

《水下航行器建模与仿真技术》课程中的美学维度与美育价值

徐 佩¹, 王绍恒¹, 孙 颖^{2*}

¹江苏海洋大学海洋工程学院, 江苏 连云港

²江苏海洋大学商学院, 江苏 连云港

收稿日期: 2026年8月24日; 录用日期: 2026年10月16日; 发布日期: 2026年10月27日

摘 要

《水下航行器建模与仿真技术》作为船舶与海洋工程、水下机器人等专业的核心课程, 长期被定位于纯粹的技术训练范畴。本文试图揭示这门课程中蕴藏的多重美学维度, 论证其作为学科美育载体的独特价值。水下航行器建模与仿真中的美, 不仅体现为几何曲线的视觉愉悦, 更渗透于流体力学优化的功能逻辑、虚拟再现的沉浸体验以及工程设计的伦理追求之中。本文提出, 在课程教学中应有意识地引导学生从“技术操作”走向“审美感知”, 从“精确”走向“优雅”, 从而实现科学理性与审美感性的融合, 为工科人才培养注入工程伦理意识与设计审美素养。

关键词

《水下航行器建模与仿真》, 美学维度, 美育价值, 设计审美素养

Aesthetic Dimensions and Aesthetic Education Value in the Course “Modeling and Simulation Technology for Underwater Vehicles”

Pei Xu¹, Shaoheng Wang¹, Ying Sun^{2*}

¹School of Ocean Engineering, Jiangsu Ocean University, Lianyungang Jiangsu

²School of Business, Jiangsu Ocean University, Lianyungang Jiangsu

Received: August 24, 2026; accepted: October 16, 2026; published: October 27, 2026

*通讯作者。

文章引用: 徐佩, 王绍恒, 孙颖. 《水下航行器建模与仿真技术》课程中的美学维度与美育价值[J]. 创新教育研究, 2026, 14(10): 596-606. DOI: 10.12677/ces.2026.1410825

Abstract

As a core course for majors such as naval architecture and ocean engineering, and underwater robotics, “Modeling and Simulation Technology for Underwater Vehicles” has long been confined to the realm of purely technical training. This paper attempts to uncover the multiple aesthetic dimensions inherent in this course and to argue for its unique value as a carrier of disciplinary aesthetic education. The beauty in modeling and simulation of underwater vehicles is embodied not only in the visual delight of geometric curves, but also in the functional logic of fluid-mechanics-based optimization, the immersive experience of virtual reproduction, and the ethical pursuits of engineering design. The paper proposes that in course instruction, students should be consciously guided from “technical operation” to “aesthetic perception”, and from “precision” to “elegance”, thereby achieving a fusion of scientific rationality and aesthetic sensibility, and infusing the cultivation of engineering talents with engineering ethical awareness and design aesthetic literacy.

Keywords

“Modeling and Simulation of Underwater Vehicles”, Aesthetic Dimensions, Aesthetic Education Value, Design Aesthetic Literacy

Copyright © 2026 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

长期以来，工科教育秉持“技术至上”的理念，将美育视为文科或艺术学科的专属领地[1]。然而，随着新工科建设的推进和“五育并举”理念的深化，越来越多的教育者意识到：美育并非工科教育的“装饰品”，而是培养卓越工程师不可或缺的维度。美育能够实现科学、人文、工程之间的深度融合，推动学生综合素质的发展。

近年来，工程教育与美育的融合日益受到关注。国内学者围绕新工科背景下的美育体系建构展开了系统探索。孟轶等以“德智体美劳”五育并举为起点，验证了“工程教育 + 美育”作为育人形式的逻辑贯通性，并对“工程美育”的内涵做了概述[2]。新工科背景下理工院校美育体系的构建，通常围绕课程设置、实践教学与校园文化建设三条路径展开[3]。在具体专业层面，已有研究涉及化工、桥梁工程、机械制图等工科课程的美育渗透路径，强调从工程视角传授专业知识的同时渗透审美教育[4]。然而，这些研究多聚焦于美育的“融入方式”与“课程设计”，较少深入课程内容内部，挖掘特定工程活动本身的美学结构。换言之，现有研究回答了“美育如何进入工科课堂”，但尚未充分回答“工科知识本身如何就是美的”。

在国际层面，STEAM 教育(科学、技术、工程、艺术、数学的跨学科整合)为工程与艺术的融合提供了重要框架。研究表明，艺术的融入能够激发学生好奇心、培养创造力。然而，现有 STEAM 课程多以 STEM 为核心，艺术部分常被弱化为成品装饰，忽视了其设计与创作过程中的深层教育价值[5]。与此同时，设计研究领域长期关注工程实践中的非理性维度。Eugene Ferguson 指出，优秀的工程设计不仅依赖方程与计算，同样依赖直觉与非言语思维[6]；Donald Schön 提出的“专业技艺”(professional artistry)概

念,则揭示了技术理性之外,工程实践中还存在着一种基于经验与直觉的实践智慧[7]。工程思维追求“最优解”,依赖严密的逻辑推理;而审美直觉追求“最美解”,依赖顿悟、共情与形式感知[8]。这些研究为理解工程活动中的审美维度提供了认识论基础,但大多停留在一般性论述层面,尚未发展出可操作的分析框架来指导具体课程的教学实践。

