

# 创造心理学

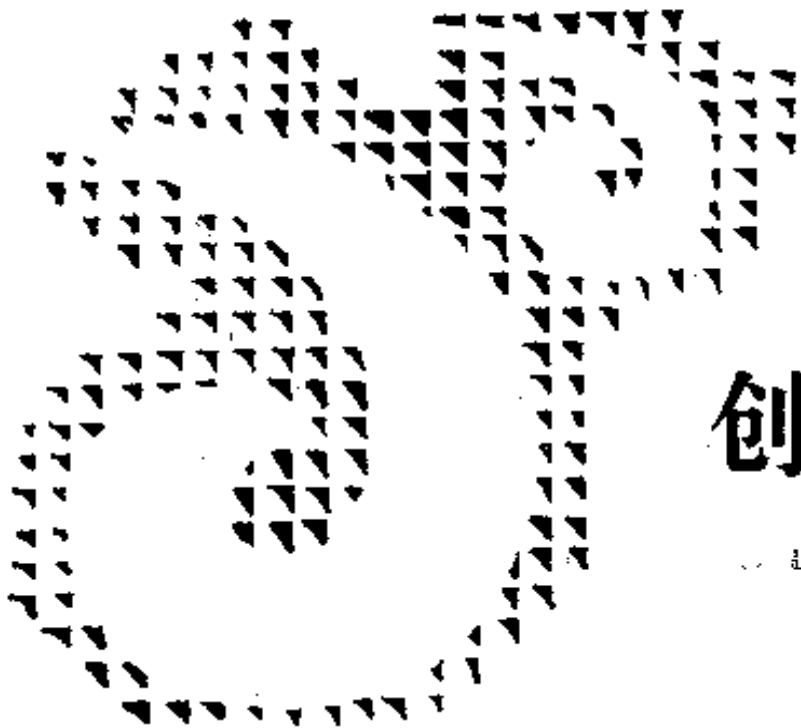
周昌忠 编译

中国青年出版社

1800



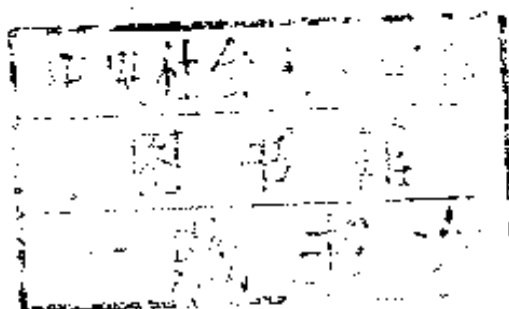
\*200019112\*



# 创造心理学

周昌忠 编译

2000.10.1



中国青年出版社

## 内 容 提 要

本书通俗地讲述了创造心理学的基本内容。书中详细介绍了十五种创造能力，围绕创造才能的问题，还讲述了创造才能的源泉、显露、培养和发挥等问题。作为创造心理的其他要素，比如意志、动机、情感、道德和个性等都作了专门的阐述。对于直觉、灵感和想象这三种非逻辑思维和它们在创造中的作用，也单独作了讨论。另一个重要内容，是从多方面尤其是创造的过程对比了科学创造和艺术创造。最后，论述了计算机在创造性思维研究方面已经取得的成果。

封面设计：韩 琳

## 创 造 心 理 学

周昌忠编译

◆

中国青年出版社出版

中国青年出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

◆

787×1092 1/32 7.35印张 133千字

1983年5月北京第1版 1985年4月北京第2次印刷

印数114,001—199,000册 定价0.72元

# 目 次

前言	1
第一章 创造才能	4
一 探索问题的敏锐性	5
二 统摄思维活动的的能力	10
三 转移经验的能力	14
四 侧向思维	18
五 形象思维的能力	23
六 联想的能力	28
七 记忆力	34
八 思维的灵活性	42
九 评价的能力	48
十 “联结”和“反联结”的能力	53
十一 产生思想的能力	58
十二 预见的能力	63
十三 运用语言的能力	68
十四 完成的能力	73
十五 才能的结构	77
第二章 创造才能的源泉	81
一 禀赋和才能	82

二	人脑“超剩余性”的假说 .....	88
三	反映的能动性——心理发展的条件 .....	92
四	大脑的宏观结构和神经元的生物化学 .....	96
<b>第三章</b>	<b>创造的气候</b> .....	<b>101</b>
一	环境的影响 .....	102
二	创造才能的培养 .....	107
三	专业才能和天赋 .....	110
四	科学学派的作用 .....	114
五	科学发展的节律 .....	120
<b>第四章</b>	<b>意志和动机</b> .....	<b>125</b>
一	意志和创造 .....	126
二	动机和创造 .....	131
三	妨碍创造的因素 .....	135
<b>第五章</b>	<b>创造才能的显露</b> .....	<b>140</b>
一	创造潜力的显露 .....	141
二	心理测验 .....	145
三	发表论文是创造才能的指标 .....	151
四	评价才能的经验方法 .....	155
五	才能和智慧 .....	159
<b>第六章</b>	<b>创造的个性</b> .....	<b>164</b>
一	创造才能和心理健康 .....	165
二	创造的个性的特点 .....	168
<b>第七章</b>	<b>科学创造和艺术创造</b> .....	<b>175</b>
一	创造的阶段 .....	177
二	艺术创造和科学创造的联系 .....	183

## 前 言

人类出现在地球上以后，经过漫长的岁月，创造出了灿烂的精神文明和丰富的物质文明。

目睹自己的巨大创造力，人类在自我赞叹之余，不禁产生了渴望揭开创造力尤其是揭开创造心理的奥秘的愿望。这种愿望，最初通过神话表现出来。例如，古希腊神话就是很好的例子。古希腊神话中讲到有个智慧女神雅典娜，说她凭着自己特有的智慧，教给了希腊人纺织、冶金、铸铁、制造船舶和车辆以及雕刻等各种本领，她还发明了犁和耙，驯服了牛羊。另外，古希腊神话中还讲到了九位文艺和科学女神——缪斯的故事。

然而，正如毛泽东同志所说，神话“并不是现实之科学的反映”。人类认识创造心理奥秘的最早科学成果是形式逻辑。

形式逻辑的创始人亚里士多德是古希腊学术的集大成者。在自然科学领域，他在数学、天文学、物理学、化学、生物学、地质学和医学等学科上都代表了古希腊科学知识的最高成就。正是亚里士多德研究了人类思维在科学创造活动中的规律，并且在前人工作的基础上总结出了关于逻辑思维的科学——形式逻辑。形式逻辑不仅是日常思维的工具，而且更

主要是科学的方法，正象亚里士多德自己在他的名著《工具论》中所说的那样：“现在我们所断言的，不管怎么说，我们确实是借助论证来获得知识的。所谓论证，我的意思是指一种能够产生科学知识的三段论。”当然，形式逻辑并不能提供关于创造心理的全部知识，因为逻辑思维仅仅是心理过程的一个方面。

十九世纪末期，由于自然科学的迅速发展，对创造心理奥秘的进一步探索显得更为迫切。同时，心理学的发展也为这种探索提供了一定的条件。于是，创造心理的研究就蓬勃地开展起来，形成了一个专门的研究领域。

随着科学学在本世纪二三十年代的兴起，科学创造心理开始纳入了科学学的研究领域。今天，创造心理的研究工作更进一步发展成为一种综合性的科学探索。投入这个研究领域的有心理学家、哲学家、科学家、艺术家、科学史家、文艺理论家、逻辑学家、控制论专家和社会学家，等等。几十年来，尤其是进入六十年代以来，关于研究创造（包括科学创造和文艺创造）、发现、发明的心理的专著和论文象雨后春笋般地涌现出来。据不完全统计，各国出版的这类专著在六十年代已经达到了五十种，七十年代增加到将近七十种。

人们竞相探索创造心理的奥秘，已经取得了不少成果。例如，已经提出了各种揭示创造过程的理论：联想的创造理论、模仿理论、“脑力冲击”理论、直觉理论和阻塞态理论，等等。

然而，迄今取得的一切都还只是初步的成果，至于创造心

理学作为一个科学体系却没有成熟,还处在形成的过程中。

本书打算通俗地介绍这个研究领域已经取得的成果,以便普及这方面的知识,引起大家的兴趣。如果读者能够从中得到启发,在自己的学习和创造活动中有所借鉴,那就更加叫人高兴了。



## 第一章 创造才能

“江山代有才人出，各领风骚数百年。”古往今来，人类历史的长河中，涌现出了无数志士能人，他们因为震古烁今的创造性业绩而名垂青史。提起创造者，人们往往会想到那些科学巨匠和文坛泰斗，牛顿、爱因斯坦、曹雪芹、莎士比亚……当然，作为最卓越的创造者，他们是人类智慧的骄傲。然而，“神仙本是凡人造”这句中国古话却道出了一条颠扑不破的真理：创造力是作为智慧生物的人类普遍具有的才能。牛顿的创造毋宁说是无数人创造的结晶。他很有自知之明，他说过这样的话，他所以取得这样重大的成就，是因为他站在“巨人的肩膀上”。这里的“巨人”不妨说是大众的化身。这句话虽然是谦虚之词，但是，它也道破了事情的实质。所谓“行行出状元”，也正是对在群众创造活动的基础上会涌现出卓越的创造者的生动写照。

创造，是人的全部体力和智力都处在高度紧张状态下的一种活动。创造，是社会的人的劳动。在创造过程中，人的心理活动达到最高水平。任何进行创造活动的个人，包括创造力最高的所谓“天才”，都有同样的心理活动规律。进行创造的心理活动同才能、智慧、意志、情感、道德等各种心理品质以

及个性特征都有密切关系。创造才能又表现在各个不同的方面。

心理过程是人脑的机能。因此,任何人都有创造的禀赋。问题在于要善于发现它们并且加以发展。由于各人在不同方面的创造才能在发展程度上和综合运用水平上有所不同,因此综合的创造才能因人而异,形成了一个“才能连续谱”——从“天才”直到才能平常的人。

当然,具体而深入地研究各种创造的能力,揭示心理过程的实质,对于培养、发展和发挥创造才能具有重要的意义。对各种创造的能力有了认识,我们就能自觉地在实践中,尤其是在学习、工作和研究中,发展和运用自己的创造才能。

根据创造心理学现有的研究成果,我们认为创造才能包括以下许多方面:探索问题的敏锐性、统摄思维活动的 ability、转移经验的能力、侧向思维、形象思维的能力、联想的能力、记忆力、思维的灵活性、评价的能力、“联结”和“反联结”的能力、产生思想的能力、预见的 ability、运用语言的能力和完成的能力。

下面我们就来对上述各种创造能力逐一加以论述。最后,再谈谈才能的结构问题。

## 一 探索问题的敏锐性

大自然在我们面前展现了一个五光十色的世界。我们生活在这个世界里,真可以说是置身在外部刺激的洪流之中。

可是，人们的知觉一般都好象一张由已有的知识和观念构成的“坐标图”，图形的大小也就限定了知觉的范围。至于其余的信息，我们就毫不在意地让它们偷偷地溜掉了。习惯的态度、评价、感觉以及对公认的观点和见解的深信不疑等都会影响知觉。人们发现新东西，发现以往没有掌握的东西的能力不只是观察力的问题。这种目光的“敏锐性”并不是由于视觉特别锐利或者视网膜构造特殊，而是由于思维起了决定性的作用。因为人们观察事物不只是用眼睛，而且更主要的还是用脑子。

十七世纪著名的法国哲学家笛卡儿曾经谈到，必须使用一种绝对中性的语言来描述对客观事物的观察。他相信，这种语言将会克服预先抱有的成见和偏颇态度所带来的歪曲。到现在为止，三百年过去了，这种语言还没有创造出来。那

1590年春天的一个早晨，意大利比萨市著名的比萨斜塔的塔顶上站着一个人，他手里拿着一个铁球和一颗铅质枪弹。他的学生站在地上。他把这两个物体从塔顶同时向下抛去。他和学生们都亲眼证实了，他抛下的铁球和铅弹同时着地。这个人就是近代物理学的奠基人伽利略。

自亚里士多德以来的二千多年里，人们一直相信物体坠落的速度和它的重量成正比。因为亚里士多德在他的主要著作《物理学》中是这样告诉人们的。人人都看到，凋落的枯叶缓缓下降，而成熟的果子却象石头一样迅速坠地。然而，人们也不只一次地看到另一种情形：两块从悬崖上落下的石头尽管大小悬殊，但是都同时落到了深谷的底部。可是，人们并没有去理会它，让发现真理的机会从眼皮底下溜过去了。

这里不妨引用猎犬研究方面的一个有趣发现作为佐证。研究表明，猎犬嗅觉灵敏的关键与其说是在鼻子，还不如说是在脑子。因为经过训练，猎犬的脑子更加机灵而嗅觉也随着大大地敏锐起来。由此可见，爱因斯坦是对的，就是说，人们观察到什么，取决于他们运用什么样的理论或者思想作为指导。伽利略正是由于对亚里士多德的力学发生了怀疑，才能设想铁球和铅弹的坠落速度同它们的重量无关。正是由于这种怀疑和设想，他才产生了做实验的念头。实验结果没有使他感到意外，只是证实了他的设想。就是自由坠落的物体的加

了。显然，任何人都会做这个实验。可是，在十九个世纪的漫长岁月里，却从来没有人这样做过。伽利略独具慧眼，看出了破绽，其他的人都因为把亚里士多德的力学奉若神明，两千年来一直没有识破这个错误结论。

我们再举一个例子。十七世纪法国物理学家马里奥特在1666年向巴黎科学院报告他发现人的眼睛的视觉有盲点。他起先是研究人眼的解剖结构，发现了眼球里的视神经不是正对着瞳孔的。于是，他得出结论：人眼的视觉应当有盲点存在。为了证明这个设想，他亲身进行了观察实验。他把两小张白纸片放在一个黑屏上。闭上左眼，用右眼盯着左边一张纸片。当他逐渐后退，在离屏大约九英尺<sup>①</sup>的时候，右边的纸片（和左边的纸片相距两英尺，位置略低一些）突然从视野中消失了。这就证实了盲点的存在。然而，无论是前人还是和他同时代的人，虽然天天都在用眼睛看东西，但是都没有发觉盲点。马里奥特只是在了解了眼睛的解剖结构之后，才有意识地从自己的视野中发现了盲点。他的发现在当时引起了很大的轰动。1668年，英国皇家学会还在国王面前重做了这个实验。

著名现代美国科学史家托·库恩在他的名著《科学革命的结构》中，也指出了科学理论——就是他所说的科学范式——的改变，会引起知觉转移这种心理现象。例如，哥白尼的日心说提出后，西方天文学家在最初的五十年里新发现了

---

① 一英尺等于0.3048米。

许多天体，虽然他们所用的观察工具和方法并没有改变。他们还观察到了以前从未发现过的现象，象彗星在太空遨游和太阳表面有黑子。事实上，我国由于古代的宇宙学说，例如先秦产生的盖天说和浑天说都相信天上的变化，因而早在公元前28年就已有关于太阳黑子的记录。《汉书·五行志》记载着：“河平元年三月乙未，日出黄，有黑气大如钱，居日中央。”可见，新的理论能够使人们发现以往看不到的东西。库恩还赋予了这种视觉形态的转化以科学教育的意义，他说：“看一张气泡室照片，学生看到的是混乱而曲折的线条，物理学家看到的是熟悉的亚核事件的记录。只有有了许多次这样的视觉印象之后，学生才成为科学家世界的一个居民，见科学家之所见，行科学家之所行。”

当然，爱因斯坦的论断只是讲到了认识过程的一个特点，并没有讲完它的全部规律性。我们不应当把问题绝对化。

据心理学家研究认为，当我们观察事物的时候，或者用心理学的术语来说，当我们知觉事物的直观形象的时候，在被感知对象的特征和语词之间会建立起相应的联系，也就是发生所谓视觉经验的语词化。多半正是语词化，决定了作为视觉信息单位而被知觉的最小份额。

人类学家的研究也提供了证据。他们发现，北美印地安人的霍披族人的语言里有“青色的”这个词，但是没有“淡青色”这个词，因此他们区别不开这两种颜色。而掌握英语的人都能轻而易举地分辨它们。

看来，在认识某种新事物之前，必须先形成相应的概念，

而这多半是借助语词来表达的，当然也可以应用其他信息代码(符号)。

法国大数学家阿达马在写作《论数学领域中的创造心理》一书的时候，曾经征询过许多科学家的意见。爱因斯坦在回信中表示了类似的意见：“从心理学的观点来看”，“创造性思维的基本特征”就是“作为思维元素”的“语词或其他可以用来同别人交往的符号”同有关的逻辑概念相联系“这种结合的活动”。

## 二 统摄思维活动的的能力

思维过程总是从推论的一个环节逐渐过渡到另外一个环节的。然而，我们也需要凭借思维来把握事物全貌，以及从第一步到最后一步的全部推论过程。

人是具有统摄推论的各个环节，通过概括手段来驾驭它们的能力的。

统摄思维活动的过程，就是用一个概念取代若干个概念的过程。例如“力”的概念包括了“运动”、“相互作用”、“转移”和“主动”等概念。实际上，这集中地表现为应用内涵更丰富、概括力更强的符号的能力，也就是高度抽象的能力。例如，万有引力公式  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  定量地表述了宏观世界中两个物体间相互作用的图景。(式中  $F$  是力， $m_1$ 、 $m_2$  是两个物体的质量， $r$  是它们之间的距离， $G$  是引力常数。)有人担心，现代科学技术知识的“雪崩式增长”，就是所谓的“知识爆炸”，最终将导

致科学技术发展的迅速延缓。因为它要求在开始进行创造之前，先得花费很长的时间去掌握必需的最低限度的已有知识。我们认为，科学技术信息的积聚过去和现在都决不会阻滞科学技术的进步。（这里暂且不说“知识爆炸说”是否站得住脚，下面我们还要详细讨论这个问题。）我们能够跟上世界知识的增长，就是因为概念具有统摄的能力。人们运用越来越抽象的概念，就能不断地向知识的广度和深度进军。

关于这种统摄的能力，我国著名数学家华罗庚也表达过类似的思想。他把通过阅读来掌握书本内容的过程，形象地比作先“从薄到厚”再“从厚到薄”的过程：“在对书中每一个问题都经过细嚼慢咽，真正懂了之后，就需要进一步把全书各部分内容连串起来理解，加以融会贯通，从而弄清楚什么是书中的主要问题，以及各个问题之间的关联。这样我们就能抓住统帅全书的基本线索，抓住贯串全书的精神实质。我常常把这种读书过程叫做‘从厚到薄’的过程。”

下面我们举些实例来详细说明概念的统摄能力。

1777年，法国化学家拉瓦锡在他的著名论文《燃烧通论》中首次提出“氧化”的概念。这个概念当时的含义是指物质和氧的化合。一百年以后，随着化学知识的增长，这个概念的含义也不断扩充，不仅包括同氧化合，而且还包括物质失去氢。今天，氧化又一般地定义为元素失去电子。可见，这个概念的内涵在一个半世纪里有了很大的发展。

再如“实验”这个概念。现代“实验”一词的内涵同十六和十七世纪两位英国唯物主义哲学家弗兰西斯·培根和洛克的



理解很不相同。马克思曾经分别称誉他们两人是“现代实验科学的真正始祖”和“自由思想的始祖”。这两位经验方法论的奠基人反对盲目信仰权威和教条。他们主张只相信“感觉经验”，认为感官是可靠知识的唯一来源。培根在他的归纳逻辑的奠基性著作《新工具》这本书里写着：“人们已经把科学的目标摆错了……没有一个人肯严肃地直接从感觉出发，通过循序渐进和很好地建立起来的实验进程，努力为人的理智开辟和建筑一条道路”。培根把实验看做获得科学知识的经验方法的一个环节。

甚至十九世纪那些伟大的自然科学家对实验的看法也和我们今天不同。他们只把实验看做是扩展感官可能性的方法。观察提供给我们的东西，只是自然界本身所表现出来的，而实验就是向自然界提出问题，迫使它作出回答。

现代科学家却是从获得经验知识和理论知识的整个科学方法论的广阔背景中来看待实验的。他们认为实验是一种批判性的操作，使人能够在若干假设之间作出抉择，来决定科学思想进一步发展的方向。现代科学广泛地应用了所谓“判决实验”的方法。十九世纪美国物理学家伦福德通过典型的一个“判决实验”发现了热是运动的一种形式。他这个实验是在德国慕尼黑兵工厂做的。制造大炮切削下来的铁屑温度很高，切削连续不断地进行，高温的铁屑也就连续不断地产生。巨大的热量是从哪里来的？很明显，同外界隔绝的物体所能无限地连续供给的任何东西（这里指的“热”）决不可能是一种具体的物质。这个实验对于把热看成是一种不可称量的流体

的所谓“热质说”，给予了致命的打击，为进一步揭示热的本质指明了方向。直到十九世纪四十年代，热的本质才被完全弄清楚。

把大量概念、事实和观察综合在一起的科学概念，在现代科学中是屡见不鲜的。数学上“群”的概念、生理学上“新陈代谢”和“条件反射”的概念、物理学上“熵”的概念，内涵都极为丰富，概括力都极强。

概念和它们的关系用符号来标识，是创造性思维的最重要条件。从下面的例子可以看出思维材料的符号标识起着多么重要的作用。在中世纪前期，欧洲人要读到大学毕业才能学会除法。实际上，当时的大学并不是都能教这种“深奥的学问”的。为了学习除法，人们必须到意大利去留学。当时，这个国家的数学家在除法上算是达到了很高的水平。如果我们记得当时他们所应用的还是罗马数字，而且避免用零（因为他们不懂得零的意思），那么，我们就会明白，为什么当时只有绝顶聪明的人经过毕生努力才能完成百万数的除法。

然而，自从引入阿拉伯数字（就是记数符号）以后，数学就完全改观了。（当然，这里还包括了记数制，就是十进位值制所起的作用。）今天，一个九岁的学生就能借助一套极其简单的算术规则做出百万数、亿万数的除法。再有，代数学所以在十六世纪成为一门科学，关键因素是引入了符号体系。等号、大于号和小于号、根号、括号等都是十六世纪引入的，一直沿用到今天。

科学家们预言，今天只有屈指可数的专家才能通晓的现

代数学那些最艰深的部分，到二十一世纪将完全有可能被列入中学课程，要是人们能够找到一种使这些材料组织化和符号化的恰当形式的话。那时，复杂的概念和关系都将记述成简明易懂的公式，就象矢量形式的麦克斯韦电磁场方程组只要排成两个短行那样简单。

明晰而又简洁的符号标识是履行统摄功能的重要手段。有了这种符号，就使我们容易驾驭所要学习和研究的材料了。对已知的事实用经济的笔墨加以记载，对建立的理论进行简洁的表述，这是在科学进步的某个重要阶段上把科学推向前进的必要前提。而引入巧妙的符号体系，作出优美的符号表述，这本身也就是一种创造性的工作，需要非凡的思维能力。

数理逻辑的发展史就是一个生动的例证。自从十八世纪著名德国哲学家和数学家莱布尼茨提出了数理逻辑（就是符号逻辑）的思想以后，经过许多逻辑学家和数学家的不断努力，到十九世纪末二十世纪初，有关的主要思想都已臻于成熟。英国哲学家罗素在前人工作的基础上，和他的同胞怀特海合著了三大卷的巨著《数学原理》（1910年），建立了数理逻辑的符号化形式系统，使得数理逻辑脱颖而出。从此，数理逻辑走上了蓬勃发展的道路，结出了丰硕的果实。电子计算机的发明和发展，是和数理逻辑的成就分不开的。

### 三 转移经验的能力

“熟能生巧”这句谚语包含着深邃的哲理。从这句话，我

们至少可以领悟到：多次实践的经验能够使我们摸出规律，获得技巧。卓有建树的科学家具有丰富的研究经验，著作等身的文学家满腹是创作经验……经验是人的宝贵的智能财富。无疑，人人都具有不同程度的某种经验。那么，为什么有同样经验的人，创造才能却大不相同呢？这里就有一个“转移经验的能力”的问题。

当我们把解决某个问题取得的经验转用来解决类似的其他问题的时候，这就是运用转移经验的能力。经验的可贵之处在于它能够推广应用，为了要转移经验，首先就应该善于发现不同问题之间类似的地方。因为经验能够得到转移，正是由于依赖了这种类似。因此，寻找类似是转移经验的必要条件，而要具备转移经验的能力就先得具备发现类似的能力。“泛函分析”这个重要的数学分支的创始人之一、波兰数学家斯·巴拿赫曾经这样说过：“一个人是数学家，那是因为他善于发现判断之间的类似；如果他能判明论证之间的类似，他就是个优秀的数学家；要是他竟识破理论之间的类似，那么，他就成了杰出的数学家。可是，我认为还应当有这样的数学家，他能够洞察类似之间的类似。”这番有独到见地的话可说是鞭辟入里。

包含丰富的生产知识的古希腊神话中，有一个关于英雄代达罗斯的神话。他是个聪明的机械师、建筑家和雕刻家，又是个天才发明家，他创造了斧子、钻头和翅膀。他的亲姐姐把十二岁的儿子泰尔送到他那里去学艺。泰尔既能干又勤奋，后来发明了锯子。传说这是从鱼的脊骨和蛇的腭骨的形状受

到启发而想出来的。无独有偶，我国的巧匠鲁班相传也是从一种能划破衣服和皮肤的带刺的茅草得到启示而发明了锯子的。这就是说，泰尔和鲁班都把生物界中的原型运用到技术构造物上。这种技术创造的方向今天称做仿生学。虽然“仿生学”这个术语是美国科学家斯蒂尔在本世纪五十年代才提出的，但是这种方法本身却早已在运用了。

英国工程师布鲁内尔观察到船上的蠕虫在木头里自己开辟道路而运动，就在1818年提出建造水下隧道的技术设想。他发明的“布鲁内尔沉箱”是一种金属圆筒，工人在里面象船上的蠕虫一样地向前运动。

1903年，两位美国发明家莱特兄弟制造成功飞机。当时，飞机虽然上了天，可是还有一个难题没有解决，就是怎样使飞机在空中拐弯的时候能够保持机身平稳。当他们观察到一种叫做鸢的老鹰飞行的时候，问题就迎刃而解了。他们仿照鸢的羽翼制作了后缘能够弯折的机翼。现代飞机的襟翼正是从莱特兄弟发明的这种机翼发展而来的。

电话发明者美国人贝尔根据耳朵的生理构造形成的听觉功能，就是声波引起鼓膜震颤，进而引起听小骨（锤骨、砧骨和镫骨）运动，把声音传入内耳的原理，制成了受话器。贝尔还把从尸体上取来的中耳标本放在自己的电话机里，它在技术装置里果然完成了所需要的听觉功能。

当然，经验的转移并不局限于从生物体取得的经验。实际上到处都可以找到“类似”。

古埃及人用不断地转动链条来运送水桶的方法去灌溉田

地。1783年，英国人埃文斯把这个方法运用到磨坊里去传送谷粒。他根据“类似”而完成了从液体(水)到固体(谷粒)的经验转移。这个“类似”虽然简单，但是在长长的几千年时间里却一直没有被人发现。

美国发明家威斯汀豪斯为了创造一种能够同时作用于整列火车的制动装置，搜索枯肠地苦苦思考了很久，却一直想不出什么办法。后来他在专业杂志上读到，在挖掘隧道的时候，驱动风钻的压缩空气是用橡胶软管从九百米以外的空气压缩机送来的。“心有灵犀一点通”。这位发明家从这里得到启发，发明了气动刹车装置。

上面所举的都是工程技术方面的例子。我们还可以介绍一个自然科学方面的例子。英国物理学家麦克斯韦在他的同胞、物理学家法拉第工作的基础上进一步进行理论概括，在1864年提出了电磁理论，继牛顿力学和能量守恒原理之后，实现了物理学的第三次大综合。麦克斯韦在这里也是从寻找类似着手的。他把法拉第的磁力线看成是一连串漩涡，电流是象滚珠轴承般地围绕漩涡旋转的一群带电微粒，当漩涡速度发生变化的时候，依附它的那群微粒就向下一个漩涡转移，使后者改变旋转速度，这样就形成了延续的连续粒子流。根据“类似”，麦克斯韦弄清楚了变化着的磁场产生电流的情形。他根据这一系列“类似”，为电磁现象建立起了精致的力学模型。最后他舍弃了力学模型，凭借他卓越的数学才能，对电磁场规律进行了定量描述，这就是著名的麦克斯韦电磁场基本方程。

## 四 侧向思维

“它山之石，可以攻玉。”这是《诗经》中的两句诗。它告诉我们，广采各种各样山石，才能够创作出玲珑剔透的玉雕来。我们很可以从中领悟出：为了进行创造，必须“左思右想”；只有广泛涉猎一切领域，才能大大提高创造成功的机会。英国医生德博诺把这种利用“局外”信息来发现解决问题的途径的能力同眼睛的侧视能力相类比，称它是“侧向思维”。

十九世纪著名俄国作家列夫·托尔斯泰在他的世界名著《安娜·卡列尼娜》里详细描绘了出色的肖像画家米海依洛夫的一个创作故事。一天，他着手绘制一个人的盛怒面容，怎么也画不好。他想起以前画过一幅类似的画，虽然不大理想，却也差强人意。他叫小女儿把那幅弃置一旁的画找出来。他眯起眼睛，盯着这幅沾满蜡烛油渍的旧作，忽然从油脂污点的奇形怪状中得到了启发，他喃喃自语地说：“好啦！好啦！”随即信手挥毫，妙笔所至，画中人就平添了几许怒色。这是侧向思维帮助艺术创造取得成功的一个例子。

这种侧向思维，就是从其他离得很远的领域取得启示的思维方法，也正是科学思维的一个特征。古罗马著名工程师马克·维特鲁维·波利昂在他的名著《论建筑》中，记述了古希腊科学家阿基米得的一个故事：“……当亥厄洛被授予王权的时候，他决定按照自己的誓言，到庙宇里向永恒的神祇奉献一顶金王冠，作为对自己功成名就的酬谢。他不惜重酬定制

这顶金冠，并且如数付给了匠师所需要的黄金。匠师按规定的期限把王冠制造好，而且王冠和付交的黄金重量恰好相等。国王很满意。

后来有人告密，说用来制王冠的一部分黄金被匠师贪污了，匠师掺混了同等重量的白银。亥厄洛大发雷霆，下令检验王冠，但是又找不到查明盗窃黄金的罪行的方法。亥厄洛要阿基米得好好动一番脑筋。阿基米得把这个问题时刻挂在心头。有一天，他偶然到浴室去洗澡，当身子浸入浴缸的时候，他发现从浴缸边缘溢出的水，它的体积跟他自己身体入水部分的体积一样大。他思索了一会儿，悟出了其中的道理。于是，马上高兴地跳出浴缸，光着身子向家里跑，并且大声地喊着：“攸勒加！攸勒加！”（意思是“我想出了！我想出了！”）

这是一个说明侧向思维的绝妙例证。应当指出，不少著述曾经错误地断言阿基米得坐在浴缸里发现了“浮力原理”，就是流体静力学基本定律。其实，他在这里只是通过侧向思维悟出了比较各种物体体积的方法：把物体放进盛满水的器皿之中，测量溢出的水的体积。而这正是他解开“金冠之谜”的钥匙。他应用这种方法比较了这顶王冠同等重的纯金块的体积。结果发现王冠排出的水比金块排出的多得多。这就可以断定，王冠里掺进了比黄金轻的白银。由于受解答金冠问题成功的激励，阿基米得才去研究更加细致、复杂而又困难的物体上浮条件的问题，结果得出了著名的阿基米得定律：浸在流体中的物体（全部或部分）受到向上的浮力，它的大小等于物体所排开的流体重量。有趣的是，阿基米得解开“王冠之



谜”的方式后来被称做“攸勒加效应”。

侧向思维要在一定的条件下才能发挥作用，帮助人们找到解决问题的方法。这个条件是：所研究的问题必须成为研究者坚定不移的研究目标，成为梦寐以求的悬念。例如，阿基米得由于整天冥思苦想“金冠之谜”，所以看到从浴缸溢出的水，体积跟自己身体入水部分一样大的时候就如获至宝；因为王冠是不能弄坏的，不能直接检验，只能间接测定。如果阿基米得不是在这个问题上“为伊消得人憔悴”，那他就是十次、百次见到过浴缸溢水现象，恐怕也会视而不见。

研究问题成为坚定不移的目标，在心理学上称做形成“优势灶”。这个思想是苏联心理学家乌赫托姆斯基在本世纪二十年代提出的。他是通过下述实验发现的。他把对一条狗的后腿进行的刺激和节拍器发出的声音多次结合在一起，使狗建立起后腿收缩对节拍器声音的条件反射。然后，他把一小块蘸上马钱子素溶液的滤纸放在狗脑皮层专司左前腿的部位（中央前部脑回）。当他重新用节拍器发出声音的时候，狗的左前腿比后腿更强烈地收缩。这说明，化学试剂马钱子素所激发的一个大脑皮层兴奋灶变成了优势灶。一切刺激因素都能使它发生兴奋。不过，这些刺激所引起的已经不是以前引起过的反应，而是跟优势灶相联系的反应了。

所以，当一个研究人员把某一个当做一个他坚定不移的研究目标的时候，他的大脑皮层就会建立起一个相应的优势灶。这样，侧向思维感受到刺激，他就会在所研究的问题上对它作出反应，形成概念、观念和思想，或者提出问题。

乌赫托姆斯基提出,优势灶有两个基本特征,神经细胞对刺激的敏感性大大提高,并且把来自各种激励源的刺激累加起来;在激励源消失之后,刺激的作用仍能保持下去。

伟大的英国生物学家、生物进化论的创立者达尔文在他的《自传》里津津乐道地回忆起:“……音乐常常迫使我紧张地思考我正在研究的问题”。十八世纪法国数学家拉格朗日是变分法的奠基人之一。用来求积分极值的变分法是一个重要的数学分支,他是在意大利都灵的圣保罗教堂聆听圣乐的时候萌发这个思想的。在这两个例子里,都是音乐刺激了优势灶而导致发现的。

大脑能够形成所谓神经元模型,就是人在知觉外界对象的时候能在大脑皮层的脑细胞(神经元)上形成映象。这些脑细胞能长时间地保持兴奋状态,这就决定了思维运动的方向。大脑的这种机能是人的天赋才能的一个组成部分。侧向思维所以能够在创造性活动中起重要作用,正是依靠了大脑的这种机能。下面再来举几个例子。

由于研究免疫力而获得了诺贝尔奖的俄国生理学家梅契尼科夫,曾经为机体同感染作斗争的机制问题绞尽脑汁,这个问题一度占据了整个心灵。一天,他对海盘车的透明的幼虫进行观察,还把几个蔷薇刺向一堆幼虫里扔过去,那些幼虫马上把蔷薇刺包围起来吞食掉。梅契尼科夫立刻把观察到的现象同这样的情形联系起来,当刺扎进手指的时候,白血球(脓)就把刺包围起来,把这个异物溶解掉。吞噬作用学说就这样产生了。这是1888年的事。这个学说揭示了发生在高

等动物和人体里的吞噬现象：吞噬细胞在炎症过程中起着保护机体的作用。

美国工程师杜里埃认为，为了保证内燃机有效地工作，必须使汽油和空气能够均匀地混合。可是，怎么来实现这种混合呢？这个问题一直纠缠着他。1891年，他看到妻子喷洒香水，于是从这个化妆器具得到启发，创造了发动机的汽化器。其实，汽化器也是一个喷雾器。

美国发明家莫尔斯在1832年发明了电报。他创造了至今仍在电报通信中应用的莫尔斯电码，就是用点（短时电流）、线（较长时电流）和空（没有电流）的适当搭配来代表字（字母）和数字。他遇到的最大障碍是远距离传输的时候信号发生衰减现象。他起先想采用放大原始信号的方法，但是没有成功。有一天，他搭乘驿车从纽约到巴尔的摩去。他在旅途中观察到，邮车每到一个驿站就要更换拉车的马。他产生了一个想法，在电报线路沿途设置放大站，不断放大信号，终于解决了电报信号长途传输的衰减问题。

英国的邓禄普轮胎是久享盛誉的名牌橡胶产品。邓禄普是干什么的，知道的人恐怕不多。邓禄普是个苏格兰医生，他与轮胎的缘分也是侧向思维促成的。他有个儿子，每天在卵石路上骑自行车，颠簸得很厉害。他一直担心儿子会受伤，因为那时候的车胎还没有充气的内胎。他心里一直记挂着这件事。后来，他在花园里浇水，手里感到橡胶水管的弹性。于是，他就发明了轮胎。至于他给自己的第一个轮胎充的是水还是气，那就知道了。但是，确凿无疑的是，邓禄普是用浇

花草的水管制成了第一个轮胎。

## 五 形象思维的能力

人的感觉器官接触到某个外界事物，感官上的神经细胞就兴奋起来，把冲动传到脑子里而产生感觉。不同类的感觉（视觉、听觉、嗅觉等）相互联系，经过综合以后形成知觉，通过知觉就在头脑里形成所感知的外界事物的感性形象，就是映象。用哲学术语来说，这就是通过感性认识而获得了表象，也就是保留在大脑皮层上的外界事物的映象。用表象进行的思维活动叫做形象思维。形象思维属于感性认识活动。比较高级的理性认识活动是逻辑思维，逻辑思维是用概念、判断和推理的形式进行的。概念的形成是从个别表象到一般表象，再经过抽象而形成的。例如，一个孩子先通过感觉和知觉在头脑里形成自己家里那张桌子的表象，后来桌子见多了就产生了一般表象，最后抽象出桌子的共同特征，就是桌子是由四条腿和一个桌面构成的这样一种概念。形象思维的特点是大脑完整地知觉现实，不把现实分割成部分。日常的形象思维是被动地复现表象。创造性的形象思维却是把表象重新组织安排，进行加工，创造出新的形象。

文艺创作主要运用创造性的形象思维。唐代著名诗人王维作过一首五言绝句《鹿柴》：“空山不见人，但闻人语响。返景入深林，复照青苔上。”作者把空山、深林、日光、青苔这些形象，运用创造性的形象思维进行艺术加工，创造出了“空谷足

音”的幽静境界。诗人用这首优美的诗作抒发了自己恬淡闲适的情愫，让人读了以后得到艺术美的享受。

科学家主要用逻辑思维进行创造性活动。但是，科学家也要运用形象思维。德国化学家凯库勒在1858年提出了碳原子在有机分子中相连成长链的碳链学说，开创了有机结构理论。但是，苯分子中六个碳原子的结构还是一个谜。他殚精竭虑，百思不得其解。有一天，他在书房里烤着火，一阵倦意袭来，不觉朦胧睡去。睡梦中他看见长长的碳链象一条条长蛇翩跹起舞，忽然有一条蛇咬住了自己的尾巴。于是，他悟出了苯分子中的碳链形成了一个闭合的环。凯库勒正是通过无意识的形象思维发现了苯环结构。

著名俄国生理学家巴甫洛夫把大脑皮层高级神经活动分成两大类型——艺术家型和思想家型：“生活明显地展示出两种类型的人：艺术家型和思想家型。两种人迥然不同。第一种类型包括各种艺术家：作家、音乐家、画家等，他们完整地、全面地、从整体上去把握现实，把握活生生的现实，丝毫不去分割和分解现实。第二种类型是思想家，他们把现实加以分割，加以肢解，再用这些材料的一部分构成一副临时骨架，然后再把各个部分逐渐地重新装配起来，力图让它们这样复活起来，然而，它们却再也活不起来了。”

巴甫洛夫是在观察儿童心理的时候提出这种划分的。他看到儿童起先只有艺术家类型的知觉，不会区别细节。

根据在西方心理学界有很大影响的当代著名瑞士儿童心理学家皮亚杰的研究，儿童从出生开始，心理发展分成几个阶

段。首先是运动知觉阶段（婴儿期），这时只能区分自己和物体，逐渐知觉到动作和效果之间的关系；接着是表象思维阶段（儿童期），能够根据实物进行直观形象思维；最后发展到抽象逻辑思维阶段（少年期）。

现代大脑生理科学研究表明，心理活动主要是由大脑左半球主管的人，他的思维属于思想家类型，而那些主要是由右半球主管的人，就属于艺术家类型。英国神经病理学家杰克逊早在1864年就已经发现了这种现象。美国当代心理学家斯佩里在本世纪中期开创了割裂脑研究的先例，把连接大脑两半球的纤维束切断，对大脑两半球的分工分别加以研究。从以后积累起来的材料证明，大脑左半球的机能是进行受语言和逻辑支配的分析思维，右半球的机能主要是进行要求同时或者相继把所感知的元素联结成某种整体的知觉，这时候语言不起主要作用。

当我们欣赏美妙音乐的时候，右半球的功能是知觉音乐形象（把音乐序列联结成乐曲），而左半球的功能却是读乐谱。如果我们借助耳机依次用左耳和右耳来听音乐，那么没有音乐素养的人对左耳听到的音乐特别喜欢，也容易记住，因为从音乐获得的神经脉冲是通过交叉的传导神经传到大脑右半球去的。专业的音乐家和受过良好音乐教育的人对右耳听到的音乐特别容易记住。他们用分析的方式听音乐，把它分解成音符，而这种功能同左半球密切相关。

