

# 《机械系统设计》课程内涵与教学的探讨

郝雪弟<sup>1</sup>, 潘越<sup>2</sup>, 张喏<sup>1</sup>

(1. 中国矿业大学(北京)机电与信息工程学院, 北京 100083; 2. 河北工程大学机电学院, 河北 邯郸 056038)

**[摘要]**《机械系统设计》是培养创新型人才的主干专业课,但存在着课程内容多与学时短,覆盖全面与深入不够的矛盾。分析了现有课程教材内容的区别联系,及其与课程群其他课程之间的关系。提出系统设计方法学是该课程的核心内容,同时适当补充现代设计学方法的有关内容。给出了详细的课程教学目标、教学内容、教学环节和教学材料。强调培养学生的创新能力是课程的主要目的之一。

**[关键词]**机械系统设计; 教学改革; 教学方法

doi:10.3969/j.issn.1673-9477.2013.01.026

**[中图分类号]** G642.0

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1673-9477(2013)01-0087-04

在社会发展、国防建设和科技进步中机械一直发挥着不可替代的重要作用,机械工业是国民经济发展的装备部,也是科技人才的需求大户。作为培养21世纪培养人才的大学而言,机械工程专业培养的目标已经转变为培养具有机械设计、制造与自动化能力的复合型机械专业人才。其中,培养具有复杂机械系统设计与创新能力的要求尤为突出。因此,教育理念应该从教授传统机械强度、刚度、材料与运动设计知识的圈子中解放出来,将着眼点放在培养能够设计与制造现代机械系统的人才上来。

然而,目前机械类的专业课程基本上沿袭机类与电类独立开设的方式,一些机电一体化课程大多是机、电分别教授的合二为一,基本上是“学机械的人再补充点电的知识”而已,不能形成完整的现代机械系统的体系。造成上述脱节主要原因在于课程设计的缺陷。因此,广大学者呼吁设立新型课程,从整机及系统的观点讲授现代机械产品设计的规律和特点。《机械系统学》课程即在这个背景下产生,至今已有十几年的历史。该课程定位于机械类专业的一门专业主干课程。课程的目的是培养机械专业本科生能够从系统观念出发,掌握工程系统设计的基本原理,具有现代机械系统整体设计的基本知识,能力和方法。在该课程蓬勃发展的同时,也暴露出了一些不足。表现为课程内容及相关教材较多,各学校编订的教学大纲与课程内容设置差别很大,课程内容多、深度不够,并与其他课程内容重复等<sup>[1-2]</sup>。为此,本文从《机械系统设计》课程内涵出发,分析课程内容体系及在专业培养中地位,提出如何优化课程内容、提高教学效果的方法,为完善课程教学工作做出努力。

## 一、系统与机械系统的内涵

探讨优化《机械系统设计》课程之前,有必要首先强调什么是“系统”与“机械系统”。美国韦氏大辞典中系统被定义为是:“有组织的或被组织化的整体;由有规则的相互作用、相互依存的形式组成的诸要素集合”。日本的JIS标准中系统被定义为是:“许多组成要素保持有机的秩序,向统一目的行动的集合体”。美国著名学者阿柯夫(R.L.Ackoff)认为:系统是由两个或两个以上相互联系的任何种类的要素所构成的集合。因此,系统可以定义为由两个以上相互联系的要素所构成的具有一定结构和特定功能的有机整体<sup>[3-5]</sup>。除此之外,系统的属性还包括系统应有一定的界限,以便使系统从所处的环境中分离出来。

机械系统是由各个机械基本要素组成,完成所需的动作、实现机械能的转变、代替人类劳动的系统。对现代机械系统来说,一般由动力、传动、执行、操纵和控制五大系统组成,也可将操纵与控制系统合并为操纵-控制系统,它们的关系如图1所示:

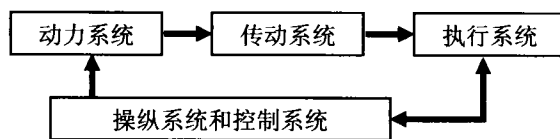


图1 现代机械系统的组成

从图1看出操纵-控制系统与其他系统存在信息流的传递;动力系统、传动系统与执行系统存在能量流的传递。而系统与环境之间必然存在某种物质流的传递。因此,机械系统的基本属性是其功能性,以具体的而不是抽象的物理结构存在,可以按照功能细分为几个子系统。在实现其功能属性时必须完

