

# 升级软件工程教学 ——开源软件的启示

毛新军

国防科技大学

关键词：软件工程 开源软件 教学方法

当前我们正处在一个“软件定义一切”的时代，软件的地位和作用变得越来越重要。软件无处不在，渗透到了社会、经济、文化、生活的方方面面，成为人类社会不可或缺的关键基础设施。在此背景下，软件系统的环境、构成、规模、形态等发生了深刻变化<sup>[1]</sup>，软件工程学科和专业也在快速发展，由此导致社会对软件人才的数量和质量提出了更高的要求，如何为社会培养高水平软件人才，成为当前高等教育面临的一项迫切且具有挑战性的研究课题。这项工作涉及软件通识教育、专业教育、实践教育等诸多方面<sup>[2]</sup>。尤其在专业教育方面，需要依托“软件工程”等核心课程的教学，紧跟软件产业界以开源软件为代表的成功实践以及新颖的软件开发思想和技术，克服以计算机为平台的传统课程教学理念带来的不足，探索以互联网为平台的新颖教学理念和方法。本文从开源软件的成功实践中获得启发，通过升级“软件工程”课程教学的培养目标、教学内容和要求、教学方法，创新“软件工程”课程的教学模式，提升软件人才的培养质量和水平。

## 软件工程专业教育存在的问题

据统计，2019年，我国数字经济规模达到了35.8万亿元，其中软件业务收入7.2万亿元，软件和信息技术服务业规模以上企业4万多家，相关从业者900多万人<sup>[3]</sup>。这些数据表明，软件产业在我

国数字经济领域占据重要地位。软件工程专业教育担负着为软件产业界培养高素质软件人才的重任。然而，无论是知识体系还是教学理念和方法，当前软件工程专业教育存在以下突出问题。

## 知识体系跟不上 产业界的软件开发实践

在软件工程领域，学术界与产业界一直存在较大的鸿沟，这一情况同样发生在教育界与产业界之间。以软件工程专业教育为例，其知识体系跟不上产业界的软件开发实践。现阶段，开源软件在产业界得到广泛的认同和实践。根据黑鸭软件（Black Duck Software）2015年的一项统计（The Future of Open Source）表明，64%的企业参与开源软件实践，超过66%的企业优先考虑利用开源，通过集成和重用开源软件来开发软件系统已经成为信息系统建设的新模式。开源软件实践也颠覆了传统的软件开发理念，它借助互联网平台上大众的智慧来支持开源软件的开发和演化，如提出需求、发现缺陷、纠正错误、贡献代码等，由此衍生出一系列新颖的软件工程技术和平台，如群体化软件开发、分布式版本管理、持续检查和集成等，依托互联网平台实现互联网大众的分布式协同开发、软件制品管理和软件质量保证。相比较而言，IEEE软件工程知识体系SWEBOK 3.0和中国软件工程知识体系C-SWEBOK仅在软件构造、软件维护、软件工程职业实践等知

识领域引入开源软件的想法和成果,并没有将开源软件实践的诸多方法和技术融入到软件需求、软件设计、软件质量、软件工程管理等关键知识领域。此外,当前业界所面对的大部分软件系统不再是单纯的技术系统,而更多是社会技术系统或信息物理系统;不再是单一系统,而更多是系统之系统、系统联盟,甚至超大规模系统;不再是静态封闭性系统,而更多是动态演化系统<sup>[2,4]</sup>。而许多高校的软件工程专业教育仍然将单一、封闭的软件系统等作为教学的关注对象、教学案例和实践内容。

## 课程教学理念和方式落后

传统的教学理念仍然在主导着当前软件工程教育和人才培养。相关课程的教与学高度依赖于教师、教材和教室,表现为以教师为中心、以教室为边界、以教材为主体的课程教学和人才培养模式,并呈现以下局限性。第一,封闭的教学对象和边界,知识源头主要来自教师,教与学主要发生在师生之间,学生主要依赖教师的讲授和解答、班级同学间的交流和讨论来获得知识和解决问题,难以与其他人员(如其他班级和学校的学生、互联网上的软件工程师等)开展学习和交流。第二,局域和物理的教学空间,教与学的活动主要发生在局域的教室或者校园空间,难以从其他空间(如互联网空间)获得域外的支持和帮助。第三,教与学主要依赖于单一的课程教材,教学资源受限且有限,难以从其他渠道(如开源软件社区、软件开发知识分享社区等)获得额外和多样的教学资源及相应的教学支持。当前以移动互联网为代表的信息技术以及依托群智来解决问题的新方法已成为创新教育思维和方法的重要驱动力,软件也为创新教育提供工具支持。软件工程教育需要借助信息技术来变革教学方法,从开源软件实践中获得启发来革新教学理念和手段。

