学习漫谈（91）：工善其事 必利其器——谈科研方法-1.概述篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 8452 次阅读 2013-6-18 10:07 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[观点评述](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=3)|关键词:科学方法论 重要性

**楔子**

   我们正处于中华民族复兴的伟大时代，祖国突飞猛进的步伐不可阻挡。我们想要投身洪流，为民族复兴尽绵薄之力，就要掌握真才实学；想掌握真才实学，就要认真学习；想事半功倍地学习，就要掌握科学方法论。因为古人早就说过，工善其事，必利其器；爱因斯坦老先生说过，方法比知识更重要。

凭借这个平台，想与博友们一起，系统地讨论科研方法的有关问题。

作为引子，本文想探讨三个问题：

——什么是科学方法论？

——科学方法论在实践中有怎样的地位和作用？

——科学工作者为什么要掌握科学方法论？

我想告诉大家的是：

机遇只垂青于那些懂得怎样追求她的人；

工欲善其事必先利其器，方法极其重要；

正确运用科研方法可收到事半功倍之效；

掌握有效方法的关键在于反复实践总结。

 一、关于科学

我们先来搞清一些基本概念。先说说什么是科学？

大家对“科学”这个名词耳熟能详，但对其确切涵义却不一定说得清楚。事实上，不同的学者，对“科学”有不同的界定。

根据《苏联大百科全书》的“科学”条目所述，科学是人类活动的一个范畴，它的职能是总结关于客观世界的知识并使之系统化；科学是一种社会意识形式。在历史发展中，科学可转化为社会生产力和最重要的社会建制。……从广义上说，科学的直接目的是对客观世界作理论表达（转引自[6]）。

一些科学家对科学有各自的认识，例如，爱因斯坦指出：“科学是寻求我们看绝经验之间规律性的有条理的思想，它是直接产生知识、简介产生行动的手段。”达尔文说：“科学就是整理事实，以便从中得出普遍的规律或结论。”

“科学”一词是“舶来品”，英语“science”一词源于拉丁文scientia（求知、知识）；现译名“科学”源于日语译法（福泽谕吉首创，1874年）；由康有为引进中国（1898年），在上奏光绪劝说废除科举制度时，三次用到了“科学”一词。此前，严复翻译《天演论》时将“science”译作“格致”，后来在翻译亚当·斯密的《原富》（1902年出版）时才改用“科学”。经多年演化，science的美英式涵义主要指自然科学，而德法式涵义则泛指自然科学和社会科学，这是文献中的说法，在科学工作者大流动的今天，情况不那么绝对。目前国内的“科学”一词（在用作名词时）取德法式涵义。为确定起见，本文及后续文章中论及的“科学”大多采用美英式涵义，即指的是自然科学。

概括起来说，科学的内涵是：

   1、科学是系统化、理论化的知识体系；

   2、科学是创造知识体系的认识活动；

   3、科学是一种社会机制。

之所以有第三条，是因为现在科学的研究对象越来越复杂，越来越仰仗于多方协同合作，社会化程度越来越高。

**二、关于科研方法**

**2.1 科学研究的任务**

我们知道，自然科学研究的任务在于

1、对未知的自然领域进行研究探索，以揭示和掌握自然界各种事物的本质和运行变化规律——基础研究。

   2、研究如何将科学研究的成果转化为生产力和物质产品——应用基础研究。

关于科学研究，法国生物学家拉马克（J. Lamarck）有一段精辟的描述：

     “观察自然，研究它们所生的万物；追求万物，推究其普遍或特殊的关系；再想法抓住自然界中的秩序，抓住它行进的方向，抓住它发展的法则，抓住那些变化无穷的构成自然界的秩序所用的方法；这些工作在我看来，乃是追求真实知识的唯一法门。这等工作还能给我们以真正的益处；同时还能给我们找出许多最温暖、最纯洁的乐趣，以补偿生命场中不能避免的苦恼。”这段话浅近地概括了科学研究的内容。

2.2 关于方法

在一般意义下，“方法”指的是为达到某种目的采取的途径、手段或策略; 主体为从实践或理论上把握客体而采用的思维手段和操作步骤之总和。

我们不妨探索一下英语“method”（“方法”）一词的来源，经探究，它来自希腊语“μετοδ”(“途径、方法”），该词由“μετα”(“沿着”）和“οδος”（“道路”）这两部分构成，因此，原意更贴近于“途径”。而汉语“方法”一词则最早出现在《墨子∙天志》中，原先指的是“量度方形之法”，后来演化成“知行之法”之意。

正如哲学家黑格尔（G.W.F. Hegel）所指出的：“在探索的认识中，方法也就是工具，是主观方面的某个手段，主观方面通过这个手段与客体发生关系……。相反地，在真理的认识中，分析方法不仅是许多已知规定的集合，而且是概念的自在和自为的规定性。”

2.3 关于科研方法

“科学方法”指的是认识自然或获得科学知识的程序或过程；是从科学认识过程中总结出来的规律；是具有普遍性的方法，包括科学研究中的实验观察方法、科学抽象方法、逻辑方法、数学方法、创造性思维方法、系统科学方法、综合科学方法、科学评价方法等等。

   可以按各种方式对科学方法进行分类。

按适用的普遍程度可分为如下三个层次

第一层次：各个自然科学门类的特殊研究方法；

第二层次：各门自然科学中的一般研究方法（这是本文的主要关注点）；

第三层次：普遍性的哲学方法。

按科学方法本身的特点可分为两大类：

——经验认识方法（观察、测量、实验等）；

——理论思维方法（逻辑、数学、类比等）。

这两类方法没有明确的界限，经常相互交织、交互使用。一般来说，采用前一类方法获得最基本的研究材料，采用后一类方法提取相关信息，进行演绎、发展，通过实践的检验之后，上升为科学假说或科学理论。

按研究对象主要可分为

物质科学方法（用于物质和非生命系统）；

信息科学方法（用于信息和程序系统）；

生命科学方法（用于生命系统）；

意识科学方法（用于人类意识活动和人工智能系统）；

人体科学方法（用于人体研究）。

当然，还可以有别的分类样式。

正如比利时科学方法论专家萨顿（G. Sarton)所说，“在科学领域，方法至为重要。一部科学史，在很大程度上就是一部工具史，这些工具——无论有形或无形——由一系列人物创造出来，以解决他们遇到的某些问题。每种工具和方法都是人类智慧的结晶。”

 2.4 关于科学方法论

科学方法论的内涵在于：研究探讨科学研究活动本身的一般规律及一般方法，以及人类认识客观事实的基本程序及一般方法。既研究个别特殊研究方法的规律性，也研究这些方法整体上的相互联系。

    人类的科学探索经历了一个长期曲折的过程，科学方法论的发展过程也漫长而艰难。著名物理学家玻恩（M. Born）指出：“我相信在科学上并没有平坦的大道……。在我们前进的道路上荆棘丛生，只有经历了不断试探，一再失败，才能寻找出合适的方法，开辟出赖以前进的道路。”

**2.5 科学方法的发展历程**

下面用大事记的形式简要回顾科学方法的发展历程：

**观察方法的产生**在农业、畜牧业的实践中，为了满足确定农时、制作历法等实践需要，产生了原始的观察方法，为早期的天文学、数学、力学、物理学等的诞生奠定了基础；

**逻辑方法的创始**公元前6－3世纪，古希腊的泰勒斯、德谟克利特、亚里士多德、欧几里德等人运用演绎推理，从经验观察上升到理论认识。亚里士多德创立形式逻辑上的科学方法论和公理方法，导致欧几里德《几何原本》问世；

**数学方法开始形成**公元前5－2世纪，古希腊的毕达哥拉斯、帕拉图、阿基米德等人首先提出自然界的规律可用数学把握的观点，提倡用数学解释万物。阿基米德首次把实验的经验研究与演绎推理结合，建立杠杆定理、浮力定律。

**实验方法逐渐形成**  13世纪，英国科学家罗吉尔·培根率先提出实验科学；15世纪，意大利画家、科学家达·芬奇等人强调实验在认识中的作用；15至16世纪，意大利科学家伽利略成为现代实验科学的奠基人；16世纪，英国哲学家弗朗西斯·培根成为实验科学的哲学代言人，他的《新工具》的问世是标志；

**逻辑方法的发展**其中的两条主线为

\* 16世纪，英国哲学家弗朗西斯·培根发展了归纳逻辑方法，建立了逻辑分析中的求同法、差异法和共变法；17世纪波义耳、18世纪林奈将其拓广到化学和生物学；

\* 17世纪，法国科学家、哲学家笛卡儿发展了演绎逻辑方法，构建了数学新体系——解析几何；17世纪牛顿将力学整理成演绎体系，《自然哲学的数学原理》问世。

**假说方法的普遍应用**17世纪由笛卡儿提出，经洛克、莱布尼兹丰富和发展；19世纪后普遍应用。假说方法突破了传统方法。著名的假说有：宇宙演化的星云假说、生物学的进化论、物理学的热素假说、化学中的物质结构假说等。假说本身是理论知识的一种形态，一旦验证成立，就上升为科学理论或定律。

**自然辩证法方法的创立**19世纪马克思、恩格斯创建了自然辩证法，为正确研究自然科学方法论奠定了理论基础。恩格斯的《自然辩证法》对观察、实验、归纳和演绎、分析和综合、历史与逻辑的统一、科学假说等科研方法都做了深入考察和分析。

**系统科学方法的形成**朴素的系统科学方法由亚里士多德、莱布尼兹、黑格尔等提出，近几年才挖补全形成。此方法摆脱了传统方法的束 缚，将事物联系起来，系统地、动态地考察，从整体上考察复杂系统，将定量方法（如动态模拟法、信息方法、反馈方法、综合集成方法等）引入各个学科，使科研方法产生质的飞跃。

**数学方法的发展**亚里士多德－欧几里德－伽利略－牛顿－莱布尼兹发展的数学方法近年来取得了长足的进步，对宏观、微观特性的描述发挥了很大的作用。随着计算机技术的发展，数学已渗透到所有的自然科学领域以及部分社会科学领域。

以上的大事记并不完善，将陆续补齐。

2.6 科学方法的特征

      概括地说，科学方法有如下特征：

1）科学方法来源于科研实践；

2）科学方法引领科学的发展；

3）科学方法的适用性和作用超越具体领域；

4）科学方法具有多元互补性；

5）科学方法呈现美学特征。

三、掌握科学方法的重要性

关于科学方法的重要性，前辈名人有许多论述：

“跛足而不迷路的能赶过虽健步如飞但误入歧途的人。”——弗朗西斯·培根（F. Bacon）

“科学方法是通向绝对知识或真理的唯一入口和唯一道路。……整个科学的统一是在于其方法而不在于材料。”——皮尔逊（K. Pearson）

“吾尝终日而思矣，不如须臾之所学也；吾尝歧而望矣，不如登高之博见也。登高而招，臂非加长也，而见者远；顺风而呼，声非加疾也，而闻者彰。假舆马者，非利足也，而致千里；假舟楫者，非能水也，而绝江河。君子生非异也，善假于物也。” ——荀况

**3.1科学研究必须有正确的方法**

探索科技领域的未知问题，如同在崎岖小道上攀登，必须采用先进的科学方法，才能无往而不胜。

英国著名博物学家达尔文（C. Darwin）早就指出：“方法掌握着研究的命运。”他还说：“方法是最主要和最基本的东西，有了良好的方法，即使没有多大才干的人也能做出许多成就。如果方法不好，即使有天才的人也将一事无成。”

俄国著名生理学家巴甫洛夫（I.P. Pavlov）说： “初期研究的障碍，乃在于缺乏研究方法。无怪乎人们常说，科学是随着研究方法所获得的成就而前进的。研究方法每前进一步，我们就提高一步。因此我们头等重要的任务是制订方法。”

英国生物学家、著名的科学方法论专家贝弗里奇（W.I.B. Beveridge）指出：“未来的研究工作者多数不是天才，给这些人以若干科研方法的指点，较之听任他们凭借个人经验事倍功半地去摸索，应有助于他们早出成果。”他还说：“如果在实践中有可能通过研究方法的指导来缩短科学工作者不出成果的学习阶段，那么，不仅可以节省训练的时间，而且科学家做出的成果也会比用较慢方法培养出来的科学家多得多。”

**3.2.掌握方法比掌握知识更重要**

爱因斯坦有一句名言：“方法比知识更重要”；我国大教育家蔡元培则用形象的比喻指出：“科学知识是点成的金，最终有限；科学方法则是点石成金的手指，可以产生无穷的金。”两位的见解有异曲同工之妙，对我们每个人都很有启发意义。

法国著名数学家拉普拉斯（P.S. Laplace）说：“认识一位天才的研究方法，对于科学的进步并不比发现本身更少用处，科学研究的方法经常是极富兴趣的部分。”正因为如此，年青学子在学习过程中应该特别关注学术前辈所用的科学方法，不断往自己的“科学方法武器库”里添加新的感悟和“武器”

法国大生物学家贝尔纳(C. Bernard)强调指出：“良好的方法能使我们更好地发挥运用天赋的才能，而拙劣的方法可能阻碍才能的发展。因此，科学中难能可贵的创造性才华，由于方法拙劣可能被削弱，甚至被扼杀；而良好的方法则会增长、促进这种才华。” 这样的先例实在不胜枚举，我们将在下一节中给出若干案例。

近年来我国教育界一直在强调素质教育，不少人认为应该教给学生多方面的知识和技能，其实，与其向学生灌输知识或者硬要他们学一些技艺，不如教会学生掌握和应用学习和科学探索的方法，后者远比前者重要。

我国著名教育家钱伟长特别强调在教学过程中，应该“授人以渔”而非“授人以鱼”，他指出：“教，关键在于‘授之以渔’；教书，关键在于教给学生一种思考问题的方法。也就是说，教师给予学生的，不应是‘鱼’，而应是捉鱼的方法。教学的过程，就在于让学生搞清‘模型’的意义。因为‘模型’反映的是事物的本质，是对客观事物的近似描述。我们要引导学生提出‘模型’，通过抓‘模型’，教给学生提出问题、分析问题、解决问题的方法。”

3.3 完善自身知识体系——从事创造性科研的必由之路

       具有必要的科学知识积累是进行创造性科研工作的必要条件，而学习和研究科学研究的思维方式和方法，则是充分条件。而知识积累过程中，正确的科学方法更是必不可少的。

英国著名的科学方法论专家泰勒（ E.L. Taylor）指出：“具有丰富知识和经验的人，比只有一种知识和经验的人更容易产生新的联想和独到的见解。”我国著名数学家华罗庚在回顾自己的成才经验时说：“我们每个人手中都有一把自学成材的钥匙，这就是：理想、勤奋、毅力、虚心和科学方法。” 他把“勤奋”和“科学方法”等同时列为成材六要素，极有参考价值。

四、案例分析

本节将采用科学史上三个著名的案例来阐明上一节中提出的观点。

 4.1 案例1：伽利略的自由落体研究

近代科学方法奠基人伽利略在力学和天文学研究中以实验、观察方法为中心，综合运用逻辑方法、观察方法、抽象方法、数学方法等基本方法，为近代力学和物理学开了先河。下面以他的自由落体研究为例，具体分析他所运用的各种方法。

先讲述一下研究背景。两千多年前，亚里士多德（384~322，BC）对自由落体运动规律提出了一种错误观点：落体以匀速下落，速度与落体的重量成正比。说来奇怪，这种错误观点居然统治了学术界一千多年，直到意大利科学家伽利略（Galileo Galilei，1564-1642）提出了认真的挑战。经整理、分析史料，伽利略为了推翻亚里士多德的错误观点，采取了如下六个步骤：

**步骤一**：伽利略首先采用逻辑方法，设计了一个“思想实验”：用短绳系住重量不同的大小石块，使之自由下落，按亚里士多德观点立即导得矛盾；

**步骤二**：伽利略利用当时有人采用观察方法在1589年进行了的比萨斜塔落体试验结果，了解到10磅的球与1磅的球同时落地；

**步骤三**：因比萨斜塔仅56米，落体落地过程太快，不易看清细节，特别是以当时的条件无法精确测定下落时间。伽利略进一步采用实验方法，设计了一个“冲淡引力”的斜面滑落实验。让一个光滑小球在斜置光滑槽内滚下，槽斜置后，作用在球上的重力分力小于铅垂方向的重力。实验发现，大小球滚动速度相同，而且跟斜面与水平方向的夹角无关。

**步骤四**：接着，伽利略做了单摆实验，发现只要摆长相同，摆动速度与摆重无关，从另一个角度佐证对上述结果提供了佐证；

**步骤五**：伽利略运用数学方法，确定了下落高度与加速度、时间的依赖关系。从而彻底否定了亚里士多德的错误观点；

**步骤六**：伽利略进一步运用实验方法，设计了双斜面滚球实验，并再次用抽象方法，发现了惯性原理（牛顿第一定律）。

**结果分析**：由这个案例可见，只有在正确的科学方法论指导下，运用有效的科学方法步步为营稳扎稳打，才有可能做出重大发现

**4.2 案例2：发现氧气的曲折过程**

       根据科学史记载，人类于1777年发现了氧气，发现者是法国化学家拉瓦锡（A.L.Lavoisier，1743~1794）。然而，由于一些科学家因循守旧而且没有采用正确的方法，人类发现氧气的历史被整整推迟了一百年。

让我们简要地回顾发现氧气的曲折过程。

**波义耳误入歧途，观念失当：**1673年英国化学家波义耳进行了金属煅烧实验，发现铜铁锡铅煅烧后增重，在密闭容器中煅烧也是如此。他得到错误结论：煅烧时容器外的“火微粒”穿壁而入，与金属块结合，使之增重。他的致命失误——没有去称容器的总重量（它保持不变），金属煅烧增重来自容器内的氧气。“火微粒”演变成“燃素”，产生“燃素说”，这种错误学说统治了全球化学界100年。

**舍勒墨守成规，功亏一篑：**1771年瑞典化学家舍勒做了封闭容器里磷的燃烧实验，发现磷燃烧后变成了磷酸酐，容器里空气的体积减少了1/5，剩下的4/5气体不能再使物质燃烧。若把波义耳的金属增重与舍勒的气体减重结合，就能揭示燃烧秘密，新气体（氧气）就脱颖而出了，可惜舍勒头脑僵化，坚信燃素说，犯了类似的错误，没有去称磷酸酐的重量（恰好增加容器中的1/5气体的重量），从而功亏一篑。

**普里斯特利食古不化，失之交臂：**1774年8月1日，英国化学家普里斯特利做了氧化汞加热分解实验，人类第一次人工制备了氧气，它能助燃。普里斯特利实际上发现了新元素——氧，而他对此却浑然不觉。原来他是燃素说的忠实信徒，对燃素说膜拜到顽固不化的程度，他用燃素说解释他的实验，空气中燃素含量不同，就表现岀不同的形式。氧化汞分解所释放的是“无燃素气体”，对燃素很贪婪，所以最易燃烧。因此，头脑僵化使得普里斯特利与氧气的发现擦肩而过。正如恩格斯所说：“从歪曲的、片面的、错误的前提出发，循着错误的、弯曲的、不可靠的途径进行探索，往往当正确的东西碰到他的鼻尖上的时候，他（普里斯特利）还是没有得到正确的东西。”（《自然辩证法》，人民出版社，106页）。

**拉瓦锡冲破桎梏，修成正果：**1774年10月普里斯特利到巴黎访问拉瓦锡，无私地传授了他做的实验技术，从那时起到1775年9月，刚过而立之年的拉瓦锡重复了波义耳、舍勒和普里斯特利的实验，分别同时称了金属、磷酸酐和容器的重量；并使普里斯特利的实验中的汞与氧化合重新变成氧化汞。拉瓦锡一向怀疑燃素说，在掌握了足够的证据后，勇敢地创造了新学说——氧化说，断定燃烧中参与金属化合的或氧化汞分解时产生的是一种新的气体元素，1777年拉瓦锡将这种气体命名为oxygen（中译名：氧），并向巴黎科学院提出出版题为《燃烧通论》的报告，正式宣告氧的诞生和燃素说的寿终正寝。

**结论：**尽管拉瓦锡的实验技巧并不比波义耳、舍勒、普里斯特利等人高明，工作也不比他们更勤奋，但是他创新意识超群，思维活跃，善于用正确的理论来指导、概括、分析实验结果，不为错误理论所惑，从不把自己桎梏于传统的藩篱中，所以才有为后人所铭记的创造；而另外三位则或者建立谬论或者迷信错误理论，头脑僵化，固步自封，结果是“为他人做嫁衣裳”。从科学方法论的角度看来，实在是很好的一课。耐人寻味的是：普里斯特利至死都抱住燃素说不放，1801年，即他辞世的前一年，他还出版了《论燃素说的成就并驳水是化合物》，坚持为燃素说辩护，深信水是一种元素，这时，拉瓦锡创立氧化学说已过去了四分之一个世纪。可见这位化学家头脑僵化到何种程度！

**4.3 案例3：孤立波的发现与确认**

最后，举一个流体力学方面的例子，讲一讲发现孤立波的历史。

孤立波的发现者是苏格兰爱丁堡大学数学教授拉塞尔（J.S. Russell，1808~1882）。他一向对造船感兴趣，精于实验观测和船舶设计。

**拉塞尔骑马追赶大水团**1834年8月的一天，拉塞尔为了考察船舶在运动中所受到的阻力，在学校附近的联合运河中，用两匹马牵引船舶进行全尺寸的观察和实验。在一次试验中，由于两匹马骤然停步，船只停了下来，他猛然发现，船头的水面上有一个孤立水团滚滚向前，他立即骑着马追踪观察，孤立的水波在浅水的窄河道中持续前进，保持着自己的形状和波速，直到河道拐弯时为止。这一奇妙现象的发现，就是**孤立波**研究的缘起。

**拉塞尔在实验室里“复制”孤立波**此后拉塞尔在实验室里反复做了10年实验研究，在长20英尺、宽1英尺的水槽里再现了孤立波，并发现它在传播中不变形，传播速度与波高有关。1844年，他向英国皇家学会报告了此结果，引发轩然大波。

**艾里、斯托克斯等大权威不相信孤立波**  皇家天文学家艾里、皇家学会书记斯托克斯墨守成规不相信会出现孤立波；前者拘泥于非线性；后者忽视了浅水特征。不正确的观念和数学描述堵塞思路。

**布辛涅斯克挺身支持拉塞尔**法国科学家布辛涅斯克用非线性效应与色散效应相平衡的理念，建立新的浅水波模型，导出著名的布辛涅斯克方程，其中一组解用来证实拉塞尔的实验观察结果。此说得到英国科学家瑞利的支持。

**博士生德·弗利斯一锤定音**荷兰的研究生在1894年写成的博士论文中，导出了Korteweg-de Vries方程（KdV方程），证实拉塞尔发现的孤立波正是此方程的解——KdV孤立波，验证了波速与波高、波宽的关系。

**林家翘和Clark为这场百年争论划上圆满句号**  他们引进波陡参数与色散参数之比，发现比值近于1时，非线性效应与色散效应平衡，这是孤立波的“催生剂”。

**孤立波发现和确认过程带来的启示**至少有如下几点：

——要善于运用观察方法，并关注偶然发现的反常现象；

——对发现的新现象要利用实验方法进行反复验证；

——要有重大发现必须打破迷信，解放思想；

——在利用数学方法建模时必须抓住主要因素，进行细致分析。

**五、结束语**

通过以上分析，我们可形成如下认识：

**要创造性地开展科研活动，掌握先进的科学方法是必不可少的一环；**

**学习科学方法论，应该重视实际应用，并在实践中创造和运用科学方法；**

**精通科学方法论，就能在人生道路上无往而不胜。**

**参考书籍：**

1. 贝弗利奇, WIB，科学研究的艺术，陈捷译，科学出版社，1979；（有电子版）。
2. 贝弗利奇, WIB，发现的种子，科学出版社，金吾伦、李亚东译，科学出版社，1987；（有电子版）。
3. 王梓坤，科学发现纵横谈，北京师范大学出版社，1993。
4. 彭加勒，科学与方法，李醒民译，商务印书馆，2008。
5. 徐利治，数学方法论选讲（第三版），华中理工大学出版社，2000。
6. 李建珊等, 科学方法概览,  科学出版社，2002。
7. 胡志强、肖显静, 科学理性方法, 科学出版社，2002。
8. 刘仲林，科学臻美方法，科学出版社，2002。
9. 周立伟，科学研究的途径，北京理工大学出版社，2007。
10. 张伟刚，科研方法论，天津大学出版社，2006。
11. 杨建军，科学研究方法概论，国防工业出版社，2006。
12. 林德宏、张相抡（编著）创造的动力丛书：第一卷，科学思想卷；第二卷，科学方法卷；第三卷，科学精神卷，安徽教育出版社，2000。

**附记**从2005年开始，笔者到全国各地的高校和研究机构讲授科学方法论，陆续形成了一些讲稿。今年2~4月，应香港城市大学科学和工程学院的邀请，到那里访问，在完成东道主要求我做的事情的同时，给研究生开设了题为“科研方略十八讲”的系列讲座，借机整理了逐年形成的材料，现正进一步将其修改定稿。本文为其中的第一部分的提纲性内容，在博客中发布的目的是希望得到博友们的指正，敬请不吝指教。由于学识和水平有限，文章中的失当之处在所难免，笔者将随时吸纳博友们的意见，逐步作出修改。原拟的副标题中的“科学方法论”不甚确切，统一改成“科研方法”，以保持文-题一致。

初稿：2013年2月26日于香港

二稿：2013年6月18日于上海

三稿：2013年8月16日于上海

# 学习漫谈（93）：夯实基础 厚积薄发——谈科研方法-2.学习篇-上

已有 3028 次阅读 2013-7-30 08:55 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:学习漫谈 科研方法 学习方法

**楔子**

本文开始讲述科研工作的准备，分别述及“学习”、“选题”、“调研”和“立项”这四个环节。首先简述贯穿于科学探索始终的关键环节——学习，要点如下：

  学海无涯勤为径，梅花香自苦寒来；

  终身学习不停顿，夯实基础方成材；

  为有源头活水来，带着问题涉书海；

  广闻博览穷道理，厚积薄发攒能耐；

  寻根问底探究竟，独立思考放异彩；

  设计人生须趁早，建功立业展雄才。

文章较长，为了便于阅读和修改，这里分成上、下两部分同时发布，敬请朋友们指正。

**大纲**

一、   引言

二、   认真学习  志存高远

三、   勤奋学习  争分夺秒

四、   热爱学习  痴迷专注

五、   终身学习  学以致用

六、   灵活学习  融会贯通

七、   深入学习  寻根问底

八、   广泛学习  一专多能

九、   懂得学习  巧用方法

十、   设计学习  周密筹划

十一、   结束语

**一、引言**

大致说来，科研工作有如下六大环节：

      学习——选题——调研——立项——运作——总结

   前四个环节是科研的准备阶段必须做的事情，而“学习”则是贯穿始终的基本环节。笔者认为，要成为合格的科学工作者，必须终身学习。

关于学习，如下几个问题值得深入思考：

我们为什么要终身学习？

我们应该以怎样的态度对待学习？

我们应该用怎样的方法学习？

我们应该有怎样的学问底线？

这些问题，不仅科研工作者要想清楚，任何想要有所作为的人都应该搞明白。

概括地说，作为科研的基本环节，我们在学习方面应该做到：

1. 夯实基础，厚积薄发；
2. 终身学习，学以致用；
3. 带着问题，追求学问；
4. 不取亦取，虽师勿师。

第一点与学习的目的有关。科学研究是对未知的探索，需要坚实宽广的基础知识和系统深入的专门知识。英国著名的科学方法论专家贝弗里奇说：“**所谓在科学上成年人思维上的发展，只能到达青年时期打的基础所能到达的高度的说法，确实有一定的道理。**”任何人在科学探索中要取得成绩、成果或成就，取决于一个关键因素：知识基础的扎实程度。我们的古人有一副劝勉联：“书到用时方恨少，事非经过不知难”，说的也是这个道理。只有平时勤学好问，待真正要用到知识时，才不会手忙脚乱、不知所措。

后三点涉及学习的态度和方法，我们下面要展开来讲，只是先说明一下：第四点取自清代才子袁枚的《随园诗话》，说的是：既要拜前人为师，努力向他们学习本事，又不要处处效法前人、亦步亦趋，学习中要培养和发扬创造精神（详见链接中的[21]）。

掌握正确的学习方法极其重要。最不可取的是如下几种做法，亦即“学习五忌”：

   1）通盘接受，食古不化；

   2）死记硬背，头脑僵化；

   3）贪多求全，难以消化；

   4）时停时续，漫无计划；

5）追求细节，漠视方法。

**二、认真学习 志存高远**

前辈古人主张：**立身先立学，立学先立志**（参看链接中的[1.2]）。

   宋代著名理学家朱熹说：“立身以立学为先，立学以读书为本。”他强调指出：“**百学须先立志。**立志不坚，终不济事。” “书不记，熟读可记；义不精，细思可精。惟有志不立，直是无着力处。”也就是说，只有树立宏大的志向，才有可能“立学”：真正掌握知识，学到东西。我们这一代人在年轻时常有人给我们讲立志的大道理，现在讲立志的频度低了（近来在逐渐变高），但是我们仍要时刻想到：为了实现大目标而学习。现如今，我们中国人的大目标是实现“中国梦”，如果我们时刻想到为实现中华民族的伟大复兴尽绵薄之力，学习就会有无限动力，就会真正懂得：“书山有路勤为径，学海无涯苦作舟。”（韩愈语）；就会真正明白：“问渠那得清如许，为有源头活水来。”（朱熹语）；就会像苏东坡那样“发奋识遍天下字，立志读尽人间书。”人生苦短，“读尽人间书”是不可能的，但是要像海绵吸水那样吸收知识，并努力用于实践，包括科学探索。

**三、勤奋学习 争分夺秒**

宋代大文学家韩愈在《进学解》中说：“业精于勤荒于嬉，行成于思毁于随。”理学家朱熹也力主“**立学勤为先**”，他说：“读书之法无它，惟是笃志虚心，反复详玩，为有功耳。”还说：“少年易老学难成，一寸光阴不可轻。” “勿谓今日不学而有来日，勿谓今年不学而有来年。日月逝矣，岁不我延。”

   科学家、教育家钱伟长曾一再强调：“无论谁，也无论有什么样的条件，要想学得好，要想搞出成就，最先和最后必不可少的都是勤奋。这就是说，始终都必须不辞劳苦、勤奋努力，都必须有孜孜不倦、锲而不舍的顽强精神和踏踏实实的学习态度。”正因为他懂得这一点，在他漫长的人生里，无论身处顺境或是逆境，从未中断过学习，并不断创造出优秀业绩。

学问是靠时间堆砌起来的，许多大学问家的成功经历都证明了此点。我的导师郭永怀曾说：“要有知识积累，才能无往而不胜。”他的这句话一直激励着我前进。

**四、热爱学习 痴迷专注**

我非常欣赏爱因斯坦的名言：“**热爱是最好的老师。**”学习是一个艰苦的历程，要系统深入地掌握知识并非易事，只有热爱学习，才有可能不断有所长进，正如孔子所说：“知之者不如好之者，好之者不如乐之者。”我很喜欢这一说法，在所开设的两个博客中，都以此为卷首语。我把其中的三个关键词：“知之”、“好之”和“乐之”理解为“追求知识”、“喜欢追求知识”和“乐于追求知识”（或“从追求知识中寻求乐趣”）。孔子还说过：“我非生而知之者，好古，敏以求之者也。”可见孔子反对“天才论”，强调要热爱学问，敏于追求知识。作为一位教育家，他一生阅人无数，平时绝少夸奖学生后辈，而对热爱学习的学生颜回却称赞有加：“有颜回者好学，不迁怒，不贰过。 ……贤者，回也！一箪食，一瓢饮，在陋巷，人不堪其忧，回也不改其乐。”孔子特别推崇那种在艰苦环境中孜孜以求地快乐地学习的人。

我还特别欣赏曾国藩在学习和教育方面的一些言论和实践。他幼时的志愿是想成为一个学问家，然而时势把他推上仕途，到了晚年他还对自己未能如愿成为学问家而抱憾，只能把希望寄托于下一代，他在给儿子的家书中写道：“不可又想读书，又想中举，又想作州县，纷纷扰扰，千头万绪，将来又蹈我之覆辙，百无一成，悔之晚矣。”也就是说，年轻时就应该痴迷专注地学习，不要心猿意马，东一榔头，西一棒子，到头来“百无一成”。他还告诫两个儿子：“若夫经史而外，诸子百家，汗牛充栋。或欲阅之，但当读一人之专集，不当东翻西阅。如读昌黎集，则目之所见，耳之所闻，无非昌黎。 ……此一集未完，断断不换他集，亦‘专’字诀也。” “穷经必专一经，不可泛鹜。”他所倡导的“专”字诀对每个学人都非常有用。（见链接中的[4]）。

我读过不少大学问家的传记，他们的共同点是一辈子用心学习，并以此为乐。数学家苏步青说：“当我埋头在数学公式里的时候，我感觉是最幸福的时刻。”他年轻时就把数学教科书上的上万道习题一一做完，连在刷牙时还在算题目。“两弹一星”元勋、物理学家王淦昌说：“学习是一种享受，学无止境。”在他九十一年的人生长途中从未停止过学习，曾为我国的氢弹研制立下了汗马功劳。

我们听到过许多科学家废寝忘餐、痴迷专注地做学问的故事。例如，牛顿与“鸡骨头”的故事，伦琴一个月足不出户发现X射线的故事，乃至陈景润“撞树”的故事等等。这里讲一个青年钱伟长与青年华罗庚比早起的故事。且说钱伟长1931年进清华时，恰逢“九一八”事变爆发，他愤而弃文学理，想进物理系，由于理工科基础太差，起初遭拒，经过软磨硬缠，系主任吴有训批准他到物理系试读一年。此后，他每天起早贪黑地苦读。学生宿舍夜里十一点钟熄灯，他就每天三四点钟起床，在校园的路灯下读书。他自以为自己是清华的“第一用功生”，但很快就发现：清华园里有人比他起得更早，此人就是清华数学系新来的文员（相当于现时的教学秘书）华罗庚！从此他们之间有了默契的“起早”竞赛。自学成才的华罗庚说过：“人家受的教育比我多，我必须用加倍的时间以补救我的缺失，所以人家每天工作八小时，我要工作十二个小时以上才觉得心安。”我们后辈叹服华罗庚、钱伟长等人的渊博学问和卓越成就，殊不知：这是他们超乎寻常的勤奋学习的结果！

让我们记住巴甫洛夫对当年的苏联青年科学工作者所说的话：“记住：科学是要求人们为它贡献毕生的。就是有两次生命也不够用。在你的工作和探索中一定要有巨大的热情。”

**五、终身学习 学以致用**

学无止境。学习是一辈子的事情。因此，很多学术前辈强调终身学习。例如，钱伟长先生说过：“现在有一种说法，叫终身教育，我不大赞成这个口号，我主张终身学习。终身学习就是终身实践，终身思考。现在是知识爆炸的年代，知识以几何级数增长着。拿我来说，我一辈子都在学，我的许多知识都是离开大学以后学的。……我不主张天才教育、神童教育。人的才能主要是艰苦奋发学习得来的，是后天获得的。”他还说：“我提倡终身自学，不断完善自己的知识结构。有创新精神的人一定有很强的自学能力，善于思考，自己获取知识。”“我主张艰苦奋发学习，而且这种学习是要有实践的学习，有思考的学习。”钱伟长先生把道理讲得很透彻，与“终身教育”相比，他偏爱“终身学习”的提法，他认为，对于每个人来说，“受教育”是被动的，而“学习”是主动的，而且必须进行一种有思考的自主学习。。

著名数学家苏步青告诫有志青少年：“为学应尽毕生力，攀高贵在少年时。”也就是说，每个人应该从青少年时代起就养成终身学习的习惯。

曾国藩写道：“学问之道无穷，而总以有恒为主。”“盖士人读书，第一要**有志**，第二要**有识**，第三要**有恒**。有志则不甘为下流；有识则知学问无尽，不敢一得自足，……；有恒则断无不成之事。此三者缺一不可。”他总结的“有志，有识，有恒”做学问三要点言简意赅，其中“有识”所强调的就是有终身学习的见识。

