

周立伟院士漫谈科学研究方法与治学

<http://tech.qq.com/a/20071105/000229.htm>



主持人郭桐兴与中国工程院周立伟院士

腾讯科技讯 2007年10月16日上午10时，中国工程院周立伟院士在做客腾讯网时称，对于新一代的青年学人，单纯进行知识和技术的灌输只能培养出头脑僵化、缺乏应变能力的人。如果没有一种正确的思维方法来指导，是难于成为四化建设的高级科技人才。

以下为此次访谈实录：

郭桐兴：各位观众，大家上午好！欢迎大家来到院士访谈栏目。今天我们请到的是中国工程院院士，北京理工大学首席专家，科协主席，北京光学学会理事长，我国著名的电子光学和光电子成像专家，周立伟院士。周老师，您好！欢迎您！今天我们主要是想请周老师谈一谈有关治学和科学研究方法方面的一些问题。首先想请您谈一谈，您对科学研究方法的看法和观点。

周立伟：谢谢你。我今天想跟大家讲一讲，聊一聊关于科学研究方法和治学方法。一般来说，所谓科学研究就是创造知识和整理知识的工作，在我们现在有的科学技术的基础上。科学研究必须有一个新的结果作为衡量，这个新的结果是一种创造性的劳动，它可能是新的发现，也可能是新的理论，也可能是新的方法，也可能是一种器械或者是一种材料等等。总而言之，科学研究就要求我们在前人基础上要有创新。所以，整个的科学研究工作应该是创造性的。科学研究并没有一成不变的方法，有些人埋头做科学实验，通过细心观察发现了新的现象，如伦琴发现X射线；有些人按照概念做实验，像居里夫人，从大量的矿石里面提炼出放射性元素—镭；有些人是从广泛收集资料和观察，悟出一些观点，如达尔文的进化论；也有些人提出了一些新概念，像麦克斯韦的电磁场理论还有爱因斯坦的相对论，还有一些是把不同的学科组织联系起来，像维纳提出来控制论。因之，获得创造性的途径并不是一成不变的。

郭桐兴：是不是可以理解成，因人、因事、因项目而异？

周立伟：是的，科学研究方法应根据实际情况进行，没有一个放之四海皆准的模式。我们通过科学研究方法，我的看法就是要培养青年学生的在学习上的三种能力。

郭桐兴：哪三种能力？

周立伟：第一个，他要有**提出问题，确定选题的能力**。提出问题的能力不是容易的，不是像人们想象提出一个问题很简单，提问题的基础必须要有坚实的理论基础或者是丰富的知识。所以提出问题要有学

问，要有经验，他才能提出一些问题。要有好奇心，不墨守成规，还有直面科学现实。19世纪末，许多科学家认为物理学的问题几乎都解决了，剩下的是修修补补了。是不是没有问题要解决了，实际上不是。如果停留在老的、陈旧的思想，科学这时很难前进了。我们看到，普朗克的量子论和爱因斯坦的相对论的提出掀起了物理学的一场革命。这里还有一个是敢于向权威质疑和挑战的问题。

第二个问题就是你要能够有**批评、判断各种假设的能力**，有提出、阐述假设的一些能力。这主要是培养思维能力——逻辑思维（分析、对比、推理）和形象思维的能力。

第三是你提出的这个问题到底是对还是错，要有**证明假说（假设、方案）的是非真假的能力**。这就是判断的能力。这主要是培养实践能力——**设计实验、深入考察、观察事物的能力**。

郭桐兴：刚才您谈的这三个问题，第一个是要能提出问题，第二应该有一些自己的想法去解决它，最后能证明这个问题的真伪。

周立伟：是的。如果他能够经过了这些阶段，他将来到社会上就有一个**敏锐的感应能力**，能对各种事物做出恰当的反应。另外，他有**弹性的适应能力**，能够不墨守成规，快速适应环境的变迁。第三，他有**丰富的创意能力**，他有思想，不断地产生新的方案，新的思路。我想，我们在学校里就是要培养这些能力，将来使得他到社会上能够适应。

我认为青年人应该有一个正确的思维方法。当前的知识传输没有正确的思维方法来引导是很难培养一个为四化建设服务的高级科技人才。

郭桐兴：您对正确的思维方法应该是怎么解决的？

周立伟：正确的思维方法，我在下面要详细讲。现在，很多人不太重视科学方法，因为科学方法不像具体的学习知识，老师讲一门课，这门课我理解了，我学到了，有收获了。科学方法和思维方法较为抽象，学了不见得立刻能用。科学方法也不好衡量。所以好多人对于方法的不重视，我觉得不太合适。没有正确的思维方法和科学方法，这对于他将来的能力会有影响。所以我觉得学生应该在学习期间培养一个正确的思维方法，主要培养一种自己能创造的能力。我们在学校里教书的时候，我们不但要使学生掌握现成的知识，还要能够培养他有创造能力；我们不是要给他一点鱼吃，而是要给他鱼竿，让他自己会钓鱼，那他就永远不会缺乏鱼的。

