



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

绿色低碳标识白皮书



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟（AII）

2022年12月

声 明

本报告所载的材料和信息,包括但不限于文本、图片、数据、观点、建议,不构成法律建议,也不应替代律师意见。本报告所有材料或内容的知识产权归工业互联网产业联盟所有(注明是引自其他文献的内容除外),并受法律保护。

如需转载,需联系本联盟并获得授权许可。未经授权许可,任何人不得将报告的全部或部分内容以发布、转载、汇编、转让、出售等方式使用,不得将报告的全部或部分内容通过网络方式传播,不得在任何公开场合使用报告内相关描述及相关数据图表。违反上述声明者,本联盟将追究其相关法律责任。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟

联系电话: 010-62305887

邮箱: aii@caict.ac.cn

前 言

全球气候变化的影响正对全人类生存发展带来日益严峻的挑战，走向碳中和已成全球共识。实现碳达峰、碳中和是以习近平总书记为核心的党中央统筹国内国际两个大局做出的重大战略决策，是着力解决资源环境约束突出问题、实现中华民族永续发展的必然选择，是构建人类命运共同体的庄严承诺。“十四五”时期，是我国应对气候变化、实现碳达峰目标的关键期和窗口期，也是工业实现绿色低碳转型的关键五年，也是推动工业领域节能低碳重点任务的关键期，发挥工业互联网等新一代信息技术与制造业融合已经成为推动工业领域节能低碳工作的重要驱动力。

为落实产业绿色低碳发展数字化转型需求，构建绿色低碳转型与赋能绿色发展相互促进、深度融合的现代化产业格局，全面实施《“十四五”工业绿色发展规划》，坚持节能优先方针，以碳达峰碳中和目标为引领，以科技创新和体制机制改革为动力，构建新发展格局，坚持系统观念，把节能提效作为最直接、最有效、最经济的降碳举措，统筹推进工业碳效评价技术变革和碳效管理革新，提高碳效监管能力和碳效服务水平，构建工业绿色低碳转型与工业赋能绿色发展相互促进、深度融合的现代化产业格局，支撑碳达峰碳中和目标任务如期实现。

中国信息通信研究院作为工业互联网顶层设计主要支撑单位，负责标识解析国家顶级节点的建设运营和标识应用产业生态的发展培育。为加速推进工业互联网标识解析等新一代信息技术对实现绿色低碳发展的赋能作用，提出发展绿色低碳标识体系，依托标识解析节点网络的基础设施，构建统一的绿色低碳标识，增强链主企业产业链引领作用，建立产业链上下游企业之间可信的、可协作的碳数据管理机制，从而形成解决碳排放数据不可信、碳绩效评价不一致等问题的有效途径，支撑政府主管部门和工业企业实现碳达峰碳中和战略目标。

牵头编写单位：

中国信息通信研究院

参与编写单位：

中国标准化研究院

冶金工业规划研究院

上海华峰创享互联网络科技有限公司

重庆邮电大学

北京百度网讯科技有限公司

徐工汉云技术股份有限公司

江苏中天互联科技有限公司

上海摩联信息技术有限公司

济南大陆机电股份有限公司

北京交通大学

北京泰尔英福科技有限公司

北京华信瑞德信息技术有限公司

北京数洋智慧科技有限公司

北京师范大学超算中心

理工比特林克（苏州）软件信息技术服务有限公司

北京万维物联科技发展有限公司

常州产业投资集团有限公司

天津水泥工业设计研究院有限公司

江苏哈深物联科技有限公司

北京航天兴科高新技术有限公司



工业互联网产业联盟公众号

编写组成员（排名不分先后）：

刘阳、池程、田娟、马宝罗、李胡升、尹子航、张钰雯、程彤彤、陈文曲、谢滨、刘猛、孙亮、彭妍妍、范铁军、李冰、蔡盛佳、费海平、唐巍、吴大鹏、王尊、季月婷、徐清华、季浩、王科蕊、荆书典、李玉全、任爽、于飞、吴旭峰、郭永梅、王永祥、成霞霞、施煜、张宇洋、张森、王廷生、彭妙培、俞显阳、丁峰、吴大鹏



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

目 录

一、标识赋能绿色低碳的意义和现状	1
(一) 全球绿色低碳发展现状	1
(二) 全球绿色低碳面临挑战	2
(三) 标识赋能绿色低碳的意义	3
二、绿色低碳标识体系架构及关键要素	5
(一) 概述	5
(二) 体系架构	6
(三) 标识编码	8
(四) 标识注册	9
(五) 数据模型	10
(六) 数据采集	11
(七) 可信存证	13
三、绿色低碳标识应用场景探索	10
(一) 企业碳效评价	15
(二) 产品碳足迹追踪	18
(三) 工业资源综合利用	20
(四) 绿色低碳园区建设	22
四、绿色低碳标识发展建议	25
(一) 深化核心技术创新，加快标准体系建设	25
(二) 完善基础设施建设，强化协同融合发展	26
(三) 打造行业应用标杆，完善低碳激励机制	26

一、标识赋能绿色低碳的意义和现状

（一）全球绿色低碳发展现状

绿色低碳发展不仅是减缓气候变化的客观需求，更是着力解决资源环境约束突出问题、实现经济发展方式转变的必然选择。2022年1月24日，中央政治局首次集体学习会上，总书记明确表示“减排不是减生产力，也不是不排放，而是要走生态优先、绿色低碳发展道路，在经济发展中促进绿色转型、在绿色转型中实现更大发展。”

绿色低碳发展成为应对全球气候变暖主旋律。各国大力推进以高效、低排放为核心的“低碳革命”，以抢占绿色经济先机和产业制高点。2019年欧盟发布面向绿色转型的整体政策框架《欧洲绿色新政》，2021年7月，公布“Fit for 55”一揽子气候计划，承诺在2030年底温室气体排放较1990年减少55%的目标。美国提出低碳经济战略。拜登政府宣布美国2050前实现碳中和目标，并提出通过一系列的绿色新政推动能源解决方案，来促进能源转型，加速各部门的低碳发展，维护美国国际竞争优势。日本推进绿色经济与社会变革。2020年12月，日本经济产业省发布《绿色增长战略》，提出2050年实现碳中和的目标，并以低碳转型为契机带动经济持续复苏。

我国绿色低碳发展政策覆盖多个领域和地区。2021年3月15日，习近平总书记在中央财经会议上提出将“双碳目标”纳入生态文明的总体布局。各部委积极响应中央关于双碳目标的顶层设计与战略部署，先后制定并出台了一系列绿色低碳发展重点政策，在双碳目标下推动不同领域的减排工作有序开展，重点包括：能源绿色低碳转型行动、节能降

碳增效行动、工业领域碳达峰行动、城乡建设碳达峰行动、交通运输绿色低碳行动、绿色低碳科技创新行动等。各省市纷纷在“十四五”规划中确立了做好碳达峰、碳中和工作以及制定实施碳排放达峰行动方案的整体目标，确保完成国家下达的单位地区生产总值能耗和二氧化碳排放指标，实现总量和强度“双控”。截止 2022 年第二季度，各地区共发布 71 项双碳政策，涉及 28 个省市地区，其中北京、上海、浙江、山东、四川等发布政策数量较多。

（二）全球绿色低碳面临挑战

新冠肺炎疫情和气候变化风险交织，全球绿色经济转型压力加剧。新冠肺炎疫情的常态化以及愈发严峻的气候变化风险，让人们越来越关注全球经济的可持续发展，推动全球经济绿色转型已经成为国际社会的普遍共识。2021 年，全球多地陆续遭遇极端天气灾害，民众生活以及经济生产活动均遭受了强烈的负面冲击。同年举行的《联合国气候变化框架公约》第二十六次缔约方大会（COP26）再次向世界发出信号：全球平均气温仍在升高，应对气候变化、促进绿色经济转型仍需要国际社会共同努力。

