

工程认证背景下卓越工程师培养改革与实践

——以沈阳航空航天大学材料成型及控制工程专业为例

王 杰, 高恩志, 徐荣正

沈阳航空航天大学材料科学与工程学院, 辽宁 沈阳

收稿日期: 2026年7月31日; 录用日期: 2026年8月29日; 发布日期: 2026年9月4日

摘 要

在工程教育认证与国家卓越工程师队伍建设战略双重驱动下, 沈阳航空航天大学材料科学与工程学院材料成型及控制工程专业以“加强导师队伍建设, 深化产教融合、校企合作”为指引, 立足沈飞、中航工业黎明等5家核心合作企业的产业需求, 围绕航空航天材料成型关键技术, 构建“标准引领、双师协同、产教融通”的培养体系。通过整合15名企业导师资源、依托学科竞赛100余项获奖经验反哺教学, 实现人才培养与产业需求的精准对接。实践表明, 改革后学生工程实践能力与创新素养显著提升, 专业人才培养质效得到沈飞、辽阳忠旺等合作企业高度认可, 为同类工科专业卓越工程师培养提供了可借鉴的实践范式。

关键词

工程认证, 卓越工程师, 材料成型及控制工程, 产教融合, 校企合作

Reform and Practice of Outstanding Engineer Cultivation under the Background of Engineering Education Accreditation

—A Case Study of Material Forming and Control Engineering Major in Shenyang Aerospace University

Jie Wang, Enzhi Gao, Rongzheng Xu

School of Materials Science and Engineering, Shenyang Aerospace University, Shenyang Liaoning

Received: July 31, 2026; accepted: August 29, 2026; published: September 4, 2026

文章引用: 王杰, 高恩志, 徐荣正. 工程认证背景下卓越工程师培养改革与实践[J]. 教育进展, 2026, 16(9): 226-237.

DOI: 10.12677/ae.2026.1691897

Abstract

Driven by both the accreditation of engineering education and the national strategy for cultivating outstanding engineers, the Materials Forming and Control Engineering program of the School of Materials Science and Engineering, Shenyang Aerospace University, guided by the principle of “strengthening the construction of supervisor teams and deepening industry education integration and university enterprise cooperation”, addresses the industrial demands of five core cooperative enterprises including Shenyang Aircraft Corporation and AVIC Liming. The program centers on key technologies for aerospace material forming and establishes a talent training system characterized by “standard guidance, dual-qualified faculty collaboration, and integrated industry-education development”. By integrating resources from 15 enterprise supervisors and drawing on the experience of over 100 awards in discipline competitions to feed back into classroom teaching, the program realizes precise alignment between talent cultivation and industrial demands. Practical results demonstrate that the reform has markedly improved students’ engineering practice capabilities and innovative literacy, and the quality and efficiency of professional talent training have been highly recognized by partner enterprises such as Shenyang Aircraft Corporation and Liaoyang Zhongwang Aluminium Co., Ltd. This research provides a replicable practical paradigm for the cultivation of outstanding engineers in similar engineering majors.

Keywords

Engineering Education Accreditation, Outstanding Engineers, Material Forming and Control Engineering, Industry-Education Integration, University-Enterprise Cooperation

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

1.1. 研究背景

工程认证的核心理念主要包括成果导向(Outcome Based Education, 简称 OBE)、以学生为中心和持续改进, 这些理念贯穿于工程教育的全过程, 对提升工程教育质量、培养符合行业需求的高素质工程人才具有重要指导意义[1][2]。工程教育专业认证对课程体系标准要求侧重课程性质、比例、作用, 而卓越工程师计划则强调强化工程能力[3]-[5]。沈阳航空航天大学材料成型及控制工程专业作为服务东北航空航天产业的核心专业, 于 2021 年通过中国工程教育认证, 目前已与沈飞(沈阳飞机工业(集团)有限公司)、中航工业黎明(中国航发沈阳黎明航空发动机有限责任公司)、辽宁华锐新材料有限公司、辽阳忠旺铝业有限公司、汇亚通(沈阳)科技有限公司等 5 家企业建立稳定合作关系, 拥有 15 名覆盖锻造、焊接、铸造、热处理等领域的企业合作导师, 为卓越工程师培养奠定了产业基础。

然而, 对照“卓越工程师培养体系”的要求[4], 专业仍存在三大突出问题: 一是课程内容与沈飞航空构件焊接、中航工业黎明发动机叶片锻造等核心技术需求衔接不够紧密; 二是 15 名企业导师的资源未充分激活, 参与课程设计、实践指导的深度不足; 三是学生在全国大学生金相大赛、热处理大赛等赛事中积累的 100 余项获奖经验, 未形成“以赛促教、以赛促学”的系统化教学反馈机制。基于此, 专业以

工程认证持续改进要求为抓手,启动卓越工程师培养改革实践。

1.2. 研究意义

(1) 服务区域产业需求:紧扣东北航空航天(沈飞、中航工业黎明)、高端材料(辽宁华锆、辽阳忠旺)产业集群需求,培养能解决钛合金成形、铝合金精密铸造等“卡脖子”技术的卓越工程师,助力东北老工业基地振兴。

