

新工科背景下《制图课程设计》实验教学改革研究

项 阳 朱希玲

上海工程技术大学机械与汽车工程学院 上海 201620

摘要: 本文阐述了在国家新工科建设背景下, 基于教育全过程控制和 OBE(Outcomes-based education)“以学生为中心”的教育理念, 运用线上线下混合教学方法, 探讨《制图课程设计》课程的教学改革路径、方法; 从教学内容, 教学模式, 教学手段, 教学评价等方面进行了教学改革的探索; 研发了一套新型《制图课程设计》实验教学系统, 从理论教学, 实践教学及考核评价三方面构建《制图课程设计》课程研究性教学全过程控制模式; 提高了学生学习的积极性, 培养和锻炼了学生沟通协作, 解决问题及实践创新的能力, 提升了课程的教学质量, 为机械专业《制图课程设计》实验教学提供参考。

关键词: 新工科 过程控制 线上线下 OBE

一、引言

新工科建设是应对新经济的挑战, 从服务国家战略、满足产业需求和面向未来发展的高度, 在“卓越工程师教育培养计划”(简称“卓越计划”)的基础上, 提出的一项持续深化工程教育改革的重大行动计划。新工科建设具有反映时代特征、内涵新且丰富、多学科交融、多主体参与、涉及面广等特点。

新工科建设要坚持问题导向, 做到六问: 问产业需求建专业, 问技术发展改内容, 问学校主体推改革, 问学生志趣变方法, 问内外资源创条件, 问国际前沿立标准。

新工科建设体系要体现“五个强化”: 第一是强化新工科人才质量的核心定位。第二是强化一流工科教育的评价导向。第三是强化服务国家战略和区域发展的责任担当。第四是要强化为国家和社会做贡献的价值追求。第五是强化面向未来和国际先进水平的目标引领。

在上述新工科建设的大背景下, 《制图课程设计》作为工科大学一年级学生学习“机械制图”后的实践教学课程的教学改革显得尤为重要。

二、传统制图课程设计教学的特点与现状

(一) 国内外同类实践教学建设情况

国外大学在制图课程设计课程中, 师生比少比较高, 老师可以项目为主线, 分小组讨论选题, 引导学生运用自学测绘基本知识, 然后将理论与实践动手能力相结合综合的培养在实际工程中的制图测绘的能力。这种教学模式能激发学生的兴趣, 既生动有趣, 又行之有效。

在国内, 过去很多高校对制图测绘课程重视不够, 安排的课时有限, 实验的条件有限, 所有的学生都是按照老师的要求统一做一组模型, 无法真正提高学生的实践动手能力和理论分析能力。

近十年来, 国内各高校已经意识的了实践课程的重要性, 利用先进的计算机技术开展慕课, 教学课件等多形式教

学思想、教学方法的研究, 但大多还是基于老师讲, 学生听, 动手实践和互动讨论分析少。

近年来在国家虚拟仿真实验室项目的推进下各高校开始研究利用 VR 和 AR 技术开发体验式的教学平台, 让学生在虚拟的环境中体验式的学习和实训。

(二) 本校制图课程设计教学现状:

1 综合性

多年来我校本课程一直采用的是最早制订的教学大纲, 测绘对象单一, 测绘方法相对比较落后, 无法跟上高新技术的发展对技术人员的测绘综合能力的要求。

2 设计性

由于课程改革, 专业课程增加, 基础课程只能缩减, 作为《制图课程设计》的前续课程《现代工程图学一》、《现代工程图学二》、《机械基础》等课时被大量压缩, 学生的空间分析能力较弱, 工程表达模型的能力欠缺, 无法独立完成一个相对较复杂零件的图样表达, 也不能完整、正确、清晰的对图样标注尺寸。所以, 我们在制图课程实践教学过程中, 只能降低学生的测绘能力要求, 很大程度上, 学生只是做一些抄画的工作, 自己根本没有主动去思考测绘对象如何去表达, 如何标注正确、完整和合理的尺寸, 这样的实践环节无法真正提高学生的实践动手能力。

3 创新性现状:

学生目前在进行《制图课程设计》这门实践课程的过程中没有任何创新性可言, 只是能按照老师固定的模型和图纸, 大概了解零部件的测绘的基本方法和工程图绘制, 基本不能具备独立解决零部件的测绘和正确选择合理的视图表达的能力。

三、教学改革的新思路和举措

(一) 新思路

结合新工科建设要坚持的六个问题导向, 《制图课程设计》这门实践课程提出以下六方面的新思路。

第一: 问产业需求建专业

结合我校的专业建设建立具有专业特色的测绘零部件库，也便适应不同专业学生的需求。

第二：问技术发展改内容

结合逆向工程技术、增材制造技术、智能制造技术和虚拟孪生等新技术的发展，创新性的介绍和增加相关的测绘新内容，例如结合逆向工程技术开展三维扫描仪的测绘实验课程；结合增材制造技术介绍3D打印技术和桌面级FDM型3D打印的设计实验课程；结合虚拟孪生技术开展测绘过程的仿真，有效控制学生测绘全流程考核。

第三：问学校主体推改革

结合我校目前从单纯教学和科研型向教学科研型的转变改革，在教学上尽量结合学科发展特色建立，为学生提供创新设计理念的培养和指导，鼓励学生自己组队提出创新设计的方案，在老师的指导下不仅能完成课程设计的基本要求，还能将课程设计转化成大学生创新项目，申请创新创业类的项目和比赛，真正做到学以致用，理论与实践相结合。

第四：问学生志趣变方法

21世纪的大学是在发达的信息网络技术中成长起来的一代新青年，他们思想活跃，个性分明，传统的以教授为主的教学方法必须结合网络技术，如线上线下混合教学，项目导向性和团队分组协作等多种新兴的教学方法相融合，才能将莘莘学子们吸引到课堂中来。

第五：问内外资源创条件

为有想法，能力强的学生联系企业合作完成实际的项目设计和加工，让学生提前接触企业的实际问题，推展思路，为学生的专业认知和未来的职业定位提供有力的帮助。

第六：问国际前沿立标准

结合专业认证，学习国际上工业发达国家的工科大学生的教育理念，以学生为本，结合我校的实际情况制定合适的教学内容和教学效果检验的标准，让我们的学生能更容易与国际接轨。

(二) 新举措

为了真正提高学生的实践动手能力，制图课程设计的整体要求进行改进。

第一：建立合理的制图课程设计所需要的测绘的基本理论知识体系软件平台

在此平台上学生可以预习、复习和自学基本的制图测绘的理论知识，并做相应的习题测试数据库，学生可以自行测试学习效果；老师可以利用此平台辅助教学和考试；

第二：利用AR和VR技术建立基本的测量方法和量具的使用规范平台

让所有的学生能在虚拟的环境中学习和训练正确的测量技术，这种教学形式大大提升了学生自主学习的主动性和积极性，并且可以真正提升学生的理论和实践相结合的能力，同时也能提升教学内容的多样性丰富学生的知识面。

第三：校企合作培养，提升学生的综合能力

直接深入到工厂或公司，进行实际的测绘工作鼓励学生参与和申请相关的一些科研项目，在实际项目中应用所学的知识解决问题。

第四：提升学生的科研创新能力

对于能组队申请相关科研课题的学生，在老师指导下继续参与实验室的建设，继续提升学生的科研管理和协作能力。

第五：组织教师编写相应的的制图课程设计教材

设计改进相关的实验内容和考核要求，提升教学质量。

第六：提供先进的增材加工方法实践能力

课程结束成绩优秀的队可以利用3D打印机加工测绘部件验证测绘和设计结果。

四、传统教育的目标导向性和现代教育的全过程控制

传统教育的目标导向性教学思想，主要关注教学的结果，少有关关注教学过程，针对制图课程设计而言，在此思想的指导下，教学的内容必须统一以便做成绩的评价。

(一) 现代教育的全过程控制

现代教育的全过程控制是指在对实践课程进行深入分析的基础上，贯彻OBE教育理念，构建“多层次，模块化”的实践教学全过程控制体系。实践教学过程模块化可以有效地解决由于实践课开放性的特点而导致的实践效果评价标准单一、实践教学模式缺乏创新等问题，使实践教学中各环节有机结合成一个整体，使学生得到综合训练，提高专业素养和创新能力。根据《制图课程设计》实践教学的特点、培养目标和毕业要求，构建测绘主题选择、测绘方案设计控制、测绘方案实施过程控制、测绘课程考核四大模块，这四个模块与实践教学目标的对应关系如表一所示，课程目标与毕业要求的对应关系如表二所示，课程目标与教学内容和教学方法及考核方法对应关系如表三所示。

