

推动海外园区低碳发展研究

PROMOTE THE LOW-CARBON DEVELOPMENT OF CHINESE OVERSEAS ZONES

中能世通(北京)投资咨询服务中心
中国能源研究会能效与投资评估专业委员会
二〇二二年十月



中能世通



致谢

特别感谢世界资源研究所（美国）北京代表处支持本报告的编写与出版，感谢苗红、宋婧、袁敏为本报告编写所给予的不懈支持，同时感谢国家发展和改革委员会能源研究所原所长戴彦德、全国能源基础与管理标准化技术委员会原副主任白荣春、联合国工发组织中国南南工业合作中心主任郭力、中国银保监会政策研究局二级巡视员李晓文、商务部研究院“一带一路”经贸合作研究所所长祁欣、华夏银行公司绿色金融中心主任张勇淼等领导及专家为本报告编写提供的多次指导和建议。

中能世通（北京）投资咨询服务中心
中国能源研究会能效与投资评估专业委员会

北京·二〇二二年十月



目录

前言 5

1. 研究背景 7

2. 中国海外园区发展概览 9

 2.1 海外园区边界与分类 9

 2.2 海外园区总体发展状况 10

 2.3 海外园区低碳管理与实践 14

3. 中国海外园区低碳发展目标与潜力 23

 3.1 海外园区低碳发展目标 23

 3.2 海外园区低碳发展途径 24

 3.3 海外园区低碳发展潜力 26

4. 海外园区低碳发展问题和对策 33

 4.1 海外园区低碳发展任重道远 33

 4.2 构建海外园区低碳发展保障体系 34

附件1:海外园区可再生能源开发潜力评估方法 36

附件2:海外园区碳排放情景研究方法 37

参考文献 39



前言

工业革命以来，由于人类活动，化石能源燃烧产生二氧化碳累计达到2.2万亿吨，全球地表平均温度已升高1.1℃。在近半个世纪的时间内，由于自然环境遭到破坏，人畜共患病蔓延，全球生物种群数量平均下降了约三分之二。全球环境变化影响着当代甚至未来数代人的健康和生计，气候变化已成为全球性的非传统安全问题。2020年开年以来，新冠肺炎疫情肆虐全球，打乱了世界各国经济社会发展的常规节奏。人们不得不重新审视人类与自然的关系，评估疫情对人类健康、福祉、基础设施和经济运行等带来的深刻影响，并对世界各国自然、气候和可持续发展问题做出重要决定和共同选择。

事实上，《巴黎协定》确定的绿色低碳发展大趋势不可逆转，应对气候变化在未来全球治理和各国经济社会发展议程中占有重要地位，即便是疫情蔓延，各国仍然在迈出坚实的步伐。截至2020年11月8日，全球已有126个国家和地区提出了无碳未来愿景。其中，22个国家和地区以立法、政策形式确立了碳中和目标。欧盟的“绿色复苏计划”，印度、孟加拉国、越南等国家的可再生能源发展行动，中东油气主产国沙特阿拉伯、阿联酋等国家的大比例可再生能源发展规划，以及众多国家提出的煤炭和煤电退出计划、燃油车淘汰时间表和路线图，无一不展示出各国绿色低碳发展的决心和信心。中国作为世界上最大的发展中国家，也提出了2030年前实现温室气体排放达峰、2060年前实现碳中和的目标，并强化了自主应对气候变化行动目标。

与此同时，中国与相关国家一道，加强在生态环境、生物多样性保护和应对气候变化领域的合作，推动绿色基础设施、绿色投资和绿色金融发展，共同打造绿色“一带一路”。“一带一路”连接多个国家和经济合作组织，是世界跨度最大的经济走廊、能源资源消费区和主要的碳排放源。随着社会经济的不断发展，“一带一路”沿线国家温室气体排放量仍保持快速上升的态势。因此，“一带一路”沿线国家开始寻求经济可持续发展路径，探索科技、能源和产业变革的创新增长方式，避免高碳路径锁定效应和伴生的发展陷阱。作为中国和“一带一路”沿线国家开展产业合作的有效载体，海外园区的绿色、低碳、可持续发展，不仅是园区转型升级、实现高质量发展的内在要求，同时也是东道国减少温室气体排放、应对气候变化的必要途径。以海外园区低碳转型发展为绿色“一带一路”建设的窗口和样板，与

世界分享中国绿色低碳发展的理念与经验，必将极大助益沿线国家实现绿色低碳与发展并重的可持续发展之路。

在“共商、共建、共享”理念下，中国企业建设的海外园区绿色低碳化发展备受瞩目，尤其是在能源资源节约和高效利用、清洁和可再生能源利用、循环发展，以及低碳管理和服

务、绿色制造、低碳创新等低碳发展现状及进展，存在的问题与不足，持续改进的方法和措施等方面。然而，目前国内外相关机构已有的研究尚未给出全面、综合和准确的答案。

为此，在世界资源研究所的支持下，本研究从厘清中国海外园区的发展模式、投资规模、产业布局、投资主体、相关政策，以及园区低碳管理与服务、低碳实践等方面的现状入手，展望未来海外园区低碳发展潜力和投资需求，总结海外园区低碳发展存在的问题，提出相应的、合理化的低碳发展建议，为海外园区的决策者、建设者和运营者，以及入园企业提供有益的参考，助力海外园区实现高质量可持续发展。

在近半年的研究过程中，国家发展和改革委员会能源研究所原所长戴彦德、全国能源基础与管理标准化技术委员会原副主任白荣春、世界资源研究所可持续投资部主任苗红、联合国工业发展组织中国南南工业合作中心主任郭力、中国银行保险监督管理委员会政策研究局二级巡视员李晓文、商务部国际贸易经济合作研究院“一带一路”经贸合作研究所所长祁欣、华夏银行绿色金融中心主任张勇淼等领导

及专家对本研究给予多次指导，并提出了许多宝贵意见。在此，我们一并向他（她）们表示衷心的感谢。

本研究依据系统、客观、科学的原则，注重政策性、理论性、知识性和实用性相结合，力求准确反映中国海外园区低碳发展现状，客观呈现典型案例，建议海外园区低碳化发展因势利导、顺势而为。鉴于时间仓促、水平有限，报告中疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

最后，再一次特别感谢世界资源研究所一直以来对我们及相关的研究给予的大力支持和无私帮助。

课题组
2020年12月

1



研究背景

气候变化目标明确，低碳转型迫在眉睫。2020年暴发的新冠肺炎疫情是一次冲击，也是一个起点。各国竭尽全力希望尽快走出疫情的影响，恢复经济和社会活力，但也认识到“走老路”是行不通的，推动经济复苏和重建，目标应为致力于绿色复苏和“更美好地重建”。截至2020年11月8日，全球已有126个国家和地区提出了无碳未来愿景。其中，22个国家和地区以立法、政策形式确立了碳中和目标，欧盟、日本、韩国等经济体相继宣布要在2050年前后实现“碳中和”，中国也首次提出了“2060碳中和”目标，与“2030碳排放达峰”共同组成“30·60目标”，这意味着到21世纪第三个十年时，绿色可持续经济低碳竞争将成为全球经济发展的主基调。

全球各领域开启绿色低碳转型之路，尤其是能源领域低碳化转型趋势明显。以英国石油公司（BP）为例，2019年该公司公布了通过减少勘探费用推动减排的计划，同时把逐步减产石油和天然气纳入未来规划。BP仅是国际能源公司加快能源转型的一个缩影，壳牌、道达尔、埃克森美孚等国际能源公司都在动态优化能源业务布局，积极布局低碳业务，投资新能源和储能领域，加强低碳技术研发与应用，加快能源转型。与此同时，全球大型煤电开发商也积极投身变革，提高减排标准、扩大减排范围，主动进行能源转型。

同时，全球绿色金融助力可持续发展，国际金融机构正在采取行动强化投资项目的环境和社会风险管理。2013年起，国际金融机构贷款政策开始发生变化，已有管理着32万亿美元资产的100多家全球性金融机构和各国金融机构密集通过了新的能源贷款政策，决定不再对所有化石能源项目提供贷款，而转向投资能效、可再生能源和能源创新领域。2018年，中英机构联合发布了《“一带一路”绿色投资原则》，已有来自全球14个国家和地区的37家签署机构和12家支持机构参与^[1]。金融机构投资政策和管理方式的转型，带动了全球更多资金流向绿色、低碳、循环领域。

进入新时期，中国迈进更高层次的新发展阶段，在环境保护和可持续发展方面的认识全面深化、理念全面升华，把生态文明建设摆在治国理政的突出位置，推动高质

量发展和生态文明建设作为战略选项，低碳和绿色发展成为自身的内在要求。同时，中国在南南合作框架下，投资由快速增长转向高质量发展，2013—2019年，中国企业对外投资存量约2.2万亿美元，向所在国缴纳税费超过1000亿美元^[2]，为发展中国家提供了包括能力建设、物质援助和分享良好实践等方面的支持，有利于推动这些国家的经济发展方式转型，创造新就业岗位和培育经济新增长点。在重塑全球治理的时间节点上，海外园区作为共建“一带一路”的重要抓手，是展示和推广中国经济发展经验的重要窗口，其可持续发展问题备受关注。在各条红线的制约下，园区招商、运营和管理过程已不单纯以盈利为目的，而更多地是要求园区自身和入园企业一起履行社会责任，满足所在国绿色低碳相关发展规划，探索经济增长与绿色低碳发展的最佳路径。

基于此，为全面和系统了解中国海外园区绿色发展的现状，准确判断和把握海外园区未来低碳发展的方向，本研究将从基线研究和潜力研究两方面推进，明确中国海外园区低碳发展整体状况、特征与进程，分析海外园区绿色低碳发展的趋势和投资规模，探索出一条中国深度脱碳的发展路径，从保障经济增长的角度推动海外投资的绿色低碳化。

2



研究背景

2.1 海外园区边界与分类

2.1.1 中国海外园区分类

本研究所称的海外园区是指以中国境内注册的企业为建设主体，在限定区域和地区内合作投资建设形成的基础设施完备、主导产业明确、公共服务功能健全、具有集聚和辐射效应的各类产业集聚区。海外园区主要有六种类型，分别为以轻工、纺织、建材、油气、金属等加工、制造和综合利用为主的**加工制造型园区**；以矿产、森林、油气等资源开发、加工和综合利用为主的**资源利用型园区**；以谷物、经济作物、畜产品等的种植养殖、开发、加工、收购、仓储为主的**农业开发型园区**；以商品展示、运输和物流、仓储（海外仓）、商品集散、配送、信息处理、流通加工为主的**商贸物流型园区**；以轨道交通、汽车、通信、工程机械、船舶和海洋工程等为主的**科技研发型园区**；以及以多元化、综合性发展为方向的**多元综合型园区**（如图1所示）。

通、汽车、通信、工程机械、船舶和海洋工程等为主的**科技研发型园区**；以及以多元化、综合性发展为方向的**多元综合型园区**（如图1所示）。

2.1.2 海外园区遴选原则

目前，中国企业在57个国家共建设海外园区201家。其中，纳入商务部统计范围的园区有113家，分布在46个国家。本研究对201家海外园区进行了筛选，排除停滞、信息不全及单一企业基地的107家园区后，处于运营阶段的海外园区有60家，处于在建阶段的海外园区有28家，处于规划阶段的海外园区有6家，三者合计94家，涉及41个国家（如图2所示）。其中，2.2和2.3小节以处于运营阶段的60家海外园区为研究对象，3.3小节以处于运营、在建和规划阶段的全部94家海外园区为研究对象。

图1 中国海外园区分类

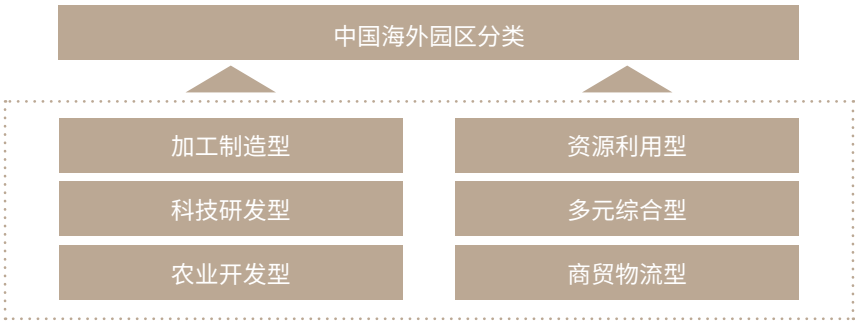


图2 中国海外园区筛选示意图

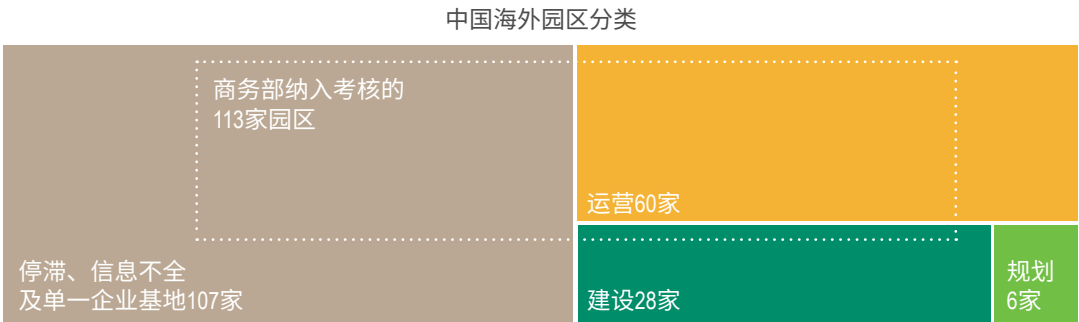


图3 本研究统计的海外运营园区经济发展情况



资料来源：根据商务部、中国贸促会、各省份商务厅（局）相关资料整理。

2.2 海外园区总体发展状况

2.2.1 海外园区经济发展状况

海外园区不仅成为中国企业“走出去”的重要载体和基础平台，也发挥了投资聚集效应和产业辐射作用，在当地形成了一批装备制造、轻工纺织、家用电器制造、资源深加工等产业集群，极大提高了当地的工业化水平、产业配套和出口创汇能力，显著促进了所在国的经济社会发展。截至2019年底，纳入商务部统计范围的海外园区有113家，涉及46个国家，有近5400家企业入驻，累计投资达到419亿美元，总产值达到1580亿美元，上缴所在国税费43.6亿美元，为当地创造了37.6万个就业岗位。

从60家在运营海外园区的发展情况来看，这些园区的总规划面积超过3400平方公里，相当于1.6个毛里求斯的面积，约有4000余家企业入驻，累计投资大约300亿美元，总产值约为1000亿美元。这60家运营园区整体经营状况较好，目前已经有超过70%的园区实现了盈利（如图3所示）。以马来西亚-中国关丹产业园为例，该园区及入驻企业积极聘用当地建筑公司参与项目建设，在咨询顾问、土方工程、变电站工程等多个项目中均聘请当地公司实施，共实现产值147亿美元，可创造税收超过14亿美元，有效带动了当地建材市场及经济的发展^⑨。

