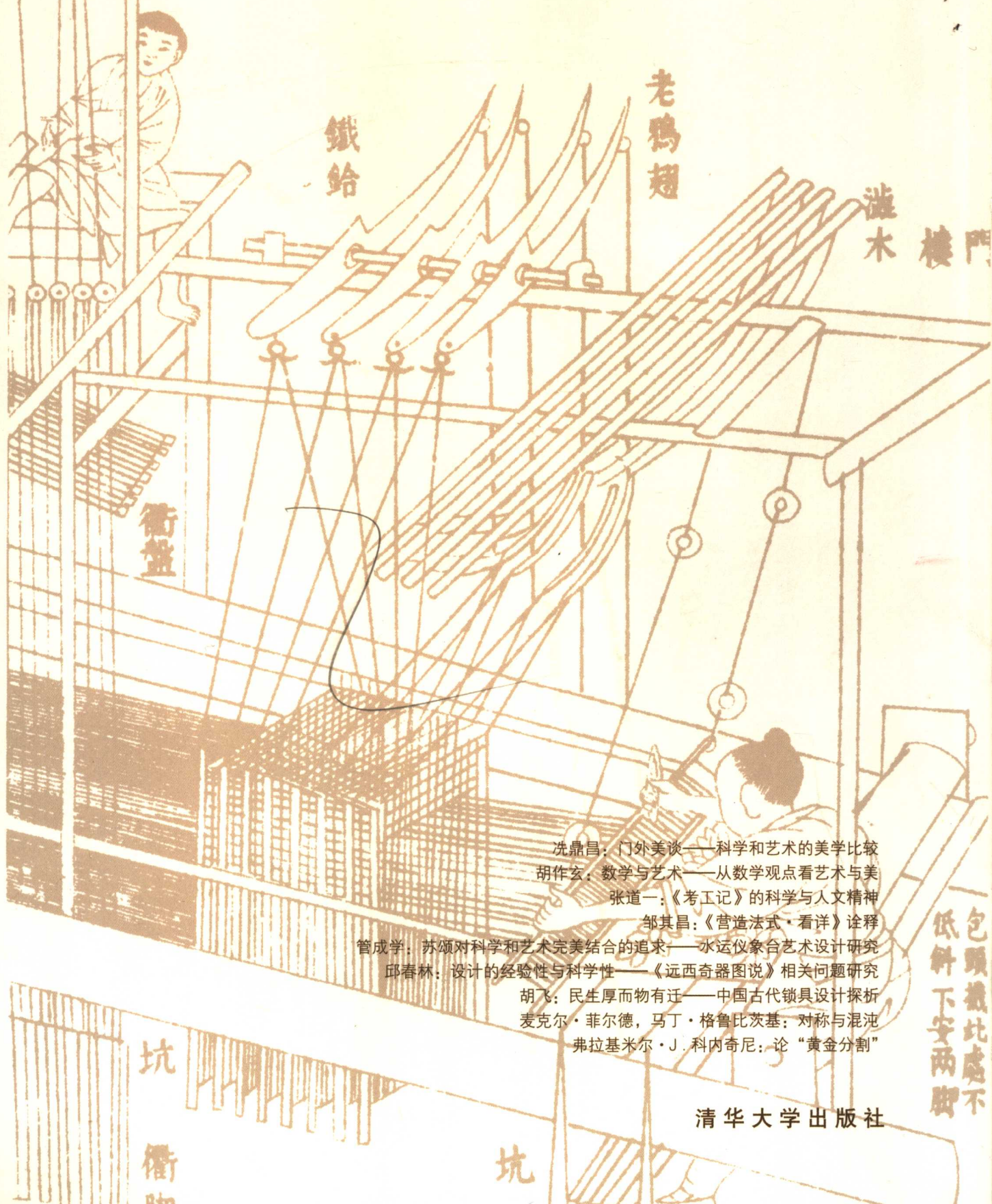


# 艺术与科学 ART & SCIENCE

主编 李砚祖

【卷二】



冼鼎昌：门外美谈——科学和艺术的美学比较  
 胡作玄：数学与艺术——从数学观点看艺术与美  
 张道一：《考工记》的科学与人文精神  
 邹其昌：《营造法式·看详》诠释  
 管成学：苏颂对科学和艺术完美结合的追求——水运仪象合艺术设计研究  
 邱春林：设计的经验性与科学性——《远西奇器图说》相关问题研究  
 胡飞：民生厚而物有迁——中国古代锁具设计探析  
 迈克尔·菲尔德，马丁·格鲁比茨基：对称与混沌  
 弗拉基米尔·J. 科内奇尼：论“黄金分割”

清华大学出版社

# 艺术与科学

## ART & SCIENCE

【卷二】

主 编 李砚祖  
副主编 陈池瑜  
戴吾三  
刘 兵

清华大学出版社  
北京

## 简 介

本卷以中国古代机械设计和工艺设计思想研究为中心,涉及先秦典籍《考工记》、宋李诫《营造法式》、苏颂水运仪象台、清观象台天文仪器、中国古代锁具、滇文化铜鼓以及《远西奇器图说》等专题研究。这些研究发前人所未发,视角新颖,方法独到,是中国学者这方面最新研究成果的集中体现。

在“思想”栏目中,洗鼎昌院士的《门外美谈》和胡作玄教授的《数学与艺术》,是作者从自身科学研究出发对艺术与科学问题作出的研究和思考,思想深刻,极富启发意义。《分形的艺术与艺术中的分形》、《贡布里希艺术与科学研究的启示》、《汉语颜色字的起源》、《黄河岸边的制秤世家》和译文《对称与混沌》、《论黄金分割》诸文均值得关注艺术与科学的读者一读。

### 图书在版编目(CIP)数据

艺术与科学(卷二)/李砚祖主编. —北京:清华大学出版社, 2006. 2

ISBN 7-302-12227-X

I. 艺… II. 李… III. 艺术-关系-科学-研究 IV. J0-05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 150380 号

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

出版者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦  
http://www.tup.com.cn 邮 编:100084  
社总机:010-62770175 客户服务:010-62776969

组稿编辑:甘莉

文稿编辑:宋丹青

封面设计:李砚祖

版式设计:陈楠

特邀编辑:柳沙

印刷者:北京市联华印刷厂

装订者:三河市春园印刷有限公司

发行者:新华书店总店北京发行所

开本:210×285 印张:10.5 插页:5 字数:371千字

版次:2006年2月第1版 2006年2月第1次印刷

书号:ISBN 7-302-12227-X/J·84

印数:1~3000

定 价:38.00元

# 艺术与科学

## ART & SCIENCE (卷二)

### 目 录

#### 一、思想

洗鼎昌：门外美谈——科学和艺术的美学比较	01
胡作玄：数学与艺术——从数学观点看艺术与美	05
张道一：《考工记》的科学的人文精神	10
张歌明：分形的艺术与艺术中的分形	18
柳 沙：贡布里希艺术与科学研究的启示	25

