

电气与控制工程学院

课程教学大纲

课程名 (COURSE TITLE) :	现代控制工程基础
课程代码 (COURSE CODE) :	7328701
学 分 (CREDIT VALUE) :	5
开课单位 (DEPARTMENT/UNIT) :	自动化系
版 本 (VERSION) :	DG7328701-202111 自动化
课程负责人	
(COURSE COORDINATOR) :	徐继宁 (签章)

北方工业大学 电气与控制工程学院

2021 年 11 月

目 录

1 课程基本信息.....	3
2 毕业要求与课程目标.....	4
2.1 本课程支撑的毕业要求观测点.....	4
2.2 课程目标.....	4
2.3 毕业要求与课程目标的关系.....	5
3 课程内容及安排.....	6
3.1 课程学时总体安排.....	6
3.2 各知识单元内容和预期学习目标.....	6
4 课堂教学设计和实施载体.....	12
5 课程实验教学.....	14
5.1 实验名称和安排.....	14
5.2 实验要求和教学组织.....	15
5.3 实验预习和实验报告要求.....	19
5.4 实验教学在能力培养方面的具体措施.....	19
6 课程考核方案和依据.....	19
6.1 课程考核方案.....	20
6.2 课程各考核项评价依据和标准.....	20
7 本次修订说明.....	22
8 其他需要说明的问题.....	22

1 课程基本信息

课程名称（中文）	现代控制工程基础					
课程名称（英文）	Foundation of Modern Control Engineering					
课程计划学时	80		课外学时建议		108	
计划学时构成	线下理论学时	44	线上理论学时	20	实验学时	16
课外学时要求	线上学习要求：28		自主学习建议学时：80			
先修课名称	复变函数与积分变换					
适用专业年级	自动化专业 2021 级及以后年级					
开课单位	自动化系					
课程简介	<p>本课程是自动化专业的专业必修课。课程内容包括经典控制和现代控制两部分的基础理论，属于控制科学和工程领域。目标是让学生初步掌握控制理论的常用建模描述方法、系统时频域分析，以及系统校正、极点配置和系统镇定方法。课程为后续各类自动控制系统的深入学习、应用和研究奠定知识和方法基础，为工程领域的控制系统建模、分析和设计提供理论指导。该门课理论性较强，需要一定的数学基础。结课采用闭卷考试，总评成绩由考试、实验、线上学习记录和平时练习成绩构成。</p>					
教材和学习资源	<p>基础资料：</p> <p>(1) 《自动控制原理》（第七版）胡寿松. 科学出版社. 2019 年 1 月</p> <p>(2) 《现代控制理论》（第三版）刘豹主编，机械工业出版社，2006 年 7 月</p> <p>(3) 《自动控制原理实验指导书》 自控原理实验室，2020 年 9 月</p> <p>(4) 课程电子课件、配套线上测试题</p> <p>参考资料：</p> <p>(1) 《自动控制原理》（第二版）程鹏 主编. 高等教育出版社. 2010. 4</p> <p>(2) 《线性系统理论》（第二版）郑大钟. 清华大学出版社. 2002. 10</p> <p>(3) Modern Control Systems, Eleventh Edition, Richard C. Dorf, Rober H. Bishop. Publication House of Electronics Industry. 2009</p> <p>(4) 《自动控制原理实验教程》郑勇、徐继宁等，国防工业出版社. 2010 年</p> <p>(5) 教师推荐的其它 MOOC 和课程资源</p>					
大纲版本号	DG7328701-202111 自动化		前一版本号	DG7328701-201912 自动化		
大纲修订人	徐继宁、郑勇、刘蕾		修订时间	2021. 11		

课程负责人	徐继宁（签字）	实验教学审核人	胡长斌（签字）
专业负责人	李志军	审核时间	2021. 11
学院批准人	徐继宁（签字）	批准时间	2021. 11

2 毕业要求与课程目标

2.1 本课程支撑的毕业要求观测点

本课程设置了 3 个毕业要求观测点，如下：

（1）毕业要求观测点 1-2：

能够针对具体的复杂工程问题进行数学建模和求解。

（2）毕业要求观测点 2-1：

能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，对自动化相关领域复杂工程问题的工艺流程、关键环节和重要参数进行识别和判断。

（3）毕业要求观测点 3-2：

能够针对特定需求，设计满足自动化相关领域的系统、单元（部件）或工艺流程。

2.2 课程目标

根据自动化专业毕业要求指标点，本课程设置了 7 个课程的知识能力目标（简称：XDKZGC-X）。根据教育部和学校要求，课程设置了 2 个素质目标，不做输出目标考核。

XDKZGC-1：理解控制理论基本概念和基本原理

围绕自动控制、系统，系统建模、系统分析、系统校正，能控能观性、极点配置、状态观测器等核心内容，对经典控制理论、现代控制理论的基本概念、基本原理和方法分别具备识记、复述、区分、举例、解释、关联分析等不同层次的理解和直接应用能力。

XDKZGC-2：实现基本线性系统的数学描述和模型转换

完成基本线性连续和离散系统数学模型的建立、转化、等效和计算，包括

微分（差分）方程，（脉冲）传递函数、结构图、状态空间描述等。

XDKZGC-3：理解并应用时域响应法和根轨迹法进行线性系统分析

描述和举例、解释基于激励-响应方法的线性系统时域分析法原理，进行稳定性、动态特性和稳态特性的数学计算和图形表达。

解释、描述、计算根轨迹和系统性能的关系，正确绘制根轨迹，基于根轨迹进行性能分析。

XDKZGC-4：基于状态空间描述进行线性连续系统分析

能够理解状态转移矩阵的概念，能够计算控制系统状态空间表达式的解；能够理解、解释、判定线性系统的能控性、能观性和李雅普诺夫稳定性。

XDKZGC-5：理解和应用频域响应法进行线性系统分析

举例、解释和描述线性系统幅频关系、相频关系，以及与传递函数、频率特性之间的关系，正确绘制线性系统 Bode 图、Nyquist 图，理解、解释 Nyquist 稳定判据并可运用其解决判稳问题，完成 SISO 系统频域响应和频域性能指标的数学计算问题。

