

碳达峰碳中和 可持续发展案例 2022

Case Collection on Sustainable Development towards
Carbon Emission Peak and Carbon Neutrality 2022

国际标准化组织

城市可持续发展标准化技术委员会(ISO/TC268)

国家标准化管理委员会

全国城市可持续发展标准化技术委员会(SAC/TC567)

全球可持续发展标准化城市联盟(ISSCC)

碳达峰碳中和 可持续发展案例 2022

Case Collection on Sustainable Development towards
Carbon Emission Peak and Carbon Neutrality 2022

国际标准化组织

城市可持续发展标准化技术委员会(ISO/TC268)

国家标准化管理委员会

全国城市可持续发展标准化技术委员会(SAC/TC567)

全球可持续发展标准化城市联盟(ISSCC)

本书编委会

- 主任 汤万金
- 副主任 伯纳德·金多兹 (Bernard Gindroz)
- 委员 马伦·考恩曼 (Maren Kornmann)
- 迈克尔·穆尔昆 (Michael Mulquin)
- 邢立强 杨 锋 姚洪华 马东伟 董山峰 史诗帧
- 张建虹 姚 颖 苏光建 张武红 孙晓峰 闫 栩
- 刘印本 李晓源 徐巍峰 卢中平 姚飞奇 姜爱芹
- 岳庆松 秦 浩
- 顾问 舒印彪 张晓刚
- 主编 邵新华
- 编辑 阎 进 李浩男 郭远锋 索星予 任禹嘉 周芳芳
- 翻译 夏晨天 王 茜

前言

在国际标准化组织和中国国家标准化管理委员会的指导下，在全球可持续发展标准化城市联盟（ISSCC）成员城市、企业和研究机构的支持下，自 2022 年 3 月起，国际标准化组织城市可持续发展标准化技术委员会（ISO/TC268）、国家标准化管理委员会全国城市可持续发展标准化技术委员会（SAC/TC567）和 ISSCC 共同组织发起全公益性碳达峰碳中和可持续发展典型案例征集。三组织携手成立工作委员会并分设工作组。经过为期 5 个月的征集，共收到国内外案例三十余个。通过技术专家组的反复论证，多次研讨，根据案例项目的“双碳”相关性、社会影响力、技术创新含量等标准，历经十余次案例项目调研走访、实地考察和近二十次线上会议，最终从城市、社区、乡村、产业（农业、工业和服务业）的角度选定了 12 个案例（见目录），并编辑形成《碳达峰碳中和可持续发展案例 2022》，本汇编共分“城市”、“社区”、“工业”、“农业”“服务业”五个篇章。

第一章“城市篇”，从不同类型、发展程度的城市如何实现“双碳”目标的角度，摘选了中国超大城市、全国性经济科创中心深圳市、辖区内有秦山核电站的沿海核电区县、山西资源枯竭型城市的转型等可持续发展案例。

第二章“社区篇”，向读者展示中国新加坡合作的天津生态城、深圳万科中心生态城致力于“双碳”新技术应用探索的社区（community）案例。

第三章“工业篇”，展现国家电网组织试点“双碳”全景碳流管控体系、丹佛斯海盐工厂“零碳园区”建设、青海德令哈中控太阳能 10MW 电站建设等在数据管控、生产管理、新能源研发领域有成功经验的工业领域案例。

第四章“农业篇”，从新农业的角度探索农业产业的“双碳”路径，向读者分享中茶公司生态低碳茶园建设管理体系案例。

第五章“服务篇”，介绍三个具有国内外影响力和创新路径的服务业“双碳”案例。包括 SGS 绿色低碳管理体系认证系统、星巴克绿色门店认证计划和美团围绕绿色出行的技术创新、循环再生减污降碳探索。

各章案例提供单位及撰写人：

第一章：深圳市市场监督管理局：史诗祯、许立杰、唐云鹭、苏李亮。海盐县发展和改革局：张建虹、姚颖、孙震啸、彭娜。海盐县核电产业发展服务局：时旻涛、孙东魁。孝义市发展和改革局：苏光建。孝义市市场监督管理局：张武红。

第二章：中新天津生态管委会副主任：孙晓峰。中新天津生态城经济局闫栩、刘印本、王媛。中新天津生态城建设局：李晓源、李博。深石零碳科技（深圳）有限公司：纪文轩。

第三章：国网浙江电力有限公司、国网浙江杭州市萧山区供电有限公司：徐巍峰、柳志军、许金彤、冯兴隆、余彬、来涵彬、吕斌、罗曼、周国华。浙江海利普电子科技有限公司：卢中平，虞小平。上海电气风电集团股份有限公司：彭明、战中磊、许王建。西子清洁能源装备制造股份有限公司：姚飞奇、刘可亮、许志贵、应仁丽、许利华、林贞宇。

第四章：中茶杭州龙冠实业有限公司：姜爱芹、孙业良。

第五章：通标标准技术服务有限公司：岳庆松、贾佳、杨雨璇、樊俊娜。星巴克企业管理（中国）有限公司：叶海蓉、项雅娟。汉海信息技术（上海）有限公司：秦浩。

ISO/TC268、SAC/TC567 和 ISSCC 在此向所有案例提供单位和参与编写的个人表示感谢。

本案例汇编将提交 2022 年度举办的“碳达峰碳中和经典案例”可持续发展论坛暨 ISSCC 全球年会交流，通过线上线下同步参会的专家代表共同研讨，商议选定“低碳城市最佳案例”形成国际标准技术文件(ISO/TR37115)向全球推广。

希望在 ISO/TC268、SAC/TC567、ISSCC 的大力支持和指导下，在案例编委的梳理提炼基础上，通过中外媒体线上线下的流量传播，在全球范围内把最具代表性、创新性的“双碳”案例传播出去。为致力于“双碳”目标的城市、社区、村镇、企业及其他单位提供经验借鉴，并最终通过标准化为全球提供可操作、可复制、可推广的近零碳经验做法。

也在此对本案例集涉及的一些专有名词、机构组织及其产生发展情况做集中说明，以便于后续阅读理解。

1.碳达峰、碳中和

碳达峰是指某个地区或行业年度二氧化碳排放量达到历史最高值，然后经历平台期进入持续下降的过程，是二氧化碳排放量由增转降的历史拐点。碳中和是指一个地区在一定时间内直接或间接产生的温室气体排放总量通过植树造林等形式抵消，实现二氧化碳“零排放”。国际社会普遍认为，二氧化碳过度排放是引起气候变化的主要因素。而气候变化对全球生态环境造成直接影响，进而影响着人类的生存与发展。

2. ISO/TC268

ISO/TC 268 是国际标准化组织下设的城市可持续发展标准化技术委员会，是一个跨行业、跨部门的技术组织，成立于 2012 年 2 月，其范围涵盖可持续发展城市和社区的标准，包括城市和社区、智慧城市、韧性城市的指标体系，管理体系及相关的支撑技术和工具，围绕联合国可持续发展目标，旨在帮助城市和乡村的发展更加具有可持续性。

3. SAC/TC567

SAC/TC567 是国家标准化管理委员会下设的全国城市可持续发展标准化技术委员会，成立于 2017 年 12 月，由中国标准化研究院承担秘书处，主要负责城市可持续发展管理体系、要求、指南和相关领域国家标准（不含城市建设标准）制修订工作，对口 ISO/TC268，由国家标准委负责业务指导。SAC/TC567 致力于构建城市可持续发展新型标准体系，大力推进实施城市可持续发展标准，持续开展城市可持续发展标准国际合作。

4. ISSCC

ISSCC 全球可持续发展标准化城市联盟。成立于 2017 年 6 月，由国际国内 16 个城市共同发起成立。得到国际标准化组织、联合国环境规划署、法国标准化组织、国家标准化管理委员会的大力支持。

ISSCC 积极践行联合国可持续发展目标和习近平主席提出的“绿水青山就是金山银山”理念，组织建立 ISO/TC268 国际试点城市网络，构建国际城市间可持续发展标准化交流平台，提高联盟成员城市可持续发展水平和政府管理效率，推动城市间的可持续发展标准化建设合作。

5. 中国质量（杭州）大会“双碳”分论坛

2021 年 9 月 16 至 17 日，中国质量（杭州）大会在浙江杭州召开。大会同时举办了“碳达峰碳中和标准化与可持续发展”国际论坛暨 2021 年 ISSCC 全球年会。该论坛作为中国质量大会平行论坛之一，分享了国际标准与先行经验，有力地推动了我国碳中和

全领域顶层设计系统化、标准化，促进了碳中和全面可持续发展，得到了国内外相关组织、行业、企业的广泛关注，为本案例汇编的起草征集奠定了基础。

2022“双碳”可持续发展案例征集和编印工作已告一段落。“双碳”战略目标的全面推进实施已成为全球共识，我们将持续关注各地区、领域“双碳”可持续发展的经验做法，积极推进“双碳”可持续发展标准化工作。也期待各城市、社区、产业及时总结归纳绿色低碳好经验好做法并形成完整案例。

欢迎随时联系 ISSCC 秘书处申报优秀典型案例，我们将组织 ISO/TC268、SAC/TC567 及 ISSCC 专家对择优选取案例在调研核实基础上开展研讨评审，组织研制提升为国家、国际标准，共同为推进“双碳”战略目标努力。

由于时间紧迫，加之水平有限，不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

全球可持续发展标准化城市联盟
《“碳达峰碳中和可持续发展案例 2022”》
案例征集委员会（编译工作组）

2022 年 9 月

代序

在碳达峰、碳中和战略目标指引下，加速推进绿色低碳科技创新已成为实现可持续发展的全球共识，绿色低碳创新是科技革命和产业变革的重要方向，是最富生机、最有前途的重要领域，是人类社会可持续发展的重要支撑。坚持“绿水青山就是金山银山”理念，强化科技赋能和数字赋能双核牵引，推动实现精准降碳、科技降碳、数智降碳、安全降碳，是生态优先、绿色低碳的高质量发展之路。而标准化作为国家治理体系和治理能力现代化的手段，在绿色低碳发展中有着重要的规范引领作用、是实现高质量发展的重要保障，“只有高标准，才有高质量”。

实现“双碳”战略目标，是一场广泛深刻的经济社会系统性变革，需要从能源、工业、城乡建设、交通运输、循环经济、科技创新直至各地区全民实行同步推进、梯次有序的碳达峰和绿色降碳行动。由“全球可持续发展标准化城市联盟”(ISSCC)提议倡导，为加强联盟城市间经验技术交流，共同探讨“双碳”具体做法，并不断推进“双碳”标准化工作提升，ISSCC 与国际标准化组织城市可持续发展标准化技术委员会 (ISO/TC268)、全国城市可持续发展标准化技术委员会 (SAC/TC567) 共同公开发起全公益性征集“双碳”可持续发展典型案例。经过案例征集工作委员会和工作组半年多努力，在 ISSCC 秘书处统筹协调下，《碳达峰碳中和可持续发展案例 2022》完成编辑付印，

本案例集内容涉及城市、社区、工业、建筑、新能源、低碳农业、绿色生活方式等广泛领域。其中包括深圳、天津这样的大型一线城市案例，也包括山西孝义、浙江海盐等具有能源特色背景的地区性“双碳”案例，既有国家电网“双碳”全景碳流管控试点、美团绿色健康出行这类国企、民企项目，也有丹福斯、星巴克、瑞士通标行这样的驻中国外企案例，还提供了关于中茶公司低碳茶园建设管理体系等具有中华文化特色的可持续发展农业产业案例。

上述案例经 ISSCC 中国联盟成员发起的“双碳”可持续发展最佳案例”评选，对其中可借鉴、复制、推广的优秀典型案例，将组织研制上升为国际标准技术文件 (ISO/TR37115)向全球推广，也为国内地方政府、行业企业实施“双碳”目标提供模板思路

和技术指引，推动 ISSCC 国内外成员单位和更多城市、行业间的“政策互鉴、标准共建、成果互通、企业合作”。期待本汇编在 ISSCC 年度大会后，根据参会专家意见进一步修改完善，正式向全球出版发行。希望这些案例对推进全球“双碳”可持续发展提供有益示范和借鉴，并由此产生一批高质量的规范性标准文件，为“双碳”可持续发展标准化工作助力。

感谢案例实施单位和主管部门、组织、地方政府在案例实施过程中的卓越智慧和辛勤工作。感谢 ISO/TC268、SAC/TC567、ISSCC 案例征集工作组及 ISSCC 秘书处为案例征集编审、统筹协调、翻译付印所付出的努力。

预祝 2022 年度 ISO/TC268 及 ISSCC 年度大会圆满成功！

国际标准化组织（ISO）原主席

张晓刚博士

A handwritten signature in black ink, appearing to read '张晓刚' (Zhang Xiaogang), enclosed within a vertical line on the right side.

2022 年 9 月 7 日

贺函

经“碳达峰碳中和”可持续发展典型案例征集工作委员会及其工作组，全球可持续发展标准化城市联盟（ISSCC）秘书处的共同努力，《碳达峰碳中和可持续发展案例 2022》完成编审付印，并将在 2022 年度 ISSCC 年会交流研讨，我谨代表国际电工委员会(IEC)对上述工作顺利开展及 2022 年度 ISSCC 年会顺利召开表示热烈祝贺！

IEC 成立于 1906 年，它是世界上成立最早的国际性电工标准化机构，负责有关电气工程和电子工程领域中的国际标准化工作。IEC 的宗旨是促进电气、电子工程领域中标准化及有关问题的国际合作，增进国际间的相互了解。

2021 年 10 月，中国质量大会（杭州）召开，作为大会平行论坛之一，在由华能集团共同举办的“碳达峰碳中和标准化与可持续发展”论坛上，我获邀发言，分享了能源电力低碳转型关键路径及措施。

2022 年 8 月 20 日，2022 国际标准化大会在南京举行，会议围绕“国际标准化支撑碳达峰碳中和”主题开展线上和线下交流。大会见证了 IEC 国际标准促进中心（南京）成立。IEC 作为世界三大国际标准组织之一，积极应对全球气候变化，启动 IEC 未来十年战略规划工作，将碳中和、能源转型、零碳电力系统等主题列入战略规划内容，培育形成大量国际标准，大力推动能源绿色转型，助力实现联合国 2030 可持续发展目标。中国作为 IEC 常任理事国之一，在“双碳”目标引领下，积极推动建立碳达峰碳中和标准体系，搭建与国际接轨的合格评定服务平台，以标准化促进绿色低碳发展，为构建人类命运共同体、建设清洁美丽世界注入强大动力。

在 2021 年中国质量大会论坛基础上，今年 ISSCC 与 ISO/TC268、SAC/TC567 共同发起征集、筛选、编制“双碳”案例汇编，是对国内外“双碳”案例的深入归纳总结，并通过中英文同步发行，有利于国际国内“双碳”领域的经验共享，交流沟通。

随着社会各界对双碳可持续发展战略的不断深入理解和实践，我十分欣喜地看到，特高压、柔性输电、直流电网、高转化效率光伏发电等低碳创新技术得到越来越普遍应用，在本案例汇编中的城市、社区等案例中也有充分体现，其中不乏对于对新一代技术

的先行试验示范，极大地提升了城乡绿色可持续发展能力。以清洁化、电气化、数字化、标准化为路径，推进能源低碳转型，是 IEC 国际标准目前的重点方向。案例汇编的征集、编辑与发行，与 IEC 的工作方向高度契合，将推动全社会共同专注于能源结构优化，节能减排贯彻及低碳技术创新。

最后，预祝《碳达峰碳中和可持续发展案例 2022》宣传发行工作及 2022“双碳”经典案例可持续发展论坛暨联盟年度大会取得圆满成功！

国际电工委员会（IEC）主席

中国工程院院士

中国电机工程学会理事长

中国华能集团董事长

舒印彪

Handwritten signature of Shu Yinbiao in black ink, consisting of stylized Chinese characters.

2022 年 9 月

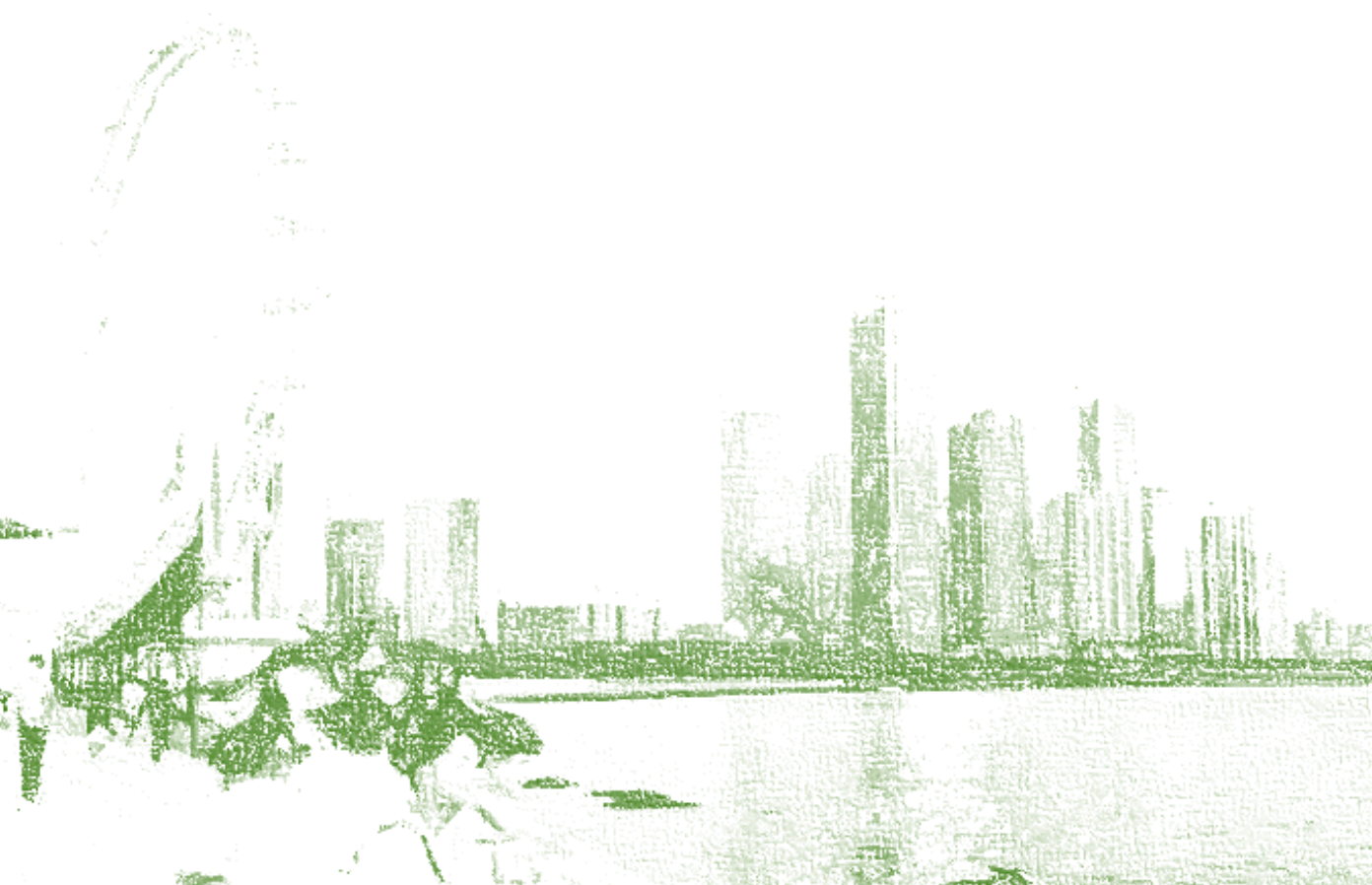
目录

前言.....	I
代序.....	V
贺函.....	VII
第一章 城市篇	1
深圳市碳达峰碳中和可持续发展案例	3
一、超大城市全领域绿色低碳改造建设思路.....	3
二、综合治理措施.....	6
三、典型经验与作法.....	8
四、治理成效.....	10
五、问题与建议.....	12
六、持续拓展深度广度的绿色发展设想.....	13
核电城市能源综合利用零碳发展模式	15
一、基于核电优势的“零碳”理念.....	15
二、核电小镇绿色发展主要思路.....	16
三、绿色低碳综合建设举措.....	16
四、社会经济成效.....	22
五、综治管理综合利用经验复制问题.....	25
六、未来工作计划.....	25
破除“资源诅咒”的区域转型发展案例	27
一、寻求生态转型出路.....	27
二、产业转型发展与生态环境建设并举.....	29
三、产业转型升级案例.....	32
四、转型建设成效.....	34
五、主要存在问题分析.....	35
六、未来低碳转型工作计划.....	35
第二章 社区篇	37
天津生态城能源循环绿色低碳建设案例	39
一、以绿色建筑构建循环生态.....	39
二、创新建设规划.....	40
三、经验与做法总结.....	43

四、经济环境及可持续发展效益.....	44
五、抓好低碳技术资源再生政策保障	46
“生物圈”理念碳中和实验社区案例.....	47
一、碳中和社区建设理念的提出.....	47
二、建设内容及其功能特点	48
三、经验做法路径	52
四、建设应用成效	54
五、问题与建议	55
六、总结归纳可复制可推广经验.....	56
第三章 工业篇	59
国网浙江电力全景碳流管控试点案例	61
一、为“双碳”管控提供技术支撑	61
二、研究内容、技术路线及功能特点	63
三、经验与做法归纳.....	69
四、效益分析.....	71
五、问题与建议	72
六、后续完善路线图	75
丹佛斯海盐工厂“零碳”园区	78
一、在工业领域推行“高能效”的零碳建设思路	78
二、高能效综合解决方案.....	79
三、“零碳园区”的能源互联网+经验做法	84
四、低碳成效分析	85
五、问题与建议	85
六、下一步工作设想.....	86
德令哈 10MW 塔式太阳能光热电站	87
一、光热电站的储能技术突破	87
二、建设投运情况	88
三、设计创新点	89
四、良好的经济和社会效益	91
五、存在问题分析及整改情况	91
六、未来工作方向	92
第四章 农业篇	93
中茶公司生态低碳茶园建设管理体系	95
一、生态茶园建设创新思路	95
二、建设方案.....	97
三、主要经验与做法	99
四、应用成效.....	99
五、未来建设计划	100

第五章 服务篇	101
SGS 绿色低碳管理体系认证系统	103
一、推进物流与废弃物两个关键领域低碳认证	103
二、管理体系具体内容.....	104
三、管理体系建立的价值.....	112
四、运行试点	113
五、进一步工作设想	114
星巴克绿色门店认证计划	115
一、基本情况	115
二、计划思路	115
三、主要做法	116
四、预期成效	119
五、问题思考	119
六、未来目标	120
美团绿色出行减污降碳案例	121
一、践行绿色低碳的美团方案.....	121
二、绿色出行全方位解决方案.....	122
三、基于循环利用的全生命周期理念.....	126
四、成效分析	127
五、问题与建议	129
六、继续推进绿色健康出行	131
参考文献	133

第一章 城市篇



深圳市碳达峰碳中和可持续发展案例

一、超大城市全领域绿色低碳改造建设思路

（一）背景

早在 1996 年，中国就将可持续发展上升为国家战略并全面推进实施。联合国 2030 年可持续发展议程的第 11、13 个目标分别为“建设包容、安全、有抵御灾害能力和可持续发展的城市和人类住区”、“采取紧急行动应对气候变化及其影响”。2016 年 12 月，为推动落实联合国 2030 年可持续发展议程，国务院印发《中国落实 2030 年可持续发展议程创新示范区建设方案》（国发〔2016〕69 号），提出了“形成若干可持续发展创新示范的现实样板和典型模式，对国内其他地区可持续发展发挥示范带动效应，对外为其他国家落实 2030 年可持续发展议程提供中国经验”的工作目标。2019 年 8 月，中共中央、国务院印发《中共中央国务院关于支持深圳建设中国特色社会主义先行示范区的意见》，赋予深圳特区“全球标杆城市”的新历史使命以及“高质量发展高地、可持续发展先锋”的战略定位，要求深圳率先打造人与自然和谐共生的美丽中国典范。

中国长期以来高度重视应对气候变化，认真履行《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》，采取了一系列应对气候变化政策措施，努力控制和减缓温室气体排放。2020 年 9 月 22 日，习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上郑重宣布，“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”。习近平总书记宣布碳达峰目标与碳中和愿景，是党中央、国务院统筹国际国内大局作出的重大战略决策，彰显了我国积极应对气候变化、走绿色低碳发展道路的雄心和决心。2021 年 3 月 13 日，我国发布《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，提出了“生态文明建设实现新进步”的发展目标，并要求积极应对气候变化，将碳达峰和碳中和目标纳入规划。

（二）创新思路

深圳节能减排工作已取得明显成效，“十三五”期间深圳单位 GDP 能耗持续下降，2020 年单位 GDP 能耗约为全国平均水平 1/3，全省 1/2。单位 GDP 碳排放约为全国平均水平 1/5、全省 1/3，均达到国内领先、国际先进水平。深圳明确提出要“以先行示范标准推进碳达峰、碳中和”。深圳绿色低碳产业聚焦能源、交通、建筑和数字经济等高能耗、高排放部门，从能源清洁转型、节能提效、智慧交通等方面着手，为探索经济发展与“碳减排”协同并进的高质量“双碳”提供支撑。

在能源领域，深圳将开展煤电清洁高效发展示范，降低发电标准煤耗，持续深入开展碳捕集利用与封存 (CCUS)¹ 试点示范工程。加速天然气基础设施建设，建成“多气源、一张网、互连互通、海陆共济”天然气供应格局，实现管道天然气“应改尽改、能改全改”。以先行示范标准有序推进岭澳核电三期项目，增加本地清洁电力供应。在充分利用屋顶资源基础上，积极扩大“光伏+”多元化利用范围，推动分布式光伏应用规模大幅度提升。此外，还将大力推进风电项目建设，积极开展氢能应用示范、推动新型储能高质量发展，在全国率先实现生活垃圾全量焚烧。



图 1 大亚湾核电基地岭澳核电站

在产业领域，深圳市自 2013 年在全国率先立法启动碳排放权交易工作以来，产业能级持续提升，减排成效显著。深圳碳市场管控区域最小，但管控单位总数位居全国第二，具有行业类别多、管控企业数量大等特点。统计显示，2020 年先进制造业增加值增长 3.9%，战略性新兴产业增加值比上年增长 3.1%，现代服务业增加值比上年增长 6.4%。

¹ CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage) 碳捕获、利用与封存。是应对全球气候变化的关键技术之一，受到世界各国的高度重视，纷纷加大研发力度，CCUS 技术是 CCS (Carbon Capture and Storage, 碳捕获与封存) 技术新的发展趋势，即把生产过程中排放的二氧化碳进行提纯，继而投入到新的生产过程中，可以循环再利用，而不是简单地封存。与 CCS 相比，可以将二氧化碳资源化，能产生经济效益，更具有现实操作性。随着技术的进步及成本的降低，CCUS 前景光明。

此外，深圳市还于 2021 年 3 月起施行全国首部绿色金融法规、全球首部规范绿色金融的综合性法案《深圳经济特区绿色金融条例》，进一步明确了金融机构和绿色企业的主体责任，在绿色金融制度引导、绿色金融生态发展、绿色金融产品创新、绿色金融国际合作等方面取得了显著成效。

在交通领域，深圳市系统推进绿色交通系统建设，打造高品质宜行城市，在全国率先实现公交车、出租车 100%纯电动化，绿色交通出行率达到 71%，新能源汽车保有量约 40 万辆，居全球城市前列。充电需求基本得到有效保障，累计建成各类充电桩超 8.3 万个，充电桩超 5000 个，保有装机总功率 230 万千瓦，公共桩密度全国第一。《深圳市新能源汽车推广应用工作方案（2021-2025 年）》显示，“十四五”期间全市新增注册汽车（不包含置换更新）中新能源汽车比重达 60%，至 2025 年，全市新能源汽车保有量达 100 万辆，累计建成公共和专用网络快速充电桩 4.3 万个，基础网络慢速充电桩 79 万个。



图 2 深圳国际低碳城文化会议中心

在建筑领域，深圳大力推动提升建筑能效，早在 2006 年就颁布了全国首部建筑节能法规《深圳经济特区建筑节能条例》，在全国率先实施最严格的建筑节能“一票否决”制。目前，深圳绿色建筑规模居全国前列。截至 2020 年，深圳累计开展绿色建筑标识项目 1359 个，建成绿色建筑面积 1.28 亿平方米，其中高星级绿色建筑占比达 91%，是国内绿色建筑建设规模和密度最大的城市之一。2022 年 7 月 1 日起施行的《深圳经济特区绿色建筑条例》提出建立建筑碳排放管控工作机制，鼓励开展近零能耗建筑、零碳建筑、近零碳排放试验区示范建设，降低建筑碳排放强度和碳排放总量。

（三）实施目标

2021年6月，深圳市发布《深圳市国民经济和社会发展的第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》，提出了“形成低消耗、少排放、能循环、可持续的绿色低碳发展方式，以先行示范标准推动碳达峰迈出坚实步伐”的可持续发展目标。并要求聚焦构建低碳能源体系、战略新兴产业体系以及与碳达峰、碳中和相适应的政策体系，推进工业、建筑、交通运输、公共机构等重点领域节能低碳化，鼓励重点用能单位提高综合能效，推动低碳试点示范深化创新。

2022年1月，深圳市人民政府印发《深圳市生态环境保护“十四五”规划》，进一步明确“到2035年，建设成为可持续发展先锋，打造人与自然和谐共生的美丽中国典范，生态环境质量达到国际一流水平，绿色生产生活方式更加完善，绿色低碳循环水平显著提升，碳排放达峰后稳中有降。到2025年，生态环境质量达到国际先进水平”的可持续发展目标。

此外，在深圳市各级政府部门印发的《关于进一步促进深圳工业经济稳增长提质量的若干措施》、《深圳“十四五”电网发展规划》、《深圳市综合交通“十四五”规划》、《深圳经济特区绿色建筑条例》、《深圳经济特区绿色金融条例》等系列规划文件或法规条例中，都部署并提出推进能源基础设施项目建设、推动电网发展更绿色更智能、推进交通载运工具清洁发展、建立建筑碳排放管控工作机制、推进绿色及可持续金融示范发展等全方位布局，建立形成了系统全面的深圳市碳达峰碳中和可持续发展目标。

二、综合治理措施

作为全国首批低碳试点城市、碳排放权交易试点城市、可持续发展议程创新示范区，深圳市始终坚持可持续发展战略，积极发挥先行先试优势，在推进能源结构优化、低碳交通建设、绿色建筑推广、低碳试点示范、碳排放权交易市场和政策体系建设、绿色金融法律和政策体系建设等工程项目上，均取得了明显进展，初步形成了具有深圳特色的低碳发展模式。

（一）构建清洁低碳的能源体系

一是协调推进能源基础设施规划建设。建成投产深圳抽水蓄能电站、华电坪山分布式能源和滇西北直流工程等重点项目。二是优化化石能源利用。统筹推进天然气产供储

销体系建设，推动建成中海油深圳液化天然气（LNG）项目与广东大鹏 LNG 项目互联互通管道。三是加快可再生能源发展，大力发展生物质能，东部环保电厂、妈湾城市能源生态园等三大垃圾处理设施顺利建成投产，在超大型城市中率先实现生活垃圾全量焚烧。四是推动氢能高质量发展。《深圳市氢能产业发展规划（2021-2025 年）》要求到 2025 年，形成较为完备的氢能产业发展生态体系，建成氢能产业技术策源地、先进制造集聚高地、多场景应用示范基地，实现氢能商业化应用，氢能产业规模达到 500 亿元。

（二）碳排放权交易助力温室气体减排

2013 年 6 月，深圳在全国率先启动碳排放权交易，创新市场化机制有效控制温室气体排放。深圳碳市场自启动以来，市场流动率连续八年位居全国第一，全国二级市场配额现货成交额率先突破 1 亿和 10 亿两个大关，履约率始终保持在 99%以上。深圳碳市场共纳入管控单位 750 家，覆盖计算机、通信及电子设备、机械制造业、橡胶和塑料制品业、水务、燃气、公交等 33 个行业。截至 2020 年底，管控制造业企业平均碳排放强度下降 40.29%，增加值平均增长 61.64%，实现碳排放量和碳强度双重下降，在实现经济增长的同时有效控制碳增长。

（三）启动深圳碳普惠体系建设



图 3 深圳“低碳星球”小程序发布仪式

2021 年 11 月，为挖掘公众侧绿色低碳潜力，深圳市人民政府办公厅发布《深圳碳普惠体系建设工作方案》，要求逐步实现碳积分、碳普惠减排量与碳交易市场的联通、兑换和交易。为进一步支撑深圳碳普惠体系构建，深圳市启动一系列碳普惠方法学编制

工作,并结合腾讯的互联网技术创新能力与广泛的用户社交平台触点,于2021年12月发布《深圳市低碳公共出行碳普惠方法学》与“低碳星球”小程序。据测算,与一般市内交通出行相比,市民乘坐纯电动公共汽车出行每人每公里可减少26.9克二氧化碳排放,乘坐地铁出行每人每公里可减少46.8克二氧化碳排放。

(四) 启动近零碳排放区试点

2020年11月,深圳市生态环境局与深圳市发展和改革委员会联合下发《深圳市近零碳排放区试点建设实施方案》,在全市范围内征集第一批近零碳排放区试点项目,选取减排潜力较大或低碳基础较好的区域、社区、园区、企业、建筑及校园,分类分批推进近零碳排放区试点建设,多领域多层次推动近零碳、零碳发展,形成示范带动效应。2021年12月,华为数字能源技术有限公司安托山总部园区等28个项目被确定为深圳市近零碳排放区第一批试点项目。2022年8月,深圳市开展第二批试点项目征集申报工作,首批近零碳排放区创建工作也在有序推进中。

(五) 建设华润海丰电厂碳捕集利用与封存(CCUS)测试平台

2019年5月,华润海丰电厂CCUS测试平台项目全面竣工投入运行,该平台是世界第三个、亚洲首个碳捕集利用与封存测试平台。目前,华润海丰电厂CCUS测试平台已经取得了良好的社会和环保效益,成功捕集高纯度二氧化碳10000多吨,直接减少温室气体排放,降低对环境的影响,对CCUS技术创新的贡献初具成效,已形成具备国际前沿CCUS科研课题方向,在中国乃至世界具有良好的示范效应,在国内外专业领域获得广泛认可和较高知名度。CCUS测试平台的建成,将有利于大湾区城市破解城市发展面临的燃煤电厂碳排放难题、协助大湾区在保障能源供应的情况下实现碳排放达峰和中长期减排。

三、典型经验与作法

(一) 率先构建碳排放权交易法律制度和政策体系。

作为七个碳排放权交易试点省市之一,深圳逐步形成了国内最完整的碳交易法律制度和政策体系,为碳市场平稳建设运行打下良好的法律和政策基础。一是于2012年10月发布《深圳经济特区碳排放管理若干规定》,作为我国首部碳交易地方性法规颁布;于2014年3月颁布《深圳市碳排放权交易管理暂行办法》,率先形成国内最完整的碳交易法律制度。二是于2012年发布全国首个组织温室气体排放量化、报告和核查

指南，2016年发布垃圾焚烧发电企业、公交出租车企业等行业温室气体排放量化和报告指南，并于后续年份对上述标准进行修订完善，支撑碳交易市场有序运作。三是积极谋划将碳市场管控行业重心由工业扩大至其他服务业，根据碳排放管控可行性和管理实际，分批次推动服务业企业（单位）进入深圳碳市场管控，与全国碳市场管控八大重点行业形成差异化互补式发展局面。

（二）绿色金融为低碳发展赋能。

2018年12月，深圳市政府印发《关于构建绿色金融体系的实施意见》，制定绿色信贷、绿色债券、绿色保险等产品奖补政策，支持区域性环境权益交易市场发展，进一步优化绿色金融资源配置。2020年10月，《深圳经济特区绿色金融条例》经深圳市人大常委会审议通过，于2021年3月1日起正式实施，这既是我国首部绿色金融地方法规，也是全球首部规范绿色金融的综合性法案。根据《深圳经济特区绿色金融条例》要求，年度温室气体排放预期达到3000吨二氧化碳当量的投资项目应开展绿色投资评估，在投资环节严把绿色关。此外，深圳先后推出多项碳金融产品及服务，支持投资机构成立首个私募“碳基金”，完成国内首单纯配额“碳质押”业务，完成国内首单、最大跨境碳资产回购交易业务，实现国内最大单笔碳配额置换交易，并在全国率先引进碳市场境外投资者，为碳市场参与者提供了更便捷的价格发现工具、风险管理工具和低碳融资工具，大大活跃了市场交易。

