

# 新工科背景下基于 CDIO 理念的工业设计本科生 毕业设计教学探索

许或青\*, 商 振, 周春晖, 张文博, 王明明

(哈尔滨工程大学机电工程学院, 哈尔滨 150001)

**摘 要:**针对工业设计交叉学科的属性,通过分析 CDIO 理念与工业设计新工科的发展背景,明确了工业设计教学新工科改革的必要性。为达到提高学生创新能力及工程能力、提升本科生毕业设计的教学质量、提高工业设计人才培养质量的目标要求,首先,依据工业设计专业本科生毕业设计的教学内容,构建了新工科背景下基于 CDIO 理念的工业设计本科生毕业设计教学构架;然后,对工业设计的工科属性和协同创新属性进行分析,构建了工程系统观念下的工业设计本科生毕业设计教学模式;最后,将“产教融合”与“项目驱动”相结合,构建了项目驱动式毕业设计教学模式。

**关键词:**CDIO 理念;新工科;工业设计教学;毕业设计

**中图分类号:**      **文献标志码:**A      **文章编号:**1672-2736(2025)11-0108-6

## 0 引言

2018 年 12 月,教育部高等学校工业设计分教指委根据教育部高教司“新工科”的战略部署,确定了工业设计专业“新工科”的发展基调,既要融合机械类专业的前沿学科成果,又要发挥“以人为本,面向未来”的学科整合特色<sup>[1]</sup>。CDIO 是围绕从产品研发到运行的整个开发周期中的四个关键环节,即构思(Conceive)、设计(Design)、实现(Implement)与运用(Operate),进行教学方法与教学手段改革,引导学生逐步深入理解并运用工程思维解决实际问题,与新工科在重视工程教育这点上是基本相同的。本科生毕业设计(论文)作为工业设计专业人才培养方案中实践教学的核心内容,是学生能力培养的关键环节。在“新工科”背景下,基于 CDIO 理念,结合人才培养理念与目标,改革和创新工业设计专业毕业设计教学模式,对于提高学生实践、创新及工程能力,并满足社会对工业设计人才的需求具有十分重要的意义<sup>[2]</sup>。

## 1 CDIO 理念与工业设计新工科的发展背景

20 世纪 70 年代,信息时代技术革命引发了新需要,其中包括人才资源转型的需要,并首先引发发达国家高等教育结构的调整。CDIO 理念始于 2000 年,由包括瑞典皇家工学院和麻省理工学院在内的四所大学的研究团队联合创建,并于 2004 年正式命名推出。美国在 2008 年金融危机爆发后,开始实施以高新技术为依托的“再工业化”战略,为响应此战略,美国的工程教育逐步发展并形成了“大工程观念”,丰富并完善了工程人才培养体系。麻省理工学院和普渡大学等多所高校都构建了富有特色的工程人才培养体系,普渡大学是从能力维度、知识维度和质量维度进行构建。德国高等教育实施分类教育,追求卓越人才的多样性,以满足不同产业的实际需求。德国实行工程教育专业认证制度,并开展工程教育专业评估,以保证工程教育教学质量。日本高校重视素质教育,并建立了独特的工学教

**基金项目:**黑龙江省教育科学“十四五”规划 2024 年度规划课题(GJB1424043)。



图1 基于 CDIO 理念的工业设计本科生毕业设计教学构架

育课程体系,以完善不同层次类型的工程教育和人才培养模式。20世纪90年代,通过立法并强制推行,日本高校已建立起“产学结合与实践教育”的教学模式,其中,工科类院校建立起“工学结合、产学协作”的教学体系<sup>[3,4]</sup>。

2017年2月以来,教育部提出要“深化工程教育改革,推进新工科建设与发展”,全力探索形成领跑全球工程教育的中国模式和中国经验,助力高等教育强国建设。2018年,为落实教育部战略部署,工业设计专业教指委发起“新工科·新设计”主题讨论,并制订了相应的工作规划。随后,湖南大学设计艺术学院进行了“新工科·新设计”教学理论研究与教学实践,制定并实施了“科研生产引导毕业设计选题、以模块课程作为毕业设计热身、在线发布毕业设计作品档案”的“新工科”专业改革下的本科毕业设计教学,并进行了教学实践及教学总结<sup>[5]</sup>。西北工业大学通过改革专业课程教学和毕业设计教学,进行工业设计专业的新工科建设。结合新工科理念重新构建了专业课程知识的学习逻辑,探索完善工业设计学生的能力培养方式。加强工程知识的学习和工程能力的培养,鼓励学生围绕三航领域(航海,航空,航天)开展毕业设计,并完成设计创新<sup>[6,7]</sup>。目前,虽然多所高校引入新工科建设,但是将新工科及 CDIO 工程教育理念引入工业设计专业毕业设计教学的研究,仍处于探

