



科学 意义 名家

李继宏 杨建邺 李晓刚 著



科学出版社

www.sciencep.com

科学意象

李继宏 杨建邺 李晓刚 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书在系统分析科学意象的基础上,通过对庞加莱、爱因斯坦、海森伯、玻尔等科学家科学发现的案例分析,详细论述了科学意象产生的主要方式,阐述了科学意象在科学发现中的作用,揭示了科学意象与科学进步的关系。本书通过从心理学上进一步分析科学意象的特征和功能,深刻地揭示了科学意象具有创造性的原因,提出了直觉思维产生的机制。同时,本书还联系我国高等教育的实际,探讨了科学意象的培养途径。

本书可供从事哲学和科学史研究工作的研究人员参考阅读,也可供高校教师、中小学教师、研究生和本科生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

科学意象/李继宏,杨建邺,李晓刚著. —北京:科学出版社,2007

ISBN 978-7-03-018752-9

I. 科… II. ①李…②杨…③李… III. 科学-表象(心理学)-研究
IV. G301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 037048 号

责任编辑:牛宇锋 田士勇/责任校对:纪振红

责任印制:刘士平/封面设计:陈敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年5月第一版 开本:B5(720×1000)

2007年5月第一次印刷 印张:13 1/2

印数:1—2 500 字数:251 000

定价:40.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

序

在国外，关于意象的研究已经有很长的历史，当心理学还是一门年轻的学科时，人们就已经很重视意象的研究了。但是，用心理学研究创造性思维却起步很晚。1945年，数学家阿达玛曾以数学家的数学发现为案例，对创造性思维作了一次有意义的考察。1959年，著名心理学家韦特海默在《创造性思维》一书中，从心理学角度考察了爱因斯坦创立狭义相对论的过程。1984年，美国哈佛大学的米勒教授开始使用心理意象的概念研究创造性思维。他在《科学思维中的意象》一书中，把物理学史与认知心理学的思维理论结合起来，通过分析20世纪初的科学发现案例，着重探讨了哪一种思维理论更能揭示科学发现的本质和科学进步的规律的问题。

科学意象是目前国际上，特别是国内科学史和科学哲学界较少探讨的问题，基本上还处于起步阶段。《科学意象》一书对科学意象的概念、科学意象的主要方式、科学意象在科学发现中的作用、科学意象与科学进步的关系，以及科学意象的创造性机理等重要问题进行了深入的研究，对科学意象的进一步研究起了推动作用。

书中所提出的关于科学意象的概念、主要方式、特征和功能，科学意象与科学进步的关系，科学意象具有创造性的原因和直觉思维产生的机理等，都包含着作者很有独创性的见解，而且有论有据，有一定的说服力和理论深度。这些讨论增加了该书的理论和学术价值。作者还针对我国高等教育中存在的问题，特别强调了提高理科学生的“艺术素养”和加强学生社会实践活动，这将有助于创造性思维和创造型科技人才的培养，是很有实际意义的。

希望该书的出版能够促进我国科学意象的研究。

申光甲

2006年12月18日于北京

前 言

人类精神最大的奥秘之一，就是它以新的方式通过重新组织已有的知识来创造新的知识形式的的能力。对于每一个人而言，创造的问题都是极其有趣的。^①

米勒

我们都知道，一部科学发展的历史，实际上也是一部思维发展的历史。科学的任务，就在于认识人类感官所知觉自然界色彩纷呈的现象后面的本质，揭示事物内部发展的客观规律，寻求客观真理。要达到这一目的，人类必须借助于科学思维。在人类认识自然的实践活动中，正是科学的思维使我们认识、发现了客观世界的规律，从而推动了科学的发展；另一方面，科学的深入、全面发展，又为科学的思维创造了发展的条件，同时也向科学的思维提出了更多的新问题和新要求，正是在这种相辅相成的发展过程中，科学的思维经历了一个从简单到复杂，从低级到高级的发展历程。在科学发展的每一个历史阶段中，科学的思维方式都有着不同于以前的发展、变化和革命性飞跃。

