

作者：机电工程系 高爱利

适用课程：机械工程检测与控制、机械工程控制基础

《机械工程控制的创新应用案例集》

摘要：本案例库建设旨在为机械设计制造及其自动化专业的教学和实践提供丰富、真实且具有代表性的案例资源，以提升学生对机械工程检测与控制的理解和应用能力。

通过与多家知名机械制造企业合作，广泛收集涵盖不同领域和工艺的真实项目案例。案例类型包括各类机床工作台位置测控系统、位置控制系统的数学模型分析、位置控制系统时间分析、位置控制系统频率分析、位置控制系统那轨迹分析等。

对每个案例进行深入剖析和整理，详细阐述项目背景、检测与控制的目标和要求、所采用的技术方法和设备、数据采集与处理过程、控制策略的实施及效果评估等关键环节。同时，配备丰富的图表、图片和实际数据，增强案例的直观性和可理解性。

为方便教学使用，案例库按照知识点和难度级别进行分类，并编写配套的教学指导材料，包括案例分析要点、思考问题和实践任务等。此外，还建立了在线交流平台，供师生和企业专家进行交流和讨论，促进案例库的不断完善和更新。

该案例库的建设不仅有助于学生将理论知识与实际工程应用相结合，提高解决复杂工程问题的能力，也为教师的教学提供了生动的素材和实践

参考，加强了学校与企业之间的合作与交流，推动了机械工程检测与控制领域的人才培养和技术发展。

关键词：机械控制、自动化、控制系统

一、背景介绍

在当今高度工业化和科技化的时代，机械工程领域正经历着深刻的变革和发展。检测与控制技术作为机械工程的关键组成部分，对于提高机械设备的性能、可靠性、安全性以及生产效率起着至关重要的作用。随着制造业向高精度、高效率、智能化方向迈进，对机械工程专业人才在检测与控制方面的知识和技能提出了更高的要求。

然而，传统的教学模式往往侧重于理论知识的传授，缺乏与实际工程应用的紧密结合，导致学生在毕业后难以迅速适应实际工作中的挑战。为了更好地满足行业需求，培养具有实践能力和创新精神的机械工程专业人才，建设《机械工程检测与控制》课程的真实项目案例库势在必行。通过收集和整理来自实际生产和科研项目中的典型案例，能够为学生提供一个贴近工程实际的学习环境，让他们在学习过程中接触到真实的问题和解决方案。

本真实项目案例集涵盖了机械制造的多个企业，反映了行业中检测与控制技术的应用特点和发展趋势。案例库的建设不仅有助于学生将所学的理论知识应用于实际，还能培养他们的工程思维、团队协作能力和解决复杂问题的能力。同时，案例库也为教师提供了丰富的教学资源，使教学内容更加生动、具体，提高教学质量和效果。此外，案例库的不断更新和完

善还能够紧跟技术发展的前沿，确保学生所学知识与行业最新动态保持同步。

二、案例教学实施

按照阶梯式培养路径，把课堂变成赛场，以项目案例为单位，打造两性一度课堂。首先通过发布手册提出项目需要，通过线上课堂，以问题为导向，团队自学、线上研讨，达到理解、记忆水平；课上，采用 212 汇报等多种形式，引导学生分析任务，质疑解惑，解决真题假做的课程项目，达到应用和分析水平；课后，总结反思，举一反三，真题真做在研的项目，达评价和创造水平，形成报告成果，为产业提供方案。

三、项目案例（节选 6 个）

项目案例 1：CMK8031 数控仿型铣工作台位置控制系统的根轨迹分析

1. 项目案例内容

该课程项目来源于专业项目“数控轴颈车磨床大修”，齐三机床承接的天津机务段项目。

该项目为实现五轴两联动，配置西门子 840D 数控系统分别控制左、右两个砂了轮架的进给和移动、头架旋转轴，自动化程度和加工效率高。

课程对工作台位置控制系统进行根轨迹分析。

2. 关键点

系统的根轨迹；系统的根轨迹方程；系统根轨迹的作图规则；系统根轨迹的绘制步骤；利用根轨迹法进行系统性能分析；系统的性能指标；系统的校正

3. 教学使用

依托真实项目，开展以项目为导向的教学；教学中融入思政元素；编写《学习手册》辅助教学，使学生课前要预习、课上有互动、课后须巩固；采取查阅文献、课堂活动、撰写项目报告等多种方式提高学生的三“五”能力；通过学习产出实现课程评价。