（三）交通低碳化推进城镇化低碳发展。

一是加快推广新能源汽车。2009年和2010年，深圳市先后颁布了《深圳新能源产业振兴发展规划（2009-2015年）》和《深圳新能源产业振兴发展政策》，要求重点发展新能源汽车。到2017年，深圳率先在全球实现公交全面电动化，2018年成功实现出租车全面电动化，绿色公交发展全球领先，获评“全球绿色交通代表案例”。2021年9月，世界银行发布首个全面电动化实际案例报告，将深圳巴士集团的“绿色公交”模式向全球189个国家发布推广。二是重点推动绿色交通。加快推进轨道-公交-慢行三网融合，2019年高峰期公共交通占机动化出行分担率达62.6%。“十三五”以来，深圳交通已基本建成“轨道交通为骨架、常规公交为网络、出租车为补充、慢行交通为延伸”的多层次绿色公共交通体系。三是引领绿色慢行交通复兴。“十三五”期间，深圳市累计建设非机动车道1257公里，自行车道路网规模增长132%，全市慢行出行分担率保持在50%以上，在国内超大型城市中居于首位。2021年9月，在全国率先出台《深圳市自行车交

通发展规划（2021-2035）》，明确自行车交通是综合交通的重要组成部分，出台合理分配路权设置自行车道等政策。

（四）绿色建筑节能成效显著。

早在 2006 年，深圳市就印发了《深圳经济特区建筑节能条例》，有效推动了建筑节能管理，提高能源利用效率。2013 年，深圳市印发《深圳市绿色建筑促进办法》，全面促进深圳市绿色建筑发展，成为全国绿色建筑建设规模和密度最大的城市之一。率先在国内全面推行合同能源管理，引入社会资金完成既有建筑节能改造面积超过 2000 万平方米。2020 年新增绿色建筑面积约 1700 万平方米，总面积超过 1.3 亿平方米，累计绿色建筑评价标识项目达 1388 个。从源头加快装配式建筑项目落地，促进装配式建筑项目提质扩面，从居住建筑向公共建筑、工业建筑和市政基础设施逐步覆盖，装配式建筑总规模位居全国前列，获“国家可再生能源建筑应用示范城市”称号。加快探索超低能耗与近零能耗建筑，超低能耗与近零碳排放建筑项目均已开展建筑主体工程施工。

四、治理成效

（一）产业结构和能源结构进一步优化。

深圳坚持抓核心抓关键，全面实施产业结构和能源结构升级。2020 年，深圳市地区生产总值达 2.77 万亿元，一二三产业比重为 0.1:37.8:62.1，战略性新兴产业增加值达 1.02 万亿元，单位 GDP 能耗、单位 GDP 二氧化碳排放分别为全国平均水平的 1/3、1/5，五年分别下降 19.3%、23.2%。形成以电和 LNG 等为主的能源结构，彻底淘汰民用散煤和普通工商业用煤，于 2018 年成为全球首个实现公交车、出租车全面电动化的超大型城市，核电、气电等电源装机容量占全市总装机容量的 77%，高出全国平均水平约 25%；大力发展生物质能，生活垃圾焚烧发电厂总发电装机容量达 540 兆瓦。

（二）产业低碳化助推经济高质量发展。

深圳市围绕提升经济发展质量和有效降低碳排放水平，针对传统产业开展企业技术改造扶持计划和工业强基工程扶持计划，共计支持技术改造项目超 3700 项，承担 12 个国家工业强基项目建设，并设立绿色低碳扶持计划对新能源、生物医药、新材料、新一代信息技术等低碳型战略性新兴产业发展和节能低碳关键技术研发进行扶持。“十三五”时期，深圳市地区生产总值年均增长 7.1%，地均、人均 GDP 居内地城市前列，单位 GDP 能耗、水耗居全国大中城市最低水平。规模以上工业总产值跃居全国城市首位，

战略性新兴产业增加值突破万亿元，高新技术产业发展成为全国一面旗帜。2020年，深圳市战略性新兴产业占地区生产总值比重为37.1%，高技术制造业和先进制造业增加值占规模以上工业增加值的比重分别达到66%和72%，每平方公里产出GDP居全国大城市首位。

（三）打造绿色低碳城市发展样本。



图4 深圳国际低碳城核心片区

一是建立GEP²核算体系，成为碳达峰碳中和目标达成重要抓手。2014年，深圳市在盐田区开展的城市GEP核算试点，有力助推了生态文明与经济社会高度融合发展。数据显示，2020年盐田区实现地区生产总值同比增长5.8%，17年来增速首次位列深圳全市各区第一名，真正实现了“产业兴盐”与“绿色发展”相互促进发展。2021年3月，深圳市宣布将在全市范围内推行GEP核算。二是建设深圳国际低碳城，打造低碳发展的交流和展示窗口。深圳国际低碳城从策划、规划到启动区的建设运营，均吸收了当时国际上最先进的低碳理念，应用了绿色建筑、清洁交通、污水循环、废物回收、能源低碳等十大技术系统和近百项先进技术。2012年深圳国际低碳城项目启动后，低碳转型效益初步显现，地区生产总值从2011年42.8亿元增加到2019年151.3亿元，年均增长率达17.1%。

（四）生态环境质量和可持续发展水平全面提升。

据统计，2020年深圳市主要污染物减排超额完成任务，生态环境质量稳步提升，茅洲河、深圳河等五大河流水质均达到或优于IV类，PM_{2.5}降至19微克/立方米，AQI

² GEP：生态系统生产总值，也称生态产品总值，是指生态系统为人类福祉和经济社会可持续发展提供的各种最终物质产品与服务（简称“生态产品”）价值的总和，主要包括生态系统提供的物质产品、调节服务和文化服务的价值。生态系统生产总值(GEP)是生态文明思想指导下，对生物多样性部分产出的一种统计。其核算的根本目的在于实现生物多样性保护与人类可持续发展的目标，也是对各地方进行考核的重要的生态文明指标。

达标率达到 97%，碳排放总量增幅持续放缓，碳排放强度稳步下降，单位 GDP 能耗和碳排放强度已降至全国平均水平 1/3 和 1/5，荣获“国家生态文明建设示范市”称号，成为全国唯一获得此殊荣的副省级城市。2020 年，深圳市城市可持续发展水平高达 88.10，在与北京、上海、广州等 6 个城市的横向对比中，深圳市有 11 项指标排名第一，3 项指标排名第二，多项指标超额完成任务，如万元 GDP 水耗达到 7.31 立方米/万元。

五、问题与建议

（一）存在问题

1.深圳经济社会将保持较快发展，能源资源需求依然旺盛，新增污染物排放仍然较多，全市资源环境供需矛盾将进一步凸显，土地开发空间接近上限，水资源和能源供给、城市污水和固体废物处理等仍将面临高位压力。

2.虽然能源消费与碳排放显著正相关，但深圳市能耗双控指标与碳排放配额总量设定及初始分配、分布式可再生能源安装应用与碳排放核算履约等尚未关联，购置绿色电力无法反映在城市碳清单与企业碳减排中，碳排放交易与城市能耗双控、碳强度下降等关键考核工作存在脱节，多种机制无法协同发力，大量数据未得到开发利用。

3.实现碳达峰、碳中和依赖于系统、复杂的技术体系，需要全方位的科技支撑，而深圳目前在电力、建筑、工业生产、交通运输等重点领域的碳减排技术还不成熟，新能源技术利用效率偏低、绿色低碳技术工业化应用不足、高碳排放行业绿色技术替代缺乏动力等问题依然显著，在基础研究、原始创新和关键核心技术“卡脖子”问题仍比较突出。

4.碳达峰、碳中和将对深圳的经济发展、产业布局、能源转型等各个方面产生深远影响。由于双碳领域专业性和实践性很强，单靠短期培训或理论学习很难满足实际工作的要求，深圳市在顶层设计层面、技术科研层面，以及具体的碳资产管理运营层面都缺乏相关专业人才。

（二）工作建议

1.运用智慧国土、建筑节能、资源回收等技术，完善资源高效利用体系，提高资源高效利用能力和水平；改革优化土地政策，坚持走国土空间集约高效利用之路，开发利用地下空间；完善节水激励机制，强化工业、公共机构、居民生活等领域节水管理；强化“污水零直排区”创建工作，持续推进管网建设、修复与改造，精准开展污水系统提质增效工程；深化“无废城市”建设，强化固体废物安全利用处置。

2.加强部门沟通协调，实现碳交易与用能权交易、绿电交易等政策间的协同发力，将碳排放配额总量设定及初始分配纳入能耗双控指标进行专项考核。出台碳达峰实施方案，将碳达峰碳中和工作纳入深圳市绩效考核工作，各部门、各区要将碳达峰实施方案中的任务与本地、本行业发展规划有效衔接，同步推进，确保各项任务落到实处。

3.聚焦电力、建筑、工业生产、交通运输等领域，加快创新平台建设，实行节能减排重点技术项目攻关；全面推进绿色低碳科技创新，推动核心技术突破，打造市场化应用的技术优势和成本优势；完善激励机制，鼓励企业提升双碳领域技术创新能力；加强碳中和国际科技交流与合作，加强同各国科研人员的联合研发，深化碳减排技术转移和交流，积极引进、消化、吸收国际先进低碳/零碳/负碳技术。

4.加强碳市场相关能力建设，加快培养低碳行业专业人才，提供人才保障和专业支撑；鼓励和支持企业与高校等研究机构合作，建设国际人才培养基地，培育国际碳达峰碳中和高端人才队伍，完善深圳碳达峰碳中和专家库建设；鼓励和支持高校积极与海外大学合作，培养国际化、能投身全球气候治理和全球碳市场运行的专门人才。

六、持续拓展深度广度的绿色发展设想

新时代新使命下，深圳市将深入实施可持续发展战略，积极抢抓建设粤港澳大湾区、深圳先行示范区和实施综合改革试点重大历史机遇，以先行示范标准推动碳达峰和碳中和工作迈出坚实步伐，高标准编制好应对气候变化专项规划和碳达峰行动方案，重点推进能源、工业、建筑、交通等领域低碳化发展，成为可持续发展先锋，率先打造人与自然和谐共生的美丽中国典范，为全省乃至全国实现碳达峰碳中和作出“深圳贡献”，为落实国家推动落实联合国2030年可持续发展议程提供“深圳经验”。

一是高质量发展清洁低碳能源，严格控制煤炭消费，提高清洁能源发电装机容量，发展海上风电、光伏等可再生能源，支持以氢能为主的分布式能源应用。力争在2025年市内清洁能源装机比重达到85%左右，非化石能源消费比重达到40%左右。

二是进一步强化工业降碳减排，推进工业节能提效和制造业优化升级，加强高耗能行业能耗管控，建设绿色数据中心，开展既有数据中心绿色化改造。力争到2025年，创建国家绿色园区、绿色供应链、绿色工厂等100家左右。

三是大力发展绿色低碳交通，推进多层次城市轨道交通网络融合发展，淘汰高能耗、高排放的老旧交通运输设备，大力推广新能源汽车，推进充电、加氢等配套设施规划与建

设。力争到 2025 年，全市新能源汽车保有量达到 100 万辆，新增铁路、轨道交通通车里程 415 公里，高峰时段公共交通占机动化出行分担率达到 70%。

四是全面深化建筑绿色节能，提高新建建筑的星级标准，扩大装配式建筑应用规模，加快推进既有公共建设及居民建筑改造，提高建筑能耗管理水平，加大可再生能源技术在公共建筑领域的应用力度。力争到 2025 年，全市新增绿色建筑面积 7000 万平方米，装配式建筑面积占新增建筑面积比重达到 50%。

五是推进应对气候变化重点工作，健全碳排放权交易机制，大力推进近零碳排放示范工程建设，推动气候投融资机制改革取得实质性成效，依托华润（海丰）电厂二氧化碳捕集测试平台开展碳捕集利用封存前沿技术研究。支持华为、腾讯、比亚迪等重点企业率先开展碳中和工作，带动上中下游产业链节能降碳。

核电城市能源综合利用零碳发展模式

一、基于核电优势的“零碳”理念

浙江省嘉兴市海盐县，是浙江最早的建制县之一，始建于秦，因“海滨广斥，盐田相望”而得名。海盐县地处杭州湾西北，距上海 118 公里、杭州 98 公里。下辖 4 街道、5 镇，陆地土地总面积 584.96 平方公里，江口海湾面积 537.90 平方公里，常住人口为 45 万人。海盐县地形海拔平均在 3~4 米，整个地势从东南向西北倾斜，南部为平原孤丘区，占全县三分之一面积；西部为平原水网区，总面积约占海盐县的三分之二。海盐地处北亚热带南缘，是典型的东亚季风气候。全年平均气温 15.9℃，年平均高温累计日数明显低于长江中下游同纬度城市。海盐县也是中国大陆第一座商用核电站——秦山核电站所在地，目前秦山核电基地拥有 9 台运行机组，是国内堆型品种最丰富的核电基地，也是浙江省最大的发电基地。



图 1 秦山核电基地全景

海盐地理环境条件优良，农产丰富，经济发展快速，近年来，海盐县深入贯彻习近平生态文明思想，坚定不移走“绿水青山就是金山银山”发展道路。通过深入借鉴国内外绿色发展经验，先行先试“零碳理念”，发挥自身优势、补齐发展短板，大力发展零碳清洁能源，推动经济社会高质量发展。全县地区生产总值由“十二五”末的 383.48 亿元上升至“十三五”末的 544.51 亿元，常住人口人均地区生产总值达到 1.73 万美元，高于全省全市平均水平，连续多年入围县域经济综合竞争力百强县。

二、核电小镇绿色发展主要思路

通过国家级绿色生态示范城区建设，整县光伏开发试点、大力发展零碳清洁能源、开展节能与绿色建筑试点、推进核能综合利用示范等系列工作，加快产业绿色低碳转型升级，着力构建“全链条零碳、全县域美丽”的零碳发展新模式，推进经济、社会和环境协调发展。

在此过程中，海盐县以零碳发展理念探索城乡融合、共同富裕的思路逐渐清晰，通过构建以“核能+光伏”为基底的零碳能源供应体系、发展以核关联产业为特色的低碳产业集群、建设以生态零碳宜居为内涵的城乡融合典范等措施，形成了依托城市、乡镇、农村为治理单元的零碳发展路径。

三、绿色低碳综合建设举措

（一）以“中欧合作”建设绿色低碳滨海城市开篇布局

1. 借鉴欧洲先进经验确立绿色发展基调。

2013年11月，海盐县作为全国首批12个中欧城镇化伙伴关系城市中唯一的县级城市，在国务院总理李克强和时任欧盟主席巴罗佐见证下，与丹麦松德堡市签署《中欧城镇化合作城市项目意向书》。签约以来，海盐积极开展交流互访，不断深化项目对接，拓展合作领域。

2017年4月海盐县与丹麦松德堡市正式缔结友好城市。随着合作的不断扩大与深入，海盐依托国家“一带一路”倡议，以中丹城镇化合作为主阵地，不断扩展和深化与德国、法国、瑞典等国家的合作，借鉴绿色、低碳、可持续发展的欧洲城市发展经验，参考先进的城市规划建设理念、完善的配套管理服务，逐步探索城镇化与生态环境协调发展模式。



图2 海盐“零碳屋”

2015年，海盐制定并发布了全国首个县域绿色发展地方标准——《县域绿色发展评价指标》，作为衡量绿色发展水平的重要工具。至今已连续七年发布《海盐县绿色发展报告》，以总结海盐绿色发展的实践经验和成果，指导后续发展方向。

2. 以小小“零碳屋”让零碳概念具象化。

通过与丹麦松德堡的结对，海盐深入借鉴其绿色发展经验，在国内“零碳”概念尚未普及的情况下，先行先试“零碳理念”，在全国县级城市中率先启动建设“零碳屋”（图2），作为绿色科普教育基地。零碳屋通过智能光线调节、高效保温、智能空调、可循环中水³雨水、风光互补发电、智能建筑管理共六大系统向全社会传递低碳环保理念，于2015年底开馆免费向公众开放，成为青少年开展科学实践活动的重要场所，设有展厅、科技报告厅、科技体验区等科普设施。

3. 借助循环化利用，助力产业转型升级。

一是以“无废细胞”带动“无废城市”建设。“无废城市”建设是生态文明建设领域的一项重大改革任务，海盐县紧紧围绕“产废无增长、资源无浪费、设施无缺口、固废无倾倒、废水无直排、废气无臭味”的建设目标，重点打造静脉产业⁴功能区，提高各类固体废物废弃物无害化、减量化、资源循环化利用程度；重点推进“无废工厂”、“无废园区”、“无废乡村”等多个类型的“无废细胞”创建工作，让城市肌体全面实现“无废化”；建立了《海盐县“无废城市”建设工作实施方案》，其中“无废城市”建设共涉及指标37项，已完成36项；“无废城市”建设任务共67项，除持续推进的工作任务外，节点性工作任务完成率达100%。

二是“一企一策”精准实施“腾笼换鸟”。依托省市县“亩均论英雄”大数据平台，逐家研判分析，精准核定每年度“两高一低”和高耗低效企业名单，建立“一企一档”；按照“改造提升、回收流转、兼并重组、提升入园、关停淘汰”方式，实施分类整治、挂图作战。通过一系列措施，腾出发展空间、提升发展后劲。2020年，海盐县完成淘汰落后产能任务5项，共淘汰落后设备106台（套）；建成27个小微企业园，4个数字化小微园，其中县开发区新经济产业园和通元镇诚创“两创”中心获评2019年省级数字化试点园区；共整治“低散乱”企业（作坊）836家，其中关停淘汰178家，改造提升520家，整

³ 中水：水质介于自来水（上水）与排入管道内污水（下水）之间的非饮用水，故名为“中水”。一般指废水或雨水经适当处理后，达到一定的水质指标，满足某种使用要求，可以进行有益使用的水，所以也称再生水，中水利用也称作污水回用。污水再生利用有助于改善生态环境，实现水生态的良性循环。

⁴ 静脉产业(Venous Industry)：指废弃物回收、再资源化相关领域产业，是解决废弃物快速增长的一个良好途径。

合入园 129 家，腾退土地 2501.18 亩。2019 年海盐县获评浙江省淘汰落后产能和“腾笼换鸟”工作考核先进县。

（二）探索以“核能+光伏”为基底的零碳版特色小镇

2015 年，海盐核电小镇被列入浙江省首批省级特色小镇创建名单。小镇依托秦山核电基地，加快产业绿色低碳转型，构建“核能+光伏”为基底的清洁能源体系，不断探索零碳发展模式，着力推进经济、社会和环境协调发展。

1. 优化供给结构，发展绿色光伏能源。

2021 年，该县被列为全国整县光伏开发试点县，以整县光伏开发试点为契机，加快推动光伏项目的建设，积极探索新形势下县域光伏开发的新模式与应用场景。

一是体制机制上积极创新。率先在全省谋划并发布了《海盐县整县光伏开发试点工作方案》，由海盐县国资公司提供注册资本 5000 万，成立海盐零碳新能源科技有限公司，在公共领域加快光伏项目建设的同时，开展整村光伏推进工作，为村集体经济注入新活力，助力零碳示范和共同富裕。



图 3 海盐光伏项目

二是发挥“政府引导-市场主导-全民获益”的模式。坚持“宜建尽建”原则，大力吸引民营资本加大工商业屋顶开发力度，在项目投资协议中明确建设分布式光伏发电内容，在规划设计阶段明确光伏安装面积和容量，作为节能审查的必备内容，在项目验收时同步进行并网验收，将光伏建设落实落细。

三是深化清洁能源多场景应用。建设光伏路灯、光伏休闲栈道、光伏连廊和光伏充电桩等服务设施，拓展零碳能源应用场景，构建“5 分钟清洁能源生活圈”。深入推进光

伏和旅游、蔬菜大棚、渔业、中草药种植等产业融合发展，在中草药种植、旅游、废旧矿坑等领域开展特色光伏项目建设（图 3），力求跑出光伏资源开发“加速度”。

2. 推进消费替代，构建清洁能源体系。

作为秦山核电厂所在地，海盐县依托核电优势打造清洁能源基地。2021 年 12 月我国南方首个核能供热示范项目在海盐顺利投运，实现惠及 4000 户居民总计 46 万平方米集中供暖，海盐县获“浙江省核能综合利用示范城市”称号（图 4），相关经验获浙江省原常务副省长陈金彪批示肯定。在核能供热以民生供暖温暖破局的基础上，逐步向工农业领域推广，替代化石能源使用实现“减碳”目标。目前，核电特色小镇区域内的核能工业供热的试点已开工，项目建成后将重点为小镇内以锂电池生产企业为首的工业用户进行供热，替代原有的天然气等化石能源，实现余热循环化利用和“减碳”双目标，有望成为全国首个建成投运的核能工业供热示范项目。



图 4 浙江省核能综合利用示范城市

后续，还将进一步探索核能余热在小镇现代农业方面的应用，通过民生、工业、农业等多场景的示范项目建设，“以点带面”助力打造以核能为基底的清洁能源基地和优质产业高地。同步以电力市场化改革为契机，通过“签订购电协议、兜底购电服务、全过程核电支持”的合作模式，实现在小镇范围内绿色电力供给模式，实现电能消费的零碳排放。

3. 加快转型发展，打造绿色产业基地

2020 年 12 月 26 日，海盐县与秦山核电签订全面战略合作协议（图 5），打造企地共融、高质量发展的“全国样本”，以核电装备制造业、核电生产性服务业、核电数字信息产业等三大核电产业为重点，建设国内外一流的核电关联产业小镇。

一是着力打造同位素产业高地。秦山核电 2 台重水堆是我国唯一的商用重水堆核电站，在同位素生产方面具有显著优势，现已掌握工业和医用钴-60 规模化生产技术以

及其他堆照同位素生产技术。海盐依托核电重水堆，重点打造核技术应用（同位素）产业基地，推动企业向产业价值链高端转移，加快形成“核药硅谷”。目前占地 1500 亩的同位素产业园已开工建设，同位素分装、核医药产业在内的 6 大核技术应用项目已签约落户，力争至 2025 年小镇亩均工业产值、亩均工业税收实现翻番，打造核产业价值高地。

二是引导核关联产业链群发展。发布《关于进一步扶持核电关联及核技术应用产业发展的若干意见》，成立 10 亿元融核产业基金，与秦山核电共同组建核电关联产业联盟，打造“中国核电城”及军民共建政产学研用平台，充分发挥核工业系统军工企业的产业带动力，积极壮大核电关联产业发展，大力培育军民融合产业集群（图 6）。



图 5 签订全面战略合作协议



图 6 中国核电城

（三）高标准建设雪水港“零碳村落”，打造绿色共富样板



图 7 雪水港乡村客厅

雪水港村，位于海盐县通元镇东南端，三面环山，一条河流穿村而过，故名“雪水港”。2006 年，时任浙江省委书记、省人大常委会主任习近平同志在雪水港村调研考察，就“建设社会主义新农村”提出了当好“三个示范”的要求。16 年来，雪水港村牢记总书记的嘱托，践行“绿水青山就是金山银山”理念，秉承初心、奋勇争先，以零碳村落建设打

造乡村生态共同体，致力实现经济效益、社会效益和生态效益共赢，成功绘制了一幅“雪水春早·幸福港湾”的共富共美乡村图景（图7）。

一是以“柴改电”实现多方共赢。第三次全国农业普查数据公报显示，45%的农村家庭仍处于使用柴禾、秸秆、煤炭等传统高排放燃料的阶段。雪水港村曾经也面临这一窘境，房前屋后灶台边都堆满柴禾，烟囱里止不住地冒黑烟，既污染环境，还藏有火灾隐患。2016年雪水港村启动美丽村落创建，2019年启动打造美丽乡村升级版。雪水港村积极寻求解决柴禾、秸秆焚烧问题的良策，抓住国网海盐县供电公司正在推广新研发的“农家土灶柴改电”设备的机遇，结合当地村民使用习惯，在不改变土灶原貌基础上，灶底安装电磁灶，将传统的柴禾加热改为电磁加热，环保安全，还保护了灶头。为防止故障停电，还研发了便捷式储能发电机“共享储电宝”，作为厨房后备电源。

在这背后是海盐创新建立的“政府—企业—群众”多方合作推广机制，由政府部门出资补贴购买“电灶”，供电部门指导改造安装，老百姓直接使用，村委会统一处置秸秆柴禾，生物质厂家上门回收秸秆柴禾，从而让农民实现多重收益。

二是以光伏发电点亮零碳乡村之路。在雪水港村可以看到，光伏路灯、光伏休闲栈道、光伏连廊等服务设施随处可见，在“红船·光明驿站”内还开辟了“零碳村落”推广专区。目前，雪水港村已绘制一张乡村清洁能源发展路线图，拥有风能、太阳能等多种清洁能源。从村内企业、农户安装太阳能光伏板，再到光伏路灯、光伏休闲栈道、光伏连廊，清洁能源发展“风”“光”无限好。



图8 现代农业科技创新园

三是以产业多元化发展壮大集体经济。2011年，雪水港村推行集体资产股份分割改革工作，成立股份经济合作社，同年开展首批土地流转。2019年2月，海盐县农业

经济开发区在通元镇挂牌成立，雪水港村利用这一机遇，先后引进现代农业科技创新园等项目，方便村民家门口就业。2021年，村土地流转率98%，建有家庭农场5个，坚持标准化、绿色化、循环化、规模化、数字化、基地化引领，高标准建设现代农业科技创新园（图8），加大粮食、水果、蔬菜、渔业等产业优质高效核心技术和智慧农业核心技术的研究示范，发展阳光玫瑰葡萄、红美人柑橘等高附加值优质水果种植业。

此外，以全域公园的理念、3A景区的标准，完善配套设施，建设美丽乡村，拓展“乡村+文旅”产业融合。大力发展休闲观光农业，融合打造美丽乡村精品线，打响“绿野仙踪”乡旅品牌，并整合优质果蔬资源，推出“月月有采摘”“八鲜采摘游”等品牌，将雪水港村打造成为现代农业的示范区、智慧农业的展示区、农创培育的试验区和农耕文明的体验区，大力促进产业渗透、重组、联动、跨界融合。

四、社会经济成效

通过一系列绿色减碳建设，海盐空气质量连续两年达到国家Ⅱ级标准，空气优良率连续五年位列嘉兴市第一，连续四年荣获美丽浙江建设工作优秀县。先后获得国家生态文明建设示范县、国家生态县、国家级绿色生态示范城区、国家级园林县城、国家可再生能源建筑应用示范县、全国整县光伏开发试点县以及全国首批中欧城镇化伙伴关系示范区，省级清洁能源示范县、省建筑节能与绿色建筑工作考核优秀县、浙江省核能综合利用示范城市等一系列荣誉称号。

（一）社会效益日趋明显

1. 绿色教育取得良好成果



图9 核电科技馆

海盐“零碳屋”作为全县中小学生的第二课堂，拓展了节能低碳普及实践途径，提升学生创新实践能力，进而辐射全社会，实现社会教育意义。零碳屋常年举办各类科普展览和科技活动，先后获得“海盐县绿色实践教育基地”、“海盐县全民终身学习体验馆”、“嘉兴市科普教育基地”等称号，成为传播“零碳”理念的窗口和门户。

核电小镇内的核电科技馆（图 9）是目前国内规模最大、设施最先进、公众体验最丰富的核电科普宣传平台。展馆延续“红色”根脉、立足核电科普，融科教、展示、旅游、休闲于一体，同时承担起“小镇会客厅”的形象职能，已累计接待参观超 17 万人次，作为浙江红船干部学院现场教学点接待学员 7163 名，并成功入选“全国爱国主义教育示范基地”和“全国科普教育基地”，成为公众沟通和党性教育的重要名片。

2. 关联产业发展提升就业

截至 2021 年底，小镇驻企 314 家，成功培育核电关联企业 96 家，累计实现税收超 5 亿元，亩均税收 43.11 万元，核电关联产业总产值达 291 亿元，吸纳就业人员近 2 万人，成为海盐县工业经济的重要支柱，并已形成核电建运产业链、核电运维全过程产业链两条完整的产业链。拥有国家级（省级）技能大师工作室 4 家，省级企业研究院 3 家，省级技术中心 5 家，省级研发中心 13 个，产业高质量发展特性逐步呈现。

3. 乡村振兴造就共富共美零碳村落

雪水港村集体积极盘活要素多方转型致富，通过开展建设用地复垦，引导小微企业搬迁集聚建设小微园区，引进专业师资培训村民把米酒、青团、香囊制作等民俗体验融入文旅业等一系列措施，探索出一条提升乡村振兴动能和美丽乡村机能，借助数字化节能减碳，让“智”造叠加绿色，打造“以电赋农-碳画像全景大厅”，创新研发“碳画像三色图”，为乡村百姓提供能效诊断、节能改造等多元化的综合能源服务，建设“村美、民富、业兴、人和”的零碳发展路径，成功入选浙江省第一批未来乡村建设试点村名单。

（二）经济效益不断显现

1. 产业经济效益

目前小镇区域内已入驻规上工业企业 32 家，实现规上工业总产出 17.74 亿元；规上服务业企业 5 家，实现规上服务业总产出 5.45 亿元，规上批发零售业 5 家，实现规上批发零售业总产出 0.15 亿元；高新技术企业 18 家，实现营收 18.48 亿元；科技型中小企业 27 家，实现营收 18.08 亿元。

部分企业通过建设屋顶分布式光伏，额外收获了“绿色经济”带来的好处。以 2021 年底并网的浙江某科技有限公司 397.98KW 分布式光伏项目为例，每年可减少碳排放 1060 吨，通过自发自用，可为企业节约电费成本约 40 万元。

2. 乡村经济效益

2021 年，雪水港村集体经济收入由 2006 年的 66 万元提升到 245.69 万元，农民人均收入由 2006 年的 8520 元提升到 41000 余元，百户家庭汽车保有量由 2006 年的 20 辆提升到 212 辆。雪水港村通过推广“柴改电”537 户，显著减少柴禾消耗，每年为村民增收 13.89 万元。雪水港村集体通过建设用地复垦，增加村集体经济收入 200 余万元；通过文旅业开发，每年吸引约 30 万游客，旅游收入达到 1500 万元；通过引导小微企业搬迁集聚建设小微园区，现有 7 家规模企业入驻，年产值达 3 个亿，吸引约 90 名村民就近就业。

（三）环境效益逐步凸显

1. 能源建设布局改善碳排放

近三年，在核能和光伏发电应用不断增长情况下，小镇内碳排放量的年均增速为 3.85%，碳排放强度年均下降 2.6%。

目前，核电小镇内光伏装机容量突破 20 兆瓦，年发电量约 2000 万千瓦时，相当于碳减排 1.16 万吨/年。此外以核电小镇为先行的海盐核能供热示范工程到 2025 年全面建成后，预计年供热量达 170 万吉焦，相当于每年可减少使用标煤 5.8 万吨，相应减排二氧化碳 13.9 万吨、二氧化硫 4279 吨、氮氧化物 2138 吨，节能减排效益显著。

2. 美丽乡村建设促进环境改善

在政策激励下，雪水港村通过推广“柴改电”，减少柴禾消耗约 8.53 吨，碳减排 15.64 吨，提升了村民收入，入选了全国乡村振兴典型案例。

雪水港村大力推进分布式光伏项目，累计建成光伏装机容量 16 兆瓦，全年发电量约 1728 万千瓦时，相当于碳减排 1.66 万吨。2022 年计划新增风力发电 3 台，年发电 2 万千瓦时。

3. 绿色发展指数呈现良好增长

从《县域绿色发展评价指标》评价情况来看，从 2018-2020 年绿色发展指数（GDI）来看，海盐县绿色发展水平在不断提升（表 1），总体呈现发展增长良好势头。

表1 海盐县分项绿色发展指数

领域	2018年	2019年	2020年
绿色生产	202.68	205.32	286.77
绿色生活	151.00	167.88	135.64
绿色生态	105.20	111.28	128.98

五、综合管理综合利用经验复制问题

（一）部门联动机制和监管水平有待进一步加强

零碳发展模式是一个综合管理体系，涉及部门众多，覆盖领域广泛，既需要多部门协同合力推进，也需要各企事业单位践行社会责任，更需要广大居民认可和参与其中。同时，行政监管水平和效能也需要进一步提高，将零碳发展作为一项长期的、常抓常新的任务来对待。

（二）核能综合利用的深度和产业布局需进一步优化

核能作为清洁、安全、零碳能源，对节能减排，实现碳达峰碳中和目标具有显著优势。理论上核能可实现供热/冷、制氢、制压缩空气、海水淡化等多用途供应，但当前开展的核能供热示范项目对余热资源的利用还不充分，比如用于核反应堆冷却系统的大量温排水现仍直接排入大海，这部分热量未能得到回收利用。

核电小镇区域核关联产业取得了一定成绩，但总体上仍然以传统制造业为主，产业质量的提升、“低散乱污”淘汰、零散企业入园等专项整治行动都需进一步加强。核电关联推广应用还不充分。

（三）“雪水港经验”需要有针对性的复制推广

雪水港村的经验给附近乡村的零碳化建设路径提供了一个样板，但每个村都有自己的地貌特征和历史沿革，如果只是简单复制雪水港村的建设方案，不一定适合自身特点，如秦山街道的丰义村靠近废旧矿坑，这一特色资源如何利用好就需要在“雪水港经验”的基础上走出自己的路子，探索零碳乡村发展模式的再提升。

六、未来工作计划

（一）建立零碳发展模式的长效联动机制

结合《海盐县国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》，进一步提升资源利用效率，加快优化能源结构，结合数字化改革等手段，研究建立海盐零碳发展模式的长效联动机制。编制零碳发展模式后续建设计划，持续推进、巩

固成果，对已取得的成熟模式和成果做好经验交流，促进各城市间借鉴学习，加快试点模式推广应用。

同时，要将零碳发展模式的建设和管理融入日常工作中，加强横向沟通联络，完善部门联动机制，使重点项目建设与日常管理紧密结合。强化行政监管水平和效能，多措并举助推全域零碳发展。

（二）拓展核能综合利用维度深度，推动关联产业提质增效

在现状基础上，建议依托核电重水堆特性，大力发展核技术应用（同位素）产业，以同位素龙头产业带动区域内传统产业的升级换代和提质增效。引进国内外同位素制品及核药、辐照改性新材料、辐照装置等生产企业，结合辐射治疗、康养等服务业，打造上下游一体、品种丰富的全国同位素产业示范基地。此外，继续做好核能供热示范工程后续阶段的推广建设，深入拓展核能综合利用的范围，重点攻关核能供热在工业、农业等场景的应用。

（三）推广“雪水港经验”，打造“零碳村落”集合体

结合各乡村自身特点，在借鉴吸收“雪水港经验”的基础上，走出适合自身特点的零碳路径。充分利用陆地、水域等资源，创新多元化的光伏开发模式，重点推广生态友好型“光伏+”项目。加快新一代信息、科技技术在农业中的应用，通过因地制宜、“一村一策”的复制推广再提升，在海盐形成各具特色的“零碳村落”集合体。

破除“资源诅咒”的区域转型发展案例

一、寻求生态转型出路

（一）背景

山西省是煤炭资源大省，煤炭资源占全国三分之一以上，各资源型城市的发展长期依赖煤炭资源。山西省作为典型的资源型经济区域，正处于转型发展的关键时期，在现阶段中国经济发展形势下，资源枯竭型城市的转型是社会发展的必然选择。依靠资源实现经济发展的城市是否能践行科学发展观，实现可持续发展的战略目标，是构建中国梦，实现全面小康社会的重要影响因素。资源枯竭型城市的顺利转型发展不仅是从单一的生产方式转变为多样化产品架构的过程，更直接影响着中国现代化社会的建设与发展。孝义市是山西省最早一批资源枯竭的城市，面对“资源诅咒”困境，这座城市主动求变，通过创新驱动破解资源型城市“转身之困”，把产业转型与结构调整作为主攻方向，矢志不移追求绿色发展，完成了一场“煤城”变“美城”的华丽嬗变。



