

基于软件工程全流程的项目驱动式课程实验教学*

韩万江 张笑燕 陈珑峥 韩卓言 韩韧

北京邮电大学计算机学院（国家示范性软件学院），北京 100876

摘要 为培养高质量软件工程应用型人才，同时解决传统软件工程理论课程的枯燥讲授问题，论文提出以实践为导向的 CDIO 教学模式，课程实验内容涵盖了软件开发、软件项目管理和软件过程改进的软件工程全流程知识应用。实验以科研项目为背景，基于项目案例、模板以及智能化工具完成项目开发交付。阐述了课程实验过程、实验内容和实验考核标准。结果表明，该教学模式调动了学生学习积极性、锻炼和提升学生对完整项目的实践能力以及解决复杂工程问题的能力，有效改进了课程的教学效果。

关键字 软件工程全流程，CDIO，软件工程课程实验，应用型人才培养，项目驱动

The Process of Software Engineering Course Experiment Based on Project-driven

Wanjiang Han Xiaoyan Zhang Longzheng Chen Zhuoyan Han Ren Han

School of Computer Science(National Pilot Software Engineering School),
Beijing University of Posts and Telecommunication, Beijing, China
hanwanjiang@bupt.edu.cn

Abstract—In order to cultivate high-quality applied talents of software engineering and solve the boring teaching problem of traditional software engineering theory courses, the paper proposes a practice-oriented CDIO teaching mode, and the experimental content of the course covers software development, software project management and software process reform and the application of software engineering whole process knowledge. The experiment takes the research project as the background, and completes the project development and delivery based on project cases, templates and intelligent tools. The course experiment process, experiment content and test standard are expounded. The results show that the teaching mode can arouse the students' learning enthusiasm, exercise and improve the students' practical ability of the complete project and the ability of solving complex engineering problems, and effectively improve the teaching effect of the course.

Keywords—Software engineering whole process, CDIO, Software engineering course experiment, applied talent training, project driven

1 引言

软件工程经过 50 余年的发展，已逐渐形成本学科的基础理论、工程方法与技术体系。近年来，随着我国软件人才的需求增长和软件工程领域的科学技术进步，软件工程专业及学科建设得到迅猛发展。SWEBOK V3 明确提出软件工程知识体系结构主要包括软件需求、软件设计、软件构造、软件测试、软件维护、软件配置管理、软件工程管理、软件工程模型与方法、软件工程过程、软件质量、软件工程经济学、软件工程职业实践、计算基础、工程基础、数学基础共 15 个知识领域，总共 102 个知识单元^[1]。

教育部于 2021 年底正式启动了计算机领域教育教学改革试点计划(101 计划)^[2]。“101 计划”针对 12 门计算机专业核心课程，组成顶尖师资团队，对课程

的内容、讲授方式、实践平台进行全面建设，引领带动高校计算机人才培养质量的整体提升，“101 计划”12 门课程中包括了“软件工程”课程。

“软件工程”是比较特殊的课程，既是一门课，又是一个专业，涵盖的知识太广，而且软件工程理论知识比较枯燥。因此，如何高效进行软件工程课程的教学是一直在探讨的课题，而解决这个问题的核心是如何提高课程实验教学质量，它是教学过程中的重要任务^[3]。

2023 年学校组织开展“优秀实验教学案例”建设项目，推进实验教学案例库的建设工作。“优秀实验教学案例”建设项目面向未来卓越工程师人才培养，依托学院实验平台建设，推动数字化实践教学改革。本实验是《软件工程》课程的实验内容，获得了学校优秀实验教学案例建设项目。