表一 四个模块与实践教学目标的对应关系

模块	实践教学目标
测绘主题选择	目标1：培养学生科学思维方法，增强工程和创新意识。能运用工程基础的图学知识对机械工程问题进行恰当表述。
测绘方案设计控制	目标2：培养学生空间思维及解决空间几何问题的能力。能够应用和工程图学的基本原理，识别、表达、并通过文献研究分析机械工程问题。
测绘方案实施过程控制	目标3：培养学生动手能力和创新能力。能够设计针对复杂机械工程问题的解决方案，设计满足特定需求的机械系统、机械单元（部件）或加工工艺流程，并能够在设计环节中体现创新意识。

测绘课程考核	目标4：培养学生具有强的机械零件图及装配图的读图及绘制能力。能够针对复杂机械工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具。
--------	--

表二 课程目标与毕业要求的对应关系

毕业要求	指标点	课程目标
3. 设计 / 开发解决方案	3.1 能根据用户需求确定设计目标, 制定针对机械工程领域的复杂工程问题的解决方案。	目标 1
5. 使用现代工具	5.1 了解机械工程专业常用的现代仪器、信息技术工具、工程工具和模拟软件的使用原理和方法。了解机械工程专业常用的现代仪器、信息技术工具、工程工具和模拟软件的使用原理和方法。	目标 2
	5.2 能够运用 CAD、CAM 及仿真软件, 对机械设计制造过程进行分析与模拟, 并理解其局限性。	目标 3
6. 工程与社会	6.1 了解与机械工程相关的技术标准及规范、知识产权、行业政策和法律法规, 及安全管理技术。	目标 4

表三 课程目标与教学内容和教学方法及考核方法对应关系

课程目标	教学内容	教学方法					
		课堂教学	课堂作业	课堂实验	上机	课后任务书	辅导答疑
目标 1	测量仪器使用方法 常见零件草图绘制	+	+	+			+
目标 2	测量仪器使用方法 常见零件草图绘制	+	+	+			+
目标 3	绘制装配简图 常见零件尺寸测量	+	+	+			+
目标 4	绘制零件图 绘制装配图	+	+	+	+		+

(二) 《制图课程设计》全过程控制

为了配合制图测绘课程全过程控制设计了 12 个实验, 其中 1-7 为基本综合性实验; 8-9 为设计创新性实验; 10-12 为验证性实验; 具体实验内容如表四所示。

表四 《制图课程设计》全过程控制

序号	建设实验项目名称	建设类型 (新增或更新)	项目类型(验证性、综合性、设计创新性)	项目学时数	实验分组(人/组)
1	在 VR 和 AR 平台下学习和考核测绘工具和方法	更新	综合性	4	10
2	在 VR 和 AR 平台下学习和考核轴类零件测绘	更新	综合性	4	10
3	在 VR 和 AR 平台下学习和考核盘盖类零件测绘	更新	综合性	6	10
4	在 VR 和 AR 平台下学习和考核叉架类零件测绘	更新	综合性	6	10
5	在 VR 和 AR 平台下学习和考核箱体类零件测绘	更新	综合性	6	10
6	在 VR 和 AR 平台下学习和考核齿轮油泵拆装	更新	综合性	4	10
7	齿轮油泵测绘报告	更新	综合性	10	10
8	回油阀测绘报告	新增	设计创新性	10	10

9	减速箱测绘报告	新增	设计创新性	10	10
10	基于二维数字化绘图软件 AutoCAD 的测绘图纸绘制	新增	验证性	10	10
11	基于三维数字化绘图软件 Solidworks 的测绘图纸绘制	新增	验证性	10	10
12	基于齿轮油泵部件测绘图纸 3D 打印模型验证	新增	验证性	10	10

