

DOI: 10.3969/j.issn.1672-8874.2011.01.006

工科博士生科研创新的技巧与创新能力培养

邓彬, 黎湘, 王宏强, 秦玉亮

(国防科学技术大学 电子科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)

[摘要] 从博士生自身角度探讨工科博士生的创新技巧和创新能力培养, 具有重要的现实意义。在创新要素与创新动机的思考基础上, 结合国防科技大学雷达信号处理专业部分创新实践, 从问题创新和方法创新方面总结了相应的创新技巧, 最后对工科博士生创新能力的培养提出若干建议。

[关键词] 工科博士生; 创新; 技巧; 培养

[中图分类号] G643.0 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874(2011)01-0021-03

Innovational Skills and the Cultivation of Creativity for Doctoral Students Majoring in Engineering

DENG Bin, LI Xiang, WANG Hong-Qiang, QIN Yu-liang

(College of Electronic Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha, 410073, China)

Abstract: The skills and cultivation of creativity are discussed in terms of the doctoral students' own factors. An innovation should be of significance, novelty and feasibility. The incentives and motivation sources are also dealt with. Then from the problematic and methodological viewpoints, some innovational skills are presented based on our innovative practice. Several proposals are suggested on how to improve the creativity of doctoral students.

Key words: doctoral students; innovation; skill; cultivation

博士研究生教育是国家最高层次的学历教育。院校的大量科研成果和科研项目都是博士生在导师的指导下完成的, 因此, 博士生的创新能力培养非常重要。

与文科和理科博士生不同, 工科博士生的创新有其自身的特点。工科博士生面临各种各样的科学或工程技术等实际问题, 他们从事的课题研究就是将这些实际问题升华到理论层面, 抽象出新的科学问题, 对这些问题建立适当的模型并进行描述, 继而提出新的算法、思路 and 思想。可以说, 科研创新贯穿于工科博士生课题的始终。目前, 关于博士生的创新能力培养, 大量文献都是从科研体制、学科设置、培养模式等外部因素进行论述^[1-5]。不过, 内因是事物变化最终依据, 外因也要转变为内因才起作用。因此, 本文将从博士生自身的角度论述科研创新的技巧以及如何培养创新能力, 并给出作者在国防科技大学空间电子信息技术研究所完成的雷达信号处理方面部分创新的实例。

一、创新的要素

近年来, 创新一词被过度地放大和炒作。实际上, 当现有的方法和技术满足不了完美解决实际问题的需求时, 创新就自然而然地出现了, 创新并不需要刻意而为。我们

认为, 创新应满足如下三个要素:

(一) 有意义

有意义是对人们从事任何工作的要求, 当然也包括创新。此处的有意义主要是指有实用价值(至少在不远的将来), 也就是说所提的方法性能更好、成本(如运算量和存储量)更小, 或者所发现的问题对学科的发展有推动作用。这也是国外高水平期刊对学术论文的重要要求。虽然科学本身的意义在于求真, 并不追求功用, 但是作为工科博士生, 仍要把有意义作为创新的指导思想, 不能浪费宝贵的科技资源去做无意义的事情。这对近年来国内不少研究生出于发表论文的需要费尽九牛二虎之力对原有方法做些微不足道的改进, 却导致运算量大大增加的现实, 尤其具有警示意义。

(二) 有新意

有新意是创新的必备要素。包括两层意思: 问题新方法新。前者是指研究的问题是自己发现和提出的, 前人未曾研究, 至少是没有系统明确地研究。例如, 我们曾提出用装在飞机或卫星上的雷达对地面微动目标(如旋转天线)进行探测和成像的问题, 并称之为微动目标指示, 这一问题即前人没有研究且传统的微动目标指示方法无法解决,

[收稿日期] 2010-10-13

[基金项目] 教育部“新世纪优秀人才支持计划”(2009)

[作者简介] 邓彬(1981-), 男, 山东邹城人, 国防科学技术大学电子科学与工程学院博士生, 研究方向: 雷达信号处理。

因而具有新意。后者是指用于解决或解释问题的方法、思想、思路前人没有采用过,或者是对前人方法在性能或成本上有所改进。对于工科博士生,虽然提出重大原创性方法非常不易,但也不能总是低水平低层次地重复前人的工作。事实上,对于工科除原创性创新外,下列创新也应看作重要创新:第一次将数学、信号处理和跨学科的方法移植到本学科,第一次将多个方法进行合并,第一次研究大问题中的某个子问题,或者方法有较大改进。就新意强弱性看,我们认为由强到弱依次是:问题新方法新、问题旧方法新、问题新方法旧、问题旧方法旧。

