

# 《多导师制“4I·2A 式”研究生多维创新能力培养模式的探索与实践》

## 成果总结

成果完成人：徐利文、李志芳、卢华、汤龙程、徐征

成果完成单位：杭州师范大学

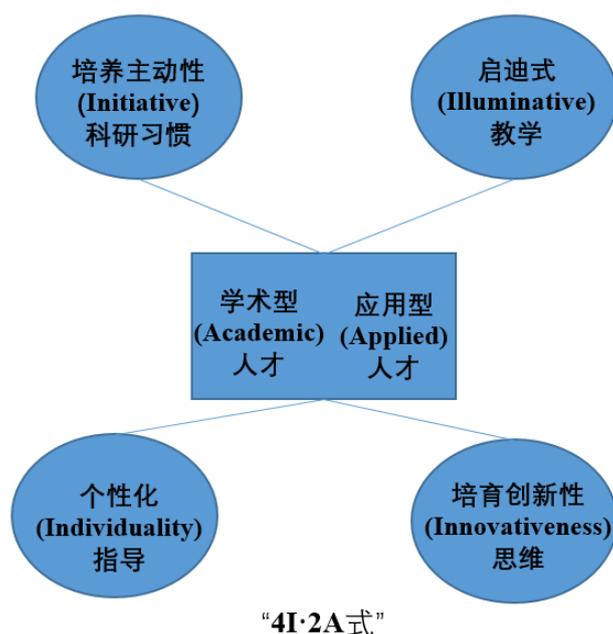
2019 年 4 月 30 日

## 背景意义

化学和材料学科化学学科集中心性、实用性和创造性为一体，具有应用领域广、知识更新快、交叉融合性强、国际化程度高的特点。近年来，化学与材料学科逐步进入了能源、资源、环境、绿色为代表的新型交叉发展时代，与多学科的融合程度越来越高，社会对化学和材料学科需求的多维化越来越强。在人才是第一竞争力的新时代，新型化学和材料学科的创新设计能力、学术研究创新能力、学科交叉融合能力、国际化适应能力等多维创新能力已成为化学和材料专业拔尖创新人才的必备能力。而现有化学化工和材料专业研究生的教育模式已经难以适应新型智能时代的要求，而且国家实施的教育“质量中国”这一战略也为化学化工和材料等相关专业的研究生教育和培养模式带来前所未有的挑战。

随着社会上各岗位对研究生等高学历的需求越来越旺盛，各大高校的研究生招生规模逐年扩大。然而，研究生培养过程中存在教学质量不高、创新能力不足等问题，难以满足社会发展的迫切需求。尤其是地方性大学，不论从生源还是资源条件远落后于双一流院校。研究生入学前的基础薄弱；教学模式过于单一化；愈加年轻化的导师队伍在研究生教学与实践方面的经验欠缺；学科建设、教学平台与科研平台的发展脱轨等问题。针对当前我国在培养化学化工和材料学科研究生过程中存在的问题，结合有机硅实验室具备自主培养化学化工和材料学科研究生的自身特点，急需探索和构建出一套融教于实践和多维创新能力提升的多导师制“4I·2A 式”研究生培养新模式，即培养主动

性 (Initiative) 的科研习惯, 进行启迪式 (Illuminative) 教学, 开展个性化 (Individuality) 指导, 培育创新性 (Innovativeness) 思维的多导师制“4I”式的培养体系, 培养具有创新思维、学术研究能力、学科交叉融合能力、国际化适应能力等多维能力的学术型 (Academic) 和应用型 (Applied) “2A”式专业人才。在培养高素质创新性科技人才方面发挥了重要作用。



## 1. 主要解决的研究生教育实践问题

### (1) 研究生实验教学的课程体系与多维创新人才培养需求的不适应

有机硅实验室拥有化学化工二级学科硕士点, 同时建立有机硅化学及材料特色二级学科硕士点, 一直以来把培养具有理论基础厚、动手能力强和勇于创新的科学精神, 能在所在学科领域做出创造性成果, 具有开阔的国际视野和国际交流能力的拔尖创新人才作为其研究生培养的目标。这就需要有机硅实验室的研究生教育能够适应对人才多维能力培养的需求。然而, 现有化学化工材料领域的研究生教育培养