2.2.2 海外园区级别及所属省份

60家在运营海外园区中，国家级海外园区共有24家，占40%。其中，经过商务部、财政部考核的国家级园区有20家，

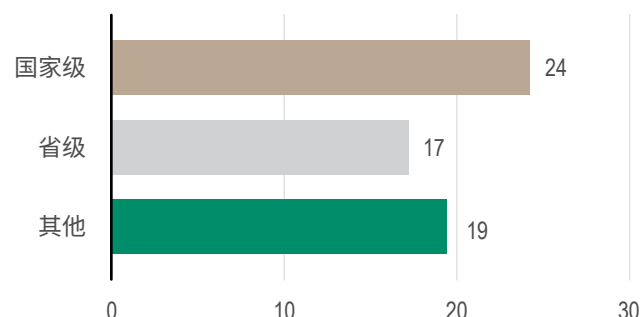
经过原农业部认定的国家级境外农业合作示范区建设试点园区有4家；吉尔吉斯斯坦亚洲之星农业产业合作区分别通过了商务部和原农业部的考核和认定。此外，中白工业园虽然未经商务部考核，但却是国家层面的海外园区，也是中国开发建设的规模最大的海外园区，本研究将其归为国家级海外园区。除国家相关部委外，各省份也根据辖区内企业创建海外园区的具体情况，确定了17家省级海外园区，占运营园区的28.4%（如图4所示）。从各省份创建的海外园区数量来看，由山东省企业创建的海外园区最多，有12家，占20%；其次是江苏省，有6家园区，占10%；北京市、黑龙江省、浙江省均为5家园区。

2.2.3 海外园区建区企业类型

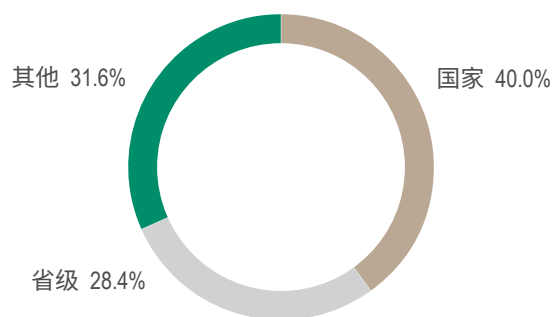
中国“走出去”的企业是海外园区的主导力量，特别是民营企业在海外园区建设与运营过程中发挥了决定性作用，60家在运营园区中，建区企业为民营企业的园区有40家，占2/3（如图5所示）。从时间线来看，2013年之前创建的33家在运营海外园区中，民营企业创建的园区有20家，占61%；2013年及之后创建的27家海外运营园区中，民营企业创建的园区有20家，占74%，明显高于2013年之前。显而易见，随着“一带一路”倡议的提出，海外园区建设不断加速，中国民营企业凭借自身的灵活性与发展活力，逐渐成为创建海外园区的主力军（如图5所示）。无论是国有企业还有民营企业，海外园区的创建者基本上都是中国各个行业经济实力雄厚、管理水平较高、技术设施完备的大中型企业。这些企业通常会以自身擅长的制造行业为依托，在国外投资建设海外园区，在开展海外生产的同时经营海外园区，并不断延伸上下游产业链，在一定程度上形成了以建区企业为主体的园区产业链。

图4 在运营海外园区所属省份分布

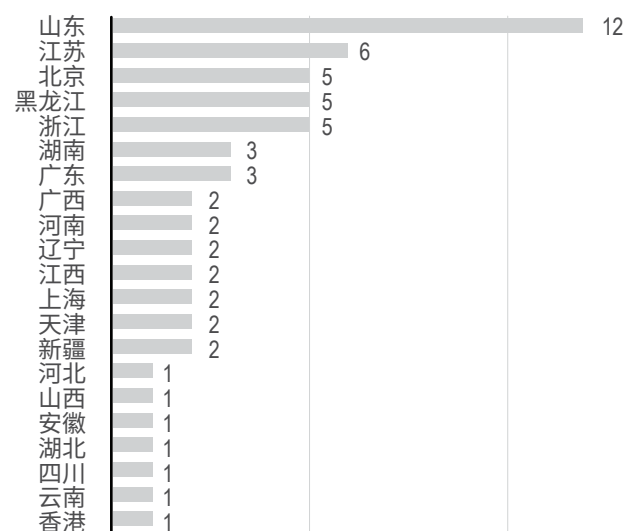
各级别海外园区数量（家）



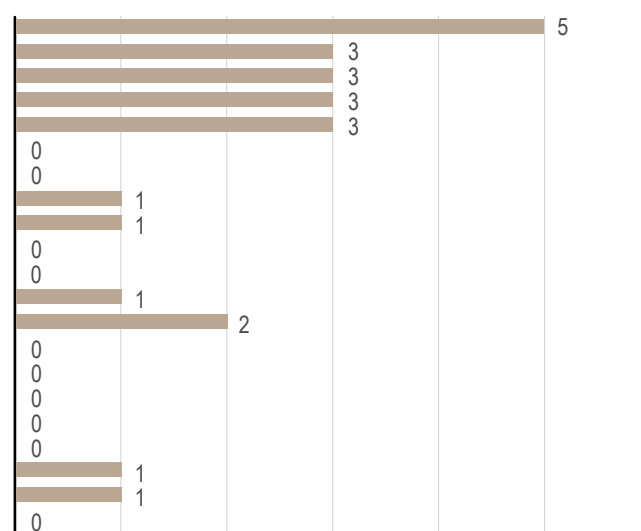
各级别海外园区数量占比



各级别海外园区数量（家）



各级别海外园区数量占比

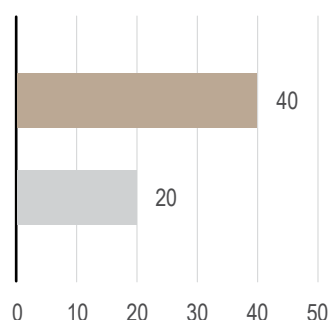


资料来源：根据商务部、中国贸促会、各省份商务厅（局）相关资料整理。

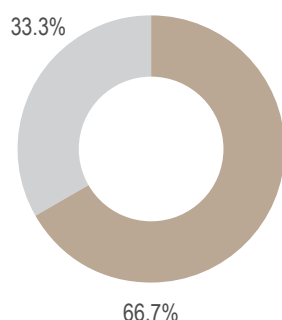
图5 本研究统计的海外运营园区建区企业类型变化趋势

■ 民营企业 ■ 国有企业

海外园区数量（家）

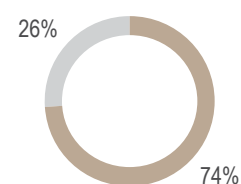


海外园区数量占比

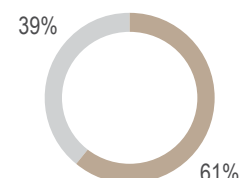


■ 民营企业控股园区（家） ■ 国有企业控股园区（家）

2013年
及之后



2013年
之前



资料来源：根据商务部、中国贸促会、各省份商务厅（局）相关资料整理。

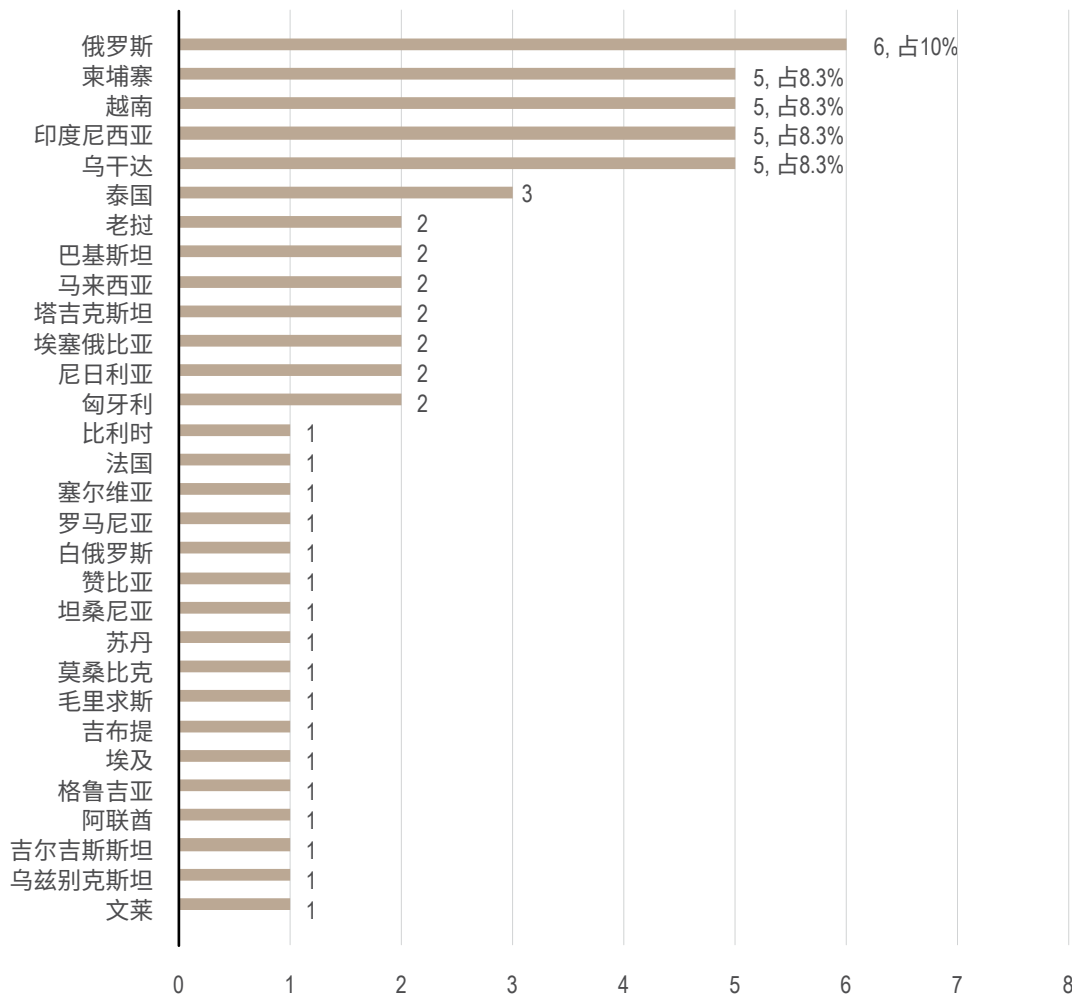
2.2.4 海外园区地区分布

中国海外园区主要分布在发展中国家。其中，位于俄罗斯的海外园区数量最多，有6家，占60家在运营海外园区的10%，是东欧地区海外园区数量最多的国家。其次为柬埔寨、越南、印度尼西亚三个国家，分别有5家海外园区，这三个国家也是东南亚地区海外园区数量最多的国家。此外，非洲的乌干达也分布着5家海外园区，是非洲地区海外园区数量最多的国家。海外园区的地区与国家分布特点，体现了中国企业“走出去”的重要着力点，在一定程度上也反映了中国与其他国家开展国际合作的发展方向（如图6所示）。

2.2.5 海外园区产业类型

中国海外园区的产业结构主要集中在制造业、能源矿产资源和农产品加工业等劳动密集型、资源密集型领域，一定程度上反映了国内的产业结构和所在国的产业需求，很大程度上是一种市场选择（见表1）。虽然加工制造型园区的数量占据绝对优势，但部分园区在实际运营过程中越来越注重与当地城市规划建设的融合，逐渐从以工业为主导的园区向多元综合型园区转变。以中白工业园为例，该园区在大力发展精细化工、电子信息、生物医药、高端制造等先进制造业的同时，逐步完善生活、科研、医疗、旅游度假等功能，建设了生态、宜居、兴业、活力、创新五位一体的国际新城，已成为“一带一路”的标志性项目。

图6 本研究统计的在运营海外园区所在国家分布



资料来源：根据商务部、中国贸促会、各省份商务厅（局）相关资料整理。

表1 24 家国家级海外园区主导产业

序号	园区名称	园区类型	主导产业
1	柬埔寨西哈努克港经济特区	加工制造型	前期以纺织服装、箱包皮具、五金机械、木业制品等为主要发展产业，后期将发挥临港优势，重点引入五金机械、建材家居、汽车配件、精细化工等产业
2	老挝万象赛色塔综合开发区	加工制造型	清洁能源、石油炼化、农畜产品加工、电力产品制造、饲料加工、烟草加工、物流仓储、生物医药、建材生产
3	越南龙江工业园	加工制造型	纺织轻工、机械电子、建材化工等
4	泰国泰中罗勇工业园	加工制造型	汽车、汽配、机械、新能源、电子电气、电子信息、建材五金等
5	中国·印尼经贸合作区	加工制造型	汽车装配、机械制造、家用电器、精细化工及新材料、农产品精深加工等
6	中国印尼综合产业园区青山园区	资源利用型	镍矿开采、镍铁冶炼、不锈钢冶炼、棒线板材加工、钢管制造、精线加工及码头运输、国际贸易等
7	中国·印度尼西亚聚龙农业产业合作区	农业开发型	油棕种植开发、精深加工、收购、仓储物流
8	巴基斯坦海尔·鲁巴经济区	加工制造型	家电、汽车、纺织、建材、化工等
9	乌兹别克斯坦鹏盛工业园	加工制造型	建材、真皮制品、灯具五金、电机、电器、农业机械
10	吉尔吉斯斯坦亚洲之星农业产业合作区	农业开发型	农业种植、畜禽养殖、屠宰加工、饲料加工、物流仓储、农机配件加工
11	中埃·泰达苏伊士经贸合作区	加工制造型	新型建材、纺织服装、高低压电器、石油装备制造、农用机械制造
12	埃塞俄比亚东方工业园	加工制造型	水泥、制鞋、汽车组装、钢材轧制、纺织服装
13	尼日利亚莱基自由贸易区（中尼经贸合作区）	加工制造型	石油天然气仓储、钢结构加工制造、铜管生产、家具制造、服装、汽车装配、贸易物流、工程建设服务
14	中国-苏丹农业合作开发区	农业开发型	种植、农产品加工、仓储、纺织
15	江苏-新阳嘎农工贸现代产业园（坦桑尼亚）	农业开发型	棉花种植、棉籽加工、纺纱织布、农机推广、农技培训、育种榨油、棉饼饲料
16	中乌农业合作产业园	农业开发型	产业园致力于打造“研、种、养、加、贮、贸”全产业链。研发以农业实用技术、良种、农机具为主；种植业以水稻、玉米、小米为主；养殖业以肉牛、家禽为主；加工业以大米、木薯、饲料、牛肉制品为主
17	赞比亚中国经济贸易合作区	加工制造型	有色金属矿冶、现代物流、商贸服务、加工制造、房地产、配套服务和新技术产业
18	俄罗斯乌苏里斯克经贸合作区	加工制造型	轻工、机电（家电、电子）、木业等产业
19	中俄（滨海边疆区）现代农业产业合作区	农业开发型	种植、养殖、农产业加工
20	俄罗斯龙跃林业经贸合作区	资源利用型	森林培育与采伐、林木加工、林产品展销交易、跨境物流运输
21	俄罗斯中俄托木斯克木材工贸合作区	资源利用型	森林抚育采伐、木材深加工、商贸物流、绿色建材和家居
22	中白工业园	科技研发型	电子信息、机械制造、生物医药、精细化工、新材料、仓储物流、电子商务、大数据以及技术研发等
23	中匈宝思德经贸合作区	加工制造型	化工、生物化工、工业气体、能源、机械加工、物流
24	匈牙利中欧商贸物流园	商贸物流型	物流、展会、仓储、集散、信息处理、流通加工

资料来源：根据商务部、原农业部、中国贸促会相关资料整理。

图7 海外园区提供的低碳管理与服务



2.3 海外园区低碳管理与实践

海外园区在运营过程中，以国内政策要求为基本导向，积极响应所在国绿色低碳相关发展规划，并不断完善园区管理制度，采取设立专职部门或岗位、做好绿色低碳规划与设计、建立环境管理体系、充分利用外部专家资源、开展环保政策培训等措施，有效引导园区企业低碳发展，在推动当地经济发展的同时，为所在国绿色低碳发展贡献了自身的力量。

