

3. 用表格列出所有重要的概念，并给各类问题配上想收为己用的例题。

4. 争取在考前列一张内容全面的表格，其中包含科目、每小节题型以及解题技巧。别惊讶，单是列出章节和主旨就能让你受益匪浅了，更不用说列出题型和收藏解题小技巧会带来多大好处。这种从字面上进行的回想能让你在最短的时间内识别题型，并让你在进入考场时信心倍增。

“我年轻的时候，要是对一项知识没能即时理解，我会认为我没有这方面的理解能力，认为自己笨。”当然，这想法从根本上就错了。现在我明白，做事趁早是多么重要，这样可以留出消化知识的时间。理解无压力了，才会让学习更有乐趣。

拖延的小恶魔总结篇

你得和拖延症较较劲

在前几章里，我们已经大致谈过了与拖延相关的许多问题。但本章会加入一些新的见解作为对拖延这个版块的结语。

长期在“高压区”工作的利弊

在 1988 年一个周五的晚上，微软的两名工程师在派对上偶然碰面，发现他们解决了当时微软基本上已经放弃的一个主要软件障碍。这实在太令人激动了，他们离开派对去尝试这个想法，开启电脑，一行行地检查有问题的代码。那天深夜，他们即将开启一个意义重大的时刻。根据法兰斯·约翰逊在他著名的 *The Click*

Moment 提到的那个“时刻”——将几乎被弃置的软件项目改造升级为 Windows 3.0，这也为微软今天成为全球科技巨头奠定了基础。¹ 灵感从天而降的时刻确实是存在的。

这样少见的创造性突破，通常是在经历了一番神经紧张的准备、竭尽全力的努力，甚至包括熬夜工作后才姗姗来迟。这与数学和科学标准的一天学习是大不相同的。它更像体育运动：每隔一阵子会有一天的比赛，你需要在重压之下全力以赴做到最好。但你肯定不是天天都在那种情况之下进行训练的。

在你效率特别高并且一直持续工作到深夜的日子里，你可以完成很多工作，但是随后几天，如果看看自己的计划日志，你就会发现，自己没有之前那么有效率了。习惯突击完成工作的人通常比那些合理安排时间、定时定量完成工作的人效率低很多。² 突击完成工作的时间如果太长，会让你精疲力竭。³

迫在眉睫的截止日期会不断增加压力程度，把你逼迫到一个区域中，其中应激激素会参加进来帮助你思考，但是依赖肾上腺素是很危险的，因为只要压力太大，你的思考能力很明显就会消失。更重要的是，为了即将到来的考试学习数学和科学与在截止日期前完成一篇书面报告是截然不同的。对于多数人来说，培养数学和科学相关的架构会很慢，因为在吸收这些学科的知识的时候，大脑会在专注模式与发散模式的思考中相互交替。尤其在谈到学习数学与科学时，老生常谈的借口“我在面临截止日期时做得最好”明显是大错特错。⁴

还记得第 5 章我们讲拖延的时候提到的那些服用砒霜的人吗？回到 19 世纪，当服用砒霜在奥地利一小部分人中间生效的时候，人们忽视了它带来的长期后果，虽然他们的身体里已经有了耐药性。这就像人们一开始不会意识到拖延带来的危害。

能够控制拖延的习惯，就意味着承认那些带来短暂痛苦的事情

最终会是有益的。克服想要拖延的冲动与其他最终有益的小应激源具有很多共同点。

我不工作的时候，一定要休息，绝不会做其他事情。

——心理学家 B.F. 斯金纳 (B.F. Skinner),
这个关键的认识成了他职业生涯中的转折点⁵

明智的等待

我们都知道，看起来好的品质也可能会带来坏的后果。象棋中的“思维定式”就是个好例子，它是指局限于先前的认知而没能认识到更好的走法。集中的注意力一般是良性的，但也会让你不自主地陷入思维定式中，从而无法发现更好的答案。

就像集中注意力并不总是好的，拖延这样看起来不好的习惯也并非总是坏的。不管什么时候列计划清单，你都可能因为某事没有列为“首要待办”而被认为是在拖延。拖延有益的一面就是让你在急于完成某事之前学会“驻足与反馈”，学会明智地等待。事情总是做不完的，区分事情的优先次序可以让你从宏观层面上做决定，而有时等待也可以让情况自行转变。

驻足与回顾不仅在克服拖延方面是关键，在解决数学和科学的问题时也是。你可能会很吃惊地发现，数学专家（教授和研究生）与数学新手（本科生）在解决物理问题时是不一样的，专家会更慢一些开始做问题，⁶他们平均会先用 45 秒来分析如何根据问题背后的基本物理原理对这个问题进行归类。而本科生会很着急，他们只

用 30 秒就决定了要如何解决这道题目。

不出意外，本科生得出的结果常常是错的，因为他们仅凭问题浅薄的表象去做选择，而不是问题所依据的基本原理。这就像专家会花很多时间得出西兰花是蔬菜，而柠檬是水果的结论一样。新手就会急于说西兰花是一棵小树，而柠檬明显是鸡蛋。“驻足”给了你充足的时间去搜索自己的组块资料库，让你的大脑把这个具体的问题与宏观层面联系起来。

等待在更广的含义中也很重要。比如，当你很难理解某个具体的数学或者科学概念时，重要的是不要让困惑控制你，让你觉得那些概念太难，或者很抽象而不去理会它们。FBI 人质谈判专家加里·内斯纳 (Gary Noesner) 在他恰如其分地取名为 *Stalling for Time* 的书中这样指出，我们从成功或失败的人质谈判中都能有所收获。⁷ 因为在这些情况下，人们都会情绪激动，尝试迅速解决事件的努力常常会导致灾难。面对情感挑衅，如果能克制想做出过激反应的本能需求，就可以给情绪一些时间渐渐消散。如此造就的冷静头脑可以拯救生命。

情绪会通过说“想做就做，肯定没错”来刺激你，但在很多事情上它会误导你。比如在选择职业的时候，“跟着感觉走”可能就像决定与你最喜欢的电影明星结婚一样。听起来不错，直到现实给你当头一棒。以下就是事实证据：在过去几十年里，盲目地跟随自己的激情，而非理性地分析职业选择是否明智的人，比起那些结合理性与激情选择工作的人，对自己的工作选择感到更不开心。⁸

我就是这样子的。我原本对数学毫无热情可言，更不用说天赋和技巧了。但在理性思考之后，我变得乐意学好它。为了学好它，我经过了一番努力。我也知道仅仅努力是不够的，我还得避免自欺欺人。

我后来确实学好了数学，并凭借于此打开了通向科学领域的大

门，又慢慢精通了科学。当我小有成就的时候，激情也随之而来。

我们通常会对擅长的事情产生激情。与之相伴的错误想法则是，如果我们不擅长做某事，我们就不会具有对它的激情，也永远不会培养对它的激情。

拖延问答

太多工作让我几近崩溃，使我努力避免去想它们，尽管这样会让我的境遇雪上加霜。当我觉得自己的工作量大到让我瘫痪时，我该怎么办？

写下三个能在几分钟之内就能完成的“微型任务”。记住，幸运女神会眷顾那些愿意尝试之人，所以只要尽全力做那些有意义的事就可以了。

这个时候闭上眼睛，告诉自己没什么其他可以担心的，只要专注于手头上列出的第一个微型任务就可以了。（我说“闭上眼睛”并不是在开玩笑，记住，这样能帮助你摆脱之前的思维方式。⁹采用番茄工作法也许是个不错的主意。你能在25分钟内读完本章节的头几页吗？

完成许多富有挑战性的工作就像吃萨拉米（意大利腊肠）一样。你得把它切片，一口一口吃。庆祝每一个成就，即使是微不足道的那种，因为你在进步！

要想改变我的拖延习惯需要多久呢？

尽管你可能很快就会看到成效，但你可能需要三个月的适应期来接受一套全新的、让自己舒服的习惯。要有耐心，遵循常识，不要想一口就吃成个胖子，巨大的改变可能不会持久，而失败只会让

你越来越没有勇气。

我的思维很跳跃，注意力容易分散而无法专注于手头的工作。
难道我注定做一个拖延症患者吗？

当然不是！我有很多富有创造力又成功的学生，他们都使用了本书中所列出的方法帮助自己克服了注意力缺陷多动障碍及其他注意力相关的问题。你同样也可以。

如果你的注意力很容易分散，那么能让你在短时间里专注于某一项工作的小工具可以让你受益匪浅，比如行程日志、挂在门上的白板、一个计时器，以及智能手机或者计算机里用于时间规划和计时的应用软件。所有这些工具都可以帮助你将这些浑浑噩噩的拖延毛病转为由小恶魔“掌控”的习惯。

来自一个患有注意力缺失症的学生的观点



因为我患有注意力缺失症，所以我每天都要和拖延症做斗争，而做计划是预防拖延唯一有效的方式。对我来说，这就意味着每件事都要写在计划日志或者笔记本上，比如作业的截止日期、工作时间，以及几点跟我的朋友们出去玩。

我现在每个星期都在差不多一样的时间段里做事情，我的身体喜欢这种固定模式。这也是为什么最开始打破拖延的习惯会那么难，但强迫自己在一个月后形成新的习惯并坚持下去也很容易。

——韦斯顿·耶书伦 (Weston Jeshurun)

大二学生，专业不明

你之前有提到过克服拖延的时候少用意志力，难道我不该通过多次运用意志力从而增强它吗？

意志力跟肌肉不一样。你只有不断地使用自己的肌肉才能加强和发展它们，但任何时候，你的肌肉存储的能量都是有限的。培养意志力与使用意志力这两个方面都需要兼顾到。¹⁰ 这也就是为什么如果你真的想要有所改变，每次只能用一件困难的事情来锻炼自己的自律能力。

我坐下开始写作业很容易，但只要一开始动笔，我就发现自己忍不住想要瞄一眼 Facebook 或者电子邮箱。等到我意识到的时候，我事实上已经花了八个小时来做其实只用三个小时就能完成的作业。



番茄工作法能够让你全面摆脱小恶魔习惯的干扰。从来没有人说过你必须完美地克服拖延症的毛病。你只需要坚持不懈，不断改善自己。

如果一个学生自己有拖延症，但拒不承认，并把责任归咎于除了自己之外的所有人和事，你会怎么评价他？或者另一个学生挂了所有科目，但她认为自己学到的知识比她的分数展现得更好？

如果你总是发现自己不停地陷入“不是我的错”这样的情形，那么肯定有哪里不对。因为最终只有你才是自己命运航船的掌舵人。如果你没有得到让自己满意的分数，就要想办法做出改变来得到你想要的成绩，而不是责怪他人。

过去的这么多年里，很多学生都曾经告诉我，他们“真的吃透

了教材”。他们辩解说，自己之所以挂科是因为考试发挥得不好。可常常是他的队友告诉了我真相：这个抱怨的学生几乎不学习。让人伤心的是，这种对自己能力的盲目自信有时候甚至达到了妄想的程度。我相信这也是为什么雇主喜欢聘用那些在数学和科学领域里成功的人的部分原因。因为那几门学科成绩的好坏与否完全取决于一个学生对比较难的材料掌握程度的客观数据。

值得再次强调的是，各个领域中一流的学者专家都会同样告诉你，成为专家的道路非常不易。他们在那些烦闷冗长、困难重重的时光里步履艰难，获得自己现在的成就，让他们此时的得心应手看起来好像很简单一样。¹¹

该你试试了！

试着和你的小恶魔较劲

回想一个你拖延了的挑战。什么样的想法会帮助你克服拖延？比如，你可能会想：“其实并没有这么困难，等我开始做的时候事情就会变得容易了一些，有时候做一些我不喜欢的事情其实是好事，回报是值得的。”¹²

本章小结

拖延是一个非常重要的话题，这篇总结里涵盖了本书所有章节里提到的克服拖延症的方法：

- ✓ 记行程日志。这样当你实现自己的目标之后，就可以回头追踪并了解哪些是有效的方法，哪些是无效的方法。

- ✓ 每天都对自己承诺要完成一定的惯常事务和任务。
- ✓ 在晚上睡觉前写下你计划的任务，这样你的大脑就有时间详细考虑你的目标，从而帮助你确保能够成功。
- ✓ 把你的工作细化成一系列小挑战。总是确保你（和你的小恶魔）得到足够的回馈。花几分钟时间尽情地享受幸福和胜利的快感。
- ✓ 要慎重选择时间，直到你完成了这个任务才能奖励自己。
- ✓ 小心拖延的信号。
- ✓ 让自己身处少有拖延信号干扰的新环境中，比如安静的图书馆。
- ✓ 障碍总会出现，但不要把你自己的问题全都归咎于外部因素。如果每件事都是别人的错，那就是时候好好审视一下自己了。
- ✓ 相信自己的新时间系统。注意力集中的时候就要努力工作，该休息的时候要足够相信自己去休息，不要有负罪感。
- ✓ 如果仍然无法摆脱拖延，要有后备计划。毕竟没有人是完美的。
- ✓ 做第一个吃螃蟹的人。
- ✓ 享受做小白鼠的时光！

驻足与回顾

{ 合上书，看向别处。本章的主要观点是什么？你今晚睡觉前，试着再次回想一下主要观点——入睡前这段时间看上去常常是加深记忆最有效的时段。 }

学习提升

-
1. 如果你很容易分心，有什么好方法能帮助你预防拖延呢？
 2. 你该如何判断何时拖延是有益的，何时拖延又是有害的？

3. 你是从什么地方意识到，在立刻投身其中前的驻足与回顾对你有益的？
4. 如果你坐下是为了工作，却发现自己在浪费时间，你会采取哪些行动让自己尽快回到正轨上？
5. 回顾自己是如何应对挫折的。在面对那些困难的时候你有积极承担自己的责任吗？什么样的应对最终是有效的？
6. 为什么那些跟随自己的内心，而非经过理性分析而选择职业的人对自己的工作更有可能不满意？

增强你的记忆力

大脑虽小，空间无限

约书亚·福尔是个普通人。但有时候普通人也能做出不普通的事。

刚大学毕业的福尔 (Foer 的发音同 “four”), 在和父母同住的日子里, 他努力想成为一名成功的记者。可他的记性不太好, 经常会忘记女友生日这类重要的日子, 要么就是想不起自己把车钥匙放哪了, 或是忘记烤箱里的食物。在工作上, 无论他多努力地不出岔子, 还是会把 its 写成 it’s。

但是福尔惊讶地发现有些人不同寻常。他们能在短短的 30 秒内记住洗乱的纸牌顺序, 或者毫不费力地记住几十样东西, 像手机号码、名字、相貌、重要的事件或者日期。随便给他们一首诗, 他们就能在几分钟内记住并且背给你听。

福尔特别羡慕。他觉得这些天才记忆大师的

大脑，一定有些不寻常的构造，能帮助他们轻松记住海量数据。



记者约书亚·福尔为全美记忆冠军赛做准备。干扰是记忆强手最大的敌人，戴上耳塞和眼罩能让福尔避开干扰。强烈建议，如果真想记住什么，最好“两耳不闻窗外事”。

但是与福尔交谈过的每位记忆高手都坚称，在未经训练前，自己的记忆力水平相当一般。尽管看起来不可信，但这些人声称，老套的形象记忆法能让他们记得更快更轻松。“每个人都能做得到”，这样的声音在福尔耳边回响。你也可以。¹

福尔怎么也不会想到，在这样的激励下，自己能够作为顶级决赛选手出现在美国冠军记忆联赛上，而此时的他正目不转睛地盯着一副纸牌。

作为教育者，我们热衷于鼓励学生构建知识组块，而不是仅去记忆孤立的概念。这有时会让他们产生错觉，以为背和记没那么重要。（“为何我要去死记硬背那些能在书上找到的方程

式？”）但因为有了重点概念，充满创造力的组块过程才能开花结果，所以记住重点非常重要。从中可得到的重要经验，是要不断揣摩推敲记住的知识，才能构建组块。

——弗里斯特·纽曼 (Forrest Newman)

萨克拉门托城市学院天文学物理学教授

还记得餐桌在哪儿吗？你自带的超大视觉空间记忆

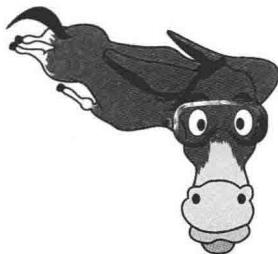
别吃惊，其实你也有出色的视觉和空间记忆系统。有些学习技巧需要这些系统的支持，一旦运用起来，你便不必仅仅靠草率的重复强记知识。相反，你会通过一种充满趣味、便于记忆、富有创造性的方法，让视觉、听觉、触觉更易于接受你想要记住的内容。不仅如此，这些技巧还可以释放出工作记忆的空间。有时以古怪又不失逻辑的方式将事情分类记忆，更能轻松地强化长期记忆。这能有效地缓解考试时的紧张情绪。

下面要讲讲我所说的，属于你的出色视觉和空间记忆。如果让你观察一所从未参观过的房子，你会很快对大致的家具摆放、房间布局、配色方案，（哇！）甚至对浴室橱柜里的备用药物都会有一个印象。短短几分钟，你的大脑就会获取并保留上千条新信息，甚至几个星期之后，你脑海中留存的记忆量，仍旧是同时间内盯一面白墙所不能比的。你的大脑生来就能留存地点这样的大体信息。

不论古今，高手都用过这些记忆手段，这让他们充分开发了自己与生俱来的特大视觉空间记忆能力。我们的祖先从没有记忆大量人名或数字的需要，但他们确实得记住怎么在猎鹿 3 天后找到回家的路，记住营地南边的岩石陡坡上哪里能收获成熟饱满的蓝莓。出于进化需要，这种

“记住物体位置和样貌”的高级能力就固化在了记忆系统之中。

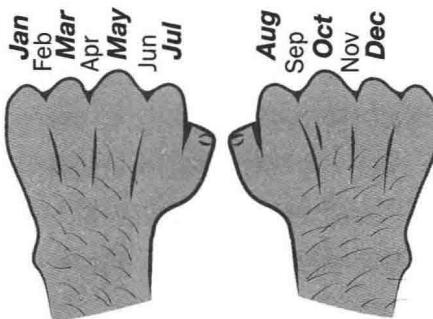
助记的视觉图像



刚刚开始发掘视觉记忆系统时，可以试着创造一种便于记忆的视觉图像来代替你想要记住的关键条目。²例如，你可以用这张图记住牛顿第二定律： $F=ma$ 。（人类才经历了几十万年的成长，就得到了这种力与质量和加速度之间的基本关系。）公式里

F 代表飞翔 (flying), m 代表骡子 (mule)，至于 a 嘛，那就随你定了。

图像对记忆如此重要，部分原因在于图像与右脑的视觉中枢直接相连。³ 视觉区域有强化记忆的能力，图像让你充分利用这片区域，对看似乏味难记的概念进行压缩简化。



一个颇有创意的记忆方法。用突出的指关节代表有 31 天的月份。一位微积分专业的在校生这样说过：“说来也奇怪，自从用了这个简单的记忆法之后，我再也没有忘记过哪几个月有 31 天，这让我挺惊讶的。20 年来，我躲着不学的东西结果 10 秒钟就学会了，不学是因为之前我觉得重复记忆太乏味，自己会坐不住。”

通过激发感官建立起越多的神经联结，就越容易回想起概念和意义。除了看到这头骡子之外，你还可以闻到它，感受到它飞翔中受到的风力。你甚至能听见耳边有风声簌簌而过。画面越滑稽越容易唤起记忆，效果就越好。

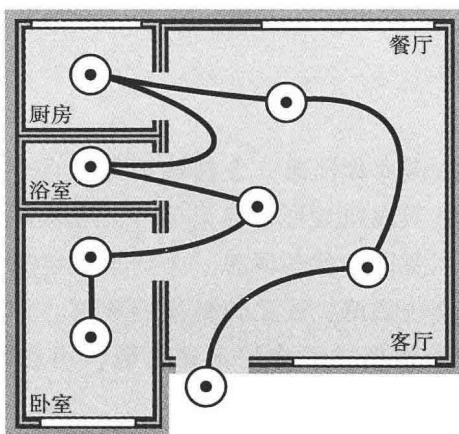
记忆宫殿法

记忆宫殿法需要你回想一个你熟悉的空间，比如自己家的布局，然后把它当成视觉形象的记事本，用来存储你想要记住的概念形象。你要做的就是回想一个熟悉的空间：可以是你的家，可以是去学校的路，或是你最爱的餐馆。大功告成！眼睛一眨，这个空间就变成了你的记忆宫殿，用它就像用笔记本一样。

记忆宫殿法对记忆互无关联的物品很管用，比购物单上的物品（牛奶、面包、鸡蛋）。至于怎样使用这个技巧，你可以想象门前有一大瓶牛奶，面包掉在沙发上，破鸡蛋的蛋清从咖啡桌边一滴滴流下来。换句话说，你可以想象你正走过一个非常熟悉的地点，里面有你想要记住的东西。

假如你想记住矿物硬度，从 1 到 10 表示从软到硬 [1. 滑石 (talc); 2. 石膏 (gypsum); 3. 方解石 (calcite); 4. 萤石 (fluorite); 5. 磷灰石 (apatite); 6. 正长石 (orthoclase); 7. 石英 (quartz); 8. 黄玉 (topaz); 9. 刚玉 (corundum); 10. 金刚石 (diamond)]。你可以编一个助记口诀，让句中每一个大写首字母代表一种矿物：terrible giants can find alligators or quaint trolls conveniently digestible. (硬度从低到高，意思是“可怕的巨人觉得短吻鳄和食

人魔很好消化”。）问题是这句话仍然难记。但如果放到记忆宫殿里就简单了。你的屋子前门，有一个可怕（terrible—talc）的巨大（giant—gypsum），手里拿着一个罐头（can—calcite）。一走进去，你发现（find—fluorite）一条短吻鳄……明白了吧。如果你在学金融、经济、化学或者别的学科，方法也是一样。



走进你的记忆宫殿，放好便于你记忆的图像。如果要记故事的五要素或科学研究方法七步骤等一连串信息，这种方法的帮助可就大了。

初次尝试记忆宫殿法，会记得没那么快。在脑中构思出具体图像还是要费点劲的。但是你会逐渐熟能生巧。一项调查显示，会用记忆宫殿法的人，在想象中把物体放置在当地大学的各个角落，在心中把这过程“走”上一两遍，他就能记住含有四五十件物品的清单上 95% 以上的内容。⁴以这样的方式利用大脑，创造力加强了你的记忆，而同时形成记忆挂钩又会带给你更多的创造力。记忆宫殿还会有弊端吗？（其实，或许还真有一个：由于这个方法关系到视觉系统，在开车或进行其他空间分析的任务时，最好不要用到它。⁵一旦分神会很危险。）

该你试试了！

使用记忆宫殿

解剖学顶级教授特雷西·马格兰（Tracey Magrann）将记忆宫殿法用于记忆由五层组织构成的表层皮肤。

表层皮肤分为五层。由内到外分别是基底层、棘细胞层、颗粒层、透明层和角质层。要记住最深一层，请想象你的地下室。它就是基底层，从地下室（最底层）到屋顶（最表层），你得沿着地下室楼梯往上走……要当心！楼梯上满是仙人掌刺（棘细胞层）。顺着楼梯走到厨房，你发现有人把砂糖撒了一地（颗粒层）。然后继续上楼，去楼顶前先停下来抹点防晒霜。透明层就像一层防晒霜，因为它能抵御紫外线，但防晒霜只涂在手掌和脚掌上，所以你只需要想象在这些地方抹上就行了。现在你要去楼顶享用一根玉米了（角质层）。

该怎样在学习中使用记忆宫殿法呢，你能想到吗？

那些巩固脑中概念的歌曲和记忆宫殿法有关，因为唱歌也会优先使用到右脑。很多小曲子能帮你记住二次方程的求根公式、几何中的体积公式，以及很多其他类型的方程。比如谷歌搜索关键词“二次方程”和“歌曲”就能找到，或者自己编一个。许多儿歌通过让孩子听歌曲并配合肢体动作，帮助孩子牢牢记住歌词（比如“小兔子乖乖”）。使用有意义的肢体动作、昂首阔步慢慢摇摆或者小步跳，都能为保存脑中的想法提供更多的记忆挂钩，因为动作对感官的刺激变成了记忆的一部分。

除了记方程、概念或是购物清单，这些方法对其他事物的记忆同样有效。当你意识到图像能帮你记住想讲的关键概念之后，就算是做演讲展示这种偶尔让人不知所措的经历，也可以变得轻松

起来。你只需要把要表达的基本想法与便于记忆的图像联系起来。去看约书亚·福尔关于演示记忆宫殿法如何记住演讲词的大师级 TED 演讲吧。⁶ 如果你想看看如何直接利用这些方法记住公式，试试进 SkillsToolbox.com 这个网站去找一些表征数学符号的图像资料。⁷（比如除号“/”等同于小孩子的滑梯。）

记忆辅助——无论是助记图像、顺口溜，还是假想的“宫殿”，它们之所以会管用，是因为能在你要开小差时帮你集中注意力。就算起初你编造的字面含义十分可笑，但它们也能让你注意到意义对记忆的重要性。简言之，记忆法让你平时的学习更有意义、印象更深，也更有趣味。

唤醒记忆的曲调



在我高一的化学课上，老师教了阿伏伽德罗常数 $6.022\ 14 \times 10^{23}$ ，但没人能把它记住。于是我的一个同学把这个数唱成了一首小曲，调子是 Golden Grahams 的麦片广告曲（一首很老的歌了，叫“*Oh, Them Golden Slippers*”）。30 年后的今天，虽然我已不再青春年少，可就因为这首歌，我仍然记得阿伏伽德罗常数是多少。

——马尔科姆·怀特豪斯 (Malcolm · Whitehouse)

计算机工程学专业大四学生

顶级教授特雷西的记忆秘诀



来回踱步，甚至吃点提前准备的零食，都会对记忆有好处，因为脑力活动会消耗大量的能量。在学习中调动大脑的多个区域也很重要。我们通过大脑的视觉皮层、听觉皮层、感觉皮层

和运动皮层，分别记忆我们所见、所听、拿起或移动过的东西。学习时运用到大脑中更多的区域，就能建造更强大的记忆模型，织一张更密的网，即使在考试压力下也不会轻易遗忘。比如，在解剖实验课上，学生应该做到，拿起解剖模型，闭上眼睛，用手摸着模型的结构，大声说出每一个部分的名称。这里用不到嗅觉和味觉……虽说物尽其用，但也有个限度！

——特雷西·马格瑞安 (Tracey Magrann)

鞍峰学院生物科学教授

本章小结

- ✓ 记忆宫殿法——将有助于记忆的形象嵌入你熟悉的场景中，让自己感受视觉记忆系统赋予的力量。
- ✓ 学着以更加训练有素且别具创意的方式来使用记忆，会有助于集中注意力，就算为了增强记忆而创造出天马行空的关联也没关系。
- ✓ 理解后再去记忆，你会对学习材料记忆犹新。随着思维宝库的不断强化，总有一天你会成为学习真正的主人。

驻足与回顾

{ 合上书，转开视线，这一章主要讲了什么？明天早上，起床开始执行“一天计划”时，想想这些要点你还记得多少。 }

学习提升

1. 描述一幅能帮你记住一个重要方程式的图像。

2. 从任意一节课中挑出四个或更多的关键概念。说说该如何把这些概念编译为便于记忆的图像，在记忆宫殿中你又会将它们存放到何处。（为了你的老师着想，有些便于记忆的图像还是得要你好好检查一遍。一位风趣的演员曾这样说：“我不在乎它们（这里指脑中“图像”）会是什么，只要它们别到大街上撒野，小心吓坏我的马。”

3. 用祖母也能听明白的话，解释记忆宫殿法。

空间认知能力也能后天习得：远见卓识的工程学

教授雪莉·索尔比的故事



雪莉·索尔比是工程奖项得主，她的研究方向涵盖了设计可视化复杂行为的3D计算机图形。在这里她讲了自己的故事。⁸

许多人错误地相信空间智慧是先天固有的——这种能力你要么有，要么无。在这里我要强调下，这种看法是不对的。事实上，我自己就是活生生的反例，空间能力是可以通过后天习得的。我差点因为空间感太差，而离开自己选择的工程学专业，但是我坚持克服了这个弱点，提高了空间技能，顺利完成了学业。由于我当学生时受过空间技能的困扰，现在我致力于帮助学生提高这项能力。几乎我带过的所有学生，通过练习都提高了能力。

人类智慧的表现形式多种多样，从音乐到语言到数学以及其他。其中一种重要的形式就是空间思维。空间智慧较高的人，在物体旋转甚至切成两半后，也可以从不同有利角度，想象到

物体的外观。有时候，空间智慧就是只靠一张地图找到路的能力。

空间思考能力在许多职业中都发挥着决定成败的重要作用，包括工程学、建筑学、计算机科学等。比如空中交通管制员，必须在特定时间想象多架飞机的飞行路线，保证路线不会交错。也可以想象，一位汽车修理师需要空间思考能力，才能把修好的零件装回发动机。最近的研究中，空间智慧已经和创造性、创新性联系到了一起。换句话说，你越擅长空间思考，你就越有创造性和创新性！

我们发现，一些学生空间技能之所以很弱，在于他们童年经历中很可能缺少对这项能力的启蒙。经常拆东西又重新装好的孩子通常有很强的空间认知能力。一些热衷于某类体育活动的孩子也是如此，比如打篮球。选手们要想象把球从球场的任何地方投进筐筐。

但是，即使小时候没有这样的经历，现在开始也不迟。成年人也可以发展出很强的空间技能，只要有耐心且不断练习。

为此你可以做些什么？尝试准确地对一个物体进行素描，然后尝试从不同的角度素描；玩 3D 电脑游戏；复原 3D 拼图（不妨先从 2D 拼图开始！）；把 GPS 导航放在一边，试试用地图指路。最重要的是，别放弃，请你只管坚持下去！

第 11 章

chapter11

记忆技巧多多益善

打造生动形象的比喻或类比

在数学和科学的学习中，如果你除了想记住概念，还想理解概念，一个上策就是为它量身打造一个比喻或类比，而且，通常这个类比越形象，效果越好。¹ 比喻就是让一件事和另一件事之间显得大同小异。简单来说，你的地理老师是不是说过叙利亚的形状就像碗麦片？或者提到约旦时就让你想想耐克乔丹运动鞋？如果这样记忆，估计你几十年都忘不掉。

