

电力物流运输环节碳排放核算方法设计

李一帆¹, 杨柳柳¹, 陈徐晶¹, 王晓虹¹, 肖锋²

¹国网上海市电力公司物资公司, 上海

²上海久隆企业管理咨询有限公司, 上海

收稿日期: 2023年11月8日; 录用日期: 2023年12月1日; 发布日期: 2024年1月29日

摘要

电力物流运输作为电力供应链的重要环节, 该环节产生大量的碳排放, 随着国家“双碳”目标的提出, 物流运输环节碳排放的准确计量与分析是电力供应链实现低碳转型的重要基础和前提条件。本文借鉴碳排放核算的理论方法和研究成果, 在碳排放因子核算法的基础上, 设计了一种适用于电力物流运输环节的碳排放核算方法, 建立了一套支持物流运输碳排放核算工具, 降低物流运输过程中碳排放核算的复杂度, 有助于电力企业制定相应的减排目标和计划, 推动电力供应链绿色低碳转型。

关键词

物流运输, 电力供应链, 碳排放核算, 碳排放因子, 低碳转型

Design of Carbon Emission Accounting Methods for Electricity Logistics and Transportation Segments

Yifan Li¹, Liuliu Yang¹, Xujing Chen¹, Xiaohong Wang¹, Feng Xiao²

¹State Grid Shanghai Electric Power Company Materials Company, Shanghai

²Shanghai Jiulong Enterprise Management Consulting Co., LTD., Shanghai

Received: Nov. 8th, 2023; accepted: Dec. 1st, 2023; published: Jan. 29th, 2024

Abstract

Electric power logistics and transportation, as an important link in the electric power supply chain, generates a large amount of carbon emissions, and with the proposal of the national “double-carbon” goal, the accurate measurement and analysis of carbon emissions from logistics and transportation is an important foundation and prerequisite for the electric power supply chain to realize low-carbon transformation. This paper draws on the theoretical methods and research results of

carbon emission accounting, and on the basis of the carbon emission factor accounting method, designs a carbon emission accounting method applicable to electric power logistics and transportation links, establishes a set of carbon emission accounting tools to support logistics and transportation, reduces the complexity of carbon emission accounting in the process of logistics and transportation, and helps electric power enterprises to formulate corresponding emission reduction targets and plans, and promotes the green and low-carbon transformation of the electric power supply chain.

Keywords

Logistics and Transportation, Electricity Supply Chain, Carbon Emission Accounting, Carbon Emission Factors, Low Carbon Transition

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

国务院发布的《计量发展规划(2021~2035年)》指出要加强碳排放关键计量测试技术方法和应用,支撑双碳目标实现[1]。我国电力行业的碳排放量约占到全行业38%,其中电力物流运输环节作为电力供应链的重要部分,其在运输过程中产生大量碳排放,要实现“双碳”目标,减少电力物流运输过程中的碳排放量,科学的碳排放核算方法设计至关重要。

为落实国家“双碳”政策、推进电力物流运输过程中的碳减排,电力企业要做好碳排放核算,坚持以“绿”链服务“绿色”发展,为制定电力物流运输环节的碳减排方案、推动绿色转型工作提供更为全面、科学的数据支持,本文以明确边界、识别碳源作为电力物流运输环节的碳排放核算研究的基础和出发点,借鉴碳排放核算的理论方法和研究成果,在碳排放因子核算法的基础上,计算电力物流运输过程中的车辆行驶所产生的碳排放量,设计了一种适用电力物流运输环节的碳排放核算方法,建立了一项支持电力物流运输的碳排放核算工具,降低了电力物流运输过程中碳排放核算的复杂度,在物流运输的碳排放核算方面提供了参考。

2. 物流运输碳排放核算方法

(一) 碳排放因子核算法

排放因子核算法是由联合国政府间气候变化委员会(IPCC)专门提出的一项核算温室气体排放的方法,该方法通过温室气体排放数据和参考IPCC给出相应的碳排放因子进行计算来核算出温室气体的排放量。该方法首先需要明确核算边界,确定核算过程中的碳排放源,碳排放源包括核算对象在能源消耗活动中直接或者间接排放温室气体的排放源,然后根据获取的基本数据编制温室气体排放清单,排放清单的范围一般包括工业生产制造、交通运输、城市废物处理、环境检测等能源消耗活动[2],编制排放清单后,需要配置相应的计算方法,按照编制的碳排放清单列表,将相应碳排放源的排放数据与碳排放因子相乘,最终将各个排放源的碳排放量加和得出总的碳排放量。碳排放因子核算法有助于对从事碳减排工作的单位、企业提供数据参考和制定减排计划和措施。