图1 孝义市

（二）孝义市基本情况

孝义市位于山西省中部，吕梁山下，汾水之滨，太原盆地西南缘，是山西中部盆地城市群一体化发展重点县市，孝义市多次被评为全国百强县（市），是山西省县域经济的排头兵。市域总面积 937.57 平方公里，总人口 47.7 万人，辖 8 镇 3 乡 5 街道，1 个省级经济开发区，224 个行政村、81 个社区。

孝义历史悠久，人文厚重。公元前 594 年始置瓜衍县，距今已有 2600 多年的历史，是全国置县最早的九县之一。唐贞观元年（公元 627 年），因邑人郑兴“割股奉母”，孝行闻于朝，唐太宗敕赐改名“孝义”。孝义区位优势，交通便利。地处晋中和吕梁门户地带，历来是晋秦物流要道和晋西运输枢纽，是晋商核心区的重要组成部分，也是吕梁和陕北等地区的物资集散中心，距省会太原 120 公里。全市公路总里程达到 1725 公里，与周边县市实现 15 分钟通达。

孝义市是全国首批 50 个重点产煤县。多年来，丰富的矿产资源和快速发展的煤焦化产业带来了丰厚的经济利益，形成以煤、焦、铝为主的产业结构，全市资源型企业税收一度占财政总收入 70% 以上，是典型的资源型县域经济。作为一个资源型城市，煤炭曾为孝义带来了许多财富神话，孝义因煤而兴，依煤而强。2001 年，孝义市“四证”齐全的煤矿有 360 多座，大大小小的煤矿遍布全市山间沟壑。村村点火，处处冒烟，煤炭带来巨大经济效益的同时也带来了污染严重、生态恶化苦果，孝义由此被贴上了“污染标签”。2006 年，山西省环保局向孝义出示了全省第一张区域限批“黄牌”，当年经济总量全省第一、首次进入全国百强县（市）的孝义被山西取消表彰。

批次	城市数量	资源枯竭型城市名单
第一批	12	阜新、伊春、辽源、白山、盘锦、石嘴山、白银、个旧、焦作、萍乡、大冶、大兴安岭
第二批	32	枣庄、黄石、淮北、铜陵市、七台河、万盛、抚顺、铜川、景德镇、铜仁、玉门、潜江、灵宝、合山、耒阳、冷水江、北票、舒兰、华蓥、九台、资兴、钟祥、孝义、五大连池、阿尔山、敦化、葫芦岛市杨家杖子开发区、承德市鹰手营子矿区、葫芦岛市南票区、昆明市东川区、辽阳市弓长岭区、张家口市下花园区
第三批	25	井陘矿区、霍州市、乌海市、石拐区、二道江区、汪清县、鹤岗市、双鸭山市、贾汪区、新余市、大余县、新泰市、淄川区、濮阳市、松滋市、涟源市、常宁市、韶关市、平桂管理区、昌江县、南川区、泸州市、易门县、潼关县、红古区

2009 年 3 月，国务院确定了第二批 32 个资源枯竭城市，其中就有孝义市。为保证公平，国家制定了三个标准具体如下：首先确定资源型城市名单，然后按照储量指标选出资源枯竭型城市，最后再根据资源储量、财政经济等指标确定名次。依据如上标准，孝义市被认定为资源枯竭型城市。

（三）资源依赖向绿色低碳转型思路

孝义的决策者们在实践中认识到，过分依赖资源的发展不是长久之计，完全抛开现有产业基础也非明智之举。转型发展过程中，可以将丰富的煤炭资源直接用于资本、技

术、项目等合理的转换，实现资源优势倍数放大。1998年，孝义市率先在全省举起经济结构调整大旗，确立了煤焦化和煤电铝两大产业链，组建了煤电、焦化、铝工业三大产业集团。2002年，孝义市全部关闭土焦炉，2003年在全省率先结束了改良焦的生产。2008年，孝义市启动资源型城市经济转型战略，彻底关闭规模小、技术低、产能小的煤矿，围绕建设“世界一流煤化工基地”目标，以13座平均产能90万吨以上现代化煤矿加紧建设为标志，煤炭采掘进入“大矿时代”。

2001年以来，以资源枯竭城市转型为突破口的资源型城市可持续发展工作取得了阶段性成果，政策体系逐步完善，工作机制初步建立，资源枯竭城市经济社会发展重现生机与活力。根据《全国资源型城市可持续发展规划（2013—2020年）》，依据资源保障能力和经济社会可持续发展能力对资源型城市进行科学分类，将资源型城市划分为成长型、成熟型、衰退型和再生型四种类型，明确不同类型城市的发展方向和重点任务，引导各类城市探索各具特色的发展模式。孝义市被列为23个再生型城市之一（县级市仅有4个）。

再生型城市（23个）

地级行政区16个：唐山市、包头市、鞍山市、盘锦市、葫芦岛市、通化市、徐州市、宿迁市、马鞍山市、淄博市、临沂市、洛阳市、南阳市、阿坝藏族羌族自治州、丽江市、张掖市；

县级市4个：孝义市、大石桥市、龙口市、莱州市；

县3个：安阳县、云阳县、香格里拉县。

二、产业转型发展与生态环境建设并举

早在2002年，孝义市就提出资源型城市转型思路，2012年，孝义市在全省市县两级中率先编制完成《孝义市转型综改试验先行试点行动方案》等一系列先行先试行动方案，并首家获得批准，成为其他试点县市的范本。通过多年探索，孝义市已逐步走出一条绿色、低碳、多元、高效、智能的资源枯竭型城市转型之路，从传统产业优化升级、现代化园区的建设、城市现代化建设以及促进就业鼓励创业等转型发展采取一系列举措。近年来，孝义市响应国家政策，结合自身发展优势，着力打造几大产业集群，推动“双碳”目标下的城市可持续发展建设和产业升级发展，并努力打造全国一流的绿色现代煤焦化工基地。2022年，被山西省委确定为作为全省转型综改牵引性集成改革试点。

（一）绿色高新现代产业建设

1、现代煤化工产业集群

孝义现代新型煤化工园区被列为山西省四个焦化集中发展区之一。全市现有焦化产能 1867 万吨，占山西 13%、吕梁 50%。在已形成的 1867 万吨大机焦产能、配套干熄焦及余热发电的产业基础上，延伸发展烯烃、尼龙系列、碳纤维、工程塑料等光伏、军工、航空等领域的高端产品，并建设全球最大的 50 万吨可降解塑料生产基地，打造全国一流的现代煤化工新材料产业园。

2、“煤电铝材”一体化产业集群

坚持高端引领、集群发展，大力推进铝工业产业转型升级，先后实施兴安、信发等“两大四小”六个氧化铝项目，目前氧化铝产能达到 870 万吨，占吕梁 56.9%、山西省 33.7%，被纳入省中部铝工业产业集群，重点延伸发展铝基粉体新材料、铝型材、高品质镁合金等，积极发展航空用铝镁合金、汽车用铝、铝压铸件等高端产品，打造具有全国竞争力的铝镁新材料产业集群。



图2 “煤电铝材”一体化产业集群

3、农业深加工产业集群

大力发展核桃、畜禽、设施农业等十大特色产业，上马一大批农产品加工类项目，培育发展农业龙头企业，构建起畜禽、核桃、玉米、白酒、小杂粮、药茶六大特色产业链，已开发 280 余种产品，其中 33 项，填补国内空白。

4、高新技术产业集群

以新能源、大数据、新材料等战略性新兴产业为主攻方向，积极引进国内先进高新技术产业项目。建成太子可再生能源科技 30MW 光伏发电项目、山西晋义能源有限公司驿马 30MW 分散式风力发电项目和山西锦兴华昱能源有限公司柱濮 20MW 分散式风力发电项目并全部实现并网发电。同时在氢能、新材料、白酒三大新兴产业取得新突破。鹏湾氢港 2 万吨制氢项目建成出氢；建成 2 座加氢综合能源站；打造 30 万辆氢能汽车装备制造基地，一期 2 万辆重卡、3500 台氢燃料电池堆和氢能动力系统项目正在加

速推进。瑞拓峰生物可降解聚酯项目一期建成投产，碳基新材料产业进一步夯实。汾青酒厂2万吨原酒基地项目落地孝义经济开发区，推动白酒产业振兴发展。

同时，瞄准专精特新，充分发挥企业为主观能动作用，通过创新释放活力源。建立企业为主体，高校和科研院所协同发力、产学研用融合的技术创新体系，建立创新创业载体6个、创新能力平台计18个，发展高新技术企业7户、国家级专精特新“小巨人”1户、省级“专精特新”中小企业5户、省级智能制造示范企业1个、工业产品绿色设计示范企业1户、绿色工厂5户、省科技企业1户，设立工作室3个，多举措调动和激发区内科技工作者的创新热情和创造活力。

5、现代服务业集群

着力推动商贸业走精细化、特色化、品牌化路子，万达广场、沃尔玛、华美新天地、义乌商博城、西关购物广场等商贸综合体投入运营，永辉、万达等50余个国内一线品牌入驻。推动文化旅游产业深度融合，实施梦幻海、曹溪河等休闲旅游项目，打造了4个国家4A级旅游景区，旅游总收入连续多年增长20%以上。深入挖掘稀缺性资源，建成红军东征兑九峪战斗纪念展馆，探索推出酒文化醋文化、煤化工、非遗文化3条研学旅游路线，成功创建省级乡村旅游示范点7处、省级3A级乡村旅游示范村2处。先后荣获全国文化先进市、山西省级休闲农业与乡村旅游示范县等荣誉称号。

（二）生态环境改善举措

孝义在推进产业集群化和城镇化的同时，也有力地促进了生态改善。



图3 孝义生态转型

1. 深入实施生态治理

利用国家“三北”工程、天保“两山”造林工程以及退耕还林干果经济林等项目，重点围绕矿区及其他生态脆弱区加强生态治理和修复，完成生态治理3000亩。完善提升通

道绿化。以市区近郊、镇村周围、国道、省道、市乡通道两侧绿化带为重点，全面开展补植补造和管护工作，切实提升通道绿化质量，累计完善提升通道绿化 5 万亩。塑造城市园林景观。实施大型公园、城周防护林建设，加快城市道路、街头游园、庭院绿化。近年累计完成 25 条新建、改造道路绿化和城市园林景观绿化。全市建成区绿化覆盖面积达 11.74 平方公里，绿地面积达 10.21 平方公里，公园绿地面积达 2.89 平方公里，覆盖率达到 43.8%，绿地率达到 38.1%，形成了“绿地系统纵横通透、环境优良舒适、文化特色鲜明”的现代城市园林格局。

2. 实施采煤沉陷区综合治理工程

对因采煤塌陷区受灾居民进行整体搬迁安置，并对搬迁后的村庄进行全方位地质灾害治理和生态修复，压煤村庄的资源得到释放，资源收益为当地生态修复和新农村建设提供了资金保证，有力地促进了生态改善。实施矿山地质环境保护与恢复治理。目前汾西新阳、新峪、新柳和离柳公司按照《矿山生态环境恢复治理方案》进行了生态恢复治理工程，治理项目共有 32 个，已完成的项目 28 个，正在完成项目有 4 个，并进行了生态环境评价季报制度。制定完成了《非煤矿山生态环境破坏治理规划》，进一步推动生态环境功能评价工作。

三、产业转型升级案例

（一）全力推进氢能产业发展

1. 大力推进骨干企业低碳转型

历经 20 余年，特别是近 5 年来，按照“焦化并举、以化为主”产业结构布局，坚持创新引领、产业高端、循环发展的理念，成功实现焦炭行业转型。目前，区内骨干企业集原煤采掘，精煤洗选，焦炭冶炼、甲醇、LNG、合成氨生产，氢能、大数据产业开发等为一体，打造成数智化、循环化、绿色为底色的全产业链骨干企业，形成践行碳达峰、碳中和目标的领航优势。近年来，孝义市紧紧围绕绿色低碳发展目标，以规划建设一批骨干企业为载体，加快传统煤焦产业向创新型、高端集约型、绿色环保型转型。随着一期 2 万吨/年焦炉煤气制氢项目成功投产，标志着孝义市在产业链强链、延链方面迈出了坚实步伐，实现了煤焦传统产业向新能源制氢产业的华丽转身。

2. 积极打造新兴战略支柱产业

经过近 3 年创新发展，孝义市把氢能产业作为新兴战略支柱产业，已初步取得阶段性成效。在一期 2 万吨/年焦炉煤气制氢项目建成出氢的同时，氢能储运、氢能装备

制造和氢能应用同步发力、同步推进。现已铺开一期年产 3 万辆氢燃料电池汽车制造项目建设，订购 100 台氢燃料重卡牵引车、5 台氢燃料危化品运输牵引车、5 台氢燃料通勤客车、2 台氢燃料接待中巴车，初步形成“气一站一运一车”全产业链发展新格局。

锚定打造北方氢能产业基地排头兵目标，孝义市深度融入吕梁市“一体两翼、三港四链”氢能发展规划，全力构建“气一站一运一车”全产业链。首先是制氢，实施 20 万吨/年焦炉煤气制氢、风光发电电解制氢项目，到 2025 年制氢规模将达到 10 万吨/年。其次是加氢站，同步建设 4 座集 LNG、加油、加氢、充电的“四合一”综合能源站。再次是储存运输，依托国内现有技术进行高压氢气储存、纯氢管道输送和关键设备的开发，建立气态储运、液态储运和固态储运等多元储氢和输氢体系。最后是落地整车生产、实现应用场景，2022 年到 2030 年分三期建设 30 万辆/年的汽车生产线，配套 15000 台/年氢燃料电堆和 10000 套/年氢燃料动力等氢能装备制造项目。

（二）绿色担当破解白色污染

生物降解塑料是一种极具发展潜力的完全生物降解材料，易于改性，适用于制作各类一次性膜类材料，如包装袋、购物袋、垃圾袋、快递袋、地膜及食品包装等新型生物降解塑料制品，下游应用非常广泛。近年来，孝义市抢抓国家限塑令政策机遇，积极布局可降解塑料产业，成功培育行业领军企业，加速推动绿色高质量发展。

年产 2×6 万吨生物降解塑料 PBAT 二期项目是孝义市新材料产业代表性项目之一。目前项目已进入设备调试和试生产阶段，建成后，将成为华北地区最大的生物降解基地和省内唯一、全球最大的同类产品企业。项目生产的全生物降解包装袋可以在 180 天内就被分解成二氧化碳、水和有机肥料，是目前有效解决白色污染最好的产品，市场前景广阔。

（三）以新发展理念引领焦化产业高质量发展

焦化产业，是孝义的支柱产业之一，曾经因为粗放发展，几乎成为污染的代名词。面对环保、能耗约束趋紧的严峻形势，孝义市深入践行绿色低碳发展理念，紧盯行业先进水平和技术，加快实施焦化行业干法熄焦技术改造，示范带动全省焦化行业转型升级。

干熄焦是采用惰性气体将红焦降温冷却的一种熄焦方法，熄焦过程在密闭空间内操作，与传统湿法熄焦相比，对降低焦化行业能耗总量、节约资源、减少环境污染效果显著。以目前骨干企业焦化干熄焦项目为例，目前可干法熄焦 260 万吨/年，回收红焦

余热可产高温高压蒸汽 160 万吨/年，发电 3.76 亿度/年，年产值新增 2 亿余元。利用干法熄焦后，炼焦成本可降低 10%左右，焦炭水份可降低 8%左右，可减少外排含有害物质的蒸汽约 130 万吨/年，可替代相应的燃煤、燃气锅炉，既节约能源，又降低污染物排放。截至目前，我市 8 户焦化企业中，已有 6 户企业干熄焦装置建成投用，剩余 2 户正在加快推进，年底前我市焦化企业将全部完成干法熄焦改造提升，全面进入干法熄焦时代。预计，年可新增余热发电 22 亿度，新增产值 20 亿元以上，经济、生态、环保多重效益明显。

四、转型建设成效



图 4 孝义生态转型成效

通过系列转型建设，孝义已由污染严重的资源枯竭型城市转变成生态优美，宜居宜业的绿色低碳城市，取得了巨大的可持续发展社会效益。

孝义亲商爱商，包容开放。良好的投资营商环境加上逐年显著改善的生态环境，为孝义开辟出一条可持续发展的良性循环宽广道路。2021 年，位列全国综合实力百强县市第 77 位，是山西省唯一上榜的县市。同时，位列全国投资潜力百强县市第 28 位，全国科技创新百强县市第 89 位。

孝河国家湿地公园、胜溪湖森林公园、金龙山风景区、三皇庙景区被评为国家 4A 级旅游景区，正在全力推进 5A 级景区创建。获评全国义务教育发展基本均衡县市，被誉为基础教育“孝义现象”。作为国家公立医院改革重点激励支持县受国务院表彰，市域内就诊率达 90%以上。

在转型发展取得积极成效过程中，孝义先后荣获全国生态文明先进市、国家园林城市、国家卫生城市、全国绿化模范市、全国平安建设先进市、全国文化先进市、全国科普示范市、全国文明城市等称号。

五、主要存在问题分析

（一）改变煤炭主体能源的地位难度大

山西省是我国重要的能源基地，在产业结构上，孝义市与山西省产业结构一致，都是第二产业及重工业所占比重较高，在能源消费结构上，孝义市乃至山西经济发展对煤炭的依赖性依然很强，煤炭消费在能源消费中仍占主导地位，风电、光伏发电等可再生能源电力的发展难以支撑实现能源结构的有效转型。目前，孝义市的高耗能产业对碳排放的拉动远远大于对 GDP 和工业增加值的拉动。这种高碳的能源和产业结构调整难度仍存在一定的困难。随着能源结构调整力度加大，另外由于资源禀赋、经济、技术等多方因素制约，短期内可再生能源对煤炭的替代作用仍然较弱。

（二）相关指标紧缺限制产业链的延伸高质量发展

由于我市焦化、氧化铝等产业高度集中，造成新上项目没有足够的能耗指标。煤耗、环境容量等约束性指标限制了这些产业链项目的延伸高质量发展，建议上级可以充分考虑包括类似我市发展“困境”在内的特殊产业集聚发展区域的实际状态，帮助在全省、全地级市“一盘棋”的背景下差异化分解、调配能耗、排放、用水等指标。

（三）科技创新基础难以支撑控制温室气体减排需求

二氧化碳减排工作是一项长期而艰巨的任务，近期可通过挖掘企业内部减排潜力，围绕用能优化、生产节能、发展利用清洁能源等方面开展工作，但要实现长期持久地有效减排，还需更多的二氧化碳减排与利用手段，也就是“后处理”技术，因此有必要尽快布局碳减排利用技术的研发，充分做好减排技术与方案的准备，在完成国家要求目标的同时提升企业的核心竞争力，推动企业的低碳转型，促进企业的可持续发展。

六、未来低碳转型工作计划

（一）围绕“双碳”目标促进产业升级建设

聚焦碳达峰碳中和战略目标，深入实施传统产业提质升级和新兴产业培养壮大“双轮驱动”战略，加快构建绿色低碳现代产业体系。

1.新材料产业方面，大力发展碳基新材料，加快可降解塑料、抗菌剂、碳纤维、石墨烯等产业发展。

2.制药产业方面，大力推动吕梁市中药厂入住高阳现代农业园区，填补我市制药产业空白。

3.大力引导和促进消费，积极培育数字消费、健康消费、绿色消费、服务消费。

4.大力发展现代物流产业，全力支持物流仓储中心等成熟物流企业创建国家级现代服务业集聚区。加快发展农村寄递物流，补齐农村寄递物流基础设施短板，确保年内实现行政村寄递物流全覆盖。

（二）狠抓生态建设提升美丽孝义建设



图五 绿色孝义

打好新时代生态环境保护攻坚战，把优良生态作为加速转型的“绿色引擎”，为全市人民提供更多优质生态产品，不断建设美丽孝义。

1.全力推进黄河流域生态保护和高质量发展。实现市域经济、社会和生态全方位高质量、高水平相协调。

2.大力推进碳达峰碳中和行动。制定出台 2030 年前二氧化碳排放达峰行动方案。落实能能耗双控目标，重点对电力、焦化、建材、钢铁、有色、化工六大传统高耗能行业开展能效提升行动，坚决压减淘汰落后产能。

3.坚定不移打好污染防治攻坚战。从源头上控制污染，推进固定污染源排污许可“一证式”监管。持续推动城市黑臭水体治理，推进集中式饮用水水源保护区划定。全面加强土壤污染治理和修复，严格土壤污染源头防控。推进环评审批和监督检查“两个正面清单”制度化。

4.深入推进科技治污。深入开展多污染物协同控制，加快推进移动源污染管控，建立健全生态环境保护网格化精细化管控机制。统筹推进山水林田湖草系统治理，全面推行“林长制”，充分利用先进技术，持续开展人工造林、封山育林，全面恢复湿地、湖泊，不断增强环境资源再生能力。

第二章 社区篇



天津生态城能源循环绿色低碳建设案例

一、以绿色建筑构建循环生态

（一）背景

中新天津生态城（以下简称“生态城”）自 2008 年开建伊始，就将绿色建筑作为城市建设顶层设计的重要组成部分，经过十余年建设，生态城在绿色建筑工作上取得了优异的成绩。根据生态城碳达峰、碳中和总体行动方案研究成果，绿色建筑是生态城落实国家“双碳”战略的重要抓手和途径。

生态城多年绿色建筑工作得到国家各部委、天津市、滨海新区高度认可，相继获得“C21 国际可持续发展城区解决方案奖”“国家绿色发展示范区”“国家绿色生态城区”“国家绿色建筑示范基地”“北方地区绿色建筑基地”“可再生能源建筑应用示范城市”“国家绿色生态城区三星级运管标识”“国家绿色生态城区三星级设计标识”等国内外殊荣。

（二）实施意义

生态城是中国、新加坡两国政府在生态城市建设领域的标志性合作项目，彰显了两国政府应对全球气候变化、加强环境保护、节约资源和能源的决心，充分体现了资源约束条件下建设生态城市的示范意义，为其他城市可持续发展提供样板。

当前，生态城正在全面实施“生态城市升级版”和“智慧城市创新版”双轮驱动发展战略，立足于国家绿色发展示范区，加快构建低碳、循环的绿色建筑体系，高标准引领区域绿色低碳发展，系统支撑生态城环境高水平保护与经济高质量发展。

（三）创新思路

生态城自规划建设之初便确定了绿色建筑 100% 的目标。绿色建筑发展策略的实施，是生态城能够取得长足发展不可获缺的重要手段，构建一套绿色建筑全链路管理体系则更是举足轻重的重要环节，为生态城实现建设初心——打造精品样板城市，营造生态宜居新城奠定了基础。

从顶层规划、建筑设计、施工建设、竣工验收、运营维护五个环节出发，以绿色建筑相关标准、规程、导则、审批程序体系建设为基础，结合生态城市指标体系、可再生能源规划、绿色建筑技术应用、绿色金融探索等手段，形成具有生态城特色的绿色建筑全链路管理体系。

（四）实施目标

生态城将始终坚持以习近平生态文明思想为指导，贯彻新发展理念，把碳达峰碳中和目标作为高质量发展的内在要求，在可持续发展理念基础上，深化低碳城市、无废城市、海绵城市和韧性城市建设，着力打造生态城市升级版，为建设资源节约型、环境友好型社会提供示范。

在 2.0 指标体系引导下，生态城将继续深入推进绿色建筑全链路管理，进一步完善绿色建筑建设运营标准体系，加快推广应用被动式建筑、近零能耗、零能耗建筑等新一代绿色建筑新技术新理念，推动技术标准升级和技术应用体系的产业化，探索提高建筑能耗利用效率，确保实现 100%绿色建筑发展目标。至 2035 年，助力生态城将可再生能源占比从 20% 提升至 32%，与欧盟同期目标持平；将单位 GDP 碳排放强度从每百万美元 150 吨 CO₂ 提升至每百万美元 100 吨 CO₂，努力发挥先锋作用。

二、创新建设规划

（一）技术方案

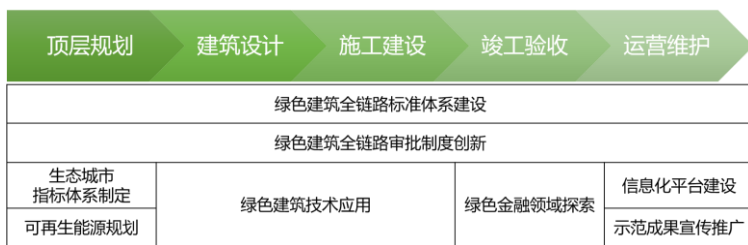


图 1 生态城绿色建筑全链路管理体系技术路线图

（二）主要建设内容

1. 绿色建筑全链路标准体系建设

生态城从标准、规程、导则等方面切入，制定有效措施，编制《中新天津生态城绿色建筑评价标准》《中新天津生态城绿色建筑设计标准》《中新天津生态城绿色建筑技术管理规程》《中新天津生态城绿色施工管理规程》《中新天津生态城绿色建筑运营维护导则》《中新天津生态城智慧小区建设导则》《中新天津生态城绿色建筑验收标准》等内容，形成了贯穿顶层规划、建筑设计、施工建设、竣工验收、运营维护的全链路体

系，大力推动了生态城绿色建筑全面发展。2017 年，生态城成为全国唯一一个地方绿色建筑评价标准与国家标准对标的城市。

从顶层规划、建筑设计、施工建设、竣工验收、运营维护五个环节出发，以绿色建筑相关标准、规程、导则、审批程序体系建设为基础，结合生态城市指标体系、可再生能源规划、绿色建筑技术应用、绿色金融探索等手段，形成具有生态城特色的绿色建筑全链路管理体系。



图 2 绿色建筑全链路标准体系图

2. 可再生能源规划

生态城开展可再生能源专项规划，从优化可再生能源结构、创新开发利用形式、完善供应方式和运营模式等方面入手，逐步建立起了以太阳能、地热能、风能、生物质能为主，安全、高效、可持续的综合可再生能源利用体系。光伏发电方面，总装机容量 11.69MW，全年累计发电 1272.6 万度；光热利用方面，太阳能热水系统覆盖全部住宅小区，保证率达 80%，累计安装太阳能热水集热器面积 11.1 万平方米，可节约全年家庭用电 38%。地热能利用方面，已建成土壤源热泵应用项目 32 个，应用面积超过 120 万平方米。风电利用方面，建成蓟运河口风电场项目，突破常规风电场建设及运行模式，装机容量 4.5MW，年发电量 335.1 万度。生物质能利用方面，开工建设厨余垃圾、餐饮垃圾、污水处理厂污泥处理系统及相关配套设施等，预计垃圾处理量约 100 吨/日，沼气产出约 4738 立方米/日。2020 年，生态城可再生能源利用率已达到 15%，在全国居于领先水平。

3. 绿色建筑技术应用

(1) 零能耗建筑示范应用

生态城零能耗小屋项目是天津市首个零能耗建筑，建筑面积 135 平方米。项目应用光伏建筑一体化，零能耗建筑运行系统管理平台，新型建筑材料以及交直流微网的配

电系统等多种技术，建筑能耗水平较国家标准降低 85%以上，在满足自身使用的同时，还可实现余电上网，成为区域分布式电源。鸿忠书记视察时曾对“零能耗小屋”给予了高度评价。

不动产登记服务中心零能耗改造项目，是生态城首个零能耗改造项目，建筑面积 3467 平方米。该项目对既有项目进行了系统化、智慧化提升，形成了“绿色产能、灵活储能、按需用能、智慧控能、高效节能”的零能耗建筑技术体系示范应用，先后获得国家绿色建筑三星标识、国家绿色建筑创新一等奖，实现从零碳“小屋”到“大屋”的示范升级。据测算，不动产登记中心每年可以节约 17.2 万度电，能源自给率可以达到 112%，每年可减少二氧化碳排放 329 吨，相当于种树 3000 棵，环境效益显著。2021 年 6 月，天津市低碳发展研究中心为生态城不动产登记中心颁发零碳建筑奖牌，这也是全市首个零碳建筑示范项目。

生态城第四社区中心是天津市首个“零碳”社区商业项目，中心从设计到建设再到运营始终坚持低碳路径，广泛使用建筑节能技术，根据生态城绿色建筑评价标准，达到绿色建筑银奖等级，项目运行过程中产生的碳排放低于同规模其他建筑。2022 年 2 月，生态城第四社区中心取得了由天津排放权交易所颁发的碳中和证书。

(2) 超低能耗建筑示范应用

公屋二期超低能耗项目是天津市首个高层超低能耗住宅项目，获得德国被动房研究所 (PHI) 认证、中国超低能耗建筑认证以及生态城绿色建筑铂金级认证等荣誉。以本项目工程实施为基础，生态城编制出台了《天津生态城超低能耗居住建筑设计导则》及《天津生态城超低能耗居住建筑施工技术规程》，用于指导推动超低能耗建筑的建设实施。现已建成被动式超低能耗建筑 1.49 万平方米，节能率可达到 90%，为降低城市建筑能耗提供示范和样板。

(3) 木结构建筑与装配式建筑项目示范应用

在满足国家及天津市对装配式建筑相关要求的前提下，生态城对装配式建筑开展了相关研究探索，在“木结构建筑”、“模块化建筑”领域进行了示范应用。

关于“木结构建筑”，生态城吸收加拿大在低碳生态城市方面的先进技术与理念，在辖区内建设开发了枫书院项目。项目用地面积 4.7 公顷，建筑面积约 5.6 万平方米，其中低层建筑全部采用木结构技术，低碳环保，是探索资源节约型建筑的重要实践。

关于“模块化建筑”，生态城在辖区内开发建设的模块建筑展示中心项目，用地面积 116 平方米，建筑面积 221.58 平方米，整体由六个标准化箱体模块组成。该项目将各

项绿色技术高度集成，标准化箱体均在工厂完成生产安装，现场 3 天完成全部建造组装工作，实现了建造阶段的节能环保。

4. 信息化平台建设

为保证专业化运维体系的可实施性，生态城开发搭建城区级太阳能热水系统监控平台、综合性能源管理平台和绿色建筑能耗监测平台，全面覆盖城区的住宅和公建项目。太阳能热水系统监控平台可以实时监测太阳能热水系统的运行情况和能耗，是节能减排工作的重要抓手。平台搭载了生态城本地小型气象站，提供城区级的指标信息和气象参数。同时平台可以进行项目级和单个系统级的数据采集和分析，拥有完整的运算和报警功能模块，配合现场巡检工作，形成实时连续的项目运行情况跟踪，确保专业运维效果。绿色建筑能耗监测平台可以追踪公建项目能源消耗情况，掌握生态城公建项目用能特点，及时发现用能问题，挖掘用能潜力，生态城搭建绿色建筑能耗监测平台，实现对区域常规能源和可再生能源数据的采集，以实际数据为支撑，开展项目定期评估，提升区域整体用能水平。

（三）生态城市指标体系制定

自建设初期，生态城创造性地设计出世界上第一个生态城市指标体系，该体系由中新两国专家共同制定并经中国住建部、新加坡国家发展部批准后实行。在 2008 年 1.0 版指标体系中设置 22 个定量指标，其中与“双碳”有直接关系的指标 6 项，分别是：绿色建筑比例、绿色出行比例、垃圾回收利用率、可再生能源占比、非传统水资源利用率和单位 GDP 碳排放强度。为适应城市发展，2018 年生态城组织中新两国专家团队根据评估结果和研究进展，编制完成指标体系 2.0 升级版，并在 2020 年正式获住建部批复。在“双碳”领域新增城市热岛效应强度指标，原有 6 项指标全部保留且标准全部从严。

基于生态城生态城市指标体系，可以满足城市“双碳”实践，可持续、高质量发展要求，为绿色建筑的发展做好顶层设计。

三、经验与做法总结

（一）绿色建筑全链路审批制度创新

生态城在 2010 年制定了《中新天津生态城绿色建筑管理暂行规定》，结合现有规划审批流程，形成了涵盖从规划到运维的绿色建筑全链路审批程序，将绿色建筑由“事

后申报”，创新为“事前提示、审批把控、过程监督、事后评价”，确保绿色建筑各项指标的实现，逐步实现电子化审查审批，加紧落实“智慧城市创新版”发展战略。

（二）绿色金融领域探索

生态城积极探索推动绿色建筑高质量发展之路，结合生态城特色，制定了“1 个主险+N 个附加险”的生态城绿色建筑性能责任险设计思路。该保险已通过中国银保监会的审核备案，成为天津市第一个绿色保险产品。2021 年 11 月，通过生态城的推动，天津生态城建滨房地产开发有限公司与中国人民财产保险股份有限公司天津市塘沽支公司就蓝海津誉项目签订了保险协议。此项目不仅是天津市首单绿色建筑性能责任保险，也是全国首单创新主险与附加险相结合的住宅类绿色建筑性能责任保险。

为进一步提高生态城区域内高星级绿色建筑项目比例，倡导节能低碳的生活方式，鼓励各单位积极参与生态城绿色建筑建设，生态城坚决贯彻《天津市滨海新区绿色建筑及被动式建筑奖励办法》。目前，生态城已完成四个项目的建筑面积奖励试点工作，获得了社会广泛好评与认可，对推动滨海新区绿色建筑的高质量发展起到重要作用。

（三）示范成果宣传推广

生态城先后主办了 10 届青年“生态创想·绿色行动”环保大赛，并多次参加了国际绿色建筑大会和中国建筑科学大会，在活动中充分推广了生态城开发建设经验，宣传了生态城绿色生态发展理念。

为保持生态城绿色建筑发展先进性和高端化，生态城已形成《中新天津生态城绿色建筑白皮书 2020-2021》。书中着重回顾生态城过去十几年中在绿色建筑领域的发展历程；归纳总结了生态城 2020 年至 2021 年在绿色建筑领域的工作成效；详细介绍了生态城在引领示范层面做出的一系列创新案例；最终阐述了“双碳”背景下对生态城绿色建筑领域的未来展望。

四、经济环境及可持续发展效益

（一）绿色经济效益

生态城绿色建筑比例为 100%，截至 2021 年，生态城已建设绿色建筑项目累计 2048.8 万平方米，绿色建筑数量累计 379 个；获得国家绿色建筑标识项目累计达 125 个，累计建筑面积 743 万平方米，其中三星级项目 63 项，占比 50.4%。2020 年-2021 年生态城新增绿色建筑标识项目 30 项，其中三星级标识 16 项，二星级标识 14 项。“中新天津生

态城十二年制学校”项目获国家首批绿色建筑新国标三星级标识，同时也是北方地区唯一获批项目。

（二）环境效益

据统计，2019年生态城内有77个在运行的公共建筑项目，共消耗电量1.31亿千瓦时，消耗热量19.35万吉焦，消耗天然气469.3万立方米；2020年生态城内有77个在运行公共建筑项目，共消耗电量1.19亿千瓦时，消耗热量16.13万吉焦，消耗天然气335.2万立方米。

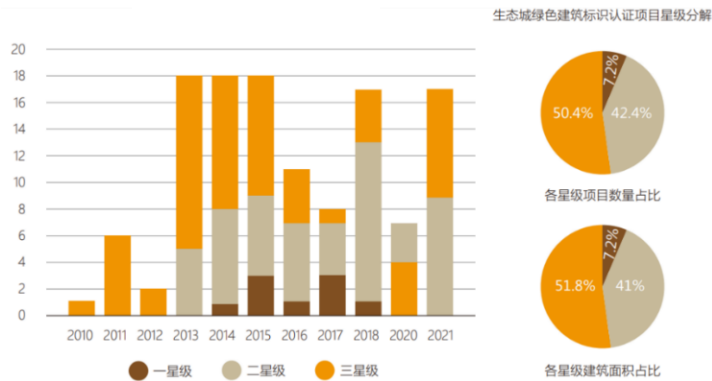


图3 生态城逐年新增绿色建筑标识项目数量

通过对生态城的公共建筑调研发现，2020年各类型建筑平均能源消耗相较于2019年整体呈下降趋势，个别项目由于经营规模扩大、使用人群增加导致能耗略有提升。由于生态城多年来十分注重建筑运维管理，通过制定相关节能要求及技术标准规范，并对运营效果进行评估，促进项目自身的制度完善和运营水平提升，使得建筑平均能耗得以降低。

