

# 焊接技术与工程专业“数值计算方法”课程教学 问题分析与改革实践

徐洋, 陈书锦\*, 胥国祥, 高文斌, 王俭辛  
江苏科技大学 材料科学与工程学院, 江苏 镇江 212100  
DOI: 10.61369/RTED.2025270037

**摘 要 :** 数值计算方法是江苏科技大学焊接技术与工程专业的学科基础课, 该课程兼具数学理论深度与工程应用广度的双重特征, 对培养学生解决复杂工程问题的能力具有重要意义。然而, 当前课程教学面临两大挑战: 一是内容抽象性强, 学生难以建立理论与工程实践的联系; 二是课程思政育人功能未能充分体现, 价值引领作用不足。为应对这些问题, 本研究团队一方面通过引入焊接工程中的真实案例, 如焊缝跟踪等, 将抽象算法与具体工艺相结合, 增强学生的直观理解和应用能力; 另一方面, 在教学中系统融入思政元素, 引导学生树立正确的价值观和责任意识。改革实践表明, 这些措施有效激发了学生的学习主动性, 促进了其自主创新能力的培养, 强化了课程知识传授、能力培养与价值塑造的有机统一, 为同类工科专业课程建设提供了可借鉴的路径。

**关 键 词 :** 焊接技术与工程; 数值计算; 教学改革; 课程思政

## Analysis of Teaching Issues and Reform Practice of the "Numerical Computing Methods" Course in the Welding Technology and Engineering Major

Xu Yang, Chen Shujin\*, Xu Guoxiang, Gao Wenbin, Wang Jianxin  
School of Mater. Sci. and Eng., Jiangsu Univ. of Sci. and Technol., Zhenjiang, Jiangsu 212100

**Abstract :** Numerical calculation method is a basic course of welding technology and engineering specialty in Jiangsu University of Science and Technology. This course has the dual characteristics of mathematical theory depth and engineering application breadth, which is of great significance to cultivate students' ability to solve complex engineering problems. However, the current curriculum teaching faces two major challenges: first, the content is abstract, and it is difficult for students to establish the connection between theory and engineering practice; secondly, the function of curriculum ideological and political education has not been fully reflected, and the role of value guidance is insufficient. In order to deal with these problems, the research team implemented the curriculum teaching reform with the goal of improving the quality of teaching and the effectiveness of education. On the one hand, by introducing real cases in welding engineering, such as weld seam tracking, the abstract algorithm is combined with the specific process to enhance students' intuitive understanding and application ability. On the other hand, ideological and political elements are systematically integrated into teaching to guide students to establish correct values and sense of responsibility. The reform practice shows that these measures have effectively stimulated students' learning initiative, promoted the cultivation of their independent innovation ability, strengthened the organic unity of curriculum knowledge transfer, ability training and value shaping, and provided a reference path for the construction of similar engineering courses.

**Keywords :** welding technology and engineering; numerical calculation; teaching reform; course ideological education

## 引言

焊接技术与工程专业在船舶制造领域发挥着至关重要的作用。船舶的壳体、甲板及内部结构需要大量高精度的焊接工艺, 而焊接技术与工程专业正是培养学生掌握先进焊接方法、工艺及质量控制技术的核心学科<sup>[1]</sup>。随着绿色船舶智能化制造的发展, 焊接工艺的效率

作者简介: 徐洋 (1991年—), 男, 副教授, 博士研究生。研究方向: 摩擦焊及固相增材技术与教学研究。E-mail: xuyang\_010101@126.com

\* 通信作者: 陈书锦, E-mail: chenshujin7120@126.com。

和质量控制精度亟待进一步提高<sup>[2]</sup>。数值计算方法作为一门以高等数学、线性代数为基础,采用计算机解决数学问题的数值计算理论及方法的课程,能够通过数值模拟的方法优化焊接工艺,提高焊接生产效率,从而指导解决实际工程问题<sup>[3]</sup>。

江苏科技大学焊接技术与工程专业办学历史悠久,最早可追溯到1953年上海船舶工业学校开设的焊接专业。经过70余年的发展,焊接技术与工程专业已入选首批国家级一流本科专业建设点、国家级特色专业、教育部综合改革试点专业和江苏省A类品牌专业,并于2023年通过中国工程教育认证。然而,传统高等教育存在的注重理论灌输、教学内容滞后和教学方法单一等问题无法匹配国家一流专业建设和工程教育要求。基于该背景下,焊接技术与工程专业课堂教学改革及创新迫在眉睫。