新发展阶段需求变化显著，高质量绿色发展任务艰巨。我国经济发展进入新常态，已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，发展需求从数量向质量转变。然而作为制造大国，我国工业粗放发展方式仍未根本转变，工业约占全国总碳排放量的 70%，能源结构偏煤、产业结构偏重的现状难以短期迅速扭转，高端制造回流和中低端制造外迁对我国形成“双向挤压”。资源能源瓶颈日益凸显，石油、天然气等战略型资源对外依存度高，2021 年我国的石油和天然气对外依存度分别为 73%和 45%。亟

须探索以生态优先、绿色发展为导向的高质量绿色发展新路径。

降碳与发展的协同路径还需探索，工业节能减排任重道远。中国工程院院士毛新平指出，二氧化碳的排放是过去一定历史时期内经济发展情况的一个表征，某种程度上表征了社会财富的积累情况，要实现碳达峰碳中和目标就必须协调好降碳与经济发展之间的矛盾。从我国产业结构来看，工业能否率先达峰将是我国兑现“碳排放力争于 2030 年达峰、努力争取 2060 年实现碳中和”承诺的关键，工业领域亟须通过结构调整、技术改造、强化管理等手段，降低能耗、减少碳排放，为先进制造业和全社会其他领域发展提供增长空间。

工业化和信息化融合水平参差不齐，数字化赋能绿色化基础较弱。随着我国两化融合进程不断推进，运用工业互联网、大数据、5G 等新一代信息技术赋能绿色制造、推动生产方式数字化加速转型，已经成为绿色低碳发展的重要技术路径之一。但我国制造业产业集中度较低、整体信息化水平仍然较为落后，不同行业之间信息化发展水平差异明显，制造业企业尤其是广大中小企业信息化基础薄弱，制造业数字化转型仍存在较大提升空间，短期内难以支撑绿色低碳数据的汇聚、分析和治理。

（三）标识赋能绿色低碳的意义

标识解析体系为数字化、智能化、绿色化融合打造外在符号和内在基础。一是标识码是一种显性化的信息符号。用来指示某个用户、使用者、网络元素、功能、网络实体、业务、应用或者数字对象的数位、字符和符号组合。绿色低碳标识能够通过颜色等显性信息唯一识别物理对象的属性，可视化展示被识别对象的绿色低碳发展水平。二是标识解析体系建设已初具规模。解析节点在全国范围内已形成规模化网络，能系统

支撑工业互联网和数据流通交互。截至 2022 年 8 月中旬，上线二级节点 217 个，分布于 29 个省（自治区、直辖市），覆盖钢铁、石化、煤炭等 34 个重点行业，标识注册总量为 1677 亿个，累计接入的企业节点数量 178612 家。三是标识解析体系应用逐渐走深向实。解析体系能与企业既有信息基础充分衔接，通过接口、部署主动标识载体等数采手段，以及区块链等可信存证技术，实现绿色低碳数据安全汇聚和治理。例如南京钢铁股份有限公司已经基于工业互联网二级节点建设，利用标识解析在碳效评价、全生命周期管理、能源资源管理等方面开展相关工作，并取得一定成效。

标识解析体系为产业链价值链协同共享提供重要入口。一是可以提升产业资源能源利用水平。面向产业聚集区、工业园区等，依托综合性二级节点部署，提升区域内产业协同程度，通过标识解析数据联通，聚焦“强链、补链、延链”，实现集中优化调度，提高资源能源利用率，增强产业竞争优势。二是可以优化行业产能供需结构。面向行业龙头企业，依托行业性二级节点部署，“一物一码”实现供给侧与需求侧精准匹配，聚集分散产能、降低交易成本，推动建立以供应链上龙头企业为核心、全链企业高效协同的绿色供应链体系，化解过剩产能，扩大绿色产品市场份额，大幅降低绿色转型压力。三是可以健全产品生命周期数据库。面向管理部门、行业协会、研究机构等，通过标识解析体系打通行业上下游各类企业绿色低碳数据，支撑本土产品全生命周期数据库建设，促进国际绿色低碳信息互认。

标识解析体系为绿色低碳产业应用提供重要支持。一是为绿色低碳数据的异构互联提供保障。绿色低碳相关数据归口众多、格式不一，难以完全实现数据统一。标识解析体系通过中间件建立异构数据转换交互

机制，统筹发挥好现有各类数据平台作用，有效提升绿色低碳数据的应用价值，增强信任传递和市场引导效应。二是为企业提升绿色设计与制造水平提供数字手段。以标识为载体推动企业、园区的能量流、物质流等信息采集监控、智能分析和精细管理，为产品全生命周期绿色设计、工业重点用能设备工序数字化改造、再生资源使用管理等提供数据支撑，推动实现以能效、碳效为约束的多目标运行决策优化等。三是为需求相关方管理决策提供可信支撑。依托标识的数据汇聚和分析能力支撑地方、行业管理与政策制定，依托标识的数据安全可溯能力支撑有关部门绿色政采、绿色金融、绿色信贷、碳交易、碳普惠等方面工作，打破产业端和金融端数据壁垒，消除金融端对绿色低碳数据疑虑，促进社会金融流向绿色发展优势企业、项目，强化企业数字化、智能化、绿色化转型的需求牵引力。

二、绿色低碳标识体系架构及关键要素

（一）概述

“十三五”以来，工业绿色低碳发展取得了积极进展，传统产业绿色化改造步伐加快，绿色增长新动能不断涌现，但与制造强国建设、生态文明建设的要求相比，还有一定差距。随着我国发展进入高质量发展新阶段，工业智能化数字化绿色化深度融合发展面临着新形势。加快推进工业互联网标识解析等新一代信息技术对实现绿色低碳发展的赋能作用，构建工业绿色低碳转型与工业赋能绿色发展相互促进、深度融合的统一的绿色低碳标识体系，建立产业链上下游企业之间可信的、可协作

的碳数据管理机制，已成为解决绿色低碳标识数据不可信、不准确等问题的有效途径和重要驱动力。

按照“充分利用基础设施、发挥企业创新活力、治理服务支持监管”的基本原则，开展绿色低碳标识体系建设工作。可充分利用现有的工业互联网标识解析节点，降低建设成本，坚持政府和市场两手发力，发挥市场配置资源的决定性作用，依托基础设施服务提升工业绿色低碳数据和产业治理水平。提出“四个一”工程，即提出一个绿色低碳标识体系架构、制定一批绿色低碳标识技术标准、研发一批绿色低碳数据采集终端、建设一组绿色低碳标识服务平台。

（二）体系架构

为加快推进工业领域节能降碳，发挥工业互联网等新一代信息技术与制造业融合对推动这一工作的重要驱动力，充分利用工业互联网标识解析基础设施、发挥企业创新活力、治理服务支持监管，开展绿色低碳标识体系建设工作。绿色低碳标识主要围绕绿色产品、绿色工厂、绿色园区、绿色供应链、绿色产业链，依托标识解析节点网络的基础设施和星火·链网基础设施，开展面向产品、企业、园区、区域和行业等不同对象，提供产品碳足迹追踪和批次产品认证、企业/园区碳效评价、区域/行业碳排放监测、工业资源综合利用，以及碳资产管理、碳金融等工作，支撑政府主管部门和工业企业实现碳达峰碳中和战略目标。

