

· 实验室建设与科学管理 ·

# 基于物联网的实验室智能化综合管理系统设计与实现

崔 贯 勋

(重庆理工大学 计算机科学与工程学院, 重庆 400054)

**摘 要:** 探讨了当前高校实验室管理中存在的问题,以先进的管理理念为指导,结合当前高校实验室管理工作中的实际情况,介绍了基于物联网技术的实验室智能化综合管理系统的设计思想及实现思路。该系统包括教学管理、开放管理、学生管理、教师管理、实验课程与实验项目管理、仪器设备管理、实验耗材管理、电源与安防管理等相关模块,并和学校一卡通管理系统互通,结合移动互联网技术,采用智能手持终端技术,实现了实时高效地对实验室进行全方位的监管。该系统的运行使得高校实验室开放管理工作更加科学化和制度化,提高了实验室资源的使用效率,降低了实验室的能耗,大大提高了管理工作效率和服务水平。

**关键词:** 智能; 综合管理系统; 物联网; 实验室

中图分类号: T 391.0, G 642.0

文献标志码: A

文章编号: 1006-7167(2015)11-0217-04



## Design and Implementation of Intelligent and Compositive Management System for Laboratories Based on Internet of Things

CUI Guan-xun

(School of Computer Science & Engineering, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China)

**Abstract:** The current problems existing in the management of laboratory are discussed. The ideas of design and implementation of intelligent and compositive management system for laboratories based on the Internet of Things are introduced. The system combines with the current actual situation of laboratory management, and takes advanced management concept as a guide. There are many modules in this system, such as teaching management, open management, student management, teacher management, laboratory courses and experimental project management, equipment management, laboratory supplies management, power management and security-related modules. The most important is that the system connects with the one card management system of campus. At the same time, the system can realize all-round and real-time supervision to open laboratory efficiently combining with the mobile Internet technology and intelligent handheld terminal technology. The operation of the system can make the open management of college laboratory more scientific and institutionalized, and improve the utilization of university equipment. The energy consumption of lab is reduced and the management efficiency and service levels are improved greatly at the same time.

**Key words:** intelligence; compositive management system; Internet of Things; laboratories

收稿日期: 2015-01-25

**基金项目:** 中国学位与研究生教育学会研究课题(C-2015Y0401-038); 重庆市高等教育教学改革研究项目(143001; 153115); 重庆市教育科学“十二五”规划课题(2014-GX-039); 重庆市教育评估研究会教育评估研究课题(PJY2015-52); 重庆市研究生教育教学改革研究项目(yjg152003); 重庆理工大学高等教育教学改革研究项目(2014ZD01;

2014QN02); 重庆理工大学重大教学成果培育项目(2013011); 高等学校计算机教育研究课题(ER2015011)

**作者简介:** 崔贯勋(1978-), 男, 河南许昌人, 硕士, 高级实验师, 实验室副主任, 主要从事实验技术研究及实验教学。

Tel.: 13271948663; E-mail: cgx@cqut.edu.cn

## 0 引言

实验室是学校、科研机构开展人才培养、科学研究和社会服务活动的必备的场所,也是培养学生动手实践能力、综合应用能力和创新能力最重要的基地,其建设和管理水平将对高校的教学和科研产生重要的影响,因此,管理部门也将实验室作为对高校的评估考核和高校新专业申请等工作的重要指标。但与此同时,高校实验室也存在着以下两种情况:①政府部门和高校都纷纷加大了对实验室的投入力度,不但大量的陈旧设备得以更新,大量的高精尖等先进仪器设备也进入了高校的实验室。②高校在校生的规模急剧扩大,这种情况在非985、211高校尤为明显,实验室的管理工作量也大大增加,而管理人员在面临教学、科研和评职称的压力下,对实验室管理上投入的精力与需求的差距越来越大,实验室队伍建设的速度远跟不上实验教学工作量和实验仪器增加的速度,人员结构和数量已远跟不上形势的发展,有些高校的实验室忙于应付计划内开设的教学实验,造成设备资源的严重闲置,其利用率和产出没有得到有效发挥<sup>[1]</sup>。为此,结合高校实际情况和实际需要,研究开发了“基于物联网的实验室智能化综合管理系统”。该系统通过建立教学管理、开放管理、学生管理、教师管理、实验课程与实验项目管理、仪器设备管理、实验耗材管理、电源与安防管理等相关数据库,实现了实验室全方位的智能化管理,大大降低了以往由人工操作带来的实验教学管理工作繁琐、失误较多、管理效率和水平低下、设备利用率低等现象。

