



高校化学实验室安全教育与准入体系构建

王 宁, 金春英

(华侨大学化工学院, 厦门 361021)

摘要: 针对化学实验室安全教育培训存在的问题, 结合实验室的危险源分析, 建立健全实验室安全教育与准入体系, 提升实验室安全管理水平。从教育内容差别化、安全准入流程化、教学形式多样化、教学队伍专业化出发, 构建了一套从学校、学院到实验室的层次化安全教育与准入体系。通过完善安全教育责任体系和管理制度, 实施系统化、专业化、常态化的安全教育培训, 提高实验人员的安全素养, 保障实验室的安全有序运行。

关键词: 化学实验室; 安全教育; 安全准入; 危险源分析

中图分类号: X925

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230299

Construction of Safety Education and Access System for University Chemistry Laboratories

WANG Ning, JIN Chunying

(College of Chemical Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: Addressing the prevalent safety education issues and hazard source analysis in university chemistry laboratories, this study endeavors to establish a robust system for laboratory safety education and access permissions. The objective is to elevate the standard of laboratory safety management. A multi-tiered safety education and access permission framework has been devised, spanning from the university level to departmental levels and down to specific laboratories. This system addresses various facets, such as the differentiation of educational content, streamlining of access permission procedures, diversification of educational approaches, and professionalization of teaching staff. Additionally, measures have been proposed to enhance the safety literacy of laboratory personnel and ensure the safe and orderly operation of laboratories. These include continual enhancements to the safety education and access permission system, along with the implementation of systematic, professional, and routine safety education training.

Key words: chemistry laboratory; safety education; safety access; hazard source analysis

高校实验室是实验教学和科研创新的重要场所, 而实验室安全则是保障实验室有序运行与良好发展的前提条件^[1]。化学实验室的危险源种类多、危险性大, 是高校实验室安全管理的重点监管对象^[2]。教育部 2022 年高校实验室安全检查工作的结果表明化学实验室的不符合安全项占比最大, 突出表现为危险化学品存放使用不规范和实验气体管理不到位。危险化学品和气瓶是化学实验室最常见的危险源, 尽管各高校均对其采取了积极的应对管控措施, 但相关的实验室安全事故仍时有发生, 研究发现人员的不安全行为是导致此类事故发生的最主要因素^[3-4]。因此, 提高师生安

全素养, 通过实验室安全教育与准入体系以控制人员的不安全行为, 对预防实验室安全事故的发生和提升实验室的安全管理水平具有重要作用^[5-7]。

教育部《高等学校实验室安全规范》(教科信厅函〔2023〕5号)中明确规定高校实验室安全工作要重点落实教育培训和安全准入, 学校、二级单位和实验室要根据需要开展安全教育培训和教学、科研活动的安全准入。化学实验室涉及易制毒品、易制爆品、高压设备、高速设备、冷热设备等重要危险源, 需要开展专业安全培训活动, 通过开发相应的安全教育课程以满足自身的专业需求。为此, 本文结合化学实验室的安全教育现

收稿日期: 2023-06-15; 修回日期: 2024-02-06

基金项目: 华侨大学实验教学与管理改革项目 (SY2023J07)。

作者简介: 王宁(1988-), 女, 博士, 实验师, 主要从事实验室管理和安全教育工作。E-mail: wangning@hqu.edu.cn

状及危险源分析,从教学内容、安全准入、教学形式、师资等方面考虑,构建了一套从学校、学院到实验室的层次化安全教育与准入体系。

1 化学实验室安全教育现状

近年来,国内高校对化学实验室安全教育的重视程度不断提高,通过开设安全教育课程、开发安全教育及考试系统、开展安全演练和实操培训等措施强化实验室的安全教育^[8-12],但部分高校在安全教育培训实施过程中,还存在以下4方面的问题。

1) 教育内容缺乏针对性

对化学实验室的危险源及培训对象的需求分析不到位,导致部分高校化学实验室安全教育内容仍以实验室安全规章制度和基础知识为主,缺乏有针对性的化学专业实验室安全知识和技能,不能满足化学专业的师生对安全教育内容的个性化需求。

2) 教育安排缺乏统筹性

高校大多采用“一过式”实验室安全教育培训,仅在入学或进入实验室前对师生进行一次安全教育,教育培训频率低,未将安全教育贯穿于高等教育全过程,不能满足“全程”的实验室安全教育培训要求。

