

浙江大学长聘教授（副教授）申报表

（校内预聘制教师用）

姓 名:	倪 东
职工号:	0014045
单 位:	控制科学与工程学院
所在一级学科:	控制科学与工程
申请长聘教职职位:	长聘副教授
联系电话:	18658151978
E-mail:	dni@zju.edu.cn

填报日期: 2020年10月10日

一、简况							
姓名	倪东	性别	男	出生年月	1978/10	国籍	中国
现工作单位	浙江大学控制科学与工程学院						
现聘岗位类别	(<input type="checkbox"/> 文科) 百人 (<input type="checkbox"/> A, <input checked="" type="checkbox"/> B, <input type="checkbox"/> C)			聘任期限	自 2014 年 12 月 至 2020 年 12 月		
期满(期中)评估结果	良好			评估时间	2020 年 5 月		
所在二级学科	控制理论与控制工程						
从事专业及专长	智能制造在集成电路制造与光热发电储能系统中的应用						
联系电话及 Email	18658151978 dni@zju.edu.cn						
最后学历、毕业学校、所学专业、学位及取得时间、导师姓名	博士、美国加州大学洛杉矶分校、化学工程、工学博士学位、2005/6、导师 Panagiotis D. Christofides						
个人简历(从大学开始,采用时间倒序方式填写,时间不间断)							
学习进修经历	自何年月至何年月,在何地、何学校(何单位),何专业,学习、进修,导师 2002/12 - 2005/06, 美国, 加州大学洛杉矶分校, 化学工程, 博士学习, 导师 Panagiotis D. Christofides 2001/09 - 2002/12, 美国, 加州大学洛杉矶分校, 化学工程, 硕士学习, 导师 Panagiotis D. Christofides 1997/09 - 2001/07, 浙江杭州, 浙江大学, 工业自动化, 本科学习						
工作经历	自何年月至何年月,在何地、何学校(系所)、何单位任职,任何职(海外职位英文表述) 2014/12 - 2020/12, 浙江杭州, 浙江大学, 控制科学与工程学院, 研究员 2013/10 - 2014/11, 北京, 中国科学院, 自动化研究所, 研究员 2012/01 - 2013/09, 美国, 英特尔公司, 逻辑电路制程研发中心, Staff Engineer 2005/09 - 2012/01, 美国, 英特尔公司, 逻辑电路制程研发中心, Senior Engineer						

二、立德树人成效概述

在课程教学、科研活动、指导学生、参与学生社会实践和社团活动、担任班主任、德育导师、新生之友、招生就业等方面落实立德树人根本任务的情况和成效。

本人自担任教职以来一直把立德树人作为首要责任之一。在教学方面，“以本为本”，特别重视在本科生培养方面的课内外工作。在课堂教学中，围绕着自动化专业的专业必修课《系统建模与仿真》（由《过程原理》逐步改编为《过程动态学》、《过程建模》、《系统建模与仿真》），展开教学改革与课程建设工作。

《系统建模与仿真》是衔接低年级数理基础课与高年级专业课的一门关键课程，其前身《过程原理》（即《化工原理》）是面向控制学院传统的过程自动化领域而开设的，随着自动化专业所涉及的行业领域越来越广，原课程已无法满足新时代的需求，需要进行彻底的改革。本人作为课程负责人与课程组的老师一起，通过三年多的时间的不断摸索，结合课内外学生与老师的反馈，逐步将课程改编成为讲授过程建模方法论为核心的《过程动态学》、讲授以过程建模方法为启发的系统性建模与仿真方法的《过程建模》，最终确立了讲授以问题驱动的系统性建模与仿真方法论与实践的《系统建模与仿真》的全新课程，在传承的基础上兼顾了广度、深度与接受的难易度，初步完成了这项重要的课程改革。

此外，本人还参与了自动化专业本科专业必修课《过程控制工程》等课程的教学，并面向竺可桢学院智慧能源班开设了选修课《智慧能源系统控制与优化》。除了积极参与课程建设与教学改革，本人亦积极参与本科课外教学活动，先后指导了 30 人次的本科学生科研训练项目（SRTP，包含 1 项省创项目）、12 人次的本科毕业设计，且作为专业导师指导了 5 人次的竺可桢学院学生深度科研训练。本人还积极参加学院及学校层面本科教学相关的服务活动，目前担任了学院本科教学委员会的委员与工作组负责人，曾担任工信 1506 班及自动化 1502 班本科生班主任，班级曾取得校优秀班级等荣誉。

