

低空经济视域下“三链耦合”人才培养机制建构

宋博*, 韩月娇, 李琳, 陈志伟, 张平, 鲁光明, 王爱民

黑龙江工业学院环艺与建筑工程学院, 黑龙江鸡西, 中国

*通讯作者

【摘要】低空经济已上升为国家战略, 产业规模快速扩张, 人才供给却没有跟上: 无人机操控员等岗位的缺口以百万计, 高校相关专业的毕业生却又面临不小的就业压力, 供需错配十分突出。本文围绕这一矛盾, 讨论产业链、创新链、教育链如何相互衔接、共同作用于人才培养。文章先梳理低空经济人才培养中供需失衡、学科分割、协同缺位、实践薄弱四类现实困境, 再阐释“三链耦合”的内涵与运行逻辑, 进而从产业场景嵌入、科研成果进课堂、课程体系重构、四方主体协同四个方面提出机制建构路径, 并配套组织、制度、师资与评价保障。文中以测绘地理信息类专业为例, 说明“无人机+”复合型人才培养的落地办法, 可为同类院校提供参考。

【关键词】低空经济; 三链耦合; 人才培养; 产教融合; 测绘地理信息

【基金项目】黑龙江省教育科学“十四五”2025年度规划课题: 低空经济视域下“三链四协同”复合型人才培养有效机制与路径研究(编号: GJB1425046)

1. 引言

1.1 研究背景

2024年, “低空经济”第一次写入政府工作报告。工信部、科技部、财政部和民航局同年联合印发《通用航空装备创新应用实施方案(2024—2030年)》, 把2030年的产业规模目标定在万亿级[1]。到2025年, 全国已有30个省份把低空经济发展规划写进各自的政府工作报告[2], 产业热度可见一斑。用人需求随之而来, 而且来得比预期更急。国家发改委2024年10月发布的数据很能说明问题: 单是无人机操控员一个岗位, 未来的人才缺口就接近100万。

产业这边求贤若渴, 教育这边却还没跟上。测绘、遥感等老牌专业的毕业生就业压力不小, 低空经济急需的岗位又招不到合适的人; 企业需要什么样的能力, 学校教出来的能力却对不上; 政府、高校、企业、科研机构都在谈协同育人, 真正运转起来的联动机制并不多。人才从哪里来, 是低空经济继续发展绕不开的问题, 本文讨论“三链耦合”人才培养机制的建构, 正是针对这一现实。

1.2 研究意义

这项研究的理论价值主要有两点。其一, 过去谈产教融合, 教育链往往被摆在跟随产业链的位置上, 产业要什么、学校改什么, 是一种线性思维。“三链耦合”的思路不同: 它把产业链、创新链、教育链放进同一个动

态模型里考察, 政府、高校、企业、科研机构四方的协同关系, 也从宏观政策落到了培养方案、课程、师资这些微观环节上, 应用型高校多学科交叉、多主体联动的培养机制因此有了可分析的框架。其二, 本文以测绘地理信息类专业为对象, 把低空经济各场景的能力需求逐项拆解, 形成可识别、可测评的人才能力图谱。低空经济人才标准目前基本还是空白, 这项工作可以为同类专业修订课程和培养方案提供参照。

实践层面的考虑更直接。黑龙江是老工业基地, 也是农业大省, 农林植保、地理测绘、应急救援等低空经济典型场景在本地都有真实需求, 而人才储备与需求之间的落差, 已经拖住了产业升级的脚步。黑龙江工业学院设有无人机工程学院, 本身就在培养一线。本文立足这一实际探索“三链耦合”培养机制, 希望学生毕业时掌握的不是单一技能, 而是无人机操控、测绘数据处理加上行业场景应用的复合能力, 完成从“单一技能型”到“场景解决型”的转变; 地方高校服务国家战略、助推区域产业转型, 也能因此多一个可参考的样本。