《制图课程设计》课程为集中两周，周一到周五每天 1-6 节课，每周 30 节课，两周共 60 节课程安排，其中课堂教学 40 学时，课外实验和答疑 20 学时。所有参加该课程的学生首先分组（5-10 人），然后选择测绘主题（基本模块主题为齿轮油泵，拓展主题可以选择回油阀或者减速箱，基本主题是每位同学必须完成的，而拓展主题可以选作，并且以一组为单位共同完成），其中 1-7 基本综合性实验成绩优秀的组可以申请 10-12 验证性实验，并获得假期企业培训和实习的机会。基本模块有八大任务书需要完成，具体的任务模板和内容如表五，课程具体的成绩评定如表七所示。

表五 《制图课程设计》任务模板

制图课程设计任务一 得分：						
姓名	学号	课程序号	指导教师			
1、 部件测绘的一般步骤						
2、 概述齿轮油泵工作原理和拆卸顺序						
3、 绘制齿轮油泵工作示图						
4、 概述齿轮油泵的零件分类和数量						
5、 以泵体零件为例说明测绘徒手画草图的要求						
6、 以泵体零件为例说明零件测绘徒手画草图的步骤						
7、 零件测绘常用量具的使用方法						
8、 零件常见尺寸测量方法						
制图课程设计任务二 得分：						
姓名	学号	课程序号	指导教师			
1、 A3 图纸完成泵体零件草图绘制						
2、 给泵体零件草图的尺寸编号，并填说明测量方法（参考模板如图一泵体标注尺寸编号图和表六泵体需要测量的尺寸分析表）						
制图课程设计任务三 得分：						
姓名	学号	课程序号	指导教师			
1、 概述齿轮结构的测绘方法						
2、 概述标准件的测绘方法						
3、 概述键槽结构的测绘方法						
4、 A3 图纸完成泵盖、长齿轮轴、短齿轮轴、压紧螺母、调压螺钉草图绘制						
5、 泵盖、长齿轮轴、短齿轮轴、压紧螺母、调压螺钉草图的尺寸编号，并说明测量方法						
制图课程设计任务四 得分：						
姓名	学号	课程序号	指导教师			
1、 填料压盖、堵头、垫片、螺母、小圆螺母、带轮零件草图的尺寸编号，并说明测量方法						
2、 说明所有零件的的配合尺寸公差选择原则						
3、 绘制所有非标零件工作图（布局见参考文件）						
制图课程设计任务五 得分：						
姓名	学号	课程序号	指导教师			
1、 概述齿轮油泵装配图表达方法，完成装配图的初步布局						
2、 齿轮油泵装配图主视图绘制						
制图课程设计任务六 得分：						
姓名	学号	课程序号	指导教师			

