

基于MFCA的企业外部环境收入测算 ——以三峡能源为例

高思源

南京信息工程大学商学院, 江苏 南京

收稿日期: 2024年4月28日; 录用日期: 2024年5月29日; 发布日期: 2024年8月9日

摘要

十四五以来,在清洁能源发展政策与“双碳”目标推动下,我国清洁能源行业发展迅速,多种清洁能源已取得规模化运用且指标并位列世界前茅。然而现行会计准则无章可循导致清洁能源企业无法确切衡量其外部环境收入。再者,以往的环境会计研究多集中于环境会计要素设置与重污染行业的环境成本核算上,对企业外部环境收入测算缺乏一定关注与探索,这显然不适于清洁能源发展需求。基于此,为了提升清洁能源企业环境会计信息质量,本文构建了一个基于MFCA的企业外部环境收入测算模型,以三峡新能源集团股份有限公司为案例,对其2022年度的外部环境收入进行测算演示,以为同类企业的外部环境收入测量实践提供补充。

关键词

物质流动成本会计法, 外部环境收入, 环境会计, 生命周期评估法

Calculation of External Environmental Income of Enterprises Based on MFCA —Taking the Three Gorges Energy as an Example

Siyuan Gao

School of Business, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing Jiangsu

Received: Apr. 28th, 2024; accepted: May 29th, 2024; published: Aug. 9th, 2024

Abstract

Since the 14th Five-Year Plan, under the promotion of clean energy development policy and “double carbon” goal, China’s clean energy industry has developed rapidly, and a variety of clean ener-

gy has been used in large-scale and the indicators are among the best in the world. However, the lack of current accounting rules can prevent clean energy companies from accurately measuring their external environmental income. Moreover, the previous environmental accounting research mostly focuses on the setting of environmental accounting elements and the environmental cost accounting of heavy pollution industries, and lacks certain attention and exploration to the calculation of external environmental income of enterprises, which is obviously not suitable for the development needs of clean energy. Based on this, in order to improve the quality of clean energy enterprise environmental accounting information, this paper builds an enterprise external environment based on MFCA income calculation model, in the Three Gorges New Energy Group Co., Ltd., for its 2022 annual external environment income calculation demonstration, think similar enterprise external environment income measurement practice.

Keywords

Material Flow Cost Accounting Method, External Environmental Income, Environmental Accounting, Life Cycle Evaluation Method

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

十四五以来,中国清洁能源产业发展迅猛:除了已经实现大规模应用的太阳能、风能、核能,水电、光伏和风电等多项指标也均位于世界前列,中国已构建起全世界最大的清洁能源电力系统。相比于传统能源行业,清洁能源行业对企业的研发投入与运营能力提出了更高的要求,尤其是在国家清洁能源政策补贴退坡、清洁能源开发模式与业务模式多元化的背景下,广大清洁能源企业需要进一步改善自身财会信息的准确性与真实性,以服务于公司的长期发展策略与更好地满足投资者需求[1]。

当前,清洁能源企业的环境收入可分为两类:一类是内部环境收入,指企业实行清洁能源开发和采用节约资源、降低排放及回收再利用等节能环保方式获得的经济收益,可在现行会计准则下运用传统会计核算方法来计算;另一种是外部环境收入,指由企业节能环保行动导致自身环境污染相比传统能源企业减少的费用支出,然而由于现行会计准则并无明确规定如何衡量这种收益,因此不能使用传统会计核算方法来计算。

现阶段,物质流成本会计法(简称 MFCA)是进行企业外部环境收入测算的有效手段[2]。它是一种以物质流动为核心的环境会计方法,通过全面测量、评估和计量企业物质流动,将环境影响转化成经济单位进行分析。物质流成本会计法不仅可以帮助企业量化资源损失成本,同时使资源结构清晰化,为资源生产效率提高奠定了良好的信息基础,促使企业向低碳经济发展。与发达国家相比,我国对物质流成本会计的研究存在起步晚、进展相对缓慢、相关理论体系不健全等问题。国内相关研究大都聚焦于整个社会或行业层面,对某一类型企业的外部环境收入测算实践较为缺乏。因此,本文以三峡新能源集团股份有限公司(以下简称三峡能源)为案例,构建起一个基于 MFCA 的外部环境收入测算模型,试图对三峡能源 2022 年度风电场项目产生的外部环境收入进行内部化测量。

