

《自动控制原理》教学设计

课程负责人：吴迪

| | | | |
|-------|--|------|------------------|
| 授课知识点 | 时域分析法-控制系统 稳定性分析 | 教学模式 | 线下教学 |
| 授课时间 | 45 分钟 | 课程类型 | 专业必修课 |
| 授课教材 | 《自动控制原理》（第 三版）千博 主编 | 教学对象 | 自动化专业 大学二年级学生 |
| 教学背景 | 在控制系统的分析研究中，最重要的问题是系统的稳定性问题。不稳定的系统在受到外界或内部的一些因素扰动时，会使被控制量偏离原来的平衡工作状态，并随时间的推移而发散。因此，不稳定的系统是无法正常工作的。 | | |
| 教学目标 | 知识目标： 1. 掌握系统稳定性分析的方法； 能力目标： 1. 提高学生的数学抽象思维能力； 2. 理解系统稳定性的重要性。 情感目标： 1. 了解稳定性在控制系统的分析与综合中的应用， 树立努力学习的目标； 2. 使学生体会到学以致用乐趣，进一步增强对本学科的兴趣和求知欲。 | | |
| 重点和难点 | 重点： 稳定性分析 难点： 稳定性分析 | | |
| 教学方法 | 教法： 启发式教学、创设情境法、问题探索法、实例分析法； 学法： 自主学习法、分组讨论法、实验探究法、合作学习法； 教学手段： 实例讲解、实验仿真、多媒体课件。 | | |
| 学情分析 | 1. 授课对象为自动化专业大学三年级的学生，在学习自动控制原理前，已经学习了高等数学和复变函数，具有分析的复杂问题的能力； 2. 自动化专业的学生思维敏捷，动手能力强，但灵活运用 | | |

| | |
|---|--|
| | <p>数学知识的能力不足，可以在授课过程中加以引导；</p> |
| <p>教学过程设计</p> | <p>课堂上教师以问题导入融入思政案例，讲解“塔科马海峡大桥倒塌”事件的倒塌原因；随机抽取学生讲解课前制作的相关课件、视频等；师生共同讨论分析事件本质、原有分析方法存在的问题、解决问题的方法和坚守职业道德的意义。</p> |
| <p>线下教学</p> | |
| <p>一、数往知来——课前导学</p> <p>1. 课前导读：提前在 QQ 群发布课程公告，提供课前导读材料，让学生明确自己要学习的内容，对于存在疑问的地方，让学生带到课堂上提问。</p> <p>2. 课堂提问：卫星发射升天，其运行的轨迹是提前设定好的吗？卫星是如何计算其稳定性的？</p> <div data-bbox="448 1012 912 1323" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">图 1 卫星发射图</p> <p>设计目的：通过提问、回答培养学生善于思考和的归纳总结能力，引导学生利用所学知识处理未知问题，启发学生的思维。</p> <div data-bbox="501 1550 924 1865" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">图 2 学生汇报导读内容</p> <p>二、勇攀高峰——内容精讲</p> | <p>教学方法</p> <p>通过课前导读，提供丰富多彩的教学资源，老师提问，启发学生思考，激发学生兴趣，从而温故知新，承上启下。培养学生自主探究、自主学习的能力。</p> <p>（温故知新环节：5 分钟）</p> <p>通过图形讲解新知识，生动形象，通过提问和抢答激发学生的学习兴趣，调动学生积极性。</p> |

知识点精讲：系统稳定性概念与劳斯判据。

①一阶系统的特征方程为 $a_1s + a_0 = 0$

特征方程的根为 $s = -\frac{a_0}{a_1}$

②设二阶系统的特征方程为 $a_2s^2 + a_1s + a_0 = 0$

特征方程式的根为 $s_{1,2} = -\frac{a_1}{2a_2} \pm \sqrt{\left(\frac{a_1}{2a_2}\right)^2 - \frac{a_0}{a_2}}$

③高阶系统的特征方程式为

$$\begin{aligned} a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0 \\ = a_n (s - p_1)(s - p_2) \dots (s - p_n) = 0 \end{aligned}$$

