《过程的动态特性与控制》课程教学大纲

**一、课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **英文名称** | Process Dynamics and Control | **课程代码** | CHET3019 |
| **课程性质** | 专业必修课教学课程 | **授课对象** | 化学工程与工艺 |
| **学 分** | 2 | **学 时** | 36 |
| **主讲教师** | 孙欢利 | **修订日期** | 2021年9月22号 |
| **指定教材** | 厉玉鸣，《化工仪表及自动化》，第六版，化学工业出版社 | | |

**二、课程目标**

（一）**总体目标：**

《过程的动态特性与控制》是一门理论与工程实践密切相关，应用性较强的专业课程，是化学工程与工艺专业的一门必修课。该课程从自动控制系统的基本概念入手，系统地讲述构成自动控制系统的各个基本环节，包括被控对象、测量元件及变送器、显示仪表、自动控制仪表、执行器等；以及简单控制系统、复杂控制系统；最后结合化工生产过程讲述几种典型化工单元操作的控制方案。

通过对本门课程的学习，使学生比较全面地掌握化工过程自动控制系统的组成、功能、分析和设计；重点掌握检测仪表的工作原理和特点；培养学生自动控制系统设计、开发以及现场操作能力。同时使对化工自动化领域建立较全面的认识，开拓其专业视野，为今后从事化工自动化生产相关行业提供强有力的理论和实践基础。

（二）课程目标：

本课程教学内容以化工仪表及自动化的基本知识和基本技能为主，注重学生分析问题、解决实际问题的能力培养。本课程的学习目标如下：

**课程目标1：** 掌握自动控制系统相关知识

1.1掌握化工自动控制系统的组成、原理及各环节的作用；掌握简单及复杂控制系统的结构、特点及应用场合。

1.2掌握化工对象的基本特性及其对控制过程的影响。

1.3了解主要工艺参数的基本测量方法和仪表的工作原理及其特点，能根据工艺实际情况正确地选用和使用常见测量仪表。

1.4掌握基本控制规律的特点和适用范围，能够分析和评价控制器参数对被控过程的控制质量的影响。

**课程目标2：**分析自动控制系统出现的问题并根据工艺要求，与自控人员共同设计控制方案

2.1能综合运用本课程和其它课程知识，根据工艺要求，与自控设计人员共同讨论和提出合理的自动控制方案；能够分析和处理控制系统运行中出现的一些现象和问题；

2.2 能在工艺设计和技术改造中，与自控设计人员合作，综合考虑工艺与控制两个方面，为自控设计人员提供正确的工艺条件与数据，选用合适的理论方法

**课程目标3：**培养学生理论联系实际、综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力，培养学生严谨的工作作风和实事求是的科学态度，为未来的相关行业科学研究及实际工作打下良好的基础。

（三）课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系

**表1：课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **课程子目标** | **对应课程内容** | **对应毕业要求** |
| 课程目标1 | 1.1 | 全部章节 | 毕业要求1 |
| 1.2 | 第二章 | 毕业要求1 |
| 1.3 | 第三章 | 毕业要求1 |
| 1.4 | 第四章 | 毕业要求1 |
| 课程目标2 | 2.1 | 全部章节 | 毕业要求3 |
| 2.2 | 全部章节 | 毕业要求5 |
| 课程目标3 | - | 全部章节 | 毕业要求3 |

**三、教学内容**

**绪论**

课时：0.5周，1课时

目的要求：了解化工自动化的发展概况，理解化工自动化的意义及目的，掌握化工仪表及自动化系统的分类。

教学内容

第一节、化工自动化的意义及目的

第二节、化工自动化的发展概况

1. **自动控制系统基本概念**

课时：1.5周，共3课时

目的要求：掌握自动控制系统的组成，了解各组成部分的作用以及相互影响和联系；理解自动控制系统中常用的各种术语，掌握方块图的意义及画法；熟悉管道及控制流程图上常用符号的意义；了解控制系统的几种分类形式，掌握系统的动态与静态；掌握闭环控制系统在阶跃干扰(扰动)作用下，过渡过程的几种基本形式及过渡过程品质指标的含义。