在古希腊时期，逻辑思维已经达到了很高的水平；到经典科学（即牛顿科学）建成后，科学思维得到了重大发展。伽利略（Galileo Galilei, 1564~1642）、培根（Francis Bacon, 1561~1626）的实验方法的确立和实验方法论原理的制定；培根、赫舍尔（John Herschel, 1792~1871）、惠威尔（William Whewell, 1795~1866）、穆勒（John S. Mill, 1806~1873）等人归纳方法的确立；笛卡儿（Rene Descartes, 1596~1650）数学和逻辑的结合以及演绎主义的提出、完善；莱布尼茨（G. W. F. von Leibniz, 1646~1716）、洛克（John Locke, 1632~1704）等人假说-演绎法的兴起，

^① 米勒. 意象、审美和科学思维. 自然辩证法通讯, 1988, 3: 1.

最后，由伟大的牛顿（Issac Newton，1642~1727）发展完善的实验-归纳和演绎的结合、公理法和数学-演绎法的结合，将科学的思维方式推向了无可比拟的缜密细致和确定的程度。

到了20世纪，由于非欧几何、相对论理论和量子力学等现代科学的建立，科学思维达到了更为高级的水平。正如我国学者周忠昌所说：“其特征是一方面更趋精密和抽象，另一方面比‘实验科学’时期（即牛顿科学时期——本书作者注）更具有深刻性和创造性，科学思维的概念方式也大大发展。”^①

在20世纪科学思维所表现出的“深刻性和创造性”中，最令人神往、激动而又迷惘的大约应该算是对形象思维的重视和研究了。为什么在神往、激动的同时，又迷惘呢？我们先谈谈迷惘。人们之所以对在科学研究中提出形象思维感到迷惘，是有深刻原因的。传统的思维科学理论有一条被人们公认的规律，即科学家使用抽象思维，艺术家则使用形象思维，他们各有各的思维方式。俄国著名文学评论家和哲学家别林斯基说：“哲学家用三段论式说话，诗人则以形象和图画说话。”俄国著名美学家和哲学家普列汉诺夫十分赞同别林斯基的观点，他提出：“作为一位熟悉黑格尔美学的人，他（车尔尼雪夫斯基）像别林斯基一样非常清楚地了解，科学家借助于逻辑论证来表述自己的思想，而艺术家则在形象上体现自己的思想。”

正是在这种强大的传统理论的壁障前，人们对于在科学研究中到底存不存在形象思维，更进一步说应不应该研究这种形象思维，表示了迷惘的心情。但少数有伟大成就的科学家（如庞加莱、爱因斯坦、狄拉克等），他们经常谈到形象化思维和这种思维方式高度的创造性。

庞加莱说：“逻辑用于证明，直觉用于发明。……逻辑可以保证我们走这条路或那条路时不遇到障碍，但是它不能告诉我们哪一条路引导我们到达目的地。为此，必须从远处瞭望目标，而使我们瞭望的本领则是直觉。没有直觉，几何学家便会像这样一个作家，他们只

^① 周忠昌. 科学思维学. 上海人民出版社, 1988: 2.

是按语法写诗，但是却毫无思想。”^①在这句话中，庞加莱强调了直觉所具有的创造性。

德国伟大数学家希尔伯特（D. Hilbert, 1838~1914）也十分强调直观的形象，他曾说：“要获得科学的认识，某些直观的形象和判断力是不可缺少的先决条件，单凭逻辑是不够的。”^②希尔伯特的这一观点，充分表述了形象思维在数学发现中的作用。

爱因斯坦有着与庞加莱、希尔伯特几乎完全一致的看法，他在《探索的动机》一文中指出：“物理学家的最高使命是要得到那些普遍的基本定律，由此世界体系就能用单纯的演绎法建立起来。要通向这些定律，并没有逻辑的道路；只有通过那种以对经验共鸣的理解为依据的直觉，才能得到这些规律。”^③

