

# KAPIV 项目指南-案例 2

# 小型行星球磨机的设计与制作

## 学习指南

山东大学 材料科学与工程学院

工程训练中心

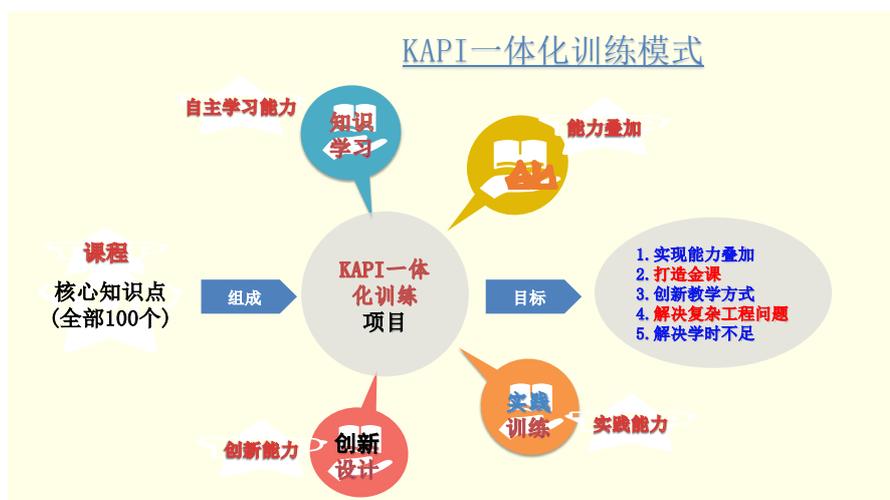
机械工程学院

本科生院

2019/7/2

知识、能力、实践、创新 KAPI 一体化训练

# 学习指南



## 一体化参训课程：

### 1. 理论课程：工程材料与机械制造基础

- (1) 参考教材：孙康宁、张景德主编，现代工程材料与机械制造基础（第二版），高等教育出版社，2010
- (2) 学习 MOOC：张景德、孙康宁、李爱菊等国家级精品在线课程 (<http://www.icourse163.com.org/course/SDU-306001>)

### 2. 实践课程：工程训练

### 3. 创新训练

参训班级：2019 级材料 1-4 班；

2020/7/2

# 目 录

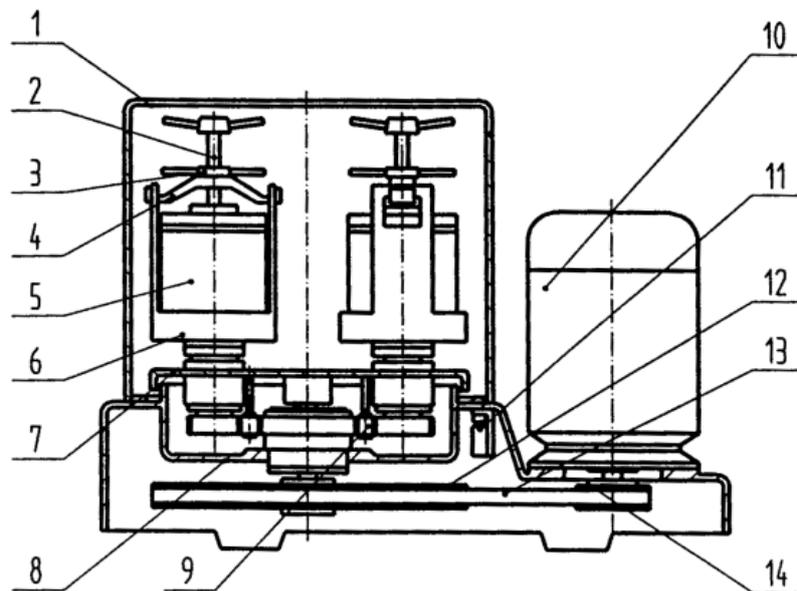
- 一、KAPI 拟学习项目
- 二、训练计划与学习指南
- 三、训练项目简介与项目基本要求
- 四、项目涵盖的知识点分析
- 五、项目一体化训练拟达成的能力
- 六、项目涉及的创新内容
- 七、项目验收内容与标准
- 八、成绩评价与考核
- 九、附录 1：课程核心知识点
- 十、附录 2：项目对应知识点与能力要求勾选表

## 一、KAPI 拟学习项目

### 项目五: 小型球磨机 (见下图)



(a)



1. 护罩; 2. V形螺栓; 3. 锁紧螺母; 4. 扁担; 5. 球磨罐; 6. 拉马套; 7. 大盘; 8. 机座;  
9. 行星轮系; 10. 电机; 11. 安全开关; 12. 大带轮; 13. 三角皮带; 14. 小带轮

(b)

图1 行星式球磨机

(a) 行星式球磨机三维实物图      (b) 行星式球磨机结构简图

## 二、训练计划与学习指南

**(一) 2018-2019 第二学期 小型行星式球磨机拆装** (春季学期考试结束后-放假前)

1. 在工程训练中心指导教师指导下按照钳工训练要求拆装小型行星式球磨机
2. 由金工课程教师 (或项目设计人) 讲解行星式球磨机工作原理、结构组成, 以及所涉及的全部零件和相关材料。
3. 由金工课程教师讲解行星式球磨机所涉及的每一个零件可能的制造工艺方法和材料。介绍可能直接涉及的核心知识点和间接涉及的核心知识点, 介绍通过 MOOC 获取这些知识点的方法。
4. 由工程训练指导教师介绍行星式球磨机每一个零件可能涉及的工程训练环节。
5. 由项目设计人介绍行星式球磨机可能的创新空间 (包括: 功能、结构、工艺、方法)。

## (二) 暑期 MOOC 学习

1. 各参训班级同学在爱课程 MOOC 网站注册报名学习暑期“工程材料与机械制造基础 (金工)” (每个同学, 昵称要统一, 以便辨识管理), 以及创新创业课程。
2. 课程管理 (张景德老师负责、张国芳、孙康宁)
3. 学习过程通过行星式球磨机每一个零件涉及的各知识点为线索, 有目标、有针对性地去学习获取相关制造知识, 学习是在项目牵引下完成, 以自主学习为主, 教师辅导答疑为辅。
4. MOOC 学习涉及在线期中测验和考核, 参训同学务必全体参加, 并获得成绩。

## (三) 2019-2020 第一学期 (第 1 周—17 周)

1. 行星式球磨机创新设计: 完成原行星式球磨机的测绘, 分析存在的问题和可能改进的空间; 设计新型行星式球磨机, 绘制原理图、装配图、零件图图纸, 分析零件的结构工艺性。(1-3 周)
2. 为每一个零件选择合适材料。在此基础上, 确定每一个零件的加工工艺方法, 制定零件的工艺规程。然后在指导教师指导下通过多种加工方法的比较, 进行包括工艺性、经济性、环境性等方面的可行性分析。最终优化完善自己的每一个零件的制造工艺方案。(4-5 周)
3. 项目中期检查, 重点检查已获取的知识量、对知识把握和应用的能力, 以及在产品功能设计、结构设计、工艺设计等方面的创新性和整体分析问题和解决问题的能力。(6 周)
4. 基于每一个零件的制造工艺方案, 在工训指导教师指导下自主完成零件的制造。其间允许调整制造工艺。其间工训指导教师要注意考查每个同学的实际动手能力、工程意识、安全意识等方面的养成 (6-14 周)
5. 完成行星式球磨机的安装调试, 实现预期的设计功能和制造精度要求 (15 周)。
6. 每个同学独立撰写产品说明书和工艺分析报告, 以及一体化训练总结报告。(16 周)
7. 分组答辩、评优 (17 周)。