郭桐兴：下面请您谈一谈，您对王国维先生的“治学三境界”的理解，还有您的科学创造四阶段？

周立伟：王国维先生是民国初期的一个大学者，国学大师，而且他是一个美学家，他在《人间词话》中有一篇短文，叫“三种境界”。这篇文章实际上是把宋朝的三个词人的词摘抄下来，这三段词实际上都是描写写男女之间爱情：相思之情，追慕之情、热恋之情。他用来描写我们治学的三种境界。

第一个境界，“昨夜西风凋碧树，独上高楼，望尽天涯路，”这个境界描写迎着困难，勇于攀登。第二个境界，“衣带渐宽终不悔，惟伊消得人憔悴。”无论多大的代价，终不后悔，这是描写研究探索的情景。第三是“众里寻他千百度，蓦然回首，那人却在灯火阑珊处。”几经艰苦奋斗，突然受到启发，顿时恍然大悟，原来事物的奥秘，正隐藏在“灯火阑珊处”，这是茅塞顿开、灵感实现的情景。我们搞文艺的人或者搞科学的人都会经历这个阶段——直觉的顿悟，觉得突然我明白了，找到我想找的东西了。这三个阶段也可以认为是三个时期。科学研究上，第一个叫**准备期**，高瞻远瞩、构想沉思的准备阶段；第二叫做**探索期**，覃思苦虑、孜孜以求的探索阶段；第三个叫**豁然期**，不断追求、终有顿悟的收获阶段。我觉得从事科学的人和从事文艺创作的人有点不太一样，文艺创作的人，比如说李白写诗，他写了一个白发三千丈，我们不会质疑的。我们觉得诗人很浪漫，很有想像力，但是我们科学家不能写白发三千丈，三丈都不行。因为科学家需要求实。科学是讲求实证的。

我认为科学研究还要有一种境界，顿悟并不是科学研究的结束，而是还需要进一步深化和探索。我举

两个例子，一个是曹冲称象，曹冲九岁，那时番邦进贡大象，问曹操你能不能把这个象称出来。大臣们面面相觑，曹冲说，他能称，他把这个象引导到大船上，在大船沉下去的地方刻了一个印记，然后把象引出来后，装满石头，船沉下去回到原来的印记上，石头的重量就代表了大象的重量。这是非常聪明的。我认为曹冲聪明的地方是他有联想的才能，他一定跟曹操一起看过他们练兵的时候在船上装上兵粮的情况，他有举一反三的能力。第二，他有抽象的能力，他能够想到用石头的重量代替大象的重量。后来我们都讲曹冲是聪明的孩子。为什么我们不讲曹冲是科学家呢？他虽然能够把大象称出来了，但是没有从理论上说明这个问题。我们的先人在这个事情以后，也没有在这上面再下功夫，在理论上再深化和提高。

我们再看另外一个例子，就是阿基米德称皇冠的故事，国王让工匠做了一个皇冠，用金子做的，做完了以后，他怀疑工匠偷工减料，他要求阿基米德看看这个工匠是不是做伪，阿基米德拿了皇冠之后，想来想去就想不出办法。他回家洗澡，澡盆的水放得非常满，他一脚踩进去，发现水溢出来了。他突然想到排出水的重量跟我们原来这个物体之间的关系。后来阿基米德证明了这个皇冠虽然重量与原来的金子一样，但是掺了假。原来金子的比重和现在称出来的皇冠的比重是不一样的。最后他就把这个问题解决了。阿基米德好在什么地方呢？他不但是辨别了皇冠里面有没有掺其他的金属，他还研究水中的浮力，把称皇冠的事上升到理论，这就是阿基米德的水力学定理，我们现在的教科书还用。所以我觉得，阿基米德不但有联想能力，有逻辑能力，有抽象能力，还有理论升华能力。

我讲这一段的意思是说我们需要理论升华。科学研究不但要把这个问题解决了，还把这个问题上升到理论。科学是讲究实证的，这算完成了一个科学研究的过程。这里面，科学与文学艺术不太一样。文学重灵感，科学实际上是重抽象思维，重逻辑，从现有的经验达到问题的解答。比方像我的抽象能力有一些，可是形象思维的能力就很弱。你可能是形象思维能力很强，科学家和文学艺术家就有一些差异。

