

这是饶毅主编的《生命之光——“展望事业，探讨人生”讲演录(第2辑)》的第三章，高等教育出版社，2012.



做科学不要怕与众不同

主讲人：李兆平

主讲人简介

李兆平，1984年复旦大学物理系本科毕业，1989年获得美国加州理工学院物理学博士学位，之后分别在美国费米国家实验室、普林斯顿高级研究院和洛克菲勒大学从事博士后研究工作，曾在香港科技大学计算机科学系担任助理教授，并且曾在麻省理工大学等多个学术机构中任访问学者。1998年，她与同事们在欧洲神经科学研究领域最领先的伦敦大学学院创建了盖茨比计算神经科学中心并担任自然智能研究室主任。从2007年起，她在该校任计算神经科学教授。

李兆平教授的研究经历涵盖了从高能物理学到神经生理学、海洋生物学等多个方面，其中她最主要的工作集中于对大脑功能的研究，包括了视觉、嗅觉及非线性神经动力学等内容。她致力于运用数学、物理和工程的思维方法去理解大脑的上述功能。20世纪90年代末至21世纪初，她提出了一个崭新的大脑视觉初皮层理论。

李兆平教授的求学、科研之路是一条与众不同的道路，而她的与众不同也在不

断地推动着科学的进步和发展。

■ 主持人：

大家下午好，欢迎参加生命科学学院“展望事业，探讨人生”系列讲座第 23 讲：“做科学不要怕与众不同”。今天的主讲嘉宾是李兆平教授。

李兆平教授于 1984 年从复旦大学物理系本科毕业，1989 年获得美国加州理工学院物理学博士学位，曾在美国费米国家实验室、普林斯顿高级研究院和洛克菲勒大学做博士后。1998 年，她与同事们在欧洲神经科学研究领域最领先的伦敦大学学院创建了盖茨比计算神经科学中心，并担任了自然智能研究室的主任。从 2007 年起，她在该校担任计算神经科学正教授。

李兆平教授主要研究大脑的感觉，尤其是视觉和嗅觉。她致力于运用数学、物理和工程的思维方法去理解大脑的这些功能。李兆平教授还提出了一个崭新的大脑视觉初皮层的理论。

李兆平教授的求学、科研之路是一条与众不同的道路，而她的与众不同也在不断地推动着科学的进步和发展。那么，今天，就让我们大家一起来聆听李兆平教授的演讲：“做科学不要怕与众不同”。

首先，我们请饶毅院长对李兆平教授做进一步介绍。谢谢大家！

■ 饶毅：

据说，李兆平教授的 science 做得很好。但是，我现在不说那一部分。你们可以看到，我们请来做演讲的人里面女的很少，原因很简单，就是世界上女性做 science 做得好的很少。这不是因为她们内在没有这个能力，而是由于各种各样的社会效应叠加起来，最后使得她们现在做 science 还是有问题的。我不知道在座有多少人看过我“三八”节时写的文章。我有个博客，你在 Google 上输入“饶毅博客”就可以找到

(笑)。我下面的数字都是在那里记过来的。

从1963年至今，没有一位女性获得诺贝尔物理学奖。诺贝尔化学奖从1964年以后再没有女性获得过。20世纪60年代以后，所有得诺贝尔自然科学奖的女性全是学生和医学的，所以她现在转到研究生物医学方面了。中国科学院目前大概有100位所长，其中女性要么是1个，要么是没有。同样美国、英国大学的教授，女性的比例也低于30%，在很多地方可能低于20%。美国科学院院士里，女性的比例可能低于20%，甚至很可能低于10%。中国科学院院士里，女性也少于10%。有各种各样的原因导致女性很难一直在科学研究领域做下去。所以，你如果去看华裔做科学的女性，会发现在海外当教授的一般都是以做生物和医学为主。庄小威可能算物理的，不过她是物理、化学都做一点。总之，整个数字是极低的。有相当多的，女性包括我们北大、清华毕业的女生，后来都没有再做科学研究。她们读本科、读博士，但到了向助理教授迈进的时候，在海外的一大批人就没有继续做了。所以主要是这个时期失去了女科学家。在国内可能失去的时期晚一点，但也是一样。

所以我希望她这次来主要讲她的科学人生，如果她肯“故意”给我们女同学再多说一点体会那更好。不是我歧视女性，而是因为实在是难得有这样的人才，包括我们研究所和学校招人的时候，女候选人也很少。我们今年四个新来的教授，有一个是女的，这在全国，比例已经是非常高了，占了25%。希望今后有更多的女学者愿意到我们所里来。

► 李兆平：

谢谢你。今天到这儿来很高兴，而且听说今天到这儿来参加讲座的都是与众不同的学生。现在有考试要准备是吧？所以说如果有考试还能来听这个讲座，那你肯定有什么和别人不一样。

对我来说，作为一个女性科学家是和别人不一样的，但每个人除了性别，还有别的地方也会与众不同。

你可能在哪些方面与众不同呢？

与众不同，比如说，别人都抢着考经管专业，你偏要去学自然科学，虽然你的成绩挺不错的。或者，大家都说女生不适合学物理，可是你偏爱上了物理。或者呢，班上成绩好的同学都想出国，你却想留在国内读研，而不是随大流的。但是为什么想留在国内读研，你肯定有你的道理。或者，你去参加一个国际会议，你是唯一的一个中国人。或者，你做的课题不是你研究领域里的热门方向，而不是热门方向对你的事业发展可能会有危险。或者，你提出的理论和流行的理论不大符合，很明显就是“歪理”……

与众不同的科学家大家知道很多。举个例子来说，爱因斯坦就是非常与众不同的，他连个大学教职工作都找不到。但是这样与众不同的人做出来的事情也是与众不同的。他还有一点与众不同的地方，就是即使他最后加入了大学教授的正常行列，但他做的事情还是大多数人都不能理解的：他想试图建立统一场论。别人就觉得他有点儿古怪。有的人公开地批评他，有人是私下批评他，但他最后还是坚持到底，一直到临死还是在继续做他与众不同的事情。

