

第五期院士讲坛

漫谈研究生的学习与科研

——李国杰院士

时间：2010年9月29日



李国杰院士简介

李国杰，现任中国科学院计算所所长、中国工程院院士、第三世界科学院院士、曙光公司董事长、中国计算机学会理事长、国家信息化专家咨询委员会信息技术和新兴产业专委会副主任。几年来，主持研制成功了曙光 1 号并行计算机，曙光 1000 大规模并行机曙光 2000、曙光 3000 超级服务器，领导计算所研制成功龙芯 CPU 并担任 973 项目首席科学家。其中，曙光 1 号获 1994 年中国科学院科技进步

特等奖和 1995 年国家科学技术进步二等奖;曙光 1000 获得 1996 年中国科学院科技进步特等奖和 1997 年国家科学技术进步一等奖。曙光 2000 和曙光 3000 分别获得 2001 年和 2003 年国家科技进步二等奖。

李国杰院士用自己做硕士、博士论文的亲身经历为同学们讲述了研究生的学习与科研问题。同时，李院士又为大家讲述了自己在科研创新方面的工作，并对同学们培养科研钻研精神、在自己的科研领域做出优秀的工作给予了厚望。

各位同学：

下午好！研究生院的领导以前邀请过我做讲座报告，学生会也发给我好几封信，盛情难却。研究生学习这个话题不是很好谈，因为我现在直接带的研究生不多，所以今天谈的内容大多是我以前读研究生时的一些经历。下面先讲一些我做硕士博士论文时的一些体会。

（一）做硕士博士论文的经历

我从四岁半就开始读小学了，那个时候我还穿开裆裤。我父亲是名老师，在中学任教，因为嫌我在家里太淘气，就让我读书去了。当时也没想过是否能读下去，只是觉得在学校比在家好管一点。读到十岁就小学毕业了，由于春季毕业初中不招生，又休息了半年。总的算来，我从读小学，中学，一直到读完博士，一共花了 26 年多。其中大学花了 7 年，湖南大学 1 年，北大读了 6 年，那个时候我们是六年制的，然后在中科院读硕士 3 年，又去美国读了 4 年博士。我做学生的时间是挺长的，在湖南大学、北大、中国科大都学习过，在清华大学工作过两年，是做 140 机的联合设计，在国外也读了 4 年博士，所以有资格跟大家聊聊我做学生的一些体会。

在我的研究生生涯中，我主要是做偏基础研究的论文，做工程方面研究的时间不多。我的工程锻炼主要是在大学毕业之后，在工厂里做技术员干了 10 年，因为文革中停止晋升工程师。所以今天我讲的内容可能更多的是跟做研究有关的。在接下来的内容里，除了论文方面的问题，我还会谈谈做研究生的科学态度和责任。

中科院最近发了个文件，关于研究生培养的问题提出了五类培养对象，从最高的总工程师起，一直到下面的开发人员，这种写法似乎有点不大合适，但是能力确实是有分别的。先谈硕士论文，我的硕士论文是在计算所做的，当时我在中国科大上了一年的基础课。研

究生院当时的条件没现在好，是在林学院。由于我是从科大过来的，所以只能住在地震棚里，冬天里面也没有暖气，条件是很艰苦的。我在计算所的导师是夏培肃老师和韩承德老师，硕士论文的题目是阵列流水算法和流水式阵列处理机，这个词现在没有，是我自己取的，那时候美国 CMU 大学的孔祥重(H.T.Kung)教授刚刚提出 **Systolic Array**，我就拿来做研究了。那时候的论文都是手写的，其中的一部分在 1982 年的《计算机学报》上发表了，这也是我发表的第一篇学术论文。1981 年我在《计算机动态》上有一篇综述性文章叫《数据流计算机》。到美国后我的导师华教授觉得我的硕士论文很有价值，并说工作还没有做完，只研究了其中的方法，最好能做到最优设计，所以又把题目改了一下，做成通用方法，这篇文章后来在美国的 **IEEE Transaction on Computer** 上发表了，直到现在还在被引用。

