

## 《机械振动学》课程教学大纲

课程基本信息 (Course Information)					
课程代码 (Course Code)	ME238	*学时 (Credit Hours)	48	*学分 (Credits)	3
*课程名称 (Course Name)	(中文) 机械振动学				
	(英文) Mechanical Vibration				
课程类型 (Course Type)	专业基础课				
授课对象 (Target Audience)	机械工程、能源与动力工程等专业本科生				
授课语言 (Language of Instruction)	中文、英文, English & Chinese				
*开课院系 (School)	机械与动力工程学院				
先修课程 (Prerequisite)	高等数学、理论力学、线性代数	后续课程 (post)	振动、测试与诊断 (本科大四)、高等振动理论 (研究生)、结构声学 (研究生)、转子动力学 (研究生)		
*课程负责人 (Instructor)	华宏星、黄修长	课程网址 (Course Webpage)	<a href="https://www.icourse163.org/course/SJTU-1449768172">https://www.icourse163.org/course/SJTU-1449768172</a>		
*课程简介 (中文) (Description)	<p>(中文 300-500 字, 含课程性质、主要教学内容、课程教学目标等)</p> <p>本课程是机械工程、能源与动力工程等专业的一门重要专业基础课, 是机械工程各专业必修主干课。</p> <p>本课程旨在使学生掌握从实际问题到力学模型建立及其运动规律的基本原理和基本分析方法, 重在培养学生具备对复杂工程对象建立动力学模型的能力、掌握与振动有关的基本理论和基本概念以及解决与振动问题的基本方法, 具备对机械/能源与动力系统进行与振动相关分析的能力及从事相关技术工作的能力, 也为从事相关专业技术工作、科学研究工作及管理工作提供重要的理论基础。</p> <p>本课程主要包括单自由度系统的振动、多自由度系统的振动、简单连续系统的振动、机械振动的控制等。</p>				
*课程简介 (英文) (Description)	<p>(英文 300-500 字)</p> <p>Mechanical Vibration is a basic course for the undergraduate students with specialties of mechanical engineering and related fields.</p> <p>The task of this course is to train the students to master basic principles and basic analysis methods to establish mechanical models and their motion laws from</p>				

	<p>the practical problems, to have the ability to build dynamic models for complex engineering objects and master the basic theories and concepts related to dynamics and vibration as well as the basic methods for solving the problems of dynamics and vibration, to develop the ability to perform dynamic and vibration-related analysis of mechanical systems and the ability to engage in related technical work, and also to provide important theories for related professional technical work, scientific research work and management work.</p> <p>The detailed contents of this course include dynamics, mechanical model of vibration system, free and forced vibration of SDOF (Single degree of freedom) system, free and forced vibration of MDOF (Multiple degree of freedom) system, free and forced vibration of continuous system, vibration control.</p>	
<b>课程目标与内容 (Course objectives and contents)</b>		
<p>*课程目标 (Course Object)</p>	<p>机械振动学讲授单自由度系统的振动、多自由度系统的振动、简单连续系统的振动、机械振动的控制等知识，通过机械振动实验培养学生运用课程知识的能力及对振动现象、数据进行分析的能力，加深学生对机械振动基础知识的理解和掌握，初步建立机械振动系统的动力学模型、求解与分析能力。根据班级类型不同分中文教学和英文教学两类情况。</p> <p>本课程目标分为课堂教学和实验教学两个部分。</p> <p>1. 课程教学活动对学生能力培养的安排</p> <p>    本课程的目的是提高学生对机械/能源与动力系统振动现象、响应特性和振动控制方法的理解，使他们能分析、控制简单机械系统的振动。</p> <p>2. 实验教学对学生能力培养的安排</p> <p>    通过实验教学环节，让学生掌握如何对机械系统的振动进行数据采集、对振动现象和数据进行分析的能力，培养学生运用课程知识能力、分析能力、书面表达能力和实际动手能力。</p> <p>    具体课程目标如下：</p> <p>1. 要求学生利用高等数学、线性代数及数理方程等对振动系统进行动力学建模、对自由振动和强迫振动进行求解； (1.1)</p> <p>2. 要求学生会对振动系统的固有特性、响应特性及控制方法进行分析； (2.1)</p> <p>3. 要求学生开展实验和数据采集、利用掌握的理论知识对采集的数据开展分析； (4.2)</p> <p>4. 要求学生运用基本公式、图表和软件（如 Matlab）进行振动计算。 (5.2)</p>	
<p>*毕业要求指标点与课程目标的对应关系</p>	<p>课程目标</p>	<p>毕业要求指标点</p>
	<p>课程目标 1</p>	<p>1.1</p>
	<p>课程目标 2</p>	<p>2.1</p>
	<p>课程目标 3</p>	<p>4.2</p>
	<p>课程目标 4</p>	<p>5.2</p>

