

研究生如何开展科研工作？

原文信息：摘自微信公众号“先进机器人手”作者：张文增

文章简介：

这是张文增老师在 2007 年 9 月与研究生新生的一次讲座文章。张文增老师当时担任清华大学机械工程系研究生工作组组长。原标题为“快乐科研——给研究生新生的心里话”，文字进行了个别改动。张文增老师在攻读博士学位期间曾获得清华大学特等奖学金、优秀研究生、优秀博士论文奖和优秀博士毕业生。

作者简介：

张文增，清华大学机械工程系副教授、博导，清华大学人工智能创新创业辅修专业联合主任。1999、2005 年在清华大学分别获学士、博士学位。2012 年在美国西北大学做访问学者一年。兼任 SCI 收录国际期刊 IJPEM、TIWM、Insight-ME 编委、国际机器人竞技与创客教育联盟副主席、央视科教频道“我爱发明”栏目科学顾问、安徽工业大学工程实践与创新教育中心兼职教授、中国教育发展战略学会人工智能与机器人教育专委会理事、中国机械工程学会机器人分会委员、焊接分会机器人与自动化专业委员会委员、全国智能机器人格斗大赛（IRFC）技术委员会主任等。研究方向为：自适应机器人手、抓取理论、视觉伺服、焊接机器人及自动化技术等。长期指导大学生科研训练（SRT）计划项目，讲授“机器人工程基础及应用”、“现代制造系统概论及实验”、“机器人手实验室科研探究”等课程。发表 SCI 收录论文 29 篇，EI 收录论文 141 篇，获得发明专利授权 206 项，组织翻译了《Springer 机器人手册》。获奖：北京市教学成果一等奖、北京市科学技术二等奖、中国电子学会电子信息科学技术二等奖，中美青年创客交流中心优秀导师，国际会议最佳论文奖 10 余次，清华大学刘冰奖，清华大学“我最喜爱的教师”，清华大学教学成果一等奖，清华机械之友浩信青年教师奖、清华大学 SRT 优秀指导教师特等奖 3 次和一等奖 10 次，清华大学星火计划优秀指导教师，首都高校“挑战杯”优秀指导教师特等奖 2 次和一等奖 2 次，清华大学“挑战杯”优秀指导教师 10 余次等。指导学生获得美国 ASME 学生机构与机器人设计大赛奖项 10 次，“挑战杯”学生科技竞赛奖 30 多次，清华大学特等奖学金 3 人、清华大学学生“科创之星”3 人、清华大学学生实验室建设贡献一等奖 4 次和二等奖 2 次等。

1. 研究生与本科生的区别

首先，研究生与本科生的区别在于：本科生以学习为主，研究生以科研工作为中心。学习的本质是输入，是接受并记忆，是将知识“据为己有”。而科研的本质是输出，是创新，是总结新知识、创造新事物。在研究生手册中，清华大学明确规定了对硕士、博士培养目标的要求。硕士培养目标为：掌握所在学科领域坚实的基础理论和系统的专门知识，熟练地掌握一门外国语，具有从事科学研究、教学工作或独立担负专门技术工作的能力。博士培养目标为：掌握所在学科领域坚实宽广的基础理论和系统深入的专门知识；熟练地掌握一门外国语；具有独立从事学术研究工作的能力；在所在学科领域做出创造性的成果。这里的核心是，硕士毕业时应能够从事科研工作或独立担负专门技术工作，博士毕业时应能够独立从事学术研究工作。据不完全统计，清华大学所发表的学术论文的一半以上是研究生作为第一作者，大多数学术论文是研究生作为前三作者，几乎所有的学术论文都有研究生参与的贡献，可以说研究生是学校科研的生力军，是主体力量。作为研究生，大家要主动转变观念，全身心投入到科研工作中。正所谓“我不做科研，谁做科研？”培养人才是清华大学的主要任务之一。在中学以及本科阶段学校主要采用教师上课的方式培养人才（也称为“教学环节”）。在研究生阶段学校主要采用教师指导研究生直接参与科技创新或服务国民经济主战场的科研项目（也称为“科研环节”）。研究生要自觉积极参与科研项目。在战斗中学习，在战斗中成长。通过一个或若干个“真刀真枪”科研项目的磨炼，增长才干！