数值计算方法是江苏科技大学焊接技术与工程专业的一门学科基础课。学生经过该课程的学习,能够针对焊接工程结构、焊接工艺和质量控制等复杂问题,开发、选择和使用现代工具对上述问题进行预测与模拟。但是,在本科生培养阶段,学生接受的知识更偏重于理论,而对实际的工程问题往往认识不足。同时,前期学生已经学习了高等数学、线性代数等公共基础课,在学习数值计算方法课程时存在“满堂灌”和“以教师为中心”两类问题,致使学生对数值计算方法的学习目标不明确、学习效果不明显。针对此问题,本教学团队以江苏科技大学焊接技术与工程专业为例,从教学理念和教学内容两方面对数值计算方法课程进行改革探索,旨在提高该课程教学质量,并满足国家一流专业建设和工程教育要求。

## 一、数值计算方法课程教学存在的问题

### (一) 理论内容抽象,缺乏真实案例

数值计算方法课程作为数学与计算机科学的交叉学科,其具有数学理论的抽象性和严谨性。该课程内容具体包含:(1)数值计算误差分析;(2)插值法;(3)曲线拟合的最小二乘法;(4)数值积分与微分;(5)线性方程组数值解法;(6)非线性方程数值解法。一方面,从课程内容分布可以看到,在教学过程中需要讲授有效数字、拉格朗日插值、最小二乘法、牛顿-柯特斯公式和迭代法等偏理论内容,这些内容含有大量公式推导和繁琐证明,容易导致学生产生畏难情绪,以致学习主动性不足,课堂效果大打折扣。

另一方面,该课程的授课对象为焊接技术与工程专业学生,最终目标是培养学生针对焊接领域复杂工程问题,能够利用计算机程序设计提出解决数学问题的综合方案。如何将上述理论与实际焊接工程问题进行有机结合成为解决课堂教学效果的关键途径之一。

### (二) 侧重专业知识,育人导向不足

传统的数值计算方法课程存在教学课时少、内容多,以江苏科技大学为例,该课程总课时为32学时,课程内容涉及插值法、曲线拟合和方程组数值解法等重要内容。因此,在教学过程中,为了按时完成授课内容,任课教师主要侧重于知识点的理论讲解,而忽略了课程思政育人功能。

站在学生角度思考,学生不仅需要完成该课程学习,还要进行其它公共基础课和学科基础课的学习。学生在整个教学周期内学习较为紧张,而对学习课程思政内容并没有浓厚兴趣。其次,该课程面向焊接技术与工程专业类学生,他们更加关注专业知识和实践能力的提升,对思政教育的重视程度较低。

## 二、数值计算方法课程的教学改革

### (一) 真实场景案例教学

针对数值计算方法课程理论内容抽象的问题,本教学团队以自身承担的纵向科研项目和企业项目为例,通过提炼项目实施过程中碰到的实际工程问题,结合数值计算方法课程内容,采用真

实场景案例教学,让学生在解决实际问题的途径中掌握本课程核心知识。本文以大型客船用铝合金上层建筑焊接为例,挖掘焊接过程中存在的曲线拟合问题。

搅拌摩擦焊(Friction stir welding, FSW)作为一种新型固相连接技术,具有焊接温度低和变形小的特点,适合铝合金、镁合金等有色金属连接,是铝合金上层建筑理想焊接方法之一<sup>[4]</sup>。FSW过程是将高速旋转搅拌头扎入两被焊母材焊缝处,利用轴肩和搅拌针与母材之间产生摩擦热和塑性变形热,使得焊缝发生塑化,同时搅拌针沿焊缝方向前进直至完成整条焊缝<sup>[5]</sup>,实物如图1所示。然而,在实际焊接过程中,由于焊缝长度达到2m,容易存在以下两个问题:(1)母材对接面过长,导致加工的对接面不平整;(2)大型板材装夹时两母材之间不可避免有间隙。上述问题会直接影响搅拌针行进轨迹,甚至偏离焊缝中心,不利于获得成形质量良好的焊缝。随着现代工业向智能化发展,以焊接机器人为代表的新技术逐渐取代传统人工操作,这其中也伴随着焊接机器人视觉跟踪技术的诞生。基于视觉跟踪的焊接机器人在路径规划上可大幅度缩减人工示教时间,还能提高焊缝路径跟踪精度<sup>[6]</sup>。

