

附件

# 数字化绿色化协同转型发展实施指南

## 前 言

当前，互联网、大数据、云计算、人工智能、区块链等数字技术加速创新，日益融入经济社会发展各领域全过程，在赋能绿色化转型、助力实现碳达峰碳中和、加快发展新质生产力等方面发挥了重要支撑作用，数字化和绿色化日益成为全球经济社会转型发展的重要趋势。习近平总书记高度重视数字化绿色化转型发展，强调要贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，推动传统产业高端化、智能化、绿色化，加快数字产业化和产业数字化。党的二十届三中全会提出，支持企业用数智技术、绿色技术改造提升传统产业。2022年11月，习近平主席在出席亚太经合组织（APEC）第二十九次领导人非正式会议时提出，要加速数字化绿色化协同发展，推进能源资源、产业结构、消费结构转型升级，推动经济社会绿色发展。《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《数字中国建设整体布局规划》《中共中央 国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》等政策文件，都对数字化绿色化协同转型发展（以下简称“双化协同”）作出了重要部署安排。

2021年9月以来，中央网信办会同有关部门组织实施双

化协同行动计划，围绕推动数字产业绿色低碳发展、加快数字技术赋能行业绿色化转型、发挥绿色化转型对数字产业的带动作用等 3 个方面，部署了 18 项重点行动，并在河北省张家口市等 10 个地区开展双化协同综合试点建设。各地区认真贯彻落实，积极探索双化协同模式，初步形成一批可复制可推广的应用场景和典型案例。但总体来看，各地双化协同仍处于持续探索阶段，面临管理机制不完善、技术体系不健全、标准规范不统一、双化协同程度不高等挑战。为确保行动计划进一步细化、落地，中央网信办会同相关部门组织编制《数字化绿色化协同转型发展实施指南》（以下简称“指南”），更好地指导各地区、各行业深入推进双化协同工作。

指南由中国信息通信研究院、国家电网有限公司大数据中心、中国化工经济技术发展中心、中国建筑节能协会、中国城市设计规划研究院、交通运输部科学研究院、农业农村部信息中心、中国电力企业联合会、中国钢铁工业协会、中国互联网协会等单位共同参与编制。在编制过程中，河北、辽宁、黑龙江、江苏、浙江、山东、广东、重庆、四川、西藏等地方网信办，张家口市、大连市、齐齐哈尔市、盐城市、湖州市、济南市、深圳市、重庆高新区、成都市、拉萨市等十个双化协同综合试点地区，以及有关院士专家提出了修改意见，给予了大力支持。欢迎更多研究机构、地方有关部门、社会各方力量参与今后指南的更新迭代工作。

# 目 录

一、总则.....	1
(一) 适用对象.....	1
(二) 发展原则.....	1
(三) 总体框架.....	2
二、数字产业绿色低碳发展.....	3
(一) 绿色数据中心.....	3
(二) 绿色基站.....	8
(三) 电子信息产品绿色制造.....	11
(四) 数字科技企业低碳发展.....	14
三、数字技术赋能绿色化转型.....	17
(一) 电力行业.....	17
(二) 采矿行业.....	22
(三) 冶金行业.....	25
(四) 石化行业.....	28
(五) 交通物流.....	31
(六) 建筑行业.....	36
(七) 绿色智慧城市.....	39
(八) 现代农业.....	44
(九) 生态环境治理.....	48
四、数字化绿色化融合创新.....	52
(一) 数字化绿色化基础能力.....	52
(二) 数字化绿色化融合技术体系.....	54
(三) 数字化绿色化融合产业体系.....	60
附录：双化协同领域国家标准参考目录.....	67

## 一、总则

### （一）适用对象

本指南主要面向各地区政府和相关部门，行业协会、高校和科研院所等机构，以及相关行业企业。不同主体要依据本指南相关内容，部署和开展各项双化协同工作。

省级政府和相关部门，依据本指南，制定和部署本地区、本行业相关政策，统筹推进工作开展。地市级政府和相关部门因地制宜开展实际工作。

行业协会、高等院校和科研院所等机构，依据本指南，推动行业积极开展双化协同，加强产学研合作、加大技术攻关与创新、加快成果转化与产业培育。

相关行业企业，依据本指南，明确双化协同技术创新需求、产业投入和发展方向，通过数字化技术促进企业生产方式绿色转型，切实提升企业数字化绿色化发展水平。

### （二）发展原则

**创新引领。**坚持把创新作为引领发展的第一动力，突破传统思维和方法，在双化协同中积极探索新理念、新技术、新业态、新模式，促进数字化绿色化全方位融合，加快推动新质生产力发展。

**协同推进。**建立完善统筹协调机制，支持跨地区、跨部门、跨行业协作配合，推动数字化和绿色化政策协同、资源共享、优势互补，加速产学研用多方协作，明确工作重点，强化分工落实，推进数字化绿色化协同发展。

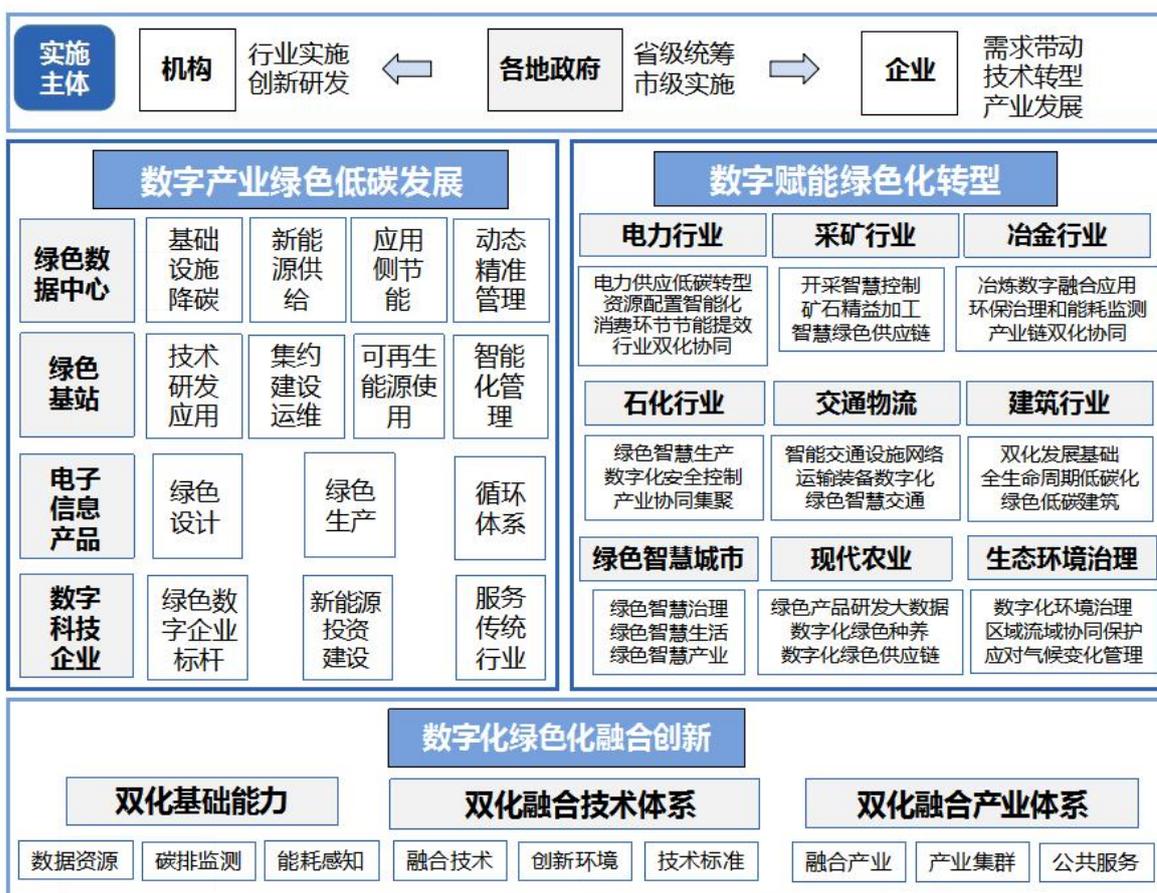
**开放合作。**以多双边开放合作促进经验交流和资源共

享，营造开放包容的数字化、绿色化合作环境，持续加强双化协同政策、标准、技术和人才方面的国际合作和国际互认，拓展国际交流合作新空间。

**务求实效。**立足数字产业绿色发展和重点行业绿色化转型，强化供给侧与需求侧共同发力，充分结合地区资源禀赋和发展基础，积极开拓地区特色双化协同发展路径。

### （三）总体框架

指南在创新性、协同性、开放性和务实性原则指引下，按照“323”总体框架进行布局，如下图所示：



**明确双化协同三类实施主体：**由各地方政府和相关部门抓统筹落实，由行业协会和高校科研院所等机构推动行业转型和创新研发，由企业作为双化协同转型发展核心主体。

指明双化协同**两大发力方向**：一是要加快数字产业绿色低碳发展，推动数据中心、通信基站、电子信息产品等关键领域的绿色化转型。二是要发挥数字科技企业创新作用，促进电力、采矿、冶金、石化、交通、建筑、城市、农业、生态等九个重点领域的绿色化转型。

提出双化协同融合创新**三方面布局**：在全面推进双化协同实施过程中，要积极布局**双化协同基础能力、融合技术体系、融合产业体系**，充分发挥双化协同对各地区、各行业的创新驱动作用，助力产业高端化、智能化、绿色化。

## **二、数字产业绿色低碳发展**

各省要加强统筹、市级政府相关部门要进一步明确本地区数字产业绿色低碳发展策略，支持引导基础电信运营商和互联网等数字科技企业升级绿色数据中心、绿色基站等设施建设，提升电子信息产品绿色制造水平，发挥数字科技企业在绿色供应链、促进能源转型和传统行业赋能方面的带动作用。

### **（一）绿色数据中心**

通过基础设施降碳，优化新能源供给方式，加快推进应用侧节能，提高水资源利用效率，实施动态化精准管理等手段，共同推动绿色数据中心建设。

#### **1.强化数据中心基础设施降碳**

**降低数据中心建设环节能耗**。鼓励开展机房气流组织优化，缩短送风距离，加快推广机房冷热通道隔离、微模块、整机柜服务器、余热回收利用等技术。鼓励推广标准化、规

模化预制模块建设数据中心模式，缩短建设周期，提高部署效率。

**加强节能技术研究。**加强高密度集成等高效 IT 设备、冷热通道密封、盲板密封、直流变频、间接蒸发冷却、液冷、AI 算法等提升制冷系统能效的研究。创新研发高压直流供电、高效交流不间断电源、集成式电力模块等高效供电技术和产品，减少电能转换环节，提高系统能效碳效及资源利用率。加快软件层面节能创新，以算法和模型优化降低软硬件能耗，推动数据中心算效水平提升。

**发展高能效液冷服务器集群。**支持发展液冷服务器集群，降低液冷技术的使用成本。鼓励企业、高校、科研院所等相关机构开展液冷关键技术研究、标准制定等工作，形成产业建设共识，推动形成良好的产业生态。加强液冷产业融合集群发展政策支持，优化产业集群发展软环境。

## **2.优化数据中心新能源供给方式**

**推动算力电力协同布局。**统筹数据中心发展需求和新能源资源禀赋，科学整合源荷储资源，开展算力、电力基础设施协同布局规划，积极建设国家绿色数据中心。探索新能源就近供电、聚合交易、就地消纳的“绿电聚合供应”模式。整合调节资源，提升算力与电力协同运行水平，提高数据中心绿电占比，降低电网保障容量需求。探索光热发电与风电、光伏发电联营的绿电稳定供应模式。

**推进数据中心新能源设备应用。**推进数据中心绿色微电网建设，支持数据中心自建屋顶分布式光伏发电配套系统，

逐步推动模块化氢电池、光热发电等在小型或边缘数据中心的规模化应用，探索数据中心多元化储能和备用电源装置应用。支持数据中心以梯次利用动力电池进行削峰填谷用能，避免与用电高峰重叠。

### **3.增强数据中心应用侧节能**

**优化数据中心梯次化布局。**依托全国一体化算力网络国家枢纽节点，打造高速互联、数据流通、优势互补的数据中心集群，强化省级数据中心、边缘数据中心布局。构建联网调度、普惠易用、绿色安全的全国一体化算力网，积极推动东部人工智能模型训练推理、机器学习、视频渲染、离线分析、存储备份等业务向西部迁移，促进东西部协同联动。鼓励一线城市周边地区承接城市外溢需求，建设热数据聚集区。引导承载冷数据的数据中心优先向气候适宜、可再生能源富集的国家算力枢纽节点部署。

**加强数据中心算力资源合理设计和智能调度。**明确数据中心管理责任以及数据传输过程中全生命周期的管理规范，筑牢数据安全屏障。鼓励相关企业梳理不同场景下的计算需求，量化跨区域调用算力资源所需的网络带宽及相关指标，保障数据中心算力资源合理配置和智能调度。

**加强提能效、降能耗行为优化和管理。**加快服务器、存储等算力主设备能效标准制定，引导节能型设备生产。加强数据中心服务器上架率、负载率监测管理，引导数据中心企业提高上架率和负载率水平，减少能源资源浪费。加强数据中心实际运行 PUE（电能利用效率）值动态监测和管理，推

动数据中心用电价格纳入差别电价政策执行范围，按实际运行 PUE 值执行阶梯化用电价格。

#### **4.实施数据中心动态化精准管理**

**构建数据中心关键能效指标监测体系。**建立数据中心电能利用效率、水资源利用效率、碳利用效率等关键能效指标的评价标准和监测体系，推动提升数据中心算力碳效水平，建立绿色数据中心全生命周期评价机制。积极落实数据中心能效限定值和能效等级国家标准，科学合理设定各区域、各类型数据中心能源效率限额。新建大型及以上数据中心 PUE 值降到 1.3 以下，严寒和寒冷地区 PUE 值力争降到 1.25 以下。

**推进数据中心精准能碳监测系统建设。**鼓励数据中心积极利用物联网和传感器技术，建立高效的能碳监测管理系统，实现对水、电、气等各类能源监测管理，识别高耗能设备和过度能源消耗的环节，确保在稳定提供服务的基础上，降低能耗和碳排放。科学合理确定各区域数据中心能耗绩效考核指标，制定数据中心节能降碳时间表，出台鼓励企业尽早实现碳减排的奖励办法，对数据中心开展能源计量审查和碳计量审查。推进能耗监控向碳核算、碳计量、碳目标管控方向拓展，实现数据中心从能耗双控到碳排放双控能力的升级。

**创新数据中心服务模式。**结合碳排放权交易试点，研究将数据中心纳入碳排放配额管控的可行性。优化公共算力服务能力，鼓励推出算力共享、算力错峰等新业务模式，进一步降低公共算力成本。加快探索构建市场导向的绿色低碳算

力应用体系，推动业务模式、计费模式和管理模式创新。

## 数据中心绿色低碳实践案例

### 一、背景介绍

本案例从绿色技术、绿色运营、绿色用能等角度综合介绍了某企业数据中心的绿色低碳典型实践。该企业以“高性能、绿色低碳、数字智能”为原则，打造低碳、绿色、高质量的数据中心。通过自主研发高效供电设备和单相浸没液冷技术，构建云边端一体化监管控生态体系，提升运营效率，增加绿电比重从而优化数据中心用能结构。

