

# 科学之路 -- 我的启悟

献给青年科学工作者

黄瑞新

9/28/2012 9:42 PM

年轻人个个才华横溢，跃跃欲试，决心大干一番事业，这是令人十分高兴的。常言道：“老马识途”，我是属马的，借这个机会和同学们谈谈心。老马识途固然有一定的优势，但未来的希望自然是寄托在“小马”的身上。如何使“小马”也能识途，或“不误入歧途”也是最为重要的。

我是 1960 年进入中国科技大学力学系，当时钱学森是系主任，校长是郭沫若，华罗庚等是副校长。科大是大跃进的产物，当时是科学院办的，系所结合，用的是国内外最先进的教材。许多基础课和专业课由科学院的科学家亲自任教。每学期开学，郭沫若，华罗庚，钱学森等都会亲自作报告。

华罗庚是自学成才，他所倡导的学习方法下面我还要细讲。钱学森在工程控制论和物理力学作过开创性的贡献。他的讲话让我们体会到所谓的“开创性思维”。他们的报告对我一生都很有教益。钱老如今西去，他在 50 年前的讲话记忆犹新。我每每自问：为什么中国自己还没有培养出和他一样的一流科学家？

科大出名是靠名师指导加上学生的勤奋。当时有句顺口溜：“穷清华，富北大，不要命的考科大”。当时清华读理工科不少是农村来的，衣服不那么讲究。北大读文科不少来自城市，衣服光彩照人。科大学生勤奋成风。我是 1960 年入学，当时正是困难时期。由于营养不足，不少人浮肿。北京的绝大多数学校晚上 10 点拉电闸，不让学生开夜车。只有科大是例外，晚上不拉电闸。开夜车的有两种人：成绩最好和最差的。

## 一、教育的主要目的是什么？

我想教育的目的是把凡人培养成各种各样的人才。同学们今天进大学学习，因为你们都是“凡人”。大学不是为“天才”或天生智力发育不全的人设立的。天才，比如牛顿，爱因斯坦，比尔·盖茨是不必上大学的(盖茨进了哈佛，又“半途而废”)，上大学是浪费他们的青春。大学是为我们这种凡人设计的。教育的主要目的是：

### 1. 学会求知

人们往往误认为进学校的主要目的是学会知识。这个想法很不全面，而且会误导。人类最重要的知识就是如何去学习新的知识的方法本身。

人生能有几年在学校中念书？一个人走出校门走向社会以后，需要不断地学习新的知识，可以说是“学到老”。其实，学习新知识也是一件非常愉快的事。现代社会有许多老人重返学堂，把学习作为生活中最重要的一部分，作为人生的一大乐趣，这是十分令人高兴的。因此学会学习的方法，特别是自学的方法是十分重要的。

现在有的学生抱怨说老师教得太少。其实不然，老话说“师父引进门，修行在自己”。一个老师的讲课不可能满足所有学生的求知愿望，所以一个真正要求

知的学生应当自己去发现更多的科学知识。记得在中科大时，成绩最好的同学大多数都是博览群书。为了读英文书，我自己学英文。当时连一本教科书都找不到。但是半年后我就开始读英文的力学和流体力学书。当时我学力学和流体力学，凡是图书馆有关的书，不论是俄文或英文，几乎都读过。我的一个同学更是了不起，他把所有读过的书都写成很详细的读书笔记，包括了他对很多问题推敲的结果。以我当时的判断，他的笔记稍微整理一下就可以印刷出版。

## 2. 学会做事

学习的目的并不是为了背诵多少“知识”，成为一个“知识老人”，更为重要的是如何把知识用于实际生活。我们常常会遇到有些全拿5分的好学生，出了学校大门，却不会在实际工作中去做事，也就是所谓的“书呆子”。我们应当强调学会做事的本领，而且要求在做事中创新。

## 3. 学会做人

社会是一个有机的整体，一个人不能独立地生活，而必须作为社会的一员，要和他人合作，打交道。要学会与他人共处，学习别人的优点，克服自身的缺陷，学会在帮助别人中自己得到快乐。学会在社会上做一个合格的公民也是我们人生中最重要的一部分。有些人可能非常聪明能干，但不能融入社会中，甚至有些人走上极端，这样的人应当说是教育的失败。

# 二. 美国的学校和科研机构

## 1. 导师与学生

一般来说，学生入学时是先由系和老师来选学生，也就是说刚入学时你的导师是指定的，但是这不一定是一成不变的，在学期间，你可以换导师，导师也可以不要你。虽然说你换导师，甚至换一个学校，但这一定要慎重，因为这个事情不同于去商店买件便衣或一管牙膏，可以随意退换。

和导师的关系只有两种出路，一个是双方和谐，一个是格格不入，如果你确认是第二种关系，那我认为你应下定决心早日离开。有些人就是搞不好师生关系，又不离开，最后的结果是连学位都拿不到。

在一般情况下，你应当尽量和导师搞好关系。有人对导师要求做的工作没有兴趣，想一走了之。但是我建议你慎重。从一方面来看，论文的选题和结果对你毕业后找工作会有关系。你导师的项目大多数很有价值；否则何以得到资助？另外，你毕业后也好找工作。从另一方面来看，其实你跟导师也就是3—5年，毕业后你就独立自主了，那时候你有什么本事都可以自己去施展。研究生期间，你应当抓紧时间修好其他课程，学会更多的本领。

## 2. 资格考试

一说到资格考试，许多人都是谈虎色变，其实资格考试并不是如常人所认为的“一锤定音”，能否通过资格考试实际上是你入学1—2年的一个总的考核。

目前国内的考试题目大都很浅。我在中科大时，考题难度很大。常常是30人一个班上，第一名80-90分，第二名70-80分，第4,5名以后就低于60分。为了不打击学生的积极性，最后成绩往往是取分数的平方根再乘10。

按 MIT/ Woods Hole Joint Program，资格考试有4部分：

- ①闭卷考试（不许看书和笔记）
- ②开卷考试（你可以看任何参考材料）
- ③口试
- ④论文开题报告

考试的题目难度变化范围很大，往往是 8—10 道题中你要选做 4—5 道，我考试的时候有一道题是关于绕海岛的环流，费了好大力气做了一下，导师也只给了一个 C<sup>+</sup>。事后导师说这个问题至少可以在 J. Fluid Mechanics 上写 5—10 篇文章。

另外一个问题看上去无法做，但是由于其他的几个问题我更不会做，只好冷静坐下来想想这个问题。后来开始发现这个问题老师出错了，少给了条件，所以无法做。我当场向老师提出这个问题，他 1-2 分钟后说，好吧，你就加上一个条件去做吧。

事实上开卷考试许多问题本身可能就没有什么“标准答案”。其实就是要试一试学生在碰到困难问题时如何去处理，所以你在考试时要十分冷静，如果不能对一个问题给出完美的答案，你也要尽量把可能解决这个问题的思路和方法写下来。这种在黑暗中摸索前进的勇气正是一个科学家重要因素之一。

口试也称面试，一般是 1—2 小时，由考试委员会的老师提问。由于时间短，往往是问一些基本物理概念有关的问题，一般不要求你现场去推什么公式。口试时许多学校还要求你对入学后做基础研究的成果作一简单介绍，因为对于一个科学家而言，考试成绩并不能说明什么问题，关键还是要有创造力。

在某种意义上，资格考试的结果早在考试前已基本定下来了。这主要包括你平时的成绩，你的导师和其它老师对你的人品和研究工作的能力的印象。而这些是不能简单地用考试成绩的 A, B, C 来代表的。资格考试不好，不一定就通不过；反过来说，资格考试都是 A，也不一定能通过。在某种意义上，你的导师其实是希望你过，因为他在你身上作了 1-2 年的投资，他希望你过了资格考试以后能跟他一起作研究。当然，你也不能考的太坏。

其实我在考笔试时的成绩并不好。但是我在美国 30 年，深知美国教授并不“以分数论英雄”。美国人更看重的是一个人的素质，对一个学生而言就是他对科学的热爱和献身精神。入学两年后老师对学生的素质是心中有数，所以老师对学生的综合评价包括了素质，基本科学知识的掌握和动手能力。

我认识三个中国学生，他们平时成绩几乎是“全 A”，资格考试笔试也几乎是“全 A”，但就是没有通过资格考试。根本的原因就是导师不同意，认为“不可造就”，“带不了”。其中的一个学生，最后是由我的一位大陆来的访问学者亲自出面，找到他的导师谈话，经过沟通后，导师松了口，同意该生直接开始写论文（不必再考试了）。

20 年前我在 MIT 上学时，学生中广泛流传一个故事。70 年代末，加州有位小才子，他得到一个什么“全美优秀青年奖”，据说每年就只有 1—2 个。他在加州一个名校（可能是加州理工学院）拿到博士，然后又到 MIT 来要再读一个博士。在大多数人看来，他到 MIT 来拿个博士学位是“a piece of cake”，或者按中国人的说法是易如反掌。但是他到 MIT 就是没有通过资格考试，当然其中的细节就是不得而知了。看来如果学生太聪明，又自命不凡，在老师面前没有一个做学生的诚恳的姿态，是不会令人喜欢的。这样的人又何必去做学生呢？所以他们通过不了资格考试也是情理之中。