#### 二、视界

邹其昌：《营造法式·看详》诠释	32
李路珂：《营造法式》彩画色彩初探	45
管成学：苏颂对科学和艺术完美结合的追求——水运仪象台艺术设计研究	62
张柏春：西方与中国科学、技术、艺术的融合——清朝观象台天文仪器的设计	70

#### 三、探索

陈斌惠、戴吾三：汉语颜色字的起源	76
刘伟冬：不同的空间展示 相异的叙事方式——中西绘画中空间表现的比较研究	81
许春阳：尚需证实的“斜视”	86
严家怡：天才的自然美探讨	87
李 雁：科学与艺术的空间与时间	90

---

## 四、史学

- 邱春林：设计的经验性与科学性——《远西奇器图说》相关问题研究 92
- 胡 飞：民生厚而物有迁——中国古代锁具设计探析 103
- 万辅彬、蒋廷瑜：铜鼓：文化与传播 117
- 陈谷香：宗族血缘伦理背景下的中国古代艺术 125

## 五、万象

- 李砚祖：光荣壶艺 133

## 六、田野

- 孟凡行：黄河岸边的制秤世家——韩城传统制秤工艺及其生存状态考察 137

## 七、译林

- 迈克尔·菲尔德，马丁·格鲁比茨基：对称与混沌 147
- 弗拉基米尔·J.科内奇尼：论“黄金分割” 154

## 八、读书

- 李正伟：结构之美——读《科学与艺术中的结构》 161
- 戴吾三：“哈勃”眼中的壮美奇丽——《从哈勃看宇宙》评介 163

## 门外美谈

## ——科学和艺术的美学比较

中国科学院高能物理所 洗鼎昌

**内容提要：**科学的美与艺术的美是有共性的，有共性的东西就可以拿来比较，这样的比较可以说是科学与艺术的比较美学。在此基础上，本文提出，科学与艺术中同样存在对称与和谐之美，并且在近代又同样偏离了前一规则，开始关注不对称与不和谐之美；并认为艺术与科学在某种程度上都是对美的探索，二者同为内容的“有限性”与对象的“多样性”的对立统一。

**关键词：**科学，艺术美，对称，和谐

在许多人的心目中，科学与艺术是很不相干的，否则为什么从中学起，就有文科和理科的分班呢？可是我有完全不同的看法，我认为在中学就把学生定向到文科或是理科并不是很妥当的做法。

也许有人会争辩说，科学追求的是严、艺术追求的是美，一个是理性的演绎，另一个是灵感的发挥，二者南辕北辙，没有共通之点。

其实这真是天大的误解。有一位很有点名气的文艺理论家叫做丹纳<sup>1</sup>的说过：

“一个人之所以成为艺术家，是因为他惯于辨别事物的根本性质和特色；别人只见到部分，他却见到全体，还抓住它的精神。”

如果把这番话中“艺术”两字改成“科学”，谁能说对于科学这不是同样精辟的论断呢？可见艺术创作和科学创作是有共性的。有共性的东西就可以拿来比较，比如说科学中的美和艺术中的美，这种比较可以说是科学和艺术的比较美学。

## 一、美

什么是美？“美是难以定义的”，研究美学的一位祖宗柏拉图<sup>2</sup>早就这么叹息过。科学家也有类似的观点。狄拉克<sup>3</sup>——本世纪最伟大的物理学家中的一位——也说过：“数学美与艺术美一样是无法定义的。”不过他又接着说：“但研究数学的人鉴赏数学美并不会觉得困难。”大哲学家、大科学家尚且如此说，作为进行门外美谈的人就大

可不必讲究什么美与审美的定义、什么美的主观性与客观性等等，只须承认美的存在就可以谈下去。

承认了美的存在，还需要有能够感知它的东西才能谈美。这东西大哲学家柏拉图说是灵魂，大数学家庞加莱<sup>4</sup>说是纯理智。灵魂也罢、理智也罢，反正是思维的器官，一牵涉到思维，谈美就当然必须限定在一定的历史时期里才有意义，因为不同历史时期人们的思维是大不相同的。

古代的思想家把美与和谐画上等号。希腊古典时代的大哲学家们认为，美在于和谐，美应当是完美的。自然是美的，自然的规律也是美的，所以亚里士多德<sup>5</sup>说，完美的天上物质构成的天体的运动轨道，必定是完美的曲线。而最完美的曲线就是圆，所以所有的天体都是以圆为轨迹运行的。那位对比例和数字情有独钟的哲学家毕达哥拉斯<sup>6</sup>（就是发现直角三角形三条边的平方之间关系的那一位）进一步认为，整个宇宙就是一种和谐，就是一种数，在数字之间有着能够产生和谐关系的比例。据说他发现了黄金分割比例，即使在今天，那些残存下来的、在长宽高三个方面的尺寸遵循这种比例建成的希腊神庙还在现代人的心灵中产生强烈的肃穆感和美的战栗。

## 二、和谐与对称

千百年来，这些观点深刻地影响了一代又一代的人。包括现代科学的两位奠基人哥白尼<sup>7</sup>和开普勒<sup>8</sup>。

哥白尼提出的日心体系理论，带动了近代科学思想的一场革命。在哥白尼的理论里，不是太阳绕着地球转，而是地球，还有另外当时知道的五个星体——土星、木星、火星、地球、金星和水星——绕着太阳转。它们的轨道都是圆形的。按古希腊哲学家的观点，宇宙应当是和谐的，而和谐的轨道应当是对称的，具有最大对称性的运行轨道是圆形的，这是很自然的。另一位大天文学家开普勒则想从毕达哥拉斯的和谐对称的原理进一步来确定这六个行星的轨道。他的做法是这样的：在几何学中，除了球体之外，有着最大对称的几何体是正多面体，自然界存在的

正多面体只有五种：正四面体、正六面体、正八面体、正十二面体和正二十面体，对每一种正多面体都可以作一个外接球面和一个内切球面，于是由这五种正多面体可以作出六个这样的球面，它们是行星的圆轨道所在的球面。定出这些轨道后，又由于和谐的要求，天体在这些圆形轨道上应当作匀速运动，这样就可以确定这些天体的公转周期。现代人回过头来看这种做法真有点匪夷所思，但据说当时计算的结果居然和当时的天文观察数据吻合！1596年开普勒把这些想法和结果写在一本专著里，题目就叫做“论自然的和谐及相似”。