研究资料表明，当我们向一个人提出“你喜欢什么书？”和“四十五乘三十等于多少？”所代表的两种不同类型问题的时

候，在百分之七十五的情况下，他的眼珠会在一瞬间向左转动或向右转动。因此，我们可以利用眼球的这种运动，来判明在某种思维活动中，哪个大脑半球占支配地位。

这个现象的产生是通过什么生理机制呢？原来，当右半球的眼球运动区受到刺激的时候，眼珠向左转动，而左半球受到刺激却向右转动。当所提的问题需要人借助语言符号来回答，就是需要诉诸支配语言功能的左半球的时候，左半球就受到刺激。这种刺激使大脑左半球的眼球运动区兴奋，眼珠就向右转动。当用表象进行形象思维来寻找问题答案的时候，右半球受到刺激，眼珠就向左边转动。

总之，“左半球人”爱好抽象思维，就是符号的、语词的和逻辑的思维。“右半球人”喜欢整体的、综合的和形象的思维。

当然，“左半球人”和“右半球人”只是一种比喻。实际上，两个半球是一起工作的，只不过是在完成某种功能的时候，有一个半球起着主导作用，使大脑皮层的活动表现为艺术家类型或者思想家类型。

“思想家型”在这里是高级神经活动的一种类型，但是它决不代表科学家的标准。科学家虽然需要细致地收集和记录事实，分析和积累知识，然而，在创造性思维的过程中，他们还必须具备撇开对事实作逻辑考察，而把思维元素连结成新的形象系统的能力。没有这种能力，就不会用新的眼光看待问题，从司空见惯的东西里发现新的东西。

由于在二十世纪五十年代末首先提出弱力和电磁力统一理论而获得了1979年诺贝尔物理学奖的美国物理学家格

拉肖，曾经生动地谈到形象思维对于科学创造的重要意义：“涉猎多方面的学问可以开阔思路，象抽时间读读小说，逛逛动物园都有好处，可以帮助提高想象力，这同理解力和记忆力一样重要。假如你从来没有见过大象，你能凭空想象出这种奇形怪状的东西吗？我这样讲，有的人听起来可能会感到奇怪。但是在我们研究物理问题的时候，往往会用到现实世界的各种形式。对世界或人类社会的事物形象掌握得越多，越有助于抽象思维。”事实上，凯库勒要是没有见过蛇，兴许还发现不了苯环。

1932年，国际化学界发生了一桩轰动一时的新闻：一个中国人用自己发明的制碱法造出的纯碱，在万国博览会上荣获金质奖章。称雄国际化工界将近一个世纪之久的国际垄断资本集团“苏尔维碱业帝国”终于低头认输。这个中国人就是著名的化学家侯德榜。他从小不但效法“苏秦刺股”，刻苦用功读书，十门功课得了一千分，而且还爱好形象思维。侯德榜的故乡在福建，他十来岁的时候常常侧身躺在草坡上，望着流不尽的闽江水，让自己的想象纵情驰骋，旋转不息的水车、姑母家的药碾子，都是他想象过的东西。

知觉形象是大脑的一个极其重要的功能。我们现在再从生理、心理方面来论述一下这个问题。

人获得周围世界的信息的唯一途径是感觉器官。感觉得到的客观世界存在的无限多样的信息，通过改变神经脉冲的频率（就是调频）而象旅客乘车那样地加载到神经脉冲上去。神经脉冲沿着无数传导路径，沿着各条神经纤维传送到大脑。



神经脉冲按空间和时间顺序进行的组合，和它们使大脑皮层产生的兴奋和抑制，构成了知觉形象的神经生理机制。

当一个人知觉某个对象的时候，上述的神经脉冲按空间和时间顺序进行的组合，在他的大脑皮层中引起一群神经元（脑细胞）的兴奋，就产生了映象。这群神经元能够形成时间上相当稳定的组合，这种组合称做“神经元模型”。建立起了“神经元模型”，也就是形成了表象。记忆和回忆的机制正是这样的。关于这个问题下面还要详细讲。

## 六 联想的能力

十九世纪俄国大诗人普希金被誉为“俄罗斯文学之父”他曾经指出，“我们说的机智，不是深得评论家们青睐的小聪明，而是那种使概念相接近、并且从中引出正确的新结论来的能力。”

这种使概念相接近的能力就是联想，它是一种极其重要的心理活动过程。联想能够克服两个概念在意义上的差距，把它们联结起来。联想的生理和心理机制是暂时的神经联系，也就是神经元模型之间的暂时联系。联想是人与生俱来的天赋。不过，作为一种创造能力，它有赖于我们在后天加以发展。这种能力越强，我们就越会进行联想，越会把在意义上差距很大的两个概念联结起来。无疑，这有赖于经验和知识的积累，使大脑中储存起无穷无尽的神经元模型，也就是把它们记忆在头脑中。这样，在联想的时候就能够左右逢源，得

心应手。

日本发明家田熊常吉发明了一种新式锅炉，称做田熊式锅炉。他在动手改进锅炉中的“水流和蒸汽循环”的时候，联想到童年时代学到的人体“血液循环”，就把血液循环系统中动脉和静脉的不同功能以及心脏瓣膜阻止血液逆流的功能运用到锅炉的水和蒸汽的循环中去，使锅炉的热效率提高了百分之十。

西方心理学家对联想这种心理活动的极端重要性早就注意到了，在普希金以前已经形成了“联想学派”。这个学派早期的重要代表人物是十九世纪英国著名逻辑学家穆勒，他认为联想对于心理学来说，就象引力对于天文学、细胞对于生理学一样重要。联想心理学派进行了许多心理实验，对近代实验心理学的发展起了重要的推动作用。

普希金以后过了大约一百年，美国心理学家梅德尼克开始注意到“遥远联想”作为创造才能的一个因素的重要性。他提出了一种独特的心理试验方法，来对这种能力进行测验。测验的时候，给被测验的人提出三个词：“天空、海军制服、多瑙河”，他必须给出对这三个词都合适的定语（“蔚蓝色的”）。

梅德尼克对于把自己的试验所得出的结果当做创造性天赋的一个指标，寄予很大的希望。然而，这种希望还是片面的。因为，梅德尼克忽视了一点：联想的遥远性只是天赋的众多素质之一。要知道，机智不单取决于使概念相接近的能力，而且还取决于“引出正确的新结论的能力”。

十九世纪俄国杰出的短篇小说家契诃夫在《打赌》里讲的

故事，很可以录引在这里作为从联想引出结论的有趣例子。一个银行老板和一个文人打赌：如果文人能够连续十五年深居在一间屋子里，整天看书，闭门不出，不接待来客，老板就愿意输给他一笔巨款。文人同意了，于是，日复一日，春来冬去，天天在屋子里坐着读书。哲学、文学、历史、科学、传记、逻辑……什么书都读。十五年的期限很快就要满了。受到破产威胁的银行老板为了避免破产，顿起杀机。他在一个深夜潜入小屋，发现人去屋空，只有留在桌上的一张纸条。上面写着，十五年里他博览群书，苦读深思，悟出了人生的道理，视金钱如粪土。因此，他决定废弃旧约，主动走了。

这个文人的脑子里把这众多的各不相同的知识织成联想之网，从中引出了正确的结论。

当代苏联心理学家哥洛万和斯塔林茨提议进行的实验表明，任何两个概念(语词)都可以经过四五个阶段，建立起联想的联系。

现在举两个例子。比如“木质”和“皮球”是两个离得很远的概念。但是，只要经过四步中间联想(每个联想都是很自然的)就可以从“木质”联想到“皮球”：

木质——树林，树林——田野，田野——足球场，足球场——皮球。

再如，“天空”和“茶”：

天空——土地，土地——水，水——喝，喝——茶。

这些语词是从词典中顺手摘来的。用这种顺手摘来的一对一对语词一共进行了几百次试验。为了从一个概念过渡到

另一个概念，几乎每次都只要四个联想步骤就够了，偶尔需要五六个步骤。这种步骤的数目可以用来衡量两个概念之间的“意义距离”。

事实上，这里“天空——茶”这个联想所以能够在四步里达到，是因为这个联想的最后一环（“茶”）是作为这个联想过程的终点，预先给定了的。在自由联想的条件下，四步达到“茶”这个词的可能性是很小的。另外，作为预定目标的“茶”，并不能从意义上独自决定联想的全部环节。具体的中间环节因人因时而异，取决于被测验人的当时状况。

实验结果表明，每个语词平均可以同将近十个语词发生直接的联想联系。如果按一个语词一次可以同十个语词发生单向联想联系来考虑那么，第一步有十个语词可供选择，第二步提供了一百个，第三步提供了一千个，第四步提供了一万个，而第五步就是十万个了。

有人打算在用电子计算机模拟联想记忆的时候，把联想的这个特点模拟成树状结构。可是，实际上还存在着“交叉的”联想联系，它们把保持在记忆中的信息联结成一个整体。所以在用电子计算机模拟这个整体的时候，最好不要模拟成树状，而要模拟成网状。联想联系正是有条不紊地把信息保持在大脑（就是记忆）中的心理基础，它们保证了人能够迅速检索出所需要的信息，随意使用所需要的记忆材料。

相互之间存在着联想联系的形象和概念就是保存在记忆中的具体形态。思维正是利用这种预先组织好和整理有序的信息（其中一部分还处在被知觉的过程中）来进行的。联想的

上述特征，制约并且预先决定了思维过程的进程，同时还使这个过程同正在进行着的知觉相互作用。

心理学家曾经用实验来证实这一点。他们让被测验的人听记录在录音磁带上的语句。每句话中都有一个单词有噪声干扰，因此不可能听一遍就懂，必须听好几遍。试听用的语句分成两种类型，合理的和无理的。第一种类型举例是：“光线从窗户照进来”，第二种类型举例是：“河马躺在盘子里”。“窗户”和“河马”这两个单词在录音的时候都受到了噪声的干扰，而且噪声的音量一样大。为了在噪声的干扰下听懂“合理的”语句中的“窗户”这个词，被测验的人要求重听五六遍，而为听出“无理的”语句中的“河马”这个词，却要求重听十到十五遍，就是说重听的次数要多两三倍。

心理学家还对各种类型的精神分裂症患者进行了类似的试验，结果表明他们不能区别有意义的语句和荒谬的语句，并且在干扰下听它们的时候，同样有困难。

美国心理学家费根贝格曾经做过一个有趣的实验。他让被测验的人两只手各拿一个球，两个球一大一小，但是重量相等，可是这个人却感到大的球好象比较轻。产生这种错觉的原因是，拿球以前，这个人通过目测，下意识地推断，大的球一定比较重。因此，他准备用比较大的劲来拿这个球。可是，拿到的大球却比自己想象的轻。因而产生错觉，觉得直径小的球比大球重。费根贝格的实验还证明了，患精神分裂症的人没有这种错觉。

这些简单的实验表明一个事实：正常人在知觉和思维过

程中所利用的储存在记忆中的语词是成“串”地组合起来的。在上述实验中，合理的语句正是同这种“串”相对应的，而无理的语句却要涉及到不同的“串”，所以不容易识别。这种现成的联想组合使思维变得“经济”。如果没有这种储备，就将导致思维变得支离破碎，没有头绪，使思维过程遭到严重破坏。不过，有时候这种联想组合的储备也有消极的一方面，这些组合会限制思维的灵活性。

联想联系有一个“最佳稳固度区域”。无论向左或向右偏离这个区域，都会带来不良后果。如果偏向过于稳固，思维的情性就会增大，考虑问题显得千篇一律、呆板，好象是依照着“刻板的公式”在进行的；如果偏向过于灵活，思维就变得零乱、不连贯，反倒影响思维的敏捷。

为了在我们的头脑中建立起这种“最佳稳固度区域”，使思维最大限度地发挥创造力，我们必须努力使自己掌握的知识达到最佳结构。

因为塑造了世界著名侦探福尔摩斯而闻名世界的英国著名作家柯南·道尔，曾经给福尔摩斯开了一张知识结构的表：文学知识：无；哲学知识：无；天文学知识：无；政治学知识：浅薄；植物学知识：不全面；地质学知识：偏于实用，但是也有限；化学知识：精深；解剖学知识：准确，但是没有系统；惊险文学：广博；英国法律：有充分的实用知识。另外，他还善于使用棍棒，精通刀剑拳术，提琴也拉得很好。福尔摩斯正是由于具备了这样的最佳知识结构，才侦破了无数疑难奇案的。把科学探索比做侦探案件的爱因斯坦也对柯南·道尔笔下的这个“大

侦探”很是赞誉。

当然，思维过程不是那种随心所欲的自由联想，而是一种定向的联想。那么，这种联想靠什么来定方向呢？临床观察表明，决定联想的方向并且使它转变成思维的动力是目的。那么，什么是目的呢？拿做算术题来说，它的目的就是解题。例如，已知每分钟从一根管子注入水池多少升水，从另一根管子注入多少升水，并且已知水池的容积，问水池在几分钟里可以注满？这时，求解就是目的，它决定了思维过程的方向，同目的无关的其他联想，象“水池——洗浴——游泳”等就被遏制了。苏联心理学家鲁利耶的研究表明，在脑额叶受损以后，这种“随意的”联想就受到激发，于是，问题（目的）就不再在组织联想的过程中起定向作用了。

## 七 记 忆 力

孜孜不倦地吸取知识，把它们牢牢记住，就是所谓博闻强记，无疑是人们进行创造活动的重要条件。

我国现代文学巨匠茅盾能够背诵一百二十回的古典文学名著《红楼梦》。起先有人以为是溢美之词。一次，几个朋友在茅盾家里聚谈，恰好那个人也在场，他请茅盾背诵《红楼梦》娱客，茅盾欣然答应。客人随便点了一回，茅盾果然滔滔不绝地背了一遍，真是名不虚传。茅盾惊人的记忆力，对他在文学上取得辉煌业绩显然起了很大作用。

古代学者记忆力极强的也不乏其人。唐代大文学家韩愈

死后，后人在给他撰写的墓志铭中，称他“读书倍文，功力兼人。”（“倍”——背诵，“兼人”——一人抵得上好多人。）清代著名考据学家兼文学家沈涛也是背功过人。他的老师、当时的经史文字考据学最高权威之一段玉裁，在给沈的书斋“十经斋”撰写的《十经斋记》中写着：“其倍诵《十三经》如瓶泻水”。十三经包括《诗》、《书》、《论语》等十三部儒家经典。可见，沈涛的记忆力的确是令人咋舌的。

著名数学家华罗庚抗日战争期间在云南昆明西南联大教书。当时经济条件极差，他搞数学研究遇到了缺少纸张的困难。于是，他不得不用粉笔在黑板上进行演算、论证和推导。冗长的演算往往要占满几块黑板，可是黑板只有一块，结果他只好在黑板写满以后擦掉接着写。华罗庚竟能把擦去的复杂的演算步骤丝毫不差地记在脑里，从容不迫地把演算进行下去。再如，桥梁专家茅以升能够背诵圆周率 $\pi$ 到小数点后面一百位。

从上面这些例子可以看出，人脑具有极其巨大的记忆储量。杰出的美籍匈牙利数学家冯·诺伊曼对自动机理论做出过重要贡献。他在《计算机和人脑》这本著名的著作中对人脑的思维过程做过出色的研究。根据他的研究，每个神经元（大脑皮层的脑细胞）相当于一个记忆元件，它有兴奋和抑制两种状态，就象一个双稳态继电器。因此神经元记忆的信息可以用二进制数的单位“比特”来计量。大脑中的神经元，总数至少在 $1 \times 10^{10}$ — $1.4 \times 10^{10}$ 个，就是一百亿到一百四十亿个之间。根据冯·诺伊曼的估计，如果人的一生用六十年来计算，



神经元每秒钟接受的信息量是十四比特(现代心理和生理学研究表明,最高可以到二十五比特),那么一个人毕生的总记忆储量大约是  $2.8 \times 10^{20}$  比特。

我们可以打个形象的比喻,以便想象出记忆储量到底有多大;利用它,一个人能够把二十亿亿个复杂程度相当于乘法表(一张乘法表包含的信息量大约相当于一千五百比特)的对象记住。或者还可以作个比较。美国国会图书馆是世界上最大的图书馆之一,藏书近二千万册。我们大脑的信息储量可以容下三四个美国国会图书馆。因此,一个人活到老学到老,也只占用了自己大脑信息储量的一丁点儿。

第二次世界大战以后,西方心理学的中心已经从现代心理学发源地德国转移到了美国。根据美国心理学家的最新研究,记忆有三种类型:瞬时记忆、短时记忆和长时记忆。瞬时记忆的典型例子是,我们为了给偶然联系的对象打电话,从电话簿上查找或向电话局查询到电话号码,随即记住去拨号。打完电话,那个号码一般就再也想不起来了。这种瞬时记忆和短时记忆的神经生理机制是,在进行记忆的时候,大脑里就建立起神经元模型或者同对象相对应的神经元模型就兴奋起来,建立起暂时的联系。等到事情办完,比如通话完毕,这些神经元模型就消失或停止兴奋,它们之间的联系也消失,电话号码就随着忘掉了。

我们平常所说的记忆,主要是指长期记忆来说的。茅盾在年逾八旬的高龄,而且身有重病,亲笔撰写回忆录叙述过去六十年的前尘影事,还是往事历历在目,描写得细致入微,读

起来娓娓动人。长期记忆的神经生理机制就是某些神经元模型反反复复地接受刺激而连续兴奋，相互之间的联系变得很牢固。

如果把神经元模型和它们的联系形象地称做“记忆痕迹”，那么，这些痕迹印在脑细胞中的哪种物质上面，就是这些痕迹的载体是什么呢？科学家正在努力解开这个记忆之谜，已经取得了一些重要的成果，但是离开找到完满的答案还很遥远。

1967年，瑞典神经学家海登研究了经过训练能够掌握良好的平衡技巧的大鼠，发现它们的脑细胞里，核糖核酸(RNA)含量比一般大鼠多百分之十二。RNA的主要功能是合成蛋白质，因此，科学家们猜测，是否存在一种“记忆蛋白”。

本世纪六十年代初，生物化学家发现，给老鼠注射一种能传递神经信息的化学物质五羟色胺，老鼠重复在迷宫中寻找诱饵时候的记忆力就显著提高。

也在五十和六十年代，荷兰药理学家威德和其他内分泌学家发现脑垂体激素能够增进动物的记忆和学习能力。1976年，威德给大鼠注射了一种称为加压素的脑垂体激素，果然增强了大鼠的记忆力。后来比利时和瑞士的科学家给神经病患者喷了加压素，结果他们都恢复了记忆力。美国国立心理卫生研究所的试验表明，青年大学生服用加压素以后，考分平均提高百分之二十。不过，试验效果也有适得其反的(阴性的结果)，目前还在进一步探索中。

为了解开记忆之谜，科学家们还使用物理学方法进行探

索。例如，英籍匈牙利物理学家、全息摄影术发明者加波综合运用全息术、信息论、通信理论和控制论等学科，创立了人的“全息记忆模型”。

虽然记忆之谜还没有解开，但是神经生理学家的研究已经表明，在脑细胞反复经受某个对象刺激而保持连续兴奋的时候，只有当这种刺激达到一定强度（称做阈值）之后，脑细胞里才会留下“记忆痕迹”；而且当这个对象刺激的频繁程度提高的时候，这个阈值就随着降低，也记忆得更牢固。前面举的文学家茅盾熟记小说和数学家华罗庚背记算式，都是鲜明有力的例证。再如，控制论创始人、著名美国数学家维纳的父亲是个杰出的语言学家，精通十几国语言。他在病重垂危的时候，神志已经不太清楚，可是他仍能准确无误地使用几种语言说话，没有出现交叉混用的现象。

发展记忆力的最根本的方法是孜孜不倦地勤奋学习。这也是提高记忆力甚至达到惊人记忆力的唯一途径。孔子说：“默而识之”、“多见而识之”、“多学而识之”（“识”——记忆），就是这个意思。明代御史大夫景清幼年勤奋学习，能够过目不忘。据明代佚名作者的著作《泽山杂记》记载，他年轻的时候，有一次渴望读朋友珍藏的秘本，借来以后通宵达旦地诵读，结果一夜就把全书背得烂熟，第二天早晨如约把书还给了朋友。

青年人更应该发愤学习。“少小不努力，老大徒伤悲”。因为人过了二十岁，脑细胞每天就要死掉十万个以上；活到八十岁，脑细胞就只剩下百分之六十三了。事实上，凡是取得杰

出成就的人都在二十多岁就显露了才华。华罗庚十三岁那年看出了当时的大学者胡适著作中的逻辑错误。十八世纪，瑞典生物学家林耐二十四岁创立了植物分类“双名制”，一直沿用到现在。俄国数学家罗巴切夫斯基二十五岁那年提出了非欧几何。十九世纪的法国微生物学家巴斯德二十六岁开创了立体化学。至于爱因斯坦，他在二十六岁那年一鸣惊人，取得了相对论和量子论两大开创性成就，更是众所周知的了。

他们所以取得成功，主要都是由于勤奋学习的结果。宋代著名爱国诗人陆游，晚年曾经在《跋渊明集》中这样描绘他少年时期废寝忘食地学习的情景：“吾年十三四时，侍先少傅（陆游的父亲——引者）居城南小隐，偶见藤床上有渊明（东晋诗人陶渊明——引者）诗，因取读之，欣然会心。日且暮，家人呼食，读诗方乐，至夜，卒不就食。今思之，如数日前事也。”

象过去《读书秘诀》、《作文秘诀》之类的书一样，前面加上“记忆术”名字的书也是欺人之谈，不想下苦功而寄希望于这些秘诀的人，必然要落得一场空欢喜。鲁迅在这方面曾经有过精辟的论述：“创作是并没有什么秘诀，能够交头接耳，一句话就传授给别一个的，倘不然，只要有这秘诀，就真可以登广告，收学费，开一个三天包成文豪学校了。……这其实是骗子。”（《不应该那么写》）

那么，是否有适当的方法可以帮助记忆呢？爱因斯坦就把正确的方法纳入成功的要素之中：成功=艰苦劳动+正确方法+少说空话。我们掌握了关于记忆过程的知识 and 记忆的规律，还是可以找出一些具有方法意义的东西来的。

那么，记忆的基本过程是怎样的呢？记忆可以分做三个互相衔接的步骤：识记，保持，再认或再现。识记就是保持所获得的印象的过程，它是记忆的必要前提，不论短时记忆还是长时记忆都离不开它。

记忆分做无意识记忆和有意识记忆两种。一个人毕生的记忆，大量的是通过无意识识记获得的。没有目的，不作任何努力，也不讲究什么方法，每个人阅历深了以后，都会记下浩如烟海的东西。唐代文学家韩愈说：“目濡耳染，不学以能”，大概就是这个意思。值得指出的是，这种记忆有一个特点，就是第一次的强烈印象，有时候哪怕只有一次，也会终生难忘。奥地利物理学家马赫，晚年在自传里回忆起他五岁的时候，一次在保姆的陪同下外出，看到隆隆作响的风车，从此，风车车轴的齿轮装置带动磨石的齿轮装置这个印象，一直深刻地印在他的脑海里，影响到他后来的科学工作。我们可以把首次强烈印象有助于记忆的这个规律加以利用，作为有意识识记的一种方法。

有意识识记主要表现在学习上。我们的目标正是要提高这种识记的能力。这种识记又可以分做机械识记和意义识记。机械识记就是用多次重复的方法来巩固对识记对象的印象。意义识记是以建立新材料和记忆者已有知识之间的意义联系以及新材料各部分之间的意义联系为基础的。实际上，这两种记忆方法往往可以结合起来运用。

许多东西都要通过机械识记来记忆，比如语词、符号、字母、数字、地名、公式、人名、年代等。这种识记的一种有效方

法是想方设法抓住对象的特征，把它记住。这种特征不见得反映对象本身的实质，而只是一种便于识记的提示。比如，识记三角学中的公式，可以利用它们的对称性。当然，这只能熟能生巧，没有一定法则可循。

意义识记的特点是识记能力依赖于记忆者的知识积累，记忆者掌握知识越多，就越容易识记。博闻强记这个成语可说是道出了这样的“秘诀”。有助于意义识记的方法很多，各人可以根据自己的特点进行创造。这里举几种常用的方法。从梗概和总体着手，再进入细节记忆。这个方法尤其适合背记诗文。利用记忆对象各部分之间意义上的逻辑联系，也是一种好方法。例如，我们为了记住正负整数、正负分数、零、有理数、无理数和实数等全部实数概念，就可以抓住它们都和数轴上的点相对应而构成整个数轴这条线索，顺藤摸瓜地记忆。再如，提纲、表格和图表等都有助于识记。背记文章借助提纲，掌握外语语法利用表格，记忆地理事物运用地图，这些都是大家熟知的经验之谈。

记忆的第二个步骤是保持，就是把识记获得的记忆转变成长期记忆并且使它巩固起来。首先，保持是为了避免遗忘。对付遗忘的手段是复习。德国心理学家艾宾浩斯研究出来的著名的“遗忘曲线”表明，遗忘的规律是，刚熟记不久的时候遗忘得很快，后来遗忘的速度就逐渐减慢下来。因此，为了保持记忆，学习后必须马上进行复习，并且要反复地进行。“学而时习之”实在是至理名言。复习也要讲究方法。争论和讨论就是有助于保持记忆的有效方法。有意识地寻找错误，比

如做改错的习题，也是一种良好的复习方法。保持记忆的一个重要方法是运用。实际上，争论和改错也都是运用。

记忆过程的最后一环是再现或再认。再现是识记和保持的结果，同时又是评判它们的效果的标准。再现分无意识和有意识两种，前者是无目的地由于自然联想而重现的表象，后者才是有目的的回忆。回忆中尤其重要的是要努力克服困难的所谓追忆。记忆能力在追忆上表现得最为鲜明。追忆的方法有些同识记和保持的方法相同，例如借助对象的特征、梗概和总体，利用表格、图表、提纲等。追忆，最重要的方法是利用联想。

再认，是指在重新遇见记忆对象的时候发生的恢复过程，情形同再现相象。

## 八 思维的灵活性

思维迅速地、轻易地从一类对象转变到另一类内容相隔很远的对象的能力，称做思维的灵活性。相反，思维缺乏这种能力，就称做思维的惰性、刻板、僵化或者呆滞。

实际上，凡是大有作为的人除了在专业上有很高的造诣以外，都表现出思路开阔，妙思泉涌。不能想象，一个思想呆滞的人会在某个领域里有所建树，作出什么创造来。

马克思对哲学、历史学、经济学、文学和数学等知识无不精通，这是他能够写成经典性的鸿篇巨制《资本论》的重要条件。他在为撰写《资本论》搜集材料的时候，连偌大一个英国

不列颠图书馆的藏书都不够用，不得不托人到美国去购买三十多年来出版的书目，从中查找资料。

科学家凭借思维的灵活性在科学史上创造了不少奇迹。有一些彪炳史册的重大科学成就却是隔行的“业余爱好者”作出的。比如，十七世纪法国最伟大的数学家费尔玛，终身是律师和官吏，他提出的著名的“费尔玛大定理”，到今天还没有得到证明。微积分和数理逻辑的创始人、德国大数学家莱布尼茨也是律师和官吏，同时他又是个哲学家。法国物理学家德布罗意是文学硕士出身，他提出的微观粒子“物质波”思想，为创立量子力学打响了第一枪。由于发明微波激射器，并且开创了激光技术而获得1964年诺贝尔物理学奖的美国物理学家汤斯，他在早年专攻语言学兼及其他人文科学。现代西方主要哲学流派语言分析哲学的代表人物、奥地利哲学家维特根斯坦，最初是当机械工程师的。我国著名的植物学家蔡希陶，早期是个很有造诣的文学青年；而大文豪鲁迅早年却学过医学。

心理学家对思维的灵活性进行了实验研究。美国心理学家邓克尔用实验表明人的心理活动有一种所谓“功能固定性”。它的含义可以用邓克尔做过的一个试验来说明。他指派接受试验的人一项任务：把三支蜡烛放在门口。规定可以运用的东西有一把锤子、盛放在盒子里的钉子和一把尖嘴钳。解决的办法是把盒子装在门口，再把蜡烛安放在盒子里。这个任务用两种方式提出。第一种方式中的盒子是空的，第二种方式中的盒子里装满了钉子。用第一种方式测试的时候，



所有接受试验的人都利用盒子做托架。用第二种方式的时候,只有一半接受试验的人想到把钉子倒出来,拿盒子改作托架使用。邓克尔解释说,在第二种方式中,接受试验的人把盒子当做盛钉子的容器接受下来,也就是把盒子的功能固定了下来,因此没有想到把盒子移作其他用途。

克服“功能固定性”的能力是思维灵活性的表现之一。心理学家试图通过试验来衡量这种能力。象要求接受试验的人列举出锤子、食品罐头、砖块等物品的一切可能的利用方式。思维灵活的人稍作思索以后,就能如数家珍地列举出许多来。比如,砖块可以用做建筑材料、砸破核桃的垫墩、抵御狂风吹开窗户的重物、投掷的弹丸,也可以用作捣碎东西的工具、代替秤砣,等等。思维不灵活的人起先总是局限在砖块的基本功能里兜圈子,过后,才想到其他一些用途。

可以料想,在解决某个实际问题的时候,具有相当学识而又思维灵活的人想到解决问题的好主意的机会要多些。相反,思想呆滞、僵化的人,即使是专家权威,碰到正确的新思想也会失之交臂。

飞机发明史就是很好的例子。十九世纪,一些有胆有识的人开始认真探索怎样实现人类上天飞行的宿愿。可是,有些蜚声当时科学界的名流却站出来横加阻挠。最早用三角方法测量月亮和地球之间距离的著名法国天文学家勒让德,就是最早的反对派之一。他认为,制造一种比空气重的装置去进行飞行是不可能的。稍后,德国大发明家西门子也发表了类似的想法。由于他享有很高的威望,他的论断严重地影响

了制造飞机的思想的发展。过后，能量守恒原理发现者之一、德国物理学家赫尔姆霍茨又对制造飞机的想法大泼冷水，他还从物理学的角度论证了机械装置要飞上天纯属空想。这位权威物理学家的态度影响了德国金融界和工业集团，使他们撤销了原先对飞机研制事业的支持。后来，美国天文学家纽康又根据科学数据做了大量计算，证明“飞机”甚至无法离开地面。这些声名显赫的大学者虽然在某个同飞机原理不无关系的领域里堪称专家，可是，由于思想僵化呆滞，却给不久就将变成现实的正确的科学思想设置了重重障碍。

1903年，首次把飞机送上天的是当时名不见经传的美国人莱特兄弟。他们没有上过大学，凭着业余刻苦自学成才。他们思想活跃，勇于探索未知领域。他们仔细观察揣摩各种鸟类的飞翔动作，再运用数学和空气动力学的知识进行创造性的研究试制，历尽艰辛，终于获得了成功。

论学识和智能，那些专家名流决不比莱特兄弟差。从这里更可以看出，对于从事创造活动来说，思维灵活性是极其重要的。

思维的灵活性，还表现在及时抛弃显然是错误的假说上。这里特别需要强调“及时”这个词。如果受到诱人的错误思想禁锢太久，就会白白地浪费宝贵的光阴。相反，如果过早地抛弃可能是合理的假说，就可能失去获得突破性成就的良机。因此，爱因斯坦的这句话实在是金玉良言：“象我们这种工作需要注意两点：毫不疲倦的坚持性和随时准备抛弃我们为之花费了许多时间和劳动的任何东西。”

下面我们举两个可以引为教训的例子。

1900年，德国著名物理学家普朗克为了给黑体辐射定律这个实验定律作理论推导，提出了“能量子假说”。但是，思想刻板、保守的普朗克，没有认识到这个假说的革命含义。相反，在以后的十几年时间里，他还是坚持旧的经典物理学观点，做了不少工作，试图在“能量子假说”和经典物理学之间进行折衷调和，他甚至怀疑这个假说本身的真实性。这不但使他个人浪费了宝贵的时间，而且也阻碍了量子论的继续发展，只是到了1910年前后，“量子论”才开始被物理学家广泛接受。

1953年，美国科学家沃森和英国科学家克里克，从英国科学家威尔金斯拍摄的X射线衍射照片上发现了遗传物质脱氧核糖核酸(DNA)的分子结构，提出了著名的DNA双螺旋结构模型。这个模型，从生命物质结构的分子层次上揭示了生物遗传性的传递和展现途径、变异出现的原因和机制，标志着分子生物学时代的到来。他们三人因为这个发现荣获了1962年的诺贝尔医学奖。当时，英国女科学家弗兰克林也和他们一起，在英国剑桥大学卡文迪许实验室工作。这个卓越的X射线照相技术专家也正在研究DNA的分子结构。早在1951年，她就从自己拍得极好的DNA的X射线衍射照片上发现了DNA的螺旋结构(不过，她只看出是单螺旋结构)。随后，她还就这个问题做了一次讲演。有趣的是，当时在场听讲的沃森对这个问题还不完全理解，如果他当时就得知要领，并且作出记录，那么DNA的结构模型或许会早两年提出来。1952

年，弗兰克林出于成见，放弃了自己的螺旋假说，以致功败垂成，把一个伟大发现从自己的鼻子底下放跑了。

思维灵活性受到自身的妨碍，还有一个表现。如果假说是自己独立提出的，并且又从理论上论证了它，那么要放弃它就非常困难。心理学家用实验表明了这一点。他们向接受试验的人提出下面这种实验任务。

在一张桌子上放着四张卡片，卡片的一面写字母，另一面写数字。接受试验的人看到的是，第一张写着元音字母，第二张是辅音字母，第三张是偶数，第四张是奇数。现在的问题是，为了检验“如果一面是元音字母，那么反面就是偶数”这个假设，必须去翻哪些卡片呢？

答案好象很简单：“翻写有元音字母和偶数的卡片”，或者更简单：“翻写有元音字母的卡片”。但是，这种回答是错误的。事实上，必须去翻写有元音字母和奇数的两张卡片，因为只有元音字母和奇数结合在一张卡片上，才能使这个假设成为谬误。

如果我们给一个人讲述问题的内容，解释答案，那么，他很容易明白它的实质所在，不会发生什么困难。可是，如果我们要求一个人自己解决这个问题，万一他解得不对（这是常有的事），我们再向他作解释就很困难。接受试验的人会坚持自己的错误，竭力替自己辩解，甚至对合乎逻辑的理由也拒不接受，他很难摆脱自己的原始设想。

可见，理智好象有这样一种倾向，想在自己周围建立一道防线，然后在这道防线的范围里活动。逾越这种无形的防线

的能力，正是思维灵活性的又一种表现。

思维灵活，必须以广博的学识为基础。有了广博的知识，我们的思维才不致想入非非，误入迷津，才能象来到活水的源头，左右逢源。这样，当我们在研究某个专业问题的时候，就能从更广阔的角度进行考察，不至于象井底之蛙那样眼界狭窄。这一点非常重要。因为科学实践表明，越是能带来重大突破的关键问题，越是需要借助于从旁的知识领域汲取的“外来思想”加以解决。法国大数学家帕斯卡曾经说过：“我看一个仅仅是几何学家的人跟机灵的工匠没有多大差别。”德国化学家利希滕贝格也说过：“一个只知道化学的化学家，他未必真懂化学。”事实正是这样。十九世纪，英国化学家道尔顿提出了“化学原子论”，恩格斯称誉他是“近代化学之父”。当时，他还是一个对化学没有兴趣的气象学家，原来他研究的是水吸收气体和大气吸收水等物理学问题。他认为，气体发生混合同水吸收气体都是一种没有亲和力起作用的过程。正是由于道尔顿头脑里没有当时化学家用来解释混合物和化合物的区别的亲和力理论，而是从大气物理的角度来进行考察，他才从当时使化学家感到迷惑不解的溶液均匀性问题中，揭示出关于元素化合的倍比定律，进一步提出了“化学原子论”。

## 九 评价的能力

评价的能力，就是从许多可能的方案中选定一个的能力。它对于创造性的科学研究工作具有很重要的意义。

在现代科学史上,有一位独树一帜的、以评价能力出众而名垂史册的科学家,他就是著名的犹太物理学家埃伦菲斯特。他善于对科学思想和科学理论作出明确而尖锐的评论。因此,他常被邀请参加各种科学会议。不少著名科学家象爱因斯坦、普朗克等都喜欢同他讨论重大的科学问题。爱因斯坦曾经为他的去世慨叹说:“我们都知道他的去世对我们是多么大的损失。”

电子理论的创立者、荷兰物理学家洛伦兹,也以卓越的评价能力著称。他具有异乎寻常的识别能力和评价理论的能力,并且一贯把自己的意见开诚布公地发表出来。因此,爱因斯坦、薛定谔等人曾经屡次向他求教。作为一个重要因素,这种能力使他成为物理学界公认的领袖。著名德国科学史学者赫尔曼援引历史指出:“洛伦兹一再发表有系统的科学评论,给每个特定领域的科学发展状况作出精辟的分析。……在这些受到广泛重视的评论中,洛伦兹考察了所有在他看来是重要的那些贡献,他的评价被人们作为准则来运用,凡是洛伦兹接受的,他们就接受;凡是洛伦兹反对的,他们就反对,或者最多称做‘有争议的’。”

评价科学理论的标准是什么呢?当然,首先要看它们是否同客观现实(实践)相符合。近代自然科学的奠基人伽利略就是用实验方法去评判亚里士多德的物理学理论的。他在青年时代写的第一篇关于运动的物理学论文中就明白指出,只要他的观点符合经验和理性,就一点也不在乎它是否和旁人的观点相一致。他正是用经验和理性这两把尺子来衡量被中

世纪的欧洲人奉为圭臬的亚里士多德的物理学，并且发现它的谬误的。就在这篇论文中，他正确地对亚里士多德关于自由落体速度的学说提出了怀疑。后来，他还在对亚里士多德的物理学的挑战中，发现了惯性原理。这个原理是牛顿所完成的整个古典力学体系的“逻辑的和历史的起点”。

逻辑上的一致性，就是没有矛盾性，也是评价科学理论的一个重要标准。这在数学中尤其突出。现代数学常常利用数理逻辑的“公理化形式系统”来判明一个数学理论的一致性。例如，为了判明初等数论的一致性，就可以把它和数理逻辑的“狭谓词演算”这个“公理化形式系统”结合成一个整体。于是，数论的公理成了“公理化形式系统”的前提，而数论中的推演就是“狭谓词演算”里的所谓“限制推演”。然后，再根据“狭谓词演算”中的“演绎定理”，只要检查这种推演是不是符合“狭谓词演算”的推理规则，就可以判明初等数论的一致性。

除了上述两个标准以外，评价还常常要根据美学标准（主要是“优美”和“简单性”）来进行。德国物理学家海森堡曾经给科学理论的“优美”做过这样的解释：“‘优美’是各部分相互之间以及整体之间真正的协调一致。”美籍德国物理学家魏耳甚至把“优美”的标准放在“真实性”标准之上，他说：“我的工作总是力求把‘真实’和‘优美’统一起来，但是当我必须在两者之间作出抉择的时候，我通常选择‘优美’。”当然，事实上这两个标准是一致的。魏耳提出的引力规范理论，起先从表面上看来好象不真实，但是他觉得这个理论优美，舍不得放弃，就把它保存在自己的著作《空间-时间-物质》里。很久以

后，这个理论果然被纳入“量子电动力学”，证明魏耳是正确的。

现代科学巨匠爱因斯坦非常重视“简单性”的标准。他指出：“实际上，自然规律的‘简单性’也是一种客观事实，而且正确的概念体系必须使这种‘简单性’的主观方面和客观方面保持平衡。”他甚至说，科学理论的“进化是循着不断增加‘逻辑基础简单性’的方向前进的”。

应当指出，这里说的“简单性”不是通常所理解的“简单”，而是具有深刻内涵的哲学概念。自然界是物质的，物质是运动的，运动是有规律的。自然规律具有“统一性”。科学定律和理论的“简单性”正是这种“统一性”的反映。

1919年，一支科学考察队到西非海岸观察日全食，来检验“广义相对论”所预言的“星光经过太阳附近引力场的时候将发生偏转”的效应。有人问爱因斯坦，如果观测同他的理论不相符，将怎么办。爱因斯坦把考察队发来的关于观测结果的电报放在一边，并不急着拆阅，他坚定地回答说，他相信自己的理论，因为它符合“简单性”的准则。

评价不仅在一项科学工作完成以后进行，而且常常要在半途进行。这样，可以在长期的创造性探索过程中修正前进的方向。控制论创始人维纳早年曾经和波兰数学家巴拿赫各自独立地创立了“泛函分析”的所谓“巴拿赫-维纳空间”。在取得了初步成功之后，维纳就考虑是否应当再沿着这个方向研究下去。他从美学角度评价了这项工作，觉得它不够标准，认为自己不能把事业和前途押在它上面，就毅然决定改弦



更张。以后，他走上了创立“控制论”这条坎坷崎岖、却是通往光辉胜利的道路。

对于科学研究机构和工业企业的领导者和管理者来说，评价能力显然是非常重要的。苏联心理学家曾经做过这样的试验，给一批科研机构领导者每人二十五份其他研究机构的工作报告，要求他们按十个等级来评价它们。这种试验旨在评价这些“评价者”自己，测验他们的评价能力怎样。结果表明，有些人能够运用全部十个等级；少数人甚至把等级分得更细，给每个等级添上“+”和“-”。但是另一些人却只会利用很少几个等级，例如优秀的给十级，满意的给五级，低劣的给一级。心理学家把前一种人称做“分辨水平高的人”，把后一种人称做“分辨水平低的人”。很可能，他们的差别就在于评价能力的高低。令人感兴趣的是，评价能力高的一般都是优秀的领导者，他们知人善任，能够根据属员的不同情况分配合适的工作。