郭桐兴：您刚才谈的科学创造的四阶段，实际上最后您加了王维的两句话，在原来三个境界的基础上又增加了一个内容。

周立伟：“行到水穷处，坐看云起时”，这是唐朝大诗人王维的诗句。“行到水穷处”可状实践检验，“坐看云起时”则表示理论升华。这就是科学创造的第四个阶段，第四种境界—验证期。这个诗句描写了，科学需要实践检验，需要理论升华。

郭桐兴：我想请周老师介绍一下科学研究的途径？

周立伟：关于科学研究的途径。我认为，第一要有疑问和疑难问题的提出。你对这个问题要有疑问，因为疑问是思想的起点，一切有用的思想都起源于疑问，还有更重要的是，疑难问题的提出。有疑问并不等于能提出问题。特别是有些看法似乎已经是常识，是传统的见解，是书本上写的，是权威的结论，虽有疑问，却不敢提出问题。所以疑难问题的提出并不是容易的事情，包括我们现在来说，我们都有这样的问题。

对科学来说，科学是始于问题，问题是最重要的。因为，问题是科学发展的动力；问题推动了理论的产生，推动了科学前进；问题是我们的认识活动的起点。因此，我觉得我们要学会提出问题，所以先有疑问，后有问题，问题从什么地方来呢？就是从实践来，从书本知识来，从信息资料来，从自己的经验来。所以，提出问题对我们从事科学研究的人来说是非常重要的。因之，当我们研究这一问题时，我们要弄清楚前人在这上面解决了什么，他们推进了什么，他们有什么认识，他们有什么经验，他们的理论和方法是什么，漏洞是什么？还要分析和比较事物各个发展阶段的异同，找出它的问题，所以我觉得需要提出疑难问题。这里面就有一个“疑”，一个“问”的问题。提出问题，对我们搞科学研究的人是一个基本功。

当然，提出问题有很多的途径了，我今天不详细讲了。但是我想讲一点，比方说我们发现理论的内部有逻辑的矛盾，也可能有些理论结构上不符合简单性和普遍性的要求，也有的时候可能不能做出一个统一的理论说明。研究时，我们要从多方面来考虑这个人提出这样的问题，这个问题他解决了没有？解决到什么程度？还有什么没解决的。

第二，提出问题以后，我们要怎么做呢？我们要寻找研究这个问题的突破口。我们要思考，前人走了这条道路，为什么不走另外一条道路呢？为什么前人走这条路上没有走通，症结在哪里？等等。现在我们主要自己要来找突破口。这个突破口也就是切入点，就是你从哪个方向来切入这个问题。这个时候，一般来说有两个办法，一种办法是我们来找问题里面的空白点，寻找它还没有开发的处女地。另外我们可以把另一个领域的东西和方法移植过来解决问题。这就是为什么我们提出交叉学科，把其他学科的东西移到我的学科，这往往是很奏效的。这样，我们也可以找到一个突破口。

第三，确定突破口之后，我们要提出一个假设，因为研究工作往往本身是提出假设，寻找证据。我们根据信息库中的信息（文献资料、实验、经验和理论知识），从现实出发，针对问题提出猜测性的假说或解决方案。

第四，提出假说后，就要找证据，以证据来判断、来说明自己假说的“正确”和“真实”。假说提出之后，要在观测、实验、生产中应用这些假说于实践并检验以前的评价。这叫前验评价，它是在一系列的实验、抽象的或数学的方程上搭建起来的。

这个阶段完了以后，最后还要进行排除错误。我这个假设提出来了，我也寻找到了证据，但是我这个证据，实践是不是证明我是对的。所以需要有实践环节，需要有实践检验来做出评价。排除错误是科学研究的一个重要步骤；研究人员要批判和检验所提出的理论、假说、设想和方案等。

科学研究方法，上面我讲了搞科学研究必须走的一些环节。这就是科学研究的途径。

郭桐兴：发现问题，解决问题，这个就是一个科学研究的目的是，在实践生活当中，在实践的工作当中发现问题，解决问题。下面请您给我们讲一讲，您是怎么从事科学研究的？能不能结合您的一些实例？