3) 教育形式缺乏多样性

化学实验室安全教育课程主要通过课堂讲授的形式来普及安全知识,教育形式单一、枯燥,且不重视实践应用,未将理论学习和实践操作进行有机结合,难以激发学生在课程学习中的主动性,不能有效地提高学生的应急防护技能。

4) 教育队伍缺乏专业性

目前高校承担实验室安全教育培训的师资以安全相关职能部门的管理人员和实验室安全员为主,教学经验不足,教学水平有待提高,化学专业相关的实验室安全知识和操作技能也相对缺乏,无法满足化学实验室专业安全教育培训的需求。

2 化学实验室的危险源分析

狭义的实验室安全管理主要是危险源的状态管理。危险源是引发实验室安全事故的根源^[13],危险源辨识是进行风险评估和应急预案制定的前置环节。实验室安全教育要培养学生正确识别实验室中各类危险源,并根据危险源的潜在风险提

出防范措施,从而有效预防实验室安全事故的发生。

化学实验室的危险源种类繁多,主要分为化学类、机电设备类和工艺类^[14]。化学类危险源指的是实验过程中用到的易燃易爆、腐蚀、有毒等的危险化学品、试剂等,机电设备类危险源是实验室中配备的易因高低温、高压、高速等导致物理伤害的各种仪器设备,工艺类危险源是实验涉及的加热、加压、放热、产生有毒物质等的危险化工工艺,如表1所示。

表1 化学实验室的危险源分析

类别	主要危险源	风险级别
化学类	剧毒品,第一类易制毒化学品、爆炸品、麻醉品和精神药品	高危险
	易制爆品,第二、三类易制毒化学品,易燃易爆、有毒气体	中高危险
	其他危险化学品	中低危险
	其他化学品	低危险
机电设备类	盛装剧毒气体的压力容器	高危险
	盛装易燃易爆、有毒气体的压力容器,高压蒸汽灭菌锅	中高危险
	盛装其他气体的压力容器、冷热设备、高速设备、高压设备	中低危险
	其他设备	低危险
工艺类	国家重点监管的危险化工工艺	高危险
	涉及压力、持续加热的实验	中高危险
	合成放热的实验	中低危险
	其他实验	低危险

依据危险源的危险程度,可将其由高到低划分为高危险、中高危险、中低危险、低危险4个级别^[15-17]。化学实验室的安全风险等级与该实验室所涉及危险源的最高风险等级保持一致,即存在剧毒品、第一类易制毒化学品、爆炸品、麻醉品、精神药品或盛装剧毒气体的压力容器或实验项目涉及国家重点监管的危险化工工艺的均为高危险等级实验室,此等级实验室的安全管理要求最高,相应的实验室安全教育培训的内容应最具针对性,频次也最多。

3 化学实验室安全教育及准入体系的构建

根据化学实验室的危险源特征和师生的安全需求,将实验室安全教育分为学校的通识教育、学院的专业教育、实验室的个性教育3个层级,分别作为允许进入教学实验室、允许进入科研实验室和允许开展实验项目(包括教学和科研活动)

的培训要求,也就是校级准入、院级准入、实验项目级准入。从教育内容差别化、安全准入流程化、教学形式多样化、教学队伍专业化出发,构建一套从学校、学院到实验室的层次化安全教育与准入体系,如图 1 所示。

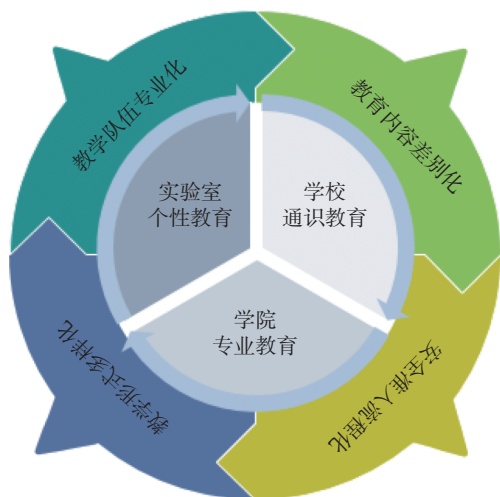


图 1 高校化学实验室安全教育体系设计理念

3.1 教育内容差别化

分别从学校、学院、实验室 3 个层次来设置实验室安全教育内容和准入考核,以满足不同年级、专业及实验室的学生对安全教育内容的差别化需求。

1) 通识教育

通识教育不少于 6 学时,教育内容应包含国家与地方关于高校实验室安全的政策法规、学校的相关规章制度、实验室安全常识、实验室急救知识等实验室安全基础知识。线上自学课时完成后进行通识类安全试卷测试,考试成绩达到 90 分以上方可获得通识教育培训与考试合格证书。培训与考试合格者领取学院配备的实验服、护目镜等个人防护用品后才能进入教学实验室。