2. 外部环境收入的理论基础

(一) 外部环境收入定义

国内环境收入概念来源于环境会计要素设置。对于环境会计要素设置,国内环境会计学者提出了三要素论、四要素论、五要素论和六要素论,其中六要素论正式提出了“环境收入”这个概念,此前在四要素论中被称作“环境收益”,在三要素论与五要素论中被称作“环境效益”[3]。但总的来说他们对于“环境收入”的定义是相对一致的——环境收入为企业在一定会计期间内进行环境保护和环境治理所形成的经济利益的流入。而对于环境收入的分类,有学者将之分为显性的环境收入和隐性的环境收入,也有学者将之分为直接收入和节省的费用。学者们从不同角度对环境收入进行了解释,其共同点在于认为环境收入可分为能够货币化衡量的内部环境收入和无法货币化衡量的外部环境收入。也就是说,目前国内学界对外部环境收入定义为:企业活动对环境的积极影响导致费用产生节约,从而间接获得的经济利益的流入。

国外对外部环境收入比较有代表性的定义有以下两种:一种是国际会计师联合会(IFAC)将环境收入分为内部直接环境收入和外部间接环境收入,其中外部间接环境收入定义为因节约支出而获得的经济收益;另一种是日本环境省在其环境会计基础性文件《环境会计指南》(2005)和《环境报告指南》(2007)中提出了环境会计的三个要素,并将环境收入分为以下四个部分:与上下游所投入的环境成本相对应的环境收入;与治理环境污染相关的环境成本相对应的环境收入;与提供商品和服务有关的环境成本相对应的环境收入;与环境污染监管、环境研发投入和社会活动成本等环境成本相对应的环境收入[4]。

总之,根据国内外的主流看法,本文讨论的外部环境收入是企业总环境收入的重要组成部分,是公司通过减少污染排放与节省资源等手段实现的间接环境收益。

(二) 外部环境收入主要测算方式

(1) 生命周期评估法

根据国际标准化组织(ISO)、国际环境毒理学与化学协会(SETAC)及欧盟等组织的界定,“生命周期评估法”(简称 LCA)是针对商品、制造和服务全流程产生的所有环境效应的一种全方位研究和评测手段[5]。

通常来说,LCA 划分为四个步骤:设定目标并定义范畴、列出项目内容、做影响力评判以及阐述生命周期的过程。这意味着生命周期评估是用以衡量商品在其整个生命周期中,包括原料提取、产品生产到最终消费后处理,对环境产生效应的一种方法。LCA 主要是借助定量分析能源消耗、资源利用以及废物排泄,来评估某一特定产品或工艺所产生的环境负担及其影响,并且探索改进环保的方式。

(2) 环境会计综合评估法

依照国际标准化组织(ISO)的阐述,MFCA 是一种从实体和金额两个角度衡量一个企业、生产过程或产成品的物质流量和存量的方法。MFCA 本质上是一种环境会计方法,核心目标是资源最优利用,它通过借助一定的核算手段来精确评定制造过程中各种物资的使用效率,不仅可以协助企业减少原料与能量的浪费、加强成本控制及节省开支,同时还可以改善生态环境和提升经济效益[6]。

在上个世纪末,日本引入 MFCA 并建立起一种名为“LIME”的环境会计综合评估体系。在 LIME 体系下,从人类健康、社会资源、生物多样性和资源消耗对生产力的损失四个角度出发,可以有效评估日本企业生产行为对其周围环境的影响,同时通过一定调查得到企业对环境造成负面影响的经济损失偿付能力,并在此基础上制定了 LIME 参数表格,该表整体上可以体现出日本企业能够承担的单位污染物造成的经济损失。这样一来,企业的生产行为造成的环境影响都可用货币精确衡量出来[7]。