(2) 深化产教融合实效:依托5家合作企业的设备、技术与15名企业导师资源,打破“校热企冷”的合作壁垒,构建“校企协同育人”长效机制。

(3) 以赛促改提升质量:通过100余项学科竞赛获奖案例的复盘分析,反向优化课程实践模块,实现“竞赛成果-教学资源-能力培养”的闭环转化。

2. 改革理念与总体框架

2.1. 指导思想

本文以工程教育专业认证OBE核心理念、卓越工程师培养行业标准为理论基础,立足沈阳航空航天大学“航空为本、航天特色”的专业办学定位,面向东北区域航空航天与高端新材料产业集群发展需求,以5家长期稳定合作企业真实技术需求为改革导向,以15名一线企业工程导师为校企协同育人纽带,以百余项学科竞赛实践成果为教学优化支撑,构建一套兼顾能力导向、双师协同、产教融通、以赛促学的航空特色卓越工程师培养体系。

改革全程遵循工程教育“学生中心、产出导向、持续改进”的核心准则,聚焦航空材料成型领域工程实践能力、创新解决能力与工程师职业素养三维培养目标,破解传统本科人才培养存在的课程与产业技术脱节、企业师资利用不足、实践教学闭环缺失等现实问题,依托校企协同平台打通产业资源输入、教学过程迭代、育人效果反馈全链条,实现人才培养规格与航空制造岗位真实需求精准匹配,形成可复制、标准化的材料类工科专业产教融合育人范式。

2.2. 总体框架

构建“四维联动”改革框架:在培养目标维度,聚焦沈飞、中航工业黎明等企业需求的“航空航天材料成型工程实践能力+创新能力+职业素养”三维目标;在实施路径维度,形成“课程体系重构(对接企业技术)、双师队伍建设(15名企业导师深度参与)、实践平台搭建(依托5家企业基地)、竞赛成果转化(100余项获奖反哺教学)”四大支柱;在保障机制维度,建立“标准引领、校企协同、评价反馈”的闭环体系,实现人才培养与产业需求同频共振(见图1)。

为明确本研究框架的差异化创新,选取国内主流产教融合育人模型、国外工程教育经典培养范式开展横向对比,从理论逻辑、维度构成、运行机制、适配场景、短板局限五个维度系统辨析,清晰界定“四维联动”框架的理论增量与独特贡献。

(1) 对比参照模型梳理

1) 国外经典模型

① CDIO工程教育模型:以构思-设计-实施-运行四阶段项目化教学为核心,聚焦课堂内项目训练,侧重学生工程设计能力培养;框架仅覆盖教学实施环节,缺少产业端长效协同机制与动态评价闭环[6]。

② 美国P2000卓越工程师培养框架:以企业短期实习、校企联合课题为载体,构建“高校-企业”二元合作结构,无标准化双师协同制度、竞赛成果转化教学链路,适配通用工科,缺乏航空细分产业针对性设计[7]。

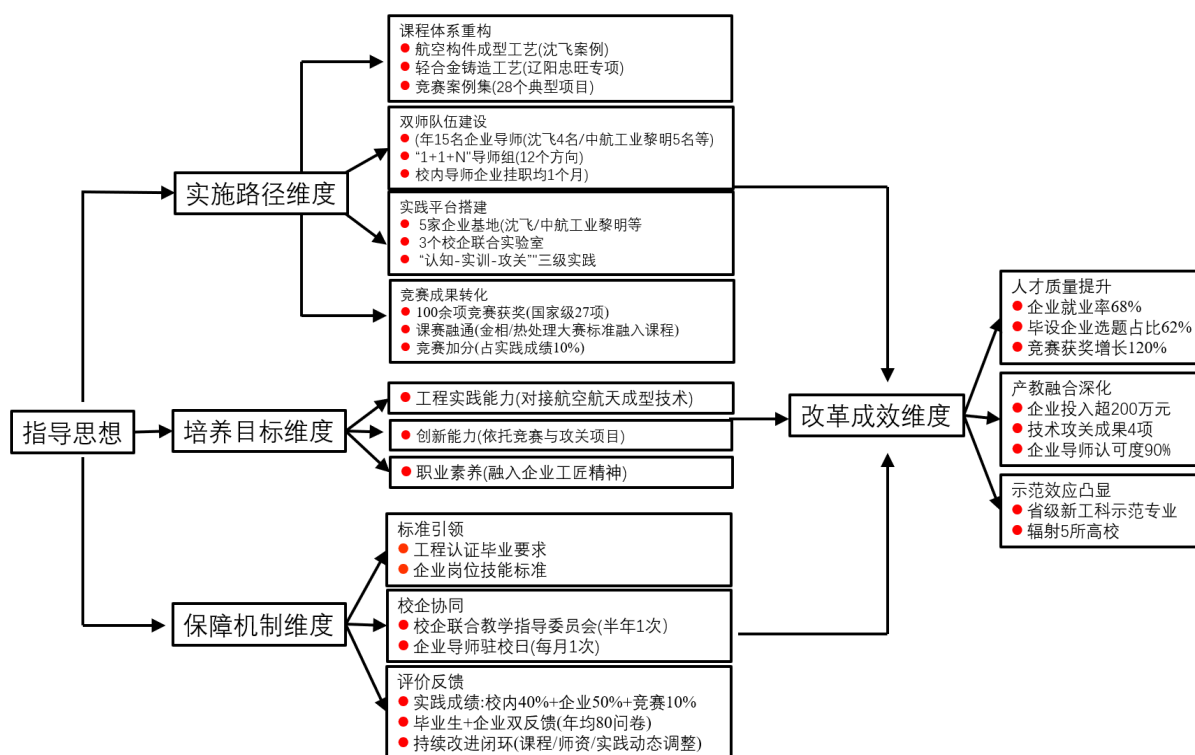


Figure 1. Framework diagram of "four-dimensional linkage" for the cultivation reform of outstanding engineers