在现代科学技术高度发展的条件下，对评价能力提出了空前高的要求，以致许多国家建立了专门进行评估的机构。例如，美国在1972年创建了评估局，由各个领域的一百七十位专家组成。它在1979年完成了三十个项目的评估工作，广泛涉及能源、粮食、遗传和人口、保健、材料、国际安全保障、研究开发计划、海洋、宇宙技术、国际协作、情报系统以及交通等领域。这三十个项目按优先顺序排列如下：一，技术对于国家水资源问题的影响；二，全球性替代性粮食的前景；三，增强健康和预防疾病的技术；四，技术和世界人口；五，技术对于土地产

量的影响；六，技术对于生产率、通货膨胀、雇佣问题的影响；七，技术和人类的基本要求相适应；八，技术和和平的关系；九，微处理机对社会的影响；十，适用于宇宙的技术应用；十一，有利于节约材料的设计；十二，军用机器的未来；十三，技术对物资流通的影响；十四，气象和天气的技术；十五，全球性通信、电磁频谱的分配；十六，有关长寿的问题；十七，可控热核聚变；十八，技术和精神卫生；十九，技术和教育；二十，按照处方给药问题；二十一，森林资源技术；二十二，保健技术和第三世界的疾病；二十三，电动汽车的利用和影响；二十四，美国粮食生产的研究和优先发展顺序；二十五，代用材料技术；二十六，深海矿物开发；二十七，工业上的能源效率；二十八，适应居住需要的技术的作用；二十九，废弃物海洋没弃；三十，身体伤害和技术。

可见，评价能力有日益广泛的重要意义。

## 十 “联结”和“反联结”的能力

这里，我们首先要论述一下知觉这种心理现象。人的心理过程包括认识、情绪和调节等三个方面。对认识活动来说，它分做感性认识和理性认识两个阶段。上面已经指出，感性认识包括感觉和知觉两个阶段。知觉是感觉和思维之间的一个重要环节。知觉是对感觉材料进行初步加工，就是初步的分析和综合，来达到对所感知的外界事物的综合反映。因此，作为一个心理活动环节，知觉既包括感觉，也包含以表象和知

识为形式的过去的经验。

“联结”和“反联结”这两种人所固有的能力正是建立在上述认识心理的基础上的。所谓联结的能力，就是人在知觉的时候，把所感知到的对象联结起来，并且把这些新的信息同以前的知识和经验迅速地结合起来。否则，所感知的信息就不能变成知识，不能转化成智能的一部分。

古人在知觉和描述星空方面明显地表现出这种结合的能力。在天文学发展的萌芽时期，人们就已经把在天穹上观察到的星星联结成群体，就是星座。我国古代把星空分做三垣和二十八宿。古埃及人把天球赤道带的星星分做三十六群。古巴比伦人和古希腊人也是这样。现在国际公认的星座共有八十八座。

当然，对知觉材料进行联结和组合的原则可以多种多样，比如按照某个明显的共同特征。十六世纪荷兰出生的英国植物学家洛贝耳把叶子的形状当做组合植物类群的标准，从这里他辨认出了禾本科植物、百合属植物和兰科植物等天然类群。当然，这种依据直观知觉作出的划分还不是科学的分类。事实上，洛贝耳错误地把蕨类植物和某些单子叶植物划归同一类群。

人能够把新知觉到的信息同以前知道的结合起来，再把它们纳入已有的知识体系之中——这种能力是产生新思想的条件和前提。

十九世纪，欧洲的生物学冲破了中世纪“言必称希腊”的桎梏，涌现出一批包括前面提到的洛贝耳在内的新一代博物

学家。他们开创了生物学的新时代。这个时代的特征是进行长途旅行,大量采集许多以前不知道的动植物品种的标本,广辟动物园和植物园,竞相编印“植物名汇”等书籍。这些充分运用知觉联结能力的工作终于结出了硕果:产生了制定系统的生物分类方法和生物形态学的思想。在这个时期里,这两个学科得到了很大的发展,奠定了现代生物分类学和形态学的基础。

但是,为了认识的目的,我们每个人也都在不同程度上具有反抗联结的能力。这种能力就是使知觉和以前积累的知识相对抗,避免“先存知识”的压力,把观察到的东西同夹杂在其中的解释分开。它竭力使观察“纯净化”,可以称做“反联结”的能力。当然,任何人都无法把知觉同它的解释完全分离来。

这种“反联结”的能力对于科学家也具有重要意义。如果作为有目的的知觉的观察,过多地夹杂着理论解释,那就往往会导致虚假的发现。十九世纪中叶的所谓“原生态生命”的发现,就是科学史上一个明显的例子。

达尔文在1859年提出生物进化论以后,十九世纪六十年代,许多达尔文主义的支持者错误地掀起了一股建立“普遍进化论”的热潮。这种进化论企图囊括全部生命和非生命物质:在这个“普遍进化”过程中,先从“原始星云发展成恒星和行星”,然后产生“原生态生命”,最后进化到“高级形态”,就是产生了人类。

这方面影响比较大的是十九世纪德国进化论者、生物学

家耐格里。他主张动植物的细胞不是生命的基本单位。细胞由他所称的“分子团”这种更小单位组成，“分子团”类似无机物的晶体。因此，无机物质和有机物质之间不存在真正的差别。“分子团”通过吸引力互相聚合在一起，并且在有水存在的时候形成活的细胞。生命就是用这样的方式在自然发生着。人类是从简单的自然发生的单细胞动物借助于一种机械性质的内在完善力进化过来的。

其实，耐格里等人的“生命自然发生论”并不是什么新鲜事。早在科学还不发达的古代，无论在东方还是西方，人们对生物大量产生感到惊奇，就自然而然地认为“生物是从无生命物质中产生出来的”，并且传说什么“从人体排泄的汗水中产生虱子”，“从腐败的肉类中产生蛆”，“从沙漠岩石中产生狮子”，等等。

生命起源之谜虽然到现在还没有完全解开，但是最近几十年已经取得了重大进展。1972年，成立了国际生命起源研究学会。现代科学资料表明，有四十五亿年历史的地球，在头十亿到十五亿年间，经过化学演化产生了生命物质，并且发展出原始生命体。这证明了恩格斯关于“生命的起源必然是通过化学的途径实现的”这一论断。科学家今天面临的关键问题，是要弄清楚原始细胞究竟是怎样形成的，以及化学进化是怎样转化为生物进化的。今天已经提出了种种假说。特别要指出的是，我国科学工作者在1965年首先人工合成了有生命活力的结晶牛胰岛素，还测定了它的空间结构，为生命物质蛋白质的研究作出了重要贡献。1981年，我国又首次用人工方

法合成了具有和天然分子相同化学结构和完整生物活性的一种核糖核酸——酵母丙氨酸转移核糖核酸。这标志着人类在探索生命的征途中又跨出了重要的一步。

1857年，法国科学家巴斯德用他的著名实验打破了“自然发生论”的最后据点——微生物自然发生论。自然发生论者援引肉汁腐败会产生微生物当做证据。巴斯德设计了一个实验：他把肉汁放入一个玻璃烧瓶里，把瓶口加热拉长，弯成U字形。然后把肉汁煮沸，冷却后放在实验室里，看肉汁会不会发臭。玻璃瓶跟外界相通，空气可以自由进出，可是由于瓶口弯曲，微生物却不能进入。经过许多日子，肉汁还是清新的，不会发臭。如果把那根U字管弄断，情形就改变了。不久，肉汁就发臭了。这就清楚地回答了问题：肉汁发生腐败，是因为细菌之类的微生物从空气中落到肉汁上了。原来连最低级的生物也有“母亲”，不能自然发生。

虽然巴斯德雄辩地解决了当时法国科学院悬赏解决的“自然发生论”问题，但是“普遍进化论”的拥护者对这件事不加理睬，仍旧一心寻找生命从死物中发生的环节，以便证实他们的理论。

1866年传来了“福音”，著名德国进化论者、生物学家海克尔声称，他用显微镜在用酒精处理过的深海软泥中发现了原生质构成的原始生命有机体。其他科学家如获至宝，纷纷出来证实这个发现，甚至“证明”在全世界一片汪洋的时候，到处都是这种原生质。这样热闹了十年才真相大白，原来这个发现是虚假的，所谓“原生态生命”，其实是包含在海水中的硫酸

钙在酒精作用下形成的胶体。海克尔由于完全让“头脑里的理论”来支配自己的知觉，终于闹出了“捕风捉影”的大笑话。顺便提一下，海克尔写过一本名著《宇宙之谜》，在宣传达尔文进化论和唯物主义上作过很大的贡献。但是正象列宁所说的，由于他还不懂得历史唯物主义，因此成了社会达尔文主义者和“普遍进化论”的拥护者。就在《宇宙之谜》这本书里，海克尔写着：“我完全赞同他（指耐格里——引者）的‘否认自然发生就是宣布奇迹’这句话。”

过分热衷于把观察到的东西同既有的理论观念联结起来，常常会使研究者受到无情的捉弄，导致他对观察作出荒谬的解释。联结的能力是重要的，也是不可或缺的，但是必须用反联结的能力同它相抗衡，加以调节，才能正确地寻求真理，把握真理。

## 十一 产生思想的能力

创造性才能的又一个重要因素是产生思想的能力。我们要获得创造性的成就，就得进行学习、研究和探索，就必须具有形成新思想的能力。孔子说：“学而不思则罔”（意思是只学习不思考，就一无所得）。孟子也说：“心之官则思，思则得之，不思则不得也。”这些话把思考的重要性阐述得很清楚。

我们产生的思想，不应当要求每一个都正确，因为好的思想不是一下子就能在头脑中形成的。不过，我们提出的思想越多，出现好思想的机会也就越多。牛顿谈起他成功秘诀的

时候说：“我一直在想，想，想……”。他在自己的主要著作《光学》的最后部分，提出了三十多个“问题”。这些问题瑕瑜互见，既有熠熠闪光的真知灼见，也夹杂着一些今天看来是显而易见的谬误。但是，正是因为牛顿“问题”提得多了，才迸发出了光辉思想的火花。

思想不是单纯地把两个或者若干个概念联系组合起来。概念的组合应该在内容上正确，应该反映概念所代表的现象之间的客观联系。这种协调一致是思想真实性的所在，是评价思想的首要准则。十九世纪德国伟大思想家、文学家歌德，在他的《箴言和沉思》一书中指出，小孩学说话，意味着他在学习使表达思想的词句同事物、人、行为和知觉等相符合。正因为这样，每个科学思想起先总是被当做假说来对待的，等得到证实以后，才成为真正的科学思想。例如，法国物理学家德布罗意在1924年提出了一切微观粒子都具有波粒二象性，就是“物质波”的假说。后来在1927年，美国物理学家戴维森和革末用电子衍射实验证明了这个假说是正确的，使它上升到科学思想的地位。

另一个准则是思想的广度，就是思想应该能够概括和解释各种各样的大量事实。最卓越的思想还要包含或者预言新的还没有被发现的现象。心理学家曾经用这样的方法来检验一个人产生思想的能力，要求他用给定的三个语词，造一个有意义的句子。比如这样三个语词，湖、月亮、小孩。当然，根据产生思想的能力的差异，各个受测试的人会造出不同的句子来。例如，月光下孩子在湖中游泳，或者小孩在湖中看到月亮



的影子，等等。这是最简单的产生思想的例子。在思想广度和复杂程度的标尺的另一端，我们可以把达尔文的自然选择的思想作为例子。达尔文认为生物进化主要是通过自然选择，生物在外界条件影响下发生变异，有利于生存的变异逐代累积加强，不利的就逐渐被淘汰。根据这个思想，生物学家能够说明生物种属的形成以及生物的适应性和多样性，把到那时候为止的浩瀚的零乱观察资料纳入一个严密的体系里。

评价思想的准则还有深刻性和基本性。深刻的思想所把握的对象或者它的各别性质之间的关系不是表面的，也不是直观的和显而易见的，要求深入到现象的本质才能发现。一般说来，这种思想也就是基本的思想。它们是理论的基础，也是产生其他思想的基础和根据。

我们试举一个例子。爱因斯坦创立“狭义相对论”的时候，经典物理学正面临着深刻的危机。著名的“迈克耳孙光速实验”企图证明地球相对于“以太”运动，却没有成功。麦克斯韦电动力学应用到运动物体，引起了不应有的不对称……爱因斯坦摸索了十年，终于透过种种表面现象，找到了问题的症结在于作为经典物理学基础的绝对空间时间观念（它认为空间是同运动和物质无关的“容器”，时间也同它们无关地流逝着）是错误的。他提出了“同时性是相对的”这个思想，在不同地点发生的各种事件的同时性不是绝对的，而是相对的，也就是说，只是相对于一个确定的坐标系（惯性系）来说的，因为传达信号的光速是有限的。正是从这个深刻而基本的思想出

发，他在1905年发表的《论动体的电动力学》创立了“狭义相对论”，这篇历史性论文共分十节，第一节就是《同时性的定义》。

现在讨论一下大脑产生思想的心理和生理机制。为了产生思想，至少要有两个保存在头脑中的神经元模型兴奋起来。它们的对比，构成了思想的实际内容。巴甫洛夫的前驱、十九世纪杰出的俄国生理学家谢切诺夫，在他的《思想的元素》一书里指出：“在一切民族、一切时代、一切部族和一切智能的发展阶段中，思想最简单的语言形象总是归结为……有三个成分的语句”。这三个必不可少的构成部分是：主语、谓语和系词。谢切诺夫的这个见解同基于神经元模型理论的思维观念十分符合。

大脑对任何思想都赋予某种具体的代码形式。这些形式包括形象（视觉和空间形象、声音形象）、符号（语词、文字符号、数字）和情感。不同的人运用各种代码形式的能力各不相同。例如，画家善于运用视觉和空间形象，音乐家善于运用声音形象，数学家善于运用文字符号和数字，演员善于运用情感。关于思想的情感形式，俄国戏剧理论家斯坦尼斯拉夫斯基曾经说过：“既然对过去的一个体验的回忆可以使你脸色惨白或者变红，既然你们害怕回想过去遭到的不幸，那么这就是说你们是有情感记忆的。”其实，这种能力甚至对于科学家也很重要。美国数学家维纳根据自己的切身经验，在《我是一个数学家》中写下了这样一段话：“事实上，如果说有一种品质标志着—一个数学家比任何别的数学家更有能力，那我认为这就

是能够运用暂时的情感符号，以及能够把情感符号组织成一种半永久的可以回忆的语言。如果一个数学家做不到这点，那他很可能会发现，他的思想由于很难用一个还没有塑成的形态保存起来而消失。”

可见，发展创造才能不但要不断地积累和扩大惯用的代码的数量和范围，而且还必须懂得哪种代码适合于哪种对象。这样，思维才能最大限度地发挥效益。这就是说，思维对信息进行编码的方式，应当同它所反映的对象的内容和结构很协调地相适应。例如，微分方程是描述行星运动的最佳形式，张量演算能够很好地表达弹性体的各种现象，电路用复变函数来表述就比较方便。

在文学艺术中，不同的内容也要用不同的代码来表达。俄国十九世纪著名作家陀思妥耶夫斯基在给友人的信里说：“我甚至相信，对于不同的艺术形式，有同它相应的一系列美妙崇高的思想。因此，一个思想绝对不能用不适合它的形式来表达。”歌德强调，努力把握特殊性是艺术的生命（包括表达形式方面），他说：“到了描写个性的时候，所谓文体也就同时开始了。”

可见，虽然我们大脑处理信息的基本规律是不变的，但是信息代码的形式却应当灵活运用。可以说，个人思维特点同当时科学面临的问题的结构两者正好适合（也就是所用的思想代码形式和研究对象协调一致），才是科学家要做出重大成就所必须具备的条件之一。

英国物理学家麦克斯韦可以算得上是这样一个幸运

儿吧。

前面提到过,在十九世纪四十年代,法拉第根据他所发现的电磁感应现象,提出了“场”的概念。这样,物理学就面临一次大综合——建立关于光、电和磁现象的统一的电磁理论。承担这个任务的人不但必须具有法拉第那样深邃的物理洞察力,同时又要具有杰出的数学才能,而且更加重要的是,还应当能够把这两种才能紧密地结合起来。麦克斯韦完全具备了这些条件,他终于完成了这个大业。麦克斯韦早年在剑桥大学攻读数学,每当一个问题可以用数学分析求解的时候,他却总是独特地使用图解方法。他的老师、数学分析大师霍普金

指出:麦克斯韦是自己所遇到过的具山米培敦的人 依田老杨

高山之巅的大炮，如果用每秒八公里的速度（称做第一宇宙速度）把炮弹从水平方向发射出去，炮弹就可以环绕地球飞行。牛顿的预言给二十世纪兴起的空间科学技术以直接的启示。从1919年开始，科学幻想作家竞相创作飞向月球的故事。四十年以后，苏联发射了飞向月球的宇宙火箭。又过了十年，美国“阿波罗”登月飞船终于把两名宇航员送上了月球，实现了人类的宿愿。1977年八月二十日，美国“旅行者一号”太空船离开地球去探察木星、土星和天王星，它将在1989年离开太阳系，去星际空间作永久的遨游。

人类令人赞叹的预见能力充分表现在科学幻想小说之中。十九世纪，法国著名科学幻想作家儒勒·凡尔纳被誉为“能想象出半个世纪甚至一个世纪以后才能出现的最惊人科学成就的预言家”。事实正是这样，他在作品中幻想的电视、直升飞机、潜水艇、霓虹灯、导弹、坦克等，今天都已经出现。现代英国科学幻想作家乔治·奥维尔的名著《1984年》（1949年出版）中曾经预测了一百三十七项发明，有人统计，到1979年为止，其中已经有八十项成为现实。

文学家在创作中也要运用预见的能力。歌德在晚年总结自己创作经验（《歌德谈话录》）的时候说：“我在二十岁的青年时代写了《葛兹·玛·裴尔列兴根》，十年以后，我对描写的真实仍然惊叹不已，这样的事物我并没有见到过或者经验过，关于人事的种种知识，我一定由于预感才具有的。……但是我却自信，我同任何人哪怕只交谈十五分钟，我就能写出他两小时之久的谈话来。”十九世纪的英国著名诗人雪莱，被恩格

斯称誉是“天才的预言家”，他也认为，诗人“不但深刻观察了现在的实际情况，发现现存事物应该遵守的法则，而且还从现在观察到将来。”

科学预见的产物(新的思想和观念)，虽然在当时的客观世界中没有原型，但是它的构成元素却都是现实存在的。人在预见的时候，在头脑中建立起由因果联系构成的事件环链的模型。同时，他还应用过去的经验，因为在重复出现的现象中可以找到规律性。这样，人们就可以顺着这模型化的事件环链，推测出它的最后一环，作出预见。

十七世纪，英国天文学家哈雷预言哈雷彗星，就是一个典型例子。这位英国格林尼治天文台第二任台长，是靠自学成为天文学家的。他十九岁就写出一篇确定行星轨道要素方法的论文，交给了英国皇家学会。但是，哈雷的成名是由于他预言了后来用他的名字命名的一颗大彗星。1705年，哈雷公布了他根据牛顿提出的方法所确定的从1337年到1698年之间出现的二十四颗彗星的轨道要素。他发现其中1531年、1607年和1682年出现的三颗彗星的轨道要素是相似的，而且都是围绕太阳的扁椭圆。牛顿在这以前指出，至少有一些彗星围绕太阳沿着扁椭圆轨道运行，并且周期地回到近日点。现在，这三颗彗星都相隔七十五年到七十六年。因此，哈雷断定这三颗彗星实际上就是一颗彗星。这样，他就在头脑中建立了那颗彗星出现这种事件的因果链（原因是一颗彗星周期地回到近日点，结果是相隔一定时间观察到相似的轨道），并且根据已有的三次经验，预言它在1758年前后将再次回来。那年(哈

雷死后十六年)年底,这颗彗星果然如期回来,后来又在1835年和1910年回来过两次。今天,科学家正在等候哈雷彗星于1986年再次返回,他们准备发射一个探测器到它头部去探究“虚实”。

科学巨匠牛顿和爱因斯坦都根据他们的科学理论作出过不少重要的预言。其实,科学史上卓越的预见史不绝书。俄国化学家门得列耶夫,根据自己提出的元素周期律,预言了未知的新元素,这些元素后来都被人们发现了。1930年,英国物理学家狄拉克根据自己创立的“相对论性量子力学”,预言了“正电子”的存在,结果在1931年被美国物理学家安德森所证实。英国物理学家卢瑟福在二十年代初预言的“中子”,后来由英国物理学家查德威克在1932年发现。日本科学家汤川秀树在1935年为了解释核子间的相互作用力,提出这种力是通过交换介子来实现的,后来在1947年由英国物理学家鲍威尔在宇宙射线中发现。我国著名地质学家李四光根据他创立的地质力学,预言新华夏构造体系里蕴藏着大量石油,这个预言后来也被地质开采证实了。

优秀的科学幻想小说也都是凭坚实的科学知识作依据的。凡尔纳一生亲手摘录的笔记多达两万五千本以上。这位博学、多产的小说家,在撰写近一百种小说的时候,无一不是根据大量的资料。例如,他为了写一本《月球探险记》,曾经研究了五百多种图书和资料。

现代社会经济和科学技术的高度发展,产生了系统预测未来的迫切需要,同时也为预测未来提供了包括电子计算机

在内的必要技术条件。于是，以科学技术预测为主要内容的未来学就在本世纪四十年代应运而生，出现了职业的未来学家。六十年代，各种专门预测未来的智囊机构象雨后春笋般地涌现出来。进入七十年代，未来学研究在国际范围内更趋活跃。有我国学者参加的世界未来研究联合会，于1979年在柏林举行的会议上发表了《科学、技术和未来——柏林宣言》，提出了科学技术预测的近期、长期的需要和目标。

未来学家进行科学技术预测，着眼于预测对象的过去和现在，严谨地分析研究其中各种倾向和相互影响的来龙去脉，以便定性定量地推测这些倾向的未来进程。科学技术预测可以完成范围广泛的任务，确定研究和发展的目标、方向、重点，制定有关的科学技术活动的计划、预算以及管理、协调和实施的措施。

前面说的“阿波罗”飞船登月成功，就是一个显示科学技术预测威力的卓越事例。六十年代初，美国政府组织了各个公司、大学和实验室的四十二万名专家，耗资二百五十亿美元，制定了周密的“阿波罗”登月计划。根据这项计划的预测，美国总统在1961年宣布，要在“十年里把人送上月球”。这个计划还成功地预测出研制飞船和登月所需要的经费。科学技术预测的这个空前成功举世瞩目。从此，人们对它刮目相看，它也就开始走上长足发展的道路。

科学技术预测学已经发展出了众多的预测方法。这里举几个例子。现代科学学奠基人之一、英国科学家贝尔纳提出利用科学的网络模型，根据规划和组织的观点来预测“交叉



点”，就是边缘科学的生长点和它们的“催化作用”。

科学家还提出了一种“功能分析”的方法，可以预测科学成就和研究经验的应用和效益的最终时间、范围、可能性。这种方法把研究领域按它的特征组织成适合于规定目标的复杂体系。匈牙利科学学专家法卡斯利用这种方法制定了一种培养化学工程师的计划，它由一些成分各异的、用功能连结起来的“问题球”组成。

用古希腊神话中众神占卜未来的聚会地特尔斐命名的预测方法，是一种应用广泛而有效的重要预测方法。它用简明的征询表向专家征求意见，再借助可控的反馈作用，根据他们的一致意见，对未来作出可靠的预测。

科学预测还利用现代科学技术成果，主要是利用电子计算机作为手段。美国微生物学家埃利奥特创造了预测麦秆腐烂情况的计算机模式。这个工作的基础是麦秆腐烂过程中氮和碳对微生物生命周期影响的数学描述。预测的结果将会表明，当人们为了防止土壤流失而采取减少耕作措施的时候，留在田里的麦秆腐烂以后，对作物的营养周期和肥料需要将产生什么影响。这个计算机模式还可能应用在一个更大的预测农业生态系统的模式之中。

### 十三 运用语言的能力

运用语言这种心理现象的神经生理基础，是巴甫洛夫提出的第二信号系统的活动，这个信号系统是人类独有的，它的

刺激信号是语言。第一信号系统是人和动物共有的，它的刺激信号是直接作用于感觉器官的各种具体刺激，象光线、声音、气味等。

语言是交际的工具。对于创造性工作来说，它更是思维的工具。马克思和恩格斯在《德意志意识形态》中指出：“语言是思想的直接现实。”“语言是一种实践的……现实的意识。”爱因斯坦在研究了语言和思维的关系以后，也下结论说，“一个人的智力发展和他形成概念的方法，在很大程度上是取决于语言的。”1927年，人们曾经在印度发现过两个在狼群中长大的小女孩。她们没有语言，智力低下。可是，同她们年龄相仿的孩子已经很会运用语言，思维也相当复杂了。

运用语言的能力，对于文艺家和社会科学家的重要性自然不用说，就是对于科学创造来说，它也是科学家才能的一个重要方面。著名现代西方科学史家雅梅成功的重要条件之一，是受过严格的语言学训练。控制论创始人维纳是语言学家的儿子，从小受到严格的语言训练。上面讲到过，激光器发明人、美国物理学家汤斯原先也是专攻语言学的。

科学家运用语言完成的重要功能是把思想记载下来，对它们进行批判性的考查，象揭露逻辑上的矛盾、方法上的疏忽和理论上的失误等，使思想得到锤炼，最后达到科学创造的成功。

牛顿在四年的中学时期做了大量笔记。他终生保存的笔记本，有几本一直流传到今天。从这些笔记里可以看出，牛顿在少年时代对日常生活现象和自然现象都有整理分类的强烈

爱好。这里，无疑也充分发挥了运用语言的能力。笔记里记载的内容包括配颜色、几何问题、哥白尼日心说等，这些对他毕生的科学工作都有重要影响。

日本物理学泰斗汤川秀树由于预言存在传递核力的 $\pi$ 介子，获得了1949年诺贝尔物理学奖。在作出这个预言之前，一天夜里，他躺在床上，产生了有关介子传递核力的思想。第二天清晨起来，他就马上把它记录下来，然后深入地进行仔细考查，终于使这个思想臻于完善。

运用语言的能力，就是对于堪称语言大师的作家来说，也是一个重要手段。十九世纪俄国杰出的现实主义作家果戈理曾经有过一段精采的自白，这番字字珠玑的话是很值得一读的：“一开头，必须把一切想到的潦草地写出来，尽管很坏，很散乱，但是绝对要把一切写出来，以后就把这个草稿搁起来。过上一个月、两个月，有时候也许还要更久些，你再拿出所写的东西来读一读吧。你会发现有很多不对的、多余的、没有达意的地方。你在空白的地方做一些订正和注解，然后再搁起来。下次读它，仍要在空白的地方添上新的注解，写不下了就移到远一点的页边。当全都写满了字的时候，你就亲手把它誊写在另一个笔记本上。这时候忽然又会出现新主意，于是，剪裁、补充，把词句重新组织一遍。在以前的文字中会跳出一些新的字句来，这些字句非安置在那里不可，但是不知怎么的，它们却不会一下子就写出来。你再放下那个笔记本吧！你去旅行，去消遣，你什么也不要做，或者去另外写别的东西。时间一到，你就想起那个被抛开的笔记本了。你拿起它，读

一遍，用同样的方法改一改，又被涂抹得乱七八糟，你再亲手誊写一遍。这时候就会发现，随着文字的坚实、句子的成功和洁净而来的，你的手好象也坚实起来了。于是，每个字也更加强硬和坚决了。应该这样做八次，必须是亲手修改之后，工作才算完全艺术地了结，才会得到创作的真谛。再多的修改和审阅，也会有损作品的。就象画家们所说的，是画过度了。”从这里可以看出，他是用语言作为工具，使作品臻于完善的。

在为进行科学创造而运用语言的时候，很关键的一点是要掌握术语的运用。科学语言由自然语言、专门术语和各种符号(包括字符和图表)所组成。如果说科学语言是一张网，那术语就是这张网上的网结。善于正确地运用术语，是保证科学创造活动顺利进行的一个重要条件。

科学术语最大的特点是单义性和稳定性。一词多义在语言中是常见的现象。可是，科学术语是单义的，它们常常有严格的定义。二十世纪物理学巨擘、丹麦物理学家玻尔很懂得“单义运用”术语的重要性。正是由于重视了术语的精确性，他才认识到了因果原理可以运用在原子物理学上。

科学术语都相当稳定，不会因为科学概念的发展而发生改变。比如光的概念在科学史上迭经变迁：微粒说、压力说、波动说，最后是波粒二象说，可是“光”这个术语却依旧不变。力的概念和“力”这个术语也是这样。最早，古希腊哲学家亚里士多德把力局限在从接触而产生的作用上；后来牛顿把“力”用于吸引和排斥作用；以后，除了引力以外，“力”又相继

应用于电磁相互作用、弱相互作用和强相互作用。这样，到现在为止，我们知道自然界有四种力，可是“力”这个术语仍旧不变。不过，少数虚假的科学概念，一旦真相大白，相应的术语也就寿终正寝了。例如，十九世纪法国空想社会主义者傅立叶采用的“法朗吉”，是指臆想的共产主义社会的基本组织单位，它建立在空想上，同时“实验”又屡次失败，于是这个术语就成为历史的陈迹。再如，化学史上的“燃素”是给臆造的火元素取的名字。

除了上面所说的表述作用以外，术语在科学认识活动中，在一定程度上还具有创造的功能。首先，它促进新知识和新概念的形成。比如近代科学对物质结构的认识，可以追溯到古希腊学者德谟克利特和伊壁鸠鲁的朴素原子论。作为聪明的猜测结果而提出的术语“原子”，一直启迪着后世的科学家。十七世纪英国化学家波义耳根据原子论首先引入了“元素”的概念；接着在十九世纪，英国的道尔顿在实验事实上建立了科学的原子论；后来意大利的阿伏伽德罗又引入了“分子”的概念；二十世纪初期，人们进一步打开了原子的大门。涓涓细流汇成了江河。今天，洋洋大观的基本粒子物理学也走到了酝酿新突破的前夜。

再如，维纳在自传中谈到，他曾经邀集一批神经生理学家、通信工程师和计算机科学家，在美国普林斯顿大学举行学术讨论会，他发现大家在会上说的那些话，只消用“记忆”和“反馈”这两个词就能加以概括，不管这些人从事的是什么职业。于是，维纳的控制论思想就更趋成熟了。人们把举行这

次会议的普林斯顿大学看成是控制论的发祥地。

另外，术语还决定科学理论和科学知识的形式结构，成为它们的逻辑结构的要素。库恩在他的名著《科学革命的结构》中，就是借助“范式”、“共同体”、“正常”和“反常”等一整套有特定严格意义的专门术语来构筑他的科学革命理论的。

最后，术语还有固定和指导科学认识过程的作用。政治经济学中的术语“商品”就起了这个作用。马克思的《资本论》，正是从“商品”这个客观事物的概念入手，研究资本主义社会的经济结构，来了解这个制度的发生、发展和灭亡的规律的。再如，“信息”这个古老的语词，自从在本世纪中期成为专门的科学术语以来，迅速地在越来越多的领域里指导着科学认识的过程。它最初的生长点是通信技术。智慧之树在“信息”的浇灌下结出了累累硕果。

电子计算机和机器人，无非就是信息处理机；信息同系统和反馈概念一起，构成了现时风行世界的控制论；遗传物质DNA携带的信息揭开了生物遗传的奥秘。今天，信息已经渗透到了各门科学和技术中去了，成为现代科学技术的三大支柱之一。

## 十四 完成的能力

完成的能力是指持之以恒地完成已经开创的工作，以及不畏艰辛、一丝不苟地刻画细节和使独创的原始思想臻于完美的能力。意大利文艺复兴时期最伟大的雕刻家米开朗琪罗

曾经写过：“细节能够创造出完美，可是完美不能创造出细节”。这就是说，进行一项创造，为了臻于完美，就必须精心刻画细节；一旦全部完成了，作为整体的作品就超越所有的细节。

艺术史上有两件轶事很能说明细节对整体的重要性。明朝权倾一时的宰相严嵩，由于家藏宋代名画《清明上河图》这件艺术瑰宝而自鸣得意。每逢宾客来访，严嵩必定把这幅名画拿出来炫耀一番。有一次，有个客人一眼看出这幅画是赝品，因为画上一只麻雀竟大得跨了两行屋瓦。假冒到了维妙维肖的伪作，就因为这个微小的破绽而原形毕露。无独有偶。德国曾经有个骗子，借口一座古老教堂行将倾圮，把它封闭起来；他趁机在里面画上许多壁画，冒充十二世纪一个著名画家的作品，借机骗取钱财。可是，这些冒充的古画也由于一个细节的失真而败露了。因为画上的家禽里有一种吐绶鸡，它是十五世纪末才从美洲传入欧洲的。

一个思想如果没有必要的细节使它完善，那么，不管它怎样精深，都将难以得到公认，甚至湮没无闻。因此，完成能力在使创造性工作的成果取得普遍意义和产生社会价值方面，起着很重要的作用。法拉第把“工作，完成，发表”当做自己的座右铭。苏联数学家克雷洛夫入木三分地指出：“在任何实际事业中，思想只占百分之二到五，其余的百分之九十五到九十八是实行。”科学史上有许多事例可以作为这些至理名言的例证。

我国明代医学家李时珍早年就立志整理千百年来的药物

和药方。有了这个想法,只是千里之行的第一步。从此,他一方面博览古代医学典籍,吸取各家的精华,做了满满几箱子笔记。另一方面周游四方,进行实地调查。当时交通极不方便,李时珍只能用毛驴代步。他到过江苏、江西、安徽、湖南、广东等地,访问了各行各业的劳动者。归来以后,他投入编纂、撰文、描图和刻书等艰苦细致的工作。这样,经过三十个春秋,李时珍终于完成了煌煌巨著《本草纲目》。这部著作收载一千八百九十二种药物、一千一百二十六幅附图和一万多个药方。这部典籍在世界科学技术史上占有重要地位,在医药学和植物学方面具有重大价值,已经被译成多种文字在世界上广泛流传。

我国古代科学巨著,还有北魏贾思勰的《齐民要术》、郦道元的《水经注》、北宋沈括的《梦溪笔谈》、明代宋应星的《天工开物》、徐霞客的《徐霞客游记》和徐光启的《农政全书》等。

在西方科学史上,这类事例也相当多。

英国哲学家罗素为了撰写三大卷《数学原理》,必须把全部数学用逻辑方法推导出来。这项工作的艰苦性是常人难以想象的。从1900年动手到1910年脱稿,担负主要工作的罗素每天写作十到十二小时,手稿堆积如山。他外出的时候,总担心房子失火把书稿毁了。在把手稿送去付印的时候,他不得不雇了一辆四轮马车来运送。他十年辛勤工作的结果,在经济上竟和怀特海各赔了五十英镑!但这项工作使他赢得了世界声誉。

牛顿的名著《自然哲学的数学原理》被誉为“人类心灵最



伟大的产品”，也是这方面的一个典范。他是在1684年着手撰写这部划时代巨著的。在这以前，他的一系列卓越的力学思想已经形成。由于不少学者慕名向牛顿登门求教力学方面的问题，他就产生了写这部著作的念头。为了这本书的写作，牛顿也经历了一段辛勤劳动的历程。他废寝忘食，一天只睡四五个小时，陷入极度的冥思苦想之中。有时候，他不记得自己是否已经吃过饭，甚至衣服只穿一半就整天失神地坐在床沿上。他从不休息片刻，极少离开房间，惜阴如金。他在写作过程中不断地遇到疑难问题，进展缓慢。直到1687年，全书三编才全部脱稿。美国学者霍尔对这部著作作了这样的评价：“整个科学史上，没有一部著作在创新或者思维力量方面可以和《原理》相媲美，在取得的伟大成就方面也是这样。没有哪一部著作能使自然科学的结构发生这样重大的变化……这种情况只有在这样的场合下才能发生：实验和观察、机械论的哲学和先进的数学方法被揉合成一个自身完整的、能够用任何实验加以证实的思想体系。”这部著作的第一编是严谨的天体力学理论。第二编论述了十分普遍的运动，尤其是流体力学。第三编运用第一、二编中推导出的运动普遍规律来解释自然界的各种实际问题，例如行星运动、月球运动、潮汐、二分（春分、秋分）点的岁差等。

西方科学史上的这类著作，还可以举出波兰天文学家哥白尼的《天体运行论》、意大利物理学家伽利略的《关于托勒密和哥白尼两大世界体系对话》和英国生物学家达尔文的《物种起源》等。

## 十五 才能的结构

上面比较具体地论述了各种创造能力。这些能力是每个人都具备的。可是在这些能力上，每个人包括卓有建树的科学家和文学家，总是互有长短的，就是在同一种能力上，各人也表现得高低不一。问题是要善于发展自己的能力，把它们组织好，使自己的才能结构适合事业的需要。例如，兼备探索问题敏锐、思维灵活、善于产生思想和联想等能力的人，就有可能在自然科学的某个部门做出突破性的成就。

达尔文创立的生物进化论被恩格斯誉为十九世纪自然科学三大发现之一，为辩证唯物主义的创立提供了重要的自然科学基础。它把生物学放在完全科学的基础上，推动了生物科学的发展。作出这样巨大成就的达尔文，无疑是具备了出类拔萃的才能和合理的才能结构的。

但是，达尔文在《自传》里谈到自己的才能结构的时候，十分谦逊地说：“热爱科学，对任何问题都不倦思索，锲而不舍，勤于观察和收集事实材料，还有那么点儿健全的思想。实在令人惊讶的是，只有这些平凡才能的我，竟能对人们在某个重要科学问题上的见解产生非常大的影响。”

达尔文还详细描述了自己的才能和气质的种种特点。他在探索问题的敏锐性上表现非凡。他写着，“我超过常人的地方在于，我能够察觉那些很容易被忽视的事物，我还对它们进行精细的观察。”

达尔文这样谈到自己思维的其他特点：“我孜孜不倦地保持高度的思维自由，以便毫不犹豫地抛弃哪怕是自已最钟爱的假说（我总是忍不住对任何问题都要提出一个假说），只要发现它同事实不符。”这里一下子就表现出两个特征——善于产生思想（就是善于提出假说），同时思维灵活（就是随时准备抛弃已经露出破绽的假说）。

达尔文认为自己的记忆力很平常，“我的记忆范围很广，但是比较模糊。它只能使我知道，我曾经观察过的或者读到过的某个东西证明了或者背离了我现在得出的结论，可是过了一段时间以后，我总还能记得应当到哪里去找我的根据和出处。”达尔文的记忆力特点，是每当需要什么知识的时候，就能回忆起它们的出处，虽然他的心理过程速率并不高。他写着：“我在想象敏捷上并不出众，也谈不上机智……因此，我是蹩脚的评论家，初读任何文章或者书本总使我欣喜不已……我追踪纯粹抽象思想长链的能力十分有限，因此我在哲学和数学上从来一无建树。”他还对自己不能自如地用语言表达思想深感不满：“我很难明晰而又简洁地表达自己的思想……我的智能有一个不可救药的弱点，使我对自己的见解和假说的原始表述不是有错误，就是不通畅。”

可见，达尔文作为一个伟大的生物学家，他的才能结构是：探索问题敏锐，善于产生思想，思维灵活；记忆力一般，不善于抽象思维，评价能力和运用语言的能力比较逊色。

文学艺术家的才能也有个结构的问题。十九世纪著名作家雨果在他的《莎士比亚的天才》中写着：“天才的特征之一，

就是把相距最远的一些才能结合在一起……”。正是由于具备这种才能结构，莎士比亚才“能这样随心所欲地驾驭现实，并且使他自己的主观偏好和现实并行不悖”，在他的作品中创造出了“喜剧在眼泪中发光，呜咽从笑声里产生，形象混杂在一起相互碰撞……”这种令人倾倒的艺术境界。

十九世纪法国伟大的现实主义作家巴尔扎克曾经这样谈到艺术家应当具备的才能：“作家应该熟悉一切现象、一切感情。他心中应当有一面把事物集中在一起的‘镜子’，变幻无常的宇宙就在这面‘镜子’上反映出来……因为他不但需要看见眼前的事物，还要想起过去的事物，用经过某种选择的语言表达自己的印象，用诗的形象的全部魅力美化它们，或者把最初感觉的生动性赋予它们。……许多杰出人物都有天赋的敏锐观察才能，却不善于用生动的形式体现自己的思想；另一些作家词句优美，却缺乏洞察力和好学不倦的精神，以便发现和记住一切。这两种才能在某种程度上产生了文学的视觉和触觉。这个人的长处是技巧，另一个人的长处是才思；这个人手抚琴弦，可是没有创造出引人落泪或者发人深思的崇高和声；另一个人因为没有乐器，只能写出供自己歌咏的诗篇。”

巴尔扎克在这里指出了文学家应当兼备哪些能力。

应当指出，实际上每个科学家和艺术家的才能都是因人而异的，各有千秋。因此，非常重要的是，除了自觉地发展自己专业所需要的能力以外，还应当认清自己的才能结构，以便在具体实践中扬长避短，充分施展自己的才能，形成自己的独特风格。

例如，俄国文豪托尔斯泰，读了次子创作的两篇短篇小说后告诫他，选取的题材应当同自己的才能和阅历相适应，否则作品就会象这两篇东西一样，因为缺乏艺术感染力而归于失败。

## 第二章 创造才能的源泉

鲁迅先生说得好：“其实即使天才，在生下来的时候的第一声啼哭，也和平常的儿童的一样，决不会就是一首好诗。”这就是说，人的才能，即使是禀赋优越的人的才能，也都是后天得来的。

