

数字化赋能集成电路成人职业教育路径探索

汪洋¹, 禹珉²

1. 武汉软件工程职业学院电子工程学院, 湖北 武汉 430205

2. 武汉中原电子集团, 湖北 武汉 430205

DOI: 10.61369/ETR.2025390003

摘要：本文聚焦数字化集成电路工程实践平台在职业教育中的应用，依托政策引导推动政校企园协同创新，以岗位需求为核心培养复合型人才。通过重构工作流程，打造“虚实结合”实训教学体系，并构建人才培养过程自修正的考核评价体系。该平台借助虚拟仿真复现复杂生产流程，对接职业技能标准，以数据驱动提供精准培训辅助，助力就业质量与教育教学水平提升，同时指出平台完善需多方进一步协作。

关键词：数字化；集成电路；职业教育；协同创新；考核评价

Digital Empowerment of Integrated Circuit Vocational Education for Adults

Wangyang¹, Yv Min²

1. Wuhan Software Engineering Vocational College, Wuhan, Hubei 430205

2. Electronics Group of Wuhan, Wuhan, Hubei 430205

Abstract : This paper explores the application of the digital integrated circuit engineering practice platform in vocational education. Through policy guidance, it achieves collaborative innovation among government, schools, enterprises, and parks, and cultivates composite talents oriented by job requirements. It reconstructs the workflow to create a "virtual-real integration" training system and a self - correcting assessment system for talent training. The platform uses virtual simulation resources to reproduce complex production processes, connects with vocational skill standards, and provides precise training assistance driven by data to promote the improvement of teaching and learning quality. However, further improvement requires collaboration among multiple parties.

Keywords : digitalization; integrated circuit; vocational education; collaborative innovation; assessment

引言

职业教育是连接教育与产业的关键纽带，对经济社会发展意义重大，亦是强国教育体系的重要组成部分。当前，从建设产教融合型企业、城市到打造国家级产教融合共同体，职业教育产教融合改革持续推进。

2023年5月，习近平总书记在中央政治局第五次集体学习时强调，教育数字化是开辟教育发展新赛道、塑造新优势的重要突破口。在数字化成为推动各行业新质生产力发展关键力量的背景下，职业教育亟需在培训理念与手段上实现创新。

本文旨在探索“政校企园”多方协同建设数字化集成电路工程实践平台，促进职业院校与地方企业深度融合，推动优质职教资源向成人教育开放共享，同时论证创新体制机制、打造“政用产学研”创新平台的路径。

一、政策引导多方主体协同创新

2017年以来，国家密集出台政策推动职业教育产教融合与校企合作：2017年12月，国务院办公厅印发《深化产教融合的若干意见》，明确职业教育需推进院校与企业、行业、园区联动；2022年10月，党的二十大报告提出统筹职业教育、高等教育、继续教育协同创新，推进职普融通、产教融合、科教融汇；2022年12月，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于深化现代职业

教育体系建设改革的意见》，要求建设职业教育智慧平台及虚拟仿真实训基地等项目；2023年6月，国家发改委、教育部等八部门联合发布《职业教育产教融合赋能提升行动实施方案（2023—2025年）》，引导企业深度参与院校专业规划、教材开发等环节；2024年7月，《中共中央关于进一步全面深化改革推进中国式现代化的决定》提出加快构建职普融通、产教融合的职业教育体系。

政府在职业教育发展中起主导作用，各级政策涵盖院校顶层设计、企业用人激励等内容，形成了较为完善的政策支撑体系，

作者简介：

汪洋（1974.10—）女，汉，江苏泰兴人，副教授、高工，从事十五年无线电通信测试，后投身集成电路行业职业教育领域；禹珉（1984—）男，汉族，湖南娄底人，高工，从事无线电计量测试研发管理。

为多方协同创新奠定基础。

二、以岗位需求为导向，培养复合型人才

(一) 集成电路产业发展前景广阔

集成电路产业是信息社会的基石，是现代产业体系的支柱，是西方发达国家“卡脖子”的抓手，汽车、通信、航天、航空等几乎所有先进制造领域都离不开集成电路产业，是发展新质生产力的关键。

据国家统计局数据显示，2015年到2023年中国集成电路的产量从1015.5亿块增长到3514.4亿块，年复合增长率近15%，具体见下图1所示。



图1 近10年集成电路产量

(二) 集成电路人才培训需求旺盛

集成电路制造流程复杂，涵盖晶圆准备、光刻、刻蚀、封装测试等环节，产业链上下游兼具独立性与关联性，岗位类型多样，从业人员学历覆盖研究生（研发）、本科（工程技术）、专科（生产技能）等层次。

