低碳和技术创新等电力发展维度上均处于全球领先水平，因此选择瑞典作为欧洲代表性国别进行电力发展情况分析，为欧洲和全球其他国家提供参考借鉴。

1. 电力发展基本情况

表 4-3 瑞典经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
国土面积（万平方千米）	45.03	总装机（万千瓦）	5271
人口（万人）	1007	总用电量（亿千瓦时）	1299

		续表	
经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
GDP（亿美元）	5912	人均发电装机（千瓦）	5.1
人均 GDP（万美元）	5.72	人均用电量（万千瓦时）	1.26
电能占终端能源消费比重	33.45%	电力普及率	100%
清洁能源发电量占比	99%	单位用电量碳排放（千克 / 千瓦时）	0.012

瑞典作为北欧发达国家，能源电力基础设施发展较为成熟完善。受地理位置和气候环境影响，瑞典人均用电水平和人均装机全球领先，电力供应保障和消费服务水平较高。瑞典水能、风能等清洁能源资源丰富且发电装机占比高，还拥有 ABB 等电力领域全球领导企业，在电力绿色低碳转型和技术创新领域表现突出。

2017~2022 年，瑞典总用电量从 1330 亿千瓦时降至 1299 亿千瓦时，年均增速 -0.5%

2017~2022 年，瑞典总用电量从 1330 亿千瓦时降至 1299 亿千瓦时，年均增速 -0.5%，工业疲软、能效提升、气候变暖等多重因素叠加导致用电需求下降；装机总规模从 4425 万千瓦增至 5271 万千瓦，年均增速 3.6%，略低于全球平均水平。2022 年，瑞典人均用电量、人均发电装机分别达到 1.26 万千瓦时、5.1 千瓦，是全球平均水平 4 倍左右。

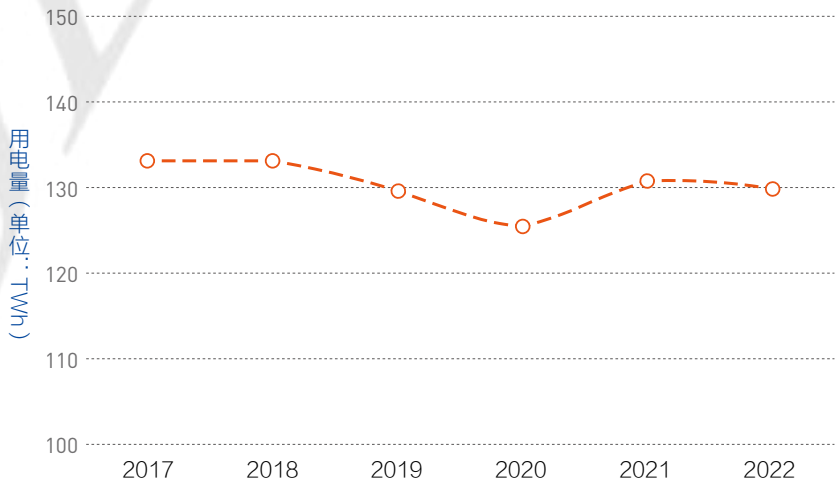


图 4-11 过去 5 年瑞典用电量变化情况

瑞典清洁能源电量占比接近 100%。

2017~2022 年，瑞典清洁能源发电量比重从 98.5% 进一步提升至 99%，基本上实现了 100% 清洁能源电力系统，主要得益于水电、核电和风电，发电量占比分别达到 42%、29% 和 19%，三者之和占瑞典发电总量的 90%；清洁能源装机占比从 83.2% 增至 85.3%，增长约 2 个百分点。2022 年，瑞典电能占终端能源消费比重达 33.5%，高于全球平均水平 13 个百分点，处于全球领先水平，高于大部分 OECD 国家。

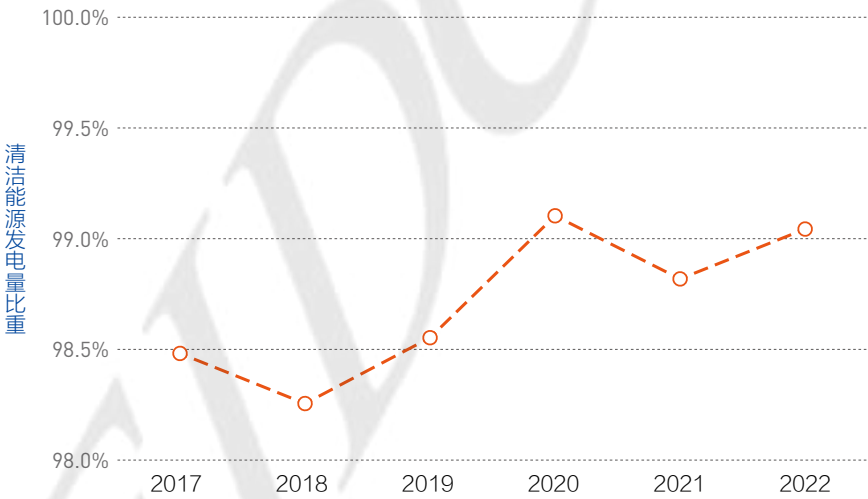


图 4-12 过去 5 年瑞典清洁能源发电量占比变化情况

瑞典重视电力互联互通发展，已和北欧西欧多个国家实现互联。

瑞典已和挪威、丹麦、芬兰等北欧国家互联，以及德国、波兰、立陶宛等西欧国家实现跨国电网互联。通过电网互联，实现与跨国电力互补互济，并向德国负荷中心送电。

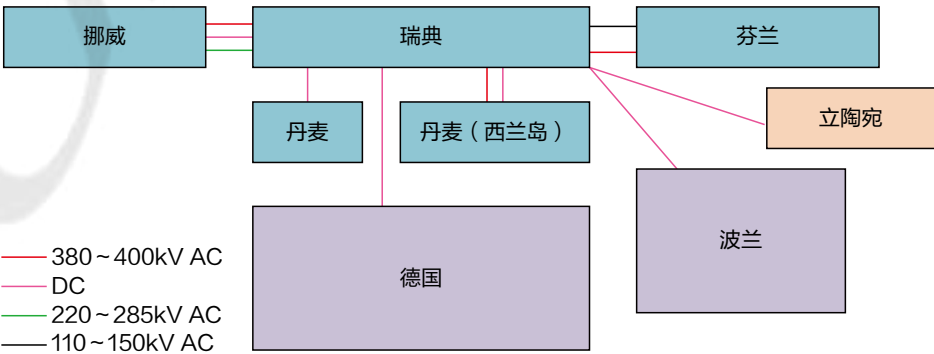


图 4-13 瑞典跨国电网互联示意图

2. 电力发展指数测算及分析

根据电力发展指数测算结果，瑞典电力发展综合指数为 93.9 分，各专项指数得分较为均衡，均位于全球前列。各项指标中，表现最突出的 2 项指标为清洁能源发电量比重与绿色低碳政策制定及落实情况。未来，要进一步提升瑞典电力发展水平，应聚焦改善电力消费服务，如缩短接电时间、降低用电成本等。

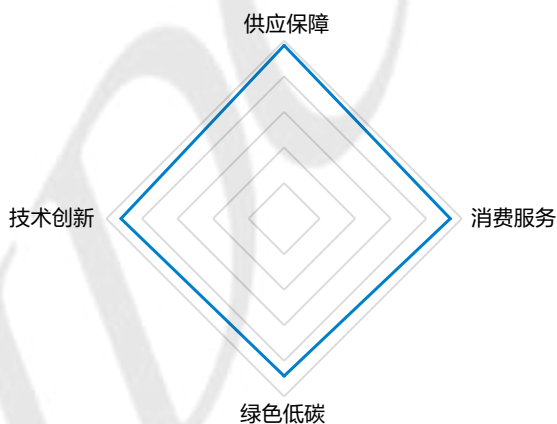


图 4-14 瑞典在不同维度上电力发展水平雷达图

3. 电力发展经验

瑞典在绿色低碳转型和技术创新领域积累了大量先进经验可供全球其他国家参考和借鉴。

立法先行是瑞典能源电力绿色低碳转型发展的显著特点

早在 20 世纪 70 年代，瑞典政府就颁布了一系列强制性法律、法规，引导节能减碳行为；1991 年，瑞典开始征收碳税，目前瑞典的碳税价格为欧洲最高，约 1.15 克朗 / 千克（约合人民币 0.88 元 / 千克）；2009 年，瑞典政府出台了《气候与能源联合法案》，明确提出到 2020 年，可再生能源占比不低于 50%，温室气体排放减少 40%，并在 2016 年提前完成目标。为应对气候变化、实现碳减排，瑞典制定了更为宏大的发展目标，计划 2040 年建成 100% 可再生能源电力系统，2045 年前实现温室气体净零排放，2050 年打造全球第一个零化石能源国家。

核电是瑞典实现温室气体净零排放目标的重要抓手

2023 年 11 月，瑞典政府发布核电发展路线图，计划 2045 年前新建 10 台大型核电机组，并对核能相关法律进行了修订，允许在新厂址建设核电机组。

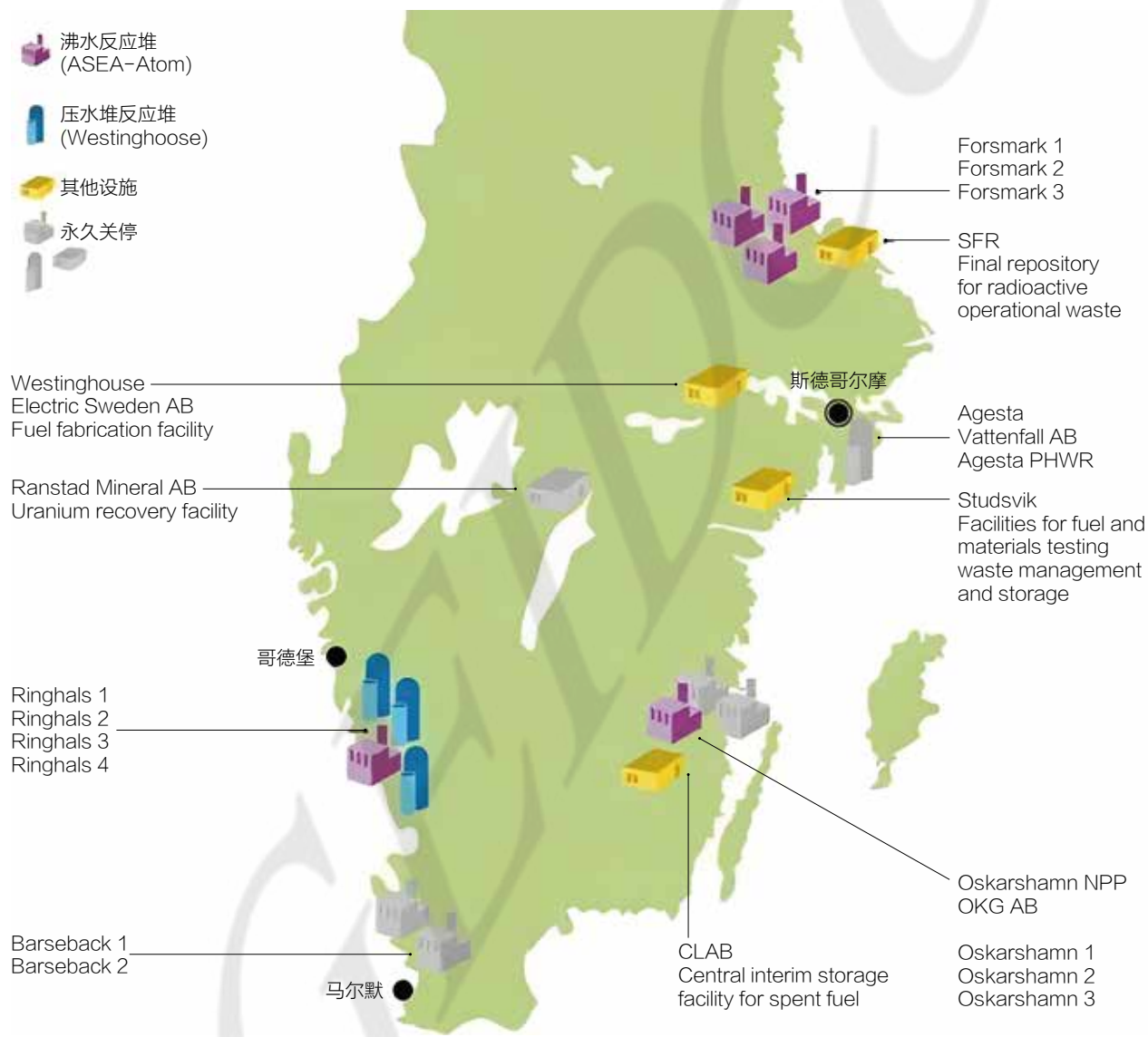


图 4-15 瑞典核电基础设施分布示意图^①

① <https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/cnpp2020/countryprofiles/Sweden/Sweden.htm>

为实现 2040 年建成 100% 可再生能源电力系统的宏伟目标，瑞典能源局与国际可再生能源署（IRENA）共同研究提出了实现 100% 可再生能源电力系统的四大创新解决方案。一是加强技术创新，主要包括大规模电网侧储能、能源互联网、人工智能与大

数据、区块链、超级互联电网、P2X 等；二是优化市场机制，包括提升交易频率、创新辅助服务市场、精细化分时电价、分布式电源市场集成等；三是提升系统运行控制能力，包括引入更先进的新能源出力预测模型、分布式电源运营商、虚拟输电线路、加强输配电运营商合作等；四是创新商业模式，主要是引入集成（整合）商。

(二) 法国

法国是全球核电技术的领导者，也是欧洲和全球电力发展水平领先的国家，电力发展综合指数排名全球前列。

1. 电力发展基本情况

表 4-4 法国经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
国土面积（万平方千米）	55.17	总装机（亿千瓦）	1.35
人口（万人）	6760	总用电量（万亿千瓦时）	4.26
GDP（万亿美元）	2.78	人均发电装机（千瓦）	2.2
人均 GDP（万美元）	4.1	人均用电量（千瓦时）	6302
电能占终端能源消费比重	24.67%	电力普及率	100%
清洁能源发电量占比	87.9%	单位用电量碳排放（千克 / 千瓦时）	0.07

2017~2022 年，
法国总用电量从
4.57 万亿千瓦时降至
4.26 万亿千瓦时
年均增速 -1.4%

法国电力生产消费水平总体较高。2017~2022 年，法国总用电量从 4.57 万亿千瓦时降至 4.26 万亿千瓦时，年均增速 -1.4%，受工业产能下降和能源危机造成的电价上涨影响，用电需求持续下降；装机总规模从 1.34 亿千瓦增至 1.35 亿千瓦，基本保持不变。2022 年法国人均用电量、人均发电装机分别达到 6302 千瓦时、2.2 千瓦，约为全球平均水平 2 倍。

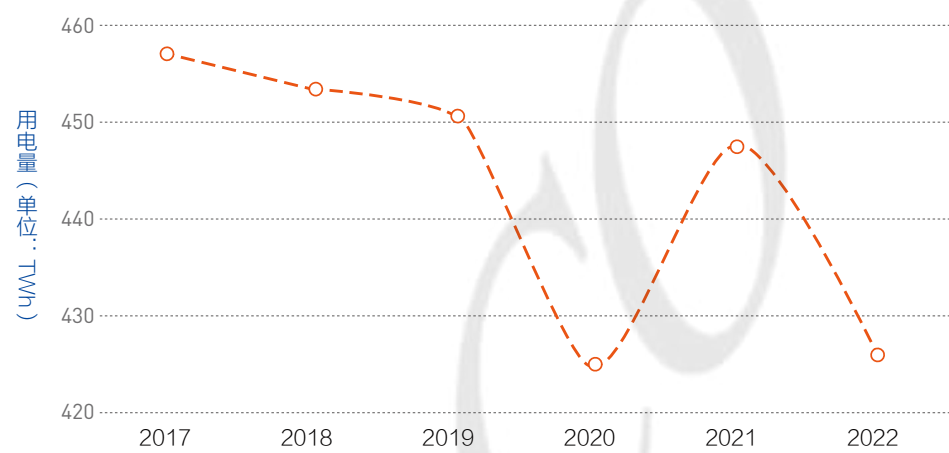


图 4-16 过去 5 年法国用电量变化情况

2022 年，
法国电能占终端能源
消费比重达 **24.7%**
高于全球平均水平
4 个百分点

法国电源结构以核电为主，电力清洁化程度总体较高。

2017~2022 年，法国清洁能源发电量比重在 2021 年达到峰值 91%，但 2022 年回落至 87.9%，核电发电量占比 62.5%；清洁能源装机占比从 83.7% 增至 86.3%，增长主要来自风光等新能源装机。2022 年，法国电能占终端能源消费比重达 24.7%，高于全球平均水平 4 个百分点。

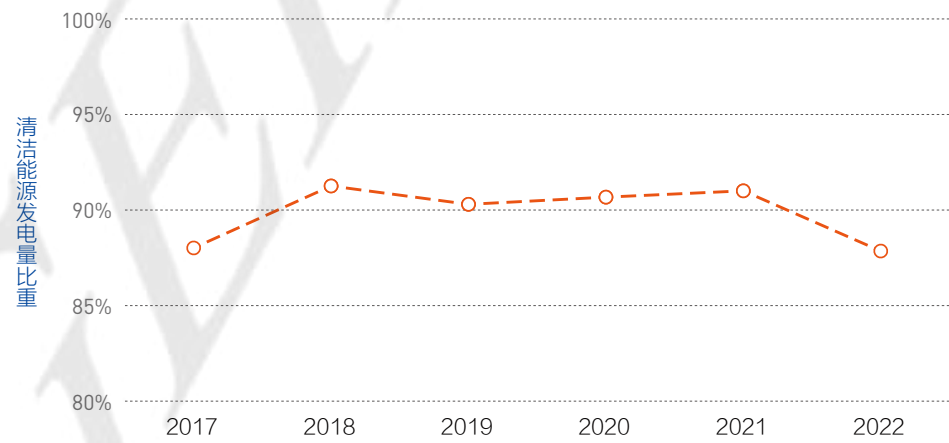


图 4-17 过去 5 年法国清洁能源发电量占比变化情况

法国是欧洲电力出口第一大国。

依靠充足的核电，法国长期以来都是欧洲电力出口最多的国家，通过跨国互联线路向周边英国、德国、瑞士、意大利等国输送富裕电力。2021 年底几个核反应堆出现腐蚀问题，导致 2022 年电力出口出现历史性下降，2023 年重回欧洲第一大电力出口国位置。

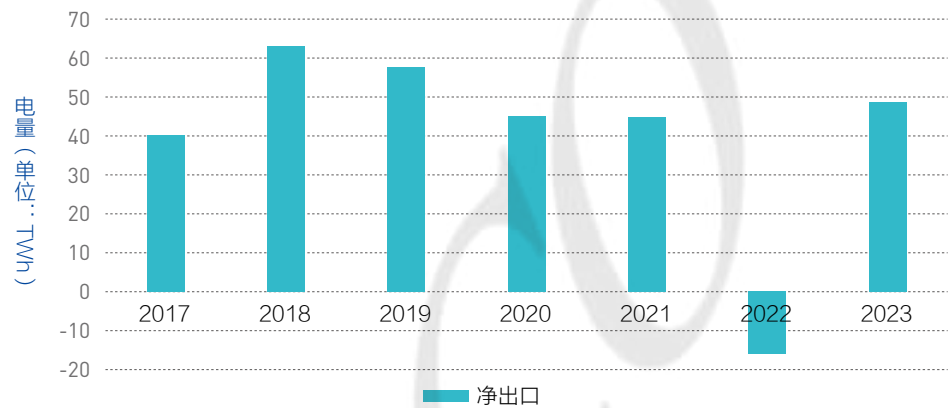


图 4-18 法国电力净出口规模示意图

2. 电力发展指数测算及分析

根据电力发展指数测算结果，法国电力发展综合指数为 91.0 分，在电力技术创新领域全球领先，在电力供应保障和绿色低碳发展方面也有较高水平。

要进一步提升法国电力发展水平，

- 一是提升电力消费服务水平，缩短接电时间，降低用电成本；
- 二是继续大力发展新能源发电，提升电力清洁化水平并降低用电成本；
- 三是加强工业和交通领域电能替代，提升电能在终端能源消费中的占比。

