

融科学之美与工程之智：流体力学专业美育课程建设探索

王亮 薛锐 蔡宁 上官剑峰

南京工程学院能源与动力工程学院，江苏 南京 211167

摘要：本文针对工科专业课程中美育缺失的问题，以流体力学为例，探索了科学之美与工程之智深度融合的教学新路径。研究以“融科学之美与工程之智”为核心理念，构建了包含内容重构、方法创新与多元评价的美育教学体系。通过挖掘流体力学中的数学简洁性、物理规律性及工程优化性等美学元素，结合可视化技术、案例沉浸教学、项目式学习及互动研讨等策略，有效激发学生的学习兴趣，深化对专业知识的理解，并提升其审美素养、创新思维与人文情怀。该模式显著增强了教学效果与学生综合素质，为工科专业课程的美育改革提供了可借鉴的范式，并对未来资源开发、跨学科合作与评价机制优化提出了展望。

关键词：流体力学；专业美育；科学美；工程美；课程建设；教学改革

0 引言

当前，我国高等工程教育正处于转型升级的关键阶段。新时代对“卓越工程师”的培养提出了更高要求，需兼具专业基础、实践能力、人文素养、审美情趣与创新精神，促进全面发展^[1]。然而，现有工科教育仍普遍存在“重技术轻人文、强理论弱审美”的倾向，美育与智育相割裂，导致课程枯燥、学生动力不足，制约了高质量人才培养。

国家政策持续强调美育应与专业教育深度融合，发挥“培根铸魂、启智润心”的作用^{[2][3]}。多所高校已开展实践探索，如在土木、数学、环保等课程中融入美育元素，提升学生审美素养与社会责任^{[4][5][6][7][8]}。然而，美育融合仍面临资源不足、形式单一、评价机制不健全等问题，需进一步推动跨校合作与高质量发展。

在此背景下，作为多学科基础的“工程流体力学”课程改革尤为迫切。该课程理论抽象、数学要求高，传统教学模式易使学生产生畏难情绪。亟需突破单一知识传授，挖掘其“科学之美”（如控制方程的简洁对称、流动现象的动态韵律）与“工程之智”（如功能形态的和谐、系统优化的精巧构思），引导学生感受科学美学与工程智慧，实现“以美育人、以文化人”。

本研究旨在构建“科学美+工程智”融合的专业美育教学新体系，包括重构美育导向的课程大纲、开发融合审美与实践的教学内容、创新“以美启真”的教学方法与评价机制。理论层面深化工科美育内涵，实践层面形成可复制路径，为同类课程改革提供范例，助力卓越工程师培养体系的完善。

1 流体力学课程专业美育

在工科教育中，“专业美育”不同于传统艺术美育，特指在专业课程中有意识地引导学

生发现、感知并欣赏本领域中科学理论、工程技术及自然现象所蕴含的美学品质，如简洁、和谐、统一、精巧与优化等。其目标不仅在于提升审美体验，更在于以美激发学习兴趣，深化专业理解，培养创新思维与设计能力，并塑造负责任的工程伦理与价值观，是实现知识、能力与价值塑造相统一的全人教育过程。

该体系植根于科学与工程固有的美学范畴，体现为“科学之美”与“工程之美”两大维度。科学之美体现在揭示自然规律的理论中，如流体力学中N-S方程以凝练数学形式概括复杂流动，彰显简洁统一之美；层流、湍流、卡门涡街等现象展现自然界的动态和谐；科学探索中的理性思辨与实证精神则体现理性与求真之美。工程之美则体现在解决实际问题的创造性实践中，是功能、形态与伦理智慧的结合，例如高性能涡轮机设计兼顾气动效能与形态流畅，都江堰、现代桥梁、航天器等重大工程则体现了人、技术、自然与社会协调发展的伦理智慧与人文关怀。

课程组构建了“以美启真、以美育能”互动模型，推动美育与专业教育深度融合。该模型以美学体验催化专业学习兴趣（“启真”），以专业认知深化审美理解（“育美”），形成美与真双向促进的良性循环，最终突破智育、美育与德育割裂的局面，实现三育协同，在知识传授与能力培养中融入审美素养与伦理价值塑造，培养全面发展的卓越工程人才。

2 科学之美与工程之智的教学融合设计

2.1 挖掘与呈现科学理论之美

在流体力学教学中，挖掘并呈现数学方程的简洁深邃之美，是融合科学与美学教育的重要途径。讲授连续性方程、伯努利方程及纳维-斯托克斯方程时，教学不应止于公式推导，更

需引导学生领略其美学价值。连续性方程以简洁微分形式表达质量守恒,展现数学的凝练概括;伯努利方程融合压力、动能与势能转化,形式对称平衡,体现物理规律的和谐统一;N-S方程虽复杂,却以严谨结构统摄层流至湍流,彰显理论的包容深刻。通过这些抽象符号,学生可感知自然科学规律的普适性与哲学深度,体会超越实用的纯粹科学之美。