2. 核心概念界定与理论基础

2.1 核心概念界定

(1) 低空经济

低空经济指以有人驾驶和无人驾驶航空器的低空飞行活动为牵引、带动相关领域融

合发展的一类综合性经济形态[3]。从上游的航空器研发制造,到低空飞行基础设施、运营服务和飞行保障,这条产业链拉得很长,能落地的场景多,对周边产业的带动也明显。

(2) 三链耦合

本文所说的“三链”,是围绕低空经济运转的产业链、创新链和教育链。产业链回答“需要什么人”,对应各细分场景的真实需求;创新链管科研资源怎么整合、技术怎么转化;教育链负责把人培养出来。所谓“耦合”,是说三者不是简单拼在一起,而是要素互相流动、资源彼此开放、功能互补,最终形成一个协同运转的整体[4]。

(3) 复合型人才

文中的复合型人才,特指低空经济领域里跨学科、跨场景、会协作的高素质应用型人才。这类人才拿得起无人机操控、遥感测绘这些硬技术,也懂空域法规、数据分析和具体行业的业务知识。

2.2 理论基础

(1) 产教融合理论

产教融合理论主张教育与产业深度对接,资源、人才、成果在校企之间双向流动,教育链与产业链由此衔接起来[5]。对低空经济这样的新兴产业来说,产教融合既是教育改革的内在要求,也是产业快速扩张提出的外在要求[5]。

(2) 协同创新理论

协同创新理论把创新看作多个主体围绕共同目标深度合作、整合资源的过程。按这个思路,“三链耦合”可以理解作为一种多主体、多要素的协同创新安排:政府、高校、企业、科研机构联动起来,才能形成创新合力[6]。

(3) 人力资本理论

人力资本理论把教育看作对人的投资,认为教育投入与经济增长正相关。低空经济是新兴领域,人力资本投入的回报预期较高,培养机制设计得是否科学,直接影响这笔投资的效率。

3. 低空经济人才培养的现实困境

3.1 人才供需结构性矛盾突出

先看供需两端。传统测绘、遥感等专业的毕业生就业压力不小,竞争力在下降;低空经济急需的无人机操控、低空数据分析、空域管理等岗位却常常招不到人。这种“有人没岗、有岗没人”的错位,根子在培养体系与产业需求的脱节上[4]:专业设置和课

程内容还停留在过去的产业结构上,新岗位需要的能力没有及时进入培养环节。

3.2 学科壁垒制约复合型人才培养

低空经济横跨航空工程、地理信息、计算机科学、法学等多个学科,高校的人才培养却基本按单一学科来组织。学生在一个专业里读到毕业,知识结构单一,学过的东西到了真实场景里用不起来[6]。学科之间的墙不拆,复合型人才就出不来。

3.3 协同育人机制系统性缺失

“政校企研”协同育人的提法已经流行多年,共识不缺,缺的是能运转的机制。政府的政策引导偏宏观,高校课程更新偏慢,企业参与大多停留在提供实习岗位上,科研成果进课堂的通道也不顺畅[7]。各方看似都在参与,育人合力却没有真正形成。

3.4 实践教学体系薄弱

低空经济是应用型产业,用人首先看动手能力。目前高校的实践教学条件普遍跟不上:设备数量不足,教学案例多年不更新,训练场景也比较单一[8]。学生在校期间很少接触真实的低空经济项目,到岗之后往往要从头学起。

4. “三链耦合”人才培养机制的理论框架

4.1 “三链”的内涵与功能定位

(1) 产业链:需求导向的能力标准链

产业链是耦合的起点,培养目标和标准最终要从产业需求里来。低空经济的细分场景很多,农业植保、河湖巡检、应急物流、实景三维建模,各自要的能力并不一样[3]。把分散的需求归拢起来,可以整理出一条完整的能力线:前端是数据采集,对应无人机飞行操控、航拍测绘;中段是数据加工,对应遥感影像解译、点云处理和4D产品生产;后端是决策支持,对应数据分析、平台搭建与方案设计。培养方案顺着这条能力线来排,学生学的东西才不会悬空。