XDKZGC-6：基于系统思维进行系统性能改善和系统设计

能够从“功能（或目的）、要素、链接”的系统视角解构分析对象。能够复述、分辨不同的校正方法。能从系统性能改善的角度理解并解释串联超前校正和串联滞后校正的工作原理；并能根据性能指标要求正确选择和运用合适的方法，达到校正目标。能够理解和正确运用闭环系统极点配置方法，以及基于全维状态观测器的系统设计方法。

XDKZGC-7：能够进行基本线性离散系统的性能分析

能够使用线性离散系统数学模型进行稳定性和稳态性能的分析 and 计算，仿真和分析辨别时域动态响应的性能。

XDKZGC-8：建立科学世界观

XDKZGC-9：建立符合社会主义道德要求的价值观

2.3 毕业要求与课程目标的关系

毕业要求	观测点	支撑程度	支撑权重	课程目标	贡献度
------	-----	------	------	------	-----

1 工程知识	1.2 建模描述	M	0.11	XDKZGC-2: 实现基本线性系统的数学描述和模型转换	100%
2 问题分析	2-1	H	0.65	XDKZGC-1: 理解控制理论基本概念和基本原理	20%
				XDKZGC-3: 理解并应用时域响应法和根轨迹法进行线性系统分析	25%
				XDKZGC-4: 基于状态空间描述进行线性连续系统分析	15%
				XDKZGC-5: 理解和应用频域响应法进行线性系统分析	25%
				XDKZGC-7: 能够进行基本线性离散系统的性能分析	15%
3 设计/开发解决方案	3-2	M	0.35	XDKZGC-6: 基于系统思维进行性能改善和系统设计	100%

3 课程内容及安排

3.1 课程学时总体安排

课程性质: 专业必修课

课堂线上/课堂线下/实验/课外线上/课外线下:20/44/16/28/80

理论课 (小时)		习题课 (小时)		实验 (小时)		研讨 (小时)		社会实践 (小时)		项目任务 (小时)		在线学习 (小时)		其他 (小时)	
课内	课外	课内	课外	课内	课外	课内	课外	课内	课外	课内	课外	课内	课外	课内	课外
40	40	4	20	16	16	0	4	0	0	0	0	20	28	0	0

3.2 各知识单元内容和预期学习目标

本课程内容分为 12 章，配有 8 个课内实验。下表介绍课程的章节划分、学时安排，以及学习完成后的预期目标结果。

知识单元 章、节、点	学习内容和预期结果	课程目标	学时	
			课内	课外

<p>第1章 自控系统基本概念</p> <p>1.1 初始控制</p> <p>1.2 认识系统</p> <p>1.3 系统分类</p> <p>1.4 基本控制方式</p> <p>1.5 系统评价方法</p>	<p>学习内容：自动控制、系统、信号、激励和响应；模型、系统建模、时域和频域、系统性能指标、稳定性、动态特性、稳态特性等学习经典控制理论所需的基本概念。</p> <p>预期要求：（1）能够识记和复述：模型相关概念，性能指标相关的概念（2）能够解释和举例：自动控制、系统、信号（3）概念关联分辨：系统、激励和响应、时域和频域</p>	<p>XDKZGC-1</p> <p>XDKZGC-6</p> <p>XDKZGC-8</p> <p>XDKZGC-9</p>	<p>4</p>	<p>6</p>
<p>第2章 线性连续系统的数学模型</p> <p>2.1 系统模型</p> <p>2.2 数学基础</p> <p>2.3 传递函数</p> <p>2.4 典型环节</p> <p>2.5 动态结构图</p> <p>2.6 信号流图</p> <p>习题课</p> <p>实验1</p>	<p>（1）数学模型建立：能够运用机理建模方法，针对常见机-电控制系统或相关研究对象，将线性连续系统物理模型转化为数学模型，如微分方程、传递函数；（2）模型转化：能够使用拉氏变换、图表绘制等数学工具，实现线性 SISO 连续系统不同数学模型之间的转化：微分方程、传递函数、动态结构图、信号流图；（3）图表解析和图表绘制：能够从动态结构图、信号流图中的读出 MIMO 系统结构和输入输出信息；也可根据系统描述性信息绘制动态结构图和信号流图（4）方法应用和数学计算：能使用等效变换进行动态结构图的简化、使用梅森公式进行 MIMO 线性系统的解析计算，得到系统传递函数；</p>	<p>XDKZGC-1</p> <p>XDKZGC-2</p> <p>XDKZGC-8</p>	<p>8</p>	<p>16</p>
<p>第3章 线性系统时域分析</p> <p>3.1 时域响应分析方法和性能指标</p> <p>3.2 线性一阶系统时域响应</p> <p>3.3 线性阶二系统时域响应</p> <p>3.4 稳定性分析</p> <p>3.5 稳态误差</p> <p>习题课</p> <p>实验课2</p>	<p>1 对概念和原理的理解要求（1）复述线性系统时域分析法的激励-响应分析方法的常用做法，解释原因。（2）能够举例说明和分辨时域响应分析中各种概念：典型信号和响应的关系；线性一阶、二阶系统典型响应的影响因素（3）完成线性一阶和二阶系统主要动态性能指标的计算；（4）能复述线性连续系统稳定的充要条件，对其进行不同方式的描述、解释和转化，并列举实例进行说明；能区分充要条件和代数稳定判据的适</p>	<p>XDKZGC-1</p> <p>XDKZGC-3</p> <p>XDKZGC-8</p>	<p>12</p>	<p>18</p>