（三）可持续发展效益

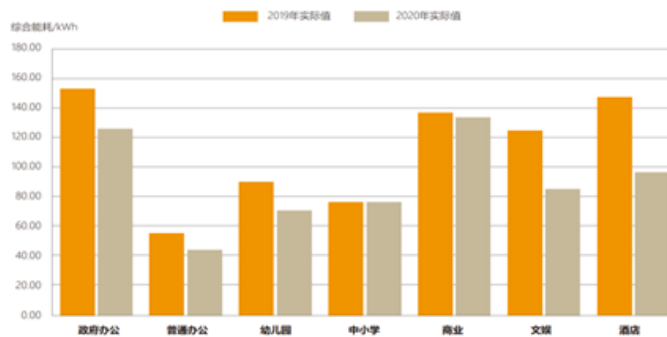


图4 生态城2019-2020年各类型项目平均能耗对比

围绕“双碳”实践，可持续、高质量发展，生态城积极投身于国家和国际社会各种试点示范项目，主动贡献自身经验案例。从 2017 年开始，生态城参与研制了 6 项国际标准，其中 2021 年 10 月底刚刚颁发了 ISO37106 智慧城市运行模型指南，可为城市建设者提供智慧城市战略方面的实施指南，推动城市可持续发展，相关工作获得国际标准化组织的高度认可。

此外，生态城国家电网公司客户服务中心北方基地（一期）在 2021 年 11 月第八届 C21 国际“绿色解决方案奖”中荣获“绿色建筑解决方案奖国际特别提名奖”。为宣传以人为本和环境友好型的绿色健康、智慧低碳建筑和生态城区理念，提供生态城区域可复制推广的优秀项目和实践经验。

五、抓好低碳技术资源再生政策保障

（一）加快高标准绿色建筑技术应用

贯彻滨海新区十四五规划要求，以达到 2025 年建设完成 50 万平米超低能耗建筑的指标。鼓励推广光储直柔⁵、“超低能耗+绿建三星⁶”、“近零能耗+绿建三星”及“零能耗+绿建三星”建筑试点建设，并由零碳建筑技术孵化出“零碳建筑+零碳社区”“零碳建筑+零碳园区”“零碳建筑+零碳岛”等示范单元，引领滨海新区全域高标准绿色建筑建设落实。通过研究、总结绿色建筑经验，形成生态城绿色建筑技术库。

（二）进一步发展可再生能源利用体系

采用互联网、大数据等信息化手段，加强建筑信息的采集、整理、分析、反馈，推动绿色建筑及可再生能源系统与互联信息的深度融合，实现精细化发展。进一步拓展可再生能源应用场景，提高非化石能源应用比例，实现可持续健康发展，落实生态城绿色建筑可再生能源领域实施路径和方案。

（三）夯实绿色建筑保障措施，提升城市软实力

未来，生态城将继续落实并深化绿色建筑奖励政策，通过政府补贴、容积率奖励、绿色金融等形式，引导和激励更多社会资本投入发展绿色建筑，提升包括企业与人民群众等在内的社会获得感和幸福感，促进绿色建筑提质增效、惠及民生，提升城市软实力。

⁵ 光储直柔：太阳能光伏发电、储能、直流配电、柔性用电四项技术的简称。

⁶ 即绿色建筑三星级。根据《绿色建筑评价标准》（GB/T 50378-2019），绿色建筑划分为基本级、一星级、二星级、三星级 4 个等级，主要评价安全耐久、健康舒适、生活便利、资源节约、环境宜居 5 类指标。

“生物圈”理念碳中和实验社区案例

一、碳中和社区建设理念的提出

（一）实施意义

为积极响应国家碳中和碳达峰的战略目标及深圳市盐田区梅沙街道创建大梅沙碳中和示范区的行动计划，大梅沙万科中心于 2021 年 9 月启动了绿色低碳升级改造计划。项目拥有完善的办公、会展、活动空间，结合大梅沙社区未来的产业发展定位和文旅配套设施，通过项目自身的技术迭代，结合产业招商、创新孵化、项目参访、行业活动，将大梅沙万科中心打造成为城市碳中和社区的文化交流平台和技术创新平台。



图 1 大梅沙万科中心

（二）创新思路

一期项目以清洁能源、绿色建筑、低碳交通、资源循环利用、生物多样性、碳资产管理、生活方式倡导等七大维度构建开发与运营框架，并首发性地提出了与合作伙伴、园区用户、社区居民共创共建的“碳中和社区”理念。

在技术改造层面，项目秉承气候友好设计、低影响开发的理念，首先对既有建筑的设施设备进行综合评估、深度维保，做到最大程度的利旧使用。通过进一步的能源审计工作对项目实施能耗诊断、运营碳排放核查，进而制定切实可行的节能减碳策略和实施

路径，其中包括建筑节能改造与可再生能源利用、屋顶生态花园改造、智慧运维系统建设、降低隐含碳排放、创新技术的实践与展示等。

在运营管理层面，建立碳排放管理体系、碳资产管理体系，打造绿色低碳物业管理模式、零废弃园区管理模式，进行碳中和社区活动运营。

（三）实施目标

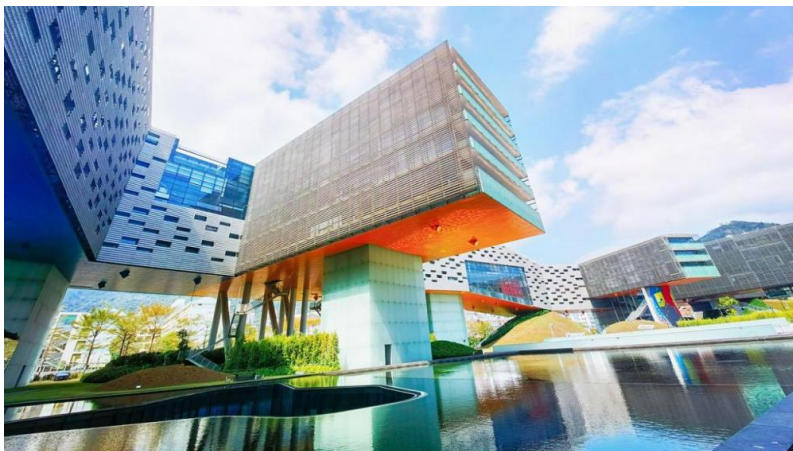


图2 大梅沙万科中心

项目将通过技术改造结合运营管理的多元路径，并在运营阶段实施持续且严谨的碳排放管理，结合少量的绿电采购、自有项目的碳汇开发，在运营阶段实现 83%的综合节能率、92%的减碳率（相较于基准年数据），最终实现项目运营后的碳中和。通过具有示范意义的一系列绿色建筑技术应用来宣传和推广可持续发展的理念，增强人们的环保意识。

作为国内第一个获得 LEED 铂金级认证的办公建筑，万科中心将通过改造，进一步申请 LEED OM 铂金级认证、LEED Net Zero Waste 零废弃认证、住建部三星级绿色建筑认证、以及住建部近零能耗建筑认证。

二、建设内容及其功能特点

（一）主要建设内容

1. 通过综合评估深度维保对既有建筑利旧使用

计划于 2022 年 10 月率先竣工的一期项目定位为生命健康、双碳科技、运动科技为主题产业的科创办公园区，未来将通过园区与周边资源有机结合，举办大梅沙碳中和国际论坛、碳中和社区创新计划、攀岩比赛、水上运动等一系列围绕主题产业的活动。

(1) 建筑节能改造与可再生能源利用：

通过高效机房改造、照明系统改造等节能措施提高能源使用效率，在此基础上优化光伏发电系统，进一步提高可再生能源比例。

(2) 屋顶生态花园改造：

为园区的生物多样性打造实验场景的同时，探索建筑、景观、能源三大系统有机融合的设计理念。

(3) 智慧运维系统建设：

打造云边结合的能源管理物联网系统，实现能源数据的可追溯、可披露、可分析、可应用，助力完成“降低碳排放、优化运营绩效、提升用户体验”的三重运维目标。

(4) 降低隐含碳排放：

倡导资源循环利用的理念，由专业公司回收部分拆除后的材料设备。对新采购的材料设备及施工过程进行隐含碳排放计算。

(5) 创新技术的实践与展示：

引入微电网、光储直柔、循环材料 3D 打印等创新技术，为供应链合作伙伴提供技术使用场景，助力行业发展。

2. 建立低碳管理运维体系保障社区可持续发展

技术改造为园区提供了绿色低碳的基础设施，运营管理是实现园区的可持续发展，为园区用户、社区居民创造美好生活的重要支撑。

(1) 建立碳排放管理体系：

制定碳排放管理策略，在开发、建设、运营三个阶段对园区碳排放数据进行标准化、数字化的管理，并向园区用户开放相关数据。

(2) 建立碳资产管理体系：

通过碳指标开发业务，助力园区入驻企业实现碳中和。

(3) 绿色低碳物业管理模式：

与园区物业管理方---万物梁行共建绿色低碳物业管理示范项目。

(4) 零废弃园区管理模式：

由社区成员---万科公益基金牵头，持续开展零废弃办公、黑水虻厨余垃圾处理、有机堆肥等项目，共建零废弃园区示范项目。

(5) 碳中和社区活动运营：

举办项目参观、行业交流、创新孵化器、社区开放日、大型国际论坛等活动，宣传与推广绿色低碳理念。

（二）功能特点

一期项目以教育为主要功能，集创新孵化、展览展示、会议交流等功能为一体的先锋示范型绿色近零碳社区。

（三）技术指标

功能及面积		建筑能耗指标	
总建筑面积	15789 m ²	单位面积能耗指标 (设计值)	66kWh/m ²
其中，总部办公	11956 m ²	本体节能率	28.64% (220%)
共享办公	3833 m ²	综合节能率	82.96% (260%)
		降低碳排放	851tCO ₂ e (相较于基准年)
		减碳率	91.6% (≥40%)

（四）具体方式方法

1. 碳汇集领域

（1）在地植物景观，最大化生态效益

万科中心在景观方面，通过最大化应用本地植物种类，以较低的水耗和维护需求，力求最大限度地恢复场地内原有的生态系统，获得最佳生态效益，从而形成极具本地特色的碳汇景观。万科中心防海啸的盘旋式建筑设计，创造了一个多孔的微气候和庇荫自由的景观绿地，其中 5.2 万平方米的热带景观设计方案中包含了复杂多样的空间、活动与植物，在景观公园中的山丘上播撒了原场地内的部分种类的草籽，不加施肥、浇水和修剪等人工干预，完全处于野生的状态。整个景观中的花园种植物种绝大部分采用耐旱和低维护的物种，并利用各种与景观相结合的措施，如植被浅沟，渗透沟渠，生物滞留等方式减低雨水冲刷，保持当地水土环境的同时又减少灌溉用水。

（2）有机废弃物循环利用

使用黑水虻（学名亮斑扁角水虻）处理厨余垃圾不仅能够有效地实现垃圾的“减量化”“无害化”和“资源化”，同时通过碳捕集利用，还有显著的温室气体减排效应。黑水虻幼虫主要以厨余垃圾为食，可将厨余垃圾高效地转化为自身营养物质，且此类幼虫可以抑制家蝇成虫的繁殖，避免环境卫生问题。此外，处理完厨余垃圾的老熟幼虫富含月桂

酸、抗菌肽等物质，可作为禽类鱼类的高蛋白饲料。而厨余垃圾经过黑水虻处理后形成的没有异味的黑水虻虫粪，可以作为有机肥直接利用。

黑水虻处理厨余垃圾的温室气体核算,即碳排放核算应用了生命周期评价的方法,包括垃圾的产生,厨余垃圾的预处理,黑水虻的培育,运输,黑水虻处理垃圾阶段,产物收集阶段,产物利用阶段。用黑水虻处理厨余垃圾,可实现厨余垃圾在社区范围内就地处理和有机转化。

园区内黑水虻处理站已形成常态化。供给黑水虻的餐厨垃圾主要来源于餐厅,每日产生的餐厨垃圾量约为 2~3 桶 (100-120kg),可供黑水虻处理站正常运行。从餐厅产出厨余垃圾,到厨余投喂黑水虻幼虫,从黑水虻虫粪作为有机堆肥滋养植物,再到虫体作为饲料喂养生物。作为有机废弃物小规模生物式处理技术的实践应用,该站已经与园区堆肥还土、社区共建花园等,共同组成了一个有机循环链。

楼内办公区的厨余垃圾则通过四楼外楼梯处小型堆肥箱和蚯蚓塔的实验站,进行堆肥处理。堆肥箱内物料已经发生厌氧,驻站人员将物料全部取出通风曝气,经通风堆肥体粘稠程度降低。

2. 碳资产管理领域

项目在改造及后期运维过程中,将逐步建立碳资产管理体系。其中,基于建筑节能改造、有机废弃物循环利用(黑水虻)两方面的工作方法及减碳量,将示范性地开发相关方法学,并通过 Verra 体系申请 VCS 碳排放指标。未来将凭借区块链技术,更加高效透明的方式开展碳汇交易工作。

3. 其他技术领域

(1) 建筑节能技术:

A. 建筑节能改造: 高效机房改造、照明系统改造提高能源使用效率;

B. 可再生能源利用: 设置屋顶太阳能光伏发电板;

C. 屋顶生态花园改造: 为园区的生物多样性打造实验场景的同时,探索建筑、景观、能源三大系统有机融合的设计理念。利用太阳能系统的除湿和冷却功能经由特殊的“屋顶阳伞”形成了有遮阳的屋顶景观;

D. 电动遮阳体系、带有中空镀 Low-E 玻璃与断热桥铝合金窗框的双层玻璃幕墙: 多孔百叶在闭合状况下提供了主要的遮阳效果,它们在最大日晒下能减低 70%的太阳能热量采集,而通过洞孔仍然能提供 15%的透光率;

E. 自然通风：百叶建立了双层外观，其中间隙的中空部分可以产生对流的烟囱效应，冷空气由建筑的下方流入，再通过建筑顶部靠近屋顶的地方排放出热空气；

F. 水回收体系：万科中心通过下沉庭院、绿地、水体、湿地等形成丰富的立体景观，并创建了一个与景观设计紧密结合的可持续水环境体系。利用水质较好的雨水资源，以中水资源作为补充，实现了雨水、中水、景观水的最优化设计；

G. 节水措施：万科中心采用了最先进节水型器具，减少自来水用水量及管材用量；

H. 新风地板送风变风量系统：大楼里所有空调送风口藏在地板里，风从顶棚送出至少要覆盖到 2.5 米的高度，而从地板送出却只需要覆盖 18 米左右人就会觉得凉爽；

I. 可渗透气候公共空间：万科中心根据因地制宜的原则充分利用当地风向特点，使建筑主立面与主导风向交叉，有利于增大建筑背迎风面压差，创造良好的室内通风环境；底层被抬高，可以调节局部微气候。

(2) 分类废弃物减碳策略：

可回收物采用资源化循环的方式，包括应收尽收、丰富回收品类，引入社会企业、促进循环经济，设立回收银行、跳蚤市场，资源再生理念倡导四个方面；有机废弃物采用生物式资源化处理，分散式就地堆肥、黑水虻中试、社区花园改良土壤；其他垃圾从源头减量，一方面应加强对垃圾分类准确率的居民倡导，一方面应加强对生活垃圾源头减量的倡导。

三、经验做法路径

(一) 技术创新

1. 结构设计

“像造桥梁一样造房子”，最大连体跨度 50m，悬挑 25m。万科中心以独特的“混合框架+拉索结构体系”诠释了建筑设计理念，不仅为使用空间提供了开阔的视野，在最大程度上实现“还绿于公众”：如果算上屋顶的绿化，整个场地的绿化率大于 100%。

2. 微电网系统

国内首个采用施耐德微电网系统的商办建筑项目。通过模型预测未来 24 小时的建筑负荷耗电量及可再生能源发电量，通过算法对负荷进行多目标策略调度，实现日用电曲线的削峰填谷，提高可再生能源消纳率。可直接降低运营碳排放及市电电费成本。

项目将利用建筑本地进行蓄能，调度空调负荷，提高可再生能源消纳率。同时，中远期将积极参与电网需求侧响应及虚拟电厂交易。

3. 光储直柔展示区

本项目将以“光储直柔”技术“结合”装配式木结构技术”的方式打造一座在能源微网场景下运行的零碳小屋。

4. 材料的可再生与本地化

(1) 可再生与在地化

万科中心大量采用中国本地传统建材—竹材，取代木材，用于混凝土模板、墙面装饰及家具的制作；

(2) 从摇篮到摇篮的产品

万科中心的开放办公区采用了 InterfaceFLOR 地毯,不仅由回收材料制成，而且损坏破旧的地毯可由制造商回收用于其他产品的制作；

(3) 健康关怀

所有使用的油漆、木杠活、胶合剂均不含或仅含少量的 V.O.C(例如甲醛)，遮阳材料均不含 V.O.C。

5. 景观植物有机堆肥

由社区用户万科公益基金会在社区内进行实践，并邀请到中国农业大学的教授工作站进行驻场研究和技术指导。通过黑水虻站、堆肥示范区、社区花园、屋顶花园，形成了有机堆肥的闭环作业，同时也为公众科普、员工休闲提供了绝佳的场地。

驻站技术人员首先熟悉园区内垃圾产生情况和循环流动链条，优化园区内堆肥点设施与技术：主要通过调整堆肥原料配比，并采用中农团队研发的熟料回流方式促进堆肥，堆肥最高温度达近 80°C（之前未超过 45°C），有助于提高腐熟进程。同时，每日记录温度+采集样品用于追踪分析，用于制作园区内堆肥点操作指引手册。

（二）产业优化

项目产业招商以大梅沙社区的基础产业资源与未来产业规划为立足点，同时引入生物圈三号⁷在碳中和领域的产业资源，打造以主题性、多样化、高价值为核心的碳中和产业创新社区。目前已入住的用户包括企业、科研机构、公益组织，行业涉及生命科学、环境保护、文化旅游等，如上市企业华大智造（已递交 IPO 申请）、万科农业等领

⁷ 生物圈三号：万科集团设想的以“生物圈 2 号”理念为基础的概念社区。将物流仓储、生产厂房、住户、办公楼、商场加以综合，探索有效循环使用能源达到近零碳目标的方法途径，形成有竞争力、号召力、消费者愿意接受的碳中和社区。

军企业，深潜运动健康、深石零碳科技等创业型中小企业，知名科研机构中国农业大学有机循环教授工作站，以及公益机构万科公益基金会等。

四、建设应用成效

（一）绿色经济效益

1) 降低建筑能源运行成本。通过采用先进的技术措施，万科中心一期相比改造前，综合节能率可达 82.96%，每年可节约电费约 100 万元；

2) 增加建筑能源运行收入。通过与第三方合作投资屋顶光伏电站，每年将获得收益约 17 万元；

3) 促进产业结构转型。吸引上市企业、教授工作站等企业、机构入驻，为区域注入新鲜的产业活力，一方面提高了一期的租金收入，另一方面也带活了项目内部以及周边的餐饮、住宿等服务配套设施。

（二）环境效益

1. 节能减碳

安装在建筑屋面的 1400 平方米光伏电板核计太阳发电量为 266.7 兆瓦时每年，可提供整个万科总部约 12.5% 的电能要求，可再生能源利用率由 18% 提升至 82%。通过节能减排措施，每年的二氧化碳排放量将减少 851 tCO₂e。

2. 生物多样性

在设计、建造、运营等不同阶段充分考虑自然融合的理念，将人类活动对环境及生物的影响降至最低，例如通过建筑玻璃幕墙贴设防鸟撞膜等措施，有效保证了鸟类的数量和品种的稳定性。景观植物尽可能采取本地植物，维持本地的物种多样性。同时，在屋顶花园进行的城市农场自然实验，如蜜蜂、华大农作物实验等，提升了城市建筑与自然的共融性。

3. 水资源高效利用

充分利用节水器具，例如使用感应节水 19 升/分钟的出水嘴，其用水量是国内的普通出水量的 1/4 不到，能够降低日常使用水耗。同时，景观用水量也由于耐旱植物的选取而大大减少。

4. 有机垃圾在地处理技术示范

在科学设置垃圾分类规则、园区内有效倡导并推广垃圾分类的基础上，率先利用黑水虻、蚯蚓塔等技术，创立了独特的办公园区有机废弃物处理方案，日厨余垃圾处理量可达 100-120kg，为城市社区有机废弃物的处理探索出新的技术路线。

（三）全社会可持续发展效益

1. 示范引领

万科中心作为深圳首批近零碳排放试点项目，从建筑节能改造、可再生能源利用、屋顶花园改造、废弃物资源化利用、降低隐含碳排放、社区共建等方面进行了探索和尝试，为碳中和技术和绿色低碳理念提供了共创共建的实验场所，为产业园与办公楼的改造和运营模式转型提供了范本。

2. 科普教育

项目改造和运营的过程，由政府、行业企业、研究机构、公益机构、专家、学校、社区居民等多方参与，其中许多参与者是首次接触碳中和理念。在实践的过程中，无论是技术人员，还是社区居民，都对碳中和社区有了更加深入的知识，整体的环境意识也得到了显著提升。社区的几所学校也将万科中心作为学习场地，为在校学生开设屋顶花园生态课程等相关学习内容，极大的提高了学生们对环境问题的兴趣。

3. 增加就业

改造后的万科中心无论从技术硬件还是运营软件方面，都进行了更新和提升。因此，对于物业管理团队来说，无论从团队规模还是知识技能，都有了更高的要求。一方面为本地居民带来了新的就业机会，另一方面也督促传统物管行业从业人员，学习新的技术和技能，成为面向未来的碳中和社区管理运维人才。

五、问题与建议

（一）相应政策法规配套支持

针对碳中和社区需要，制定技术和管理等方面相应政策法规。例如氢能等清洁能源技术已取得长足进步，相关产品安全性能也已得到市场验证，但目前由于法规限制，仍无法应用在社区场景中。对于试点示范项目而言，探索新技术、新产品，最重要的就是使用场景中的运营实验和示范作用，因此，专门针对碳中和社区设置一系列鼓励创新应用的政策法规，对于进一步推动社区碳中和转型，能够带来巨大实际意义。

（二）绿色金融的支持

建筑的碳中和更新涉及新理念的应用、新产品的实践，因此产生的增量成本，对于市场化主体来说，需要一定的激励措施，带动更多的业主加入碳中和改造。而绿色金融工具的支持，能够通过降低绿色改造的成本，为企业带来社会经济效益，无疑是一条值得探索的路径。

（三）产业链亟待完善。

建筑的碳中和改造，不仅需要好的理念为引导，更需要完善的产业链提供技术、产品、服务。例如，改造中为降低碳排放，拆除的建筑及装修材料原则上应尽可能回收利用。但由于循环产业链的发展尚不完善，能够真正配合实现建筑垃圾回收利用的企业少之又少，技术水平也不及要求，导致一些利旧的方案不能得以实施。

六、总结归纳可复制可推广经验

（一）持续推进后期项目实施

在万科中心一期改造的成功示范下，下一步将继续完成二期博物馆及会议中心、三期教育园区的重新定位和改造工程。

（二）成功经验复制推广



图3 大梅沙社区

将万科中心的成功经验推广到大梅沙社区，助力大梅沙社区成功打造深圳近零碳排放社区试点。

1.推广社区花园。

在万科中心屋顶花园的建设中，通过多次社区活动，充分带动了社区居民共建共创、提升环境品质的积极性。下一步梅沙街道计划推广社区花园的模式，在社区内选址，鼓励居民共创社区花园，提升环境保护的意识，形成和谐的邻里社区。

2.推广垃圾分类、有机堆肥

进一步促进碳汇，在社区达到厨余垃圾和园林垃圾的 100%就地处理；完善大梅沙回收业者体系、建立二手跳蚤市场，帮助社区居民提高环保意识，改善日常生活行为习惯；采取“按袋收费，谁产生，谁付费”的创新之举，参考台湾模式，实行其他垃圾“专袋专投”、“按袋计量”策略。实现谁产生，谁付费，以此提升垃圾分类准确率，减少其他垃圾占比。

第三章 工业篇



国网浙江电力全景碳流管控试点案例

一、为“双碳”管控提供技术支撑

（一）实施意义

2022年，“双碳”目标再次被写入政府工作报告。报告指出要有序推进碳达峰碳中和工作；落实碳达峰行动方案；推动能源革命，确保能源供应，立足资源禀赋，坚持先立后破、通盘谋划，推进能源低碳转型；推进绿色低碳技术研发和推广应用；坚决遏制高耗能、高排放、低水平项目盲目发展；推动能耗“总量”、“强度”双控向碳排放双控转变，完善减污降碳激励约束政策，发展绿色金融，加快形成绿色低碳生产生活方式。

在国家电网和试点区政府大力支持下，组建一支行政专业密切结合的研究团队，深入探讨碳排放管控方法措施，并通过管控平台固化，从而有效落地实施研究成果，无疑对实现双碳目标具有积极意义。

（二）技术意义

“碳达峰，碳中和”是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，实现“双碳”目标离不开关键技术和技术创新的支持。碳排管控研发团队不断深入布局国内市场、探索技术改革，聚焦碳源碳汇的监测计算难点，提升碳排放数据质量，挖掘碳排放数据价值，为“双碳”目标的实现提供了技术和思路，支撑相关关键技术的完善，探索新技术，推进绿色低碳技术研发和推广利用，形成了一系列可借鉴、可推广的经验，为制定完整的“双碳”全景碳流管控方案，打造一套“双碳”管控系统提供了科学合理的技术路线。

（三）社会意义

协助试点区政府分析研判社会运行情况，感知社会、经济、民生状态。例如：利用预测模型可核算该区单位GDP能耗强度每降低率与碳排放量之间的耦合关系，并能进行定量的灵敏度计算；本地电力供应清洁化程度与碳排放量削减比例之间的关系，并能进行定量分析，提出减排对策；终端电气化率与碳排放量之间的耦合关系，定量分析的结果可支撑政府精准施策、科学调控。这些分析成果的应用可使社会治理更加精准、更有预见性的提升管控效果。

“双碳”全景碳流管控研究和配套系统研制可助力职能部门落实流程化、网格化管理，成为政府能源管控部门的有力抓手。通过对能源大数据中心城市级能源生产消费数据的汇聚整合，构建三级政企联动机制，支撑政府开展企业能效对标、环保生产、扩容改建能评⁸审核等方面的线上监管；促进能源行业生产成本、服务质量等信息透明化，推动行业监管质效提升，发掘潜在的节能减排项目，降低成本。

聚焦工业企业的能源低碳转型，利用大数据手段为企业进行碳资产核算，出具改造项目的评估报告，帮助企业确认潜在的温室气体排放量，决策如何应对气候变化所带来的挑战。提升在碳排放方面的精准分析能力，为企业，尤其是小微企业提供一揽子解决方案，促进产业链上下游精准对接和优势互补，培育新业务、新模式，为上下游企业创造更大发展机遇、挖掘更广阔市场空间。

综上，该项研究能够有效促进行业绿色发展的转型升级，普及绿色生产和低碳环保理念，为全社会营造共同推动行业降碳的良好氛围。

（四）创新思路

目前，我国的能源转型更多依赖政策驱动，转型的宏观和微观动力整体不足。政策是转型的起点且能够持续起到助推作用，但它无法长期作为核心动力。因此，需对用能行业的能源消费结构、产值与碳排放之间的关系进行深入分析，切入行业减排痛点，预估改造成果，挖掘能源转型的核心动力。

同时，电力行业所属的能源行业还未能从能源供给端、能源消费端和政策端进行组织实施，构建“三端发力”的降碳体系。因此，亟需针对重点用能行业，进行基于数据驱动的碳双控潜力挖掘，在能评对比、用能权核准、碳排放量测算、碳电交易等相关方面开展研究，建立碳管理体系，对碳排放小的可再生能源以及排放强度优于行业先进值的供能单元优先吸纳，对低碳排放、用能权充足的用能单位优先优惠供电。

本项研究弥补了区县级碳排测算、预测模型匮乏，在通用模型的基础上做了更多的本地化改进。通过将供能用能单元碳排放情况、用能权交易情况、碳交易履约情况纳入数据平台，探索出一种本地化的融合算法，助力实现电网侧供能结构调整。

（五）实施目标

⁸ 能评 - 能源评估。通过对建设项目分析，核算该项目各种能源的消费结构和消费量，核算主要用能设备的能源利用状况，分析各种节能降耗措施的效果，核算该项目单位产品和单位产值能源效率指标和经济指标，评价该项目的用能合理性和先进性的一种评价方法。简称“能评”。

根据新时代能源发展要求，建立区县级的数据资源体系，探索适用于本地的碳排放测算方式，并以能源消费总量、碳排放总量、能耗强度、碳排放强度四个指标为核心，以加快工业、能源、建筑、交通、农业、居民生活六大领域绿色低碳转型为目标，实现碳排放动态测算。

实现全天候在线监控，聚焦重点领域进行政策灵敏度分析，研判未来走势，提出可行的绿色转型方案。联合省能源大数据中心，切实发挥数智赋能手段，深入开发用能预算化算法，灵活分配企业季度用能指标，引导用能管控范围内 3600 家企业规范有序用能，形成预算科学管控，达成各级政府实时监控。



图1 “双碳”碳流管控平台

借助原有能耗“双控”管理框架，构建区级、部门和企业三级应用舱，形成碳排放管理机制，完成企业碳排放监测流程全闭环。帮助企业能源低碳转型，构建节能减碳长效机制。通过多种方式多层次多维度实现试点区“双碳”目标。

探索研究碳普惠⁹、碳金融¹⁰、碳技术等应用，有效激励排放实体低成本完成碳减排目标，激励企业使用新能源减少对碳排放权的需求，助力企业高效生产绿色低碳产品和开发技术，助推绿色低碳经济的发展。

二、研究内容、技术路线及功能特点

（一）主要建设内容

建立契合本地特色的算法模型对重点用能行业能源消费与碳排放进行预测研究。采用自下而上及自上而下模型相结合的模式构建方法，建立重点用能行业能源消费与

⁹ 碳普惠 - 碳普惠制是为市民和小微企业的节能减碳行为赋予价值而建立的激励机制。该应用将根据减排量给予用户不同等级的个性化标志勋章，增强用户荣誉感。碳普惠是我国首创的、赛宝认证中心设计的、广东省政府推行的公众低碳激励机制。

¹⁰ 碳金融 - 由《京都议定书》而兴起的低碳经济投融资活动，或称碳融资和碳物质买卖。即服务于限制温室气体排放等技术和项目的直接投融资、碳权交易和银行贷款等金融活动。

碳排放预测模型，在延续当前的发展情况下，对不同情景下的能源消费总量、碳排放情况进行预测分析，研究重点用能行业的碳双控潜力。

重点用能行业碳管理体系研究。基于数据驱动，从政府治碳需要过程管理、企业减碳需要从完成下达目标的需求出发，打造政府治碳有抓手有管控有反馈，企业减碳有目标有定位有成效的碳预算化管理应用体系，实现碳排放数据由事后核算变为实时监测、碳管控模式由粗放管理变为全过程预算化管理、碳减排进展由事后评估变为在线跟踪统计，确保精准治碳、有序减碳、全面普惠。

搭建数据平台，对重点用能行业的典型产品完成碳基础数据研究。研究重点用能行业典型产品的碳排放属性，构建重点用能行业可信碳基础数据库，为重点用能行业碳双控潜力挖掘、碳电交易等提供数据支撑。统一数据标准，构建完善的数据资源体系。

探索产业链金融服务，建立绿色生态链。依托与省市一体化智治数据平台的衔接共享，构建以能源大数据为核心的数据模块体系，拓展能源碳电数据增值服务，探索产业链金融服务，靶向引导经济产业结构低碳转型。

（二）功能特点

“双碳”全景碳流管控体系建设是结合数字化改革打造的集碳监测、分析、管理、减排于一体的数字系统，围绕看碳、析碳、降碳三个核心要素，实现“一屏全览、一路追踪、一体智治、一众应用”，推演区域“碳达峰、碳中和”整体进程，描述全域低碳发展形势。

1. 聚焦数据分析，追踪“碳足迹”

一是基于“四大指标”，实现碳数据全面采集。以“碳排放总量、碳排放强度、能源消费总量、能耗强度”四大指标为基础，通过部门协同、业务协同、政企协同，通过“双碳”管控系统全方位采集碳相关信息，汇聚辖区内电、气、煤、油等重要数据，实现数据联通和应用贯通。截至目前，共汇集各类数据 2 万余条，为数据的分析使用奠定了扎实的基础。数据覆盖试点区企业 3600 家，实现了全区规模以上工业企业和重点用能企业数据全覆盖。二是围绕“六大领域”，实现碳排放全程溯源。聚焦能源、工业、建筑、交通、农业、居民生活六大碳消费领域，以行业特征为导向，绘制碳流溯源图。对于暂时无法收集的部分企业数据，建立“能-碳”“能-电”“电-碳”等 3 组关联算法，构建消费侧六大领域碳排放计算模型。以工业领域为例，通过“双碳”管控系统可实现企业消费的末端碳源追踪，借助智慧能源综合服务平台获取企业各项用能数据，逐级汇总至镇街和全区，形

成了一张逻辑清晰的碳流地图，最终实现工业碳流的全流程穿透分析和精准掌控。三是构建本地化的碳排放预测模型。碳达峰与经济增长、能源供应保障、社会可承受成本等因素相互交织，是一个多重目标约束的系统平衡。针对这一现状，平台以“经济、能源、电力、环境”为内容构建碳排放预测模型，全面解析四者之间的耦合关系，实现自然情景、基准情景、强化情景三种情景下碳达峰预测分析，为科学治理提供方向。

2. 聚焦数字赋能，优化“碳管理”



图2 碳管理各级模块

一是多跨协同“一体智治”。按照“数据能看、层级能穿、任务能达、成效能查”的目标，构建区级、部门、企业的三级模块，实现碳管理的整体智治。其中区级模块可及时掌握双控指标、完成进度以及各镇街、各领域、各企业的碳排放情况等内容，为政府科学决策提供依据；部门模块具备用能审批、信息管理等功能，指导企业优化产业结构，督促企业减排降碳；企业模块具备设备和用能数据上报、能耗预警等功能，辅助企业自主开展碳排放管理。二是指标分解“一目了然”。根据“双碳”指标体系，结合区内各领域实际情况，由各部门按重点建立“场景、制度、改革”三张清单，以此为突破口实施制度重塑和流程再造，实现指标可分镇街、企业可查、可排名、可汇总。三是双控管理“一图全览”。企业是实现双碳目标的关键环节，本研究通过“双碳”管控系统接入规模以上企业、公共机构、其他重点用能企业共计 3600 家，通过能耗监测与评价分析等功能，企业可获得碳排放情况和降碳建议方案。通过“双碳”管控系统对重点管控企业计算并下达预算化管理指标，实现能耗数据由事后核算变为实时监测、监控模式由粗放管理变为全过程预算化管理、减排进展由事后评估变为在线跟踪统计，确保精准治理、有序减排。

3. 聚焦数智应用，搭建“碳场景”

“精细用能码”和“区碳码”双码合一，保障有序用电，推进节能减排。“精细用能码”是“双碳”管控系统下最新的碳应用成果，企业用户通过扫码自主识别其所在类别的每日能耗排名，了解自身年度剩余能耗额度，并掌握上级发布的本周有序用电和能耗双控计划，帮助政府和企业实现有序用电、有序生产、有效控耗。同时“区碳码”集成了区域、企业生产经营用能数据，结合产值计算碳能效，按周期对企业碳效与其行业平均值比较，并根据能效水平划分 5 五个等级，精准定位企业能源消费水平，不仅为政府部门分类施策提供量化依据，也为企业低碳转型提供了参考数据和借鉴路径。

（三）技术指标

本研究形成了一套碳排管控技术指标，并通过“双碳”管控系统实现宏观方面的测算和减排路径的分析，包含了试点区 6 大领域，企业层级的能耗和碳排放测算、监控、预测、分析范围覆盖全区所有规模以上用电企业 1503 家和小微企业 2100 余家（重点用能企业）。

以碳地图、碳足迹、碳管理、碳场景四大板块呈现数据、指标计算和应用管理。

1.碳地图

清晰呈现全区碳排放占比、碳排放总量、碳排放强度、能源消费总量、能耗强度、消费侧能源结构、省市一级 GDP、三产占比等信息，数据项涉及上一统计周期的，更新频次为半年或一年一次。