做学问必须细水长流。两千多年前荀况在《劝学篇》中写道：“不积跬步，无以至千里；不积小流，无以成江海。”这里的“跬（kuǐ）”指的是一举足的距离。也就是说，追求学问之路必须一步一步地走；每个人的“知识库”如同江河，由涓涓细流汇聚而成。

记得六年前笔者到长沙参加一个学术会议时，曾访问毛泽东的母校湖南第一师范学校，参观了他上过课的教室。据说，教室按几十年前的原样布置，墙上挂着他当年喜欢的治学格言。我坐在他曾坐过的座位上，环顾四周，左边墙上的格言映入眼帘：“为学正如撑上水船，一篙不可放缓。”这是朱子的话。这句话说得太好了！有过在小木船上逆水行舟经历的人都知道，无动力无桨的木船，就靠着船夫一篙一篙地“点篙”前行。做学问犹如这种“点篙”行舟，必须“一篙也不放缓”，才有可能攻坚克难，迎逆流而上，这一比喻非常形象。

那次长沙之行中，我还在长沙工作的学生陪同下参观了我国古时有名学府岳麓书院（曾有博文谈及）。在书院的大讲堂里，陈列着历代名人的训诫，其中有三百年前岳麓书院的一位著名院长王文清制定的“岳麓书院学规”，共有18条，前九条涉及修身，后九条是关于立学的，现录下后九条：

              “…………       不可闲谈废时

日讲经书三起    日看纲目数页

通晓时务物理    参读古文诗赋

读书必须过笔    会课按时蚤完

 夜读仍戒晏起    疑误定要力争”

尽管那时学习内容与现在不同，但岳麓书院所提倡的学习精神至今仍适用，我曾撰文剖析（见链接中的[3]）。

学习的目的是应用。所以，自古以来的学问家无不强调学以致用，古人常有“格物致知力行”之说，曾国藩对此作了很好的诠释：“每日所看之书，句句皆物也；切己体察，穷究其理即格物也。此致知之事也。所谓诚意者，即其所知而力行之，是不欺也。知一句便行一句，此力行之事也。此二者并进，下学在此，上达也在此。”而现代教育家钱伟长的诠释则更为生动：“我做工作一切从实际出发；有需要，我就干；有不懂的，我就学；边干边学，摸着石头过河，只要对岸有果子要摘，再宽的河也要过。我敢于过河，不怕摔跟头，不怕呛水。”“我们应该是解决实际问题的优秀的‘屠夫’，而不是制刀的‘刀匠’，更不是一辈子欣赏自己制造的刀多么锋利而不去解决实际问题的刀匠。”关于“屠夫”和“刀匠”之说来自他的博士导师JL Synge，是他一生做学问的一个座右铭。

春蚕到死丝方尽。很多前辈科学家是终身学习的楷模。例如，数学家华罗庚年过古稀还在孜孜不倦地钻研学问，他75岁那年应邀到日本讲学，亲自制作讲稿的transparency，做了近一个小时的精彩演讲，最后不幸倒在讲堂里；另一位大数学家陈省身93岁逝世前，还写出了微分几何方面的高水平论文；力学家钱伟长最后一次申请国家自然科学基金项目是在他85岁那年，涉及的内容是板壳理论的非克契霍夫假设问题，是该领域的一大难题；获得国家科技大奖的袁隆平，以耄耋之年，仍在为优化杂交水稻品种而忙碌着……。这样的例子不胜枚举，这些前辈是我们永远的学习的榜样。

**六、灵活学习 融会贯通**

诚如钱伟长所强调的，我们处于“知识爆炸”的时代，需要学的内容的庞杂和可资利用的时间资源的有限构成一对永远的矛盾，因此就有必要提高学习的效率，其中，灵活地融会贯通地学习是一个关键。钱伟长说过：“在学习上懂得了‘勤奋’，做到了‘努力’，也还必须得法。这个法很简单，就是要‘弄通’，要‘理解’，切不要死记硬背。死记硬背的东西是没有用的，也是不可能记得牢的。”

为此，首先要做到带着问题学，有针对性地选择学习内容；其次，要以批判的眼光来学习。英国著名哲学家弗朗西斯·培根说过：“不要尽信书上所言。……而要推敲细思。”理学家朱熹说过：“读书，始读，未知有疑；其次，则渐渐有疑；中则节节是疑。过了这一番，疑渐渐释，以至**融会贯通**，都无所疑，方始是学。”这两段话有异曲同工之妙。应该知道，书上所写的内容都是迄今为止所了解的相对真理，加上囿于作者的学识和水平，所讲的不可能句句都对，尤其是一些专著和文献中，经常带有探索性的内容，必须对之反复“拷问”，辨识其正确与否，而对于正确的内容，必须从深层次加以理解，只有经过融会贯通的深度思考，才有可能真正掌握所涉及的内容，而且可以举一反三，触类旁通。

另外，必须不断提高自学能力。钱伟长先生曾对研究生说：“自学要有本事，第一是会找资料，你需要的资料。第二是自己会读这些资料，能很快从这些资料中找到最核心最有用的东西，能整理得有条有理，跟原来学的东西挂上钩。第三是要有眼光，能够看到进一步发展的景象。有了这三个能力，你就永远不会落伍，一直到退休为止。”

怎样从如汗牛充栋的书林中尽快吸取最迫切需要掌握的部分？一个关键点是学会略读与精读相结合。钱伟长这样教导研究生：“论文要常常看，而且要会看，因为论文涉及第一线问题，有的部分你看不懂，因为你没有学过这一方面的东西，怎么办？跳过去。大的东西理解了，小的东西自然会解决，你走路用不着等路上的小石头都捡完了再走，不需要的，跳过去，绕过去，爬过去就行了。总的你要掌握，不要一字一句都去抠，你没有那么多时间。念论文注意那么几条：要节省时间，抓它最重要的东西，抓这篇论文的特色；文中提出什么新观点，这你非要理解不可；用了什么新方法，老方法你不用看；得到了什么结论，好的文章会讲还遗留了什么问题，也应注意。”这里，钱伟长先生生动地叙述了略读的方法。著名的科学方法论专家贝弗里奇也曾说过：“在无需细读的时候，学会略读的技巧是很有帮助的。正确的略读可使人用很少的时间接触大量的文献，并挑选出特别有意义的部分。”遵循这一思路，我要求我的硕士生和博士生在完成各自的学位论文是要分别阅读50-100篇和100-150篇文献，其中特别要仰仗于略读。

钱伟长先生在谈他的学习心得时这么说：“搞科学技术要弄通（有关知识），不要熟读。……当你不通时是焦头烂额，一弄通，你就会非常愉快。从弄通事情里得到的愉快，是没有人能够想象的，比给你做个大官还舒服，我就是一天到晚在自我欣赏里过日子。我在不断地弄通我过去不懂的东西，弄通了，就变成我自己的了。……应该先弄懂全局，在全局中再挖掘细节，次要的细节就不要去管它。”他的确讲得很有道理，我从中悟出了他永葆学术青春和健康长寿的秘诀。

**七、 广泛学习 一专多能**

贝弗里奇指出：“成功的科学家往往是兴趣广泛的人。他们的独创精神可能来自他们的博学。……多样化会使人观点新鲜，而过于长时间钻研一个狭窄的领域则易使人愚钝。因此，阅读不应局限于长在研究的问题，也不应局限于自己的学科领域，实在说甚至不应拘于科学本身。”他还特别指出：“使用移植法有可能促进科学的发展，也许这就是为什么研究人员对自己的狭窄的研究范围之外至少是重大的发展要有所了解的原因。”

钱伟长先生这样告诫理工类的大学生：“学生的主要任务是学习。除了学习自然科学和技术知识以外，还要学点文史知识，学点经济知识，学点管理知识，也要参加生产劳动和社会实践。”他经常要求他的学生像司马迁那样，“行万里路，读万卷书。”正因为他有深厚的国学根底，因此，1980年代访问福建的马尾军港时，采用他在古书中读到的“束水攻沙”之策，轻松地解决了军港的淤塞问题，一时传为美谈（参看链接中的[28]）.

   我们的老祖宗也深谙上述道理。曾国藩要求他的兄弟、儿子学习前人的广闻博览和精雕细刻相结合的学习方法，他说：“子思、朱子言为学譬如熬肉，先用急火攻，然后用漫火温。”这里提到的子思是孔子的得意门生，朱子是理学家朱熹；所谓为学的熬肉法，指的是先博览群书，掌握大量基本知识，这就是“急火攻”；而后对专门问题用特殊方法细致地处理，这就是“漫火温”。把治学过程比作熬肉，不是很有意思么！

**八、 深入学习 寻根问底**

学习中的一种“常见病”是浅尝辄止、不求甚解。孔子告诫他的弟子们：“学而不思则罔，思而不学则殆。”也就是说，学习时要做深度思考，刨根问底。

曾国藩以自己读《昭明文选》为实例，向他的两个儿子阐释了上述观点：“《文选》前数本系汉人之赋，极难领会，后半则易看矣。余所见友朋中，无能知汉赋之意味者。尔不能记忆，亦由于不知其意味。此刻不必求记，将来若能识得意味，自可渐记一二。余向来记性极坏，近老年反略好些，由于识得意味也。 ……心常用则活，不用则窒；常用则细，不用则粗。”其中所谓“识得意味”指的是真正理解所读的书的内涵。我们的老祖宗以“心”为思考的器官，曾国藩说：“心常用则活，不用则窒；常用则细，不用则粗。”说得真好！

我在读四书五经时发现，《大学》和《中庸》是关于教育和方法论的好书，在《大学》的第五章中有这样一段话：“所谓致知在格物者，言欲致吾之知，在即物而穷其理也。盖人心之灵莫不有知，而天下之物莫不有理，惟于理有未穷，故其知有不尽也。是以大学始教，必使学者即凡天下之物，莫不因其已知之理而益穷之，以求至乎其极。至于用力之久，而一旦豁然贯通焉则众物之表里精细无不到，而吾心之全体大用无不明矣。此谓格物，此谓知之至也。”讲的就是：学习任何知识必须穷其理而至乎其极，才能真正地格物致知。在《中庸》的第二十章中指出，应该“博学之，审问之，慎思之，明辨之，笃行之。”，明确指出了追求和运用知识的五大要点。复旦大学的校训就是据此演绎的。（待续）

# 学习漫谈（93）：夯实基础 厚积薄发——谈科研方法-2.学习篇-下 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 7214 次阅读 2013-7-30 09:00 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:学习漫谈 科研方法 学习方法

**九、懂得学习 巧用方法**

要提高学习效率，必须掌握正确的学习方法，正如爱因斯坦所说：“方法比知识更重要”。不存在万能的普适的学习方法，每个人应通过自己的实践，摸索适合于自己的方法。下面讲述自己经长期摸索领悟到的十个要点，供朋友们参考。

**1、学会略读与精读**

在第六节中讲到了略读与精读。概言之，略读，指的是抛弃细枝末节的快速阅读；而精读指的是推敲主要细节的细致阅读（详见链接中的[8，9]）。前不久我读到一篇短文，谈及一个观点：“‘七岁看到老’，看什么？就看幼时有没有培养好快速阅读的本事”，我对此颇有共鸣。培养快速阅读本事的机会无所不在。例如，大家经常读报、上网，就可以有意识地锻炼快速阅读的能力。（见链接中的[8]）。

关于熟读、精读，前辈学者有很多教诲。朱熹一再强调：“熟读之法，在循序而渐进，熟读而精思。”他还说：“看文字须大段精彩看，耸起精神，竖起筋骨，不要困，如有刀剑在后一般。就一段中须要透；击其首则尾应，击其尾则首应，方始是。不可按册子便在，掩了册子便忘。”这里，他就指出，必须通过熟读精思，记住一些忘不掉的东西，特别是最基本的知识。（参看链接中的[9，22]）。

**2、学会过笔与笔记**

岳麓书院学规第十五条规定：“读书必须过笔”，也就是说，读书时应该勤记笔记，古人过笔的方法有四：圈点；眉批；加注；评述。“圈点”相当于现时读书时的划线或加点，在电脑里读书作文除了加下划线以外，还常用加粗、变色等手法；“眉批”的手法很常用，例如，《石头记》的脂砚斋眉批就十分有名，为后世研究《红楼梦》提供了宝贵资料；金圣叹编辑“第五才子书”多用夹加注记的办法，笔者幼时读“第五才子书”《水浒》、《三国》，常常赞叹金圣叹的妙语连珠的夹注；太史公的《史记》中的大段评述是其一大特色；清代袁枚的《随园诗话》实际上是一本读书笔记。古人的这些记笔记的方法值得借鉴。

今人记笔记除了沿用古人的办法以外，还广泛采用在卡片上做摘要的方法。笔者开始做科学研究的头二十年，非常得益于这种卡片摘要法。时下，随着电脑的普遍使用，在理工科学人中做卡片摘要者越来越少，但我发现，文科研究者仍乐此不疲，因此曾经呼吁把这类传统的“手工活”捡起来，这种手法对于广泛搜集整理资料极有益处（见链接中的[20]）。

学习过程中，记课堂笔记是很有技巧的一环。要不要记课堂笔记？怎样记课堂笔记？是见仁见智的事情。我特别推崇“林家翘记笔记法”，曾在不同场合提及（例如，参看链接中的[25]）；其要点是：上课记要点；下课“过电影”（回忆上课内容）；默写上课内容；每周每月整理（两遍），把所学知识集约化。这种做法值得仿效。

**3、学会质疑与争辩**

学习过程中的创造精神极其重要，要像培根指出的那样，不要尽信书上所言，要有怀疑精神。岳麓书院学规的最后一条是“疑误定要力争”，讲得极有道理。

值得注意的是：“拷问”、质疑的应该是大问题，而不是鸡毛蒜皮。特别是在阅读文献时，要抓住其中的要害问题，详察：立论？假设？架构？步骤？逻辑？验证？结论？记得自己刚开始科学研究时，往往纠缠于作者的数学推导是否正确，走过一段弯路。只有在要害问题上穷追猛打，直到辩明为止，才有可能取得较好的学习和探索的效果。

**4、学会联想与移植**

在学习时切忌单科突进，不进行联想。贝弗里奇说过：“具有正确的研究观点的人养成这样的习惯，把书上所言同自己的知识经验加以比较，并寻找有意义的相似处。这种学习方法也是形成假说的一种法。”因此学习时要养成联想的习惯。联想已学过的知识，联想其它学科中的类似方法；学会移植搬用别的学科中的方法。笔者在讲授流体力学课程时，讲到旋涡诱生的流动的计算，其中在分析涡线生成的流动时遇到了“毕奥-沙瓦定律”，联想起电磁学中有同名的定律，而且数学形式相近。就问自己一个问题：哪个领域里先有这一定律？于是去查百科全书，发现毕奥是精通电磁学的物理学家，就相信，电磁学中先有这个定律，而流体力学中出现同名定律，只不过是因为两类问题有相近的数学描述，于是，在授课时强调了这种“移植”过程。

近几年来，我发现原先研究水波的同行纷纷转行搞金融数学，尤其在研究期权问题时颇有作为，一开始有点纳闷。于是，我设法了解期权问题的数学描述，特别是弄来赫赫有名的Black-Schules方程，很快发现，这种数学描述与水波动力学的数学描述如出一辙，微分方程的形式非常相似，只不过水波问题经常研究的是初值问题或边值问题，而期权问题中常遇见终值问题（亦即购买期货时预测到期时的最终定价），两者都属于自由边界问题，因此所用的数学工具很相近，移植方法可以大显功效。这也解决了我的一个疑问：我国著名的自由边界问题专家、应用数学家姜礼尚转行之后没多久就成了金融数学的专门家，原来事出有因！

**5、学会分类与整理**

在漫长的学习过程中，许多知识纷至沓来进入脑海。有些以课程形式学到的知识还比较有次序，更多的新知识是无序地进入头脑的，因此，在自己的头脑中对它们不断进行分类整理极为重要，因为经验告诉我们，有序状态的知识较易为头脑所接受和存储。

因此，必须随时随地付出条分缕析、整理归类的劳动。分类时，要抓住主线，抓住脉络，比较异同，可以以学科或方法对学到的知识进行分类，特别要留意知识水平呈螺旋线上升的进程。为此，不妨在自己的大脑里“开中药铺”，把学到的新知识随时装到“中药铺”的“小抽屉”里（参看链接中的[26]）。

另外，每个人的脑子里神经元个数大致相同，记忆容量有限。因此我还主张经常把头脑“存储器”局部地“格式化”，不断抛弃无用记忆，把存储空间留给最需要记忆的知识。

**6、学会记录与采撷**

每个爱学习的人经常感到时间不够用，因此要学会随时随地进行学习，其中的三个可行的做法是：经常记录自己的“思想火花”；善于发现别人的治学诀窍；随时采撷唾手可得的知识。

**7、学会求教与帮扶**

应该真切地认识到自己所掌握的知识永远只是沧海一粟，始终做到不耻下问，虚心求教。一方面，善于抓机会向智者学习大学问，例如听他们讲课、作报告；主动向他们请教，特别要在关键性的大问题上征询他们的意见；另一方面要常与同僚切磋，经常就各种问题与他们展开讨论；最好以各种方式与（近距离或远距离的）若干小同行“结成死党”，如组织沙龙或小型workshop等，定期或不定期地进行学术讨论。

另外应该充分认识到，帮助别人也是自己的学习机会，在以各种形式传授知识的过程中自己必有长进。

**8、学会合理分配学习时间**

每个人的时间总是常数，但总有比较清醒和比较糊涂的时段，要学会合理分配学习时间，我的经验是：

      大段时间做艰深的学问；

      零星时间学易懂的知识；

      清醒时分读晦涩难懂之正经书；

      糊涂时分看轻松好玩的“闲书”。

另外，不妨学习季羡林那样的大家，善于利用“边角料”时间。我在博客中介绍了著名生物学家柳比歇夫的时间统计法，若有足够的定力和坚韧性，这是提高时间利用率的行之有效的方法。（参看链接中的[27]）。

**9、学会讲课与讨论**

现今的科学研究越来越成为一种社会化行为，因此，学习和探索过程中要学会与别人的合作和交流。应该认识到如下几点：

——讲课是深入学习的好机会；

——表述是增进知识的好方法；

——答疑是巩固基础的好途径；

——讨论是解决疑惑的好形式。

有些科研工作者排斥教学工作，其实很不聪明。实际上，教学与科研是相辅相成、相互促进的。大家都有经验，要讲清楚某个知识环节，必须对之有透彻的了解，教学有利于提高掌握知识的深度和广度；而且教过的知识特别不容易忘记。有些青年教师走上大学的工作岗位后，主动争取把本领域的一些重要课程讲上一遍，实在是一种明智之举。

要提高自身的素质，尽快掌握口头表述（如讲演、答辩）和笔头表述（如写作论文）能力是非常必要的，林家翘先生把做好表述作为“科研五诀窍”的第二个，确实有道理。

**10、学会补缺和“连横”**

我们提倡终身学习，但每个阶段的学习重点应好好掌握，其中，极为重要的是：清醒地认识自己知识结构的缺陷，随时拾遗补缺。无论是理科背景的学人还是工科背景的学人，都有各自的知识缺陷，特别在面临较为困难的科研任务时表现得尤为明显；因此，要不断设法弥补所缺失的学问，努力学会从不同的视角看问题。理科背景的学人要实现知识结构上的“理工结合”，学会从工程实践的视角来考虑问题，而工科背景的学人则要实现“工理结合”，学会从分析机理的角度思考问题。也就是说，应实现知识上的横向联合，即“连横”。

**十、设计学习 周密计划**

我的人生经验告诉我，一个人要有所作为，及早设计自己的人生至关重要。本文不谈一般人生设计，只说说怎样设计自己的学习。

学习设计的要点是：

——清晰地认识自身的学习和工作环境，明白存在的有利条件和不利条件；

——清楚地把握自身近期和中长期所面临的学习或工作任务，搞清其中的机遇和挑战，特别是有可能难以应对的矛盾所在；

——清醒地了解自身目前的知识基础，认清自己的长处和短处，特别要分析自身的知识结构中的缺陷，亦即在完成面临的任务时的“软肋”所在；

——现实地制定自身的近期和中长期学习计划，特别是想清楚：要读哪些领域的书，读哪几本书。最好有五年计划，三年计划，乃至年计划、月计划，给自己制定分阶段的、明确的学习目标。

需要指出的是：自己的学习自己做主，师长和朋友们的意见仅供参考。（参看链接中的[5,6,7,14,16,17,18]）。

下面向理工科学人推介一些一般阅读的书目，并就数学学习给一个科目清单，仅供参考。（详见链接中的[7,16,17,18]）。

**一般阅读书目**

1）科学方法论书目：

 《自然辩证法》（恩格斯）；

 《关于教育和教学的思考》（钱伟长）；

 《科学研究的艺术》（贝弗利奇）；

 《科学发现纵横谈》（王梓坤）；

 《科学研究方法概论》（杨建军）；

 《科学方法概论》（李建珊等）；

 《科学理性方法》（胡志强等）；

   形式逻辑学

2）科学史书目：

     《科学史》（丹皮尔）；

     《数学史》（斯科特）；

     《物理学史》（卡约里）；

     《天文学简史》（伏古勒尔）；

     《力学史》（武际可）

3）人文科学书籍：

      四书五经：大学、中庸、论语、孟子；

                诗经、尚书、礼记、易经、春秋；

      唐诗、宋词；

      史记、资治通鉴；

      名人传记（科学家传记）；

      著名家书（如曾国藩家书、傅雷家书）

数学学习科目清单（理工科）

   数学分析，线性代数，解析几何，高等代数，常微分方程，数理方程，微分几何，概率论与数理统计，数值分 析，复分析；实分析，渐近分析，现代分析，近世几何，微分拓扑， ……

笔者认为，对理工科学人来说，数学是安身立命之本，掌握得越深入宽广越好。任何试图缩减数学学习课时的做法都是不可取的。

**十一、结束语**

上面就学习问题发表了一些个人浅见，不尽正确，仅供参考。概括地说，我的看法是：

——应该好学不倦，终身学习；

——应该有志、有识、有恒；

——应该不断探究有效的学习方法；

——应该主动地设计自己的学习。

我们正面临着一个充满机遇和挑战的时代，期待着成批涌现德识才学兼备的英才！

初稿：2013年2月28日于香港

二稿：2013年7月30日于上海

# 学习漫谈（94）：立足前沿 精心谋划——谈科研方法：3.选题篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 3913 次阅读 2013-8-1 05:29 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:科学方法论 科研方法 选题

**楔子**

本文讲述科研准备工作的第二个重要环节：选题。这是一个颇有关键性的复杂问题，不大可能在一篇短文里完全讲清楚，这里只能述及一些原则和要领，并提供一些案例。

**大纲**

一、   引言

二、   课题类型

三、   选题原则

四、   选题方式

五、   选题策略

六、   选题中的常见问题

七、   案例分析

八、   结束语

**一、引言**

如所周知，选题是科研工作的重要环节，千里之行始于足下，正确的选题将为科研工作提供良好的开端。这是科学活动的一种规律。

    科学探索始于问题，这是因为：

问题是认识活动的起点。人类要生存，就要从事生产活动，就会面临种种困难，遇到一系列百思不得其解的问题，这就导致认识活动的发端和延续。可以说，科学研究从本质上说来是问题驱动的。

问题导致理论的产生。人类在解决问题的过程中，随着认识的深入，创建了种种理论。例如，为了在农业生产中解决丈量土地问题，就逐步建立了几何学理论；为了解决人类起源问题，经过前赴后继的努力，诞生了进化论；等等。

问题推动科学的发展。随着一个又一个问题的解决，认识螺旋式上升，科学才逐步得到发展，一部部科学史证实了此点。

因此，成功的科学活动的第一要点是善于提出问题和抓住问题。爱因斯坦断言：“提出一个问题，往往比解决一个问题更重要，因为解决一个问题也许仅是一个数学上或实验上的技能而已，而提出新的问题、新的可能性，从新的角度去看旧的问题，却需要有创造性的想象力，而且标志着科学的真正进步。”著名的科学方法论专家波普尔说：“科学知识的增长永远始于问题，终于问题——愈来愈深化的问题，愈来愈能启发新问题的问题。”

科学家、教育家钱伟长在谈到博士生的培养目标时说：“我们培养的博士要带着满脑子的问题进入社会。”他认为，博士与本科毕业生的最大区别在于选题能力上的高低不同，合格的博士应该能独立地发现问题，解决问题，从而独立地担当种种任务；而这也是辨识戴过博士帽者是否“货真价实”的标尺之一。

按照著名的科学方法论专家贝弗里奇的意见，学习选题须趁早。他说： “在开始科学研究的时候，显然，首先要决定研究的题目。虽然在这方面有必要请教有经验的科学家，但是，**做研究工作的学生若是自己担负起选题的主要责任，那么，成功的可能则更大。**”他还说：“假如在学习的过程中不曾注意到知识的空白或不一致的地方，或是没有形成自己的想法，那么作为一个研究工作者是前途不大的。初学研究工作的人最好选择一个很有可能出成果的题目，而这个题目当然不要超出他的技术能力。成功是对教育部发展的有力推动，而不断受挫则可能起到相反的效果。”（参看[1]）

笔者还认为，及早地主动选题有利于学人的成长。在北京的时候老听到当地人说：“有钱难买‘愿意’”，做科学研究，若做自己主动选定的题目，“愿意”的成分一定更多，其中涉及科学探索的兴趣问题，所以，有必要减少选题的被动性。近年来，我们的基金委强调科学探索的“双力驱动”，亦即社会需要和研究者的兴趣的驱动，而且对后者越来越强调，这是一种很好的趋势。

人们会问：发现问题和提出问题的途径何在？根据科学的发展规律，主要途径是：

   1）由某个理论内部的逻辑矛盾而提出问题；

   2）由理论结构不符合简单性和普遍性的要求而提出问题；

   3）由现有理论与经验事实之间的矛盾而提出问题；

   4）由于对经验事实未作统一说明而提出问题；

   5）由理论的实际应用与现有技术条件的矛盾而提出问题；

   6）由不同理论体系之间的矛盾而提出问题。

相关的例子多得不胜枚举，有过学习和科研经历的人可以分别列举大量实例，这里不予赘述。

**二、课题类型**

可以选择的课题的形式多种多样，大致说来可有如下分类：

按研究内容可分成：

    基础研究

    应用基础研究

    产品开发研究

按研究方式可分成：

      理论性研究课题

      实验性研究课题

      综合性研究课题

按经费来源可分成：

      指令性课题

      指导性课题（纵向课题）

      委托型课题（横向课题）

      自选课题

下面对最后一种分类稍加阐释。

**指令性课题**

   指的是各级政府主管部门考虑全局或本地区公共事业中迫切需要解决的科研问题，通常要求限时按质完成。如“两弹一星”计划、航空航天计划、血吸虫防治计划、抗击“非典”计划等等。

**指导性课题**

在我国主要有如下几种：

1、国家自然科学基金课题；

   2、科技部专项计划. 包括973计划、863计划、火炬计划、星火计划、国家重点攻关计划等；

   3、政府管理部门科研基金课题. 指省市部委设置的专用研究基金，如教育部博士点专项基金、优秀青年教师基金、留学归国人员启动基金等；

   4、单位科研基金课题

5、国际协作课题。

随着我国国力的增强，科学研究的投入日益增多，这类指导性课题的增长率最高，在很大程度上影响了科研的发展。

**委托课题（横向课题）**

   来源于各级主管部门、各类厂矿企业、公司，涉及设备研制改造、科技攻关、技术创新、新产品开发等，以获得直接经济效益为主要目的，大多面向具体技术，周期较短，资助强度一般较大。

**自选课题**

   根据个人的专业特长、经验和喜好选定的课题，一般经费自筹。

**三、选题原则**

   按照什么样的原则来选题，这是一个见仁见智的问题，但总体来说，有如下八个原则：

**1、先进性原则**

要求所选的研究课题处于学科发展或科技发展的前沿，前人未做或未完成的研究工作。应优先选择那些关系到国计民生的亟待解决的重大的自然科学理论和技术研究问题。

**2、创新性原则**

要求探索科学技术问题中的新概念、新思路、新理论、新方法、新材料、新工艺，简言之，选题必须有原创性，研究工作必须有创新性。

**3、前瞻性原则**

要求既考虑眼前利益，又顾及科学技术发展的长远利益，不全以当前的用处大小来衡量选题的意义。其中应努力克服科学功利主义倾向，笔者曾有博文指出，科学功利主义是一把“双刃剑”，对其负面影响不可低估。（参看<http://blog.sciencenet.cn/blog-330732-572239.html>）。

**4、可能性原则**

根据科研工作的四大基本条件：智慧技能、研究基础、团队实力和硬件设施，实事求是、量力而行地进行选题。要求在有限时间内实现有限的确定目标。

**5、优势性原则**

选题时充分发挥自身的现有优势，扬长避短，顾及个人及团队的智力结构、特长、基础和潜力，考虑人文、历史和地理条件，虑及课题研究的可持续性。

**6、经济性原则**

选题时应该对课题研究的投入产出比进行经济分析，使得研究的投入与研究目标的产出达到恰当的平衡。承接横向课题时尤其应该考虑到这一点。

**7、机动性原则**

随时择机捕捉计划外的战机，根据意外出现的现象、情况，确立新的课题或改变原有的立项，其中往往孕育着重大的科学发现。

**8、发展性原则**

选题时留意课题是否具有发展前途，即是否有普遍意义、推广价值和可持续的创造性。确定选题后要善于分析追踪，注意其变换形式。

**四、选题方式**

综合地看来，选题方式主要有如下五种（参看[2]）：

**1. 根据招标范围选题：**

一般应遵循选题八原则从指导性课题中选取，要做到：

  ——关注已发布的项目指南；

  ——考量个人研究兴趣；

  ——评估个人工作基础；

  ——精心谋划组织团队；

  ——写好标书参与竞争。

   有关细节在谈到立项时再叙。

**2. 根据实际需要选题：**

 ——按照社会经济发展需要来选题；

  ——按照学科发展需要来选题；

  ——按照日常观察分析来选题。

为此，要特别关注社会发展需要，关注学科发展动向。科学工作者不能光顾着“低头拉车”，应“抬头看路”。一旦认准了方向，就可以开始未雨绸缪，进行预先研究，并建议有关方面立项，从而掌握选题的主动权。具体说来，应该学习国家在社会经济发展和科技决策方面的文件（如我国的中长期发展规划等），认真阅读定期发布的项目指南。

**3. 根据文献空白选题：**

   通过深入调研、广闻博览，寻找科技文献中的重大空白，选定自己的主攻方向。

**4. 根据学科交叉渗透原则选题：**

   关注相关或相邻领域中的重要问题，根据原有基础和学科交融可能性来横向“出拳”。

**5. 根据研究兴趣选题：**

根据个人兴趣爱好和研究条件，选定自己的主攻方向。

**五、选题策略**

**1、明确价值取向**

选题时应从以下角度考虑价值取向：

  ——能填补学科领域的大小空白；

  ——能在重要问题上辨析真伪；

  ——能对社会经济发展做实际贡献；

  ——能解决国计民生中的迫切问题；

  ——能推动先进文化（包括方法论）的发展。

**2、进行充分调研**

应从以下角度做好调研：

   ——弄清所选课题是否符合上述价值取向；

   ——搞清选题思路是否符合选题八原则；

   ——了解课题现有发展态势和已有成果；

   ——分析课题受关注程度和相关的研究团队；

   ——总结现有资料所给予的启示。

详见下一讲“调研”部分。

**3、预估成功概率**

应从以下角度考察研究的可行性和顺利完成选题的概率：

  ——课题的难易程度和可能完成期限；

  ——个人能力（包括知识准备、方法准备、前期工作等）的适应性；

  ——指导力量和团队合作的情况和优劣程度；

  ——硬件设施。

倘若经过考量，完成选题的实际尚不成熟，应考虑暂缓承接或申报课题，并努力创造条件，改善现状，待时机成熟一点之后再上马。

**4、争取多方支持**

从以下角度考察实现课题的外力支持：

   ——获得纵向或横向资助的可能性；

   ——获得所在单位支撑的可能性；

   ——获得高人（尤其是导师）指点的可能性和强度。

**六、选题中的常见问题**

概括地说，选题中的常见问题有：

方向陈旧，拾人牙慧；

雕虫小技，哗众取宠；

动态不明，仓促上阵；

目标过大，难以完成；

目标过小，平庸无奇。

应对的办法是：努力创新，抓大放小，深入调研，“量体裁衣”。

根据笔者平时的了解，刚走上教学、科研岗位的年轻人在选题方面常有如下困惑：

——选择攻读学位期间的课题，还是转而选定新方向？对这一问题没有确定的答案，应该因时制宜、因地制宜、因人而异。一般而言，原来的方向可能偏于陈旧或者因单位转移而必须改弦更张。倘若原来的选题还可进一步发掘新内容且适合于新单位需要，可以继续驾轻就熟地做原有方向的问题，不然，就坚决转移方向；而对新方向有一个熟悉过程，最好先做一些低级别的项目（如校级课题、地方级的课题等），蓄势待发；在此期间申报项目失败的可能性较大，应有思想准备；若大方向正确，可以义无反顾地转移，经过“卧薪尝胆”，争取成功。

——把关注点放到教学，还是放到科研？刚进高校的年轻人常有此类问题。原则上说来，应该教学科研“两手抓”，如前天的博文中所说，教学科研是相辅相成、相互促进的。但是无论如何，都应该把足够的注意力投向科研。

——但当今相关的研究动态不熟悉，怎么办？唯一的解决办法是静下心来，采取各种手段，做足调研分析的“功课”，尽可能对课题的研究动态了如指掌，然后抓准问题全力出击。

笔者身边就有这样的实例。我们学科就有一位博士后留校的年轻人，申请国家自然科学基金的青年基金项目历经六年之后才获得成功，他的研究方向来回“振荡”了两次，最后才在新的研究方向上申请成功。

**七、案例分析**

本节分析若干案例，从中理解上述选题过程。

**案例1、爱因斯坦的相对论研究**

选题的出发点：对牛顿时空观的质疑

选题的基础：

——迈克尔逊-莫雷以太漂移实验；

——麦克斯韦电磁理论真空中的光速不变性与伽利略变换的矛盾。

 选题的宗旨：建立全新的时空观

结果：先后创建了狭义相对论和广义相对论，开辟了物理科学的新纪元。（详见[3]，27-54页）

**案例2、袁隆平的杂交水稻研究**

  选题的出发点：提高粮食产量（水稻亩产）

  选题的产生：

       ——文献调查：其它作物的有性杂交

       ——实地调查的偶然发现：与众不同的水稻植株

  结果：从理论上和实践上突破水稻有性杂交问题，获得巨大成功。

**案例3、刘东生的黄土研究**

  选题的出发点：解决黄土高原的风沙土蚀问题

  选题的基础：

            古代与近代地质学；

            60余年的调查分析，足迹遍及“地球三极”

结果：建立关于黄土高原的风沙土蚀问题的独特理论，刘东生院士成了国内外闻名的“黄土之父”。

**案例4、交通拥堵973项目研究**

   选题的出发点：解决我国交通拥堵顽疾出谋划策

   选题的基础：实测、分析，关键科学问题剖析

   结果：四年奋斗后立项；厘清了治堵策略

**案例5、“铱星”计划的失败**

选题：摩托罗拉公司的全球移动通信系统，由7条轨道上的77颗卫星组成，1987年提出。

   实践：至1998年耗资50多亿美元建造66颗低轨卫星，铱星系统投入运行。

   结果：传统的手机占领市场，计划以失败告终。

   问题：科技水平不足，管理架构有问题。（详见[4]，128-136页）

**案例6、杨振宁更换选题**

 选题初衷：原拟选实验物理学方向，以期实用；

实践：20个月实践，屡战屡败，由于实验技巧很差，实验室事故频仍，以至于有打油诗嘲讽他：“哪里有杨，哪里就有乓乓响”；

 结果：在特勒指导下转向理论物理学，大告成功。（参看[5]）。

**八、结束语**

 综上所述，有如下结论：

1. 应该正确把握选题原则，充分顾及选题的先进性、创新性、前瞻性、可行性；
2. 应该讲究选题策略；
3. 关键在于不断实践和总结。

**参考资料**

1、  贝弗里奇，WIB，科学研究的艺术，陈捷译，科学出版社，1979.

2、  张伟刚，科研方法论，天津大学出版社，2007.