## 开源软件实践的启示

过去20多年,开源软件在软件产业界取得了巨大成功。它不仅改变了传统意义上的软件开发模式,使得互联网上的大众可自由地加入到开源软件项目中并为此作贡献,还创造出了海量、高质量和多样化的开源软件。这些开源软件被广泛应用于各种信息系统的构建,形成了大规模的开源软件生态。截至2020年10月,开源软件平台Github汇聚了全球5000多万软件开发者,产生了1亿多个开源代码仓库,290万个商业组织在参与贡献和使用开源软件。无疑,开源软件实践颠覆了人们对软件开发的传统认识,通过有效汇聚和利用互联网上的大众智慧,创造了软件工程领域的“奇迹”。开源软件成功实践的背后蕴含了一系列的新理念和新思想,可为当前软件工程教育提供有益启示(见图1)。

## 依托大众借助群智开展软件工程教育

开源软件实践产生了大量极有价值的开源软件资产,它们包含了高质量的程序代码,体现了高水平的软件设计,反映了软件工程师丰富的软件开发经验和良好的软件工程素养。这些开源软件还提供了丰富多样的功能和服务,可满足诸多领域的软件开发需求。

开源软件实践给软件工程教育提供了启发:软件工程教育仅仅依靠教材是远远不够的,这极大地限制了教育的视野和教学资源的获取渠道,因此可以

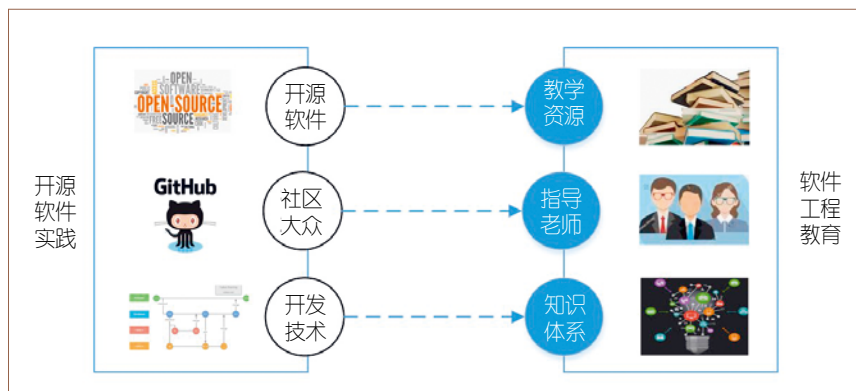


图1 开源软件实践给软件工程教育的启示

将开源软件引入到软件工程教育领域,将它们视为重要的配套教学资源,成为软件工程教育的辅助“教材”。通过开源软件中的代码实例、高质量设计、规范化编码等,帮助学生深入领会抽象的软件工程思想和方法,模仿和应用开源软件中的软件开发经验,并通过重用和集成开源软件资产,帮助学生利用开源软件开展软件开发实践和构建复杂软件系统。

## 将开源软件视为软件工程教育的教学资源

研究开源软件实践产生了大量极有价值的开源软件资产,它们包含了高质量的程序代码,体现了高水平的软件设计,反映了软件工程师丰富的软件开发经验和良好的软件工程素养。这些开源软件还提供了丰富多样的功能和服务,可满足诸多领域的软件开发需求。开源软件实践给软件工程教育提供了启发:软件工程教育仅仅依靠教材是远远不够的,这极大限制了教育的视野和教学资源的获取渠道,因此可以将开源软件引入到软件工程教育领域,将它们视为重要的配套教学资源,成为软件工程教育的辅助“教材”。通过开源软件中的代码实例、高质量设计、规范化编码等,帮助学生深入领会抽象的软件工程思想和方法,模仿和应用开源软件中的软件开发经验,并通过重用和集成开源软件资产,帮助学生利用开源软件开展软件开发实践和构建复杂软件系统。

