

· 国外实验室 ·

荷兰高校实验室废弃物分类收集处理的研究及启示

蒋 晗, 方结红, 李红亮, 潘家荣, 黄光荣

(中国计量大学 浙江省海洋食品品质及危害物控制技术重点实验室 杭州 310018)



摘 要: 高校实验室废弃物收集处理是实验室管理的重要内容。高校实验室主要废弃物为化学废弃物、生物废弃物、废水废气、放射性废弃物以及电子废弃物等,产量低,但种类繁多且成分复杂,废弃物中不乏有毒有害物质,收集处理不当对环境和人的健康危害很大。系统介绍荷兰高校收集处理实验室废弃物的安全管理体系,荷兰高校实验室设置了专门负责废弃物处理的管理机构,废弃物分类明确,每一类废弃物的处理方法都十分详尽且有可操作性,尤其是实验室危险废弃物分类处理方法和人员责任管理培训制度,值得我国高校学习和借鉴。

关键词: 荷兰高校实验室; 废弃物; 危险废弃物; 管理体系

中图分类号: X 327; G 482 **文献标志码:** A

文章编号: 1006-7167(2018)02-0246-05

Study and Reflection on the Classified Collection and Disposal of Laboratory Waste in the Dutch Universities

JIANG Han, FANG Jiehong, LI Hongliang, PAN Jiarong, HUANG Guangrong

(Key Laboratory of Marine Food Quality and Hazard Controlling Technology of Zhejiang Province, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The university laboratory waste collection and disposal is one of the important contents in the laboratory management. The main waste from the university laboratory includes chemical waste, biological waste, waste water and gas, radioactive and electronic waste. Its amount is low, but it covers quite a wide range with complicated components. University laboratory waste contains a lot of poisonous and harmful substances, thus, mishandling on collection and disposal is quite harmful to the environment and humans. In this paper, we introduced the advanced safety management system of collection and disposal of Dutch university laboratory waste. Dutch universities set up a management organization dedicated to waste disposal. The classification of waste is clear, and the disposal method of each kind of waste is very detailed and operable. In particular, the classification and treatment of hazardous waste in laboratory and the personnel responsibility and management training system are worthy of learning and reference for Chinese universities. We proposed some ideas and suggestions in laboratory waste management in the universities of our country and gave a brief introduction to the effect of laboratory waste management in our university.

Key words: Dutch university laboratories; waste disposal; hazardous waste; management system

收稿日期: 2017-05-10

基金项目: 浙江省高校实验室工作研究项目资助(YB201654)

作者简介: 蒋 晗(1987-),女,浙江杭州人,博士,实验师,主要从事高校食品专业实验教学改革工作。

Tel.: 13588125071; E-mail: jianghan825@126.com

通信作者: 黄光荣(1974-),男,湖南祁阳人,博士,教授,主要从事高校实验室建设与管理工作。

Tel.: 13388618718; E-mail: grhuang@126.com

0 引 言

《国家环境保护“十三五”环境与健康工作规划》于2017年正式发布,旨在提高环境风险防控能力、保障公众健康,有序推进环境与健康工作^[1]。我国长期以来治污管理主要集中在对企业工厂的监管,对高校

实验室废弃物管理关注较少^[2]。截至2015年,我国已有普通高校2560所^[3]。高等教育事业蓬勃发展,教学科研规模不断扩大,使高校实验室在其职能日益提升的同时,向环境排放的废弃物也越来越多^[4]。对高校实验室废弃物进行分类收集、集中处理、统一管理成为当务之急^[5]。

高校实验室主要废弃物为化学、生物废弃物、废水、废气、放射性废弃物以及电子废弃物等^[4]。与工厂废弃物相比,高校实验室废弃物产量相对较低,但种类繁多且成分复杂^[6-8]、分布在多个实验室^[9]。虽然环保部门和高校都出台了相应的管理和处理规定,但缺少可操作的、无公害化的排放处理方法^[10]。此外,大部分高校由设备处或实验室管理处、保卫处和后勤部门兼职管理废弃物,缺少全职管理的专业人士,管理也缺乏细致周全。废弃物处理耗时费钱,工作也很辛苦,但工作人员的努力在工作业绩上难以得到直接体现,经费支持力度也有限^[11]。因此,利用在荷兰学习的机会,深入了解荷兰高校实验室废弃物分类处理的管理体系并加以实践,深切感受到有很多地方值得我国高校学习借鉴。