### 二、主要做法

#### （一）绿色技术：架构设计

实行统一技术标准，采用标准化建设和运维，交付周期可缩短至 12 个月。充分利用自然冷却技术，采用自主研发的新型供电设备，提升系统效率。中国最大规模单相浸没液冷集群于 2020 年 9 月开服，实现 100%无机械制冷。

#### （二）绿色运营：数字化平台+高效资源利用

建立数据中心监控运维平台，形成云边端一体化监管控生态体系，覆盖全球 100 多个主站机房，1000 多个告警策略实时在线分析，告警准确率达到 98%。建立全国首个智能机器人运维的数据中心，运维效率提升 10 倍。

能源与碳管理平台实时联动，推动能源与碳数字化、智能化管理。某地数据中心园区可供热余热负荷 100 余 MW，年减少碳排放约 14 万吨。某地数据中心园区利用海绵城市的节水新技术，设计年雨水回收量共约 3 万吨。

#### （三）绿色用能：优化用能结构

积极开展自建基地内新能源项目开发。与高校合作，实现全球范围内首次数据中心和电力系统间以促进可再生能源消纳为目标的协同调度。

### 三、经验启示

积极推动自身及行业节能减碳，单相浸没液冷解决方案和智能化管理平台已在科教研、制造业、汽车&自动驾驶、运营商等领域推广应用，整体能耗下降 34.6%，助力低碳绿色数据中心构建。全球 100 个主站机房实现 100%PUE 数据分析可视化，结合机器学习算法持续优化，实现数据中心人效、能效双提升。已开放 9 项数据中心低碳发明专利，积极进行绿电和零碳清洁能源交易，促进数据中心绿色化发展。

## （二）绿色基站

通过开展基站设备节能技术研发与应用，加强基站网络集约化建设运维，提高基站可再生能源使用，提升基站智能化管理水平，全面推进基站绿色低碳发展进程。

### 1.开展基站设备节能技术研发与应用

**推动基站设备节能技术研发。**鼓励基站采用设计更精密、集成度更高的高制程芯片，采用更高效的氮化镓功放，应用新型材质滤波器、新技术供电电源。支持引入自然冷源等新型散热技术。优化功放算法，加强智能符号静默、通道静默等软件节能技术研究。

**推动基站设施节能技术应用。**发展一体化无机房极简基站的技术研发应用，通过“以柜替房、以杆替站”，关空调、去机房、减天面等方式实现基站设备和配套简化，降低对空调和备电的需求，进一步降低基站能耗。引导产业各方深度融合，提高基站设备的能效水平，推进节能产品落地应用。

### 2.加强基站网络集约化建设与运维

**推进杆塔类公共设施共建共享。**整合各类杆塔资源，建

设智慧杆塔及配套设施，加载照明、通信、传输、视频、报警、信息发布等功能，推进“一杆多用”“一塔多用”。深入分析杆塔类设施挂载设备使用年限和未来挂载功能，适度预留外设位置和接口，使其具备良好的扩展能力，尽量避免重新改造。

**支持基站网络共享与智能化运维。**提高资源共享率，支持建设基站集中入网系统，实现入网验收任务接收、测试数据的采集与回传、验证结果报告一键查询等功能。结合人工智能技术，引入智能业务预测算法，提高针对每个小区、不同时间点的预测准确度，从而精细化制定相应的节能策略，形成“节能智能大脑”，做到“一站一策、一时一策”。

### **3.提高基站可再生能源使用**

鼓励发展风光互补基站供电系统，提升清洁能源供电力度。鼓励研发氢燃料电池不间断供电系统，拓展站点绿色电力供给方式。鼓励发展智能管控的蓄电池储能应用，将光伏板、风力发电所产生的绿色能源接入蓄电池，结合传统电网供电，实现基站混合能源智能调配与柔性利用。鼓励建设智慧绿站，根据基站业务状态及新能源供能水平，实现基站新能源用能一体化管理。

### **4.提升基站智能化管理水平**

**推进基站用能监测与评估。**以基站用能监测平台建设为抓手，对基站设备和基站总能耗情况进行实时监测、统计和分析。完善基站设备能效评估体系，探索制定主设备、供电设备等不同层级基站设备能效评估方法，适时组织开展基站

能效评估测试。

## 基站智能硬关断节能实践案例

### 一、背景介绍

随着全国通信网络规模和用户规模不断扩大，通信企业设备运行的耗电量已经成为不断增加的重要成本。在众多的用电成本中，基站用电量占有相当大的比例。基站智能硬关断项目可实现远程精细化管理和智能管理，进一步节约能耗成本。

### 二、主要做法

面对无线网络流量的潮汐效应，导致闲时期间电量浪费的现状。通过引入智能硬关断节能技术应用，重点对 5G 及 3G/4G 的宏站及室分等场景设备，采用智能开关进行闲时自动关断节能，包括 5G 的 AAU/RRU 模块及 3G、4G 的设备实施能源管控服务，实现基站降低能耗。

#### （一）搭建硬件设施

智能硬关断的硬件配置是由控制器、智能直流/智能交流断路器及 4G CAT1 物联网通信模组组成。控制器汇总各项数据，通过 4G 无线信号完成上下行传输，能够控制、管理智能断路器，实现配电数据及用电计量数据监测、远程控制、安全保护功能。

智能硬关断可根据现场情况按需配置智能断路器个数，串入交/直流设备电源线，控制交/直流设备的电源关断及导通。通过 4G 无线信号接入智能管理平台，对各分路智能断路器实现精细化管理。

#### （二）部署功能应用

“硬关断动作+软关断指令+AI 智能算法（协同管理）=节电能力最大化”思路，部署功能应用。

硬关断：利用外部硬件智能开关，在指定时间段，如整夜、凌晨、淡季、白天低峰期等，实现 5G 基站 AAU 的自动下电。采用智能断路器或控制器替换原有 AAU/RRU 供电开关，标配 RS485 接口，通过网关扩展无线远传功能实现远程智能控制 AAU 开关。

软关断：可以实时监控 5G 基站的电压、电流、用电情况，并完成 AAU/RRU 的用电量分析、电费统计、节能对比，实现基站能耗数据的精细化管理。

AI 节能平台：使用 AI 规则，智能判断小区的节能时段，并生成节能指令。基站设备执行节能策略，并确保任务完成后，小区恢复正常。AI 节能可对基站进行软关断，也可通过电源智能监控系统进行硬关断。基于智能算法及云平台大数据分析，根据不同基站场景提出针对性的夜间硬关断节能建议。

综上，根据基站连接用户数、PRB（空口资源利用率）的实时参数，利用南向接口向 5G 基站下发休眠/唤醒等指令。

### 三、经验启示

根据不同场景的实际情况，在不影响用户体验前提下，制定供电控制策略，实施远程或本地控制，提高负载供电精细化管理程度。基站智能硬关断项目降低年综合能源消费量 1194.5tce(当量值)、2721.6tce(等价值)，年节约电费成本约 660.9 万元，为地区减少碳排放做出重要贡献。

## （三）电子信息产品绿色制造

通过在电子信息产品的设计、生产、回收等全生命周期推广应用绿色化技术，实现电子信息产品向低功耗、智能化、循环化方向转型升级。

### 1.开展电子信息产品绿色设计

**推进产品绿色设计。**通过数字孪生等仿真模拟手段，开展轻量化和减量化设计、电路设计与优化、材料选择模拟和测试，减少有害物质源头使用，降低工艺过程中的能源与资源消耗。大力支持更高集成度、更高性能、更高能效的电子信息产品设计，不断提升芯片、整机、终端等电子信息产品

的低功耗设计水平。

**开展电子信息产品绿色认证。**建立健全电子信息产品能效、碳足迹核算核查、低碳评价、绿色产品评价标准体系，推行电子信息产品绿色评估认证和标识制度，推广产品的碳信息披露，加大绿色低碳产品和解决方案供给。

## **2.发展电子信息产品绿色生产**

**深入推进生产环节智慧化低碳化应用。**构建数字化绿色制造体系，实现动态监测、精准控制和优化管理。推广具备能源利用高效化、污染减量化、废弃物资源化和处理无害化等功能的工艺技术和设备。利用屋顶、空地等空间，建设分布式光伏等基础设施，加速电子信息产品生产环节用能方式转变。

**全面贯通绿色供应链管理。**推动相关企业建立绿色供应链管理平台，引导企业将绿色低碳作为合格供应商评定及采购的重要指标。鼓励链主企业在有害物质管控、绿色低碳评价、降碳管理运营、产品绿色营销等环节发挥带头作用，并及时披露绿色低碳信息，全面提升产业链供应链的绿色低碳水平和稳定性。

**推行绿色包装材料。**完善电子信息产品绿色包装标准，逐步推行绿色包装材料，积极采用微细瓦楞纸等环保材料和可循环利用材料。在产品运输过程中推行集约化包装，避免消费过程中过度包装。

## **3.健全电子信息产品回收循环体系**

**促进电子信息产品循环利用。**加快落实生产者责任延伸

制度，强化电子信息产品从生产环节向产品设计、流通消费、回收利用、废物处置等全生命周期管理。利用数字技术构建产品全流程可追溯系统，以线上线下相结合的方式，打造涵盖以旧换新、售后回收、竞拍、分级分类应用等多种途径的电子信息产品循环利用场景。

**推动电子信息产品再制造。**建立健全电子信息产品再制造管理办法和标准体系，完善产品再制造评价方式、机制和流程，探索开展产品再制造认定。加快增材制造、无损检测等关键再制造技术的创新应用，推动废弃电子信息产品的资源化利用。

### 绿色供应链数据管理平台实践案例

#### 一、背景介绍

本案例中绿色供应链数据管理平台是某企业自主研发的国内首个电子产品绿色设计与评价平台。通过提供产品生命周期评估、碳足迹计算、环保合规管理等服务，实现科学有效地评估产品碳排放、水体污染等综合环境负荷。

#### 二、主要做法

绿色供应链数据管理平台以 FMD（全物质信息披露）和 LCA（生命周期评价）的管理模式为基础解决方案，通过 FMD 数据以及产品在生产、制造、运输、使用、废弃回收等各生命周期阶段信息的收集与评估，综合分析产品环境负荷，智能管控供应链环保风险。实施情况如下：

自 2013 年以来，该企业率先开展供应链 FMD 管理，变革产品环保合规管理模式，至今已有 450 家上下游企业参与，积累了 10 万多条 FMD 数据。

2020 年该绿色供应链数据管理平台正式投入使用，通过对全物

质披露、生命周期各阶段源头数据的采集与分析，实现了源头预防管理模式的创新。平台设置了较完整的数据管理流程，形成了实时可查的环保数据流，实现了过程化管理。此外，该平台还能科学识别合规风险，精准锁定问题，提升绿色供应链管理的精准度。

平台将在全球供应链范围内逐步使用，涉及原材料、组件、部件层以及整机制造，逐步构成覆盖全产业链的绿色大数据平台。多层级的供应链数据管理，可有效调动供应链上下游共同参与，带动整个行业提升数字化和绿色化协同转型能力。

### **三、经验启示**

该平台目前已在 6 大主要业务群推广，涉及 24 个产品大类的数百万台设备，惠及 60 多家供应商和数百家用户。平台通过源头预防、过程管理，降低企业合规风险。通过替代传统的检测、认证手段，节约企业环保管理成本并提升管理效率。同时，更高效满足各国环保要求，促进产品顺利进入国际市场。

### **（四）数字科技企业低碳发展**

通过率先打造绿色数字企业标杆，加大对新能源领域投资建设，服务传统行业绿色发展，充分发挥数字科技企业在双化协同实施中的示范引领作用。

#### **1. 打造绿色数字企业标杆**

**数字科技企业自身全流程绿色化。**鼓励企业制定实施碳达峰碳中和行动方案，建设绿色工厂，推动企业建立完善绿色生产、绿色采购、绿色办公、节能改造等管理办法和规章制度，实现企业生产、运输、办公、服务等全流程的绿色化设计、包装、交付和运营。建立完善碳排放信息披露制度，探索建立数字科技企业绿色信用等级评定机制，开展绿色数字企业评价，发布企业年度绿色发展报告。

**提升设备建设运营绿色化水平。**鼓励数字科技企业优先采用《国家工业和信息化领域节能降碳技术装备推荐目录(2024年版)》中的节能技术产品，加快业务平台和信息技术系统云化，建设完善数字化运营平台，提升各类设施能耗精准化、智能化管控水平。鼓励企业完善高能耗、低能效网络设备管理，重点针对技术相对落后、能耗较高的老旧网络设备和效率低的电源、电池、空调等基础设施产品，有序开展退网工作，逐步形成科学完备的老旧设备回收、处理及循环利用体系。

**搭建绿色价值链与供应链。**鼓励数字科技企业搭建绿色价值链与产业链平台，推动产业链供应链上下游深度合作，协同开展绿色产品设计、生产和使用。支持数字科技企业在采购中加大对用能效率、绿色制造工艺、使用寿命等要求，引导供应企业加大绿色技术产品的研发与供给，降低全生命周期平均碳排放水平。

## **2.加大对新能源领域投资建设**

**参与绿色技术投融资。**鼓励数字科技企业积极参与绿色投融资合作，建立绿色发展股权投资基金。发挥国家产融合作平台作用，通过区块链可信交易、大数据交易撮合等多种方式，灵活开展绿色产业投资合作。

**鼓励企业自建或投资可再生能源项目。**鼓励企业在自有场所建设可再生能源设施，与绿色能源方案提供方合作就近消纳。支持数字科技企业投资建设可再生能源项目，逐步推进可再生能源在产品生产基地广泛应用。

**参与绿色电力消费与交易。**鼓励数字科技企业通过双边交易、购买绿色电力证书等方式，提升绿色电力在能源消费中的比例。重点推动京津冀、长三角、粤港澳等外向型企业较多、经济承受能力较强的地区发挥示范引领作用，积极探索数字科技企业激励机制，简化企业绿电购买流程，促进企业增加绿电消费。

### **3.服务传统行业绿色发展**

**鼓励技术创新。**鼓励数字科技企业主动融入传统行业企业绿色技改中，推动数字技术与减碳技术深度融合。引导企业积极参与垂直行业降碳技术方案应用开发，提升面向垂直行业绿色化转型的服务能力。

**支持中小企业低成本绿色发展。**鼓励面向传统行业开放数字化能耗和碳排放管理服务平台，增强中小企业在运行成本控制、环保效益提高、能源效率提升等方面的数据分析能力，降低中小企业绿色化转型发展的成本投入。

#### **企业“净零行动”——自身运营和供应链碳中和实践案例**

##### **一、背景介绍**

该企业通过自身碳盘查、制定目标和行动路线，积极推动企业绿色低碳发展。系统梳理范围 1—3 的碳排放源，依照国际公认的 GHG Protocol 完整、扎实地完成碳排放盘查。提出“不晚于 2030 年，实现自身运营及供应链碳中和；不晚于 2030 年，实现 100%绿色电力碳中和目标；确定了节能提效、大幅提高可再生能源使用和碳抵消等三条碳中和执行路线”。

##### **二、主要做法**

###### **（一）新能源技术创新**

在新能源技术创新方面，该企业深入分布式光伏、新能源微电网、BIPV、源网荷储一体化新型技术，已建和在建 IDC 园区新能源装机容量超 80 兆瓦，规划新能源与该企业数据中心建设联动并推动多个战略合作协议，推动先进技术应用创新，节约园区用电。

