

# 开源框架下在线编程平台建设与实践教学改革

岳昆<sup>1,2</sup>, 胡矿<sup>1,2</sup>, 袁国武<sup>1,2</sup>, 谭明川<sup>1,2</sup>

(1. 云南大学信息学院; 2. 云南省智能系统与计算重点实验室, 云南昆明 650500)

**摘要:** 以计算机类专业人才程序设计能力提升为目标, 基于OBE教学模式基本思想, 利用GitLab开源框架和相关技术, 构建包括代码托管、开源编程、持续集成等功能的在线编程平台。近年来, 该平台应用于云南大学不同层次的程序设计类课程实践教学, 培养学生通过程序设计解决实际问题的能力和兴趣, 较好地带动实践教学模式升级改造、教学内容丰富完善、线上线下教材和案例库建设, 促进计算机类专业课程体系改革, 优化学生学习模式和内容并取得显著成效, 该平台建设和实践经验可供相关高校和专业参考。

**关键词:** 计算机类专业; 程序设计能力; GitLab开源架构; 在线编程平台; 实践教学改革

DOI: 10.11907/rj.dk.221306

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



中图分类号: G642.0

文献标识码: A

文章编号: 1672-7800(2023)003-0212-05

## Establishment of Online Program Design Platform and Practice Education Reform Under Open-Source Architecture

YUE Kun<sup>1,2</sup>, HU Kuang<sup>1,2</sup>, YUAN Guo-wu<sup>1,2</sup>, TAN Ming-chuan<sup>1,2</sup>

(1. School of Information Science and Engineering, Yunnan University;

2. Yunnan Key Laboratory of Intelligent Systems and Computing, Kunming 650500, China)

**Abstract:** To improve the program design capability of professional talents majored in computer science, established the OBE based online programming platform, including code management, open-source coding, continuous integration, etc., by using the open-source architecture and relevant techniques of GitLab. The platform was applied in various levels of programming practice courses of Yunnan University in recent years. Thus, the capability and interest of programming based solving of practical problems could be cultivated simultaneously. By this platform, the practice course schemes were improved, the course contents were enriched, and the construction of textbook and casebase were strengthened, to a great extent. This platform has promoted the course system reform of computer science major, as well as the improvement of learning scheme, contents and results. Some experience of this platform's construction and practice could provide reference for relevant universities and majors.

**Key Words:** computer science major; program design capability; GitLab open-source architecture; online programming platform; practice education reform

## 0 引言

为保证计算机类专业建设改革和持续发展, 不断弥补计算机工程教育与新兴产业及新经济发展短板, 需探索适

应当代计算机类专业人才培养新模式。从20世纪60年代起, ACM联合IEEE和AIC等专业学会陆续发布了Computing Curricula 2005 (CC2005)、IT2008、CS2008和CS2013、CE2016等报告, 阐述了计算机课程知识体系的组织、教学目标的转变。计算思维能力、算法设计与分析能力、程序

收稿日期: 2022-03-20

基金项目: 教育部第二批新工科研究与实践项目(E-GCCRC20200312); 云南省计算机科学与技术卓越工程师培育计划项目(2017); 云南省研究生优质课程建设项目(SJYZKC20211117); 云南省博士生导师团队建设(2021); 云南大学计算机科学与技术一流本科专业建设项目(C176230100); 云南大学教育教学改革项目(2021Y04)

作者简介: 岳昆(1979-), 男, 博士, CCF高级会员, 云南大学信息学院教授、博士生导师, 云南省智能系统与计算重点实验室主任, 研究方向为数据与知识工程; 胡矿(1982-), 男, 硕士, 云南大学信息学院实验师, 研究方向为大数据处理与Web信息系统; 袁国武(1978-), 男, 博士, CCF高级会员, 云南大学信息学院副教授、硕士生导师, 研究方向为计算机视觉和天文信息处理; 谭明川(1985-), 男, 硕士, 云南大学信息学院讲师, 研究方向为智能信息处理。