**[投稿日期]** 2012-12-25

**[基金项目]** “北京市优秀教学团队”项目

**[作者简介]** 郝雪弟(1974-),男,河北唐山人,讲师,工学博士,研究方向:矿山机电教学与科研。

成动作的传递和变换、机械能的利用。机械系统的内涵说明《机械系统设计》课程的内容应该围绕一个机械系统的特点及其设计过程展开。

## 二、《机械系统设计》的内容

目前,与此课程配套使用的国内教材约有七、八种。比较他们的内容发现一般包括以下几个方面:系统与机械系统的概念、机械系统的总体设计与方案设计、动力系统设计、传动系统设计、执行系统设计、控制系统设计、操纵系统设计以及支承与基础设计。自然想到,上述内容的设置是根据图1现代机械系统的组成而安排的。然而除了上述内容,学者们还编入许多其他内容,具体为:

朱龙根教授在教材中还编入了“机械系统的噪声及控制”的内容<sup>[3]</sup>;周堃敏教授编入了“润滑及冷却系统设计”的内容<sup>[6]</sup>。朱立学教授除编入“润滑及冷却系统设计”的内容外,还编入了“机械系统设计过程管理”、“机械系统设计和仿真分析及专家系统”的内容<sup>[7]</sup>。段铁群教授编入了“机械系统实用设计技术”的内容,包括:形态变换与关系变换、强度与刚度设计、精度设计、安全与绿色设计<sup>[8]</sup>。赵韩教授没有遵循上述五大子系统与补充内容的顺序,而是在机械系统物料流、能量流和信息流三章中分别介绍了制造系统的物流系统设计、动力系统设计和控制系统设计。而将传动系统、执行系统及运动设计编入“机械运动系统”中<sup>[9]</sup>。戴庆辉教授将系统原理与设计原理分成两章单独阐述,最后加入了“概念设计”、“虚拟设计”、“智能设计”和“创新设计”的内容<sup>[4]</sup>。邹慧君教授没有全面阐述机械系统的五大子系统,而着重阐述了机械系统的设计学原理、机械系统运动设计和机械系统设计评价三方面内容<sup>[5]</sup>。

综上所述,学者们似乎都想赋予《机械系统设计》课程更多的内容。然而,合肥工业大学、哈尔滨理工大学、哈尔滨工业大学三校给该课程分配的学时分别是32学时、40学时和36学时。显然,课程内容与学时之间存在巨大的矛盾。如何合理设置《机械系统设计》的教学内容,应该从机械工程专业培养目标上、特别是“机械系统”与“设计学”二者的关系上考虑这个课题。

## 三、《机械系统设计》的教学分析

### (一) 机械专业培养目标

机械专业的培养目标是:培养具有扎实与宽广机械设计、制造及自动化的专门知识,具有一定的创新能力,能在机械相关领域从事设计、制造、机电产品及技术开发、科学研究、生产组织和管理

工作的高级工程技术人才。显然,《机械系统设计》课程培养应首先满足培养具有设计机电产品与创新能力人才的要求。

### (二) 《机械系统设计》的课程地位

根据机械专业的培养目标设置的专业课程体系中有设计类的专业基础课,同时也是《机械系统设计》这门专业课的先行课程主要有:《机械制图》、《工程力学》、《金属工艺学》、《机械工程材料》、《公差与互换性》、《机械原理》、《机械设计》等。《机械系统设计》的后续课程有:《先进制造技术》、《机械优化设计》、《现代设计方法》、《机电产一体化技术》、《机械有限元分析》等。

先行课中《机械原理》、《机械设计》两门课程与《机械系统设计》关系最为紧密。为了避免与这两门课程教学内容的重复,首先分析它们之间的区别与联系。《机械原理》是研究机械中机构的结构、运动受力的学科。主要涉及:机构的结构分析、平面机构的运动分析、平面机构的受力分析、机械的效率和自锁、机械的平衡、机械的运转及其速度波动的调节、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构及其设计、其他常用机构等内容<sup>[10]</sup>。《机械设计》课程是一门综合运用多学科知识的,阐述通用机械零部件设计问题的学科。主要涉及螺纹联接、键联接、带传动、齿轮传动、蜗轮蜗杆传动、链传动、轴、滑动与滚动轴承等的设计与校核计算、材料选择、主要结构参数的设计等内容<sup>[11]</sup>。对比文中第二节相关内容不难发现,《机械系统设计》重在阐述机械系统的整体性、功能性,着重讲述整机的功能、结构以及各子系统设计的一般规律,即系统的分析与综合问题。使学生掌握各类机械进行整机设计的能力,特别是复杂机械系统的设计与创新能力。因而《机械系统设计》课程超越了机构、部件的设计问题,落在了整机与子系统的设计问题上。