基于上述文献,本文认为现有研究存在两个主要缺口:其一,在工程美育的微观层面,缺乏对特定工程课程内部美学结构的系统识别与分类;其二,在理论与实践之间,缺少一个既植根于工程实践、又能指导学生审美感知的中层分析框架。为此,本文提出《水下航行器建模与仿真技术》课程的“四美”分析框架——几何之美、动力之美、虚拟之美、设计之美。这一框架的独特性在于:(1)它不是从外部将美学理论“应用”到工程课程中,而是从课程内部的教学活动(建模、优化、仿真、设计)中“生长”出来的,具有内在的课程根基;(2)它将工程实践中的审美经验从零散的感性描述提升为结构化的分析范畴,为教师识别和引导学生审美感知提供了可操作的教学抓手;(3)它涵盖了从“看得见”的形态审美到“看不见”的逻辑审美、从个体感官体验到社会伦理关怀的完整光谱,突破了既有研究多局限于视觉形式美感的局限。通过这一框架,本文试图为工科专业课程的美育融入提供一个兼具理论解释力与实践指导性的分析工具。

《水下航行器建模与仿真技术》正是上述“四美”框架得以展开的理想载体。在这门课程中,学生需要建立航行器的几何模型、构建其运动学与动力学方程、通过计算机仿真验证设计方案的可行性。表面上看,这是一系列纯粹的技术操作;但深入审视便会发现,建模与仿真的每一个环节恰好对应着“四美”的各个维度——从流线型外形的视觉愉悦,到优化算法的精妙逻辑,从虚拟海洋场景的沉浸美感,到“形式追随功能”的设计伦理。正是这种天然的对对应关系,使该课程成为验证“四美”框架、探索工科美育融入路径的恰切场域。

在展开具体分析之前,有必要对贯穿全文的核心概念“优雅”作出界定。本文所论“优雅”是工程设计的综合性品质,包含三个递进层面:感官的协调(比例均衡、曲面流畅)、逻辑的精妙(多目标优化中的最优平衡)、价值的周全(兼顾性能、生态与人文)。“优雅”并非“精确”的附加,而是“精确”在更高维度上的整合与超越。下文将以“四美”框架为线索,逐层剖析该课程各教学环节中的美学意蕴,并在此基础上探讨美育引导策略的具体实施路径。

2. 几何之美: 航行器外形中的比例、曲线与流线

航行器建模的起点,往往在于几何外形的构建,而这一过程本身便蕴含丰富的美学意蕴[9]。

2.1. 流线型: 功能与形式的统一

水下航行器外形设计中最为核心的美学原则,当属流线型。流线型既是一种降低流体阻力的工程策略,也是一种被广泛认可的视觉美学形态。水下航行器普遍采用低阻层流线型造型,其平滑连贯的曲面线条,既有效减小航行阻力,又赋予观者以速度感与优雅感的视觉体验。正如船舶工程领域所强调的,船舶“在起到减少船身水中阻力、消减海浪冲击作用的同时,也是舰船重要的美学元素”[10]。功能需求与审美表达在此达成了高度统一。

这种统一并非偶然。流线型之所以引发美感,恰恰因为它体现了“形式追随功能”的现代设计理念,当一种形态最为有效地实现其功能目标时,它往往也最具美学说服力。水下航行器的流线型设计,核心体现为“圆钝艇首+艏部饱满过渡+艇尾收缩”的“水滴形”轮廓。在课堂教学中,学生在欣赏和感受型线之美后,借助CFD软件,以水下航行器型线为基础展开建模实践。首先,感受二维平面型线的光顺与过渡之美,绘制二维型线;其次,在二维型线基础上进行拉伸和旋转,生成三维型线;最后,在三维

型线基础上完成实体填充,并结合水下航行器的外形美学进行艺术化设计,从数百种颜色中选取心仪的色彩与光影效果,使航行器在视觉上呈现动态美感,既符合流体动力学的科学原理,又兼具艺术审美价值。最终设计完成的水下航行器如图1所示。