2.3.1 海外园区低碳管理与服务

为了加强海外园区绿色低碳环保方面的工作，部分海外园区指定专门人员或设立专门部门负责推进园区绿色低碳工作，定期对园区企业的绿色低碳情况进行检查，并建立了较为完善的环境管理体系。部分园区将绿色低碳理念纳入园区规划与设计中，从根源上做好绿色低碳工作。有些园区还为园区企业提供最新环保政策解读，并充分利用外部绿色低碳环保等方面的专家资源为园区企业提供指导（如图7所示）。

碳工作，定期对园区企业的绿色低碳情况进行检查，并建立了较为完善的环境管理体系。部分园区将绿色低碳理念纳入园区规划与设计中，从根源上做好绿色低碳工作。有些园区还为园区企业提供最新环保政策解读，并充分利用外部绿色低碳环保等方面的专家资源为园区企业提供指导（如图7所示）。

● 设立专职部门或岗位

包括应对气候变化在内的环境问题是海外园区建设的重要关注点。为了便于开展绿色低碳工作，有些海外园区设立了专职部门或专职人员负责环境方面的工作，部分园区还制定了年度目标，体现出海外园区对环境问题的重视。

中国印尼综合产业园区青山园区

中国印尼综合产业园区青山园区设置了安全环保部，每年召开安全环保部年度工作会议，分析安全环保、绿色低碳等方面存在的问题，制定园区各项的环保目标及指标。同时，为了促进目标的完成，该园区将安全环保目标细分到园区相关工作人员，并举办《安全生产、环境保护目标分解责任书》签订仪式，通过签订责任书，进一步强化责任意识，加强责任人对于安全环保工作的使命感与责任感。



● 做好绿色低碳规划与设计

绿色低碳规划与设计是园区低碳发展的基础。在规划与设计阶段，部分海外园区主动纳入绿色低碳理念，充分考虑园区运营过程中各种绿色低碳发展要求，力争将园区建设为高标准的绿色低碳产业园。

中国-越南（深圳-海防）经贸合作区

中国-越南（深圳-海防）经贸合作区按照打造“一带一路”示范园区的要求，在制定常规规划的基础上，增加了生态系统与整体风貌控制专项规划，突出绿色低碳和可持续发展目标。在景观设施方面，园区在设计中纳入雨水花园、湿地绿道、体育乐园等时尚环保元素，将绿化率设定在30%以上；在产业用房方面，园区设计了标准厂房、办公楼、会议中心等节能建筑，既为入驻企业提供了高标准厂房，也保障了建筑节能的实现；在水资源利用方面，园区设计了雨水净化系统与高标准污水处理厂，充分利用雨水，主动升级污水处理标准，减少了新鲜水的消耗与水污染。园区高起点、高标准的绿色低碳设计已经成为当地产业园区的新标杆。

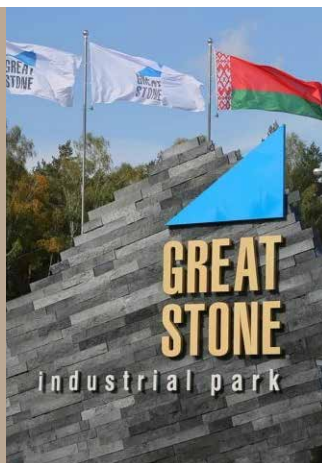


● 建立环境管理体系

绿色低碳规划与设计是园区低碳发展的基础。在规划与设计阶段，部分海外园区主动纳入绿色低碳理念，充分考虑园区运营过程中各种绿色低碳发展要求，力争将园区建设为高标准的绿色低碳产业园。

中白工业园

中白工业园聘请了通过欧盟认可的EMAS环保管理与审核系统公司，对园区进行环保评测和认证。2018年1月18日，中白工业园的开发公司获得了欧盟环境管理与审计计划证书（EMAS），是中白俄罗斯首家获得该证书的企业，充分表明园区已经达到了生态城市的标准。



● 充分利用外部专家资源

绿色低碳工作往往具有较强的专业性，为了更好地开展绿色低碳工作，部分园区充分利用外部专家资源，为园区绿色低碳工作提供指导。

中匈宝思德经贸合作区

中匈宝思德经贸合作区除拥有工程设计团队、施工团队、能源贸易团队之外，还组建了安全卫生环保团队，并作为园区常规职能团队。其中，园区安全卫生环保团队拥有50多位环境、安全、职业卫生等领域的专家，从环境评价到碳排放交易，从欧盟环保法规分析到工业“三废”处理均有匈牙利最高级别的专家支持，可以为园区企业绿色低碳发展提供全方位的智力支撑。



● 开展环保政策培训

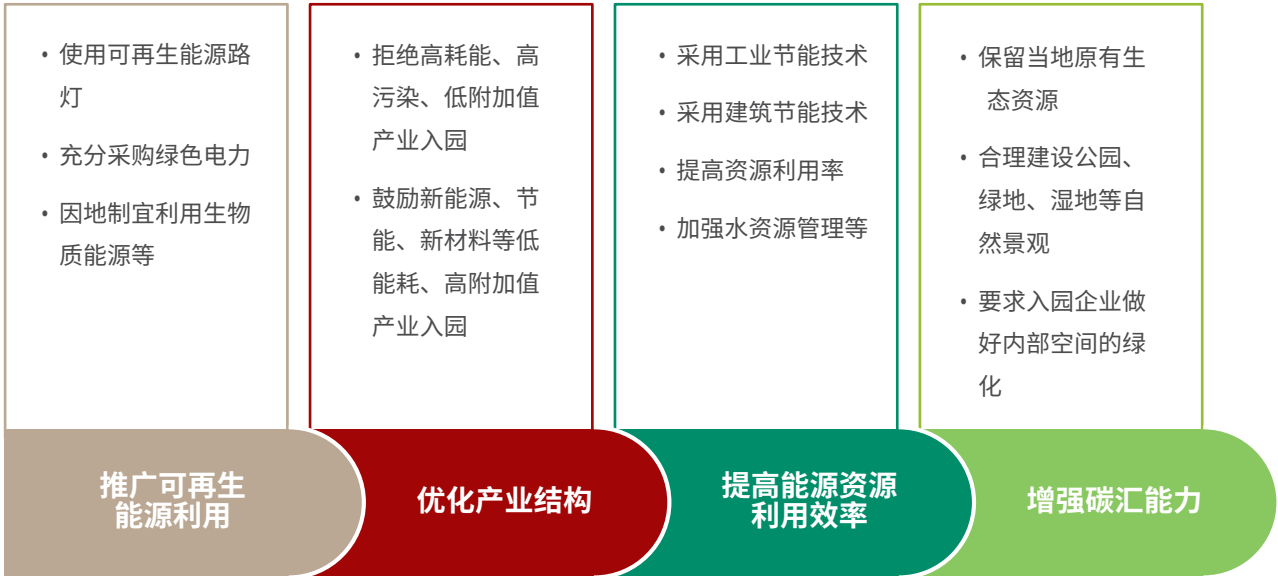
为了使园区企业更好地了解当地低碳环保方面的政策，部分海外园区会不定期总结所在国电力、能源、环保等方面的最新政策与标准，对园区企业开展低碳环保政策方面的培训，解读所在国最新政策要求。

中国印尼综合产业园区青山园区

中国印尼综合产业园区青山园区的安全环保部工作人员集中学习了当地最新的环境法律法规及排放标准，并通过培训、会议等各种方式及时传达给园区企业，使企业能根据最新政策进展调整生产。



图8 海外园区低碳实践



2.3.2 海外园区低碳实践

在不断完善园区管理与服务的基础上，中国海外园区积极践行低碳发展，充分利用园区风能、太阳能、生物质能等可再生能源，不断减少化石能源利用。同时，海外园区将绿色环保作为园区准入门槛，优先引进低碳环保的环境友好型企业，不断优化产业结构。部分海外园区采用工业节能技术和建筑节能技术，加强水资源与废弃资源管理，不断提高园区的能源资源利用效率。此外，海外园区还根据规划布局以及当地绿化要求，合理设计了充足的生态公园与湿地，有效增强了园区的碳汇能力。中国海外园区的低碳实践为园区乃至所在国的温室气体减排与低碳发展提供了参考与借鉴，逐渐成为当地低碳发展的标杆（如图8所示）。

● 推广可再生能源利用

推广可再生能源利用可以有效减少煤、石油、天然气等化石能源的消耗，是减少二氧化碳排放的主要途径之一。部分中国海外园区根据自身风能、太阳能、生物质能等可再生能源禀赋情况，通过使用可再生能源路灯、充分采购绿色电力、因地制宜利用生物质资源等形式推广可再生能源利用，不断提高可再生能源的消费比例，减少了对化石能源的依赖，提高了园区的低碳化水平。

1. 使用可再生能源路灯

虽然单个路灯耗电量并不高，但路灯是园区的基础设施之一，数量较多、照明时间较长，因此路灯的低碳化对园区低碳发展 also 具有重要意义。

中埃·泰达苏伊士经贸合作区

中埃·泰达苏伊士经贸合作区倡导绿色生态理念，强调人与自然和谐相处，园区在二期2平方公里项目内的主干道全部安装了“风能+太阳能”路灯，成为埃及第一家大规模使用绿色能源路灯的园区。可再生能源路灯的使用不仅充分利用了当地的风能和太阳能，同时减少了化石能源使用过程中排放的二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等污染气体，成为海外园区践行绿色低碳发展的典型实践。



2. 充分采购绿色电力

对海外园区来说，电力是最重要的终端能源之一，电力低碳化、无碳化对园区低碳发展具有关键作用。然而，由于土地、风光资源等因素的限制，园区内部建设可再生能源集中电场具有一定难度。因此，部分海外园区转而借助周边资源，通过采购外部可再生能源电力实现园区电力的低碳化和无碳化，助推园区低碳发展。

埃塞俄比亚湖南工业园

埃塞俄比亚湖南工业园是中国省级政府层面在非洲推动建设的首个样板开发区，位于埃塞俄比亚阿达玛市，由埃塞俄比亚工业园开发公司、长沙经济技术开发区管委会、中地海外集团、三一集团组成中埃合资公司进行运营管理。作为园区运营方之一，三一集团不仅入驻园区，同时参与建设了阿达玛市二期风电项目。该风电项目是埃塞俄比亚最大的风电项目，已于2016年6月成功通过验收，项目采用102台由三一集团设计制造的SE7715型风电机组，装机容量达153兆瓦，每年新增供电量4.8亿千瓦时，每年可节约重油12万吨，减排二氧化碳45万吨。埃塞俄比亚湖南工业园凭借紧靠风电场的地理优势，充分采购风力发电，实现了园区100%使用可再生能源电力的目标，有效减少了二氧化碳排放。该园区也成为少有的全部采用可再生能源电力的海外园区之一。

3. 因地制宜利用生物质能源

生物质能也是主要的可再生能源品种之一。农业开发型园区以及周围分布大量农田的园区，往往具有较多的生物质资源。部分海外园区充分利用生物质资源优势，通过建设沼气池、生物质热电联产等途径，将生物质资源转化为电力、热力、沼气等能源形式，提供给园区企业使用，有效减少了园区对化石能源的消耗。

柬埔寨齐鲁经济特区

柬埔寨齐鲁经济特区总规划占地450公顷，以纺织服装、轻工家电、食品加工、五金机械等为主导产业，园区周围分布着大量农田。2018年9月，柬埔寨齐鲁经济特区与广西琦泉能源科技有限公司签署协议，由广西琦泉能源科技有限公司为园区实施生物质热电联产项目。该项目使用最新环保发电技术，将当地农民废弃的生物质资源（如稻壳、树枝、秸秆、玉米芯和木屑等）作为原材料，直接进行燃烧、气化发电。该项目不仅能为园区和周边城镇居民提供清洁电力，同时也能为当地农民增加收入。

● 优化产业结构

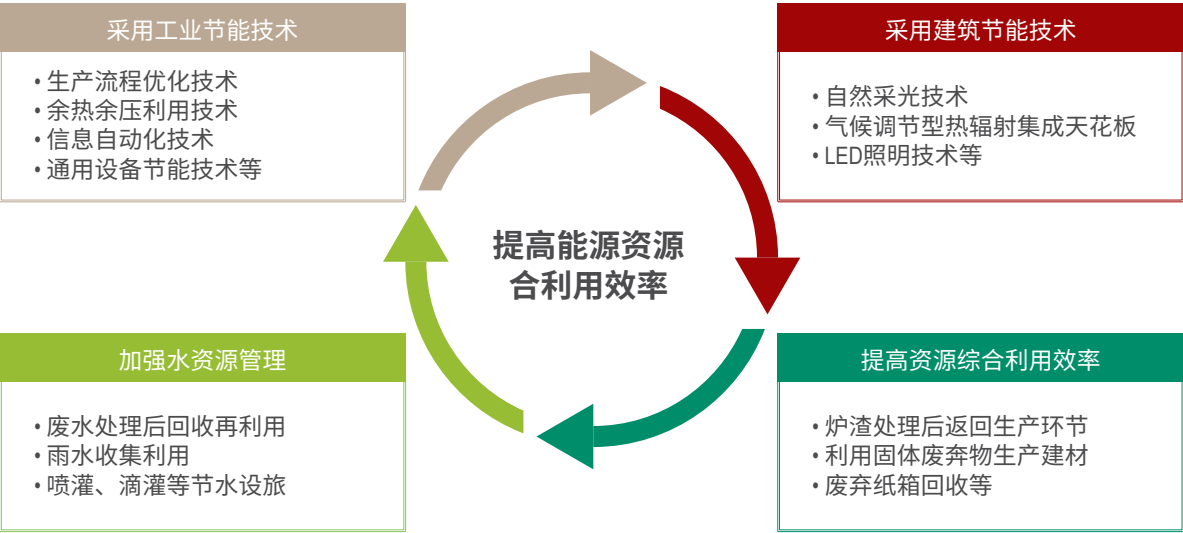
优化产业结构是减少二氧化碳排放的措施之一。部分园区设置了较高的入园门槛，积极引入新能源、节能、新材料等低能耗、高附加值产业，拒绝高能耗、高污染、低附加值产业入园，从而减少了产业结构不合理带来的高排放问题。

中白工业园

中白工业园从招商环节就专注于高科技和创新企业，重点引进新能源汽车、LED照明、热泵、电子信息、机械制造、生物医药、精细化工、新材料和仓储物流、电子商务、大数据等低碳产业与高附加值产业。作为中白工业园的首个投产企业，成都新筑丝路发展有限公司为电动公交车生产超级电容器，其产品已经取得了ECE R100证书和ECE R10证书，能够满足欧盟对汽车新能源动力电池的技术法规要求。以该公司生产的超级电容器为电力驱动的电动公交车已经被应用于明斯克市部分公交线路，车辆运营状况良好，故障率极低，为所在国公交系统提供了安全可靠的绿色动力。



图9 海外园区提高能源资源综合利用效率的措施



● 提高能源资源利用效率

提高能源利用效率可以有效减少能源消费，从而减少能源消费过程中产生的二氧化碳与其他污染气体排放。海外园区以及入区企业在生产运营过程中，通过采用工业节能技术、采用建筑节能技术、提高资源综合利用效率、加强水资源管理等措施，有效提高了能源和资源的利用效率，减少了园区碳排放（如图9所示）。

1. 采用工业节能技术

多数海外园区是以工业为主，而工业的能源消耗又相对较高，因此采用工业节能技术对园区来说非常必要。海外园区以及入区企业通过充分采用工业节能技术，有效节约了企业以及园区的能源消耗，从而减少了园区二氧化碳排放。



马中关丹工业园联合钢铁厂采取的节能环保措施及效果

在生产工艺方面，联合钢铁厂对工艺流程进行优化，采用紧凑型“一罐制”铁水运输和连铸坯直接轧制等工艺，铁水运输距离仅150米，减少了因降温后再加热的能源消耗；同时还采用了信息自动化技术，提升了工厂的智能化管理水平，有效提高了生产效率。