设计与实现能力、系统能力,是计算机类专业人才需具备的4种专业能力<sup>[1-2]</sup>。这4种能力中,程序设计与实现能力是基础,是计算机工程教育的核心内容,是计算机类专业人才的核心能力<sup>[3]</sup>。聚焦提升程序设计与实现专业能力培养水平的教育教学改革,成为新时代计算机类专业建设的核心问题;夯实计算机类人才的程序设计能力,是实施卓越工程师教育培养计划2.0的重要内容。

伴随着计算机科学从以计算为中心到以数据为中心、计算机教育日益重视工程实践和学习能力培养的深刻变化,以及互联网技术的快速发展和算力资源的迅速增长,程序设计类课程实践教学在模式、内容、效果等方面均面临着新挑战:如何培养学生具备开源、上云、迭代的程序设计工程技能;如何实现理论、实践与应用的结合;如何促进程序、案例和算力的协同等,成为近年来计算机类新工科专业建设和课程体系改革热点话题。

当代在线程序设计实践创新平台应包括代码托管、版本控制、代码自动执行、代码在线编辑等4方面的功能,在技术上应满足以下3方面的需求:①通用性:在不同终端上均可使用,且在不同终端上的功能一致;②易用性:学生操作直观、符合一般软件界面逻辑和一般用户使用习惯,教师方便布置和检查编程作业、跟踪学生学习过程;③可维护性:尽可能使用标准化、通用化的开源组件,便于服务器和校园网环境、系统各组件的升级或安全更新。

开源框架 GitLab<sup>[4]</sup>提供了与 GitHub 类似的代码托管和版本控制功能,它把平台自身也作为开源项目贡献出来,可以下载 GitLab 源代码,在自己的私有云中部署独立的 GitLab 服务;GitLab 内置了对持续集成的支持,包括对代码的自动测试和自动构建。GitLab 还提供了内置的 WebIDE,提供丰富的在线代码编辑功能。使用由开源社区维护的社区版 GitLab,并在私有云上部署,可满足在线程序设计实践创新平台4个方面功能的需求。

基于云南大学计算机科学与技术专业核心课程和程序设计类公共选修课程教学实践积累,以及对专业建设的探索,近年来聚焦于 GitLab 开源框架下的在线编程平台建设,以此带动实践教学模式升级改造、教学内容的丰富完善、线上线下教材和案例库建设,促进计算机类专业课程体系改革,优化学生学习模式和内容,并取得显著成效。本文介绍了该平台建设基本理念和关键技术,以及围绕该平台的实践教学探索与实践成效,旨在为同类院系专业建设和教学改革提供参考。

## 1 相关研究

程序设计实验平台、相应案例库建设、面向计算思维培养的 MOOC 建设等方面,日益得到广泛关注。文献[5]从程序设计基础实验、系统开发专业实践、工程应用企业实训、科技创新自主发展等层次构建实践创新平台;文献

[6]给出聚焦代码风格和成绩统计的程序设计课程改革思路及成效;文献[7]给出 C 语言程序设计 MOOC 建设及实践教学思路;文献[8]提出新工科背景下 C 语言程序设计改革路径;文献[9]给出借助第三方在线平台开展编程类课程教学的实例;文献[10]给出线上编程类课程的教学内容分解思路及成效;文献[11]介绍 PBL 模式下编程类课程的混合式教学设计思路及成效。这些研究成果为程序设计类课程改革与在线教学提供了参考,但仍不能较好满足在线程序设计实践创新平台代码托管、版本控制、代码自动执行、代码在线编辑4个方面的功能需求。