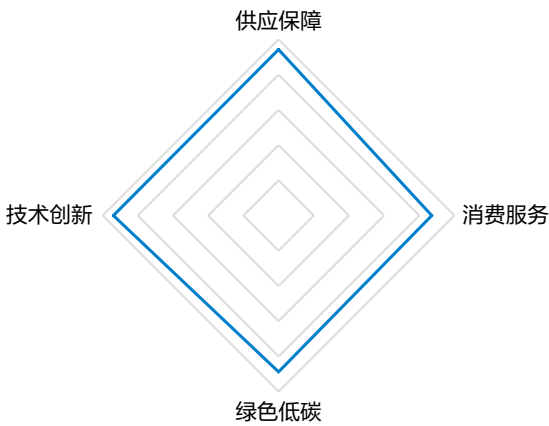


图 4-19 法国在不同维度上电力发展水平雷达图

法国是世界上
核电发展最成
熟的国家之一，
核电技术全球
领先

法国重视电力
系统数字化智
能化发展

3. 电力发展经验

2022 年，法国核电发电量占比 63%，为法国提供了清洁、低碳、稳定的电力供应。为应对能源危机和气候危机，法国政府决定延长所有核反应堆使用寿命，并在 2050 年前建设 6~14 座新型核反应堆。新的核反应堆将采用法国电力公司（EDF）的改进版本 EPR2，预计每座建造成本约 500 亿欧元。法国也是世界上唯一实行核废料回收和再利用国家，通过核废料循环利用，可节省 30% 的天然铀资源，减少 20% 的核废料产量，提高核能的利用率。

法电集团大力推广智能电表，2022 年，法国智能电表数量超过 4000 万枚，较 10 年前增长了上百倍。一方面，海量的数据将助力分析、风险控制、预防性维护，从而开展精准的配网投资；另一方面有助于配网故障排查、分析诊断、自愈和人工处理，调节发售电的平衡，让生产者和消费者之间有着更加动态灵活的供需匹配。

4.3
非洲

（一）埃及

埃及作为非洲第二大经济体，在非洲地区电力发展基础较好，电力普及率 100%，在非洲地区电力发展指数排名最高。近年来，埃及重视新能源开发利用和电力技术创新发展，电力绿色低碳转型势头向好，选择埃及作为非洲代表性国别进行电力发展情况分析，可为非洲其他国家提供参考和借鉴。

1. 电力发展基本情况

表 4-5 埃及经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
国土面积（万平方千米）	100.1	总装机（万千瓦）	5925

续表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
人口（亿人）	1.07	总用电量（亿千瓦时）	1767
GDP（亿美元）	4767.5	人均发电装机（千瓦）	0.55
人均 GDP（美元）	4464	人均用电量（千瓦时）	1655
电能占终端能源消费比重	22.8%	电力普及率	100%
清洁能源发电量占比	11.5%	单位用电量碳排放（千克 / 千瓦时）	0.53

埃及电力基础设施相对完善，人均电力生产消费水平偏低。

→ 2017~2022 年，埃及总用电量从 1625 亿千瓦时增至 1767 亿千瓦时，年均增速 1.7%，疫情后增长较快；装机总规模从 4717 万千瓦增至 5925 万千瓦，年均增速 4.7%，略高于全球平均水平。2022 年，埃及人均用电量、人均发电装机分别达到 1655 万千瓦时、0.55 千瓦，约为全球平均水平的一半。

2017~2022 年，埃及总用电量从 1625 亿千瓦时增至 1767 亿千瓦时，年均增速 1.7%

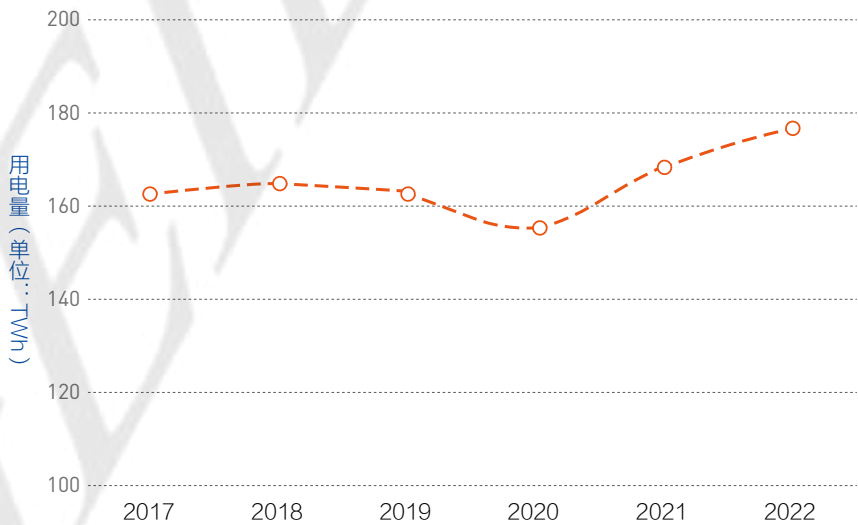


图 4-20 过去 5 年埃及用电量变化情况

埃及电源结构中火电占比高，清洁能源发展尚处于起步阶段。

→ 2017~2022 年，埃及清洁能源发电量比重从 8% 提升至 11.5%，电源结构中天然气发电仍占据绝对主导地位；清洁能源装机占比从 8.1% 增至 10.6%，清洁能源电量与装机增速均低于全球平均水平。2022 年，埃及电能占终端能源消费比重达 22.8%，高于全球平均水平 2 个百分点，是非洲平均水平的 2 倍以上。

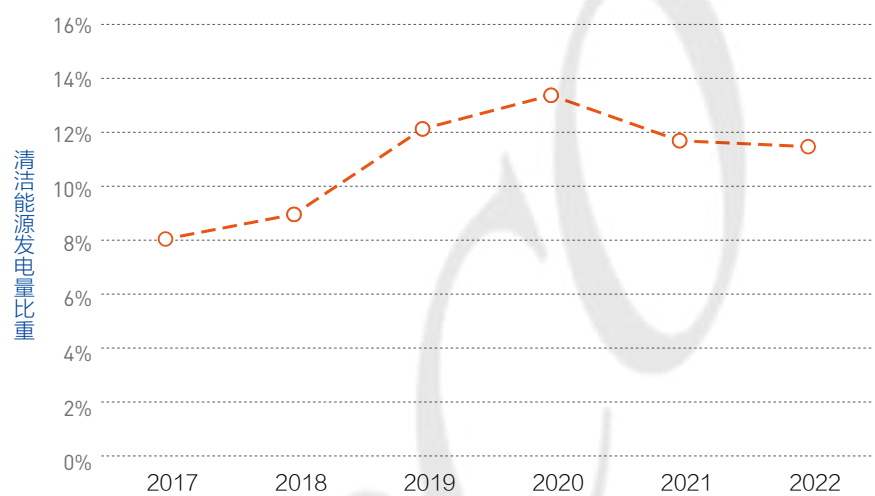


图 4-21 过去 5 年埃及清洁能源发电量占比变化情况

2. 电力发展指数测算及分析

根据电力发展指数测算结果，**埃及电力发展综合指数为 73.0 分，约为全球平均水平。**燃气发电在电源结构中占据绝对主导地位，人均用电水平相对较低，消费服务和绿色低碳专项指数得分较低。**未来，要提升埃及电力发展水平，**应聚焦改善电力消费服务水平和加快电力清洁低碳转型。**一是，**提升偏远地区中低收入人群电力消费水平；**二是，**加快推动工业和交通领域电能替代，提升电气化水平，降低化石能源消费；**三是，**加大新能源开发力度，加快电力清洁低碳转型。

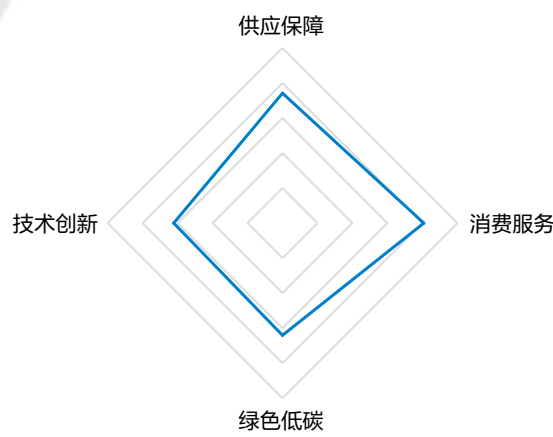


图 4-22 埃及在不同维度上电力发展水平雷达图

3. 电力发展经验

埃及重视电力供应保障，多措并举稳定电力供应。近年来，埃及出台了多项政策措施，提升电力供应保障水平，缓解用电紧张，电力供应保障水平在非洲地区处于绝对领先地位。埃及提升电力供应保障能力的措施包括新建输电线路，建立和发展配电网控制中心，实施农村电网改造，新建和改扩建电厂，推进电网数字化转型等。埃及还颁布了《可再生能源法》，并修改《电力法》，鼓励发展太阳能、风电。根据世界银行“获得电力”最新统计数据，埃及户均停电时间为 119.4 分钟，约为非洲平均水平的二十分之一。

埃及户均停电时间为
119.4 分钟
约为非洲平均水平的
二十分之一



图 4-23 中埃能源合作的埃及穿越戈壁的 EETC500 千伏输电线路示意图

埃及重视能源电力技术创新，正大力推进电氢协同发展。埃及目标发展成为西亚北非地区绿电与绿氢生产中心。在联合国气候变化框架公约第 27 次缔约方会议（COP27）上，埃及作为东道主，发布了与欧洲复兴开发银行（EBRD）合作编写的《国家绿氢战略》，发布了《欧盟－埃及可再生氢能伙伴关系联合声明》，与多国签署了十余份在苏伊士运河经济区（SCZone）建设绿氢工

厂的谅解备忘录，并由埃及电力和可再生能源部长宣布 2022 年为埃及的绿氢年。为满足苏伊士运河经济区绿氢生产的电力供应，埃及计划沿尼罗河两侧建设大型风电和太阳能发电基地，利用高压直流或柔性直流输电技术，将中部和南部新能源电力送至苏伊士负荷中心。



图 4-24 埃及向苏伊士绿氢工业园区供电的“绿色走廊”示意图

（二）南非

南非是非洲第三大经济体，也是非洲经济发达程度最高的国家，人均 GDP 达到 6460 美元，接近全球平均水平的 2 倍，电力发展在非洲处于领先水平。

1. 电力发展基本情况

表 4-6 南非经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
国土面积（万平方千米）	121.9	总装机（万千瓦）	6341
人口（万人）	6274	总用电量（亿千瓦时）	2006
GDP（亿美元）	4052.7	人均发电装机（千瓦）	1.01
人均 GDP（美元）	6460	人均用电量（千瓦时）	3197
电能占终端能源消费比重	26.99%	电力普及率	89.3%
清洁能源发电量占比	12.2%	单位用电量碳排放（千克 / 千瓦时）	0.95

南非人均电力生产与消费水平在非洲处于领先，但近年来电力供应对经济社会发展支撑不足。

2017~2022 年，南非总用电量从 2219 亿千瓦时降至 2006 亿千瓦时，年均增速 -2.0%

2017~2022 年，南非总用电量从 2219 亿千瓦时降至 2006 亿千瓦时，年均增速 -2.0%，用电需求下降的主要原因是火电机组老旧、电源可靠出力低，导致供电能力不足且供电可靠性差；装机总规模从 5375 万千瓦增至 6341 万千瓦，年均增速 3.4%。2022 年南非人均用电量、人均发电装机分别达到 3197 千瓦时、1.01 千瓦，略低于全球平均水平。南非人均 GDP 是全球平均水平的 2 倍，但电力生产能力和消费水平低于全球平均水平，电力生产能力无法支撑经济社会发展需要。

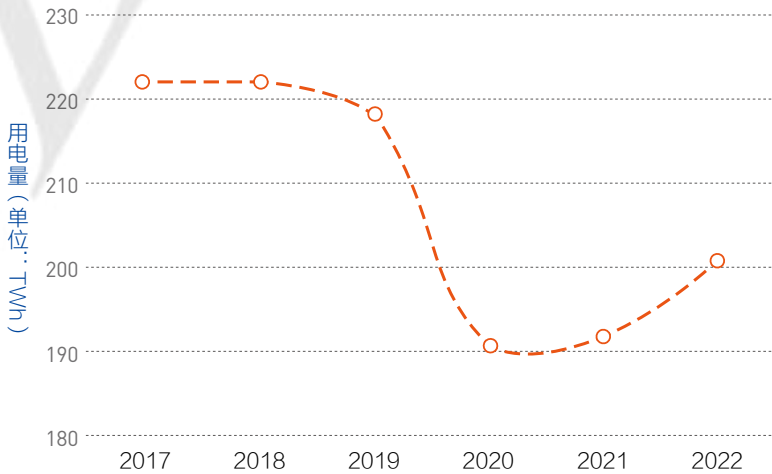


图 4-25 过去 5 年南非用电量变化情况

南非电源结构中煤电仍占据主导地位。

2017~2022 年，南非清洁能源发电量比重从 9.4% 增至 12.2%，增长不足 3 个百分点；清洁能源装机占比从 20.7% 增至 23.7%，增长 3 个百分点。2022 年，南非电能占终端能源消费比重达 27%，高于全球平均水平 6.4 个百分点，领先于非洲其他国家，是非洲平均水平的 2.5 倍。

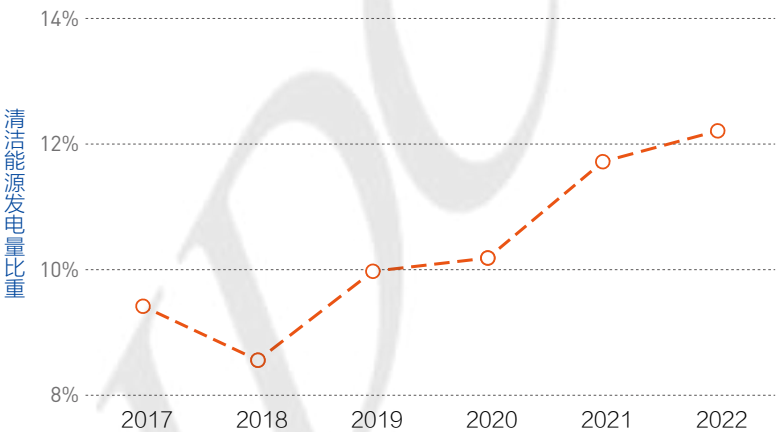


图 4-26 过去 5 年南非清洁能源发电量占比变化情况

2. 电力发展指数测算及分析

根据电力发展指数测算结果，南非电力发展综合指数为 68.2 分。由于发电设备老旧且故障频发、有效出力低，电力供应保障专项指数得分较低；电源结构仍以煤电为主，绿色低碳专项指数得分也相对较低。

未来，要进一步提升南非电力发展水平，

- 一是 大力提升电力供应和保障能力，多措并举缓解电力供应紧张局面，加大对老旧机组改造，加快新建电源和输电线路；
- 二是 大力发展新能源发电，减少对煤电的过度依赖，提升电力清洁化水平，减少碳排放。

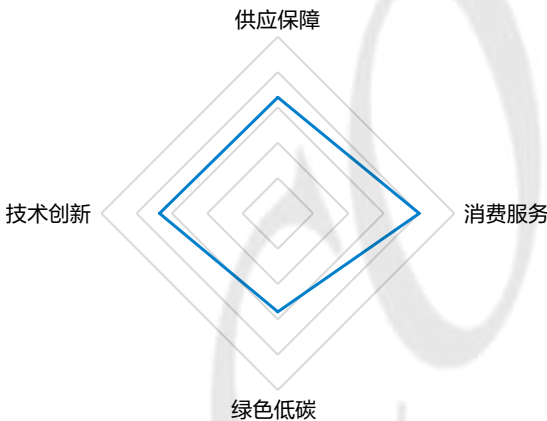


图 4-27 南非在不同维度上电力发展水平雷达图

3. 电力发展经验启示

近年来，南非面临严重的停限电事故，引起全球广泛关注，南非政府制定了一系列措施，缓解电力供应保障压力。2022 年，受供电基础设施老化等因素影响，南非全国非计划性停限电负荷 1800 万千瓦，造成的直接经济损失高达 1.25 亿兰特（700 万美元）。为解决南非电力供应保障能力不足问题，南非电力部组建了特别行动小组，一是对南非电力公司（Eskom）下属发电设备进行升级改造，二是新增发电装机，三是加强需求侧管理。

4.4

中南美洲

（一）智利

智利作为中南美洲地区发达国家之一，电力基础设施较为完善，重视电力绿色低碳转型发展，是中南美洲电力发展指数排名最高的国家，人均发电装机和人均用电量水平在中南美洲地区仅次于波多黎各。选择智利作为中南美洲代表性国别进行电力发展情况分析，可为中南美洲其他国家电力发展提供参考和借鉴。



1. 电力发展基本情况

表 4-7 智利经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
国土面积（万平方千米）	75.6	总装机（万千瓦）	3560
人口（万人）	1950	总用电量（亿千瓦时）	866
GDP（亿美元）	3010	人均发电装机（千瓦）	1.83
人均 GDP（万美元）	1.54	人均用电量（千瓦时）	4442
电能占终端能源消费比重	23.9%	电力普及率	100%
清洁能源发电量占比	56.6%	单位用电量碳排放（千克 / 千瓦时）	0.33

2017~2022 年，智利总用电量从 747 亿千瓦时增至 866 亿千瓦时，年均增速 3.0%

智利电力生产消费高于全球平均水平。2017~2022 年，智利总用电量从 747 亿千瓦时增至 866 亿千瓦时，年均增速 3.0%；装机总规模从 2673 万千瓦增至 3560 万千瓦，年均增速 5.9%，高于全球平均水平。2022 年，智利人均用电量、人均发电装机分别达到 4442 千瓦时、1.83 千瓦，是全球平均水平的 1.3~1.7 倍。

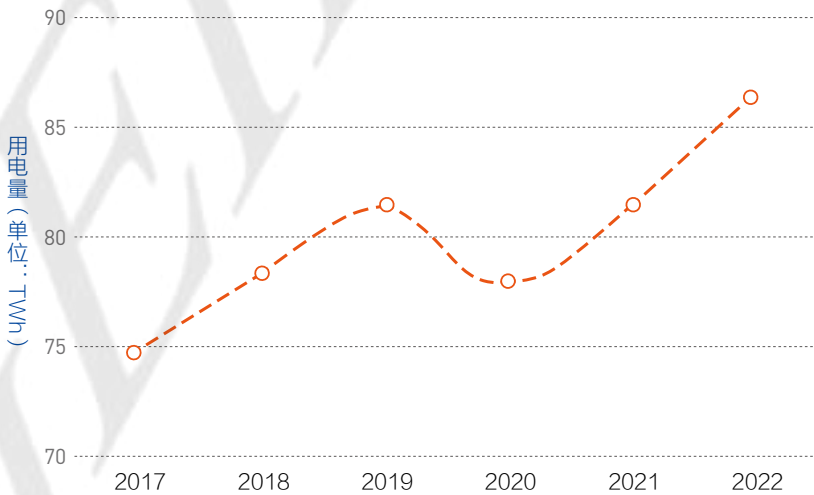


图 4-28 过去 5 年智利用电量变化情况

2022 年，智利电能占终端能源消费比重达 23.9%，高于全球平均水平 3.3 个百分点

智利已形成清洁能源占主导的电源结构。2017~2022 年，智利清洁能源发电量比重从 43.5% 提升至 56.6%，增长了 13 个百分点；清洁能源装机占比从 38.3% 增至 50.1%，增长了近 12 个百分点。2022 年，智利电能占终端能源消费比重达 23.9%，高于全球平均水平 3.3 个百分点。

