Creative Education Studies 创新教育研究, 2026, 14(11), 70-78
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ces
https://doi.org/10.12677/ces.2026.1411864

Hans汉斯

面向航空运维专业的研究生可靠性课程科教融合教学模式探索

方光武[1]，于国强[2]

[1]南京航空航天大学通用航空与飞行学院，江苏 常州
[2]南京航空航天大学能源与动力学院，江苏 南京

收稿日期：2026年9月15日；录用日期：2026年10月30日；发布日期：2026年11月10日

摘　要

针对航空运维专业研究生可靠性课程中学生背景多元、传统教学难以有效培养工程问题解决能力的问题，本文以“航空可靠性与智能维护”课程为载体，探索科教融合教学模式。将科研项目经教学化改造后分解为子任务，依托学习通平台实施全过程管理，构建个性化考核评价体系。连续两届教学实践表明，该模式有效提升了学生学习积极性和工程问题分析能力，子任务完成质量与课程成绩稳步提高，可为同类工科研究生课程改革提供参考。

关键词

科教融合，研讨式教学，研究生课程，航空器可靠性，教学改革

Exploration of a Science-Education Integration Teaching Model for a Graduate Reliability Course Oriented to Aviation Operation and Maintenance Majors

Guangwu Fang[1], Guoqiang Yu[2]

[1]College of General Aviation and Flight, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Changzhou Jiangsu
[2]College of Energy and Power Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing Jiangsu

Received: September 15, 2026; accepted: October 30, 2026; published: November 10, 2026

文章引用: 方光武, 于国强. 面向航空运维专业的研究生可靠性课程科教融合教学模式探索[J]. 创新教育研究, 2026, 14(11): 70-78. DOI: 10.12677/ces.2026.1411864

Abstract

To address the problems of diverse student backgrounds and the difficulty of traditional teaching in effectively cultivating engineering problem-solving ability in a reliability course for aviation operation and maintenance graduate students, this paper takes the course "Aviation Reliability and Intelligent Maintenance" as a carrier to explore a science-education integration teaching model. Research projects are transformed for teaching and decomposed into subtasks; whole-process management is implemented through the Chaoxing Xuexitong platform; and a personalized assessment and evaluation system is constructed. Two consecutive cohorts of teaching practice show that this model effectively improves students' learning enthusiasm and engineering problem analysis ability, and that subtask completion quality and course grades improve steadily, providing a reference for the reform of similar engineering graduate courses.

Keywords

Science-Education Integration, Seminar-Based Teaching, Graduate Course, Aircraft Reliability, Teaching Reform

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

研究生教育是教育、科技、人才一体化发展的关键结合部，其课程教学质量直接关系到高层次创新人才的培养成效。教育部明确提出要完善科教融合育人机制，推动科研资源向教学资源有效转化[1]。然而，当前研究生课程教学中科研与教学的融合仍面临深层障碍。一方面，研究生课题日益细化，课程学习与科研实践之间的知识联系趋于松散，课程的基础性支撑作用难以充分发挥[2]；另一方面，传统的以知识灌输为主的课程模式和以期末考试为主的终结性考核方式，难以有效培养和评价研究生分析解决真实工程问题的能力[3]。

在这一背景下，围绕科研项目驱动课程教学改革的研究逐渐增多。有学者提出将科研项目通过“多级分解、多层融入”的方式转化为教学资源，把项目分解为多个子课题并嵌入理论教学与实践教学各环节[4]。案例教学与项目驱动相结合的模式也被引入可靠性类课程，通过将实际科研项目与课程案例对接，使学生在案例分析中逐步过渡到真实问题求解[5]。在评价环节，研究者开始关注过程性考核与个性化评价的构建，提出“能力－任务－评价”闭环设计，以多元化、阶段化、个性化的考核方式替代单一的终结性评价[6]。