图2给出了采用激光视觉跟踪焊缝与激光平面标定过程。图2a是线激光器在一定角度照射焊缝表面,利用工业相机采集带有激光条纹的焊缝图像。为了便于直观理解焊缝跟踪过程,这里将真实焊缝替换成带有黑白格的相机标定板,该相机板能够确定任意位置处X和Y方向坐标,如图2b所示。随后,读取相机标定板上缺失激光条纹处位置坐标 $(x_0, y_0)$ 和 $(x_1, y_1)$ ,见图2c。最终,通过两点求解出缺失位置处的线性表达式(如图2d),实现焊缝精准跟踪。学生接触到这一步后,逐步引导学生学习插值法相关理论知识。该问题可表述为:已知 $x_0$ 和 $x_1$ ,以及对应的函数值为 $y_0$ 和 $y_1$ ,如何构造一个线性函数使其通过 $(x_0, y_0)$ 和 $(x_1, y_1)$ 两个节点。

拉格朗日插值是基于离散点的数据,通过构造基函数实现曲线拟合,具有较高的精度,广泛应用在物理学、工程学等领域<sup>[7]</sup>。为了让学生掌握拉格朗日插值法的核心思想,首先需要理解基函数的构造方法,然后启发学生如何延伸至二次、三次基函数。本文以激光视觉跟踪焊缝为例,从构造简单的一次基函数出发,让学生从实际焊接场景需求过渡到基础的数值计算问题。上述线性

函数  $L_1(x)$  可以用两点式表达:

$$L_1(x) = \frac{x-x_1}{x_0-x_1}y_0 + \frac{x-x_0}{x_1-x_0}y_1 \quad (1.1)$$

若令

$$l_0(x) = \frac{x-x_1}{x_0-x_1}, l_1(x) = \frac{x-x_0}{x_1-x_0} \quad (1.2)$$

则式 (1.1) 可表达为

$$L_1(x) = l_0(x)y_0 + l_1(x)y_1 \quad (1.3)$$

其中,  $l_0(x)$  和  $l_1(x)$  分别为节点  $x_0$  和  $x_1$  处的基函数。

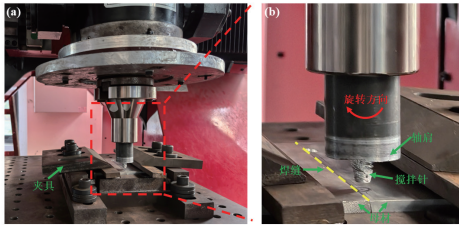


图1 铝合金 FSW 现场照片: (a) 整体场景; (b) 搅拌头及焊缝细节

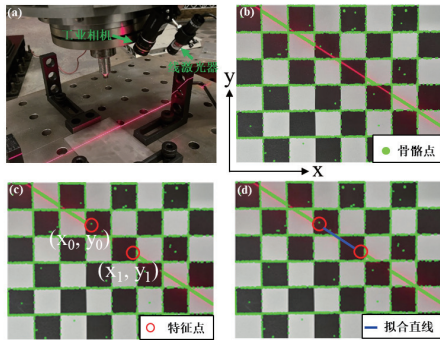


图2 焊缝跟踪与曲线拟合之间的关系: (a) 激光条纹下焊缝图像; (b) 激光条纹与相机标定板; (c) 目标特征点坐标; (d) 直线拟合

### (二) 知识点融入课程思政

焊接技术与工程专业在专业导向和课程设置方面,更加偏向理论教学,基本上忽略了课堂教学作为育人的重要载体作用。另外,在数值计算方法授课过程中如何挖掘出潜在的课程思政元素使其与课程教学产生有机结合,成为本专业授课教师需要面对的时代课题。

2016年12月,习近平总书记在全国教育大会上指出,“要用好课堂教学这个主渠道,思想政治理论课要坚持在改进中加强,提升思想政治教育亲和力和针对性,满足学生成长发展需求和期待,其他各门课都要守好一段渠、种好责任田,使各类课程与思想政治理论课同向同行,形成协同效应”。数值计算方法课程其实蕴含着重要数学思想和思政元素,需要授课教师从中凝练和提出。下面将数值计算方法中的曲线拟合知识点和钱学森弹道进行思政教育,培养学生学习兴趣,厚植科技报国情怀。