目前,具有代表性的程序设计实践教学平台包括网易云课堂、慕课网、优达学城和实验楼等。网易云课堂是在传统“教师讲、学生听”模式上建立起的在线实用技能学习平台。慕课网在线学习平台提供了部分基于用户端浏览器的在线代码开发功能、专注于程序员职业技能培养,仍缺乏对实践教学和学习功能的支持。优达学城提供 Web 前端开发、Python/JAVA 编程、IOS/Android 开发等在线课程及实战项目,由 Google、Facebook、亚马逊等国外著名企业和滴滴等国内一线企业参与制作课程内容,但仍未解决程序设计类课程教学过程中实践环节所面临的问题。实验楼是一个垂直型 IT 在线教育网站,实现了代码自动执行和在线编辑功能,但未实现代码版本控制功能、无法满足代码托管功能。Google 的 Colab<sup>[12]</sup>主要用于机器学习的开发与研究,但在自主可控、安全可靠的在线程序设计实践服务方面,仍不能满足上述程序设计实验平台建设和计算机类专业课程体系改革的需求。

## 2 在线编程平台建设基本理念

### 2.1 基于 OBE 教学模式,践行 CST 4 CSE 教学理念

在计算机类专业程序设计类课程教学中,基于成果导向的(Outcome-based Education, OBE)教学模式探索专业综合改革,以“面向应用—案例驱动—在线编程—迭代完善”为基本理念,提出用于计算机科学教育的计算机科学技术(Computer Science Technology for Computer Science Education, CST 4 CSE)教学理念,围绕工程实践能力培养这一核心,有效利用云计算、开源程序设计与实现的工具和技术,构建程序设计类课程的实践平台,以程序设计与实现的达成为目标,在平台上实现来自实际应用的案例,旨在引导学生以自顶向下的方式实现“在做中学、在学中做”,培养学生通过程序设计解决实际问题的能力和兴趣,从而支撑计算机教育。

### 2.2 以目标为导向,转变程序设计课程教学模式

将程序设计类课程学习任务分解为多个具体目标,每个任务体现所讲授的知识点,教师根据学生是否正确完成任务评价学生是否掌握知识点,学校也可通过学生是否掌握知识点评价教师是否完成教学任务。通过模式转变和

升级,旨在实现学生考试分数与程序设计与实现能力培养达成一致。为实现这些目标,探索的改革思路如下:

(1)教学内容以知识点和任务驱动为主。从传统以教学内容为核心转变为以知识点为基本单元、以学生学习任务设计为核心,将对知识点的理解融入程序设计任务中,以任务驱动方式设计教学内容。

(2)引导学生主动参与课堂学习。夯实以程序设计任务为目标的主动学习模式,围绕工程问题,引导学生自发组建多人合作的项目小组或团队。在此过程中,教师角色从知识讲述者转变成学生学习引导者,将传统的以“教”为中心翻转为以学生“学”为中心的教学模式。

(3)学习评价以实践能力为依据。基于在线编程平台,将基于试卷的考察转变为每个学习单元中程序设计任务、团队开发项目完成情况的过程性考评,培养学生工程实践能力。

### 2.3 基于GitLab开源框架,建设在线编程平台

将业界的开源程序设计平台引入程序设计类课程实践教学环节,融入专业人才培养和课程教学改革,基于GitLab搭建在线编程平台。技术要求和特点主要包括:①支持教师与学生间代码分享(Code Talk),平台须具备代码托管和版本控制功能;②支持教师与学生、学生与学生间代码互动(Code Interaction),平台须具有代码执行功能;③支持多人开发和代码协作(Code Cooperation),平台须具有项目协作功能。

### 2.4 围绕实践教学过程,解决程序设计类课程教学痛点

依托在线编程平台,可解决目前程序设计类课程教学普遍存在的痛点:

(1)解决编程语言环境配置问题。目前,自底向上的方式需要从开发环境配置开始讲授程序设计实践课程,导致大量学时被占用,也出现了不具备环境配置能力的学生无法进行课后学习的情况。基于在线编程平台,通过浏览器登录就能以在线方式进行教学和学习,无需配置开发环境,使教与学的环节都重点关注程序设计与实现本身。

