

燃煤电厂碳排放强度核算及影响因素

郭浩

国家能源集团郭家湾电厂, 陕西 府谷 719400

摘要： 燃煤电厂的碳排放强度是衡量其环保性能的重要指标, 对其核算方法及影响因素进行研究具有重要意义。本文通过综合分析相关文献, 总结出燃煤电厂的碳排放强度核算方法和主要影响因素。研究发现, 燃煤电厂的碳排放强度受到多种因素的影响, 如煤种、炉型、燃烧温度、空气系数等。通过对这些因素的控制和优化, 可以降低燃煤电厂的碳排放强度, 提高其环保性能。此外, 本文还提出了未来研究方向和建议, 为进一步降低燃煤电厂的碳排放强度提供参考。

关键词： 燃煤电厂; 碳排放核算; 影响因素

Carbon Emission Intensity Accounting and Influencing Factors of Coal-fired Power Plants

Guo Hao

Guojiawan Power Plant, China Energy Group, Shaanxi, Fugu 719400

Abstract : Carbon emission intensity of coal-fired power plants is an important index to measure their environmental performance, and it is of great significance to study its accounting methods and influencing factors. Through comprehensive analysis of relevant literature, this paper summarizes the calculation methods and main influencing factors of carbon emission intensity of coal-fired power plants. It is found that the carbon emission intensity of coal-fired power plants is affected by many factors, such as coal type, furnace type, combustion temperature and air coefficient. By controlling and optimizing these factors, the carbon emission intensity of coal-fired power plants can be reduced and their environmental performance can be improved. In addition, this paper also puts forward future research directions and suggestions to provide reference for further reducing the carbon emission intensity of coal-fired power plants.

Key words : coal-fired power plant; carbon emission accounting; influencing factor

燃煤电厂作为我国主要的电力供应来源, 其碳排放强度是衡量其环保性能的重要指标。随着全球气候变化问题的日益严峻, 降低碳排放强度已成为燃煤电厂面临的重要任务。因此, 对燃煤电厂的碳排放强度核算方法及影响因素进行研究, 对于提高其环保性能具有重要意义。

一、燃煤电厂碳排放强度核算方法

(一) 燃煤电厂碳排放强度核算的背景和意义

通过深入综合分析相关文献, 我们可以发现燃煤电厂的碳排放强度受到多种因素的影响, 这些因素不仅错综复杂, 且相互交织。首先, 煤种的不同会导致其含碳量、氢含量等关键参数的差异, 从而直接影响燃煤电厂的碳排放强度。其次, 炉型的选择也对碳排放强度有着重要影响, 不同炉型的燃烧效率、燃料适应性以及排放控制水平都存在差异。此外, 燃烧温度和空气系数也是影响燃煤电厂碳排放强度的关键因素。过高的燃烧温度会导致氮氧化物等有害物质的生成, 而过大的空气系数则会导致过度燃烧, 使碳氧化不完全, 从而提高碳排放强度。这些因素不仅影响着燃煤电厂的碳排放强度, 也对其生产效率和能源消耗产生影响。因此, 对燃煤电厂的碳排放强度进行科学核算, 并分析其影

响因素, 可以为燃煤电厂采取针对性的降低碳排放强度的措施提供参考和指导。这不仅有助于燃煤电厂实现减排目标, 还能提高其生产效率和能源利用水平, 实现经济效益和环保效益的双赢。

(二) 燃煤电厂碳排放强度核算的步骤

通过电力生产记录, 可以精确地确定燃煤电厂在特定时间段内的发电量。这些发电量数据, 结合燃煤电厂的煤耗率, 可以进一步计算出该电厂在一定时间内的煤耗量。煤耗量是指每生产一单位电量所消耗的煤炭量, 这个数值是衡量燃煤电厂能源利用效率的重要指标。燃煤电厂的煤耗率是受到多种因素影响的, 其中最重要的因素包括煤种的选择、炉型结构、燃烧温度以及空气系数等。这些因素在不同类型的燃煤电厂中存在差异, 因此对于不同的燃煤电厂, 其煤耗率和碳排放系数也会有所不同。最后, 将燃煤电厂的发电量、煤耗量和碳排放系数代入碳排放强度计算公式中, 就可以得到该燃煤电厂在一定时间内的碳排放强度。这个

数值反映了该燃煤电厂每生产一单位电量所伴随的二氧化碳排放量，是衡量燃煤电厂环保性能的重要指标。通过这一系列计算和分析，我们可以更加清晰地了解燃煤电厂在电力生产过程中的碳排放情况，从而为采取更加有效的环保措施提供科学依据。