绿色低碳标识体系是指面向产品、企业、园区、区域和行业等不同主体及工业生产相关过程等对象，围绕节能、节水、资源综合利用、环保、低碳及绿色制造等关键信息，基于标识编码、标识解析、主动标识载体等工业互联网核心技术，打通绿色低碳数据采集通道，提供产品碳

足迹追踪、企业/园区碳效评价、区域/行业碳排放监测等公共服务能力，形成面向全国绿色低碳标识公共服务体系。整体架构按照不同维度，可分为基础要素层、基础设施层、应用服务层。其中，基础要素层包括绿色低碳标识服务对象、绿色低碳标识数据要素；基础设施层包括绿色低碳标识采集终端和绿色低碳标识服务平台；应用服务层包括应用服务和策略建议。绿色低碳标识整体架构如图 1 所示。

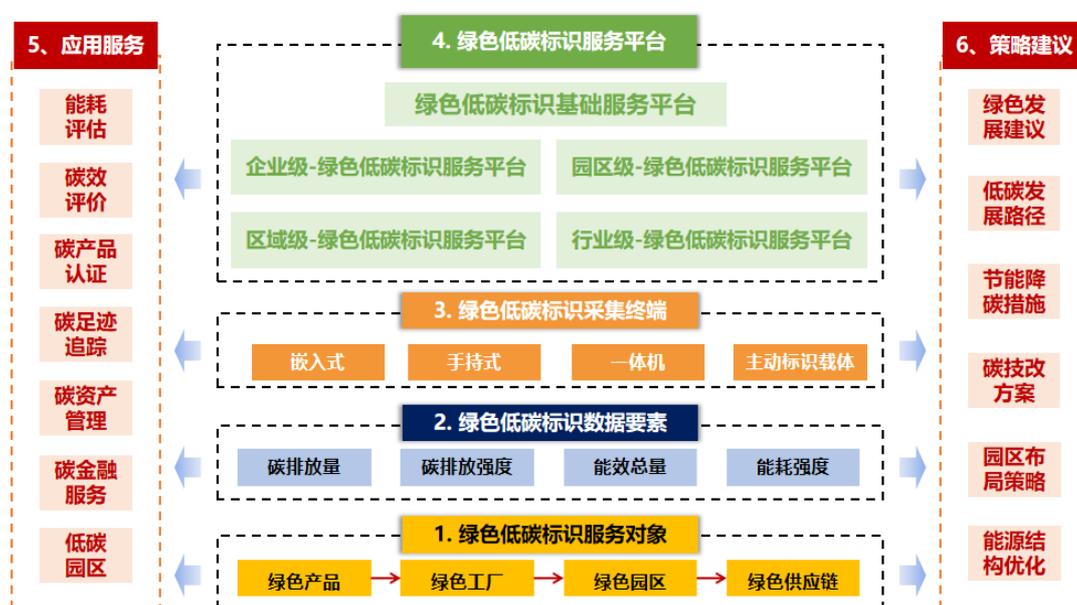


图 1 绿色低碳标识整体框架

一是绿色低碳标识对象。围绕产品、工厂、园区、供应链四个维度，分层分级为重点生产设备、主要工业产品、典型工厂园区、关键行业供应链等对象提供统一的绿色低碳标识服务，打造数据防篡改、过程可溯源、信息可交互的绿色低碳标识。

二是绿色低碳标识数据要素。面向双碳、节能、资源综合利用等方面，汇聚碳排放量、工序碳排放量、碳排放强度、能源消耗量、能耗强度等关键数据，打造统一的绿色低碳标识数据模型，针对钢铁、化工、煤炭、

有色、建材等重点行业建立绿色低碳标识公共服务数据库。

三是绿色低碳采集终端。针对工业企业碳排放数据采集难、无法保障数据准确可信等问题，结合能源计量传感器与主动标识载体等技术研发基于单个产品的嵌入式数据采集终端、面向区域性可移动的手持式数据采集终端、实现全工厂碳排放量监测的一体机式数据采集终端，确保采集数据的安全可信。

四是绿色低碳标识服务平台。加强绿色低碳标识服务平台建设，依托工业互联网标识解析基础设施，打通绿色低碳数据采集通道，提供碳足迹追踪、碳效评价、碳排放监测等公共服务能力。面向重点区域和行业分阶段分层次推进部署和应用推广，持续打造覆盖产品、工厂、园区和供应链的多维度绿色低碳标识体系，全面推动数字化和绿色化协同发展，支撑碳达峰碳中和目标任务如期实现。

五是应用服务及策略建议。探索基于绿色低碳标识的碳效评价、能耗评估、碳足迹追踪、碳产品认证、碳资产管理、低碳园区、碳金融服务、综合能源管理、大宗固废综合利用、绿色金融等应用探索，面向政府提供监管部门提供监管支撑和技术支持，面向行业和企业提供碳技改方案、低碳发展路径、绿色发展建议等技术手段和技术咨询等服务。

（三）标识编码

绿色低碳标识是指在一定范围内唯一识别不同行业涉及的低碳对象（园区、企业、产品等）的一种符号，基于此能够对目标对象进行碳效评价、产品碳足迹追踪和碳排数据管理，以及相关信息的获取、处理与交换等操作。

绿色低碳标识注册，是开展低碳评价和管理的第一步。标识编码由

标识前缀和标识后缀两部分组成，企业级编码和产品级编码将沿用工业互联网标识编码分配方式其中，标识前缀由标识解析体系分配，由国家代码、行业代码、企业代码组成，用于唯一标识企业主体，标识后缀由行业或企业定义数据结构，用于唯一识别标识对象。

建立标识编码，唯一识别绿色低碳园区/企业/产品。标识编码对于产品来讲，是用于唯一识别产品全生命周期的碳排放，及其碳足迹的量化标签；对于企业，是用于唯一识别企业一定周期内的碳排放，及其在工业增加规模中所占比例的碳效标识码；对于园区，是用于唯一识别园区一定周期内的碳排放，及其实施综合能源调控、产品碳足迹跟踪、双碳智能化管理等绿色低碳建设的一种园区低碳标识码，如图 2 所示。



图 2 绿色低碳标识码

(四) 标识注册

工业互联网标识解析体系蓬勃发展，在深入研究和实践应用的基础上，结合标识解析体系和绿色低碳标识体系，依托标识解析节点网络基础设施，开展注册和碳排数据管理与应用，进一步发挥标识解析基础设施的赋能作用。

建立标识注册机制将加快推进绿色低碳创新应用，赋能企业数字化

转型。推动产业各方积极探索基于工业互联网标识和绿色低碳的融合应用创新，挖掘更具影响力的新应用、新模式，增强标识注册服务企业可持续发展能力。

依托标识解析体系注册数据，同步绿色低碳标识注册数据。企业申请绿色低碳标识时，将同步调用标识解析二级节点和标识解析企业节点上报到标识解析国家顶级节点的数据项，注册相关的数据项包括责任主体基本信息、所属行业、联系人等注册主体等 20 余项，绿色低碳标识编码方式如图 3 所示。



图 3 绿色低碳标识编码方式

(五) 数据模型

建立绿色低碳标识体系，需要对绿色低碳标识数据进行系统梳理，形成绿色低碳全要素的数据模型，并围绕数据模型定义行业和企业属性数据的元数据规范，数据模型将为行业能源管控、环境管控等节能减碳环节提供重要评价依据。