3. 基于 MFCA 的外部环境收入测算模型

外部环境收入是企业活动对环境的积极影响导致费用产生节约,从而间接获得的经济利益的流入,是由当期相比于基准预期减少的负质品输出结成的外部间接收益。

外部环境收入主要包括生产全过程负质品减排收入和资源节约收入。

(一) 生产全过程负质品减排收入

具体测算有以下几个步骤：

(1) 利用 LCA 进行评估分析，明确整个业务及其输入输出物质的边界划分，总结并核实全业务生产流程链条对环境所产生的正负面影响；

(2) 以物质的量为主要单位，采用 MFCA 逐一确认和汇总各个物量中心单元输入和输出物的质量；

(3) 依据物质不灭定律来计算输出物质中正质品和负质品的质量，从而获取外部环境收入测算的基本信息；

(4) 通过计算负质品质量与其相应货币单位之间的乘积，来确定其成本，并将此成本作为评估环境影响的价值参考；

(5) 以基准预期线作为评估标准，企业在生产过程中的污染物排放低于该线的部分对应的费用支出，就是损害环境的负质品减排收益。以下是计算公式：

$$R_{11} = (E_{\text{baselin}_{e,i}} - E_i) \times L_i$$

其中， R_{11} 即是生产全过程负质品减排收入， $E_{\text{baselin}_{e,i}}$ 表示第 i 种污染物的基准预期线排放量， E_i 表示生产过程中第 i 种污染物的实际排放量， L_i 为 LIME 参数表中第 i 种污染物对应的 LIME 参数值。

(二) 资源节约收入

测算时，根据 MFCA 基本框架，风力发电方式以火力发电方式作为对照，企业在生产过程中的自然资源消耗低于火力发电方式的部分对应的费用支出，就是企业节约自然资源的收益。

与传统火力发电方式相比，风力发电既无需使用燃料运输资源，生产过程中也不会排放二氧化硫、二氧化碳、烟尘和废水等污染废弃物。而且，风电场一般建设于分散式开发的海岛或者沙漠、戈壁、荒漠，比起火力发电方式大大减少了土地资源的占用，所以必然会产生一批煤炭与土地资源的节约收入 [8]。以下是计算公式：

$$R_{12} = \sum \Delta Q_i \times C_i$$

其中， R_{12} 即是资源节约收入， ΔQ_i 表示第 i 种资源相比于基准预期线所节省的占用量， C_i 为第 i 种资源的相应成本。

4. 三峡能源风电场外部环境收入测算案例分析

三峡能源所在行业为风力发电、太阳能发电，主营业务产品为电力，公司以风能与太阳能开发、投资和运营为主要业务。在风电板块，报告期三峡能源积极发展陆上风电，大力开发海上风电，并致力于推动以沙漠、戈壁、荒漠为重点的大型风电基地建设。目前，公司风电业务已覆盖全国 30 个省、自治区和直辖市，装机规模、盈利能力等居于国内同行业前列。

2021 年 6 月 10 日，三峡能源股票在上海证券交易所主板正式挂牌交易，上市首日公司市值突破 1000 亿元。上市半年以后，公司风电板块发展突飞猛进——2022 年度，公司风电发电量达到 339.48 亿千瓦时，同比增长 48.97%，风电上网电量达到 328.78 亿千瓦时，同比增长 48.58%，风电主要经营指标实现稳步增长。更为重要的是，公司风电并网装机规模达到 1592.22 万千瓦，占全国风力发电行业市场份额的 4.36%，风电营业收入为 168.86 亿元，较上年同比增长 45.04%，同时风电营业收入占公司总营业收入的 70.91%，较上年增长了约 5 个百分点，代表着风电营收愈发成为公司发展盈利的主体部分。现就该公司 2022 年度风电场项目产生的年度外部环境收入进行具体确认测算，以为同类清洁能源企业的外部环境收入测算实践提供补充。

