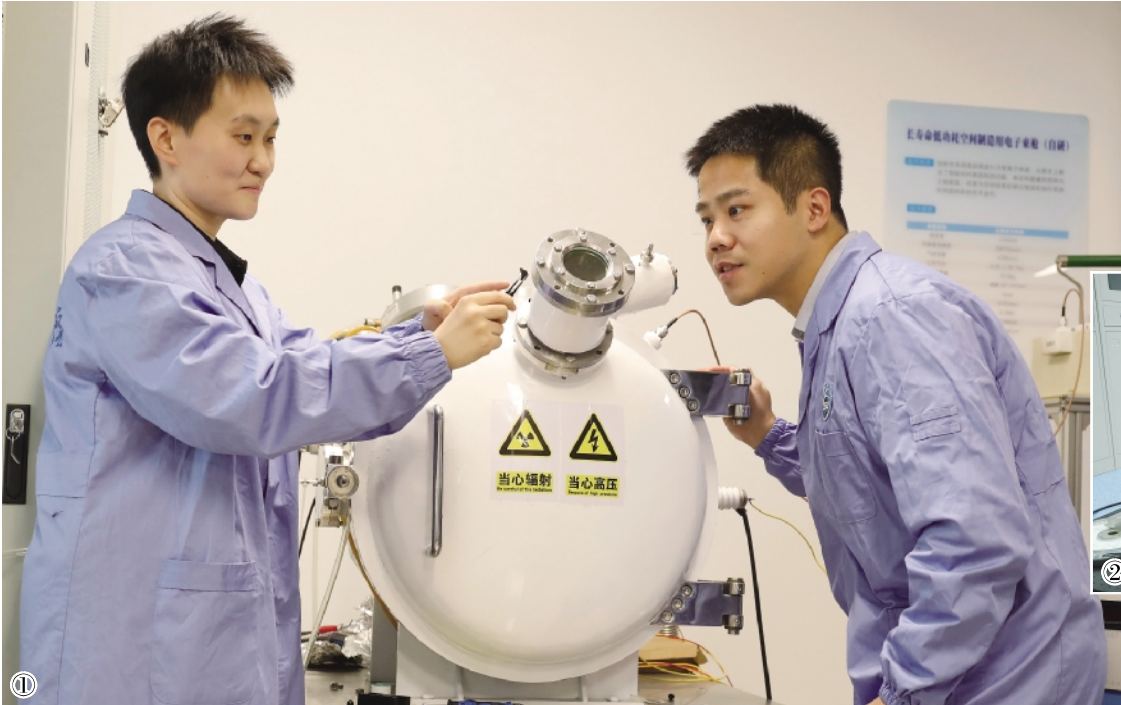


在这里读博，“顶天”做研究，“立地”做应用

■本报记者 刘如楠



研二伊始,中国科学院大学(以下简称国科大)2023 级硕士生王腾就加入了中国科学院空间应用工程与技术中心(以下简称空间应用中心)项目组,开始参与空间站数字化平台的工程项目。

当时,他心里犯嘀咕:“我只是个学生,好像什么都不知道,就能参与这么重要的任务了吗?”两年过去,他已积累了许多工程任务经验。

类似的场景,不断在空间应用中心上演。让学生参与国家重大工程任务,在做中学,已经成为研究生导师们多年的共识。

作为国科大的研究生培养单位之一,空间应用中心 2025 年度招收了 92 名研究生。他们经过国科大研一集中教学培养后,将于研二回到空间应用中心继续学习。

今年 4 月,空间应用中心审议通过了“金梯专项”人才自主培养计划(以下简称金梯专项),在中国科学院科教融合 3.0、高质量科技创新人才自主培养的道路上迈出新的一步。事实上,在空间应用中心,科学与工程双线并行的培养方式已经持续了多年,如今金梯专项的实施使其更加完善。