然而，现有研究多集中于一般性方法论层面，针对航空运维类专业可靠性课程的科教融合实践仍缺乏系统的案例积累[7]。可靠性相关课程具有理论性强、工程交叉度高、学生专业背景差异显著等特征，简单的案例嵌入或研讨式教学往往难以深入解决“科研如何进入课程、学生如何个性化参与、工程问题能力如何有效评价”三个关键问题[8]。基于此，本文以面向航空运维专业研究生的“航空可靠性与智能维护”课程为载体，探索将科研项目分拆为可操作的子任务融入教学过程、以个性化考核评价牵引工程问题能力培养的科教融合教学模式，以期为同类工科研究生课程改革提供可参考的实践路径。

从教学理论看，本文改革与项目式学习(PBL)、探究式学习(IBL)具有一致的内核，即强调真实问题驱

动、学生中心与协作探究[9] [10]。但已有研究也提醒，缺乏教师有效引导的探究可能增加认知负荷、影响学习效率[11]。因此，本文并非简单套用 PBL 或 IBL，而是结合航空运维可靠性课程特点，对教师科研项目进行脱密、简化、分层等教学化改造，分解为与知识点精确映射的子任务，并依托学习通平台实现全过程管理与个性化评价。这既继承了 PBL/IBL“以真实问题促进学习”的理念，也回应了工科研究生课程中“科研如何进入教学、学生如何个性化参与、能力如何有效评价”的操作性难题。

2. 科教融合视域下的课程改革设计

2.1. 课程教学困境与总体设计思路

“航空可靠性与智能维护”是面向航空运维相关专业研究生一年级开设的核心课程，以航空器运营与维护中的可靠性问题为基本对象，系统讲授可靠性建模、可靠性预计与分配、可靠性试验、维修理论等内容，目标在于培养学生运用可靠性理论分析和解决航空运维工程问题的能力。从学情看，选课研究生来自交通运输工程不同领域，本科背景涵盖飞行器设计、机械工程、电子信息、自动化、交通运输等方向，研究方向包括结构健康监测、机队维修优化、通航运行安全等，专业基础与学习需求差异显著。

传统以课堂讲授和原理推导为主的教学模式面临三重困难：一是知识传授与科研需求脱节，学生虽能掌握可靠性指标、寿命分布和基本模型，却难以迁移到自身研究领域，出现“学过了但用不上”的问题；二是统一教学要求与差异化需求之间存在张力，基础好的学生“吃不饱”，基础薄弱的学生跟不上，不同研究方向对可靠性知识的需求也各不相同；三是工程问题解决能力缺乏真实载体，教材中的理想化例题难以模拟数据不完整、边界模糊、多因素耦合等真实工程复杂性，终结性考核也难以评价学生的分析、协作与创新能力。