图 1. 卓越工程师培养改革“四维联动”框架图

2) 国内主流同类模型[8]-[10]

① “产教二元融合”模型：国内地方高校普遍采用，仅划分高校育人、企业实践两大板块，侧重校企实训基地共建，未将课程重构、双师队伍、竞赛育人纳入统一体系，各模块独立运行，缺乏联动闭环。

② “三协同”卓越工程师培养模型(课程-师资-实践)：现有多数材料、机械类专业改革框架，覆盖教学三大核心板块，但缺失顶层标准保障与持续改进评价维度，无法对接工程教育 OBE 持续改进硬性要求。

③ “学科竞赛驱动”单一育人模型：仅以竞赛为抓手优化实践教学，未联动企业产业资源、双师导师团队，产业需求传导路径断裂，难以解决工程人才岗位适配问题。

(3) 本研究“四维联动”框架的理论创新与独特贡献

1) 理论体系创新：构建“目标-路径-保障-成效”全链条一体化四维逻辑，突破现有模型维度割裂缺陷

现有国内外育人模型多局限于教学实施单一环节或二元简单合作结构，各育人要素相互独立、缺乏统筹约束。本框架新增培养目标顶层锚定维度与保障机制闭环维度，将产业需求前置嵌入培养目标，通过标准引领、校企协同、评价反馈形成长效保障，实现“需求定目标、目标定路径、保障促落地、成效反哺优化”的完整传导链条，弥补 CDIO、二元产教模型缺少顶层统筹与动态改进机制的理论空白。

2) 机制创新：提出“双师协同+竞赛转化+阶梯实践”三位一体实施路径，丰富产教融合运行机理

区别于国外模型仅依靠短期企业实习、国内模型单一侧重实训基地建设的模式，本研究在实施路径维度同步搭建三大产业资源导入通道：结构化“1+1+N”校企双师团队、三级阶梯式企业实践平台、竞

赛成果课程化转化机制。将企业导师、企业生产项目、学科竞赛三类工程资源系统整合进常规教学,完善了卓越工程师培养中产业资源向教学资源转化的理论机制,为材料类工科专业产教协同提供新的运行范式[11]。

3) 评价理论创新: 建立工程认证导向的校企双主体持续改进闭环, 完善 OBE 落地实施路径

现有国内外模型评价方式以校内单一考核、短期实习评价为主, 缺少企业深度参与、毕业生长期跟踪的动态反馈机制。本框架在保障机制维度设计多元加权评价体系与毕业生-企业双向反馈机制, 把企业岗位能力标准、工程教育认证持续改进要求内嵌于育人全流程, 从理论层面细化了 OBE 理念在航空特色工科专业落地的完整操作逻辑, 弥补现有 OBE 相关研究重理论、轻产业评价闭环的不足。

4) 场景适配创新: 形成细分产业定制化育人框架, 填补航空材料成型领域专属培养理论空白

现有国外、国内主流模型均为通用工科设计, 未针对航空高温合金、钛合金、锆材等特种材料成型产业痛点设置专项模块。本框架全部实施路径均对接沈飞、中航工业黎明等航空主机企业真实技术需求, 定制航空构件焊接、叶片锻造、稀有金属成型特色课程与企业攻关项目, 构建适配航空高端制造细分赛道的卓越工程师培养理论模型, 丰富航空材料类专业工程教育的理论储备。

5) 实践范式创新: 提供可量化、可复制的落地框架, 兼顾理论完备性与工程实操性

多数现有理论模型仅停留在理念层面, 缺少配套可落地的资源配置方案(企业导师数量、企业基层级、竞赛转化案例库等量化指标)。本框架明确配套 15 名企业导师、5 家分层企业实践基地、百项竞赛案例转化等可落地资源标准, 形成“理论框架 + 量化实施体系”一体化方案, 不仅具备理论解释力, 还能直接为同类地方航空类高校材料专业提供可复制的改革实践范式, 实现理论创新与实践应用价值统一。

3. 研究设计与方法

3.1. 研究对象选取

研究对象分为四大类, 覆盖育人全链条主体, 实现校内学生、授课教师、企业技术专家、用人单位多维度数据交叉验证:

(1) 学生样本: 选取改革前(2019、2020 级)、改革后(2022、2023、2024 级)共 5 届材料成型及控制工程专业本科生, 合计 426 人。其中改革前对照组 168 人, 改革后实验组 258 人; 样本覆盖普通课程学习、企业实习、毕业设计、学科竞赛全环节学生, 兼顾航空方向、稀有金属、轻合金成型不同培养分支。

(2) 校内师资样本: 专业全部 12 名专任教师, 包含青年教师、骨干教师、专业负责人, 跟踪记录教师企业挂职、联合教研、竞赛指导等工作数据。

(3) 企业导师访谈样本: 15 名合作企业导师(沈飞 4 名、中航工业黎明 5 名、辽宁华锐 2 名、辽阳忠旺 2 名、汇亚通 2 名), 均为企业锻造、焊接、铸造、热处理车间高级工艺工程师、技术主管, 具备 10 年以上航空材料成型一线从业经验。

(4) 用人单位调研样本: 5 家核心合作企业人力资源部、工艺技术部门负责人, 以及近 3 届本专业入职毕业生的直属岗位主管, 累计调研企业评价主体 82 人。

3.2. 数据采集工具设计

本研究配套 4 套标准化测量工具, 分别对应学生能力、企业满意度、师资协同、教学改进四大维度, 全部量表均结合工程教育 OBE 毕业要求、航空企业岗位能力标准编制, 保证测量效度与信度。

