

形象化语言——撬动“现代控制理论” 课程教学品质的支点

付志粉, 马建立, 李 洋

安徽理工大学力学与光电物理学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2022年1月4日; 录用日期: 2022年2月9日; 发布日期: 2022年2月16日

摘 要

《现代控制理论》是一门研究自动控制规律的工程应用技术课程, 被广泛应用在与人们的生活息息相关的各行各业, 在工科各专业的课程体系中有至关重要的作用。本文结合多年的教学实践经验, 提出了利用抽象理论概念向形象化语言转化的启发式教学方法提升现代控制理论课程教学效率和教学质量, 以期有助于引起师生同频共振增强教学效果, 激活控制理论学科研究。

关键词

《现代控制理论》, 抽象与形象转化, 教学品质

Visual Language—The Fulcrum of Teaching Quality of “Modern Control Theory”

Zhifen Fu, Jianli Ma, Yang Li

School of Mechanics and Optoelectronic Physics, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Received: Jan. 4th, 2022; accepted: Feb. 9th, 2022; published: Feb. 16th, 2022

Abstract

Modern Control Theory is an engineering applied technology curriculum that studies the law of automatic control. It is widely used in all walks of life closely related to people and plays a crucial role in the curriculum system of engineering majors. This paper combines the teaching emphases and difficulties in the teaching process of modern control theory. By summing up years of teaching experience, this paper puts forward a method to improve the teaching efficiency and teaching quality of modern control theory by using heuristic teaching that transforms abstract concepts into image thinking. This method is helpful to enhance the teaching effect and activate the subject

research of control theory.

Keywords

Modern Control Theory, Abstraction and Image, Transformation of Thinking

Copyright © 2022 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

控制理论作为一门应用科学技术,其产生与发展经历了漫长的过程,包含经典控制理论和现代控制理论两部分。经典控制理论即古典控制理论,早期有东汉时期张衡发明的自动测量地震的候风地动仪,三国时期最负盛名的机械发明家马钧研制的用齿轮传动的自动指示方向的指南车,等等;这些都是我国古时控制理论的应用实例。再有英国科学家詹姆斯·瓦特利用离心式调速器改良并控制蒸汽机的速度;二次大战中,火炮、雷达、飞机以及通讯系统的控制研究更是直接推动了经典控制的飞速发展。随着控制系统朝着复杂的大系统发展,控制的任务也越来越复杂,对控制的程度、范围及适应能力的要求也越来越高,控制性能的达成度要求越来越精准,现代控制理论应运而生,并在现代世界各国军备竞赛的刺激下,在导弹卫星、航天器以及计算机技术的应用中得到迅猛发展[1]。

著名德国诗人歌德在“浮士德”中说“理论全是灰色的,只有生命之树常青”。这句经典语言表明理论是对于具体的事物总的概括,分析的是必然性,获得某种确定性,如果对理论墨守成规,那就是灰暗的,无趣的;而在理论指引下,用生命去探索,实践,突破种种局促不安,就可将生命填充了颜色,那才会是真正的生生不息。确实,理论既已具有思想性,再赋予它鲜活性,则走的道路会更长久。同样的道理应用于现代控制理论的教学更是如此。现代控制理论中充斥着大量的数学特别是矩阵理论对控制系统的描述、分析和计算,再加上抽象的专业语言,给现代控制理论的教学带来了重重困难。如何把现代控制理论的抽象专业语言“翻译”为形象的通俗化语言,赋予现代控制理论以鲜活的生命,有助于提高现代控制理论的教学效果和教学品质,是一个值得研究的课题。

2. 新工科背景下“控制理论”课程特点及教学困境

21世纪是竞争的世纪,国与国之间竞争的焦点之一就是军备力量的竞争,归根结底是高科技军备的竞争,导弹、卫星、航天器等是其主要的竞争方向。而这些高科技军备的基础离不开控制理论。现代控制理论作为诸多理工科专业的一门重要专业基础课,包括控制系统的概述,控制系统微分方程、传递函数、空间响应、时间响应、转移矩阵、能观能控性、稳定性、误差计算、根轨迹分析及频率响应等等内容[2]。学好这些内容不但要求学生具有扎实的数学、力学、电学、光学及热学等课程的基础知识,还要求学生涉猎电工、电子、电路等知识。对系统状态转移矩阵的分析,能观能控性分析,稳定性判据等要求学生在掌握线性代数的基础上熟练的运用矩阵论中矩阵的加法、数乘、乘法、分块乘法、逆矩阵及其求法,以及特征根特征向量及其求法。对系统稳定性的分析,在时域和频域分别要用到代数稳定判据、对数频域稳定判据、奈奎斯特稳定判据等,在运用上述判据的过程中不可避免要涉及到大量的数学计算和精准绘图,要求学生具有很强的计算能力和绘图能力。现代控制理论课程涉及专业知识面广泛的特点无形中加大了学生学习本课程的难度。

