

基于 OBE 的《系统工程》课程项目驱动教学模式研究

吴小东,陈剑诗,黄永生
(广东石油化工学院,广东茂名 525000)

[摘要]《系统工程》课程的项目驱动教学有利于培养学生综合能力和激发学生学习积极性。基于 OBE 提出《系统工程》课程的项目驱动教学模式;设计多种技术性和非技术性能力作为教学目标;基于翻转课堂,提出系统工程方法及其应用建模的教学项目编制方法,在课前利用教学项目引导学生自学并开展背景性考核,在课中利用教学项目实施生生、师生研讨并开展过程性考核;基于 CDIO,提出系统建模实践教学项目的编制方法,在各种系统工程方法教学完成后利用专题教学项目开展专题性系统建模实训,在开学学期内利用综合性项目开展复杂系统建模实训,在实训中开展形成性和终结性考核。实践表明,教学模式能有效提高学生的系统建模实践能力、学习主动性、学习能力和团队协作能力。

[关键词]《系统工程》;项目驱动教学;OBE;系统建模;综合能力培养

[中图分类号] G642.0; N945; G642.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2096-711X(2026)08-0186-04

doi:10.3969/j.issn.2096-711X.2026.08.061

[本刊网址] <http://www.hbxb.net>

系统工程学科把所研究的问题、对象看作系统,研究系统设计与组织管理的技术,是一门应用性很强的学科。应用系统工程知识解决实际问题的关键在于系统建模,基于模型求解结果制定问题解决方​​案。系统工程是系统科学与工程、工业工程、物流工程、交通工程、自动化等专业的专业基础课,课程教学应该面向培养综合性的系统建模能力,传统系统工程教学难以培养学生的综合能力和激发学生学习积极性。

一、问题提出

(一) 系统工程课程传统教学存在的问题

传统系统工程教学存在以下具体问题:(1)重理论教学、轻实践教学,学生利用系统建模解决实际问题的能力难以真正得到培养;(2)主要以“理论讲授、应用演示”方式开展教学,学生学习兴趣低、主动性低;(3)考核方式单一,采用解答题测试、简单套用理论方法解决简单虚拟问题,难以考核学生的系统建模实践能力;(4)学生的系统思维、自学与发现问题、团队协作、写作能力等非技术能力,在教学过程中不注重培养,也得不到考核。

(二) 系统工程课程的 OBE、项目驱动教学研究的不足之处

成果导向教育(Outcome-based Education, OBE)是能力导向、目标导向教育,其核心理念是“产出导向、学生中心、持续改进”。项目驱动教学将教学内容重新整合成教学项目,以学生为中心,利用教学项目引导学生围绕问题解决进行“做中学”主动学习。因此,系统工程课程的 OBE、项目驱动教学可以克服传统教学存在的问题。

彭月平等面向军事院校的系统工程课程,基于 OBE 提出四阶段教学体系:目标建立—教学实施—跟踪与考核—调整

与优化。马赞等面向航空行业,基于 OBE 提出系统工程开展课程思政、理论与实践结合、跟踪前沿技术、实施混合式教学。

张英芝等从宏观层面分析项目驱动教学应用于系统工程课程培养“系统思维、问题意识和分层解决能力”,魏龙生等基于 CDIO 的 4 个阶段(构思、设计、实施和运行)开展系统工程的项目导向教学。郑煜等提出基于逆向设计的系统工程项目式教学模式,把教学目标设计为核心目标、二级目标和三级目标 3 类目标,设计了项目式教学的课前、课中和课后教学活动,提出了主观效果评价和客观效果评价 2 种课程考核方式。

上述研究的不足之处:(1)分别研究了基于 OBE、项目驱动的系统工程课程教学改革,没有研究基于 OBE 和项目驱动的系统工程课程教学改革;(2)基于 OBE 的系统工程课程教学改革研究,还没有真正把系统建模能力作为核心学习成果;(3)系统工程项目驱动教学,对于教学项目设计,尚未系统性深入细化研究。

二、基于 OBE 的系统工程课程项目驱动教学模式框架

针对系统工程课程传统教学存在的问题,以及系统工程课程 OBE、项目驱动教学研究的不足之处,有必要进一步研究基于 OBE 和项目驱动教学的教学模式,从而提高学生学习积极性和培养综合性建模能力:面向 OBE 的预期学习成果实施项目驱动教学,有助于达成预期学习成果;基于 OBE 实施项目驱动教学可以保证项目驱动教学是面向能力和目标导向的。