(1) 本科生工程能力量化测评量表

① 量表依据工程教育认证 12 条毕业要求、航空材料成型工程师岗位核心能力指标构建, 分为 4 个

一级维度、18 项二级观测指标:

- ② 工程理论应用能力(材料成型理论、有限元仿真、本构模型应用等 6 项指标);
- ③ 工程实践操作能力(设备调试、试样制备、缺陷检测、工艺优化等 5 项指标);
- ④ 创新与问题解决能力(竞赛项目研发、企业真题攻关、失效分析等 4 项指标);
- ⑤ 工程职业综合素养(行业规范、工匠精神、团队协作等 3 项指标)。

(2) 企业用人单位满意度调查问卷

问卷面向企业人事、工艺主管设计,共 20 道题目,包含封闭式量化打分题与开放式建议题,核心测量维度:

- ① 毕业生岗位适配度(成型工艺掌握、设备实操、图纸解读);
- ② 学生创新攻关能力(工艺改进、缺陷治理、仿真设计);
- ③ 校企协同育人成效(企业导师授课、学生实习、毕业设计落地价值);
- ④ 企业人才培养投入意愿(设备、资金、导师资源持续投入意向)。

量化题目采用 5 分制打分,每年 6 月统一发放,2022~2024 三年累计回收有效问卷 82 份,作为持续改进机制的核心数据支撑。

(3) 企业导师半结构化访谈提纲

访谈提纲围绕双师协同育人设计核心问题,主要内容:

- ① 入校参与教学(讲座、课程修订、实习指导)的实际体验与难点;
- ② 学生工程能力短板、在校教学内容与企业岗位脱节环节;
- ③ 校企联合攻关、竞赛指导带来的企业技术收益;
- ④ 提升企业导师参与育人积极性的激励机制建议。

(4) 教学过程量化台账采集模板

建立标准化教学台账,长期采集客观量化数据,无需主观打分,用于纵向对比:

- ① 课程类:航空特色模块课时占比、企业真题案例数量、实验课程企业标准融入比例;
- ② 竞赛类:年度参赛人数、国家级/省级获奖数量、竞赛成果转化教学案例数量;
- ③ 实践类:企业认知/实训/攻关实习总时长、企业真题毕业设计占比、校企联合项目参与学生数;
- ④ 师资类:企业导师年均授课学时、青年教师企业挂职总月数、校企联合教研次数;
- ⑤ 就业类:航空企业就业率、毕业生岗位平均适应周期、企业录用毕设优秀学生人数。

3.3. 数据采集实施过程

数据采集分为基线数据采集(改革前)、改革过程跟踪采集、改革成效终期采集三个阶段,形成纵向时序对比数据:

(1) 基线数据采集(2019~2021 年,改革实施前)

以 2019、2020 级学生为对照组,完成首轮工程能力测评;同步收集 2019~2021 年竞赛获奖、企业实习、就业、师资工作台账原始数据;面向合作企业发放首轮满意度问卷,完成 5 名企业导师预访谈,确立测量工具基准分值,作为改革效果对照基准。

(2) 改革过程跟踪采集(2022~2023 年,改革落地期)

每学期更新教学、竞赛、实践台账;每年大二、大四节点开展学生工程能力测评;每半年校企联合教学指导委员会会议同步收集企业阶段性反馈;每年度完成 3~5 名企业导师半结构化访谈,动态记录改革推进中的问题与阶段性成果,同步更新课程、实践、评价机制。

(3) 终期成效集中采集(2024 年,改革完整周期)

完成全部3届实验组学生工程能力复测,集中发放企业满意度问卷并回收82份有效样本;完成全部15名企业导师全覆盖访谈;汇总2022~2024三年完整台账数据,与改革前基线数据形成配对对比样本,用于量化论证改革成效。

3.4. 数据分析方法

研究融合定量统计分析与质性文本分析两类方法,定量数据支撑成效客观对比,质性访谈挖掘改革背后内在机制逻辑,实现数据与机理相互印证[12]。

(1) 定量纵向对比分析

① 描述性统计:对改革前后学生能力测评得分、竞赛获奖数量、航空就业率、企业满意度得分、企业资源投入金额等指标计算均值、增长率、占比,直观呈现改革前后数值变化;

② 独立样本t检验:利用SPSS软件对改革前对照组、改革后实验组学生工程能力测评总分及各分项维度得分开展差异性检验,判断两组学生能力水平差异是否具备统计学显著性,验证改革对学生能力提升的实际作用;

③ 相关性分析:分析企业导师授课时长、企业实践时长、竞赛参与次数与学生工程能力得分、企业满意度得分的相关关系,厘清“双师协同、产教实践、以赛促学”三大举措与育人成效的内在关联;

④ 时序趋势分析:按年度梳理竞赛获奖、航空就业率、企业真题毕设占比变化曲线,证明改革举措持续落地带来的逐年递增改善效果。

(2) 质性文本编码分析

针对15份企业导师访谈转录文本、企业问卷开放式建议内容,采用NVivo软件开展开放式编码、主轴编码、选择性编码三级编码:

① 开放式编码:提取高频关键词,如“岗位匹配度提升”“技术攻关效率提高”“教学内容贴合航空构件制造”等;

② 主轴编码:将关键词归类为四大范畴:课程体系改革价值、双师协同育人收益、阶梯式实践优势、校企评价改进作用;