教学内容

1. 化工自动化的主要内容
2. 自动控制系统的基本组成及表示形式

一、自动控制系统的基本组成

二、自动控制系统的表示形式

第三节 自动控制系统的分类

第四节 自动控制系统的过渡过程和品质指标

一、控制系统的静态与动态

二、控制系统的过渡过程

三、控制系统的控制指标

四、影响控制系统过渡过程品质的主要因素

习题与思考题: p 16-17

教学重点：几个重要概念，自动控制系统的组成及各环节作用，自动控制系统组成方块图，自动控制系统品质指标。

教学难点：自动控制系统的过渡过程。

1. **过程特性及其数学模型**

课时：1周，共2课时

目的要求：了解建立被控对象数学模型的意义及数学模型的建立方法；掌握用机理建模的方法建立简单对象数学模型；掌握表征被控对象特性的三个参数，包括放大系数、时间常数、滞后时间的物理意义及其对控制质量的影响；了解被控对象特性的实验测定方法。

教学内容

第一节 化工过程的特点及其描述方法

第二节 对象数学模型的建立

一、建模目的

二、机理建模

三、实验建模

第三节 描述对象特性的参数

一、放大系数K

二、时间常数T

三、滞后时间τ

习题与思考题: p 32-33

教学重点：对象特性参数K、T、τ含义及其对控制过程的影响。

教学难点：对象数学模型建立的机理建模和实验建模，一阶对象特性参数K、T、τ含义及其对控制过程的影响。

1. **检测仪表基本知识**

课时：5.5周，共11课时

目的要求：掌握仪表精度的意义及与测量误差的关系；了解仪表的性能指标；初步掌握各种压力检测仪表的基本原理及压力表的选用方法；了解各种流量计的测量原理，重点是差压式流量计及转子流量计；了解各种液位测量方法，初步掌握液位测量中零点迁移的意义及计算方法；掌握热电偶温度计及热电阻温度计的测温原理，熟悉热电偶温度测量中的冷端温度补偿的作用及方法；了解各种检测仪表的选用及安装；了解软测量技术及安全仪表系统。

教学内容

第一节 概述

一、测量过程与测量误差

二、仪表的性能指标

三、工业仪表的分类

第二节 压力检测及仪表

一、压力单位及测压仪表

二、弹性式压力计

三、电气式压力计

四、智能型压力变送器

五、压力计的选用及安装

第三节 流量检测及仪表

一、概述

二、差压式流量计

三、转子流量计

四、椭圆齿轮流量计

五、电磁流量计

六、漩涡流量计

七、质量流量计

八、流量测量仪表的类型

第四节 物位检测及仪表

一、概述

二、差压式液位变送器

三、电容式物位传感器

四、核辐射物位计

五、光纤式液位计

六、称重式液罐计量仪

七、物位测量仪表的类型

第五节 温度检测

一、温度检测方法

二、热电偶温度计

三、热电阻温度计

四、测温仪表的选用及安装

第六节 现代检测技术与传感器的发展

一、软测量技术的发展

二、现代传感技术的发展

第七节 显示仪表

一、数字式显示仪表

二、无笔、无纸记录仪

三、虚拟显示仪表

习题与思考题: p 104-106

教学重点：测量误差，检测仪表的品质指标；弹性式压力计、电气式压力计的测压原理；差压式和转子流量计的测量原理和方法；差压式液位计和零点迁移问题；热电偶温度计、热电阻温度计的测量原理，温度补偿理论及方法。

教学难点：测量误差分析、检测仪表品质指标的计算确定；差压式流量计、转子流量计的工作原理；差压变送器测量液位和零点迁移的判断及计算；热电偶温度计、热电阻温度计的工作过程及原理。