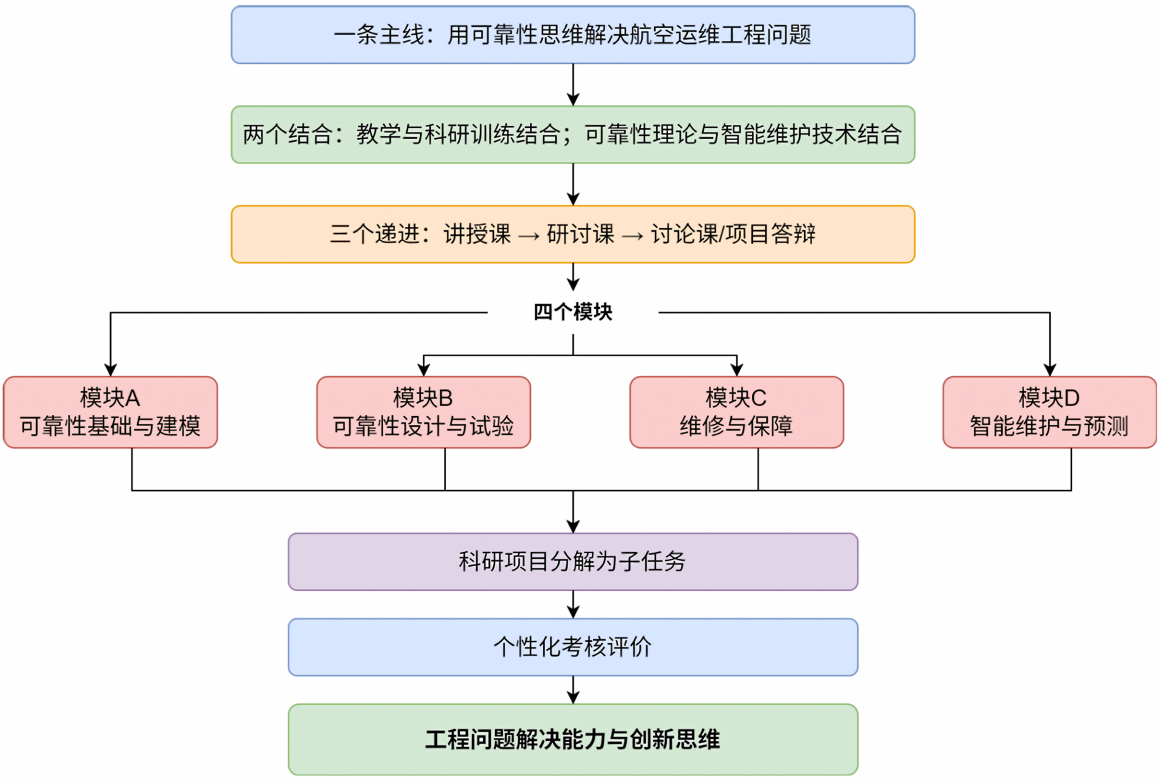


Figure 1. Overall design of the course based on the concept of science-education integration
图 1. 基于科教融合理念的课程总体设计思路

由此，课程改革逻辑从“传授可靠性原理知识”转向“培养用可靠性思维解决本领域工程问题的能力”。如图 1 所示，总体设计可概括为：以可靠性思维培养为主线；坚持教学与科研训练结合、可靠性基础理论与智能维护技术结合；按讲授课→研讨课→讨论课/项目答辩三个环节递进；重构可靠性基础与建模、可靠性设计与试验、维修与保障、智能维护与预测四个模块。以科研项目分解子任务为载体、个性化考核评价为牵引，最终实现知识传授、能力培养与价值塑造的有机统一。

2.2. 教学内容重构：从可靠性原理到智能维护

传统“航空器可靠性分析与预测”课程内容偏重可靠性数学基础和经典模型，与航空运维实际、智能维护发展趋势结合不够。改革后，“航空可靠性与智能维护”课程将内容整合为四个模块，并在每个模块中嵌入科研项目子任务，使学生在学习知识点的同时接触真实工程问题。课程知识模块、核心知识点、科研子任务与能力目标的对应关系如表 1 所示。

Table 1. Correspondence between course knowledge modules and research subtasks
表 1. 课程知识模块与科研子任务对应表

知识模块	核心知识点	科研子任务示例	能力目标
模块 A 可靠性基础与建模	可靠性指标、寿命分布、系统可靠性模型、贝叶斯方法	航空器系统可靠性建模与指标计算	能用可靠性语言描述工程问题
模块 B 可靠性设计与试验	可靠性预计与分配、FMEA/FTA、加速试验	关键部件故障模式分析与试验设计	能开展故障分析与试验方案设计
模块 C 维修与保障	维修性、可用性、RCM、备件优化	机队维修间隔优化与备件配置	能运用可靠性方法优化维修策略
模块 D 智能维护与预测	PHM、数据驱动预测、机器学习、数字孪生	基于运行数据的故障预测与健康管理	能结合数据方法解决预测性维护问题