OBE 导向的课程教学设计原则为:课程教学目标的设计必须支撑毕业要求指标点达成,教学内容必须支撑课程教学目标达成,教学方式要适用于教学内容,教学评价要面向教学目标。

收稿日期:2025-10-24

基金项目:本文系广东省本科高校教学质量与教学改革工程建设项目“基于 CDIO 实施多课程融合和项目驱动培养系统建模能力的系统工程教学改革研究——以工业工程专业为例”(项目编号:粤教高函[2024]9号-846)、广东省教育科学规划课题(高等教育专项)“专业认证视角下 AI 与专业深度融合的课程体系建设方法及应用研究——以工业工程专业为例”(项目编号:2024GXJK565)的阶段性研究成果。

作者简介:吴小东(1982—),男,广东韶关人,广东石油化工学院讲师,主要从事系统优化与决策研究。

基于 OBE 导向的教学设计原则,本文从 4 个方面提出系统工程课程的项目驱动教学模式框架:(1) 基于 OBE 和 CDIO,设计多种系统建模技术性和非技术性能力导向的课程教学目标;(2) 面向综合能力培养,提出翻转课堂理念下理论教学的教考一体化项目编制方法,提出面向 CDIO 实践教学的教学考一体化项目编制方法;(3) 基于编制的教学项目,提出基于翻转课堂的项目驱动理论教学实施方法,基于 CDIO 的项目驱动实践教学实施方法,在每个教学环节培养教学目标中的若干能力;(4) 面向达成综合能力的教学目标,设计与教学实施方法各环节相对应的项目驱动考核方式。

三、培养综合建模能力的系统工程课程教学目标设置

基于 OBE 理念中教学目标支撑毕业要求指标点的原则,在深入细化分析毕业要求指标点的基础上,设置七大能力作为系统工程课程的具体教学目标。

系统思维能力:具有问题意识,具有目标导向进行全局优化的系统思维。

系统模型建立能力:能够规范性分析所研究的问题,选择恰当的系统模型和建模方法,建立契合实际问题的系统模型,具有系统建模的创新思维、科学性和艺术性意识。

系统模型求解算法设计与编程实现能力:能够设计模型的求解方法,能够利用经典的计算机程序设计语言编写实现求解方法的计算机程序。

问题解决方案设计能力:能够根据模型求解结果制定问题解决方案,能够综合评价解决方案的实施效果,根据实施效果修正和完善解决方案。

自学能力:会检索、甄别、整理文献和资料,并提取重点和创新信息,具有自学能力。

团队协作能力:了解系统建模团队形成的步骤和工作过程,能够有效组建团队,根据成员强弱项合理分配工作;团队成员之间能够有效交流、协作,能够激励、认可、指导他人;能够有效执行和调整团队的项目建模工作进度安排;能够代表团队对外交流和汇报团队工作成果。

写作能力:具有良好和有效的书面表达能力,能够绘制论文的图形、图表。

上述能力目标涉及面广,既强调培养技术性能力,又注重提升非技术性能力,而且深入细化具有可操作性,克服了传统的教学目标存在的单一、片面、含糊性不明确、可执行性差等问题。

四、面向综合性能力培养的系统工程课程教学项目编制方法

本着 OBE 理念中教学内容支撑教学目标的原则,面向七大能力培养,提出教学与考核一体化的教学项目编制方法。

(一) 理论教学与考核项目编制方法

翻转课堂让学生在课前学习各种学习资源、完成思考题和测试题掌握基础知识,在课堂实施实践、讨论等高阶学习活动实现知识内化,该教学模式适用于项目驱动的理论教学。

面向翻转课堂理念下的理论教学,编制教学项目用于各种系统工程方法的学生课前自学和课堂教授,编制方法与步骤如下:(1) 确定系统工程课程的教学内容,面向具体专业领域(也即专业课程)的系统预测、系统优化、系统模拟、系统评价、系统决策等系统建模问题,选择经典系统工程方法为教

