

# 生医工程类《自动控制原理》思政教学改革与设计

——以“电动轮椅车速控制系统的时域性能分析”为例

郭旭东\*, 谷雪莲, 许红玉

上海理工大学健康科学与工程学院, 上海

收稿日期: 2022年12月30日; 录用日期: 2023年2月1日; 发布日期: 2023年2月10日

## 摘要

《自动控制原理》是生物医学工程类专业的基础课程, 具有理论性较强、数学公式多的特点。为了构建全员、全程、全方位的“三全育人”体系, 形成协同育人效应, 需要将课程思政理念融入《自动控制原理》教学过程。本文以课程章节“控制系统的时域性能分析”为例, 将新型电动轮椅的速度控制系统作为分析对象融入课程思政元素, 强化课堂教学的思想引领, 创新思政教学的方式方法, 探讨了面向生物医学工程专业学生的思政教学改革与课程设计。通过思政教学改革, 课程教学在拓宽知识面、提升课程趣味性的同时, 激发学生们对生物医学工程专业的责任心和使命感。

## 关键词

生物医学工程专业, 自动控制原理, 思政元素, 电动轮椅车, 教学设计

# Teaching Reform and Design of “Automatic Control Principle” in Biomedical Engineering Major

—Taking “Time Domain Performance Analysis of Speed Control System for Electric Wheelchair” as an Example

Xudong Guo\*, Xuelian Gu, Hongyu Xu

School of Health Science and Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Dec. 30<sup>th</sup>, 2022; accepted: Feb. 1<sup>st</sup>, 2023; published: Feb. 10<sup>th</sup>, 2023

\*通讯作者。

## Abstract

Automatic control principle is a basic course for biomedical engineering majors, which is characterized by strong theory and many mathematical formulas. In order to build the “three all-around education” system of all students, whole process and all directions, and to form the effect of collaborative education, it is necessary to integrate the ideological and political concept into the teaching process of “automatic control principle”. Taking the course chapter “Time domain performance analysis of the control system” as an example, the speed control system of the new electric wheelchair as the analysis object is integrated into the ideological and political elements of the course. The teaching method can strengthen the ideological guidance of classroom teaching, which innovates the ways and methods of ideological and political teaching. The teaching reform in the curriculum design of ideological and political teaching for biomedical engineering students has been discussed. While broadening the knowledge range and improving the interest of the course, it also stimulates students’ sense of responsibility and mission for biomedical engineering.

## Keywords

Biomedical Engineering Major, Automatic Control Principle, Ideological and Political Elements, Electric Wheelchair, Teaching Design

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

《自动控制原理》课程是控制论与工程技术相结合的一门课程，着眼于使学生系统地掌握自动控制的理论基础，并具备对简单系统进行定性分析、定量评估和动态仿真的能力，能够应用其中知识去分析和设计工程系统。作为生物医学工程专业的一门专业基础课，该门课程理论性较强、数学公式多、且推导计算过程繁琐枯燥。

习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上强调：把思想政治工作贯穿教育教学全过程，开创我国高等教育事业发展新局面[1][2][3][4]。为了挖掘该门课程的思政元素，强化课堂教学的思想引领[5][6][7]，创新思政教学的方式方法，达到思政教育春风化雨无声的效果，本文以《自动控制原理》课程章节“控制系统的时域性能分析”为例，将新型电动轮椅的速度控制系统作为分析对象，融入课程思政元素，激发学生对于生物医学工程的专业责任心和使命感。

## 2. 课程思政育人元素的挖掘

### 2.1. 设计思路

在课程章节“控制系统的时域性能分析”中，首先复习控制系统的时域数学模型、控制系统数学模型的建立、以及自控系统的三个基本要求：稳定性、快速性、准确性。而为了评估自控系统的性能好坏，方法之一就是对其进行时域性能分析。由此引出本节课的学习内容。

学习控制系统的时域分析，步骤如下：先规定典型输入信号，再求系统在典型信号输入的时域响应，最后根据时域响应分析系统的性能指标。控制系统的时域性能评估主要从稳定性、快速性和准确性三个

方面入手。控制系统的时域分析内容包括：稳态性能指标、动态性能指标、稳定性分析。其中，动态性能指标通常在阶跃函数作用下进行测定或计算，包括：上升时间、调节时间、延迟时间、峰值时间、超调量。稳态性能指标包括稳态误差。分别阐述以上各个性能指标的定义和计算公式。

在讲解上述理论知识的基础上，以新型电动轮椅的速度控制系统的时域性能分析计算为例，讲解时域性能指标分析的方法和步骤。首先，需要建立新型电动轮椅的数学模型；在此基础上，计算系统的单位阶跃响应；然后，根据时域性能指标的定义计算各性能指标。通过以上案例的讲解，从而使学生掌握如何采用本课程的知识去分析和评估工程系统。

