

沼气、秸秆和煤炭发电全生命周期下的 综合成本数据集

王可奕¹, 王火根^{2*}

1. 浙江工商大学会计学院, 杭州 310018;
2. 江西农业大学经济管理学院, 南昌 330045

摘要: 基于新余市南英垦殖场沼气发电 2018 年调研数据, 兰考瑞华环保电力股份有限公司和 大唐华银电力股份有限公司的 2018 年年度财务报告数据, 计算出沼气、秸秆和燃煤发电的生产成本及收益情况, 然后根据沼气发电、秸秆发电和燃煤火电发电向环境的排放清单计算出单位发电环境成本, 得到沼气、秸秆和煤炭发电全生命周期下的综合成本计算数据集。该数据集包括表格数据和图片数据。表格数据有: (1) 新余南英垦殖场沼气发电基础数据 (2018 年); (2) 沼气、秸秆和燃煤发电的生产成本及收益情况 (2018 年); (3) 秸秆发电向环境的排放清单; (4) 沼气发电单位电力向环境的排放清单; (5) 煤炭火电发电单位电力向环境的排放清单; (6) 沼气发电单位电力向环境的减排清单。图片数据为作者实地调研沼气发电时拍摄的资料。数据集存储为.xlsx 和.jpg 格式, 共包括 6 个数据文件, 数据量为 75.75 KB(压缩为 2 个文件, 455.66 KB)。

关键词: 生物质发电; 生命周期评价; 单位发电综合成本; 沼气-秸秆-煤炭

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.01.07>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.01.07>

数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志 (中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2021.04.03.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2021.04.03.V1>.

1 前言

由温室气体浓度增加引起的全球变暖, 已经对自然生态系统和人类生存环境造成了严重影响, 成为当今人类社会亟待解决的重大问题。而温室气体浓度增加与化石燃料释放的 NO_x 、 SO_2 、 CO_2 等有密切关系。据报道, 大气中 85% 的 SO_2 、75% 的 CO_2 、35% 的悬浮颗粒来自化石的燃烧^[1]。另由中国环境统计年报 2012 年统计数据可知, 有 797 万吨 SO_2 、1,018.7 万吨 NO_x 是由电力行业排放的, 这些废气排放带来的经济损失分别为 3,517.8 亿元和 1,240 亿元。2020 年 9 月 22 日, 国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话, 提出中国将提高国家自主贡献力度, 采取更加有力的政策和措施, CO_2 排放力争

收稿日期: 2021-4-25; 修订日期: 2021-09-27; 出版日期: 2022-03-25

基金项目: 国家自然科学基金 (71663030, 71963018)

*通讯作者: 王火根, 江西农业大学经济管理学院, whuogeng@163.com

数据引用方式: [1] 王可奕, 王火根. 沼气、秸秆和煤炭发电全生命周期下的综合成本数据集[J]. 全球变化数据学报, 2022, 6(1): 53–57. <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.01.07>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.01.07>.
[2] 王可奕, 王火根. 沼气、秸秆和煤炭发电全生命周期下的综合成本计算数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2021. <https://doi.org/10.3974/geodb.2021.04.03.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2021.04.03.V1>.

于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。因此，对于资源丰富、可再生性强及有利于改善环境和可持续发展的生物质能源的开发利用成为目前国内外发电行业共同的课题^[2,3]。目前，大部分学者已经在污染物环境价值标准^[4]，秸秆、沼气和煤炭发电全周期排放清单等做了大量的研究^[5-11]。本文研究的目的是基于学者研究文献数据和实地调研数据，比较沼气、秸秆和煤炭三种发电全生命周期下的综合成本，为生物质能发电补贴提供科学的数据支持，从而实现“绿水青山就是金山银山”的美好愿景。

2 数据集元数据简介

《沼气、秸秆和煤炭发电全生命周期下的综合成本计算数据集》的名称^[12]、作者信息、数据格式、数据年代、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 《沼气、秸秆和煤炭发电全生命周期下的综合成本计算数据集》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	沼气、秸秆和煤炭发电全生命周期下的综合成本计算数据集
数据集短名	Cost_BiogasStrawCoal_PowerGeneration
作者信息	王可奕，浙江工商大学会计学院，657839067@qq.com 王火根，江西农业大学经济管理学院，412163218@qq.com
数据格式	.xlsx
数据年代	2018
数据量	75.75 KB
数据集组成	1 个数据工作表，内含 6 个表格数据；2 个图片数据
基金项目	国家自然科学基金（71663030，71963018）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、通过《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》发表的实体数据集和通过《全球变化数据学报（中英文）》发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[13]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS/ISC, GEOSS

