

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

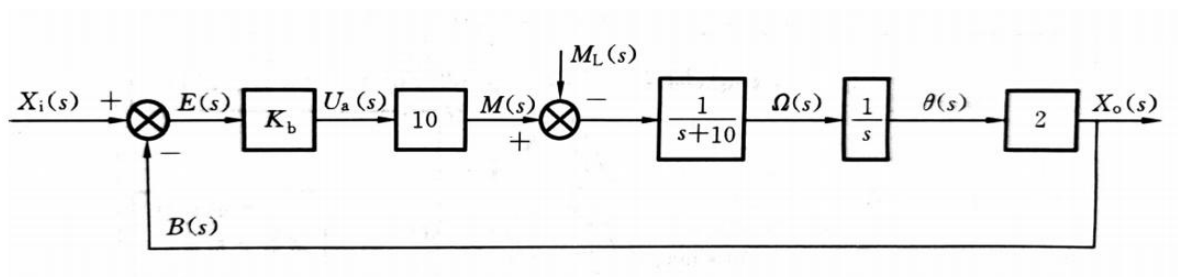
置设计等理论知识的掌握程度。

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



一拖拖拉机位置操纵控制系统传递函数框图