

中小学美育知识文库

科学的情感

——科学美漫话

邢小兰 管淑侠

Yc08
03

海南出版社

序

科学是老老实实的学问，容不得半点虚假。然而，就如同一个诚实可靠的人一样，诚实并不排斥他的美貌和幽默。很多时候，“科学”一词本身就等于“正确”，然而，他同样需要不断地探索和进一步完善，这个过程，就是科学循着美的光辉去追求真理的过程。

广义上说，科学美包括科学研究对象的美。就我们目前所知，远至地球形成以前，近至眼前正在发生的事情，无论是宇宙范围的其它星系，还是原子的内部细微结构，科学都已宣布了自己的统治地位，而且将来肯定还有更多的东西会进入科学的领域。从星云假说到板块构造理论，地球的形成在人类看来是一系列连续的非常壮观的运动。风雨雷电，鸟语花香，有悲壮的一面，也有温馨的时光。无数生命在同一个环境里共存，相互依存又激烈竞争，这一切都让人类的好奇心加速跳动。这是怎样的世界？年年岁岁，生生死死，浩浩荡荡地乘着时间列车向前奔驰，看似复杂多变，却乱中有序。这一切，吸引人们去和大自然进行对话，科学的春芽由此破土而出。

科学由两部分组成：自然科学和人文科学，自然科学是自然界的客观规律的反映，是以知识产品形式表现出的第二

自然。第一自然的美，从某种意义上说即是自然界多样性和统一性，变动不定和协调一致的本质特征的表现。第一自然的美反映到科学领域，就是科学理论的美。

科学理论美就是基于理论的科学价值之上的审美价值。一般来说，科学理论包括科学定理、科学公式、科学发明等，科学理论的美离不开这样一些科学和美学的共同概念，如统一和多样、简单和复杂、秩序和协调、对称和反对称、守恒和转化、绝对和相对、形式和内容等。下面简略说明一下科学理论美的内涵。

如果说唤醒人类的好奇心的是世界的丰富多彩的话，那么人类真正被世界所震慑的却是多样性背后的统一性。辩证唯物主义认为，世界的统一性在于它的物质性，这个说法无懈可击，却不能满足人们刨根问底的求知欲望。于是世界的现象背后到底是什么就成了智士能人探寻的目标。

最早可能要数毕达哥拉斯的“数”的理论，接着就出现了原子论、火论、观念论、太一论，以及古代中国的阴阳五行论、和道论等。直到近代，世界的统一才由哲学的思辨进入到科学的理性。伽利略用惯性定律将匀速直线运动与静止状态统一起来；刻卜勒将行星运动的多样性用行星运动三大定律统一起来；笛卡尔发明了解析几何，使几何学和代数、逻辑在更高的层次上统一起来；达尔文通过进化论，将生物世界统一起来；还有夸克理论、波粒二象等。每一项划时代的科学理论的提出，都在宇宙统一性的道路上迈进了一大步。

统一性的美和秩序有着最近的亲缘关系。秩序的原意是事物在空间或时间上排列的先后，也可以引申为层次、等级等。在科学美学当中，秩序又可以作为规律来理解。冬去春

来，四季交替，人们从长期的观察经验中抓住了这看似变动不定的现象后的规律：地球围绕太阳公转。了解了大自然这种有规律的活动后，人们就可以有计划地安排农业生产，春耕秋收，不会误了季节，耽误收成。

有秩序才能导致和谐，杂乱无章不仅不美，而且会导致非平衡。在空间上，和谐最典型的情形就是对称。人们对于对称美的体验来自于人体、动植物等的外形美的观照上。在科学美学上，对称美不光是外部形式的对称美，函数关系的对称、数学方程式中各项之间的关系、一切共轭的物理量之间、阳阳学说、波与粒子、坐标系数等都包含着奇妙的对称性的美。对称是美的一种特性，对于图形来说，若沿着某一条线对折，折叠后各部分完全重合，那么，我们就说这个图形是对称图形。可是，反对称也有美，黄金分割比例就是不对称的最佳比例效果。所以，无论是对称还是不对称美，都要服从更高的美学原则——和谐。只要是和谐的，必定是美的。