3 数据研发方法

3.1 数据来源

本数据基于江西正合集团新余南英垦殖场规模化沼气发电基地 2018 年调研数据，兰考瑞华环保电力股份有限公司和大唐华银电力股份有限公司两家上市公司 2018 年年度财务报告数据¹，《畜禽养殖业粪便污染监测核算方法与产排污系数手册》^[14]及现有出版的文献数据^[4-11]开发得到的。数据研发流程包括：首先到发电企业调研技术数据、经济数据、设

¹ 瑞华股份 2018 年年度报告，华银电力 2018 年年度报告。

备制造数据和环境数据；其次收集相关企业对外公布数据和查阅相关文献数据，利用成本收益法计算单位发电经济成本，利用环境清单计算单位发电环境成本；最后，根据前面计算的数据，得出单位发电综合成本。

3.2 算法原理

比较生物质和煤炭全生命周期下的综合成本，第一步是要得到 1 kWh 全生命周期的能源消耗量，并根据能源消耗量计算环境污染排放清单；第二步根据环境污染清单和环境价值系数计算单位发电成本环境成本；第三步根据成本收益模型计算单位发电经济成本；第四步，根据减排清单计算环境减排成本；第五步，根据前面计算数据得到沼气、秸秆和煤炭发电全生命周期下的综合成本。

(1) 单位发电环境污染计算模型

将不同原料 k 发电产生的环境成本记为 $EPS(k)$ ，根据文献得到的环境污染清单和环境价值系数计算，则有式(1)。

$$EPS(k) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n EP(j)_i \cdot V_j \quad (1)$$

式中： j 表示某种排放的物质，主要为 CO_2 、 SO_2 、 NO_x 、 CO 、 TSP 、粉尘、炉渣、废水等 8 种； V_j 表示第 j 种环境污染物的价值系数； $EP(j)_i$ 表示全生命周期中第 i 个阶段的第 j 种污染排放物。

(2) 单位发电经济成本计算模型

将不同原料 k 发电产生的经济成本记为 $AP(k)$ ，则有式(2)。

$$AP(k) = (\sum_{m=1}^w Q_m \cdot P_m - FC - VC(Q)) / Q \quad (2)$$

式中， Q 表示发电量， FC 表示固定成本， $VC(Q)$ 表示可变成本， Q_m 表示第 m 种产品的产量， P_m 表示第 m 种产品的价格。

(3) 单位发电环境污染减排计算模型

将第 k 种生物质发电的 GHG 减排环境效益记为 $G(k)$ ，则有式(3)。

$$G(k) = \sum_{j=1}^n V_{ej} \cdot \Delta Q_j \quad (3)$$

式中， V_{ej} 为第 j 项污染物的环境价值， n 为污染物总数， ΔQ_j 为第 j 项污染物的减排量。

4 数据结果

4.1 数据集组成

《沼气和秸秆和煤炭发电全生命周期下的综合成本计算数据集》包括 1 个数据工作表和 2 个图片数据。数据工作表内含 6 个表格数据：表 1 是新余南英垦殖场沼气发电基础数据（2018 年）；表 2 是沼气和秸秆和燃煤发电的生产成本及收益情况（2018 年）；表 3 是秸秆发电向环境的排放清单，表 4 是沼气发电单位电力向环境的排放清单；表 5 是燃煤火电发电单位电力向环境的排放清单；表 6 是沼气发电单位电力向环境的减排清单。图片数据

为作者在江西省新余市南英垦殖场进行实地调研时拍摄的资料（图 1、图 2）。



图 1 沼气发酵罐



图 2 两台沼气发电机组

4.2 数据结果分析

4.2.1 成本收益分析

从表 2 沼气、秸秆和燃煤发电的生产成本及收益情况可以看出三种发电模式的单位成本分别为 1.03、0.743、0.41 元/kWh，沼气发电成本是煤炭发电成本的 2.5 倍，秸秆发电成本约是燃煤发电成本的 2 倍。从发电成本构成来看，沼气发电、秸秆发电、煤炭发电的燃料及动力费分别占总发电成本的 41.28%、64.68.21%、70.52%，固定成本中的资产折旧分别占总发电成本的 14.07%、10.24%、12.57%，财务费用分别占总发电成本的 13.01%、0%、6.12%，管理费用分别占总发电成本的 24.35%、10.55%、1.25%。由此可以看出，由于秸秆和燃煤发电装机规模比沼气发电大很多，沼气发电工程装机规模相对较小难以形成规模经济从而单位成本获利能力弱于秸秆发电和煤炭发电。因此，固定成本中的资产折旧和管理费用对沼气发电经济效益影响巨大。对于秸秆发电和燃煤发电，秸秆燃料成本比煤炭更高，由于秸秆燃料低位热值一般在 8,000 kJ/kg，大大低于煤炭，再加上秸秆比重轻，体积大，运输成本巨大，这些都将导致燃料成本偏高。如果秸秆和燃煤价格继续上涨，在三项费用控制不好的情况下，单位发电成本将会继续增加，如华银电力在 2018 年就亏损 6,271 万元^[15]。