当时为什么要做这方面的研究呢？其实只是觉得有趣，并且有种美的享受。在硕士论文答辩时，答辩老师包括我的导师的评价是，这是一个有趣的方法。另外一个体会就是要找些比较新的问题，我也忘记了当时是怎样跟孔祥重教授交流的，但是很多材料都是他给的，我在后来的论文里也感谢过他。所以我觉得还是要敢于跟大师联系，取得他们的指导。此外，做论文时的另一个体会是要试图找到更通用的办法，虽然孔教授的论文中提出了很多 **Systolic Array** 的算法，但是如果你想找一个最优的算法的话，它可能就是 **NP** 问题了，只能争取在某种统计意义上最优。

后来我开始做博士论文，是做另外一个问题。讲到这里我要提一个问题，就是你们现在找导师，是找年长有名的老师还是年轻正在成长的老师？一般出国的学生都找年长有权威的老师。我当时的导师华云生教授刚刚博士毕业，年龄比我还小。他后来当过美国 IEEE 计算机学会主席，现在是香港中文大学常务副校长。我的体会是，跟一个正在成长的老师一起成长会收获更多，因为他们自己很努力，虽然不会对每个方向都很清楚，但是会让你跟着一起成长。跟华教授在一起的时候，他基本上通过提问获得我论文的信息，这是一个教学相长的过程。他在伯克利大学读研究生时的导师是软件工程的创始人 Ramamoorthy，是个印度籍教授。华教授博士论文的研究方向是分布式数据库。UC Berkeley 还有位有名的教授叫 Carp，图灵奖的获奖人。他希望华教授做 **search** 方面的研究，华教授当时很感兴趣但没有时间做，等到我做他的研究生时就让我做并行搜索方面的研究工作，这是介于工程与理论之间的课题。研究结果很好，相对于工程而言，理论性较强，而相对理论而言，工程实用性又较强，所以投的文章没有被拒的。

对我们研究生来说有个问题，很多时候做研究时仿佛在一个城堡外面转，找不到入口。

如何找到一个别人没有做过的“处女地”，这是一个很难的研究方法问题。很多研究生认为这个问题是多余的，只要跟着老师做就行了，这样的研究生只完成了工作的一半，只相当于大学生的水平。当年我也按老师的要求做了半年多卡尔曼滤波器的并行处理研究，一直没找到新的思路。后来我就向老师说明了我的想法，改了研究方向，发现一旦打开一个缺口，新的需要研究的问题就会不断冒出来。在博士研究过程中，我发表了多篇国际学术会议和期刊论文，其中在 1985 年 IEEE Computer 上发表的 *Multiprocessing of Combinatorial Search Problems* 被引用了 95 次，最近发现已被计算机科学技术百科全书引用了。

博士研究的很多工作都来源于研究中遇到的问题，比如我以前遇到的并行搜索的加速异常问题，后来也因此发表了很多文章。当实验的结果跟分析模拟有偏差时，其中可能隐藏了需要研究的问题。我发现在我的学生中，很多人在研究中先做出一定的假设，然后在假设之下进行分析，得到结论，再通过实验来证明结论的正确性。若发现结果不对，就放弃实验的结果，又去寻找新的实验结果，把符合分析结论的实验结果留下来，然后拿去发表。这样的做法其实丢失了很多机会，而且其中的假设经常不合理。

在博士论文研究过程中，获得新的知识是很重要的要求，而不只是做大量跟踪别人的工作。思考一个结论的充分必要条件往往能产生新的知识。我现在回顾我当时的工作，得出的知识是：用并行处理来解决组合爆炸的问题，不能明显扩大这个问题的求解规模；而且并行搜索的意外加速总是伴随并行不如串行的风险。获得新的知识是我博士研究的意义所在。另外一个体会就是研究要做到底，比如做并行搜索时，我做过一个表，包括我证明的十几条定理和十几条推论，把所有情况都讨论清楚了，这样这个问题就做到底了。一般而言，应让研究做到普适性强一些。所谓“做到底”是相对的，不要急于发表没做完的研究成果，这等于给别人出题目。但是技术发展很快，一般三到五年后，往往有新的思路。如何判断研究是否“到底”需要跟老师多交流。