2) 专业教育

化学专业安全教育以开设零学分必修课的形式开展,纳入高等教育的必修环节。专业教育设置“24+X”学时,其中,“24”为进入科研实验室的必修学时,“X”为选修学时。必修学时的课程内容涵盖了应对化学实验室主要危险源的安全知识和技能,而选修课程则是为了满足学科交叉融合下师生对其他学科安全知识和技能的培训需求。以实验室安全隐患排查的方式对参与培训的人员进行考核,成绩合格后才能进入科研实验室。

3) 个性教育

课程实验、专业实训实习等教学活动的培训内容包括实验项目中存在的安全风险点、预防措施以及紧急情况下的处置措施,以及在实验项目开展过程中的安全操作技能;科研实践、毕业论文、学科竞赛等科研活动的教育内容包括本实验室的危险源辨识及应急预案、仪器设备标准操作规程、正在开展实验活动的风险评估等。科研实验室根据实验室安全风险等级来确定实验室安全教育的培训频次,高危险、中高危险、中低危险、低危险等级的实验室的培训频次分别为 4、3、2、1 次/年,每次不少于 4 学时。参与培训的人员以提交本人即将开展的实验项目的安全风险评估审批表作为考核,审批通过后才被允许独立开展科研活动。安全教育内容及学时安排如表 2 所示。

表 2 化学实验室专业安全教育内容及学时安排

课程内容	学时	课程性质
实验室典型案例事故分析	2	必修
实验室消防安全	2	
实验室水电安全	2	
实验室公共安全及个人防护	4	
化学实验室设备安全使用	2	
实验室危险化学品的风险识别	2	
危化品事故预防与应急处置	2	
消防演练	2	
危险化学品事故应急演练	2	
实验室安全隐患排查与整改	4	
生物安全	2	
机械安全	2	
特种设备安全	2	
实验室安全检查要点与条目解读	4	

3.2 安全准入流程化

根据“学校-学院-实验室”的三级实验室安全教育体系构建安全准入流程,如图 2 所示。在进入教学实验室开展教学活动之前,需要经过 2 个层级的安全教育培训,而师生要完成 3 个层级的安全教育培训方可进入科研实验室开展科研活动。

1) 开展教学活动的教育培训

学习安全制度和基础知识,通过学校组织的线上安全知识测试,方可进入教学实验室。学生在掌握当前实验项目的风险点、应急处置措施和仪器设备的安全操作规程后方可开展教学实验。

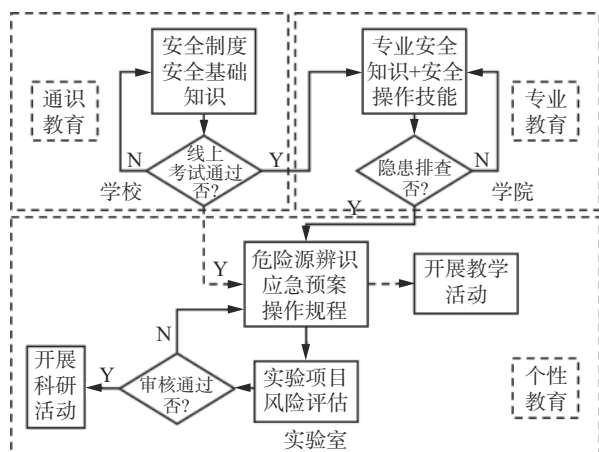


图2 化学实验室安全准入流程图

2) 开展科研活动的教育培训

先通过学校的通识教育培训和考核获得领取

个人防护用品的资格,再学习专业安全知识和操作技能,并通过实验室隐患排查的现场考核后方可进入科研实验室。接着进行危险源辨识、应急处置措施和仪器设备安全操作规程的学习,并提交即将开展项目的安全风险评估审批表,经项目负责人、学院、设备处等主管部门审核通过后才被允许开展科研实验。