### 3. 写论文

研究生最重要的训练之一是写科学论文，美国人对这方面的训练很重视，可以说是从小学就开始培养学生做科学实验和写论文。

小学生 3—4 年级就开始每年要自己选题目做科学实验，并要求提交完整的科学报告，包括所用的资料、文献。小小年纪就知道到哪里去找资料、素材，还要写出报告。

进入研究生阶段，许多课程要求学生结合教学内容，自己选题写 Term paper，每年暑假（大约有 2—3 个月）都要求全职参加科研，并要求及时总结成果，写成报告或论文。

论文题目的确定大致有二种方式：

- 1) 学生自由选题，在许多名校，名师指导下，他们有足够的各种资金来用，所以学生完全是自由选题。
- 2) 从导师受资助的项目中选题，大多数情况下导师还是鼓励学生自行选题，导师提出一些指导性意见。

选题目时应当解放思想，选取最前沿的课题。我在资格考试前，有一天和 Mark Cane 教授一起吃午饭（在美国，师生关系非常平等，通常只称名字，不加任何头衔，例如学生称我为 Xin，Pedlosky 为 Joe），他问我：“你论文准备做什么题目？”我不假思索地回答说：“我就做地形上的绕流吧。”他建议我去做温跃层理论，说：“你看，人人（他指的是所有的大大小的科学家）都在做温跃层。我要是你，我就会去做。”我当时胆小得很，不敢去和“大师”们争高低。但是他的这句话改变了我的想法。我从做论文开始主攻温跃层，后来又转攻热盐环流。因此他的这一番话改变了我整个科研生活的道路。

### 4. 论文应到达到的水平

现在常常听到博士的“达标”要求是有 2 篇 SCI 文章，这种标准是十分机械性而不尽合理的。我认为攻读博士是一个科学家一生中很重要的一部分。写博士论文一般要 3-4 年的时间。这也是一个人一生中很难得的一段宝贵的青春。博士论文的选题应当以研究生独立自主为前提，导师指导大方向为辅。博士论文通过之后，你应当成为世界上这个题目的专家之一。

许多人误认为这是高不可攀的目标，其实并非如此。2002 年物理学的诺贝尔奖金得主是 3 个人，他们的得奖论文是在 1973 年发表的，当时他们的年龄分别是 34、24、22 岁，其中两个就是研究生！这种例子多得很。

另外，我认为论文的完成并不等于你真正毕业了。更为重要的是问问自己是不是为离开学校，走向新的生活做好了准备。其实有不少学生并没有一写完论文就毕业。他们要等到找到合适的工作，然后才对论文作最后的整理，再去论文答辩。人云“毕业等于失业”，所以你一定要找好工作后再提交论文。

### 5. 学好英文，吸收美国文化的优点

英文是世界科技界共同的语言，也是每个成功的科学工作者的重要工具。初到美国时我几乎没有信心，因为他们的口语我完全听不懂。感到有压力很大，因为许多东西你听不懂，就没法和他们交流。但是大致说来，一学期后，你的听力会过关。1—2 年后，你的口语基本会过关，但是英文写作对于中国学生来说很可能是一个重大的障碍。

#### A. 改进英文的几个方法：

- 1) 从现在开始, 读英文文献时直接用英文思考, 也就是说要把英文作为一个第二语言, 而不是“外语”。有许多人学习英文多年, 但是阅读英文时还是把每句译成中文来理解。这是一个误区。
- 2) 到美国后, 继续修英文课。很多学校在入学时要求外国学生参加英文考试, 成绩不理想的不加修英文。许多人不愿去修英文课, 其实那是很有用的。
- 3) 每天抽时间阅读英文小说, 只读科技专业书对英文不会有太大的帮助, 只有广泛的日常阅读才可能把英文变成你自己的第二语言。

**B. 要主动和美国学生交朋友。**学习语言必须多和美国本土的学生交流, 要和他们做朋友。这件事并不难, 最方便的办法是认识他以后经常一起聚会。中国学生善于烹调, 而美国学生一般都喜欢参加 **Dinner Party**, 我当学生时每个月请我的同学和老师吃饭, 当然他们也会回请你。交个美国朋友对改进你的英语口语和写作, 和了解美国的文化会有很大的帮助。只要你是诚恳待人, 一定会交上很多很好的美国朋友。

**C. Chinatown 现象。**过去的华侨不少是聚居在一个小区, 因此形成了许多 Chinatown, 他们因为英语很差, 往往不能融入美国主流社会。现在不少美国的校园中, 中国学生很多“扎了堆”, 形成校园中形形色色的 Chinatown, 其实这对于留学生不利。有人到了美国好几年英语还是不过关。你在办公室应当尽量用英语交流, 以免引起老师和其它国家学生的误会和隔阂。

## 6. 新时代的“范进”

范进在儒林外史中是一名丑角, 故事人人皆知。我认为范进, 其实就是老学生, 而老学生则不能是一概而论。在美国大学校园中, 有不少老学生。许多学生是工作 3-5 或 7-8 年后重新回到学校, 老学生都是特别勤奋, 许多人学业优良。这种老学生和中国大学中许多挂名的在职研究生是大不相同的。他们是真正的新生, 没有什么代笔, 枪手之嫌。

我是 38 岁进 MIT, 我的同班同学中年龄最小的只有 20 岁。我的一个朋友戏称我是“以 38 岁的年龄挑战 MIT”, 而我则自比为范进。和比我年轻一半的同学一起学习和上考场, 可以说是一场不公平的竞争。不过所有的老学生都是下了“破釜沉舟”, 务必成功的决心。我还认识两个老学生(白人), 他们入学时将近 50 岁。和他们相比, 我就是非常年青了。我认识的这两个老学生都拿到美国地球物理学会的优秀论文奖。

## 7. 走出去做博士后

博士后是科学家成长的最重要的环节之一, 一个人拿到了驾驶执照并不等于会开车了, 真正学开车是拿到执照以后才开始。事实上大多数人在没有拿到执照之前并不出车祸, 而不少人出的车祸是在拿到执照后不久。

博士后是成为一个独立科研工作者的一个重要阶段。你可以利用这个阶段学会新的技巧, 开辟新的方向, 为日后的研究工作打好基础。因此你应当走出原单位, 换一个新的环境。我所在的物理海洋系明确规定, 博士毕业后必须到外单位工作两年后, 才可以申请回来工作。美国人说: “毕业就是失业”; 所以在你博士论文完成前或博士学位拿到前 6 个月左右, 你就应当开始申请博士后的工作单位, 一般是有几种联系方式: 1) 看网上消息, 2) 开会时找到信息, 3) 老师介绍, 4)

自己写信给有关学校研究所的教授，毛遂自荐。

在 Woods Hole 我们每年要招聘新教授，申请人大多数是博士后，而我们很看重申请人在博士后期间有无新的发现和在新的研究方向上开展工作。对于一个科学家而言，不断学习新东西，开辟新研究方向是科学家素质的最重要部分。如果一个人只会做一个题目和方向，一般来说是前途有限。

我从 MIT 毕业时，只会做点小理论。我虽然学过泛函分析，数值方法，并且“成绩优秀”，但在数值模式上从未实践过。在 Princeton 做博士后期间，我的指导教师是 Kirk Bryan，他是世界上海洋数值模式的鼻祖。在他的指导下，我一行一行地写程序，在机器面前，我出尽了洋相。但是二年的博士后下来后，我学会了数值模式，我也被做数值模式的同行们接纳，后来我在许多重要的研究工作中都利用了数值模式。我在 Princeton 博士后期间做了大量的数值实验，利用这些工作我一共发布了 5 篇文章。另外，我在数值实验的空隙完成了理想温跃层理论的构思。其中一个技术的关键是采用密度坐标，这也是 Kirk Bryan 提出的建议。在 Princeton 做博士后是我科学生涯中非常珍贵的一段经历。

## 8. 科研工作者的评估和升迁

### 职称的体制:

博士后 2 年，有些人可能由于找不到合适的地方，可能做 3—5 年，也有人称之为“超博士后”。

Assistant Prof. 3—4 年。

Associate Prof. (without tenure) 2—4 年。

Associate Prof. with tenure. 2 年以上。

Full (Senior) Prof.