如果开普勒停留在这种吻合上，那也就不会有他日后的重大发现了。幸好他送了一份专著给当时欧洲最负盛名的天文观测家——丹麦人第谷<sup>9</sup>。第谷读了论文，极为赏识作者的才华，也给作者一个忠告：“首先要通过实际观测来为自己的观点打下坚实的基础，由此提高，才能深究事物的根由。”幸亏听从了这个忠告和获得第谷以毕生的努力累积下来的系统的、极为精确的观测数据，他得以作出科学史上划时代的三个大发现。头一个发现是，行星的轨道并不是完美的圆曲线，而是椭圆曲线；第二个发现是，行星在轨道上的运行并不是匀速运动。看起来开普勒最后的发现完全偏离了他最初对和谐的（也是简单的）想像，然而事实上，在他的三大发现导致的牛顿力学的更高的基础上，这些发现又是如此令人震惊地和谐。

和谐与对称是紧密地联系起来的。到过北京故宫的游客，谁不被这组巨大的建筑群的对称与和谐所震慑呢？在古典的绘画、雕塑和音乐里，处处体现了对称与和谐的美。有一年我到米兰，第一眼看到米兰大教堂，就有似曾相识的感觉，我一路参观一路想，这感觉到底从何而来？等从教堂出来，我想起来了：这就是巴赫<sup>10</sup>伟大的《恰空舞曲》，那里32个变奏组成的对称如此严谨，音乐的洪流如此和谐流畅，音乐的形象如此庄严雄伟、气势磅礴，就如这座教堂一样，直入云霄，欲与天齐。多年以后我才从一本书里读到一个论点——“建筑是凝固的音乐”，此论很有道理。

在自然界，对称现象是一个很常见的现象，对称性分析能够把许多问题高度简化。但是，在这现象的背后有着极为深刻的内涵，它导致本世纪的物理学中一个非常深刻的重大发现，就是对称性和守恒律的内在联系，这是一位当时居住在德国的杰出女性艾米·诺特<sup>11</sup>所发现的。诺特是数学家，1918年她在《哥廷根学报》上发表了一篇极为深刻、影响深远的论文，证明了自然界的每一个准确的对称性，都对应一个守恒律，相应有一个守恒量：如果物理学对于时间原点的选择是对称的，即在任何时刻开始计时，都观测到同样的物理规律，那么能量是守恒的；如果物理学对于空间坐标的选择是对称的，即在任何地点都可

以选择为坐标的原点，那么动量是守恒的，等等。

不过如果只有对称，那么美术里只剩下图案，科学里也没有了许多学科，例如，只剩下完美晶体的物理而没有表面物理、没有界面物理，没有半导体物理，这太遗憾了——现代人怎么能够想像没有半导体晶体管、没有集成电路芯片、没有移动电话的生活呢？好在自然也好，人也好，在尊重对称性的同时也容许一点差异的。比如说，人们最先认识到对称、和谐的美，为了美，甚至可以对通行原则作重大的修改。中国佛寺的山门殿内两旁塑立的金刚力士，本来按佛经说只有一位，是佛的随从侍卫的首领，不过为了对称，就不理会原来典籍是怎样说的，硬是让他成了双。如果限于完全的对称，美的表达能力会大受限制，所以成了双的两尊金刚力士，还要让他们一个张口，一个闭口，有点不一样，成为哼哈二将。音乐里的情况也是一样，完全和谐的乐曲是没有表现力的。记得“文革”时听当时来访的朝鲜歌剧院唱的《卖花姑娘》，头五分钟觉得好听极了，在神州大地上只剩下语录歌的时代听它真是极大的享受！再听下去，便不对头了，旋律确是很流畅，和声也很谐美，但是咏叹调之后还是咏叹调，永远陪着绵绵缠缠的、甜甜蜜蜜的和声。再过几分钟之后，简直不能令人忍受，只好把收音机关掉。

### 三、不和谐与不对称

在19世纪就要结束之前，至少在物理学，似乎对和谐的追求已经达到极致。英国极负盛名的大科学家开尔文勋爵<sup>12</sup>认为当时在物理学的天空上除了两朵小小的乌云之外是一片晴空，当时已知的物理现象都可以归纳到力学、电磁理论、热力学等高度完美的理论框架里，也许留给后人解决的物理问题已经不多了。然而正是这两朵小小的乌云引来20世纪物理学的巨大变革，导致“相对论”和“量子论”两大理论的建立。然而新的观念与传统的观念难以调和，新的理论并不具有传统意义下的完美。传统的完美起码要符合完整、清晰的概念，但是在新的物理学里情况却不是这样：传统的清晰性被新理论内禀的一种不确定性所代替，而完整性只有在统计和几率的意义上才能谈到。这使得科学上的巨人爱因斯坦<sup>13</sup>——20世纪一个新生理论“相对论”的创立者——在最高的层次上对另一新生的理论“量子力学”进行毕生的质疑，留下也许不见得是正确的名言：“上帝是不掷骰子的”。

在艺术里相应的变革来得稍稍早些，那就是由向对称与和谐的古典美挑战的印象派开始的新潮流。不过艺术家们不像物理学家那么走运，最初连一个走过展览印象派作品的房子的肉店小伙计都认为有资格揶揄这些画家一

番。比较起来，在音乐领域中，印象派音乐的遭遇就要好得多，虽然在结构和主题发展的原则上偏离了传统，但是它的始创者德彪西<sup>14</sup>在和声与旋律方面的巨大天才很快就征服了传统的听众，使他们领略到这个流派带来的未曾感受过的美。往后在斯特拉文斯基<sup>15</sup>作曲的芭蕾舞剧《春之祭》的首演上，怪异的旋律、不协调的和声以及令耳朵不习惯的配器，引来喝倒彩的喊叫声和口哨声响成一片，赞成的和反对的观众当场殴打起来，台上的舞蹈演员根本听不到乐队在演奏什么。然而现在回过头看，莫奈<sup>16</sup>、雷诺阿<sup>17</sup>、德加<sup>18</sup>、德彪西和斯特拉文斯基的作品都已经成为新的“古典”，如果仅从一个新的角度描写本来在自然就存在的现实来说，和谐与不和谐、对称与不对称，本来都是客观存在的，何况最初时的不对称与不和谐是作为小量被引入对称与和谐之中的，当年引起的骚乱和大惊小怪倒是有点难以理解了。

