

食品理化检测实验室节能减排路径研究

央拉 扎西穷达 拉毛才旦 次仁卓嘎*

西藏自治区食品药品检验研究院

DOI:10.32629/as.v9i6.4024

[摘要] 伴随着全球气候变化和资源约束趋紧,节能减排成了各个行业可持续发展的关键,食品理化实验室作为保证食品安全的重要技术支撑,运行过程中会用到很多精密仪器、化学试剂以及特殊的环境控制,造成其能源消耗密度大、废弃物产生量多。因此本文以食品理化检测实验室为研究对象,对实验室能源消耗结构、污染物排放现状进行系统的分析,从而找出实验室主要的能耗环节和碳排放源。因此建立相应的节能减排优化体系,给食品检测行业的低碳化转型升级提供必要的参考借鉴,最终实现“双碳”目标。

[关键词] 食品; 理化检测; 实验室; 节能减排

中图分类号: F416.82 文献标识码: A

Research on Energy Saving and Emission Reduction Paths for Food Physicochemical Testing Laboratories

Yangla Tashi Chodrak Lhamo Tseten Tsering Dolkar

Zhangle Xizang Autonomous Region Food and Drug Inspection Institute, The unit, province, and city of Xizang

[Abstract] With the problem of global climate change and scarcity of resources, energy-saving and low-emission technologies have been promoted to promote the development of green economies. The food physicochemical laboratory serves to ensure the safety of food, and in its daily operations, many high-precision instruments, chemical reagents, special environmental control facilities, etc., are employed; thus, high energy consumption density and a large amount of waste are generated. Based on the above, this paper will focus on the energy conservation and emission reduction path of the food physicochemical testing laboratory, systematically analyze the current situation of laboratory energy consumption structure and pollutant emissions, and identify the main energy consumption links and carbon emission sources. Therefore, an energy-saving and emission-reduction optimisation system can be constructed to provide an idea for the low-carbon transformation and upgrading of the food testing industry and help achieve the "dual-carbon" goals.

[Key words] food; physicochemical testing; laboratory; energy conservation and emission reduction

食品理化检测过程中的年度能耗一般为普通建筑能耗的3~5倍,在实验过程中如果处理不当,就会产生有机溶剂、重金属废液等二次污染。因此,本文从“技术+管理”双轮驱动的角度出发,对食品理化检测的能耗特点、排放规律进行详细的分析,从而定量地评价食品理化检测的减排潜力和经济性,为行业的绿色转型提供环境效益与经济效益并重的方案。

1 食品理化检测实验室能耗与排放特征分析

1.1 能耗结构分析

食品理化检测实验室的能源消耗构成具有多维特点,用能主体可以分为四个主要功能模块。首先,大型分析仪器群组是实验室直接能耗的主要来源,典型的设备有高效液相色谱仪、气相

色谱-质谱联用仪等精密分析仪器,这些仪器由于长时间的运行工况以及较高的功率配置,成为了能耗的主要来源。环境调控系统在实验室总能耗中所占比例较大,约为25%到35%的能源消耗是由恒温恒湿设备的持续工作造成的。为了保证精密仪器的测量精度和稳定性,需要对实验环境的温度、湿度参数进行不间断的调节,其能耗水平在夏季制冷负荷和冬季采暖需求叠加的时候有明显的上升趋势^[1]。实验安全防护体系的通风设施依靠强制排风和新风补充来控制实验过程中产生的有害物质,通风系统能耗强度同风机装机容量、空气交换频次存在正相关联系。单体照明装置功率参数小,但是由于照明网络覆盖面广,部分功能区需要全天候照明保障,所以其累计能耗量仍然较大。