Chair Prof. 这是科学家在一个机构中最高学术职称，只有少数最杰出的人才可能获得这种职称。

我所在的 Woods Hole 海洋所升迁时间最长，这四级的年限分别是 2 年、4 年、4 年、和 4 年以上。从 Associate Prof. with tenure 升到 Full Prof. 实际上没有一个“上限”，有些人一辈子也升不上去。

### 评估和升迁:

Woods Hole 海洋所升迁基本上是每一级要 4 年，每年年终系里开会由职称比你高的人来评估你一年的研究成果，主要是看写出了什么文章，投稿和正式发表情况，特别是有无重大成果，而不是去数有几篇 SCI 论文。每年论文发表的数量对于不同学科要求可能不一样，但是对于数理学科来讲应该差不多。我刚回到 Woods Hole 海洋所时，系主任对我讲，你一年写 1—2 篇文章就可以了。

提职的主要标准是有无重大成果，我们所对每一级职称都有明确规定，例如 Senior Scientist 要求是在全世界某一个学术领域的科研工作中要做带头人。系里认为你具备提升条件时，由主任找你谈话，你自己准备升职材料，包括成果和今后研究方向，附上几篇你近年来最好的文章。你的材料由系里决定送全世界同行进行背对背的评估。我们所明文规定，提职申请材料中只谈学术成果，不提申请到多少项目和钱，因为科学家的成就不是以大项目的“首席”为标准，而是以全世界科学同行的认同，评审推荐信主要是评论你在学术上是否达到你申请的层次。我申请 Associate Scientist (without tenure) 时，从评审意见书中的有关段落推测，评审人可能是来自德国，一个外国的评审人对于你是否是官或者是“首席科学家”是不感兴趣的。

## 9. 中国学生的实力问题

这个问题争论很大，杨振宁说，中国学生水平比美国高。但许多人反对，其实这个问题很复杂，不能一概而论。

首先，清华北大在某种意义上是集中了中国学生的精英，所以有可能比美国平均水平要高。

其次，中国教育强调数学方面的训练，学生应试能力强，特别是推公式，我相信中国学生比美国要强。我在美国认识许多华人家庭，他们的子女都是中学数学队的成员，还有几个拿到了所谓的“金钥匙”（是一种荣誉证书，表彰学生的学业成绩）。其实，我认为那几个学生的数学天资非常一般。

美国实行的是“天才教育”，主要是为学生提供一个好的学习环境，但并不施加太多的压力，学生可以自由地追求自己的爱好，发挥自己的才华。中国的教育更接近于“流水线”的生产，给学生的自由度太少，由于考试、就业的压力，不利于“天才”的成长。

中国学生到美国后，语言是第一关，但一般一年后就不成问题。第二关是文化传统关，这一关不好过。具体来说，中国学生一般独立思考和创作的能力较差。我认识的许多“高材生”就是不会自己做点开创性的小作品。我常常把这种人称为“Newton 第二”，其实这种人就是眼高手低，小事看不上，大事做不了。中国学生的这种问题在很大地程度上这是应试教育的结果，但是大多数学生还是可以逐步过这一关。

由于语言文化的不同，中国学生要有一段时间才能适应。所以第一个学期，你这个5分的学生能和他们4分的学生打成平手就是胜利，也就是说第一个学期拿个把B不必大惊小怪。第二学期你就会比较顺利。其实，美国的老师大多数都有和外国留学生打交道的经验。只要你努力学习和帮老师完成项目，不必太担心。中国学生大多数很勤奋，下班和周末常常加班加点，所以美国校园周末工作的主力是外国学生，包括中国学生。

总的来说，中国学生是很有竞争力的。特别是如果能够克服在独立思考和物理感比较薄弱的缺点后，往往会很成功。

## 10. 我的几个老师

我年青时在科学院力学所工作，我写的一篇“稻草”掀起一场波澜。事因我提出权威所谓的“经典”著作可能有错。不少年轻人支持，但惹怒权威。我被划入“(文章)不得发表”，“不得提职”，“不得调动”的另册。据说“权威”在学术委员会上明确声称“别人都可以提职，就是黄瑞新不可以提”。他的门生拿了我的文章去申报，而越级提拔……。但是在命运的痛击下我没有灰心丧气。我的回答是更加疯狂的努力。我曾经每天同时学三门外语(德,法,日),我三天两头往图书馆跑……。

邓小平复出，恢复研究生，我得以逃过“不得调动”这一关。因为我“跟老师对着干”，一个大师还不敢收我。考试时又是节外生枝，老师判我一道题做错。但是我在口试时坚持我的答案。最令我感动的是我的老师在考试委员们面前当场承认是他自己的错误，并改判给我105分。我们应当扪心自问：我们做老师的人有这个勇气吗？

人有“运气守恒”一说。自从当上研究生后，有如出笼的小鸟可以在空中自由的飞翔，也碰到了许多品格高尚的老师。

我的专业导师很谦虚的对我说，他自己没有当过研究生，不知道应该怎样带学生。他的办法就是和学生一起写文章去发表。因此在短短的时间中，我和他合作发表了两篇文章，其中包括“中国科学”上发了一篇。导师要求我全面发展，说我要学会做“长，中，短（指现象的时间尺度）”，“大，中，小（指现象的空间尺度）”。30年来导师讲的这番话一直记在我心中。因为自己没有达到导师的要求，每每感到内疚。

我在研究生院是英语甲班(当时以入学英语考分分班)，当时由外籍教师任教。最有意思的是甲班的同学大多是自学英语出身，有许多所谓“英语科班出身”的反而没有能进甲班。当时英语甲班上大概有一小半同学根本没有上过大学，他们在文化大革命中自学成才，“鲤鱼跃龙门”，没有上过大学而直接考入研究生院。我对这些自学成材的才子才女们是十二万分的敬佩。因为我深知，自学成才的艰难，可以说成功率是万分之一还不到。成功者必定是有惊人的毅力，过人的智慧和独到的学习方法。

我们的英文老师 Mary Van de Water 当年是个风度翩翩的金发女郎，她的生活充满了各种各样传奇式的经历。每次上课时她就说“你们为什么不敢申请去美国读书？美国所有大学的大门对你们都是开放的。”由于文化大革命中许多人因为所谓的“海外关系”受到冲击或蒙上“不白之冤”。同学们都不敢轻易地与国外联系。后来在 Mary 的一直呼吁下，加上中美正式建交，同学们终于迈出了第一步。甲班当时几乎 100%都申请了到美国等地留学。

当时国内没有条件考 TOFEL 和 GRE，所以我们这一批同学从来没有考过这些考试。Mary 给我们每人写一封她的私人推荐信，说明我们是研究生院的优秀学生，以她个人的名誉担保我们都会“学有所成”，1979 年底 Mary 回国度假时随身只带了一个箱子，里面装的全部都是她在研究生院的学生的履历和其它材料。她回美国后，亲自到许多名校为我们游说，希望学校破格录取我们。

就我个人而言，Mary 就为我找到两个名校的老师，他们都要收我为学生，其中一位是著名的华人学者易家训。Mary 找到易家训，说要推荐给他一个中国大陆的学生。易家训回答说，他已经有很多学生，包括从台湾等地来的中国血统学生，所以他不打算再收了。但 Mary 并没有放弃机会，她打开箱子把我的材料拿出来，亲自给易家训解释，无非是把我大力推荐一番。易家训为她所感动，当场答应可以收录我入学。

去年 10 月，我在久别 25 年后和我们的同学在美国首都华盛顿再次与 Mary 重逢，她还是那么的神采飞扬。我们是多么感激她，她全心全意地奉献和大胆的推动开创了我国自费留学生的潮流。我最为欣慰的是我们这一批老留学生，都在事业上有成，没有辜负 Mary 当年以她个人的名誉为我们做的担保。在美国人看来，一个学者以个人名义写推荐信所作的“担保”是最崇高的。正因为这样，他们写信都十分谨慎，而且比较实事求是，一般不用什么五颜六色的空洞无物的大词。

1980 年 9 月我进入 Johns Hopkins University，可是刚入学一周，我就发现我不应该在那儿读。我的导师 R. Long 曾是名列前茅的学者。问题是 R. Long 当时有点走进了科学的死胡同。虽然他对我很好，答应两年让我得到博士学位，但是我千辛万苦来到美国不是为了一纸文凭，而是要学到真本事。我一心要学大洋环流，但是当时系里其它教授不做这方面的研究工作。一个月后我下决心要转学。我根本就没有想到找这个系的老师写推荐信，所以我先找到在国内的老师写了推荐信。但是做人要光明正大，我知道最好是和系里打个招呼。



我先找到 O.M. Philips 教授，说明我希望到 MIT 去学大洋环流。他是一个少年成名的大师，很有肚量。他听我说想转到 MIT 去学，就很爽地说他很高兴见到我这样追求自己志向的人。他说他和 Pedlosky 是好朋友，并主动提出他可以给 Pedlosky 写信推荐我。O.M. Philips 不幸在 2010 秋天去世，但是他给我留下了一个光辉的榜样和我一生中最美好的回忆。

我又找了系主任 G.. Fisher 教授，他也是一副绅士气派，说他很推崇我追求自己的志向，也主动提出为我写推荐信，并且说如果 MIT 收我，系里会高高兴兴送我走，万一 MIT 不收我，系里会同样高兴地让我留下来继续攻读博士学位。

我又找到学校留学生办公室主任 Z.女士。我本来只是打算和她告别，但是她听完我的叙述后十分热情地说，她很推崇我追求自己志向的努力，她希望她的儿子也能象我那样执著地追求自己的志向。她也自动提出为我写推荐信。她说：“我虽然不了解你的学业，但我可以推荐你的为人...”在美国人看来，一个青年追求自己志向的动力和他的为人，比任何成绩单和大块文章都重要。因此，我在申请 MIT 时，实际上是有六封推荐信。

1998 年我曾应新华“半月谈”的邀请写文章纪念改革开放 20 年。我把这件事写成一篇文章。但是编辑部认为“不够深度”，不予刊登。其实美国学术界的这种鼓励青年人奋斗的传统观念正是中国要学习的。

