

“中国制造 2025”视域下 机械制图“三位一体化”教学改革研究^①

解继红, 杜勇, 曲晓华

晋中学院 机械学院, 山西 晋中 030619

摘要: 面向制造业信息化人才培养的需求, 以传统机械制图为理论基础、二维绘图工具、三维建模为载体进行“三位一体化”融合构建完整的知识体系, 形成“二维——三维”的融合思想, 实现知识与能力的相融并进。通过“课内+课外”、“线上+线下”、“理论+实践”的教学设计进行“三位一体化”教学改革实践, 激发学生的学习兴趣, 为后续课程奠定了良好的技术基础, 培养了学生的创新实践能力。

关键词: 机械制图; 三位一体化; 教学改革; 融合

中图分类号: G42

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2019)08-0139-05

“中国制造 2025”要求中国制造转型升级要以加快新一代信息技术与制造业深度融合为主线, 以智能制造为突破口和主攻方向, 驱动信息技术与制造技术深度融合, 技术之间的融合将颠覆制造业的原有知识结构, 这就要求工科院校重构课程体系^[1-2]。

随着机械、电子、自动化、物联网与云计算等多种技术的深度融合, 工科院校必须进行跨学科课程体系的构建。世界著名工科院校在“工业 4.0”背景下, 逐渐摒弃工程教育传统狭隘的知识结构内涵, 如麻省理工学院建立了“大工程观”的改革理念, 提出了知识的完整性和系统性^[3]。国内工科院校以“中国制造 2025”为指导方针建立了与之契合的课程体系, 如长安大学提出“强化专业基础课程, 重视专业创新课程和信息化课程的建设”, 建立以工业化和数字化为标志的课程体系^[2]。

机械制图课程是工科院校机械类专业的重要专业技术基础课程, 重构工科院校课程体系需以机械制图课程为起点, 顺应跨学科课程体系的构建潮流, 为培养“中国制造 2025”所需的先进制造人才奠定坚实的专业基础。

在“大工程观”的教育理念指导下, 以信息技术与制造技术深度融合为主线, 将传统机械制图与计算机二维绘图、三维建模进行融合, 构建了机械制图“三位一体化”教学新体系。

1 机械制图“三位一体化”教学改革的理念与思想

1.1 “三位一体化”形成完整的知识体系

随着制造业信息化技术的发展, 机械制图课程已在传统的画法几何与机械制图基础上, 逐渐加入了计算机二维绘图、计算机三维建模, 但三者之间是相互独立的“1+1+1”模式。这种“1+1+1”模式下课程内

^① 收稿日期: 2018-06-19

基金项目: 山西省高等学校教学改革创新项目(20171113)。

作者简介: 解继红(1979-), 女, 副教授, 博士研究生, 主要从事机械 CAD/CAM 与农业机械化的研究。

容之间是碎片化的,不能形成系统化的知识.

国内外学者就传统机械制图与计算机二维绘图、三维建模的融合进行了很多研究探索.研究表明:
① 机械制图基础是制定、约束和强化机械工程图样的制图规则;② 二维工程图在生产实践中有不可替代的作用;③ 手工绘图是计算机二维绘图的基础^[4-5];④ 三维图学来自于二维图学,是工程图学的延伸^[6].

因此,将传统机械制图与二维绘图、三维建模进行“三位一体化”教学改革,可以打破课程之间的壁垒,实现制图基本理论、二维绘图技能、三维设计知识体系的完整化和系统化.

1.2 “基础+工具+载体”的深度融合

传统机械制图为理论基础,二维绘图为工具,三维建模为载体全贯穿,进行“三位一体化”深度融合.

传统机械制图指导二维、三维 CAD 软件的使用:其一,机械制图国家标准关于图纸幅面、格式、标题栏、字体、图线、尺寸注法的规定是 AutoCAD 中线型、字体、图层、标注样式设置的依据,指导机械图样模版的制作;其二,绘图工具的使用和几何作图是二维、三维 CAD 草图工具使用的基础;其三,机件的表达方法、标准件与常用件、零件图与装配图的理论规范二维、三维软件生成的工程图样.

计算机二维绘图是手工绘图的替代品,应用二维 CAD 软件替代繁重的手工绘图,是实践机械制图理论知识的工具.