2.3. 科研项目融入与子任务分解

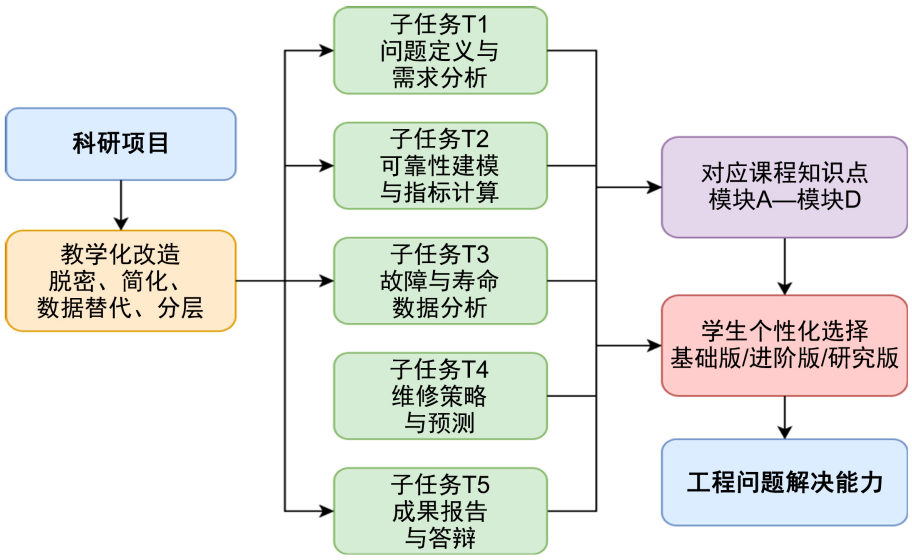


Figure 2. Specific teaching process design based on transforming research projects into tasks
图 2. 基于科研项目转化任务的具体教学流程设计

将科研项目融入教学，不能简单地把项目材料搬进课堂，而需要进行教学化改造。具体原则包括：脱密处理、边界简化、数据替代、分层设计。任课教师从课题组承担的航空运维相关科研项目中，提炼出适合研究生一年级学生认知水平的可靠性科学问题，按照“项目－任务－知识点”的映射关系，将项目分解为五类子任务。每个子任务均设置基础版、进阶版和研究版三个层次。基础版使用教师提供的简化数据，进阶版使用课题组脱密数据，研究版鼓励学生结合自己研究方向进行拓展。例如，研究结构健康监测的学生可从结构可靠性角度切入 T2，研究机队规划的学生可从维修间隔优化角度切入 T4。科研项目分解为子任务并融入教学流程如图 2 所示。

2.4. 探究性研讨活动组织

在教学方法上，课程采用“讲授课－研讨课－讨论课/项目答辩”三阶段递进组织。讲授课由教师精讲核心概念、模型和方法，为子任务完成提供知识基础；研讨课围绕子任务展开小组讨论，教师以引导者身份参与，重点训练学生的问题定义、模型选择和结果解释能力；讨论课/项目答辩阶段，各组汇报子任务成果，开展跨组提问和辩论，促进不同研究方向学生之间的思维碰撞。

研讨议题全部来源于科研项目子任务或民航通航工程案例，确保讨论有真实问题载体。例如，可设置“某型航空器系统可靠性指标如何确定”“基于有限运行数据的维修间隔如何优化”“数据驱动预测方法在机队维护中如何落地”等议题。不同专业背景的学生从结构、电子、运行、管理等多角度切入，形成跨学科交流。

2.5. 个性化考核评价设计

为破解统一考核难以评价差异化学习成果的问题，课程构建“过程性 + 个性化 + 能力导向”的多元评价体系。评价不再以期末笔试为唯一依据，而是将课堂研讨、子任务完成、阶段汇报、期末研究报告和团队协作纳入全过程。学生可根据自身研究方向选择子任务的具体案例和成果形式，如技术报告、分析代码、可靠性模型或小论文。个性化考核评价维度与权重如表 2 所示。