周立伟：我最近几年与俄罗斯科学院普通物理研究所国际科学合作项目，因为他们是研究高速摄影变像管，我是研究电子光学理论的。这个问题解释一下，比方说大爆炸，它的现象是瞬间发生的，例如核实验，我们要了解瞬间发生的现象，就要用高速摄影变像管把现象记录下来。这个记录速度，需要快到10的负12次方秒或10的负15次方秒，我们的术语就叫皮秒和飞秒。这个瞬间不是我们所谓的一瞬间，要快得多。因为人的视觉，如看电视时，一秒24张画面，我们便感觉不到它们的差异。我们研究的高速摄影变像管器件，就要研究电子从阴极面逸出后到达屏面上相继的空间和时间差异。我就是与他们合作研究这个器件的空间像差理论和时间像差理论。我的俄罗斯科学院普通物理研究所两位合作者，他们提出了一个时间像差理论，发表在1980年，世界上大家都用他们的公式算。当时我读了他们的文章，文章是非常难读的，但是我把它读懂了，我向学生们介绍了他们的理论，这个理论比较深。但是给了我一个疑问，很明显，在电子光学研究中，解决这样一个时间像差理论，可以从最根本的电子运动方程出发来解决它，这样既直观又简单。为什么他们不走这条简单的路子，而走这条复杂的路子。这是第一个问题。其次，我怀疑他们这个理论的正确性，为什么怀疑？因为它的正确性只有非常简单模型的证明，这是不能算数的。第三，有可能是他们的理论是正确的，但我怀疑具体的公式精确不精确。前者我问的是，理论是对还是错，后者我问的是，理论的准确程度如何。当进行这样一个研究时，要先把问题的方方面面考察清楚了，当我考察的时候，第一个想法就是要找一个更好的理论来代替他们的理论。第二个想法就是我要考察这个理论的可信程度、精确程度。

对于第一个问题，为什么他们不走简单的路子呢？任何问题一来，大家都会先走简单的路子，看看行不行。一走，就发现里面有一个二重积分，所有的人都解决不了二重积分，工作都在它面前停下来了，才不得不走复杂的路子。二重积分问题就是一个突破口，我仔细研究了二重积分，我认为这个二重积分是有可能解的，最后我通过一系列转换把二重积分问题解决了。

这样，我便提出了一个新的时间差理论，称为直接积分法时间差理论。原来的时间差理论只针对轴向初能量为零的情况。新的直接积分法时间差理论，轴向初能量可以不等于零。现在有两个理论来解决，我认为我的理论比他强，他们的理论求像差系数要解微分方程，我的理论求像差系数只需要直接进行积分。

郭桐兴：您的比他简单。

周立伟：是的。但这两个理论到底谁对，谁错；到现在为止，并没有分晓。我要想办法来证明这两个理论的对和错。最后我提出一个同心球模型，来证明这两个理论。证明的结果，发现这两个理论都是对的，而且全是精确的一也就是积分解，微分方程解和解析解都是一致的。我们写了一系列文章，在《物理学报》、《电子学报》德国“Optik”、美国“SPIE”等杂志上发表。

郭桐兴：这两种理论的方法不一样，得到的结果是一样的。

周立伟：我当时非常奇怪，为什么这两个理论会有这么一致的结果呢？后来我就发现，他们的微分方程，有一个三阶导数，他们转换不了。我把三阶导数化为二阶和一阶导数，最后经过一个转换，便转化成我的公式了。我在俄罗斯科学院普通物理研究所报告了以后，大家都非常高兴，因为这个理论对或者是错，从来没有人证明过。现在我提出了一个新方法。而且理想模型证明了他们的理论是对的，我的理论更好。我在俄罗斯科学院普通物理研究所与他们讨论时，说了一句话：“通向罗马的道路不止一条”，大家都笑了。现在，他们都用我这个方法。我们搞科学的就是通过这样的研究来推动着科学的进步。这样的成就，没有什么稀奇的，也没有什么可骄傲的。科学研究，重要的是创造性，但任何工作都是在前人的基础上做的，前赴后继推动着科学技术的进步。

这里，还想讲一个问题，我觉得要重视方法论的指导作用。为什么能够解决这个问题呢？因为我找出原来理论存在的一些问题，而且发现现有的时间像差与空间像差理论不协调。第二，我把我原来创造一套静态宽束电子光学理论扩大到研究时间像差理论，这是我的优势。最后把两种像差理论从定义上统一起来了。还有一个理想模型，这个理想模型我在30年前就研究过，而且研究得很透，我用这个模型检验这两种方法，很成功。如果科学家的研究各得出一套公式，我一套，你一套，我们两个人你说你的，我说我的，没有模型能够检验，那只能等待实践的检验了。科学是讲究实证的，究竟对还是错，要有实践和时间的检验和考验。因之，提出一个理论以后，不是说发表一、二篇文章就完了，而是要想办法证明它，它的精确程度和准确程度如何，这是很重要的。