## 1 高校实验室管理中存在的问题分析

(1) 实验室安全隐患多。随着高校学生规模的急剧增加,实验室的教学和科研活动日益频繁,在实验室专职人员和实验场地严重短缺的情况下,课外开放实验室供课堂上没有完成实验的同学继续实验以及学有余力的学生开展创新性、综合性实验提供必要的条件和研究生、本科生参与到实验室管理的工作的情况日益增加,学生参与管理工作可以提高学生的相关能力和降低实验室管理人员的压力,但学生的实验室管理经验远不及老师,在老师不在场的情况下,学生违规操作,不严格按照步骤进行实验的情况时有发生,而有些实验的过程和实验材料危险性非常高,甚至会威胁师生的人身安全<sup>[2]</sup>。

(2) 实验室师资队伍建设和跟不上建设的步伐。在高校,实验室师资队伍得不到应有的重视,实验技术人员往往属于教学辅助人员,他们的能力往往通过自己的慢慢摸索实践得到提升,很少有出去培训提升的机会,在职称评定、项目申请、科学研究、进修提升等方面

远低于教师岗位,使得有能力、学历高、素质高的人员不愿加入实验队伍<sup>[3]</sup>。目前的实验队伍总体上存在学历偏低、年龄老化、职称低的现象,而一些先进的高精尖设备对管理人员的要求较高,而这些人员对新技术的接受能力较弱,管理跟不上,甚至出现了设备买回来无人管理造成设备严重闲置的现象。

(3) 实验室管理水平跟不上迅猛发展。近年来,各高校加大了实验室建设投入力度,中央与地方共建实验室、“211工程”建设经费、“985工程”建设经费、重点学科经费、国家重点实验室经费等投入了巨资,面对实验室建设的飞速发展,大部分实验室管理人员还是原来的、方式和手段也没有发生变化,制度、观念不变,这些实验室软件并没有发生太大的变化<sup>[4]</sup>。

(4) 仪器设备损坏率增加。许多高校为了提高设备的利用率,都提出将实验室进行开放,但由于师资管理跟不上,造成实验室实行开放后,进出实验室的学生数量明显增加,而很多学生不按规定操作仪器设备,故障率和损坏率也越来越高<sup>[5]</sup>。有的学生没有养成良好的习惯,实验完成后不关掉仪器设备电源、走后不关灯、即使一个人也空调大开,造成严重的浪费。