再举一个例子，哥白尼。他做的与众不同的事情中，比较典型的就发生于16~17世纪的第一次科学革命^①。“革命”其实就是把以前的东西有个与众不同的解释。过去大家都认为地球是世界的中心，他却突然说地球不是世界的中心；过去大家都认为很多事情的发生是因为上帝要惩罚你，或者有这样类似的习惯思想、迷信思想，他却要把它改回来，这就是大革命了。

爱因斯坦、哥白尼做的事情都是大革命。但是，在做科学的问题上，无论你做的事情多小，即使发一篇文章，也必须要有的一点与众不同的地方，否则就不行。

有位女士叫莉泽·迈特纳（Lise Meitner）（图1），她也是非常与众不同的，因为当时作为一个女性要去读大学是不容易的，而她是第二个在维也纳大学拿博士学位的女性。然而大学毕业以后，人家给她一个到煤气灯厂的工作机会，她不接受，

^① 第一次科学革命，发生于16~17世纪，以哥白尼的“日心说”为代表，初步形成了与中世纪神学与经验哲学完全不同的新兴科学体系，标志着近代科学的诞生。后经开普勒、伽利略，特别是牛顿为代表的——大批科学家的推动，建立了近代自然科学体系。

偏要跑去另外一个地方，不要工资地给别人做研究工作。她是个犹太人，在第二次世界大战的时候，被迫逃离柏林，逃到瑞典。逃了以后，她和她的同事成功地解释了核裂变，而且第一个数学公式是由她和她的侄子写下来的，这个公式分析了一个重的元素的原子核怎么样可以分裂出来变成两个中级的元素。因此，有人说她是“原子弹之母”。到最后，她的同事获得了诺贝尔奖，因为发表文章的时候，她是一个从德国逃到瑞典的难民，不可能署名，所以，即使她是其中的一个工作者也没有得诺贝尔奖。她受到过德国纳粹的迫害，可是当美国的曼哈顿计划（Manhattan Project）^①



图1 莉泽·迈特纳（Lise Meitner，1878年11月7日—1968年10月27日），奥地利-瑞典原子物理学家。她的众多成绩中最重要的是她第一个理论解释了奥托·哈恩1938年发现的核裂变。

叫她去帮着造原子弹的时候，她又与众不同了，她说：“我不去，我就是不想和任何炸弹有关。”原子弹爆炸的原理就是，当一个中子撞击一个很重的原子，这个原子就分成两个，释放能量，连锁反应导致能量聚集得越来越大，最后就爆炸了。迈特纳第一个认识到这样的事情，也正是因为这样的认识，才有了原子弹。但是，真正要用原子弹杀人了，而且是去杀那些迫害她的德国人，她又不答应，因为她有很坚定的立场。因此，这也是一个非常与众不同的人。

我们再说几个现在还活着的人。

其中有一个是我的导师，他叫约翰·J·霍普菲尔德（John J. Hopfield）^②。他所做的事情，最著名的就是霍普菲尔德模型（Hopfield Model）。他是一个物理学家，但是他研究的是怎么用物理的方法来理解生物界的

① 曼哈顿计划（Manhattan Project，亦有译作曼哈顿工程或曼哈顿项目），第二次世界大战期间美国陆军自1942年起，研究核武器计划的代号。

② 约翰·J·霍普菲尔德（John J. Hopfield，生于1933年7月15日），美国科学家，美国国家科学院院士，于1982年提出著名的“霍普菲尔德网络（Hopfield Network）”。因为在运用物理过程理解生物学方面做出的贡献，他于2002年被授予狄拉克勋章（Irac Medal）。

现象。这样的做法其实也是很危险的，因为你会在物理系里备受忽略，或者备受排挤，或者人家会觉得你是在最好的物理领域做不成才去做生物领域的东西。可是他并不怕，他觉得自己喜欢做什么重要的题目就应该去做。刚开始他是在加州大学伯克利分校（University of California, Berkeley）和普林斯顿大学物理系做教授，后来他跑到加州理工学院去做生物系和化学系的教授，现在又回到普林斯顿做分子生物学的教授。但是他做的是一直用物理的方法去理解生物的东西，而且现在他为这个领域做了很多贡献，带动很多人进入这个领域，让那些人也觉得这个领域非常有趣。

与众不同是不是狂妄自大？这个并不是。与众不同不是傲慢和不听批评，与众不同是在“与众相同”的基础上得到的。这也就是说，你必须在博采众长的基础上，知道“相同”是什么样的，有什么错了，这样你才会与众不同。因此这就需要有强大的“自我纪律”，你必须先想想自己是对的还是错的。比如，老师说今天要做一个作业，你就是不做，觉得大家要做这个作业而你不做就是“与众不同”。你不做作业也许是对的，也许是错的，但无论怎么样，你自己首先要有“自我纪律”，想一想自己是对的还是错的。而且，从统计意义上来说，和大家相同多数是对的，与众不同基本上是错的。所以如果在你自己没有很强烈的信念的情况下，你应该听大家的劝说，跟着潮流走。如果不跟潮流，那你的“硬件设备”、知识背景必须要比别人强，而且你必须有很强的信念觉得这个是对的，你才能与众不同，千万不要为了与众不同而与众不同。为什么叫“自我纪律”呢？因为，你在与众不同的情况下，大多数人都会告诉你这个做错了，所以，只有你自己能告诉你，这个事情究竟是做的对还是错。这是自我纪律，不是别人给你的纪律。另外，你还必须谦虚好学，要敢于接受批评，在接受批评的情况下，再回去评判一下自己做的事情是对是错。

那么，这种建立在“自我纪律”基础上的与众不同如何做到呢？

第一，必须要有知识。这个我就不讲了，因为与众不同是建立在博采众长的基础上，也就是说你的知识不是空的。第二，你必须要有执着的兴趣。这个兴趣必须很强，你爱做这件事情，而为了做这件事情你必须要与与众不同。当然，这种自信心很多是从经历中得来的。比方说，你小时候在家里面只有你一个人做某件事情，别

人都不做，而最后这件事情你做成功了。有一些小事情，比如要到某地去，你说走这条路可以更近，他们偏要说走另一条路，你就是坚持要走这条路，结果你先走到了目的地。于是，你觉得我是能够与众不同地做一件小事情的。虽然是件小事情，但是可以告诉你：你可以做自己的决定。这些经历一点点积累以后，就会给你带来自信。