构建绿色低碳数据模型，形成赋码对象的绿色低碳画像。数据建模

技术是指的是对现实世界各类数据的抽象组织，数据模型是数据特征的抽象，它从抽象层次上描述了系统的静态特征、动态行为和约束条件，为数据库系统的信息表示与操作提供一个抽象的框架。

从碳排主体、指标体系和碳排状态等多维度建立绿色低碳标识数据体系。绿色低碳标识数据模型涵盖碳排放、碳足迹产业链上中下游流通数据，包括销售、采购、生产、仓储、运输、服务等环节数据，能够高效、合理的满足企业自身对碳管理的相关要求，数据模型包含绿色低碳标识化应用指标元素，具体内容如图 4 所示。

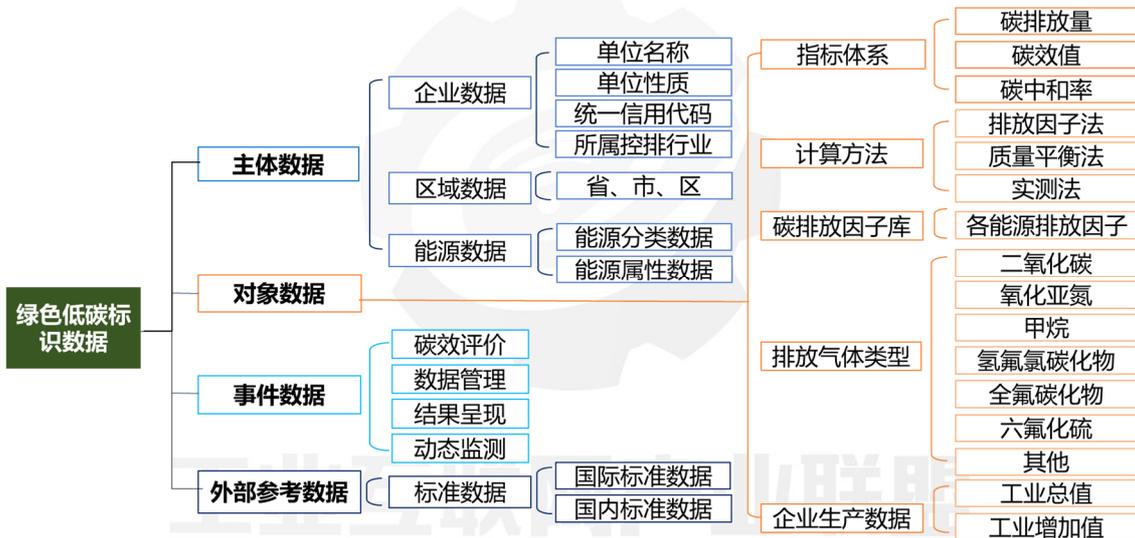


图 4 绿色低碳标识数据模型

（六）数据采集

绿色低碳标识为工业设备提供了标识编码及解析路径，为制造业供应链溯源、智能化管控提供基础能力支撑。然而，绿色低碳标识可信数据采集设备的缺失，严重制约了碳排放等数据的实时性和可信性，亟需加快推进基于绿色低碳标识的数据采集终端研发和部署，健全绿色低碳

标识在产业链中的价值可信可靠流转机制。

实现碳排放等数据实时采集，迈出精准能效管理第一步。当前，企业能源管理存在诸多痛点，一是企业内能源计量不完善，能源监控不到位，能源管理普遍分散且粗放，缺乏系统性管理手段；二是企业用能管理仅关注总耗能情况，缺乏精准、实时的数据作为测算依据，能源管理缺乏实时数据支撑；三是各环节数据无法互联互通，存在严重数据孤岛问题，导致整体碳排放数据统计分析不准确、数据无法闭环。碳排放数据实时采集是企业实现可持续发展的第一步，实时、可靠采集为企业提供趋势研判、能源分配改善、智能化设备管理、能源数据透明化等提供重要数据支撑。结合绿色低碳标识体系，它将帮助管理者深入供应链流程，实现产品全生命周期能源管理的可视、可管、可控。

提升碳计量支撑能力，促进碳排放实测技术创新发展。目前企业碳排放数据获取主要通过企业报送或系统对接等方式，过多的人为干预严重影响数据的真实性和可信性，实时数据监测方式逐渐成为获取碳排放数据的重点。企业借助实时数据监测设备完成碳排放数据测算，赋能企业低碳化转型升级。一是数据采集，运用智能传感、协议解析、边缘计算等多种技术，精准采集工业设备在能源消耗、碳排放等方面的相关数据；二是分析模型，依托数据清洗、大数据分析等技术，推动制造工艺、经验等工业知识的模块化封装和软件化沉淀，精准反映海量设备数据与能耗水平之间的关系；三是部署应用，面向具体应用场景，开发部署各类应用，实现企业能耗管理的透明化和智能化，驱动生产工艺优化和设备升级改造，切实提高企业能源利用效率，降低碳排放水平。

依托主动标识载体技术，研发绿色低碳标识数采终端。基于识别与感知完成终端数据的采集，依托主动标识载体研发数采终端既能保障数

据采集的实时性，又能依托载体内的绿色低碳标识实现数据全生命周期追溯。一是开展嵌入式、手持式及一体机绿色低碳标识数据采集终端研发与部署。针对工业企业碳排放数据采集难、无法保障数据准确可信等问题，结合能源计量传感器与主动标识载体等技术研发基于单个产品的嵌入式数据采集终端、面向区域性可移动的手持式数采终端、实现全工厂碳排放量监测的一体式数据采集终端，如图 5 所示。二是制定绿色低碳标识数据采集的统一设备数据模型。利用边缘计算和区块链技术，加速实现生产制造过程中碳排放数据精准分解，确保采集数据的安全可靠，促进构建可信的多方协作生态。

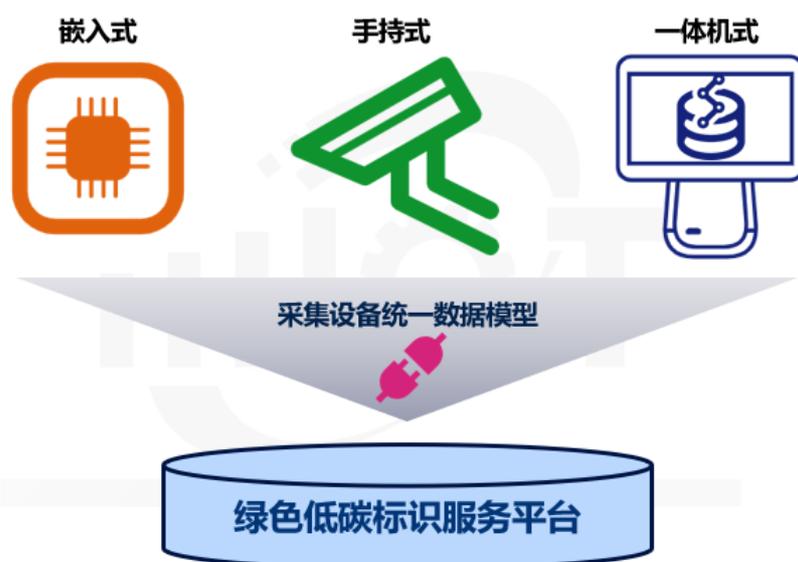


图 5 绿色低碳标识数据采集终端类型

(七) 可信存证

区块链技术的去中心化、不可篡改、数据可追溯、促进多方信任开发等特点，为构建覆盖全产业链应用，评估企业碳足迹，促进企业间碳排放数据可信流转创造可行性，区块链逐渐成为帮助企业完成“双碳”

