

变压器生产制造企业碳计量管理体系构建研究

陈艳, 侯达霄, 郭毅楠

国网英大碳资产管理(上海)有限公司, 上海

收稿日期: 2024年3月27日; 录用日期: 2024年4月26日; 发布日期: 2024年5月30日

摘要

能源电力行业作为践行双碳目标的主战场, 各领域都在积极探索绿色低碳发展的思路和方法, 而工业制造一直以来是行业碳管理的重点环节。电力装备制造企业作为助力行业及经济社会绿色复苏的重要抓手, 其碳管理的首要任务是建立科学规范的碳计量体系, 为掌握自身排放构成、挖掘减排潜力、推动绿色转型提供有效支撑。本文聚焦变压器这一典型电力装备制造企业, 研究碳排放计量管理体系构建的具体做法, 推动能源电力行业从“碳核算”向“碳计量”转变, 实现科学、数智、精准的排放计量和管控手段, 保障能源电力行业加速去碳化发展, 服务国家双碳大局。

关键词

碳排放, 碳计量, 碳管理

Research on the Construction of Carbon Measurement Management System for Transformer Manufacturing Enterprises

Yan Chen, Daxiao Hou, Yinan Guo

State Grid Yingda Carbon Asset Management (Shanghai), Ltd., Shanghai

Received: Mar. 27th, 2024; accepted: Apr. 26th, 2024; published: May 30th, 2024

Abstract

The energy and power industry, as the main battlefield for implementing the dual carbon goals, is actively exploring ideas and methods for green and low-carbon development in various fields. Industrial manufacturing has always been a key link in carbon emissions and emissions reduction, and power equipment manufacturing enterprises are the fundamental support for the green re-

covery of the industry and the economy and society. The primary task is to establish a scientific and standardized carbon measurement system, providing effective support for mastering one's own emission composition, exploring emission reduction potential, and promoting green transformation. This article focuses on transformers, a typical power equipment manufacturing enterprise, and studies the specific methods of constructing a carbon emission measurement and control system, promoting the transformation of the energy and power industry from "carbon accounting" to "carbon measurement", achieving scientific, digital, and accurate emission measurement and control methods, ensuring the accelerated decarbonization development of the energy and power industry, and serving the national dual carbon situation.

Keywords

Carbon Emission, Carbon Metering, Carbon Management

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国作为世界第一的工业大国，也是碳排放第一的国家，“碳达峰、碳中和”目标的提出，彰显了我国致力于全球环境治理的责任担当。工业企业作为碳排放与碳减排的源头，是推进工业领域绿色低碳发展的重要微观主体，客观准确核算工业企业碳排放是精准推进工业碳达峰的重要前提[1]。工业企业通过建立系统科学、全面规范的企业碳计量体系，有助于掌握自身碳排放水平和构成，也是现代化企业高质量、绿色、可持续发展的内在需求，为企业积极探索建立碳管理能力奠定坚实基础[2]。

2022 年国家市场监管总局、中央网信办、国家发改委、工信部等 16 部门联合印发《贯彻实施〈国家标准化发展纲要〉行动计划》，同年市场监管总局、工信部等联合发布《关于促进企业计量能力提升的指导意见》，2024 年工信部印发《工业领域碳达峰碳中和标准体系建设指南》，一系列政府文件提出了“推动企业建立健全碳计量体系”，为企业碳排放“可测量、可报告、可核查”提供计量支撑，服务国家碳排放统计核算体系的建立和完善。能源电力行业作为践行双碳目标的主战场，在关注节能低碳型电力装备研发时，也聚焦控制电力装备生产过程的碳排放量，助力工业领域全面绿色转型。本文以变压器这一典型电力装备制造企业为对象，探索研究适用电力装备制造企业的碳计量管理体系，为各行业企业开展碳管理提供管理提供经验借鉴。

2. 国内外研究进展

(一) 国外碳计量管理研究

从国际上来看，政府间气候变化专门委员会(以下简称“IPCC”)早在 1991 年便开始制定温室气体排放量可采用的数据与计算方法。IPCC 第十二届会议通过的 1996 年修订版《IPCC 国家温室气体清单指南》为各缔约国提供了温室气体排放和清除可采用的碳计量方法，此后多项国际气会议和诸多国际机构均开始提出碳计量相关原则。1997 年签署“京都议定书”之后，欧洲逐步开始发展区域内的碳计量工作，经过 3 个阶段发展，排放计量已经由过去的测算为主的方法过渡为利用装置连续监测、实时传输的模式进行直接测定，并不断丰富碳计量的行业和温室气体种类。美国将全国碳计量体系统一为强制性温室气体排放清单报告制度，要求企业将排放清单报告委托第三方机构核查并提交，对核查报告的相关数据、量

