

基于 CDIO 理念的 C++ 程序设计课程项目式教学实践^{*}

郭文佳 傅向华 吴庆阳

郑斌

深圳技术大学大数据与互联网学院, 深圳, 518118

深圳技术大学, 深圳, 518118

摘要 针对本科院校计算机人才培养现状, 根据应用技术型大学的特点, 基于 CDIO 理念, 在 C++ 程序设计课程中进行项目式教学实践。该教学模式从教学现状分析、教学方法、教学过程、教学评价、教学效果分析等方面切入, 综合采用项目教学法和多元化评价法, 以期改善教学模式落后, 课程实践形式单一的教学现状, 更好地培养学生的学习能力和创新素养, 为计算机相关专业的教学改革和创新提供新思路 and 参考方向。

关键字 CDIO, 项目式教学, C++ 程序设计, 应用技术型大学

Project-Based Teaching Based on CDIO for C++ Programming

Guo Wenjia Fu Xianghua Wu Qingyang

Zheng Bin

College of Big Data and Internet
Technology University Shenzhen
Shenzhen, 518118

Shenzhen Technology University
Shenzhen 518118

Abstract--Due to the disadvantages in the training for talents in computer-related programs and the characteristics of universities of applied sciences, the project-based teaching based on CDIO (Conceive, Design, Implement, and Operate) is introduced to "Object-Oriented Programming in C++". The teaching reform aims to improve the current situation in programming courses, adopting the project-based teaching and diversified evaluation instead of the monotonous practice and single assessment, thereby enhancing students' learning ability and innovation capability. The new teaching mode expounds the teaching status quo, teaching methods, teaching process, teaching evaluation and teaching effect, providing a new way for the teaching reform of computer-related programs.

Keywords-- CDIO, Project-based teaching, Object-Oriented Programming in C++, Universities of applied sciences

1 引言

在新兴产业发展日新月异的当下, 深圳作为大湾区的核心引擎, 正努力成为全球化的创新型城市。创新驱动, 实质上是人才驱动。在高速发展的过程中, 深圳对高素质技术创新人才的需求也在疾速增长。面对不断增长的人才需求, 人才的培养和输出也就显得尤为重要。

近年来 CDIO 工程教育模式逐渐兴起, 其核心理念是围绕生产周期中工程产品的构思 (Conceive)、设计 (Design)、实现 (Implement) 和运行 (Operate) 等阶段, 以过程为载体, 培养学生的工程基础知识、个人能力、人际团队能力以及工程系统能力^[1]。自 2005

年起, 我国高校陆续开始学习、研讨 CDIO 理念, 并付诸实践, 取得明显效果。应用技术型大学立足于高素质应用型人才培养的目标, 广泛从企业、产业界引进高水平技术骨干充实教师队伍, 为基于 CDIO 理念的课程改革和创新提供了更多可能性。目前, 计算机基础课程普遍存在教学模式落后、课程实践形式单一等问题。为解决传统教学模式的弊端, 笔者尝试通过项目教学法将 CDIO 理念和课程目标有机地结合起来, 以项目的形式进行课程实践, 提高学生的学习兴趣 and 创新能力, 促进学生从单一的应试能力培养转向全面的综合素质提高, 不仅要培养学生的技术应用能力, 同时也应培养学生的软性技能, 例如解决问题时的创造性思维 and 创新能力^[2], 引导学生适应不断更新的社会职业需求。

2 C++ 程序设计教学现状分析

在计算机基础课程中, 软件开发能力是学生需要培养的基本能力。系统地学习程序设计语言是培养学

^{*} 基金资助: 教育部协同育人项目: 新工科背景下应用技术型大学计算机基础课程建设研究 (20201056020007); 广东省高等教育教学研究和改革项目: 应用型大学计算机基础课程改革探索 (202101)

