

提高学生创新机械设计能力的新型教学模式*

安琦

(华东理工大学 机械工程学院, 上海 200237)

[摘要] 本文通过分析现行机械设计课程教学模式的优缺点, 探讨了对这门课程进行改革的方法。通过几年的实际教学实践, 证明这样一种教学改革不仅十分有效地提高了学生的设计能力和教学质量, 而且极大地激发了学生的创新热情, 经学生之手产生了若干实用新产品、获得了若干专利, 并在一些重要的国内外创新比赛中获奖。形成了一种新型的创新机械设计能力培养的教学模式。

[关键词] 机械设计; 创新设计; 教学模式

[中图分类号] G642.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874 (2007) 02-0052-03

一、引言

机械设计是大学机械类专业学生的一门主干课程, 它主要涉及的内容是关于一些常见机械零部件的基本特点、常见失效方式、力学分析、结构参数选取和设计计算。其教学目标不仅要使学生掌握一些常见零部件的基本知识, 同时也要初步建立机械零部件和简单的机械系统设计的能力。国内高校对该门课程的教学模式从1956年至今一直沿用前苏联的教学体系, 在教材内容编排和教学方法上存在如下一些问题: 1、过分注重理论知识的讲解; 2、零件的设计过程和方法没有正面系统阐述; 3、零部件的设计和整机系统的设计没有建立明确的逻辑关系; 4、过分强调理论设计方法而淡化经验性设计内容; 5、对学生只进行有详尽指导教材的课程设计而没有进行创新(实际)内容的设计; 6、无法对学生的创新设计能力进行培养。由于上述原因使得学生在读完该门课程之后虽然可以很好地完成与课程配套的习题, 但对于具体的实际零部件设计和机械系统的设计仍然束手无策, 根本无法建立创新机械设计的能力。笔者在多年的机械设计课程教学中针对上述存在的问题不断摸索和实践, 总结了一套全面提高机械设计课程教学效果、强化学生创新设计能力培养的教学模式。在此罗列和同行们交流。

二、课堂教学中强调设计思想的传授

机械设计这门课程中包含的知识体系较为广泛, 既有大量的理论计算、理论推导, 又有大量的经验公式和经验图表。学生在学习过程中往往会有一种无从下手的感觉, 他们总是不断的询问: 哪些要求记下来, 哪些不要求记下来, 哪些公式要会推导, 哪些公式不要会推导。的确, 这么多知识体系混列在一起给学生的学习带来了困难, 因为

他们毕竟刚刚步入机械工程这门学科的门栏, 缺乏一定的感性知识和必要的实践经验。因此, 在进行课堂讲解时首先一定要让学生从纷繁的知识堆里找到学习的方向, 建立本门课程学习的指导思想。笔者认为, 机械设计这门课程的学习目标不仅是要掌握一些常见零部件的基本知识和计算方法, 更主要的是要掌握这些零部件的设计思想、设计方法, 只有掌握了基本的设计思想和设计方法才能在将来面对这种零部件的设计或选用时知道如何去做。为此, 在进行每一种零部件的学习中, 我们制定了一个“基本特点——失效方式及影响因素——受力分析及计算——参数的确定和结构设计”的教学模式, 让学生按照这一模式进行学习, 重点要求学生掌握基本的设计思想和方法。

所谓设计思想就是贯穿于教材中的一些零散的设计理论, 这些理论不一定是以某种公式或图表进行表达, 它要告诉我们的往往是关于如何进行该零部件的设计, 设计中应注意什么, 使用中应注意什么, 各种参数的意义和对该零部件性能的影响过程, 以及如何选取和确定这些参数。这些设计思想往往不具有严密的整体逻辑关系, 需要花一定的精力在理解的基础上去记忆。这些设计思想应该是本门课程学习的重点之一, 应予以足够的重视。为了说明什么是机械设计课程教学中的设计思想, 在此以齿轮传动为例进行说明。

在齿轮传动中, 所谓的设计思想包括: 齿轮传动的特点、使用范围、基本分类方法、主要失效形式和影响因素、齿轮常用材料和热处理方法、齿轮传动的受力分析、齿轮传动的设计方法、齿轮参数的确定和影响过程、齿轮常见结构和适用工况、齿轮传动的效率计算和影响效率的因素、齿轮传动的润滑和密封方式的选择方法及注意事项等。学生在对上述思想有所掌握的基础上才能在设计齿轮传动时有方向感, 知道如何下手开始工作, 以及在设计过程中有一个明确的指导思想。

