

作者：郭美荣

适用课程：机械控制工程基础、机械工程检测与控制

## 拖拉机位置操纵控制系统综合分析

**摘要：**本案例围绕机械控制工程基础课程，针对拖拉机位置操纵控制系统展开综合分析。通过建立系统数学模型，运用根轨迹法、频域分析法等经典控制理论方法，分析系统稳定性与动态性能，并设计超前-滞后校正装置优化系统。案例涵盖从需求分析到控制器设计的完整流程，突出传递函数建模、稳定性判据应用及校正装置设计等核心知识点，为教学提供综合性实践素材。

**关键词：**拖拉机位置操纵系统；稳定性分析；根轨迹；频域分析

### 一、背景介绍

拖拉机作为农业生产的重要工具，其位置操纵控制系统性能直接影响作业精度与效率。传统手动控制方式劳动强度大、精度低，难以满足现代精准农业需求。设计自动位置操纵系统可显著提升作业质量，降低人力成本。本项目针对一拖拖拉机位置操纵控制系统，要求学生建立数学模型，分析系统稳定性与动态性能，并设计校正装置优化系统响应，使学生掌握机械控制系统分析与设计的基本方法。

### 二、项目案例

#### （一）项目案例内容

##### 1. 项目来源

农机制造企业的拖拉机的位置操纵控制模块。

##### 2. 内容

系统建模：建立拖拉机位置操纵控制系统的数学模型，推导系统传递函数。

稳定性分析：运用劳斯判据、根轨迹法和频域分析法分析系统稳定性，确定系统稳定的参数范围。

动态性能分析：计算系统的时域响应指标（如上升时间、峰值时间、超调量和调整时间）和频域响应指标（如相位裕度、增益裕度和带宽），评估系统动态性能。

校正装置设计：基于分析结果，设计超前-滞后校正装置，改善系统的稳定性和动态性能。

### 3. 工作流程

需求分析：明确系统的性能指标和工作条件。

系统建模：建立拖拉机位置操纵控制系统的数学模型。

稳定性分析：运用劳斯判据、根轨迹法和频域分析法分析系统稳定性。

动态性能分析：计算系统的时域和频域响应指标，评估系统动态性能。

校正装置设计：根据分析结果，设计超前-滞后校正装置，改善系统性能。

## （二）关键要点

### 1. 知识点

机械控制系统建模方法（微分方程、传递函数）。

稳定性分析方法（劳斯判据、根轨迹法、频域分析法）。

系统动态性能指标（上升时间、峰值时间、超调量、调整时间、相位裕度、增益裕度）。

校正装置设计原理（超前校正、滞后校正、超前-滞后校正）。

## 2. 技能点

能够建立复杂机械系统的数学模型。

熟练运用稳定性判据分析系统稳定性。

掌握根轨迹法和频域分析法分析系统动态性能。

能够根据系统性能要求设计合适的校正装置。

## 3. 态度点

培养严谨的科学态度，对待系统建模和分析要精确。

增强团队协作精神，在项目实施过程中需要与团队成员密切合作。

树立创新意识，在解决实际问题时能够提出创新性的解决方案。

## （三）教学使用

### 1. 组织引导

课前布置预习任务，让学生查阅拖拉机位置操纵系统相关资料，了解系统工作原理。

课堂上首先介绍项目背景和任务要求，引导学生分析系统组成和工作流程。

讲解系统建模方法和稳定性分析理论，演示根轨迹绘制和频域分析方法。

组织学生分组讨论，制定项目实施方案。

### 2. 教学组织

理论教学：讲解控制系统建模、稳定性分析、动态性能分析和校正装置设计等理论知识。

实践教学：指导学生进行系统建模和分析。

项目实践：学生分组完成项目，包括系统建模、稳定性分析、校正装置设计和 AI 验证。

讨论交流：组织学生讨论项目中遇到的问题和解决方案，分享项目成果。

### 3. 过程设计：

项目启动阶段：介绍项目背景和任务要求，组织学生分组，制定项目计划。

理论学习阶段：讲解控制系统建模、稳定性分析和动态性能分析等理论知识。

系统建模阶段：学生分组建立拖拉机位置操纵控制系统的数学模型，推导传递函数。

稳定性分析阶段：运用劳斯判据、根轨迹法和频域分析法分析系统稳定性。

校正装置设计阶段：根据分析结果，设计超前-滞后校正装置。

AI 验证阶段：使用 AI 对校正前后的系统进行验证，验证校正效果。

项目总结阶段：学生撰写项目报告，进行项目答辩，总结项目成果和经验教训。

### 4. 考核方法：

过程考核（40%）：包括课堂表现、作业完成情况、项目报告和项目进度等。

理论考试（60%）：考查学生对控制系统建模、稳定性分析和校正装

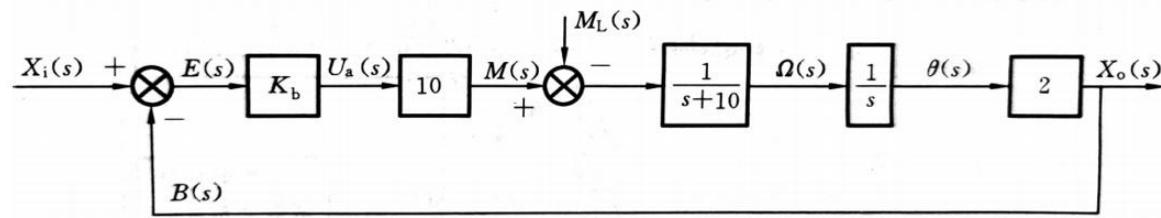
置设计等理论知识的掌握程度。

## 5. 教学效果

通过该项目教学，学生对机械控制工程基础理论知识的理解更加深入，能够熟练进行控制系统分析和设计，提高了学生的实践能力和解决实际问题的能力。同时，项目教学培养了学生的团队协作精神和创新意识，取得了良好的教学效果。

### （四）其他相关说明和附件

拖拉机位置操纵控制系统结构框图



—拖拉机位置操纵控制系统传递函数框图