④劳斯行列表

应用劳斯稳定判据时，必须借助特征方程式的系数编制一个表格，此表格称为劳斯行列表，其编制方法如下所示。

设系统特征方程式为 $a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0 = 0$

| | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| s^n | a_n | a_{n-2} | a_{n-4} | a_{n-6} |
| s^{n-1} | a_{n-1} | a_{n-3} | a_{n-5} | a_{n-7} |
| s^{n-2} | b_1 | b_2 | b_3 | b_4 |
| s^{n-3} | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 |
| s^{n-4} | d_1 | d_2 | d_3 | d_4 |
| \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | |
| s^2 | e_1 | e_2 | | |
| s^1 | f_1 | | | |
| s^0 | g_1 | | | |

知识点延伸：其他判定系统稳定性方法，如根轨迹判据等。

提出问题：系统稳定性的基本要求？

思政案例导入：介绍系统稳定性的重要性时，阐述稳定性

(知识精讲：
30分钟)

是系统正常工作的首要条件，引入“塔科马海峡大桥倒塌”事件，播放塔科马海峡大桥发生振动到最后倒塌的视频，给予学生们警示：在以后的工程设计中首先要确保设计的系统是稳定的、安全的，要坚持以人为本，生命至上的原则，培养学生良好的工程素养和职业道德，以及精益求精的工匠精神。引导大学生要高度重视维护社会稳定；要培养好大局意识、责任意识、超前意识。培养学生的责任与担当意识。



图3 塔科马海峡大桥



图4 出事后塔科马海峡大桥

价值观引领:在以后的工程设计中,如何确保系统是稳定的、安全的? 如何培养精益求精的工匠精神?

学生讨论:引导学生从不同角度分析、讨论,要求学生发表自己的观点,提高思辨能力,并提出改进途径。



图5 思政导入

课后拓展:车辆稳定控制系统的问题? 请同学们结合课前提供的参考资料以及课堂学习进行讨论, 提出改进策略。

三、感悟真谛——思想探讨

1. 讲授自动化故事: 科学家麦克斯韦
2. 传授自动化科学: 通过系统稳定性分析说明, 如何通过观察现象解决数学难题。

设计目的:无缝引入课程思政, 通过讲授自动化故事和自动化科学, 让学生透过现象发现本质, 产生强烈共鸣, 引发思考, 塑造他们的家国情怀和科学素养, 形成学习内动力, 进而塑造思想品质, 形成核心价值观



图6 学生课堂分享自动化故事心得

四、开拓视野——前沿悉知

1. 根轨迹法与稳定性因数 K 以及车辆的稳定性能、动态性能有机地结合起来,既能直观的判断汽车操纵稳定性的优劣,还可以分析出汽车操纵稳定性不佳的原因。

2. 飞行控制系统对控制飞机起到了至关重要的作用,飞行控制系统可用来保证飞行器的稳定性和操纵性、提高完成任务的能力与飞行品质、增强飞行的安全及减轻驾驶员负担。然而如何设计闭环飞行控制系统的反馈参数,使此系统能拥有良好的动态特性和飞机控制力。运用 MATLAB 软件进行仿真分析设计,可设计出闭环飞行控制系统的反馈参数。

借以上案例,让学生明白所学稳定性分析的实际应用,提高学生的兴趣。



图7 针对老师设置的问题,展开设疑讨论



图 7 企业工程师授课

设计目的：通过知识拓展，丰富学生的课余知识，提高学生的学习兴趣，树立学习目标，为课外学习奠定基础。

教学反思

（1）提升学生解决实际工程问题的能力。通过该案例使学生将所学的书本知识运用到实践中，巩固了专业基础知识，学会从控制角度提出研究方案，提高了解决问题的能力。

（2）学习积极性显著提高。启发讲授、问题导向的教学方法结合与学生生活实际案例相结合极大地激发了学生的兴趣，调动了学生的学习积极性。自主探究，讨论互动，以学生为主体的生本思想对于提高学生的自主学习力，分析问题解决问题的能力乃至提高学生的创新能力，课后学生梳理知识点画出思维导图和实践训练，提高了学生归纳总结和实践能力。

（3）强化了遵守职业道德、肩负社会责任的使命感，同时培养了学生的自主学习能力和团队协作精神。实现了价值塑造、知识传授和能力培养三者融为一体的教学目标。

（4）教学目标达成度明显提升。教学目标通过各环节的设置，层层递进，课后测试、实践操作、课后拓展训练评分显示知识，能力和素质目标达成。