(2)解决作业提交和作业检查问题。程序设计类课程教学中,使用文档编辑工具将代码嵌入其中或作为附录,其真实性、有效性、可用性都很难评判,也缺乏可操作性,无法通过作业反馈对学生进行逐步引导,程序代码本身缺乏可重用、迭代完善、持续集成的可能性,无法满足优秀程序再利用及后续学生借鉴参考等本质需要。依托在线编程平台,编程作业或实践项目提交无需专门工作,学生在线完成并提交程序及相应运行结果,使代码迭代优化、持续集成和应用开发等成为可能。

(3)解决学生团队协作问题。传统教学场景中,学生与教师、学生与学生之间,都无法实时在线分享代码,导致开发团队无法真正实现代码的集成与协作,影响了团队式程序设计实践教学效果,学生不能亲身体会团队协作内涵。使用在线编程平台可直接创建小组并实现代码协作,

真正实现团队合作式程序设计类课程实践教学。

## 3 在线编程平台建设关键技术

目前,主流的在线IDE无法对Java、C和Python等多种后端语言进行真实的在线编程学习。对此,构建GitLab执行器集群,为在线IDE编辑的代码提供实时编译运行环境,支持从代码编辑和版本控制到程序执行全流程在线编程学习。下文分别介绍GitLab执行器的部署、配置及Docker容器。

### 3.1 GitLab执行器部署与配置

GitLab执行器以守护进程方式安装到主机操作系统,支持以Docker服务方式安装在独立的Docker主机或Kubernetes集群上,以及基于Docker Machine工具的水平自动伸缩功能。

### 3.2 Docker容器

Docker执行器调用GitLab执行器所在宿主机上的Docker容器以管理进程,根据持续集成脚本中定义的Docker镜像需求,在宿主机上启动Docker容器以执行项目代码;Shell执行器直接调用宿主机Shell以执行项目代码。构建的在线编程平台,首先通过在持续集成脚本中指定所需Docker镜像,解决多语言执行环境情形下程序并行执行问题;然后利用Docker技术对GPU服务器进行虚拟化,在GPU服务器上安装基于Shell执行器的GitLab执行器,以GPU服务器本地用户身份调用GPU,项目代码之间共享同一个Shell。采用Docker技术实现对GPU服务器虚拟化,避免独占GPU,实现被执行项目代码之间的隔离。Docker容器作为一个程序执行“沙箱”,避免了恶意代码对服务器的破坏。

## 4 依托在线编程平台的实践教学改革与成效

### 4.1 实践教学改革

依托构建的在线编程平台,通过教学实践基础设施建设,促进“课程体系(Curricular)—教学大纲(Syllabus)—教材资源(Textbook)—实践平台(Platform)”四位一体的计算机类专业培养方案构建和人才培养模式改革。

(1)以在线编程平台为牵引,促进实践教学模式提质升级。近年来,选取云南大学计算机科学与技术本科专业核心课算法设计与分析、计算机技术工程硕士专业课智能数据工程、全校公共选修课零基础学编程—Python(含留学生)、课外讲座论坛开源技术论坛,分别作为针对不同专业基础学生的典型代表课程,使用构建的在线编程平台对共计700余名学生开展实践教学。在此平台中,学生无需配置编程环境,编程作业及实验报告均可在线完成,程序代码以链接方式加入报告,可直接在线查看执行结果。

通过平台提供的程序执行、代码编写和自动测试功

能,使学生对计算机算法理解更加深刻。建立算法理论和编程实现相结合的教学模式,夯实了学生“开源—创新—共享”的理念和思维方式,使已有的算力资源为前沿程序设计技术学习提供支持。使用构建的在线编程平台开展教学后,独立完成可执行程序并得到数据分析结果的学生比例逐年提高;非计算机专业或无程序设计基础的学生通过平台提供的资源,能够直观掌握Python编程的基础知识和基本技能,其Python编程水平能够接近同一个班计算机专业本科二年级学生水平。

