

燃料发热量与工业分析指标相关性的实验研究

张耀文

贵州西电电力股份有限公司鸭溪发电运营分公司

DOI:10.12238/pe.v3i4.15120

[摘要] 燃料的发热量作为衡量其能量特性的核心指标,在工业燃烧、发电及供热系统中,直接决定了能源利用的效率与经济性。工业分析指标(水分、灰分、挥发分和固定碳)是表征燃料组成与特性的基础参数,二者之间存在着紧密的内在关联机制。本文基于燃烧理论与热力学原理,通过理论分析与实验研究相结合的方式,系统地探讨燃料发热量与工业分析指标之间的相关性。研究结果显示,水分和灰分含量的增加会显著降低燃料的发热量,而挥发分和固定碳的含量则与发热量呈正相关关系。这一研究成果为燃料的合理选型、燃烧优化以及能源的高效利用提供了坚实的理论依据。

[关键词] 燃料发热量; 工业分析指标; 相关性; 实验研究

中图分类号: TF526 文献标识码: A

Experimental study on correlation between calorific value of fuel and industrial analysis indexes

Yaowen Zhang

Yaxi Power Generation Operation Branch, Guizhou Xidian Electric Power Co., LTD.

[Abstract] As a core indicator of energy characteristics, fuel calorific value directly determines the efficiency and cost-effectiveness of energy utilization in industrial combustion, power generation, and heating systems. Industrial analysis parameters (moisture, ash content, volatile matter, and fixed carbon) serve as fundamental indicators characterizing fuel composition and properties, with these parameters exhibiting intrinsic correlations. This study systematically investigates the relationship between fuel calorific value and industrial analysis parameters through theoretical analysis combined with experimental research, grounded in combustion theory and thermodynamic principles. The findings demonstrate that increased moisture and ash content significantly reduces calorific value, while volatile matter and fixed carbon content show positive correlations with calorific value. These results provide a solid theoretical foundation for rational fuel selection, combustion optimization, and efficient energy utilization.

[Key words] Fuel calorific value; Industrial analysis parameters; Correlation; Experimental research

引言

在当今工业发展中,燃料是重要能源,在多领域不可或缺。燃料发热量是评价其能量品质的关键参数,关乎工业能源利用效率、生产成本与经济效益。如发电行业,高热值燃料可提高发电效率、降低成本;冶金行业,合适发热量能保证炉温稳定,提升冶炼质量产量。工业分析是燃料常规分析重要部分,可测定水分、灰分等含量,反映燃料组成与燃烧性能。深入研究燃料发热量与工业分析指标的相关性意义重大,理论上有助于理解能量释放机制,实践上能为燃料选择、设备设计及能源管理提供依据,实现能源高效利用与可持续发展。本文将结合理论分析与实验研究,探讨二者内在联系。

1 燃料发热量的理论基础与影响因素

1.1 燃料发热量的分类

燃料的发热量通常分为高位发热量和低位发热量。高位发热量是指燃料完全燃烧时释放的全部热量,这其中包含了燃烧产物中水蒸气的冷凝热。在实际的工业燃烧过程中,燃烧产物中的水蒸气通常以气态形式排出,其冷凝热难以被有效利用。因此,低位发热量更具实际意义,它是扣除水蒸气冷凝热后的实际可用热量,更接近工业燃烧过程中的实际能量利用情况。

1.2 发热量的决定因素

从化学角度来看,发热量的高低主要取决于燃料的化学组成,尤其是碳、氢元素的含量及其燃烧反应的放热特性。碳是燃料中主要的可燃元素之一,在燃烧过程中与氧气反应生成二氧化碳,同时释放出大量的热量。氢元素在燃烧时生成水,其燃烧热也非常高。

氧元素的存在则会降低发热量,因为它会与碳、氢等可燃元

素结合,减少可燃成分的比例,从而降低燃烧反应的放热量。此外,燃料中的硫、氮等元素虽然也能参与燃烧反应,但其放热量相对较低。而且,硫燃烧会生成二氧化硫等污染物,对环境造成危害;氮在燃烧过程中可能形成氮氧化物,也是大气污染物的重要来源。因此,在考虑燃料发热量的同时,也需要关注这些元素对环境的影响。