### （二）碳矿化封存技术

碳捕集利用与封存（CCUS）是低碳技术领域的关键技术体系，该企业正在联合冰岛某公司，推动亚洲地区首个二氧化碳矿化封存技术试点项目在中国的落地。

### （三）减缓冰川消融技术

该企业与“科学探索奖”获得者团队合作，支持辐射制冷材料帮助减缓冰川消融的试点，拓展创新材料在气候适应上的应用。此外，该企业还在积极探索农业减排技术推广、数字化及传感技术赋能林业碳汇开发等多个技术领域的应用。

## 三、经验启示

该企业密切关注碳中和创新技术的发展，为产、学、研各界创新提供多样化的资源支持。通过科研资助、试点示范、商业模式创新，加速部署低碳技术的落地应用和商业化技术迭代。通过乡村分布式新能源建设，为当地居民增收，助力乡村振兴。

## 三、数字技术赋能绿色化转型

该部分重点面向电力、采矿、冶金、石化、交通物流、建筑、绿色智慧城市、现代农业、生态环境治理九大领域，明确了数字技术赋能设施、技术、应用等重点环节的绿色化转型路径。

### （一）电力行业

各地方政府和相关部门要强化本地区统筹部署，发挥行业协会的引领作用，积极支持和促进电力供应低碳转型，提升电力系统调节能力，加快电力消费环节节能提效，以数字

化手段实现电力行业供给、输送、消费等重点环节的绿色化升级。

### **1.促进电力供应低碳转型**

**提升新能源主动支撑能力。**发展新能源功率预测和主动支撑技术，加强新能源广域时空互补和全局优化调度，加大送受两端协同技术研究。加强新能源基地智能化技术改造，提高弱送端系统调节支撑能力，提升分布式新能源智能化水平，促进新能源发电可靠并网及有序消纳。

**加快传统电源智能化升级。**加快火电、水电等传统电源数字化、智能化升级，提升抽水蓄能调节电源智慧化水平，推进智能分散控制系统发展和应用，助力燃煤机组节能降碳改造、灵活性改造、供热改造“三改联动”。依托数字技术提升发电机组燃料综合效益优化和设备运行效率优化，充分发挥水电机组、火电机组等调节能力，充分释放灵活电源调节潜力。

### **2.提升电力资源配置智能化水平**

**建设智慧化调度体系。**适应大规模高比例新能源和新型主体对电力调度的新要求，加快新型调度控制技术应用，做好调度与电力市场的衔接。探索应用主配微网协同的新型有源配电网调度模式，强化分布式资源管控能力，提升配电网层面就地平衡能力和对主网的主动支撑能力。

**赋能配电网高质量发展。**加强配电网调度智能化建设和信息安全防护系统建设，全面提升可观可测、可调可控能力，逐步构建主配微网协同的新型有源配电网调度模式。优化分

布式新能源渗透率较高地区的保护控制策略，支持各类用户侧调节资源通过虚拟电厂、负荷聚合等方式参与市场。提高状态实时感知与故障处理能力，加强分级分层控制，强化分布式电源管控能力。

**发挥储能灵活调节作用。**基于物联网、边缘计算等技术，对储能电池、储能变流器、电池管理等系统开展数据采集感知，加强多维度数据融合分析和模型构建，解决储能状态精准评估、安全与寿命预测、智能调度辅助决策难题，实现储能状态全掌控、调节能力边界清晰、与电网友好互动。提高储能参与新型电力系统协同调控及诊断运维智能化水平，充分发挥全国新型储能大数据平台作用。

**提升电力市场资源配置水平。**持续推进多层次统一电力市场体系建设，进一步提升市场主体间信息共享的透明度和即时性，充分发挥市场在资源配置中的决定性作用。完善多元主体参与电力市场机制，推动电力市场和碳市场数据交互耦合，完善绿电、绿证与碳排放权核算与统计体系，更好支持各类市场主体参与绿电绿证、国家核证自愿减排量交易。

### **3.加快电力消费环节节能提效**

**提升需求侧协同能力。**依托新型电力负荷管理系统，建立需求侧灵活调节资源库，优化调度运行机制，完善市场和价格机制，充分激发需求侧响应活力。结合电力保供、新能源发展等需求，利用当地源荷储资源，推动虚拟电厂建设。

**探索智能化用能服务模式。**引导工业、商业、居民家庭等领域用电基础设施和终端设备的智能化改造，构建协作互

联、安全可控的智能用电融合基础设施。大力促进智能化用能服务模式创新，拓展面向终端用户的能源托管、负荷智能调控、节能管理等多样化智能化用能服务，引导用户实施技术节能、管理节能策略，提高终端能源利用效能。

#### **4.提升电力行业双化协同水平**

**推动电力规划建设一体化协同。**推动能源资源、气候资源、国土空间、电力规划、项目规划等电力基础信息的数据共享，强化风、光、水、火、储以及配套电网规划建设大数据分析能力，科学规划大型新能源基地的开发布局、投产时序和消纳方案，支撑新型电力系统规划建设。

**构筑能源电力新型数字基础设施。**加快电力装备智能传感与量测技术研发，提升面向海量终端的多传感协同感知、数据实时采集和精准计量监测水平。推动电力系统数字呈现、仿真和决策，探索人工智能及数字孪生在电力调控决策支撑方面的应用，提高电力系统仿真分析能力。加强融合本体安全和网络安全的能源装备及系统保护技术研究，支撑电力系统安全稳定运行。

**推动能源数据融合应用。**推动煤、油、气、电、水等能源数据的统一汇聚与共享应用，加强能源数据精准溯源、安全共享及多方协同技术研发，构建能源数据分级分类管理应用机制，探索构建新型能源体系数据底座。拓展能源数据在社会管理、公共服务、能源监管、经济调节、碳排放双控、生态环境保护等领域的应用场景，孵化能源数据增值服务产品。

## 某地工业中心绿色微电网案例

### 一、背景介绍

本案例采用“自发自用，余电上网”模式，将光储充、暖通空调、气象预报、生产管理等系统接入智慧能源管理平台，实现了对“源-网-荷-储”柔性精准调控，同时具备需求响应等功能。

### 二、主要做法

#### （一）积极利用“绿源”，实现大比例新能源替代

经过科学模拟测算，兼顾投资回报率和园区低碳水平，本案例部署了 12.3MWp 分布式光伏系统，包含 10.0MW 屋顶分布式光伏和 2.3MW 车棚光伏。

#### （二）交/直流智能微电网，护航园区安全稳定生产

本案例架构了“光、储、充、配电、升压、并网”全要素直流微电网系统，并设计离网运行的模式，当外网停电时，系统自动切换到离网运行模式，由储能系统保障 750V 直流母线重要负荷供电。

#### （三）智慧能源管理平台智慧调节，柔性降荷

通过与异构系统对接，可对接诸如光伏系统、储能系统、充电桩系统、空调暖通系统、照明系统、天气预报系统、生产管理系统的信息和数据，也可对接如虚拟电厂云平台、电力交易平台等其他平台；适配多种改造场景的同时保留原有操作习惯；应用冗余和校验机制，保证柔性调控的刚性执行。

平台创新应用 AI 预测算法，可实现对太阳能和风能的发电量情况的短、中、长期预测及对负荷功率的预测。其光伏预测算法、负载预测算法精准预测高达 90% 以上。

#### （四）需求侧响应示范，支撑新型电力系统建设

智慧能源管理平台作为园区负荷的调控中心，聚合峰谷电价、光伏发电、储能及负荷特性，满足需求侧的精准响应。通过与当地供电公司高度协同，结合储能特性，通过对负荷的无感柔性调控，可实现高达 20% 负载的需求侧响应，支撑电力供需平衡，有力支持

当地新型电力系统建设。

#### （五）5G 智慧配电，打造创新示范基地

采用网络切片及 CPE 二层网络通信,以及通道优化等技术,保障配电通信的安全性、高可靠性、低延时性能。由此降低项目通信成本,并打造 5G 智慧配电基地,不断探索 5G 配电新场景。

### 三、经验启示

#### （一）采用灵活业务模式，加速低碳转型

低碳需要较大的初始投资,企业除了自有资产投资建设外,可选择灵活的业务模式。随着绿色金融发展,借助合同能源管理机构或服务商提供的专业技术和资源,可降低企业低碳转型的成本和风险,提升各类资源的利用率,推进循环经济,从而加速企业的低碳转型。

#### （二）推广创新技术应用，提高低碳水平

当地工业中心交直流微网系统、智慧能源管理平台、负荷侧无感调控,对园区能源安全,大比例绿电替代和就地消纳,以及区域新型电力系统的建设起着重要作用。低碳转型应以技术创新为驱动力,多举措加快低碳技术创新突破。

#### （三）智慧平台调控，实现无感快捷需求响应

以智慧管理平台为基础构建交直流互联的园区绿色微电网,可通过多策略源网荷储精准柔性调控技术,动态平衡区域内的能源供需,更快更好实现与省市级需求响应平台协同控制,助力微电网高效安全稳定运行。

### （二）采矿行业

各地方政府和相关部门以及行业协会要鼓励行业企业综合利用数字孪生、人工智能等数字技术,全面加强开采过程绿色化智慧控制,矿石绿色精益生产加工,绿色供应链建设,实现采矿行业全流程绿色化转型升级,助力矿产资源开发与生态环境保护协调发展。

## **1.加强开采过程绿色化智慧控制**

**积极开展数字勘探。**利用数字孪生技术对矿山进行数字化还原，基于海量勘探数据，建立勘探大模型，为成矿预测和圈定找矿靶区提供智能化决策依据。推广应用无人机等智慧探测设备，提升矿产资源的勘探效率和精度。建设智慧勘探系统，利用人工智能技术发展智能地质填图、智能地质矿产勘查与勘探等技术和系统，推动地质填图、矿产地质调查、资源量估算、矿体三维建模、矿山开采等勘查全过程数字化、网络化和智能化。

**推动矿石智慧采掘。**开展矿山智能化作业和危险岗位的机器人替代示范，实现矿山高危作业少人化、无人化。综合利用传感器、智能摄像头等设备，进行采掘过程危险实时监控与预警响应。

## **2.开展矿石绿色精益生产加工**

**推动数字化矿物分离与精炼。**建设智慧选矿车间，对选矿生产各环节要素进行数字化、自动化和协同化管控。推广智能光电技术在矿种分选、精炼中的应用，通过高清扫描、精准识别及高速运算，快速捕捉并实时分析显示物料，深度识别微小而精细的杂质，实现更高的选矿产量和更好的产品质量。

**打造矿石加工智慧节能产线。**采用自动控制系统，对给矿、浓度、分级溢流粒度等方面进行自动化控制，在皮带机、压风机、渣浆泵等负载上采用智能变频控制，有效减少能源消耗。

### 3.打造矿产绿色智慧供应链

**推动矿产智慧物流应用。**构建矿产“产运储销”产业链平台，加强矿产资源供需信息对接，实现“产得出、输得走、供得稳”。建设矿产运输物流服务平台，推动矿产运输“散改集”，提高物流运输效率。推动智能矿山运载机器人、无人驾驶电动矿卡等应用，提升露天矿产运输效率和安全性。

**开展矿产供应链碳足迹管理。**加快完善企业碳排放管理制度，引导编制温室气体排放清单、核算排放量，建立行业碳足迹背景数据库，对矿产加工、运输等碳排放重点环节进行精细化、智能化管理。

#### 5G 助力铁矿绿色高效生产实践案例

##### 一、背景介绍

本案例利用 5G 网络大带宽、低时延、高可靠性和海量连接的特性，实现井下通信、设备的全量感知、远程控制无人化和人员环境智能安全监控，以达到绿色生产、无人少人化、作业效率提升的目的，促进产业全面转型升级。

##### 二、主要做法

###### （一）创新推动矿下 5G 网络覆盖

建设井下 5G 防爆基站、基站控制器、MEC、5G 防爆终端等 5G 专网系统，结合多种矿企应用场景，首创实施了 NE 分流技术和 5G 煤机装备定制网关。采用 5G+UWB 融合基站的新形式，一次建设同时满足网络覆盖和定位要求，建设成本降低 30%，基站建设时间节约 5 人/天。

###### （二）建设人员定位系统

帮助管理人员实时监测矿工位置和工作状态，从而更好地安排资源和调度工作。通过优化矿工的分配和任务安排，减少不必要的

行走和等待时间，使工人调度效率提升 15%。

### （三）建设矿山监测监控系统

对矿区大气、水、土壤环境等进行实时监测，实现井下视频监控、能耗管理、环境监测的综合管理，在助力实现绿色低碳生产的同时，进一步保障了矿工生命安全。

### （四）井下无人运输系统

利用 5G 高可靠性、实时性，推动井下运矿电机车的无人驾驶和远程控制，实现井下运输及运输系统的定位、通信、管控、调度、导航、路径规划等，进一步优化运输路径，提高运输效率，保障运输安全，助力绿色低碳发展。

## 三、经验启示

通过井下无人电机车的应用，提高了生产效率与生产质量，生产运输效率预计可提高 20%—30%，电机车运输班组人员减少 33% 左右。同时，进一步优化矿山运作方式，实现对生态的恢复和保护。

## （三）冶金行业

各地方政府和相关部门要明确冶金行业双化协同实施路径，联合行业协会等机构，进一步通过强化生产过程数字技术融合应用，提升冶金环保治理和能耗监测水平，全面提升产业链数字化绿色化协同水平，实现冶金行业企业全过程的绿色化转型。

### 1. 强化生产过程数字技术融合应用

**打造智能冶炼工厂。**鼓励行业企业对冶炼设备进行数字化、智能化改造，提高产线自动化率。加快开展成套国产化智能装备应用，实现工厂数字化、网络化、少人化。综合利用 5G、物联网等新一代信息技术，构建泛在感知互联的工厂运行环境，提升钢铁行业烧结、炼铁、炼钢、轧钢，以及

有色行业火法熔炼、余热锅炉、管道溶出、萃取分离等重点工序智能化控制水平。

**建设冶炼大数据分析平台。**鼓励开展冶炼工艺数据分析和优化，健全设备故障智能诊断、过程参数优化、生产流程优化、数字仿真优化、经营决策优化等功能。探索建立产品碳足迹分析模型，综合分析产品全生命周期碳足迹分布情况，支撑碳足迹变化趋势预测及碳排放路径规划。

## **2.提升冶金环保治理和能耗监测水平**

**加强污染物数字化治理。**建立环保智慧管控平台，对企业有组织、无组织排放和清洁运输进行实时监测、监控和集中管理。综合利用物联网、数据统计分析等技术，对固废从产生到回收利用的全过程进行精细管控，提高废钢、废铁、煤尘、烟尘等固废资源化利用水平。提高废水处理智能化管控水平，实现废水处理药剂的精准投加、自动搅拌等功能，提升废水处理效率。支持废水智能化调配技术、转底炉稳定运行优化提升等技术的推广应用，最大程度提高废水、固废复用率。推动周围有噪声敏感建筑物的企业开展噪声排放自动监测站点建设，推动钢铁企业建立 ESG（环境、社会和公司治理）发布机制。