1. 2碳排放源识别

食品理化检测实验室的碳排放可以分为直接排放和间接排放两个方面。直接排放主要是电力消耗和燃气利用, 电力消耗居首位。实验室里高效液相色谱仪、气相色谱-质谱联用仪这些大型分析仪器, 还有恒温恒湿调节系统, 通风换气设备这些重要设备长时间处于高负荷运转状态时, 如果它们所依靠的电力供应系统采用的是化石燃料发电的方式, 那么就会造成大量的二氧化碳排放。燃气利用主要集中在原子吸收光谱仪配套的燃气燃烧装置上, 燃烧过程直接产生温室气体。而间接排放贯穿实验活动的整个生命周期链条, 在试剂制备阶段, 化学原料的采掘、合成反应和包装工艺过程中消耗的能源以及产生的工艺排放是主要的间接碳源。物流运输环节中试剂从生产端到实验室终端的输送过程中因为燃油消耗而产生碳排放^[2]。在废弃物处置环节中, 有机溶剂高温焚烧处理、重金属废液固化稳定化等处置工艺不但要耗费额外的能源, 而且会因为燃烧不完全或者有害物质泄漏而产生二次排放的风险。另外, 未进行有效分类回收的常规实验废弃物在填埋处置时, 经由微生物分解所产生出来的甲烷也应当被包含到间接排放的计算当中。

2 食品理化检测实验室节能减排路径设计

2. 1技术优化路径

2. 1. 1设备节能

实验室节能降耗设备能效提高依靠智能温控系统, 对环境参数实施精准控制, 借助多点传感网络及时获取温湿度信息并依照这些信息来调整设备的工作状况, 从而防止恒温恒湿装置一直处于满负荷工作状态。通风系统使用变频调速技术之后, 可以按照实验区污染物浓度的实时变动来自动调节风机转速, 从而大幅度削减无效排风所造成的能源浪费。另外, 逐步淘汰能耗等级低的旧式分析仪器, 使用超高效液相色谱仪等新一代低耗设备, 一台仪器一年的节电量可达1500千瓦时以上。

2. 1. 2流程节能

微波辅助提取技术代替传统的加热回流工艺, 可以大大缩短样品前处理的时间, 电能消耗减少超过50%。经过系统性的试剂浓度梯度实验, 创建起科学的用量标准体系, 有效地防止了有机溶剂等试剂的过度使用, 既直接削减了实验过程中能源的耗费, 又从源头上削减了试剂生产、运输环节的碳排放^[3]。微型化实验设计的推广, 依靠96孔板等小型化实验载体, 使得样品用量大大减少, 在保证检测精度的基础上实现了小样本、高效率的节能目标。

2. 1. 3资源循环

创建完善的废弃物分类回收体系, 用专用收集容器收集乙腈、甲醇等有机溶剂, 经过蒸馏纯化工艺处理之后可以再次用于非精密检测环节, 新试剂采购量降低超过30%。对含汞、铅等重金属的废液用化学沉淀法预处理, 使废液达到排放标准后交专业机构处理, 防止重金属污染物的环境排放。普通实验废弃物实行源头精细化分类管理, 提高纸张、塑料等可回收物料的资源化利用率, 从源头上减少填埋或者焚烧处理过程中甲烷和二氧化碳的产生。

2. 1. 4能源替代

在能源替代方面, 太阳能光伏发电系统布置在建筑屋顶、闲置场地的空间内, 保证照明系统、小型分析仪器等低功率设备的电力供应, 年发电量可以满足实验室总用电负荷的10%~15%。地源热泵技术利用地下恒温层的热交换特性来完成制冷和制热功能, 系统的能效比提高到4.0以上, 比传统的电驱动空调系统节能效果要好很多。配套储能装置的加入, 很好地解决了可再生能源发电和实验室用电之间时间上的矛盾, 提高了清洁能源的利用率。

2. 2管理创新路径

2. 2. 1数字化管理

数字化管理体系建设是实现实验室精细化能源控制的技术保障, 能耗监测平台的建立就是把智能计量装置和多参数传感单元装在高效液相色谱仪、气相色谱-质谱联用仪这些大型分析仪器以及恒温恒湿调控装置这些关键用能设备上, 从而达到对电压、电流、瞬时功率等电气参数的连续采集和远程传输的目的^[4]。基于云计算架构的数据分析系统可以自动产生能耗空间分布热力图和碳足迹核算报告, 准确找到能源浪费的节点, 给管理决策提供数据支持。而利用机器学习算法对设备运行负荷进行时序预测, 可以达到供电策略动态优化的目的。