废气管理方面，根据生产过程排放的气体温度高、体量大等特点，联合钢铁厂采用高炉煤气及转炉煤气废气发电、干熄焦及烧结余热发电以及饱和蒸汽发电等余热发电技术将废气再利用，并采用SDA循环流化床脱硫技术对废气进行处理。

废水管理方面，联合钢铁厂配套建设了处理能力为600立方米/时的废水处理系统，处理后的废水大部分作为回用水用于高炉冲渣、渣处理及烧结脱硫等，小部分与收集的雨水和生产新水按一定比例混合后，用作生产-消防水池的补水。

固体管理废料方面，联合钢铁厂配套建设了年处理能力为120万吨的高炉矿渣处理工程以及年处理能力为40万吨的炼钢钢渣处理工程，采用先进的渣处理工艺，将高炉水渣制备成高炉矿渣粉，炼钢钢渣、磁选粉和尾渣则返回炼钢或烧结工序再使用，同时自建配套建材厂，利用剩余的矿渣粉生产建筑材料。

通过采用上述节能环保技术，联合钢铁厂的废气排放完全符合国际标准，废气自发电量可供应全厂92.5%的用电量，远高于一般钢铁企业平均50%~60%的自发电率；废水处理系统每年可处理废水400万吨，显著减少了工厂对新鲜水的消耗，吨钢外购新水消耗仅1.6立方米，每年可为企业节约1200万元水费；固体废料不仅进行全面回收，还可进行再次利用，利用率达到98%。

此外，联合钢铁厂通过建设使用环保型原料场，降低了80%以上的物料损耗，减少了90%以上颗粒物扬尘，不仅有效节约了成本，还减轻了当地空气污染。

联合钢铁厂采用的节能环保措施与效果如图10所示。

图 10 马中关丹工业园联合钢铁厂采用的节能环保措施与效果

	采用节能环保技术	节能环保效果
生产工艺	• 紧凑型“一罐制”铁水运输 • 连铸坯直接轧制工艺 • 信息自动化技术等	• 铁水运输距离仅150米，减少了因降温后再加热的能源消耗
废气管理	• 高炉煤气及转炉煤气废气发电 • 干熄焦及烧结余热发电 • 饱和蒸汽发电 • SDA循环流化床脱硫技术等	• 废气排放完全符合国际标准 • 废气自发电量可供应企业92.5%的用电量，远高于一般钢铁企业(50%~60%)
废水管理	配套建设了400万吨/年的废水处理系统，处理后的废水大部分作为回用水用于高炉冲渣、渣处理及烧结脱硫等，小部分与收集的雨水和生产新水按一定比例混合后，用作生产-消防水池的补水	• 显著减少了新鲜水耗，吨钢外购新水消耗仅1.6立方米，每年节约1200万元水费
固废管理	配套建设了120万吨/年的高炉矿渣处理工程、40万吨/年的炼钢钢渣处理工程，将高炉水渣制备成高炉矿渣粉，炼钢钢渣、磁选粉和尾渣则返回炼钢或烧结工序再使用，并自建建材厂利用剩余矿渣粉生产建材	• 固废利用率达到98%
原料管理	• 使用环保型原料场	• 降低了80%以上的物料损耗 • 减少了90%以上颗粒物扬尘

2. 采用建筑节能技术

建筑能耗也是海外园区的主要能耗之一，海外园区通过采用自然采光天井、热辐射天花板、智能控制等技术，有效降低了建筑运营能耗，减少了建筑领域碳排放。

中国-比利时科技园

中国-比利时科技园坐落于新鲁汶大学科技园内，是全球最负盛名的产学研合作创新区之一。作为中国在比利时的最大投资项目以及中国在欧洲投资设立的第一个科技研发型园区，中国-比利时科技园聚焦生命科学、信息通信和智能制造产业领域，致力于搭建中欧高技术行业双向绿色通道，为双方在技术转移、战略投资及市场准入方面提供支持。该园区非常重视建筑节能，注重环境友好，追求环境与科技的融合。园区按照欧盟CE标准设计实施，采用了入户大堂自然采光天井、气候调节型热辐射集成天花板、雨水回收循环利用系统等多项生态节能技术，园区内的写字楼、停车场等建筑高度节能，建筑能耗低于平均水平。此外，园区也汲取了智能城市的理念，将高科技管理工具融入日常管理及企业服务中，提高了工作效率与便利性。



3. 提高资源综合利用效率

海外园区在运营过程中会产生各种尾矿、钢渣、炉渣、有色金属渣以及纸板、纸箱等固体废弃物，这些固体废弃物的回收利用可以有效提高资源综合利用效率。部分海外园区根据园区产生的固体废弃物特点，有针对性地引入循环经济项目，对固体废弃物进行回收利用，从而减少了资源生产过程中的能源消费，在一定程度上降低了园区的碳排放水平。

中国（广东）—乌干达国际产能合作工业园

中国（广东）—乌干达国际产能合作工业园位于乌干达托罗罗市苏库卢镇，于2018年正式运营，该园区充分利用当地较为丰富的铁、磷、稀土等矿产资源，首期引入了采矿场、选矿厂、磷肥厂等项目，后期还将建设钢铁冶炼、玻璃制造等项目。为了充分利用矿产资源开发过程中的尾矿、钢铁生产过程中产生的废弃钢渣等固体废弃物，该园区引进了免烧砖厂，每年能生产1亿块砖，既充分利用了园区产生的固体废弃物，提高了资源综合利用效率，同时也为当地提供了建筑材料。



4. 加强水资源管理

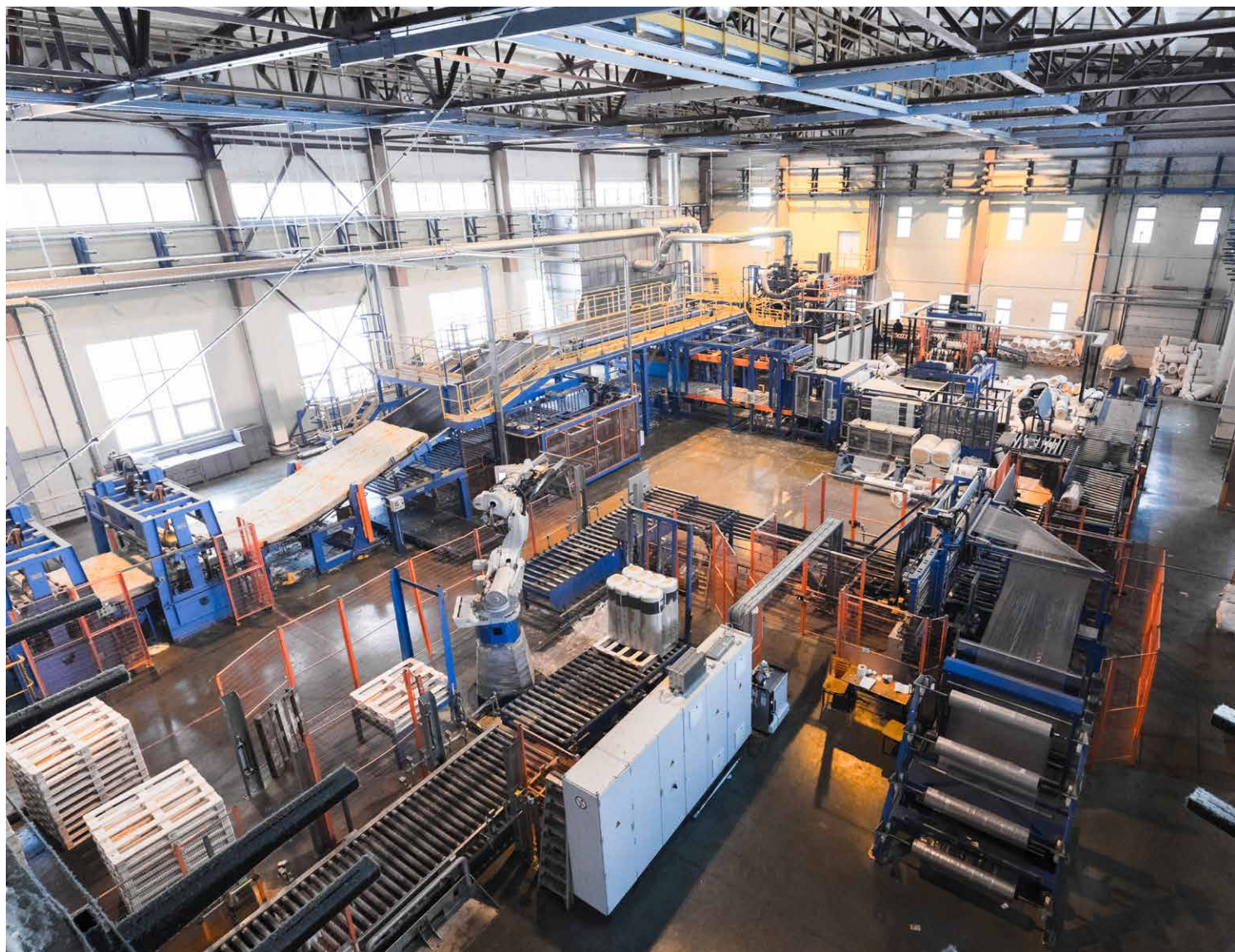
水资源是海外园区成功运行的关键条件之一。节水就是节能，通过确保水的有效利用、废水循环利用和雨水收集等措施，可以有效节约水资源，从而减少园区能源消费量与碳排放量。

埃塞俄比亚哈瓦萨纺织工业园

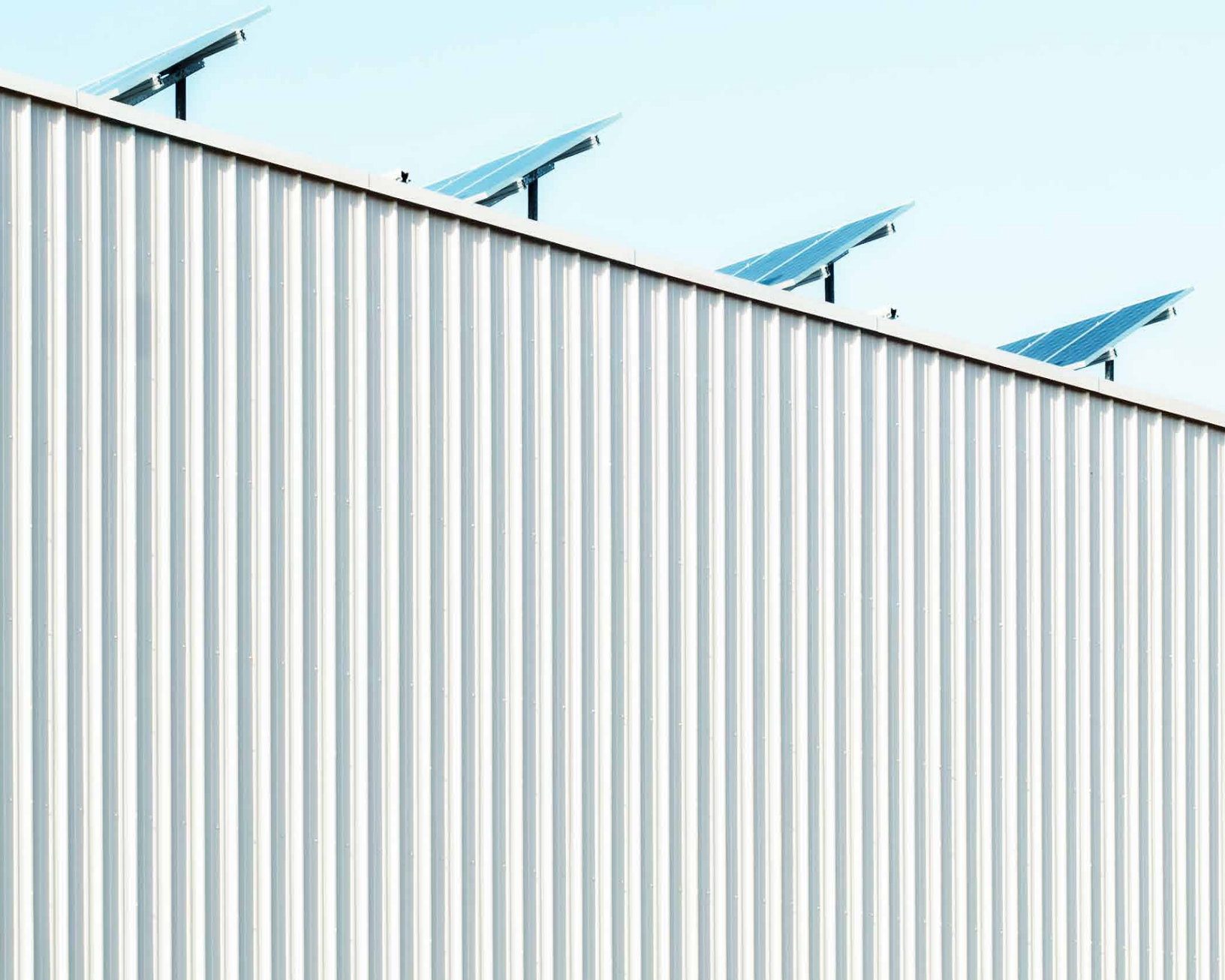
埃塞俄比亚哈瓦萨纺织工业园位于埃塞俄比亚南部城市哈瓦萨，由中国土木工程集团有限公司（CCECC）承建，该园区吸引了许多世界级的纺织服装企业。服装和纺织行业使用各种染料和化学品处理纺织品，是高耗水和高污染的行业。为此，该园区投资了3300万美元用于安装先进的零液体排放设施，从而使园区生产过程中产生的废水尽可能得到回收和再利用。目前，该园区废水回收利用率超过了90%，不仅减少了废水排放，同时节约了新鲜水用量。

● 增强碳汇能力

增加碳汇能力是应对气候变化的重要途径，多数中国海外园区都根据当地政策要求以及园区空间布局，合理建设生态公园、绿地、湿地等基础设施，使园区绿化率保持在较高水平，有效增强了园区的碳汇能力。以中白工业园为例，该园区位于生态自然保护区，区内动物资源丰富，生态保护不仅是园区低碳发展的必然要求，也是园区发展的重要任务之一。中白工业园在总体规划中保留了园区现有居民点和生态自然保护区，道路两侧建成了绿化带，并要求入园企业在完成自身建设后及时植树绿化，园区的总体绿化率达到50%。