科学理论美还遵从简单的原则。科学史上有许多真实的例子都说明科学家在两种假设或者方案面前拿不定主意时，往往会选择较为简单的一个。中世纪有名的“奥卡姆剃刀”，它代表的意思就是：“若无必要，切勿增加前提”。自然界的运动总是遵循着简单的途径，如果能走直线，决不绕弯路。这个原本是排斥上帝的简单原则成了中世纪末期提倡的科学思维原则。十九世纪，马赫提出“思维经济原则”，他认为对客观世界的多样性的高度概括达到最大限度时，就是最抽象、最简单的理论。为此，他特别推崇数学，数学的抽象程度最高，当然数学方程式就是最经济的思维。

演绎和归纳，本来是逻辑学中的两种对立的方法，在科学美学的历史发展中，有人偏好演绎法，如笛卡尔。从一个众所周知的简单前提出发一步一步地推演出有关的结论，这是从一到多，从抽象到具体的过程。而归纳法则是由多样到统一，自从培根大力提倡以来，在科学研究上成了一个重要的方法。其实，这两种方法往往是同时发挥作用的。许多科学理论的发明创造需要演绎和归纳的综合作用。演绎之中有归纳，归纳之中有演绎，纵横驰骋，左右逢源，才能在科学领域达到游刃有余的自由境地。

守恒和转化是物理世界的基本概念。恩格斯说，十九世纪科学领域有三大发现，其中之一就是能量守恒和转化定律。可以说，唯物主义大厦就是建立在能量的守恒和转化定律之上的。能量守恒和转化定律的发现，给科学研究提供了巨大的便利，沿着这个思路，人们很容易就发现了质量守恒、角动量守恒、电荷守恒、能量守恒等，更加巩固了物质不灭的理论。

物理上的守恒美还可以推广到其它学科领域。如坐标变换下的不变量、方程转换下的不变量、动态下的系统守恒等。

如此看来，守恒和转化是一对配合出色的搭档。转化使这个世界呈现出一派五彩缤纷的生动气象，而守恒则维持着多样世界的有序和统一。守恒和转化共存于科学美当中。

科学美是相对的，已经被公认为很美的科学理论有可能受到科学的新进展带来的冲击。比如牛顿力学体系统治世界达三百年之久，人们从未怀疑过它的完美无缺。可是，相对论的出现，一下子就使牛顿体系置于残缺不全的境地，立即暴露了在宏观世界的无能为力。牛顿力学如此，其它的一切

科学理论也无不经历了从粗浅到精确的完善过程。正是在追求绝对美的信念驱使下，人们才不满足于现有理论的完美程度，不断进取，向科学的最高峰挺进！

科学美还包括科学家对科学的美感，即科学家科学美的判断、鉴赏能力。

科学美感和日常生活或艺术活动中的美感是有区别的。科学对自然界客观的美以及科学理论美的观照与非科学家不同。得到的主观感受、欣赏、评价也不一样。大致说来，科学美感犹如理性放射的光芒，虽然不至于过于耀眼，却沉静恒久。

科学研究过程中，科学家付出艰辛的劳动固然是第一位的，可是，科学家独特的美感却对他们的研究工作有着非同寻常的影响。丰富的想象力、高度的抽象力、敏锐的直觉、果断的取舍对于科学家来说无疑是难能可贵的。

在人生道路的选择上，首先要和科学有终生相许之缘，甘于寂寞，然后才能有流连忘返之情。极富美感的科学家，仿佛和宇宙的规律之间有一条神秘的通道，就象有一位科学哲人说过：如果上帝是宇宙的设计师的话，他就是了解上帝设计意图的人。