* 基金资助：本文得到北京邮电大学的支持。

2 课程实验内容与目的

2.1 软件工程课程介绍

软件工程课程是软件工程专业核心专业课程，而软件工程理论比较枯燥，如果不结合软件工程实践环节，单纯讲授软件工程理论是很低效的教学方式。本校软件工程专业的软件工程课程采用了CDIO“做中学”模式，实现项目驱动的教学模式，实验过程贯穿整个课程过程。课程是48学时/3学分，理论学时与实验学时各占一半，授课对象是大学本科三年级学生。CDIO项目驱动教学是一种以实践为导向的教学方法，旨在让学生在解决实际问题中学习软件工程理论和实践。CDIO是“Conceive(构思)、Design(设计)、Implement(实现)和Operate(操作)”的缩写，是由斯德哥尔摩皇家理工学院(KTH)首先提出的工程教育模型^[4]。

2.2 软件工程课程实验内容

软件工程课程实验项目属于科研转换类型，针对某科研项目“多源异构灾情管理系统(简称MSHD)”完成软件开发、软件项目管理、软件过程改进等软件工程全流程实践环节。学生参照课程提供的MSHD-1.0案例，结合智能化平台和AI技术，完成项目MSHD-2.0的需求分析、概要设计、详细设计、编码实现、系统测试、系统交付等软件开发任务，“软件项目需求过程”、“软件项目概要设计过程”、“软件项目详细设计过程”、“软件项目编码过程”、“软件项目测试过程”等过程改进任务、以及软件项目管理任务，实现全流程工程实践。

MSHD项目需要构建如图1所示的多源灾情数据管理服务系统，多源灾情数据通过接口输入到多源灾情数据管理服务系统平台，进行一体化编码；然后将编码后的数据输入到虚拟化管理系统。数据来源包括业务报送数据、泛在感知数据、舆情感知数据和承载体基础数据等，将来可以扩展更多数据来源。该系统依据数据的时效性进行数据存储，并且随着时间的延续，实现新数据存储旧数据淘汰；最后，当外界发出数据请求时，从管理系统中获取目标数据，并通过接口发送给请求方。系统对灾情数据进行全周期管理，实现必要的可视化管理。

本实验以团队形式完成上述系统的开发并部署运行，根据要求提交相关项目文档，同时提交实验过程中对于智能化工具(包括课程提供的平台以及ChatGPT等GAI工具)利用的评价报告。另外，团队可以根据各自情况，在完成基础需求的前提下，设定团队完成目标(可多可少)。

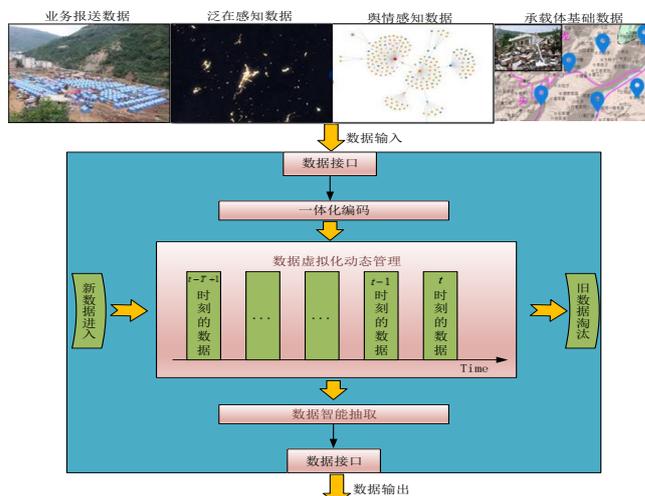


图1 实验项目

2.3 软件工程课程实验目的

课程实验实现了科教融合，结合软件工程理论，完成一个科研项目的软件开发、软件项目管理、软件过程改进的软件工程全流程实践。通过项目实践，使学生对软件工程全周期流程有更深入体会和认知，对软件工程知识体系有了更加完整的掌握。课程实验锻炼和提升学生对完整项目的实践能力，提升学生实际操作能力、团队合作能力和解决复杂工程问题能力。通过CDIO的做中学模式达到培养高质量应用型人才和卓越工程师人才的教学目的。