生软件开发能力的重要途径。作为本科院校计算机相关专业的必修课程，C++程序设计课程一直是众多教育工作者进行教学探索的主要研究对象之一。广大教育工作者通过研究、实践，将教学经验转换成高质量的教学研究成果。目前，大部分高校都采用理论授课和上机实践相结合的形式进行C++程序设计教学。根据笔者多年的教学实践和学生反馈的意见，在传统教学模式下，学生通过听课掌握各个章节的基本概念和典型例题，并在上机课中通过不断练习来提高代码编写能力。然而，学生掌握的理论知识没有实际应用的途径。传统的上机编程题仅基于课程知识，十分单调且具有重复性，大大降低了学生的学习兴趣和创新热情。近年来，为了调动学生的学习积极性、提高学生工程实践能力，课程组尝试引入案例教学、编程大作业等方式，取得了一定成效，但还存在一些问题，例如案例教学时往往只针对某个知识点举例，没有基于案例做知识点的串联，导致难以培养学生的系统工程能力；以及编程大作业与实际应用脱节，且往往只限于学生独立完成，缺乏对团队合作能力的锻炼；此外，对学生的考核主要以笔试和上机考试为主，缺乏基于过程化的考核。总的来说普遍存在理论与实践脱节、课程实验与实际应用脱节等弊端，导致学生难以做到学以致用，进而缺乏解决实际问题的能力，这往往导致学生进入社会后综合竞争力不足。

3 基于CDIO理念项目式教学实施过程

3.1 基于CDIO理念的项目式教学方法

根据CDIO工程教育理念，CDIO大纲2.0分为四个层面，第一个层面为技术知识与推理能力；第二个层面为个人能力、职业技能和态度；第三个层面为人际交往能力；团队合作与沟通；第四个层面为在企业和社会环境下构思、设计、实现和运作系统的能力——创新过程^[3]。顺应CDIO大纲要求，高校学生不仅要储备学科相关的专业知识，同时也应具备较高的综合能力，包括职业技能、创新能力、个人能力和态度、人际交往能力等，以更好地适应社会职业需求。如何让学生在课程中实际体验创新过程？我们可以采用项目式教学，以问题为导向，鼓励学生合作创新，让学生通过“做中学”的方式去主动发现问题、解决问题，增强学生的学习热情和创新意愿。推行项目式教学，对教师来说，亟需打破传统的按照知识逻辑组织课程的方式，改变“重授课、轻实践”的教学方法，以项目驱动的方式来激发学生的学习兴趣，为他们提供更多的实践和展示的机会，进而培养学生的综合能力。

在应用技术型大学中，有大量来自知名企业的高级技术人员和总工程师被聘为专职讲师或客座教授，他们拥有丰富的技术应用和创新的经验，在实施项目式教学方面具有天然优势。《C++面向对象程序设计》作为一门理论性、应用性及工程性均较强的课程，非常适合采用基于CDIO理念的项目式教学模式。教师们将企业中真实的项目开发场景引入C++课堂，以项目为载体，将CDIO理念提倡的工程教育理念融入实际项目中，从而培养学生的主动学习能力、创新实践能力、职业技能和团队协作能力。此外，由于学生提前接触到源自企业实际需求的各类项目，通过项目实践提升了解决实际问题的能力，既积累了与专业相关的项目经历，也为将来顺利就业打下了坚实基础。

3.2 整体教学流程

在进修《C++面向对象程序设计》课程前，学生已经完成了《大学计算机》《程序设计基础教程（C语言）》等课程的学习，具备基本的程序设计能力。我们分两个阶段实施项目式教学。根据教学日历，每学期一般有18周。其中第1至16周属于课程的基础学习阶段；第9至18周属于项目实施阶段。根据教学计划，教师在第1至16周进行理论授课和实验课教学，系统讲授对象、类、继承、接口、包等面向对象的基本概念，同时要求学生在实验课上独立完成编程实验。从第9周开始直至第16周，教师在保证授课和上机实验的基础上，指导学生组成项目团队，要求学生以小组为单位实施软件开发项目；第17至18周，学生以幻灯片、程序演示等方式，展示本项目团队所有的创新设计和开发成果。本课程采用多元化评价方式。项目分数由过程得分和答辩得分两部分组成，评分者由教师与学生组成，评分过程采用多元化评价方式，评分结果按比例纳入期末总成绩。整体教学流程如图1所示。

3.3 教学实施过程

在实施项目式教学的一个27人班级中，教师根据学生平时表现和学生个人意愿推选6名组长，再由组长根据项目需要招募组员，每个小组由3至5名成员组成。在项目式教学过程中，教师提供基于企业真实需求的软件开发项目库，鼓励学生根据自身能力和兴趣选择项目，并进入对应项目小组。在确定分组后，教师指导各项目小组进行项目方案的设计与规划。学生的项目实施计划如表1所示。

