

**编者按：**党的二十大报告指出“教育是国之大计、党之大计。培养什么人、怎样培养人、为谁培养人是教育的根本问题。育人的根本在于立德。”为了更好地贯彻二十大精神，推进立德树人根本任务的落实，必须充分发挥专业教师思政教育主力军作用，推进化学专任教师明确自身使命和责任，积极投身课程思政教学改革与建设，实现专业教育与思政教育的深度融合，使化学课程思政教育真正落到实处、发挥实效。

化学实验课程是培养学生科学精神和创新能力的重要手段。相比于化学理论课，实验课的课程思政更容易寓教于“作”、实现“知行合一”，但课程思政的设计与实施的难度也更大。当前普遍存在改革不够深入系统、学生参与不足、产出导向体现不充分、育人成效难以考核等问题。为了引导教师正确设计和有效实施实验课程思政，充分发挥优秀案例的示范引领作用，2018–2022年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会和教育部化学实验教学改革创新虚拟教研室与《大学化学》编辑部协商，编辑出版了“化学实验课程思政建设”专刊，结集发表了40个优秀案例。这些案例较好体现了“在课程教学中把马克思主义立场观点方法的教育与科学精神的培养结合起来，提高学生正确认识问题、分析问题和解决问题的能力”，突出了“注重科学思维方法的训练和科学伦理的教育，培养学生探索未知、追求真理、勇攀科学高峰的责任感和使命感”的要求。希望这些案例能够发挥示范，启发思考，激发灵感，引导更多实验课教师参与课程思政建设，形成更多改革经验，推进化学实验课程思政建设再上新台阶，取得新成效。

## 燃烧热测定实验的课程思政设计 ——农林废弃物的热值测定

张树永<sup>1,\*</sup>，朱亚先<sup>2</sup>，张文清<sup>3</sup>，王玉枝<sup>4</sup>，陆靖<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 山东大学化学与化工学院，济南 250100

<sup>2</sup> 厦门大学化学化工学院，福建 厦门 361005

<sup>3</sup> 华东理工大学化学与分子工程学院，上海 200237

<sup>4</sup> 湖南大学化学化工学院，长沙 410082

<sup>5</sup> 上海海事大学，上海 200135

**摘要：**燃烧热测定是一个经典的物理化学实验。本案例将燃烧热测定与农林废弃物燃烧发电对接，对实验内容进行了适当调整，让学生了解燃烧热测定对保障发电厂安全运行的重要意义，以及农林废弃物燃烧发电对服务“三农”、乡村振兴和“双碳”战略的重要意义，提高了学生学以致用能力，激发了学生的学习兴趣，引导学生关心国家能源安全、环境保护、可持续发展和人民的生命健康，对提升学生的能力和素质发挥了良好作用。

**关键词：**燃烧热；农林废弃物；热电厂；环境保护；课程思政

**中图分类号：**G64；O6

收稿：2023-03-07；录用：2023-03-09；网络发表：2023-03-10

\*通讯作者，Email: syzhang@sdu.edu.cn

基金资助：2018–2022年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会课题——化学类专业课程思政教学指南制定(H20220202)

# Ideological and Political Design of Combustion Heat Measurement Experiment: Determination of Heat Value of Agricultural and Forestry Wastes

Shuyong Zhang<sup>1,\*</sup>, Yaxian Zhu<sup>2</sup>, Wenqing Zhang<sup>3</sup>, Yuzhi Wang<sup>4</sup>, Jing Lu<sup>5</sup>

<sup>1</sup> School of Chemistry and Chemical Engineering, Shandong University, Jinan 250100, China.

<sup>2</sup> College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, China.

<sup>3</sup> School of Chemistry and Molecular Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China.

<sup>4</sup> College of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China.

<sup>5</sup> Shanghai Maritime University, Shanghai 200135, China.

