

# 基于“两性一度”的机械原理资源建设与实践

罗继曼, 郑夕健, 王丹, 孟丽霞, 杨谢柳

沈阳建筑大学, 辽宁 沈阳  
Email: syljm2004@163.com

收稿日期: 2020年12月16日; 录用日期: 2021年2月10日; 发布日期: 2021年2月19日

## 摘要

为了实现金课的“高阶性、创新性和挑战度”(简称“两性一度”)目标,开展了丰富多彩的机械原理资源建设。依据认知规律构建了教学数字资源库,编写了“导练”、“导用”课件,开发了微课、教学软件;按照融合贯通的思路凝练了核心知识点,编写知识点融合类的教材;遵循逐步提高的策略,构建分级题库、编写分级训练云教材。经过三年的实践,教师与学生都获得很多收益。

## 关键词

机械原理, 两性一度, 资源建设

# Construction and Practice of Mechanism Theory Curriculum Resources Based on “High Level, Innovation and Challenge”

Jiman Luo, Xijian Zheng, Dan Wang, Lixia Meng, Xieliu Yang

Shenyang Jianzhu University, Shenyang Liaoning  
Email: syljm2004@163.com

Received: Dec. 16<sup>th</sup>, 2020; accepted: Feb. 10<sup>th</sup>, 2021; published: Feb. 19<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

In order to achieve the goal of “high level, innovation and challenge” of golden class, we have carried out the construction of rich and colorful mechanism theory resources. According to the cognitive law, the teaching digital resource database is constructed, the courseware of “guiding practice” and “guiding use” are compiled, and micro-lesson and teaching software are developed. The core

knowledge points are condensed according to the idea of integration and penetration, and the teaching materials of knowledge point fusion are compiled. According to the strategy of gradual improvement, hierarchical question bank is constructed and graded training cloud teaching material is compiled. After three years of practice, both teachers and students have gained a lot.

## Keywords

Mechanism Theory, High Level, Innovation and Challenge, Resource Construction

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

教育部在新时代中国高等学校本科教育工作会议上提出，课程是人才培养的核心要素，各高校要全面梳理各门课程的教学内容，打造具有“两性一度”的金课。“机械原理”课程是机械类专业非常重要的核心专业基础课，是机械类人才培养的重要环节，对培养学生的分析、设计、综合和创新等核心能力起到至关重要的作用。因此，本着“走进新时代，推进新课改”的理念，我们依照金课要求，开展了机械原理课程的资源建设。

机械原理课程内容丰富，理论性强，概念抽象，与工程实践结合紧密，因而学生在学习过程中普遍感觉难以掌握[1][2][3]。如何突出以学生为中心，注重能力培养，有效提升课程的“高阶性、创新性和挑战度”是“金课”建设的目标。围绕这一目标进行教学内容的重塑、教学资源建设是金课建设的重要环节，具有重要的意义。

## 2. 依从认知规律构建教学数字资源库

“金课”中的“高阶性”，就是知识、能力、素质的有机融合，是要培养学生解决复杂问题的综合能力和高级思维。结合布鲁姆的认知规律，根据金课的要求，我们设定了三类教学目标，即“记忆、理解”的低阶目标，侧重于对基本知识的初步掌握；“应用、综合”的中阶目标，侧重于能力的锻炼；“创新、评价”的高阶目标，侧重于创新思维和高素质的养成。针对这三类教学目标，开展了相应的教学资源建设。如图1所示。

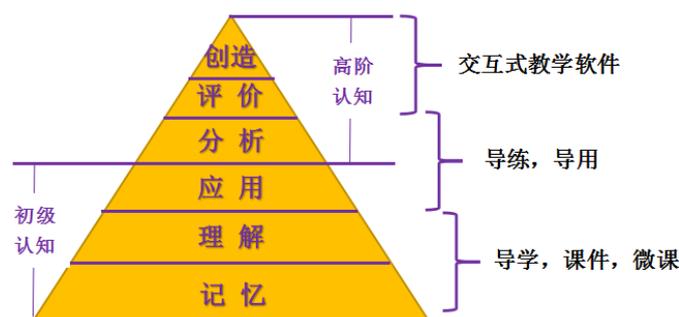


Figure 1. The relationship diagram of Broome's cognitive hierarchy and resource construction