我在 MIT 的导师比我年青很多，他当时也只是刚毕业不久的 Assistant Prof.，但是我从他学会了不少东西，我们成了好朋友。在 MIT 我见过一个年轻人，他认为他的老师太年青(其实他的老师是大名鼎鼎的新星)，带不了他的论文。(言下之义无非是暗示他不比老师差。)最后这个人就没有通过资格考试。

### 三、华罗庚的治学方法

华罗庚没有上过大学，他完全是靠自学成才。他和钱学森可以说是中国近代史上的两个科学的超天才。我在中科大时华罗庚每年来作报告，我必定参加听讲。华罗庚每次都对科学研究和学习方法作详细的介绍。王元是华罗庚主要的合作者之一，他所写的“华罗庚”一书中对此有很精彩的描述。

#### 1. “聪明在于学习，天才在于积累”

我认识许多聪明的年轻人，但不少人后来并没有做出什么成果，其中的一个主要原因是骄傲自大，眼高手低，不屑于做艰苦的研究工作，不善于从实际生活中学习新的知识，不敢承认自己有不懂的东西。天长日久，原来脑子中的那么一点小聪明就失去了它原有的光泽。

华罗庚是一位天才，但是他从来不以天才自居。恰恰相反，他几十年来坚持不懈，时时刻刻投身于自己的事业。华先生说的“拳不离手，曲不离口”这个道理。人的头脑是越用越好用，久而不用脑子就会“生锈”，所谓的天才也就变成凡夫俗子。

#### 2. “由薄到厚——由厚到薄”

研究工作往往都是从搜集资料起步，对于青年学生和科学工作者来说，善于从现存的知识库中吸取营养是走向创造的第一步。几十年前，当中国还处于半封闭的时代，许多科技创新被新闻报道吹捧为在“一无图纸，二无资料”的情况下

做出来的。这种闭门造车的作法，在信息交流发达的现代社会已经过时了。然而现在我们要注意另一个误区——许多人读书破万卷，或者是天天网上来网上去，但在实际工作中却一事无成。

华罗庚在这个问题上讲得很清楚：资料积累到一定程度，你的桌面上逐渐堆起了一尺高的书本和文章，这就是从薄到厚。有很多人就此止步，认为自己已经看懂了，学会了。其实这是天大的误会。文章看过了一遍，甚至 2-3 遍，不等于你真正懂得了文章的要目。

最重要的是问自己到底懂了没有？如果一尺厚的书和文章你都读懂了，能够融会贯通，这就是从厚到薄。你是不是真懂？一个很客观的标准是你能不能用三言两语把这个问题给一个完全的外行解释清楚。我在麻省理工学院给物理海洋和气象专业的学生开课时，就建议学生们试一试。如果你学完我的课程后，可以给我和你的同学讲清楚，这个不算数，因为我们本来就懂。但是，如果你能给你生物系的同学解释清楚你到底学会了什么，而这些知识又有什么用，那么你就算是学懂了。

有人拿到博士学位后，回家不能给自己的父母讲清楚到底这 3-5 年自己在做什么事。我认为，如果不能用简单的语言给你的父母讲清楚你的研究工作，那么你自己其实也不懂！

### 3. 研究工作的四层境界

#### 1) “描红式”

这在华罗庚的书中作了很具体的介绍。我们这一辈的人都知道，在学写毛笔字的时候，首先都是拿着毛笔沿着字样一笔一划照着描。具体来说，比如一个学生乃至教授在学习一个新的题目时，首先要把它读懂，能推导出来，说出个所以然来，这就是描红式。

#### 2) 试图应用并改进

这是第二步，试图学会应用这就又进入高一个层次了。也就是要把人家已有的理论拿来运用于一个新的问题上，并稍微地加以改进。就像婴儿学步一样，你走出的第一步往往显得很笨拙，甚至要摔倒，令人感到非常可笑，可是这一步是非常重要的。事实上，没有一个婴儿会害怕迈出自己的第一步，也没有一家父母会责怪自己的孩子第一步走得不好。这一点非常重要。在这里也希望老师们也不要嘲笑学生所走的第一步，就像没有一个父母会嘲笑自己的孩子一样。诚然，这第二步也还不是真正的科研境界，真正的科研境界是华罗庚说的这第三步。

美国学校中，2 年级以上的研究生常常要交“Term Paper”，这是一种很重要的练兵方式，Term Paper 写了几篇以后，自然就会过渡到写“大块”文章了。

#### 3) 创造新方法，解决新问题

这一步才是真真正正的做科学研究最重要的科研境界。但是，要创造新的方法，解决新的问题，如果没有前面二步，则完全是纸上谈兵。我们不是超前者，我想在座的，我还没看出谁是超前者。所以我们必须在前二步的基础上，扎扎实实地走到第三步。

美国教育权威人士认为，假如一个学生只会背书，只会考 5 分，那么这就没有达到预期的教育目的。我宁愿要一个学生，虽然拿低分，但有自己的独到的见解，能够自己解决问题。这样的学生才有希望成为真真正正的最有作为的学生。

我上小学时，算术就很少能得 5 分，可我的算术老师是很喜欢我的。她在课堂上公开说，我这个得 4 分的学生将来是最有前途的，超过那些每次得 5 分的学生。她对班上的同学解释，这是因为我解算术题独立思考，有自己的想法。我在学生生涯中，有幸遇到许多有见识的教育家，他们的启示是我终生难忘的。

#### 4) 开辟新方向

一个科学工作者往往需要艰苦的努力，才有希望做到达一点。能够开辟新方向，是科学家能达到的最高的境界。维纳开创了控制论，就是一个经典的例子。

最后，我特别强调华罗庚是一位数学家，毕竟数学和物理海洋学还是有重大差异的；特别我是个物理海洋的空头理论家，所以我也希望同学们不要被我误导，因为物理海洋说到底是一个以观察为主导的学科。在这里我要提醒年轻的学者们，我们作理论研究和作数值模式一定要注意以物理背景为本，要从对物理现象的观察提升到理论。

## 四、青年科学工作者的几个重要素质

人人说要成为一个科学家一定要勤奋，但是勤奋只是一个方面。科学研究是一种相当复杂的艺术，所以一定要讲究方法。如果认为只要多花时间就可以成功，那就是大错特错。要成为一个优秀的科学工作者，一定要讲究科学研究的方法。对于懒人，我要大嚎一声：不要偷懒；但是对于太卖命的人，我要提醒他们劳逸结合，不要单靠蛮干。一定要保持一个清晰的头脑。Pedlosky 是物理海洋的国际大师，也是我 20 多年的朋友。据我所知，他晚上和周末从来不加班加点，每天一定按时做运动。Pedlosky 少年成名，以思维敏捷和数学严谨著称。相信这和他的生活规律很有关系。

### 1. 要重视物理直觉 “Intuition”

时常听到有人说，中国学生的长处是大多数学生“数理”基础好，其实大多数中国学生只是推公式比外国学生快一点，而在物理概念上往往不太下功夫。我年轻时也曾天真烂漫地认为只要公式推得溜熟，就可以干出一番事业。

在这个问题上，我希望大家不要背上一个“数理”好的包袱。其实，要说数学，印度和俄罗斯学生不比我们差，而美国学生则特别重视物理概念。

数学只是一个工具，只是一种形式逻辑的推理过程。形式逻辑推理的结论，其实是取决于在推理前所定的大前提，如果这些假定的前提不对或没有新的东西，那么你的华丽的推理也不会导致任何新的发现。这就是常说的“Garbage in, garbage out”。

因此，我认为物理的直觉更为重要。物理直觉是一种超越常规死板的逻辑思维、概念上的飞跃和创造，是科学创造发现的最重要的源泉。

物理直觉的产生好比是一株蘑菇的出土。蘑菇是一种真菌类植物，据说真菌的菌丝可以蔓延出几米甚至十几米。有朝一日，这些菌丝一旦连成一片，就好像是一个大网络一样，而我们肉眼所看到的蘑菇就破土而出。因而我们在地面上看见的蘑菇只是地下千丝万缕的菌丝的一个表面的集中反映。

物理直觉的产生，也可能是源于在大脑中的类似过程。由于长期的细心观察和思考，大脑中很多神经细胞存储了许多有关的信息和兴奋点，而这些细胞和它们之间潜在的联系就是“菌丝”，在一个强烈扰动(来自外界或内部的自生信号)下，这些潜在的意识在一瞬间联系在一起，犹如触电或雪崩。许多过去模糊的思索互相联接成一个清晰的概念，而这就是新的发现 / 发明的“种子”。当然物理直觉形成后，还需要加以严密的逻辑推理，从客观世界中证实我们的物理直觉。

物理直觉在很大程度上是长期积累和锻炼的结果。希望同学们一定要重视这种思维方式，并且不断培养和强化自己的物理直觉。一个具体的方法就是在读完一篇文章或一本书后，试图把它的主要内容在头脑中形成一个概念或一个图样，成为你自己形象思维的一部分，或者说是你的“直觉”。一旦接触到类似的问题，你马上可以把它和自己的“直觉”联系起来，而不必采用复杂的数学公式。因为这种“直觉”的思维是瞬时完成的，过分地依赖复杂的数学公式反而可能扼杀这种闪电式的直觉思维。

