

普通高等学校
工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求

(机械类、近机类专业适用)

工程材料与机械制造基础系列课程
核心知识点与能力要求点

文件五

(初稿)

完成单位：2018-2022 教育部机械基础课程教学指导委员会
工程材料与机械制造基础课程教学指导组

2019 年 5 月

工程材料与机械制造基础系列课程

核心知识点与能力要求点

一、 理论课部分： 合计 93 个一级知识点

合计 64 个能力要求点

二、 工程训练部分： 合计 78 个一级知识点

合计 10 个基本能力要求点

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*）

基于新工科的工程材料与机械制造系列课程

核心知识点与能力要求点

一、理论课部分：

合计 93 个一级知识点；

合计 64 个能力要求点。

第一部分：材料与制造技术简论（合计核心知识点 4 个、能力要求点 3 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。

能力要求点

1) 通过本部分学习，在了解材料与制造历史、现状和发展的基础上，能把握从材料到产品的制造过程及材料与制造之间的关系；

2) 能掌握本课程主要涉及的内容；

3) 能把握各部分内容与产品制造过程之间的关系。

第二部分：工程材料（合计一级核心知识点 11 个、能力要求点 7 个）

（一）工程材料的性能

核心知识点

1) 工程材料的基本力学性能：强度*；塑性*；冲击韧性*；疲劳强度*；硬度*；断裂韧性*；

2) **工程材料的3种基本性能**：物理性能、化学性能、工艺性能*（材料是否容易制造的性能，与材料各种性能、组织结构、制造方法密切相关）。

能力要求点

- 1) 能正确理解材料性能的物理意义及其应用范围；
- 2) 能判断在何种条件下材料会破坏与失效。

(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。

能力要求点

- 1) 通过该部分学习，能结合相图解释工程材料的组织、结构、性能、工艺条件之间的内在关系；
- 2) 会运用这些关系解释材料加工或改性中的一些问题。

(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。

能力要求点

- 1) 能区分非金属材料与金属材料在组织、结构、性能间的主要差异；
- 2) 能了解非金属材料主要种类与用途。

(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。

能力要求点

- 1) 能较熟练运用选材原则为零件和产品选择材料。

第三部分 材料的改性(合计一级核心知识点 6 个、能力要求点 4 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。

能力要求点

- 1) 能清楚热处理的目的和工艺方法;
- 2) 能读懂基本的热处理工艺;
- 3) 能为简单零件制定基本热处理工艺。

(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。

能力要求点:

- 1) 了解表面工程技术用途, 区分不同表面工程技术, 能为产品改性选择合适的表面工程技术。

第四部分：材料成形（合计一级核心知识点 32 个、能力要求点 24 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；

能力要求点：

1) 能利用流动性、收缩、凝固、吸气等基本概念解释铸造过程一些缺陷产生的基本原因，提出改进方法；

2) 能基于不同铸造工艺特点合理选择铸造工艺，具有制定简单铸造工艺流程的能力；

3) 具有分析零件铸造结构工艺性和铸造缺陷的初步能力。

（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*）。

能力要求点：

- 1) 能利用塑性成形的基本原理与规律解释材料的塑性成形性的好坏；
- 2) 会制定简单锻件和冲压件的工艺规程；
- 3) 会分析常用金属锻件的工艺性能好坏，能基于不同锻压工艺特点为锻件合理选择锻压工艺；
- 4) 能绘制简单锻件的锻件图；
- 5) 会判断锻压件的结构设计的合理性（结构工艺性）。

（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。

能力要求点：

- 1) 能利用焊接的基础知识分析解释焊接过程出现的主要问题与缺陷；
- 2) 能基于碳当量法和有关知识判断焊接工艺性好坏；
- 3) 能基于不同焊接工艺的特点为焊接件选择焊接工艺，会制定简单焊接件的工艺规程；
- 4) 具有判断焊接件结构设计的合理性（结构工艺性）和焊接缺陷的初步能力；
- 5) 了解塑料与非金属材料的焊接方法和焊接特点。
- 6) 具有较合理地选用焊接方法及相关焊接材料的能力。

(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*).