## 将开源软件实践作为架通软件工程教育界和产业界的桥梁

开源软件是软件产业界的一项重要成果和资产。它不仅反映了软件产业界诸多新颖的软件工程实践及方法,如基于 P/R (Pull/Request) 的分布式开发协同、基于 Issue 的任务分发、基于 Git 的软件版本管理,等等,而且也提供了一套基于开发者在开源社区中的贡献来评价其能力和水平的方法。开源软件实践给软件工程课程教育提供了启发:可以借助开源软件实践在软件工程教育界和产业界之间架起桥梁,让产业界开源软件实践的诸多成果(如新颖的软件开发方

法、开源代码资源、支撑软件平台)等进入到教育领域,丰富软件工程教育知识体系,同时也让软件工程专业的学生在开源软件生态中进行学习、实践、锻炼和成长,使得他们能够跟上产业界快速发展的步伐,完善专业知识体系,提升能力素质,满足未来岗位的任职需求要的探索方向之一。

## 升级软件工程课程教学

基于开源软件实践的上述启示,结合软件工程课程的教学,我们提出从培养目标、知识体系、实践教学、教学方法等方面升级该课程的教学(见图2),通过学开源、用开源,借助群智知识、持续考评改进等新颖的理念和方法,系统和深入地改革软件工程课程教学,提升课程教学质量和人才培养水平。

### 升级课程培养目标

软件工程课程教学不仅要让学生掌握软件工程领域的主流软件开发技术等知识点,更要加强学生关于软件系统的三观教育,即系统观(软件构成要素在系统层面的相互关联和交互,如纵向层次性和横向相关性)、生态观(由人员、技术、平台等要素所构成的复杂软件生态)、价值观(以人为中心,以服务于人的需求为第一要旨),并着力培养学生的三类能力——系统能力、解决复杂工程问题的能力、创新实践能力,使学生具备系统层面的认知和

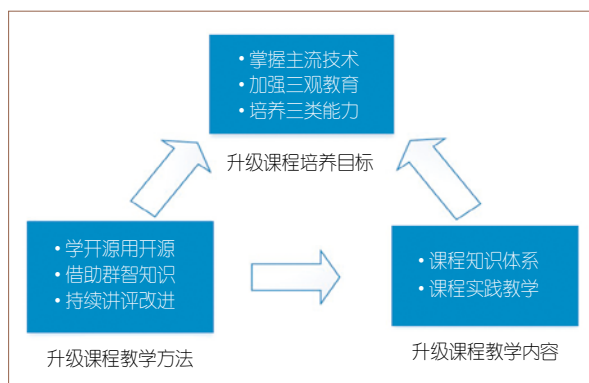


图2 升级软件工程课程教学



设计能力,能够采用现代软件工程方法来管理和开发具有一定规模和复杂性的软件系统,并基于软件开展创新实践,以解决特定领域的问题。

## 升级课程教学内容

为了达成升级后的课程培养目标,软件工程课程教学不仅需要升级课程的知识体系,将软件工程领域的主流软件开发技术(如开源软件实践的相关方法和技术等)引入到课程,使得课程知识体系跟上产业界的具体实践和发展步伐,还要升级课程的实践教学,提升课程实践的内容及要求,让学生在具体的软件开发实践中通过“学、做、练、悟”加强软件的三观认识,达成三类能力的培养。为此,我们提出要在软件工程课程实践中让学生开发有创意、上规模和高质量的软件系统,并对实践内容提出以下具体要求:

