

安全工程专业综合型实验教学的 探索与实践^{*}

阳富强,杨 健,葛樊亮

(福州大学 环境与资源学院,福建 福州 350116)

[摘要]专业课程的实验教学环节中引入综合设计型实验内容,有助于提高学生的实践创新能力。以安全工程专业的生产场所粉尘监控实验项目为例,该项目要求学生结合学校周边木材加工厂的实际环境,运用所学专业知识设计一套能实时监测与控制作业场所粉尘浓度的粉尘监控系统模型,以实现安全生产。这样的综合型实验有助于激发学生参与科研活动的兴趣,培养学生的创新能力及团队协作能力。

[关键词]安全工程;粉尘监测;实验教学;综合型实验

Exploration and Practice of Comprehensive Experiment Teaching for Safety Engineering Specialty

Yang Fuqiang, Yang Jian, Ge Fanliang

(College of Environment and Resources, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350116)

Abstract: The comprehensive experiment is introduced to the experimental teaching of professional courses, which can help to heighten the practice and innovation capabilities of students. Taking the dust control content of professional courses as an example, the students were required to investigate the actual factory environment around their campus, and apply the professional knowledge to design a dust monitor system to realize real-time acquisition of dust concentration in the workplace. It is proved that the students' research interest is motivated and their innovation capacities and team spirit are cultivated.

Key words: Safety engineering; Dust monitoring; Experimental teaching; Comprehensive experiment

专业实验课程教学旨在加强学生对专业理论知识的理解与运用,培养符合社会需求的创新性

应用型人才。在安全工程专业本科教学计划中,专业实验课程占有相当大的比重。目前,国内许

[作者简介] 阳富强(1982-),男,副教授,博士。

[通信作者] 阳富强, E-mail: ouyangfq@163.com。

^{*} 基金项目:国家自然科学基金项目(51874100);福建省本科高校教育教学改革研究项目(FBJG20200189);福州大学研究生教育教学改革项目(500101)。

多高校的专业实验教学主要采用以演示、验证实验项目为主的传统模式,缺少对学生独立思考、自主设计、综合分析能力的训练环节,不利于培养学生分析与解决问题的能力^[1]。综合型实验主要是通过引导学生结合现有的实验条件自行选题并设计实验方案,系统培养学生查阅文献、操作实验仪器、分析实验结果、撰写实验报告等多方面的能力^[2]。综合型实验符合工程教育专业认证的相关要求,已被广泛应用于多个专业的不同课程的实验教学中,并取得了良好的教学效果。如郭智兴等将材料表征、材料设计、粉末冶金技术等多门课程知识贯穿于“非均匀结构硬质合金”综合实验中,培养学生综合运用多类专业知识开展科学研究的能力^[3];谢爱娟等设计了“石墨烯/聚苯胺合成及应用”综合型实验方案^[4],王国强等设计了“催化涂层制备及重整性能”综合实验^[5],他们将科学研究方法用于实验教学中,旨在培养复合型创新人才;邱宇等在综合型实验教学中引入有机电致发光相关成果^[6],极大地促进了科研项目与实验教学的深度融合,激发了学生的创新意识;简涛等针对雷达工程专业的随机信号分析课程设计了综合实验^[7],既加深了学生对某些抽象概念的理解,又进一步培养了学生运用本专业课程知识解决工程实践问题的能力。

安全工程专业主要为社会不同领域培养专门从事安全生产设计、安全检测与监控、安全科学研究、安全评价、安全监管等方面工作的高级工程人才,与生产现场联系紧密^[8]。该专业具有显著的综合交叉特性,需要理、工、管、医、文、法等多个学科的理论知识予以支撑。粉尘防治是安全工程专业领域非常重要的知识内容,在工业通风与除尘、消防工程学、安全检测与监控等多门专业核心课程中都有涉及。为了加深本专业学生对粉尘防治技术的理解,同时将相关课程内容贯穿起来,我们在专业实验教学中引入“生产场所粉尘监控”综合设计型实验,以期更好地培养学生的创新实践能力。

一、实验教学设计

粉尘防治是一项系统工程,涉及粉尘测定、粉

尘爆炸及防控、通风净化及除尘、防尘供水系统设计、尘肺病及其预防等一系列知识点。首先,为了达到预期的实验教学目标,工业通风与除尘、安全检测与监控、消防工程学等专业课的教师需在课堂上强调粉尘防治的重要性,并向学生传授有关粉尘理论知识,要求学生自学传感器、电路设计等知识内容;其次,实验教师应向学生交代实验目的、实验原理、考核标准,全程跟踪实验进程,并要求学生在规定时间内完成作品。学生可以自行成立实验小组(不超过5人,设组长1名),并分工合作完成任务,由此训练学生的团队协作及动手能力。