图1. 布鲁姆认知层级与资源建设关系图

## 2.1. 围绕“记忆、理解”目标，制作了“导学”PPT、教学课件和微课视频

“导学”PPT，以工程案例为引导，较多应用工程实例的图片、视频，以及扩展知识的链接，提出与本章内容关系密切的问题，启发学生思考，激发他们的好奇心，并在每章知识学习之初在线上向学生推送，让学生带着问题来上课。导学课件样例如图2所示。



Figure 2. Sample courseware of Guidance Learning

图 2. 导学课件样例

以教学大纲、知识体系和教学指南为要点，整理了课程的知识脉络，为核心知识点制作了相应的教学课件，其中配有丰富的动画、动图，便于学生理解。课件目录见表1。

Table 1. List of core knowledge points on *Theory of Machinery* (Partial)

表 1. 《机械原理》核心知识点课件目录(部分)

| 知识单元      | 核心知识点        | 知识单元 | 核心知识点        |
|-----------|--------------|------|--------------|
| 平面机构的结构分析 | 机构的组成        | 连杆机构 | 平面连杆机构的类型及演化 |
|           | 机构运动简图绘制     |      | 平面四杆机构的工作特性  |
|           | 平面机构自由度分析    |      | 平面四杆机构的图解法设计 |
|           | 平面机构的高副低代    |      | 平面四杆机构的解析法设计 |
| 平面机构运动分析  | 机构的组成原理和结构分析 | 凸轮机构 | 从动件的常用运动规律   |
|           | 瞬心法          |      | 凸轮机构基本参数的确定  |
|           | 相对运动图解法      |      | 图解法设计凸轮轮廓    |
|           | 运动分析解析法      |      | 解析法设计凸轮轮廓    |

针对教学内容中的重点、难点，采用鞭辟向里的方法制作了微课视频，通过渐进式讲解，强化学生对知识点的记忆和理解。如在“齿轮的根切与变位”微课中，将根切的现象、产生的原因，以及变位的概念与计算等内容采用“认知、启发和实练”环环相扣的方法展开。微课时一般时长15分钟，既能用于线下课堂教学，又能用于线上的学生自主学习。齿轮加工微课视频如图3所示，K法设计微课视频如图4所示。

## 2.2. 围绕“应用、综合”目标，编制了“导练”、“导用”PPT

“导练”大多以例题和练习的形式，按照由简入难的顺序，以解题思路、解题方法为主线，培养学生分析与综合能力。应用“导练”加强对所学知识的训练，以练促学，加强学生对知识的应用。课程教学中设置了模块训练环节，即针对学过的知识通过应用训练，达到学以致用目的。“导用”就是为指导学生完成各个模块训练任务为编制的。如模块训练中的“机构综合分析”、“凸轮机构设计”“齿轮