(一) 生产全过程负质品减排收入

首先，根据基于 MFCA 的环境会计综合评估体系来确定风力发电的系统影响边界。结果显示，在整个生产链中，风力发电基本不会排放二氧化硫、二氧化碳、烟尘和废水等污染废弃物质，故而可确定其负质品质量为零，也即 $E_i = 0$ ；

其次，在确定基准预期线基础上得出预期排放量，并对照得出污染物减排量。风力发电在节约资源和降低环境污染方面的效果，只有通过传统的火力发电方式进行对比才能显著显现。因此，国家环保部和质检总局发布的《污水综合排放标准》(GB8978-1996)、《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)及《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)等应被视作风电公司污染物排放的基准预期线[9]。由于风电在生产过程中污染物排放为零，且为更合理测算污染物减排收入，本文在基准预期线基础上考虑了污染物密度因素，故而风电场污染物排放较之基准预期线的减排量，等于火电厂大气污染物排放标准或污水综合排放标准除以污染物密度再乘以电力企业年均排放量。另外，由于 CO₂ 排放标准适用于《风力发电 CO₂ 综合排放标准》，与其他污染物有差别，故而其排放较之基准预期线的减排量，等于风力发电 CO₂ 排放标准乘以案例公司年度电力排放量；

最后，参考日本环境省提出的 LIME 参数表，以报告期国家统计局每年发布的人民币对日元汇率值(日元 = 100)——2022 年度汇率值为 5.13 的外汇牌价数据，作为标准换算为人民币计价单位，以该人民币为计价单位的 LIME 参数值乘以风电场污染物减排量，即为风电场生产全过程污染物减排收入[10]。具体收入情况如表 1 所示：

Table 1. List of pollutant emission reduction income of the Three Gorges Energy Wind Farm in 2022
表 1. 三峡能源风电场 2022 年污染物减排收入一览表

负质品名称	污染物减排量(kg)	LIME 值(元/kg)	污染物减排收入(元)
化学需氧量	7.17	0.033	0.24
氨氮	0.038	3.29	0.13
总氮	0.18	4.23	0.76
二氧化硫	1726.25	51.47	88850.09
烟尘	315.59	0.038	11.99
一氧化氮	3138.19	7.59	23818.86
二氧化氮	216.02	4.91	1060.66
PM2.5	1190.38	142.85	170045.78
PM10	1760.56	72.32	127323.70
CO ₂	169,740	0.093	15782.82
合计			426895.03

(二) 资源节约收入

于三峡能源而言，风电场的资源节约收入主要由两部分构成，即土地资源节约收入与煤炭资源节约收入。

三峡能源 2022 年度风力发电总量为 339.48 亿千瓦时，由于在我国现行能源定价体系下，煤炭生产、

运输到发电的全过程环境外部影响并未被完整反映于价格之中，所以参考国际环保组织绿色和平联合中国可再生能源学会风能专业委员会 2017 年发布的《能源转型加速度：中国风电光伏发电的协同效应》里的研究内容：在考虑温室气体排放的前提下，2017 年中国煤电的环境外部成本约为 0.159 元/千瓦时；同时基于生产运输成本内部化、超低排放改造和居民支付意愿提升等展望，2020 年中国煤电的环境外部成本约为 0.096 元/千瓦时，到 2030 年其成本则会攀升至 0.3 元/千瓦时。根据该起伏曲线，可估算出我 2022 年煤炭发电的环境外部成本为 0.137 元/千瓦时。考虑到风力发电节约煤炭资源所产生的外部环境收入等同于节约的煤炭资源所减少的环境外部成本，故而可采用“风电场节省煤炭资源所产生的外部环境收入 = 当年风力发电总量(339.48 亿千瓦时) × 煤炭发电单位环境外部成本(0.137 元)”的公式，测算得三峡能源风电场 2022 年的煤炭资源节约收入为 46.50876 亿元。