(2) 创新链:技术驱动的知识更新链

创新链管的是知识从哪里来、怎么持续更新。测绘地理学科与低空经济有不少交叉点,高校的科研力量和企业的技术需求正好在这里交汇[6]。一条合理的通路是:高校和科研院所先做基础研究,比如低空遥感数据解译、无人机智能组网;企业再与高校联手,把成果做成教学案例和实训项目;成熟技术投进真实场景后,应用端反馈的新问题又成为下一轮研究的起点。这个循环转起来,课堂内容才跟得上技术。

(3) 教育链：人才供给的培养实施链
教育链的任务，是把前两条链的要求落到人身上。围绕“测绘+低空”的复合能力，培养过程可以分三步走[7]：先用专业课程打基础，其中要嵌入“无人机+”一类的跨学科课程；再通过竞赛和真实项目把知识用熟；最后用职业资格认证把能力标准化，让“1+X”证书与学历教育接上轨。

4.2 “三链耦合”的运行机理

三条链摆在一起，不等于自动耦合。真正让它们咬合的，是要素流动、功能互补和目标共识[9]。整个机制按需求牵引、创新驱动、人才支撑、产业反哺的回路运转：产业端的需求变了，教育端的培养方向跟着调；创新端有了新技术，课堂内容随之更新；教育端输送的人才支撑产业扩张；产业发展起来的成果，又回头改善科研条件和培养条件。三条链就这样一轮一轮动态调整、共同抬升，培养体系也随之持续完善[10]。

5. “三链耦合”人才培养机制的建构路径

5.1 产业链嵌入：构建场景化能力培养体系

(1) 对接产业细分场景，明确能力图谱

低空经济场景之间差别很大，笼统谈能力没有意义，高校要先做产业调研，把人才能力图谱画出来[4]。以测绘地理信息类专业为例：做农业植保，学生要会植被指数分析，能开精准施药方案；做电力巡检，要看得懂红外测温数据，能识别缺陷并形成报告；做应急测绘，快速响应、多源数据融合、灾害评估一样都不能少。图谱画得细，培养目标才对得准。

(2) 引入真实产业项目，打造实战化教学

图谱落地要靠真实项目。高校可以与低空经济企业共建“遥感数据服务中心”“无人机运维实验室”这类产教融合平台，把企业手里正在做的项目改造成教学案例[7]。农业无人机监测、河湖生态巡检、城市违建巡查，都可以搬进课堂，让学生从接任务、做方案、采数据到交成果完整走一遍。技能练到了，项目管理和团队协作这些职业素养也顺带熟悉了。

5.2 创新链赋能：构建科研育人一体化机制

(1) 建立“科研团队+教学团队”双师结构

科研成果只有进了课堂，创新链对人才

培养的价值才算兑现。高校可以鼓励教师按低空经济的技术方向组建跨学科科研团队，做研究的同时把成果融进教学内容[6]。人员安排上宜双向打通：搞科研的参与课程设计，教书的进课题组，两头都不脱节。测绘地理信息类专业可以试建“低空遥感应用”这类团队，把无人机航测的新技术、遥感影像智能解译的新方法做成教学模块，边研究边更新。

(2) 推动科研成果向教学案例转化

转化不能全靠教师自觉，得有制度托底。学校可以设“科研育人专项基金”，按项目资助教师把课题成果做成教学案例、实训教材或虚拟仿真实验。比如“基于无人机倾斜摄影的实景三维建模”课题做完，可以顺势改造成综合实训项目；“低空遥感数据智能解译算法研究”的结论，可以写进数据分析课的教案。课堂内容因此能跟上产业技术的更新节奏[3]。

5.3 教育链重构：打造递进式人才培养路径

教育链是机制落地的最后一环，改动直接落在培养方案上。结合测绘地理信息类专业的实际，可以从课程、实践、学制三个层面着手。

(1) 优化课程体系，增设“无人机+”跨学科课程

课程调整的思路是保住基本盘、补上交叉课：测绘专业的核心课不动，在此之上增设“无人机+”课程模块[4]，开出无人机原理与操控技术、低空摄影测量、无人机遥感应用、空域法规与飞行管理、低空经济概论等课程。通识层面再配人工智能基础、大数据分析、项目管理几门课，把学生的知识面撑开。这样培养出来的学生，知识结构是“测绘+低空+信息”几层叠起来的，而不是单一学科的一条线。