**Abstract:** The combustion heat measurement is a classic physical chemistry experiment. In this case, the combustion heat measurement is correlated with the electric power generation from the combustion of the agricultural and forestry waste. The contents of the classic experiment are modified appropriately. During performance of the newly designed experiment, students' understanding of the significance of combustion heat measurements for the safety of the power plant operation, as well as the agricultural and forestry waste combustion power generation for serving "agriculture, rural area, and farmers", rural revitalization and "dual carbon" strategy can be improved. The students' ability to apply what they learn from physical chemistry and laboratory courses can be enhanced. It can stimulate students' interest in learning, guides students to care more about national energy security, environmental protection, sustainable development and people's life and health. The modified experiment can greatly improve the students' ability and quality.

**Key Words:** Combustion heat; Agricultural and forestry waste; Thermal power plant; Environmental protection; Course ideology and politics

## 1 引言

燃烧热测定是一个经典的物理化学实验，在各高等学校普遍开设<sup>[1-4]</sup>。该实验涉及的基本操作多、实验周期长、要求高，对培养学生规范严谨的实验习惯、实事求是的科学态度、分工协作的团队精神、坚韧不拔的意志品质、勇于探索的创新精神具有重要意义<sup>[5]</sup>。近年来，对燃烧热实验进行改进的研究比较多，包括用蔗糖<sup>[6]</sup>和肉桂酸<sup>[7]</sup>等绿色试剂替换有污染的萘，实现实验的绿色化改造；改造压片方式和点火方式<sup>[8]</sup>；改进数据采集和处理方式<sup>[9]</sup>等。虽然通过引入蔗糖和肉桂酸替换萘可以引入一些绿色理念，但其意义很难深化，难以系统深入地发挥课程思政教育作用。近年来也有研究者采用甘蔗渣和玉米芯等农林废弃物或者白酒和固体酒精等<sup>[10,11]</sup>测量燃烧热，但相关改革均未与国家能源安全和三农发展等国家战略对接，改进后实验的课程思政意义发掘仍不够深入。

本案例以燃烧热测定服务于农林废弃物燃烧发电为例<sup>[12-15]</sup>，将燃烧热测定与热电厂的安全运行和解决农林废弃物危害相衔接，引导学生认识综合利用农林废弃物对服务“三农”、乡村振兴和“双碳”战略的重要意义<sup>[13]</sup>，不仅可以提高学生的学习兴趣，还可以引导学生关心国家的能源安全、环境保护、可持续发展和人民的生命健康，深刻领悟习近平生态文明思想。改革后的实验综合体现了大学教学“面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康”的要求，增强了学生运用所学专业知

## 2 课程思政案例的设计与实施

### 2.1 案例的导入

农林废弃物是排在石油、煤炭和天然气之后的世界第四大能源，是人类最早使用的能源，属于可再生能源和绿色能源，具有“取之不尽、用之不竭”的特点<sup>[12]</sup>。我国每年产生的各类农林废弃物超过13亿吨，之前主要用于农村地区的冬季取暖、日常煮饭、做牲畜饲料、生产沼气和造纸等。近

年来, 由于农业生产能力的不断提高, 农林废弃物的产量大幅增加, 与此同时, 伴随着人民生活水平的提高, 煤炭、液化气、管道天然气和电力在农村地区广泛使用, 加之牲畜饲料的产业化发展以及小规模造纸厂的淘汰升级, 导致农林废弃物大量剩余。为了避免农林废弃物占用耕地、导致土壤结构损坏和病虫害滋生, 以往人们往往采用露天焚烧的方式进行处理, 每年在春播之前和秋收之后, 农民都会大量焚烧秸秆。农林废弃物的露天焚烧不仅浪费资源, 还会造成严重的大气污染, 甚至影响航空和交通安全(见图1)。虽然政府三令五申, 严令禁止焚烧秸秆并积极推进秸秆还田和资源化、饲料化、燃料化处理, 但处理的数量比较有限, 农民收益不多, 参与的积极性不高, 仍然无法完全杜绝焚烧秸秆的情况发生。



