

《机械系统动力学》

课程教学大纲

一、 课程基本信息

课程类型	总学时为学时数	<input checked="" type="checkbox"/> 理论课（含上机、实验学时）			
	总学时为周数	<input type="checkbox"/> 实习 <input type="checkbox"/> 课程设计 <input type="checkbox"/> 毕业设计			
课程编码	7287401	总学时	32	学分	2
课程名称	机械系统动力学				
课程英文名称	Dynamics of Mechanical Systems				
适用专业	机械设计制造及其自动化专业				
先修课程	(7030701)高等数学 I (1), (7030702)高等数学 I (2), (7101201)线性代数, (7223421)计算方法, (7065621)理论力学, (7204311)材料力学、(7049611)机械原理、(7048211)机械设计				
开课部门	机械材料工程学院机电系				

二、 课程性质与目标

《机械系统动力学》是机械设计制造及其自动化专业的一门专业选修课，它是涉及机械系统的振动、机械结构振动强度和机构动力学分析的一门综合性专业技术课程。该课程在着力传授基本知识、基本理论和基本方法的基础上，通过作业、案例讨论、实验等环节，培养学生对复杂机械系统动力学建模、仿真及实验分析的能力，为后续课程的学习及将来的工作奠定坚实的基础。

本课程教学目标具体体现在以下几个方面：

课程目标 1：掌握机械振动的基本概念、基本方法。通过课堂讲授、作业、课堂测验、实验等环节，使学生掌握单自由度振动基本方程、频率、阻尼、自由振动、强迫振动、等效阻尼、共振现象等基础知识及基本理论，掌握多自由度振动基本方程、特征频率、振型、减振与隔振等基础知识及基本理论，具备运用单自由度振动基本原理分析常见工程振动问题的能力。掌握多刚体动力学分析的基本原理和方法，能够运用机械多刚体动力学基本原理进行复杂机构的动力学建模、分析与综合。通过课堂讲授、作业、课堂测验、实验等环节，使学生掌握包括刚体动力学基本方程、欧拉角、方向余弦、约束副等基础知识及基本理论。能够运用机械弹性动力学基本原理对各类典型机构进行弹性动力学建模、分析与综合。通过课堂讲授、作业、课堂测验、实验等环节，使学生掌握包括弦、杆、梁、轴在内的连续系统振动基本方程、边界条件、超越方程、振型等基础知识及基本

理论，理解模态叠加方法。掌握弹性构件和机械系统合理简化与建模的方法，掌握轴与轴系、凸轮机构、齿轮传动系统等弹性构件组成的机械系统动力学分析方法。

课程目标 2：针对常见的工程振动问题，能够使用 Matlab 对机械系统动力学特性进行数值仿真与分析，具备分析和解决机械中动力学问题的能力。能够使用多体动力学软件对复杂机械系统动力学特性进行数值仿真与分析，具备利用多体动力学软件对复摆、曲柄连杆机构和差动轮系等典型机构进行动力学分析，深入理解动量矩定理。通过课堂讲授、作业、课堂测验、实验等环节，使学生掌握 Lagrange 方程在机械系统中的应用，深入理解分析力学与牛顿力学的差异。能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，对复杂机械工程问题进行准确的表达、建模、分析和求解。

课程目标 3：能够基于科学原理、软件工具、文献对机械系统动力学特性进行设计与分析。通过互联网和文献检索工具收集机械动力学技术发展的最新信息并撰写文献综述报告，使学生对机械动力学领域的新技术、新概念、发展方向有一定的了解，激发学生在机械设计与分析领域继续学习和研究的愿望。学会通过动力学设计和分析手段解决一般的工程问题，并学会利用机械动力学理论解释工程现象的物理机制。

课程思政目标：结合机械系统动力学课程理论性强，概念、公式较多，工程实践性强的特点，在教学过程中，结合讲授内容，深入挖掘思政素材，在教学中渗透学科所蕴含的科学与创新精神，结合应用案例，强调大国重器，引入中国自信，也提升学生的专业兴趣和爱国情怀，进一步促进同时培养科学技术与道德素养均衡发展的德才兼备的人才，能够肩负起我国现代化建设的有责任感的人才。