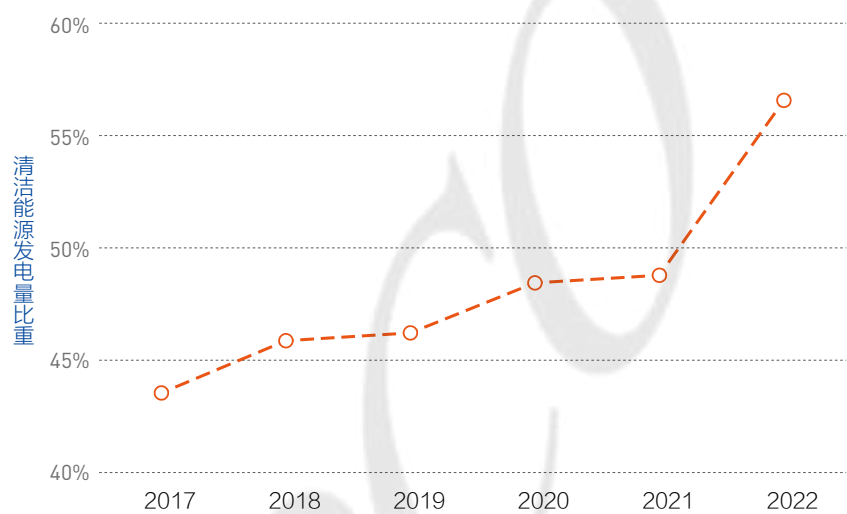


图 4-29 过去 5 年智利清洁能源发电量占比变化情况

2. 电力发展指数测算及分析

根据电力发展指数测算结果，**智利电力发展综合指数为 82.7 分，在技术创新、绿色低碳专项指数上得分较高。**电价较高、户均停电时间较长、电网损耗相对较大，导致消费服务指数得分较低。**未来，智利要进一步提升电力发展水平，一是**加快工业、交通、居民生活等领域电能替代，减少化石能源消费利用，提升电力消费水平；**二是**持续推进太阳能风电等新能源发展，进一步降低电力行业碳排放。

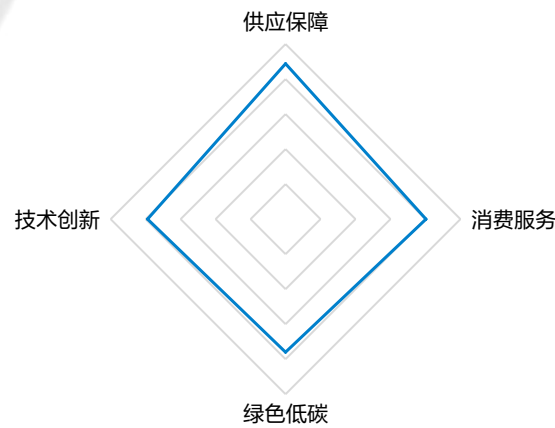


图 4-30 智利在不同维度上电力发展水平雷达图

3. 电力发展经验

智利重视新能源发展，是中南美洲地区率先在荒漠化地区开发大规模新能源基地的国家。2022 年 6 月，智利电力公司 AME 与法国电力集团 EDF 合资在智利北部的阿塔卡马沙漠建造 CEME1 太阳能光伏电站，项目由中国电建华东院承建，占地 435 公顷，总装机 48 万千瓦。项目已于 2024 年 1 月投产，是目前智利最大的太阳能电站。



图 4-31 智利阿塔卡马沙漠 CEME1 光伏项目示意图

(二) 巴西

巴西是中南美洲第一大经济体，也是中南美洲国土面积最大、人口最多的国家，电力发展水平排名全球前 50。

1. 电力发展基本情况

表 4-8 巴西经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
国土面积（万平方千米）	851.6	总装机（亿千瓦）	2.2
人口（亿人）	2.16	总用电量（亿千瓦时）	5831.8
GDP（万亿美元）	1.92	人均发电装机（千瓦）	1.02

续表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
人均 GDP（美元）	8872	人均用电量（千瓦时）	2695
电能占终端能源消费比重	20.39%	电力普及率	99.5%
清洁能源发电量占比	90.1%	单位用电量碳排放（千克 / 千瓦时）	0.06

2017~2022 年，
巴西总用电量从
5334 亿千瓦时增至
5832 亿千瓦时
年均增速 1.8%

巴西电力生产和消费呈现持续上升趋势。2017~2022 年，巴西总用电量从 5334 亿千瓦时增至 5832 亿千瓦时，年均增速 1.8%；装机总规模从 1.72 亿千瓦增至 2.2 亿千瓦，年均增速 5.1%，超过全球平均水平，电力生产和消费在疫情后稳步增长。2022 年巴西人均用电量、人均发电装机分别达到 2695 千瓦时、1.02 千瓦，略低于全球平均水平。

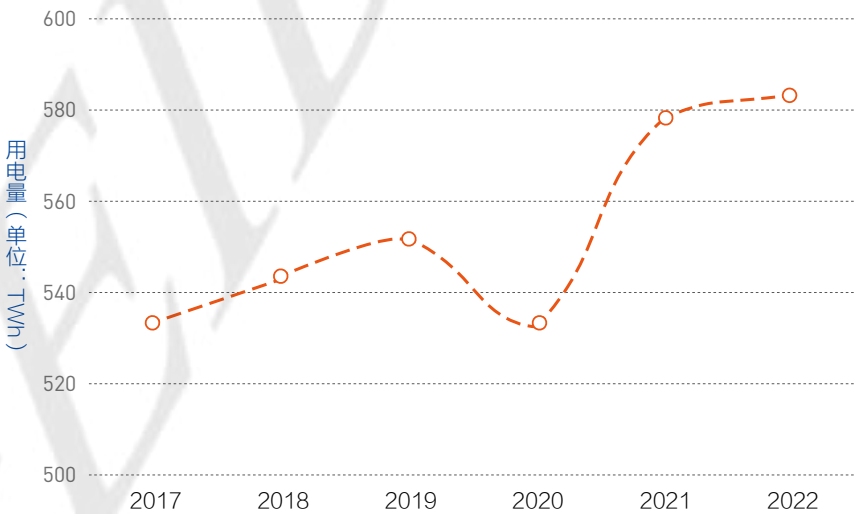


图 4-32 过去 5 年巴西用电量变化情况

巴西水电资源十分丰富，水电在电源结构中占主导地位。2017~2022 年，巴西清洁能源发电量比重从 81.4% 增至 90.1%，增长接近 10 个百分点，巴西水电、风电、太阳能发电量比重分别为 63.3%、12.1%、4.0%；清洁能源装机占比从 75.7% 增至 80.4%，增长接近 5 个百分点。2022 年，巴西电能占终端能源消费比重达 20.4%，约为全球平均水平。

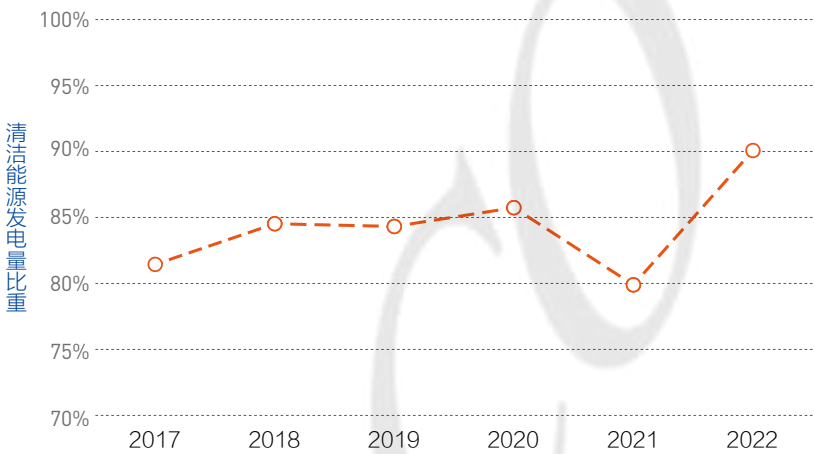
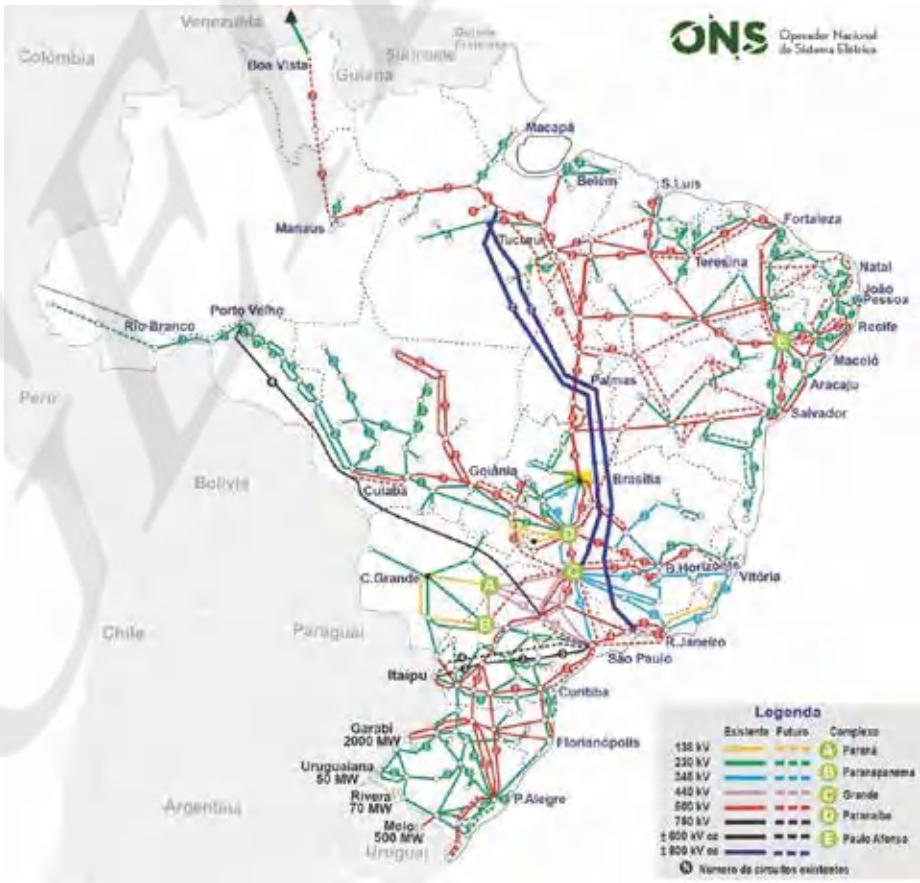


图 4-33 过去 5 年巴西清洁能源发电量占比变化情况

巴西已建成全国互联电网，并形成远距离大容量北电南送的电力输送格局。

巴西输电网由国家互联电网（SIN）和若干独立小网共同构成，SIN 负责为全国 99.9% 的用户输送电力，电压等级为 138kV~750kV，电力输送能力达到 1.8 亿千瓦。截至 2022 年，SIN 输电线路总长度 18.3 万公里，其中 230 千伏和 500 千伏占



① 图片引自 <https://ri.taesa.com.br/en/taesa/transmission-sector/>

图 4-34 巴西输电网示意图^①

比分别为 37.44% 和 39.06%。巴西东南部沿海地区是巴西人口最稠密的区域也是巴西电力负荷中心，巴西已建成多回直流输电通道，将北部亚马逊河流域水电送至东南部圣保罗、里约热内卢等负荷中心。

2. 电力发展指数测算及分析

根据电力发展指数测算结果，**巴西电力发展综合指数为 76.1 分，在技术创新和绿色低碳方面得分较高。**2022 年，巴西南部大风降雨天气导致 18 万户家庭断电，同时巴西人均装机低于全球平均水平，导致供应保障专项指数得分较低；巴西电价水平较高、接电时间较长、户均停电时间较长，导致消费服务专项指数得分也相对较低。**未来，要进一步提升巴西电力发展水平，一是**加强电源与电网基础设施建设，提升电力供应保障能力和居民电力消费水平；**二是**缩短接电时间、提升供电可靠性，提升供电服务水平；**三是**加强工业和交通领域电能替代，提升电能在终端能源消费中的占比，进一步降低化石能源消费。

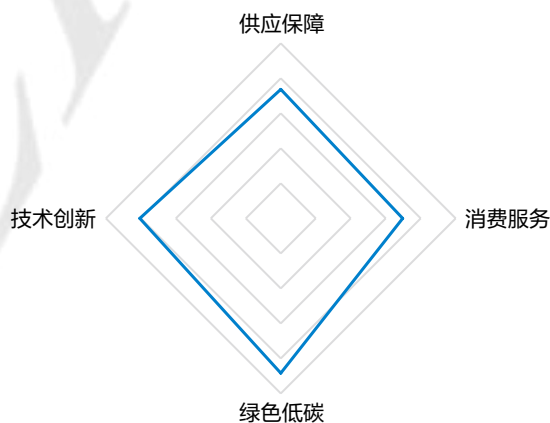


图 4-35 巴西在不同维度上电力发展水平雷达图

3. 电力发展经验

巴西幅员辽阔，80% 的用电负荷集中在南部和东南部发达地区，而电源中心则位于北部亚马逊河流域，南北跨度超过 2000 公里。为解决大规模远距离输电问题，巴西致力于输电技术创新应

用，引进了中国自主研发的特高压输电技术，打造了一条贯穿南北的“电力高速公路”，将北部大规模水电输送至南部和东南部负荷中心。

巴西美丽山水电站是
巴西第二大水电站
总装机 **1100** 万千瓦

巴西美丽山水电站是巴西第二大水电站，总装机 1100 万千瓦。中国国家电网公司共为其建设了两条特高压直流输电线路，线路长度分别为 2084 公里和 2539 公里，输电能力合计 800 万千瓦，满足圣保罗、里约热内卢等核心地区 2200 万人用电需求，并为巴西创造了 2.5 万个就业岗位，有力带动了巴西经济社会发展。



图 4-36 巴西美丽山项目一期、二期特高压输电工程示意图
(实线为一期，虚线为二期)

4.5

北美洲

加拿大不仅是北美洲地区电力清洁化程度最高的国家，也是人均发电装机和人均用电量水平最高的国家，选择加拿大作为北美洲代表性国别进行电力发展情况分析，可为北美洲及全球其他国家电力发展提供参考和借鉴。

1. 电力发展基本情况

表 4-9 加拿大经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
国土面积（万平方千米）	998.5	总装机（亿千瓦）	1.59
人口（万人）	3812	总用电量（亿千瓦时）	5532.6
GDP（亿美元）	2.14	人均发电装机（千瓦）	4.17
人均 GDP（万美元）	5.61	人均用电量（万千瓦时）	1.45
电能占终端能源消费比重	23.6%	电力普及率	100%
清洁能源发电量占比	82.8%	单位用电量碳排放（千克 / 千瓦时）	0.13

2017~2022 年，
加拿大总用电量从
5512 亿千瓦时增至
5532.6 亿千瓦时
年均增速仅 **0.1%**

加拿大电力生产消费水平全球领先。2017~2022 年，加拿大总用电量从 5512 亿千瓦时增至 5532.6 亿千瓦时，年均增速仅 0.1%；装机总规模从 1.50 亿千瓦增至 1.59 亿千瓦，年均增速 1.2%。2022 年，加拿大人均用电量、人均发电装机分别达到 1.45 万千瓦时、4.17 千瓦，约为全球平均水平的 4 倍。

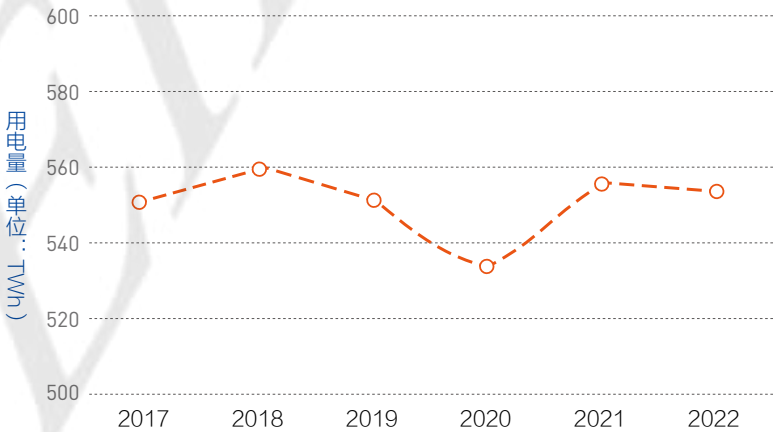


图 4-37 过去 5 年加拿大用电量变化情况

2022 年，
加拿大电能占终端能源
消费比重达 **23.6%**
高于全球平均水平
3 个百分点

加拿大已建成清洁能源主导的电力系统。2017~2022 年，加拿大清洁能源发电量比重从 82.1% 进一步提升至 82.8%，水电、核电和风电，发电量占比分别达到 62%、13% 和 6%，三者之和占加拿大发电总量的 81%；清洁能源装机占比从 75.1% 微增至 75.2%。2022 年，加拿大电能占终端能源消费比重达 23.6%，高于全球平均水平 3 个百分点。

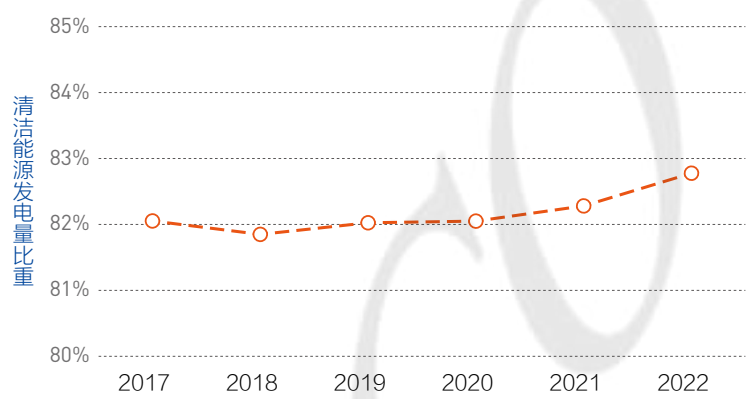


图 4-38 过去 5 年加拿大清洁能源发电量占比变化情况

加拿大重视跨国电力互联互通，与美国建成北美互联电网。加拿大新不伦瑞克省、魁北克省、安大略省、马尼托巴省、萨斯喀彻温省、不列颠哥伦比亚省和美国之间南北联络线超过 100 条，电力交换能力高达 2000 万千瓦。

