

机械制图教学中实现与机械设计制造类课程的衔接与沟通

赵万军 李万全 刘江

重庆三峡学院机械工程学院 重庆 404100

摘要: 在分析目前机械制图、机械设计、机械制造类课程间存在的内容重叠、沟通不畅的基础上, 讨论了消除课程内容冗余、合理衔接的具体措施。从机械制图课程视角出发, 通过实例展示了在机械制图课程中适时引入机械设计、机械制造方面的知识, 加强了课程间的联系, 提升了教学效果。同时, 论述了将工程实践项目贯穿于各门课程、大学四年的教学之中, 以项目为引领, 实现课程间的衔接与沟通。

关键词: 机械制图; 机械设计制造类课程; 衔接沟通

机械原理、机械设计课程主要完成机械零件、机构和机器的设计, 互换性与技术测量课程完成零件的精度设计, 机械制图课程是将设计出来的零件、机器绘制成零件图和装配图, 机械制造技术课程是按照零件图和装配图制造出零件并装配成机器, 这是一个完整的从“设计”→“技术文件”→“产品”的过程。在这个过程中, 机械制图是联系设计与制造的桥梁, 是正确实现设计思想、获得合格产品的重要环节。由此可见, 机械制图与机械设计、机械制造课程间有着天然的连接关系, 在教学中实现其相互目融合、衔接与沟通具有重要意义。

国内一些高校教师、学者对以机械设计为主线, 从课程群分析、教学体系与教学模式改革、教学内容整合等多方面进行了研究。赵亮等基于工程教育专业认证理念, 从教学内容、课程思政、教学方法和师资队伍等方面对应用型本科机械设计课程群建设进行了探索与实践, 整合、优化、更新出面向工业 4.0 的教学内容, 构建了以学生为中心、注重培养在机械设计方面解决复杂工程问题能力的教学模式与方法^[1]。魏书华对独立教学模式存在的问题, 提出了机械基础类课程一体化教学模式, 对课程内容进行了整合, 对课程体系与教学模式进行了重组和改革^[2]。叶霞等针对单列课程教学体系中存在的问题着手, 阐述了进行机械制图与互换性课程整合的必要性, 提出了具体的整合方法^[3]。但是, 从机械制图的角度出发, 研究与机械设计和机械制造类课程的沟通衔接成果不多, 现有的成果大多也不够深入细致。因此, 探索研究机械制图课程教学中融合、沟通衔接机械设计、机械制造课程有较高的价值。

1. 课程内容的衔接与沟通

目前机械制图与机械设计类、机械制造类课程从课程内容上讲既有重复, 也有衔接缺口。学生在学习机械制图课程时, 无法深入理解制图能力在后续机械机械设计、机械制造课程中的作用; 在学习机械设计、机械制造技术等课程时, 读图与绘图能力欠缺。笔者就一些存在的问题及解决方法罗列如下:

(1) 螺纹连接的类型、各种连接的结构特点及应用、标准螺纹联接件的图例在机械制图和机械设计课程中重叠。机械制图可在简介螺纹连接类型的基础上重点介绍螺纹连接的画法, 将螺纹连接的的结构特点、应用、螺纹的防松等都放到机械设计中, 将标准螺纹联接件的图例从机械设计中去掉。铰制孔用螺栓连接及螺栓组连接在实际的机械结构中很常见, 而制图中缺少其画法, 可以补充到制图的教学之中。

(2) 目前在机械制图的齿轮教学中, 直齿圆柱轮有比较完整的结构参数、尺寸计算及图例介绍, 学生学习后能够比较顺利地绘制直齿圆柱齿轮的机械图样。而圆锥齿轮和蜗轮蜗杆则通常非常简略, 只有图例, 没有结构、参数及必要的尺寸计算, 学生既不明白轮齿的结构、参数名称, 也不能计算其主要尺寸,

所作练习也是在给定部分结构(相当于已经给出了分度圆直径、齿顶圆直径、齿根圆直径、分度圆锥角、喉圆直径、齿宽等关键齿轮参数)的图形上按依样画葫芦的方式完成图形绘制, 一旦脱离给定结构, 学生绘图就变得很困难。因此, 可以将机械原理课程中圆锥齿轮和蜗轮蜗杆有关结

构、参数及尺寸计算部分转移到机械制图课程中。齿轮模数与分度圆直径的计算公式推导、齿轮传动比等内容在机械制图和机械原理中有重复,可只在机械原理中介绍,机械制图中只给出概念和计算公式结果,以能够绘制出图样为度。