后续课程主要阐述关于机械系统的现代设计理论方法与设计手段方面的内容,从而丰富《机械系统设计》课程中关于“设计学”方面的内容。机械系统设计应该从设计理念、设计方法学的高度考虑。机械系统设计实际是机械产品的设计,需要考虑技术、环境、经济、法律等方面内容。一个机械产品有其特定的生命周期,其设计不能只停留在设计阶段,应该扩展到计划、设计、制造、使用等产品整个生命周期上。从而,设计问题扩展到时间、逻辑、知识的三维结构上,即霍尔三维结构<sup>[12]</sup>。

总之,《机械系统设计》课程不仅仅停留在机构设计、部件设计阶段,而站在整机与系统设计的高

度上。它可以看做是培养学生具有坚实、完整设计能力的收口课程。同时，由于其内涵丰富，必须从“设计学”的高度将设计相关内容空间拓展到时间、逻辑、知识的三维结构空间上，将设计经历的时间拓展到整个机械产品的生命周期上。

#### 四、《机械系统设计》的教学实践

开设《机械系统设计》课程目的在于向学生介绍机械产品设计的一般规律，熟悉其设计过程及相关设计学方法。使学生具有设计复杂机械系统与创新能力。它与其他专业课共同构成机械专业设计类课程体系，具有承上启下的作用。因此，虽然其作用非常重要，但也不能赋予它太多的内容，造成学时与课程内容的矛盾，广度与深度的矛盾。

##### (一) 教学目标

根据前述，《机械系统设计》课程的教学目标确定为：使学生能够从系统的观点出发，了解和掌握机械系统设计的基本要求，掌握机械产品设计的一般规律和方法。掌握功能原理设计方法、系统评价与决策常用方法、典型子系统设计方法，熟悉常用现代设计学方法及手段。培养学生具有设计复杂机械系统与创新能力，为后续的专业培养奠定基础。

##### (二) 教学内容

讲授功能原理设计方法，特别是如图2所示的功能原理设计方法过程及内容。讲授动力系统、传动系统、执行系统、控制与操纵系统设计的特点及一般方法。根据各学校具体情况，补充介绍现代设计学方法，典型行业机械产品设计的一般规律。如笔者所在学校有着深厚的煤炭行业背景，因此在日常教学中选择大量煤矿采掘机械作为产品设计案例来讲授。

##### (三) 教学环节

1. 课堂教学。课堂教学采用讲授与讨论两种形式相结合。讲授时重点应放在系统设计方法的阐述。从整机和时空角度讲授如何处理复杂工程设计问题，培养学生的创新能力。系统的评价与决策也是讲授的重点。讨论时重点放在功能原理分析上，重点放在总功能确定，功能分解，求解子功能三部分内容。引导学生应用抽象——发散——收敛的思维模式去分析和解决问题，并按照这一思维模式寻找物理原理。通过原理组合并进行评价找出最优的设计方案。从而使学生在讨论中逐步理解从传统设计思想束缚中解放出来的重要性，激发学生创新性思维的火花。

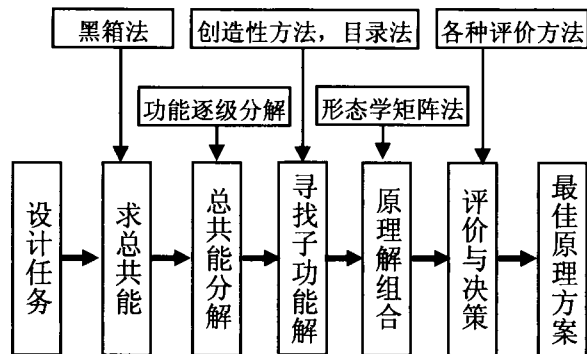


图 2 功能原理设计方法

2. 实验。想取得良好的教学效果，只有课堂教学环节远远不够，需要设计适当、新颖的实验环节进一步培养学生设计机械系统的能力。实验课程的题目要具有研讨性和答案不唯一性。

3. 产品研发报告。“机械系统设计”课程设计可包括：设计计算、草图绘制、设计图完善、编写说明书和答辩 5 个阶段。但考虑到课程内容的丰富与学时的限制也可大胆采用撰写“产品研发报告”的形式对行业热点问题尝试进行创新性设计。

4. 考核。课程较为合理的课程成绩分配方式为：平时成绩占 60%，期末成绩占 40%。培养学生掌握机械系统设计思想重在平时，而非最后依靠一张试卷检验教学效果。

##### (四) 教学材料

由于《机械系统设计》课程内涵相当广阔，课程目的不在于让学生深入地了解每一具体理论技术的内容，应强调掌握系统学设计原理，突出机械系统整机的功能，协调整体与局部的关系。据此，课程内容涉及的教学材料选择应当突出这个重点并具有代表性。例如，笔者讲授功能原理设计这部分内容时，选取了核桃破壳取仁机械设计作为教学案例，其思维过程及结果如表1所示<sup>[4]</sup>。