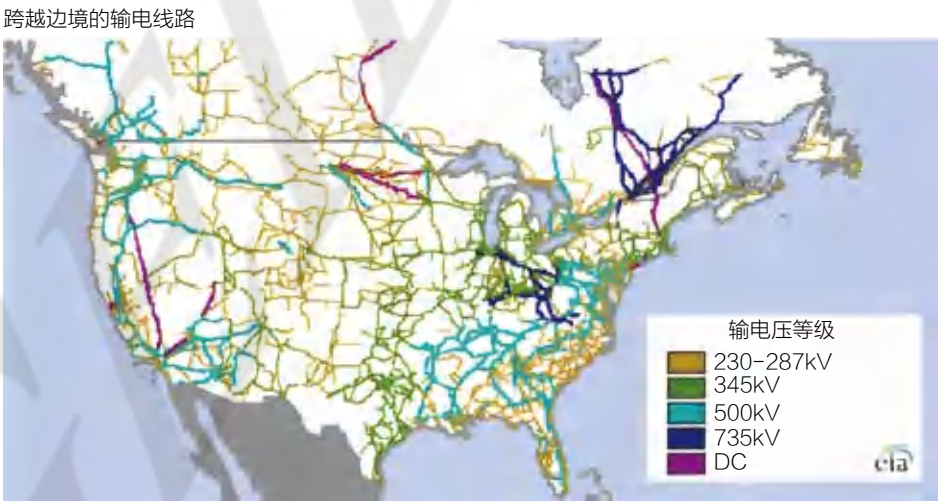


图 4-39 加拿大美国电网互联示意图^①

2. 电力发展指数测算及分析

^① 图片引自 <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=8930>

根据电力发展指数测算结果，**加拿大电力发展综合指数为 91.7 分，各专项指数得分也处于全球前列。**

未来，要进一步提升加拿大电力发展水平，

- 一是
- 继续加大风电等新能源开发，替代剩余化石能源发电；
- 二是
- 提升电能在终端能源消费中的比重，减少化石能源消费，助力能源系统低碳转型。

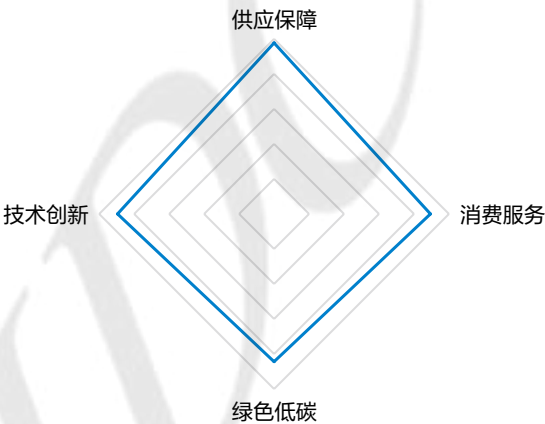


图 4-40 加拿大在不同维度上电力发展水平雷达图

3. 电力发展经验

- 加拿大重视能源电力绿色低碳转型发展，计划大力发展风电补充煤电退役造成的电力需求缺口。
- 2021 年，加拿大共规划了 31 个风电项目，其中规模最大的为雅茅斯海上风电项目，计划装机 500 万千瓦，距新斯科舍省（Nova Scotia）雅茅斯海岸 20 公里，深度范围为 44-60m，风速为 10m/s，项目预计于 2025 年招标。斯科舍省还在 2023 年宣布建设加拿大第一个海上风电项目，该项目总装机 40 万千瓦，距离新斯科舍省戈德堡海岸约 20-30 公里处。
- 依托电力互联互通，实现电力资源大范围优化配置。
- 加拿大电源结构以水电为主，最高负荷出现在冬季，美国电源结构以火电为主，最高负荷出现在夏季，加拿大丰富的水电资源与美国大量燃煤火电之间形成良好的互补调节。加拿大依托于美国电力互联通道，在向美国出口低成本水电的同时，也在用电低谷（夜间）进口美国的廉价煤电，用以节约水电资源，在用电高峰向美国出口。



图 4-41 新斯科舍省海上风电示意图

4.6
大洋洲

澳大利亚是大洋洲面积最大、人口最多、经济最发达的国家，澳大利亚在电力基础设施较为完善，重视电力技术创新和电力绿色低碳转型，在亚太地区电力发展与合作中发挥着至关重要的作用。澳大利亚电力发展水平较高，选择澳大利亚作为大洋洲代表性国别进行电力发展情况分析，能够为亚太地区和全球其他国家提供参考和借鉴。

1. 电力发展基本情况

表 4-10 澳大利亚经济社会与电力发展基础数据表

经济社会数据	数值	电力发展数据	数值
国土面积（万平方千米）	769.2	总装机（亿千瓦）	1.01
人口（万人）	2580	总用电量（亿千瓦时）	2500
GDP（万亿美元）	1.69	人均发电装机（千瓦）	3.93
人均 GDP（万美元）	6.55	人均用电量（千瓦时）	9690
电能占终端能源消费比重	23.6%	电力普及率	100%
清洁能源发电量占比	34.5%	单位用电量碳排放（千克 / 千瓦时）	0.56

澳大利亚电力基础设施完善，人均电力生产和消费水平高。

2017~2022年，澳大利亚总用电量从2437亿千瓦时增至2500亿千瓦时，基本保持恒定；装机总规模从7432万千瓦增至1.01亿千瓦，年均增速6.4%，高于全球平均水平。2022年，澳大利亚人均用电量、人均发电装机分别达到9690千瓦时、3.93千瓦，是全球平均水平的3倍左右。

2017~2022年，
澳大利亚总用电量从
2437 亿千瓦时增至
2500 亿千瓦时
基本保持恒定

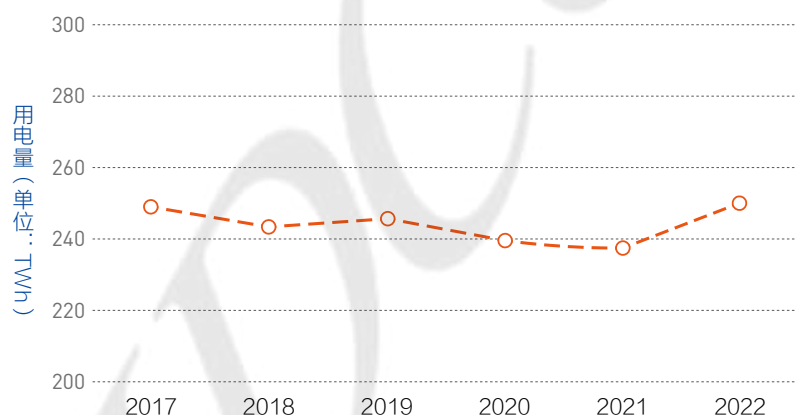


图 4-42 过去 5 年澳大利亚用电量变化情况

澳大利亚清洁能源发电发展较快。

2017~2022年，澳大利亚清洁能源发电量比重从16%提升至34.5%，占比增长超过一倍；清洁能源装机占比从31.1%增至47.5%，增长了16个百分点。2022年，澳大利亚电能占终端能源消费比重达23.6%，高于全球平均水平3个百分点。

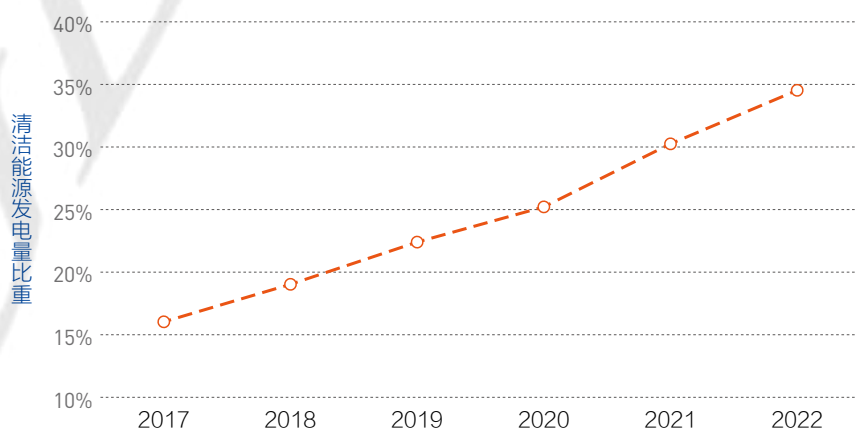


图 4-43 过去 5 年澳大利亚清洁能源发电量占比变化情况

2. 电力发展指数测算及分析

根据电力发展指数测算结果，**澳大利亚电力发展综合指数为84.0分，技术创新和供应保障专项指数得分相对较高**。由于澳大利亚水电资源相对较少，尽管新能源特别是光伏发展迅猛，但清洁能源电量占比仍低于新西兰和许多中南美洲、北欧和北美洲国家，在绿色低碳专项指标得分上并不占优势。

未来，澳大利亚要进一步提升电力发展水平

- 一是** 要继续大力发展太阳能和风电，加速电力清洁低碳转型；
- 二是** 缩短接电时间，降低用电成本，提升供电可靠性，多措并举提升电力消费服务水平；
- 三是** 加快山火、暴雨等极端天气条件下，提高电网韧性的新技术研究，进一步提升电力供应保障水平。

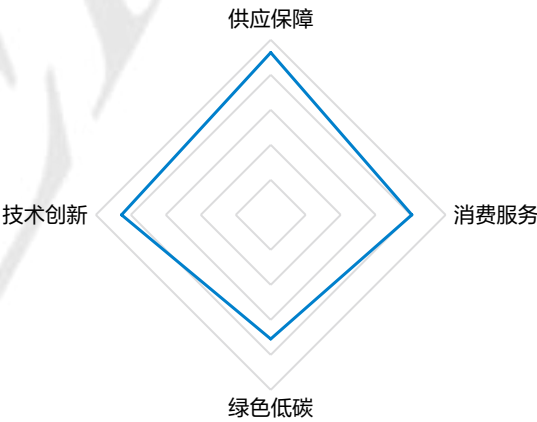


图 4-44 澳大利亚在不同维度上电力发展水平雷达图



3. 电力发展经验

澳大利亚太阳能发电发展较快。2022 年，澳大利亚集中式、分布式光伏装机分别达到 1100、2000 万千瓦，发电量占比达到 13%，超过风电，是目前澳大利亚第三大主力电源。澳大利亚分布式光伏主要为屋顶光伏，澳大利亚各州政府都出台了相应的优惠政策，截至 2022 年底，澳大利亚接近三分之一的家庭安装了屋顶光伏，商业建筑的屋顶光伏也在快速增长，目前澳大利亚屋顶光伏单位成本以下降至 1000 美元 / 千瓦以内。



图 4-45 澳大利亚屋顶光伏俯视图

澳大利亚积极探索电力创新技术应用，目标提升新能源发电消纳能力，助力实现碳中和。澳大利亚政府在 2020 年提出到 2030 年前投资 130 亿美元资金用于电力技术创新。澳大利亚目前重点关注的电力创新相关技术包括绿氢、储能和碳捕集与封存 (CCS)。

澳大利亚十分重视储能技术在电力系统中的应用。2022 年底，澳大利亚共有 19 个大规模电网侧储能在建项目，储能容量高达 140 万千瓦 /200 万千瓦时，2023 年大规模储能项目达到 27 个，容量创纪录达到 500 万千瓦 /1100 万千瓦时。澳大利亚最大的储能项目是位于新南威尔士州的 Waratah 超级电池项目，储能规模达到 85 万千瓦 /168 万千瓦时，总投资 1 亿澳元，计划于 2025 年投产。



图 4-46 新南威尔士州 Waratah 超级电池储能系统效果图

全球“碳达峰、碳中和”背景下，全球能源配置格局、供给结构、利用方式、技术创新和产业生态正加速演变，电力在推动能源转型变革、保障能源安全中处于核心地位和发挥着更加重要的作用。全球电力发展指数研究旨在为全球电力转型变革提供科学指引，推动国家间交流互鉴，营造电力创新与合作的良好环境，助力人人享有可持续可负担电力。

全球各区域各国家经济、社会、环境差异较大，本报告研究提出了对电力发展绩效进行评估的综合指数模型和方法，搭建了开放的电力发展指数评价指标体系，为政策制定者、投资者、电力行业从业者和关注电力行业发展的相关人士提供参考和借鉴。指数测算受数据资料完整性、权重设计局限性等诸因素影响，本报告测算结果仅供读者参考。

全球能源电力行业正处于加速变革期，技术创新日新月异，电力发展指数研究工作也需与时俱进，不断深化研究模型和方法、优化完善指数指标体系，提升电力发展指数评价科学性。全球能源互联网发展合作组织愿与国内外业界同仁共同探讨、携手合作，为全球能源电力可持续发展贡献力量。

附录

(一) 图目录

图1-1	2019—2022年全球二氧化碳分行业排放量	7
图1-2	全球单位用电量碳排放变化示意图	7
图1-3	全球电源装机变化示意图	8
图1-4	全球电源发电量变化示意图	8
图1-5	全球新能源装机变化示意图	8
图1-6	近年来全球电力行业数字化智能化项目与合作变化情况	9
图1-7	全球能源互联网骨干网架示意图	10
图1-8	全球及主要国家和地区电力需求变化情况	11
图1-9	全球电气化水平变化示意图	11
图1-10	全球数据中心、人工智能相关电力需求变化及预测	12
图2-1	全球电力发展指数测算流程示意图	15
图2-2	能源可持续发展方向示意图	17
图2-4	全球电力发展指数两级指标体系示意图	19
图2-3	电力发展指数4维模型示意图	19
图2-5	五分位法示意图	23
图2-6	权重设计方法	24
图2-7	亚洲参与电力发展指数测算的国家示意图	29
图2-8	欧洲参与电力发展指数测算的国家示意图	29
图2-9	非洲参与电力发展指数测算的国家示意图	30
图2-10	中南美洲参与电力发展指数测算的国家示意图	30
图2-11	北美洲参与电力发展指数测算的国家示意图	31
图2-12	大洋洲参与电力发展指数测算的国家示意图	31
图3-1	各大洲不同维度电力发展情况对比示意图	33
图3-2	亚洲用电量增长变化趋势	38

图3-3 亚洲清洁能源发电量占比趋势图	39
图3-4 亚洲在不同维度上电力发展水平雷达图	39
图3-5 欧洲用电量增长变化趋势	41
图3-6 欧洲清洁能源发电量占比趋势图	42
图3-7 欧洲在不同维度上电力发展水平雷达图	42
图3-8 非洲用电量增长变化趋势	44
图3-9 非洲清洁能源发电量占比趋势图	44
图3-10 非洲在不同维度上电力发展水平雷达图	45
图3-11 中南美洲用电量增长变化趋势	46
图3-12 中南美洲清洁能源发电量占比趋势图	47
图3-13 中南美洲在不同维度上电力发展水平雷达图	47
图3-14 北美洲用电量增长变化趋势	49
图3-15 北美洲清洁能源发电量占比趋势图	49
图3-16 北美洲在不同维度上电力发展水平雷达图	50
图3-17 大洋洲用电量增长变化趋势	51
图3-18 大洋洲清洁能源发电量占比趋势图	51
图3-19 大洋洲在不同维度上电力发展水平雷达图	52
图4-1 过去5年中国用电量变化情况	59
图4-2 过去5年中国清洁能源发电量占比变化情况	60
图4-3 中国在不同维度上电力发展水平雷达图	61
图4-4 库布齐沙漠大型风光基地示意图	61
图4-5 昌吉—古泉±1100kV特高压直流输电工程昌吉换流站全景图	62
图4-6 昆柳龙柔性直流输电工程示意图	63
图4-7 国网新能源云平台大屏显示图	63
图4-8 过去5年韩国用电量变化情况	64
图4-9 过去5年韩国清洁能源发电量占比变化情况	65
图4-10 韩国在不同维度上电力发展水平雷达图	65
图4-11 过去5年瑞典用电量变化情况	67
图4-12 过去5年瑞典清洁能源发电量占比变化情况	68
图4-13 瑞典跨国电网互联示意图	68
图4-14 瑞典在不同维度上电力发展水平雷达图	69

图4-15	瑞典核电基础设施分布示意图	70
图4-16	过去5年法国用电量变化情况	72
图4-17	过去5年法国清洁能源发电量占比变化情况	72
图4-18	法国电力净出口规模示意图	73
图4-19	法国在不同维度上电力发展水平雷达图	73
图4-20	过去5年埃及用电量变化情况	75
图4-21	过去5年埃及清洁能源发电量占比变化情况	76
图4-22	埃及在不同维度上电力发展水平雷达图	76
图4-23	中埃能源合作的埃及穿越戈壁的EETC500千伏输电线路示意图	77
图4-24	埃及向苏伊士绿氢工业园区供电的“绿色走廊”示意图	78
图4-25	过去5年南非用电量变化情况	79
图4-26	过去5年南非清洁能源发电量占比变化情况	80
图4-27	南非在不同维度上电力发展水平雷达图	81
图4-28	过去5年智利用电量变化情况	82
图4-29	过去5年智利清洁能源发电量占比变化情况	83
图4-30	智利在不同维度上电力发展水平雷达图	83
图4-31	智利阿塔卡马沙漠CEME1光伏项目示意图	84
图4-32	过去5年巴西用电量变化情况	85
图4-33	过去5年巴西清洁能源发电量占比变化情况	86
图4-34	巴西输电网示意图	86
图4-35	巴西在不同维度上电力发展水平雷达图	87
图4-36	巴西美丽山项目一期、二期特高压输电工程示意图 (实线为一期,虚线为二期)	88
图4-37	过去5年加拿大用电量变化情况	89
图4-38	过去5年加拿大清洁能源发电量占比变化情况	90
图4-39	加拿大美国电网互联示意图	90
图4-40	加拿大在不同维度上电力发展水平雷达图	91
图4-41	新斯科舍省海上风电示意图	92
图4-42	过去5年澳大利亚用电量变化情况	93
图4-43	过去5年澳大利亚清洁能源发电量占比变化情况	93
图4-44	澳大利亚在不同维度上电力发展水平雷达图	94

图4-45 澳大利亚屋顶光伏俯视图	95
图4-46 新南威尔士州Waratah超级电池储能系统效果图	96

(二) 表目录

表2-1 供应保障二级指标意义与算法	20
表2-2 消费服务二级指标意义与算法	20
表2-3 绿色低碳二级指标意义与算法	21
表2-4 技术创新二级指标意义与算法	22
表3-1 全球及各大洲分维度指标测算结果对比表	33
表3-2 各大洲电力供应保障维度二级指标测算结果对比表	33
表3-3 各大洲电力消费服务维度二级指标测算结果对比表	35
表3-4 各大洲电力绿色低碳转型维度二级指标测算结果对比表	36
表3-5 各大洲电力技术创新维度二级指标测算结果对比表	37
表3-6 亚洲经济社会与电力发展基础数据表	38
表3-7 亚洲内部34个国家电力发展指数排序及得分	40
表3-8 欧洲经济社会与电力发展基础数据表	40
表3-9 欧洲内部30个国家电力发展指数排序及得分	43
表3-10 非洲经济社会与电力发展基础数据表	43
表3-11 非洲内部17个国家电力发展指数排序及得分	45
表3-12 中南美洲经济社会与电力发展基础数据表	46
表3-13 中南美洲内部14个国家电力发展指数排序及得分	48
表3-14 北美洲经济社会与电力发展基础数据表	48
表3-15 北美洲内部3个国家电力发展指数排序及得分	50
表3-16 大洋洲经济社会与电力发展基础数据表	50
表3-17 大洋洲内部2个国家电力发展指数排序及得分	52
表3-18 全球100个国家电力发展综合指数排序结果	54
表3-19 全球电力发展各专项指数排名A档国家列表	55
表3-20 OECD国家内部电力发展指数排名	56
表3-21 发展中国家内部电力发展指数排名	57
表4-1 中国经济社会与电力发展基础数据表	58

