课程详述

COURSE SPECIFICATION

以下课程信息可能根据实际授课需要或在课程检讨之后产生变动。如对课程有任何疑问，请联系授课教师。

The course information as follows may be subject to change, either during the session because of unforeseen circumstances, or following review of the course at the end of the session. Queries about the course should be directed to the course instructor.

1.	**课程名称 Course Title**	机器人与仿生学 Robotics and Biomimetics
2.	**授课院系** **Originating Department**	机械与能源工程系 Department of Mechanical and Energy Engineering
3.	**课程编号** **Course Code**	ME433
4.	**课程学分 Credit Value**	3
5.	**课程类别** **Course Type**	专业核心课 Major Core Courses
6.	**授课学期** **Semester**	秋季 Fall
7.	**授课语言** **Teaching Language**	中英双语 English & Chinese
8.	**授课教师、所属学系、联系方式（如属团队授课，请列明其他授课教师）** **Instructor(s), Affiliation& Contact** **（For team teaching, please list all instructors）**	付成龙，机械与能源工程系，13466686964 Chenglong Fu Department of Mechanical and Energy Engineering 13466686964
9.	**实验员/助教、所属学系、联系方式** **Tutor/TA(s), Contact**	待公布 To be announced
10.	**选课人数限额(可不填)** **Maximum Enrolment（Optional）**	

11. 授课方式 Delivery Method	讲授 Lectures	习题/辅导/讨论 Tutorials	实验/实习 Lab/Practical	其它(请具体注明) Other（Please specify）	总学时 Total
学时数 Credit Hours	45	3	0	0	48

12. 先修课程、其它学习要求 Pre-requisites or Other Academic Requirements	MAE203B 理论力学 I-B Engineering Mechanics I - Statics and Dynamics
13. 后续课程、其它学习规划 Courses for which this course is a pre-requisite	ME434 行走机器人 Walking Robots
14. 其它要求修读本课程的学系 Cross-listing Dept.	无 NA

教学大纲及教学日历 SYLLABUS

15. 教学目标 Course Objectives

The purpose of this course is to introduce the basic analysis tools that are used in robotics and biomimetics of human movement. The course focuses primarily on engineering methods to analyze or simulate dynamic movement of animals and robots. Robotics and biomimetics are very broad fields, so the course does not address many specific research issues. Rather, it examines some important tools and principles underlying legged locomotion, which are useful to design and build legged robots, prosthetic devices, and exoskeletons. Central topics include fundamentals of robotics, dynamic locomotion, human walking, design and control of walking robots, exoskeletons and wearable devices.

本课程教学目标是介绍机器人与人体运动仿生学的基本分析工具。课程主要关注生物与机器人动态运动的工程分析和系统仿真方法。由于机器人与仿生学是一个内涵非常广泛的领域，本课程并非致力于解决具体研究问题，而是强调重要的工具和原理，从而能够指导设计和建造仿生机器人、先进假肢和助力外骨骼。本课程的中心话题包括：机器人基础理论、仿生移动、人体行走、腿式机器人、假肢和可穿戴装置的设计与控制等。

16. 预达学习成果 Learning Outcomes

本课程是机器人学与仿生学高度交叉的一门课程，内容涉及机器人学、运动生物力学、仿生机械、控制论等多学科知识，系统介绍机器人基础理论和仿生设计原理，旨在培养学生从仿生学角度综合应用已有知识来解决复杂问题的能力，预达具体学习成果如下：

1）学生能够掌握机械操作臂和仿生机器人系统的基本原理；

2）学生能够学会仿生机器人系统的建模、分析和控制的数学工具；

3）学生能够掌握机器人运动学、动力学、轨迹规划、操作控制和移动控制的基本原理；

4）学生能够熟悉问题定义、科学研究、分工协作、论文撰写和学术演讲等过程。

This course is a highly interdisciplinary course of robotics and bionics, covering multidisciplinary knowledge of robotics, human biomechanics, bio-inspired machine and cybernetics. The basic theory of robotics and the principle of biomimetics design are introduced. 1) Students are expected to master the basic principles of manipulation and locomotion; 2) Students are expected to learn the modeling, analysis and control of the biomimetic system. The students can learn the basic principles of robot arm and bionic robot system. Math tools; 3) students are expected to master the basic principles of robot kinematics, dynamics, trajectory plan,

manipulation and locomotion control; 4) students are expected to be familiar with the definition of the problem, scientific research process, cooperation, academic writing and presentation.

17. 课程内容及教学日历 （如授课语言以英文为主，则课程内容介绍可以用英文；如团队教学或模块教学，教学日历须注明主讲人）
Course Contents (in Parts/Chapters/Sections/Weeks. Please notify name of instructor for course section(s), if this is a team teaching or module course.)

