

施一公：优秀博士如何养成

作者：施一公 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.net/news/21.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

所有成功的科学家一定具有的共同点，就是他们必须付出大量的时间和心血。这是一条真理。实际上，无论社会上哪一种职业，要想成为本行业中的佼佼者，都必须付出比常人多的时间。

(一)

所有成功的科学家一定具有的共同点，就是他们必须付出大量的时间和心血。这是一条真理。实际上，无论社会上哪一种职业，要想成为本行业中的佼佼者，都必须付出比常人多的时间。

大约10年前，著名华人生物学家蒲慕明先生曾经有一封邮件在网上广为流传，这封邮件是蒲先生语重心长写给自己实验室所有博士生和博士后的，其中的观点我完全赞同。无论是在普林斯顿还是在清华大学，我都把这封邮件转发给实验室的所有学生，让他们体会。其中的一段是这样说的：

“我认为最重要的事情就是在实验室里的工作时间，当今一个成功的年轻科学家平均每周要有60小时左右的时间投入到实验室的研究工作中……我建议每个人每天至少有6小时投入紧张的实验操作，并且用两小时以上的时间从事与科研直接相关的阅读等工作。文献和书籍的阅读则应主要在这些工作时间之外进行。”

有些学生读完邮件后告诉我：“看来我不是做学术的料，因为我真的吃不起这份苦。”我常常回复道：“我在你这么大年纪的时候，也会觉得长期这样工作不可思议。但在不知不觉中，你会逐渐被科学研究的精妙所打动，也会为自己的努力和成绩而骄傲，你会逐渐适应这种生活方式！”这样的回答，其实源自我自己的经历与体会。

我从小就特别贪玩，并不喜欢学习，但来自学校和父母的教育与压力迫使我尽量刻苦读书。我高中就读于河南省实验中学，凭借着比别人更加刻苦的努力，综合成绩始终名列前茅。1984年全国高中数学联赛我获得河南赛区第一名，保送进入清华大学。大学阶段，我保持了刻苦的传统，综合成绩全班第一并提前一年毕业。然而事实上，我很少真正独立思考，对所学专业也不感兴趣。大学毕业时，我本没有打算从事科学研究，而是一心一意想下海经商，结果阴差阳错间踏上了赴美留学之路。

可想而知，留学的第一年，我情绪波动很大，内心浮躁而迷茫，根本无心念书、做研究，而是花了很多时间在中餐馆打工、选修计算机课程。第二年，我开始逐渐适应科研的“枯燥”，并开始有了一点自己的体会，有时领会了一些精妙之处后不免“洋洋得意”，也会产生“原来不过如此”的想法，逐渐对自己的科研能力有了一点自信。这期间，博士研究生的课程全部修完，我每

周5天、每天从上午9点做实验到晚上七八点，周末也会去两个半天。到了第三年，我已经开始领会到科研的逻辑，有点儿跃跃欲试的感觉，在组会上常常提问，而这种“入门”的感觉又让我对研究增加了很多兴趣，晚上常常干到11点多，赶最后一班校车从霍普金斯医学院回到住处附近的霍姆伍德校区。1993年，我曾经在实验记录本的日期旁标注“这是我连续第21天在实验室工作”，以此激励自己。其实，这多少有作秀之嫌，因为其中的一个周末我一共只做了五六个小时的实验。到第四年以后，我完全适应了实验室的科研环境，也不会再感到枯燥或时间上的压力了。时间安排完全服从实验的需要，尽量往前赶。其实，这段时期的实验时间远多于刚刚进实验室的时候，但感觉上好多了。