雨前顾问、安谋科技《2023年中国大陆集成电路产业人才供需报告》显示，2020—2022年企业人才需求从16.83万人增至24.36万人，复合增速20.31%；2022年国内从业人员约69.2万人，人才缺口达3.5万人。集微咨询《集成电路行业人才发展洞察报告（2024）》指出，2023年产业上市公司从业人员63.29万人，其中生产人员32.82万人，专科及高中以下学历人员占比近40%。

行业特性决定院校毕业生需经专业技能培训方可上岗，且产业快速发展要求现有从业者更新知识，高职院校需承担大量技能培训任务，以提升人才与行业的契合度。

(三) 针对企业岗位需求精准教学

2023年10月，工业和信息化部人才交流中心印发《集成电路产业人才岗位能力要求》，明确设计、制造、封装、测试4大类31个岗位的能力标准。

院校需整合政府政策、行业规范与企业用人标准，梳理“必要知识点+职业素养+操作技能”三位一体教学内容，联合政校企共建人才岗位标准，并动态迭代更新。以岗位需求为导向，确定培养目标与课程体系，优化实践教学，选择合适教学载体，提升学员学习主动性，最终实现院校与地方企业深度融合、资源共享，打造“政用产学研”创新平台。

三、重构工作流程，打造“虚实结合”的实训教学体系

虚实联动是指将物理世界的实际设备、系统或过程与其在虚拟空间中的数字化表示进行实时连接和交互，以实现更高效、更智能的管理和控制。产业中具体的虚实联动就主要体现在以下几个行业阶段：

设备监控管理：构建与实际设备一致的三维模型，通过数据采集或传感器获取数据并映射至虚拟模型，实现设备状态直观监控。

设备虚拟调试：在虚拟空间验证工艺修改后的设备自动化流程，替代现场物理调试，减少停机时间与成本；产品远程运维方面，结合高价值产品机理模型、IOT 实时数据与 AI 分析，提升运维可靠性。

产线规划：新建工厂或产线时，在虚拟空间调整工作单元布局以优化产线设计，后续结合生产实时数据提升运维一体化水平。

供应链优化：部分企业基于数字孪生，通过物流地图、实时数据与优化算法，降低库存与运输成本；产品自主控制领域，如航天行业，通过“数据采集-分析决策-自主执行”闭环实现航天器自主控制。

当前项目配套的虚实联动项目包含国产自主可控的TCAD 工艺仿真系统，为降低操作难度，系统封装核心功能，开放氧化、光刻等关键单步工艺及对应参数（氧化时间、注入剂量等），采用中文勾选式交互，无需代码脚本。同时，引入半导体参数测试设备测量工艺制造结果的电学特性，强化实操能力考核。虚拟仿真软件涵盖 EUV 光刻机、离子注入机、氧化炉等常用集成电路工艺设备，提供原理介绍、结构展示、运行动画及面板操作模拟等内容。

四、实现人才培养过程自修正的考核评价体系

(一) 现有人才培养评价现状

传统评价模式以阶段性测试为主，通过考核知识与技能掌握情况反馈培养质量，但存在明显滞后性，且仅能评价知识体系，无法覆盖学员思维模式、行为习惯、心理变化等非知识维度。这导致教育者难以及时调整教学内容与形式，学员也无法及时发现自身不足并针对性提升。

(二) 构建数据驱动的自修正考核评价体系

随着信息技术与人才培养深度融合，学习环境、内容与交互方式发生深刻变革。数字化集成电路工程实践平台可整合数据采集、抽象、建模与可视化功能，完善评价体系，为师生提供精准反馈。

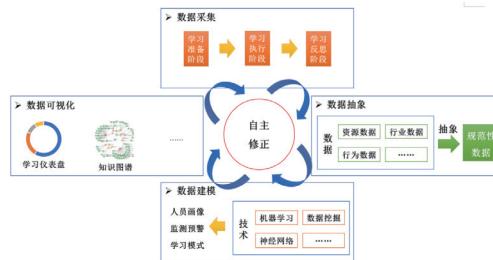


图2 自修正考核评价体系

1. 数据的采集

平台通过数字化手段，记录学员在学习准备、执行、反思阶段的学习数据（资源使用、实训操作、测试成绩等被动数据）与主动数据（反馈、调查结果）。这些实时生成性数据可全面反映培训过程，实现主观与客观数据多层次采集。