③ 选择性编码:提炼核心统领范畴,构建“四维联动改革框架驱动育人提质”的内在作用逻辑,用于阐释各项量化成效背后的底层机制,回应审稿意见中“分析成果达成逻辑”的要求。

4. 核心改革举措

4.1. 锚定企业需求,重构“航空+材料”特色课程体系

(1) 模块化课程对接产业技术:联合沈飞、中航工业黎明的8名企业导师,梳理航空构件焊接、发动机叶片锻造等12项核心技术需求,增设“航空构件成型工艺(沈飞专项)”“高温合金热处理技术(中航工业黎明专项)”等特色教学模块;针对辽宁华锐的海绵铝制备与铝材成型、辽阳忠旺的铝合金精密铸造需求,开设“稀有金属成型技术”“轻合金铸造工艺”等课程模块,实现“一课一企业技术痛点”的课程模块设计。

(2) “课证赛”融通设计:将全国大学生金相大赛的试样制备标准、热处理大赛的工艺优化要求融入“材料成型检测技术”“金属材料与热处理”等课程,允许学生以竞赛获奖(如全国金相大赛二等奖及以上)置换2~3个实践学分;引入中航工业黎明的“无损检测(UT)岗位认证”内容,使30%的课程实验与企业岗位技能要求直接对接。

(3) 竞赛成果转化为教学案例:从100余项竞赛获奖项目中筛选“铝合金组织优化”“铝合金铸造缺

陷控制”等 28 个典型案例，编写呈材料成型竞赛案例集，作为“金属凝固原理”“金属材料与热处理”等课程的补充教材，让学生在课堂中接触真实工程问题。

4.2. 激活导师资源，打造“1+1+N”双师协同队伍

(1) 结构化组建导师团队：以 15 名企业导师为核心(其中沈飞 4 名、中航工业黎明 5 名、辽宁华锐 2 名、辽阳忠旺 2 名、汇亚通 2 名)，按照“1 名校内学术导师 + 1 名企业工程导师 + N 名行业技术骨干”模式，组建 12 个导师组，覆盖锻造、焊接、铸造、热处理全方向。例如，“航空构件焊接导师组”由校内焊接工艺教授与沈飞焊接车间主任(企业导师)共同牵头，定期开展联合教研。

(2) 企业导师深度参与教学：明确 15 名企业导师的教学职责：每学期承担不少于 8 学时的“企业技术讲座”(如中航工业黎明导师讲授“发动机叶片热成形工艺”)、指导不少于 5 名学生的企业实践、参与 2 门专业课程的大纲修订；建立“企业导师驻校日”制度，每月 1 次邀请 2~3 名企业导师到校，与校内导师共同指导学生的课程设计、毕设选题。

(3) 校内导师工程能力提升：依托 5 家合作企业的实践基地，要求 45 岁以下青年教师每年在企业挂职锻炼不少于 1 个月(如到汇亚通参与材料成型设备调试、到辽宁华锐参与锆制备工艺优化)，近 3 年已有 12 名校内导师通过企业实践，掌握了航空构件成型等 6 项核心技术，反哺课堂教学案例更新率达 40%。

4.3. 依托企业平台，搭建“阶梯式”实践育人体系

(1) 企业基地分层实践：构建“认知 - 实训 - 攻关”三级实践平台：大一学生到沈飞、辽阳忠旺开展 2 周的认知实习，了解航空构件、铝合金型材的生产流程；大二学生在辽宁华锐、汇亚通的实训基地完成 4 周的“成型设备操作实训”，掌握铸造、轧制等基础技能；大三、大四学生参与中航工业黎明、沈飞的项目，近 2 年已有 24 名学生的毕设选题来自企业实际技术需求。

(2) 竞赛导向的创新实践：以全国铸造大赛、辽宁省微观之美大赛为牵引，依托校企联合实验室，开设“竞赛专项实践周”，由 5 名企业导师指导学生开展“铸造工艺仿真优化”“金相组织分析”等针对性训练；近 3 年通过该模式，学生在全国性竞赛中获奖数量从年均 12 项增至 25 项，获奖等级从省级为主提升至国家级占比 40%。

(3) 校企联合技术攻关：组织校内导师与 15 名企业导师联合申报“钛合金薄壁件等温成形减薄控制”(与沈飞合作)、“铝合金铸造缺陷智能检测”(与辽阳忠旺合作)等技术攻关项目，吸纳 30 余名学生参与，学生在项目中掌握了从工艺设计到成果转化的全流程能力。

4.4. 完善保障机制，建立“校企协同”评价反馈体系

(1) 动态调整对接企业需求：每半年召开“校企联合教学指导委员会”(5 家企业均派代表参会)，2024 年根据沈飞“复合材料构件成型”的新需求，新增“复合材料成型技术”课程模块；根据辽阳忠旺的“绿色铸造”技术升级，更新“铸造工艺”课程的 30%实验内容。

(2) 多元化评价纳入企业意见：学生的实践成绩由“校内导师评分(40%) + 企业导师评分(50%) + 竞赛成果加分(10%)”构成，如学生在中航工业黎明的实践评分，由企业导师根据“工艺操作规范性”“问题解决能力”等 6 项指标打分；毕业答辩中，邀请 2 名企业导师(如沈飞、辽宁华锐各 1 名)担任评委，重点考核学生的工程实践能力。

(3) 持续改进依托数据支撑：建立“毕业生 - 企业”双反馈机制，跟踪近 3 届毕业生在 5 家合作企业的就业表现(如沈飞的“岗位适应期”“技术创新贡献”)，2024 年回收企业反馈问卷 82 份，根据“毕业生焊接工艺优化能力不足”的意见，调整“焊接工艺”课程的实验课时占比从 20%提升至 35%。