目标的关键技术之一。

区块链赋能碳数据可信管理，驱动产业绿色低碳改造。结合区块链技术对产业进行信息化、绿色化改造，提升能源利用效率，实现可持续发展战略，赋能碳采数据可信上链，实现碳数据可信管理。区块链结合隐私计算技术，实现碳数据可验证但不可见。利用公私钥签名授权技术，将数据访问权临时开放给特定的潜在合作伙伴、上下游企业、第三方监管机构验证碳排放数据，实现数据安全共享，一旦消除了企业数据安全的担忧，便可实现碳排放数据在企业间实现流通和共享，充分释放数据价值。区块链溯源应用，提升产业链供应链透明度。绿色低碳标识体系融合区块链技术，保障碳排放数据的可信透明，保障企业碳数据安全共享，制定合理的碳补偿方案，进而实现真正的碳中和供应链、负碳供应链。除此之外，企业还可以结合自身的行业背景、商业模式以及业务特点，在碳资产数字化、跨国跨地区碳交易、智能合约碳披露、绿色债券发行等领域进行依托绿色低碳标识的区块链技术创新应用探索。

借助区块链新型基础设施，打造碳数据可信存证场景。区块链新型基础设施的建设与发展，为我国产业数字化转型提供重要支撑，也为我国推动区块链技术自主创新能力提供平台，基于区块链系统，实现数据的汇聚和可信存证，为后期产业链上下游全生命周期的可信追溯提供保障。运用区块链技术，提升全生命周期数据可信度。结合绿色低碳标识体系和区块链技术能有效保障全生命周期的碳采数据的可信流转和核验。通过区块链基础设施实现开展存证服务应用探索，基于分布式数字身份对产品碳足迹汇聚平台的碳数据提供可信的存证服务。完善数据交互协议，实现碳采终端凭证数据可信上链。可信上链示意图如图 6 所示。充分发挥区块链技术的价值，使数据从采集端获得安全保护和可信签名，

确保数据从源头可信，真正实现“物链一体”，保证碳数据从采集时即为真实的，防止碳数据被恶意篡改，为碳数据真实性提供中立的公允的独立验证服务。

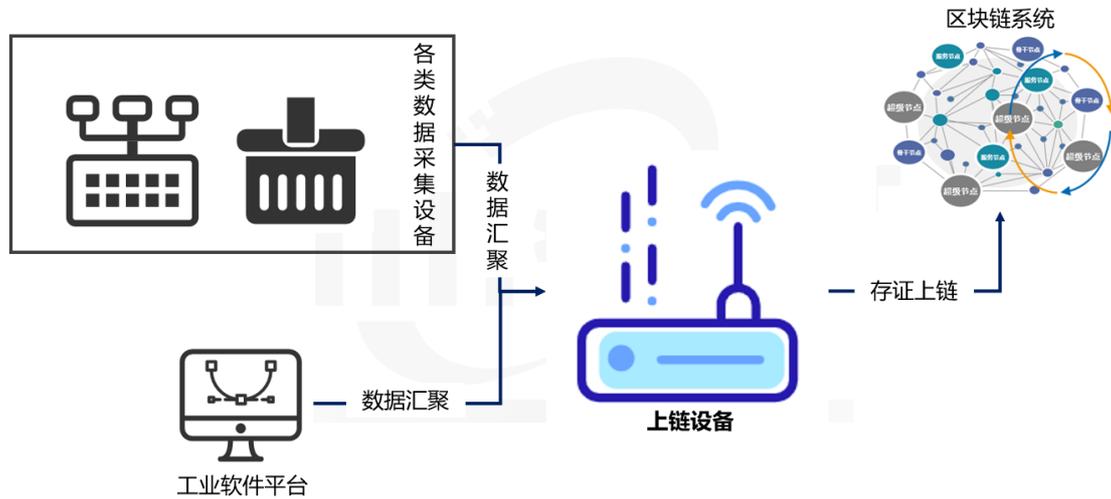


图 6 碳数据可信存证上链示意图

三、绿色低碳标识应用场景探索

(一) 企业碳效评价

1. 背景介绍

摸清碳排放“家底”，是做好碳达峰、碳中和工作的当务之急。当前大多数企业碳排放管理意识薄弱、碳排放管理能力不足、碳核查/评价工作机制不完善，导致对自身碳排放情况摸底不清，缺乏有效的碳排放数据采集手段、评价指标体系和计算模型等问题，严重制约碳达峰碳中和进程。亟需加快构建统一的碳效评价体系，统筹推进碳效评价和节能降碳、绿色低碳等技术创新研究，提升绿色低碳技术、绿色产品等供给能

力，支撑碳达峰碳中和目标如期实现。当前，企业工业碳效评价及碳排放核算主要存在以下问题：

一是碳效评价数据准确性差。碳排放数据采集涉及多个主体，缺乏有效的碳排放数据采集手段，数据来源主要以特定行业监测平台采集数据和企业自主上报数据为主，缺乏统一的数据编码方式和有效的数据采集手段，存在数据来源相对单一、企业上报数据不真实等问题，导致企业碳效核算精准度不高。

二是碳效评价体系差异化。当前，碳排放管理能力不足、碳核查/评价工作机制不完善，行业缺乏统一的碳效评价指标体系，企业以各自计算模型为准，根据自身情况选取评价指标和计算因子，导致行业内各企业间碳效评价存在一定差异性，无法很好的评估企业在所处区域、行业的碳效水平，给行业监管带来诸多不便。

三是碳效计算模型局限性。国内在碳排放核算、碳效评价等方面研究相比发达国家相对滞后，碳效评价机制和理论方法尚不完善。碳排放核算及碳效评价多聚焦在电力、煤炭等特定行业内的部分企业，计算模型、计算方法具有较强的地区和行业特点，可推广性、可复制性较差，难以形成统一的行业计算模型。

2.应用场景探索

目前，部分工业互联网标识解析体系的节点运营企业已经将碳排放核算、碳资产管理等应用与碳效标识结合起来，开展一些应用模式探索，山东的大陆机电基于标识解析节点提供可追溯的能源计量器具和采集仪表管理，通过碳效标识全生命周期的去关联用能设备的日志和数据记录、碳交易的配额算法、碳排放的计量服务等，从而实现企业上报数据、政府清缴数据、现场复核数据的一致性。

以钢铁行业为例，企业通过建设标识解析二级节点，过去已经能对四辊轧机等各种炼钢设备和热轧钢板等各种钢材产品进行唯一标识，从而支持数字孪生工厂中各种数字对象的实时数据查询、显示、管理。现在又将钢铁制造过程中通过碳排放管控监控系统采集到的数据进行汇聚、分析，并制定对应的绿色低碳标识解析数据模板，并赋予唯一的绿色低碳标识编码。依托标识解析公共数据服务能力，绿色低碳标识基础服务平台可通过标识解析获取企业特定周期内的碳排放及能源消耗数据，基于碳效评价指标体系、计算模型、碳排放因子库，实现精准计算企业碳排放量、碳效值、碳中和率，形成差异化的碳效评价结果和碳效码，并将碳效评价结果反馈企业，助力企业及时优化产业结构和能源调整，实现节能降碳、绿色低碳发展。同时，将企业碳效评价等级结果共享给省、市等各级监管部门和供应链上下游合作伙伴，构建完善的碳效评价、绿色低碳改造、政府监管、合作伙伴监督的良好生态，共同突进工业领域碳达峰、碳中和相关工作。基于标识解析的企业碳效评价流程如图 7 所示。