(3) 机械制图和机械制造技术课程都有零件结构工艺性和装配结构工艺性内容,部分内容重叠。如:钻孔轴线要垂直于被加工表面;为减少零件加工面积的凹槽、阶梯孔结构;为减少零件加工面积和保证零件间接触良好的凸台与凹坑结构;内外螺纹倒角;相互配合的零件在同一方向上只能有一对接触面;滚动轴承与轴、壳体孔的装配结构等。这些重叠内容通过分析它们与课程的关联程度分别放到不同课程中去,如内外螺纹倒角、凸台与凹坑结构在零件中属普遍性结构,零件图中常见,因此可以在制图课程中介绍;而像配合零件有一对接触面、滚动轴承装配结构这类与绘图关系并不大,在制图中要讲清它们也不容易,就可以放到机械制造技术课程中去。

(4) 目前,机械制图和互换性与技术测量课程都包含极限与配合、表面粗糙度、几何公差的内容。极限与配合部分两门课程都有其基本术语定义的介绍,机械制图课程后续是极限与配合在图样上的标注,互换性课程后续是公差与配合的选用,即精度设计部分。表面粗糙度在两门课程中内容基本相同,互换性课程后续有一点不多的表面粗糙度选用的内容。几何公差的类型、含义、标注及选用在互换性课程中全有,机械制图中主要是几何公差在图样上的标注。从中可以看出,两门课程内容有较多重叠。可以将极限与配合、表面粗糙度、几何公差的定义、术语、含义、选用等内容全部放到互换性课程中,机械制图课程只介绍标注方法。为避免制图课程中学生对上述标注的技术要求缺乏必要的理解,可以在零件图中对它们的含义给予简单的讲解;同时,通过本文后面介绍的通过项目的方法将标注与设计串联起来,能够很好的优化此部分内容。

(5) 将带传动、链传动、联轴器等常用机构画法及典型图例作为选修内容加入机械制图教材中。

上面列出了部分课程内容的衔接沟通方法,采用此方法还可进一步挖掘、整合、优化课程间有重复、有缺口的部分。要做好课程内容的衔接沟通,需要各门课程任课教师间良好的协作,可以通过集体备课、开展专题教研活

动等方式实现;鼓励一名教师担任上述多门课程教学也将起到很大的帮助作用。

2. 课堂教学实现衔接与沟通

在制图课程的课堂教学中,将机械设计、机械制造、精度设计的知识适时穿插进来,对于强化课程联系,提高学生对知识的理解,培养学生的工程能力有重要作用。

图 1 所示的尺寸标注:(a)槽深应该以圆柱下母线为基准标注尺寸 26 而不是以轴线为基准标注尺寸 k ,制图中认为是便于测量,还可进一步引申:从机械制造的角度讲,如果夹具设计中采用 V 形块定位,标注尺寸 26 较 k 有较小的定位误差。为什么?希望同学们在今后学习专用夹具设计的时候去探索,给一个悬念,为后续学习展开一个铺垫。

(b)该零件为什么不能标注尺寸 n ?制图中认为不能在交线上标注尺寸,那为什么不能在交线上标注尺寸呢?制图中就没有给出解释,学生在标注这类尺寸时死记硬背,到自己独立标尺寸时依然不会。此时需要到机械设计、机械制造中去找答案:该板状零件从机械设计构型方面分析是一个厚度为 5mm 的圆柱体,上下切削、中间加工 $\Phi 16$ 的孔、左右铣 R4 槽而得;以水平对称中线为基准标注尺寸 32,相当于刀具从该中心线位置出发向上或向下运动 16mm 切削掉 $\Phi 68$ 圆柱体上下部分, n 尺寸自然获得,不需要再标尺寸,否则尺寸必然多余。长度方向为什么没有标注总长尺寸,没有标注 R4 的槽深尺寸 p ?因为尺寸只需标注出所有的定形定位尺寸即可,标注出的尺寸能够将该图形画出来,即意味着能够加工出来,尺寸就是完整的,其余尺寸必然多余。

(c)轴承座孔 $\Phi 14$ 高度方向位置尺寸应该标注 30 而不是 L,制图课程讲是因为不能注成封闭的尺寸链,加工误差集中到开口环 L 上,从而保障重要尺寸的精度。结合机械制造中关于工艺基准的知识还可以进一步说明,标注尺寸 30 是以底平面为基准,它即是设计基准,也是定位和装配基准,符合机械制造中的基准重合原则。如果标注尺寸 L 而不标注尺寸 30,意味着是以 A 面为基准,存在基准转换会导致基准不重合误差。通过上述方式来学习零件的尺寸标注,学生对如何完整、正确、合理标注尺寸的理解会有很大的提高,就可以较为轻松地突破零件尺寸标注的难点。