化过程以及报告的完整性、准确性等提出要求。

从企业碳计量实践看，随着国外企业对可持续发展的理解不断深入，碳管理被看作培育未来竞争优势的重心之一，通过制定企业长期战略对碳管理做出了明确的工作部署，一方面基于通用的排放核算指南及相关标准，制定排放核算方法，另一方面从监测方法技术和管理控制流程两方面强化碳管理机制[3]，指导企业开展碳排放计量，以应对气候环境治理要求。

(二) 国内碳管理研究

我国碳计量体系建设一直处于有序推进中，2007年国家颁布了《中国应对气候变化国家方案》，相关部门开始制定相应的碳排放统计、监测、考核办法。2013年成立了国家低碳计量技术委员会，主要负责碳排放量、碳减排量计量技术规范的研究、制定和推广应用等工作。通过推动建立一套全球公认的、科学、精准、兼容性强的基础碳计量体系，围绕核算方法、计量技术及监督管控机制等方面进行深入研究，对推进我国工业企业夯实排放管理基础，增强工业产品全球性竞争发展力起到了良好的基础巩固效应。

随着“双碳”成为国家重点战略，工业企业系统核算碳排放，建立碳管理体系成为迈向绿色转型的主要任务。各专业机构、科研院校及重点行业企业等积极开展碳管理相关探索研究，将碳管理作为以减少生产经营活动中的温室气体排放为核心的管理活动，碳计量则成为摸清排放强度、跟踪减排成效的主要手段，从方法标准、管理机制、技术应用等方面保障企业碳计量，促使企业加快向绿色可持续方向迈进。

(三) 研究启示

全球气候变化是当今全球关注的焦点和研究热点，核算碳排放对温室气体减排和控制具有重要意义[4]，碳计量则成为企业掌握生产经营碳排放水平，精准施策落实减碳措施的关键。从碳计量的发展上看，国外针对温室气体核查形成了成熟的碳计量体系，而我国温室气体排放尚缺少完整的碳计量体系、标准及政策[5]，企业应重视碳排放计量体系的构建，聚焦碳核算方法、标准及制度的制定，以此推动自身减碳目标的实现。从碳计量的体系架构上看，应注重从上至下的系统性和支撑性，充分考虑方法标准、管理机制、技术手段等保障要素，由下至上夯实企业碳计量工作基础和支撑能力。构建碳计量管理体系需要兼顾排放计量方法和实施管控措施两方面入手[6]，围绕核算方法标准、数据采集要求、技术创新应用等方面构建计量管理体系，支撑企业达成绿色发展预期。

3. 碳计量管理体系设计

(一) 体系架构

变压器作为重要的电力装备，生产经营过程需要消耗大量能源，且用能环节较多，开展碳计量是精准核算和评估变压器生产企业绿色水平的基础，能够为企业摸清家底、制定碳减排策略、推动降碳奠定基础。碳计量管理体系构建应在可用可管可控的原则上设计，系统解决变压器生产企业在碳排放核算方法、核算执行规范、技术辅助支撑等方面存在的现实问题，围绕算碳标准方法、技术服务支持、监督管理制度及专属组织机构四个重点方面设计搭建碳计量管理体系，重点提供管理组织、核算方法、管理制度、计量技术等方面的问题，为变压器生产企业科学实施碳计量管理提供支撑。

(二) 组成要素

1) 计量标准

开展碳基量是要摸清变压器企业一、二次排放及其他排放源，通过参考国内外通用的碳排放核算指南提出的计算框架和方法，制定适用变压器生产企业的碳排放计算方法，其关键是系统掌握企业经营全环节排放结构、排放源，匹配对应能源排放计算方法[7]，确保科学计量。

a) 确定碳排放源

结合变压器生产特点，按碳排放范围一二三对生产经营全环节碳排放源梳理如下：一次能源排放主要来自车辆、装卸设备等使用化石燃料产生的碳排放；二次能源排放主要来自于生产设施、生产设备、日常办公等产生的电力排放；范围三能源排放主要来自于原料采购、第三方服务等产生的间接能源排放。碳排放源识别为系统、全面厘清变压器生产企业碳排放构成、建立核算清单，锁定碳计量范围、单元等提供依据。(见 图 1)