3 课程实验过程

实验教学案例是针对“多源异构灾情管理系统(简称MSHD)”科研项目的第2版(即MSHD-2.0),参照MSHD-1.0案例、采用多迭代的Scrum敏捷模型、根据实验平台提供的实验过程步骤、相关模板,完成软件开发、软件管理、软件过程改进的软件工程全流程,锻炼和提升学生对于项目的完整实践能力,使学生对软件开发流程有更深入的认识,达到高质量培养应用型人才的教学目的。在实验过程中,实验平台提供实验流程说明、文档生成等辅助工作。同时鼓励学生适当应用AI技术辅助,从而探讨智能化时代的软件工程,如何应对新技术的发展。教师借助实践平台可进行全流程控制。实验过程如图2所示,团队初步规划后,开始迭代式项目开发,最后提交可运行MSHD-2.0,完成验收答辩。在每个迭代开发的不同阶段,系统提示实验流程(即软件过程),学生参照案例学习进行本阶段任务,借助模板、平台、AI等辅助工具完成本阶段工作,最后根据本阶段实际工作流程,改进原有软件过程(无改进可忽略)^{[5][6]}。

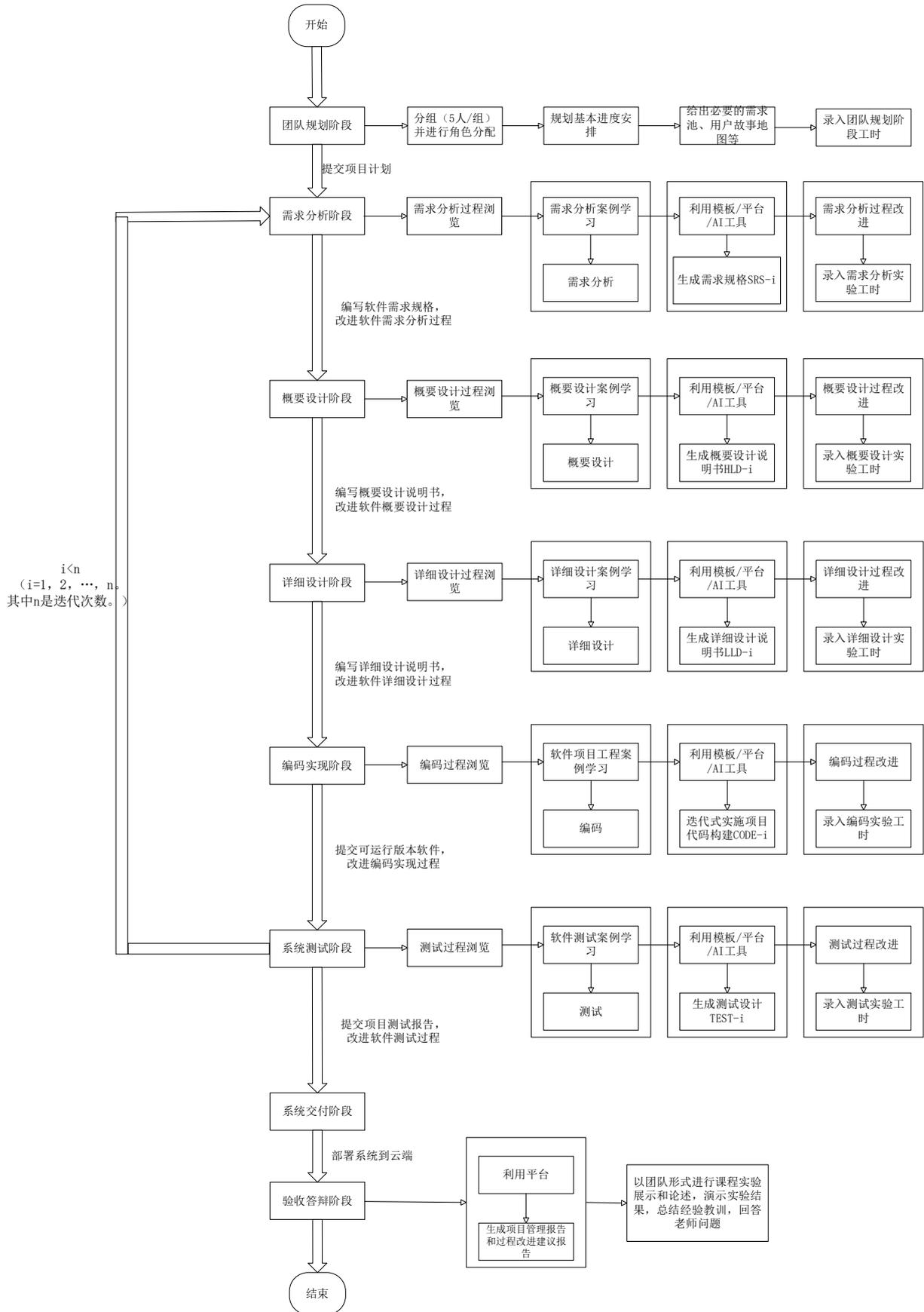


图 2 课程实验过程

实验流程具体如下：

(1) 团队规划阶段。课程实验要求以团队形式进行（5人/组），团队分工协作、角色分配、规划基本进度安排（迭代次数、时间盒等），给出必要的需求池（Backlog）、用户故事地图等。借助实验平台提交项目计划。老师评审通过后可以进入项目需求分析阶段，同时录入本阶段的工时，否则返回修改。

(2) 需求分析阶段。学生对项目需求进行获取、分析、建模、确认等步骤，根据平台提供的软件需求分析过程描述、软件需求规格案例和模板，可以利用智能平台或者AI工具，迭代式完成“软件需求规格”，根据团队执行情况，在平台上改进软件需求分析过程（如果无改进可以忽略）。老师评审通过后可以进入概要设计阶段，同时录入本阶段的工时，否则返回修改。