三维建模为载体贯穿整个制图基本理论教学,不仅仅是使用三维模型来替代实物模型,形象地展示零部件,而是将三维建模的操作性演示与机械制图基本理论相结合.例如:一是通过三维建模过程展示基本体、立体表面交线、组合体的形成,帮助掌握其三视图的绘制;二是利用三维草图中完全定义草图、不完全定义草图、过定义草图帮助理解机械制图中平面图形的尺寸标注的完整性;三是 Solidworks 中 Toolbox 的使用强化标准件、常用件的概念;四是通过装配体模型的干涉检查和仿真运动能够帮助理解零部件之间的装配关系,强化工程图的合理表达.

1.3 “二维——三维”思想的融合

工程图学课程体系隐含着两大基本内涵:一是“语言性”,二是“思维性”.“思维性”即通过变换图与图之间的关系来沟通问题与结果的图示图解的一种思维特征^[7].站在“思维性”的角度来考虑机械制图“三位一体化”教学,其目标是建立“二维——三维”思想的融合,三维构形是基于二维草图生成三维立体,因此“二维——三维”思想的融合尤其重要.

如表 1 所示,将三维构形思想与组合体的形体分析法对应,挖掘立体构形特点与投影的对应关系^[8],将组合体的形成、三视图的绘制及尺寸标注融会贯通,不仅辅助完成了三视图的绘制,而且建立从二维图形构形三维模型和从三维模型转换成二维图形的思想,完成“二维——三维”思想的融合.

1.4 实现知识与能力的相融并进

耶鲁大学校长雷文指出,通过基础性的研究创造,绝不是大学为社会做出的唯一重要贡献,通过对学生能力的培养使其将来更好地为社会服务,是与学术研究同等重要的贡献^[9].机械制图作为工科类学生的第一门技术性专业基础课程,不仅要为后续专业课程奠定专业知识基础,而且承担着对学生能力的培养.

“三位一体化”教学在学习机械制图理论的同时合理结合 AutoCAD 二维绘图软件的使用,以机械图样模板制作、手柄图样、轴承座三视图、零件工程图、装配工程图作为任务驱动,在讲授传统机械制图理论的基础上,使用 AutoCAD 软件完成任务,提高绘图技能,实现理论知识与操作技能的融合.

“三位一体化”教学中将三维构形设计思想融入基本立体和组合体、典型零件、典型装配体各部分,通过操作性演示,使学生建立“二维——三维”的融合思想,培养其空间想象能力.

在机械制图测绘环节,将原来的手工绘图环节用计算机绘图环节取代,测绘过程改革为拆装——草图绘制——三维建模——二维工程图绘制,利用三维建模和装配仿真验证草图,并指导对草图进行修改,在验证、修改过程中提高学生的工程实践能力和创新能力^[10].

表 1 组合体的形成及三视图的绘制

草图	特征	三视图绘制	尺寸标注
		画底板主体：俯视图为特征视图，其它两视图表达拉伸高度。	定形尺寸 28、68、R8 标注俯视图上，其它视图只标注高度尺寸 6 (给定深度)。
		画底板上的孔：俯视图为特征视图。	在俯视图上标注孔的定形尺寸 $\phi 8$ 和定位尺寸 50 和 20。
		画底板上的槽：主视图为特征视图	主视图上标注定形尺寸 30 和 2。
		画圆筒：主视图为特征视图，左、俯视图表达拉伸长度。	主视图上标注定形尺寸 $\phi 28$ 、 $\phi 18$ ，定位尺寸 38，左视图上标注宽度方向定位尺寸 5 和定形尺寸 26 (26 是给定深度)。
		画支撑板：主视图为特征视图。	在左视图上标注拉伸宽度尺寸 6。
		画筋板：左视图为特征视图，其它两视图表达筋板厚度。	左视图上标注定形尺寸 10 和 15，主视图上标注筋板厚度 6。
		检查描深	检查总尺寸是否齐全