**创意性:**针对有价值的应用问题,构思有意义的软件需求,寻求通过软件为特定领域问题提供新颖的解决方法。

**综合性:**运用多种软件工程技术、语言、工具和平台开发软件。

**系统性:**集成多种物理系统(如机器人、无人机、可穿戴设备等)、遗留系统、云服务、开源软件等开发软件系统。

**规模性:**所开发的软件系统须拥有1.5万行以上的代码量。

**变化性:**在课程实践中支持软件创意、需求、设计、代码、文档、模型等的持续变化,以不断完善实践,并体会变化对软件开发带来的影响。

**高质量:**课程实践所产生的软件制品(如模型、文档和代码等)应是高质量的。

## 升级课程教学方法

为了实现升级的课程培养目标和教学要求,我们需要基于开源软件的诸多启示,同步升级软件工程课程的教学方法。

### 学开源用开源

除了将开源软件实践的诸多技术引入到课程知

识体系之中,还要在课程实践环节充分利用好开源软件资源。首先,学习开源软件。通过阅读、标注、分析和维护开源软件,理解高质量开源软件所蕴含的高水平软件开发技能及经验,如软件设计和程序设计技术、代码规范、软件质量保证等,并要求学以致用,将所学到的软件开发技能及开源软件开发技术运用到具体的软件开发实践中。其次,重用开源软件。在开发有创意、上规模和高质量的软件系统时,学生通常会遇到诸多技术挑战,许多软件需求的实现需要专有的计算机知识和特定的技术(如模式识别、网络通讯、图像分析等)。针对这些问题,学生可到开源软件社区去寻找可有效实现这些需求的开源软件,通过集成和重用开源软件来完成软件系统的开发。再次,将开源软件开发技术(如分布式协同开发、基于Git版本管理、持续检查和集成等)应用到具体的软件开发实践之中,有助于掌握现代的软件开发技术。

### 持续考评改进

软件系统三观的树立、三类能力的培养是一个循序渐进的过程,软件工程课程教学很难通过一次性的课程实践就让学生完成任务,提交高质量的实践成果。实际情况是,在课程学习和实践过程中,学生常面临一系列的普遍性问题:不知道软件开发实践做得对不对、好不好,存在什么问题,如何改进等。为此,我们需要升级软件工程课程实践的实施方案和考评方法。首先,循序渐进地开展实践,将软件开发实践分为多次迭代渐进式地完成,每次迭代都有有限和明确的目标,下一次迭代建立在前一次迭代的基础之上,确保整个课程实践循序渐进、有序地开展,并贯穿于课程教学的全过程。其次,持续讲评和改进实践,对学生每次迭代提交的成果(如模型、文档、代码等)进行针对性的讲评和分析,指明存在的问题、提出改进建议,并要求学生据此进行改进和再次提交,使学生在持续发现问题、解决问题和改进实践的过程中加强认识、提高能力,并确保实践成果的质量。

### 借助群智知识

在软件工程课程教学和实践教学过程中,学生必然会遇到多样化、个性化和开放的软件开发问题。

许多问题超出课程知识范畴,处于教师能力范围之外,不在课程教材内容之中,解决方式高度依赖于软件开发经验。为此,我们提出要升级软件工程课程的学习方式,建立以学生为中心、基于群智知识的群体化学习新模式。首先,要求学生遇到困难和问题时到软件知识分享社区(而非依赖教师)寻求解答,这些社区(如 Stack Overflow、CSDN 等)汇聚了大量极有价值的软件开发群智知识,可以帮助学生有效解决学习中遇到的诸多问题;其次,改变传统教学中基于班级的课程学习组织模式,打破年级和学校的界限,通过互联网平台,将来自不同班级、年级和学校的学生组织在一起开展群体化学习,如问题讨论、经验分享和资源共享,形成以学生为中心、面向大众的开放学习社区,充分利用学生的群体智慧来推动课程学习和开展实践。

## 软件工程课程教学成效及教学资源生态

软件工程课程的上述教学改革在国防科技大学计算机学院实施了6年,课程教学成效显著,具体表现为:(1)学生解决复杂工程问题的能力显著提升,每个课程实践小组所开发的软件系统平均代码量超出1.5万行,产出的软件制品(模型、文档和代码等)质量高;(2)学生初步掌握了借助现代软件工程方法、开源软件技术和群智知识开发上规模和高质量的软件系统;(3)学生的系统能力得到显著提升,课程实践小组能通过集成各类系统(包括物理系统、开源软件、云服务等),借助异构技术、

语言和平台,开发分布、异构、由多系统构成的软件系统;(4)学生创新实践能力显著提高,通过课程实践,学生开发出了许多有创意的软件作品,先后获得20多项竞赛和比赛奖项,包括:iCAN 国际创新创业大赛总决赛一等奖、中国高校计算机大赛全国总决赛一等奖、泛珠三角计算机作品赛总决赛金银奖、网络技术挑战总决赛一二等奖、珠三角计算机作品赛总决赛最佳实用奖、计算机作品赛湖南省赛区特等奖和一等奖,等等;(5)在开发有创意、上规模 and 高质量软件系统的过程中,学生深入体会了软件的价值观、系统观和生态观。