**加强行业能源监测与用能结构优化。**建设能源管控系统，利用数字化和智能化技术加强冶金行业能耗监控，实现多工序、多介质等不同维度之间的能源协同平衡与优化利用。支持采用智慧节能熔炼、热处理等设备，提高余热余压余气利用水平。积极构建电、热、冷、气等多能高效互补的

用能结构，利用数字技术实现清洁能源优化配置。建立钢铁工业能源动态数字化管理系统，推动动力公辅集中控制、数字化操控、精细化管理及智能化管控、碳排放及碳减排管控一体化发展，提升与主工序生产的动态协同性，实现能源介质的柔性保供和用能效率提升。

### 3.推动冶金全产业链数字化绿色化协同

**促进行业智慧循环体系构建。**构建产业间耦合发展的资源循环利用体系，打造多元融合的再生资源数字化供应链生态，助力铸造废砂再生处理技术应用、废旧金属循环再生与利用等循环系统构建。构建覆盖行业全生命周期的智慧物流体系，加强产业链跨地区协同布局，减少中间产品物流量。

**探索数字化赋能行业碳排放权交易的创新应用。**各地方政府和相关部门结合产业实际，加快部署钢铁、铜铅锌冶炼等行业参与全国碳排放权交易准备工作。探索利用区块链、大数据等数字技术，提升冶金行业碳排放数据自动化采集和分析能力，提高碳排放数据信息化管理水平。

#### 智能可视化模型炼钢实践案例

##### 一、背景介绍

传统转炉炼钢过程工艺控制模式，难以满足日益提高的炼钢质量要求与生产需求。本案例面向钢铁冶金转炉炼钢工业场景下智能化生产需求，依托工业互联网平台研发转炉炼钢在线可视化平台数字孪生制造模式，实现钢铁冶金转炉炼钢在虚拟空间的数字映射、实时监控和动态优化。

##### 二、主要做法

###### （一）开发核心功能应用

该案例作为一种基于工业互联网平台的数字孪生制造模式，搭建模拟实际研发设计和生产制造的数字模型，采集并关联研发生产工艺与设备各个运行工况数据。

## （二）创新搭建关键模型

通过工业互联网平台和智能网关实现数据采集，采用高精度数学计算模型，即使不依靠海量数据也能对工艺参数进行梳理、归类、分析，从而对模型进行完善和修正，在没有副枪和炉气定碳等自动检测装置的情况下，实现“一键式”转炉智能化自动控制炼钢技术。

该模型能够支撑铁水及废钢重量自动采集，通过网关上传到互联网平台，实现远程调试运维；当无铁水温度和成分条件时，模型可自主判断；吹炼过程实时预报并修正熔池 T、C、MgO 含量及炉渣碱度，实现吹炼过程可视化。

## 三、经验启示

本案例对转炉炼钢过程工艺控制方法进行分析，能够探索工艺控制技术的未来发展路径，有效推动我国钢铁工业的健康发展。

## （四）石化行业

在各地方政府和相关部门统筹部署下，行业协会等机构要积极引导和支持企业通过构建石化绿色智慧生产体系，开展石化企业数字化安全绿色控制，促进产业协同集聚发展，推进数字化赋能石化行业绿色化转型。

### 1. 打造绿色智慧生产体系

**优化生产工艺流程。**打造智能工厂，以 APC（先进过程控制）系统自动调整产线运行参数，实现生产过程卡边操作，降低能耗，提升生产效益。结合智能产线建设，探索建设数字孪生工厂、无人化工厂，实现生产自动化控制及安全环保管控水平提升。

**优化石化生产用能模式。**鼓励采用热泵、热夹点、热联合等技术，加强工艺余热、余压回收，实现能量梯级利用。探索推动蒸汽驱动向电力驱动转变，开展企业供电系统适应性改造、石化发电机数字化节能技术改造。鼓励石化基地或大型园区开展核电供热、供电示范应用。

## **2.开展数字化安全绿色控制**

**加强行业能耗碳耗监测。**建立完善行业能耗碳耗监测机制，建立炼油、乙烯、合成氨、电石等行业企业能耗和碳排放监测与评价体系，推进企业能耗和碳排放核算、报告、核查和评价工作。开展企业能耗碳耗数据精准监测，部署关键生产装置能耗监测设备，搭建工厂数字化节能平台，实现物料量和能耗量精准核定及生产效益实时监测，推动生产线动态调整。

**开展全流程“三废”污染管控。**加强废气、废水及固体废物精准监控，建立污染排放预测预警及问题闭环管控机制，打造“源头—过程—末端—成效”全流程污染危害识别管控。推动企业按照排污许可条例等要求，开展污染源自行监测，支撑企业污染源达标管控与环境管理决策。支持建设投用尾气回收、烟气治理等资源综合利用设施，探索打造零污染现代产线。

**加强高危加工环节实时智能管控。**建设危化品安全生产风险预警系统，推动危险化学品生产安全隐患实时监测预警、联动应急处置。部署气体报警仪，加强可燃有毒有害气体的实时监测，推动各类监控设备集中管理，提升应急处置

能力。持续推动 LDAR（泄漏检测与修复）技术应用，实现炼油化工装置潜在的泄漏点实时监测与及时修复。

### 3.促进产业协同集聚发展

**推动产业链联动与集聚发展。**坚持炼化一体化、煤化电热一体化和多联产发展方向，引导石化化工生产企业向化工园区转移，构建企业首尾相连、互为供需和生产装置互联互通的产业链。加强资源综合利用与基础设施共建共享，减少物流运输能源消耗及单位产品能耗。

**加强产业链重点领域的一体化应用。**支持企业开展业务数据管理与数据治理，打造生产执行、生产协同优化、储运物流自动化、能源管控等系统，构建智能炼化一体化产线。开展石化产业链供需数据监测，构建涵盖原油、化工新材料等上下游产品的供需一体化运营平台。

#### 耐火材料行业供应链数字化绿色化协同发展平台实践案例

##### 一、背景介绍

该案例通过搭建耐火材料供应链数字化绿色化协同发展平台，创新研发耐火材料行业“六方四流”供应链双化协同系统，实现行业众多供应商、采购商间的资源共享、在线交易、供应链金融、大数据分析、诚信体系等服务功能，有效解决了企业间交易领域长期存在的账期问题，构建新型交易规则，重塑供应链价值体系，加速耐火材料行业双化协同升级发展。

##### 二、主要做法

###### （一）打通供应链流程

借助行业核心网站的生态聚合力和影响力，开发建设耐火材料行业供应链数字化绿色化协同发展平台，该平台汇聚了“平台方、供应方、采购方、金融方、物流方、质检方”六方主体，打通了供

应方和采购方之间的“矿产、原料、制品、下游”四个流程，创新第三方专业供应链平台与大型企业平台“资源共享、互为促进”模式。与智能制造服务商深度合作，为行业企业提供智能制造典型方案。

### （二）注重供应链推广应用

做精“由链到点”，加速行业及企业内部数字化进程。进一步将耐材行业成熟的智能制造、工业互联网解决方案，向行业重点企业推广应用，带动更多企业由传统生产转向智能化、精细化生产，有效提升耐材行业运行效能，降低企业运营成本，快速带动耐材产业链整体进一步提质、降本、增效。

### （三）突出技术创新内容

通过云计算、大数据等技术，采用系统 MVC 三层结构，区分模型视图控制器，应用 Entity Framework 框架 C#语言，开发框架采用 SOA 面向服务框架，保证多态业务需求能以独立服务单独设计，单独接入整体平台，并且能最大限度满足第三方服务内容的接入，保证平台的可扩展性。

## 三、经验启示

供应链企业间交易效率通过该平台提高 3 倍以上，采购成本降低 10%—20%，企业资金周转率提高 5 倍，显著降低了行业企业特别是中小企业的经营风险，提升了企业竞争力。

### （五）交通物流

各地方政府和相关部门要布局优化交通设施，提升路网数字化绿色化水平，行业协会和企业要增强协作，将节能低碳理念融入交通运输发展的全过程，以建设智能化设施网络、加快交通运输装备数字化应用为支撑，以数字化手段全面促进货运物流、客运绿色化发展，助力实现交通运输领域绿色化转型。

## 1.建设高效智能化交通设施网络

**加快智慧公路、铁路、民航、港口和航道建设。**加强公路建造、养护、运营的全生命周期数字化统筹，推动智慧收费站、零碳智慧服务区、低碳智慧隧道等建设。推进数字铁路建设，推动铁路与其他交通方式高效衔接，提升铁路基础设施智能化水平。推进铁路新型列控系统应用，建设中国铁路运输调度指挥平台。加强国际枢纽海港10万吨级及以上集装箱、散货码头感知网建设，建设和改造一批自动化集装箱码头和干散货码头，提升港口主要作业单证电子化率，探索零碳智慧港口建设，完善航道测量设施和监测感知网络，加强对内河高等级航道及重点通航建筑物的运行监测。建设智慧机场、智慧空管以及跨区域智能交通网络，通过应用连续下降运行/连续爬升运行、点融合系统、节油大数据平台等数字化技术和解决方案，实现灵活使用空域、缩短飞行距离等绿色飞行。

**完善交通运行监测体系。**依托国家综合交通运输信息平台，推动交通运输数据资源汇聚整合，加强对交通运行状态、交通运输调度、交通舆情等方面的综合监测、态势感知、预警预判等场景应用，为交通运输主管部门提升交通运行管理效率和服务水平提供支撑。强化交通综合感知能力集约化建设，推进交通、物流、信息和能源的多网协同、融合发展。

## 2.加快交通运输装备数字化应用

**推动交通数字化便利化应用。**鼓励精准化、低成本、环保型路网技术状况监测感知与路侧信息发布设施装备研发，

提升公路智能养护装备自动化水平。鼓励有条件地区探索特殊路段限速、限载、限高等重要标志数字化，为精准实时导航、车路协同、自动驾驶等提供支撑。推动建设车路协同基础设施和车路协同云控平台，在安全可控的前提下，稳步推动自动驾驶技术在道路货运、城市配送、城市公交、出租汽车的推广应用。探索具备全面感知与泛在互联能力的铁路智能装备技术，推进基于数字孪生技术的高速列车智能运维平台建设，推动计划修向数字化精准预防修转变。

**推广部署智慧绿色综合能源场站。**结合国土空间规划、配电网规划、交通路网规划等，部署开展智慧绿色综合能源场站建设，加快推动部署智能超充、快充设施，提升智慧绿色综合能源场站保有量。支持公路服务区、社区、商圈等推进充电基础设施建设共享，鼓励高速公路、国省道百公里充换电站覆盖工程建设，推广“即充即走”“智能充换电”“临近车位共享”“分时共享”“多车一桩”等共享新模式。

### **3.发展绿色智慧交通**

**大力推广多式联运。**鼓励具备条件的地区和企业探索发展冷链、危化品、国内邮件快件等专业化联运。大力发展“轨道运输+陆港+新能源重卡”相结合的“外集内配”货运方式，加快推进多式联运“一单制”“一箱制”，研究完善联运单证与集装箱的电子标签赋码识别技术及信息汇集、共享、监测等功能，推动单证信息开放共享、运输全程智能跟踪与集装箱全生命周期管理。推进铁路全过程“物流及服务”，提升差异化客户关系管理、多样化货运产品和物流金融等数字化

服务能力，大力发展铁海联运、国际货物联运，实现铁路与其他交通方式数据共享。

**建设数字物流平台。**规范发展无人配送、网络货运、共享物流、智慧航运等新业态，建立多部门协调联动机制，创新监管模式。推进建设数字物流平台，利用物联网技术加快物流要素数字化，发展车联网/货联网、智能仓储、供应链解决方案等。

**推进物流枢纽智能化低碳化改造。**加快发展智能立体仓储，推进智能输送分拣装卸设备推广应用，支持物流企业建设标准化、集成化智能云仓，实现对仓库内物品的实时监控、智能分配、精准配送等。推进物流枢纽内车辆货物自动匹配和智能调度，减少无效行驶。

**引导绿色循环包装。**完善物流包装废弃物的回收利用体系，发展包装回收数字化应用，支持物流站点部署包装智能回收设施，提升包装资源回收利用率。推广一体化、多用途包装，做好包装二次利用和改造，有效降低环境污染。

**推进绿色智慧出行。**深入实施城市公共交通优先发展战略，鼓励引导绿色出行，持续推广应用新能源汽车，减少城市交通碳排放。持续优化城市公共交通线网，促进城市公交与轨道交通衔接融合，方便公众换乘，促进低碳出行。督促共享单车企业加大运维力度，提升共享单车数字化管理和运营水平，更好满足市民骑行需求。提升 12306 客运综合智慧服务水平，构建一站式铁路全程畅行服务生态链。鼓励打造绿色出行一体化服务平台，整合公交、城市轨道交通、步行、

骑行、出租汽车、航空、铁路、长途大巴、自驾等全品类的交通出行信息资源，合理规划低碳路线，引导市民选择绿色公共交通出行方式。

## 自动驾驶智能重卡低碳运营实践案例

### 一、背景介绍

商用车在我国现有车辆中占比 12%左右，但二氧化碳的排放约占 50%。随着燃油、人力资源等物流成本的增长，物流领域运价进一步下降的空间已非常有限。在该案例中，某企业自主研发全栈 L3 和 L4 级自动驾驶技术，通过与汽车产业紧密合作，为物流运输业务提供更绿色、更安全、更高效的自动驾驶技术和新一代 TaaS 货运网络。

### 二、主要做法

该案例重卡自动驾驶技术，采取以“全栈自研、面向量产”为思路的技术实施策略。

#### （一）自研卡车自动驾驶系统

以全栈自研 L4 级卡车自动驾驶核心技术，自主研发自动驾驶系统，通过算法、软件系统、计算平台和线控底盘集成，构建行业首个直接面向量产、全栈自研的卡车自动驾驶系统，完成了 L4 自动驾驶重卡的全无人驾驶测试。

#### （二）形成从生产到上路运行的闭环应用

打造全冗余线控底盘，在转向、制动、供电系统均有多重冗余设计，保障车辆行驶安全。生产 L3/L4 卡车车规级可覆盖 360 度感知的传感器硬件套装，建立面向 L3 卡车人机交互系统，健全网络安全设计方案，可应对 300 多个不同商用车应用场景下的潜在攻击路径，抵御各类恶意安全入侵。

#### （三）打造重卡领域数据闭环平台

该平台包括车云联动的双影子模式数据采集框架、自动化的数据标注和训练框架、高效的仿真平台，其智能数据系统不仅降低开

发成本，也能提高算法迭代速度，为快速实现 L4 级自动驾驶重卡的量产并真正投入常态化运营奠定坚实基础。

### **三、经验启示**

该案例自动驾驶技术使行业人力成本节省 20%—50%，油耗较普通重卡节省约 10%，可实现百公里节油约 2 升。目前，该案例已实现二氧化碳减排约 2100 吨，相当于约 20 万棵大树一年减碳量。

## **（六）建筑行业**

各地方政府和相关部门要加强部门协同，行业协会和相关企业要加强协作，通过完善建筑行业双化协同发展基础，推动建筑全周期低碳化建设，加快绿色低碳建筑产业发展等方面，全面提升建筑行业绿色化发展水平，加强建筑与城市、交通、能源的协同发展。