表4-2 韩国经济社会与电力发展基础数据表 64

表4-3 瑞典经济社会与电力发展基础数据表 66

表4-4 法国经济社会与电力发展基础数据表 71

表4-5 埃及经济社会与电力发展基础数据表 74

表4-6 南非经济社会与电力发展基础数据表 79

表4-7 智利经济社会与电力发展基础数据表 82

表4-8 巴西经济社会与电力发展基础数据表 84

表4-9 加拿大经济社会与电力发展基础数据表 89

表4-10 澳大利亚经济社会与电力发展基础数据表 92

附表1 参与全球电力发展指数评价的国别列表 103

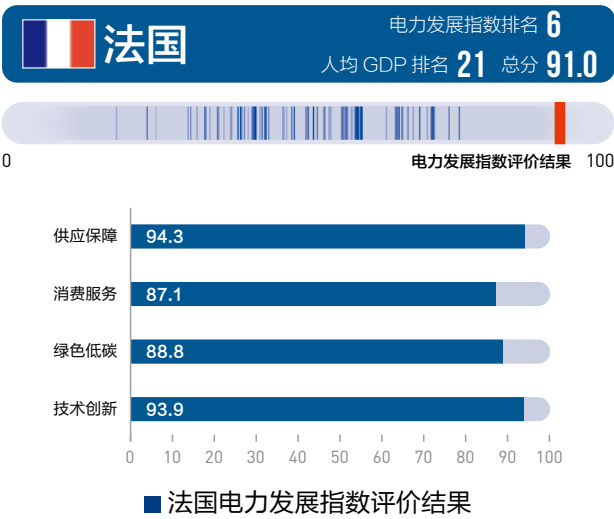
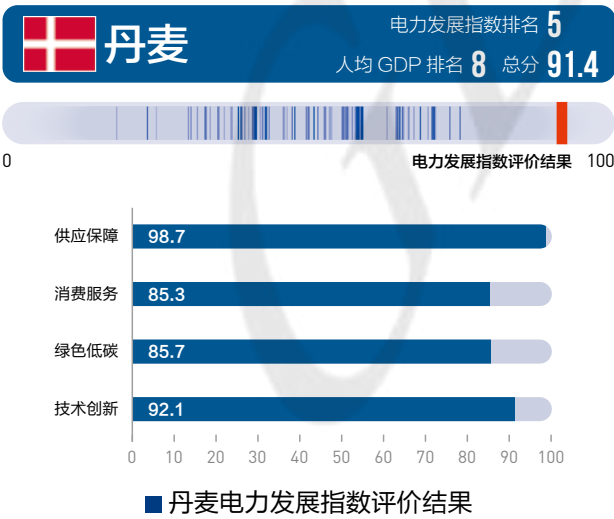
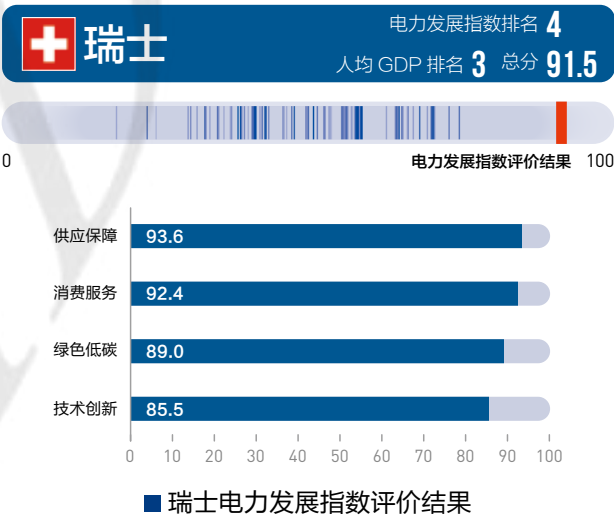
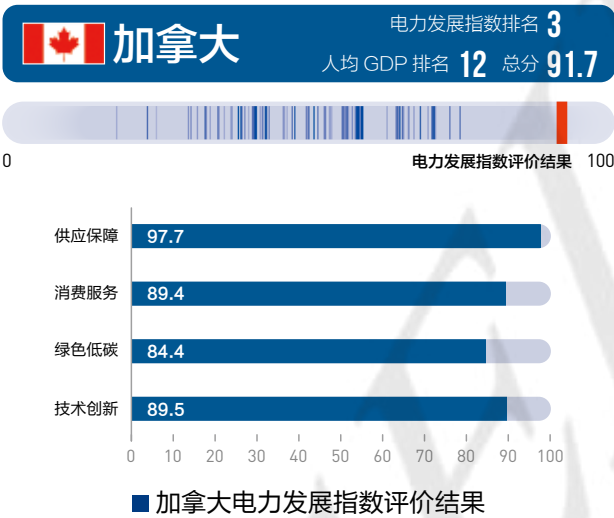
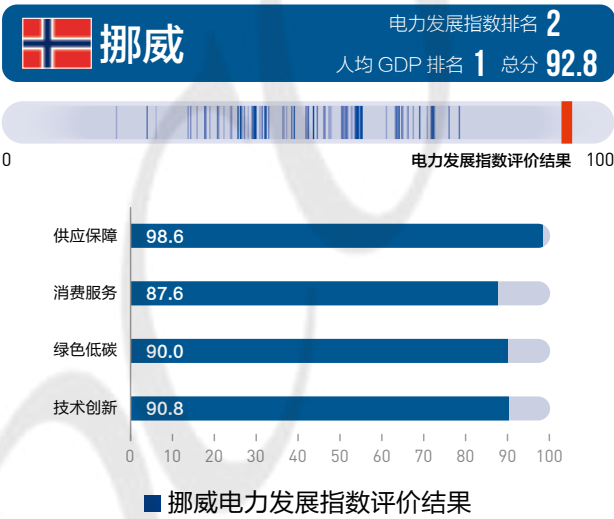
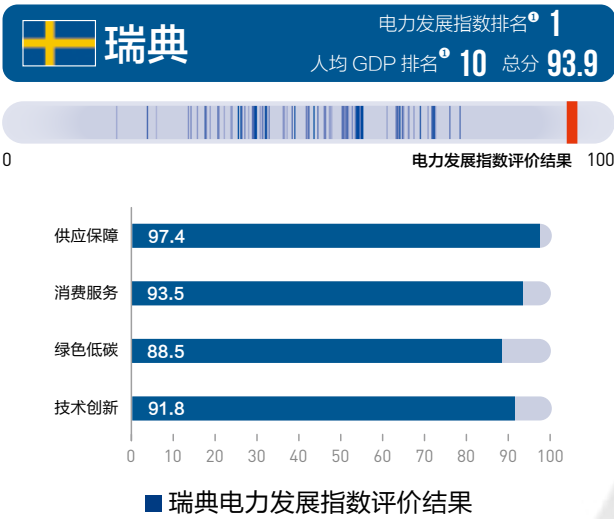
附表3 全球电力发展指数评价基础数据表 121

附表 1 参与全球电力发展指数评价的国别列表

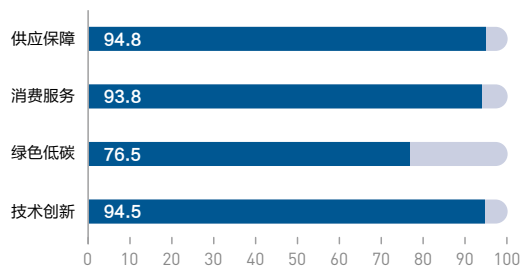
大洲	国家
亚洲	中国、日本、韩国、蒙古、柬埔寨、老挝、缅甸、泰国、越南、印度尼西亚、菲律宾、马来西亚、新加坡、印度、孟加拉国、尼泊尔、斯里兰卡、巴基斯坦、乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦、哈萨克斯坦、伊朗、以色列、约旦、伊拉克、科威特、沙特阿拉伯、阿曼、阿联酋、卡塔尔、巴林、阿塞拜疆、格鲁吉亚、塔吉克斯坦
欧洲	英国、爱尔兰、挪威、瑞典、芬兰、丹麦、冰岛、法国、荷兰、比利时、西班牙、葡萄牙、德国、奥地利、瑞士、意大利、斯洛文尼亚、塞尔维亚、希腊、克罗地亚、波兰、捷克、斯洛伐克、匈牙利、罗马尼亚、保加利亚、土耳其、俄罗斯、白俄罗斯、乌克兰
非洲	南非、埃及、阿尔及利亚、摩洛哥、利比亚、尼日利亚、加纳、突尼斯、安哥拉、赞比亚、埃塞俄比亚、肯尼亚、科特迪瓦、坦桑尼亚、喀麦隆、塞内加尔、乌干达
北美洲	加拿大、美国、墨西哥
中南美洲	巴西、智利、阿根廷、多米尼加共和国、乌拉圭、委内瑞拉、哥伦比亚、厄瓜多尔、秘鲁、哥斯达黎加、巴拿马、玻利维亚、古巴、波多黎各
大洋洲	澳大利亚、新西兰



附录 2 全球电力发展指数评价结果



① 电力发展指数和人均 GDP 的排名对应的是该国家在电力发展指数测算时选择的 100 个国别中的相对排序，不是在全球所有国家中的排序。



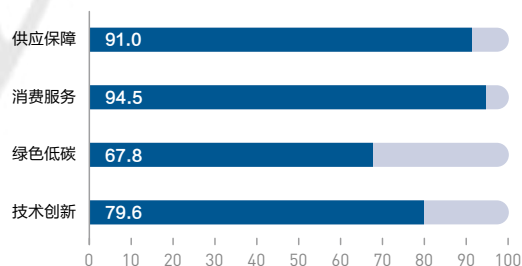
■ 中国电力发展指数评价结果



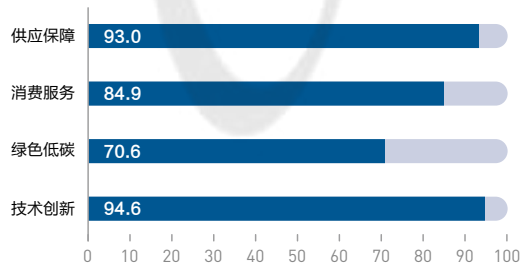
■ 冰岛电力发展指数评价结果



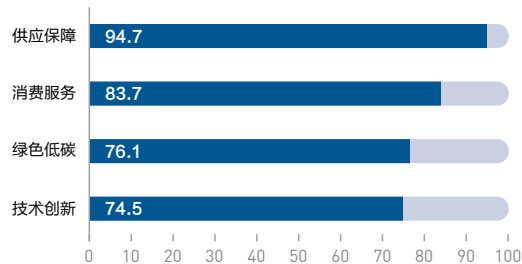
■ 葡萄牙电力发展指数评价结果



■ 韩国电力发展指数评价结果



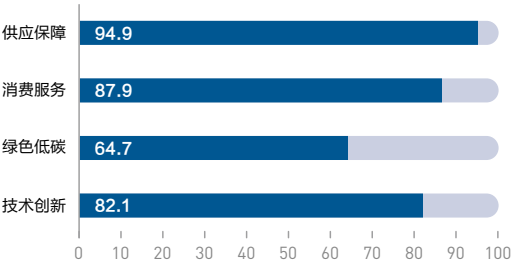
■ 德国电力发展指数评价结果



■ 奥地利电力发展指数评价结果

**新加坡**

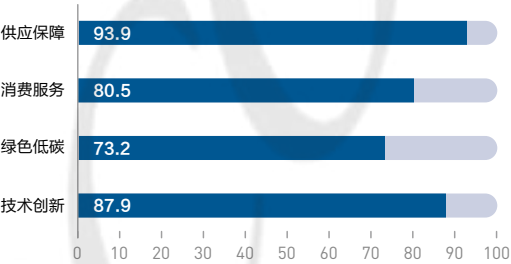
电力发展指数排名 **13**
人均 GDP 排名 **5** 总分 **85.5**



■ 新加坡电力发展指数评价结果

**日本**

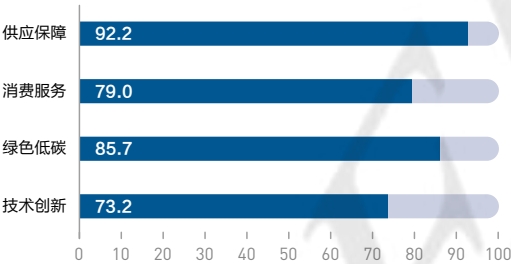
电力发展指数排名 **14**
人均 GDP 排名 **25** 总分 **85.1**



■ 日本电力发展指数评价结果

**新西兰**

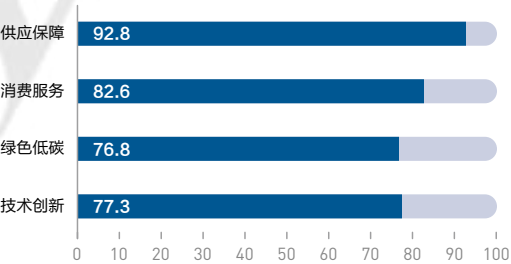
电力发展指数排名 **15**
人均 GDP 排名 **19** 总分 **85.1**



■ 新西兰电力发展指数评价结果

**西班牙**

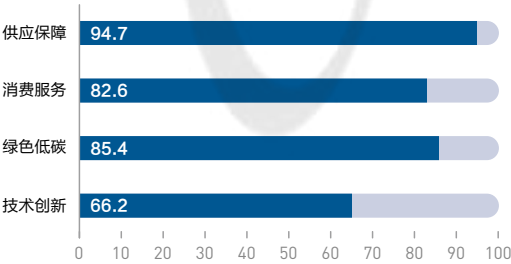
电力发展指数排名 **16**
人均 GDP 排名 **28** 总分 **85.0**



■ 西班牙电力发展指数评价结果

**芬兰**

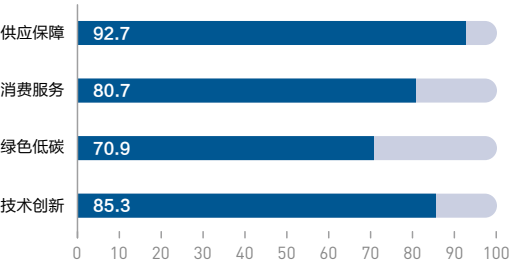
电力发展指数排名 **17**
人均 GDP 排名 **15** 总分 **84.4**



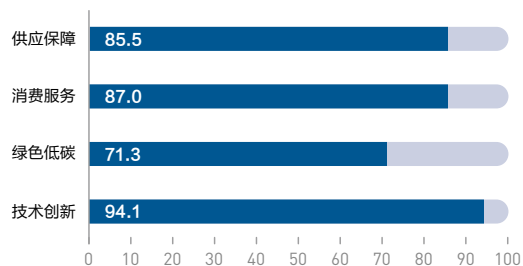
■ 芬兰电力发展指数评价结果

**澳大利亚**

电力发展指数排名 **18**
人均 GDP 排名 **9** 总分 **84.0**



■ 澳大利亚电力发展指数评价结果



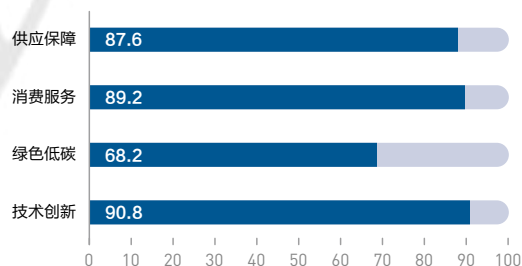
■ 美国电力发展指数评价结果



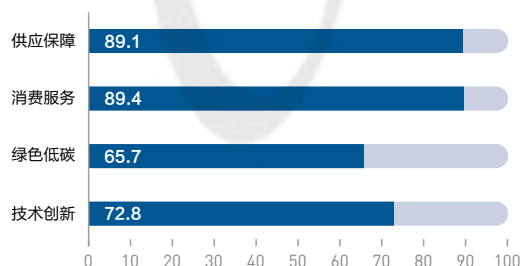
■ 荷兰电力发展指数评价结果



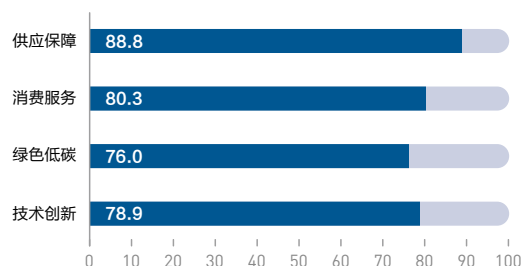
■ 意大利电力发展指数评价结果



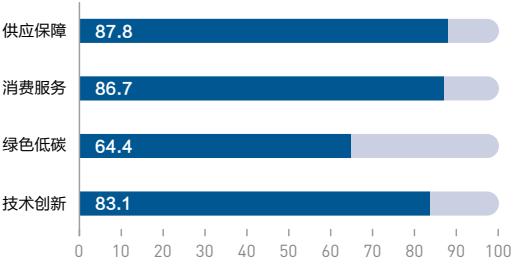
■ 英国电力发展指数评价结果



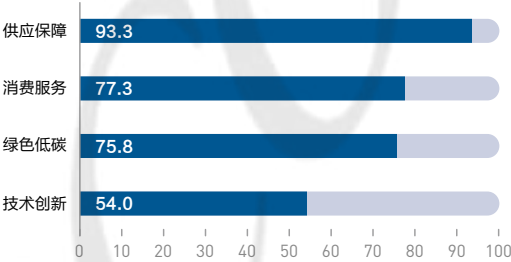
■ 爱尔兰电力发展指数评价结果



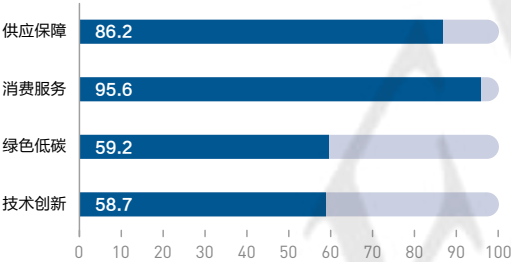
■ 智利电力发展指数评价结果



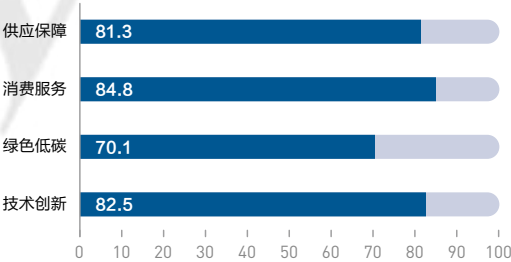
■ 哈萨克斯坦电力发展指数评价结果



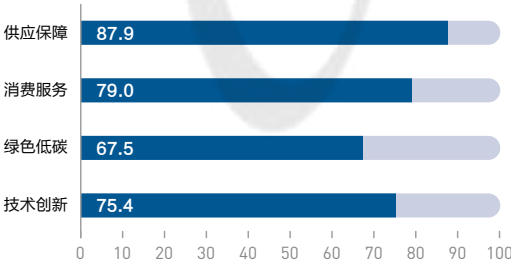
■ 比利时电力发展指数评价结果



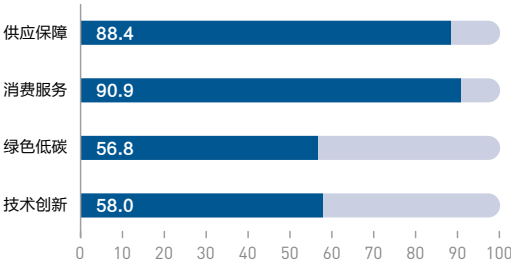
■ 阿联酋电力发展指数评价结果



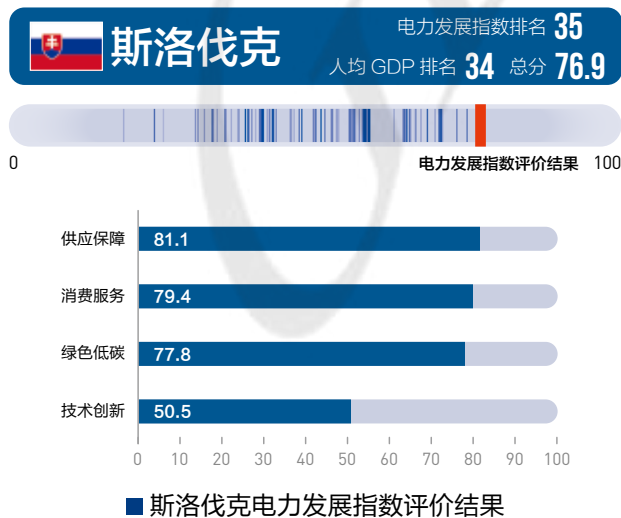
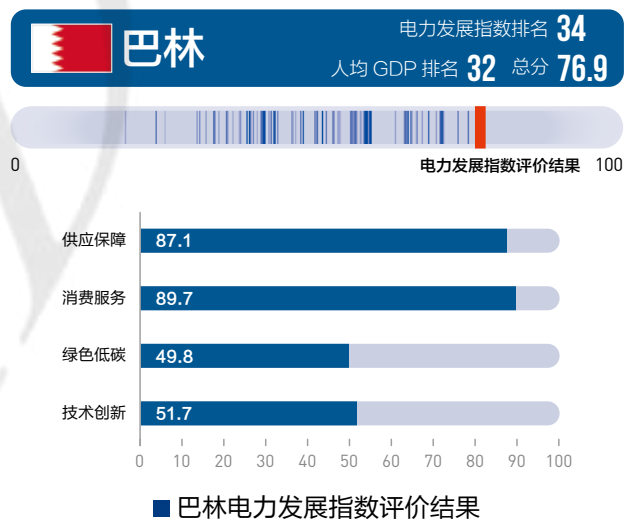
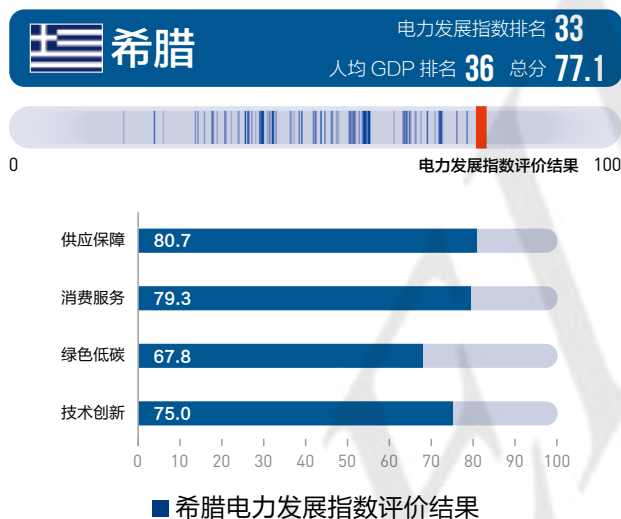
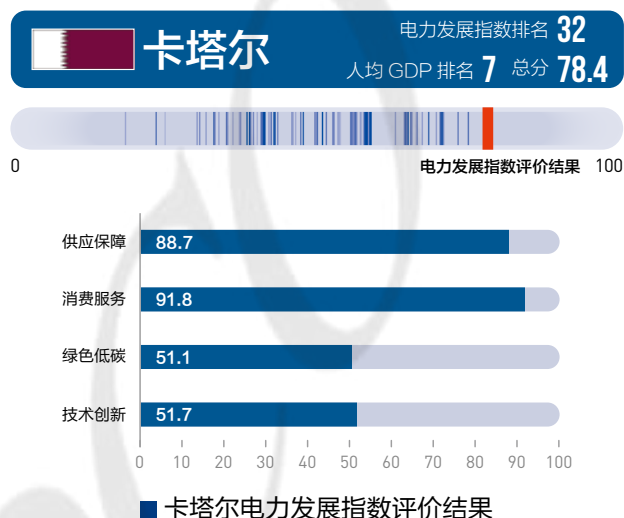
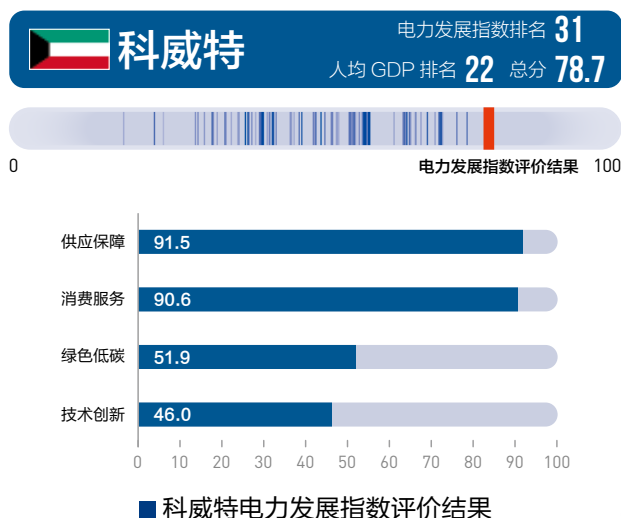
■ 俄罗斯电力发展指数评价结果