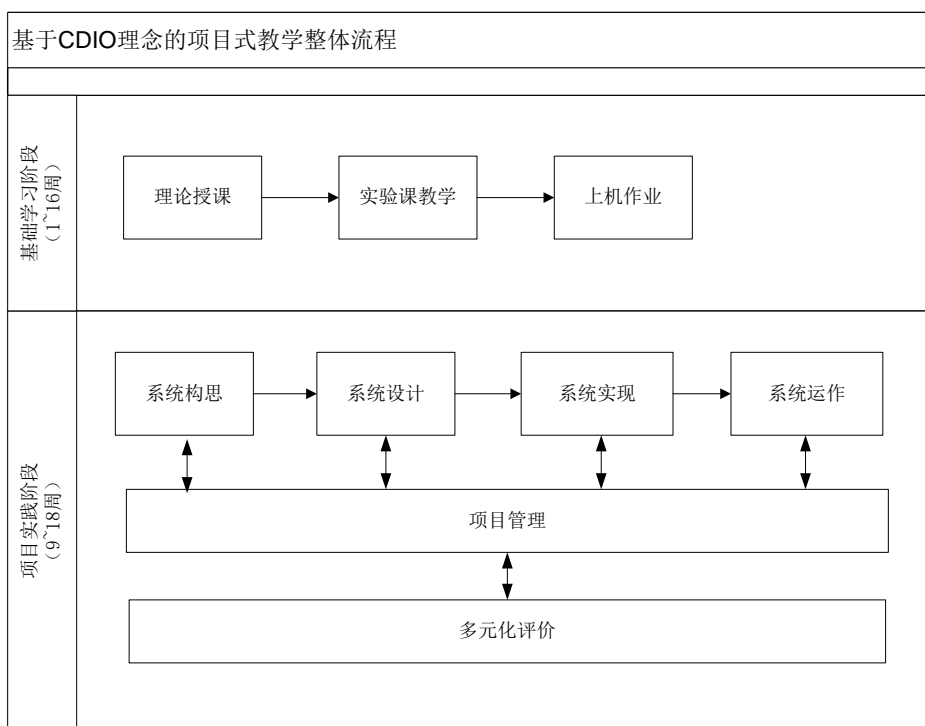


图 1 整体教学流程

表 1 项目实施计划

实施阶段	学生任务	项目报告	时间
系统构思	自身兴趣、能力的挖掘；选题；项目计划制定；需求分析。	-	第 9 周
系统设计	功能设计；任务分工。	开题报告	第 10 周
系统实现	软件开发；界面设计；功能测试。	中期报告	第 11-16 周
系统运作	展示开发成果。 撰写并提交最终报告。	结题报告	第 17-18 周

项目式教学的实施过程根据 CDIO 理念分为四个阶段：第一阶段是第 9 周，为系统构思阶段；第二阶段是第 10 周，为系统设计阶段；第三阶段从第 11 周到 16 周持续 6 周时间，为系统实施阶段；第四阶段是第 17 至 18 周，为系统运作阶段。教师在前三个阶段起到指导作用，在第四阶段参与项目答辩评分并给出相应的评价。各项目小组必须在第 10 周、第 14 周和第 18 周结束时分别提交开题报告、中期报告和结题报告。第 17 至 18 周各小组通过汇报、演示的方式展示最终开发成果，并获得项目成绩。四个阶段的具体过程说明如下：

系统构思阶段。各小组成员需要通过讨论、分析等方式明确各自的能力、兴趣方向，决定要开发的软

件类型和待实现的核心功能，制定项目计划，进行软件需求分析。

系统设计阶段。各小组成员根据软件需求进行功能设计，并在阶段结束时汇报准备情况，包括并不限于项目功能设计、分工、计划等内容，并提交开题报告。

系统实现阶段。各小组确定组内成员职责后，有序进行软件开发、界面设计和功能测试等工作。在本阶段中期，各小组以幻灯片形式汇报项目进展，提交中期报告，以展示该阶段的主要成果和需要解决的问题，进行查漏补缺。

系统运作阶段。在本阶段，各小组完成项目的开发，并围绕开发成果准备一份详细的结题报告和一份汇报幻灯片。在幻灯片中应充分展示项目的亮点、设计流程、开发过程、测试结果和运作情况，教师与其他项目小组成员对完成展示的小组进行打分和点评。