课程内容	教学要求	学时分配
绪论 • 课程介绍 • 先修课程要求 • 课程目标 • 为什么要用机器人 • 仿生学与仿生机器人 Introduction • Introduction to the course • Pre-requisites • Course goals • Why use robots • Biomimetics and Bio-inspired Robots	了解机器人的研究历史、应用背景，仿生学和仿生机器人的基本概念 Understand the research history, application background and basic concepts of biomimetics and bio-inspired robot	2
案例研究, 现状与展望 • 案例研究 • 发展趋势 Case study, status and prospect • Case study • Future trends	通过机器人研究实例了解仿生机器人技术创新过程 了解机器人的技术发展趋势 Understand the innovation process of bio-inspired robot technology through the robot case study Understand trends in robotics technology	2
运动学 I • 机器人操作臂 • 运动学预备知识 • 旋转矩阵 Kinematics I • robot manipulators • preliminary of kinematics • rotation matrix	掌握机器人构型、自由度、精度、重复定位精度等概念 掌握世界坐标系、局部坐标系、基本旋转矩阵和旋转矩阵符合法则 Learn robot configuration, DOF, precision, repeatability. Learn world frame, joint frame, rotation matrix, composite rotation matrix	2
运动学 II • 齐次变换矩阵 • 方位表示 • 欧拉角 Kinematics II • homogeneous matrix, • orientation representation • Euler angle	掌握齐次变换矩阵的定义和几何含义 掌握齐次变换矩阵的复合法则 掌握姿态表示和欧拉角 Understand homogeneous matrix and its geometric interpretation Understand composite rule of homogeneous matrix Understand orientation representation and Euler angle (Yaw-Pitch-Roll)	2
运动学 III • D-H 表示 • D-H 参数 Kinematics III • Denavit-Hartenberg convention • Denavit-Hartenberg parameters	掌握 D-H 坐标系建立方法和 D-H 参数表 Understand Denavit-Hartenberg convention and Denavit-Hartenberg parameters	2

运动学 IV (正向运动学) • D-H 表示方法的齐次变换矩阵 • 正向运动学方程 Kinematics IV (Forward Kinematics) • Homogeneous Transformation with D-H Conv. • Forward Kinematics Equations	掌握齐次 D-H 表示方法的齐次变换矩阵 掌握正向运动学建模过程 Understand Homogeneous Transformation with D-H Conv. Understand Forward Kinematics Equations	2
运动学 V (逆向运动学) • 运动学逆解问题 • 可解性 • 运动学解耦 Kinematics V (inverse kinematics) • General Problem • Solvability • Kinematic Decoupling	掌握运动学逆解定义、可解性和球形手腕的运动学解耦 Understand the conception of inverse kinematics, solvability and kinematic decoupling (spherical wrist)	2
运动学 VI • 雅可比矩阵 • 反对称矩阵 • 旋转矩阵导数 Kinematics VI • Jacobian • skew symmetric matrix • derivative of rotation matrix	掌握雅可比矩阵的定义、反对称矩阵性质、旋转矩阵导数的计算方法 Understand the definition of inverse kinematics, characteristic of skew symmetric matrix, and calculation of derivative of rotation matrix	2
运动学 VII • 雅可比矩阵矢量积计算方法 • 雅可比矩阵的应用 • 操作性能指标 Kinematics VII • Jacobian calculation based on vector product • Application of Jacobian • Manipulability index	掌握雅可比矩阵的矢量积计算方法和雅可比矩阵的应用（逆速度、加速度、静力学、操作性能指标） Learn Jacobian calculation based on vector product , aapplication of Jacobian (inverse velocity, acceleration, statics and manipulability index)	2
运动学 VIII • 矩阵奇异值分解 • 可操作度椭球 • 灵巧性指标 • 轨迹规划 Kinematics VIII • Singular value decomposition • Manipulability ellipsoid • Dexterity • Trajectory planning	掌握矩阵的矩阵奇异值分解方法、可操作度椭球定义、灵巧性指标和基于三次多项式曲线的轨迹规划方法 Learn Singular Value Decomposition (SVD) method, the definition of manipulability ellipsoid, dexterity and trajectory planning method	2
动力学 I • 动力学问题引出 • 拉格朗日方程 • 广义坐标和广义力 Dynamics I • Concept of dynamics • Lagrangian equations • Generalized coordinates and	掌握机器人动力学的基本概念、拉格朗日方程、广义坐标和广义力的选取 Learn concept of dynamics, Lagrangian equations, generalized coordinates and coordinates force	2