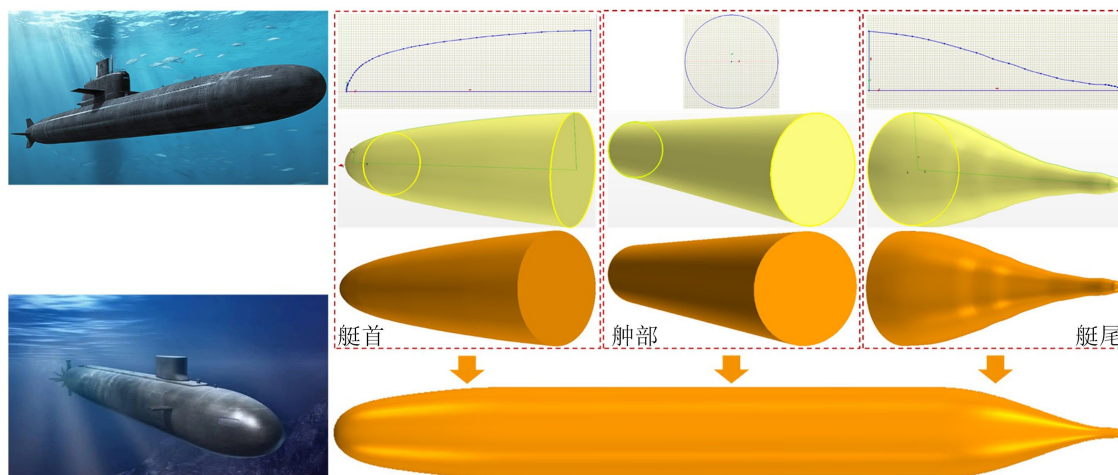


Figure 1. Streamlined design of underwater vehicles

图1. 水下航行器流线型设计

2.2. 比例与均衡：工程中的古典美学法则

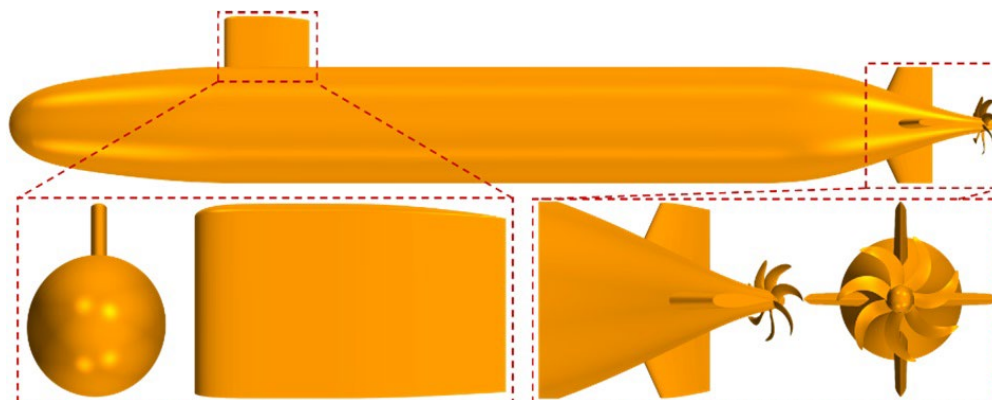


Figure 2. Geometric model of the underwater vehicle (showing proportion and balance of components)

图2. 水下航行器几何模型(展示各部件的比例与均衡关系)

水下航行器各部件之间的比例关系,同样深藏着古典美学的秩序[11]。鳍舵的展弦比与主体长度的比值、艇首与艇尾的收束程度、推进器布局的对称性,这些参数的确定既源于严格的水动力计算,也暗合了“尺度、比例、均衡、稳定、统一、变化”等船舶造型美学法则。格式塔“完形”理论对此给出深层解释:视知觉倾向于将各部分感知为有机整体[12],航行器长细比是否“匀称”、过渡是否“流畅”,正是完形倾向的自然流露——工程参数的最优解与视觉的完形在此达成共振。图2以螺旋桨为例,桨叶数目、叶型曲率、螺距角及桨毂与艇尾的衔接方式,不仅决定推进效率与空化性能,也构成艇尾视觉重心的重要元素:多桨叶的对称排列呈现辐射状秩序,桨叶边缘的渐薄曲线与导边、随边的流畅过渡使静态部件隐含动势;桨毂与艇尾收缩段的平滑融合,则避免了几何断点,让艇体尾部自然收束。舵面设计同样如此,十字舵以四象限对称构图赋予尾部稳定庄重的视觉印象,X型舵则通过45°斜向布局传递现代感与敏

捷姿态；舵面剖面缘线的曲率变化影响着光影流动，平顺曲面强化了精致感与科技感。整体上，主艇体长细比、鳍舵面积与湿表面积之比、螺旋桨直径与尾端直径的匹配，这些工程量化参数在实践中往往落在一个兼顾性能最优与视觉舒适的“黄金区间”内，过长的艇身单薄，过短则笨拙；过大的舵面破坏流畅轮廓，过小则使尾部空旷失序。

学生在 CFD 和 CAD 软件中调整几何参数时，表面是在优化阻力系数或压力分布，实质上也在进行一场隐性的审美权衡。每一次曲率微调、每一处过渡倒角，既为减少流动分离，也为获得更为洗练连贯的视觉语言。当学生面对三维线框反复修匀一条不够光顺的母线，或为螺旋桨桨叶边缘添加平滑过渡圆弧时，他们正同时进行工程计算与审美判断：调整长细比需兼顾阻力与视觉均衡，优化舵面形状要同时考虑操纵性与光影节奏。图学和美学作为工程建模的重要组成部分，不仅是模型建立的基础，更是提升学生综合设计能力的关键环节。正是在这种双重维度的反复琢磨中，航行器形态才真正实现了“科学之真”与“艺术之美”的深度交融。