1. **自动控制仪表**

课时：1.5周，共3课时

目的要求：掌握各种基本控制规律及其特点；熟悉比例度、积分时间、微分时间对控制系统的影响。

教学内容

第一节 概述

第二节 基本控制规律及其对系统过渡过程的影响

一、双位控制

二、比例控制

三、积分控制

四、微分控制

第三节 数字式控制器

一、数字式控制器的主要特点

二、数字式控制器的基本组成

三、KMM型可编程序调节器

习题与思考题: p 140

教学重点：各种基本控制规律及其特点；各种规律对系统过渡过程的影响。

教学难点：各种基本控制规律对系统过渡过程的影响。

1. **执行器**

课时：1周，共2课时

目的要求：了解执行器的作用及种类，理解气动执行器的结构与工作原理，掌握执行机构正反作用、控制机构正反装、执行器气开、气关形式及其选择，理解控制阀的流量特性及其种类，了解电动执行器的组成及作用。

教学内容

第一节 气动执行器

一、气动执行器的结构与分类

二、控制阀的流量特性

三、控制阀的选择

四、气动执行器的的安装和维护

第二节 电动执行器

第三节 电-气转换器与电-气阀门定位器

一、电-气转换器

二、电-气阀门定位器

第四节 数字阀与智能控制阀

习题与思考题: p 152-153

教学重点：气动执行器的结构与工作原理，执行器气开气关形式及其选择，控制阀的流量特性。

教学难点：控制阀的流量特性，执行器气开气关形式的选择。

1. **简单控制系统**

课时：1.5周，共3课时

目的要求：了解简单控制系统的结构、组成及作用；掌握简单控制系统中被控变量、操纵变量选择的一般原则；了解各种基本控制规律的特点及应用场合；掌握控制器正、反作用确定的方法；掌握控制器参数工程整定的方法。

教学内容

第一节 简单控制系统的结构与组成

第二节 简单控制系统的设计

一、被控变量的选择

二、操纵变量的选择

三、测量元件特性的影响

四、控制器控制规律的选择

第三节 控制器参数的工程整定

一、临界比例度法

二、衰减曲线法

三、经验凑试法

习题与思考题: p 152-153

教学重点：被控变量、操纵变量的选择及控制器控制规律的选择。

教学难点：控制器参数的整定方法。

1. **复杂控制系统**

课时：3.5周，共7课时

目的要求：掌握串级控制系统的结构、工作过程、特点及应用场合；掌握串级控制系统中副变量的确定及主、副控制器正反作用的选择；了解串级控制系统中主副控制器参数的工程整定方法；理解设置均匀控制系统的目的及控制方案；了解比值控制系统的各种类型，掌握单闭环比值控制方案的结构及特点；掌握前馈控制系统的结构、特点及应用场合；理解连续型选择性控制系统的结构特点及控制方案，了解开关型选择性控制系统，了解积分饱和现象的产生及防止方法；理解分程控制系统的结构及应用场合。

教学内容

第一节 串级控制系统

一、概述

二、串级控制系统的工作过程

三、串级控制系统的特点

四、串级控制系统中副回路的确定

五、主、副控制器控制规律及正、反作用的选择

六、控制器参数的工程整定

第二节 均匀控制系统

一、均匀控制的目的

二、均匀控制方案

第三节 比值控制系统

一、概述

二、比值控制系统的类型

三、比值控制系统的几个问题

第四节 前馈控制系统

一、前馈控制系统及其特点

二、前馈控制系统的主要形式

三、前馈控制系统的应用场合

第五节 选择性控制系统

一、基本概念

二、选择性控制系统的类型

三、积分饱和及其防止

第六节 分程控制系统

一、概述

二、分程控制的应用场合

三、分程控制中的几个问题

习题与思考题: p 199-200

教学重点：串级控制系统的特点及应用，主、副控制器控制规律的选择，主、副控制器正反作用的选择；均匀、比值、前馈和选择性控制系统的特点及相应控制器控制规律和正反作用的选择。