下面，我来讲一下我的研究领域是多么有趣，才促使我去走这条路的。另外还会讲一些我的经历。

在复旦大学读书的时候，我是学物理的。当时我们一个班 40 个同学生里大概有七八个女生。这还算不错了，现在好像物理系只有 10% 的同学是女生，是不是？我们有 20% 多。当时有一个男老师和我说，女生要是想学物理，最好你的丈夫可以做家庭妇男。这只是他的意见，但是可以显示出一点：女性做物理比较难一点。然而，有一点好处，就是这个男老师其实对我们很关心，给了我们很多指导。所以，这个世界上虽然有各种“与众不同”，但你会在与众不同的路上碰到很多好心人。

我在加州理工学院读博士的时候，20 几个学生里面只有我一个女生，既然是唯一的女生，那做别的事情和大家不太一样也没有问题。所以，在一定情况下，如果你已经与众不同了，再多一点与众不同就不是一件太难的事情了。如果你总是在走平常的路，那第一次要走不一样的路时，你心里总是会有一点儿忐忑不安的。当时，我写了一篇论文，是关于嗅觉的工作原理的，那个题目本身就与众不同，而且我是物理系的学生，但我做这篇论文时指导的老师约翰·J·霍普菲尔德又不是物理系的。因此，系里面的博士答辩委员会就在考虑这个项目算不算物理专业啊，该不该给我物理学学位啊。当时这个事情还是比较悬的，也就是说与众不同的确会有一些风险。后来，1998 年我们从美国去英国的时候，大家也说：美国是世界做科学的中心，而英国在走下坡路，你为什么离开？而且要去的伦敦大学学院，不如当时我们所在的麻省理工学院那么有名。很多人都劝我们不要去，但是我们当时为什么在大家的劝告下还是想去呢？因为盖茨比基金会给了我们一个很好的机会，他们可以给我们资助好多年。如果想做大的项目，我们必须花好多年认认真真地去做，不能

过两年突然还要担心今年文章怎么还没有写出来。毕竟，如果做大项目的话，你会有几年写不出文章。当然，也可能我去了伦敦大学学院以后，研究工作就做得不好了。所以这还是有一定风险的。我们的初衷仅仅因为这是个非常好的机会，可以给我们十年的时间好好做我们自己想做的事情，这点是最重要的。还有，伦敦大学学院有很多非常好的神经科学家，是世界顶尖的神经科学中心之一。

从1994年开始，我发现自己的科研有一个方向不是很好，于是就往另外方向转。转方向后，我提出了一个关于“视觉初皮层”的新理论。这个理论和教科书上说的很不一样。也许与众不同是有一个好处的：如果你站在和别人不一样的背景、不一样的方向去看，你就会看见被别人漏掉的东西。然后，回过头来看看，你发现其实这个是非常简单的事情，只是刚开始没有人往这个方向看罢了。很多情况下，做科学研究就是用与别人不一样的眼光看问题。但是你为什么能站在和别人不同的角度呢？一方面是机遇；另一方面，如果你觉得自己是对的话，不要害怕，要相信自己的看法。

那么，我这个领域为什么让我这么有兴趣去做呢？其实我做的领域和饶毅做的大方向是一样的——大脑。我们说要认识世界，世界大到宇宙，小到基本粒子，那还有什么更有趣的东西呢？如果你相信大脑不是身体以外的，意识是在大脑里面的，那么最有趣的就是我们自己的心灵了。你说你看见了宇宙，可是你看宇宙是用你的脑子去看的，所以说你的脑子是测量这个宇宙的仪器。大脑是怎么工作的，是个非常重要的科学前沿问题，这个问题就足够给你一个强大的驱动力。其实我要去做的这件事情，比如研究大脑是怎么理解宇宙的，说到底还是物理问题。很多传统物理学界的人认为我们好像离开了物理，往别的地方走。但是，我觉得物理和生物的分隔在一定情况下是为了人为的方便，其实我们都是在学习自然科学。而对大脑的研究工作是自然科学的前沿。

我们稍微来讲一下研究大脑的历史。20世纪50年代以前，涉及这个领域的主要是生理学、心理学、解剖学或者医学方面的一些说法，比方说脑外科、脑内科、精神疾病，等等。从生理学、解剖学上讲，20世纪50年代前，研究人员是从一个

一个神经元细胞去看问题的。20世纪50年代以后，有一些实验开始研究一组一组的神经元，比方说从一个脑区来看问题。而到了现在，我们有了这么多数据——从分子生物学到解剖学的各种各样的数据，你在里面真是可以被淹死了。所以大家就开始认识到，也许要用一种理论的方法、用系统神经科学的眼光去看问题。你可以想象，在哥白尼的科学革命之前，也是有很多数据的。什么数据呢？比如，有一个数据是我的奶奶告诉我的，你今天早上起来要向上帝祷告一下，这样你今天就不会出事。这是一个数据，是经验之谈。或者，昨天谁出去了，从这边走，淹死了。这也是一个数据。你要去判断，什么数据是重要的，什么数据不重要；什么数据是可以重复的，什么数据不可以重复。也就是说，有很多的观察资料，你要用一个体系把它们归纳起来，那个时候就需要你像哲学家、理论学家那样系统地去看问题。脑科学领域现在正处于非常有趣的研究阶段，这个前沿领域正需要有才能的人进入。所以你们谁愿意要与众不同，现在也正是时候。