庞加莱和爱因斯坦特别重视的“直觉”（intuition），在英文的原意思就有“直观”的意义。在数学思维中，我国数学家徐利治教授认为，数学观念中的直觉是“数学形象思维的第四个层次”，他还指出：“（直觉）是对各种数学观念的性质、相互联系以及重新组合过程的形象化感觉，它完全是数学直觉，虽然很难用逻辑语言完全叙述清楚，但在数学的创造性思维活动中明显存在并发挥着作用。”^④

由这些著名科学大师的观点，我们可以明显看到，他们不仅承认科学思维中少不了诗人们所需要的形象思维，而且还特别强调了形象思维具有逻辑思维所缺乏的创造功能。正是因为这一点，形象思维的研究吸引了众多研究者的兴趣。我国著名科学家钱学森曾满怀激情地说过：“我们一旦掌握了形象思维学，会不会用它来掀起又一次的新的技术革命呢？这是颇值得玩味的一个设想。”钱学森是世界闻名的科学家，没有事先充分的认识，这个近乎伟大的“设想”他是绝不会轻易地讲出来的。

① 周林等. 科学家论方法. 内蒙古人民出版社, 1985: 219.

② 希尔伯特. 论无限. 外国自然科学哲学摘译, 1975: 2.

③ 许良英等编译. 爱因斯坦文集（第一卷）. 商务印书馆, 1976: 102.

④ 徐利治, 王前. 数学与思维. 湖南教育出版社, 1990: 82.

从现代物理学发展的历程来看，钱学森教授说的话是有根据的。20世纪20~30年代期间，正是量子力学处于艰难的创建时期，在这段时期里，由于人们的研究对象从宏观领域进入到微观领域，结果人们发现，对微观领域的行为要想作直观、形象^{vi}的思考、解释，总是会陷入重重矛盾之中。我们现在知道，这重重矛盾产生的原因在于量子力学建立初期，人们无法统一连续性和不连续性、波动和粒子这些内部充满矛盾的观点。在这一巨大困难面前，包括玻尔（N. Bohr, 1885~1962）、海森伯（W. Heisenberg, 1901~1976）、泡利（W. Pauli, 1900~1958）等许多科学大师在内，对于微观领域里能否作形象思维有了怀疑，甚至在一段时期里，他们认为在量子力学里直观性已经丧失了。例如，海森伯曾经说过，“量子力学的发展首先必须使它自身从这些直观图像中解放出来”，“新的理论首先应完全放弃直观性”，以避免上述内在的矛盾。^① 玻恩（M. Born, 1882~1970）也说过，原子中量子“自身跃迁”足以使所有试图直观化的努力落空。^②

由于失去了直观、形象思维的帮助，物理学家们很快就觉得他们陷入了绝望的境地。有趣的是，不论是年岁稍大的玻尔，还是因年轻而气血方刚的海森伯和泡利几乎在1926年前后，都曾对人说过灰心丧气的话，说他们几乎已经绝望了。但是，当他们一旦设法恢复了直观性（玻尔通过互补原理又可以在思想实验中有效地处理图像，海森伯通过测不准原理恢复了量子力学的直观性，泡利因为电子自旋的被证实而可以形象地思考第4个量子数和不相容原理……），他们就从绝望中走出来，并激发出更加绚丽多彩的想象力。

由此可见，即使在人们无法直接感知的科学研究领域里，形象思维也是无比重要的，它的创造光芒也会照射到这些领域。海森伯在1927年高兴地宣称：（我们）“不应再把量子力学当成是不直观的和抽象的”。^③ 泡利也高兴地回答海森伯：（测不准原理）“已进入了量子理

① W. Heisenberg. Die Naturwissenschaften. 1926, 14: 899.

② M. Borh. Nature. 1927, 119: 354~357.

③ W. Heisenberg. Zeit Phys. 1927, 43: 172~198.