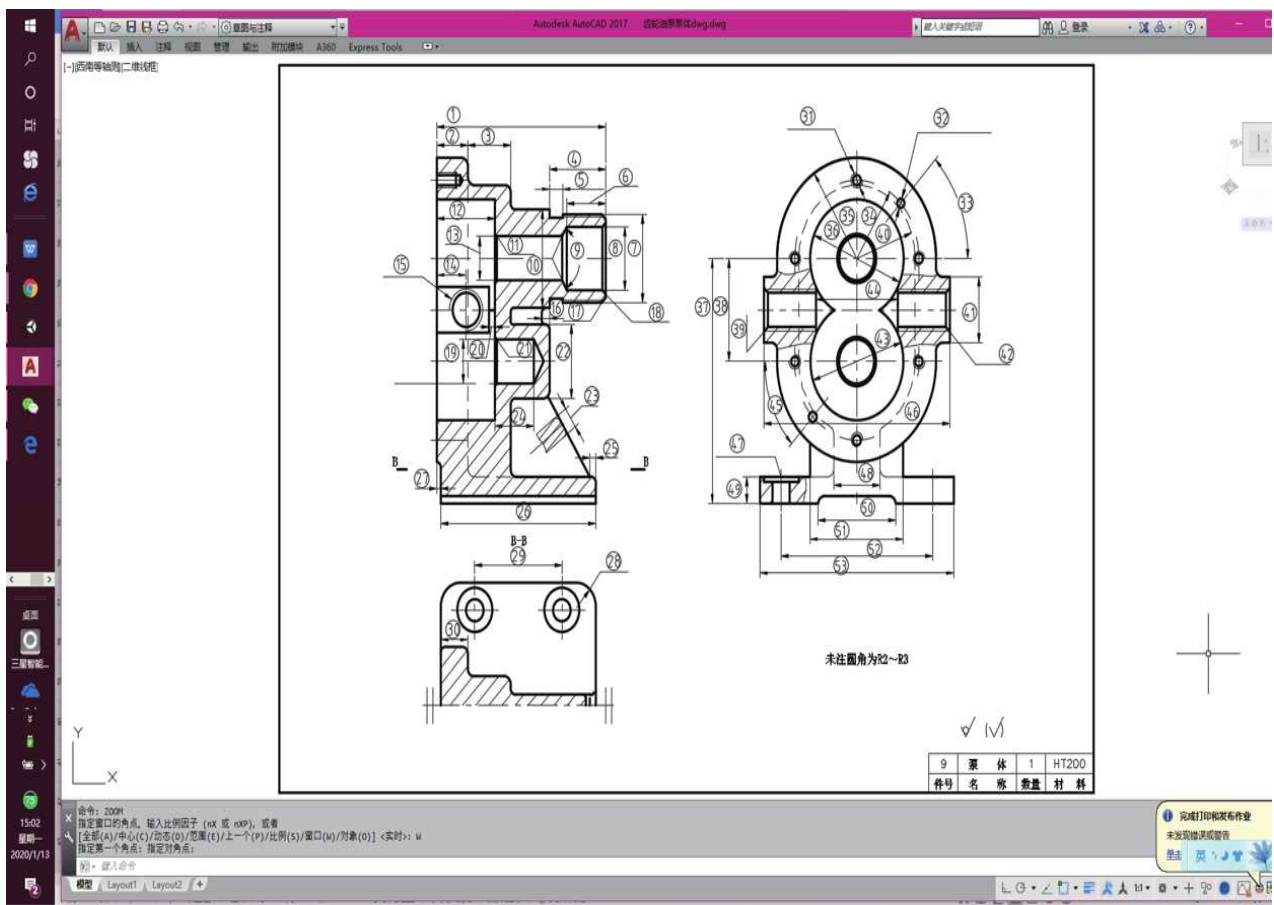
1、完成装配图的俯视图
 2、完成装配图的左视图
 3、完成两个局部视图

制图课程设计任务七 得分：
 姓名 _____ 学号 _____ 课程序号 _____ 指导教师 _____

1、完成装配图尺寸标注、零件序号、明细表、技术要求
 2、完成装配图加粗加深

制图课程设计任务八 得分：
 姓名 _____ 学号 _____ 课程序号 _____ 指导教师 _____

1、 完成全套资料装订
 2、 书写课程设计总结报告
 3、 准备分组答辩



图一 泵体标注尺寸编号图

表六 泵体需要测量的尺寸分析表

序号	尺寸类型	测量工具	测量方法	测量结果	圆整	配合关系
1	S	游标卡尺或外卡配合直尺	外卡		87	
2	S	游标卡尺或外卡配合直尺	外卡		16	
3	S	游标卡尺	深度尺		22	
4	S	游标卡尺	深度尺		29	
5	S	游标卡尺	内卡 + 深度尺		7 × 1.5	