索和发展阶段,有待更多高校的工业设计专业进行深入的教学研究及教学实践。

## 2 新工科背景下基于 CDIO 理念的工业设计本科生毕业设计教学构架

### 2.1 明确工业设计教学新工科改革的必要性

在促进先进制造业发展和科技创新的背景下,新工科强调的实用性、交叉性与综合性在工业设计学科中得以充分体现。工业设计教学不仅要强调其协同创新性和学科交叉性,而且需凸显其工科属性和工程教育理念。但是,工业设计新工科不是工科知识的简单融入,而是从解决设计问题的角度,以设计创新思维和工程设计理念为主导,对新技术、新材料和新工艺等进行整合,面向智能化、绿色低碳化和共享共创化等创新设计方向,注重人性化和用户体验,并满足社会需求。因此,工业设计教学改革需遵循工业设计新工科的属性,进行工程实践赋能下的设计创新人才培养,更好地培养学生具有审美素养、设计感知、设计创新、工程实践、协同合作等综合能力。因此,工业设计专业完全适合新工科改革。

### 2.2 建立工业设计本科生毕业设计教学构架

CDIO 的融入,使工业设计从“概念导向的设计”转向“系统导向的设计”,强调了系统设计和全生命周期设计的观念,加强了满足市场及产

业需求的设计实践,也对学生的跨学科设计实践能力提出了更高的要求。因此,基于 CDIO 理念,依据工业设计本科生毕业设计的教学内容,构建工业设计本科生毕业设计教学构架(图 1)。构架中明确了教师布置给学生并要求学生完成的本科生毕业设计阶段的教学任务,并指出了每个阶段对学生的考核要点,便于对学生进行过程化考核。此构架将毕业设计教学划分为四个阶段。设计选题与前期调研阶段与构思(Conceive)相对应,主要包括教师申报毕业设计课题、学生选题、双选确认、下发毕业设计任务书和设计调研等。设计准备与设计展开阶段与设计(Design)相对应,主要包括设计定位、方案设计和方案评价等。设计深化与设计定案阶段与实现(Implement)相对应,主要包括深化设计和方案确定等。设计完成与设计展示阶段与运用(Operate)相对应,主要包括方案完成、方案表达与展示、毕业设计论文完成、毕业答辩等。针对毕业设计的四个阶段,教师必须全程指导并撰写指导记录。

### 3 工程系统观念下的工业设计本科生毕业设计教学模式

CDIO 理念与工业设计新工科都强调了工程教育观念,本科生毕业设计从概念到实体的复杂的设计流程,需要工程系统观念的引领。

#### 3.1 工程系统观念下的工业设计本科生毕业设计培养目标

通过本科生毕业设计教学,使学生树立系统化设计思想,理解工程产品系统观念下本科生毕业设计的方法,理解设计师应具备的基本工程素养,掌握进行本科生毕业设计的能力。具体如下。

(1)了解工程中技术系统的概念和组成以及工程设计基本流程,具备制定简要设计任务书的能力。了解创新性思维及创新设计方法,掌握快速设计表达方法,初步具备对应用其开展概念设计的能力。了解代表性决策方法,具备对概念方案进行初步定量评估和筛选的能力。

(2)具备应用代表性工程设计软件开展二维草绘、三维建模及基础装配的能力,具备应用软件工具开展简单机械系统运动方案及一般机械装置技术参数计算的能力(设计表达能力)。

(3)了解机械基础知识,具备应用常规机构设计方法分析并制定简单工程系统机械运动方案的能力。了解控制系统概念以及实现控制系统的基础知识,具备对基础工程系统进行简单控制的能力。了解制造过程中的数字化、网络化、智能化技术,具备可制造性设计思维。