	章节	教学内容 (要点)	教学目标	学时	教学形式	作业及考核要求	课程思政 融入点	对应课程 目标
*教学内容 进度安排及对 应课程目标 (Class Schedule & Requirements & Course Objectives)	绪论	绪论	理解机械振动学的工程应用背景、研究目的及基本概念、基本问题提法和动力学模型建模流程。	2	课堂教学与讨论互动	课外阅读	认识振动对国家重大工程的影响和制约：潜艇振动噪声、直升机振动噪声、飞机颤振、卫星微振动、天琴计划测试精度、精密机床和芯片加工装备等；振动发展历史中中国人/华人的贡献：郭永怀、冯康、朱位秋、钟万勰、世界生物学之父冯元桢等。	课程目标 1 课程目标 5
	第一章	振动基础知识	理解振动分析的力学模型，会进行运动分析。	2	课堂教学与讨论互动	课后作业；掌握运动学分析。		课程目标 1 课程目标 2
	第二章	单自由度系统自由振动	会从实际问题抽象单自由度系统动力学模型、会对单自由度系统无阻尼、有阻尼和干摩擦阻尼自由振动响应进行求解和分析、Matlab分析。	6	课堂教学与讨论互动	课后作业；掌握单自由度系统动力学建模、自由振动响应求解和分析。	结合国家重大工程实际模型进行动力学建模和分析，提升专业热情：临界阻尼在火炮反后座装置中的应用，以提高精度和发射频率；干摩擦阻尼在航空发动机整体叶盘中的应用。	课程目标 1 课程目标 2 课程目标 4 课程目标 5
	第三章	单自由度系统强迫振动	会对单自由度系统有阻尼、无阻尼强迫振动响应进行求解和分析。会进行任意周期激励、非简谐激励下的振动响应求解。会进行工程中的强迫振动问题分析、Matlab分析。	12	课堂教学与讨论互动	课后作业；掌握单自由度系统强迫振动响应求解和响应特性分析。	了解我国在动平衡机、振动台和冲击机方面的领先技术，体会责任与担当：我国中型燃机转子动平衡机；世界第一台 60 吨振动台，实现从被细分国家禁运到我国限制出口；世界第一台 5 吨的舰船设备考核用双波冲击试验系统。振动冲击在国之重器中的作业，提升专业热情：天问号和嫦娥五号的缓冲装置；海军抗冲击能力的现状。	课程目标 1 课程目标 2 课程目标 4 课程目标 5