1 荷兰高校实验室废弃物管理体系介绍

荷兰共有13所大学,均位列世界前200名,其中进入2017年Times排名Top 100的就有8所^[12]。荷兰高校实验室资源庞大、实验室建设和管理历史悠久,其科学规范的实验室废弃物管理体系可为国内管理提供有益借鉴。

1.1 校内负责废弃物的管理机构 and 法律法规^[13-14]

荷兰很多大学都设有健康安全可持续(Health, Safety and Sustainability, AMD)部门,AMD是其荷兰语缩写。该部门为大学师生提供生命健康、安全和可持续发展等方面的服务,例如员工有与工作相关的健康问题可以预约AMD咨询。同时AMD也提供辐射、转基因、环境安全问题的建议和指导,负责制定实验室规章制度,安排各种实验室培训等工作。荷兰格罗宁根大学长达56页的《废弃物管理条例》,由该校AMD部门联系相关学院和机构合作撰写,并由AMD负责从2015年9月起全面推行和落实。荷兰高校负责普通废弃物回收处理的是后勤部门,负责危险废弃物和仪器设备等的回收是设备处。

荷兰高校实验室废弃物管理主要遵循欧盟法规《废弃物指令》(Waste Directive, 2008/98/EC)和《危险废弃物指令》(the Hazardous Waste Directive, 91/689/EEC),两条法规旨在保护环境和人类健康,减少废弃物造成的负面影响,提高资源利用率。

1.2 实验室废弃物分类处理方法总则

荷兰普通居民已实施生活垃圾分类数年,将厨房

垃圾、纸质垃圾、旧衣物、塑料瓶、玻璃瓶和废旧电池等分门别类,于规定时间摆放至家楼下的不同垃圾箱内,如有违反,将面临高额罚款。因此,普通百姓均已养成垃圾分类的习惯。在此基础上,高校实验室废弃物的分类处理则更为详细,以荷兰格罗宁根大学为例(见表1),实验室废弃物共分为16大类,且每一类都有详细的定义、处理方法、负责部门和收集时间,汇集成册。学校每个学院均设有废弃物回收中转站(如图1所示),用来暂存该学院实验室的实验耗材、生物、废旧电池、废旧墨盒、玻璃、灭菌和纸板等废弃物,由设备处或后勤部门派专人定时收集,送至专业公司处理。另外,建筑材料、金属废弃物、烹饪用脂肪则由供应商回收处理。其他不宜放在中转站的废弃物则直接由专业公司上门收集处理。

此外,学校还有小册子告知每类废弃物送回收站之后的处理方法及回收再利用情况,例如废纸板平均可以再利用六次,草垫和鸟沙可以加工成肥料,动物尸体可以加工成可持续的生物燃料,某些残渣废弃物可以作为沥青填料用来修路等。

1.3 实验室危险废弃物分类处理方法

除了实验室废弃物管理总条例外,荷兰高校对实验室危险废弃物的分类管理也十分细致完善,常将其单独列出加以详述。调查了荷兰乌特勒支大学、瓦赫宁根大学、格罗宁根大学等多家理工科背景较强的院校,总结归纳了其危险废弃物的处理方法。

1.3.1 危险废弃物的分类和处理

经调研,荷兰高校危险废弃物分类均在10类以上,其中化学液体废弃物就基本细分为5大类,分别为酸性、碱性、中性水溶液,不含或含少量卤素和富含卤素有机溶液。通常每个研究所或课题组就有一个废液回收区,5个贴有专用标签的10L方形油桶放置于通风橱内,油桶上方有一个大漏斗便于倾倒液体,通风橱始终处于工作状态。每所学校都有《危险化学品目录》,里面列出了所有危化品的种类,每类化学液体废弃物所包含的具体成分也会以附表的形式附在后面。

对化学固体废弃物而言,若是多余或过期的固体化学试剂,首先考虑溶剂溶解后倒入对应的液体废弃物回收油桶中。所有盛放无危害的化学试剂空瓶经清洗后,塑料空瓶可投入图1-A“实验室化学污染过的耗材”收纳箱,玻璃空瓶投入图1-F所示的“污染过的玻璃废弃物”收纳箱。若盛放有危害的化学试剂或者存放的试剂无法清洗干净,则试剂瓶一律投入化学药品回收桶,并由负责人做好登记,专门由设备处统一时间回收处理。