“天才就是勤奋。”这是一条颠扑不破的真理。苏联革命文豪高尔基曾经说过：“天才就是劳动，人的天赋就是火花。它既可能熄灭，也可能燃烧起来，而使它成为熊熊烈火的方法只有一个，那就是劳动，再劳动。”

我国流传着不少古人勤学成才的故事。例如，西汉大学者匡衡从小喜爱读书，但是家里穷得点不起灯。他发现隔壁人家每晚点灯到深夜，就机智地用凿子在墙上凿了个小孔，天天借光夜读。

法国资产阶级大革命的思想先驱之一、著名哲学家卢梭出身贫寒。他在艰难的学徒和流浪生活中，用难以置信的毅力坚持自学，成为一代伟人。卢梭在当学徒期间，冒着受惩罚的危险，争分夺秒地读书。为了得到书籍，他不惜典卖衣物和借债。在流浪中，他更以重病之身，面对死亡的威胁，坚持不懈地学习。

意大利著名物理学家费密幼年家境清贫。他在寒冷的冬天，每夜坚持挑灯苦读，冻得坐在自己双手上看书，因此只好用舌尖舔纸来翻过书页。牛顿小时候寄居在舅父家。有一次他去放羊，羊群走得杳无踪影，当舅父找到他的时候，只见他躲在灌木丛中全神贯注地看书。

这些事实都说明，才能和知识都是勤奋学习的结果。

那么，人们有没有禀赋上的差异呢？禀赋和创造才能的关系怎样呢？还有，智力是否遗传呢？这些问题都是下面要论述的内容。

人的心理和创造才能的物质基础是大脑。因此，要科学地阐明上述几个问题，或者总起来说，就是阐明创造才能的源泉问题，在很大程度上要依靠我们对大脑“内情”的了解。现代脑科学经过一百多年的发展，已经取得了相当大的成果，开始揭开大脑这座迷宫外面的帷幔。到今天为止，脑科学，包括心理学、脑生理学和脑化学，究竟给我们描绘出了怎样的一幅图景，为创造才能的源泉和有关问题提供了怎样的答案，这些也都是本章要论述的内容。

## 一 禀赋和才能

今天，否认个人之间存在禀赋上的差异，就象否认地球呈球状一样荒谬。神经形态学用确凿的材料证明，每个人的大脑具有解剖学上的个体差异，特别在微观结构上的差异更大。电子显微神经形态学的研究表明，随着深入到脑组织微观水

平的程度的提高,个体结构的差异也成比例地增长,在突触(神经元之间传递信息的结构)和亚神经元(细胞内结构)水平上的差异,比在神经元水平上要大得多。这个研究有希望导致建立个体大脑结构差异类型学。结构的差异要反映到功能上,这样,个体大脑结构差异类型必然同个体心理差异类型相联系,这里也包括个体智力在高低和特点上的差异。当然,今天离开弄清楚这种联系还非常遥远。

作为禀赋差异的极端情形,在实际生活中时常可以看到才能出众的儿童,就是所谓“神童”。他们的优异才能,虽然主要是靠严格的早期教育和良好的发展环境,但是不容否认,也包含着禀赋的因素。

我们来举些例子吧。意大利大诗人但丁,九岁就会赋诗。奥地利作曲家莫扎特,六岁就担任了音乐会主角。德国作曲家贝多芬,十三岁就创作了三部奏鸣曲。法国哲学家、科学家帕斯卡和哲学家孔德,十三岁都成了思想家。英国数学家汉密尔顿,五岁就能读拉丁文、希腊文和希伯来文。

禀赋优越只是提供了发展优秀才能的基础。禀赋超常的儿童长大以后不一定成为才能卓著的英才。这是因为,才能是在一定的生理素质的基础上,在教育和环境的影响下,通过不断勤奋学习和社会实践逐渐形成的。美国心理学家做过的一次研究,雄辩地证实了这一点。

在介绍这个研究以前,有必要先说一下“智力商数”(“智商”)这个概念。1905年,法国心理学家比纳和西蒙提出用智力测验的方法来衡量人的智力水平。这种心理测验根据他们



编制的“量表”来进行，量表是按年龄阶段编制的，它包含一系列课题或者任务细目，每一个系列各有它规定的标准分数。采用这种量表对一定数量的同年龄儿童进行测试，根据解答的平均成绩，确定每个受测试的儿童的所谓“智龄”。例如，一个五周岁的儿童在五岁组测验及格，他的智龄就是五岁；如果在六岁组测验也能及格，他的智龄就是六岁。然后，就可以按公式求得显示他智力发展水平的智商： $\text{智商} = \text{智龄} \div \text{实足年龄} \times 100$ 。例如，某儿童智龄同实龄相等，那么智商等于一百。比纳和西蒙把智商一百二十以上的算做“聪明”，八十以下的算做“愚蠢”。他们认为，十三岁到十六岁是智力成熟的时期。

美国心理学家特尔门，独树一帜地用追踪观察的方法来研究智力超常儿童的才能发展。在1921-1923年期间，特尔门选择一千五百二十八名智商超过一百三十的中小學生，其中男生八百五十七人，女生六百七十一人。他对所有对象都作了学校调查和家庭访问，详细了解老师和家长对他们智力的评价，还对三分之一的人作了体格检查。1928年，他又重访这些学生所在的学校和家庭，了解他们进入青少年时期以后的智力发展和变化情况。1936年，这些研究对象都已经长大成人，各自走上了不同的工作岗位。特尔门继续采用通信的方式进行随访，掌握他们的才能发展状况。1940年，他特地把这些研究对象邀集到斯坦福大学来座谈，并且作了一次心理测验。以后，他仍旧坚持每隔五年作一次通信调查，直到1960年。

特尔门逝世以后，美国心理学家西尔斯等人继续进行这项研究。1960年，这些研究对象的平均年龄已达四十九岁。西尔斯作了一次通信调查，人数是原先的百分之八十。1972年，他再次进行了通信随访，被调查人数仍旧保持在原先的百分之六十七。这时候，他们的平均年龄已经超过六十岁。

这项研究前后持续半个世纪，积累了大量的宝贵资料，研究表明：早期智力超常并不能保证成年以后具备杰出的才能，卓有建树；一个人的能力大小同儿童期的智力高低关系不大；有才能、有成就的人并不都是老师和家长认为十分聪明的人，而是那些长年锲而不舍、精益求精的人。由于这项研究成果在心理学上具有重大意义，美国心理学协会在1976年把卓越贡献奖授予这项研究。

事实上，前面列举的禀赋超常的杰出人物，他们都是深深受益于良好的早期教育和有利环境的熏陶，又经过自己长期的刻苦努力而成才的。

控制论创始人维纳在他的题名《昔日神童》的自传中，详细地谈到了自己幼承庭训的情景。维纳的父亲是个造诣很高的语言学家，曾经翻译过俄国文豪托尔斯泰全集。他对维纳从小就精心培养，严格要求，进行系统的教育，讲授古代、近代的各国语言和数学。维纳四岁就能够自由阅读书籍，他手不释卷地读了洪堡文库所收的图书，甚至包括法国医学家关于精神病学的著作（应当指出，这方面的科学知识同他后来创立控制论有密切关系）。

十九世纪著名英国哲学家、逻辑学家穆勒三岁起就受到

父亲的悉心教育。父亲还指导他阅读的时候应当批判地注意作者的观点，培养了他的思想家气质。穆勒三岁开始学希腊文，不久就能读希腊文版的《伊索寓言》、色诺芬的《远征记》和柏拉图的著作等书籍。他在阅读史学著作的时候，父亲就从旁指点他辨别作者的保守观点，这样激发了他的创造兴趣。穆勒在十二岁那年就编纂了罗马政治史。

莫扎特从开始作曲起，经过七年勤学苦练，才创作出有灌唱片价值的作品。他在创作生涯前十年里的作品都不是他的代表作，这些作品也许具有能手的水平，但决不是大师的水平，它们所以出名是因为出自一个少年的头脑。

综上所述，智力超常的儿童只有经过良好的教育和培养，日后才能成为出类拔萃的英才。因此，对智力超常并且已经显露出一定才能的学生，采用适当的形式（例如设立专科学校）进行专门教育，对于造就优异人才无疑是具有重要意义的。

那么，怎样鉴别这种优秀儿童和学生呢？

美国学者里思提出了以下十几个项目作为进行鉴别的心理学准则：

一，知识和技能：具有基本技巧和知识，能够适当应用这些技巧解决具体问题；

二，注意力集中：不容易分心，能在充分的时间里对一个问题集中注意力，来求得解决的办法；

三，热爱学习，喜欢探讨问题和做作业；

四，坚持性：把指定的任务作为重要目标，用急切的心情

去努力完成它；

五,反应性:容易受到启发,对成人的建议和提问都能作出积极反应；

六,理智的好奇心:从自己解答问题中得到满足,并且能够自己提出新问题；

七,对挑战的反应:乐意处理比较困难的问题、作业和进行争论；

八,敏感性:具有超过年龄的机灵性和敏锐的观察力；

九,口头表达的熟练程度:善于正确地应用众多的词汇；

十,思维流畅:能够形成许多概念,善于适应新的比较深刻的概念；

十一,思维灵活:能够摆脱自己的偏见,用他人的观点看问题；

十二,独创性:能够用新颖的或者异常的方法去解决问题；

十三,想象力:能够独立思考,富于想象力；

十四,推理能力:能够把给定的概念推广到比较广泛的关系中去,能够从整体的关系中去理解给定的材料；

十五,兴趣广泛:对各种学问和活动都感兴趣,象艺术、戏剧、书法、阅读、数学、科学、音乐、体育活动和社会常识；

十六,关心集体:乐于参加各种集体活动,助人为乐,和他人融洽相处,对别人不吹毛求疵；

十七,情绪稳定:经常保持自信、愉快和安详,有幽默感,能够适应日常变化,不暴怒。



们的智能不比文明国家的人低。

人脑的“超剩余性”是怎么来的呢？人脑的发达是进化的产物。决定这个进化的，是由于人类结成社会而产生和发展的劳动和语言。从类人猿向猿人的进化，从猿人向新人的进化，都是由于社会性的共同劳动促使语言的产生，并且从单调声音的语言发展到音节分明的语言。作为社会交际工具而产生的语言，同时也就成为思维的工具。劳动、语言和思维的发展促进了人脑的发达。人类学研究表明，五十万年以前的印尼爪哇猿人的平均脑量是八百七十毫升，可是现代类人猿的脑量只有三百二十五到六百五十毫升。法国圣拉沙拜尔地方的古人的脑量已经超过一千三百五十毫升。到古人阶段以后，人脑不再增大，而继续朝着脑结构复杂化的方向发展。

总之，随着大脑发展到一定大小和复杂程度，原始人就能够从交换高等动物（比如现代类人猿）也具有的信号，转变到使用音节分明的语言。从这时候起，第二信号系统开始完善。人脑开始具有用概括而抽象的概念来进行思维的能力，这种概念概括力很强，用于记忆和交际十分方便。这种思维能力大大减轻了人脑的负担，保证它具有“超剩余性”。因此，人脑的“超剩余性”是同音节分明的语言和抽象思维的产生以及意识的发展分不开的。

人脑的“超剩余性”决定了人类有能力完成远比生存需要更加复杂的功能，这正是它同高等动物大脑的一般剩余性存在原则区别的地方。

人类在精神文明和物质文明建设上不断取得进步，可是

同一时期人类本身没有发生什么显著的进化，这是靠了人脑的“超剩余性”的作用。人类社会的发展史和认识史都证明了这一点。

“超剩余性”是一个功能范畴，它不是解剖学范畴。尽管人脑的结构保持不变，可是“超剩余性”却能够随着知识的积累和内涵更广、概括力更强的概念的产生而增长。

德国物理学家海森堡考察了全部自然科学发展史中抽象概念的形成和发展过程。他揭示出在自然科学发展过程中，始终贯穿着他称做“抽象结构的展现”这种“基本现象”。具体说来，人类最初在特定的情况下，根据经验，通过抽象而形成概念，这种概念后来证明比我们原先的想象更加丰富和有成效。它们在后来的发展中表现出一种独立的整理能力，就是能够概括更丰富的新材料，并且促进新的更加抽象的概念的形成。这些概念不但象以前的概念一样发挥作用，而且更胜一筹，这样不断地发展下去。因此，海森堡认为，科学好象是由于“内在的强制力量”才向越来越抽象的方向发展，科学的进步正是这种“基本现象”的反映。海森堡这个研究正是从科学史角度证实了人脑“超剩余性”假说。

海森堡具体考察了各门自然科学中的这种发展过程。在数学中，最初产生的是数和计数的概念。这两个概念孕育了算术和数论。在根据数论建立几何学的时候，发明了无理数的概念。函数概念开辟了通向高级分析就是微积分的门径。“群”的概念启发人产生了在更高的抽象水平上用统一观点来整理和理解全部数学的想法。集合论是这个思想结出的果

实。集合论又是通向数理逻辑的桥梁，后者的发展终于导致今天用极端抽象的概念来讨论数学的基础，它跟任何现实事物的关系已经非常疏远。

在生物学里，第一步抽象是研究对象从个别有机体变为各种生物功能：生长、新陈代谢、生殖、呼吸、循环等。它们逐渐具备整理的能力。对物种的研究产生了达尔文进化论，它第一次提供了从统一观点解释众多生命形态的可能性。对呼吸和新陈代谢的研究导致探索生命有机体中的化学过程。这样就架设了从生物学通向化学的桥梁，开始了生物学的下一个抽象阶段。今天，已经取得了这样的成就：发现了一些需要用分子生物学的语言来表述的、支配地球上一切生命过程的非常普遍的联系。一个具体的例子是“基因”。“基因”是具有特定核苷酸顺序的脱氧核糖核酸(DNA)区段，是储存特定遗传信息的功能单位。

化学的发展同生物学相象。其中一个阶段是原子价概念的发展。这个具有抽象和统一作用的概念表示原子相互化合的能力。化学家借助这个概念，能够对极其多样的化学反应作出统一的解释。这个发展导致今天能从原子物理学观点来探索原子价概念，使得现代化学家可以用抽象的公式语言，来理解化学一切分支的内容和成果。

最后是物理学。牛顿把起源于感觉经验(例如提起重物)的力的概念变成力学中的抽象概念(它用动量的变化来定义)。牛顿用力、质量、速度和动量等少数几个概念建立了一个今天已经扩充到能够处理一切机械运动过程的封闭理论体



系。后来，法拉第创立了场的概念，导致麦克斯韦的电磁理论、爱因斯坦的狭义相对论和广义相对论相继出现。爱因斯坦希望把广义相对论扩展成整个物理学的基础，他大半生致力于统一场论的工作。关于这项工作，近年来取得了重大进展，展现了美妙的前景。

海森堡描绘的这幅科学发展图景是对人类认识自然的能力不断进步的生动写照。当然，人类认识能力的发展是无止头的，今天的成就只是未来发展的一个新起点。正象毛泽东同志所说：“人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”

人脑的“超剩余性”为人类认识世界提供了无穷无尽的可能性。

### 三 反映的能动性——心理发展的条件

德国生理学家季捷曼研究了海豚的大脑，发现它的发达程度只比人类和猩猩差一些，它的平均重量(一·七公斤)甚至超过人类(一·四公斤)，大脑皮层的脑回也比人类的多一倍。因此，海豚有很高的智能。英国科学家李尔里经过研究指出，海豚的心理活动必须使用良好的控制论装置才能进行研究。瑞士学者波尔特曼测验了人类和某些高等动物的智力：人类大约二百五十分，是第一名；海豚大约一百九十分，是第二名；象是第三名；猴是第四名。海豚经过训练能够学会很复杂的行为，比如向嘴上戴规定数目的圈环。

可是很明显，海豚远不能把它很高的智能付诸实现。这是因为，高度发达的神经系统(足够大而又足够复杂)仅仅是智能发展的必要条件，但不是充分条件。人类的智能可以跟动物有质的不同，无限地超过动物，是因为人类以社会性的劳动能动地作用于周围环境。正是在这种能动的作用过程中，人脑产生了它所独有的高级心理反映形式——意识。意识这种人脑所独有的机能，是自然的产物，也是社会的产物。马克思指出：“意识一开始就是社会的产物，而且只要人们还存在着，它就仍然是这种产物。”

因此，无论人类的社会心理还是个体心理的发展，都以“通过能动地作用于周围环境而实现的人脑的能动反映机能”为条件。

从个体心理发展来说，为了使幼儿的智能健康地发展，必须进行早期教育。现代欧洲心理学家发现，一个出生后五六年里一直同社会隔绝的儿童，他的智力就永远赶不上同龄的孩子，他一生再也掌握不了最高深的人类知识。我国古籍《荀子·法行篇》中引用孔子的话说：“君子有三思——而不可不思也；少而不学，长无能也，……”。可见，孔子已经懂得了早期教育的重要性。

美国心理学家最近一二十年开展的婴儿心理研究表明，新生儿就已经有记忆了，婴儿长到四五个月，记忆已经很复杂，能够很快获得信息，长时间记住东西，比如一个图形，他还具备了一定的识别能力，比如分辨男人和女人。

心理学的研究表明，儿童受教育越晚，潜在能力发挥就越

差。相反，受教育越早，儿童智能发展就越健全，越迅速。研究资料表明，我国儿童五岁多一点，已经普遍具有识字的能力，能够学会二十三种汉字笔划，在四十分钟里学会三到十二划的汉字七八个。在1980年召开的第二十二届国际心理学大会上，匈牙利心理学家卡尔梅提出的研究报告表明，五岁半到六岁半的儿童在创造性思维测验中已经表现出具有相当程度的能力。

正象上面所说的，心理发展的条件是反映的能动性。因此，儿童的家庭教育和学校教育相比，学校教育显得更有效、更重要。因为除了良好的教育条件以外，学校的社会性比家庭强。心理学的研究证明了这一点。例如，匈牙利学者卡尔梅对在幼儿园的和不在幼儿园的儿童作了创造性测验的对比，发现前者的创造性比后者好。美国心理学家曾经在秘鲁专门就学校教育对儿童心理发展的影响作了研究。他们对在校儿童和同一地点、同年龄的失学儿童作了比较测验。测验内容不从学校讲授的材料中选取，因为目的是考核这些儿童的认识能力，而不是学业成绩。研究结果突出地表明，无论记忆力、学习成绩还是其他认识方面的表现，在校儿童都比较好。

人的心理是在认识世界和改造世界的活动中发展起来的。因此，在社会中生活而不脱离实践的人，只要一息尚存，他的智能就仍在发展。“活到老，学到老”的道理也正在这里。这个心理发展规律说明，一个人只要不断地勇于实践，就能毕生保持“智慧之树”常青，不断开发大脑“超剩余性”所提供的

潜力。

现代心理学已经开始打破老框框，不再局限于研究从出生前到二十岁左右的所谓成长期的心理发展，转向研究终生的心理发展。西方兴起给各种年龄的人，直到迟暮之年的老人，开设大学，正是反映了这种趋势。这不独是心理学研究的一个重要的理论课题，而且在人类平均寿命普遍大幅度增长的现代条件下，对人才的开发和利用也具有重大的现实意义。

其实，我国古代学者很早就已经有了这种心理思想。荀子的《劝学篇》是中国心理思想史上的重要典籍，其中写着：“君子曰：学不可以已。青，取之于蓝，而青于蓝；冰，水为之，而寒于水。……故木受绳则直，金就砺则利，君子博学而日参省乎己，则知明而行无过矣。”荀子在这里用形象的比喻生动地说明，学习决不能停顿，而进步是无止境的；只要坚持不懈地广泛学习，就可以达到“知明而行无过”。孔子在《论语·为政篇》中说得更加明白：“吾十有五而志于学，三十而立，四十而不惑，五十而知天命，六十而耳顺，七十而从心所欲，不逾矩。”人到了七十岁，智能才达到炉火纯青的地步，可以运用自如而不犯错误！可见，孔子对个人心理的毕生发展真是洞若观火。

三国时期的杰出政治家曹操，在他的《步出夏门行》这首千古绝唱中，用恢宏的气度写下了“老骥伏枥，志在千里；烈士暮年，壮心不已”的豪迈诗句。这也是对无数心理永葆青春的人的讴歌。

我国地理学家和气象学家竺可桢，八十二岁高龄增订了

开创中国物候学研究的著作《物候学》一书，其中新增加的一章《一年内生物物候推移的原动力》，论述了他晚年新开拓的一个领域。化学家杨石先，在年逾八旬的高龄，在我国农药科学中开辟了植物激素研究这个新领域，赶上了世界先进水平。在他指导下研制成功的“784-1”植物生长调节剂，能使大豆、花生显著增产。罗素八十岁开始写小说，文学评论家们称赞他后来发表的小说集具有十八世纪讽喻作品的格调，非常出色。八十四岁去世的歌德，临死前还在伏案挥笔。

古代典籍《老子》里说：“大器晚成，大音希声”。杰出的人才是长年努力的结果。这同样说明了心理发展的道理。这里不妨引用一副古代联语作为结语：

“大本领人，当时不见有奇异处；  
敏学问者，终身无所为满足时。”

#### 四 大脑的宏观结构和神经元的生物化学

脑科学——关于大脑这个人体最重要、最复杂的器官的结构和功能的科学，近几十年来已成为科学家们竞相探索的前沿领域。在1967到1977年的十年间，全世界从事脑科学研究的科学家人数增加了近四倍。中国科学院在1981年专门设立了上海脑科学研究所。

经过科学家们长期的努力探索，二百多年前人们为了掩盖无知而当做“黑箱”看待的大脑，正在逐渐露出自己的“庐山真面目”。

大脑的结构功能单元是神经细胞,就是脑细胞,也称做神经元。大脑中总共有脑细胞一百亿到一百四十亿个,其中百分之七十集中在大脑皮质部分。神经细胞的区别不大,类型也有限,根据最新的数据,不超过一百五十种。近年来的研究表明,其中特别重要的类型是星状神经细胞,人的高级心理活动同它有关。不过,这种观点到现在还没有找到充分的根据。

在显微镜下观察,大脑是由很多重复的单元构成的、分成两个半球的系统。大脑的复杂性不在于神经元类型和组合的多样性,而在于它们之间的无数相互联系。神经元之间通过突触的联系不是杂乱无章的,而是组成一个个块、部和区。大脑皮质有若干层,每一层主要由一种类型的脑细胞组成。层数最多处可以达到六层;皮质的不同部位,层数也不同;层的结构因区而异。大脑的心理功能由这种生理的宏观结构所决定。各部分结构上的差异是它们功能特异性的基础。这就是说,大脑不同部位具有不同的功能。

十九世纪末,德籍医生加尔提出的“颅相学”开创了“脑功能定位”理论。加尔认为,人的各种心理特征都在大脑中占据一定的部位,大脑不同部位的发达程度会反映在颅骨的外形上。1861年,法国医生布洛卡发现大脑有一个“控制讲话用肌肉”的“语言区”。从此,不断有科学家发现大脑皮质上的各个功能部位。到了二十世纪五十年代,德国神经学家彭菲尔德给清醒病人的裸露大脑各部位接上电极,通过电流刺激,确定了大脑皮质运动区和感觉区等部位的功能,并且根据它绘

出了精细的脑功能定位图。以后的一个重大成就前面已经谈过，就是确证了大脑两半球功能的高度专门化。由于这项工作，美国心理学家斯佩里获得了 1981 年诺贝尔医学奖。

现代神经生理学家利用脑功能测试技术“放射性同位素标记法”，进一步证实了“脑功能定位”理论。人的脑细胞在活动的时候要消耗葡萄糖，活动越多消耗量也越大。因此，如果能够探知大脑皮质不同部位摄取葡萄糖的速度，就可以知道相应部位的脑细胞的活动情况。不过，脑皮质所摄取的葡萄糖一般很快就代谢掉了，只有一种脱氧葡萄糖不会发生代谢。所以，科学家把用放射性同位素标记的脱氧葡萄糖注入人的血管，就可以用仪器跟踪测量脱氧葡萄糖在大脑皮质不同部位中的积累速度，来测知相应部位脑神经活动的强弱。这样，根据接受试验的人进行什么活动，就可以确定大脑相应部位的功能。比如，用这种方法做的试验表明，接受测试的人观看的景色越复杂，脑皮质视觉区的活动量就越大；可是，痴呆患者在接受测试的时候，脑中视觉区和听觉区都没有明显变化，而掌管逻辑思维的区域的大脑神经活动显著减弱。用这种方法还作出了一个有重要意义的发现：鼠衰老以后，只是特殊脑区活动减弱，尤其是感觉和运动区的脑神经活动显著衰退，但是学习和记忆区的脑神经活动保持不变。

应该指出，这样或那样的心理机能的基础不在于一个细胞（包括星状细胞）、一个区域甚至一个半球的工作，而在于不同脑区能动地联系起来的功能系统的协调活动。苏联科学家克拉乌克利斯等通过研究表明，片面地过度利用某个大脑半

球,会使另一个半球受到抑制,对整个大脑的工作带来不利的影响。比如,当管理器官功能和抽象活动的左半球负担过重,但是管理形象思维的右半球却负担不足的时候,个性的和谐发展将会受到损害,造成思维贫乏,神经过度紧张。遇到这种情况,为了调节大脑的活动,人们应当设法利用休息时间,去欣赏一下大自然,听听音乐或是搞搞绘画,来刺激“活动不足的”右半球。

本世纪五十年代以来,随着生物化学的发展,脑科学的研究也日益深入到神经细胞的微观结构和它的生物化学过程中去了。1977年十一月,四千名脑神经学家在美国举行的一次会议上证实,只有通过化学途径,才能弄清楚大脑活动的全部机制。科学家现在已经探明,脑细胞中有四十多种生物化学物质。

除了前面已经提到过的同记忆有关的生物化学物质以外,这里再介绍脑化学方面的几个新发现。

哺乳动物机体中有一种尿素酶,它的任务是使尿素氧化变成尿囊素。但是,类人猿和人类已经丧失合成尿素酶的能力,体内的尿素不再发生进一步的化学变化,存在血液中,从肾脏中分泌出来。尿素的分子式很象咖啡因。因此,和咖啡因一样,它也能刺激大脑的工作。所以,导致丧失合成尿素酶的能力的突变(或者突变系列)在人类的进化中具有巨大意义。就是说,发达的大脑只是保证了进行抽象思维这种智能工作的可能性,而且只有在一定的有利条件下,这种可能才会变成现实,象尿素这种生化物质的参与就是条件之一。



近年来，在人类和动物的大脑里还发现了内啡肽这种物质。它的性质同吗啡惊人地相象，镇痛效果甚至胜过吗啡。研究表明，大脑释放内啡肽的数量会影响人类和动物的行为。大脑释放的内啡肽过多，会引起幻觉、狂躁等精神失常症状，可是释放的内啡肽过少，又会造成忧郁等症状。另外，情绪愉快可能也同内啡肽有关。

脑化学家还用新的化学标记法作出了一个重大发现：每个神经元都能够发出它自己的化学信息流，告诉另一个神经元怎样行动。这项研究将进一步揭示大脑信息流通的详情，它的意义不可限量。

### 第三章 创造的气候

人的才能不是与生俱来的,而是在后天通过学习得到的。一个人的创造才能的形成和发展,除了个人的努力以外,还有赖于教育的作用和环境的影响。

上面已经讲到,卓有成就的人,大都在早年受到过良好的家庭教育。日本物理学家汤川秀树小时候,他那地理学家的父亲经常带他去山中林间散步,让他受到大自然的熏陶,同时还用浅显的语言给他讲述古希腊哲学家的自然哲学学说。这样,在汤川秀树幼小的心灵里很早就播下了朴素的科学自然观的种子。他后来成为日本物理学界的泰斗、介子的预言者,这无疑是重要因素之一。

学校是培养人才的摇篮。美国著名实验物理学家迈克耳孙上中学的时候,校长培养了他对科学的兴趣。校长在实验室里发现了他的实验才能,就悉心培养他掌握实验技能。迈克耳孙后来成为美国物理学会和美国科学促进协会的会长。我国化学家杨石先上小学的时候,由于化学老师辛勤辅导他做了大量化学实验,使他同化学结下了不解之缘。

学校教育的重要问题是教育方法。我国最早在儒家经典之一《礼记·学记》里就有关于教育方法的论述。其中尤其值

得注意的是这样一段话：“君子之教喻也，道而弗牵，强而弗抑，开而弗达。道而弗牵则和，强而弗抑则易，开而弗达则思。和易以思，可谓善喻矣。”这里强调好的教育方法应当是注重开导，可是要做到这一点，就应该加强疏导和启发，不是一味灌输。这样，就能使学生养成独立思考的习惯。这是一个很重要的教育思想，对于培养创造才能具有重要的意义。可惜，这个思想长期以来，甚至到了今天，仍旧常常没有受到应有的重视。

晚清文学家龚自珍写过一首脍炙人口的著名诗篇：“九州生气恃风雷，万马齐喑究可哀。我劝天公重抖擞，不拘一格降人材。”封建社会末期思想禁锢压抑了人才的出现，只有社会发生大变动，造成有利的环境局面，才会涌现出大批英才。同样道理，科学人才和科学成就的产生、科学人才的才能以及各种专业才能的养成，也都离不开社会环境这个条件。除了整个社会的状况以外，这里还需要看到科学家总是置身在科学发展的潮流之中，常常要加入科学学派或者受到它的影响。

以上就是本章在“创造的气候”这个总题目下所要详细讨论的几个问题。

## 一 环境的影响

一个人受到的环境影响来自家庭、学校和社会三个方面。在早年生活中，对才能发展影响最大的无疑是家庭教育。俄国文豪列夫·托尔斯泰的二儿子在《我的回忆》里谈到，他原

先是个劣等生，但是由于父亲教育有方，后来他的数学成绩很好，而且爱上了数学。托尔斯泰教育方法的特点是条理清楚、注意趣味性、进度特别快。托尔斯泰是这样教希腊语的：教了字母以后，立刻就要求儿子读色诺芬的《远征记》。儿子起初急得要哭，后来终于学会了。他在参加中学入学考试的时候，翻译古典作品的水平使所有的教师感到惊讶。

在家庭教育中，如果家长在孩子面前摆出一副不可冒犯的权威面孔，那么儿童的思维能力就会刻板、呆滞。如果家庭教育着重培养独立性，儿童就会养成灵活的思维能力，想象力丰富，插上幻想的翅膀，海阔天空地随意翱翔。维纳小时候，父亲除向他灌输知识以外，还特别注意使他养成独立性。维纳在自己的回忆录《我是一个数学家》中谈到，如果不是父亲培养他具有独立性，他就只能是个才能平常的普通人。

历来的教育制度都偏重传授知识。现在看来，这是很不够的。教育的主要目的应当是培养求知欲和创造才能。当然，即使是最先进的教育方法，也要传授一定数量的知识，尤其是基本知识。问题是，教育的重心要从让学生学习和记忆知识转到培养他们的求知欲、独立性和创造才能上来。

古希腊哲学家德谟克利特曾经指出，必须力图达到的目标不是完备的知识，而是充分的理解。物理学家劳厄说得更加透彻：“重要的不是获得知识，而是发展思维能力。教育无非是一切已学过的东西都遗忘掉的时候所剩下来的东西。”这番话虽然不无过激之处，但是它的精神无疑是正确的。其实，一个人走出校门以后，他在实际工作中所表现出来的才能高

低，正是取决于“剩下来的东西”。在这方面，爱因斯坦也说过一番震聋发聩的话：“现代的教育方法，竟然还没有把研究问题的神圣好奇心完全扼杀掉，真可以说是一个奇迹，因为这样脆弱的幼苗，除了需要鼓励以外，主要需要自由；要是没有自由，它不可避免地会夭折。认为用强制和责任感就能增进观察和探索的乐趣，那是一种严重的错误。”

爱因斯坦还自觉地运用这种认识来改进自己的学习，这不能不说是他取得成功的秘诀之一。他认识到，哪怕是物理学的一个分支也能耗掉一个人毕生的精力。因此，他在学习物理学的时候，只去掌握那些导致深邃知识的东西，却把那些只能充塞头脑、使自己偏离主要目标的东西撇开不管。爱因斯坦还特别厌恶考试，他说：“在我通过最后的考试以后，有整整一年时间，对科学问题的任何思考都感到扫兴”。爱因斯坦幸运的是，他求学的瑞士苏黎世联邦工业大学考试最少（一共只有两次），也容许学生做自己愿意做的事情。爱因斯坦“大大地享受了这种自由”，这就为他后来的辉煌业绩奠定了很好的基础。

1979年诺贝尔物理学奖获得者、美国物理学家温伯格，早年在大学毕业以后，曾经慕名前往物理学巨擘玻尔领导的哥本哈根研究所进修一年。他怀着渴求知识的热望踏上旅程。可是到了哥本哈根以后，玻尔并没有给他开什么课程，只是指定原子核物理方面的一个研究课题叫他搞。他在大学里没有学过这方面的东西，因此他就边学习边研究了半年。剩下的半年里，玻尔又叫他研究基本粒子物理方面的一个课题。

在后来的研究生涯里，温伯格深刻体会到玻尔悉心培养他独立研究能力的好处。

托尔斯泰曾经在自己的家中教村里的孩子们读书。他特别重视培养他们掌握独具风格的语言，他从来不要求逐字逐句重复书上的语句，可是要求有“自己的东西”。有一次，一个孩子用了一个与众不同然而非常准确的字眼，托尔斯泰忙对人说：“我们不该只是教他们，倒是应该向他们学习。”

有利于创造的社会风气，不仅会促进求知欲滋长旺盛，激发探索“异常解决办法”的强烈兴趣，而且还会刺激新思路的开拓。有了这种风气，人们就会随时准备接受突破常规的新事物，愿意大力运用他人的创造性成就。

科学史上不乏这样的事例：由于社会过分崇拜著名科学家的权威，常常会使名不见经传的年轻科学家的有才气、有价值的贡献遭到埋没。这种风气严重地阻碍了创造才能的发展和新生事物的诞生，使人们不敢接受新的成就和思想，使它们的应用和推广被延缓了。

十九世纪上半期，欧洲数学界在辉煌的成就面前故步自封，不再勇于创新 and 开拓，只是满足于计算技巧，一味追求精确。使人惊讶的是，独树一帜、为打破这种沉闷局面挺身而出的，竟是年龄不到二十岁的师范大学预备生、法国青年数学家伽罗华。

伽罗华在少年时代就厌恶刻板的课堂教育，他说：“不幸的年轻人要到什么时候才不用整天听讲，死记听到的东西呢？”他从数学大师的原著中，不仅学到了知识，更重要的是

养成了勇于探索的独立精神和创造才能。正因为这样，他在研究高次代数方程解法这个数学问题的时候，独辟蹊径地从探索新思路入手。结果，他提出了“群”的概念，发现了每个代数方程必定有反映它特征的“置换群”存在，创立了关于“群”的“伽罗华理论”。“群”的概念不仅使得有可能在更高的抽象水平上来整理全部数学，而且还是发展不少学科比如基本粒子物理的不可缺少的工具。可是，这样有价值的论文竟被法国大数学家柯西漫不经心地弄丢了，后来又受到了另一位权威泊松的否定。随着不满二十一岁的伽罗华在1832年过早地死去，他的理论也跟着湮没无闻。在埋没了半个多世纪以后，这颗数学明珠才得以重放光华，现代“群论”终于走上了创立、发展和广泛应用的康庄大道。

法国教师布莱叶发明盲文的史实也记录了这样的不幸遭遇。

布莱叶十二岁的时候，就注意到盲人用的书非常笨重。后来，他又发现这种书摸读起来非常困难，并且常常出差错。于是，他产生了进行革新的大胆设想。这个少年十四岁就已经完成了今天所称的“布莱叶盲文”的创制。布莱叶把他发明的这种供盲人书写和摸读的凸点符号文字体系让专门的盲人教育机构试验了五年。虽然他令人信服地证明了他的阅读方法很容易学，而且阅读准确度也大大提高，但是由于传统偏见的束缚，有关当局拒绝使用这种盲文。只是在布莱叶死去四十三年以后的1895年，法国才采用了布莱叶盲文，后来它又传到世界各地。

## 二 创造能力的培养

学生的学业成绩优秀并不保证将来一定就具备高度的创造才能。放射化学的开拓者、著名德国化学家哈恩,中学时代成绩并不突出,但是由于受了同学的影响和听了给成年人做的化学讲演,开始对化学发生了浓厚的兴趣,从此同化学结下了不解之缘。当然,这不是说学业成绩和日后的创造才能就没有关系,问题在于这种依从关系不是直接的。

有才华的学生能否既获得优秀的学业成绩,又养成创造才能,并且在日后充分施展出来,这在很大程度上取决于教师创造才能的高低。所谓“名师出高徒”,大概也是这个意思。

我国国画家胡也纳在县城中学担任图画教师。他用自己的擅长的国画书法悉心教导学生,无论是课堂教学还是野外写生,他都一丝不苟;对学生的画,边改边教,并且刻意传授了大量的国画知识。这种教育的结果,培养出了当代著名画家叶浅予、申石伽和著名的古典建筑、园林艺术专家陈从周等人。

伽罗华的成功也得到他老师里查的帮助。这位法国著名皇家中学的年轻教师讲课姿态优雅,思路清晰,更可贵的是他善于发现人才,有高度的责任感。他独具慧眼,认为其他老师不喜欢的伽罗华是最有才华的学生,“只宜在数学的尖端领域中工作”。伽罗华的重要数学论著正是在里查的帮助下完成的,里查还鼓励他把论文递交给法兰西科学院。在理查的学生中,有预言海王星存在的著名天文学家勒维烈、在矩阵理论



等方面做出过重要贡献的数学家厄米特等人。

矩阵理论的开创者、十九世纪英国数学家凯利在中学时代就在老师培养下显示了出色的数学才能。毕业以后，老师说服他父亲送他到剑桥大学学习，没有把他留在家里做家务。后来，他果然不负老师的厚望，成了卓越的数学家。鉴于矩阵是重要的数学工具，有位数学家赞誉说：“凯利正在为未来一代物理学家锻造武器。”

著名德国物理学家玻恩，坚持认为哲学对科学有极其重要的意义，甚至把理论物理学作为哲学的延长来进行研究。这位物理学大师还非常热爱教育事业，把发现和培养人才作为自己的崇高职责。他在教育中特别把自己的上述思想灌输给学生，造就了不少杰出人才。我国半导体物理学家黄昆就是他的高足之一，他们师生还合写过科学论著。

谈到培养创造才能的经验，我们特别要提到瑞士教育家佩斯塔洛希的著作《赫尔特鲁德怎样教育自己的孩子》(1801年)，他在书中提出了一些基本教学原则。佩斯塔洛希用这样一条原则当做出发点，思维的发展同“视觉说明”相联系，因此讲课应当始终采用同视觉形象相关的手段。他还认为，教学的主要目的与其说是让孩子们积累知识，倒不如说是发展他们的智力和心理能力。

按照这种新原则进行教学的学校在瑞士象雨后春笋般地兴建起来。这里特别要提到1802年建立的阿劳<sup>①</sup>州立中学，

---

<sup>①</sup> 阿劳靠近这种新教育法的创立者佩斯塔洛希工作的地方阿格多夫。

因为爱因斯坦在这里度过了重要的一年。

1895年夏天，十六岁的爱因斯坦离开父母，只身来到瑞士苏黎世投考联邦工业大学，没有被录取。联邦工业大学的校长就推荐他到阿劳州立中学补习一年。爱因斯坦为接受诺贝尔奖而撰写的简短自传(只有十四行)里，特别提到在阿劳中学的这一年是他心理发展和成型的最重要的阶段。

那么，这段学习生活为什么这样重要呢？

1955年三月，爱因斯坦在他逝世前一个月写的回忆录中，曾经有这样的叙述：“这个学校用它的自由精神和那些毫不仰赖外界权威的教师们的纯朴热情，给我留下了难忘的印象；同我在处处使人感到受权威指导的一个德国中学的六年学习相对比，我深切地感到，自我行为和自我负责的教育，比起那种依赖训练、外界权威和追求名利的教育来，是多么的优越啊！真正的民主决不是虚幻的空想。在阿劳的这一年中，我想到这样一个问题：假使一个人用光速跟着光波跑，那么他就处在一个不随时间而改变的波场之中。但是看来不会有这种事情！这是同狭义相对论有关的第一个朴素的思维实验。”可见，阿劳的教育方法大大发展了爱因斯坦的想象力和其他思维特点，使它们渐趋成熟；同时，这个学校的自由气氛又进一步培养了他的独立精神和创造能力。正因为这样，阿劳中学才成为爱因斯坦孕育狭义相对论思想的土壤。总之，瑞士中学和大学那种独树一帜的教育，对于爱因斯坦的成功实在是至关重要的。

关于教师创造才能的高低对教育效果的影响，有些苏联

学者还提出了如下饶有趣味的见解。如果教师有很高的创造才能,那么有才华的学生将取得极好的成绩,可是创造才能低的学生,一般成绩都很差。如果教师自己处在“创造才能标尺”的下端,那么能力低的学生成绩就比较好。在这种情况下,才华出众的学生会被埋没,不能发挥自己的才能。教师好象偏爱心理类型和自己一样的学生。

怎样给学校配备有才干的教师,是个很难作出抉择的问题。有人认为,优秀教师应当安排给文科中学、物理中学、数学中学等专科中学。但是,并不是所有的人都赞同办这种学校的。比如,苏联的实验物理学家卡皮查就反对给智力优异的学生办这种学校。这位诺贝尔奖获得者在《创造才能培养和教育的若干原理》一文中指出,把最有才干的学生抽掉,一般的学校将从此“一蹶不振”,因为有才干的学生在培养同学上面比许多教师起的作用还大。