3. 动力之美：仿真中的优化逻辑与自然法则

如果说几何之美是航行器建模中“看得见”的美，那么仿真过程中蕴含的美则更为抽象而深刻。

3.1. 最优解的优雅

水下航行器仿真往往涉及多目标优化问题：在降低阻力与抑制噪声之间权衡，在提高航速与保证续航之间取舍，在结构强度与轻量化之间寻找平衡，在制造成本与综合性能之间谋求折中。这些目标之间并非彼此相容，有时甚至尖锐对立：流线型艇体虽能减阻，却可能为内部设备布置带来困难；大直径螺旋桨虽能提高推进效率，却能增加整体重量。寻找最优解的过程，本质上是一场在多重约束条件下追求“最好”的探索。当一个设计方案在各种相互冲突的指标之间抵达了精妙的平衡时，它所呈现的正是一种工程意义上的“优雅”。这种优雅，类似于数学家面对一个简洁而普适的定理时的赞叹：在众多可能性中，最优路径往往也是最简洁、最协调的那一条。仿真优化所呈现的美，正体现在物理规律与工程约束共同塑造的平衡点上，它既非主观臆造，亦非随机巧合，而是理性推导与迭代计算的自然而然。

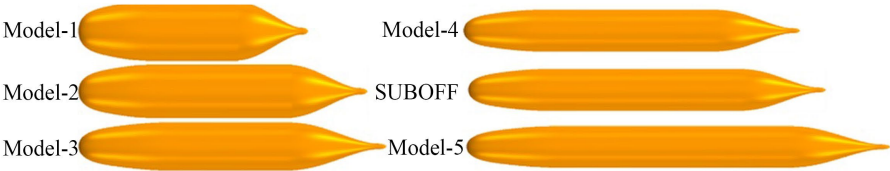


Figure 3. Design of hull fineness ratio based on the optimal solution
图 3. 基于最优解的艇体细长比设计

这种优雅与传统美学中的“和谐”概念相通：不是某一单项指标的极致张扬，而是多种要素的协调统一，是局部与整体之间的有机呼应。流体仿真中，艇体表面的压力云图从高压区到低压区呈现出的平滑过渡，恰如绘画中的色调渐变，令人感到生理层面的舒适；声学仿真中，螺旋桨叶片数、转速与伴流场匹配后形成的线谱特征，若能避开结构共振频带且低噪高效，便堪称声学意义上的“完美协奏”。学生在仿真优化中经历的，正是一种理性层面的审美训练：他们需要在密密麻麻的数据表格中识别“美”的迹象，在帕累托前沿曲线上判断哪个设计方案最具“说服力”。当学生发现，某个特定的艇长细比恰好同时使阻力系数与湍动能均处于较优区间(如图 3 所示)，或某组舵角参数在水动力性能与操控响应之间达成了理想折中时，那种豁然开朗的体验与传统审美中的“愉悦”并无二致。从优化的视角看，所谓“好的设计”，正是在物理定律的约束下，用最少的妥协换取最多的收益，而这一过程本身，便是理性

与美感在工程实践中的深层交汇。教学中,这种“交汇”可借助“帕累托前沿选美辩论”来显性化——教师选取前沿上三个典型方案,让学生分组辩护各自方案的优劣,在数据比较与品质判断的张力中,体悟“和谐解”的理性美感。

3.2. 仿生设计的双重美感

值得关注的是,越来越多的水下航行器设计从自然界获取灵感,如图4所示,其中,西北工业大学研发的仿蝠鲼智能水下航行器,外形几乎与蝠鲼别无二致。这种仿生设计首先呈现出直观的视觉美学:蝠鲼宽阔扁平的胸鳍、流畅的头部轮廓、渐收的尾部,构成了生物在洋流中滑翔时的优雅姿态。当这一形态转化为航行器几何模型时,其曲面曲率、鳍肢比例并非工程师的随意想象,而是对自然造物的精确复刻。学生在观察和建模这类仿生外形时,会不自觉地被生物形态本身的和谐所打动——柔中带刚的曲面过渡、疏密有致的纹理,既是自然进化的最优解,也是视觉上令人愉悦的形式语言。仿生航行器因此承载了“自然之美”与“工程之美”:前者来自生物原型的天赋形态,后者来自工程师将自然形态转化为数字模型所需的技艺与匠心[13]。在课堂上,学生通过参数化建模还原仿生外形,表面在操作曲线与曲面,实则参与了一场跨越物种的审美对话。当仿生模型在虚拟海洋中“游动”时,那种由形态与运动共同构成的动态优雅,远比任何数据更能唤起学生对“好设计”的情感认同。



Figure 4. Underwater vehicle with aesthetic bionic design (image sourced from the internet)

图4. 仿生设计美感的水下航行器(图片来源于网络)

仿生设计的第二重美学维度并不停留于视觉层面,而指向人类认知活动的内在美感。当学生通过 CFD 仿真验证仿蝠鲼外形的减阻效果时,他们看到的不仅是阻力系数的改善,更是自然规律在工程中的“再发现”——蝠鲼之所以采用如此形态,是流体力学定律在亿万年间反复筛选的结果。学生意识到自己通过仿真“重走”了自然的进化路径,这种领悟本身便带有强烈的智性愉悦。工程师在仿生仿真中感受到的,是对自然法则之普适性与精确性的敬畏与赞叹。这种“认识论的美”对工科学生的美育价值尤为独特:它不依赖艺术技巧,而依赖对物理本质的洞察;它不培养“欣赏画作”的眼光,而培养“读懂自然”的思维习惯。教师应有意识地引导学生从“仿形”走向“悟理”,从赞叹“像不像”走向品味“妙不妙”,让他们在仿生仿真中既收获科学结论,也经历一场由理性通往感性的美学启蒙。正是在这个意义上,仿生设计将“动力之美”从优化算法延伸至自然哲学,使水下航行器建模与仿真中的美学维度从“人为的优雅”升华为“天人的共鸣”,而这正是“从精确到优雅”这一课程美育核心命题的生动注脚。然而,在