图1 燃烧农林废弃物导致大气污染的情况

目前, 农林废弃物规模化处理唯一的方法就是燃烧发电<sup>[12]</sup>, 通过建设以农林废弃物为燃料的热电厂, 单独以农林废弃物为燃料或者与电煤混合使用, 可以大量节省煤炭(见图2)。如果单纯采用农林废弃物为燃料, 理论上可以实现完全的“碳中和”; 即便是与电煤混合使用, 也可以大幅度减少二氧化碳排放, 服务“双碳”战略的实施<sup>[13,14]</sup>。在农林废弃物燃烧发电的过程中, 必须保证燃烧的完全和稳定: 如果燃料的热值不高、燃烧不充分, 会导致燃烧温度过低造成锅炉熄火; 如果温度过高或者火焰中心偏离, 可能造成局部管壁超温, 致使锅炉变形而影响安全。由于每一批次的电煤和农林废弃物的热值和燃烧性能不同, 为了保证锅炉的安全平稳运行, 必须测定每一批次煤炭和农林废弃物的燃烧热, 以便合理调配<sup>[15]</sup>。

## 2.2 实验的创新设计

教师可结合地方特点, 采集不同种类的农林废弃物(如麦秸、玉米秸、玉米芯、棉杆、稻草、稻壳、甘蔗渣、甜菜渣、树枝、树皮和落叶等), 经晾晒后粉碎到一定程度制成样品(见图3)<sup>[10,11]</sup>。也可以允许学生自带样品, 并在教师的指导下提前做好预处理。



图2 以农林废弃物为燃料的热电厂

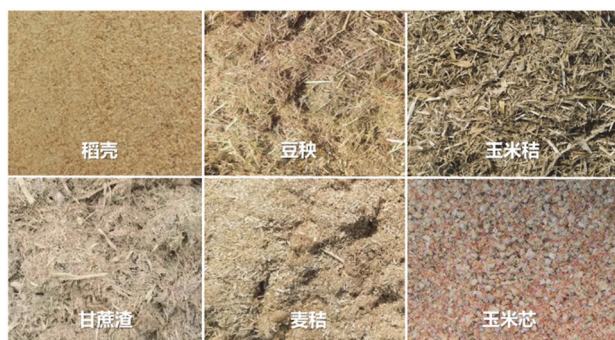


图3 粉碎之后的农林废弃物

教师通过预做实验，确定燃烧热测量的相关参数，包括样品的预处理方式、样品的适宜质量、压实的程度、点火方式、升温情况、雷诺曲线、温度校准等，以保证实验的顺利完成。实验前，须将样品放在烘箱内干燥至恒重，并保存在干燥器内备用。

### 2.3 案例的研讨

学生以小组为单位，通过实验平台提供的线上教学资源(如本文参考文献)并自主查阅其他文献，了解量热的国标(GB)要求，说明测定燃料燃烧热的意义及对热电厂安全生产的重要意义。说明采用农林废弃物燃烧发电需要进行哪些预处理并解释原因。

学生在课程网站的讨论区就上述问题发表观点并形成小组报告。在实验课前安排1-2个小组就相关问题进行交流，其他组同学进行提问，教师进行点评和启发，加深学生对测量意义和测量原理的认识。

教师对学生拓展学习的情况和研讨的深入程度进行评分，引导和培养学生的自主学习能力。

### 2.4 案例的实施

学生依托实验教学平台所提供的实验教学录像(见图4)、虚拟仿真实验和相关学习材料，通过自主学习，掌握氧弹式量热计的构成和使用方法、燃烧热测量的原理和操作过程，明确实验的关键点和安全注意事项，并通过线上测试和教师审核，以保证学生能够规范操作仪器设备，安全顺利地完成实验。该过程可以培养学生的自主学习能力，压缩课堂讲解时间，提高实验的效率。



