

新工科背景下“三维引领、二维反求”的机器人工程专业机械制图课程改革与实践

贺北斗 陈倩倩 高歌 关萍 希盼

陕西科技大学镐京学院, 中国·陕西 西安 712046

摘要: 新工科建设和智能制造的发展对机器人工程专业学生的空间想象能力、数字化设计能力及工程规范应用能力提出了更高要求。针对当前机械制图课程学时不足、传统教学方法难以有效培养空间思维、课程内容与专业背景结合不够、几何技术规范(GDP)教学偏重形式而脱离工程实际等问题, 本文提出“三维引领、二维反求”的教学模式。该模式改变“先二维后三维”的传统教学顺序, 课程开始即引入三维设计环境。学生先在三维空间中构建机器人零件模型, 由软件自动生成标准二维工程图, 通过模型与图纸的对比反向学习投影原理与国家标准。同时, 建设与机器人专业结合的模块化项目案例库, 开发以“二指夹爪”“机器人关节模组”为载体的教学项目; 探索面向工程应用的 GDP 教学方法, 将公差理论与机器人运动精度、装配性能等实际要求相联系; 建立以项目作品集为核心、企业工程师参与评价的过程性考核体系。教学实践显示, 该模式对提升学生的三维空间思维能力、工程图样规范应用能力和学习主动性具有明显效果, 可为机器人工程专业基础课程改革提供参考。

关键词: 新工科; 机器人工程; 机械制图; 三维引领; 教学改革; 几何技术规范

Reform and Practice of Mechanical Drawing Course in Robot Engineering under the Background of New Engineering with "3D Leading and 2D Reverse Seeking"

He Beidou, Chen Qianqian, Gao Ge, Guan Ping, Xi Pan

Haojing College, Shaanxi University of Science and Technology, China Shaanxi Xi'an 712046

Abstract: The construction of new engineering disciplines and the development of intelligent manufacturing have put forward higher requirements for the spatial imagination ability, digital design ability, and engineering specification application ability of students majoring in robotics engineering. This article proposes a teaching model of "three-dimensional guidance and two-dimensional reverse engineering" to address the problems of insufficient class hours in current mechanical drawing courses, difficulty in effectively cultivating spatial thinking through traditional teaching methods, insufficient integration of course content with professional background, and a focus on formal geometric technical specifications (GDP) teaching that deviates from engineering practice. This mode changes the traditional teaching sequence of "two-dimensional first and then three-dimensional", and introduces a three-dimensional design environment at the beginning of the course. Students first construct a robot part model in three-dimensional space, and the software automatically generates standard two-dimensional engineering drawings. By comparing the model with the drawings, they learn the projection principle and national standards in reverse. At the same time, establish a modular project case library that combines with the robotics profession, and develop teaching projects based on "two finger gripper" and "robot joint module" as carriers; Explore GDP teaching methods for engineering applications, linking tolerance theory with practical requirements such as robot motion accuracy and assembly performance; Establish a process based assessment system with project portfolio as the core and enterprise engineers participating in evaluation. Teaching practice has shown that this model has significant effects on enhancing students' three-dimensional spatial thinking ability, engineering drawing standard application ability, and learning initiative, and can provide reference for the reform of basic courses in robotics engineering.

Keywords: New engineering; Robotics engineering; Mechanical drawing; Three-dimensional guidance; Reform in education; Geometric technical specifications

0 引言

为应对新一轮科技革命与产业变革, 教育部推进新工

科建设, 先后发布多项政策文件, 旨在培养多样化、创新型卓越工程科技人才, 支撑产业转型升级^[1]。机械类专业作为

传统工科的重要组成,在与人工智能、大数据、云计算等新技术融合后获得新的发展,成为新工科建设的重点领域^[2]。智能制造技术的快速推广,使得企业对学生三维建模、数字化设计及工程规范应用等能力的要求明显提高^[3]。机械制图是工程师的技术语言,也是机器人结构设计、制造与装配的基础,直接影响学生的工程实践能力及就业竞争力^[4]。

目前机械制图课程教学中存在若干问题。学时安排上,我校机器人工程专业该课程只有 24 学时,难以满足新工科人才培养的需要。教学方法上,传统模式以二维理论讲授为主,学生三维空间想象力不足,对数字化设计工具不熟悉^[5]。课程内容上,现有案例多为通用机械零件,与机器人典型机构结合不够,学生学习目标不明确。GDP 教学方面,普遍存在偏重标注形式、忽视设计内涵的现象,学生对公差与产品功能、装配性能之间的工程联系理解不深^[6]。考核方式上,单一的上机考试难以全面衡量学生的工程实践能力^[7]。

近年来,一些高校围绕工程制图与计算机绘图课程的融合教学改革开展了探索^[8-9]。本文提出“三维引领、二维反求”的教学模式,从教学内容、教学方法、考核方式等方面进行系统改革,为机器人工程专业制图课程教学提供一种可行方案。