教学层面,可在仿生设计环节布置“自然观察笔记”任务,让学生在仿真前后对比自身预测与数值结果,经历从“形态相似”到“规律相通”的认知转变,实现从“仿形”到“悟理”的自觉跨越。

4. 虚拟之美：仿真场景的沉浸体验与数字美学

航行器仿真的另一个重要维度，是虚拟场景的构建与呈现。

4.1. 虚拟海洋的真实感追求

水下航行器的 CFD 仿真绝非止步于数值计算,其可视化后处理过程本身便构建了一个充满沉浸感的虚拟审美空间。学生完成网格划分、迭代求解之后,进入后处理模块,面对的是压力云图、速度矢量场、流线谱、涡量等值面等可视化图像(如图 5 所示[14]-[17])。高压区至低压区的红蓝渐变,恰如绘画中的冷暖色调过渡;流线在艇体表面的聚散走势,仿佛水墨笔触的起承转合;尾流区域涡量等值面呈现的螺旋结构,则透出流体运动中特有的对称韵律。这些图像并非为审美而刻意渲染,而是物理规律在视觉层面的自然映射。学生在评价仿真结果时,往往首先依赖视觉判断:云图过渡是否平滑、流线是否光顺、涡结构是否对称,这些直觉性的审美判断实际上暗含了对仿真精度与网格质量的检验:粗糙的网格产生锯齿状色块边界,不合理的边界条件则破坏流线的连贯性。学生在反复调试参数的过程中,逐渐学会从色谱中识别“好的流动”,从流线收放中判断“美的形态”,将抽象的流体力学原理转化为直观的视觉语言。这种视觉上的真实感,不仅使仿真结果可信,更使学生在“观看”中完成对物理现象的审美把握,这正是“虚拟之美”的意涵。唐·伊德以“(我-技术)→世界”描述技术的“具身关系”——人“透过”技术感知世界[18];学生在 CFD 后处理中审视云图与流线时,正是“透过”可视化工具感知流场,技术由此成为嵌入其知觉经验的审美中介。

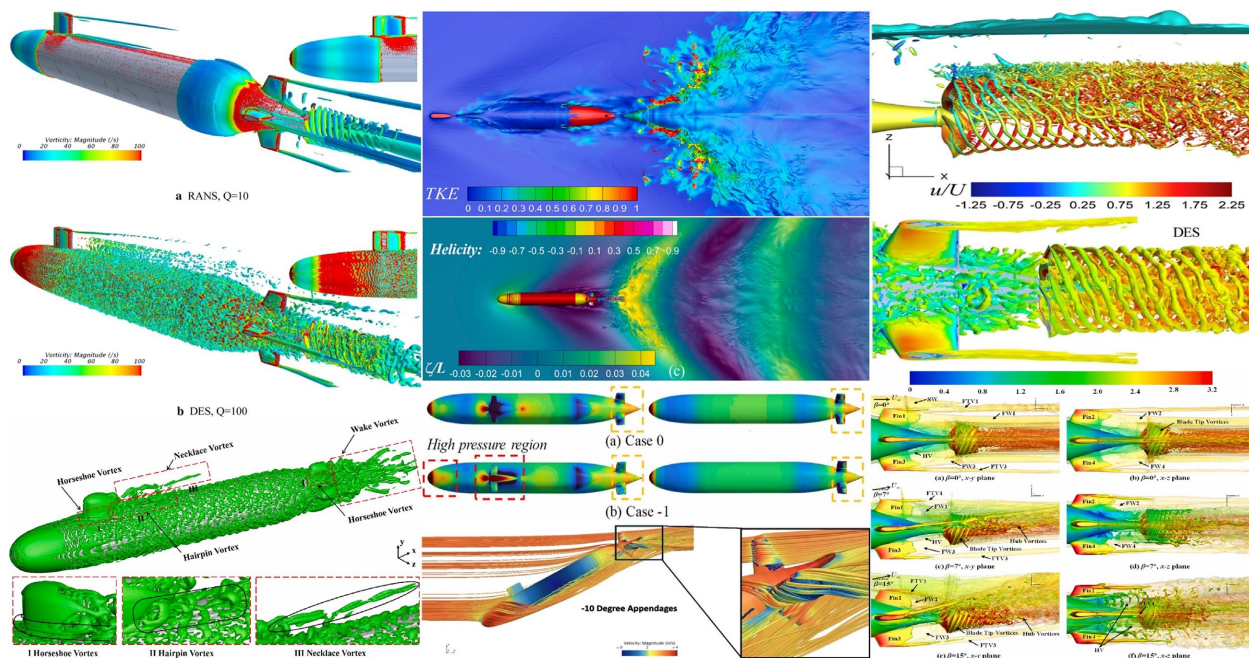


Figure 5. From numbers to scenes: visual presentation of underwater vehicle simulation