那么，怎么去研究脑科学呢？最好不要空谈，不要只是在哲学上去说，要从可以测量的地方去说。能测量到的地方，有些是脑子的输入，也有些是脑子的输出，因为这些在大脑边缘，更容易测量到。科学研究必须基于实验数据，而如果你要直接去量脑子的意识，因为那是在脑子当中的，所以没有测量的仪器，你也不知道测量的方法，这样不行。有一处可以测量就是信息输入的地方，即我们的感官系统。如果是人脑的话（我们不是说昆虫的脑子），那感官系统里面最大的就是视觉系统，特别大。你可以认为人脑是一个气球，皱起来，没吹开。如果你把气球吹起来，把它拉开，铺开成一个平面，就像气球的面。“眼睛是心灵的窗户”，如果你了解大脑的话，眼睛的确可以认为是一个窗户。你可以认为信息是由两个眼睛输入，最后到里面的“中央处理器（CPU）”。猴子的脑里面，一半的脑皮层和视觉有关，也就是说，中央处理器当中很大一部分是关于视觉的。这简直是有点不可思议，因为脑子要做很多事情。大脑在想，我今天讲座应该说些什么话，还要想，我今天晚上做什么饭，然后听你说话、记笔记，还要指挥我的脚往那边走、手往这边放。大脑要做这么多事情，但竟然有约三分之一人脑皮层是分配给视觉的，看来视觉的确是不

里面去的。你可以认为这只是个键盘，输入的键盘，但是仅仅键盘就已经够复杂了。生物学里研究它的方法是插电极，有些可以插到脑子里面，有些插到脑皮层，有些插到视网膜后面的神经里，然后测量神经元的放电情况。如果你给被试者看一个图片，比如一根线和一个圆圈，插入电极以后就会知道某个神经元是这样放电、另外一个那样放电的。于是，你也就能发现有的神经元喜欢圆圈，另外一些神经元喜欢一根线。20世纪80年代，有两个人因为发现了视觉的初皮层而获得了诺贝尔奖。他们发现，大脑里的每一个神经元就只看一条线，很小很短的一条线，而没有看整个苹果。整个苹果并不是一条线，但是你可以认为整个苹果的边缘是一小段一小段的线。所以，我们就好像是用一些很小的管子看世界的，一个管子里面只看一条线。

然而，仅仅这样你怎么能够认得出苹果呢？而且，视觉初皮层既然是我们脑子里面最大的一个皮层，它怎么能只做这么小的事情——只是看一根根线呢？看见的东西通过两只眼睛的视网膜进去，先给初皮层看一条条线，却用后面很小的皮层来认出这是个苹果。那为什么前面这么大的一个区域不去认？从生物学角度来说，我们的大脑花费了全身20%的血液，也就是说我们的大脑其实很“贵”。而把一个很大的地方用来做这么一些小事，如果你是一个理论学家你就会觉得不对。虽然诺贝尔奖已经认可了这点，但是大脑用这么大的脑区，只是为了让这个脑区里每个神经元各自看很小的一根线，好像可能性不大吧。

这里有一些数据。我们的视网膜大约 $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ ，视网膜里面的感光细胞大概有500万。而在视觉初皮层里就有10亿左右皮层神经元比视网膜里的细胞要多100倍左右。也就是说，数字照相机拍的图像，进入视觉初皮层以后就被放大了100倍。那为什么要放大100倍？只是为了看里面的线条吗？这么去想一想，这么“贵”的一个脑区，去看这样一些线条确实有点奇怪。

那心理实验怎么做呢？

见图5，用这么一个镜子，两个镜片，右边的图像通过右边镜片让你右眼看到，左边的图像通过左边镜片让你左眼看到。所以可以做这么一个实验：让一个人左眼看的是图是一个房子，右眼看的图是人脸。那么他会看到什么？房子还是人脸？平时

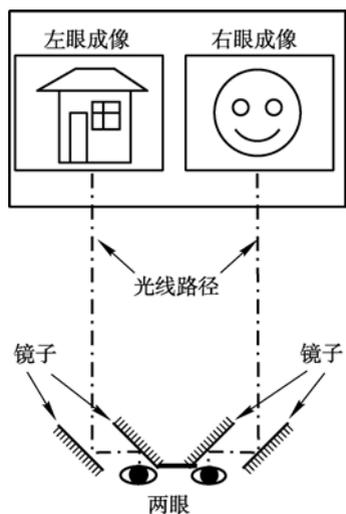


图5 镜子实验

我们左眼和右眼看的东西都差不多，可是如果看得很不一样，那么我们脑子里面会觉得看到的是什么呢？大家可以猜一下。答案是一会儿房子一会儿人脸，对不对？我们脑子可以通过输入的二维的信息，想象三维的世界是什么样。其实，在这个实验情况下，几乎没有三维世界可能给出这两个二维视网膜图像，但是我们的脑子可以想象出来一个解——一会儿房子，一会儿人脸。也就是说，脑子有很多想象的空间，也有很多很奇怪的事情。

这是另外一个很奇怪的事情。图6里的两条线是直的，但是你看上去是弯的。而图7里，这些点到底是黑的还是白的？我们的脑子根据我们的眼动会看见不一样的东西。所以，我们的脑子是一个非常会想象、非常会歪曲的机器。

其实这些观察结果都是实验数据，你可以认为你现在在做心理实验。如果你是一个理论学家，你就会想，怎样能做一个理论框架来解释这些观察结果呢。我今天给你们看的很多东西都还没有理论框架来解释，也就是说，对理论学家来说，现在

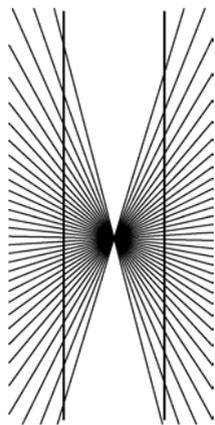


图6 黑灵错觉 (Hering Illusion)