11 月 10 日,6 名国科大博士生通过现场答辩,入选空间应用中心金梯专项,他们通过“揭榜”的形式成为“揭榜攻坚”博士课题的项目负责人。这些课题,由各研究室的导师根据国家重大战略任务攻关需求提出,以期实现“选题从国家重大任务中来,成果向国家战略需求中去”的闭环培养。

摆脱“交作业”思维

从接到空间站某部位的智能装箱预研任务到完成方案设计,王腾只花了两天时间。

日常生活中常常出现物品分区摆放不合理、空间不够用的情况,空间站也有类似问题,而且更加突出。王腾需要通过智能方式让空间利用率达到最大化。

“只能边查边做。”王腾说,他迅速开始搜集文献,研究解决方案,并在开源平台上寻找可复现的代码,进行优化改进。他与导师、工程师一起努力,熬了两个晚上后,初步方案终于成型。

“天上无小事。知道自己做的方案能‘上天’,

会很有成就感。”王腾说。

空间应用中心是我国载人航天工程等国家重大专项空间应用任务方面的总体管理和技术集成单位,承担着中国空间站科学实验载荷从“蓝图设计”到“飞天实战”的全链条使命。空间应用中心的定位决定了其培养方式不能只停留在科学研究层面,要推向技术发明、工程创造层面。

学生回空间应用中心的第一课,就是摆脱“交作业”思维。

国科大 2021 级直博生陈佳慧发现,参与工程任务与上课考试最大的不同是,没人再给自己打分。最初她有些无所适从,要做到什么程度才算完?

陈佳慧的导师、空间应用中心研究员高扬告诉她:“工程任务中会不断有新的问题冒出来,如何应对、能否解决、没解决的难点在哪里,后续是否有解决思路,这些问题的都要自己清楚,而不是完成了等着老师来评价。”

类似的话,高扬说过很多次。但从知道到理解,陈佳慧花了不少时间:“大概是博二、博三的时候,我在研究中有了一些想法,开始尝试向导师阐述自己的思路。我突然间意识到,自己也有了一些想解决的问题。”

“上天”的压力

从校园课程到工程落地,压力贯穿始终。让大家最有成就感的事,恰恰也是最大的压力来源。

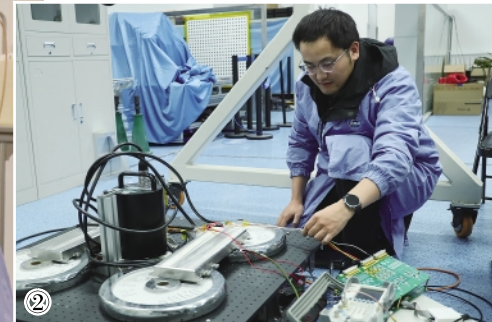
“以天线设计为例,我们必须考虑各种工程实际限制,比如空间辐射、航天器的功率、热流等。需要耦合机、电、热、磁,控这些因素,才能保证天线的性能。”王腾说。

如果把兴趣与任务相结合,压力就会减少一些。国科大 2023 级博士生崔恩泽从小就喜欢航模制作,多年来这个兴趣一直没变。但不巧本硕博都没能选择自己喜欢的专业,甚至毕业后还工作了半年。后来他辞去工作,决定读博。

当看到实验室里各种各样的设备、工具,崔恩泽兴奋地说:“激动得两眼放光,我真来对地方了!”后来,他几乎每天都“泡”在实验室。

去年,崔恩泽做了一个辅助航天员进行实验操作的智能机器人项目,调试时遇到了指令方面的问题,怎么都找不出原因。他想,反正通过其他

科学家的使命在于认知世界,其价值在于发现;工程师的职责在于改造世界,其成就在于实现。研究生培养过程中,该如何平衡科学与工程?如何深入推进科教融合?国科大的导师们进行了尝试和探索。



①直博生张日哈(左)、贾雪峰观察确认电子束成型实验样品状态。
②直博生王嵩调试检测设备。

方式最终也能执行,这个问题可以先放放。

但导师严肃地告诉他:“不行,你必须把这个问题的原因找出来,这是个很大的隐患。”