## 2 智能化综合管理系统原理及实施方案

### 2.1 系统架构

基于物联网的实验室智能化综合管理系统采用面向服务的构架,包括用户端、客户端、应用支撑端、应用端、基础设施及服务端等5个层面,如图1所示。

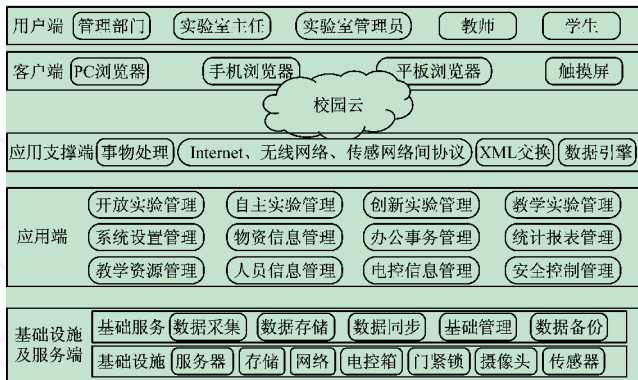


图1 基于物联网的实验室智能化综合管理系统的构架

### 2.2 系统硬件组成及其拓扑结构

构建智慧型实验中心主要应用物联网技术、视频技术(采集、压缩、传输)、语音对讲技术、通讯技术、网络技术、数据库技术、软件开发技术和智能手机开发技术构建实验室智能化综合管理系统<sup>[6]</sup>。该系统将实验室各种资源开放和共享,通过运用信息化技术手段为学生提供了一个自主的实验实作环境,为教师提供方便教学条件,为管理提供先进的管理方式和手段,为教学和科研提供有力的基础支持,为提高实验仪器设备的利用率提供了更安全和便捷的保障,为提高学

生的实践动手能力提供良好的基础设施保障<sup>[7]</sup>。实验室门禁系统、实验终端控制系统为实验室控制装置;交换机、防火墙、服务器及实验室开放计费/计时平台软件系统为核心支撑平台;语音对讲,即时通讯系统为师生之间答疑和沟通的桥梁,客户端电脑、触摸屏系统、LED 大屏显示系统、智能手机和 APP 应用程序为客户端应用,系统硬件及拓扑连接如图 2 所示。

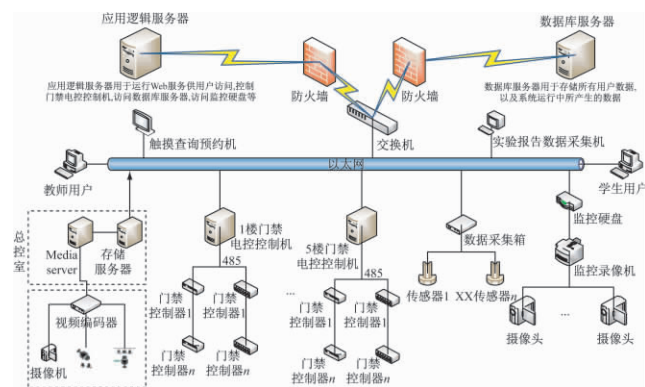


图2 系统硬件组成及其拓扑结构图

### 2.3 系统软件组成及关键部分实施方案

实验室智能化综合管理系统软件的模块组成简要介绍如下。

(1) 开放实验。该模块主要针对教学计划外的新实验项目或者实验选修课的开放实验管理。老师可以通过本模块对新实验项目进行的实验时间、实验地点、实验报名起止时间、所需器材、参加实验学生的预约、查询,以及对学生参加完开放实验提交的实验报告进行批阅。学生可查看开放实验课程内容,选择参加开放实验报名、填写实验报告和查看开放实验成绩<sup>[8]</sup>。

(2) 创新实验。本模块主要针对创新实验方案与项目的创建、安排、实验报告等工作的管理。有创新思想的学生通过本模块可自主提交创新实验方案,审核通过后老师根据实验方案创建创新实验项目,并为学生安排创新实验的实验室、实验时间及相关耗材设备。创新实验管理模块为有创新思想的学生提供了一条可自主把创新思想转化为创新实验项目实践的途径,将大大激发学生的创新思维与实践能力<sup>[9]</sup>。

(3) 自主实验。自主实验管理模块是实验室管理最主要的核心功能之一。通过本模块管理员可对实验室场地、时间、设备、耗材自主选择开放管理,从时间上空间上全面自主开放实验室资源。同时学生可通过本模块自主预约自主实验项目的时间、地点等。

(4) 教学实验。本模块主要让老师管理自己的教学计划安排及查询、变更,评定学生的实验成绩,系统自动根据所有老师计划课时解决冲突,提供给老师可视化、人性化的排课选项;同时为学生提供实验报告模板,随时查询教师评定结果与周课表;教学效果评价、