现代控制理论是一门研究自动控制规律的工程应用技术学科，具有较强的理论性和工程实践性，这就意味着控制理论的最后落脚点必须是实际的工程问题[3]。但在实际教学过程中，侧重于理论，缺乏实践，其理论知识和实践的结合并不紧密。具体教学过程中，只有在第一章数学建模阶段，需要利用简单的机械和电工、电子系统，把抽象理论和实际应用能够联系起来。在后续的章节教学过程中，例如，时间响应分析，稳定性分析，能观能控性分析阶段，只有抽象的理论概念，没有具体的实际系统。教师在实际授课过程中缺乏具体的案例分析，无法培养学生对抽象理论概念的掌握和应用。

新工科背景下现代控制理论课的教学目的是旨在培养学生对控制理论基本原理及方法的理解和掌握，以便进行系统分析与设计，达到学以致用，活学活用的效果。然而，事与愿违。为了保持理论的严谨性和准确性，防止学生脱离教材，在实际教学过程中大多数教师拘泥于课本上的专业化语言，喜欢把抽象的专业词汇“原汁原味”的讲授给学生而不加转化和解释。这样做让本来已经很难学的现代控制理论课程更是难上加难，结果就是学生随着课程的深入逐渐的失去了学习的兴趣。

3. “控制理论”课程教学语言通俗化的措施及其价值

面对以上现代控制理论课在教学中的困境，如何提升新工科背景下现代控制理论课程的教学品质和教学效果已成为一个亟需解决的问题[4]。黑格尔曾说过，“方法不是外在的形式，而是内容的灵魂”。为克服现代控制理论课的教学困境，在多年的教学实践中，我们发现，将抽象理论概念转化为形象化、通俗化教学语言的启发式教学方法是讲授控制理论课程的一剂良方。中国人自古讲究“知行合一”，更讲“道虽迩，不行不至”，所以，无论是控制理论教学还是控制理论实践，把控制抽象理论转化为形象化、通俗化的语言都是绕不开的命题，是需要尝试和实践的。其在新工科背景下控制理论课程的教学中具有极大的价值。

1) 寓教于乐，提高学生学习兴趣。教师选择什么样的教学模式一定要结合学生的实际知识水平。俗语说“入乡随俗”，对大学生来说，形象化、通俗化的教学语言生动活泼，更具有语言色彩，能够增强感染力、沟通力和说服力，更易于学生理解和接受。

2) 化繁为简，加强学生记忆。如果说抽象理论概念的专业术语是“阳春白雪”，那么，形象化、通俗化的语言就是“下里巴人”。阳春白雪式的语言固然高雅，但毕竟“曲高和寡”；下里巴人式的语言固然庸俗，但胜在鲜活生动、朴实亲切，更容易使人理解和掌握。所以，在实际教学过程中我们往往通过联系生活实例，大胆比喻，变抽象为形象，通过简单明了形象化的语言加强学生对新概念的理解和记忆。例如控制系统的性能指标包括稳定性、快速性、准确性和鲁棒性。而“鲁棒性”是 *robustness* 的音译，原是统计学中的一个专门术语，20 世纪 70 年代开始流行于控制理论中，其意指控制系统在一定参数摄动下，维持其某些性能的特性。这一概念较为抽象，若教师在讲授过程中不加解释，学生对系统概念理解不透彻，仍然是似懂非懂。所以，教师在讲授“鲁棒性”概念时不妨将其通俗化。*Robustness* 中文译为强健、稳健，所以，鲁棒性直白点说就是健壮的、稳健的算法。比如我们常用的计算机软件，如果在存在输入错误，磁盘故障或病毒的攻击下，仍然可以不崩溃，就可以说该软件是鲁棒的。通过这一形象、通俗的解释，学生一下子就记住了并掌握了该概念。

3) 理论联系实际，增强教学效果。我们常常讲“理论是盐，实践是汤”，光吃盐难以下咽，而不放盐的汤则食之无味。控制理论是一门与实践密切联系的课程，在现代控制理论教学中，强调抽象理论概念与实践的联系，可以使学生感受到知识的价值[5]。比如，开环系统和闭环系统，无反馈的控制系统叫开环控制，有反馈的控制系统叫闭环控制。具体讲解过程中可以通过实例来增强学生对概念的理解。开灯，按下开关的一瞬间控制活动就已结束，是一个开环系统；自动门、声控灯也是开环系统。骑自行车，骑行过程中通过路面，骑行难易程度等反馈信息不断调整骑行的速度和方向，是一个闭环系统；空调、