在课程知识点讲解的基础上，以新型电动轮椅的发展历史、发展现状和发展趋势为切入点，进而分析阐述国内医疗器械行业的发展历史和面临的挑战。一方面树立学生的民族自信心与自豪感，增强对国内医疗器械行业的认同感和归属感；同时，也应认识到国产医疗器械与国际上存在的差距与不足，鼓励学生努力学习提高自身的专业技能，投身于医疗器械产品的设计研发，树立生物医学工程专业学生的专业素养和责任心。

## 2.2. 思政育人目标

思政育人目标设定为：让学生树立医疗器械从业者的爱国情怀和使命担当，激发学生努力充实自己，掌握更多专业知识和技能，为国产医疗器械的发展贡献自己的力量。使学生们认识到：国内医疗器械行业的发展离不开每个生医人的奋斗。不负韶华，有所信方能行远。

## 3. 教学方法设计与实施过程

### 3.1. 课堂知识点的引入

在讲解控制系统的时域性能分析的理论之后，以电动轮椅车速控制系统为例，分析其动态性能指标和稳态性能指标。该新型电动轮椅适用于颈部以下有残障的人士，可根据使用者的头部动作实现轮椅车的速度控制，即在头盔上安装了4个间隔90度的速度传感器，用来指示前、后、左、右四个方向，头盔传感器的综合输出与头部运动的幅度成正比。首先需要建立电动轮椅的数学模型。

头盔上传感器的数学模型为：

$$G_1(s) = \frac{1}{s+2} \quad (1)$$

控制电路中放大器的数学模型为：

$$G_2(s) = K \quad (2)$$

轮椅车的动力学模型为：

$$G_3(s) = \frac{1}{(s+1)(0.25s+1)} \quad (3)$$

电动轮椅车速控制系统简化的结构图模型如图1所示：

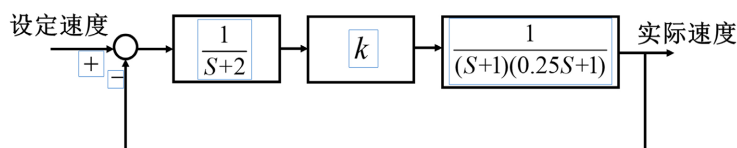


Figure 1. Structure diagram of speed control system of electric wheelchair  
图1. 电动轮椅车速控制系统的结构图

基于以上结构图模型，计算系统的闭环传递函数如下：

$$G(s) = \frac{4k}{(s + 4.468)(s^2 + 2.532s + 2.686)} \quad (4)$$

当  $k$  设置为 5 时，系统的阶跃响应曲线如图 2 为：

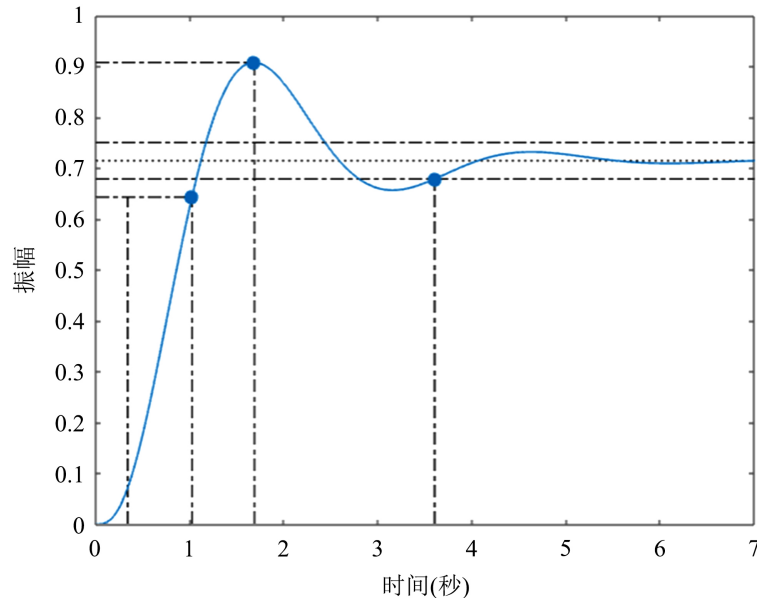


Figure 2. Step response curve of speed control system of electric wheelchair  
图 2. 电动轮椅车速控制系统的阶跃响应曲线