教学资源的上传、下载、更新;教学实验项目设置、维护等。

(5) 系统设置。本模块是系统运行的基础,包括数据字典、基础信息、物资基础信息、实验室基础信息、审批流程、权限设置、系统设置的基础数据录入与维护功能,这是系统运行的基础,全面的信息资料的录入将减轻老师、管理员的工作负担<sup>[10]</sup>。

(6) 办公管理。本模块包括了实验室工作人员、老师、管理部门日常的一些工作集中处理管理,如申请、审核、维修、报损等,师生员工信息的维护。

(7) 器材物资。低值易耗品及设备的管理在实验室日常管理工作中是一项量大且繁琐,但又极其重要的工作。本功能模块对物资的采购、验收、入库、领用、使用统计、库存调整、数据查询,设备的相关人员、维护、报修、借入借出、报废等工作管理。有效监控物资情况,减少耗材闲置、浪费,设备流失的现象<sup>[11]</sup>。

(8) 统计报表。本子系统主要包括各类数据报表的汇总、分析。

(9) 安全控制。实验室安全监测及控制系统由湿度烟雾监测传感器、人体红外传感器、有毒有害物质监测(电化学)传感器、机电(电流、电压)监控传感器、压力监控传感器、实验室安全监控装置、声光报警装置、监控软件系统、客户端电脑和智能手机应用终端构成,该子系统的实施方案如图3所示。

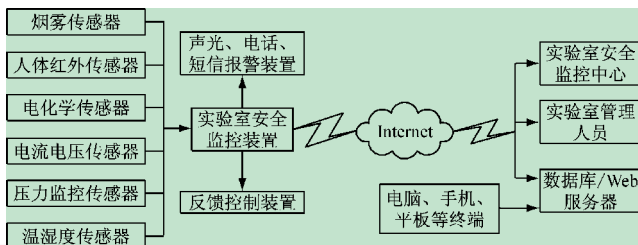


图3 实验室安全监测实施方案

(10) 电控管理。电源控制系统是实现对有源仪器设备的电源开启和闭合的一个管理系统。在电源控制器的前端通过以太网 TCP/IP 或是 485 通信远程控制技术实现对有源实验仪器设备的授权使用,即:用户在通过门禁控制系统身份认证后,方可对指定的某台仪器设备使用。与网络视频监控系统结合实现实验室开放的无人值守,强化过程监控管理,在实验室无人使用时自动切断照明、空调、仪器的电源,在满足一定的条件下自动接通排风系统、空调系统的电源等<sup>[12]</sup>,其技术原理如图 4 所示。

### 3 实验室智能化综合管理系统功能

实验室智能化综合管理系统软件部分由开放实验管理、创新实验管理、自主实验管理、教学实验管理、系统设置管理、办公管理、物资管理、统计报表、安全控制



和电控管理等模块组成,具体功能如图5所示。

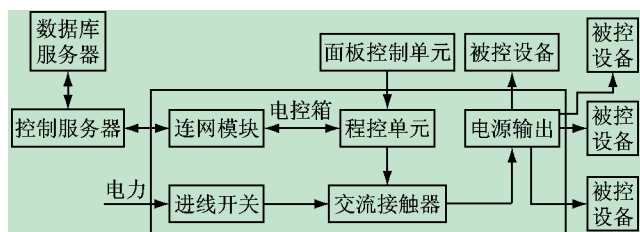


图4 实验室电源控制系统实施方案

## 4 实验室智能化管理系统的优点

### 4.1 降低了实验室管理工作量

在实验室综合智能化管理系统中导入教师的课表后,就可实现值班的自动安排,改变了以往由人工根据老师的课表人工排值班的模式;系统和教务处的管理

系统直接对接,改变了以往教务处的数据要人工导出,经过人工转换以和实验室的管理系统数据格式进行匹配,由于和教务处的系统直接对接,期末提交给教务处的汇总数据等也基本实现了无人化操作,也实现了数据的同步更新,避免了以前的教务处数据和实验室的数据不同步的现象<sup>[13]</sup>;在实验室的开放过程中,系统实现了根据课表自动确定实验室的开放授权、电源及门禁控制、视频监控等,避免了以往管理人员查看课表决定实验室是否开放、人工开闭电源、人工开关门等,实验室人员真正由“看门人”成为真正的技术管理人员,也有更多时间指导学生实验和进行科研工作;系统和财务处的一卡通对接,实验室无需安排专人为学生充值服务,所有这些都把实验室人员从大量的事务性毫无技术性的工作中解放出来。