1.3 工业分析指标与发热量的关联

在实际工业应用中,虽然燃料的化学组成是决定其发热量的根本因素,但化学组成的测定通常较为复杂和耗时。相比之下,燃料的工业分析指标(水分、灰分、挥发分和固定碳)更易于测定,且与发热量之间存在着密切的关联。通过研究这些工业分析指标与发热量的相关性,可以间接、快速地评估燃料的能量特性,为燃料的选用和燃烧过程的优化提供重要参考。

2 工业分析指标的组成与特性

2.1 水分的组成与影响

水分是燃料中以游离态或结合态存在的水。其含量受多种因素影响,包括燃料的来源、储存条件以及环境湿度等。例如,露天堆放的煤炭容易吸收空气中的水分,导致水分含量增加;而经过干燥处理的煤炭水分含量则相对较低。

在燃烧过程中,水分需要吸收大量的热量用于蒸发,这部分热量并未转化为燃料的有效燃烧能量,从而降低了燃料的实际发热量。假设燃料中含有一定量的水分,在燃烧时,这些水分首先要吸收热量从液态变为气态,这就使得可用于加热锅炉或其他燃烧设备的热量减少。此外,水分过高还会导致燃烧温度降低,影响燃烧效率。因为水分的蒸发需要消耗能量,使得燃烧反应的温度难以达到理想状态,从而降低了燃烧速度和完全燃烧程度。同时,水分过高还可能引起燃烧设备的腐蚀和结垢问题。在锅炉中,水分蒸发后留下的杂质可能会在锅炉内壁形成水垢,影响热传递效率,增加能源消耗,甚至缩短设备的使用寿命^[1]。

2.2 灰分的组成与影响

灰分是燃料完全燃烧后剩余的不可燃矿物质残渣,主要由硅、铝、铁、钙等元素的氧化物组成。这些矿物质在燃料形成过程中夹杂其中,其含量和成分因燃料的种类和产地而异。

灰分的存在不仅增加了燃料的无用质量,降低了可燃成分的比例,还会在燃烧过程中吸收热量并影响燃烧的稳定性和高灰分燃料在燃烧时,灰分会吸收一部分热量,使得可用于加热工质的热量减少。而且,灰分容易在燃烧设备中形成积灰和结渣。在锅炉的受热面上,积灰会降低热传递效率,使锅炉的排烟温度升高,热损失增加;结渣则可能导致锅炉受热面局部过热,损坏设备,影响锅炉的安全运行。此外,高灰分燃料还会增加排渣处理的难度和成本,需要对大量的灰渣进行运输、处理和处置^[3]。

2.3 挥发分的组成与影响

挥发分是指燃料在隔绝空气条件下加热至一定温度时,分解并释放出的可燃气体(如一氧化碳、氢气、甲烷等)和焦油等物质。挥发分的含量和成分与燃料的种类和变质程度密切相关。

挥发分含量高的燃料通常具有较好的着火性能和燃烧特

性。在燃烧初期,挥发分能够迅速挥发并着火燃烧,为固定碳的燃烧提供良好的条件,使燃料能够在较低的温度下快速点燃并释放大量热量。挥发分的燃烧过程是燃料能量释放的主要阶段之一,其含量直接影响燃料的发热量和燃烧效率。高挥发分燃料在燃烧时火焰明亮、稳定,燃烧速度较快,能够充分释放出燃料中的能量。而且,挥发分的燃烧还可以促进燃料与空气的混合,提高燃烧的充分性,减少不完全燃烧损失^[8]。

2.4 固定碳的组成与影响

固定碳是燃料中除去水分、灰分和挥发分后的残留物,主要由碳元素组成,是燃料燃烧过程中持续放热的主要来源。固定碳的含量和燃烧特性决定了燃料的燃烧稳定性和热释放速率。固定碳含量越高,燃料的燃烧持续时间越长,发热量也相对较高。在燃烧过程中,固定碳的燃烧是一个相对缓慢的过程,它能够在较长时间内持续释放热量,为工业生产提供稳定的热源。