2.研究生接受导师的教与导

研究生与导师（即指导教师）的关系对科研工作的顺利开展是非常重要的。

作为研究生，平时要注意判断：

我目前与导师的关系顺畅吗？

是否对实验室和双方长期有利？

师生学术沟通交流多吗？

导师对我的科研学术总体评价是正评价，还是负评价？

要正确处理研究生与导师的关系，就应该认识以下几点：

(1)导师与传统的课程教师不能画等号

研究生的指导教师，一定是教师，但教师未必是研究生导师，未必能够有水平和资格指导硕士研究生、博士研究生。

导师必须既要教研究生又要导研究生。

这里的导往往可以理解为：

指导、领导、导向、辅导、督导、评价、建议、意见、交流、支持、开导.....

一般来说，好的教学法有：

自学答疑式、平等讨论式、开导启发式、合作研究式.....

研究生与导师的关系就像运动员和教练的关系：

教练可以指导运动员完成高难度动作，但他未必自己能够做得比运动员好。

不能因为导师在某些方面的不如自己，就因此对导师的经验和指导能力产生怀疑。

另一方面，在读研期间，研究生开展实验室科研项目的成果也属于导师的共同成果，导师与研究生成为学术共同体，有着相依相存的关系。

研究生做得好，获得了学术成果，导师既有教师因学生成才而带来的心理成就感，而且还有述职考评上、学术成就上的成果荣誉。

(2)要防止导师“保姆式”的教学法

如果导师只是教研究生，所有工作导师原本都会做而且都做过，手把手教会研究生去做，这样的研究生很难培养出较强的科学研究的能力。

如果用只教不导的方法去指导研究生，就很难达到硕士、博士学位培养的要求。这种方式下，研究生的成就往往只能小于等于导师的成就，很难有“青出于蓝而胜于蓝”的效果。

这种方法我们可以取名叫做“保姆式”的教学法，这种方法是不足取的。

在研究生与导师之间如果形成保姆式方法，短期内看好像“美”了研究生、“苦”了导师（教得很苦），长期来看，受害最深的是研究生。

因为研究生的能力没有得到应有的提高，却长期“躺在摇篮”里，照旧用高中生、大学生上课学习知识的方法在学习而不是在科研，最终很难取得较强的研究生能力和应有的学术成果，难以做出高水平的学位论文。

正所谓一个巴掌拍不响，“保姆式”方法之所以会存在，既有导师的问题，也有研究生的问题。研究生如果在开展工作中，总是不够积极主动，不能深入课题，让导师误以为研究生基础较差，需要多多帮助其充电，于是助长了“保姆式”的教学法。

作为研究生要主动避免这种“保姆式”的被“溺爱”，办法可以有：

少问一些比较简单的问题，多问一些专业性强、学术性高的问题。

如果遇到一些专业基础的问题不清楚，先想想是否能够通过自己的努力搜索到或者通过其他途径自学掌握。

平时多补充自己不足的专业基础知识，尤其是导师认为显然的一些专业概念、方法和技能常识.....

(3)要防止导师“放羊式”的教学法

如果既不教也不导，所有科研工作导师都很少问津，导师成了一种摆设，称为“放羊式”的教学法。有的导师招收过多的研究生，最终多数研究生只能是“放羊式”管理。这种教学法不可取。

在“放羊式”教学法中，研究生极可能滑向两种极端之一：

一种是研究生自己做自己的导师，自学成才，因为没有名师指点，可能成长效率会低一些，但是也仍然可以通过自己的努力、自己的悟性长成参天大树。还有一种就是过早夭折，不能胜任科研工作，被工作中的困难完全的挡在了科研学术的大门外。

挡在学术大门之外的学生，其中一部分很可能选择退学或者延期毕业。

他们中的不少人即使勉强拿到了研究生的学位，未来也很可能毅然选择离开科研、远离学术。

学校中的学生人数与教师人数的比例叫做“生师比”，是评价一所学校办学规模合理与否的重要指标。

在本科教学中，不同的专业所需要的“生师比”是不同的。

艺术类的专业需要的“生师比”最低，往往达到1个老师仅指导几个学生，而人文类专业的合理“生师比”较高，因为教师往往通过上大课，学生一堂课可以有几百人，各自独立探索课题。