20世纪的科学和艺术经历了令人目眩的发展，从美的角度来看，特点是远离了古典的对称与和谐；用科学的术语来说，引入的不对称和不和谐的量越来越大。在1957年，两位居住在美国的华裔物理学家李政道和杨振宁<sup>19</sup>提出一个理论说，并不是所有的对称性都是被自然尊重的。例如，大自然有时并不尊重左和右的对称性。他们的理论引起轩然大波，许多大物理学家不相信，诺贝尔奖金得主泡利<sup>20</sup>说，他不相信上帝是个左撇子！然而华裔大物理学家吴健雄<sup>21</sup>精密的实验证明他是错的，上帝有时是个百分之百的左撇子。在李和杨提出的理论里，左和右甚至是百分之百地不对称的！于是，在物理学中开始了一个研究对称性被破坏的新浪潮。研究的结果使得科学家对于自然中对称性的深刻的内涵又有了进一步的了解：对称性确定物体的运动方程，而对称性的破缺决定物体之间的相互作用。在这个基础上，一些物理学的基本理论——电磁现象和弱作用现象的理论、广义相对论——显示出空前的、惊人的美。

在艺术领域，即便经历过从莫奈到更高<sup>22</sup>的冲击，但是康定斯基<sup>23</sup>、毕加索<sup>24</sup>和夏加尔<sup>25</sup>的作品还是使人们感到不知所措，不知道是艺术家疯了还是自己跟不上疯狂发展的20世纪。这种惶惑不只是观众才有，艺术家也有，在画家如毕加索不断在改变自己的风格，在作曲家如勋伯格<sup>26</sup>和斯特拉文斯基不断推出半音阶音乐、无调性、十二音体系、多调性等等时，这正是在变化的急流中杰出的天才们狂热求索的记录。

#### 四、探索与美

在科学领域里，人们越来越多地听到了大爆炸、混

沌、大爆发等新的词语。直到不久前，讨论宇宙的起源和大小似乎还只是哲学家的专利，但是在20世纪30年代，出现了宇宙起源的大爆炸理论，而到了60年代，科学家才得到直接支持大爆炸理论观察证据。为了说明所有目前累积起来的天文观察数据，看起来大爆炸说是最合理的。我们的宇宙在时间和空间上都不是永恒的。澄明的夜空给予人们宇宙的宁静感是一个错觉，宇宙本身就是从大混乱中诞生，也可能最终走向一个大混乱的结局。虽然这个理论从根本上背离从古典时期到浪漫主义时期关于宇宙是最完美的艺术作品的概念，要接受它有一定的难度，但这毕竟是客观实在。20世纪物理学大师劳厄<sup>27</sup>说过一番话，对于如何看待物理学中美的观念的发展和变迁是很有见地的。他说：

“物理学从来不具有一种对一切时代都是完美的、完美的形式；而且它也不可能具有完美的、完美的形式，因为它的内容的有限性总是和观察量的无限丰富的多样性相对立的。”

如果把劳厄话中“物理学”这个词改成“艺术”，把“观察量”这个词改成“艺术对象”，那么他的话就变成：

“艺术从来不具有一种对一切时代都是完美的、完美的形式；而且它也不可能具有完美的、完美的形式，因为它的内容的有限性总是和艺术对象的无限丰富的多样性相对立的。”

这番话对于如何看待艺术中美的观念不是同样很有见地的吗？

是不是一切新的探索最终都归结到美呢？不一定。在艺术上如此，在科学上也如此。在科学上一切探索都最终要经受实验的考验，而在艺术上则是时间的考验。如果它们确是被挖掘到的世界的一个新的方面，那它们是美的。美不能先验地规定，就像毕达哥拉斯和开普勒那样。大师也会犯错误的，有时还是大错误。20世纪的一位数学大师外尔<sup>28</sup>说过：

“我的工作总是尽力把真和美统一起来，但当我必须在两者中选一个时，我通常选择美。”

正是他关于美的先验的标准使他相信左和右在宇宙里是对称的，从而使他扬弃了他发现的一个重要理论——中微子的两分量理论，在这个理论中左和右是完全不对称的。然而上面提到的李政道和杨振宁的工作证明，这个被发见者扬弃的理论其实是正确的。外尔的观点在科学界是很典型的，他的朋友爱因斯坦也是一样。爱因斯坦认为，美是探求理论物理学中重要结果的一个指导原则。不过，在平衡美学的追求与科学的探索时，我想，当年第谷对开普勒的忠告是非常值得记取的。

在回顾刚刚过去的20世纪时，人类有理由为文明在



这一百年里的突飞猛进感到自豪,但是也应当充分地认识到一个事实,就是我们解决的问题远没有我们发现的问题多。我们驰骋过的领域远没有我们未曾涉足的领域大,这就是今后艺术和科学继续发展的根据,也是今后人们美学观要继续发展的道理。也许科学和艺术在某一方面具有很大的差异,那就是,重大的艺术成就总是给人们带来慰藉,而重大的科学成就则并非必定如此。无怪乎在深入研究宇宙的起源之后,对于眼前的世界,诺贝尔奖金得主温伯格<sup>29</sup>这样写道:

“很难理解这只不过是一个充满敌意的宇宙中的一小部分,更无法想像到现在的宇宙是从一个难以言传的陌生的早期状态演化而来,而又面临着无限冰冷的,或是炽热难耐的末日。宇宙越可理解,也就越索然无味。”