流体力学丰富的物理现象为美育提供直观素材。借助高速摄影、烟线显示、粒子图像测速(PIV)等技术,可清晰展示层流的平滑有序、湍流中拟序结构与多尺度涡旋的动态之美,以及卡门涡街的周期性韵律。这些可视化手段不仅辅助概念理解,更使学生直观感受流体运动的艺术性,领悟现象背后的统一规律与内在和谐。

此外,融入流体力学发展史,讲述欧拉、伯努利、普朗特等科学家的贡献与精神(严谨、批判、创新、坚持),有助于学生认识理性思维与实证求真的价值。科学探索中的精神之美,结合人文与哲学引导,使学生在掌握知识的同时,理解科学背后的精神追求与伦理责任,最终实现智育、美育与德育的协同。

2.2 剖析与体验工程应用之智(美)

工程实践中的美学价值,既体现在经典案例的功能与形式统一中,也彰显于前沿技术的优化创新,更在重大工程的系统和谐与伦理自觉中达到升华。经典工程如飞机机翼的仿生设计,通过流畅翼型与自适应结构实现升阻比提升,以自然造物的高效优美诠释减阻升力的双重美学;水坝泄洪消能工以巧妙结构布局有序耗散动能,展现结构响应水流的协调均衡;高效泵阀的精密流道设计则呈现流体顺从物形、损失最小化的精巧秩序,深刻体现“形式追随功能”的工程逻辑。前沿领域则借助CFD与智能优化算法,将低阻翼型、仿生推进器等生成式设计推向性能极限,其形态兼具数学优化的流畅性与自然演化的几何优雅,模糊“人造”与“天生”的界限,彰显以极致性能为导向的优化之美。

重大系统工程如南水北调、大型风电场,其美学价值已超越技术与经济层面,需统筹流体规律、生态可持续、社会响应与文化价值。这类工程追求资源、环境、社会的系统平衡,体现人类面对宏大问题时理性规划、尊重自然、关涉伦理的责任之美。它们不仅是技术能力的展示,更是工程哲学与人文精神的载体,喻示卓越工程需在功能、形态、环境与伦理间达成深层和谐,最终实现技术理性与人文关怀的统一。

2.3 教学策略与方法创新

为实现科学之美与工程之智的深度融合,

课程系统设计了多层次、沉浸式、互动性强的创新教学方法。通过深度应用可视化技术,利用CFD后处理工具生成艺术化流线图、涡量云图及压力场渲染图,结合高精度动画与VR/AR技术构建可交互流场环境,将抽象方程转化为直观审美图像,使学生沉浸式感知涡旋演化等“不可见”的流动之美。同时推行案例沉浸式教学,构建“案例-理论-美学”三元融合模块,如在讲解伯努利方程时,同步剖析高铁站台安全线等工程案例,解读其科学原理、工程价值及流畅性、平衡性等美学特征,引导学生实现理性认知与感性体验的统一。课程广泛采用项目式学习(PBL)模式,设计“微型风力发电机叶片”等跨学科开放项目,要求学生综合运用流体力学知识与美学原则,通过CFD分析、3D建模打印等工具完成全流程实践,在解决真实问题中深化“功能与形态统一”的工程美学理解。此外设置“美学发现”互动研讨环节,鼓励学生以语言描述、草图绘制、短视频记录等形式表达湍流混沌之美等审美体验,通过集体讨论互评提升审美敏感性与表达力,促进学习共同体中美学经验的交流碰撞,使美育成为学生主动参与、共同建构的过程。

本教学过程以“科学之美”与“工程之智”双主线融合为核心,旨在打破传统工科教学中智育与美育的壁垒。课程始于现象导入,通过震撼的流体实验或视频激发学习兴趣与审美好奇。进而进入并行探究阶段:一条线引领学生赏析数学方程的简洁对称之美、流体现象的秩序韵律之美,感悟科学家的理性创新精神,即科学理论之美;另一条线深入剖析经典工程的功能形式统一之美、前沿技术的优化智能之美及重大系统的和谐伦理之美,即工程应用之智。

在此基础上,课程通过项目式学习(PBL)推动融合实践,要求学生完成如“高效美观叶轮设计”等任务,综合运用专业知识与美学原则进行仿真与制造,将所学所感转化为创新解决方案。最后在总结升华阶段,通过多元评价(兼顾技术方案与美学价值)梳理知识体系,强化工程伦理与社会责任意识。

全过程依托CFD可视化、案例沉浸、互动研讨等创新方法,使“不可见”的流动之美变得可感可知,最终实现专业知识、审美素养、创新思维与工程伦理的协同培养,为培育新时代卓越工程师奠定坚实基础。

2.4 教学评价创新

在构建流体力学“科学美+工程智”融合的专业美育教学新体系过程中,建立与之匹配的多维度、全过程、发展性评价机制至关重要。该机制突破传统单一学业成绩评价的局限,旨在全面衡量学生在知识、能力、审美素养和价值观等方面的综合成长,实现“以评促学、以评促教、以评促融”。