1 教学改革思路与框架

1.1 改革总体思路

按照“问题分析—理论构建—方案设计—教学实践—评价优化”的行动研究路径,对现行课程存在的问题进行剖析,结合先进教育理念构建“三维引领”的课程新体系,设计具体教学资源,通过教学实践检验并持续改进。

1.2 “三维引领、二维反求”教学模式

改变“先二维后三维”的传统教学顺序,课程一开始就引入三维设计环境。学生首先在三维空间构建机器人零件模型,然后由软件自动生成标准二维工程图。教师引导学生对比模型与图纸,反向推导投影原理和图样画法等国家标准。这一模式的核心是:三维建模软件能够实时生成多视角投影视图,学生通过观察三维模型与二维投影的对应关系,直观理解“长对正、高平齐、宽相等”的投影规律,从具体到抽象建立空间概念,解决了传统教学中二维与三维转换困难的问题。

1.3 与机器人专业结合的模块化项目案例库

建设以机器人典型机构为主线的教学案例与项目库。初期以“二指夹爪”为载体,内容涵盖零件建模和装配基础;后期以“机器人关节模组”或“简易云台”为载体,

内容涉及复杂装配、标准件应用及 GDP 标注。所有案例均取自实际机器人结构,做到学以致用。

1.4 面向工程应用的 GDP 教学方法

重点研究如何将尺寸公差、形位公差、表面粗糙度等理论与机器人的运动精度、装配性能、使用寿命等工程要求相结合。通过企业真实案例、正反对比分析和技术讨论,让学生掌握“为何标、如何标”的能力,而不是机械记忆标注规则。这一做法将 GDP 教学从“如何标”的表层推进到“为何标”的工程本质。

1.5 产教融合背景下的教学评价体系改革

取消单一的上机考试,建立以项目作品集为主的过程性考核体系。作品集包括三维模型、装配体、全套工程图及设计报告。同时邀请企业机械工程师来校举办专题讲座并参与作品评价,使学生直接接触产业标准和要求。该评价体系实现了从结果导向向过程与结果并重的转变。

2 教学改革实践

2.1 课程体系重构

将原有 24 学时扩展为 36 学时,按照“认知能力培养—基本能力培养—实践能力培养—综合能力培养—创新能力培养”五个阶段递进设置。第一模块为三维建模入门(6 学时),学习 CAD 软件基础操作、基本体建模与特征建模,项目载体为二指夹爪零件。第二模块为二维工程图生成(4 学时),学习视图生成、尺寸标注与技术要求的标注方法。第三模块为装配与爆炸图(6 学时),学习装配约束、爆炸视图及明细栏制作。第四模块为几何技术规范(8 学时),学习尺寸公差、形位公差、表面粗糙度的工程应用。第五模块为复杂装配与标准件(6 学时),学习标准件库应用、复杂装配及运动仿真。第六模块为项目综合实践(6 学时),进行自主选题设计与答辩,并由企业专家点评。

2.2 教学方法创新

(1) 逆向教学法:按照“三维建模→生成二维图→反推国标理论”的路径组织教学。学生先通过三维建模建立空间概念,再对比软件生成的二维图理解投影原理,最后反向推导国家标准的规定依据,降低了学习难度。

(2) 项目驱动教学法:将课程知识模块融入机器人项目开发流程,学生在完成项目的过程中主动构建知识体系。

(3) 对比分析法与研讨法:在 GDP 教学中展示正确和错误的图纸案例,组织学生分析讨论。例如,通过公差标注不当导致机器人关节卡滞的案例,让学生体会公差设计对装配性能的影响。

(4) 产教融合法: 邀请企业机械工程师做专题讲座, 内容涉及行业设计规范、公差选用原则及职业规划等。课程结束后企业工程师参与项目作品评审, 给出行业视角的反馈。

2.3 教学资源建设

完成“二指夹爪”“机器人关节模组”两个完整项目的三维模型、工程图模板及教学课件; 录制三维建模操作演示、工程图生成流程、公差标注要点等微课视频, 供学生课后自主学习; 与本地机器人企业建立合作关系, 获得企业真实图纸案例用于教学, 并邀请企业工程师参与课程评价。

3 教学效果分析

3.1 数据收集方法

选取我校机器人工程专业 2025 级学生为实验组(采用本教改方案), 2024 级学生为对照组(采用传统教学模式)。通过期末考试成绩对比、项目作品质量评价、问卷调查及企业专家访谈等方式收集数据。

3.2 结果分析

(1) 期末考试成绩对比: 实验组在平均分、优秀率、及格率等指标上均高于对照组。实验组在三维空间想象和工程图标注相关题目上的得分优势更为明显。

(2) 项目作品质量评价: 由两名教师和一名企业工程师共同对实验组项目作品集评分。结果显示, 三维模型质量得分较高, 工程图规范性和公差标注合理性也取得了较好成绩。企业工程师指出, 学生的工程图样在视图选择、尺寸标注合理性方面有明显进步。