学内容;(2) 收集案例编制教学项目,面向各种系统工程方法,基于产教融合收集企业真实案例的数据和资料,或者改编学科竞赛题、往届毕业论文(设计)为案例,每个案例用于编制一个教学项目;(3) 介绍每个教学项目的系统建模问题,分析教学项目所研究的问题,介绍其系统建模所涉及的专业课程知识,介绍其系统建模的目标、问题解决的可控与不可控因素;(4) 对于每个教学项目,面向其问题解决所用到的系统工程方法,设计学习目标和系列进阶性学习任务(思考题),用于启发引导学生自学系统工程方法的基本概念、原理、方法和系统建模分析计算过程;(5) 编制教学项目所研究问题的详细系统建模过程和系统建模方法,用于学生课前自学和课堂研讨,完整的建模过程包括系统分析、模型建立、模型求解,系统建模方法包括机理建模法、实验建模法、统计分析建模法、类比建模法;(6) 在每个教学项目中,设计系统工程方法、系统建模过程和系统建模方法的作业题;(7) 基于建模分析,设计各个教学项目所研究问题的解决方案及其系列思考题,启发学生学习如何将系统模型求解结果转化为问题解决方案。

(二) 实践教学与考核项目编制方法

用于实践教学与考核的项目分为 2 类:一是专题项目,指利用单一系统工程方法解决简单问题的教学项目。例如:流水生产线平衡设计,仅用到系统优化的整数线性规划方法,此类项目用于各种系统工程方法的专题建模训练。二是综合项目,指综合利用多种系统工程方法解决复杂问题的教学项目,此类项目用于综合性建模训练。例如:制造设施布置设计,需要综合利用系统优化的整数非线性规划方法、系统评价的权重计算方法和评价指标综合集成方法。

CDIO 代表构思(Conceive)、设计(Design)、实现(Implement)和运作(Operate),CDIO 教学模式是以产品生命周期为载体、通过项目实践培养学生综合能力的教学模式,尤其适用于实践教学。

基于 CDIO 的实践教学与考核项目的编制方法与步骤如下:(1) 提取专业领域中需要利用(单一、多种)系统工程方法进行系统建模解决的实际问题;(2) 基于 CDIO 的构思,面向建模构思训练,给出拟研究问题的描述,给出问题研究需要实现的目标,说明各项目研究的问题属于哪些具体专业领域,引导学生查找和阅读专业领域知识,设计思考题启发学生思考解决问题的技术路线;(3) 基于 CDIO 的设计,面向模型建立训练,分解各项目研究的复杂问题,设计若干用于启发学生思考系统建模要用到哪些系统工程方法和采用哪些建模方法;(4) 基于 CDIO 的实现,面向模型求解训练,对于制造业问题,给出所研究问题的数据、资料,对于服务业问题,给出实地考察收集资料与数据的方法和步骤,给出问题与模型求解的精确性要求,给出选用模型求解方法的启发性思考题;(5) 基于 CDIO 的运行,面向问题解决方案制定训练,给出问题解决方案的设计要求及其实施的内外环境。

五、培养综合性能力的项目驱动教考一体化实施方法

(一) 基于翻转课堂的项目驱动教考一体化理论教学

1. 在课前利用教学项目引导学生自学系统工程方法及其应用建模

其方法和步骤如下:(1) 在各种系统工程方法教学前,布

置学生阅读理论教学的教学项目案例问题和学习任务(思考题);(2)每个学生在项目所研究问题及其进阶性思考题的启发引导下,利用课件、教材、智慧教学平台的知识图谱、网络资源(SPOC和MOOC网络课程、论文数据库等)、软件、实验室等学习资源,个人在课前自学解决项目问题的系统工程方法及其在系统建模中的应用(系统分析、模型建立、模型求解和问题解决方案设计);(3)3至5人组成学习小组,进行研讨式学习和相互答疑解惑,解决个人无法学懂的知识点,并思考如何提出有别于学习资源的系统建模过程和方法;(4)每个学生完成智慧教学平台中的测试题、绘制思维导图,撰写学习笔记本记录个人学习过程中遇到的问题及其解决方法与过程以及有别于学习资源的学习见解。

本项教学旨在培养学生的自学能力和团队协作能力。考核方法上,任课教师评阅学生的上述学习成果,分析学生完成学习任务的情况,实施背景性考核,测评学生掌握系统工程方法及其应用建模的程度,评定成绩,背景性考核成绩占课程考核成绩的20%。考核结果用于学情分析,为课堂上的翻转课堂教学提供信息。

