以服务地方产业为导向的集成电路方向研究生培养模式研究

白创，谢海情，吴丽娟，唐俊龙，卞立安

（长沙理工大学，物理与电子科学学院，湖南长沙，410004）

**摘要：**本文在对集成电路方向研究生培养现状与特征分析的基础上，提出了以服务地方产业为导向的新型集成电路方向研究生人才培养模式。通过建立以产业方向划分为依据的研究生模块化课程体系，完善以产业能力需求为标准的研究生工程实践能力培养机制，实施以产业数据分析为支撑的研究生毕业考核标准等方式，实现高层次集成电路设计人才培养的目标。

**关键词：**集成电路人才培养模式；模块化课程体系；实践能力培养机制；毕业考核标准

**中图分类号：**G642.0

**1 引言**

集成电路芯片号称“工业粮食”，是国家航天军工、工业制造、国民经济等领域的基础，无论是航天飞机、军事卫星，还是高精尖工业制造设备、智能化无人工厂、以及高性能PC、智能手表等，离开集成电路芯片都将无法正常工作。我国集成电路芯片产业市场规模巨大，芯片用量占全球市场规模60%以上。自2014年《国家集成电路产业发展推进纲要》发布以来，我国集成电路产业呈现井喷式发展态势，形成了从设计、制造、封测，到材料装备等环节的完整产业链，2022年集成电路产业规模达到12006亿。然而相比于全球芯片60%的市场规模，国产芯片自给率仅接近12%，并且国产芯片多为中低端性能产品，缺乏核心高端基础性芯片产品，实现真正意义上的“信息安全、自主可控、国产替代”还需很长的发展道路。2015年湖南省发布了《湖南省集成电路产业发展规划》和《湖南省关于鼓励集成电路产业发展的若干政策》，引导和促进省内集成电路产业快速健康发展。国家战略性强的安全可靠CPU、DSP、NPU、GPU、SSD、MCU的研发硕果累累，许多功率电子芯片、数字电视芯片、音频处理芯片、物联网芯片、智能穿戴设备芯片和卫星导航芯片等已经量产，成功走向市场。目前正逐渐形成以设计业为龙头、特色制造业为核心、配套产业为支撑的产业格局，致力打造集成电路产业特色聚集区。集成电路产业目前已作为湖南省重点发展的战略产业之一，实现集成电路产业的快速发展是未来十年湖南省建设创新科技型省份的重要任务。

产业的发展需要以人才为支撑，集成电路产业人才的培养是集成电路产业发展中基础性工程。据统计到2023年，我国集成电路产业需要约76.7万产业人才，而目前产业从业人员约为53万，缺口达23万之多。因此，如何快速培养高质量的集成电路人才尤其是高学历高层次的集成电路设计人才是我们高校院所面临的一个重大课题。

**2 集成电路方向研究生培养现状与特征**

随着我国集成电路产业的快速发展，高学历高层次集成电路设计人才的市场需求越来越

**基金项目：**本文系长沙理工大学学位与研究生教育改革研究项目（项目编号：JG2020YB05）的研究成果。

**作者简介：**白创（1983-），男，汉族，陕西延安人，博士，讲师，154317586@qq.com，研究方向：大规模数模混合集成电路设计。

大，而现有的集成电路专业研究生培养模式已远远落后于产业发展现状，在课程体系设置、工程实践创新能力培养与毕业考核实施标准等方面依然很大程度上沿用上世纪90年代集成电路人才培养的方案，培养的研究生在核心理论与专业知识、以及工程实践创新能力等方面都很难满足我国集成电路产业对人才的需求。因此集成电路方向研究生人才培养模式的改革迫在眉睫，而目前许多高校科研院所的专家与老师在人才培养方案、课程体系等方面也已纷纷进行了改革尝试与实践。谭晓昀[1]从优选导师、课堂理论与工程实际相结合、学位论文选题恰当、积极引导学生参与实际科研项目研究、按照学生特点制订课题方向等方面，开展了集成电路工程专业研究生培养的改革与实践。沈悦等[2]从该校集成电路工程专业硕士培养的教学、日常管理、实习实践等方面进行回顾和总结，对基于校企联合实践基地全日制专业硕士培养机制进行了探索与思考。谢海情等[3]从培养方案优化、创新能力培养、实践教学模式改革、实践平台共建与构建多维度导师团队等方面，探索了产学研模式下集成电路方向研究生培养模式。姚博等[4]在分析我国集成电路产业发展现状的基础上，结合集成电路产业发展需求，探索了在集成电路产业学院背景下应用型集成电路研究生的培养模式。