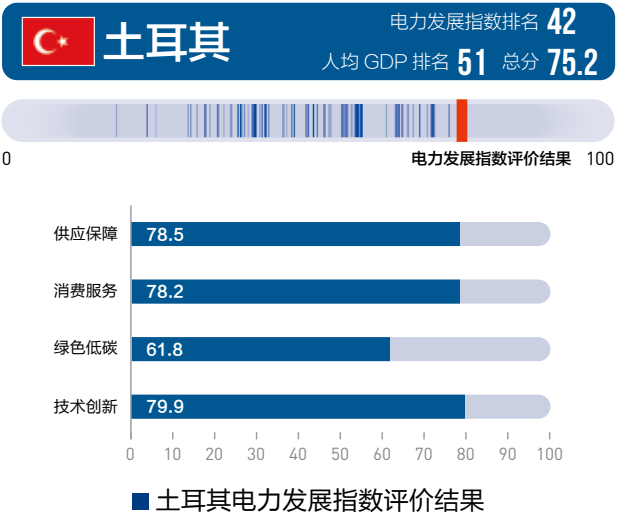
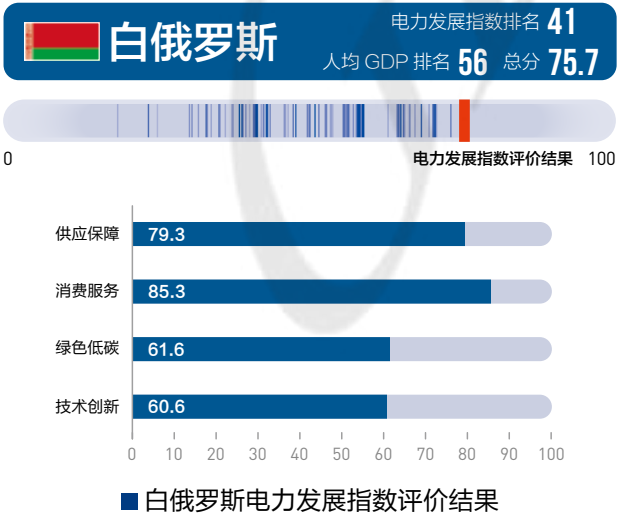
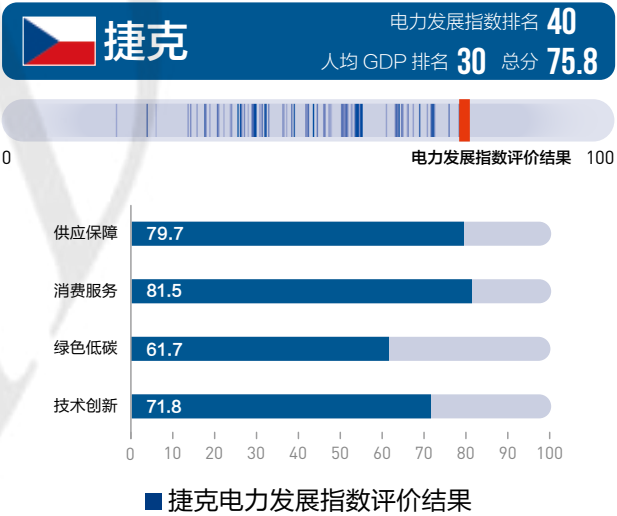
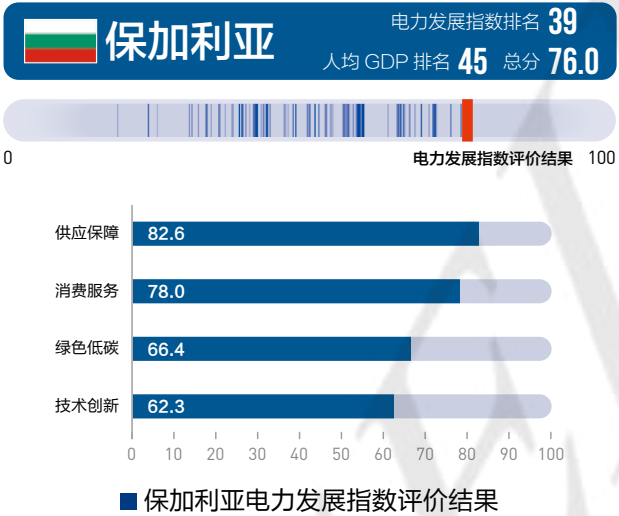
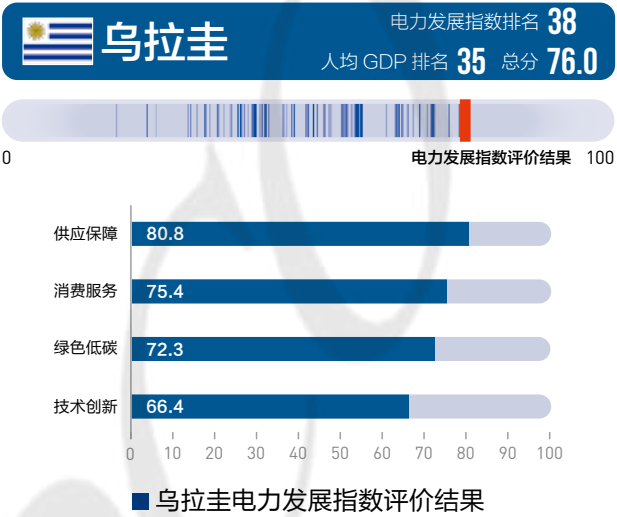
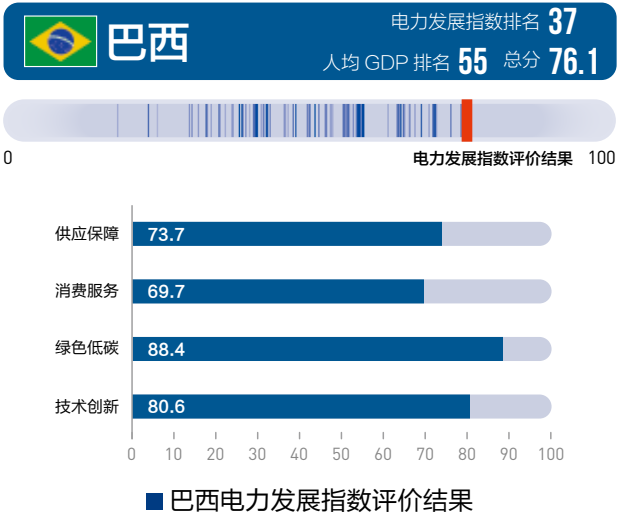


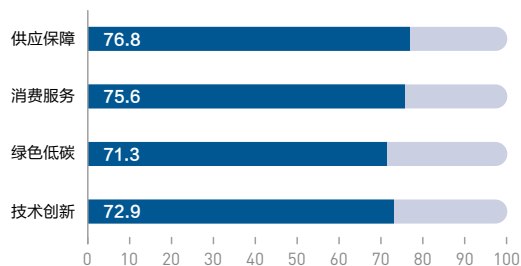
■ 以色列电力发展指数评价结果



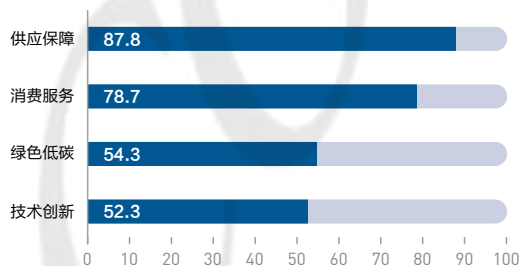
■ 沙特阿拉伯电力发展指数评价结果



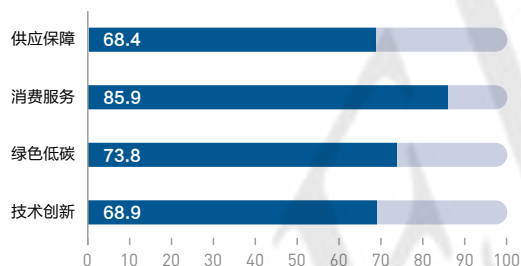




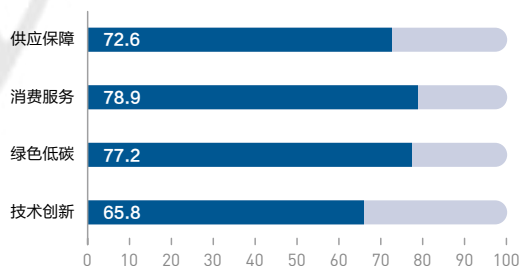
■ 波兰电力发展指数评价结果



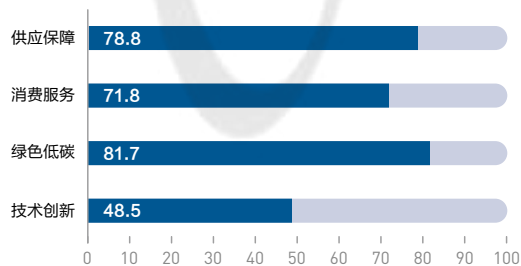
■ 墨西哥电力发展指数评价结果



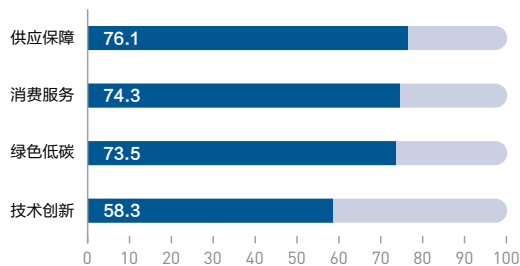
■ 阿根廷电力发展指数评价结果



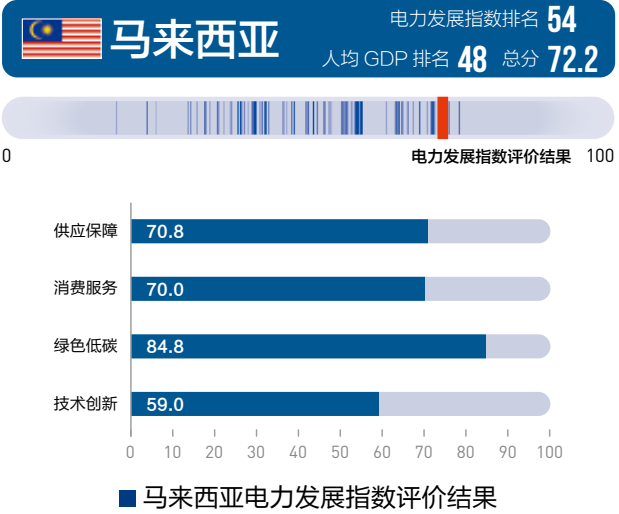
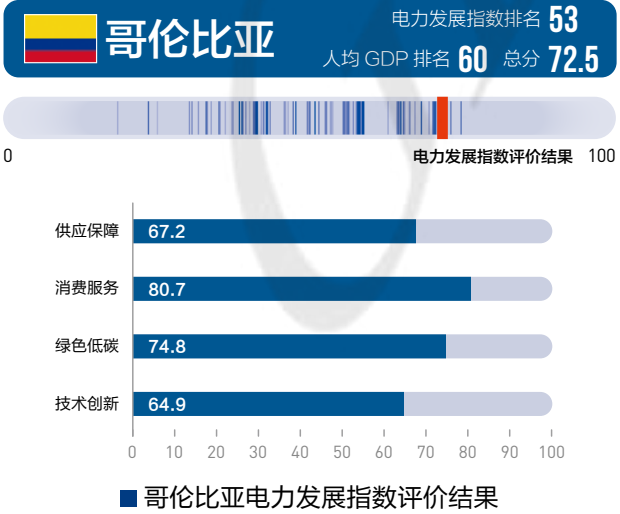
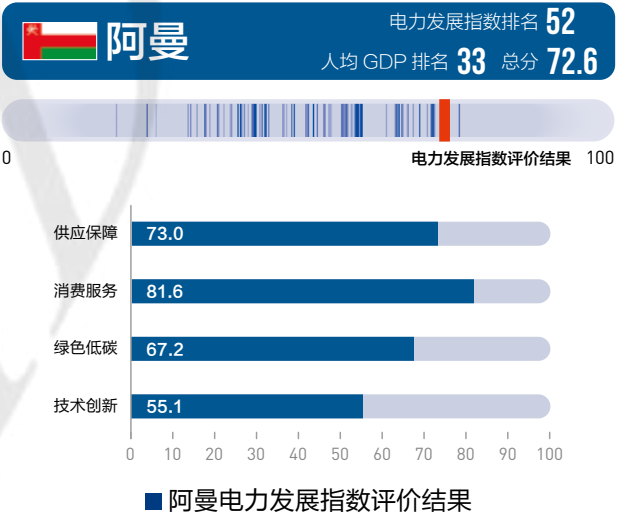
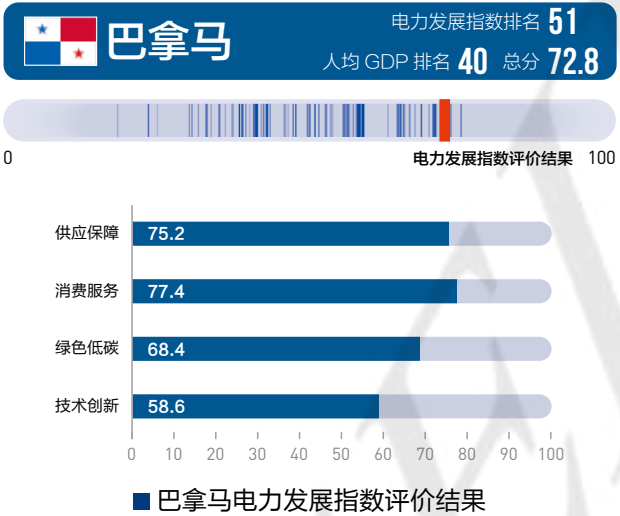
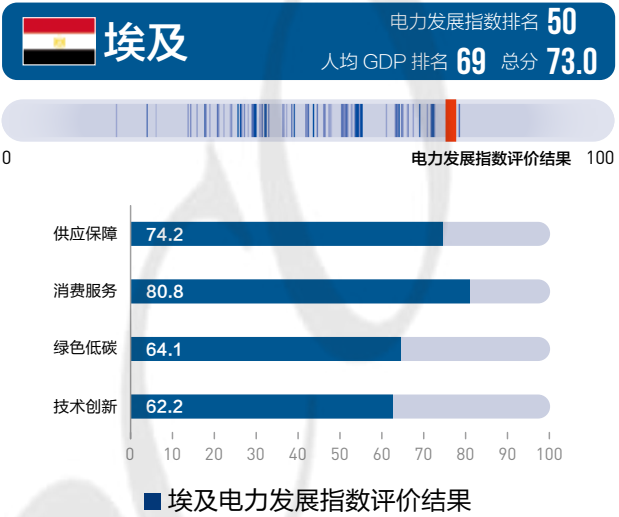
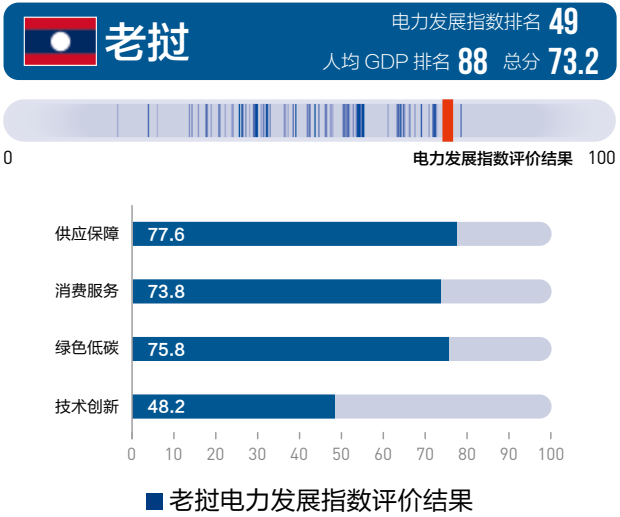
■ 匈牙利电力发展指数评价结果