3 燃料发热量与工业分析指标的相关性分析

3.1 水分与发热量的负相关性

水分是燃料中唯一不参与燃烧反应的成分,其在燃烧过程中需要吸收大量的热量用于蒸发,这部分热量并未转化为有效能量,从而导致燃料的发热量降低。实验研究表明,随着水分含量的升高,燃料的低位发热量显著下降。此外,水分过高还会影响燃料的储存和运输。在储存过程中,高水分燃料容易发生自燃、霉变等问题,降低燃料的质量;在运输过程中,水分增加了燃料的重量,提高了运输成本。在实际应用中,降低燃料的水分含量是提高发热量的重要措施之一。可以通过自然晾晒、烘干设备干燥等方法降低燃料的水分含量,提高其能量利用效率^[2]。

3.2 灰分与发热量的负相关性

灰分是燃料中的不可燃成分,其含量的增加会降低燃料中可燃物质的比例,从而减少燃烧过程中释放的热量。灰分在燃烧过程中不仅不产生能量,还会吸收部分热量并影响燃烧的稳定性和高灰分燃料在燃烧时,灰分会占据一定的空间,阻碍可燃物质与氧气的充分接触,影响燃烧的充分性。

实验研究表明,灰分含量的增加与发热量的降低呈明显的负相关关系。例如,对于某种生物质燃料,当灰分含量从5%增加到15%时,其发热量可能会降低20%-30%。高灰分燃料在燃烧时容易产生积灰和结渣,降低燃烧设备的热效率,并增加维护成本。为了减少灰分对发热量的影响,可以对燃料进行预处理,如洗选、筛选等,去除部分灰分;同时,优化燃烧设备的结构和运行参数,提高燃烧效率,减少积灰和结渣的产生^[4]。

3.3 挥发分与发热量的正相关性

挥发分是燃料中易挥发的可燃成分,其含量越高,燃料的着火性能和燃烧特性越好。挥发分在燃烧过程中能够快速释放大量的热量,是燃料能量释放的主要来源之一。实验研究表明,挥发分含量与燃料的发热量呈正相关关系,尤其是高位发热量。

高挥发分燃料通常具有较好的燃烧稳定性和热释放速率,能够在较低的温度下快速点燃并释放大量的能量。在燃烧过程中,挥发分的挥发和燃烧可以形成良好的火焰结构,促进燃料与空

气的混合,提高燃烧效率。因此,在选择燃料时,优先考虑挥发分含量较高的燃料可以提高燃烧效率和发热量。同时,根据挥发分的特点合理调整燃烧设备的运行参数,如燃烧温度、空气过剩系数等,能够进一步优化燃烧过程,提高能源利用效率^[10]。

3.4 固定碳与发热量的正相关性

固定碳是燃料中主要的可燃成分,其含量越高,燃料的发热量越高。固定碳在燃烧过程中能够持续释放热量,是燃料能量释放的主要来源之一。固定碳的燃烧特性决定了燃料的燃烧稳定性和热释放速率,其含量的增加能够显著提高燃料的发热量。

实验研究表明,固定碳含量与低位发热量之间存在明显的正相关关系,尤其是在燃烧后期,固定碳的持续燃烧对维持稳定的热释放速率具有重要作用。例如,对于某种无烟煤,固定碳含量较高,其低位发热量也相对较高,且燃烧过程中能够保持稳定的热释放,适合用于对燃烧稳定性要求较高的工业生产过程。为了提高燃料的发热量,可以通过选择固定碳含量较高的燃料品种,或者对燃料进行深加工处理,提高固定碳的含量和燃烧性能。

4 实验研究的理论意义与应用价值

4.1 理论意义

通过理论分析与实验研究相结合的方法,深入探讨燃料发热量与工业分析指标之间的相关性,具有重要的理论意义。从理论层面看,研究揭示了燃料燃烧过程中能量释放的内在机制,深化了对燃料化学组成与燃烧性能关系的理解。通过建立燃料发热量与工业分析指标之间的数学模型,可以更准确地预测燃料的发热量,为燃料燃烧理论的发展提供实验依据。同时,研究结果有助于完善燃料评价体系,为燃料的质量评估和分类提供更科学的标准^[5]。