## 2. 要有强烈的好奇心——“童心不灭”

科学研究是一个永久不息的观察、学习和发现的过程。人类对大自然各种现象的好奇心和求知的愿望，是驱动科学研究的基本动力。我们都经历过孩提时代。我记得当我儿子很小的时候，他有很强的好奇心，一天问几十个为什么。这就是为什么小孩能很快地学会很多知识的缘故。

可惜的是大多数人在成年后失去了这种求知的欲望，因此中断了这种学习的过程。许多科学家成功的故事都证明了经常细心观察自然现象的重要性。细心的观察会使我们能够发现许多别人未发现的新的现象，而深入的思考又使我们在大脑中建立许多兴奋中心。这些兴奋中心的潜在的联系一旦连成一片，就可能导致物理直觉的创新。

## 3. 要善于把握学科的主流和新的方向

每门学科往往是由少数新的方向形成主流。学科的主流会成为推动学科前进的主要动力。由于大部分精英汇集于这些主攻方向，众多科学研究工作者的合作和竞争形成一个万马奔腾的局面，从而推进了学科的迅速发展。因此，对于一个年轻的科学工作者而言，认清并且紧跟学科的主流是成功的捷径之一。

为了把握学科的主流，许多国家经常开会研究科学发展战略。但是科学的发展常常是难以预测的。引导科学发展的实际动力往往来自少数精英。他们在新的方向上做出重大突破，一时之间万马奔腾。这就像是一个人在荒山野岭发现了一块狗头金，一夜之间人人得知，于是就形成一个淘金热。

淘金热是大有道理的。我从小在广州长大，常常听说在潮汕平原所谓的“摸鱼式中耕”。潮汕平原是人多地少。为了提高产量实行精耕细作。中耕时，人就像一只青蛙一样趴在水田里，手脚并用。在北大荒就是大不一样。人传“北大荒三件宝”：一把镰刀，一包火柴，一包种籽。人到北大荒先用镰刀把灌木和杂草砍掉，然后用火柴放一把火烧掉，再把种籽一撒。然后就等秋天去收割。人人都会说，北大荒人的日子真是好过。其实，做一个北大荒人也不容易，要有一定的胆量和克服困难的勇气。

在科学的道路上，要跟上新开辟的研究前沿，要有一定的基础和勇于开拓的精神。但是能够跟上新开辟的研究方向，常常是青年科学工作者成功的捷径。如果你只沿老路子走，就不容易做出好的新成果。我原来是学空气动力学的。我的

一个朋友跟我开玩笑说：“任何时候，只要你认为你找到一个新的课题，只要你有足够的耐心去查文献；你一定会发现，这个问题最少被做过三次”。因此我决定要去读研究生，并且转到一个新的学科方向。

要看准新的研究方向，投入去干 5-10 年，你就有可能有所作为。人们往往以为“大专家”一定是专找难题做。其实不然。Pedlosky 有一个很好的比喻。人们看见雄鹰飞得很高，以为雄鹰一定是要找大而难的目标。但是其实雄鹰所作的往往是：在遥远的高空看准一个 easy target，然后迅速将它抓住带回到高空。

科学上有很多重要的难题。这些难题的解决会大大推动学科的发展，但是难题的解决常常要等待时机。最近数学上彭加莱猜想的证明就是一个很好的例子。正是由于日本，俄罗斯和美国数学家的一系列工作，为最后证明彭加莱猜想铺平了道路。我们做研究也应寻找那些切实的，有希望能够在近期突破的，重要的研究方向。

#### 4. 要有扎实的基本功

仅有成功的欲望和思维上的一个光辉的闪烁是不够的。一个新的思想要得以实现还需要有严密的科学手段来付诸实践，而这就需要有扎实的基本功：包括对基本物理现象的深刻理解，对实验技术的掌握，基本数学工具和计算机的熟练运用。正如华罗庚所提倡的“拳不离手，曲不离口”，也就是要运用自如，力求熟能生巧。

特别应当注意到扩大自己的知识面。由于科学的突飞猛进，只有一门特长就往往不能够适应新发展方向的需要。因此，从学生时代开始就应当有广泛的兴趣，利用各种各样的机会去接触和学习各方面的知识，力求“触类旁通”。许多“外行”的科学家都是由于把“外来”的知识带进来，通过知识的融合从而开创了“柳暗花明又一村”的新局面。

#### 5. 要有创造的欲望

光有扎实的基本功还不够，更重要的是要用你的基本功去创新。我在年轻时常常听人说某某人基本功好，于是人人都很佩服。可惜很多这种基本功好的人后来并没有做出什么大成果。为什么？看来就是没有在创造上下功夫。而创造的道路首先是来自一种创造的欲望。其实创造的欲望对于很多人说来是生下来就有的。当我们是孩子的时候，就开始了创造，比如用积木架桥或房子。当一个很小的孩子玩积木，或者现在更兴的 Lego 时，没有一个父母会反对。但是一旦孩子上学，事情就不一样了。大多数父母都“望子成龙”，而现在社会上的指标是简单化，数字化。说起来就是考分，或者是弹钢琴第几名。孩子们的童年大部分是由父母亲来控制。有一个孩子考了 98 分，满以为父母会表扬。谁会想到他回家后，父母把脸拉得长长的。“咱们邻居的孩子考了 100 分。你为什么比人家差？”可以说，大多数孩子在上了学以后，就进入了这个巨大的搅拌机。为了生存，孩子们失去了自己的天性。当父母们正在为孩子们“成就”（考分）而高兴的时候，孩子们却在为消逝的童年而忧伤。事实上，现存的以“应试”为目标的教学方法是一种可怕的制度。应试的学生，只会做“选择题”，不会独立思考，创造的欲望被扼杀在摇篮之中。

我常想起自己的少年时代。那个时候，学生的压力很小，我曾参加过各种各样的课外活动小组。例如航空小组、化学小组、物理小组、生物小组、数学小组等。我从小就幻想成为一个像爱迪生那样的创造发明家。我读小学时，学校设有

“爱迪生奖”，每年发给每个班上的第一名。我有两个哥哥，他们每次都得奖，而我从来就没有拿到过什么奖（在我 20 年的学生生涯中我从来没有因为学习成绩得过奖）。我想要是换一个今天的父母可就是大祸了——“你为什么不能拿一个奖？”。但是我的父母从来没有给我加什么压力。我也没有任何心理上的压力，我总是十分愉快地去追求我自己的特长和兴趣。我 12 岁的时候，就自己去设计一架航空模型。虽然我造出来的飞机模型外形不美观，飞行性能也不好。这也可能引起外人的讥笑，但我的父母和朋友从来没有因为我当时的无知而嘲笑我。他们对我默默的支持，一直是我毕生最美好的回忆。

我读高中时，曾经单枪匹马去做小火箭。没有足够的火药，我就从房基上收集“硝土”，自备木炭粉，加上买来的硫磺，自制火药，没有燃烧室就用弹壳代替。在多次失败后，我的火箭上了天，但是掉到地面时摔了个粉身碎骨。40 多年前的今天，我还记得当时幸福的情景。我还订阅了一份报纸《创造和发明》，我天天在作发明家的美梦，虽然我从来未曾发明过任何东西，发明和创造始终是我生活中最重要的动力。我读大学时，也并不要求写什么“Term Paper”，但在创造欲望的推动下，我写过 1-2 篇短文。

许多优秀的科学家每天都在创造。其中大部分成果不一定是在杂志上发表，但是创造已经成为他们日常生活中最重要的一部分。比如，我在 MIT 的导师 Flierl 教授就是一例：他年轻时被人称为 Harvard 大学的“小天才”，他办公室墙壁的书架上堆满了他许多未曾发表的手稿。

同学们可以自问：我自己有没有创造的欲望？

## 6. 要勇于创新

科学研究的全部意义就在于创新，离开了创新，科学研究就没有生命力。创新包括了发现新的现象和自然规律，包括对前人研究成果的重大改进，甚至可能是否定。

许多年轻人不敢创新，甚至连想都不敢想，认为那是“专家”、“老手”的事情。其实所谓的“专家”们更是顾虑重重。因为创新往往包含有一定的冒险性。有时还会包含有否定自己以前的“成果”。“老手”们怕出错，丢了自己的面子；年轻人又不成熟，怕别人笑话。所谓“人有脸，树有皮”，种种包袱使得年轻人和“老手”们畏缩不前。

其实创新有如在大海中游泳，未下过水的人往往怕水；但是下过一次水后就知道水并不那么可怕，而且游泳是一种令人身心愉快的运动。同样创造所带来的喜悦和激情，可以说是对创造者最高的报偿。人们常说：“上帝给年轻人犯错误的权利”。因此我希望年轻人都应当去试一试，当然大胆的创新发明必须与严谨的科学态度相结合。

“失败是成功之母”，在科学创造的道路上失败和错误是常常出现的，著名的物理学家爱因斯坦一生中也曾犯过许多错误，但他的错误实际上也是推动科学前进的重要因素。

在科学发展的道路上，最重要的首先是提出问题，当然人们也往往提出问题的解答。这种答案往往在后来被证实是错误的，但是问题的提出就是科学向前发展的第一步。

美国有个地球化学家 Wally Broecker。他在地球化学和气候变化方面发表了许多文章。《Nature》/《Science》就像他的后院，可以自由通行。他最大的特点是对所有现存观察事实的深入认识和一种超越凡人的物理直觉。据说他常常坐在