## 三、训练项目简介与项目基本要求

1. 本项目以行星式球磨机为例，在该项目（产品）牵引下开展课程自主学习、在教师指导下完成产品创新设计与制作；通过合理利用各种加工手段，制作与其配套的零件，然后进行组装，使其成为具有某种功能的日用品。

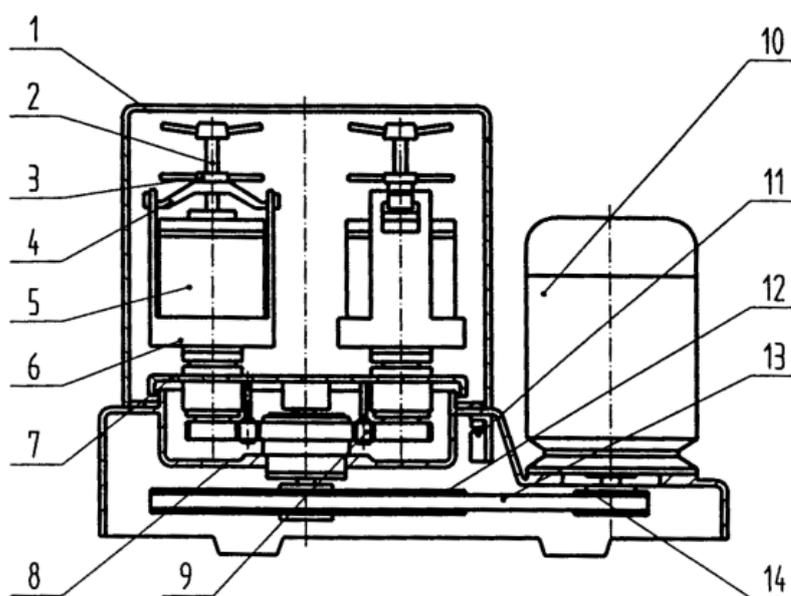
2. 本设计要求学生在 16 周（每周 2 天）时间内，通过教师指导、自主学习和团队合作，按照要求加工制作出一个基于柔性制造单元（或基于先进的数控加工技术）加工零件的集成式作品，在项目实施过程中，能直接或间接涵盖机械制造系列课程理论课的 93 个一级知识点和工程训练部分的 72 个一级知识点（见附录 1：核心知识点）。

3. 零件加工过程基本涵盖了传统的材料加工及成形工艺，以及数控车床、3D 打印、激光切割机、激光焊接机、电火花等各种先进加工设备，这种基于特定约束条件下项目引领的工程训练模式，提高了学生参与工程训练的积极性和主动性，有助于提高学生的综合工程实践能力。

4. 项目的创新可以涉及到行星式球磨机的功能创新、结构创新、工艺创新、方法创新等。

## 四、项目涵盖的知识点分析

### （一）行星式球磨机示意图



1. 护罩；2. V 形螺栓；3. 锁紧螺母；4. 扁担；5. 球磨罐；6. 拉马套；7. 大盘；8. 机座；  
9. 行星轮系；10. 电机；11. 安全开关；12. 大带轮；13. 三角皮带；14. 小带轮

### （二）课程与工训直接涉及核心知识点和训练环节图析

零件序号	零件名称	模型图片	毛坯	涉及主要知识点及加工工艺
------	------	------	----	--------------

01	主轴法兰		45#圆钢 $\Phi 52 \times 70\text{mm}$	锻压、车、铣、磨、拉、插键槽；热处理等
02	主轮轴		45#圆钢 $\Phi 52 \times 160\text{mm}$	锻压、车、铣、磨、螺纹加工；热处理等
03	调整垫圈		45#圆钢 $4 \times \Phi 65 \times 4.5\text{mm}$	锻压、车、钻、铣等
04	轴承		45#圆钢 $4 \times \Phi 44.5 \times 14.5\text{mm}$	选购
05	拉马套		45#圆钢 $4 \times \Phi 120 \times 155\text{mm}$	铸、焊、车、铣、激光切割、线切割
06	立柱法兰		45#圆钢 $4 \times \Phi 80 \times 16\text{mm}$	锻压、车、铣、磨、拉、插键槽；热处理等
07	垫圈		45#圆钢 $\Phi 38.5 \times$	冲压

			3mm	
08	小带轮		45#圆钢 4×Φ65× 30mm	锻压、车、铣、磨、 拉、插键槽；热处理等
09	大带轮		45#圆钢Φ365× 25mm	锻压、车、铣、磨、 钻、插键槽；热处理等
10	底座		45#圆钢Φ460×Φ 330×Φ750mm	铸造、铣、镗、钻等
11	轮盘		45#圆钢Φ345× 45mm	锻、铸、钻、铣、车、 线切割等
12	护罩		45#圆钢Φ400× 380mm	冲压、焊接
13	齿轮轴法兰		45#圆钢 4×Φ92× 50mm	锻压、车、铣、磨、插 键槽、齿轮加工；热处

				理等
14	调整垫圈		45#圆钢 4×Φ65× 6mm	锻压、车、钻、铣等
15	行星轮轴		45#圆钢 4×Φ26× 105mm	锻、车、磨、铣、热处理等
16	轴承		轴承钢 8×Φ47× 15mm	选购
17	套筒		45#圆钢 4×Φ66× 25mm	锻（铸）、车、钻、 镗、拉等
18	球磨罐		不锈钢	焊接、车、镗等

19	电机		电机型号：Y90L—4 三相交流 1.5KW 1400 转/分	选购
20	皮带		2 小 1 大	选购
21	V 形螺栓		45 钢 4×120mm×115mm	铸、焊接、车、螺纹加工
22	变频器			选购

### (三) 项目涉及理论课核心知识点概述 (含间接核心知识点)

- 1、工程材料：(1) 工程材料的性能 (2) 材料学基础 1 (金属材料)
  - (3) 材料学基础 2 (非金属材料) (4) 材料选择
- 2、材料的改性：(1) 材料热处理 (2) 材料表面工程技术
- 3、材料成形：(1) 材料的液态成形 (铸) (2) 材料塑性成形 (锻) (3) 材料连接成形 (焊)
  - (4) 复合材料成型 (5) 材料的 3D 打印成形 (增材制造)
  - (1) 铸造
    - 1) 铸造基础知识；
    - 2) 砂型铸造；
    - 3) 铸件结构工艺性。
  - (2) 材料塑性成形
    - 1) 塑性成形基础知识；
    - 2) 冲压工艺及冲压件结构工艺性。
  - (3) 焊接
    - 1) 焊接基础知识、基本工艺；
    - 2) 先进焊接方法之激光焊。
  - (4) 增材制造