（二）科研方法与研究生常见的弊端

下面我想聊聊研究的方法，我个人觉得方法要重视，但不要迷信。首先谈谈研究生和大学生的区别，大学生基本上是接受知识，研究生开始进来也是学知识课，是接受知识的阶段。在研究生特别是博士生的后期，就要开始创造新的知识了，从知识的被动接收者变成一个探索者，这就是主要的区别。

台湾的中研院院长、诺贝尔奖获得者李远哲在伯克利读书的时候导师是马亨教授，平时遇到他的时候，马亨教授从不问他做了什么工作，只问他有没有什么发现。当时他很不

能理解，有一次就问马亨教授，为什么不教他一些知识？马亨教授的回答是，如果我知道问题的结果，还需要你做研究吗？老师教你和你自己去探索这两种方式可能都有用，但研究时更重要的是需要 **self help**，要善于自学。

接下来谈谈我看到的一些学生的弊端，做研究比较常见的方法是跟踪一个“大牛”的方向，但是有些人不看这个方向到底还有没有用。在计算机历史上，很多“大牛”的东西现在已经过时没有活力了。另外一种是 **P to P** 的方法 (**Paper to Paper**)，从文章开始到文章结束。这个方法缺一个 **motivation**，即缺乏研究的动机，就是需要解决什么问题。在计算所的学生中，至少三分之一的学生写的东西很像技术总结，做的东西越来越细，相当于一种工程实施报告，而不是抽象成一个科学问题来做。还有很多学生分不清什么是研究和 **tradeoff** (折中)，比如，在工程中有很多参数，有些学生做论文研究就是改变一些参数做实验，拿实验中比较好的结果与已有结果比较，自己不如别人的结果就不写进论文，这其实只是取解空间的一个点而已。这种办法不是研究，没有创造新的知识。也有些人喜欢把平凡的问题复杂化，喜欢用很多复杂的下标描述问题，美其名曰形式化，其实故弄玄虚的“形式化”也是没必要的。

工程技术报告和研究论文到底有什么区别呢？工程技术报告实际上是工作总结，叙述做了哪些工作。现在很多人把论文写成了工作总结。技术报告不需要与众不同，也不需要跟前人有什么区别，但论文需要解决某个科学问题，一定要讲清楚你得到了哪些新的结论，创造了哪些新知识，在研究时可以忽略工程中需要的一些附加条件。**Search** 是寻找，**research** 是不断寻找，这就是研究。如果答案开始就知道，那研究就只是家庭作业了。很多人谈研究时都引用王国维的三个境界：“昨夜西风凋碧树，独上高楼，望尽天涯路”，这就是选题，要站得高，看得远，看很多文献；然后是“衣带渐宽终不悔，为伊消得人憔悴”，研究需要花很多心思，有时候会茶饭不思；最后是“众里寻他千百度，蓦然回首，那人却在，灯火阑珊处”，研究成果来之不易，新的发现往往来自突然的顿悟。

下面我引用微软公司图灵奖获得者 **Jim Green** 的话来讲如何选题，他总结得非常好。第一个原则是 **understandable**，就是能用简单的话让别人知道你在做什么，否则题目就没选好；第二个原则是要达到目标要有一定的挑战性；第三个原则是 **useful**，要对一些人有用；还有一个原则是 **testable**，需要有一个评价研究工作的标准，可惜现在很多工作没法评价，比如人工智能领域，主观评价较多；最后一个是要能够分步达到你的目标。

在这里我讲一下计算所的“百星计划”，这是计算所扶植刚博士毕业不久的青年人才

的计划，最近我们开了个会，让他们总结两年来工作的体会。有一位小百星说，研究成果的影响力取决于研究方法和研究的问题，研究的方法我们落后不多，主要落后的地方是在研究问题的价值上，研究问题应来源于应用的需求。衡量科学的标准是科学性和应用性，科学性要求创新，应用性要求有用，两者缺一不可，而影响因子、引用次数并不能反映成果优劣。美国政府统计局统计结果表明，全球最大的软件消费商是军方，每年要花几十亿美元买软件。统计结果是，在所有软件中，可以用的只有 2%，另外 3%要用的话要修改，其他的都是垃圾，而且程序中的“对象”与现实生活中的“对象”差别很大。