郭桐兴：请讲一下您的一些治学方法。

周立伟：我认为，一个科学家治学不外乎四点，**勤奋、严谨、创新、方法**。第一是勤奋，勤奋当然是第一位的，勤奋不一定能够成功，但是科学家一定是一个勤奋的人，我没有看到一个懒惰的人成为真正科学家的。第二是要严谨。严谨是做学问上老老实实，实事求是，要有严格、严密、严肃的科学态度，一丝不苟，要锲而不舍。做到严谨并不容易，包括我在内，我在进行科学研究时，再三告诫自己：严谨些，严谨些，严谨些。第三是要创新，创新就是要做第一流的工作。你要做最先进的工作，就是要超越前人，去洞察世界的奥秘。我们现在有些人的所谓创新就是满足在人家的东西上进行修修补补或是小打小闹，没有自己的idea(思想、创意)、理论和观点。这种修修补补可能会有一些结果，但是成就不会太大。第四是方法，方法不是取巧，学问绝无取巧的可能，但是科学有方法，学习有方法，掌握的学方法可以事半功倍。我想老师们都教给学生一些方法，但是方法不是教了，你就可以用了，而是要你自己去思考，自己去灵活应用。

郭桐兴：您的方法是什么？

周立伟：我的方法也是我们前辈科学家用过的方法。我教学生，第一，你要研究这个课题现有的情况，它的过去，它有什么成就，它是在什么基础上完成的。前人在这个问题上的科学性、逻辑性和完备性，我要考察它。第二，要有怀疑，我觉得怀疑是必需的，首先要有怀疑。如果没有怀疑，这个问题就不要做了。当然，怀疑要有切实的依据，不是瞎怀疑。实际上我们通过这样仔细考察它的问题，找它存在的问题和不足，即找它的“缺口”。另外，也可以在已有的学术成就上使之系统化，按照我刚才讲的来进一步探索，把这一课题或学科向前推进一步，使工作有创造性的内容，为这一领域的科学宝库或实际应用添砖加瓦。

当然，许多科学问题受当时历史条件和环境条件限制，没有得到解决，但科学技术不会停留在一个地方，它是永远不断前进的。

我这里还想讲一点，科学就怕浅尝辄止，科学研究并不容易，所以需要做一个做学问的基本态度。现在国内学术环境与国外有相似之处，压力很大。国外有一句话：“Publish or punish (要么你发表，要么惩罚你)”。现在摆在我们面前的大环境是：快出成果；多多益善；只须成功，不许失败；还有以论文论英雄，在这样的环境下我们极需要克服浮躁之风，更不能走旁门弯道。我们现在讲年轻人浮躁，我们年纪大的人身上有没有呢？同样也有浮躁的心态。因之，我们研究科学的需要自律，需要不断地反省自己。在学校里，我多次给博士生导师讲，你们是研究生的榜样，是他们的带路人，一定要严格要求自己，要自律。还有，我认为，科学研究是不断向错误做斗争的过程。这个错误有别人的错误，最主要的是在研究过程中自己的想法不切实际的错误。因为，科学家在他不断发现的过程中，不断有自己的思想（想法或创意），但往往发现今天这个思想不对，明天另一个思想又不对，后天可能就对了。这实际是不断向错误做斗争的过程，这个过程到最后你成功了，你找到了一个方法，一个理论，一个新的器件，一个新的材料；等等。如果有人问，我在科学研究过程中不犯错误，我就不相信这一点，没有一个科学家不犯错误。我经常犯错误，甚至后来看是一些很低级的错误。但我在论文面世前，尽可能消除文章的错误。

以上是我在治学上的一些观点。我一直是用这些观点治学和教导学生的。比方说我自己刚才讲了，发表文章之前，应该像鲁迅先生那样多看几遍。我在一篇科学论文拿出去之前，一般要看7遍，纠正文章中发现的错误。当编辑部要我校稿时，我还会发现一些错误。我希望在这样的环境下，和大家一起努力。

郭桐兴：这是在治学方面最基本的科学态度。各位观众，我们今天请周老师谈了有关于学习研究方面的一些心得和体会，谈得非常精彩，我们对周老师精彩的讲话表示衷心的感谢！也感谢大家收看我们院士访谈！我们在下一期院士访谈再见！谢谢！

[Compiled by JW on November 4, 2008]