所以，如果你想明白什么是电流，不妨把它看作水流。电压也一样，你会“感觉”它和压力有点像。于是你看见电压把电流推向目的地，就像机械泵在物理压力下把真正的水推出去一样。随着学习不断进展，你需要理解更复杂的电学概念，或者你正学着别的什么科目，

你都可以对这些比喻或类比做出修改，甚至抛弃已有，重新造出更有意义的比喻。

如果你正努力理解微积分里极限的概念，可以想象一位运动员正朝着终点线奔去。离终点越近，他就跑得越慢。如果用慢镜头来拍，他永远也无法真正撞上终点线。就像我们无法真正得到极限值一样。顺便说一句，西尔瓦诺斯·汤普森（Silvanus Thompson）的小书《轻松学习微积分》（*Calculus Made Easy*）帮一届届学生掌握了这门课。有时，教科书会太注重所有的细枝末节，反而让你无法以高屋建瓴的视角看清最重要的宏观概念。但像《轻松学习微积分》这类书会让人很容易读进去，因为它让我们专注简单方式解决最重要的问题。

往往有个管用的做法，是把自己当成那个让你苦心钻研的概念。想象你乘坐着一个电子，它就像暖呵呵毛茸茸的拖鞋，带着你从铜板的一面挖个小洞钻到另一面；或者你偷偷溜进一个代数方程的未知数 x ，就像钻进兔子洞，你从洞里探出了脑袋（别一不小心“用零整除”炸掉了你的兔子洞）。

月光点亮的学习梦境



我总是在睡觉之前学习。不知道为什么，我总是能梦到自己刚刚学过的知识。大多数时候，这些“学习梦境”都相当奇怪，但它们很有用。比如，如果我最近在上运筹学课，就会梦见自己在节点之间来回奔跑，亲身演示最短路径算法。大家觉得我走火入魔了，但我觉得这超棒，我不用花别人那么多功夫去学习就能做到同样的事。我觉得这些梦和我潜意识中的比喻或类比有关系。

——安东尼·休托 (Anthony Sciuto)

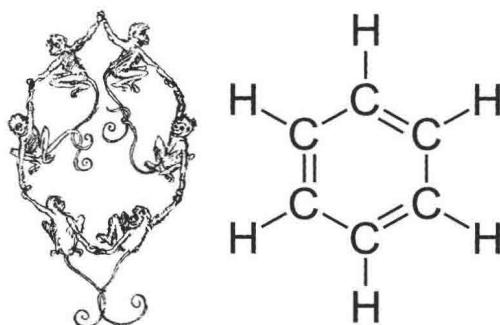
工业与系统工程大四学生

在化学中，你可以把阳离子比作伸爪子的猫，它就是“阳性的”（“pawsitive”发音与表示阳性的形容词“positive”发音相近）；而阴离子就比喻成洋葱，它会让你哭，所以是“阴性的”（“negative”在化学中表示阴性的，指心情时表示负面的）。

从来没有能面面俱到的比喻，但所有的科学模型也只不过是一种类比，这就意味着它们在某种特定意义下也不成立。²但这不碍事，类比（还有模型）之所以重要，是因为对数学和科学概念或过程背后的核心观点，它能让你获得直观形象的理解。有趣的是，比喻和类比在帮我们摆脱定式效应（我们之前提到过，指你困在一个错误的解决问题思路上）上也有不小功劳。举个例子，多道低强度射线可以有效摧毁癌症肿瘤也许不好理解，但换个角度想想，士兵从不同方向同时袭击一个堡垒呢？³这就可以帮学生打开思路了。

比喻或类比还可以让概念牢牢留在脑海中，因为它们把新概念和已有的神经结构联系在了一起。这有点像用描图纸描画图样，比喻和类比至少让问题变得有迹可循。如果有时你想不出任何比喻或类比，就在手中拿支笔，再在面前放张纸，写写画画都可以，不过一两分钟的随手勾写，你就会收到意想不到的惊喜。

科学中的比喻和形象化的想象



比喻和想象就是要让某个概念栩栩如生地浮现在眼前，在推动科学和工程领域的进步上，它们功不可没。⁴ 在 19 世纪，化学家开始对分子的微观世界进行猜想，并对其形象化之后，化学领域的进步可谓突飞猛进。这张有趣的插图中，猴子构成了苯环的结构。这张插图曾刊印在德国化学学术生活 1886 年的一篇圈内调侃文章中。⁵ 注意，单键是用猴子的爪子代表的，双键位置则是它们的尾巴。

间隔重复有助于向记忆存储概念

集中注意力能把一些东西送入临时性的工作记忆，但想让这个“东西”从工作记忆转移到长期记忆，有两个前提：它应当是便于记忆的〔我的沙发上有一只飞天（flying）大驴（mule）嚷嚷着 $F = ma$ 〕，而且还要得到多次重复才行，否则，你的自然生理代谢过程就会像贪吃的小吸血鬼，把最新形成、还不明显的联结模型一扫而光。这些专门清扫暗淡模型的小吸血鬼其实不坏，因为我们身边的大多事情都无关紧要，如果全记在脑子里，你就会像个守财奴，让自己深陷在回忆的垃圾山中。



所以，如果你无心去重复要记的内容，那些“代谢吸血鬼”就会趁新记忆还不够牢固时把它们吸走。

重复至关重要，甚至让你难忘的事，也要通过重复让它们牢牢驻守在长期记忆中。但该重复多少次才好呢？再者，隔多久重复一次才比较好呢？⁶而且有什么技巧可以使重复过程的效果更显著吗？

研究给了我们启发，让我们举个实际例子。比如，你想记住有关密度的知识——密度的符号是写法奇特的 ρ ，读作“rou”，它是以标准单位“千克每立方米”来测量的。

你怎样才能便捷有效地把它封存在记忆中呢？（尽管你知道，把小信息组块存入长期记忆有助于逐步形成对一个学科的宏观认识。）

你可能会找一张索引卡，在一面写上“ ρ ”，在另一面写上其他信息。书写会把要学的知识编译（将信息转换为神经记忆结构的一部分）到你更深的记忆中。当你写出“千克每立方米”时，你可能对1千克会有一个模糊的感受（单纯感受一下它的质量）：这1千克就藏在长宽高刚好1米的大号行李中。要记忆的内容被你变得越好记，再回想就越容易。你也会通过大声读出这个词和词义，让听觉神经联结到材料内容上去。

接下来，看着卡片上写有“ ρ ”的这一面，试着想起另一面都写了些什么。如果想不起来，翻过卡片提示自己一下。如果想起了，那就把它放到一边。

现在去做点别的，也许可以准备另一张卡片考考自己。攒了几张卡片之后，试着从头到尾过一遍，看看自己是不是都记得。（这能帮你进行穿插式的学习。）如果有点吃力，也别大惊小怪。只要你把卡片顺利地过了一遍，就把它们放在一边。等到睡前再拿出来看一遍。要记住，你的大脑在睡眠中会不断重复神经模式，并整理拼凑解决方案。

你可以把需要记忆的内容简要重复几天，可以是每天早上或晚上的几分钟，偶尔要记得改变一下卡片顺序。随着记忆逐渐深刻，

延长重复的间隔时间。越发熟练的你通过延长时间间隔，把这些内容牢固地封存在脑海中。⁷ (Anki 翻卡系统已经内置了随机重复算法，可进行从几天到几个月不等的重复。)

有趣的是，记住人名最好的办法之一就是在你第一次听到这个名字后，一次次延长回忆名字的重复间隔。⁸ 不去复习的内容，更容易缩水是被你直接忘掉。你的代谢吸血鬼会吸走记忆间的联结。这就是为什么考前复习时要慎重决定跳过某些内容，那些与考试相关却没复习过的内容会成为你的障碍。⁹

间隔重复：对学生和教授一样管用

我一直建议我的学生用几天或是几周时间做间隔重复，不光是在我的分析课程中要这么做，我的古典工程史课程也一样。要想记住那些奇怪的名词术语，最好的办法就是重复练习好几天。实际上，我就是这样备课的——有好几天，都会留一段时间大声重复那些术语，这样在课堂上它们就会脱口而出。

——费边·哈迪普瑞诺·谭 (Fabian Hadipriono Tan)

俄亥俄州立大学，土木工程学教授

该你试试了！

创造有益学习的比喻

想出一个你正在学的概念。在截然不同的领域里是否存在另外的过程或观点，和你现在所学的这个概念有多多少少的相似之处？能不能想出这么个比喻来。（要是听起来还有点傻，更会给你加分哦！）

创建意群

记忆的另外一个关键就是创造意群，它能简化学习内容。比如你要记忆四种可以驱赶吸血鬼的植物：大蒜、玫瑰、山楂和芥末。四个单词的首字母简写连起来就是 GRHM，所以你只要记住 GRAHAM 牌全麦饼干就好。（这样每次回想这四样东西的时候，只要在记忆宫殿的厨房餐桌上找到全麦饼干，再扔掉它名字里的元音字母就搞定了。）

至于数字，把它们和难忘的事件联系在一起会更好记。比如，1965 年可能是你某个亲戚的出生年份，或者也可以把数字和你熟悉的计数系统联系在一起。比如，11.0 秒是百米短跑里的好成绩，而 75 也许是编织一顶滑雪帽的起针针数。个人来说，我喜欢把数字和特定年龄的感受联系在一起。数字 18 就很好记，那是我离开家闯世界的年纪。如果是 104，那时的我大概会是个幸福的曾祖母。

另外，很多学科会有帮学生记住概念的背诵口诀，口诀中每个单词的首字母也是你要记的另一个单词列表中每个单词的首字母。医学领域就是例子，遍地都是记忆口诀。例如，“来自得州的老人吃蜘蛛”（作者原话“Old People from Texas Eat Spiders”的大写首字母是指颅骨的几块骨头，它们分别是 Occipitale、Parietale、Frontale、Temporale、Ethmoidale、Sphenoidale）。

另一个例子是十进制中的逢十进位法：“亨利王在喝巧克力奶时死去”（King Henry died while drinking chocolate milk）可以这样解读首字母：国王（king—kilo—1000）；亨利（Henry—hecto—100）；死（died—deca—10）；“在……时”（while—one—1）；喝（drinking—deci—0.1）；巧克力（chocolate—centi—0.01）；牛奶（milk—milli—0.001）。

这些记忆法经过时间的考验，证实了自己的效用。如果你是在背

诵一些普遍为人所用的内容，完全可以去网上搜索一下，看是否有人已经想出了独特的记忆窍门。如果没有也没关系，自己来想一个吧。

别把记忆窍门与真正的知识混为一谈



化学里有这么一种说法“skit ti vicer man feconi kuzin”，节奏很像说唱音乐。它代表的是元素周期表里过渡金属元素的第一排（钪、钛、钒、铬、锰、铁、钴、镍、铜、锌）。其他过渡金属元素也还有别的记忆窍门。比如，学生要记住银、金和铜是一族的，可以想着它们都可以用来铸币。

可问题是，有些学生却以为，认为它们都能铸币所以同处一族。但实际是因为它们的化学性质和原子价相似。

这就是学生有时把记忆窍门当作知识本身的典型例子。一定要警惕，分清楚什么是事实，而什么只是帮助记忆的比喻或类比。

——威廉·彼得罗 (Willian Pietro)

化学教授，任教于安大略州多伦多市的约克大学

编故事

注意到了吗？我们之前提到的意群往往构造出了一个故事背景，哪怕它的内容很短。可怜的亨利王就根本不该去喝巧克力牛奶！广义上的“讲故事”一直都是理解和储存信息的重要方式。约克大学科学技术史的教授维拉·帕弗拉就告诉她的学生，别把上课就当上课，要把每节课看作有情节、人物和整体主旨的故事。最精

彩的数学、科学课堂常常像一场惊悚电影——以引人入胜的问题开场，而你必须探个究竟。如果你的导师或课本没在学习材料后留下思考问题，那就自己找找有没有要解决的问题，然后动手解决它，¹⁰而且在编记忆诀窍的时候，别忘了编故事也很重要。

动笔写写



每当学生来找我，我强调的第一件事，就是你的手脑之间有直接的联系，通过重写及梳理笔记，大量信息被分解为小而易懂的组块，这个过程很关键。很多学生喜欢在Word文档或者是PPT上写笔记，每次他们遇到困难，我都会先说：别打字，动手写。毫无例外，在动笔之后，他们在接下来的学习板块中有了更好的表现。

——杰森·德尚 (Jason Dechant)

课程主任，匹茨堡大学护理学院，健康促进及发展系

肌肉记忆

我们之前提到过，把内容手写在卡片上有助于强化记忆。尽管这一领域的研究几近空白，¹¹但许多教育者都观察到了一种现象，即有一种肌肉记忆似乎和动手书写有关。例如，第一次看某方程式，从中你几乎看不出任何端倪。但如果你有所思考地把它在纸上写上几遍，好神奇，这个方程在你脑海中变得鲜活，且有了意义。如出一辙，有些学习者会觉得朗读问题和公式能增进理解。不过可别做一个方程写一百遍的傻事。头几次可能会有意义，但再往后就

会变成机械动作。你大可以用后面这些时间做点别的。

自言自语



我常常告诉我的学生，说给自己听比反复阅读或是用马克笔画标记更有用。他们一脸迷惑地看着我，就好像我是个彻头彻尾的疯子（这也说不定哦）。但的确有很多学生回来告诉我，这个方法的确很有用，现在它已经成为他们的学习工具之一。

——迪娜·三吉 (Dina Miyoshi)

圣迭戈梅萨学院心理学助理教授

真正的肌肉记忆

如果你确实想让自己的记忆力和整体学习能力得到大幅提高，最好的办法之一就是进行体育锻炼。最近几项动物和人类的实验发现，规律的锻炼可以让记忆力和学习能力得到实质性的提升。锻炼似乎有助于促进记忆力相关脑区中新神经元的形成。锻炼也会生成新的信号通路，¹² 而且，似乎不同类型的锻炼——跑步或散步和力量练习相比，在分子层面产生的效果会有略微不同。但有氧运动和阻力训练都会对学习和记忆发挥强大的效果。

记忆诀窍帮你更快成为高手

这个是压轴之作。不用文字而用思维图像来记忆事物，你能更

轻松地达到专家水平。换句话说，学会用视觉化方法处理数学和科学概念是达到大师境界强有力手段，¹³ 同时运用其他记忆窍门也会大幅增强学习和记忆的能力。

纯粹主义者可能会对此嗤之以鼻，说这些投机取巧的小把戏算不上真正的学习。但研究显示，运用这些技巧的学生明显有更好的表现。¹⁴ 另外，关于成为专家的方法，相关成像研究显示，这些记忆工具会加速组块获取和宏观视野的形成，使学习者从新手更快地成长为入门级专家，甚至只需短短几周。¹⁵ 记忆窍门可以帮我们拓展工作记忆，并让人更容易获取长期记忆内容。

更有甚者，记忆过程本身也锻炼了创造力。这些创新技巧记得越多，你的创造力也就越强。这是因为，未来的可能联结虽然还没出现，可你已经提前为它们铺垫了各种天马行空的可能。甚至是第一次对概念进行内化吸收的时候，这种准备工作就已经开始了。这种类型的“记忆肌肉”得到越多的练习，你在记忆方面就越轻松。最开始，你可能要花上一刻钟才能为某个方程找到生动的图像，并把它安置在记忆宫殿的厨房水槽里，不过第二次可能就只需要几分钟。

同时你还会意识到，当你开始内化吸收这些关键内容，花点时间去记忆材料最关键的要点，你的理解会更深入。单纯在书中扫一眼这些公式，完全达不到你这时的理解深度。你将能在考试中、生活中得心应手地运用这些公式。

关于演员背剧本的方法，有项研究表示，演员会尽量避免逐字记忆。相反，他们会根据自己对角色需求和动机的理解来背台词。¹⁶ 同样，记忆练习中最重要的就是去理解公式和解题步骤真正的含义。理解会对记忆过程有很大的帮助。

你可能不同意，说自己没那么多创造力，再说每个方程和原理本身可没有什么宏大的动机或苛刻的情感需求要你去帮它实现。但

记住，每个人内心都有个孩子。你的儿童般的创造力仍如同以往，你要做的只是伸出手抓住它。

记忆窍门效果非凡



在读工程学学位时，我同时在考护理医师执照（而且只有两个月的备考时间），但我得记忆无数成人和儿童患者的药物名称和剂量。起初，这些记忆内容对我如同泰山压顶，尤其是一旦记错还会危机患者生命。但我很快找到让学习变轻松的技巧，比如说，呋塞米，也叫“速尿”，用于帮助身体排泄液体。我要背下剂量是 40 毫克。40 这个数字非常巧，我刚好可以把它和药名放在一起记忆（请注意读音 four-0 semide=furosemide）。这种小把戏可以帮我把知识牢牢粘在脑袋里。我现在完全不用思考，它就像条件反射一样，印象极为深刻。

——威廉·科勒 (William Koehler)

机械工程二年级

该你试试了！

一边唱歌一边学

给你要记住的定义、积分或者科学公式编首歌。无论用哪种技巧，记住重要概念都会帮你把复杂问题变简单，让你得以更快更轻松的解决。

本章小结

- ✓ 比喻可以帮你更快地学会难懂的概念。
- ✓ 重复是在记忆消退前对其进行巩固的必要动作。
- ✓ 意群和口诀可以帮你简化学习内容，构成组块，这样就能更轻松地存储记忆了。
- ✓ 编故事，哪怕故事听起来会有点笨拙，但它也会让学习内容更好记。
- ✓ 写和说在一定上都有加强记忆的作用。
- ✓ 体育锻炼对新的神经元生长、新联结形成有强大的促进作用。

驻足与回顾

还记得在不同地点思考所学内容有多重要吗？复习这一章节的要点时不妨用上这个技巧。人们有时会因故地重游找回曾经的感觉，从而触发学习记忆，哪怕只是扶手椅的柔软触感，坐在咖啡屋听到的音乐，或是店里墙上的照片。

学习提升

1. 拿出一张纸，给你要理解的数学或科学概念创造一个形象的类比或口诀。
2. 从在你正在读的数学或科学教材里挑一章，创立一个相关问题，它会让你想去思考更多未知。
3. 入睡前，在脑海里回顾要学的知识。为了加速这个过程，醒来时的第一件事也要这样做。

学会自我欣赏

形成直观认识

体育运动会为我们数学和科学的学习方法带来不少启发。比如拿打棒球来说，要学会击打动作，仅仅一天是不够的，但你的身体会在长期不停重复的过程中，不断完善挥动球棒的动作。不断重复会产生肌肉记忆，于是只要一个想法，即组块，就能让你的身体随之而动，而不必总要回想击球的所有复杂步骤。¹

同理，一旦你在数学和科学的学习中明白了原理，就不用反复向自己解释方法。你不必一个个地数出口袋里的 100 颗豆子，再摆成 10 排，每排 10 颗豆子，才能得出 $10 \times 10 = 100$ 。到一定时候，记忆自然会给你答案。比

如，做同底数幂的乘法，记住只要将相同底数的指数，即上标数字相加即可得到答案 ($10^4 \times 10^5 = 10^9$)。如果你常用这个套路来解决多类不同问题，你就会发现自己既明白了套路背后的原因，又明白了得到答案的方法。比起从书里找或让老师给出一个约定俗成的解释，这样得到的理解要深刻得多。你的大脑构建出具有意义的模型，从而产生更深刻的认识，而仅靠别人告知答案，你是达不到这个效果的。要记住，人们会试着理解他们感知到的信息。单纯听别人讲道理，是无法学会任何复杂概念的。(正如数学老师所说：“数学可不是用来看着玩的。”)

象棋大师、急诊室医生、战斗机飞行员，还有许多其他的专家通常得在极短的时间内做出复杂的决定。这时他们会关闭自己的意识系统，转而依赖于久经磨炼的直觉，倾尽一切去利用根深蒂固的思维组块。² 在一定时候，如果主动让意识去“理解”自己行为的原因，就会放慢你的脚步，搅扰你的思路，从而导致错误决定。

有很多老师和教授往往会在无意中恪守规则。一个有趣的研究给出了说明，镜头拍下 6 个做心肺复苏 (CPR) 的人，但其中只有 1 位是专业医护人员。³ 实验要求专业医护人员观看视频，猜这 6 个人当中到底谁才是真正专业人士。90% 有“真才实学”的专业医护人员都选对了答案，他们不约而同地回答说：“那个人看起来心里有数。”⁴ 而心肺复苏教练只用了别人 30% 的时间就从众选项中挑出了正确答案。吹毛求疵的理论家对视频中的专业人士评判不一，要么说人家在过程中没有恰当停顿，要么就是说那人的手放错了位置。对于教练来说，坚持规则要比实际操作有更重大的意义。

我得保证自己不紧张，手腕要向前挥。击球要漂亮，保护本垒板。侧立式站姿。盯住发球位置。击球前身体旋转。先退再进。先挥棒，再跨步。

没错——这样做我才算是优秀的棒球手……



一旦你明白了数学和科学问题的原理，就不用再反复为自己阐释解题方法了。想太多会发懵。

不必羡慕天才

奥运健儿并不是周末慢跑几个小时就速度超群，也不是闲暇时举几次哑铃就力拔千斤；象棋大师也不是靠临时抱佛脚就能构筑起自己的神经结构。相反，他们都是在日积月累中，伴随着大量练习，才慢慢建立起自己的知识库的，他们在练习中形成了从宏观角度理解问题的能力。这样的练习把记忆痕迹牢牢储存在了长期记忆的仓库里，当你需要时就可以轻松快速地找到神经模型。⁵

让我们回想一下象棋大师马格努斯·卡尔森（Magnus Carlsen）——他不仅擅长快棋赛，常规赛也不在话下。卡尔森对曾经数以千计的棋局有着超乎常人的掌握——看一眼棋盘上终局棋子的排布，他就能从几百年间的上万场棋赛中找出这种棋局，并立刻

告诉你是哪一场。也就是说，卡尔森创造了一个特大型的组块资料库，里面包含了各种不同的棋局走法。他能蜻蜓点水般地迅速浏览组块，从中找出当时的选手，在面临与自己相似的情境下采用过的走法。⁶

卡尔森做到的事并没有什么特别，尽管身为佼佼者，古往今来也只有少数人足以与他匹敌。但对于象棋大师来说，至少用10年时间练习钻研，习得数以千计的记忆组块模型，这种做法再典型不过了。⁷相较业余选手，这些现成的模型能让大师们在任意棋局中更迅速地辨认出关键棋步，他们练就出一副专业眼神，这让他们在任何情况下都能立刻察觉出最佳的行棋之道。⁸

等等，象棋大师和能心算6位数乘法的人，难道不是因为天赋异禀吗？不，当然不全是这样。坦白一点——智力因素很重要。较聪慧的大脑，常常相当于拥有着内存更大的工作记忆。这样，你的记忆快车或许就能同时承载9件事，而不是只有4件，就像斗牛犬扑向猎物一般，学习数学和科学变得更加势不可当。

但其实呢？强大的记忆力会让你很难发挥创造力。

这是为什么呢？

这要归因于我们又爱又恨的——思维定式。你的大脑中已经掌握的固有知识会阻碍你接受新的想法。超强的工作记忆会死死抓住原来的想法，导致新观念难以找到进入的空隙。我们可以让这种极强的专注力偶尔犯“多动症”，呼吸一口新鲜空气——换句话说，“多动症”能够转移你的注意力，即使当时你并不想移开目光。解决复杂问题的能力会让你在简单问题上钻牛角尖，结果就是南辕北辙，忽略了更简单、更显而易见的解决方法。研究表明，越是聪明

的人越容易在繁芜复杂的问题上迷失自我。而头脑略逊一筹的人反而更容易找到更简单的解决方法。⁹

是什么并不重要，如何思考才是关键

经验告诉我，GRE高分和最终的职业成就几乎成反比。确实，很多得分垫底的学生反而特别成功，而很多“天才”却出于各种原因而中途落败。¹⁰

——比尔·赛特勒(Bill Zettler)博士
年度教师荣誉称号获得者，生物学教授，长期学术顾问，就职
于佛罗里达州，根斯维尔，佛罗里达大学

如果你也属于记忆能力有限的人群(这类人经常在课堂上走神、做白日梦，而且他们必须在安静的地方才能集中注意力，以便尽最大可能地使用工作记忆)，那么，欢迎你加入创造者的大家族。拥有相对较小的工作记忆空间，意味着能更轻松地归纳学习内容，让新旧知识更有创意地结合在一起。因为工作记忆从前额叶皮层的专注能力中形成，它通常无法牢牢地锁定知识，所以你的大脑的其他部分更容易向它输入信息。大脑的其他部分包括：感觉皮层——这里不仅与周围环境的步调更加一致，而且是梦的源头，更不用说，其实你的创意点子也都源自这里。¹¹有时你需要下更大的功夫(甚至不是偶尔，是经常)才能理解事情来由，可你一旦对这些信息进行组块，就可以颠来倒去地把玩这个组块——让它走上创造之路，到达你未敢想象过的风景！

在思维组块的过程中，还有另外一点值得注意：国际象棋，通

常被视为高等文化水平者的领域，但其中一些精英玩家差不多就只有普通智力水平。这些中等智力者之所以能超越某些智商更高的玩家，是因为他们练得更多。¹² 这才是关键所在。无论智力水平如何的象棋选手，都需要勤加练习来培养天赋。训练，尤其是对学习材料中最困难的部分更要刻意训练，这样才能让那些拥有普通智力的人有机会上升到“天赋异禀”的境界。就像你可以通过练习举重让自己增长肌肉，你也可以通过练习某些神经模型来加深并拓宽你的思维。有趣的是，训练也会拓展你的工作记忆。关注回想的研究者发现，练习反向重复记忆更长的数字，似乎对提高工作记忆有效果。¹³

但是那些天资聪慧的人也有自己的难处。有时候这些孩子会受到打压，因此他们不得不隐藏或者压抑自己的才华，再让他们走出来会很难。¹⁴ 聪明的人有时更挣扎，因为他们会更容易看到症结所在，不论是好是坏。特别聪明的人比那些智商平平的人更易拖延，因为在成长过程中，拖延总是屡试不爽，也就是说他们在早年并不大可能去学会什么关键生活技能。

不管是凭过人天资还是靠勤奋拼搏才掌握了基础知识，你都应该意识到，不是你一个人会有骗子心理——某次考试碰巧发挥得不错，紧接着的考试也撞了运，真可谓侥幸，可是他们（你的家人和朋友）最终还是会发现你的水平不过如此。这种感觉再平常不过了，它甚至还有自己的名字——“冒名顶替症候群”。¹⁵ 如果你因为感到自身不足而痛苦，你要知道有同样心理感受的人大有人在，他们只是保持沉默了而已。

每个人的天赋各有不同。就像古谚语说的：“当上帝为你关闭了一扇门，他一定会为你打开一扇窗。”请你仰起头，睁开眼，专注于你的那扇门。

触碰无限可能

有些人认为发散的、直觉性的思考方式与我们的心灵更加步调一致。发散思维促成的创造力似乎超越人的理解范围。

就像阿尔伯特·爱因斯坦所说：“生活的方式只有两种：一种是生活中无奇迹；另一种是生活中事事皆奇迹。”

不要小看自己

我是学校里辅导科学奥林匹克竞赛的老师。在过去的 9 年里，我们赢得了 8 次州冠军。今年我们在州赛落后了一分，平时我们通常会进全国前 10。我们发现很多尖子生（也就是全科 A+ 生）在科学奥林匹克竞赛的压力下表现一般，还不如那些平时心智上有所把握，能将知识转化为自己用的“二等生”。有趣的是，往往那些表现超长的“二等生”（如果可以这么称呼他们）并没觉得自己比班里的尖子生聪明。但我更愿意培养那些看起来表现并没有那么优秀的学生，他们更能够有创意地思考，这也是科学奥林匹克竞赛的要求所在，他们不像一些尖子生，如果给出的问题无法与大脑中的记忆组块相匹配就会手足无措。

——马克·波特 (Mark Porter)

生物老师，任教于加利福尼亚，萨克拉门托，

Mira Loma 高中

本章小结

✓ 一定时候，在能熟练运用组块资料之后，你应尽量不再去纠结于每

一个小细节，而是自然而然地去解决问题。

- ✓ 有些学生能快速掌握材料，和他们一起学习确实会给人不小的打击。但是“平均水平”的学生常常在主动性上、做好事情的能力上以及创造力上都有优势。
- ✓ 把握创造力的一部分关键是要能从专注模式转换到更放松的、白日梦一般的发散模式。
- ✓ 太过专注会阻碍你发现真正要找的答案——就像用锤子钉一颗螺钉，因为你已经认定了那是一颗钉子。当你卡在一个问题上，有时候最好的方法就是把它放下，转而解决其他问题，或者干脆小睡一会儿。

驻足与回顾

{ 合上书，看看别处，本章的主要思想是什么？停下来，同时试着回想整本书目前为止最重要的观点。 }

学习提升

1. 想一想，自己有没有在哪个领域坚持不懈，并如愿以偿。或者，有没有一个新的领域，让你想坚持一下？在低迷时期，觉得自己停滞不前时，你有没有什么后备计划？
2. 人们经常希望自己别再发呆神游了，因为这会打断他们真正要专注的活动，比如认真听一堂重要的课。下面哪种方式对你更有效——强迫自己保持专注？或是意识到自己神游时再把自己的注意力拉回来？

从迟钝的笨孩子到人生赢家：尼克·阿普尔亚德的故事



尼克·阿普尔亚德 (Nick Appleyard)

在一个高科技公司担任副主席，管理整个美洲业务部，该公司开发并支持很多高级物理仿真工具，运用于太空、汽车、能源、生物医药及其他很多经济领域。早些年，他在英国的谢菲尔德大学获得了机械工程学位。

在我的成长过程中，脑子迟钝、问题儿童成了我的标签。它们对我的影响很深。我感觉我的老师们对我不抱任何成功的希望。雪上加霜的是，我的父母也一样觉得我无药可救，对我的学习进度感到沮丧。我觉得我的父亲是最失望的那个人，他是大型实习医院的高级内科医师。(我后来才知道在他的童年时代也跟我有过相同的境遇。)而这个恶性循环，打击了我生活各个方面自信。

