

（一）基于能源大数据的碳结构态势感知平台

1. 案例概述

2020年9月，在第75届联合国大会上，习近平总书记向国际社会作出碳达峰碳中和的庄严承诺。2021年，中共中央、国务院接连发布《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》、《2030年前碳达峰行动方案》等一系列“1+N”碳达峰、碳中和政策顶层设计文件，明确了我国双碳战略的路线图。

辽宁省是工业大省，能源消费偏煤、产业结构偏重，碳达峰任务十分艰巨。如何评估双碳行动态势，推动构建有效的“双碳”治理体系、助力双碳目标实现是当前面临的主要问题之一。只有深度理解国家双碳战略要求，坚持系统思维，统筹研究分析碳达峰的主要任务，建设科学化、系统化的监测分析手段，才能抓住“能源输入-能源消费-低碳输出”的降碳本质和主要矛盾，为促进全社会的绿色转型和低碳发展服务。

碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，碳监测工作是推动全社会减碳降碳的重要基础。通过数字技术在双碳数据共享、智能算法、平台搭建、场景设计上的运用，可以提升政府双碳领域的监管效率、促进企业低碳发展，实现双碳管理的数字化、智能化，促进全社会资源优化配置，推动碳达峰碳中和目标早日实现。

当前，电力行业转型正以电力数据为基础，融合政府部门和碳排放、碳交易等相关数据，从“感碳、算碳、析碳、管碳”四个维度，构建基于能源大数据的碳结构态势感知平台，基于“电-碳分析模型”开

展“电力看双碳”大数据应用，实现全省及分地区、分行业碳排放监测。同时，逐步开展电力大数据在碳足迹、碳标签、碳交易等领域的应用模式，为政府宏观调控政策制定、绿色转型发展等工作提供决策支撑，为企业节能减排提供服务支持，助力碳达峰碳中和目标落地。



来源：国网辽宁省电力有限公司

图 63 辽宁省电力碳结构指标全景监视平台

2. 应用场景

场景 1：感碳（全省电碳热力图）

“感碳”主要是通过全面监控城市、区域、行业、企业能源碳排情况，形成覆盖全域的碳排放全景图，智能研判能源碳排异常、碳达峰趋势，为政府实现“碳达峰、碳中和”目标提供持续跟踪监测手段和决策参考依据，为企业节能减排低碳发展提供能效账单。

要达到双碳目标，首先要了解工业、能源、交通等各领域的碳排放情况，特别是重点碳排放行业和企业的动态。以往这些问题主要通过人力去排查，当前通过数字化技术开展碳感知、监测，可以将碳地

图进行可视化呈现。通过构建“碳地图”，可以清晰展现全省、各市、各区的碳排放占比情况，以及碳排放总量和强度，掌握不同维度的碳排放数据。

依托公司数据中台、东北能源大数据中心和新能源云平台数据资源和技术优势，建设基于能源数据的碳结构态势感知平台，实现碳排放相关数据汇聚、存储计算、分析展现，在保障数据安全合规的前提下，为各级政府部门、企业提供碳排放监测服务。目前，平台提供的全省电碳热力图，基于全省 14 地市、11 个行业，以及第一产业、第二产业、第三产业等用电数据、对电碳排放量进行测算，从区域、产业布局等角度挖掘排放特性，构建全省电碳热力图、产业布局热力图。具体主要内容如下：

行业用电及碳排放量方面，全省批发和零售业、制造业、房地产业、能源生产供应等重点行业的历史用电量和碳排放量相关指标，按年度、月度统计上述基础数据，并支持按年度、月度细化行业类型。

能源碳排放系数方面，全省能源碳排放系数展示，根据外部能源数据获取情况及碳排放模型建立情况，定期更新外部数据，获取全省能源碳排放系数，并与国家能源碳排放系数形成对比，分析辽宁省碳排放系数的相对变化情况。

电碳排放系数方面，全省电碳排放系数展示，根据内部数据中台数据获取情况、外部能源数据获取情况及碳排放模型建立情况，定期更新外部数据，获取全省火电、总电碳排放系数，并与国家火电、总电碳排放系数形成对比，分析辽宁省碳排放系数的相对变化情况。

全省电量构成及碳排放监视方面，全省火电、水电、风电、太阳能、清洁能源发电占比情况，支持按年、月进行筛选，分析全省电力构成占比，并按日进行实时碳排放监测情况。

能源结构及碳排放趋势方面，按年展示全省能源结构及碳排放趋势，基于能源消耗量历史数据和碳排放数据，在同一时间维度内，将两者进行对比分析，构建两者关联关系，分析趋势。