虽然这些改革在集成电路方向研究生培养方面均取得了一定的效果，但是也存在较多不足。其一，改革重点都集中在人才培养课程体系方面，通过局部调整专业课程设置，加强实践类课程，其课程体系设置强调基础教育与全面教育，没有与国家战略或者地方产业方向结合，培养的研究生的专业理论知识与地方企业的要求还存在较大差距；其二，这些改革在研究生工程实践能力培养方面，多采取增加实践类环节方式，未能与企业深度融合，研究生选题依然多出自对科技论文的总结与提炼，不缺乏学术性与新颖性，却与实际产业所亟需解决的技术难题出入甚远，选题缺乏实用性，课题研发过程所采用的工具、思维、方法也脱离产业实际要求；其三，这些改革中都没有对集成电路方向研究生毕业考核标准进行研究与探索，现有毕业考核标准与集成电路产业岗位能力需求严重不匹配，很多针对岗位能力培养的环节没有纳入到毕业考核标准，导致很难培养出适应产业要求的合格人才。因此，本文紧密结合湖南省集成电路特色产业需求，围绕课程体系设置、工程实践创新能力培养与毕业考核实施标准等方面展开集成电路方向研究生培养新模式的研究与探索。

**3 集成电路方向研究生培养新模式实践**

结合集成电路方向研究生培养现状与特征，本文围绕以服务地方产业为导向的集成电路方向研究生培养新模式展开深入的研究，目标在于建立针对不同产业方向的模块化课程体系，探索实践以产业能力需求为标准的研究生工程实践能力培养机制，研究基于产业数据分析为支撑的研究生毕业考核实施标准，构建科学的集成电路设计方向研究生培养实现体系，实现适合地方集成电路特色产业需求的高质量研究生人才培养。

（1）以产业方向划分为依据的研究生模块化课程体系改革研究

结合湖南省集成电路产业方向，按照层次化培养目标，集成电路设计方向研究生课程体系设置导论、基础与提高三个层次的模块课程。导论模块课程围绕微电子前沿技术与国内外集成电路产业发展现状等内容设置，加强研究生对集成电路科技前沿技术与产业发展的理解。具体实施为：邀请国内外知名专家学者开设微电子前沿技术导论课程，涵盖器件与电路、设计与制造等不同领域的最新科学研究与创新，开阔研究生的视野，增强研究生对集成电路学科前沿技术的了解；邀请省内外知名IC企业的负责人定期做集成电路产业现状与发展报告，可涵盖高性能处理器、大容量存储、5G通信等不同行业领域，加深研究生对集成电路产业发展现状的认识。基础与提高模块课程以湖南省集成电路产业方向划分为依据，围绕产业应用领域构建不同的模块化专业课程，增强研究生对不同产业研究领域核心理论与专业知识的掌握。具体实施为：围绕GPU、DSP、MCU等高性能处理器研究与HV MOS、IGBT等功率器件设计等产业方向，构建不同的模块化专业课程，引导研究生选择不同模块专业课程，提升研究生在特定领域的理论知识与专业能力。如针对DSP处理器设计方向，设置包括数字集成电路分析与设计、VLSI设计、计算机体系结构、自动综合与布局布线等基础模块课程，设置SOC片上系统集成与设计、DSP多核处理器设计、异构运算技术等提高模块课程，使得研究生能够掌握DSP处理器设计的核心理论及专业知识，提高研究生DSP处理器设计的实践能力。