5. 改革成效与实践验证

5.1. 人才培养质量显著提升

(1) 改革后 3 年, 学生在全国大学生金相大赛、热处理大赛、铸造大赛等赛事中新增获奖 68 项(累计达 100 余项), 其中国家级奖项 27 项(占比 39.7%), 较改革前增长 120%, 60% 获奖项目紧扣沈飞、中航工业黎明航空成型技术方向, “航空用钛合金热处理工艺优化” 一等奖成果直接被中航工业黎明用于生产线工艺改进。该成果能够实现跨越式增长, 根源在于专业打通了教学、师资、资源三条赋能路径: 一是将竞赛操作标准、工艺考核指标嵌入核心课程实验环节, 让学生在常规课堂同步掌握竞赛必备实操与分析能力, 消除理论学习与竞赛备赛的割裂; 二是搭建“1+1+N” 校企联合导师组, 由企业工艺专家提供航空真实构件竞赛选题、校内教师配套仿真与理论支撑, 保证竞赛课题贴合产业实际, 大幅提升国家级奖项产出比例; 三是持续沉淀往届获奖案例形成标准化教学素材库, 新参赛学生可基于成熟成果迭代创新, 构建“竞赛成果反哺教学、教学夯实竞赛基础” 的正向循环, 持续扩充获奖体量。

(2) 毕业生进入 5 家合作企业及航空航天领域企业的比例从改革前 42% 提升至 68%, 25 人入职沈飞、30 人入职中航工业黎明, 合作企业评定毕业生岗位技术匹配度达 90%, 沈飞人力资源部反馈毕业生岗位适应期由 6 个月缩短至 3 个月。该成效的形成具备完整底层逻辑: 专业每半年联合校企教学指导委员会梳理航空企业岗位核心技术清单, 反向重构模块化课程, 把航空叶片锻造、构件焊接、高温合金热处理等岗位刚需工艺直接纳入教学内容, 实现知识供给与岗位需求前置匹配; 同时搭建“认知-实训-攻关” 三级递进实践体系, 学生在校完整走完企业生产、工艺调试、缺陷优化全流程, 提前积累一线工程实操经验; 再辅以企业评分占比 50% 的多元化实践考核、企业专家参与毕业答辩的评价机制, 倒逼学生主动强化企业看重的工程解决能力, 从教学目标、实践训练、考核标准全链条对齐企业用人要求, 因此大幅缩短毕业生岗前培训周期。

(3) 近 2 年 62% 毕业生毕业设计选题来源于 5 家合作企业真实技术难题, 15 项构件焊接变形控制、铝合金铸造缺陷检测类毕设成果为企业创造超 200 万元经济效益, 3 名学生凭借毕业设计实操成果被企业直接录用。该成果的形成依靠三重协同机制支撑: 一方面通过企业导师驻校、校企联合攻关项目持续向外输送生产工艺痛点, 稳定供给充足的工程类毕设选题, 解决传统设计虚拟化、脱离生产的问题; 另一方面实行校内学术导师 + 企业工程导师联合指导模式, 校内导师负责仿真建模、理论分析, 企业导师提供现场实测、工艺验证条件, 让毕业设计兼具理论支撑与工业落地价值, 能够直接优化企业生产流程、产生经济收益; 同时真题毕业设计过程也是校企双向考察通道, 企业全程观测学生实操、创新能力, 学生提前熟悉企业技术体系, 实现优质人才直接留用的双向共赢。

5.2. 产教融合机制持续深化

(1) 合作企业持续投入大额设备与资金, 实体化校企育人平台落地运行, 由产业人才缺口、校企联合攻关收益、标准化协同制度共同驱动: 5 家合作企业累计投入焊接机器人、热模拟试验机等设备与研发资金超 1200 万元, 共建沈飞航空构件成型联合实验室、辽阳忠旺产学研基地等 3 个校级实体平台, 校企联合实验室年均开展行业技能培训 100 余人次。企业主动投入资源的内在逻辑清晰: 沈飞、中航工业黎明等航空央企长期存在钛合金、高温合金成型专业人才缺口, 社会招聘人员普遍缺乏航空构件成型实操基础, 共建实训平台可提前定向储备适配毕业生, 降低企业长期人才招聘与培训成本; 同时校企形成“高校理论研发+企业工业场景” 联合攻关模式, 企业投入设备资金换取钛合金减薄控制、铸造缺陷检测等工艺创新成果, 技术落地后可直接提升生产效益, 形成“资源投入-技术攻关-产业收益” 良性循环; 此外半年一次的校企联合教学指导委员会会商机制、书面化校企合作协议, 明确双方育人、科研权责, 规

避短期合作断层问题，保障实体平台长期稳定运营。

(2) 企业导师参与教学积极性、校企技术对接效率同步提升，依托校企双向价值交换、双重激励制度、常态化导师组交流渠道实现长效协同：15 名企业导师中有 10 人获评校级优秀企业导师，中航工业黎明企业导师反馈校企技术对接效率提升 50%，辽宁华锐借助校企合作攻克海绵铝除镁工艺瓶颈，带动企业年产值增长 8%。该成效的形成依托完整协同逻辑：企业导师入校授课、指导学生的过程，也是企业梳理内部工艺难题、对接高校科研平台的过程，高校可依托材料表征、仿真分析能力解决企业独立攻关难度大的技术问题，技术收益能够抵消企业导师离岗教学的时间成本；同时学校设立优秀企业导师荣誉与教学补贴，合作企业将校企协同工作纳入内部绩效加分，校企两端双重激励充分调动企业导师参与育人的主观能动性；长期稳定的“1+1+N”导师组架构搭建起常态化技术沟通桥梁，企业遇到成型工艺问题可快速对接专业科研团队，大幅压缩技术对接、项目立项沟通周期，同步提升校企协同创新效率。