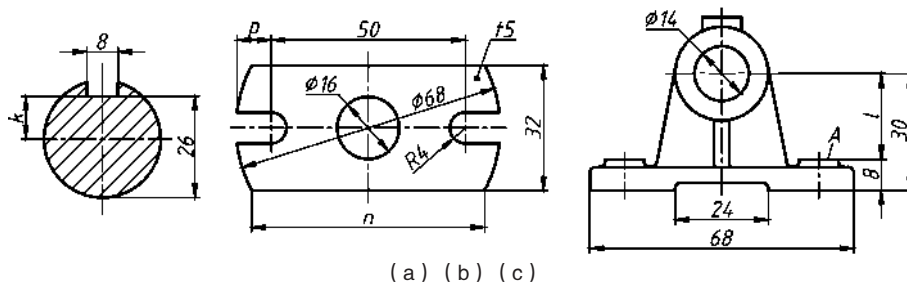


图 1 尺寸标注

图 2 所示为一减速器输入轴的零件图，在机械制图教学中出现在典型零件图例分析中，主要从用途与结构特点、表达方法、尺寸标注、技术要求四个方面来分析，用于培养学生识图和绘图的能力。更进一步，还可结合机械设计、机械制造及精度设计提高对输入轴的理解：首先通过动画展示包含该输入轴的减速器的三维结构、工作原理、装拆过程，从而明确输入轴的作用、工作环境、周围零件与它的装配连接关系。然后在分析结构时指出：为什么有五个轴段，是因为左边外伸轴 $\Phi 20k7$ （上有键槽）采用键连接通过联轴器与电机相连、左右两边 $\Phi 25h6$ 轴段为安装滚动轴承的轴颈、中间 $\Phi 28k7$ 轴段（上有键槽）采用键连接装

配有减速齿轮， $\Phi 30$ 轴段可以对安装到轴上的齿轮和轴承起到轴向定位作用。三处 2×1 退刀槽用于加工中退刀同时保证装配时齿轮和轴承端面能与轴肩面靠拢以保证零件的正确位置， $C1$ 倒角用于安装轴上零件时导向。在分析技术要求时指出： $\Phi 25h6$ 两轴段尺寸精度和表面质量要求最高，分别达到 IT6 级和 $Ra0.8$ ，两轴段中心线有同轴度要求，究其原因是因为它们是安装轴承的轴颈部分，较高的尺寸精度、表面质量和几何公差要求才能保证输入轴及其上零件的旋转精度。IT6 级的尺寸精度和 $Ra0.8$ 的表面质量需要通过砂轮磨削才能达到，其原因需要同学们在今后机械制造技术课程中去学习。

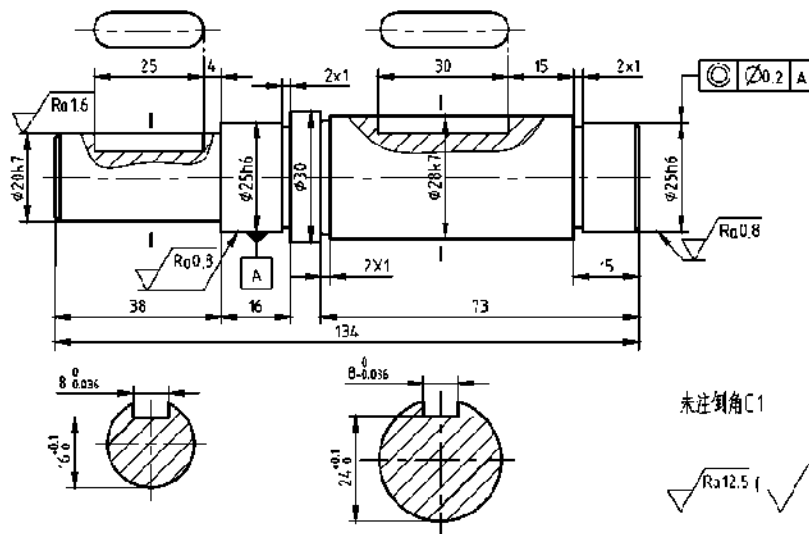


图 2 输入轴零件图

上述示例从尺寸标注、零件结构设计、技术要求注写等几个方面讨论了课程间的衔接沟通方式。采用类似思路，还可以从材料、装配结构合理性、结构强度刚度性能等多方面入手分析课程间的联系，提高教学效果。

3. 以项目为基实现衔接与沟通

项目分为两种，一种是教师授课为主的课堂教学项目，

一种是学生完成的贯穿整个大学四年的工程实践项目。教师授课项目可以采用经典的如减速器、牛头刨床等，首先通过实物、三维模型、动画等让学生了解机器或部件的组成及其工作原理，然后选取一些典型零件：如传动轴、齿轮、轴承、箱体、工作台等，在机械制图中讲授它们的视图表达、零件图和装配图绘制方法，在互换性中分析其精度设计，