论阶段”。^① 人类科学思维最大的奇迹——量子力学，终于在“非凡的直觉与形式上的精湛技巧绝妙的结合”下，被创建出来！

所以，钱学森教授对形象思维的研究价值的肯定是十分准确的。但形象思维的研究是十分困难的，钱学森教授也充分认识到这一点。他指出：“形象思维应该是我们当前研究思维科学的一项最重要的任务。因为它这么广泛，涉及到人类很大一部分知识，很大一部分精神财富，但我们现在对它却不怎么了解。”^② 如果说在艺术领域里，形象思维有过较深入研究，那么在自然科学领域里，形象思维的研究则几乎还处于一块处女地的情况，几乎无人开发。造成这种情况的原因是多方面的，但最重要的恐怕还是人们（包括绝大部分科学家自身）没有彻底破除传统的认识，对形象思维的重要性、普遍性认识不够，加之大部分科学家由于缺乏心理学知识，对于自己的发现也说不清，道不明，甚至有些科学家对直觉、顿悟有偏见，倒是愿意津津乐道于分析自己如何如何从逻辑上推理的。他们认为形象思维总有点令人感到神秘莫测，而神秘莫测多半与科学无缘。

另一方面，心理学家又不容易弄懂现代科学，这使得他们无法用心理学上的研究成果来研究科学家（尤其是当代科学家）的思维规律。即便是做了一些试探性研究，也常有隔靴搔痒的感觉。要想打破两方面的隔膜，恐怕需要双方进行努力，而且要从最基本的地方做起。正如钱学森所说，关于形象思维的研究，“凡是对我们有用的，可以给我们提供一点线索、一些启发的东西，都要下功夫去搜索、分析、研究”。

我们是物理学史的业余爱好者，在大学物理教学之余，常涉猎一些物理学家传记、物理学史著作，久而久之，我们对科学大师们特殊的直觉发生了兴趣，这里似乎潜藏着某种奥妙的创造性思维之谜。这种兴趣的持续，又使我们对形象思维中一个极重要的概念——意象，有了比较深入的认识。本着钱学森教授所说的精神，我们下了点工夫

^① M. Fierz. Theoretical physics in the twentieth century. Interscience, 1960: 40~47.

^② 钱学森. 开展思维科学的研究. 关于思维科学. 上海人民出版社, 1986: 137~138.

“去搜集、分析、研究”了有关意象在国内外、古今研究的结果，并且从物理发现案例的角度审视这些结果。我们希望，我们的这些努力，能够对形象思维的研究“有用”。

作者
2006年8月

目 录

序

前言

| | |
|------------------|----|
| 第一章 科学意象 | 1 |
| 第一节 意象 | 2 |
| 一、意象的历史溯源 | 2 |
| 二、意象的种类 | 9 |
| 第二节 科学思维中的意象 | 12 |
| 一、科学家们对意象的探讨 | 12 |
| 二、科学意象与无意识思维 | 15 |
| 三、科学意象与审美 | 19 |
| 第二章 科学意象方式及案例分析 | 25 |
| 第一节 庞加莱和他的感觉意象 | 28 |
| 一、庞加莱生平 | 28 |
| 二、庞加莱与富克斯函数 | 32 |
| 三、庞加莱的意象方式 | 33 |
| 第二节 爱因斯坦和他的视觉意象 | 37 |
| 一、爱因斯坦生平 | 37 |
| 二、爱因斯坦与思想实验 | 44 |
| 三、爱因斯坦的意象方式 | 56 |
| 第三节 海森伯和用数学调节的意象 | 61 |
| 一、海森伯生平 | 61 |
| 二、海森伯与矩阵力学 | 65 |
| 三、海森伯与测不准原理 | 68 |
| 四、海森伯的意象方式 | 71 |
| 第四节 玻尔和意象的互补性 | 78 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| 一、玻尔生平 | 78 |
| 二、对应原理和互补原理 | 83 |
| 三、科学意象中的互补原理 | 89 |
| 第三章 科学意象与科学进步的关系 | 101 |
| 第一节 科学意象促进了科学进步 | 102 |
| 一、阿基米德与浮力原理 | 103 |
| 二、开普勒的美学追求 | 105 |
| 三、有价值的梦 | 108 |
| 四、法拉第杰出的想象力 | 111 |
| 五、液滴模型和原子核分裂 | 115 |
| 六、基本粒子物理学中的意象思维 | 119 |
| 第二节 科学进步丰富和发展了科学意象 | 122 |
| 一、印刷术发明以前的记忆意象 | 122 |
| 二、现代科学丰富和发展了科学意象 | 123 |
| 第四章 科学意象的心理学分析 | 125 |
| 第一节 关于意象的心理学理论 | 126 |
| 一、柯瑟琳的观点 | 126 |
| 二、萨特的观点 | 126 |
| 第二节 意象的功能 | 129 |
| 一、意象作为记号 | 129 |
| 二、意象作为绘画 | 130 |
| 三、意象作为符号 | 130 |
| 第三节 意象与知觉 | 133 |
| 一、关于知觉的理论 | 133 |
| 二、意象与知觉的类似性 | 136 |
| 三、意象与知觉的区别 | 137 |
| 四、意象与知觉的排斥性 | 140 |
| 第四节 意象与直觉思维 | 142 |
| 一、直觉思维 | 142 |