coordinates force		
动力学 II • 动能 • 势能 • 拉格朗日方程符号推导 Dynamics II • kinetic energy • potential energy • symbolic derivation	掌握多自由度机器人系统的动能和势能求法、拉格朗日方程符号推导 Learn kinetic energy and potential energy of robot system, and symbolic derivation of Lagrangian equations	2
动力学 III • 拉格朗日方程通用求法 Dynamics III • Lagrangian method based on homogeneous matrix	掌握拉格朗日方程通用求法 Learn lagrangian method based on homogeneous matrix	2
动力学 IV • 机器人动力学方程特性 • 动力学方程中外力 • 冲击动力学 • 例子：行走模型 Dynamics IV • Properties of robot dynamics equations • External forces • Impact dynamics • Examples: walking model	掌握机器人动力学方程特性（反对称性、无源性、惯性矩阵界限、参数的线性化）、动力学方程中外力、冲击动力学及其在行走模型上的应用 Learn properties of robot dynamics equations (skew symmetry, passivity, limits of Inertial Matrix and linearity in dynamic parameters), external forces, impact dynamics and walking example	2
动力学 V • 机器人动力学特性分析 • 关节弹性动力学 Dynamics V • Analysis of dynamics • Dynamics with joint elasticity • Dynamic walking model	掌握机器人动力学特性分析和关节弹性动力学 Learn analysis of dynamics, dynamics with joint elasticity and dynamic walking model	2
动力学 VI • 牛顿欧拉方法 • 行走仿真 Dynamics V • Newton-Euler Method • Walking Simulation	掌握牛顿欧拉方法和行走仿真过程 Learn Newton-Euler method and walking simulation	2
控制 I • 机器人控制概念 • 位置控制方法 Control I • Introduction to control • Position control	掌握机器人控制概念和位置控制方法 Understand the concept of robot control and position control force control	2
控制 II • 机器人多变量方法 • 力控制方法 Control II • Multivariable control • Force control	掌握机器人多变量控制方法和力控制方法 Understand multivariable control and force control	2

项目开题 • 小组报告 • 讨论 Project proposal • group presentation • discussion	学生将被分配到几个小组，每个小组会在授课教师的帮助下，自主提出一个研究小课题。小课题研究应采用本课程所介绍的方法，探索新概念，并鼓励制作实物演示原理。 A final group project is required for this course. The project will be selected by students, with assistance from the instructor. Projects should employ methods studied in the course, and should explore novel concepts.	2
移动 I • 动物的移动 • 移动代价 Locomotion I • Animal locomotion • Cost of Transport	掌握动物的移动和移动代价概念 Learn Animal locomotion and Cost of Transport	2
移动 II • 行走基本原理 • 行走控制方法 Locomotion II • Basic walking principles • Walking control method	掌握行走基本原理和基本控制方法 Learn basic walking principles and walking control method	2
项目报告和讨论 Final project presentation and discussion	项目报告和讨论 Final project presentation and discussion	4

18. 教材及其它参考资料 Textbook and Supplementary Readings

1. 机器人建模和控制，翻译，作者：（美）马克 W.斯庞（Mark W. Spong），赛斯·哈钦森（Seth Hutchinson），M. 维德雅萨加（M. Vidyasagar），译者： 贾振中，机械工业出版社，中国，2016. 第 1 版，ISBN：9787111542759。
2. Whittle's Gait Analysis，原版进口，作者： David Levine; Jim Richards; Michael W. Whittle. 出版社： Churchill Livingstone，2012，第 5 版， ISBN：9780702042652。

3. 骨骼肌肉功能解剖学，翻译，作者:(美) 唐纳德·A.诺伊曼 译者:刘颖、师玉涛、闫琪，人民军医出版社，中国，2016. 第 2 版，ISBN：9787509163559。

课程评估 ASSESSMENT

19.

评估形式 Type of Assessment	评估时间 Time	占考试总成绩百分比 % of final score	违纪处罚 Penalty	备注 Notes
出勤 Attendance				
课堂表现 Class Performance		10		
小测验 Quiz				
课程项目 Projects				
平时作业 Assignments		40		
期中考试 Mid-Term Test				
期末考试 Final Exam				
期末报告		50		

Final Presentation				
其它（可根据需要改写以上评估方式） Others (The above may be modified as necessary)				

20. **记分方式 GRADING SYSTEM**

√ A. **十三级等级制 Letter Grading** ☐ B. **二级记分制（通过/不通过） Pass/Fail Grading**

课程审批 REVIEW AND APPROVAL

21. **本课程设置已经过以下责任人/委员会审议通过**
This Course has been approved by the following person or committee of authority

机械与能源工程系教学委员会