

《机械设计与 CAE》课程的数字化应用探索

陈安杰 黄立军 黄爱文
(杭州万向职业技术学院 浙江 杭州 310023)

摘要: 以三维 CAD、CAE、CAX 等技术为代表的数字化已日渐成为现代设计的核心技术,为使课程更加贴近企业应用型专业人才的需求,探索将三维建模与运动模拟实例融合到《机械设计与 CAE》课程中,形成新的教学方法和内容,帮助学生有效学习、提升建模能力,为其在今后实际工作中完成设计任务打下基础。

关键词: CAX 技术; 数字化; 应用型专业人才; 机械设计与 CAE

0 引言

《机械设计与 CAE》是机电一体化技术专业一门必修的技术基础课。本课程目的是培养学生初步建立与机械原理、机械设计相关的思想和理念,具有运用国家标准、行业标准,或机械设计手册查阅技术资料的能力,同时具备分析、比较常用机构的优缺点,并利用其特点设计简单机械传动装置,为将来从事与本专业相关的机械设计工作打下坚实的基础。

以 CAD、CAE、CAX 等三维技术为代表的数字化已日渐成为现代设计的核心技术,为使课程更加贴近企业应用型专业人才的需求^[1],因此提出将数字化设计融入本课程内容的教学中,引导学生借助 CAX 软件将自己的设计想法通过三维实体呈现、仿真分析等方式来促进学生不断探索、实践和创新,为其能迅速适应企业数字化设计的要求提前做好准备。

1 数字化应用探索的作用

1.1 促进课程的学习

学生在大一已经学习过《机械制图与 CAD》两个学期课程,主要重在培养学生的二维绘图能力,如果直接增加讲授三维 CAD 软件建模,可能效果不佳。在大二期间,将数字化设计融入本课程内容的教学,不仅帮助学生掌握扎实的三维 CAD 建模基础,而且通过 CAE 的虚拟仿真,使枯燥、静止的文字变成有趣、动态的三维动画虚拟仿真演示,降低了机械设计的理论难度,大幅提高了学生对相关数字化设计软件的学习兴趣,同时对《机械设计与 CAE》课程的学习起到了促进作用。

1.2 是“三创”教育的应有之意

学院在全人教育目标设置中明确要培养“创业的

人”,将创造、创业、创新的“三创”教育融入日常的课程教学中,而以 CAX 技术为代表的数字化融入,可以积极推动学生的工程实践和创新能力,具体表现在:利用 CAD 设计提升学生空间想象能力、设计能力和自主学习能力,利用 CAE 虚拟仿真技术激发学生不断探索和创新,培养学生使用新技术新手段解决实际问题的自主创新能力。

1.3 适应社会和就业的需要

对于任何从事机械设计相关的现代化企业而言,不断推广三维数字化设计和仿真技术的使用,尤其是 CAD 三维数字化设计和 CAE 仿真技术并行已成为产品研发的核心技术,这点可以从图 1 中的产品开发流程图可以看出^[2],CAD 设计和 CAE 虚拟仿真技术一直贯