那么问题到底出在哪里？数学及和数学有关的一切——分数、乘法表、长除法、代数等，全都枯燥乏味，毫无意义。

有一天，事情出现了转机，但当时我并没有意识到。父亲带了一台电脑回家。我曾耳闻很多小孩十几岁就能够编出广受喜爱的电脑游戏，之后一夜暴富。我也想成为他们当中的一个。

我读书，我练习，我编更难的程序，无一例外都涉及一些数学知识。终于，我的一个编程作品，被当时很流行的一家英国计算机杂志接受并发表了——这对于我来说简直太刺

激了。

现在我每天都会看到数学在得到怎样的应用，诸如应用于下一代汽车的设计，将火箭送入太空，分析人类的身体如何运转。

数学不再毫无意义。而它变成了奇迹的源头，更造就了一个伟大的职业！

第 13 章

chapter13

塑造你的大脑

改变思维，改变人生

这一次，11岁的圣地亚哥·拉蒙·卡哈尔（Santiago Ramón y Cajal）又犯了错，他造的小火炮把邻居崭新的大木门炸开了花。在19世纪60年代的西班牙乡下，惩罚胡作非为的不良少年没有什么特别措施。就这样，小卡哈尔发现自己被锁进了满是跳蚤的牢房。

卡哈尔固执而又叛逆。他只对艺术情有独钟。可是光是涂涂画画能有什么用呢？自从他对其他科目放任自流，特别是对数学和科学更是不闻不问，这之后他看起来更是没救了。

卡哈尔的父亲唐·胡斯托（Don Justo）是个白手起家、不苟言笑的男人。他们家和权贵

显要根本沾不上边。由于迫切想让儿子学会自我约束，变得稳重点，唐·胡斯托让他拜一位理发师学艺。情况更加糟糕，卡哈尔对学习的态度更是放任自流。为了让他迷途知返，老师揍过他，也饿过他，到头来都没用。卡哈尔是老师的噩梦，又可笑又荒唐，从没守过规矩。



卡哈尔获得了诺贝尔奖。世人对神经系统结构与功能的理解离不开他在这一领域做出的许多重要贡献。¹在这张图上，卡哈尔看起来更像一位艺术家而不是科学家。他的眼中依然流露着年少时的调皮，不知这调皮曾让他惹过多少麻烦。

卡哈尔一生曾和许多杰出的科学家相识共事，这些科学家远比他聪明多了。然而他在自传中曾坦白指出：尽管杰出的人能够取得非凡的成就，但是他们也会像所有人一样粗心大意，也会有所偏颇。卡哈尔认为他成功的关键在于毅力（“资质平平之辈的优秀品质”²）、灵活的应变能力以及谦虚认错的态度。然而这一切的背后，是亲爱的妻子多娜·加西亚（Doña Silveria Fañanás García）对他的支持（这对夫妇生了7个孩子）。卡哈尔认为，任何人甚至普通智力的人都能够塑造自己的大脑。这样即使是最没天赋的人也会有丰厚的收获。³

谁能想到卡哈尔有一天不仅获得了诺贝尔奖，最终还成了现代神经学之父呢？

改变思维，改变生活

卡哈尔已经20出头，不良少年的他转而开始投入医学的传统研究。他自己也奇怪，是不是脑袋“厌倦了轻率和另类的举止，想要安定下来了呢”？⁴

髓鞘是一种脂质“绝缘组织”，它能让信号在神经元内快速传递，有证据表明，它们通常到人二十几岁时才停止生长。这就解释了为什么青少年常常难以克制冲动——因为意图区与控制区之间的纽带并未完全形成。⁵

先天的不足，能靠后天的勤勉和专注弥补。可以说，努力可以弥补欠缺的天赋，甚至创造天才。⁶

——圣地亚哥·拉蒙－卡哈尔

然而当你运用神经回路时，会促进回路表面髓鞘的形成——更不用说促成其他许多微观的变化了。⁷练习能够加强大脑不同区域间的联系，为大脑的控制中心与知识存储中心搭建高速公路。以卡哈尔的例子看，似乎在他的自然成长过程中，经过自身对思维的培养，终于得以掌控自身的全部行为。⁸

人们在练习这些思维的过程中，这些思维会使用到某些神经

元，这样可能会促进神经环路的成长。⁹ 我们对神经发育的理解尚未成熟，但是有件事却变得越来越明显——通过改变自身的思考方式，我们也能让大脑内部发生显著变化。

卡哈尔尤其有趣的一点是尽管他不是天才，却取得了许多伟大的成就，至少他不是传统意义上的天才。令卡哈尔深感遗憾的，是他“在措辞上从来不曾迅速、准确、清晰”。¹⁰ 更糟糕的是，一旦情绪化起来，他甚至几乎说不出话来。他做不到死记硬背，在学校鹦鹉学舌般地模仿信息虽然会得到表扬，可对于他而言困难而痛苦。卡哈尔能做到的最多只是理解并记住核心概念，他常常对自己不尽人意的理解力感到绝望。¹¹ 然而，在如今神经科学的研究中一些最激动人心的领域，几乎都以卡哈尔的最初发现为基础。¹²

卡哈尔后来回忆说，他的老师在能力好坏的认识上，看起来可悲得离谱。在他的老师眼中，反应快被等同于智商高，记得住被等同于能力强，服从即品行端正。¹³ 除了“一些缺点”，卡哈尔的成功也让我们看到，甚至今天的老师是怎样就轻易地低估了学生，学生又是如何低估他们自己的。

搭建深层组块

卡哈尔在医学院断断续续地完成了学业。他在古巴做过军医，又多次在竞争激烈的教授评选测试中落败，卡哈尔最终取得细胞组织学教授的职位，研究生物细胞的微观解剖。

在研究脑细胞及神经系统的工作中，每日清晨的卡哈尔都会

小心翼翼地准备显微镜载玻片。接下来的几个小时里，他开始在上过色的细胞中观察那些表现突出的细胞。下午，他回想心中的抽象画，看看自己对早上的观察内容还能记得多少，然后开始画细胞。每次画完，卡哈尔会将自己画的细胞与显微镜下观察到的进行比较，然后接着回去画，再观察，再回去画，如此周而复始。只有他的画真正捕捉到了经过合成的精髓，卡哈尔才收手，得到这个精髓不是观察一张玻片就够了，而是致力于一整套单一细胞类型的玻片集合才能得到。¹⁴

卡哈尔是一位摄影大师，他甚至是用西班牙语写彩色摄影方法类书籍的第一人，但他从不认为照片能够捕捉到他眼中的精彩。能做到的只有他的艺术手段，他从思维里抽象出现实，即组块过程，这是帮人们看见组块精髓的最佳办法。

合成内容（synthesis）是一种神经模型，它可以是抽象化内容、组块或主旨概念。高质量组块构成的神经模型，不仅能与我们钻研的学科产生共鸣，也能在其他学科或生活领域产生反响。抽象化能让概念从一个领域转到另一个领域。¹⁵ 这就是为什么伟大的艺术、诗歌、音乐以及文学会如此震撼人心。掌握组块后，它会在我们的脑海中获得新生，也就是说，我们会形成一些能增强并启迪已有神经模型的想法，这使我们更好地去看清并发展其他相关模型。

一旦创造的组块构成了神经模型，我们便能轻松地将组块模型传授给他人，就像卡哈尔以及几千年来许多其他伟大的艺术家、诗人、科学家、作家所做的一样。一旦他人掌握了组块，他们不仅能运用，还能驾轻就熟地创造新组块来运用到自己生活中的其他领域，这也是创造过程的一个重要部分。



这里我们能清楚地看到左边的那个组块，即波状起伏的神经丝带，和右边的组块极为相似。这意味着一旦你掌握了某一科目的组块，要理解或创造其他科目中的类似组块也就简单多了。这个道理同样适用于数学，纵观物理、化学、工程学，有时经济学、商学、人类行为模式中也能发现它的影子。所以物理或工程专业学生，会比读英语或历史专业的学生更容易考取工商管理硕士学位。¹⁶

通过比喻或实体类比也能构造组块，这些组块甚至能使一个领域的概念对另一个领域产生影响。¹⁷ 这就是为什么热爱数学、科学、技术的人常意外地发现他们会受益于运动、音乐、语言、艺术或文学等方面的活动或知识。懂得如何学习语言促进了我在数学、科学方面的学习。

快速学习数学和科学的关键，是要意识到每个所学概念几乎都可以与你已有的知识进行类比，这就是做比较。¹⁸ 有时比喻或类比并不十分贴切，比如把血管比喻成高速公路，或把核反应类比为倒塌中的多米诺骨牌。但这些简单的类比和比喻能作为强大的工具，帮你利用现有的神经结构，让它如脚手架般让你迅速地构建新的更复杂的神经结构。开始用这个新的神经结构后，你会发现比起最初的简单结构，它不知好用多少。再构建其他领域的新结构时，这些结构又为比喻或类比提供了来源。（确实，这就是物理学家与工程师在金融领域特别吃香的原因。）以伊曼纽尔·德曼（Emanual Derman）来说，他原是在理论粒子物理学领域研究成果颇丰的物理学家，后就职于高盛集团，最终开发出了 black-

derman-toy (BDT) 利率模式。最终德曼担任了此公司定量风险策略组主管。

本章小结

- ✓ 大脑发育的速度因人而异。许多人的大脑在 25 岁后才发育成熟。
- ✓ 在科学界，许多令人敬仰的重量级人物，起初显然是前途渺茫的问题少年。
- ✓ 在科学、数学、技术领域取得成功的专业人士，逐渐习得的一个特质，就是学会如何组块——提炼关键思想。
- ✓ 比喻或实体类比也能构造组块，这些组块能使一个截然不同的领域的概念对另一个领域产生影响。
- ✓ 无论你当前或今后有怎样的职业道路，要有开放心态，保证自己的学习宝库中常备数学和科学知识。你能因此储存更多的组块，从而更精明地应对生活、工作中的各种困难和挑战。

{ 驻足与回顾 }
合上书，转开视线，想想本章有哪些主要思想？你会发现，如果把这些主要思想联系到你的生活工作中，回想会更容易些。
}

学习提升

1. 在圣地亚哥·拉蒙·卡哈尔的职业生涯中，他找到一种能将自己的

艺术热忱与科学痴迷结合起来的方式。你所认识的名人、亲友或熟人身上有过相似的经历吗？你的生活中会有这种结合吗？

2. 你怎样才能避免陷入这种思维方式，认为反应快的人更聪明？
3. 中规中矩地做事有利有弊。拿卡哈尔的人生与自己做对比。什么时候按别人说的做才真正有益？自己是否曾按别人说的做却无意办了错事？
4. 与卡哈尔的缺点相比，你自身的局限是什么？你怎样才能将自己的劣势转变为优势呢？

借方程的诗歌打开心灵之眼

解开标准方程下每一句话的含义

诗人西尔维娅·普拉斯（Sylvia Plath）曾写诗道：“第一天上物理课简直像下地狱。”¹她继续说：

一个名叫曼兹（Manzi）先生的黑矮男人，扯着高亢而浑浊的嗓音，身着紧身蓝色西装站在教室前，手中正拿着一个小木球。他把球放在一个有沟槽的斜坡上，让它一直滚到底。之后他开始讲，设加速度为 a ，时间为 t ，而突然间，他就开始在黑板上洋洋洒洒地写满了字母、数字和等号，于是我的大脑就这样熄火了。

至少在这段重述普拉斯生平的半自传性文字中有写到，曼兹先生曾写过一本 400 多页的书，其中没有图画和照片，只有图表和公式。

这就如同，你试着去欣赏普拉斯的诗，但不是靠自己读，而是听旁人讲。在普拉斯的故事版本中，她是唯一在这门课上拿了 A 等成绩的学生，但物理还是给她留下了恐惧感。

毕竟，只有数学是理性的诗歌，而诗是心灵的数学。

——戴维·尤金·史密斯 (David Eugene Smith)

美国数学家和教育家

物理学家理查德·费曼的物理导论课则完全不同。诺贝尔奖得主费曼是个热情洋溢的人，平时打邦哥小鼓引以为乐，说起话来的样子更像个务实的出租车司机，而不像什么尖头尖脑的知识分子。

在费曼 11 岁左右时，一次不经意的对话对他产生了天翻地覆的影响。他告诉朋友，思考不过是内心的自言自语。

“是这样吗？”费曼的朋友说，“你知道汽车曲轴的形状极其复杂吧？”

“对，知道又怎样？”

“不错。现在告诉我，你在自言自语的时候，是怎么描述这形状的？”

正是这么一问，费曼认识到，思想能表现为语言就能表现为形象。²

后来他写道，还是学生的他，曾努力想象一些概念并对其进行形象化，比如电磁波，它是肉眼看不见的能量流，从阳光到手机信号都由它来承载。可他难以用语言描述心中所见。³如果连世界上最了不起的科学家之一都想象不出该如何看待一些（公认的难以想象的）物理学概念，那我们普通人该怎么办呢？

我们可以在诗歌的国度找到鼓舞和灵感。⁴ 让我们来看几句歌词，这几句来自美国歌手兼词曲作家乔纳森·库尔顿（Jonathan Coulton）写的一首歌，叫作“曼德博集”，⁵ 歌曲内容有关一位著名数学家——贝努瓦·曼德尔布罗特（Benoit Mandelbrot）。

天堂的曼德尔布罗特啊
他让我们在混沌中看见秩序，无望中看见希望
他的几何学在别人跌倒的地方获得了成功
所以，如果你迷失了方向，会有一只蝴蝶拍打翅膀
远在百万公里之外，一个小奇迹将送你归乡

在库尔顿动人的词句中，他捕捉到了曼德尔布罗特杰出的数学精髓，由此我们能在脑中形成图像——只见蝴蝶的翅膀轻柔一振，传播开来，甚至会在百万公里以外的地方造成影响。

曼德尔布罗特创造的新式几何让我们懂得，那些有时看起来粗糙混乱的事物，比如云和海岸线，却在一定程度上存在规律。视觉的复杂性可以由简单规则创造出来，正如现代动画电影制作中的神奇手段。库尔顿的诗歌也影射出了曼德尔布罗特成就中蕴含的概念——宇宙某部分细小、微妙的变化，最终会对其他一切产生影响。

你越去看库尔顿的歌词，便越会发现这概念能在生活各个方面得到更多应用——你对曼德尔布罗特的成果理解得越深刻，这些意义便越发明晰。

正如诗歌、方程中也存在隐藏的含义。如果正在看物理方程式的你是个新手，而且也未曾有人教过你怎么去看懂符号下鲜活的内涵，那么这些方程表达式对于你而言就是一片死寂。只有当你开始学习，并将隐藏内容赋予方程表达式，它的内涵才开始跳跃、流动，最后如同获得生命一般呈现于你。

在一篇经典论文中，物理学家杰弗里·普伦蒂斯（Jeffrey Prentis）比较了物理学新手和成熟的物理学家在看待方程时的差异。⁶ 新手看方程，不过就是在记忆中互不相关的海量方程中添加一个记忆内容。然而，层次更高的学生和物理学家，能在心中看见方程背后的意义，能看见它是怎样被置于宏观背景之下的，甚至会对方程的一些部分感同身受。

数学家要有些诗人气质，才算得上名副其实。

——卡尔·魏尔斯特拉斯（Karl Weierstrass）

德国数学家

当你把字母 a 看作加速度，你也许会有在车里踩油门的感觉。轰的一声！你感受到了加速的推背感。

可每当你看到字母 a 都需要唤起这种感觉吗？当然不必，你可不想唤起学习中的每一个小细节，否则自己会疯掉的。但是，如果你看到方程中遍布 a 的身影并在努力分析它的含义，那么那种推背感应盘旋在你的大脑后台，就像一个时刻准备溜进工作记忆的组块。

同样，当你把 m 看作质量，你也许会感受到一块 50 磅巨石慵懒的惯性，要搬动它可是个大工程。当你把 F 看作力，借心灵之眼你也许会看到力背后的秘密，正如方程 $F = ma$ 所示，力的大小取决于质量和加速度： ma 。也许你能体会到 F 背后的奥妙。力把一种举升的气势（加速度），作用在巨石慵懒的质量上。

让我们再来点锦上添花。物理术语做功意味着能量。当我们推动（把力作用在）一件东西，让它通过一段距离，我们就做了功（那是我们在提供能量）。我们可以将此概念加密到符号中，让它如

诗般简洁： $W = Fd$ 。一旦我们看见 W 代表做功，那么我们便可通过心灵之眼，甚至通过身体感受，去想象这背后的含义。最终，我们提取出了一行方程之诗，就像下面这样

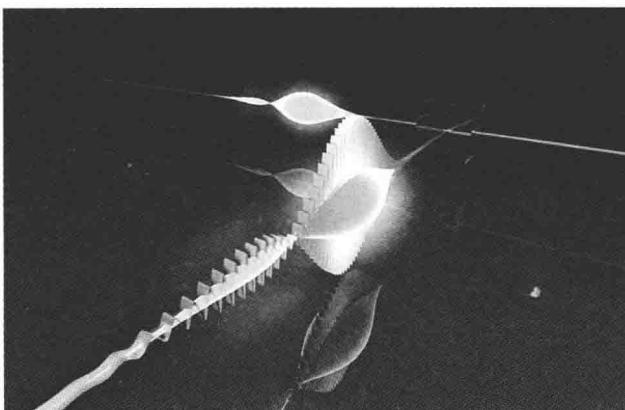
$$\begin{aligned} W \\ W = Fd \\ W = (ma) d \end{aligned}$$

换句话说，符号和方程背后都存在隐藏信息——一旦你对概念更熟悉，它们的含义就会更清晰。尽管科学家不这么表述，但他们经常将方程看作一种诗歌形式，以此可以迅速用符号记下他们正尝试去看清和理解的事。善于观察者能认识到一首诗的深度，诗中会有许多可能含义。同样，在学识上不断成熟的学生，借心灵之眼也能渐渐学会看清方程背后的隐藏含义，甚至凭直觉形成不同解读。并不意外，图、表格或其他图像也具有隐藏含义——在心灵之眼中，它们所呈现的内涵甚至比纸上的内容更丰富。

简化学习内容并对其拟人

此前我们提到过这点，尽管我们对如何想象方程背后的概念已有了更深的领悟，但现在它值得我们来重新审视。努力学习数学和科学的时候，我们能做的最重要的一件事，就是给脑中的抽象概念赋予生命。例如，圣地亚哥·拉蒙-卡哈尔对待眼前微观场景，就像在看待一群居住在其中的小生命，它们有希望和梦想，就像人类自己。⁷ 爵士查尔斯·谢林顿（Charles Sherrington），是卡哈尔的同事和朋友，同时他也是突触（synapse）一词的创造者，他告诉朋

友，他从来没见过哪位科学家能像卡哈尔一样让自己的工作充满生命力。谢林顿猜想这也许是促使卡哈尔达到他成功高度的一个关键因素。



爱因斯坦能把自己想象为一个光子。⁸这是意大利物理学家马可·贝里尼（Marco Bellini）制造的强激光脉冲（在图中靠前位置），它用于测量单个光子的形状（在图中靠后位置），我们可以通过观看这幅美丽的图景去理解爱因斯坦眼中的画面。

爱因斯坦的相对论并非源自他的数学才能（他经常需要与数学家合作来取得进展），而是源自他“假装”的能力。他想象自己是一个以光速移动的光子，然后想象第二个光子会怎样看他。第二个光子会看到并感受到什么呢？

芭芭拉·麦克林托克（Barbara McClintock）因发现基因换位（“跳跃基因”会改变自己在DNA链上的位置）的存在而获得诺贝尔奖，她曾写过自己如何对其研究的玉米植株进行想象：“我甚至能看到染色体的内部成分——实际上一切就在那里。因为我几乎感觉自己就像置身其中，而染色体是我的朋友，这感觉让我惊奇。”⁹



遗传学先驱芭芭拉·麦克林托克把她在处理的分子元素想象成庞然大物。和其他诺贝尔奖得主一样，她对研究下的元素进行了拟人，甚至和它们交朋友。

或许在心灵之眼的注视下，把正在研究的这些元素和生物机制想象成活物，还让它们有了自己的感觉和思想，会显得有些愚蠢。但是这个方法很奏效，它让研究对象鲜活起来，还能帮你看清并理解一些现象，而仅仅看枯燥数字和公式是无法靠直觉感受这些现象的。

简化也很重要。为了方便自己理解，理查德·费曼，本章前部分说到的那位打邦哥鼓的物理学家，他要求科学家和数学家简单阐释他们的概念，他这个做法是出了名的。出人意料的是，无论概念多么复杂，几乎任何一个概念都可以得到简单解释。为了酝酿简单解释，你把复杂材料分解成几个关键要素，结果你对材料的理解更加深刻了。¹⁰学习专家斯科特·杨（Scott Young）发展了这个理念，他称之为费曼法，这个方法要求人们找到简单的比喻或类比来帮助他们理解概念要旨。¹¹

传奇人物查尔斯·达尔文的做法也跟这个差不多。在他试着对

一个概念做出解释时，会想象有个人刚刚走进自己的书房。他会放下笔，努力用最简单的语言来解释它。这让他知道了如何去描述书本中的概念。类似地，网站 Reddit.com 有一个叫作“像 5 岁孩子一样做解释”的板块，在那里任何人可以发帖寻求复杂主题的简单解答。¹²

你可能会觉得，需要先理解才能给出解释。但是注意，当你和身边的人谈论学习的时候发生了什么。在试图对他人和自己做出解释时，你常会惊奇地发现，理解常常是解释的产物，而非先有理解才有解释。这就是为什么老师常说，他们第一次真正理解教学材料，是在自己去教学生的时候。

认识你很高兴！



学习有机化学的难度和去认识一些新人物比起来没什么两样。每一个元素都有自己独特的个性。你越了解它们的性格，就越能读懂它们的处境，并能预知它们在相互作用中会产生什么样的结果。

——凯瑟琳·诺尔塔 (Kathleen Nolta)

哲学博士，化学高级讲师和金苹果奖得主，该奖项授予
密歇根大学公认优秀教员

该你试试了！

脑中的自导自演

想象自己置身于研究内容之中——你正从细胞或电子的视角，或甚至从一个数学概念的角度在看世界。试着和你的新朋友表演一出戏，想象它们会有怎样的感受和反应。

迁移：把所学的知识运用到新背景中

迁移是把所学的知识从一个知识背景应用到别处的能力。比如，或许你学了一门外语之后，发现学第二门外语就比学第一门外语要轻松了。那是因为当你学过第一门外语，你获得了基本的语言学习技巧，同时你也潜在地学会了相似的新单词和语法结构，它们便迁移到了你的第二门外语学习中。¹³

学习数学但只把它应用在一个特定学科，比如会计、工程或经济学，这就有点像决意不再认真学另一门外语——只坚守着一种语言就行，只需额外再多学几个英语单词就行。许多数学家觉得，完全针对特定学科去学数学的方法，会让你更难以灵活且创造性地运用数学。

他们觉得如果你按他们教的方式学数学，即围绕着抽象且形成了组块的概念精髓，而脑中没有特定应用范畴，你就能获得轻松将知识迁移到各种应用的技能。也可以说，获得这样的技能，就如同语言学习中获得了语言的基本学习技巧一样。比如，你也许是一个物理系学生，但你能通过运用你的抽象数学知识，迅速领悟如何将数学运用到其他极不相同的领域，比如应用到生物、金融，或者甚至是心理学过程中去。

这也是数学家喜欢从抽象角度教数学的部分原因，因为这样不必立刻把视野缩小到具体的应用上去。他们想让你看到概念的精髓，考虑到这样会更容易把概念迁移到多种问题上去。¹⁴如果用语言学做类比，就像是他们并不希望你只学会如何用特定语言说“我跑”这个短语，不管是阿尔巴尼亚语、立陶宛语还是冰岛语，而是期望你能理解更基本的概念，比如有一类词汇叫动词，它们需要变位。

这其中的困境在于，如果你把概念直接应用到具体问题，往往会更易于掌握一种数学思想，即使这么做之后再要把概念迁移到新领域会有更大难度。不出所料，我们最终会看到，对于具体和抽

象的数学学习法总是争论不断。于是数学家退后一步，试图把握高地，以确保学习过程围绕着抽象方法进行。相反，工程、商科等许多其他专业则自然偏向专门应用于特定领域的数学，并以此来提高学生的参与感，同时也避免学生抱怨“我什么时候才能用到这个”。具体的应用数学也被这个问题困扰，数学教材中许多“现实世界”的问答题都只不过是做了单薄伪装就搬上书本给学生练习。最终我们看到，具体和抽象的方法各有利弊。

迁移的好处在于，随着一门学科内容难度的增进，迁移往往能让学生学得轻松一些。正如匹兹堡大学教授杰森·德尚（Jason Dechant）说：“我总告诉我的学生，随着他们护理项目的进展，要学的东西会越来越少，可他们不相信我的话。他们竟然每个学期都越学越多，他们就是善于把事情堆积在一起做。”

拖延问题最严重的一个方面，就是不停打断自己注意力去查看手机短信、电子邮件或其他更新，这会干扰迁移的进行。时常中断手中工作不仅会让学生无法深入学习，也让他们无法将所学的那一点知识轻松迁移到别的问题上。¹⁵ 你可能认为，自己查看手机短信时，并没放下学习，但现实情况是，你的大脑因为没有足够的专注时间而无法形成固化神经组块，但这些组块才是将概念迁移到其他区域的核心。

概念迁移，效果不错 ➡️ ● ➡️

我在五大湖学会了钓鱼技巧，去年就到佛罗里达礁群去小试牛刀。完全不同的鱼类，完全不同的鱼饵，还用了从没用过的钓法，但是效果不错。人们觉得我病得不轻，但有趣的是我让他们看到这样确实能抓到鱼。

——帕特里克·司克金（Patrick Scoggin）

历史专业大四学生

本章小结

- ✓ 方程只是抽象和简化概念的方法。这说明，方程包含的深层含义，与诗歌中的深层内涵有相似之处。
- ✓ 你的“心灵之眼”之所以重要，是因为它帮你在脑中排演，并把学过的知识拟人化。
- ✓ 迁移是把所学知识从一个知识背景应用到别处的能力。
- ✓ 关键是要掌握一个数学概念的组块精髓，这会有利于概念迁移和将其应用到新途径中。
- ✓ 在学习过程中一心多用会让学习无法深入，这样会限制你迁移所学知识的能力。

驻足与回顾

合上书，转开视线，想想本章有哪些要点？你能在心中用

符号描绘出这些概念吗？

学习提升

1. 写一首方程之诗，用几句话展现一个标准方程背后的内涵。
2. 写写如何对你在学的一些概念进行自导自演。你认为这场戏里的各位角色会有哪些现实感受，又会发生怎样的互动？
3. 拿出一个你学过的数学概念，看看这个概念是怎样应用到具体实例中的。退回一步看看这个应用实例，你是否可以体会到其背后存在的抽象概念组块。你能想出一个完全不同的方式去运用那个概念吗？

第 15 章

chapter15

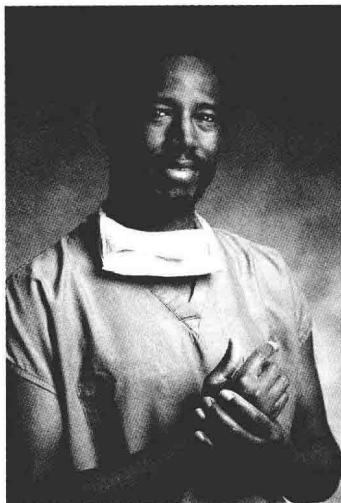
学习的复兴

自学的价值

查尔斯·达尔文 (Charles Darwin) 的进化论让他成了人类历史上最有影响力的人物之一，而像他这样的人通常被认为是天生英才。也许出乎你意料的是，像卡哈尔一样，达尔文也曾是个糟糕的学生。他从医学院退学，而让他父亲惊恐的是，他竟转而以博物学家的身份踏上环球航行之路。只身在外，达尔文依靠自己，却有了从全新视角看待他所收集数据的机会。

比智力更重要的往往是毅力。¹ 以自学为目标去接触学习材料，能让你以仅有的方式从入门走向精通。通常，不管你的老师多么优秀或课本多么经典，只有当你溜去看看同一领域的其他书籍或视频，才会发现单从老师或课本中学到的不

不过是冰山一角，事实上这门学科的维度多元而立体，仅这一角就联系着很多其他有趣而迷人的课题，你都可以选择了解。



神经外科医生本·卡尔森（Ben Carson）在外科手术上取得的开拓性创新让他荣获总统自由勋章，但起初他却经常挂科，还曾被医学院劝退。卡尔森知道，自己看书时学习效果最好，而不是在课堂上。于是他反其道而行，不再听课，好让自己有更多的时间可以专心学习书本知识。从此他的成绩突飞猛进，往事皆为浮云。（要注意的是，这一学习技巧并不适于所有人——如果你用这个故事作为逃课的借口，那是自找麻烦！）

在科学、数学和技术等领域，很多人都不得不开辟一条属于自己的学习之路，要么是因为他们别无选择，要么是出于各种原因放弃了先前的学习机会。研究显示，只有学生自己主动参与课题，而非仅听他人言传，才能取得最好的学习效果。²一个学生要能靠自己剖析学习材料，且偶尔从同学那得到反馈，才是关键。

在慎重考虑转行医生之后，已经是成年人的圣地亚哥·拉蒙-卡哈尔，在得知自己必须学习大学微积分时曾心惊肉跳。他年少时

从没认真对待过数学，对学习材料甚至缺乏最基本的理解。他不得不回头把旧书翻个遍，抓耳挠腮地钻研基础知识。然而，因为个人目标的驱使，卡哈尔学会了更深奥的知识。

导师给初学者最美妙的激励莫过于此：比起宣扬伟人曾经的辉煌成就——那高不可攀的成就会让人目瞪口呆又灰心丧气，反而是为他指出每一个科学发现的根源，指出导致之前一系列错误和过失的做法——从人类的角度出发，要精确解释科学发现，这种信息至关重要。³

——圣地亚哥·拉蒙·卡哈尔

发明家兼作家威廉·坎宽巴 (William Kamkwamba)，1987 年生于非洲。他早年上不起学，只能去村里的图书馆自学，在那里他偶然发现了一本叫作《能源利用》(Using Energy) 的书。坎万巴不是仅仅读一读了事。才 15 岁的他，就利用这本书来引导自己去主动学习：他建造了属于自己的风车。他的邻居称他为“misala”——就是疯子的意思。但正是他的创造力帮助他的村庄发电，使用自来水，并激发了非洲乡村技术创新。⁴