（2）以产业能力需求为标准的研究生工程实践能力培养机制研究

产业的发展需要工程人员具备良好的职业素养和较强的工程实践能力，尤其是技术研发与产品设计、发现问题与解决问题、需求分析与项目管理、文档规范与资料检索等工程实践能力非常重要。本文围绕集成电路设计产业对工程人员产业能力的需求，开展研究生工程实践能力培养机制研究。具体实施为：依托于集成电路方向校企合作平台，将产学研合作与研究生联合培养深度融合，所有研究生课题均出自校企合作的研发项目，重点解决企业芯片产品开发中亟需解决的技术难题。课题研发过程与企业研发从项目规划、过程管理，到研发采用工具与方法等都保持一致，研究生与企业研发团队在出勤管理、目标考核等方面也采取相同要求，研发技术成果将直接应用于企业的芯片产品。研究生指导采用真正意义的“双导师负责制”，学校指导老师负责研究生课题学术与技术层面的指导，企业指导老师负责研究生课题实现与产品层面的指导，充分发挥各自的优势。只有通过这种校企深度融合的以解决产业技术难题、培养产业需求能力的研究生培养机制，才能培养出适合产业具备真正的创新实践能力的高素质人才。

（3）以产业数据分析为支撑的研究生毕业考核实施标准研究

当前研究生毕业考核标准包括课程学分考核、发表学术小论文及学位大论文等项目，这样的考核标准在过去几十年为我国科学研究与产业发展培养了很多优秀的高层次人才，集成电路领域同样如此。然而随着全球集成电路产业处于快速发展时期，产业发展与技术进步日新月异，传统的毕业考核标准已经很难培养出适应产业需求的合格人才。本文通过对产业数据分析作为支撑，开展研究生毕业考核实施标准研究。具体实施为：通过对集成电路产业充分调研，获得不同行业领域岗位设置及人才能力需求等数据；基于大数据分析方法，对产业人才数据进行有效分析，提炼不同行业不同岗位对人才专业能力的不同要求；针对产业人才专业能力需求，构建研究生培养方案及毕业考核标准。如产业需要高层次人才具备国际化视野与较强的对外交流能力，只有通过深度的对外交流学习，才能准确把握产业动态，寻求合适的战略合作，促进企业快速发展，也才能准确把握技术发展方向，不断完善与优化课题研究，提升科研创新能力。我们将研究生对外交流环节纳入毕业考核标准，提升研究生对外交流能力。对外交流形式多种多样，要求研究生积极参加国内外高水平的学术会议、产业论坛及人才峰会等活动，在活动中交流结识同行，不断开阔研究生的国际视野，提升自身的科研实践能力、表达能力等；与国外知名高校建立研究生联合培养机制，鼓励研究生参与国外高校暑期实践、短期国际交流培训等活动；鼓励研究生攻读国外国内双学位，通过一系列联合培养措施，逐步培养研究生的国际化思维、提升自身的对外交流能力等。

**4 结束语**

本文从以产业方向划分为依据的研究生模块化课程体系，以产业能力需求为标准的研究生工程实践能力培养机制，以产业数据分析为支撑的研究生毕业考核标准等方面展开研究，提出了以服务地方产业为导向的集成电路方向研究生培养新模式，弥补了传统集成电路方向研究生人才培养模式的不足，实现了集成电路高端设计人才的培养。

**参考文献**

1. 谭晓昀. 集成电路工程专业学位研究生的培养实践[J]. 教育教学论坛，2016，(29)：221-222.
2. 沈悦，张文竹，闵嘉华等. 基于校企联合实践基地全日制专业硕士培养机制的探索与思考[J]. 教育教学论坛，2018，(52)：2.
3. 谢海情，王振宇，唐俊龙等. 产学研模式下的集成电路方向研究生创新能力培养模式探索[J]. 创新创业理论研究与实践，2021，(22)：3.
4. 姚博，方泽波，徐海涛等. 浅谈集成电路产业学院背景下的应用型研究生培养[J]. 绍兴文理学院学报，2020，40，(12)：49-52.

**Research of new training mode for integrated circuit graduate oriented towards serving local industries**

Bai Chuang，Xie Haiqing，Wu Lijuan，Tang Junlong，Bian Lian

（Changsha University of Science and Technology，Changsha，410004）

**Abstract:** Based on the analysis of current situation and characteristics of graduate education in the field of integrated circuits, a new training mode for integrated circuit graduate, which is oriented towards serving local industries, is proposed in this paper. By establishing a modular curriculum system for graduate students based on industry direction division, improving the cultivating mechanism for engineering practical abilities based on industry capability requirements, and implementing new graduation assessment standards based on industry data analysis, the goal of cultivating high-level integrated circuit designers is successfully achieved.

**Key words:** integrated circuit talent training mode; modular curriculum system; practical ability training mechanism; graduation assessment standards