含汞废弃物(温度计、血压计等)和一些特殊危险化学品(易燃易爆和过氧化物等)废弃物,填写好“危险废弃物内部运输表”,直接联系设备处上门回收。

表 1 荷兰格罗宁根大学实验室废弃物分类处理总表^[14]

分类	定义	处理方法
工业废弃物	没有价值的工业材料	学校外包给专业公司统一处理
数据档案和机密文件废弃物	所有涉及到相关隐私的材料	工作人员填写说明表格; 专业公司运送对应收纳箱; 工作人员本人装箱; 专业公司直接运送至销毁地, 24 h 内销毁并出具证明
仪器设备废弃物	所有实验室设备	由设备处统一报废, 使用人需提前清理所有污染物
建筑材料废弃物	除了土壤以外的所有建筑材料	由承包商统一处理; 若无承包商, 则联系设备处处理
玻璃废弃物	分为家用玻璃、实验室用玻璃和玻璃试剂瓶	家用玻璃丢在“Glass Banks”标识的垃圾箱里; 实验室用玻璃如耐热玻璃丢在专用垃圾桶由设备处专人处理; 玻璃试剂瓶处理在 2.3.1 详述
金属废弃物	包括废金属, 坏掉的金属家具	建筑金属废弃物由供应商回收; 其余金属废弃物联系设备处回收
纸和纸板废弃物	不包括任何涉及隐私的纸质材料	投入专门收集纸质废弃物的垃圾箱; 纸板必须压平后投入垃圾箱; 由保洁员每两周处理一次; 垃圾箱盖必须长期保持关闭状态, 以免引起火灾
生物可降解废弃物	树叶、草、水果蔬菜和剩菜剩饭等	投入有橡胶密封圈的收纳箱内, 供应商每周回收一次, 并长期免费提供收纳箱
烹饪用脂肪	是一种饱和脂肪酸和甘油酯, 用于油炸	餐饮部会直接联系供应商回收
塑料	包括普通塑料、薄膜、聚苯乙烯	统一丢弃在专用塑料袋里, 由设备处专人每周处理一次
草垫、鸟沙	未感染病原菌或未被喂药的实验动物所用的草垫、鸟沙方可回收	动物实验中心专人每周清理一次, 投入专用垃圾箱。专业公司每月清理一次垃圾箱
动物尸体	未感染病原菌或未被喂药的实验动物尸体方可回收	立即投入专用垃圾箱(冷冻保存), 垃圾箱一满, 立即由有资格证的公司前来处理。染病或喂药的动物尸体需立刻致电有资格证的公司上门处理
灭菌废弃物	《荷兰国家公共卫生及环境研究院指导方针》中所有需灭菌处理的污染物	由设备处给实验室统一发放收纳箱, 实验室将相关废弃物按照《指导方针》要求灭菌后投入收纳箱并做好登记, 设备处联系有资格证的公司统一处理。决不允许和其他废弃物混放
生物废弃物	各种实验室生物污染废弃物, 包括纸巾、手套、移液器吸头、一次性实验用品、凝胶等	投入由后勤部门提供的蓝身黄盖收纳箱中, 收纳箱表面贴上标签, 写上学院、工号、项目代码。收纳箱放满后推入中转站。专业公司每周至中转站回收 1 次
危险废弃物	包括易燃物、自然物、氧化物、腐蚀物质或有毒物质	需贴标签, 详细分类, 专人收集处理
其它废弃物	所有不在上述所列范围内的其他废弃物	按各学院要求投入专用垃圾箱, 由保洁人员回收, 直接送入垃圾处理站, 进行分类处理和焚烧再利用



图 1 荷兰格罗宁根大学废弃物回收中转站

(A. 储藏实验室化学污染过的耗材; B. 储藏生物废弃物; C. 储藏废旧电池; D. 储藏废旧墨盒; E. 储藏干净的玻璃废弃物; F. 储藏污染过的玻璃废弃物; G. 储藏灭菌废弃物; H. 储藏纸和纸板废弃物)