最终,在逐项排查后,这一问题得以解决。这让崔恩泽吸取教训,“现在我不会放过任何一个小问题,必须都解决了才觉得安心”。

解决“点”的问题,顺着“点”深挖

2024 年 3 月,长征二号丙运载火箭发射 DRO-A/B 双星组合体后,因上级飞行异常,卫星被入远地点仅 13.4 万公里的“绝望轨道”,远低于原设计的 29.2 万公里。同时,卫星仍以每秒 200 度的速度翻滚,面临解体风险。

接下来的 123 天里,空间应用中心的远距离逆行轨道(DRO)团队展开紧急“太空救援”,最终让卫星“丝滑”入轨。

值得一提的是,有几位“95 后”“00 后”硕博生也参与了救援任务。他们开发的程序、写下的代码支撑了卫星的稳定运行。

这么重要的任务,怎么敢交给学生?

面对这样的疑问,空间应用中心研究员张皓解释:“现在整个工科都有理科化的趋势,把论文当成了指挥棒,这很有问题。作为航天工程相关专业的学生,连‘活’的卫星都没见过,算什么科班出身?”

“年轻人思维活跃,我们要给他们机会,从 10%、20%开始,逐渐过渡到 50%、80%。有时需要导师先把不确定性消化掉,给学生一个可控的试错环境;有时要留一点不确定性给学生,让他们成长。”张皓说,“最关键的是,承担工程任务意味着责任,老师不可以把责任压给学生,最终仍是老师和职工来兜底。”

因此,对于空间应用中心来说,参与工程任务只是培养学生的手段,而不是培养学生的目的。

如果说学生参与工程任务是以“点”为单位、解决“点”上的问题,获得相应的经验,那么学位论文则要求他们顺着“点”深挖、扩展,得到科学与工程 的启示,最终服务于国家重大任务需求。

空间应用中心研究员刘兵山对此深有体会:“开发新的 3D 打印建模算法是我的博士生的论文课题。其工作重点包括定义复杂的几何与物理

模型,解决其中的数学问题,构建更高效的数据结构和访问算法。这是非常前沿的问题。”

“作为博士生课题,必须在学术上有所突破。至于后续工程化的代码编写、软件开发、与打印系统的集成等,可能与承担的工程任务交叉,是团队工程师的工作。”刘兵山说。

学生带给导师的惊喜

如果说科学家的使命在于认知世界,其价值在于发现,那么工程师的职责在于改造世界,其成就在于实现。

“青年学生思维活跃,没有条条框框的限制,往往能提出一些新的想法。”空间应用中心副主任(主持工作)王强说。

王强表示:“我们围绕抢占科技制高点的目标设立‘揭榜’的选题,加强学生培养与科研领域布局、重大科技任务部署的协同联动,在工程任务实践中培养人才。金梯专项给年轻人提供一个机会,让他们敢于突破、敢于创新,激发他们投身航天事业、投身国家战略需求的热情。”

空间应用中心研究员万雪长期从事空间探测多场景智能感知与视觉导航定位的研究。她觉得,近几年人工智能的发展非常快,学生们对于新知识很敏锐,有时甚至比老师更先感知新趋势。

万雪发现,当她给了学生足够的探索空间,学生常常会给她带来意想不到的惊喜。

一次,在做卫星维修维护专项任务时,学生发现,太阳光特别强的时候,观测到的卫星会因曝光过度呈现一片白,分辨不出任何细节信息。

后来,这名学生开发出一个智能调整的程序,可以让相机先识别出卫星的部件,再针对特定部位的反射率进行曝光参数调整,帮相机“看清”卫星。

“对于整个卫星维护任务来说,这只是一个小小的改进,但它非常重要,避免了因为看不清导致的原始数据损失问题。”万雪说,“如果不是这名学生,这个问题或许到现在还得不到解决。”

科学与工程就像 DNA 的双螺旋结构

站在科技创新的天平上,一边是科学,一边是工程,该往哪边倾斜?