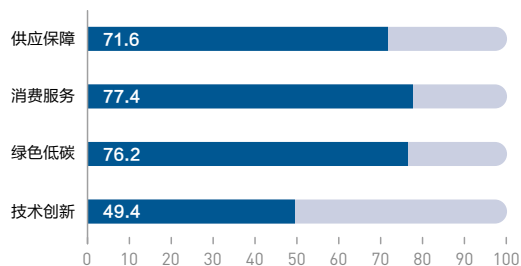


■ 乌克兰电力发展指数评价结果

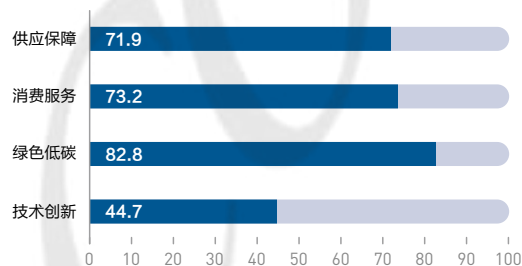


■ 克罗地亚电力发展指数评价结果

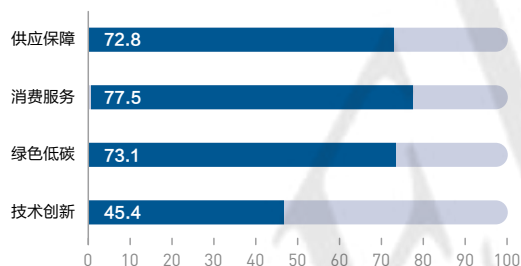




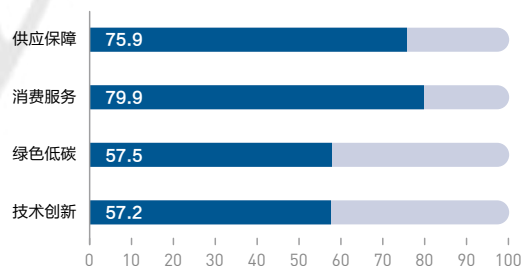
■ 哥斯达黎加电力发展指数评价结果



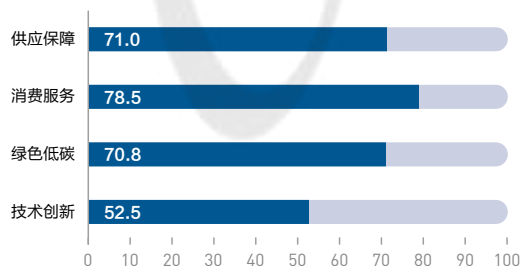
■ 秘鲁电力发展指数评价结果



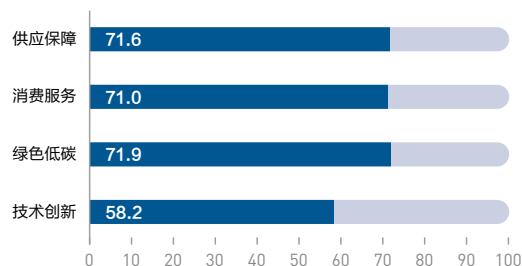
■ 乌兹别克斯坦电力发展指数评价结果



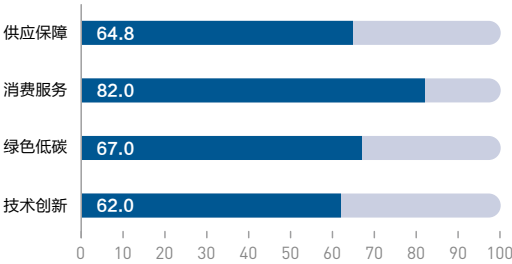
■ 越南电力发展指数评价结果



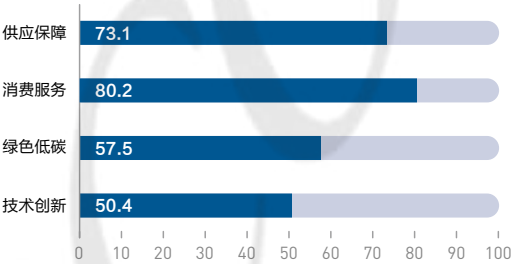
■ 塞尔维亚电力发展指数评价结果



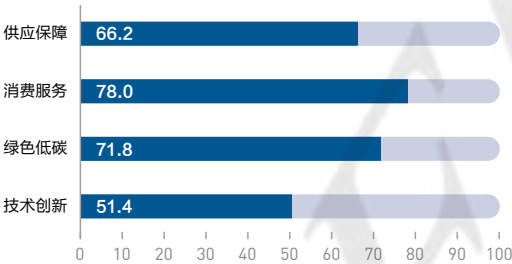
■ 摩洛哥电力发展指数评价结果



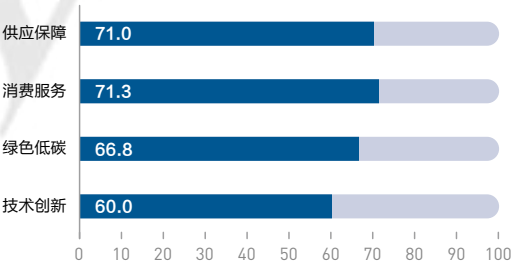
■ 印度尼西亚电力发展指数评价结果



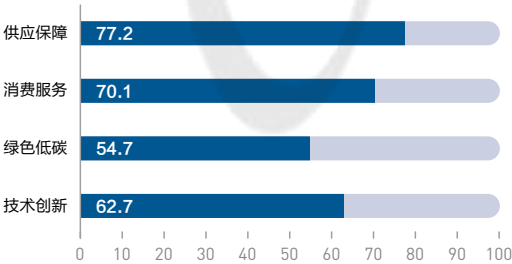
■ 阿塞拜疆电力发展指数评价结果



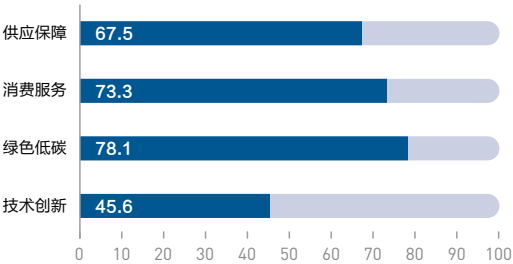
■ 厄瓜多尔电力发展指数评价结果



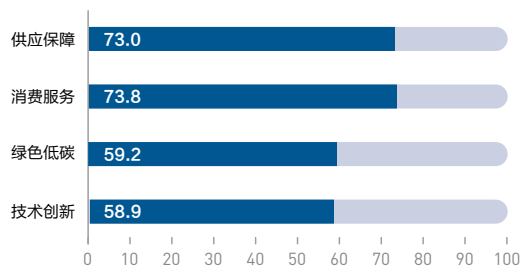
■ 泰国电力发展指数评价结果



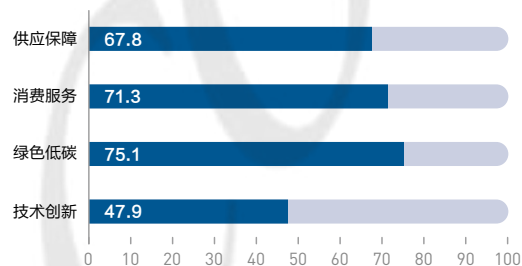
■ 阿尔及利亚电力发展指数评价结果



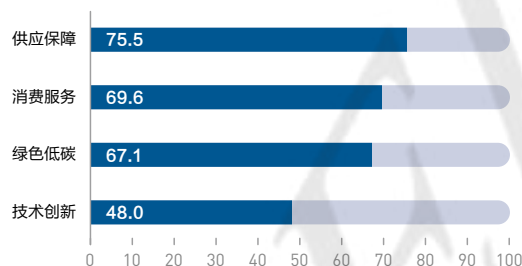
■ 吉尔吉斯斯坦电力发展指数评价结果



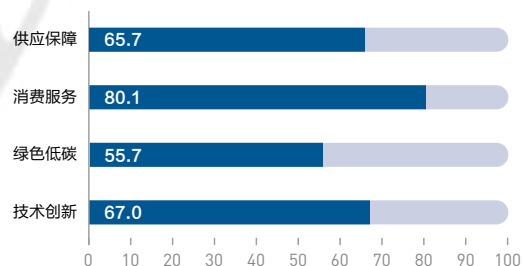
■ 格鲁吉亚电力发展指数评价结果



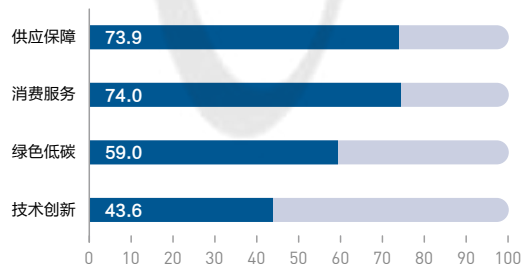
■ 约旦电力发展指数评价结果



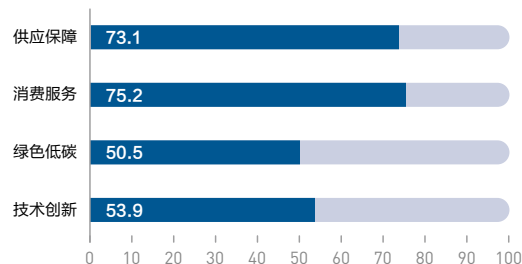
■ 罗马尼亚电力发展指数评价结果



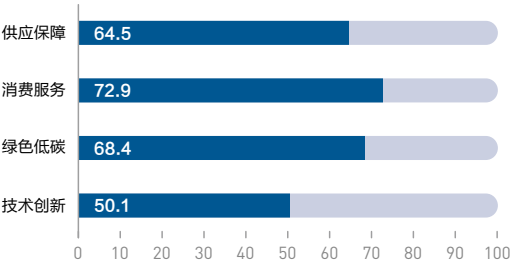
■ 南非电力发展指数评价结果



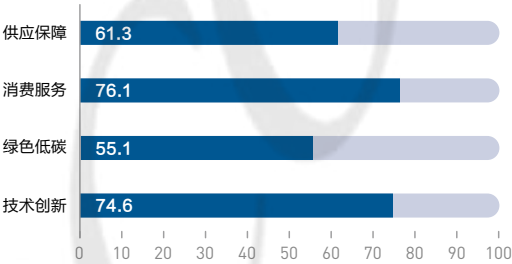
■ 伊朗电力发展指数评价结果



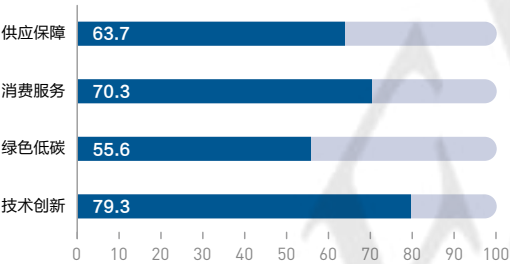
■ 利比亚电力发展指数评价结果



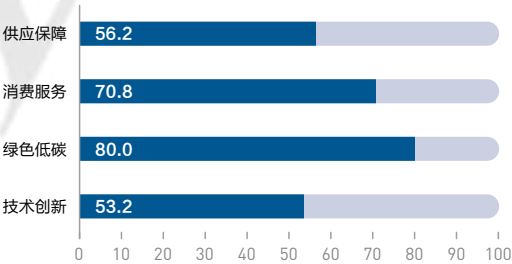
■ 委内瑞拉电力发展指数评价结果



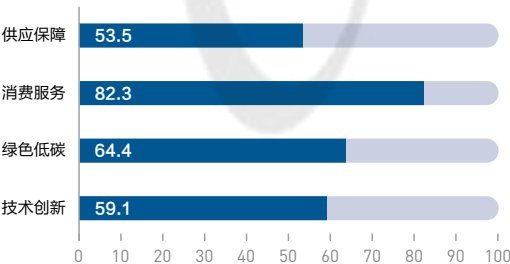
■ 波多黎各电力发展指数评价结果



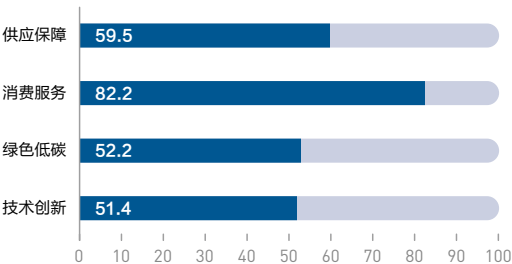
■ 印度电力发展指数评价结果



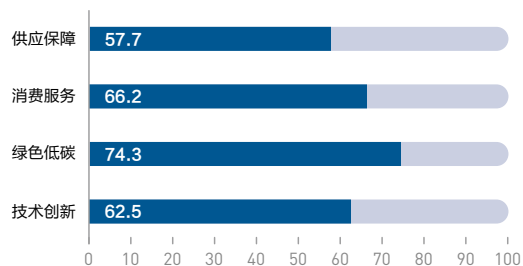
■ 塔吉克斯坦电力发展指数评价结果



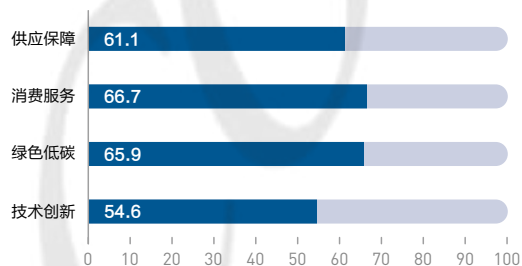
■ 蒙古电力发展指数评价结果



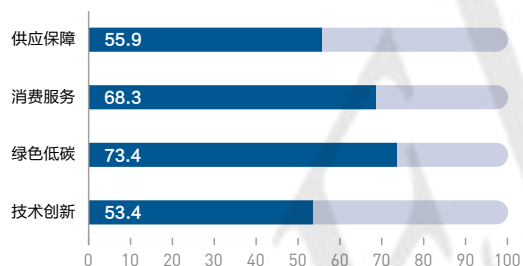
■ 菲律宾电力发展指数评价结果



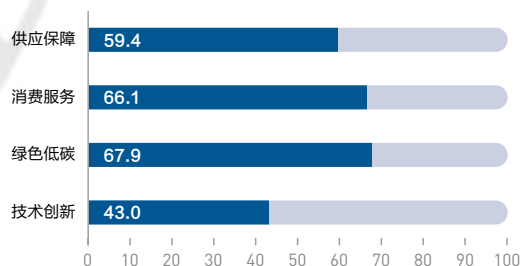
■ 巴基斯坦电力发展指数评价结果



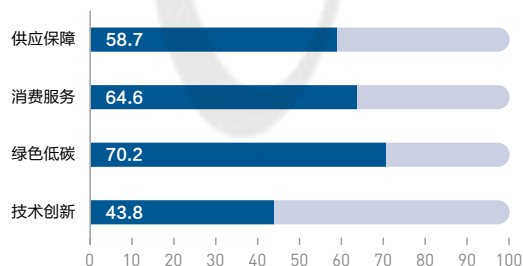
■ 突尼斯电力发展指数评价结果



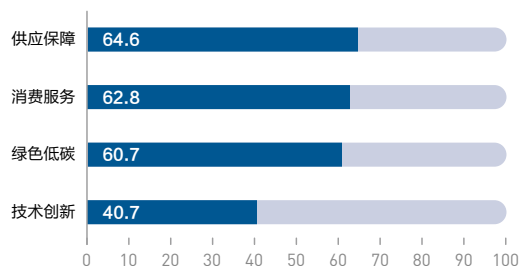
■ 多米尼加共和国电力发展指数评价结果



■ 玻利维亚电力发展指数评价结果



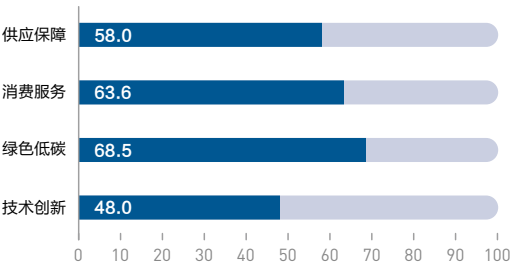
■ 古巴电力发展指数评价结果



■ 尼泊尔电力发展指数评价结果

 斯里兰卡

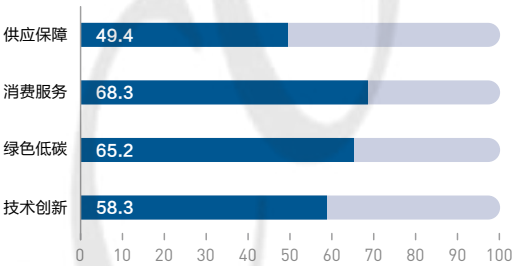
电力发展指数排名 **85**
人均 GDP 排名 **78** 总分 **60.8**



■ 斯里兰卡电力发展指数评价结果

 孟加拉国

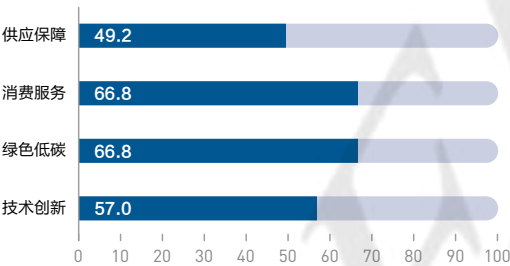
电力发展指数排名 **86**
人均 GDP 排名 **81** 总分 **59.1**



■ 孟加拉国电力发展指数评价结果

 柬埔寨

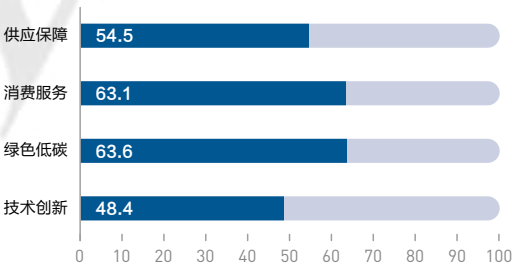
电力发展指数排名 **87**
人均 GDP 排名 **90** 总分 **58.8**



■ 柬埔寨电力发展指数评价结果

 加纳

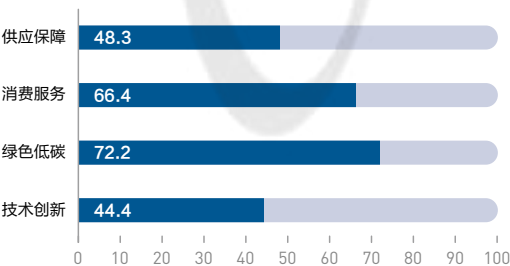
电力发展指数排名 **88**
人均 GDP 排名 **86** 总分 **58.3**



■ 加纳电力发展指数评价结果

 科特迪瓦

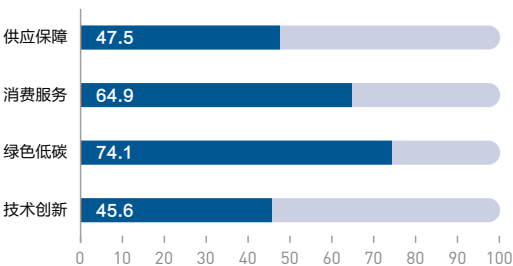
电力发展指数排名 **89**
人均 GDP 排名 **82** 总分 **58.1**



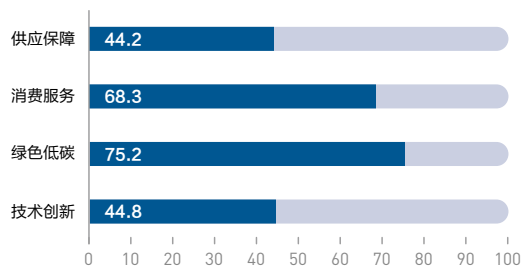
■ 科特迪瓦电力发展指数评价结果

 肯尼亚

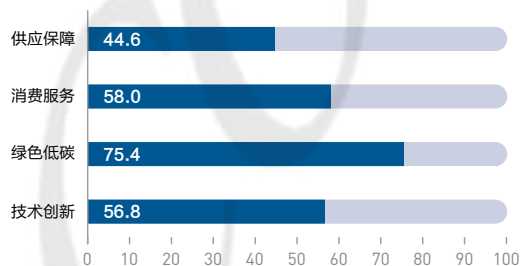
电力发展指数排名 **90**
人均 GDP 排名 **87** 总分 **57.9**