2. 数据的抽象

平台记录的结构化、半结构化、非结构化数据需经过清理、集成、规约、变换等处理，消除噪声与格式差异、补充缺失值，形成标准数据。同时，以时间为轴对数据时序化编码，将动态评价转化为离散序列，为后续建模奠定基础。

3. 模型的构建

构建评价指标体系是核心环节，基于机器学习、数据挖掘、神经网络等技术，将处理后的数据输入模型，生成三类核心模型。

学员画像模型：结合基础信息、学习与行为数据，运用数据挖掘与自然语言处理技术，描述学员心理特征与学习特点，助力师生掌握学习情况。

监测预警模型：基于学习数据、行为数据与问卷信息，分析学员学业与心理变化，诊断学习问题并预测后续情况，及时发出预警。

个性化学习模型：匹配学员数据与企业岗位技能要求，挖掘两者关联，利用神经网络自组织、自学习特性，以行业岗位数据为训练集，结合学员学习状态标记完善模型，提供个性化学习方案。

4. 结果可视化

通过教育数字化手段，对多类型数据挖掘分析后，以可视化形式呈现结果：

学习仪表盘：作为新型学习支持工具，展示学员自我调节、学习心理、行为与特征，运用聚类分析等技术，遵循格式塔组织原则（邻近、相似、封闭、连续性），通过颜色与形状设计提升信息感知与记忆效率。

知识图谱：整合集成电路行业岗位知识点，抽取实体、关系与属性，通过相似度计算消除歧义，形成结构化知识库，直观呈现知识体系。

可视化将分析结果转化为图形、图表等易理解形式，真正实现“数字化赋能”，帮助师生快速获取有效信息。

五、结论

本文所讨论的数字化集成电路工程实践平台利用虚拟仿真资源复现集成电路产业链中制造工艺复杂的生产流程。对接由集成电路产业企业所主导建立的职业技能标准；数字化集成电路工程实践平台以更加开放的思维和举措推进不同主体之间的交流合作，在开放合作中不断提升自身创新能力；数字化集成电路工程实践平台构建了具备自修正特性的考核评价体系，可以有效发现人才培养过程中可能出现的问题，并及时对教学内容、教学形式等培养体系进行修正，也能够针对被培养人的特点进行有针对性的个性化辅导。

在数字化时代，传统的工程实践平台大力拥抱数字化，以数据驱动，为实施精准化的培训提供辅助。不过要建立一个全面、完善的平台还需要政府、学校、企业、产业园进一步多方协作，为促进教育教学改进和学业质量提升共同提供力量。

参考文献

- [1] 姜强, 赵蔚等. 基于大数据的个性化自适应在线学习分析模型及实现 [J]. 中国电化教育 ,2015,(1):85–92.
- [2] 国务院办公厅. 深化产教融合的若干意见 [EB/OL].(2017-12-18)[2024-08-30].http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/201712/t20171218_5273646.htm.
- [3] 中国共产党中央委员会. 中国共产党第二十次全国代表大会报告 [EB/OL].(2022-10-25)[2024-08-30].http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202210/t20221025_5763927.htm.
- [4] 中共中央办公厅, 国务院办公厅. 关于深化现代职业教育体系建设改革的意见 [EB/OL].(2022-12-21)[2024-08-30].http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202212/t20221221_5763927.htm.
- [5] 国家发展改革委, 教育部等. 职业教育产教融合赋能提升行动实施方案 (2023—2025年) [EB/OL].(2023-06-18)[2024-08-30].http://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202306/t20230618_1336477.htm.
- [6] 中国共产党中央委员会. 中共中央关于进一步全面深化改革推进中国式现代化的决定 [EB/OL].(2024-07-25)[2024-08-30].http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202407/t20240725_5763927.htm.
- [7] 国家统计局. 集成电路产量数据 [EB/OL].(2023-01-01)[2024-08-30].http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202301/t20230101_5763927.htm.
- [8] 雨前顾问, 安谋科技. 2023年中国大陆集成电路产业人才供需报告 [EB/OL].(2023-05-20)[2024-08-30].http://www.ainmt.com/report/20230520_5763927.htm.
- [9] 集微咨询. 集成电路行业人才发展洞察报告 (2024) [EB/OL].(2024-03-10)[2024-08-30].http://www.laoya.net/report/20240310_5763927.htm.
- [10] 工业和信息化部人才交流中心. 集成电路产业人才岗位能力要求 [EB/OL].(2023-10-20)[2024-08-30].http://www.miit-talent.com/report/20231020_5763927.htm.