### 三 专业才能和天赋

打开中国科学技术史,可以看到在宋元时代,中国数学盛极一时。贾宪的《黄帝九章算法细草》和沈括的《梦溪笔谈》,提出了许多新的数学概念和计算技术,前者介绍了世界上最古老的二项式定理系数表和开任何高次幂的“增乘开方法”。以李冶的《测圆海镜》和《益古演段》所创立的“天元术”(一种普遍的列方程方法)和朱世杰的《四元玉鉴》创立的“四元术”(联立多元高次方程的解法)为代表的代数学的辉煌成就,超

过了西方几个世纪。秦九韶的《数书九章》，提出了关于一次同余式问题解法的系统化数学理论。王恂和郭守敬发明了三次函数内插法。其他象杨辉、丁巨、贾亨、刘益和赵友钦等数学家都卓有建树。这个时期的中国数学可以说是群星灿烂，一派繁荣局面。

我国古典诗歌史上，最繁荣的时期是唐代。杜甫、李白、王勃、杨炯、卢照邻、骆宾王、陈子昂、高适、王昌龄、崔颢、王之涣、王维、孟浩然、元结、白居易、柳宗元、刘禹锡、张籍、李贺、杜牧、李商隐、皮日休……无不创作过千古绝唱。

欧洲文艺复兴时期的意大利产生了众多卓越的诗人、艺术家和思想家，但丁、彼特拉克、薄伽丘、达·芬奇、波吉奥、费奇诺、马基雅弗利、阿里奥斯托、波利提安、阿莱廷诺、阿尔伯特、米开朗琪罗、拉斐尔、蒂先……这些闪耀着智慧光芒的名字，使意大利文艺复兴时期的文学艺术成为人类文化的瑰宝。

以上援引的许多史实证明了一个道理：社会条件对于专业才能的培养和发挥有巨大的意义。这里，社会条件主要是指专业的社会地位和社会功能。当然，这两个方面是相互联系的。

宋代的农业、商业和手工业都已具备相当的规模，对数学的发展提出了很高的要求。到了元代，汉族士人由于受到迫害，隐居讲学的风气很盛，有些知识分子成了专业数学家，促使数学进一步发展。关于唐诗兴盛的原因，《全唐诗序》说得很清楚：“盖唐当开国之初，即用声律取士，聚天下才智英杰之彦，悉从事于六义之学，以为进身之阶，则习之者固已专且勤

矣。”这分明是说，唐诗所以繁荣，是由于诗歌占有崇高的社会地位，朝廷以声律取士，打破了前朝的士族门阀制度。文艺复兴时代的意大利，情况也很相象。文艺复兴运动是一场深刻的思想革命，在这场革命中，文学、艺术、科学等联合起来向封建和宗教势力进行猛攻。由于工商业和航海发展的要求，资产阶级需要科学，他们参加了科学反对教会的起义。资产阶级的知识分子——牧师、艺术家、医生、教员等充当了这支起义军的统帅和主将，取得了辉煌的成就。

能够在某个领域比如音乐、数学和语言上卓有建树的人，一般也能够在别的领域例如生物学、医学和物理学方面作出同样的成就。影响他选择专业的，常常是社会因素。除了专业的社会地位和作用以外，这些因素还包括物质条件的保证和科学进步的前景。著名数学家苏步青，最初留学日本是准备攻读机电专业的，可是旧中国机电工业奄奄一息的景况迫使他改学数学。美籍物理学家林家翘原先研究航天技术，后来由于他不能进入美国航天技术核心区，就改行研究天体力学。

社会舆论和报刊宣传对专业的社会地位也有很大影响。比如，苏联青年现在有意无意地把发展半导体、激光和宇宙火箭作为己任。如果社会赋予别的专业象物理学这样高的地位，那么今天希望考取物理系的大多数学生都会改考其他学科。在上一世纪，法国微生物学家巴斯德、德国细菌学家罗伯特·科赫和俄国胚胎学家梅契尼科夫等一代生物学大师的卓越发现，树立了生物科学的巨大威望，他们都在自己周围吸引

了一大批极有才华的人。

人们常说，某人具有音乐天赋、数学天赋等等。不可否认，这种“某专业的天赋”里包含着个体的心理生理特征，尽管专业才能主要是由培养条件和社会条件所决定。个人的才能和心理生理特征结合得好，就能保证在从事某种专业活动的时候获得极大的成功。

我国卓越的新闻工作者邹韬奋，幼年时候父亲把他送到国内数一数二的工程学校的附属小学上学，希望他将来做个工程师。可是，他说：“其实讲到我的天性，实在不配做工程师。”邹韬奋在私塾里就“只有趣味于看纲鉴，读史论”。当他弟弟兴趣浓厚地练习珠算的时候，他连旁观的兴味也没有。因此，他在小学最后一年就断定，自己适合做一名新闻记者。他从小学到中学，读着将来当工程师的功课，成绩一直名列前茅，但是他的心思和课余时间却完全扑在读书看报上，准备着从事新闻工作。后来报考大学，他终于选择了文科。这是什么道理呢？正象邹韬奋自己说的那样：“我所以不喜欢做工程师，并不是不重视工程师，完全是因为我自己的能力和工程师没有缘分。”

这个例子生动地说明，存在着适合于特定专业的专门才能。其实，这种才能是由许多成分构成的，我们在第一章所论述的那些能力就属于这些部分。除了才能以外，构成个人创造心理特征的，还包括意志、情感、道德和个性等因素，这些将在下面分别论述。

还应该指出，个人专业才能的施展要受社会历史条件的

制约。比如,有些生理心理品质的结合,使某个人具备成为卓越飞行员的潜力。然而,如果他生在航空还属幻想的年代,那么,任何具有这种天赋的人都将无用武之地。至于由于种种社会和历史原因,空怀奇才而得不到施展的事例,更是屡见不鲜。

人脑的“超剩余性”为专业才能的发挥提供了无限的潜在可能性。实际上,大多数人的脑力利用系数都还很低。好象只有卓有建树的文学家、科学家、艺术家和音乐家等人,才比较充分地利用了自己的脑力资源。专业才能的发展水平以及最终能否用来作出创造性成就,都在很大程度上取决于对这些才能的培养和运用,取决于它们发展和施展的条件。

#### 四 科学学派的作用

科学史证明,科学学派对于培养人才和促进科学的发展都有巨大的作用。因此,人们常常把科学学派称做“无形的学院”。

卢瑟福领导下的卡文迪许实验室出了一大批诺贝尔奖金获得者,决非事出偶然。再如,玻尔领导的丹麦哥本哈根学派和意大利的罗马学派,也都出了大批人才和成果。在苏联,许多最卓越的物理学家都是杰出的半导体物理学家约飞的学生。

科学学派的形成和发展对于发展独创性的科学研究,促进学术繁荣,都起着重要作用。例如,自从西方先进的地质科

学传入中国以后，我国地质学家从我国大地构造的基本特征出发，各自开展独创性研究，使我国地质学界出现了百家争鸣的局面。这些学派领导人的主要理论有：李四光的“地质力学理论”、黄汲青的“多旋回”发展理论、张文佑的“断块说”、陈国达的“地洼说”和张伯声的“地壳波浪镶嵌构造”理论。这各大学派在形成和发展过程中相互取长补短，大大促进了我国大地构造学的发展，而且也在实际应用上取得了很大的成就。

一个学派形成和发展的关键在于它的领导者。一个优秀科学学派的创立者，不仅要善于物色最有才干的人才，而且要善于培养他们的独立精神和才能、坚忍不拔的性格和自信心。苏联物理学家谢梅诺夫在《回忆约飞》中写着：

“约飞认为，领导年轻科学合作者的艺术可以归结成几条简单的要求。

“尽可能地物色有才华的、能干的学生，而且要那种明显地渴望搞科学研究的人。

“对待学生应当开诚相见，既要民主又要坚持原则。如果他们做得对，就要为他们感到高兴，对他们表示支持；如果他们做得不对，就要善于用科学的论据来说服他们。如果你想让一个学生去对你的一个新思想或者新方向进行研究，你最好不露形迹，尽可能让他受到你的谈话影响，把你的思想变成他自己的思想，仿佛这个思想是他自己想出来的。

“如果你没有作为一个科学家直接参与某项研究工作的话，决不要在学生写的论文上署你的名字。当科学事业的利益要求研究小组转而研究另一个新课题的时候，你作为领



领导人应当讲清楚，为什么要搞这个新研究项目，国家为什么需要它。还应当讲清楚，为什么你要让这个组去搞这项新工作；决不要利用自己的地位去强迫人做什么。

“不要迷恋于对学生的领导权，让他们最大限度地发挥首创精神，自己去克服困难。只有这样，你培养出来的才不会是实验助手，而是科学家。给学生创造条件，让他们走自己的路。”

约飞这番有独到见地的经验之谈是很有启发性的。

一个科学学派应该建立起怎样一种创造的气候呢？显然，对于不同类型的人，创造气候的最佳特点也不同。这就是说，不存在统一的“创造的气候”的概念。例如，时间紧或者“规定的期限的压力”对有的人能起促进作用，但是对另一些人却可能使他们的工作效能大大下降。再如，考核最终的结果也不一定对每个人都能起到刺激首创精神的作用。

祖籍德国的美国科学家德尔布鲁克在1945年创立的研究噬菌体和核酸的团体，就是著名的“冷泉港讨论会”，它的工作方式很特别。这个团体的格言是：“少发表论文，但每篇论文都应当是高质量的。”同实验相比，他们更重视理论思想。所有的成员在讨论会上都绝不妥协，毫不留情，每个人都对讨论会上提出的思想作出评价。为了在毫无拘束的环境中讨论问题，他们常常到野外聚会。这个团体的科学活动导致分子生物学这门带革命性意义的新学科的诞生，这雄辩地证明了它的工作方式是卓有成效的。

科学团体之间的竞争对创造性思维起着重要的刺激作

用。和克里克一起提出遗传基因DNA双螺旋结构模型的美国化学家沃森，在他的著作《双螺旋》(1968年)中强调指出，竞争有力地刺激了他们的思绪和能动性，其中特别谈到，他们想超过曾经很早就提出过不完善的DNA结构模型的波林，这个动机极大地推动了他和克里克的工作。

十八世纪地质学史上，曾经发生过水成学派和火成学派之争。水成学派的创始人德国地质学家维尔纳，在德国山区看到大量水成岩，就提出了水成论，认为地壳中所有的岩石和矿石都是在水中沉积而成的。火成学派的创始人是生活在多火山地区的英国地质学家赫顿，他们所主张的火成论认为，许多矿床和不成层的岩石都同地下的岩浆作用有关。两派在争论多年以后发现，双方各有长短，瑕瑜互见。最后，他们把对岩石成因的认识推进到新的水平，就是岩石的生成是多元的，水成、火成和由陨石生成。

科学团体的一个重大作用是能够把不同科学家的学识、本领和能力结合起来。任何人都不可能同等程度地具备我们在第一章中所论述的各种创造才能，可是在科学团体中就可以博采众人之长，也可以有意识地选择各有所长而能相得益彰的成员。古希腊诗人、帕罗斯岛的阿耳喀罗科斯<sup>①</sup>在一则寓言中写着：“狐狸对任何事情都知道得很多，而刺猬只知道一件事情，但是很精深。”一个创造性的团体应当既有狐狸又有刺猬，就是说，应当把广闻博识的杂家和有一技之长的专家

---

<sup>①</sup> 相传抑扬格这种诗歌格律就是他发明的。

都搜罗进来。

卢瑟福领导的卡文迪许实验室就是这方面的一个范例。那里聚集了一大批各有所长的杰出研究者，他们形成了一个取得辉煌业绩的学派。让我们来看看这张“群英谱”吧。中子发现者查德威克擅长管理。卡皮查具有强磁场设计方面的奇才。考克劳夫独树一帜地把科学洞察力和技术洞察力结合起来。负责实验室活动理论部分的达尔文具有非凡的数学洞察力。更突出的是今天还健在的著名物理学家狄拉克，他那独一无二的逻辑能力堪称出类拔萃。正象英籍学者邓棠波所说的那样：“这个时期，卡文迪许实验室成果辉煌，成了世界科学界闻名的研究中心。卢瑟福善于发现人才，善于把各种人才结合成一个科学研究集体，应该是一个重要原因。”

科学团体的一个重要问题是所有成员必须在心理上和谐一致。团体的精神是构成创造的气候的最重要因素。然而，这种和谐不是产生在个人的随意结合之中。团体的成员必须逐个地精心挑选，应当考虑才干、智能结构和个性的宽和性等各个方面。

美国心理学家奥斯本在本世纪三十年代末提出了所谓的“脑力冲击”方法，适合科学团体用来解决科学问题、激发创造性思想。根据这种方法，只要遵守下列四条规则，就能够激发进行创造的能动性：

允许每个成员都可以毫无顾虑地提出任何思想，哪怕是公认不好的思想；

鼓励进行最大胆的联想，思想越“疯狂”越好；

提出的思想多多益善；

把所提出的思想随意地组合起来，并且努力“改善”这些思想。

这种“脑力冲击”方法曾经热闹了一阵子，后来逐渐受到冷遇。其实，既不应该把它奉为万应灵药，也不必把它看得一钱不值，问题在于弄清楚哪些问题适合用这种方法来解决。有些心理学家提出把“脑力冲击”方法和所谓的“拟喻法”结合起来应用，这样就非常有效。

“拟喻法”实质上是把不熟悉的东西变成熟悉的东西，再把习惯的东西变成异常的东西。变不熟悉为熟悉，无非就是研究新问题，对它习惯起来。以后就需要进行相反的工作——使习惯的东西变成异常的东西。这四条途径：

把自己比做对之提出问题的那个情境中的一个因素，例如机构的活动部分、机器的零件、飞行的电子；

到其他有关的知识领域里去探索相象的过程。例如，电气工程师在解决技术问题的时候到水力学和热力学中去寻找类比；

运用诗的形象和隐喻来表述问题；

幻想的类比；这时候问题在思维中的解决就象神话一般，甚至忽视基本的自然规律。例如，可以任意地引入地心引力，改变光速，等等。

这里应当指出，上面说的这些方法是在科学研究活动的一定阶段上使用的，所获得的结果都要经过科学论证和实践检验。

## 五 科学发展的节律

今天,人们常常谈论科学技术的蓬勃发展、科学技术革命和科学技术信息数量的高速增长等问题,有时候也冒出了一些似是而非的论点。所谓“知识爆炸”说就是突出的例子。持有这种看法的人,把过去一二百年来科学技术论文和专利数目指数式增长的统计规律,毫无根据地外推到将来。他们声称,七十年代的科学技术成就已经超过人类历史上全部成就的总和,以后更不得了。这实在是没有必要忧虑。

首先,我们得从质的方面来看待发展速度。这十年里,科学技术论文、专利数量虽然增长很快,但是,没有出现相对论和量子力学那样重大的新理论,就是最活跃的分子生物学也没有取得象五十年代发现DNA双螺旋结构那样的重大突破。在技术上,这十年只是四十年代开创的原子能、电子计算机和空间技术的继续发展。

就是从量的方面来看,也不用担忧。本世纪五十年代初,美国化学家勃罗特曾经嘲讽地把当时化学家人数增长速度加以外推,戏称要不了几十年,全部美国人都将成为美国化学学会的会员。历史已经证明,他对这种外推法讽刺得对。美国学者艾贝尔逊最近推测,科学技术文献的发展速度到八十年代末将会稳定下来。

其实,科学高速发展的情况不只是现代才有,历史上也是时有发生,而且在个别时期还相当惊人。德国小说家福伊

希特万格曾经指出,十八世纪最后五年(1796-1800年)里,科学获得了迅速发展。在这五年里,德国科学家、探险家和作家洪堡周游中南美洲进行科学考察,写下了《宇宙》一书。德国哲学家康德撰写了自己的重要著作《论永恒的世界》。意大利物理学家伏打制成第一台供电装置——伏打电池。英国化学家普里斯特列发现一氧化碳。斯坦科普发明金属印刷机。在埃及尼罗河口的罗塞达城郊,发现了刻有希腊文、埃及象形文和俗体文的埃及古碑,为译解古埃及象形文字提供了钥匙。法国科学家拉普拉斯提出了关于太阳系起源的星云假说。

那么,科学发展的节律究竟怎样呢?这里我们先来谈一下科学技术上用首创者的名字来命名成果的问题,因为好些科学史家用这种成就的出现速率作为衡量科学发展节律的指标。用科学家和工程师的名字来命名他们所创造的物质产品的例子有:卡丹轴(万向轴)、阿基米得螺旋、傅科摆和伏打电池。用科学家、工程师的名字来命名工艺过程的例子有:侯德榜制碱法、巴斯德灭菌法和皮罗哥夫截肢法。用科学家的名字来命名他们提出的假说、公式和定理的例子有:拉普拉斯假说、雷吉假说(关于基本粒子在高能下相互作用的机制)、普朗克公式、格林公式、契比雪夫多项式、毕达哥拉斯定理和伽罗华群。还有用科学家的名字来命名他们首先发现的现象、事实和效应的例子,比如康普顿-吴有训散射、瓦维洛夫-切连柯夫效应和穆斯堡尔效应。科学原理也有用科学家的名字命名的,比如达兰贝尔原理、惠更斯原理和泡利不相容原理。有些实验由于对科学思想的发展具有重大意义,也用科学家的名

字来命名,比如迈克耳孙-莫雷实验和卢瑟福实验。许多自然规律也用它们的发现者和提出者命名,比如门得列耶夫周期律、罗蒙诺索夫-拉瓦锡定律和胡克定律。甚至整个科学方向和观点体系也用科学家的名字命名,比如达尔文主义、牛顿力学和麦克斯韦电磁理论。

许多科学技术量度单位也用科学家的名字命名,比如欧姆、安培、奥斯特、高斯和库仑。其他象科学常数也有用科学家的名字来命名的,比如普朗克常数、康普顿波长和玻尔半径。

现在我们回到科学发展的节律问题上来。这种用科学家的名字命名的科学创造和发现的出现速率是不是越来越快呢?科学史家专门对这个问题做了统计研究。结果表明,从1855年到1955年的一百年里,各门基础科学中命名成果的产生速率大致保持在每年两个。在这个时期里,科学家的人数每二十五年翻一番,1955年的科学家人数是1855年的十六倍。因此,命名的成果按理好象也应当相应地增长。可是,事实并不是这样。它们比每年获得诺贝尔奖的人数还少。

当然,命名成果产生速率并不是基础科学发展速度的严格精确的唯一指标。但是,它们每年出现的数目大致固定这一点引起了人们的注意,基础科学的发展想必受到某些因素的制约。那么,究竟是哪些因素呢?卓越科学思想的产生频率是有限的;每一个划时代的科学思想出现之后,它的传播和被公众所接受,都不可避免地需要一定的时间。当代美国著名科学哲学家普特南指出,相对论从1905年诞生到现在已经

七十多年，即使是很有素养的知识分子也还弄不清楚它究竟是怎么回事，如果他们不是搞物理学或者相近专业的的话。他提议，应当尽早把这个体现时空观变革的科学理论列入中学课程。

物理学家普朗克曾经抱怨说：“新的科学真理的胜利，通常不是使反对者信服它们，承认自己的错误，常常是在反对者逐渐消失以后，由正在成长的一代很快地掌握它们。”

不过，这也不是坏事。理智有一定的保守性就能很好地抵御伪科学的幻想、臆造的假说和梦呓般的设想。这种保守性里包藏着理智对新思想的理解这个极其困难的过程。

俄国化学家勃洛赫曾经这样评论荷兰化学家范特霍夫在1874年首创的立体化学，他讥讽说，“有个在乌得勒支兽医学校任职的范特霍夫博士，显然他的兴趣不在搞精密的化学研究。他认为，坐在飞马（也许是从兽医学校租来的）上比较舒服。从那里，他可以向世界高谈阔论原子在宇宙空间中的分布。”一位著名化学家对待化学新成就竟抱这种态度！

在本世纪初，巴甫洛夫开始用生理学方法研究人和动物的高级神经活动，这引起了许多心理学家和生理学家的极力反对。他们中间不乏才智出众的人。不过要知道，今天任何一个大学生都通晓的东西，他们当时却还都一无所知。巴甫洛夫完成的科学变革同他们头脑中根深蒂固的思想方式大相径庭。

新的思想遭到批评，这还不算最糟，因为毕竟引起了注意，会很快得到承认和重视。更不幸的是，它们有时根本没有



引起人们注意。1944年,加拿大微生物学家爱威瑞发现,对脱氧核糖核酸施加某些作用,可以使一种肺炎双球菌(肺炎病原体)转化成另一变种。换句话说,他发现DNA中记录有“活有机体的遗传性状”。这个重大的发现当时并没有引起人们注意。著名的孟德尔遗传定律在1865年提出以后,也湮没了三十四年之久。

上述这些科学发展的节律对于创造的气候有什么意义呢?

科学队伍的扩大,新的研究机构的建立和旧机构的扩充,虽然能够导致科学发现数量的增加,加速科学的进步,但是,从上面阐明的科学发展节律可以看到,这里并不存在正比关系。不断增加科学投资所取得的效能很快就会开始下降。许多国家的经验也表明,科学经费超过一定限度(占国民经济预算的比例)不会取得预期的更大效果。因此,重要的是要选拔有真才实学的人从事科学研究,并且为他们提供良好的创造气候,也就是提供良好的客观条件,使他们能够最大限度地发挥聪明才智去进行科学创造。

同时,为了要获得重大成果,科学家个人应当置身在科学发展所形成的创造气候之中,充分了解当代的倾向、思潮和需要,密切注视科学的前沿和苗头,努力作出新的发现,提出新的思想。另外,对别人已经作出的新发现和提出的新思想,应该采取既积极又慎重的态度,一旦看准了,就努力去掌握它,运用它,发展它。

## 第四章 意志和动机

我国以民族气节著称的文学家朱自清，在生命的最后日子里，病势日渐沉重，时时呕吐疼痛，常常通宵不能成眠，身体极度衰弱。但是，他仍旧拚命工作：写作，演讲，编纂……在他最后卧床不起前一个星期的两则日记里这样记述：“未进行日常工作。编教科书。仍感疼痛。”（1948年七月二十六日）“编写教科书。××晚间采访。睡得很晚，但未觉腰疼。开始写了数行论白话文的文章。”（翌日）

美国著名盲聋女作家海伦·凯勒，一岁半就因病丧失了视听能力。可是，她没有向命运低头，用惊人的意志战胜了种种难以想象的艰难险阻。她经过艰苦奋斗，出人意料地考取了美国著名高等学府哈佛大学。在许多教材没有盲文版的极端困难条件下，她刻苦、顽强地学习，终于以超过常人的优异成绩完成全部学业。她终生努力不懈，掌握了五国文字，成为世界著名的作家和教育家。

坚强的意志具有多么巨大的创造力量啊！

著名数学家陈建功，在满目创痍的旧中国，怀着科学救国的高尚动机东渡日本留学。他取得了国际上公认是难得的日本理学博士学位，在三角级数论上作出了极其重大的成就，并

且写出了名著《三角级数论》。他的日本老师说，当时已经誉满全球的陈建功如果留在日本，将有灿烂的个人前程。“我来求学，是为了我的国家。”陈建功用恳切的话语告别老师，怀着一颗赤子之心回到祖国。他为我国数学事业作出了卓越贡献，成为我国数学界公认的一代学者。

1981年，农学家乐天宇怀着为家乡湘南山区培养当地迫切需要的农业林业科技人才的强烈愿望，不顾年逾八旬的高龄，离开北京去到那里创办九嶷山文理学院。他捐出几万元巨额存款，带着办学计划四处奔走，争取支援。在党组织的支持下，经过几个月的努力，建立起了筹备处，开设了预备班。

这就是纯正动机所产生的巨大力量！

意志是表现人类意识的能动作用的心理状态。动机是意志的一个要素。下面，我们从心理学角度来考察意志和动机在创造性活动中所起的重要作用。最后，再论述一些妨碍创造性活动的心理因素，尤其要阐明道德素养对于创造才能的养成和发挥所具有的极其重要的意义。

## 一 意志和创造

创造才能只是获得创造性成就的必备条件。为了得到成功，还必须发挥意志的作用。

意志是意识的调节方面，它表现为人为了达到预定的目的，自觉地运用自己的智力和体力，自觉地进行活动，自觉地同困难作斗争。意志的这种调节作用还表现为人有能力节制

自己的行为。

一个心理健全的人，他的一切有目的的活动和行为都是意志活动。但是，在日常带目的和方向性的活动和行为中，意志的因素表现得并不明显。在创造性活动中，目的和方向性就表现得异常强烈、鲜明。这时候，存在着巨大的障碍和困难需要去克服，人的精神处在高度紧张状态。所以，在这种情况下，意志因素起着异常重要的作用。可以说，创造性活动也就是复杂的意志活动。

应该指出，同其他心理过程一样，意志也是大脑对客观现实的反映。因此，人的意志自由也要受到客观的自然规律的制约，也就是说，意志自由实际上是人借助于对客观世界的规律性的认识来决定自己的活动和行为的能力。

复杂的意志活动可以分做五个阶段：意向、需要、愿望、目的、行动。意向是人的生理性和社会性的本能，例如：维持生存——营养和自卫；延续种族——生育；进行活动以实现可能性；有目的的定向条件反射；和同类交往；摹仿和自我表现；等等。意向是萌芽状态的需要，在意识中反映不明显。需要是在意向的基础上产生的，但是它具有社会历史性，反映了随着社会而来的人在物质和精神方面的需求。随着需要的增长，意向就变成了愿望。愿望是思想上形成的需要的内容，在意识中有明显的反映。从愿望就产生动机，而且常常产生若干个动机。意志活动在这个阶段能够对这些动机作出抉择，把愿望变成目的。例如，一个人有了从事创造性工作的愿望，就会产生想当科学家、艺术家和工程师的动机。最后，他选择

了当科学家的道路，这样就明确了目的。目的就是活动的出发点。可是在进一步的创造性工作中，又可以分出若干阶段、目的、对象、方向、结果、结论。

意志的一个重要因素是动机。美国心理学家埃尔克斯和多德森在大量实验的基础上，提出了效果对动机的定量依赖关系，称为埃尔克斯-多德森定律。按照这个定律，动机越强烈，效果越好。效果有一个峰值，它在一定的动机范围里仍旧保持着，形成一个“平顶”。但是，当动机超过某个限度的时候，效果就开始变差。

苏联心理学家列昂捷夫给埃尔克斯-多德森定律作了一个重要修正。按照这个定律，效果-动机曲线在过了上述“峰值平顶”之后，逐渐降到零。这就是说，在非常强的刺激下，思想陷于停顿，人失去了用理智去解决问题的能力。例如在极端紧张的情况下，就容易发生这种情形。列昂捷夫的修正是，并不是人人都这样；有些人在这种条件下，比如面临死亡的威胁，思想反而变得特别清醒、敏捷和富有创造性。因此，埃尔克斯-多德森曲线在下降经过零点以后，又出现了振幅很高的峰状突起。

创造性活动是高度复杂的意志活动。在这种活动中，意志有种种表现：目的性、顽强性、果断性和自制性，等等。它们实际上也就是意志的特征。自觉地认识到意志的这些特征，我们就能够从它们着手来培养和锻炼自己的意志，发展优良的意志品质。

目的性是意志的最重要的特征。如果在创造性活动中，

没有明确的目的,肯定收不到什么效果,这种活动恐怕根本不能算做创造性活动。我国著名数学家陈景润把解答被称做“数学王冠上的明珠”的“哥德巴赫猜想”作为自己坚定不移的目标。虽然他还没有达到最终目标,但是已经取得了一个又一个的重要成果。尤其是他这种不畏艰险而且目标始终如一的精神,激励着各个领域的科学家和各行各业的人们,都去寻找自己的“哥德巴赫猜想”作为攻坚目标。

顽强性无疑是最可宝贵的意志品质。凡是有建树的科学家几乎都具有百折不回的精神。达尔文的儿子曾经说过,他的父亲具有非凡的顽强精神。法国微生物学家巴斯德说:“告诉你我达到目标的奥秘吧。我唯一的力量就是我的坚持精神。”清代名医王清任,前后经过了四十二年时间,终于完成了关于人体内脏的著作,这就是著名的《医林改错》。

果断性表现在能够迅速而又经过深思熟虑地选定目的。爱因斯坦在对量子论作出重大贡献就是提出光量子假说之后,毅然把全部精力转向引力问题,尽管许多科学家,例如索末菲曾经极力劝他继续研究量子问题。后来,爱因斯坦很快在引力问题上取得了广义相对论这一重大成就。以后,他又果断地投入统一场论的工作,虽然在世的时候没有取得明显的进展,但是在他身后,继承者沿着他开辟的方向,终于取得了重大突破。美国物理学家温伯格、格拉肖和巴基斯坦物理学家萨拉姆,建立了统一弱相互作用和电磁相互作用的理论,获得了1979年诺贝尔物理学奖。

自制性也是从事创造性活动所必须具备的一个重要的意

志品质。有了自制性，就能够排除一切干扰，对付任何打击，身处逆境而巍然不动。明末史学家谈迁，家境清寒，毕生含辛茹苦，勤奋写作。他历经二十七个春秋，六次改写书稿，直到五十六岁才完成煌煌巨著《国榷》。不料有天夜里书稿竟失窃了。他虽然十分悲恸，但是并没有颓丧。相反，他忍痛节哀，立即动手重写。这样，又熬了十个年头，终于把书稿重新写成。他的这种矢志不渝、百折不回的惊人毅力，被后世传为美谈。

还有一些意志特征，在很大程度上是上述各种特征的结合。例如，著名物理学家杨振宁曾经谈到科学家的胆魄问题：“当你老了，你就会变得越来越胆小……因为你一旦有了新思想，会马上想到一大堆永无止境的争论，害怕前进。当你年轻力壮的时候，可以到处寻求新的观念，大胆地面对挑战。我常常问自己：是否已经丢掉了自己的胆魄？”

科学家还需要有为真理献身的精神。十六世纪意大利科学家布鲁诺，因为接受和发展了哥白尼的日心说，被宗教裁判所用火刑处死。比他早半个世纪，西班牙医生塞尔维特由于主张血液循环学说，被反动的宗教势力活活烤了两个小时。前面提到的清代医学家王清任，他不顾触犯封建礼教带来的危险，直接解剖尸体进行医学研究，写成了《医林改错》一书，纠正了古书对人体结构的错误论述。唐代高僧玄奘，在当时交通极端落后的情况下，为了佛教学术事业，不畏艰险，跋山涉水，花费了十九年时间，长途跋涉二万五千公里。他这次行程的重要成果之一，是撰写了《大唐西域记》。这部十多万字

的历史和地理著作，直到今天还是全世界研究中亚、南亚历史和中西交通史的学者必不可少的基础资料。生物化学家彭加木为了开发边疆资源，几次不畏险阻，到“风沙无情，大地险恶”的新疆罗布泊地区考察。最后，在他第四次闯进罗布泊进行综合考察的时候，不幸遇难，实践了“让我的骨头来使新疆的土壤多添一点有机质”的誓言。

## 二 动机和创造

首先，我们举一个例子来说明动机在心理上的重要作用。

有个心理学家做过一个试验。他给一个六岁的孩子提出和讲解一个问题：国际象棋棋盘上占据某一格的马，怎样能够吃掉另一格上的兵？结果表明，如果光用言语解释，这个孩子对这个问题会感到莫名奇妙。但是，如果用一个棋盘，上面放上棋子，直观地给他解答这个问题，孩子还是能够弄明白的。于是，这位心理学家得出结论：六岁的孩子的思维能力还停留在初级阶段——形象思维的阶段，还没有抽象能力，不能进行逻辑推理。

其实不是。这种年龄的孩子已经掌握了语言，能够正确地说话，会按照语法规则造句。如果他不能掌握语法的一般规则，就是不能进行抽象思维，那是掌握不了语言的。当然，他的抽象思维是不自觉的，他还认不清自己的语法知识，只是在实际应用罢了。

很明显，这个孩子所以不能理解上述象棋问题，是因为象



棋引不起他的兴趣,对他没有吸引力。可是,掌握语言却是他生活所必需的,他要用语言来表达自己的意思。

创造的心理动机有许多表现。

情感在创造性活动中,尤其是艺术创造中,起着很重要的动机作用。唐朝宰相郑絳擅长作诗。有一次,别人问他有什么新作,他回答说:“诗思在灞桥风雪中驴子背上,这里怎么能够得到!”灞桥在唐朝京城长安东面,它和西面的渭城,当时同是送别亲友的地方。生离死别之际,自然诗如泉涌。十九世纪俄国著名讽刺作家果戈理想从国外客居地返回祖国之前,曾经写信给友人说:“在那儿,也许我又会对我爱慕的俄罗斯生起气来——非常厉害地生起气来,我对于她的愤怒已经开始减弱,而没有愤怒——您知道——就没有许多话可说,只有生起气来,才能够说真话。”

托尔斯泰曾经多次谈到激情在创作中的作用。“我们的创作没有激情是不成的……”。“一切作品要写得好,它就应当……是从作者的心灵里唱出来的。”“必须去叙述的,决不是使他无动于衷和可以缄口不谈的事物,应该是他不能不说和热爱着的事物。”

各种情感,比如爱情、愤恨、美感、快乐甚至羡慕等,都可以成为创造的动机。

俄国生理学家梅契尼科夫指出:“诗歌、文学、口头艺术和音乐同爱情的联系是大家公认的。”陆游由于个人的爱情悲剧,写下了不朽的词作《钗头凤》。英国名作家斯各特早年的未婚妻被父亲强嫁给侯门,他在伤心、惆怅之余,拿起笔来抒

发自己的感情，终于成名。他的名著《罗洛白》和《荷斯托克》中的两个女主人公，都是影射和纪念他的恋人的。

名医恽铁樵早年是位文学家。他在担任《小说月报》主编的时候，曾经把素昧平生的鲁迅的第一篇作品《怀旧》发表在该刊卷首，并且撰写评语备极赞誉，真是个慧眼识英雄的伯乐。后来，他的三个爱子先后死于伤寒症，促使他发奋钻研中西医，猛攻伤寒症。他创办医学事务所，开设中医函授学校，出版医学杂志，撰写了《伤寒研究》等二十六种中医著作，成为独树一帜的名医。

文艺作品在很大程度上是作者对自己感受的自然美和心灵美的抒发。著名法国雕塑家罗丹对十九世纪西欧雕塑发展产生过重大影响，他在这方面提出过精辟的见解。他说，“你不要忘了我最喜欢的一句箴言：‘自然总是美的’，能了解自然向我们指出的，这就够了。……模型仅仅表现外形，而我，却特别注重于表达心灵——心灵当然是‘自然’的一部分。”他的代表作之一——法国大作家巴尔扎克的塑像是世界雕塑艺术中的瑰宝。

至于羡慕，诗人普希金说过：“羡慕是竞赛的姊妹，因此是一种美好的情感。”

情感在科学创造中也不失为重要因素。物理学家玻恩晚年在回忆录中谈到，乐趣始终是他搞科学研究工作的主要心理动机：“我一开始就觉得搞研究工作是很大的乐事，直到今天，仍旧是一种享受。”这究竟是一种什么样的乐趣呢？“这种乐趣就在于洞察自然界的奥秘，发现创造的秘诀，并且为这个

混乱世界的某一部分带来某种情理和秩序。它是一种哲学上的乐事。”

求知欲是又一个促使人进行创造性活动的重要动机。实验物理大师法拉第有一次在公众面前作电磁学实验的表演。精彩的实验刚结束，忽然有人高声问法拉第：“这有什么用呢？”法拉第不假思索地回答说：“请问，新生的婴儿有什么用呢？”法拉第回答得多好啊！科学的社会功能主要是为了造福人类，促进社会发展。科学家为了满足求知欲而进行的研究，不也是为了增进人类的认识，来实现这个崇高的目的！

第一个提出“核裂变”概念的奥地利物理学家弗里施曾经指出，科学为了对“为什么”这个老大难问题作出回答，不断地从无知向知识进军。

求知欲也是引导青少年走上科学道路的诱因。在曼哈顿计划中负责研制世界上第一颗原子弹的美国物理学家奥本海默，小时候就是因为他的祖父给他拿来一块矿石，激起了他强烈的求知欲，才从此爱上了科学的。

同求知欲密切相关的是好奇心。爱因斯坦说，当我们头脑里已有的概念同在现实世界中遇到的事物和现象发生冲突的时候，我们就感到“惊奇”，而我们认识的发展就是对这种“惊奇”的不断摆脱。这就是说，好奇心是我们进行探索的动力。爱因斯坦自己在四五岁的时候，有一次，父亲给他看一个罗盘，他感到很惊奇，他想，用这样确定的方式摆动的指南针背面，一定深深地隐藏着什么。他十二岁那年阅读平面几何，又一次感到惊奇，许多并不显而易见的定理（例如三角形的三

个高交于一点)为什么能够可靠地得到证明。他后来创立的相对论,也是同对空间和时间的强烈好奇心分不开的。难怪爱因斯坦总是对他所称的“神圣好奇心”推崇备至。

进攻性也是一种创造的动机。美国物理学家温伯格认为,进攻性是科学家必须具备的素质。他说,不要满足于书本提供的答案,要向自然进攻,发现新的东西。他认为,这种素质比智力更重要。控制论创始人维纳的父亲的鲜明性格特征是富有进攻性(他称它是“侵略性”),维纳在他的感化和培养下,也从小就养成了进攻性。在后来的科学生涯中,维纳由于不断进击而战果辉煌。

### 三 妨碍创造的因素

创造的最危险敌人是胆怯。上面引用的杨振宁的话已经谈到了这一点。胆怯会磨灭想象力和独创精神。德国物理学家普朗克,虽然首先作出了“能量子假说”这个革命性发现,但是由于胆怯,他不但没有为进一步发展量子理论作出贡献,反倒长时间对自己的发现抱怀疑态度,并且致力于调和“能量子假说”同古典物理学的矛盾。事实上,他作出这个发现是出于无奈,所以根本不敢去思索它的革命性意义。他在给另一位物理学家的信中这样写着:“一言以蔽之,我所做的事情(指提出‘能量子假说’——引者)可以简单地叫做孤注一掷的行动。我生性喜欢平和,不愿进行任何吉凶未卜的冒险。……这纯粹是一个形式上的假设,我实际上没有对它想得太多……”。饶

有趣味的是，海森堡曾经谈到过同它有关的一桩轶闻：“后来，据说普朗克的儿子说起过，当他还是一个儿童的时候，有一次同父亲一起穿过格吕内瓦尔德作长途散步，途中，他父亲谈到了自己的新观念。普朗克对他儿子解释说，他感觉到，要么他做出了一个头等重要的发现，它可以同牛顿的发现相媲美，要么可能会证明他大错特错。”可惜的是，由于胆怯，后一个想法在他的头脑里占了上风。

创造的另一个大敌是过分的自我批判，也就是缺乏自信心。上面已经谈到，犹太物理学家埃伦菲斯特具有非凡的评价和批判能力，因此一些伟大的物理学家常常乐意征求他的意见，他还常常应邀出席科学会议。但是，他也把这种严峻的批判用在自己身上。这种过分的自我批判倾向扼杀了这位才华横溢的科学家的创造才能。结果，他自己的思想产物还没有问世，这种过分挑剔的批判就夺去了他对它们的爱。埃伦菲斯特最后竟厌世自杀，他的悲剧就在这里。

倦怠也是创造的敌人。这个道理很明显。聪明才智甚至天才都来自勤奋。短篇小说家契诃夫说得好：“对作家来说，写得少是这样有害，就跟医生缺乏诊病的机会一样。”果戈理也说：“写作的人象画家不应该放下画笔一样，也是不应该停止动笔的。随便他写什么，必须每天写，要紧的是叫手学会完全服从思想。”

性格的片面性和狭隘性也会给创造性活动造成妨碍。性格是表现在个人的行为和态度方面的重要心理特征。它主要包括意志、情感、道德和智慧等方面的品质。个人性格力量的

充分发挥是建立在性格的完备性和严整性基础上的。因此，只有智慧和意志方面的优秀品质，缺乏道德（象同情心、真挚等）和情感（象热情、温存等）方面的素质，就会使个性不和谐，影响创造才能的发挥。

毛泽东同志要求受教育者在德育、智育和体育各方面都得到发展，这是完全符合人才形成的科学规律的。孔子的教育思想中也十分重视德育，他不但把德育放在首位，甚至用来代替智育，这自然失诸偏颇。然而，撇开孔子所主张的德育内容不说，他这种重视德育的思想还是正确的，值得汲取的。近代教育家蔡元培亲自编写的一份讲义，总共四十篇，其中讲德育的三十篇，讲智育的只有十篇。

爱因斯坦这位科学巨匠非常重视科学家的道德品质问题。他尖锐地指出：“只用专业知识教育人是不够的。通过专业教育，他可以成为一种有用的机器，但是不能成为和谐发展的人。要使学生对价值（指社会伦理准则——引者）有所理解，并且产生热烈的感情，那是最基本的。他必须获得对美和道德上的‘善’的鲜明的辨别力。否则，他——连同他的专业知识——就会很象一条受过很好训练的狗，却不象一个和谐发展的人。为了获得对别人和对集体的适当关系，他必须学习去了解人们的动机、幻想和疾苦。”值得指出的是，爱因斯坦不但在这方面有大量著述，而且身体力行。他在正义感、社会责任感和高尚的道德品质素养方面都堪称典范。

