

DOI: 10.16750/j.adge.2019.08.006

# 基础学科“FIRST”五位一体 人才培养体系的构建与实践

余同普 邵福球 银燕 邹德滨

**摘要:** 国防科技大学以物理学一流基础学科的研究生培养为例, 提出基于“FIRST”五位一体的人才培养体系, 详细阐述了该体系的基本概念与内涵、特色、具体实施、初步成效和未来发展, 并就当前新工科院校的基础学科实施基于“FIRST”五位一体的人才培养体系做了初步探讨。

**关键词:** “FIRST”五位一体; 基础学科; 研究生教育

**作者简介:** 余同普, 国防科技大学文理学院物理系教授, 长沙 410073; 邵福球, 国防科技大学文理学院物理系教授, 长沙 410073; 银燕, 国防科技大学文理学院物理系教授, 长沙 410073; 邹德滨, 国防科技大学文理学院物理系讲师, 长沙 410073。

在过去的几十年里, 教育工作者们针对创新人才的培养提出了各种模式<sup>[1-2]</sup>, 内容基本涵盖了育人理念、课程体系、教学方法和质量管理等多个维度, 并取得了一些实际成效, 有力促进了高层次人才的脱颖而出。但是, 对于前沿基础学科的创新人才培养, 国内尚缺乏系统性的研究, 特别是在“新工科”院校<sup>[3]</sup>。在“新工科”中, “工科”是指工程学科, “新”主要体现在通过一些基础学科孕育、延伸和拓展出来的面向未来新技术和产业的学科以及传统工科和其他学科的交叉融合<sup>[4]</sup>。如何建设新工科院校的基础学科, 如何培养基础学科的创新型人才是近年来教育工作者研究的热点。我们针对工科院校一流基础学科的人才培养, 提出了基于“FIRST”五位一体的高水平研究生培养体系。

## 一、“FIRST”五位一体培养体系的基本概念、内涵与特色

“FIRST”即一流、卓越, 这是我们人才培养体系建设的总目标: 始终追求卓越, 超越自我, 向一流看齐。具体而言, FIRST 包括五个维度: F-frontier, I-innovation, R-reflection, S-structure & system, T-teamwork, 涵盖了从学科的发展需求、课

程体系和知识结构的构建、研究生综合能力培养、质量评估与反馈到团队建设等诸多环节, 涉及课程、教学、导师、管理和环境等诸多基本要素。

(1) Frontier, 即前沿, 这是人才培养体系建设的出发点。前沿既是学科发展的前沿, 也是高科技研究的前沿。对于工科院校, 我们更要聚焦前沿。

(2) Innovation, 即创新, 这是人才培养体系的灵魂。当今科技的竞争归根结底是人的创造力之争, 为此, 我们培养体系的第二个维度是创新。它包括三个层面: 创新意识、创新能力和创造能力。

(3) Reflection, 即质量评估和反馈, 主要体现在教学模式改革和研究生课题指导上。作为质量管理的重要手段, 反馈和评估过程强化了教师和管理者的质量意识, 增强了培养高素质创新人才的信念和使命感, 是高水平研究生培养的重要一环。

(4) Structure & System, 即课程体系和知识结构, 这是高水平研究生培养的重要载体。针对创新人才的培养, 首先应建立起完善的课程体系和个性化的培养计划; 同时, 要特别注重研究生知识结构的建立, 这对于高水平博士研究生的培养至关重要。

(5) Teamwork, 即团队和环境建设, 这是人才培养体系的精髓。应充分发挥导师和团队的协同

基金项目: 2018年湖南省学位与研究生教育教学改革研究课题(编号: JG2018B002)

作用,利用国内外已有条件,为高水平研究生的立体培养打造最佳成才环境。

“FIRST”五个维度是有机统一的整体,从学科前沿和科技发展的前沿出发(Frontier),充分调动研究生学习的积极性和能动性,有效发挥导师和研究生团队协作精神(Teamwork),通过课程体系和知识结构的构建(Structure & System),借助有效的评估与反馈(Reflection)等质量控制过程,不断培养研究生的创新精神和创造能力(Innovation),最终培养出一批基础厚实、视野宽广、富于创新的卓越(First)研究生。该培养体系的特色有:

(1)突出了基础学科的“前沿”。针对新工科院校基础研究的特点,结合高新技术发展的迫切需求,我们特别突出了科学和技术“前沿”的重要性,这与通常我们见到的理科院校基础研究“漫无边际”完全不同。新工科院校的基础学科要面向未来新技术和产业以及多学科的交叉融合,必须立足“前沿”。

(2)强调了课程和知识体系的构建。研究生学习专业基础课程,一方面在于教学内容的设计,另一方面在于知识的消化吸收。通俗地讲,前者是如何设计“营养菜单”,后者是如何让学生“胃口大增”的同时有利于学生的“整体发育”。关于课程体系的构建,国内很多高校都做过大量的实践,设计了“营养丰富”的课程内容,但是往往忽略了学生在某一领域的知识体系的构建,这对于研究生后期的创新思维的培养十分不利。根据我们多年的教学和研究实践发现,学生在课堂学到的知识基本上是碎片化的,不能形成较为完整的“体系”,导致研究生在后续研究中遇到问题,经常被“卡脖子”,从而发出“书到用时方恨少”的感慨。其实这并不是书读得不多,“餐单”设计得不够丰富,而是知识消化不快、理解不透彻和整理不充分。

(3)重视团队和环境建设。导师在高水平创新人才培养中的作用毋庸置疑,他们就像是“厨师+营养师”。与此同时,环境的建设也至关重要,好比是“就餐”的地点和氛围,所有的环境建设要紧密围绕高水平研究生培养这个主线开展。一流的导师团队有利于培育出优秀的研究生,优越的学习环境和良好的研究氛围更有利于创新人才的脱颖而出。

## 二、“FIRST”五位一体培养体系的具体实施

以笔者所在学校的物理学科为例,介绍该体系的具体实施。

### 1.建设课程体系

激光等离子体物理是高能量密度物理前沿研究领域,也是惯性约束聚变研究的核心课题,在基础研究和国防领域具有重要应用前景,是当前聚变点火面临的重大现实问题。在设计课程体系时,首先我们借鉴国外等离子体物理研究重点高校和科研院所的经验,如美国普林斯顿大学等离子体物理实验室、英国贝尔法斯特女王大学等离子体物理研究中心、马克思·普朗克-量子光学所等,结合国内等离子体物理研究的现状,我们团队创建了独具特色的激光等离子体课程体系,如图1所示。该课程体系涵盖了本科生的“强场专题”和“物理学前沿综合设计”、研究生基础课程“高等电动力学”和“等离子体物理基础”、专业基础课程“等离子体粒子模拟”等,同时将多学科交叉领域的研究内容有效融入前沿和高阶课程。为了进一步形成完备的课程体系,我们出版了国内第一本《等离子体粒子模拟》和《粒子输运》教材,受到多所大学和研究机构的热烈欢迎,部分教材作为经典教材被同行长期使用。与此同时,我们要求研究生选修诸如“核物理”“高等光学”“并程序开发与设计”等辅助课程。这一较为完善的课程体系专门为等离子体物理学科的研究生量身定做,在近十年的研究生培养过程中起到了关键作用。

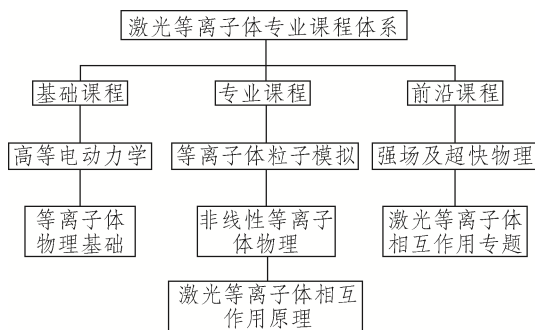


图1 激光等离子体专业课程体系

### 2.改革教学模式

(1)随机抽签,主动学习。基础学科的研究生教学改革是当前理工科院校人才培养的重要课题。

我们在研究生教学过程中倡导启发式、研讨式、翻转课堂和 MOOC 等多种教学手段,有选择地采用了国外原版教材,将部分课程的内容逐一分解,并拿出不少于 2/3 的知识点让研究生参与研讨并独立讲授。这种“随机抽签上讲台、反客为主当教师”的教学方法颠覆了一般课堂“填鸭式”教学方式,让研究生真正成为教学的主体,充分发挥了研究生的主动性和能动性,教学相长,研究生的创新意识也得到了显著提升。