在研究生教育方面，本人先后带领了 5 名博士研究生与 13 名硕士研究生进行科研与学习工作，指导学生一直保持亲力亲为。本人与所指导的研究生团队建立了常规性的交流与研讨机制，并借鉴在之前企业工作中掌握的管理方法与机制，在提高了学生的学习工作效率的同时仍保持应有的活力与身心健康。针对研究生同学们在解决实际问题方面存在的短板，本人结合企业工作经验，特别开设了《工程问题高效解决方法》这门研究生课程，受到了同学们的欢迎。在研究生的就业环节，本人尽心尽力帮助学生争取好的就业机会，传授在企业长期工作中积累的工作经验；本人所指导的研究生中目前有 6 人毕业，均在如阿里巴巴、腾讯、华为等顶尖高新技术企业工作。

三、主要学术成就

3.1 标志性成果（不超过 500 字）

本人的标志性成果是将微观状态观测（软测量）引入了等离子微纳加工（刻蚀、沉积）过程，从而使能了该类过程的实时反馈控制。微纳加工过程的质量指标存在于加工对象的微观尺度中，如刻蚀过程中纳米尺度沟槽的几何尺寸特征、沉积过程中薄膜组成结构等，难以实时在线测量，进而阻碍了实时反馈控制的应用。利用过程中微纳尺度过程与宏观尺度过程的强耦合，本人提出了利用宏观尺度测量（如等离子光谱信号等）来观测微观质量指标的方式来实现过程信息反馈。

早期通过光谱估计沉积薄膜中碳含量从而实现薄膜杂质反馈控制的成果获得美国自动控制委员会年度最佳论文奖（AACC O. Hugo Schuck Best Paper Award）；进入 Intel 公司后推动了多项基于光谱信号的等离子刻蚀气体成份实时反馈控制的项目并应用与实际生产；回归学术界之后提出了更为系统化的多尺度微观状态观测器理论，应用于等离子刻蚀过程的实时微纳尺度感知与控制，获得了 NSFC-浙江“两化融合”联合基金的重点支持，开发了等离子体高光谱成像实时监测装置，建立了多尺度模型与微观状态观测器，提出了实时反馈控制及故障监测方法，发表多篇高水平论文，获得国家发明专利。

3.2 主要学术成绩、贡献、创新点及其科学价值或社会经济意义（不超过 3000 字）

本人的学术成果主要集中在等离子微纳加工过程的实时感知与控制、基于深度人工智能的晶圆图分析，以及聚光发电系统的仿真建模与优化控制这三个领域：

（1）等离子微纳加工过程的实时感知与控制

等离子微纳加工工艺是一类极为关键且非常典型的微纳制造工艺，在广义半导体制造（包括集成电路、平板显示器、光伏、LED 照明等）中，等离子加工装备占有所有装备总量的约 40%以上。等离子加工过程通过对反应气体分子的电离，可以在较低的环境温度下产生高组分自由基与离子，进而在晶圆无需吸收过多热量的情况下实现刻蚀（反应气与晶圆表面反应生成易挥发组分）或气相沉积（反应气与晶圆表面反应生成不易挥发组分）或兼而有之，这对极为精细脆弱的集成电路制造极为有利。

但另一方面，等离子态的反应混合气中的气相反应远比以热为推动力的普通气相反应复杂，因此对等离子态反应实施精确建模与控制的难度极大。目前等离子加工过程采用的是简单批次过程控制方式，和绝大多数微纳加工工艺类似；虽然批次控制的效果不尽如人意，但因为缺乏实时感知手段，实时反馈控制难以得到应用。

本研究以等离子刻蚀过程为对象，研究通过光谱图像感知技术与多尺度模型，实现对等离子刻蚀过程的实时观测与实时控制。

本研究主要围绕以下课题展开：

1) 等离子刻蚀过程光谱信号的采集：主要解决等离子刻蚀过程实时过程信息的获取。完成了基于声光可调滤波器（AOTF）的高光谱采集装置的设计与原型机的实现，并开发了相关的信号增强算法与采集控制软件；设计了基于 AOTF 的高光谱压缩感知算法，提出了高空间分辨率应用下的高速采集方法及应用于过程监测的实施方案；设计了基于数字微镜晶片（DMD）的高光谱压缩感知算法，提出了高光谱分辨率应用下的高速采集方法及应用于过程检测的实施方案。