(4)理解并初步塑造工程伦理,形成社会主义核心价值观,培养正确职业道德。具备团队合作与沟通能力。

通过本科生毕业设计,学生应具有如下的工程素养和工程能力:概念设计的能力、工程特性确定和质量功能匹配的能力、设计任务书制定的能力、设计表达能力、建模的能力、工程图样表达和识读能力、图纸绘制与明细栏清单制作的能力、制定机械系统运动方案及设计方案的能力、完成通用零部件详细设计的能力、初步掌握信号检测和信号处理能力、对基础工程系统进行控制的能力、团队完成简单但完整的工程系统设计的能力。

#### 3.2 工程系统观念下的工业设计本科生毕业设计流程

要实现工程系统观念下的设计,必须具有工程系统设计思维。工程系统设计思维是将设计对象当作一个整体,从整体的角度来看待组成设计对象的功能、机构、形态等各要素之间的关系。因此,工程系统观念下的工业设计本科生毕业设计流程(图 2),必须统筹安排,具体如下。

(1)设计需求与信息收集:在设计之初,需要明白设计需求是什么,有哪些限制条件和哪些技术支撑,竞品的优劣势是什么,这部分工作就是用户、技术和市场调研,基于调研结果应用创新设计方法开展设计发想。

(2)确定设计任务:明确设计需求后,要明白如何将这些需求映射成为工程实施的属性和参数,这部分工作就是质量功能匹配,通过质量

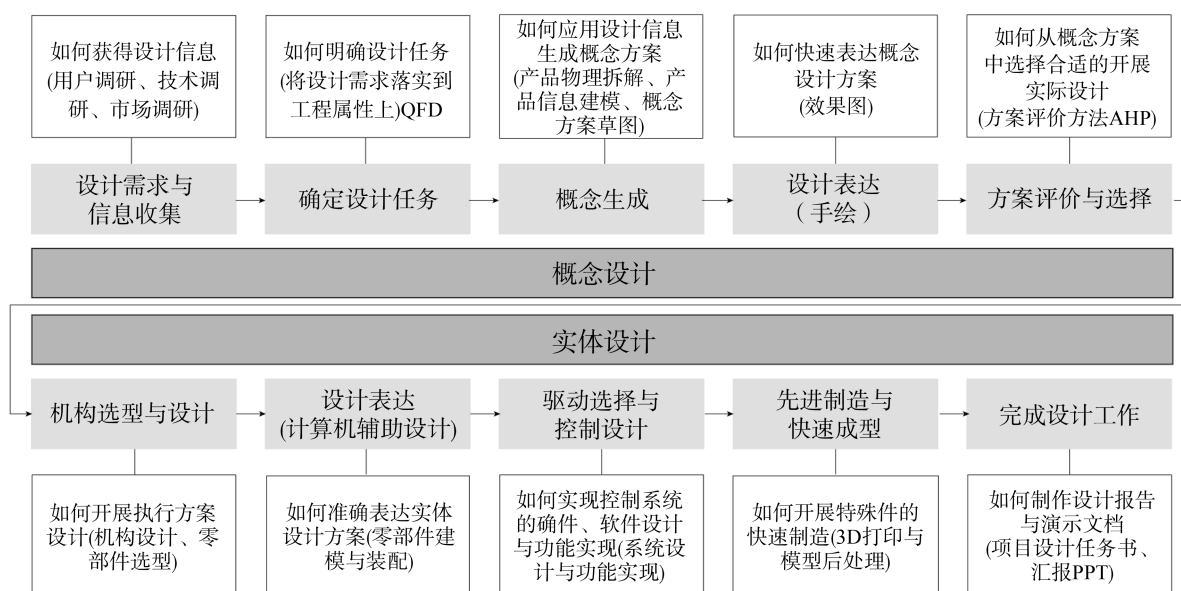


图2 工程系统观念下的工业设计本科生毕业设计流程

屋(QFD)明确设计任务。

(3)概念生成:明确设计任务后,需要明确“设计物”各组成系统及其之间的作用关系,这部分工作通过应用功能建模方法(IDEFO)开展产品信息建模加以实现,最终形成若干概念方案草图。