| | |
|---------------------------------|------------|
| 二、直觉思维的基本特征····· | 143 |
| 三、直觉思维的机制····· | 144 |
| 第五章 科学发现的案例分析····· | 151 |
| 第一节 庞加莱为什么没能创立狭义相对论····· | 152 |
| 一、狭义相对论的先驱····· | 152 |
| 二、功亏一篑的原因····· | 154 |
| 第二节 爱因斯坦为什么没能创立量子力学····· | 159 |
| 一、爱因斯坦是量子理论三位创始人之一····· | 159 |
| 二、爱因斯坦未能创立量子力学的原因····· | 163 |
| 第三节 海森伯为什么没有创立波动力学····· | 174 |
| 一、薛定谔的波动力学····· | 174 |
| 二、海森伯未能提出波动力学的原因····· | 175 |
| 第六章 科学意象的培养····· | 183 |
| 第一节 增加记忆意象的储备····· | 184 |
| 一、培养良好的观察力····· | 184 |
| 二、培养良好的记忆力····· | 187 |
| 第二节 促进创见意象的产生····· | 190 |
| 一、培养丰富的联想能力····· | 190 |
| 二、训练高度的空间理解力····· | 192 |
| 三、系统地训练视觉思维····· | 193 |
| 第三节 加强社会实践活动····· | 197 |
| 后记····· | 199 |

第一章 科学意象

言生于象，故可寻言以观象。象生于意，故可寻象以观意。意以象尽，象以言著。故言者所以明象，得象而忘言；象者所以存意，得意而忘象。

(晋) 王弼

为了给出问题的整体相貌，我需要意象方法。这个方法虽然不能告诉我各个论据之间的具体联结方式，但它至少可以提醒我，这些联结是如何配置的。

阿达玛

第一节 意 象

我们需要在意象中思维。

H. 庞加莱



法国数学家和物理学家庞加莱

2

意象 (imagery) 是一个心理学概念, 它是指大脑中所保持的对事物的一种映象。比如, 当我们闭上眼睛在想象中看见大熊猫时, 在我们大脑里就会出现代表大熊猫的形象。这个形象是建立在对大熊猫先前知觉记忆的基础之上, 已经成为一种心理现实, 所以不必依赖大熊猫的真实出现。因此, 意象纯粹是一种内心活动的表现。它通过抽象的主观的“意”, 反映具体的客观的“象”, 是“意”与“象”的对立统一。

一、意象的历史溯源

意象不是现代才有的一个概念, 历史上很久以前就有人提出过意象, 并对意象作过多方面研究。而且很有意思的是, 在中国历史上和西方历史上, 都不约而同地有人对意象作过深入研究。不过在中国, 人们主要是在艺术领域里研究意象; 而在西方, 不少哲学家、科学家对意象也有过不少精湛的观点。