美国神经学家兼药理学家坎迪丝·珀特 (Candace Pert) 接受过良好的教育，并在约翰·霍普金斯大学获得了药理学博士学位。但是她的部分灵感和后续的成功都源于一个非同寻常的起因。就在她进入医学研究院之前，一次骑马发生意外，导致她背部受伤，整个夏天她都饱受治疗的痛苦。⁵ 正是这段疼痛和止痛治疗的经历推动了她的科学研究。不顾导师的劝阻，坎迪丝取得了一些重大的首次发现，其中就包括鸦片受体，这是人类在毒瘾认识上的重大进展。

大学不是学习的唯一途径。在我们这个时代，很多颇具影响力的名人，像比尔·盖茨（Bill Gates）、拉里·艾利森（Larry Ellison）、迈克尔·戴尔（Michael Dell）、马克·扎克伯格（Mark Zuckerberg）、詹姆斯·卡梅伦（James Cameron）、史蒂夫·乔布斯（Steve Jobs），还有史蒂夫·沃兹尼亚克（Steve Wozniak）都从大学辍学了。将来我们还会看到一些精彩创新的例子，而这些人就是那些能将传统和非传统学习的优点结合到自学中去的人。

你能做到的最重要事情之一，就是对自己的学业负责。在以老师为中心的学习方法中，老师被当成答案的掌握者，这会让学生不经意间对课堂学习产生无助感。⁶令人惊讶的是，教师评估系统可能会加强这种无助感，因为这样的教学系统，会让你把自己的失败归咎于老师，认为其缺乏激励或指导能力。⁷而以学生为中心的学习方法是，学生要克服困难互相学习，并引导自己来掌握学习材料，这方法有着极好的学习效果。

好老师的价值

偶尔当你有机会向名副其实的优秀导师或老师讨教，是很幸运的，这机会一出现，就要把握住。要训练自己克服“囫囵吞枣”的学习阶段，并迫使自己直击问题真正要害，而不是借机会向老师炫耀自己学过什么。你越往这个方向努力就会越轻松，甚至在毫无意识中就已经发生了改变。你在很多方面会越发感到受益匪浅——老师从广博经验中提炼出的一句简单的话，甚至会从此改变你未来的人生轨迹。同时一定要对指导你的人心怀感恩，重要的是要让他们知道，他们的帮助是有意义的。

但要小心，别让自己成为“黏人的学生”。尤其是和善的老师会特别吸引一些学生，而这类学生真正渴求的是导师对他们膨胀自我的关注，而远不只是某个实际问题的答案。再好的老师也没有办法满足那些“永远无法满足的”需求。

同样也要谨防自己陷入“我的答案当然正确”的心理，明明是错的还要强迫老师跟随你糟糕的逻辑步骤。偶尔也许你可以最终证明出自己是对的，但对于大多数老师来说，尤其是对数学和科学领域里水平较高的老师，尝试跟着你不知所云、漏洞百出的思维就像在听一首不着调的歌，简直是吃力不讨好的痛苦折磨。一般来说，最好的做法是重新梳理思路，然后听听老师的建议。当你最终明白了答案，就可以回头纠正你以前犯过的错误。（通常你会意识到，一步失误“满盘皆输”，甚至自己都无法用语言来形容之前的方法有多离谱。）好的老师和导师通常都是大忙人，所以你要聪明地利用他们的时间。

真才实学的优秀教师会让学习材料看起来简单而有深度，他们既能设立让学生互相学习的机制，又会去鼓舞学生自主学习。比如塞尔索·巴塔利亚（Celso Batalha），埃佛格林谷学院著名的物理教授，他为他的学生建立了一个非常受欢迎的阅读小组，让学生去了解学习的方法。很多教授在课堂中运用“主动式教学”和“合作式教学”的技巧，让学生能主动参与教学内容并相互学习。⁸

多年来有件事非常令人惊讶。我遇到的很多优秀老师中，一些人告诉我他们年轻的时候非常害羞，不敢在观众面前讲话，甚至认为自己智商不够，根本不敢想象自己有一天会成为一名老师。但他们最终吃惊地发现，那些曾被他们认为是缺点的特质，最终推动他们成了体贴周到、富有创造力的导师或教授。似乎正是他们的内向，让他们成了比他人更体贴、更敏感的人。过去的不如意让他们谦虚地意识到，要有耐心，而非误以为自己无所不知。

另一个自学的理由：古怪的试题

我们回来看看高中和大学的传统学习，在那里，只要稍微了解一些考试内幕知识，你就能成功通过考试。数学和科学老师有一个秘密，那就是他们经常会抽取课本中必读材料外的问题作为考题。毕竟，每个学期都要出新的考题，这对于老师来说也有难度。这就意味着，那些试题往往会在措辞或解法上稍有不同，可即使你觉得自己已对课本和课堂内容得心应手，这些试题也能杀你个措手不及。结果你认为自己不是学数学和科学的那块料，但其实你真正需要做的，只是在整个学期的学习中，换个角度看待学习材料。

提防智力“狙击手”

圣地亚哥·拉蒙-卡哈尔不仅对如何做科研有非常深入的了解，同时也对人际交往颇有认识。他提醒同学，总会有人批评或者低估你的任何努力或成绩。每个人都会遇到这样的状况，不仅仅只是诺贝尔奖得主。如果你在你的研究领域小有成就，那么周围的人就会感受到威胁。你的成就越大，攻击你并贬低你付出的人就会越多。

而另一方面，如果你考试挂科，或许还会遇到一些话中带刺的人，比如他们会说你其实没这方面天赋。失败并没那么可怕。你要分析自己的问题所在，作为前车之鉴，让自己将来做得更好一些。比起成功，失败是更好的老师，它会让你反思自己的学习方式。

某些“慢”学生之所以在数学和科学的学习中挣扎，是因为那些在别人眼里显而易见的概念，他们却难以理解。很不幸，这些学生有时会认为自己不够灵光。但事实上，他们更加慢条斯理的思

考方式，能让他们注意到一些别人忽视掉的困惑细节。这就像徒步旅行者会注意到松树的香味，会发现树丛中小动物的踪迹，而那些驱车前行者只顾着以每小时 70 千米的速度向前奔跑。但可悲的是，有些导师会觉得，一些普通学生提出的看似简单的问题是对他们的侮辱。他们不会承认这些问题的思考价值，反而可能会无礼打发提问者：“我是怎么跟大家讲的你就怎么做。”而这只会让提问的学生觉得自己笨，而且疑惑更深。（要记住，有些指导老师可能不知道你是否认真思考了材料，或认为你没有自主理解问题，这些情况在我行为叛逆的高中时期就出现过。）

任何时候，如果你觉得自己难以搞懂“显而易见”的道理，不要灰心。去问问你的同学或者上网求助。另一个实用窍门就是试着找到一位颇具好评的指导老师，而他也刚好教同样的课。这些指导老师常常会理解你的感受，有时候会愿意帮助你，只要你不过分麻烦他们。你要提醒自己，不明白只是暂时的，真实情况并不像当下这般看似令人崩溃。

你会发现，当你进入职场之后（也许你还没涉足），比起给予你真正的帮助，很多人会更有兴趣去肯定自己的观点，这会让他们显得精明强干。在这种情况下，以开放之心接受建设性建议和批评，和看似有建设性意义却饱含恶意的言论和批评，是有天壤之别的。不管是什么批评，只要你觉得自己很肯定（“我是对的”），那么很可能你就是正确的，或者（甚至更有可能的是，由于情绪的自欺欺人），你也许需要回过头，从更加客观的角度重新检查。

我们时常听到人们说，同理心对所有人都有好处，但其实不是。⁹ 重要的是，你得学着时不时地调整到平心静气的状态，这不仅能帮你专心学习，也可以让你无视那些以挫败你为乐的人。这种现象非常常见，人们通常表现得有多合作，他们就有多好胜。对于年轻人来说，这种冷静的心态似乎难以掌握。我们会很自然地对投

身其中的事物感到兴奋，我们也希望相信每个人都通情达理，希望每个人对我们都是心存善意的。

就像卡哈尔，正因为别人在某些事情上说你不行，你也一样要去骄傲地追求成功。你是自己的骄傲，尤其应该骄傲于那些让你“与众不同”的特质，并把它用作你成功的秘密法宝。借你与生俱来的逆反心理反抗偏见，不要轻信他人对你下的结论。

该你试试了！

理解“缺点”的价值

从自己身上挑出一个像是缺点的特质，描述它是如何帮助你学习，或帮你进行创造性的、独立的思考并让你从中受益的。你能不能想出什么办法能够削弱这个缺点的负面影响，从而提升它的积极作用？

本章小结

- ✓ 自主学习是一种最深入、最有效的学习方式：
 - 自主学习能够提高你独立思考的能力；
 - 有时它会帮你解答出老师的奇怪考题。
- ✓ 在学习中，毅力往往比智力更重要。
- ✓ 锻炼自己去接触那些你敬仰的人。你会结识学识渊博的新导师，往往他们的一席话可能会改变你的未来。但是请爱惜他们的时间。
- ✓ 如果你没能快速掌握学习材料的重点，不要灰心。常让人惊讶的是，“学得慢”的学生会抓住根本问题，而这些部分通常为进度较快的学生所遗漏。真正了解前因后果能让你从更深层次理解问题。

✓ 人人都是既有竞争意识又有合作意识。总是会有人批评或低估所有你付出的努力，你要学着对这些问题淡然处之。

驻足与回顾

{ 合上书，转开视线，本章的主要观点是什么？哪一个观点是最重要的，或者哪几个观点都很重要？ }

学习提升

1. 没有正式学习项目的引导，自学会有哪些优势和劣势？
 2. 在维基百科上查询短语——自学成才的名单 (list of autodidacts)，看看在为数众多的自学成才者当中，你最想效仿哪一位？为什么？
 3. 从熟人中选出一个你颇为钦佩但从未交谈过的人（不能是名人）。做个搭讪计划，从问候和自我介绍开始，然后采取行动。
-

纽约时报科学作家尼古拉斯·韦德的独立思想



尼古拉斯·韦德 (Nicholas Wade) 是纽约时报科学时代版块 (Science Times) 的专栏作家。作为一个独立思考者，韦德将之归功于与他祖父相似的独立思考——这是一位在泰坦尼克号沉船事件中极少数的男性生还者之一。因为当大多数人听从谣言转移到轮船左舷的时候，韦德的祖父跟随他

的直觉，从容不迫地挪向另一边的右舷（因此得以死里逃生）。

这里，在讲述科学家和数学家的书中，尼古拉斯认为以下几本最有趣。

《知无涯者：拉马努金传》（*The Man Who Knew Infinity: A Life of the Genius Ramanujan*），罗伯特·卡尼格尔著。这本书讲述了一位不可思议的贫寒少年成为知识天才的故事，故事就发生在印度天才数学少年拉马努金和他的朋友——英国数学家G. H. 哈代之间。我最喜欢的片段这样写道：[⊖]

一次哈代去看望拉马努金，在伦敦乘坐的出租车车号1729引起了哈代的注意。他一定琢磨了好一会儿，因为他走进拉马努金的房间时，拉马努金正躺在床上，而他招呼也没来得及打，就冲口而出对这个数字表示不满。他说：“这是一个毫无意义的数。”还加上一句说，他希望这不是一个恶兆。

“不，哈代，”拉马努金说，“它是一个非常有意思的数，在一切可以用两种不同方式表示成为两数立方之和的数中，它是最小的一个。”

《高贵的野蛮人》（*Noble Savages*），拿破仑·夏依著。作者笔下美妙的历险故事，让人了解到在完全陌生的文化中该如何生存和发展。作者夏依原本是一名工程师。他的科学研究让我们对文化发展方式的理解发生了转变。

《数学大师》（*Men of Mathematics*），E. T. 贝尔著。对于在如何思考这个充满魅力的话题上饶有兴趣的人，都会发现这是一部让人拍案叫绝的经典。没有人会遗忘聪明绝顶却难逃厄运的埃瓦里斯特·伽罗瓦（Évariste Galois），在他知道自己即将离开人世的前一天晚上，他急切而潦草地写完最后的遗愿和嘱托，

[⊖] 该译文取自乐士、齐民友译本。——译者注

追趕着時間在筆下拾取他丰富头脑中的伟大思想，他要赶在他預料中的死亡来临之前。他不时停顿，在书页空白处写下“我沒时间了，沒时间了”，然后继续万般焦急地涂写下一个纲要。尽管伽罗瓦无疑在人生最后一夜为他毕生的著作做了最后的润色，但说实话，在为数不多激动人心的故事之中，贝尔教授或许还是少有地对伽罗瓦的故事进行了夸张。可是贝尔教授的这本书激励了一代又一代的男男女女。

避免自负

团队合作的力量

弗雷德遇到了一个问题——他的左手不能动了。这并非意料之外，一个月前他边洗澡边唱歌时，右脑突发致命的缺血性脑中风。大脑的右半球控制左侧身体，这就是他为何左手不能动。

然而他真正的问题远比这要严重。尽管他无法控制左手运动，但他坚持，甚至是深信不疑，他左手没有问题。有时他会借口说自己是太累了，累到一根手指都不想动。有时他会说左手明明已经动过了，只是你们没看到。他甚至会偷偷借助右手移动左手，然后大声宣布左手刚刚自己移动了。

幸运的是，几个月后，弗雷德的左手逐渐恢复了知觉。他把自己之前自欺欺人地相信几

星期就能从中风中复原的故事当作笑谈讲给医生听，并且非常开心可以回到会计的工作中去。

然而种种迹象表明，回归工作的弗雷德却是今非昔比。他过去是个温柔体贴的人，现在却固执己见，自以为是。

不仅如此，他曾经非常热衷于恶作剧，现在对别人的笑话却只是似懂非懂地点头。他高超的投资技能也消失得无影无踪，盲目乐观和过度自信取代了谨慎小心。

更糟糕的是，他似乎失去了体察情绪的能力。他未经妻子同意就卖掉了她的车，还对妻子的不满表示惊讶。当家中陪伴多年的爱犬去世时，他的妻子和孩子都在伤心哭泣，他却平静地抱着爆米花坐在一边看着他们，就像在看一场电影。

令人费解的是，他的智力，包括惊人的数字能力却丝毫未损。他仍然可以飞快地整理出一份交易损益表，解出复杂的代数题。但反常之处在于，如果他的计算出了错，无论这错误多么荒诞无稽，比如一家热狗摊亏损上 10 亿，他都不会感到有问题。他不会跳出数字本身，根据常识或从整件事情上意识到“等等，这不对”。

事实上，弗雷德是典型的“右半球大范围知觉障碍”的受害者。¹ 中风使弗雷德大脑右半球的大部分区域失去功能。尽管他的大脑还能运转，但只是部分的。

尽管我们需要警惕，“左脑 / 右脑”的假设是浅显的，也不完全正确，但我们同样不想泼洗澡水时把孩子一起泼出去，全然不顾那些暗示了左右脑差异的有价值研究。² 认知能力涉及大脑的许多区域，弗雷德的故事就提醒了我们这项能力受到限制时的危险。的确，就算我们不完全使用能力，也不会受到这么大的影响。但即使极小的缺失，都有可能对工作带来意想不到的负面影响。



脑部 CT 图上箭头所指的阴影就是缺血性脑中风造成的伤害。

避免过度自信

大量研究证实，右脑有助于我们退开一步，从全局着手考虑问题。³因此右脑受损的人通常不会有“啊哈”这样灵光一现的时刻。这就是为什么弗雷德没办法抓住笑话的笑点。事实证明，右脑在对把事情导入正规和“代入现实情境”中起到至关重要的作用。⁴

某种意义上，如果你一口气做完作业或者试卷，而完全不回头检查，你就是放弃了使用一部分的大脑。停下来换换脑子，再回去从整体上看看自己所做的工作，就不知道结果是否说得通。⁵著名的神经科学家 V. S. 拉马钱德兰这样说：右脑的任务就是扮演魔鬼代言人的角色，不停地质疑现状寻找矛盾；而左脑则坚持事物原本的样子。⁶这一观点与心理学家迈克尔·葛詹尼加的开创性研究相呼应，他认为左脑为我们解释这个世界，并不遗余力地保护这些解释不被更改。⁷

在专注模式下工作时，很容易在假设和计算中出很多小错误。如果一开始就有了偏差，即使其余的都正确，结果也是错误的。有时答案甚至会错到可笑，比如算出地球的周长只有 2.5 (2 又 1/2)

英尺[⊖]。但你不会在意这些根本说不通的结果，因为专注模式只在乎计算过程本身。

这就是专注模式，也就是依赖左脑的分析模式的问题。它使你条分缕析并保持乐观，但同时大量研究也显示了它潜在的死板、教条、自我中心的可能性。

当你万分肯定自己完成的作业或试卷没有问题时，不好意思，这可能是过度自信的观点，由左脑产生。当你回头检查时，你的左右脑之间才有了更多互动的机会，互相取长补短，从不同角度发挥各自的能力。

数学不好的人往往会落入“套公式”的陷阱，他们迫切地想要归纳书本和老师的做法，然后把问题直接套进公式就万事大吉。而会学习的人则会检查自己所做的一切，确保是行得通的。他们会思考方程的意义，它们从何而来。

第一准则就是你不能自己欺骗自己，因为自己是世界上最容易被骗的人。⁸

——理查德·费曼 (Richard Feynman)
物理学家，建议如何避免伪科学浑水摸鱼

集思广益的价值

尼尔斯·玻尔曾全身心地投入到曼哈顿计划中，这一计划是美国在第二次世界大战时期提出的，力争在纳粹德国之前造出原子

[⊖] 1 英尺≈0.3048 米。

弹。他是当时在世的最伟大的物理学家之一，可最终这一地位却使他无法在物理学上真正进行思考。

波尔被尊称为天才，因为他凭直觉提出的量子理论被认为无懈可击。这同时意味着无人能和他进行对等讨论与思考。无论他提出的点子多荒谬，其他参与原子弹研发的物理学家都会用“啊”“天呐”这样的方式附和他，将他的话奉为至理名言。

波尔用巧妙的方式处理了这个挑战。

那就是在物理学上初生牛犊不怕虎的理查德·费曼。费曼不惧权威，无论与谁共事都一样，这让他成了波尔的秘密武器。在洛斯阿拉莫斯几百名杰出的物理学家之中，费曼只能算是后辈。但在和其他物理学家会面之前，波尔总要先单独和他讨论一番，这是为何？因为只有费曼没有被波尔的权威吓倒，他还会指出波尔的一些愚蠢想法。⁹



1925年，波尔和爱因斯坦靠在椅子上聊天。

波尔清楚，只要对方有所见解，与人合作、集思广益都会有所帮助。凭借个人的努力分析工作，无论是两种模式还是左右脑，都难免会有不足。毕竟，每个人都有盲区。乐观的专注模式会本能地跳过错误，尤其是错误本来就是你自己造成的时候。¹⁰ 更糟糕的是，有时你甚至还盲目地相信自己能搞定一切，但事实是你不能。（这种状况并不少见，比如你以为自己能考得很好，结果却惊讶地发现自己根本没及格。）

和朋友一起学习能让你更容易看出自己哪里理解有偏差。朋友和队友都会成为有问必答的大容量发散模式，在你的大脑之外，为你弥补缺失或忽视的地方，而且就像我们之前说到过的，向朋友解释也有助于你建立起自己的理解。

合作的重要性不仅体现在解决问题上，在你想要职业规划时也大有裨益。队友一句简单的建议，比如上一门热情的教授开的课，或者应聘一个新的职位，都有可能扭转你的人生道路。社会学家马克·格兰诺维特的论文《弱连接理论》是社会学中最常被引用的一篇文章。其中提到，你的熟人数量，而非好友数量，保证了你能得知的最新信息以及工作中的成功。¹¹ 毕竟，你的好友圈和你的社交圈基本重合。但熟人和同学却很可能处于不同的社交圈中，这意味着你能接触到的“脑外”发散模式被指数倍扩大了。

和你一起学习的同学应当具有积极的批判性，至少偶尔要是这样。对团队中创造力的研究表明，那些气氛和缓不做批判的互动讨论，不如允许甚至渴求批评的讨论有效。¹² 如果你或你的同伴认为你的理解有误，最重要的是坦诚说出来，然后具体讨论何处有误，不要担忧这会伤害到对方的感情。当然，你不会想平白地得罪别人，但过多担心批评而塑造出的“安全环境”，实际上会抹杀建设性和创造力，因为你会过多地注意人而不是事。像费曼一样，你要了解，无论是你给别人的还是别人给你的批评，都是对事不对人

的。这关系你要了解的事物本身。人们往往意识不到，竞争是一件好事，它可以激发最大的潜能，是激进的合作。

和密友、伙伴、同学等一起讨论还有别的好处。你通常不太介意在朋友面前出丑，当然，还是不要太出丑，至少不要经常如此。和别人一起学习，有点像在观众面前排演节目。调查表明，当众表演让你更容易学会随机应变，在考试或演讲这类有压力的环境下会让你表现得更好。¹³ 另外一项集体学习的优势则体现在可靠来源也有可能出错时。无论你的导师或是书本多出色，也必然会有出错的时候。你的朋友可以为你验证和解答令人困惑的结果，防止你因为书上离谱的错误而钻牛角尖，从而浪费好几个小时。

最后提醒一下，团队学习对数学、科学和工程等科技类学科非常有效。然而，如果是社科类的学习，就不是这样了。减少闲谈，跟上节奏，完成作业。¹⁴ 如果你发现讨论会推迟了5~15分钟才开始，成员还没读材料，或者讨论经常跑题，那么尽快换一个学习小组。

内向性格者的团队合作



我性格内向，不爱和别人合作。但当大学工程学学得不好时（那是20世纪80年代的事了），我决定找个帮手，尽管我还是不想和人合作。因为那时还没有网上聊天，我们就写便条贴在对方的宿舍门上。我和同学杰夫有这样的规矩：我会写“1) 1.7米/秒”，这就是第一题答案是1.7米/秒的意思。等我洗完澡回来，看到杰夫写了“不，1) 11米/秒”，表示他认为第一题的答案是11米/秒。我绝望地回去检查自己的作业，果然发现了问题，可第二次算出来的结果是8.45米/秒。杰夫正在宿舍里练吉他，一看见我来找他，连吉他都没有放下就开始和我激烈地讨论。然

后我们各自思考自己过程，我突然发现答案是9.37米/秒，他也发现了。这样我们就完全搞定了这次的作业。就是这样，如果你不喜欢小组合作，仍然有其他只需要极少互动的合作方式。

——保罗·布鲁尔斯（Paul Blowers）
亚利桑那大学杰出教授（源自他杰出的教学贡献）

本章小结

- ✓ 即使你自信一切没有任何问题，专注模式还是会会让你不经意地犯下致命的错误。温故知新，不同的神经活动过程可以让你重新审视结果，抓出错误。
- ✓ 和愿意提出不同见解的伙伴一起讨论，可以：
 - 找出你想法中的错误；
 - 更容易学会随机应变，更好地应对有压力的处境；
 - 确保你真的理解了你想让别人解释的知识，巩固已有的知识并提高学习能力；
 - 建立起重要的职业关系，帮你做出更好的选择。
- ✓ 学习中的批评，无论你是批评者还是被批评者，都应该客观对待。它们是在帮助你理解所处理的问题。
小心不要自欺欺人。

驻足回顾

{ 合上书，转开视线，这一章主要讲了什么？当你和朋友在一起时，试着回忆上面说的方法，让你的朋友知道他们的帮助对你有多宝贵！ }

学习提升

1. 举一个例子：你原本对某件事百分之百确定，结果却证明你是错的。经过这样或类似的事情，你是否更听得进别人对你想法的批评了呢？
 2. 如何使你们的学习小组更有效率？
 3. 如果你所在的小组讨论的不是你的学习内容，该如何处理？
-

物理学教授布拉德·罗斯对学习的见解[⊖]



我在课上反复强调，先思考再计算。我很不喜欢很多学生用的“公式法”，而且我发现我自己必须经常提醒他们，方程不只是一个有输入有输出的表达式。方程描述了我们的物理世界如何运转。对我来说，理解一个方程的关键，在于理解它所描述的故事。对方程的定性理解远比定量计算出答案更重要。

以下是几条建议。

1. 通常情况下，检查计算过程花的时间比解决问题要少得多。因为没花2分钟检查，导致花了20分钟做出来的题错误，这就太可惜了。
2. 量纲分析是你的朋友。如果方程两侧的计量单位不同类，那就肯定出错了。你不能把秒和米加在一起，它们一个表示时间，一个表示长度。就像一堆苹果加上一堆石头，结果什么也不是。你可以回头检查过程，错误很可能就发生在单位不再匹

[⊖] 布拉德·罗斯是美国物理学会董事，及 *Intermediate Physics For Medicine And Biology* 一书的作者之一。

配的那一步。有人让我帮忙看投递给专业期刊的投稿论文，其中也会出现这样的问题。

3. 你要思考方程的意义，这样可以对计算结果有所预期。如果差很多，要不是你想错了，要不是你算错了。无论是哪一种，搞清楚之后你就赢了。

4.（这个稍微有点难）对一个复杂的式子，变量分别取极限，让它趋于零或无穷，然后看结果是否对你理解方程的含义有所帮助。

参加考试

考试本身就是效果非凡的学习经历

虽然前面已经提过，但还是有必要把下面这句话“大写加粗”重申一遍：**考试本身就是一种效果非凡的学习经历**。这意味着，你投入考试的一切努力有着举足轻重的意义，包括一些基础小测试，如测试自己能否回想起知识点，还有备考时对解题能力的测试。在学习内容相同的前提下，如果比较同样一个小时的学习或考试，你会发现用这一个小时来考试能学得更多，记得更牢。似乎考试有让人精神集中的美妙效果。

几乎本书中我们谈及的所有内容，都是为了让读者直接而自然地认识考试这个学习过程——它只是一般学习步骤的一个延伸。那我们就直奔主题，讲讲本章乃至本书的核心主题

之一——用于检查考前复习是否到位的检查清单。

备考检查清单



理查德·菲尔德 (Richard Felder)

教授是工程学教育界的一个神话——他在帮助全球学生学好数学和科学方面的贡献，可以说不亚于或者说甚至胜过 20 世纪其他任何一位教育工作者。¹ 菲尔德教授采用的一个帮助学生最简单或许也是最有效的技巧，是对考试成绩不满意的学生，他会在他们

备忘录里写罗列一些内容。²

你们很多人都跟自己的老师说过，上次考试的成绩远低于自己对学习材料理解的真实水平。还有些人问过，要怎么做才能避免下次考试重蹈覆辙。

我来问你几个问题，看看你是如何准备考试的。一定要尽可能地如实回答。如果你对大部分问题的回答都是“否”，那么你的考试成绩不理想也不奇怪。如果下次考完试，你还有很多回答都是“否”，那你的成绩不理想就更不足为奇了。如果你大部分的答案都是“是”，而考试分数却很低，那肯定有别的原因。跟自己的导师或咨询顾问见个面，看看能否找出原因所在，或许是个好主意。

你会注意到，有些问题会假设你是和同学合作完成的作业——你或是把自己独立得到的答案跟别人比较，或实际上就是和他人一起做出的答案。两种做法都可以。实际上，如果你是完全独自一个人学习，而考试成绩又不理想的话，我会强烈

建议你在下次考试前，找一两个学伴一起学习或做作业。（不过，对待这种做法也要小心，因为要是你光看别人而自己不动手，那么对你反而可能弊大于利。）

可一旦你填好下面这个检查清单，那么“我该如何备考”的问题就迎刃而解了。你该做的就是：

尽你所能对以下大部分问题做出肯定回答。

备考检查清单

只有经常做到以下描述的事情，才能回答“是”（偶尔做到或从没做到选“否”）。

家庭作业

____是____否 1. 你有没有尽力去理解课本内容？（带着目的去找相关例题不算在内。）

____是____否 2. 你是否有跟同学一同解决作业问题，或者至少跟他们核对过答案？

____是____否 3. 你在跟同学合作之前，有没有先试着自己大致写出每道题的解法？

备考

你记下的回答中“是”越多，说明你复习得越好。如果你的回答里有两个及以上的“否”，那你可能要认真考虑在下次考试前改变一下复习策略。

____是____否 4. 你是否积极地参与了家庭作业的小组讨论（贡献点子，提出问题）？

____是____否 5. 当你遇到困难的时候，有没有请教老师或助教？

____是____否 6. 你交作业的时候，是否完全理解了所有问题的答案？

____是____否 7. 当不明白家庭作业的题目解法时，你有没有在课上提问寻求解释？

____是____否 8. 如果你有学习指导手册，你有在考试前仔细通读过一遍吗？确定手册上的所有题目都会做了吗？

____是____否 9. 你有没有试过快速列出解题纲要，而不是基础计算上花时间？

____是____否 10. 你是否有和同学一起复习过学习指导手册和问题，并互相提问？

____是____否 11. 如果考前有复习课，你是否参加过，并在课上提出任何你不太确定的问题？

____是____否 12. 你在考前有没有保证合理的睡眠？（如果这个问题的答案是“否”的话，那前面1~11的答案可能都不重要了。）

____是____否 总分 _____

由难入简法

应对数学和科学考试，学生常被传授的经典策略是，从最简单的题目入手。这个策略是基于这样一种观念：当你做完了相对简单的题目，就会有信心面对更难的题目。

这个策略对一些人有效果，不过这主要因为，不管什么策略总会有它的适用人群。然而不幸的是，对于大多数人来说，这个策略带来的是反作用。难题通常更耗时，这意味着你更应该先做这些难题，而且难题也迫切需要发散模式来发挥创造力。但是想要进入发散模式，你就别紧盯着那些最想去解决的难题！

那要怎么办呢？是先做简单题目，还是先做难题？

答案是先从难题入手，但是马上跳回简单题目。我来解释一下。

试卷一发下来，先快速浏览一遍，对试卷内容有个大致印象。（对任何考试你都应该这么做。）放眼去找看起来最难的题目。

那么，开始做题时，就先做看起来最难的那道。不过要做好准备，一旦你发现自己已经一两分钟没有进展，或者感觉可能想偏了，就要立刻抽身出来。

这个做法不是一般的好用。“由难入简”法会把首个最难题目装进你的大脑，然后转移注意力。靠这两步就能让发散模式开始运转了。

如果首道难题进展不顺，那就跳到下一道简单的题目，把它做出来，或能做多少是多少，之后接着做另一道看起来很难的题目，并努力取得一点点进展。一旦感到陷入了困境或停滞不前，就再换一道简单些的题目去做。