研究生阶段后期，我的刻苦在实验室是出了名的。在纽约做博士后时期则是我这辈子最苦的两年，每天晚上做实验到半夜3点左右，回到住处躺下来睡觉时常常已是4点以后；但每天早晨8点都会被窗外纽约第一大道上的汽车喧闹声吵醒，9点左右又回到实验室开始了新的一天。每天三餐都在实验室，分别在上午9点、下午3点和晚上九点。这样的生活节奏持续11天，从周一到第二个星期的周五，周五晚上坐灰狗长途汽车回到巴尔地摩的家里。周末两天每天睡上近10个小时，弥补过去11天严重缺失的睡眠，周一早晨再开始下一个11天的奋斗。虽然体力上很累，但我心里很满足、很骄傲，我知道自己在用行动打造未来、在创业，有时也会在日记里鼓励自己。我住在纽约市曼哈顿区65街与第一大道路口附近，离纽约著名的中央公园很近，那里时有文化娱乐活动，但在纽约工作整整两年，我从未迈进中央公园一步。

我一定会把自己的这段经历讲给我的每一个学生听，新生常常问我：“老师，您觉得自己苦吗？”我通常回答：“只有做自己没兴趣的事情时觉得很苦，有兴趣以后一点也不觉得苦。”是啊，一个精彩的实验带给我的享受比看一部美国大片强多了。现在回想起当时的刻苦，感觉仍然很骄傲、很振奋！有时我想：如果自己在博士生、博士后阶段的那7年半不努力进取，而是不加节制地看电影、读小说、找娱乐(当时的互联网远没有现在这么内容丰富)，现在该是什么状况？

做一个优秀的博士生，付出时间是必要条件。

(二)

要想在科学研究上取得突破和成功，仅仅刻苦地付出时间是不够的，**批判性分析(critical analysis)**是必须具备的一种素质。

博士研究生与本科生最大的区别是：本科生以学习吸取人类积累的知识为主，兼顾科学研究和技能训练；而博士生的本质是通过科学研究来发掘创造新知识，当前和以往学习的知识都是为了更好地服务于科学研究。在以学习知识为主的本科生阶段，提出问题固然重要，但答案往往已经存在，所以问题是否具有批判性没有那么关键。博士生阶段则完全不同，必须具备批判性分析的能力，否则不可能成为优秀的科学家。这一点，我称之为方法论的转变。

其实，整个大学和研究生阶段教育的实质就是培养批判性分析的能力，使学生具备能够进行创新科研的方法论。这里的例子非常多，覆盖的范围也非常广，在此择要举例说明。

正确分析负面结果(negative results)是成功的关键。作为生命学科的一名博士生，如果每一个实验都很顺利、能得到预料中的正面结果(positive results)，除个别研究领域外，一般只需要6~24个月就应该可以获得博士学位所需要的所有结果了。然而实际上，在美国，生命学科的博士生平均需要6年左右的时间才能得到博士学位。这一数字本身就说明：绝大多数实验结果会与预料不符，或者是负面结果。大多数低年级博士生对负面结果的看法很消极，直接影响了他们批判性分析能

力的培养。

其实，只要有适当的对照实验，判断无误的负面实验结果往往是通往成功的必经之路。一般来说，任何一个探索型课题的每一步进展都有几种、甚至十几种可能的途径，取得进展的过程基本就是排除不正确路径、找到正确方向的过程，很多情况下也就是将这几种、甚至十几种可能的途径一一予以尝试、排除，直到找到一条可行之路的过程。在这个过程中，一个可信的(conclusive)负面结果往往可以让我们信心饱满地放弃目前这一途径。如果运用得当，这种排除法会确保我们最终走上正确的实验途径。从这个角度讲，负面的实验结果不仅很正常，也很有益于课题的最终成功。我告诫并鼓励我所有的学生：只要你不断取得可信的负面结果，你的课题就会很快走上正路；而在不断分析负面结果的过程中所掌握的强大的逻辑分析能力也会使你很快成熟，成长为一名优秀的科学家。

我对一帆风顺、很少取得负面结果的学生总是很担心，因为他们没有真正经历过科研上批判性分析的训练。我的实验室里偶尔会有这样的学生，只用很短的时间(两年左右，有时甚至一年)就完成了博士论文所需要的结果。对这些学生，我一定会让他们继续承担一些富有挑战性的新课题，让他们经受负面结果的磨练。没有这些磨练，他们很难真正具备批判性分析的能力，将来也很难成为可以独立领导一个实验室的优秀科学家。