(2) 构建自己的知识体系。由于本科阶段的课程很大程度上是介绍最基本的理论知识,有广度但欠缺深度;而研究生课程更加注重某个研究方向或者领域,其中会涉及较多深层次的知识,既有教科书上总结概括的,也有最新的研究进展。在教学设计时,我们有针对性地帮助研究生梳理知识点,重点培养他们的创新意识,让他们尽快在某一研究领域构建自己的知识结构,帮助他们尽快走到学科发展的最前沿。

(3) 创新教学内容。要求研究生在进入课题组后除了学习基础课程外,还要阅读大量文献和书籍,结合当前科研实际和工程应用中的关键科学问题,以问题为导向,通过抽丝剥茧、追根溯源,反馈到相应的教学内容上。同时,我们要求研究生做好电子笔记,将不同的知识点按照研究方向进行归纳总结,围绕课题串成一条“知识流”。对于从文献中获取的新知识,让研究生务必及时理解、消化和吸收,争取让研究生特别是博士生利用不到一年的时间把自己研究方向所需掌握的基础理论形成相对独立的体系,为后面的科学研究打下坚实的理论基础。

### 3. 加强团队协作

(1) “引”“送”并举,优化学缘结构。在导师团队建设方面,虽然军事院校人员编制紧张,但近几年我们充分利用学校“双一流”建设的契机,从德国杜塞尔多夫大学、北京大学和华中科技大学等高校引进了多名骨干教师,优化了学缘结构;另一方面,我们充分利用国家留学基金委的专项经费,选送骨干教师赴日本宇都宫大学、英国贝尔法斯特女王大学和斯克莱德大学、德国慕尼黑理工大学和杜塞尔多夫大学、西班牙马德里理工大学及国内的上海交通大学等一流科研院所访问学习,有力提升

了整个导师团队的学术水平。

(2) 三级垂直管理。第一级是整个大课题组,主要负责全体研究生的论文选题和开题、中期考核、毕业答辩、定期交流和学术沙龙;第二级是导师团,我们为每个研究方向确立了导师团,共同指导该研究方向的研究生,同时实行首席导师负责制,通过组会对学生的研究进展进行整体把握;第三级是科研小组,一般由 3~5 名研究生构成,紧密围绕某一课题或者研究领域的关键科学问题形成研究小组,小组内的高年级博士生协助首席导师指导硕士生,硕士生协助指导本科生开展毕业设计,主动给研究生“压担子”,一方面最大程度激发他们的科研创新意识,另一方面有力促进了低年级研究生的快速成长,使得整个团队拧成一股绳,战斗力得到提升。

(3) 交叉融合、通力合作。提倡大课题组内的交叉融合,小课题组的团结协作,充分发挥每一位研究生的特长,各司其职、集体攻关。比如,善于科研制图的研究生,负责课题组重要学术论文的高水平概念图和示意图制作;善于英文写作的研究生,负责重要投稿论文的润色;善于编程和数值模拟的研究生,负责指导课题组的程序使用,用最短的时间让其他研究生用上程序,出现问题及时解决;而物理直觉好、理论功底强的研究生定期给大家分享国内外最新科研动态。这些看似简单的协作,往往可以让初学者少走很多弯路,更快走上科研创新的大道。

### 4. 营造培养环境

(1) 打造标杆,树立榜样。研究氛围的营造也是人才培养的重要环节。在日常教学和科研实践中,我们一方面努力打造“学术标杆”,遴选一个或者某几个优秀研究生作为全体学员学习的榜样,如鼓励研究生参加原教育部“学术新人奖”评选、学校的“学术之星”以及国家某重大科技专项“挑战英才”评选等;另一方面,经常邀请国内优秀研究生来课题组交流,比如每年度的蔡诗东等离子体奖获得者、王大珩高校学生奖获得者以及在本领域顶级期刊发表学术论文的研究生等,充分发挥榜样的作用,寻找差距,让研究生自觉形成你追我赶、争先创优的良好局面。

(2) 瞄准一流,“大家”讲学。瞄准世界一流院校和科技企业,充分利用研究生出国留学和企业

见习机制,紧密结合课题组的研究方向,主动邀请国内外学术大师、工程师、军队一流专家前来讲学,定期邀请兄弟课题组导师为研究生讲课,介绍国内外相关研究方向最新研究动态,通过共性问题研究以及不同研究领域的思想火花的碰撞,为交叉研究搭建平台,为研究生立体培养营造氛围。