“这由学生自己决定。”王强说。

直博第四年,国科大 2020 级博士生王嵩下定决心转换课题组。他原本的课题组倾向于科学研究,希望不断挑战未知理论问题,王嵩却更倾向于工程实践。

科学讲究发散,工程注重收敛,在越来越大的理念分歧下,王嵩提交了更换课题组的申请。后来,这个想法得到了导师的支持,他也成功转入了另一个曾合作过的课题组。

在很多时候,二者的界限没有那么清晰,科学问题的解决需要工程意识,工程实践的落地离不开前沿技术与理论的指导。

“就像 DNA 的双螺旋结构一样,科学与工程是相互结合的,培养学生时需要两线并行。”高扬说。

在日常的培养中,导师们有自己独特的节奏。万雪的培养模式是“打打仗、种种田”。她说:“面临工程节点时,我们齐心协力往前推进,争取打胜仗。完了之后再回来种种田,深挖其中涉及的科学问题。不能马不停蹄地去打仗,那不就成技术工人了吗?”

空间应用中心研究员李盛阳反复对学生说:“要指哪儿打哪儿,不能打哪儿指哪儿。”

“这就意味着,首先需要定位科学问题,找出关键技术难点,有目的地解决,而不是先去做了,再找依据。”李盛阳说。

对于入选金梯专项学生的培养,王强特别强调要“因材施教”。“培养人才要发挥其特长。系统思维比较强的,可以成长为系统总体方面的人才;研究问题比较深入、能够坐得住冷板凳的,可以进行专项技术攻关;如果兼具人文思维、善于交流,可以在工程管理线上发光发热。”

“我们进行建制化、有组织的科研和核心技术攻关,需要团队协作和方方面面的人才储备。”王强说。

要为国家需求、人类发展做点什么

中学时期,王嵩迷上了刘慈欣的《三体》,最初只是被故事情节吸引。

大学时期重读《三体》时,他对“章北海刺杀老航天”的情节印象深刻。“航天界元老坚持传统的、利用化学火箭等驱动飞船研发,而章北海坚持无工质飞船研发,直接利用辐射或磁场等能量使飞船加速,因此他决定刺杀老航天。”

“章北海坚定不移地选择无工质技术路线,最终保留了人类的火种,独自背负起巨大的压力,这种精神让我深受感染。”王嵩说。

等到了空间应用中心,真正接触工程任务,王嵩发觉这种精神信念极为重要:“不知道会不会成功,不知道哪条路能成功,就只能依靠信念去坚持,最终取得突破。”

崔恩泽也曾被《三体》感染。他也希望像书中的章北海、罗辑那样,“往大了说,为人类的发展做点什么;往小了说,为国家的需要留下一点有用的东西,才不觉得白活一生”。

在金梯专项的终审答辩会上,崔恩泽提到自己有很强的动手能力,却被评审老师问得一愣:“极强,这怎么证明?”

短暂的沉默过后,他回答:“实验室里涉及动手操作的,别人做不出都会来找我。我经常能帮他们做出来,如果我做不出来,大家就放弃了。”

说完,评委们都被逗笑了,连声说:“可以,可以,这是你能力的体现。”最终,崔恩泽通过答辩,和其他 5 名博士生一道,入选金梯专项。

“这 6 名入选学生的课题各有特色,有的关注人工智能赋能自主飞行,有的研究飞行器的多学科优化,有的探究空间智能操控技术……”空间应用中心研究生部主任王笋说。

空间应用中心副主任吕从民介绍,攻关路上,研究所还为其匹配了由重大任务工程两总或首席科学家担任的战略顾问,以及学术导师和工程导师。他们也由学生身份转变为“准职工”,进入重大工程任务攻关团队,并可以申请所长基金资助科研课题。