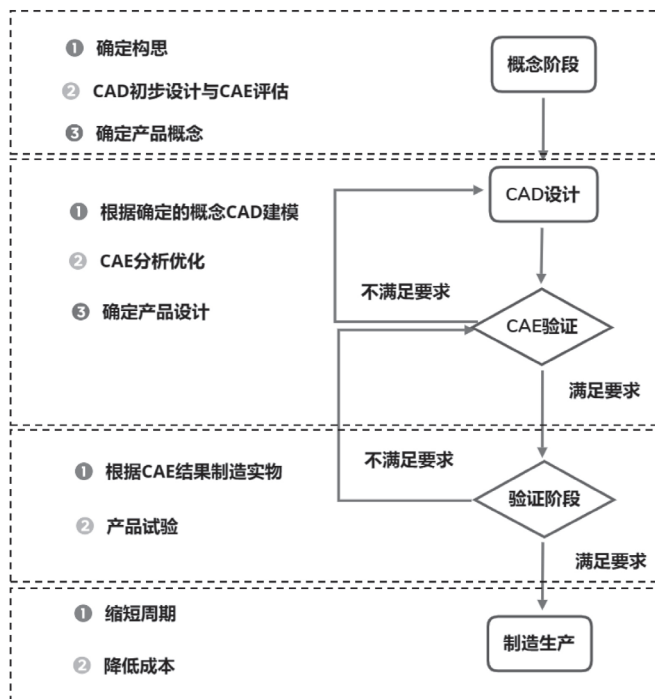


图 1 产品开发流程图

穿在产品开发的各个阶段之中，最后在实际产品验证阶段之前，还是要利用 CAE 技术进行虚拟仿真和验证，从而降低实际验证阶段的风险和成本。

因此将 CAD 三维数字化设计和 CAE 仿真技术融入到课程教学中，可以让学生参照企业的产品开发流程图实战操练，提高学生的就业竞争力，适应了社会和企业的需要。

3 数字化应用探索的实践

3.1 课程内容数字化改革思路

案例教学法是以案例为基础，通过工程案例传授实际经验的一种教学方法，通过一个一个鲜活的案例引发学生兴趣的同时也帮助学生积极主动的思考和创造。在进行教学设计时，探索基于数字化的案例教学方法，以期达到良好的教学效果。

3.2 课程内容数字化教学设计

在上述的思路的指引下，对目前 48 个课时的教学进行合理分配，32 课时进行理论教学，16 课时结合工程案例对数字化设计进行讲授，二者交替进行，理论教学讲授与机械原理、机械设计相关的思想，而结合案例数字化教学目的是使学生提早适应企业数字化设计的要求^[3]。

其中，16 课时分配在常用的三大机构的运动仿真以及构件的强度分析。具体如图 2 所示的《机械设计与 CAE》数字化融入结构框图。主要教学学时安排和案例选择见表 1。

3.3 课程内容数字化教学实施

以连杆机构的三维 CAD 和 CAE 数字化融入案例为例来说明，采用 BOPPPS 教学模式来实施课堂教学。

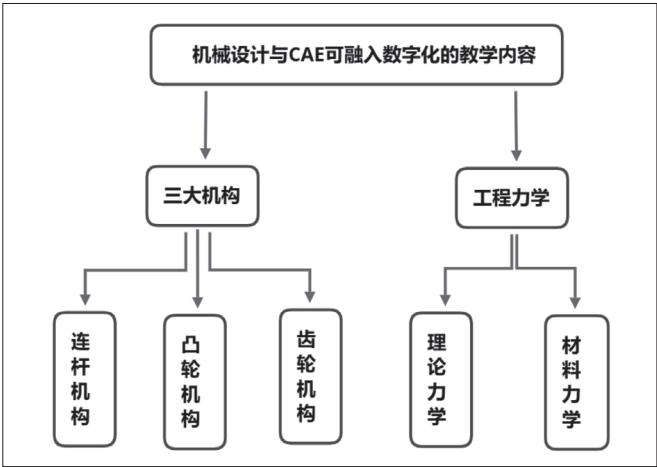


图 2 《机械设计与 CAE》数字化融入结构框图

BOPPPS 教学模式是一种以教育目标为导向，以学生为中心的新型教学模式。BOPPPS 的名称来源于英语单词在教学模式的六个教学环节中的初始组合，包括六个教学环节：课程导入、学习目标、前测、参与式学习、后测和总结。表 2 是具体的教学实施方案。

4 结语

探索将三维建模与运动模拟实例融合到《机械设计与 CAE》课程中，形成新的教学方法和内容，帮助学生有效学习、提升建模能力，同时使其掌握必要的 CAD 数字化设计和 CAE 仿真技术，其核心目标就是培养“创造的人”，为其在今后实际工作中完成设计任务打下基础。当然，本文提出的数字化应用探索在实施过程中，可能会涉及到人才培养方案、教材编写、教学方法等多个方面的调整，需要教研室和相关部门协调配合，共同将其落地并在实践中不断地优化，直到

表 1 《机械设计与 CAE》理论教学和 CAX 数字化融入案例选择

理论教学内容	知识要点	三维 CAD 和 CAE 数字化融入案例
连杆机构 (6 学时)	①连杆机构演化形式 ②连杆机构的判别 ③曲柄滑块机构的设计	①四杆机构的三维参数化建模及运动仿真 ②发动机活塞 - 曲轴机构的设计 (3 学时)
凸轮机构 (4 学时)	①凸轮机构的运动规律分析 ②凸轮轮廓曲线的设计	①凸轮机构的三维参数化建模及运动仿真 ②发动机进气排气机构凸轮轮廓曲线设计 (3 学时)
齿轮机构 (8 学时)	①渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸 ②齿轮传动的啮合原理 ③齿轮传动的设计与校核	①齿轮机构的三维建模及运动仿真 ②一级齿轮减速器的设计 (3 学时)
运动学分析 (4 学时)	①曲柄滑块机构的运动学参数相关曲线; ②凸轮机构从动件的运动学参数相关曲线;	①发动机活塞 - 曲轴机构的运动分析 ②发动机进气排气机构的运动分析 (2 学时)
动力学分析 (4 学时)	①机构中运动副的约束反力的确定及计算	①牛头刨床机构运动副约束反力分析 (2 学时)
强度分析 (6 学时)	①杆件的轴向拉伸与压缩、平面弯曲 ②齿轮的齿面接触疲劳强度和齿根弯曲疲劳强度	①发动机活塞 - 曲轴机构零件的强度分析 ②悬臂梁的弯曲变形分析 ③一级齿轮减速器的齿轮的强度分析 (3 学时)