2. 在课堂中利用教学项目采用翻转课堂教授各种系统工程方法和建模过程

其方法和步骤如下:(1)阅读分析学生的自学成果(学生提交的测试题、思维导图和学习笔记),归纳整理学生课前自学系统工程方法及其应用建模遇到的疑难问题,利用专题教学项目;(2)顺着学生带着学习疑问和解决(项目所研究)问题的听课心态、思路,在课堂中确定难点、重点内容,选择一两个教学项目,有针对性地讲解系统工程方法、示范性讲解如何利用系统工程方法进行建模解决问题;(3)教师示范性讲授系统建模之后,针对未讲解的教学项目,引导学生以小组形式研讨项目问题的系统建模过程,研讨方式包括小组内讨论和组间质询,让学生在发言、相互倾听和质疑甚至争论中进行思维碰撞,深化对系统工程方法及其应用建模的理解;(4)教师时刻观察学生的研讨情况并对学生研讨给予引导、提问学生回答问题,点评学生研讨和解答他们遇到的问题;(5)学生在课程结束后,进一步修正、完善课前绘制的思维导图和撰写的学习笔记,实现知识内化。

本项教学旨在培养学生的系统思维、系统模型建立、算法设计与编程、问题解决方案设计、自学、团队协作等能力。考核方法上,任课教师观测学生在课堂中的师生、生生交流讨论,实施过程性考核,评定成绩,过程性考核成绩占课程考核成绩的20%。考核结果,用于实时动态性调整教学,使得课堂教学更有针对性。

(二)基于CDIO的教考一体化项目驱动实践教学

1. 基于CDIO的项目驱动实践教学实施办法

系统建模实践教学有2类:(1)综合性系统建模训练教学,开课伊始,给学生布置综合性建模训练项目,要求学生组建团队在本学期内,综合利用多种系统工程方法,逐步完成系统建模解决项目所研究的复杂问题,教师和企业人员在整个实训过程中给予指导;(2)专题性系统建模训练教学,每一种系统工程方法讲授完毕,布置利用该种系统工程方法建模的专项训练教学项目,学生以个人形式完成系统建模解决项目所研究的简单问题。

两类实践教学的实施方法和过程基本一致,以下为具体实施方法和步骤及其相应培养的能力:

(1)组建团队:①教师阐述项目内容、建模要求以及有效组织团队的方法与注意点;②学生理解项目后,自行组建团队,专题训练项目的团队人数为2人,综合训练项目的团队人数为4至6人。此阶段旨在培养学生的自学、团队协作能力。

(2)基于CDIO的构思(C),开展系统分析实训:①认识所研究问题并确定系统建模目标,识别影响目标的可控性和不可控因素;②查阅问题的领域知识,团队各成员补充项目所需的专业问题领域知识;③识别问题/对象的内部要素及其相互关系,并用概念模型表达出来;④针对所研究问题确定系统建模过程中各个步骤的具体工作,制定建模的工作计划。此阶段旨在培养学生的系统思维、自学、写作、团队协作等能力。

(3)基于CDIO的设计(D),开展系统模型构建实训:①针对具体问题查阅系统模型知识、模型求解方法,确定系统建模的模型类别并选择系统建模方法;②建立系统模型。此阶段旨在培养学生的系统模型建立、团队协作能力。

(4)基于CDIO的实现(I),开展系统模型求解实训:①获取模型的各参数数据;②设计模型求解方法并利用计算机程序设计语言或商业软件实现求解方法;③测试和验证模型求解结果,分析结果的有效性、局限性;④若系统模型不符合实际问题,给出模型及其求解方法的修正方案。此阶段旨在培养学生的算法设计与编程、自学、团队协作、写作等能力。

(5)基于CDIO的运行(O),开展问题解决方案设计及其运行分析实训:①基于模型求解结果,制定所研究问题的解决方案,预测或模拟出方案的效果;②设计方案运行的组织架构,撰写如何向用户解释和阐述方案的文档;③方案若被采用实施,分析其运行效果并在此基础上进一步改进方案。此阶段旨在培养学生的问题解决方案设计、系统模型建立、算法设计与编程、自学、团队协作、写作等能力。

2. 项目实践教学的考核方式

专题性建模实训考核和综合性实训考核分别占考核总成绩的40%、20%,两类实训考核都实施形成性考核和终结性考核,专题性、综合性实训的两类考核都占本项实训考核成绩的50%。