- 1) 3D 打印方法分类及其工作原理、应用特点；
  - 2) 3D 打印原型设计及工艺参数影响；
  - 3) 3D 打印材料的发展状况及各种材料成型技术。
- (5) 智能制造
- 1) 智能制造基本概念之柔性制造单元 FMC；
  - 2) 智能制造与机器人之柔性制造单元系统构成；
  - 3) 智能制造相关常规主流应用软件 CAD。
- 4、机械加工与特种加工
- (1) 机械切削加工安全要求及对环境的影响；
  - (2) 车削工艺特点、车刀切削角度及切削参数选择原则；
  - (3) 切削加工质量；
  - (4) 激光加工方法及设备分类及工艺特点；
  - (5) 数控机床、刀具及其加工工艺特点；
  - (6) 常见金切机床数控系统及基本编程指令和程序格式；
  - (7) 数控机床对刀操作与工件坐标系的建立；
  - (8) 加工程序的仿真及试切加工；
  - (9) 特种加工的基本概念、基本原理；
  - (10) 特种加工之电火花加工与超声波加工；
  - (11) 表面加工方案选择及加工质量；
  - (12) 零件设计结构及加工工艺性。
5. 基本工艺规程设计
6. 结构工艺性
7. 产品经济性和环保性分析

#### **(四) 项目涉及的主要工程训练环节**

1. 智能制造—柔性制造单元（皮带、球磨罐密封圈）或数控加工训练  
了解柔性制造单元的基本知识或数控加工基础知识；  
学习使用相关应用软件；  
通过修改加工程序，加工出不同的零件。
2. 零件成形与加工（其他零件制作）  
一体化项目实施所涉及的加工工艺（单项或复合）：  
砂型铸造；  
材料塑性成形（冲压）；  
焊接；  
传统机械加工方法（车、铣、磨）；  
特种加工—激光加工、电火花加工、超声波加工；  
数控车床；  
加工中心(数控铣床)；  
非金属材料成型；
3. 3D 打印；
4. 材料热处理（钢的热处理）
5. 装配（钳工）  
将基础件与其他零件按照设计要求组装，完成作品。

## 6. 创新设计

通过实验，对产品进行功能验证，提出改进方案，并进行图纸设计，实现迭代创新，

为实施下一轮一体化项目提供支持。

## 五、项目一体化训练拟达成的能力

### 1. 自主学习的能力

- (1) 获取课程和课本知识的能力
- (2) 获取课程以外新知识的能力

### 2. 实践和运用知识的能力

- (1) 选材的能力；
- (2) 工程制图能力；
- (3) 工艺选择能力；
- (4) 制定工艺规程的能力；
- (5) 辨识结构工艺性的能力；
- (6) 操作传统制造技术的能力；
- (7) 计算机辅助制造的能力；
- (8) 力学分析能力；
- (9) 运用先进制造技术的能力：
  - 1) 通过修改柔性制造系统（单元）程序，加工不同零件；
  - 2) 数控机床编程以及操作数控车床进行普通零件加工；
  - 3) 运用三维造型软件进行设计并利用 3D 打印设备实现样件加工；
  - 4) 数控电火花线切割机床编程与操作；
  - 5) 掌握激光切割、激光打标、激光焊接设备的基本操作。

### 3. 设计与创新能力；

### 4. 解决复杂工程问题的能力

- (1) 团队协作的能力；
- (2) 经济性和环境性方面的分析能力；
- (3) 分析问题与解决问题的能力；
- (4) 工程素养和安全意识。

## 六、项目涉及的创新内容

1. 产品功能创新。在测绘行星式球磨机成品的基础上，进行**结构和功能创新**。
2. 产品结构创新。（改变原有产品结构，使结构更美观、工艺性更好、成本更低、使用更方便、更人性化等等）
3. 选材创新。（在现有基础上，根据材料力学性能和经济效应，优化材料配置，采用更便宜的材料。）
4. 工艺创新。（在编制零件加工工艺时，综合考虑零件技术参数要求、现有加工条件和成本控制进行**工艺创新**。）

## 七、项目验收内容与标准

### 1. 方案设计（创新）

在项目实施过程中，鼓励学生运用所学知识，尝试通过功能、结构、选材、工艺

等方面创新设计小型行星式球磨机。鼓励用更经济的材料和更简单的工艺完成该项目。装配完成后，进行试验，并根据实验结果提出改进方案，实现迭代创新。

## 2. 知识获得与运用

根据项目设计，在实施过程中直接或间接涉及到理论课部分核心知识点 93 个，工程训练部分核心知识点 72 个。知识点主要通过 MOOC 自主学习获得或通过自学获得，在项目执行过程中，根据实际情况记录项目直接或间接运用的知识点。指导教师参与过程检查并记录平时成绩。

## 3. 产品制作水平

按照产品要求，制定不同零件的加工精度，并根据零件精度达成度评分；产品装配要求能够达到设计标准。工训指导教师参与过程检查并记录平时成绩。

## 4. 功能实现

通过实验验证产品能否满足预期设计功能。通过与原始设计比较判断产品功能的创新性，同时考查产品是否美观、新颖、经济、实用。指导教师将集体给出验收意见。

## 5. 产品说明书及工艺设计说明（要上交的文件之一）

- (1) 提供产品说明书，介绍小型行星式球磨机的使用方法及注意事项
- (2) 提供产品制造说明，介绍每个零件的材料选择、工艺分析、工艺方案、工艺规程、结构工艺性。
- (3) 按照零件的设计要求和加工工艺规程，进行成本和环保分析，包括材料费和加工费。
- (4) 指导教师给出评审结果。

## 6. 训练体会与总结（要上交的文件之二）

每个同学要提供不少于 1000 字的 KAPI 训练体会和总结。体会与总结要结合训练过程自身体会介绍收获和存在的问题，要言之有物。

# 八、成绩评价与考核

## 1. 评价指标：

- (1) 知识获取；(2) 功能实现与能力达成；(3) 小型行星式球磨机制作；(4) 创新；(5) 文件完整与规范性；(6) 答辩情况。

## 2. 考核方式：

- (1) 知识获取 (30%)；(2) 功能实现与制作水平 (55%)；(3) 创新设计 (10%)；(4) 表述能力 (15%)。

## 3. 评分标准，见表 2

表 2 KAPI 项目各课程评分表

各课程总分 (100 分)	评测项目	分值	得分
	(1) MOOC 成绩	40	

1.理论课成绩	(2) 翻转课堂等学生平时表现	10	
	(3) 项目中期检查报告	10	
	(4) 产品设计报告	30	
	(5) 项目答辩	10	
2.工训课成绩	(1) 基础训练项目实操成绩	40	
	(2) 工训环节学生平时表现	10	
	(3) 产品制作完成情况	30	
	(4) 产品设计报告	10	
	(5) 项目答辩	10	
3.创新课成绩	(1) MOOC 成绩	40	
	(2) 产品创新性分析	30	
	(3) 产品设计报告	15	
	(4) 项目答辩	15	

**注：知识获取分=MOOC 成绩+答辩成绩+过程检查成绩；功能与制作分=功能实现分+制作水平分+过程检查成绩。知识获取要在附录 2 中对应标注，以便答辩时考核。**

## 九、附录 1：课程核心知识点

教育部 2018 “新工科” 研究与实践项目

“面向新工科的机械制造基础课程 KAPI 体系改革研究与实践”