(三) 可行性

创新的第三个要素是可行性。正如李开复博士指出,任何创新都要考虑在现有条件下的实施问题,如果利用了所有可以利用的资源、条件,仍然无法让某个创新成为现实,那么,再新颖、美妙的想法,也只能是空中楼阁^[6]。例如,曾有人提出“月载合成孔径雷达”,从原理上讲,月球也是一颗绕地球转动的卫星,而星载雷达是对地球上的物体进行成像的,不过从实际技术水平和成本上看是天方夜谭,当然不排除以后有可能实现。

因此,当提出一项创新时,应考虑为何他人没有提出来,是否因为下面几个原因:

- (1) 别人未遇到:他们没有遇到(或发现、注意)创新者面临的问题;
- (2) 别人未想到:他们没有想到用这种方法,或者即使想到也难以做出结果;
- (3) 别人不屑做:该创新过于简单;
- (4) 别人认为不必要:即使是新方法,但效果没有明显优势;
- (5) 别人认为不可行:太难或者成本过高难以实现和实用化。

二、创新的动机和动力

除政策性和功利性因素外,我们认为工科博士生创新主要是受如下的动机和动力驱动:

(一) 内部动机

包括:1、完美主义:即“多快好”,算法的功能要多、速度要快、效果要好。2、懒惰思想:即“省”:算法要节省时间、存储和成本。

(二) 外部动力

包括:1、需求牵引:主要指应用需求和缺点导向。例如,2007年我们发现传统的用诱饵欺骗雷达的方法在推导中存在错误,从而提出了一种新的对反辐射导弹多源诱偏干扰的建模方法^[7]。2、技术推动:对尤其是从事雷达信号处理的工科博士生来讲,主要是指数学推动、信号处理学科推动和交叉学科推动,这些学科新出现或重新受重视的技术往往会促成本学科的创新,例如,我们曾将数学中 Legendre 多项式引入到雷达成像中,取得了较好的效果^[8]。

上述动机和动力同样可为新想法提供启发,如常去用户单位调研获取新的需求,或逐项列举算法的缺点和待完善之处,据此提出新的算法,又如保持对相关学科的关注随时把其中的新技术引入本学科之中。

三、创新的分类和技巧

我们把创新分为问题创新和方法创新两种,对每种创新方式结合自身的体会总结出相应技巧。

(一) 问题创新

指发现和提出新问题。人们常说,提出正确的问题往往等于解决了问题的一半。因此对工科博士生来讲,提出新问题的能力非常重要,新问题往往预示着一个新的学科方向的诞生,也更容易在这个领域做出开创性工作。在每年国家自然科学基金中标项目中,这类项目占有相当大的比重。发现问题虽然没有固定不变的程序和普遍有效的方法,但确实存在一些可能的甚至有效的途径、一些有启发性的视角和方法^[9]。其中常用的方法有:1、横向比较:如将不同的雷达成像算法进行比较会发现各有优缺点,则可提出“某一算法怎么改进使之也具有另一算法优点”的问题;2、纵向考察:如考察雷达发展的历史了解其发展规律可以提出“雷达怎样更加智能化”这一问题;3、实践验证:对算法或模型用实测数据验证也会发现其中的问题;4、应用观察:可以根据用户对所开发系统的反馈提出问题;5、抽象概括:将生活、社会和工业应用中出现的具有相似特征的问题进行概括,抽象成科学问题;6、移植应用:将某一领域的理论移植到另一领域,如将医学成像理论应用到雷达成像中,也必然会发现诸多问题;7、极限推广:将有一定适用条件的现有理论进行推广也会发现问题,如通过考察牛顿理论在物体近光速运动条件下的适用性问题而诞生了相对论;8、反向提问:如根据干涉雷达可以测高,则可提出“已知地物高度又可反推出干涉雷达的什么信息”这一问题。