图 5. 从数值到图景：水下航行器仿真的视觉呈现

虚拟仿真场景的美学价值，深植于流动细节的精确再现。高保真仿真不仅呈现艇体表面压力分布，更捕捉涡结构演化、空化生成与溃灭等动态过程。学生在观看中对“流动形态是否合理”“流场结构是

否协调”作出判断,从压力云图的平滑程度、涡量等值面的对称性中感知“好”与“失衡”的差别,逐步形成对流动品质的审美直觉。正是这种对流动细节真实感的不断追求,使学生的视觉审美逐步深化:空化区域的大小、湍流尾迹的扩散范围,都以不可回避的视觉方式呈现在学生面前,原本抽象的“环境影响”由此转化为直观的视觉事实。教师应有意识地引导学生从“流场是否美观”延伸至“这样的流动对海洋意味着什么”的价值追问。当学生意识到,流线光顺、涡结构对称的“优美流场”往往对应着更低的能量耗散与更小的环境扰动时,“精确”的数值求解便与“优雅”的视觉呈现达成了深层统一。这正是“虚拟之美”在真实感追求中的深化:它使学生在对流动细节的凝视中,从“观看形态”走向“理解意义”,最终将技术理性与审美直觉融为一体。在教学中的体现,则是可组织一次“读图工作坊”,让学生面对同一组仿真数据的不同配色方案(如彩虹色谱与冷暖单色谱),讨论何种视觉呈现最具“科学美感”,从而理解可视化本身即是一种审美判断。

4.2. 从“看见”到“感受”

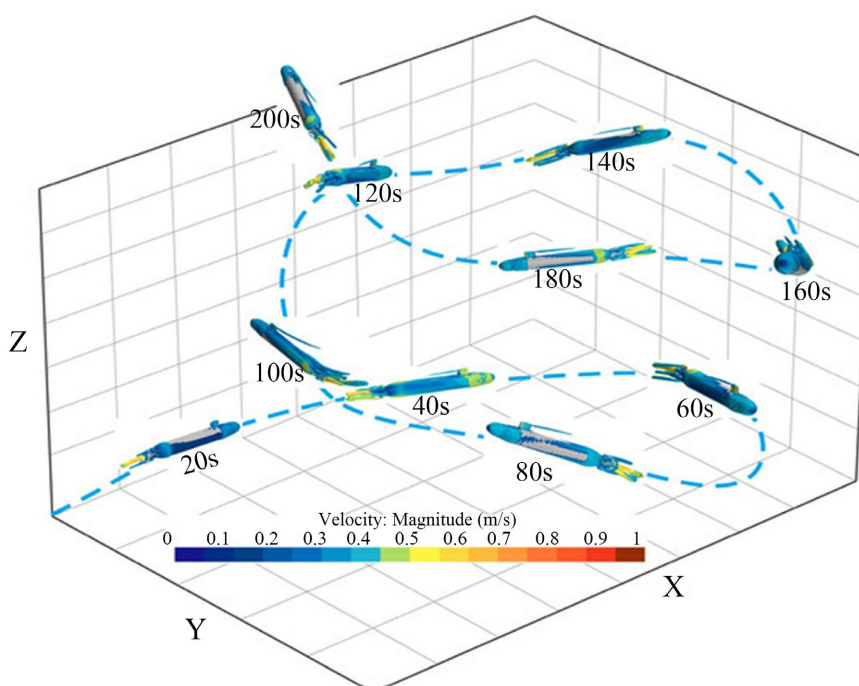


Figure 6. Virtual maneuvering scene of the underwater vehicle with user-defined parameters
图 6. 自主设置参数下的航行器虚拟操纵场景

更深层地看,虚拟仿真为学生提供了一种“代入式”的审美体验。学生在完成航行器几何建模与水动力性能分析之后,进一步为其构建运动学与动力学方程,包括推力分配、舵角响应、纵倾与横摇的耦合关系等,从而在虚拟环境中实现航行器在水面航行、下潜入水、变深机动等操纵动作。图 6 为基于运动方程的水下航行器虚拟操纵仿真[19],这一过程的核心,并非对预设动画的被动观看,而是学生通过自主调试运动方程中的各项参数,主动“赋予”航行器以特定的操纵品质:舵角增益系数的大小决定了回转半径的宽窄,纵倾控制律的灵敏度影响着深度变化的平顺程度,推力分配策略的优劣则直接体现为加速与制动的从容或突兀。当学生在仿真界面中“驾驶”自己设计的航行器完成一次平滑的下潜转弯时,他们感受到的不仅是指标合格的欣喜,更是一种姿态优雅带来的审美满足:艇体在垂向与水平方向的运动耦合得当,俯仰角变化率适中,横倾与回转角速度之间呈现出协调的比例关系。这种审美体验的独特

