

人才培养

未来十年我国计算机学科需要怎样的研究生培养模式？

刘宇航

中国科学院计算技术研究所

关键词：计算机学科 研究生培养模式

引言

未来十年是实现中国式现代化的关键阶段，而当前我国计算机学科处于一个独特的时间节点。与2013年或2003年相比，今年我们能感受到的时代巨变太多，以往像“芯片精密制造工艺”这种在全球化条件下不是问题的事已变成了“卡脖子”的难题，以往像接近强人工智能（strong AI）的ChatGPT这种不太可能实现的技术已呈现在世人面前。人类历史上从来没有哪一个时期像未来十年那样更加需要计算机学科的赋能，无论是芯片设计本身，还是建立我国自主的芯片工艺制造企业，想要芯片产业不再受制于人，都离不开计算机学科的发展及其有力支撑。

计算机学科的发展关键在于人才培养，而对于发展高科技而言，计算机学科研究生的培养尤为关键。长期以来，我国在计算机学科研究生培养方面取得了显著进步，培养规模逐渐扩大，有些高校的计算机学科研究生数量已经超过了本科生数量。在这种情况下，我们需要思考：在当前的历史节点上，对于计算机学科，我们需要培养什么样的研究生？如何培养这样的研究生？

笔者16年前是一名计算机系统结构专业的研究生，博士生期间带过几个同专业师弟，6年前成

为研究生导师，先后协助培养了3名博士生，协助或独立培养了10余名硕士生，在招生、培养、激励和团建等方面积累了一些心得，在此分享一些典型的计算机研究生培养案例，抛砖引玉，供同行参考。

如何培养计算机研究生

重塑考察理念和方法，建立开放的综合实践和竞赛平台

笔者在美国学习工作过几年，有两点印象特别深刻。一是美国的大学生和研究生非常重视日常作业，每天（甚至周末）图书馆里都坐满了做作业的学生，有的学生甚至带着睡袋在图书馆通宵做作业。作业成绩直接影响学生的平均学分绩点（GPA），作业要求独立完成或分小组完成，不能抄袭，助教认真批改，学生常态化重视。与之不同的是，中国的不少大学生重视考试，而不太重视做常态化的作业，很少质疑或验证书本上的内容，不考的内容就不学，很少动手做习题或分量比较重的研究性题目，这些学生习惯听老师讲题，习惯“参考”同学或网络上的做法，习惯做选择题而不是问答题。二是美国的博士生或博士后往往一个人做一个分量很重的开源或不开源的项目，而在中国往往是很多学生组成一个庞大的团队做项目，因

此存在有的学生“搭便车”的现象。

如果我们始终把学生当成容器或硬盘，仅仅传授一些知识要点给学生，那么在研究生教育上，我们与美国的差距可能会越来越大。在大数据时代，一门课程几十个学时能传授的知识是有限的，一份试卷能考查的能力是静态的、有限的，而实践需求是动态变化、无限丰富的。以有限应对无限，以静态应对动态，人才能力体系肯定存在问题。教育目标从低到高可以分为：把学生培养成“硬盘”→“搜索引擎”→“ChatGPT”→“能研制 ChatGPT 的人”。在 AI 高速发展的新时代背景下，只有帮助学生建构知识体系和能力体系，最终帮助学生成为“能研制 ChatGPT 的人”才能适应瞬息万变的现实需求。

按照这样的理念，为了培养具有创新能力和解决实际问题能力的人才，需要建立开放的综合实践和竞赛平台。例如，中国科学院大学计算机学院的“一生一芯”项目给学生提供了广阔的实践天地，让学生动手把全部专业所学都尽量地调动和运用起来，做成一个能运行操作系统的 RSIC-V 处理器芯片。“龙芯杯”竞赛也提供了类似的平台。作者近几年面试了几十位学生，发现大部分有“一生一芯”和“龙芯杯”经验的学生对专业知识的理解更透彻，在专业学术交流中也更自信。

除了建立开放的综合实践和竞赛平台，还需要重塑考察理念和方法，两个方面协同配合。为了实现教育领域的高质量发展，相比分数、名次，我们更应该看重兴趣、潜力和解决实际问题的综合能力。笔者曾遇到一个学生，把大部分精力都放在编程竞赛上，跑了很多城市，拿了不少重复性的奖牌，大学四年成绩平平，很多课程都是中等，最后竟然凭借竞赛加分被保送。这样的学生在一个很窄的方面能力较强，但解决实际问题的综合能力往往较弱。后来笔者费了很大力气对这个学生进行细致的教育和引导，最后他在综合能力方面终于取得了一些进步和成绩。奥运冠军本身要有较好的综合身体素质，金牌之所以有意义，前提在于弘扬了体育精神。所