# 基于新工科的机械制造基础 系列课程核心知识点

一、理论课部分： 合计 93 个一级知识点

二、工程训练部分： 合计 78 个一级知识点

注：1. 全部核心知识点=原核心知识点+新工科知识点

2. 知识点分为一级知识点（直接编号标注）与二级知识点（标注\*）

完成单位：教育部机械基础课程教学指导委员会

教育部工程训练教学指导委员会

新工科项目组

2018 年 6 月 23 日

# 基于新工科的机械制造系列课程核心知识点

## 一、理论课部分：合计 93 个一级知识点；

### 第一部分：材料与制造技术简论（合计一级核心知识点 4 个）

#### 核心知识点

- 1) 与材料、新材料、材料分类有关的概念\*、新材料现状、发展趋势\*（小、强、智、绿）、典型先进材料简介\*；
- 2) 与制造、制造业、先进制造、机械制造有关的概念\*、制造技术发展现状、发展趋势\*（微、网、众、智、绿）；
- 3) 典型先进制造技术简介（比如智能制造及其三个发展阶段\*：自动化、数字化以及智能化；大数据分析\*（初步）与精益生产在制造技术中的应用；物联网\*；机器人与机器学习\*；传感器及其应用；生产管理系统\*等）；
- 4) 产品制造过程与本课程知识体系。

### 第二部分：工程材料（合计一级核心知识点 11 个）

#### （一）工程材料的性能

##### 核心知识点

- 1) 材料的基本力学性能，包括：强度\*；塑性\*；冲击韧性\*；疲劳强度\*；硬度\*；断裂韧性\*；
- 2) 材料物理性能、化学性能、工艺性能\*（材料是否容易制造的性能，与材料性能、组织结构、制造方法密切相关）。

#### （二）材料学基础 1（金属材料）

##### 核心知识点

- 1) 材料的结构（三种典型晶体结构\*，结构不同，性能不同）；
- 2) 纯金属材料结构的变化（液固结晶\*、固态同素异构转变\*、材料的缺陷

\*, 注: 成份和工艺改变会导致结构变化);

3) 合金的相及相结构、组织 (成份和工艺改变会导致组织结构变化, 同样组织结构变化会引起工艺性变化);

4) 二元合金相图;

5) 铁碳合金相图及应用。

### (三) 材料学基础 2 (非金属材料)

#### 核心知识点:

1) 陶瓷材料的键合特点 (强结合: 离子键、共价键)、结构特点\*、特性、用途;

2) 高分子材料的键合特点 (弱结合: 氢键、范德华键等)、结构特点、特性、用途。

### (四) 材料选择

#### 核心知识点

1) 材料的分类\*、编排与用途\*;

2) 选材原则。

## 第三部分 材料的改性 (合计一级核心知识点 6 个)

### (一) 材料热处理

#### 核心知识点:

1) 钢在加热和冷却时的组织及性能转变;

2) 退火\*、正火\*、淬火\*、回火工艺\*;

3) 表面热处理与化学热处理\*;

4) 非金属材料热处理简介。

### (二) 材料表面工程技术

#### 核心知识点:

1) 表面工程技术原理\*、常用工艺方法 (热喷涂、电镀、热浸镀、涂装、化学镀、离子溅射等)\*、用途;

2) 热喷涂工艺。

## 第四部分：材料成形（合计一级核心知识点 32 个）

### （一）材料的液态成形

#### 核心知识点

1) 铸造基础知识：铸造工艺原理\*；流动性\*；凝固\*；收缩性\*；吸气性\*；铸造缺陷\*。

2) 砂型铸造；

3) 特种铸造：金属型铸造\*；压力铸造\*；熔模铸造\*；离心铸造\*；消失模铸造；\*

4) 铸件结构工艺性；

### （二）材料塑性成形

#### 核心知识点

1) 金属塑性成形及原理；

2) 塑性变形后金属的组织 and 性能（加工硬化\*；回复、再结晶、冷变形、热变形、温变形\*；锻造纤维、各向异性、变形程度、锻造比\*）等基本概念；

3) 自由锻（镦粗、拔长、冲孔）；

4) 模锻；

5) 冲压工艺（分离工序\*、成形工序\*）及模具（种类及基本结构\*）；

6) 塑性成形性（可锻性）；

7) 锻件及冲压件结构工艺性；

8) 塑性成形新技术（金属材料的控形控性\*；微纳成形制造概念与应用\*；大塑性变形与材料纳米化\*）。

### （三）材料连接成形

#### 核心知识点

1) 连接的基本概念（焊接、机械连接（含铆接）、粘接等）；

2) 焊接基础知识（焊接热过程及特点\*、热影响区\*、焊接接头组成部分及性能\*、焊接变形\*）；

- 3) 基本焊接工艺 (典型熔化焊\*、压力焊\*、钎焊\*);
- 4) 焊接性能(可焊性\*);
- 5) 焊接结构\*及工艺性\*;
- 6) 焊接新技术: 搅拌摩擦焊\*、激光电弧复合焊\*、塑料超声焊\* (已跨学科用于生物医学) 等工艺与特点;
- 7) 机器人焊接。

#### (四) 粉体 (陶瓷及粉末冶金) 材料成形

##### 核心知识点

- 1) 粉体成形的过程与特点 (注意与液态或固态成形方法之不同);
- 2) 粉体的基本性能;
- 3) 粉体的三种成形工艺 (干粉成形\*、塑形泥团成形\*、浆料成形\*。

#### (五) 高分子材料成形

##### 核心知识点

- 1) 高分子材料成形基本概念 (组成、结构、物理状态);
- 2) 常见塑料成型工艺;
- 3) 橡胶成形工艺、硫化性能。

#### (六) 复合材料成形

##### 核心知识点

- 1) 复合材料的性能及特点;
- 2) 复合材料成型工艺及特点。

#### (七) 材料的 3D 打印成形 (增材制造)

##### 核心知识点?

- 1) 3D 打印 (增材制造) 的基本原理 (特别是 STL 文件的原理);
- 2) 常用 3D 打印工艺及工艺原理;
- 3) 各种 3D 打印用材料及要求;
- 4) 3D 打印分层软件的原理 (含机电一体化控制软件框图及知识);
- 5) 3D 打印技术在各种成形技术中的应用。

- (1) 3D 打印技术在液态成形技术中的应用\*
- (2) 3D 打印技术在塑性成形（模具）技术中的应用\*
- (3) 3D 打印技术在高分子材料成形技术中的应用\*
- (4) 3D 打印技术在粉体材料（陶瓷及粉末冶金）成形技术中的应用\*
- (5) 3D 打印技术在生物材料成形技术中的应用\*

## 第五部分：机械制造工艺（合计一级核心知识点 40 个）

### （一）切削加工工艺

#### 核心知识点

- 1) 切削加工基础知识：切削过程\*；切削运动\*；切削原理\*
- 2) 刀具：刀具材料及性能特点\*；刀具几何角度\*；刀具工作角度\*；刀具磨损\*；刀具寿命\*；新刀具材料\*（如人造聚晶金刚石、立方氮化硼、陶瓷）
- 3) 磨料、磨具、磨削过程\*和磨削特点\*和磨削原理\*；
- 4) 精密加工方法；
- 5) 加工精度\*与表面质量\*，影响加工精度和表面质量的因素\*。