之处在于，它不同于欣赏一幅画或一首诗，而是源于工程师对设计主动权的掌控：学生既是“驾驶者”，也是“造物者”。教师应有意识地引导学生将这种操纵体验从“手感”层面提升至“美感”层面，让他们意识到，一组“好”的运动方程，不仅在数值上是收敛的、稳定的，在运动姿态的视觉呈现上也应当是流畅的、从容的。当航行器的下潜曲线光滑无振荡、回转轨迹圆润无偏差时，“精确”的数学描述便升华为“优雅”的运动美学，虚拟仿真场景也因此成为孕育工科学生审美感知力的独特土壤。教学中可引入一份“操纵品质感官评分卡”，让学生对俯仰平顺度、回转圆润度等主观感受进行 1~5 分打分，并与客观超调量等指标对比分析，使“手感”体验与“美感”判断形成自觉关联。

5. 设计之美：工程伦理与美学精神的融契

航行器设计中的美，最终指向一个更深层的问题：什么是“好的”设计？

5.1. 功能之美与责任之美

一个真正优美的航行器设计，应当兼顾性能、安全、环境友好与人的体验[20]。这种“以美驭形”的设计观，要求学生超越纯粹的技术思维，建立对设计整体品质的审美判断力。所谓“功能之美”，首先体现为设计对使用需求的精准回应——当功能目标被以最简洁、最协调的方式实现时，设计本身便呈现出一种“得体”的美感。然而，功能之美仅是起点，真正使工程设计升华为美学实践的是“责任之美”的自觉在场。螺旋桨噪声是否干扰海洋生物？裸露的螺旋桨是否切割海洋生物？这些生态伦理议题从美育视角审视，恰恰构成“好的设计”最为关键的审美尺度。美学判断与伦理判断各有独立标准，不可混同——前者关乎形式、比例与节奏，回答设计是否“动人”；后者关乎责任与后果，回答设计是否“正当”。一艘航行器的曲面可以冻练优美，但若噪声伤害海洋生物，它在伦理上便有缺陷，难以称为完整的“优雅”。“优雅”作为工程设计的最高品质评价，比纯粹的“优美”容纳更多：既包含感性的协调与精致，也包含伦理的周全与善意。“责任之美”的意义正在于将伦理维度纳入对“好设计”的整体感知，使美学判断获得更深厚的价值根基，而非以伦理取代美学。教师应引导学生在设计报告中增设“设计伦理自评”环节，从生态影响、资源消耗等维度反思自身方案。当学生在优化阻力系数的同时审视噪声对海洋生物的影响，在权衡航速与续航时考量能源消耗的合理性，“精确”的技术训练便完成了向“优雅”的人格养成的升华。教学中可引入早期高噪潜艇干扰鲸豚类的案例，以反面素材强化“责任缺席即优雅不在”的价值认知。

5.2. 美育作为工程教育的“第三只眼”

从更深远的视角来看，在航行器建模与仿真课程中引入美育维度，其价值不仅在于让学生“发现美”，更在于培养一种超越技术理性的思维方式。这种思维方式不妨称之为工程教育的“第三只眼”，即设计直觉(design intuition)，它是一种在纷繁方案中辨别优劣高下的敏锐审美判断力，也是一种在设计决策中把握整体品质的宏观眼光。这种眼光无法仅凭公式推导获得，它需要学生在反复的建模与仿真实践中，逐步积累对形态、比例、节奏等美学要素的感性经验。当学生面对一组流线型参数时，“第三只眼”帮助他们不仅判断阻力系数是否达标，更能感知哪种曲面在水中“行走”最为从容；当学生在 CFD 后处理中审视压力云图时，“第三只眼”引导他们不仅验证求解是否收敛，更能品味色彩过渡是否如色调渐变般自然流畅。这种审美判断力恰恰构成创新的温床，因为真正的创新往往始于对现有方案“不够美”的不满。教师在这一过程中应扮演“审美引路人”的角色，在课堂点评中引入“设计品质”的评价维度，在作业反馈中不仅标注“计算准确”，也指出“曲面衔接可更洗练”“尾部光影节奏可更连贯”等审美层面的改进方向，使学生在每一次技术实践中同步积累审美经验。当学生的“第三只眼”被唤醒，他们便从技术执行者蜕变为设计思考者，从精确的计算者成长为优雅的创造者，这正是美育赋予工程教育的

深层馈赠。

6. 教学实践对比与初步反馈

为初步验证上述美育引导策略的实践效果,本研究以课程核心环节——水下航行器几何建模作业为评估载体,对比了未实施美育引导的上一届学生($N = 87$)与实施了美育引导的后一届学生($N = 77$)的建模作品。两届学生使用相同的软件工具、课时安排及型线值表,核心差异在于教学大纲的调整:后一届教学中嵌入了第2~5章所述的审美引导活动(含PPT课堂讲解、比例审美讨论等)。

对两届学生提交的航行器三维模型与型线图进行盲审评分,结果显示:在“功能合理性”维度(涵盖总体尺寸、分段数量及阻力特性等工程指标)上,两届学生得分无显著差异;但在“形态协调性”(曲面过渡流畅度、分段衔接光顺度等)与“后处理美观性”(压力云图、速度矢量场、流线谱及涡量等值面等可视化图像的美观程度)两个维度上,后一届学生作品的均分显著高于上一届。此外,后一届学生在建模报告中主动运用“流畅”“连贯”“协调”等审美语汇进行设计自我评价的频率也明显更高。上述结果表明,美育引导的引入并未削弱学生的工程技术能力,但显著提升了其对形态品质的自觉关注与审美表达能力,初步验证了本文所倡导的“从精确到优雅”教学理念的实践可行性。

