

2. 莫尔现象及其应用
3. 光学三维传感技术
4. 计算光学及其应用

七、考核要求

在检验学生对近代光学信息技术处理基本知识、基本原理和方法的基础上,重点考核学生的分析能力、计算能力以及光学设计能力。

成绩构成为平时成绩(包括课后作业和课堂考勤)和期末考试成绩。

八、编写成员名单

陈磊(南京理工大学)、陈文建(南京理工大学)

0855 机械专业学位研究生核心课程指南

01 现代设计类课程

一、课程概述

本课程包含现代设计方法与创新、动力学与控制、非线性分析及应用、工程优化设计、智能优化设计、可靠性设计等内容,其作用是培养研究生独立开展工程产品设计、技术创新及性能优化等的能力。现代设计类课程内容包括机械工程、控制工程、车辆工程、航天工程、航空工程、兵器工程、生物医学工程、工业设计工程、农业工程和船舶与海洋工程等领域的系统设计。

本课程是机械硕士专业学位研究生的专业基础课程,各培养单位应根据各自的特点,至少设置一门现代设计类课程,且不少于2学分。

二、先修课程

学习本课程之前,应掌握高等数学、线性代数、材料力学、理论力学、弹性力学、机械原理、机械设计、机械制造等本专业领域相关本科生课程,具有机械产品设计与分析的实践经验或经历。

三、课程目标

通过本课程的学习,了解现代设计技术的现状和发展趋势,掌握现代设计技术的基础理论和专门知识,使研究生掌握机械创新设计、机械振动、动力学与动态设计、优化设计及可靠性设计等基本理论与方法,具备在机械工程、控制工程、车辆工程、航天工程、航空工程、兵器工程、生物医学工程、工业设计工程、农业工程和船舶与海洋工程等领域运用所学知识开展机械设计、工程创新、建模分析、性能优化及分析论证的能力。重点培养工程设计的能力、工程创新的能力。

四、适用对象

机械硕士专业学位研究生。

五、授课方式

课程主要采用课堂讲授、专题研讨及实验等方式授课,也可根据各个领域特点,开展前沿性探讨和实践性教学相结合的方式。

六、课程内容

现代设计类课程的主要内容及重难点如下,具体课程的内容可根据专业的特点有所侧重、

取舍和补充。

1. 现代设计方法与创新。主要内容包括现代设计方法学,先进设计技术(拓扑设计、反求设计、计算机辅助工程设计等),系统集成(一体化)设计方法,机构创新设计,机械系统创新设计,试验设计,典型机械的创新实例与分析等,着重跨界思维及创新设计能力的培养。重点是先进设计方法与技术。

2. 动力学、振动与非线性分析。主要内容包括刚体动力学,弹性体动力学,线性系统振动,非线性系统振动,振动测试与参数识别,振动控制技术等。结合典型结构或系统进行案例剖析,包括静态分析(强度、变形分析)、动力学分析(振动模态、振动响应分析等)、以及非线性分析(屈曲、失稳、接触、冲击、材料失效和断裂等)。重点是线性系统的动力学和振动,难点是非线性系统动力学和振动。

3. 系统工程设计方法。以“系统工程学”为理论基础,结合机械工程实践的具体应用,介绍系统工程实践的一般规律,提出系统工程实践的技术方法,旨在从方法论的角度培养学生分析问题解决问题的能力、站在系统的角度策划工程实践的能力、启发学生“谋定而后动”的思维方法。

4. 工程优化设计。主要内容包括机械结构优化设计,如尺寸优化、形状优化、形貌优化、拓扑优化(均匀化方法、变密度法、渐进结构优化法、水平集方法等)。重点是结构优化设计的理论,难点是智能优化算法的应用。

5. 系统可靠性设计。主要内容包括系统可靠性设计原理,系统与结构可靠性分析方法,可靠性分析技术(静强度分析、疲劳分析、损失容限分析、耐久性分析及破坏危险性分析等),装备结构可靠性试验技术。重点是可靠性分析技术。