三、课程教学基本内容与要求

1. 机械振动

序号	教学内容	教学要求
1	1. 绪论 1.1 机械动力学研究的意义 1.2 先修课程的简要回顾 1.3 机械动力学研究的主要内容 1.4 课程学习要求及学习方法，课程学习成绩形成性评价方法及要求。	了解：机械动力学在国民经济中的地位与作用、研究意义，机械动力学的理论基础、研究对象、案例、基本内容，课程学习要求及学习方法，课程学习成绩形成性评价方法及要求。 掌握：机械动力学的理论基础，基本假设、研究方法。
2	2. 单自由度系统的振动 2.1 概述 2.2 单自由度系统的振动	了解：单自由度机械系统的振动理论，傅里叶变换、频谱等。 掌握：单自由度振动基本方程、频率、阻尼、

序号	教学内容	教学要求
	2.3 等效力学模型 2.4 隔振原理 2.5 等效黏性阻尼 2.6 单位脉冲的响应 2.7 任意激励的响应 2.8 任意支承激励的响应	自由振动、强迫振动、等效阻尼、共振现象等基础知识及基本理论，具备运用单自由度振动基本原理分析常见工程振动问题的能力。 课后作业：1-1、1-3、1-7、1-9 课堂测验：1次，重点考查固有频率概念的掌握程度
3	3. 单自由度系统试验	了解：单自由度系统参数、自由衰减和强迫振动的幅频特性、固有频率及阻尼比的测定实验。 掌握：测量单自由度系统的固有频率和刚度、系统自由衰减和强迫振动的幅频特性曲线，并根据幅频特性曲线确定系统的固有频率和阻尼比。
4	4. 多自由度系统的振动 4.1 多自由度系统的自由振动 4.2 动力减振器 4.3 多自由度系统的模态分析方法 4.4 确定系统固有频率与主振型的方法 4.5 模态叠加法 4.6 利用 MATLAB 完成三自由度系统的模态分析与瞬态分析	了解：典型的多自由度系统，多自由度系统动力学方程的建立过程，机械系统模态分析。 掌握：特征频率、振型、减振与隔振等基础知识及基本理论。 课后作业：2-1、2-8 课堂测验：1次，重点考查模态概念的掌握程度 课后作业：习题 3-3，利用 Matlab 完成多自由度系统的模态分析，基于 Runge-Kutta 方法，使用 MATLAB 软件对多自由度机械动力学系统进行数值仿真与特性分析。
5	5 连续系统的振动 5.1 弦的横向振动 5.2 杆的轴向振动 5.3 圆轴的扭转振动 5.4 梁的横向振动	了解：连续系统的动力学微分方程，几何非线性的概念。 掌握：包括弦、杆、梁、圆轴在内的连续系统振动基本方程、边界条件、超越方程、振型等基础知识及基本理论，具备利用有限元软件对弦、杆、梁、圆轴等结构进行模态分析，理解模态叠加方法。具备分析和解决机械中动力学问题的能力。 课后作业：4-1、4-3、4-4、4-7 案例讨论：模态的正交性

2. 机构动力学

序号	教学内容	教学要求
6	6. 刚性构件组成的机械系统动力学 6.1 刚体动力学基础 6.2 曲柄连杆机构动力学	了解：刚体动力学微分方程，欧拉定理和欧拉四元数的基本概念。 掌握：多刚体动力学分析的基本原理和方法，欧拉角、方向余弦、约束副等基础知识，能够

	6.3 差动轮系动力学	运用机械多刚体动力学基本原理进行复杂机构的动力学建模、分析与综合。 课后作业：5-2、5-4 案例讨论：约束副的概念。 大作业：习题 5-2，利用多体动力学软件对曲柄连杆机构进行动力学分析
7	7. 弹性构件组成的机械系统动力学 7.1 分析力学基础 7.2 轴与轴系的振动 7.3 凸轮机构动力学 7.4 齿轮传动系统动力学 7.5 带传动系统动力学	了解：分析力学的基本概念和方法，第一类和第二类 Lagrange 方程，约束的处理方法。 掌握：弹性构件和机械系统合理简化与建模的方法，轴与轴系、凸轮机构、齿轮传动系统等弹性构件组成的机械系统动力学分析方法。 课后作业：6-2、6-3
8	8. 多体动力学 8.1 基本思想 8.2 Adams 动力学建模与分析	了解：多体动力学的基本概念和方法，工程案例。通过动力学设计和分析手段解决一般的工程问题，并学会利用机械动力学理论解释工程现象的物理机制。 掌握：使用柔性多体动力学解决复杂机械系统动力学的问题。 大作业：完成简单工业机械臂的多体动力学仿真。