不过从美的观点来看,怡人的美和悲怆的美同样动人,同样有追求的价值。

### 注释

1. 丹纳 (Taine, H. A. 1828—1893), 法国文艺理论家、文艺史家、美学家。
2. 柏拉图 (Platon, 前 427—前 347), 古希腊哲学家、客观唯心主义哲学系统的奠基人, 对认识论、辩证法、宇宙论、政治思想、美学、艺术理论等有极为重要的开创之功。
3. 狄拉克 (Dirac, P. A. M. 1902—1984) 英国物理学家, 以其对量子力学和量子场论的贡献获 1933 年诺贝尔物理学奖。
4. 庞加莱 (Poincaré, J. H. 1854—1912), 19 世纪下半叶至 20 世纪初杰出的法国数学家。
5. 亚里士多德 (Aristoteles, 前 384—前 322) 古希腊哲学家, 柏拉图的弟子, 他在逻辑学、伦理学、政治学、物理学、美学、宇宙观等方面的学说对后世有深远的影响。
6. 毕达哥拉斯 (Pithagoras, 前 580—前 500), 古希腊哲学家、科学家。他提出“数”是万物的本原的原则, 第一次提出了宇宙的概念, 从数与音乐的对比提出宇宙是和谐的统一体的观点。
7. 哥白尼 (Copernicus, N. 1473—1543), 波兰天文学家, 行星运动日心说的创建者, 近代天文学的奠基人。
8. 开普勒 (Kepler, J. 1571—1630), 德国天文学家, 1601 年在前人与自己长期的观察基础上, 经过系统的整理及分析, 发现了行星运动的三大定律。开普勒的发现导致后来牛顿万有引力定律的建立。
9. 第谷 (Ticho, B. 1546—1601), 丹麦天文学家。
10. 巴赫 (Bach, J. S. 1685—1750), 德国作曲家、管风琴演奏家、德国民族音乐的奠基人, 作品数目庞大, 使用了他的时代所有的音乐形式, 对后世的影响巨大, 一直延续至今。这里提到的《恰空舞曲》是巴赫写的 D 小调无伴奏小提琴组曲中的最后一个乐章。
11. 诺特 (Noether, E. 1882—1935), 杰出的德国女数学家, 抽象代数的奠基人。
12. 开尔文勋爵 (Lord Kelvin, 1824—1907), 英国物理学家, 在电磁学、热力学、电工学、电工技术等多个领域中有重大贡献。
13. 爱因斯坦 (Einstein, A. 1879—1893), 德国出生的物理学家, 被认为是 20 世纪最伟大的自然科学家。他创立的“狭义相对论”从根本上改变了人们对时间和空间的概念, 他创造的“广义相对论”从根本上影响了人们的宇宙观。他在热力学、量子物理、光学等方面都有开创性的贡献。他不能接受量子力学里的不确定性描述, 说“上帝是不掷骰子的”。
14. 德彪西 (Debussy, C. 1862—1918), 法国音乐家, 印象派音乐的创始人。他创作的前奏曲《牧神的午后》被认为是音乐中印象主义的开端。
15. 斯特拉文斯基 (Stravinsky, I. F. 1882—1971), 美籍俄罗斯音乐家, 是对 20 世纪音乐最有影响的音乐家中的一位。1913 年为俄罗斯芭蕾舞《春之祭》谱写音乐。《春之祭》是一部以原始部落的祭祀作为背景的芭蕾舞, 作曲家运用了强烈的节奏、大量的不协和声、浓厚的管弦乐配器, 前所未闻的音乐形式加上台上演员蓝缕的装束和粗犷的舞姿, 在剧院里引起一场支持者与反对者之间的骚乱。
16. 莫奈 (Monet, C. 1840—1926), 法国画家, 印象派绘画的代表。“印象派”一词来自他的绘画《日出·印象》。
17. 雷诺阿 (Renoir, P. A. 1841—1919) 法国印象派画家。
18. 德加 (Degas, E. 1834—1917) 法国印象派画家。
19. 李政道 (1926—), 华裔美国物理学家; 杨振宁 (1922—) 华裔美国物理学家。他们因发现左和右的不对称性获 1957 年诺贝尔物理学奖。
20. 泡利 (Pauli, W. 1900—1958), 瑞士物理学家。因对量子力学的贡献获 1945 年诺贝尔物理学奖。
21. 吴健雄 (1912—1997) 华裔美国女物理学家, 曾任美国物理学会会长。她以精确的实验证实了李政道和杨振宁的理论。
22. 高更 (Gauguin, P. 1848—1903) 法国后印象主义画家, 象征主义绘画的代表。
23. 康定斯基 (Kandinsky, W. 1866—1944) 法籍俄罗斯画家, 抽象主义绘画的创始人。
24. 毕加索 (Picasso, P. 1881—1973), 西班牙出生的法国画家, 画风多变, 是对 20 世纪绘画最有影响的画家之一。
25. 夏加尔 (Chagall, M. 1887—1919), 俄裔法国画家, 在流派多变的 20 世纪初的法国画坛以个人独特风格名世。
26. 勋伯格 (Schoenberg, A. 1874—1951), 奥地利作曲家, 是无调性音乐及十二音体系的创始人, 对 20 世纪音乐有重大影响。
27. 劳厄 (Laue, M. von 1879—1960), 德国物理学家, 以其在 X 光晶体研究的贡献获 1914 年诺贝尔物理学奖。
28. 外尔 (Weyl, H. 1885—1955), 德国数学家。20 世纪最重要的数学家之一。
29. 温伯格 (Weinberg, S. 1933—), 美国物理学家, 因其在粒子物理中的贡献获 1979 年诺贝尔物理学奖。

# 数学与艺术

——从数学观点看艺术与美

中国科学院系统科学研究所 胡作玄

**内容提要：**本文从数学观点对艺术的客观性进行初步探索。由G.D.伯克霍夫的美的测度论出发，本文从对称性及结构方面对数学及艺术进行比较，并指出数学与艺术发展的平行性。文中对科学、数学与艺术的差异也做了初步分析。

**关键词：**数学，艺术，结构，对称性，美的测度

科学求真，艺术求美。济慈(Keats, John, 1795—1821)说过：“美即是真，真即是美。”但这只是诗人的想像，尽管许多人都以不同方式重复这个观点，虽说真、善、美的统一是人类长期的理想，可是把它们模糊化却容易造成思想混乱，特别是使人们对科学与艺术关系的理解形成众多的误区。科学与艺术无疑有许多相通和相近之处，但也许只有阐明它们之间的巨大差异才能引向比较深入的探讨。这也许会对科学与艺术的真正交融带来好处。

## 一、科学精神 VS. 艺术精神

与许多当前流行的看法不同，笔者以为，科学精神与艺术精神的差别是，科学求真务实，艺术追求创新。说得更明确一点，科学家的目标是得到我们所在的现实世界的带有一般性的规律，这种规律“不因尧存，不为桀亡”，它是价值中立的，不以人的意志为转移，更不因人类是否认识到它而有所改变。说白了，科学家不是在创造规律，制造规律，他只是碰巧看到了，想到了，遇到了，从而把它们纳入到一个理论体系当中。如果牛顿、拉瓦锡、麦克斯韦、爱因斯坦在当时得不到他们的理论的话，后来人也会得到，只不过等待时间或长或短罢了。科学理论就在那里，科学家不是它们的创造者，而是它们的发现者。爱因斯坦在《物理性的进化》中讲过大侦探的故事，他所用到的这个譬喻十分贴切，科学家破解自然之谜时就像侦探破案一样，千方百计地用各种手段求得真相，而不是“创造神话”。

艺术则大不相同，艺术所面对的世界不仅有我们的现实世界，而且有丰富多彩的想像世界，这就需要创造。创

造按其本意来讲，无中生有，正如《圣经》中上帝从虚空中创造整个世界一样。这样，艺术的一个重要组成部分是原创性。艺术空间既有可解性的空间，也有种种不可解性的空间；既有物质实体的东西，也有完全精神的东西；既有超乎人的想像的自然的产物，也有大量人工制品。如果艺术家莎士比亚、陀斯妥耶夫斯基、巴赫、莫扎特、贝多芬、达芬奇、梵高、毕加索等人没有创造出他们各自的伟大作品，后人就永远失去这些珍品。艺术创造是十分个人化、个性化的活动，我们很难像对科学那样对它们进行一个客观的评价。可是，我们的直觉总是不断地比较艺术作品的高下，并由此得出了一个模糊的观念——美。