爱因斯坦在悼念举世闻名的女科学家居里夫人的时候，正确地指出了科学家的创造才能对道德品质的依赖关系：“在

象居里夫人这样一位崇高人物结束她一生的时候，我们不要仅仅满足于回忆她的工作成果对人类已经作出的贡献。第一流人物对于时代和历史进程的意义，在道德品质方面也许比单纯的才智成就方面还要大。即使是后者，它们取决于品格的程度，也超过通常所认为的那样。”

兴趣狭窄也是妨碍创造的一个因素。广泛的兴趣对于培育性格和陶冶性情具有重要的意义。兴趣广泛不仅指知识面广博，而且包括对文学、美术和音乐等方面的爱好。广泛、健康的兴趣能够丰富人的精神生活，为培育高尚的道德和情操提供丰富的养料。相反，兴趣狭窄，孤陋寡闻，就会影响性格的健全发展，容易滋长不良的品行，妨碍创造才能的发挥。

孔子曾经谈到“诗”和“乐”（诗歌和音乐）在德育中的重要作用。事实上，许多卓有成就的科学家都有广泛的兴趣和爱好。例如，物理学家钱三强喜欢古典文学、唱歌、画图、打乒乓球和篮球。数学家华罗庚喜欢填词。苏步青爱好做诗，读古典文学，欣赏音乐、戏曲和舞蹈。化学家杨石先爱读诗词、养花和逛书店。傅鹰喜欢读古典文学。物理学家爱因斯坦、海森堡、玻恩和普朗克等都酷爱音乐，并且有很高的造诣。居里夫人爱好旅行、游泳和骑自行车。费密喜欢爬山、跑步、做数学游戏。生物学家达尔文酷爱欣赏音乐。巴甫洛夫喜欢读小说、划船、游泳、集邮、画图和种花。可见，科学家并不象有些人想象的那样，是成天呆在图书馆和实验室里的书呆子。

有志于科学创造的人，切不要以为诗歌、音乐和美术只是茶余饭后的消遣品。物理学家玻尔极其重视各门科学之间的

联系和人类知识的统一性。在科学认识活动中，人们常常有各种不同的观点，从不同的角度看问题。一个有胆识的科学家在这种情势下怎么能够做到采撷众华呢？玻尔指出：“事实上，当在越来越大的程度上放弃逻辑分析、允许弹奏全部的感情之弦的时候，诗、画和音乐就包含着沟通一些极端方式的可能性”。



## 第五章 创造才能的显露

爱因斯坦在瑞士苏黎世联邦工业大学的数学老师明可夫斯基,是最早认识狭义相对论重要意义的科学家之一,他曾经预言,爱因斯坦的新时空观将对现代思想产生决定性影响。有一次,他向自己的学生,后来成为大物理学家的玻恩说:“这使我大吃一惊,因为爱因斯坦在学生时代是条懒狗。他一点也不为数学操心。”事实上,当爱因斯坦在1900年八月从联邦工业大学毕业的时候,他的三个同学全部留校当了助教,唯独他“被一切人所遗弃,一筹莫展地面对着人生”,成为失业者。

作为科学史上最伟大的巨匠之一,爱因斯坦的际遇竟这样坎坷,恐怕是叫人惊讶的吧!但是,我们倒也很可以从中悟出一些道理来。

象爱因斯坦这样具有罕见创造力的人,尽管在青少年时代甚至儿童时代已经显露出以很大的独立性为主要特征的创造才能,可是他的大学老师——一些卓越的科学家却都“有眼不识泰山”。

可见,创造才能的识别实在是大有学问的。当然,这实际上也就是创造才能的显露问题。这里,尤其重要的是学生身上创造潜力的显露问题,因为有了这方面的认识,我们就能够

及早发现人才，因材施教、因势利导地培养人才，以便收到最大限度地开发智力的效果。

另外，对于已经担负科学技术工作的人，怎样衡量他们的创造才能，也是一个重要问题。弄清楚这个问题，对于选拔和考核人才，做到知人善任，充分发挥人才的智力，具有重要意义。

心理学家已经在这方面做了一些探索，取得了不少成绩，并且初步总结出了一些行之有效的衡量创造潜力和才能的方法。值得指出的是，传统上用于测量智力的心理测验方法有一定的局限性，这是心理学家从衡量创造潜力的角度对它作了深入考查之后发现的。他们在这个基础上，提出了适合衡量创造潜力的心理测验方法。

本章最后还将讨论智慧以及智慧同才能的关系问题。

## 一 创造潜力的显露

创造才能照例很早就个人身上尤其是那些“神童”身上萌生。不过，这时候的创造才能还处在形成之中，有待于培养和发展，远没有达到出成果的阶段。因此，应当说这是一种潜在的才能。

无疑，这种创造潜力会用一定的方式显露出来。正确地个人的实际表现识别他的创造潜力，对于发现和选拔人才，具有重要意义。同时，有了这方面的认识，也会为培养创造才能的方法和途径提供启示。

著名苏联教育家利特维诺夫在回忆录里，曾经谈到自己早年的一个名叫尤齐克·安托诺维奇的同班同学。这个学生复述不了最简单的故事，做不出最容易的习题，背不熟简短的诗歌，也不能正确地写出简单的成语。一句话，他在功课上表现得十分愚笨。可是，他在钓鱼上却判若两人，轻而易举地就打破了使用第一流渔具的成年钓鱼者的记录。利特维诺夫这样描述他的才能：

“切不要以为钓鱼者的技巧只在于身体灵活和会拉钓竿……不！钓鱼能手首先要有敏锐的观察力，否则就不可能熟知他垂钓的池塘中的鱼的脾性和习惯。他应当象个实验家，精通大自然，晓得天气的变化，也知道天气怎样影响鱼的活动。一句话，他差不多是个科学家、博物学家，也许还是个艺术家。他一定也是聪颖的。不然，他不会象尤齐克那样，自如地运用钓鱼能手所必需具备的这一切复杂知识。

“我认识几个技艺和尤齐克差不多精湛的钓鱼能手。他们全都非常聪明，全都是本行的大师。一个是出色的蒸汽磨粉机专家，另一个是才能出众、多次获奖的音乐家，第三个虽然没有受过高等教育，但是成功地管理着一个工厂，第四个是技艺极其高超的细木工匠。……”

“尤齐克·安托诺维奇当然也是这样，不过当时还没有明显地表现出来，也没有被人发现。如果说在我和他同窗的六年中，他没有能够掌握基本知识，那就应当归咎于教师和家长，尤其是教师……”

这个例子很能发人深思。我们还可以举些例子。

爱因斯坦刚进中学的时候，记忆力不强，不善于记单词和课文。因此，他的希腊文教师对他说：“你将一事无成。”爱因斯坦从小学到大学一直被教师认为是没有出息的学生。

有个英国女地理教师要求学生掌握专门的地图册，整章整章地扼述教材，用四种颜色给地图着色。她把涂色的准确性作为评价学生掌握知识程度的最重要标准。这种方法促使有些学生较好地掌握了学习材料。可是，班上曾经获得电视地理竞赛优胜的一个求知欲最旺盛的学生，不但没有取得高分，而且还因为拒绝把教材抄在笔记本上，对这种没有多大意义的作业提出疑问，时常挨批评。

这些例子充分表明，创造潜力常常是用异乎寻常的方式显露出来的。美国心理学家佩特罗斯科清楚地看到这一点，1978年他在美国《创造性行为杂志》上撰文指出，衡量创造潜力的困难，在于要用一套标准的方法来评价不合乎标准的行为。他对大量衡量创造潜力的方法做了比较研究，归纳出一些比较有效的衡量准则：用不同方法和不同观点解决所探索问题的能力；把常规方法转用在新情况的能力；确定完成任务的顺序和循序完成它们的能力；想象力、思路新颖性和发明才能；善于发现新的用途和新的课题；善于应用已有的知识和以往的经验。

举行各种竞赛，也是发现最有才能的学生的好方法。不过，这种方法并不适合所有学科。数学和物理学搞竞赛最合适，出的试题不要求学生具备教材范围以外的知识，只要求机智和进行独特思考的能力。可是，化学比赛要拟出这样的试

题,实际上是不可能的。因为要做到这一点,学生就要具备超过教学大纲的知识。至于生物学、历史、语文和地理等科目,这种竞赛将变成考核知识的渊博程度,决不是测验学生的能力和才智,因为这些学科在很大程度上是描述性的。而且,家庭条件比较好的学生参加这种竞赛比较有利;城市学生论条件也比农村学生优越。换句话说,那些比较容易获得教学大纲以外知识的学生,条件比较优越。不过,人们也在努力探索,看是不是能够在这些学科中找到既要求知识的积累又要求善于创造性地运用这些知识的试题。

苏联著名物理学家卡皮查认为,衡量一个学生的创造潜力,主要应当看他独立思维能力的发展程度。这可以从三个方面来具体考察。一是进行科学概括,就是归纳的能力;二是运用理论推理来预言实际过程,就是演绎的能力;三是揭示理论概括和自然界中发生的过程之间的矛盾,就是辩证思维的能力。

卡皮查认为,培养学生创造性思维能力最合适的学科是数学和物理,可以利用解题的方法从很小的年龄开始就培养思维的独立性。数学和物理相比,物理更加重要,因为物理的研究领域远比数学更接近生活,所以更能从中学到“对自然界中的过程进行科学研究”的能力。从物理实验中,学生可以学到怎样根据观察作出理论概括,就是养成从个别到一般的归纳思维方法。同时,从解物理习题中,学生又可以锻炼从一般到个别的演绎思维方法,就是把学得的公式和定律用来解决具体问题。至于辩证思维的能力,物理学史上的大量史实能

够告诉学生，理论预言和实验之间的矛盾怎样导致作出新的科学发现。

卡皮查提出，物理学是中学里应当受到高度重视的一门课程。为了考核学生的创造潜力，重要的是适当选择物理习题。那种要求学生把已知数据填入相应公式，以便得出确定答案的习题，不能完全反映学生的独立思考能力。习题应该是不确定的，既要求学生正确地选择公式，又要求学生善于根据实际经验来选择适当的量值。这种习题能够充分表现学生的创造潜力。卡皮查根据这个思想，亲自给中学编了一本《物理学习题》。这里可以举两个比较简单的例子：“为了扑灭发生在六层楼上的火灾，水泵电动机的功率应该多大？”“为了把太阳光聚到焦点上，来烧红铁丝，透镜的尺寸应该是多大？”很明显，为了解答这种习题，学生必须根据实际经验或者查阅参考资料来选择必需的数据。富有创造能力的学生喜爱这种没有精确答案的习题，他们常常围绕习题开展热烈的讨论。

## 二 心理测验

心理学家研究出了许多种测量智力的心理测验方法。其中采用最广的一种是上面已经提到的“比纳-西蒙智商”测验法。今天，心理学家通常认为，才能一般的人，他的智商是一百到一百三十。

这里，我们来研讨一下，这种最重要的智力测量方法所测量的究竟是什么，它存在什么局限性，它的测验结果有什么意

义,以及它是不是能够用来衡量创造潜力等问题。然后,我们再介绍一下用来测量创造潜力的各种心理测验方法。

比纳-西蒙测验要求接受测试的人在规定时间内,例如在一个小时里,完成几十个不太复杂的小任务。因此,在测验过程中,对接受测试的人,最主要的要求是思维敏捷。不过,事情并不完全是这样。

接受测试的人,测验成绩怎样,跟兴趣很有关系。接受测试的人如果对测验不感兴趣,就不会努力争取最好的成绩。另外,耐心也很重要,缺乏耐心的人常常得不到高分,耐心有时候还能够弥补思维迟钝的不足。然而,接受测试的人,即使思维敏捷又有耐心,如果他只顾匆忙地完成任务,不肯花精力去检验完成得是否正确,也就是说,如果他还缺乏自制力,那也是会影响测验成绩的。

苏联科学院控制论研究所做的一系列试验还反映出一个规律性:决定智商测验成绩的,除了思维的敏捷性以外,还有思维的灵活性。接受测试的人在解题的时候,总得想出几种解决办法。当然,他必须抛弃无效的办法,但是在没有验证以前,他又不能这样做,否则,就有可能错过解题的机会。因此,他必须迅速地抛弃不正确的办法。这就需要灵活性。

可见,智商测验,实际上是对接受测试的人的思维敏捷性、思维灵活性、兴趣、耐心和自制力等个性品质的测验。

智商测验的局限性主要有两个。一个是接受测试的人必须有相当的准备。首先,他得学会读、写,学会运用地理和算术等方面的基本知识。文盲、盲人和聋哑人,即使智能潜力不

差，智商成绩也不如别人。同时，要用智商测验作为比较的依据，接受测试的人应该都是在相同条件下成长和发展的。其次，接受测试的人还应该就智商测验本身受一定的训练。事实表明，接受测试的人经过四五次训练以后，成绩比不训练就参加测验有显著的提高。

智商测验的另一个困难是，在有些情况下，解答不止一个，而且又很难决定哪一个是正确的。心理学家把这种问题称做“开放问题”，把只有单个解的简单问题称做“闭合问题”。

开放问题，要求接受测试的人想出若干个回答，并且加以论证，同时还要从中选出一个最好的来回答。英国心理学家埃曾克举过一个著名的例子。有个矮人住在二十层楼，他每天早晨乘电梯到底层去上班，晚上再乘电梯回到二十层楼。但是，实际上他只乘到十楼，然后再走到二十层楼。他为什么要这样做呢？可以有这样几种回答：“减轻体重”、“锻炼心脏”、“访问在十楼的朋友”，它们都很合理。但是，最确切的回答是：因为各层的按钮是直排成一行的，这个矮人伸手最多只能够到十楼的电梯按钮，更高的按钮他够不到。这个回答胜过其他回答，它最大限度地应用了这个问题所提供的各个条件。其他回答虽然都合乎逻辑，但是也都适用于个子高的人。

还有一种常见的开放问题，是所谓“找出多余的词”。不过，这类问题在比较简单的情形下也可以是闭合的。例如，在叉子、汤勺、铅笔和小刀这四个词中，哪一个是多余的？当然，铅笔这个词是多余的。但是，这类问题大都是开放的。

从上述各个例子看来，对智商测验的结果必须仔细加以



分析,切不要把智商当做衡量智力的唯一标准,是绝对可靠的依据。

那么,智商测验除了作衡量智力高低的参考之外,有些什么实际用途呢?它的一个比较切实有效的应用是,衡量接受测试的人是否适合担任某项工作。例如,一项工作要求智商一百二十。那么,智商低于一百二十的人肯定不适合担任这项工作。智商一百二十的人,一般说来适合担任这项工作。但是,智商比一百二十高出许多(象一百六十)的人是否适合担任呢?那就难说了。因为智商这样高的人可能嫌这项工作太简单而轻视它,结果反倒做不好。可见,就这里来说,智商测验与其说是衡量接受测试的人“好坏”,还不如说是衡量他“合适与否”。

考虑到智商测验存在上述种种问题,心理学家为了测量创造才能,就提出了下述各种专门的测验方法。应该指出,既然创造性工作需要具备各种能力,因此单从一种心理测验来说,每一种都不是绝对可靠的。

探索问题的敏锐性:在纸上写下一些同常见事物比如木头相联系的奇怪问题。(有时候,问题这样提:“如果给你这根木头,你会拿它做什么呢?”)

思维的敏捷:提出一个名词,同时用三个定语加以修饰,比如“柔软的”、“白色的”和“可以吃的”。

联想的机敏性:举出一个给定的词的所有反义词,比如给出“干燥的”、“陈旧的”。

语言的流畅:想出尽可能多的带有给定的前缀或者后缀

的词。(对于中文,就是用给定的字组成尽可能多的词。)

确定事物的类的能力:在纸上写下可以应用给定的定语的全部东西(象“圆形的”)。

多重组合:提出一系列单词,比如箭、蜜蜂、鱼、快艇、鳄鱼、鸢和麻雀。要求把这些词组合起来,把它们按飞行的、游水的、活的、凶猛的等项加以组合。

推测后果:描述一种情景,推想它的后果。例如,“如果雨不停地下,会发生什么后果?”(一般的回答是:“我们会被淋得透湿”,“雨伞会涨价”,“我们只好搬到山上去住”,“会形成水灾”,等等。)

职业标志:出示一幅画有标志物比如电灯的画,要求列举这个东西所象征的职业(电工、教师、科学家等)。

构成标志:在纸上用纵横线画出十二个方格。在每一格里写上一个短句或语词:“人在行走”,“飞机在飞”,“愤怒”,“骄傲”,等等。要求用铅笔素描象征性地表现它们,不要画成图画。

提问和猜测:给接受测试的人一幅情节简单的图画,向他提出画面所描述的事件前后的问题,这个测验的结果可以评价联想的机敏性以及思维的灵活性和独创性。

把东西加以改进:要求改进用硬纸板做的玩具,象狗、猴子,说出怎样才能使玩具变得更好玩。通过这个测验,可以评价灵活性、独创性和发明能力。

想象:要求从十个奇怪的题目中挑选一个写成一篇短故事,比如“会飞行的鳄鱼”、“号啕大哭的男人”等。

完成图画，要求接受测试的人把一幅没有画完的画完成，可以测验出他们用来理解图画内容的独创性和想象力。

组合圆圈和方框：在纸上画三十五个位置杂乱无章的圆圈。要求接受测试的人用这些圆圈作为组成部分，画出尽可能多的各种不同的物体。在画的下面必须写上物体的名称。通常画的是盘子、钮扣、汽球、单眼镜和轮子。构想奇特的画有：停在人的上唇上的苍蝇所看到的鼻孔。也可以用方框代替圆圈。这个测验可以用来评价机敏性、灵活性和独创性。

这里，为了用“机敏性”、“灵活性”和“独创性”等概念来评价创造才能的高低，必须知道，当接受测试的人在完成上述各项任务的时候，这三者的表现怎样。

机敏性表现在完成任务迅速上，可以通过一定时间里回答的数量来计算。灵活性是指从一类事物转到另一类的次数多少。比如回答“罐头可以有多少种用途”这样的问题，如果接受测试的人说出锅子和碗，在评价机敏性的时候就算做两个不同的回答。但是，在评价灵活性的时候只能算一个，因为它们同属于盛液体的容器。

独创性是根据同类的接受测试的人（象同一所大学或者中学的学生）中间同样的回答出现的次数来决定的。如果有百分之十五的人给出同一回答，独创性就是零分。如果不到百分之一，独创性可以获得四分。如果是百分之一到二，就得三分。联想的独创性，一般说来，反映了创造潜力，只要这种联想不流于荒诞。在一批接受测试的人中间，作出的回答的次数低于百分之零点五，就属于才能出众的了。

应该指出，用上述方法获得的结果都不是绝对可靠的。对这些测验方法应该采取合理的怀疑态度，同时努力提高测验的可靠性。各项测验应该在规定的时间内按照严格的条件进行，这样，取得的结果就比较可靠。

到现在为止，应用这些测验所取得的结果，主要对于心理学家具有重要意义，离开实际应用还有一定距离。切实有效的心理测验方法，还有待于心理学家进一步研究和创造，尤其需要结合对创造才能的研究来制定出心理测验的一般理论。

### 三 发表论文是创造才能的指标

发表科学论文，是衡量科学家创造才能的一个极其重要的指标。首先是看发表论文的数量。比如，自从1665年世界上最早的科学期刊《学人杂志》在法国巴黎问世以来，发表科学论文最多的是十九世纪英国数学家凯利。这位矩阵理论创立者的全集一共收入论文九百九十五篇。凯利在许多数学领域，尤其是在 $n$ 维解析几何、行列式理论、线性变换、斜曲面和矩阵理论等方面，都作出了重大的贡献。他还是不变量理论的奠基者之一。再如，1947年诺贝尔化学奖获得者、英国化学家鲁宾逊，一生发表了论文七百七十篇，他在四十岁到五十岁的十年时间里发表了二百五十五篇，六十岁达到五百篇。

根据统计，美国科学院院士一生平均发表论文一百四十五篇；英国皇家学会会员中的化学家一生平均发表论文一百四十四篇，医学家一生平均发表论文一百二十五篇。

这些事实都充分说明，发表科学论文的数量同科学家的创造才能之间有密切的关系。

我们可以再来看看诺贝尔奖获得者在这方面的情况，恐怕能够提供更有力的证据。科学学家的研究表明，诺贝尔奖获得者大都从很早起就开始发表科学论文。就拿美国的诺贝尔奖获得者来说，他们二十多岁就平均发表论文十三点一篇，大大超过了一般科学家，一般科学家一生平均只发表三点五篇。即使是得到过博士学位并且很有成就的多产科学家，在这个年龄发表论文的数量也只及那些未来获奖者的一半。至于以后的差距，那就更大了。在获奖的前五年里，这些人平均每年每人发表论文十点六篇，可是上面提到的那些多产科学家平均每年每人只发表一点八篇。

再从科学论文的质量来看。科学论文的质量通常用所谓“引用指数”，就是被其他发表的论著引用的次数来衡量。它可以避免单纯用发表论文的数量来衡量创造才能所带来的差错。

法国数学家伽罗华，只在他参加决斗前的遗书中留下了一份手稿。可是，在这份手稿刊印以后，却被引用了几十万次。十八世纪末创立了组织学的法国生理学家、解剖学家毕夏在二十八岁就早逝了，只留下了屈指可数的几篇论文，可是在将近二百年以后的今天，这些论文仍被广泛引用。

当然，这些只是罕见的个别情况。那么，我们再来看看诺贝尔奖获得者的情况吧。

事实表明，诺贝尔奖获得者早年和获奖以前不久发表的

论文被引用的情况，大大超过了一般科学家、甚至多产的优秀科学家。一般科学家的论文发表以后，常常很快就被人们遗忘，或者根本没有人引用，或者偶尔被引用一下。

在 1965 年到 1969 年之间获奖的人，二十岁的时候发表的论文，过了大约三十年以后（获奖之前），每年被引用八次，可是，优秀科学家在同一时期发表的论文，三十年以后每年平均只被引用半次，相差十六倍。比如，因为在核反应理论上的贡献而获得 1967 年诺贝尔物理学奖的美国物理学家贝蒂，早在二十多岁（1926-1935）的时候发表的论文，1965 年被引用了二十八次，可是，最多产的优秀科学家早期的论文在这一年只被引用了四次。

诺贝尔奖获得者的这种优异性，越是接近获奖的时候就显得越突出。在 1961 年到 1971 年之间，未来的诺贝尔奖获得者所发表的论文，在获奖以前每年平均被引用二百二十二次；可是，多产的优秀科学家在相同年份中只被引用六点一次，相差四十倍。在这个期间，就将当选为美国科学院院士的科学家的论文，平均被引用的次数也只有九十九次。

再如，1975 年发表的科学论文中，只有一百五十篇（大约占当年发表论文的千分之五）在发表后的一年里被引用过十次。可是，法国分子生物学家莫诺和另一位法国生物学家雅各布合写的一篇论文，使他们获得 1965 年诺贝尔生理学 and 医学奖，它在发表后一年中被引用了一百六十次。

总之，这些统计资料雄辩地证明，科学家发表论文的数量和质量，在很大程度上反映了他们创造才能的高低。因此，发

表论文的情况广泛地被用来当作衡量科学家创造才能的依据。比如,美国大学在招聘教师以及给教师晋职的时候,普遍把教师发表论文的数量,尤其是引用情况,列为一项主要的考核内容。

正因为这样,许多学者都在努力探索用各种方法来具体衡量科学家论文发表后被引用的情况。

1955年,美国统计学家莫斯特勒发明了一种所谓“脏边指数”的方法,用来估计科学论文的引用情况。这种方法是根据这样的事实:引用得最多的论文不但纸边肮脏,而且还被涂抹和勾划。无独有偶,有一位诺贝尔物理学奖获得者,他为了了解自己论文被引用的情况,就利用到世界各地大学讲学的机会,到当地图书馆察看刊登他主要论文的期刊,在那几页纸边上积了多少污垢。

苏联学者提出了一种用评分计算论文发表指数的方法。这种方法对论文引用情况作了深入分析,不但考虑引用次数,还按引用目的划分了三种类型。

第一种类型只是为了列举所有从事某项研究的人,以便表明自己了解全面情况。它的另一个动机是由于必须向老师、同行以及假想的评论者和论敌表示敬意。这类引用只给一分,哪怕是大段引证也是这样。

第二种类型是引用公式、计算方法、实验方法、诊断或者治疗手段以及诸如此类的内容。换句话说,是利用某人获得的实际科学成果。这种引用应当评为十分。

第三种类型是为了发展和完善作者提出的思想。这种对

作者思想的引用应当评为一百分。(十分和一百分是约略性的,应该进一步精确。)

根据这样的评分标准,我们可以计算出表明论文发表成绩的指数:分子是得分、分母是发表的论文总数。比如:某科学家总共发表了十篇论文,被引用三十四次(自己引用一律不算),其中三十二次引用属于第一种类型,两次属于第二种类型,没有第三种类型。论文的总分是  $32 + (2 \times 10) = 52$ ,指数就是五·二。

应该指出,利用论文发表情况来衡量创造才能,必须区别不同学科,分别对待。比如,历来是化学家发表论文的数量最多,可是现代物理学文献却有数量减退的趋势,因为物理学家搞应用研究的势头有增无减,应用研究是不怎么注重发表论文的。即使是同一个学科,不同分支的情形也不尽相同。

#### 四 评价才能的经验方法

实际上,许多人的创造才能是在实践中被发现的。作出这种发现的人就是我们常说的“伯乐”。伯乐是唐代文学家韩愈在《杂说·马》中所刻画的一个善于识别千里马的人,后来被喻为慧眼识英才的贤士。

“伯乐”凭借博学多识或者对某一知识领域的深厚造诣、对创造才能的敏锐直觉,能够从实际接触中发现人才。因此,这不妨说是用经验方法来识别才能。科学史上有过不少这类事例。



被誉为“数学王子”的十九世纪德国大数学家高斯，出身寒门。他很小就才华横溢，但是家境清贫，不能上大学深造。十五岁那年，有一天他只顾读书，不知不觉地闯进了不伦瑞克宫的庭园，恰巧遇见不伦瑞克公国的费迪南公爵夫人。公爵夫人对这个好学的少年发生了浓厚的兴趣，在交谈中，她对高斯的奇才感到惊讶。公爵夫人把这个发现告诉了公爵。爱才如渴的费迪南公爵就慷慨解囊，送高斯进了著名的高等学府深造。高斯果然没有辜负这位赞助人的厚望，终于成为数学巨匠，几乎每个数学分支都打上了他的烙印。高斯还在物理学、天文学、测地学等领域里做出了重大贡献。

著名的遗传学摩尔根学派的创立者、美国遗传学家摩尔根，平时在同学生的接触中，处处留心观察他们学习和思考的特点，从中发现人才，选择助手。后来成为著名生物学家和摩尔根学派骨干的斯蒂芬、布立治、穆勒、皮特尔等人都是这样被选拔出来的。

十九世纪，著名的挪威数学家阿贝尔，在短短的一生（二十七岁死于肺结核）中，提出了阿贝尔群、阿贝尔积分、阿贝尔函数，证明了五次代数方程一般不能用根式求解，他还是椭圆函数论的奠基人。他出身在一个穷牧师的家庭。幸运的是，他在中学里遇到一个名叫霍尔姆鲍埃的老师，老师发现他具有卓越的数学才华，预言他到十七岁的时候将会成为世界上最伟大的数学家。这位老师对阿贝尔悉心培养，终于造就了一个大数学家。

那么，具体说来，为了发现创造才能，有哪些经验方法可

以应用呢？现在还没有制定出一套普遍适用的方法，恐怕也不大可能有这样的方法。不过，不少科学家和发明家在自己的实践中摸索和总结出了一些行之有效的方法。著名美国工程师约卡普曾经提出八种方法，用来遴选年轻、有才干的合作者。这里简单介绍如下。

第一，询问候选对象，他是否认为自己具备创造才能。人们在这个问题上一向采取非常慎重的态度。他们不敢说大话，因为一个没有才干的人如果担负要求创造性思维的职位（象总工程师），那该是多么危险的事。

第二，了解候选对象作出的获得专利权的发明和撰写的独创性论文的数量，综述文章和日常实验报告不算。

第三，如果对象刚走上工作岗位，还没有自己的著作，那就应该尽量弄清楚他的思维独立性达到多大程度。可以让他回忆一下，他当学生的时候，哪些实验给他留下难忘的印象，使他感到奇异和优美。根据他的谈话，通常可以判断，他究竟是喜欢啃难题，还是宁肯驾轻就熟，从事容易掌握的工作。应该知道，一个有才干的人，总是爱好谈论事情的棘手的和还不明白的方面；可是，一个才智平庸的人却不是这样，他一味侈谈那些确定无疑的东西。

第四，必须考核候选对象运用想象的能力。有才干的工程技术人员，在思维过程中广泛运用视觉形象和表象。形象总是包含着许多细节。它们有助于回忆，使繁重的零件组合工作变得容易些。

第五，下一步是摸清候选对象的个性倾向。有的人喜欢

体力活动(象体育活动)，有的人爱好情感活动(象音乐)。在技术上有潜在才干的人，会从艺术中得到乐趣，因此后一种性格更有益于从事技术工作。

第六，在个别谈话中，也应当谈一些同专业本身有关的问题。有的对象喜欢引经据典，每个意见都引证权威人士的言论，但是不大表达他自己的见解和判断。这种人可能智商很高，却不大可能培养出良好的创造才能。

第七，给候选对象出一个具体的问题。比如对学物理的人，可以提这样的问题：一颗子弹从步枪枪膛中飞出，求它最初五米距离里的飞行速度（解题的精确度要求达到千分之一）。

富有创造才能的人通常都提出好多个思想，包括一些开玩笑性质的。这猜测的范围逐渐缩小，直到剩下几个比较切实的想法，尽管还没有最后停当。有时候甚至出现这样的情形：当谈话结束的时候，候选对象忘了谈话的直接目的，还在那里一个劲地思索着。他们不怕说出假设性的想法。在这些人，思想的数量终究会变成质量。可是创造才能差的人却不这样，他们只提出自己深信不疑的主意。

总之，象上面列举的那种问题，是测验实验室领导者的创造才能的良好方法。

第八，介绍一个很有创造才能的合作者同候选对象认识，让他们讨论专业问题。如果过了三十分钟以后，这两个人还在热烈地讨论自己的构想和实现它的困难，那就可以大胆地把这个人选定下来。如果这两个人话不投机，很快就没有什

么可说的了,那么这个候选对象多半是没有创造才能的,尽管他或许另有所长。

在实际中,我们可以根据关于创造才能和它显露的特点的知识,把各种评价创造才能的方法和手段结合起来运用,以便发现和选拔真正有创造才能的人才,让他们担负合适的工作。

## 五 才能和智慧

前面已经说过,智力高的人不一定具有出色的创造才能。

因此,心理学家把智慧(智力)和才能(能力)看成是个人特殊性的两个不同的表征。智慧表现在个人的智力活动方面,才能却是表现在个人进行某种活动、完成某种任务的本领方面。

在中国心理思想史上,先秦诸子象孔子、墨子、孟子和荀子等都把“智”和“能”区分开来。《荀子·正名》中写着:“所以知之在人者谓之知。知有所合谓之智。智所以能之在人者谓之能。能有所合谓之能。”这里,荀子提出了“人的知识和能力导源于对客观事物的认识 and 同客观事物相符”的唯物主义思想,同时也明确地把“智”和“能”区分开来。

事实上,在孔子学生的身上已经表现出了这种区别。他最得意的弟子颜渊能够“闻一知十”,但是一无建树,没有表现出什么才能。其他弟子象子贡,冉有和子路等虽然智力比不上颜渊,但是都在政治上显出才能,比如子贡官拜鲁国和卫国

的宰相。

科学家中也有这样的例子。上面提到过的 1968 年去世的德国化学家哈恩，上高中的时候成绩并不突出，但是他很早就对化学发生了兴趣。作为放射化学的主要开拓者，当他接受第一件放射化学工作，就是从一百克钡盐中提炼几毫克镭的时候，他竟仅仅具备放射化学的一些基本知识。但是，他凭借自己的实验才能，成了新的放射性元素镭的发现者。从此，他的兴趣就从有机化学转到了放射化学。由于发现核裂变，哈恩获得 1944 年诺贝尔化学奖。他在很长时期里是德国科学界的领袖人物。

显然，智慧和才能又是密切联系的。具有创造才能的人，一般也都具有比较高的智力。苏联学者爱克的研究表明，同创造才能相对应，智力有一个阈值，就是智商一百二十，智商低于这个值的人，不可能具备创造才能。但是在这个值以上，智商的增加却无补于创造才能。这里，问题在于要通过努力学习和勇于实践来发展和改善自己的智慧品质，增长自己的才干。

关于才能，上面已经详细论述过了。现在着重谈谈智慧的问题。

个性的智慧品质可以分做四种。

首先是思维的智慧。这种智慧品质表现在很多方面。思维应该有深刻的洞察力，就是能够把握事物的本质，把握现象之间和现象内部的联系。这种智慧的深刻性，集中表现在善于提出问题。法国大作家巴尔扎克指出：“打开一切科学的钥

匙毫无疑问地是问号。”

思维的智慧还表现为机敏性、独创性和逻辑性。几乎一切杰出科学家的智慧品质，都从很小时候起就表现为超常的独创性。这样的例子不胜枚举。这种品质表现为善于把习见的概念、形象、联系和规律与众不同地结合在新的关系之中。逻辑性无疑也是一个重要的品质。普朗克上中学的时候，他的老师在一张成绩单上写过这样的评语：“深为老师和同学们所喜爱。他在班级里年龄最小，虽然有些稚气，但是头脑非常清醒，逻辑性强。他很有出息。”看来，这位老师正是由于深知逻辑性强这个智慧品质的重要，所以才能慧眼识英才。

思维的智慧还表现在论证的充足性上。这就是说，智慧在于不仅能提出主张，而且还能对这个主张加以论证，使别人信服。具备这种品质，就有可能达到完善的认识。

其次是审美的智慧。这种智慧品质表现在力图认识事物的形式，而并不总是对事物的原因感兴趣；至于实际应用，却几乎从来不加考虑。美感实际上代表了人的感性认识和形象思维的品质。马克思指出：“……正如只有音乐才能唤醒能欣赏音乐的感官，对于不懂音乐的耳朵，最美的音乐也没有意义，就不是它的对象。”这告诉我们，美感是智慧品质，是需要培养才能够具备的。

美感作为科学家的一种心理素质，是十分重要的。前面已经谈过，许多杰出的科学家都有很好的音乐素养。这方面还可以举出我国著名力学家、喷气发动机专家吴仲华，他上中学的时候，在音乐方面就有很高的造诣。文艺复兴时期的意

大利哲学家布鲁诺，曾经用诗一般的语言提出了一种美学的自然观，这个思想激励了近代天文学的先驱刻卜勒提出行星运动三定律，还导致数学在近代科学中占据了极其重要的地位。

再次是社会的智慧。这种智慧品质同崇高的社会责任感相联系。在这方面，爱因斯坦堪称典范。首先，他清楚地认识到，社会实践是人类智慧的源泉：“我们的大部分知识和信仰都是通过别人所创造的语言，由别人传授给我们的。要是没有语言，我们的智力就会同高等动物的智力不相上下；因此，我们应该承认，我们胜过野兽的主要优点就在于我们是生活在人类社会之中。一个人如果生下来就离群索居，那么，他的思想和感情中保留的原始性和兽性就会达到我们难以想象的程度。个人之所以成为个人，他的生存之所以有意义，与其说是靠他个人的力量，还不如说是由于他是伟大人类社会的一个成员，从生到死，社会都支配着他的物质生活和精神生活。”

基于这种富有哲理的认识，他强烈地意识到自己的社会责任是争取人类的幸福。因此，他对十月社会主义革命以及中国人民的民族解放和进步事业都采取热情支持的态度。他是这样热情地称颂伟大的列宁的：“我尊敬列宁，因为他是一位有完全的自我牺牲精神、全心全意为实现社会正义而献身的人。”他还指出，为了使人民摆脱穷困，唯一的出路是建立社会主义经济。

爱因斯坦还把这种崇高的社会责任感贯彻到自己的科学工作中去。他努力“保证我们科学思想的成果会造福于人

类”，他告诫说：“在你们埋头于图表和方程的时候，千万不要忘记这一点！”

最后是工作的、生产的或技术的智慧。这种智慧的品质表现为在解决具体的物质生产任务的时候，完全明白必须做什么，有哪些技术可能性和现成的手段，以及怎样用最佳方式、花费最少的力气和时间完成这项工作。因此，人们常常说“智慧的手”。这种智慧可以称做实际的智慧。应该指出，从人类智慧的进化和发展来说，各种智慧都是从它分化和发展而来的。

个人的智慧是这几种智慧品质的总和。拿作为整体的个人来说，它们都不能单独地加以衡量和考察，处在密切的相互联系之中。每个人都有这四种智慧，只是它们的发展程度和相互关系因人而异。比如，有的人思维智慧低，却具有高度的美感或者社会智慧，因此在艺术、社会活动和教育等领域取得很大成就。从这里，也可以看到智慧和才能相互联系的又一个方面。



## 第六章 创造的个性

无论科学创造还是艺术创造，主要都是由科学家和艺术家个人进行的，即使是集体创造，也是建立在个人活动基础上的。因此，个性问题是创造心理研究中的一个重要问题。实际上，我们在上面已经涉及了这方面的问题。

首先，在阶级社会里，每个人的个性都打上了阶级的烙印。个性的阶级性集中反映在他的世界观上。个人的信仰和理想都建立在他的世界观上。因此，世界观决定了个性的总倾向性，就是对现实的态度、目的性以及个性的心理品质。

从有人类历史以来，最完全、最进步、最科学的世界观是共产主义世界观，也就是无产阶级对世界的根本看法。毛泽东同志说：“共产主义的宇宙观是辩证唯物论和历史唯物论。”

无产阶级文学巨匠鲁迅，通过长期的实际斗争，树立了坚定的共产主义世界观。在旧中国最严酷的法西斯统治下，他公开宣布：“唯新兴的无产者才有将来。”正因为这样，他的作品战斗性和对人民的教育作用都达到了中国文化史上前所未有的水平，一直到今天还是我们应该汲取的极好的精神食粮。

鲁迅作为一个文学家，他的伟大的榜样，生动地说明了正确的世界观是进行创造活动取之不竭的力量源泉。今天，在中国共产党领导下的社会主义新中国里，我们要用马列主义、毛泽东思想作为指导思想，树立共产主义远大理想，同时致力于我国的四化建设，为实现振兴中华的宏图而奋斗。

以上所述都是个性的思想性方面，这是个性的主要的和决定性的特征。同时，个性还有其他方面。比如创造的个性，还包括心理品质方面的特点。个人凭借这些个性特点，可以在创造性劳动中充分施展自己的创造才能，发挥自己的创造力量。

创造性活动所要求的各种个性心理特点，在具体的科学家身上，不是简单的相加关系，它处在一种独特的复杂联系之中，融合成有机的整体，表现为鲜明的个性心理特征。

不过，我们打算首先论述一下个人心理生活的正常状态问题，因为心理健康是进行创造活动的必要前提。

## 一 创造才能和心理健康

在1969年登上月球的美国三个宇航员中，有一个在返航以后就退休了，从此只在社会上做些心理卫生工作。这样富有创造才能的人，为什么忽然退休了呢？原来，他根据自己掌握的心理学知识，发觉自己在这次宇宙航行中，由于经受不住严酷的太空环境的刺激，心理受了创伤，得了严重的抑郁症，不能再从事创造性的工作，所以毅然决定急流勇退。

这个事例说明，从事创造性活动，要以个人的心理正常和健全为基本条件。

所谓正常、健全的心理，是指个人的心理生活保持积极的状态，也就是个人的心理活动稳定地处在一定的质和量的水平之上。

十九世纪的维也纳医生比尔罗特，给“正常心理”下了一个简单而又实际的定义：心理正常的人对任何生活都热情洋溢。这个定义的基本精神是正确的，但是还要加以修正。首先，不能不分青红皂白地对什么活动都表示热情，而应该只参加有益于身心健康的活动。其次，热情的程度也应该是有分寸的，应该按刺激的强弱来定。

这种正常心理，对于个人进行创造性活动具有巨大的意义。马克思在有人问到他的兴趣的时候，曾经引用古罗马的格言回答说：“我作为人，没有什么人类的东西对我来说是无关的。”这种对人类和生活的崇高的爱，就是进行创造性活动所取之不竭的力量源泉。

我国古代学者也已经注意到个人心理健康和创造才能的关系。比如孟子认为，一个人要想大有作为，首先必须通过刻苦锻炼来培养优良的心理品质。孟子还提出：只要不断健全和发展心理品质，智慧就会象扑不灭的火焰那样燃烧起来，象流不尽的泉水那样喷涌出来。

现代精神神经学家认为，每个人都在某种程度上具有创造的禀赋，但是只有心理正常的人才会把创造潜力付诸实现。这种观点否定那种认为创造才能同精神病态的特征相结合的

见解。有些精神神经学家还认为，任何心理治疗都应该通过激发病人的创造力去治疗神经功能疾病。他们把创造才能的培养看做是这样的心理疗法：制定一种活动，让神经功能症病人练习，使他养成能够应付困难处境的能力。从事克服困难的工作有助于提高心理状态的稳定性。这时候，起主要作用的不是所具备的知识，而是灵活性。灵活性调动起来后，人就有能力适应环境，使自己的行为趋于正常。建立了稳定的正常心理状态，又能促进人的创造才能的发展。所以，按照这种观点，“具有创造才能的人”和“心理正常的人”是同义语。