助力其他区域减排方面，通过数据中台数据获取分析辽宁省清洁能源发电总额外送其他区域的规模，并根据各类清洁能源电碳模型算法，获取辽宁省助力其他区域减排规模。

地市碳排放强度及趋势分析方面，以上一年度统计局公布的各地市 GDP 规模、工业产值占比为标准，分析各年度碳排放强度，同时分析经济增长的同时，每单位国民生产总值所带来的碳排放量的变化情况，得出该区域的低碳发展模式。

地市碳排放密度及趋势分析方面，基于各市碳排放分析和各市地域面积的基础数据，深入分析各地市碳排放密度，同时结合区域能源结构分析碳排放强度、密度、能源结构的关联关系，得出碳排放密度趋势。

清洁能源地理分布方面，对清洁能源使用数据进行抽取，建立清洁能源用户资源池。程序自动关联业扩信息并定期扫描台区档案，对新增清洁能源用户进行定时补充。对资源池中客户的每日用电情况加以记录，进而形成清洁能源用户分布图与清洁能源用电热力图，满足清洁能源用户档案查询需求。

清洁能源碳减排模型分析方面，结合采集营销系统数据，统计辽宁省内清洁能源用户使用清洁能源电量总额，建立数据换算模型分析得出运算结果对标发电厂电力使用总量折合碳排分析降碳，得知降低煤炭消费量与减少排放量。



图 64 辽宁省电力燃料消耗全景监视平台

场景 2：算碳（能源结构碳排放全景图）

“算碳”主要是以区域历史数据+实时自动精细化测算为基础，通过建设“双碳”数据体系，构建“电碳”模型，为政府“双碳”决策以及企业、行业碳排管理提供科学数据支撑。主要功能如下：

构建“双碳”数据体系方面，围绕碳排放监测、碳足迹研究、碳标签应用、碳交易服务等业务需求，前瞻性的编制“双碳”数据需求清单，构建“双碳”数据标准体系，厘清数据资源现状，打通内外部横向数据交互链路及纵向数据共享通道，推动公司内外部数据融通共享，实现所需数据全量、快速汇聚，为平台建设提供数据支撑。

构建双碳公共数据模型方面，设计分层次公共数据模型，统一核心数据编码，为主数据及业务数据融合奠定基础。规范合并多源主数据形成权威主数据，支撑数据按实体有效归集。分层次融合多渠道业

务数据，实现多源头、多口径、不同频率双碳数据综合应用。建立跨时间、区域、领域主题模型库和典型场景，便捷支撑共性数据应用需求。平台依托公司云平台、数据中台算力，应用 ADL、ECM 和长期均衡算法，构建基于电力客户用电量的碳排放算法模型，探寻用电量与碳排放之间的内在规律，实现全省重点企业、重点行业以及各地市碳排放精准测算分析。

构建“电-碳分析模型”方面，基于电力大数据准确性高、实时性强、价值密度大、采集范围广等特征，结合能源、经济、人口等数据，运用关联性分析、主成分分析等方法，挖掘碳排放总量与电力数据长期均衡关系，研究构建“电-碳分析模型”。基于能源流剖分碳轨迹，结合能源结构溯源分析，设计碳流追踪算法，形成动态碳排测算因子，精准化测算实时碳排强度，支撑省市县企业四级碳排放情况高频监测与精准测算。

全省能源结构碳排放全景图方面，基于发电厂碳排放量、化石能源使用量、发电量、电力、负荷等数据，对全省能源结构及全系统碳排放量进行计算分析和深度挖掘，从时间维度、空间分布、能源类型等方面发掘碳排放规律和特性，构建区域特色化能源碳排放指标体系，量化碳排等级，实现对全省能源结构及碳排放结构的全景监视及态势感知。通过能源碳排体系分析结果，探索优化能源消费结构以降低碳排放，使我省能源结构朝着清洁、高效、低碳的方向良性发展。

场景 3：析碳（碳足迹、碳画像）

“析碳”主要是对通过“碳足迹”、“碳画像”等对企业、园区碳排放进

行分析研究，构建全面科学的分析研究体系，为管碳、降碳系统支撑。

“碳足迹”就是从产业、行业层面“深挖、分析”具体碳排放的来源和组成，明白碳足迹从哪来、到哪去，方便科学制定减少碳排放的策略。以矿产行业为例，“碳足迹”功能可以让用户清晰地看到开采、生产过程的碳排放由哪些能源组成，其中电气、天然气、柴油、汽油占比是多少；同时也可以看到能源如何进入该行业。通过互相追溯矿产行业与能源之间的流向，量化碳排放量、结构占比，分析碳排放组成。通过可视化的企业碳足迹监测分析，可以有效掌握企业各个生产环境碳排放情况，从而帮助政府和企业，立足精准可信的碳排数据，规划双碳路径，优化企业 ESG 相关流程，高效达成低碳、零碳发展目标。