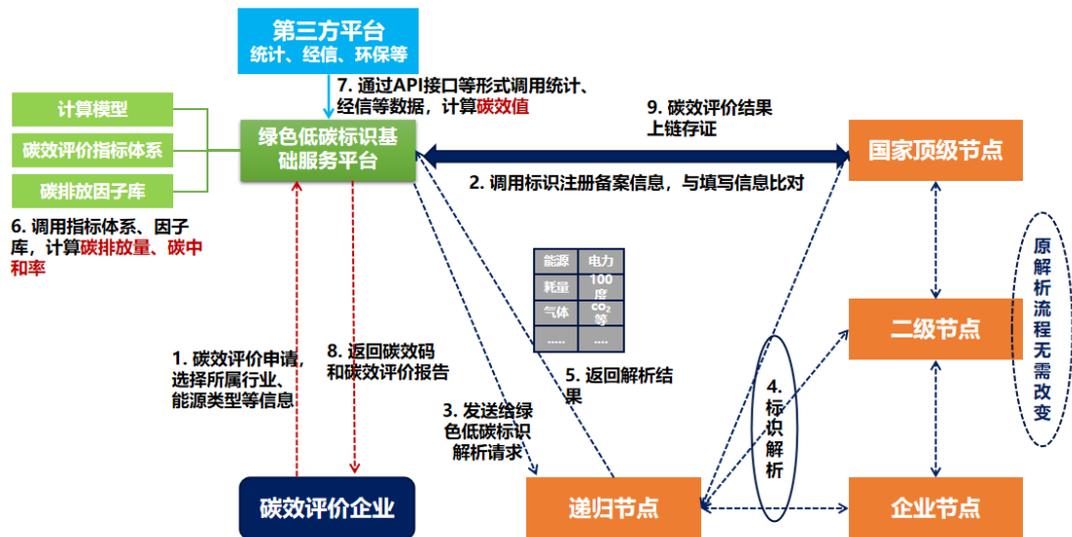


图 7 基于标识解析体系的企业碳效评价

（二）产品碳足迹追踪

1.背景介绍

产品碳足迹（Product Carbon Footprint, PCF）是指沿着产品的整个生命周期，即从原材料获取阶段、生产制造阶段、分销运输阶段、使用阶段到废弃处置或再生利用等各阶段，计算温室气体排放量与温室气体去除量之和，以二氧化碳当量表示，单位(kg/功能单元)。温室气体包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物(HFCs)和全氟化碳(PFCs)等。碳足迹的计算结果为产品生命周期各种温室气体排放量的加权之和，用二氧化碳当量(CO₂e)表示，单位为 kgCO₂e 或者 gCO₂e。

一方面，各生产环节细粒度数据获取难度大。对生产制造企业而言，计算整个工厂的碳排放量已有一些解决方案，但是计算产品级碳排放数据时，对数据颗粒度要求较细，获取各生产环节细粒度数据难度较高，难以实现对整个工厂的二氧化碳直接排放数据、以及相关能源消耗（如电力和热力）对应在生产环节产生的间接排放数据的自动采集和高效计算。

另一方面，产品碳足迹中数据来源广泛，不同环节、主体之间数据互联互通难。产品碳足迹数据包括生产过程中的直接温室气体排放、相关能源消耗对应在生产环节产生的间接温室气体排放、产业链供应链上下游间接温室气体排放。其中，生产环节的直接排放和相关能源消耗对应的生产环节产生的间接排放约占产品 10-40%的碳排放，产业链供应链上下游间接排放占产品碳足迹的 60-90%。供应链上的碳排放相关数据获取需要和大量的供应商沟通交流，各级供应商发来的信息可能是遵循不

同的标准，数据的兼容性问题突出。

2.应用场景探索

采用 ISO 14067 等产品碳足迹国际标准，结合行业专业知识，建立产品碳足迹计算模型，利用工业互联网主动标识载体技术、标识解析技术和区块链技术，建立产品碳足迹数据汇聚平台，打通产品在不同制造环节产品或组件级细粒度碳排放相关数据，实现供应链上跨环节、跨行业的产品碳足迹精准可信追溯与核算。

基于星火链网和工业互联网标识体系开展钢铁产品碳足迹追踪利于提升产品竞争力、降低企业碳排放。钢铁行业是资源能源消耗密集、碳排放量大的重点行业之一，开展钢铁产品碳足迹追踪对提升钢铁及下游相关产品竞争力、促进工业绿色低碳发展意义重大，如图 8 所示。首先，根据 ISO 14067 等产品碳足迹标准，明确产品系统、功能单元、系统边界等，结合钢铁产品全生命周期过程，将产品原材料获取阶段、生产制造阶段、储运和销售阶段、使用阶段、回收处理阶段中的输入输出流分配到对应的重点环节，建立钢铁产品碳足迹计算模型。其次，明确各环节必要数据来源，基于标识解析技术获取钢铁原材料阶段的碳排放值，生产制造阶段中原料辅料使用数据、高炉转炉连铸机等设备能耗数据、中间产出物以及检验包装过程中的能耗数据，储运和销售阶段、使用及回收处理阶段中的间接排放数据，实现数据的自动采集与汇聚。再次，通过企业级绿色低碳标识服务平台调用外部数据库获取原材料、辅料、电力等相关碳排放因子，计算得出产品碳足迹。最后，将产品碳足迹写入标识完成标识注册，并将标识及产品碳足迹写入星火·链网绿色低碳数据服务网络，进行可信存证，降低当前数据采集和流转过程中数据篡改等风险，提高数据可靠性，确保供应商上下游的碳数据安全可靠共享，

实现产品全生命周期碳足迹的可信追踪。

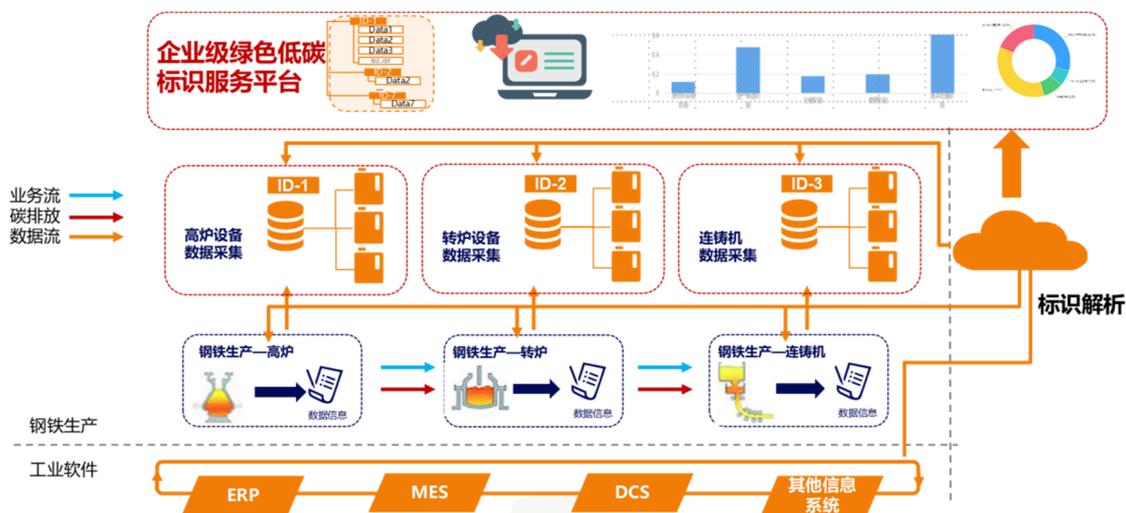


图 8 基于标识的钢帘线及胎圈钢丝用钢产品碳足迹追踪

(三) 工业资源综合利用

1. 背景介绍

工业资源综合利用是构建新发展格局、建设生态文明建设的重要内容。为贯彻《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》和《“十四五”工业绿色发展规划》，落实《关于加快推进工业资源综合利用的实施方案》，大力推动工业资源综合利用，促进工业高质量发展。然而，目前我国工业资源综合利用依旧存在诸多问题。