3.3 教学形式多样化

化学实验室安全教育内容繁多,知识点琐碎,在教学过程中应采用灵活多样的教学形式。如表3所示,从“线上教育+线下教育”“课堂讲授+实践演练”“传统教学+多媒体教学”等方面进行教学形式的探索创新,以充分调动学生的主动性和积极性。

表3 化学实验室安全教育形式及教师队伍

教育类别	教育内容	教育形式	师资来源	教育目标
通识教育	安全制度、安全基础知识	线上	/	安全知识学习
	实验室典型案例事故分析	线上+线下: 课堂讲授(知识讲解+图片、视频展示)	实验室安全员	安全意识提升
	实验室消防安全	线下: 课堂讲授(知识讲解+图片、视频展示)	保卫处管理人员	安全知识学习
专业教育	实验室水电安全	线下: 课堂讲授(知识讲解+图片、视频展示)	后勤处管理人员	安全知识学习
	实验室公共安全及个体防护	线上+线下: 课堂讲授(知识讲解+动画、视频展示)	实验室安全员	安全知识学习
	化学实验室设备安全使用	线下: 知识讲解+实操培训	化学专业教师	安全技能训练
	危险化学品的风险识别	线上+线下: 课堂讲授(知识讲解+图片、视频展示)	化学专业教师	安全知识学习
	危化品事故预防与应急处置	线上+线下: 课堂讲授(知识讲解+动画、视频展示)	化学专业教师	安全知识学习
	消防演练	线下: 应急演练	保卫处管理人员	安全技能训练
	危险化学品事故应急演练	线下: 应急演练	化学专业教师	安全技能训练
	实验室安全隐患排查与整改	线下: 隐患排查	实验室安全员	安全技能训练
	生物安全	线下: 课堂讲授(知识讲解+图片、视频展示)	生物专业教师	安全知识学习
	机械安全	线下: 课堂讲授(知识讲解+图片、视频展示)	机械专业教师	安全知识学习
个性教育	特种设备安全	线下: 课堂讲授(知识讲解+图片、视频展示)	设备处管理人员	安全知识学习
	实验室安全检查要点与条目解读	线上+线下: 课堂讲授(知识讲解+图片、视频展示)	实验室安全员	安全知识学习
	危险源辨识	线下: 课堂讲授(知识讲解+图片展示)	实验课指导老师/课题组导师	安全知识学习
	应急预案	线下: 知识讲解+应急演练		安全技能训练
操作规程	线下: 知识讲解+实操培训	安全技能训练		

1) “线上教育+线下教育”

学校的通识教育采用线上自主学习,学生通过实验室安全考试系统在线学习实验室安全相关的通识知识。线上教育包括知识性文件、安全教育培训视频及课件、线上测试等,不受时间和空

间的限制,便于学生安全知识的获取。学院的专业教育和实验室的个性教育主要采用线下的形式,线下教育主要包括课堂讲授、实操培训、应急演练等,有利于学生安全意识和操作技能的提升。学院的专业教育中部分采用线上形式,也通

过实验室安全培训与考试系统实施。

2) “课堂讲授+实践演练”

在线下教育中,以课堂讲授的方式进行实验室安全知识的普及,以实践演练的方式进行实验室安全技能的提升。课堂讲授由授课老师系统化地讲解专业化和个性化的安全知识,包括实验室消防安全、水电安全、实验室安全防护等。实践演练包括仪器设备的实操培训、实验室安全隐患排查、消防应急演练等的课程实践活动。

3) “传统教学+多媒体教学”

课堂讲授在传统的知识讲解的基础上,穿插图片、动画、视频等教学资料,用丰富的素材、多样的展现形式来增加学生学习的主动性。如在实验室公共安全和个人防护章节中,添加公共和个人安全防护用品的图片,穿插应急喷淋洗眼器的正确使用和实验个人防护用具的正确穿戴的动画和视频短片,以提升课堂的趣味和教学的效果。

3.4 教学队伍专业化

根据专业教育和个性教育的教育内容要求,组建由学校职能部门管理人员、学院实验室安全管理员、相关专业背景的专任教师、实验课指导老师和课题组导师等共同组成的专业化实验室安全教育教学队伍,如表 3 所示。