4. 涉及课点

★课点：系统的根轨迹

★课点：系统的根轨迹方程

★课点：系统根轨迹的作图规则

★课点：系统根轨迹的绘制步骤

★课点：利用根轨迹法进行系统性能分析

★课点：系统的性能指标

★课点：系统的校正

项目案例:2: XK715D/E 数控铣床工作台测控系统确立

1. 项目案例内容

该课程项目来源于专业项目“数控铣床大修”，是齐三机床承接的齐齐哈尔建华厂项目。

XKA715D/E 数控加工中心是北京第一机床厂生产设备。经过多年使用，目前机床现需进行针对性的大修改进、换件，恢复机床功能与精度。该项目更换电气系统，对电气控制系统进行清扫、检查、检测与检修，对线束整理、更换功能下降元件与电线电缆；修理后机床功能、精度要求满足目前产品工艺要求，并达到运行稳定。

课程对工作台位置控制系统进行了解。

2. 关键点

测试系统的基本知识；控制系统的基本知识；控制系统的组成；信号
的分类与描述；常用传感器分类

3. 教学使用

依托真实项目，开展以项目为导向的教学；教学中融入思政元素；编写《学习手册》辅助教学，使学生课前要预习、课上有互动、课后须巩固；采取查阅文献、课堂活动、撰写项目报告等多种方式提高学生的三“五”能力；通过学习产出实现课程评价。

4. 涉及课点

★课点：测试系统的基本知识

★课点：控制系统的基本知识

★课点：控制系统的组成

★课点：信号的分类与描述

★课点：常用传感器分类

项目案例 3： XK715D/E 数控铣床工作台位置控制系统的数学模型分析

1. 项目案例内容

该课程项目来源于专业项目“数控铣床大修”，是齐三机床承接的齐齐哈尔建华厂项目。

XKA715D/E 数控加工中心是北京第一机床厂生产设备。经过多年使用，目前机床现需进行针对性的大修改进、换件，恢复机床功能与精度。该项目更换电气系统，对电气控制系统进行清扫、检查、检测与检修，对线束整理、更换功能下降元件与电线电缆；修理后机床功能、精度要求满足目前产品工艺要求，并达到运行稳定。

课程对工作台位置控制系统的数学模型进行分析。

2. 关键点

测试系统静态特性分析；测试系统动态特性分析；测试系统对输入的响应；不失真测量的实现条件；复数和复变函数；拉普拉斯变换；典型时间函数的拉普拉斯变换；拉普拉斯反变换；系统微分方程的确定；系统传递函数的确定；系统传递函数方框图及其简化；反馈控制系统的传递函数；相似原理；系统的状态空间模型

3. 教学使用

依托真实项目，开展以项目为导向的教学；教学中融入思政元素；编写《学习手册》辅助教学，使学生课前要预习、课上有互动、课后须巩固；采取查阅文献、课堂活动、撰写项目报告等多种方式提高学生的三“五”能力；通过学习产出实现课程评价。

4. 涉及课点

★课点：测试系统静态特性分析

★课点：测试系统动态特性分析

★课点：测试系统对输入的响应

★课点：不失真测量的实现条件

- ★课点：复数和复变函数
- ★课点：拉普拉斯变换
- ★课点：典型时间函数的拉普拉斯变换
- ★课点：拉普拉斯反变换
- ★课点：系统微分方程的确定
- ★课点：系统传递函数的确定
- ★课点：系统传递函数方框图及其简化
- ★课点：反馈控制系统的传递函数
- ★课点：相似原理
- ★课点：系统的状态空间模型