	<p>用条件；能够从数学模型和物理现象的不同角度解释说明系统结构参数与性能指标之间的关系；（5）可根据传递函数熟练识别系统结构和参数，正确分析不同位置扰动作用下系统稳态误差；</p> <p>2 对规则应用和数学计算能力的要求：（1）能够运用特征方程求根、Routh 判据等方法进行系统稳定性判别；（2）能够正确使用终值定理和静态误差系数法计算稳态误差，熟练计算单输入系统的稳态误差；能计算系统结构参数与性能指标之间的关系</p> <p>3 对图表绘制和图表解析能力的要求： 能够根据系统性能指标绘制响应曲线；能够熟练读取系统响应曲线中的系统性能指标信息</p>			
<p>第 4 章 线性系统根轨迹分析 4.1 根轨迹方程 4.2 根轨迹绘制方法 4.3 零度和参数根轨迹 4.4 用根轨迹分析系统 习题课</p>	<p>（1）能够结合实例解释根轨迹和系统性能的关系，并据此分析总结根轨迹法的特点和目标；</p> <p>（2）能分析运用根轨迹方程的相角条件、幅值条件，及其与根轨迹的关系，解释零度根轨迹、参数根轨迹的概念，并能正确判别根轨迹类型；</p> <p>（3）方法应用和图表绘制：能够正确运用根轨迹绘制法则绘制根轨迹。</p> <p>（4）图表解析：能从根轨迹图上读取系统特性信息，选定符合期望性能的系统极点</p> <p>（5）数学计算：能够计算选定极点的位置和以及对应的系统增益参数</p>	<p>XDKZGC-1 XDKZGC-3 XDKZGC-8</p>	6	12
<p>第 5 章 线性系统频域分析 5.1 频率特性概念及表达 5.2 典型环节频率特性 5.3 频率特性曲线</p>	<p>（1）解释理解线性系统幅频关系、相频关系与传递函数、频率特性之间的关系；能运用其解决系统响应有关的数学计算问题。能够识别并分辨各种开闭环系统频域性能指标、时域性能指标，能够解释他们之间的关系，以及与系统结构参数之间的关系；（2）熟练记</p>	<p>- XDKZGC-1 XDKZGC-5 XDKZGC-8</p>	12	20

<p>的绘制</p> <p>5.4 Nyquist 稳定性判据</p> <p>5.5 系统的稳定裕量</p> <p>5.6 闭环频率特性, 系统频域、时域指标的估算</p> <p>习题课</p> <p>实验 3</p>	<p>忆并可以复现各种典型环节的频率特性及其 Bode 图、Nyquist 图表示; (3) 理解并能正确运用频率特性的实验测定法; (4) 理解并可以解释、澄清 Nyquist 稳定性判据的数学基础、含义和使用准则, 能够正确绘制增补曲线, 能够运用稳定判据解决判稳问题; (5) 识图绘图和数学计算: 能够理解和正确运用 Bode 图分段法、Nyquist 图绘制方法, 正确绘制开环频率特性曲线。能够熟练完成系统频率特性和 Bode 图、Nyquist 图之间的信息提取和转化; 能够用 Bode 图、Nyquist 图分析、解释系统特性, 可以解释、澄清稳定裕量和图形的关系, 实现相角裕量和幅值裕量的读取和计算。</p>			
<p>第 6 章</p> <p>线性系统的校正</p> <p>6.1 校正概述</p> <p>6.2 常用校正环节</p> <p>6.3 串联校正 (超前、滞后、滞后—超前)</p> <p>6.4 工程最优系统综合设计</p> <p>习题课</p> <p>实验 4</p> <p>实验 5</p>	<p>(1) 能够识别、分辨不同的校正方法, 理解其概念内涵和使用场合, 包括: 分析法、综合法、根轨迹法; 串联校正、反馈校正、复合校正等;</p> <p>(2) 熟练识记并可以复现常用串联校正环节的结构、特性和参数, 包括: 无源超前网络、无源滞后网络、PID 环节; (3) 能理解并解释串联超前校正和串联滞后校正的原理, 并能根据校正要求正确选择和运用;</p> <p>(4) 计算和评价: 能根据选定的串联校正方法计算校正环节参数, 校验其合理性和一致性, 对校正前后系统做出评价。</p>	<p>XDKZGC-1</p> <p>XDKZGC-6</p> <p>XDKZGC-8</p>	<p>10</p>	<p>12</p>
<p>第 7 章</p> <p>线性离散系统</p> <p>7.1 离散系统概述</p> <p>7.2 Z 变换及系统差分方程</p> <p>7.3 脉冲传递函数</p> <p>7.4 采样系统时域分析和稳态误差</p> <p>习题课</p> <p>实验 6</p>	<p>(1) 数学模型建立: 能够理解、分辨线性离散系统的采样、量化和保持过程, 类比线性连续系统, 通过计算得到不同结构离散系统的脉冲传递函数模型, 包括环节串并联、开环与闭环系统、采样开关的不同位置、零阶保持器和采样周期的影响等; (2) 模型转化: 能够使用 Z 变换、图表绘制等数学工具, 实现线性离散系统不同数学模型之间的转化: 差分方程、脉冲传递</p>	<p>XDKZGC-1</p> <p>XDKZGC-2</p> <p>XDKZGC-7</p> <p>XDKZGC-8</p>	<p>6</p>	<p>8</p>