我跟我的学生讲，忧虑的作用有好有坏。适当的忧虑能赋予你动力，帮你集中注意力，而不当的忧虑只会浪费精力。

——鲍勃·布拉德肖 (Bob Bradshaw)

奥龙尼大学数学教授

当你回头去看那些较难的题目，你往往会开心地发现，下一步解法或是一些解题步骤变得更加明晰了。你也许无法一口气做完整道题，但在换到另一道能有所进展的题目之前，你至少可以在这道题上更进一步。

从某种角度说，运用了这种考试策略，你就会像一位高效的厨师。等着牛排煎熟的同时，你可以快速切好番茄做配菜，然后给汤

调个味，再去翻一翻煎得滋滋响的洋葱。由难入简法通过让大脑各个部分同时处理不同的想法，来提高大脑的利用效率。³

在考试中运用由难入简法，能够保证你至少每道题都做上一点。这种方法也能有效防止你陷入思维定式，即一直在错误的思路中徘徊不前，因为这个方法会让你有机会多次多角度审视问题。如果你的老师会根据步骤给分，这个方法就更有用了。

这个方法唯一的难度在于，一旦你发现已经过去了一两分钟却仍止步不前，就必须足够自觉地从这道题目中抽身。对于大多数学生来说，这轻而易举。但对于有些人，则需要一定的自律和意志力才办得到。无论如何，你现在应该非常清楚地意识到了，用错地方的坚持可能会给数学和科学的学习造成不必要的困难。

这或许也就说明了，为什么有些考生前脚一走出考场，后脚就想到了答案。当他们放弃继续做题，注意力就被转移了，由此产生出发散模式所需的一点点牵引力，让发散模式得以运转，并把答案反馈给你。不用说，为时已晚。

有时人们会担心，要是先给一道题开个头，然后又抽身转去做别的题，这样也许会乱了考试的阵脚。可这对于大部分人来说都不是问题，毕竟一名厨师是要学会把各种菜同时做好端上桌去的。但如果你还是不放心本策略对你的效果，你可以先拿作业题试试。

要注意，由难入简法在某些情况下是不适用的。如果老师给难题设置的分值很低（有的老师就喜欢这么做），你最好还是把主要精力放在其他题目上。有一些上机资格考试是不让回头检查的，那么如果这时候遇到难题，最好的办法，就是从腹部深吸一口气（记得也要呼出来），然后尽力而为吧。而如果你在考前复习得不充分，那就无计可施了。要尽量把简单题目的分数都拿到手。

克服考前恐惧

我一直跟我的学生说要敢于直面恐惧。通常来说，你最大的恐惧就是怕自己的分数达不到要求，从而影响自己选择的职业道路。如何克服这种恐惧？很简单。制订一个计划B，作为备选职业。一旦为最坏的意外都备好了对策，你会惊讶地发现恐惧感开始减退了。

努力学习，一直奋战到考试来临，然后就顺其自然吧。对自己说：“嗯，让我看看自己能答对多少道。再不济我也还有别的职业选择呢。”这样做有助于释放压力，能让你发挥得更好，也更容易向首选目标靠拢。

——特蕾西·马格兰 (Tracey Margrann)

鞍峰学院生物科学教授

考试中出现焦虑的原因及对策

如果你在考试时总觉得压力过大，请记住，在压力下人的身体会释放出一些化学物质，比如皮质醇，它会导致你掌心出汗，心跳加速，胃里就像打结一般。不过有意思的是，研究发现，一切的关键在于你如何解读这些症状，也就是你如何向自己解释压力从何而来。如果你转变一下想法，不去想“我好怕这次考试啊”，而是想“这次考试让我很兴奋，我要做到最好”，你的表现可能就会大有改观。⁴

对于考试恐慌人群来说，还有一个好建议就是把注意力暂时转移到自己的呼吸上来。放松腹部，把手放在上面，慢慢深吸一口

气。你应感到手在向外移动，甚至同时感到整个胸腔如一个膨胀的桶在向外扩张。

通过这样的深呼吸，可以把氧气输送到大脑的关键区域。它示意着“一切正常”并帮你冷静下来。不过，不要到考试那天才开始这样深呼吸。你要是能提前几周开始练习，每天随意花上一两分钟就足够了，到考试的时候，你就能更加轻易地进入这种呼吸模式。（要记住，常练不忘！）发试卷前，在紧张的最后时刻里，进入这种深呼吸模式会极有帮助。（没错，你要是有兴趣，可以找到大量的相关手机应用来帮助自己。）

另外一个技巧和正念（mindfulness）有关。⁵这个技巧需要你学会区分两个概念：一种是自然产生的想法（我下周有个重要的考试）；另一种是随之而来的情感投射（如果我不及格，我就会被逐出本专业，那时我该如何是好啊）。这些附随其后的想法，是发散模式投射出的浮光掠影，甚至只需简单练习上几周，学着重新看待这些念头和感觉，把它们看作单纯附随的情感投射，似乎就能帮助你的大脑放松和平静下来。比起纯粹努力去遏制这种干扰性念头，改变自己的应对方式效果会好更多。学生若能花上几周来练习这种正念，将会有更好的考试表现，受到那些念头的干扰也会减少。

现在你就能理解了，为什么考试中最难的题目等最后才做会造成麻烦。因为当你所剩时间越来越少，压力会越来越大，却恰恰还面临着最难的题目。当压力剧增，你会努力聚精会神，想着集中注意力就能够解决问题了，然而你的专注反而会让发散模式无法开始工作。

结果呢？就是“分析导致瘫痪”^②。⁶而“由难入简”法有助于避免这种情况的发生。

② 即面临大量选择时，因过度地分析及计划，反而无法做出任何抉择或行动。

对“猜”选择题答案和模拟考试的几点提示

我给学生考选择题的时候，时常发现他们还没完全理解题干要求，就断然开始读选项了。我建议他们先把选项遮起来，尝试回忆知识，这样就可以先靠自己算出答案。

每当我的学生跟我抱怨，说模拟考试比真实考试要简单太多太多的时候，我都会问：是什么因素混淆了视听，使两者显得如此不同？你做模拟题的时候，是不是在家里轻轻松松听着音乐？或是跟同学一起做的卷子？还是没有时间限制？是手边有现成的题解或课堂材料吗？这些状况和拥挤考场里争分夺秒的情景完全不能相提并论。我鼓励那些有考试恐惧症的人，带着模拟试卷去另一个教室做（到你能溜进去的大课，神不知鬼不觉地混在教室后排）。

——苏珊·拉吉娜·赫伯特 (Susan Sajna Hebert)
湖首大学心理学教授

考前的最后把关

考前一天，要快速浏览复习材料，重温一遍。在第二天的考试里，专注模式和发散模式的“肌肉”对你都必不可少，所以前一天不要太拼自己的脑力。（这就像你不会在马拉松前一天去参加 10 英里^①赛跑是一个道理。）如果大考前一天自己似乎难以投入刻苦学习，也不要感到愧疚。如果你已经准备得当，会有这样一种自然反应：你会下意识收敛能量，为第二天保存脑力。

① 1 英里≈1.6093 千米。

在考试过程中，也别忘了，大脑会蒙骗你，让你以为自己做的题就是对的，即使事实并非如此。这意味着，只要条件允许，你应该跳过它，转移一下注意力，然后从全局视角二次检查自己的答案，问自己：“这样解答真的合理吗？”通常来说，解题方法都不止一种，换个检查问题的视角会给你一个验证答案的绝好机会。

如果除了按自己的逻辑推导就没有别的检查办法，要记住，甚至最优秀的数学、科学、工程学学生也曾在一些简单问题上犯错，比如漏掉了负号，加错了数字，或“忘掉原子”等。只要你尽可能把这些小错误检查出来就好。在科学课上，保证等式两边运算单位一致，也是检查自己解题正确与否的重要线索。

考试的做题顺序也很重要。学生一般都喜欢从前往后做试卷。等到了检查答案时，有时似乎从后往前检查能让你的大脑获得更新鲜的视角，你也因此更容易检查出错误。

不过凡事无绝对。有时候你明明学得很努力，可掌管考试的神仙偏和你对着干。但如果你准备充分，通过练习且建立起强大的解题技巧库，还选择了明智的考试策略，你就会发现，幸运之神会让你越来越眷顾。

本章小结

- ✓ 考前一晚睡眠不足会让你之前所做的任何其他准备都付之东流。
- ✓ 考试是一件严肃的事。像战斗机飞行员或医生一样仔细检查备考清单，能大幅度地提高你的成功率。
- ✓ 就像由难入简法，一些有悖常识的策略会让你的大脑有机会反思难度更大的题目，就算当时你正专注于解答其他更直观浅显的题目。
- ✓ 在压力下人的身体会释放出一些化学物质。让一切结果决然不同的

关键，就在于你如何看待身体对这些化学物质的反应。如果你转变思维，不去想“我好怕这次考试”，而是想“这次考试让我好激动，我要做到最好”，你的表现会大有改观。

- ✓ 如果你在考试中感到恐慌，可以暂时把注意力转移到自己的呼吸上来。放松腹部，把手放在上面，慢慢地深吸一口气。你应感到手在向外移动，甚至同时感到整个胸腔如一个膨胀的桶在向外扩张。
- ✓ 你的大脑会欺骗你，让你以为自己做的就是对的，即使事实并非如此。这意味着，只要条件允许，你应该跳过它，转移一下注意力，然后从全局视角二次检查自己的答案，问自己：“这样解答真的合理吗？”

驻足与回顾
合上书，移开视线想一想：本章有哪些主要思想？哪些与考试有关的方法特别值得一试？

学习提升

1. 考试之前，有个尤其重要的准备步骤是什么？（提示：如果这一步没做到，其他的准备都不重要了。）
2. 请说明，若在考试中运用由难入简法，你如何判断何时该让自己从一道难题中抽身？
3. 据建议，深呼吸法有助于缓解恐慌感。在你看来，为什么讨论中要强调，呼吸时不仅要让上胸腔扩张也要让腹部起伏？
4. 你觉得在考试中，为什么检查答案前要先试着转移一下注意力？

心理学家西恩·贝洛克谈如何避免可怕的 “窒息（发懵）”



西恩·贝洛克（Sian Beilock）是芝加哥大学的一名心理学教授。对于如何减少高压情境下的恐慌感，她是世界领先专家之一，也是《窒息：揭示关键时刻大脑不犯错的秘密》（*What the Secrets of the Brain Reveal about Getting It Right When You Have To?*）一书的作者。⁷

高压状况下的学习和表现会把你置于巨大的压力之下。然而越来越多的研究机构表明，通过非常简单的心灵干预就能降低考试中的焦虑感，并提高课堂学习效果。这些心灵干预并不是教授你学术知识，其目的在于改变你的心态。

我们的研究团队发现，如果在考前片刻写下自己对于临近考试的感觉和想法，就能有效地减轻压力对考场表现的负面影响。我们认为，书写有助于释放脑中的负面想法，让它们不会总在紧要关头出现让你分心。

你在掌握学习材料时进行的许多自测也会带来少量压力感，这种压力会让你在真实考试更强大的压力下有所准备。正如你在本书中学过的，在学习中进行自我测试是把知识印在脑海里的绝佳办法，这样等你到了考场的高压环境下，能更容易回忆起这些知识。

还有一个事实：消极的自言自语，即你的脑海中产生的负面念头，确实会影响到你的表现，所以一定要保证让积极的言

语和内心想法贯穿整个备考过程。如果想避免消极心态，就算你心情绝望得如同末日来临，你也要打断这个思绪。如果你搞砸了一道题，或者甚至搞砸了很多道题，也要振作精神，把注意力放在下一道题上。

最后，学生在考试中发懵的原因之一，是他们连眼前的题目都没审清楚，就火急火燎地直接开始做题。学会在动手做题前或遇到障碍时停顿几秒，会有助于你看清解题思路——也就是说，这能帮你预防发懵，以免最后突然发现，花了那么久自己却走进了一条死胡同。

你一定能学会把压力控制在一定范围内。神奇的是，你并不想把压力一并扼杀，因为在关键时刻，少量的压力会有助于你发挥最佳状态。

祝你好运！

第 18 章

chapter18

释放无限潜力

学习的 10 个好方法和 10 个误区

理查德·费曼，就是那位以玩邦哥鼓为乐，还获得了诺贝尔奖的物理学家，他是个乐天派。但是有那么几年，在他的生命中最好也是最坏的那几年里，他的生活热情经受了逆境的考验。

在 20 世纪 40 年代初，他的爱妻艾琳 (Arlene)，躺在偏远的医院里，因患肺结核生命垂危。他几乎无法从工作中脱身去看望她，因为他身处与世隔绝的新墨西哥州的罗斯·阿拉莫斯镇 (Los Alamo)，正致力于第二次世界大战最关键计划之一——绝密的曼哈顿计划。那时，费曼没有名气，也没有什么特权。

一天工作结束后，为了不让大脑闲置，防止出现焦虑和无聊的苗头，费曼开始专注于窥

探人们最深处最黑暗的秘密：他开始研究如何打开保险箱。

但要成为一个精通的保险箱破解者并不容易。费曼培养着自己的直觉，去掌握锁具的内部结构，他像钢琴演奏家一样练习解锁，让自己在发现密码的前几位后，可以快速地尝试剩下的排列组合。

最终，费曼偶然了解到，最近有一位专业锁匠受聘来到洛斯·阿拉莫斯——这是一位真正能在几秒钟内开锁的专家。

身边有位专家，真是近水楼台！费曼意识到只有跟这个人交朋友，他才能得到最深奥的解锁诀窍。

在这本书里，我们探索了看待学习的新方式。有时我们发现，越是迫不及待想得到答案，越是事与愿违。这就几乎如同，当你过快地伸出右手，左手会自动伸出来把它拉回去。

伟大的艺术家、科学家、工程师还有像马格努斯·卡尔森这样的象棋大师，首先靠集中注意力利用他们大脑的自然节奏，努力在脑中思考问题，之后再将注意力转向别处。这种在专注和发散模式下交替思考的方法，能让思维的云朵更容易漂移到大脑的新领域。最终，这一片片云朵，经过再提炼、再蓬松，就能为你带回一部分有用的解题思路。

大脑的重塑由你掌握。重塑的关键在于坚持不懈——明智地对待你大脑的优势和弱点。

要提升专注力，你只需从容地重新定向自己对干扰信号的反应，比如手机铃声或短信提示音。番茄工作法是一种让人在短时间内保持专注的方法。借助它的强大作用，你能转移你的习惯性反应，即那些好心办坏事的小恶魔。一旦完成了一轮辛苦而专注的工作，紧接着你就能切实享受到精神上的放松了。

长期以来不断努力的结果是在每个新的学习期间，你都会收获如同被水泥加固一般的稳健神经结构。在专注工作期间搭配着有规律的放松，不仅能让我们在学习中获得更多的乐趣，还能学得更加

深入。放松时段让我们有时间去获得新视角，让我们能将手头任务的全貌和它的背景信息结合起来。

要警惕，我们大脑的某些部分会让我们自我感觉良好，无论我们做了什么，无论错得多么离谱。真是谢谢大脑帮的倒忙了。确实，一定程度上由于我们的大脑会自欺欺人，我们才会在考试交卷前会返回去做检查，我们会问自己这么做真的合理吗？只有确保我们后退一步，从新视角看待我们的工作；只有通过回想做自我测试，并让朋友对我们提问，这样我们才能更好地捕捉到学习中的能力错觉。这些错觉，就和任何理解不到位一样，都是我们走在数学和科学学习成功之路上的绊脚石。

经常是临阵磨枪的死记硬背，让许多学习层次较低的学习者错以为他们已经搞懂了数学和科学知识。等到要开始学习更高层次的知识时，他们薄弱的理解就会轰然倒塌。但逐渐了解大脑真正的学习方式之后，我们不会再简单认为记忆背诵就是一件坏事。我们现在知道，对掌握数学和科学至关重要的一点，是要让透彻理解的组块成为自己根深蒂固且久经磨炼的一部分。我们也知道，正如在最后关头才开始赛前训练，运动员是无法养成肌肉一样。学生如果在学习数学和科学的过程中拖拖拉拉，他们也不能培养出固化的神经组块。

无论我们年龄多大、心智多么老练，我们大脑的某些部分依然是孩子。因此，若有时感到挫败沮丧，那就是大脑中“孩子”给我们的信号，该喘口气休息一下了。但我们脑中永远的孩子也让我们有潜能去放手行动，它还会运用我们的创造力帮我们想象、记忆，让我们与数学和科学知识为友，并帮我们真正理解那些一开始极有难度的概念。

我们发现，有时要是把执着用错了地方，也就是只在同一个问题上没完没了地兜圈子，会让我们解决这道题目的能力受到限制。

然而同时，纵览全局和持之以恒的品质，几乎在任何领域都是成功的关键。遇到悲观论调和人生坎坷在所难免，虽然它们让我们的目标和梦想显得遥不可及，但通过这种旷日持久的坚持不懈，能让我们度过这一时不顺。

本书的中心主题是了解学习自相矛盾的本质。解决问题少不了专注力，然而专注也会限制我们的解题能力。虽说坚持不懈是关键，可难免我们也会因此而百思不得其解。获取专业知识的一个关键方面是记忆，但它也会让我们只见树木不见森林。采用比喻能让我们获得新概念，但它也会让我们对错误的概念执迷不悟。

无论你采取小组学习还是自学，无论初学时或难或易，无论学习内容抽象还是具体，获得了成功还是失败……到头来，经过融合学习中许多自相矛盾的特点，我们所做的一切努力便增添了更多的价值和意义。

世界上最擅长思考的人长久以来在用的一个窍门就是简化——用小孩子都能听懂的语言解释事物。简化，这就是理查德·费曼的方法，对他认识的某些最晦涩难懂的理论数学家提出了质疑，让他们用简单形式来表达自己的复杂理论。

结果他们做到了。所以你也能行。就像费曼和圣地亚哥·拉蒙-卡哈尔，你也能利用学习上的优势帮你实现梦想。

就在他修炼自己开锁技能的期间，费曼与这位专业锁匠成了朋友。经过一段时间的交流，费曼逐渐撇开表面的客套，向谈话的更深处挖掘，这样才能理解这位锁匠高超技艺背后的精微玄妙之处。

一天深夜，这最宝贵的秘密总算真相大白。

锁匠的秘密是，唯有他知道锁具制造商的默认设置。

了解了锁具的默认设置，锁匠才得以打开一些保险箱，因为它们的设置自从制造出来后就没变化过。尽管人们以为开锁是施了法术，其实根本上说，只要简单理解这装置是怎么从制造商那生产出

来的，就真相大白了。

和费曼一样，你会有醍醐灌顶的领悟——如何让理解变得更简单、更轻松，并让自己少些沮丧。通过了解大脑的默认设置，即自然的学习和思考方式，再利用好这个优势，你也一样能成为专家。

在本书开头，我提到一些能让人专注于数学和科学的简单思维小技巧。这些小技巧不仅对数学差的人有帮助，也能让已经学得不错的人受益。在阅读这本书的过程中，你已经遍览了所有这些技巧。但你现在知道了，把握被组块简化过的思想精髓才是王道。所以下面我要做最后的思想总结——它们是这本书中一些核心观点的组块精华，我提炼为 10 个好的和 10 个坏的学习法则。

记住，幸运女神只眷顾努力的人。了解一些学习方法也不会有什么坏处。

10 个好的学习法则



1. 运用回想。读完一页书，看向别处并回想主要观点。少做标记，没记住之前不要画重点，要先回忆。在去教室的路上或不同于先前学习空间的室内，试着回忆要点。回忆的能力，即能够得到自己心中的想法，是学好知识的关键标志之一。

2. 自我测试。任何内容皆可测试。无论何时皆可测试。抽认卡片是你的良师益友。

3. 对问题进行组块。搭建组块的过程就是理解问题、练习解题方法的过程，有了组块才能在脑中瞬间闪现答案。解决一个问题之后，要将其重新排演一遍。确保在许久没接触这道题后，你还能解答出问题的每个步骤。把问题当成一首歌，在心里学着一遍遍地唱，这样让信息合成为一个流畅的组块，任何时候都能任你提取使用。

4. **间隔开重复动作。**无论学哪门课，不要安排得太集中，要像运动员一样每天安排些练习量。你的大脑就像一块肌肉，它一次只能处理某学科上一定的练习量。

5. **在练习中交替使用不同解题技巧。**做任何练习的期间不要只用一种解题技巧，否则一段时间过后，你只是在模仿自己之前解题的老路子。解题方法要混合使用在不同的题型上。这么做会让你同时知道如何以及何时用一个解题方法。（书本一般都不会以这样的方式编写，所以你需要靠自己去这么做。）每一门作业和考试之后，要回顾错题，确保理解自己的犯错原因，之后重新解答一遍。想要最高效地学习，就在抽认卡片的一面用手写（别用键盘打字）下问题，再在另一面写下答案。（用手书写比起打字时构建的神经结构更坚实。）如果你想把它上传到智能手机的应用软件里，你也许会把卡片拍下来。你可以用不同的题型随机测试自己。另一个测试自己的方法，是随机翻开书本挑一个问题，看看自己能不能在很久没碰这道题之后还能给出解答。

6. **注意休息。**有一种常见现象，是学数学或科学时，你会难以解答或理解一些初次遇到的问题或概念。这就是为什么每天学一点，比集中在一天学会好很多。当你对一道数学或科学上的难题灰心丧气时，可以休息一下，这样你大脑的另一部分就能在后台接着工作。

7. **使用解释性的提问和简单类比。**无论何时遇到难懂概念的困扰，都要自己想一想，怎样解释才能让10岁小孩都明白这个概念？使用类比真的有用，比如电流就像水流。不要只想解释，要大声说出来或者写下来。凭着嘴上说手上写的功夫，你能把所学知识编译（将知识转换到神经记忆结构中）到更深的记

忆中。

8. **专注。**关掉手机和电脑上所有会干扰你的提示音和闹铃，并在计时器上设定 25 分钟。你要在 25 分钟之内集中注意力，并尽可能勤奋工作。计时器的时间一到，给自己一个小小的、有趣的奖励。一天中安排几个这样的工作期间，能实实在在地推进你的学习进度。试着规定学习时间和地点，不要瞄电脑和手机，让学习变得自然而然。

9. **困难的事情最先做。**最清醒的时候，要去做一天中最困难的事情。

10. **心理对照。**想象过去的你，对比通过学习能够成就的那个自己。在你的工作区域贴一张图或几句话来提醒自己的梦想。如果觉得自己缺乏动力了，就看看它们。对你和你爱的人，这么做一定值得！

10 个坏的学习法则



你要避免这些方法，因为它们会浪费你的时间，甚至还会让你以为自己真的在学习！

1. **被动重复阅读。**很被动地坐着看书，目光再次扫过书页上看过的内容。除非你能闭卷回忆要点，证明读过的材料进入了你的大脑，否则重复阅读就是浪费时间。

2. **满眼尽是重点标记。**在文中标记重点，会让大脑以为自己已经记住了学习内容，但实际上你只是手上动动（大脑记没记就不一定了）。在书上各处适当标记是不为过的，有时它会帮你突出重点。但是，如果把它当成辅助记忆的工具，就要确保自己标记下的内容也记在脑子里了。

3. **瞟一眼解题方法，就觉得胸有成竹。**这是学生学习时所

犯的最糟糕的一个错误。你要做到的，是不看答案也能一步步解决问题。

4. 等到火烧眉毛才开始学习。你会在田径运动会开始前的最后一刻才开始猛练一番吗？你的大脑如同一块肌肉，它每次在一个科目上能够应付的练习量是有限的。

5. 已经清楚解法，但仍反复解答同一题型。如果练习中你只是坐在那解决相似的问题，你实际并没有在备考，而这就像一场盛大的篮球赛来临之际，你却只做控球这一种练习。

6. 与朋友一起把学习变成了闲聊。和朋友核对解题方法，拿自己知道的问题相互提问，这会让学习更有趣，同时暴露你的思维缺陷，并让你的学习更深入。但是，如果任务还没完成，共同学习却成了闲谈打趣，你可就在浪费时间了，这时就该换个学习小组了。

7. 做题前忽视读课本。还不会游泳的时候你会轻易跳进泳池吗？教科书就是你的游泳教练，它会指引你通向答案。如果嫌麻烦而疏于读书，你不仅会犯错，还会浪费时间。在你开始读书之前，快速浏览一遍章节和板块内容，能让你对它有个大致的概念。

8. 有疑问点，却不找导师或同学核对并解决。教授会习惯性地为那些充满困惑的学生指点迷津——这是我们教师的职责。让我们担心的是不来提问的学生。希望你别成为其中之一。

9. 时常分心，却还以为自己能学得足够深入。每次受到即时短信或谈话的影响，你能在学习上投入的脑力都会变得更少。每一次被打断注意力，小小的神经都会被再次连根拔起，无法在脑中扎根生长。

10. 睡眠不足。睡眠中，你的大脑会将解题技巧拼凑在一起，同时它也会对你睡前习得的任何内容进行反复练习。长时间的疲劳会让毒素在脑中堆积，毒素会破坏神经连接，让你无法用它们快速有效地思考。如果考前没睡好，就算之前做过怎样的努力也无济于事。

驻足与回顾

{ 合上书，转开视线，本书中最重要的概念有哪些？在回忆的时候，也去考虑一下你会如何利用这些概念重新组织自己的学习。 }

后记

我八年级的数学和科学老师对我的生活影响很大。在他的帮助下，我不再是班级垫底，他还鼓励我努力向优秀看齐。结果我高中时回报给老师的几何课分数，就是两个D。我只是没法靠自己理解学习材料，也没有那样的殊荣，能有一个伟大的老师以我需要的方式敦促我的功课。上大学之后，我才终于弄明白了。但是过程中遭受过无数打击。当时多希望能有一本这样的书。

转眼到了15年后。我的女儿写数学作业就跟上刑一样，这副惨不忍睹，简直是但丁都没有勇气描述的地狱。她在一个难点上摔过跤，可还会接二连三地继续摔跤。她终于哭完了，开始围着题目绕圈子，最终找出了答案。可我没法让她停止这种无谓的折腾，没法让她退后一步重新振作。于是我让她读了这本书。她说的第一句话就是：“要是我在学校的时候有这么一本书就好了！”

这本书的内容，就是源于科学家长久以来的一系列具有高效产出潜力的学习建议。不幸的是，这些建议几乎从未得到有效的解读，好让一般学生也能轻松地掌握和使用。不是所有的科学家都能做到解读有方，也不是所有的作家都对科学有十足的把握。在这本书中，芭芭拉·奥克利教授妙手穿针，把这两样结合在了一起。她对这些学习策略进行了生动的举例和说明，不仅揭示出这些点子的作用，还证明了它们的可靠性。我问我的女儿为什么喜欢书中的那

些学习建议，尽管中学时我也曾向她建议过其中的一些方法，她说：“芭芭拉教授会告诉你为什么要这样做，很有道理。这让我再次受到了打击！”

你尽管读过了这本书，接触到了一些虽然简单却非常有效的学习策略，但得说一句，这些策略不是仅会让你在数学和科学方面受益。如你所见，这些学习策略的产生都基于大量有关人脑如何运作的证据。虽然在情感和认知的相互作用上的文字描述少之又少，这作用却是所有学习的关键组成部分。我的女儿以她自己的方式指出，学习并不是有学习策略就够了。你必须相信这些学习策略可以发挥实际作用。你在这本书中读到的这些明晰又具说服力的例证，会让你拥有尝试这些技巧的自信，会让你放下那些常让我们功亏一篑的怀疑和抗拒心理。当然，学习是具有个人经验性质的。一旦你认真施展这些策略并评估自己的表现和态度，它们的效果就得到了最终证明。

我现在是一名大学教授，多年来我已经给成千上万的学生提过建议。我的很多学生都尽可能地避免数学和科学课程，因为他们“不擅长”或“不喜欢”。我给学生的建议总是和给我女儿的一模一样：“先学好了，再看是不是还想放弃。”毕竟，教育不就是应该让学生能更有把握地应对挑战吗？

还记得学开车有多难吗？现在，他们开车几乎行云流水，这让你觉得他们独立了，你会很珍视这种贯穿他们成年生活的独立感。只要对本书中所提及的新学习策略抱以开放的心态，学习者现在就有机会走出焦虑和回避，走向成功和自信。

主动权在你手上，你可以变得更好！

——詹姆斯·麦迪逊大学心理学系教授
戴维 B. 丹尼尔 (David B. Daniel) 哲学博士

致 谢

感谢每一位在写作过程中支持过我的人。我想声明的是：本书中任何事实或解读错误都由我个人负责。如果不慎遗漏了哪位的名字，在此深表歉意。

这一切努力的背后是我丈夫 Philip Oakley 给予我的坚定不移的支持和鼓励，他的热情和超凡的洞察力给予我很大的帮助。30 年前，我们在南极站相遇。是的，我一直走到世界的尽头才遇见这个完美的男人。他是我的灵魂伴侣、我的英雄。（你知道吗，他也是为本书答疑解惑的人。）

感谢在我的教学生涯中一直给予我帮助的高级导师 Richard Felder 教授，他对我的职业生涯产生了不可估量的影响。Kevin Mendez 是本书的插图作者，他绘制的插图令人惊艳，我由衷地敬佩他的艺术才能和眼界。我们的大女儿 Rosie Oakley 在我写书始终，向我提供了敏锐的解读和超乎想象的鼓励，而我们的小女儿 Rachel Oakley 则总是为我们的生活撑起一片蓝天。

我的好朋友 Amy Alkon 有 X 射线般的编辑之眼，她不可思议的才能总能让她嗅出值得改进之处。在她的帮助下，这本书的内容才得以达到如此清晰、精确和智慧的高度。我的老朋友，美国国家科学院的 Guruprasad Madhavan 以及我们共同的朋友 Josh Brandoff，帮助我在宏观内涵上更好地把握了全书。写作指导

Daphne Gray-Grant 在写书过程中也是非常出色的支持者。

我尤其要感谢杰出的文学代理商 Rita Rosenkranz。我最深的感谢要送给企鹅出版社的 Sara Carder 和 Joanna Ng，他们在出版业界的洞察力、编辑敏锐度和广袤的专业知识给了这本书无与伦比的支持。我祝愿每一位作者都能幸运到能与 Joanna Ng 这样卓越的编辑共事。同时，我也要感谢 Amy J.Schneider，她的编辑能力简直是这本书的福音。

