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	机器人建模与控制 Robot Modeling and Control
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	ME331
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 副教授，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）	

	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
11. 授课方式 **Delivery Method**					
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**	ME433 行走机器人 Walking robots
14. 其它要求修读本课程的学系 **Cross-listing Dept.**	

教学大纲及教学日历 SYLLABUS

15. 教学目标 **Course Objectives**

本课程教学目标是介绍多关节机器人的基本分析工具。课程主要关注多关节机器人的数学建模和控制方法。由于机器人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各类机器人。本课程的中心话题包括：机器人运动学、机器人动力学、机器人控制和仿生移动。

The purpose of this course is to introduce the basic analysis tools that are used in multi-joint robots. The course focuses primarily on mathematical modeling and control methods of multi-joint robot. Since robotics is a very broad field, 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 various kinds of robots. Central topics include fundamentals of robot kinematics, robot dynamics, robot control, manipulation and bio-inspired locomotion.

16. 预达学习成果 **Learning Outcomes**

本课程主要关注多关节机器人的数学建模和控制方法，内容涉及机器人运动学、机器人动力学、雅可比矩阵、轨迹规划、机器人位置控制、机器人力控制和仿生移动等，本课程旨在培养学生从系统角度综合应用已有知识来解决各类机器人建模与控制的能力，预达具体学习成果如下：

1）学生能够掌握多关节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、分析和控制方法；

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 mainly focuses on mathematical modeling and control methods of multi-joint robot. The content of the course includes robot kinematics, robot dynamics, Jacobian matrix, trajectory planning, position control, force control and bio-inspired locomotion, etc. This course aims to cultivate students' ability to comprehensively apply existing knowledge to solve the modeling and control of various types of robots from a systematic

perspective. Specific learning outcomes are as follows:
1) Students are expected to master the basic principles of manipulation and locomotion;
2) Students are expected to learn the methods of modeling, analysis and control of the robotic system;
3) Students are expected to master the basic principles of robot kinematics, dynamics, trajectory planning, 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.)

1. 课程介绍，先修课程要求，课程目标，（2学时）

2. 案例研究，现状与展望（2学时）

3. 运动学 I（机器人操作臂，运动学预备知识，旋转矩阵）（2学时）

4. 运动学 II（齐次变换矩阵，方位表示）（2学时）

5. 运动学 III（D-H表示）（2学时）

6. 运动学 IV（正向运动学）（2学时）

7. 运动学 V（逆向运动学）（2学时）

8. 运动学 VI（雅可比矩阵，反对称矩阵，旋转矩阵导数）（2学时）

9. 运动学 VII（雅可比矩阵计算，静力学，奇异值分解）（2学时）

10. 运动学 VIII（可操作性指标，轨迹规划）（2学时）

11. 动力学 I（拉格朗日方程初探）（2学时）

12. 动力学 II（动能，势能，拉格朗日方程符号推导）（2学时）

13. 动力学 III（拉格朗日方程齐次求解方法）（2学时）

14. 动力学 IV（拉格朗日方程特点、外力、冲击力）（2学时）

15. 动力学 V（行走动力学仿真、牛顿欧拉方法）（2学时）

16. 控制 I（操作）（2学时）

17. 控制 II（移动）（2学时）

18. 项目开题（小组报告与讨论）（2学时）

19. 移动 I（建模与仿真）（2学时）

20. 移动 II（分析与原理）（2学时）

21. 人类步态 I（术语，步态周期，地面反力，动力学与能量学特性）（2学时）

22. 人类步态 II（测量与分析）（2学时）

23. 外骨骼与假肢（2学时）

24. 项目报告和讨论（2 学时）

1. Introduction to the course, pre-requisites, course goals（2 hours）

2. Case study, status and prospect（2 hours）

3. Kinematics I (robot manipulators, preliminary of kinematics, rotation matrix)（2 hours）

4. Kinematics II (homogeneous matrix, orientation representation)（2 hours）

5. Kinematics III (Denavit-Hartenberg (D-H) convention)（2 hours）

6. Kinematics IV (forward kinematics) （2 hours）

7. Kinematics V (inverse kinematics, Jacobian) （22 hours）

8. Kinematics VI (Jacobian, skew symmetric matrix, derivative of rotation matrix) （2 hours）

9. Kinematics VII (Jacobian calculation,statics, SVD) （2 hours）

10. Kinematics VIII (manipulability index, trajectory planning) （2 hours）

11. Dynamics I (Lagrangian equations) （2 hours）

12. Dynamics II (kinetic energy, potential energy, symbolic derivation) （2 hours）

13. Dynamics III (Lagrangian method based on homogeneous matrix)（2 hours）

14. Dynamics IV (Newton-Euler Method)（2 hours）

15. Dynamics V (Walking Simulation)（2 hours）

16. Control I (Manipulator)（2 hours）

17. Control II (locomotion)（2 hours）

18. Project proposal (group presentation)（2 hours）

19. Locomotion I (modeling and simulation) （2 hours）

20. Locomotion II (analysis and principles) （2 hours）

21. Human gait I (terminology, gait cycle, GRFs, dynamics and energetics) （2 hours）

22. Human gait II (measurement and analysis) （2 hours）

23. Exoskeletons and prosthetic devices（2 hours）

24. Final project presentation and discussion（2 hours）

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 Final Presentation		50		
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