6. 设计应用案例分析。主要针对具体设计对象及问题,综合应用现代设计方法进行设计与优化。

七、考核要求

采取期中/期末考试和平时考核相结合的形式进行考核。期中/期末考试主要考核研究生对现代设计类课程基础知识的掌握程度,以及应用所学知识解决问题的能力,期中/期末考试以开卷考试为主。

平时考核主要从平时作业、专题研讨及试验环节等几个方面进行综合测评,平时成绩建议占总成绩的比例不少于20%。

八、编写成员名单

黄其柏(华中科技大学)、刘彦(北京理工大学)、赵海燕(清华大学)、赵学增(哈尔滨工业大学)、曾攀(清华大学)、周光辉(西安交通大学)、王玲(中国机械工程学会)、王强(北京航空航天大学)、姜志国(北京航空航天大学)、冯峰(清华大学)

02 制造加工类课程

一、课程概述

制造加工类技术是制造业的关键共性技术,也是机械专业学生应掌握的重要专业知识。制造加工类技术包括工艺和装备,可根据制造加工过程中材料变化的特点分为两类,一类是机械加工(或冷加工),例如车、铣、刨、镗、磨等切削机加工和电火花加工、电解加工、超声波加工等;另一类是成形制造(或材料加工、热加工),例如液态成形、塑性成形、焊接、粉末冶金、热处理、表面合金化和熔覆等。制造加工类课程的内容将重点围绕制造加工的先进技术和模式进行设置,通过课程学习和实践,使学生能充分掌握先进制造加工技术的新原理和新知识,具备解决制造加工工程领域实际问题的能力。

本课程是机械硕士专业学位研究生的基础课程,各专业应根据各自的特点,至少设置一门制造加工类课程、不少于2学分。

二、先修课程

机械工程相关专业的本科课程,以及机械制造、成形制造相关的基础课程。

三、课程目标

了解制造加工技术领域的现状和发展趋势,掌握先进制造加工技术的新原理、新知识,了解虚拟制造、智能制造、绿色制造等先进制造系统的设计与运控原理,具备解决制造加工工程领域实际问题的能力。重点培养工程设计与实践能力、组织实施项目的能力。

四、适用对象

机械硕士专业学位研究生。

五、授课方式

制造加工类课程可采用讲授、试验、专题讨论、现场案例教学、基于项目的教学等教学方式,突出理论学习与工程实践的有机结合。

六、课程内容

主要内容建议如下,具体课程的内容可根据专业的特点有所侧重、取舍和补充。

1. 现代制造加工技术与系统概述。主要内容包括制造加工技术与系统的概念、发展历程、主要领域与分类、特点及发展趋势。重点是掌握现代制造加工技术与系统的基本内涵、特点以及发展重点。

2. 现代加工技术。主要内容包括:高速/超高速切削加工技术、精密/超精密加工技术、高能束流(电子束、激光、离子束等)加工技术、微纳制造加工技术(包括微细加工技术、纳米加工技

术)、增材制造(3D 打印)技术、清洁成形技术、表面工程技术、生物及仿生制造技术等,为解决产品尺寸从宏观到微观的全方位加工需求提供技术方案。重点是掌握各种现代加工技术的基本原理和工程应用,难点是设计与优化各种现代加工技术的加工工艺,研制各种现代加工技术的加工装备。

3. 制造自动化技术。主要包括:数控加工技术、工业机器人技术、柔性制造技术、制造过程的先进测试技术等,为实现生产过程的自动化提供技术支撑。重点与难点是掌握数控加工、工业机器人、柔性制造及各种先进测试技术的基本原理。

4. 先进制造模式与系统:主要包括:敏捷制造、虚拟制造、网络化协同制造、智能制造、绿色(低碳)制造等先进制造模式与系统的内涵与特点、主要研究内容、关键技术体系及工程应用。重点与难点是掌握先进制造模式与系统的设计与运行控制的基本原理与核心技术。

5. 制造加工技术的其他内容。

七、考核要求

采用平时作业、专题讨论、试验环节、期末考试相结合的考核方式,各部分成绩要占总成绩的一定比例。

针对应掌握的知识、需具备能力以及学习成效设计相应的考核环节。

八、编写成员名单

周光辉(西安交通大学)、赵海燕(清华大学)、黄其柏(华中科技大学)、赵学增(哈尔滨工业大学)、曾攀(清华大学)、王玲(中国机械工程学会)、王强(北京航空航天大学)、刘彦(北京理工大学)、姜志国(北京航空航天大学)、冯峰(清华大学)