特别感谢 Paul Kruchko，正是因为他的一个简单提问——你是如何改变的，启发我写出了这本书。感谢图书馆馆际借阅部的 Dante Rance 一如既往的周到服务，甚至不惜提供了许多分外的帮助。同时，我也感谢能力出众的 Pat Clark。在写书过程中，我得到了很多同事的大力支持，尤其是数学专业的 Anna Spagnuolo 教授，László Lipták, Laura Wicklund；护理专业的 Barb Penprase, Kelly Berishaj；工程专业的 Chris Kobus, Mike Polis, Mohammad-Reza Siadat, Lorenzo Smith；物理专业的 Brad Roth。感谢 CD-adapco 的美国区培训经理 Aaron Bird 和他的同事——公司副总裁 Nick Appleyard，他给予了极大的帮助。同时，我要感谢 Tony Prohaska 敏锐的编辑眼光。

感谢以下各位分享了他们杰出的专业知识：Sian Beilock, Marco Bellini, Robert M. Bilder, Maria Angeles Ramón y Cajal, Norman D. Cook, Terrence Deacon, Javier DeFelipe, Leonard DeGraaf, John Emsley, Norman Fortenberry, David C. Geary, Kary Mullis, Nancy Cosgrove Mullis, Robert J. Richards, Doug Rohrer, Sheryl Sorby, Neel Sundaresan 和 Nicholas Wade。

一些在 RateMyProfessors.com 中提及的，来自世界顶级大学和学院的教授为这本书做出了不可估量的贡献。他们的专业涉及数学、物理、化学、生物、科学、工程、商学、经济、金融、教育、心理、社会学、护理、英语。来自顶级“磁铁”高中（在招

生上十分有吸引力的学校) 的老师也做了杰出的贡献。特别感谢以下阅读全书或者部分章节, 为本书提供建设性意见和观点的人士: Lola Jean Aagaard-Boram, Shaheem Abrahams, John Q. Adams, Judi Addelston, April Lacsina Akeo, Ravel F. Ammerman, Rhonda Amsel, J. Scott Armstrong, Charles Bamforth, David E. Barrett, John Bartelt, Celso Batalha, Joyce Miller Bean, John Bell, Paul Berger, Sydney Bergman, Roberta L. Biby, Paul Blowers, Aby A. Bouamarate, Daniel Boylan, Bob Bradshaw, David S. Bright, Ken Broun Jr. Mark E. Byrne, Lisa K. Davids, Thomas Day, Andrew DeBenedictis, Jason Dechant, Roxann DeLaet, Debra Gassner Dragone, Kelly Duffy, Alison Dunwoody, Ralph M. Feather Jr. A. Vennie Filippas, John Frye, Costa Gerousis, Richard A. Giaquinto, Michael Golde, Franklin F. Gorospe IV, Bruce Gurnick, Catherine Handschuh, Mike Harrington, Barrett Hazeltine, Susan Sajna Hebert, Linda Henderson, Mary M. Jensen, John Jones, Arnold Kondo, Patrycja Krakowiak, Anuska Larkin, Kenneth R. Leopold, Fok-Shuen Leung, Mark Levy, Karsten Look, Kenneth MacKenzie, Tracey Magrann, Barry Margulies, Robert Mayes, Nelson Maylone, Melissa McNulty, Elizabeth McPartlan, Heta-Maria Miller, Angelo B. Mingarelli, Norma Minter, Sherese Mitchell, Dina Miyoshi, Geraldine Moore, Charles Mullins, Richard Musgrave, Richard Nadel, Forrest Newman, Kathleen Nolta, Pierre-Philippe Ouimet, Delgel Pabalan, Susan Mary Paige, Jeff Parent, Vera Pavri, Larry Perez, William Pietro, Debra Poole, Mark Porter, Jeffrey Prentis, Adelaida Quesada, Robert Riordan, Linda Rogers, Janna Rosales, Mike Rosenthal, Joseph F. Santacroce, Oraldo “Buddy” Saucedo, Donald Sharpe, D. A. Smith 博士, Robert Snyder, Roger Solano, Frances R. Spielhagen, Hilary Sproule, William Sproule, Scott Paul Stevens, Akello Stone, James Stroud, Fabian Hadipriono Tan, Cyril

Thong, B. Lee Tuttle, Vin Urbanowski, Lynn Vazquez, Charles Weidman, Frank Werner, Dave Whittlesey, Nader Zamani, Bill Zettler 和 Ming Zhang。

感谢以下学生在引用段落、边侧栏目或是建议内容上做出的贡献：Natalee Baetens, Rhiannon Bailey, Lindsay Barber, Charlene Brisson, Randall Broadwell, Mary Cha, Kyle Chambers, Zachary Charter, Joel Cole, Bradley Cooper, Christopher Cooper, Aukury Cowart, Joseph Coyne, Michael Culver, Andrew Davenport, Katelind Davidson, Brandon Davis, Alexander Debusschere, Hannah DeVilbiss, Brenna Donovan, Shelby Drapinski, Trevor Drozd, Daniel Evola, Katherine Folk, Aaron Garofalo, Michael Gashaj, Emanuel Gjoni, Cassandra Gordon, Yusra Hasan, Erik Heirman, Thomas Herzog, Jessica Hill, Dylan Idzkowski, Weston Jeshurun, Emily Johns, Christopher Karras, Allison Kitchen, Bryan Klopp, William Koehle, Chelsey Kubacki, Nikolas Langley-Rogers, Xuejing Li, Christoper Loewe, Jonathon McCormick, Jake McNamara, Paula Meerschaert, Mateusz Miegoc, Kevin Moessner, Harry Mooradian, Nadia Noui-Mehidi, Michael Orrell, Michael Parisneau, Levi Parkinson, Rachael Polaczek, Michelle Radcliffe, Sunny Rishi, Jennifer Rose, Brian Schroll, Paul Schwalbe, Anthony Sciuto, Zac Shaw, David Smith, Kimberlee Somerville, Davy Sproule, P. J. Sproule, Dario Strazimirski, Jonathan Strong, Jonathan Sulek, Ravi Tadi, Aaron Teachout, Gregory Terry, Amber Trombetta, Rajiv Varma, Bingxu Wang, Fangfei Wang, Jessica Warholak, Shaun Wassell, Malcolm Whitehouse, Michael Whitney, David Wilson, Amanda Wolf, Anya Young, Hui Zhang 和 Cory Zink。

注 释

第 1 章：开启大门：每个人都能提升学习能力

1. 我向教育者推荐这本书《重新定向》(*Redirect*), 作者是心理学教授 Timothy Wilson。书中描述了“失败到成功的故事”的深远意义 (Wilson 2011)。帮助学生改变他们的内心表述方式是这本书的重要目标之一。在描绘改变和成长在思维模式中的重要性上, Carol Dweck (Dweck 2006) 则是一位领军人物。
2. Sklar et al. 2012; Root-Bernstein and Root-Bernstein 1999, chap.1。

第 2 章：放松点：有时候太勤奋也是一种病

1. 静息模式讨论: Andrews-Hanna 2012; Raichle and Snyder 2007; Takeuchi et al. 2011。关于放松状态更广泛的探讨: Moussa et al. 2012. 在另外一系列研究中, Bruce Mangan 注意到 William James 关于边缘意识的描述包含如下特点: “存在一种‘额外的’意识, 例如短暂但频繁浮现出来的潜意识, 平时它是被意识的核心所压制的” (Cook 2002, p. 237; Mangan 1993)。
2. Immordino-Yang et al. 2012.
3. Edward de Bono 是创意学习的大师, 他所采用的“竖直”(vertical) 和“侧面”(lateral) 类似我所使用的“专注”和“发散”(de Bono 1970)。

敏锐的读者也许会发现，我曾提到过，当专注模式被激活时，有时发散模式仍然会在后台运作。然而研究显示，如静息状态（放松状态下的一种神经模式）等，在专注模式被激活时并不运作。事实到底是怎样的呢？作为一名教育工作者，同时也是学习者，我个人认为，当专注模式启动后，仍然有部分非专注性的任务可以在后台继续工作，只要专注模式不占用该脑区即可。某种程度上，我所使用的名词“发散模式”也许正是意味着“不那么专注的学习活动模式”，而非简单的“静息状态”。

4. 即使是大脑中相距略远的节点间也会有一些联结，这一点在之后的注意力章鱼部分会详细谈到。
5. 发散模式也许会用到前额叶区域，但它弥散性分布的联结更多，而且对看似无关的联结滤过性更弱。
6. 心理学家诺曼·库克曾提出过假设，认为人类心理学中心理论的第一要素为：①大脑左右半球之间的信息流；②支配性区域（左半球）和语言交流辅助影响机制间的信息互换（Cook 1989, p. 15）。但仍要注意的是，大脑半球间的差异曾被用于得出无数毫无真实性的过度解读和愚蠢的结论（Efron 1990）。
7. 根据 2012 年的全美学生参与度调查，工程学学生花在学习上的时间最多。四年级的工程学学生平均每周花 18 个小时，同年级教育学学生的平均时间是 15 个小时，而商科学生则是 14 个小时。《纽约时报》上的一篇文章题目是“为什么科学专业改变他们的大脑（那东西难得吓人）”，退休的工程学名誉教授戴维 E. 古德伯格强调，高强度的微积分，以及物理学和化学学习需求会启动“数学 – 科学死亡行军”，会不断淘汰学生（Drew 2011）。
8. 关于数学思维演变的讨论，可以看 Geary 2005, chap.6.

当然，许多简写的术语和数学没关系。然而，却有惊人数量的这些简写符号和情绪相关。我们虽然不能亲眼看到这些术语，但我们可以感知它们，至少可以感知它们的重要方面。

《符号生物》(*The Symbolic Species*) 的作者特伦斯·迪肯强调了数学中加密和解密问题的固有复杂性：

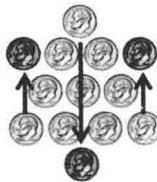
回想一下你第一次遇到某种全新的数学概念，例如递归减法（也就是除法）。通常情况下，这个概念的教法都是让孩子记住一套数字和符号的运算法则，然后利用这些法则一遍一遍地计算不同的数字，以期望他们可以“看出”这些对应的确切物理关系。学习过程最初要靠死记硬背（用我的话说就是“索引学习过程”），当他们可以漫不经心地完成这些任务，我们会希望他们能够看出这些运算和物理世界中发生的过程有什么关系。在某种程度上，如果进展顺利，孩子会“了解”符号和公式“背后”的共同点。于是，他们会根据更高级的记忆法——关于组合优化的可能性与他们所运算事物间的抽象联系，重新组织他们死记硬背下的知识。这一抽象化过程对于许多孩子来说非常困难。但是要考虑到，如果想要理解微积分，这一过程，甚至是更抽象概念的理解都必不可少。微分就是递归除法，积分就是递归乘法，每种无限算下去的计算，都可以得到无穷小的数值（这是有可能的，因为它们是收敛的，可以推断而得，而非直接观察）。这种投射出无限算式细节的能力，解决了奇诺悖论，它通过描述看是根本不可能的。但问题不仅如此，（我们今天使用的）莱布尼茨的形式主义将无限递归缩减为一个单独的符号（或者说“积分符号”），因为一个人不可能永远运算下去。这使得微积分的符号计算与物理现实之间的联系更难以形象化。

因此，用计算方式表达的构成实际上是双重加密的。是的，我们大脑演化出的是处理物理事物的能力，所以对此当然会觉得很难。而数学是一种“加密形式”，不止是在表达方式上，解密本质上也是个艰难的过程，因为它呈现出的组合困难。这就是为什么加密能使人难以重获沟通中的引用内容。我想表达的是“这就是数学的本质”，与我们演化出的能力并不相关。出于相同的原因，解密编码信息也一样困难。

令我惊讶的是，我们明明都知道数学方程是加密了的信息，你要知

道秘钥才能解开编码，了解它在说什么。可我们还在疑惑为何高等数学很难教，并将其归咎于教育系统和糟糕的教师。在我看来，这和归咎于能力演化的做法并无二致。（与作者的私下交流，July 11, 2013。）

9. Bilalić et al. 2008.
10. Geary 2011。还可以参考里程碑式的文献《私人宇宙》（*A Private Universe*），可以在这里找到资源 <http://www.learner.org/resources/series28.html?pop=yes&pid=9>，它引发了很多关于“科学理解上的误解”的研究。
11. Alan Schoenfeld 在 1992 年的研究曾收集了“超过 100 份大学和高中生做不熟悉的练习题的录像，其中大约 60% 的人的解决方式都是‘阅读，快速做决定，管它行不行得通’”。你可以把它视为专注模式最糟糕的情况。
12. Goldacre 2010.
13. Gerardi et al. 2013.
14. 大脑不同半球之间的区别有时意义重大，但再强调一次，在这一领域做出任何论断都应该格外谨慎。诺曼·库克曾有过精妙的表述：“20世纪 70 年代的许多探讨都与事实相去甚远，大脑两个半球间的差异突然之间被用于解释人类心理学的所有难题，包括潜意识、创造力和精神分裂，然而接下来不可避免的强烈反对也同样夸大其词（Cook 2002, p. 9）。”
15. Demaree et al. 2005; Gainotti 2012.
16. McGilchrist 2010; Mihov et al. 2010.
17. Nielsen et al. 2013.
18. 德·波诺（De Bono）在 1970 年为这一问题提出了一种新的解决方式，也为我们此处列出的问题提供了灵感。德·波诺的经典著作中包含大量极富洞见的问题，非常值得一读。
19. Immordino-Yang et al. 2012.



20. 我提到了专注模式和发散模式之间的往来互动，似乎大脑两个半球之间也有着类似的交互作用。我们可以从对鸡的研究中，一窥两个大脑半球间信息是如何往来流动的。学会不要啄苦珠子需要大脑两个半球之间记忆痕迹复杂的反复联动，更要花上数个小时（Güntürkün 2003）。

安可·博马观察到，“对于一项特定任务，我们观察到某一侧的偏重，并不意味着这一侧半球就在整个任务进程中都处于主导地位”。有证据显示，在某一阶段，也许是右半球为主导，而在另一个阶段则切换到左半球占主导地位。对于某一项特定任务，不同阶段的相对难度也许决定了哪个半球占据主导地位”(Bouma 1990, p. 86)。

第3章：学习即创造：来自托马斯·爱迪生平底锅的启示

1. “脑距离模型”(cerebral distance model)由Marcel Kinsbourne and Merrill Hiscock (1983)提出，其假设，脑中两项并行的任务所在的脑区越近，彼此间的相互干扰就越大。两项并行任务使用同一大脑半球时，尤其是同一脑区的情况下，确实会让事情变得一片混乱(Bouma 1990, p. 122)。或许发散模式更善于同时处理多项任务，这归因于发散过程不专注的本性。
2. Rocke 2010, p. 316, citing Gruber 1981.
3. Ibid., pp. 3-4.
4. Kaufman et al. 2010, 特别是在222 ~ 224页上的“免除抑制假说”；Takeuchi et al. 2012.

敏锐的读者也许会发现，我曾提到过，当专注模式被激活时，有时发散模式仍然会在后台运作。然而研究显示，如静息状态（放松状态下的一种神经模式）等，在专注模式被激活时并不运作。事实到底是怎样的呢？作为一名教育工作者，同时也是学习者，我个人认为，当专注模式启动后，仍然有部分非专注性的任务可以在后台继续工作，只要专注模式不占用该脑区即可。某种程度上，我所使用的名词“发散模式”也许正是意味着“不那么专注的学习活动模式”，而非简单的“静息状态”。

4. 即使是大脑中相距略远的节点间也会有一些联结，这一点在之后的注意力章鱼部分会详细谈到。
5. 发散模式也许会用到前额叶区域，但它弥散性分布的联结更多，而且对看似无关的联结滤过性更弱。
6. 心理学家诺曼·库克曾提出过假设，认为人类心理学中心理论的第一要素为：①大脑左右半球之间的信息流；②支配性区域（左半球）和语言交流辅助影响机制间的信息互换（Cook 1989, p. 15）。但仍要注意的是，大脑半球间的差异曾被用于得出无数毫无真实性的过度解读和愚蠢的结论（Efron 1990）。
7. 根据 2012 年的全美学生参与度调查，工程学学生花在学习上的时间最多。四年级的工程学学生平均每周花 18 个小时，同年级教育学学生的平均时间是 15 个小时，而商科学生则是 14 个小时。《纽约时报》上的一篇文章题目是“为什么科学专业改变他们的大脑（那东西难得吓人）”，退休的工程学名誉教授戴维 E. 古德伯格强调，高强度的微积分，以及物理学和化学学习需求会启动“数学 – 科学死亡行军”，会不断淘汰学生（Drew 2011）。
8. 关于数学思维演变的讨论，可以看 Geary 2005, chap.6.

当然，许多简写的术语和数学没关系。然而，却有惊人数量的这些简写符号和情绪相关。我们虽然不能亲眼看到这些术语，但我们可以感知它们，至少可以感知它们的重要方面。

18. Dijksterhuis et al. 2006.
19. 短期记忆是未经主动排演过的激活信息。工作记忆是短期记忆信息的子集。短期记忆信息即注意力集中和主动处理之所在 (Baddeley et al. 2009)。
20. Cowan 2001.
21. 如果你对其中的神经分布感兴趣，这就像长期记忆和工作记忆在共同使用前额叶和顶叶的重叠区域。但内侧颞叶只用于长期记忆，并不用于工作记忆。请参阅 Guida et al. 2012, pp. 225-226, and Dudai 2004.
22. Baddeley et al. 2009, pp. 71-73 ; Carpenter et al. 2012。间隔性重复同时也被认为是分布式练习。Dunlosky et al. 2013, sec.9, 对分布式练习提出精彩的综述。遗憾的是，如 Rohrer and Pashler 2007 中所说，许多教育者，特别是数学领域的，相信过度学习法是增强长期记忆的好方法，因此他们布置许多相似题目，最终变成了被迫劳动，无法给长期记忆带来一点好处。
23. Xie et al. 2013.
24. Stickgold and Ellenbogen 2008.
25. Ji and Wilson 2006; Oudiette et al. 2011.
26. Ellenbogen et al. 2007。发散模式或许也和潜在抑郁症存在关系——潜在抑郁症是指，极容易分散注意力，且轻易被干扰 (Carson et al. 2003)。对于喜欢话说一半就换了思路的人，他们有希望开发一下创造力。
27. Erlacher and Schredl 2010.
28. Wamsley et al. 2010.

第 4 章：构建组块与避免能力错觉：“口默念而心得解”的秘诀

1. Luria 1968.
2. Beilock 2010, pp. 151-154.

3. 儿童通过专注模式学习，但他们也会在不专注时使用发散模式学习，只是缺乏自主控制（Thompson-Schill et al. 2009）。换句话说，儿童看起来不像成人在学习新语言时那样需要用专注模式，也许这就是为什么年幼的孩子更容易学会一种新语言。但至少在一些专注模式下的学习，对超出幼儿期年龄段的学习者而言会有必要。
4. Guida et al. 2012, sec.8. 最近，Xin Jin, Fatuel Tecuapetla 和 Rui Costa 揭示出基底节中神经元的重要作用，它们发出信号将个体元素串联在一个行为序列中，这就是搭建组块的关键（Jin et al. 2014）。Rui Costa 已收到 200 万欧元资金以投入组块机制的研究，他的研究开展让我们拭目以待。
5. Brent and Felder 2012; Sweller et al. 2011, chap.8.
6. Alessandro Guida 和同事（2012, p. 235）注意到创造组块最初明显需要依赖前额叶区的工作记忆，组块是专注的产物，专注让组块联结在一起。随着专业水平的不断提高，这些组块驻留在颅顶骨区域的长期记忆中。记忆的一个非常不一样的方面在于它涉及了神经震荡节奏，这节奏有助于结合起大脑许多区域中的知觉和环境背景信息（Nyhus and Curran 2010）。可参考 Cho et al. 2012，以了解儿童在算术解题的提取流畅性方面的成像研究。
7. Baddeley et al. 2009, chap.6; Cree and McRae 2003.
8. Baddeley et al. 2009, pp. 101-104.
9. 我提到的“宏观图景”可以被想作一个认知模板。参见 Guida et al. 2012，尤其请参阅 sec.3.1。通过数学和科学的学习所产生的模板，会自然倾向于非固定形态，这与下象棋时产生的有清晰轮廓的模板并不相同。如 Guida 指出，组块搭建的速度非常快，但是涉及功能重组的模板的形成就需要时间，至少 5 周以上（Guida et al. 2012）。也可参见 Cooper and Sweller 1987 中对图式的讨论，以及 Mastascusa et al. 2011, pp. 23-43。要理解发展专业技能的相关概念，同样具有参考意义的是

Bransford et al. 2000, chap.2 中的讨论，先前知识会在我们学习新知识或相关内容的时候帮助我们，但是先前知识也会成为阻碍，因为它让我们更难在图式中做出改动。这个现象十分明显，从学生对物理概念错误的执念就能看出来，这执念对任何改进建议充满抗拒（Hake 1998; Halloun and Hestenes 1985）。一方面，如 Paul Pintrich 和他的同事（1993, p. 170）写道：“对于学习者而言存在一个悖论：现行观念可能会形成一股抗拒概念转变的力量，但它们却也为学习者提供了框架，学习者可用框架来解释或理解新的、潜在的矛盾信息。

10. Geary et al. 2008, pages 46 through 47 ; Karpicke 2012 ; Karpicke et al. 2009 ; Karpicke and Grimaldi 2012 ; Kornell et al. 2009 ; Roediger and Karpicke 2006。总结综述请见 McDaniel and Callender 2008 ; Roediger and Butler 2011.
11. Karpicke et al. 2009, p. 471。也可参考达克效应（Dunning-Kruger effect），指认知不足者出现的盲目自信。Dunning et al. 2003 ; Kruger and Dunning 1999; Ehrlinger et al. 2008; Bursonet et al. 2006.
12. Karpicke et al. 2009, p. 111.
13. Dunlosky et al. 2013, sec.4.4.
14. Longcamp et al. 2008.
15. Dunlosky et al. 2013, sec.7.7.
16. 尤其请参考 Guida et al. 2012 的内容，其中注明了专家是如何使用长期记忆来拓展自己的工作记忆的。也可参见 Geary et al. 2008, 4-5，其中观察到“工作记忆容载量限制了数学表现，但是在练习中获得的不假思索（即时反应能力）能够克服这个限制”。
17. 这个变位词游戏的答案是“Madame Curie”。此题由 Meyran Kraus 提供，http://www.fun-with-words.com/anag_names.html.
18. Jeffrey Karpicke 和他的同事（2009）指出学习中的能力错觉和混字游戏困难之间的关系，在看见答案和没看答案的情形之间做比较。

19. Henry Roediger and Mary Pyc (2012, p. 243) 指出：“在教育院校中的教授和老师，常为学生的创造力担忧，这个目标让人称赞。我们提倡的技巧，在基本的学习与概念和知识的记忆的提高上都有效果。同时一些人批判这种学习方法是“填鸭式的学习”或“纯粹记忆”，而不是创造性地对知识进行加工合成。难道教育不是为了培养孩子心中的好奇心、发现欲和创造力吗？回答当然是肯定的，但是我们会据理力争，因为扎实的知识基础是在特定领域进行创造的前提。若未掌握一套全面的知识概念，一个学生不可能在任何一门学科得到创造性的发现。学习任何科目的知识概念与创造性思考并不是必然对立的，两者是共生的关系。”
20. Geary 2005, chap.6; Johnson 2010.
21. Johnson 2010, p. 123.
22. Simonton 2004, p. 112.
23. 这是我自己对科学中的一个普遍感受所做的个人重述。Santiago Ramón y Cajal 在笔记中引用过 Duclaux 的话，“机会不会向想要的人微笑，而是赐予应得的人”。Cajal 接着说道，“科学界就像博彩，幸运眷顾的总是最大的赌注者——也就是说，换个类比来看，幸运眷顾的是不断在自己花园耕作的人”(Ramón y Cajal 1999, pp. 67-68)。Louis Pasteur 指出，“在观察的领域，机会青睐有准备的头脑”。相关表达还有拉丁谚语“幸运眷顾大胆的人”和英国空降特勤队的格言：“勇者胜。”
24. Kounios and Beeman 2009 [1897]; Ramón y Cajal 1999, p. 5.
25. Rocke 2010.
26. Thurston, 1990, p. 846-847.
27. 参考 Karl Anders Ericsson 在专业技能发展上的基础研究 (e.g., Ericsson 2009)。其他相关天赋发展的颇具洞察力的普遍方法，可参见 Coyle 2009; Greene 2012; Leonard 1991.
28. Karpicke and Blunt 2011a ; Karpicke and Blunt 2011b。更多信息，还可

- 参考 Guida et al. 2012, p. 239.
29. 关于兴趣，左脑前额叶区域在记忆编译阶段中会有活跃表现，同时右脑区域在提取记忆时会被激活。许多研究团体通过使用各种不同类型的成像技术，都报告了这一现象的存在（Cook 2002, p. 37）。提取已记住的内容的做法，会有可能在发散模式概念形成初期，创造出地图式的联结吗？See also Geary et al. 2008, 4-6 to 4-7.
30. 这里当然需要说明一下。比如，要是让学生通过回忆材料内容，来决定概念地图上会有什么，又会怎样呢？这里无疑在不同学科上存在差异。比如一些涉及生物细胞内通讯过程的学科，出于本质，它们会在我们理解要点时，更主动地配合“概念地图”的方法。
31. Brown et al. 1989.
32. Johnson 2010, p. 110.
33. Baddeley et al. 2009, chap.8.
34. Ken Koedinger 是卡内基梅隆大学的人机交互与心理学教授，他说，“要最大限度地记住材料，最好一开始在短时间内把学生暴露在信息之中，然后不断将学生接触信息的时间加长。不同类型的信息，例如抽象概念与具体事实，需要安排不同的曝光时间”（引用自 Paul 2012）。
35. Dunlosky et al. 2013, sec.10；Roediger and Pyc 2012；Taylor and Rohrer 2010.
36. Rohrer and Pashler 2007.
37. 看起来用“题海战术”的方法呈现学习材料，会让教学中出现能力错觉。学生看起来学得很快，但是研究显示，他们忘得也快。Roediger and Pyc 在（2012, p. 244）中指出：“研究结果显示出了为什么老师和学生容易轻易使用那些从长远来看反而效率更低的学习策略。学习时我们非常关注学习方式，我们喜欢采用那些让我们学得更轻松更快的策略。整组练习或题海练习就有这种效果。然而，为了让记忆有更好的长期表现，我们应该使用间隔和穿插的练习方法，但是在学习中，

这个过程会显得更加艰巨。穿插学习法会增加学习之初的难度，但因为它让长期记忆效果更好，所以会更可取。”

38. Rohrer et al. 2013.
39. Doug Rohrer and Harold Pashler (2010, p. 406) 注意到：“……穿插练习不同题型（数学科学课本中少有提到这方法）对学习的提升效果显著。”
40. 来自与这位作者的私人谈话，2013年8月20日。也可参阅 Carey 2012.
41. Longcamp et al. 2008.
42. 例证可见于 <http://usefulshortcuts.com/alt-codes>.

第5章：预防拖延：化“坏”习惯为好帮手

1. Emsley 2005, p. 103.
2. Chu and Choi 2005; Graham 2005; Partnay 2012.
3. Steel (2007, p. 65) 提到：“根据估测，80% ~ 95% 的大学生处于拖延状态……大约 75% 认为自己是拖延者……几乎 50% 的人有持续的拖延问题。拖延的绝对总量是巨大的，据学生反应，拖延状态一般要占日常活动的 1/3，通常是发生在睡觉、玩耍或是看电视的活动上……更有甚者，这个比例有上升趋势…除了出现在大学期间，拖延现象也在人群中广泛存在，它长期影响着 15% ~ 20% 的成年人。”
4. Ainslie and Haslam 1992; Steel 2007.
5. Lyons and Beilock 2012.
6. Emmett 2000.
7. 更多综合讨论可见于 Duhigg 2012，其换过来引用了 Weick 1984 中的内容。
8. Robert Boice (1996, p. 155) 提到，拖延似乎使清醒意识区的范围缩小了。另请见 pp. 118-119.

9. Boice 1996, p. 176.
10. Tice and Baumeister 1997.
11. Boice 1996, p. 131.

第6章：小恶魔无处不在：深入理解拖延的习惯

1. McClain 2011; Wan et al. 2011.
2. Duhigg 2012, p. 274.
3. Steel 2010, p. 190, 引用 Oaten and Cheng 2006 and Oaten and Cheng 2007.
4. Baumeister and Tierney 2011, pp. 43-51.
5. Steel 2010, 引用了 Robert Eisenberger, 1992 和他人的原作。
6. Ibid., p. 128-130, 其依次提到 Gabriele Oettingen 的论著。
7. Beilock 2010, pp. 34-35.
8. Ericsson et al. 2007.
9. Boice 1996, pp. 18-22.
10. Paul 2013.