表 2 连杆机构的三维 CAD 和 CAE 数字化融入案例教案设计单

课程名称	连杆机构的三维 CAD 和 CAE 数字化融入案例教学			
学习目标	①使学生用 CAD 软件参数化建模创建铰链四杆机构模型; ②使学生能会判别铰链四杆机构的类型; ③使学生能设计发动机活塞 - 曲轴机构并仿真分析			
教学环节	时间	教学者活动	学员活动	教材设备
课程导入	3min	由汽车的发动机, 也就是内燃机中, 发动机活塞 - 曲轴机构把直线的往复运动转化为整周回转运动的机构—曲柄滑块机构引出机构的前身—铰链四杆机构	观看并思考发动机的活塞 - 曲轴机构工作原理	PPT 发动机的工作原理视频、动画
学习目标	2min	PPT 展示并口述	观看并认真聆听	PPT
前测	10min	提问回答法: ①发动机的活塞 - 曲轴机构的工作原理; ②铰链四杆机构还有哪些类型?	思考回答	PPT
参与式学习	40min	①互动讲解: 判别铰链四杆机构的类型; ②老师在三维设计软件 UG 中示范并互动: 利用 UG 参数化建模生成铰链四杆机构的三维模型, 设置连杆, 机架以及驱动件后并进行虚拟仿真; 调整杆长的参数观察曲柄 (即整周回转件) 的变化, 从而得出判别铰链四杆机构的类型的方法: 最长杆和最短杆之和不大于其余两杆之和, 并且机架和连架杆中必有一个最短杆, 选择不同的杆长为机架曲柄的个数会发生变化;	①学生听讲并跟着老师在 UG 中一起建立四杆机构的三维模型并仿真; ②修改数模中杆长的参数, 验证铰链四杆机构类型的判别方法;	PPT 机房安装有三维软件如 UG
教学环节	时间	教学者活动	学员活动	教材设备
续: 参与式学习	25min	③老师在三维设计软件 UG 中示范并互动: 在 UG 建立发动机活塞 - 曲轴机构模型, 确定运动构件, 添加运动副的类型和驱动件, 再进行仿真, 并呼应前测中的问题和讲解其工作原理;	③学生听讲并跟着老师在 UG 中一起建立发动机的活塞 - 曲轴机构的三维模型, 到装配设计, 运动分析, 以及仿真;	PPT 机房安装有三维软件如 UG
后测	35min	①课堂练习 (借助蓝墨云班课或微助教平台进行全员检测): 根据 PPT 所示的四杆长度以及机架位置判断四杆的类型; ②发出实操指令: 根据发动机的活塞 - 曲轴机构活塞的行程设计曲轴、连杆的长度, 并建模、装配及仿真验证并提交所有的数据;	①思考后并回答 ②实操: 发动机的活塞 - 曲轴机构的设计	PPT 机房安装有三维软件如 UG
总结	5min	铰链四杆机构的类型的方法: 杆长加机架位置; 布置课后作业: 利用图解法设计曲柄滑块机构	完成课后作业	PPT

形成一套成熟的课程体系。

参考文献:

[1] 张珂. 机械设计基础课程数字化设计能力培养的教学改革思考和探讨 [C]. Proceedings of 2014 2nd International Conference on Psychology, 2014.
[2] 刘鸿莉, 吕海霞, 刘军, 等. CAE 仿真技术在本科机械基础专业课教学中的应用 [J]. 机械设计与制造工程, 2017, 46 (6): 120-122.
[3] 张毅杰, 孔令琼, 施杰, 等. SolidWorks 在机械设

计基础课程体系中的应用研究 [J]. 云南农业大学学报 (社会科学版), 2014, 8 (1): 67-71.

作者简介: 陈安杰 (1983.10-), 男, 汉族, 安徽桐城人, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 智能制造、机械优化设计; 黄立军 (1970.07-), 男, 汉族, 浙江诸暨人, 硕士研究生, 讲师 / 工程师, 研究方向: 数控机床、电气控制; 黄爱文 (1971.09-), 女, 汉族, 浙江慈溪人, 硕士研究生, 讲师, 研究方向: 三维数字化创新设计、机械设计及有限元分析。