	第四章	二自由度系统	会对二自由度系统自由振动和强迫振动响应进行求解和分析、Matlab 分析。	6	课堂 教学 与 讨 论 互 动	课后作业；掌握二自由度系统自由振动、强迫振动响应求解和响应特性分析。	结合国家重大工程实际模型进行动力学建模和分析，提升专业热情：双层隔振和浮筏隔振在潜艇减振降噪中的应用及取得的效果；各种吸振器在直升机和潜艇减振降噪中的应用及取得的效果。	课程目标 1 课程目标 2 课程目标 4 课程目标 5
	第五章	多自由度系统	会对多自由度系统自由振动和强迫振动响应进行求解和分析、Matlab 分析。	6	课堂 教学 与 讨 论 互 动	课后作业；掌握多自由度系统强迫振动响应求解和响应特性分析。		课程目标 1 课程目标 2 课程目标 4 课程目标 5
	第六章	连续系统	会对一般边界简单连续系统进行动力学建模，会进行固有频率与振型、强迫振动响应的求解和分析。	6	课堂 教学 与 讨 论 互 动	课后作业；掌握简单连续系统运动微分方程建立、固有频率求解和特性分析、振动响应求解和特性分析。		课程目标 1 课程目标 2 课程目标 4 课程目标 5
	第七章	振动控制原理	会对简单机械系统进行振动控制设计。	6	课堂 教学 与 讨 论 互 动	课后作业；会对简单机械系统进行隔振、吸振和阻尼控制设计。	通过振动引起事故培养严谨的科学精神：涡轮泵异常振动引起的长征五号遥二火箭任务发射失利；了解振动控制设计在提升国家重大工程性能的应用，增强民族自信：长征 5B 运载火箭中颗粒阻尼的应用；潜艇中消声瓦的应用；舰船轴系纵向主动控制器的应用；中国天眼 FAST 中的望远镜接收机的高精度定位。	课程目标 1 课程目标 2 课程目标 4 课程目标 5

	振动试验	课内实验	会进行振动激振、采集和数据分析, 结合理论知识进行分析。	2	实验教学	实验操作和实验报告, 进行激振、采集操作, 开展数据分析, 按照要求撰写实验报告。	培养一丝不苟、认真严谨的工作作风。培养团队合作精神。	课程目标3 课程目标4 课程目标5
		课外实验		4				
注 1: 建议按照教学周学时编排, 以便自动生成教学日历。 注 2: 相应章节的课程思政融入点根据实际情况填写。								
*考核方式 (Grading)	(1) 平时成绩: 30% (期中考试 10%, 平时作业、课堂测试及 MOOC 学习 20%); (2) 实验报告: 20%; (3) 期末考试: 50%。							
*课程目标达成度评价	考核方式	平时作业 (30%)	期末考试 (50%)	实验 (20%)	设计与制作 (0)	答辩与报告 (0)	课程目标 权重	课程目标达成 度
	课程目标 1	$a_{11}$	$a_{12}$				$W_1=1$	$obj_1 = (\text{作业成绩} + \text{期末成绩}) / (a_{11} + a_{12})$
	课程目标 2	$a_{21}$	$a_{22}$				$W_2=1$	$obj_2 = (\text{作业成绩} + \text{期末成绩}) / (a_{21} + a_{22})$
	课程目标 3			$a_{33}$			$W_3=1$	$obj_3 = \text{实验成绩} / a_{33}$
	课程目标 4	$a_{41}$		$a_{43}$			$W_4=1$	$obj_4 = (\text{作业成绩} + \text{实验成绩}) / (a_{41} + a_{43})$

	评价标准 考核方式	基本要求	评价标准					满分值
			90-100	80-89	70-79	60-69	0-59	
*评价标准 (Grading Standard)	平时作业 (30%)	课程目标 1: 要求学生利用高等数学、线性代数及数理方程对振动系统进行动力学建模、对自由振动和强迫振动进行求解。 (对应毕业要求指标点 1.1)	按时交作业；对振动系统动力学建模、自由振动和强迫振动求解等基本概念理解准确、解题过程清晰、答案正确。	按时交作业；对振动系统动力学建模、自由振动和强迫振动求解等基本概念理解准确、解题过程清晰、答案较合理。	按时交作业；对振动系统动力学建模、自由振动和强迫振动求解等基本概念理解基本准确、解题思路较合理、答案存在部分错误。	按时交作业；对振动系统动力学建模、自由振动和强迫振动求解等基本概念理解基本准确、解题过程模糊、答案较合理。	未按时交作业；有抄袭现象；或者对振动系统动力学建模、自由振动和强迫振动求解等基本概念理解错误、解题思路混乱、答案错误。	A11
		课程目标 2: 要求学生会对振动系统的固有特性、响应特性及控制方法进行分 析。 (对应毕业要求指标点 2.1)	按时交作业；对振动系统固有特性、响应特性及控制方法等分析的基本概念理解准确、解题过程清晰、答案正确。	按时交作业；对振动系统固有特性、响应特性及控制方法等分析的基本概念理解准确、解题过程较清晰、答案较合理。	按时交作业；对振动系统固有特性、响应特性及控制方法等分析的基本概念理解基本准确、解题思路较合理、答案存在部分错误。	按时交作业；对振动系统固有特性、响应特性及控制方法等分析的基本概念理解基本准确、解题过程模糊、答案较合理。	未按时交作业；有抄袭现象；或者对振动系统固有特性、响应特性及控制方法等分析的基本概念理解错误、解题思路混乱、答案错误。	A21
		课程目标 4: 要求学生	根据作业需要有效应用 Matlab	根据作业需要有效应用 Matlab	根据作业需要有效应用 Matlab	应用 Matlab 等软件及 图表等工	未完成振动建模与分析工	A41