### （二）特种加工工艺

#### 核心知识点

- 1) 特种加工的基本概念；
- 2) 特种加工基本原理；
- 3) 激光切割、激光打孔、激光精密加工（应用很广泛）；
- 4) 电火花成形加工\*、电火花穿孔加工、电火花线切割加工\*、电火花磨削加工\*；
- 5) 超声波加工、电子束加工、离子束加工。（建议采用虚拟仿真技术）

### （三）常见表面加工方案选择

#### 核心知识点

- 1) 表面加工方案选择及依据；
- 2) 尺寸精度\*、表面粗糙度\*、结构形状与尺寸大小\*。

#### **(四) 数控加工技术**

##### **核心知识点**

- 1) 数控程序;
- 2) 数控系统;
- 3) 换刀机构 (装置);
- 4) 数控机床 (数控车床\*、数控铣床\*、加工中心\*);
- 5) 普通数控机床与精密数控机床的技术参数比较。

#### **(五) 零件的结构工艺性**

##### **核心知识点**

- 1) 结构工艺性原理;
- 2) 切削加工结构工艺性 (示例)。

#### **(六) 零件的制造工艺过程**

##### **核心知识点**

- 1) 基本概念 1: 生产纲领; 生产类型; 生产过程; 加工余量;
- 2) 基本概念 2: 工艺过程; 工序; 安装; 定位; 夹紧;
- 3) 基本概念 3: 基准\*; 设计基准; 定位基准; 测量基准; 装配基准; 粗基准; 精基准;
- 4) 六点定位原理;
- 5) 基本概念: 毛坯类型\*; 工艺分析\*; 工艺成本\*; 工艺管理\*。

#### **(七) 先进制造技术 (智能制造、大数据、物联网等)**

##### **核心知识点**

- 1) 基本概念: 全生命周期产品制造、智能制造、数字化制造、网络制造、虚拟制造、增材制造、再制造、物联网、云制造、制造供应链、柔性制造 (FMS)、可换柔性制造 (RMS-或可重组制造系统)、工业机器人及其协同、物流系统及相关设备的基本构成;
- 2) 智能制造与机器人技术 (智能制造的系统构成\*、关键技术\* (比如传感器技术), 工业机器人本体\*、控制系统以及主要性能指标\*, 在线编程\*、离线编程\*, 视觉控制\*、视觉跟踪等);

- 3) 先进制造相关的常规主流应用软件（CAD/CAM/CAPP/CAE）简介；
- 4) 智能机械制造系统运行管理模型；
- 5) 大数据在先进制造中的应用；
- 6) 物联网在先进制造中的应用；
- 7) 极端（含微纳）制造

#### **（八）机械制造经济性与管理**

##### **核心知识点**

- 1) 现代企业及管理组织结构；
- 2) 成本管理；
- 3) 成本控制；
- 4) 质量和质量管理；
- 5) 质量成本；
- 6) 技术经济分析。

#### **（九）机械制造业的环境保护**

##### **核心知识点**

- 1) 机械工业的环境污染；
- 2) 工业气、固、液废弃污染物及处理技术；
- 3) 工业噪声防止与个人防护技术。

## **二、工程训练部分：合计 78 个一级知识点**

### **第六部分：机械制造实习（合计核心知识点 78 个）**

**各部分核心知识点尽可能与课程一致，不要重复！**

#### **（一）铸造**

**核心知识点（13个一级点，12个二级点）**

- (1) 铸造型砂的性能要求及获得成本；

- (2) 常见铸造砂型的构造特点（含典型浇注系统）；
- (3) 手工造型的基本操作；
  - \*整模造型； \*分模造型； \*挖砂造型； \*活块造型
- (3) 铸件分型面的选择原则；
- (4) 浇注位置的选择；
- (5) 模样、铸件、零件之间的关系和区别；
- (6) 常用特种铸造方法的分类、工艺特点和应用特点；
  - \*消失模铸造； \*压力铸造； \*熔模铸造； \*离心铸造
- (7) 模样种类和确定模样的原则；
- (8) 铸造工艺图的绘制方法；
- (9) 金属熔炼（冲天炉学习建议采用虚拟仿真完成）及浇注的工艺特点；
- (10) 铸件的落砂、清理与环境保护；
- (11) 铸件缺陷类型及原因分析；
- (12) 铸造生产安全要求及对环境的影响；
- (13) 其他先进铸造成型技术（建议通过虚拟仿真实现）；
  - \*3D 打印制模样； \*3D 打印砂型； \*压力铸造方法； \*精密铸造方法

## （二）锻压（9 个一级点，8 个二级点）

### 核心知识点

- (1) 塑性加工基本概念与基础知识（金属材料塑性变形及加工原理）；
- (2) 塑性加工方法分类及典型设备（锻、压、冲、剪、弯）；
- (3) 锻造坯料的加热温度冷却规范及确定原则、温度与火色的关系；
- (4) 锻造工艺方法分类及其应用特点；
  - \*自由锻； \*胎模锻； \*模锻； \*特种锻造
- (5) 自由锻基本工序及操作要点（墩粗、拔长、切断(冲孔)）；
- (6) 冲压加工概念、分类及冲压基本工艺、冲压设备；
  - \*冲裁（落料、冲孔）； \*冷变形工艺\*（拉伸、弯曲、旋压、胀形等）；
- \*冲模结构； \*凹凸模间隙的计算； \*常见钣金设备(冲床、液压机、折弯机、卷板机、旋压机、咬边等)。
- (7) 数控冲床的结构、原理及工艺特点；

(8) 锻造生产安全要求及对环境（震动、噪声）的影响；

(9) 塑性成形新技术（数控钣金成形、异形曲面成形、金属材料的控形控性\*；微纳成形制造概念与应用\*；大塑性变形与材料纳米化\*等（建议通过虚拟仿真实现））。

### （三）焊接（9个知识点）

#### 核心知识点：

(1) 焊接概述（分类、特点、适用范围）；

(2) 常规工业焊接方法、设备及工艺特点；

\*手工电弧焊；\*CO<sub>2</sub> 保护焊；\*电阻焊；\*氩弧焊；\*埋弧焊；  
\*等离子切割等）

(3) 电焊条组成及作用, 分类、常用牌号；

(4) 气割工艺特点、设备、气割的参数条件；

(5) 气焊及钎焊工艺特点、设备、焊炬的三种火焰；

(6) 常见焊接缺陷、焊接后处理；

(7) 先进焊接方法：闪光焊、激光焊、摩擦焊、搅拌焊、超声波焊；

(8) 焊接自动化与智能化；

\*焊接机器人工作站

(9) 焊接安全技术要求及对环境的影响。

### （四）热处理及表面处理（4个知识点）

#### 核心知识点

(1) 常用金属材料热处理方法概述（淬火、回火、正火、退火）；

(2) 常用热处理设备（加热、冷却及检测）；

(3) 常用表面强化与改性方法（渗碳、渗氮，激光表面处理\*）；

(4) 常用表面工程技术（镀、涂覆、发蓝、氧化）。

\* 热喷涂技术（建议通过虚拟仿真技术完成训练）

## （五）非金属材料成形（3个知识点）

### 核心知识点

- （1）塑料、橡胶成型，注射机的结构和工作原理；
- （2）陶瓷材料成型；
- （3）复合材料成型技术。

## （六）增材制造技术（3D打印技术）（3个知识点）

### 核心知识点

- （1）3D打印方法分类及其工作原理、应用特点；  
（FDM、SLA、激光技术3D打印等）
- （2）3D打印原型设计及工艺参数影响；
- （3）3D打印材料的发展状况及各种材料成形技术（金属、陶瓷、高分子、复合材料）。