(2) 构建“课赛证”融合的实践教学体系

实践环节按课程实训、学科竞赛、职业认证三层来搭[7]。实训依托校内实验室练基本功；竞赛用以赛促学，“南方测绘杯”虚拟仿真测图技能大赛、全国大学生无人机测绘虚拟仿真技能竞赛都是现成平台；认证对接“1+X”无人机驾驶职业技能等级证书和民用无人机驾驶员执照。学生毕业时手里同时有学历和职业资格，进岗就能用。

(3) 探索微专业与辅修制度，促进学科交叉

复合能力未必都要靠四年一贯的培养方案来装,“无人机应用”微专业是一种更轻的做法[4]:面向测绘、土木工程等多个专业的学生开放,课程集中在低空经济核心能力上,学制一到一年半,修满学分即可拿证[11]。辅修制度也可以同步放开,鼓励学生在主修之外修读低空经济课程,慢慢形成“一专多能”的局面。

5.4 “四协同”联动:构建多元主体协同育人机制

三链要真正耦得上,离不开政府、高校、企业、科研机构四方配合[5][10]。四方各干什么、怎么衔接,需要一条一条说清楚。

政府的角色是定方向、搭台子。一方面出台低空经济人才培养专项政策,把目标、任务和保障措施写明白;另一方面统筹区域资源,牵头搭建低空经济产教联盟,让高校和企业有固定的对接渠道[7]。条件允许的地方,还可以通过购买服务、项目资助等方式,支持高校先做改革试点。

高校是培养的主阵地,要改的东西最多:盯着产业需求调专业布局、改培养模式;发挥知识创新的长处,围绕低空经济做基础研究和应用研究,为产业提供智力支持[6];师资上开门办学,把行业专家和企业技术骨干请进课堂,逐步建起一支“双师双能型”队伍。

企业是用人的一方,也是实践教学的依托。开放实习实训基地、提供真实项目案例、接收学生顶岗实习,是企业参与的基本动作[5]。更深一步,企业可以加入培养方案制定、课程开发和教材编写,把用人标准前置到培养环节。有条件的大型企业,还可以与高校共建产业学院,人才共育、资源共享、成果共用[12]。

科研机构的长处和技术。与高校联合开展低空经济前沿研究,可以为人才培养提供技术支撑[3];把最新成果和研究进展及时转成教学资源,课堂内容才不会落伍;实验设备、数据资源也可以向高校开放,帮助改善科研和教学条件。

6. “三链耦合”人才培养机制的实施保障

6.1 组织保障:建立协同育人治理结构

建议成立由高校、企业、科研机构共同参加的“低空经济人才培养理事会”,统筹培养中的重大事项。理事会之下分设专业建设委员会、课程开发委员会、实践教学委员会,分别管专业规划、课程建设和实践教学

[5]。治理结构层次清楚了,“三链耦合”机制才转得顺。

6.2 制度保障:完善协同育人运行机制

制度上要立几样规矩:《低空经济产教融合管理办法》《校企双导师制实施细则》

《科研成果教学转化办法》等文件,把各方的权利义务、合作方式、利益分配写清楚[7]。运转层面,每学期开一次协同育人联席会议,有问题当面解决;再搭一个“低空经济人才培养信息平台”,人才需求、培养进度、科研成果三类信息实时共享。

6.3 师资保障:打造“双师双能型”教师队伍

师资抓两头。一头送出去:实施“教师企业实践计划”,每年安排专业教师到企业挂职,参与真实项目,补上实践能力这一课。一头请进来:实施“行业专家进校园计划”,聘请企业技术骨干和行业专家做兼职教师,带实践课程、指导毕业设计[5]。平时再定期组织教师参加低空经济领域的技术培训和学术交流,让教师的知识结构跟着技术一起更新。

6.4 评价保障:构建三维质量评价机制

评价机制设计三个维度[4]:谁来评,政府督导、企业评估、第三方认证和学生自评都参与;评什么,设人才适配率、技术转化率、产业贡献率等核心指标;评完怎么用,每半年开一次协同育人质量听证会,按结果调整培养方案。评价形成闭环,机制才有自我修正的能力,“三链耦合”才能持续改进。