第7章：搭建组块对抗发懵：如何增进专业知识并减轻焦虑

1. 很重要的一点是，大多讨论专家的文献，涵盖的都是训练多年才具有专业水准的人。但是专家和专业水准也分不同层次。例如，如果你知道 FBI 和 IBM 的缩写，就会很容易记住这两个字母序列，而不是作为孤立的六个字母组合。不过这个简单组块的前提是你已经是一个高手，不仅仅是相对 FBI 和 IBM 的意思来说是高手，也要精通罗马字母本身。想象一下，记住如下的藏语序列会有多困难：

当我们在教室学习数学和科学时，学习之初我们是具有一定专业知识储备的，而且在一个学期里应学的内容远不及象棋新手到大师所要经历的蜕变。学习某门课程时，你不会在一个学期内就看到神经上的显著

变化，就像新手和大师的天壤之别。但是，即使只有几周，也会有一定迹象表现出你处理学习材料方法上的神经差异 (Guida et al. 2012)。更加具体地说， Guida 和同事指出，专家更偏好使用大脑颞区，那里对于长期记忆非常关键 (2012, p. 239)。换言之，当我们引导学生远离建立长期记忆结构时我们会让他们更难获得专业技能。当然，仅仅是专注于记忆而没有创造性运用也是一个问题。再次得说，任何单一的教学方法都可能被误用，多样性（撇开能力不谈）才是生命的精髓！

2. 我们也讨论了，学习一个主题时，在需要不同技巧的学习中使用穿插学习法。但是，怎样将穿插学习法运用到完全不同的学科中？遗憾的是，目前还没有相关研究文献 (Roediger and Pyc 2012, p. 244)，所以我的看法是，变化学习内容只是一种常识和普遍练习。这在未来研究中将是一个引人关注的有趣范畴。
3. Kalbfleisch 2004.
4. Guida 和同事指出，工作记忆 [从而也包括长期记忆 (LTM)] 中的组块 “会随着练习和专业技能的增加而变大……组块也会随着长期记忆知识的变多而更加丰富，因为更多的长期记忆知识与每一个组块联系了起来，而且一些长期记忆组块还可以反过来与知识相连。最终，如果一个人成为专家，那么组块间存在的联结可以生成高层次的组块。例如象棋比赛中，棋谱可以联结到布阵、走棋、策略和战术概念，也可以联结到其他棋谱。我们表示，如果存在长期记忆组块和知识结构，并且它们在专业技能领域有效，大脑的功能性重组就可以被监测到。
5. Duke et al. 2009.
6. 想阅读 “对刻意练习最有效情境” 的综述，请参阅 Pachman et al. 2013.
7. Roediger and Karpicke 2006, p. 199.
8. Wan et al. 2011。这项研究试图定义神经回路，这个回路负责靠本能快速反应出将棋游戏的最佳棋步 (两秒之内)，将棋是一个极其复杂的策略类

游戏。与快速、隐含和下意识的习惯相关联的大脑部分（the precuneus-caudate 回路）对专业棋手快速生成最佳棋步显得非常关键。也可参阅 McClain 2011.

9. Charness et al. 2005.
10. Karpicke et al. 2009; McDaniel and Callender 2008.
11. Fischer and Bidell 2006, pp. 363-370.
12. Roediger and Karpicke 2006, 引用 William James 的《心理学原理》(*Principles of Psychology*)。
13. Beilock 2010, pp. 54-57.
14. Karpicke and Blunt, 2011b ; Mastascusa et al. 2011, chap.6 ; Pyc and Rawson 2010 ; Roediger and Karpicke 2006 ; Rohrer and Pashler 2010。John Dunlosky 和同事在他们对于各种学习方法的深度综述 (2013) 中, 出于测试具有的有效性、广适性和易用性, 认为测试具有极高利用价值。另请参阅 Pennebaker et al 2013.
15. Keresztes et al. 2013 证明了测试通过稳定住脑区大范围网络的激活模式, 可促进长期学习。
16. Pashler et al. 2005.
17. Dunlosky et al. 2013, sec. 8 ; Karpicke and Roediger 2008 ; Roediger and Karpicke 2006.

第 8 章：工具、建议和小技巧：最好用的学习应用和方法

1. Allen 2001, pp. 85, 86.
2. Steel 2010, p. 182.
3. Beilock 2010, pp. 162-165; Chiesa and Serretti 2009; Lutz et al. 2008.
4. 如有兴趣, 更多详列资源请见 Association for Contemplative Mind in Higher Education 的网站, <http://www.acmhe.org/>.

5. Boice 1996, p. 59.
6. Ferriss 2010, p. 485.
7. Ibid., p. 487.
8. Fiore 2007, p. 44.
9. Scullin and McDaniel 2010.
10. Newport 2012; Newport 2006.
11. Fiore 2007, p. 82.
12. Baddeley et al. 2009, pp. 378-379.

第 9 章：拖延的小恶魔总结篇：你得和拖延症较较劲

1. Johansson 2012, chap.7.
2. Boice 1996, p. 120; Fiore 2007 chap.6.
3. Ibid., p. 125.
4. Amabile et al. 2002; Baer and Oldham 2006; Boice 1996, p. 66.
5. Rohrer, et al. (印刷中) .
6. Chi et al. 1981.
7. Noesner 2010.
8. Newport 2012, 特别请见 chap.1 (“Rule #1”) .
9. Nakano et al. 2012.
10. Duhigg 2012, p. 137.
11. Newport 2012.
12. 许多此类思考请参阅 Edelman 2012.

第 10 章 增强你的记忆力：大脑虽小，空间无限

1. Eleanor Maguire 和同事 (2003) 对例如世界记忆锦标赛等论坛中著名的记忆大师进行了研究。“运用神经心理学的方法，以及结构和功能上的

脑成像，”他们发现记忆力超群不是因为特别聪明或是脑结构差异。相反，(他们)发现记性较好的人使用空间学习技巧，调动脑中海马体等区域，它们是记忆尤其是空间记忆的关键区域。

Tony Buzan 为普及记忆技巧的重要性做出巨大努力。他的书《运用完美记忆》(*Use Your Perfect Memory*) (Buzan, 1991) 中对于一些普及的技巧有更详细的介绍。

2. Eleanor Maguire 和同事 (2003) 注意到人们通常认为记忆技巧非常难以使用，但是，比如记忆宫殿技巧，对于记忆要紧事来说其实非常简单自然而且有效。
3. Cai et al. 2013 ; Foer 2011。Denise Cai 的研究表明如果一个脑半球 (一般是左脑半球) 负责语言，那么另一个半球会相应负责空间视觉能力。换言之，一个半球专门负责某项功能，说明另一个半球会负责别的功能。
4. Ross and Lawrence 1968.
5. Baddeley et al. 2009, pp. 363-365.
6. http://www.ted.com/talks/joshua_foer_feats_of_memory_anyone_can_do.html.
7. <http://www.skillstoolbox.com/career-and-education-skills/learning-skills/memory-skills/mnemonics/applications-of-mnemonic-systems/how-to-memorize-formulas/>.
8. 关于空间推理的重要性请参阅 Kellet al.2013.

第 11 章 记忆技巧多多益善：打造生动形象的比喻或类比

1. 19 世纪晚期物理学比喻的两个相关信息分别出自 Cat 2001 及 Lützen 2005。化学和更加广义上的其他科学领域中的比喻，参见 Rocke 2010，特别请详阅 chap.11。又见 Gentner and Jeziorski 1993。直观和形象化的

部分超出了任何一本单独的作品可涵盖的范围，可参阅如《心理图像期刊》(*Journal of Mental Imagery*)。

2. 卓越的数学建模学家艾曼努尔·德尔曼 (Emanuel Derman) 写道：“描述世界解决问题的理论必须建立于它自己的术语之上，能够独立存在，而模型往往依赖于他山之石。它们是将所研究之物与相似之物进行联系的比喻。这些相似都是片面的，因此模型必须对事物进行简化，缩减世界的维度。简单来说，理论告诉事物的本质。而模型仅仅告诉你它像什么” (Derman 2011, p. 6)。
3. Solomon 1994.
4. Rocke 2010, p. Xvi.
5. Ibid., p. 287, citing Berichte der Durstigen Chemischen Gesellschaft (1886), p. 3536。在化学领域，曾经出现过一个根本不存在的“口科”(口渴)问题。这一拙劣的模仿曾被寄送到《德国化学学会报告》(*Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*)，现在已经无可查证了。但这确实是一个伪造的问题。
6. Rawson and Dunlosky 2011.
7. Dunlosky et al. 2013 ; Roediger and Pyc 2012。在一份关于学生的闪存卡应用的报告中，凯瑟琳·维斯曼和她的同事观察到：“学生理解更高标准的练习（练习的量）的益处，但并不在意或理解延迟练习的益处（练习时间）。”
8. Morris et al. 2005.
9. Baddeley et al. 2009, pp. 207-209.
10. 你可能会觉得，我已经在本书中探讨了 SQ3R 学习的每个要素（有时是 SQ4R——浏览、提问、阅读、背诵、复习和书写）。你可能会问，为什么我没有在正文中对这一方法做更深入的探究。SQ3R 是心理学家弗朗西斯·普莱塞特·罗宾逊 (Francis Pleasant Robinson) 提出的一种通用学习工具。而数学和科学的学习核心在于解决问题，但 SQ3R 并

不会直接指向这一部分。我不是唯一一个注意到这一点的人。正如物理学教授罗纳德·艾伦（Ronald Aaron）和他儿子罗宾·艾伦（Robin Aaron）在《提高你的物理成绩》（*Improve Your Physics Grade*）中写到的那样：“……有一本物理学教程建议你用 SQ3R 方法学习……而有效的课堂笔记手段它推荐的则是 LISAN 方法……你真的觉得这些办法能帮上你吗？你相信圣诞老人吗？那复活节兔子呢？”（Aaron and Aaron 1984, p. 2.）

11. 有趣的是，这一领域鲜有成果，其中存在极少数有用内容不过是确认了手写比打字更能帮我们吸收信息。参见 Rivard and Straw 2000 ; Smoker et al. 2009; Velay and Longcamp 2012.
12. Cassilhas et al. 2012; Nagamatsu et al. 2013; van Praag et al. 1999.
13. Guida et al. 2012, p. 230; Leutner et al. 2009.
14. Levin et al. 1992 这一工作中描述了使用记忆诀窍的学生比按上下文记忆或是利用自由方式学习的学生表现更为优异。
15. Guida et al. 2012 这一工作之处记忆技巧的训练可以加速构建组块和知识结构的速度，从而帮助学习者更快地在该领域达到精通，因为他们可以将自己的部分长期记忆作为工作记忆来使用。
16. Baddeley et al. 2009, pp. 376-377 引用了 Helga and Tony Noice (2007) .

第 12 章 学会自我欣赏：形成直观认识

1. Jin et al. 2014.
2. Partnoy 2012, p. 73。Partnoy 接着指出，“有时精确理解我们无意识做的事会扼杀我们的自然天性。如果我们的自我意识太强，当我们需要直觉的时候往往会受到阻碍。而如果我们没有一点自我意识，直觉就总也得不到升华。困难在于，仅仅几秒钟的思考中要意识到可能会影响我们决定的因素……但不要太过注意它们，那样它们会变得木讷而毫无效果”（Partnoy 2012, p. 111）。

3. Partnay 2012, p. 72, 引用了 Klein 1999.
4. Klein 1999, p. 150, 引用了 Klein and Klein 1981。但是要注意 Klein 和 Klein 1981 中所述的样本数目较少。
5. Mauro Pesenti 和同事 (2001, p. 103) 指出, “我们认为, 非专业人士的算术才能并不源于不断增加的练习过程, 而是专业人士和非专业人士计算时使用了不同脑区。我们发现, 专家能够在‘短时间内耗费精力的记忆储存策略’和‘高效短暂的记忆编译和提取过程’间来回转换, 这个转换过程由右侧额前骨区和内侧颞区来维持。”

早在 1899 年, 才华横溢的心理学家 William James 在他经典的《与老师谈心理学》(*Talks to Teachers on Psychology*) 一书中写道, “你们现在知道为什么‘恶补’是多么不可取了。填鸭或恶补是在考试前通过大量密集训练来记忆事物。但这样学到的知识, 却几乎无法融会贯通。另一方面, 同样的事物会在不同日子里、不同背景中重演, 阅读、背诵、反复查看、再联系其他事物并回顾, 然后这个事物就这样很好地嵌入了你的思维结构中。这就是为什么要给你的学生强调让他们习惯于不断运用”(William 2008, [1899], p. 73)。

6. 在一项经典研究中, William Chase 和 Herbert Simon (1973) 发现象棋大师对下一步棋的灵感其实来自训练过程中业已形成的出色且迅速的感知模式。Fernand Gobet 和同事 (2001, p. 236) 将组块定义为“一组互相联系的要素, 但与另一个组块中要素的联系并不强”。
7. Amidzic et al. 2001 ; Elo 1978 ; Simon 1974。Gobet and Simon 2000 引用了一个包含的 300 000 组块的图。
8. Gobet 2005。Gobet 继续指出, 在某一个领域的专业知识并不会迁移至另一领域。确实如此, 比如你学习了西班牙语, 这对你在德国点酸菜一点帮助都没有。但是思维过程是很重要的。如果你学会了如何学习一门语言, 那么在学另一门语言的时候就会非常容易。

再一次说明, 如下象棋一样培养出的专业技能是非常可贵的, 它给

予你一系列神经结构，而它们类似于数学和科学的学习中所需的神经结构。即使这个神经结构简单得只是你需要消化游戏规则，那么它就是有价值的见解。

9. Beilock 2010, pp. 77-78; White and Shah 2006.
10. 确实，在研究领域里，此类发现也获得了相当一部分的支持。详见 Simonton 2009.
11. Carson et al. 2003; Ellenbogen et al. 2007; White and Shah 2011.
12. Merim Bilalić 和同事 (2007) 指出某些象棋玩家智商在 108 到 116 之间，但由于他们进行了额外训练，也进入了精英玩家的队伍。而精英团队平均智商是 130。详见 Duckworth and Seligman 2005.
- 诺贝尔奖得主 Richard Feynman 喜欢说自己的智商相对偏低，只有 125，以此证明不管智力测试的结果如何，每个人的潜力其实是无限的、有待挖掘的。Feynman 显然还是有着天生聪慧的，不过他年少时就已经沉迷于通过练习来发展数学和物理知识和本能了 (Gleick 1992)。
13. Klingberg 2008.
14. Silverman 2012.
15. Felder 1988。Justin Kruger and David Dunning (1999) 指出：“无能力者对自己的评价偏差源自自身失误，而极有能力者对自我认识的偏差，来自他人的失误。”

第 13 章 塑造你的大脑：改变思维，改变人生

1. DeFelipe 2002.
2. Ramón y Cajal 1937, 309.
3. Ramón y Cajal 1999 [1897], pp. xv-xvi; Ramón y Cajal 1937, p. 278.
4. Ramón y Cajal 1937, 154.
5. Fields 2008; Giedd 2004; Spear 2013.

6. amón y Cajal 1999 [1897].
7. engtsson et al. 2005; Spear 2013.
8. 卡哈尔可以做到计划明确，看他造出火炮就知道。但他似乎无法将自己的行为与大背景下产生的后果联系起来。沉浸在炮轰邻居家门的兴奋之中，他无法明显预估到自己会因此深陷麻烦之中。请参阅 Shannon et al. 2011，他们在问题青少年的功能连通性上的有趣发现，将背外侧运动前区与静息状态下的神经网络（“脑区的一个兴奋丛，它与自发、无束缚、自我指向的认知有关”，p.11241）联系在一起。随着问题少年逐渐成熟，他们的行为也有所改善，背外侧运动前区开始与注意力和控制网络相连接。
9. engtsson et al. 2005; Spear 2013; Thomas and Baker 2013。如 Cibu Thomas 和同事 (p. 226) 提出：“物研究的例证显示，轴突和树突的大范围组织是非常稳定的，且成人大脑中，依赖于体验的结构可塑性会短暂地发生在大脑局部区域。”也就是说，我们可以对我们的大脑进行适度修改，但我们不要妄想做到全局改动。这都是常识。如果你想找到一本有关大脑可塑性话题的绝佳普及读物，请参阅 Doidge 2007。与此话题相关的最佳技术分析途径请见 Shaw and McEachern 2001。相应地，卡哈尔自己的著作现在获得了更多认可，他的成果为我们对大脑可塑性的理解奠定了基础 (DeFelipe 2006)。
10. amón y Cajal 1937, p. 58.
11. bid., pp. 58, 131。理解要点的能力才是问题的要旨，它比逐字背诵的能力更重要。相对于“要旨”记忆，逐字背诵的编译方式不尽相同。请参阅 Geary et al. 2008, 4-9.
12. eFelipe 2002.
13. amón y Cajal 1937, p. 59.
14. oot-Bernstein and Root-Bernstein 1999, pp. 88-89.
15. ransford et al. 2000, chap.3; Mastascusa et al. 2011, chaps.9-10.
16. Fauconnier and Turner 2002.

17. astascusa et al. 2011, p. 165.

18. entner and Jeziorski 1993.

第 14 章 借方程的诗歌打开心灵之眼：解开标准 方程下每一句话的含义

1. Plath 1971, p. 34.

2. Feynman 2001, p. 54.

3. Feynman 1965, 2010.

4. 这一部分基于 Prentis (1996) 的精彩论文。

5. 出自歌曲“曼德博集”的片段，经过了作者 Jonathan Coulton 慷慨许可。

完整歌词提供于以下地址 http://www.jonathancoulton.com/wiki/Mandelbrot_Set/Lyrics.

6. Prentis 1996.

7. Cannon 1949, p. xiii ; Ramón y Cajal 1937, p. 363。与此相关，请参阅 Javier DeFelipe 的优秀作品《卡哈尔的灵魂蝴蝶》(Butterflies of the Soul)，作品涵盖了神经科学研究早期创做出的美丽插图 (DeFelipe 2010)。

8. Mastascusa et al. 2011, p. 165.

9. eller 1984, p. 117.

10. 请参阅 Dunlosky et al. 2013 中详尽的问询和自我解答。

11. <http://www.youtube.com/watch?v=FrNqSLPaZLc>.

12. <http://www.reddit.com/r/explainlikeimfive>.

13. 另请参阅第 12 章尾注 8。

14. Mastascusa et al. 2011, chaps.9-10.

15. Foerde et al. 2006; Paul 2013.

第 15 章 学习的复兴：自学的价值

1. Colvin 2008; oyle 2009; Gladwell 2008.

2. Deslauriers et al. 2011; Felder et al. 1998; Hake 1998; Mitra et al. 2005; 总统科技顾问委员会 (President's Council of Advisors on Science and Technology), 2012.
3. Ramón y Cajal 1999 [1897].
4. Kamkwamba and Mealer 2009.
5. Pert 1997, p. 33.
6. McCord 1978。详见 Armstrong 2012 对相关研究的进一步探讨。Manu Kapur and Katerine Bielaczyc (2012) 指出, 如果导师的指导不过于严厉, 那么学生的表现很可能会有意想不到的提高。
7. Oakley et al. 2003.
8. See Armstrong 2012 及其中参考文献。
9. Oakley 2013.

第 16 章 避免自负：团队合作的力量

1. Schutz 2005。“弗雷德”是具有“右脑宏观感知障碍”典型特征的假想综合体。
2. McGilchrist 在 2010 年对此提出了全面描述, 支持半球功能存在差异的说法, Efron 1990 年发表的论述虽然已有些过时, 但对半球研究提出的问题还是提供了非常值得注意的阐述。请参阅 Nielsen et al. 2013; 医学博士兼哲学博士 Jeff Anderson, 参与了本项研究, 他指出, “有些脑功能确实只发生在大脑的某一侧。语言由左脑负责, 注意力更多由右脑负责。但人通常不会有一个更为发达的左脑或者右脑。这似乎是由神经的逐步联结决定的”(犹他大学公共关系卫生保健办公室 2013)。
3. McGilchrist 2010, pp. 192-194, 203.
4. Houdé and Tzourio-Mazoyer 2003。Houdé 2002 第 341 页写道: “神经成像结果表明, 在神经系统完整的主体中, 右腹内侧前额叶皮层区域直接

参与了逻辑意识的形成，也就是说，它把思想放入‘逻辑路径’中，这样我们就可以进行演绎推理……因此，右脑内侧前额叶皮层可能是大脑误差修正工具中的情感组件。更准确地说，这个区域可能联络到了自我感觉装置，其能检测出可能发生逻辑推理错误的情况。”

5. 请参阅 Stephen Christman 和他的同事 2008, p. 403, 其中指出，“左半球维持我们现有信念，而右脑评估更新那些恰当的信念。因此评估信念依赖两个半球之间的合作”。
6. Ramachandran 1999, p. 136.
7. azzaniga 2000; Gazzaniga et al. 1996.
8. amachandran 1999, p. 341。最初为 1974 年的加州理工学院毕业典礼上的演讲。
9. eynman 1985, pp. 132-133.
10. Alan Baddeley 和他的学生 (2009, pp. 148-149) 写道：“我们防止自尊心受打击的方法有很多。我们乐意听见表扬但是对于批评往往不以为然，常把批评归结于别人的偏见。我们倾向于在成功时抢功，却拒绝在失败时承担责任。如果这招数行不通，我们就会有选择地忘记失败，只记住成功和称赞。”(参考文献略。)
11. ranovetter 1983; Granovetter 1973.
12. Ilis et al. 2003.
13. eilock 2010, p. 34.
14. Arum and Roksa 2010, p. 120.

第 17 章 参加考试：考试本身就是效果非凡的学习经历

1. 有关 STEM (science, technology, engineering, and mathematics) 学科学习的海量有用分类信息，请访问 Felder 博士的网站：<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/>。

2. Felder 1999。已获得 Richard Felder 和期刊《化工教育》的使用许可。
3. 想进一步了解这些文字的内涵，请参阅 McClain 2011 和 McClain 所引用的研究者们的著作。
4. Beilock 2010, pp. 140-141.
5. Mrazek et al. 2013.
6. Beilock (2010, p. 60) 提出：“压力下的运动员有时会以实际上会扰乱自身发挥的方式去控制自己的表现。这种控制，就是常提到的‘分析导致瘫痪’，这种现象来源于过度活跃的前额叶皮层。”
7. Beilock 2010; <http://www.sianbeilock.com/>.

参 考 文 献

- Aaron, R, and RH Aaron. *Improve Your Physics Grade*. New York: Wiley, 1984.
- Ainslie, G, and N Haslam. "Self-control." In *Choice over Time*, edited by G Loewenstein and J Elster, 177–212. New York: Russell Sage Foundation, 1992.
- Allen, D. *Getting Things Done*. New York: Penguin, 2001.
- Amabile, TM, et al. "Creativity under the gun." *Harvard Business Review* 80, 8 (2002): 52.
- Amidzic, O, et al. "Pattern of focal γ -bursts in chess players." *Nature* 412 (2001): 603–604.
- Andrews-Hanna, JR. "The brain's default network and its adaptive role in internal mentation." *Neuroscientist* 18, 3 (2012): 251–270.
- Armstrong, JS. "Natural learning in higher education." In *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, 2426–2433. New York: Springer, 2012.
- Arum, R, and J Roksa. *Academically Adrift*. Chicago: University of Chicago Press, 2010.
- Baddeley, A, et al. *Memory*. New York: Psychology Press, 2009.
- Baer, M, and GR Oldham. "The curvilinear relation between experienced creative time pressure and creativity: Moderating effects of openness to experience and support for creativity." *Journal of Applied Psychology* 91, 4 (2006): 963–970.
- Baumeister, RF, and J Tierney. *Willpower*. New York: Penguin, 2011.
- Beilock, S. *Choke*. New York: Free Press, 2010.
- Bengtsson, SL, et al. "Extensive piano practicing has regionally specific effects on white matter development." *Nature Neuroscience* 8, 9 (2005): 1148–1150.
- Bilalić, M, et al. "Does chess need intelligence?—A study with young chess players." *Intelligence* 35, 5 (2007): 457–470.
- . "Why good thoughts block better ones: The mechanism of the pernicious Einstellung (set) effect." *Cognition* 108, 3 (2008): 652–661.
- Boice, R. *Procrastination and Blocking*. Westport, CT: Praeger, 1996.

- Bouma, A. *Lateral Asymmetries and Hemispheric Specialization*. Rockland, MA: Swets & Zeitlinger, 1990.
- Bransford, JD, et al. *How People Learn*. Washington, DC: National Academies Press, 2000.
- Brent, R, and RM Felder. "Learning by solving solved problems." *Chemical Engineering Education* 46, 1 (2012): 29–30.
- Brown, JS, et al. "Situated cognition and the culture of learning." *Educational Researcher* 18, 1 (1989): 32–42.
- Burson K, et al. "Skilled or unskilled, but still unaware of it: how perceptions of difficulty drive miscalibration in relative comparisons." *Journal of Personality and Social Psychology* 90, 1 (2006): 60–77.
- Buzan, T. *Use Your Perfect Memory*. New York: Penguin, 1991.
- Cai, Q, et al. "Complementary hemispheric specialization for language production and visuospatial attention." *PNAS* 110, 4 (2013): E322–E330.
- Cannon, DF. *Explorer of the Human Brain*. New York: Schuman, 1949.
- Carey, B. "Cognitive science meets pre-algebra." *New York Times*, September 2, 2012; <http://www.nytimes.com/2013/09/03/science/cognitive-science-meets-pre-algebra.html?ref=science>.
- Carpenter, SK, et al. "Using spacing to enhance diverse forms of learning: Review of recent research and implications for instruction." *Educational Psychology Review* 24, 3 (2012): 369–378.
- Carson, SH, et al. "Decreased latent inhibition is associated with increased creative achievement in high-functioning individuals." *Journal of Personality and Social Psychology* 85, 3 (2003): 499–506.
- Cassilhas, RC, et al. "Spatial memory is improved by aerobic and resistance exercise through divergent molecular mechanisms." *Neuroscience* 202 (2012): 309–17.
- Cat, J. "On understanding: Maxwell on the methods of illustration and scientific metaphor." *Studies in History and Philosophy of Science Part B* 32, 3 (2001): 395–441.
- Charness, N, et al. "The role of deliberate practice in chess expertise." *Applied Cognitive Psychology* 19, 2 (2005): 151–165.
- Chase, WG, and HA Simon. "Perception in chess." *Cognitive Psychology* 4, 1 (1973): 55–81.
- Chi, MTH, et al. "Categorization and representation of physics problems by experts and novices." *Cognitive Science* 5, 2 (1981): 121–152.
- Chiesa, A, and A Serretti. "Mindfulness-based stress reduction for stress management in healthy people: A review and meta-analysis." *Journal of Alternative Complementary Medicine* 15, 5 (2009): 593–600.
- Cho, S, et al. "Hippocampal-prefrontal engagement and dynamic causal interactions in the maturation of children's fact retrieval." *Journal of Cognitive Neuroscience* 24, 9 (2012): 1849–1866.
- Christman, SD, et al. "Mixed-handed persons are more easily persuaded and are

- more gullible: Interhemispheric interaction and belief updating." *L laterality* 13, 5 (2008): 403–426.
- Chu, A, and JN Choi. "Rethinking procrastination: Positive effects of 'active' procrastination behavior on attitudes and performance." *Journal of Social Psychology* 145, 3 (2005): 245–264.
- Colvin, G. *Talent Is Overrated*. New York: Portfolio, 2008.
- Cook, ND. *Tone of Voice and Mind*. Philadelphia: Benjamins, 2002.
- . "Toward a central dogma for psychology." *New Ideas in Psychology* 7, 1 (1989): 1–18.
- Cooper, G, and J Sweller. "Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer." *Journal of Educational Psychology* 79, 4 (1987): 347.
- Cowan, N. "The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity." *Behavioral and Brain Sciences* 24, 1 (2001): 87–114.
- Coyle, D. *The Talent Code*. New York: Bantam, 2009.
- Cree, GS, and K McRae. "Analyzing the factors underlying the structure and computation of the meaning of chipmunk, cherry, chisel, cheese, and cello (and many other such concrete nouns)." *Journal of Experimental Psychology: General* 132, 2 (2003): 163–200.
- Dalí, S. *Fifty Secrets of Magic Craftsmanship*. New York: Dover, 1948 (reprint 1992).
- de Bono, E. *Lateral Thinking*. New York: Harper Perennial, 1970.
- DeFelipe, J. "Brain plasticity and mental processes: Cajal again." *Nature Reviews Neuroscience* 7, 10 (2006): 811–817.
- . *Cajal's Butterflies of the Soul: Science and Art*. New York: Oxford University Press, 2010.
- . "Sesquicentenary of the birthday of Santiago Ramón y Cajal, the father of modern neuroscience." *Trends in Neurosciences* 25, 9 (2002): 481–484.
- Demaree, H, et al. "Brain lateralization of emotional processing: Historical roots and a future incorporating 'dominance.'" *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews* 4, 1 (2005): 3–20.
- Derman, E. *Models. Behaving. Badly*. New York: Free Press, 2011.
- Deslauriers, L, et al. "Improved learning in a large-enrollment physics class." *Science* 332, 6031 (2011): 862–864.
- Dijksterhuis, A, et al. "On making the right choice: The deliberation-without-attention effect." *Science* 311, 5763 (2006): 1005–1007.
- Doidge, N. *The Brain That Changes Itself*. New York: Penguin, 2007.
- Drew, C. "Why science majors change their minds (it's just so darn hard)." *New York Times*, November 4, 2011.
- Duckworth, AL, and ME Seligman. "Self-discipline outdoes IQ in predicting academic performance of adolescents." *Psychological Science* 16, 12 (2005): 939–944.
- Dudai, Y. "The neurobiology of consolidations, or, how stable is the engram?" *Annual Review of Psychology* 55 (2004): 51–86.

- Duhigg, C. *The Power of Habit*. New York: Random House, 2012.
- Duke, RA, et al. "It's not how much; it's how: Characteristics of practice behavior and retention of performance skills." *Journal of Research in Music Education* 56, 4 (2009): 310–321.
- Dunlosky, J, et al. "Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology." *Psychological Science in the Public Interest* 14, 1 (2013): 4–58.
- Dunning, D, et al. "Why people fail to recognize their own incompetence." *Current Directions in Psychological Science* 12, 3 (2003): 83–87.
- Dweck, C. *Mindset*. New York: Random House, 2006.
- Edelman, S. *Change Your Thinking with CBT*. New York: Ebury, 2012.
- Efron, R. *The Decline and Fall of Hemispheric Specialization*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1990.
- Ehrlinger, J, et al. "Why the unskilled are unaware: Further explorations of (absent) self-insight among the incompetent." *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 105, 1 (2008): 98–121.
- Eisenberger, R. "Learned industriousness." *Psychological Review* 99, 2 (1992): 248.
- Ellenbogen, JM, et al. "Human relational memory requires time and sleep." *PNAS* 104, 18 (2007): 7723–7728.
- Ellis, AP, et al. "Team learning: Collectively connecting the dots." *Journal of Applied Psychology* 88, 5 (2003): 821.
- Elo, AE. *The Rating of Chessplayers, Past and Present*. London: Batsford, 1978.
- Emmett, R. *The Procrastinator's Handbook*. New York: Walker, 2000.
- Emsley, J. *The Elements of Murder*. New York: Oxford University Press, 2005.
- Ericsson, KA. *Development of Professional Expertise*. New York: Cambridge University Press, 2009.
- Ericsson, KA, et al. "The making of an expert." *Harvard Business Review* 85, 7/8 (2007): 114.
- Erlacher, D, and M Schredl. "Practicing a motor task in a lucid dream enhances subsequent performance: A pilot study." *The Sport Psychologist* 24, 2 (2010): 157–167.
- Fauconnier, G, and M Turner. *The Way We Think*. New York: Basic Books, 2002.
- Felder, RM. "Memo to students who have been disappointed with their test grades." *Chemical Engineering Education* 33, 2 (1999): 136–137.
- . "Impostors everywhere." *Chemical Engineering Education* 22, 4 (1988): 168–169.
- Felder, RM, et al. "A longitudinal study of engineering student performance and retention. V. Comparisons with traditionally-taught students." *Journal of Engineering Education* 87, 4 (1998): 469–480.
- Ferriss, T. *The 4-Hour Body*. New York: Crown, 2010.
- Feynman, R. *The Feynman Lectures on Physics Vol. 2*. New York: Addison Wesley, 1965.
- . *"Surely You're Joking, Mr. Feynman."* New York: Norton, 1985.
- . *What Do You Care What Other People Think?* New York: Norton, 2001.