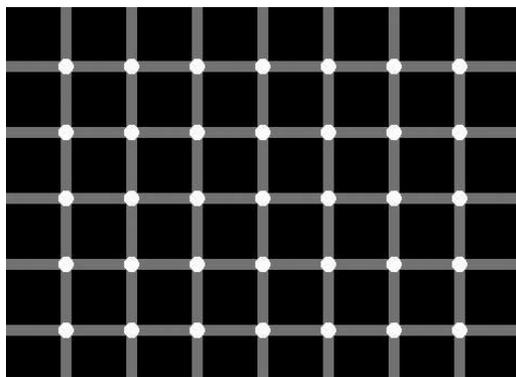


图7 闪动的点

投身到脑科学是一个黄金时代。数据这么多，没有理论，那不就是理论学家的天堂吗？当然，你可能觉得很可怕：如果这领域一个理论学家也没有，作为第一个理论学家进去，可能大家都不理我。人家会说：“你物理学家跑来干什么啊？我们生物学家在这个领域里面 100 多年，没有你们理论学家也活得好好的。”所以，这确实是很危险的。但是，这的确是个黄金时代：投身到脑科学里面，投身到那些大海一样多的、都快把人淹死的数据里面。虽然“都快淹死你的数据”听上去好像是个负面评价，但是你用另外的眼光去看，会发现这其实是淘金的时代。也就是说，你如果是理论学家，要去淘金，就必须先去挖垃圾，因为这么多的数据中大多是垃圾。但垃圾是可以变成金子的，所以如果你先去挖的话，有很多有趣的事情就会被你发现。比如图 8，在中间，你会发现一个三角形，而且因为发现了这个三角形以至于你会觉得中间这块白比背景更白。那么，这个观察数据可能是堆垃圾，也可能是块金子。

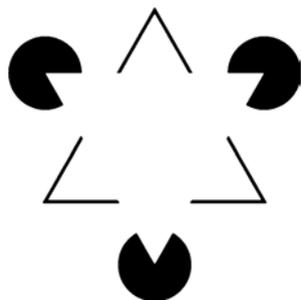


图 8 Kaniza 三角错觉

再看图 9 左图。你看见右边这块是黑的，左边这块是灰的，但是如果我告诉你这两块的灰度是一样的，你相信不相信？你怎么也看不出来：明明右边是黑的，左边是灰的，怎么可能是一样的灰度呢？那么把周围遮掉再看图 9 右图，你就会发现 A 和 B 的灰度一模一样。但是，如果我不遮掉背景的话，我们看到的灰度是不一样的。你眼睛看见的是二维的图片，而你脑子里想象的是一个三维的东西：你不但认为这个图好像一个屏幕一样被折起来了，还觉得有个灯光从右边照过去。其实你根本没有看见光源，但是你脑子里面能想象有个灯光从这里照过去，左边是背着光的，右边是对着光的。既然右半边对着光还这么黑，左半边背着光还这么亮，那说明右边的方块肯定是非常黑的。所有这些都是你脑子里面想

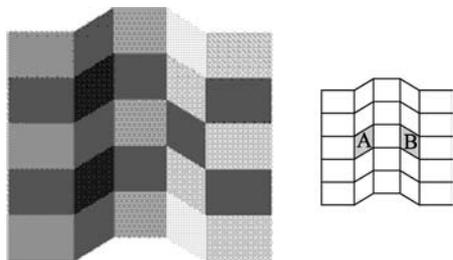


图 9 灰度的错觉

象出来的，你觉得右边那块更黑，而且即使已经知道是错了，你还是改正不过来。所以说，你脑子里面有很多自动的机器，可以做很多自动的东西。

图 10，我再给你们看一个非常有趣的东西。大家都已经看见是什么了。我现在做个实验，我再给你另一幅像，你要告诉我两者之间有什么区别。如果你发现了就先举手，不要喊出来，因为可能别人还没发现。我们来看第一次有多少人看见。图 11 是第二幅，这两幅图像有什么区别？看见了举手。有一位看出来，这么多人只有一个看出来。我再给你看第一幅图像。现在有好几位看见了。再看第二幅，现在在大概有 10% 的人看见了。所以，你以为大家都看见的东西，别人其实都没看见。而且实际上两个图像变得特别多：人脸边上的这座山没了。我调换得快你就看见了。为什么换得快看得见，换得慢看不见呢？这是因为我换得快了就把你的视觉初皮层用上去了，换得慢了它就没有用上。所以我们大多数人其实是“瞎”的，我们都没有看见。那怎么能看见呢？只有眼睛盯着那座山我们才会看见。现在还可以做个实验。你盯着前面，自己把手放在中间，连指纹都看得清清楚楚；但如果你把手举在旁边，那连有几根手指都看不清。这说明你的眼睛如果不往那边去，你根本就没有看到。所以我们大脑的视觉系统做的最大、最难的一件事情是要让你知道往哪里看。比如前面说的图 3，你怎么知道图里这是苹果那是房子？其实这取决于你往哪里看：往左边看就会看见苹果，往另一边看就会看到房子。这么难的一件事情谁去做呢？视皮层里面最大的皮层，也就是视觉初皮层，很可能是做这个事情的。我们



图 10



图 11

还可以从理论的角度去想一想。如果拿数码相机拍照片，拍好以后要寄给朋友，你会先压缩一下，然后再用电子邮件寄出，否则你朋友的信箱就会满了。为什么压缩一下呢？这是因为一个很大的图像就会有好几百万兆字节，而每秒钟会有 30 幅图像进入我们的眼睛，数据量很大。你可能会说，照片数据量很大没关系，我可以用互联网下载。可是用来下载的那根线很细，下载速度太慢，所以还是需要压缩一下才能过去。这还不够，因为还有注意力瓶颈，于是就会更慢。这个注意力瓶颈是测量过的，每秒只有 40 比特（bits）。而一个图像就有 100 万兆字节，相对而言，40 比特就是一点点。这就是为什么大多数东西你都没看见，而看见的只是你眼睛盯着的地方。

那么，怎样可以把很大的信息量突然变成这么点儿呢？信息从眼睛里进去，首先跑到视觉初皮层，然后再一点点往上走，走到前额的地方就可以有意识了，就可以知道看到的是什么东西。在往上走的过程中，信息大多都给删掉了。那什么信息没有被删除？又是谁决定什么信息不被删除呢？其实，进行数据选择的部位就是视觉初皮层。这个就是我的理论：信息从视觉初皮层进来的时候，就会告诉你应该往哪里看。这确实有点奇怪。我们普遍认为视觉初皮层是看一条条线的，那既然还没认出这个苹果，它怎么知道是往苹果那里去看呢？就是说，你还没有鸡怎么会有蛋；或者说，你还没有蛋怎么会有鸡？这就是为什么大家都觉得这个理论不合常理的原由。所以，我们也就需要有一种不同的想法才能理解它。