四、课程学时分配

序号	教学内容	学时
1	1. 绪论 1.5 机械动力学研究的意义 1.6 先修课程的简要回顾 1.7 机械动力学研究的主要内容 1.8 课程学习要求及学习方法，课程学习成绩形成性评价方法及要求。	2
2	2. 单自由度系统的振动 2.1 概述 2.2 单自由度系统的振动 2.3 等效力学模型 2.4 隔振原理 2.5 等效黏性阻尼 2.6 单位脉冲的响应 2.7 任意激励的响应 2.8 任意支承激励的响应	6
3	3. 单自由度系统试验	2

序号	教学内容	学时
4	4. 多自由度系统的振动 4.1 多自由度系统的自由振动 4.2 动力减振器 4.3 多自由度系统的模态分析方法 4.4 确定系统固有频率与主振型的方法 4.5 模态叠加法 4.6 利用 MATLAB 完成三自由度系统的模态分析与瞬态分析	4
5	5 连续系统的振动 5.1 弦的横向振动 5.2 杆的轴向振动 5.3 圆轴的扭转振动 5.4 梁的横向振动	4
6	6. 刚性构件组成的机械系统动力学 6.1 刚体动力学基础 6.2 曲柄连杆机构动力学 6.3 差动轮系动力学	6
7	7. 弹性构件组成的机械系统动力学 7.1 分析力学基础 7.2 轴与轴系的振动 7.3 凸轮机构动力学 7.4 齿轮传动系统动力学 7.5 带传动系统动力学	4
8	8. 多体动力学 8.1 基本思想 8.2 Adams 动力学建模与分析	4

五、 实践性教学内容的安排与要求

见实验教学大纲。

六、 教学设计与教学组织

探索和改进教学方法，提倡启发式、讨论式、案例式、任务驱动式教学，突出对学生工程应用能力和创新意识的培养。具体教学方式如下：

1) 课堂讲授为主，QQ/微信群答疑辅导为辅。课堂讲授采用多媒体教学，注重结合生产实际的案例讨论教学。对于简单内容，采用自学与授课相结合的方法，课堂上提纲挈领地讲解思考问题的脉络，使学生能够领会到方法的实质；对

于难以理解的内容，结合视频、实物、案例等进行深入讲解，便于学生理解和掌握。

2) 课堂测验与课后作业相结合。对核心知识点安排课堂测验，了解学生对知识点的理解掌握情况；每章节内容学习完毕，布置课后作业，全批全改，并就发现的难点问题进行课堂讲解、讨论。

3) 实验教学。要求学生预习、完成实验和撰写实验报告。完成单自由度系统参数、自由衰减和强迫振动的幅频特性、固有频率及阻尼比的测定实验。学会测量单自由度系统的固有频率和刚度、系统自由衰减和强迫振动的幅频特性曲线，并根据幅频特性曲线确定系统的固有频率和阻尼比。增加对课堂学习内容的理解。

4) 以大作业为载体的实践教学。能够对工程问题进行初步定位，学会通过动力学设计和分析软件解决一般的工程问题，并学会利用机械动力学理论解释工程现象的物理机制。

七、 教材与参考资料

1. 教材

《机械动力学》（第二版），石端伟，中国电力出版社，2012，ISBN 号：9787512332959

2. 参考资料

(1) 《机械动力学》（第二版），张策，高等教育出版社，2008，ISBN 号：9787040230642

(2) 《振动力学基础与 MATLAB 应用》（第一版），鲍文博，白泉，陆海燕，清华大学出版社，2015，ISBN 号：9787302375708

八、 课程考核方式与成绩评定标准

本课程以考核学生能力培养目标的达成为主要目的，以检查学生对各知识点的掌握程度以及应用为重要内容。能力目标达成评价与考核总成绩中，平时考查与书面作业占 30%、课堂测验占 10%、实验占 10%、大作业占 50%。具体要求如下：

1) 课程评分类型：百分制。

2) 结课考核方式：闭卷，重点考察知识应用能力。

3) 实验成绩评定

① 预习：实验前学生完成预习，指导教师了解学生预习情况是否达到实验实施要求，达到要求后学生方可进行实验，占总成绩 10%。

② 实验操作：教师根据学生实验操作过程、数据采集情况、实验结果记录等评定学生成绩，并在原始数据上签字，占总成绩 40%。

③ 实验结果分析与实验报告撰写：教师根据学生实验数据（结果）的分析情况、报告撰写情况，评定学生成绩，占总成绩 50%。

4) 课程总成绩评定：平时作业（包括课堂测验、课后作业）占总成绩的 40%，实验成绩占总成绩的 10%，大作业成绩占总成绩的 50%。

表 3 课程成绩评定标准

成绩组成	考核/评价环节	分值	考核/评价细则
平时成绩 50%	平时作业（包括课堂测验、课后作业、上机作业）	40	主要考核学生对每节课知识点的理解和掌握程度，计算全部作业的平均成绩再按 30%计入总成绩。
	实验	10	根据每个实验的实验情况和实验报告质量每次单独评分，再将全部实验的成绩求平均值，最后按 5%计入课程总成绩，具体见评分标准。
大作业 50%	大作业	50	主要考核学生利用软件解决问题的能力，计算全部作业的平均成绩再按 50%计入总成绩。