03 传感控制类课程

一、课程概述

本课程包含传感技术和控制技术两个方面。传感技术是现代信息技术的三大支柱之一,它涉及信息获取、处理和识别;控制技术是产品、设备、系统和生产过程的先进程度标志之一,它涉及自动控制原理和方法、自动化控制单元和集成技术,及其在各类控制系统中的应用。

本课程内容包括机械工程、控制工程、车辆工程、航天工程、航空工程、兵器工程、生物医学工程、工业设计工程、农业工程和船舶与海洋工程等领域的设备、系统或生产过程的自动检测、信息处理、分析判断、操纵控制等。

传感控制类课程是机械硕士专业学位研究生的专业基础课程,各培养单位应根据各自的特点,至少设置一门传感控制类课程,且不少于2学分。

二、先修课程

大学数学、大学物理、电工电子技术、自动控制原理、信号处理、测量技术与仪器、计算机技术等本专业领域的相关本科课程,以及其他与传感和控制相关的基础课程和实践课程。

三、课程目标

了解传感和控制技术的现状和发展趋势,掌握传感和控制技术的基础理论和专门知识,具备在机械工程、控制工程、车辆工程、航天工程、航空工程、兵器工程、生物医学工程、工业设计工程、农业工程和船舶与海洋工程等领域的产品、设备、系统或生产过程中应用传感和控制技术的能力。

重点培养工程设计、研发和创新的能力,以及组织和实施工程项目的能力。

四、适用对象

本课程适用于机械硕士专业学位研究生。

五、授课方式

传感控制类课程可以采用讲授、实验、理实一体化、专题讨论、现场案例等教学方式,要体现研究生教学特点,并具有前沿性和实践性。

六、课程内容

传感控制类课程的主要内容及重、难点如下,具体课程的内容可根据各培养单位的专业特点有所侧重、取舍和补充。

1. 现代传感和控制技术的现状和发展趋势。主要包括现代传感和控制技术的国内外发展状况和趋势、主要研究机构、学术分支和研究方向等。
2. 新型可用于传感技术的各种物理、化学、生物效应。主要包括可用于感知被测信息的各种物理、化学和生物效应的传感机理及应用的背景和条件。
3. 先进控制系统及其应用。主要包括先进控制系统简介、先进控制系统的基本组成、先进控制算法、组态软件、系统数据交流和应用实例等。
4. 现代传感技术及其应用。主要包括传感器静态和动态特性、力学量传感器、位移传感器、视觉传感器、触觉传感器、微传感器等,以及这些传感器的应用。
5. 现代数字信号处理。主要包括连续和离散时间的信号与系统、数字与模拟滤波器、DFT滤波器组和最大抽取滤波器组、时分多址(TDMA)和频分多址(FDMA)等数字通信技术、短时傅里叶变换、盖博变换和小波变换等。
6. 数字图像处理。主要包括数字图像处理的基本概念、图像获取、图像变换、图像增强、图像复原与重建、图像压缩、图像分割、二值图像处理、纹理分析和模板匹配等。
7. 模式识别。主要包括贝叶斯决策理论、概率密度函数的估计、线性和非线性差别函数、近邻法、特征的选择与提取、基于K-L展开式的特征提取、非监督学习方法、人工神经网络、模糊模式识别方法、统计学习理论和支持向量机等。

8. 现代控制理论。主要包括线性控制系统状态空间描述、运动与离散化、稳定性与李亚普诺夫方法、能控性与能观性、状态反馈与状态观测器,以及最优控制系统设计等。

9. 机器学习。主要包括决策论与信息论基础、回归线性模型、分类的线性模型和方法、核模型、支持向量机、图模型、混合模型和期望最大化、隐 Markov 模型和条件随机场模型等。