以，急功近利是不可取的。应试教育下的学生可能成为昙花一现的状元，但未必能成为真正热爱科研的对人类做出重大贡献的一流科学家。

强化平时作业、本科毕业设计等环节，促进本硕一体化

在中国，硕士研究生培养周期一般是三年，第一年集中上课，最后半年多用来找工作，真正做研究的时间只有一年半左右，很多学生刚刚找到做研究的感觉，却要毕业了。博士研究生的毕业年限较长，3年、5年，甚至8年，但也存在一些学生为了早点找工作挣钱而沉不下心做研究的现象。一方面研究生培养时限较短，一方面又希望培养出学术水平一流的学生，二者之间的矛盾如何解决？

笔者在实践中，探索到一个有效的办法，就是强化本科毕业设计环节。笔者先后试点了三位学生，在他们大四被保送研究生之后，安排他们提前参与课题组的研究，逐步见习入门，循序渐进，后来他们很自然地找到了一些有意义的研究题目，作为自己本科毕业设计的题目，最终做出水平较高的科研成果。大四课程少，被保送之后杂事少，心态放松，适合做科研，优秀的本科毕业设计甚至能达到硕士论文的水平。笔者提前指导的一位“研零学生”¹获得了华中科技大学的校级优秀论文。该学生就是因为研究生入学前得到铺垫性的训练，才表现出较高的科研热情和游刃有余的综合科研能力。

重视学生心理健康，通过鼓励和激励等实际举措塑造学生的强大心理。对研究生、大四甚至大三参与科研的学生，我们课题组都安排了数额可观的科研津贴，哪怕他们没有用全部时间做科研，也照发津贴培养他们；为表现优秀的学生积极申报优秀实习生、优秀研究生等荣誉和奖金。在招生时对具有吃苦耐劳、攻坚克难、团队协作等品格优势的志愿者、党员、优秀士兵酌情考虑。给学生足够的物质基础和荣誉，通过团建培养课题组的文化氛围。培养学生生活作息规律、写科研日志、定期复盘等好习惯。通过诸如此类

¹“研零学生”一般是指已被录取为研究生但尚未入学的大四学生。

的各种措施，实实在在地用心把关爱传递给学生，塑造学生强大的“心之力”²，学生进而将这种心理能量转化为磅礴的科研热情和创新能力。

如何引导学生做科研

很多刚入学的研究生不懂“什么是科研，怎样做科研”，这个问题很难说透说全，即使说了，学生也未必真懂或全懂。有的学生自己能悟出一部分，有的则不行。笔者编写了约100页的关于科学研究方法的小册子³，其中30%的文章是笔者写的，70%的文章是一些院士、长江学者等高水平的科研“过来人”写的。这些文章针对科研中的一些共性问题 and 可能的误区进行了分析和阐释，对提高科研效率和质量具有重要作用。如果说学生做好作业、参加实践和竞赛、做好毕业设计是积累直接经验，那么读这个小册子就是积累间接经验。

做有意义的难事

针对有的学生怕做困难的事，笔者写了这样一段话：**做有意义的难事**——兼论理性与信念。在日常生活中，或者说在科学研究中，我们经常遇到这样的问题，这可能、可行、可达吗？这是不是不现实、近乎天方夜谭？我们要坚持长期主义，做有意义的难事，现在做科学研究需要这样，特别是原创性的研究需要这样，解决“卡脖子”技术问题需要这样。与此同时，不少人会产生怀疑或畏难的情绪：能不能做成？红旗还能打多久？这样的怀疑和畏难也是可以理解的：是啊，没有发生的事，而且是难度极高的事，有什么理由相信能做成呢？

这是任何一件事起步时都可能会遇到的问题，要回答它，就涉及到理性与信念，这让我想起毛主席在1931年（1931年中国革命处于低潮，红军被数倍于自己的力量到处围剿）写给一位将领的一封信，面对高级将领怀疑“红旗还能打多久”，毛主席没有

夸大其实或训斥，而是进行了理性的分析（而且非常全面、有条理和简明扼要），进而帮助这位将领建立了坚定的信念。这封信就是大名鼎鼎的革命著作《星星之火，可以燎原》。毛主席在信中客观分析了中国革命必胜的四个要点，展现出伟大领袖的高度理性和先见之明。在信的结尾，毛主席这样说：

所谓革命高潮快要到来的“快要”二字作何解释，这点是许多同志的共有的问题。马克思主义者不是算命先生，未来的发展和变化，只应该也只能说出个大的方向，不应该也不可能机械地规定时日。但我所说的中国革命高潮快要到来，决不是如有些人所谓“有到来之可能”那样完全没有行动意义的、可望而不可即的一种空的东西。它是站在海岸遥望海中已经看得见桅杆尖头了的一只航船，它是立于高山之巅远看东方已见光芒四射喷薄欲出的一轮朝日，它是躁动于母腹中的快要成熟了的一个婴儿。