(一)实验目的

建筑施工、矿山开采、木材加工、机械制造等作业场所会产生大量粉尘,不仅污染环境,影响工人的身体健康,而且某些可燃性粉尘还可能引发火灾、爆炸等安全事故。例如,2015年6月27日,台湾某乐园舞台在举办活动时发生粉尘爆炸,造成500余人受伤、12人死亡;2014年8月2日,江苏昆山中荣金属制品有限公司抛光车间发生特大铝粉尘爆炸事故,共造成46人死亡、91人受伤。为了让学生对粉尘获得感性认识,我们开展了一项实验:利用福州大学城周边现有的木材加工厂,引导学生将所学专业知识用于生产实践,要求学生深入生产现场开展调研,了解木材加工过程中木屑粉尘的来源、浓度分布、治理技术,并收集相关参数,最终设计出一套能够适用于作业场所的粉尘浓度监控系统。

本实验的目的是让学生巩固电工学、消防工程学、安全信息工程、安全检测技术、工业通风与防尘等专业课程知识,使学生掌握粉尘粒度分析仪、旋风除尘器、电子元器件等相关仪器的操作流程,系统训练学生查阅资料、设计实验方案、组装实验装置、分析实验结果、撰写报告等多方面的能力。在实验中,我们要求各小组成员分工合作,并与企业技术人员、专业教师深入交流,以提高学生的沟通表达能力与团队协作能力。

(二)实验方案

粉尘监控系统设计主要包括粉尘浓度现场采

集、数据处理、信号输出及联动控制等内容,其中信息处理过程需由微处理器实现^[9-10]。本实验以STC89C52单片机为核心,由SDS198(TSP)粉尘浓度传感器、LCD1602液晶显示模块、联动控制(继电器)模块、供电模块等共同组建粉尘浓度监控系统。该系统通过粉尘浓度传感器采集作业环境中的粉尘浓度数据,经过单片机CPU进行数据的运算处理,将粉尘浓度信息和粉尘浓度分级信息(正常、轻度超标、严重超标)实时显示在LCD1602液晶屏幕上,最后通过控制继电器模块实现粉尘浓度超标时的报警联动功能。

粉尘监控系统设计流程如图1所示。当系统硬件供电后,软件程序进行初始化处理。粉尘浓度传感器采集当前环境的粉尘浓度数据,经A/D转换,通过串口将粉尘浓度数据传送到单片机内部。传感器以数据帧的形式输送粉尘浓度数据,单片机获取当前粉尘浓度数据,并对其进行分析判断:若粉尘浓度正常,则显示当前粉尘浓度值,无联动响应;若轻度超标,语音报警提示轻度超标,同时启动通风系统降尘;若严重超标,语音报警提示,通风和喷雾系统同时启动。