3



中国海外园区 低碳发展目标与潜力

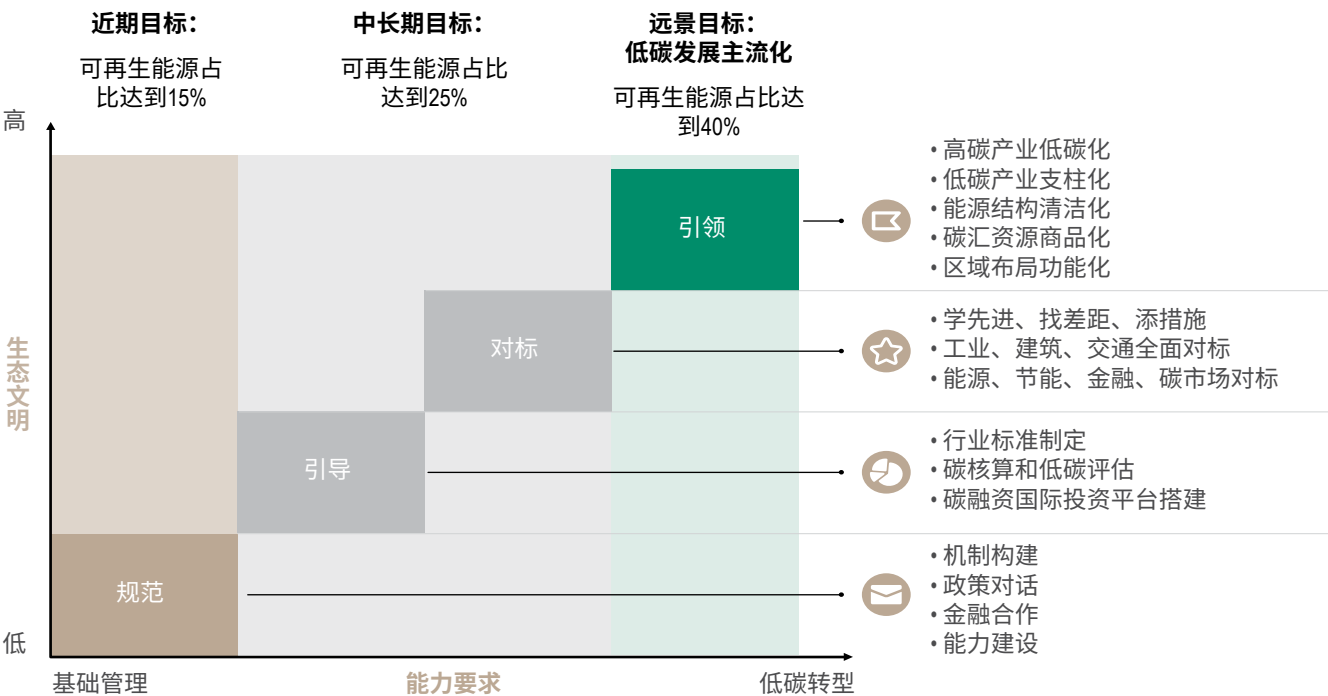
海外园区在建设运营过程中吸纳、借鉴了国内园区绿色低碳发展的成功经验，绿色低碳绩效水平普遍高于东道国平均水平，大多已成为所在国家推动绿色低碳发展的标杆和典范。但具体来看，不同园区间、不同指标间存在较大差异，仍有较大提升空间。在发展的新时期、新阶段，为持续提高海外园区发展韧性和可持续竞争力，应对全球贸易壁垒和挑战，海外园区需要一种全新的发展模式，从短期和中长期分阶段、分步骤向低碳、可持续发展转型。这个过程不会是线性的，而是一个逐步加速的过程。可以预见，海外园区要具备更长远的眼光、更有广度的视野和更深刻的内涵追求，积极把“集约”、“融合”、“智能”、“零碳”等理念融入园区的日常管理范畴，带动东道国经济增长和低碳转型能力提升。

3.1 海外园区低碳发展目标

从整体看，中国海外园区低碳转型应有自己的特色，既要与中国国内“双碳”路径保持一致，还要与全球及东道国应对气候变化大方向协调一致。在具体落实时，我们分以下三个阶段践行海外园区低碳发展，各阶段的低碳发展目标如图11所示。

近期目标：以促进海外园区规范、有序发展为主要目标，通过机制构建、能力提升、金融合作、政策支持、平台搭建等措施，将社会、环境和产业的发展作为整体综合考虑因素，统筹优化中国海外园区的产业定位和总体布局，制定完善

图 11 海外园区低碳发展目标及实施路径



海外园区认定和考核办法，实现海外园区规范有序发展。到2025年，园区可再生能源比例在能源结构中占比达到15%。

中长期目标：以引导和推动海外园区选择低碳、特色发展模式为主要目标，鼓励园区对标先进，坚持差异化、个性化发展，初步完成海外园区产业基础升级、政策环境建设和基础设施改造，在低碳高端产业园区行业标准制定、碳核算和低碳评估、碳融资和碳经济国际投资平台搭建等方面引领行业低碳经济发展潮流。到2030年，创建30个特色鲜明、示范意义强的低碳海外园区试点，打造和吸引一批掌握低碳核心技术、具有先进低碳管理水平的低碳企业入驻，形成一批独特的海外园区低碳发展模式。到2035年，园区可再生能源比例在能源消费结构中占比达到25%。

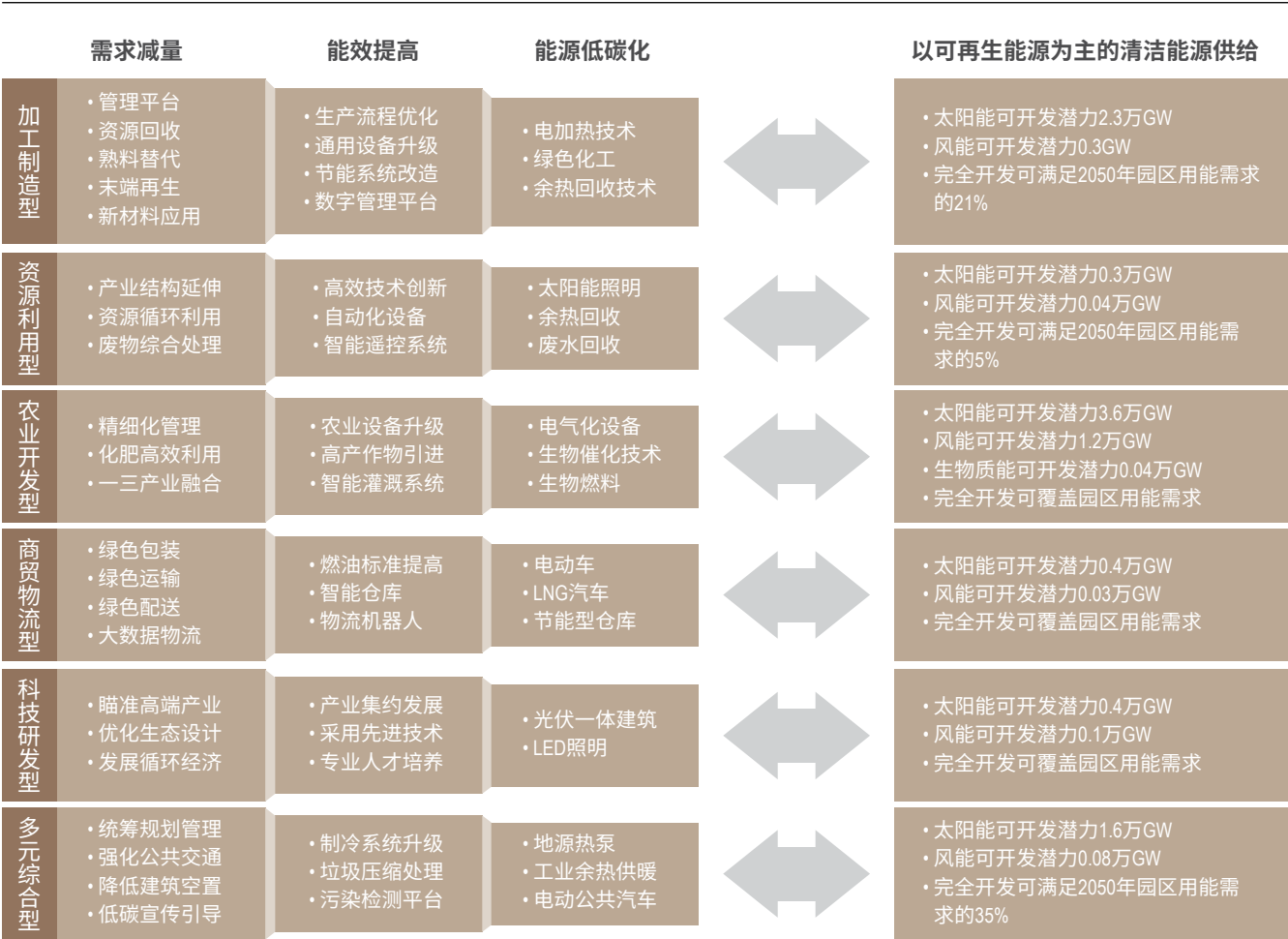
远景目标：以实现海外园区低碳发展主流化为主要目标，园区低碳和可持续发展体现在部门、跨部门规划、行

动、政策和国家的决策过程等方方面面，将低碳经济提升到园区和企业发展的核心战略高度，基本实现“高碳产业低碳化、低碳产业支柱化、能源结构清洁化、碳汇资源商品化、区域布局功能化”的“五化”目标。到2050年，园区可再生能源比例在能源消费结构中占比达到40%。

3.2 海外园区低碳发展途径

在全球应对气候变化目标下，海外园区低碳发展意味着园区能源供应和消费方式将发生根本性、全局性的转变。考虑碳排放的“源头预防、过程控制、末端治理”，海外园区可因地制宜，采用发展可再生能源、节能与能效提高、增加碳汇能力等途径，减少能源需求，优化能源结构，提高能源利用效率，降低温室气体排放，实现园区高质量发展，预计2050年中国海外园区的能源需求量在5500万吨标准煤左右，化石燃料需求降幅超过70%（如图12所示）。

图 12 海外园区低碳发展图景



● 发展可再生能源

依托当地丰富的可再生能源资源禀赋，采用可再生能源替代化石能源，从根源上打破传统能源结构对化石能源的过度依赖，是海外园区应对气候变化最直接、最有效的手段。随着可再生能源技术的进步和成本的降低，海外园区采用可再生能源的可行性和经济性大幅提高。

除了集中式可再生能源项目的能源接入之外，海外园区发展可再生能源的主要路径是发展分布式可再生能源，充分挖掘园区可再生能源的供应潜能，将有效满足园区部分终端能源需求，还能为当地电网进行反向供电，对园区自身及所在国的低碳转型均有积极贡献。例如，依托工商业屋顶及居民屋顶等场景建立屋顶光伏，布置分布式微型风电机组利用当地风能资源，农业开发园区还可以建立生物质能发电厂等。根据园区资源禀赋和实际情况，海外园区可再生能源可开发潜力巨大，约为10.3万千瓦。其中，海外园区分布式光伏（主要为屋顶光伏）的开发潜力为8.6万千瓦，分布式风电（主要为微型风电机组）的开发潜力为1.7万千瓦，生物质能发电（主要为秸秆直燃发电）的开发潜力为360兆瓦（具体测算过程见附件1）。

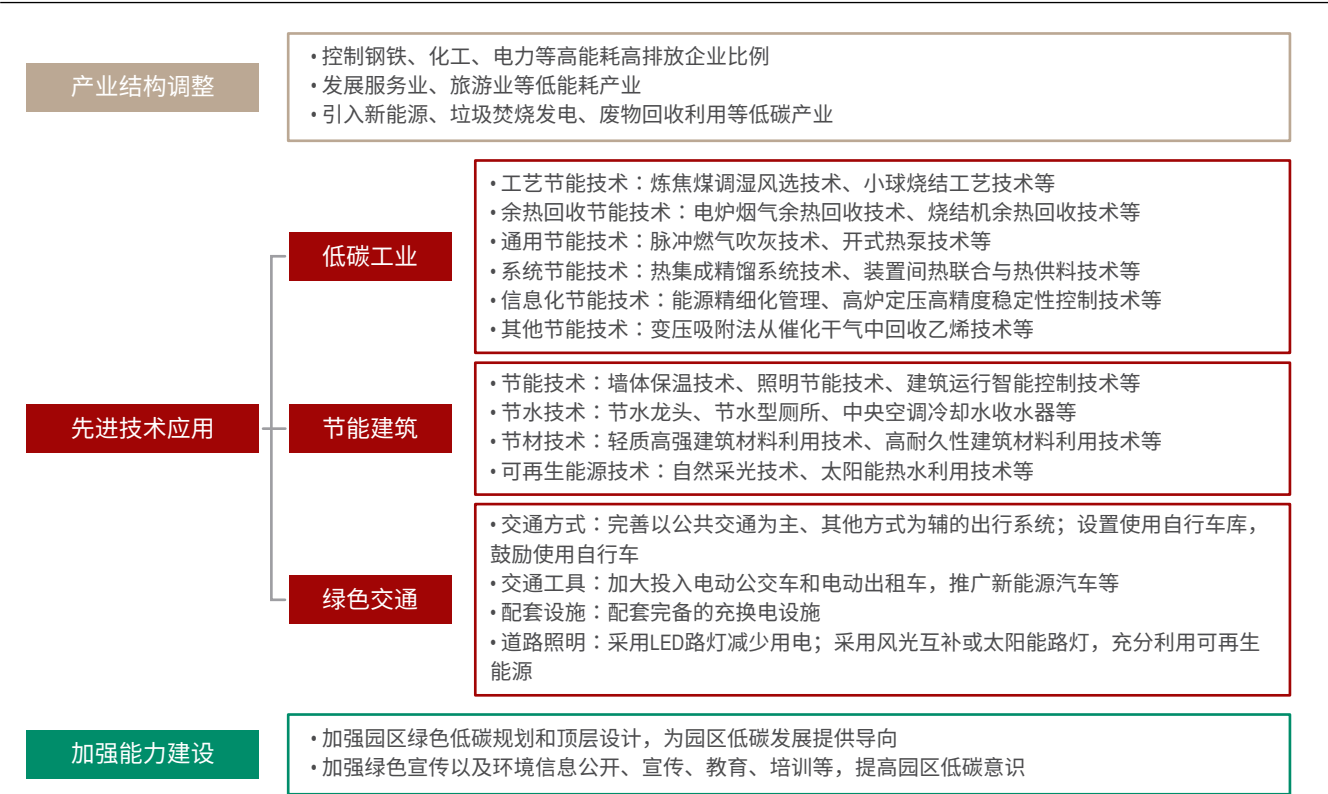
同时，海外园区发展可再生能源，不仅能保障自身用电安全，还通过投资产业链上下游，优化了园区产业结构，具有显著的经济带动效应。可再生能源的并网对园区所在国的电网结构规划、电网运行等提出了更高的要求，将推动当地电网系统完善和升级，促进可再生能源技术、能源互补技术、储能技术、数字化技术协同发展，加快构建适应高比例、大规模可再生能源发展的新电力体系。基于“可再生能源+储能”模式，海外园区利用调峰调频辅助服务、购售电合同等多种手段参与电力市场并获益，可以推动园区所在国储能产业的健康发展。

● 节能和能效提高

强化海外园区节能和能效提高，有利于园区减少新增能源消费，优化生产流程，重塑海外园区资源能源利用乃至整个经济形态。国际能源署（IEA）的建模表明，通过节能与能效提高相关技术的完全部署，能源强度每年可降低3.6%^[4]。

海外园区内工业、建筑、交通等领域的节能与能效提升可通过产业结构调整、先进技术应用和加强能力建设三方面推进（如图13所示）。不同类型的海外园区可以结合园区特色，选用适宜自身发展的节能与能效提升措施，促进园区

图 13 海外园区节能与能效提高措施



提质增效、减污降碳。其中，加工制造型园区主要聚焦工业领域节能，可通过采用新材料和新技术、优化生产流程、设备升级改造、余热回收技术等措施实现高质量发展；资源利用型园区可通过资源循环利用、废物综合处理、新型自动化设备普及等手段提升资源能源利用效率；农业开发型园区可通过生物质能源综合利用、规模化生产、机械化电气化设备使用、化肥高效利用以及节水措施推广等手段进一步增效降耗；商贸物流型园区可以交通运输的设备节能为主，依托绿色包装、绿色运输和绿色配送技术，以及大数据、物联网等智慧物流技术，减少能源消耗和物流成本。

● 增加碳汇能力

碳汇主要是指通过植树造林、森林管理、植被恢复等措施，利用植物光合作用吸收大气中的二氧化碳并将其固定在植被和土壤中，从而降低温室气体在大气中浓度的过程。海外园区短期内仍将以化石能源为能源消费主体，要确保发展的可持续性，需要通过碳汇技术对空气中的二氧化碳进行移除。为此，加大绿化投入、建设绿化隔离带、提高环境自净能力也是海外园区实现碳减排的有效手段。