既然这是个理论，你就必须去验证它。怎么验证呢？你就去找视觉初皮层有什么特殊的地方，也就是说这件事只能它做，别的脑区不行。我们发现，特殊的地方就在于左眼和右眼的信息都会传递进视觉初皮层。所以，里面有些神经元只看左眼的信息，有些神经元只看右眼的信息，有些神经元两只眼的信息一起看，有些神经元 70% 的输入是从左眼来的而另外 30% 是从右眼来的。所以视觉初皮层里面有的神经元知道哪个眼睛看到了什么东西，也就是信息是从哪里来的。但是，从视觉初皮层（V1）到下一步 V2、V3 等那些高级的、所谓“聪明”的地方，这个信息就没有了，因为每个神经元都把两只眼睛的信息汇总起来了。所以，在双眼竞争的实验中，

信息到底是哪一只眼睛获得的，只有 V1 知道。可以认为这是视觉初皮层的一个鉴别特征（fingerprint）。正因为如此，虽然你知道看见的是个人脸还是个房子，但是你不知道是左眼看到的还是右眼看到的。所以，如果你给左眼看了很多“○”（图 12-1），给右眼看的是 1 个“×”（图 12-2），你的大脑会认为左眼和右眼看见的都是这幅图（图 12-3）：有 100 个“○”和 1 个“×”。只有视觉初皮层知道，其实左眼右眼看的是不一样的。如果我让一个人看着这幅图去找那个“×”在哪里，找到就立刻告诉我，这就是一个实验。我可以测量他告诉我的时间，这个数据就能说明他的眼睛跑到那个地方去的速度有多快。但是，如果变成图 13 这两幅图：“×”和大多数“○”是给左眼看的（图 13-1），另一个“○”是给右眼看的（图 13-2），那么找那个“×”就慢了（图 13-3）。比如本来 1 秒钟找到的，现在需要 2 秒钟才能找到。这是因为虽然你不知道右边的这个“○”很特别，但是视觉初皮层知道，于是它就会让你的眼睛先去看那个特别的“○”，而不是这个“×”。这个实验的数据就可以证明，是视觉初皮层决定你眼睛往哪里看的，因为这个信息只有 V1 才有。

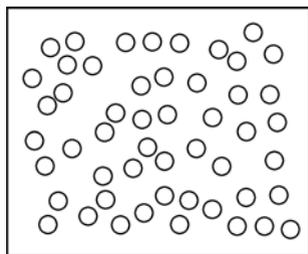


图 12-1

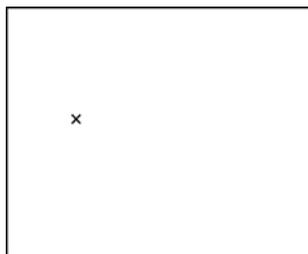


图 12-2

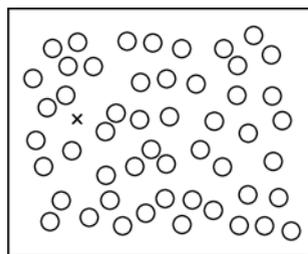


图 12-3

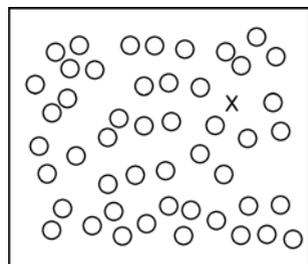


图 13-1

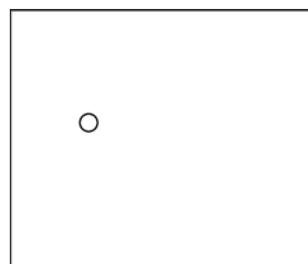


图 13-2

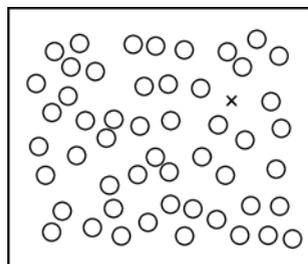


图 13-3

所以，我们脑子做很多事情我们是不知道的，例如视觉初皮层的工作就是潜意识的，但是它做了很多非常聪明的事情。

另外，你们知道眼睛 1 分钟大概动几次？大家能不能猜一下？（学生答：60、70 次）还有别的意见吗？（学生答：20 次）大家觉得，眼睛大概只能动 60、70 次或者 20 次，对不对？我要是告诉你，其实你眼睛 1 分钟内动了近 200 次，你相信吗？我们大多数人眼睛 1 秒钟动 3 次，所以 1 分钟动 180 次。你连自己的眼睛动了多少次都不知道，这就说明你的大脑做的很多事情其实很重要，但是它并没有告诉你。我们大脑在做什么其实是非常不直观的东西。

这是另外一个可能让你感觉到非常有趣的事情（图 14）。比方说，我们现在很容易在这张图里找一根明显和其他不一样的斜线。但是如果我把这根斜线放到很多“×”里面（图 15），你就觉得不大容易看出来。其实我也就是在每根斜线上面放了一根竖线或者横线而已。在这幅图里，“×”是要很“聪明”的地方才能看见的，斜线呢，其实是很“笨”的视觉初皮层看见的，所以只有 V1 才可以很快找到这个不一样的斜线。如果我让你在这里找不一样的斜线（图 16），找到了吗？很多人没有找到。这是因为你们脑子太聪明了，都是北大的学生，太聪明了。你们要让你们很“笨”的视觉初皮层去看。其实它早已经看到了，你的眼睛已经落到那上面了你却不知道。大多数人其实在 1 秒到 2 秒之内就已经找到了，但是你大脑