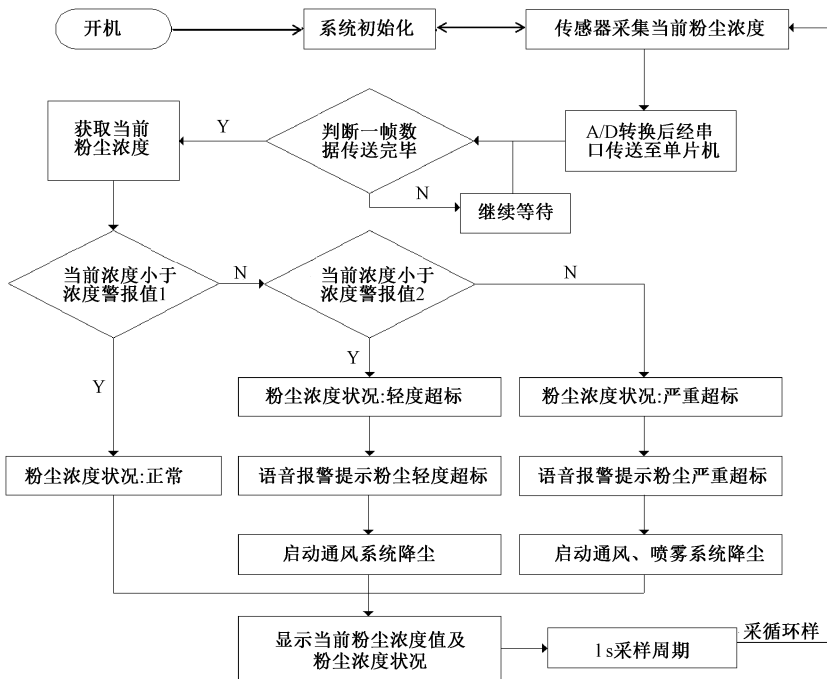


图1 粉尘监控系统程序设计流程

最终设计出的粉尘监控系统能够集粉尘浓度检测、实时监控、超标自动报警、通风降尘等功能于一体,可以实现对生产场所粉尘浓度的有效控制。该系统具有如下功能:1.实时采集作业场所粉尘浓度(每间隔1s采集一次浓度数据);2.通过液晶显示屏显示当前粉尘浓度及分级(正常、轻度超标、严重超标);3.实现粉尘浓度超标超限自动分级报警(语音播报粉尘污染级别提示);4.针对不同级别的报警信息相应启动不同的降尘响应措施(轻度超标启动通风系统进行通风降尘,严重超标同时启动通风系统和喷雾系统进行降尘)。

(三)系统硬件设计

- 1.单片机最小系统。本实验综合考虑系统功能、经济成本,以STC89C52型单片机为核心,设计时钟电路、复位电路,组建成单片机最小系统。
- 2.粉尘浓度采集模块。考虑到木材加工环境中的粉尘粒径较大,粉尘数据采集模块采用TSP粉尘浓度传感器,其内置风扇、响应快速、数据稳定可靠,且自带A/D模数转换,可以数字化形式输出粉尘浓度。数据通过传感器串行口发送端输送至单片机串行端口接收端。学生根据传感器各管脚功能及系统功能要求,对粉尘浓度传感器硬

件电路进行连接,传感器输出、接收端分别连接单片机的接收、发送端。

3.数值显示模块。本实验选用 LCD1602 液晶显示屏显示粉尘浓度值,该显示屏带有 16×2 行的显示字符数,数据显示清晰直观,还能体现粉尘是否超标及超标级别等信息。LCD1602 共有 16 个管脚(有背光),结合液晶显示屏硬件管脚分布特点,其中 VDD 和 VSS 为供电和对对比度调节端,RS、RW、EN 分别与单片机的 P3. 5、P3. 6、P3. 4 口相连用来接收单片机输出信号,D0—D7 分别与连接上拉电阻的 P0—P7 口实现数据的读写^[11-12]。

4.语音报警模块。作业场所的粉尘浓度值超标后,系统须发出报警提示,以提醒工作人员注意。本设计采用语音模块对粉尘浓度超标进行分级报警,其硬件电路见图 2。该语音模块硬件接口管脚共有 1 个 VCC(+5V)、2 个 GND、10 个语音播放状态触发管脚(A1—A10)及 2 个备用管脚。该模块的电源管脚连接单片机系统电源供电,A1、A2、A3 管脚分别与单片机的 P2. 0、P2. 1、P2. 2 口相连,其中 A1、A2 分别用作粉尘浓度轻度和严重超标的报警触发电路,A3 口作为备用接口。

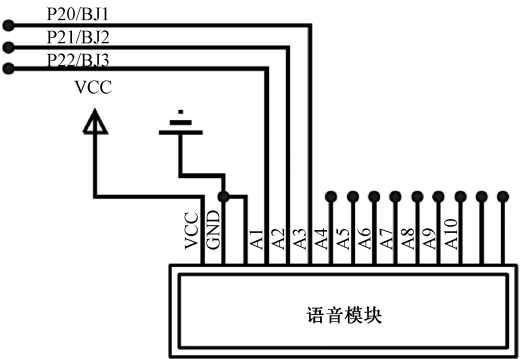


图 2 语音报警提示模块硬件电路图

5.降尘联动控制模块。当粉尘浓度轻度超标时,系统自动启动通风系统进行通风降尘。当粉尘浓度严重超标时,系统同时启动通风系统与喷雾系统,实现共同降尘功能。本设计采用继电器对通风系统、喷雾系统等外部联动设备的开启和停用进行控制。系统通过单片机管脚对其发出低

电平(或高电平)信号,控制继电器的断开与闭合,以实现设备的控制。如图 3 所示,继电器模块硬件接口共有 6 个管脚,其中 3 个信号控制端连接单片机的 VCC、GND 端和控制信号输入端,另外 3 个开关控制端口则连接通风、喷雾等设备的开启与关闭。