10 月 31 日,神舟二十一号载人飞船在酒泉卫星发射中心发射,空间应用中心研究生部组织部分研究生到发射场学习。

站在离发射台只有 1 公里的地方,火箭构造的细节清晰可见。这个场景,从小学起,他们就在电视上看见过很多次,真正到了现场,更是难掩梦想成真的喜悦。

伴随着“3.2.1,点火”的倒数声,火箭在巨大的轰鸣声中一飞冲天,升腾起浓烈的烟雾。国家的需求、航天的梦想、一代代科学家的奋斗,这些宏大的词汇在这一刻突然具象化了。

王腾的心怦怦地跳,觉得胸腔里有什么要喷出来的,脑海中曾为工程任务熬夜加班的场景与现实的发射场景交叠。他激动、紧张、高兴,想大声呼喊又努力克制,最终说了句:“震撼,太震撼了!”

这种模式,让“学习者”变成“解决问题者”

■本报记者 陈彬

两年前,木勤第一次真切意识到科学研究的“成本问题”。

当时,她打算做一个某种油脂对神经退行性疾病的功效验证实验。当她将实验计划告诉企业时,对方支持她的想法,但也提醒她要“控制成本”,因为实验要使用大量小白鼠,而一只实验用转基因小白鼠的成本就达到千元甚至万元。

值得注意的是,那时的木勤并不是这家企业的研究人员,而是江南大学食品学院(以下简称食品学院)一名研一学生,获得企业支持后,她还将这项目研究作为自己的毕业论文研究课题。

在食品学院,像木勤这样把企业课题作为自己研究生课题的学生还有很多。他们之所以能够和企业产生这样的联系,依赖于该学院探索出的“入驻式”研究生协同培养模式。

自然产生的“校企联合”

顾名思义,所谓“入驻式”就是突破校企传统合作中的地域与周期限制,将企业研发中心直接“搬”进校园,而食品学院做这项工作有着天然优势。

“食品行业‘安全至上、实践为王’的特质,决定了我们在科研、人才培养方面必须扎根产业一线。”接受《中国科学报》采访时,食品学院院长孙秀兰表示,在传统合作模式下,无论是研究团队前往企业,还是企业派员来校,从预约到落实通常需要两周以上时间,这种沟通效率已无法适应当前科技创新的快节奏需求。

“我们将研发中心设在校园内,让企业

根据研发需求随时与师生交流,同时也能充分利用学校的仪器平台、图书馆和智库资源,为企业创新提供更好的支持。”孙秀兰说。

位于河北的一然生物科技股份有限公司(以下简称一然生物)就是这样与远在江苏的食品学院结缘的。

作为一家专注益生菌、乳酸菌科研及产业化的高新技术企业,早在 2016 年前后,一然生物就与食品学院签订产业项目合约。彼时,双方的合作金额只有约百万元;而到 2019 年前后,双方每年的合作金额已达 300 万元。

“今年,我们又深化了合作,借助学院在菌株发酵和药食同源方面的研究优势,我们希望进一步开发相关应用。”一然生物技术负责人孙新凯说,这项合作的金额已经达到每年 500 万元。

据孙秀兰介绍,以董事会机制为纽带,像一然生物这样与食品学院产生紧密联系的企业,全国已经超过 200 家,覆盖国内 80%以上大中型食品企业。近 5 年,学院累计引入企业的横向经费达到 15.4 亿元,超过科研总经费的 50%。

在这样的科研合作中,针对研究生的校企联合培养应运而生。

先“立地”,再“顶天”

木勤所选择的研究课题,其实是她的导师与国内一家企业合作开展的研究项目的一部分。

“我刚入学时,导师就与国内一家企业联合,针对食用油的某些功能性作用研发新产品,但该

产品需要一些功能性验证,导师便将这项研究工作的一部分交给我。”木勤说。

事实上,这也是该院很多研究生获得“企业级”研究项目的主要来源。

在食品学院研究员陈龙的印象中,学院办公室有一部用来接听企业科技咨询与对接合作需求的电话,几乎每天都会响个不停。

“每铃声响起后,既是企业庞大的科技诉求,也是校企合作广阔的广阔空间;对于研究生而言,则意味着一座巨大的科研课题‘选材库’。”陈龙告诉《中国科学报》,在传统科研模式下,导师的科研和教学往往会陷入“从书本到书本”的循环中——导师主要通过翻阅文献寻找课题,学生则依循查找资料完成课题。这导致科研与产业长期脱节。