以上碳排放数据需追踪细化到乡镇、街道、企业、社区，做到追本溯源，并通过总体地图实现不同区域、时间维度的选择切换。

总体地图按照全区实际行政划分进行绘制，同时根据碳排放强度使用五色图细分全区 26 个镇街的碳排放情况。

2.碳足迹

利用桑基图追溯六大领域在全区碳排放中的占比，分析单个领域的能源消费结构；利用堆叠图呈现该领域 2012 年-2021 年能源消费的演化进程；通过预测模型分三种情景对该领域碳排放情况进行预测。

所有数据包括三种来源，不同来源的数据有各自的处理方式和更新频次：

采集数据：采集数据主要指智慧能源综合服务平台真实接入站点的各种电力数据。在智慧能源综合服务平台有对应的企业和站点。该数据作为企业的用电能耗计算基础，更新和存储频次为 15 分钟。

归集数据：包括试点全区所有企业的产值、增加值信息；原煤、天然气、液化天然气、汽油、柴油、热力、电力等能耗信息；企业名称、信用代码、所属区域、国标行业、地址、经纬度、建筑面积、联系人、联系方式等企业基本信息。数据更新情况则以数舱中提供数据部门决定。

录入数据：不可采集且在城市大脑数据编目之外的各类综合数据。该部分数据由平台提供专属录入界面录入平台。更新和存储频次按照使用场景分为每月录入一次或者每年录入一次。

汇聚整合数据资源，对能源消费数据分品种、分行业、分镇街进行清洗，为碳指标（碳排放总量、碳排放强度、能源消费总量、能耗强度）、碳排放结构、碳足迹、消费侧能源结构等模块提供数据佐证。

通过对大量原始数据全方位、深层次的分析提炼，实现通过历史数据预测未来短期、中期、长期碳排放趋势的功能。

3.碳管理

通过“双碳”管控系统构建区级、部门、企业的三级模块。

区级模块侧重服务政府全过程监控预警与精准施策。帮助及时掌握双控指标、完成进度、做好能源宏观分析与战略规划。

部门模块侧重进行全过程管理，审批各类企业上报数据。进行企业用能监测，实现企业能耗全过程动态核算、用能进度实时预警、减排分析展示以及用户精准画像。进行异常用能分析，通过横向行业对标、纵向历史对比，识别企业用能水平突变，确保企业用能数据真实可靠，辅助产业链发展趋势研判。

企业模块侧重服务企业节能降耗，提升用户黏性。一是推出精细用能码，服务企业实时掌握自身用能预算进度和能效水平、行业内排名，进行申诉、反馈以及用能权交易申请。二是提供能源工具箱服务，一键生成企业能耗、能效、碳排放总量、碳排放强度预估值，输出节能改造项目的评估报告。三是精准推送综合能源解决方案，根据用户画像，提供光伏、储能、能源梯级利用、绿电交易等用能权一揽子解决方案。同时将平台模块延伸至手机端，打通两者之间的连接，实现互通连接，使碳排放管理更高效更便捷。

4.碳场景

板块主要探索了碳普惠、碳金融、碳技术等方面的应用，目前面向企业提供了“精细用能码”和“区碳码”。

“精细用能码”是企业的专属能耗台账，内容包括企业所属行业、能效排名、用电额度、有序用电计划、能耗日历和能耗指标。所属行业和能效排名对企业分行业进行排名，实现行业对标。用电额度需涵盖企业已用电量 and 剩余额度，有序用电计划可预报企业一周内的停限产安排，能耗模块多维度展示企业能耗情况及超标情况，帮助企业随时随地更清楚了解自身的用能情况，安排生产计划。

“区碳码”针对性打造了亩均能耗、亩均能效、亩均碳排放等指标，对企业进行碳效评级，为企业精准画像并推荐减排方案；设立企业碳资产管理，追踪碳排账号总额和实际碳排放情况，对碳排放指标进度实时监控；对标行业领跑企业，定位企业发展现状，激励企业绿色低碳发展和转型升级；按月度、年度统计企业能耗结构和碳排放数据，帮助企业了解自身能耗情况。



图3 “区碳码”示意图

（四）在碳资产管理领域的具体方式方法

建立碳监测体系，量化企业的各类碳排放因子与减排数据，低碳行为，将企业碳初始配额、交易配额、自愿减排量（CCER）等要素集成，组建企业“碳账户”，帮助企业明确碳排放量，推动企业积极参与碳交易市场，并更好地管理碳资产，为我国碳定价提供支持，降低碳资产风险。

链接政府、科研机构、企业、节能厂商、居民等主体，围绕多方需求，搭建以碳交易为主要职能的“碳商城”平台，实现碳排放指标交易，利用碳指标从事金融活动或技术交易等多项功能，以此培育新业态新模式，形成全社会参与双碳行动的良好生态。同时，根据全国碳金融市场发展情况，陆续在“碳商城”中上线碳积分、碳普惠、碳金融、

碳技术等应用，既有效激励排放实体低成本完成碳减排目标，实现温室气体排放总量控制和峰值目标，也能通过市场化的价格运行机制，将资金引导至低碳产业，逐步增加高碳产业生产成本，促使高碳行业企业低碳转型。

组织了一支囊括了资深能源专家 and 高校科学家的研究团队，积极发挥人才智力优势和专业优势，凝聚国内外的优秀知识、信息、技术资源，为研究提供技术支撑与理论指导。突出战略需求导向和问题导向，做好碳资产管理分析的技术类研究，并保持研究的先进性。

三、经验与做法归纳

（一）算法模型属地化

依托省级能源大数据中心，融合现有碳排放预测算法，形成契合本地特色的算法模型，实现对重点用能行业能源消费与碳排放进行预测研究。采用自下而上及自上而下模型相结合的方法，建立重点用能行业能源消费与碳排放预测模型，在延续当前发展情况下，对不同情景下的能源消费总量、碳排放情况进行预测分析，研究重点用能行业的碳双控潜力。结合本地实际，构建碳排放监测 4E 全要素平衡与推演模型。以 LEAP（长期能源替代规划）计量经济模型为基础，参照浙江省电力公司 4E 模型进行更细致、更实用的本地化改进：

1.立足实际，面向区级。更为适应区级实际，利用已有的能源大数据中心和六大领域排放分布，建立首个统筹 4E 全要素的碳排放环境模型。

2.结合实际、优化算法。对试点区二次能源进行全面细致刻画，按照本地零碳做贡献、本地碳排算本地、统调碳排全省分的思路分解计算电力碳排。

3.凸显特色，专题分析。在计算中着重体现纺织、印染等有区域特色的重点高耗能高排放行业的能耗总量，排放结构现状和预测。

4.与时俱进，完善制度。结合 2021 年 12 月中央经济工作会议精神，将“新增可再生能源和原料用能不纳入能源消费总量控制纳入”这一政策调整纳入模型计算。

该模型统筹了产业结构升级，能源利用效率提升，用能结构调整，以及政策导向、技术进步等多维要素，为制定碳达峰、碳中和时间表、路线图提供了理论支撑。

（二）完善数据资源体系

以省级能源数据中心为基础，拓展区县级数据平台，对重点用能行业的典型产品完成碳基础数据研究。研究重点用能行业典型产品的碳排放属性，构建重点用能行业可信

碳基础数据库，为重点用能行业碳双控潜力挖掘、碳电交易等提供数据支撑。统一数据标准，构建完善的数据资源体系。

基于核心业务，梳理编制数据资源清单，确定宏观数据和六大领域碳排放测算数据项的采集方式、核准部门。明确各数据项：数据定义、数据结构、数据范围、更新频率和数据源系统。

借助城市大脑数舱和省能源大数据中心搭建完善的数据资源体系。依托能源大数据中心，提供开放的数据接口、通过数据计算引擎生成测算数据。

以经济社会发展脱碳、减碳为导向，以区域产业低碳转型、低碳能源发展、碳汇能力提升为主攻方向和突破口，协同提升交通、建筑、农业、居民生活和科技创新等领域低碳化水平，全力推进区域绿色高质量发展，结合数字化改革，打造全国首个¹¹集监测、分析、管理、减排于一体的数字平台——“双碳”管控。围绕看碳、析碳、降碳三个核心要素，实现“碳治理”的可视化、全流程掌控，助力政府科学决策、城市数智建设、企业节能减排、社会精准治理。

（三）建立精准的碳预算化管理应用体系

碳排放目标科学分解分配。基于工业领域、重点用能行业的数据资源，企业的碳排放特征，将碳减排目标逐行业逐企业地分解分配下达，建立企业碳减排目标画像，最大限度提高目标分解的科学合理性。

碳排放过程监测与预警。建立企业碳排放监测与核算智能分析应用系统，辅以远程质量控制及智慧运维手段，实现企业碳排放全过程动态核算、指标额盈亏实时预警、碳减排分析展示、横向行业比较、纵向历史比较等。实时跟踪企业碳达峰目标的推进情况，根据需要提出预警。

碳排放量预测分析。利用预测模型，考虑时间、空间、领域、行业等多维碳排放因子的影响，充分挖掘历史的、现实的企业数据在碳排放行为、碳排放构成、能源消费、时间周期等方面的趋势和规律，对企业未来的减排潜力进行预估，最大限度地提高企业未来碳排放量预测分析的准确性。

碳减排成效结果评估。确定碳排放评价范围和评价因子，根据企业的碳排放量、经济产值、行业碳排放强度、企业碳减排目标值等相关数据构建企业碳减排成效评估模

¹¹ 新华网消息：<http://www.xinhuanet.com/energy/20210707/fa7a19a2e7fd41e9b82b73023a741ef8/c.html>

型，对企业的碳排放规模、碳减排效果、碳达峰目标完成程度等现实情况进行较为全面、重点突出、科学精准、客观公正的评估。

碳减排管理反馈完善。建立企业与政府间的反馈完善机制，企业在获得阶段性碳减排成效评估后，可以根据自身情况，通过预算化管理平台向政府反馈对碳达峰目标的适应性、接受程度、履行难点等问题。政府结合碳排放实际对企业的反馈进行判断分析，根据判断结果或向上完善目标分解分配方法，或向下督促企业提高目标的履行能力。

四、效益分析

（一）经济效益

本项研究使政府监管部门节省了能耗和碳排放管控的时间成本和人力成本。使用“双碳”管控系统前该项工作需多人数月线下开展，项目实施后仅需派遣1名专职人员线上核查计算结果，监管线上流程。

节省发改委计算企业能源指标的时间成本。项目实施前计算发改委所需指标需时半个月，项目实施后计算指标仅需几分钟。

节省企业获取能评报告经济成本。项目实施前企业需要花费十数万元等待半个月之后才能获得能评报告，项目实施后仅需几万元于一天之内获得。

节省政企之间审批流程的时间成本。项目实施前企业申请扩容改造流程复杂繁琐。政府部门之间信息不共通，核查企业耗时耗力。企业提交申请业务表单内容反复。项目实施后能实现部门间多跨协同，审批流程仅需线上一次申请，大幅缩减等待时间。

（二）环境效益

平台通过全天候在线监控，聚焦重点领域进行政策灵敏度分析，研判未来走势，提出可行的绿色转型方案，辅助决策者引入技术、市场、环保项目等系列手段去‘抵消’二氧化碳等排放带来的负面影响，减少气候变化对农业、民生和人类健康等造成的不利影响和损失。

企业通过“双碳”管控系统淘汰老旧设备，优化工作流程，发展绿色工艺，完成企业转型升级后，不仅降低了生产成本，更加降低了绿色治理成本，可在很大程度上降低生产和消费对环境的影响，节约生产资源，从源头减少或消除污染，实施“双碳管控系统”的环境交易显著。

（三）社会效益

“双碳”管控系统通过挖掘能源转型核心动力，并在此基础上做更贴近本地特色的减排路径研究，能够探索新的商业模式，助力地方形成完备的绿色产业生态链，激活绿色产业发展的活力，促进产业绿色转型，提供高质量发展的产业基础。

“双碳”管控系统的实施，不仅打破现有城市能源管理中的条块分割式管理体系，探索了新的能源商业模式与机制，还能充分挖掘低碳供需潜力，优化供需结构与方式，协同多资源用能环境，提高可再生能源的占比，减少能源消耗与污染物排放水平，提高能源利用效率，为实现能源及其相关产业链的优化与调整助力。

五、问题与建议

（一）案例实施中遇到的问题

本研究很大程度依托伴随研发的“双碳”管控系统平台，而“双碳”管控平台开发在数据方面尚存如下问题：

一是部分数据收集困难。现行能源数据统计侧重于规模以上工业企业的能源生产和消费领域，规模以下工业和其他产业部门没有详细的能源统计规范，如此无法系统掌握全社会能源使用情况和发展趋势。加之部分企业在能源填报时仍存在不重视的情况，随意性较大，甚至存在一定瞒报动机，综合原因及能源数据准确性将受到干扰，无法对各行业、企业能源的使用、节能作出最精准分析。

二是数据需进行深度整合，在保证数据安全稳定的同时，还需开源开放，标准一致。收集到的数据来源于不同企业、部门，统计边界和统计周期都不同，信息属性、数据特征也差异巨大、数源说明不清晰。

三是“双碳大脑”在与碳交易、电力交易平台贯通过程中，需要考虑交易数据融通，现有团队缺乏与交易平台对接的经验，需要更细致的政策指导。

（二）关于实现碳达峰碳中和目标的思路建议

1. 推进产业结构调整

未来调整第三产业结构、优化工业行业内部结构的减排潜力不容忽视。加快产业结构调整转型是低碳发展工作的重点。可通过以下途径实现产业结构减排目标：

（1）加大对传统产业尤其是高耗能产业的升级改造，提高技术水平和管理水平。发展合同能源管理模式、开展能源审计、落实节能目标至车间和个人的企业运作模式与管理手段均会对节能减碳产生贡献。

(2) 探索能耗准入、碳排放评估制度。首先，应继续推行严格的能耗准入制度，从源头控制高耗能企业落地，辅以能耗等量或减量置换，提高区域企业低碳化水平。其次，对于新引进的项目、技术、产业应实施全过程、长期性的能源资源消耗和碳排放评估制度，通过全生命周期的能源消耗和碳排放预测评价，合理规划长期能源消耗及碳排放总量控制，协调好新兴产业与能源消耗、碳排放之间的关系。

(3) 加快发展现代服务业。信息技术的快速发展为现代服务业融入先进制造业提供了便利。加快先进制造业和现代服务业的融合符合国家整体发展目标，符合社会经济发展需要，有利于增强市场竞争力、优化产业链、形成新的增长极、提高资源配备效率，最终形成以战略新兴产业为先导、先进制造业为主体、生产性服务业为支撑的现代工业发展体系，实现将萧山打造为具有国际竞争力的先进制造业基地的目标。

2.建设低碳工业体系

要实现工业领域的碳达峰需优化产业结构，降低重点行业能耗强度，建立一个完善的低碳工业体系。可参考以下实现途径：

(1) 推进重大项目转移关停。科学合理评估钢铁等重大项目转移的必要性，探索钢铁行业转型、高附加值产业基地的发展模式，加快电力行业老旧机组关停，推进化工企业搬迁、入园、关停、整治工作，淘汰化工行业落后产能，探索水泥行业工艺链转移可能性，通过高耗能行业迁移、转型实现工业体系低碳化建设。

(2) 加大节能技术推广应用力度。通过走进企业、节能技术对接、现场节能诊断等方式开展推广工作，充分发挥节能（循环经济）专项和绿色信贷等资金引导作用和节能服务机构积极性，支持企业实施重点节能技术应用改造，对符合条件、绩效显著的节能改造项目优先给予支持，不断提升全市工业能效水平。

(3) 加大资源回收再利用率。首先，要制定资源回收利用政策，建立健全回收管理制度，要求各单位积极推进生产过程中的资源回收利用。其次，要建立完善的垃圾分类、回收体系，加快技术规范的编制，加强技术开发与工作人员培训，增强回收过程的规范性，提高回收利用率，并防止二次污染。此外，要加强宣传教育，增强企业垃圾分类、资源回收利用的意识。

(4) 加快推动实施低碳产品和低碳企业标准、标识和认证制度，加快绿色低碳工业体系建设。完善主要耗能产品能耗限额和产品能效标准，加大高效节能家电、汽车、电机、照明产品的推广力度，刺激低碳产品需求，倡导低碳消费，并制定相应的激励措

施，鼓励企业生产绿色低碳产品，加快向低碳生产模式转变。加快推进工业绿色制造，建设本市绿色园区、绿色工厂、绿色产品、绿色供应链名单，开展绿色制造系统集成工作。

(5) 加大节能技术宣贯力度。结合重点用能单位“百千万”行动、节能宣传周等，组织开展专题培训、交流研讨等活动。

3.构建低碳能源结构

(1) 继续控制煤炭消费总量，强化能耗源头控制。首先，要严格控制高耗能行业过快增长，严守行业准入门槛，强化节能、环保、土地、安全等指标的约束作用。对“双控”目标完成滞后、被列入一级预警的地区，暂停审批高耗能新、改建项目，对列入一级和二级预警地区已建成的高耗能项目，暂缓接电，限制高能耗、低产出企业发展。其次，要优化煤炭利用方式，提高用煤质量和利用效率，促进煤炭清洁利用，构建高效、清洁、低碳、循环的绿色制造体系。最后，应继续加大推进节能重点工程。围绕钢铁、化工、电力等重点行业，通过政策引导，发挥低碳工作先进优势，推动全流程、系统性的低碳节能工作发展。

(2) 继续推进既有电厂机组升级改造，对标国际先进水平，推广节能技术、降低发电煤耗和供电煤耗。

(3) 大力发展清洁能源、可再生能源。以工业厂房区为重点区域，加大推广分布式光伏发电技术。提高特高压区外清洁电力输送能力，积极引进外来清洁水电。

4.引进先进低碳技术

引进国际先进低碳技术，对于控制二氧化碳排放及实现“净零”排放具有重要意义。积极建设绿色新材料工业链；探索碳捕获与封存（CCS）技术，科学引进开展试点。

5.发展绿色节能建筑

(1) 全面推广绿色建筑建设要求。提高新建建筑中绿色建筑的比例，使用绿色、低碳建筑材料。

(2) 扩大既有建筑节能改造市场。根据墙体保温、围护结构节能、照明系统节能等节能技术对既有建筑进行改造，加速扩大既有建筑节能改造市场规模。

(3) 加大可再生能源在建筑部门的使用，强化建筑运行用能管理。在新建项目、可再生能源应用项目中，大力发展太阳能光伏、太阳能光热系统，加大地源热泵、风电

等清洁能源的利用，并对建筑的能耗进行监测，回收建筑能量，实现建筑能效的极大提升。

(4) 加强能耗数据统计与能耗监测。扩大能耗监测数据监测范围。强化公共建筑运行能耗统计、公示和管理，建立完善公共机构能耗统计、能源审计、能效公示和能耗定额管理制度，加强能耗监测平台和节能监管体系建设，对能耗超过定额标准的建筑实行强制改造。

(5) 加强建筑使用阶段的能耗监管、监督、绩效管理。建筑建成后，部分建筑并未发挥充分的节能作用，存在节能功能、节能设备被闲置的现象。未来应加强建筑节能功能使用的监管机制建设，将建筑能效和建筑管理者、负责人的工作绩效挂钩，设立有效的奖惩机制，提高建筑能效管理水平。

6. 构建低碳交通体系

(1) 控制机动车保有量的增长，出台机动车增量控制政策。制定车辆限牌、限行等措施，采取摇号上牌、限制牌照使用年限等方式。

(2) 加大新能源动力车的推广力度。新能源汽车的推广可以减少化石燃料的用量，有利于缓解交通减排压力。

(3) 建设完善的城市公交系统、大力发展城市轨道交通，提高公共交通出行分担率。应加快完善公交系统，建设公交专用道、公交场站等设施 and 公共自行车服务系统，建设城市步行和自行车交通系统，提高公共交通分担率，确立公共交通在城市交通中的主导地位。

六、后续完善路线图

在“双碳”管控系统现有基础上，进一步完善各有关部门和企业数据采集、完善试点区能源大数据仓，在信息基础系统、业务系统、管理系统、应用系统的框架上，迭代升级，围绕4大场景做到“四个一”：用能预算化集成一个码，能耗双控集成一批清单，能源保供集成一张地图，帮促推进集成一种机制。

(一) 用能预算化集成一个码

1. 精细用能码。以“用能精细”为总入口，深化“双碳”管控系统现有用能预算化成果，在政府-镇街-企业三级该框架下，完善用能预算化流程。从指标计算、下发、申诉、审核、监管方面进行全过程管理和闭环考核。实现对镇街和企业预算化用能执行情况动态跟踪，及时推送超标企业预警通知。

2.用能量调剂信息平台。在用能预算化场景中搭建用能量调剂信息平台，相关企业可在该平台中上传用能转让或申购的供求信息，强化用能调剂信息资源交互，提升企业的便捷度和获得感。

（二）能耗双控集成一批清单

1.全区清单。多跨协同，进一步健全数据资源体系，实现电力数据实时获取、燃气数据月度导入、燃煤油品数据、统计数据定期更新的数据收集频次。利用大数据分析，定期生成全区碳排放-能耗报告；构建以能耗总量和单位工业增加值能耗为算法模型的“能耗五色图”，按照能耗强度从低到高以“绿蓝黄橙红”五色对镇街进行能耗情况评价。

2.重点行业清单。分析行业发展趋势，根据行业特点构建分析模型，通过统计学工具针对萧山重点特色行业——化纤和纺织，按产业链条分析能耗变化趋势，同时及时掌握行业最新节能降碳技术动态，出具更为深入、详细的月度重点行业分析报告。

3.重点企业清单。制定企业用能水平评价标准，针对全区所有规上企业，实现能耗、碳排全过程动态核算，用能进度实时预警，通过横向行业对标、纵向历史对比，对同行业企业进行碳排放强度排名，定期出具节能减排建议书。

（三）能源保供情况集成一张地图

1. 热电企业运行情况图

将全区热电企业分布情况在地图上标注，实时显示各企业上网电量情况。同时建立热电企业燃煤储备量数据报送渠道，按月统计热电厂储煤量与消耗量，结合燃煤市场价格波动，智能分析全区热电燃煤供应形式，确保全区能源供应的持续、稳定。

2.可再生能源分布图

对光伏电站、生物质电厂等，从电源点位、装机容量、出力能力、发电特性等维度出发，绘制全区可再生能源建设情况分布图，并导入历史发电数据、采集实时发电情况，彻底摸清全区电力保供家底。

3.成品油、天然气、电力消费趋势图

定期统计全区成品油、天然气和电气消费量，智能分析后续的消费趋势，对可预见的后续供应情况进行比对，实现能源保供提前预警。

4.电力保供预警图

建立全区、局部电力保供预警机制，动态跟踪全区、局部电力需求发展情况，定期分析电力需求发展形势，滚动评估电力需求增长与电力保障措施适应性，推动加快形成保障电力系统健康发展的长效机制，全力保障经济社会健康平稳发展对电力的需求。

（四）帮促结合集成一种机制

1.建立线上数据通报机制。对企业用能预算化进度、能耗强度等指标进行实时核算，对出现预警的企业，通过系统推送、短信告知等方式，同步发送给企业负责人和镇街分管部门，对重复多次、超限严重交由线下管控工作小组进行处理。

2.建立线下“帮扶+执法”管控机制。组建一只集发改、环保、统计、市监和各镇街为主体的现场管控工作小组，发挥双碳大脑对高耗能企业需求的精准效应。对出现预警的规上企业开展现场帮扶，协助企业做好节能降耗分析，提升能耗效率。

3.建立一套标准规范，为政策法规提供支撑。针对“双碳”管控系统在城市节能减排，工业转型方面发挥的作用，以及在萧山区试点示范的成果，拟形成智慧城市可持续发展的国家标准、国际标准，让“双碳”管控系统的研究成果可复制、可推广。

丹佛斯海盐工厂“零碳”园区

一、在工业领域推行“高能效”的零碳建设思路

（一）实施意义

2020年9月22日举行的联合国大会上，习近平主席承诺：中国二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和，为实现应对气候变化和《巴黎协定》确定的目标做出更大努力和贡献。在碳中和的大背景下，中国正在大力推进电力源网荷储¹²一体化和多能互补发展。2022年国家发展改革委、国家能源局发布了《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》。文件指出，源网荷储一体化实施路径将通过优化整合本地电源侧、电网侧、负荷侧资源，以先进技术突破和体制机制创新为支撑，探索构建源网荷储深度融合的新型电力系统发展路径。

丹佛斯是来自丹麦最大的工业集团之一，是气候变化、电气化、数字化和智能制造领域的全球领导企业。公司关注于清洁技术，致力于为合作伙伴提供高能效的解决方案。丹麦绿色发展模式卓著，近五十年来，该国GDP实现了翻番增长，但其能耗却基本保持不变，而水耗和碳排放均实现减半，早已率先实现“碳达峰”，并向2050年“碳中和”的目标稳步迈进。作为丹麦绿色发展的主要推动者和贡献者，丹佛斯长期在中国分享绿色发展经验，分享最佳实践，推动行业低碳发展和绿色转型。

2022年6月，国际能源署（IEA）在丹佛斯总部所在地丹麦南部城市森纳堡召开第七届“全球能效大会”，丹佛斯是本次世界级能效大会唯一的企业合作伙伴，在会议上介绍了丹佛斯海盐工厂的零碳项目。

丹佛斯海盐工厂是丹佛斯中国地区主要的生产基地之一。2021年荣获了由浙江省政府颁发的“绿色工厂”称号。绿色低碳发展是丹佛斯的核心价值主张，为了进一步推动丹佛斯集团2030年前全球业务实现碳中和的目标，丹佛斯与上海电气将在“双碳”目标指引下合作开展零碳技术的集成创新和实施落地，着力提高能源的利用效能，积极实施

¹² 源网荷储 - 一种包含“电源、电网、负荷、储能”整体解决方案的运营模式。

可再生能源替代行动，构建以新能源为主体的的新型电力系统、推广应用减污降碳技术，通过与上海电气强强联手、“开源”和“节流”并举，将丹佛斯海盐工厂打造成丹佛斯在中国的首个零碳产业园。

丹佛斯海盐工厂生产的直流微网、磁悬浮压缩机、变频器等产品都将应用于零碳产业园，为打造丹佛斯海盐零碳产业园奠定深厚基础；预计在未来五年内，此项目的成功实施将快速提升企业发展，丹佛斯海盐工厂的年产值将由 30 亿元提升至 60 亿元。

（二）创新思路

丹佛斯海盐工厂占地面积约 59.00 亩，年用电量 2621 万度，冬季取暖柴油用量 50t，年产值约 70 亿元。丹佛斯海盐工厂综合能源示范项目规划使用厂房四栋，其中三栋厂房为彩钢瓦屋面，面积为 28400 平方米，一栋厂房为混凝土结构，面积为 5000 平方米，项目通过建设 3.2MW 的屋顶光伏、9.3MW 的分布式风机、1MWh 储能等电源项目，外加丹佛斯利用地源热泵、变频空调改造、丹佛斯直流微网、磁悬浮压缩机、水蓄冷等新技术和产品，项目将全面采用“源-网-荷-储-充”动态控制管理技术。

（三）实施目标

通过本项目的实施预期实现清洁能源供电自给率达到 84.1%。为本地区降低碳排放，提供单位 GDP 能耗水平做出应有贡献。后期根据规划设计情况，加大新能源的开发建设，最终实现工厂的零碳运行。

二、高效综合解决方案

项目建设内容：综合考虑项目地可再生资源、土地资源及园区的负荷情况，经现场踏勘和噪音、安全等相关分析，丹佛斯海盐工厂“零碳园区”项目拟建设内容如下：

序号	设备名称及规格	数量
1	9.3MW 风电系统 (2*WH4.65-182)	1 套
2	3.2MW 光伏	1 套
3	250kW/1MWh 储能系统	1 套
4	微网控制系统	1 套
5	智能能量调度管理平台	1 套
6	直流配网系统	1 套
7	水蓄冷系统	1 套
8	余热回收与地源热泵	1 套
9	充电桩	8 套
10	环境与能耗监测系统	1 套

（一）风电机组：

根据测风塔实测风速数据，判定本项目场区可选用 IEC 标准 II C 类及以上等级机型。根据风电场及测风塔风资源情况，以及场区风速情况，该项目将选用上海电气 WH4.65N-182 机型风力发电机组。

机组型号		W4.65-182
额定功率	MW	4.65
风轮直径	m	182
轮毂高度	m	105
安全等级		IEC S
切入风速	m/s	3
额定风速	m/s	9.1
切出风速	m/s	20
极端风速	m/s	52.5
设计寿命	年	20

图 1 风电机组主要参数



图 3 风机建设期占地示意图

另外充分考虑噪音及其他对环境的影响，具体机位点选择如图 2-4 所示。距离噪音敏感点位置满足 IEC/GB 双重标准。考虑风电机位与园区的电气走线符合要求。

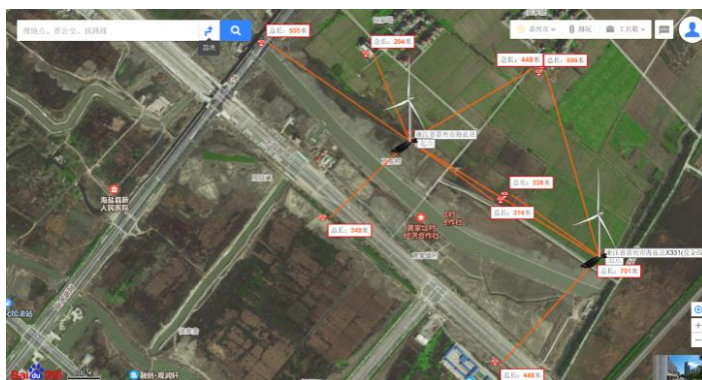


图 4 风电机组选址

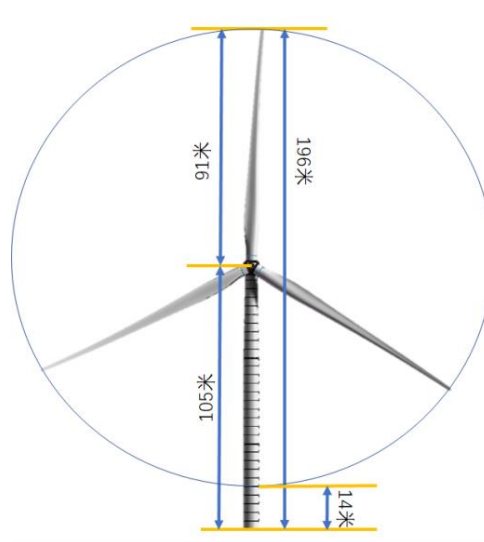


图 2 风机机型高度示意图

（二）园区屋顶光伏

综合考虑发电量和屋顶可使用面积，本工程组件选用 144 半片 450Wp 高效单晶硅电池组件。光伏组件采用固定支架布置在屋面，混凝土屋面光伏组件采用固定支架安装，20 度最佳光伏倾角安装，彩钢瓦屋面光伏组件采用平铺安装。系统总容量为 3.2MW，共需安装 7110 块光伏组件。

具体光伏组件排布示意图如图 5 所示：



图 5 屋顶光伏布置

（三）储能系统

本项目储能系统采用集装箱式布置方案，厂区内配置 1 套 250kW/1MWh 的储能系统，采用上海电气国轩 20 尺 250kW/1MWh 的集装箱储能系统。该集装箱储能系统采用 All-in-One 的设计理念，将磷酸铁锂电池模组、电池管理系统、储能双向变流器、

消防系统、环境控制系统等多个子系统有机配置于一个标准集装箱内，实现谷电峰用、需量控制、配电增容、后备电源等功能。



图 6 20 尺电池集装箱示意图

(四) 直流配网系统

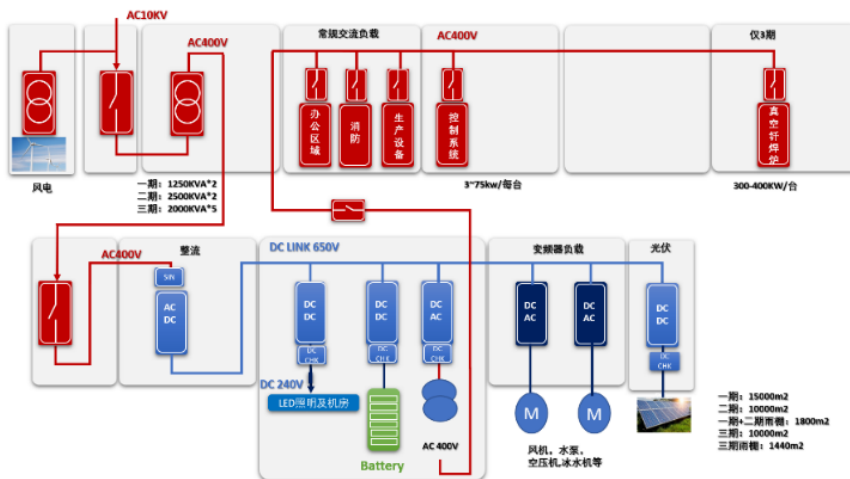


图 7 改造后电气拓扑图

通过使用丹佛斯海盐工厂的生产的直流配网设备，令柔性智能直流微网系统优化集成了模块化整流器和混合输出交直流变流器等环节，除了常规的 400V 市政交流电源接入，还具备新能源，绿色能源和储能能源直接接入公共直流母线系统的功能，省去了直流转交流的换流环节和交流并网的同步风险。再生能量可以直接在直流母线上传递和循环利用。

(五) 水蓄冷系统

水蓄冷技术作为移峰填谷使用的蓄冷系统。在园区尖峰用电阶段，由蓄冷系统为园区提供所需冷量。既能提升制冷机组制冷负荷范围，又可以利用低谷电价时段进行蓄冷，节省制冷机组运行费用。

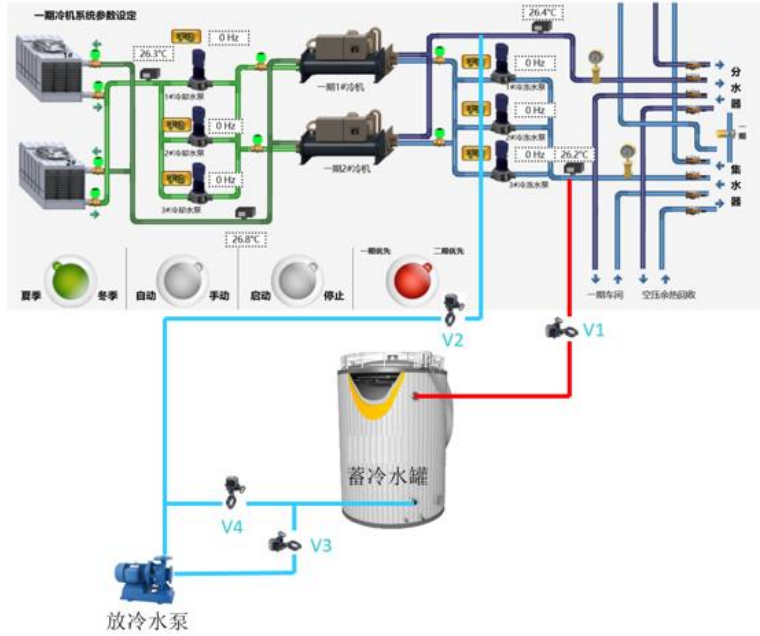


图 8 水蓄冷系统示意图

(六) 光伏车棚

本项目包含 8 套充电桩，快充与慢充各 4 套，另外包括储能室外柜配合充电桩运行。车棚还配置了地锁，摄像头等监控设备，车棚整体外形美观，科技感强。



图 9 光伏车棚示意

(七) 智能能量调度管理平台

智能能量调度管理平台是整个项目系统的神经中枢，是对“源、网、荷、储”能源全生命周期及碳资产全生命周期进行管理和控制的平台，可实现多种能源之间的科学调度与优势互补、多种能源梯级利用和综合能源高效利用及园区整体碳足迹追踪、碳资产管理 and 交易。