(3) 问卷调查结果: 多数学生认为“三维引领”模式有助于理解投影原理, 机器人项目案例增强了学习兴趣, GDP 教学帮助他们理解了公差与功能的关系, 项目作品集评价方式更为公平合理, 课程对后续专业课学习有帮助。定性反馈方面, 学生表示先做模型再学绘图更加合理, 工程师讲座让他们明白了学习公差的实际意义。

(4) 企业专家反馈: 参与评价的工程师表示, 学生在公差选用方面表现出较好的工程意识, 能够根据零件功能提出合理的公差要求, 这在以往应届毕业生中比较少见。专家同时建议, 可进一步增加装配公差链计算的内容, 帮助学生深入理解各零件公差对整机性能的影响。

4 讨论

4.1 教学改革的主要创新点

(1) 教学路径的改变。传统制图教学按“理论→二维图→三维模型”的顺序, 学生需要在抽象的二维投影中建

立空间想象, 学习门槛较高。本改革提出的“三维模型→二维图→反推理论”逆向路径, 利用现代 CAD 技术将抽象知识具体化、可视化, 降低了认知负担。

(2) 专业背景的深度融合。以机器人典型机构作为唯一教学载体, 实现了课程内容与专业核心能力的对接。与通用机械零件案例相比, 机器人案例更贴近学生专业认知, 有利于激发学习兴趣, 增强学习的目标感。

(3) GDP 教学回归工程本质。将几何技术规范教学从“如何标”的表层深化到“为何标”的工程本质。通过企业真实案例和正反对比分析, 使学生理解公差选择与产品功能、制造工艺、装配性能的内在联系, 实现了从标注规则学习到工程能力培养的转变。

4.2 存在问题与改进方向

(1) 软件依赖性与硬件条件。本教改方案对三维 CAD 软件有较高依赖, 需要保证学生能够熟练操作。后续可通过优化软件配置、引入开源软件和教育版平台等方式降低对商业软件的依赖, 提高教学效率。

(2) 学时仍然偏紧。虽然学时从 24 增加到 36, 但教学内容涵盖三维建模、工程图、GDP、项目实践等多个模块, 仍显紧张。后续可通过建设 SPOC 课程, 实现部分内容的线上线下混合教学, 缓解学时压力。

(3) 评价体系需要持续优化。项目作品集评价涉及主观判断, 可能存在评分者一致性偏差。后续可进一步细化评分标准, 引入多位评审者, 提高评价的科学性和公正性。

(4) 推广与辐射。本教改方案目前仅在我校机器人工程专业实施, 后续可在智能制造工程、人工智能等新工科专业中推广应用, 积累更多实证数据, 不断完善改革方案。

5 结语

新工科建设和智能制造发展背景下, 机器人工程专业的机械制图课程需要从“学绘图”向“用设计”转变。本文提出的“三维引领、二维反求”教学模式, 通过改变传统教学路径、建设机器人项目案例库、强化 GDP 工程应用教学、建立产教融合评价体系, 解决了空间思维培养困难、课程与专业结合不紧密、工程规范意识薄弱等问题。教学实践表明, 该改革方案对提升学生的三维空间思维能力、工程图样规范应用能力和学习主动性具有明显效果。

该课程体系、教学案例库和实施路径不仅适用于机器人工程专业, 也可为智能制造工程、人工智能等新工科专业的制图类课程改革提供参考。后续将进一步完善教学资源建设, 深化产教融合机制, 持续跟踪改革效果, 为培养适应智能制造时代需求的高素质工程技术人才提供支撑。

参考文献:

- [1] 教育部. 关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见: 教高〔2018〕3 号[EB/OL]. (2018-10-08).
- [2] 杨万理, 王宁, 赵莉香等. 新工科背景下土木工程制图教学改革探索与实践[J]. 大学教育, 2022(3): 101-106.
- [3] 侯娜. 智能制造背景下机械制图基础课程的改革思考[J]. 时代汽车, 2024(13): 76-78.
- [4] 王斌, 李丽丽. 基于“新工科”理念机械制图课程教学改革[J]. 农业技术与装备, 2020(10): 112-113.
- [5] 钱胜, 郭东旭. 智能制造专业“机械制图”课程改革与优化[J]. 南方农机, 2023, 54(5): 196-198.
- [6] 刘强. 工程图学教学中几何技术规范教学现状与改革[J]. 图学学报, 2023, 44(1): 89-94.
- [7] 张京英, 杨薇, 佟献英等. 构建基于 OBE 的立体化制图教学新体系[J]. 图学学报, 2019, 40(1): 201-206.
- [8] 谢卢鑫, 马永昌, 石军锋等. 新工科背景下机械类专业工程制图与计算机绘图课程融合式教学改革[J]. 农业工程, 2025, 15(9): 138-143.
- [9] 易军, 赵子胜, 陈冰等. 智能制造背景下机械制图课程教学改革探索与实践[J]. 大学教育, 2025(11): 73-76, 91.
- 基金项目: 陕西科技大学镐京学院教育教学改革研究项目(2025JG011)。