	函数、动态结构图；（3）解释理解：能理解线性离散系统稳定的充要条件，进行不同方式的描述、解释和转化，并可以列举实例进行说明；能够从数学模型和物理现象的不同角度理解和解释系统结构参数与性能指标之间的关系；（4）方法应用和数学计算：能够运用特征方程求根进行系统稳定性判别；能够正确使用终值定理和静态误差系数法计算稳态误差，熟练计算单输入系统的稳态误差。			
第 8 章 控制系统的状态空间表达式 8.1 状态变量及状态空间表达式 8.2 状态空间方程建立 8.3 状态空间方程线性变换（坐标变换） 8.4 状态空间表达式与传递函数的相互转换	（1）数学模型建立：能理解状态、状态变量、状态空间表达式的概念，能够运用状态空间的概念，由系统框图、系统的物理或化学机理、微分方程或传递函数建立系统的状态空间模型；（2）模型转化：能够使用坐标变换等数学工具，实现状态空间数学模型之间以及状态空间表达式与传递函数之间的转化；（3）图表解析和图表绘制：能够从模拟结构图读出系统结构和输入输出信息；也可根据系统描述性信息绘制模拟结构图。	XDKZGC-1 XDKZGC-2	4	8
第 9 章 控制系统的状态空间表达式的解 9.1 线性定常齐次状态方程的解 9.2 矩阵指数函数——状态转移矩阵 9.3 线性定常系统非齐次方程的解	1 对概念和原理的理解要求（1）能够理解状态转移矩阵的概念和性质；（2）能够运用定义法、特征值法、拉氏变换法计算系统的状态转移矩阵；2 能够熟练计算线性定常系统齐次、非齐次状态空间表达式的解。	XDKZGC-4 XDKZGC-8	4	8
第 10 章 线性控制系统的能控性和能观性	1 对概念和原理的理解要求（1）能够理解线性控制系统的能控性和能观性的基本概念；（2）能够运用秩判	XDKZGC-1 XDKZGC-4 XDKZGC-8	4	8

<p>观性</p> <p>10.1 线性系统的能控性及其判据</p> <p>10.2 线性系统的能观性及其判据</p> <p>10.3 对偶原理</p> <p>10.4 状态空间表达式的能控标准型与能观标准型</p> <p>10.5 线性系统的结构分解</p> <p>10.6 传递函数与状态能控性和能观性之间的关系</p>	<p>定方法判别系统是否能控、能观；理解能控性和能观性的对偶关系；理解传递函数与状态能控性和能观性之间的关系；2 对规则应用和数学计算能力的要求：如果系统能控/能观，能够化状态空间表达式为能控标准型或能观标准型；如果系统不完全能控/能观，能够对状态空间表达式进行能控性/能观性结构分解。</p>			
<p>第 11 章 稳定性与 Lyapunov 方法</p> <p>11.1 Lyapunov 关于稳定性的定义</p> <p>11.2 Lyapunov 稳定性理论：第一法</p> <p>11.3 Lyapunov 稳定性理论：第二法</p> <p>11.4 Lyapunov 方法在线性系统中的应用</p>	<p>1 对概念和原理的理解要求（1）能够理解 Lyapunov 关于稳定性的定义，包括稳定、渐近稳定、大范围渐近稳定、不稳定；（2）能够理解 Lyapunov 第一法、第二法判别线性系统的稳定性；2 方法运用和数学计算：（1）能够运用 Lyapunov 稳定性判据判别线性系统和非线性系统的稳定性；（2）能够运用线性定常系统渐近稳定判据判别系统稳定性。</p>	<p>XDKZGC-1</p> <p>XDKZGC-4</p> <p>XDKZGC-8</p>	2	4
<p>第 12 章 线性定常系统的综合</p> <p>12.1 线性反馈控制系统的基本结构及其特性</p> <p>12.2 极点配置问题</p> <p>12.3 系统镇定问题</p>	<p>1 对概念和原理的理解要求：（1）能够理解线性反馈控制系统的基本结构及其特性；（2）熟练识记并可以复现线性反馈控制系统的基本结构，包括状态反馈、输出反馈、从输出到状态向量 \dot{x} 反馈、动态补偿器；（3）解释理解极点配置、系统镇定、状态观测器、利用状态观测器实现状态反馈的系统；2 方法运用和数学计算：（1）理解系统能够进行任意极点配置的条件，以</p>	<p>XDKZGC-1</p> <p>XDKZGC-6</p> <p>XDKZGC-8</p>	8	8

题 12.4 状态观测器 的设计 12.5 带有状态观 测器的状态反馈系 统 实验 7 实验 8	及状态观测器的存在条件；（2）能够根据期望极点， 运用特征极点匹配法计算状态反馈控制器来实现极点 配置，计算全维状态观测器来进行状态估计。			
---	---	--	--	--

4 课堂教学设计和实施载体

课堂教学展示综合运用 Powerpoint、教学视频、动画及课堂板书相结合的教学手段，同时采用混合式教学、翻转课堂、案例分析以及讨论式、探究式等学习方式，关注学生系统思维、工程应用能力和创新意识的培养。