图4 平台提供的燃烧热测量教学录像

在实验开始前，安排1-2组学生交流一下实验的注意事项，将实验讲解的主体由教师变成学生，其他学生进行点评和补充，可以提高学生的学习效果。

建议采用团队实验和多参数实验设置<sup>[10]</sup>。开展燃烧热测定时，通常是4-6组学生同时做实验，每组2人。教师可以安排各组学生采用不同的样品进行平行实验，如不同种类的农林废弃物、不同粉碎程度、不同干燥程度的样品等。在各组独立完成测量的基础上，各组学生共享数据，从而达到研究

相关参数对燃烧热影响的目的, 增强基础实验的研究属性。通过团队实验, 还可以培养学生的团队合作意识和组织协调能力。

在实验过程中, 学生们按照新理念、新要求完成实验, 突出实验规范、实事求是、安全环保等要求。教师在巡查过程中, 对学生的操作进行指导, 并对学生操作的科学性和规范性进行评价。

实验结束后, 安排各实验组进行交流研讨, 分析实验结果, 共同处理数据, 得出结论。

## 2.5 课后拓展

课后, 学生在正确记录和处理实验数据、分析实验误差、得出确切结论, 并对不同样品的热值进行比较、对样品的燃烧性能进行评价的基础上完成并提交实验报告。教师批阅实验报告, 对学生的实验态度、实验过程、实验结果所体现的实验能力进行评价。

在实验加深学生对案例的思政内涵理解的基础上, 进一步通过课程网站布置作业等形式, 安排学生以小组为单位完成以下拓展内容:

(1) 将量热原理拓展到反应热、溶解热、稀释热、吸附热和相变热的测量<sup>[5]</sup>, 同时说明微量热技术及其应用, 构建量热原理与技术的知识体系, 分析影响这些量热方法测量精度的因素, 比较它们各自的优缺点和适用范围, 培养学生对实验原理举一反三的能力<sup>[5]</sup>。

(2) 说明燃烧热测定对质能联算、反应器和燃烧炉设计、消防安全, 获取物质的生成焓和键能等热力学数据, 以及测量燃料热值对评价燃料性能和经济效益的意义, 促使学生加深对燃烧热测定重要性的认识。

(3) 结合实验, 说明测定电煤和农林废弃物燃烧热对安全发电的重要意义。通过查阅文献找出电煤的数据并结合实验测量结果, 说明如果将13亿吨农林废弃物全部用于发电, 可以节省多少吨标准煤, 减少多少吨二氧化碳排放。进一步说明农林废弃物燃烧发电技术对开发可再生能源、维护国家能源安全、服务“双碳”战略、减少大气污染、实现农民增收和促进乡村振兴的重要意义。加深学生对农林废弃物有效利用的生态意义和对保障能源安全、可持续发展的意义的认识。

(4) 通过查阅文献, 说明我国农林废弃物燃烧发电的热电厂的建设和运行情况, 对当前存在的问题和未来改革和发展的方向进行综合分析和批判性思考, 促进学生了解国情民情社情, 强化责任意识。

(5) 学生在接触燃烧热实验之前已经学过无机化学和有机化学, 可以要求学生结合专业知识, 进一步讨论化学在农林废弃物综合利用中的地位和作用, 如生产纤维素、人造棉、生物柴油、活性炭等, 提出拓展农林废弃物应用、提高利用效率和附加值的路径, 体现创新精神。

以上问题既可作为实验报告的内容, 也可以作为小组作业、小组报告、论文综述、实施方案、方案评价和小组展示的内容单独提交(参见表1)。

表1 课程思政教学目标达成度的考核设计

课程思政教学目标	考核形式	考核标准
科学素养: 规范严谨的实验习惯、实事求是的科学态度、分工协作的团队精神、坚韧不拔的意志品质、勇于探索的创新精神	实验过程打分	熟练严谨的操作; 规范观察和记录实验现象和数据; 2个学生分工合作; 实验失败时主动重做; 能够分析和解决实验中出现的问题
关心国家: 关心国家能源安全、环境安全、可持续发展和人民生命健康	课前/课后小组报告	能够说明开发可再生能源、有效利用农林废弃物产生的“减碳”和降低污染的效果
社会责任: 服务“三农”、乡村振兴, 保护绿水青山	课后小组报告	能够说明农林废弃物燃烧发电对农民增收、改善乡村生态、推动绿色可持续发展的意义
服务社会: 面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康	课后小组报告	利用化学知识, 创新设计从农林废弃物生产可再生、高附加值产品, 说明化学在可再生资源利用中的地位和作用

