

博鳌亚洲论坛可持续发展的亚洲与世界2024年度报告

Boao Forum for Asia Sustainable Development: Asia and the World

Annual Report 2024



迈向零碳电力时代 推动亚洲绿色发展

Striding Towards Zero-Carbon Electricity Era
and Bolstering Green Development in Asia



对外经济贸易大学出版社
University of International Business and Economics Press

THE 14TH NATIONAL PLAN FOR THE DEVELOPMENT OF ENERGY

Transition to a Low-Carbon Development Pathway

2016-2020



迈向零碳电力时代，推动亚洲绿色发展

Building Towards Zero-Carbon Electricity Era
and Promoting Green Development in Asia



REPUBLIC OF INDONESIA

图书在版编目 (CIP) 数据

博鳌亚洲论坛可持续发展的亚洲与世界 2024 年度报告：
迈向零碳电力时代 推动亚洲绿色发展. —北京：对外
经济贸易大学出版社，2024.3

ISBN 978-7-5663-2593-8

I. ①博… II. III. ①经济发展—研究报告—亚洲—
2024②绿色经济—经济发展—研究报告—亚洲—2024
IV. ①F130.4

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2024) 第 036647 号

博鳌亚洲论坛可持续发展的亚洲与世界 2024 年度报告
——迈向零碳电力时代 推动亚洲绿色发展

责任编辑：高 卓

出版发行：对外经济贸易大学出版社
社 址：北京市朝阳区惠新东街 10 号
网 址：www.uibep.com
资源网址：www.uibepresources.com

邮政编码：100029
邮购电话：010-64492338
发行部电话：010-64492342
E-mail: uibep@126.com

成品尺寸：215mm×278mm
印 张：8.75
字 数：235 千字
ISBN 978-7-5663-2593-8

印 刷：北京博海升彩色印刷有限公司
版 次：2024 年 3 月北京第 1 版
印 次：2024 年 3 月第 1 次印刷
定 价：200.00 元

中国电力企业联合会规划发展部主任 张琳

多元化的亚洲电力面临着绿色转型的共同挑战，技术和市场的双轮驱动是实现亚洲绿色转型的关键路径，本报告为凝聚亚洲电力绿色发展共识提供了支持。将绿色发展与更加雄心勃勃的国家自主承诺结合起来，是亚洲国家未来的发展机遇。建立更为广泛的绿色能源合作是必要的，为应对气候变化共识下促进亚洲绿色发展将创造更多电力国际合作新机遇。

中国国际金融股份有限公司首席经济学家、研究部负责人、中金研究院院长 彭文生

实现碳中和需要在经济活动中降低绿色溢价，即降低清洁能源成本，提高化石能源成本，其中发展零碳电力体系是降低绿色溢价的关键。亚洲国家大多为发展中国家，建设零碳电力体系相较于发达国家面临着更大挑战。本报告以电力市场、碳市场、绿电和绿证交易等机制为切入点，系统梳理了亚洲国家零碳电力体系建设的现状与挑战，并针对性地提出了加强亚洲国家合作的政策建议。报告提及的亚洲国家最佳实践案例亦可为亚洲各国持续推动零碳电力建设提供宝贵经验。

德勤亚太理事会理事、德勤中国副首席执行官、首席质量与转型官 刘明华

整体来看，本报告不仅高度概括了亚洲绿色电力发展的必要性和巨大潜力，也实事求是地指出了在实现零碳转型过程中必须面对的复杂问题和障碍。通过提出切实可行的行动策略，报告鼓励各方利益相关者共同努力，推动亚洲迈向零碳电力时代。报告主题是“迈向零碳电力时代 推动亚洲绿色发展”，报告不仅总结了亚洲绿色电力的现状、未来趋势，也从电力市场建设、价格机制、商业模式、新技术、多边合作等角度对迈向零碳电力提出见解，让报告对亚洲电力行业的转型和全球能源格局的转变更具实践参考价值。此外，报告在全面覆盖的基础上体现区域差异和共性，并且从宏观和微观上都有深入探讨，力求为亚洲乃至全球的绿色电力发展探索出更加可行和可持续的模式。

全球绿色增长研究所全球可再生能源部门负责人/副总监 Nishant Bhardwaj

本报告对电力行业在实现碳中和目标中的重要性进行深入分析，提出重要见解。报告重点介绍了近期在亚洲区域内的政策、市场趋势以及对绿色能源转型的未来展望。亚洲区域是电力需求快速增长和清洁能源加速部署的地区。报告强调了电力行业转型中价格信号的关键作用，并且通过该地区关键国家的例子来突出该地区绿色转型的多样性、挑战和机遇。报告巧妙地将国际合作在促进亚洲实现碳中和转型中的作用与技术细节结合在一起，融入了绿色投资和融资合作机制；并探讨了创造有利环境、增强项目准备能力和风险评估能力、利用风险管理工具、混合融资工具以及其他创新金融工具，并与金融机构紧密合作等关键解决方案。