7. 结论与展望

7.1 研究结论

回到开头的问题。低空经济缺人,表面看缺的是数量,往深处看,是教育链、产业链、创新链之间断了联系。“三链耦合”机制的价值在于,它跳出了传统产教融合里“教育被动适应产业”的单向逻辑,让三条链在同一个框架里相互咬合、彼此驱动、共同抬升。

从机制本身看,耦合不是把三条链摆在一起就算数,要素流动和功能互补才是要害。产业端提需求,创新端供技术,教育端出人,三者之间是双向反馈而不是单向传递,人才培养因此能跟着产业一起往前走,而不是总慢半拍。

从操作层面看,本文以测绘地理信息类专业为例,把这套机制拆成了几件可执行的事:按场景画能力图谱,按递进路径排培养

环节,按四方分工建协同治理。产业需求由此变成可测度的能力标准,科研活动变成能教的知识模块,多主体合作变成固定运转的组织结构,高校低空经济人才培养从理念到落地有了一条完整的路。

从理论层面看,“三链耦合”把协同创新理论从“政产学研”的宏观叙事沉到了培养环节的微观操作上,也把产教融合从校企两方的事,拓展成产业、创新、教育三方的事。新质生产力背景下高等教育与新兴产业究竟是什么关系,这个框架提供了一种可分析的视角。

7.2 研究展望

这项研究还有几处可以继续做深。“三链耦合”的实际效能如何,需要量化评估来说话,先要建一套站得住的评价指标;培养效果好不好,最终要看学生走出校门后的发展,纵向跟踪不能少;机制的适用范围也有待检验,换到别的专业领域是否成立,需要更多案例;低空经济技术变化快,培养重点还得跟着技术趋势及时调。这些都留给后续研究。

低空经济要持续往上走,得有人才托底;人才要培养得好,得先把机制设计对。“三链耦合”是本文给出的一个方案,它能不能经得起检验,要看更多院校和企业把它用起来之后的反馈。

参考文献

- [1] 金伟,田野,马玥.低空经济高质量发展的人才需求分析与培养建议[J].中国职业技术教育,2025(9):17-24+40.
- [2] 张夏恒.新质生产力背景下低空经济高质量发展的机理与路径[J].苏州大学学报(哲学社会科学版),2025,46(01):

112-122.

- [3] 廖小罕,黄耀欢,刘霞.低空经济时代地理信息科技发展的机遇和挑战[J].地球信息科学学报,2025,27(01):1-9.
- [4] 刘艺涛,倪卫国.本科层次职业教育无人机专业人才培养体系研究[J].职业技术,2024,23(12):47-52+72.
- [5] 沈黎勇,齐书宇,费兰兰.高校产教融合背景下人才培育困境化解:基于MIT工程人才培养模式研究[J].高等工程教育研究,2021(06):146-151.
- [6] 苏美文,杨文爽,李博文,等.推动人工智能与实体经济深度融合加快发展新质生产力[J].工业技术经济,2025,44(04):32-59.
- [7] 陈斯琪,刘东亚.低空经济新质人才培养困境与对策[J].高等工程教育研究,2025(5):81-86.
- [8] 徐杰佳.职业教育服务低空经济人才培养对策探讨[J].职业,2024(20):62-65.
- [9] 陈红喜.基于三螺旋理论的政产学研合作模式与机制研究[J].科技进步与对策,2009,26(24):6-8.
- [10] 沈映春,赵雨涵,周昕怡.低空经济现代化产业体系建设的逻辑框架与战略路径[J].江苏社会科学,2025(02):104-112.
- [11] 姚耕,王勇军,孙山林,等.低空经济背景下无人机应用人才培养模式探索与实践[J].桂林航天工业学院学报,2025,30(02):186-194.
- [12] 朱莉凯,李笑瑜,李红燕,等.基于产业学院的无人机应用技术人才培养对策分析[J].南方农机,2024,55(07):180-182.