		生会运用基本公式、图表和软件（如 Matlab）进行振动计算（对应毕业要求指标点 5.2）	等软件及图表等工具完成振动建模与仿真分析，结果科学可信。	等软件及图表等工具完成振动建模与分析，结果较合理。	等软件及图表等工具完成振动建模与分析，结果基本正确。	具完成振动建模与分析，结果存在部分错误。	作。	
期末考试 (50%)	课程目标 1: 1. 要求学生利用高等数学、线性代数及数理方程对振动系统进行动力学建模、对自由振动和强迫振动进行求解。（对应毕业要求指标点 1.1）	解题过程中正确运用振动系统动力学建模、自由振动和强迫振动求解等基本概念、基本方法，解题步骤清晰、演算过程合理、答案正确。	解题过程中正确运用振动系统动力学建模、自由振动和强迫振动求解等基本概念、基本方法，解题步骤较清晰、演算过程较合理、答案基本正确。	解题过程中正确运用振动系统动力学建模、自由振动和强迫振动求解等基本概念、基本方法，解题步骤基本清晰、演算过程基本合理、答案基本正确。	解题过程中运用振动系统动力学建模、自由振动和强迫振动求解等基本概念、基本方法有错误，解题步骤模糊、演算过程有缺失、答案部分正确。	有抄袭现象；或者对振动系统动力学建模、自由振动和强迫振动求解等基本概念和基本方法理解错误、解题思路混乱、答案错误。	a12	
	课程目标 2: 2. 要求学生会对振动系统的固有特性、响应特性及控制方法进行分	解题过程中正确运用振动系统固有特性、响应特性及控制方法等分析的基本概念、基本方法，解题步骤清	解题过程中正确运用振动系统固有特性、响应特性及控制方法等分析的基本概念、基本方法，解题步骤较清	解题过程中正确运用振动系统固有特性、响应特性及控制方法等分析的基本概念、基本方法，解题步骤基本	解题过程中运用振动系统固有特性、响应特性及控制方法等分析的基本概念、基本方法有错误，解题步骤模	有抄袭现象；或者对振动系统固有特性、响应特性及控制方法等分析的基本概念和基本方法理解错误、解题	a22	