2) 等离子刻蚀过程的多尺度建模与仿真：主要解决等离子刻蚀过程的高精度仿真模型的构建与实施观测器及模型预测控制器模型的建立。完成了基于有限元宏观模型与动力学蒙特卡洛微观模型的等离子刻蚀过程高精度仿真模型；基于众核异构计算体系设计并实现了全自主代码的并行动态蒙特卡洛算法以及有限元求解器；提出了基于神经网络模型微观观测器及基于观测器的预测控制器。

3) 等离子刻蚀过程光谱信号的分析：主要解决了高维光谱信号在等离子刻蚀过程监测中的数据解析问题。提出了一整套光谱动态分析方法，综合运用多变量统计、小波分析、数据降维等方法自动提取具有显著过程动态的光谱特征峰，并结合海量原子、分子谱线数据库与反应动力学对特征峰进行成分标定，进而基于相关特征峰组合建立组分相对浓度估计模型；提出了基于季节性差分自回归滑动平均模型（SARIMA）的等离子刻蚀过程故障监测方法，引入了多阶段自动辨识算法并设计了三步对齐算法，提出了能处理显著批次内与批次间工况漂移（典型的等离子蚀刻过程特性）补偿算法；提出了基于长短期记忆网络模型（LSTM）的批次过程故障监测算法。

本研究的主要突破与创新之处在于：

1) 首次将高光谱技术应用到了等离子加工过程的实时监测与控制中，并基于压缩感知算法，提出了高光谱分辨率与高空间分辨率两套高速采集方案；

2) 首次建立同时包含反应器尺寸宏观模型与原子级分辨率微观模型的多尺度等离子刻蚀过程动态模型，并是在多核异构的并行计算架构上；

3) 提出了完整解决等离子刻蚀及其它等离子加工过程故障诊断中多阶段、强漂移的故障诊断方案。

解决等离子蚀刻微纳加工过程的微纳尺度实时感知问题，不仅为反馈控制在等离子蚀刻中的应用奠定了基础，也对其它微纳制造过程中的实时感知问题的解决、乃至微纳制造行业的整体工艺水平的提升提供了极具现实意义的参考。

(2) 基于深度人工智能的晶圆图分析算法

晶圆图类数据是集成电路制造过程关键性数据综合呈现的数据形式，基本形式是将数据记录与其在晶圆上直接相关的空间位置结合作为数据的基本单元，通常按照其空间位置关系进行可视化呈现，故称晶圆图。虽然其在可视化呈现时（并非必须）与图像类型数据类似，但现有的图像分析方案难以直接应用，主要是因为以下问题：（1）空间特征不明确、不稳定，特征依附于某特定的故障类型在某特定的时期对某特定的产品的综合作用不断变化，而强相关的数据量相对于工艺过程的复杂度而言又总是不充分的；（2）数据高维度、高稀疏，高度集成特性而带来的系统复杂度、数据维度极高，与质量相关的缺陷信息极为稀疏却因水桶效应极为关键；（3）数据类型与分析目标高度多样化：制造过程高度复杂设备种类众多，晶圆图类数据类型繁多，分析目标千差万别，信息碎片化严重。

本项研究主要围绕以下课题展开：

1) 晶圆图几何特征分析：主要解决晶圆图类数据的“图”相关信息即空间几何特征的分析与应用。完成了基于半监督学习的晶圆图几何特征建模与分析，即利用少量标注样本建立高质量的模型并持续改进，通过降低模型质量对数据量的依赖度，减小数据特征不明确与不稳定性带来的影响；基于主动学习的人在环建模与分析机制，即使用算法优选未标记样本进行人工标记，引入“人”（即工程师）进入建模环路，快速有效的提升分析模型性能，通过工程师经由数据间接传递给模型的知识，提升分析算法对数据特征的不明确性与不稳定性适应能力的适应能力；以及基于单样本学习的未知类型晶圆图分析，研究数据特征不明确不稳定的极端形式即未知类型（新类型）数据的学习与分析问题，如何通过辨识未知类型样本、聚集相同类型的未知类型样本，再利用聚集的样本集进行小样本学习，最终形成一定的自主学习能力。

2) 高维稀疏数据信息提取：此项研究内容主要解决晶圆数据的测量、测试数据本身的高维度高稀疏性带来的信息提取问题。主要完成了基于先验概率模型的超大规模晶圆图分析，即解决超高分辨率高稀疏性晶圆图的分析问题。研究如何通过概率构建的先验模型来有效率的对稀疏数据进行采样提取，大幅度降低对超大规模晶圆数据的运算量需求。

3) 晶圆图分析综合构架：即应用上述研究的成果，解决实际应用中的常见晶圆图类数据分析任务，包括在多种类型及多种任务的晶圆图分析中的应用，并在不同类型及任务的晶圆图分析模型间的迁移学习