Figure 1. Schematic diagram of carbon emissions composition of transformer manufacturing enterprises

图 1. 变压器生产企业碳排放构成示意图

b) 匹配计算方法

结合已经识别出的变压器生产企业碳排放源，根据 IPCC 排放因子法提供的核算方法，制定适用变压器生产企业的碳计量标准方法。计算公式如下：

$$E_{\text{碳排放量}} = E_{\text{范围1}} + E_{\text{范围2}} + E_{\text{范围3}} \quad (1)$$

其中，范围一、二、三的计算方法如下：

$$E_{\text{范围1}} = \sum (AD_i \times EF_i) \quad (2)$$

$$E_{\text{范围2}} = \sum (AD_i \times EF_i) \quad (3)$$

$$E_{\text{范围3}} = \sum (M_i \times EF_i) \quad (4)$$

按上述碳排计算公式，变压器生产企业生产经营环节碳排总量由范围一、二、三排放累加进行计算。其中，范围一和范围二碳排放量由活动量(AD)与对应排放因子(EF)的乘积计算得到，范围三排放来自于不可控的外购产品、服务产生的碳排放量，由购买的产品和服务数量(M)与对应排放因子(EF)的乘积计算得到。

2) 管理机制

基于国内外通用的碳排放核算框架的基础上，变压器生产企业要能够准确核算经营活动中产生的碳排放量，就需要制定符合自身经营管理特点的计量管理规范。同时，做好做优碳计量管理，还需要围绕计量程序、计算方法、数据要求、评估报告等关键内容，建立一套适用的碳计量管理规范(见图 2)，一方面指导企业相关专业部门和人员开展碳计量业务，另一方面监督碳计量工作执行质效。

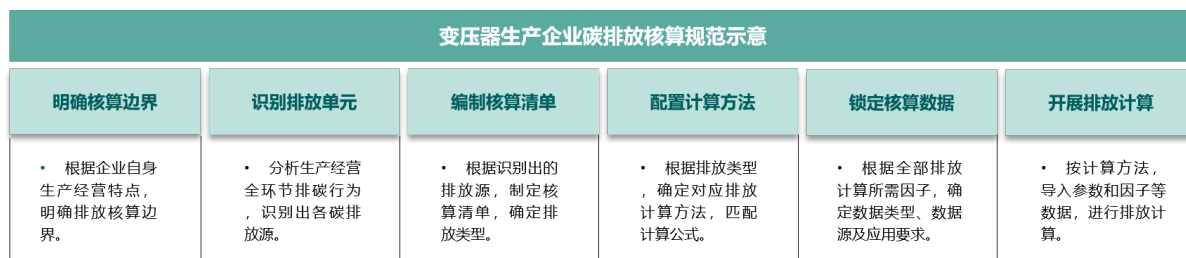


Figure 2. Schematic diagram of carbon measurement standard procedures for transformer manufacturers

图 2. 变压器生产企业碳计量标准程序示意图

a) 明确工作程序

结合国内外通用的排放核算方法,按照确定核算边界、识别排放单元、编制核算清单、配置计算方法、锁定核算数据、开展排放计算的步骤,建立变压器生产企业的碳计量标准程序,形成执行标准、操作规范指导企业内部开展碳排放计量工作。

b) 选择计算方法

计算变压器生产企业碳排放量,需要在核算清单基础上确定生产经营全环节排放类型,结合化石能源、电力热力及其他排放类型的计算公式,与变压器生产企业清单所列的全部碳源的排放类型进行匹配,匹配适用的排放计算方法,保障核算方法科学、计算结果准确。

c) 锁定数据来源

用能数据是变压器生产企业高质量开展碳排放量计量的前提条件,核算变压器生产所需数据包括活动量、排放因子两类。其中,活动量数据应统计原料采购量,汽柴油、天然气、电力、热力等能源消费量,以及固废处理、委外加工服务,包装材料、固定资产购入等数据;排放因子则参照权威机构获取,包括汽柴油、天然气、电力等排放因子数据。企业应在制度中明确规定数据规范及数据来源,以确保数据质量及计算结果准确性。

d) 报告编制规范

通常为了更好地掌握自身碳排放水平,进而准确挖掘减排重点、制定有效措施、推动自身减排的目标方向落地,变压器生产企业需要规范编制每一期碳排放计量报告,系统性展示全局、局部碳排放水平,并设定分析指标,对减排措施制定落实成效进行评估。同时,对计量方法、核算数据和评估结果等内容系统性说明,并注明计算方法、数据来源,便于进行评价结果的追踪溯源,支撑做好企业碳计量工作监控,持续推动变压器生产企业碳管理水平提质增效。