## 二、美的测度

在1928年第八届国际数学家大会上，美国数学家伯克霍夫(G.D. Birkhoff, 1884—1944)作了一个大会报告“论艺术的某些数学要素”，<sup>1</sup>其后他还写过多篇文章，特别是1933年在哈佛大学出版社出版了《美的测度》(Aesthetic Measure)一书<sup>2</sup>。伯克霍夫是当时美国数学界公认的领袖人物，他于20世纪20年代在洛克菲勒基金会的支持下在欧洲旅游，参观了各大博物馆，参加了许多文化活动。

作为一位数学家，伯克霍夫免不了用数学的眼光或思维方式来看世界，包括艺术和美学这类问题。数学研究中任何对象要求被定义清楚；可解的话，不仅要清晰明白，而且能精密地加以刻画。数学的对象当然是数，为了定义数，德国数学家戴德金(R. Dedekind, 1831—1916)曾出版一本专著《数是什么？数应当是什么？》，从中我们可以看出数学家的诉求。伯克霍夫当然也有数学情结(complex)，想要确认“美是什么？美应当是什么”，于是他给出一个一般公式：

$$M = \frac{O}{C}$$

公式中M表示美的测度，O表示秩序(order)，C代

表复杂度 (complexity)。他进一步通过具体例子,从花瓶到乐谱来计算  $O$  及  $C$ , 得出各自的美的测度。

现在看来,伯克霍夫把一个复杂问题过分简化了。如果一个数学家对一个理论、一个定理、一个证明进行实质性的简化,他的同行一定会说“漂亮”(elegant)。但是,显然,这不能应用在本身就极为复杂,而且难有统一标准的对象上。从艺术门类 (genre) 来看,最数学化的恐怕是纯音乐——如交响乐、协奏曲、室内乐等。即使这些乐曲数量极多,灌制成唱片的恐怕也成千上万,但它们能够用一个实数来区分高下吗?不错,音乐的六大要素——节奏、结构、旋律、调性、曲式乃至音色——都可量化,但音乐创作的动机及风格,以及音乐欣赏时因人而异的感受却难以用语言描述,更不用说数学的定量和精确了。不过,伯克霍夫这种科学的思想方式也暗示我们,我们不必就此止步,我们还可以沿着他指引的道路深入下去。艺术与美的概念和理论虽然足够复杂,但还是可以用比数量关系更为深刻、更为抽象的数学或科学方法来探索。再进一步,我们就看到了许多带有本质性的东西:对称性、结构、形式乃至复杂性本身。

### 三、美的复杂性

伯克霍夫的公式另一个不尽人意之处是他把美这一个复杂概念还原为两个更为复杂的概念,而且他把秩序放在分子的位置,而把复杂性放在分母的位置,这样得出的美正好可以说是“科学的美”。因为科学是从纷繁复杂的事物中找到秩序,也就是通常所说的规律性。这也正是300年来科学成就给我们带来的最为重要的东西。可是,一旦对象十分复杂,科学就显得无能为力,即使得出一些规律性,在极大的复杂性中也只占极小的份额,科学成就十分有限,也就难以讲“科学之美”了。

但是,艺术之美就不能这么说了。艺术作品必定有其不合规律之处,有其个性和特殊性。重复、复制、机械拼凑都是艺术的大敌。从复杂性来看,如果没有一定的复杂性,那就不是艺术。有这么一个笑话:在英语习作课上老师说,好的小说至少有三个要素:好的开头、男女之情和悬念。一个学生交来一篇作文,只有三句话:“一早起来我就感到不舒服。”“难道怀孕了?”“那究竟是谁干的?”。不过,的确有一些艺术流派的大师以简单性见长,一位是“风格派”主将蒙德里安 (P. Mondrian, 1872—1944), 他的画用直线、直角、正方形构成,颜色只使用黄、红、蓝三原色与白、灰、黑三非原色。<sup>3</sup> 另一位是康定斯基 (W. Kandinsky, 1866—1944), 他被公认为是对20世纪具有深远影响的大艺术家,这不仅因为他的艺术作品,也因为

他的理论著作——从《论艺术的精神性 (das Geistige)》到《从点和线到面》。他是抽象艺术的创始人之一。他在现代艺术中看到一种伟大的精神的时代特征,其中第一点就是“一种伟大的、几乎是无限的自由”,<sup>4</sup> 这同德国大数学家、集合论的创始者康托尔 (G. Cantor, 1845—1918) 的著名论断“数学的本质在于它的自由性”如出一辙。他是明确把数学引入现代艺术的第一人,他说:“数是各类艺术最终的抽象表现。”他在《从点和线到面》中更是对这些几何学对象的艺术表现作了分析,指出简单的几何要素中包含的丰富的想像空间。他把“结构”概念引入绘画,这同数学界中最有影响的布尔巴基 (Bourbaki) 学派的思想不谋而合,这在下面还要谈到。在雕塑方面也有一位崇尚几何学的人,这就是伽勃 (Naum Gabo, 1890—1977), 他认为雕塑的基础是几何学。他可以说是抽象雕塑的先驱人物。所有这些大师只用简单的要素,却表现复杂的、几乎是无尽的想像空间,这和内涵贫乏、空洞的作品是截然不同的。大师们的艺术总是带有艺术的复杂性的。

伯克霍夫把美还原为复杂性,但复杂性本身就很复杂,以致很难确切定义。第二次世界大战之后,人们开始研究“复杂性科学”这个学科群,并取得一定的成果。这些还只是初步的,像令人称奇的计算机图形,而且这与艺术的复杂性不相干。艺术的复杂性中应该包含艺术家的个性,应该包含不同寻常的理念,以及各种历史及文化背景。虽然对心理学、社会科学、人文学都有许多科学的、数学的研究,但我们在这里很难应用。为了对科学、数学和艺术进行对比研究,我想借用蒙德里安的一句话:“艺术中的惟一问题是在主观与客观之间达到平衡。”<sup>5</sup> 任何艺术品均有其客观方面及主观方面。客观方面是我们能达成共识的东西,就像科学与数学知识一样。只有艺术的客观方面,如颜色、形状、比例、对称性、结构等等,才可能通过比较得出如美的测度之类的东西,而其主观方面则远为困难。为此,我们只考虑艺术的客观方面并同数学进行比较。

### 四、数学与艺术的交叉点——对称性

康定斯基已经明确地把数和形 (点、线、面) 引入艺术,但这只代表一个流派,很难把它们推广开去。要找到数学、科学与艺术的连接点,应该在它们的通用概念中去寻找。这种概念也许不少,最重要的恐怕是结构 (structure)。如果这个概念还不太直观的话,有一个相近的概念更易理解,这就是“对称性” (symmetry)。<sup>6</sup>