所以，不要害怕负面结果，关键是如何从分析负面结果的过程中获取正确的信息。

(三)

“一个人必须对他要做的事情作出取舍，不可能面面俱到。无论阅读科研文献还是聆听学术讲座，目的都是为了借鉴相关经验，更好地服务于自己的科研课题。”

切忌一味追求完美

耗费时间的完美主义阻碍创新进取。尼古拉·帕瓦拉蒂奇是我的博士后导师，也是对我影响最大的科学家之一。他有极强的实验判断力和思维能力，做出了一系列里程碑式的研究工作，享誉世界结构生物学界，31岁时即升任正教授。1996年4月，我刚到尼古拉实验室不久，纯化一个表达量相当高的蛋白Smad4。两天下来，蛋白虽然纯化了，但结果很不理想：得到的产量可能只有应该得到的20%左右。见到尼古拉，我不好意思地说：“产率很低，我计划继续优化蛋白的纯化方法，提高产率。”他反问我：“你为什么想提高产率？已有的蛋白不够你做初步的结晶实验吗？”我“回敬”道：“我有足够的蛋白做结晶筛选，但我需要优化产率以得到更多的蛋白。”他不客气地打断我：“不对。产率够高了，你的时间比产率重要。请尽快开始结晶。”实践证明了尼古拉建议的价值。我用仅有的几毫克蛋白进行结晶试验，很快意识到这个蛋白长度并不理想，需要通过蛋白质工程除去其N-端较柔性的几十个氨基酸。事实上，除去N-端几十个氨基酸的蛋白不仅表达量高，而且生化性质稳定，纯化起来非常容易，根本不用担心产率的问题。

在大刀阔斧进行创新实验的初期阶段，对每一步实验的设计当然要尽量仔细。但一旦按计划开始后，对其中间步骤的实验结果则不必追求完美，而是应该义无反顾地把实验一步步推到终点，看看可否得到大致与假设相符的总体结果。如果大体上相符，你才应该回过头去仔细改进每一步的实验设计。如果大体不符，而总体实验设计和操作都没有错误，那你的假设(或总体方向)很可能是有大问题的。

这个方法论在每一天的实验中都会用到。从1998年开始自己的独立实验室到现在，我一直告诫所

有学生：切忌一味追求完美。

科研文献与学术讲座的取舍

再来谈谈科研文献(literature)与学术讲座(seminar)的取舍。尼古拉·帕瓦拉蒂奇博学多才，在我们许多博士后的心目中，他一定读很多文章、常常去听学术讲座。没想到，事实大大出乎我们的意料。

在我的博士生阶段，我的导师杰里米·伯格非常重视相关科研文献的阅读，每周召开组内文献讨论会，讨论重要的科研进展。刚到尼古拉实验室时，我曾试图表现一下自己读文献的功底，也想同时与尼古拉讨论以得到他的“真传”。1996年春季的一天，我精读了一篇《自然》杂志的文章，午饭前遇到尼古拉时，我向他描述了这篇文章的精妙，同时期待着他的评述。尼古拉面色有点尴尬：“对不起，我还没看过这篇文章。”当时我想，噢，也许这篇文章太新，他还没有来得及读。过了几天，我阅读了一篇几个月前在《科学》上发表的研究文章，又去找尼古拉讨论，没想到他又说没看过。几次碰壁之后，我不解地问他：“你知识如此渊博，一定是广泛阅读了大量文献，为什么恰好没有读我提到的这几篇论文呢？”尼古拉看着我说：“我的阅读并不广泛。”我反问：“如果你不广泛阅读，你的科研成果怎么会这么好？你怎么能在自己的论文里引用这么多文献？”尼古拉的回答让我非常意外：“我只读与我的研究兴趣有直接关系的论文，并且只有在写论文时我才会大量阅读。”