（三）比较不同核算方法的优缺点

通过对燃煤电厂的碳排放强度进行核算，可以发现不同的核算方法具有不同的优缺点。其中，一些核算方法可能更加准确和全面，但需要更多的数据和计算，且可能受到不同因素的影响；而另一些核算方法可能更加简单和易于操作，但可能存在一定的误差和不准确性。因此，在实际应用中，应根据具体情况选择合适的核算方法，并充分考虑各种因素的影响。此外，对于燃煤电厂的碳排放强度影响因素的研究也十分重要。通过对影响因素的分析和控制，可以进一步降低燃煤电厂的碳排放强度，提高其环保性能。同时，还需要对燃煤电厂的未来研究方向和建议进行探讨，为进一步降低其碳排放强度提供参考。总之，燃煤电厂的碳排放强度核算方法和影响因素研究对于提高其环保性能具有重要意义。通过对这些方法的研究和应用，可以进一步降低燃煤电厂的碳排放强度，为应对全球气候变化问题做出更大的贡献。

二、燃煤电厂碳排放影响因素及核算边界

（一）燃煤电厂碳排放的影响因素

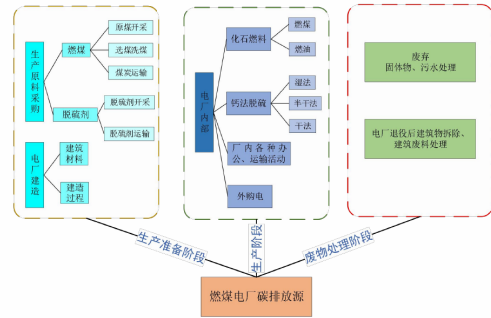
燃煤电厂的碳排放受到多种因素的影响，其中一些主要因素包括煤种、炉型、燃烧温度、空气系数等。首先，煤种是影响燃煤电厂碳排放的重要因素。不同种类的煤具有不同的碳含量和燃烧特性，因此其碳排放强度也不同。一般来说，高碳含量的煤种会导致更高的碳排放强度，而低碳含量的煤种则有助于降低碳排放强度。此外，煤的挥发分含量、灰分含量和水分含量等也会对碳排放强度产生影响。其次，炉型也是影响燃煤电厂碳排放的重要因素。不同的炉型具有不同的燃烧特性和热效率，因此其碳排放强度也不同。一般来说，大型锅炉具有更高的热效率和更低的碳排放强度，而小型锅炉则通常具有更低的热效率和更高的碳排放强度。

燃烧温度和空气系数也是影响燃煤电厂碳排放的重要因素。燃烧温度越高，煤粉颗粒在炉膛中的停留时间越长，燃烧越充分，碳排放强度越低。而空气系数则直接影响着燃烧过程中的氧气供应量，过大的空气系数会导致过量的氧气供应，增加碳排放强度。此外，其他因素如设备运行状况、操作水平、燃料供应质量等也会对燃煤电厂的碳排放强度产生影响。

（二）燃煤电厂碳排放核算边界

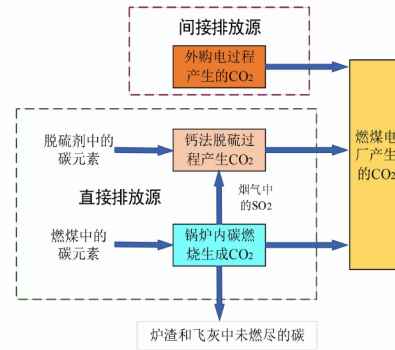
为确保燃煤电厂碳排放核算工作的准确性和严谨性，首先需要明确定义核算边界，即明确划定核算范围内的碳排放源。在此之后，我们需要针对不同的碳排放源，研究并采用适当的核算方法。燃煤电厂作为一个庞大且复杂的能源转换系统，涉及多种能源消耗和能量转化过程，这些过程又与多个生产系统相互关联。根据电力生产的不同阶段，我们可以将燃煤电厂的碳排放源划分为三个主要阶段：生产准备阶段、电力生产阶段以及废物处理阶