(二) 全生命周期核算法

全生命周期碳排放核算法是一种用于核算对象在其整个生命周期内产生的碳排放量的方法[3]。该碳

排放核算方法不仅考虑了直接碳排放，还考虑了间接碳排放，如电力消耗、运输等，该方法涉及四个步骤，首先是核算对象全生命周期的阶段划分，明确核算对象在其生命周期中有哪些工作阶段，便于碳排放边界的确定，其次是碳排放边界的确定，该步骤分为两部分，一部分是确定核算主体，核算主体受各种外界因素的影响，比如技术条件和经济条件等因素；另一部分是确定核算时间，一般核算时间以年为单位，在全生命周期核算中，由于核算对象的属性不同，需根据相应的核算对象属性来确定核算时间。再次是确定碳排放因子，碳排放因子指每一种能源燃烧或使用过程中单位能源所产生的碳排放量，由 IPCC 等环境保护、气候变化相关的专业机构给出。最后配置计算公式，按照核算对象在全生命周期中各个工作阶段的碳排放量，进行求和得出最终总的碳排放量。

(三) IPCC “自上而下”法和“自下而上”法

IPCC 提出的“自上而下”法，该方法是以道路交通工具燃料消耗的统计数据来核算二氧化碳排放量，核算某区域交通运输的碳排放量时，使用获取该地区燃料销售总量乘以 IPCC 中相对应的燃料碳排放因子，进而得出该区域总的碳排放量[4]。由于该方法采用能源统计数据进行碳排放核算，核算精度大大提高，但燃料销售数据对具体交通运输类型的能耗数据不能区分，因此实际进行碳排放核算时受到限制，该方法大部分用于宏观测算比。

IPCC 提出的“自下而上”法，该方法涉及不同交通类型的车型、保有量、行驶里程、单位行驶里程燃料消耗等数据，从而计算二氧化碳排放量。该方法由于车型、燃料类型、行驶里程、路况等不确定性因素对碳排放核算会产生一定的影响，核算精度有所下降，但该碳排放核算数据容易采集，因此该方法应用较多[5]。

3. 物流运输碳排放核算研究现状

(一) 国外研究现状

国外在道路交通运输领域对绿色、低碳运输已经处于深入研究中，其中斯德哥尔摩环境研究所同美国波士顿大学联合开发的长期能源替代规划(LEAP)模型，该模型是自下而上的能源碳排放预测系统，该模型能够根据终端能源消耗量的变化因素，采用情景分析法，对能源消耗量进行预测分析，研究者可以在该模型中，根据研究目的、数据获取程度、研究主体的特点等灵活构建模型结构，适用于能源数据不完整的情况，该预测模型已应用到从事交通运输系统评价、低碳节能等能源系统工程的相关领域，有助于政府决策和制定相应减排措施，现已广泛应用于国家、区域、部门、行业等层面的能源战略研究中；在人口众多的印度，能源机构开发了首都德里客运交通能源消耗核算模型，在客运交通出行总量、交通方式以及各种交通方式的分担率等方面，该模型分析了各种交通方式具有的特征，建立了交通需求与能源消耗计算之间的计算模型，并利用情景分析法，通过设定不同的情景，对其进行计算分析。

(二) 国内研究现状

随着“双碳”目标的提出，以京东物流为代表的物流公司，相继制定绿色减排目标，积极向绿色低碳转型。首先，识别企业的排放类型及排放源。由于业务场景比较复杂，在企业的碳排放核算上，京东参照《温室气体核算体系》中制定的企业温室气体排放核算标准，按照核算范围对企业碳排进行分类，包括车辆燃油消耗、制冷剂、燃气煤炭消耗等主要排放，以及以用电为主的间接排放和包装耗材、员工差旅等涉及的碳排放，然后统计各种排放行为的排放数据并选取相对应的碳排放因子，通过活动量与排放因子相乘的方式计算碳排放量，加总后核算出总的碳排放量。最后，通过碳排放核算，全面展示总体碳排放情况，掌握各业务环节碳排放规模，制定相应的减碳方案[6]。