* [收稿日期] 2006-07-15

[作者简介] 安琦(1963), 男, 安徽霍邱人, 博士, 华东理工大学教授, 博士生导师。

三、课堂教学淡化过细的理论内容

机械设计课程中包含了大量的理论内容, 特别是一些理论公式和计算图表成为学生在学习过程中的主要困难, 学生们常常反映公式太多记不住, 这往往会使他们产生一种“机械设计课程难学”的思想, 影响了教学效果。为此, 笔者在进行课程教学的过程中, 首先对每一章内容中的所有公式进行分类, 将其划分为基本掌握公式和基本了解公式两类。对于基本掌握公式要求学生一定掌握, 因为没有这些公式的服务很难建立基本的设计思想, 但有些公式不仅比较复杂记忆十分困难, 而且即使短期能够记住, 但过几天就很快忘记, 这样的公式只要求学生对其理解, 掌握使用方法以及使用中的注意事项, 能够正确使用即可。下面以齿轮传动中的若干公式进行分类说明。

传动比公式、齿数比公式、中心距计算公式、分度圆直径计算公式、斜齿轮法面模数计算公式、齿顶圆和齿根圆直径计算公式、节距计算公式、直齿轮传动受力计算公式、斜齿轮传动受力计算公式、齿宽系数计算公式、斜齿轮和锥齿轮当量齿数计算公式、齿轮传动效率计算公式等属于必须掌握的基本公式等, 这些公式形式上不复杂, 易于记忆, 而且与基本的齿轮知识体系密切相关, 只有掌握了这些基本知识才能很好地对齿轮传动有较为扎实的理解。

端面重合度计算公式、啮合角计算公式、中心距变动系数计算公式、综合曲率半径计算公式、齿面接触疲劳强度计算公式、齿面弯曲疲劳强度计算公式、接触线长度计算公式、齿形系数计算公式、重合度系数计算公式、许用弯曲应力和许用接触应力计算公式、锥齿轮传动受力计算公式、锥齿轮传动齿面接触疲劳强度和齿根弯曲疲劳强度计算公式等均不要求学生记忆下来, 只要求对每个公式的使用方法、公式中每项的含义以及使用过程中应该注意的事项弄清楚。这些公式结构较为复杂难以记忆, 学生将来只要在应用时能够通过资料查询正确使用就已经达到了教学要求。

四、零散的零件参数的确定与零部件结构设计相结合

零部件计算参数和结构参数的确定方法是机械设计课程中的一个重要组成部分, 这部分内容理解与掌握的程度直接关系到学生能否完整掌握单个零部件的设计。由于这部分内容一般都分散于每一章的教学内容中, 使得学生学习过程较为困难, 往往一章内容学完之后, 学生对于如何完整设计出这一零部件仍然感到十分困难。为此, 笔者在教学过程中将这些分散于课程中的知识点归纳集中起来, 在每章教学内容完成之后花半节课左右的时间进行提纲挈领式的归纳, 让学生建立该零部件的参数设计方法。下面还是以齿轮传动的教学内容为例进行说明。

齿轮的结构参数主要包括: 齿数、模数、变位系数、齿轮宽度、分度圆直径、齿顶圆直径、齿根圆直径、中心距、齿轮结构形式、中心孔直径、轮毂键槽尺寸等。这些参数中, 齿数的大小根据最小齿数、传动比、外形尺寸要

求等条件确定; 模数大小根据齿面接触疲劳强度计算和选定的齿数确定, 或根据齿根弯曲疲劳强度计算结合标准模数序列确定; 变位系数根据中心距取标准或为了大小齿轮强度平衡进行计算之后确定; 齿轮宽度根据选定的齿宽系数进行确定; 分度圆直径根据齿数和模数确定; 齿根圆直径等于分度圆直径减去两个齿根高; 齿顶圆直径等于分度圆直径加上两个齿顶高; 中心距根据齿数、模数和变位系数确定; 齿轮结构形式根据几何尺寸、加工工艺、毛坯材料、生产批量及经济性确定; 中心孔尺寸根据相配的转轴直径确定; 轮毂键槽尺寸根据相配的轴径查表确定。上述尺寸确定后就可以根据机械制图的有关知识画出一张完整的齿轮设计图。