成功的科学家都是了解上帝的设计意图的人。而他们了解上帝的意图是通过科学的美感，是感性对理性的有力的推动！极富美感的科学家能够于工作千头万绪难见分晓之时凭灵感突发，打破毫无进展的局面，也能够于几种方案优劣难定之时果断取舍，及时地和真理站在一边！

当然，科学研究中我们有充分的理由相信这样一个关于美的定义：美是主体的本质力量的对象化。科学家付出了艰

辛的劳动，换来了丰硕的科学成果，这成果就是科学家主体本质的物质化。这些成果激励着科学家更加投入到科学研究当中，在贡献中欣赏自己的杰作，可谓苦中有乐，乐此不疲！这种献身科学、献身真理的精神才是至高至醇的美！

目 录

序.....	(1)
古希腊：科学罩着朦胧的面纱.....	(1)
毕达哥拉斯学派：科学美学的鼻祖.....	(5)
阴阳八卦说及其精华	(11)
欧几里德和《几何原本》	(18)
阿基米德和金王冠	(21)
笔锋犀利疾虚妄——王充的科学求实精神	(24)
李时珍及其《本草纲目》	(28)
达·芬奇：“自然的儿子”	(33)
朱载堉和十二平均律	(36)
培根和实验方法之美	(42)
哥白尼的宇宙体系	(46)
刻卜勒和行星运动三定律	(49)
哈维和血液循环理论	(54)
笛卡尔对自然科学的贡献	(58)
万水千山总关情——徐霞客旅行日志	(62)
燃素说和化学革命	(67)

高斯：继往开来的数学大师	(73)
物竞天择：达尔文和进化论	(76)
门捷列夫和元素周期律的美	(81)
康德：能用物质创造地球的人	(86)
地质学的发展	(91)
DNA 之谜	(98)
热力学：能量守恒和转化之美	(102)
苯环结构和梦的启示	(107)
巴斯德和微生物学	(110)
我国科学家在地质学上的贡献	(114)
爱因斯坦和相对论	(120)
狄拉克的科学美感	(125)
基本粒子探索中的美学问题	(131)
机遇偏爱有准备的人	(134)
现代科技和审美活动	(141)
审美意境：科学探索的精神源泉	(145)
电脑绘画艺术	(148)
各门科学的大会战——环境科学的出现	(151)
科学创造思维种种	(155)
现代技术的审美价值	(160)
科学的最高境界——真善美的统一	(165)

古希腊：科学罩着朦胧的面纱

我们今天所理解的科学，是人类文明进程中一个比较晚的成果。在近代以前，很难把科学从自然哲学和工匠技艺中单独区分出来。尤其是在苏格拉底之前，由于人类对自然（包括社会）的认识水平极其低下，对自然的探讨往往流于哲学意义上的空泛，思辩和猜测的成份远远多于科学的观察、实验和研究。有的甚至完全是神话式的想象。比如古希腊的神话故事对于宇宙的产生是这样解释的：

宇宙开创之初是一片混沌，从混沌中凝聚出大地女神盖娅。接着在大地的底层出现了黑暗，在大地的上面出现了黑夜。黑夜和黑暗相结合产生了光明和白昼。以后大地女神运用处女生殖的方法又生出了天空，这就是天神乌刺诺斯。盖娅和乌刺诺斯结合，生下了十二提坦巨神，男女各半。这些提坦巨神彼此结合，又生出了日、月、星辰、黎明诸神。他们的小儿子克洛诺斯和提坦女神瑞亚结合，生下三男三女共六个新神，其中最小的一个神就是宙斯。宙斯推翻了克洛诺斯，当上了宇宙的统治者，在奥林匹斯山巅建立了诸神的世界。后来宙斯又和许多女神结合，生出了更多的神。这些神性格各异，富于个性，分别掌管着人间的各项事物。比如雅典娜是智慧和威力的化身，她向希腊人传授各种技能和本领，