图 10 智能能量调度管理示意



图 11 碳资产管理示意

三、“零碳园区”的能源互联网+经验做法

(一) 建立风、光、储一体的“能源互联网+”示范项目

充分考虑新能源发展对电力系统安全稳定运行及可靠供电的影响，及时调整电网规划建设以适应风电、光伏发电项目的发展需求，本次丹佛斯海盐工厂“零碳项目”是属于工业园区级的集风、光、储一体的“能源互联网+”示范项目。深度契合浙江省为助力落实双碳目标，贯彻“四个革命 一个合作”能源安全新战略，全面践行绿水青山就是金

山银山的发展理念，加快构建以新能源为主体的新型电力系统，推动以海上风电、光伏发电为主的新能源高质量发展的理念。

（二）促成国内外先进技术合作互补

以上海电气投资、丹佛斯提供相关产品的合作模式共同拓展未来能源互联网的万亿市场。上海电气风电作为国内大型的能源设备和自动化控制设备生产商，与丹佛斯在能源变革的过程中具有高度的技术互补性，在国家推动的“源、网、荷、储”、“多能互补”相关的大型示范项目上可以充分合作，实现发电侧与用电侧的深度耦合。

四、低碳成效分析

本项目的实施为丹佛斯海盐园区每年提供新能源电量为 2332 万 kWh，实现清洁能源供电自给率达到 84.1%。在当前电费水平下，能为丹佛斯海盐工厂全生命周期节约电度电价电费约 3297 万元，节约最大需量电费约 1114 万元。另外，按照 40 元/吨碳价考虑，每年将为丹佛斯海盐工厂产生碳价值约 85 万元。若按照火电煤耗（标准煤）305.5g/kWh，建设投运每年可节约标煤 0.84 万吨，相应每年可减少多种大气污染物的排放，其中减少二氧化碳（CO₂）约 27,377.62 吨，二氧化硫（SO₂）约 823.8 吨，二氧化氮（NO₂）约 411.9 吨，烟尘 7,469.12 吨。

丹佛斯海盐工厂“零碳园区”项目的成功实施还将产生广泛的社会效益，可以向社会展示通过充分利用现成的能效和新能源技术，工业企业完全可以快速的实现“碳中和”。我们也希望将此打造成优秀样板工程，引领海盐、浙江乃至全国、世界各地工厂的零碳发展。

五、问题与建议

目前推进过程中，在技术上我们主要面临的是直流微网暂时没有相关的设计标准和规范，设计的相关方和审批方在系统仿真、继电保护、暂态分析等都面临着新课题，在接入系统设计和审批过程中，需要更多的细致沟通和创新性思维，后续丹佛斯和上海电气将联合相关单位起草直流配网的团体标准并逐步升级为行业标准，为今后这一新技术的推广奠定基础。

在执行上，因为该项目涉及到风电、光伏、储能等各种能源形式，在审批上还是按照各个元素的要求进行相应的核准和备案，建议后期能将该类源网荷储一体化的项目统一打包审批，既能适应技术发展需要，也能简化手续便于管理。

六、下一步工作设想

下一步，我们将朝着项目于 2022 年 6 月开工建设及 2023 年建成投产的目标努力。

双方将协力把项目打造成碳达峰、碳中和领域的样板工程，并积极同社会各界分享经验，共同推动中国“双碳目标”的实现。

德令哈 10MW+50MW 塔式太阳能光热电站

一、光热电站的储能技术突破

青海中控太阳能德令哈 10MW 塔式光热电站，位于青藏高原日光之城-青海省海西州德令哈市，由西子洁能于 2013 年投资建造，2016 年投运。电站装机规模 10MW，采用塔式水/熔盐二元工质技术路线，镜场由 21500 台 2 m²定日镜及 1000 台 20 m²定日镜组成。是我国首座成功投运的规模化储热光热电站，也是全球第三座投运的具备规模化储能系统的塔式光热电站。



图 1 德令哈 10MW 塔式光热电站

基于 10MW 塔式熔盐储能光热项目的出色表现，西子洁能投入青海德令哈 50MW 熔盐塔式光热电站的建设，承担起该电站熔盐吸热系统和熔盐换热系统设计制造的相关工作，项目于 2018 年成功并网发电。其中，西子洁能应用于该电站的储能技术（适用于光热与储热系统的大功率熔盐吸热器与熔盐蒸汽发生系统）入围了国家能源局颁布的 2021 年度能源领域首台（套）重大技术装备项目。

德令哈蒙古语中译为“金色的世界”，三十年前，这里是一片荒凉的戈壁，现如今的德令哈，在西子洁能以及其他工程师不畏险阻、艰苦奋斗之下，这座日光之城迸发的光和热，在一片金色之中更加熠熠生辉。

表 1 青海德令哈 10MW 塔式熔盐储能光热电站主要技术参数

装机容量	10MW
储热时长	2 小时
占地面积	250000M2
镜场采光面积	63000M2
吸热塔数量	2
吸热工质	水工质+熔盐工质
设计点(春分日)光电效率	15.9%
熔盐吸热器出口盐温	568℃
主蒸汽参数	8.83MPa, 510℃

表 2 青海德令哈 50MW 项目主要参数：

装机容量	50MW
储热时长	7 小时
占地面积	2.47km2
镜场采光面积	542700m2
吸热器中心高度	200 米
熔盐用量	10093 吨
主蒸汽参数	13.2MPa, 540.0℃
典型气象年发电量	1.46 亿 kWh

二、建设投运情况

中控太阳能德令哈 10MW 塔式光热电站于 2013 年 7 月正式投运，当时采用了直接蒸汽发生(DSG)技术，是我国首座、全球第六座成功投入商业化运行的塔式光热电站。2016 年 8 月，该电站的熔盐吸热、储热、换热系统投运，是我国首座、全球第三座具备规模化储能系统的商业化塔式光热电站。

2014 年 9 月，电站获国家发改委批复的 1.2 元/kWh 上网电价，也被誉为我国的“光热第一价”。

电站位于青海省海西州德令哈市，装机规模 10MW，目前采用塔式 DSG/熔盐二元工质运行。电站镜场采光开口面积 6.3 万平方米，包括 21500 台 2 平方米定日镜及 1000 台 20 平方米定日镜，设计点发电效率为 15.7%。

2016 年 8 月 21 日熔盐储能系统投运后，电站迅速实现稳定运行。从电站的累计发电量曲线来看，累计发电量曲线非常连贯且处于持续上升的状态，证明电站未遇到重大设备故障造成的长时间停运。截至 2018 年 2 月 28 日，中控太阳能德令哈 10MW 塔式电站已稳定运行 18 个月，累计发电 384 天，累计发电 1186 万 kWh，完成设计发电量(根据性能模型预测的理论发电量)的 86.7%。

三、设计创新点

（一）高温、高效、大容量储热熔盐系统

项目采用完全拥有自主知识产权的塔式熔盐储能光热发电技术，相比国内建成的同类光热项目，本工程的技术路线、性能及可靠性均保持领先，95%以上的设备实现了国产化。

青海德令哈 50MW 熔盐塔式光热电站配置 7 小时熔盐储热系统，已实现超过 24 小时连续稳定发电，2019 年 8 月 13 日至 16 日已实现最高 75 小时连续发电，单次不停机累计发电量达 240.7 万度，等效满负荷连续发电小时数超 48 小时。

（二）节约用地、紧凑模块化发电区布置

电站发电区用地多为圆形，尽可能将定日镜靠近集热塔布置，发电区场地利用率达到 70%以上。本项目熔盐发电区占地直径为 190 米，占地 3.14 公顷，中心发电区用地缩小较多。

模块化布置主要体现在汽轮发电机组布置在汽机房，蒸汽发生器布置在储换热区域，塔内布置上下塔高温管道及空压机房，其他工艺设备独立布置，储换热配电区独立布置。同时，本工程尽量合并与毗连辅助厂房及附属建筑。

压缩空气机房布置在吸热塔内，节约项目用地。220 米高吸热塔管道支撑内搭采用独立钢结构，外塔为混凝土结构，最大程度控制了施工进度，间接节约工程费用。这一理念为国内外同类项目首例。

（三）运行模式多样，热力系统复杂



图 2 德令哈 10MW 塔式光热电站俯瞰

项目采用低负荷阶段将末级高加汽源切换至汽轮机高压缸本体更高一级压力位置,当系统参数进一步降低时再投运额外的低负荷预热器,相对于传统的采用主蒸汽作为加热汽源,提高了热力系统综合效率以及电站经济性。设计了完备的启动和停运辅助蒸汽系统,在机组夜间短期停机阶段,蒸汽发生系统产生辅助汽源。这些热力系统设计,可以实现在热备用模式下热力系统停运数月的功能。

（四）熔盐系统设计创新

考虑到本工程电站位置寒冷、风沙大等因素,蒸汽发生器系统布置在简易厂房内部,并采用熔盐罐坑的布置方式,所有熔盐管道及设备都设置完备的电伴热,可以实现系统启动前的预热和运行中的防凝。

熔盐管道弹簧等支吊架设计考虑特殊工况,给出合理的支吊架选型,确保熔盐管道的安全可靠,确保在管道冷态、热态及系统热态备用状态管道的坡度能够安全疏放参与熔盐的要求,避免特殊情况下弹簧反作用力过大,长期运行或可造成高温奥氏体不锈钢焊缝失效等问题。

（五）控制系统、运行模式探索

工程采用由镜场控制系统(SCS)、分散控制系统(DCS)组成的自动化网络,实现控制功能分散,信息集中管理的设计原则。

运行人员在集中控制室内通过操作员站与大尺寸液晶显示器(LCD)、在就地巡检人员的配合下,实现以LCD/键盘为中心的集中监视和控制,在值班人员少量干预下自动完成机组的启动、停止,正常运行的监视控制和异常工况处理。

（六）核心技术达国际领先水平



图3 德令哈10MW塔式光热电站俯瞰

据此前公开报道，国外塔式熔盐光热电站首年发电量达成率一般都在 50%左右，三四年后达到 90%左右。本项目在 2019 年 7 月 17 日至 8 月 16 日一个月内，电站累计发电量达 1258.23 万度，同期理论发电量为 1386.35 万度，月发电量达成率为 90.76%，其中 8 月 9 日至 8 月 15 日一周的平均发电量达成率达 97.65%。电站在实现满负荷运行 3 个月后就实现了月度发电量达成率超过 90%，足以验证项目的核心技术能力及运维技术已达到国际领先水平。

四、良好的经济和社会效益

（一）设计质量优良，运行指标先进

自 2021 年 8 月至 2020 年 8 月 5 日，青海德令哈 50MW 熔盐塔式光热电站完整年度累计实际发电量 1.58 亿 kwh，达到年度设计发电量德 108%，创下全球同类型电站最高运行纪录。

（二）绿色环保减碳，经济社会效益双赢

本工程年发电量保守计算约 1.46 亿千瓦时，根据初步推算，每年将替代燃煤约 4.6 万吨，减少 SO₂排放量约 43 吨、NO_x 排放量约 43 吨、减少烟尘排放量约 13 吨，减排 CO₂ 约 12.1 万吨，其成效直接贡献于碳排达标。此外，还减少了燃煤电厂产生的噪声及燃料、灰渣运输处置带来的环境和生态影响。同时，本项目将原有戈壁荒地变为工业生产用地，变废为宝，给当地带来了可观的经济及社会效益。

五、存在问题分析及整改情况

经过统计分析，发电量未完全达产的主要因素包括设备故障、极端天气影响和运营操作差异等。其中，设备故障是最主要的因素，设备故障造成发电量偏差占到了总偏差的 68.96%；运营操作占 20.44%；极端天气占 10.6%。在剔除设备故障因素后，电站最近一整年的运行达产率为 96.6%。

设备方面，定日镜、常规岛的故障率极低，特别是定日镜，实际年故障率小于万分之五，但熔盐设备在投运之初小故障较多，影响了发电量。造成设备故障的原因包括设计、设备选型、运营操作经验等。随着消缺、整改的逐步进行，以及运营经验的积累，设备运行已经逐步稳定，因设备故障造成的发电量偏差已经大幅降低。

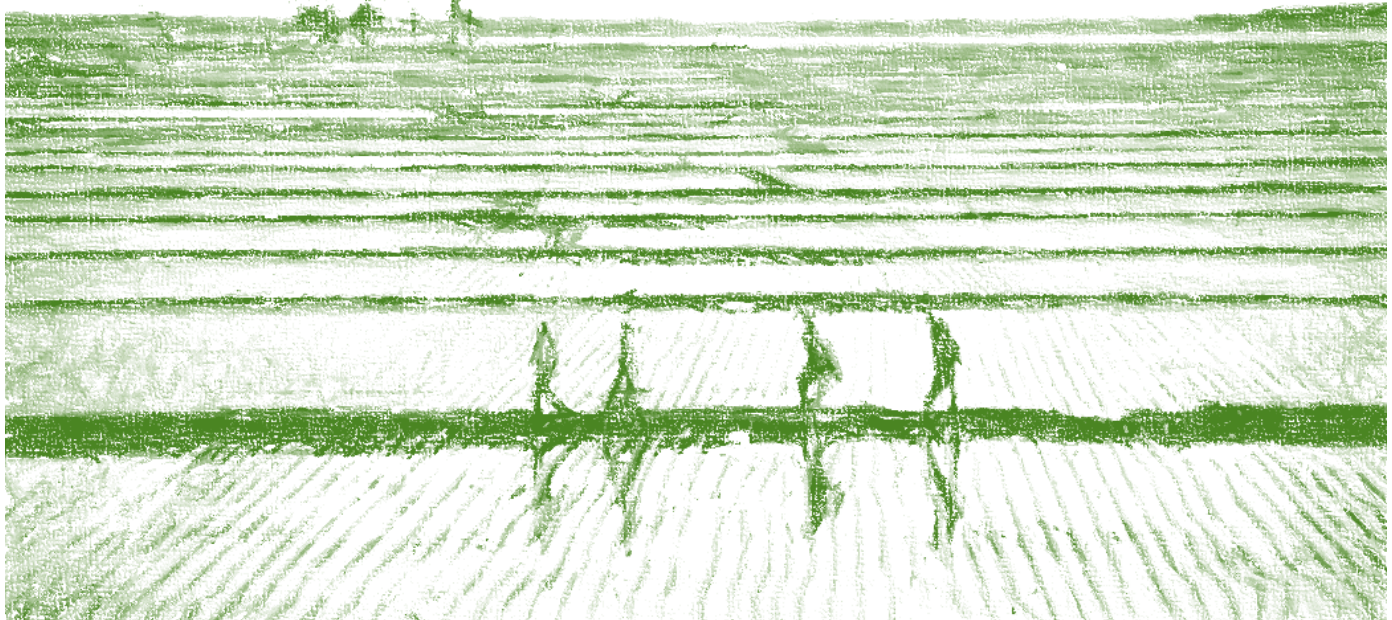
在电站投运初期，由于缺乏大规模熔盐储能系统的运营经验，选择了较为保守的运营策略，随着运营经验的积累，运营团队在预热时间、升温速率、云策略、开关场等方面做了大量优化，因运营操作导致的发电量偏差也显著降低。

下雪、结霜、大风等极端天气对发电量的影响也非常大，这是由于中国西北高寒高海拔的特殊自然环境决定的，与系统及设备本身没有太大关系，未来可以根据不同项目所在地的实际情况对性能模型进行修正，以减少偏差量。

六、未来工作方向

通过德令哈两个光热电站项目的建设投运，证明基于熔盐储能技术的清洁能源在构建现代新型能源体系中占据的重要地位。随着“新能源 + 储能”发展战略的形成，围绕该战略，将开展系列调整：一是与院校展开课题研究，与新能源企业展开合作，持续发力清洁能源建设，并将在合作中取得的成果成功付诸实践；二是在分析问题总结经验基础上，积极开展相关技术规范标准研制完善，形成设计建造、运营维护全生命周期技术规范标准体系，为成果推广、经验复制提供可靠规范依据；三是提升系统运维水平，不断提高电站运行质量，稳定高效发挥电站生产效益，为推动达成“双碳”目标赋能。

第四章 农业篇



中茶公司生态低碳茶园建设管理体系

一、生态茶园建设创新思路

（一）背景

中国茶叶股份有限公司（简称中茶）旗下中茶龙冠是一家 70 年历史的老牌农业龙头企业，集龙井茶种植、加工和销售为一体。凭借硬核的品质实力，龙冠龙井茶连续 20 多年作为国务院指定外事及会议用茶，并成为 G20 杭州峰会、“一带一路”国际合作高峰论坛、世界互联网大会、阿斯塔纳世博会等重要国际会议用茶，以及外国元首赠送礼品茶，阿曼皇室用茶等，树立了“国茶龙井”的品牌形象。公司在全国 74 个国家重点生态功能区建设试点示范县之一和浙江省首个特别生态功能区淳安县拥有高标准无性系茶园面积 300 多亩，辐射带动茶园面积 5000 多亩。多年来，公司始终将生态低碳茶园建设与发展作为实现国家“双碳”战略的重要抓手和途径。



图 1 全国首批生态低碳茶园认证

生态低碳茶园工作得到浙江省各级政府的高度认可，公司加工厂和茶园先后被浙江省农业农村厅认定为浙江省首批“浙江省标准化名茶厂”，“浙江省省级示范茶园”，并通过全国首批生态低碳茶园的认证（图1）。

（二）实施意义

我国已明确力争 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和，这是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策。“双碳”战略已纳入我国生态文明建设整体布局，实现碳达峰、碳中和目标是我国建设生态文明、实现绿色高质量发展的内在需求。实现碳达峰、碳中和目标，不仅仅是对工业、能源等领域，包括茶叶等农业领域也同样提出了低碳减排的新要求，也备受关注。

我国茶产业在推进绿色生产及保护利用生态环境优势方面还存在一些短板和不足。一是保护利用生态环境的技术体系不完善。长期以来，由于缺少生态茶园技术和标准体系，部分茶园未贯彻生态优先、绿色发展理念，生物多样性单一，水土流失风险较大，生态环境脆弱。二是绿色生产技术覆盖率有待进一步提高。部分茶园仍然依赖化学投入品，不少茶园存在化肥施用过量 and 配比不科学，土壤酸化退化和肥力不足，过量施用化学农药和除草剂等问题。三是生态价值实现机制不完善。茶园生态价值实现路径单一。在此背景下，中茶龙冠率先根据依据相关生态低碳茶的认证评价标准，开展生态低碳茶园建设和认证工作，对促进茶业提质增效发展和茶农持续增收，助力国家“双碳”战略和乡村振兴具有重要战略意义。

（三）创新思路

研究表明，茶园生态系统是一个高碳输入和高碳输出的高碳流系统。实施生态低碳茶技术，通过限制茶园管理中化肥和农药的过量不合理施用，以及引导茶园合理规划利用，开展植树种草等系列固碳措施，每年至少可增加茶园生态系统每公顷 12.1 吨二氧化碳的碳汇功能。另外，在茶叶加工过程中，通过改变传统煤炭等能源利用，引导茶叶企业使用电力、天然气等清洁化能源，每生产 1kg 干茶可减少 42.9 公斤的二氧化碳排放。因此，通过实施生态低碳茶建设，可显著减少茶园管理和茶叶生产过程中温室气体的排放，达到固碳减排的效果。

中茶龙冠通过实施减肥减药和生态低碳的茶园管理技术，能够显著提升茶树病虫害防治技术水平和茶叶质量安全水平，打造茶产业绿色发展的“展示窗口”、低碳茶发展示范区，引领和辐射带动全域茶产业绿色高质量发展。

（四）实施目标

通过生态低碳茶园建设，促进茶业提质增效发展和茶农持续增收，助力国家“双碳”战略和乡村振兴战略落地见效。

二、建设方案

（一）技术方案

1. 方案设计

依据《生态低碳茶园建设指南》等相关标准，对茶园基地立地条件，土壤、大气和现有茶园管理技术方案等进行检测与评估，在此基础上依制定生态低碳茶园建设方案。

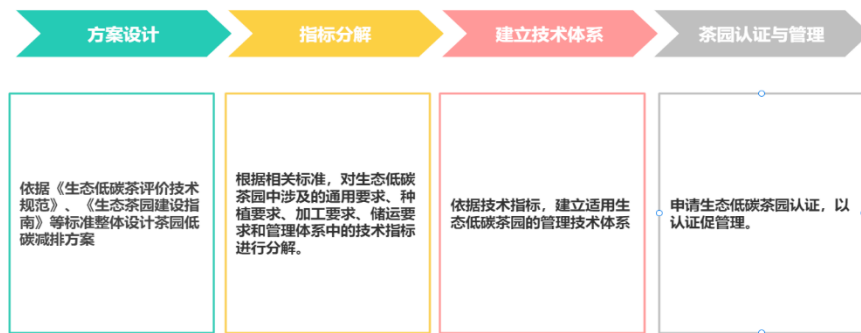


图2 生态低碳茶园管理体系技术路线图

2. 指标分解

据统计，全国范围内茶园总 CO₂年排放量达到 9.9 吨/公顷（Chen et al., 2021）。依据联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）制定的碳排放计算标准与方法，计算茶园基地碳排放水平，并根据实际情况，制定将茶园种植管理过程中总 CO₂年排放量目标。在此基础上，对影响碳排放的重点技术指标如施肥、病虫害防治等农艺措施的技术指标进行分解，制定符合生态低碳茶园要求的技术指标，主要控制技术指标如下：

生态用地面积不小于总面积的 10%；茶园四周或茶园内不适合种茶的区域植树造林，主要道路、沟渠两边种植行道树，每公顷 50 棵以上；

氮肥用量（折合纯氮）总量控制在 15 公斤/亩以下；钾肥用量（折合 K₂O）控制在 3 公斤/亩以下。

磷肥用量（折合 P₂O₅）控制在 3 公斤/亩以下，氮肥用量有不少于 30%来自有机肥；使用病虫害绿色防控技术，年化学防治次数不超过 2 次。

3. 建立技术体系

围绕技术指标，同时考虑茶园投入产出、原料品质等影响因素，重点建立生态低碳茶园六大标准体系，形成完成生态低碳茶园管理标准体系。

4. 茶园认证与管理

申请第三方的生态低碳茶园认证，通过认证不断提升和完善生态低碳茶园建设和管理方案，促进可持续发展

(二) 主要建设内容

1. 生态低碳茶园管理技术标准体系建设

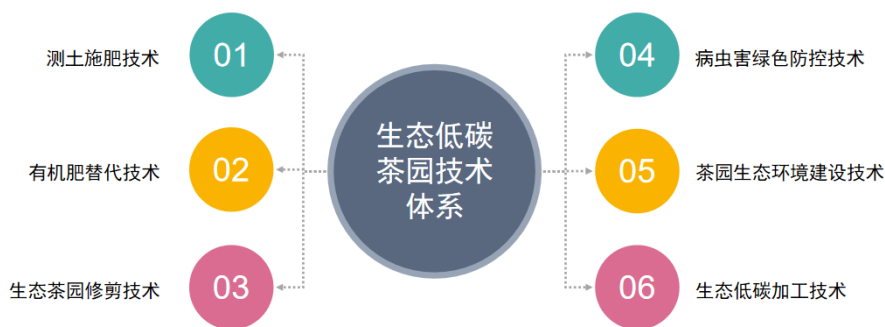


图3 生态低碳茶园管理技术标准体系

2. 生态低碳茶园智慧管理平台建设

传统的茶园农艺管理措施与物联网技术结合，搭建生态低碳茶园智慧管理平台。通过系统集成气象因子、土壤墒情、养分和虫情测报等数据的实时监测，并将监测数据上传到后台进行统计分析，有针对性的制定茶园施肥、病虫害防治等管理方案，实现茶园精准防治、节本增效和生态低碳目标。



图4 生态低碳茶园物联网智慧管理平台

3. 标准技术体系的示范与应用

在公司覆盖的 5000 多亩茶园基地和 2500 多户茶农中，通过定期培训等方式，进行生态低碳茶园技术标准体系的示范与推广。

三、主要经验与做法

（一）生态低碳茶园管理建设体系创新

依据国际碳排放标准转化制定生态茶园技术指标，以生态和低碳作为主要目标，制定国内首个生态低碳茶园技术标准体系，并通过第三方认证不断提升和完善生态低碳茶园的相关技术和管理体系。

（二）生态低碳与物联网技术融入

依托物联网技术，对茶园基地气象因子、土壤墒情、养分和虫情测报等数据的实时监测和分析，实现动态、精准掌握生态低碳茶园相关数据，及时协助基地管理人员制定、调整相关技术措施。

（三）示范成果宣传推广

茶叶是实现乡村振兴，助力共同富裕的有力抓手，特别是龙井茶在中国茶叶品类中知名度和经济效益相对较高，生态低碳在龙井茶园中的技术示范与应用对农业领域的碳达峰和碳中和具有较强的宣传效果。

四、应用成效

（一）经济效益

通过生态低碳茶园建设，降低茶园肥料和农药投入，减少用工，提升茶叶产品品质提升，亩均增收 15%以上。

（二）生态效益

通过生态低碳茶园建设，茶园年 CO₂固定量为 6.4 吨/公顷，茶园周边植树种草等固碳措施可实现年 CO₂固定量约为 2.5 吨/公顷。因此，茶园生态系统每年 CO₂固定量达到 8.9 吨/公顷，进而实现茶园生态系统固碳减排的生态效益。

（三）可持续发展效益

建设生态低碳茶园，减少茶园碳排放，提升茶园固碳水平，促进茶产业可持续发展。

五、未来建设计划

（一）继续完善生态低碳茶园标准体系建设

目前生态低碳茶园建设还处于起步阶段，技术和管理体系不够完善，部分技术指标适应性有待进一步验证，下一步结合示范与推广，对技术和管理标准体系不断完善。

（二）不断提升新技术和新设备在生态低碳茶园中的应用水平

行业中在生态低碳方面的新技术和新装备不断涌现，借助公司陈宗懋专家团队服务站和中国农业科学院茶叶研究所等科技技术服务平台，不断提升新技术和新装备在生态低碳茶园中的应用水平。

（三）加快生态低碳茶园技术示范与推广

生态低碳茶是推进我国茶产业高质量发展的一项重要抓手和举措，公司将打造生态低碳茶产品，通过标签标识等宣传生态低碳生产意识和消费者生态低碳消费意识，推动茶产业绿色高质量发展，助力我国“双碳”战略和乡村振兴和共同富裕战略实施。

第五章 服务篇



SGS 绿色低碳管理体系认证系统

一、推进物流与废弃物两个关键领域低碳认证

（一）背景情况

作为碳排放大国，与发达国家相比，中国尚处于加快发展、改善民生的重要历史发展阶段。正如中科院丁仲礼院士所言“要发展就难免排放，排放问题本质上就是发展问题，排放权即发展权。”

尽管如此，中国仍于 2020 年 9 月向国际社会提出了实现“双碳”战略目标承诺。体现了中国始终坚持以全球视野、全局高度、全面思考应对气候变化，共建生态和人类命运共同体的担当精神。

（二）SGS 行动

作为世界可持续发展工商理事会(WBCSD)成员，SGS 集团积极支持该理事会为健全环保产业政策和行为所做的努力。SGS 中国秉持可持续发展理念，始终致力于推动绿色低碳化，于 2022 年初，通过积极探索，完成开发制定了适合中国国情、现状的绿色低碳管理体系标准：绿色低碳物流管理体系（Q/SGS-CSTC GLCL 01-2022）和废弃物零填埋管理体系（Q/SGS-CSTC_ZWL_01）标准，希望通过推动此项工作开展，充分彰显 SGS 对于实现“双碳”目标的支持和环境保护的承诺。

（三）实施意义

1. 低碳物流管理体系

物流是我国实现碳中和目标的关键领域，“双碳”目标对我国物流领域而言，既是行业发展的重大挑战，也是行业绿色转型的重要机遇，极大增强了行业推进碳减排工作的紧迫感和积极性。

物流活动作为贯穿连接各行业的纽带，对于环境的影响不容小觑，绿色低碳物流是当今经济可持续发展的一个重要组成部分，是应对全球经济一体化和可持续发展的必

然要求，推动企业与团体相关标准建设，以行业为单位推动绿色低碳发展，实现“双碳”目标，对社会经济的不断发展和人类生活质量的不断提高具有重要意义。

2. 废弃物零填埋管理体系

根据 2020 年统计数据，中国全年一般工业固废产生量为 36.8 亿吨，综合利用量为 20.4 亿吨，处置量为 9.2 亿吨。其中 19.6% 的废弃物没有进行环保处置，7.2 亿吨废弃物被堆放、储存。历史累计固废存量约 600 亿吨。而 2016 年全球废弃物中有 33% 是露天倾倒，没有被环保处置，重量数字也达数十亿吨。看见大量废弃物没有得到妥善的处置，临时贮存、露天倾倒、填埋等，造成大量土地面积占用和土壤及地下水污染。2018 年 12 月，国务院办公厅发布《“无废城市”建设试点工作方案》。“无废城市”是以创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念为引领，通过推动形成绿色发展方式和生活方式，持续推进固体废物源头减量和资源化利用，最大限度减少填埋量，将固体废物环境影响降至最低的城市发展模式。

（四）实施目标

“绿色低碳物流管理体系标准”基于“双碳”目标实现及物流企业碳减排与可持续发展需求，解决物流企业面临的能源效率低、运营成本高，信息化落后等多重内部压力问题，助力企业全生命周期降低能源消耗，推动企业绿色低碳化，承担企业社会责任。“废弃物零填埋管理体系标准”是基于优化组织废弃物管理的综合体系，结合国家法律法规要求，建立在国际废弃物管理常规经验、“无废城市”建设要求、以及废弃物最佳处理实践的基础上。目的是帮助企业 and 各方了解废弃物管理的风险并有效控制废弃物，找到废弃物管理的最佳方案，降低和消除企业成本，促进环境和经济的可持续发展。

二、管理体系具体内容

（一）低碳物流管理体系标准（Q/SGS-CSTC GLCL 01-2022）

1. 适用范围

标准规定了组织用于建立、实施、保持和改进绿色低碳物流管理体系的要求，旨在使组织通过系统方法将绿色低碳物流的建设融入组织运营流程，降低物流过程中各个环节对环境的影响，为社会可持续发展作出贡献。标准适用于任何规模、类型和活动的组织，适用于由组织管理和控制的影响过程物流的活动。本标准可单独使用，或与其他管理体系协调或融合。本标准可以全部或部分地使用于系统地促进绿色低碳物流活动。

目前,国内外均无绿色低碳物流管理体系及认证评价的综合标准,只有绿色物流相关的指标构成与核算方法标准。随着物流行业对于可持续发展的重视程度不断提高,物流行业的绿色低碳管理需要全供应链的共同认证提升。本标准将力争建立首套物流行业一致的绿色低碳达标评分标准,实现绿色低碳物流管理的综合评价。

标准内容包含如下:

(1) 绿色低碳物流管理体系内容及要求。

(2) 绿色低碳物流管理评价指标体系,包括:战略及目标指标、环境影响指标、绿色低碳物流指标、绿色设施设备指标、信息化管理指标 5 个方面。

(3) 绿色低碳物流管理体系认证内容及要求。

2. 企业进行绿色低碳物流管理体系认证

企业根据绿色低碳物流评价指标体系内容进行审核与认证。

2.1 绿色低碳物流评价指标体系满足以下原则:

a) 全面性和系统性原则—评价指标应涵盖的评价范围,评价指标全面系统、层次清晰;

b) 可量化和可测量(或可评价)原则—评价指标应可量化、可测量或可评价,满足组织绿色低碳物流管理水平定量分析和客观评价需要;

c) 独立性和代表性原则—评价指标应相对独立并且具有代表性。指标及权重应体现产品(或行业)特征,突出组织(或行业)重要绿色属性。

2.2 绿色低碳物流评价指标体系指标构成及要求:

a) 绿色低碳物流管理评价指标分为二级,其中总计一级评价指标 5 项,二级评价指标 33 项;

b) 组织应参考评价指标说明对指标进行监控及管理;

c) 指标类型分为现行指标、发展指标,其中现行指标为首次认证周期内认证必须满足的指标,发展指标为企业需要争取达到的指标,每年会发布更新指标类型;

d) 指标类型分为定性、定量;

e) 指标单位供参考。

绿色低碳物流管理评价指标体系包括战略及目标指标、环境影响指标、绿色低碳物流指标、绿色设施设备指标、信息化管理指标 5 个方面。具体如表 1 所示。

表 1 绿色低碳物流管理指标

一级指标	序号	二级指标	指标说明	指标分类	指标类型	单位
战略及目标	1	物流管理体系 X101	组织应建立高效的物流管理体系, 包括但不限于绿色低碳物流管理制度、相关方管理制度、标准化物流作业流程等	现行指标	定性	-
	2	物流运营方案 X102	组织应建立高效的物流运营方案, 包括但不限于合理仓库布局、物流作业路径优化、多种运输方式的设计等	现行指标	定性	-
	3	物流信息化及绿色信息披露 X103	组织应建立信息化管理体系, 包括但不限于网络系统、电子单证管理、货物跟踪、客户查询等。具体可参考 GB/T19680 物流企业分类和评估指标; 组织应建立绿色信息披露机制并定期披露绿色低碳物流信息	现行指标	定性	-
环境影响	4	噪声排放值 X201	噪声排放值=组织在物流节点的噪声排放数值/标准限值, 噪声标准限值可参考 GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准	现行指标	定量	%
	5	单位业务量固体污染物产生量 X202	单位业务量固体污染物产生量=组织在物流活动中所有固体废弃物的产生量(如废钢铁, 废包装, 废纸箱及废纸, 废轮胎等)/业务量	现行指标	定量	kg/(km·t)
	6	单位业务量液体污染物排放量 X203	单位业务量液体污染物排放量=组织在物流活动中所有液体污染物排放量(如废弃机油、柴油、汽油、污水等)/业务量, 其中, 污水排放应符合国家相关环保标准的要求	现行指标	定量	L/(km·t)
	7	固液体污染物合规处理率 X204	固液体污染物合规处理率=组织在物流活动中所有固液体污染物合规处理量/固液体污染物总量, 其中, 污水排放应符合国家相关环保标准的要求	现行指标	定量	%
绿色低碳物流	8	生物降解塑料包装材料使用率 X301	生物降解塑料包装材料使用率=生物降解塑料包装材料使用量(个, kg, t)/包装材料总使用量, 以此衡量组织生物降解塑料包装材料使用情况	发展指标	定量	%
	9	可再利用包装材料使用率 X302	可再利用包装材料使用率=二次及二次以上使用的包装材料使用量(个, kg, t)/包装材料总使用量, 以此衡量组织可再利用包装材料的使用情况	发展指标	定量	%
	10	减量化包装材料使用率 X303	减量化包装材料使用率=减量化包装材料使用量(个, kg, t)/包装材料总使用量	发展指标	定量	%
	11	物流包装回收率 X304	物流包装回收率=实际回收的物流包装材料量(个, kg, t)/物流包装材料总使用量	发展指标	定量	%

	12	新能源车或符合国家最新环保要求车辆占比 X305	新能源车或符合国家最新环保要求车辆占比 = 新能源车或符合国家最新环保要求车辆总载重量/载货汽车总载重量	发展指标	定量	%
	13	集装单元化运输占比 X306	集装单元化运输占比=使用集装单元运输的物流量/物流总量	发展指标	定量	%
	14	共同配送占比 X307	共同配送占比=组织使用共同配送的物流量/总物流量	发展指标	定量	%
	15	场库单位容积能耗量 X308	场库单位容积能耗量=能耗总量 / 厂库容积	发展指标	定量	%
	16	使用可再生能源电量占比 X309	使用可再生能源电量占比=使用可再生能源（光伏、风能等）电量/组织物流总用电量	发展指标	定量	%
	17	单位能量消耗碳排放量 X310	单位能量消耗碳排放量=能耗(电、水、冷量、蒸汽)碳排放总量/货物总质量/运输总距离	发展指标	定量	kgCO ₂ q/(km·t)
	18	单位废弃物处置碳排放量 X311	单位废弃物处置碳排放量=废弃物处置碳排放总量/货物总质量/运输总距离	发展指标	定量	kgCO ₂ q/(km·t)
	19	单位运输碳排放量 X312	单位运输碳排放量=碳排放总量/货物总质量/运输总距离	发展指标	定量	kgCO ₂ q/(km·t)
	20	单位原材料碳排放量 X313	单位原材料碳排放量=原材料(除包装外的排放源)碳排放总量/货物总质量/运输总距离	发展指标	定量	kgCO ₂ q/(km·t)
	21	单位包装碳排放量 X314	单位包装碳排放量=包装碳排放总量/货物总质量/运输总距离	发展指标	定量	kgCO ₂ q/(km·t)
	绿色设施设备	22	物流节点选址 X401	物流节点包括物流园区, 物流中心, 货运场站, 仓库等物流设施。组织应参考仓库的选址符合 GB/T 50378 绿色建筑评价标准, 物流园区, 物流中心, 货运场站等的选址符合 GB/T 21334 物流园区分类与规划基本要求, GB/T 30334 物流园区服务规范及评估指标的要求, 以及交通联接方式采用多式联运功能等	发展指标	定性
23		容积率 X402	容积率=地上总建筑面积/用地面积, 地上总建筑面积计算按照 GB/T 50353 建筑工程建筑面积计算规范	发展指标	定量	%
24		库区绿地率 X403	库区绿地率=物流生产区绿地总面积/物流生产区总面积, 库区的物流生产区用	发展指标	定量	%