我做博士后的单位纪念斯隆-凯特琳癌症中心有很好的系列学术讲座，常常会请来自生命科学各个领域的“大牛”演讲。有一次，一位诺贝尔奖得主来作讲座，并且点名要与尼古拉交谈。在绝大多数人看来，这可是一个不可多得的好机会。尼古拉却告诉他的秘书：“请你替我转达我的歉意，讲座那天我恰好不在。”我们也为尼古拉感到遗憾。让我万万想不到的是，诺贝尔奖得主演讲的那天，尼古拉把自己关在办公室里，从早晨到傍晚一直没有出门，自然也没有去听讲座。当然，这也许是巧合——尼古拉取消了他的出行计划。但以我们对他的了解，他十有八九是在写论文。后来，我们也意识到，这样的事情发生在尼古拉身上已经见怪不怪了。

离开尼古拉实验室前，我向他抛出了这个始终没有完全解开的谜：“如果你不怎么读文献，又不怎么去听讲座，你怎么还能做一个如此出色的科学家？”他回答说，他的时间有限，每天只有10小时左右在实验室。权衡利弊之后，他只能把有限的时间用在他认为最重要的事情上，例如解析结构、与学生讨论课题或写文章。

尼古拉的回答表述了一个简单的道理：一个人必须对他要做的事情作出取舍，不可能面面俱到。无论阅读科研文献还是聆听学术讲座，目的都是为了借鉴相关经验，更好地服务于自己的科研课题。

(四)

在博士生阶段，尤其是前两年，我认为必须花足够的时间去听各相关领域的学术讲座并进行科研文献的广泛阅读，打好批判性思维的基础；但随着科研课题的深入，选择文献阅读和学术讲座就需要有一定的针对性，也要开始权衡时间的分配了。

挑战传统思维。从我懂事开始，就受到这样的教育：凡事失败都有其道理，应该找到失败的原因后再重新开始尝试。直到1996年，我在实验上也遵循这一原则。但在尼古拉的实验室，这一“基本原则”受到了有理有据的挑战。

有一次，一个比较复杂的实验失败了。我很沮丧，准备花几天时间多做一些对照实验找到问题所在。没想到尼古拉阻止了我，他皱着眉头问我，为什么要搞明白实验为何失败?我觉得这个问题太没道理，理直气壮地回答：

“我得知道哪里错了才能保证下一次可以成功。”尼古拉马上评论说：“不需要。你真正要做的是把实验重复一遍，也许下次就可以做成。与其花大把时间搞清楚一个实验为何失败，不如先重复一遍。面对一个失败了的复杂的一次性实验，最好的办法就是认认真真重新做一次。”后来，尼古拉又把他的这一观点作了升华：“是否要弄清楚一个实验为何失败，这是一个哲学问题。厘清每一个小差错的习惯性思维并不一定是最好的方法。”仔细想想，这些话很有道理。并不是所有失败的实验都一定要找到原因，尤其是生命科学的实验。因为实验过程繁琐复杂，大部分失败是由简单的操作错误引起的，可以仔细重新做一遍，这样往往可以解决问题。只有那些关键的、不找到失败原因就无法前行的实验才需要刨根究源。

我选择的这些例子多少有点“极端”，但只有这样才能更好地起到震荡大家思维的作用。其实，在我自己的实验室里，这几个例子早已经给所有学生反复讲过多次了，而且每次讲完之后，我都会告诉大家要打破迷信、怀疑成规，关键的关键是：跟着逻辑走!跟着逻辑走，这是我在实验室里注定会重复强调的一句话，每天至少要对不同的学生讲5遍以上。我自己每次与博士生讨论课题也总是遵循严密的逻辑，用推理、排除法找到实验的下一步解决方案。严密的逻辑，是批判性分析的根本。(全文完)

更多 人才资讯 请访问 <https://www.iikx.net/news/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发