10. Labview 和 Matlab 等常用软件。主要包括 Labview 和 Matlab 的操作环境、内外部接口、程序框架、常用语句、程序开发和网络环境运行等。

11. 误差处理及精度分析。主要包括测量误差的基本概念、误差分布、误差分类、函数误差与误差合成、测量不确定度评定、最小二乘法与组合测量、回归分析与经验公式拟合、仪器精度与精度设计、精密机械装置及精密机构精度分析、光学和电气测量系统精度,以及测控系统总精度分析。

12. 多传感器数据融合理论及应用。主要包括多传感器系统介绍、数据融合算法与融合结构、贝叶斯推理、Dempster-Shafer 算法、人工神经网络、表决融合、模糊逻辑和模糊神经网络,以及确定目标位置的被动数据关联等。

13. 视觉检测技术。主要包括计算机视觉介绍、成像原理与系统、二值图像分析、图像预处理、边缘检测、轮廓提取、系统标定和系统应用等。

14. 设备状态监测与故障诊断。主要包括信号的分类与描述、数据采集与数字信号处理、工程信号分析基础、设备状态监测常用传感器、机械故障的振动诊断技术、频谱技术和红外技术在监测诊断中应用、设备故障诊断专家系统原理,以及设备状态监测与故障诊断系统等。

15. 机电液气系统传动与控制。主要包括机电液气传动系统的动力学基础、过渡过程、直流和交流电机的工作原理和特性、电动机和液压(气压)驱动元件的选择、可编程控制器,以及机电液气系统集成。

16. 机电智能控制及人工智能算法。主要包括智能控制简介、模糊理论与控制、神经网络理论及控制、学习控制、基于规则的仿人智能控制、人工智能介绍、统计模式识别、人工神经网络、遗传算法和蚁群算法等。

17. 智能仪器。主要包括时间与频率的测量、信号源、信号的显示和测量、数字电路的可测性设计、误差理论与测量不确定度、逻辑分析仪等。

18. 生物医学仪器。主要包括生物测量仪器简介、生物电测量仪器、生理参数测量仪器、生化参数测量仪器、病房监测系统、生理参数的远程传输与监测技术等。

19. 案例教学和相关实验。主要包括机械工程领域的典型工程案例、设计相关实践教学环节、工程实训等。

七、考核要求

采用平时作业、专题讨论、实验环节和期末考试相结合的渐进式考核方法,各部分占总成绩的一定比例。要针对应掌握的知识、需具备能力、以及学习成效合理设计相应的考核环节。

八、编写成员名单

赵学增(哈尔滨工业大学)、姜志国(北京航空航天大学)、黄其柏(华中科技大学)、赵海燕(清华大学)、曾攀(清华大学)、周光辉(西安交通大学)、王玲(中国机械工程学会)、王强(北京

航空航天大学)、刘彦(北京理工大学)、冯峰(清华大学)

04 机械前沿类课程

一、课程概述

本课程是机械硕士专业学位研究生的基础课程,对于培养研究生的创新能力、综合分析能力以及解决复杂工程问题能力有重要作用。课程主要介绍机械前沿技术,例如增材制造与生物制造、芯片制造技术及其未来、人工智能/智能制造/机器人,高端装备智能运维与健康管理、微纳制造及其应用、超滑和摩擦学等,突出应用性、先进性和前沿性,通过本课程学习,使学生掌握机械前沿技术的发展前沿、内涵和特征等。

各专业应根据各自的特点,应设置至少一门机械前沿类课程、不少于 2 学分。

二、先修课程

机械工程相关专业的本科课程,相关基础课程。

三、课程目标

了解机械前沿技术的现状和发展趋势,掌握主要前沿技术的新理论、新方法、新理念,能够合理评价并应用机械前沿技术,解决复杂工程问题,体现创新意识。重点培养工程创新能力、深入学习能力。