(3) 结合需求,立体培养。充分利用学校、军队和国家学术交流的有效机制,将课题组最具潜力的硕士研究生派往国内重点高校学习交流,并提供全额资助;将课题组最需要发展的博士研究生送往国外高水平大学和科研机构,依托国家留学基金委等项目,师从国外一流大师联合培养或者攻读博士学位,为研究生全面成长、成才提供最佳环境。

### 5. 重视质量评估和反馈

导师组以现代教育评估理论为指导,从“新工科”院校研究生教育工作的实际出发,长期开展集导向性(Directional)、监督性(Supervised)和激励性(Inspiring)于一体的评估实践活动,摒弃仅以考试成绩来评价研究生的方法,将评价重点放在研究生科研实践活动中,以提高研究生综合素质为目标导向,进而引导研究生的成长与进步,确保人才培养的质量<sup>[5]</sup>。

(1) 定期汇报,及时反馈。要求研究生每周定期汇报研究进展和思想动态,每月定时召开课题组学术沙龙、小组会以及师生面对面活动,收集研究生对课程教学、研究生培养、导师以及团队的意见和建议,并经导师组综合评估后反馈到培养环节,不断调整课程内容、授课方式和培养策略。在研究生参加国外联合培养的过程中,首席导师始终坚持对学生的有效监督与指导,除了日常的交流外,每个月在外访学的研究生必须参加国内课题组的组会并撰写总结报告向首席导师汇报科研进展,出现问题再由导师及时做出反馈并与对方导师充分沟通。

(2) 交流见习,优化调整。鼓励研究生关注科研成果的转化和运用,强调“军民融合”式通用技术研究,一方面帮助研究生适应部队需求,另一方面为地方企业量身打造技能型人才。在过去的几年里,导师团积极参与“导师部队行”和企业见习等活动,多人次赴马兰基地、海军、空军、中车、三一重

工等单位调研,与部队基层官兵和毕业生座谈,或者邀请优秀毕业生回校授课、讲学,让研究生了解一线部队和企业对人才培养的需求,并反馈于研究生的指导过程中,逐步提高研究生的培养水平和质量。

### 三、“FIRST”五位一体培养体系的初步成效

通过我们十余年的长期坚持,“FIRST”五位一体人才培养体系运转良好,在创新人才培养中取得了一定成效,提高了课题组的知名度和影响力,并形成了良好的品牌效应。表1详细统计了近年来笔者所在课题组毕业的研究生在全军和湖南省优秀博士/硕士学位论文、省级和校级创新项目、立功受奖、奖学金以及以第一作者发表SCI论文的情况。

(1) 高层次人才脱颖而出。课题组培养的研究生中先后涌现了一批以国家自然科学基金优秀青年基金获得者、湖南省自然科学基金杰出青年基金获得者、“湖湘青年英才”获得者和霍英东青年教师基金获得者为代表的高层次人才,相比兄弟课题组人才培养情况,这种雨后春笋般的人才集体“冒尖”现象,是我们创新人才培养体系的最好诠释。

(2) 研究生培养整体水平显著提升。据统计,有38.4%的硕士毕业生和28.6%的博士毕业生荣立三等功,还有硕士毕业生荣立二等功。可见,我们培养的研究生能迅速适应部队需要,这得益于长期坚持的部队见习和交流反馈机制。在创新资助方面,有85.7%的博士生顺利获得湖南省的创新项目资助,远高于同期其他学科的博士生比例;在优秀学位论文方面,有42.8%的硕士学位论文荣获军队或湖南省优秀学位论文,有25%的博士学位论文被评为全军或湖南省优秀博士学位论文,这主要得益于研究生强烈的创新意识和创造能力。与此同时,参与联合培养项目的国外导师对笔者课题组的研究生也给予了高度评价,并表达出继续合作的强烈意愿,签署了谅解备忘录,这也是我们良好学术氛围和高效的团结协作的必然结果。

(3) 基础研究,硕果累累。课题组培养的研究生中有71.4%的硕士研究生在毕业时已经以第一作者身份发表了至少1篇高水平SCI论文,有42.9%的博士研究生作为第一作者发表了至少5篇SCI论文,几乎所有的论文都是团队合作努力的结果,凝

表1 国防科技大学激光等离子体课题组近年来人才培养情况(%)