能力要求点:

- 1) 能根据粉体的特点和基本物理性能解释三种粉体成形方法(干粉、塑形泥团、浆料)的规律和易出现的问题;
- 2) 会初步分析粉体成型工艺性能的好坏;
- 3) 能区分传统陶瓷成形工艺和高技术陶瓷成形工艺的不同。

(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。

能力要求点

- 1) 能区分塑料与橡胶成形工艺之间的不同;
- 2) 会分析塑料件的成型工艺性好坏;
- 3) 会判断塑料件结构设计的合理性(结构工艺性)。

(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。

能力要求点

- 1) 能解释或区分基体材料成形工艺和不同基体复合材料成形工艺的特点和异同;
- 2) 会制定简单的粉体成形工艺。

（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*

能力要求点

- 1) 能区分等材制造、减材制造和增材制造异同
- 2) 能根据 3D 打印分层软件的原理设计典型零件打印程序

第五部分：机械制造工艺（合计一级核心知识点 40 个、能力要求点 26 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*。

能力要求点

- 1) 针对不同的加工零件，会选择机床与刀具；
- 2) 会初步分析切削加工中出现的物理现象；

- 3) 懂得零件粗加工、半精加工、精加工不同加工阶段的工艺特点;
- 4) 会根据静止参考系中的主要坐标平面(基面、切削平面、正交平面),分析车刀的几何角度;
- 5) 对零件加工中出现的质量问题会进行分析。

(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)

能力要求点

- 1) 在制定零件加工工艺时能考虑何种情况下采用特种加工方法;
- 2) 能根据零件表面的加工要求,较合理选择所需要的特种加工方法。

(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*。

能力要求点

- 1) 能看懂教材中各种表面加工方案框图;
- 2) 能从典型案例中学到制定表面加工方案的方法;
- 3) 能参考各种表面加工方案框图,较合理选择零件的不同表面加工方案。

(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。

能力要求点

- 1) 能根据零件加工要求, 编制一般零件的数控车削加工程序;
- 2) 能运用一种 CAD/CAM 高级软件;
- 3) 能容易分辨出数控车床、数控铣床和加工中心;
- 4) 能分析柔性制造系统中的物流系统;
- 5) 能根据零件的加工需要, 选择合适的数控车床或数控铣床。

(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)。

能力要求点

- 1) 在设计中会应用零件的结构工艺性原理;
- 2) 头脑中储存了一批零件结构工艺性的例子;
- 3) 能分析现有零件的结构工艺性。

(六) 零件的制造工艺流程

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*。

能力要求点

- 1) 能根据六点定位原理, 合理选择安装零件的夹具;
- 2) 能合理选择零件定位的粗基准和精基准;

3) 能根据零件图纸, 制定典型零件的加工工艺流程。

(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

能力要求点

1) 能分析区别传统制造与先进制造之间的关系与差异

2) 能掌握先进制造的基本概念和应用范围。

(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。

能力要求点

1) 能基于机械制造经济性和管理基本知识, 对产品生产的可行性进行初步

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。

能力要求点

- 1) 会分析机械制造生产中的主要污染源；
- 2) 能提出相应的环境保护措施。

二、工程训练部分：

第六部分：机械制造实习（合计核心知识点 78 个、基本能力要求点 10 个）

各部分核心知识点尽可能与课程基本要求一致，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（镦粗、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；*CO₂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）基本能力要求（10个基本能力要求点）

- （1）能较熟练的操作实习设备、工、夹、量具；
- （2）养成良好的劳动习惯和观念；
- （3）能读懂工程图纸；

- (4) 能进行工艺分析、判断实习产品产生缺陷的原因；
- (5) 具有一定的分析问题和解决问题的能力和零件设计、制造等方面的创新能力；
- (6) 具有良好的团队合作能力；
- (7) 具有必要的工程意识和安全意识；
- (8) 具有产品制造过程的整体意识和一定的学科融通能力；
- (9) 具有理论联系实际的能力；
- (10) 具有成本和环保意识；

说明：

(1) 核心知识点是本课程不可或缺的知识点，本课程的全部知识点请参见孙康宁、林建平等编著的《工程材料机械制造基础课程知识体系与能力要求》，清华大学出版社，2016.8。