### **1.完善建筑行业双化协同发展基础**

**完善建筑行业数字化绿色化管理与服务机制。**建设基于统一数据标准的数字智能应用开发者协同创新体系，促进建筑全生命周期国产化技术创新和应用推广，形成具有国际竞争力的绿色低碳建筑产业集群。构建基于统一数据标准的城市公共空间与公共建筑数据枢纽体系，加强城市建筑数字化全过程统筹管理与服务。通过数字孪生技术开展情景分析，研判城市建筑管理与绿色发展的核心事务，预测政策与市场机制效果，为制定和落实有利于城市绿色发展的政策机制和市场机制提供有力的宏观工具。

**推广建筑设计数字化。**构建城市空间一体化建设模型，通过数字孪生技术优化城市建筑空间布局，促进城市有机更新、新旧建筑自然和谐共融，加强城市存量建筑数字化。推

动建立数字化协同设计平台，推进建筑、结构、设备管线、装修等一体化集成设计，提高各专业协同设计能力。基于BIM技术和协同设计平台，推动建筑工程协同工作信息共享，提升建筑设计阶段规范化管理水平。

## **2.推动建筑全生命周期低碳化**

**推进绿色建材智能化应用。**建设人工智能建材生产控制系统，实现建筑材料取样、送样、制样、分析、配料全流程自动化和智能化管控。加快推广高温窑炉节能、环保和低碳化技术，推动窑炉智慧节能改造升级，推动水泥、玻璃等生产过程降碳。开展建筑原材料碳足迹核算，建立健全碳足迹核算模型，保证碳足迹计算的准确性、科学性。支持建设绿色建材应用示范工程，协同推进绿色建材产品认证及推广应用工作，逐步提高绿色建材应用比例。

**实施绿色建造和智能建造。**打造数字孪生工程建设模拟系统，对建造过程进行模拟和仿真，对项目施工场地布置、机械选型、施工计划、资源计划、施工方案等内容做出智能决策，避免施工程序不合理、设备调用冲突、资源利用不合理。推动构建智能建造平台，对建造进度、安全、质量、环保等方面进行数字化、精细化管理，提升建筑工程品质。实行房屋市政工程施工安全领域电子证照制度，构建全国施工安全数字化监管“一张网”。加快建筑机器人及智能化装备在混凝土预制构件制作、钢构件下料焊接、高空焊接等领域的推广应用，提升工程施工智能化水平。加强建筑垃圾智慧管控，强化各方主体信用监管，规范建筑垃圾闭环处置，综

合利用数字化手段，促进建筑垃圾资源化利用。

**加强建筑运行节能降碳管理。**完善建筑领域能源消费统计制度和指标体系。定期开展公共建筑空调、照明、电梯等重点用能设备调试保养，确保用能系统全工况低能耗、高效运行。推动建筑数字化智能化运行管理平台建设，推广应用高效柔性智能调控技术。推动建筑群整体参与电力需求响应和调峰。

### 3.加快推动绿色低碳建筑产业发展

**培育绿色低碳建筑产业互联网新生态。**推动建筑工程实现建筑设计、生产、施工、运维等产业链各环节数据融通，推动资源高效配置。推动绿色建筑与绿色金融协同发展，打通绿色建筑认定信息、企业信贷、信用信息等数据，助力解决绿色建筑监管、企业融资对接等难题，形成市场化促进建筑绿色发展的正向激励。

**建设智能建造科技创新平台。**支持研发安全耐久、节能低碳、性能优良的绿色建材，加快推进建筑节能、装配式建筑等核心技术的迭代更新。加大智能建造关键技术研究，积极研发智能建造装备，促进建筑机器人、智能机械装备、智能施工装备等产业发展壮大。

#### 数字技术赋能建筑全生命周期低碳发展实践案例

##### 一、背景介绍

本案例开发了基于 BIM 的建筑全生命周期碳排放计算平台和建筑垃圾资源利用数字化管理平台，运用大数据技术直观看到建筑全生命周期碳排放情况，并针对性提出降碳建议。

## 二、主要做法

### （一）基于 BIM 的建筑全生命周期碳排放计算平台

通过对建筑构件碳排放计算的应用理论、测算方法、计量工具等进行研究，搭建了基于 BIM 的建设项目全生命周期碳排放平台。平台采用超轻量化、超大 BIM 模型实时渲染，支持顶点/三角面片数超 10 亿，构件数超 100 万。

### （二）建筑垃圾资源利用数字化管理平台

通过搭建全省统一的建筑垃圾运行管理服务平台，实现业务的统筹、监督、管理，打造工地源头、运输路线、消纳场地的“两点一线”全方位数字化监管治理模式，全面提升行业监管效率，为城市治理提供强有力的数据支持。

## 三、经验启示

基于 BIM 的建筑全生命周期碳排放计算平台能准确提出在建筑全生命周期中碳排放优化方案，精确预警建筑建造过程中碳排放超标环节与部件，从而实现从工厂构件制造到建造再到运维全过程中的碳中和。建筑垃圾资源利用数字化管理平台以数字技术赋能循环经济发展，凸显“绿色建筑”价值，将建筑垃圾变废为宝。提高建筑垃圾的再生处置效率，助力破解建筑垃圾围城的困境，实现与环境和谐有序的共生共荣局面。

## （七）绿色智慧城市

各地市级政府部门要以绿色智慧城市建设为抓手，促进建筑、能源等多领域在绿色低碳方面的全方位协同，依托各地资源禀赋、产业特征，因地制宜推进城市治理、生活和产业数字化绿色化发展，提高城市绿色低碳发展质量。

### 1. 强化绿色智慧治理

建设智能绿色的现代化城市基础设施。结合城镇化建设和城市更新，加快推进城市交通、水、能源、环卫、园林绿

化、照明等传统基础设施数字化、网络化、智能化建设与改造。加快地下管网智能化改造，推动智慧地下管线综合运营维护信息化升级，逐步实现地下管线各项运维参数信息的采集、实时监测、自动预警和智能处置，实现绿色、高效、安全运行。有条件的城市可建立碳排放监测网络，开展城市重点行业、产业、园区、重点用能单位等碳排放监测，提升城市能碳精准计量、调度优化能力，摸清城市碳家底。

**优化城市用能结构。**加快智能光伏应用推广，推动城市智能微电网、“光储直柔”、蓄冷蓄热、负荷灵活调节、虚拟电厂等技术应用，优先消纳可再生能源电力，主动参与电力需求侧响应。以重点园区、社区为试点，融合低碳新能源、低碳储能、多能耦合、CCUS（碳捕集、利用与封存）等技术，通过“源网荷储”统一管理和调度，实现区域内所有分布式能源、多能联供、储能设施、充电桩和其他可中断负荷等各类资源的可调可控，支撑可再生能源消纳。

**推进智慧城市绿色高效运行管理。**依托城市运行“一网统管”，对城市运行进行实时监测、巡检巡查、风险管理、预测预警、指挥调度、决策支持，实现城市运行全生命周期智能管理、省市区县跨层级高效协同，助力城市绿色低碳运行。鼓励依托城市运管服平台、CIM平台等城市智能中枢增强城市绿色高效运行管理功能，基于能耗、碳排放数据绘制碳排放强度地图，基于大模型分析开展碳排放、碳消除多元路径推演，为城市绿色低碳发展提供决策支撑。推动城市规划、建设、管理、运维全过程各环节数据融通，加强城市全

域全时生命体征监测。支持地方创新探索基层一体化智慧治理体系，加快高频数据按需合规回流基层，形成基层数据可有效沉淀、可快速共享的应用服务体系，促进业务协同和上下联动。

**推进绿色政务服务。**推进政务服务事项集成办，将关联性强、办理量大、办理时间相对集中的多个事项集成办理，重构跨部门办理业务流程，优化前后置环节，推动申请表单多表合一、线上一网申请、材料一次提交，实现“高效办成一件事”。采用“掌上办件”“手机亮证”等方式，减少提供纸质材料的政务服务应用场景，提高政务服务事项电子档案的查询利用效率，降低出行、纸张使用等碳排放。

## **2.普及绿色智慧生活**

**打造低碳生活社区。**建立社区微循环系统，提升社区水资源、垃圾分类回收等智能化管理水平。鼓励社区建设涵盖分布式光伏、多元储能、充电桩等设施的智慧微网。推广社区电梯运行监控、照明感应、地下车库湿度监控、暖气自动调温、光伏调能等公共区域智能化物联感知布设。依托社区综合信息服务平台，集成门禁、停车、公共区域监测、公共设施监管、社区物业服务、社区生活等信息，提高社区管理服务智能化绿色化水平。

**培育居民低碳生活方式。**进一步推广居民碳效码应用，建立健全碳效码相关优惠措施，倡导居民开展光伏利用、再生水应用、垃圾分类、低碳出行、共享用品、绿色装修等绿色生活方式。积极提升数字技术在零售、医疗等服务业绿色

发展中的支持作用。支持企业设计可再生产品、绿色家具、绿色家电等产品，开展绿色消费宣传，推广绿色积分兑换等应用，向居民提供生活废旧物品回收优惠、回馈、交易等多元化服务。引导公众积极参与环境网络监督，共同维护绿色生活环境。

### **3.发展绿色智慧产业**

**加快推动城市产业绿色化转型。**聚焦本地重点产业，应用大数据分析绘制绿色产业图谱，估算本地不同产业、不同环节减排潜力与成本，提出绿色化发展最优路径，实现智慧城市与绿色产业协同发展。鼓励城市和企业开放数字化绿色化场景创新需求，为企业提供数字化绿色化技术试验场，打造一批可复制、可推广的绿色化节能技术应用，培育一批国家级、省市级低碳示范企业。推动有条件、有意愿的金融机构支持企业数字化、绿色化项目，有效助力城市绿色智慧产业发展和示范企业建设。

**建设绿色智慧园区。**以各地区重点园区为单位，鼓励开展绿色智慧园区试点示范建设。加强园区绿色生产和循环体系建设，引导园区企业开展集约化厂房、绿色智慧建筑、绿色无人工厂、低碳智慧产线、废物循环利用等重点领域建设应用。鼓励园区企业基于工业互联网、区块链等手段构建绿色供应链平台，强化产业链上下游协同应用。系统部署园区级地面监测设备、移动巡检设备，搭建较为完善的园区碳排放监测系统，精确测算区域内排放情况，并利用排放扩散模型支持污染物溯源减污。

## CIM+城市建设一体化平台赋能城市运行绿色化转型实践案例

### 一、背景介绍

本案例以智慧建管业务为切入，依托 CIM（城市信息模型）基础平台构建城区数字底座，通过 CIM+智慧建管、CIM+城市体检、CIM+示范街区等众多 CIM+业务场景落地，促进建设管理领域从城市规划、设计、建设、管理的全流程实现数字化绿色化升级，促进“无体检、不更新”的城市体检理念持久生效。

### 二、主要做法

#### （一）构建“133N”的总体框架

以“数据全融合、业务全协同、过程全监管、场景全覆盖”为建设理念，以数字建管为切入，构建“133N”框架的 CIM+智慧城建一体化平台（即 1 套基础底座、3 大设施终端、3 类规范体系、N 个智慧应用），大力推动城市“规、设、建、管”全流程智慧化发展，有力提升全区城建领域数字化绿色化治理能力。

#### （二）打造城市“新基建”

打造“城市物联感知、政务资源异地扩展和指挥调度中心”三位一体运营终端，提供算力、存储、安全防护等资源，实现从前端物联感知设备数据采集，到后端数据集汇总、分析、存储，最后解析发布于指挥调度中心，形成互联互通的终端运营基础设施建设。

#### （三）拓展 N 种 CIM+智慧应用场景

将 CIM 基础平台与全区数字工地管理平台对接，实时掌控全区在建工地数量及状态，打通城建项目从规划、设计、施工到竣工运营的全流程。CIM+城市体检从好房子、好小区、好社区、好城区等维度，梳理构建城市高质量发展评价体系，支撑城市的智慧化规划和精细化管理。CIM+示范街区汇聚，分析街区中各类基础设施感知运行数据，预警街区运行态势、治理情况服务状态，从而形成智慧化完整居住街区。CIM+数字房管实现小区空气质量和安防状态等动态管理，对居民反馈问题实现全程跟踪与监督，提升房屋

管理绿色低碳化的服务能力。

### **三、经验启示**

该平台建成后，预计节约数据融合治理人力投入 55%，节约项目成本 40%，将加速城市各领域的精细化管理和资源的集约化利用，将有效降低城市能耗、净化城市空间、消除安全隐患、提升综合竞争力，实现城市管理的科学化、智能化。

## **（八）现代农业**

各地方政府和相关部门要加强现代农业双化协同政策部署，增强宣传推广力度，行业协会、高校科研院所以及相关企业在建立健全农业绿色产品研发大数据体系基础上，构建基于数字技术的绿色种养模式，搭建数字化农业绿色供应链等应用，实现数字化赋能现代农业绿色化转型。

### **1.建设农业绿色产品研发大数据体系**

**发展农业大数据应用。**建设耕地基本信息数据库，涵盖基本地块权属、面积、空间分布、质量、种植类型等数据。支持开展水域、动植物数据实时监测，建设完善农业大数据体系。加强家庭农场“一码通”赋码，标准化获取家庭农场生产经营数据。推动涉农数据资源汇聚共享，加强农业大数据融合应用。

**开展基于大数据的品种选育。**支持科研机构开发生物信息学方法和工具、复杂性状遗传算法和工具，开发组学大数据挖掘、植物基因组与大数据育种等技术研究，保存优质种子基因组。支持基于作物基因组重测序数据及变异信息等大数据，开展作物基因组大数据育种分析，支撑水稻、旱地杂粮等作物的育种选材。

**加强农业药剂与养殖饲料配方智能研发。**基于农业大数据，构建动植物本体模型。以遥感、物联网等手段收集农作物生长情况以及气象、土壤等信息，依托大数据研判农作物病虫害情况，利用 AI 技术快速生成科学施药处方图。实时监测畜禽的生长情况和饲料摄入量，自动生成饲料配方报告，实现饲料精确调配。

## **2.构建基于数字技术的绿色种养模式**

**推广数字化种植模式。**推动智能感知、智能分析、智能控制技术与装备在大田种植和设施园艺上的集成应用，建设环境控制、水肥药精准施用、精准种植、病虫害监控、农机智能作业与调度监控、智能分等分级决策系统，支持“少人农场”等现代化智能种植模式。鼓励利用物联网开展土壤墒情监测，建设智能节水灌溉系统，实现控制单元按需供水、自动施肥，设备运行状态监测及预警告警等功能。增强生产与消费匹配数据分析，减少储运、加工、销售等过程的浪费。

**推广数字化畜牧养殖模式。**建设数字养殖牧场，推进畜禽圈舍通风温控、空气过滤、环境感知、精准上料、畜禽粪污处理、废气治理等设备智能化改造，实现畜禽养殖环境智能监控和精准饲喂。

**推动渔业智能化生产和管理。**推进智慧水产养殖，构建基于物联网的水产养殖生产和管理系统，推进水体环境实时监控、饵料精准投喂、病害监测预警、循环水装备控制、网箱自动升降控制、无人机巡航等数字技术装备普及应用，发展智慧渔场。推动捕捞业信息化建设，加强海洋渔业“北斗