2. 2. 2标准化操作

标准化操作规程的制订和执行, 是保证实验行为规范化、提高资源利用率的基本条件。绿色实验规范体系要覆盖实验活动的全过程控制, 确定各种仪器设备的待机管理要求, 减少待机状态下产生的无用能耗。建立试剂资源共享平台, 利用信息化管理系统实现试剂库存状态和使用需求的动态匹配, 大幅度减少重复采购、过期报废造成的资源浪费, 试剂消耗量预计降低25%。健全危险废弃物分类处置规程, 对不同类别的危废明确临时贮存条件和转移处置时间, 防止由于操作不当造成的环境污染风险。配套编制标准化操作视频教程库, 加强规程执行的规范性、一致性。

2. 2. 3绩效考核

绩效评价机制的改进是促使节能观念内化为实验室文化的要素, 把节能减排指标加入到实验室人员绩效考评体系当中, 就要创建起科学量化评判准则和奖惩措施。根据历史数据设定个人能耗基准参考值, 将它同绩效薪酬分配适度联系起来, 对于在实验流程改善、设备参数调节等环节取得明显节能效果的工作人员给予专项表彰和物质奖励, 不定期公布各个实验单元的能耗比较分析成果, 创建良好的竞争性节能文化环境^[5]。利用PDCA循环管理模式不断改进考核指标体系, 可以使实验室所有人员由被动执行节能措施转变为积极投身到节能活动中来, 从而达到单位检测工作量能耗强度降低30%以上的目的。

2. 3政策与制度保障

政策和制度框架的完善属于食品理化检测实验室推进节能减排工作的一种外部支持系统。实验室主体要积极对接属地政府发布出来的节能环保相关政策导向, 主动申请节能设备购置

补贴、清洁能源技术改造专项扶持资金等财政性支持,有效化解绿色转型初期资本投入难题^[6]。同时,充分挖掘并发挥好现有税收优惠政策体系的作用,比如环保专用设备购置环节增值税减免、企业所得税研发费用加计扣除等,极大地调动了实验室开展节能技术改造的内生动力。参加由政府或者行业组织发起的绿色实验室认证体系,可以促使实验室系统梳理、改进能源管理流程,依靠第三方专业机构的审核评价来证明节能减排措施的实际效果。获得认证标识不但可以提高客户对实验室检测能力、环保责任的信任度,而且可以明显提高实验室在食品检测领域的公信力和市场竞争力,进而形成政策引导、技术革新、品牌价值提升三者相互促进的可持续发展机制。

本文从食品理化检测节能减排的角度出发,利用技术创新与管理优化的协同发展来形成一个长期的节能机制,在节能改造的过程中也兼顾到检测的准确性和实验的安全性,从而避免因过分追求能效而忽略其主要功能的情况发生。并且随着“双碳”战略的不断推进,食品理化检测行业也应该加快制定绿色实验室建设标准,促进产业链上下游协同减排,才能助力全社会实现绿色发展目标。

[参考文献]

- [1]徐凡,吴磊磊,褚婷婷,等.常见食品理化指标检测方法的适用性分析与质量控制探讨[J].上海轻工业,2026,(02):122-124.
- [2]朱忠宝.现代食品中黄曲霉毒素B1的检测方法研究[J].现代食品,2026,(02):164-166.
- [3]王芙蓉.食品理化检验检测准确性的影响因素及提升措施[J].食品安全导刊,2025,19(31):164-166.
- [4]钟云红,张崇军,张凤英,等.基于“岗课赛证”融通的课程改革与实践——以高职“食品理化检测技术”课程为例[J].食品与发酵科技,2025,61(05):142-146.
- [5]姜书香.食品理化检验技术提升检测质量的策略研究[J].食品安全导刊,2025,(20):169-171+175.
- [6]佐蒙.常规理化参数检测在食品质量控制中的关键作用与改进[J].现代食品,2025,(12):197-199.

作者简介:

央拉(1991—),女,藏族,西藏山南人,本科,职称工程师,从事的研究方向食品理化检验。