Table 2. Personalized assessment and evaluation system
表 2. 个性化考核评价体系

评价维度	主要观测点	权重
课堂研讨参与	发言质量、提问深度、跨学科交流	15%
子任务完成质量	问题定义、模型合理性、数据分析、结论可靠性	40%
阶段汇报	逻辑表达、图表规范、答辩应对	15%
期末研究报告	工程问题解决能力、创新性、规范性	30%
团队协作	分工贡献、协作效果	计入子任务评分

3. 教学实施与典型案例及成效分析

3.1. 基于学习通平台的教学实施概况

本课程依托超星学习通平台开展全过程教学实施，已完成 2024 年级和 2025 年级连续两届研究生的课程教学实践。两届选课人数分别为 30 人和 39 人，均为航空运维相关专业研究生一年级学生，生源覆盖交通运输工程、飞行器设计、机械工程、电子信息等多个本科专业背景，研究方向涵盖航空器结构健

康监测、机队维修策略、通航运行安全、机载系统故障诊断等领域。

学习通平台在本课程中承担了四项核心功能：一是教学资源发布与知识传递，教师上传课件、文献、案例材料和子任务指导书，学生课前自主学习；二是子任务全流程管理，包括任务发布、进度跟踪、成果提交和教师批阅；三是课堂研讨与互动支持，利用平台讨论区、抢答、投票、分组任务等功能组织课内外研讨；四是过程性数据记录，平台自动记录资源访问、讨论发帖、任务提交时间与质量等数据，为个性化考核评价提供依据。

3.2. 典型案例：航空复合材料构件可靠性分析项目

本课程选取任课教师课题组承担的“某航空复合材料构件可靠性分析”项目作为综合案例。该项目原本面向航空器复合材料结构在服役环境下的可靠性评估与寿命预测，涉及载荷谱分析、疲劳寿命分布拟合、可靠度计算和维修决策等内容。由于原始项目涉及敏感数据和复杂边界条件，教学团队按照“脱密处理、边界简化、数据替代、分层设计”原则进行了教学化改造：保留项目的核心可靠性问题结构和分析逻辑，替换敏感几何参数和材料数据，采用公开文献数据与模拟数据相结合的方式构建教学数据集，使项目难度适配研究生一年级学生的知识水平。

教学团队将该复合材料构件可靠性分析项目分解为五个前后衔接的子任务，分别对应课程四个知识模块，形成“项目－子任务－知识点－能力”的完整链条。子任务具体设计如表 3 所示。

Table 3. Subtask design of the reliability analysis project for an aviation composite material component
表 3. 航空复合材料构件可靠性分析项目子任务设计

子任务	任务内容	对应知识点	成果形式
T1 问题定义与需求分析	明确构件任务剖面、失效模式与可靠性指标	可靠性指标、故障判据	需求分析报告
T2 可靠性建模	建立构件失效的极限状态方程与可靠性模型	应力－强度干涉、可靠度计算	可靠性模型
T3 寿命数据分析	对模拟疲劳寿命数据进行分布拟合与参数估计	寿命分布、参数估计、假设检验	数据分析报告
T4 可靠度计算、智能预测与维修建议	计算不同工况下可靠度；至少采用一种机器学习算法进行预测性分析，并与传统统计模型对比；提出检测/维修建议	维修理论、RCM、PHM、机器学习	维修建议方案 + 预测对比分析
T5 项目报告与答辩	整合成果，撰写报告并课堂汇报答辩	综合应用	项目报告 + PPT

实施过程依托学习通平台展开。教师提前发布了任务指导书、数据集和参考文献；学生以 3~4 人为一组，组内根据研究方向分工，但每人均需参与全部子任务的核心环节。T1 和 T2 在讲授课后完成，T3 和 T4 在研讨课后完成，T5 在学期末集中汇报。平台记录显示，两届学生子任务平均按时提交率均超过 85%，讨论区发帖量显著高于传统课程。