通过这样的讲解, 学生们对齿轮的有关设计参数一目了然, 对设计一个具体的齿轮有了较为明确的认识。

五、课程设计中引入创新机械设计教学环节

现行的机械设计课程教学对零部件的设计理论有了较为细致的介绍, 但忽略了经验知识和主观能动性在机械设计中的作用。使得学生虽对单个零部件的设计有一定的思路, 但一遇到实际设计问题, 面对一些需要自己根据有关知识确定参数的部分就茫然不知所措。虽然课程设置中有一个课程设计环节作补充, 但由于课程设计内容的程式化成分很高, 学生只需按照指导教材一步步进行设计, 根本不用动太多的脑筋就可以完成整个变速箱设计。因此, 这一教学环节对学生实际设计能力及创新能力的培养力度十分有限。为此, 我们在对课堂教学及课程设计进行改革的同时, 缩短了整个课程的教学时间, 在不增加教学总时数和学生负担的前提下引入创新(实际)机械设计环节。该教学环节的两个基本原则是: 培养学生的基本设计能力和培养学生的创新(实际)设计能力并重; 本专业设计能力和相关专业设计能力并重。该教学环节的教学总目标是: 在培养学生的实际设计能力和创新能力的同时, 创造出有市场价值、能够服务于社会的实实在在的产品。

鉴于变速箱涉及的机械设计问题具有典型性和普遍性, 这部分的教学仍采用齿轮变速箱设计作为课程设计的一部分进行教学, 另外考虑了对学生进行实际设计能力的培养, 教学方法及时间安排进行了较大力度的改革。具体操作过程如下:

(1) 变双级齿轮变速箱设计为单级齿轮传动设计。单级齿轮传动变速箱与双级齿轮变速箱在设计方法上没有本质上的区别, 他们所涉及的机械设计内容是同等的。双级齿轮传动变速箱相比仅多了一级齿轮传动计算, 改成单级后可以缩短学生完成这部分内容的时间, 同时由不会影响学生基本设计能力的培养。

(2) 将变速箱设计分散于整个机械设计课程的教学过程中。为进一步缩短对学生基本设计能力培养的时间, 我们将以往集中时间进行课程设计教学改为部分分散然后集中的教学方法, 将齿轮变速箱设计的一部分内容融于机械设计

课程设计教学中。在第12章(齿轮传动)教学内容完成后即将课程设计题目发给学生。这样,可以使随着机械设计课程的进行以课外作业的形式逐步完成除装配图以外的传动计算部分、标准件选择部分,并进行变速箱结构设计的草图绘制,在这一过程中辅以教师的指导和阶段性检查。待第一学期结束时,即可完成变速箱设计内容的60%左右。剩下的装配图和设计说明书及答辩留待第二学期开学后的第一个星期集中完成。这样,不仅可以使学生十分轻松的在一个星期内完成变速箱设计,同时通过这样的一种渐进式教学过程,学生的基本设计能力的培养会更扎实。此外,这样的一种教学安排还可以大大改善机械设计课程的教学质量,使学生在理论学习课程内容的同时能结合实际设计问题,从而活学活用,避免理论与实际脱离的现象。

(3) 变模仿型设计训练为思考型设计训练。以往学生在进行变速箱设计时,习惯于照搬设计指导书的设计方法,这容易使学生的思维僵化,不善于应用所学知识去解决问题。为此,计划采用先抛开课程设计指导的方法指导学生设计,给学生以必要的提示,并列参考书目,鼓励他们去查找资料,翻手册,并培养他们从各种资料及数据中归纳整理的能力,让他们从无从下手的困境中找到进一步工作的方向,让他们在失败及走弯路的过程中学会如何设计。这是一个以学生为主体的教学过程,比起以往的模仿式教学将可以大大提高教学质量。