项目案例 4： C620 卧式车床工作台位置控制系统的时间响应分析

1. 项目案例内容

该课程项目来源于专业项目“卧式车床大修”，是齐三机床承接的肇东市北方机械制造有限公司项目。

该项目通过改造增加数控系统变为数控机床，更换为滚珠丝杠并用伺服电机控制转速，重新刮研刀架滑座及刀台的结合面，提高机床的加工精度。

对卧式车床工作台位置控制系统的数控系统进行分析，掌握控制系统的时间响应分析。

2. 关键点

系统时间响应及其组成典型输入信号一阶系统的数学模型一阶系统的时间响应分析二阶系统的数学模型二阶系统的时间响应分析二阶系统响应的性能指标高阶系统的时域分析系统的误差分析与计算系统的稳态偏差

3. 教学使用

依托真实项目，开展以项目为导向的教学；教学中融入思政元素；编写《学习手册》辅助教学，使学生课前要预习、课上有互动、课后须巩固；采取查阅文献、课堂活动、撰写项目报告等多种方式提高学生的三“五”能力；通过学习产出实现课程评价。

4. 涉及课点

★课点：系统时间响应及其组成

★课点：典型输入信号

★课点：一阶系统的数学模型

★课点：一阶系统的时间响应分析

★课点：二阶系统的数学模型

★课点：二阶系统的时间响应分析

★课点：二阶系统响应的性能指标

★课点：高阶系统的时域分析

★课点：系统的误差分析与计算

★课点：系统的稳态偏差

项目案例 5： C620 卧式车床工作台位置控制系统的频率特性分析

1. 项目案例内容

该课程项目来源于专业项目“卧式车床大修”，是齐三机床承接的肇东市北方机械制造有限公司项目。

项目通过改造增加数控系统变为数控机床，更换为滚珠丝杠并用伺服电机控制转速，重新刮研刀架滑座及刀台的结合面，提高机床的加工精度。

对卧式车床工作台位置控制系统的数控系统进行分析，掌握控制系统的频率特性分析。

2. 关键点

系统的频率响应与频率特性
频率特性与传递函数的关系
系统频率特性的极坐标图
系统频率特性的对数坐标图
系统频率特性的特征量
最小相位传递函数
非最小相位传递函数

3. 教学使用

依托真实项目，开展以项目为导向的教学；教学中融入思政元素；编写《学习手册》辅助教学，使学生课前要预习、课上有互动、课后须巩固；采取查阅文献、课堂活动、撰写项目报告等多种方式提高学生的三“五”能力；通过学习产出实现课程评价。

4. 涉及课点

★课点：系统的频率响应与频率特性

★课点：频率特性与传递函数的关系

★课点：系统频率特性的极坐标图

★课点：系统频率特性的对数坐标图

★课点：系统频率特性的特征量

★课点：最小相位传递函数

★课点：非最小相位传递函数

项目案例6: MK8031 数控轴颈车磨床工作台位置控制系统的稳定性分析

1. 项目案例内容

该课程项目来源于专业项目“数控轴颈车磨床大修”，齐三机床承接的天津机务段项目。

制左、右两个砂了轮架的进给和移动、头架旋转轴，自动化程度和加工效率高。

课程对工作台位置控制系统进行稳定性分析。

2. 关键点

统稳定性；系统稳定条件；劳斯稳定性判据；赫尔维茨稳定性判据；辐角原理；奈奎斯特稳定性判据；伯德稳定性判据；系统的相对稳定性分析

3. 教学使用

依托真实项目，开展以项目为导向的教学；教学中融入思政元素；编写《学习手册》辅助教学，使学生课前要预习、课上有互动、课后须巩固；采取查阅文献、课堂活动、撰写项目报告等多种方式提高学生的三“五”能力；通过学习产出实现课程评价。

4. 涉及课点

★课点：系统稳定性

★课点：系统稳定条

★课点：劳斯稳定性判据

★课点：赫尔维茨稳定性判据

★课点：辐角原理

★课点：奈奎斯特稳定性判据

★课点：伯德稳定性判据

★课点：系统的相对稳定性分析