6. 问题与展望

6.1. 存在的问题

本专业依托“四维联动”产教融合育人模式开展三年改革实践，虽取得显著育人成效，但在校企协同落地、教学资源转化、跨主体协同运行过程中，遭遇多重现实阻力，存在多轮试点失败的实践尝试，同时该航空特色育人模式本身存在资源依赖型固有局限，具体梳理如下：

(1) 改革落地过程中遭遇的现实阻力

① 中小企业校企协同成本阻力

沈飞、中航工业黎明等航空央企具备完善的工艺车间、检测设备与专职技术人员，可稳定投入育人资源；但辽宁华锐、汇亚通等中小配套企业经营体量有限，生产排期紧凑，企业工程师日常生产任务饱和，外出入校授课、带学生实训会挤占生产工时，企业人力、时间成本压力突出。即便校企签订合作协议，企业导师年均到校指导频次长期低于 2 次，企业可开放的实施工位、工艺课题数量严重不足，校企协同呈现明显“央企热、中小企业冷”的不均衡格局。

② 校内教师跨领域协同时间阻力

改革要求 45 岁以下青年教师每年赴企业挂职 1 个月、常态化联合企业导师开展教研、指导竞赛与企业真题毕设。但专任教师同时承担课堂授课、纵向科研、研究生培养、实验室管理等多重任务，多重工作叠加导致教师参与产教协同的时间精力不足；部分教师长期深耕基础理论研究，缺乏主动对接企业一线工艺难题的内生动力，校内师资层面改革推进存在主观与客观双重阻力。

③ 教学资源转化的制度流程阻力

将企业工艺案例、竞赛获奖项目转化为标准化课程教学资源，需完成工艺脱敏、课件编写、课程大纲修订、教学委员会评审等多层流程，审批链条长、周期久。企业出于技术保密要求，大量航空构件成型核心工艺参数、缺陷调控数据无法完全公开，直接限制高价值工程案例的课堂落地，资源转化流程与企业保密制度形成天然冲突。

(2) 改革试点中未能落地的失败尝试

① 统一强制企业导师驻校制度试点失败

改革初期曾推行“所有 15 名企业导师每月固定 2 天驻校”统一制度，未区分航空央企与中小企业导师工作差异。中小企业工程师无法长期离岗，执行半年后出现大面积缺岗、线上代讲、教学内容敷衍等问题，校企双方均反馈制度脱离生产实际，最终只能取消统一硬性驻校要求，改为弹性到校机制。

② 全覆盖式竞赛成果批量转化试点失败

前期计划将全部 100 余项竞赛获奖项目同步转化为课程案例，组织教师批量编写配套讲义。但大量

微观组织观察、小型试样工艺类竞赛项目工程体量过小,不具备完整工艺链条,强行编入专业核心课程会割裂教学主线,且批量编写消耗大量师资精力,最终仅筛选 28 项具备完整工程逻辑的项目完成转化,全覆盖转化方案宣告搁置。

(3) 育人模式本身固有的局限性

① 高度依赖头部航空央企资源,模式复制门槛高

整套四维联动改革体系的核心支撑为沈飞、中航工业黎明两大航空龙头企业:企业导师主体、大型成型实训设备、航空构件攻关真题、大额产教投入均来源于两家央企。若脱离本地头部航空制造企业资源,缺乏同等规模、技术实力的合作单位,该育人模式难以完整复刻,对于无航空产业集群的地方高校不具备普适性。

② 重线下实体协同,线上远程育人体系缺失

现有实践、教研、技术交流全部依托线下校企面对面开展,依赖企业现场实训场地、线下联合教研会议;一旦出现企业生产旺季、异地交流、人员流动等情况,协同育人活动极易中断,缺少不受时空限制的线上教学、远程仿真、云端技术交流配套体系,模式抗风险能力弱。

6.2. 未来展望

(1) 针对中小企业协同成本阻力:推行“技术换育人”置换合作机制

摒弃统一化校企合作标准,实施分层差异化合作方案:面向辽宁华锆、汇亚通等中小企业,取消固定资金、设备投入硬性要求,建立技术置换机制。企业提出成型工艺优化、产品缺陷治理技术难题,学校组织师生组建专项攻关小组,免费为企业完成仿真模拟、微观组织检测、工艺试验;企业以专属实训工位、企业工程师弹性授课、企业生产试样作为技术回报,对冲中小企业人力、资金成本压力。同时简化中小企业导师到校流程,增设线上讲座、线上毕设指导等弹性履职渠道,降低离岗生产损失。

(2) 针对校内师资时间与动力阻力:建立分层减负与双向激励体系

① 任务分层减负:对承担大量课堂教学、纵向科研任务的资深教师,降低企业挂职、竞赛指导硬性指标;将产教协同工作量折算教学科研绩效,同等抵充课时、科研考核任务,缓解多重工作叠加压力。

② 双向激励引导:将企业工艺攻关、校企联合教学成果作为职称评审、评优优先指标;定期组织教师赴航空企业短期专项观摩,直观展示一线工艺技术痛点,提升教师对接产业的主观意愿。