此外, 生物废弃物(需灭菌)、化学污染的实验室废弃物(如手套、移液器吸头、抹布、实验服、针筒)、用过的针头、小型化学废弃物(如电池)、墨盒和墨粉、污染过的玻璃(没有化学品残余)等也属于不同种类的危险废弃物, 一般由学院或研究所专职实验员整理后放至中转站, 设备处负责让专业公司每周定期上门清理。而放射物的处理另有专门的规章制度和管理人员, 不在普通条例内。

1.3.2 危险废弃物的容器使用和标签粘贴要求

每类废弃物盛放的容器各不相同, 以示区分, 但都应具有密封且不易腐蚀的特质。此外, 容器不能与废弃物发生反应, 每个容器都要用原装的盖子, 容器外部不得污染等细则。容器的最大容纳量也有严格规定, 例如, 方形油桶盛放液体危化品的体积不得超过容积的 90%。荷兰诸多高校盛放废弃物的容器都是由后勤部门或 AMD 统一发放。

装有危险废弃物的容器外还必须贴有相应的标签,专用标签可以到后勤部门或 AMD 部门领取。荷兰许多高校对标签格式和内容都有详细的规定,但大致内容基本一致,如标签上要写明危险废弃物种类、产生的部门联系方式、地址、责任人和项目号等。只有写清楚这些基本信息,废弃物才会被回收。对于液体废弃物,5 大类各有自己独立的标签,需贴在瓶身。另外,桶身还需贴上统一格式的警示标签,分为有害(刺激物、皮肤敏感、麻醉作用、呼吸道刺激)、易腐蚀、剧毒、易燃、易氧化、易爆、环境毒性、长期危害健康、压力下产气等几大类。

如何正确使用废弃物盛放容器以及合理使用标签也是 AMD 的主要培训内容之一。相应的手册也会发放至每位实验人员的手中。

1.4 废弃物分类的人员责任和管理培训

荷兰高校一般由 AMD 负责制定实验室规章制度,安排各种实验室培训工作等。其内部员工都是专业人士,公信度和执行效力上有很大优势。高校后勤部门负责普通废弃物回收处理,设备处分管危险废弃物和仪器设备回收等,分工明确。具体到每个实验室,每位实验室成员都要对自己的实验室物品负责,导师对自己的学生负责。每周值日生负责本周的废弃物整理以及运送至中转站、联系专业公司回收等一系列工作。学院或研究所都配有专职实验员负责所有的实验室日常运行问题,权责明晰,责任到人。此外,实验室“废弃物处理很贵,所以请保持最少量产生”的提示随处可见,从源头控制废弃物的观念深入人心。

2 对我国高校实验室废弃物分类收集和处理的思考和建议

2.1 政府加大监管力度并适当增加财政支持

高校实验室不乏高危害性和高毒性废弃物,但因排放量小,很难被监测到,因而容易被忽视,但其对环境和健康造成的危害不容小觑^[15]。此外,处理废弃物的经费十分之高,例如美国斯坦福大学每年实验室废弃物处理的经费有 80 万美元^[16]。中山大学 2011 年仅化学废弃物回收处置费就高达 80 万元^[7]。废弃物处理行业的垄断也导致处理经费连年增长^[7]。因此,目前还有很多困难是高校自身难以克服的,需要国家和地方政府给予鼓励和支持,例如进一步完善高校废弃物处理相关的法律法规和管理制度,给予高校更具体的工作指导。政府应联系多家专业机构和企业协助高校进行废弃物回收和无害化处理,让高校实验室废弃物处理渠道更为畅通。在对高校的考核上,对实验室废弃物处理的内容应加以体现,并给予一定的财政支持^[7]。高校自身也要加大对所属二级部门的实验室废弃物规范处置的监督力度,安排专门的经费与专

业管理人员,增加实验室废弃物处置的相关设施,确保实验室废弃物管理体系有效运行。

2.2 借鉴国外先进成熟的管理制度

从荷兰高校实验室废弃物管理体系得出的经验,我国高校应建立专门的健康安全可持续部门,建立完善的实验室安全管理体系,由专业人员在熟悉国家法律法规的基础上,对实验室废弃物进行系统管理^[16]。高校应逐步建立网络动态数据库,使实验室物品从购买、储存、使用、废弃物处理、回收等全过程可溯源,做到分工明确、责任到人。只有可持续的、专业的、规范统一的管理体系,才能让高校实验室人员逐步建立实验室废弃物分类回收意识,最终养成分类回收的习惯。