3、  周立伟，科学研究的途径，北京理工大学出版社，2007.

4、  杨建军，科学研究方法概论，国防工业出版社，2006.

5、  杨建邺，杨振宁传，三联书店（香港）有限公司，2012.

初稿：2013年3月11日 香港

二稿：2013年7月31日 上海

# 学习漫谈（95）：广闻博览 统揽全局——谈科研方法：4.调研篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 3585 次阅读 2013-8-4 05:00 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:科学方法论 科研方法 调研

**楔子**

本文叙述科研工作的第三个重要环节——调研。实际上，调研也必须贯穿科研实践的全过程，从中随时了解所研究的课题的动态。调研中不仅要收集文献资料，而且有必要进行现场调查，充分掌握已有实践成果，但这里主要论及进入一个课题的开始阶段的调研，并主要讲述文献资料调研方法，包括信息的选择、检索、处理和运用。

**大纲**

一、   引言

二、   调研要领

三、   信息选择原则

四、   信息的检索

五、   资料的处理

六、   结束语

一、引言

成功的科学活动应基于对客观世界的真实认识和不拘一格的创造，进入一项课题研究之时，必须对该课题的发展历史和现状有全面、充分的了解，因此调研是科研的必不可少的环节，而且应从选题阶段开始并贯穿于科研全过程。

科学方法论专家贝弗里奇指出：“最好在研究工作开始初期对全部有关文献作充分的研究，因为即使疏漏了一篇重要论文，也可能浪费很多精力。再者，在研究的过程中，以及在留意有关课题的新论文时，广泛浏览各种资料，注意有无可以利用的新原理、新技术，是非常有益的。”他还说：“研究人员的职责之一是跟上科学文献。但是，若要不失独创精神和观点的新鲜，阅读时必须抱批判、思考的态度。把知识仅仅当作资本投资来积累是不够的。”周立伟在《科学研究的途径》一书中指出：“文献工作对科学研究有以下好处：（1）启发灵感和思想；（2）改善知识结构；（3）防止重复前人业已完成的工作或已被证明是错误的工作；（4）修正或驳斥有关假说。”

调研不应局限于文献阅读，正如钱伟长所说：“你要解决一个问题，就需要收集情况，也需要向已经写出的书本学习，要向许多庞杂的资料进行学习，还要到现场去看问题发生的情况，背景怎么样？这样才能弄清楚这个问题的本质，才能想出处理这个问题的方法，……”。贝弗里奇也指出：“头脑未经正规训练的人往往注意并记住那些符合自己观点的事物，而忘却其它。进行调查必须深入，以便准确地确定观察到的现象，即把人们观察到的现象同人们对这些现象的解释分开。”也就是说，对于相关的现象和一些技术、工艺的运作过程应进行深入细致的观察，必要时应做一些初步性的实验，这对于涉及实验物理学、化学、生物学以及工程类的研究至关重要。

这里举一个钱伟长研究高性能电池的例子。1971年10月，钱伟长受周恩来总理的委托，开始进行高性能电池的研究，该研究的直接动机是改善坦克和汽车中所用的电池的性能。受命之后，钱伟长沿着两条路线进行了调研。一方面，广泛查阅文献（包括专著、期刊论文和专利资料），阅读量约为300万字，他从中选编了30万字，结集后供研制组参考，1974年由科学出版社以“清华大学锌空气电池研究组”的名义出版了他编写的《锌空气电池进展》一书。另一方面，他骑着他的“破坦克”自行车到生产电池的厂家和车间做现场调查，他和他的同事的足迹遍及北京市的所有有关车间，还到了河北省的一些工厂，对国内电池生产现状（特别是其中的软肋）有了较为深入的了解。然后他与教师、工人一起在实验室里制作电池板、配置溶液……，历时一年半，到1973年5月初步研制成功高性能电池。接着，他们以美国通用电气公司（GE）的产品为追赶目标，在装甲兵部队的支持下，进一步改善电池性能。1974年秋，装备于座车的现场试验成功，经鉴定、比较，所研制的产品性能超过了GE当时的同类产品。这一成果获得了北京市1975年科技进步奖。请记住：研制是在“文革”期间进行的，格外艰苦，而且令人惋惜的是，1975年4月迟群以“贯彻了专家路线”为由勒令解散研究组，研究没有继续下去。整个过程表明高性能电池的研制成功的一大要素是充分调研。

   总而言之，正确认识来自调研：调研是进入课题的“敲门砖”；调研必须深入细致；调研必须客观翔实。

   这是科研成功的保证。

**二、调研要领**

调研的要领在于：

面向实际，细致考察；

细查文献，详略有致（精读与略读)；

去粗取精，善建文档；

统揽全局，明确方向；

抓住要害，穷追猛打。

若不进行充分调研或者调研得不全面、不充分，科研工作就会输在起跑线上。在贝弗里奇所著的《科学研究的艺术》中，曾列举一些失败的调研的例子。例如，苏格兰解剖学家、外科医生亨特（John Hunter, 1728-1793）为了确定淋病病毒是否与梅毒病毒有显著区别，故意让自己染上淋病，不幸的是：他用来接种的“脏东西”同时含有淋病菌和梅毒菌，他同时染上了两种疾病。要命的是：这种“超常规”的调研混淆了两种性病的病因，导出了错误概念，很久之后才获纠正。我们在钦佩亨特为科学献身的精神的同时，也为他的调研手法的粗疏而扼腕叹息。笔者在审读一些基金申请书时，经常发现申请者的调研不够充分，有的未充分阅读近代文献，有的只留意国外文献或国内文献，往往给申请书留下“硬伤”，这类问题稍加注意即可避免。

在文献调研时，搜罗和阅读文献越多越好，至少应把相关的主要文献“尽收眼底”，要做到这一点，学会略读与精读相结合十分重要，在上一讲中已谈及。前不久，我的一位博士生进行了学位论文答辩，论文的正文320页，引用的文献648篇。从他的引述的情况看来，这些文献他至少略读过。我觉得这种广征博引的做法值得提倡。

调研工作中的“去粗取精，去芜存真”的制作功夫也极其重要，这实际上是对研究者的知识基础和综合能力的一种考核。经常看到的缺陷是：罗列事实，既不归纳整理，更不分析评价。例如，只说张三做了什么、李四做了什么，罗列了一大堆，对不同的学术见解不予置评，让人看了“一头雾水”，实际上可能作者自己也是“一头雾水”。我认为，不经归纳、不置可否的调研综述是失败的。

调研应该有较为明晰的结论，尤其是能从中说明：哪些方面不必再化力气，哪些方面大有文章可做，最好能总结出几个亟待解决的问题。只有这样，才可指引自己后来的工作并为之奠定必要的基础。

**三、信息选择原则**

在“信息爆炸”的今天，文献调研时如何做到“多快好省”是一个关键问题，有必要遵循如下的信息选择原则：

**1、针对性**

针对所选课题，广泛搜寻需要的资料，特别要收齐有权威性的著述。

**2、代表性**

选择与课题相关的经典材料和最新资料，努力抓好这“两头”，阅读相关的权威性论著、综述、评论和近期文献。要善于区分主次，决定取舍。

**3、可靠性**

要求保证信息来源的真实性、时效性、可比性。对重要问题的阐述尽可能找到原始出处，特别注意与现行观点、结论不一致或相矛盾的信息。不要轻信转述、译述和质量有问题的综述。对于前人的综述的资料中的重要部分要仔细核实，对译述的准确性尤应注意。

**4、完整性**

注意信息来源的足够大的时空范围，做到深度与广度的结合。

**5、多样性**

注意采集信息形式的多样性，例如，走访专家、参加各类学术会议、聆听各种学术报告、召集专题研讨会，力求搜集最新的、鲜活的信息。在做工程技术问题的调研时，应注意专利文献。

**四、信息的检索**

在文献调研时要学会各种检索手段。

**1. 检索概念：**

根据需要，运用科学方法，利用专门工具，从大量信息、文献中迅速、准确、相对无遗漏地获取有效信息（文献）的过程。

**2. 检索途径：**

    1）文献数据库→图书馆收藏目录→书刊

    2）电子数据库→书刊

    3）检索工具→书刊目录、摘要、引用情况等

**3. 检索工具：**

   1）传统纸质工具；

   2）一般电子检索工具，如google、baidu等；

   3）专用检索工具，如SCI，EI、ISTP、SCOPUS等

**4.检索方法：**

   书名或篇名索引

   作者索引

   主题索引

   关键词索引

随着信息科学技术的发展，人们越来越频繁地使用电子检索工具，经常可以足不出户，在电脑上获取所需的信息，其中，理工科学人用得最为普遍的是如下的三大检索工具：

   1. SCI(Science Citation Index)

   2. EI (Engineering Index)

   3. ISTP(Index to Scientific & Technical Proceedings)

其功能很强。例如，若要了解某一课题内容的近期文献概况，可以进入EI的“Engineering Village”程序包，只要输入关键词，就能获知历年发表的相关文献目录，并能按检索者要求给出历年文献数目的直方图和分布曲线，当然还可按作者、篇名、主题、国家、机构等进行更细致的检索。

这里着重介绍一种较新的功能齐全的检索工具——SCOPUS，2004年由Elsevier出版社推出，现为全球最大的多学科文摘索引型数据库，收录了全球5000余家出版社的近19000中来源文献，内容涵盖数学、物理学、化学、生物学、生命科学及医学、工程学、农业及环境科学、社会科学、心理学、经济学等27个学科领域。其中，可以检索：16500种同行评审期刊（peer-review journals），包括1200种开放存取期刊；750种会议录；350种丛书或系列书籍。Scopus提供自1847年以来的3000多万篇文摘以及1996年以后的所有文后参考文献信息；来自5个专利组织的2000多万条专利信息。我国约有350种中英文期刊为Scopus收录。Scopus每日更新，通过网址：[www.scopus.com](http://www.scopus.com/)可检索各种信息；通过网址：[www.info.scopus.com](http://www.info.scopus.com/)可了解相关新闻。

值得一提的是美国科学情报研究所（ISI）推出了强有力的科技信息网站“Web of Knowledge”（网址为[http://isiknowledge.com](http://isiknowledge.com/)），其中包括了常用的“Web of Science”，这是一种收费网站，我国已有不少机构购买了这一网站的使用权，为科技检索带来极大的方便。

**五、资料的处理**

对于调研所得的资料应予细致处理，常用的做法是：

逐一存档：下载、复印、卡片、文件夹、光盘等

     分类归档：论题、文献、摘要等；

     整理归纳：综合、筛选、评论等；

特别是应该学会在掌握足够材料的基础上写出各类综述报告。

**六、结束语**

   综上所述，我们可有如下结论：

   1）充分调研是做好科研的必要环节；

   2）调研必须全面、准确、充分；

   3）应努力掌握第一手的鲜活资料；

   4）应随时积累、消化到手的信息。

所述各点为一得之见，若有不当之处，敬请批评指正。

写于2013年8月4日晨

# 学习漫谈（96）：胸有成竹 运筹帷幄——谈科研方法：5.立项篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 3293 次阅读 2013-8-6 06:23 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:科学方法论 科研方法 立项 标书

**楔子**

本文简述科研工作的第四个重要环节——立项。若在前三个环节中已有了很好的铺垫，立项成功犹如瓜熟蒂落，水到渠成。文中主要讨论指导性课题（即纵向课题）的立项，内容包括：立项的准备，立项与选题、调研的关系；立项三要素：选题精当，标新立异，基础扎实；立项标书的撰写要点；国家自然科学基金项目简介。希望讲述的内容对青年朋友们有实际帮助，特别是有助于基金项目的申请。

**大纲**

一、引言

二、立项的准备

三、标书的撰写

四、国家自然科学基金简介

五、结束语

**一、引言**

立项对开展课题研究的重要性自不待言。项目申请获准，标明申请者的研究能力获得一定的认可，也可为课题研究的展开赢得必要的经济基础和发展空间。

对于初涉科研的人来说，为了做好科研立项应有如下认识：

——**应尽早学习立项。**最好从学生时代就开始，其中，为学位论文撰写开题报告就是一个很好的学习机会。仔细想想，开题报告的内容与课题标书非常相近，其中包含了标书的几乎所有要素：立项依据，研究目标，研究方案，关键问题，创新内容，研究计划等等。因此，做研究生时，就应非常重视写开题报告这一环节。同时，应十分注意导师和前辈在申请课题方面的实践，勤于观摩，暗中记住有关技巧，若有直接参与导师申请课题的部分实践，更是求之不得的了。多年来笔者审读了不少年轻人的各类基金申请书，发现：出身于名校名专业或得到过名师指点的年轻人的申请书一般水平较高，可能与在研究生阶段接受的训练和熏陶有关。

——**努力争取承接各类课题的机会。**在“选题篇”中我们讲过，课题可分成指令性课题、指导性课题、委托型课题和自选课题四类。研究者应人自为战，看准机会，主动立项，对于已见之于指南的，要尽力争取；对未见于指南的，可自行预研，建议立项；对于个人感兴趣而又不想纳入计划范围的，可积极自选课题。笔者见过擅长于自选课题的教授，日子过得很滋润。总而言之，经耕耘必有收获，是金子就会发光，立项要不拘一格。

——**应特别重视立项的创意和基础。**审时度势，立意创新，夯实基础是关键，借此可取得申报课题的胜算。

——**特别重视标书的撰写**。在选题、创新、基础方面已经相当不错的情况下，标书的撰写就成了关键，应注意积累相关技巧。我们无法左右立项竞争的局面，目前尚存在的有些弊端的改变需要时间，应立足现有条件，把申报工作做好。

   概括地说，课题立项的要领如下：

必须周密准备（充分调研）

必须审时度势（选题精当）

必须标新立异（立足创新）

必须厚积薄发（基础扎实）

必须量力而行（目标适当）

   下一节对此稍作展开。

**二、立项的准备**

**拟议“八问”**

在拟议申报一个科研项目时，不妨对自己提出如下八个问题：

1、研究什么课题？（选题）

2、为什么研究此课题？（必要性）

3、课题的创新点何在？（先进性）

4、选用什么样的方法和技术路线？（方案）

5、是否有足够的条件完成所申报的课题？（研究条件）

6、是否有扎实的基础？（研究基础）

7、拟定的课题有怎样的目标和效益？（预期目标）

8、能否形成完整的建议书？（标书表述）

如果所给的答案尽管还比较粗疏，但都是正面的、可操作的，就可以厉兵秣马，枕戈待旦了。

**准备“八要”**

接下来就要做务实的准备工作了，笔者经常强调，这种准备应该是长期性的，而不是在项目申报临近时才做。具体说来，应做如下八个方面的准备工作：

1)要充分读书（浏览主要文献）；

2)要走访专家（把握研究方向）；

3)要出席会议（了解周围动态）；

4)要组织队伍（找到主要伙伴）；

5)要预先研究（试做初步工作）；

6)要预定方案（确定技术路线）；

7)要预估困难（抓住主要难点）；

8)要先写综述（做好舆论准备）。

这里只对第三、第八项做一点补充说明。在“调研篇”里对参加学术会议在调研环节中的重要性强调得不够。实际上，我们看到的各类文献所报道的工作已是几年前的事情（作者从着手工作到发表再到论文进入你的视野需要一个过程），因此成果的“鲜活”程度远不如在学术会议中所呈现的。参加会议不仅可以见到作者“大活人”，可以了解他们的新思路、新见解，通过讨论还可了解他们的未来打算，因此可以掌握更多更新的信息。另外，还可以让国内外同行认识你，知道你的工作。关于第八项，在进行了一定时间的调研之后，积累了一定的素材，可动手写综述。从学术水平角度来看，因为大规模的工作尚未进行，水平不可能很高，一般达不到可发表的水准，然而，如果有小型学术会议，如学术沙龙、workshop或本单位的seminar，不妨拿出来“晒一晒”，有可能得到同行指点，起集思广益的作用。

**选题“十问”**

做了较为细致的调研、分析之后，就可以对自己的选题提出如下十个问题：

(1)你选的研究课题是否处于当今学科发展前沿领域？

(2)该选题对社会发展、学科进展有何裨益？

(3)该方向每年发表论文、专著总量约为多少？

(4)国内的有关权威人士何在？有何成果？见解如何？

(5)该方向国内外有多少人在做？著名课题组何在？

(6)该课题已有多少主要成果？

(7)该课题有何关键问题急待解决？研究热点何在？

(8)你对该课题是否极有兴趣？

(9)你是否有能力和潜质去完成所选课题？

(10)该课题能否在五至十年内成为你的主攻方向？

前三个问题涉及选题的前沿性、先进性；中间四个问题标明对国内外研究动态的熟知程度；后三个问题涉及选题的可行性和前瞻性。这些问题都搞清楚了，而且答案是积极的，所申请的项目就如同“已放入锅中待煮的饭”了，而标书中的“立项依据”也就成了“囊中物”。

**创新“六议”**

我们已反复强调过，立项成功的关键之一是标新立异，立足创新，因此，在申请项目的准备阶段，对项目的创新性就应有清醒的认识，具体来说，认清如下各点：

1.创新是立项成功的关键；

2.创新要立足于充分的内查外调；

3.创新要有必要的基础（自身的知识积累）；

4.创新要求真务实，不能假、大、空；

5.创新的目标要具体可行，不可太大，也不能太小；

6.创新的要点应简洁明了——思路（概念）创新、方法（技术）创新、结果创新。

这里只对最后一点做一些发挥。在我审读过的不少标书中，对项目创新的描述不够理想，主要毛病是缺少必要的凝练，大多重复立项依据或研究内容的描述，创新点并非一目了然，最好按上述思路创新、方法创新、结果创新的框架梳理一下，用不同于已写过的语言、方式另起炉灶，给予简约的叙述，力求言简意赅，重点突出。

**方案“六忌”**

在准备阶段对研究方案就应该仔细考量，务求目标适中，方案具体，路线可行，透出新意，注意如下“六忌”：

1）目标过大；

2）提法抽象；

3）措施含糊；

4）路线混乱；

5）方法陈旧；

6）表述琐碎。

这些都是标书中常见的问题。这里只说说2、3、6点。研究方案和技术路线应该具体入微，例如，理论分析或数值分析要给出具体理论或方法；实验研究要讲明仪器设备和具体技术，不能笼统地说：“通过解析处理”、“采用数值模拟方法”、“通过实验室实验”等等；另外，一些科研的常规方法或手段，例如，文献调研，组织讨论班之类也不必提及。有些申请人把未来的研究过程讲得过于繁琐，长篇引述公式图表，似乎也无必要。

**三、  标书的撰写**

本节讲述标书的撰写技巧，一般来说，有如下八个要点：

**撰写标书八要点：**

1、实事求是、求真务实；

2、简洁明了、重点突出；

3、抓住关键、充分展开；

4、言之有物、引人入胜；

5、措辞恰当、涵义清晰；

6、充满自信、适当谦逊；

7、个性鲜明、少用套话；

8、字体恰当、印制精良。

 下面集中叙述撰写标书的六个“招数”。

**撰写标书“六招”：**

1）言简意赅地写好立项依据。从实际和理论角度阐明本项目意向、立题意义、国内外动态、总体思路、预期产生的效果。第一小段（100－200字）为“项目眼”，相当于新闻报道中的“新闻眼”（新闻导语），概括点明上述各项，下面再展开；所述的国内外研究动态必须正确、具体；立项意义要强调迫切性、可用性，但不宜夸大；引用足够的参考文献（30～50篇），注意引述国内外的最新相关文献。

2）鲜明生动地写好研究内容。突出地罗列申请的特色和创新点（即与众不同之处）及技术路线。课题申请特别重视创新，强调做国内外前人没做过的工作，即，有前沿性和开创性的工作；叙述内容时应避开艰涩深奥的术语堆砌；技术路线要具有可信性和可行性，切忌过分抽象；要用心铺叙拟解决的关键问题，强调独特性；所述各项内容必须翔实，形式上尽可能做到图文并茂。

3）实事求是地写好研究基础。说明：自身素质和经历、何时开始关心注意该课题、有何高师指点、已获何种成绩（列出本人论文总篇数及与申请有关的篇数和篇名，别列出不相干的论文），突出你的种种优势，使人相信此类项目非你莫属，由你来做最合适；但也要避免列出本人太多的成果，不然有人要说，你都已经做完了，干吗还来申请？

4）画龙点睛地写好内容提要。概述研究目的、所研究的主要问题、主要方法、预期成果、对社会经济发展和学科发展的作用。用足规定字数，可与上述“项目眼”适当重复（最好用不同的语言），使人看了提要后，立即产生深刻印象。通常最后才写提要。

5）恰如其分地表述申请内容。既不过于张狂，也不必过于谦恭。尽量做到叙述生动、具体，切忌罗嗦、重复；要有一种平常的申请心态，切莫急于求成，要做到不达目标，决不罢休。这样，你就不会夸大事实、急于表现，也不会过分谦让、底气不足、畏缩不前；允许自己申请失败一两次，失败了总结经验，来年再杀“回马枪”。

6）尽可能做到形式清新夺人眼球。忌用蝇头小字，建议用小四号楷体或仿宋体；充分利用小标题，忌用过长的自然段；经常分点叙述；适当运用框图和插图；适当调整叙述次序；各部分详略有致；努力避免大段重复；用数据事实说话。

上面仅提供一般的招数，申请人应按实际需要，灵活掌握相关技巧，若有可能，具体地学习他人的先进经验，科学网上常有人晒自己的标书，为大家提供了很好的学习机会，课细致地琢磨别人的长处，因为他山之石可以攻玉。

**四、国家自然科学基金简介**

下面简述在我国学人申请项目时最为关注的国家自然科学基金的情况，希望大家对此有一个总体了解，在项目申请时做到心中有数。

**关于科学基金制度**

**科学基金制度：**无偿资助基础研究和应用基础研究的手段；促进科学发展的机制；配置科研资源的方式；

**科学基金制度的优点：**公开申请，公平竞争，公正合理，灵活机动；

**现有著名的基金组织：**NSF、ISF（美）；RFBR（俄）；NSFC、RGC（中）

**关于中国国家自然科学基金委员会（NSFC）**

**成立时间：**1986年

**宗旨：**采用国际上通用的科学基金制，对科技资源进行分配和管理。    资助具有良好研究条件与研究实力的高等学校和科研机构的研究人员开展创新性基础研究。

**运行机制：**科学民主、平等竞争、鼓励创新

**工作方针：**尊重科学、发扬民主、提倡竞争、促进合作、激励创新、引领未来

**评审原则：**依靠专家，发扬民主，择优支持，公正合理；

**资助原则：**控制规模，提高强度，拉开档次，鼓励创新；

**评审程序：**形式审查——通讯评议——会议评审——张榜公示

**科学基金在国家创新体系中的定位**

**支持基础研究**

**坚持自由探索，发挥导向作用（科学研究的双力驱动）：**

**有利于充分发挥科学家好奇心驱动的探索和创造精神，提高自主创新能力。引导科学家从事国家需求的重大基础科学问题研究，为经济社会发展服务。**

国家自然科学基金的资助格局有三个系列，彼此相辅相成，交叉融合：体现源头创新战略的研究项目系列；体现科技人才战略的人才项目系列；体现创新环境战略的环境条件项目。下面分述之。

**研究项目系列**

**面上项目：**资助项目主体，所用经费占总经费45%以上；

**青年-面上连续项目：**2012年新设，向新秀倾斜，为当年结题评价优秀者所设；

**重点项目：**有限目标、有限规模和重点突出；

**重大项目：**根据国家经济、社会、科技发展的需要，重点选择具有战略意义的重大科学问题；

**重大研究计划：**有限目标、稳定支持、集成升华、跨越发展；

**国际合作研究项目：**实质性国际合作项目。

 人才项目系列

**国家基础科学人才培养基金：**旨在积蓄后备人才；

**青年科学基金：**旨在稳定青年人才；

**地区科学基金：**旨在扶植西部地区人才；

**优秀青年基金：**旨在培养拔尖人才；

**国家杰出青年科学基金：**旨在造就拔尖人才；

**创新研究群体科学基金：**旨在培育创新团队；

**海外及港澳学者合作研究基金：**旨在吸引海外人才。

**环境条件项目**

**科学仪器基础研究：**基础研究设备装置的探索研究；

**联合资助基金项目：**与地方政府、中央部门、企业等共同支持有应用背景的基础研究；

**国际交流类项目：**承担项目科研人员的国际交流；

**科普项目：**旨在促进公众理解基础研究；

**重点学术期刊：**旨在培育国际品牌的学术期刊；

**其他专项：**青少年科技活动、研究生暑期学校等。

   下面简介最受关注的几类项目：

**重点项目**

**定位：**着眼优先领域，兼顾学科发展，整合创新资源，孕育重点突破；

**特征：**指南导向，有限目标，有限规模；

**资助情况：**2011年批准资助497 项；资助经费142500 万元；平均资助率16.96%；平均资助强度约290.37万元/项。

2012年批准资助538 项；资助经费 156700 万元；平均资助率19.45%；平均资助强度约291.26 万元/项。

**面上项目**

**定位：**全面均衡布局，瞄准科学前沿，促进学科发展，激励原始创新

**特征：**面向广大科研人员；自由选题

**目标：**促进学科均衡、协调和可持续地发展

**资助情况：**2011年批准资助15329 项；资助经费898941 万元；平均资助率20.15%；平均资助强度58.64 万元/项；

2012年批准资助 16891 项；资助经费1248000 万元；平均资助率19.24%；平均资助强度73.89 万元/项。

**青年科学基金项目**

**定位：**稳定青年队伍，培育后继人才，扶持独立科研，激励创新思维；

**特征：**重点看发展潜力；

**期限：**3年；

**资助情况：**2011年批准资助13146 项，资助经费311710 万元，平均资助率24.30%，平均资助强度23.71 万元/项。

2012年批准资助 14022 项，资助经费 337500 万元，平均资助率23.45%，平均资助强度24.07 万元/项。

**优秀青年科学基金**

**定位：**形成青年科学基金项目与杰出青年科学基金项目之间的有效衔接，促进创新型青年人才的迅速成长；（2012年设立）；

**特征：**注重工作基础和创新潜力；

**期限：**4年；

**资助规模：**2012年资助400 项，资助经费40000万元，平均资助率11.15%，平均资助强度100 万元/项。

国家杰出青年科学基金

**定位：**支持基础研究中已有突出成绩的青年学者自主创新，促进青年科技人才成长，吸引海外人才；

**特征：**注重学术水平和创新潜力；

**期限：**4年；

**资助情况：**2011年批准资助198 项，资助经费38760 万元，平均资助率9.91%，平均资助强度197.75 万元/项；

2012年批准资助200 项，资助经费38980 万元，平均资助率10.29%，平均资助强度 194.90万元/项。

下面简介国家自然科学基金项目的评审程序。

**评审程序**

**申请**（ 3月1日－3月20日）：通过依托单位提交申请（纸质+电子）；可以提出≤3名需要回避的评审专家；

**初审**（ 3月20日－4月15日）：初审不通过的原因：

   申请人不符合《条例》和《指南》规定条件；

   申请材料不符合《指南》要求；

   申请项目数量不符合限项申请规定；

     申请手续不完备。

**同行专家通讯评审：**3-5位评审专家，评价并提出资助与否的意见。科学处一般5月25日以前完成通讯评审。科学处综合专家意见，提出资助计划130%-160%的会议评审讨论项目；

**会议评审：**专家评审组成员+特邀专家，≥9人；投票表决，半数以上通过建议资助；科学部一般7月30日以前完成会议评审；

**批准及资助经费拔付（8月—10月）：**大部分项目须由委务会讨论通过；批准的项目须填写项目资助计划书；项目经费分两次拔付。

关于国家自然科学基金的申请方略，可见笔者近年发表的博文；在前几节中已讲述了一些要点。

**五、结束语**

综上所述，可有如下结论：

科研立项是必不可少的基本功；

立项应基于充分的准备和筹划；

立项成功的要素在于准确把握科学发展大方向；

立项成功的关键在于精心选题、锐意创新和夯实工作基础；

应从学习阶段开始为科研立项做准备。

初稿：2013年3月14日，香港

二稿：2013年8月6日，上海

# 习漫谈(98)：见微知著 明察秋毫——谈科研方法：6.观察篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 4801 次阅读 2013-10-9 10:19 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:科学研究 方法 观察

**楔子**

以下各讲着重讨论科研运作中的一些技巧，分别是：观察篇，实验篇，假说篇，建模篇，机遇篇，顿悟篇，推理篇，总结篇。本文从自然科学研究中的“应用数学过程”谈起，阐述科学观察的基本原则，即客观性原则，全面性原则，典型性原则和理性指导原则，并提供若干案例。欢迎博友们就所述内容进行讨论，并提出批评或建议。

**大纲**

一、引言

二、科学观察的基本原则

三、案例分析

四、观察的局限性

五、结束语

**一、引言**

我们从科学研究的应用数学过程谈起。

1978年，著名应用数学家、力学家林家翘教授（中科院外籍院士）提出了解决实际问题的“应用数学过程”，我在1979年他到访清华大学时第一次听他详细讲述了相关内容。他指出，在研究数理科学的实际问题时，经常采用：

搜集实验、观察资料→建立数学模型→发明数学工具或沿用已有方法解决模型中的问题→验证所得到的结果→总结出普遍规律。

这就是所谓“应用数学过程”。自然科学中，其它许多基本规律的发现、解析和描述，都或多或少地运用了应用数学过程。

后来，Brown大学的谢定裕教授到我所讲学，谈及治学之道时，也讲授了这一应用数学过程。并用牛顿建立三大定律为例子加以阐释，牛顿搜集伽利略关于落体运动的实验结果和行星运动的观测数据，特别是了解了关于行星运动的开普勒定律，对物体的运动与作用力之间的关系有了清晰的认识；在此基础上建立了数学模型（物体运动方程）：F=ma等；并动用各种数学工具，求得了运动方程的解，并催发了微积分这一有力武器的诞生；这些解在实验、观察中得到了验证，最后总结出牛顿三大定律。这是一个完美的“应用数学过程”。1987年，他把上述看法写进了《流体力学》（南开大学出版社）的序言中了。

下面以应用数学过程为线索，逐一讲述八种主要科研技巧。概括地说，要在科学研究中有所作为，必须做到：勤于观察，善于实验，敢于假说，长于建模，敏于机遇，功于顿悟，精于推理，擅于总结。

二、科学观察的基本原则

应该强调指出，科学观察是科学研究的“敲门砖”，是开始进行科研的必不可少的首要步骤。

科学观察的任务是：借助人的感官或仪器，从客观存在的事物获取信息，搜集大量感性材料，作为科学理论的坚实基础。任何科学认识成果都直接或间接地来源于科学观察。

许多前辈优秀科学家阐明了观察在科学研究中的重要性。巴甫洛夫说：“应该先学会观察，观察。不学会观察，你永远当不了科学家。”青霉素的发现者弗莱明说：“我的唯一功劳是没有忽视观察。”德国物理学家普朗克指出：“物理定律的性质和内容，都不可能单纯依靠思维来获得，唯一可能的途径是致力于对自然的观察，尽可能搜集最大量的各种经验事实，并把这些事实加以比较，然后以最简单最全面的命题总结出来。”达尔文曾谦逊地表示：“我既没有突出的理解力，也没有过人的机智。只是在觉察那些稍纵即逝的事物并进行细致观察的能力上，我可能在众人之上。”

科学观察必须遵循四大基本原则：

客观性原则；

全面性原则；

典型性原则；

理性指导原则。

现分述如下：

   1. 客观性原则

要求在科学观察中如实地按客观事物本来面目去认识事物，不加任何主观因素，实事求是地获取各种客观材料，必须注意克服先入之见，要精细入微，反复观察，不要以主观臆测取代客观事实。

著名科学家赫胥黎说过:“我要做的是教我的愿望符合事实，而不是让事实与我的愿望调和，你们要像小学生那样坐在事实面前，准备放弃一切先入之见，恭恭敬敬地照着大自然指的路走，否则，就将一无所得。”

2. 全面性原则

鉴于客观事物纷繁复杂、多种多样，必须全面地、多方位地进行观察。要求把观察对象放在与之相联系的系统中，动态地、广泛地观察，发现各种现象的内在联系，把握其本质和规律。特别应周密考察其时空演化规律，不仅注意正常的预料之中的现象，还要留意异常的意料之外的反常现象，抓住事物的偶然性，发现其内在必然性。

列宁指出:“要真正认识事物，必须把握、研究它的一切方面、一切联系和中介。我们决不能完全做到这一点，但是全面性的要求可以使我们防止错误和防止僵化。”

英国医学家格雷格说：“人们猜想，对大自然最细微逸出常规举动十分注意，并从中得益，这种罕见的才能是否就是最优秀研究头脑的奥秘，是否有些人能出色地利用表面上微不足道的偶然事件而取得显著成果的奥秘。在这种注意的背后，则是始终不懈的敏感性。”

3. 典型性原则

鉴于人们不能穷尽所有事物，为使观察事实反映现象的本质，必须认识典型与一般的关系，抓住典型，简化对象，撇开次要因素，减少可变因素和干扰因素，凸现研究对象的主要特性。所选择的典型包括有代表性的观察对象和观察的时机、地点。

正如格雷格所说：“研究人员必须运用其绝大部分的知识和相当部分的才华，方能选出值得观察的对象。这是一个举足轻重的选择，往往决定几个月工作的成败，并往往能把一个卓绝的发明家同一个只是老实肯干的人区别开来。”

4. 理性指导原则

观察目的和观察对象的选择受理论的影响；观察过程是一个积极的思维过程，加工信息的过程；对过程结果的陈述也渗透理性因素。理论先于观察，观察必须在正确的理论指导下进行。

爱因斯坦强调：“理论决定我们能够观察到的东西。”“只有正确的理论，即只有关于自然规律的知识，才能使我们从感觉印象推出基本印象。”

三、案例分析

为了演示上述各点，这里给出两个著名的案例：

 案例1： 伦琴发现X射线的过程：

伦琴（W.R.Röntgen，1845-1923）是德国物理学教授，先后任教于斯特拉斯堡大学（1876～1879）、吉森大学（1879～1888）、维尔茨堡大学（1888～1900）和慕尼黑大学（1900～1920），治学刻苦严谨，善于单打独斗。

1895年11月，他发现了X射线。

1901年他成为获得诺贝尔物理学奖的第一人。

这里简述他发现X射线的过程，从中可见正确的观察的重要性。

**魅影初现**

1895年，他在维尔茨堡大学钟情于气体放电和阴极射线研究。那年11月8日下午，他在实验室里进行气体放电观察。先把克鲁克斯放电管用黑纸包严，拉上窗帘，使房间里一团漆黑，然后接通感应线圈，令放电管在高压下放电，接着截断电流。这时，他眼前似乎闪过一丝绿色荧光；眨眼间，荧光消失。他大吃一惊，看看放电管，黑纸包得严严实实，怎么会有荧光？莫非是错觉，自己老眼昏花了？(时年50)。 于是，再行放电，神秘的荧光再度出现！不是错觉！反复几次后，在放电时他始终看到飘忽不定的淡绿色的荧光，发光方位大致相同。于是他擦亮一根火柴，发现离他的工作台一米开外处有一个涂有亚铂氰化钡的小屏，荧光来自这个小屏！

**走火入魔**

接下来的几个星期，伦琴玩起了失踪，躲在家里的实验室中继续做新射线的实验，每次用餐都是他夫人贝尔塔派工友去反复催，他才在餐厅露面。偶遇熟人相询，他对自己的发现讳莫如深。经过一个多月的反复实验和观察，他对X射线的秉性逐渐熟悉起来。贝尔塔发现他越来越“ 走火入魔” ，吃饭时竟把面包往鼻子里送，很想探个究竟。于是溜进了伦琴的“ 禁区”—— 实验室，只见伦琴正拿起一个硬币放在空中，那个小屏上居然出现日全食那种情景。碰巧伦琴心情不错，没有责怪贝尔塔私闯实验室，还把她拉到跟前做帮手，让她捧着荧光屏前后移动。

**逮住“妖魔”**

这时，贝尔塔突然浑身发抖，大声尖叫道：“ 妖魔，妖魔，你这里出了妖魔！” 伦琴赶紧安抚她，问她见了什么？她说：“ 手，我见到了我的手！骨头还在，戒指还在，肉没有了。” 伦琴拉起她的手说：“ 亲爱的，你的手不是好好的么！” 接着说：“ 我确实逮住一个‘ 妖魔’ ，这妖魔能够穿透血肉！” 伦琴干脆把贝尔塔的手放在荧屏附近，用放电管照射了15分钟，拍下了人类第一张X光照片（见附图）。