(3) 概要设计阶段。完成系统的架构设计、模块划分、数据结构设计、接口设计、界面设计等。根据平台提供的软件概要设计过程描述、软件概要设计案例和模板，可以利用智能平台或者AI工具，迭代式完成“概要设计说明书”。根据团队执行情况，在平台上改进软件概要设计过程（如果无改进可以忽略）。老师评审通过后可以进入“详细设计阶段”，同时录入本阶段的工时，否则返回修改。

(4) 详细设计阶段。根据概要设计进一步细化功能模块，完成程序设计、人机界面设计和过程设计等具体的实现细节。根据平台提供的软件详细设计案例和模板，可以利用智能平台或者AI工具，迭代式完成“详细设计说明书”。根据团队执行情况，在平台上改进软件详细设计过程（如果无改进可以忽略）。老师评审通过后可以进入“编码实现阶段”，同时录入本阶段的工时，否则返回修改。

(5) 编码实现阶段。依据详细设计，遵循规定的编码标准原则，采用Scrum敏捷开发方法进行项目编码实现。根据平台提供的软件编码实现过程描述、软件项目工程案例和模板，可以利用智能平台或者AI工具，迭代式实施项目代码构建，学生能够亲身体会敏捷开发的原则和实践，学会如何迭代开发、持续集成、及时反馈等敏捷开发的核心概念和技术，提高开发效率和质量。迭代式提交可运行版本软件。根据团队执行情况，在平台上改进软件编码实现过程（如果无改进可以忽略）。老师评审通过后可以进入软件测试阶段，同时录入本阶段的工时，否则返回修改。

(6) 系统测试阶段。完成系统编码实现后，对软件进行单元测试、接口测试、系统测试等。根据平台提供的软件测试过程描述、软件测试案例和模板，编写相关测试设计与测试结果，如果项目需要继续迭代，

则返回（2）。否则提交“项目测试报告”，根据团队执行情况，在平台上改进软件测试过程（如果无改进可以忽略）。老师评审通过，则进入系统交付阶段，同时录入本阶段的工时，否则返回本环节。