2 机械制图“三位一体化”教学体系构建

“三位一体化”教学改革的宗旨是将传统机械制图和二维 CAD、三维 CAD 有机融合，形成完整的知识体系，在学习理论知识的同时培养学生的实践创新能力。在教学内容上，分阶段递进式进行融合，例如，在国家标准有关《机械制图》的有关规定中可以进行 AutoCAD 模板的制作讲解，理论指导实践有助于学生对知识的理解和应用，实践中验证理论，激发学生的实践意识。

“三角板+黑板+挂图”或者“课件+黑板”的教学方法已经不能满足“三位一体化”教学内容的需求，势必会造成课时的增加，因此采用“课内+课外”、“线上+线下”^[11]、“理论+实践”相融合的教学设计，将教学内容延伸到课前、课堂和课后。例如表 1 组合体的形成及三视图的绘制部分，课前利用线上资源进行组合体建模操作演示，课内在该模型基础上引入形体分析法和构形分析，进行三视图的绘制和尺寸标注讲解，实践课内进行手工组合体三视图的绘制，课后要求应用 AutoCAD 进行三视图的绘制。

目前，笔者所在高校机械类学生机械制图课程按照教学计划分别安排在大一的第一、二两学期和大二第一学期，大一第一、二两学期分别是 48 课时，共 96 课时，大二第一学期是为一周的机械制图测绘。按照“三位一体化”教学改革思路，大一第一学期主要是在原有的教学内容中分阶段融合了二维、三维 CAD

软件的基本知识, 教学计划如表 2 所示.

表 2 “三位一体化”机械制图第一学期教学计划

教学内容	课时	融合内容	实践内容	课时
绪论 制图基本知识	4	Autocad 基本设置; Autocad 基本绘图命令;	AutoCAD 模版制作; 尺规绘制手柄; AutoCAD 绘制手柄;	6
投影法概念及点的投影	2			
基本立体的投影	2	Solidworks 简单特征;	基本立体的建模;	2
点、线、面的投影	8	Solidworks 曲面特征;		
立体表面交线	8	Solidworks 复杂特征;		
组合体	6	Autocad 三视图绘制;	尺规绘制绘制轴承座三视图; 轴承座的 Solidworks 三维模型; AutoCAD 绘制轴承座三视图	6
轴测图	2		徒手绘制轴承座轴测图;	2
合计	32			16

大一第二学期主要是在理论学习的基础上, 通过软件的使用提高操作技能. 在教学内容设计上改变原有的“零件——装配”这种“自下而上”的内容安排, 进行“装配体——零件——装配体”这样的内容安排, 充分利用线上、线下资源将机械制图知识与机械制造、机械原理、机械设计等内容充分结合, 例如在讲装配体内容时利用线下资源进行装配体拆装, 在讲授轴系零件时利用线上资源进行轴的加工演示, 其教学计划如表 3 所示.

机械制图测绘是在机械制图理论学习完成后的一个重要的实践教学环节, 该环节承前启后, 是对机械制图所学知识的综合应用和实践, 也是衔接后续专业课程的桥梁. 该环节将徒手绘图、三维建模、二维工程图集于一体, 对所学知识进行综合应用. 实施中以小组为单位进行, 强化团队合作, 共同完成一整套测绘任务. 以减速器为例, 小组由 5 人组成, 按照主动轴系、从动轴系、上箱体、下箱体、附件进行分工, 具体任务安排如表 4 所示.

表 3 “三位一体化”机械制图第二学期教学计划

教学内容	课时	融合内容	实践内容	课时
装配体拆装	4		装配示意图;	2
零件图 机件的图样画法	10		盘盖类零件的三维模型; AutoCAD 零件工程图;	4
标准件和常用件 机件的图样画法	8	Solidworks 中 ToolBox 的使用;	AutoCAD 绘制齿轮啮合工程图; Solidworks 生成螺纹连接件;	4
装配图	8	装配体建模; 装配体干涉检查和运动仿真;	装配体建模; AutoCAD 绘制装配图;	8
合计	30			18

表 4 “三位一体化”机械制图测绘教学计划

教学内容	具体任务	课时/天
装配体拆装	小组绘制装配体示意图一张;	0.5
零件测绘	分工完成零件草图绘制;	1
三维建模	分工完成相应的三维模型;	1
三维装配	合作进行装配, 修正零件模型和草图;	0.5
装配工程图	合作进行工程图绘制;	0.5
零件工程图	分工进行零件工程图绘制;	1
答辩	小组合作	0.5
合计		5

3 结 论

第一, 机械制图“三位一体化”教学内容的深入融合打破了原有的课程之间的界限, 更重要的是在知识

点上的连贯性和系统性,使得学生掌握的知识更加扎实.