**大功告成**

到了1895年的最后几天，伦琴完成了X射线的发现工作，赶写了一篇论文《一种新射线，初步报告》，送交维尔茨堡物理学医学学会，将副本寄给了几位好友，包括维也纳的物理学家艾克斯奈尔，后者立即认定这是一个伟大的发现。于是，1896年1月5日，奥地利的《新闻报》以“ 耸人听闻的发现” 为题，在头版发布了消息；翌日，伦敦《每日纪事》等报纸报道了这一重大发现；1月23日，伦琴在自己的研究所举行了关于新射线的报告会。

**自我评价**

“ 关于放电研究，赫兹、雷纳特、克鲁克斯等科学家做了很多有益的工作。1879年克鲁克斯先生在做真空放电实验时就发现放电管附近的照相底片发黑，1880年，美国的两位同行也遇到这种情况，1892年我国（德国）的物理学家也注意到了放电管附近的荧光，但是大家的注意力集中在阴极射线上，觉得这些怪异来自偶然的失误。我自己不过是重复了前人的工作，我的成功只不过是因为比他们细致罢了。我抓住X这个未知数去努力求解。当然，我们现在对它还知之甚少。不过已经确知，它能穿透大部分物体，可用来制作特殊的照片。至少可以帮外科医生的大忙。”

**案例2： 达尔文的科学考察与科学创造**

达尔文（1809－1882）英国博物学家、进化论的创立者。酷爱大自然，从小就想探索自然的奥秘。达尔文在进化论的创立过程中科学观察起了决定性的作用，这里简述他的著名的环球考察。

   1831年秋到1836年11月，他自费搭乘英国皇家海军军舰“贝格尔”号作环球考察旅行，为他创立进化论奠定了坚实的基础。

1、栉风沐雨，历尽艰辛，掌握第一手资料。每当船一靠岸，就跋山涉水，在当地向导带领下，观察自然景观，搜集动植物标本，每天记下工作日志。他说：“如果我在这次航行中半途而废，即使在坟墓中也不会安息。”加拉帕戈群岛总共有大约250种植物，达尔文采集了193种标本。

2、殚精竭虑，深入思考，定向积累相关资料。考察各地的不同物种，比较其异同，发现自然条件所造成的变异，逐渐否定了上帝创造世界的观点，开始意识到生物是逐步进化的，但何以进化，仍有存疑。

3、条分缕析，整理材料，深化认识。从1837年到1854年，他用了17年时间整理观察成果，思考关于生物进化的问题。特别学习了赖尔的《地质学原理》，结合地质构造演变，理解生物变异。

4、战胜困难，精雕细刻，写成不朽巨著《物种起源》。1842年写出35页的提要；1852年至1858年，历时7年，完成著作，期间疾患困扰，经历丧子巨痛。特别是在阅读马尔萨斯的《人口论》时得到“适者生存”的顿悟。长期观察成果得到理论上的升华。

**四、观察的局限性：**

必须指出：科学观察是在自然发生的条件下进行的，因此限制了它起作用的范围；另外，由于种种主客观因素，有时会观察不当，容易夹杂错觉等导致的错误结果。

因此，需要采用一些仪器、设备来控制、改变和模拟观察对象，使其更多的属性暴露出来，于是发展成为另一种实践形式——科学实验。下一讲中我们将专门论述科学实验的目的、作用和步骤。

五、结束语

综上所述，我们有如下结论：

观察是开展科学研究中的起始步骤；

科学观察必须客观、全面、准确、理性；

科学观察必须抓住典型，抽丝剥茧，步步深入；

应充分注意观察中发现的反常现象。

初稿写成于2013年3月12日，香港

二稿写成于2013年10月9日，上海

# 学习漫谈（99）：精心设计 由简及繁——谈科研方法：7.实验篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 4377 次阅读 2013-10-11 06:02 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:科研方法 实验 要领

**楔子**

本讲阐述实验工作在科学研究中的重要性和方法要旨。从实验的目的谈起，述及实验研究的特点和分类，然后给出实验的要领、步骤和注意事项，最后用三个著名案例加以具体阐释。

**大纲**

一、引言

二、科学实验的分类

三、科学实验的计划和实施

四、案例分析

五、结束语

**一、引言**

实验是科学探索的“垫脚石”。为了准确地认识研究对象，把握其变化规律，并对出现的现象给出科学合理的解释，就必须通过实验实现更精准的观察，掌握必要的实验数据；即使是做理论研究的学人，也必须对实验过程和结果有足够的了解。

   科学实验指的是人们根据一定的科研目的，运用一定的物质手段（科学仪器和设备），人为地控制或变革客观事物的过程，暴露它们在自然条件下无法显露的特性，以便深入地研究自然界规律的一种方法，亦即，通过创造人为环境在给定条件下实现观察。

   实验的目的有二：发现事物的新现象和发展规律，验证已有理论结果。正如法裔美国生物学家杜博斯（ R.J. Dubos）所说：“实验有两个目的，彼此往往不相干：观察迄今未知或未加解释的新事实；以及判断为某一理论提出的假说是否符合大量可观察到的事实。”

实验方法的优点在于：

   1. 可以排除附带因素的影响，简化研究对象；

2. 可引入新的因素，研究事物在更复杂的条件下发生的情况；

3. 若有必要，可在同样的条件下多次再现所研究的现象和结果；

4. 可研究自然界中不以纯粹形式存在的现象；

5. 可以创立新的人工对象。

实验方法有如下四个特点：

主动性－可以突破自然条件的限制；

目的性－可以有目的、有计划探索感兴趣的事物；

精确性－可以根据要求，经过细化、强化、纯化，精准把握规律；

经济性－可以有效地控制运作规模、周期和耗费。

**二、科学实验的分类**

可以采用各种不同的方式把实验进行分类，人们通常将其分成如下六类：

1. 定性实验

   用以判定某个（或某些）因素是否起作用，某些因素是否有联系，某研究对象的内在结构。例如，著名的迈克尔逊-莫雷实验：旨在证实光速不变性，否定宇宙中以太的存在性；再如，巴斯德的胚种论实验：用来证明空气中有一种能产生微生物的胚种。

2. 定量实验：

   为了了解研究对象的量的特征，测定某对象的数值，或求出某些因素之间的数量关系，给出定量结果或经验公式。例如，拉瓦锡的燃烧后的秤重实验，借此发现了氧气；再如汤姆逊的确定电子荷质比的实验。

3. 析因实验

  由已知结果寻找未知原因或因素的实验。例如，流体力学家进行的孤立波实验，用来确定孤立波形成的色散因素和非线性因素及其相互作用；再如，雷诺的圆管流动实验，确定管径、流速和粘度的对于从层流到湍流转捩的综合作用。

4. 对照实验：

   通过比较的方法，揭示某种原因或因素对研究对象的影响，通常有两个或多于两个的相似组——“试验组”和“对照组”，在生物学实验中最为常见。例如，达尔文的植物向光生长的实验，通过对照，确定植物的生长锥是植物向光生长的起作用的部位。

5. 模拟实验

   创造条件以模拟自然条件或自然演变过程，通常用原型的缩尺模型在实验室里完成的仿真实验。例如，高坝消能模拟实验，经常以1：100的比例完成缩尺模拟。

6. 思想实验

   在现实条件下无法进行的实验，通过在思想中的虚拟条件，在思想上塑造实验的过程。例如，伽利略的V型木槽的小球在理想光滑斜面上的滑动实验；再如，爱因斯坦所设计的相对性实验。人们有时不把思想实验归于实验类，而将其归结为一种推理形式。

**三、科学实验的计划和实施**

有实践经验的人都知道，完成实验研究很有难度，经常费时费力费钱，往往旷日持久，一波三折，因此需要精细地筹划，并用心掌握有关要领。

概括地说，做好科学实验有如下要领：

1. 有明确的目的性；
2. 有可靠的准确性；
3. 有可行的简单性；
4. 有可再现性；
5. 注意结果的正常性和反常性。

人们在实验研究中一般采取如下步骤：

确定总体目标；

完成设施准备；

小型简单实验；

正式规模实验；

数据处理整理；

具体结果分析。

可把实验研究的注意事项归纳如下：

**1、精心筹划**

   实验前对研究对象要心中有数，实验设施应精心研制、调试，对相关的概念、手段、关键数据和可能出现的问题胸有成竹。具体计划应包括：实验项目的个数、实验条件和分析方法、数据的获取和处理、测量的正确性和精确度、误差来源和可能的大小等等。

**2、由简及繁**

从简单的试验性实验入手，获得初步经验，而后渐入佳境。贝弗里奇在《科学研究的艺术》中指出：“应该尽可能在研究工作的开头进行一项简单的关键性实验，以判断所考虑的基本架设是否成立。”

**3、细致入微**

   应集中注意力，观察、捕捉最有意义的结果。熟练掌握实验技巧，提高观察水平，不放过正常结果，更留意反常结果，反复试验，不被表面现象迷惑。

**4、耐心分析**

   实验中应有详尽的全程记录，抓住要点，注意现象之间的内在联系，耐心细致地进行分析。必要时需要“冷处理”。对主要实验结果应做好不确定性（uncertainty）分析。

**5、谨慎表述**

   对实验结果的适用范围应冷静分析，下结论时必须小心谨慎。不能轻信实验万能，做出重大结论时更应三思而后行。一个假说一时得不到验证不能就说这个假说不正确。

**四、案例分析**

我们引进下列案例来体会上述一般分析：

**案例1：赫兹的电磁波实验**

德国物理学家赫兹（1857-1894）在30岁那年用简单的自制仪器发现了电磁波。

这一实验有明确的目的性。十九世纪六十年代英国物理学家麦克斯韦建立了电磁场理论，并从理论上推测到电磁波的存在，可惜他英年早逝，未能用实验来证明这一推测的正确性。1879年，德国物理学家亥姆霍兹针对这一难题提出悬赏征答；1884年，他的学生赫兹挺身而出，立志发现电磁波。经过四年苦心孤诣的奋斗，1888年，提出了一种检测从莱顿瓶或线圈火花产生的电磁波的方法，首次发现了电磁波的存在性，实现了麦克斯韦担心难以实现的愿望。

这一实验想法奇妙，但实现起来却具有简单性。赫兹的验波器仅由一个圆形导线组成，导线的两端接到两个铜钮上，两铜钮之间的距离调节得很小。当莱顿瓶发出的波落到导线上时，在适当的条件下，两铜钮之间会产生细微的火花，赫兹成功地使这些波发生反射、折射、衍射和偏振，从而无可争议地实现了实验的目的。对人类的科技发现来说，这是一个极有意义的里程碑。可惜的是，六年之后的1894年1月，赫兹就被牙病引起的败血症夺走了生命，终年37岁。

**案例2：孟德尔的豌豆杂交实验**

奥地利生物学家孟德尔（1822－1884）家境贫寒，但自幼就对生物学（特别是生物的变异规律）有兴趣。他耗时八年进行了豌豆杂交实验，总结出遗传学上的分离规律和自由组合规律，并提出了遗传因子假说，对细胞遗传学作出了重大贡献。

他的成功秘诀在于：

      1、殚精竭虑地做好实验观察；

      2、深入细致地分析实验结果；

      3、独具匠心地做好定量研究。

具体说来，他采用了如下步骤：

**1、选择恰当的实验对象——豌豆**

孟德尔的选择条件：具有稳定的便于观察和区分的特性；开花时不易受外来花粉影响；易于栽培；生长期短。他一开始选用山柳菊为对象，结果一无所获。后经过反复试验，最终发现豌豆能满足这些条件。

他抓住了豌豆各品种的特性差异：

种子外形（圆，皱）；子叶（黄，绿）；种皮外形（灰褐，白）；豆荚（饱满，不饱满）；未成熟豆荚颜色（绿，黄）；花的位置（叶腋，顶端）；植株（高，矮）。正是有这些差别，比较容易确定各代豌豆的遗传、变异的情况。

**2、精确观察，避免差错**

 孟德尔指出，要尽量避免可疑结果的危险，有时需要准确地确定动手时间。例如，例如，选种应在豌豆成熟时进行，而识别子夜和植株必须趁早。在长期试验观察中，他从不放过细枝末节。

**3、努力探索性状分配的数量关系**

   孟德尔对七对性状的豌豆进行杂交，发现第一代只有一种性状得到表现，第二代两种性状的表现率之比为3：1。从大量数据的分析得到了统计规律。

**4、大胆提出遗传因子假说**

   他假设种子细胞里有一种遗传基础——遗传因子，每个遗传因子决定一种性状。又将其分为显性因子和隐性因子，前者占压倒优势。由此解释了3：1规律。推得孟德尔第一定律－分离定律：一对因子在异质接合状态下并不影响和沾染，按原样分离到不同配子。

**5、从一对性状推广到多对性状**

   经细致分析，得到孟德尔第二定律——自由组合定律：当两对或更多对因子处于异质接合状态时，它们在配子的分离彼此独立，不相牵连。

**案例3： 费米的射线轰击原子实验**

   意大利物理学家费米（1911－1954）既擅长于理论研究，又善于进行实验研究，他想象力特别丰富，善于设计富有新意的实验和理论框架。

   1933－1934年，费米领导的实验课题组用射线轰击不同质量的原子，发现：一种原子吸收了一个中子之后，就成为质量与元素周期表上下一位元素质量相等的同位素，但最初的实验效率很低。

   有一次，费米的两个学生正做用中子轰击银原子的实验，偶然地把放射源放在铅盒子里，发现照射产生的放射性强度有明显改变；费米接到报告，觉得奇怪；他灵机一动，想到把放射源包在石棉里会怎样？结果，轰击的中子大大减速，击中靶核后产生的放射性比原来大增百余倍，显示出慢中子的有效作用。

   费米联想起，用快中子轰击靶核就像手枪子弹漫射飞鸟，命中率必定很低；他想象，如果自己是中子，在其它像原子分布一样的人群中穿行时，若放慢脚步，同他人相撞的机会反而增多，作用也更强烈，于是就提出慢中子轰击靶核的方法，使用石棉和水为中子减速剂，大大改进了实验效果。两个月内制造出30多种同位素。

这一案例显示了偶然发现在实验研究中的重大作用。

**五、结束语**

实验是科学研究中的关键步骤；

科学实验必须精心筹划、由简及繁、细致入微、耐心分析、谨慎从事；

科学实验必须有深谋远虑，步步深入；

应充分注意实验中发现的反常现象。

初稿：写成于2013年3月21日，香港

二稿：写成于2013年10月11日，上海

# 学习漫谈(100)：大胆假设 小心求证——谈科研方法：8.假说篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 5155 次阅读 2013-10-15 07:47 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:科研方法 假说 假设

**楔子**

本讲叙述提出假说或假设在科学研究中的意义及其方法，简述假说的特征和形成过程以及判断假说的正确性的判据，并列举四个案例加以阐释。

大纲

一、引言

二、提出假说的方法

三、案例分析

四、结束语

 一、引言

假说和假设是通向科学发现的“桥梁”，科学地提出假说和假设是科学研究中最重要的技巧之一。假说和假设是想象力的产物，是认识上的飞跃。这是科学研究中最困难的一步，需要为之付出艰巨的劳动。正如科学方法论专家贝弗里奇所说：“假说是研究工作中最重要的智力活动手段。”

假说，在数学研究中经常表现为猜测。高斯说过：“没有大胆的猜测就没有伟大的发现。”

   假说产生的时机在于：理论系统出现缺陷或空白之时；已有理论或原理与事实发生矛盾之时时；新发现的现象需要分析、解释之时。

   假说的价值在于它的可拓展性，贝弗里奇指出：“假说之所以能富有成效，不仅对提出者如此，而且还可能使别人进一步发展。”假说在得到充分的科学拓展之后，可上升为原理乃至定律。

   假说的成立必须得到实践验证，必须符合客观事实，符合事物的发展规律。假说在形成过程中必须经过千锤百炼、多方推敲、不断修正。达尔文根据自己多年的研究经验总结道：“我一贯力求思想不受拘束，这样当某一假说为事实证明错误时，不论我对自己的假说如何偏爱，我都放弃它。我想不起哪一个最初形成的假说不是在一段时间过后就被放弃，或被大加修改的。”贝尔纳也指出：                         “过于相信自己的理论或设想的人，不仅不适于做出新发现，而且会做很坏的观测。”贝弗里奇进一步指出：“我们必须十分注意，不使自己对自己的假说过于热衷，应力求客观地判断，并一旦发现矛盾的事实，就修改它或丢弃它。要提高警惕，不使观察和解释受到假说的影响而歪曲。假说在不被相信的情况下也可以利用。”本讲的案例印证了上述观点。

 二、提出假说的方法

能否正确地提出假说是最能显示科研工作者的功力之所在。只有在进行了充分的观察和调研之后，在全方位地做了深思熟虑之后，才有可能提出科学的假说。形成并提出假说的途径多种多样，概括起来说，主要方法如下：

   1）归纳法：把一些特殊情况下已经证明无误的规律概括为一般情况下的假说。例如，达尔文在广泛搜集物证，并通过总结概括，提出生物进化假说（详见第六讲）。

   2）类比法：把某一现象与另一个熟悉的事物、过程的规律作类比，抓住它们的共同特征，用类推的方法提出假说。例如，从力学中的引力定律类推电学中的库伦定律；从太阳系中行星运动规律类推出原子模型假说。

3）移植法：应用或移植其它学科领域所发现的新原理或新技术来提出假说。例如，把脑化学的理论和方法用于脑发育的心理环境说。

   4）分类整理法：对已有资料分门别类、分析整理，寻求规律。例如，门捷列夫采用这一方法发现化学元素周期表。

5）经验公式法：对实验数据进行数学处理得到经验公式，在此基础上提出假说。例如，开普勒行星运动三大定律的面积律的导出。

   6）试错法：尝试性地提出不同的设想，通过试错，决定取舍。例如，爱因斯坦提出狭义相对论时所采用的方法（详见下文中的案例1）。

一般来说，假说的形成过程如下：

    1）提出初步假说阶段：通过为数不多的事实和材料，经过思维加工而得出雏形假说，可能带有明显的尝试性和暂时性。其中归纳法起主要作用。

    2）验证假说阶段：以事实为基础，应用多方面的知识进行演绎论证，只有经过充分论证、充实，假说才能成立。其中演绎法起主要作用。

仔细考察达尔文提出生物进化论的过程，特别是提出“适者生存”假说的过程，就能体会上述假说形成过程。

科学工作者的研究功力不仅表现在提出原始假说方面，而且表现在对自己或别人提出的假说的正确性的判断能力方面。而判断假说的正确性的依据是：

   1）新假说能解释旧假说所能解释的一切现象。

   2）新假说必须能避免旧假说的一些错误。

   3）在可能之处，新假说应能解释旧假说不能解释的预言或事物。

不要以为只有大科学家才有资格提出假说，所有科学工作者都有机会提出假说或猜测，也许在程度和适用范围上会有一定的差别。我们在做科研时，一般总是从不满足于已有成果开始，在尝试进行新探索时，总要提出新的假设或假说，突破原有的框框，通过观察、实验、建模、模拟、分析，通向新发现之路。

**三、案例分析**

在科学发展史中，有许多假说，可以说，科学发展的历史就是假说演化的历史。例如，康德关于太阳系起源的星云假说，魏格纳的大陆漂移说，等等。下面列举若干著名的案例进一步加以说明。

**案例1：爱因斯坦狭义相对论的假说**

   爱因斯坦所面临的已知结论（假说）有：

      1）光速不变性原理——惯性系中，真空中的光速为常值；已为迈克尔逊-莫雷实验所证实；

      2）相对性原理——所有惯性系中自然定律相同；

      3）速度相加定理——坐标系A相对于坐标系B作匀速直线运动，质点在坐标系B中的速度等于在坐标系A中的速度与A相对于B的速度之和。

爱因斯坦发现，速度相加定理与光速不变性原理相矛盾。为了提出新的假说，他面临的选择是：

      1、舍弃假说1）？－不可。真空中光速恒定定律是电磁现象理论的一个必然结论，且有实验证据；

      2、舍弃假说2）？－不可。若舍弃，导致不同惯性系中描述的自然现象不是等效的，明显地不符合事实；

      3、舍弃假说3）？－这是唯一可能的出路。

   于是，爱因斯坦提出创造性的思路：

   从前两个基本假说出发，提出了同时性的相对性问题，导出了洛仑兹变换，舍弃了牛顿的绝对时空观，建立了狭义相对论。

**案例2：爱因斯坦广义相对论的假说**

   爱因斯坦发现狭义相对论还不是完整的理论体系，因为相对性原理局限于惯性系，还不能解决加速运动问题和万有引力问题。因此，选择了引力问题作为突破口。他用“爱因斯坦升降机”这一思想实验证明了参照系的加速度产生的效应与引力场的效应完全相同，亦即，惯性质量与引力质量相等。

   爱因斯坦提出两个基本假说：

   1）等效原理——一个加速度为a的非惯性系，等效于含有均匀引力场的惯性系；

   2）广义相对性原理——在任何参照系中，物理学规律的数学形式相同。

   在此基础上爱因斯坦创立了广义相对论。

**案例3  关于光的波粒二象性**

   关于光的本性假说历经曲折，现作简要的历史回顾：

   牛顿提出光的微粒说，但不能解释光的衍射现象。

   惠更斯提出光的波动说；菲涅耳建立衍射理论；麦克斯韦提出光的电磁理论，优于弹性理论，但不能解释热辐射按频率分布、光电子发射效应等；

   普朗克、爱因斯坦等提出光的量子理论，认为光与其它基本粒子一样有波粒二重性。

   德布罗意提出物质波的概念，进一步发展了波粒二象性。

**案例4  关于埃利希的化学疗法**

   德国细菌学家埃利希提出假说：由于某些染剂能有选择地给细菌和原生动物染色，所以就有可能单为寄生虫所吸收的物质，而且可以杀死寄生虫而不损害宿主。

   他对自己的设想坚信不移，历经失败，直到发现锥虫红有某种抗原生动物能力，沿此方向努力，最后制成治疗梅毒的“六〇六”。这可能是疾病研究史上一种对假说的信心战胜巨大困难的范例。

但是埃利希的假说并不正确，现时很多有化学疗效的药物并不是有选择地附着在传染源上。这一不正确的假说还导致用磺胺做化学治疗（1932）。

**四、结束语**

综上所述，我们可以得到如下结论：

应该按正确的思维方法提出假说；

假说必须以事实材料为依据；

创立假说要充分运用科学原理和新的线索；

要对假说进行实践检验，正确的假说一应解释已有事实，二应预言未来事件；

假说的结构要简单明确，基本概念清晰明了。

初稿：写成于2013年3月28日

二稿：写成于2013年10月14日

# 学习漫谈（101）：抓住要害 模化现实——谈科研方法：9. 建模篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 5106 次阅读 2013-10-26 07:11 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:科研方法 建模 数学模型

**楔子**

本文阐述自然科学研究中建模的涵义和方法，论及模型的作用、分类、数学建模要旨和一般过程，并提供若干建模案例。

**大    纲**

一、引言

二、模型的分类

三、数学模型概述

四、案例分析

五、结束语

**一、引言**

建模是建立科学理论的基础，这是因为：

——很多理论的建立基于假说性机制——模型；

——关于自然的总体模型构成深刻的信念背景；

——总体模型决定科研的基本方向、概念、方法；

——各个领域建立模型引领找到解决问题的途径；

——模型常可超越现有条件，给科研指明方向；

——模型可导致完整的科学理论的建立。

稍有科研经验的学人很容易理解上述各点，实际例子不胜枚举，这里不作赘述。

**二、模型的分类**

总体来说，科学理论中的模型大致可以分成如下三类：

**物理模型**：指的是，人们用经验中比较熟悉的、可观察的图像来表示未知对象的整体、结构的一种模型，用直观的素材综合成一幅对象的整体图像。使得理论知识具体化，科学解释的逻辑过程简单化。例如，原子结构模型（汤姆孙布丁模型——卢瑟福行星模型——玻尔液滴模型——壳层模型、集体模型……）

**理想模型**：指的是，把研究对象的本质属性和基本过程以某种极限形式表现出来。既有高度抽象性，又有某种极限状态。例如，理想质点，理想刚体，理想气体，理想黑体，理想流体等等。

**数学模型**：指的是，针对研究对象的数量特征或数学依赖关系，采用形式化的数学语言近似地表达出来的一种数学结构，具体表现为一组数学关系或一套具体算法。例如，万有引力定律、欧姆定律等等。

本文主要阐述数学模型的构建要领。

**三、数学模型概述**

数学建模的涵义和要旨在于：

数学建模是根据需要针对实际问题构建数学模型的过程，亦即，通过抽象和简化，使用数学语言对实际现象和实际问题进行近似刻画，以便于更深刻地认识所研究的对象。数学模型不是对现实系统的简单的复制和模拟，而是经过对现实现象进行分析、提炼、归纳、升华的结果，是以数学语言来正确地描绘现实对象的基本内在特征，从而通过数学上的演绎推理和分析，运用解析、实验（保持相似律成立）或数值求解。

数学建模的一般过程如下：

首先，基于一系列基本的简化假设，把实际问题中的数学描绘明确地表述出来，也就是说，通过对实际问题的分析、归纳、简化，给出用以描述该问题的数学提法；然后采用数学的理论和方法进行求解，得出结论；最后再返回去阐释所研究的实际问题，总结一般规律，即实现上述“应用数学过程”，在数学理论和所要解决的实际问题之间构建一座桥梁。

展开来说，数学建模的具体步骤如下：

1.通过调研，掌握实际问题的背景材料。明确研究对象（如物理问题、工程问题）和研究目的，了解相关的数据资料和基本事实（包括已有理论结果、观察结果、观测数据、实验资料等），提出清晰的基本目标，并在实际研究过程中随时准备不断修正预期目标；

2.辨识并列出与问题有关的各主要因素。建立基本假设，简化所研究的问题。明确模型中必须考虑的主要因素，预测、分析它们在问题中的作用，以变量或参数的形式表示这些因素。建模之初通常应最大限度地简化问题，建立最简单的模型，然后不断调整假设，提出修正，使得模型尽可能接近实际；

3.运用物理和数学知识和技巧建立问题中变量之间的关系。通常可以用离散的或连续的数学表达式来描述，例如，比例关系（如：牛顿粘性定律）、线性关系（如：广义牛顿粘性定律、胡克定律等）、非线性关系（如：非牛顿流体的本构关系、物理非线性材料的本构方程）、经验关系（如：反映非光滑管的阻力系数的尼古拉捷规律、水动力学摩阻的Manning公式等）、输入输出原理（如：元胞自动机模型的演进规则）、平衡原理（如：热动平衡规律、捕食者和猎物之间的关系等）、守恒原理（如：能量守恒、质量守恒、动量守恒、KdV守恒律等）、牛顿运动定律、微分方程或差分方程、矩阵关系、概率关系、统计分布等等（变量之间的关系不一定非要用方程来描述，只要能解决问题，可用各种方法确定问题的物理量之间的关系，例如离散映射关系），从而建立问题的数学模型。常见的表述各物理量之间的关系的有：代数方程，映射关系，差分方程，常微分方程，偏微分方程，积分方程，积分-微分方程等等；

4.进行参数辨识或参数标定。使用观测数据或问题的相关背景知识，辨识出问题中的参数的估计值；设计专门实验，标定参数。参数辨识和标定经常采用实测方法和数理统计方法。由于问题的参数辨识较为困难，所以成功的模型应该是简单的，所涉及参数尽可能地少且容易辨识；

5.运用所得的模型，进行分析求解。采用各种有效的数学工具求解所得到的数学方程等，然后，分析、解释模型的结果或把模型运行的结果与实际观测进行比较，开展进一步的案例分析，验证模型的正确性；

6.总结一般规律。对验证成立的数学模型进行总结归纳，尽可能上升到新的理论高度。

四、案例分析

这里提供若干案例，限于篇幅，对各个案例仅作提纲挈领的描述。

**案例一、哥尼斯堡七桥问题**

问题：哥尼斯堡城有一条河，现在用七座桥来连接河的两岸A、B和河中两岛C、D，试问：可否一次性不重复地走过这七座桥？

模型：1734年，Euler解决了这个问题。他把问题抽象简化为图论中的一笔划问题：数学上可证明：一笔划的基本要求是各点要有偶数条起迄路径，但是本题四点起迄路径均为奇数条，从而不可实现一笔划。即不能一次性不重复走过这七座桥。

**案例二 ：流体力学基本方程的导出**

常用的流体力学基本方程的导出，充分体现了上述建模思路，最值得注意的是一开始采用的简化假设。

简化假设：

1.      牛顿力学假设成立。只讨论流速远小于光速和特征长度远大于原子尺度的情形，即不考虑相对论效应和量子效应；若此假设不成立，则由相对论流体力学等理论来应对；

2.      连续介质假设成立。每一宏观小、微观大的流体微团里含有足够多的流体分子，微团紧密地排列着；若此假设不成立，则由稀薄气体力学等理论来应对；

3.      热动平衡假设成立。认为运动的流体微团处于热平衡，即分子运动趋于平衡的弛豫时间远小于问题的特征时间；若此假设不成立，则由非平衡态流体力学等理论来应对；

4.      热力学第一、第二定律成立（即能量守恒律和熵增定律成立）；

5.      亥姆霍兹速度分解定理成立（速度=平动速度+转动速度+变形速度）；

6.      广义牛顿粘性定律成立。假设运动流体中的剪切应力等于流体应变率分量的线性齐次组合（含广义粘性系数81个）。考虑此定律不成立的情形属于非牛顿流体力学范畴；若此假设不成立，则由非牛顿流体力学等理论来应对；

7.      流体各向同性假设成立。于是，广义粘性系数从81个缩减为2个；若此假设不成立，则由各向异性流体力学等理论来应对；

8.      Stokes假设成立。即假设流体的第二粘性系数（体积粘性系数）为零，不考虑流体压缩或膨胀中的粘性阻滞效应；若此假设不成立，只是使得方程形式稍微复杂一点；

9.      运动流体中温度不是很高且无急剧变化。可近似地认为流体的粘性系数与温度无关。可以认为温度不太高，不会产生电离和离解现象；若此假设不成立，则由化学流体力学、磁流体力学等理论来应对；

10.  流体均质假设成立。不考虑分层流体、异重流及随之而来的浮力等效应；若此假设不成立，则由分层流流体力学等理论来应对。

限于篇幅，这里不讲导出的具体步骤，仅指出其中的要点：

    ——上述十个假设的重要性各不相同。其中前五个假设是实质性的，在这些假设下，已可导出“应力型”的流体力学方程；接着的三个假设是非必要的，但从假设6可导出常见的“速度+热力学参数”型的方程，假设7、8可使方程得到进一步简化；最后两个假设更是可有可无的了。然而，给予上述假设，就产生应用得最为广泛的流体力学基本方程。

——可采用“加减法”进一步使得基本方程“复杂化”或“简单化”，例如，要计及地球旋转效应时，就产生了大气动力学方程，等等；再如，倘若假设外力有势，流体无粘且是正压的，就可导出很简单的伯努利方程，等等。

**案例三 兰彻斯特战争模型（日美硫磺岛之战）**

**问题**：根据典型战例，导出一类描写交战双方实力演变的数学模型。日美硫磺岛之战是二战中一个大战役。1945年2月19日开始，历时36天，以日军全军覆没告终，希望定量描述双方士兵的伤亡过程，以期用于预测类似战例。

**双方兵力对比**：守军（日军）21500人（无增援）；美军：首批登陆54000人（两次增援：6000人，13000人）

**建模思路**：

1）采用Lanchester线性律，建立线性常微分方程组：

2）利用Morehouse上尉保存的美军减员统计表标定方程中的两个参数；

3）用常见方法解方程，所得的解符合实际。

**案例四：交通流的元胞自动机模型**

**自动机**：由输入、内部状态、输出三部分构成，按一定规则演化的机制。

**元胞自动机**：分布在点阵上的一个或几个自动机，且系统满足空间群的对称性；数学上来说，它以离散的形式来描述动力学系统的演化过程，为非线性迭代或映射。

运用元胞自动机理论的基本步骤：

1)确定点阵；

2)规定状态变量；

3)制定演化规则；

4)数值模拟；

5）结果分析。

**实例 ：Nagel-Schreckenberg模型**

由Nagel和Schreckenberg于1992年 提出，由四个更新规则（加速、减速、随机慢化、位置更新）来描述高速公路交通。根据这一简单模型，经过数值模拟，可再现一些复杂的交通现象，如交通阻塞的形成等。

 五、结束语

根据上述，可有如下结论：

建模是科学研究中的关键步骤；

建模必须抓大放小，直击问题实质；

数学建模必须有灵活性；

建模要领应在反复实践中体会。

初稿：2013年3月14日，香港

二稿：2013年10月26日，上海

# 学习漫谈（103）：独具慧眼 把握机会——谈科研方法：10.机遇篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 6543 次阅读 2013-10-30 05:26 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:科学发现 机遇 利用

**楔子**

本讲探讨科学研究中如何利用稍纵即逝的机遇，通过列举机遇导致重大发现的案例，阐释“机遇只偏爱有准备的头脑”的论断，并论及成功地发现和利用机遇的必要条件。

**大纲**

一、引言

二、机遇导致重大发现的案例

三、抓住机遇的必要条件

四、结束语

**一、引言**

**机遇是导致科学发现的“触发机”。**

科学上的新发现、新知识经常起源于某种意外的机遇。应该充分注意这一因素对科学发现的重要作用，并且有意识地加以利用。积极、勤勉、敢于尝试的研究人员更有能力发现和把握此类机会。抓住机遇需要有想象力、科学鉴赏力，应该使得思维不受固定观念的束缚，养成对一切观察到的未经解释或难以解释的现象穷追不舍地进行思考的习惯。正如法国著名化学家、细菌学家巴斯德所说：“在观察的领域中，机遇只偏爱有准备的头脑。”另一位法国细菌学家尼科尔也说：“机遇只垂青于那些懂得追求它的人。”通过抓住偶然机遇发现青霉素的英国科学家弗莱明在获得诺贝尔奖后的讲话中强调：“不要等待运气降临，应努力去掌握知识。”

科学方法论专家贝弗里奇指出：“‘留意意外之事’是研究工作者的座右铭。”他还说：“一个成功的科学家对机遇所提供的每一意外事件或观察现象予以注意，并对那些在他看来大有希望者进行研究。……没有发现才能的科学家往往不去注意或考虑那些意外之事，因而在不知不觉中放过了偶然的机会。”

贝弗里奇认为：“明确认识机遇的作用是十分重要的。发现的历史表明，机遇起着重要的作用，但另一方面，即使在那些因机遇而成功的发现中，机遇也仅仅起到一部分作用。 ……真正起作用的是对机遇观察的解释。机遇只起提供机会的作用，必须由科学家去认出机会，抓住不放。”对所发现的机遇进行科学的解释，并设法总结出一般规律来，这是科学工作者显示其根底和能力的试金石。在众多的有关机遇和发现的实例中充分体现了这一点。

**二、机遇导致重大发现的案例**

   这里列举机遇导致重大科学发现的若干著名案例。

**案例1. 詹纳发明牛痘疫苗**

   詹纳（Edward Jenner，1749－1823),出生于英国格洛斯特郡，乡村医生，12岁开始做内科医生的学徒，后独立行医，43岁从圣安德鲁大学医学院毕业，回家乡继续从医。当时世上天花病流行，患者死亡率达10－20％，痊愈者有后遗症（主要是麻脸）。詹纳下决心专攻天花，为民造福。

詹纳获悉牛奶场女工和农民的一种公认的说法：牛痘是牛易患的一种轻度病，但也可以传染给人，人若传染上牛痘，就再也不会得天花病（牛痘对人来说没有危险，虽然其症状与极轻度的天花病有点相似），从而认识到接种牛痘疫苗是获得天花免疫力的一种安全的方法。他对这个问题进行了仔细的调查研究，先在儿子身上做了成功的试验，1796年决定更大范围地加以检验。

詹纳从挤奶女工莎拉·内尔姆斯手上的脓包中取出脓液，给一个8岁男孩詹姆斯·菲普斯接种，取得成效，接着又有几十例成功的病例。1798年詹纳出版名著《天花疫苗因果之探究》，宣布接种试验成功。当时另有两人开始过类似试验，但未能坚持到底。