(7) 系统交付阶段。将测试完成的系统，安装部署到云端，老师评审通过，则完成全部实践过程，同时录入本阶段的工时，否则返回本环节。

(8) 验收答辩阶段。通过实验平台整理下载实验过程中形成的开发、过程改进、项目管理文档（平台根据实验过程，可以形成项目管理报告和过程改进建议报告），以团队形式进行课程实验展示和论述，演示实验结果，总结经验教训，回答老师问题。

4 课程实验结果

4.1 论文题目

课程实验的提交结果包括可运行软件以及相关文档，文档可以参照案例和模板，也可利用实验平台辅助文档生成，同时允许适当利用AI协助。提交实验结果如表1至表5所述。

- (1) 项目需求规格说明（MSHD-SRS-Ti: Ti表示第i团队）如表1所示。

表 1 项目需求规格说明

1. 引言
1.1 编写目的
1.2 项目范围
2. 项目介绍
2.1 项目背景
2.2 项目目标
3. 应用环境
3.1 系统运行部署环境
3.2 系统软硬件环境
4. 功能和性能规格
4.1 系统角色(Actor)
4.2 系统用例图(Use Case)
4.3 用户故事分解过程
4.4 非功能性需求
5. 用户管理 Story 描述
.....
10. 非功能性需求Story 描述
10.1 易用性Story
10.2 响应时间Story
10.3 可靠性Story
10.4 可扩展性Story
10.5 系统安全性Story

(2) 概要设计报告 (MSHD-HLD-Ti) 如表2所示。

表 2 概要设计报告

1 引言
1.1 目的
1.2 范围
1.3 版更新信息
2 项目设计原则简介
3 系统部署设计
4 架构设计
5 功能模块设计
6 数据库设计
6.1 数据库逻辑结构
6.2 物理结构设计
7 接口设计
7.1 内部接口
7.2 外部接口
8 界面设计

(3) 详细设计报告 (MSHD-LLD-Ti) 如表3所示。

表 3 详细设计报告

1. 引言
1.1 目的
1.2 范围
1.3 版本更新信息
2 详细设计简述
3 接口设计
3.1 内部接口
3.2 外部接口
4. 用户管理模块详细设计
4.1 用户登录详细设计
4.2 账号注册功能详细设计
5. 数据输入模块详细设计
5.1 数据输入参数设置
5.2 Json数据输入接口
5.3 XML数据输入接口
6. 一体化编码模块详细设计
6.1 震情信息编码
6.2 灾情信息编码
7. 数据管理模块详细设计
7.1 数据动态管理
7.2 数据可视化
8. 数据输出请求模块详细设计
9. 灾情数据备份模块详细设计
10. 烈度预测模块详细设计

(4) 可运行软件 (给出云部署URL), 软件工程文件(MSHD-Project-Ti), 代码说明文档(MSHD-CODE-Ti)。代码说明文档如表4所示。

表 4 代码说明文档

1. 代码规范说明
2. 开发过程
2.1 基础架构设施
2.2 开发环境建立
2.3 开发过程
3 详细设计到软件代码
3.1 用户登录详细设计
3.2 用户注册详细设计
4. TDD & Refactor 开发模式
4.1 基本震情模块 TDD & Refactor
4.1.1 单元测试用例
4.1.2 单元代码
4.1.2 代码质量-清洁度
.....
4.n 数据输出模块 TDD & Refactor
4.n.1 单元测试用例
4.n.2 单元代码
4.n.3 代码质量-清洁度

(5) 系统测试报告(MSHD-TEST-Ti), 如表5所示。

表 5 系统测试报告

1. 引言
1.1 编写目的
1.2 项目范围
1.3 版本更新信息
2. 测试项目介绍
2.1 项目介绍
2.2 测试环境
2.3 测试模型
3. 单元测试
4. 接口测试
5. UI 测试
6. 探索性测试
7. 性能测试
8. 测试结论
8.1 测试用例执行结论
8.2 测试问题统计分析
8.3 测试结论和建议