教学难点：串级、前馈和选择性控制系统的特点，根据实际情况控制规律的选择及控制器正反作用的选择。

1. **典型化工单元的控制方案**

课时：2周，共4课时

目的要求：了解典型化工单元设备和过程的控制方案设计，熟悉泵、传热设备、精馏塔以及反应器控制的一般方法。

教学内容

第一节 流体输送设备的控制方案

一、离心泵的控制方案

二、往复泵的控制方案

三、压缩机的控制方案

四、离心式压缩机的防喘振控制

第二节 传热设备的自动控制

一、一般传热设备的控制

二、锅炉设备的自动控制

第三节 精馏塔的自动控制

一、工艺要求

二、精馏塔的干扰因素

三、精馏塔的控制方案

第四节 化学反应器的自动控制

一、化学反应器的控制要求

二、釜式反应器的温度自动控制

三、固定床反应器的自动控制

四、流化床反应器的自动控制

习题与思考题: p 258-259

教学重点：泵、传热设备、精馏塔以及反应器的自动控制

教学难点：典型化工单元设备和过程的控制目标与被控变量的选择

**四、学时分配**

**表2：各章节的具体内容和学时分配表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 章节 | 章节内容 | 学时分配 |
| 绪论 | 化工自动化概述 | 1 |
| 第一章 | 自动控制系统基本概念 | 3 |
| 第二章 | 过程特性及其数学模型 | 2 |
| 第三章 | 检测仪表与传感器 | 11 |
| 第四章 | 自动控制仪表 | 3 |
| 第五章 | 执行器 | 2 |
| 第六章 | 简单控制系统 | 3 |
| 第七章 | 复杂控制系统 | 7 |
| 第八章 | 典型化工单元的控制方案 | 4 |

注：含习题课，随堂考试安排课时。

**五、教学进度**

**表3：教学进度表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 章节名称 | 内容提要 | 授课时数 | 作业及要求 | 备注 |
| 绪论 | 化工自动化概述 | 1 | 化工自动化的发展概况、意义，化工仪表及自动化系统的分类 |  |
| 第一章 | 自动控制系统基本概念 | 3 | 1. 自动控制系统的组成；  2. 自动控制系统的方块图：信号和变量，自动控制系统方块图，反馈，自动控制系统的分类；  3. 过渡过程和品质指标：控制系统的静态与动态，控制系统的过渡过程，控制系统的控制指标，影响控制指标的主要因素 |  |
| 第二章 | 过程特性及其数学模型 | 2 | 1. 建立被控对象数学模型的意义及方法；  2. 表征被控对象特性的三个参数、物理意义及其对控制质量的影响；  3. 被控对象特性的实验测定方法 |  |
| 第三章 | 检测仪表与传感器 | 10 | 1. 掌握仪表精度的意义及仪表的性能指标；  2. 初步掌握各种压力检测仪表的基本原理及压力表的选用方法；  3. 了解各种流量计的测量原理，重点是差压式流量计及转子流量计；  4. 了解各种液位测量方法，掌握液位测量中零点迁移的意义及计算方法；  5. 掌握热电偶温度计及热电阻温度计的测温原理，熟悉热电偶温度测量中的冷端温度补偿的作用及方法；  6. 了解各种检测仪表的选用及安装；  7. 了解软测量技术及安全仪表系统 |  |
| 期中考试 | | 2 | 测验 |  |
| 第四章 | 自动控制仪表 | 3 | 1. 掌握各种基本控制规律及其特点；  2. 熟悉比例度、积分时间、微分时间对控制系统的影响 |  |
| 第五章 | 执行器 | 2 | 1. 了解执行器的作用及种类，理解气动执行器的结构与工作原理；  2. 掌握执行机构正反作用、控制机构正反装、执行器气开、气关形式及其选择；  3. 理解控制阀的流量特性及其种类；  4. 了解电动执行器的组成及作用 |  |
| 第六章 | 简单控制系统 | 3 | 1. 了解简单控制系统的结构、组成及作用；  2. 掌握简单控制系统中被控变量、操纵变量选择的一般原则；  3.了解各种基本控制规律的特点及应用场合；  4. 掌握控制器正、反作用确定的方法及控制器参数工程整定的方法 |  |
| 第七章 | 复杂控制系统 | 7 | 1. 掌握串级控制系统的结构、工作过程、特点及应用场合，副变量的确定及主、副控制器正反作用的选择；  2. 理解设置均匀控制系统的目的及控制方案；  3. 了解比值控制系统的各种类型，掌握单闭环比值控制方案的结构及特点；  4. 掌握前馈控制系统的结构、特点及应用场合；  5. 理解连续型选择性控制系统的结构特点及控制方案，了解开关型选择性控制系统，了解积分饱和现象的产生及防止方法；  6. 理解分程控制系统的结构及应用场合 |  |
| 第八章 | 典型化工单元的控制方案 | 4 | 1.了解典型化工单元设备和过程的控制方案设计；  2.熟悉泵、传热设备、精馏塔以及反应器控制的一般方法 |  |