		析。 (对应 毕业要 求指标 点 2.1)	晰、演算 过程合 理、答 案正 确。	晰、演算 过程较 合理、 答案 基本正 确。	清晰、演 算过程基 本合理、 答案基本 正确。	糊、演算 过程有缺 失、答案 部分正 确。	思路混 乱、答案 错误。	
	实验 (20%)	课程目 标 3: 要求学 生会开 展实验 和数据 采集、 利用掌 握的理 论知识 对采集 的数据 开展分 析。 (对应 毕业要 求指标 点 4.2)	正确运用 振动基本 理论、激 振和数据 采集方法 进行实验 系统搭建 和开展实 验,实验 步骤清 晰、实验 数据合 理。	正确运用 振动基本 理论、激 振和数据 采集方法 进行实验 系统搭建 和开展实 验,实验 步骤较清 晰、实验 数据较合 理。	较正确地 运用振动 基本理 论、激振 和数据采 集方法进 行实验系 统搭建和 开展实 验,实验 步骤基本 正确、实 验数据基 本合理。	部分正确 地运用振 动基本理 论、激振 和数据采 集方法进 行实验系 统搭建和 开展实 验,实验 步骤存在 失误、部 分实验数 据不合 理。	未按时完 成试验; 或者实验 步骤不正 确、实验 数据不合 理。	A33
		课程目 标 4: 要求学 生会运 用基本 公式、 图表和 软件 (如 Matlab )进行 振动计 算(对 应毕业 要求指 标点 5.2)	正确运用 基本公 式、图表 和软件对 试验数据 进行分 析,实验 数据分析 过程清 晰、结果 和结论正 确、试验 报告编写 质量高。	正确运用 基本公 式、图表 和软件对 试验数据 进行分 析,实验 数据分析 过程较清 晰、结果 和结论总 体正确、 试验报告 编写质量 较高。	较正确运 用基本公 式、图表 和软件对 试验数据 进行分 析,实验 数据分析 过程较清 晰、结果 和结论基 本正确、 试验报告 编写质量 一般。	部分正确 地运用基 本公式、 图表和软 件对试验 数据进 行分析,实 验数据分 析过程有 错误、结 果和结论 存在错 误、完成 试验报告 编写。	未按时完 成并提交 实验报 告;有抄 袭现象; 或者实验 报告分析 不正确、 结果错 误。	A43
	(必含信息:教材名称,作者,出版社,出版年份,版次,书号)							
	教材:							
*教材或参考资 料 (Textbooks & Other Materials)	中文班教材:机械振动,吴天行、华宏星 主编,清华大学出版社,2014年第1版,ISBN 9787302357315.							
	英文班教材: Mechanical Vibration, S.S.Rao, 2010, 5th Edition, Prentice Hall, ISBN 9780132128193.							
	参考书目:							
	[1]. 振动理论及其应用, 方同, 薛璞 著, 西北工业大学出版社, 1998 年第 1 版, ISBN							



	<p>7561210485/TH55。</p> <p>[2]. 赵玫, 周海亭, 陈光治, 朱蓓丽 著, 机械振动与噪声学, 科学出版社, 2004 第 1 版, ISBN 9787030141200。</p> <p>[3]. Fundamentals of Vibrations, L. Merovitch, Boston : McGraw-Hill, 2001 第 1 版, ISBN 0070413452 (alk. paper) .</p> <p>[4]. 机械振动 (第 5 版) , S.S.Rao (著) , 李欣业, 杨理诚 (译) , 清华大学出版社, 2016 第 1 版, ISBN 9787302440581。</p>
其它 (More)	
备注 (Notes)	

备注说明:

1. 带\*内容为必填项。
2. 课程简介字数为 300-500 字; 课程大纲以表述清楚教学安排为宜, 字数不限。

## 2019-2020 年度《机械振动学》课程考核合理性确认与审核表

教学班代码：

课程考核合理性审核内容							
课程目标点	对应的毕业要求指标点	考核内容	目标分值代号	目标分值	考核形式	课程考核内容对课程目标点的支撑情况分析	课程目标点的考核方案合理性审核意见
<b>课程目标 1：</b> 要求学生利用高等数学、线性代数及数理方程等对振动系统进行动力学建模、对自由振动和强迫振动进行求解。	1.1	平时作业	$a_{11}$	X	平时作业（课程目标 1 对应的作业分数 X 分在平时作业总分 30 分中的占比为 X%）	1) 作业内容、课堂测试及 MOOC 学习内容、期中考试题目为各个章节中关于振动方程建模、自由振动和强迫振动求解等基本知识点，考核学生对已学知识的掌握情况，能体现课程专业知识教学具体要求。  2) 期末考试中有四道大题分别覆盖单自由度系统自由振动响应求解、单自由度系统强迫振动响应求解、两自由度系统自由振动建模与响应求解、连续系统自由振动建模等相关基本知识点，难度适中，题型和内容体现课程目标。	考核内容、形式与分值是否合理、并能够支撑课程目标 1?  <input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
		期末考试试卷 (A 卷第 XXX、XXX；B 卷第 XXX、XXX)	$a_{12}$	X	期末考试（课程目标 1 对应的试题分数 X 分在期末试卷总分 50 分中的占比为 X%）		