(二) 方法创新

指提出或改进用于解决特定问题的思想、方案、算法或流程。从新意的大小上,可以分为原创型、改进型、引用型和分析比较型四种。分析比较型创新要分析和比较既有方法性能、应用边界条件、应用中技巧和注意事项等,也具有重要的科学价值。对于雷达信号处理专业,方法创新一般可分为如下五级:雷达波形体制级、问题描述转化级、数学级、信号处理级、跨学科级。其中最特色的创新是针对特定的问题从雷达波形体制或问题描述转化方式上寻找突破,最基本的创新是根据纯数学的推导得出有物理意义的结论,最一般的创新是引用型创新,即直接把数学或信号处理工具拿来用一下,最高级的创新是完全不相干领域的启发移植,对双方学科均有促进。

对于一般的工科研究,我们总结了六种提出或改进新算法的技巧。

1、简化分解

实际科研中面临的问题总是复杂的,因此,可以把原始问题简化或分解为若干个相对简单的子问题或子模块,先从各个子问题子模块进行研究再合成或推广到原问题的解。例如,在进行惯性导航仿真时不妨先令地球自转速率为0,调试通过后再推广到更一般的情形;又如,在做雷达二维成像时,一般把数据分解到两个一维上分别处理,即所谓的“二维解耦”。

2、求反求逆

即逆向思维,利用多个事物的相对性或对单个事物时空逻辑求逆取反,在时域、空域、频域、状态、关系、流程等方面反向而为之。如由吹尘器到吸尘器,由物质到反物质,由电生磁到磁生电,由降维到升维(如用于目标分类的支撑矢量机)等。在雷达领域这种方法也很常见,如成像算法取反即得回波仿真算法;干涉合成孔径雷达可以测量地物高度,若已知地物高度则可反过来确定雷达的位置;合成孔径雷达利用雷达运动、目标静止可以成像,由此产生逆合成孔径雷达即目标运动、雷达静止。擅于利用这一工具有助于提出非常奇妙的想法,如在雷达中一般有降低旁瓣处理,而抬高旁瓣则可获得超分辨的效果;常有带宽外推法实现超分辨,而降低带宽则有助于解决距离徙动问题。

3、变换转化

将问题转化为已解决问题或通过数学变换转换到另一个容易解决的域也是常用的创新技巧之一。例如烧水原理,在水壶无水时要烧水需要先把它装满水再打开炉子去烧,若水壶已装满凉水则烧水的最简单方法是把水倒掉,因为这就转为化前一个已经解决的问题了。这种思想在工科创新中常会用到。“变换”在工科尤其是信号处理领域具有特殊含义,如傅里叶变换、WALSH 变换,实际上各种变换在数学上是统一的,都是信号本体在各种空间的不同呈现方式,如同一排士兵从侧面看是一个人而从正面看是多人一样,利用变换可以进行大量的创新。

4、类比移植

通过类比把其他学科甚至生活中的现象移植到本学科中往往会取得意外的效果。仿生学即是如此。该技巧跟简单引用型创新不同,它往往对双方学科均有促进作用。例如由蝙蝠到雷达、由鸟叫声到雷达中的线性调频信号、由大脑到神经网络分类器、由遗传学到 DNA 计算和用于优化的遗传算法、由蚂蚁觅食到蚁群算法、由蝗虫搬家到交通疏导等。这种创新方式要求工科博士生必须具有广泛的兴趣、丰富的知识和深厚的数学功底。

5、优势融合

有时也称组合式创新,即将多种算法进行综合,最终的算法表现出原各算法的优点而没有其缺点。杂交水稻即是如此。又如对于工科中常用的时频分析,线性时频分析法时频聚集性能差但不存在交叉项干扰,双线性时频分析法则相反,因此有人将二者结合提出时频综合方法既可以获得较高的时频聚集性能又不受交叉项干扰。这种思想在现实生活中也常用到。例如北京奥运会开幕式《歌唱祖国》即是林妙可漂亮外形和杨沛宜空灵声音的结合,张艺谋导演的《三枪拍案惊奇》即是悬疑和喜剧的结合,国防科大南院食堂二楼开放后不少学员将一、二楼便宜的菜进行“结合”。我们已养成每看到两个以上并列方法立即想到能否将其结合的习惯。

6、抽象统一

科学本身崇尚简单,工科博士生的任务之一就是通过归纳概括把纷繁芜杂的现象提取本质抽象为少数的概念,把形形色色的规律用统一的形式进行描述。这一思想与简化分解恰好相反,是由分析到综合的自然结果。我们认为,简化分解是人们对事物认识不深时的必然选择,而随着认