- Fields, RD. "White matter in learning, cognition and psychiatric disorders." *Trends in Neurosciences* 31, 7 (2008): 361–370.
- Fiore, NA. *The Now Habit*. New York: Penguin, 2007.
- Fischer, KW, and TR Bidell. "Dynamic development of action, thought, and emotion." In *Theoretical Models of Human Development: Handbook of Child Psychology*, edited by W Damon and RM Lerner. New York: Wiley, 2006: 313–399.
- Foer, J. *Moonwalking with Einstein*. New York: Penguin, 2011.
- Foerde, K, et al. "Modulation of competing memory systems by distraction." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103, 31 (2006): 11778–11783.
- Gabora, L, and A Ranjan. "How insight emerges in a distributed, content-addressable memory." In *Neuroscience of Creativity*, edited by O Vartanian et al. Cambridge, MA: MIT Press, 2013: 19–43.
- Gainotti, G. "Unconscious processing of emotions and the right hemisphere." *Neuropsychologia* 50, 2 (2012): 205–218.
- Gazzaniga, MS. "Cerebral specialization and interhemispheric communication: Does the corpus callosum enable the human condition?" *Brain* 123, 7 (2000): 1293–1326.
- Gazzaniga, MS, et al. "Collaboration between the hemispheres of a callosotomy patient: Emerging right hemisphere speech and the left hemisphere interpreter." *Brain* 119, 4 (1996): 1255–1262.
- Geary, DC. *The Origin of Mind*. Washington, DC: American Psychological Association, 2005.
- . "Primal brain in the modern classroom." *Scientific American Mind* 22, 4 (2011): 44–49.
- Geary, DC, et al. "Task Group Reports of the National Mathematics Advisory Panel; Chapter 4: Report of the Task Group on Learning Processes." 2008. <http://www2.ed.gov/about/bdscomm/list/mathpanel/report/learning-processes.pdf>.
- Gentner, D, and M Jeziorski. "The shift from metaphor to analogy in western science." In *Metaphor and Thought*, edited by A Ortony. 447–480, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1993.
- Gerardi, K, et al. "Numerical ability predicts mortgage default." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, 28 (2013): 11267–11271.
- Giedd, JN. "Structural magnetic resonance imaging of the adolescent brain." *Annals of the New York Academy of Sciences* 1021, 1 (2004): 77–85.
- Gladwell, M. *Outliers*. New York: Hachette, 2008.
- Gleick, J. *Genius*. New York: Pantheon Books, 1992.
- Gobet, F. "Chunking models of expertise: Implications for education." *Applied Cognitive Psychology* 19, 2 (2005): 183–204.
- Gobet, F, et al. "Chunking mechanisms in human learning." *Trends in Cognitive Sciences* 5, 6 (2001): 236–243.
- Gobet, F, and HA Simon. "Five seconds or sixty? Presentation time in expert memory." *Cognitive Science* 24, 4 (2000): 651–682.

- Goldacre, B. *Bad Science*. London: Faber & Faber, 2010.
- Graham, P. "Good and bad procrastination." 2005. <http://paulgraham.com/procrastination.html>.
- Granovetter, M. "The strength of weak ties: A network theory revisited." *Sociological Theory* 1, 1 (1983): 201–233.
- Granovetter, MS. "The strength of weak ties." *American Journal of Sociology* (1973): 1360–1380.
- Greene, R. *Mastery*. New York: Viking, 2012.
- Gruber, HE. "On the relation between aha experiences and the construction of ideas." *History of Science Cambridge* 19, 1 (1981): 41–59.
- Guida, A, et al. "How chunks, long-term working memory and templates offer a cognitive explanation for neuroimaging data on expertise acquisition: A two-stage framework." *Brain and Cognition* 79, 3 (2012): 221–244.
- Güntürkün, O. "Hemispheric asymmetry in the visual system of birds." In *The Asymmetrical Brain*, edited by K Hugdahl and RJ Davidson, 3–36. Cambridge, MA: MIT Press, 2003.
- Hake, RR. "Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses." *American Journal of Physics* 66 (1998): 64–74.
- Halloun, IA, and D Hestenes. "The initial knowledge state of college physics students." *American Journal of Physics* 53, 11 (1985): 1043–1055.
- Houdé, O. "Consciousness and unconsciousness of logical reasoning errors in the human brain." *Behavioral and Brain Sciences* 25, 3 (2002): 341–341.
- Houdé, O, and N Tzourio-Mazoyer. "Neural foundations of logical and mathematical cognition." *Nature Reviews Neuroscience* 4, 6 (2003): 507–513.
- Immordino-Yang, MH, et al. "Rest is not idleness: Implications of the brain's default mode for human development and education." *Perspectives on Psychological Science* 7, 4 (2012): 352–364.
- James, W. *Principles of Psychology*. New York: Holt, 1890.
- . *Talks to Teachers on Psychology: And to Students on Some of Life's Ideals*. Rockville, MD: ARC Manor, 2008 [1899].
- Ji, D, and MA Wilson. "Coordinated memory replay in the visual cortex and hippocampus during sleep." *Nature Neuroscience* 10, 1 (2006): 100–107.
- Jin, X. "Basal ganglia subcircuits distinctively encode the parsing and concatenation of action sequences." *Nature Neuroscience* 17 (2014): 423–430.
- Johansson, F. *The Click Moment*. New York: Penguin, 2012.
- Johnson, S. *Where Good Ideas Come From*. New York: Riverhead, 2010.
- Kalbfleisch, ML. "Functional neural anatomy of talent." *The Anatomical Record Part B: The New Anatomist* 277, 1 (2004): 21–36.
- Kamkwamba, W, and B Mealer. *The Boy Who Harnessed the Wind*. New York: Morrow, 2009.
- Kapur, M, and K Bielcyc. "Designing for productive failure." *Journal of the Learning Sciences* 21, 1 (2012): 45–83.

- Karpicke, JD. "Retrieval-based learning: Active retrieval promotes meaningful learning." *Current Directions in Psychological Science* 21, 3 (2012): 157–163.
- Karpicke, JD, and JR Blunt. "Response to comment on 'Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping.'" *Science* 334, 6055 (2011a): 453–453.
- . "Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping." *Science* 331, 6018 (2011b): 772–775.
- Karpicke, JD, et al. "Metacognitive strategies in student learning: Do students practice retrieval when they study on their own?" *Memory* 17, 4 (2009): 471–479.
- Karpicke, JD, and PJ Grimaldi. "Retrieval-based learning: A perspective for enhancing meaningful learning." *Educational Psychology Review* 24, 3 (2012): 401–418.
- Karpicke, JD, and HL Roediger. "The critical importance of retrieval for learning." *Science* 319, 5865 (2008): 966–968.
- Kaufman, AB, et al. "The neurobiological foundation of creative cognition." *Cambridge Handbook of Creativity* (2010): 216–232.
- Kell, HJ, et al. "Creativity and technical innovation: Spatial ability's unique role." *Psychological Science* 24, 9 (2013): 1831–1836.
- Keller, EF. *A Feeling for the Organism, 10th Anniversary Edition: The Life and Work of Barbara McClintock*. New York: Times Books, 1984.
- Keresztes, A, et al. "Testing promotes long-term learning via stabilizing activation patterns in a large network of brain areas." *Cerebral Cortex* (advance access, published June 24, 2013).
- Kinsbourne, M, and M Hiscock. "Asymmetries of dual-task performance." In *Cerebral Hemisphere Asymmetry*, edited by JB Hellige, 255–334. New York: Praeger, 1983.
- Klein, G. *Sources of Power*. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.
- Klein, H, and G Klein. "Perceptual/cognitive analysis of proficient cardio-pulmonary resuscitation (CPR) performance." Midwestern Psychological Association Conference, Detroit, MI, 1981.
- Klingberg, T. *The Overflowing Brain*. New York: Oxford University Press, 2008.
- Kornell, N, et al. "Unsuccessful retrieval attempts enhance subsequent learning." *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 35, 4 (2009): 989.
- Kounios, J, and M Beeman. "The Aha! moment: The cognitive neuroscience of insight." *Current Directions in Psychological Science* 18, 4 (2009): 210–216.
- Kruger, J, and D Dunning. "Unskilled and unaware of it: How difficulties in one's own incompetence lead to inflated self-assessments." *Journal of Personality and Social Psychology* 77, 6 (1999): 1121–1134.
- Leonard, G. *Mastery*. New York: Plume, 1991.
- Leutner, D, et al. "Cognitive load and science text comprehension: Effects of drawing and mentally imaging text content." *Computers in Human Behavior* 25 (2009): 284–289.
- Levin, JR, et al. "Mnemonic vocabulary instruction: Additional effectiveness evidence." *Contemporary Educational Psychology* 17, 2 (1992): 156–174.

- Longcamp, M, et al. "Learning through hand- or typewriting influences visual recognition of new graphic shapes: Behavioral and functional imaging evidence." *Journal of Cognitive Neuroscience* 20, 5 (2008): 802–815.
- Luria, AR. *The Mind of a Mnemonist*. Translated by L Solotaroff. New York: Basic Books, 1968.
- Lutz, A, et al. "Attention regulation and monitoring in meditation." *Trends in Cognitive Sciences* 12, 4 (2008): 163.
- Lützen, J. *Mechanistic Images in Geometric Form*. New York: Oxford University Press, 2005.
- Lyons, IM, and SL Beilock. "When math hurts: Math anxiety predicts pain network activation in anticipation of doing math." *PLOS ONE* 7, 10 (2012): e48076.
- Maguire, EA, et al. "Routes to remembering: The brains behind superior memory." *Nature Neuroscience* 6, 1 (2003): 90–95.
- Mangan, BB. "Taking phenomenology seriously: The 'fringe' and its implications for cognitive research." *Consciousness and Cognition* 2, 2 (1993): 89–108.
- Mastascusa, EJ, et al. *Effective Instruction for STEM Disciplines*. San Francisco: Jossey-Bass, 2011.
- McClain, DL. "Harnessing the brain's right hemisphere to capture many kings." *New York Times*, January 24 (2011). http://www.nytimes.com/2011/01/25/science/25chess.html?_r=0.
- McCord, J. "A thirty-year follow-up of treatment effects." *American Psychologist* 33, 3 (1978): 284.
- McDaniel, MA, and AA Callender. "Cognition, memory, and education." In *Cognitive Psychology of Memory, Vol. 2 of Learning and Memory*, edited by HL Roediger, 819–843. Oxford, UK: Elsevier, 2008.
- McGilchrist, I. *The Master and His Emissary*. New Haven, CT: Yale University Press, 2010.
- Mihov, KM, et al. "Hemispheric specialization and creative thinking: A meta-analytic review of lateralization of creativity." *Brain and Cognition* 72, 3 (2010): 442–448.
- Mitra, S, et al. "Acquisition of computing literacy on shared public computers: Children and the 'hole in the wall.'" *Australasian Journal of Educational Technology* 21, 3 (2005): 407.
- Morris, PE, et al. "Strategies for learning proper names: Expanding retrieval practice, meaning and imagery." *Applied Cognitive Psychology* 19, 6 (2005): 779–798.
- Moussa, MN, et al. "Consistency of network modules in resting-state fMRI connectome data." *PLOS ONE* 7, 8 (2012): e49428.
- Mrazek, M, et al. "Mindfulness training improves working memory capacity and GRE performance while reducing mind wandering." *Psychological Science* 24, 5 (2013): 776–781.
- Nagamatsu, LS, et al. "Physical activity improves verbal and spatial memory in adults with probable mild cognitive impairment: A 6-month randomized controlled trial." *Journal of Aging Research* (2013): 861893.
- Nakano, T, et al. "Blink-related momentary activation of the default mode network

- while viewing videos." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, 2 (2012): 702–706.
- National Survey of Student Engagement. *Promoting Student Learning and Institutional Improvement: Lessons from NSSE at 13*. Bloomington: Indiana University Center for Postsecondary Research, 2012.
- Newport, C. *How to Become a Straight-A Student*. New York: Random House, 2006.
- . *So Good They Can't Ignore You*. New York: Business Plus, 2012.
- Niebauer, CL, and K Garvey. "Gödel, Escher, and degree of handedness: Differences in interhemispheric interaction predict differences in understanding self-reference." *L laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* 9, 1 (2004): 19–34.
- Nielsen, JA, et al. "An evaluation of the left-brain vs. right-brain hypothesis with resting state functional connectivity magnetic resonance imaging." *PLOS ONE* 8, 8 (2013).
- Noesner, G. *Stalling for Time*. New York: Random House, 2010.
- Noice, H, and T Noice. "What studies of actors and acting can tell us about memory and cognitive functioning." *Current Directions in Psychological Science* 15, 1 (2006): 14–18.
- Nyhus, E, and T Curran. "Functional role of gamma and theta oscillations in episodic memory." *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 34, 7 (2010): 1023–1035.
- Oakley, BA. "Concepts and implications of altruism bias and pathological altruism." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, Supplement 2 (2013): 10408–10415.
- Oakley, B, et al. "Turning student groups into effective teams." *Journal of Student Centered Learning* 2, 1 (2003): 9–34.
- Oaten, M, and K Cheng. "Improved self-control: The benefits of a regular program of academic study." *Basic and Applied Social Psychology* 28, 1 (2006): 1–16.
- Oaten, M, and K Cheng. "Improvements in self-control from financial monitoring." *Journal of Economic Psychology* 28, 4 (2007): 487–501.
- Oettingen, G, et al. "Turning fantasies about positive and negative futures into self-improvement goals." *Motivation and Emotion* 29, 4 (2005): 236–266.
- Oettingen, G, and J Thorpe. "Fantasy realization and the bridging of time." In *Judgments over Time: The Interplay of Thoughts, Feelings, and Behaviors*, edited by Sanna, LA and EC Chang, 120–142. New York: Oxford University Press, 2006.
- Oudiette, D, et al. "Evidence for the re-enactment of a recently learned behavior during sleepwalking." *PLOS ONE* 6, 3 (2011): e18056.
- Pachman, M, et al. "Levels of knowledge and deliberate practice." *Journal of Experimental Psychology* 19, 2 (2013): 108–119.
- Partnoy, F. *Wait*. New York: Public Affairs, 2012.
- Pashler, H, et al. "When does feedback facilitate learning of words?" *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 31, 1 (2005): 3–8.
- Paul, AM. "The machines are taking over." *New York Times*, September 14 (2012). <http://www.nytimes.com/2012/09/16/magazine/how-computerized-tutors-are-learning-to-teach-humans.html?pagewanted=all>.

- . “You’ll never learn! Students can’t resist multitasking, and it’s impairing their memory.” *Slate*, May 3 (2013). http://www.slate.com/articles/health_and_science/science/2013/05/multitasking_while_studying_divided_attention_and_technological_gadgets.3.html.
- Pennebaker, JW, et al. “Daily online testing in large classes: Boosting college performance while reducing achievement gaps.” *PLOS ONE* 8, 11 (2013): e79774.
- Pert, CB. *Molecules of Emotion*. New York: Scribner, 1997.
- Pesenti, M, et al. “Mental calculation in a prodigy is sustained by right prefrontal and medial temporal areas.” *Nature Neuroscience* 4, 1 (2001): 103–108.
- Pintrich, PR, et al. “Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change.” *Review of Educational Research* 63, 2 (1993): 167–199.
- Plath, S. *The Bell Jar*. New York: Harper Perennial, 1971.
- Prentis, JJ. “Equation poems.” *American Journal of Physics* 64, 5 (1996): 532–538.
- President’s Council of Advisors on Science and Technology. *Engage to Excel: Producing One Million Additional College Graduates with Degrees in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. 2012. http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-engage-to-excel-final_feb.pdf
- Pyc, MA, and KA Rawson. “Why testing improves memory: Mediator effectiveness hypothesis.” *Science* 330, 6002 (2010): 335–335.
- Raichle, ME, and AZ Snyder. “A default mode of brain function: A brief history of an evolving idea.” *NeuroImage* 37, 4 (2007): 1083–1090.
- Ramachandran, VS. *Phantoms in the Brain*. New York: Harper Perennial, 1999.
- Ramón y Cajal, S. *Advice for a Young Investigator*. Translated by N Swanson and LW Swanson. Cambridge, MA: MIT Press, 1999 [1897].
- . *Recollections of My Life*. Cambridge, MA: MIT Press, 1937. Originally published as *Recuerdos de Mi Vida*, translated by EH Craigie (Madrid, 1901–1917).
- Rawson, KA, and J Dunlosky. “Optimizing schedules of retrieval practice for durable and efficient learning: How much is enough?” *Journal of Experimental Psychology: General* 140, 3 (2011): 283–302.
- Rivard, LP, and SB Straw. “The effect of talk and writing on learning science: An exploratory study.” *Science Education* 84, 5 (2000): 566–593.
- Rocke, AJ. *Image and Reality*. Chicago: University of Chicago Press, 2010.
- Roediger, HL, and AC Butler. “The critical role of retrieval practice in long-term retention.” *Trends in Cognitive Sciences* 15, 1 (2011): 20–27.
- Roediger, HL, and JD Karpicke. “The power of testing memory: Basic research and implications for educational practice.” *Perspectives on Psychological Science* 1, 3 (2006): 181–210.
- Roediger, HL, and MA Pyc. “Inexpensive techniques to improve education: Applying cognitive psychology to enhance educational practice.” *Journal of Applied Research in Memory and Cognition* 1, 4 (2012): 242–248.
- Rohrer, D., Dedrick, R. F., & Burgess, K. (in press). The benefit of interleaved math-

- ematics practice is not limited to superficially similar kinds of problems. *Psychonomic Bulletin & Review*.
- Rohrer, D, and H Pashler. "Increasing retention without increasing study time." *Current Directions in Psychological Science* 16, 4 (2007): 183–186.
- . "Recent research on human learning challenges conventional instructional strategies." *Educational Researcher* 39, 5 (2010): 406–412.
- Root-Bernstein, RS, and MM Root-Bernstein. *Sparks of Genius*. New York: Houghton Mifflin, 1999.
- Ross, J, and KA Lawrence. "Some observations on memory artifice." *Psychonomic Science* 13, 2 (1968): 107–108.
- Schoenfeld, AH. "Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics." In *Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning*, edited by D Grouws. 334–370, New York: Macmillan, 1992.
- Schutz, LE. "Broad-perspective perceptual disorder of the right hemisphere." *Neuropsychology Review* 15, 1 (2005): 11–27.
- Scullin, MK, and MA McDaniel. "Remembering to execute a goal: Sleep on it!" *Psychological Science* 21, 7 (2010): 1028–1035.
- Shannon, BJ, et al. "Premotor functional connectivity predicts impulsivity in juvenile offenders." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, 27 (2011): 11241–11245.
- Shaw, CA, and JC McEachern, eds. *Toward a Theory of Neuroplasticity*. New York: Psychology Press, 2001.
- Silverman, L. *Giftedness 101*. New York: Springer, 2012.
- Simon, HA. "How big is a chunk?" *Science* 183, 4124 (1974): 482–488.
- Simonton, DK. *Creativity in Science*. New York: Cambridge University Press, 2004.
- . *Scientific Genius*. New York: Cambridge University Press, 2009.
- Sklar, AY, et al. "Reading and doing arithmetic nonconsciously." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109, 48 (2012): 19614–19619.
- Smoker, TJ, et al. "Comparing memory for handwriting versus typing." In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 53 (2009): 1744–1747.
- Solomon, I. "Analogical transfer and 'functional fixedness' in the science classroom." *Journal of Educational Research* 87, 6 (1994): 371–377.
- Spear, LP. "Adolescent neurodevelopment." *Journal of Adolescent Health* 52, 2 (2013): S7–S13.
- Steel, P. "The nature of procrastination: A meta-analytic and theoretical review of quintessential self-regulatory failure." *Psychological Bulletin* 133, 1 (2007): 65–94.
- . *The Procrastination Equation*. New York: Random House, 2010.
- Stickgold, R, and JM Ellenbogen. "Quiet! Sleeping brain at work." *Scientific American Mind* 19, 4 (2008): 22–29.
- Sweller, J, et al. *Cognitive Load Theory*. New York: Springer, 2011.

- Takeuchi, H, et al. "The association between resting functional connectivity and creativity." *Cerebral Cortex* 22, 12 (2012): 2921–2929.
- . "Failing to deactivate: The association between brain activity during a working memory task and creativity." *NeuroImage* 55, 2 (2011): 681–687.
- Taylor, K, and D Rohrer. "The effects of interleaved practice." *Applied Cognitive Psychology* 24, 6 (2010): 837–848.
- Thomas, C, and CI Baker. "Teaching an adult brain new tricks: A critical review of evidence for training-dependent structural plasticity in humans." *NeuroImage* 73 (2013): 225–236.
- Thompson-Schill, SL, et al. "Cognition without control: When a little frontal lobe goes a long way." *Current Directions in Psychological Science* 18, 5 (2009): 259–263.
- Tice, DM, and RF Baumeister. "Longitudinal study of procrastination, performance, stress, and health: The costs and benefits of dawdling." *Psychological Science* 8, 6 (1997): 454–458.
- Thurston, W. P. (1990). "Mathematical education." *Notices of the American Mathematical Society*, 37 (7), 844–850.
- University of Utah Health Care Office of Public Affairs. "Researchers debunk myth of 'right-brain' and 'left-brain' personality traits." 2013. http://healthcare.utah.edu/publicaffairs/news/current/08-14-13_brain_personality_traits.html.
- Van Praag, H, et al. "Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus." *Nature Neuroscience* 2, 3 (1999): 266–270.
- Velay, J-L, and M Longcamp. "Handwriting versus typewriting: Behavioural and cerebral consequences in letter recognition." In *Learning to Write Effectively*, edited by M Torrance et al. Bradford, UK: Emerald Group, 2012: 371–373.
- Wamsley, EJ, et al. "Dreaming of a learning task is associated with enhanced sleep-dependent memory consolidation." *Current Biology* 20, 9 (2010): 850–855.
- Wan, X, et al. "The neural basis of intuitive best next-move generation in board game experts." *Science* 331, 6015 (2011): 341–346.
- Weick, KE. "Small wins: Redefining the scale of social problems." *American Psychologist* 39, 1 (1984): 40–49.
- White, HA, and P Shah. "Creative style and achievement in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder." *Personality and Individual Differences* 50, 5 (2011): 673–677.
- . "Uninhibited imaginations: Creativity in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder." *Personality and Individual Differences* 40, 6 (2006): 1121–1131.
- Wilson, T. *Redirect*. New York: Little, Brown, 2011.
- Wissman, KT, et al. "How and when do students use flashcards?" *Memory* 20, 6 (2012): 568–579.
- Xie, L, et al. "Sleep drives metabolite clearance from the adult brain." *Science* 342, 6156 (2013): 373–377.

图片来源

1. “10岁的我（1966年9月）与小羊厄尔”，图片由作者提供。
2. 马格努斯·卡尔森和加里·卡斯帕罗夫，图片由 CBS News 提供。
3. 前额叶皮质，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
4. 弹球机，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
5. 专注和发散模式，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
6. 三角形，图片由作者提供，基于 de Bono 1970, p. 53 的原始图像概念。
7. 乒乓球，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
8. 硬币金字塔，图片由作者提供。
9. 纳迪娅·诺 – 梅希迪，照片由 Kevin Mendez 提供 .
10. 托马斯·爱迪生，照片由托马斯·爱迪生国家历史公园，美国国家公园管理局内部部门提供。
11. 萨尔瓦多·达利的手杖和豹猫，1965；http://en.wikipedia.org/wiki/File:Salvador_Dali_NYWTS.jpg. 照片来自美国国会图书馆，纽约世界电报 & 太阳报 (New York World-Telegram & Sun) 选集。照片出处：<http://hdl.loc.gov/loc.pnp/cph.3c14985>；照片作者：罗杰·希金斯，世界电讯报助理摄影师；已知无版权限制。助理摄影师复制权经赠予已移交国会图书馆。
12. 砖墙，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.

13. 工作记忆中的四个空位，图片来自 © 2013 Kevin Mendez.
14. 罗伯特·彼尔德，图片来自 © Chad Ebesutani，照片由 Robert Bilder 提供。
15. 章鱼般的专注模式和纷乱复杂的发散模式，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
16. 神经模型，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
17. 人脸拼图，图片来自 © 2014 Kevin Mendez 和 Philip Oakley.
18. 自上而下和自下而上的学习，图片由作者提供。
19. “野马跑车中的人”，一部分完成的拼图，图片来自 © 2014 Kevin Mendez 和 Philip Oakley.
20. “野马跑车中的人”，大部分完成的拼图，图片来自 © 2014 Kevin Mendez 和 Philip Oakley.
21. 搭建组块丝带，图片由作者提供。
22. 跳转到正确解答，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
23. 常练不忘，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
24. 野马跑车拼图，模糊且部分拼接的拼图，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
25. 神经挂钩，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
26. 保尔·格鲁什科和家人，照片由保尔·格鲁什科提供。
27. 拖延的管窥之见，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
28. 诺曼·福滕伯里，图片来自 © 2011，美国工程教育协会 (ASEE)；照片作者 Lung-I Lo.
29. 许多小成就，图片由作者提供。
30. 番茄工作法，以下为弗朗切斯科发布的继续使用 OTRS 许可，http://en.wikipedia.org/wiki/File:Il_pomodoro.jpg.
31. 物理学家安东尼·加瑞特·里斯的冲浪，作者 Cjean42，http://en.wikipedia.org/wiki/File:Garrett_Lisi_surfing.jpg.

32. 奥拉多·巴迪·绍赛的照片由本人提供。
33. 尼尔·桑德里森，照片由 Toby Burditt 提供。
34. 小恶魔的任务清单，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
35. 玛丽·查，照片由本人提供。
36. 微笑的小恶魔，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
37. 约书亚·福尔的照片，来自 © Christopher Lane.
38. 飞天大驴，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
39. 小恶魔用手背记月份的方法，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
40. 记忆宫殿，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
41. 雪莉·索尔比，照片作者为 Brockit, Inc.，照片由雪莉·索尔比本人提供。
42. 苯环中的猴子，来自《德国化学学术生活》1886 年刊，3536 页；苯环结构图，文件来自：<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Benzene-2D-full.svg>.
43. 代谢吸血鬼，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
44. 乔纳森·斯特朗，照片由本人提供。
45. 打棒球的小恶魔，图片来自 © 2014 Kevin Mendez.
46. 尼克·阿普尔亚德，照片由本人提供。
47. 圣地亚哥·拉蒙-卡哈尔，照片经卡哈尔子女家属慷慨许可，感谢 Maria Angeles Ramón y Cajal 的倾情帮助。
48. 波状起伏的神经丝带，图片由作者提供。
49. 光子，插图由 Marco Bellini 所在意大利国家光学研究所 (CNR, Florence, Italy) 提供。
50. 芭芭拉·麦克林托克，照片由史密森学会档案馆提供，图号 #SIA2008-5609。
51. 本·卡尔森，照片由约翰·霍普金斯医疗集团提供。
52. 尼古拉斯·韦德，照片由本人提供。

53. 缺血性中风，伴随中动脉梗死的大脑 CT 扫描，图片来自 Lucien Monfils, http://en.wikipedia.org/wiki/File:MCA_Territory_Infarct.svg.
- 54 1925 年休息中的尼尔斯·玻尔和爱因斯坦，图片作者 Paul Ehrenfest, http://en.wikipedia.org/wiki/File:Niels_Bohr_Albert_Einstein_by_Ehrenfest.jpg.
55. 布拉德·罗斯，照片作者 Yang Xia，由布拉德·罗斯本人提供。
56. 理查德 M. 菲尔德，照片由本人提供。
57. 西恩·贝洛克，照片由芝加哥大学提供。
58. 硬币金字塔的解法，图片由作者提供。

数十项科学研究，绘制学习原理全景地图；
最全面的学习法则，通往精进之路。

* * *

我阅读过大量有关教人如何学习的书，这本《学习之道》是最好的作品之一。因此我不建议只读一遍。读者应该经常将其拿出来翻阅回顾，对比书中的观点和建议，检视自己学习中的不足，然后想想怎样改进。

——采铜（著有畅销书《精进：如何成为一个很厉害的人》）

我发现学习有两种模式，一种是“输入—练习—内化—输出”，这已经是一种高效的学习模式，另一种是更高效的“理解范式—应用范式—识别范式—输出范式”，《学习之道》为你开启学习技巧之门。

——秋叶（秋叶PPT创始人、知识型IP训练营创始人）

这个时代越来越需要人们掌握“元技能”，然后转化为“知识增量”。除了学校里的“专业”知识，走上工作岗位还要文能出文案，武能数据分析。《学习之道》的作者由文青少女蜕变为工程教授，从容搞定曾经的“不擅长”，是为学习之道！

——成远（前媒体人、知乎创始团队成员）

这是一本讲如何有效学习的书，从脑科学和心理学的最新研究出发，揭秘学习过程中不同技巧的原理，哪些方法效果更好。

——战隼（知名自媒体warfalcon、100天行动发起人）

上架指导：成功励志

ISBN 978-7-111-55206-2



9 787111 552062 >

定价：39.00元

投稿热线：(010) 88379007

客服热线：(010) 68995261 88361066

购书热线：(010) 68326294 88379649 68995259

华章网站：www.hzbook.com

网上购书：www.china-pub.com

数字阅读：www.hzmedia.com.cn

[General Information]

书名=学习之道 = A MIND FOR NUMBERS

作者=(美)芭芭拉?奥克利著

页数=280

SS号=14117119

DX号=

出版日期=2016.11

出版社=机械工业出版社