一个小镇的公共图书馆中，不用半天就写出一篇文章，然后就发表在《Nature》/《Science》上。每次他的文章发表后，马上在地球化学和气候学界引发一种“冲击波”，许多人马上跟随他指出的新方向。但是人们很快就会发现，在人们津津乐道地争论这个新的课题时，他已经抛开这个题目而转向更新的题目。人们常常议论说，虽然他每次提出的新观点到最后不一定能成立，但不失为一个推动科学前进的原动力。

### **7. 要有坚持不懈的精神，数年如一地踏踏实实地工作。**

现在有一些新闻报道有所失真，有时不切实际地宣传某某年轻科学家“一举成名”，吹嘘什么“天衣无缝”、“震撼世界”云云。这种宣传造成一种“彩票”效应，使许多年轻人误认为科学研究也是一种彩票。既然一个穷人一个晚上就可以成为百万富翁，那么一个没有学问的人不也可以一天之内摇身一变而成为大科学家吗？年轻人崇拜诺贝尔奖金，梦想在《Nature》，《Science》上一举成名。这种把科学研究名利化的宣传和科学研究这个崇高的职业是格格不入的。科学研究工作者是社会大众养育的，我们应当以自己辛勤的劳动成果来报答公众的支持。

这一点我想拿自己来做例子，我已经在温跃层方面做了 18 年的理论研究，直到现在也没有放弃，还在做，并且会一直做下去；如果不是这么坚持的话，我想，今天也不会到这里和大家谈心，因为不会有什么好说的。至于说我的工作对社会有多少价值，这个应该由大家给予评判，在这里我不能说自己如何如何好。我只是想说，不管做什么工作，只要你喜欢做，而且对社会有用，那就应该有恒心，锲而不舍地去做。

在污染浪潮的冲击下泥沙俱下，鱼龙混杂。但是一个有志于科学研究的年轻人要能耐得住寂寞。人们为什么对荷花百般的惊叹呢？只为荷花“出淤泥而不染”。

### **8. 要扬长避短，正确地估计自己的长处和短处，把自己摆在一个合适的地位**

这一点我想重点地讲一讲，中国有句话叫“取长补短”。我觉得这句话有点不妥，就像我们的手指，中指最长，你把它切下来补到短的地方去，这样做似乎是很“齐”了，但我认为这恰恰是一个误导。因为大家都知道，现在科学研究是千军万马，人才辈出。你好不容易有点长处，你不去发挥，却要去补那个“短”。这样到头来你最后是要吃大亏的。

中国有个“田忌赛马”的典故。田忌的马在每一个档次上都不如齐王。但是田忌用自己的最好的马和齐王的次马比赛，最后以二比一得胜。

我在美国有一天翻了一本杂志，里面讲了一个非常有说服力的例子。上面说，一个人必须要把握自己，有一点长处就一定要发挥出来。有一个人在上中学的时候，他班上的同学有的说将来要作律师，有的要作艺术家，还有的要作其他什么“家”的，都是些“非常崇高”的理想。而他在中学的时候就开始研究蚯蚓，在外人看来蚯蚓有什么好研究的呢？可是这个学生是个非常有恒心的人，他从十几岁就开始研究蚯蚓，二十几岁的时候，他的同学当中有的已经赚了大钱，或升了官，可他还是默默无闻地研究蚯蚓。然而到他五六十岁的时候，全世界都来找他，为什么呢？因为到目前为止，世界上只有他为了小小的蚯蚓做了四十多年的研究工作，而且取得了很大的科研成果。虽然这是一个不起眼的研究方向，而他在这个科研方向上确实确实地达到了最高境界。况且他的这个研究，对人类与自然环境的关系同样也起着非常重要的作用。通过这个不起眼的例子，我希望能说服年轻人要扬长避短。

## 9. 要学会与别人交流

志同道合的年轻人应当经常在一起切磋学问，交流心得。通过讨论一篇文章或一个问题形成热烈争论的气氛，往往产生物理直觉上的突破。这里要求年轻人们不要患得患失——自己有一点小小的新想法，不肯拿出来和同行交流，闭门造车。与朋友的交流往往可以避免不必要的弯路，也可以大大促进科研的进程，特别是专长不同的人之间可以互助弥补不足之处。例如，搞物理海洋的与搞化学、生物的结合在一起，搞理论和搞观测，或搞数模的结合在一起，可以集思广益，从而得以突破一个人单枪匹马不可能攻克的难关，这也就是常常说的“Brain Storm”。

学海无涯，我们总有不懂的时候。因此要有不耻下问的精神。或者说是：“May I ask a stupid question?”. However, there is no such thing as “a stupid question”. 对一个科学家而言，不懂装懂才是可耻。

Kirk Bryan 还告诉了我一个“Janitor effect”（“清洁工效应”）。你碰到一个很困难的问题，百思不得其解。正在这个时候，清洁工进来打扫卫生。你就抓住这个机会，开始给他解释你的困惑。因为清洁工对你的问题根本不懂，所以你不得不把所有的细节都加以解释。正因为你很细致地把问题重新考虑了一遍，你终于发现问题所在。你大大地谢了清洁工一番，而清洁工还是一头雾水，不知所言。这就是有名的“清洁工效应”。

在美国科研界工作的经历之一是“大家”的风范。中国的老师给学生讲解时常常问：你听懂了没有？我做博士后时，Kirk Bryan 常常给我讲解问题，他每次都问我：“我有没有讲清楚？”一个认真的老师在学生没有听懂时，首先是自问有没有讲清楚。

## 10. 要集中精力，首先在一个小领域中做出贡献

有些年轻人可能好大喜功，想在研究工作中“全面开花”。这种想法可能会导致不必要的挫折。北方人有个笑话，叫做“熊瞎子掰棒子”：熊瞎子跑到玉米地里，左手掰一个玉米夹在右胳膊窝里，然后右手掰一个玉米夹在左胳膊窝里。那么当熊瞎子从玉米地的另一头走出来时，它到底拿到了几个玉米棒呢？

这个笑话隐含了很多的意义，就是不要贪多图快，否则会一事无成。我建议年轻人要集中精力，在一个相对小的研究领域做出成绩，力争成为这个小领域的一个专家，然后再扩展到其它领域中去。这个就像是参加运动会，先要在单项上拿到名次，然后再去拿冠军或多项名次。

## 11. 要精读名著，研究“大师”的风格和思路

职业棋手都重视研究棋谱，也就是所谓名局和名师的风格，科学研究也是一种高尚的艺术，成功的规律和游戏的法则至今未能让我们所理解，因此研究并模仿具体的名师的风格是一个重要的途径。

比如说物理海洋有几位大师：Stommel, Wunsch, Pedlosky, Rhines 等，Rhines 在年轻时是天马行空，独来独往，他有许多开创性的作品，但是他的思维方式独特，一般人难以体会；Pedlosky 以严谨而著称；Wunsch 是观察的高手大家，Stommel 以简洁的思维和非凡的创造力而被誉为一代宗师。Stommel 在他的自传中对他的科学生涯和方法做了非常精辟的描述，很值得我们去研究。在 Stommel 的晚年，我有幸和他共事，他的研究风格对我后来的工作产生了深刻的影响。我



一改过去偏于数学的习惯，学会更多地从物理的角度来研究问题。

每个人的特长不一样，完全模仿名师既无必要也不可能。但是深入研究一两名师的风范，并且在工作中加以仿效实在是成功的路径之一。

怎样才能读好一篇经典著作？我认为要做到以下四点：

1)了解文章的历史和物理背景，也就是说文章写作的动机和来源。

2)了解文章所采用的技术细节，例如观测手段，理论的推导或数值模式的操作，要注意从中吸取新的营养，学会一技之长。

3)了解文章最主要的结论及其物理意义。

4)了解文章中不够完善的地方，也就是你可以去试图改进的地方。

许多青年学生和科研工作者常认为“经典著作”就是“天衣无缝”或“白璧无瑕”，更不敢超越。其实这是一种错误的观念。科学的发展永远是后浪推前浪，推陈出新乃是科学发展最基本的规律。因为任何科学的成果都是在一定时代和条件下完成的。随着对客观世界认识的深化，我们对于同一个问题必定会有更深刻的解释。因此读完“经典著作”后最重要的一步是深入思考——下一步到底应当怎么做？没有走这一步的人无异于跑马拉松时在到达终点线前 2 步摔倒——前功尽弃。

## 12. 要质量而不是数量

我经常给我的学生讲，物理海洋学杂志上发表的文章有四档，第一档是在物理海洋学中开创性的文章，这样的文章在我们的领域中并不多，平均下来一年也不一定有一篇。著名的例子包括：海流的西向强化，深层西边界流的理论预测及实地观察，热盐环流的多重解，通风温跃层理论。

第二档的文章是在开创新的方向的前提下，沿着这个方向有新的发现。在这里我希望在座的都能争取达到这个层次。比方说，大洋最底层的水温是非常非常低的，这个事实是在一百多年前才首次观察到的，像这样的文章发表出来就是开创性的。探索大洋底水的来源及其变化就成为大洋环流的一个非常重要的研究方向，在这方向发表了许多好的文章，其中不少是新发现，所以是属于第二档。