四、适用对象

本课程适用于机械硕士专业学位研究生。

五、授课方式

讲授、试验、专题讨论、案例教学、行业专家讲座、虚拟仿真实验等。

六、课程内容

机械前沿类课程的主要内容及重点和难点如下,具体课程的内容可根据专业的特点有所侧重、取舍和补充。

1. 增材制造与生物制造。包括增材制造装备、材料工艺与质量控制、生物制造的主要原理与技术方法等。重点和难点是增材制造与生物制造的方法与技术。

2. 芯片制造技术及其未来。包括高性能芯片制造关键技术、新型半导体材料制造技术、下一代光刻技术等。重点和难点是芯片制造关键技术。

3. 人工智能/智能制造/机器人。包括工业大数据分析原理、物联系统与关键技术、人工智

能核心技术、智能制造原理与方法、机器人核心技术等。重点和难点是新一代人工智能核心技术。

4. 高端装备智能运维与健康健康管理。包括智能维护与健康健康管理的基本原理和关键技术、融入新一代人工智能的智能运维、智能运维与健康健康管理在高端装备的应用等。重点和难点是智能运维技术与应用。

5. 微纳制造及其应用。包括微/纳加工技术原理、器件与系统的设计、性能测试与表征、装备关键技术等。重点和难点是微/纳制造工艺与方法。

6. 界面、超滑和摩擦学。包括表面界面效应及其跨尺度行为、超滑的原理和方法、先进制造中的摩擦学、特殊工况下的表界面行为及控制等。重点和难点是超滑技术及其应用。

7. 其他机械前沿的内容。

七、考核要求

平时作业、专题讨论、试验环节要占总成绩的一定比例,并针对应掌握的知识、需具备能力、以及学习成效设计相应的考核环节。

八、编写成员名单

王玲(中国机械工程学会)、赵海燕(清华大学)、黄其柏(华中科技大学)、赵学增(哈尔滨工业大学)、姜志国(北京航空航天大学)、曾攀(清华大学)、周光辉(西安交通大学)、王强(北京航空航天大学)、刘彦(北京理工大学)、冯峰(清华大学)

05 建模计算类课程

一、课程概述

计算机的发展带来了工程计算的革命,数值计算已经成为工程中不可缺少的方法。本课程是机械硕士专业学位研究生的基础课程,在信息化、数字化、智能化的知识体系中具有重要的地位,在数理逻辑、建模实践、创新意识、学科交叉等综合能力培养中具有重要的作用。各专业方向应根据各自的特点,至少设置一门建模计算类课程、不少于2学分。

二、先修课程

机械工程相关专业的本科课程,数值计算相关的基础课程(例如偏微分方程、数值分析等)。

三、课程目标

充分了解信息化时代背景下机械专业建模和计算技术的现状和发展趋势,具备将复杂设计

对象进行数字化、特征化的数理分析及表达能力,能够应用建模和计算技术进行机械系统设计、制造和加工过程的仿真、或产品服役的分析。掌握对工程实际问题进行建模并应用 CAE 技术进行计算分析的基本方法及手段。

重点培养工程设计能力、工程创新能力。

四、适用对象

本课程适用于机械硕士专业学位研究生。

五、授课方式

课程可以采用讲授、上机实践、专题讨论、案例教学等方式,包括编程和数值试验。

六、课程内容

课程可在以下内容中进行选择,具体课程的内容可根据专业方向的特点有所侧重、取舍和补充。课程的重点和难点是建模计算的原理与方法。

1. 工程建模和计算在机械工程中的应用现状和发展趋势。

重点介绍数值计算在机械工程中的应用现状,结合大数据、智能计算、云计算等,说明建模和计算的发展趋势。

2. 建模计算的原理与方法(包括基本理论与数值方法)。

介绍建模计算的原理和方法,包括但不限于:计算流体动力学方法,有限元分析方法,蒙特卡洛方法,分子动力学和第一性原理方法,神经网络等智能计算方法等。应结合专业的特点选取一种或几种。

3. 典型建模计算软件的应用。

通过实例,根据专业的特点,介绍典型建模计算软件在机械工程中的应用,包括通用的计算软件(例如计算流体动力学软件(FLUENT,CFX等)、有限元软件(ANSYS,ABAQUS等)、材料计算软件(MATERIALS STUDIO等)、或其他专业计算软件。应结合专业的特点选取一种或几种。