健全的心理，首先是要有崇高远大的志向。中国历史上的旷世奇才诸葛亮，在给自己外甥的一封信中曾经这样告诫他，应当树立远大的志向，养成美好的情趣，否则就成不了贤士，只会成为平庸之辈，甚至沦为庸俗下流之徒。

崇高的志向会产生巨大的精神力量，维护心理状态的稳定。伟大的音乐家贝多芬曾经两次失恋，特别是第二次，都快要结婚了，可是由于恋人父母的坚决反对，又告失败。但是，音乐这项崇高的事业给了他力量，使他平复了创伤，继续去从事他光辉的事业。

为了保持健康的心理，还必须陶冶性情，培养崇高的情操。在这方面，优秀的书籍作用特别大，正因为这样，人们把作家称做“人类灵魂的工程师”。著名作家秦牧在《童年十忆》中谈到，好书是怎样使他从小培养起美好的心灵，走上成才之路的：“优秀的书籍，却的确象是一座座宝库，你好奇地走了进去，立刻被里面的奇珍异宝吸引住了。父亲带我买回一大包

书籍的时候，我总是急急忙忙地把它们摊在地板上，俯卧着翘起小脚丫，贪婪地阅读……我常常想，我小时候是个顽童，假如不是优秀的书籍拉我一把，说不定会沿着另一条道路滑下深渊。幸得爱好读书的习惯逐渐挽救了我。”

讲究心理卫生，还要做到心情开朗愉快，切戒不健康的嗜好和欲望。这个道理，我国最早的医学典籍《黄帝内经》中已经谈到：为了增进心理健康，应当尽量避免不良的精神刺激和过度的情绪波动，节制不良嗜好和欲望，使心情保持开朗和愉快。

个性的良好心理品质还在于心理状态的高度稳定性，这就是要求养成坚毅的性格。心理状态达到了高度稳定性，就能够抵御和排除外界的任何干扰，把心理状态始终保持在一定的水平上，为从事创造性活动提供必要的条件。世界知名的我国化工冶金专家叶渚沛，在十年动乱中被加上了一连串“莫须有”的罪名。但是，他“心底无私天地宽”，坦然面对逆境。他竟在“牛棚”里完成了“超高温化工冶金新技术”的基本理论研究。相比之下，有些人一遇打击就万念俱灰，甚至厌世轻生。这就说明他们的心理品质差。很明显，这大大妨碍了他们发挥创造才能，因为生活中难免不发生这样那样的波折。

## 二 创造的个性的特点

创造的个性有以下几个特点。

一是勇敢。这是创造的个性中最重要的特点。马克思有句名言：“在科学的入口处，正象在地狱的入口处一样，必须提出这样的要求：‘这里必须根绝一切犹豫，这里任何怯懦都无济于事。’”只有勇敢的人才能进入科学的殿堂。

勇敢所以比其他特点都重要，是因为任何才干离开了勇敢，就不能上升到创造性的水平。对公认的东西表示怀疑，以便除旧布新，需要勇敢；善于想象，提出好象不能达到的目标，然后再努力达到它，不怕自己的见解同大多数人对立，甚至冲突，也需要勇敢。

普希金说：“做勇敢的人吧。勇于扫视广阔的视野，创造性思想也就偕与俱来……”。正是这种“思想上的大无畏”，使人能够冲破思想束缚，登高望远，志在千里。这样，人们才能头脑清醒地审视和评价一切事件，引出正确的结论，最终得到出乎意外和异乎寻常的成果。

勇敢的人还表现出具有胆魄和献身精神。这在上面论述意志品质的时候已经谈到过。

二是甘愿冒险。这个品质同勇敢密切相关。平庸的人喜欢按部就班，只是循规蹈矩地工作。有创造才能的人却敢于提出猜测，哪怕没有充分的根据也罢，宁肯冒犯错误的风险；他们不把自己束缚在一种技艺、一个题材、一门学科或者一种风格中，不怕逾越常规。

三是富有幽默感。富有创造才能的人，都有喜欢“游戏”的特点，对饶有趣味的事物很敏感。幽默感是十分重要的个性品质，它同联想的灵活和“思想游戏”的大胆，几乎是形影相

随的。

和爱因斯坦有私交的玻恩夫人说，爱因斯坦“宽厚而幽默”、“对戏谑极感兴趣”。她还回忆说，有一次她请爱因斯坦给找点好书在旅途中看，结果爱因斯坦给她送来了一本《最佳犹太笑话一百个》。

卓越的学者在科学会议上发言或者讲演的时候，常常夹杂一些幽默的俏皮话。可是才能平庸的人却不是这样，好象有某种东西把他们束缚住了。幽默感反映了一种内在的自由，没有这种自由，就不可能进行创造。这种自由是建立在自信心和自尊心的基础上的。

爱因斯坦的助手施特劳斯曾经谈到这样的经历：“我回想起一只机械鸟，它能从玻璃杯里喝水，原动力来自弄潮了的头上的蒸发热。吃晚饭的时候，爱因斯坦怀着很大的兴致玩弄它，用湿手指慢慢地抚摸鸟头，使鸟又活动起来。不消说，我总有这样的感觉，在玩弄这些东西和发出响亮快乐的笑声的时候，他身体的一部分，在他严肃的眼睛后面，仍在继续研究重大的问题。”这不是道出了幽默感和创造的内在联系了吗！

四是独立性强。独立性无疑是进行创造性活动所必不可少的个性品质。

现代科学学奠基人、美国社会学家默顿为科学家探索真理提出了四条准则：普遍性、团体性、无私性和怀疑主义。

独立性在爱因斯坦身上表现为一种科学的怀疑态度。他对任何理论都投射怀疑的眼光，用独立思考去进行审查。他正是由于对传统的、绝对时空观的产物“同时性概念”发生怀

疑,才走上了创立“狭义相对论”的胜利征程。

应该指出,独立性并不是单纯地追求标新立异,也不是炫耀自己。具有这种个性的人深知自己是在复杂的、捉摸不定的环境中进行创造性活动,因此对已有的观点作出最后的判断和对自己的设想作结论,都是十分审慎的。

五是有恒心。这种个性使人能够持之以恒地把注意力集中在某个问题上。这是任何创造性活动获得成功的最重要条件之一。有人问牛顿是怎样提出他的著名定律的,他回答说:“我只不过是无时无刻不在思考它。”巴甫洛夫也说过,“锲而不舍地思考”是取得重大成就的前提。

六是一丝不苟。我国地理学家竺可桢把“一丝不苟”当作自己的座右铭。富有创造精神的人,都用严峻的眼光审视周围事物。他们不满足于不完全确切的知识,尽力占有第一手资料。他们遇到问题就穷根究底,决不牵强附会,决不放过任何疑点和含糊不清的地方。

我国魏晋时代地图学家裴秀同古希腊学者托勒密,并称是古代世界地图史上东西方交相辉映的两颗明星。他正是凭借这种一丝不苟的精神,做出了前无古人的重大成就。比如,裴秀在编制《禹贡地域图》的时候,对前人绘制的地图进行了严格的审查和选择,不放过一点点疑问,他批评汉朝的地图粗略简陋,于是根据自己的实际经验加以修改。

以上我们列举了创造的个性所特有的一些心理品质。当创造的个性反映在具体个人身上的时候,情形又是怎样呢?现代著名的瑞士心理学家荣格断言,和常人不同,具备创造的个



性的人，在行为中表现出各种相对立的特征。他提出，这种两极对立的特征强烈地表现在具有极高创造才能的人身上。当代著名的美国科学学家霍尔顿撰写过爱因斯坦的“心理传记”。他的研究支持了荣格的观点，表明爱因斯坦具有鲜明的两重性。

爱因斯坦即使到了晚年，还是用深邃目光注视周围的世界，在创造性活动中仍象一个孩子，始终保持着他在五岁看到指南针的时候所产生的那种好奇心。一位学者在回忆中说：“这个当代最伟大的天才，同时却又象孩子般天真。如果有人以为，他一味轻信，那是不符合他本性的。在谈话中，简单的、空洞无物的词句和只能从伟大头脑里迸发出来的灵感交替出现。”

爱因斯坦具有传奇般的、几乎叫人难以置信的高度集中的注意力和无比深刻的思想。他厌恶用无用的知识去占据头脑。同时，他又有极其广泛的兴趣，他善良而仁慈，对向他求援的人总是尽力相助。他对生物学的兴趣同对哲学一样浓厚，他得到过医学荣誉博士学位。他喜爱文学，莎士比亚、托尔斯泰、陀思妥耶夫斯基、席勒、肖伯纳等都是他喜爱的作家。他对音乐的酷爱是有名的，他音乐造诣之高，使有的专业音乐家也自愧不如。曾经有一个不相识的女青年给他寄来一份关于教育问题的手稿，向他请教，他不但认真阅读，并且在回信中亲切地谈了自己的看法。

他是个既健谈而又机智的对话者，却又非常倾向于童年时代就形成的孤僻。他自己说过：“我对社会正义的渴求和强

烈的社会责任感同这样的事实处在冲突之中；我没有同其他人直接接触的需要。”

智慧的明晰性同思维的逻辑性，在他头脑中同美学信念圆满地结合在一起。他提出的思想，有许多是出于美学而不是逻辑的考虑。他对实验和理论不相符的情形所产生的不安，甚至远远不及对“公设冗余”<sup>①</sup>和基本原理在美学上的不和谐所感到的不安。这正是刺激他的思想的源泉，促使他去探寻消除冗余的可能性。

他对教会和任何宗教教义都抱否定态度，同时又怀有一种独特的宗教感情，经常提到上帝。他有一次作了这样的自白：“我是一个怀有很深宗教感的无神论者”。物理学家英费尔德在同爱因斯坦共事期间写的札记中有这样一段话：“当爱因斯坦讲起上帝的时候，他想到的总是自然规律的内在一致性和逻辑简单性。”

他在科学上是一个积极的革新家，同时却又是一个保守者。他不厌其烦地屡屡提到物理思想的继承性，不止一次地强调，相对论是自然观几百年进化的合乎规律的结果。

他在科学研究上也明显地表现出两极融合的倾向。他在“物质世界是连续的”这个思想上作出了巨大贡献，这尤其明显地表现在“场”的概念上。同时，他又是打破“一切自然过程都是连续的”这条原理的量子物理学奠基人之一。

爱因斯坦的思维以高度抽象著称，同时又崇尚直观。他

---

<sup>①</sup> 爱因斯坦认为，作为建立理论的出发点的公设，数量应当尽可能少。这种公设太多的情形，就是“公设冗余”。这个思想是符合数理逻辑的原理的。

不善于说话。他喜欢用形象思维得出结论，然后再赋予它语言的外壳。这可以从他惯用的思维实验方法中看出。所谓思维实验，就是对理想对象在思维中进行“实验”。他在思维实验中经常用到的形象有：处在不同空间位置的时钟的指示、光信号抵达观察者、疾驰列车的位置和闪电的发生，等等。

爱因斯坦的女婿凯泽尔也深切地感受到他的这种性格特征：“征服和服务，发现和谦逊，决定着这个富有创造性的人的命运。这些力量在爱因斯坦身上从来没有发生过冲突，而是和谐地起着作用。这使他那统一的品格产生极大的魅力。由于他的工作有无可比拟的意义和他的人格的神奇性，他在我们这个时代成为一个声名显赫的人物。”

创造的个性的这种特征，同科学本身之间有什么联系呢？霍尔顿表达了这样的见解：物理学表面上看起来象铁板一块，但是在平静的水面下，却是两股相对的潮流在激荡。平庸的科学家只置身在其中的一股潮流中，解决日常任务。卓越的科学家就不是这样，他象一个弄潮儿，同两股潮流互相撞击激起的波涛相搏击，做出惊人的壮举来。

## 第七章 科学创造和艺术创造

“数术穷天地，制作侔造化。高才伟艺，与神合契。”这段话是对地动仪和浑天仪的创制者、东汉天文学家张衡的崇高评价。这种评价，他是当之无愧的。他在天文学上的成就，还有正确解释了月食的成因，认识到宇宙的无限性。作为中国文学史上有很高地位的文学家，五、七言诗的创始和汉赋的转变都离不开张衡的贡献，他的《二京赋》颇负盛名。他对司马迁的《史记》和班固的《汉书》提出过修改意见，曾经有意专门从事史学研究。他绘制过一幅流传了好几百年的地形图。他对圆周率很有研究，算得 $\pi=3.1466$ 。他是东汉六大画家之一。在哲学方面，他在天文学领域中坚持唯物主义，反对用唯心主义的“图讖之学”来修改比较科学的历法《四分历》。

在张衡故乡河南南阳县（现在是南召县）的张衡墓碑上，郭沫若作了这样的题词：“如此全面发展之人物，在世界史中亦所罕见。”“万祀千龄，令人敬仰。”这实在不是溢美之词。

无独有偶。这种集科学家和艺术家于一身、具有巨大创造力的奇才，在欧洲文艺复兴时代也出现了一个，这就是意大利的达·芬奇。他把科学知识和艺术想象结合起来，把绘图表现水平提高到一个新阶段，他的名画《最后晚餐》是世

界艺术宝库中的珍品。作为科学家，他在地质学、物理学、生物学和生理学等领域里，都作出过创造性的贡献。这位卓越的工程师和发明家在军事、建筑、水利、土木和机械等方面都有建树。他还是雕刻家和音乐家，甚至是最早的男高音歌唱家。

张衡和达·芬奇在科学和艺术领域中取得的巨大成就，雄辩地说明了，作为创造活动，科学和艺术有共通的地方。

事实上，卓越的科学家都有很强的艺术观念。爱因斯坦的工作有一种艺术的秩序，他深信科学创造和艺术创造有共同的动机和源泉——对未知事物的憧憬。数学家苏步青幼年喜爱历史和文学，尤其是古典诗词。化学家杨石先一有时间就翻阅古典诗词，他认为搞科学的人不能不读点文学，尤其是诗词。十九世纪英国最伟大的数学家汉密尔顿也酷爱读诗写诗，他认为创造几何概念就象做诗。土力学家郑大同也深知科学和艺术能够相得益彰，他从学生时代起就酷爱京剧表演艺术家程砚秋的艺术，今天已成为屈指可数的造诣精深的程派艺术家。维纳喜欢做虚构人物的写作练习，写过一部小说，这些使他在科学创造工作中获益非浅。

同样，文学艺术家也很重视科学。鲁迅早年在矿路学堂读书，以后又到日本学医，一度在师范学堂教过生理学和化学。他早年写过不少科学和科学史的论著，比如《说钼》、《中国地质略论》、《中国矿产志》、《人之历史》、《科学史教篇》，它们反映出他在自然科学和科学史方面有很深的造诣。这些，无疑对他后来的文学创作活动有促进作用。俄国作家契诃夫

在给友人的信中说：“我不怀疑研读医学对我的文学活动有重大帮助；它扩大了我的观察范围，给予我丰富的知识……由于熟悉自然科学和科学方法，我总让自己小心、谨慎，凡是可能的地方，总是尽力按科学根据考虑事情，遇到不可能的地方，宁可根本不写。”

科学和艺术作为创造性活动的联系，尤其是它们共同的地方值得具体而深入地进行探讨。这就是写作本章的目的。

## 一 创造的阶段

无论艺术创造过程还是科学创造过程，都可以划分成几个阶段。

十八世纪法国最杰出的启蒙运动思想家狄德罗也是出色的作家。他在《论戏剧艺术》中是这样谈到戏剧创作过程的：“剧作家完成布局，给予他的提纲以适当的广度……提纲完成，人物性格确定以后，就进入剧情安排。”

一般来说，艺术创造的过程正是这样的。这个过程通常划分成这样四个阶段：积累和搜集素材，构思，拟定计划或提纲，把计划或提纲变成作品。

郭沫若创作历史剧《筑》就是一个生动的例子。战国末期燕国太子丹，为了报仇雪耻和挽救燕国的危亡，派荆轲入秦行刺秦王政（就是后来的秦始皇），行刺失败，荆轲壮烈牺牲。高渐离为了替荆轲报仇，趁给秦王演奏的机会，用乐器“筑”击秦王，没有击中，也惨遭杀害。太子丹在易水河畔为荆轲送行的

时候，“前而为歌曰：‘风萧萧兮易水寒，壮士一去兮不复还！’”这悲壮的歌词激起了郭沫若的创作欲望，壮烈的故事萦回在他的脑际。这就是构思阶段。六七年以后，在1942年五月二十六日，郭沫若拟定了这个剧本的人物表和分幕表。五月二十八日到三十一日写成第一幕。六月九日到十七日把全剧写成。

积累和搜集素材是进行创作的必要前提。苏联教育家、作家马卡连柯在第一篇描写生活趣事的短篇小说被退稿以后，下决心深入生活搜集素材。他到儿童教养院担负教育工作，一干就是十三年。1935年，四十岁的马卡连柯花了几个月时间，利用这些素材创作了一部长篇小说，这就是教育史上占有重要地位的著名教育史诗《教育诗》。

构思是创作中最富有创造性的关键阶段。它常常需要灵感这种非逻辑思维。（关于灵感，后面还要专门论述。）托尔斯泰曾经在给友人的信中，谈到他构思名作《安娜·卡列尼娜》的情景：“……我感到悲哀，什么也没有写，痛苦地工作着。您简直想象不到。我在这不得不播种的田野上进行深耕的准备工作，这对于我是多么困难。考虑，反复地考虑我目前这部篇幅巨大的作品（指《安娜·卡列尼娜》——引者）的未来人物可能遭遇到的一切。为了选择其中的百万分之一，要考虑几百万个可能的际遇，真是极端困难。我现在做的正是这个……”

第三阶段是拟订计划或者提纲。巴尔扎克在写作他的煌煌巨著《人间喜剧》的时候，曾经周密地拟订了庞大的写作计划。

这部巨著包括九十六部长、中、短篇小说、两千多个人物，划分成“风俗研究”、“哲学研究”和“分析研究”三大部分，主体是“风俗研究”，这部分的计划是“……要反映一切社会实况。我要描写每一种生活的情景，每一种姿仪，每一个男性或女性的性格，每一种生活方式，每一种职业，每一种社会地位，法兰西的每个省份……”

第四阶段是把计划变成作品，拿文学来说，就是写作。这一阶段是作品成败的关键所在，作品有无艺术魅力在很大程度上也由这个阶段来决定。因名著《包法利夫人》饮誉世界文坛的十九世纪法国大作家福楼拜，以写作严谨、文体讲究著称，他的手稿不厌其烦地改了又改。他的作品艺术感染力曾经使少年高尔基为之倾倒。艺术创造的这个阶段是艰辛的，这可以从他致友人书中的一段自白领略一二：“我不知道今天为什么生气，也许是为了我的小说。这部书总是写不出来，我觉得比移山更叫人困倦。有时候，我真想哭一场。著书需要有超人的意志，而我却只是一个普通人。我今天弄得头昏脑胀，灰心丧气。我写了四个钟头，却没有写出一个句子来。今天就没有写成一行，可是倒涂去了一百行。这种工作真难！艺术！艺术！你究竟是什么恶魔，要咀嚼我们的心呢？为着什么呢？”

当然，象上面这样把创造划分成四个阶段，只是大略地反映出创造的过程，主要是为了从心理学角度来研究创造的规律。在实际的创造过程中，这些阶段不是截然分开的。我国著名作家柳青，从来不搞写作提纲，他把初稿作为详细提纲。



他写作《铜墙铁壁》，开始只有一个人物表。另外，创造的各个阶段也是相互渗透、交错的。杨朔在写作著名小说《三千里江山》的时候，后半部的情节脱离了预定计划，而是汲取了后来生活发展所提供的素材。甚至在作品完成以后，作者常常还要对原始构想进行修改。上面提到的郭沫若的剧作《筑》，原来叫《高渐离》，直到全剧写成后的第二天才改成《筑》，作者认为它“虽不通俗，饶有风致”。

关于科学创造的过程，不少研究者都认为，它要经历意识到问题、对问题加以分析、提出思想、对思想加以检验和抉择等几个阶段。

总之，我们可以得出结论：各个科学技术领域里的创造性活动中，创造者有同样的心理结构，共同的创造过程可以分做下列五个阶段。

第一，积累为认清和提出问题所需要的知识和经验。明确地提出问题，等于任务已经解决了一半。这里要发挥探索问题的敏锐性。一切科学创造过程都起始于问题。当代著名法国学者加罗迪指出：“理性有自己的历史。这个历史不是对同一个问题不断作出回答的历史，而是为提出的问题所激励的历史。”

第二，围绕问题集中精力搜集补充材料。这两个阶段基本上都是积累知识，需要的是逻辑思维活动。这两个阶段既促进又妨碍作出创造性发现，就是领悟到自己提出的问题的解决方法。促进，是因为它们使研究者的注意力集中到某个问题上，集中到收集到的材料和对材料的理解上。妨碍，是因

为研究者的思路往往容易为现成的观念所束缚,因循守旧,可是创造的任务正在于打破陈见,开辟新的途径。

第三,转移到其他方面和其他领域进行探索,表面上看来是脱离所研究的问题。这是酝酿阶段。这里要发挥思维的灵活性,运用转移经验、侧向思维和联想等创造才能。

第四,领悟。这是作出创造性发现的阶段。有时所产生的不是明确的思想,只是初步的猜想。这个阶段的特点是,直觉、灵感、想象等非逻辑思维和美感起着决定性的作用。这些在后面都要专门加以讨论。从表面看去,领悟似乎是逻辑的中断和思维的飞跃。

第五,检验。这里需要运用评价的能力。

上面分别论述了艺术创造和科学创造的过程。不难看出,艺术和科学创造的阶段虽然不完全吻合,但是却有基本相象的地方。

从创造过程来看,艺术创造和科学创造在两个根本方面是一致的。一个是,无论艺术家还是科学家,都要花费大量艰苦的劳动去搜集事实材料,这是进行创造的必要前提。艺术作品是艺术家用艺术这种观念形态来反映社会生活的产物。既然要反映社会生活,而且要艺术地反映社会生活,那就必须占有极其丰富的事实材料作为艺术创作的“原料”。

搜集材料有各种方式。当然,正象鲁迅说的那样,“如要创作,第一须观察”。唐代著名诗人李贺为了收集素材,经常吃了早饭就背个锦囊,骑驴出门游历,观察生活,每有所闻和所感,就随时记在纸条上,放入锦囊,晚上再加以整理进行创

作。他在二十七年的短暂一生中创作出来的二百多首诗，就是这样产生的。无独有偶，北宋诗人梅尧臣也是每次外出都要随身带上一个“诗袋”。这两位诗人在文学史上都有独特而崇高的地位，备受后人的推崇。他们的成功显然同他们勤奋搜集素材有密切的关系。搜集材料的一种方式是有文献资料。姚雪垠为了创作长篇历史小说《李自成》，长年埋头钻研典籍，涉猎浩瀚的文献，光是卡片就做了一万多张。搜集材料的另一种方式是调查研究。普希金经常在晚上去听人讲故事，他说：“这些故事多么美啊！每一个都是一篇叙事诗。”蒲松龄创作《聊斋志异》的时候，也是用听别人讲故事的方法搜集创作素材的。他每天坐在通往县城的路旁大树下，设茶水供行人解渴，请他们讲故事。“搜奇索异”，“偶闻一事，粉而饰之。如此历二十余寒暑”，终于写成了《聊斋志异》这部不朽名著。

科学的任务是探索自然界的客观规律。科学的发现和创造同样以搜集事实材料开始。自然科学搜集材料的方法是观察和实验。近代自然科学正是以实验科学的面目登上舞台的。

近代西方医学先驱者之一、十七世纪的意大利学者桑克托留斯对医学的主要贡献就是把定量的观察和实验方法带进了医学，给当时同占星术和炼金术甚至巫术形影相随的、建立在臆测之上的医学，带来了一股健康的活力。

桑克托留斯为了定量地研究人体和它的功能，他一身二任，既当实验者，又当实验对象，三十年如一日地坐在位于自

制的大型天平一端的称量椅上，观察自己的体重变化。他每天大部分时间都呆在这把椅子上，记下进餐前后、睡眠前后、活动和休息、情绪安静和激动等不同条件下的体重变化。他把引出的结论表述成五百字左右的格言，把全部研究成果写成《医学统计方法》这部著作。

在近代和现代科学史上，科学家们通过长期含辛茹苦的观察实验，终于获得科学发现和创造的硕果，这样的事例不胜枚举。

艺术创造和科学创造的第二个共同规律是，在创造的关键阶段，就是构思和领悟阶段，起主要作用的是直觉、灵感和想象等非逻辑思维以及美感。这些，下面还将专门加以讨论。

## 二 艺术创造和科学创造的联系

法国小说家福楼拜在创作他的代表作《包法利夫人》的时候，由衷地感到：“越往前进，艺术越要科学化，同时科学也要艺术化。两者从山麓分手，回头又在山顶汇合。”

现在从以下几个方面来探讨一下这种“汇合”，也就是艺术创造和科学创造之间的联系。

第一，科学是人们认识自然界的活动，它把客观世界的规律性和秩序呈现在人们面前。同样，艺术创造活动也有巨大的洞察现实的力量。巴尔扎克的《人间喜剧》就具有很高的认识价值。马克思在《资本论》里多次引用过它。恩格斯也十分赞赏：“他在《人间喜剧》里给我们提供了一部法国社会，特别

是巴黎‘上流社会’的卓越的现实主义历史……我从这里，甚至在经济细节方面(如革命以后动产和不动产的重新分配)所学到的东西，也要比从当时所有职业的历史学家、经济学家和统计学家那里学到的全部东西还要多。”

科学和艺术都在探索真理，只是科学主要是在知识的领域里探索，而艺术主要是在感情的领域里探索。正因为这样，真正的科学和艺术都造福于人类，带来良好的社会效果。十九世纪俄国革命民主主义者、唯物主义哲学家、作家和文学评论家车尔尼雪夫斯基说得好：“科学并不羞于宣称，它的目的是理解和说明现实，然后应用它的说明以造福于人；让艺术也不羞于承认，它的目的是在人没有机会享受现实所给予的完全的美感的快乐的时候，尽力去再现这个珍贵的现实作为补偿，并且去说明它以造福于人吧。”

第二，正是由于文艺创造具有深刻的洞察现实的力量，所以文艺作品中有时也包含着科学发现，甚至走到了科学前面。高尔基曾经指出：“巴尔扎克这位最伟大的艺术家之一……由于观察人的心理活动的结果，在自己的一部小说中指出，在人的机体中一定有某些强力的、科学上还不知道的液汁在起作用，它们可以从机体的心理和生理特性得到解释。几百年过去以后，科学家在人的机体中发现了先前所不知道的分泌这些液汁——激素——的腺体，并且建立了极为重要的内分泌学说。科学家和大文豪的创造性工作之间的这种吻合是常有的事。”

的确，这样的事不是罕见的。俄国诗人布洛克在1904年

发表的诗作《我的母亲》中，有这样几句诗：“我们以为，我们漫游了一会儿。不，我们已经过了很长的日子……我们回来了——可是人们不认识我们，他们在故国没见过我们。”这不是一种相对论效应吗？爱因斯坦在1905年创立的狭义相对论表明，诗中描述的情形是可能的。假设有一个人在二十岁的时候乘接近光速的宇宙飞船到昴宿五这颗恒星去。昴宿五距离地球是五十光年，因此等他回到地球的时候，地球上已经过去了一百年。可是在飞船上，根据相对论，一切过程包括里面的时钟和宇航员的衰老都变慢了——只过了十年。于是，奇怪的事情发生了：三十岁回到故乡的这个游子，见到的不是乡亲，全是陌生人了。

文学作品中可能包含着科学发现这种情况，已经引起科学家的注意。我国物候学的创始人竺可桢，就很重视我国古典文学中包含的物候学材料和知识。例如，他发现，宋代吕祖谦的《东莱吕太史文集》里有关于腊梅、桃和李等二十四种植物的物候记载，以及春莺初到、秋虫初鸣的时间记载。这是世界上最早的实测物候记录。他指出，白居易的名篇《赋得古原草送别》：“离离原上草，一岁一枯荣。野火烧不尽，春风吹又生。”道出了两条物候学规律：草的荣枯有周年的循环；这种循环以气候为转移。他还指出，陆游的作品中也包含了丰富的物候知识。例如，他的诗作《初冬》：“平生诗句领流光，绝爱初冬万瓦霜。枫叶欲残看愈好，梅花未动意先香”；诗作《鸟啼》：“野人无历日，鸟啼知四时；二月闻子规，春耕不可迟；三月闻黄鹂，幼妇闵蚕饥；四月鸣布谷，家家蚕上簇；五月鸣鸦

舅，苗稚忧草茂”。

再如，生物学家徐京华指出，李白在诗作《将进酒》里抒发了他对时间的感慨：“君不见黄河之水天上来，奔流到海不复回；君不见高堂明镜悲白发，朝如青丝暮成雪！”实际上，这两句诗揭示了自然过程所体现的时间不可逆的方向性，也就是所谓“时间箭头”。

第三，大家都知道，艺术家的作品首先打上他的世界观的烙印，同时又带有浓厚的个人风格。可是在科学中，现成的结果是不以科学家的个性为转移的。人们往往以为，这是艺术创造和科学创造的主要区别。然而，如果把科学发现的内容和得到这个发现的途径区别开来，那么，就会看到，甚至是作出同一个科学发现，不同科学家所循的途径也因人而异，同样表现出浓厚的个人风格特色。

对这一点，奥地利物理学家玻尔茨曼曾经有过精彩的论述：“既然一个音乐家能从一首乐曲的头几个音符辨认出莫扎特、贝多芬和舒伯特，那么，一个数学家也可以从一本数学著作的头几页，辨认出柯西、高斯、雅可比、赫尔姆霍茨和哥切霍夫。法国作者表现出了非凡的优雅风度，可是英国人，特别是麦克斯韦，却表现出了引人注目的判断力。比如说，谁不知道麦克斯韦在气体动力学理论方面的论文呢？……速度的变量象前奏曲，一开始就严格地展开，后来，出现了两重旋律：从一边杀出了状态方程；从另一边又杀出了中心场的运动方程。公式的混乱有增无已。突然，我们仿佛听到了定音鼓的声音，‘令  $n=5$ ’。那不祥的魔鬼  $V$ （两个分子的相对速度）隐去了；

同时，低音部的一个原先还是主要的装饰音，忽然沉寂了，似乎不可克服的那些东西都被排除掉了，好象有一根魔杖一样。……这时，不用问为什么是这样的，或者问是不是别样的。如果你不按照这种发展走下去，那就把文章放在一边吧。麦克斯韦没有用注释的音符写标题音乐。……一个个结果接踵而来，直到最后是意外的高潮——热平衡条件和输运系数的解释同时得到，帷幕也就随着落下了！”

德国物理学家基尔霍夫在治学上以具有贝多芬的风格而著称：“庄重而沉着，有铁一般的连续性，著述中几乎每个角落都生辉。……”

教科书式的理论科学著作，往往在同一学科写出了许多种。它们异彩纷呈，明显地体现出各个科学家的不同风格。其中的佼佼者，比如德国数学家雅可比的《力学讲义》、玻尔茨曼的《气体理论讲义》、德国物理学家索末菲的《原子和光谱学》、英国物理学家狄拉克的《量子力学原理》等，简直被人们看成艺术佳作。

第四，一般认为，科学家要受严格的逻辑和事实的框架的限制，可是艺术创造却是自由的。其实不是这样，无论科学创造还是艺术创造，都既有必然的一面，又有自由的一面。

爱因斯坦有一句名言：“概念是思维的自由创造”。这实际上是强调，科学家在认识客观世界的过程中，要充分发挥创造性思维的作用。现代科学在对客观世界的认识日益加深的同时，变得越来越抽象。这就更加要求科学家充分发挥创造性思维的独创作用，就是说要让科学创造有更大的“自由度”。



比如，关于强子结构，现代基本粒子物理学已经提出了费密-杨(振宁)模型、坂田模型、SU<sub>3</sub>群八重态模型、夸克模型、层子模型和“色”夸克模型等。当然，这种自由是建立在必然之上的。比如，上述各种模型都代表人类对强子这个微观世界“居民”的一个“写照”，都带有相对真理性，都是认识绝对真理——强子“全貌”这个永无止境的过程的中间阶段。

同样，文艺创造也有必然的一面。托尔斯泰说：“艺术所传达的感情是在科学论据的基础上产生的。”福楼拜更是主张“使艺术具有自然科学的严格的方法论和精确性”，他提出要象物理学研究物质那样，大公无私地来刻画人的灵魂。所以说，艺术创造也有必然的一面。

北宋有个名叫王祈的人，写了一首《竹诗》，自以为不错，拿给大诗人苏轼看，希望他赞美几句。不料，苏轼看了这首诗，觉得十分可笑，后来对人说：“世间事忍笑为易，读王祈诗不笑为难。”原来诗中有这样两句：“叶攒千口剑，茎耸万条枪”，这不等于说，十竿竹子才只有一片叶子！这是给托尔斯泰上述的那句话下的一个绝好注脚：离开了真实，非但成不了艺术作品，还要受人嘲笑。

至于我国古典诗词和西方“十四行诗”(就是所谓商籁体)的格律之严格，更是大家所熟知的。美国作家爱伦·坡在谈到《乌鸦》一诗的创作情况时候说：“我始终按解数学习题那样的精确性和严格顺序，一步一步地进行工作，直到最后完成。”

总之，无论进行科学创造还是艺术创造，科学家和艺术家都必须遵循有关的规律，从“必然王国”走向“自由王国”，在

“自由王国”中充分施展自己的创造才能。

第五,科学和文艺紧密联系的另一个表现是两者“杂交”而产生科学文艺,尤其是科学幻想小说。

这种结合,其实是古时候就有了的。我国的古代神话《淮南子》和《山海经》等,就包含着丰富的古代科学知识,尤其是天文学知识。古希腊学者卢克莱修的名著《物性论》,是一部描写原子世界的构造、人类和文化起源的诗体著作。

优秀的科学文艺作品能够激发人们,尤其激发起青少年对科学的兴趣。比如,我国著名科普作家高士其的《我们的土壤妈妈》、英国物理学家法拉第的《蜡烛的故事》和法国学者法布尔的《昆虫记》等作品,曾经把千百万青少年引上爱科学和学科学的道路。

科学幻想小说,今天已经成为文艺百花园中一个繁茂的品种。这支花是在十九世纪初开始出现的。1818年发表的玛丽·雪莱的《弗兰肯斯坦》公认是科学幻想小说形成独立文学流派的标志。中间经过法国儒勒·凡尔纳和英国威尔斯的发展,到二十世纪三十年代以后,科学幻想小说进入了黄金时代。从1962年起,美国把科学幻想小说列入教学计划,正式开设了专题讲座和选修课程。

科学幻想小说为什么这样受人重视呢?这是因为,除了具有激发人们进行科学技术探索的兴趣以外,科学幻想小说还能启迪人的智慧,培养建立在科学基础上的丰富想象力。无怪乎控制论的创始人维纳非常喜爱读科学幻想小说,尤其爱读凡尔纳的作品。

上面已经提到过，凡尔纳这位“奇异幻想的巨匠”，在他的作品中，用幻想预见到了许多今天已经变为现实的科学技术成就。所以，凡尔纳的作品也可以说是科学技术的思想宝库。

(1901年发表)。他在给好友的一封信中，谈到他在这项工作中对美的追求这个心理因素：“从看来同直接可见的真理迥异的各种复杂现象中，认识到它们的统一性，使人产生一种壮丽的感觉。”

什么是科学的美呢？

首先，十八世纪著名英国美学家哈奇逊认为，科学美在于发现隐含的真理。这同在他之前的英国哲学家弗兰西斯·培根的观点是一致的：美在于独特而令人惊异。哈奇逊说：“如果我们听说一个圆柱体比它的内切球大，而这个球体又比同样高度和底部直径的圆锥体大，那么从这种只有一般大小关系但是没有某种精确的差别或关系的知识中，我们不会感到任何喜悦。然而，如果我们看到一些几何体系统，它们彼此保持固定的比例 $3:2:1$ ，它们的一切可能尺寸都一一精确对应，那么，这个定理该多美啊，我们最初发现它的时候该多么高兴啊！”

杰出的苏联物理学家朗道，曾经称赞广义相对论可能是现有一切物理学理论中最美的一个。德国物理学家玻恩也说，广义相对论“在我面前，象一个被人远远观赏的伟大的艺术品”。广义相对论所以优美，是因为它揭示了一个“隐含的真理”：两对一直被认为完全无关的概念，原来是相互联系的，它们就是空间和时间的概念、物质和运动的概念。

其次，科学的美还在于发现普遍的真理。哈奇逊说：“理论还有一种不容漠视的美，就是可以从一个理论容易地推出大量推论……当人们研究自然界的时候，对某些重大原理或

者普遍的力的认识就具有这种美，从这些原理和力中可以引出无数的推论。牛顿的公式中的引力就是这样。”爱因斯坦撰写第一篇科学论文的时候，他追求的也是这种科学美。

第三，科学美在于发现自然界中的和谐。苏联物理学家米格达尔说：“科学的美在于它逻辑结构的合理匀称和相互联系的丰富多采。在核对结果和发现新规律中，美的概念证明是非常宝贵的；它是自然界中存在的‘和谐’在我们意识中的反映。”刻卜勒在发现行星运动的定律以后，由于看到了自然界呈现出来的和谐之美而激动万分。海森堡在创立量子力学矩阵理论的过程中，面对“量子力学在数学上的一致性和条理性”所呈现出来的和谐，产生了深切的美感：“……早晨三点钟，最后计算结果出现在我的面前。……最初一瞬间，我感到非常惊慌。我感到，通过原子现象的表面，我窥见到了一个异常美丽的内部。现在必须探明自然界这样慷慨地展示在我面前的数学构造这个宝藏，想到这里，我几乎晕眩了。”

第四，科学美还在于发现自然界存在的简单性。曾经和爱因斯坦合著《物理学的进化》一书的波兰物理学家英费尔德指出，爱因斯坦具有这样的信念，“有可能把自然规律归结为一些简单的原理；评价一个理论是不是美，标准正是原理上的简单性，不是技术上的困难性。”事实上，爱因斯坦的质量能量关系式 $E=mc^2$ 、普朗克的能量子频率和能量的关系式 $E=h\nu$ 、牛顿的万有引力定律和库仑的电荷静电相互作用定律等，都是用极其简单的形式表达了理解起来那么复杂的自然界规律，难怪人们都赞叹这些定律的优美。

最后,个别学者还提出了其他科学美的概念。比如,德国学者布雷希特对科学美下的定义是“困难的克服”。也有人提出,“科学美的领地”包括发现、证明和发明这些创造性活动本身。

上面已经谈到,在科学创造的关键阶段,美学因素起着重要作用。那么,科学家的美感在创造过程中究竟怎样起作用呢?