**六、教材及参考书目**

1．厉玉鸣、孟华、王会芹 编著，《化工仪表及自动化》第六版。北京，化学工业出版社，2018年。

2．厉玉鸣、刘慧敏 编著，《化工仪表及自动化例题习题集》第三版。北京，化学工业出版社,2016年。

3. 张光新、杨丽明，王会芹 编著，《化工自动化及仪表》第二版。化学工业出版社，2016年。

**七、教学方法**

讲授法、自主学习及讨论法等

1．讲授法：采用PPT及多媒体教学讲授主要概念及内容；

2. 自主学习及讨论汇报法：安排学生自主学习相应章节的内容，小组合作制备PPT并在课堂上讲解，与同学老师分享讨论。

3. 课后通过习题的练习，巩固和加深对重点和难点知识的理解，融会贯通。

**八、考核方式及评定方法**

**（一）课程考核与课程目标的对应关系**

**表4：课程考核与课程目标的对应关系表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核要点** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 知识储备 | 简答题、自主学习汇报 |
| 课程目标2 | 能力达成 | 简答题 |
| 课程目标3 | 素质养成 | 简答题 |

**（二）评定方法**

**1．评定方法**

本课程考核成绩构成为：平时成绩30% + 期中考试20% + 期末考试50%。

(1) 平时成绩由平时作业、上课出勤、表现以及PPT汇报等组成。

(2) 期中和期末考试以闭卷形式进行。试卷考核围绕课程目标考察学生专业基础知识、问题分析、解决问题的能力，同时尽量覆盖课程的主要知识点。

**2．课程目标的考核占比与达成度分析**

**表5：课程目标的考核占比与达成度分析表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **考核占比**  **课程目标** | **平时 （30%）** | **期中（20%）** | **期末 （50%）** | **总评达成度** |
| 课程目标1 | 10% | 15% | 22% | {0.10ｘ平时目标1成绩+0.15ｘ期中目标1成绩+0.22ｘ期末目标1成绩}/47。 |
| 课程目标2 | 15% | 5% | 25% | {0.15ｘ平时目标1成绩+0.05ｘ期中目标1成绩+0.25ｘ期末目标1成绩}/45。 |
| 课程目标3 | 5% | 0% | 3% | {0.05ｘ平时目标1成绩+0.00ｘ期中目标1成绩+0.03ｘ期末目标1成绩}/8。 |