传动设计”等，模拟工程项目、提出设计任务，让学生应用所学知识去解决问题。“导用”按照工程需求、解决策略等方式，指导学生独立完成任务。导用课件样例如图5所示。

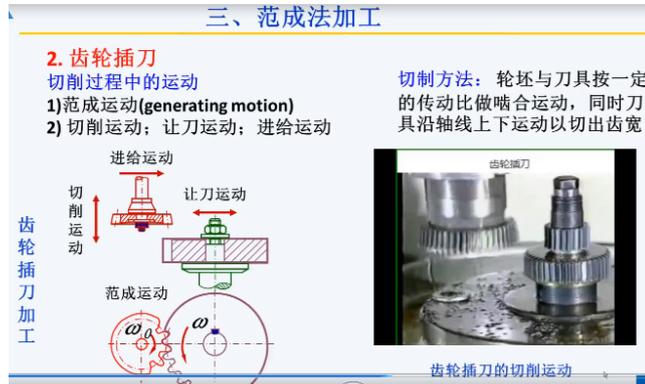


Figure 3. “Gear processing”—micro-lesson video  
图3. “齿轮加工”——微课视频

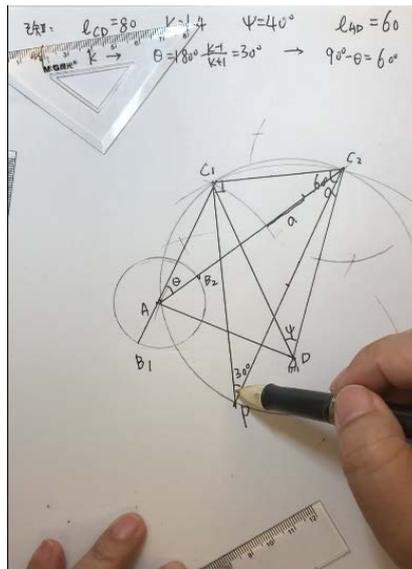
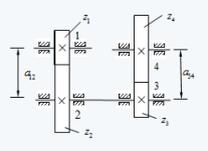


Figure 4. K method design process—micro-lesson video  
图4. K法设计过程——微课视频

**工程问题**

01 牛头刨床是一种靠刀具的往复直线运动及工作台的间歇运动来完成工件的平面切削加工的机床，如图1所示。电动机经过减速传动装置（皮带和齿轮传动）带动执行机构（导杆机构和凸轮机构）完成刨刀的往复运动和间歇移动。其齿轮传动系统采用二级减速方式，为减小机构所占空间，两对齿轮采用同轴式传动，如图2所示。齿轮组的参数如下，试根据不同要求设计该对齿轮组。

**解决策略**

**1. 同轴条件下两对齿轮的设计**

如果两对齿轮均采用直齿圆柱齿轮，请说明：分别采用何种传动类型可以满足同轴的中心距要求？计算齿轮节圆半径 $r_1'$ 、 $r_2'$ 、 $r_3'$ 、 $r_4'$ ，并计算两对齿轮啮合角，由此说明啮合角是否相等？

**分析方法：**

1) **同轴条件**是要求两对齿轮中心距相等。通过计算获得中心距，其中有一对齿轮中心距不能保证同轴条件，因此可以采用变位齿轮传动，或斜齿轮传动。

2) 通过计算两对齿轮的齿轮节圆半径和两对齿轮啮合角，说明两对齿轮的节圆与分度圆、啮合角与压力角有什么不同？

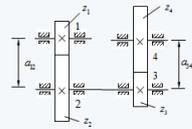


图2.同轴式齿轮传动系统

Figure 5. Sample courseware of guidance application  
图5. 导用课件样例

### 2.3. 围绕“创新、评价”目标，编制了教学软件

针对创新课题的课程设计和阶段性模块训练环节，为机构分析和机构设计等模块编制了相应的校验软件与交互式仿真设计软件。通过改变不同参数而得到不同的设计结果，强化了学生工程应用能力和创新能力培养。其中，“机械原理交互式多媒体课件”、“机械原理典型六杆机构设计分析辅助软件系统”等软件，获得教育部、辽宁省多媒体课件一等、二等奖；“基于 Matlab GUI 的干草压缩机六杆机构设计与分析软件”等 10 个软件获得专利著作权。

例如，针对“连杆机构设计”的模块训练，编制了交互式软件。当改变机架长度，或曲柄长度来设计连杆机构时，若参数不合理，交互式软件会给出“设计不合理”结论，并提出修改参数建议，要求重新设计；当参数合理，软件能实现运动仿真，并展现运动曲线。