教人纺纱、织布、造船、制鞋。缪斯女神掌管文艺，而普罗米修斯则靠弟弟厄庇米修斯的帮助，按照神的形象用泥和水造了人，赋予人以生命，并盗取天火送给人间，使人类有了文明。

在古希腊神话中，宇宙和人类历史就是这样开始的，而且，古希腊人在创造神话的同时，发挥了巨大的想象力，用一种虚幻的方式表达了人类征服自然的过程。如果神话当属审美文化的一部分的话，那么，神话当中所表现的宇宙、自然的演义毫无疑问要算是西方科学史上对自然的最早的探讨成果。

自然科学借着一袭浪漫主义色彩的神话外衣，从一开始就云遮雾罩，偶露天机时，象雾里看花。这就为人们进一步探索宇宙的奥妙埋下了诱人的伏笔。

当然，在苏格拉底以前的自然哲学家所做的工作和《荷马史诗》中所记载的又有本质的不同。比如毕达哥拉斯、赫拉克利特和德谟克利特等人。他们对自然科学的贡献在于运用思辩的方法，为世界找到了统一的始基。这始基是毕达哥拉斯的“数”，是赫拉克利特的火，是德谟克利特的原子。而不是什么盖娅或者宙斯。

从科学的意义上讲，古希腊的自然科学家的主张更接近自然的本来面目。因为他们的共同之处在于都认为世界是自己生成的。自我产生、发展、灭亡，有着内在的规律性。所以他们都同意“美在和谐”说。

毕达哥拉斯的科学思想非常丰富，基本上奠定了古代科学美的基础，因此放在后面专门介绍。本章介绍赫拉克利特和德谟克利特的自然观。

“世界不是任何神创造的，也不是人创造的。它的过去、现在和将来永远是一团永恒的活火。这团活火按一定的规律燃烧，按照一定的规律熄灭。”由此看来，世界的本质是一团火，火变成万物，万物再变成火，互相转化循环不已。他指着川流不息的大河说：“一切皆流，无物常住。”“人不能两次踏入同一条河流。”他以大量生动的事例，描绘出一幅世界变动不息的美丽图画。

赫拉克利特的自然观和美学观比起毕达哥拉斯来说稍有进步。原因就在于一个“动”字。两人对和谐的宇宙都非常热衷。但对于和谐的理解有所不同。赫氏的和谐偏重于对立面斗争所产生的和谐。没有对立、没有不同就无所谓和谐，就象绘画，“画面上混合着白色、黑色、黄色和红色的部分，从而造成与原物相似的形相。”音乐也是这样，“音乐混合不同音调的高音和低音、长音和短音，从而造成一个和谐的典调。”而毕氏的和谐则是数的多少和几何图形的不同构成了世界的丰富多彩，更多地强调静止。

在赫拉克利特之后，比较有影响的自然哲学家是德谟克利特。

他的科学美学观点是：美的客观基础在于物质世界。美的本质在于有条不紊、匀称、各部分之间的和谐、适当的数学比例。他的原子论认为：世界的本源是原子和虚空，一切事物都是由这两种东西以某种方式组合而成的，原子是一种最小的、不可见的、不能再分的物质微粒。它的特点是坚实、没有空隙、不可摧毁。原子的性质是完全相同的，但在形状、大小、排列方式上可以不同。虚空是原子活动的场所，并不是虚无，它和原子一样，也是一种非常实在的存在。原子在

虚空中做零乱的直线运动，速度很大，彼此碰撞形成原子漩涡。原子结合在一起，形成世界上各种事物，原子分开，事物随之消失。美的事物都是原子按和谐比例结合的结果。事物表面渗透出细微的液粒，通过空气作用于我们的感官，这样我们就认识了事物。不过，德谟克利特认为这种认识还是感性的、朦胧的。要达到正确的认识，还得通过理智。