模式存在诸多问题；例如，实验课程体系不能适应多维创新人才的多维能力培养需求，单一的实验教学课程由单一老师授课或指导难以满足研究生创新性提升及多学科交叉的发展需要。因此，急需进行开展启迪式（Illuminative）教学、个性化（Individuality）教育等新培养模式的改革，构建特色的研究生实验教学课程体系，以满足科学研究、工程应用等对多维创新人才多维能力的社会需要。

### **（2）研究生理论知识薄弱与高质量人才培养的不相称**

有机硅实验室是杭州师范大学唯一的教育部重点实验室，招收的研究生主要来源于综合实力弱于杭州师范大学的教学型地方性院校，普遍存在理论基础薄弱、实验技能不足，创新能力欠缺，难以快速地从本科阶段授课式学习转变到研究生阶段的探究式研究性学习等特点。而化学化工及其相关的材料学科具有时代性、国际化、高速发展等重要特征，对基础薄弱的研究生直接造成极大的学习压力，而导师因研究生基础理论知识过于薄弱而有力不从心之感。因此，急需因材施教，在导师层面实施新型培养模式，采用多导师、多元融合、交叉性联合指导，锻炼创新性（Innovativeness）思维来解决研究生理论知识薄弱与多维创新人才培养要求高的不匹配这一难题。如何“融教于实践”解决研究生知识面窄、综合知识较弱等问题以及拓宽研究生的多维创新能力是快速提升研究生培养质量的必要前提。

### **（3）研究生培养过程管理与多维创新人才培养需求不匹配**

传统上由单一指导教师负责全过程的指导与把关，缺乏必要的监控机制，导致相关的环节之间有所脱节；每个环节虽有相关的标准但

执行力不强，缺乏切实可行的研究生培养保障体系，而且不利于交叉科学人才的培养及交叉学科的发展。更为重要的是，传统上以本学校本土化科研力量为主导的单一型研究生培养模式难以适应社会对研究生创新能力的培养需求，需要引入社会资源提升培养水平，有利于培养学术型（Academic）和应用型（Applied）多维创新能力的优秀研究生。

## 2. 解决实践问题的方法



(1) 开展启发式、个性化教育，建立融教于实践的“4I·2A式”培养新模式。

为解决化学化工及材料技术快速发展的现实与能够适应基础研究、应用研究等多维创新人才的培养目标的不匹配，进行启发式教育、开展个性化教学，有机硅实验室涵盖化学化工及其材料学科，导师队伍和学科多样性发展迅速，另外，有机硅化学及材料学科与各大学科的交叉性不断加强使新型研究方向又不断出现，对研究生的实验技能有独特的要求。因此，为尽快促进研究生掌握实验技能并具备开展科学研究和技术开发的能力，通过适时调整研究生培养的实验课程体系，构建了由基础类、专业类、综合类、探索类组成的特色性“动态多元

化实验课程体系”，每类课程分解到各研究团队并由所在导师组进行启发式及针对性的锻炼，不再由单一实验课程上的时间限制，实行“4I·2A 式”培养模式。

与此同时，针对研究生理论基础薄弱、实验技能不足，创新主动性偏弱等特点，强化学风建设、浓厚科研氛围、增强国内外交流、精细化指导，培养研究生主动性（Initiative）的科研习惯和工作模式，通过研究生和本科生的传帮带，不断浓厚实验室学风。另外，有机硅实验室十分重视融学术报告于教学过程，将理论结合实验课程的教学方式与国内外专家的讲学有效结合起来。每年邀请 30 多名国内外专家学者到校学术交流，先后邀请了日本东北大学 Mitsuo Kira 教授、英国开放大学 Alan Bassindale 教授、台湾大学陆天尧教授、美国加州大学 Michael Sailor 教授等国际顶尖专家开设了相关的学术研究和实验指导课程。同时选派优秀的研究生赴德国、法国、澳大利亚、新加坡等国家的知名院校访学，拓宽研究生的国际学术视野及拓展创新思维。

另外实验室每年定期组织“勤慎论道”、“青年学术交流会”和“钱江论坛”等学术论坛，吸引多学科领域的优秀学者进行学术交流，并鼓励研究生参加多学科的国内外学术讨论会，对研究生多维能力的培养起到了积极地推动和示范作用。