对于工科研究生的培养，如果生师比过大，就会形成“放羊式”的教育，弊病极大。对于研究生的培养，一般国际上有两种模式。

一种模式是：一个教师作为导师指导多个研究生的学位论文研究工作。

另一种是，多个教师组成一个导师组，指导多个研究生。

在清华大学的工科主要是前一种。

无论是那一种，所指导的研究生人数都有一定的限制。

如果实验室课题组中研究生很多，导师又非常繁忙，无暇亲自参与到科研一线的思考和交流中，那么，研究生们要警惕被“放羊”了。

这时建议争取机会和时间主动与导师预约交流，获取对所研究课题有价值的意见和建议，经常主动汇报课题进展情况，让导师心里有数，惦记着你的科研课题，持续保持对你的培养。

根据自身进入课题顺利与否的情况，接受导师的因材施教、适当选择被教与被导的比例，一般情况下均需要导师初期教得多但导得少，后期教得少但导得多。

正所谓“师者，传道授业解惑者也。”

如果对应教和导，则可以说：传道即为大方向和思想根上的导，授业即为科研工作中真刀真枪的练习，而解惑就是具体问题的探讨和答疑。

通过教与导，我们能够掌握解决科技问题的能力与方法。

研究生应该具有这样的一种心态：

初期要虚心求教，到了后期要逐渐培养自己的独立从事科研能力，后期不要再埋怨导师不教你。

导师更关注结果（包括科研的成果，还有人才培养的成果），研究生不仅要关注科研的成果，甚至更加需要关注整个过程（从零到一、再举一反三的系统研究方法与过程）。

因此，研究生在与导师交流时，适当从导师更加关注结果的角度去思考和表达，会非常有利于师生的学术交流。

3. 研究生如何开展科研工作？

科研是研究生的中心工作，做好科研的意义自不待言。

如何理解科研，如何开展科研工作，都是非常重要的问题，解决得好，就会事半功倍，

就会将研究生阶段过得更加充实而有意义。

(1) 科研的实质

科研的实质是——发现问题、分析问题和解决问题。

这可以看作一个科研循环或者科研的主线。

如果加上修饰语，就是：

——发现有价值、有意义的科学（或学术）问题；

——采用某些科学的方法分析问题，并佐以相关实际或模拟的实验；

——最终巧妙地解决问题：或解释现象的机理、或总结现象的规律、或创造符合应用需求的新事物等。

任何一个课题都可以看成一个大的科研循环，其中还可以分出若干个小的科研循环来，即大问题中包含着若干小问题。

从一个研究生的学位论文也可以看到这条科研主线：

a) 首先是绪论，介绍课题的背景与意义，介绍相关的国内外研究现状，然后提出问题。

b) 将问题的解决从时间上划分为若干个阶段，从内容上也相应拆分为若干个部分（对应于不同的章、节），采用一定的方法（或用传统的方法，或提出新方法）逐一开展研究工作。其中，一方面要抽象、提炼、上升到理论高度去思考（理论建模、公式推导），另一方面又要理论结合实际开展相应的仿真或实际实验。

c) 最后得出有价值的结果（数据、曲线），总结出结论，最后再指出其推广应用的前景，或者说明未来的工作方向。

(2) 科研的方向

研究生论文的类型（科研工作类型）从大的方面可以分为：

基础理论型和工程应用型。前者需要提出成体系的理论，并在国内外的高水平学术期刊或重要会议上发表学术论文来体现，例如 SCI 收录论文主要体现这方面的工作成果。后者需要对有价值的重要工程应用中反映出的具体问题进行深入分析，研制样机有可能或已经在实际生产中应用，可以申请发明专利或发表 EI 收录论文。这两类不分先后，都同样重要。

对于发现问题，爱因斯坦说，“发现问题等于解决问题的一半。”这句话点出了发现问题的重要性。事实也是如此，不少研究生不知道做，是因为不知道做的理由（及要解决的问题在哪里？）。