表 1 取核桃仁的功能描述

功能分析	解法目录
砸壳	外部加压 { 砸：利用重力 夹：杠杠施压(核桃夹子) 压：螺旋机构 冲击：水击 射击：核桃作为子弹
适度抽象化	逆向思维 { 使壳变脆：让壳变薄易碎 将壳溶解：溶壳不溶仁
壳与仁分离	侧向思维 { 钻孔加压：向壳内充气撑破壳 整体加压：外压骤减撑破壳
	内部加压

此外，利用不同的教学地点，如多媒体教室、

实验室、图书馆、设计教室、计算机房,采用语音、图像、视频、动画、投影、互联网等多媒体形式组织教学,都会激发学生的学习主动性,达到良好的教学效果。

#### 四、结论

21世纪是创新的世纪,科学技术的发展和经济的全球化使机械学科与多个学科不断交叉、融合,微型、智能、仿生机械不断出现,现代机械已经发展成为一个多学科交叉的技术系统。因此,关于现代机械系统设计的教学应当适应科技与社会的发展趋势,《机械系统设计》课程由此孕育而生。

《机械系统设计》内涵相当广泛,但作为机械工程主干专业课程,应当明确界定其教学内容,即主要讲授系统学原理为基础的机械产品全寿命设计思想及相关现代设计学方法。它是机械工程专业设计类课程体系中的收口课程,即讲授整机设计方法的课程;同时也是学习后续现代设计学理论方法课程的基础。课程教学目标为使使学生能够以系统的观点,掌握机械产品设计的一般规律和方法,具有复杂机械产品整机的设计与创新能力。课程主要内容包括系统功能原理设计方法,方案评价与决策,现代机械系统五大子系统设计的一般规律,现代设计学方法等。

《机械系统设计》课程本身也是一个系统,它不断发展、完善。但其发展趋势必然与社会、技术需求的发展相一致,要与培养具有创新能力的21世

纪机械工程师的发展需求相一致。按照上述要求进行《机械系统设计》课程的教学设计才能达到课程教学目标,改善教学效果。

#### 参考文献:

- [1]曹兵.机械系统设计课程教学改革初探[J].大众科技,2006(7):167-168.
- [2]王燕霜,宋磊.机械系统设计课程创新型教学实践及改革[J].洛阳师范学院学报,2010(5):187-189.
- [3]朱龙根.主编.机械系统设计[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [4]戴庆辉.先进设计系统[M].北京:电子工业出版社,2006.
- [5]邹慧君.机械系统设计原理[M].北京:科学出版社,2003.
- [6]周堃敏.机械系统设计[M].北京:高等教育出版社,2009.
- [7]朱立学,韦鸿钰.机械系统设计[M].北京:高等教育出版社,2012.
- [8]段铁群.机械系统设计[M].北京:科学出版社,2010.
- [9]赵韩,黄康,陈科.机械系统设计[M].北京:高等教育出版社,2005.
- [10]孙恒,陈作模,葛文杰.机械原理(第七版)[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [11]邱宣怀.机械设计(第四版)[M].北京:高等教育出版社,1998.
- [12]李芬花,纪昌明,赵守和.水利水电工程霍尔三维结构图的研究[J].水利水电技术,2006(12):27-29.

[责任编辑 王云江]

## A study on course content and teaching of mechanical system design

HAO Xue-di<sup>1</sup>, PAN yue<sup>2</sup>, ZHANG xi<sup>1</sup>

(1. School of Mechanical Electronic and Information Engineering, China University of Mining & Technology Beijing, Beijing 100083, China; 2. School of Mechanical and Electronic Engineering, Hebei University of Engineering, Handan 056083, China)

**Abstract:** Mechanical system design is the backbone of the professional courses to cultivate innovative mechanical engineers and researchers. However, comprehensive contents and insufficient study hours, multi-disciplines and superficial understandings are the main contradictions for teaching of the course. This paper presents detailed analyses of the difference and similarity in contents between existing textbooks, and the relationship between the course and the other courses in the teaching program. The system design methodology is suggested as the core teaching subject for the curriculum, and some modern design methodology is proposed to be added to the course teaching contents. A detailed series of teaching objectives, teaching contents, teaching modes and teaching materials are presented. It emphasizes the development of students' ability to innovate is the main purpose of the course.

**Key words:** mechanical system design; teaching reform; teaching study