**（2）科研团队建设与研究生培养协同发展，实现多方位立体化深度协同培养，锻炼创新性思维。**

实验室从 2009 年开始独立开展招生、教学和培养全过程管理工

作，经过多年建设，构建了“国际协同、校企协同、团队协同”多方位多元立体化的协同联合培养模式，有效汇聚了国际高校、知名企业与地区高校的优质资源，通过国际协同培养系统基础研究能力，通过校企协同培养系统设计与实践能力，通过团队协同培养系统交叉融合能力，从而达到锻炼研究生创新性（Innovativeness）思维的目的。

针对学术型研究生采用“多对一”因材施教的“多导师制”科研团队联合培养，构建一支由不同学科背景、学术风格及科研思维的多位导师组成的科研团队对研究生进行多元融合、交叉指导，其中一位导师作为团队负责人，整体把握课题组研究方向以及研究生培养各个环节，团队其他老师共同参与制定培养计划及指导工作，采用导师与学生“多对一”的全方位的指导，整体提高学生综合能力。针对专业型研究生采用校企“双导师制”联合培养，将教学实验与生产实践有效结合，培养学生科技成果转化为生产应用的实践能力。

针对目前培养高水平研究生科技创新人才对导师的要求，结合本实验室科研队伍年轻化，经验欠缺等问题，“多导师制”的实施提高研究生的培养质量同时也是导师之间学术交流的纽带，科研团队作为交流平台，团队负责人作为学术带头人，可形成良好的科研氛围，年轻的导师可快速的从“学生”的角色转变成“老师”，更有激情和斗志进入科研的状态，综合素质得到快速的提升。青年教师可到国内外知名院校交流合作，拓宽视野，提高学术水平。

“多对一”因材施教的“多导师制”指导模式的实施同时可有效实现学科交叉。科研团队化可集不同学科背景、研究视角、思维方式

的多位导师指导学生，将学生置身于多学科的环境中进行培养，加深对不同专业领域的理解，发挥各学科特长，形成多学科互动的协同效应，培养出综合素质过硬的创新型研究生。

多年来，有机硅实验室坚持科研团队建设与研究生培养协同发展，不仅在研究生培养方面取得重要进展，而且极大地促进了具有“产学研用”协同发展能力的师资队伍建设。目前有机硅实验室已组建了一支由新世纪百千万人才工程国家级入选者、浙江省千人计划特聘教授、浙江省高等学校“钱江学者”特聘教授（3人）、浙江省151人才工程第一层次培养人员、享受国务院特殊津贴等横跨化学、化工和材料等多学科交叉性强的高水平导师队伍。

### **（3）发挥教育部重点实验室的科研创新平台优势，形成研究生多维能力保障体系，培养学术型、应用型专业人才**

有机硅实验室自上世纪90年代初开始从事有机硅材料领域的研究，是教育部系统最早为国防军工配套的民口研制单位之一，多年来一直服务于国家特殊需要，为航空航天和武器装备配套研制了多种尖端有机硅材料，已用于我国“神舟”系列飞船和20余项国家型号工程。先后主持承担了包括国家“863”计划、国防科工委、国家自然科学基金、省重大科技专项项目在内的多项研究工作。在应用研究方面，目前实验室正与浙江新安化工集团、浙江中天氟硅材料公司、新疆新特能源集团等省内外知名企业展开深度合作。以有机硅化学研究方向为核心的“有机化学”成为浙江省重中之重学科，已建有“有机硅化学及材料技术教育部重点实验室”、“国家新材料生产力促进中心

杭州氟硅材料分中心”、“浙江省氟硅化学品科技创新服务平台”及“浙江省有机硅材料技术重点实验室”四个研究平台，并与建德市政府共建了“新安硅谷研究院”和浙江省研究生培养基地。上述科研平台及其实施的项目课题为培养多维创新能力的研究生提供了充分的保障，能够响应国家《中国制造 2025》强国战略建成我国以有机硅化学与材料为核心的一流的“产学研”一体化科技创新平台。发挥省部级科研创新平台的优势作用，组织研究生参加自然科学基金重点课题、国家重点研发计划等国家级研究课题和一大批省部级重点研究课题。另外，研究生作为项目主要参与人员，保障其积极开展自由探索研究。这些都为研究生创新能力培养提供物质保障。