鉴于报告期三峡能源新增建设与开发的风电场项目位于云南、山东、内蒙古、福建和广东等 5 个省份及自治区，加上这些项目多建设于沙漠、戈壁、荒漠或分散式开发的海岛，对比火力发电来说大大减少了土地资源的占用。因此，在估算该公司的土地资源节约收入时，需要考虑以下两个重要参数：参数一是风电场相较于传统的火电厂减少占用的土地面积；参数二是减少占用的土地面积的合理市场价位。参数一与参数二的乘积即为三峡能源风电场报告期内土地资源节约收入，具体收入情况如表 2 所示：

Table 2. List of land resource conservation and income of the Three Gorges Energy Wind Farm in 2022

表 2. 三峡能源风电场 2022 年土地资源节约收入一览表

新建风电场项目	地址	性质	风电场项目 占地面积 (平方米)	同规模火电 厂占地面积 (平方米)	工业用地出让 最低价标准 (元/平方米)	土地资源节约 收入(万元)
云南红河州弥勒西 550 MW 风电项目	云南省红河州弥勒市	陆上风电场	61,000	391,900	84	2779.56
昌邑市海洋牧场与三峡 300 MW 海上风电融合 试验示范项目	山东省潍坊市昌邑市	海上风电场	0	272,000	144	3916.8
三峡新能源包头市可再生 能源综合应用示范区 1 号 500 MW 风电项目	内蒙古自治区包头市达茂旗	陆上风电场	83,138	391,900	60	1852.572
平潭外海 111 MW 海上 风电场项目	福建省福州市平潭县	海上风电场	0	66,100	96	634.56
阳江青洲六 1000 MW 海上风电项目	广东省阳江市阳西县	海上风电场	0	365,074	144	5257.0656
合计						14440.5576

(三) 三峡能源风电场外部环境收入测算总结

2021 年 6 月三峡能源上市为公司风力发电量增长打下坚实基础，2021 年国家平价上网政策实施加深了外部环境收入在公司总环境收入中的地位，而三峡能源在报告期统筹推进陆上风电和以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电基地开发，并着力巩固海上风电优势，有力地推动了公司实现差异化、高质量、可持续发展。这一系列风电发展策略从公司角度来说促进了公司盈利的长足增长与市场竞争力的提高，从生态环境角度来说减少了环境污染和非可再生资源利用，从国家部门角度来说有利证明了目前的

风电政策对于促进风电行业可持续发展起到积极作用，更有利于激励国家或地方政府部门出具更具有智慧与建设意义的风电行业发展方案或生态环保政策，以推动十四五“双碳”目标高效达成，最终促进经济社会和谐、健康、绿色与可持续发展。

通过对三峡能源风电场 2022 年污染物减排收入、煤炭资源节约收入和土地资源节约收入的测算演示，可以得到该公司的年度外部环境收入数据，如表 3 所示，2022 年三峡能源风电场外部环境收入约为 47.96 亿，占公司 2022 年风电营业收入的 28.40%，同时占公司 2022 年总营业收入的 20.14%，堪为企业营收不可或缺的组成部分，也意味着外部环境收入核算工作对公司管理层与财会人员来说占据越来越重要的位置。

随着公司外部环境收入核算工作的重要性愈发凸显，建立起一套系统、完整、可靠与全面的外部环境收入测量体系愈发重要。由于公司外部环境收入的会计确认计量尤为复杂，本文构建起这套基于 MFCA 的外部环境收入测量模型，能让案例公司的外部环境收入间接以货币形式予以有效测量，是对同类清洁能源企业的外部环境收入测量实践的有益补充。

Table 3. List of external environmental income of Three Gorges Energy Wind Farm in 2022

表 3. 三峡能源风电场 2022 年外部环境收入一览表

外部环境收入项目	金额(万元)
污染物减排收入	42.6895
煤炭资源节约收入	465087.6
土地资源节约收入	14440.5576
合计	479570.8471