一方面，工业固废种类和参与主体复杂，工业资源综合利用缺乏标准化标识设计。固体废物产生量大、堆存量多，尤其是废玻璃、废纺织物、废包装纸等低值可回收物被大量废弃，既加剧了垃圾围城趋势，又造成了环境污染。目前，我国再生资源领域存在回收体系无序、缺乏专业、规范化的回收网络体系，需要加强工业固废标识相关法规和标准等

顶层设计，构建标准化、规范化回收体系。

另一方面，工业资源利用产业链存在信息壁垒，产业上下游缺乏有效的数据流通手段。我国工业资源回收利用行业参与的主体众多，各个企业的数字化和信息化水平差异巨大，加工利用环节机械化和自动化程度低，缺乏大规模工业资源协同处理能力，需要提高工业资源综合利用企业的信息化水平，打通产业链上下游的数据连接，实现系统异构，模型异构的数据交互模式。

2.应用场景探索

双碳政策发布以来，环境保护和资源循环利用已经成为我国经济可持续发展的两个重要方向。在工业生产中，闭环供应链的应用、管理和实施，不仅可以直接减少环境污染，而且可以在极大程度上节省国家资源和能源，具有实际的社会效益和综合经济效益。随着社会工业资源数量的增加，政府相关部门可以对工业资源生产企业采取相应的激励措施，对工业资源生产企业在废旧回收效率方面给予适当的奖惩。通过绿色低碳标识，能够有效的促进工业资源的循环回收利用。通过构建行之有效的工业资源生产系统、工业资源分销系统和工业资源回收系统，同时进行工业资源再生产。针对现有的工业资源再生产的问题，利用绿色低碳标识体系，围绕逆向物流路径，进行整个工业资源闭环供应链系统决策、渠道选择及契约激励设计等问题。

以钢铁生产为例，再生资源逆向物流中以消费者为起始端，由相应的回收商购回，再由回收负责主体转让给生产商进行再生产,其中包括的再生资源的检测、分拣、废弃等过程,最后重新进入销售，形成包含物流、信息流、资金流的再生资源再生产的闭环供应链，如图 9 所示。政府通过环境立法对生产商制定最低的回收率,根据生产商的实际回收率制定

约束,设计相应的奖惩函数,针对生产商内部回收, 研究生产商外部回收、销售商回收和第三方回收商回收三种不同的回收模型。利用绿色低碳标识体系, 对各个回收数据进行比较和分析, 理清回收率与供应链成员期望收益之间的关系, 为政府约束条件参数的制定提供理论依据, 从而进一步加速和优化区域内工业资源综合利用率。企业可以通过对工业资源的全生命周期追踪, 根据各个环节的业务数据, 技术手段以及动态规划, 进一步加强对整个工业资源的循环环节的信息掌控能力, 通过对于回收量, 出货量的规划, 动态的平衡企业内部的资源循环效率, 实现绿色高效的工业资源利用, 提升和优化企业内的工业资源综合利用率。

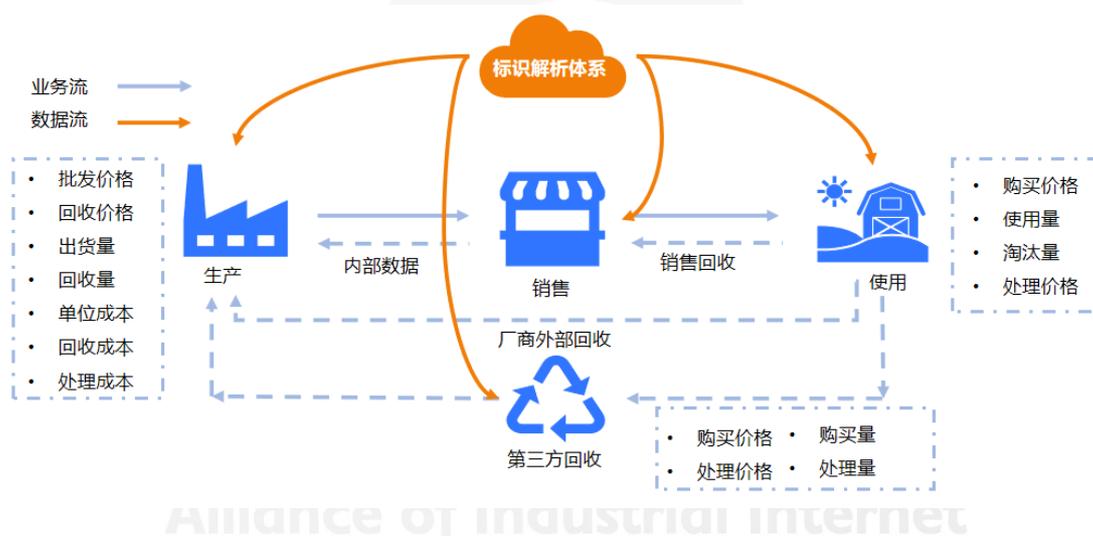


图9 钢铁资源逆向物流数据溯源

(四) 绿色低碳园区建设

1. 背景介绍

园区是国家或区域的政府根据自身经济发展的内在要求, 通过行政手段划出一块产业分工协作生产区。园区以适应市场竞争和产业升级为导向, 聚集各种生产要素并在在一定空间范围内进行科学整合, 从而突

出产业特色，优化功能布局，提高工业化的集约强度。截止 2022 年上半年，我国共有国家级、省级各类开发区超过 2500 个，园区已经成为我国经济发展的主要聚集体。按照商务部 2022 年 1 月最新发布的国家级经开区 2020 年度综合发展水平情况考核结果，217 家国家级经开区的地区生产总值 11 万亿元，同比增长 5.6%，占国内生产总值为 11%；进出口总额 7 万亿元，同比增长 9.2%，占全国进出口总额比重为 21.7%；实际使用外资和外商投资企业再投资 574 亿美元，同比增长 4.8%。园区的产业集聚特性使得经济成本大幅降低，经济规模效益显著，但同时也成为能源资源消耗、污染物和温室气体排放的集中区，在碳达峰碳中和背景下面临较大的转型压力。当前，绿色低碳园区建设面临以下挑战：

一方面，园区能源结构普遍失衡，能源数字化管理水平不高。节能与能效提升是绿色低碳园区建设的关键要素，清华大学环境学院的研究指出，国内园区(以国家级经开区为主)能源消费结构以化石能源为主导，其中煤的总消费量占到能源消费的 74%，远高于同期中国工业部门的燃煤消费份额的 56%，国内园区对于化石能源的依赖程度极高。短期来看，能源结构偏煤的现状无法扭转，通过数字化手段开展园区能源精准管理是节能的有效途径之一，但目前能源综合管理普遍停留在企业层面，园区级的数字化能源管理水平较低。

另一方面，园区工业主体种类和规模差异明显，数据异构性强、流通性弱。我国存量园区数量多、种类广，绿色低碳发展的阶段和程度各异，承载未来产业的发展条件不一。园区内部各类主体行业差异性大、规模参差不齐，不同主体信息化水平存在显著差异，数据结构各不相同，实现数据流通困难。《工业领域碳达峰实施方案》将“创新驱动，数字赋能”作为工作原则之一，提出了“打造绿色低碳工业园区”、“推进工业