我们可以经常想想以下问题：

我们是否清楚了科研的问题？

是否可以提出更加本质些的科学问题？

你课题的核心问题在哪里？

对于分析问题和解决问题，牛顿说“没有大胆的猜测，就没有科学的实践。”胡适说，“大胆假设，小心求证”。一发散，二收敛，这两个方面有助于开导我们寻找问题并寻求解决办法。

科研人员应该保持一定的前瞻性。我们知道，打球时不要到球目前在的地方，而是要到球将来去的地方，必须提前一点！科研工作也是如此。

科研本身就是要求创新的，你可以按照下面的顺序开展你的科研征程：

a) 首先，学习为主，要摸到科技的前沿。为了知道课题所在的科技领域的前沿，有必要了解该科技领域的历史，一些经典、常识的事件、人物和理论脉络应该理顺。

b) 其次，研究为主，要占据科技的前沿。结合自己的课题，从一个方面深深地钻进去，尽早打上一个深刻的烙印，在重要期刊上发表你的工作。

c) 最后，猜想为主，要引领科技的前沿。猜想一下，在你的研究课题领域中，什么才是真正的下一代主流技术？

在微软公司的“头脑风暴”咖啡沙龙上，来自不同领域的顶级专家们，经常做的事情就是不断发挥他们奇思妙想的才能，给若干年后的人类规划着各种新产品。等到你已经对所在领域比较了解且比较有影响力的时候，那时，话语权部分地掌握在你的手里，正是你引领该领域科技的时候了！那时，请珍惜机会，因为“各领风骚三五年”。

(3)具体的科研工作有哪些？

具体的科研工作分为三类：一类是吸收性工作，一类是创造性工作，还有一类是实现性工作。

a) 吸收性工作指从外界吸取知识和经验的工作。一般是“读好书、会高人”。比如，向导师、实验室学长或行业专家请教，看书、看文献，查找网络资料。建议大家经常查阅各种科研文献和保持对科技动态的了解。

b) 创造性工作是指从无到有的提出科学模型、归纳科学公式、设计科学装置、开展科学实验、得到科研的结果等。建议养成记科研笔记的习惯。

c) 实现性工作是指将成果通过学术论文、发明专利、讲座报告、项目发布等形式向大众公布或推广。建议注意及时整理科研工作成果，适时发表。

上述三方面科研工作都非常重要。

如果不重视吸收，就不能“站在巨人肩膀上”，很可能在低水平上重复“建设”，造成你的智力浪费。如果不重视创造，科研无实质性成果，科研作风浮躁、无根基，没有发挥你真正价值。如果不重视实现性工作，暗中虽有成果，但不及时总结提炼，时过境迁，成果将被埋没或被超越，你没有尽到该尽的宣传责任，社会没有因为这些成果的及早问世而加快一点，社会难以承认你，你也失去了改进该成果的动力。这三方面工作是有机联系、相辅相成的。

(4)研究生应该具备的科研素质

在科研方向确定之后，除了少数成功来得过快的人，大多数人的成功是靠自身的努力换来的。要想科研成功，首先要具备成功的一些素质。

科研素质是一种综合能力，它包含：

科研道德、科研意识、科研习惯、科研见识、科研业务能力.....科研道德也称为学术道德，学术道德的高尚与否将决定科研道路的长短。

科研意识，即创新意识，凡事总想哪些是前人已经做过了的，我该如何创新。

科研习惯，也称科研养成，从小处入手，抓住每个瞬间，重在积累。

科研见识，与科研经验有关，多参与科研项目，到生产一线去了解，多与人交流，多走动，多呆一个地方就会多一份经验，吃一堑长一智。多经历点科研循环的过程是有益的。

科研业务能力，在除了天赋之外，其他主要依赖于知识和经验.....