4.2 应用价值

从应用层面看,研究结果为燃料的合理选型、燃烧优化及能源高效利用提供了科学依据。在实际工业应用中,通过测定燃料的工业分析指标(水分、灰分、挥发分和固定碳),可以快速评估燃料的能量特性,预测其发热量水平,从而指导燃料的选择和燃烧设备的优化设计。例如,对于水分和灰分含量较高的燃料,可以通过干燥处理和除灰技术降低其无用成分的比例,提高发热量;对于挥发分和固定碳含量较高的燃料,可以优化燃烧条件,如调整燃烧温度、空气过剩系数等,充分利用其能量释放特性,提高燃烧效率^[6]。

此外,研究结果还为能源管理政策的制定提供了参考依据。政府和相关部门可以根据不同燃料的发热量和工业分析指标,制定合理的能源利用政策和标准,鼓励企业使用高热值、低污染的燃料,推动能源的高效利用和可持续发展。例如,通过对煤炭行业的规范和引导,促进煤炭的洗选加工,降低煤炭中的水分和灰分含量,提高煤炭的质量和利用效率,减少能源浪费和环境污染^[9]。

5 结论

燃料发热量与工业分析指标之间存在着密切的相关性,这种相关性是由燃料的化学组成和燃烧过程中的能量释放机制共同决定的。实验研究表明,水分和灰分的增加会显著降低燃料的发热量,而挥发分和固定碳的含量则与发热量呈正相关关系。通过深入研究二者之间的内在联系,可以为燃料的合理选型、燃烧优化及能源高效利用提供理论依据和实践指导^[7]。

在实际工业生产中,应充分重视燃料的工业分析指标,通过科学的检测和分析,选择合适的燃料品种,并采取有效的预处理和燃烧优化措施,提高燃料的发热量和燃烧效率,降低能源消耗和环境污染。未来的研究可以进一步结合实验数据,运用先进的数学方法和计算机技术,建立更加精确的数学模型,量化燃料发热量与工业分析指标之间的关系,为能源领域的技术进步和可持续发展提供更有力的支持。同时,加强跨学科研究,将燃烧科学、热力学、化学工程等多学科知识相结合,深入探索燃料燃烧过程中的复杂现象和规律,推动燃料利用技术的不断创新和发展。

【参考文献】

- [1]李莉,于磊,王超,等.基于工业分析预测燃煤电厂煤质发热量方法研究[J].山东电力技术,2014,41(03):69-73+77.
- [2]郑生,左兆迎,吴尚睿,等.煤炭低位发热量与其他工业分析元素关系研究[J].中国检验检测,2020,28(04):22-25.
- [3]杜庆平,袁长顺.煤炭应用基低位发热量与灰分全水分相关系推导及应用[J].煤矿现代化,1995,(03):34-37.
- [4]夏瑛.浅析煤的发热量与灰分相关性[J].科技创新与应用,2015,(02):20-21.
- [5]贺江南.基于SPSS软件的淮南煤发热量计算数学模型研究[J].煤质技术,2019,34(01):34-36.
- [6]曹宏芳,付忠广,齐敏芳.PSO-SVM软测量方法在火电厂煤质发热量测量中的应用[J].热能动力工程,2014,29(06):731-735+764-765.
- [7]龚利华,刘广新.用工业分析数据预测煤炭发热量[C]//煤炭工业技术委员会地质分会,中国煤炭学会矿井地质专业委员会.2001年学术年会论文集,2001:125-127.
- [8]黄勤栋,郝英豪,崔云飞.煤炭发热量测定影响因素探究[J].质量与认证,2023,(03):46-49.
- [9]刘戈柳,宋伟峰,桂三元,等.燃煤电厂库存量优化模型及应用[J].能源与环境,2019,(01):101-103+109.
- [10]王峰,李凤军.灰分、水分、发热量的相关性[J].露天采矿技术,2008,(S1):53+55.

作者简介:

张耀文(1998--),男,汉族,贵州省遵义市人,大学本科,助理工程师,从事燃煤采制化研究方向及从事燃煤采制化工作。