课下学习采用书面作业、思维导图绘制和在线练习相结合的方式。要求做到作业每课必练，思维导图每章更新，线上智能测评每课一练、每章一测。

课程目标	知识单元		学习场景/教学模式	实施载体
	章	节/目		
XDKZGC-1	第 1 章 自控系统基本概念		课堂讲授	讲义教案、短视频
XDKZGC-6	1.1 初识控制		案例引导	讲义教案、作业
XDKZGC-8	1.2 认识系统		翻转课堂	短视频导学
XDKZGC-9	1.3 系统分类		课堂讲授	讲义教案、习题视频
	1.4 基本控制方式		课堂讲授、仿真、讨论	讲义教案、例程
	1.5 系统评价方法			
	第 2 章线性连续系统的数学模型		课堂讲授、案例总结	讲义教案、习题解析
XDKZGC-1	2.1 系统模型		自学答疑	作业布置、短视频
XDKZGC-2	2.2 数学基础		课堂讲授、讨论	讲义教案、随堂练习
XDKZGC-8	2.3 传递函数		翻转课堂、讨论推演	导学问题、随堂练习
	2.4 典型环节		课堂讲授、练习归纳	讲义教案、习题解析
	2.5 动态结构图		课堂讲授、练习归纳	讲义教案、习题解析
	2.6 信号流图			

XDKZGC-1 XDKZGC-3 XDKZGC-8	3 线性系统时域分析	课堂讲授	讲义教案、习题解析		
	3.1 时域响应分析法概述				
	3.2 一二阶系统时域性能指标				
	3.3 线性连续系统稳定性分析				
	3.4 线性连续系统的稳态误差				
	3.5 动态误差系数法求解误差	案例引导, 总结	讲义教案		
XDKZGC-1 XDKZGC-3 XDKZGC-8	第4章根轨迹分析	课堂讲授, 理论推演	讲义教案		
	4.1 根轨迹方程				
	4.2 根轨迹绘制方法			应用举例	习题解析
	4.3 零度和参数根轨迹			案例引导, 举例总结	讲义教案
	4.4 用根轨迹分析系统	翻转课堂, 举例总结	讲义教案、习题解析		
XDKZGC-1 XDKZGC-5 XDKZGC-8	5 线性系统频域分析	案例引导、讨论分析	讲义教案, 短视频		
	5.1 频率特性概念及表达				
	5.2 典型环节频率特性			课堂推演+翻转讨论	讲义教案, 随堂练习
	5.3 频率特性曲线的绘制			课堂讲授、演示举例	讲义教案, 练习和解析
	5.4 Nyquist 稳定性判据			课堂讲授+讨论	讲义教案, 习题解析
	5.5 系统的稳定裕量			课堂讲授+讨论	讲义教案, 习题解析
	5.6 系统频域和时域指标的估算	翻转课堂、练习总结	讲义教案		
XDKZGC-1 XDKZGC-6 XDKZGC-8	第6章 线性系统的校正	课堂讲授	讲义教案		
	6.1 校正概述				
	6.2 常用校正环节及PID			案例引导、讲授仿真	讲义教案, 例程短视频
	6.3 串联校正(超前)			案例引导、讲授仿真	讲义教案、习题解析
	6.3 串联校正(滞后)			案例引导、讲授仿真	讲义教案、习题解析
	6.4 工程最优系统综合设计	案例引导、讲授仿真	讲义教案、习题解析		
XDKZGC-1 XDKZGC-7 XDKZGC-9	第7章 线性离散系统	课堂讲授	讲义教案、随堂练习		
	7.1 离散系统概述				
	7.2 系统差分方程及Z变换求解			案例引导、翻转课堂	讲义教案、习题解析
	7.3 脉冲传递函数			案例引导、演绎总结	讲义教案、习题解析
	7.4 离散系统稳定性和稳态误差	翻转课堂、讨论练习	讲义教案、习题解析		
XDKZGC-1 XDKZGC-2	第八章 控制系统的状态空间表达式	课堂讲授	讲义教案		
	8.1 状态变量及状态空间表达式				
	8.2 状态空间方程的建立			课堂讲授、讨论练习	讲义教案、习题解析
	8.3 状态空间方程线性变换(坐标变			课堂讲授、讨论练习	讲义教案、习题解析
	8.4 状态空间表达式与传递函数的相	课堂讲授、讨论练习	讲义教案、习题解析		
XDKZGC-4 XDKZGC-8	第九章 控制系统状态空间表达式的解	课堂讲授	讲义教案		
	9.1 线性定常齐次状态方程的解				
	9.2 矩阵指数函数——状态转移矩阵	课堂讲授、讨论练习	讲义教案、习题解析		

	9.3 线性定常系统非齐次方程的解	课堂讲授、讨论练习	讲义教案、习题解析
XDKZGC-1 XDKZGC-4 XDKZGC-8	第十章 线性控制系统的能控性和能观性	课堂讲授，理论推演	讲义教案
	10.1 线性系统的能控性及其判据		
	10.2 线性系统的能观性及其判据	课堂讲授，理论推演	讲义教案
	10.3 对偶原理	课堂讲授	讲义教案
	10.4 状态空间表达式的能控标准型与	课堂讲授、讨论练习	讲义教案、习题解析
	10.5 线性系统的结构分解	课堂讲授、讨论练习	讲义教案、习题解析
	10.6 传递函数与状态能控性和能观性	课堂讲授	讲义教案
XDKZGC-1 XDKZGC-4 XDKZGC-8	第十一章 稳定性与 Lyapunov 方法	课堂讲授、翻转讨论	讲义教案
	11.1 Lyapunov 关于稳定性的定义		
	11.2 Lyapunov 稳定性理论：第一法	课堂讲授、讨论练习	讲义教案、习题解析
	11.3 Lyapunov 稳定性理论：第二法	课堂讲授、讨论练习	讲义教案、习题解析
	11.4 Lyapunov 方法在线性系统中的应	课堂讲授、讨论练习、仿	讲义教案、习题解析、短
XDKZGC-1 XDKZGC-6 XDKZGC-8	第十二章 线性定常系统的综合	课堂讲授	讲义教案
	12.1 线性反馈控制系统的结构及特性		
	12.2 极点配置问题	课堂讲授、讨论练习	讲义教案、习题解析
	12.3 系统镇定问题	课堂讲授、讨论练习	讲义教案、习题解析
	12.4 状态观测器的设计	课堂讲授、讨论练习	讲义教案、习题解析
	12.5 带有状态观测器的状态反馈系统	课堂讲授、仿真	讲义教案、短视频