内容 比例	军/省级优 博/硕论文	校优博/ 硕论文	省级创 新项目	校级创 新项目	三等功	二等功	光华奖 学金	周明灏 奖学金	校级优秀 毕业生	校级优 秀学员	出国联 合培养	以第一作者身份 发表SCI论文		
												>1篇	>3篇	>5篇
硕士	42.8	30.7	-	38.4	38.4	7.7	38.4	7.7	7.7	38.4	7.7	71.4	15.4	0
博士	25.0	0	85.7	71.4	28.6	0	28.6	14.3	14.3	0	71.4	100	87.5	42.9

结了所有参与研究工作的研究生的心血和汗水。值得一提的是,课题组培养的硕士研究生还发表了学校第一篇《自然·通讯》论文,同时这也是国内强场量子电动力学研究领域的第一篇《自然》子刊论文,引起了国内外学者和国际大科学装置如罗马尼亚极端光设施机构(ELI-NP)的强烈关注。以研究生为主导的学术成果还荣获了2015~2017年度中国辐射物理领域“十大科技创新进展”。

#### 四、“FIRST”五位一体培养体系的未来发展

虽然“FIRST”五位一体人才培养体系取得了一些成效,但是具体实施过程中也存在一些潜在问题,需要在今后的实践中逐步完善和解决。

(1)对导师团队的新挑战。“新工科”院校人才培养的新使命和新要求给导师团队带来了全新挑战,这促使我们一方面要站在基础研究发展的前沿,同时还要时刻关注新军事变革和新一轮科技革命的发展趋势,不断学习新理论、新知识,进一步拓宽学术视野,并反馈于研究生培养的整个环节,这在我们前面的课程体系建设以及教学改革等环节已经有了一些考虑,但是还不够,还有很多工作需要开展,比如,在课程体系建设方面,要尽可能结合国家和军队的重大需求,课题的选择要聚焦当前重大现实问题等。

(2)对培养目标的新定位。军事院校招收大量地方研究生以后,如何平衡部队需求、企业需求和基础学科的发展需求,培养出复合型创新人才,也是该人才体系面临的新问题。未来我们培养的研究除了能在企业找到工作,在科研机构从事科学研究外,如何适应部队,如何解决部队高新技术发展中的实际问题,需要在培养体系的顶层设计上进一步探索,以继续提高研究生的可塑性。这也是我们近年来一直坚持下基层、走企业的重要原因。下一步,我们将邀请国家大科学装置、国家重点实验室

以及国防重点实验室的学术骨干来校担任联合导师,协助指导研究生。

(3)对管理者的新要求。“FIRST”人才培养体系涉及诸多方面,对管理者和管理制度本身也提出了新要求,这需要我们积极探索人才培养和学术交流的长效机制,避免因为政策和人员变动带来的被动局面,需要各级管理者和决策者充分利用已有政策,最大程度保证整个体系的健康、平稳运行。

“FIRST”五位一体人才培养体系同样适用于地方高等院校数学、力学、计算机科学、化学和生物学等基础学科。与军事院校不同的是,地方高等院校在实施“FIRST”五位一体人才培养体系方面具有更多的天然优势。一方面,地方高校的学术交流更加灵活,出国出境联合培养、与研究所和高校交叉合作以及本科生交流等方面机会更多,更有利于该人才培养体系发挥作用;另一方面,地方高等院校主要面向企业和科研院所,很少直接面向军事需求,这样,基础研究前沿的聚焦更加明确,交叉研究的范围更广,培养的人才适用性更强。军事院校自2018年开始招收无军籍地方本科生,并继续扩大地方研究生的招生规模,这为我们探索和完善地方高等院校“FIRST”五位一体人才培养体系提供了新的契机。

#### 参考文献

- [1] 刘建平. 构建高素质拔尖创新人才培养体系[J]. 中国高等教育, 2008(1): 26-28.
- [2] 鞠平, 任立良, 阮怀远, 等. 构建高素质创新人才培养体系的思考与实践[J]. 中国大学教学, 2004(4): 34-35.
- [3] 李华, 胡娜, 游振声. 新工科: 形态、内涵与方向[J]. 高等工程教育研究, 2017(4): 16-19.
- [4] 杨金龙. 责任、使命、作为: 新时代一流大学建设的探索与实践[J]. 学位与研究生教育, 2018(9): 1-5.
- [5] 国防科技大学研究生院. 教育评估理论与方法及在研究生教育评估中的应用[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2004.

(责任编辑 周玉清)