5. 总结

本文构建了一个基于物质流成本会计(MFCA)的外部环境收入测算模型，并以三峡能源风电场为例进行了实证分析。该模型通过评估风力发电过程中对环境产生的正面影响，具体测算了生产全过程负品质减排收入和资源节约收入。实证结果显示，三峡能源风电场在 2022 年实现了显著的外部环境收入，约占公司总营业收入的 20.14%，证明了清洁能源企业在环保方面的经济贡献。

此次研究的创新点在于：

(1) 模型创新。本文首次将 MFCA 方法应用于外部环境收入的测算，构建了一个全面、系统的测算模型，该模型能够更精确地量化清洁能源企业的环境正面影响。

(2) 实证应用。通过对三峡能源风电场的实际案例分析，验证了模型的有效性和实用性，为同类企业提供了可借鉴的经验。

(3) 综合性评估。模型综合考虑了生产过程中的污染物减排和资源节约两个方面，为清洁能源企业的环保绩效评估提供了新的视角。

在当前的研究中，虽然取得了一些显著的成果，但仍存在一些不足之处。首先，由于时间和资源的限制，样本规模相对较小，这可能在一定程度上影响了研究的普遍性和适用性。其次研究主要集中在某一特定领域或人群，未能涵盖更广泛的情境和群体，这也限制了研究的全面性。此外，在研究方法上仍有改进的空间，例如可以进一步优化数据收集和分析的流程，以提高研究的精确性和可靠性。

展望未来，期望能够进一步拓展研究范围和深度。首先，可以计划扩大样本规模，覆盖更多地区和

群体，以提高研究的代表性和说服力。其次，改进研究方法，引入更先进的统计分析和数据挖掘技术，以更精确地揭示研究对象的内在规律和关联。此外，希望后续研究中可以加强跨学科合作，结合多领域的知识和方法，共同推动相关领域的研究进展。通过这些努力，我们期待能够为学术界和实践界提供更丰富、更有价值的洞见。

参考文献

- [1] 刘三红, 梁雯, 张伟. 优化企业生态效率评价的生命周期评价(LCA)-物质流成本会计(MFCA)整合方法[J]. 科技管理研究, 2023, 43(16): 70-78.
- [2] 祝梦婷. 物质流成本会计在中国的实践应用困境及对策研究[J]. 现代营销(下旬刊), 2022(4): 152-154.
- [3] 周焯. 物质流成本会计方法下的环境收入计量分析[J]. 财会通讯, 2020(11): 101-104.
- [4] 杜鑫. 企业环境会计要素的确认与计量问题研究[J]. 当代会计, 2019(23): 42-44.
- [5] 高利芳, 李修玉. 物质流成本会计的 ISO 标准演进与创新扩散研究[J]. 云南财经大学学报, 2019, 35(6): 11-21.
- [6] 韩彬, 刘美华. 论低碳经济背景下我国环境会计核算体系构建[J]. 财政科学, 2019(9): 59-67.
- [7] 施艺, 周琬宇. 企业环境会计要素系统的基础理论重构——以外部性内部化为导向[J]. 中国乡镇企业会计, 2019(9): 13-17.
- [8] 王成利. 环境会计: 要素界定、成本核算与信息披露——环境会计基本理论回顾与展望[J]. 山东社会科学, 2017(7): 145-150.
- [9] Kimitaka, N., Katsuhiko, K., Qi, W., *et al.* (2022) Material Flow Cost Accounting (MFCA) for the Circular Economy: An Empirical Study of the Triadic Relationship between MFCA, Environmental Performance, and the Economic Performance of Japanese Companies. *Journal of Environmental Management*, **303**, Article 114219. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114219>
- [10] Alakkas, A.A., Shabir, S., Alhumoudi, H., Boukhris, M., Baig, A. and Khan, I.A. (2023) The Impact of Sustainability Accounting on Environmental Performance and Productivity: A Panel Data Analysis. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, **18**, 2431-2441. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.180814>