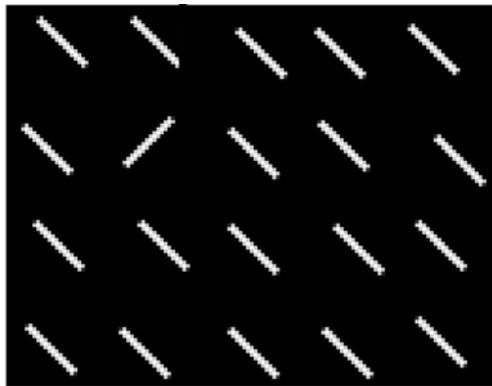


图 14

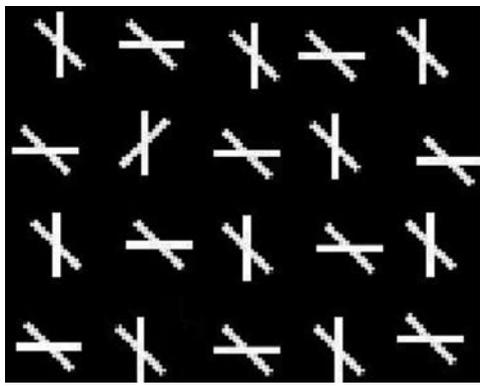


图 15

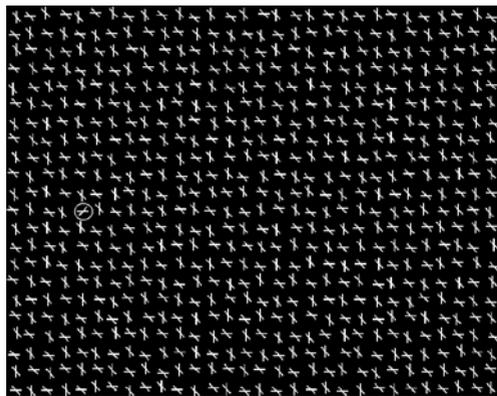


图 16

聪明的地方把视觉初皮层的判断给否定了，然后眼睛又往别的地方走。所以如果我在实验中去跟踪人的眼睛，就会发现眼睛从中间开始一下子就跑到那条不一样的斜线那边去了，然后很快地，眼睛在这里犹豫了一下，又跑掉了，最后再回去。所以呢，我们所知道的大脑里面的工作，其实只是冰山一角，它做的很多其他的事情我们都不知道。

大脑是个非常有趣的东西，而现在这个时候，也正需要我们比较聪明的北大学生们来加入这个领域，学习把生理、心理、数学、物理、解剖等各种各样的实验方法和理论方法结合起来进行研究。如果你确实觉得它这么有趣的话，你就敢去做与众不同。其实与众不同也并不是很可怕的，因为你会在与众不同的人里面发现和你一样的人。所以“与众不同”还是非常值得去做的一件事情。如果你是一个女性也没有问题，如果你是唯一的一个中国人也没有问题，如果你是一群生物学家里面唯一的物理学家也没有问题，如果你是很多生理学家里面唯一的解剖学家也没有问题。因为，传统的领域要用不同的眼光来看待，才能解决这些非常有趣的科学前沿问题。

我查了一下，我们有一个非常好的榜样。李芳华，是中国科学院院士，她给了我们很多建议。这些建议可以说是给女生的，也可以说是给我们大家的。第一，要执着于自己的领域，只有你对你学习的东西有足够的兴趣才会愿意去做冒险的事情。有很多冒险的事情，比如，你做的领域大家都没涉足过的话，你也许连工作都找不到；你读物理专业的时候，大家会觉得依照你的论文不该给你物理学的学位；你即使到最后拿到了物理学的学位，可能也没有物理系的人会找你做教授，而生物系也不大可能招个物理学毕业的博士做教授。所以，你的确可能会冒一点险，但问题在于这样的冒险值得不值得。只有你对这个领域有足够的兴趣，你才会像工作狂一样

地去做，你才会觉得这样的冒险是值得的。第二，要在工作上比别人投入更多的时间。相信大家一定都会很努力，然而，是不是一定要努力到比别人做的时间多呢？我觉得，其实也不一定。有的地方是质，有的地方是量；有些地方你确实需要做大量的工作，但也有些地方你还是必须要有一段时间让自己停下来，想一想未来的方向。第三，要更高效地统筹规划时间和精力。作为女性，你要在家里管孩子，又要写科研基金申请书，只有统筹安排了这些事情，你才能平衡好自己作为妻子、母亲、女儿和科学家等这些社会角色。另外，还要热爱你的工作。因为做事情都是很辛苦的，你如果在工作中觉得高兴了，才更容易做得成功。

现在大家如果有什么问题的话可以提问。.....○

提问：谢谢李老师。您今天讲了关于“与众不同”的话题。其实我原先想到上海去读研，因为上海也有个生命科学研究所是研究脑科学的。但是当大部分人都想出国的时候，我突然冒出这么个主意，很多人都不理解。但是我最近又听说，中国现在很多的院校，包括中科院、北京大学、清华大学，都强行规定博士生必须要发表SCI影响因子大于5或者大于10的论文才能毕业。这让我很困惑。因为有的人，比如说从事生物物理学领域研究的，做一个很漂亮的蛋白质的结晶要花很多年，可能7年、8年。也就是说，我们有顶尖级的研究所，我们也有顶尖级的科学家，但是我们有没有顶尖级的一些政策或者一些制度来辅助支持它。这是在国内读研的一个情况。难道做研究非要在国外吗？在国外，比如美国，科研环境真的就是天堂吗？

李兆平：我觉得这个当然不一定了。如果你做出来的是很明显的好东西，那我觉得SCI影响因子应该不会紧套着你；只有你做的没有被大家看出来是真正的好东西的时候，才会用SCI影响因子来衡量你。其实，现在有很多优秀的科学家回到国内。比方说我们清华和北大，我觉得脑科学未来几年内会飞速发展，上海神经所也挺不错的。所以如果你们要学脑科学的话，国内可以是世界顶尖的地方。

而且，对于研究生阶段的学生来说，最主要的不是学校，是导师。我们国内

已经有世界一流的导师了。所以，如果你看准了哪个导师，你倒不如在这里留下来。所以，首先问你自己，你现在在国内已经看准了哪个导师，或者哪个方向了吗？你在美国有没有看准哪一个，还是只是为了出国而出国？不管是在美国还是在在中国做科研，以后出去参加会议等交流活动，你都是在世界舞台上。而世界舞台是谁介绍你上去的？是你的导师，不管这个导师是在中国、美国还是英国。你们应该这么看问题。

提问：刚才说做神经科学的好像很少有理论学家。而我以前听说一个也是很出名的人，叫弗朗西斯·克里克（Francis Crick），他是发现 DNA 双螺旋的人之一，在后期也涉足了神经生物学领域。你觉得他算不算是一个理论神经生物学家？