3) 计量技术

变压器生产企业开展精准碳计量不仅要有计量方法、管理制度等方面支撑,还需要以信息化手段进行辅助,提高排放感知、数据采集及智能计量的技术应用水平(见图 3)。引入并应用计量技术的研究和落地应用,一方面有助于提高企业碳计量的准确性、及时性和可靠性,另一方面有利于减少人力资源投入,提升企业碳计量管理效益。

a) 研究碳感知技术

随着各领域碳标准计量体系逐步建立健全,碳计量终端的硬件产品研制和市场需求得到快速发展[8],各行业充分运用物联网、工业互联网、大数据等前沿技术,以技术驱动生产经营过程碳排放监测计量实现智能化管控,协同碳管理平台部署碳监测、碳计量、产品碳足迹分析等功能模块,提升碳管理水平。变压器生产企业可研发应用具有用能感知采集功能的计量装置,对变压器生产全流程节点用能数据进行采集,通过装置内置的计算模块转换为实时碳排放数据,再利用 WiFi、4G/5G 等网络传输排放数据至平

台系统，形成数字化计量碳排放的技术应用。

b) 开发碳管理平台

通过开发碳管理平台，开发能耗数据的在线采集、监测、计量和统计分析功能，企业可推动碳管理一体化，最优化资源配置，提高碳管理效能[9]。变压器生产企业开发管理平台，可连接部署在变压器产线各个工序节点的计量装置，获取实时能耗、排放数据信息，支持用能统计、排放计量和能效分析等核心功能应用。用能统计模块能够对用能强度、用能构成及各能源消耗量指标的统计，形成生产用能统计报表；排放计量模块可根据计量需要，提供对厂区、工序(车间)和重点生产设备的能源消耗指标的监测和计量的功能；能效分析模块具备提供从企业、工艺和产品等多维角度进行碳排放、能效分析。

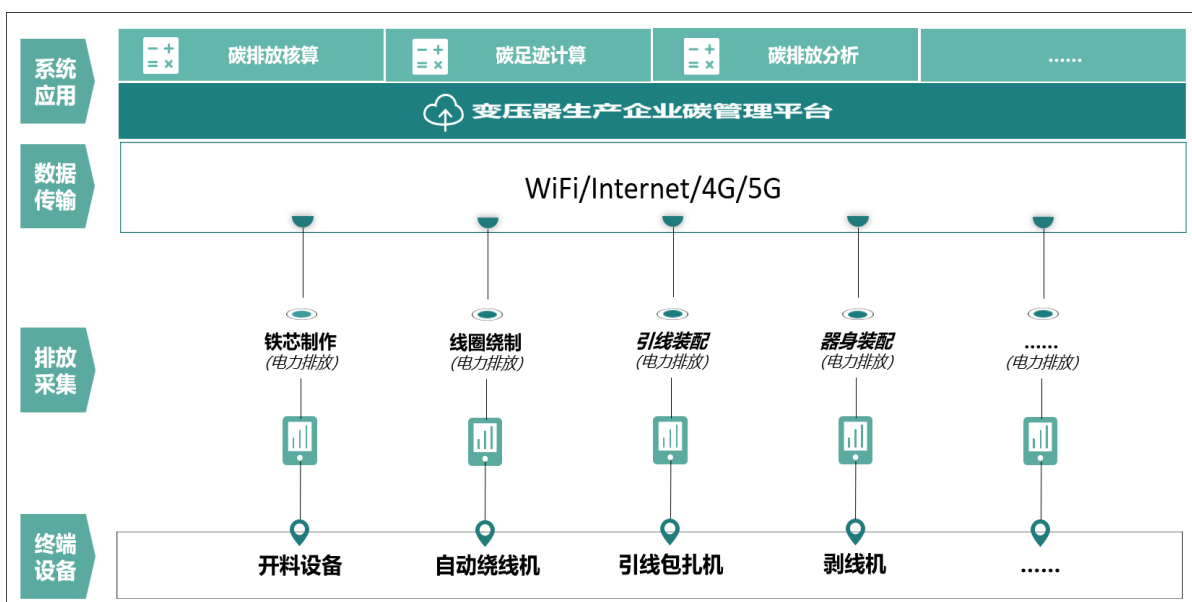


Figure 3. Schematic diagram of the carbon measurement technology architecture of a transformer manufacturer
图 3. 变压器生产企业碳计量技术架构示意图