## （七）机械加工与特种加工（26个知识点）

### 核心知识点

- （1）常见金属切削加工方法概述及典型机床认识（分类、特点及适用范围）  
车、铣、刨、磨、钻、镗）；
- （2）常用金属切削刀具、量具、辅具、夹具认识；
- （3）工件的安装与定位夹紧知识（六点定位原理、典型定位方法、夹具分类与结构特点）；
- （4）加工基准选择原则；
- （5）工艺规程制定原则（工艺路线安排的原则与方法）；
- （6）机械切削加工安全要求及对环境的影响；
- （7）机械加工工件的结构工艺性要求；
- （8）普通车床类型、结构特点、通用夹具和机床附件；
- （9）车削工艺特点、车刀切削角度及切削参数选择原则；
- （10）切削加工质量（尺寸精度、形状位置精度、表面粗糙度和加工表面层改变）；

- (11) 钻孔、扩孔、铰孔和镗孔工艺特点；
- (12) 铣床的类型、常用刀具、附件；
- (13) 铣削加工特点、铣削用量及选择原则；
- (14) 齿轮加工方法分类、工艺特点；
- (15) 磨床及磨削加工特点；
- (16) 砂轮的特性及选择；
- (17) 砂轮的静平衡、安装及磨削安全要求；
- (18) 线切割加工工艺特点及基本编程；
- (19) 电火花成形（含 EDM 小孔加工）加工工艺特点；
- (20) 激光加工方法及设备分类及工艺特点；
- (21) 其他特种加工方法特点及适用范围（电解、电化学、化学、超声等）；
- (22) 数控机床、刀具及其加工工艺特点；
- (23) 常见金切机床数控系统及基本编程指令和程序格式（数车、数铣、加工中心、刀补、子程序调用等）；
- (24) 数控机床对刀操作与工件坐标系的建立；
- (25) 加工程序的仿真及试切加工；
- (26) 先进加工技术的现状和发展（精密加工、复合加工、高速切削、3D 打印、先进刀具等）。

## （八）钳工（4 个知识点）

### 核心知识点

- (1) 钳工概念及基本操作（锯、锉、铲、研、刮（建议用虚拟仿真技术解决）、钻、扩、铰、铤、攻、套，平台划线、机器装配）；
- (2) 量具的使用及误差分析（游标卡尺、深度尺、百分表千分表、内外径千分尺、刀口尺、水平仪、量规塞尺、测微仪、表面粗糙度仪）；
- (2) 简单装配尺寸链分析及应用；
- (3) 装配基本知识（含调试和拆卸；建议强化装配中调试的概念和方法）；
- (4) 量仪应用知识。

## （九）智能（先进）制造及物联网（7个知识点）

### 核心知识点（建议部分知识点通过虚拟仿真实现）

（1）基本概念：全生命周期产品制造、智能制造、数字化制造、网络制造、虚拟制造、增材制造、再制造、物联网、制造供应链、柔性制造（FMS）、可换柔性制造（RMS）、工业机器人及其协同、物流系统及相关设备的基本构成、FMS工艺特点及其限制性；

（2）智能制造与机器人（智能制造的系统构成\*、关键技术\*（比如传感器技术），工业机器人本体\*、控制系统以及主要性能指标\*，在线编程\*、离线编程\*，视觉控制\*、视觉跟踪等）；

（3）智能制造相关的常规主流应用软件（CAD/CAM/CAPP/CAE）简介；

（4）智能机械制造系统运行管理模型；

（5）大数据在先进制造中的应用；

（6）物联网在先进制造中的应用；

（7）微纳制造（建议通过虚拟仿真技术完成训练）。

## 十、附录 2：项目对应知识点与能力要求勾选表

项目名称	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注：
<b>第一部分 材料与制造技术 简论（注：该部分 共涉及4个课程核 心知识点）</b>					#：课程知识点 ×：实习知识点 所关联知识 点可以在对 应栏目打“√”， 能力要求须 单独填写。
1) #与材料、新材料、材料分类有关的概念×、新材料现状、发展趋势×、典型先进材料简介×	√				
2) #与制造、制造业、先进制造、机械制造有关的概念×、制造技术发	√				

展现状、发展趋势 ×					
3) #典型先进制造 技术简介		√			
4) #产品制造过程 与本课程知识体 系	√				
累计	3	1			
<b>第二部分： 工程材料</b>					
<b>(一) 工程材料的 性能（注：该部分 共涉及2个课程核 心知识点）</b>	直接关联的 课程知识点	间接关联的 课程知识点	实习知识点	能力要求	备注： #：课程知识点 ×：实习知识点 其他要求同上
1) #材料的基本力 学性能，包括：强 度×；塑性×；冲 击韧性×；疲劳强 度×；硬度×；断 裂韧性×	√				
2) #材料物理性 能、化学性能、工 艺性能×	√				
累计	2				
<b>(二) 材料学基础 1(金属材料)（注： 该部分共涉及5个 课程核心知识点）</b>	直接关联的 课程知识点	间接关联的 课程知识点	实习知识点	能力要求	备注： #：课程知识点 ×：实习知识点 其他要求同上
1) #材料的结构	√				
2) #纯金属材料结 构的变化	√				
3) #合金的相及相 结构组织	√				
4) #二元合金相图	√				
5) #铁碳合金相图 及应用	√				
累计	5				
<b>(三) 材料学基础 2（非金属材料） （注：该部分共涉 及2个课程核心知 识点）</b>	直接关联的 课程知识点	间接关联的 课程知识点	实习知识点	能力要求	备注： #：课程知识点 ×：实习知识点 其他要求同上
1) ##陶瓷材料的 键合特点、结构特	√				

点×、特性、用途					
2) #高分子材料的键合特点、结构特点、特性、用途。		√			
<b>累计</b>	1	1			
<b>(四) 材料选择</b> (注: 该部分共涉及2个课程核心知识点)	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注: #: 课程知识点 ×: 实习知识点 其他要求同上
1) #材料的分类* 编排与用途*	√				
2) #选材原则	√				
<b>累计</b>	2				
<b>第三部分 材料的改性</b>					
<b>(一) 材料热处理</b> (注: 该部分共涉及4个课程核心知识点, 4个工训(实习)核心知识点)	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注: #: 课程知识点 ×: 实习知识点 其他要求同上
1) #钢在加热和冷却时的组织及性能转变 1) *常用金属材料热处理方法概述 (淬火、回火、正火、退火)	√		√		
2) #退火*、正火*、 淬火*、回火工艺* 2) *常用热处理设备 (加热、冷却及检测)		√			
3) #表面热处理与 化学热处理 3) *常用表面强化 与改性方法(渗碳、 渗氮、激光表面处理)	√		√		
4) #非金属材料热处理 简介 4) *常用表面工程技术 (镀、涂覆、发蓝、 氧化)		√			
<b>累计</b>	2	2	2		