据说他特别重视灵感。他说“荷马由于生来就得到神的才能，所以创造出丰富多彩的伟大诗篇”。他写过《节奏与和谐》、《论音乐》、《论诗的美》、《论绘画》等一系列涉及美的著作。在对待自然方面，一定遵循这样一条原则：“没有一种心灵的火焰，没有一种疯狂式的灵感，就不能成为大科学家。”

总而言之，古希腊的自然哲学家凭着对自然的和谐和秩序的坚定的信念，深信宇宙是美的化身，从而投入到对大自然的不懈的探索之中。并且总能得到满意的收获，从中得到无尽的美的享受。

直到苏格拉底提出“美在效用”，古希腊的自然哲学家和其它从事科学探讨的智者都把真和美视作同等重要，真就是美，美即是真。真的必然美，美的必然真。而苏格拉底的出现，扭转了古代历史上的这个好的传统。“美在效用”，衡量美的标准就看它的效用如何。有用就美，有害就丑。从效用出发，苏格拉底提出美的相对性。例如：“盾从防御看是美的，矛则从射击的敏捷和力量看是美的。”所以一件东西是美是丑，要看它的效用；效用的好坏，又要看用者的立场。美与人有关，而不全在它本身。

苏格拉底这样界定美是进步的，因为他把“善”——好、有用引入美的领域，揭示了美的事物的“善”的属性，可以

说，“美在效用”开拓了美的内涵。但是，“美在效用”说在某种意义上说也是退步。把主观的因素引入美学领域，同时排斥“真”这一美的另一重要内涵。事物本身到底怎样成了毫无意义的、无关紧要的东西，这就相当于排斥科学，把美从科学的一端强拉到伦理的身边，和伦理道德一起共同对抗科学。以前毕达哥拉斯和赫拉克利特等人主要从自然科学的观点去看美学问题，替美找自然科学的解释，到了苏格拉底，这个传统则要被打破了。

从此，美走了一段和科学分歧的道路，同样，科学因为缺了美的陪伴，行动也迟缓了许多。这段历史对于科学和美学来说都值得反思。

毕达哥拉斯学派

——科学美学的鼻祖

希腊群岛，无疑是撒在爱琴海中的明珠。明净的天空，金色的阳光，潋滟的海水，无边的沙滩，沙滩上，几个摆弄石子的人……

他们就是公元前五世纪古希腊著名的毕达哥拉斯学派的数学家、天文学家和物理学家们。他们共同的特点是从从小就对天体运行、四季交替和草木枯荣等自然现象十分着迷，深

信世界绝对不是它呈现在人们面前的样子。潮涨潮落、日出日落，一定有什么神秘的力量支配着世界。于是他们凭着志同道合聚集在一起，虔诚地讨论着，沿着沙滩一边散步，一边争论，时不时地停下来，把自己的思想用被海水冲刷得溜圆的石子演示给伙伴看。就这样，一次又一次，那个支配着世界的神秘物质终于向他们显了端倪。

这个支配世界的东西到底是什么呢？

毕达哥拉斯学派发现了数。他们用沙滩上的石子来代表每个数字。按石子所能排列的形状对数进行分类研究。结果，他们从研究中发现了奇迹。

1、2、3、4 这四个数，毕达哥拉斯学派把它们称为“四象”，非常迷信，简直到了崇拜的程度。原因是：这四个数字相加之和正好等于 10。而在这一派看来，10 代表着圆满、完满无缺。这和中国古代的“9”有点类似。中国古代有“九九归一”之说，“9”有着和“1”同样的地位。据说人们参加毕达哥拉斯学派时所作的誓言是：谨以赋予我们灵魂的四象之名宣誓，长流不息的自然的根源包含于其中。可见其对“四象”的重视。