(4) 引入创新(实际)设计教学环节。在完成对学生进行的机械设计基本能力训练之后,用一个星期的时间对学生创造性设计能力的培养。在这部分教学中,我们以收集的若干与机械设计及相关领域的科研方向为设计课题,这些课题兼顾基础性、知识性、前沿性,设计工作量虽不是很大,但思维创新的空间较为广阔,给学生创造性思维的余地。应用的设计原理、结构理论没有固定的模式,只提供一设计思想及所要达到的预期目标,或一简单的示意性图原理图或结构图。指导教师与学生之间可以讨论,教师可以提示学生如何查资料及进行设计中的注意事项,把能动性留给学生。该部分的设计评分标准有三个方面衡量,一是创新性;二是规范性;三是图面质量。待整个设计完成后集中一天时间由教师主持一个讨论会,先由学生自己介绍自己的设计题目、设计思想。其他学生自由发言、提问、讨论、指出优缺点。通过这样一个过程促进学生创新性思维及应用所学知识进行创新机械设计的能力。

按照上述教改方案,对我校机械学院96级的两个班学生、98级和99级全院学生进行了实践。不仅使学生的基本设计能力得以锻炼,同时也培养了学生的创新(实际)设计能力。学生们参与的热情十分高涨,他们构思了一个个方案,有的同学不惜推倒十几个方案从头再来仍不气馁。学生们从最初的无从下手,到慢慢找到思考问题的方向,并沿着这一方向不断发现解决问题的方法。学生们的创新能力使人振奋。虽然只用一个星期的时间,但创新的成果令人鼓舞,每个设计题目都产生了几种乃至几十种设计方案,有些作品极富创新和实用价值。学生们在一个星期的

创新设计完成后普遍感到进一步建立了设计的概念,面对新设计有努力的方向感了。大约30%的同学作出了有一定创意的作品,大约30%的学生在没有指导教材帮助的情况下完成了自己的设计。

六、对学生创新机械设计能力进行课程后延续培养

通过上述教学过程,将涌现出一大批富于创新的设计思想和创新作品,这些思想和作品仍然不够十分完善,离实际的产品还有相当一段的距离。为了从根本上提高学生的创新机械设计能力,作者采用了一种“课程后延续培养模式”,即:利用业余时间指导这些学生继续对他们的作品进行深入的思考、改进和完善,最后绘制出符合加工要求的设计图纸,送交工厂加工制造,由学生自己安装调试,形成具有真正意义的实际创新产品。通过这样一个过程的延续培养,不仅使学生的机械设计水平大大提高,而且形成了许多具有实际应用价值的创新机械产品,经学生之手诞生了8项专利成果,在一系列国内外青少年创新发明比赛中取得了包括:2项全国挑战杯比赛二等奖、1项第一届全国大学生机械设计创新大赛二等奖、1项华东地区大学生机械设计创新比赛一等奖、1项第一届上海国际发明博览会铜奖、1项第1届全国“创新杯”机械设计比赛二等奖等各类比赛奖金近20项。

七、结束语

通过实际的创新设计教学实践,作者深深体会到:学生中的确蕴藏着巨大的创新潜力,他们精力旺盛,思维不受条条框框的束缚,容易产生创新的火花,关键是如何挖掘和引导他们;学生们在迈开创新的第一步时,往往表现的十分脆弱,如何调动他们的创新积极性和保护他们的创新热情,对他们作出的每一点创意作出科学的评价,哪怕整个作品只有1%的合理性,也要给予正面的评价和鼓励,使他们产生足够的信心非常重要;学生们虽有很多创意,但往往与现实距离较大,不能很好地利用专业知识去思考,因此,如何引导学生把前期所学知识贯穿起来思考问题,找到解决问题的正确方向尤为重要;对于创新设计能力的培养决不能仅仅局限于课堂教学过程,如何利用业余时间,通过机械设计课程后的延续培养,对进一步提高学生的创新机械设计能力十分关键;在教学中引入创新教学环节不仅是一个培养学生的过程,同时也是一个很有价值的创造性过程,通过对学生的创新潜力的挖掘,完全有可能开发出一流的产品服务于社会。

本文所建立的新型创新设计教学模式虽然已经取得了十分显著的成效,但仍有许多方面需要不断进行发展和完善,因为,时代的发展正不断向我们提出新的要求和新的挑战,只有不断努力探索、不断改进,才能满足社会发展对创新人才的培养要求。为此,我们应继续努力。

(责任编辑:胡志刚)