九、 大纲制(修)订说明

无。

大纲执笔人：赵振军

大纲审核人：李强

开课系主任：王海波

开课学院教学副院长：刘东

制（修）订日期：2022 年 02 月

《机械系统动力学》

课程实验教学大纲

一、 课程基本信息

课程类型	<input checked="" type="checkbox"/> 独立设置的实验课 <input type="checkbox"/> 课内实验						
课程编码	7287401	学分	2	总学时	32	实验学时	8
课程名称	机械系统动力学						
课程英文名称	Dynamics of Mechanical Systems						
适用专业	机械设计制造及其自动化专业						
先修课程	(7030701) 高等数学 I (1), (7030702) 高等数学 I (2), (7101201) 线性代数, (7223421) 计算方法, (7065621) 理论力学, (7204311) 材料力学、(7049611) 机械原理、(7048211) 机械设计						
开课部门	机械材料工程学院机电系						

二、 课程性质与目标

《机械系统动力学》是机械设计制造及其自动化专业的一门专业选修课，它是涉及机械系统的振动、机械结构振动强度和机构动力学分析的一门综合性专业技术课程。该课程在着力传授基本知识、基本理论和基本方法的基础上，通过作业、案例讨论、实验等环节，培养学生对复杂机械系统动力学建模、仿真及实验分析的能力，为后续课程的学习及将来的工作奠定坚实的基础。

本课程教学目标具体体现在以下几个方面：

课程目标 1：掌握机械振动的基本概念、基本方法。通过课堂讲授、作业、课堂测验、实验等环节，使学生掌握单自由度振动基本方程、频率、阻尼、自由振动、强迫振动、等效阻尼、共振现象等基础知识及基本理论，掌握多自由度振动基本方程、特征频率、振型、减振与隔振等基础知识及基本理论，具备运用单自由度振动基本原理分析常见工程振动问题的能力。掌握多刚体动力学分析的基本原理和方法，能够运用机械多刚体动力学基本原理进行复杂机构的动力学建模、分析与综合。通过课堂讲授、作业、课堂测验、实验等环节，使学生掌握包括刚体动力学基本方程、欧拉角、方向余弦、约束副等基础知识及基本理论。能够运用机械弹性动力学基本原理对各类典型机构进行弹性动力学建模、分析与综合。通过课堂讲授、作业、课堂测验、实验等环节，使学生掌握包括弦、杆、梁、轴在内的连续系统振动基本方程、边界条件、超越方程、振型等基础知识及基本

理论，理解模态叠加方法。掌握弹性构件和机械系统合理简化与建模的方法，掌握轴与轴系、凸轮机构、齿轮传动系统等弹性构件组成的机械系统动力学分析方法。

课程目标 2：针对常见的工程振动问题，能够使用 Matlab 对机械系统动力学特性进行数值仿真与分析，具备分析和解决机械中动力学问题的能力。能够使用多体动力学软件对复杂机械系统动力学特性进行数值仿真与分析，具备利用多体动力学软件对复摆、曲柄连杆机构和差动轮系等典型机构进行动力学分析，深入理解动量矩定理。通过课堂讲授、作业、课堂测验、实验等环节，使学生掌握 Lagrange 方程在机械系统中的应用，深入理解分析力学与牛顿力学的差异。能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，对复杂机械工程问题进行准确的表达、建模、分析和求解。

课程目标 3：能够基于科学原理、软件工具、文献对机械系统动力学特性进行设计与分析。通过互联网和文献检索工具收集机械动力学技术发展的最新信息并撰写文献综述报告，使学生对机械动力学领域的新技术、新概念、发展方向有一定的了解，激发学生在机械设计与分析领域继续学习和研究的愿望。学会通过动力学设计和分析手段解决一般的工程问题，并学会利用机械动力学理论解释工程现象的物理机制。