计算各个性能指标，如下：

超调量  $\sigma\% = 27\%$ ；

峰值时间： $t_p = 1.68\text{s}$ ；

上升时间： $t_r = 0.684\text{s}$ ；

调节时间： $t_s = 3.6\text{s}$  (误差带  $\Delta = \pm 5\%$ )；

综上所述，车速控制系统是稳定的，已完成系统动态性能指标的分析。

### 3.2. 电动轮椅车速控制系统的基本原理与时域分析法

电动轮椅的控制系统是一种反馈式控制系统，引导同学们复习已学习过的知识点：反馈的含义、反馈控制系统的定义、控制系统的几种基本控制方式等。

对于线性控制系统，常用的分析方法包括：时域分析法、根轨迹法、频域分析法。时域分析法具有直观准确的优点，可以提供系统时间响应的全部信息，尤其适用于低阶系统。随后，针对电动轮椅车速控制系统的结构图和时域性能指标，对电动轮椅车速控制系统进行分析计算。并且进一步引导学生思考分析：当改变放大器的放大增益  $k$  值时，速度控制系统的性能指标如何变化，对整个控制系统的性能有哪些方面的具体影响，由此得到提高控制系统快速性的方法。

### 3.3. 思政育人要素的融入

在讲解课程知识点的基础上，引入国内智能电动轮椅的发展现状和发展趋势。国内对智能电动轮椅

的研究起步较晚，但近几年发展较快。目前面临的瓶颈和挑战如下：

首先，人机交互智能化程度不够，大多采用传统人机接口对轮椅进行简单控制，无法快速准确地理解操作者的思维和命令。其次，轮椅的多地形适应能力较差。第三，智能电动轮椅控制系统的实时性有待提高、功耗较大、续航能力不高。

鉴于以上因素，我们认为智能电动轮椅未来的发展趋势有很大的提升空间。借由新型电动轮椅的发展现状和发展趋势讲解，延伸到国产医疗器械的发展，从而使学生明确：近年来，国产医疗器械的研发水平已经取得了长足进步，攻克了许多技术难关，正处在飞速发展的过程中，但是与国际上还存在一定的差距，随着我国科技的进步，这种差距有望进一步缩小。国产医疗器械行业能否实现弯道超车，能否达到国际领先水平，这都需要我们每一个人为之努力奋斗。

在分析轮椅车速度控制系统的动态性能指标时，可以发现：放大器增益，即系统开环增益的增加，对稳定性是不利的，但可以加快系统的动态响应，且当稳态误差为常数时可减小稳态误差值。由此可见：控制系统的稳定性、稳态误差、动态性能有时是相互制约的，这就要求全面地考虑问题，有大局意识，抓主要矛盾。

#### 4. 教学效果分析与思考

通过分析新型电动轮椅的速度控制系统的时域性能指标，将课程思政元素穿插在课堂知识点的讲授中，培养学生的专业责任感和使命感。可进一步引导学生认识到：作为生医专业的本科生，是我国医疗器械行业发展的基石和新生力量，只有不断提高自身的专业技能和素养，才能为医疗器械产品的研发贡献力量。医疗器械的研发任重而道远，我们在路上，并且义无反顾、脚踏实地走下去。

本次课程结束之后，通过采用调查问卷的反馈方式，学生表示：不仅能从这门课程中掌握反馈控制系统的基本工作原理、线性控制系统的时域分析方法，更能从中感受到国产医疗器械行业的飞速发展，以及医疗器械行业中存在的机遇与挑战，需要我们不断提高自身的专业素养，不负使命与担当，实现自身的社会价值。

#### 基金项目

上海理工大学课程思政领航学院项目，上海理工大学课程思政建设项目。

#### 参考文献

- [1] 鹿丰玲. 三全育人模式下课程思政问题的探讨[J]. 文教资料, 2018(26): 170-171, 96.
- [2] 张晓凡, 陈德良. “三全育人”理念下课程思政的设计与实践[J]. 广州化工, 2021, 49(4): 154-156.
- [3] 陈楚淘, 胡以仁, 卢芳国, 等. 三全育人, 四主融合——关于高等院校推进课程思政建设的思考[J]. 科教导刊-电子版(下旬), 2021(6): 79-80, 131.
- [4] 赵军. “三全育人”理念下课程思政教学的思考与实践[J]. 发明与创新: 职业教育, 2020(11): 44-44, 52.
- [5] 于美, 李卫平, 邢雅兰. 以解决复杂问题为牵引的课程思政机制的构建[J]. 教育教学论坛, 2020(53): 114-116.
- [6] 刘崇, 翟雯航, 李凯慧, 杨光瑞. 关于课程思政建设速度、支撑和动力的思考[J]. 教育进展, 2022, 12(11): 4281-4287. <https://doi.org/10.12677/AE.2022.1211654>
- [7] 韩扬, 高志. 高等院校专业课课程思政建设问题探讨[J]. 智库时代, 2021(36): 125-127.