詹纳在第一次认识到牛痘疫苗的作用后，历尽艰辛，花了整整三十年时间进行研究、观察、试验，克服了种种实际困难。例如，他发现母牛乳头易患各种疮伤，有些也能传染给挤奶工，但却没有对天花的免疫力，把牛痘疫苗与其区分开来实属不易，而詹纳在当时的条件下完成了。另外，从动物身上提取疫苗接种到人的体内，这种做法有悖于当时的传统观念，詹纳曾因此遭到辱骂，但他泰然处之，百折不挠地奋斗，最后才大功告成。

   1980年全球消灭了天花。

**案例2：弗莱明发现青霉素及其后续故事**

   弗莱明（Alexander Fleming，1881－1955）。英国细菌学家。医学院毕业后到圣玛丽医院细菌部实习，从事过白喉、梅毒病菌研究。“一战”开始后，他奔赴前线，目睹伤兵伤口溃烂的痛苦，立志设法解决此难题。战后回原岗位，着力培养葡萄球菌。实验在布满灰尘的简陋的实验室里进行。1928年的一天，在有关葡萄球菌的实验准备工作中，偶然发现一只培养皿的一角的某个菌落附近的黄色葡萄球菌死了，似乎长了一层绿霉，这种绿色细菌很强悍，引起他的惊异。

弗莱明在笔记上写道：“是什么引起我的惊异呢？就是在绿霉的周围，葡萄球菌被蚀化，以前它长得那样茂盛，现在只剩下一点枯影。”他立即培养这种绿色霉菌并进行显微镜观察，对助手说：“这种新菌生长力这么强，我看很可能是葡萄球菌的死敌，不只是与葡萄球菌争夺养料，而且分泌了一种汁液直接杀死了对方。” 并且制备了更多绿菌滤液，稀释成各种浓度，直到浓度为1/300 时还能阻止葡萄球菌繁殖，到1/800还可杀灭肺炎球菌。

弗莱明把这种人类发现的第一种抗菌素命名为青霉素。接着，还做了青霉素的毒性试验，发现无严重不良反应。1929年9月，他把研究成果发表在《英国实验病理学》杂志。有人建议将此发现申请专利，他婉言谢绝，并说：“为了我自己和我一家的尊荣富贵，而无形中危害无数人的生命，我不忍心！在我毕业之时我就宣过誓，一定要以所学的知识救死扶伤。医药界最可怕的莫过于贪，贪名贪利而不舍己救人无异于拿刀杀人。”

分析一下弗莱明的经历颇有意思。如果他是一位谨慎的有洁癖的研究者，实验室里一尘不染，也许就难以遇到葡萄球菌培养皿沾染灰尘长绿霉的机遇。偏偏他是一个邋遢的人，一向懒于打扫清理他的实验室，助手也实在懒得无可救药；如果他粗心，就不会察觉那一小撮绿霉，而他却非常耐心细致；如果他没有学养，就不可能设计出一系列试验，全面认定这种绿霉的作用，由于他是一位有经验的医学家，能抓住机会，穷追猛打，最终修成正果。

然而。弗莱明没有把他的发明产业化、市场化。这一责任历史地落到德裔英国青年钱恩和澳大利亚青年弗洛里身上。1940年，钱恩根据弗莱明的论文，做了青霉素的提纯试验，提炼出少量青霉素，进一步验证了它的药效；1941年，弗洛里在一家英国化工厂帮助下，提炼了一小勺青霉素，但治人时不敷应用。

正在此时，“二战”爆发，对抗菌素的需要激增，弗洛里审时度势，寻求多方支持。1943年他到美国游说，取得了美国农业部实验室的支持，用玉米汁培养青霉素，产量大增。他还请军方帮忙，让飞行员抓来各地的泥土，从中分离菌种。

   然而，真正解决问题的是弗洛里偶尔在西瓜摊上发现的烂西瓜。他发现烂西瓜皮上有绿霉，赶紧弄来烂西瓜培养菌种，于是，青霉素产量猛增，拯救了无数“二战”士兵，并开创了人类研制和应用抗菌素的先河。

   弗莱明、钱恩和弗洛里因此获得1945年度诺贝尔生物学及医学奖。

**案例3  赫歇尔发现天王星**

   威廉·赫歇尔（F.W. Herschel，1738-1822)，生于德国，19岁为逃避兵役移居英国，加入一个乐团，以在夜总会演奏风琴、双簧管为生，但是他酷爱天文学探索。1772年妹妹卡罗林（1750－ 1848）与其会合，在夜总会唱歌挣钱支持乃兄的事业。由于当年市场上没有现成的望远镜销售，两人不断磨玻璃，自制望远镜（最大孔径达1.22米），每日夜观天象。

   1778年开始赫歇尔实施两期“星空巡视计划”，将天空分成638个天区，逐个数星，一共数了117600颗星。1781年3月13日夜，偶然发现了太阳系的第七颗行星，一举将太阳系的疆域扩大了一倍！

赫歇尔说：“1781年3月13日星期二晚上10点到11点间，我正考察双子座H星附近的一群小星时，发现了一个异常明亮的星，我将它同双子座H及双子、御夫之间的小星作比较，发现它比任何一个都亮。我怀疑它可能是一个彗星。……”进一步观察发现其平均亮度为5.5星等，无彗尾，不是彗星。于是继续用高倍数望远镜观察。他说：“我在手头准备了227、460、932、1536、2010等倍的几个目镜，需要时都能成功地用上。”

赫歇尔兄妹发现：随着望远镜放大倍数的增加，该星的体积逐步增大，完全不同于更遥远的恒星。接着，两人又跟踪观察了四夜，最后确定这是太阳系的第七颗行星。经天文学家沃森博士推荐，观测报告送呈皇家学会。4月26日，赫歇尔应邀在皇家学会宣读发现新天体的论文。8月，俄国的刘塞尔、法国的拉普拉斯同时计算出该星的轨道，确认它是土星之外的大行星。德国柏林天文台将此星命名为“天王星”。

从1690年以来，该星至少有19次被观测记录在案，但每次都被误认为是暗弱恒星而放过了。其中见过这颗星的不乏其人，如英国皇家天文学家弗拉姆斯蒂德、布拉得雷等大师级的人物。法国天文学家勒梅尼耶从1750年到1769年的二十年间曾观察它12次，他对于天文学界认定赫歇尔发现天王星一事很不服气，就向国际天文学联合会提出申诉，后者翻出他历年递交的报告，上面都是他发现这颗“新恒星”的记录。原来，勒梅尼耶说不清恒星与行星的区别（如岁差等），他的知识基础使他与新行星的发现和认定失之交臂。结果，天王星却被一位天文爱好者、民间音乐家威廉·赫歇尔偶然间撞上了，他的发现载入了科学史。此案例真切地印证了巴斯德的名言：“机遇只偏爱有准备的头脑”。

赫歇尔后来继续努力从事天文学研究，有如下主要重要成就：

 （1）制造了许多大型望远镜。磨制出售的望远镜至少有76架；

 （2）发现了天王星和土星各自的两颗卫星；

 （3）首次确认了银河系为扁平状圆盘的假说；

 （4）汇编成3部星云和星团表，记载了2500个星云和星团，发现了双星、三合星和聚星848个；

 （5）发现了太阳的空间运动。他发现并测定出太阳的向点位于武仙座λ附近，与现代的公认值十分接近。

**案例4： 贝尔纳发现肝脏的糖原生成作用**

    贝尔纳（Claude Bernard，1813－1878），法国生理学家，主要学术贡献是发现肝脏的产糖功能和血管运动神经。

    19世纪上半叶，人们普遍认为动物不能制造碳水化合物、脂肪或蛋白质。贝尔纳决心研究糖的代谢，考察糖在哪个脏器分解。先用高糖食物喂实验狗，检查肝脏流出的血液，看看糖的分解是否由肝脏完成，捡出高糖分。再用无糖食物喂另一只狗，发现肝脏同样有高糖分。

贝尔纳意识到，与传统观念相反，肝脏也许能从非糖物质制造糖分。接着又做了一系列实验，充分证明了肝脏的糖原生成作用。

   这一成功的原因在于：

   1）意识到抓住与流行观念不符的结果的重要性，深入追踪这一线索；

   2）一丝不苟、按部就班地掌握每一实验步骤，特别是对照实验。

这类案例不胜枚举，其它有名案例还有：

阿基米德发现浮力定律

伽伐尼发现电流；

奥斯特发现电磁感应；

伦琴发现X射线；

冯梅林和闵可夫斯基发现胰脏中含糖分和胰岛素治糖尿病的功效；

拉塞尔在运河中发现孤立波。

**三、抓住机遇的必要条件**

从以上案例可见，抓住机遇的必要条件在于：

注意线索。具备敏锐的观察能力和出色的科学鉴赏力，保持对意外事物和反常现象的警觉性和敏感性；

解释线索。充分认识意外事件的重要意义，穷追猛打，由表及里，揭示深层次的真相，提炼有价值的理念；

不拘泥于传统观念和既有模式，努力尝试新步骤；

夯实基础，厚积薄发，有足够的想象力和渊博的知识；

具有出色的独立思考和发散思维能力，善于多角度全方位考虑和分析问题。

一般来说，坐失良机的主要原因在于：

1、知识储备不足；

2、对新事物不敏感；

3、不认识新线索的重要性；

4、浅尝辄止，未对最初的发现做深入研究；

5、缺乏应用意识；

6、遭遇冷淡和反对后未能坚持。

**四、结束语**

本文的结论是：

应该尽力抓住科学发现中的机遇；

机遇只青睐于有准备的头脑；

应夯实基础，广闻博览；

应努力培养发散思维能力。

初稿：2013年3月21日，香港

二稿：2013年10月30日，上海

# 学习漫谈（112）：冥思苦想 催生顿悟——谈科研方法-11.顿悟篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 4399 次阅读 2014-5-26 07:25 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[观点评述](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=3)|关键词:科研方法 顿悟 直觉 灵感

**摘要**

本讲探讨科学研究中如何利用直觉产生灵感，亦即苦思长久后，刹那间灵光一现，产生顿悟，寻得解决困难问题的妙招。将从彭加勒的著名论述开讲，谈及科学创造的心智过程和产生顿悟的条件，列举若干顿悟成功的著名案例，并由此总结直觉思维的基本特征。

**大纲**

一、引言

二、科学创造的心智过程

三、顿悟成功的著名案例

四、直觉思维的基本特征

五、结束语

**一、引言**

直觉产生灵感是许多科学发现的“临门一脚”，指的是，经过长时间冥思苦想后，突然跃入脑际的、能解决问题的观念或思想。人们有时借用佛教术语，将其称为“顿悟”，笔者喜欢这一形象化表述。“顿悟”是禅宗的一个法门，相对于“渐悟”法门，原本讲的是用正确的修行方法迅速领悟佛法要领。引伸过来后，用以指一种突然的颖悟。格式塔派心理学家认为，人类主要靠顿悟来最后解决问题。当人们对某一问题百思不得其解时，突然看出问题情境中的各种关系并产生了顿悟和理解，有如“踏破铁鞋无觅处，得来全不费功夫”，其特征是突发性、独特性、不稳定性和情绪掌控性。（详见参考资料[1-7]）。

为了领悟直觉（顿悟）的要旨，这里引述著名数学家彭加勒( Poincaré )在文[1]中的叙述：

“我曾用了15天时间证明，不可能存在任何类似于我后来称之为富克斯函数的函数。我当时一无所知；我每天独自一人坐在我的办公桌前，待一两个小时，尝试了大量的组合，什么结果也没有得到。一天夜晚，我违反了我的习惯，饮用了黑咖啡，久久不能入睡。各种想法纷至沓来；我感到它们相互冲突，直到成对地链接起来，也就是说，造成了稳定的组合。到第二天早晨，我已确立了一类富克斯函数的存在，它们来源于超几何级数；我只是必须写出结果，仅花费了几个小时。”这就是他在半睡半醒中的顿悟，而这种顿悟来自多日的焦虑和思索。

事后，他经过严格的数学推理（类比推理），确定了θ富克斯函数的形式。接着，他参加了一次地质考察旅行，途中，他准备登上一辆公共马车，“当我的脚踩上踏板的一刹那，一种想法涌上心头，即我通常定义富克斯函数的变换等价于非欧几里德几何学的变换，在我先前的思想中，似乎没有任何东西为它铺平道路。”他在马车上继续思考，一回到住处，立即证实了旅行中的顿悟所获的结果。

彭加勒还写道：

“然后，我把注意力转向一些算术问题的研究，表面上看来没有取得许多成果，也没有想到它们与我以前的研究有什么关联。我为我的失败而扫兴，于是前往海滨消磨几天时间，想一些其它事情。一天早晨，我正在悬崖旁散步时，一种想法浮现在我的心头：三元二次不定型的算术变换等价于非欧几何学的变换，它正好具有同样的简洁、突然和即时确定的特征。……最为引人注目的是顿悟的显现，这是先前长期无意识工作的征兆。”这是在休闲散步中获得的顿悟，他特别强调“这是先前长期无意识工作的征兆”。

顿悟在科学创造中出现的频度很高，美国化学家普拉特和贝克在化学家中做了一次关于顿悟的问卷调查，统计结果是：33％的人经常有顿悟；50％的人偶尔有顿悟；17％的人从未得力于顿悟（转引自[2]）。在科学家的传记和自述中，经常有关于顿悟的描述。

下一节进一步阐释科学创造的这一心智过程，述及顿悟产生的条件以及如何加以利用；第三节列举若干著名的顿悟案例；第四节简述直觉思维的特征；最后做一个简单的总结。

**二、科学创造的心智过程**

著名的数学方法论专家徐利治总结了彭加勒提出的科学创造的心智过程（参看[3]，176-181），现择要转述于下：

       1）自然科学中的发现或发明的方法是相似的，无非是一种选择。也就是说，在无穷无尽的各种可能的观念组合中，选出最为有用的组合，抛弃无用的组合，取得崭新的成果。彭加勒形象地把存在于人脑中的种种思想或概念叫做“观念原子”，平时就挂在墙上的“钩子”上，在开动头脑机器之后，亦即在“脑风暴”中，成群的观念原子就纷纷“脱钩”，在空中翩翩起舞，原子间的通过相互组合就能产生新的观念原子。组合的形式是无穷尽的，通常，最早出现的是平凡的组合，而一旦出现绝妙的组合，科学发现随之产生。脑风暴常常出现在心理学上的所谓“烘热期”，那是一种在脑中迅猛地涌现出种种形象、联想、猜想、假设和非逻辑思维的心智活动形态。这种脑风暴不可能平白无故地突然产生，一般至少聚精会神地连续工作两三个乃至五六个小时后才会逐步形成。

2）直觉导致“最佳选择”的心智活动形式为顿悟。顿悟大多并非出现在脑风暴过程中，而是产生于一个未被清楚地意识到的“无意识过程”或“潜意识过程”中，这种无意识过程是受美的意识支配的，是酝酿着最佳选择或绝妙组合的契机，往往产生于长久的自觉工作之后，特别是脑风暴后的休闲阶段。

3）选择能力取决于科学直觉和科学美感的优劣。有些人记忆能力和理解能力不差，而科学创造方面却显得平庸，主要由于直觉思维能力不强；另一些人虽则记忆力不强，但由于有出色的直觉思维能力，对科学秩序和和谐性有高度敏感性，因而常有惊人的创造。

4）科学创造能力来源于发散思维和所积累的知识总量。正是发散思维导致新思想、新概念、新方法的涌现。按照现代心理学家的见解，科学创造能力正比于发散思维能力，对于任何科学家的创造能力可用如下公式来估计：

      创造能力=知识量×发散思维能力

知识量越大，联想、类比、想象的领域就广，再加上发散思维助威，就能产生巨大的创造力。

这里再引入彭加勒的一段论述：“当一个人着手一件困难的工作时，休息后回到办公桌旁。突然关键性的想法跃入脑海。当然，我们可以说这是有意识工作的成果，它由于一度休息恢复了活力，清醒了头脑。但更可能的是休息时仍进行着潜意识的工作。其潜在活动的结果，后来才跃入意识，暴露给科学家。”著名物理学家福克也说过：“伟大的，以及不仅是伟大的发现，都不是按逻辑的法则发现的，而都是由猜测得来。换句话说，大都是凭创造性的直觉得来的。”

贝弗利奇在[2]中总结了直觉（顿悟）产生的必要条件：

1）对问题的持续自觉思考（思想准备）；

2）排除一切干扰的思虑（排他性的冥思苦想）；

3）无中断思考之虞的外部环境（可连续思维的环境；

4）有张有弛的思维和必要的休息（导致无意识过程）；

5）与他人的思想接触，碰擦“火化”（导致顿悟的交流）。

他提醒科学家，要充分利用直觉，随时记录顿悟结果。

贝弗利奇说：“产生直觉最典型的条件是：对问题进行了一段时间专注的研究，伴之以对就觉问题的渴求；放下工作转而考虑其它；然后一个想法戏剧性地突然到来，常常有一种肯定的感觉，人们经常为先前竟然不曾想到这个念头而感到狂喜或甚至惊奇。” 他指出：“为了产生出色的设想，科学家需要有思考的时间。暂时放下工作的好处，也许就在于能摆脱不利的、受条件限制的思考。精神集中地考虑一个问题，时间久了困难会造成思路堵塞，就像竭力回忆一件从记忆中消失的事情时经常出现的情况。”

      根据笔者的观察，最容易产生顿悟的人是：热爱科学研究的、经常冥思苦想、善于劳逸结合、有科学鉴赏力的人，其中非常重要的是，必须有大段的连续的或可连接的思考时间。而容易产生顿悟的时机是：紧张思考后的休憩期（包括做梦时）；梦醒时分的半睡眠状态中；在风景地散步、游玩时；放松地洗澡的时刻；旅途中；如厕时。下一节将列举若干著名案例加以说明。

**三、顿悟成功的著名案例**

**案例1：奥托·罗伊的梦**

德国格拉茨根大学的药物学教授奥托·罗伊是1936年诺贝尔医学和生理学奖得主，主要成是发现了神经搏动的化学媒介作用。他在长期研究中体会到存在这种媒介作用的可能性，一直想做一个直捷的实验加以验证，经过不断思考，久无成效，从而影响了睡眠，常处于神思恍惚之中。

有一天夜里，他辗转反侧，好不容易进入梦乡，突然得到一个极好的实验设想，赶紧蹦起来用纸笔把实验方案要点记了下来；翌日清晨，迫不及待地细看昨夜的记录，遗憾的是：夜间所写的实在太潦草，他怎么也认不得自己的笔迹。于是他在实验室枯坐一天，想方设法回忆自己的梦境，可惜一无所得。与多数人一样，白天再现梦境以失败告终。

第二天夜里，他再次艰难地入睡。幸运的是，他在半睡半醒之中产生了同样的顿悟，这次他不敢怠慢，工整地记下了梦中的感悟。

好不容易盼到天亮，罗伊如梦炮制，在实验室里干净利落地完成了梦里指引的实验。他准备了两只蛙心，用盐水维持其跳动；然后刺激一只蛙心的迷走神经，使其停跳；把第二只蛙心放入泡过第一只蛙心的盐水，第二只也停跳。他的初步实验大功告成。接着，他又多方验证了自己的设想，得出结论：化学媒介作用不仅存在于神经与它们影响的肌肉之间，而且也存在于神经单元本身之间。

**案例2：凯库勒“银蛇飞舞”之梦**

德国化学家凯库勒1854年开始探讨苯分子的化学结构。曾先后设想出碳、氢原子几十种可能的排法，但都被否定了。他苦苦思索，百思不得其解。一天，他在火炉边躺在安乐椅上，不知不觉地睡着了。突然，在梦中看到原子在眼前晃动，长长的队伍变化着，然后，它们靠近了，像一条蛇咬住了自己的尾巴，轻盈地旋转着。他猛醒过来，猜想苯的六个碳分子可能像蛇一样，一个接一个环状排列。据此，他给出了苯的六边形环状结构式。

且看凯库勒的两段相关的原始描述：

“那是一个晴朗的夏夜，我乘末班公共汽车回家，和往常一样坐在车顶的座位上，通过大城市中没有行人的街道。……我陷入了幻想，并且好像看见许多原子在我的眼前欢跳……我常常看见两个较小的原子如何联合形成偶原子，一个较大的原子如何环抱着两个较小的原子；还有更大的原子如何抓住三个甚至四个较小的原子不放，同时，它们如何整体跳着令人眼晕的舞蹈快速地旋转着。我也看到较大的原子如何形成链子……无论如何，我也要花些晚上的时间，把这些幻想中形成的形态轮廓写进论文中。”

“但是，事情进行得不顺利，一天晚上，我的思维开了小差。我把座椅转向取暖壁炉，并打起盹来。原子再次在我眼前欢跳。这时较小的原子谨慎地呆在基底上。我的心灵眼睛通过这种重复景象而更加敏锐，现在可以辨别出多种形体中较大的结构，长长地排列成行，有时还更紧密地拼接在一起；整行迂回曲折像蛇一样运动。瞧！那是什么？有一条蛇咬住了自己的尾巴，嘲弄般地在我眼前飞快旋转，彷佛一道闪电，把我惊醒了。……当天晚上，我就推断出假设的结论。”

**案例3：达尔文和华莱士关于“适者生存”的顿悟**

达尔文经长期考察和思考之后，已建立关于生物进化论的基本概念，但找不到一种简洁有力的表述方式。有一天，他找来马尔萨斯的“人口论”著作，随心阅读作为消遣。读着读着，突然想到，在生存竞争条件下，生物有利的变异可能保存下来，而不利的则被淘汰。他把这个想法记录下来，但还有一个重要问题没得到解释，即由同一原种繁衍的机体在变异的过程中有趋异的倾向。根据他的日记，此问题是这样解决的：

“我能记得路上的那个地方。当时我坐在马车里，突然想到了这个问题的答案，高兴极了。”就这样，达尔文形成了关于“适者生存”的完整论述。

       无独有偶，他的同行华莱士病中阅读马尔萨斯的人口论时，也独立地想到了可用适者生存的观念来阐释进化论。马尔萨斯清晰地阐述了人类数量增长所受的各种遏制，并提到那些北淘汰的是最不适于生存的弱者，华莱士想到，在动物界情况大体相同。

       华莱士说：“模模糊糊地想着这种淘汰所意味着的巨大而不断的毁灭，我突然问道：‘为什么有的死了，有的活下去？’答案很明白，一般来说，适者生存……然后，我突然闪过一念：这一自行的过程改进了人种……适者生存。然后，突然我似乎看到了它的全部影响。”

**案例4：居里夫人的直觉信念**

爱因斯坦认为居里夫人有“大胆的直觉”。她积累了关于放射性实验的大量数据，发现放射性与化合程度、温度、光线无关，做出直觉的判断：1、放射性不是化合物分子的性质，而是原子的性质；2、不仅铀有放射性，别的元素可能也有。不久就发现另一种放射性元素——钍。

经过冥思苦想后，居里夫人又产生一个直觉的猜测：所收集的矿渣中含有少量比铀和钍放射性强得多的元素。她写道：“我不能解释那种放射作用，是一种不知道的化学元素产生的……这种元素一定存在，只要去找出来就行了！……我深信试验没有错。”1898年，在这种放射性元素发现之前4年，居里夫人就宣布了它的存在，且命名为镭。

这样的案例不胜枚举，我们还可以再提到一些。

阿基米德发现浮力定律源于浴池放松后的顿悟。根据传说，他为了解决国王命令的鉴别黄金皇冠的真伪问题，长期处于困惑。到浴室洗澡是看到洗澡水溢出，突然领悟了浮力作用，于是有了“尤里卡”（即“我明白了”）之说。实际上，当时希腊人要么在浴池里沐浴，要么在深深的木桶里沐浴，要让水溢出并不容易。笔者推测，他可能在泡在木桶里享受时，那种极度放松的快感，催生了他的顿悟。

“数学王子”高斯这样描述他解出一个难题的过程：“终于在两天前我成功了……像闪电一样，谜一下解开了。我自己也说不清楚是什么导线把我原先的知识与使我成功的东西连接了起来。”

俄国生物学家梅契尼科夫发现了细胞的吞噬作用，他叙述了想法的源头：“一天，全家都去马戏团观看几只大猩猩的表演。我独自在家在显微镜下观察一只透明星鱼幼虫中游走细胞的寿命。忽然，一个新念头闪过脑际。我突然想到：这一类细胞能起到保护有机体不受侵袭的作用。我感到这一点意义十分重大，非常兴奋，在房中踱来踱去，甚至走到海边去归整思想。”

德国物理学家亥姆霍兹说：“在对问题作了各方面的研究以后，……巧妙的设想不费吹灰之力意外地到来，犹如灵感。”他发现这些思想不是出现在精神疲惫或是伏案工作的时候，而往往是在一夜酣睡后的早上，或是天气晴朗缓步攀登树木葱茏的小山时。

不仅科学家如此，很多文学家、艺术家有类似的经历。

北宋著名文学家欧阳修说，他的美文很多来自“三‘上’”，即“马上、枕上，厕上”。

李白的《梦游天姥吟留别》据说是在梦中及梦后写成的。诗仙以他无与伦比的才华将梦中瑰丽的神仙世界呈现在我们眼前：“霓为衣兮风为马，云之群兮纷纷而来下。虎鼓瑟兮鸾回车，仙之人兮列如麻……”若不是在梦中，谁能想象出如此美轮美奂的玄幻仙境？

意大利著名作曲家塔季尼梦见自已把小提琴交给了一个魔鬼，不料这魔鬼竟然演奏出了美妙的旋律，使塔季尼赞叹不已。醒来后，他立即记下了曲谱，这就是后来闻名天下的《魔鬼之歌》。

英国著名小说家司各特写信给朋友说：“我的一生证明，睡醒和起床之间的半小时非常有助于发挥我的创造性来做工作。期待的想法，总是在我一睁眼的时候大量涌现。”

       不仅一些大家如此，许多一般的科研工作者也是这样。几年前，我在西安交通大学给600位研究生做讲座报告后，我问主持会议的研究生院院长，你有过顿悟吗？他说，经常有。他在家里是“模范丈夫”，负责做饭。有一段时间他一直为一项有限元计算所困扰。一天，他正心不在焉地炒菜，突然，脑海中灵光一现，冒出来一个解决问题的“绝招”，赶紧把太太叫过来，让她继续炒菜，自己钻进书房把醒悟到的算法记了下来，最后写成了一篇高质量的论文。笔者1982年在中科院研究生院讲授“渐近分析及其应用”课程，常有感于摄动法只能解决弱非线性问题，颇为忿忿不平。心想，能否把它们的应用范围扩大到强非线性问题呢？在讲授一种常用的摄动法——平均法时，直觉告诉我：也许可从这个方法“开刀”，经过多日苦思，一天清晨，正在半睡半醒之时，猛然想起，倘若改变一下KBM方法的首项变量展开，不就可以解决一类强非线性问题了吗？起床后思如泉涌，很快就写出了后来被成为改进的KBM方法的概要，并用以解决若干强非线性振动问题，论文后来发表于《应用数学和力学》、《中国科学》等双语刊物，相关成果被国外学者写进了摄动法专著。

**四、直觉思维的基本特征**

顿悟是直觉思维的结果，这里简述其特征（详见[4]）。

直觉思维作为科学思维的一种基本形式，有别于逻辑思维和形象思维，其主要区别在于：

1）直觉思维是一种非逻辑的思维方式。

             ——直觉思维是一种非演绎推理。演绎中，推理跳不出前提的设定；直觉判断没有这种蕴含关系，是跳跃式的想象和猜测；

            ——直觉思维是一种非归纳推理。直觉的猜测、想象是一种脱离了归纳的条约，且不局限于从个别经验事实得出一般规律。

             由此带来直觉的直接性、突发性、突破性。

2）直觉思维是“智力图像”的思维

             直觉思维的形象与形象思维的形象不同。后者是通常意义下的具体形象，前者则是某种程度上抽象的、模式化了的“形象”，称为“智力”图像，一种抽象的形象。

**五、结束语**

本讲的要点总结于下：

顿悟指突然跃入脑际的能阐明问题的思想；

顿悟源于长期孜孜不倦的思考；

顿悟经常出现在不研究问题的时候；

要随时记录顿悟；

注意：顿悟的结果并非总是正确的。

**参考资料：**

1、彭加勒（H Poincaré），科学与方法，李醒民译，北京：商务印书馆，2008.

2、贝弗里奇（WIB Beveridge），科学研究的艺术，陈捷译，北京：科学出版社，1979.

3、徐利治，数学方法论选讲（第三版），武汉：华中理工大学出版社，2000.

4、李建珊等，科学方法概览，北京：科学出版社，2002.

5、胡志强，肖显静，科学理性方法，北京：科学出版社，2002.

6、印大中，如何从梦中获取科学灵感，[http://wenku.baidu.com/view/421a910d844769eae009edce.html](http://wenku.baidu.com/view/%20421a910d844769eae009edce.html)

    7、关于顿悟，[http://zhidao.baidu.com/link?url=N5savEWQuJmyZW21GwF19G7RJhKo4sTZh7dohqItk7g2Z7bhvneNDTx1T6xY0g6xYH9qBFAucu38VRlKcCbOeq](http://zhidao.baidu.com/link?url=N5savEWQuJmyZW21GwF19G7RJhKo4s%20TZh7dohqItk7g2Z7bhvneNDTx1T6xY0g6xYH9qBFAucu38VRlKcCbOeq)

初稿：2013年3月28日，香港

二稿：2014年4月27日，上海

三稿：2014年5月26日，桂林

# 学习漫谈（113）：条分缕析 严密推理—谈科研方法-12.推理篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 2932 次阅读 2014-8-9 08:14 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[观点评述](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=3)|关键词:科研方法 推理

摘要  本讲阐述推理要旨，着重讲述三类常见的推理类型：归纳推理、演绎推理和类比推理，分别说明它们的特征和步骤，并辅以若干实例；接着，叙述推理在科学研究中的作用；然后，指出推理中的一些注意事项。

**大纲**

一、引言

二、推理的种类

三、推理的作用

四、推理的要领

五、结束语

**一、引言**

推理是用于科学研究全过程的重要手段。不少科学家认为推理一般不能直接导致科学发现，但在科学研究中不可或缺，推理主要在如下环节中起作用：

    1）形成假说或假设时。从纷繁复杂的现象中，理出要素，厘清头绪，抓住要害，从而催生各种可能的猜想或假说。

    2）判断想象或直觉所给出的设想是否正确时。通过条分缕析，为验证假设提供证实或证伪的思路的实验方案或技术路线。

    3）解释新的实验和模拟所获知的事实时。

    4）总结概括、拓广应用和预见未来事件时。对于已经获证的初步结果，进行内插或外延，扩大战果，提供进一步发展的线索。

**二、推理的种类**

   推理有各种不同的形式，举其要者有：

归纳推理；

演绎推理；

类比推理。

**归纳推理的特征和步骤：**

归纳推理根据观察和实验发现的事实材料和数据，经过分析比较、去芜存精，抓住主要线索，得到一般性的规律或结论，从认识论的角度看来，其主要特征是从特殊到一般，从个别性判断导出普遍性判断的推理，是一个从感性认识到理性认识的过程。这种推理最早为人们掌握和应用。

归纳推理的技术路线如下所示：

实验观测数据——综合——定律

                |                   |

数据分析资料——归纳——公理

归纳推理的实例不胜枚举。这里以关于太阳系中行星运动的开普勒三大定律为例加以说明。16世纪下半叶，丹麦天文学家第谷·布拉赫（1546-1601）观测了750颗星体，特别对行星运动做了详细观测和记录，积累了大量数据，然而第谷缺少理论分析根底，而且受托勒玫天文学理论框架的影响，没有从中总结出重要的科学规律。幸而，他逝世前不久招来了一位出色的学生——来自德国的开普勒（1571-1630），这位学者视力不佳，不擅长于天文观测，但熟谙当时已有的天文学理论，而且敢于怀疑和创新。他经过苦心孤诣的归纳和整理，在第谷逝世四年后，发现了火星等行星的运行轨道是椭圆，且各自在单位时间内扫过相同的面积，于是，开普勒第一定律、第二定律问世，并写进了他的《新天文学》，其中为了研究一个极小的误差，他用好几个月才纠正了自己的计算错误。事实证明：第谷的观测数据的确非常完美。接着，他又花费了14年时间，对第谷关于六颗行星的数据进行反复归纳和比较，最后发现每颗行星的公转周期的平方等于其与太阳距离的立方，1619年，开普勒第三定律问世。开普勒的三大定律成了后来牛顿建立关于运动的三大定律的基础。

**演绎推理的特征和步骤：**

演绎推理是从一般的规律出发，着重运用数学演算或逻辑证明，得出特殊的具体例子所应遵循的规律。从认识论的角度看来，它是从一般到特殊，从普遍性判断导出个别性判断的推理，其结论不能超出前提所规定的范围。

   演绎推理的技术路线如下所示：

       假设——观测推断——结论

          |                   |

        公理——逻辑演绎——定理

    几何学公理化是演绎推理的典型实例：

    欧几里得创始平面几何时，主要采用演绎推理。而几何学的公理化则在十九世纪末由著名数学家希尔伯特完成的，其标志是他于1900年出版的《几何学基础》。其基本思路是：首先给出若干基本概念，如几何学的基本元素是“点、线、面”；然后确定一些基本关系，如结合、顺序、合同等；接着给出几个基本公理：结合公理、顺序公理、合同公理、平行公理、连续公理；以此作为理论基础，可对特殊的几何位形演绎出一系列特殊的结论。倘若上述演绎中有的假设性公理不成立，有可能创建新的数学领域。例如，若平行公理不成立，就使得非欧几何学得以产生。

演绎推理的例子比比皆是，这里不再列举。

**类比推理的特征和步骤：**

类比推理是利用事物之间关系的类似性进行推理的方法，从一类对象的一些已知性质、关系，推出另一类对象可能有的性质。因此，它是由个别性判断导出其它个别性判断的推理。我国的科学方法论专家徐利治将这种推理形式成为关系映射繁衍原则。（详见徐利治，《数学方法论选讲》，华中理工大学出版社，2000）。

类比推理这一逻辑方法与科学发现关系密切，立足于科学工作者的知识基础，尝试从一只导向未知，推进对事物的科学认识。科学家在构建科学假说时，经常得益于把研究对象与一只事物做类比。类比对一切科学理论都有辅助作用，巧妙的类比常能预示实验、观察的明确方向，并有可能导致重大发现。

类比型推理的实例：

   1）光学－力学类比

      最小作用原理—>最小光程原理

   2）太阳系－原子模型

      太阳－原子核

      行星－核外电子

      行星绕日运行－电子绕核旋转

   3）万有引力定律－库仑定律

   值得指出的是库伦定律也是一个实验定律。

**三、推理的作用**

   虽说新的科学发现大多来自观察、实验，甚或来自直觉（顿悟），很少直接由逻辑思维产生，在非数理科学领域尤其如此。然而，推理在科学研究的其它方面作用巨大，特别是在求证和验证过程中，有时能成为人们行动的指南。

科学研究中，发现与求证的规律、方法及功能都极为不同，其关系可比作侦察与定案，一开始科学工作者要做“侦探”，而后要做“法官”，而做“法官”时，逻辑推理的能力极有作用，而且需要付出辛勤的劳动。正如达尔文所说：“科学就是整理事实，以便从中得出普遍的规律或结论。”在研究中仅仅搜集事实是不够的，必须经过一番推理、制作功夫，合理解释观察到的事实，并看到其重要性和必然结果。

英国神经学家杰克逊说：“我们具备大量的事实，但是随着事实的积聚，必须将它们组织整理，上升为更高深的知识；我们需要的是概括，是为某一理论提出的假说。”而其中的关键是必要的推理过程。

相关的实例很多。在营养学方面，各种维生素一开始是凭借经验或实验发现的，但是往后，有关维生素的研究进展则是推理的了；在化学疗法方面，最初的经验型发现开辟了新天地以后，便有推理性实验作出了一系列改进，例如，磺胺是人们发现的有抑制细菌性能的第一种化合物，接着相继用推理性实验制成了磺胺噻唑、磺胺甲基嘧啶、磺胺胍等。