两届学生围绕该复合材料构件可靠性分析项目共完成 69 份项目报告和 69 次小组汇报。从完成质量看，学生成果远超预期。多数小组不仅完成了规定的可靠度计算和寿命分布拟合，还主动引入了贝叶斯更新、蒙特卡洛仿真、机器学习寿命预测等进阶方法。部分学生将项目方法与自身研究方向结合，形成了拓展性分析。例如，有学生将复合材料构件可靠性模型与机队结构维修间隔优化相联系，由学生将疲

劳寿命数据分析方法迁移到机载电子部件故障预测中。项目报告的规范性、图表质量和工程结论的合理性均达到较高水平。

3.3. 成效分析

两届学生在五个子任务上的按时完成率如图 3 所示。总体来看，第二届学生在各子任务上的完成率均高于第一届，说明经过一轮教学迭代后，任务指导、平台支持和评价引导更加成熟。其中 T5 报告与答辩完成率最高，两届分别为 90.0%和 94.9%，反映出学生对项目成果输出环节重视程度高；T4 维修建议子任务完成率相对较低，主要原因是该任务需要综合前三项子任务结果并进行工程决策，难度较大，部分学生出现进度滞后。

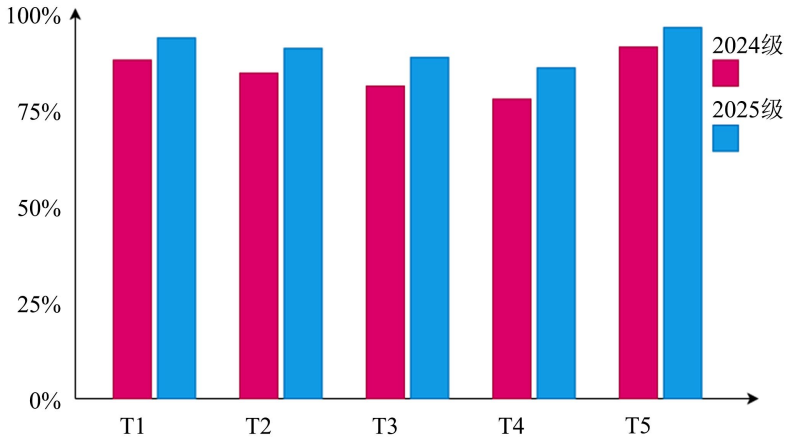


Figure 3. Comparison of on-time completion rates of subtasks between the two cohorts
图 3. 两届学生各子任务按时完成率对比

从课程成绩来看，第二届优秀率由 26.7%提升至 33.3%，良好及以上比例由 66.7%提升至 76.9%，不及格率为零。成绩提升并非评价标准放松所致，而是子任务驱动的过程性投入增加、个性化评价引导学生结合自身方向深入研究所带来的结果。尤其是项目报告环节，第二届学生在问题定义清晰度、模型合理性、数据分析深度和工程结论可行性方面均有明显进步。

课程结束后，通过问卷对两届学生进行能力提升自评调查，采用 5 分制。结果显示，学生在工程问题定义、可靠性建模、数据分析、报告撰写、团队协作和汇报答辩六个维度均有提升，第二届各项均值均高于第一届。其中团队协作和工程问题定义两项提升最为显著，说明子任务驱动和项目报告答辩对协作能力和问题意识的培养作用突出。数据分析维度得分相对较低，反映出部分学生数理基础仍较薄弱，是后续教学需要加强的环节。学生能力提升自评结果如图 4 所示。

需要指出的是，数据分析维度得分相对较低，且第二届提升幅度有限(由 3.9 升至 4.2)。反思发现，部分学生先修统计与编程基础薄弱，在数据预处理、模型验证等环节耗时较多，影响了分析的深度。这一负面结果提示，后续需通过先修微课、代码模板、分层任务和助教辅导等方式，加强对数据分析薄弱学生的支持，而不能简单归因于学生投入不足。