最近几年有几篇创新的文章，主要是涉及到大洋环流的能量平衡和混合问题，但是还有许多具体的问题，需要我们有新创造、新方向和新方法。像这类的文章在物理海洋学上每年也就是 10 篇左右。

第三档的文章是一般性的，谈不上什么重大发现，也没有什么大问题，这样的文章是大多数。在物理海洋学上发表的文章，也不一定就是十全十美的，即使一篇好的文章，你拿过来也应当认真地分析。大家不要迷信已经发表的文章，有一些文章可能也有小的错误或者说不妥之处，当然，我们也不能苛求它是完美的。

第四档的文章就是言之无物的文章，这样的文章也常常出现。这种文章发表对你的声誉很有杀伤力。一个严谨的科学家应当珍惜自己的声誉，争取不发或少发这样的文章。

现在常常听到要求每年有多少篇 SCI 文章。其实文章不在多，关键是质量。美国许多学校在每年新开学时校长会设家宴接见新来的教授。1981 年我刚转到 MIT 读书时，由于是春天入学，新学生很少，此外大概因为我是从大陆来的学生（当时 MIT 一共 3-5 个），也被荣幸的邀请到校长家里去做客人。当晚大约有 40—50 个客人，主要是新来的教师和访问学者。Joe Pedlosky 告诉我，他年青时从 MIT 转到 Chicago 大学任教，在开学前校长在家宴上对他讲：“因为你现在来到 Chicago 大学，你应该少写文章”，言下之意讲 Chicago 大学是名牌，不允许

出稻草一堆，影响学校的声誉。

一个比较客观的标准是文章的引用率。被他人引用的次数多就说明你的文章有价值。引用数不包括自己引用自己和被反面引用。不过能被多次反面引用也是很了不起!!在中国,“*Nature*”,“*Science*”的作用被过分地夸大。许多人梦想一举成名。其实,“*Nature*”,“*Science*”是新闻报道性的,它们并不是许多数理学科的主流杂志。关键是引用率。我的一个同事 Bill Schmitz 在退休前写了两篇 Woods Hole 的技术报告,根本就没有在一般的杂志上发表。但是他的报告被人们像圣经一样引用,可见是货真价实。我认为,一般的科学家一生中真正好的文章也就是 3-5 篇,所以我们应当花大量时间来写好几篇真正有分量的文章,而不是出一大堆稻草。

对于一个青年科学家,你应当要有个高标准来要求自己:5-10 年以后还有人看的文章才是有水平的,你要争取写这样的文章。当然,人人都要做各种各样的日常事务。有时为了种种原因,我们要写些应景的文章,也就是常说的稻草。但是一定要牢记你真正的目标。(刚刚毕业的青年科学家需要有一个入门的过程,所以你们所写的文章,虽然水平低一点,但是不在“稻草”之列)。

Joe Pedlosky 有句名言:“If you do not mind an incorrect result, I will give you right now.”一个严谨的科学家应当十分重视文章的质量而不是数量。Jim Price 是我的一个同事。大凡是重要的文章他轻易不会出手,一般要在手上放一两年。他发的文章并不多,但是很多都是高引用率的。Wunsch 是当代海洋学家的皎皎者,他对我说他的文章一般要改 5-10 次才出手。我希望年轻人要学习老前辈的严谨作风。

### 13. 要重视物理现象

最后,我要大声疾呼:重视物理事实的观察和研究。物理海洋,首先是个物理学科而且它是以观察为主导的学科。

我要强调的是我们对海洋的认识过程首先是观察,然后深入思考,再提升为理论。现在我们有些做观测的人,经常是出去以后忙忙碌碌地搜集一大堆数据,回来写了一个报告就交卷了,没有时间深入思考,这样就失去了你观察的意义。不能以为你观察的就一定是对的,也不能说做理论就一定错的。所有的人都应该重视观察事实。经过深入思考,才能提升为理论。科学研究最终要把实际观察的东西,提升为理论,再由做理论研究的或观察者本人把观察到的东西,应用于一个简单或复杂的数学模式。最后再返回指导进一步的观察,最终上升为理论。

写文章要避免用太华丽的数学。我年轻时误认为愈是高深的东西愈是有学问。其实数学用得太多,就成了阳春白雪,可能被多数人逐之门外。而一个最漂亮的工作应当用最简洁的数学公式来说明其中深刻的道理,使它人人佳知。

## 五. 人生的启悟

当我在大学读书时,生活和社会环境比较简单,我们日常的生活很简单和幸福,现在的青年人面临太多的选择,竞争和生活中其他的压力也很大。你们这一代是在全世界的舞台上去竞争,可谓大起大落。因此一个平稳的心态可能极为重要。

## 1、“四到”——听到，想到，悟到，做到

人生许多哲理我们不一定都知道，而这些哲理对我们一生会有很大的帮助。

首先，我们要“听到”一个哲理。

其次，我们要不时“想到”这个哲理。在许多情况下这些哲理是“左耳入，右耳出”，听过以后被抛到九霄云外，所以很重要的是我们要不时想到这个哲理。

所谓“悟到”就是说自己从切身的体会中悟到一个哲理真实的含义，只有通过这个阶段我们才算真正接受了这个哲理。

最后一条是要“做到”，如果听到，想到，悟到一个哲理，但实际上没有去按这个哲理做，那么这一切也还只是一个空洞无物的教条。

比如说：“不要随波逐流”，这个道理人人都听到不止一次，许多人转眼就忘掉了。你能不能还不时想到它？“悟到”是指你自己因为“随波逐流”而浪费了不少宝贵的时光，最后才悟到自己不应走那么一步。而“做到”是指下一次“大浪”来到时，自己有清醒的头脑，不再盲从“大流”。

## 2. 要发现和珍惜自己的才华。

唐诗中有一句“天生我才必有用”，我认为这是非常精辟的。另外，我觉得还要正确估计自己的长处和短处，把自己摆在一个合适的地位。这一点我特别要对年轻同志们说一说，因为每一位年轻人都有自己非常崇高的远大理想。说句夸张的话，我认为年轻人要有一点“狂妄”的劲头，但是在有劲头的前提下一定要制订一个切实可行的目标。这个目标与自己的长处以及所处的环境要相符合。如果把目标定得太高，就像有些人十几岁时就想拿诺贝尔奖，我认为是不妥的。第一，把拿诺贝尔奖当作一生的目标，本身就是一个错误；第二，把目标定得太高，最后很可能就会失望，而且还可能掉进精神深渊里。

所以我觉得人应该正确估计自己的长处和能力，选择一个自己非常心爱的事业。我想如果一个人选择了自己喜爱的事业，尤其是选择了搞科学研究事业，就要给自己制订一个比自己实际能力稍高一点的目标。这样干起来才能特别有劲，而且会不断地达到目标，自己也会有成就感，希望年轻人要特别注意这一点。

在正确估计自己长处的基础上，要选择自己喜爱的事业。假如一个人强迫自己为了挣钱，或者为了讨好别人去做自己不愿做的事，我觉得这种人生活得太累。自己首先要问问自己，到底这一辈子想要做什么？如果一个人只想赚钱，那他就不要作科学研究，因为作科学研究不是一个赚钱的事业，它是一个很崇高的为人类追求真理的事业。当然在现代社会里，尊重科学家对社会的贡献，适当考虑给予科学家应有的保障也是必要的。

作为一个人的父母和亲友，最重要的不是给他金钱。因为金钱总是会花完的，而且有了金钱不等于就幸福。最重要的是帮助一个青年发现他真正的天赋，并引导他走上发挥自己天赋的生活道路。有些人活了一辈子也不知到自己的特长是什么。他们在黑暗中盲目地挣扎，和不应该比的人去比拼。这种人的一生是一大憾事。

## 3. 人要有志

孔夫子说“三十而立”。我认为三十岁的青年在现代社会生活中要立下业绩似乎是要要求过高；但是年过三十的青年至少应当意识到自己的长处和短处，并且在社会生活中选定一个适合自己未来发展的职业，有一个明确的生活目标。不

要为一时一事的得失而放弃自己的远大的目标。一个人的幸福不是金钱和权力可以衡量的。我们都是凡人，大多数都要成家“立业”。一个人在社会上没有钱是很难活下去的；但是钱太多也不行。一个人的一生要做点事。

我在前面提到，我当时是被划入“三不”的另册，一句话说就是走投无路。我应当感谢当年那些把我“逼上梁山”的人。当我1977年报考研究生时，许多朋友都不理解为什么我35岁还要去转行。但是为了能够真正独立自由的去做研究工作，我必须通过读研究生来改变我的现状。人称科学家创造高峰的年龄是30-40岁，而我在35岁时去改行实在是具有莫大的风险。我这一步有点“破釜沉舟”或者说是“孤注一掷”，能否到达彼岸，实在是非常渺茫的。

人们常把留学比喻为洋插队。我虽然曾在1965, 1966年参加“四清运动”下乡两年，并没有真正插队的经历。但是为了求学，我和妻子分离了3年，和儿子分离了8年。当我在1980年夏天离开北京火车站时，儿子才5岁，他不知道我会一去就是8年，不断要妈妈快回家。只有我知道路程可能很遥远，根本谈不上有什么将达到的目标。当我到Johns Hopkins university时，我是第一个从大陆去的研究生。虽然我也认识了几个从台湾和香港来的学生，但是还是相当的孤独。常言说“男儿有泪不轻弹”。有一次在一个超市门口正好遇到母女俩在说广州话，我一时感慨万分，几乎要掉泪。但是我马上想到我是为什么到美国来。