5 课程实验教学

本课程提供 10 个课程实验，其中必做 16 学时，选做 4 学时。实验指导书上的其他实验项目和自主实验项目预约进行，不计入课程成绩。

5.1 实验名称和安排

序号	实验名称	实验类型	学时	教学安排	课程目标
1	时域性能分析	验证型	2	必做、实物系统实验	XDKZGC-2 XDKZGC-8 XDKZGC-9
2	稳态性能分析	验证性	2	必做、实物系统实验	XDKZGC-3 XDKZGC-8 XDKZGC-9
3	系统频率特性分析	验证性	2	必做、实物系统+仿真实验	XDKZGC-5 XDKZGC-8 XDKZGC-9
4	系统串联校正	设计性	2	必做、实物系统+仿真实验	XDKZGC-6 XDKZGC-8

					XDKZGC-9
5	PID 控制	设计性	2	必做、实物系统+仿真实验	XDKZGC-6 XDKZGC-8 XDKZGC-9
6	采样系统分析	验证性	2	必做、实物系统实验	XDKZGC-7 XDKZGC-8 XDKZGC-9
7	极点配置全状态反馈	验证性	2	必做、软件仿真实验	XDKZGC-4 XDKZGC-8 XDKZGC-9
8	状态观测器设计	设计性	2	必做、软件仿真实验	XDKZGC-6 XDKZGC-8 XDKZGC-9
9	根轨迹分析与设计	设计性	2	选做、软件仿真实验	XDKZGC-3 XDKZGC-8 XDKZGC-9
10	线性二次型最优控制器设计	设计性	2	选做、软件仿真实验	XDKZGC-6 XDKZGC-8 XDKZGC-9

5.2 实验要求和教学组织

实验 1: 时域性能分析 (验证性实验)	时间安排: 2 学时
<p>实验目的:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 理解用分立元件搭建典型环节的原理和方法; 2. 掌握构成惯性环节的模拟电路, 了解电路参数对环节特性的影响, 掌握惯性环节阶跃响应测量方法, 并学会由阶跃响应曲线计算惯性环节传递函数; 3. 观察系统响应, 识记和理解二阶系统的两个重要参数阻尼比和无阻尼自然频率对系统动态性能的影响。 	
<p>实践能力目标:</p> <p>仿真建模能力、设备工具使用能力、系统集成调试能力、实验分析能力、规范执行能力</p>	
<p>实验组织:</p> <p>每组 1-2 人, 共用一个实验箱进行实验操作。 提前阅读实验指导书进行预习, 独立完成实验过程, 观察现象, 记录数据文件, 撰写实验报告。</p>	
实验 2: 稳态性能分析 (验证性实验)	时间安排: 2 学时

<p>实验目的:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 理解系统的不稳定现象; 2. 分析研究系统开环增益和时间常数对稳定性的影响; 3. 调整系统输入, 观察系统响应, 理解开环系统类型、输入信号和稳态误差之间的关系。
<p>实践能力目标:</p> <p>总结归纳能力、设备工具使用能力、实验分析能力、规范执行能力、沟通交流能力。</p>
<p>实验组织:</p> <p>每组 1-2 人, 共用一个实验箱进行实验操作。 提前阅读实验指导书进行预习, 独立完成实验过程, 观察现象, 记录数据文件, 撰写实验报告。</p>

实验 3: 系统频率特性分析 (验证性实验)	时间安排: 2 学时
<p>实验目的:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 理解并能够复现典型环节和系统频率特性曲线的测试方法; 2. 理解频率特性的物理意义并能够对实验结果进行解释; 3. 能够根据频率特性曲线求取系统的传递函数。 	
<p>实践能力目标:</p> <p>图表解析和图表绘制能力、设备工具使用能力、系统集成调试能力、规范执行能力。</p>	
<p>实验组织:</p> <p>每组 1-2 人, 共用一个实验箱进行实验操作。 提前阅读实验指导书进行预习, 独立完成实验过程, 观察现象, 记录数据文件, 撰写实验报告。</p>	

实验 4: 系统校正分析 (设计性实验)	时间安排: 2 学时
<p>实验目的:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 能够综合运用控制系统时域性能指标、频域性能指标, 正确使用串联校正方法; 2. 理解并能判断不同校正方法的适用条件; 3. 能够使用 MATLAB 相关语句、函数完成串联校正仿真并进行效果分析; 	
<p>实践能力目标:</p> <p>仿真软件使用能力、系统与方案设计能力、系统集成调试能力、沟通交流能力</p>	
<p>实验组织:</p> <p>每组 1-2 人, 共用一个实验箱进行实验操作。 提前阅读实验指导书进行预习, 独立完成实验过程, 观察现象, 记录数据文件, 撰写</p>	