通过多年的探索、实践和积累,我们初步建成了基于开源和群智的软件工程课程教学资源生态(见图3),为升级软件工程课程教学、深化教学改革、推广教学方法等提供了丰富的资源和有效的支撑。

**课程标准:**制定了软件工程课程国家规范,将升级后的知识点、实践设计及要求等融入其中。

**课程教材:**出版了《软件工程实践教程:基于开源和群智的方法》教材。

**教学案例:**提供了一组可供参考的实用软件工程课程教学案例,如小米便签开源软件的阅读和维护,空巢老人智能看护系统等。这些案例拥有完整的案例成果,包括模板、模型、文档、代码、彩页、汇报、视频等。

**开源资源:**爬取了海量的开源软件、软件开发帖子,建立了支撑课程教学的开源资源库。

**支撑平台:**开发了相应的课程教学平台,包括 Trustie ([www.trustie.net](http://www.trustie.net)) 平台和知士荟平台 ([www.learnerhub.net](http://www.learnerhub.net)), 分别支持在线实践教学和群体化学习。

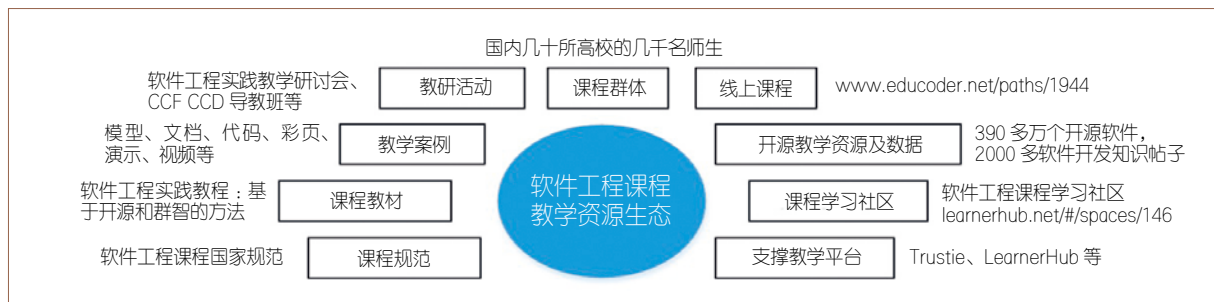


图3 软件工程课程教学资源生态

**学习社区**：建成了软件工程课程学习社区（[learnerhub.net/#/spaces/146](https://learnerhub.net/#/spaces/146)），汇聚了与软件工程课程教学相关的群智知识，包括问题、解答、经验、讲评等。

**线上课程**：在 Trustie 和 EduCoder 平台上建设了软件工程线上实践课程（[www.educoder.net/paths/1944](http://www.educoder.net/paths/1944)）。

**教研活动**：组织了“软件工程课程实践教学研讨会”“软件工程课程教改导教班”等活动，推广教学方法和成果、共享课程教学资源。

**教学群体**：汇聚了国内几十所高校的几千名师生共同推进软件工程课程的升级教学，开展教学讨论、问题解答、经验和成果分享。

**学习数据**：依托平台采集了学生开展软件工程课程实践和群体化学习的大量学习数据，为分析学生学习行为和成效、客观评定学习成绩提供了数据基础。 ■



**毛新军**

CCF 杰出会员，CCF CCD 软件工程教改导教班主讲教师。国防科技大学计算机学院教授。中国 MOOC 联盟和新工科联盟实践教学工委主任。主要从事软件工程方向的科学研究与教育教学工作。  
xjmiao@nudt.edu.cn

## 参考文献

- [1] Sommerville I, Cliff D, Calinescu R, et al. Large-Scale Complex IT System[J]. *Communications of the ACM*, 2012, 55(7): 71-77.
- [2] 梅宏, 等. 软件科学与工程学科发展战略 [M]. 科学出版社, 2021.
- [3] 中国数字经济发展白皮书（2020 年）. 中国信通院；2019 年软件和信息技术服务业统计公报，工信部。
- [4] 毛新军, 王涛, 余跃. 软件工程实践教程：基于开源和群智的方法 [M]. 高等教育出版社, 2019.

（本文责任编辑：许 嘉）