<b>课程目标 2:</b> 要求学生会对振动系统的固有特性、响应特性及控制方法进行分析。	2.1	平时作业	$a_{21}$	X	平时作业（课程目标 2 对应的作业分数 X 分在平时作业总分 30 分中的占比为 X%）	1) 作业内容、课堂测试及 MOOC 学习内容、期中考试题目为各个章节中关于自由振动和强迫振动特性分析、振动控制等基本知识点，考核学生对已学知识的掌握情况，能体现课程专业知识教学具体要求。 2) 期末考试中有五道大题分别覆盖单自由度系统振动特性、多自由度系统振动特性、单自由度系统隔振控制时的阻尼和刚度设计、无阻尼动力吸振器的设计、两自由度系统模态特性及基频估计、两自由度系统特征方程建立、连续系统振动特性分析等相关基本知识点，难度适中，题型和内容体现课程目标。	考核内容、形式与分值是否合理、并能够支撑课程目标 2?  <input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
		期末考试试卷（A 卷第 XXX、XXX；B 卷第 XXX、XXX）	$a_{22}$	X	期末考试（课程目标 2 对应的试题分数 X 分在期末试卷总分 50 分中的占比为 X%）		
<b>课程目标 3:</b> 要求学生开展实验和数据采集、利用掌	4.2	实验 1、4-8（分组完成 8 个实验，并独立撰写实验报告）：简	$a_{33}$	15	实验报告（课程目标 3 对应的实验报告分数 15 分在实	实验内容为简支梁固有频率测试、无阻尼系统自由振动试验、有/无阻尼系统振动试验、拍振试验、三自由度系	考核内容、形式与分值是否合

<p>握的理论知识对采集的数据开展分析。</p>		<p>支梁固有频率测试、拍振试验、三自由度系统模态试验、动力吸振器试验、简支梁模态试验、阻尼隔振系统隔振试验</p>			<p>验报告总分 20 分中的占比为 75%)</p>	<p>统模态试验、动力吸振器试验、简支梁模态试验、阻尼隔振系统隔振试验，考核学生对振动基本现象和振动控制基本现象的理解。</p>	<p>理、并能够支撑课程目标 3?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否</p>
<p><b>课程目标 4:</b> 要求学生会运用基本公式、图表和软件（如 Matlab）进行振动计算。</p>	<p>5.2</p>	<p>平时作业</p>	<p><math>a_{41}</math></p>	<p>X</p>	<p>平时作业（课程目标 4 对应的作业分数 X 分在平时作业总分 30 分中的占比为 X%）</p>	<p>1) 作业内容为各个章节中关于复杂系统自由振动和强迫振动特性求解和分析时需任用查表、Matlab 进行辅助计算，考核学生使用恰当的技术和信息技术工具。</p> <p>2) 实验报告撰写时需任用查表、Matlab 进行辅助计算，考核学生使用恰当的技术和信息技术工具。</p>	<p>考核内容、形式与分值是否合理、并能够支撑课程目标 4?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否</p>
		<p>实验 2、3（分组完成 8 个实验，并独立撰写实验报告）：无阻尼系统自由振动试验、有/无阻尼系统振动试验</p>	<p><math>a_{43}</math></p>	<p>5</p>	<p>实验报告（课程目标 4 对应的实验报告分数 5 分在实验报告总分 20 分中的占比为 25%）</p>		

<p>课程考核方案合理性审核意见</p>	<p>考核内容全面，考核形式合理，期末试卷出题灵活，能支撑机械动力学与振动学课程的 4 个课程目标，对应关系明确，所占分值比例合理，能客观反映学生掌握单自由度系统的振动、多自由度系统的振动、简单连续系统的振动、机械振动的控制基本知识、在实验中灵活运用课程知识的能力及对振动现象、数据进行分析的能力。</p>	<p>课程考核方案的合理性审核结论</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 合理 <input type="checkbox"/> 不合理</p>
<p>审核人：_____</p>		<p>课程负责人 华宏星 黄修长</p>