李兆平：我觉得他可以算吧，因为他是想做一个大的假说。他的假说虽然没有被证明，但是你可以认为他是一个理论学家。理论学家不是一定要写方程的，其实每个实验学家在一定程度上都是理论学家。作为实验学家，你需要去考虑今天是做这个实验还是那个实验，这个决定就是个理论决定。我之前提到的理论学家指的是传统意义上只做理论不做实验的人。为什么有的实验做出来好，有的实验做出来不好？有些地方是因为技术、仪器，但是最主要的还是取决于你做什么实验。你是做这个实验还是那个实验？这是个理论学家的问题。所以这么说来，最好的实验学家都是理论上比较强的人，他必须有一定的理论想法。

提问：老师您好，刚才您讲的一些错觉的问题，但是我以前好像在书上看过，我们文明世界的人有这些错觉，心理学家在非洲土著部落做实验时，却发现那里的人他们没有这个概念。那这个对你的理论会不会产生一些困难？

李兆平：我不知道这个数据。如果有这个数据的话，我只有一种假设：错觉很多情况下和你脑子里面想到的东西有关，而脑子里面想到什么和你的经历有关。也就是说，我们脑子里面会有先验知识，这种知识是和我们的经验有关的。土著人

看见的东西有很多和我们是一样的，比如我们看见树，他也会看见树，但是他们没有看见过电视机之类的东西。所以，如果你说的那个错觉和土著人生活的世界上有没有电视机这个先验知识相关的话，实验结果确实可能会不一样；但是如果这个错觉是因为树啊、土啊这些引起的，我觉得这是我现在不能理解的一件事情。

提问：老师您好，刚才您提到过我们每秒钟会有3次眼动，那么是否会有幅度的差异？而眼动又是怎么检测的呢？

李兆平：是有差异的。眼动大多只在7度之内，而且小幅度的眼动多一点，大幅度的眼动少一点，概率是呈指数降下来的。还有，我指的眼动是眼睛真的在动，不是指眼睛颤抖。其实眼睛颤抖的频率非常高，每秒钟就会有60次，而且如果不颤抖就看不见东西了。

检测的方法其实很简单。你可以用一个照相机照着被试者的眼睛，直接就可以看它是怎么动的。如果不动的话，你的眼睛就会瞎的。这是怎么知道的呢？在实验中，可以给被试者看一个图片，然后你用照相机看他眼睛怎么动。他眼睛往左动你就把图片往左移一下，他眼睛往右动你就把图片往右移一下，这样，图片在他眼睛上的成像就不动了。过一会儿这个人就看不见东西了。当然你必须很快地移动，也就是要把照相机和计算机连起来实现实时追踪。

提问：请问老师，先天盲人的视觉初皮层是起什么作用的？

李兆平：先天盲人的视觉初皮层部分被听觉系统占了。而且如果给30多岁以上的先天盲人做手术让他们突然能够看得见，他们会特别难受，还是宁愿把眼睛闭起来拿着竹竿走路。这是非常有趣的现象，我猜想可能是因为他们视觉初皮层的功能已经改不过来了。我曾经见过一个先天盲人，他可以滑雪，而且原来还是世界盲人速滑冠军。结果他30多岁以后就通过手术重见了光明，但不盲了以后他就不敢滑了。我就问他你为什么不敢滑？他说，他看见那个树的影子他就害怕，我说你又没

有撞到树。可是他就是分不清树和树影是两回事，也就是说他没有把树和影给分割出来。我就怀疑他的视觉初皮层已经“无可救药”了，也就是说那些可以分割图像的“聪明”的地方已经不行了。

提问：老师，听到您刚才举的一系列的例子，我感到很有趣。您从事这样的研究，可能它的影响不仅限于这个生物界。随着研究越来越深入，它可能对整个社会的伦理体系都会产生一个比较大的影响，比如您分析了视觉错觉现象产生的原理以后，这些错觉就可能会被某些商人用来欺骗消费者。我想问的问题是，在我们选择自己未来的方向，或者决定做与众不同的事情之前，是不是不仅仅要考虑到自己的兴趣，同时还要考虑到社会的伦理。也就是说，我做的事情会不会就像原子弹一样，给世界打开一个“潘多拉的盒子”？

李兆平：的确是这样。但是我认为对知识的探索是不能被制止的，不能因噎废食。至于社会伦理问题，可以在有了知识以后再用一些其他办法来解决，比如禁止用知识去做一些不好的事情。当然，每个人都应该有自己的立场，这只是我的个人看法。

提问：谢谢李老师刚才的精彩演讲，我以后也是要做视觉方面的研究，所以对您的理论比较感兴趣。您说视觉初皮层的特别之处是它可以区分两眼不同信息的来源，但如果他是单眼盲的病人，他的视觉初皮层功能会不会有一些变化呢？另外，您刚才说视觉皮层在大脑皮层中占了很大的比例，而视觉初皮层又是其中一个很主要的区域。那除了特征性的功能之外，在您的理论里，它还有没有其他一些更复杂的功能？

李兆平：我只是用区分两眼信息这个功能来做例子，而事实上，视觉初皮层其实还做很多别的事情，比如判断短线的指向和颜色，等等。只不过，我们可以通过区分两眼信息的这个特点来把视觉初皮层和大脑皮层的其他部分区别开。如果是单眼盲的病人，他们还是用视觉初皮层来管眼睛的运动轨迹，但是，决定

的方式不一样。

视觉初皮层其他更复杂的功能肯定是有的，我的理论提出的这个特征只是功能之一。大家知道，计算机视觉这个领域起步很迅速，然后似乎一直进展缓慢，就是因为图像分割这个问题没解决好。他们只是从工程的角度去想，也就不易想到我们大脑中下意识的计算方式是什么。我认为图像分割很重要。也就是说你还没有鸡（还没有辨认出物体）就先有蛋（知道眼睛应该往哪里看）。而自然科学应该做的就是探索自然，所以我通过实验提出了我的理论。但是，这个理论只是说眼睛往哪里看这件事是视觉初皮层做的，并不是说视觉初皮层就不做别的事情了。