4. 面向设计、制造和工艺仿真的材料数据的建模与计算分析。

材料数据是进行建模和计算的重要基础,对材料数据的建模和准确计算是工程分析的基础,着重介绍材料数据在工程分析中的应用和处理方法。此部分为选讲内容。

5. 典型冷加工(如车削、铣削、钻削等)和热加工(如铸造、锻造、焊接、热处理等)的工艺建模仿真。根据专业特点,结合本专业的具体要求,针对一种或几种典型的工艺过程,通过案例分析,介绍其建模和计算方法。

6. 工程建模和计算的流程及典型案例

通过典型的实例,介绍机械工程建模和计算的流程和应用。

七、考核要求

可结合笔试和实践进行考核,笔试以考核建模和计算理论及方法的掌握情况为主,并针对应掌握的知识、需具备能力、以及学习成效设计相应的考核环节。平时作业、专题讨论、计算实践环节(编程和数值试验等)要占总成绩的一定比例。

八、编写成员名单

曾攀(清华大学)、王强(北京航空航天大学)、赵海燕(清华大学)、赵学增(哈尔滨工业大学)、姜志国(北京航空航天大学)、黄其柏(华中科技大学)、周光辉(西安交通大学)、王玲(中国机械工程学会)、刘彦(北京理工大学)、冯峰(清华大学)

06 工程实践类课程

一、课程概述

本课程是研究生通过在专业实验室参与相关工程科研项目、在企业进行实习实践等实践教学活动完成的课程,它是机械硕士专业学位研究生培养的重要环节,其作用主要是提升研究生工程创新及工程应用能力。各专业应根据各自的特点,至少设置一门工程实践类课程或者相关环节、不少于2学分。

二、先修课程

机械硕士专业学位所属领域的本科基础课程及与实践内容相关的专业课程。

三、课程目标

通过本门课程的学习和训练,使学生了解行业的现状和发展趋势,掌握行业相关的专业知识,掌握工程产品设计、制造加工及科学实验的基本方法与过程;具备开展工程产品设计、分析与应用的能力,从机械工程专业角度理解和掌握科技热点问题的知识和能力,以及有效沟通和交流的能力,能从多学科角度发挥团队协作和团队管理的作用。重点培养组织实施项目的能力、深入学习的能力。

四、适用对象

本课程适用于机械硕士专业学位研究生。

五、授课方式

采用专业实验案例教学、承担校企合作工程项目和企业实习实践等方式,并在校内导师和行业指导教师的共同指导下完成,工程实践课程应在专业实验室、实践基地或者实际企业进行。

六、课程内容

主要内容建议如下,课程的重点是工程问题的提炼、工程项目的组织实施过程,课程的难点

是复杂环境下学生交流、沟通和团队协作能力的培养。具体课程的内容可根据专业的特点有所侧重、取舍和补充。

1. 行业技术前沿和产业概况

结合专业的特点,介绍相关技术在工程和产业的前沿和概况,应从不同国家、不同区域、不同的经济文化背景等多方位视角介绍其特点。

2. 工程问题的提炼、工程项目的组织实施过程

通过实践项目的开题、中期考核、团队合作、答辩和讨论等各环节,培养学生提出工程问题、解决工程问题的能力,以及团队协作、组织工程项目实施的能力。

3. 行业安全、标准、规范等

根据本专业的特点和具体要求,在对实践项目进行设计时,要考虑到行业安全、标准、规范等的训练,并有相应的考核环节。

4. 多文化多学科等复杂环境下进行交流、沟通、团队协作

根据本专业的特点和具体要求,在对实践项目进行设计时,要考虑到在多文化多学科等复杂环境下,对项目成员的交流沟通能力、团队协作能力的要求,并有相应的考核环节。

5. 专业特有的对工程实践的要求和训练

七、考核要求

采取实践报告和平时表现相结合的方式考核,并由导师根据研究生所撰写的工程实践报告质量和实习实践的平时表现给予综合评分。考核评分过程中应充分参考行业指导教师的意见。

八、编写成员名单

赵海燕(清华大学)、黄其柏(华中科技大学)、曾攀(清华大学)、王强(北京航空航天大学)、赵学增(哈尔滨工业大学)、姜志国(北京航空航天大学)、周光辉(西安交通大学)、王玲(中国机械工程学会)、刘彦(北京理工大学)、冯峰(清华大学)