经常出现这样的情况：最初的科学发现犹如粗矿石，在充分冶炼、发展之前，价值一般不大；冶炼、发展的过程一般不那么注目且大多是推理性的，通常要里面你故意类型的科学家来完成，或者需要许多科学家的合作来完成。推理在科学研究中的作用，与其说是开拓知识的新疆界，不如说是发展开拓者发现的成果。第10讲中提到的青霉素的发现和推广就是一个典型例子。弗莱明发现青霉素后束之高阁十几年，如果没有弗洛里、钱恩等人的开发利用，青霉素就不可能有这样重大的价值。

通常认为推理在数理科学中的作用要大于在生命科学，然而随着生命科学日益“数学化”，这种差别在缩小。

**四、推理的要领**

要进行正确有效的推理，有如下要领：

1 推理需要充分的知识基础，除了掌握相关的自然科学知识以外，最好对认知心理学、科学方法论等有较为透彻的了解；推理的优劣经常取决于知识的广度和深度；其中，形式逻辑的知识是绝对必要的。

2 推理需要反复深入的实践和思索，尤其是，不能脱离实验研究或对新实验的了解；在推理中，千金了一步之后，最好停顿一下想一想：一切可以想象到的选择是否都考虑到了。

3 推理需要基于正确的前提和根据；人们普遍认为，应把位得到证明的假定保持在最低限度，并以选用假定最少的假说为宜，这就是大家开始熟悉的“尽量节省主义”，或即“奥卡姆剃刀”。

4 推理时常常应有内插法和外推法，前者有填补空白的作用，不易有错；后者根据已有趋势大胆“越限”，存在着较大危险，必须尽力检验结果，以免误入歧途。

4推理需要正确的逻辑思路，切忌违反思辨规律（如不能将事实混同于对事实的解释等）。

**五、结束语**

   本讲有如下结论：

    推理应审慎考虑，步步为营；

    推理应坚持实践第一；

    推理中内插大都无错，外推有危险；

    推理应避免逻辑错误；

    不能过分依赖推理。

初稿：2013年3月28日，香港

二稿：2014年7月30日，上海

# 学习漫谈（114）：求真务实 言简意赅——科研方法-13.写作篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 17527 次阅读 2014-8-13 12:13 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:科研方法 论文写作

**摘要**本讲叙述如何总结科研成果，亦即科技论文的写作问题。首先简述写作科技论文的重要性，指出年轻学人在论文写作方面的不足之处，给出学术论文的大致分类，提出论文写作的基本规则，重点讲述论文写作技巧，特别是论文的八个主要部分的写作要点，最后以钱学森的一篇论文为范例阐释有关论点。

**大纲**

一、引言

二、科技学术论文的分类

三、论文写作基本技巧

   3.1 论文写作的基本原则

   3.2 论文写作的准备

   3.3 论文的铺陈方式

   3.4 论文各部分的写作要点

四、科技论文写作的一个范例

五、结束语

**一、引言**

科技论文是科研成果的“定音鼓”，在科技发展中有着不可或缺的重要作用。我们应该有如下基本认识：

    科技论文的写作和发表是科研工作的一个重要部分。

    科技论文是科研成果的记录，是通过文字形式保存的科学技术积累。

    科技论文是传播研究成果的重要形式，旨在通过学术交流推动科学技术的发展。

    科技论文是衡量学术单位科技水平的重要指标之一。

    科技论文反映了作者的分析能力、创造能力、综合能力和表达能力以及所掌握的知识的广度和深度，衡量科技工作者学术水平的重要尺度。

    撰写学术论文有助于锻炼逻辑思维能力，通过总结和描绘，澄清思路、深化认识。

很多科学方法论专家强调了论文写作的重要性，这里转述贝弗利奇的一些看法。他说：“年轻科学家还要注意科学论文写作的技巧和艺术。科学论文的英语水平一般不高，无懈可击者寥寥无几。人们的主要意见还不在于英语不够完美，而是**不清晰**，**不准确**。”

贝弗利奇指出，发表论文应慎之又慎：“这里要提请大家注意，不要轻易发表未得到明确结论的研究工作，特别是不要轻易做出未由实验结果或观察到的现象充分证明的解释。白纸黑字将永存于文献之中，发表的论文如果日后证明错误，将有损作者的科学声誉。一般说来，一个安全的方法是：忠实记录所得的结果，谨慎地提出对结果的解释，严格区分事实与解释。”他还指出，除了忠实地记录所获得的成果以外，在遣词用句方面应当朴实无华：“大多数科学家对于最高级的形容词和夸张手法都是深恶痛绝的，伟大的人物一般都是谦虚谨慎的。”他建议：“工作完成后，应该请一位有经验的同事对文章提出意见，这不仅由于这位同事可能比作者更有经验，而且也因为人们更易看出别人著作或语言中的毛病。”

目前，年轻学人在学术论文写作方面存在诸多问题，举其要者，有：

    不了解或不遵守学术论文写作的规范；

    体裁和形式不符合学术论文的要求，写得像教材、产品说明书、工作总结，甚至像抒情散文；

    对前人工作缺少足够描述或评介有误；

    概念模糊，判断有误，推理失当；

    假设不恰当，因果关系不明确甚至有误；

    由臆断给出结论，夸大所得的结果；

    结构松散，叙述拖沓，构思不严谨；

    滥用术语、缩略语、符号，用词不妥当；

    仅满足于罗列已得的结果，缺乏深层次的分析。

**二、科学技术论文的分类**

按科学技术论文的功能，可分成如下三类：

**1、科学技术报告**

     写作目的在于：总结某一阶段的研究工作进展，呈送相关的主管机构、组织或领导，以供参考。

  内容主要涉及：描述一项科学技术研究的成果和进展；陈述一项技术研制试验和评价的结果；论述某一科学技术问题的现状和发展。

     要求：提供充分的信息，包括正反面的结果和经验，以便评价。有特定格式以及相应密级，在军用研究中尤为常见。

**2、学位论文**

      学生用于申请相应学位的学术论文，以作者本人独立从事创造性的科学研究所取得的成果撰写而成。

      这里简述对博士学位论文的要求：

      1）体现作者较好地掌握正确的思想方法；

      2）体现作者在所研究的专门领域掌握了坚实宽广的基础理论和系统深入的专门知识；

      3）体现作者具有独立从事科学研究的能力；

      4）在有较大的理论意义和实际价值的论题上做出了有创新性的贡献。

**3、学术论文**

     论述创造性研究工作成果的书面文件，是创造某种原理或将某种已知原理应用于实际取得新进展的科学总结，或是某一课题在实验、观察、理论、计算方面有创新见解的科学记录。

      学术论文量多面广，一般来说，合格的论文应到到如下基本要求：

      1）有原创性；

      2）有完整性；

      3）有再现性；

      4）有可读性。

当然，还有众多的科普论文，这是有重要社会作用的论文，有其与众不同的特点，限于篇幅，本文不予详述。

**三、论文写作基本技巧**

**3.1论文写作的基本原则**

科技论文的写作应遵循如下基本原则：

1、实事求是；

2、准确全面；

3、鲜明生动；

4、言简意赅。

其中，前两点是最重要的。任何科技论文必须恰如其分地反映已经取得的创造性成果，既不夸大，也不缩小，更要杜绝弄虚作假。后两点往往有锦上添花的作用，科技论文与一般文章不同，写作上有其特色，特别要注意思路严密，逻辑严谨，表述直白，语言朴素。

**3.2 论文写作的准备**

在阶段性研究告一段落之后，着手撰写科技论文行文之前应做好如下准备：

1.        明确论文的主题：采用了何种思路、观点和方法，解决了什么问题，尤其是，确认应突出的创新点，想清楚怎样用鲜明的观点统领材料；

2.        整理所获得的成果。对原始材料进行去粗取精、去伪存真的精加工；把公式、数据、图表等整理成可发表的形式；

3.        确定拟写作论文类别：快报（letter，short communication），普通文章（ordinary article），还是评述（review article）；

4.        选定拟投稿的目标刊物，熟悉该刊物的“投稿须知”；

5.        拟定详细的写作大纲，考虑好成果的最佳表述形式。

在写作中应回答好如下问题：

• 研究所述及的课题的动机何在？

• 前人已做了哪些相关的工作？还存在什么有待解决的问题？

• 自己在前人工作的基础上取得了什么实质性的进展？

• 所研究的问题采取怎样提法？

• 所进行的理论分析、数值模拟和实验研究的基本过程如何？

• 从哪些角度验证成果的正确性和有效性？

• 实验结果或数值模拟结果有怎样的不确定性和误差？

• 论文的主要结论是什么？

• 有待于进一步深入研究的遗留问题何在？

**3.3 论文的铺陈方式**

现代科技论文的写作似乎已形成固定的程式，通常由如下八个部分组成：

• **标题**充分概括论文内容和主题；

• **摘要**概述主题、方法和主要成果；

• **引言**叙述论文写作动机（motivation），点明立题背景，概述前人相关成果和论文所作的发展；

• **正文**铺陈所研究的具体问题，研究途径（理论分析、数值模拟和实验方法），研究步骤，主要成果亦即成果的详尽分析；

• **结论**概述主要的研究结论和前景展望；

• **致谢**感谢资助方和曾给予重要帮助的人员；

• **文献**列出相关的经典和近代文献；

• **附录**给出不宜列入正文的演绎过程和某些依据（程序、数据等）。

笔者经常把以上八个部分统称为科技论文“八股”，实际上可用作论文大纲的程式。现代人经常对八股文不屑一顾，认为它内容迂腐，思路陈旧，毫无借鉴意义。实际上，这是一种片面看法。虽然八股文在内容上不值一提，长期以来在一定程度上束缚、影响了我国社会的发展，但在写作技巧上仍有可借鉴之处。几年前我访港时曾从电视上听了余秋雨先生关于八股文的系列讲座，颇受启发。清代著名作家吴敬梓说过：“八股若做的好，随你做什么东西，要诗就诗，要赋就赋，都是一鞭一条痕，一掴一掌血。”说得非常形象。

八股文在几百年里曾是科举考试的主要形式——一种命题作文，内容限于“四书”“五经”的剖析，所谓“代圣人立言”；形式上分破题、承题、起讲、入手、起股、中股、后股和束股这八个部分，而起股、中股、后股和束股又各由两股组成，所以俗称八股文。

我们可以找出八股文结构与科技论文结构的对应关系：

破题——标题；充分凝练；

承题——摘要；点明概要；

起讲——引言；提纲挈领；

入手——提法；概述问题；

起股——预备；准备条件；

中股——过程；阐述步骤；

后股——分析；阐明成果；

束股——结论；总结展望。

对这些组成部分有了明确的想法和精心铺排，就为论文的阐述做好了铺垫。写作过程中也不妨借鉴八股文的写作技巧，熟练有效地起转承合、条分缕析，从而提供言简意赅的描绘。

**3.4 论文各部分的写作要点**

**3.4.1标题**

古往今来的作者著文时，都很重视给文章一个合适的标题，力争概括全文要旨，吸引读者注意。千万不要小看科技论文的题目，这可是论文的“门面”。每个人辛辛苦苦地写好了论文，总是希望发表后引起广泛关注，最好能被检索评论刊物摘引，为同行引用。为此，论文题目必须夺人眼球，规范简明。

概括地说，选定科技论文标题的要领如下：

1.        尽可能概括论文主题和内容，点明什么条件下解决什么问题；

2.        尽可能反复推敲，做到鲜明简洁；

3.        通常包含论文所用的2－4个关键词；

4.        长短要适度，普通论文一般用10～15个中文字或15～20个英文词；学位论文的题目可稍长一些；

5.        通常先拟一个初步题目，全稿写成后改定；

6.        忌用不常见的缩略语（如：BEM—边界元法）；

7.        忌用一个研究领域做题目（综述论文除外）；

8.        忌用方程（可有极少数例外，例如少数数学类论文）；

9.        忌用特殊的专业符号（有机化合物分子除外）。

前五点是基本要求，后四点也应适当注意。

此外，标题中应省略一些无用的赘语，例如，“关于××××的研究”、“关于××××问题的探索”（“Study on …”, “Investigation on …”, “Research on …”），这类字样经常是多余的。

**3.4.2摘要**

摘要又称概要、内容提要。摘要是以提供文献内容梗概为目的，不加评论和补充解释，简明、确切地记述研究成果的主要内容。其基本要素包括研究目的、方法、结果和结论。具体说来，就是研究工作的主要对象和范围，采用的手段和方法，得出的结果和重要的结论，有时也包括具有情报价值的其它重要的信息。摘要应具有独立性和自明性，并且拥有与文献同等量的主要信息，即不阅读全文，就能获得必要的信息。对一篇完整的论文都要求写随文摘要，摘要的主要功能有：

1) **让读者尽快了解论文的主要内容，以补充题名的不足。**现代科技文献信息浩如烟海，读者检索到论文题名后是否会阅读全文，主要就是通过阅读摘要来判断；所以，摘要担负着吸引读者和将文章的主要内容介绍给读者的任务。第二讲中讲述略读时已可见到这一作用。

2) **为科技情报文献检索数据库的建设和维护提供方便。**论文发表后，文摘杂志或各种数据库对摘要可以不作修改或稍作修改而直接利用，从而避免他人编写摘要可能产生的误解、欠缺甚至错误。随着电子计算机技术和Internet的迅猛发展，网上查询、检索和下载专业数据已成为当前科技信息情报检索的重要手段，网上各类全文数据库、文摘数据库，越来越显示出现代社会信息交流的水平和发展趋势。同时论文摘要的索引是读者检索文献的重要工具。所以论文摘要的质量高低，直接影响着论文的被检索率和被引频次。

摘要的写作有如下注意事项：

1) **摘要必须短小精干。**应排除本学科领域已成为常识的内容；切忌把应在引言中出现的内容写入摘要；不必大段讲述本项研究工作的意义，一般也不要对论文内容作诠释和评论(尤其是自我评价)。

2) **不要简单重复题目中已有的信息。**

3) **结构严谨，语义确切。**摘要慎用长句，句型应力求简单。每句话要表意明白，无空泛、笼统、含混之词，但摘要毕竟是一篇完整的短文，电报式的写法亦不足取。摘要不分段，字数不宜过少或过多；一般学术论文的摘要以150～200字为宜；学位论文的摘要可在千字左右。

4) **陈述用第三人称。**建议采用“作者研究了……”、“作者对……进行了研究”、“报告了……现状”、“进行了……调查”等记述方法。

5) **使用规范化的名词术语。**新术语或尚无合适汉文术语的，可用原文或译出后加括号注明原文。

6) **一般不用数学公式和化学结构式，不出现插图、表格。**仅对少数论文可稍有变通（例如纯数学类论文）。

7) **一般不用引文。**仅在所写的论文专门评述他人已出版的著作时，可完整地引述该著作（包括作者、文名、出处、出现年份等）。必须保持摘要的独立性和自明性，切忌采用“文献[1]”之类的引述方式。

8) **缩略语、略称、代号，在首次出现时必须加以说明。**

   目前年轻学人编写摘要的主要问题有：

    要素不全，或缺目的，或缺方法，或缺结果；

    篇幅过小，繁简失当；

    大段叙述研究工作的意义；

    出现不必要的自我评价。

**3.4.3引言**

在科技论文中，引言极其重要，是引领全文的“先锋”，人们可以从中了解作者的意图（motivation）、思路（idea）和成果（results），与标题、摘要一起，构成勾起读者“探究欲”的三要素，更是让读者理解所报告的工作的“引子”。因此，不可等闲视之。

•**引言的内容**•

简述工作的缘起、背景和意义；综述相关的研究动态和前人成果；指明亟待解决的关键问题；陈述本人的工作和主要成果，讲清对以往工作的发展；列出本文的架构（对于长文不可或缺）。

•**引言的篇幅**•

引言要有足够的长度，约占全文篇幅的1/6～1/5，也就是说，一篇五六页的论文，引言至少为一页；一篇一百页的学位论文，引言（概论、绪论）应有二十页左右的篇幅。

•**引言写作的常见问题**•

下面列举初学科技论文写作者的常见问题：

——**过于简略**。这是国内青年作者的论文中最常见的问题，由于思想上不重视引言的重要性，写得浮皮潦草，篇幅甚短，语焉不详，平淡乏味。

——**侈谈意义**。对于论文工作的意义需要有简短陈述，但不必长篇大论，因为读者是同行，对一项工作的重要性自有共识。

——**忽略回顾**。有些论文对前人工作很少提及或不屑一顾，没有把论文与相关的近期进展\*\*起来，使论文成为无源之水，无本之木，似乎此工作是作者“天马行空第一份”。

——**平铺直叙**。简单罗列前人工作，未做详尽分析，特别是不曾指出前人工作中的不足之处和亟待解决的关键问题。

——**轻描淡写**。只用一两句话点明本人工作，使读者难以了解取得成果的思路、方法，以及作者工作的继承性和创造性。

——**重述摘要**。不少作者写作论文时动用剪贴工具，简单地重复摘要的内容，这是万万使不得的。

•**引言写作的五招**•

——充分认识引言的“开宗明义，引领全文”的关键作用。花大力气写引言，通常，写作的最后阶段才写引言（绪论）；

——言简意赅地写明论文的背景。话不在多，点到即可；

——重点写好前人工作综述。在充分调研的基础上，全面、扼要地简述以往的相关工作（包括自己的），特别应指出急需解决的又是本文关注的关键问题；

——恰如其分地概述本文工作。尤其要点明创新点；

——简述本文的结构。通常放在引言的最后一段：“本文是这样组织的……”。

**3.4.4正文**

学界已有一种共识，科技论文的基本要求是：准确、鲜明、生动，亦即，内容必须真实无误，观点必须旗帜鲜明，叙述必须清晰生动。在正文中必须努力达到这些要求，具体来说，必须做到：

结构合理，演绎严谨；

结果可信，层次清晰；

剪裁得体，详略有致；

表达简练，行文流畅。

•**正文的内容**•

正文是研究成果的全面铺叙，应该包含如下要素：

——**问题提法**。理论研究成果要点明所研究的问题；实验研究成果要讲清实验对象和目的；

——**前提条件**。理论研究要叙述理论框架、基本假设、模型概略（套用现成的还是新建的？）、方法要旨（现成的？自行设计的？）等等；实验研究要描述实验总体架构、主要仪器设备和材料制剂（自行研制？还是购买的？凡购买者应标明生产厂家）、实验方法、技术路线等等；

——**研究步骤。**理论研究要讲清演绎思路和过程；实验研究要简述实验的主要步骤和过程；

——**基本结果。**用定理、公式、表格、曲线、图像、照片等陈述所获得的主要成果；

——**讨论分析。**充分展示研究成果的创新之处。解析结果要说明对前人结果的拓展之处；数值结果要与相关的前人（解析、数值或实验）成果做比较，验证结果的有效性，说明存在的误差和局限性；实验结果要进行uncertainty分析，说明实验中的新发现或对已有理论的验证。倘若一份工作兼有理论和实验成果，则要相互印证。

•**正文写作要旨**•

1.        **求真务实**对所获得的研究成果经过严密的去伪存真、去芜存精的分析整理功夫，只保留证据确凿、无懈可击的材料，决不无中生有、无限外推、添油加醋，每句重要的话都要有充足的依据；

2.        **思路缜密**事先拟好详尽的大纲，为展开上述内容做好缜密合理的铺排，想清楚要表述的主要观点，用鲜明的观点来统率材料、数据；

3.        **详略有致**论文的读者是同行专家、学人，他们对论题已有足够的基础知识，因此，正文叙述应避开常识性的内容和烦琐的推导，对于常规的理论和实验方法不必详述来龙去脉，把主要精力用于如何取得创新性成果的关键点；

4.        **抽丝剥茧**尽管在细节描述上必须省略、跳跃，总体演绎上必须步步为营、层层推进，不可有跨跃性陈述，重要步骤和结果必须令人口服心服；

5.        **深入分析**对所得的数据、结果应从各个方面详尽分析，下足由表及里、由此及彼的功夫，充分挖掘成果的内涵和机理，尤其是与众不同之处（见链接中相关博文的头两篇）；

6.        **斟字酌句**叙述必须简练明白，深入浅出，忌用模棱两可、艰涩深奥的语句；文体必须是正规的书面语言，切忌口语化；

7.        **留有余地**对于成果的创新性和可用性不宜做夸大描述；忌用“首次发现”之类的语句；对于不能非常肯定的推测更应留足余地；

8.        **冷静客观**正文应保持纯客观的描述，不必做自我评价，不应带感情色彩，忌用华丽词藻，应朴实无华而不失生动地展现成果。

•**正文写作中的常见问题**•

初学科技论文写作者的常见的主要问题有：

        前提条件表述不清；

        结构混乱脉络不明；

        叙述拖沓详略失当；

        思维跳跃立论失据；

        头重脚轻分析不足；

        语言贫乏面目可憎。

**3.4.5结论**

结论部分用来综述本文成果并展望未来工作，其写作要点如下：

    简练地概括所述及的研究工作的主要成果，切忌简单地重复摘要和引言中的语言；

    准确地概述论文中的创新点，遣词用句留有余地，切忌采用武断、草率、目空一切的说法；

    展望中注意保护自己的知识产权。可采用这样的语句：“本文的工作可推广到××情形，相关成果将另行发表。”

**3.4.6致谢**

感谢资助单位和在研究工作中给予帮助的主要人员。用语客观真切，研究生的学位论文的致谢词中应注意避免吹捧导师。

**3.4.7参考文献**

论文中应引用足够数目的文献。一般科技论文应引用10－20篇，学位论文则为百篇左右。所引文献必须在文章中提及。

应注意所引文献的代表性、经典性、新颖性。

**3.4.8附录**

为了保持论文简明扼要，避免在正文中出现大段的公式推导和计算程序，可把重要的、必须陈述的演绎过程放到文末的附录里。

**四、科技论文写作的一个范例**

作为范文，剖析钱学森先生58年前发表在“Advances in Applied Mechanics”上的review article：“Poincaré-Lighthill-Kuo method”。

• **写作背景**

1950年，钱学森先生遭到美国麦卡锡主义迫害，一度入狱，保释之后的五年间，一直处于“监视居住”的状态，失去了行动自由。幸亏有夫人蒋英照料，在家里的卫生间里安排了差强人意的科研环境。在此期间，钱学森被迫与军事科研“绝缘”，先后进行了工程控制论、星际航行、物理力学和应用数学等基础研究。   “Poincaré-Lighthill-Kuo method”（《彭加勒-赖特希尔-郭永怀方法》，以下简称为《PLK方法》）就是那一时期的产物。钱学森先生在《写在<郭永怀文集>的后面》中写道：“1953年冬，他（郭永怀）和李佩同志到加州理工学院。他讲学；我也有机会向他学习奇异摄动法。”尽管钱先生当时的心情很坏，还是在短时间里掌握了PLK方法的精髓，并写出了他在美国发表的51篇科学论文中这篇唯一的应用数学论文。

• **论文内容**

学过渐近分析的人都知道，PLK方法，亦称为变形坐标法，是一种简捷有效的奇异摄动法。发端于1886年Poincaré在《天体力学新方法》，经Lighthill（1949）和郭永怀（1953）的二度创造，形成了目前的形式，在力学、物理学和其它领域中得到了非常广泛的应用。

• **写作剖析**

下面就这一论文的构思铺陈特点作概略描述。

总体来说，该论文充分体现了钱学森先生的科技论文写作风格。这就是：

1.        重视应用背景，善于从实际应用中提炼问题，分析问题，解决问题，阐明问题。在阐述数学方法时，非常注意其可用性，经常站在工程师的立场，考虑能否被他们接受并运用；

2.        采用归纳手法，由浅入深，由简入繁，引人入胜地描绘了这一应用数学方法，使得有一般数学基础的理工科学人就能读懂；

3.        结构严谨，层次清晰，文字优美，行文流畅，使得读者在不知不觉中领略了PLK方法的特色与精髓。

这里，就该论文的具体写法，对上述各点稍加展开。

关于引言（第一节）：全文的中译本共57页，引言约5页，占全文篇幅9％。引言中，概述了PLK方法的发展简史：Poincaré的创见；Lighthill的发展；郭永怀的贡献；方法命名的由来。接着，举了一个非常简单的一阶常微分方程的例子（我在讲授渐近分析课程时称之为“钱学森例子”），说明用PLK方法居然得到了问题的精确解，这就一下子吊起了读者的胃口；随后，趁热打铁，阐述了此法的特点：简捷，有效，灵活，“傻瓜”。当然，文中没有用“傻瓜”一词，却的确说了方法很容易为工程师们接受和运用。这是钱学森所有著述的一个“共性”：他始终惦记者工程师们，想方设法把深奥的理论和原理讲得工程师们也能弄明白。

以下各段，我们套用上文中的“八股”术语。

关于“起股”（第二节）：钱学森熟练地运用归纳推理的过程，从分析有代表性的实例入手，引用了与他同时代的数学家Wasow提出的模型方程进行解剖，讲明：求解此方程时应用经典摄动法时遇到的奇性困难；采用PLK方法如何使问题迎刃而解；对三类情况进行了细致的余项估计（误差估计）；然后，用PLK方法求解了一个较为简单的空气动力学问题（即Lighthill例子）；是为起股中的“头股”。随后，作者话锋一转，谈到PLK方法遇到的“边界层困难”，即方法的局部失效，并讲了一个粘性气体汇流的实例（即吴耀祖例子），说明PLK方法应与边界层方法结合，为后来讲述郭永怀的贡献作了铺垫，是为起股中的“二股”。

关于“中股”（第三、四节）：这是全文的核心，这两节可视作“前后双股”。钱学森仍用一个简单的例子说明用摄动法求解双曲型方程的“远场困难”，并指出，这是由于问题线性化之后的特征线变形造成的，因此，必须用PLK方法进行特征线变形，恢复事物的本来面目；在分析过程中，与前一节的常微分方程情形进行了类比；通过细致的讨论，使人们对此法的认识渐入佳境，并顺水推舟地求解一个球面爆炸波的问题，让大家感受此法的魅力；进入第四节，作者又“泼了一盆冷水”，指明PLK方法求解薄翼问题失效，对椭圆型方程似乎难以发挥其功效，再次为郭永怀的创造做了铺垫。

关于“后股”（第五节）：专门叙述郭永怀的工作。还是从最简单的不可压缩流体的平板边界层流动谈起，简介了边界层理论，然后指出了用PLK方法求高阶解时遇到的奇性困难；然后叙述郭永怀如何把Lighthill的方法与边界层方法结合起来，求得了较为理想的解。钱学森特别指出，两者的有机结合是一种“乘法”，而非“加法”，所作的阐释令人信服；最后，简要地说明了郭已将PLK方法用于更为复杂的可压缩流动中激波与边界层的干扰问题。

关于“束股”（第六节）。在结束语中，指明两点：一是PLK方法是一种非常简捷有效的渐近方法；二是，关于PLK方法的有效性分析还有很多工作要做，它在数学上有一些不确定性，但是，这并不妨碍它的实际使用，只要用心检验结果就行了。全文结束时，作者引用著名的应用数学家、运算微积的发明者亥维赛（Heaviside）的话：“我难道要因为不完全了解消化过程而拒绝进餐吗？”这是画龙点睛之笔，为这篇长文增添了最后一道亮色。这实际上也代表了钱学森先生对发展应用数学方法的态度。

平心而论，在钱学森先生的所有科学论文中，本文所剖析的“Poincaré-Lighthill-Kuo method”不能说是创造性最强的，但从中我们已经可以看到这位大师非同凡响的智慧。我认为，在科技领域，他是一位文武双全的勇士。我们应该用心地向他学习。

**五、结束语**

本讲的要点可概括于下：

    应充分重视研究成果的最后表述；

    论文写作必须符合一定的规范；

    实事求是全面准确是基本要求；

    尽可能做到言简意赅鲜明生动。

初稿：2013年3月29日于香港

定稿：2014年7月30日于上海

# 学习漫谈（115）：志存高远 锐意进取——谈科研方法-14.素质篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 2824 次阅读 2014-8-25 08:21 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:科学工作者 素质 性格 科学精神

**摘要**概述科学工作者应有的综合素质，强调要努力成为德识才学兼备的人才，并论及科学工作者应有的性格特征和科学精神。想阐明的要点是：

        时代呼唤着德识才学兼备的科技英才；

        科学工作者应该志存高远、爱国敬业；

        科学工作者应该高瞻远瞩、胸怀全局；

        科学工作者应该真抓实干、挥洒自如；

        科学工作者应该终身学习、厚积薄发；

        科学工作者应该具备优秀的科学精神；

        年青一代应该从现在做起，百炼成钢。

**大纲**

一、   引言

二、   科学工作者的必备素质

三、   科学工作者应有的性格特征

四、   弘扬科学精神

五、   结束语

一、引言

这里试图回答以下问题：

什么是优秀科学工作者的必备潜质？

德识才学兼备的基本要求是什么？

科学工作者应该有怎样的性格特征？

科学工作者应该有怎样的科学精神？

我们正处于中华民族伟大复兴的时代，时代需要大批的德识才学兼备的科技英才，作为科学工作者，任重而道远，必须加强自身修养，努力提高自己的素质。

这里引述苏联著名的生理学家、青年导师巴甫洛夫的临终遗言，这段话铭刻在他的墓碑上，影响深远：

    “我对我国有志于科学的青年有什么祝愿呢？首先，**循序渐进**。我一说起有成效的科学工作者这一最重要的条件时就不能不情绪激动。循序渐进，循序渐进，循序渐进……在未掌握前一项时决不开始后一项。但是切勿成为事实的保管员。要透彻地了解事物的奥秘，持之以恒地搜寻支配它们的法则。第二，**谦虚**……切勿狂妄自大、目空一切。由于狂妄，在必须同意他人时你会固执己见，你会拒绝有益的、善意的帮助，你会丧失客观的头脑。第三，**热情**。记住：科学是要求人们为它贡献毕生的。就是有两次生命也不够用。在你的工作和探索中一定要有巨大的热情。” 巴甫洛夫提出的三点值得铭记。

笔者还想引述大科学家爱因斯坦的一句名言：“**大多数人说，是才智造就了伟大的科学家。他们错了：是人格。**”我们应该记住这一点，努力造就自己堂堂正正的人格，这比什么都重要。

**二、科学工作者的必备素质**

著名数学家王梓坤院士认为，科学工作者必须德识才学兼备。这里，德，指的是道德；识，指的是胆识；才，指的是才干；学，指的是学问（详见：王梓坤，《科学发现纵横谈》，北京师范大学出版社，1993），我非常赞同这一观点。

笔者进一步发挥王梓坤院士的观点，具体阐述德识才学兼备的标准：

美德的标准是：爱国敬业、锐意创新、求真务实、无私无畏。由于科学研究是一种开拓性的工作，因此，科学工作者还需要有如下的开拓者的品格：强烈的事业心和进取心；迎战困难的决心；难以满足的好奇心；循序渐进的耐心；服从真理的平常心。

卓识的标准是：目光锐利、大局在握、胸有成竹、运筹帷幄；应该具有帅才的胸怀：善于以洞察全局的心胸掌握科学发展态势；以与时俱进的眼光把握科研前沿方向；以只争朝夕的心态投入攻坚克难行动；以匠心独具的慧眼抓住问题实质要害。

高才的标准是：明察秋毫、思维活跃、善于实践、方法精当；也就是说，具备实干家的才干，善于发现问题、归纳问题；长于解决问题、阐释问题。

博学的标准是：博大精深、融会贯通、纵横捭阖、运用灵活，要求科学工作者有成为大学问家的底蕴：终身学习，博览群书，一业为主，博采众长。

按照王梓坤院士的意见，德识才学有如下关系：

“德”是指挥部，做出正确的战略指导；

“识”是参谋部，指引正确的主攻方向；

“才”是战斗队，开展有效的战术行动；

“学”是后勤部；提供必要的智力保障。

在王梓坤院士的书里还引述了一些关于“识、才、学”关系的古训，这里予以转引：

   章学诚（清）说：“夫才须学也，学贵识也。才而不学，是为小慧；小慧不识，是为不才。”

   刘知几（唐）说：“夫有学无才，犹愚贾操金，不能殖货；有才无学，犹巧匠无楩柟斧斤，弗能成室。”

   袁枚（清）说：“学如弓弩，才如箭簇。识以领之，方能中鹄。善学邯郸，莫失故步；善求仙方，不为药误。我有神灯，独照独知，不取亦取，虽师勿师。”

   对这三段话稍加阐释、发挥：

   ——增长才干需要学习，而学习贵在有见识。想有才干而不学习，是小聪明；耍小聪明而无见识，实际上是没才干。

   ——有学无才，好比愚笨的商人投资经营，无法使财富增殖；有才无学，就像能工巧匠没有上等木料、工具，造不成房子。

   ——学问好比机栝发箭的弓，才干犹如群发的箭，用识见来引领，才能射中目标；要好好学习邯郸人的优雅步子，但不要忘记原先的步法；要学会寻觅仙方，但切莫被“仙药”所误；我自有神灯，照亮独自探索前行的路；要借鉴古法，拜前人为师，但切莫亦步亦趋，要独立创造。

德识才学缺一不可，有才无德，则贻害无穷；有德无才，则有志难成；有才无识，则只能蝇苟于雕虫小技；有才无学，则难以创业；有学无才无识，则只能空怀满腹经纶，孤芳自赏。

**三、科学工作者应有的性格特征**

  科学研究是一种高强度的脑力劳动，需要持之以恒的长期奋斗，披荆斩棘，勇往直前，因此，作为合格的科学工作者需要有优秀的性格特征。具体说来，应该具有：

•         **超人的求知欲和好奇心**。他们渴望了解世界的万事万物，急欲揭示观察到的现象的本质和成因。求知欲激发他们的创造激情，不仅为了满足自己的好奇心，更是为了满足自己另辟蹊径出奇制胜的强烈愿望，亦即，用全新的理论或方法诠释潜在的事物真谛。

•         **广博深邃的胸怀和视野**。他们对科学事业的发展及其社会需要有广博深邃的宏观大视野，善于把握学科研究新动向，敢于制订占领科学前沿阵地的新决策，因此，经常能做出开创性的工作。

•         **废寝忘餐的工作热情**。他们以近乎狂热的激情投身科研，从中享受无与伦比的真正乐趣，越是遇到困难，干劲越大，一旦获得进展则欣喜若狂。他们经常没有时间消遣娱乐和顾及家庭生活。据统计，美国的杰出科学家一般每周工作120个小时。他们把探索未知世界作为巨大的驱动力，绝少追求个人物质利益的动机。

•         **良好的独立思考的习惯**。杰出科学家从不人云亦云，不轻信已有结论，总是用自己搜集的证据下判断，判明是非曲直；敢于提出独到的见解，且对自己的观点充满自信，千方百计证实自己的假说；一旦遇到挫折，仍有百倍勇气修正自己的观点；遇到非议时，坚守自己的科学信念。

•         **善于群策群力协同攻关**。稍稍年长以后，懂得以身作则，富有人格魅力，吃苦在前，享乐在后，长于团结年轻一代协同作战。他们用自己的激情和示范来鼓舞团队的士气，并努力营造自由民主的学术氛围。

•         **强烈的荣誉感和责任感**。他们对自己的科学创造很有感情，勇于争取成功，并把自己的成功与社会发展和学科发展联系起来。

有朋友会说：“你说得太理想化了，科学工作者中很少有人达到这样的标准。”确乎如此，这是一种高标准。假如我国的科研队伍中，大多数成员能以这样的标准要求自己，在科学发展的道路上一定能所向披靡，攻无不克，战无不胜。

还要指出，上述各条中没有关于智力特征的内容，也就是说，没有提到科学工作者应智力超群、聪慧异常，实际上他们的智力水平是参差不齐的（当然没有很鲁钝的）。心理学家的大量调查分析表明，最适合做科学研究的人士的智商在120~140的范围内。极高智商的人士成为大科学家的反而为数不多。