对称性如此直观,以致于自古以来人们就把它与艺术和美联系起来。科学的研究则是随着对美丽的晶体的研究开始,到19世纪达到高潮。这时已感到对晶体的描述

及分类缺乏数学的理论基础，而经典数学对于“对称性”则是从来没有能及的。

把对称性的研究变成数学研究的对象是科学史上的巨大飞跃，它呼唤天才。19世纪年轻的天才、不到21岁就英年早逝的数学家伽罗瓦(E. Galois, 1811—1832)为数学开辟了全新的领域——群论。虽说伽罗瓦在20岁就创立了群论，可现代的数学系本科大学生恐怕没有几个人懂得这个抽象概念，更不用说一般人了。科学天才同艺术天才一样，需要人经年累月消理解，不过他们一旦产生，就开始大步向前影响整个世界了。

19世纪末，数学的四大领域——数论、代数、几何、分析都受到群的洗礼，群成为统一数学的要素。更重要的是在数学之外，通过群论把所有晶体进行分类。当然，干事的主要是数学家，而能够理解它的人很少。20世纪20年代又是数学家开始用群论来解释原子结构及分子结构，而且只有群论才能说明原子光谱及分子光谱。但这得不到物理学家的理解，到30年代仍称之为“群的瘟疫”(Gruppenpest)。但是很快他们就认输了，伟大的群又帮助物理学家搞清楚原子核结构以及基本粒子结构和分类，现在群论已成为物理学家的必修课了。

但群论与艺术又有什么相干呢？它就在你身边。自古以来，图案就是装饰艺术的要素。墙纸也是其中一种。显然，图案是具有某种对称性的，不同的墙纸的图案虽然可以不同（例如苹果、花卉或者波浪花纹），但它们的对称形式却只有有限的十几种，数学家证明只有17种，因此反映这17种对称形式有17种群，它们被称为墙纸群(Wallpaper groups)。有了这种认识，可以发现建筑物的装饰上的图案有多少种，越少则说明对称样式越贫乏。西班牙南部格林纳达的阿尔汗卜拉(Alhambva)宫有所有17种样式，可谓集所有对称性之大全。由于这是摩尔人的宫殿，因此反映出伊斯兰艺术及对偶像崇拜、艺术集中于装饰图案（以及艺术书法）的做法。能把17种样式寻全也真是难能可贵的事。中国建筑装饰艺术也存在类似情况，20多年前笔者曾提出这个问题，没有得到学界的响应，显然这是数学与艺术结合的非常好的课题。

国际上也定期召开有关对称性研究的学术会议。会议上有不同专业背景的人参加，既有数学、物理，也有绘画、音乐的专家，显示出这是真正的多学科交叉点。

## 五、从对称性走向结构

以群为模式，20世纪数学的主题已由经典数学的数、形、演算进入全新的数学领域——结构数学。由此，形形色色的数学结构成为数学的主要研究对象，其中“群”当

然是最为重要的一种。它属于代数结构。研究代数结构的是抽象代数学或近世代数学，由于它们在代数研究中已占有90%的领域，因此成为代数学的主流。“抽象代数学之父”就是有史以来最伟大的女数学家E. 诺特(E. Noether, 1882—1935)。

在这里提到诺特，不是要谈她对数学的贡献，而是她看待物理学的非凡的眼光，即下面的对应关系：

对称性  $\longleftrightarrow$  不变性  $\longleftrightarrow$  守恒定律

在这种意义下，群成为统一物理学主要定律的主导思想，例如能量守恒定律、动量守恒定律等都在同一框架内给出。而守恒定律遭到破坏，对称性出现问题，这就是所谓的“对称破缺”。例如李政道、杨振宁的字称不守恒就是一种对称破缺。对艺术家来说，完美的对称并不一定更美，许多地方加一点非对称因素，往往有更好的效果。音乐中许多主题的变奏都体现出这一方式。

19世纪末由于集合论的产生以及群论的示范作用，数学史上曾出现两次大革命：一个是数学基础的危机以及由此引发的哥德尔(Kurt Gödel, 1906—1978)的革命；另一个是数学结构概念的产生以及由此引发的布尔巴基(N. Bourbaki)结构数学的革命。这里只谈与本文有关的布尔巴基的结构主义。<sup>7</sup>

结构观念显然比数学的原始对象——数与形，或者如恩格斯所说的“数量关系及空间形式”——要远为广泛和深刻。因此，它超出了对数学只有一般知识的人的理解，甚至于经典数学（指19世纪末之前产生的数学分支）的专家也会困惑。然而，在20世纪的所有领域，包括人文科学及艺术，结构却是不可或缺的要害。更有甚者，在20世纪60年代，形成了“结构主义”的哲学流派。

朴素的结构观念也许很早就有，但是，从历史上看，其科学来源为化学，其人文来源为索绪尔(F. Saussure, 1857—1913)的语言学，如果比起数学来，只有数学结构的概念（例如群）才更为深刻和完整。

数学结构的概念为数学领域的扩大提供了史无前例的新对象。过去的数学对象研究某一特殊的数或形的性质，更进一步研究某一类对象的共同性质，前者如“圆周率 $\pi$ 是无理数”，后者如“任何三角形内角和等于 $180^\circ$ ”或者“每个正整数都可以惟一表示为素数的乘积”。但是，数学结构是一个集合的整体性质，而不仅仅是这个或那个元素的特殊性质。这个数学上很难处理的概念在审美方面却容易被理解；在日常生活中说一个人美，往往是整体评价，而单独谈某某人眼睛美或嘴唇美，有时会带有反讽意味。让一位挑剔的女士得出“美”的结论，显然包含极多的因素，而这也正是“结构”一词有无比丰富内涵的原因。人和艺术品的美是主观的，但是数学的结构却是确定及客观

的,而这正是抽象数学的过人之处。我需要强调的是,结构观念要比伯克霍夫的度量丰富得多。要知道,伯克霍夫是经典数学的大家,而他的儿子小伯克霍夫(Garrelt Birkhoff, 1911—1996)在20世纪30年代则转向研究结构数学,成为格(Lattice)论的奠基人之一。显然群已经很难了,但一个世纪数学家创造了几十个甚至几百个抽象结构,最常见的有群、环、域、格、拓扑空间、流形、纤维丛、希尔伯特空间、巴拿赫空间等等,不要以为它们是数学家随心所欲的发明,实际上,你会在稍稍具有学术性的著作中碰到它们,举例来说,著名心理学家皮雅杰(H. Piaget, 1896—1980)的著作中已经有拓扑了。艺术理论家在研究中有足够的抽象数学语言可供应用。<sup>8</sup>