实验报告。

实验 5: PID 控制 (设计性实验)	时间安排: 2 学时
<p>实验目的:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 要求学生掌握模拟 PID 控制方法的原理及参数整定方法; 2. 要求学生掌握数字 PID 控制算法的原理及参数整定方法。 	
<p>实践能力目标:</p> <p>总结归纳能力、设备工具使用能力、实验分析能力、仿真软件使用能力、规范执行能力、沟通交流能力。</p>	
<p>实验组织:</p> <p>每组 1-2 人, 共用一个实验箱进行实验操作。 提前阅读实验指导书进行预习, 独立完成实验过程, 观察现象, 记录数据文件, 撰写实验报告。</p>	

实验 6: 采样系统分析 (验证性实验)	时间安排: 2 学时
<p>实验目的:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 能够用数字-模拟混合仿真的方法搭建采样控制系统 2. 理解并能够解释说明数字-模拟混合仿真的实验设计思路和分析方法 3. 分析研究开环增益 K 和采样周期 T 的变化对系统动态性能的影响 	
<p>实践能力目标:</p> <p>模型构建能力、实验分析能力、规范执行能力。</p>	
<p>实验组织:</p> <p>每组 1-2 人, 共用一个实验箱进行实验操作。 提前阅读实验指导书进行预习, 独立完成实验过程, 观察现象, 记录数据文件, 撰写实验报告。</p>	

实验 7: 极点配置和全状态反馈 (设计性实验)	时间安排: 2 学时
<p>实验目的:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 学习并掌握用全状态反馈的方法实现控制系统闭环极点的任意配置 2. 能够用电路模拟与软件仿真方法研究参数变化对系统性能的影响 	
<p>实践能力目标:</p> <p>模型构建、问题分析、仿真软件使用、系统性能优化等</p>	

<p>实验组织: 每组 1-2 人, 共用一个实验箱进行实验操作。 提前阅读实验指导书进行预习, 独立完成实验过程, 观察现象, 记录数据文件, 撰写实验报告。</p>

实验 8: 状态观测器设计 (设计性实验)	时间安排: 2 学时
<p>实验目的:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 理解状态观测器的设计原理, 完成结构搭建 2. 观察分析状态观测器的状态估计值的相关因素 3. 实现用状态观测器对系统闭环极点的任意配置 	
<p>实践能力目标:</p> <p>模型构建能力、问题分析能力、仿真软件使用、系统性能优化等</p>	
<p>实验组织: 每组 1-2 人, 共用一个实验箱进行实验操作。 提前阅读实验指导书进行预习, 独立完成实验过程, 观察现象, 记录数据文件, 撰写实验报告。</p>	

实验 9: 根轨迹分析与校正 (设计性实验)	时间安排: 2 学时
<p>实验目的:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 绘制熟悉常见控制系统根轨迹的形状和特点 2. 观察、分析并理解零极点位置对根轨迹形状的影响 3. 能够综合运用所学到的控制系统时域性能指标、根轨迹作图、根轨迹与系统性能的关系等概念与知识和原理, 解释和分辨仿真过程中出现的现象和问题; 4. 正确使用 MATLAB 相关的语句、函数、工具箱的使用方法, 能够完成根轨迹系统性能分析和简单的校正。 	
<p>实践能力目标:</p> <p>仿真软件使用能力、系统与方案设计能力、实验分析能力</p>	
<p>实验组织: 在 MATLAB 软件平台上独立完成实验操作。 提前阅读实验指导书进行预习, 独立完成实验过实验过程, 观察数据, 记录数据文件, 撰写实验报告</p>	

实验 10: 线性二次型最优控制器设计 (设计性实验)	时间安排: 2 学时
-----------------------------	------------

<p>实验目的:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 理解并实现线性二次型性能指标最优控制器（LQR 控制器）的设计方法 2. 观察、了解 Q、R 参数对系统性能指标的影响
<p>实践能力目标:</p> <p>模型构建能力、问题分析能力、仿真软件使用、系统性能优化</p>
<p>实验组织:</p> <p>每组 1-2 人，共用一个实验箱进行实验操作。</p> <p>提前阅读实验指导书进行预习，独立完成实验过程，观察现象，记录数据文件，撰写实验报告。</p>

5.3 实验预习和实验报告要求

学生需在到实验室进行实验之前进行预习，预习内容应包括与本次实验有关的概念、原理、设计方法等知识点。预习后能够针对实验任务，对实验方案进行正确的解析和分析，并完成预习报告。

实验中应按照规定正确使用设备，安全操作并正确记录数据；解决实验中遇到的问题，思考原因并尝试解决方案。

完成实验后需提交实验报告，要求能正确处理实验数据，能用科学的方法分析实验结果，得到结论、合理陈述，并进行总结反思。验证性实验报告需包含实验目的、要求、实验获得的数据、分析和结论；设计性实验报告需包含实验目的、要求、实验方案设计（及计算过程）、实验测试数据、结果分析和结论。

5.4 实验教学在能力培养方面的具体措施

本课程实验教学归属自控原理实验室（博远楼 509 室），主要实验设备是控制理论实验装置及 MATLAB 软件，实验室实行全天开放，学生预约进入使用。课程提供软件仿真系统和半实物仿真口袋实验室供自主学习。

6 课程考核方案和依据

本课程总评成绩由平时成绩和期末考核成绩两部分构成。平时成绩比例 40%。其中课外线上学习考核包括教学视频学习记录和线上测试记录；期末考试采用闭卷或者一纸开卷形式，应覆盖 80%以上课程目标。

6.1 课程考核方案

课程目标	课程各类考核项				
	平时表现		课程实验	线上成绩	期末考试成绩
	作业+课堂	思维导图	操作+报告		
XDKZGC-1	100			100	0
XDKZGC-2			12.5		20
XDKZGC-3			12.5		15
XDKZGC-4			12.5		10
XDKZGC-5			12.5		15
XDKZGC-6		100	37.5		30
XDKZGC-7			12.5		10
分数合计	100	100	100	100	100
总评占比	10%	5%	20%	5%	60%