冰箱也是闭环系统。通过这些生活中的实例，一下子就可以使学生理解和接受开环系统和闭环系统。

4. 新工科背景下“控制理论”课教学语言通俗化的注意事项

用形象化语言讲解控制理论，不是想当然，不是想怎么讲就怎么讲，要讲出控制理论的实质，把理论性和实践性熔于一炉[6]。故此，在现代控制理论实际教学过程中，把抽象的理论转化为形象化的通俗化语言过程中，需要注意以下事项：

1) 要注意运用形象化语言的尺度。控制理论教学语言的形象化要掌握适度的原则，要注意过犹不及。在适用形象化语言的范畴内也不必如滔滔江水连绵不绝。这就要求教师在实际教学过程中在把抽象的概念翻译成形象化语言的时候把握好“度”。一方面是由于形象化语言具有混淆性，有时候没有办法精确的表述控制理论的抽象概念，无法精准的表达出控制理论的实质。所以在实际的教学过程中，把抽象概念转化为形象化的语言，以不损害控制理论概念的准确性为底线。另一方面，形象化语言不可避免具有通俗性。如果通俗性太低，甚至于陷入娱乐化、低俗化的境地，就是语言太俗了，则无法达到预期的效果，反而会带来副作用，会让学生觉得控制理论太随意，失去对理论知识的应有的尊重。

2) 要注重从实际出发。运用形象化语言的主要目的是提升控制理论课教学品质，在实际教学过程中是否使用形象化语言要结合实际情况。俗话说“强扭的瓜不甜”，就是说，具体教学过程形象化语言可用时就用，不可用时不用，不必刻意使用。如，“定常系统”的概念是指系统自身性质不随时间变化，这是一个理工科学生不言自明就能理解的概念，自然不需要将其形象化。相应的，如“开环和闭环控制系统”的概念。教师在讲授这一概念时，不必过分强调专业术语，可以适当的将其通俗化，更利于学生理解其概念。开环系统和闭环系统最大的区别是有无反馈。所以，在实际授课时，可以把“开环控制系统”形象的比作“黑店”，货品一经售出概不负责；把“闭环控制系统”形象的比作“正规店家”，货品售出还提供相应的售后服务，并根据买家的反馈及时改进货品或调整销售方式等等。通过这一形象化的讲解，把一抽象的概念立马形象化的摆在了眼前，更利于学生理解和掌握好这一概念。

所以，如何在教学过程中使控制理论中抽象概念与形象化语言融会贯通、相辅相成，是控制理论课程教师要解决的问题。教师在教学过程中，要努力寻求控制理论课程中抽象概念与形象化语言间的平衡点，既要严格把关又要善于放行，妥善处理好抽象概念的内涵，给出符合抽象概念真谛的解释，达到控制理论抽象概念专业化语言与形象化语言间的完美结合。

5. 结论

多年的教学实践认为，在教学过程中碰到抽象的概念、理论时，教师要仔细揣摩抽象理论概念的内涵，利用各种手段查阅其讲法和解释，从有助于学生更好、更快地领悟概念涵义和真谛的角度出发，精心设计课堂教案，构思讲授方式方法把学科前沿发展与形象化语言融会贯通，使学生保持学习兴趣的同时易于理解和掌握新知识，提高学生理论解决实践的能力，增强教学效果，提高教学品质。

基金项目

安徽省光电信息科学与工程卓越工程师教育培养计划——省级“六卓越、一拔尖”卓越人才培养创新项目(2018zygc012)；安徽省光电物理实验实训中心——示范实验实训中心(2017sxzx15)。

参考文献

- [1] 胡寿松. 自动控制原理[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [2] 孙炳达. 现代控制理论基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2018.
- [3] 钟秋海. 现代控制理论与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.

-
- [4] 韩娜妮, 郑耐琴, 徐秀妮. 面向工程教育专业认证的现代控制理论教学改革[J]. 山东化工, 2020(6): 189-191.
 - [5] 贺跃帮, 王天雷. “现代控制理论”课程案例教学探索[J]. 电气电子教学学报, 2017, 39(3): 66-69.
 - [6] 韩剑尘, 周良发. 通俗化语言: 撬动理工科“思想道德修养与法律基础”课法律教学品质的支点[J]. 湖北第二师范学院学报, 2016, 33(6): 52-55.