3. 4 多元化评价模式

根据 CDIO 大纲，我们采用多元化评价模式来评定学生在《C++面向对象程序设计》课程中的成绩。所谓多元化评价，就是通过改变传统闭卷考试的单一考核方式，通过如科研论文、研究报告、产品展示、汇报、答辩等多种方式来考察学生的学习效果^[4]。在本次教学实践中，我们采用了项目合作、产品展示、答辩等方式充分考察学生的学习效果。并在项目评分中，将学生作品集作为判断学生学习成绩的一个重要

标准^[5]。学生作品集 (student achievement portfolio) 即学生在学习期间积累的学习作品汇集^[6], 包括项目报告、作业成果、汇报幻灯片、学习心得等。它是考

察学生学习效果的一种良好方式。同时为规范打分过程, 方便记录和归档, 我们制订了如表 2-4 所示的考核记录表。

表 2 C++程序设计考核总表

C++程序设计考核总表					
学号	姓名	过程评分		答辩评分	
		教师评分	组内互评	教师评分	小组互评
		20%	20%	30%	30%

表 3 C++程序设计过程评分表

C++程序设计过程评分表							
项目名称:							
组号	组员姓名	任务完成 情况	项目管理 能力	沟通表达 能力	团队合作	工作态度	总分
		6	4	4	3	3	20

表 4 C++程序设计答辩评分表

C++程序设计答辩评分表						
项目名称:				答辩时间:		
组号	学生作品集	答辩表现	代码质量	系统演示	界面设计	总分
	15	6	4	3	2	30

《C++面向对象程序设计》整个课程的总成绩由项目成绩 (60%)、上机考试 (30%)、平时上机实验及考勤 (10%) 三个部分组成。学生的项目成绩由过程分 (40%) 和答辩分 (60%) 组成, 参评人员由教师和全体学生组成。在过程评分中, 评分人根据项目成员的任务完成情况、项目管理能力、沟通表达能力、团队合作、工作态度等打分项来进行打分, 其中教师评分由教师个人评定分数, 组内互评的分数取组员打分的平均分。教师评分和组内互评各占项目成绩的20%。在答辩时以小组为单位, 评分人根据学生作品集、答辩表现、代码质量、系统演示、界面设计等打分项来进行打分, 教师评分和小组互评各占项目成绩的30%。

3.5 实践效果与分析

在实施项目式教学之前, 教师在《C++面向对象程序设计》课程中以传统的教学方式来进行授课, 学生的常规练习模式单一, 通常是在限定时间内完成基于课程知识的编程题, 而期末大作业一般也是由教师指定内容, 学生独立完成小规模编程项目的开发。对学生来说, 主要是提升编程能力, 既没有团队协作,

也没有职业技能的培养, 因此能学习到的知识有限, 普遍学习兴趣也不高。

实施基于CDIO理念的项目式教学, 对学生来说, 要较好地完成整个项目, 在过程中不仅要应用工程基础知识, 还需要一定的职业技能、创新实践能力和团队协作能力等综合能力。首先, 在项目开发过程中, 项目小组成员特别是组长, 需要对项目设计、项目管理方法有所了解, 并将管理方法运用于软件开发项目的管理上。其次, 项目成员进行软件的设计、开发和测试, 需要逐步提升编程能力、网页设计能力和软件测试能力。第三, 在项目汇报环节, 可以很好地培养学生的文档制作能力及语言表达能力。此外, 项目的顺利推进离不开团队成员间的通力合作。整个项目过程的设计旨在全方位提升学生的综合能力。

在本课程中, 教师不再仅仅通过笔试成绩来检验学习效果, 而是根据CDIO大纲要求, 通过多元化评价模式来评定学生成绩。对项目的评分包括了过程打分和答辩打分, 教师和学生共同组成评分人, 按照相应评分标准进行打分。这要求教师更关注学生的日常学习和项目实施过程。而对学生来说, 他们需通力合作

以保证项目进度；合理的过程评分又避免了部分学生“蒙混过关”的可能性。此外，学生同样拥有给其他项目组 and 组内其他成员评分的权利，这在一定程度上可以弥补教师打分的主观性。