段。有关燃煤电厂碳排放源的具体分类，请参阅附图1。



>图1 燃煤电厂不同生产阶段的碳排放源

由图1可以清楚地看到，燃煤电厂碳排放源具有复杂性和多样性，精确计算存在困难。本文关注已投入运行的燃煤机组碳排放量核算，从电厂运行角度研究降低碳排放量。剔除不受电厂控制且碳排放量极少的源，如专门行业生产的建筑材料，建造过程中的排放取决于建造单位技术水平。燃煤电厂具有长期服役年限，退役阶段碳排放量确定存在不确定性，不在考虑范围内。燃煤选用存在不确定因素，原料采购过程中的碳排放管理属于其他行业，采用缺省排放因子法计算，误差大且超出燃煤电厂控制能力，不在考虑范围内。内部办公活动、废物处理过程的碳排放量极少，可忽略不计。燃油过程产生的碳排放量低于燃煤过程至少4个数量级，不在考虑范围内。



>图2 燃煤电厂碳流图

综上所述，鉴于燃煤电厂对各碳排放源的控制能力以及碳排放源的排放数量，本文选取燃煤电厂电力生产过程中的燃煤过程、脱硫过程以及外购电过程三个碳排放源划定排放边界。具体碳流过程如图2所示。需要指出的是，只有当燃煤电厂选择使用石灰石（石灰）-石膏法、半干法和干法等基于钙法的烟气脱硫方式时，脱硫过程才会产生CO₂。在使用氨法脱硫、海水脱硫以及其他不涉及碳酸盐的脱硫方式时，脱硫过程不是碳排放源。本文讨论的脱硫过程均使用钙法烟气脱硫，因此脱硫过程属于直接碳排放源。

在计算脱硫过程的碳排放量时，部分学者采用直接排放+间接排放的结构进行计算，其中间接排放是由于相关设备消耗电能造成的。这种计算方法有两个弊端：从计算方法考虑，电厂设备消耗的电能绝大部分是来自自身发电量，属于自给自足，应当列入厂用电量范围，只有在机组启动等较少情况下才会消耗厂外购电，因此采用外购电的排放因子计算其间接排放的碳排放量是忽

略了机组运行状态的计算方式，存在着较大的误差；从计算量上考虑，脱硫过程所消耗的电能，同厂内其他用电设备系统的电能来源相同，在机组正常运行的情况下，都应当属于厂用电量，这些用电系统的碳排放量是属于厂用电系统的间接排放。根据燃煤电厂热力性能计算方法，电厂用电的存在会使得电厂的供电煤耗高于其发电煤耗，也就是会使电厂在供给电网单位电能时消耗更多的燃煤，所以归根结底还是属于燃料燃烧产生的直接碳排放的一部分，不需要拿出来单独计算，否则会与燃煤产生的碳排放量计算产生重复，使碳排放量计算结果偏高。如果将脱硫过程的用电量计做外购电量的一部分，那也不需要考虑这些过程的间接排放，否则会与外购电力部分的间接碳排放量计算产生重复，使碳排放量计算结果偏高。

三、燃煤电厂碳排放强度优化策略

(一) 提出降低燃煤电厂碳排放强度的优化策略

燃煤电厂的碳排放强度优化需要从多个方面入手，以下是一些可能的优化策略：通过采用先进的燃烧技术和设备，优化炉膛设计，提高燃煤的燃烧效率，减少能源浪费，从而降低碳排放强度，在保证电力供应的前提下，积极推广清洁能源，如风能、太阳能等，减少对传统化石燃料的依赖，降低燃煤电厂的碳排放强度，通过实施碳捕捉和存储技术，将燃煤电厂排放的二氧化碳收集起来，并储存在地下或用于其他工业生产，从而降低碳排放强度，通过加强能源管理，建立完善的能源管理体系，提高燃煤电厂的运行效率，降低能源消耗和碳排放强度，采用低碳燃料，如天然气、氢气等，替代传统的高碳燃料，降低燃煤电厂的碳排放强度。

(二) 分析优化策略的可行性和优势

这些优化策略的可行性和优势主要表现在以下几个方面：这些优化策略都基于现有的成熟技术，如先进的燃烧技术、清洁能源技术、碳捕捉和存储技术等，因此在技术上具有可行性，虽然采用这些优化策略需要一定的投资，但长远来看，可以降低燃煤电厂的运行成本和碳排放强度，有利于企业的可持续发展，这些优化策略的实施可以减少燃煤电厂对环境的影响，有助于改善空气质量、减缓气候变化，具有显著的社会效益，这些优化策略不仅适用于燃煤电厂，也可以在其他高碳排放行业推广应用，具有广泛的应用前景。