本研究的主要突破与创新之处在于：

1) 提出了一种将半监督学习与主动学习相结合的小样本晶圆图类数据智能分析建模方法，针对性的解决了晶圆图类数据数据特征不明确、不稳定、相关样本少的建模难点；

2) 首创了解决高维度高稀疏性晶圆图类数据的系统性分析方法，填补了此类数据的分析方案的空白；

3) 提出了一种基于子模型构建复杂多任务深度神经网络模型并在子模型中实现有效的迁移学习的方法，为系统性构建复杂深度神经网络模型提供了一条实现路径。

集成电路产业是国家科技水平和综合实力的重要体现，是国家技术进步和产业转型升级的重要保障，是事关国家经济安全和国防安全的战略型产业。近年来，我国集成电路产业快速发展，整体规模显著提升，但技术水平（特别是集成电路制造技术水平）与先进国家与地区相比依然存在较大差距，主要体现在先进工艺制程的研发与量产化能力上，故此我国高端集成电路产品大量依赖进口，难以对构建国家产业核心竞争力、保障信息安全等形成有力支撑。先进工艺制程高度复杂（数百种加工设备、上千个加工工序、2~3年更替换代），其研发与量产化高度依赖对工艺及生产数据的分析与理解。因此数据工作的技术水平和效率是决定集成电路企业先进工艺制程研发与生产能力的重要因素之一。本项目对其中最为重要的晶圆图类数据的分析方法展开研究，有望大幅度提高我国集成电路工艺研发与量产化过程中对关键数据的分析与利用效率，加快产业攻克先进工艺制程的进度，逐步建立我国集成电路产业智能制造优势。

(3) 聚光发电系统的仿真建模与优化控制

太阳能聚光发电在大规模储热技术的配合下，可以提供稳定的高品质电能，近年来备受关注。太阳能本身具有高度的间歇性与波动性，而聚光发电之所以可以做到连续稳定发电甚至调峰发电，主要原因是可与低成本的储能技术即储热技术相配合，另一方面，由于聚光集热装置可以获得较高的运行温度，与采用布雷顿循环的燃气轮机（空气及未来超临界二氧化碳工质）相配合，可以达到非常高的发电效率。然而这样相对复杂系统的运行，在波动性很高不可控的能量源的影响下，需要有效控制与优化运行策略去真正实现其潜力。

本项研究主要围绕以下课题展开：

1) 基于蒙特卡洛光线追踪仿真的定日镜优化、镜场控制与监测：聚光装置（定日镜与定日镜组成的镜场）作为聚集太阳能量（超过1000倍）的核心组成部分，直接影响到了聚光发电系统能量转换效率与总体性能。蒙特卡洛光线追踪（MCRT）方法能精确的描述复杂的聚光场景，因此本项研究以MCRT仿真计算为基础展开聚光装置的优化与控制研究。对于单面定日镜，我们发现了以春分秋分为设计点的镜面形态并非全年最优，进而提出了季节性镜面可调定日镜方案；对于安装在镜场中的定日镜，我们通过仿真模型与实际测得聚光光斑的对比，辨识出实际定日镜等效光学参数，以监控定日镜形态及转角，实施在线镜场监测；对于运行中的镜场，结合云预测，明确考虑镜场受云阴影影响而产生的定日镜反光强度的不均匀性，优化聚光策略以在保证光斑均匀度的前提下最大化能量捕获。

2) 基于深度学习的局部短时云预测与太阳辐射预测：主要利用历史全天空（云）

图像,预测镜场范围内未来短时的云变化及地面阴影变化。我们提出了基于卷积 LSTM (convLSTM) 算法的预测模型,能准确的预测 30 分钟内(聚光电站一般在线运行决策周期)云团及太阳直接辐射变化,即便在天气情况变化下也有稳定的表现;另一方面,我们自主研发了全天空相机系统与优化曝光策略,以获取更为准确的云团信息。

3) 基于强化学习的聚光发电系统运行策略优化:即利用聚光发电系统的长期运行数据,通过强化学习系统性的挖掘出提高运行性能指标(特别是达成率即实际发电量与理论发电量之比)的优化运行策略。聚光发电系统高度复杂且环境因素复杂多变,仅靠一线工作人员仅凭经验摸索总结缺乏系统性与完整性。通过对运行操作与环境条件的离散化(模式化),我们创造性的提出了通过强化学习来提取与环境变化博弈的优化操作策略,在仿真评估中获得了性能指标的大幅提升,也为其它类似场景的历史生产数据挖掘提供了极具现实意义的参考。