互联网+绿色低碳”方面的重点任务。亟须加快推进园区工业化和信息化深度融合，解决园区能源数据异构交互问题，从园区层面统筹推进能源结构转型、数字化建设、科学精准碳减排，构建园区内绿色低碳产业链条，促进园区内企业采用能源资源综合利用生产模式。

2.应用场景探索

节能提效是工业园区最直接、最有效、最经济的降碳举措，加快推进工业园区企业能效提升，实施园区能源数字化管理调度，不断提高企业能源资源利用效率，降低能源成本，从源头减少二氧化碳排放，对推动园区整体实现碳达峰目标、推进绿色低碳转型有着重要意义。

一方面，通过标识解析体系打造园区级能源管理基础设施。依托园区级、企业级标识解析节点建设，赋予园区内能源生产企业/设备、关键用能企业/设备、计量设备等物理实体对象唯一身份标识，规模部署主动标识载体，实现能源参数的实时监测与采集。另一方面，通过标识解析体系打通园区企业 ERP、DCS、MES、物流等信息系统。全面覆盖园区内能源供给单位和能源需求单位，实现能源信息与生产过程信息的异构兼容和互联互通。进而打造自动化、信息化和集中化的园区级能源管理模式，对园区内企业相关能源系统的生产、输配和消耗环节实施集中扁平化的动态监控和数字化管理，改进和优化能源平衡，实现全园区系统性、一体化的能源监测、分析、管控功能，架构如图 10 所示。其中，能源监测功能包括对园区内重点耗能设备的能耗与能效情况及其运行参数与运行状态进行实时监测，自动生成能耗趋势曲线及运行状况情况表；能源分析功能针对园区内重点企业、重点耗能单位能耗情况进行统计分析，聚焦企业之间能耗对比与历史能耗情况，为其进行节能减排改造提供决策依据；能源管控功能涵盖能源平衡管理、能源调度优化、能耗设备监控

及能耗指标监控预警等。

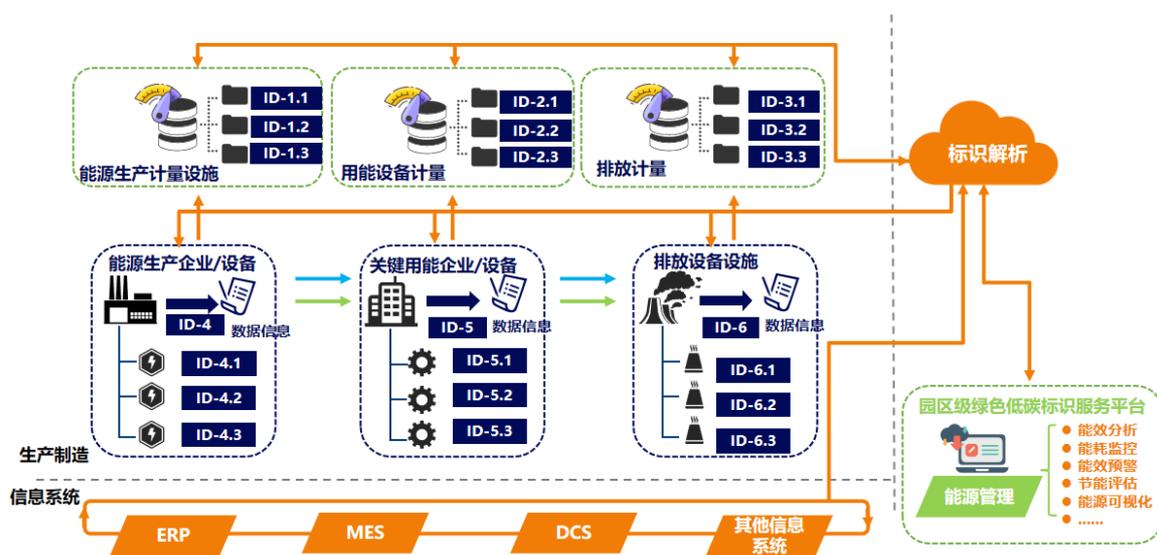


图 18 基于标识的园区级能源管理架构

四、绿色低碳标识发展建议

（一）深化核心技术创新，加快标准体系建设

加强基础理论、基础方法、前沿颠覆性技术布局，强化前沿技术研究和部署，推动新技术快速大规模应用和迭代升级，完善产业技术创新体系，充分发挥科技创新对工业碳效评价和绿色低碳发展的支撑作用。

深化核心技术攻关突破。按照《“十四五”工业绿色发展规划》要求，围绕碳效评价、绿色低碳领域可信数据采集、数据规范描述、多维数据映射等关键技术开展攻关，着力解决关键共性技术问题。强化区块链、5G等新技术双碳领域的融合创新应用，全面推动数字技术与实体经济深度融合，推进双碳治理数字化、网络化、智能化发展。

加快推进标准体系建立。建立健全绿色低碳标准体系，立足工业碳

效评价、绿色低碳发展需求，完善绿色产品、绿色工厂、绿色园区、绿色供应链和绿色产业链评价标准体系，加快推进碳效评价、产品碳足迹、绿色低碳发展等重点领先标准的立项、研制，充分发挥标准引领作用。强化先进适用标准的贯彻落实和试验验证，扩大标准有效供给。

（二）完善基础设施建设，强化协同融合发展

围绕绿色产品、绿色工厂、绿色园区等，建设多维度绿色低碳标识服务平台，为绿色低碳评价提供手段。面向重点用能装备，研制并规模部署主动标识载体等数采终端，建立绿色低碳数据可信采集通道和共享机制，实现能源数据的主动采集、汇聚、分析、精准碳效计算、趋势分析研判，助力重点领域、重点行业提前实现碳达峰、碳中和。

强化基础设施建设。面向产品、企业、园区、区域和行业等不同对象，推进绿色低碳标识基础服务平台、企业级绿色低碳标识服务平台、园区级绿色低碳标识服务平台、行业级绿色低碳标识服务平台等基础设施建设，提供产品碳足迹追踪、企业/园区碳效评价、区域/行业碳排放监测等公共服务能力。

深化与已有设施融合。充分发挥与现有的工业互联网标识解析节点、星火·链网等已有基础设施的融合发展，构建工业绿色低碳转型与工业赋能绿色发展相互促进、深度融合的现代化产业格局，面向重点领域提供咨询、检测、评估、认定、审计、培训等一揽子服务。

（三）打造行业应用标杆，完善低碳激励机制

分阶段、分层次推进碳效评价应用推广，围绕重点区域、园区和用

能行业、企业开展碳效评价，探索碳效评价在绿色金融、节能监察等领域的创新应用，遴选一批碳效评价试点企业和标杆应用，形成可复制、可推广的技术和经验。

打造行业应用标杆。围绕钢铁、石化化工、有色金属、建材、仪器仪表等重点行业，遴选一批重点企业，分阶段、系统推进试点应用推广工作，打造一批绿色低碳“领跑者”标杆企业。不断探索和优化绿色低碳评价等级结果和星级认证，建立有进有出的动态调整机制，将评价结果信息强制性披露纳入绿色低碳体系，并编制年度发展报告。

完善低碳激励机制。强化绿色低碳和用能权交易、政策支持的综合衔接，加大评价结果在财政、信贷、试点示范等方面的应用，建立与绿色低碳发展相适应的投融资政策，推动运用定向降息、专项贷款、抵押补充贷款等政策工具，引导金融机构加大对绿色低碳信贷的投放力度，支持绿色低碳企业上市融资和再融资，降低融资费用。