(2)以在线编程平台为基础,促进工程实践案例库建设。在线编程平台的建设,促进了程序设计核心能力培养目标的达成。该平台可为案例库的构建、使用和共享提供统一接口,还具有系统可便捷访问、案例可即时使用、内容可持续改进等优点。在此基础上,该平台成功建设计算机类本科及研究生相关专业案例库,沉淀并共享教师教学资源、研究成果和特色应用,实现基于Git的二次开发、应用发布及代码共享。

同时,构建的在线编程平台和案例库,为计算机类专业核心课程教材编写提供了新思路。针对上述4门课程,教材内容应包含编程基本思想、程序设计技巧和理论分析,及课程视频、示例程序和测试案例。同时,应促进线上线下教学多元互补,实现理论知识与编程无缝对接。相较于教师课堂内容灌输,能更好地提升学生综合学习能力。

## 4.2 实施成效

依托构建的在线编程平台,云南大学计算机科学与技术专业本科学生的编程能力得到了实质性提高,CCF计算机软件能力认证(China Computer Federation Certified Software Professional, CCF CSP)和程序设计竞赛成绩显著提升。

### 4.2.1 CCF计算机软件能力认证成绩显著提升

云南大学从2017年开始开展中国计算机学会计算机软件能力认证(CCF CSP),2017—2021年每年9月和2022年4月开展的认证成绩如表1所示。

Table 1 Comparison of CSP certification results in recent 5 years

表1 近5年CSP认证成绩比较

认证时间	认证次数	全国平均分	云南大学计算机科学与技术本科生平均分	与全国平均分差值
2017年9月	第11次	138	92.3	-32.7
2018年9月	第14次	144	148.5	4.5
2019年9月	第17次	129	164.8	35.8
2020年9月	第20次	143	170.1	27.1
2021年9月	第23次	152	185.3	33.3
2022年4月	第25次	155	189.6	34.6

依托建立的平台开展程序设计实践教学后,计算机科学与技术专业本科生平均分、与全国平均分差值均有大幅提升。2021年9月第23次认证中,云南大学在全国CSP

TOP30高校中排名第23位(总体平均分排名);2022年4月第25次认证中,云南大学在全国CSP300高校中排名第16位(300以上学生平均分排名),CSP TOP30高校中排名第19位(总体平均分排名)<sup>[13]</sup>。

### 4.2.2 程序设计竞赛成绩显著提升

近年来,还组织了计算机科学与技术专业本科学生参加各类程序设计竞赛。2019—2021年蓝桥杯全国软件和信息技术专业人才大赛软件类、CCF大学生计算机系统与程序设计竞赛和团体程序设计天梯赛获奖情况如表2所示。通过平台建设及相应教学改革,此3项程序设计竞赛获奖情况显著提升,在西南地区高校中名列前茅。

Table 2 Awards in programming competition

表2 程序设计竞赛获奖情况

竞赛名称	2019年	2020年	2021年
蓝桥杯全国软件和信息技术专业人才大赛软件类	国家级三等奖1项;省级一等奖6项	国家级二等奖2项、三等奖16项;省级一等奖29项	国家级二等奖2项,国家级三等奖10项;省级一等奖21项
CCF大学生计算机系统与程序设计竞赛	全国总决赛银奖1项;西南赛区金奖2项、铜奖2项	西南赛区银奖1项、铜奖2项	西南赛区金奖2项,银奖5项、铜奖10项
团体程序设计天梯赛	未参加	未参加	全国二等奖1项,云南省特等奖1项

## 5 结语

云南大学计算机科学与技术本科专业依托构建的在线编程平台开展程序设计实践教学,尝试改变传统实践教学模式,使得开源程序设计、持续迭代集成、资源上云等当代计算机类专业人才应需具备的工程技能在课程教学中得以训练。平台以在线方式实现代码编写、检查和管理全过程,以及教学资源和案例持久化保存,使得增量式、多人协同的程序设计与实现成为可能。学生可根据学习需求,不受时间地点限制地完成预习、练习和复习。通过案例及在线资源设计与部署,可使教师聚焦于课程内容的创新和案例建设,从环境配置、代码演示、结果检查等简单重复的工作中解放出来。目前,该平台建设以及基于该平台的实践教学改革已取得不斐成绩,后续将不断完善该平台功能,推广其在程序设计类课程中使用,进一步促进其实践教学改革,并为相关研究提供平台支撑。

### 参考文献:

- [1] ACM, IEEE CS. Computer engineering curricula 2016 [EB/OL]. <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/ce2016-final-report.pdf>. ACM, IEEE CS 编制. 计算机工程课程体系指南CE2016 [EB/OL]. <http://www.acm.org/binaries/content/assets/education/ce2016-final-report-chinese.pdf>.