4.2.2 生态环境成本分析

数据集所含表 3、表 4、表 5 分别是秸秆、沼气和煤炭发电向环境排放的主要污染物为 CO₂、SO₂、NO_x、CO、TSP、粉尘等。从三种物质发电的排放清单可知，秸秆发电比煤炭发电清洁得多，污染物非常少，尤其是 SO₂ 排放。秸秆的单位发电生态环境成本为 0.02 元，沼气的单位发电生态环境成本为 0.071 元，煤炭的单位发电生态环境成本为 0.157 元^[15]。

4.2.3 生态减排效益分析

CH₄ 是沼气的主要构成成分，其全球增温效应是 CO₂ 的 25 倍。沼气发电是一项清洁性的工程，可以很好的处理畜禽场的废弃污染物，减少污染气体 CH₄ 和污水中 COD 的排放，沼液和沼渣还可以替代化肥使用；秸秆发电工程使秸秆变废为宝，可以适当减少任意燃烧带来的大气污染，虽然秸秆在燃烧发电时也会对环境产生污染，但秸秆在成长时也会吸收大量的 CO₂ 的，对环境有净化作用；另外，发电后产生的秸秆灰烬中含有丰富的钾、镁、磷和钙等化学成分，可作为高效农业肥料还田利用。根据表 6 计算结果，可以看出沼气发电在单位减排成本方面可以节约 0.467 元/kWh^[15]。

5 结论

本文通过对 LCA 和 LCC 方法的整合, 从环境、经济两个方面来综合衡量和评价沼气、秸秆两种生物质发电与常规煤炭发电项目每 1 kWh 在全生命周期内的成本费用、发电成本以及减排成本, 研究结果表明: 生物质发电相比于煤炭由于装机容量的限制, 不考虑环境成本情景下, 在经济成本方面不具有优势, 煤炭发电的经济成本为 0.41 元/kWh, 而沼气、秸秆发电成本分别为 1.03、0.743 元/kWh, 但在环境减排和社会效益方面具有显著的优越性, 若考虑环境外部性, 煤炭发电成本提高至 0.567 元/kWh, 秸秆发电成本可提高至 0.767 元/kWh, 沼气发电成本降低到 0.634 元/kWh。

作者分工: 王可奕采集数据并撰写了数据论文, 王火根设计了算法并对数据集的开发做了总体设计。

利益冲突声明: 本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

- [1] Dornburg, A., Faaij, A. Efficiency and economy of wood-fired biomass energy system in relation to scale regarding heat and power generation using combustion and gasification technologies [J]. *Biomass Bioenergy*, 2001, 21(2): 91–108
- [2] Evans, A., Strezov, V., Evans, T. J. Sustainability considerations for electricity generation from biomass [J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2010, 14(5): 1419–1427.
- [3] 王圣, 徐静馨. 我国农林生物质发电现状及相关问题思考[J]. 环境保护, 2018, 46(23): 61–63.
- [4] 魏学好, 周浩. 中国火力发电行业减排污染物的环境价值标准估算[J]. 环境科学研究, 2003(1): 53–56.
- [5] 林琳, 赵黛青, 李莉. 基于生命周期评价的生物质发电系统环境影响分析[J]. 太阳能学报, 2008(5): 618–623.
- [6] 陈建华, 郭菊娥, 席西民等. 秸秆替代煤发电的外部效应测算分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(4): 161–167.
- [7] 王伟, 赵黛青, 杨浩林等. 生物质气化发电系统的生命周期分析和评价方法探讨[J]. 太阳能学报, 2005(6): 752–759.
- [8] 阚士亮, 张培栋, 孙荃等. 大中型沼气工程生命周期能效评价[J]. 可再生能源, 2015, 33(6): 908–914.
- [9] 王明新, 夏训峰, 柴育红等. 农村户用沼气工程生命周期节能减排效益[J]. 农业工程学报, 2010, 26(11): 245–250.
- [10] 狄向华, 聂祚仁, 左铁镞. 中国火力发电燃料消耗的生命周期排放清单[J]. 中国环境科学, 2005(5): 632–635.
- [11] 董志刚, 赵蔚, 周鑫等. 城市污水处理厂 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 治理成本分析[J]. 环境保护与循环经济, 2017, 37(10): 67–69.
- [12] 王可奕, 王火根. 沼气和秸秆和煤炭发电全生命周期下的综合成本计算数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2021. <https://doi.org/10.3974/geodb.2021.04.03.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2021.04.03.V1>.
- [13] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. [https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05\(2017年更新\)](https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05(2017年更新)).
- [14] 董红敏. 畜禽养殖业粪便污染监测核算方法与产排污系数手册[M]. 北京: 科学出版社, 2019.
- [15] 王火根, 王可奕. 基于生命周期评价的生物质与煤炭发电综合成本核算[J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34(6): 56–61. DOI: 10.13448/j.cnki.jalre.2020.155.