碳足迹方面，建设菱镁产业“碳足迹”监测场景，以菱镁产品的全生命周期流程为基础，根据不同的产品工艺制定碳足迹相应的监测分析方法，实现对产品的碳足迹分析。帮助企业辨识菱镁产品生命周期中主要的温室气体排放过程，以利于制定有效的碳减排方案。根据碳足迹的分析结果，还可以预测拟采用的减排措施会对目前的温室气体排放情况的影响，从而实现对不同拟减排措施的择优与改进。企业还可以通过碳足迹的计算宣传自己的碳减排行动，为后续产品的碳标签、碳认证服务。

碳画像方面，建设区域碳排放画像，以电力大数据为基础，以各地市发改委、工业与信息局、环保局为辅助数据，汇集电、水、气、煤等能源数据，形成重点监管区域企业碳画像三色图。通过不同的画像，客观、形象地反映区域碳排放情况，为加强重点区域的碳排放监

管、制定节能减排措施和绿色转型发展服务。



图 65 辽宁省电流图

场景 4：管碳（双碳综合管理）

“管碳”主要是对碳进行精细化管理，实现碳排放管得住。相关部门制定、分配指标后，可以通过碳管理对区域、行业、企业进行数据监测。假设某企业剩余碳排放容量不足，该功能会通过橙红色图标提醒用户，查看该企业每个月的碳排放量、趋势、强度等。此外，碳管理还提供用能超标预警、重点关注企业、区域达成情况等。通过有效的碳管理方法，结合本地经济发展和生态环境目标，形成本地特色的能源调控、双碳减排策略。

据中创碳投统计，2020 年度，石化、化工、建材、钢铁、有色、造纸、电力、航空八大行业的碳排放总量合计约占全国碳排放的 80%。也就是说，科学管理重点区域、行业、企业的碳排放至关重要。而“碳管理”功能正是对碳进行精细化管理，实现碳排放管得住。

国家发展和改革委员会应对气候变化司组织国家应对气候变化

战略研究和国际合作中心研究确定了中国区域电网的平均二氧化碳排放因子。平台基于辽宁省电碳热力图，火力发电碳排放量、平均碳排放强度等 20 项电碳指标，通过清洁能源占比、碳排放量增量、碳排放速率变化量、外送电量增量、清洁能源消纳程度等 5 个维度，构建区域“双碳”综合指数。通过“双碳”综合指数的开发，可以更全面的度量区域碳排放的实际情况，增加了碳排放管理的科学工具。在“双碳”综合指数的应用上，如何支持政府在产业调整、新上项目、创新发展等方面的具体决策，科学指导政府规划计划和实际工作落地实施，是辅助城市政府推进“双碳”工作的重点。

双碳预测管理方面，电力碳达峰时间长短期预测，结合区域特色的电力碳结构指标体系，在机器学习算法实现的基础上，对区域未来电力碳排放量进行预测（短期）。对电网碳排放、碳吸收、区外送电助力减排等预测分析场景进行模拟演示。建立地区碳排放预测体系，基于不同主体能源-经济-环境 CGE 模型，从为了碳排放总量视角，对全省不同碳排放主体的碳排放水平，碳达峰情况进行精准预测。通过基于大数据分析的多层次、多维度预测可以为双碳目标的科学制定、优化能源配置、服务低碳发展提供精细化数据支撑。

政府碳目标管理方面，通过加强双碳管理，实现双碳监测、预警、分析、评价全闭环服务能力，为区域开展双碳目标管理、碳排放管理、碳减排管理、碳资产管理等碳相关工作提供平台核心支撑能力。围绕碳中和主题提供碳达峰碳中和的预测规划、实施路径模拟推演和过程动态监管，助力用户在确保发展和减排协调发展、期和长期动态联动、

整体和局部协同一致的前提下，快速推进双碳落地。

企业碳资产数据分析与决策管理方面，通过对企业关键指标汇总分析、指标对标对比、配额盈亏分析、资产持有预警分析、数据实时预测、履约成本比较分析等碳资产数据的梳理研究，为企业碳资产数据分析与决策服务，促进企业制定节能减排措施，实现可持续发展。