4. 电力物流运输碳排放核算方法设计

通过借鉴 IPCC 核算指南、碳排放核算体系等文献资料，设计了一套适用电力物流运输环节碳排放

核算方法。在研究相关物流公司实施碳排放核算的典型做法，分析碳排放测算方法在电力物流运输的适用性和可行性，明确电力物流运输碳排放测算六个步骤：明确核算边界与识别碳排放源、编制核算清单、配置计算方法、锁定基础数据、排放核算模型设计，以下对六个步骤具体说明[7]。

(一) 明确核算边界与识别碳排放源

碳排放源为各种运输方式产生的化石燃料排放，考虑已知运输车型和未知运输车型，以及涉及车辆里程、单位里程燃油消耗量、排放因子等关键信息，建立排放核算清单，针对清单的中已知运输车型和未知运输车型，配置相应的计算方法、锁定计算所需的基础数据，形成面向电力物流运输碳排放核算的思路和实施路径。

(二) 编制核算清单

在明确核算边界与识别碳排放源的基础上，根据排放源信息，编制电力物流运输碳排放核算清单，如表 1 所示。

Table 1. Carbon emission accounting list of electric power logistics transportation link

表 1. 电力物流运输环节碳排放核算清单

运输车型	排放源	能源类型
已知	车辆运输	运输车辆产生的化石燃料排放
未知	车辆运输	运输车辆产生的化石燃料排放

(三) 配置计算方法

1) 计算公式

$$G_{\text{运输}} = M_{\text{运输}} \times K_{\text{燃油}} \times EF_{\text{柴}}$$

其中， $G_{\text{运输}}$ 为车辆运输的总碳排放量； $M_{\text{运输}}$ 为运输车辆的行驶里程； $K_{\text{燃油}}$ 为车辆每公里柴油消耗量； $EF_{\text{柴}}$ 为柴油排放因子。

2) 计算参数

计算参数有助于快速采集电力物流运输的用能数据，支持物流运输过程排放计算，根据碳排放计算公式，确定用能数据是准确计算碳排放量的关键。统计单次物流运输的运输里程作为计算参数(见表 2)。经调研发现，物流运输过程中的运输车辆的型号会影响物流运输的碳排放变化。

物流运输排放主要来源于车辆的燃油消耗，由于运输车辆有已知型号和未知型号，为此，计算运输车辆排放可通过理论估算和实测的方法实现。理论估算是换算车辆每公里油耗支撑排放计算，需要采集车辆、运输订单等数据，计算总运输里程后分摊每一台变压器送检和送返过程中的运输里程数；实测法是监测运输过程实时油耗数据，支持计算。运输环节的计算受到车型、运输距离等因素影响较大，数据采集较为困难[8]，本项目研究选择理论估算方法。

Table 2. Diesel calculation parameters and carbon emission factors

表 2. 柴油计算参数和碳排放因子表

柴油	数值	换算系数	数据来源
计算参数	0.17 kg/km	1 L = 0.85 kg	大型货运车辆百公里油耗
排放因子	3.1429 kg CO ₂ /kg	1 L = 0.00085 t = 0.85 kg	《公共建筑运营企业温室气体排放核算方法和报告指南(试行)》

已知型号车辆运输通过该型号汽车平均标准百公里油耗作为计算参数，统计参与电力物流运输所采

购的车辆型号及其对应的平均标准每公里油耗，未知型号车辆运输每公里油耗参考第三方机构数据库，以 10 吨大型货运车辆为参考样本，选择 0.2 L/km 油耗作为计算参数，换算得到 0.17 kg/km 的计算参数。

(四) 锁定基础数据

通过以上步骤，得出电力物流运输具体碳排放核算数据，如表 3 所示。

Table 3. Carbon emission accounting list of electric power logistics transportation
表 3. 电力物流运输碳排放核算清单

运输车型	计算方法	数据要求
已知	碳排放量 = 运输里程 × 车型平均标准每公里油耗 × 换算系数 × 柴油排放因子	里程数(km) 换算油耗(kg/km)
未知	碳排放量 = 运输里程 × 0.17 × 柴油排放因子	里程数(km) 换算油耗(kg/km)

(五) 碳排放核算模型设计

基于 Excel 软件设计简易模型用于碳排放核算，固化碳排放计算方法，锁定计算参数、排放因子，构建一套核算模型，为电力物流运输环节碳排放核算提供支撑。以上述碳排放核算清单为模型设计基础，分别对电力物流运输的已知和未知车型设定计算所需参数，并嵌入相应的计算公式，实现数据导入时可以直接计算每种运输车型的碳排放量，在加总获得电力物流运输环节总的碳排放量，通过模型应用，提升碳排放效率，图 1 为该模型运算逻辑示意图。