需要指出的是,上述对比基于自然教学时序下的跨届比较,属于准实验研究范畴,两届学生并非同期随机分组,因此研究结论的外推效度存在一定局限,后续研究将通过更严格的对照实验设计加以验证。

7. 结束语

《水下航行器建模与仿真技术》课程中的美学维度是丰富而深刻的:从几何曲线的视觉愉悦,到优化逻辑的理性之美。从虚拟场景的沉浸体验,到工程设计的伦理追求。这些美学维度并非课程的“附加物”,而是内在于建模与仿真活动之中的本质属性。

学科美育的关键,不在于在工科课程中生硬地插入艺术内容,而在于帮助学生“看见”他们原本就在从事的活动中蕴含的审美要素。当一名学生在调整航行器外形曲线时,既能计算阻力系数,也能感受流线之美。当他在优化仿真参数时,既能追求最优解,也能体味平衡之妙——他便真正实现了从“精确”到“优雅”的跨越。这,或许正是工科美育最朴素也最深刻的目标。

基金项目

江苏海洋大学“一院一品”美育特色项目,江苏海洋大学本科教育教学改革项目(JGX2023050),江苏省基础研究计划资助项目(BK20251059)。

参考文献

- [1] 王世霞,刘德强.美育在理工科高校专业教学中的价值功能探究[J].创新教育研究,2019,7(5):536-540.
- [2] 孟轶,李景玉,史帅,孙奥冉.工程美育:新工科美育的价值意蕴、理念阐释与实践范式[J].上海理工大学学报(社会科学版),2023,45(S1):18-23+33.
- [3] 刘宇,马道玥.新工科背景下理工院校美育体系的探索与构建[J].艺术与设计,2023,2(10):137-139.
- [4] 李昱琳,徐秀峰,隋竹银,李永鹏.工程教育专业认证下的化工美育探索[J].化学工程与装备,2023(11):280-282.
- [5] 廖翊淳.以艺术素养为导向的STEAM课程设计研究[D]:[硕士学位论文].苏州:苏州大学教育学院,2025.
- [6] Ferguson, E.S. (1992) *Engineering and the Mind's Eye*. MIT Press.
- [7] Schön, D.A. (1987) *Educating the Reflective Practitioner: Toward a New Design for Teaching and Learning in the Professions*. Jossey-Bass.
- [8] 付强,陈徐.以美育重塑工程人才-新工科视域下的思维融合与全面发展之路[N].新华日报,2025-11-06(10).
- [9] 练新颜.论机器对审美的塑造——从刘易斯·芒福德的观点看[J].自然辩证法研究,2014,30(1):31-36.

-
- [10] 郑刚强, 乔柏钧, 刘明德. 融契之美——高端船舶设计艺术中蕴含的美学精神[J]. 艺术设计研究, 2017(2): 89-93.
- [11] 沈伯俞, 吴宗铎, 吴莉, 黄技. 游艇造型的美学法则[J]. 艺术研究快报, 2020, 9(1): 14-20.
- [12] 阿恩海姆·鲁道夫. 艺术与视知觉[M]. 滕守尧, 朱疆源, 译. 成都: 四川人民出版社, 2019.
- [13] 安嘉净. 仿生艺术设计及其美学[J]. 创意设计, 2017(4): 105-106.
- [14] Wang, L., Martin, J.E., Felli, M. and Carrica, P.M. (2020) Experiments and CFD for the Propeller Wake of a Generic Submarine Operating near the Surface. *Ocean Engineering*, **206**, Article ID: 107304. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107304>
- [15] Qu, Y., Wu, Q., Zhao, X., Huang, X.Y., Fu, X.Y. and Wang, G.Y. (2021) Numerical Investigation of Flow Structures around the DARPA SUBOFF Model. *Ocean Engineering*, **239**, Article ID: 109866. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109866>
- [16] Jiang, Y.C., Li, Y.K., Wu, C.J., Qing W. and Zhang, G.Y. (2022) Assessment of RANS and DES Turbulence Models for the Underwater Vehicle Wake Flow Field and Propeller Excitation Force. *Journal of Marine Science and Technology*, **27**, 226-244. <https://doi.org/10.1007/s00773-021-00828-8>
- [17] Lungu, A. (2022) A DES-Based Study of the Flow around the Self-Propelled DARPA Suboff Working in Deep Immersion and beneath the Free-Surface. *Ocean Engineering*, **244**, Article ID: 110358. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.110358>
- [18] 唐·伊德. 技术与生活世界: 从伊甸园到尘世[M]. 韩连庆, 译. 北京: 北京大学出版社, 2012.
- [19] Xiang, G., Ou, Y., Chen, J., Wang, W. and Wu, H. (2023) Identification of Hydrodynamic Coefficients of the SUBOFF Submarine Using the Bayesian Ridge Regression Model. *Applied Sciences*, **13**, Article No. 12342. <https://doi.org/10.3390/app132212342>
- [20] 俞嘉虎. 对船舶外部艺术造型中美学法则的探讨[J]. 交通科技, 2000(5): 36-37.