**四、弘扬科学精神**

科学工作者必须具有科学精神，而科学精神的内涵是：

创新，求实，批判，理性，合作，民主，

**创新**

        创新是科学精神的灵魂，是科学技术发展的特征。科学的本质在于探索，科学的生命在于创造。

        创新的内容：提出新概念、新理论；修正旧概念、旧理论；在新领域移植已有理论；构建新思路、新方法。

   详见关于创新的一讲。

**求实**

        求实精神是科学精神的核心和基础，坚持一切以事实为依据，坚持实践是检验真理的唯一标准，这是科学工作者的公德和职业道德的基本准则。

        不断改进学术素养和科研方法，加强解决问题的能力和水准，尽量减少主观因素对客体的影响，实现对真实性和客观性的追求。

**批判**

        科学的批判精神即科学的怀疑精神是科学探索的起点，是知识进步的重要动力；

        永远以无限的好奇心面对五光十色的现象，不断细察本领域的前沿问题，不断问：为什么？能否另辟蹊径？

**理性**

        理性精神指的是：下判断要根据事实和逻辑，要善于思考，勇于探索，敢于创新，充分培养和发挥理性思维能力，坚信自然界的统一性、规律性和可知性；

        相信理性的真实性——根据事实和逻辑得到的必然性，不滥用所谓权威的论断和群众的情感，不进行“跟着感觉走”的感性思维。

**合作**

        合作精神即团队精神，是进行复杂的科学创造的支柱。要善于与同行合作，善于汲取别人的长处；

        积极参加学术交流，与同行坦诚相见；

        经常与同行讨论，善于制造“头脑风暴”；

        雍容大度，淡泊名利，尊重同行、同事。

**民主**

        学术民主和学术自由可为科学创造提供优良环境，是科学繁荣的前提；

        科学的真理经常诞生于争论之中，真理越辩越明，争论中不应有长幼尊卑之分；

        允许保留不同的意见，允许尖锐的批评，真正做到从善如流。

作为新时代的科学工作者，应尽力杜绝：

        弄虚作假

        造假剽窃

        抱残守缺

        感情用事

        闭门造车

        独断独行

   关于科研道德，将专文论述。

**四、结束语**

在为人治学方面，许多老一辈的科学家为我们树立了光辉榜样。我们后来者应该把他们奉为楷模，认真向他们学习。这里就不详细举例叙述他们的事迹了，仅此寄语年轻学人：

        努力做无愧于时代的科研人员；

        千里之行始于足下，从现在做起；

        努力为变成科技帅才而不懈奋斗；

        不断提高自己的综合科研素质；

        早日成为德识才学兼备的英才！

初稿：2013年3月18日，香港

定稿：2014年7月31日，上海

# 学习漫谈（116）：不拘一格 全力创新——谈科研方法-15.创新篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 3430 次阅读 2014-8-27 05:30 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:科研方法 创新

**摘要**本讲着重阐释科学创造心理学要旨，从创造的涵义、标准谈起，述及创造的过程、类型、适宜时段、意境和精神，并以钱伟长创建弹性板壳内禀理论为例，阐明如何有效地进行科学创造。

**大纲**

一、引言

二、创造的过程

 2.1 准备期

 2.2 孕育期

 2.3 豁朗期

 2.4 验证期

三、创造的类型

 3.1 思路创新

 3.2 方法创新

 3.3 结果创新

四、创造的时段

 4.1 黄金时段：中青年时期

 4.2 利用时间：心无旁骛

 4.3 珍惜时间：上下努力

五、创造的意境

六、创造的精神

七、案例分析：钱伟长的弹性圆薄板大挠度理论研究

八、结束语

**一、引言**

如所周知，科学研究是一种探索未知的创造性活动，它的生命在于创造。但是，什么是创造？什么是科学创造？什么是创造的标准？创造有哪些类型？创造的心智过程又是怎样的？对于这些问题，也许你能回答个大概，却又很难说得完整、确切。笔者认为，作为科学工作者或高校教师、研究生，面临着教学和科研这两大任务，应该对于自己的职业特点有清晰的认识，这样有助于我们做好手头的事情。下面，概述创造的概念、标准和过程。

**什么是创造？**

《辞海》告诉我们，创造，就是“做出前所未有的事情”。这个中文词似乎最早出现于《后汉书》。韦氏英文大辞典对create的释义为“to bring into being”；牛津高阶英文双解词典的释义则为“cause (sth) to exist”或“make (sth new or original)”。

其实，还是我们的老祖宗最高明。古代哲学名著《易经》里，给“创造”下的定义是“生生”二字，有“赋予存在”之意，与韦氏英文大辞典的释义完全一致（第一个“生”字是动词，to bring into；第二个“生”字是名词，being）。《易经》里说：“生生之谓易”，“易”就有“变动、创造”的涵义。

然而，要从哲学社会科学上给“创造”下一个完整的定义并非易事。我较为认同郭有遹的专著《创造心理学》（教育科学出版社，2002）里的定义：“**创造是个体或群体生生不息的转变过程，以及知情意三者前所未有的表现；其表现的结果使自己、团体或该创造领域进入另一更高层的转变时代。**”该书作者强调创造必须有高度的新颖性和恰当的建设性：它的结果必须是前所未有的；雕虫小技不能算是创造；它又必须是恰当有益的，江湖大盗也会弄出点新招儿，就绝不能算是创造！而且，现代的创造又是带有群体性和继承性的。

科学创造通常指的是在科技领域里的创造，经常是最激动人心的、最有影响力的创造。

**什么是创造的标准？**

“创造”，是心理学家喜欢研究的话题，有关著述如汗牛充栋。他们研究“创造”时，关注的对象各有不同，有的关注创造的产品，有的着重研究创造过程，有的则关心创造的主体——人。一般认为，从创造的产品来看，比较容易理解创造的标准或层次。

对于创造产品的层次，有各种说法，美国心理学家泰勒（Irving Taylor）于1975年给出的分类较为科学，在《创造心理学》一书中又有发挥，笔者觉得可以接受。创造的产品可分为如下五个层次：

•**即兴式的创造**（expressive creativity）• 这种创造随兴而发，因境而生，参与创造者无为而为，随心所欲，自由兴怀。如文人的笔谈会，科技界的自由研讨会（seminar），个人可率性而为，这种创造活动尽管层次较低，“产品”较为粗糙，实际上是其它各类创造的萌芽和基础。在各种seminar和学术沙龙里，我们经常享受这类创造的乐趣。

•**新型式的创造**（new-pattern creativity）• 这类对物品的形状、结构、功能、式样、装置等加以改变或增减，相当于专利法中涉及的新型或新式样，结果是更简便、更有效、更经济、更美观、更实用的产品。例如，收音-录音并用的收录机；当然，可包括合成型的抽象的科学产品，例如，我在以前的博文中提及的元胞-跟车混合型交通流模型。

•**革新的创造**（innovation creativity）• 根据原理、原则或基本方法，改进现有的物品、结构、动作或方式，结果往往是专利。这类创造一般经由调研分析-否定原型-推行革新的辩证过程。例如，瓦特研制的改进型的蒸气机（科学史中已有结论，瓦特并非蒸气机的发明者，而是改进者）。

•**发明的创造**（inventive creativity）• 一般来说，发明，指的是产生前所未有而又有应用价值的产品。例如，爱迪生发明电灯泡、唱机，贝尔发明电话等等。通常需要研究自然规律和第一原理，进行高度的技术创造。当然，发明可推而广之到文艺领域，但通常不叫文艺发明，而叫文艺创作。

•**深奥的创造**（emergentive creativity）• 这一层次的创造最为复杂，它在合理的假设下，发展崭新的原理、原则或有系统的新学说。必须在原有知识基础上，重新组织材料，乃至提出全新的概念，例如，爱因斯坦建立相对论。

**什么是创造过程？**

这一问题是我们科研工作者最应该关心的，也是对实际科研工作最有指导意义的部分。已有许多著作涉及相关问题，这里作一简述。

创造过程有两种涵义。一种是指个体从开始创造到产品实现的心智历程；另一种着重随心所欲，因境生情，无为而为的创造活动。前者比较科学，通常在科技界就指前一种。它又可以分为着重个体与环境的交互关系和着重解决问题的过程两种涵义。对我们实际从事科研的人员来说，后者更有意义。心理学家的实际调研发现，科学与文艺的创造过程是相似的，均为解决问题的过程。

许多大学问家研究了科学创造的实际过程，划分了三个或四个步骤。在下一节中详述。

**二、** **创造的过程**

对于科研工作者来说，充分了解科学创造的心智历程极为重要。基于此，可以尽可能自觉地遵循创造过程，不走或少走弯路，事半功倍地实现自己追求的目标，并尽情享受创造的欢乐，把科研这个“苦差”变成其乐无穷的“美差”。

引言中已指出，创造心理学中的创造过程，指的是个体从开始创造到获得（抽象的或具体的）产品的心智过程。人类的创造活动是极其复杂的心理过程，许多科学家对此进行过探索。1896年德国生理学家亥姆霍兹（H.L.F. Helmholtz，注意：不是理工科学人熟悉的物理学家H. von Helmholtz)提出了创造性工作的三个阶段：（1）初步尝试；（2）停顿和徘徊；（3）突然发现和意外解决。后来，法国著名数学家彭加勒（H. Poincaré）又加上了第四阶段：（4）再次有意识的努力时期。另一位法国著名数学家阿达玛（J. Hadamard）验证了这个四阶段模式，并加以命名。1926年，英国心理学权威沃勒斯（G. Wallas）在此基础上总结出至今仍在沿用的“创造四阶段说”。Wallas认为，不管哪个学科门类，不管创造性成就的大小，任何创造发明大体经过四个时期：1）**准备**（preparation）；2）**孕育**（incubation）；3）**豁朗**（illumination）；4）**验证**（verification）。下面分述之。

**2.1准备期**

这一阶段主要从事发现问题、分析问题、归纳问题的工作，包含：广泛调研，搜集资料，整理事实，补充积累知识，扩充技术储备，创设必需工具和条件等等。

人们在创造活动中，铁定要做的事情是：尽可能充分地了解、熟悉前人对同类问题的想法和经验，深入分析：前人已把问题解决到何种程度，哪些问题已然清晰，哪些问题尚未解决，哪些结论存有疑点，哪些装置不能尽如人意……。凡此种种，必须了如指掌，洞若观火。只有这样，方可避免做重复性的工作，才能使自己的工作站在新的起跑线上，同时还能从前人的成功和失败中获得启示。

万丈高楼平地起，创造者必须打下扎实宽广的基础。准备工作的范围要尽可能地大一些，特别是，处于学科纵横交叉的今天，我们不仅要对自己的主修学科有透彻的了解，而且要准备好其它相关学科的足够知识，汲取跨学科的经验、方法和技巧；准备工作的时间应该足够长。创造者本人及其领导，决不能急功近利、拔苗助长，必须对问题的界定、症结、难点做详尽剖析，准备对问题作全方位、多角度、多思路、多途径的探索。对可能遭遇的困难、挫折，做好足够的思想准备。其中，至关重要的是反复推敲和思考。正如美国哲学家杜威所说：**“要真正做到多思，我们必须甘心忍受并延续那种疑惑的状态，这是对彻底探究的动力，……。”**

**2.2孕育期**

孕育期，又称酝酿期，我则喜欢称之为“孵化期”。在创造过程中，一蹴而就地成功的先例少之又少，大多会在初步尝试后无功而返。这时，最好的办法是把手头的问题暂时搁置起来。按Wallas的心理学理论，创造者的潜意识这时仍在围绕这一问题工作，就像母鸡在孵蛋一样，表面上母鸡静卧，所孵的蛋却正在孕育着新生命。

在孕育期，可以换一个题目做做（所以做科研的切忌“单兵深入”，不妨同时有几个不同类型的题目或分支题目）；有时干脆让头脑彻底休息，或出门度假，或光顾娱乐场所。我的经验是找一本好看的、有利于修身养性的“闲书”来阅读。分子生物学创始人之一沃森（Watson）在回忆DNA双螺旋结构发现的书《双螺旋》中，就描绘了该项重大发现降生前的彻底休闲过程。

孕育期的存在说明，创造是一种波澜起伏的有节奏的过程，创造的火苗有时就像在潜伏中的火山，它在酝酿喷发。心理学家告诫创造者：一味苦读、目不转睛、马不停蹄的疲劳战对创造有弊无利。创造需要冥思苦想，同时需要把握节奏。这就说明了一些大科学家为何都热衷于某项业余爱好，如爱因斯坦专长小提琴，普朗克擅长钢琴，苏步青长于写诗，钱伟长喜爱围棋等等，他们往往在享受琴棋书画的过程中度过孕育期。

孕育期可长可短，有时非常漫长，例如，门捷列夫之发现元素周期表，爱因斯坦之发现广义相对论，等等。创造者的“灵光”似乎在冬眠，等待着复苏。一旦内外条件成熟，“灵光”随之闪现！

**2.3 豁朗期**

豁朗期，又称明朗期，笔者更喜欢称之为“顿悟期”。一个百思不得其解的问题被创造者搁置一段时间之后，某个时刻，创造性的新观念可能突然喷薄而出，随之，进入“豁然开朗”的境地。心理学家将其称为灵感、直觉或顿悟。

彭加勒在他的名著《科学与方法》(商务印书馆，2008)中对此有生动的长篇描述。当他在研究非欧几何的一种变换时，久久不得其解，他不想工作了，到乡间去旅行。“我的脚刚踏上车蹬，突然想到一种设想**……**我用来定义福克斯函数的变换方法同非欧几何的变换可以完全一样！”他还描述了在山岩上散步时的灵光一现。这就是顿悟——突然明白。

关于顿悟，详见前面的第十一讲。

**2.4验证期**

在豁朗期中产生的灵感是否即为问题的答案，是否就是科学的创造，有待于细细验证。新的观念要经过逻辑的推敲和完善化，新的结论、新的产品要经过实践的检验。在验证阶段，对新设想、新观念不做任何修改的情况是罕见的，经验证而被否决，则是司空见惯的。正如英国大科学家达尔文所说：“**我想不起哪一个最初形成的假说不是在一段时间过后就被放弃，或被大加修改的。**”

验证期的长短也各不相同，有时费时超过前三个阶段的总和。

Wallas的创造四阶段并非机械地划分的，它们经常是交叉的循环往复的。在他之后，不少心理学家提出了另外一些阶段模式，对我们的指导意义不大，这里略过不提。

**三、创造的类型•**

本届谈谈创造的各种类型，侧重讲述科技创新的类别。

我们说过，创造的核心在于求新，在于“标新立异”。创造当然有难度，但是并非可望而不可及。我年青的时候以为，科学创造是大科学家的事情，我们凡夫俗子没有资格谈什么创造，跟着做就是了。年齿渐长之后，才逐渐认识到，这是受了传统的保守思想的影响，其实科学创造有大有小，只要勇于探索，就可以在一定的基础上实现一定的创造。

笔者在谈及科学基金申请时经常强调，申请书的核心部分是：立项依据、创新之处和工作基础，把握好这三部分，辅以可行的技术路线，大致可以胜券在握。可是，在实践中，我见到的申请书中，写得最差的部分常是“创新之处”，而基金委和评审人又恰恰最重视此点：没有突出的创新，干吗资助你？写得差的原因是对创新的内涵和分类认识不清，往往简单地重复前面写过的研究内容要点，不曾提升到理性的高度来讲述（或者申请者本人就无清晰认识），让人感到不知所云，不得要领，从而导致申请失败。

那么，科学创造或创新有哪几种类型？经过较长时间的摸索、思考，我认为，科学创新大致可以归纳为三类：思路创新（概念创新）、方法创新（技术创新）和结果创新（产品创新）。下面予以分别叙述。

**3.1 思路创新**

思路创新，也可称为概念创新，是最重要的创新类型。通常我们说的“源头创新”主要源于此。在理论层面上，在全新的框架上，提出一种崭新的概念、理论或理论体系，例如，爱因斯坦打破了传统的时空观，提出相对论，这就是伟大的思路创新、源头创新；再如，伽利略的自由落体定律，牛顿运动定律，开普勒的行星运动三大定律，等等，均属于此类。在技术层面上，所有重大的创造发明，大多源于概念创新。例如，由于齐奥尔科夫斯基19世纪提出的星际航行的概念，引导了后来的航天技术的发展；说得实际一点，有人说，抽水马桶是20世纪人类最伟大的实用创造发明，也来源于概念创新。

思路创新虽来自前人工作奠定的基础，但从根本上说来，创造者必须提出前所未有的、与众不同的思想或概念，并且经过严格论证或验证，建立有广泛适用性的理论体系或提出全新的先进技术。因此是最艰难、最有价值的创新。

思路创新有大有小，上面提到的都是重大的、影响深远的。也可以是小一点的。例如，我曾经介绍过的拉塞尔发现的孤立波（见下面的第九篇），就建立了水面上存在永形波的新概念；普朗特建立的边界层的概念；吴文俊教授提出的数学机械化的概念等等，这些都是重要的思路创新。再说得小一点，例如，我所蔡树棠教授提出的湍流理论“三涡九方程”的概念；我的年青同事张田忠教授提出的碳纳米管的多米诺产能概念；等等，尽管影响范围小一点，却也是闻所未闻的思路创新。

**3.2 方法创新**

方法创新或技术创新是更为常见的创新形式，通常在提出问题，建立模型之后，为了寻求解决问题的途径，创造、建立针对该问题的方法或技巧、技术。通常有如下几种方式：

——**建立全新的方法。**例如，牛顿和莱布尼兹为了从几何上求曲线的切线，发明了微积分；钱伟长先生在研究弹性圆薄板的大挠度问题时，先后创建了系统逼近法（后人称为钱伟长法）和合成展开法，也是了不起的创新（详见本文第七节）。考察科学史，很多具体方法是在解决实际问题时创造出来的。例如，微积分学中描述面积分与周线积分相互转换的斯托克斯定理，就是斯托克斯在解决流体力学问题时导出的。这样的例子不胜枚举。

——**移植已有方法**。这种方法创新十分常见，例如，流体力学中，分析涡线诱生的流动时移植了电磁学中的毕奥-萨伐定律；林家翘在演绎星系密度波理论时用他研究流动稳定性时所用的WKB方法，创造了“共振圈”方法；说得近一点，上海交大的廖世俊教授创造性地把同伦算法移植用于求解流体力学中的强非线性问题。

——**综合集成创新**。时下，这种方法的应用比比皆是，特别是那些不太“伟大”的科技工作者常通过这一途径来创建解决手头问题的方法。例如，近年来，计算流体动力学（CFD）方法多如牛毛，针对复杂问题，许多学者经常采用多种CFD方法的合成来寻找解法，综合集成得好，也是一种创新。

就创新程度而言，以上三种方法创新，其“创新度”递降。

**3.3 结果创新**

结果创新是上述思路创新和方法创新的必然结果。这里要说的是，有时，一项工作在思路和方法（技术）方面的创新性不那么强，然而，只要你解决的是崭新的问题（或长期悬而未决的老问题），即使在概念上没有突出的创新，且因袭了已有方法，但所得的结果是前所未有的，也是一种很好的创新。

比方说，陈景润部分地解决的哥徳巴赫猜想问题，问题是多年未解决的难题，方法是数论中常见的筛法，但经过长时间努力，得到了漂亮的成果，得到了学术承认；1965年，普林斯顿大学的应用数学家克鲁斯卡尔（Kruskal）和扎布斯基(Zabusky)数值求解了KdV方程，这个方程是1895年就推导出来的；求解所采用的是常见的龙格-库塔法，却发现了KdV孤立波“碰撞”时的“弹性”性质（即具有形状的保持性），并“铸造”了soliton（孤立子）这个术语。谁能说他们的结果不是伟大的创造？

我们日常评审科研成果时不难发现，这类创新方式最多。

以上的归纳不一定科学、全面。从中我们可以明白几点：

•科学创造并非高不可攀，人人皆可为之。搞不了大创造，务实地追求小一点的，总是可行的；而科研中不创新却是万万不行的；

• 搞清各种创新方式，在日常科研中知道自己在做或要做哪类创新，想要申请项目时，在“创新之处”那一栏时就可以填得好一点了；

• 在科研工作中坚持务实创新，别去“炒冷饭”，别去“凑热闹”，注意不断另辟蹊径，做前人所未做之事，这样才会有出息。

这里抄录一段钱伟长先生的言论：“**评定一个科学工作，不外乎有几种情况：一种情况是，他有新的观点，用了新的办法，或者是理论上的，或者是实验上的，解决了一个新问题，从来没有人解决过，这是最好的工作。当然这个新观点要有普遍性，因为越有普遍性，这个工作就越好。……第二种，如果是新的观点，用旧的办法，解决了旧问题，可是观点是新的，这也不错。如果用了老观点，用了新办法，解决了新问题或旧问题，这是次好的，……还有一种，用的是旧观点、旧方法，就是用得好，用得恰当，解决了新问题，这也不错。最不好的是，用老观点、老办法，解决了老问题。**”（《教学与科研》，1980年10月）

钱先生这一段话说的是科学工作的评定依据，实际上阐明了他对科学创新的见解，因此是本讲的极好的立论依据。

**四、创造的时段•**

本讲专门分析科学工作者进行科学创造的黄金时段，顺便涉及科学工作者如何充分利用时间、主管领导如何保证下属的科研时间的问题。

谁都知道，“少壮不努力，老大徒伤悲”。要成为出色的科学工作者，在中青年时期就必须心无旁骛，争分夺秒，为自己的科研生涯打下扎实的基础。

**4.1 黄金时段：中青年时期**

曹冲六岁称象，甘罗十二拜相，伽罗瓦十九岁创建群论，斯梅尔二十七岁发现“斯梅尔马蹄”，班廷三十一岁发现胰岛素。这些故事大家耳熟能详（当然还可举出更多的例子）。我不知在哪里读到：对纯数学的研究者来说，如果到了而立之年还没成为数学家，那你就一辈子也甭想当了（当然，成为应用数学家的时间可稍稍往后推一些）。

科学创造的黄金时段在中青年时期，这是科学方法论专家和创造心理学学者早就得到的结论。

郭有遹先生在他的《创造心理学》中专门辟出第九章来讲“创造人才的出现”（215～236页），在第二节“创造者登峰造极的年龄”中指出：

“早在1874年，比尔德（Beard，1874）便研究一千多位天才完成最重要贡献的年龄（此后便成为峰值年龄）。他发现，70％举世著名的创作都在45岁以前完成，80％在50岁以前完成。他们的最佳年龄区是在30岁至45岁之间。在这期间，**35～40岁要比40～45岁为佳**。他认为，创造是受热衷（enthusiasm）与经验（experience）两因素所交互影响。前者提供创造的动力与目标；后者提供创造的能力和材料。在一生之中这两因素的起伏各有不同。热衷达到高峰的时间很早，经验则较晚。青年人心高手低，老年人经验有余而野心不足，都不能成大事。此两者必须达到平衡，方可使人臻于创造的高峰。这两因素在一般人达到匹配的时期多在**40岁左右**，此亦即**创造之峰值年龄**也。”接着，他旁征博引，论及各界的创造者的峰值年龄，对于科学、发明和技术创造，基本结果是：**30～39岁之间**。

无独有偶，科学方法论专家贝弗利奇也有相似的精辟论述，他在《科学研究的艺术》（科学出版社，1979）一书的关于“科学家”的第十一章（143～164页）中说：

“人的一生中哪个时期最有创造性，关于这个问题莱曼（H.C.Lehman）搜集了一些有趣的资料。他在《医学史入门丛书》、《医学史导引》之类著作中查阅资料，发现：1750年到1850年出生的人，出成果最多是在三十到三十九岁这十年中间。把这一段的成果当作100％，则二十至二十九岁这十年间的成果是30～40％；四十到四十九岁期间的成果为75％；五十到五十九岁期间的成果为30％。人们的发明能力也许在早年，甚至早在二十多岁就开始衰退，但是，经验、知识和智慧的增长弥补了这一缺陷。”

“一个人在四十岁以前未做出重大贡献并不一定意味着他一辈子也做不出，这样的先例是有的，虽然不多。随着年龄的增长，大多数人对别人提出的新设想以及自己工作或思想中出现的新观念的接受能力逐渐减弱。”接着，贝弗利奇引述了大量实例论证了他的观点。

两位学者的观点如出一辙！结论是：**科学创造的黄金年龄段为30岁～39岁**。

十年，瞬息即逝！因此，有志于科学创造的青年朋友们，趁早投入，心无旁骛，千万别左顾右盼、三心二意！

**4.2 利用时间：心无旁骛**

古人说，“一寸光阴一寸金，寸金难买寸光阴”。要从事科学创造，要取得重大成果，必须分秒必争，不要浪费生命里的每一分钟！

我在前三讲中已经指出，科学创造是一种艰苦的重脑力劳动，需要人们全身心的投入。人生苦短。我在回忆往事之时，经常为过去虚掷掉的光阴而惋惜、遗憾。新一代的科研工作者处于我国前所未有的好时代，国力渐强，对发展科学的需求渐增，科研经费不再捉襟见肘，更重要的是：政治形势稳定，没有战乱，没有动乱，也没有政治运动，只要自己有定力，不流于浮躁，科研时间有充分保证，就可以在科学的前沿领域施展拳脚。

对于现在的科学工作者，最要紧的是安贫乐道，心无旁骛，不为外界的种种诱惑所动。其中，心无旁骛极其重要。

贝弗利奇指出：“许多人之所以在中年前后丧失创造力，就是由于担任了行政职务没有时间从事研究。”（《科学研究的艺术》，162～163页）。他还说：“研究工作要有成效，科学家必须把他的主要时间用于研究。”他还引用美国著名生理学家坎农（W.B.Cannon）的话：“这个时间因素必不可少。一个研究人员可以居陋巷，吃粗饭，穿破衣，可以得不到社会的承认。但只要他有时间，就可以坚持致力于科学研究。一旦剥夺了他的自由时间，他就完全毁了，再不能为知识作贡献。”贝弗利奇还指出，“在做了一整天别的工作以后，挤出一两个小时的业余时间来做科学研究是没有多大用处的，特别是如果这一天的工作是需要动脑筋的工作，因为除了实验室活动以外，科学研究还需要安宁的心境以便思考问题。” （《科学研究的艺术》，159页）。

有鉴于此，我对高校里的“双肩挑”政策持有异议，认为这实际上几乎是不可实现的。关于此点，已在2009-02-05的博文《“熊掌”和“鱼翅”不可兼得——四谈不可见的继承性》中详述，这里不再多说。

但是，令我不解的是：有些中青年学术骨干明知“熊掌”和“鱼翅”不可兼得，却恋栈于“官位”，不肯专心从事科研，事实已证明，他们在科研方面正一步步走向失败，有时令我扼腕叹息。

如果有足够的时间从事科研，而且懂得科学方法论，不断改进科研方法，就必定能成功。我身边这样的人越来越多了，令人欣慰！

至于怎样充分利用时间，我以前谈到过一点，日后有机会专门谈谈自己的体会。

**4.3 珍惜时间：上下努力**

作为科技主管，应该千方百计为科研工作者营造优越的科学创造环境。对此，我在以前的博文中从各个角度谈到过。这里只想呼吁：别去折腾科学工作者了，保证他们有足够的时间和安宁的心境潜心科研。

现在把下面的科研人员折腾得最苦的是：填不完的报表，应对不尽的评估、检查！现在上级主管部门似乎在千方百计折腾下级。随着计算机技术的发展，折腾的技巧也日益“先进化”。记得有一年，我同时申报了科技部和教育部的项目，需要填各种不同的报表，偏偏两个部门选用了不同的电脑输入系统。有一个部的表格设计得尤其愚蠢，二十几个申请人的信息要一个个、一项项输入，把我的助手董力耘博士（本组头号电脑专家）折腾得够呛！前几天，我们几个人闲谈，回想十几年前申请项目时，填表很简单，现在怎么越来越复杂了呢！

应付评估、检查成了科研人员的心病，评估检查中烦琐哲学，形而上学，无所不用其极。我有时想，一大堆人坐在管理机关，设计各种评估报表，层层加码。你们何不下来走一走呢？当年，科学院党组书记张劲夫同志能带着一位秘书，下基层微服私访一周（就住在我们研究生的集体宿舍里），为何现在的干部就做不到了呢？多下来悄悄地走走，就什么情况也了解了，要这么多表格干吗？你想坐办公室也罢，化点功夫建立各种数据库，把各类人等的资料好好在电脑上归档，干吗反反复复来要类似的数据呢？

问题是：管理者高高在上，不体贴下情，不珍惜科研工作者的时间，只会瞎折腾基层。这种作风真该改一改了。

我认为，别来瞎折腾，让科学工作者集中精力攻关，是对他们的一种最大的爱惜。这比关起门来侈谈国人何时获得诺奖要有用得多了。

以上从创造学的角度谈了如何更好地做好科学创造。基本点是：科学创造，贵在青春年少时的孜孜以求。上上下下应珍惜时间，趁着各自的青春年华，把各自的潜能最大限度地发挥出来！

**五、创造的意境•**

本节专门说说科学创造的意境。

笔者曾在科学网上推荐了周立伟院士写的《科学研究的途径》（北京理工大学出版社，2007），此书的首篇文章——《治学三境界与科学创造四阶段》就对科学创造的意境行了探索。他一开始就引用了国学大师王国维在其名著《人间词话》中提出的做学问“三种境界论”：

**三种境界**

**王国维**

古今之成大事业、大学问者，必须经过三种之境界：“昨夜西风凋碧树。独上高楼，望尽天涯路。”此第一境也。“衣带渐宽终不悔，为伊人消得人憔悴。”此第二境也。“众里寻他千百度，蓦然回首，那人却在灯火阑珊处。”此第三境也。此等语皆非大词人不能道。然遽以此意解释诸词，恐为晏、欧诸公所不许也。

这一论述中引用了三首宋词中的词句，分别出自晏殊的《蝶恋花》、柳永的《蝶恋花（凤栖梧）》和辛弃疾的《青玉案•元夕》，确切地描述了做学问的渐进的三种境界。

周立伟院士将这些词句用于描写科学创造的各个阶段，并补充了一句唐诗：“行到水穷处，坐看云起时”（出自王维的《终南别业》），用于描述沃勒斯（G. Wallas，1926）提出的科学创造四阶段，亦即科学研究中的准备期、探索期、豁朗期和验证期：

“昨夜西风凋碧树。独上高楼，望尽天涯路。”——与韫珠藏，秋水欲穿，不知伊人何处寻？——科学创造的准备期；

“衣带渐宽终不悔，为伊人消得人憔悴。”——抱朴唯恒，欣戚两忘，触物皆有会心处。——科学创造的探索期；

“众里寻他千百度，蓦然回首，那人却在灯火阑珊处。”——心有灵犀，意所偶会，皇天不负有心人。——科学创造的豁朗期；

“行到水穷处，坐看云起时。”——格物致知，究极穷理，悟乾坤真机真境。——科学创造的验证期。

无独有偶，在刘仲林所著的《科学臻美方法》（科学出版社，2002）中也引述了王国维的这一段描述，并与科学创造四阶段相联系，也发现缺少第四阶段，认为这是文理创造的差别。

这里笔者不揣冒昧，也来做一些发挥。宋词似乎过于婉约，与科研复杂意境有差距，就改用唐诗吧，分别从白居易的《长恨歌》、孟郊的《夜感自遣》、陆游的《游山西村》和杜甫的《望岳》中撷取如下词句，re-address同样的话题：

“上穷碧落下黄泉，…升天入地求之遍。”——遍历古今中外、大千世界，追求知识真谛；调研天地真经、八方成果，寻求制胜途径。——科学创造的准备期；

“夜学晓未休，苦吟神鬼愁。如何不自闲，心与身为雠。”——废寝忘餐，夙兴夜寐，冥思苦想，日夜沉吟，寻找事物真谛。——科学创造的探索期；

“山重水复疑无路，柳暗花明又一村。”——峰回路转，不屈不挠，披荆斩棘，独辟蹊径，终于豁然开朗，发现光明。——科学创造的豁朗期；

“荡胸生层云，决眦入归鸟。会当凌绝顶，一览众山小。”——穷追不舍，用云彩荡涤心中疑团；寻根问底，弄清鸟儿归途。一旦登上高山之颠，方知创造的伟大和乐趣。——科学创造的验证期。

我们可以通过许多科学伟人的经历对上述科学创造四阶段和科研意境做具体诠释，容日后再谈。

**六、创造的精神•**

初出茅庐的科研工作者最感困惑的是：如何摆脱一切束缚，进行有效的科学创造？这是一个很难应对的问题，需要自己的在不断的实践中渐渐感悟。这里想说一说怎样摆脱旧思想的窠臼，培养创造精神。

根据我的科研经历和日常思考，我觉得对于已有一定知识基础的年青科学工作者来说，在科学创造方面有如下六大障碍：

•         **妄自菲薄：**不少年青人认为科学创造是大师的事情，自己能力有限，不可能在科学创造方面大有作为。我们的水平当然不可能与大科学家相提并论，他们有非同凡响的独创能力，可以做出石破天惊的科学发现，然而，我们只要矢志科学创造，也不会一无所获。居里夫人说：“**我们应该有恒心，尤其要有自信力。**”钱学森说过：“**不要失去信心，只要坚持不懈，就终会有成果的。**”科学创造并非可望而不可及的，只要有勇气和信心，相信每个人都有创造力，自己也不例外，就是迈开了坚实的第一步。

•         **墨守成规：**墨守成规是科学创造的大敌。稍稍上了年纪的人，回顾往事，常会发现，进入科研领域的同班同学中，最有创造性成就的人，往往不是考试考得最好的。有的人很会读书，很会考试，但常是前辈的“跟屁虫”，不敢怀疑书上的话，结果科研成绩平平；倒是在学校里功课并非门门优秀，平时不那么受现成的观点束缚，喜欢信马由缰地思考的人，反而有更出色的科学创造。

•         **头脑僵化：**应该认识到，科学认识是无穷无尽的，我们所接受的知识一般是相对真理，许多科学问题的答案有非唯一性。例如，宇宙是怎样形成的？至今仍众说纷纭，没有定论，有林林总总的假说，倘若头脑僵化，认识何以加深？另外，有的人脑子里有非黑即白的思维定势，对科学创造极其有害。实际上，正确的结论往往是“灰色”的。

•         **担心出错：**初涉科学研究的人常怕犯错误。其实，做科研的，谁不犯错误？正如数学家阿达玛所说，“**优秀的数学家经常犯错误，但能很快发现并纠正。**”物理学家法拉第写道：“**世人何尝知道，在那些通过科研工作者头脑的思想和理论中，有多少被他自己严格的批判、非难的考察，而默默地隐蔽地扼杀了。就是最有成就的科学家，他们得以实现的建议、希望、愿望及初步结论，也只不到十分之一。**”（转引自[2]）也就是说，不犯错误，不用心改错，就成不了优秀的科学工作者。

•         **强调专业：**我们在实践中遇到的科技问题经常是综合性的，不可能局限于某个专业，所以，我们应该像钱伟长先生那样，实际需要就是我的专业。必须在完成科研课题工作中不断汲取新的知识。例如，在建地铁过程中需要研究盾构掘进机理，主业是岩土力学问题，但还必须懂得机械学、控制论和信息科学。我们研究所培养的研究生周文波正是综合运用了这些知识，创建了盾构掘进专家系统，为上海市建设建功立业，成了上海市十大杰出青年。可以说，固守自己的狭窄的专业领域，一般不会在科学创造方面有大出息。

•         **缺少章法：**许多年青朋友在科研中很用功，但经常就事论事，不注意科学方法论，往往事倍功半，正因为如此，我近年来不断宣传科学方法论的重要性。这是个大话题，日后细说。

一个青年学子，如果立志从事科学创造，就必须摆脱上述窠臼，信马由缰地驰骋。

**七、案例分析：钱伟长的弹性圆薄板大挠度理论研究•**

前面，我们从创造心理学的角度，阐述了科学创造的定义、内涵和类型，本节分析一个案例，以增进大家对所讲的内容的认识。这里以钱伟长先生1940年代所做的关于弹性圆薄板大挠度理论研究为线索，对前几讲所述的内容加以例证，以期青年朋友们对于科学创造有更加实际的认识，并在自己的科研实践中加以应用和发挥。

• **选题背景**上个世纪三四十年代，随着工农业生产的发展，尤其是航空工业的迅猛进展，大批薄板薄壳结构投入应用，随之出现了大量的非线性大变形问题，使得习惯于处理线性问题的学术界面临严峻挑战，非线性力学成了研究热点。对于这类新问题，由于叠加原理失效，许多传统的数学方法不再适用，而当时的计算技术不发达，许多新方法应运而生，其中渐近方法（包括摄动法）是最重要的一种。钱伟长先生敏锐地把握了这一重大机遇，适时地把大变形问题列为自己的主攻方向之一，并选取圆薄板大挠度弯曲这一相对简单而典型的问题作为研究的切入点。他特别注意新方法的创造，喜欢别出心裁，另辟蹊径，这里所引的两篇论文就有两个了不起的创造：被后人称为“钱伟长法”的逐次近似法（参数摄动法）；世上首次提出的合成展开法（奇异摄动法的一种）。