学习通平台数据表明，两届学生课程资源平均访问次数分别为每人 42 次和 51 次，讨论区人均发帖量分别为 6.8 条和 9.3 条，子任务提交平均提前时间分别为 1.2 天和 1.8 天。第二届学生在各项学习行为指标上均优于第一届，说明课程迭代后学生的学习投入度和主动性进一步增强。课程满意度调查显示，第一届满意及以上比例为 86.7%，第二届提升至 92.3%。学生反馈中，“项目子任务让可靠性知识变得可

操作”“结合自己研究方向做子任务更有动力”“汇报答辩比单纯考试更能锻炼能力”是出现频率最高的评价。

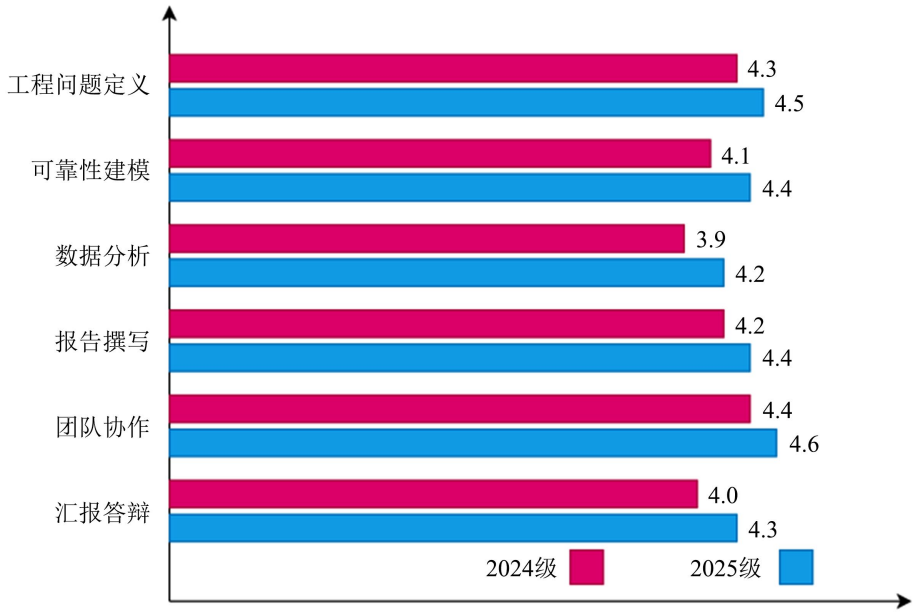


Figure 4. Self-assessed ability improvement of students in the two cohorts (5-point scale)
图 4. 两届学生能力提升自评结果(5 分制)

本模式在实施中仍面临四方面挑战：一是教师工作量显著增加，项目教学化改造、子任务批阅与个性化反馈远超传统备课；二是评价标准难以完全统一，不同研究方向子任务的可比性有限；三是学生先天基础差异大，部分学生数据分析能力提升不显著；四是智能维护子任务对机器学习和编程能力要求较高。针对上述问题，后续拟采取以下措施：建设子任务模板与案例库，降低教师重复劳动；引入助教协同与平台自动评价，结合同伴互评；设置先修微课与分层任务；对项目报告试行第三方双盲评审，并探索准实验对照设计，以更客观地检验教学成效。

与经典 PBL、IBL 模式相比，本文模式同样强调真实问题、学生中心与协作探究，但并非泛化的项目式学习。其独特之处在于：面向航空运维可靠性课程，将教师科研项目经脱密、简化、分层后转化为与可靠性知识点精确映射的子任务；依托学习通平台实现全过程数据留痕；以个性化评价牵引不同研究方向学生的差异化学习。由此形成“科研项目子任务化 - 平台全过程管理 - 个性化评价牵引”的可操作闭环，为同类工科研究生课程改革提供了实践参考。