“企业就像问题的提出者,我们则扮演‘提炼者’,将问题剖析、提炼成具有科学价值的课题,再拆解成可供研究生具体操作的子课题。研究生则通过深入研究,形成切实可行的解决方案,并反馈给企业。如此一来,便形成了一个完整‘闭环’。”

陈龙将这种模式概括为“立地顶天”。

他解释说,“立地”是“顶天”的坚实基础与必要前提,只有先“立地”扎根产业一线的真实需求,才能为开创性科研工作奠定基础。这种“需求驱动”的科研范式,既可以确保研究工作紧跟前沿领域,又能实现学术探索与产业升级的紧密结合。

值得一提的是,为了配合这种人才培养模式,食品学院也在评价机制上将成果转化、企业认可度纳入研究生核心评价指标。2020 年以来,该校研究生授权发明专利 1500 余项,成果转化

金额达到 8 亿元。这一数字较改革前增长 210%。

“我们不再只看论文影响因子,而是更关注学生解决实际问题的能力。”孙秀兰说。

“提前在企业里入职”

对于孙秀兰口中的“解决实际问题”,企业和学生都有更深入的理解。

由于研究课题直接来自企业,木勤这几年与企业从没有断过联系。“我每个月都要向企业汇报研究进展,他们也会给我很多建议,甚至专门指派技术人员对接我的项目,几乎相当于我的‘企业导师’。”

在木勤看来,这种感觉有点像“提前在企业里入职”。

在这一过程中,学生了解了真实的企业科研,企业也会根据学生的优劣势,提供更有针对性的指导。

在工作中,孙新凯接触和指导了很多研究生。据他观察,这些学生往往存在一个共同问题——他们会认真执行导师分配的项目,并把它们完成得很好,却从不会考虑为什么要做这个项目,以及这个项目究竟要解决什么问题。

“这是一个需要引起关注的现象。”孙新凯说,否则,这些学生进入企业后很可能无法“先抛出问题,再想问题”,而企业发展是不能永远维持现状的,“这将成为他们科研工作的短板”。

为此,在应校方邀请帮助研究生进行课题立项时,孙新凯往往会要求这些研究生做一件

事——不搜索任何与立项课题有关的科研进展,而是搜索相关行业目前存在的弊端和不足,以及是否有产品或研究能够解决这些问题。

“如果有了解问题的解决方案,你的研究就没有任何意义。”他说,这可以被理解为寻找相关领域的创新点,有创新点的研究才值得推进。但即便有创新点,也不一定符合实际需求,因为还要考虑市场的接受度。”所以,我还会建议他们做市场调研,真正了解市场的接纳度。”

对此,孙秀兰表示,这些都是企业最为关注的,却恰恰是以往的研究生科研立项中最容易被忽视的。

作为学生,木勤也感觉到校企在面对科研项目时关注点并不相同。

“老师会更关注课题方案的‘价值’层面,而企业会更注重最终能批量产、是否稳定,以及成本问题……”木勤说,在这两方面的指导下,“我最大的改变就是从学习者变成解决问题者”。

“我们培养的学生,即便是研究生,绝大部分最终也要投身企业,不管是做研发、销售还是品控,都要和产业直接接,这就需要他们具备一定的‘产业素质’,而至少在现阶段,校内教师往往难以‘保质保量’帮助学生提升这种素质。”孙秀兰表示,“入驻式”研究生协同培养模式的最大优势在于学生可以在接触企业真实科研需求的同时,于潜移默化中形成这种“产业素质”。

“从这个角度看,这种深度融合机制为推动产业持续健康发展提供了新范式,也为创新人才培养开辟了新路径。”孙秀兰说。