全球能源互联网发展合作组织高级研究员 宋福龙

当前亚洲能源绿色低碳转型面临能源安全保供压力激增、零碳经济增长动力不足、极端天气事件频发等新挑战，随着亚洲各国积极应对气候变化并制定净零排放目标，可再生能源开发利用以及电网互联已成为推动亚洲地区可持续发展的关键。本报告深入探讨区域电力互联和低碳转型关键问题，分享亚洲地区能源电力清洁发展的最佳实践案例。未来，亚洲地区将通过电力互联互通实现清洁能源资源大范围共享，促进相关产业发展和区域合作共赢，有效应对气候变化和生态环境保护。

序 言

2023 年已成为有记录以来最暖的一年。全球变暖导致的冰川融化、海平面上升、能源价格危机和物种灭绝的风险进一步加剧。2023 年年底结束的第 28 届联合国气候变化大会（COP28）根据《巴黎协定》对世界应对气候变化努力进行首次“全球盘点”。盘点结果表明，要实现将全球变暖控制在 1.5℃ 以内的目标，当前所有气候行动领域的进程都过于缓慢。COP28 达成了“阿联酋共识”，缔约方最终通过了“争取到 2030 年在全球范围内实现可再生能源装机规模增加两倍，能源效率增加 1 倍”的目标。COP28 开启了全球各国加速脱离化石能源、实现能源转型的新阶段。

能源转型是促进亚洲拥抱绿色产业革命，实现绿色发展的关键所在。可再生能源利用、能效提升、终端消费电气化、零碳发电技术、储能、氢能和数字化等新质生产力的出现，将在生产、运输、销售、消费等领域催生一批崭新的行业和创造可观的就业机会。根据联合国贸易和发展会议近期的预测，到 2030 年，电动汽车、太阳能、风能、绿色氢能和其他十几种绿色技术的全球市场规模将达到 2.1 万亿美元，是目前市场总规模的 5 倍。国际劳工组织和国际可再生能源署 2023 年联合发布的报告显示，可再生能源领域在过去十年创造的就业岗位几乎翻番，2022 年全球可再生能源领域的就业人数达到 1,370 万。特别值得注意的是，中国可再生能源领域的就业人数占全球可再生能源领域就业人数的 41%。占比较高的国家还包括巴西、欧盟国家、印度和美国。这些国家拥有全球大多数的装机容量，在设备制造、工程和相关服务方面发挥着关键作用。

零碳电力系统是应对气候变化的基石。未来，终端用能电气化和电力生产零碳化是能源转型的必由之路。向零碳电力转型需要政策支持、市场机制设计和包括行业、地方、企业和个人在内的全社会共同参与。政策制定者需要在保证电力供应、兼顾社会公平和实现可持续转型之间找到平衡。市场化的电价机制可以为零碳电力转

型提供重要的推动力，将有力促进可再生能源的投资、建设和消纳。在市场机制下催生出的商业模式将是激励技术应用的重要手段，需要设计、建立一系列支撑可再生能源应用的商业模式，为相关新技术带来收入来源。许多亚洲国家已经积累了丰富的经验。

亚洲发展任务艰巨，能源需求大，打造零碳电力系统的潜力也巨大。亚洲拥有丰富的可再生能源和工业原料及先进的生产技术和有力的制造能力。2023年，中国电动汽车、锂电池和太阳能电池“新三样”产品合计出口1.06万亿元，首次突破万亿元大关。近五年，中国、印度、日本等亚洲国家在全球清洁能源投资中排名靠前，成为全球清洁能源投资的加速器。不过，也需要看到，亚洲众多的发展中国家亟待大规模的绿色技术和低碳产业投入，这一点在电力系统零碳转型上表现得十分突出。

为应对全球气候变化，全面了解亚洲电力系统现状、电力市场发展，分析亚洲零碳电力系统建设的问题和挑战，并为建立零碳电力系统可能的路径和助力加速全球绿色低碳转型提出建议，博鳌亚洲论坛研究院联合中国电力企业联合会、新开发银行和德勤中国推出《博鳌亚洲论坛可持续发展的亚洲与世界 2024 年度报告——迈向零碳电力时代 推动亚洲绿色发展》，这也是“可持续发展的亚洲与世界”系列旗舰报告的第四期。面对气候变化挑战，人类命运与共，盼望本报告能够帮助读者更深入地了解亚洲电力系统转型的重点和前景，为促进亚洲绿色发展，应对全球气候变化共同行动。