3.3 海外园区低碳发展潜力

本研究采用国内外研究报告中常见的综合评价模型定量分析方法，即考虑经济发展、能源资源禀赋、用能技术、环境制约和消费行为等多方面的因素，综合分析未来园区能源与温室气体排放的情景，评估海外园区低碳发展潜力，为园区制定低碳发展规划及政策提供支持。结果表明，在一定条

件下，海外园区通过发展可再生能源、节能与能效提高、增加碳汇能力等低碳途径，能大幅减少园区在能源消费过程中的碳排放，对海外园区高质量可持续发展具有重要意义。

3.3.1 海外园区碳排放情景设计

情景分析的边界为本研究遴选的处于运营、在建和规划阶段的94家海外园区。在时间维度上，情景分析以2019年为基准年，考虑短期（2025年）、中期（2030年）和长期（2050年）三个发展阶段的碳排放情景。此外，情景分析只考虑园区通过能源消费产生的二氧化碳排放情况，不计入氧化亚氮、甲烷等其余温室气体。情景分析从各海外园区目前的经济增长速度、能源消费状况和碳排放水平出发，结合园区类型、发展目标、发展阶段、能源需求、产业结构等影响因素，制定关键指标，从发展可再生能源、节能和能效提高以及增加碳汇能力（考虑到碳捕集、利用与封存技术尚未成熟应用，本报告未考虑其对碳排放的影响）三方面挖掘园区低碳发展潜力，分析海外园区未来的碳排放情况。

根据园区经济发展模式不同，海外园区碳排放情景设定为基准情景和低碳情景。基准情景是指海外园区以经济增长作为最主要的驱动因素，不采取应对气候变化对策和措施，延续目前生产生活方式和能源消费模式，保持当前经济增长趋势、能源消费结构和能源消费强度现状的情景。低碳情景是指海外园区保持当前的经济增长趋势，在考虑自身可持续发展以及所在国减排政策要求的情况下，改变园区的生产生活方式和能源消费模式，积极采取发展可再生能源、节能与能效提高、增加碳汇能力等相关措施的情景（如图14所示）。

图 14 海外园区碳排放情景设定模型框架

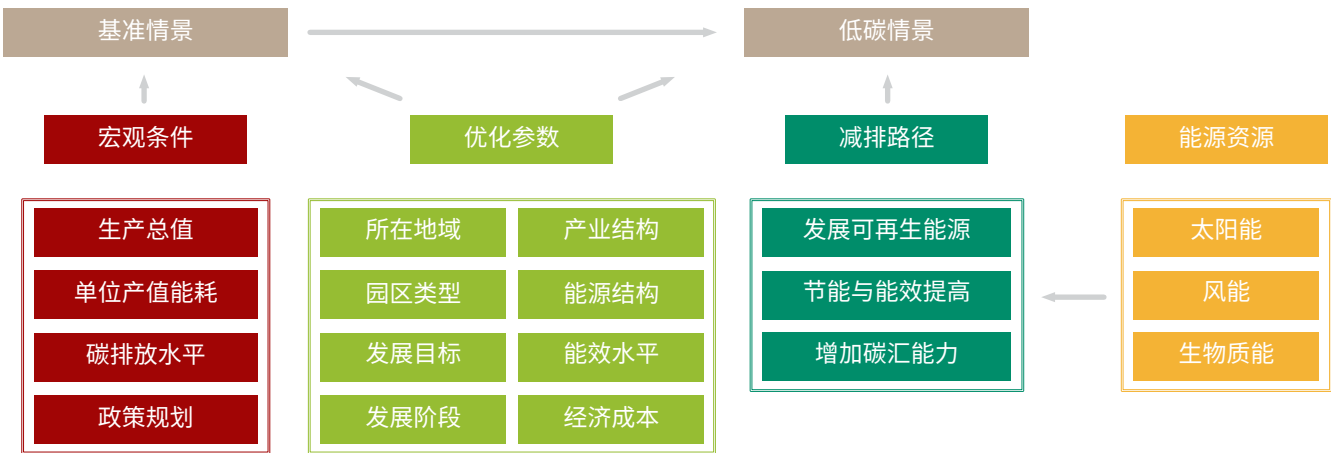


表2 不同情景下海外园区低碳发展目标

发展途径	基准情景	低碳情景
发展可再生能源	- 海外园区维持当前能源消费结构 - 除埃塞俄比亚湖南工业园及柬埔寨齐鲁经济特区外，其余园区可再生能源使用量较少，比重约 0.4%	- 海外园区大力发展可再生能源 - 参考海外园区所在国的可再生能源规划，预计 2025 年可再生能源消费比重达 10%，2030 年达 25%，2050 年达 40%
节能与能效提高	海外园区不采取额外的节能与能效提高措施，维持当前单位产值能耗	- 海外园区通过工业、建筑、交通等关键领域内的产业结构调整、技术节能以及加强能力建设提高能源利用效率 - 单位产值能耗至 2025 年下降 10%，至 2030 年下降 20%，至 2050 年下降 30%
增加碳汇能力	海外园区保持当前绿化率	海外园区加大绿化力度，农业园区的绿化率达 65%，其他园区的绿化率达 30% 以上

鉴于目前多数海外园区的低碳发展规划体系并不完善，本报告以海外园区所在国的能源规划和低碳政策为参考，在假设未来海外园区的低碳发展要求不低于所在国的低碳发展要求的前提下，设定不同情景下海外园区低碳发展目标（见表2）。其中，具体园区发展目标根据园区类型、发展目标、能源需求、产业结构等因素进行差异化设定。不同情景下海外园区的碳排放总量测算方法见附件2。

3.3.2 海外园区碳排放情景分析

● 基准情景

根据园区现有产值及其增长速度、能源强度、能源结构等现状，产值增长将带动碳排放量快速增长。根据测算，预计到2025年、2030年和2050年的碳排放总量将分别达到7200万吨、10847万吨和17655万吨。其中，加工制造型和资源利用型园区是海外园区碳排放的主力，碳排放量占比达90%左右（如图15所示）。

图 15 基准情景下各园区的碳排放量

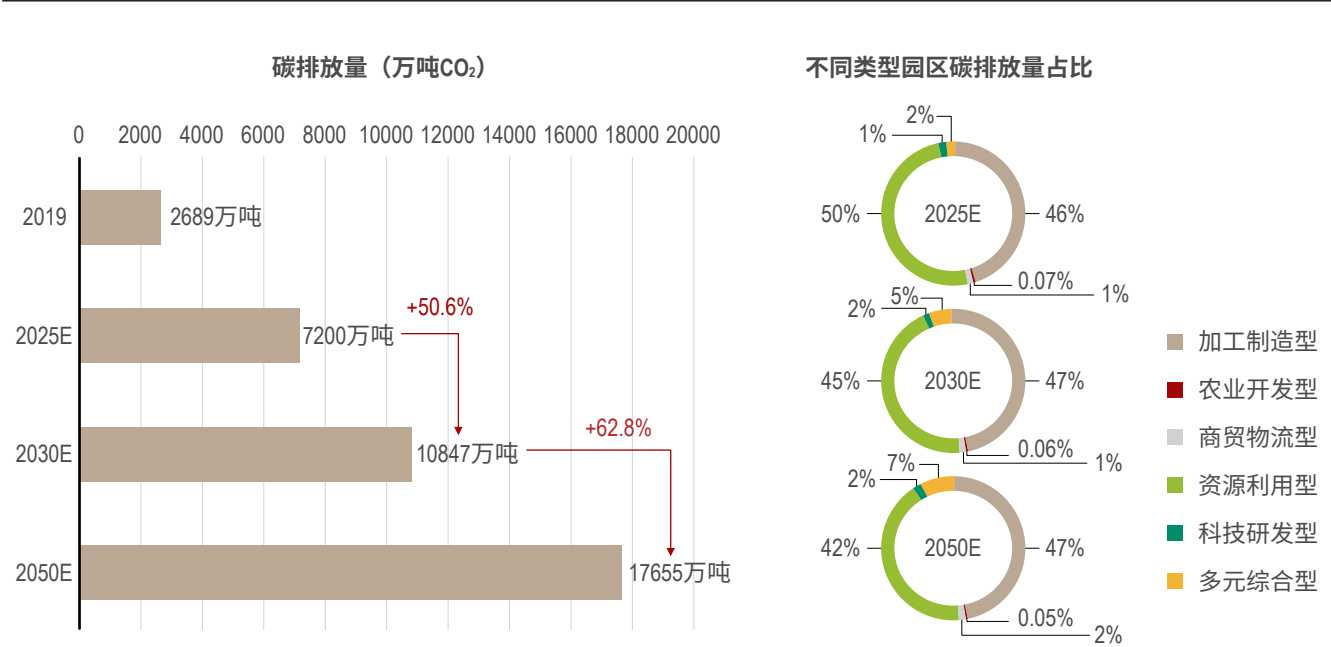
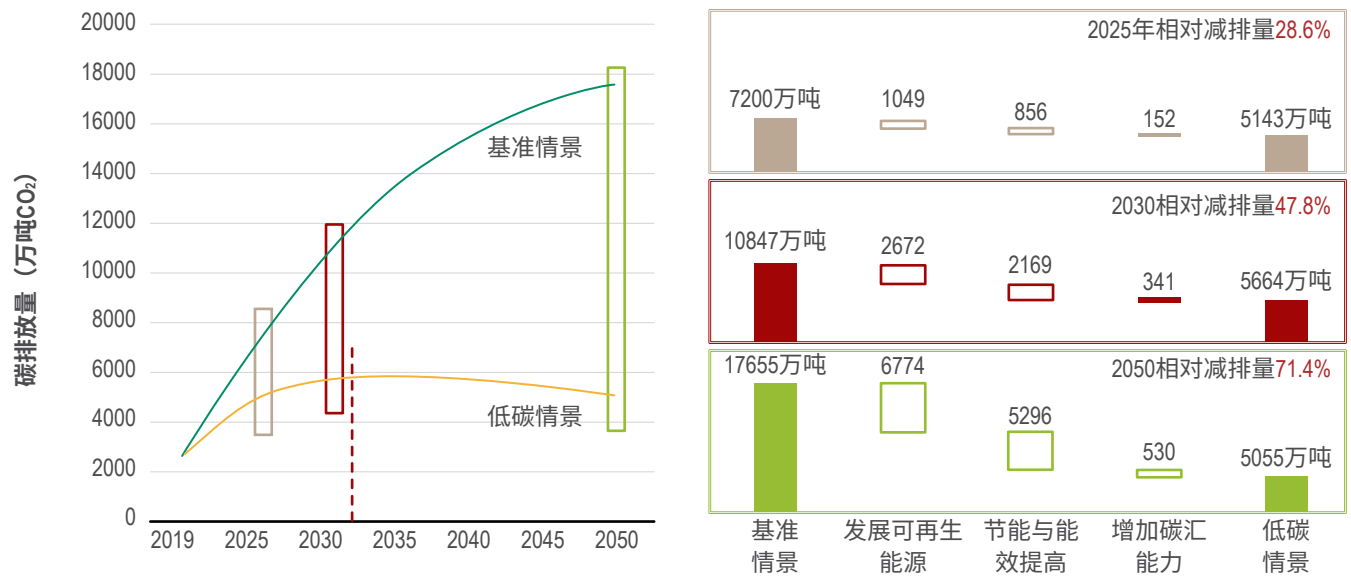


图 16 海外园区低碳发展潜力



● 低碳情景

在低碳情景下，通过低碳政策和低碳技术的共同推动，94家海外园区采取发展可再生能源、节能与能效提高、增加碳汇能力等措施，碳排放总量增速较基准情景大幅降低，预计于2035年之前达到峰值（约5800万吨），之后随着低碳技术的进步，碳排放总量开始下降，达到经济增长与碳排放脱钩的状态。预计到2025年、2030年和2050年，海外园

区碳排放水平较基准情景分别减少28.6%、47.8%和71.4%，低碳前景可观（如图16所示）。

发展可再生能源对海外园区的碳减排贡献率最大，是实现园区低碳发展的主力（如图17所示）。充分发挥海外园区可再生能源可开发潜力，强化节能与能效提高（如低碳工业、零碳建筑、绿色交通等）以及增加碳汇能力等措施，争取完全覆盖园区的用能需求，部分海外园区实现100%可再生能源应用前景可期。

图 17 海外园区碳减排潜力构成

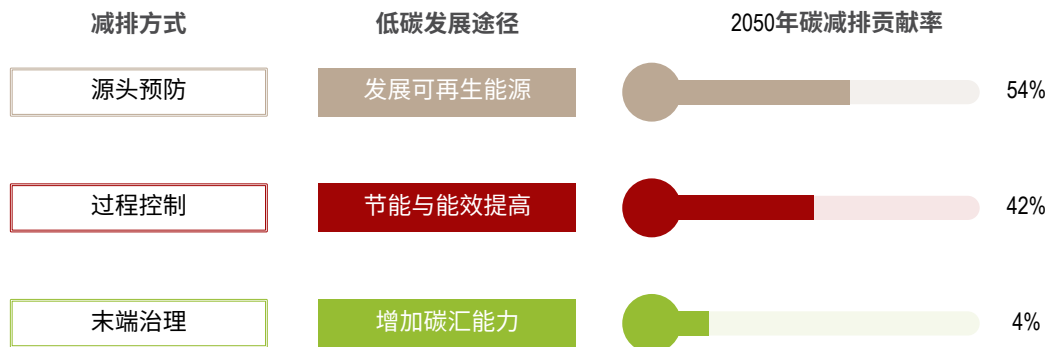
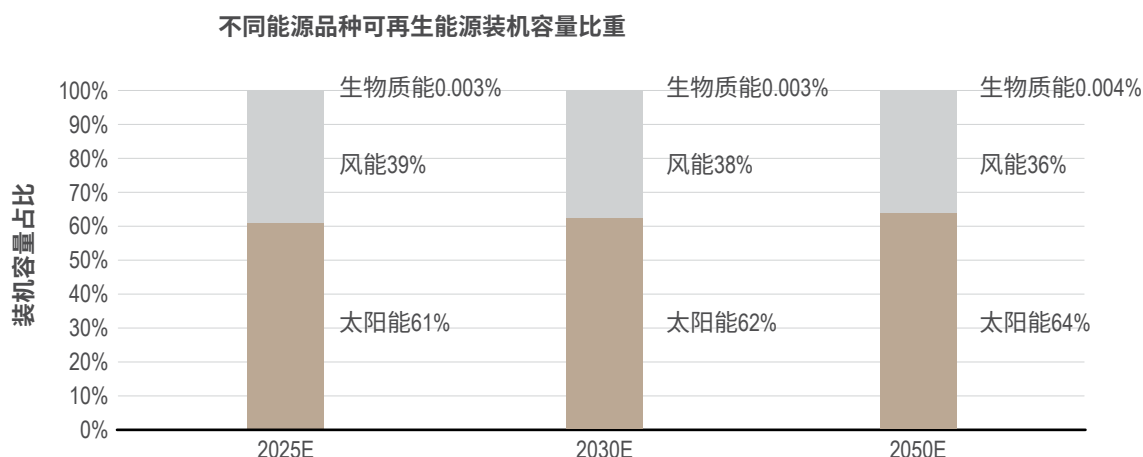