建模实训的形成性考核,测评学生系统建模实践过程以及其中体现的系统建模综合能力,考核人员为教师和企业人员,方法如下:(1)教师和企业人员评阅学生系统建模全过程的详细资料,评定成绩,该成绩占形成性考核的40%;(2)学生团队汇报建模过程、论文成果(每个专题实训随机抽取25%的团队汇报,复杂实训所有团队汇报),反思在系统建模各个阶段存在的不足并提出改进方法,回答教师、企业人员和团队外其他同学的提问,教师、企业人员和团队外其他同学(组间互评)根据汇报和回答问题情况评定成绩,学生互评占形成性考核的30%、教师互评(含企业人员)成绩占形成性考核的30%。考核结果,用于启发学生思考学习过程和巩固所学知识及其应用能力。学生组间互评也是一种重要的学习手段,教师阅读分析、归纳整理学生互评情况,反馈于后续阶段的教学。

复杂建模实训的终结性考核,采用以下方法测评学生最

终学习结果:(1)教师阅读学生论文评定论文成绩,该成绩占终结性考核成绩的70%;(2)企业人员评价论文所提出的问题解决方

六、结语

基于 OBE 的系统工程课程项目驱动教学模式,具有如下特点:(1)以培养多种技术性和非技术性能力为教学目标;(2)项目源自于专业领域的实际问题,并且根据教学目标设计教学项目;(3)问题解决导向的教与学,学习任务驱动学生主动学习;(4)“做中学,学中做”实现理论教学与实践教学深度融合;(5)教学与考核相融合;(6)把学生学习效果测评和师生互动反馈于教学,教师精准施教。

教学实践表明,教学模式具有如下成效:(1)学生学习系统工程的兴趣、积极性和主动性得到提高;(2)学生灵活利用系统工程方法进行系统建模解决专业领域问题的技术性能力得到提高,部分学生参加学科竞赛获奖;(3)学生自学与发现问题、团队协作、沟通交流等非技术性能力得到提高;(4)学生提高了后续专业课程的学习兴趣。

教学模式具有可复制性。对于其他以建模能力培养为教学目标的课程,例如,机器学习类课程、数学建模、统计学类课程、数学优化类课程等,教学模式具有参考、推广价值。

参考文献:

- [1] 钱学森,许国志,王寿云. 组织管理的技术——系统工程[J]. 上海理工大学学报,2011,33(6):520-525.
- [2] 彭月平,李乐,张杰,等. 基于 OBE 理念的系统工程课程教学模式改革与实践[J]. 高教学刊,2023,9(18):24-27.
- [3] 马赞,田毅. 基于 OBE 的“系统工程原理及应用”课程教学改革及实践[J]. 教育教学论坛,2024(38):61-64.
- [4] 宋栓军,孟浚易,刘文慧,等. 系统工程课程教学改革的措施[J]. 西部素质教育,2020(1):175-176,178.
- [5] 张英芝,郑玉彬,包昊菁. 基于系统工程课程的项目驱动教学模式探究及应用[J]. 教育教学论坛,2019(39):176-177.
- [6] 魏龙生,王新梅,刘玮. CDIO 模式在系统工程概论教学中的应用研究[J]. 湖北成人教育学院学报,2017,23(3):31-34.
- [7] 郑煜,高岩,顾长贵,等. 基于逆向设计的系统工程导论课程项目式教学模式分析[J]. 集成电路应用,2024,41(12):424-429.
- [8] 李志义,王泽武. 成果导向的课程教学设计[J]. 高教发展与评估,2021,37(3):91-98,113.

Project-driven Teaching for “System Engineering” Course Based on OBE

WU Xiao-dong, CHEN Jian-shi, HUANG Yong-sheng

(Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming Guangdong 525000, China)

Abstract: Teaching mode based on OBE and project-driven is useful for training comprehensive abilities and stimulating learning interest. Project-driven teaching for “Systems Engineering” course is proposed based on OBE. Multiple technical and nontechnical abilities are set as teaching objectives of “Systems Engineering” course. To teach system engineering method and its application, a teaching project development method is proposed based on flipped classroom; before class, teaching projects are used to guide students to self-study and conduct background assessments; during class, teaching projects are used to implement student-student and teacher-student discussions and conduct process assessments. A method for developing practical teaching projects for system modeling is proposed based on CDIO; after every system engineering method is taught, specialized system modeling training is carried out using thematic teaching projects; during the course semester, complex system modeling training is carried out using comprehensive projects; formative and summative assessments are conducted during the training. The practice shows that the teaching reform can effectively improve students’ learning initiative and capacity, system modeling practical capabilities and teamwork ability.

Key words: “System Engineering”; project-driven teaching; OBE; system modeling; training of comprehensive abilities

(责任编辑:章樊)