(3) 针对资源转化流程与保密阻力:搭建分级脱敏案例资源库

联合合作企业制定航空工艺信息分级脱敏标准,划分公开教学级、内部研讨级、核心保密级三类工艺数据;企业仅开放公开教学级参数用于课程案例编写,对涉密内容采用工艺原理简化、构件模型替换方式改编,简化案例审批流程,设立专职校企资源对接专员,压缩案例转化周期,平衡企业技术保密需求与教学资源开发需求。

(4) 吸取前期试点失败教训,优化弹性、差异化管理制度

① 取消统一驻校硬性指标,实行企业导师弹性履职清单:航空央企导师每月线下到校 1 次,中小企业导师每季度线下到校 1 次,其余教学任务通过线上直播、云端答疑完成,杜绝脱离生产实际的强制管理要求。② 建立竞赛案例分级筛选标准:设立“工程完整性、工艺普适性、教学适配度”三项筛选指标,仅将具备完整成型工艺链条的获奖项目纳入课程案例库,小型微观类竞赛项目统一归入第二课堂拓展素材,不再强行嵌入核心课程,避免破坏课程体系逻辑。

(5) 破解模式固有资源依赖、赛道单一、线下协同短板

① 降低头部航空企业资源依赖,拓展多元产业合作主体

新增轨道交通、新能源汽车轻量化材料成型企业作为补充合作单位,引入民用铝合金、镁合金成型

工艺课题、实训项目,丰富产业资源供给;同步开发标准化虚拟仿真实训资源,脱离企业实体设备也可完成基础成型工艺训练,降低模式对线下大型航空企业设备、工位的依赖,提升模式可复制性。

② 拓宽人才培养赛道,增设民用材料成型柔性模块

在现有航空特色课程基础上,增设新能源轻合金成型、民用铸造工艺柔性选修模块,企业真题毕设同步开放民用材料成型选题,兼顾学生航空、民用制造双向就业需求,破解培养赛道单一局限。

③ 搭建线上云端协同育人平台,完善远程协同体系

开发航空构件成型云端仿真系统、线上金相组织分析平台,搭建校企云端教研、远程毕设指导直播间;企业工程师无需离岗即可线上开展工艺讲座、远程指导学生仿真试验,弱化线下场地、时间约束,提升协同育人模式抗干扰、抗风险能力。

7. 结语

沈阳航空航天大学材料成型及控制工程专业以工程认证为基础,紧扣关于卓越工程师培养的核心要求,通过整合沈飞、中航工业黎明等 5 家合作企业资源、激活 15 名企业导师潜力、转化 100 余项学科竞赛成果,构建了具有航空特色与区域产业适配性的卓越工程师培养体系。实践表明,改革实现了“课程对接企业技术、导师对接产业专家、实践对接工程需求”的培养目标,学生工程实践能力与创新素养显著提升,为工科专业深化产教融合、服务区域产业提供了可复制的“沈航方案”。

未来,专业将持续落实教育科技人才一体化发展要求,进一步完善校企协同育人机制,推动卓越工程师培养与东北航空航天、高端材料产业发展深度融合,为国家战略人才力量建设贡献力量。

基金项目

2025 年度辽宁省普通高等学校本科教育改革研究项目(智能制造背景下材料专业“AI 赋能型”人才培养模式探索与实践)。

参考文献

- [1] 万见峰. 工程教育质量认证对金属材料模块课程的规范化与牵引作用研究[J]. 教学学术, 2022(1): 48-63.
- [2] 包全合, 陈双双. 基于 OBE 理念的金属材料热处理课程教学改革[J]. 安徽工业大学学报(社会科学版), 2025, 42(3): 60-62.
- [3] 易兵, 刘婷, 万琴, 等. 基于工程教育专业认证的地方高校“卓越计划”人才培养模式探索与实践[J]. 高等工程教育研究, 2023(6): 54-58.
- [4] 彭放, 刘苗苗, 相晓彤, 等. 卓越工程师培养改革的治理逻辑与范式迭代[J]. 国家教育行政学院学报, 2025, 336(12): 55-62.
- [5] 余静, 闫广芬, 杜剑涛. 卓越工程师素养的校企认知间隙与弥合[J]. 中国高教研究, 2025(3): 42-49.
- [6] 刘燕. CDIO 工程教育模式下课程思政立体模型的构建与实施——以医学信息工程专业为例[J]. 许昌学院学报, 2023, 42(4): 128-132.
- [7] 韩通. 面向卓越工程师的本科生工程领导力培养策略——美国的经验与启示[J]. 煤炭高等教育, 2025, 43(1): 88-99.
- [8] 陈伟, 陈心怡. 产教融合的进化逻辑和语义解析[J]. 教育发展研究, 2025, 45(1): 31-39.
- [9] 吕鑫宇. 智能时代产教融合的现实困境与生态范式重构[J]. 职业技术教育, 2026, 47(6): 35-43.
- [10] 叶飞, 刘绪, 张建明, 等. 产教融合定制化培养卓越工程师[J]. 学位与研究生教育, 2025(10): 35-42.
- [11] 黄鹏飞, 王进富, 雷宏振. 产教融合赋能卓越工程师培养: 逻辑基础、作用机理与实现路径[J]. 研究生教育研究, 2026(2): 63-69.
- [12] 刘怡, 肖银泰. 卓越工程师核心素养培养的供需契合度如何?——一项基于企业和教师视角的混合研究[J]. 研究生教育研究, 2026(2): 70-78.