（三）科研的钻研精神与态度

我在计算所经常引用 UC Berkeley 大学 Patterson 教授的报告，这个报告我引用过很多次，今天我再给大家讲一次。这是他 2002 年做的报告，题目很有意思，叫做 *how to have a bad career*（怎样有一个坏的生涯）。这里讲了很多案例，提出很多问题，第一个问题就是我们要进入一个新的领域还是一直做同一个问题。他告诉我们要有一个真正的问题，真正有些人关心的问题。有些人几十年做一个问题，他告诉大家不应该这样，在计算机领域要做一些短的、多学科交叉的题目，一般 3-5 年，使你感到很激动。他的结论是如果你的目标没有影响力，那么结果肯定没有影响力，没有意义。种豆得瓜的事是很罕见的，你最后得到的只能是豆，所以我们一定要选择那些“种瓜”的问题。另一方面就是每一个领域都不一样，但是每一个领域都可以培养好的学生，哪怕你的研究成果不突出，但学生还是可以培养出来的。还有一个问题是有些人说要做复杂的问题，但他说不是的，一定要做很简单的问题，因为我们周围环境变化很快，你的研究时间如果太长，结果出来就没有什么意义了。他还说要从简单的问题中发现真正的科学问题。他一直强调要通过实践，通过应用来发现真正的问题，用直觉来看判断问题，科学研究不只是找答案，首先是要找对问题。

做硕士和博士的时候，应要建立自己的知识树。硕士和博士生涯都是训练过程，不要指望一篇博士论文就可以定终生。博士论文只是一篇有创新思想的、结构严谨的、论述很清楚的论文。有时会听到有些宣传说有的博士论文得了诺贝尔奖，把博士，硕士论文吹的很高，其实绝大多数的博士论文都是一个学习过程，真正作为经典的博士论文是很少的。像 Princeton 大学李凯教授的博士论文就是很经典的，引用的人很多，但这是很少见的。还有孔祥重(K.T.Kung)教授的一个学生 Thompson，做 VLSI Complexity 研究，他的博士论文非常好，像这样的论文是凤毛麟角的。所以你不要抓住一个问题不放手，一直做下去，在适当的时候放手。我们的知识树上应该挂一些有用的东西，而不是什么都挂，要扩大自己的

知识面。我一个学生曾对我做论文时发现的一个问题很有兴趣，觉得肯定会有很大的收获，越是这样越是往下做，就是我们常说的有钻研精神，但几个月后他就告诉我没有做出结果，很失落。他就是不知道什么时候回头。这个东西一言难尽，没有一个导师能给你一个答案。就像打一口井，到 100 米还没有水，但是可能再打一米就有水了，但是也有可能你继续打 200 米还没有水。这需要一种判断力，不是知识问题。我们需要耐心和毅力，但更需要眼光，有时叫洞察力或顿悟的能力。一般越是大师，他的洞察力越强，这是小的学者和大师的差别，这不是一朝一夕能培养出来的。研究生除了培养钻研精神、做工作的深入性、耐心和毅力之外，也要培养这种洞察力。