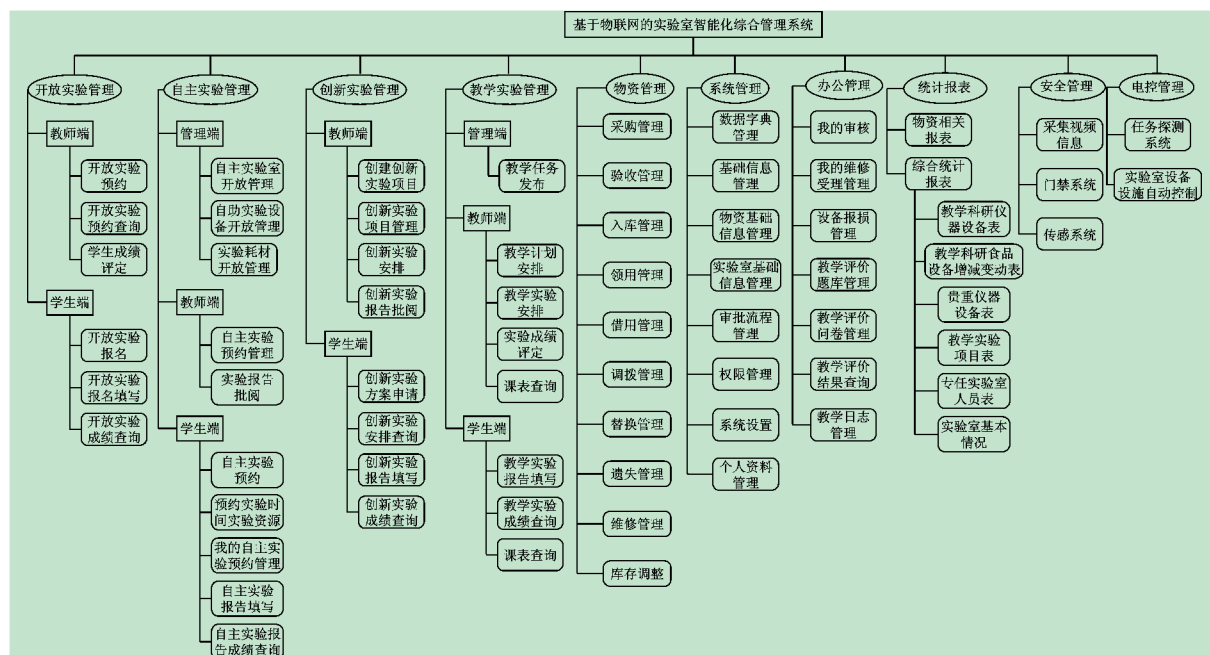


图5 基于物联网的实验室智能化综合管理系统的功能

### 4.2 提高了实验室的安全性

系统集成视频监控,即使无老师在场的情况也确保了实验室财产安全,自此,鼠标、接线板、网线、开发板等丢失的现象不再发生;通过视频监控,管理人员也可以对违反操作规程或其他禁止行为及时作出切断电源等处理,通过视频录像,也可对仪器损坏情况做到有据可查,以便作出是正常损坏还是故意损坏的判定<sup>[14]</sup>;通过物联网技术,系统根据采集人体红外传感器、温湿度传感器、烟雾传感器、电化学毒气传感器自动启动防火防盗防毒等报警系统、排风除湿降温系统,确保了实验室安全有效的运行;通过系统的器材管理,做到器材使用跟踪,既避免了丢失,同时对化学药品剂量和使用记录的追踪,确保不被非法使用。