他们把 1、3、6、10 这一类数，称为三角形数，因为这些数所表示的石子可以排成三角形。这些数又可以进一步分解为：1，1+2，1+2+3，1+2+3+4，……其和的求解公式为： $1+2+3+4+\cdots+n=\frac{1}{2}(n+1)$ 。这恰好是我们现在非常熟悉的自然数列之和。

他们把 1、4、9、16 这一类数称为正方形数，因为这些数所表示的石子可以排成正方形。这些数又可进一步分解为：

1, $1+3$, $1+3+5$, $1+3+5+7$,其求和公式为:

$1+3+5+\cdots+(2n-1)=n^2$, 这恰好是我们现在非常熟悉的等差数列求和。

毕达哥拉斯学派还进一步把数分成五边形数、六边形数等种类, 分别得出其求和公式。可以说, 毕达哥拉斯学派是自然科学史上最早研究数的一派。他们对数的着迷和得出的结论使他们对数崇拜到无以伦比的地步。他们甚至由此得出结论说: 世界是由数组成的。一切物体的存在方式取决于数量的多少及其几何形状。

毕达哥拉斯学派对数的崇拜还和音乐有关。他们对琴弦做了长期的研究, 发现琴弹出的音调的高低、音值的长短、音量的高低、音色的不同等和发声的琴弦在某个方面的数量有绝对的关系。例如音弦长度直接影响到音调的高低。音弦长, 震动速度慢, 声音就低。他们总结出两条音乐与数的原理: 第一, 弹弦所发出的声音取决于弦的长度; 第二, 绷得一样紧的弦, 如果它们的长度成整数比, 那么就会产生谐音。例如两根绷得一样紧的弦, 如果一根是另一根长的两倍, 那么两个音就相差八度。如果两根弦长之比为三比二, 那么这时短弦发出的音就比长弦发出的音高五度, 在这一基础上, 他们发展了关于音程的数学基础的学说, 制定了音阶。他们还正确地提出音乐的基本原则是数量原则。音乐节奏的和谐是由高低、长短、轻重各种不同的音调, 按着一定数量上的比例所组成的。为此, 他们认真研究了他们认为美的一些比和比例关系, 提出了关于两个数的算术平均值、几何平均值、调和平均值等概念。并求出它们之间的比例关系。

假定 A 和 B 是任意两个数:

其算术平均数为 M , $M = \frac{1}{2} (A+B)$

几何平均数为 G , $G = \sqrt{AB}$

调和平均数为 H , 定义为 $\frac{1}{A}$ 与 $\frac{1}{B}$ 的算术平均数的倒数,

$$H = \frac{1}{\frac{1}{2} \left(\frac{1}{A} + \frac{1}{B} \right)} = \frac{2AB}{A+B}$$

再进一步研究 M 、 G 、 H 之间的关系可以发现:

$$G = \sqrt{AB} = \sqrt{MH}$$

$$\therefore M : G = G : H$$

这个比例, 毕达哥拉斯学派称作完全比例。如果再研究 A 、 B 这两个数和它们的算术平均数 M 及调和平均数 H 的关系, 那么可以发现

$$A : M = H : B$$

这个比例, 他们称为音乐比例。由此建立起他们的音乐理论。

毕达哥拉斯学派不但把数的和谐原则应用于音乐研究, 而且还推广到建筑、雕刻等其他艺术形式中去。尤其值得指出的是, 他们把这个数的和谐原则应用到对天体运动的研究方面, 坚信天体在空间运动时会发出声音, 音调的高低与运动速度有关, 因此天上诸星体在遵照某种轨道运动时也演奏出一种和谐的音乐, 整个宇宙就是一道和谐乐章。这种音乐被称为诸天音乐。幸运的是这美妙的诸天音乐已经被当代太空飞行的宇航员录制成了磁带。这种天籁之音深深地吸引了当代的太空飞行家, 他们认为该音乐百听不厌。

毕达哥拉斯学派除了对大宇宙的数的研究外, 对人体 (他们认为人体是小宇宙) 也做了研究, 认为人体也象天体大