博鳌亚洲论坛秘书长



致 谢

《博鳌亚洲论坛可持续发展的亚洲与世界 2024 年度报告——迈向零碳电力时代 推动亚洲绿色发展》由博鳌亚洲论坛研究院邀请中国电力企业联合会（CEC）、新开发银行（NDB）和德勤中国（Deloitte China）共同撰写，全球绿色增长研究所（GGGI）和中金研究院也提供了宝贵支持。报告的出品体现了各合作机构致力于推动亚洲零碳电力转型，实现绿色可持续发展的坚定承诺。

博鳌亚洲论坛副理事长周小川和秘书长李保东在本报告的撰写过程中对报告给予了悉心的指导。我们很荣幸邀请到六位中外绿色发展领域的专家学者，他们从报告立项之日起对报告的写作进行了全程指导。他们分别是：中国电力企业联合会规划发展部主任张琳、世界资源研究所北京代表处首席代表方莉，澳大利亚中国工商业委员会南澳分会会长孔晓安（Sean Keenihan），全球绿色增长研究所全球可再生能源部门负责人/副总监 Nishant Bhardwaj，德勤中国副首席执行官、首席质量和转型官刘明华，中金研究院执行总经理陈济。特别感谢 Nishant Bhardwaj 和陈济具体指导了报告的修改。专家们提供的宝贵意见和建议是本报告质量的重要保证。

报告作者团队展现了高度的责任感、专业性、高效的沟通与密切的协作。写作团队成员包括：博鳌亚洲论坛研究院曹莉（牵头人，研究院副院长）、刘琰博士、王兆玉；中国电力企业联合会高长征博士（牵头人，中国电力企业联合会电力发展研究院院长助理）、韩超、魏玲博士、赵名锐、郭永成、张正中、梁浩、刘禹含；新开发银行 Alessandro Golombiewski Teixeira 博士（牵头人，行长高级顾问）、徐兵博士、张驰博士、林艳钧博士、Shreyans Bhaskar 和外部作者李新星；德勤中国李晓晨（可持续发展主管合伙人）、陈岚（研究合伙人）、屈倩如。在此特别感谢中金研究院郑宽博士对报告写作做出的贡献、博鳌亚洲论坛研究院朱容立对

报告翻译和校对给予的帮助。在本书付梓之际，我们再次对报告合作机构的领导、专家团队、写作团队以及为协助报告完成提供无私帮助的同事表示衷心感谢！

免责声明：

本报告中提出的观点均为作者本人观点，不一定代表作者所在机构。

缩 略 语

ADB	亚洲开发银行
AIIB	亚洲基础设施投资银行
APAEC	东盟能源合作行动计划
APG	东盟电网
APX TIGR	全球可再生能源交易工具
ASEAN	东盟
BERC	孟加拉国能源管理委员会
BIMSTEC	环孟加拉湾多领域经济技术合作倡议
BRIGC	“一带一路”绿色发展国际联盟
CAREC	中亚区域经济合作
CBAM	碳边境调节机制
CBI	气候债券倡议
CCER	国家核证自愿减排量
CCUS	碳捕集、利用与封存
CGE	计算一般均衡
CIF	气候投资基金
COP26	第 26 届联合国气候变化大会
COP28	第 28 届联合国气候变化大会
CORSIA	国际航空碳抵消和减排计划
CRMs	容量收入机制
CTF	清洁技术基金
CTMs	煤炭过渡机制
DAC	直接大气碳捕获
DACS	直接大气碳捕获和利用
DICE	动态综合气候—经济
EBRD	欧洲复兴开发银行
EU ETS	欧盟碳排放交易体系
GCF	绿色气候基金
GEC	绿色电力证书
GEF	全球环境基金
GGGI	全球绿色增长研究所
GIFP	绿色发展投融资合作伙伴关系

GIH	全球基础设施中心
GIP	绿色投资原则
GO	欧盟来源担保证书
ICAO	国际民用航空组织
ICVCM	自愿碳市场诚信委员会
IEA	国际能源署
IETA	国际排放贸易协会
IFC	国际金融公司
IoT	物联网
I-REC	国际可再生能源证书
IRENA	国际可再生能源署
ISGF	印度智能电网联盟
ISPF	国际可持续金融平台
ITMO	国际转移缓解成果转让
JETP	公平能源转型伙伴关系
KEPCO	韩国电力公司
LCA	生命周期评估
LTM-PIP	老挝—泰国—马来西亚电力一体化项目
LTMS-PIP	老挝—泰国—马来西亚—新加坡电力一体化项目
MCDF	多边开发融资合作中心
MIGA	多边投资担保机构
NDB	新开发银行
NETA	新电力交易规则
NFVs	国家融资工具
OECD	经济合作与发展组织
OSOWOG	“一太阳、一世界、一网”倡议
PBR	基于业绩的管制
PCREEE	太平洋可再生能源和能效中心
PFAN-Asia	亚洲私人融资咨询网络
PPA	购电协议
PRG	部分风险担保
PRI	负责任投资原则