课程思政目标：结合机械系统动力学课程理论性强，概念、公式较多，工程实践性强的特点，在教学过程中，结合讲授内容，深入挖掘思政素材，在教学中渗透学科所蕴含的科学与创新精神，结合应用案例，强调大国重器，引入中国自信，也提升学生的专业兴趣和爱国情怀，进一步促进同时培养科学技术与道德素养均衡发展的德才兼备的人才，能够肩负起我国现代化建设的有责任感的人才。

三、 实验的性质与任务

《机械系统动力学》是机械设计制造及其自动化专业的一门专业选修课。课内实验与上机共 8 学时。通过实验和上机操作，增强学生对机械振动力学的了解，帮助学生掌握机械振动的基本概念和特征，参数的测量方法，能够针对常见的工程振动问题，学习使用 Matlab 对机械系统动力学特性进行数值仿真与分析，能够使用多体动力学软件对机械系统开展模态分析、运动学、动力学分析，学会通过动力学设计和分析手段解决一般的工程问题，加强学生对《机械系统动力学》课程内容理解。

四、 实验教学内容与学时分配

序号	实验名称	学时	实验类型
1	实验一 单自由度系统振动试验	2	综合型

2	实验二 单自由度系统受迫振动试验	2	综合型
3	实验三 利用 Adams 软件完成机械系统运动学与动力学分析	4	上机

五、 实验安排与要求

实践教学是理论联系实际的重要环节，可以使学生验证、巩固和加深所学的基本理论，能训练学生有关的实验方法、动手能力和测量技能，养成踏实细致、严谨认真的作风。实践教学环节实施前，学生应预习相关的知识，明确要求和内容，完成后要填写实践报告，并由指导教师批阅，评定成绩。实践教学内容包括课程研究项目和实验两部分。课程实验研究项目的内容及要求：将 3~4 个同学分为一组。

1. 实验预习要求

要求学生在实验之前进行预习，了解实验的原理及方法，明确实验目的。

2. 实验目的及要求：

实验项目名称	实验目的及要求
实验一 单自由度系统振动试验	1) 测量单自由度系统的固有频率和刚度、系统自由振动的幅频特性曲线，并根据幅频特性曲线确定系统的固有频率和阻尼比； 2) 根据实验弹簧和钩码质量参数，建立振动系统方程并用 MATLAB 语言进行编程求解，初步掌握利用 MATLAB 求解机械振动力学问题； 3) 将实验测量的固有频率及阻尼比、自由衰减的幅频特性与分析结果进行对比，撰写实验与计算对比分析报告。
实验二 单自由度系统受迫振动试验	1) 测量多自由度系统受迫振动响应，并理解共振现象； 2) 将实验测量的固有频率及阻尼比、共振时的放大倍数，撰写实验分析报告。
实验三 利用 Adams 软件完成机械系统运动学与动力学分析	1) 学习 Adams 软件的基本操作； 2) 利用 Adams 软件对机械系统开展机构运动学、模态分析与动力学分析。

3. 实验报告要求

每个学生在实验结束后，都要撰写实验报告。实验报告包括实验名称、实验目的、实验原理、实验步骤、实验数据、计算模型、计算过程以及实验结果与计算结果对比分析。

六、 实验教学与其它相关课程的联系与分工

课程实验必须在完成相关内容的课堂教学后才能进行。先修课程：高等数学，线性代数，计算方法，工程力学，机械原理。

七、 实验教学设计及教学组织

实验可以分组进行，但每组以不超过 4 人为宜。结合实验内容与工程应用案例，强调大国重器，引入中国自信，提升学生的专业兴趣和爱国情怀。

八、 实验教材、实验指导书及教学参考资料

1. 实验教材

(1)《振动力学基础与 MATLAB 应用》(第一版)，鲍文博，白泉，陆海燕，清华大学出版社，2015，ISBN 号：97873023757082.

(2)《ADAMS 2018 虚拟样机技术从入门到精通》(第一版)。陈峰华，清华大学出版社，2019，ISBN 号：9787302530602

2. 实验指导书

自编实验课程任务书

九、 实验考核方法及成绩评定标准

实验成绩由两方面决定：实验研究计划部分+实验操作部分+实验研究报告部分，其中实验研究计划部分占 25%，+实验操作部分占 25%，实验研究报告部分占 50%。

十、 大纲制(修)订说明

(课程实验教学大纲需要说明的其他事项可在本部分内容中列出。)

大纲执笔人：赵振军

大纲审核人：李强

开课系主任：王海波

开课学院教学副院长：刘东

制(修)订日期：2022 年 02 月