识的深化,将充分了解原来各模块之间的耦合关系,从而为一体化和抽象统一提供条件。抽象统一也有利于实现系统论中“ $1+1>2$ ”的效果。例如,爱因斯坦的统一场论是试图将自然界四种作用力进行统一,普朗克是将辐射公式在长波和短波下进行了统一,麦克斯韦则是将电磁场用统一的微分方程组进行描述。我们也曾把针对不同背景的杂波模型统一为一致的模型^[10],原有模型只是统一模型在不同参数下的近似,取得了较好的效果。

以上六大技巧以简化分解开始,以抽象统一结束,概括了工科最常用的创新技法,希望对工科博士生创新教育有一定的启发。

四、创新能力的培养

除了有利于创新的培养机制和环境以及具备必要的科学和人文素质等非智力因素外,我们认为,工科博士生自身应重点从如下几个方面培养创新能力:

(一) 增强求源意识

不仅要知其然,知其所以然^[11],还要知其所以源,在研究既有的理论和算法时应重点思考别人当初究竟是怎么想出来的,重点学习他人创造的过程而非结论。

(二) 夯实理论基础

对于博士层次的工科研究生,深厚的理论基础必不可少。综观所有理论上的重大创新,如神经网络、遗传算法、蚁群算法、压缩传感等,都要具备深厚的数学功底,否则,即使有好想法也难以把它培育成创新的大树。对于工科博士生,应主要从数学、物理、信号处理等方面不断夯实自身的理论基础。

(三) 拓展知识广度

知识面狭窄是创新的大敌。多数重大创新都是受不相干领域的启发而做出的。例如蚁群算法的提出者 Dorigo 虽是工科的博士生但对动物行为学怀有浓厚的兴趣。具体说来,应当培养如下领域的知识或技能:人文、跨学科和自然社会生活。其中人文素养不仅可以为科学研究提供直接的灵感和思路,而且所训练出的直觉、形象、宏观、辩证等思维对工科的研究也大有裨益。例如,苏东坡《前赤壁赋》中“盖将自其变者而观之,则天地曾不能以一瞬;自其不变者而观之,则物与我皆无尽也”,体现出了静止永恒与运动变化之间深刻的辩证关系,启发我们在系统的变化中寻找相对的不变,从而提出了雷达跟踪滤波器“暂稳态”概念^[12]。又如,哲学中的唯心论固当批判,不过对科学研究亦有启发。唯心可视为等效,即从对人的影响的角度等效地看待外部的世界,如果某事物没有影响则等效为将该事物视为不存在。有时,等效比实际更有用,雷达中的“散射中心”“等效速度”等就是这样一个虚拟的、实际并不存在却更有用的概念。跨学科的知识则可通过学术交流、文献浏览等获得,首次借鉴或引用到本领域即构成创新。我们曾将遇到的问题类化后去交流并获得了启发,将原本用于脉冲串重复周期估计的 PRI 变换引用到本领域的正弦调频信号参数估计中,获得了较好的效果。经常浏览相关甚至无关学科的文獻是增加跨学科知识的另一捷径。一位院士曾说:“我就养成了每周必定去图书馆浏览最新期刊的习惯,几十年如一日……决不遗漏一期,直(下转第 26 页)

和应用高度,以现有科研为支撑,确定主要研究方向和有价值的研究课题对研究生进行指导,并在其整个学习和研究过程中提供指导性的意见和建议,帮助研究生完成研究课题,达到培养目标^[5]。导师在承担重大科研任务的同时,通过鼓励研究生开展基础性课题研究,打牢研究生后续工作的理论基础和学术功底;通过把握学科前沿,鼓励研究生开展创新性课题研究。研究生学员在积累过程中,更要耐得住寂寞,不可急功近利,坚决反对学术不端行为,把撰写高水平论文当作一个科技工作者的义务和责任。

从近几年全国优秀博士学位论文来看,课题的前沿性和研究成果的创新性成为其质量评价的核心指标。军队院校培养研究生学员,在课题研究方面往往具有明确的应用背景和需求,与科研任务紧密结合,并形成了在解决先进武器装备重大理论和现实问题中提高创新实践能力的培养特色。但从创新素质和创新成果(多体现在高水平学位、学术论文上)来看,研究生的学术视野还不够开阔,创造性思维不活跃,真正的创新成果并不多,甚至对勇于承担挑战性研究课题抱有畏难情绪。导师在培养研究生过程中,通过帮助其理清认识挑战性课题的研究意义,更应该以现有科研任务为支撑,谋求课题研究中的新项目、新课程、新发展,形成一个配套的体系。我们研究室在承担科研任务的同时,导师组坚持将科研项目、教学课程与研究生培养有机结合,开设了具有自身特色的《高功率脉冲技术综合实验》《非线性等离子体物理》等研究生课程,不断培养研究生独立发现问题、提出问题和解决问题的能力。