(4)设计表达(手绘为主、电脑辅助):概念方案产生后,需要与利益相关方交流讨论,需要快速把头脑中的概念方案具象化,这部分工作主要是手绘,通过手绘得到各方案的效果图。

(5)方案评价与选择:方案效果图完成后,需要选出最合适的方案并加以实施,这部分工作就是方案评价与选择,并选出方案(例如应用层次分析法)。

(6)机构选型与设计:这几项工作统称为概念设计,然后将概念方案落实到真实世界中,即实体设计。为了实现方案的支撑与运动,实现功能的执行,这部分工作就是机构设计和零部件选型,需要发挥自己的创意设计出效率最高的执行机构。

(7)设计表达(计算机辅助设计):针对设计方案,需要明确其空间布局和装配情况,以及设计特殊的零件,这部分工作就是设计表达,使用建模软件(SolidWorks等)开展零部件建模和装

配,得到与实物一致运动特征的三维模型。

(8)驱动选择与控制设计:有了三维模型及其功能执行方案,需要对其执行及控制逻辑进行设计,这部分工作就是控制系统软硬件设计,使用 audnio 平台完成系统设计与功能实现,得到最终的系统设计方案。

(9)先进制造与快速成型:有了系统设计方案后,为了制作原型,需要对特殊零件进行快速成型制造,这部分工作使用3D打印技术完成,最终把构想的“设计物”实物化。

(10)完成设计任务:根据学校要求,撰写完成本科生毕业设计论文,完成展示文件(答辩PPT讲稿和展板等),并进行论文答辩。

#### 4 “产教融合”与“项目驱动”相结合的项目驱动式毕业设计教学模式

“产教融合”的工业设计本科生培养体制既是国家政策所趋,又是人才培养的必需。工业设计的理论研究与设计实践都涉及到多门类的知识,需要产学研三方进行积极的跨学科协作,既需要产学研三方机制的融合,又要发挥各自的优势。共同制定合作培养目标,明确具体培养环节,传统的本科生毕业设计题目多是由教师拟定的虚拟课题,脱离企业及市场需求。项目驱动式

毕业设计课程教学新模式转变为:以解决工程问题的工程实践为学习训练载体,实现科学知识、工程知识和工程技能的融会贯通。学生全程介入项目驱动式学习(PBL),实现“做中学”。这种 PBL 模式更加贴近人类学习的自然逻辑,以问题解决为导向的学习方式使学生知识体系的建构更加连贯和完整。项目式教学归纳出适用于当今教学的六个步骤:确定项目任务、制定项目计划、项目具体实施、项目设计评价及完善、项目成果呈现、评价反馈及拓展升华。因此,为顺利进行“产教融合”与“项目驱动”相结合的项目驱动式毕业设计教学,构建了工业设计本科生毕业设计教学平台。该教学平台基于新工科背景下 CDIO 理念的工业设计本科生毕业设计教学构架,采用工程系统观念下的工业设计本科生毕业设计流程,确立了多种毕业设计教学模式,包括产业定向需求模式、创客空间模式、校企联合模式、政府扶持模式(设计产业园等)、科研项目导向模式、国际合作项目模式、设计竞赛辅助模式等。

例如,“送餐机器人”设计就是采用科研项目导向模式,它依托于“面向老人进食、洗浴和情感陪护的智能辅具技术与系统研发”课题下的“智能助食辅具技术研发”工程项目,致力于开发一台轻量化、智能化的送餐机器人,供失能与半失能人群使用。因此,教师制定了“送餐机器人”的项目式毕业设计教学内容。

(1)将“送餐机器人”项目,确立本科生毕业设计的项目任务。

(2)引入工程系统设计理念,制定本科生毕业设计的项目计划,围绕“送餐机器人”开展项目驱动式毕业设计的教学流程。

(3)“送餐机器人”项目具体实施:掌握工程设计流程与创新思维方法,掌握需求分析与 QFD 工程设计,产生“送餐机器人”设计构想,并进行概念设计;掌握基础的结构与机构设计,掌握机电控制和典型先进制造方法,从全生命周期的角度进行“送餐机器人”的方案设计;掌握产品外观设计方法,将设计方案具象化。