这段话非常恰当、形象，把那种叫做“信念”的微妙感觉表达出来了，需要说明的是，这种“信念”是建立在实事求是的理性分析基础之上的，因而虽然是对未来的预见，但坚定且明确。2001年，研制国产处理器的必要性远远没有像现在这样凸显，当时研发出国产处理器的可能性看起来更是微乎其微，很多人不相信胡伟武老师能做出处理器。胡老师说，“做不成，提头来见”，这就是一种坚定的决心和信念。龙芯团队也因此抓住了宝贵的国产处理器发展机遇。包云岗老师经常对学生说，“先完成，后完美”，背后也是坚定的信念：不要因为暂时的不完美而停滞不前，完美是无数个“完成”积跬步而成就。

练能力、做项目与写论文

如何处理培养能力、参与项目、撰写毕业论文的关系，是实践中需要妥善处理的一个问题。有的学生关注如何毕业，有的学生侧重学知识，有的学生侧重参与项目。一些学生称呼导师为老板，认为参与项目是为导师打工，为实验室打工。有的学生没

¹“心之力”是毛主席在24岁（1917年）时撰写的一篇文章。

²这本小册子目前正在酝酿出版。

有做好实验室项目，私自外出实习，增加了培养质量和人身安全方面的风险。针对这些问题，笔者在实践中总结提出了“三个有利于”评判标准：在培养研究生的过程中，判断一件事是否有意义，要看是否同时有利于培养研究生的研究能力、有利于科研项目实施、有利于撰写研究生学位论文。项目应是高水平的经过充分论证的，这样的项目中的问题是真问题，是论文选题的动机（motivation），参与这样的项目是学生毕业后参加工作实施各种项目前的预演。

做科研的基本方法

笔者对做好科学研究的一些基本方法进行了归纳总结（见表1）。科学研究是从此岸到彼岸发现真理的过程，具有曲折性、探索性，但并非无章可循，在此总结几个基本方法。（1）**步步为营**：做一件有意义的难事不是一蹴而就的。先找到问题的基本解，再逐步完善解决问题的方法，步步为营，稳扎稳打。这个过程可能有回退和反复，但主线是前进的。需要避免的“坑”（pitfall）：研究过程毫无章法，成果不断归零。（2）**分而治之**：要把问题分解，降低难度。按照分而治之的思想，安排好每一天的研究。但分而治之之后，还要综而合之，把研究过程的各个环节紧密地联系起来。这种联系是事物本身具有的联系，也正因为如此，认识联系是完整认识事物的必要条件。需要避免的“坑”：研究过程中“胡子眉毛一把抓”，期望“一下子”解决整个问题。（3）**合理谨慎实验**：要合理地设计实验，带着问题做实验，对比和发现下一步的前进方向，让优化思路更加确切和收敛。需要避免的“坑”：在没有理论论证的情况下就开始做实验，对试错成本缺乏估计，实验目的模糊，实验代码有bug，实验结果错误，错误的结果又产生误导作用，错上加错，乱上加乱。（4）**充分比较调研**：要充分了解现状，深入研究和比较现有技术，汲取现有技术的优点。需要避免的“坑”：闭门造车，人为制造伪问题，孤芳自赏，缺乏对比对象。（5）**充分下沉**：要有算法思维，算法是确切的、可执行的，不是空话或空想，把愿望变成可实现的过程。需要避免的“坑”：空对空，落不了地，不收敛。

如果做不到上述几点，多踩了几个坑，那么在一年半的时间内就很难做出较高水平的研究成果。

表1 科学研究过程中的注意事项

应该做	避免做
步步为营	毫无章法，不断归零
分而治之	胡子眉毛一把抓
合理谨慎实验	在没有理论论证的情况下就开始做实验，实验目的模糊，实验代码有Bug，实验结果无用，实验结果错误产生误导作用，错上加错，乱上加乱
充分比较调研	闭门造车，人为制造伪问题，孤芳自赏，缺乏对比对象
充分下沉	空对空，落不了地，不收敛

因材施教

“因材施教”是孔子的主张，在孔子的原话中前面还有一个“有教无类”。“因材施教”是讲怎样培养学生，“有教无类”是讲怎样招收学生。笔者的团队中有高考省前15名的学生，也有从专科开始通过自学深造和“士兵计划”逐步考上来的学生，这对培养方式也提出了挑战。允许学生有缺点和不足，但诚实和勤奋是底线。有缺点、基础差一些，那是历史原因造成的，初速度慢一点也可以理解，但要争取提高加速度。现实中，人是有惰性的，造成过去很差的原因可能还会延续。所以我们一方面对一些有缺点、弱项但诚实勤奋的学生不关闭大门，一方面要用心选拔和培养那些基础好、素质全面、潜心向学、潜力大的学生。

结束语

一个国家的科技要发展，人才是最宝贵的资源。培养高素质的计算机学科研究生，在统筹教育、科技、人才“三位一体”中举足轻重，然而“如何培养”是一个开放性的重要问题，值得各方面认真研究。 ■



刘宇航

CCF 高级会员，CCCF 专栏编委，CCF 职业伦理与学术道德委员会常务委员。中国科学院计算技术研究所副研究员。主要研究方向为计算机体系结构、高性能计算、存储系统、智能并发系统。liuyuhang@ict.ac.cn

（本文责任编辑：许嘉）