信息化管理			地范围的绿地率不应高于 15%，具体可参考 GB 51157 物流建筑设计规范			
	25	场库高效灯具占比 X404	场库高效灯具占比=厂库内高效灯具数量/厂库内使用灯具的总数量	发展指标	定量	%
	26	清洁能源装卸设备占比 X405	清洁能源装卸设备占比=可使用的清洁能源装卸设备（叉车、吊车、AGV、无人车等）数量 / 可使用的装卸设备总数量	发展指标	定量	%
	27	标准化周转容器占比 X406	标准化周转容器占比=可使用的标准化周转容器（周转箱、托盘、笼车等）数量/可使用的周转容器总数量	发展指标	定量	%
	28	周转容器循环使用占比 X407	周转容器循环使用占比=循环使用的周转容器（周转箱、托盘、笼车等）周转次数/使用的周转容器总周转次数	发展指标	定量	%
	29	载运工具载重量(容积)利用率 X408	载运工具载重量(容积)利用率=实际完成的货运周转量/额定载重量（额定容积）所能完成的货运周转量，该指标包含空载率，以此衡量组织不同运输方式的载运工具载重量（容积）的利用程度	发展指标	定量	%
	30	智能优化平台 X501	组织应具备辅助运输路线规划和优先负载池系统	发展指标	定性	-
	31	货物物流状态跟踪平台 X502	组织应具备实时跟踪和通知，自动化提供运输更新，与消费者共享实时跟踪链接和预计到达时间(ETA)的货物物流状态跟踪系统，以此提高成功交付率	发展指标	定性	-
	32	电子单证管理平台 X503	组织应具备在线订购(包括电子商务)，逆向物流系统，避免使用纸质单据，物品标签等使用可循环使用的标签，电子签名和照片证明转向无纸化和非接触式交付等	发展指标	定性	-
33	绿色低碳物流信息披露平台 X504	组织应在相关渠道公开建立信息披露平台，并对组织绿色低碳物流相关信息进行披露	发展指标	定性	-	

2.3 绿色低碳物流评价指标等级：

指标评价根据组织(或行业)产品特点、行业要求以及相关法规、政策、标准、相关方(如采购方)要求或组织绿色低碳物流要求综合核定，并根据指标对产品生命周期和物流系统资源、生态环境和健康安全影响的重要程度，确定指标权重和分值。评价指标如因为组织或行业有特殊原因需要调整，应详细说明并提交标准编制组委会。指标考虑动

态性(如政策、法规和标准的变化, 指标的时间特性等), 如需适时进行调整, 将再次发布正式通知予以更新。

评价指标体系绿色低碳物流管理评价指标等级包括 A+级、A 级、B 级和 C 级, 共 4 个等级。具体如表 2 所示。

表 2 绿色低碳物流评价指标等级

等级	A+	A	B	C
指标认定	行业领先	行业先进	行业平均	行业基础

2.4 绿色低碳物流认证结果:

根据组织的绿色低碳物流绩效评价指标表等级分布情况, 对组织进行绿色低碳物流认证, 将组织的绿色低碳物流管理体系认证结果分为四种级别: 认证级绿色低碳物流、银级绿色低碳物流、金级绿色低碳物流和绿宝石级绿色低碳物流。具体如表 3。

表 3 绿色低碳物流认证级别

等级	A+	A	B	C
指标认定	行业领先	行业先进	行业平均	行业基础

级别判定说明: 当且仅当该级别判定条件全部同时满足时, 可以评定为该级别。

(二) 废弃物零填埋管理体系标准 (Q/SGS-CSTC_ZWL_01)

1. 适用范围

废弃物零填埋管理体系适用于任何规模、类型的组织和活动, 适用于由组织管理和控制的影响废弃物产生及处置的活动。体系标准可单独使用, 与其他管理体系协调或融合。

体系标准可以全部或部分地使用于系统地促进废弃物零填埋。然而, 只有当本标准的所有要求, 包括废弃物填埋转移的绩效要求, 均被包含在了组织的管理体系中且全部得到满足, 组织才能声明符合本标准。

2. 管理核心—PDCA

“废弃物零填埋管理体系”作为环境管理体系的延伸、细化标准, 保持了环境管理体系的 PDCA 核心管理思路。

PDCA 循环管理是企业管理的工作步骤。P 代表计划, D 代表执行, C 代表检查, A 代表处理。PDCA 循环, 就是按计划、执行、检查、处理四个阶段循环不止地进行全面管理的程序。

PDCA 循环有四个阶段八个步骤：

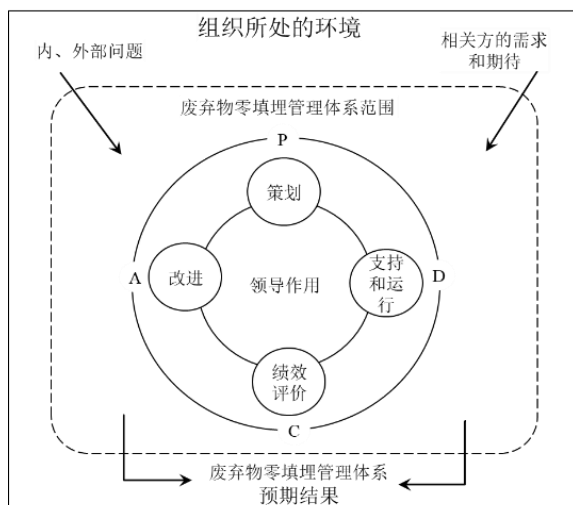


图 1 PDCA 循环管理示意图

P 阶段，即计划管理阶段，有搜集资料、找出问题、找出主要问题、制定计划措施四个步骤。计划着重说明目的、措施、执行部门、何时执行及何时完成等。

D 阶段，即实施阶段，有一个步骤，即按计划下达任务，按要求实施。

C 阶段，即检查阶段，有一个步骤，即检查结果，找出成功经验和失败的教训。

A 阶段，即处理阶段，有两个步骤，即巩固措施制定标准，形成规章制度；找出遗留问题转入下一个循环。

一个循环的四个阶段八个步骤完了，一个循环终止，管理提高一步，遗留问题又开始了下一个循环，循环不止，管理不断提高。

企业建立废弃物零填埋管理体系，需要分析内外部所处的环境及相关方的需求和期望，结合企业自身的实际情况，明确负责人及相应的管理团队，设置清晰、可实现的目标。基于实现目标，启动 PDCA 循环管理，持续改进。

3. 绩效评估

在传统体系认证合规管理、组织承诺实现、目标指标达成等过程的确认之外，废弃物零填埋管理体系有不受组织目标指标影响的硬性的绩效管理指标：废弃物填埋转移率（Landfill Diversion Rate，简称：LDR）

废弃物填埋转移率是指通过减量、重复使用、循环再生、能量回收等方式从填埋废弃物转移出的废弃物的百分比值。具体的计算公式及涉及的因子如下：

$$LDR = (M_{reduce} + M_{reuse} + M_{recycle} + M_{energy}) / (M_{total} - M_{mandated})$$

$$M_{total} = M_{reduce} + M_{reuse} + M_{recycle} + M_{energy} + M_{landfill} + M_{thermal\ w/o\ energy} + M_{mandated}$$

其中：

M_{reduce} ：废弃物减量；

M_{reuse} ：重复使用量；

$M_{recycle}$ ：回收利用的废弃物质量；

M_{energy} ：进行能量回收的废弃物质量；

$M_{thermal\ w/o\ energy}$ ：进行无能量回收的热处理的废弃物质量；

M_{total} ：进行转移前产生废弃物的总质量；

$M_{mandated}$ ：强制性废弃物质量；

$M_{landfill}$ ：送往填埋的废弃物质量。

根据组织的废弃物零填埋管理绩效，废弃物零填埋体系分为：废弃物零填埋银级、废弃物零填埋金级、废弃物零填埋钻石级。

LDR 大于等于 90%的并满足本标准全部控制要求的，可以认为达成废弃物零填埋。其中，LDR 大于等于 90%但小于等于 94%的，可以认为达成废弃物零填埋银级；LDR 大于等于 95%但小于等于 99%的，可以认为达成废弃物零填埋金级；废弃物填满转移率等于 100%的，可以认为达成废弃物零填埋钻石级。具体见表 4 所示。

表 4 废弃物零填埋认证等级分类

等级	废弃物填埋转移率（LDR）
银级	90% - 94%
金级	95% - 99%
钻石级	100%

4.体系建立、认证周期

废弃物零填埋管理体系建立通常历时 12 个月时长，其中体系建立时间为 3 个月，废弃物管理改善、调整 6 个月，正常平稳运行 3 个月。（可基于实际情况进行适当调整，但各个过程不可缺失）。

认证审核通常分两个阶段进行：审核形式：文件审核和现场审核

(1) 第一阶段审核：

- a. 了解废弃物零填埋管理体系建立和运行的情况；
- b. 了解废弃物管理基准；
- c. 确定二阶段审核重点。

(2) 第二阶段审核：

在组织的现场全面收集审核证据,以评价受审核方管理体系的实施情况, 包括对标准的符合性和体系的有效性。

废弃物零填埋管理体系认证周期为 3 年, 认证年后需要每年进行监督审核, 两次监督审核的时间间隔不宜大于 12 个月。

三、管理体系建立的价值

通过两个管理体系的建立, 可以帮助企业有效进行能源、资源管理, 减少碳排放, 实现“双碳”目标。

(一) 低碳物流管理体系标准 (Q/SGS-CSTC GLCL 01-2022)

1. 解决绿色低碳物流观念滞后

企业展现的是绿色产品、绿色标志、绿色营销和绿色服务, 消费者追求的是绿色消费、绿色享用和绿色保障, 而其中的绿色通道—物流环节: 是连接绿色供给主体和绿色需求主体的绿色通道, 首先通过建立标准提高认识, 把绿色低碳物流意识放在绿色革命的首要地位。

2. 解决绿色低碳物流标准缺位

物流活动涉及的有关行业、部门、系统过多, 绿色低碳物流的实施不仅是企业的事情, 还需要进行统一约束和宏观调控, 对现有的物流体制强化管理, 构筑绿色低碳物流建立与发展的框架, 建立统一的综合性认证标准, 可以对现有的物流体制强化管理, 构筑绿色低碳物流建立与发展的框架。

3. 解决绿色低碳物流基础薄弱

绿色低碳物流的关键所在, 不仅依赖物流绿色思想的建立, 物流标准的制定和遵循, 更离不开绿色技术的掌握和应用。在机械化方面、物流材料的使用上、物流的自动化、信息化和网络化环节与必要的公共物流信息平台, 订单管理、货物跟踪、库存查询等物流信息服务功能上迈出第一步, 掌握并改善现有物流基础设施及其技术装备现状, 提升企业物流要求。

（二）废弃物零填埋管理体系标准（Q/SGS-CSTC_ZWL_01）

1.组织内部

完善制度管理

建立完善的废弃物管理制度，优化管理流程，节约管理成本。

废弃物消减、减排

在企业的发展过程中，实时关注并选择适合自身的废弃物消减措施。

最优处置

企业在运行管理制度的过程中，不断的优化废弃物的处置方式，资源最大化。

2.组织外部

提升企业社会形象

通过废弃物零填埋认证，反映企业践行绿色、可持续发展环保理念，引领行业发展。

降低违法风险

通过废弃物零填埋认证，梳理、完善企业的合规管理，降低合规风险。

四、运行试点

管理体系标准开发、建立完成后，SGS 中国积极向相关行业的领军企业进行推广，促进标准的落地工作。

（一）低碳物流管理体系标准（Q/SGS-CSTC GLCL 01-2022）

“绿色低碳物流管理体系标准”开发建立后，SGS 与领先的大宗商品交易的服务者、基础设施的提供者欧冶云商达成合作协议，SGS 团队帮助欧冶云商的上下游试点企业建立绿色低碳物流管理体系，争取实现物流全生命周期可持续发展。

欧冶云商是中国宝武“一基五元”战略智慧服务业的主力战舰，是智慧交易、智慧物流的主要构建者和运营者。依托钢铁智慧物流平台，实现物流供应链全流程碳排放数据可视，助力构建绿色物流体系。

目前，物流行业面临着内部压力来自多方：比如，合规压力、能源效率低、运营成本高，信息化落后等。并且由于行业差异大，行业间没有参照性与可比性，达标评分标准不一致，物流企业之间的差距不明显，可视化和统一的标准是需要迈出的第一步，SGS 用数字科技的方式，高效能的实现这一目标。SGS 团队根据目前大宗物流的管理模式，结合各个企业的实际状况，帮助企业梳理物流各环节的管理流程及合规要求，将绿

色低碳融入管理制度，助力碳盘查，通过线上评估系统对企业的绿色低碳物流指标体系进行审核，满足企业 ESG、绿色采购和绿色达标的相应要求。

（二）废弃物零填埋管理体系（Q/SGS-CSTC_ZWL_01）标准

“废弃物零填埋管理体系标准”开发建立后，SGS 与元气森林集团达成合作协议，SGS 团队帮助元气森林在国内的 5 家生产工厂建立废弃物管理体系，实现零填埋。

元气森林作为一家成立于 2016 年，自主研发、自主设计的创新型饮品公司。成立几年来，不仅在产品升级上不断创新，引领行业发展。同时在企业管理上，也在不断深挖更加高效、环保、低碳的可持续发展之路。

SGS 团队结合元气森林各工厂的生产实际，帮助企业梳理从废弃物产生源头到终端处置各环节的管理流程及合规要求，建立相应的管理制度，从源头控制、消减废弃物的产生。同时结果所在地的固废处置上下游情况，帮助企业选择最优的处置方式，实现零填埋。

目前项目在按计划推进中，确保管理制度及上下游处置方式稳定运行后实施认证。首家工厂认证预定 8 月实施。

五、进一步工作设想

绿色低碳物流管理体系标准、废弃物零填埋管理体系两项标准开发建立后，SGS 将充分利用自身的资源优势，持续向企业、组织推广认证、帮助各种类型的企业、组织提升绿色低碳物流管理及固废管理和废弃物循环利用率提升。通过实施绿色认证，推动企业减碳减排，实现全生命周期可持续发展，助力碳中和。

星巴克绿色门店认证计划

一、基本情况

星巴克作为世界著名的专业咖啡烘焙商和零售商，自 1971 年创立以来，一直致力于成为一家商业道德采购和对自然资源回馈多于使用的资源积极型企业。星巴克在全球 82 个市场，拥有超过 32,000 家门店，其中中国门店已超过 5000 家。

2021 年 1 月，中国国家主席习近平复信美国星巴克公司董事会名誉主席霍华德·舒尔茨（Howard Schultz），鼓励其与星巴克公司为推动中美经贸合作和两国关系发展继续发挥积极作用。

2020 年，国家主席习近平在联合国大会上向全世界承诺了中国二氧化碳排放的 30.60“双碳”目标，为实现应对气候变化和《巴黎协定》确定的战略目标做出中国贡献。星巴克积极响应，坚决支持这一符合人类绿色家园期待的宏伟目标。为此，星巴克设定了自身践行“双碳”目标行动计划，到 2030 年将碳排放、水资源使用、以及填埋废弃物各减少 50%，为咖啡消费赋予符合“双碳”目标的绿色意义，实现咖啡消费全过程的绿色目标。

为践行可持续发展目标，星巴克从 2021 年下半年开始，在北京、上海、深圳、杭州、苏州等地相继投入运营经星巴克绿色认证的星巴克绿色门店，这标志着星巴克中国已经在中国境内全面启动实践星巴克最前沿的环保举措，全方位探索绿色低碳零售新模式，鼓励更多顾客一起践行绿色低碳新生活方式。同时标志着星巴克实现“环境向绿”蓝图的进程在不断发展，也代表着星巴克“绿色门店”认证体系开始在中国境内落地。

二、计划思路

全面实施星巴克中国正式推出的“绿色门店”认证体系，该套认证体系由星巴克与权威机构共同开发，考察范围覆盖门店的整个生命周期。其考察指标多达 40 项，分别聚焦于节约能源、水耗管理、废弃物处置等八大关键领域的审计与认证。

在具体实施过程上，星巴克门店必须严格执行星巴克“绿色门店”认证体系的 8 大标准，包括必须使用高效低能耗的相关电器、100%使用无汞 LED 灯具、采用低流量水龙头、坚持垃圾分类等评审要求。

“绿色门店”体系不仅聚焦水、电、环保冷媒等传统的门店设计建造环节，同时也关注更多与门店运营、消费体验相关的新角度：如室内降噪、室内空气质量、公共交通便利性、减少一次性包装、更健康低碳的植物基膳食等，体现了星巴克邀请更多消费者体验可持续生活方式的决心。

星巴克绿色认证同时积极推行门店建筑 LEED 认证（Leadership in Energy and Environmental Design），从而更深入达成星巴克绿色认证计划。



图一 星巴克杭州亚运公园绿色认证门店

三、主要做法

星巴克着眼于“从一颗生豆到一杯咖啡”旅程中的每一个环节，通过采取全面举措减少对环境的影响。从种植、生产、包装一直到门店，星巴克的每一步都遵循着绿色的理念，希望每一杯咖啡都真正成为可以让未来更好的“明日的咖啡”。

（一）绿色门店认证

1.能效水效提升全覆盖

所有通过绿色认证门店要求采取全覆盖的能效、水效提升措施。以照明为例，光源全部实现智能控制，无需手动调节。照明系统设置白天、傍晚与深夜多个模式，有效减少电力消耗。经测算，相较 2019 年一家同等大小的普通星巴克门店，以上措施每年预计将额外减少约 15%的碳排放。同时，通过采用低流量水龙头等水耗管理措施，门店预计还可平均减少 15%-20%的用水量。

2.全面贯彻使用可再生能源

使用可再生能源是消费行业践行双碳发展非常重要的一环。经星巴克绿色认证的门店必须通过全国绿证认购平台购买绿色电力,100%使用可再生能源,星巴克希望通过所有经绿色认证门店的这一做法,为消费行业可持续转型树立标杆。

3.积极推行可循环利用组装设计

店内约50%的建筑材料都可在未来被循环利用、升级改造或是降解。整家门店的吧台及后区采用了全新的模块化设计。整个吧台由功能各异的模块构成,可以根据需求拆卸、组装。如果门店在未来改造,旧模块也可以在其它门店“重新上岗”。

4.致力探索低碳排食材替代

星巴克致力于为消费者带来更丰富的美味和可持续消费兼具的消费体验。店内超过50%的食品及含牛奶类饮品均以植物基食材代替,含牛奶类饮品也将默认使用燕麦奶,同时推出15款全新的植物基膳食食品,涵盖多款烘焙产品、三明治及蛋糕。经测算,与常规含动物油脂的麦芬相比,每个星膳食燕麦乳巧克力麦芬减少60g温室气体排放,约相当于节电0.1度。

5.支持再生资源产品



图2 星巴克绿色门店内部

提高企业员工的可持续发展意识是绿色运营的核心。店内咖啡师所穿的绿围裙是由回收的PET饮料瓶经过清洁加工、再生制成聚酯切片、纱线、面料,最后加工成为独一无二的环保绿围裙,不仅减少PET饮料瓶的废弃物产生量,相较传统纺织工艺,还能减少能源和资源消耗,降低产品的碳排放。根据专业机构估算,这样一条绿围在它的生命周期里,可减少约1kg的温室气体排放。

6.探索废弃物循环利用

星巴克希望邀请更多消费者共同体验可持续生活方式。店内的主要废弃物之一咖啡渣得到了高效的回收再利用，一部分咖啡渣将无偿分享给消费者用于除湿、除味，另一部分在进行堆肥处理后作为农作物和花园的有机肥料使用，从而减少使用高碳排放、高污染的化学肥料。同时，在全面停止使用塑料吸管、推广可生物降解吸管的基础上，以减废减塑和倡导循环利用的生活方式为指引，门店还推出了一款可重复使用的随行杯，并以切实优惠鼓励堂食顾客尽量使用店用杯或自带杯，减少一次性餐具所产生的废弃物。

（二）绿色种植推广

20 多年来，星巴克在“咖啡和种植者公平规范”(C.A.F.E. Practice)认证方面与保护国际基金会合作，从源头提升咖啡产品质量、经济责任、社会责任和环境保护要求。星巴克全球近 99%的咖啡为该规范下的采购，最后的 1%则在于支持和提升新咖农实践可持续种植¹³。

（三）绿色生产倡导

传统的咖啡烘焙也会产生碳排放。为了达成“明日的咖啡”这一目标，尽可能做到烘焙过程中的低能耗和碳中和，星巴克投资约 11 亿元人民币（1.56 亿美元）在昆山打造了星巴克中国咖啡创新产业园，预计将于 2023 年建成投产。该产业园将引入先进的烘焙设备，有望重塑可持续咖啡生产的未来。

同时，在设计方面，产业园依照国际 LEED 认证标准和中国绿色建筑三星认证标准，把可持续发展理念应用于减排、节能和废弃物处理等各个方面。高效节能的烘焙技术，相较于传统方式可减少超过 30%的碳排放；可再生能源的使用将最多达到 30%。

（四）绿色生活践行

2020 年星巴克发起了 GOODGOOD 星善食主义™行动，积极倡导消费者探索“对自己好，对地球好，让好变更好”的环保生活方式，从每一杯“明日的咖啡”开始，与顾客携手，让这个世界变得更好一点点。

此外，星巴克还通过创新可持续包装，鼓励消费者从日常生活点滴小事做起，努力减少浪费，促进可回收、倡导循环使用。预计到 2022 年底，中国大陆地区所有星巴克热饮杯盖都将有望全面升级为易回收的聚丙烯材质；而通过加高瓦楞纸高度但降低纸

¹³ 数据来源自《Starbucks 2020 Global Environmental & Social Impact Report》

的厚度，在保证隔热效果的情况下，星巴克杯套整体用材可减少 12%，预计一年可减少 100 吨用材；同时，星巴克中国已全面启用含有萃取后咖啡粉且可生物降解的“渣渣管”，预计一年可减少约 350 吨废弃物。

（五）绿色认证延申

事实上，星巴克绿色认证体系所追求的“绿色”更逐渐延伸到消费者身边的“第三空间”。而要求门店在建筑整体上必须通过 LEED（Leadership in Energy and Environmental Design）认证，就是其中重要一环。为了应对全球气候变化，星巴克和所有有识之士一样深刻认识到，建筑的使用将对能源和资源的消耗带来极大影响。让建筑更绿色成为越来越多具有社会责任感的企业的追求。LEED 认证体系是目前世界各类建筑环保、绿色建筑以及建筑可持续性评估体系中最完善、最具影响力的评估标准。

2019 年，星巴克臻选上海烘焙工坊获得 LEED 铂金级门店认证，铂金级是 LEED 认证的最高级别，迄今，全世界正式获得 LEED 认证的项目中仅有 10% 荣获铂金级，其中仅有 1% 的零售店铺能够摘得这一桂冠。上海烘焙工坊是中国餐饮行业首家获得此项认证的门店。不同于普通的写字楼，上海烘焙工坊是一个每天迎来送往无数顾客的零售业态，LEED 认证体系在对其进行评估时不仅考察该项目作为“建筑”的节能、减排，同时还关注它作为“零售”业态，员工与顾客的体验是否同样符合可持续发展的要求。

四、预期成效

连锁餐饮行业的线下门店是消费行业可持续转型的重中之重。星巴克“绿色门店”体系是全方位探索绿色零售、打造低碳消费场景的实验场。每一家通过星巴克绿色认证的门店，相较一家 2019 年同等大小的普通星巴克门店，每年预计将减少 10.57 吨的碳排放量，以及 301.7 吨的用水量。以上应用成效尚未计入 100% 使用可再生能源（绿证）的减排收益。

星巴克目前在全国门店已超过 5000 家，可以预期，越来越多的星巴克门店实施绿色认证后所产生的碳减排效益，必将成为全球可持续发展中更加显著的星巴克贡献。

五、问题思考

可持续发展不只是行业的未来，也是行业的现在，是已经发生在每个人身边的趋势。人类实现“双碳”目标的道路必定曲折漫长，全新体系的营运过程必然与包括物质形态和意识形态在内的既有习惯思维产生各种冲突，星巴克将在坚持“碳达峰、碳中和”总

体目标基础上，伴随技术发展和社会需求而动态调整，不断倡导、探索、追求能兼顾良好消费体验和符合“双碳”战略目标的绿色消费系统解决方案。

六、未来目标

星巴克在中国的“双碳”达标计划已经铺开。未来将在中国范围内继续开设获得认证的“绿色门店”，持续赋能伙伴，连接更多消费者，为每一杯星巴克咖啡赋予新的环保意义，不懈坚持星巴克“环境向绿”的使命蓝图。同时引领更多的餐饮企业加入“双碳”达标行列。

星巴克希望于 2022 年在中国市场开设 6000 家门店。然而，星巴克致力追求的，并不仅仅是中国速度，而是更看重每一家门店可以提供给顾客的独特体验，以及如何更好地承担对社会和未来的责任。未来，星巴克将不断加大在中国市场的投入，在门店设计、物流、营运等领域提升绿色生命力，打造更多“绿色门店”，为中国消费者创造更多可持续发展的“绿色第三空间体验”。

时值星巴克创立 50 周年之际，星巴克承诺：到 2030 年，在全球咖啡生产加工运营过程中，对比 2019 年数据，将实现碳排放减半，用水减半及废弃物减半的目标。而绿色门店的建设认证，正是迈向这一可持续远景的重要一步。星巴克计划未来一年陆续在中国内地开设 60 家获得认证的绿色门店，并逐步推广至中国内地的所有新开门店及改造升级门店，从而为中国乃至全球零售行业的低碳发展路径做出持续贡献。

美团绿色出行减污降碳案例

一、践行绿色低碳的美团方案

（一）实施背景

交通运输业是国民经济的重要支柱产业之一，随着社会经济的发展以及城市化进程的加速，城市出行在人民生活中起着越来越重要的作用。城市交通的快速发展，一方面提供了便利、高效、舒适的出行条件，同时也导致城市机动车保有量迅速增加，引发一系列能源与环境问题。

在城市交通中，机动车使用造成的二氧化碳排放是主要的温室气体排放，而机动车的尾气排放则是空气污染的重要源头。机动车排放的主要污染物包括一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮氧化合(NO_x)和颗粒物(PM)等。除尾气排放造成环境空气污染外，机动车使用过程中产生的二氧化碳(CO₂)、硫化物(SO_x)、氮氧化物(NO_x)、氟氯烃等排放也可引发温室效应、臭氧层破坏和酸雨等气候和环境问题。机动车排出的一氧化碳(CO)、氮氧化合物(NO_x)、硫化物(SO_x)、未燃碳氢化合物(HC)、颗粒物(PM)和臭味气体等污染空气。

目前我国已成为全球最大的二氧化碳排放国，其中交通领域碳排放占全国碳排放10%，而城市交通碳排放占交通领域比例达80%，理应成为我国“碳达峰、碳中和”战略的重要发力点。

（二）美团方案

美团作为中国领先的生活服务电子商务平台，一直聚焦“零售 + 科技”战略，拥有美团、大众点评、美团外卖等消费者熟知的App，服务涵盖餐饮、外卖、打车、共享单车、共享电单车、酒店旅游、电影、休闲娱乐等200多个品类，业务覆盖全国超过2800个县市区。美团2022年第一季度业绩报告显示交易用户数达到6.9亿，每位交易用户年均交易笔数37.2笔，活跃商家数稳定在900万。

美团不仅持续投入生活服务业新基建，为用户提供更好的服务，同时积极践行低碳举措。在出行领域，美团单车（原“摩拜单车”）作为全球智能共享两轮出行的首创者和领导者，持续倡导低碳出行理念，通过创新模式探索循环经济，其绿色便捷、环保健康的共享单车，有效地解决了城市出行“最后一公里”的难题，体现了科技创新、模式创新对城市交通的改善作用。为城市绿色出行提供了可持续发展的智能解决方案。

目前，美团在全国 300 多个城市运营数百万辆共享单车和共享电单车，每天产生超过 20TB 的出行大数据，构成了世界上最大的移动式物联网之一。

（三）创新思路

1. 传统出行与现代科技相结合

作为共享交通设施的关键组成部分，共享骑行方式一经推出便受到用户的极大欢迎。美团单车和电单车是传统自行车结合数字化、网络化、智能化的新综合应用，既应用物联网、大数据和云平台技术体现技术创新性，同时基于全生命周期的智能运营管理应用体现模式创新性。

2. 全生命周期减污降碳方案

美团致力于推动和践行的美团单车及电单车的全生命周期环保行动，在设计、采购、生产、投放、运营、报废等全环节贯彻 3R 原则（Reduce, Reuse, Recycle），废旧单车 100%回收再用，引领行业全生命周期管理和节能环保。

3. 碳减排显著的优化出行结构

美团单车和电单车通过与公交系统高效接驳有利于出行结构优化，提升绿色出行比例，实现全出行链减排，加速形成绿色生活方式，实现我国交通运输碳减排。

（四）实施目标

预计到 2023 年，协助城市初步建成生态友好、清洁低碳的绿色出行服务体系，绿色出行环境明显改善。项目落地实施的城市绿色出行比例超过 70%。

二、绿色出行全方位解决方案

（一）案例主要建设内容

1. 生产制造阶段

实施零部件通用计划：研发初期考虑产品零部件的通用性，使零部件能够兼容更多的车型。包括：100%同规格，所有整车供应商都使用统一技术标准以保证投放车辆是同

样规格；通用性>90%，即各代自行车尽可能使用同样规格的零部件，保证最大限度的零部件互换性及通用性；减少料号>30%：缩减合并可互换的零部件料号，减少人力及物料消耗。

易维修设计：设计初期考虑产品零部件安装和拆解的便利性，减少需要用两件工具同时操作拆解的比例。

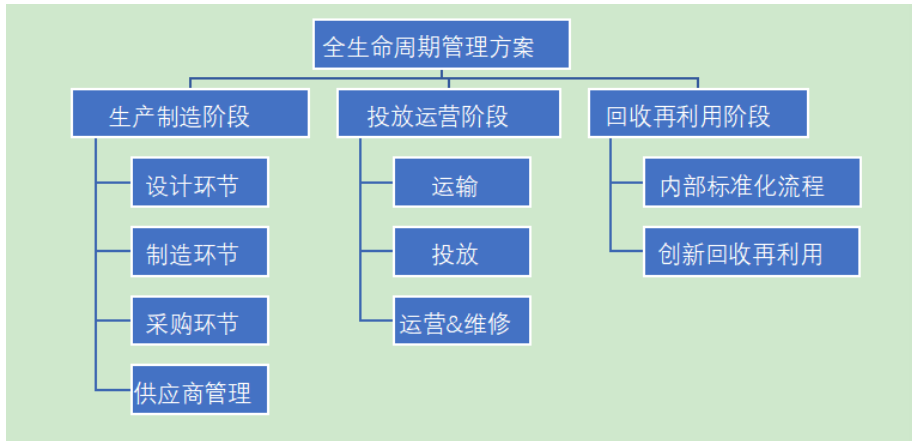


图1 美团骑行全生命周期管理方案技术路线图

如在耐久性方面，研发初期就考虑到产品的耐久性能，保证比同类型产品更耐用。包括：所有零部件满足 ISO4210 要求的疲劳测试次数的 1.1 倍；所有的塑料件都要求满足氙灯老化大于 200 小时；标识 5Kg 最大负载的菜篮是按照 10Kg 负载做的疲劳测试；部分塑料菜篮是按照 80Kg 做的静载测试。

美团先后携手供应链企业，探索能源生产、回收、共享的效率。此外，在车辆整车制造等供应商上选择中，美团电单车也将绿色环保作为重要指标，要求其提供相关制度和科研材料。同时，参照国家有关绿色供应链管理的要求，美团也要求和约束供应商采取措施，提升绿色环保生产水平。

2. 投放运营阶段

(1) 运输环节

为降低生产及运输电动过程中产生的污染及排放，美团要求所有整厂商，改传统纸箱包装为全组立裸装。同时，美团按照电单车在全国各地的投放计划，统筹协调车辆制造、运输安排，最大程度降低对环境的影响。

(2) 科学规范投放

为科学投放，美团研发出总量测算模型、大数据监管平台、电子牌照等技术，并已经与东南大学交通学院、广州市城市规划勘测研究院以及城市智行信息技术研究院等第三方科研机构，就共享电单车城市合理投放规模测算模型开发进行合作，配合监管部门科学确定城市运营数量。

(3) 精细化运营与维修保养

美团自主建设了车辆的全生命周期智能管理平台，平台记录着每辆车的各部件维修保养记录，可以清晰追溯每一个零部件的使用寿命，并根据维修保养记录，优化车辆的设计生产，从而提高车辆的使用寿命，减少因维修带来的资源消耗和碳排放。每辆美团电单车搭载“北斗+GPS+格洛纳斯”三模卫星定位芯片和物联网通信芯片，借助物联网技术，美团有能力实现废旧车辆 100%回收和维修。其中，智能锁、车筐、车架、轮组等都会回收和通过检测后重新使用。

美团单车在对旧有车辆进行维护时，创新性地将破损挡泥板更换为用外卖餐盒回收材质制作的环保泥板，与美团外卖“青山计划”联合探索外卖餐盒的循环经济。一套美团单车挡泥板大概需要 70 克外卖餐盒回料。外卖餐盒经过回收、清洁、熔融造粒、改性造粒、熔炼注塑、性能检测等多个环节后，就能制成自行车挡泥板。公司计划陆续将外卖餐盒回料制品规模应用在美团单车和美团电单车上。

3.回收再利用及无害化处理阶段

美团依靠大数据管理平台、用户主动报障等渠道，能及时收集判定每一辆电动自行车的状态。同时，企业内部建立了完善的各系列车型管理流程及报废标准，各城市运维人员可根据标准对车辆状况进行识别分类处置。

在车辆报废回收方面，美团单车已携手再生行业，与中国再生资源开发有限公司、天津新能再生资源有限公司等专业企业合作，为美团单车提供电单车生命周期结束后的批量回收拆解及无害化处理等专业化服务。

(二) 案例意义

1. 通过替代高碳出行方式降低碳排放

根据《共享骑行减污降碳报告》显示，共享骑行的出现替代了私家车等高碳出行方式，这种替代行为产生环境减排效益。研究发现，共享单车、电单车+地铁和公交的组合有很强的高碳出行替代效果。

在有地铁的城市情景下，共享单车的人一公里碳减排因子为 48.65g/PKM；CO、HC、NO_x 和 PM 的减排因子分别为 0.256g/PKM、0.022 g/PKM、0.019g/PKM 和 0.007g/PKM。共享电单车在有地铁城市基线情景下各交通出行方式的碳排放因子为 61.03g/PKM，扣除掉共享电单车使用过程中的人一公里碳排放因子为 7.02g/PKM，共享电单车在有地铁城市的人一公里碳减排因子为 54.01g/PKM；CO、HC、NO_x 和 PM 的减排因子分别为 0.336g/PKM、0.029g/PKM、0.024 g/PKM 和 0.009g/PKM。