### 3. 按照融合贯通的思路凝练核心知识点

为了在有效的时间内让学生掌握有用的理论和方法，教学团队按照“边界再设计”的思想，准确把握课程目标，依据 OBE 理念，确定了课程的核心知识点。

#### 1) 课内知识点的有机融合

基于各章核心知识点，按照能力培养的需求，将课程内容总体整合，形成核心知识点的全课程关联与交叉融合，强化知识的内化与技能的提升。例如：在学习平面连杆机构中，以双摇杆机构为例，将曲柄存在条件、死点位置、极限位置、受力分析、自锁条件等多知识点融合在一起，通过作图分析比较了死点位置与极限位置、机构发生自锁的临界位置，强化了区别与联系，明晰了易混淆的知识点。如见表 2。

**Table 2.** Table of in-class knowledge points integration case (Partial)

**表 2.** 课内知识点融合列表(部分)

| 分析对象        | 内容                         | 知识点与方法                              | 目的              |
|-------------|----------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| 双摇杆机构       | 分别求解死点位置与极限位置、机构发生自锁的临界位置。 | 连杆机构运动特性、动力特性，连杆受力分析，自锁条件；用作图法      | 强化了易混淆的知识点区别与联系 |
| 特殊廓线的盘型凸轮机构 | 分析该类凸轮的结构特点、运动和动力性能。       | 几何推导法、高副低代法、瞬心法和混合法                 | 灵活应用多种不同方法解决问题  |
| 齿轮传动设计      | 将标准齿轮传动改为正传动时的设计           | 变位齿轮传动无侧隙啮合条件下的重合度计算、根切的判断、过渡曲线干涉验算 | 重要知识的综合理解和应用    |
| .....       | .....                      | .....                               | .....           |

#### 2) 课程间断点的有序融合

本课程与前序的力学课程、后续的设计课程关联较大，课程间融合很有必要。针对本课程与理论力学、机械设计之间核心知识的断点问题，对核心内容进行研讨，实现各课程间的核心内容的连续贯通与融合。培养学生完整的知识体系，使其能力获得持续提升。课程间的融合见表 3。

**Table 3.** Table of the three-connected integration case between Theory of Machinery and Theoretical Mechanics and Mechanical Design courses

**表 3.** 机械原理与理论力学、机械设计课程之间的三通融合(部分)

| 门类  | 理论力学       | 机械原理               | 机械设计       |
|-----|------------|--------------------|------------|
| 运动学 | 刚体的运动方程    | 机构速度、加速度分析         | 链传动多边形效应   |
|     | 速度、加速度合成定理 | 科氏加速度分析            | 齿轮、蜗杆的滑动速度 |
|     | 刚体平面运动原理   | 基点法、瞬心法做速度分析；轮系反转法 | 齿轮啮合传动     |

## Continued

|     |         |               |           |
|-----|---------|---------------|-----------|
|     | 约束、约束力  | 自由度计算; 约束反力求解 | 轴承支承反力    |
| 力分析 | 平面、空间力系 | 刚性转子平衡分析      | 轴的弯扭计算    |
|     | 力的平移定理  | 动态静力分析        | 轴系受力分析    |
| 动力学 | 动能定理    | 等效动力学模型       | 齿轮传动动力学分析 |
|     | 动量矩定理   | 机械运动方程式       | 流体动压滑动轴承  |
|     | 达朗贝尔原理  | 机构动态静力分析      | 机械系统动力学分析 |
|     | .....   | .....         | .....     |

## 3) 按照融合思路编写“机械原理知识点融合的例题精解”教材

该“例题精解”是以知识点融合为特色的教材, 已经通过清华大学出版社于 2020 年出版。采取知识融合的组题模式, 知识要点、解题思路与解题过程三位一体, 问题释疑、例题精解和分级练习各有侧重, 形成系统教学设计思想。其中每道精解题首先都注明了知识要点, 将本题涉及到的主要原理(定理)、方法、公式, 集中在一起, 便于查看, 使学生在解题过程前巩固和消化这些内容。在知识要点后还编排了解题思路, 将知识要点中的内容与本题的具体求解思路相关联, 启发与引导学生正确使用机械原理中的原理(定理)和方法来求解具体问题。最后, 给出了本题的具体、完整的求解过程。