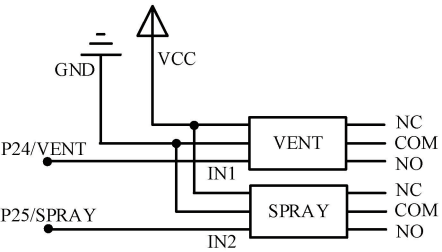


图 3 联动系统控制电路图

(四)系统软件设计

1.粉尘浓度数据采集程序。系统采用 SDS198TSP 粉尘浓度传感器,其数据传输形式为 10 字节的数据帧,包括报文头、指令号、6 字节数

据位、校验和报文尾。粉尘浓度数据为 10 字节中的数据 3(低字节)和数据 4(高字节)。

2.数值显示程序。为了让工作人员及时掌握作业场所的粉尘浓度值,系统必须将环境中的粉

尘浓度数据、粉尘浓度达标状态、超标级别等信息通过 LCD1602 液晶显示屏反映出来。系统的数值显示程序见图 4。单片机对串口接收到的粉尘浓度数据进行处理,由此判断粉尘浓度是否超标

并确定超标级别;LCD 上显示当前粉尘浓度(单位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)及浓度状况(正常:normal;轻度超标:alarm1;严重超标:alarm2)。

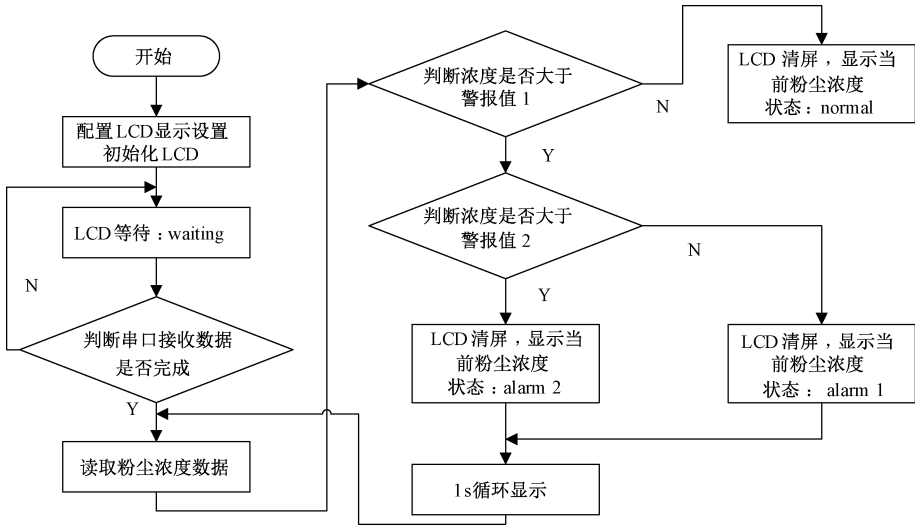


图 4 数值显示程序

3.语音报警程序。生产场所中的粉尘浓度超标后,语音报警模块将进行语音报警提示。粉尘浓度处于正常范围内时,语音模块不工作;粉尘浓度轻度超标时,语音模块提示:“请注意,粉尘浓度轻度超标”;粉尘浓度严重超标时,语音模块提示:“危险! 粉尘浓度严重超标”。

4.联动控制程序。当粉尘浓度超出预先设定的警报值后,系统不仅通过 LCD 显示信息和语音报警提醒,而且还自动开启除尘联动功能。考虑到喷雾除尘的水渍可能对场所内的木制产品造成损失,系统在粉尘浓度轻度超标时,仅启动通风系统进行通风降尘;在粉尘浓度严重超标(如达到粉尘爆炸极限)存在危险时,系统将同时启动通风、喷雾系统进行降尘。

二、实验考核及教学效果

为了客观评价学生的实验学习效果,考核涵盖实验预习、实验方案设计、实验装置功能演示、实验报告、答辩等多个环节。其中,实验预习要求学生自学相关知识,查阅文献,熟悉实验目的和实验原理。实验报告要求内容完整、结构清晰,主要考查学生的文字表达能力。结合答辩环节,教师可以判断学生是否真正参与整个实验设计,掌握

学生对实验目的、实验原理、实验方案、实验装置等内容的理解程度。

如图 5 所示,学生提交的系统装置主要包括电源、控制器、报警器、显示器、粉尘浓度传感器、通风机、喷雾器。该装置结构简单,能够对作业环境中的粉尘浓度进行实时监测、超标预警,并实现联合通风、喷雾降尘,从而将环境中的粉尘浓度控制在允许范围内,实现预防职业病及预防粉尘爆炸事故的目的。结合作业场所的实际环境,使用时可以进一步确定粉尘浓度传感器的数量、安装位置、系统语音报警广播、通风及喷雾联动系统设计等内容。