1) 专业教育的师资

学院的专业教育涉及的专业知识较多,需要具备相关专业背景、实验操作技能和突发事件处理经验的教师承担相应的课程内容。组建一支由学校职能部门管理人员、学院实验室安全管理员和具有相关专业背景的专任教师组成的实验室安全教育教学队伍,分别承担相应的专业化教育培训内容。职能部门管理人员和实验室安全管理员经常参加各类专题培训,具备实验室安全管理专业知识和能力,能承担消防、水电、隐患排查、安全防护等的教育内容。具有相关专业背景的专任教师在危化品、实验设备等的安全管理和使用上更为专业和权威。

2) 个性教育的师资

实验室的个性教育由实验课指导老师和课题组导师分别承担教学活动和科研活动的安全教育培训工作。实验课指导老师具备丰富的专业知识和娴熟的操作技能,在基础实验教学阶段注重学生安全知识和操作技能的培养,将有利于学生在毕业设计阶段安全地开展综合探索性实验。课题

组导师从专业和经验角度出发,组织开展适用于本实验室的安全教育培训,确保进入本实验室的人员具备相应危险源管控的安全知识和技能,以及突发事件的应急处置能力。导师的态度在实验室安全管理工作中起着非常重要的作用,导师开展安全培训可以引起课题组成员的重视,进而提高其安全意识和技能。

4 化学实验室安全教育与准入体系的实施

系统化、专业化、常态化的实验室安全教育培训才能有效提升师生的安全意识、知识和技能^[18-19]。为保障安全教育与准入制度的持续执行,还需从责任体系和管理制度等方面予以支持。

1) 完善实验室安全教育责任体系

基于“校级-二级单位-实验室”的三级实验室安全管理体系,明确化学实验室的安全教育责任主体。实验室安全主管职能部门负责实验室安全教育与准入制度的建立和监督执行;通识教育的组织;学院成立实验室安全工作领导小组,负责实验室安全与准入制度的实施和补充完善;通识教育的实施、专业教育的组织和实施;实验室安全责任人负责安全准入制度的落实、个性教育的组织和实施。

2) 落实实验室安全准入制度

学校、学院和实验室要明确各自的实验室安全教育责任,相互配合,层层落实实验室安全准入制度。学校将设备处的实验室安全考试系统与教务处的选课系统对接,不参加通识教育或通识教育考试没通过的,不能进行实验课的选课操作;学院一方面在师生通过通识教育考试后发放实验服、护目镜等进入化学实验室的必备个人防护用品,另一方面将专业教育与科研实验室门禁联动,确保师生通过专业教育考核后方可进入科研实验室;实验室安全责任人要做好个性教育培训和实验项目风险评估的有效记录,确保开展科研实验的师生都掌握了必要的安全知识和操作技能。

3) 强化实验室安全违规操作的管控

实验人员违规操作或操作不当是引发实验室安全事故的主要因素之一,实验室安全责任追究办法仅在出现人员伤亡或经济损失时执行,缺乏对后果轻微的违规操作行为的约束作用。学院层面要制定相应的管理办法,对各类实验室安全检查中发现的违规操作,初次出现给予警告,再次

出现暂时取消进入实验室的资格,经过再培训考核后方可恢复。

5 结束语

实验室安全教育与准入体系的构建是一项复杂的系统工程,除了要从教育内容、安全准入、教学手段、师资等多方面进行考虑外,还需在责任体系、管理制度等方面提供保障。结合化学专业学科特点及发展需求,将实验室安全教育与准入培训融入实验室教学、科研活动的各个环节和过程,教育学生切实掌握应对各类实验室安全风险的知识和技能,从而提高实验室安全育人的能力和水平,落实好实验室安全管理的“最后一公里”。