6.2 课程各考核项评价依据和标准

本课程通过三种考核方式来评价课程目标的达成情况，各类考核项目的评价标准如下。

考核项目 1：平时课堂表现、作业及线上学习

考核方式：抽查、线上成绩统计和作业批改

考核权重：20%

预期学习结果	考核依据	优秀 (85-100)	良好 (75-84)	合格 (60-74)	不合格 (<60)
<ul style="list-style-type: none"> • XDKZGC-1、XDKZGC-6：能够复述并理解自控原理的常用术语、基本概念、基本原理和主要方法，能判断他们合理的使用场合；理解信号和系统的关系，以及经典控制理论的分析思路；理解和辨析系统概念的内涵和外延 • 合理安排各项学习任务，有效高质量地完成。能够综合利用线上线下混合学习手段提升； • 思考知识点关联，能够通过思维导图等工具建立知识体系；有自主学科能力培养的意识 	书面作业；线上测试和思维导图	按时上课，不旷课，按时提交作业，较好地完成任务和线上学习任务，成绩优良；作业和表现有思考。	能够按时上课，按时提交作业和线上学习任务。完成情况较好	基本能够按时上课（不超过3次不按时上课），基本能按时提交作业和线上任务，完成情况一般。	不能合理安排时间，不按时上课，不按时提交作业和测试，或者完成情况较差，没有改进。

考核项目 2：课程实验

考核方式：实验操作过程表现和报告

考核权重：20%

预期学习结果	考核依据	优秀 >90分	良好 80-90分	达成 60-80分	未达成 <60分
<p>支持各章学习目标：</p> <p>自觉预习实验内容，能够理解实验目的，解释说明实验目的和实验方案的关系；</p> <p>实验过程规范、诚实，爱护实验设备；能够独立完成实验、记录数据；实验结果合理；正确地回答老师的提问</p> <p>完成实验项目设计的各项技术目标和非技术目标。</p> <p>独立提交规范的实验报告；报告中正确绘制曲线或波形，解释实验现象；数据分析方法正确，合乎逻辑。</p> <p>合理回答思考问题，意识到实验结论和实验项目的知识能力目标之间的关系</p>	<p>实验表现和验收质疑情况记录；</p> <p>+ 实验报告</p>	<p>按时到课，并且能够按照任务要求和安排自主完成操作；验收通过，正确回答教师质疑。</p> <p>*****</p> <p>按时、高质量提交报告。报告中体现对实验相关问题的讨论和反思；</p>	<p>按时到课，并且能够按照任务要求和安排顺利完成操作；验收通过，正确回答教师质疑。</p> <p>*****</p> <p>按时提交报告，完成情况较好。</p>	<p>基本能够按时上课（不超过1次不按时上课），经过帮助能够完成实验操作；基本正确回答教师质疑。</p> <p>*****</p> <p>提交报告，完成情况一般。</p>	<p>不能按时到课，或者大部分实验内容无法完成；</p> <p>*****</p> <p>不按时提交报告</p>

考核项目 3：期末考试

考核方式：闭卷考试或者一纸开卷考试

考核权重：60%

预期学习结果	考核依据	优秀 (85-100)	良好 (75-84)	合格 (60-74)	不合格 (<60)
<ul style="list-style-type: none"> • XDKZGC-2、能以电气系统和简单机械系统为例，理解常用线性系统模型的建立和转化方法 • XDKZGC-3、4、5、6：能解释和理解经典控制三大分析方法，以及基于状态控制描述的分析方法进行线性连续系统的分析 • 从性能改善的角度出发，完成线性系统的参数调节，基本补偿结构调整，选择计算串联校正方式；能进行极点配置和基于状态观测器的状态反馈控制 • XDKZGC-7：理解离散系统和连续系统的不同，并能解决线性离散系统的稳定性和稳态误差分析问题 	<p>试卷成绩</p>	<p>在试卷中，对各知识单元的掌握程度全面达到预期学习结果，错误率在10%以下。</p>	<p>在试卷中，对各知识单元的掌握程度较好达到预期学习结果，错误率在20%左右。</p>	<p>在试卷中，对各知识单元的掌握程度基本达到预期学习结果，错误率在30%左右。</p>	<p>在讨论和作业中，对各知识单元的掌握程度达不到预期学习结果，错误率在40%以上。</p>

7 本次修订说明

本大纲在原版本“DG7328701-201912 自动化”课程大纲基础上修订。对标最新的工程教育专业认证标准做了以下修改：

(1) 修改了 2.1 中毕业要求观测点，由原来的 1-3、2-1、12-3 调整为 1-2、2-1、3-2。相应地，修改了“2.3 毕业要求与课程目标的关系”相应内容。

(2) 对“5.1 实验名称和安排”中“课程目标”一列增加了“XDKZGC-8、XDKZGC-9”。

8 其他需要说明的问题

自控原理实验室设置有多功能测控实验装置开发、平面绘图机、倒立摆控制等多个开放实验项目，可以开展硬件设计、软件开发、控制算法设计等课外实践活动。学生可根据学习需要在课外活动、开放实验、毕业设计等不同阶段申请利用实验室提供的开放实践平台进一步学习提高。

课程提供软件仿真系统和半实物仿真口袋实验室，学生可凭身份证明付押金借用。

本课程开展基于能力测评的教学实验，在线上智能测评的基础上收集更多学习过程数据，提供能力画像快速反馈和学业帮助。