6	S	游标卡尺	深度尺		20	
7	S	游标卡尺 + 螺纹规	外卡测量直径 查表确定		M36 × 1.5-7h	
8	S	游标卡尺	内卡		∅ 26H11	跟填料压盖 有配合
9	S	钻孔底角	工艺确定		120°	
10	S	游标卡尺	外卡		∅ 40	
11	S	根据孔径查表确定	工艺倒角		C1	
12	S	游标卡尺	深度尺		30H8	有配合
13	S	内卡 + 直尺			∅ 18H7	有配合
14	S	左端面到 G3/8 边缘的尺寸 H1	H1-S15/2		15	
15	S	根据孔径查表确定			G3/8	
16	S	游标卡尺	深度尺		4	
17	S	根据孔径查表确定	工艺倒角		C2	
18	S	根据孔径查表确定	工艺倒角		C1.5	
19	S	内卡 + 直尺			∅ 18H7	有
20	S	游标卡尺	深度尺		3	
21	S	根据孔径查表确定	工艺倒角		C1	
22	S	游标卡尺	外卡		∅ 30	
23	S	游标卡尺	外卡		9	
24	S	游标卡尺	深度尺		20	
25	S	游标卡尺	深度尺		2	
26	S	游标卡尺或直尺	外卡		80	
27	S	游标卡尺	深度尺		2	
28	S	圆角规			R10	
29	L	间接测量 (附图 1)			45	
30	S	游标卡尺或直尺	外卡		14	
31	S	游标卡尺测绘螺孔小径后查表确定 M6	内卡、深度尺		M6-H7 深 10 孔深 12	有
32	S	游标卡尺测绘后查表确定			∅ 4H7 深 10	有
33	L	拓印	作图确定		45°	
34	L	拓印	作图确定		R32	
35	S	游标卡尺	外卡		R41	
36	S	游标卡尺	内卡		∅ 48H8	有
37	L	间接测量			100	
38	L	间接测量			42 ± 0.02	有
39	S	根据孔径查表确定	工艺倒角		C1	
40	S	游标卡尺	外卡		R30	
41	S	游标卡尺	外卡		∅ 27	
42	S	根据孔径查表确定	工艺倒角		C1	
43	S	游标卡尺	内卡		∅ 48H8	有
44	S	游标卡尺	内卡		42	
45	L	拓印	作图确定		45°	
46	S	游标卡尺	外卡		96	
47	S	游标卡尺	内卡	查表	∅ 9 铰平 ∅ 18	
48	S	游标卡尺	外卡		24	
49	S	游标卡尺	外卡		11	
50	S	游标卡尺	内卡		40	
51	S	游标卡尺	外卡		48	
52	L	间接测量			78	
53	S	游标卡尺	外卡		100	

注：(S- 定形, L- 定位)

表七 《制图课程设计》成绩评定

成绩比例		5%	5% 组	5% 组	5% 组	5% 组	5% 组	5% 组	5% 组	10% 老	10% 老	40% 老	附加	附加	附加	总评
学号	姓名	组内评	内评	内评	内评	内评	内评	内评	内评	师评	师评	师评	10分	10分	10分	
		任务一	任务二	任 务 三	任务四	任 务 五	任 务 六	任 务 七	任 务 八	零件草 图	零件工 作图	装配图	验证 实验	验证 实验	验证 实验	
													10	11	12	

五 结 束

该项目在新工科背景下对《制图课程设计》实验教学进行了一系列的改革研究,坚持新工科建设的六问导向和五个强化的体现,改革传统的目标导向的教学思想,创新性的提出过程控制的学生学习效能评价的教学思想,并配以现代化的线上线下教学相结合的方法,激发学生的学习兴趣和创新意识,提供学生校企合作的机会,为培养新型卓越工程师提供了良好的平台。

参 考 文 献

- [1] 胡波,冯辉,韩伟力,等. 加快新工科建设,推进工程教育改革创新——“综合性高校工程教育发展战略研讨会”综述[J]. 复旦教育论坛, 2017(02):2+22-29.
- [2] 林健. 面向未来的中国新工科建设[J]. 清华大学教育研究, 2017(02):26-35.
- [3] 郑亚红,阳盈,刘清. 基于 OBE 的实践教学全过程控制模式研究[J]. 物流技术, 2019, 38(04):140-146.
- [4] 秦玉鑫,刘兆瑜,陈宇. 基于 OBE 的“无人机控制系统”工程教育模式研究[J]. 科教导刊, 2018, 000(004):102-104.
- [5] 唐乐为、熊德红、黄星梅、张爱军、谌霖霖. 以工程需求为导向的工程制图测绘实践教学模式探索[J]. 大学教育, 2020, No.125(11):99-101+108.
- [6] 赵健. OBE 理念下理工科实践教学研究[J]. 教育评论, 2019, 000(002):41-44,158.