图 18 海外园区分能源种类可再生能源装机容量占比



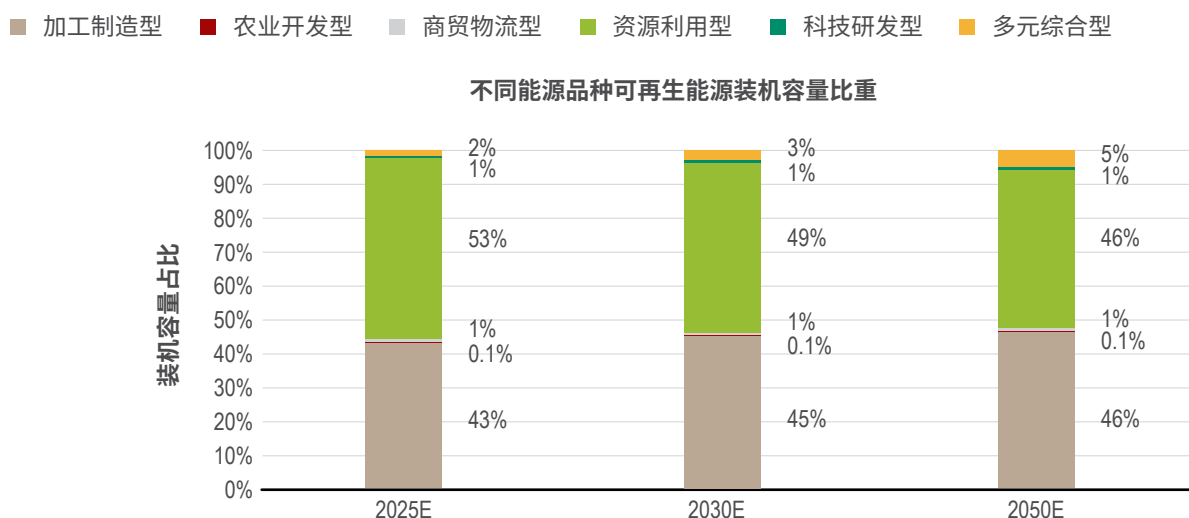
(1) 发展可再生资源

根据园区可再生能源开发规律和资源禀赋条件，到2025年、2030年和2050年，海外园区可再生能源装机容量将分别达到8264兆瓦、20549兆瓦和51197兆瓦，其中太阳能装机容量约占60%，风能占比近40%（如图18所示）。通过可再生能源替代化石能源，可以相应减少二氧化碳排放1049万吨、2672万吨和6774万吨，减排贡献率分别为51%、52%和54%。

(2) 节能与能效提高

在低碳情景下，通过采取科学合理的节能和能效提高措施，预计到2025年、2030年和2050年，海外园区单位产值能耗分别降低10%、20%和30%，累计实现节能量326万吨标准煤、824万吨标准煤和1603万吨标准煤，相应减少二氧化碳排放856万吨、2169万吨和5296万吨。其中，加工制造型、资源利用型和科技研发型园区是节能与能效提高的重点领域，到2050年可累计实现节能量1511万吨标准煤，占比94%；商贸物流型和多元开发型园区累计实现节能量92万吨标准煤，占比约6%；农业开发型园区节能空间较小，累计节能量占比仅为0.1%（如图19所示）。

图 19 到目标年不同园区类型累计节能量占比



(3) 增加碳汇能力

从增加碳汇角度出发，考虑园区的绿化率及植物搭配，采用具有经济性、适宜性和高固碳能力的景观植物更有利于提升园区的碳汇能力。预计到2025年、2030年和2050年，中国海外园区通过增加绿化等碳汇手段减少的碳排放量可达152万吨、341万吨和530万吨。

● 低碳发展投资需求

海外园区低碳发展将创造巨大的投资需求，其中发展可再生能源、节能与能效提高的投资需求占相当大比例。据测算，到2025年、2030年和2050年，海外园区低碳领域累计投资需求分别为152.8亿美元、379.5亿美元和898.1亿美元（如图20所示）。其中，海外园区要实现低碳发展目标，需要在2050年之前投资749.8亿美元用于发展分布式可再生能

源，占比约为83.5%；投资138.6亿美元用于支持园区和入园企业进行大规模节能改造，占比约为15.4%。

值得一提的是，由于东南亚地区中国海外园区集中，且可再生能源资源丰富，特别是该区域作为《区域全面经济伙伴关系协定》（RCEP）的重点区域，无疑将是低碳领域投资的热点地区，到2050年，东南亚地区的低碳投资需求比重为65%左右。位于欧洲和西亚地区的海外园区也是未来值得关注的投资区域，累计投资需求将从2025年的2%和5%增加至2050年的11%和10%（如图21所示）。

此外，第二产业占比较高的加工制造业、资源利用型和科技研发型园区，其产业转型、能源转型、绿色交通、绿色建筑、工业温室气体减排等方面的发展潜力巨大，累计投资需求将占到总需求量的90%左右，是未来实现减排目标的重点园区（如图22所示）。

图 20 海外园区低碳发展的累计投资需求预测

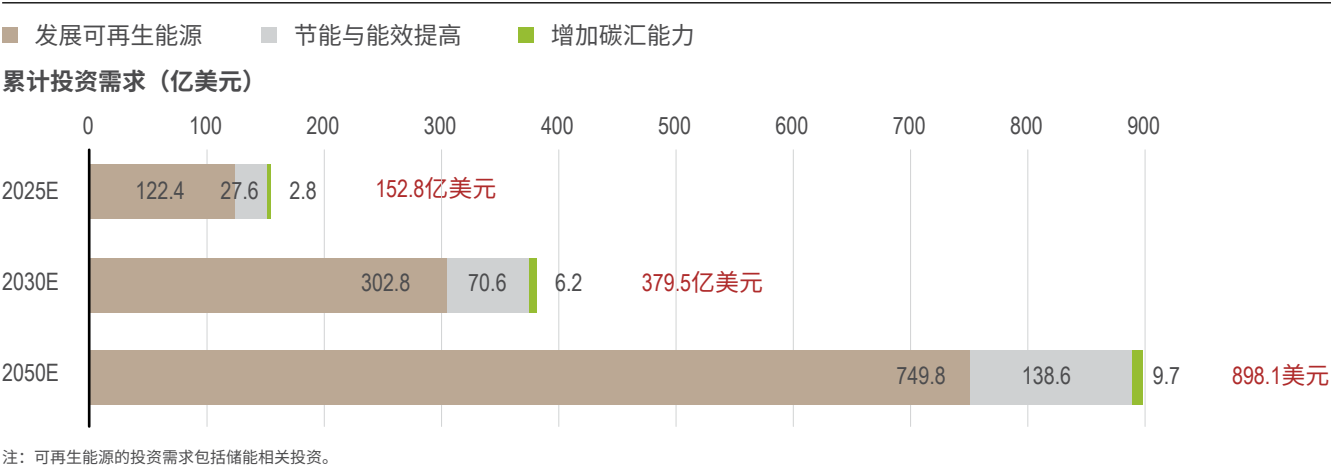


图 21 分区域海外园区累计投资需求占比

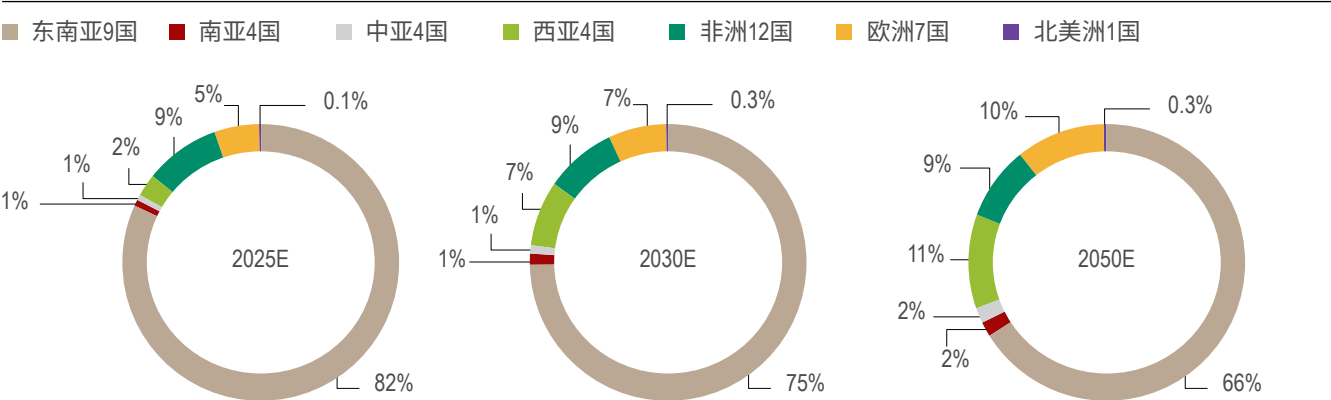
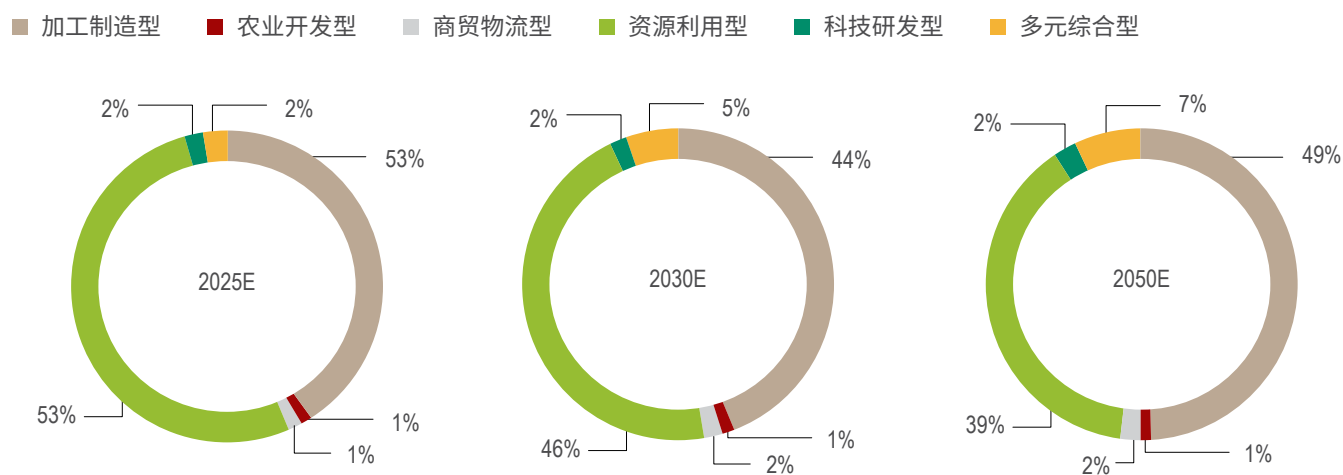


图 22 分类型海外园区累计投资需求占比



4



海外园区低碳发展问题和对策

4.1 海外园区低碳发展任重道远

中国海外园区数量庞大，发展阶段、发展规模、产业门类以及所处地域各异，不同的园区在推进绿色低碳发展过程中既有共性问题，也有个性问题，全面推进园区的低碳发展仍然任重道远。我们通过走访调研发现，部分已有一定规模或已盈利的海外园区急切希望通过绿色低碳发展的实践行为，成为海外园区的行业标杆，但囿于规划和管理能力等综合实力，面临技术、制度等方面的制约；其次，部分尚未盈利的园区也有动力争当绿色低碳发展先行者，但其经济、技术、管理能力的不足制约了低碳发展步伐；此外，还有部分处于规划和建设过程中的园区，自身尚未开展绿色低碳发展规划，且认为园区绿色低碳不仅会导致建设成本增加，盈利模式欠缺，还会影响未来招商过程。因此，不同类型海外园区在规划、管理、技术、资金等方面面临的问题影响了低碳发展的推进和低碳水平的提升。

4.1.1 对海外园区绿色低碳发展必要性和紧迫性普遍认识不足

海外园区作为绿色“一带一路”建设的重要抓手，尚未被纳入“一带一路”的战略框架和与“一带一路”区域性一体化协同发展的相关规划，政府也未出台海外园区低碳发展的统一规划和细则，这导致海外园区低碳发展呈现无序发展状态。同时，中国海外园区建设缺乏统一的低碳标准、健全的管理和考核体系以及完善的碳减排政策体系，导致碳排放控制难度较大。

4.1.2 绿色低碳管理不到位压缩了园区提升空间

园区低碳发展规划与实践能力均显不足。海外园区管理者和运营者对低碳、节能、环保、循环经济等概念的认识较为模糊，缺乏系统、科学的低碳发展规划设计和管理体系。园区低碳技术研究创新、引进、应用能力不足，技术公共服

务平台建设滞后，企业获取、识别关键领域绿色低碳技术的难度大，项目落地实施障碍多。园区能源与环境管理、统计体系不健全，相关管理岗位设置不足，基础管理能力远不能支撑绿色低碳发展的需要。园区及入园企业融资渠道单一，从国际资本市场获得直接融资的能力有限，以主权借款或者抵押贷款为主，实施绿色低碳项目的资金较为缺乏。

4.1.3 园区产业结构和能源基础设施建设与可持续发展不相匹配

园区产业结构和能源资源基础是决定绿色低碳发展水平的重要因素。部分园区产业结构不合理，未形成良好的产业间循环，也没有高附加值和绿色低碳产业作支撑，导致园区整体绿色低碳水平偏低。同时，能源供应安全保障不足，50%以上的海外园区所在区域电力基础设施落后，普遍存在电源设备老化、超负荷运转严重、无法获得稳定供应的电力等问题，不仅影响设备运行效率和能源利用效率，还导致园区能源消费几乎全部依赖化石能源，可再生能源推广应用成本高、适应性差、接受度低。



4.2 构建海外园区低碳发展保障体系

为推动中国海外园区低碳发展，首先，中国政府在引导海外园区走绿色低碳发展道路时必须采取有力措施，明确底线思维，即在满足所在国强制性要求和规范（生态保护标准、污染物排放标准、能耗标准等）的基础上，增加应对气候变化的相关要求，并作为有关部门审批项目时的重点考核内容。其次，中国政府需沿着“自上而下”的顶层推动和“自下而上”的基层探索两条路径对海外园区进行系统化设计，强化规划政策引领，构建技术、标准、资金等公共服务平台，组织实施海外园区绿色低碳示范试点，促进海外园区低碳化走上快速发展轨道，为绿色“一带一路”建设打好坚实基础。



4.2.1 政府“出手”消除园区绿色低碳发展阻力，引导平稳转型

将海外园区低碳可持续发展纳入中国“一带一路”倡议的战略框架和主要议程，编制海外园区绿色低碳发展规划，明确主管部门，构建管理体系，统筹协调海外园区绿色低碳发展相关工作。借鉴国内生态、循环、绿色园区以及国际先进园区的评价体系，根据海外园区建设的不同特点，构建海外园区绿色低碳评价体系，对相关进展成效进行动态跟踪评估，并适时开展绩效考核评价。

4.2.2 构建技术、标准、资金等公共服务平台，加强低碳技术支撑

建立技术对接、引进平台，组织开展先进绿色低碳技术和管理经验“走出去、进园区”等专项活动，鼓励国内专业化机构为海外园区提供问题诊断、方案编制、项目实施、第三方治理等多元化综合性服务。鼓励相关行业协会制定、发布与国际标准接轨的行业标准、规范及指南，推动绿色认证与标识的国际互认，降低标准转化应用成本。扩大现有“一带一路”绿色投资基金、丝路主题债券的重点支持领域，将海外园区的可再生能源、资源循环利用、能效提升纳入重点关注领域。发挥双边与多边开发金融机构、政策性金融机构的引导作用，支持商业银行、风险投资机构、商业性保险机构加大对园区及入园企业绿色低碳项目的金融支持力度，减轻建设企业在园区建设运营过程中的资金负担。

4.2.3 组织实施海外园区绿色低碳示范试点，形成可复制经验

借鉴国内绿色低碳产业园区和国际生态园区发展经验，支持在重点地区和重点领域分类开展海外园区绿色低碳示范试点，充分发挥先进园区的引领、示范和带动作用。组织系列交流、宣传和培训活动，加强国内产业园区绿色低碳发展经验、模式、案例的对外输出和传播分享，积极宣传海外园区对东道国绿色低碳转型的贡献与影响，为海外园区持续健康发展营造良好外部环境。