在中国古代，意象是美学思想中的一个专用术语，在古典诗歌和诗论中有着悠久的历史。据李元洛先生的研究，“最早标举‘意象’这一美学概念的，毕竟是公元五世纪到六世纪之交的南朝的刘勰。”^①在《文心雕龙·神思》篇中，刘勰提出：“然后使元解之宰，寻声律而定墨；独照之匠，窥意象而运斤；此盖驭文之首术，谋篇之大端。”这里刘勰所提出的“意象”指的是艺术创作构思时不可或缺的一种艺术悬想，虽然它与此后历代诗学中的“意象”不完全相同，但某些重要内涵仍然包括进去了。

在《物色》篇中，刘勰对意象的构成过程还作过明确的解释：“写气图貌，既随物以宛转；属采附声，亦与心而徘徊。”这就是说，作家、艺术家塑造艺术形象时，既要把事物的气、貌、彩、声等“象”模写出来，也要把自己的主观愿望灌注到物的气、貌、彩、声里去。心物交融，客观的“象”和主观的“意”和谐地结合就成了“驭文之首术，谋篇之大端”的“意象”。此中精髓，我们举两首诗即可有真切之领会。一首是中国唐朝伟大诗人杜甫的《闻官军收河南河北》一诗：

剑外忽传收蓟北，初闻涕泪满衣裳！
却看妻子愁何在？漫卷诗书喜欲狂。
白日放歌须纵酒，青春作伴好还乡，
即从巴峡穿巫峡，便下襄阳向洛阳！

这首诗的“意”在第一句就告诉了读者，“剑外忽传收蓟北”，简洁明快，开门见山，但这首诗之所以动人，显然是杜甫善于寓意于象中，使读者强烈地感受到作者的豪情和遐思，而且那种急于返回洛阳的心情（即“意”），被巴峡、巫峡、襄阳、洛阳……渲染的淋漓尽致，连读者似乎也与作者一样，乘着一叶小舟，在一片呼啸声中，“便下襄阳向洛阳！”真是“音韵铿锵，意象俱足”的上乘之作！

我们再看一首德国著名诗人海涅的诗《北国有一棵苍松》：

^① 李元洛. 诗美学. 江苏文艺出版社, 1987: 141.



伟大的德国诗人海涅

北国有一棵苍松
独立在光秃秃的山顶，
他在一片白色中沉睡，
全身覆盖着雪和冰。
他梦见一棵棕榈
独立在遥远的日出之乡，
在燃烧的峭壁之巅
她在默默地哀伤。

这首诗是海涅组诗《抒情插曲》中最著名的一首，它富于形象感的幻想和整体上的洗练简洁。正是这种独特的风格，使这首诗风靡全球。正如诗歌评论家飞白所说：“松树在冰雪中做梦，棕榈树在阳光下哀伤，是它们把无法克服的分离又在幻想中结合在一起，表达了两人心心相印、情投意合的旨趣。”^①

4

从以上列举的两首诗里，我们可以清楚地看出，它们之所以感人，受到读者普遍而热烈的赞赏，其重要原因之一，就是在他们的思维中充满生机勃勃、生命力旺盛的意象。

在文学艺术中，意象给人以美的享受，正如李元洛先生所说：“意象与美结下的是不解之缘，因为美是有形象的，可以说美的形象性是美的第一特征。有形象的东西虽然不一定都美，但美必然有形象，具有美的性质的必然是可感的诉之于人们的直觉的形象的事物，自然美是这样，生活美是这样，作为自然美与生活美的反映的艺术美当然更是如此。”^②

李元洛先生将意象提高到美学上加以分析、肯定，这是十分有价值的。这种价值不仅体现在他对诗歌意象所进行的详尽分析，而且我们认为，它对于我们本书中分析、探讨科学意象，也有一定参考意义，这在本书后面的分析、探讨中，读者会看到。

下面我们再谈谈西方哲学界和科学界对意象的一些看法。

① 飞白，世界名诗鉴赏辞典，漓江出版社，1989：194。

② 李元洛，诗美学，江苏文艺出版社，1987：151。