应用提升”建设，推进基于北斗三号的新型北斗终端配备，建设渔业行业北斗服务中心；推动海洋渔业“宽带入海”建设，推进海洋渔船宽带卫星终端配备，建设海洋渔业行业宽带卫星地面主站和应用中心。鼓励对水产品初加工、精深加工、副产物综合利用等装备进行自动化和智能化升级，提升水产品仓储、加工、保鲜、冷链物流等信息感知能力。

**加快智能农机装备研发及应用。**因地制宜发展智能、高效、绿色复式农机装备，以及混合动力拖拉机、设施电动作业装备、5G+氢燃料拖拉机等新能源农机装备，推广侧深施肥、精准施药、节水灌溉、高性能免耕播种、智能测产等智能装备，加快北斗定位系统、自动驾驶系统在农机中的应用，大力示范推广节种、节水、节能、节肥、节药的农机化技术。加快淘汰耗能高、排放高、安全性能低的老旧拖拉机及收获机械等农机。加强农机装备粮食节损研究，降低收割过程粮食损耗。

### **3.搭建数字化农业绿色供应链**

**构建数字化绿色化农资供应与服务体系。**支持联合农资生产、服务与流通企业力量，探索依托数字化平台搭建智能化绿色化农资供应体系，推动农资供需方高效对接。加强农业技术服务供给，发展农资配送、测土配肥、无人机统防统治等农业社会化服务。加强农产品市场的监测、分析、预警，强化农产品生产与消费的匹配。

**搭建数字化绿色化农产品供应链。**支持开展绿色农产品供应链智能化管理，发挥互联网平台企业技术优势、规模优

势和资源优势，畅通绿色农产品销售渠道。加强农产品绿色包装技术研发。支持电商企业推广应用生物降解、植物纤维等农产品包装材料。

## 智能全自动精准设施种植管理系统实践案例

### 一、背景介绍

该案例通过前端传感器对作物生长环境和土壤墒情实时监测，结合作物生长模型和 AI 模式识别追溯系统，实现了作物全生命周期水、肥的全自动按需供给，有效解决了设施土壤退化问题。

### 二、主要做法

#### （一）构建多种作物生长和管理模型

依托水、肥、作物、环境互馈调节机理，开发了番茄、辣椒、黄瓜、西甜瓜等多种作物生长模型；首创了基于浓度的养分精准管理策略模型，解决了智能装备欠缺决策参数的“卡脖子”问题。

#### （二）创新智能化施肥技术应用

发明了恒比例供肥装备与技术，实现了不同养分在根区分布空间与分布数量的精准调控，发展了精准高频灌溉施肥模式，解决了传统施肥时空不均匀的问题。

#### （三）构建自动精准种植管理系统

建立了基于原位监测的全自动精准管理系统，结合不同区域进行数据迭代升级，实现了作物全生命周期、全自动的水、肥、光、气、温按需精准供给，节省人工 30%以上、省水 60%以上，省肥 50%以上，达到水肥资源零排放与作物高产、产品优质、资源高效、协调统一的效果，可对 16 个种植区域、16 种作物和多种栽培模式进行集群化管理。

### 三、经验启示

该案例实现了作物模型—肥料产品—智能装备—精准技术“四位一体”高效融合，通过产品物化和装备智能化，使精准技术高效落地。适用于种植规模大、管理人员缺乏的园区、水源匮乏地区、

沙漠、戈壁、盐碱地地区，能够有效节水、节肥，一定程度上保护了土壤和地下水资源，减少碳排放，减轻土壤板结。

## **（九）生态环境治理**

各地方政府和相关部门在行业主管部门指导下，要增强本地区生态环境数字化治理能力，发挥协会、高校和相关企业能力，强化跨区域流域海域生态环境协同保护，建立和完善应对气候变化管理服务，以高水平的数字生态环境治理方式助力数字生态文明建设。

### **1.增强生态环境数字化治理能力**

**建设完善生态环境监测网络。**以高分辨率卫星遥感影像、航空影像等为基础，结合地面生态监测站（样线/样方）、海洋生态监测站、无人机、无人艇、红外相机等，构建“天空地海”一体化的生态环境监测网络。加强大气、水、海洋、土壤、生态、核与辐射等多种环境要素及各种污染源全面感知和实时监测，加强温室气体、地下水、新污染物、噪声、农村环境等监测能力建设。建立覆盖生态保护红线、自然保护地、重点生态功能区和生物多样性保护优先区域等重要生态空间，涵盖森林、草原、湿地、重点湖库、海洋等重要生态系统和重要保护物种的生态质量监测网络体系。

**构建生态环境数据资源体系。**持续梳理规范生态环境数据目录，进一步摸清数据底数，加强数据一本账管理。加强自然保护地生态环境监管、生物多样性调查观测、生态系统质量监测评估、环境质量及污染源监测等业务数据库集成，构建生态环境数据资源体系。加快构建跨区域跨层级数据共

享机制，推动遥感数据、实地核查、生态环境监测、生态环境分区管控、排污许可、项目审批等方面的信息共享和业务协同，强化生态环境监测数据对相关业务系统的支持。

**创新生态环境数字化治理手段。**构建基于生物多样性和生态系统功能的生态资源评估模型、气候变化评估模型，精准支撑生态资源及气象业务决策。完善生态环境综合管理信息化平台，实现“一图统揽、一屏调度、一表纵观”，服务生态环境综合管理与宏观决策。完善重大活动空气质量保障指挥平台，加强入河入海排污口、污水处理设施数字化监管能力，建设服务生态环境保护与监管于一体的土壤、地下水和农业农村环境信息系统，全面提升全国危险废弃物全过程监管和新化学物质环境管理数字化水平。建立健全环境管理、环境监测、环境执法联动工作机制，支持第三方机构运用航空遥感、无人机等手段开展生态监测，引导社会力量参与生态监测数据开发利用与技术创新。

## **2.强化跨区域流域生态环境协同保护**

支持各地与周边省市加强生态环境保护数据共享与业务协同，推动区域生态环境高质量保护。支持京津冀及周边地区、长三角区域打造大气环境协同治理信息化示范区，支持粤港澳大湾区打造绿色生态城市示范区，探索建设区域生态环境协同治理平台。完善“一带一路”生态环保大数据服务平台，推动生态环境标准规范、数据资源、监测网络、云服务资源国际合作共建。持续深化全国水生态环境综合管理平台应用，推动各地区水生态环境形势分析、城市黑臭水体

整治监管、入河排污口排查整治、饮用水水源地生态环境监管、流域生态保护补偿等工作信息化水平提升。

### 3.完善应对气候变化管理服务

**建立完善碳循环监测体系。**构建生态系统碳汇和地质碳汇监测标准规范体系，提高碳循环监测数据质量及数据可比性。建立减排固碳统计核算体系，开展不同减排固碳措施的对比监测，科学评价实施效果。

**健全碳排放服务平台。**支持产业园区搭建碳排放平台，利用监测设备收集园区能源使用数据，开展碳核算与管理。探索建设碳普惠平台，建立区域碳普惠运营管理机制、碳减排量消纳机制，提升公民和组织参与低碳行动的积极性。结合本地资源禀赋，探索打造碳汇项目数据库、项目核查验证机制、支付结算系统、市场监测预警系统、信息披露系统。

**加强数字技术在碳市场管理服务中的创新应用。**加强隐私计算的应用，保障碳市场各系统平台中的数据安全。加强互联网、区块链、大数据、人工智能等新兴技术在碳排放自动监控领域的研发应用，以数字化技术提升碳排放数据核算精准化、科学化水平，打造可信碳市场。

#### “天空地”一体化大气溯源防控体系实践案例

##### 一、背景介绍

国家“十四五”规划明确提出：“强化多污染物协同控制和区域协同治理，加强PM<sub>2.5</sub>和臭氧协同控制，基本消除重污染天气”。该案例通过构建区域—城市“天空地”一体化监测体系，建立“溯源—防控—评估”区域污染防控应对闭环工作机制，为地区大气污

染防治工作做出科学研判和正确决策提供数据支持。

## 二、主要做法

### （一）污染溯源：建立监测及预警模块

从城市近地面常规监测向三维立体尺度的污染诊断监测延伸，开展多来源、多因子、多维度、多手段、多过程的“天空地”一体化大气污染物精细化溯源，摸清城市及周边大气污染物空间分布特征，识别重点管控区域和污染源，为区域和城市大气精细化管理和污染防治提供科学决策和数据支撑。

### （二）污染防控：分析污染源对空气质量影响

建立污染源排放清单，采用现场调查和核算的方式，根据“天空地”大气一体化溯源结果对污染较重的工业源、移动源、扬尘源、餐饮源等污染源进行有效识别，评估各类源对当地和区域空气质量的影响，为环境管理部门掌握大气污染物的排放特征，为加强污染源监管、制定污染减排策略提供支持。

### （三）效果评估：实施一市一策减排效果评估

利用空气质量数值模型系统，开展减排措施效果评估，结合本地的空气质量改善目标、大气污染物减排潜力分析，量化减排措施。根据各类污染源的大气污染防治措施，量化各类污染源的减排方案。及时评估地方管控成效，对区域环境质量进行实时分析、预警，便于地方及时做出反应，调整管控清单和管控措施，为动态管控提供科学依据。

## 三、经验启示

区域—城市“天空地”大气一体化溯源方法已应用到实际的大气污染防治工作中，全面建成“区域—省级—城市”三级空气质量预测预报体系。平台基于 WebGIS、专题图等多种可视化表达，网格分辨率提升至 500 米级别，以城市降尺度气象场及小尺度污染源清单为输入数据，预测未来 72 小时污染源点源贡献。

## 四、数字化绿色化融合创新

数字化绿色化融合创新应结合国家重大战略部署与国家重点产业行动计划，在相关主管部门的指导下，各地区政府部门，行业协会、高校和科研院所、金融等相关机构，以及行业企业，要重点提升双化协同基础能力，构建融合技术体系，发展融合产业体系。

### （一）数字化绿色化基础能力

支持由行业主管部门统筹，各地方政府和相关部门做好本地碳排放监测设施的部署，监督重点控排企业加强自身能耗监测控制，建立健全双化协同数据治理体系，发挥高校和科研院所在区域碳排放监测模型和标准制定方面的研发能力，共同推动双化协同基础能力提升。

#### 1.构建双化协同数据资源体系

**建立健全双化协同数据目录。**行业主管部门对各地区重点领域双化协同基础数据建立主题编目，健全“目录—数据—系统”关联关系，形成各行业双化协同数据“一本账”。对照双化协同数据目录，按照各省、市政务数据平台汇聚机制进行双化协同数据归集。健全区域碳排放、用能单位能耗、新能源、绿色制造等重点领域标准化采集和规范化汇聚，为碳排放、绿色供应链、绿色产品等领域数据的国际互认奠定良好基础。鼓励建立双化协同数据源头治理体系，支持各行业主管部门制定双化协同数据标准，提升源头数据质量。

**开发双化协同数据应用。**基于重点产业链供应链碳足迹模型，分批次建立绿色产品碳足迹标签，为碳关税背景下的

国际出口业务提供重要数据支撑。开展科学合理的生态碳汇数据资源开发，有效助力地区碳库建设，布局生态碳汇资源运营等新业态。基于双化协同领域大模型，鼓励各类数据企业开发 V2G、多能互补、碳交易、循环经济等跨领域的场景应用。

## **2.提升区域碳排放监测水平**

**采取碳通量卫星动态观测。**发挥碳卫星数据全覆盖、无地形依赖等特性，支持行业主管部门开展面向全国、各区域、各省域的二氧化碳浓度分布和碳源、碳汇定量监测。围绕省、市辖区内及周边区域碳排放、碳吸收的监测需求，充分提升大空间区域碳排放总量监测能力。

**支持部署移动巡检设施。**发挥移动监测设备碳源汇捕捉实时性高、针对性强等特性，在行业主管部门指导下，支持各地区城市级、区县、园区层级部署移动巡检设施，为中小区域大气污染防治执法监管提供重要抓手。通过车载质谱监测系统等技术手段，快速实现市域范围二氧化碳、甲烷等主要温室气体的碳排放通量监测。

**鼓励建设地基监测网络。**引导各地方政府和相关部门建立健全分布式高精度浓度监测站，在城市、区县和重点园区周边配套中低精度仪器，推进混搭型浓度监测网络优化升级。高校和科研院所要加强技术支撑，要结合温室气体标准气体配制、标校传递、国际溯源、观测分析等技术手段，进一步提升本地区地基监测设施的观测数据质量，提升区域碳排放、碳吸收情况的精准、持续监测能力。

### **3.提升重点用能单位的能耗感知能力**

**提升终端精准管控能力。**鼓励各地方政府和相关部门、相关行业协会推进能源基础设施从机械化统计迈向数字化感知转型，部署能源感知设备，实时感知用能用电情况、传输能耗数据，提升设备自我诊断、远程启停、能耗限定等能力。探索植入专用计量芯片等应用，逐步实现表计通信、费率时段管理、实时电价、远程管控等能力一体化展示，直观反映各表计的数据与预警等信息。

**搭建能源数据感知网络。**推进新建、扩建或改建的办公楼、商业综合楼、工业建筑等楼宇智慧化改造。统筹推进基于底层智能终端的区域能源互联网建设，实现电能“发、输、变、配、用”各环节衔接顺畅，“源、网、荷、储”多维度互动协调，“水、电、气、热”等多种能源类型紧密融合的区域能源体系建设。

## **(二) 数字化绿色化融合技术体系**

通过明确双化协同的融合技术方向，不断优化创新环境，以跨行业合作方式共同推动双化协同标准体系建设，共同促进双化协同技术创新。

### **1.创新双化协同的融合技术**

**数字赋能碳达峰碳中和关键共性技术。**围绕碳排放监测、碳核算、碳足迹等共性问题，推动碳中和脱碳模型构建与决策支持系统研发，创新碳排放相关检测和监测的关键技术应用，加强二氧化碳地质封存风险监测、评价与控制技术的科研攻关。

**数字产业绿色低碳技术。**节能降耗方面，推动服务器动态节能、基站设备器件节能、动态电源管理、数据中心自然冷却、液体冷却等技术研发。资源集约化利用方面，推动绿色管理、电子信息产品绿色设计、低功耗、低漏电集成电路生产、虚拟仿真制造、物料二次利用等技术研发。

**数字赋能电力行业绿色化转型技术。**以数字化智能化技术支撑新型电力系统建设为着力点，推动新能源功率高精度预测技术研究，开展电力电子设备/集群精细化建模与高效仿真、更大规模和更高精度的交直流混联电网仿真、电碳计量与核算、虚拟电厂、分布式储能系统协同聚合以及低成本可修复再生的新型储能电池等技术研发。

**数字赋能采矿行业绿色化转型技术。**矿物勘探挖掘方面，推动数字化地质环境探测、油气层智能识别、矿产资源精准定位、煤矿 5G 无线通信、流态化智能开采、智能化无人快速掘进、露天开采无人化连续作业等技术研发。矿石生产加工方面，推动稀土材料绿色智能制备和高纯化、辅助运输系统连续化和无人化等技术研发。

**数字赋能冶金行业绿色化转型技术。**冶炼生产方面，开展富氢低碳冶炼数字化仿真模拟、电弧炉电极智能控制调节系统、连铸连轧过程控制智能化管控等绿色新技术攻关。通过工艺机理的模拟，了解和掌握新工艺、装备的关键参数，突破绿色化工艺关键机理。冶炼监测和管理方面，推动产能监测、污染行为诊断、冶炼（加工）生产管理、焊接质量追溯诊断、经营决策和加工虚拟仿真等技术研发。