**（三）评分标准**

| **课程**  **目标** | **评分标准** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **90-100** | **80-89** | **70-79** | **60-69** | **＜60** |
| **优** | **良** | **中** | **合格** | **不合格** |
| **A** | **B** | **C** | **D** | **F** |
| **课程**  **目标1** | 熟练掌握化工自动控制系统的组成、原理及各环节的作用；熟练掌握简单及复杂控制系统的结构、特点及应用场合；  熟练掌握化工对象的基本特性及其对控制过程的影响。  清晰了解主要工艺参数的基本测量方法和仪表的工作原理及其特点，能根据工艺实际情况正确地选用和使用常见测量仪表。  熟练掌握基本控制规律的特点和适用范围，能够快速分析和评价控制器参数对被控过程的控制质量的影响。 | 较好地掌握化工自动控制系统的组成、原理及各环节的作用；较好地掌握简单及复杂控制系统的结构、特点及应用场合；  较好地掌握化工对象的基本特性及其对控制过程的影响。  较好地了解主要工艺参数的基本测量方法和仪表的工作原理及其特点，能根据工艺实际情况正确地选用和使用常见测量仪表。  较好地掌握基本控制规律的特点和适用范围，能够较快地分析和评价控制器参数对被控过程的控制质量的影响。 | 掌握化工自动控制系统的组成、原理及各环节的作用；掌握简单及复杂控制系统的结构、特点及应用场合；  掌握化工对象的基本特性及其对控制过程的影响。  了解主要工艺参数的基本测量方法和仪表的工作原理及其特点，能根据工艺实际情况正确地选用和使用常见测量仪表。  掌握基本控制规律的特点和适用范围，能够分析和评价控制器参数对被控过程的控制质量的影响。 | 基本掌握化工自动控制系统的组成、原理及各环节的作用；基本掌握简单及复杂控制系统的结构、特点及应用场合；  基本掌握化工对象的基本特性及其对控制过程的影响。  基本了解主要工艺参数的基本测量方法和仪表的工作原理及其特点，基本能根据工艺实际情况正确地选用和使用常见测量仪表。  基本掌握基本控制规律的特点和适用范围，基本能够分析和评价控制器参数对被控过程的控制质量的影响。 | 不能掌握化工自动控制系统的组成、原理及各环节的作用；不能掌握简单及复杂控制系统的结构、特点及应用场合；  不能掌握化工对象的基本特性及其对控制过程的影响。  不能了解主要工艺参数的基本测量方法和仪表的工作原理及其特点，不能根据工艺实际情况正确地选用和使用常见测量仪表。  不能掌握基本控制规律的特点和适用范围，不能分析和评价控制器参数对被控过程的控制质量的影响。 |
| **课程**  **目标2** | 熟练地综合运用本课程和其它课程知识，根据工艺要求，与自控设计人员共同讨论和提出合理的自动控制方案；能够快速分析和处理控制系统运行中出现的一些现象和问题；  能在工艺设计和技术改造中，与自控设计人员合作，熟练地综合考虑工艺与控制两个方面，为自控设计人员提供正确的工艺条件与数据，选用合适的理论方法 | 较好地综合运用本课程和其它课程知识，根据工艺要求，与自控设计人员共同讨论和提出合理的自动控制方案；较快地分析和处理控制系统运行中出现的一些现象和问题；  能在工艺设计和技术改造中，与自控设计人员合作，较好地综合考虑工艺与控制两个方面，为自控设计人员提供正确的工艺条件与数据，选用合适的理论方法 | 能综合运用本课程和其它课程知识，根据工艺要求，与自控设计人员共同讨论和提出合理的自动控制方案；能够分析和处理控制系统运行中出现的一些现象和问题；  能在工艺设计和技术改造中，与自控设计人员合作，综合考虑工艺与控制两个方面，为自控设计人员提供正确的工艺条件与数据，选用合适的理论方法 | 基本能运用本课程和其它课程知识，根据工艺要求，与自控设计人员共同讨论和提出合理的自动控制方案；基本能够分析和处理控制系统运行中出现的一些现象和问题；  基本能在工艺设计和技术改造中，与自控设计人员合作，考虑工艺与控制两个方面，为自控设计人员提供正确的工艺条件与数据，选用合适的理论方法 | 不能运用本课程和其它课程知识，根据工艺要求，与自控设计人员共同讨论和提出合理的自动控制方案；不能分析和处理控制系统运行中出现的一些现象和问题；  不能在工艺设计和技术改造中，与自控设计人员合作，不能综合考虑工艺与控制两个方面，为自控设计人员提供正确的工艺条件与数据，选用合适的理论方法 |
| **课程**  **目标3** | 具备理论联系实际、熟练综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力，具备严谨的工作作风和实事求是的科学态度。 | 具备理论联系实际、较好地综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力，严谨的工作作风和实事求是的科学态度。 | 具备理论联系实际、综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力，严谨的工作作风和实事求是的科学态度。 | 基本具备理论联系实际、综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力，严谨的工作作风和实事求是的科学态度。 | 不具备理论联系实际、综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力，严谨的工作作风和实事求是的科学态度。 |

执笔人：孙欢利

2021年9月22日