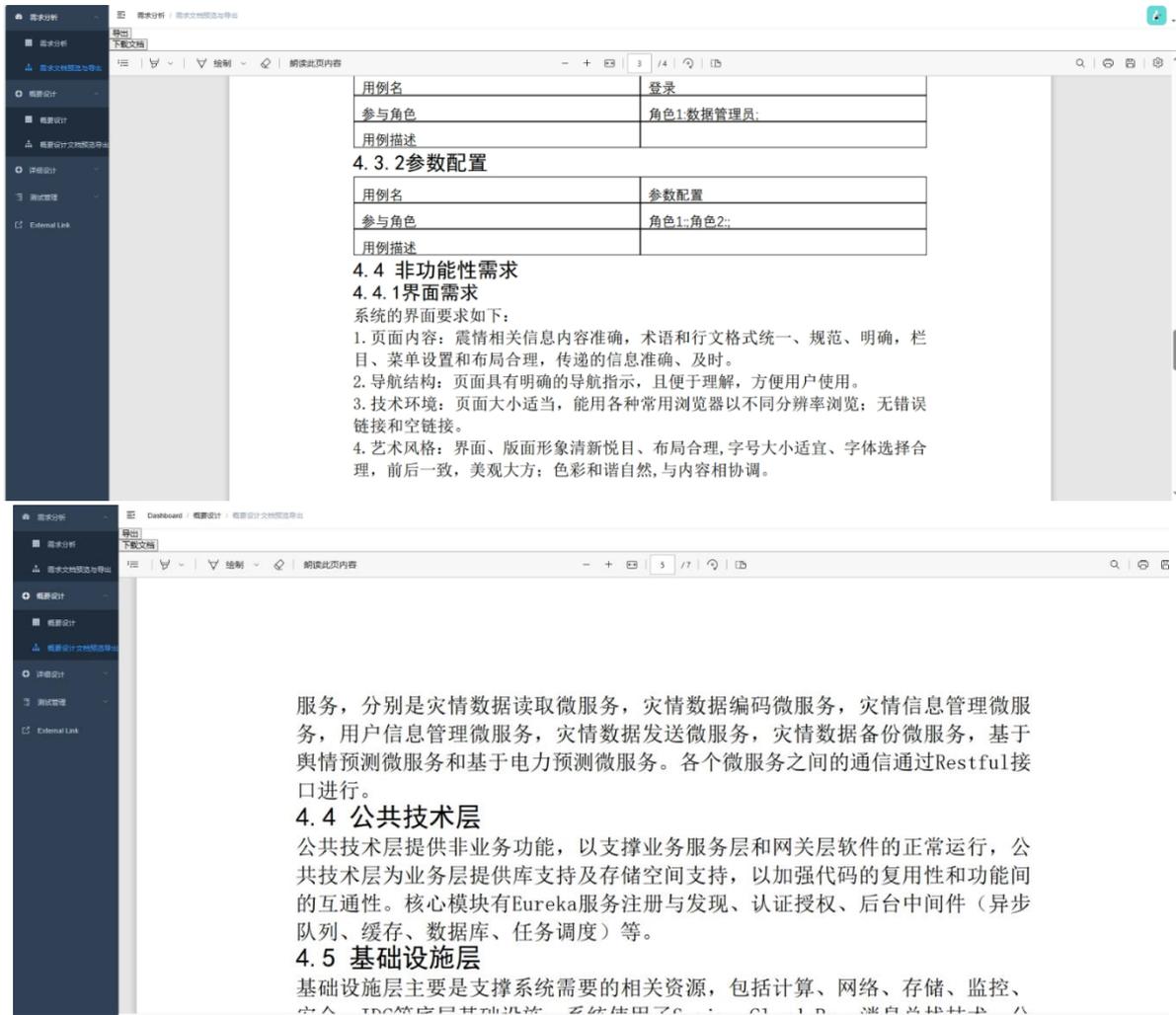


图 3 实验平台辅助实验文档生成

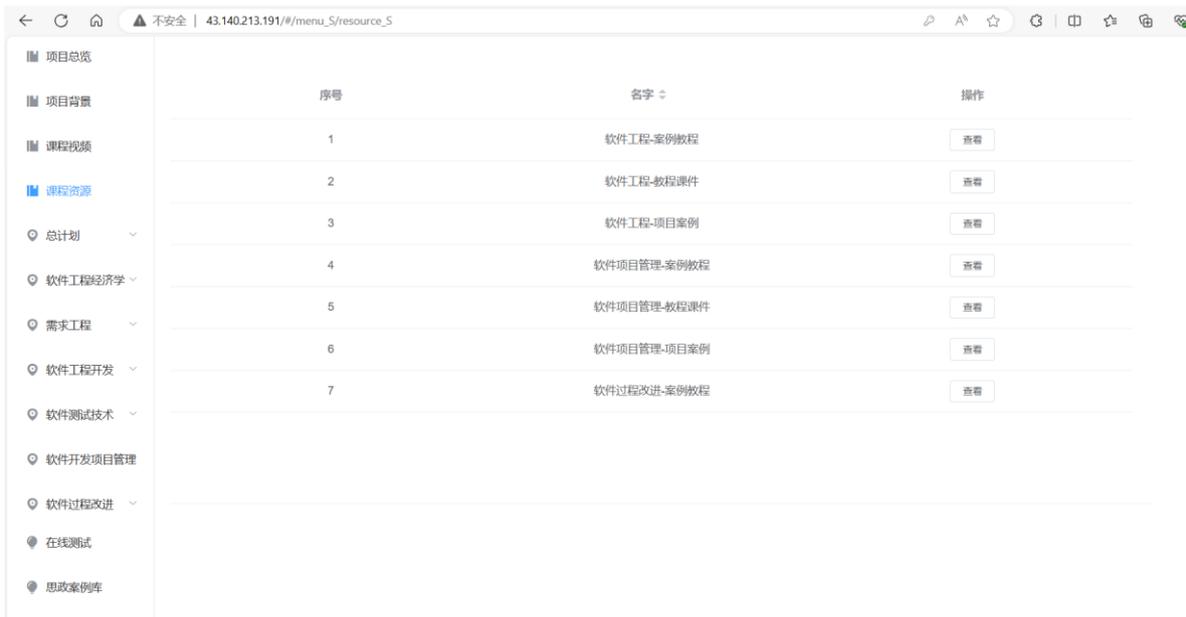


图 4 课程群资源共享平台

(1) 总结AI技术的辅助效果(MSHD-AIGCReport-Ti)。

另外，课程实验平台可以辅助生成需求规格、概要设计、详细设计、测试报告等文档，如图3所示，通过智能化工具助力课程实验。

4.2 课程群课程资源共享建设

软件工程专业课程群课程资源共享建设是基于课程群共享平台实现软件工程专业课程群课程资源的共享共用、协同教学、减少内容冗余。同时也保持教学内容的一致性和连贯性，如图4所示。

5 课程实验考核和效果

5.1 课程实验考核方法

实验考核采用了综合的评价方式，包括项目管理部分(占15%)、软件开发部分(占80%)和软件过程改进部分(占5%)，如图5所示。其中，项目管理部分考核团队协作情况、计划情况和工时跟踪情况。软件开

发是考核的重点，针对实践项目的需求分析结果、概要设计结果、详细设计结果、实现代码和运行结果、系统测试结果、部署运行结果等进行综合评价。软件过程改进主要考核对每个开发过程的改进建议。每个部分又通过实验过程考核和实验结果考核实现，过程考核通过3次迭代后的迭代评审实现，结果考核是通过最后的验收答辩和提交实验结果实现^{[7][8]}。

教师通过实验平台可以查看到所有小组提交的实验结果、下载每个小组提交的实验报告或代码，授课老师和专家对学生的实验进行打分和点评。每个提交结果都进行量化评价，验收答辩增加了小组互评环节。实验平台有可视化的进度条展示当前的实验进展情况、同时清晰标注每阶段的成绩。在进度条下方，学生可以点击实验环节名字，查看实践的详细信息。详细信息包括该实践的计划开始时间、计划结束时间、实际开始时间、实际结束时间，以及完成该实验的学生和所用的工时。最后通过雷达图等给出最后的实验过程评价，如图6所示。