2.3 加强环保宣传和加大培训力度

学校应广泛开展安全环保宣传教育活动,邀请专家进行实用性讲座,开放实验室安全示范点等,让师生首先建立废弃物危害意识^[17]。进而开展知识竞赛、主题活动、先进实验室评选等活动^[18],提高师生进行危害物分类的积极性。也可学习荷兰高校经验设立警句,如荷兰马斯特里赫特大学的座右铭“Use less. Recycle the rest.”已深入人心。

另外,学校和学院根据学科性质编写切实可行的实验室废弃物处置手册,定期组织师生进行实验室安全与废弃物处置培训,开展新生入学实验室安全教育、实验室安全准入考试、安全知识抽查、将实验室废弃物管理体系内容制成多媒体课件给师生并对各种规章制度进行专门讲解等,建立多个长效平台^[17]。

2.4 厂家和使用单位共同回收处理废弃物

目前很多高校试剂已统一招标。学校招标时应要求厂家负责回收试剂空瓶等废弃物包装以及已过期或损坏的试剂和药品^[19]。学校每年需要回收的试剂瓶和包装袋数量很大,厂家直接回收就为此提供了强有力的保障。

3 我校实验室废弃物的处理实践

我校实验室与资产管理处(以下简称实资处)承担了大部分实验室废弃物收集管理工作,学习借鉴国内外优秀管理经验后,已有一定处理成效。① 学校按标准建立了实验废弃物回收暂存库,对从学校各实验室回收的各类实验废弃物进行分类暂存,建立回收台账,定期由具有相应资质的环保公司前来统一回收处置。② 实资处建立了实验室废弃物的管理制度与处置流程,同时还指导各分院根据实验室特点制定了废弃物规章制度及管理流程。③ 在每个分院或实验大楼建立了危化品及其废弃物回收中转站,对危化品及其废弃物的入库、分类、出库、转运、使用和回收进行 24 h 全程监控,配合流水台账记录和转移联单结合的方法,保证每一瓶危化品的来源及去向,以及废液和空

瓶的回收有详细记录,保障了危化品及其废液、空瓶在收储和转移中的安全。中转站和暂存仓库的温度湿度以及通风情况由专门的实验管理人员记录,管理人员做到双人双锁,危化品的入库出库和使用以及废弃物回收做到 2 名教师共同在场,台账清晰,进一步确保了危化品及其废弃物的全程安全。

此外,实验室其余垃圾,例如玻璃、废弃针头等物的分类工作已积极展开,到达使用年限的仪器设备等由实资处安排进行统一报废处理。实资处也将暂不具处理能力的实验室垃圾(如实验动物尸体等)当天直接交由具有资质的厂家处理。

4 结 语

高校实验室废弃物的管理最终是为了校内外人员的健康和安全的生存环境。在环境问题得到高度重视的今天,营造健康安全的实验室环境是每一个高校人员的责任和义务。目前,我国高校实验室废弃物的分类和回收管理还处于起步阶段,和国外先进高校存在一定差距。这需要环保部门和政府提供强有力的监督和指导,加大投入;高校本身也要完善制度,分工明确,责任到人,同时加强宣传和培训,营造良好的安全文化氛围;师生则要积极配合政府和学校,增强责任感,贯彻落实实验室废弃物管理规章制度。只有政府高校和师生互相配合,才能最终实现实验室废弃物的规范管理,给学校营造一个健康的工作环境。

参考文献(References):