在机械原理中讲授机构的组成、特性及设计，在机械设计中讲授它们的具体设计方法，在机械制造中讲授它们的制造工艺。这样，将同一机器、同一零件、同一机构贯穿到不同的课程之中，解决目前因不同课程项目对象不同所导致的课程缺乏联系、不能贯通的问题。

学生完成的工程实践项目可来源于课程设计项目、竞赛项目、毕业设计项目、教师科研课题等，从中选择那些能够涵盖本专业多方面的知识和能力要求的，特别是将能够贯通机械制图、机械设计、机械制造、自动控制的项目形成项目库。项目实施原则上以四年为一个周期，新生入学时开始启动项目，学生在专业导师的指导下从项目库中选择需参与的项目，一个项目由 4 ~ 6 人组成的小组完成，每个同学参加 4 ~ 6 个项目。成立以项目提交教师、对应的课程教师、专业导师等组成的项目指导小组，项目指导小组对涉及的项目进行分解，将项目分解为多个与课程对

应的子项目。表 1 以项目“多功能树枝剪刀的设计”为例说明项目的分解、对应课程及完成方式。

分解形成的子项目应尽可能细致，与对应课程衔接明确。子项目的完成方式可以根据其知识点特性采用平时作业、课程设计、毕业设计等。项目具有逐级推进的特点，可以从普通课内实践项目到综合性课程设计到学科竞赛及毕业设计。在项目的实施过程中，允许学生对自己所参加的 4 ~ 6 个项目有所侧重，还可以从中选择一个作为自己的毕业设计课题，但各项目都要求全程参与，同时通过阅读其他同学完成的项目材料、参与讨论、参与课程设计答辩及毕业答辩等熟悉项目流程及主要内容，并最终提交相应的报告。学生在整个大学四年的学习中，始终带着项目、带着任务在学习，“学与做”贯穿整个教学过程，将多门课程有机地串联在一起，加深了课程之间的联系与融合。

表 1 项目——子项目——课程——完成方式对照表

项目名称	子项目	对应课程	完成方式
多功能树枝剪刀的设计	剪刀头、传动件的结构设计	工程材料、机械设计	平时作业
	剪刀头、传动件的强度校核	材料力学、机械设计	课程设计
	树枝剪刀的图样绘制	机械制图	课程设计、毕业设计
	PLC 电气控制部分设计	电气控制与 PLC	课程设计
	主要构件的制造与装配	机械制造技术	平时作业、课程实践
	剪刀头的有限元分析	有限元分析及应用	大作业、毕业设计

4. 结语

课程间的衔接沟通是一个系统性工程，需要教学单位、教师、学生共同努力。从课程内容、教学方法、工程项目诸方面入手加强课程间的连接，对于提高教学质量是有显著效果的，这一思路也可推广应用到其他课程之间、课程群中以及整个机械、机电专业之中。

参考文献：

[1] 赵亮, 郎庆阳, 杨志强, 肖萌. 面向新工科的应用型本科机械设计课程群建设的探索与实践 [J]. 辽宁科技学院学报, 2023, 25(06): 54-56.

[2] 魏书华. 机械基础类课程一体化教学模式研究 [J]. 海峡科技与产业, 2017(02): 155-156.

[3] 叶霞, 张向华, 蒋琴仙, 董晓英. 优化机械制图与互换性基础课程体系的研究 [J]. 江苏技术师范学院学报, 2013, 19(04): 101-104.

[4] 徐玉成. 机械制图在机械制造中的作用和实践研究

[J]. 模具制造, 2024(06): 148-150.

[5] 熊敏, 丁晓红, 李天箭, 钱炜. 基于“能力-知识-课程”矩阵的机械设计课程群构建与教学实践 [J]. 上海理工大学学报 (社会科学版), 2023, 45(01): 88-94.

[6] 徐利梅, 谢晓梅, 陈彦, 任玉琢. 新工科专业课程体系重构: 从新生项目课程到高峰体验项目课程 [J]. 高等工程教育研究, 2019(04): 33-39.

[7] 李津津, 叶佩青. 新工科背景下贯通式项目制研究型综合实践教学模式探讨. 中国大学教学, 2020(10): 58-61.

作者简介：

赵万军（1970—），男，重庆万州人，汉族，工学硕士，重庆三峡学院机械工程学院，副教授，主要研究方向：机械设计与制造。

基金项目：

2024 年，教育部高等教育司产学研合作协同育人项目，信息技术背景下《机械设计》课程教学改革，2408062756。