### 4.3 提高了开放的效率

通过系统可以实时了解实验室及仪器设备的开放

情况,哪些仪器可以预约开放使用,哪些处于维修保养状态,通过系统的监控,可以确保实验耗材的使用量在合理的范围中,杜绝了铺张浪费现象的发生。通过网络电源控制器加强对有源仪器设备监管、传感器、门禁刷卡连用进行身份识别,自动控制电源,杜绝了长明灯、长流水、长吹空调、设备无人状态长运行的现象的发生,有效节约了能源。

### 4.4 为广大师生员工提供了便利

在移动互联网盛行的当下,学生可以通过移动客户端、计算机等随时随地的方便地查询到实验室的开放情况,学生根据这些信息可以方便的作出合理的安排,避免了学生兴致勃勃的到实验室才发现实验室不开放或无资源可开放;通过刷卡系统可以随时掌握学生出勤情况,避免了教师还要花时间点名,通过系统对

(下转第266页)

## 参考文献(References):

- [1] 王娜,陈轶缤. 试论招标文件[J]. 建筑监督检测与造价, 2009,2(1): 56-59.
- [2] 徐剑坤. 高校仪器设备采购中技术指标应该由谁提供[J]. 科技资讯,2008(24): 181.
- [3] 余成格,钱昌吉. 关于高校仪器设备政府采购技术指标的思考[J]. 实验室研究与探索,2010,29(12): 177-180.
- [4] 顾亚萍,何华坤,邱炜韬,等. 高校仪器设备招标采购进度分析及控制[J]. 实验室研究与探索,2011,30(11): 392-407.
- [5] 张雪峰. 招标文件编制注意事项浅析[J]. 船舶物资与市场, 2011(3): 8-11.
- [6] 樊和民. 招标文件中应完善的几个环节[J]. 中国招标, 2009(14): 14-17.
- [7] 马继民. 医疗设备招标文件中技术规格及参数要求编写探讨[J]. 医疗卫生装备,2006,27(3): 51-52.
- [8] 林伟建. 医疗设备采购招标文件的制作和技术参数的编制[J]. 医疗保健器具,2008(5): 30-32.
- [9] 刁其恩. 实验室设备招标采购有关问题探讨[J]. 中国新技术新产品,2011(3): 303.
- [10] 中国远东国际招标公司. 重视招标文件编制工作 提高招标文件编写水平[J]. 中国政府采购,2010(8): 29-32.
- [11] 马雪兰,赵清海,邹秋平. 医用设备采购招标文件编写要点探讨[J]. 中国卫生经济,2007,26(2): 54-55.
- [12] 樊鹏. 高校仪器设备招标采购管理工作浅议[J]. 实验室研究与探索,2010,29(3): 179-194.
- [13] 王礼. 专家在科研单位设备采购招标中的作用及相关问题探讨[J]. 工程建设与设计,2007(6): 115-117.
- [14] 潘莉. 高校实验室大型仪器设备采购过程探讨[J]. 实验科学与技术,2012,10(1): 164-172.
- [15] 陈思颖. 高校图书馆撰写文献采购招标文件经验谈[J]. 大学图书情报学刊,2010,28(4): 62-64.