参考文献

- [1] 钟秉林,方芳.一流本科教育是“双一流”建设的重要内涵[J].中国大学教学,2016(4):4-8.
- [2] 吴浩,何艳峰,张佳瑾,等.GROW模型在高校化工类实验室安全教育中的应用[J].实验技术与管理,2020,37(11):297-300.
- [3] 阮代铤,周骏宏.高校化学实验室安全管理探析[J].实验科学与技术,2022,20(6):156-160.
- [4] 盛耀楠,卢恩达,贡兆恒,等.我国高校实验室安全事故原因分析及对策[J].南京医科大学学报(社会科学版),2023,23(6):591-596.
- [5] 吴卫,刘宝勇,戴亮,等.高校实验室人员安全素质提升体系的构建[J].实验室科学与技术,2023,21(2):148-153.
- [6] 许余玲,王继刚,王少康,等.高校实验室安全教育工作探索:基于对实验室安全通识的认知行为现状调查[J].实验室研究与探索,2021,40(6):291-294.
- [7] 宿艳,戴岳,杨金辉,等.高校化学实验室安全体系的构建与实践[J].实验科学与技术,2021,19(3):142-145.
- [8] 康传红,范乃英,李光明,等.高校化学实验室安全准入教育体系构建[J].实验技术与管理,2020,37(2):6-9.
- [9] 吕明泉,徐烜峰,李佳轶,等.建设事故案例多媒体库强化实验室安全教育[J].实验室研究与探索,2022,41(6):306-309.
- [10] 朱久娟,范寒寒,孙兵,等.基于计划行为理论的化学类科研实验室安全教育体系探索与实践[J].实验技术与管理,2022,39(6):214-217.
- [11] 王向辉,彭小仁,刘钰辉,等.化学实验室安全教育“三位一体”教学体系构建与实践[J].实验室研究与探索,2023,42(1):176-179.
- [12] 朱莉娜,邵松雪,弓保津,等.本科生化学实验室安全课程教学探索[J].大学化学,2018,33(6):21-25.
- [13] 岳伟涛,王恩元,徐剑坤,等.高校实验室危险源辨识与管控体系研究[J].实验技术与管理,2023,40(1):191-196.
- [14] 赵婉凝,贾黎明.高校化学实验室危险源及管理对策研究[J].广东化工,2020,24(47):136-137.
- [15] 张晔,黄勇,居晨玉,等.实验室安全风险分级管理体系建设探索[J].实验技术与管理,2023,40(9):255-259.
- [16] 刘义,刘尚志,赵东风,等.高校化工类实验室风险辨识评价方法研究[J].实验技术与管理,2020,37(12):288-291.
- [17] 刘韵真.基于危险源分类分级的高校实验室安全分类分级管理机制的探讨[J].大学(研究版),2021(14):46-48.
- [18] 张安胜,彭华松.高校实验室安全教育体系的构建与实践[J].实验室研究与探索,2022,41(10):307-312.
- [19] 黄吉祥,崔长彩,姜峰.机械科研实验室“三全三化”安全教育机制探索[J].实验技术与管理,2023,40(4):217-221.

编辑 钟晓

(上接第104页)

- [2] 董红昌.工科高校高等数学分层教学探讨[J].教育教育论坛,2018(8):231-232.
- [3] 张巧杰,李慧,张利,等.新工科背景下电力电子技术分层实践教学模式探索[J].中国现代教育装备,2023(1):99-107.
- [4] 杨冰清,刘美凤.分层教学的教学效果评价维度研究:基于2000~2020年中、外文文献的系统性文献分析[J].现代教育技术,2021(11):28-36.
- [5] 夏静芬,唐力,芦群,等.基于新工科的混合式分层教学设计与实践[J].高教学刊,2022(18):54-57.
- [6] 王瑞.基于SPOC实现分层教学的《大学计算机基础》实验教学方式研究[J].科技资讯,2023(3):180-183.
- [7] 周敏,马莎,郭艾侠,等.“以学生为中心”的综合实践课程分层教学研究[J].现代计算机,2021(27):99-104.
- [8] 刘瑜,杜晶,杨枚.MOOC背景下《大学计算机基础》Python实验螺旋分层教学设计[J].计算机工程与科学,2019(1):114-118.
- [9] 杨丽萍,郭宏升.决策树分类算法在课程成绩预测中的应用[J].电子测试,2000(17):56-58.
- [10] 周志华.机器学习[M].北京:清华大学出版社,2016.
- [11] 肖铮.常用的三种分类算法及其比较分析[J].重庆科技学院学报(自然科学版),2020(5):101-106.
- [12] 方匡南,吴见彬,朱建平,等.随机森林方法研究综述[J].统计与信息论坛,2011(3):32-38.

编辑 张俊