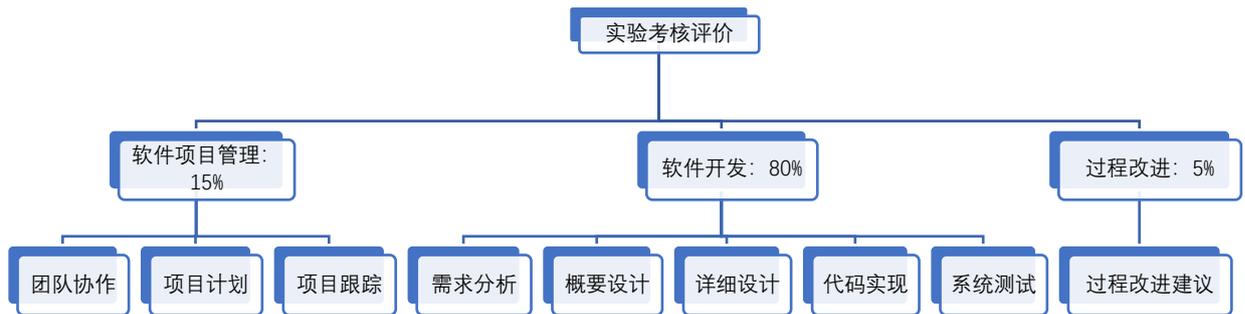


图 5 实验考核评价



图 6 实验平台的可视化评价

5.2 课程实验应用效果

通过软件工程课程实验, 学生实践能力有明显提升, 逐步具备了解决复杂工程的能力, 能够适应软件企业的人才需求, 深受软件企业用人单位的欢迎。结果显示, 学生对以实践为导向的 CDIO 教学模式非常积极和乐于参与。相比传统的枯燥讲授, 学生在实践中更加主动、积极, 并对软件工程的学习产生了浓厚的兴趣。学生的综合能力和解决问题的能力显著提高, 项目成果也表现出色。因此, 该教学模式在软件工程理论课程中得到了成功应用, 并且对学生的学习效果产生了显著影响。同时, 教学团队编写的《软件工程案例教程 第4版》教材在国内有众多高校采用, 也间接的推广了本课程实验。

6 结束语

本文通过软件工程课程实验介绍了一种以实践为导向的CDIO教学模式, 旨在解决传统软件工程理论课程的枯燥讲授问题。通过将学习内容与实际科研项目结合, 使学生在实践中学习软件工程理论。本文详细阐述了课程实践过程、实验内容和实践考核标准, 以及教学的效果。课程实验通过项目驱动模式覆盖了软

件工程全周期的理论知识, 课程实验具有一定的特色化或创新性。对于改进传统软件工程理论课程教学方法具有重要的启示作用。

参考文献

- [1] SWEBOK3.0, IEEE Computer Society, 2014.
- [2] 李晓明. 关于101计划中课堂观察活动的意义, 2022未来计划机教育峰会 (FCES2020), 2022. 7. 23.
- [3] 李英玲, 等. 智能化软件工程全过程量化管理的实验教学探索与实践[J]. 高等工程教育研究. 2023(01): 67-72.
- [4] 韩万江. CDIO理念在项目管理课程中的应用. 计算机教育, (11):78-81, 2010-08- 31.
- [5] 韩万江, 姜立新. 软件工程案例教程. 4版. 北京: 机械工业出版社, 2023. 6.
- [6] 韩万江, 姜立新. 软件项目管理案例教程. 4版. 北京: 机械工业出版社, 2019. 6.
- [7] 韩万江, 等. Research and Practice of Cooperative Teaching System for Software Engineering Major[J]. 计算机教育, 2020. 12.
- [8] 韩万江. 软件工程实践类人才培养模式的探索[J]. 计算机工程与科学, (S1):66-69 2011, 20 12-03- 19.