在无地铁的城市，共享单车的人一公里减排因子为 53.94g/PKM；CO、HC、NO_x 和 PM 的减排因子分别为 0.292g/PKM、0.025g/PKM、0.021g/PKM 和 0.008g/PKM。共享电单车基线情景下各交通出行方式的碳排放因子为 66.32g/PKM，扣除掉共享电单车使用过程中的人一公里碳排放因子为 7.02g/PKM，共享电单车在无地铁城市的人一公里碳减排因子为 59.30g/PKM；CO、HC、NO_x 和 PM 的减排因子分别为 0.373 g/PKM、0.032g/PKM、0.027g/PKM 和 0.010g/PKM。

基于以上减碳因子，美团单车和电单车用户过去一年减少碳排放 43.7 万吨。

2. 通过绿色产品促进私人超标电动车淘汰

2019 年 4 月 15 日，《电动自行车安全技术规范》强制性国家标准 GB17761-2018（以下简称“新国标”）正式实施。新国标明确指出，到 2021 年 12 月 31 日旧国标的电动车将不能使用。据统计，目前市场上 90%的电动自行车都属于超标车。共享电单车的出现能够加速符合新国标的合规车辆数量增加，使得全国电动自行车安全性整体水平显著提高。美团电单车高度重视落实新国标工作，积极投入科技攻关和技术研发，并将车辆的安全性能、智能化水平、环保水平作为最核心考量指标，经过长期探索推出全新革命性车型，使用安全、环保、耐用、可循环材料，大规模降低铅酸电池使用量，减少污染，推动行业合规、安全、绿色、可持续发展。

3. 通过电子围栏等绿色技术推动节能减排

美团电单车借助北斗定位技术和物联网通信芯片，显著提高车辆定位精度。借助于美团平台的大数据，为提升管理精度和运维效率，美团研发出电子围栏、智能调度等绿色技术，通过引导用户自主、文明停车，降低人工运营的运输成本和能源消耗，进一步帮助节能减排。一是通过电子围栏技术实现对车辆的规模化、自主化管理，例如荣获第二十一届中国专利奖的专利技术“确定物体处于目标区域的方法、停车管理设备和系统”（专利号：ZL201710296303.6）基于蓝牙通信技术，或者卫星精准定位技术，识别车辆

是否停放在可停车区域内，允许在可停车区域内的用户正常停车，而对停放在禁停区域内的用户予以提醒和惩罚；二是在精细化运维方面，美团基于精准定位、大数据分析、以及云计算等技术，实现对车辆的智能调度，例如专利技术“车辆调度方法、服务器、客户端和系统”（专利号 ZL201711268688.1）中，将调度区域划分为多个可停车的调度单元，对调度单元的车辆需求数、车辆平均周转率，以及调入状态进行实时分析，确定调度单元中车辆的供需关系，智能指导将车辆从供过于求的调度单元调出，调入供不应求的调度单元，以提高车辆的运维效率。美团单车和电单车在这两项技术上布局专利共 47 件，为车辆投放、调度和运维提供智慧指引，提升精细化运营效率，有效降低运维上的能源消耗，追求企业与城市的共赢和可持续发展，助力绿色城市建设。

目前美团单车和电单车已提交国内外专利申请 585 项，其中发明专利申请 230 余项，获得专利授权 360 余项，成为共享单车行业内拥有核心知识产权最多的企业。美团单车和电单车连续两届获得国家知识产权局颁发的中国专利奖，同时获得“国家知识产权优势企业”、“北京市知识产权示范单位”、“中关村知识产权重点示范单位”等荣誉称号。

三、基于循环利用的全生命周期理念

美团单车和电单车致力于可持续发展，以绿色低碳、循环经济为指导，践行“全生命周期管理”理念，充分发挥企业社会责任，在发展理念、发展模式和实践行动方面积极参与和引领行业绿色低碳发展。

自“全生命周期管理”行动开展以来，公司已翻新复用 148 万条轮胎和 126 万把智能锁。在美团单车挡泥板和车篮、美团电单车座桶等塑料部件实现了回收塑料的利用，回收塑料利用率达 70%。通过携手再生行业，与中国再生资源开发有限公司、天津新能再生资源有限公司等专业企业合作，所有美团单车和电单车均实现了生命周期结束后的批量回收拆解及无害化处理。以上举措使得美团单车全生命周期碳足迹下降 74.3%（84 千克），美团电单车全生命周期碳足迹下降 24.2%（114.4 千克）。

在此基础上，美团单车创新性地将废旧车辆的轮胎回收再生，用于操场的铺设，并捐赠给乡村地区的儿童。捐赠操场的部分塑胶颗粒，来自于美团单车聚氨酯回收轮胎再生材料，该材料进行了严格的检测，各项指标均符合 GB 36246-2018《中小学合成材料面层运动场地》标准。项目为乡村儿童提供了安全舒适的标准篮球场，同时通过鼓励公众参与，实现了可持续的落地。

截止 2022 年 8 月，项目已在西藏、青海、四川、贵州等地共建成篮球场 23 块，覆盖了 11 个省 21 个县的乡村学校，回收再生了 5 万余条美团单车轮胎。同时，通过发挥互联网平台型企业的优势，项目在美团 App 引入骑行“减碳量”，引导用户通过绿色骑行积累减碳量，鼓励减碳量达标的用户参与球场共建，带动了数百万用户参与。



图 2 美团单车轮胎再生建成的部分操场鸟瞰

四、成效分析

美团基于全生命周期理念的共享骑行减污降碳案例具有明显的绿色经济效益、环境效益和全社会可持续发展效益。

（一）绿色经济效益

1. 推动消费转型升级

在满足同样出行需求的前提下，通过共享手段替代私人电动车出行，按整个业态全市场投放 6000 万辆、车辆成本 3000 元计算，在理想状态下，企业消耗未来两年内所有电动自行车产出，用户可节省出 1800 亿元购车成本转化到其他消费领域。

2. 推动产业转型发展

共享电单车预期订单量将超过 250 亿元，其发展极大促进上下游产业链规模的扩大和转型，有针对性的优化产品，逐步规范化、标准化、智能化发展。

电动自行车涉及的上下游产业链包括：整车厂、各零部件供应商（车架、车把、车灯、电池、主控、轮胎、轮毂等二十余类）、上游原材料供应商以及部分终端运营商等。从市场评估角度，预期共享电动自行车订单年产值总量将超过 250 亿元，因此对整个电动车行业有着极大的促进和推动作用。整车厂和上游产业链企业开始在人员招募、设

备购入、扩产能、模具投入、新产品研发等方面进行大规模投资，拉动各企业投资在几百万至上亿元不等。随着行业发展，生产制造方面率先从 to C 向 to B 端转变，同时朝自动化、智能化、数字化生产转型。共享电动自行车的车身、车锁、电池设计都融入了更多高科技元素，在耐用性、安全性等方面标准也更高，对电动自行车制造的技术、工艺、流程、管理等各个环节都提出了更高要求，整个自行车制造行业的生产体系、供应链管理体系等都引入了更多智能化的技术和手段；同时，借助网络化运营平台，共享电动自行车企业能够将在线运营数据、用户反馈数据等消费端数据有效反馈至生产端，从而形成基于 C to B 的以用户数据为导向的生产模式，这种模式下，制造企业能够“有据可依”，有针对性地优化产品设计、改进工艺流程，全面助力行业规范化、标准化、智能化发展。

3. 推进城市交通配套基础设施规划建设

共享单车是城市绿色出行的重要补充，有助于打造多层次、多样化的城市出行服务体系。在道路系统中，要重点考虑路权分配问题；在公共区域、轨道站点、公交站点周边区域，要充分考虑非机动车停放区规划，将共享自行车停车设施一并纳入轨道、公交交通站点设计并同步实施，积极推进骑行友好示范街区、示范城市建设。

（二）环境效益

共享单车的使用效率是私人电动自行车的 3-4 倍，相当于一辆共享自行车出行可替代 3-4 辆私人电动自行车出行。通过共享手段，可在满足同样出行需求的前提下，用 6000 万辆共享单车可以取代 1.8-2.4 亿辆低频使用的私人电动自行车，以高频共享使用代替私人电动自行车的低效闲置，提高车辆使用效率，减少电动车保有量，最大程度减少电动自行车长期停放的风险，同时鼓励公众出行优先选择共享单车和电单车等绿色出行方式，降低小汽车通行总量，整体提升我国各城市的绿色出行水平。

美团单车不断推出新的产品服务和运营模式，致力于实现更远距离的替代和由低碳向零碳的转变，引导百姓将 3-10 公里的出行交付给美团电单车。美团电单车将继续为减少碳排放作出贡献，数据显示，用美团电单车骑行 100 公里只需消耗 0.5 度电，成本不到 1 块钱，而普通轿车则需要 60 元汽油费。在碳排放方面，美团电单车的碳排放量是普通轿车的 1/40，能耗是普通轿车的 1/50。

美团单车和美团电单车的服务方式不断引导百姓增强低碳生活的意识，形成低碳出行的习惯，广泛的群众基础显著增强了减碳效果。在去年疫情时期，在个别城市采用

共享单车、共享电单车出行的比例占整体比例的 50%以上，承担了重要的社会作用，在此基础上逐步养成百姓绿色出行、低碳出行的习惯。

（三）社会可持续发展效益

共享骑行新业态可以辐射带动平台运营、程序服务、调度、维修、充换电人员等一系列就业岗位，为疫情周期的“保就业”提供支撑，以每 100 辆共享电单车需要 1 位运维人员来计算，6000 万辆共享电动自行车至少需要配备 60 万名从业人员。

面对新冠肺炎疫情带来的诸多不利因素，稳定和促进就业仍然是关键之举。共享出行平台积极发挥着数字经济、平台经济吸纳就业的作用，增加就业弹性，发挥灵活就业“蓄水池”作用，提供高工资稳定就业新途径。以山东泰安为例，去年泰安市发布《泰安城区共享助力车准入项目拟准入公示》，公示显示，为促进城市公共交通领域低碳环保与节能减排，完善现代化城市公共交通体系，拟在泰安市规范推广城市共享电单车。在山东泰安从事建筑行业的工人们面对工地无法如期复工，即将因疫致贫的情况，转型加入共享电单车运营服务团队，为暂无收入的家庭解决了燃眉之急。并且共享电单车行业运维人员工资普遍高于当地平均水平。共享电单车运维人员工资普遍高于当地平均水平，农民工占 55%。



图 3 美团电单车运维人员工资

基于美团对绿色城市作出的贡献，2017 年 6 月，美团单车（原摩拜单车）被世界自然基金会授予新一届“气候创行者”称号，并获得“可持续城市交通特别奖”。2017 年 12 月，联合国环境署将 2017 年度“地球卫士”称号授予美团单车，表彰其在推动绿色出行，缓解空气污染和气候变化中作出的巨大贡献。这是该奖项设立 13 年来，首次有中国企业获此殊荣。

五、问题与建议

（一）完善政策。

随着技术发展和交通部门深度脱碳需求的日益增长，应及时出台配套政策、法规、标准，形成鼓励城市交通向电动化、共享化、多样化、智能化方向发展的政策导向。

1.支持打造“公交优先+共享骑行”的综合出行系统。

通过共享（电）单车满足短途出行需求，与公交、地铁等公共交通站点进行有效结合和无缝衔接，进而带动公共交通比例的提升。需要在政策法规的支持下，结合遵循法规指引的道路设施配套修建，以形成完善的综合出行系统。

2.形成适合出行及设施配套的总量控制引导

制定适合城市出行需求及停车位容量限制的总量控制投放布局标准法规，引导科学制定共享（电）单车的投放布局和发展规划，重点围绕居民生活区、产业园区、商圈等局部人口稠密地区进行合理投放。

3.强化监管建立公平竞争机制

积极鼓励并进一步规范企业开展骑行创新服务，优化政府资源配置方式，实施以服务质量考核结果为导向的资源配置模式，营造优胜劣汰机制，提升服务质量，同时强化监管手段与技术，严格防止企业违规超投车辆，造成行业恶性竞争。

（二）完善城市骑行基础设施。

城市的交通基础设施应朝低碳方向布局，构建安全、连续和舒适的城市骑行体系。

1.完善骑行设施网络。

积极引导地方加大自行车道、便捷过街设施、自行车停车区域规划建设力度，提高共享单车与公交站点、轨道站点、核心热点区域接驳容量，在发展公共交通过程中统筹、同步发展共享（电）单车，形成有机配套，建立完善多层次、多样化的城市出行服务系统。

2.鼓励政企合作实现慢行系统数字化治理

不断完善骑行车辆停放空间，鼓励政企共享（电）单车企业开放大数据，参与慢行系统建设和骑行环境治理，开展自行车道、智能车吧、立体停车库等设施建设。

（三）推进绿色骑行创新试点，发展智慧型低碳城市。

在《绿色出行创建行动方案》下，结合共享出行新模式和新技术，大力推动智慧型低碳城市发展。

1.开展城市骑行减碳试点示范建设。

探索建设从循环生产到循环消费一体化绿色出行示范园区，推进碳排放权交易市场体系建设，探索碳积分交易试点。

2. 鼓励政企合作推进创新骑行服务。

对于传统公共自行车运营难以为继的城市，可以探索通过政府购买服务、特许经营、与当地公交企业合资合营等多种方式发展共享（电）单车，实现公众、政府、平台企业的三方共赢。

3. 建立交通出行碳积分平台。

将骑行减碳纳入碳中和试点，对个人或企业自愿减排行为进行检测、计量和管理，出台减碳积分奖励，提升公民与企业绿色出行参与感和获得感。

六、继续推进绿色健康出行

随着我国城镇化持续推进，各线城市核心区功能点（餐饮、休闲娱乐、办公、住宅等）密度持续提升，距离显著拉近，中短途出行需求比例上升。同时城市交通拥堵，停车位短缺，两轮出行的便捷性显著提高，共享（电）单车市场大有可为。

1. 深入开发电动自行车共享平台集成服务

中国每天 10 亿次的电动自行车出行需求，每天大概需要完成近亿次的充电过程。其中可转化成共享电动车出行的约 3 亿次/日，按 2 元/次出行计算，年市场规模将超 2000 亿元，这其中，还未包括换电市场的规模。另外，基于两轮共享平台未来还能集成更多的服务，比如换电、电池售卖、车辆维修、车辆保险、生活服务、金融服务、数据变现、广告变现等，电动自行车共享平台集成服务内容潜力巨大。

2. 持续关注共享自行车投放规模

根据艾媒咨询《2020 中国共享电动自行车安全管理专题研究报告》数据显示，预计 2025 年共享电动自行车投放车辆将超过 800 万辆，2019 年中国共享电动自行车数量已经超过 100 万辆。未来五年，随着各大平台逐步推进共享电动自行车投放布局，用户共享电动自行车需求将进一步得到激发，尤其在三四线城市的渗透率将保持持续快速增长态势，预计 2025 年共享电动自行车投放车辆将超过 800 万辆，2019 年到 2025 年的复合增长率将达到 41.4%，美团将在平衡全生命周期配套能力基础上，持续开发基于精准测算的投放规模。

3. 挖掘共享电车收入市场

当下人们在出行上已经从工具选择过渡到对出行体验的追求，用户会在道路 / 人员拥挤、劳累、赶时间等情况下使用共享电动自行车，面对 5 公里内的出行距离，人们倾向于选择共享电动自行车。

根据艾媒咨询调研数据显示，每周使用共享电动自行车 1-2 次以及 3 次以上的受访用户均占到三成左右。2019 年中国共享电动自行车收入规模达 30 亿元。随着共享电动自行车投放规模持续扩大，同时大众共享出行意识的提升进一步推高共享电动自行车的日常使用率，预计 2025 年共享电动自行车收入规模将超过 200 亿元，其市场规模潜力巨大，后续的全面布局尚需形成战略规划。

4 . 不断提升城市智慧交通管理水平和运行效率

随着新国标执行落地，共享自行车以新国标为重要参照迅速发展，此外，5G、人工智能等新基建将加速数据共享与智慧城市发展。一是数据资源共享提高智慧交通管理水平。平台将采集到的道路交通基础数据信息与交管部门实时共享，支持智能交通协同人、车、路密切配合，既为交通管理和决策提供支持，也为市民提供实时交通信息，提高交通出行效率、保障交通安全、改善交通环境和提高能源利用效率。二是减少偏僻地区公交线路铺设提高公共交通资源使用效率。优化现有公交站点的建设密度，补充偏远路线公交线路的需求，减少远郊区县公交线路铺设成本，提高有限公共交通资源使用效率。

参考文献

- [1] 北极星太阳能光伏网. 青海省中控德令哈 10MW+50MW 光热电站详解. [OL]. <https://guangfu.bjx.com.cn/news/20200628/1084202.shtml>
- [2] 别朝红,任彦哲,李更丰,闫泽辉,王昀,孙思源.“双碳”目标下城市能源系统的形态结构和发展路径[J/OL]. 电力系统自动化:1-13[2022-09-06].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1180.TP.20220811.1302.004.html>
- [3] 蔡新法.“双碳”目标下太阳能光热发电商业化应用及展望[J]. 中外企业文化,2022(04):100-102.
- [4] 曾红鹰,亢云飞,陶岚. 绿色积分与碳普惠融合发展促进绿色消费[M]. 世界环境. 2022,(03)
- [5] 陈晓晶,孙婷,赵迎雪. 深圳市低碳生态城市指标体系构建及实施路径[J]. 规划师,2013,29(01):15-19.
- [6] 陈赅,沈浩,王佳裕,赵文世,潘智俊,王晓慧,肖银璟. 基于“能源大脑”的城市区域碳排放实时计算方法[J/OL]. 上海交通大学学报:1-7[2022-09-06]. DOI:10.16183/j.cnki.jsjtu.2021.364.
- [7] 戴兰.“双碳”目标约束下资源型城市绿色低碳发展路径研究[J]. 中国矿业,2022,31(06):41-49.
- [8] 丹佛斯海盐工厂和天津工厂荣获“绿色工厂”称号[J]. 机电信息,2021(10):13.
- [9] 丁昕,刘文琦. 金融发展与城市低碳经济转型[J]. 江西社会科学,2022,42(06):53-64.
- [10] 董小君. 低碳经济的丹麦模式及其启示[J]. 国家行政学院学报,2010(03):119-123. DOI:10.14063/j.cnki.1008-9314.2010.03.026.
- [11] 杜栋,葛韶阳. 基于系统工程方法统筹低碳城市规划、建设与管理[J]. 科技管理研究,2016,36(24):255-259.
- [12] 杜涛,孙晓峰,李博,王越,邹芳睿. 中新天津生态城绿色低碳社区管理体系探索——以太阳光热利用为例[J]. 建设科技,2021(20):49-52+57. DOI:10.16116/j.cnki.jskj.2021.20.010.
- [13] 付梅臣,郭卫斌,李建民,王薇. 我国煤矿区低碳型土地复垦现状与展望[J]. 中国矿业,2015,24(05):49-52.
- [14] 高阳,马壮林,刘杰.“双碳”目标下国家中心城市绿色交通水平评价方法[J]. 交通运输研究,2022,8(03):30-41. DOI:10.16503/j.cnki.2095-9931.2022.03.003.
- [15] 宫兴隆,姜伟,钱松辉. 农村户用型光伏发电发展潜力及效益分析[J]. 农业科技与装备. 2015(07)
- [16] 顾宪法. 农村低碳农业发展探讨——以海盐县为例[J]. 现代农业科技,2010(22):325-326.
- [17] 郭春梅,卞晨航,孟冲,黄梦娜,马千里. 天津生态城低碳体验中心碳排放及减碳潜力研究[J]. 环境监测管理与技术,2022,34(02):7-11. DOI:10.19501/j.cnki.1006-2009.2022.02.008.
- [18] 郭丰,杨上广,任毅. 数字经济、绿色技术创新与碳排放——来自中国城市层面的经验证据[J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版),2022,51(03):45-60. DOI:10.15983/j.cnki.sxss.2022.0507.
- [19] 国务院. 国务院关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知 国发〔2021〕23 号 [OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-10/26/content_5644984.htm.
- [20] 何芳. 城市慢行系统助力市民低碳出行[N]. 中国建设报,2022-06-27(002). DOI:10.38299/n.cnki.nzgj.2022.001234.
- [21] 何宇,田杰鑫,陈珍珍. 碳中和背景下中国城市绿色发展效率研究[M]. 生态经济. 2022,38(07)
- [22] 和艳慧,王斌,李春明,田秀文. 常规湿法熄焦改造低水分熄焦在孝义金晖公司的应用[J]. 煤炭与化工,2016,39(01):144-146+149. DOI:10.19286/j.cnki.cci.2016.01.044.

- [23] 洪恒飞,应昊翰,江耘. 追踪企业能耗数据 杭州萧山“双碳大脑”上线[OL].<http://finance.sina.com.cn/tech/2021-07-28/doc-ikqcfnc9406433.shtml>
- [24] 胡鸿涛. 低碳城市试点政策对能源生产率的影响研究[D]. 吉林大学,2022.DOI:10.27162/d.cnki.gjlin.2022.001472.
- [25] 胡姗姗,张洋,燕达,郭偲悦,刘焯,江亿. 中国建筑领域能耗与碳排放的界定与核算[J]. 建筑科学,2020,36(S2):288-297.
- [26] 胡一鸣. 北京交通大学. 京津冀地区建筑行业碳排放强度影响因素研究[D],2019
- [27] 黄水平,邱国玉. 深圳发展低碳经济的碳金融创新[J]. 特区经济,2012(09):24-29.
- [28] 黄婷婷. 超薄城市:低碳集约型城市的未来[J]. 规划师,2010,26(07):121-123.
- [29] 黄依婷,陈和,杨永聪. 低碳城市试点政策对制造业企业转型升级的影响研究[J]. 产业创新研究,2022(12):93-95.
- [30] 黄怡,程慧. 碳市场建设对资源型城市资源依赖度的影响研究——基于异期 DID 模型[J]. 科技管理研究,2022,42(15):212-219.
- [31] 姜爱芹,宋佳,孙业良. 现代茶企的绿色实践 以龙冠全产业链生产为例[J]. 人与生物圈,2020(02):14-19.
- [32] 姜玲玲,丁爽,刘丽丽,滕婧杰,崔磊磊,杜祥琬. “无废城市”建设与碳减排协同推进研究[J]. 环境保护,2022,50(11):39-43.DOI:10.14026/j.cnki.0253-9705.2022.11.014.
- [33] 可胜技术. 青海中控太阳能德令哈 10MW 塔式光热电站. [OL]. <http://cosinsolar.com/cases/detail/id/9.html>
- [34] 孔泽恒. 产城融合视角下深圳国际低碳城土地利用策略研究[D]. 哈尔滨工业大学,2014.
- [35] 李超,李宪莉. 低碳城市环境管理机制构建研究——以天津生态城为例[J]. 绿色科技,2018(06):91-94.DOI:10.16663/j.cnki.lskj.2018.06.031.
- [36] 李梁,张卓杰,孙瑶,刘亚妮,马喜成. 双碳背景下城轨车辆绿色低碳技术应用与研究[J]. 现代城市轨道交通,2022(08):27-32.
- [37] 李冉. 塔式太阳能光热电站经济效益分析[J]. 上海节能,2020(01):74-77.DOI:10.13770/j.cnki.issn2095-705x.2020.01.013.
- [38] 李晓易,谭晓雨,吴睿,徐洪磊,钟志华,李悦,郑超蕙,王人洁,乔英俊. 交通运输领域碳达峰、碳中和路径研究[J]. 中国工程科学,2021,23(06):15-21.
- [39] 梁波,韩本超,管海峰. “光储直柔”技术在现代建筑中的应用[M]. 大众用电. 2022,37(06).
- [40] 梁文杰,潘迪勤. 碳中和建筑设计探索[J]. 建筑技艺,2022(S1):334-338.DOI:10.19953/j.at.2022.s1.077.
- [41] 廖友志. 关于建设低碳城市环境保护措施的思考[J]. 科技经济市场,2017(06):186-187.
- [42] 林宪德. 绿色建筑[M]. 中国建筑工业出版社, 2011
- [43] 刘翠莲,梅柠. 城市公共交通的绿色低碳研究[J]. 特区经济,2012(10):290-292.
- [44] 刘慧慧,陈启新,张高锋,黄云,朱一铭,庞乃杰,曲胜. 碳中和视角下绿色建筑关键性技术应用与研究[J]. 绿色建筑,2022,14(02):28-31.
- [45] 刘梦珊. 西安建筑科技大学. 公共建筑碳排放测算方法及其设计启示研究[D],2017
- [46] 刘玉. 通标公司:以第三方身份助力绿色发展[J]. 国际融资,2014(07):28-29.
- [47] 陆小成. 基于城市绿色转型的企业低碳创新协同模式[J]. 科技进步与对策,2015,32(04):67-71.
- [48] 陆小成. 生态文明视域下城市群绿色低碳技术创新体系构建[J]. 企业经济,2022,41(06):15-24.DOI:10.13529/j.cnki.enterprise.economy.2022.06.002.
- [49] 罗乐娟. 后危机时代的低碳城市发展之路[J]. 江西社会科学,2010(05):98-101.
- [50] 马彦铭. 精准监测能耗数据 助力实现双碳目标[N]. 河北日报.2021-12-17 (005)

- [51] 毛保华,陈硕,吴雪妍,贾顺平.碳达峰目标下我国城市客运交通发展的引导策略研究[J].交通运输研究,2022,8(03): 21-29.DOI:10.16503/j.cnki.2095-9931.2022.03.002.
- [52] 毛雪,包洁,赵前松等.黑水虻幼虫对餐厨垃圾无害化处理分析研究[M].现代农业研究. 2022,28(07).
- [53] 孟昊杰.西南交通大学.装配式建筑施工碳排放计算及影响因素研究[D],2018
- [54] 庞博,方创琳.智慧低碳城市发展的动力机制探究[J].干旱区地理,2016,39(03):621-629.DOI:10.13826/j.cnki.cn65-1103/x.2016.03.020.
- [55] 祁琼,陆小成.低碳科技创新管理与服务平台构建研究[J].中国科技论坛,2013(10):10-15.DOI:10.13580/j.cnki.fstc.2013.10.003.
- [56] 乔瑞.绿色低碳城市发展对城乡规划的影响[J].建材与装饰,2020(14):147+150.
- [57] 任豪祥.积极落实碳达峰碳中和目标,加快推进物流行业绿色低碳转型[J].物流技术与应用,2022,27(07):58-59.
- [58] 阮前途,陈赟,潘智俊.新型电力系统对实现沿海城市双碳目标贡献的探讨[J].电力系统自动化,2022,46(14):11-18.
- [59] 阮前途,梅生伟,黄兴德,陈颖.低碳城市电网韧性提升挑战与展望[J].中国电机工程学报,2022,42(08):2819-2830.DOI:10.13334/j.0258-8013.pcsee.220533.
- [60] 石珂.低碳城市规划建设的难点与关键问题[J].智能建筑与智慧城市,2022(08):128-130.DOI:10.13655/j.cnki.ibci.2022.08.039.
- [61] 石研,王庆玲,孙昌峰.低碳理念在城市园林植物景观设计中的应用[J].南方农业,2022,16(14):32-34.DOI:10.19415/j.cnki.1673-890x.2022.14.011.
- [62] 苏醒.低碳城市视域下的城市规划研究[J].美与时代(城市版),2022(05):28-30.
- [63] 孙梦罗,钟昌标,黄远浙.低碳试点政策对城市绿色创新的影响研究[J/OL].科技与经济,2022(04):26-30[2022-09-06].DOI:10.14059/j.cnki.cn32-1276n.2022.04.006.
- [64] 孙婷.国际大城市交通碳中和实现路径及启示——以伦敦、纽约和巴黎为例[J].规划师,2022,38(06):144-150.
- [65] 推进城市楼顶绿化 建设生态环境友好型城市[J].广东经济,2022(06):84-87.
- [66] 王兵,刘光天.节能减排与中国绿色经济增长——基于全要素生产率的视角[J].中国工业经济. 2015(05)
- [67] 王凤存.双碳背景下城市综合体智慧综合能源管理探讨[J].福建建设科技,2022(03):114-117.
- [68] 王连芬,赵园,王良健.低碳试点城市的减碳效果及机制研究[J].地理研究,2022,41(07):1898-1912.
- [69] 王浦,周进生.我国矿业城市低碳经济发展路径研究[C]//.资源型地区可持续发展与政策国际会议暨国际区域科学学会第三次年会论文集.中国地质大学(北京)人文经管学院,2012:808-816.
- [70] 王少剑,莫惠斌,方创琳.珠江三角洲城市群城市碳排放动态模拟与碳达峰[J].科学通报,2022,67(07):670-684.
- [71] 王胜今,朱润酥.低碳城市建设能否助力政府实现碳达峰碳中和目标?——基于低碳城市试点的准自然实验[J].现代经济探讨,2022(07):10-17+40.DOI:10.13891/j.cnki.mer.2022.07.002.
- [72] 王晓琳,姬长生,张振芳,周爽.基于碳足迹的煤炭矿区碳排放源构成分析[J].煤矿安全,2012,43(04):169-172.DOI:10.13347/j.cnki.mkaq.2012.04.059.
- [73] 王馨珠.北京工业大学.住区碳排放影响要素及减碳策略研究[D],2019
- [74] 王星.低碳城市试点如何影响城市绿色技术创新?——基于政府干预和公众参与的协同作用视角[J].兰州大学学报(社会科学版),2022,50(04):41-53.DOI:10.13885/j.issn.1000-2804.2022.04.005.
- [75] 王瑛.中国低碳城市规划研究进展与实践解析[J].城市建设理论研究(电子版),2018(12):2.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.201812002.

- [76] 王勇,许子易,张亚新.中国超大城市碳排放达峰的影响因素及组合情景预测——基于门限-STIRPAT 模型的研究[J].环境科学学报,2019,39(12):4284-4292.DOI:10.13671/j.hjxxb.2019.0290.
- [77] 魏光普,康瑜,范浩文,于晓燕,马明.重工业城市建筑业碳排放核算与预测研究[J/OL].生态经济:1-12[2022-09-06].
http://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1193.F.20220715.0959.002.html
- [78] 我国首家商业化运营塔式太阳能光热电站单日发电量创新高[J].电站辅机,2019,40(03):39.
- [79] 邬彩霞.中国低碳经济发展的协同效应研究[J].管理世界. 2021(08)
- [80] 吴桐嘉,周姝雯.国外部分城市碳中和实现路径与启示[J].中国土地,2022(05):46-48.DOI:10.13816/j.cnki.ISSN1002-9729.2022.05.15.
- [81] 吴茵茵,齐杰,鲜琴,陈建东.中国碳市场的碳减排效应研究——基于市场机制与行政干预的协同作用视角[J].中国工业经济. 2021(08)
- [82] 吴宗杰,李亮,王景新.我国资源型城市低碳转型途径探讨[J].山东理工大学学报(社会科学版),2010,26(06):5-8.
- [83] 武力超,李惟简,陈丽玲,李嘉欣.智慧城市对绿色技术创新的影响——基于地级市面板数据的实证研究[J].技术经济,2022,41(04):1-16.
- [84] 项添春,王旭东,马世乾,丁一.智能园区兆瓦级多微电网建设与运行模式[J].分布式能源,2017,2(04):1-6.DOI:10.16513/j.cnki.10-1427/tk.2017.04.001.
- [85] 徐佳,崔静波.低碳城市和企业绿色技术创新[J].中国工业经济,2020(12):178-196.DOI:10.19581/j.cnki.ciejournal.2020.12.008.
- [86] 徐浏华.中国核电:低碳产业发展的海盐样本[J].中国投资,2011(03):83-85.
- [87] 姚凤阁,王天航,谈丽萍.数字普惠金融对城市全要素碳排放生产率的影响[J].商业研究,2022(03):112-121.DOI:10.13902/j.cnki.syyj.2022.03.013.
- [88] 于彤彤.园区微网的低碳商业模式评价研究[D].华北电力大学(北京),2020.DOI:10.27140/d.cnki.ghbbu.2020.000757.
- [89] 余壮雄,陈婕,董洁妙.通往低碳经济之路:产业规划的视角[J].经济研究. 2020(05)
- [90] 俞雅乖,沈盼熠,李瑜婷.国家级城市群建筑业碳排放量及其分解效应的空间分异[J].新疆财经,2022(04):19-28.DOI:10.16716/j.cnki.65-1030/f.2022.04.002.
- [91] 禹湘,陈楠,李曼琪.中国低碳试点城市的碳排放特征与碳减排路径研究[J].中国人口·资源与环境,2020,30(07):1-9.
- [92] 张桂莲,仲启铨,张浪.面向碳中和的城市园林绿化碳汇能力建设研究[J].风景园林,2022,29(05):12-16.DOI:10.14085/j.fjyl.2022.05.0012.05.
- [93] 张佳鑫,王增栩,田中华.碳达峰碳中和背景下广东省电力行业降碳路径研究[J].科技和产业,2022,22(08):61-67.
- [94] 张杰,付奎,刘炳荣.数字经济如何赋能城市低碳转型——基于双重目标约束视角[J].现代财经(天津财经大学学报),2022,42(08):3-23.DOI:10.19559/j.cnki.12-1387.2022.08.002.
- [95] 张静,薛英岚,赵静,何捷,李冰,张鸿宇,袁闪闪,李勃,黄志辉,翁慧,邵朱强,曹东,张伟,蒋洪强.重点行业/领域碳达峰成本测算及社会经济影响评估[J].环境科学研究,2022,35(02):414-423.DOI:10.13198/j.issn.1001-6929.2021.11.07.
- [96] 张峻.青岛理工大学.被动式住宅不同屋顶构造的碳排放比较研究 ——以低层农村住宅为例[D],2016

- [97] 张荣博,钟昌标.智慧城市试点、污染就近转移与绿色低碳发展——来自中国县域的新证据[J].中国人口·资源与环境,2022,32(04):91-104.
- [98] 张秀敏,吴朝晖.建筑物碳排放核算方法探析[J].工业技术经济,2019,38(10):31-40.
- [99] 张媛媛,伍梦尧.激活绿色能源消费 迈向碳中和[N].中国电力报. 2021-06-30 (002)
- [100] 张长龙,王潇一.我国城市低碳化路径选择[J].青海社会科学,2011(03):126-129+217.DOI:10.14154/j.cnki.qss.2011.03.002.
- [101] 张中祥,宋梅.资源型城市新机遇[J].财经界,2022(19):21-22.DOI:10.19887/j.cnki.cn11-4098/f.2022.19.048.
- [102] 赵国涛,钱国明,王盛.“双碳”目标下绿色电力低碳发展的路径分析[J].华电技术,2021,43(06):11-20.
- [103] 赵千瑜.低碳理念下城市园林植物景观设计研究[J].山西建筑,2021,47(10):159-161.DOI:10.13719/j.cnki.1009-6825.2021.10.058.
- [104] 智慧海绵城市建设技术-智能化碳纤雨水收集模块系统说明[J].建筑与预算,2022(04):185.
- [105] 仲家骅,陈晓东,赵春晴,刘晓峰,生晓燕,马晴,张琳杰.城市更新的零碳路径探索——以零碳社区建设模式为基础[J].暖通空调,2022,52(S1):254-257.
- [106] 周可亮.低碳理念在城市景观设计中的应用[J].大众文艺,2022(09):43-46.
- [107] 周丽丽,范冰洁.海盐“零碳村落”引领能源消费变革[N].嘉兴日报.2021-10-21(001)
- [108] 周兴瑜.低碳城市建设路径设计研究——评《低碳城市建设评价指标体系研究》[J].现代城市研究,2022(07):136.
- [109] 朱超,史志斌,鲁金涛.碳达峰、碳中和对我国煤炭工业发展的影响及对策[J].煤炭经济研究,2021,41(04):59-64.DOI:10.13202/j.cnki.cer.2021.04.010.
- [110] 朱婧,汤争争,刘学敏,卢一富.基于 DPSIR 模型的低碳城市发展评价——以济源市为例[J].城市问题,2012(12):42-47.DOI:10.13239/j.bjsshkxy.cswt.2012.12.008.
- [111] 庄贵阳.中国低碳城市试点的政策设计逻辑[J].中国人口·资源与环境,2020,30(03):19-28.
- [112] 左丽丽.合肥工业大学.碳交易模式下家庭屋顶分布式光伏发电的投资价值研究[D].2021