4) 包含热化学储能、燃气轮机的聚光发电系统运行控制:即针对太阳能集热储热的布雷顿循环系统,设计有效的控制策略。具体工作包括建立了太阳能集热储热空气布雷顿循环仿真模型,能较为准确的体现该系统的稳态及动态特性;设计并仿真比较了恒定转速、恒定透平进口温度、恒定透平出口温度和最高系统效率四种控制方案下的闭环性能;建立了热化学储能装置的有限元模型并研究了其在闭环控制运行中的动态特性。

本研究的主要突破与创新之处在于:

- 1) 将蒙特卡洛光线追踪引入聚光发电系统的运行优化中(而非局限于系统设计),实现对聚光发电系统运行的动态优化与预测控制;
- 2) 依托深度学习解决了在天气变化情况下云运动的准确预测;
- 3) 依托强化学习系统性的从历史运行数据中总结优化运行操作策略;
- 4) 设计并分析了太阳能集热储热的布雷顿循环系统控制系统与控制策略。

在聚光发电技术的发展初期就积极将智能制造技术与理念引入该领域,使得该领域能从更底层更核心的环节获取智能制造的助力,从而对技术的发展拥有更广阔的选择与实施空间。上述研究的成果及启示将与聚光发电技术一起发展与成熟,作为关键性核心技术的显示其价值。

四、申请岗位工作思路及预期目标（应包括教学尤其是本科教学、科研、学科建设、社会服务等方面的内容）

在教学方面，本人将继续坚持“以本为本”，将教学的重点放在的本科教学上，围绕本人负责的《系统建模与仿真》课程，进一步完善课程体系与教学规划，专注打造一门精品课程。在接下来的3~5年里着重完成讲义的完善与教材的编写，进而出版中英文教程；组织建设该课程的MOOC慕课，推进该课程的线上线下混合教学，通过线上教学进一步拓宽课程内容与外延的覆盖面，通过线下课程加强课堂教学的知识的应用与创新能力的培养；发展扩大该课程的教学团队，吸纳更多的年轻教师来参与到教学与课程建设中来。

在科研方面，本人将继续推进目前开拓的三个科研方向：一方面深耕集成电路制造中微纳加工工艺过程的实时智能感知技术与相应的反馈控制方案，不仅要进一步突破检测方案、分析模型、解析算法与控制器设计等核心环节的技术瓶颈，更要在等离子加工过程等核心加工工艺上完全打通感知与控制的链路，形成真正可用的闭环反馈控制，从而大幅度提高加工性能指标；另一方面积极拓展新一代人工智能技术在集成电路制造行业的应用，与国内领先的集成电路制造企业深化合作，深化知识工作自动化，将科技成果真正应用到行业，协助我国集成电路制造行业加速赶超世界先进水平；此外在可再生能源领域，保持聚焦光热发电技术，面向未来打造以智能化为核心的下一代聚光镜场，包括推进定日镜的无线化、闭环化、自适应，推进镜场调度的预测性、准确性、优化性等等，形成科研与技术研发的新增长点。

在学科建设方面，本人将继续着重关注控制学科与其它学科的交叉领域的建设，特别是准确及时的把握微纳电子学院及其工业级集成电路制造流水线所带来的巨大潜能，实现控制学科在微纳电子领域的交叉研究层次的显著提升。围绕这个目标，本人将参与组织和领导一支结构合理的学术团队，有计划吸引、凝聚和培养学术骨干，组织稳定、结构合理的学术梯队。

在社会服务方面，本人将密切关注学校和院系的发展和建设，积极建言献策并作出贡献；为国家和地方的经济与社会发展提供业务咨询、指导等服务，促进文化教育、科学技术的传播和发展；根据需要承担学校或学院布置的教学服务和公益活动等工作。本人愿意在学院、学校中承担更多更重的公共事务，特别在科技成果转化、技术落地等方面，发挥自己具有丰富企业经验的独特优势。

五、教学科研主要业绩

详见申请人期满（或期中）总结报告。

六、社会服务等情况（应包括学生工作、公共事务等）

担任控制学院教学工作委员会委员

自动化 1502 班班主任（2015-2019）

指导竺可桢学院导师制本科生 5 人次

多次担任控制学院三位一体招生、研究生推免、研究生/博士招生复试、人才引进以及本科毕业设计、SRTP、硕、博士开题、中期及毕业答辩等工作的评审

七、其他能反映学术研究水平的突出业绩

无