RE	可再生能源
REC	可再生能源证书
RoR	回报率管制
SAARC	南亚区域合作联盟
SBN	可持续银行网络
SBTi	科学碳目标倡议
SCC	碳社会成本
SDM	可持续发展机制
UNGC	联合国全球契约组织
USAID	美国国际开发署
V2G	车网互动
VCMi	自愿碳市场诚信倡议
VPP	虚拟电厂
VRE	波动性可再生能源
WMO	世界气象组织
WRI	世界资源研究所
WWF	世界自然基金会

C 目录 Contents

导言	001
第 1 章 亚洲电力转型的现状与挑战	007
1.1 亚洲电力转型的现状	007
1.2 亚洲电力转型的挑战	024
第 2 章 电力市场和价格机制对亚洲电力转型的作用	033
2.1 亚洲电力市场与价格	033
2.2 碳价与绿电环境价值	038
2.3 合理的电价结构和形成机制	043
2.4 亚洲电价机制的问题、挑战与改进建议	049
第 3 章 亚洲零碳电力未来展望	051
3.1 供给端	051
3.2 需求端	059
3.3 技术赋能绿电展望	065
第 4 章 迈向零碳电力时代的亚洲合作机制建设	073
4.1 绿色产业对话交流机制	073
4.2 产业技术合作机制	075
4.3 亚洲能源领域绿色投融资合作机制	080
4.4 碳市场联通机制	093

附录 零碳电力关键技术发展及在亚洲的应用 103

附 1 非化石能源高效开发利用技术 103

附 2 提高资源配置能力和保障电网安全稳定技术 106

附 3 提高终端用能电气化和电能替代技术 110

附 4 电力系统数智化技术 111

附 5 电—碳市场的建设与协同技术 114

参考文献 117

表目录

List of Tables

表 1-1	2020 年亚洲与世界各行业碳排放量与亚洲占比	007
表 1-2	欧美碳关税机制主要差异	031
表 2-1	煤电碳成本占电价比例	039
表 2-2	隐性碳价计算	041
表 2-3	常见的输配电价管制方式	045
表 4-1	各国符合标准的 CDM 项目数量前十排名	094
表 4-2	各国已提出过渡申请的项目数量前十排名	095
表 4-3	亚洲主要碳排放权市场	096
表 4-4	亚洲主要自愿碳市场	098

图目录

List of Figures

图 0-1	1990—2020 年全球二氧化碳排放结构·····	001
图 0-2	2019—2023 年部分国家和地区清洁能源投资年均增长情况·····	002
图 0-3	系统成本随新能源电量渗透率变化的拟合曲线·····	003
图 0-4	部分国家及地区可再生能源渗透率现状·····	004
图 0-5	可再生能源渗透率的提高对市场化机制提出更高要求·····	004
图 1-1	亚洲与世界各行业碳排放占比·····	008
图 1-2	1990—2025 年全球用电需求量统计及预测·····	010
图 1-3	2013—2022 年世界及亚洲等地区用电量·····	011
图 1-4	2013—2022 年世界及亚洲等地区用电量年增长率·····	011
图 1-5	2013—2022 年亚洲等地区用电量占全球比例·····	012
图 1-6	2012—2021 年亚洲用电量及年增长率·····	012
图 1-7	2012 年和 2021 年南亚、西亚和东北亚用电量占亚洲比例·····	013
图 1-8	2012—2021 年亚洲及各大区用电量年均增长率·····	013
图 1-9	2012—2021 年东北亚国家用电量占比·····	014
图 1-10	2021 年中国与日本主要行业用电量占比对比·····	014
图 1-11	2012—2021 年中国分行业用电量占比·····	014
图 1-12	2012—2021 年东南亚主要国家用电量占比·····	015
图 1-13	2022 年越南分行业用电量占比·····	015
图 1-14	2013—2022 年亚洲电源装机结构变化趋势·····	016
图 1-15	2022 年亚洲各区域电源装机比重·····	017
图 1-16	2013—2022 年亚洲各区域电源装机结构变化趋势·····	017
图 1-17	2013—2022 年印度电源装机结构变化趋势·····	018
图 1-18	2013—2022 年中国电源装机结构变化趋势·····	019
图 1-19	印度尼西亚煤电退役计划·····	028
图 1-20	2021 年印度尼西亚可再生能源潜力与装机容量·····	029
图 2-1	2021 年亚洲主要电力进口国家净进口电量·····	035
图 2-2	2021 年亚洲主要电力出口国家净出口电量·····	035
图 2-3	2023 年 6 月亚洲主要国家工业电价水平·····	036
图 2-4	2023 年 6 月亚洲主要国家居民电价水平·····	037
图 2-5	2020—2023 年中国煤炭价格和电价水平·····	037