4. 总结

本文以面向航空运维专业研究生的“航空可靠性与智能维护”课程为载体，针对学生专业背景多元、研究方向差异显著、传统教学难以有效培养工程问题解决能力等现实困境，探索了科教融合视域下的课程改革路径。核心做法可概括为三条：一是将科研项目经脱密、简化、分层改造后分解为可操作的子任务，使科研训练显性化、具体化地嵌入教学全过程；二是依托学习通平台实现资源发布、任务管理、研讨互动和过程数据记录的一体化，支撑课前、课中、课后全流程教学；三是构建过程性、个性化、能力导向的考核评价体系，以子任务完成质量、阶段汇报和项目报告为核心评价依据，引导学生结合自身研究方向开展探索性学习。

基于两届研究生(30 人、39 人)的教学实践表明，该模式有效激发了学生的学习积极性，子任务按时完成率和课程总评成绩稳步提升，学生在工程问题定义、可靠性建模、数据分析、报告撰写和汇报答辩等方面的能力自评均有提高，航空复合材料构件可靠性分析项目的完成质量远超预期。实践初步验证了“科研项目子任务化－平台全过程管理－个性化评价牵引”这一路径的可行性，也为同类工科研究生课程的科教融合改革提供了可参考的实践案例。

当然，两届实践样本量有限，数据分析能力的培养效果相对薄弱，个性化评价的教师工作负荷较大，子任务难度梯度设计仍需细化。后续将进一步优化子任务分层方案，探索平台智能评价与人工评价的结合机制，并扩大实践范围以检验模式的推广价值。

基金项目

南京航空航天大学研究生教育教学改革研究项目(2024YJXGG56)。

参考文献

[1] 吴鹏, 朱建生. “科教融合”教学理念在研究生课程改革中的探索与研究——以兵器科学与技术弹载图像类课程为例[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)教育, 2025(1): 197-200.

[2] 李镇, 付帅, 彭伟功, 牛林清. “可靠性工程”课程教学改革[J]. 西部素质教育, 2022, 8(1): 160-162.

[3] 王攀, 李磊, 周长聪, 魏鹏飞, 王元生. 面向力学专业背景的可靠性工程课程混合教学模式改革探索[J]. 高教学刊, 2022, 8(14): 126-129.

[4] 邱云峰, 刘播, 马卓, 应余欣, 李晶, 刘绍琴. 探索科教融合促进研究生课程建设: 以生物质碳材料为例[J]. 当代化工研究, 2023(23): 130-132.

[5] 郑晨, 侯早, 王健, 王战玺, 李靖. 在研项目驱动的航天制造课程教学模式探索[J]. 电气电子教学学报, 2024, 46(5): 5-9.

[6] 陈颖, 康锐. 以多层次一体化教学助力系统工程思维培养——以电子产品可靠性系列课程为例[J]. 北京航空航天大学学报(社会科学版), 2023, 36(2): 182-187.

[7] 熊玲, 卢开聪, 许勇, 曹蔚, 张莉莉. 以服务国家重大需求为导向的工程类专业学位研究生课程建设的探索与实践[J]. 学位与研究生教育, 2023(8): 13-21.

[8] 平晓燕, 纪宝明, 董世魁, 李耀明. 基于 OBE 和科教融合理念的创新型教学模式的探索与实践——以“高级草地生态学”研究生课程为例[J]. 中国林业教育, 2024, 42(3): 53-57.

[9] Thomas, J.W. (2000) A Review of Research on Project-Based Learning. Autodesk Foundation.

[10] Blumenfeld, P.C., Soloway, E., Marx, R.W., Krajcik, J.S., Guzdial, M. and Palincsar, A. (1991) Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist*, **26**, 369-398. https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139

[11] Hmelo-Silver, C.E. (2004) Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, **16**, 235-266. https://doi.org/10.1023/b:edpr.0000034022.16470.f3