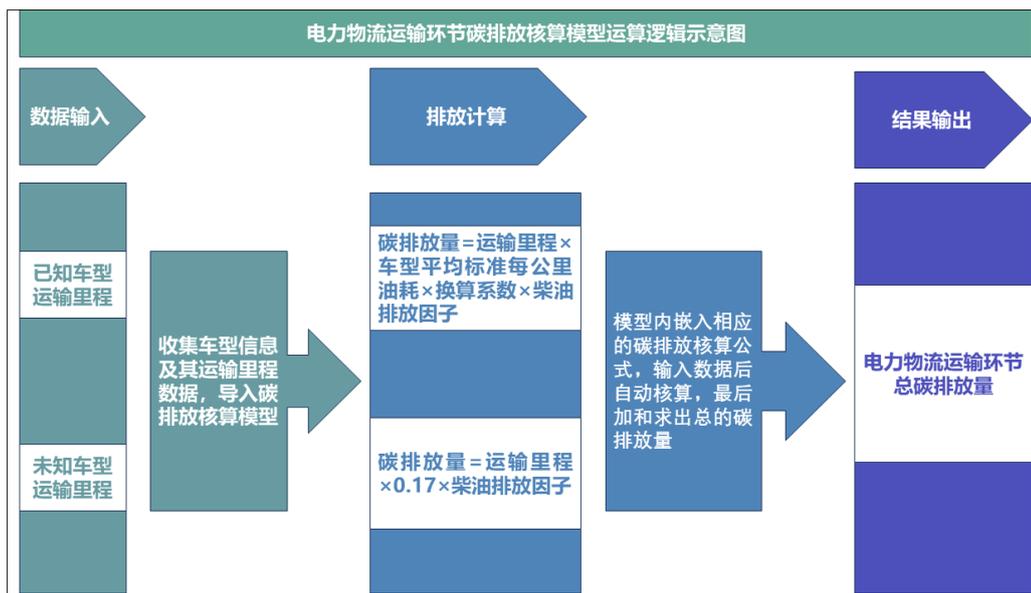


Figure 1. Calculation logic diagram of carbon emission accounting model of electric power logistics transportation link

图 1. 电力物流运输环节碳排放核算模型运算逻辑示意图

5. 结束语

本文基于碳排放因子核算法，明确了核算范围、计算方法、数据要求等关键内容，为开展电力物流运输环节碳排放核算提供了清晰的方法和路径。本文设计了一种电力物流运输环节碳排放核算方法及核算模型，建立了一项支持物流运输碳排放核算工具，降低了物流运输过程中碳排放核算的复杂度，在物

流运输的碳排放核算方面提供了参考。随着电力供应链绿色低碳发展不断深入,在物流运输识别碳排放行为和核算方法方面,该碳排放核算方法有助于电力企业制定相应的减排目标和计划,推动电力供应链绿色低碳转型。

参考文献

- [1] 秦宜智. 实施《计量发展规划(2021~2035年)》全面开启加快计量发展新征程[J]. 中国市场监管报, 2022(6): 6-10.
- [2] 刘然, 刘哲, 赵洁玉, 等. 国内外物流行业碳排放核算方法研究[J]. 交通节能与环保, 2023, 19(3): 64-71.
- [3] 周新军, 满朝翰. 全生命周期碳排放核算方法及其应用[J]. 铁路节能环保与安全卫生, 2019, 9(4): 10-14.
- [4] 林旭坤, 张扬, 罗芷晴, 等. 高速公路网车辆碳排放测算方法研究[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2022, 50(9): 22-28.
- [5] 郭胜. 城市交通系统碳排放评估体系与评价方法研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2014.
- [6] 周芳倩. “双碳”目标背景下物流企业低碳发展对策研究[J]. 物流工程与管理, 2023, 45(1): 131-133.
- [7] 徐浩成, 余浩, 吕强, 等. 道路交通碳排放核算方法研究[J]. 汽车工程学报, 2023, 13(4): 496-505.
- [8] 丘建栋, 徐祥, 屈新明, 等. 城市道路交通移动源碳排放核算方法[J]. 城市交通, 2023, 11(2): 121-127.