上述所列科研素质是人可以通过自身的努力去具备的，也是需要长期培养的。具有上述素质的人可以说已经接近于科研成功了，可能还需要一点不能人为控制的运气。建议研究生在心里这么想，“只要我真的努力了，就算是成功了，因为运气什么的不是我能够控制的。”还有一种我们可以驾驭的科研素质称为“勤奋”、“主动性”或者“积极性”，它带来一种介于可以控制和不可以控制之间的状态——科研冲动。

当一个研究生处在一种痴迷于某个有价值的科研问题上时，他是非常幸福的。在这种状态中，他会在每天早晨起床时兴致勃勃地冲进实验室，会在每天晚上深夜的时候才依依不舍地踱出实验室。

这样的一段时间往往会成为最有成果的时候，好点子和灵感最多的时候。

有不少的研究生之所以科研上道快，就是做事情认真、积极、主动，肯投入，有激情！要经常把自己放在一种有开展科研工作冲动的状态下（或称为“激发态”）。

其实，一个人，不论他知识基础多么差，只要他认真努力起来，什么都可以干。还有少数研究生，总觉得将来不想干科研，因而现在不认真投入，将来只要拿到学位就好了。其实

他错了，只有干好了现在的工作，才最有能力和资格干好下一个工作。长远来看这往往是成功的捷径，那些总想着下一个工作才是自己最爱的人很难找到合适的工作。

(5) 研究生应如何看待科研工作中的成败

面对科研工作上的困难，有三种做法：

一是克服它，

二是暂时放下它但记得它，

三是绕过它并忘掉它。

最应该采取的态度是第一种：迎难而上、克服困难。如果当时克服不了，经常有这种情况，困难比较强大，就可以采取第二种暂时放一放，但是务必记住这里有一个还没有解决的困难，过一段时间再尝试去解决。尽量不要用第三种，因为困难一般是躲不过去的。

从心态上说，“我想赢”这样一种健康的观点现在已经有了“我必须赢”这样一种有害的观点在里面了。“除了赢，什么都不关心”使得：当获胜成为唯一目标时，比赛的精彩就被遗忘了。如果没有之前实验失败带来的打击，没有科研进展不顺、停滞不前带来的困惑，没有长期的期待而不可得的心情，科研实验成功就难以带来激动人心的欢呼雀跃！

110米栏世界冠军刘翔的成功之所以让中国人这么激动，让世界这么震惊，是上百年来来的田径决赛场上黄种人大量缺席造成的。

科研工作难免成败交织、心理状态难免波动起伏、精力和体力难免在充沛与缺乏之间摆动。人贵有自知之明，应该审时度势、乘势而为，即要在自己体力、精力充沛又有冲动之时抓紧时间主动开展科研工作。不要逼自己在没有写作灵感和冲动时写作，也不要在自己困意连绵之时开展实验……在获胜与失利之间还有无尽的精彩。虽然实验的成功会带来愉悦，但是失败也能让人学到不少，如果你不是一味地受到失败情绪的感染的话。更重要的是在科研的过程中，你体会了太多的精彩，因为过程里包含了大量的细节与有益经验。这些细节和经验可能将成就以后若干次的成功。做事情要靠丰富的实战经验，这样的经验仅仅依靠看书是不够的。经验包含着对大量细节的把握。细节决定成败，细节代表了你的重视程度，你所花时间的长度，心血的多少！一方面，科研工作是宽容的，允许失败的。一般不要嘲笑那些被失败彻底击倒的人，更要对哪些屡败屡战的人充满尊敬。在人类各种非凡的创新活动中，不失败而直接成功的先例几乎为零。比如，若不是人类敢想敢干，一次次失败打不倒人类，如今又怎么能实现飞行的梦想？另一方面，做科研是追求完美的，要求严谨，做科研不允许错，没有理由，任何理由都不成为理由，因为一颗螺丝钉的毁坏可能会要了整个航天飞机的命。科研人员在关键之处必须是一丝不苟的，来不得半点马虎。

不要有过分的功利心（那会让自己浮躁起来），要让自己把科研当作生活的一部分，而不是当作出成果的一部分。

从事科研工作最难的是如何维持不辍的创造力，这种创造力是有所成长的，当把这个成果交出来，除了自己以外，别人也要觉得是有进步的，有成长的，而且要比以前的成果更具有代表性，更有新意！

最后，希望大家享受科研的乐趣，学之不如好之，好之不如乐之，愿研究生们走出精彩的科研之路！