## 4. 遵循逐步提高的策略, 构建分级题库、编写分级训练云教材

人们的学习过程依照认识规律都是从低阶逐步走向高阶, 对知识的理解和掌握也是由理解到掌握、最后到能灵活应用这样的过程, 为了帮助学生能真正掌握知识, 并促进知识到能力的内化[4][5], 我们按照难度等级(从低到高共 5 级)建立了习题库, 题量达 820 多道。该题库已用于清华大学出版社的网上课堂平台。

为了方便学生利用碎片时间进行学习, 编写了云教材《机械原理学习指导与分级训练》。本书以机械原理知识单元为主线, 形成了以“基本要求”“重点难点”“内容提要”“问题释疑”、“分级例题”和“综合训练”为主线的编写思路, 针对重点、难点进行归纳、总结, 并对疑难问题进行释疑, “分级例题”按题目难度分级展开训练, 并给出了详细的解答, “综合训练”为读者提供了解题思路、要点和注意事项, 以启发思考与创新。该教材通过“云班课”推送给学生, 并由西安交通大学出版社发行。

## 5. 实践与效果

## 1) 教师队伍快速成长, 教学水平迅速提高

机械原理教学团队成员通过共同完成教学资源建设, 在战斗中成长, 锻炼出一只特别能战斗的教学团队, 应用丰富的教学资源实现教学方法的创新, 有效的提高教学效果。团队青年教师在制作教学资源过程中, 不仅熟悉了核心内容, 并在课程内容中反映前沿性和时代性; 多位教师获得学院、学校的教学大赛、多媒体课件比赛等奖项, 教学水平不断提高。

## 2) 学生的学习具有探究性和个性化, 能力得到持续强化

学生通过建立的资源库能进行探究性学习, 实现个性化教学。教学资源库按照认知规律建设, 学生可以根据自己在课堂上掌握的情况选用不同类型的资源进行学习。通过对教学资源的不断完善和建设, 帮助学生面对学业上的挑战, 能迎难而上, 达到知识与能力共同提升的效果。教学资源开阔了学生的视野, 启发、引导学生思考, 促进其学以致用, 锻炼学生的能力。

## 6. 小结

在新工科环境下, 以“金课”建设的“两性一度”为引领, 从知识点入手, 为强调知识到技能的内

化,开展机械原理教学资源建设。编写了具有融合贯通理念的特色教材,展开具有创新性的特色教学。通过教学实践,不断重塑教学内容、完善教学资源,培养学生初步具有工程技术人员应有的核心能力。教学资源建设在教师组织教学和学生自主学习过程中起到良好的效果,为现金课目标打下基础。

## 基金项目

辽宁省本科教学改革研究项目课题“贯穿创新创业教育于机械类专业基础课的教学改革与实践”(2016-273)和辽宁省高等教育学会“十二五”高等教育科研课题“以核心课程为引领的机械专业人才培养与评价”(JG15DB340)。

## 参考文献

- [1] 王喆,孙涛,宋轶民,杨玉虎.新工科理念下的《机械原理与机械设计》课程教学的思考与探索[J].机械设计,2018(S2):78-80.
- [2] 黄志诚,毛宇航.基于工程教育专业认证的“机械原理”与“机械设计”课程设计教学改革[J].科技与创新,2020(24):97-98,101.
- [3] 李平,杜力.机械原理课程设计的教学改革与实践[J].重庆工商大学学报(自然科学版),2015,32(3):100-102.
- [4] 刘艳艳,梁医,赵建平.基于应用能力培养的机械原理课程设计教学改革与实践[J].中国教育技术装备,2018(2):90-92,95.
- [5] 顾文斌,廖华丽,王延杰.面向卓越工程师计划的机械原理课程设计改革与创新[J].当代教育实践与教学研究,2018(12):37-38.