(4)对“送餐机器人”设计方案进行评价,继而完善设计。

(5)采用手绘、二维设计软件(如 CAD 等)、三维设计软件(如 SolidWork、Rhino 等)、快速成型等完成并展示送餐机器人的最终设计方案。

(6)撰写本科生毕业设计论文、做演示文档(如 PPT 等),进行毕业答辩。答辩委员会评估打分,并进一步引导学生树立正确的价值观和工程素养观念。

教师通过 14 周的毕业设计教学,不仅指导学生参与“智能助食辅具技术研发”工程项目设计实践,完成了“送餐机器人”的毕业设计,而且该设计中的功能整合方案和外观设计方案被项目甲方选中制作样机并用于项目结题。通过该项目,学生有效提升了工程项目实践能力和创新能力。

## 5 结论

早在石器时代,人们有目的地构思并制作工具,原始的设计由此产生。进入工业文明后工业产品出现,从蒸汽机时代、电气化时代、信息化时代到智能化时代,工业设计已发展成交叉学科。在学科交叉融合的大背景下,社会需要的是具有系统设计思维和工程设计能力的综合设计人才,由此,对基于 CDIO 理念和新工科的工业设计本科生毕业设计教学进行探索,构建了工程系统观念下的工业设计本科生毕业设计教学构架和教学模式,构建了项目驱动式毕业设计教学模式。该模式已在我校本科生毕业设计教学中进行探索实施,不仅取得了积极的教学效果,也有效提升了人才培养质量。希望在深化教学理论研究及教学实践的基础上不断完善该教学模式,也希望能为其他院校的工业设计毕业设计教学提供参考及借鉴。

### 参考文献(References):

- [1] 教育部工业和信息化部中国工程院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[J]. 中华人民共和国教育部公报, 2018, 30

- (10): 13-15.
- [2] 胡安奎, 叶琳, 付成华, 等. 基于 TEE-CDIO 理念的新工科毕业设计改革研究[J]. 科教导刊, 2019, 10(10): 27-28, 30.
- [3] 查建中. 工程教育改革战略“CDIO”与产学合作和国际化[J]. 中国大学教学, 2008, 44(05): 16-19.
- [4] 顾佩华, 包能胜, 康全礼, 等. CDIO 在中国(上)[J]. 高等工程教育研究, 2012, 29(03): 24-40.
- [5] 袁翔, 季铁, 何人可. 工业设计“新工科”专业改革下的毕业设计教学——湖南大学设计艺术学院的行动与思考[J]. 装饰, 2021, 63(06): 24-26.
- [6] 余隋怀. 余隋怀: 中国工业设计新工科建设必要性解析及建设路径思考[J]. 设计, 2021, 4(20): 58-61.
- [7] 许彧青, 王欢, 商振, 等. 工程系统观下的绿色设计教学研究与实践[J]. 黑龙江国土资源, 2025, 23(03): 66-71.

---

**作者简介:**

第一作者/通讯作者: 许彧青, 1969 年生, 女, 沈阳人, 博士, 哈尔滨工业大学, 教授, 主要研究方向为研究方向工业设计、人机交互设计、绿色设计。Email: xuyuqing@hrbeu.edu.cn

---

## Teaching Reform of Industrial Design Graduation Projects based on the CDIO Concept in the Context of New Engineering Education

XU Yuqing\*, SHANG Zhen, ZHOU Chunhui, ZHANG Wenbo, WANG Mingming

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

**Abstract:** In view of the interdisciplinary attributes of industrial design, by analyzing the CDIO concept and the development background of New Engineering in industrial design, the necessity of New-Engineering-oriented reform in industrial design teaching is clarified. To meet the objectives of improving students' innovation ability and engineering ability, enhancing the teaching quality of undergraduate graduation design, and improving the quality of industrial design talent cultivation, first, based on the teaching contents of undergraduate graduation design in the industrial design major, a teaching framework for industrial design undergraduate graduation design under the New Engineering background and guided by the CDIO concept is constructed; then, the engineering attributes and collaborative-innovation attributes of industrial design are analyzed, and a teaching model for undergraduate graduation design is constructed from the perspective of engineering systems; finally, by combining “industry-education integration” with “project-driven,” a project-driven graduation design teaching model is formed.

**Key words:** CDIO concept; new engineering education; industrial design teaching; graduation project