• **思路创新**文[1]中的思路创新是：采用卡门的非线性薄板大挠度方程，建立以薄膜解为基础的渐近型的数学模型；文[2]的思路创新更为突出，把流体力学大师普朗特建立的边界层的思想移植到固体力学领域，而且一改边界层理论中固有的分区求解思路，设法一次性地求全域的解。这些新概念、新思路前所未有，给非线性力学问题的近似处理吹来一股新风！

• **方法创新**这两篇论文的方法创新最有可圈可点之处。

经仔细研读后，我发现，文[1]实际上是固体力学领域第一篇采用“参数摄动法”的论文（参看[3]及所引文献），也就是说，在对因变量作摄动展开的同时，对其中的参数也作摄动展开。最令人匪夷所思的是：钱先生竟把待求的中心绕度（即弯曲度）作为摄动小参数，出奇制胜，效果极好。

文[2]使得钱伟长先生成了“合成展开法”的开山鼻祖，他把边界层的内外解放在一起，同时作摄动展开，并采用“外解对内解（边界层解）有影响，内解对外解无影响”的基本假定，求得了边界层问题的统一解。此举是对普朗特边界层理论的重大革新，人们不必分别求内外解，通过匹配，再合成求解，避免了繁杂的匹配过程。可惜的是：此文发表在《清华大学理科报告》（1948）上，当时我国正值解放战争，这一结果久久不为人们所知，1956年，美国的Bromberg才重复了钱伟长先生的工作。可见，钱伟长先生的思想比洋人领先了八年！直到1970年代，国外才将这一方法命名为“合成展开法”。

• **结果创新**钱先生在他的论文里，把所得的结果与其他学者的实验结果进行了比较，结果完全吻合，大大改进了前人的同类理论工作。文[2]的结果表述得非常精致。解放后，钱先生的理论和计算经过学生们的反复验证，发现他算得非常精确。有关计算相当繁复，要知道，那时电子计算机刚刚发明，尚未普及，钱先生的所有结果都是用手摇计算器算出来的！钱先生的这两项工作为弹性板壳的大挠度计算开了先河。解放后，钱先生率领一群学生（如叶开沅、胡海昌等）继续对这一问题进行了全方位的探索和研究。钱伟长先生因此获得了我国首届评议的国家自然科学二等奖（1955年）。

通过解剖这个麻雀我们可以有如下认识：

——科学研究必须选择前沿性课题攻关，这样最能挖到“第一桶金”；

——科学发现来自打破常规、锐意创新；

——科学研究必须十分注意方法论，关注在思路和方法上的新创造，只有这样，才会有超凡脱俗的结果。

**八、结束语**

   本讲的要点是：

        科学研究应该生生不息，刻意求新；

        科学创造应该循序渐进，分清层次；

        科学研究应该不拘一格，全力创新；

        科学创造必须专心致志，争分夺秒；

        科学探索必须碧落黄泉，穷其究竟；

        科学创造必须摆脱窠臼，信马由缰。

参考资料

1. Chien Wei-zang（钱伟长）, Large deflection of a circular clamped plate under uniform pressure, Chinese Journal of Physics, **7**(2), 102－113 (1947). 也可参看《钱伟长科技论文集》，福建教育出版社（1989）169－178。

2. Chien Wei-zang（钱伟长）, Asymptotic behavior of a thin circular clamped plate under uniform normal pressure at very large deflection, The Science Reports of National Tsing Hua University, **5**(1), 71－84 (1948). 也可参看《钱伟长科技论文集》，福建教育出版社（1989）193－208。

3. 戴世强，论钱伟长的治学理念和学术风格，力学进展，(2003)，**33**(1)：4－20。

初稿：2013年4月1日，香港

定稿：2014年8月1日，上海

# 学习漫谈（118）：神游科海 力求臻美—谈科研方法-16.美学篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 1942 次阅读 2014-9-11 05:34 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:美学 科学美学 臻美科学方法

**摘要**自然科学研究者应该懂一点美学，本讲阐述追求科学美在科学研究中的作用。首先简述科学美学的涵义以及大师的一些教诲，然后述及科学的优美、壮美和奇美的具体形式，最后概述科学创造与科学美的关系。

**大纲**

一、引言

二、科学美的三个层次

三、科学中的优美（阴柔之美）

四、科学中的壮美（阳刚之美）

五、科学中的奇美（变易之美）

六、科学创造与美

五、结束语

**一、引言**

追求科学美是科学研究的一大动力，科研工作者应该对美学(特别是科学美学)有一定的了解和体验。

美学是什么？历来众说纷纭。目前，流行于国内的说法有三种：（1）美学是研究美的学科；（2）美学是研究艺术一般原理的艺术哲学；（3）美学是研究审美关系的科学。（参看[1]，401页）。笔者认同美学家李泽厚所给的定义：“美学是以美感经验为中心，研究美和艺术的学科。”美学可以按多元化的形态分成哲学美学、历史美学和科学美学。本文着重讲述科学美学。

科学美学有两种涵义，一是“走向美学的科学”，着重探讨自然科学中的美学问题，特别是科学美及其审美因素在科学创造中的作用，主要着眼于科学的美学方法。二是“走向科学的美学”，以客观存在的自然美和社会美作为研究对象，主要着眼于美学的科学方法。

本文仅涉及其第一种涵义。现代科学美学的奠基人是法国数学家彭加勒（T.H. Poincaré,1854-1912）。100多年前，他在名著《科学与方法》[4]中，对科学美学做了系统描述，他说：“**科学家不是因为有用才研究自然的。他们研究自然是因为他们从中得到了快乐，而他们从中得到快乐是因为它美。……我们指的是根源于自然各部分的和谐秩序、纯理智能够把握的内在美。**”

   传记作家沙利文（J.W.N. Sullivan）写道：“**我们要想为科学理论和科学方法的正确与否进行辩护，必须从美学价值入手，没有规律的事实是索然无味的，没有理论的规律充其量只具有实用意义，所以我们发现，科学家的动机从一开始就显示出一种美学的冲动……没有艺术的科学是不完善的科学。**”

   必须指出的是，自然科学美学有其自身的特点和规律，不是传统艺术美学在自然科学领域中的简单重复，科学对美的追求是含蓄的、有节制的，是在求真中间接表现出来的，其理论结晶要求摈弃任何主观情感，力求真中见美。美国科学哲学家库恩（T.S. Kuhn）指出：“在艺术中，美本身就是创作的目的，而在科学中，它顶多也只是一个工具，……只有当它解开了疑点，只有当科学的美终于与大自然的美相一致时，美才在科学中发生良好的作用。”

   物理学家居里夫人（Marie Curie）在一篇著名的自述中说：“**我一直沉醉于世界的优美之中，我所热爱的科学，也不断增加它的新的远景。我认定科学本身就具有伟大的美。一位从事研究工作的科学家，不仅是一个技术人员，而且还是一个小孩，在大自然的景色中，好像迷醉于神话故事一般。这种魅力，就是使我终生能够在实验室里埋头工作的主要因素了。**”  她还说：“诚然，人类需要追求现实的人，他们在工作中获得最大的报酬。但是，人类也需要梦想家——他们对于一件忘我的事业的进展，受到了强烈的吸引，使他们没有闲暇，也无热忱去谋求物质上的利益。”  正因为如此，她在异常困难的条件下，披荆斩棘，艰苦奋斗了一辈子，创造了骄人的业绩。

   在王元所著的《华罗庚传》中曾写道，华先生是科学美的忠实追求者，他有许多重要的数学发现，最早起源于对数学美的企望。

我们应该以前辈科学家为榜样，学懂科学美学，认识科学美学，并以此作为鞭策自己前进的动力。建议读者阅读参考资料[1-6]，它们不难读懂，尤其是前三种。

**二、科学美的三个层次**

   彭加勒主张，科学美有三个层次（参看[4, 6]）。

科学美的第一个层次是：科学美是来自自然界并能为我们理智所领会的一种和谐。

   彭加勒说：“如果自然不美，就没有了解的价值，人生也失去了存在的价值。当然，我这里并不是说那种触动感官的美，那种属性美和外在美。虽然我绝非轻视这种美，但这种美与科学毫无联系。我所指的是一种内在的（深奥的）美，它来自各部分的和谐秩序，并能为纯粹的理智所领会。可以说，证实这是内在美给了满足我们感官的五彩缤纷的躯体、骨架，没有这一支持，这种易逝如梦的美景将是不完善的，因为它们是动摇不定的，甚至是难以捉摸的。相反理智美是自我完善的。”

爱因斯坦说：“要是我们不相信我们世界内在的和谐，那就不可能有科学。”苏联物理学家米格达尔说过：“美的概念在核对结果和发现新规律中是非常宝贵的，它是存在于自然界中的‘和谐’在我们意识中的反映。”

   科学美的第二个层次是从选择什么样的事实的角度着眼的。彭加勒认为，发现就是选择，而选择的原则就是美。他在《科学的基础》中写道：“我们特别喜好探索简单的事实和浩瀚的事实，因为简单和浩瀚都市美的。”

   科学美的第三个层次是从科学创造的方法和结果的角度着眼的。彭加勒说：“数学家们极为重视其方法和结果的雅致。……那么，在解题和论证中给我们的雅致感是什么呢？是不同各部分的和谐，是其对称，是其巧妙的协调。一句话，是那些导致秩序，给出统一，使我们立刻对整体和细节有清楚的审视和了解的东西。……甚至，简便方法和解决的问题的复杂形成的对比也可引起雅致感。”

**三、科学中的优美（阴柔之美）**

在中国古代美学中，把美分成阴柔之美和阳刚之美。前者对应于优美，后者对应于壮美。优美是美的最常见的形式。

科学中的优美，主要体现在对称美、比例美和简洁美。

**对称美**在自然和科学中几乎无处不在。数学中有轴对称、点对称、平移对称、螺旋对称等等；力学和几何学中的对偶原理就是工整的对称；而分形学就是专门研究这种对称美及其来源的。

**比例美**是指整体和局部之间的量的关系所体现的美。自然界和科学中处处有比例显示的美。黄金分割就是一个典型的例子。古希腊毕达哥拉斯学派在研究比例美方面有诸多贡献，他们把行星运动也归结为数的比例关系。在第12讲中提及的开普勒是毕达哥拉斯学派的传人，是一个比例、音乐、和谐研究天体的大师，他发现的开普勒第三定律充分体现了比例美。

**简洁美**或**简单美**是科学美的典型特征。“简单就是美”，是很多科学家服膺的真理。你看，仅仅用五个英文字母就表述了复杂的万有引力定律；而表示飞机升力原理的茹科夫斯基公式仅用三个英文字母就给出了升力存在的要素！简洁美不仅表现在形式上，而且表现在方法上。有效的方法经常是间接明了的，华罗庚的许多发现就是发现前人成果不够简洁，经孜孜以求，才达到简洁美的境界。

**四、科学中的壮美（阳刚之美）**

壮美也称崇高，相当于我国古代美学中的阳刚之美，是美的另一种重要形态。

德国哲学家把崇高分成两种：数学的崇高和力学的崇高，前者从事物的数量着眼，后者指的是力量的威势；更崇高的美是对数学崇高和力学崇高的征服。

壮美包括浩瀚美。艰险美和统一美。

**浩瀚美**的提法出自彭加勒。他所说的浩瀚（vastness）指的是数量上的浩繁，空间上的宏大、深邃，时间上的久远等等。简单的例子是近于无穷而非无穷的大数和无穷无尽的无理数小数。科学上的浩瀚美主要有两种表现形式，一是宏廓美，美得气势磅礴；一是精微美，没的细致深邃。两者都可把人带到浩渺无边的境界，不得不深陷其中。

**艰险美**来自获取成果之不易。例如，数论中的定理或猜想，貌似简单，却历经弥久而难以证明。君不见，费马大定理、四色定理，令多少大科学家竞折腰！而114年前希尔伯特提出的23个问题，至今尚有未解决的，著名的哥德巴赫猜想，离开解决还是路漫漫其修远……。“越是艰险越向前”，这就是科学的艰险美的吸引人之处。

**统一美**体现了壮美与优美的交叉。科学上追求的统一是和谐的统一，是数学崇高和力学崇高的交融。著名数学家吴文俊指出：“为了使庞杂的数学变得简而精，数学家们经常依据数学咯领域间潜在的共性，提出统一实行各部分的新观点新方法来。例如，在19世纪后期，德国厄兰格的数学家克莱因提出用‘群’的观点来统一当时杂乱的各种几何学的方案，迄今成为厄兰格计划。……”

**五、科学中的奇美（变易之美）**

       奇美，又称新奇之美，也是没的最重要的形态之一，其突出特点是使人在惊讶之余感受到美的魅力。

奇美包括巧妙美、奇妙美和悖论美。

**巧妙美**是一种意想不到的精妙。纵横图是其一个例子，其中我国古人河图洛书极为有名，近世有人对此做了数学研究，包括进入耄耋之年的钱伟长先生，关于河图洛书的数学论文发表于他90岁那年。再如，高斯19岁时解决的十七边形的尺规作图法，是一个两千多年悬而未决的难题，被高斯独辟蹊径，用解代数方程的方法解决了，充分表现了巧妙美。

**奇妙美**是事出意外、令人惊讶的美。例如，在讲授单侧曲面时的莫比乌斯带就足够奇妙，是德国数学家莫比乌斯发明的。再如，关于π的值的计算就有许多奇妙之举。

**悖论美**是一种丑美，具有对美的反衬作用，其美学涵义很丰富，兼有优美、壮美的因素。

**六、科学创造与美**

美与创造是一对双胞胎，哪里有美，哪里就有创造；反之，哪里有创造，哪里就有美。

美的创造有三要素：大胆突破（发挥想象力）；敏锐捕捉（发挥直觉能力）；认真权衡（发挥分析能力），这也是创造思维的三部曲，不可或缺。

上一讲讲到了创造，这种创造应该与科学美学结合在一起就能有更好的创造。为此，应该做到如下几点：

1、懂一点美学，特别是科学美学；

2、自觉地了解所从事的科学的内在美；

3、用心在创造过程中贯彻美学远征，力求臻美。

**六、结束语**

   本讲的结论是：

   对科学美的探索不可或缺，自然科学工作者应该懂得科学美。

   认识各种各样的科学美有助于对科学和科学创造的理解。

   年轻学人应该与优秀学术前辈一样，竭尽全力去追求科学美。

**参考资料**

1、李泽厚，美学三书，天津社会科学出版社，2008.

2、朱光潜，谈美书简，华东师范大学出版社，2014.

3、刘晓丽，周末读点美学，上海交通大学出版社，2013.

4、彭加勒，H.，科学与方法，李醒民译，商务印书馆，2008.

5、徐利治，数学方法论选讲（第三版），华中理工大学出版社，2000.

6、刘仲林，科学臻美方法，科学出版社，2002.

初稿：2013年4月3日，香港

二稿：2014年8月3日，上海

三稿：2014年9月9日，上海

# 学习漫谈（119）：披荆斩棘 勇往直前—谈科研方法-17.攻关篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 4053 次阅读 2014-9-14 04:53 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:科研方法 攻关

**摘要**本讲叙述如何面对科研工作中遇到的困难。首先，分析产生困难的主要原因，接着谈及如何看待习惯势力对新成果的阻滞，最后述及如何采取实际措施，克服较为严重的困难。

**大纲**

一、引言

二、如何面对习惯势力的阻滞

三、如何面对屡战屡败的局面

四、结束语

**一、引言**

稍有科研经验的人都知道，投入科学研究，总会遇到林林总总的困难，有时会十分沮丧。这里集中谈谈怎样面对科学探索所遇到的困难以及如何攻关。

首先应该认识到，从事科学研究必然遇到困难，一辈子顺风顺水的科研工作者真从未遇见过。为何如此？有下列原因：

1. 这是科研工作的本性所决定的。科学研究是对未知的探索，一般来说没有现成的答案，必须摸索着前进，难免磕磕碰碰。
2. 部分地受人的本性的影响。按英国博物学家赫胥黎的说法，人们总有一种好逸恶劳的倾向。即使手脚勤快，头脑仍有可能怠工，只是程度不同而已。正如英国生理学家特罗特所说：“头脑不喜欢新奇的设想，犹如身体不喜欢新奇的蛋白质，都同样竭力抗拒。新设想是科学上作用最快的抗原，这种说法并不过分。如果我们老老实实地观察自己，往往会发现：甚至在充分提出新设想之前，我们就已经开始反驳了”。
3. 习惯势力和传统观念的阻遏。科学上刚出现重大发现时，往往不会受到广泛认同。对许多问题，人们早已接受了传统观念，或多或少地抗拒和排斥新观念、新成果，特别是提出了与大人物截然不同的想法时，经常被认为是大逆不道的。且不说布鲁诺、哥白尼等人的悲剧和困境，贝弗里奇曾描述了一位名叫塞麦尔维斯的英国医生，1847年他在研究产褥热方面取得进展，并写了专著《病原学》，但却为当时的权威人士所不容，受到排斥，专著滞销（现在此书很有名气），促使他破口大骂，频频与人吵架，最后被送进了疯人院。更有悲剧性的是，进疯人院后不久，塞麦尔维斯因最后一次动产科手术时手指受伤，因伤口感染而逝世，成了他毕生研究的细菌的牺牲品。尽管现在这类事情已不易发生，但习惯势力的阻力却依然存在。
4. 真理与谬误的共存是一种常态。在科学探索中经常会犯错误，但经常找不到错在何处，百思不得其解，这是更为常见的情况。

面对种种困难的正确态度应是：知难而进，坚忍不拔，从善如流，百折不回。正如华罗庚先生所说：“科学上没有平坦的大道，真理长河中有无数礁石险滩。只有不畏攀登的采药者，只有不怕巨浪的弄潮儿，才能登上高峰采得仙草，深入水底觅得珍珠。”

**二、如何面对习惯势力的阻滞**

      首先，在进行科研工作时，要解除自己的思想束缚，从传统观念中解放出来，敢于独辟蹊径，提出新的设想。笔者很佩服福尔摩斯这一虚构人物，尽管他生活上慵懒得着实可以，但思维却一直像一匹野马，从来不受束缚。当科研工作进展迟缓时，不妨问问自己：近来保守了吗？

      对外界的阻滞要采取科学态度。先全方位地审视自己的工作，尽可能做到无懈可击；同时，应诚心诚意地与同行进行广泛交流，请进来，打出去，征询不同人士的意见，其中，参加各种学术会议和学术沙龙极有裨益。如果确认自己是正确的，要学会与人argue，尽力以理服人。

一个重要的科学观点要被普遍接受，需要有一个过程，因此必须有耐心，有韧劲，让时间慢慢来考验成果的正确性。

且看一看贝弗里奇引述过的一段话：“据说，一项对知识的创造性贡献其接受过程可分为三步：在第一阶段，人们嘲笑它是假的，不可能的，或没有用的；到第二阶段，人们说其中可能有些道理，但是永远派不上实际的用场；到第三步也是最后的阶段，新发现已获得普遍的承认，这时，许多人说这个发现并不新鲜，早就有人想到了。”读后，觉得很有意思。

我觉得前面提到的塞麦尔维斯医生还是很有韧劲的。他坚信自己所主张的真理总有一天能为世人接受。他在他的《病原学》前言中写道：“回顾以往，我只能期待有一天终于消灭这种细菌感染，用这样的欢乐来驱散我的哀伤。但是，如果天不从愿，我们不能亲睹这一幸福的时刻，那么，让坚信这一天迟早会到来的信念做我的临终安慰吧！”读起来感到有点悲怆，但是，他在学术上实现了他的夙愿，倘若泉下有知，可以得到些许安慰。

如果在同行的质疑下，自己的研究工作确实有缺陷，应尽快设法弥补，待更新了成果后再与他人交流。

**三、如何面对屡战屡败的局面**

曾有年轻朋友问笔者：“如果在科研中尝试了种种方法，依然遭遇失败，十次八次都不成功，应该怎样面对？”这是个带有普遍性的问题。

我的主要想法是：

 • **失败寻常事** • 科研是对未知世界的探索，失败乃寻常事；步步成功、事事顺遂才是咄咄怪事，世上从无这类“福将”。正如著名物理学家玻恩（M. Born）所说，“**我相信在科学上并没有平坦的大道……。在我们前进的道路上荆棘丛生，只有经历了不断试探，一再失败，才能寻找出合适的方法，开辟出赖以前进的道路。**”

• **失败不气馁** • 既然遭遇失败是常事，就要抱有平常心去面对。遇到挫折，决不气馁，振作精神，从头来起。

• **用心找原因** • 不要仓促地去尝试新方法、新途径，先努力寻找失败的原因。我做理论研究较多，只能说说这个方面。失败根源无非是：

——基本假设有问题：或不符合物理实际，或简化过度；

——数学建模有差错：或忽略了主要因素，或建模类型选择不当；或定解条件有误；

——方法选择有偏差：或解析方法不适用，或离散过程有问题，或算法选用失当；

——演绎过程有疏漏：或推理步骤不合逻辑，或程序设计不当，等等。

• **重新做调研** • 找准原因之后，对症下葯地予以解决。有时必须重新做调研，查文献，找新途径、新线索。

• **请教“老法师”** • 经过种种努力，仍未摆脱困境，不妨走出去拜访名流，虚心求教有科研经验的同行专家，他们中的大多数人乐于帮助后辈。

• **展开大讨论** • 不妨把问题摆到小组seminar中讨论，集思广益，在讨论中会激发新的思想火花。

• **主要靠自身**• 别人的帮助只能起辅助作用，最终解决问题靠自己的深度思考。问题一时解决不了，可以搁置一阵，但不要忘掉它，一有空，就拿出来想一想，通过锲而不舍的努力，总有“云开雾散”之日。

四、结束语

本讲的结论是：

        面对困难，必须有韧劲，有百折不回的决心；

        努力使自己摆脱传统观念；

        对习惯势力的阻滞应泰然处之，同时努力改进自己的工作；

        采取实际措施来解决科研中的严重困难。

# 学习漫谈（120）：诚信求实 恪守规范—谈科研方法-18.道德篇 [[http://blog.sciencenet.cn/static/image/blog/recommendico.gif](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)精选](http://blog.sciencenet.cn/blog.php?mod=recommend)

已有 2364 次阅读 2014-9-19 07:07 |个人分类:[寄语学子](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=330732&do=blog&classid=141280&view=me)|系统分类:[科研笔记](http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&do=blog&view=all&uid=330732&catid=1)|关键词:科研道德 负责行为 学术不端

摘要 作为最后一讲，专门论述科学工作者应该具备的科学道德。着重介绍科研诚信的八大要则，简述负责的科研行为的四个要点——诚实、精确、客观、高效，最后，分析科研不端行为的三项“主罪”——伪造、弄虚作假、剽窃（FFP），要求科学工作者努力自律，恪守科学道德。

**大纲**

一、引言

二、科研诚信的八大要则

三、关于负责的科研行为的共识

四、科研诚信的大敌）科研不端行为

五、结束语

    附录

**一、引言**

恪守科学道德是科研工作的“主心骨”，是每一个科学工作者义不容辞的责任。在第14讲论及科学工作者应有的素质时，我们曾强调：行内人士必须有科学精神，而科学精神的核心是：创新、求实、批判、理性、合作和民主，其中的“求实”就是科学道德中最重要的内容，其余各点也与科学道德密切相关。

近年来，随着我国的腾飞，科学研究受到前所未有的重视，投入越来越大，科技方面日新月异，取得巨大进展。然而，不可否认的是：随着商品经济大潮的涌动，鱼龙混杂，泥沙俱下，各种急功近利者登台“表演”，各种思想毒菌正吞噬着健康肌体，学术不端行为层出不穷，先进的纯洁的思想正面临前所未有的严重侵蚀！在这种形势下，特别需要强调科学研究要遵循严格的道德规范。年轻学人应该远离学术不端，实行负责的科研行为。为此，有必要搞清如下问题：

——什么是科研诚信的基本要则？

——什么是负责的科研行为？

——什么是破坏科研诚信的大敌？

七年前，中国科学院学部道德建设委员会组织翻译了美国三院（科学院、工程科学院、医学科学院）编写的《科研道德：倡导负责行为》（北京大学出版社，2007），书中对上述问题做了全面的回答，建议年轻学人认真阅读。

下面，我们就来简要回答上述问题。这些问题涉及个人和机构层面，这里仅从科学工作者个人的层面加以阐释。

**二、科研诚信的八大要则：**

       对于科学工作者个人来说，诚信首先应体现在致力于学术诚实及对自己的行为负责，当然还有一系列体现负责的科研行为的处事惯例。可以归纳为八大要则：

    **保持科研选题立项、执行和报告中的学术诚实；**

    **做到项目申请及成果报告准确表述自己的贡献；**

    **保持同行评议的公正性；**

    **坚持学术交流中的同行相尊；**

    **保持利益冲突或潜在利益冲突时的透明度；**

    **保护科研中所涉及的人体对象；**

    **善待科研中所使用的实验动物；**

    **坚持科研承担人员与其科研群体的相互责任和义务。**

现分别予以概述：

1 **科研选题立项、执行和报告中的学术诚实**

 指的是：研究人员应该诚实地表述立项申请和资料，在书面或口头报告中要尽自己的了解给予客观介绍。对个人工作的陈述必须基于明晰和精确的研究记录，并进行必要的梳理；若有同行质疑，必须如实地为自己的研究结论辩护，并勇于承认错误。

2  **项目申请及成果报告准确表述自己的贡献**

     研究项目申请及研究成果报告（包括各种学术论文）中对自己的贡献的表述必须分“功”明确，恰如其分。科研人员不应把别人的工作当作自己的工作那样来报告，否则便构成剽窃。此外，还应诚实地对待同行、同事和合作者的贡献。有关论文署名最好在项目启动前而不是完成后再考虑。在出版物中原则上应阐明每一作者的具体贡献。研究人员应诚实地说明研究课题所基于的前人成果，并致以谢意。

     3  **同行评议的公正性**

      同行审核和评议旨在维护科学出版物的优质和确保科研经费分配的合理性。研究人员在评审稿件或课题申请时必须不偏不倚，公平公正，并予以保密，而且要避免对它们的不当使用。

    4  **学术交流中的同行相尊**

      学术交流（包括互通信息和资源共享）中的同行相尊，要求科研人员向学术界全面、准确、公开和及时地报告其研究发现。研究成果一旦发表，应适时地与其他科研人员分享独特的材料，以便他人能验证或发展其成果。同行相尊和资源共享也是研究生、博士后人员、进修生与导师之间教学相长的一个重要方面，在人员加盟、合作和分离之时，应分别详议。

     5  **利益冲突或潜在利益冲突时的透明度**

      科研工作中的利益冲突指的是：个人的切身利益与科研成果密切相关，该项成果可能为个人带来好处，因此也许在表面上或实质上对科研工作中的诚信产生负面影响。最具说服力的例子是金钱收益与科研过程中诚信的较量，有时也有宗教、政治或社会信仰上的利益冲突。现时学术界与工业界的合作日益密切，带来经济利益上的联系。研究人员应将相关利益冲突向单位披露，以便对其自身及其工作作出妥善管理。

     6  **保护科研中所涉及的人体对象**

      在有些研究中需要有人体作为研究对象，这时，保护自愿作为研究对象的人员，也是科研道德建设的一项重要内容。

     7  **善待科研中所使用的实验动物**

      善待试验动物对取得扎实的科研成果及其社会效益是至关重要的。

     8  **坚持科研承担人员与其科研群体的相互责任和义务**

      这种坚持不仅涉及学术联系，也涉及人间交往。科研团队的领导者应鼓励全体成员达到各自的职业目标；彼此交往应下面能过户尊重，职责分配及利益分配上要努力做到公平，经常坦率交流。

**三、关于负责的科研行为的共识**：

负责的科研行为要求科研人员有良好的科研道德，经过近年来学术界的研究和实践，人们逐步形成了如下共识：

    **诚实——忠实地提供信息，实事求是，言而有信；**

    **精确——细心设计和进行科学实验，准确无误地记录和报告结果，杜绝粗枝大叶；**

    **客观——让事实说话，避免主观和偏见；**

    **高效——珍惜资源，力戒浪费，对社会和公众负责。**

       完全的诚实当然是科学研究所必需的态度。正如达尔文的传记作者克拉默所说：“从长远来看，一个诚实的科学家是不吃亏的，他不仅没有谎报成果，而且充分报道了不符合自己观点的事实。道德上的疏忽在科学领域里受到的惩罚比在商业界严厉得多。”（转引自贝弗里奇：《科学研究的艺术》，150页）。

       在学术报告或学术论文报喜不报忧是徒劳的，因为严峻的事实终将披露，因此，研究人员必须老老实实报道自己的工作，必要时指出可能出现的错误。

       关于研究工作的精确性前面各讲已有述及，这里不再重复。

研究人员应注意：把所有的结论建筑于事实之上，尽力避免主观性，特别是不应抱有偏见。这里包括对自身研究成果的客观评价和对他人成果的充分肯定。

科学工作者必须有社会责任感，注意自己的言行符合公众的利益。

**四、科研诚信的大敌——科研不端行为**

2000年美国白宫的科技政策办公室（OSTP）具体研究了科研不端行为的“共同的定义”，采用了三个关键词：伪造（Fabrication）、弄虚作假（Falsification）和剽窃（Plagiarism），简称为FFP，并作了如下描述：

“在计划、完成或评审科研项目或者在报告科研成果时伪造、弄虚作假或剽窃……伪造是指伪造资料或结果并予以记录或报告。弄虚作假是指在研究材料、设备或过程中作家或者篡改或遗漏资料或结果，以至于研究记录没有精确地反映研究工作……剽窃是指窃取他人的想法、过程、结果或文字而未给予他人贡献以足够的承认。科研不端行为不包括诚实的错误或者观点的分歧。科研不端行为的认定必须依据：严重背离相关研究领域的常规做法，不端行为是蓄意的、明知故犯的或是肆无忌惮的，对其投诉的证据也是确凿的。”

因此，概括地说，科研诚信的三大“敌人”或者科研不端行为的三大“主罪”（FFP）是：

        **伪造**（Fabrication）——伪造资料或结果并予以记录或报告；

        **弄虚作假**（Falsification）——在研究材料、设备或过程中作假，或者篡改或遗漏资料或结果，以至于研究记录没有精确地反映研究工作；

        **剽窃**（Plagiarism）——窃取他人的想法、过程、结果或文字而未给他人贡献以足够承认。

**对FFP必须零容忍！**

著名科学方法论专家贝弗里奇在他的著作《科学研究的艺术》中专辟一节讲述科学研究的道德观，陈述了雷同的见解。这里引述他指出的两种科研不端行为：

   “科学上的一种严重的不道德行为是：盗窃别人谈话时透露的设想或初步成果，加以研究，然后不经许可就予以报道。这不比普通的盗窃好多少。我曾听到人们把一个屡犯不改的人成为‘科学强盗’。违犯了这种道德的人是不易再受信任的。另一种不妥的行为是：一个研究工作的指导者仅仅指导了某项研究，但在联名发表时他的名字排在第一，这样就把研究工作的主要功劳攫为己有。遗憾的是，这种现象并不如人们想象的那么罕见，名字排在前面的作者是资格高的作者，但所谓资格高是他在这项研究中负责的工作多，而不是他担任的职位高。……”

       八年前，为了更好地遵守科研道德，我所在的课题组制定了“科学研究中的学术规范实施细则”，取得了较好的效果。现作为附录放在本讲结尾，供读者参考。

**五、结束语**

本讲的结论如下：

        所有科学工作者必须严格遵守科研道德；

        科研诚信的八大要则可在指导规范科学道德方面提供准绳；

        负责的科研行为的四要素是：诚实，精确，客观，高效；

        科研不端行为的主罪是FFP，必须对之零容忍。

初稿：2013年4月3日，香港

定稿：2014年8月4日，上海

**附录：科学研究中的学术规范实施细则**

**科学研究中的学术规范实施细则**

上海大学上海市应用数学和力学研究所水波动力学和交通流动力学课题组

**按语：**为在科研中严格自律，遵守学术规范，经反复讨论，特制订如下的学术规范细则。希望本课题组及有关人员在科研实践中遵照执行。

**（一）选题**

**充分调研，自主选题，抓大放小，避免重复**

      选题

     要强调选题的先进性和独立性，不做与前人已做的完全相同的工作

     要规避选题撞车，不可有意识地重复别人正在做的同样的工作

     要遵从先来后到次序，不可掠夺他人已表述过并准备实施的具体想法

**（二）研究**

**锐意创新，勤辟蹊径，求真务实，杜绝造假**

      科研

     要高屋建瓴，充分掌握并正确评估前人成果，不以偏概全

     要有理有据，不伪造数据、编造结果

     要充分论证，不在掌握充足证据前演绎结论

     要反复核实，保证理论和实验研究成果的可靠性和可重复性

**（三）写作**

**规范写作，逻辑严密，注意细节，无懈可击**

      作者

     认定范围：包括课题来源提供者、研究过程实施者、主要协作者

     注意排名：充分体现贡献大小、团结合作的关系

     标明单位：仅列出完成该研究时所在的单位、人事关系从属的单位

     明确责任：责任大于荣誉，对成果的优劣正误负全责

     忌讳拉扯：不为某种目的硬把无功人员加入作者名单

      正文

     决不抄袭他人成果或成段叙述（包括他人的学位论文成果）

     不大段重复本人已发表成果（只在本人的综述论文中可适当重述）

     凡引用前人成果必定标明出处（尤其在正文部分）

     严格区分本人新成果与前人成果

      文献

     充分引用参考文献

o       涵盖经典的与近期的、他人的与自己的已有工作

o       禁忌明知而不引：是为学术道德有亏

o       避免未知而漏引：是为学术水平欠缺

     采用正确的引用方式

o       可正引、泛引、反引

o       不随意贬低他人工作

      致谢

     标明相关项目经费资助源，注意项目与本论文的相关性，切忌标注过滥

     感谢对论文工作做过贡献或有过帮助但未列为作者的人员

     对致谢对象不用溢美之词（尤其是在学位论文结尾）

      定稿

     执笔者在论文定稿前，必须将初稿发给所有合作者，并获一致认可

     定稿时必须充分核实演绎过程的正确性和结论的可靠性

     发稿前必须反复检查语言表述的准确性，切忌假大空和词不达意

**（四）投稿**

**恪守规则，一稿一投，保证质量，宁缺勿滥**

    严禁一稿两投

     不将同一论文投往不同语种、不同层次、不同地区的杂志

     不将内容雷同的论文同时或先后投寄给不同杂志

     投稿某刊物明确遭拒后方可改投它刊

     不将已在期刊增刊上发表的会议论文再次投寄其它期刊

     保持同一内容论文作者署名的不变性

    明确通讯作者（责任作者）的责权

     与合作者信息同步，及时通报投稿、审稿过程中的信息

     负责签订版权协议，并监督执行

     负责应对编者、读者的质疑

**（五）发表**

**遵守规定，保留资料，信息共享，加强交流**

    稿件录用且清样校对后，不再更改所有信息

    遵守版权转让协议

    保存研究过程中的原始记录

     理论：建模和求解的演绎、推导过程

     计算：程序、数据、作图

     实验：设备、材料、方法、步骤、数据、图像

    保留审稿过程中通讯记录（电邮、信件）

    通过各种方式与同行进行交流

**（六）宣传**

**谦虚谨慎，实事求是，诚实处世，不求虚名**

    在成果发表前后，不在媒体上自我张扬

    不参与任何有偿新闻宣传

    在成果验收、鉴定时，决不夸张业绩、弄虚作假

    在申报项目、晋升职称或报奖时应对以往成果作如实描述

**（七）检查**

**严格自律，相互提醒，有错必纠，渐臻完善**

    将本细则作为个人研究总结和业绩考核的必不可少的标准之一

    对违反本细则的事例将在课题组内严格追究，当事人须做深刻检讨

    本细则在试行一个学年后再行修订，以使其进一步完善化

初稿：2006年8月28日

二稿：2007年9月1日

三稿：2008年9月1日

四稿：2010年5月1日