六、结语

当今的国际竞争归根结底是高科技人才的竞争,党的“十七大”明确提出要“提高自主创新能力,建设创新型国家”,培养和造就世界一流科学家和科技领军人才。信息化条件下的局部战争也决定了高素质人才的重要作用和地位。军队院校的研究生教育担负着为国防和军队现代化建设培养高素质创新型人才的重任,事关军队和国家长远发展,只有坚持标准,规范要求,进一步提高研究生学位、学术论文质量,不断提升研究生教育水平,才是完成使命任务的应有之义。

[参考文献]

- [1] 国防科技大学研究生2009培养方案[M].国防科技大学研究生院,2009.
- [2] 樊建平,刘建焯.关于提高博士研究生培养质量的几点思考[J].教育与现代化,2010,(3).
- [3] 马建光,李俭川.俄军研究生教育的特点及启示[J].高等教育研究学报,2009(S1).
- [4] 钱增瑾,张建宇.高校研究生培养机制改革的探索[J].中国电力教育,2010,(3).
- [5] 李焱,史美萍等.依托科研实践提高研究生创新能力的探索[J].高等教育研究学报,2009,(9).

(责任编辑:胡志刚)

(上接第23页)

至今日。”此外还应留心储备自然社会生活中的各种现象。如模拟蜘蛛捕食可解决最短路径问题,观察修车师傅检查车胎多处漏气时常用的水泡法则可提出信号检测中常用的CLEAN思想。

(四) 训练逻辑思维

应当有意识地训练并熟练运用形式逻辑思维,如概念、判断、推理、分析综合、顺推倒溯、归纳演绎、类比联想、抽象具体、分类比较、猜想验证、特简推广、穆勒五法,和辩证逻辑思维以及系统论、信息论、突变论、黑箱论、历史论、模构论和策略论等思维技巧。

(五) 培养创意思维

创新思维的培养是项专门的课程,包括破除定势、多视角思考、直观想象等,不再赘述。

五、结束语

工科博士生是我国高校和研究机构的中坚力量。针对我国工科博士生创新能力不足的现状,讨论了创新的要素、动机和动力,结合自身的创新实践从问题创新和方法创新两方面总结了工科常用的创新技巧,并针对工科博士生的特点对其创新能力的培养提出五项建议,希望对我国博士生创新教育有所启发和促进。

[参考文献]

- [1] 肖鸣政.博士生创新素质的教育与培养[J].学位与研究生教

育,2005(8):1-4.

- [2] 彭明祥.工科博士研究生创新能力的培养[J].学位与研究生教育,2007(S1):22-23.
- [3] 孙华.博士生创新能力培养—一个观念—制度的分析框架[J].学位与研究生教育,2007(4):62-66.
- [4] 郑晓年.切实加强博士生的创新性培养[J].中国高等教育,2002(22):31-32.
- [5] 黄丽萍.对培养研究生创新能力的思考[J].中国科教创新导刊,2008(17):73-74.
- [6] 李开复.做最好的创新.[EB/OL]2009.http://blog.sina.com.cn/s/blog_475b3d560100dnjy.html.
- [7] 邓彬,秦玉亮,王宏强,等.一种对反辐射导弹多源诱偏干扰的建模方法[J].系统工程与电子技术,2007,29(6):874-877.
- [8] Deng B, Qin Y, Li Y, et al. A novel approach to range doppler SAR processing based on Legendre orthogonal polynomials [J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2009, 6(1): 13-17.
- [9] 张掌然.问题的哲学研究[M].北京:人民出版社,2005.
- [10] 任双桥,刘永祥,黎湘,等.广义相关K分布杂波建模与仿真[J].自然科学进展,2006,16(6):776-780.
- [11] 邓彬,李春宇,刘博研.论大学理课程序化高效自学系统[J].辽宁师范大学学报(自然科学版).2003(26):147-150.
- [12] 王宏强,秦玉亮,刘记红,等.非线性系统中目标跟踪的“暂稳态”分析[J].信号处理.2008,24(2):290-293.

(责任编辑:彭安臣)