### 3 实施建议与效果考核

教师通过对线上讨论、预习报告、实验报告、小组作业(包括调研报告或者论文)等形式所体现的素质和能力进行考核,制订相关评价标准,按照产出导向的理念,采用多样化考核手段,对课程思政教育目标的达成情况进行考核(参见表1)。

结果显示,对燃烧热测定实验进行课程思政改造之后,学生对物理化学实验重要性的认识得到强化,实验兴趣和认真程度得到提升,对知识点和规范操作的理解更加深刻,社会责任感和科研意识也得到了显著增强。

在实验改革的过程中,教师应注意做好以下几方面工作:(1)对本地农林废弃物的资源及利用情况进行调研,选择具有本地特色的农林废弃物资源,使实验内容与本地经济社会发展更好地衔接;(2)可以采用不同成分、不同粉碎程度和不同干燥程度的样品进行实验,引导学生研究影响燃烧性能的因素,可以安排周一实验的学生研究不同种类农林废弃物的热值、周二实验的学生研究不同粉碎程度对燃烧的影响、周三实验的学生研究不同干燥程度的影响,让4-6组学生平行开展一个影响因素的实验,即可获得影响曲线;(3)教师应提前预做实验,确定比较适宜的实验条件,保证学生能够比较顺利地顺利完成相关实验操作。

### 4 结语

本实验课程思政案例以保障农林废弃物燃烧发电的安全为出发点,对经典物理化学实验——氧弹法测燃烧热进行了改进,不仅实现了实验本身的绿色化,而且将实验内容与服务“三农”、乡村振兴和“双碳”战略、关心国家能源安全、环境保护、可持续发展和人民生命健康,领悟习近平生态文明思想,体现“面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康”的要求紧密衔接,是一个课程思政教育内涵丰富、教学效果理想的优秀实验课程思政教学案例,具有较好的推广应用价值。

### 参 考 文 献

- [1] 邱金恒, 孙尔康, 吴强. 物理化学实验. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [2] 复旦大学. 物理化学实验. 第3版. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [3] 天津大学物理化学教研室, 冯霞, 朱莉娜, 朱荣娇. 物理化学实验. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- [4] 山东大学, 山东师范大学等校合编. 宋淑娥主编. 基础化学实验(III)——物理化学实验. 第3版. 北京: 化学工业出版社, 2019.
- [5] 张树永, 范楼珍, 淳远, 刘永梅, 田福平, 白云山, 宋淑娥. 大学化学, 2022, 37 (6), 2108061.
- [6] 刘弋瀚, 胡晓洪, 梁舒萍. 实验室研究与探索, 2011, 30 (8), 345.
- [7] 邱会华, 陈婉彤. 化工时刊, 2018, 32 (8), 20.
- [8] 张建华, 徐常威, 郭云萍. 大学化学, 2011, 26 (5), 65.
- [9] 刘雪梅, 顾雪凡, 王文珍, 孙婉娟, 邓强. 化工高等教育, 2020, No. 3, 113.
- [10] 邓玲娟, 张知侠. 实验室科学, 2022, 25 (4), 119.
- [11] 胡飞龙, 杨树枫, 米艳, 黄钦, 王飒飒, 罗伟强. 化学教育, 2021, 42 (10), 55.
- [12] 付鹏, 徐国平, 李兴华, 朱天乐, 张卓. 工业安全与环保, 2021, No. 47 (增刊), 48.
- [13] 石元春. 智慧电力, 2017, 45 (7), 1.
- [14] 吕文, 刘金亮, 吕杨, 王树森, 王广涛. 中国林业产业, 2005, No. 11, 25.
- [15] 王振江, 周长鲜. 四川电力技术, 2006, 29 (6), 82.