下面讲讲态度问题。我想讲一下 *attitude* 这个词。我们把 26 个字母与数字对应，a 对应 1，顺序下去，z 对应 26，那么我们把 *attitude* 中所有的字母加起来刚好是 100 分。假如你相信自己很幸运，而“*good luck*”的字母加起来只有 85 分；如果说相信努力工作，“*hard work*”的字母加起来也只有 97 分。这只是一个幽默游戏，无非是想说明态度很关键，比“幸运”和“勤奋”还重要。我曾碰到有个学生，刚刚来研究生院读硕士一年级，就对我说，中国学者发表的论文质量比国外差远了，只能在外国学者不愿去的三流会议上发文章。我告诉他，这不完全符合事实，可能是你的态度造成的偏见。其实最近几年国内学者在计算机领域最高水平的国际学术会议上已发表了不少高水平的学术论文。现在中国科学院各研究所的硬条件（设备）一点都不比国外差，甚至我还觉得有些方面还超越人家。我在美国读书的时候，整个学校用的都是 *VAX11*，当时国内很多人都认为过时了，但是人家用的挺好的。我们做不出好的成果并不是因为条件差，还要在自己身上找原因。自主创新能力是最重要的，这是用钱买不到的。我的感觉是，二、三流人才拥有一流设备也做不出一流的成果；反过来，一流人才即使用二、三流的设备也能做出一流的成果。我记得我们做曙光机也好，做龙芯也好，投资都要比国外少很多，但是我们用较少的投入得到较好的成果，这就是我们中国特色的自主创新。你不要以为这个我们做不到，这是有可能的，不是钱越多成果就越好、论文水平越高。

我还听到很多人说现在环境不好。上次我到天津大学演讲，有同学问我说，现在国家给钱很少，要求又很高，这就没办法做好，作假也是科技部逼的。我想这就是说我们作假，学风不正都是科技部逼良为娼。这里确实有管理问题，但上面得出的结论逻辑上是有问题的。所谓环境是很多人构成的，目前大家都在责备环境，好像是在打一个影子，所有人都在抱怨，但是革命对象是没有的。我认为政府有问题需要解决，但只责备政府官员是不对

的，我觉得首先应该从自己做起。科研人员的慎独是很重要的，要看你能不能出淤泥而不染，能不能保持自己的良知。读研期间要培养一种健康的心态和严于律己的作风，这比发表几篇论文更重要。如果从一开始读书就认为所有问题都是别人造成的，那你出去以后很有可能造假，这会影响你几十年的前途。

另外，我在美国时，发现美国的小学生是非常自由的，中学会严一点，大学甚之，研究生是最累的，可是中国却恰恰相反，小孩很累，越向上越轻松，最轻松的就是读研了，这就有了问题了。我并不是说研究生要“加负”，只是觉得中国的研究生工作强度确实要比美国差很多。

关于态度问题，我还想说一下，我曾看到天津大学校长给我的一份关于对工科学生的要求，企业和学校的要求大部分是相同的，唯独对自信心的要求差别很大，企业要求比较高，而学校把它排在最后一位。我觉得自信心对一个研究者是很重要的，我曾经写过一段话，是对我们智能中心的科技人员讲的，作为我们的誓言：“中国一流的计算机科研人员的聪明才智未必低于国外，只要凝聚了一批脚踏实地，不慕虚荣，决心为振兴民族高技术产业而努力拼搏创新的斗士，外国一流计算机实验室能做的事我们也应该能做到。”我写这段话时刚从美国回来，那时条件非常差，但是我觉得只要有一批人不慕虚荣，脚踏实地，是能做到的。

还有就是那些没有把握做完的研究，可能反而有比较大的创新，有时有点冒险精神会做的更好，因为如果你的可行性报告写的很清楚，所有的工作在开始时都已预见到了，可能科研工作的创新就不会很大。我曾问过 MIT 的教授们选课题有什么原则，哪一类做哪一类不做，他们说做什么是没有规则的，但是不做什么是有原则的，如果一项研究的预期目标是肯定能达到的，那些题目绝对不做，我觉得很有道理，社会上企业很多，如果必定能成功完全可以交给企业去做。

对研究生的一条建议是要多思考。我们都说要三思而后行，其实也要三行而后思。现在互联网的一大弊端就是常常会造成从众。网上的见解会牵着你的鼻子走，有时候我们不去看别人的言论也许会有更独立的思考。在做研究时，看完足够的文献并思考过后就应该停一段时间，自己做论文时就不要再看任何东西，一边看一边做研究是做不好的，因为你的思想总是被别人干扰。这样做可能也有风险，就是可能别人会同时或更早做出与你相同的结果。但如果因为担心就不停地看文献，只会被别人牵着走。