学生在完成整个实验项目的过程中,表现出较高的学习热情,逐渐改变了以往缺少独立思考的学习状态。依托该实验,学生在专业老师的指导下申请了 2 项专利、3 项大学生创新创业训练项目,参加了全国高校安全科学与工程类专业大学生作品大赛、节能减排社会实践与科技作品大赛、“挑战杯”大学生课外学术科技作品大赛等一系列科技创新活动,并取得了优异成绩。在消防工程学、工业通风与除尘等专业课程的教学,教师还可以将该项实验作品展示给学生,加深他们

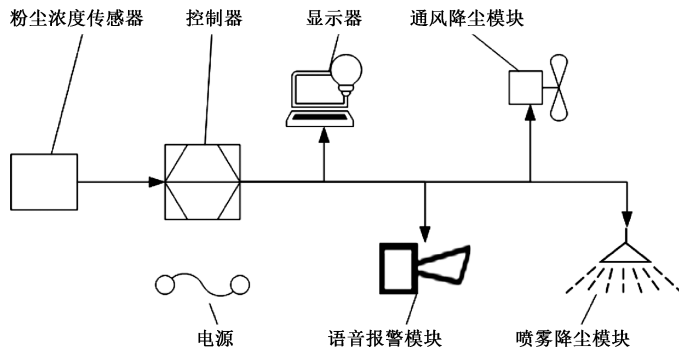


图5 粉尘监控系统示意图

对课堂知识的理解,激励他们参与各项实践创新活动。

三、结语

学生设计的粉尘监控系统可用于生产场所粉尘浓度的实时监测与控制,具有粉尘浓度数据采集、串口通信、LCD1602 液晶显示、粉尘浓度超标分级语音报警提示、分级响应自动降尘联动等多项功能。系统设计过程有助于激发学生的创新思维,引导学生将所学专业知识综合应用于生产实践,进一步培养他们分析与解决复杂安全工程问题的能力。学生组建实验小团队,深入木材加工企业调研,分工合作,不仅体验了现场生产环境,而且提高了交流沟通能力和团队协作能力。在项目实施期间,学生自行查阅相关标准规范、绘图、连接电路、编写程序,还主动向其他学院师生请教本专业以外的知识。可见,综合型实验有助于系统培养学生的自主学习能力。

(文字编辑:孙昌立)

参考文献:

- [1] 阳富强,陈伯辉,杨健.地方高校安全工程专业实验教学新体系构建[J].化工高等教育,2015,32(5): 51-56.
- [2] 杜立飞,杜炯.电子材料综合实验的探索与实践[J].实验技术与管理,2017,34(7):203-206.
- [3] 郭智兴,杨梅,熊计,等.非均匀结构硬质合金制备及无损检测综合实验[J].实验技术与管理,2018,35(2):

81-84.

- [4] 谢爱娟,武嘉奕,罗士平,等.石墨烯/聚苯胺合成及应用综合型实验设计[J].实验技术与管理,2018,35(11): 58-61.
- [5] 王国强,王锋,石万元,等.科研课题转化的“催化涂层制备及重整性能”实验设计[J].实验技术与管理,2018,35(5):197-200.
- [6] 邱宇,赵宇,王晓娜.融合科研成果的“有机电致发光器件的制备”综合型实验设计[J].实验技术与管理,2018,35(5):201-204.
- [7] 简涛,何友,王国宏,等.“随机信号分析”课程综合实验教学设计[J].实验技术与管理,2018,35(2):207-210.
- [8] 阳富强,沈斐敏,陈伯辉.基于地方经济发展特点的安全工程专业人才培养模式[J].中国安全生产科学技术,2012,8(11):205-210.
- [9] Zhan H, Zhao K, Bao R, et al. Monitoring PM_{2.5} in the atmosphere by using terahertz time-domain spectroscopy [J]. Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves,2016,37(9):929-938.
- [10] Proietti A, Panella M, Leccese F, et al. Dust detection and analysis in museum environment based on pattern recognition[J].Measurement,2015,66:62-72.
- [11] 许玉凤.基于光度计法的粉尘质量浓度测量系统的研究与开发[D].南京:南京理工大学,2007.
- [12] 王延廷.新型胶粘捕尘装置风速与捕尘效果实验研究[D].北京:煤炭科学研究总院,2014.