图 66 企业级碳结构指标监视及态势感知可视化展示平台

场景 5：企业应用（华晨宝马集团）

宝马集团作为中德（沈阳）高端制造产业园规模较大的企业，是我省先进制造企业的典范，具有较强的代表性。平台通过汇集宝马运营、企业应用（华晨宝马集团）供应链相关数据，以及车辆使用等碳排放相关关键绩效指标，深度剖析华晨宝马全产业链碳指标数据，利用可视化技术实现碳排放多维度全景监测。通过汽车生产过程中主要资源消耗和排放量的汇总统计与对比分析，监测企业的能源消耗结构特点和变化趋势，为企业制定降碳增效方案、进一步实现节能减排、提高绿色发展水平提供数据支撑。具体内容如下：

企业用电情况及趋势分析方面，基于数据中台获取企业用电情况，结合企业的产品特点、企业规模、历史数据等，进行企业用能情况的趋势分析及展示。

企业用能情况及趋势分析方面，线下按月获取企业用能情况，结合企业的产品特点、企业规模、历史数据等，进行企业用能情况的趋势分析及展示。

企业能耗和产值详情统计方面，综合分析企业各类能耗占比及使用情况，结合企业的产值、产品特点等，分析企业单位产品综合能耗，并对标该企业所在行业的平均值，形成企业产品与能耗之间的数据分析。

企业综合碳排放环比分析（历年）方面，基于历史数据，进行企业碳排放环比分析（历年），构建碳排数据与企业生产规模、产值、竞争环境、市场环境、企业优势等相关因素的关联模型，呈现重点企业侧碳排放环比分析。

企业碳排趋势分析图方面，基于已构建的企业碳排模型，对企业碳排数据进行研判分析及趋势分析，并以趋势图的形式展现。

企业碳排放详情分析方面，对企业的监测内容进行详情展示分析，包括企业的基本信息、用电量、其他用能信息、清洁能源消纳量、电碳模型因子、单位产出能信息变化等重要信息，并支持信息的选取展示。



图 67 碳结构指标全景监视平台

场景 6：园区应用（海城菱镁产业园）

海城菱镁产业园是我省优势资源开发的典型代表，实现碳排放多维度全景监视及分析，对加强产业园的能源监管和促进产业健康发展意义重大。平台利用可视化技术实现海城菱镁产业园碳排放多维度全景监视及分析，可以有效监控企业的能源消耗和碳排放情况，构建企业能源消耗与碳排放的相关性分析，提升外在和自身的检查管理能力，引导企业节能减排，为可持续绿色发展提供保障。



图 68 产业园碳结构指标全景监视平台

场景 7：行业应用（供暖行业）

供暖行业是北方特有的传统高污染行业，从换热站用电、压力、供流、热量等维度进行分析，助力企业精准掌控能源消耗情况及用能发展趋势。平台以供暖行业为样本数据，从换热站用电、压力、供流、热量等维度进行分析，助力企业精准掌控能源消耗情况及用能发展趋势，挖掘企业用能优化潜力，为企业能耗管理提供支持，提高用能安全水平、节约用能成本，助力企业经营提质增效，促进供暖行业低碳转型升级。同时，提供多项相关指标的大数据分析和比对，助力企业针对性地进行升级改造，提升能源供热效率，持续优化改进行业对气候的影响。



图 69 供热行业碳结构指标全景监测平台

3. 案例总结

汇聚多元数据资源，支持全面数据管理。在数据汇聚方面，不仅完成辽宁地区全部电力、新能源等数据汇聚，还完成省级石油、天然气等外部多种数据资源的汇聚，并进一步探索地市级等更细粒度的数据汇聚，构建省级动态“双碳”数据体系。在数据管理方面，通过数据质量常态管控机制支持能源数仓的数据质量常态管控，通过数据分类分级管理体系与外部企业的数据交互，以全生命周期安全防护为基础，支持与外部企业实现数据共享和分析。

摸清碳排放底数，实现区域碳达峰预测。在碳排放监测方面。建立地区碳排放监测体系，构建多维度碳排放监测模型，基于电力实时数据，利用该平台汇聚的多部门数据资源，优化能源碳排放计算算法，监测省、地市、园区等不同主体的碳排放总量、强度、下降率等指标。在宏观碳排放预测方面，建立地区碳排放预测体系，基于不同主体能源-经济-环境 CGE 模型，对全省、不同碳排放主体的碳排放水平、碳

达峰情况进行精准预测。

输出监测分析报告，助力政府双碳管理决策。依托碳结构态势感知平台监测数据，定期输出“碳达峰、碳中和”监测分析报告，实现对碳排放主体信息、碳排放分布、碳排放强度、碳排放趋势的综合分析和管
理，辅助地方政府及时了解和掌握区域碳排放情况和碳中和发展进程，
为政府相关加强双碳管理、优化能源结构、引导绿色转型发展提供决
策支持。