第二,“课内+课外”、“线上+线下”、“理论+实践”的教学方法激发了学生的学习兴趣 and 探索欲望,同时也发现学生出现了两极分化的现象,一些学生无论是理论知识还是操作技能都有很大提升,一些学生则是对课后、线上内容置之不理,影响到了课内知识的掌握.针对此现象,后期还要加强对线上、课外及实践环节的管理.

第三,大一阶段掌握了二维、三维软件工具,为后续专业课程如机械优化设计、CAD/CAM的顺利进行奠定了基础.

第四,学科竞赛和课外实践活动成果显著.参加全国大学生“工程训练综合能力竞赛”、“全国大学生机械创新设计大赛”、“全国三维数字化创新设计大赛”等赛事的小组越来越多,大学生创新创业训练项目立项数目增加,而且参与的学生从原来的高年级段逐渐向低年级段过渡.

机械制图“三位一体化”教学改革只在机械设计制造及其自动化专业进行了尝试,取得了有益的效果,后续工作要在不同专业进行机械制图课程的整体改革,以适应“中国制造2025”所需的制造业信息化人才培养的需要.

参考文献:

- [1] 周银海. 高等教育如何适应“中国制造2025”[J]. 山东师范大学学报(人文社会科学版), 2015, 60(4): 119-124.
- [2] 吕春芬, 宋绪丁. 工业4.0时代的特征与高校课程体系改革研究[J]. 西安理学院学报(社会科学版), 2015, 18(5): 107-110.
- [3] 姜黎辉. “中国制造2025”发展战略背景下工科人才培养模式创新研究[J]. 科技创新与生产力, 2016(6): 1-5.
- [4] 杨放琼, 云忠. 工程图学系列课程二维——三维双向式创新教学新体系改革研究[J]. 长沙铁道学院学报(社会科学版), 2011, 12(3): 57-58.
- [5] 郭裴涛, 李路, 李晓奎, 等. 机械制图专业技能型教学方式的探索[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2016, 41(10): 163-167.
- [6] 尧燕. 依托三维工程图学培养学生设计创新能力的探索[J]. 图学学报, 2017, 38(1): 119-122.
- [7] 白柳. 三维构形与工程制图相融合的研究与教学实践[J]. 图学学报, 2015, 36(1): 117-121.
- [8] 续丹. “3D机械制图”教学中提高学生读图能力的实践与思考[J]. 图学学报, 2012, 33(6): 124-129, 97.
- [9] 骆华锋. “一体两翼”制图课程体系的研究与实践[J]. 图学学报, 2015, 36(4): 626-630.
- [10] 张伟华, 刘立平. 基于Solidworks三维建模的制图测绘教学改革探索[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2015, 32(1): 69-72.
- [11] 张宗波, 王珉, 吴宝贵, 等. “线上+线下融合式”工程图学课程建设与教学实践[J]. 图学学报, 2016, 37(5): 718-725.

On Three-Integration Teaching Reform in Mechanical Drawing Based on the Vision Made in China 2025

XIE Ji-hong, DU Yong, QU Xiao-hua

School of Mechanical Engineering, Jinzhong University, Jinzhong Shanxi 030619, China

Abstract: In order to meet the need of the manufacturing informatization talent, the conventional mechanical drawing, the 2D drawing and the 3D modeling are fused to construct the three-integration system. The integrated system uses the conventional mechanical drawing as the theoretical basis, adopts the 2D drawing as tool and makes 3D modeling as the carrier. And most importantly, the 2D-3D fusion mind is formed. So, the knowledge and ability are achieved simultaneously. The teaching design of in-class and out-class, online and offline, and theory and practice is adopt to realize the three-integration teaching reform. As a result, the reform stimulates student's interest, lays a technology foundation for later course, and trains the student's ability of innovation and practice.

Key words: mechanical drawing; three-integration; reform; fusion

责任编辑 汤振金