在这次教学实践中，学生的学习意愿、创新能力和综合素质都得到了提高，他们的表现是超出预期效果的。首先学生们顺利完成了项目的开发，项目成果丰富、质量较高，大大提高了运用理论知识解决实际问题的能力。其次，学生们通过几次项目汇报，提升了项目总结能力和语言表达能力。第三，采用多元化评价模式来评定学生的成绩，帮助学生更好地完成CDIO大纲要求，培养工程系统能力。第四，在自主完成项目的过程中，学生发掘了自身的兴趣点，提升了对软件开发、界面设计和项目管理等方面的兴趣，更加明确了专业方向。此外，学生们通过团队合作解决问题、完成项目，增强了团队合作意识。

根据我们的统计，以传统方式授课的某班30名学生其平均到课率为79.2%。而同一课程实施了项目式教学的班级27名学生的平均到课率达到90.3%。这表明在新的教学模式下，学生们更愿意到课学习。

根据后续了解，实施了项目式教学的该班级有9位学生在课程项目成果的基础上，进一步参加软件开发类竞赛，获得了1项智能制造大赛全国大奖和3项校级科技作品奖励，这说明学生们在创新能力和实践能力上也得到了提升。此外，我们还对该课程的教学效果进行了调查。课程结束后，我们邀请所有参加教学实践的学生填写调查问卷，结果如图2所示。

	同意	不同意	不确定
在《C++面向对象程序设计》课程中，相较传统教学方式，你更认可CDIO模式。	88.9%	3.7%	7.4%
参加本课程后，你的个人能力、人际团队能力以及工程系统能力得到了提高。	92.6%	3.7%	3.7%
参加本课程后，你更愿意从事软件创新与开发。	81.5%	3.7%	14.8%
你认为CDIO模式应该推广到其他计算机相关课程。	81.5%	7.4%	11.1%

图 2 问卷调查结果

根据问卷调查结果，在《C++面向对象程序设计》课程中，88.9%的学生认为相较传统教学方式，更认可CDIO模式。有92.6%的学生认为参加了本课程后，个

人能力、人际团队能力以及工程系统能力得到了一定程度的提高。此外，81.5%的学生认为参加本课程后，更有从事软件创新与开发的意愿。同样有81.5%的学生认为CDIO模式应该推广到其他计算机相关课程。这说明基于CDIO理念的项目式教学实践已初见成效，并得到了学生们的高度认可，这为进一步推进基于CDIO理念的计算机相关课程教学改革奠定了基础。

4 结束语

CDIO 大纲覆盖了一个现代工程师应具有的科学和技术知识、能力和素质要求。此外，就现代工程实践所需的个人能力、交际能力和系统构建能力作为学习目标而言，CDIO 大纲可用于定义预期结果^[7]，十分契合应用技术型大学培养高素质应用型人才的目标。实践证明，基于 CDIO 理念，对教学形式、内容和考核方式等方面都进行精心设计的项目式教学模式是可行的。它既符合学生现阶段的知识能力水平，又能够切实提高学生的学习兴趣和解决实际问题的能力，相较传统教学模式具有明显优点，也得到了大部分学生的认可，取得了显著的教学成效。

参考文献

- [1] Jason Powera, David Tannerb, Alan Ryanb, Brian Devitta. Developing CDIO Practitioners: A Systematic Approach to Standard 10 [J].Procedia Manufacturing, Volume 38, 2019:680-685
- [2] Widiyanti, Marsono. Project-Based Learning Based On Stem (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) To Develop The Skill Of Vocational High School Students[J].2020 The 4th International Conference On Vocational Education And Training, 123-124
- [3] [美]克劳雷 (Crawley, E)等. 重新认识工程教育: 国际 CDIO 培养模式与方法[M]. 顾佩华, 沈民奋, 陆小华, 译. 北京: 高等教育出版社, 2009, 4(46)
- [4] 白逸仙. 高水平工科类行业特色高校实施 STEM 教育改革面临的问题与对策[J]. 高等教育研究, 2020, 41(10): 63-70.
- [5] 赵炬明. 什么是好的课程设计[J]. 高等教育研究, 2020, 41(9):84-87
- [6] 赵炬明. 关注学习效果: 美国大学课程教学评价方法述评——美国“以学生为中心”的本科教学改革研究之六[J]. 高等工程教育研究, 2019, (6):9-23
- [7] Eric Forcael, Gonzalo Garcés, Francisco Orozco. Relationship Between Professional Competencies Required by Engineering Students According to ABET and CDIO and Teaching-Learning Techniques[J]. IEEE Transactions on Education, 2021: 1-10