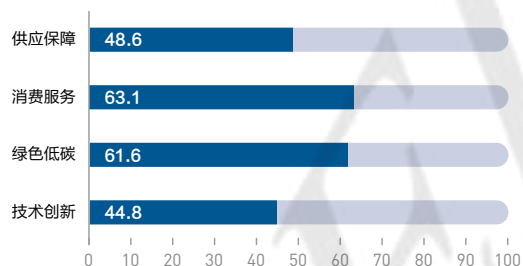
■ 肯尼亚电力发展指数评价结果



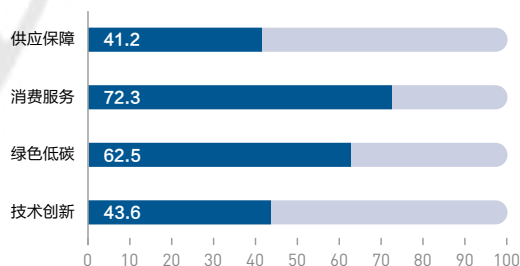
■ 塞内加尔电力发展指数评价结果



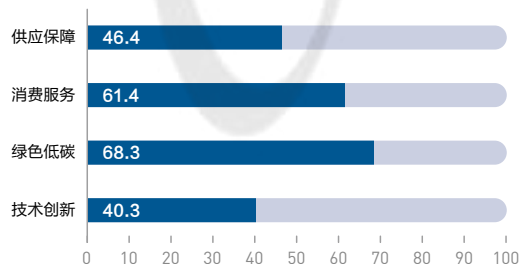
■ 喀麦隆电力发展指数评价结果



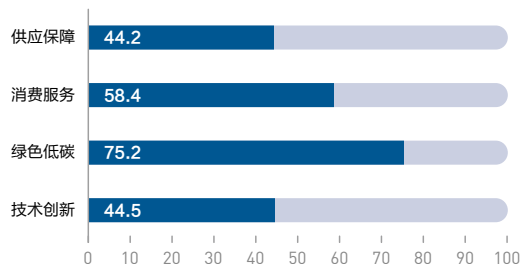
■ 安哥拉电力发展指数评价结果



■ 尼日利亚电力发展指数评价结果



■ 缅甸电力发展指数评价结果

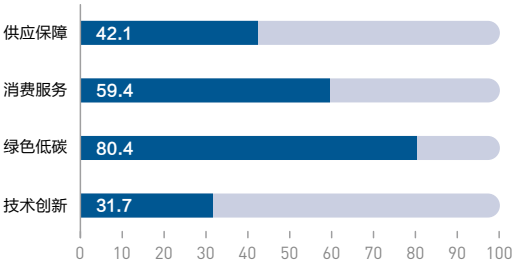


■ 赞比亚电力发展指数评价结果



乌干达

电力发展指数排名 97
人均 GDP 排名 100 总分 53.9

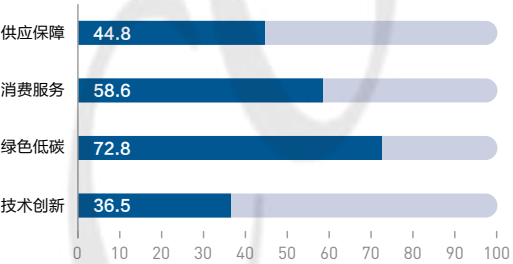


■ 乌干达电力发展指数评价结果



坦桑尼亚

电力发展指数排名 98
人均 GDP 排名 95 总分 53.7

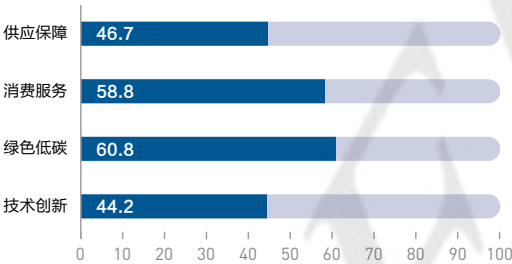


■ 坦桑尼亚电力发展指数评价结果



埃塞俄比亚

电力发展指数排名 99
人均 GDP 排名 99 总分 52.9

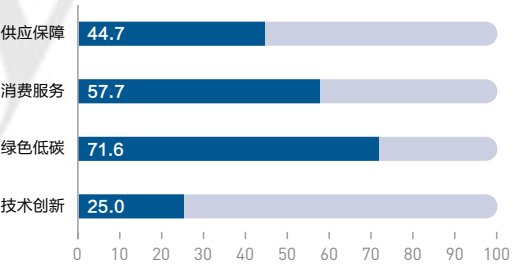


■ 埃塞俄比亚电力发展指数评价结果



伊拉克

电力发展指数排名 100
人均 GDP 排名 62 总分 52.0



■ 伊拉克电力发展指数评价结果

附表 3 全球电力发展指数基础数据表

序号	全球	人均发电 装机 (千瓦)	电力 普及率 (%)	电网损耗	人均输 配线路 长度 (米)	人均用 电量 (千瓦时/年)	接电 时间 (天)	户均停电 时间 (分钟)	平均 电价 (美分)	人均 用电量 增速	清洁能源 发电量 比重	电能占 终端能源 比重	电力碳排放 强度(千克/ 千瓦时)	新能源 发电量 增速
1	中国	1.78	100	3.8%	5.6	5877	6.9	53.76	9	6.2%	35.1%	28.1%	0.61	23.3%
2	印度	0.34	99.6	20.3%	2.9	1032	22.8	222.948	13	4.5%	23.9%	16.4%	0.84	17.1%
3	日本	2.78	100	5.5%	12.7	7455	18.9	86	22.5	-1.7%	28.3%	30.0%	0.52	11.3%
4	韩国	2.83	100	3.4%	9.8	11349	15	10	12.6	1.9%	34.9%	25.4%	0.46	27.6%
5	沙特 阿拉伯	2.29	100	9.8%	0.9	11231	5.5	118.8	13	2.5%	0.3%	17.4%	0.75	79.0%
6	伊朗	0.95	100	11.9%	18.1	3698	30	420	4	3.3%	6.5%	11.0%	0.52	28.9%
7	印度 尼西亚	0.25	99.2	8.2%	4.6	1134	6	130.8	9	5.3%	20.1%	16.1%	0.73	86.8%
8	越南	0.84	100	6.8%	0.7	2491	18.5	124.2	11	6.6%	43.2%	27.7%	0.52	147.9%
9	泰国	0.81	100	7.2%	7.7	2819	27.9	22.8	16	0.6%	17.9%	17.4%	0.42	7.4%
10	马来西亚	1.10	100	6.8%	8.1	5502	34.4	28.8	9.5	3.6%	18.6%	23.8%	0.65	46.2%
11	阿拉伯联 合酋长国	3.98	100	4.6%	5.1	16157	30	15	8.2	5.1%	15.4%	19.7%	0.40	55.4%
12	巴基斯坦	0.19	94.9	15.8%	2.8	653	20	4898.4	8.5	5.9%	37.5%	10.9%	0.50	8.3%
13	菲律宾	0.23	97.5	9.9%	2.3	869	18.6	214.2	20	3.6%	21.8%	21.4%	0.72	4.4%
14	哈萨 克斯坦	1.33	100	9.0%	8.4	5522	18.1	54.6	5	3.3%	11.0%	17.3%	0.78	47.5%
15	孟加拉国	0.13	99	11.1%	3.3	586	88.9	3000	12	7.4%	1.3%	23.8%	0.63	15.8%
16	以色列	2.36	100	5.4%	8.3	6962	55.3	122.4	19	2.0%	9.9%	34.4%	0.59	34.8%
17	科威特	4.40	100	9.8%	1.8	17109	30	6	14	3.5%	0.2%	27.3%	0.78	39.3%
18	乌兹别克 斯坦	0.49	99.9	15.8%	7.1	1977	9.3	13.2	3.5	6.1%	6.7%	14.1%	0.48	10.4%
19	伊拉克	0.67	100	128.5%	6.5	1274	18.6	6000	7	6.3%	2.3%	16.4%	1.35	0.0%
20	新加坡	2.13	100	1.2%	2.5	9684	20	3.6	19	2.0%	5.3%	24.5%	0.44	47.9%
21	卡塔尔	3.65	100	5.8%	2.9	16319	40	4.2	3	3.5%	0.3%	17.7%	0.46	-0.1%
22	阿曼	1.77	100	10.4%	4.1	7546	40	106.2	3	3.5%	0.6%	12.9%	0.50	76.3%
23	巴林	3.93	100	3.1%	1.7	19445	40	52.8	3	3.8%	0.0%	0.0%	0.45	8.0%
24	阿塞拜疆	0.75	100	9.4%	8.6	2320	4.6	57.6	5	2.8%	6.4%	15.2%	0.50	19.5%
25	缅甸	0.12	72.5	23.2%	5.1	276	50	1816.8	10	-1.6%	49.4%	7.8%	0.37	9.0%
26	约旦	0.61	99.9	12.2%	2.4	1757	3.8	142.8	9	0.9%	22.9%	28.4%	0.40	29.7%

续表

序号	全球	人均发电 装机 (千瓦)	电力 普及率 (%)	电网损耗	人均输 配线路 长度 (米)	人均用 电量 (千瓦时/年)	接电 时间 (天)	户均停电 时间 (分钟)	平均 电价 (美分)	人均 用电量 增速	清洁能源 发电量 比重	电能占 终端能源 比重	电力碳排放 强度(千克/ 千瓦时)	新能源 发电量 增速
27	斯里兰卡	0.23	100	15.6%	1.4	469	42.4	240	10	-5.9%	52.6%	13.8%	0.52	23.0%
28	吉尔吉斯 斯坦	0.67	99.7	20.3%	2.9	2034	24.4	714	8	3.5%	85.9%	31.9%	0.13	0.0%
29	柬埔寨	0.19	82.5	12.5%	1.3	637	7.9	1246.8	20	9.6%	50.8%	13.5%	0.38	63.9%
30	尼泊尔	0.08	89.9	18.6%	1.5	305	21.3	3000	10	10.3%	100.0%	5.0%	0.00	11.6%
31	蒙古	0.49	100	12.0%	6.7	2607	17.8	3720	6	4.9%	11.1%	15.2%	0.77	36.9%
32	老挝	1.63	100	38.2%	3.9	1177	14.7	237.6	7	14.9%	73.0%	25.2%	1.33	44.8%
33	格鲁吉亚	1.05	100	6.5%	7.7	3520	20.9	281.4	9.9	4.1%	76.2%	23.0%	0.11	-0.2%
34	塔吉克斯坦	0.63	99.6	30.7%	10.0	1512	8.9	130.2	4.1	0.6%	89.3%	38.5%	0.14	0.0%
35	俄罗斯	2.08	100	9.3%	25.6	7087	8.1	10.92	9	1.4%	39.7%	12.8%	0.38	50.7%
36	德国	3.15	100	5.2%	21.0	6111	30.3	15	40	-1.7%	51.1%	18.9%	0.41	4.9%
37	法国	2.20	100	8.5%	20.7	6302	40	21	28	-1.4%	87.9%	24.7%	0.07	11.2%
38	土耳其	1.24	100	10.9%	14.9	3355	6.9	2681.4	17	1.6%	41.8%	21.1%	0.47	19.4%
39	英国	1.64	100	9.1%	22.3	4254	30	16.8	40	-1.9%	58.5%	20.6%	0.21	9.1%
40	意大利	2.04	100	6.3%	23.9	4939	10.2	78	33	-0.8%	36.3%	21.3%	0.30	2.7%
41	西班牙	2.49	100	11.2%	26.2	4908	32.1	30.6	28	-1.6%	62.2%	23.7%	0.24	8.8%
42	波兰	1.55	100	5.5%	12.4	4128	24.3	67.8	18	-0.6%	21.6%	15.6%	0.75	12.5%
43	乌克兰	1.54	100	11.1%	12.6	2623	51.5	162.6	8	-5.2%	67.4%	20.8%	0.29	31.1%
44	瑞典	5.10	100	8.4%	25.8	12578	17.5	36.6	10	-0.5%	99.0%	33.4%	0.01	14.0%
45	挪威	7.55	100	7.3%	49.0	22709	40	90	12	-0.4%	99.5%	47.5%	0.01	39.4%
46	荷兰	3.19	100	4.3%	11.7	6226	59.6	46.8	28	-0.3%	44.7%	16.5%	0.34	24.9%
47	比利时	2.29	100	4.2%	13.7	6948	76.6	24.6	34	-1.6%	71.0%	17.3%	0.15	14.2%
48	芬兰	4.45	100	3.8%	92.6	14367	32.4	12	20	-0.9%	90.1%	27.7%	0.07	20.3%
49	奥地利	3.35	100	5.0%	24.7	7322	22.8	37.8	27	-1.0%	74.9%	19.7%	0.11	5.2%
50	捷克	2.04	100	5.5%	15.9	5775	151.5	28.8	19	-0.7%	51.6%	18.5%	0.54	2.3%
51	瑞士	2.75	100	8.2%	15.7	6557	15	12	22	0.3%	99.1%	27.6%	0.00	16.8%
52	罗马尼亚	1.00	100	12.5%	19.1	2608	32.8	184.8	20	-1.2%	60.9%	15.1%	0.30	-1.1%
53	葡萄牙	2.31	100	9.0%	25.7	4976	10.4	32.4	22	0.4%	57.9%	25.1%	0.18	4.7%
54	希腊	2.09	100	11.3%	15.7	4419	11.6	94.2	25	-4.1%	46.6%	10.2%	0.33	13.6%
55	匈牙利	1.24	100	6.5%	21.2	4452	144.2	153.6	17	1.0%	66.9%	17.1%	0.15	36.8%

续表

序号	全球	人均发电 装机 (千瓦)	电力 普及率 (%)	电网损耗	人均输 配线路 长度 (米)	人均用 电量 (千瓦 时/年)	接电 时间 (天)	户均停电 时间 (分钟)	平均 电价 (美分)	人均 用电量 增速	清洁能源 发电量 比重	电能占 终端能源 比重	电力碳排放 强度(千克/ 千瓦时)	新能源 发电量 增速
56	丹麦	3.35	100	5.9%	30.4	5700	35.3	30	24	-0.1%	88.8%	20.3%	0.09	6.4%
57	白俄罗斯	1.22	100	7.6%	29.3	3755	21.4	30.6	8	0.7%	15.5%	14.6%	0.44	14.3%
58	保加利亚	1.75	99.8	7.4%	18.4	5139	24.8	369	17	0.3%	51.4%	25.3%	0.62	3.8%
59	塞尔维亚	1.17	100	14.7%	22.6	4440	113.6	231	12	-0.9%	31.2%	25.3%	0.67	73.3%
60	爱尔兰	2.26	100	8.0%	36.9	6027	49.3	48	28	2.2%	41.8%	22.6%	0.34	9.9%
61	斯洛伐克	1.47	100	4.7%	10.3	4841	21.5	52.8	20	-1.1%	82.2%	18.7%	0.12	5.0%
62	冰岛	8.56	100	2.9%	64.1	54975	55	37.8	12	0.9%	100.0%	50.6%	0.00	0.0%
63	克罗地亚	1.35	100	10.1%	20.5	4272	20.9	198	18	0.6%	63.6%	19.5%	0.18	13.9%
64	斯洛文尼亚	2.09	100	6.4%	14.0	6319	56.9	7.8	19	-1.6%	73.3%	23.8%	0.22	13.4%
65	美国	3.61	100	5.0%	34.9	12397	45	76.8	17	1.2%	40.5%	21.4%	0.37	14.0%
66	加拿大	4.17	100	6.1%	40.9	14514	40	58.8	14.3	0.1%	82.8%	23.6%	0.13	4.8%
67	墨西哥	0.80	100	13.2%	11.3	2277	17.1	35.046	11	1.3%	25.0%	25.7%	0.50	23.8%
68	巴西	1.02	99.5	17.8%	9.4	2695	27.7	398.4	16	1.8%	90.1%	20.4%	0.06	20.3%
69	阿根廷	1.01	100	23.3%	19.8	2763	53.5	270.6	10	-0.8%	34.7%	19.0%	0.40	93.6%
70	智利	1.83	100	5.0%	9.4	4442	21.1	174	16	3.0%	56.6%	23.9%	0.33	25.9%
71	哥伦比亚	0.37	100	5.8%	7.2	1569	59.6	270	15	2.1%	71.9%	19.2%	0.18	86.1%
72	委内瑞拉	1.23	100	49.1%	6.9	2006	13.9	1200	8	-4.2%	77.7%	38.9%	0.21	0.5%
73	秘鲁	0.44	95.6	13.4%	2.6	1458	79	383.4	15	1.5%	61.4%	22.3%	0.20	14.1%
74	厄瓜多尔	0.45	100	17.3%	7.4	1497	18.1	127.2	10	2.8%	81.0%	18.7%	0.21	-1.5%
75	波多黎各	1.99	100	6.8%	14.2	5468	40	861	21	3.3%	2.6%	0.0%	0.90	7.3%
76	古巴	0.68	100	25.3%	3.7	1292	60	900	5	-3.5%	4.6%	21.8%	1.21	23.8%
77	多米尼加共和国	0.49	100	12.8%	4.0	1683	16.7	34.8	13.5	2.7%	14.2%	21.7%	0.73	28.8%
78	乌拉圭	1.54	100	10.8%	14.0	3384	34.2	600	14	1.1%	90.9%	20.1%	0.12	5.5%
79	哥斯达黎加	0.69	100	10.7%	9.3	1976	39	32.4	15	1.1%	100.0%	23.4%	0.00	1.7%
80	巴拿马	1.03	95.3	11.3%	4.2	2691	1.8	469.2	19	4.6%	78.2%	26.8%	0.17	12.8%
81	玻利维亚	0.34	98.6	9.0%	12.7	865	30	477.6	19	3.9%	35.0%	8.4%	0.32	64.4%
82	南非	1.01	89.3	12.6%	10.0	3197	11.9	1831.8	10	-2.0%	12.2%	27.0%	0.95	12.4%
83	埃及	0.55	100	21.3%	3.2	1655	76.9	119.4	6	1.7%	11.5%	22.8%	0.53	30.6%

续表

序号	全球	人均发电 装机 (千瓦)	电力 普及率 (%)	电网损耗	人均输 配线路 长度 (米)	人均用 电量 (千瓦 时/年)	接电 时间 (天)	户均停电 时间 (分钟)	平均 电价 (美分)	人均 用电量 增速	清洁能源 发电量 比重	电能占 终端能源 比重	电力碳排放 强度(千克/ 千瓦时)	新能源 发电量 增速
84	阿尔及利亚	0.48	99.8	11.9%	6.7	1732	49.1	254.4	10	3.7%	0.8%	12.9%	0.49	3.0%
85	摩洛哥	0.37	100	20.9%	5.3	912	9.8	29.4	10	2.2%	17.9%	17.6%	0.91	14.5%
86	利比亚	1.44	70.2	26.2%	7.5	3380	70	1200	1	-1.7%	0.0%	17.4%	0.76	2.4%
87	尼日利亚	0.06	59.5	17.1%	2.5	150	9.4	3600	4	2.9%	21.7%	1.7%	0.40	12.6%
88	加纳	0.16	86.3	8.5%	5.6	571	44.7	3356.4	12	8.8%	34.0%	16.4%	0.36	36.4%
89	突尼斯	0.54	99.9	24.8%	3.3	1615	128.3	152.4	7	2.5%	3.1%	18.0%	0.47	2.0%
90	安哥拉	0.20	48.2	13.0%	4.3	402	7.7	767.4	4	9.3%	75.0%	10.5%	0.23	0.7%
91	赞比亚	0.19	46.7	16.0%	0.7	748	61.7	3073.2	8	3.5%	88.9%	12.0%	0.14	272.3%
92	埃塞俄比亚	0.05	54.2	29.8%	1.5	85	194.3	12000	4	3.9%	100.0%	2.2%	0.00	2.5%
93	肯尼亚	0.06	76.5	30.6%	1.2	150	78.9	720	4	1.1%	92.0%	5.1%	0.11	79.9%
94	科特迪瓦	0.08	71.1	20.3%	0.6	308	39.8	865.2	16	5.7%	31.1%	9.6%	0.38	20.8%
95	坦桑尼亚	0.03	42.7	15.6%	1.0	124	52.6	1254	9	5.6%	32.6%	2.7%	0.34	3.3%
96	喀麦隆	0.06	65.4	28.7%	1.2	205	16.2	6000	15	0.0%	62.4%	6.3%	0.28	5.4%
97	塞内加尔	0.10	68	15.0%	0.6	418	24.8	1042.8	17	9.9%	25.7%	14.4%	0.87	76.9%
98	乌干达	0.05	45.2	27.7%	0.7	84	18.1	3702	16.6	10.3%	99.0%	1.8%	0.02	16.5%
99	澳大利亚	3.93	100	4.6%	38.6	9690	56	60	25	0.1%	34.5%	23.6%	0.56	26.2%
100	新西兰	2.05	100	6.5%	38.1	8179	50	226.2	18	0.3%	86.8%	25.0%	0.07	7.6%