我为什么要从Johns Hopkins University转到MIT? 俗话说：“不到黄河不死心”，当我离开力学所时，我下了决心要在一个新的领域中作出成绩，要超过他们（那些把我“逼上梁山”的人们）。在MIT念书时，我的座右铭是“发愤图强”。我在美国的办公室贴着一张纸，上书“你有几篇站得住脚的论文？”，这句话是30多年前我的顶头上司因为我“反对专家”而训斥我所讲的话。我曾决心要写出能站得住脚的论文，30年来我从来没有忘记过自己的抱负。

人不能没有志气。人的志气是要通过10年，20年，30年坚持不懈的努力来实现，而不只是三天的热情。

#### 4. 要珍惜时光

许多东西我们天天看到它，拥有它，但只有失去它的时候我们才知道它对于我们是多么的珍贵。一个最典型的例子就是年轻的爱侣。许多年轻人天天在一起习以为常，不在乎，常常为一点小事就大吵大闹。但只有在分手后才发现他们曾是多么深深地爱。

不少青年人不知道青春的宝贵，他们把不少时光消磨在“滚滚红尘”之中。人的一生是一条单行线，所以青春属于我们只有一次。只有当你们步入中年后，才会发现青春之宝贵——因为青春就像小鸟一去不复返。有不少年轻人羡慕大科学家，大老板。其实你们拥有的青春才是无价之宝。我相信如果可以用他们的地位和金钱来换你们的青春，他们会毫不犹豫的。

#### 5. “吾日三省吾身”

要给自己留下深刻反省的时间。随着计算机、互联网的发达，许多人把越来越多的时间花在电脑面前，现在有不少文章提出，老是坐在电脑和电视面前，人会逐步失去主动思维的方式，创造力下降。

你每天应当抽出时间来，想一想“我今天做了什么？”“我这个星期做了什么？”更重要的是自问：“我这个星期离我定下的雄心壮志是远了还是近了？”我的办公室和住宅离海和湖都不远。我日常的运动是沿着海边和湖滨散步。我常

常利用散步的时间深入思考。事实上，我有不少重要的新想法是散步时构思出来的。命运安排，我的同代人不可能在 30-40 岁出成果了。失去的青春年华是不会复返的。但是我们没有放弃努力。我常常自问：“我做了什么，我应该做什么？”

叶笃正是有名学者，他在 2006 年获得国家最高科学奖。据说他的习惯是随身带个小本，可以在百忙之中把“思想的火花”记下来。这个例子给我们一个很重要的经验：

(1) 要及时地把自己一点一滴的“思想的火花”记下来。许多年轻人有自卑感，总以为自己不行。其实年轻人没有框框，往往会有突破性的思想。说实在的，是许多老科学家没有新的思想，特别是很多人天天忙于事务。再加上知道的越多框框越多，很多名家成名后不敢创新，也是怕出错，“败坏”名声。

(2) 有了“思想的火花”后，要及时跟踪，也就是说要对问题的细节加以研究。要把所有的细节都记录下来。有很多思想的火花是在 10 年 20 年后才会出成果。

(3) 要经常回访这些“思想的火花”。

科学就是要突破前人界限，所以我们要付出巨大的努力。有许多聪明人，他们有不少“思想的火花”；但是没有记下来，也没有及时跟踪和真正坐下来去做研究。久而久之他们中的“才子”就成了“眼高手低”的庸人，也就是“龟兔赛跑”中的兔子，也就是我在上面说的“Newton 第二”。我有幸认识几位这样的才子，可惜他们都是是一事无成。

## 6. 两张漫画的启示

### 水獭的启示：以巧取胜

水獭的牙很厉害，它可以迅速地把许多碗口粗的小树从地面上咬断，这些树倒下来后，水獭用它们堆成小水坝，这样他就可以生活在一个新的小水库中。在 Princeton 做博士后时，每天有“coffee hour”，也就是在一定时间大家到一个房间去喝 coffee 或茶，这也是一个大家自由地交流科学思想的重要形式，当时房间里的墙上挂着一幅漫画。一只水獭大大咧咧地坐在水边的一根倒下的大树上。水獭骄傲地说：“I do not work hard, I work smart.” 我的指导教师 K. Bryan 不无感慨地对我说：“I wish I worked smarter, when I were young.” K. Bryan 被奉为海洋数值模式的鼻祖，他尚且有这种感慨，我们作为年轻人难道不应该从这两句话中吸取经验教训吗？

由于现在计算机和互联网的发达，许多青年人把绝大部分的时间花在计算机屏幕前。离开了机器，他们就无所适从，特别是许多做数值模式 and 数据分析的人。他们往往想：我再有 10 分钟就可以把这个问题解决了……。其实我自己的经验是，有许多问题，如果你离开计算机到外面走一走。一旦你精神放松后，常常会迅速地找到问题所在。有时你还会发展完全崭新的“捷径”，可谓“事半功倍”。

### 白鹤的启示：坚持到底

有一幅漫画最令人深思。一只白鹤站在水中，它的嘴巴叼着一只大青蛙。青蛙的身子比白鹤的头还要大得多。再加上青蛙有四条腿，而白鹤又没有手去帮忙，所以这只青蛙看来是吞不下去了。但是漫画的大幅标题是“Never Give Up”（永不放弃）。看来人们在奋斗的道路上真要有白鹤的这种精神，决不轻易放弃一个好时机。坚持到底就是胜利。

## 7. “金山橙”的启示

我的老家是广东台山人，台山是有名的侨乡。我的曾祖父四兄弟有三个人赴美作劳工，我母亲的两个祖父也是赴美劳工。当时很多华工被送去修铁路，许多人死在荒山野岭。可以说在铁路每一根枕木下就有一个华工的尸体。据说我的曾祖父是在 Oregon 的葡萄园工作，所以得以活下来。我的前辈们为美国今天的文明做出了重大的贡献，所以美国应当是我的第二故乡。

广东人过去称美国为金山，大概是源于 San Francisco 的淘金热。常用语包括“金山客”、“金山伯”、“金山苹果”、“金山橙”。北京人称橙为橘子，我要给大家讲一个“金山橙”的故事。

在一个华丽的商店，人们在采购橘子。一个个鲜艳夺目的橘子被抢购一空。一筐中的好橘子卖完后，售货员顺手把剩下的几个无人问津的烂橘子丢到了垃圾堆里。一场大雨后，烂橘子被冲进了阴沟，而后又在大河的风浪中漂流到海滩。许多烂橘子化为泥土。其中有个把烂橘子在一场场的大风大浪中漂流四海，被海流带到了太平洋的彼岸。烂橘子的种子终于在海滩上生根，发芽，开花结果，成为“金山橙”。又不知过了多少个春秋，“金山橙”终于又回到了阔别了多年的故乡。她丽压群芳，夺得了大众的欢心。但是在人们赞誉美好的“金山橙”时，他们想到过“金山橙”艰难曲折的命运吗？

其实“金山橙”的故事也就是“烂橘子”的故事。这也就是许多老一代华侨和留学生的缩影。我曾在中国科学院工作了 15 年，但是没有被提过一次职务。我在中科院力学所的档案应该还是“研究实习员”——这是当时大学毕业后的最低职称。一个人做了十五年的研究实习员，肯定不是什么“人才”。

30 年前我不甘命运的安排来到美国。和我许多同年人一样有许多经历。我唯一可以自慰的是我的努力没有白费。80 年代末，我在 Woods Hole 写文章解决了风生环流在连续层结下的结构，这曾经是物理海洋中经典的难题。因此我(当时我的头衔是 Assistant Scientist) 被邀请撰写美国地球物理学会所谓的“国家报告”其中的一篇。大概是因为这个原因，我一下子成了“金山橙”。

1992 年在阔别十二年后首次回国，在科学院大气所我受到热情的欢迎。所长曾庆存称我为“大气所飞出的金凤凰”。科学院人事处请我吃饭，提出要“科学报”采访我后作专文报道，被我婉言谢绝。我为什么不肯上“科学报”？因为长期以来，国内报导喜欢夸大其词，大凡上报的一律是惊天动地的大明星。动不动就是“天衣无缝”、“震撼世界”之类的大词。我在科学院力学所曾是最下层的人，我自觉不应当把我这个夕日的“烂橘子”吹捧成十全十美的明星。中国有句古语“十年媳妇熬成婆”，不幸的是有些媳妇成了家婆后比自己原来的家婆还要厉害。我年轻时有过许多不平的经历。虽然我今天成了“金山橙”，身上挂了若干“金牌”，然而我不屑于作新的家婆。我真正的愿望是年轻的同学们能把我当作一个“研究实习员”，以一个平等的地位作个知心朋友，一同来学习和探讨科学的奥秘。

橙或橘子本来就是中国的特产。我希望神州大地的橘子能百花盛开，果实累累。现在美国的商店到处是“Made in China”的商品。“Made in China”的科学家也要走向世界，中国橘子要和“金山橙”平起平坐。