另一方面，还是要培养团队精神。我这里有一个调查结果，我一直在思考中国培养的

博士和国外博士有多大差别。这个问题我询问过 IBM、摩托罗拉和微软的研究院长，奇怪的是，他们的回答几乎是相同的，就是国内外的博士大概有两年的差距。中国的博士刚到公司时都认为自己什么都能做，多半都是眼高手低，差不多两年才知道在公司能做什么事。问题不是不懂什么知识，而是不会做人，没找准自己的定位。另外我感觉真正的大科学家都是很谦虚的，当然，没有任何本事的人可能也是谦虚的，只有那些居中的部分人却不是，我们都应该学会平易近人。而且我们不应该害怕别人偷自己的成果，有人偷说明我们的成果是有价值的。在美国，经常是把自己刚刚做出的结果寄给自己的竞争对手。

有个从美国回来的生物领域的院士，叫王晓东，他办了一个生物研究所，非常成功。我曾问他中美研究环境方面有什么差别，他说最大差别就是跟美国教授聊天时聊的内容通常都和研究有关，但是在中国基本不谈研究，多半是谈争取经费或其他事情，这就是说环境不一样。如果一个单位平时谈的都与研究无关，那生活条件再好也是不够的。

另外就是要注意交叉，搞工科的研究生是需要一种专业精神的。我们国家每年工科大学毕业生已经是美国的 7 倍，但是我们的工程师排位很低，第 49，几乎是最后一名，问题就是我们工程师的专业精神不够。我在很多地方都提到普林斯顿大学附近的高等研究所的所徽，徽章中有两个人，一个裸体的女人和一个穿衣服的女人。这就表示美国科学家追求的两种境界，真和美。裸体的是真，穿衣服的是美。而我们讲真善美，比他们还多一个善，他们实际上是把善归到真里，善是由真产生的。“善”讲的是做事要有一个善良的目标，特别是工科学生。这里我们讲的不是求知，不是发现什么，一个善良的目标是很重要的。

另一点希望是硕博生中要多一些创业者，还要有甘受寂寞的精神。当年科技部高技术司司长，后来调到联合国去当科技参赞的冀复生，一直关注曙光团队的成长。他去联合国之前，做了一个背靠背的调查，没有找我们，而是找曙光的用户，采访他们对曙光的看法，最后他写了一个报告，报告上有一段话令我很感动。他说“曙光”这支队伍，很像卢沟桥事变后奋勇抗日的二十九路军。当时我们就是在孤军奋战，所以创新需要甘于寂寞。

还有一段话是经常被引用的，美国物理协会首任主任曾经说过中国因为满足于火药爆炸的事实而没有追根问底，中国人已经远远落后于世界进步，以至于我们正把这个世界上最古老、人口最多的民族当成野蛮人，虽然这是一百多年前的讲话，现在的状况有很大改变，但我们确实要高度重视应用背后的科学问题。

我们国家的学校是很多的，像清华、北大都培养了很多的人才，但我觉得我们国家有两所大学是值得怀念的。一个是西南联大，他培养了两位诺贝尔奖获得者和几十位院士。

在抗战那么艰苦的环境下，还保持着优良的学风，把科学传统继承下来，很值得我们学习。还有一个是抗大。中国的大将，中将，少将上百个都出自这里。他的校歌很值得我们怀念，就是：黄河之滨集合了一群中华民族的优秀子孙，人类解放救国的责任全靠我们自己来承担。

最后就是我们要学习做什么样的人。有很多外国的科学家都是值得学习的，但我觉得更应该学习中国科学家的一些楷模，例如郭永怀。我觉得大家应该从他身上体会中国科研人员的情怀。他做两弹一星研究时，从现场回北京的路上，飞机突然发生事故，他和他的助手互相抱住，把带回来的资料夹在肚子中间，飞机一到地上就起火了，人都烧焦了，但是资料完好无损。这样的人不值得我们尊敬吗？他是如此的热爱科学，用生命去捍卫成果，这样的一种情怀应该是我们学习的楷模。

院士赠言：

研究生的抱负、素质和创新能力决定中国科学技术的未来——李国杰