附件1:

海外园区可再生能源开发潜力评估方法

海外园区可再生能源开发潜力主要从太阳能发电和风能发电两方面进行分析，农业开发型园区还考虑了生物质能发电技术的应用，均是基于风能、太阳能、生物质能的相关数据计算得到。

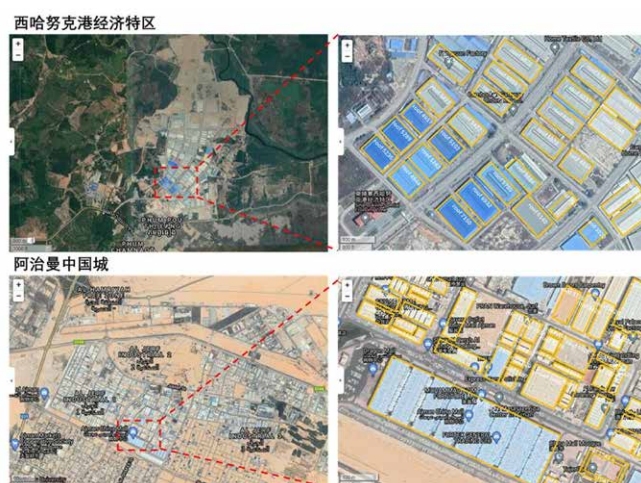
1、海外园区太阳能发电开发潜力

考虑到能源的运输成本以及园区实际土地情况，本研究主要考虑园区分布式光伏发电。以海外园区内工商业屋顶和居民屋顶为重点应用场景，对园区分布式光伏的可利用面积进行统计汇总，测算出园区太阳能发电的开发潜力，计算公式如下：

$$L_{\text{太阳能}} = \sum_{i=1}^{94} Q_i \times S_i \times \gamma \times \varepsilon$$

式中， $L_{\text{太阳能}}$ 为海外园区分布式太阳能发电的开发潜力； Q_i 为第*i*个园区的太阳能单位面积平均输出功率，可根据全球太阳能图集（Global Solar Atlas）的太阳能辐照信息确定； S_i 为第*i*个园区建成后的可用屋顶面积（如图23所示）； γ 为光伏组件的转化效率，根据目前商业化太阳能发电技术水平， γ 取22%； ε 为光伏系统总效率，根据当前光伏系统的平均水平， ε 取80%^[5]。

图 23 基于卫星图片的屋顶识别



2、海外园区风能发电开发潜力

考虑到能源的运输成本以及园区实际土地情况，本研究主要考虑园区分布式风能发电。中国海外园区所在地区多为低风速地区，开发集中式风电项目的可能性相对较小，更适合采用分布式的微型风电机组利用当地的风能资源。根据海外园区所在区域离地10m高度的风速信息对园区分布式风能发电的可开发潜力进行评估。根据风能转换理论和贝茨理论^[6]，风能发电开发潜力可通过下式进行计算：

$$L_{\text{风能}} = \sum_{i=1}^{94} \int_{v_1}^{v_2} 0.5 \times \rho \times v_i^3 \times C_p \times A_i$$

式中， $L_{\text{风能}}$ 为海外园区采用微型风电机组进行风能发电的开发潜力； ρ 为空气密度，取1.225kg/m³； v 为风速， v_1 和 v_2 分别为切入风速和切出风速，通常指有效风能密度对应的风速范围，中国有效风能密度所对应的风速范围一般为3~25m/s； C_p 为风能利用系数，根据当前风电技术发展水平及发展趋势取0.5； A_i 为第*i*个园区可利用的风电机组扫掠面积。

3、海外园区生物质能发电潜力

在农业开发型园区中，最主要的废料是农作物（如棉花、大豆、玉米等）收获后所剩余的秸秆资源。秸秆资源是新能源中最具开发利用规模的一种绿色可再生能源。在可收集的农作物废物秸秆中，通常有一部分会被用于畜牧饲料、还田肥料等，仅有50%左右可用来发电。利用农业开发型园区农作物年产量对园区可收集的秸秆量进行估算，从而对园区的生物质能发电潜力进行评估。农业开发型园区的生物质能发电潜力可用下式表示：

$$L_{\text{生物质能}} = \sum_{i=1}^{94} \frac{\sum_w Y_{i,w} \times \mu_w \times 50\% \times \beta}{T_i}$$

其中， $L_{\text{生物质能}}$ 为农业开发型园区的生物质能发电潜力； $Y_{i,w}$ 为第*i*个农业开发型园区第*w*种农作物的产量； μ_w 为第*w*种农作物产量与可收集的秸秆量之间的转换因子，通过查阅资料确定； β 为秸秆直燃发电系数，一般取675 kWh/t^[7]； T_i 为第*i*个农业开发型园区的生物质能发电时间，根据海外园区所在国生物质能发电平均时间确定。

附件2：

海外园区碳排放情景研究方法

1、基准情景下的碳排放总量

在基准情景下，维持当前能源结构和单位产值能耗，目标年（ t 年）的碳排放总量 C_{BAU}^t 根据能源消费总量 E_{BAU}^t 计算得到，公式如下：

$$E_{BAU}^t = \sum_{i=1}^n E_{BAU,i}^t = \sum_{i=1}^n P_i^{2019} \times \prod_{j=2020}^t (1+r_i^{p,j}) \times EI_i^{2019}$$
$$C_{BAU}^t = \sum_{i=1}^n E_{BAU,i}^t \times k_i = \sum_{i=1}^n P_i^{2019} \times \prod_{j=2020}^t (1+r_i^{p,j}) \times EI_i^{2019} \times k_i$$

式中， i 为各海外园区； $E_{BAU,i}^t$ 为基准情景下目标年第 i 家海外园区的能源消费量； P_i^{2019} 为基准年（2019年）第 i 家海外园区的产值； j 为发展年份； $r_i^{p,j}$ 为第 i 家海外园区 j 年比前一年的产值增长率，反映了园区经济增长速度； EI_i^{2019} 为基准年（2019年）第 i 家海外园区的单位产值能耗； k_i 为能源消费量与碳排放量之间的转换因子。各项参数的来源与取值见表3。

2、低碳情景下的碳排放总量

在低碳情景下，海外园区目标年（ t 年）的碳排放总量 C^t 由基准情景的碳排放总量 C_{BAU}^t 减去园区通过优化能源结构、降低能源消费强度、增加碳汇能力等措施减少的碳排放量计算得到，公式如下：

$$C^t = C_{BAU}^t - \Delta C_{\text{可再生能源}}^t - \Delta C_{\text{节能}}^t - \Delta C_{\text{碳汇}}^t$$

式中， $\Delta C_{\text{可再生能源}}^t$ 、 $\Delta C_{\text{节能}}^t$ 和 $\Delta C_{\text{碳汇}}^t$ 分别表示目标年海外园区通过发展可再生能源、节能与能效提高以及增加碳汇能力三种途径减少的碳排放量。

(1) 发展可再生能源减少的碳排放量

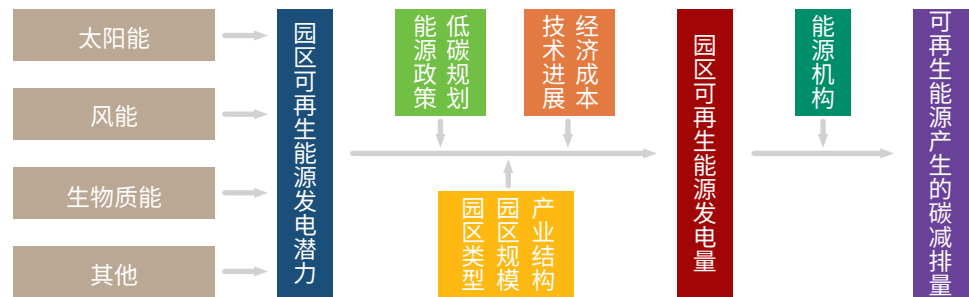
海外园区采用的可再生能源主要是太阳能、风能和生物质能，其中生物质能主要考虑农业开发型园区。考虑到能源的运输成本以及园区实际土地情况，本研究假设海外园区优先采用分布式可再生能源系统。海外园区通过发展可再生能源减少的碳排放量可根据如下公式计算：

$$\Delta C_{\text{可再生能源}}^t = \sum_{i=1}^{94} E_{BAU,i}^t \times (x_i^t - x_i^{2019}) \times k_i$$

表3 基准情景各项参数的来源与取值

参数	来源与取值
产值 P_i^{2019} 单位产值能耗 EI_i^{2019}	- 运营园区：根据海外园区官方网站、商务部网站以及公开新闻报道等资料进行整理 - 在建园区和规划园区：根据园区所在区域、园区类型、发展规模、产业结构等条件，参考相似运营园区进行递延
产值增长率 $r_i^{p,j}$	- 根据海外园区目前的产值增长率以及所在国 GDP 增长率等因素进行设定 - 从海外园区平均水平来看，2019—2025 年，海外园区进行大量招商引资，产值快速增长，产值年均增长率维持在 25% 左右；2025—2030 年，运营园区趋于饱和，在建园区和规划园区仍在快速发展，产值年均增长率在 15% 左右；2030—2050 年，所有园区达到饱和，产值年均增长率降低至 5% 左右
碳排放转换因子 k_i	根据园区所在国的能源消费结构进行确定

图 24 海外园区发展可再生能源的关键影响因素



式中， $x_{i,t}^{2019}$ 为基准年第*i*家海外园区可再生能源的能源消费比重； $x_{i,t}^t$ 为目标年第*i*家海外园区可再生能源的能源消费比重，一般参考海外园区所在国的NDC目标以及可再生能源发展规划，结合园区所在地区的能源资源禀赋以及园区本身发展可再生能源的基本条件（如园区类型、园区规模、产业结构等）进行确定（如图24所示）。

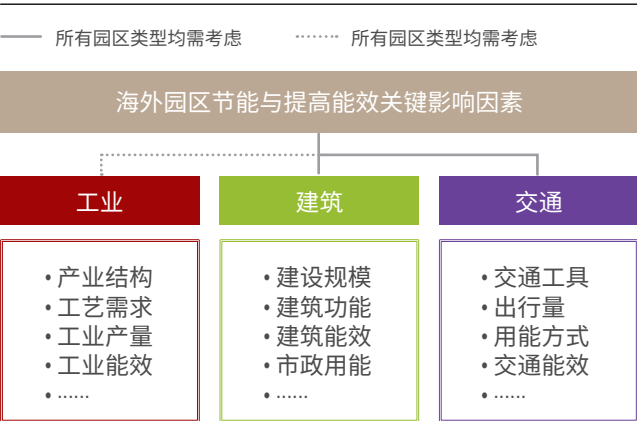
(2) 节能与能效提高减少的碳排放量

在低碳情景下，海外园区可在工业、建筑和交通三个领域调整产业结构调整、开发应用先进技术以及加强能力建设，提高园区的能源利用效率。考虑单位产值能耗的下降，园区通过节能与能效提高减少的碳排放量可用如下公式计算：

$$\Delta C_{\text{节能}}^t = \sum_{i=1}^n P_i^{2019} \times \prod_{j=2020}^t (1 + r_i^{P,j}) \times E_{i,t}^{2019} \times (1 - r_i^{EI,t}) [1 - r] \times k_i$$

式中， $r_i^{EI,t}$ 为第*i*家海外园区目标年相比于基准年（2019年）的单位产值能耗累计下降率，根据所在国能源消费强度变化情况、园区类型、产业结构、技术水平以及节能管理水平等因素确定（如图25所示）。

图 25 海外园区节能与能效提高关键影响因素



(3) 增加碳汇能力减少的碳排放量

绿色植物的固碳量计算较为复杂，计算方法较多，且各种方法的计算结果差别也较大。考虑到不同园区的地理位置、植物品种、种植密度、种植时间等因素均不相同，本研究以单位面积绿地的固碳量作简化计算。据测算，每天每平方公里绿地可以吸收近90吨二氧化碳，产生60吨氧气^[8]。海外园区通过增加碳汇能力减少的碳排放量可根据下式进行估算：

$$\Delta C_{\text{碳汇}}^t = \sum (S_i^t - S_i^{2019}) \times W$$

式中， $S_{i,t}^{2019}$ 为基准年第*i*家海外园区的绿地面积， $S_{i,t}^t$ 为目标年第*i*家海外园区的绿地面积，根据园区的规划面积、已开发面积和绿化率等因素确定； W 为单位面积绿地的平均年固碳量，一般取32850t/km²。

3、投资需求

实现海外园区的低碳发展需要加大资金投入。低碳情景下的投资需求主要考虑发展可再生能源、节能与能效提高以及增加碳汇能力三方面。

发展可再生能源的投资需求，主要是根据海外园区可再生能源在能源消费中的占比，以及园区可再生能源资源禀赋，并考虑太阳能和风能发电配套10%~15%的储能系统计算得到。

节能与能效提高的投资需求，是根据海外园区在工业、建筑和交通三个领域实现产业结构调整、技术进步和加强能力建设等方面的投入估算得到。

增加碳汇能力的投资需求，是根据海外园区增加绿化所需投入计算得到。

参考文献

- [1] 人民日报. 共同打造绿色一带一路[EB/OL]. 2020.11.26. https://appm.hangzhou.com.cn/article_pc.php?id=353206
- [2] 商务部, 国家统计局, 国家外汇管理局. 2019年度中国对外直接投资统计公报[R/OL]. 2020.09.16.
- [3] 王俊岭. 中国企业在40多个国家建设境外经贸合作区110多家[N]. 人民日报海外版, 2019.06.18.
- [4] 国际能源署(IEA). 世界能源展望2019[R/OL]. 2019.
- [5] 电子发烧友网站. 光伏人都说的系统效率, 你真的懂吗? [EB/OL]. 2019.08. <http://www.elecfans.com/d/1009609.html>
- [6] 杨刚, 陈鸣. 基于BP神经网络的风速预测和风能发电潜力分析[J]. 华东电力. 2010, 38(2): 0304-0309.
- [7] 孙建飞, 郑聚锋, 程琨, 等. 基于可收集的秸秆资源量估算及利用潜力分析[J]. 植物营养与肥料学报. 2018, 24(2): 404-413.
- [8] 刘琴, 吴宁刚, 詹志华. 论绿化在改善城市生态环境中的重要性[J]. 园林与景观设计. 2018, 18: 58-59.

世界资源研究所介绍

世界资源研究所成立于1982年, 总部位于美国华盛顿, 是一家独立的全球性智库和行库。近40年来, 研究所一直通过开拓性的研究方式和工具、庞大多元的数据平台和敏锐客观的分析观点为科学决策提供参考和支持, 并产生实际影响。

世界资源研究所在12个国家和地区拥有办公室, 汇聚1400多名专家和工作人员, 工作范围辐射50多个国家。2008年, 世界资源研究所在中国北京开设了首个国际办公室。

可持续投资项目介绍

世界资源研究所可持续投资项目立足中国, 放眼国际, 与可再生能源和绿色金融领域的中外权威智库及研究机构合作, 提供绿色金融解决方案, 支持对外投资领域从传统能源(尤其是化石能源)向可再生能源转变, 助力中国实现能源转型与高质量发展, 推动全球可持续发展与低碳目标。

世界资源研究所(美国)北京代表处

地址: 北京市东城区东中街9号东环广场写字楼A座7层K-M室
邮编: 100027
电话: 86 10 6416 5697 传真: 86 10 6416 7567

WRI.ORG.CN



中能世通(北京)投资咨询服务中心
中国能源研究会能效与投资评估专业委员会