评价体系遵循“四结合”原则：过程性与终结性评价结合、量化与质性评价结合、个体与团队评价结合、能力与素养评价结合。具体通过以下五个维度实施：

(1) 理论知识考核(30%)：除常规闭卷考试外，增设开放性论述与案例分析题，重点评价学生对关键公式(如N-S方程、伯努利方程)中科学美学特征的理解，以及分析工程案例中功能与形态统一的智慧之美。

(2) 实践能力与项目成果(35%)：评估学生在实验与项目设计(如高效低噪叶轮、流体艺术装置)中的表现，关注技术方案的合理性与创新性，并专设“美学表现力”指标，考察作品的造型流畅性、结构协调性及与环境的和谐性。项目报告需包含美学思考与工程智慧融合的专门论述。

(3) 美育素养发展(20%)：通过课堂观察记录学生在“美学发现”研讨中的参与度与表达力；借助美学观察笔记/反思日志评价其审美敏锐度与思考深度；在成果答辩中考察其对作品美学价值的阐释能力。

(4) 小组协作与互评(10%)：在项目式学习(PBL)中引入结构化小组互评与自评机制，从技术贡献、美学创意、协作精神、融合能力等维度促进同伴间深度交流与集体审美判断力的培养。

(5) 学习态度与进步(5%)：考察学生的学习投入度、课堂互动积极性、面对复杂问题时的坚韧性，重点关注在审美与创新思维方面取得显著进步的学生。

参考文献：

- [1] 郭声健, 刘珊. 国家美育评价政策: 背景, 内容与原则 [J]. 湖南师范大学教育科学学报, 2021, 20(3):8.
- [2] 陈鹏, 韩生会, 吴呈珂, 等. 新工科专业课“以美育人”教学策略研究——以“机械制图”课程为例 [J]. 大学, 2022, (35):70-75.
- [3] 李平, 多树旺, 张豪, 等. 新工科背景下基于OBE理念的美育教学课程改革探索与实践——以“材料研究测试方法”课程为例 [J]. 化学工程与装备, 2022, (11):324-325. DOI:10.19566/j.cnki.cn35-1285/tq.2022.11.123.
- [4] 段连峰, 何霞, 曾淑怡. 工科课程美育体系建构——“材料科学基础”课程实践研究 [J]. 新课程教学(电子版), 2022, (21):178-180.
- [5] 张晓林, 罗杰勋. 以学科融合提升体育美育浸润质量 [J]. 四川教育, 2022(31):35-36.
- [6] 刘人杰, 逯静洲, 孙爱伏. 融入美育的土木工程专业课程教学改革探索与实践——以“钢结构设计”课程为例 [J]. 大学, 2022(29):173-176.
- [7] 李琴, 曲风龙. 高等数学“融美于教”的研究与实践 [J]. 科教文汇, 2024, (09):63-66.
- [8] 孔哲, 朱一芝, 陈逸阳. “双碳”目标背景下“环保设备与仪表”课程教学中美育的渗透 [J]. 西部素质教育, 2025, 11(05):121-125.

作者简介：王亮(1989—)，男，汉族，副教授，博士，研究方向为计算流体力学。

项目信息：项目信息：南京工程学院教研教改及课程建设课题(JXJS2025MY87, KCSZ2025KC16, 2023GJZC09, 2024ALK07, 2024KCSZ02)，校研究生教育教学改革课题(2024YJYJG23)，南京工程学院“课程思政”示范专业项目(SFZY2021P01)。

最终，该评价机制的核心目的并非简单分等，而是形成一个“评价—反馈—改进”的闭环。通过及时向师生双方反馈评价结果，引导教学双方持续反思与优化，最终保障“科学美”与“工程智”深度融合的专业美育目标得以有效实现，培养出兼具科学脑、工匠手、艺术心和人文情的卓越工程人才。

3 结论与展望

研究表明，将美育深度融入流体力学专业课程的教学改革取得了实质性成效。通过构建以“融科学之美与工程之智”为核心理念，以内容重构、方法创新和多元评价为支撑的专业美育教学新体系，本研究切实拓展了工科课程的教育维度与育人深度。该模式可有效激发学生学习动力，促进对复杂概念的深层次理解与应用，同时显著提升其审美素养、人文情怀与创新思维，为实现价值塑造、能力培养与知识传授的三位一体目标提供有效路径。

展望未来，团队将进一步深化美育融合机制：一是系统建设“流体美学数字馆”，集成流动可视化案例、工程美学设计等多媒体资源，构建开放式数字化学习平台；二是推动与艺术、工业设计等专业的跨学科合作，通过共建课程、双导师项目及工作坊促进跨界融合；三是建立科学系统的美育评价指标体系，实现美育成效可测量化，为教学改进与同类课程改革提供标准化范式与实践范例。