## (上接第220页)

教学资源、教学设计和课堂管理,方便了教师的教学,避免了教师在个人电脑、教室多媒体计算机、实验室教师机、优盘等设备间资源重复的搬家。

## 4.5 确保实验室数据的科学性、准确性

许多高校在实践教学及管理等方面普遍存在着这样或那样的问题,虽有规范的规章制度,但由于繁琐并没有真正的得到有效的执行,通过智能化的综合管理系统可以几乎不增加工作量的情况下很方便的实现集中控制,实现资源共享,并做到管理的合理化和规范化。通过系统数据采集分析子系统可以对管理员管理工作、设备的使用情况、教师和学生使用记录做详实准确的汇总分析,便于学校管理部门对实验室和管理人员的考核、奖励做到有据可依,也可对仪器设备的使用效益作出准确的评估,通过学生开放使用记录也可以更准确的了解学生真正的需求,以便为实验室的建设做重要的参考<sup>[15]</sup>。通过仪器设备的过往维护记录、耗材使用记录,可以为管理部门制定维修费用、耗材使用经费预算提供准确的依据,改变以往完全由各部门自己申请,国资处或设备处执行,缺乏必要的使用效益的评价措施和依据。

## 5 结 语

基于物联网的实验室智能化综合管理系统的建立,彻底改变了以往实验室粗放的管理模式,实验室的管理观念也得到改变,通过系统的实施,规范了实验教学管理,不仅提高了实验室管理人员的工作效率和服务水平,也提高了实验室设备的利用率和设备维修及耗材资金的使用效益,系统中的原始资料和基础数据也为实验室开展评估提供了重要的依据。管理系统中智能电源控制系统也避免了电力能源的浪费,其基于物联网的视频监控、传感器采集数据、RFID 身份识别的综合应用也提高实验室的安全性;通过优化现有的

实验室队伍结构,运用现代化的物联网等信息化辅助管理手段,将实验室人员从开关门、电、拿着本子登记等繁琐的毫无技术含量的工作中解放出来,以将更多的精力投入到教学改革和科学研究中去,也使得实验室的管理更加合理规范化、数据的科学性和准确性。

## 参考文献(References):

- [1] 裘利坚,沈义民. 综合性开放实验室管理手段的实践与研究[J]. 实验技术与管理,2006,23(10): 128-130.
- [2] 吴文华,杨庆,沈新元,等. 智能实验室管理系统下的实验室开放管理[J]. 实验技术与管理,2011,28(2): 172-176.
- [3] 吴良,邹志宏,吴文华,等. 智能实验室管理系统的开发与实践[J]. 实验室研究与探索,2012,31(5): 169-172.
- [4] 王妍,孙德兵. 高校智能实验室管理系统开发与实践[J]. 实验技术与管理,2010,27(6): 105-108.
- [5] 杜林岳,马瑞,徐应涛,等. 高校实验室智能开放管理系统的设计与实现[J]. 实验室研究与探索,2013,32(10): 197-200.
- [6] 陈雪娇. 独立学院建设楼宇智能化实验室的探讨[J]. 实验技术与管理,2012,29(11): 193-194.
- [7] 刘志刚,郭艳颖. 基于 ARM 的智能实验室管理系统[J]. 微型机与应用,2012,31(13): 13-14.
- [8] 崔贯勋. 基于云计算技术的计算机实验教学平台[J]. 实验室研究与探索,2013,32(10): 447-450.
- [9] 卢银泉,赖国明. 基于 C/S 的智能实验室管理系统的分析与设计[J]. 电脑知识与技术,2005(14): 9-12.
- [10] 郝飞,李小磊. 实验室智能管理系统在高校实践教学中的设计及应用[J]. 职业教育研究,2013(12): 142-143.
- [11] 蒋渭忠,徐维,黄文生. 智能实验管理系统研制[J]. 应用能源技术,2006(12): 43-46.
- [12] 张鼎昱. 基于信息科技实验室智能管理系统功能研究[J]. 科技传播,2014(7): 218-219.
- [13] 刘红,王成林,马向国. 智能实验室管理设想[J]. 物理与工程, 2008,18(5): 34-36.
- [14] 张慧宁. web 嵌入式在高校智能化实验室建设中的应用探讨[J]. 科技创新导报,2013(28): 37-38.
- [15] 程琼,徐松,汪海东. 智能实验室管理系统下的实验室大型分析测试设备的开放管理[J]. 山东化工,2013,42(11): 153-156.