(三) 探讨实施优化策略的难点和解决方案

实施这些优化策略的难点主要在于如何有效地推广和应用这些技术，以及如何平衡经济效益和环境效益的关系。以下是一些可能的解决方案：政府、企业和研究机构可以建立合作机制，共同推动这些优化策略的实施。政府可以提供政策支持和资金扶持，企业可以加强技术研发和推广，研究机构可以提供技术和经济评估支持，加强技术研发和创新，推动燃煤电厂低碳化技术的不断升级和优化，提高其经济性和竞争力。同时，积极探索新的低碳化技术和应用领域，推动清洁能源和可再生能源的发展，建立燃煤电厂碳排放强度考核标准和监管机制，将碳排放强度作为

燃煤电厂的重要考核指标，促进企业积极采取低碳化措施，降低碳排放强度，积极推动燃煤电厂的产业升级和转型，鼓励企业向低碳化、高效化、清洁化的方向发展。同时，加强与其他高碳排放行业的合作和交流，共同探索低碳化转型的有效途径。

结语

本文通过对燃煤电厂碳排放强度的问题进行探讨和分析，提出了降低燃煤电厂碳排放强度的优化策略和建议。通过采用先进的燃烧技术和设备、推广清洁能源、实施碳捕捉和存储技术、加强能源管理以及采用低碳燃料等多种手段的综合应用，可以有效地降低燃煤电厂的碳排放强度，实现燃煤电厂的低碳化转型。未来，燃煤电厂应继续积极探索和应用新的低碳化技术和策略，提高能源利用效率，减少对环境的影响，为推动全球能源转型和对气候变化做出贡献。

参考文献：

- [1] 刘健. 燃煤电厂碳排放核算与在线监测对比研究 [J]. 计算机应用文摘, 2023, 39(5): 117-119.
- [2] 王祝成, 梁昊, 赵俊武, 等. 燃煤电厂碳排放量在线监测装置及其核算方法, 存储介质: CN202210329813.X[P].CN202210329813.X[2023-12-12].
- [3] 马凯, 韩文涛, 丁艺, 等. 煤种对燃煤电厂碳排放经济性的影响研究 [J]. 热能动力工程, 2018, 33(9): 6.
- [4] 朱振兴. 燃煤电厂碳排放的核算方法对比分析 [J]. 中国资源综合利用, 2023.
- [5] 张子迪. 燃煤电厂碳排放成本核算研究 [D]. 华北电力大学, 2016.
- [6] 王祝成, 梁昊, 赵俊武, 等. 燃煤电厂碳排放量在线监测装置及其核算方法, 存储介质: 202210329813[P][2023-12-12].
- [7] 刘睿, 翟相彬. 中国燃煤电厂碳排放量计算及分析 [J]. 生态环境学报, 2014, 23(7): 6.
- [8] 肖明成. 浅谈燃煤电厂碳排放实时监控及信息管理系统设计 [J]. 电子测试, 2019(1): 3.
- [9] 武敏. 基于 GTWR 模型的中国建筑业碳排放强度时空特征及影响因素分析 [D]. 长安大学 [2023-12-12].
- [10] 龚雨芹. 天津市碳排放强度与碳排放影响因素分解分析 [J]. 哈尔滨商业大学学报: 自然科学版, 2015(5): 7.
- [11] 殷立宝, 孟欣欣, 徐齐胜. 一种燃煤电厂碳排放有配额最优消费方案的计算方法: CN201510183974.2[P].CN104850899B[2023-12-12].
- [12] 王恒, 魏子杰, 姚艳霞, 等. 基于 BP 神经网络的燃煤电厂 CO₂ 排放预测研究 [J]. [2023-12-12].
- [13] 殷立宝, 赵航, 徐齐胜. 用于燃煤电厂碳排放量预测方法和系统: CN201410741415 [P][2023-12-12].
- [14] 武敏. 基于 GTWR 模型的中国建筑业碳排放强度时空特征及影响因素分析 [D]. 长安大学 [2023-12-12].
- [15] 薛雨田. 城市碳排放强度影响因素分析及评价研究 [D]. 华北电力大学 (保定); 华北电力大学 [2023-12-12].
- [16] 于洋, 雷振东, 刘加平, 等. 一种基于城市统计数据的城市碳排放影响因素分析方法: CN201810940103.4[P].CN109508849A[2023-12-12].
- [17] 刘兴会. 火电行业碳排放绩效及影响因素研究 [D]. 华北电力大学, 2015.