图3给出了常规弹道和钱学森弹道两种路径模式。传统的弹道式导弹需要预先计算出从发射点到攻击目标点之间的路径,这种路径通常为“抛物线”形<sup>[9]</sup>(如图3a),其原理是:导弹发射后依靠火箭发动机加速到一定高度和速度,随后发动机关机,在地球引力作用下沿抛物线飞向目标。但是,这种传统弹道存在一个严重问题,如果已知导弹发射角度、速度等参数,对方防空系统就很容易依据抛物线方程,进而拟合出弹道飞行轨迹,以及计算出导弹落点,最终进行有效拦截。基于该问题,我国科学家钱学森同志提出了一种

全新的弹道设想—钱学森弹道。首先,导弹以12000km/h的平均速度飞行,当发动机关机后,导弹靠惯性继续上升约90km,达到最高点约为300km。然后导弹在重力作用下降至大气层,借助空气提供的升力在大气中进行无动力滑翔,最后以150km/h的速度进入攻击目标点<sup>[10]</sup>,如图3b所示。钱学森弹道采用机动变轨跳跃飞行,能够改变常规弹道的抛物线飞行轨迹,现有防空系统很难拦截,是我国实施战略打击的关键核心技术。通过讲述曲线拟合知识点,引导学生挖掘钱学森弹道背后的现实意义,激励当代大学生树立自主创新与科技报国的远大理想。

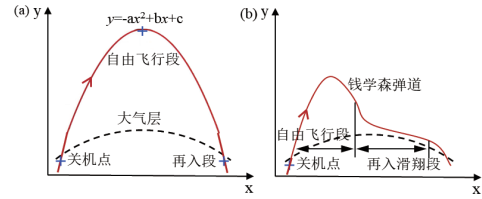


图3 两种弹道示意图: (a) 弹道式弹道; (b) 钱学森弹道

### 三、结语

作为焊接技术与工程专业的关键基础课程,数值计算方法对于学生掌握现代化设计分析手段至关重要。本教学研究针对课程内容抽象、思政融入生硬等现实挑战,以解决真实焊接工程问题为导向,重构了理论教学与实践应用的连接路径。通过将焊缝跟踪分析等具体案例深度嵌入教学环节,有效化解了学生对复杂算法的畏难情绪,显著提升了学习兴趣与应用能力。以“曲线拟合”知识点为例,通过引入“钱学森弹道”这一体现我国科学家智慧与爱国精神的典型案例,生动诠释了数学模型如何服务国家重大战略需求。实践证明,这种“问题驱动+思政融合”的教学改革,能够有效调动学生的主观能动性,引导他们在解决实际工程问题的过程中锤炼创新意识,在感悟科学家精神的过程中坚定理想信念。

### 参考文献

- [1] 谷洪新, 矫显明. 船舶焊接生产技术和质量改进的对策研究 [J]. 中国设备工程, 2022, 8: 49-50.
- [2] 陈家本. 中国船舶工业形势严峻 高效焊接是未来发展趋势 [J]. 金属加工: 热加工, 2012, 12: 2.
- [3] 张少波, 马艳玲, 杨显玉. 线上线下混合式一流课程的探索与实践—以数值计算方法课程为例 [J]. 创新创业理论与实践, 2023(11): 43-46.
- [4] 顾赵凤. 搅拌摩擦焊在船舶制造中的应用 [J]. 船舶物资与市场, 2020, (10): 73-74.
- [5] 李雨, 周利, 杨朝旭, 等. 搅拌摩擦焊技术在汽车材料连接中的应用、发展与挑战 [J]. 电焊机, 2025, 55(8): 24-37.
- [6] 陈华斌, 肖润泉, 陈善本. 焊接机器人视觉感知及智能化焊接关键技术研究进展 [J]. 机械制造文摘(焊接分册), 2025, 3: 5-12.
- [7] 陈奎, 张天云. 数值分析课程中拉格朗日插值法的理论教学设计 [J]. 中国教育技术装备, 2024, 22: 50-52.
- [8] 习近平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 [N]. 人民日报, 2016-12-09.
- [9] 关世义. 基于钱学森弹道的新概念飞航导弹 [J]. 飞航导弹, 2003, 1: 1-4.
- [10] 余家泉, 张程, 袁亚, 等. 固体火箭发动机特性对空射滑翔式弹道飞行器性能影响分析 [J]. 火箭推进, 2022, 48(1): 61-68.