- [2] GUO W P, WU G B, CHEN J B, et al. Think for improving computer education [J]. Computing Education, 2018, 16(5): 90-74.  
郭文平, 吴高标, 陈金彪, 等. 促进计算机科学教育的几点思考[J]. 计算机教育, 2018, 16(5): 70-74.
- [3] WU Y. Push total factor reform and surgical technique like structural reform of new engineering construction in the new development stage [EB/OL]. <http://city.cri.cn/20211025/a8f8917b-747e-1c20-df81-9b07c7896b30.html>.  
吴岩. 新发展阶段的新工科建设要推进全要素改革和“外科手术式”结构变革 [EB/OL]. <http://city.cri.cn/20211025/a8f8917b-747e-1c20-df81-9b07c7896b30.html>.
- [4] GitLab [EB/OL]. <https://GitLab.com/GitLab-com/#content-body>.
- [5] ZHENG Q M, WU C L, CUI X R, et al. Construction of multi-level practical and innovative platform for IT majors [J]. Experimental Technology and Management, 2016, 33(5): 7-9, 20.  
郑秋梅, 吴春雷, 崔学荣, 等. IT类专业多层次实践创新平台建设[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(5): 7-9, 20.
- [6] XU W, CHEN K M, MA J H, et al. A preliminary exploration of the online teaching reform of computer professional program design course [J]. Software Guide, 2021, 19(12): 181-184.  
徐伟, 陈凯明, 马建辉, 等. 计算机专业程序设计课程在线教学改革探究[J]. 软件导刊, 2021, 19(12): 181-184.
- [7] ZHAO Y, WANG J, ZHOU L J, et al. Construction of MOOC designed with C language programming guided by computational thinking [J]. Experimental Technology and Management, 2018, 35(4): 147-150.  
赵媛, 王杰, 周立军, 等. 以计算思维为导向的C语言程序设计MOOC建设[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(4): 147-150.
- [8] GE R B, ZHU Z G. Reform ways of C language programming under the background of new engineering [J]. Computer Education, 2022, 19(1): 120-124.  
葛日波, 朱志刚. 新工科背景下C语言程序设计改革路径探究[J]. 计算机教育, 2022, 19(1): 120-124.
- [9] XU X A, ZHU E F. Exploration and practice of reform in data structure course practical teaching [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2021, 40(9): 186-192.  
徐新爱, 朱恩芳. 数据结构课程实践教学改革探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(9): 186-192.
- [10] CAO Y J, DUAN P S, LI J. A online teaching model for Web programming course based on ability formation orientation [J]. Computer Education, 2021, 19(3): 41-44, 50.  
曹仰杰, 段鹏松, 李颀. 基于能力形成导向的Web程序设计线上课程教学模式[J]. 计算机教育, 2021, 19(3): 41-44, 50.
- [11] DAI C Q. Design of hybrid teaching plan for Python programming language course [J]. Computer Education, 2022, 20(1): 162-166.  
戴成秋. Python语言程序设计课程混合式教学方案的设计[J]. 计算机教育, 2022, 20(1): 162-166.
- [12] Google Colab [EB/OL]. [www.colab.com/](http://www.colab.com/).
- [13] CCF. CCF CSP certified software professional [EB/OL]. <https://cspro.org/>.  
中国计算机学会. CCF CSP计算机软件能力认证 [EB/OL]. <https://cspro.org/>.

(责任编辑:孙娟 肖裕华)