4) 专属机构

碳计量是一项专业性较强的工作，应建立专业化、统一化的碳管理机构[10]。变压器生产企业开展碳计量管理需要组建专业队伍，打造专属组织，长期定向持续性的推动生产经营全过程的碳管理工作，将碳排放监测、计量及减排措施制定、执行、评估等活动作为企业碳管理机构的主要工作内容。变压器生产企业将碳计量作为实施碳管理、推动碳减排获得经济、社会和环境效益的重要抓手，建立专属组织机构有助于常态化开展碳管理工作，助推企业绿色转型。

a) 组织机构

变压器生产企业通过系统梳理碳计量业务边界、管理范围、专业技术等问题，整合资源、打造团队，建立专属的组织体系，负责变压器生产企业排放数据的采集、治理及应用管理；计量技术的研制、部署及运行维护；碳管理所包含的计量管理制度、业务指导手册的编制、更新和监督执行；排放核算结果的评估、跟踪和优化策略制定等主要职责，有效支撑变压器生产企业实施碳计量管理工作。

b) 组织形式

碳计量管理贯穿变压器生产企业经营各环节，一方面需要各业务部门间联动，围绕原材料的采购、加工、变压器产品的生产、存放、出厂试验等主要排放环节进行一次、二次用能监测和排放数据收集；

另一方面需要各职能部门一同参与，按照碳计量业务手册定期统计公共用能、办公车辆用油及其他外购服务或产品产生的间接排放，通过专属部门牵头，组织内部各个部门协同参与碳计量管理工作，实现全员联动。

4. 结语

本文通过研究借鉴国内外企业碳计量管理体系及主要做法，以变压器生产企业视角，开展了我国能源电力产业链上重要的生产制造企业碳计量管理体系的研究，分别从计量标准、管理机制、技术应用、组织机构四个要素研究展开，解决变压器生产企业在碳排放核算方法、制度及操作规范、计量技术应用等关键领域的问题，构建完善的碳计量管理体系。研究成果将为行业内外工业企业开展碳管理输出可复制的方法，为各领域企业筑牢绿色发展基础能力提供借鉴，助力经济社会绿色低碳发展。

参考文献

- [1] 张朝英, 白银芬, 朱彩红, 等. 工业企业能源消费碳排放核算方法研究[J]. 统计科学与实践, 2022(9): 12-15, 20.
- [2] 尹亚柳, 彭渤, 杨彬, 等. 基于“双碳”目标的企业碳管理策略研究[J]. 绿色建筑, 2023(6): 28-30, 50.
- [3] 樊威. 工业企业能源消费碳排放核算方法研究[J]. 统计科学与实践, 2022(9): 28-30, 50.
- [4] 郝千婷, 黄明祥, 包刚. 碳排放核算方法概述与比较研究[J]. 中国环境管理, 201(4): 51-55.
- [5] 卢伟业, 陈小玄, 陆继东, 等. 双碳背景下火电企业碳计量分析与建议[J]. 洁净煤技术, 2023(1): 199-208.
- [6] 段艺, 王欢, 周小靖, 等. 企业碳排放管理体系建设探讨[J]. 产品可靠性报告, 2023(3): 53-55.
- [7] 潘克西, 朱汉雄, 刘治星, 等. 碳排放核算方法与企业温室气体清单计算器[J]. 质量管理, 2012(12): 2-7, 24.
- [8] 张路争, 吴炎, 张恒立, 周浩. 基于企业能源计量的碳计量智能监测和动态核算研究[J]. 能源研究与利用, 2022(6): 45-48.
- [9] 王珊. 能源综合管理平台在企业中的设计和应用[J]. 上海节能, 2017(6): 363-368.
- [10] 孟丽霞, 李洪博. 浅谈企业碳排放管理体系的构建[J]. 管理观察, 2015(26): 101-104.