**数字赋能石化行业绿色化转型技术。**安环管理方面，推动泄漏检测与修复、生产安环智能监测、移动式 VOCs 及恶臭实时检测、甲烷泄露监测与优化等技术研发。安全绿色控制方面，推动“三废”排放污染治理、先进过程控制、高自控率高稳定性集散控制系统等技术研发。

**数字赋能交通运输行业绿色化转型技术。**交通建设方面，推动数字监测与数字孪生、交通能源自洽及多能变换、交通自洽能源系统高效能与高弹性、空管和程序应用等技术研发。物流运输方面，推动运输工具燃料的电气化和非碳化装备、绿色智能包装、回收和循环利用等技术研发。

**数字赋能建筑行业绿色化转型技术。**建筑材料研发方面，推动建筑材料溯源管理技术研发。建筑过程方面，推动数字化工程设计及数值模拟仿真、自主可控 BIM、综合光伏立面（光伏建筑一体化）、基于北斗+AI 的自动化施工与控制等技术研发。建筑运行和能源管理方面，推动“光储直柔”建筑配电、建筑调适、建筑结构和设施设备数字孪生维护、数字建筑档案管理技术研发。

**数字赋能城市运行绿色化转型技术。**促进数字孪生技术簇与城市碳治理体系有机融合。城市碳足迹感知和呈现方面，重点研发全要素数字化表达、可视化呈现、数据融合、精准映射等技术，构建碳排放情况的实体区域信息模型。城市碳管理决策方面，重点推动碳源汇拟合、能源电力布局模拟、地区减排与区域发展最优路径推演等技术研发，助力决策者平衡降碳和发展。城市碳排放优化方面，重点研发智能

化控制与反馈技术，实现城市公共设施碳排放的自动化、智能化、精准化控制。

**数字赋能现代农业绿色化转型技术。**农业投入品方面，推动绿色农药肥料农膜创制、减肥减药关键技术与设备等研发。绿色种养殖方面，推动智能节水灌溉、土壤墒情监测、农业面源污染物源头控制及末端治理、产品溯源等技术研发。智能农机装备方面，推动植保无人机多源信息融合智能作业、高穿透性、窄雾滴粒径谱施药技术研发，攻克农业机器人运动控制、位置感知、机械手控制等关键技术。智慧农业关键共性技术方面，重点推动“表型+基因型”智能育种、农业专用传感器、动植物生长发育调控模型、动植物生长信息获取及生产调控机理模型等技术研发。

**数字赋能生态环境治理绿色化转型技术。**环境监测方面，推动“天空地海”一体化生态环境感知网络、生态环境智能物联网等技术研发。生态治理和修护方面，推动数字化支撑自然恢复和人工修复技术、CCUS超算解析技术创新。

## **2.优化双化协同创新环境**

**搭建双化协同公共服务平台。**建立跨行业、跨领域、跨区域的双化协同公共服务平台，提供低碳发展、绿色生产、智能制造等领域新技术应用政策发布、申报及咨询解读服务。基于区域碳排放底数和重点行业、企业、项目的碳排清单，建立区域碳治理看板，支撑地区节能增效、产业转型升级等决策应用。定期发布区域清洁能源、能源生产、能源消费等指标，为碳交易、碳排放管控提供大数据校核和决策支

撑服务。根据《绿色产业指导目录》，发布节能降碳、环境保护、资源循环利用、清洁能源等绿色产业发展进程，提供第三方技术研发供需对接、解决方案交易撮合等服务。

**打造双化协同共性技术支撑平台。**以数字科技企业为主体，打造共性技术服务平台，为重点行业提供人工智能、区块链、模型算法、知识图谱、隐私计算能力，为监管部门提供碳数据监测、存证及上报上链技术支持。通过数字技术融合创新，为地区碳数据分析、资源和能源管理，重点行业碳减排、双化协同技术改造升级，企业碳盘查、碳资产管理等绿色发展需求提供共性技术赋能。

**成立双化协同技术创新联合体。**鼓励科研院所、高校和企业以共建双化协同创新联合体的方式，搭建若干数字化绿色化融合技术孵化器和加速器，促进产学研用深度融合。鼓励高校与国内外科研机构、重点行业领军企业等共建实验室。建立多方合作机制，共享科技创新基础资源、装备设施、实验数据、通用成果及相应的知识产权，促进科技成果的转化和应用。鼓励已建立碳中和相关研究机构的高校、科研院所进一步强化双化协同核心技术、重点应用等领域研究，突出学科前沿属性和融合特质，强化数字技术与能源、电力、钢铁、材料、环境、气象、生态等重点领域融合渗透。

**遴选双化协同科技研发项目。**建立双化协同技术研发目录，推动包括自然科学、社会科学、生态科学和工程科学的跨学科交叉融合，加强大系统综合性科学研究。以行业企业双化协同需求为指引，持续丰富双化协同技术应用场景，采

取“揭榜挂帅”等手段开展双化协同科技项目遴选，根据技术发展趋势建立目录滚动更新机制。

**激发科研主体创新活力。**进一步完善科研院所考核管理机制，加大双化协同技术创新成效在考核评优中的比重，提高科研人员绿色技术创新积极性。支持高校、科研院所等事业单位科研人员按国家有关规定兼职参与双化协同技术创新、成果转化、技术咨询和服务等工作。引导新能源、电力、钢铁、生态等行业领军企业建设一批行业级双化协同实训基地，注重实践与创新激励机制建设。支持行业协会、产业联盟开展双化协同技术技能大赛，建立职业技能等级评价机制，提升双化协同从业者职业技术水平。

### **3.建立双化协同技术标准**

**加强双化协同标准组织合作。**由行业主管部门引导，加强数字产业和行业领域标准组织的合作，共同推动双化协同标准体系建设。建立信息共享机制，分享最新双化协同相关技术发展动态和市场需求，及时发布标准信息和技术文献，共同推动双化协同标准体系制定和更新。加强对标准的宣传和推广，提高企业和行业协会的标准化意识和能力。

**建设双化协同标准体系。**由行业主管部门建立涵盖共性技术标准和行业融合专用标准的标准体系，建立健全双化协同指标体系和评价体系。根据不同行业的特点和发展需求，明确各类标准的适用范围和要求，确定标准的分类和层次，建立统一的双化协同标准体系框架。出台一批双化协同强制性国家标准和推荐性标准，强制性国家标准明确行业双化协

同的基本质量要求和安全标准，推荐性标准为企业和行业协会提供参考和指导。

**推动数字产业绿色低碳标准制定。**以信息通信行业企业、科研机构、高校等为标准研究和编制主体，探索数字产业绿色发展的新模式和新技术，开展绿色化技术研究和示范工程，加快数据中心可再生能源使用、通信基站能效标识、电子信息产品回收再利用等数字产业绿色化标准的制定，提高数字产业的环境友好性。

**推动数字技术赋能绿色化转型标准制定。**以传统行业企业、科研机构、高校等组建标准研究和编制主体，推进智慧交通、新型电力系统、智慧矿山、先进制造、绿色建筑、现代农业、智慧城市、环境治理、生态碳汇、碳捕集利用与封存等领域数字化赋能绿色化标准的研制。鼓励行业协会积极参与绿色化标准的制定和推广，增强环境责任意识。

### **（三）数字化绿色化融合产业体系**

加快数字技术向重点行业深度拓展，在数字化绿色化转型中培育双化协同的融合产业，注重发展双化协同产业集群，构建双化协同公共服务体系。

#### **1. 培育双化协同的融合产业**

**数字新能源服务产业。**以大型电网企业为核心，互联网企业、能源设备企业、地方能源企业、节能服务公司等市场主体共建数字新能源产业生态。深化应用推广新能源云，持续优化完善服务功能，推进新能源设备—厂商—电站—业主的互联互通，推动源网荷储各环节和产业链上下游协同发

展，打造新型能源数字经济平台。发展新能源智能调度新业态，开发源网荷储协同调控系统、“风光水火储”多能互补协同调控系统，有效实现可再生能源高效集成与智慧管控、用能需求智能调控，精准匹配供需资源，提升可再生能源消纳水平。

**数字智慧风电产业。**围绕风电新能源产业发展，布局数字孪生 5G 风电场技术应用，加强风力、风向、轴承转速、温湿度、电压电流等核心环节数据采集、传输与应用，发展孪生监管与发电预测业务，全面提升风电产业智能化运维水平。面向海上风电场，加速近海 5G 基站覆盖，发展海上机器人、无人智能巡逻艇等配套产业，开展海上风场远程数据不间断传输和无人智能巡检等应用，保障海上风场安全可持续生产，助力风电产能持续升级。

**数字光伏产业。**发展 5G+工业互联网应用，优化光伏切片生产流程，规范单晶硅棒生产过程，提升叠层电池利用效率。推广电站 5G 无人巡检、积灰灵敏感知物联网、光伏电站精准天气预报等融合技术应用，完善光伏产业智能功率预测、智能场站运营等功能，有效降低光伏发电弃光造成的损失，全面提升光伏电站发电效能。基于 5G、物联网和人工智能等技术，优化光伏发电与储能的数据共享，实现光伏发—输—储—配—用全链条可视、可管、可控。

**智能网联+新能源汽车融合产业。**鼓励电网企业联合充电企业、整车企业、数字科技企业等积极开展智能网联、车网融合等新技术研发，布局新能源汽车与智能有序充电、大

功率充电、自动充电等结合的“光储充放”一体化试点应用。探索构建车网融合平台，支持开展智能网联汽车与路侧设备、云平台等的“车路云一体化”应用试点。积极开展新能源汽车与园区、楼宇建筑、家庭住宅等场景高效融合的双向充放电智能调度应用。鼓励发展双向充放电设施、储充/光储充一体站、换电站等设施应用，以数字化平台拓展双向充放电资源聚合、运营、服务等可持续商业模式，探索参与电力市场交易等新型业务。

**数字绿色新材料产业。**培育数字化绿色新材料研发产业，发展数字化绿色新材料设计服务，通过计算机辅助设计、计算机辅助工程、3D打印技术快速进行模拟和优化设计。根据大量实验数据建立材料性能预测模型，预测新材料的力学、热学、电学性能。面向反应过程、污染物排放、能源消耗等重点环节，发展数字化的绿色新材料生产管控服务，利用传感器和物联网技术监测材料制作过程的温度、压力、化学反应等参数，提高制造过程的稳定性和一致性，并减少废品率和生产成本。

**数字绿色石化产业。**支持传统行业企业布局新能源化工产业链，加强副产氢循环利用，与科技企业联合建设精细化工产业数字实验室。搭建新能源化工产业链平台，支持行业企业布局新能源产业链，打造涵盖新能源供应、新能源产业链上游材料生产的产业链平台。部署副产氢循环利用系统，支持行业企业在丙烷脱氢、乙烷裂解、氯碱等化工生产过程中部署副产氢循环利用系统，以数字平台提升氢能产业链整

体协同水平，全面赋能加氢站、充装站，开展可再生能源制氢等产业场景应用。

**数字固碳产业。**培育数字化固碳解决方案供应商，发展碳封存设备智能监测服务，利用传感器和工业互联网实时监测封存设施的温度、压力、泄漏率等参数状态和性能，支持固碳设备问题的自动预警与远程运维。发展碳封存设施大数据分析服务，通过对封存设施历史运行数据分析，预测设备的故障概率和维修需求，提前做好维护计划。发展碳封存设备仿真优化服务，利用数字孪生、虚拟现实技术模拟封存设施的性能优化，减少实际建设和运营成本，提高封存效率和安全性。

**数字生态碳汇产业。**发展生态碳汇监测与评估产业，开展基于大数据、物联网、人工智能以及区域碳源汇实测服务，对土壤、作物、森林等环境要素进行数字化采集、存储和分析。集成应用数字孪生技术，开展生态碳汇数据核算、表达以及碳源碳汇平衡拟合，为植树造林、湿地恢复等生态增汇提供数据和决策支撑，优化碳汇项目的国土空间布局。

**智慧循环经济。**发展储能设备、废弃电器电子产品回收产业，构建线上线下相融合的废弃电器电子产品回收网络，推进智能化与精细化拆解，促进高值化利用。结合工业智能化改造和数字化转型，支持企业大力发展工业装备再制造、废料、废气余热等资源回收利用服务。建设“互联网+回收”“互联网+二手”市场，构建废旧物资循环利用体系，发展城乡废旧物资回收处理一体化服务、二手商品交易市场、社

区生活垃圾分类和回收利用服务，推动城乡废旧物资回收处理体系一体化发展。支持互联网企业发展个人碳账户制度，以绿色积分换优惠等模式，引导居民培养低碳消费、资源回收、生活用品交易等绿色生活方式。

## **2.发展双化协同产业集群**

**建设双化协同产业基地。**引导国家级经济技术开发区、高新技术产业开发区加速建设国家级双化协同产业基地，支持以产业园区管委会为主体建立双化协同创新平台，加速科研成果转化和产业孵化，打造原始创新策源地和产业基地，推动双化协同产业高端化。

**打造双化协同产业链。**建设双化协同产业生态体系，鼓励科研及咨询机构发展双化协同规划设计、诊断咨询、评估认证等产业。推动数字科技企业与传统行业联合，研发行业双化协同解决方案，同步发展双化协同保险、网络安全等配套产业。引导相关资金向双化协同产业倾斜，支持有条件、有意愿的金融机构运用信贷、债券等产品，支持数字化、绿色化项目开发。

**壮大一批双化协同领军企业。**支持领军企业通过建立产业联盟、推进产学研合作等措施加强产业链上下游合作，实现资源共享和技术互补，支持其牵头承担国家低碳领域重大科技项目，搭建低碳技术验证服务平台。通过宣传推广、政策扶持等措施，提升双化协同领军企业的品牌影响力和市场占有率，塑造一批行业转型标杆，支持领军企业向转型服务供应商发展。

**提升中小企业双化协同能力。**支持双化协同领军企业建设双化协同产业能力平台，为中小企业提供低成本双化协同软件应用。由行业主管部门、双化协同产业园区推动建立一批专注于绿色低碳技术的科技企业孵化器、众创空间等创新载体，为中小企业与双化协同技术解决方案供应商提供合作桥梁。鼓励科研机构、高校为中小企业提供技术支持，鼓励中小企业专精特新发展，利用双化协同创新理念开辟业务发展新赛道。

### **3.构建双化协同公共服务体系**

**成立双化协同产业联盟与行业协会。**支持双化协同工作起步早、经验多的龙头企业发挥带动引领作用，联合中小企业、研究机构 and 高等院校，共同组建双化协同领域产业联盟和行业协会。面向工业制造业、交通运输、建筑行业、能源电力等重点行业，发挥双化协同产业联盟聚合资源能力，联合开展技术验证、标准制定、应用创新、国际交流等活动。

**丰富市场化双化协同解决方案服务。**由行业主管部门支持引导数字科技企业、双化协同领军企业通过成立子公司、专业事业部等方式，面向省、市县、园区不同层级，发展一批高水平系统解决方案服务商，构建区域双化协同解决方案服务体系。面向工业制造业、交通运输、建筑行业、能源电力等重点行业，发展一批专业化、模块化的双化协同解决方案，以数字化技术提高生产效率和管理水平，以绿色技术减少污染排放和资源浪费，提高资源利用效率。