- [1] 中华人民共和国中央人民政府. 环境保护部印发《国家环境保护“十三五”环境与健康工作规划》[EB/OL]. [2017-03-02]. http://www.gov.cn/xinwen/2017-03/02/content_5172530.htm.
- [2] 杨廷梅,陶义,周富春. 高校实验室废弃物分类收集现状调查与分析[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(8): 190-193.
- [3] 中华人民共和国国家统计局. 高等教育学校数(所) [EB/OL]. [2017-04-20]. <http://data.stats.gov.cn/search.htm?s=高校>.
- [4] 何积秀,张建英,倪吾钟,等. 高校实验室废弃物污染的现状及防治措施[J]. 实验技术与管理, 2008, 25(9): 160-162.
- [5] 李秀珍,李勤,王征,等. 实验室废弃物分类制度与校园安全探讨[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(5): 197-198.
- [6] 邓吉平,李羽让,李勤华,等. 实验室化学废弃物安全管理的探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2014, 33(1): 283-286.
- [7] 周海涛,陈敬德,周勤. 高校实验室化学废弃物回收处置[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(8): 471-473.
- [8] 彭实,邢晓星,吴良莉. 美国一些高校实验室废弃物管理概况[J]. 实验室研究与探索, 2009, 28(5): 151-152.
- [9] 孙平,徐菁,杨旭升,等. 高校实验室危险废物中转站建设与管理模式初探[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(11): 284-288.
- [10] 钱小明. 高校实验室化学废弃物的处理与思考[J]. 实验技术与管理, 2010, 27(2): 158-160.
- [11] 周琪,林夏露,毛国传,等. 中美两国医科院校实验室废弃物处理现状比较[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(9): 149-152.
- [12] The World University Rankings [EB/OL]. [2017-04-20]. <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2017/world-ranking#survey-answer>.
- [13] Occupational Health & Safety and Environmental Service. Radboud University [EB/OL]. [27-04-20]. <http://www.ru.nl/amduk/>.
- [14] Waste separation at the University of Groningen. University of Groningen [EB/OL]. [2017-04-20]. <http://www.rug.nl/about-us/who-are-we/sustainability/practices/afvalstromen/gevaarlijk-afval>.
- [15] 张东方,许可,陈松泉,等. 高校实验室废弃物排放与管理探讨[J]. 高校实验室工作研究, 2009(3): 66-66.
- [16] 吕陈燕, Noel Nguyen, 陈全. 美国高校实验室废弃物安全管理浅析[J]. 中国安全生产科学技术, 2010, 6(2): 192-196.
- [17] 李勤,李秀珍,王征,等. 建设实验室废弃物安全管理体系探讨[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(2): 191-193.
- [18] 马志成,胡阁,李肇国,等. 高校基础化学实验室废弃物处理的调查研究[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(5): 179-182.
- [19] 唐国民,张健,孙广卫. 高校化学实验室危险废物的控制措施[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(12): 184-187.
- [3] 张晓云,顾香玉. 以就业能力为导向改革食品专业实践教学[J]. 农产品加工学刊, 2010, 2010(1B): 91-94.
- [4] 王强,王睿,李贵节,等. 应用型高校食品专业创新性实践教学探索[J]. 食品工业, 2016(5): 260-262.
- [5] 殷微微,任学坤. 高职食品类专业饮料中试车间实践教学探索[J]. 中国职业技术教育, 2011(29): 28-30.
- [6] 牛广财,杨宏志,王宪青,等. 食品科学与工程专业创新实践教学体系的构建与实施[J]. 食品与机械, 2013(5): 270-272.
- [7] 刘振国,华子义. DIY 方法在食品工艺学实验教学中的应用[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(2): 143-145.
- [8] 牛广财,王宪青,张丽萍. 利用食品中试车间强化本科生综合实践能力的探索[J]. 黑龙江教育(高教研究与评估), 2009(6): 64-65.
- [9] 林朝朋,钟瑞敏,朱定和,等. 以食品中试基地为基础的食品工程专业实践教学探讨[J]. 现代食品科技, 2006, 22(2): 212-214.
- [10] 金卫东. 基于工学结合的校内生产性实训基地建设[J]. 中国大学教学, 2011(1): 82-83.
- [11] 严奉坤,杨春华,陈彬. 实训条件下自酿啤酒质量控制研究[J]. 宁夏农林科技, 2014, 55(8): 67-68.
- [12] 崔云前. 微型啤酒酿造技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 5.
- [13] 刘桂林,童云飞,巢新冬. 集团化办学条件下“厂中校”建设研究[J]. 职业技术教育, 2012, 33(5): 42-45.
- [14] 左锋,李志江,张丽萍. 酱油中试生产线的设计及在专业人才培养中的应用[J]. 高校实验室工作研究, 2010(1): 87-89.
- [15] 王鑫昕,耿霄,叶嘉,等. 应用型本科实训考核方案的制定和思考[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(1): 226-230.

(上接第 241 页)