一个科学家好象可以说是生活在两重环境之中。一方面是某些已知的原理、定律和机制,另一方面是事实。事实迫使科学家猜测可能有新的原理、定律或机制,并且相信它们是存在的,只是现在还不知道。所以,进行创造性活动的科学家,一方面脑际萦回着那些已有的东西,同时又对他要探索的东西抱有一定的现实感。

在这种情况下,艺术熏陶哺育起来的美感就成了科学家进行探索的智慧源泉之一。正象上面谈到的,美感可以唤起一个人到未知领域去进行探索的欲望,同时又可以指导一个人怎样去进行这种探索,就是说把上述种种科学美作为准则,运用想象力大胆提出各种新的概念和思想。相反,如果用刻板的逻辑思维的眼光去审察,它们好象就是不可思议的了。

在爱因斯坦那里,大自然统一和谐这种美感已经升华为一种宗教信仰。正是这种采取坚定信念形式的美感,激起他强烈的探索动机,给他带来无穷无尽的探索力量和智慧。物理学家霍夫曼指出:“爱因斯坦的方法,虽然以渊博的物理学知识作为基础,但是在本质上,是美学的、直觉的。我一边同

他谈话，一边盯着他，我才懂得科学的性质。要是只读他的著作，或者仅仅读其他伟大物理学家、哲学家和科学史家的著作，那是不大可能理解科学性质的。他是牛顿以来最伟大的物理学家；他是科学家，更是个科学的艺术家。”

正象上面说的那样，在领悟这个创造的关键阶段，美感起着重要的作用。在这个关键阶段，创造常常就是作出选择，就是抛弃不合适的方案，保留合适的方案，而支配这种选择的正是科学美感。法国数学家阿达马对这一点作了详尽的论述：当创造进入领悟阶段，“在我们用下意识所形成的大量组合中，大多数是乏味的和没有用的，它们无法作用于我们的美感，它们永远不会被我们意识到；其中只有若干组合是和谐的，因此同时是美的和有用的，它们能够激起我们特殊的几何直觉，这种几何直觉把我们的注意力引向这些组合，使它们能够被我们意识到。”可见，科学家的美感犹如一个筛子。阿达马说，“没有它的人，永远成不了真正的发明家。”从这里，我们还可以明白，除了长期的科学探索实践以外，灵感和直觉的源泉还包括科学家的作为艺术修养结晶的美感。

前面我们提到过的美籍德国物理学家魏耳，就是根据“美”来对科学理论作出选择的。

科学家怎样培养起良好的美感呢？物理学家玻恩说得好：“我个人的经验就是，很多科学家和工程师都受过良好的教育，他们有文学、历史和其他人文学科等方面的知识，他们热爱艺术和音乐，他们甚至能够绘画或者演奏乐器……用我自己做例子来说吧，我熟悉并且很欣赏许多德国、英国的文学

和诗歌，甚至尝试过把一首流行的德文诗歌译成英文；我还熟悉欧洲其他国家，象法国、意大利和俄国等国家的作家。我热爱音乐，在我年轻的时候，钢琴弹得很好，完全可以参加室内音乐的演奏，或者同一个朋友一起，用两架钢琴演奏简单的协奏曲，有时候甚至和管弦乐队一起演奏。我读过并且继续在读关于历史、关于我们现在社会的经济著作和政治形势方面的著作。”

从艺术作品中，从大自然中，我们都可以领略到美。那里是我们美感的源泉。现代英国美学家李斯托威尔曾经生动地描述了这种美。这里不妨引述一二。在文学作品中，歌德的剧本《伊菲格尼亚》中纯洁无瑕的伊菲格尼亚；狄更斯的小说《大卫·科波菲尔》中永远“向往春天”的阿格妮丝；莎士比亚的剧本《辛白林》中那位可爱而贞洁的妻子伊慕琴；这些人物的的心灵是多么优美啊！抒情诗中田园式的极乐境界，雪莱的《麦布女皇》和《解放了的普罗米修斯》中洋溢的那种宁静、幸福而又普遍完满的气氛，都给人以美的享受。在艺术作品中，莫扎特、舒伯特和门德尔松的音乐，蕴蓄着静穆而又狂欢的喜悦，从中绽放出感情的鲜花。意大利画家提香、丁托列夫和韦罗赛，令人难以置信地发掘了各种原色包括单色和相互混合的豪华的光辉。古希腊雕刻家菲狄亚斯和普拉克西特列斯雕刻的诸神，在那种极端健美的体格中，闪射出健康的金色光芒。芭蕾舞演员的翩跹旋转，令人心醉神迷。哥特式教堂的雄伟气势，令人叹为观止。洛可可式建筑装饰如花似锦，雍容华贵。在自然界中，云彩随风飘浮，树木枝叶在微风中婆娑摇



曳，海上浪花飞溅；小鹿奔驰，燕子翻飞，鸟雀啁啾，无限风光，令人陶醉。

到文学艺术中，到大自然中去汲取无穷无尽的美吧，它们会滋润你的心田，使你结出硕大的智慧之果。

## 第八章 非逻辑思维 and 创造

对创造过程的研究，揭示出非逻辑形式的思维——直觉、灵感和想象等在创造的关键性阶段上起着主要作用。于是，人们越来越重视对这些思维的研究。

当代西方享有盛名的科学哲学家鲍波尔指出：“人怎么产生一个新思想——无论是一个音乐题材、一个戏剧冲突，还是一个科学理论——这个问题，可能对经验心理学具有重大意义，但是它同科学知识的逻辑分析毫不相干。”鲍波尔的观点被认为是对以爱因斯坦为代表的现代科学方法论思想的哲学总结。爱因斯坦根据自己亲身的科学创造实践，得出结论：“我相信直觉和灵感。”他一再强调，在科学创造过程中，从经验材料到提出新思想之间，没有“逻辑的桥梁”，必须诉诸灵感和直觉。

人类对逻辑思维的研究已经有很长的历史。公元前五世纪，我国先秦的墨子和他的后学后期墨家创立了我国第一个形式逻辑体系——“墨辩”。公元前四世纪的古希腊学者亚里士多德创立了今天通行的形式逻辑。古印度学者在公元二三世纪也提出了独特的逻辑理论体系——“因明”。今天，形式逻辑更是发展到了数理逻辑的阶段。

相比之下,非逻辑思维现在还研究得很不够。比如,只是在十八世纪中期,德国美学家费肖尔首次把形象思维作为同逻辑思维并列的一种思维类型,明确地提了出来。但是,最近几十年来,随着对创造这个神秘领域的探索日益深入,人们对各种非逻辑思维的认识也日益增进了。这种探索主要是通过对科学家和艺术家的创造实践的研究,去总结这些思维的形式和规律。当然,这种研究还处在草创阶段,离开建立象形式逻辑那样的严整理论体系,还很遥远。

## 一 直觉和创造

爱因斯坦关于科学创造原理的思想,可以简洁地表述成这样一个模式:经验——直觉——概念或假设——逻辑推理——理论。拿创造来说,关键是直觉,就是科学家在科学观察和实验所取得的经验材料的基础上,通过直觉来提出代表创造成果的概念和假设,经过实践(主要是科学实验)检验确立以后,就成为建立科学理论的出发点。这几乎是说,创造行动就是直觉。

在科学创造活动中有这么重大作用的直觉,并不是神秘莫测的东西。高度的直觉能力来源于个人的学识和经验,归根结蒂,也就是以实践为基础的。比如,爱因斯坦在进大学前和进大学后,对物理学的兴趣一直比数学大,学到的物理知识大大超过了数学知识。因此,当他需要在数学中“把真正带有根本性的最重要的东西,同其余那些多少是可有可无的广博

知识可靠地区分开来”，以便有选择地学习的时候，他就感到“自己的处境象‘布里丹的驴子’<sup>①</sup>一样”，因为他“在数学领域里的直觉能力不够强”。可是在物理学领域里，他很早就做到了这一点。

直觉这么重要，那么，它究竟是什么呢？根据创造心理研究现有的水平，我们今天还没法给它下一个明确的定义。然而，德国数学家施特克洛夫的一番话，有助于我们理解直觉的意义：创造“过程是无意识地进行的，形式逻辑在这里一点也不参与，真理不是通过有目的的推理，而是凭着我们称做直觉的感觉得到的……直觉用现成的判断，不带任何论证的形式进入意识。”这就是说，直觉是一种无意识的思维，不象逻辑思维是我们有意识地按照推理规则进行的。因此，直觉象是思维的“感觉”；人们通过感官的感觉，只能认识事物的现象，可是用直觉就能够认识事物的本质和规律性，所以直觉也可以说是思维的洞察力。

具体说来，直觉在科学创造中的作用究竟怎样呢？

第一，在科学创造中，科学家依靠直觉进行选择。创造活动甚至一般的认识活动，都是从发现问题开始的。正象苏联心理学家鲁宾斯坦所说，思维总是开始于问题。所谓问题，实际上就是出现了具有几种可能性的情形。法国数学家彭加勒说过：“所谓发明，实际上就是鉴别，简单说来，也就是选择。”比如，当普朗克提出能量子假说以后，物理学就出现了问题，

---

<sup>①</sup> 参见第 200 页脚注。

究竟是通过修改来维护经典物理理论，还是进行革命，另创新的量子物理。这就是一个重大的科学创造问题。

在大量实验事实提供的各种可能性中作出选择，单单运用逻辑思维，就是按逻辑规则进行推理，是没法完成的，而是要依靠直觉。

在各种可能性很难分清优劣的情况下作出抉择，我们常常会陷入“布里丹的驴子”那样的困境。“布里丹的驴子”，是说一头驴子站在两堆同样大小、同样远近的干草之间，因为没法决定吃哪一堆干草而饿死。<sup>①</sup>当然，现实生活中的驴子是不会这样的。科学家遇到这种情况，要作出选择就取决于他直觉能力的高低。比如，爱因斯坦面临上述物理学上选择的时候，他走的是一条革命的道路，结果用“光量子假说”对量子论作出了重大贡献。正象奥地利物理学家泡利所说的那样，爱因斯坦在这里正是凭借了他非凡的直觉能力。

这里，还可以用微积分的计算来做例子。求导数的时候，我们只要象做加减乘除运算一样运用有关的几条规则就可以了，这里用的是逻辑思维，不需要进行什么创造性活动。但是计算积分的时候，情形就完全不同了。这时候没有一般的规则可以依循。除了一些有关手段和方法（不是规则！）的知识可以运用以外，全凭直觉和经验来从各种可能的解算途径中选出可行的捷径。

---

<sup>①</sup> 十四世纪法国哲学家布里丹认为，意志是环境决定的。反对他的人提出处在上述情况下的驴子作为例证：如果没有自由选择的意志，这头驴子就会饿死。后人把这种论证叫做“布里丹的驴子”。

凭直觉从许多可能方案中选出最佳的方案，已经成为科学家和发明家广泛采用的一条发明原理。

比如，日本创造学者川喜田二郎提出的所谓 KJ 法的创造方法，就是把同研究问题有关的所有因素和可能方案都记在一张卡片上，用它来把握全面情况，从中作出抉择。

这种创造方法当然不太经济。因此，创造心理研究的任务是提供一些创造方法，用来把“探索空间缩小”，找出最有可能包含正确解决方法的范围。

如果把找出尽可能多的方案的思维称做“发散式思维”，那么在创造过程中当然还得运用“收敛式思维”。美国学者库恩就强调“收敛式思维”的作用。他还独特地提出，科学只能在这两种思维方式相互拉扯所形成的“张力”之下向前发展。

日本创造工程学者中山正和他提出的 NM 创造法，就是从这一思想出发的。比如，根据这种方法，在发明新式洗衣机的时候，发明者先围绕“洗”，用发散式思维提出一切可能的洗涤方法和工具。然后再用收敛式思维，比如发现加快水流速度是关键所在。最后，在各种可能加快水流速度的方法之中作出抉择。

第二，除了在选择中“提供”现成的解决办法以外，直觉还可以帮助科学家在创造活动中作出预见。凭借卓越的直觉能力，科学家能够在纷繁复杂的事实材料面前，敏锐地察觉某一类现象和思想具有最重大的意义，预见到将来在这方面会产生重大的科学创造和发现。这种直觉也称“战略直觉能力”，因为它决定了科学研究的发展战略。比如，科学史证明，英国

物理学家卢瑟福具有非凡的“战略直觉能力”。卢瑟福在原子物理学和原子核物理学方面做出过一系列重大的开创性贡献。他首先发现原子核的存在，提出原子结构的行星模型。这正是他凭直觉的判断，很早就倾全力投入这方面研究所取得的硕果。正象玻尔所说：“卢瑟福很早就以他深邃的直觉认识到，复杂的原子核的存在和它的稳定性，带来了一些奇异的和新颖的问题。”卢瑟福本人曾经非常诚挚地表示，他感到大惑不解的是，为什么其他物理学家没有发现应当去研究原子核。他正是沿着这条道路，在最短时间里做出了大量重要的发现。

第三，直觉在科学创造中提出新的概念和新的理论，就是提出新的科学思想。科学家从占有大量经验材料到提出思想，这中间正象爱因斯坦说的那样：“不存在任何必然的逻辑联系，而只有一种非必然的、直觉的(心理的)联系，它不是必然的，是可以改变的。”比如，古希腊欧几里得、十九世纪俄国罗巴切夫斯基和德国黎曼，这三位数学家各自凭直觉提出有关平行问题的三种不同公理。欧氏的公理是：在一个平面上，过一条直线外的一点只可以画一条平行线。他的几何就是大家熟悉的欧氏几何。罗氏的公理是：在一个平面上，过一条直线外的一点可以画两条不同的平行线。黎氏的公理是：同一个平面上任何二条直线一定相交；直线可以无限延长，但总长度是有限制的。他们分别建立了罗氏几何和黎氏几何，总称做非欧几何。

这些公理是他们凭借思维洞察力，凭借直觉发现的，因此

各不相同。然而，从反映客观现实这方面来说，它们都是一定条件下的相对真理。在日常范围里，比如在城市范围里，欧氏几何是足够精确的。黎氏几何反映了大范围的现象（象从北京到上海的范围）。这时候距离已经不是直线而是弧线。因为地球上的“直线”实际上是过地球中心平面所截出的大圆，必定相交，同时大圆长度是有限的，尽管可以沿着大圆不断前进——这就是黎氏公理所反映的现实。罗氏几何也反映了弯曲空间，但是同黎氏几何反映的椭球面不同，它反映的是双曲型空间，这就是爱因斯坦的广义相对论所揭示的天文尺度上重质量恒星周围的空间-时间（四维空时）。

应该指出，直觉是有局限性的，主要有以下两种情况。

第一是容易局限在狭窄的观察范围里。甚至经验丰富的研究者，象心理学家、医生和生物学家也常常根据范围有限的、数量不足的观察事实，就凭直觉提出假说和引出结论。比如，在没有对病人作周密的观察之前，匆匆根据直觉作判断，医生就会作出错误的诊断。

第二是直觉常常会使人把两个风马牛不相及的事件纳入虚假的联系之中。关于两个事件频繁重合的判断，是在关于它们的联想联系非常强烈的基础上作出的。可是，决定这种联系强度的，不仅是事件的重合次数，而且还有情感的吸引力，以及“重合的发生”在时间上的远近等心理因素。这些心理因素都带有浓厚的个人主观色彩，于是就凭直觉作出错误的判断，把实际上不相干的事件联系起来。

因此，直觉得出的发现或者说猜测，应当由实践来检验它



的正确性，这是科学创造的一个极其重要的阶段。

## 二 灵感和创造

灵感是科学家和艺术家在创造过程达到高潮阶段出现的一种最富有创造性的心理状态。在这种状态中，科学家会突然作出发现，文学家会突然构思出绝妙的情节、动人的诗句，等等。

1934年，被誉为“中子王”的意大利物理学家费密，作出了一个引起原子核裂变的关键性发现：如果使中子束事先通过石蜡来降低速度，那么，当中子束射中靶子的时候，就能极其有效地使靶中的原子核变得不稳定。费密后来这样记叙他作出这一发现的情景：“当时我们正在不辞辛劳地研究中子诱发放射性的问题，迟迟得不出什么有意义的成果。一天，我来到实验室，忽然产生一个念头：我应该考查一下，在入射中子前面放置一块铅会有什么效应。我一反往常，不惜付出艰苦的劳动，到机床上加工出一块铅，我分明感到某种不满意，因此我找种种‘借口’拖延时间，不把这块铅放上去。最后，我终于准备勉强把它放到那里去。可是，我喃喃自语：‘不，我不想把这块铅放在这里，我想放一块石蜡。’事情就是这样。没有前兆，事先也不曾有意识地进行过推理。我马上随手取了一块石蜡，把它放到原来准备放铅块的地方。”

十九世纪俄国作家屠格涅夫，曾经谈到他有一次为写好一篇作品里的晨景而冥思苦想，结果也是从灵感中产生出使

他感到满意的描绘：“我坐在房间里读书，忽然好象有什么东西推动了我，低声说：‘早晨的朴素的壮丽。’我几乎跳了起来——‘就是它！就是它，真正的美句啊！’”

从这两个例子中可以看出，灵感是创造者在顽强的、孜孜不倦的创造性劳动中，达到创造力巨大高涨和紧张时候所处的心理状态。灵感是创造性活动中普遍存在的现象。人们常说，创造是富于灵感的劳动。

灵感是长期辛勤劳动的结晶。苏联艺术大师列宾说，灵感是对艰苦劳动的奖赏。作曲家柴可夫斯基更是形象地说：“灵感是这样一位客人，他不爱拜访懒惰者。”

英国数学家汉密尔顿这样叙述他发现对代数学具有重要意义的“四元数”的经过：“明天是四元数的第十五岁生日。1843年十月十六日，当我和妻子步行去都柏林的途中，来到布劳汉桥的时候，它们就来到了人世间，或者说出生了，发育成熟了。这就是说，此时此地我感到思想的电路接通了，而从中落下的火花就是I、J、K之间的基本方程；恰恰就是我以后使用它们的那个样子。我当场拿出笔记本，把它们记录下来。要是没有这一时刻，我感到本来也许还得花上至少十年（也许十五年）的劳动。但是，当时已经完全可以说，一个问题就在那个时刻解决了，智力该缓口气了。它已经缠住我至少十五年了。”

是啊，如果这个问题没有缠住汉密尔顿“至少十五年”，灵感的火花就不会在他头脑里闪现。可见，灵感并不是虚无缥缈的、不可捉摸的东西，更不是只有天才才有的。只要勤奋劳

动，总有一天会“功到自然成”，灵感油然而生。德国大诗人海涅说得好：“人们在那儿高谈阔论着天启和灵感之类的东西，而我却象首饰匠打金锁链那样地精心劳动着，把一个个小环非常合适地联接起来。”其实，他把锁链接合之日，也就是他灵感产生之时。

灵感所以叫人感到好象玄妙得很，一个重要原因是，和有意识的逻辑思维这种心理活动不同，它是不知不觉地钻进头脑里来的，真可以说是“润物细无声”。然而，这并不意味着创造者不知道自己在做什么，不知道他的目标。问题是灵感产生的过程，他自己没有意识到，因为他的注意力完全集中在所思考的问题上。

德国物理学家冯·劳厄在1912年春天，根据当时还没有得到证实的两个假设，X射线是电磁波以及晶体是原子的规则结构，提出了一个设想：X射线穿过晶体，就象光射入衍射光栅一样，会发生干涉现象。他的助手弗里德里希和克尼平根据这一思想做了一个实验：让X射线通过硫酸铜晶体，结果在晶体后面的感光板上产生了规则排列的黑点，这就是所谓的劳厄图。为了给劳厄图找出理论解释，劳厄陷入了冥思苦想之中。正是这种沉思孕育了灵感：“弗里德里希给我看了这张图以后，我沿着利俄波尔德街回家，一路上陷入沉思之中。我走到离俾斯麦街二十二号我的公寓不远的地方，恰好在栖格夫里街十号的房子前后，我想到了对这种现象进行数学解释的意见。”这个数学解释就是劳厄关于晶体原子和入射电磁波的相互作用的几何学理论。劳厄的发现证实了X射线是电

磁波，同时又开创了物质晶体结构的研究。爱因斯坦称赞这是物理学上的最佳发现。这项工作获得了1914年诺贝尔物理学奖。

灵感是创造者长期辛勤劳动的成果。那么，在日积月累长年辛劳的基础上，到达灵感产生阶段，这里可以找出些什么规律性的东西，或许能给我们提供什么方法上的启示呢？

灵感的最大特征，在于它是创造者调动自己全部智力、使精神处在极度紧张状态甚至如醉如痴的疯狂状态的产物。

郭沫若回忆他早期诗作中的名篇《地球，我的母亲》的创作经过，曾经这样说：“《地球，我的母亲》是民八学校刚放完了年假的时候做的，那天上半天跑到福冈图书馆去看书，突然受到了诗兴的袭击，便出了馆，在馆后僻静的石子路上，把‘下驮’（日本的木屐）脱了，赤着脚踱来踱去，时而又率性倒在路上睡着，想真切地和‘地球母亲’亲昵，去感触她的皮肤，受她的拥抱——这在现在看起来，觉得有点发狂，然而在当时却委实是感受着迫切。在那样的状态中受着诗的推荡、鼓舞，终于见到了她的完成，便连忙跑回寓所把她来写在纸上，自己觉得就好象是新生了的一样。”郭沫若把这种灵感突发的状态，称做“一种神经性的发作”。

普希金谈到的一位剧作家进行创作的情况也是这样：“她整个身心沉湎在独立的灵感之中，她离群索居地从事自己的写作。”

法国思想家和作家狄德罗，在谈到剧作家灵感的时候说：“当他神游物外的時候，他完全接受艺术的支配。可是一到灵

感消逝，他就回复到原来那样的人，有时候还是一个普普通通的人。”

这就是说，处在灵感状态的时候，创造者最富有创造力，它的特点是思维中形象运动灵活、鲜明而又丰富。正象普希金所说：“灵感吗？它是一种心灵状况；乐于接受印象，因而也乐于迅速地理解概念。”我们在前面提到的凯库勒发现苯环和刚才所说的劳厄悟出劳厄图的数学解释，这两个例子都清楚地说明了这一点。

产生灵感往往需要一定的客观条件。这一般表现为艺术家和科学家长期形成的习惯。因此，这些条件都因人而异。

在宁静清新的环境中，心情恬淡闲适，常常是产生灵感的大好时光。

意大利物理学家费密就是这样发现量子物理学中著名的费密统计的。有一天，他和另一位物理学家一起舒坦地躺在寂静的草地上。两人手里都握着一根系有套索的玻璃棒，准备捕捉壁虎。费密眼睛盯着地面，随时准备拉他的套索逮住壁虎。同时，他听凭自己的思想去漫游。蓦地，从费密的心灵深处出现了他长久以来一直在寻找的一个因素：一种气体中没有两个原子能够恰好用同样的速度运动。这就是费密统计：在理想单原子气体里，原子所可能有的每一种量子状态中，只可能有一个原子。

十九世纪著名英国诗人雪莱创作他的名作《解放了的普罗米修斯》的情形也是这样。他在《序言》中写着：“我的这首诗，大部分是在万山丛中卡拉卡拉古浴场（罗马古迹之一）

残留的遗址上写作的。广大的平台，高巍的拱门，迷宫般的曲径，到处是鲜艳的花草和馥郁的树木。罗马城明朗的蓝天，温和的气候，空气中洋溢着春意，还有那种令人心神迷醉的新生命的力量。这些都是鼓动我撰写这部诗剧的灵感。”

但是也有相反的情形。比如，法国数学家阿达马曾经说：“有一次，在一阵突发的喧哗声中，我自己立即毫不费力地发现了问题的解答……根本不在我原先寻找这个解答的地方。”

英国科学家布朗经过大量的研究发现，浴盆、床铺和农村的散步是最适宜科学家产生灵感的地方。

我国著名诗人艾青，写诗的时候要笔好、纸好和心情好。他写《大堰河——我的保姆》用的纸，是自己装订起来的很漂亮的稿纸。

我国古代诗人大都喜欢喝酒，李白更是有“斗酒诗百篇”的豪兴。

法国军队音乐家德利尔，也是在酒意的冲击下创作出著名的爱国歌曲《马赛曲》，就是现在的法国国歌的。那是1792年一个寒冷的冬夜。正在抵抗奥地利侵略、保卫法国大革命的法国，处在贫困之中。斯特拉斯堡市长用仅有的一瓶葡萄酒招待德利尔。市长祝酒说：“德利尔应当从这最后几滴酒中获得启示，谱写一首从人民的心灵中喷涌出来，给人民的心灵带来振奋的歌曲。”德利尔回到独居的寝室以后，趁着浓烈的酒意，从一个公民的内心冲动中和一个音乐家的琴键上，捕捉艺术的灵感。一句歌词、一句乐曲地琢磨……《马赛曲》就这样诞生了。

### 三 想象和创造

法国思想家狄德罗说：“精神的浩瀚、想象的活跃、心灵的勤奋——就是天才。”

其实，一切创造性活动都离不开想象，正象法国大作家雨果所说：“莎士比亚的剧作首先是一种想象，然而那正是我们已经指出的、并且为思想家所共知的一种真实，想象就是深度。没有一种心理机能比想象更能自我深化，更能深入对象，它是伟大的潜水者。科学到了最后阶段，就遇上了想象。在圆锥曲线中、在对数中、在概率计算中、在微积分计算中、在声波的计算中、在运用于几何学的代数中，想象都是计算的系数，于是，数学也成了诗。对于思想呆板的科学家，我是不大相信的。”

想象是对记忆中的表象进行加工改造以后得到的一种形象思维，因此象前面说的那样，它可以说是一种创造性的形象思维。想象可以分做再造性想象和创造性想象两种，这种区分最早是十六世纪英国哲学家培根提出的。再造性想象的形象，是曾经存在过的或者现在还存在着，但是想象者在实践中没有遇到过它们。培根尤其强调“历史就是这样”。我们在学习历史的时候，不运用想象就不能深化和充实我们关于历史的知识。其他象阅读文学作品，学习地理甚至数学等，也都是这样。

创造性想象的形象却是当时还不存在的。它是从事创造

性活动的一个重要的思维工具。创造性想象有什么特点呢？

创造性想象是一种创造性的综合，是把经过改造的各个成分纳入新的联系而建立起来的新的完整形象。英国诗人雪莱说：“想象是创造力，也就是一种综合的原理。它的对象是宇宙万物和存在本身所共有的形象。”文学作品中的人物形象都是这样塑造出来的。鲁迅说：“小说也如绘画一样，有模特儿，我从来不用某一整个，但一肢一节，总不免和某一个相似，倘使无一和人相似处，即非具象化了的的作品”；“模特儿不用一个一定的人，看得多了，凑合起来的”。他笔下的阿Q、祥林嫂和狂人等都是这样的艺术形象。

作为创造性想象的结果，往往形成概念内容从直观上得到加深的“形象概念”。当代西方科学方法论的代表之一、阿根廷学者邦奇说：“创造性想象富于形象。它能够创造概念和概念体系，这些概念在感觉上没有和它相应的东西，但是在现实中是有某种东西和它对应的，因此它孕育新奇的思想。”比如，有机化合物苯的分子结构式就是运用创造性想象构成的“形象概念”，这种新颖的概念是把无机化学中的化学式和“龟壳”状图形结合起来，使我们对有机分子的化学结构有更正确、更深刻的认识。而且正如邦奇所说，这种概念的对象是我们感觉不到的，但是它却正确地反映了现实。

创造性想象的另一个特点是，所创造的形象强调甚至夸张了客体的某个特性。

法国十八世纪著名雕塑家加尔波曾经创作了一座雕像，表现十三世纪意大利比萨暴君乌谷利诺父子被起义者囚禁在



高塔里活活饿死的情景。他的雕像真实地刻画了乌谷利诺父子挨饿的恐怖状况：两个儿子已经饿死在他身旁，他肝肠寸断，呼天号地。雕塑大师罗丹看了这幅作品以后，叹惜加尔波糟蹋了这个惊心动魄的题材。他另行创作了一座雕像，大大超过了加尔波。他的秘诀正是发挥了创造性想象的强调特征。他强调了乌谷利诺内心中兽性和人性剧烈斗争的一刹那：一个儿子刚断气，另一个还在凄惨地挣扎，乌谷利诺对儿子的哀号充耳不闻，却伏在已死儿子的身上，准备用尸肉充饥，但是又下不了口，瘦削的脸孔在抽搐。

夸张更是诗人们常用的手法。杜甫在《古柏行》这首诗里是这样描绘诸葛亮庙里的古柏树的：“霜皮溜雨四十围，黛色参天二千尺。”直径七尺（四十围）、高两千尺的柏树，不是太细长了吗？这种夸张在唐诗中俯拾皆是：“白发三千丈”、“桃花潭水深千尺”、“蜀道之难难于上青天”、“似将海水添宫漏”、“春风不度玉门关”、“玉颜不及寒鸦色”等。

创造性想象对于科学家来说，同文学家一样重要，甚至更加重要。德国大数学家希尔伯特曾经对人这样说起自己的一个蹩脚学生：“他已去当诗人了。对于数学来说，他太缺乏想象力了。”

十九世纪著名荷兰化学家范特霍夫，曾经就“想象”这种才能对许多科学家作了调查研究，发现他们中间最杰出的人都具有高度发达的想象力。他在担任阿姆斯特丹大学化学教授后首次授课的时候，就力陈在自然科学研究中，想象跟观察同样重要。现代英国数学家布罗诺夫斯基也在题为《想象的

天地》的演讲中指出：“所有伟大的科学家都自由地运用他们的想象，并且听凭他们的想象得出一些狂妄的结论，而不叫喊‘停止前进！’”

下面就来具体讨论创造性想象在科学发现中的作用。

首先，创造性想象对于提出科学假说具有重要的作用。恩格斯说：“只要自然科学在思维着，它的发展形式就是假说。”公认的科学知识一般形成法则可以表达为一个公式：问题——假说——规律（或理论）。这就是说，最初总是先发现问题。现代西方著名科学方法论学者鲍波尔指出：“正是问题激发我们去学习，去发展知识，去实践，去观察。”然后，根据观察实验得来的事实材料提出科学的假说。假说经过实践检验得到确证以后，就上升为规律或者理论。

假说是一种逻辑思维的形式。然而，假说的提出或者说形成的机制却非常复杂，包括种种非逻辑思维的因素，“想象”当然也在其中占有重要地位。假说是从旧知识向新知识的过渡。假说中结合着过去、现在和未来。“过去”是指不足以解释从实验和观察获得的新事实的那些知识；“现在”是关于这些事实的可能真实的知识；“未来”却是关于这些事实的联系和规律的论断。这里，未来基于过去和现在，同时假说通过改造后者来形成新的知识。而想象所以能在形成假说中起作用，就在于它能用形象的方式来改造旧的经验（“过去”）。

法国物理学家德布罗意提出物质波假说就是一个很好的例子。当时，玻尔的旧量子理论只能用在氢原子这种最简单的原子上，稍微复杂一点的氮原子就用不上，因此微观世界的

规律基本上仍是一个谜。德布罗意的立足点是爱因斯坦的成就。爱因斯坦发现,人们一直认为是波的光,其实也是粒子;同时他的相对论又说,物质和光都是能量的表现形式,因此,它们是相互关连的。于是,德布罗意想,物质粒子有质量,又有能量(因此也有频率)。这里,德布罗意进一步运用了创造性想象:一个电子有频率,它不但有“内部心搏”,而且还伴随着“广大流通的脉搏”。于是,他的物质波假说就从这个图景中形成了:物质微观粒子必定伴随有波,因此也带有波的性质。这是1924年的事。正象上面说的那样,这个假说在1927年为实验所证实,从此确立了它作为微观世界基本规律的地位。

创造性想象在类比方法中也有重要作用。类比法是通过把两个不同的对象进行比较的方法来进行推理,是一种有重要科学用途的逻辑方法。类比法的特征是需要应用不同知识领域中的材料。法国微生物学家巴斯德指出,他的发现都是依靠不同科学领域的思想。类比法的重要一环是要找到合适的类比对象,这就要运用想象。可以说,类比就是通过想象从异常的东西(研究对象)到熟悉的东西(类比对象),再把两者做比较,进一步通过类比推理,从熟悉的东西再回到异常的东西上来。

创造性想象是模型方法的一个重要手段。模型是科学甚至工程技术中广泛采用的一种方法。模型有多种类型:物质模型、数学模型和想象模型等。想象模型就是结合运用想象和抽象方法而建立起研究对象(原型)的直观形象式的模型。

不少苏联学者甚至认为，想象在科学认识中的作用就在于建立想象模型。

想象模型是获得新知识的重要工具。它能够反映我们无法感知的、研究对象的内部结构。比如，十九世纪末二十世纪初，为了探索原子结构，科学家根据实验事实，运用想象建立了各种原子模型：洛伦兹的弹性束缚电子模型(1896年)、勒纳的动力子模型(1902年)、汤姆逊的正电原子球模型(1903年)、长冈半太郎的土星系模型(1903年)、里茨的磁原子模型(1908年)以及卢瑟福的太阳系模型(1911年)。其中最成功的是汤姆逊模型和卢瑟福模型。汤姆逊设想，原子象葡萄干面包：带负电的粒子(葡萄干)嵌在正电粒子构成的没有空隙的球状实体(面包)之中。卢瑟福的模型是，负电粒子象行星绕太阳一样地围绕带正电的占原子质量绝大部分的核旋转。后来盖革的实验证明，原子核和电子之间有空隙，就是说卢瑟福的模型比较正确。

想象模型是把理论知识同客体联系起来的手段。比如，在量子力学中，微观客体一般都用数学方程来表述。为了把这些数学表达式同客观现实联系起来，就必须用想象模型作为中介。

想象模型还是理论知识发展的重要环节。我们为所观察到的新现象领域建立起想象模型，也就架设了通往新理论的桥梁。法拉第在电磁现象研究的基础上提出的“电磁场力线”和“力管”模型正是这种想象模型。麦克斯韦就是在法拉第这项工作的基础上，终于建立了完备的电磁理论。

最后，想象还是思维实验这一重要科学方法的一个要素。前面讲过，思维实验是在思维中对借助抽象和想象方法建立的理想化对象进行的实验，也称做理想实验。爱因斯坦说，我们必须“使用我们的想象力去想象一个理想实验”。英国数学家布罗诺夫斯基更干脆把思维实验称做想象实验。伽利略发现惯性原理就利用过思维实验。他想象小车在没有摩擦力的绝对光滑的平面上运动。马赫用思维实验证明了“两个三角形两边和夹角对应相等，它们就全等”这条平面几何定理。他想象用“思维剪刀”从二维空间剪下这样两个没有厚度的理想平面三角形，再想象它们移到一起就必定重合。

## 第九章 计算机和创造性思维

今天，研究“机器思维”的“人工智能”是一个相当重要的研究领域。人工智能是近几十年来随着现代电子计算机的高度发展而兴起的一门边缘学科。它研究计算机怎样能够完成某些人类的智能活动，比如学习、理解和解决问题、决策、识别图式和推理，等等。其实，关于机器和思维的问题是个由来已久的研究课题，甚至电子计算机本身也是这种研究的产物。

十三世纪，西班牙哲学家鲁路斯制成了最早的“逻辑机器”，它由七个同轴的、上面标有术语和字母等的轮子组成。只要转动这些轮子，一个学者就可以获得词和概念的各种不同组合。这是制造“思维机器”的最早尝试。

十七世纪，德国哲学家和数学家莱布尼茨作为数理逻辑的创始人，他最早提出把数学符号体系应用于逻辑，就是用符号表示概念和判断，并且提出用计算来代替思维，就是把逻辑推理变成数学演算，设想制造“推理计算机”。莱布尼茨还汲取了中国典籍《易经》的哲学，最先提出了控制论的思想。

应当指出，这些关于思维同机器的思想和工作，正是数理逻辑这门思维科学的先声。可见，计算机从一开始就同思维结下了不解之缘。

到了现代,随着电子计算机的高度发展,计算机和思维这个问题更发展成为人工智能这门前沿科学。“人工智能”这个术语在1956年首次正式使用。

上面提到过的冯·诺伊曼对计算机和人脑的比较研究,就属于人工智能的研究。人们沿着这条路线,今天已经取得了更加丰硕的研究成果。人脑和计算机相比较,根本的共同点是,它们同是信息处理系统。但是它们在信息处理的内容、功能和能力等方面都有很大的差异。人脑处理电信号和化学信号,计算机只处理电信号。人脑用低速(每次千分之几秒),同时在成百万甚至更多的信息通道上对信息进行并行处理;计算机对信息用快脉冲(不低于每次百万分之一秒)形式作串行处理。人脑依靠精确度比较差的通信方式,计算机采用二进制运算。人脑有自我调整和组织的能力,即使许多神经元受了损伤,功能也不会有明显的恶化;计算机只要有几个元件发生故障,就不能正常运行。人类识别三维图象的信息处理能力远远超过计算机,计算机能用人类不敢企求的速度完成繁复的运算和推演。

人工智能研究计算机怎样完成人的智能活动。这种研究为探索人的思维甚至创造性思维的奥秘提供了有益的启示。

人工智能已经取得了哪些成就呢?

1954年,谢泼德和拉比瑙首先制成了光学自动图象识别器。1956年,公认的人工智能创始人之一、1978年诺贝尔经济学奖获得者西蒙等人首创证明数学定理的逻辑理论机。1959年,美籍华人数理逻辑学家王浩用计算机只花了九分钟时间,

就证明了罗素《数学原理》中的几百条定理。六十年代，施泰因布赫提出学习矩阵。到七十年代，更有了重大进展。美国“阿波罗十三”宇宙飞船发生事故，宇航员濒临绝境，指令中心利用计算机迅速算出最佳救生措施，使宇航员平安回到地球。1976年，美国数学家阿佩尔等人用计算机证明了百年难题“四色猜想”（任何一幅相邻国家和地区不用同种颜色着色的地图，最多只需要四种颜色）。1979年，兰利成功地用计算机重复了下面许多重要科学定律的发现，刻卜勒第三定律、欧姆定律、气体定律、动量守恒定律、阿伏伽德罗定律，等等。1980年，我国数学家刘尊全和秦朝斌用计算机推导出一个微分方程公式，它不同于但是等价于数学家已经发现的公式。

今天，计算机还进入了文艺创造领域。1980年，英国一个技术学院的教师利用计算机作“考证”，新发现了莎士比亚的又一部剧作。

人工智能对于人类认识心理的研究具有重大意义，给我们探索人类创造心理的奥秘提供了许多重要的认识和启示。这里把目前已经取得的成果作一番简要的介绍。

第一，关于专门家的才能。一种叫做“解决问题机”的人工智能系统由两大部分组成。一部分用来识别所要解决的新问题属于哪一类别，另一部分存贮已经成功地解决过各类问题的算法。打个比喻，这相当于一部带索引的百科全书。担负“索引”工作的是计算机的输入存贮库，“百科全书”的条目就是存贮器。

这对我们深入认识专门家的才能很有启发。首先，一个



专门家得长期在记忆中容纳下相当于一部“百科全书”的专业知识。所以，一个人总得经过相当长时期的刻苦学习，积累起丰富的知识，才能成为专门家。美国学者海斯研究了许许多多国际象棋、音乐和美术大师的传记资料以后发现，他们无一例外地都曾经过十年左右时间的勤学苦练。其次，光有“百科全书”，还只是个“书呆子”。因为人工智能告诉我们，专门家还要备有“索引”，就是长期记忆的“条目”还得靠短时记忆来接通。但是，和计算机不同，人的短时记忆容量很有限。因此，专门家必须能够迅速而正确地识别出，所遇到的问题属于一些熟悉的模式中哪一种。这些为数不多的突出模式正是短时记忆所能容纳的。这种能力代表专门家的丰富经验。一个有丰富临床经验的医生和一个刚从医学院毕业的实习医生，虽然知识相差不多，但是在诊断和开处方的能力上相差很大。实习医生得花很长时间才能识别出模式，或者根本识别不了，因此很难去接通他的“百科全书”。可见，一个专门家离不开学习和实践。

第二，关于学习。人工智能专家在给学习机编制程序的时候，遇到了很大的困难。已经研制出一种“自适应产生式”学习系统。所谓“产生式”就是成功地解决问题的算法；这个学习系统能够通过解决具体问题而产生新的“产生式”，并且把它纳入自己的结构中，用来以后解决问题。

从这里可以看出，以为学习只是记忆，那实在是一种愚蠢的想法。如果真是这样，那么，给学习机编制程序就太容易了，而且它可以比人的学习便利得多、快得多，因为它的记忆

方式和速率都比人优越。然而,事实明显地不是这样。同时,“自适应产生式”系统还启示我们,学习的一个重要途径是实践,比如学生的知识大都是依靠学习课本上的例题和自己做习题得到的。

第三,关于科学发现。人工智能系统成功地推导出科学定律这一事实,给科学发现提供了有益的启示。它们是纯粹从实验数据进行归纳来作出这些科学发现的。很明显,它们不受任何理论指导。这说明,形式逻辑的科学归纳方法是有效的科学发现工具。当然,归纳方法得出的是经验定律,还要进一步对它作深入的理论研究。比如,量子论的重要根据之一——氢光谱的巴耳末公式,它的发现者巴耳末本人就不是一个物理学家,他是用归纳法根据实验数据发现这个公式的。只是过了四十年以后,才由玻尔对这个公式进行了理论解释。

第四,关于文学创作。计算机考证文学作品的作者,是用每个作家的风格背后潜藏的遣词造句的数量特点来做根据的。用英语做例子,某作家惯用的句子长短、词汇长短(音节多少)、词汇搭配以及由于对某些词的偏爱而造成的某些字母间有比较高的相关系数等,这些数量特征就构成了这个作家的风格特征。计算机把这样建立起来的某作家的数学模型存储起来,用它作为根据,来考证作品的作者。

这样,计算机就从一个侧面揭开了各种风格,比如含蓄、婉转、直率、自然、平淡、绮丽、雄奇、沉着、风趣和沉郁等的奥秘,给我们认识文学创作的规律提供了启示。

以上只是举几个例子来说明人工智能对于探索创造性思维奥秘的重要意义。应当指出，问题不在于上述事例本身所体现的重要意义，重要的在于，它证明了人工智能是研究创造心理的一个重要途径和工具。事实上，在“认识心理学”这个领域中，心理学家和计算机科学家今天正在并肩协作，而且已经取得了包括上述各项在内的不少成果。

人工智能还推动和促进了人们对创造性思维的研究。比如，人工智能专家在试着编制能够自行提出和解决问题的程序。它促进了对人类思维的“问题逻辑”和“问答逻辑”的研究。古希腊哲学家和逻辑学家苏格拉底早就提出，通过提出问题来发展创造性思维。今天，问题逻辑和问答逻辑正在进行研究，它们作为逻辑学的分支，正在形成中。初步的研究表明，问题作为一种思维形式，有一定的逻辑结构和规律。一旦探明了问题和解答的逻辑形式结构和规律，以及它们之间的逻辑关系，那就将为实现相应的人工智能系统提供了必要的前提。

应当指出，同人工智能研究结合起来研究人的智能，仅仅是探索人类认识心理的一条途径，所得到的将只是一个方面的知识，不能穷尽有关的全部知识。如果不从辩证唯物主义哲学的正确观点来看待人工智能所取得的成就，就有可能得出“人不如计算机”和“机器控制人”之类的荒谬结论。

人的智能同机器的“智能”有着本质的区别。恩格斯说：“人的思维的最本质和最切近的基础，正是人所引起的自然界的改变，而不单独是自然界本身；人的智力是按照人如何学会

改变自然界而发展的。”这就是说，人类的智能是人发挥主观能动性，进行改造客观世界的社会实践的产物，可是计算机这种没有生命的人造物，充其量只是人脑的延长，正象工具是人手的延长一样。同时，人类智能和知识(包括人类对自身智能的认识)，将随着人类社会实践的发展而不断发展，以至无穷，可是计算机却永远是人类认识水平和社会的科学技术水平达到一定阶段的产物。正象著名的日本人工智能学者渡边慧所说，离开了人，甚至是简单的问题，计算机花上几个世纪也解决不了。