**完善双化协同知识产权服务。**鼓励相关机构建设低碳技

术知识产权专题数据库，提升低碳科技企业知识产权信息综合利用能力。依托律师事务所、专利代理、商标代理、著作权代理等知识产权服务机构，打造完整的双化协同代理、法律、运营、信息、咨询服务体系。发展双化协同专利代理、品牌策划培育，开展知识产权诉讼代理、维权援助、调解，完善知识产权许可、转让等交易经纪服务。加强双化协同知识产权信息资源深度开发，支持战略咨询、管理咨询、实务咨询等专业服务。搭建双化协同技术成果交易平台，健全交易平台管理制度，完善技术评价、供需匹配、交易佣金、知识产权服务和保护等机制，提升绿色技术交易服务水平。

**培育双化协同检测认证服务。**依托在 CNCA（中国国家认证认可监督管理委员会）备案的认证机构，发展碳减排、碳清除、碳披露、碳中和等方面认证服务。面向 CCER（国家核证自愿减排量）项目备案和登记过程，健全项目减排量第三方机构审定与核查服务。发展绿色低碳装备、绿色建材、绿色工厂、绿色园区、绿色产品、绿色包装、绿色物流、绿色供应链、绿色数据中心等行业领域绿色化相关检测认证服务，完善绿色化标准、认证与标识体系。以双化协同作为重要手段，鼓励企业开展 ESG 评价相关工作，推动企业自身可持续发展。

附录：

## 双化协同领域国家标准参考目录

序号	对应章	对应节	标准编号/计划号	标准题名	标准状态
1	二、 数字产业 绿色低碳 发展	(一) 绿色 数据 中心	20232142-T-469	公共机构绿色数据中心建设要求	制定中
2			20232141-T-469	公共机构绿色数据中心管理指南	制定中
3			20214360-T-469	绿色数据中心评价规范	制定中
4			20230193-T-469	信息技术 数据中心设备和基础设施 第1部分：通用概念	制定中
5			20230195-T-469	数据中心 资源利用 第6部分：水资源使用效率	制定中
6			20230194-T-469	数据中心能源综合利用评价方法	制定中
7			20210716-T-604	数据中心和通信机房用空气调节机组	制定中
8			20171055-T-339	互联网数据中心（IDC）总体技术要求	制定中
9			GB/T 43331-2023	互联网数据中心（IDC）技术和分级要求	已发布
10			GB 40879-2021	数据中心能效限定值及能效等级	已发布
11			GB/T 37779-2019	数据中心能源管理体系实施指南	已发布
12			GB/T 32910.1-2017	数据中心 资源利用 第1部分：术语	已发布
13			GB/T 32910.2-2017	数据中心 资源利用 第2部分：关键性能指标设置要求	已发布
14			GB/T 32910.3-2016	数据中心 资源利用 第3部分：电能能效要求和测量方法	已发布
15			GB/T 32910.4-2021	数据中心 资源利用 第4部分：可再生能源利用率	已发布
16			GB/T 28827.4-2019	信息技术服务 运行维护 第4部分：数据中心服务要求	已发布
17			2024-0312T-YD	数据中心电能利用效率（PUE）评估和验收规范	报批中
18		(二) 绿色 基站	GB/T 29239-2020	移动通信设备节能参数和测试方法 基站	已发布
19			GB/T 51417-2020	电信钢塔架共建共享技术标准	已发布
20			YD/T 3946-2021	通信基站用蓄电池组共用管理设备技术要求和试验方法	已发布
21			2023-1462T-YD	5G基站能效测试方法	制定中
22		(三) 电子 信息	GB/T 41505-2022	电子信息制造企业绿色供应链管理规范	已发布
23			GB/T 33635-2017	绿色制造 制造企业绿色供应链	已发布

序号	对应章	对应节	标准编号/计划号	标准题名	标准状态
		产品 绿色 制造		管理 导则	
24			20232557-T-469	电工电子行业零碳工厂评价导则	制定中
25			20232559-Z-469	电子电器产品碳足迹量化要求和指南	制定中
26			GB/T 23686-2022	环境意识设计 原则、要求与指导	已发布
27			GB/Z 40824-2021	环境管理 生命周期评价在电子电气产品领域应用指南	已发布
28			GB/T 40579-2021	生态设计产品评价技术规范 通信系统及设备	已发布
29			GB/T 40663-2021	电工电子企业环境绩效评价指南	已发布
30			GB/T 32356-2015	电子电气产品可再生利用设计导则	已发布
31			GB/T 29770-2013	电子电气产品制造商与回收处理企业间回收信息交换格式	已发布
32			GB/T 23687-2009	信息通信技术和消费电子产品的环境意识设计导则	已发布
33			GB/T 21474-2008	废弃电子电气产品再使用及再生利用体系评价导则	已发布
34			20220181-T-469	绿色制造 制造企业绿色供应链管理 信息追溯及披露要求	制定中
35			20204978-T-469	绿色制造 制造企业绿色供应链管理 实施指南	制定中
36			GB/T 43145-2023	绿色制造 制造企业绿色供应链管理 逆向物流	已发布
37			GB/T 39256-2020	绿色制造 制造企业绿色供应链管理 信息化管理平台规范	已发布
38			GB/T 39259-2020	绿色制造 制造企业绿色供应链管理 物料清单要求	已发布
39			GB/T 39257-2020	绿色制造 制造企业绿色供应链管理 评价规范	已发布
40			GB/T 39258-2020	绿色制造 制造企业绿色供应链管理 采购控制	已发布
41			20221470-T-604	电子产品制造过程的数字化物流系统 设计规范	制定中
42			20214727-T-339	绿色工业园区评价通则	制定中
43			(四) 数字 科技 企业 低碳 发展	20173635-T-303	企业碳排放管理信息披露要求与指南
44		20193355-T-303		工业低碳企业评价通则	制定中

序号	对应章	对应节	标准编号/计划号	标准题名	标准状态
45	三、 数字 技术 赋能 绿色 化转 型	(一) 电力 行业	GB/T 40601-2021	电力系统实时数字仿真技术要求	已发布
46			GB/T 40287-2021	电力物联网信息通信总体架构	已发布
47			GB/T 33607-2017	智能电网调度控制系统总体框架	已发布
48			GB/T 33590.2-2017	智能电网调度控制系统技术规范 第2部分：术语	已发布
49			20214749-T-524	智能电化学储能电站技术导则	制定中
50			20214485-T-524	智能光伏发电技术导则	制定中
51			20221622-T-524	光伏电站无人机智能巡检规程	制定中
52			GB/T 29782-2013	电线电缆环境意识设计导则	已发布
53			GB/T 37767-2019	煤矿绿色矿山评价指标	已发布
54		(二) 采矿 行业	GB/T 38669-2020	物联网 矿山产线智能监控系统 总体技术要求	已发布
55			20232003-T-604	移动式矿山机械设备智能化分级	制定中
56			20192408-T-334	绿色矿山评价通则	制定中
57			20230399-T-627	煤矿智能化体系架构要求	制定中
58			GB/T 43935-2024	矿山土地复垦与生态修复监测评 价技术规范	已发布
59		(三) 冶金 行业	GB/T 39180-2020	循环经济评价 铜冶炼行业	已发布
60			20220823-T-605	钢铁行业低碳企业评价指南	制定中
61			20232556-T-610	碳排放核算与报告要求 第XX 部分：锌冶炼企业	制定中
62			20232552-T-610	碳排放核算与报告要求 第XX 部分：铜冶炼企业	制定中
63			20232554-T-610	碳排放核算与报告要求 第XX 部分：铅冶炼企业	制定中
64			GB/T 38968-2020	铜冶炼行业循环经济实践技术指 南	已发布
65		(四) 石化 行业	GB/T 34165-2017	油气输送管道系统节能监测规范	已发布
66			GB/T 39218-2020	智慧化工园区建设指南	已发布
67			GB/T 50609-2010	石油化工工厂信息系统设计规范	已发布
68			GB/T 32039-2015	石油化工企业节能项目经济评价 方法	已发布
69		(五) 交通 物流	GB/T 20607-2006	智能运输系统 体系结构 服务	已发布
70	GB/T 20839-2007		智能运输系统 通用术语	已发布	
71	GB/T 26766-2019		城市公共汽车车载智能终端	已发布	
72	GB/T 31455 系列		快速公交（BRT）智能系统	已发布	
73	20232530-T-348		城市绿色货运配送评估技术要求	制定中	
74	20232558-T-469		物流企业碳排放数据的数字化管 理指南	制定中	
75	GB/T 41834-2022		智慧物流服务指南	已发布	

序号	对应章	对应节	标准编号/计划号	标准题名	标准状态	
76			GB/T 42809-2023	自动化集装箱码头操作系统技术要求	已发布	
77			GB/T 17751-2021	运输船舶能源利用监测评价方法	已发布	
78			20204959-T-469	车路协同系统智能路侧一体化协同控制设备技术要求和测试方法	制定中	
79		(六) 建筑行业	GB/T 39583-2020	既有建筑节能改造智能化技术要求	已发布	
80			20232538-T-609	建材行业低碳企业评价指南	制定中	
81			GB/T 38197-2019	建筑施工机械绿色性能指标与评价方法	已发布	
82			20220465-T-333	装配式建筑 钢结构 预制构件与节点通用技术条件	制定中	
83			GB/T 40399-2021	装配式混凝土建筑用预制部品通用技术条件	已发布	
84			20231443-T-333	民用建筑能效运行平台通用技术要求	制定中	
85			GB/T 32038-2015	照明工程节能监测方法	已发布	
86			20230896-T-333	智能照明系统应用技术要求	制定中	
87			GB/T 35972-2018	供暖与空调系统节能调试方法	已发布	
88			GB/T 34606-2017	建筑围护结构整体节能性能评价方法	已发布	
89				20161931-T-424	绿色城镇评价指标	制定中
90				GB/T 44061-2024	智慧城市 城市运行指标体系 智能基础设施	已发布
91				GB/T 43442-2023	智慧城市 城市智能服务体系构建指南	已发布
92			GB/T 43048-2023	智慧城市 城市运行指标体系 总体框架	已发布	
93		(七) 绿色智慧城市	GB/T 43245-2023	智慧城市基础设施 数据交换与共享指南	已发布	
94			GB/Z 42759-2023	智慧城市 人工智能技术应用场景分类指南	已发布	
95			GB/T 36620-2018	面向智慧城市的物联网技术应用指南	已发布	
96			GB/T 41152-2021	城市和社区可持续发展 低碳发展水平评价导则	已发布	
97			20220589-T-434	全国一体化政务服务平台一网通办基本要求	制定中	
98			GB/T 43558-2023	全国一体化政务服务平台移动端规范	已发布	

序号	对应章	对应节	标准编号/计划号	标准题名	标准状态
99			GB/T 40756-2021	全国一体化政务服务平台线上线 下融合工作指南	已发布
100			GB/T30428.1-2013	数字化城市管理信息系统 第 1 部分：单元网格	已发布
101			GB/T30428.2-2013	数字化城市管理信息系统 第 2 部分：管理部件和事件	已发布
102			GB/T30428.3-2016	数字化城市管理信息系统 第 3 部分：地理编码	已发布
103			GB/T30428.4-2016	数字化城市管理信息系统 第 4 部分：绩效评价	已发布
104			GB/T30428.5-2017	数字化城市管理信息系统 第 5 部分：监管信息采集设备	已发布
105			GB/T30428.6-2017	数字化城市管理信息系统 第 6 部分：验收	已发布
106			GB/T30428.7-2017	数字化城市管理信息系统 第 7 部分：监管信息采集	已发布
107			GB/T30428.8-2020	数字化城市管理信息系统 第 8 部分：立案、处置和结案	已发布
108		(八) 现代 农业	GB/T 43440-2023	物联网 智慧农业数据传输技术 应用指南	已发布
109			GB/T 43443-2023	物联网 智慧农业信息系统接口 要求	已发布
110			20220291-T-326	农业物联网通用技术要求 第 1 部分：大田种植	制定中
111			20220289-T-326	农业物联网通用技术要求 第 2 部分：设施园艺	制定中
112			20220292-T-326	农业物联网通用技术要求 第 4 部分：畜牧养殖	制定中
113			20220290-T-326	农业物联网通用技术要求 第 3 部分：水产养殖	制定中
114			GB/T 36346-2018	信息技术 面向设施农业应用的 传感器网络技术要求	已发布
115			GB/T 37675-2019	农业生产资料供应服务 农资电 子商务交易服务规范	已发布
116			20180945-T-322	农产品冷链流通监控平台建设规 范	制定中
117			(九) 生态 环境 治理	20232569-T-418	蓝碳生态系统碳汇计量监测技术 规程
118		20230476-T-432		草原生态系统碳计量监测评价技 术规范	制定中
119		20213502-T-306		陆地生态系统生物长期监测规范	制定中

序号	对应章	对应节	标准编号/计划号	标准题名	标准状态
120			20213360-T-469	城市生态系统监测技术指南	制定中
121			20203829-T-418	滨海盐沼湿地生态修复监测与效果评估技术指南	制定中
122			20203830-T-418	海草床生态修复监测与效果评估技术指南	制定中
123			20203826-T-418	珊瑚礁生态修复监测和效果评估技术指南	制定中
124			20203827-T-418	红树林生态修复监测和效果评估技术指南	制定中
125			20203835-T-418	海洋溢油污染生态修复监测和效果评估技术指南	制定中
126			GB/T 42642-2023	海洋底栖动物种群生态修复监测和效果评估技术指南	已发布
127			GB/T 42632-2023	海洋生态环境水下有缆在线监测系统技术要求	已发布
128			GB/T 32740-2016	自然生态系统土壤长期定位监测指南	已发布
129			GB/T 24689.5-2009	植物保护机械 农林生态远程实时监测系统	已发布
130			GB 17378.7-2007	海洋监测规范 第7部分：近海污染生态调查和生物监测	已发布
131			20220598-T-469	信息技术 生态环境大数据 数据分类与代码	制定中
132			20220601-T-469	信息技术 生态环境大数据 系统框架	制定中
133			GB/T 20533-2006	生态科学数据元数据	已发布
134			20232555-T-334	生态系统保护修复碳汇成效评估指南	制定中
135			20220797-T-432	陆地生态系统碳汇核算指南	制定中
136			GB/T 51040-2014	地下水监测工程技术规范	已发布
137			20220800-T-432	中国森林认证 森林碳汇	制定中
138			GB/T 41198-2021	林业碳汇项目审定和核证指南	已发布
139			GB/T 42797-2023	二氧化碳捕集、输送和地质封存管道输送系统	已发布

## 标准参考文献：

1. 《国家智能制造标准体系建设指南（2021版）》
2. 《新型储能标准体系建设指南（2023版）》
3. 《氢能产业标准体系建设指南（2023版）》
4. 《矿山智能化标准体系框架（2023版）》
5. 《有色金属行业智能制造标准体系建设指南（2023版）》
6. 《钢铁行业智能制造标准体系建设指南（2023版）》
7. 《石化行业智能制造标准体系建设指南（2022版）》
8. 《绿色交通标准体系（2022年）》
9. 《交通运输智慧物流标准体系建设指南（2022年）》
10. 《城市运行管理服务平台标准体系建设指南（2024年）》