针对研究生创新能力培养过程中存在的关键问题，提出了以学位论文为载体的全过程质量管理机制，建立了“指导教师-科研团队-学术委员会”和“开题报告-中期检查-预答辩”的三级论文质量保障体系，从论文选题、论文进展、成果发表到论文送审与答辩三个阶段进行全程监控，明确指导教师、科研团队和学位委员分会的职责，制定了切实可行的实施办法与细则，确保研究生创新能力培养的质量，采取不低于国内名校的毕业要求和“盲审”措施确保了研究生的论文质量，提升了研究生的培养质量。

### 3. 创新点

- (1) 构建“4I·2A 式”研究生培养新模式和动态多元实验课程体系。
- (2) 实施“多对一”因材施教的“多导师制”团队指导新模式实现

多方位立体化深度协同培养。

(3) 利用特色学科和教育部重点实验室的优势平台保障研究生多维能力培养。

#### 4. 推广应用成果及贡献

##### 应用成果 1: 研究生多维创新能力持续提升, 成效显著

通过实施“多导师制”科研团队的培养模式, 学术创新能力等多维创新能力大幅提升。培养出一大批具有独立科研能力的综合素质高的优秀硕士毕业生, 研究生具备快速适应学术研究和社会需求的多维创新能力。在学期间取得了系列的研究成果, 部分成果已接近或达到博士生水平。2014 年-2018 年期间实验室内已有 23 名毕业生赴国内外深造读博, 占研究生总数 20% 以上, 其中赴国外读博占读博总数的 75% 以上。2014 年以来指导研究生以第一作者在 *Angew. Chem. Int. Ed.*, *Chem. Commun.* 等国际学术期刊发表论文 211 篇, 授权专利 73 项, 入选浙江省优秀硕士论文 2 篇, 获浙江省“新苗计划”和省级优秀毕业生 7 人、12 名学生获得国家奖学金和杭州师范大学经亨颐奖学金(前 1% 的卓越毕业生, 每年仅颁发给 5 名研究生), 充分展示了有机硅实验室实施“多导师制”培养模式的显著成效。如 2015 届董召文的科研成果发表在国际顶级期刊《*Angew. Chem. Int. Ed.*》, 毕业后推荐到德国 The University of Oldenburg 攻读博士。2016 届严晨婷的科研成果发表在国际顶级期刊《*Angew. Chem. Int. Ed.*》, 毕业后赴日本广岛大学攻读博士。2016 届官礼知在 *J. Mater. Chem. A*、*Carbon*

等学术期刊发表 SCI 论文 4 篇，申请国家发明专利 2 项，获 2016 年“省优秀”硕士学位论文。毕业后，获国家留学基金委公派西班牙国家材料研究所 CSIC 攻读博士学位。2018 届陈灵在 *Chem. Commun.*、*Adv. Synth. Catal.* 等学术期刊发表 SCI 论文 5 篇，获经亨颐奖学金，毕业后获国家留学基金委公派法国鲁昂大学攻读博士学位。

### **应用成果 2：培养的创新人才在地方经济建设和有机硅行业发展中做出重要贡献**

近 5 年，为有机硅行业的企事业及大型化工企业等输送了 100 余名专业人才，能够适应来自能源、环境、材料、生命科学、国防军工等诸多领域的不同需求。其中有机硅相关特色学科的毕业生在新型有机硅产品研制中发挥重要作用；研究生就业率高达 100%，用人单位对有机硅实验室毕业生多维能力给予了高度评价。如经亨颐奖学金获得者王虎同学曾在 *Green Chem.*、*Adv. Synth. Catal.* 等发表 SCI 论文 4 篇，毕业后到药明康德合全新药研发有限公司工作，目前已是单位的技术研发骨干。刘旭鹏、邹劲峰等同学已成为各自公司的技术骨干，多位同学已创办多家有机硅材料研发的高技术公司。与此同时，研究生创新能力随着多导师制“4I·2A 式”培养模式推行得以大幅度提升，与有机硅实验室的导师队伍研究水平实现了同步发展，研究生的技术成果辐射到有机硅行业，大幅提升了企业的经济效益，并引起社会的关注和认可，为有机硅实验室的发展做出了重要贡献。