<b>(二) 材料表面工程技术</b> (注: 该部分共涉及2个课程核心知识点, 1个工训二级核心知识点)	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注: #: 课程知识点 ×: 实习知识点 其他要求同上
1) #表面工程技术原理*、常用工艺方法*、用途		√			
2) #热喷涂工艺		√			
*热喷涂技术					
累计		2			
<b>第四部分: 材料成形</b>					
<b>(一) 材料的液态成形</b> (注: 该部分共涉及4个课程核心知识点, 13个工训(实习)核心知识点)	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注: #: 课程知识点 ×: 实习知识点 其他要求同上
1) #铸造基础知识: 铸造工艺原理*; 流动性*; 凝固*; 收缩性*; 吸气性*; 铸造缺陷* 1) ×铸造型砂的性能要求及获得成本;	√		√		
2) #砂型铸造 2) ×常见铸造砂型的构造特点(含典型浇注系统);	√		√		
3) #特种铸造: 金属型铸造*; 压力铸造*; 熔模铸造*; 离心铸造*; 消失模铸造; 3) ×铸件分型面的选择原则;		√			
4) #铸件结构工艺性 4) ×浇注位置的		√	√		

选择;					
5) × 模样、铸件、零件之间的关系和区别;			√		
6) × 常用特种铸造方法的分类、工艺特点和应用特点: *消失模铸造* 压力铸造; *熔模铸造* 离心铸造					
7) × 模样种类和确定模样的原则;			√		
8) × 铸造工艺图的绘制方法;			√		
9) × 金属熔炼(冲天炉学习建议采用虚拟仿真完成)及浇注的工艺特点;					
10) × 铸件的落砂、清理与环境保护;			√		
11) × 铸件缺陷类型及原因分析			√		
12) × 铸造生产安全要求及对环境的影响			√		
13) × 其他先进铸造成型技术(建议通过虚拟仿真实现);					
累计	2	2	9		
<b>(二) 材料塑性成形(注: 该部分共涉及8个课程核心知识点, 9个工训(实习)核心知识点)</b>	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注: #: 课程知识点 ×: 实习知识点 其他要求同上
1)#金属塑性成形及原理; 1) × 塑性加工基本概念与基础知	√		√		

识					
2)#塑性变形后金属的组织 and 性能等基本概念； 2) ×塑性加工方法分类及典型设备	√		√		
3)#自由锻； 3) ×锻造坯料的加热温度冷却规范及确定原则、温度与火色的关系	√		√		
4) #模锻 ;4) ×锻造工艺方法分类及其应用特点	√		√		
5) #冲压工艺及模具 ;5) ×自由锻基本工序及操作要点	√		√		
6) #塑性成形性； 6) ×冲压加工概念、分类及冲压基本工艺、冲压设备；		√	√		
7) #锻件及冲压件结构工艺性 ;7) ×数控冲床的结构、原理及工艺特点；		√	√		
8) #塑性成形新技术 ;8) ×锻造生产安全要求及对环境（震动、噪声）的影响		√			
9) ×塑性成形新技术（数控钣金成形、异形曲面成形、金属材料的控形控性*；微纳成形制造概念与应用*；大塑性变形与材料纳米化*等（建议通过虚拟仿真实现））。					
累计	5	3	7		

<b>(三) 焊接(注: 该部分共涉及7个 课程核心知识点, 9个工训(实习) 核心知识点)</b>	直接关联的 课程知识点	间接关联的 课程知识点	实习知识点	能力要求	备注: #:课程知识点 ×:实习知识点 其他要求同上
1) #连接的基本 概念; 1) ×焊接概述(分 类、特点、适用范 围);	√		√		
2) #焊接基础知 识; 2)×常规工业焊接 方法、设备及工艺 特点;	√		√		
3) #基本焊接工 艺; 3) ×电焊条组成 及作用,分类、常 用牌号;	√		√		
4) #焊接性能; 4) ×气割工艺特 点、设备、气割的 参数条件;		√			
5) #焊接结构*及 工艺性*; 5) ×气焊及钎焊 工艺特点、设备、 焊炬的三种火焰;	√		√		
6) #焊接新技术: 搅拌摩擦焊*、激 光电弧复合焊*、 塑料超声焊*等工 艺与特点; 6) ×常见焊接缺 陷、焊接后处理;		√			
7) #机器人焊接; 7) ×先进焊接方 法:闪光焊、激光 焊、摩擦焊、搅拌 焊、超声波焊;		√			

8) ×焊接自动化与智能化;*焊接机器人工作站;					
9) ×焊接安全技术要求及对环境的影响。					
累计	4	3	4		
<b>(四) 粉体(陶瓷及粉末冶金)材料成形(注:该部分共涉及3个课程核心知识点,1个工训(实习)核心知识点)</b>	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注: #:课程知识点 ×:实习知识点 其他要求同上
1) #粉体成形的过程与特点; 1) ×陶瓷材料成型		√	√		实习:非金属材料知识点1)
2) #粉体的基本性能;		√			
3) #粉体的三种成形工艺;		√			
累计		3	1		
<b>(五) 高分子材料成形(注:该部分共涉及3个课程核心知识带你,1个工训(实习)核心知识点)</b>	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注: #:课程知识点 ×:实习知识点 其他要求同上
1) #高分子材料成形基本概念;	√				
2) #常见塑料成型工艺; 2) ×塑料、橡胶成型,注射机的结构和工作原理	√		√		实习:非金属材料知识点2)
3) #橡胶成形工艺、硫化性能;		√			
累计	2	1	1		
<b>(六) 复合材料成形(注:该部分共涉及2个课程核心知识点,1个工训(实习)核心知识</b>	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注: #:课程知识点 ×:实习知识点 其他要求同上

点)					
1) #复合材料的性能及特点;	√				
2) #复合材料成型工艺及特点;	√				
3) ×复合材料成型技术			√		实习 :非金属材料知识 3)
累计	2		1		
<b>(七) 材料的 3D 打印成形(增材制造) (注: 该部分共涉及 5 个课程核心知识带你, 3 个工训(实习)核心知识)</b>	直接关联的课程知识	间接关联的课程知识	实习知识	能力要求	备注: #: 课程知识 ×: 实习知识 其他要求同上
1) #3D 打印(增材制造)的基本原理; 1) ×3D 打印方法分类及其工作原理、应用特点; (FDM、SLA、激光技术 3D 打印等)	√		√		
2) #常用 3D 打印工艺及工艺原理; 2) ×3D 打印原型设计及工艺参数影响;	√		√		
3) #各种 3D 打印用材料及要求; 3) ×3D 打印材料的发展状况及各种材料成形技术 (金属、陶瓷、高分子、复合材料)	√		√		
4) #3D 打印分层软件的原理;		√			
5) #3D 打印技术在各种成形技术中的应用;	√				
累计	4	1	3		
<b>第五部分: 机械制造工艺</b>					
<b>(一) 切削加工工</b>	直接关联的	间接关联的	实习知识	能力要求	备注:

<b>艺（注：该部分共涉及5个课程核心知识点）</b>	课程知识点	课程知识点			#：课程知识点 ×：实习知识点 其他要求同上
1) #切削加工基础知识：切削过程*；切削运动*；切削原理*；	√				
2) #刀具：刀具材料及性能特点*；刀具几何角度*；刀具工作角度*；刀具磨损*；刀具寿命*；新刀具材料*；	√				
3) #磨料、磨具、磨削过程*和磨削特点*和磨削原理*；	√				
4) #精密加工方法；	√				
5) #加工精度*与表面质量*，影响加工精度和表面质量的因素*；	√				
<b>累计</b>	5				
<b>（二）特种加工工艺（注：该部分共涉及5个课程核心知识点）</b>	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注： #：课程知识点 ×：实习知识点 其他要求同上
1) #特种加工的基本概念；	√				
2) #特种加工基本原理；	√				
3) #激光切割、激光打孔、激光精密加工；		√			
4) #电火花成形加工*、电火花穿孔加工、电火花线切割加工*、电火花磨削加工；					
5) #超声波加工、电子束加工、离子束加工；		√			

累计	2	2			
<b>(三) 常见表面加工方案选择 (注: 该部分共涉及2个课程核心知识点)</b>	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注: #: 课程知识点 ×: 实习知识点 其他要求同上
1) #表面加工方案选择及依据;	√				
2) #尺寸精度*、表面粗糙度*、结构形状与尺寸大小*;	√				
累计	2				
<b>(四) 数控加工技术 (注: 该部分共涉及5个课程核心知识点)</b>	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注: #: 课程知识点 ×: 实习知识点 其他要求同上
1) #数控程序;	√				
2) #数控系统;	√				
3) #换刀机构(装置);	√				
4) #数控机床(数控车床*、数控铣床*、加工中心*);	√				
5) #普通数控机床与精密数控机床的技术参数比较;		√			
累计	4	1			
<b>(五) 零件的结构工艺性 (注: 该部分共涉及2个课程核心知识点)</b>	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注: #: 课程知识点 ×: 实习知识点 其他要求同上
1) #结构工艺性原理;	√				
2) #切削加工结构工艺性(示例);	√				
累计	2				
<b>(六) 零件的制造工艺过程 (注: 该部分共涉及5个课程核心知识点)</b>	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注: #: 课程知识点 ×: 实习知识点 其他要求同上
1) #基本概念 1: 生产纲领; 生产类型; 生产过程; 加	√				

工余量；					
2) #基本概念 2： 工艺过程；工序； 安装；定位；夹紧；	√				
3) #基本概念 3： 基准*；设计基准； 定位基准；测量基 准；装配基准；粗 基准；精基准；	√				
4) #六点定位原 理；	√				
5) #基本概念：毛 坯类型*；工艺分 析*；工艺成本*； 工艺管理*；	√				
<b>累计</b>	5				
<b>实习部分：（七） 机械加工与特种 加工（注：该部分 共涉及 26 个工训 （实习）核心知识 点）</b>	直接关联的 课程知识点	间接关联的 课程知识点	实习知识点	能力要求	备注： #：课程知识点 ×：实习知识点 其他要求同上
1) ×常见金属切削 加工方法概述及 典型机床认识			√		
2) ×常用金属切削 刀具、量具、辅具、 夹具认识			√		
3) ×工件的安装与 定位夹紧知识			√		
4) ×加工基准选择 原则			√		
5) ×工艺规程制定 原则			√		
6) ×机械切削加工 安全要求及对环 境的影响			√		
7) ×机械加工工件 的结构工艺性要 求			√		
8) ×普通车床类 型、结构特点、通 用夹具和机床附 件			√		

9) ×车削工艺特点、车刀切削角度及切削参数选择原则			√		
10) ×切削加工质量			√		
11) ×钻孔、扩孔、铰孔和镗孔工艺特点			√		
12) ×铣床的类型、常用刀具、附件			√		
13) ×铣削加工特点、铣削用量及选择原则			√		
14) ×齿轮加工方法分类、工艺特点			√		
15) ×磨床及磨削加工特点			√		
16) ×砂轮的特性及选择			√		
17) ×砂轮的静平衡、安装及磨削安全要求			√		
18) ×线切割加工工艺特点及基本编程			√		
19) ×电火花成形(含 EDM 小孔加工)加工工艺特点					
20) ×激光加工方法及设备分类及工艺特点					
21) ×其他特种加工方法特点及适用范围					
22) ×数控机床、刀具及其加工工艺特点			√		
23) ×常见金切机床数控系统及基本编程指令和程序格式(数车、数铣、加工中心、刀补、子程序调用			√		

等)					
24) ×数控机床对刀操作与工件坐标系的建立			√		
25) ×加工程序的仿真及试切加工			√		
26) ×先进加工技术的现状和发展					
<b>累计</b>			22		
<b>实习部分：</b> <b>(八) 钳工（注：该部分共涉及4个工训（实习）核心知识点）</b>	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注： #：课程知识点 ×：实习知识点 其他要求同上
1) ×钳工概念及基本操作			√		
2) ×量具的使用及误差分析			√		
3) ×简单装配尺寸链分析及应用			√		
4) ×装配基本知识			√		
<b>累计</b>			4		
<b>(七) 先进制造技术（智能制造、大数据、物联网等）（注：该部分共涉及7个课程核心知识点，7个工训（实习）核心知识点）</b>	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注： #：课程知识点 ×：实习知识点 其他要求同上
1) #×基本概念：全生命周期产品制造、智能制造、数字化制造、网络制造、虚拟制造、增材制造、再制造、物联网、云制造、制造供应链、柔性制造（FMS）、可换柔性制造、工业机器人及其协同、物流系统及相关设备的基本构成		√	√		
2) #×智能制造与		√			

机器人技术					
3) #×先进制造相关的常规主流软件 (CAD/CAM/CAPP/CAE)简介	√		√		
4) #×智能机械制造系统运行管理模型		√			
5) #×大数据在先进制造中的应用		√			
6) #×物联网在先进制造中的应用		√			
7) #×极端(含微纳)制造		√			
累计	1	6	2		
<b>(八) 机械制造经济性与管理(注:该部分共涉及6个课程核心知识点)</b>	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注: #:课程知识点 ×:实习知识点 其他要求同上
1) #现代企业及管理组织结构		√			
2) #成本管理		√			
3) #成本控制	√				
4) #质量和质量管理	√				
5) #质量成本		√			
6) #技术经济分析	√				
累计	3	3			
<b>(九) 机械制造业的环境保护(注:该部分共涉及3个课程核心知识点)</b>	直接关联的课程知识点	间接关联的课程知识点	实习知识点	能力要求	备注: #:课程知识点 ×:实习知识点 其他要求同上
1) #机械工业的环境污染		√			
2) #工业气、固、液废弃污染物及处理技术		√			
3) #工业噪声防止与个人防护技术		√			
累计		3			