结构观念的进一步发展是“形式”。在古希腊,柏拉图的理念与形式是同义语。无疑,这涉及无止无休带有哲学色彩的争论。不同的人在不同时期都会有对纯形式的美的关注。不同的艺术门类和样式对内容与形式的区分是不同的,纯音乐是最偏重形式的艺术,小说则偏向内容那一端,不过从19世纪后期已逐步向形式方面推移,这从下面的故事可以看出。19世纪以法国大诗人马拉美(S. Mallarmé, 1842—1898)为首的象征主义盛极一时。印象派最伟大的画家之一德加作画之余也写十四行诗。有一次他向马拉美抱怨,说他自己感到写诗十分困难,尽管他有许许多多观念,甚至达到观念过剩的程度。马拉美回答说:诗是由词组成的,而不是由观念组成的。<sup>9</sup>说到底诗是词的组合形式,乐曲是乐音的组合形式,画是色彩与形状的组合形式,舞蹈是动作单元的组合形式,而美就在这种组合形式之中,体现所有的和谐性、对称性、结构性和复杂性。在这方面,数学与艺术的关联最为紧密,按照形式主义的数学观点,数学才是概念,特别是抽象要领的组合形式,也许我们可以在这种类比下谈论数学是一门艺术或者数学的美了。

## 六、数学与艺术历史发展的平行性

数学与艺术不仅作为组合形式有结构上的相似性,而且在历史发展上有平行性。

从历史来看,数学与艺术的发展道路颇多类似之处。它们都大致经历由具体到抽象,由现实世界到想像世界的转变。这个过程十分复杂,因民族文化的不同而异。西方绘画表现得最为清楚,我们都被文艺复兴时期大师们以“科学态度”作画深深触动。他们力求忠实地反映现实,而且通过相当科学的手段做到这点。两个最主要的成就是透视画法以及人体解剖学。科学史、数学史的书上都有表现这些活动的记录。反过来,正确地反映自然界也为正确认

识自然提供了必要条件。只要看一下16、17、18世纪自然史(许多人译成博物学)的著作,精美的插图常被赞叹为艺术作品,它们不仅是外在世界的真实写照,也为科学发展提供了无比丰富的资料。在没有照相机的时代,人们如何能从文字上获取如此直观的图像呢?如果没有逼真的图像,又如何进行比较、分类乃至得出像达尔文进化论那样的科学理论呢?我只是想说,艺术的惟真时代对于科学和艺术都是有好处的。实际上,19世纪后期印象派崛起之前500年的绘画仍然是西方美术的经典。

照相术的发明导致另一类视觉艺术——摄影艺术——的发展,这对绘画艺术产生莫大冲击。我想,主要是更多的客观转向更多的主观。从这时起,艺术流派变迁接连不断,甚至像毕加索一个人在20世纪前十年就变过三四次。这并不奇怪。从常识上来讲,科学告诉我们客观的、确定的知识,而主观的东西则远为复杂,一个人的情绪也可以瞬息万变,这样就为绘画开拓出远为广阔的空间。超现实主义、表现主义等也应运而生。

大约同时,以康定斯基为首的抽象主义画派也产生了,在第二次世界大战之后也流行一时。这是大的趋势。但是与数学追求统一性、普遍性不同,艺术家追求个性及特殊性。其结果则殊途同归,产生各自的多样性。

音乐与绘画情况不同,纯音乐特别是非标题音乐从18世纪起已大量存在。从一开始,音乐就极少模拟现实,因此,基本上没有像绘画那种描绘自然界的阶段。从这个意义上讲,音乐一开始就是主观的。幸好,对乐音的“科学的”研究从毕达哥拉斯时代就开始,乐理与算术、几何、天文一起成为“四艺”,实际上是四门数学。到17、18世纪发展出更为精辟的和声学、对位法,这些为音乐创作奠定了科学基础,这就导致音乐创作的大发展。由于音乐极少具象,它给创作者以极大的抽象空间,这使得音乐成为人类精神的极高成就之一。

正因为如此,在科学与艺术的众多联系之中,数学和音乐在抽象方面是十分类似的。数学从一开始就是抽象的。一方面,人们从大量事例,例如两个人、两匹马、两片叶子等等中抽象出“2”来,而在数学研究中并不像自然科学中具体考虑2克、2度、2米,也不像社会中考虑2美元、2日元、2元、2角、2分,它只讲 $2+2=4$ 这个抽象结果,而不管具体运用。很长时期,几何学被认为是现实世界的反映,但19世纪中期之后,几何学经历了一场非欧几何的革命。这场革命使得几何学不再是一门自然科学,数学的对象从现实的世界扩大到“所有可解的世界”。一个典型的结果是我们不再局限于研究三维空间中的几何学,而去研究四维空间、五维空间乃至无穷维空间。由此可以看出,几何学对象扩展到什么程度。不过,这当然超

出我们的经验范围。

## 七、小结

就处理的对象而论，科学与艺术的对象有如下差别：

自然科学研究的是不断演化的现实世界，在这里，自然科学包括天文学、地学与生物学。

物理科学——包括物理学及化学——研究的是现实世界，它既包括自然界也包括“人工自然”，特别是人工条件下产物及环境。

数学科学研究所有可能性的空间。

艺术则面对的是所有可想像的空间。

从涉及范围看，科学受制于观测，是经验事实及逻辑，而数学只需保持逻辑的协调性，艺术则不受此限制。

表面上看，艺术有最大的活动空间，但由于艺术为人所创造，需要人理解和欣赏，由此，它受到人的可感知性、可理解性、可创造性诸方面的限制，多数艺术仍需回到现实空间。随着现实世界有太多“艺术作品”问世，我们不得不对它们进行筛选，这样就需要美学的标准和测度。本文只不过从艺术的客观方面对此进行初步的探索。

## 注释

1. 伯克霍夫的论文原题 *Quelques éléments mathématiques de l'art* 收入 *Atti, Congr. Intern. Matem. Bologna*, vol. 1. 315~333。这篇论文以及其后一些相关论文收入其全集 (G.D. Birkhoff: *Collected Mathematical Papers*, vol. III, AMS, 1950.)
2. G.D. Birkhoff: *Aesthetic Measure*, Cambridge, Harvard University Press, 1933.
3. 关于蒙德里安, 参见 H.B. Chipp: *Theories of Modern Art*, Berkeley, University of California Press, 1968.
4. 关于康定斯基, 参见 H.B. Chipp 书有关论述。另见中译本: 瓦·康定斯基:《论艺术的精神》查立译, 滕守尧校, 北京, 中国社会科学出版社, 1987。
5. 同注 3, p. 350.
6. 关于对称性的艺术及科学的最好论述是大数学家 H. Weyl 的 *Symmetry* (1952)。最新的中译本: 赫尔曼·外尔:《对称》, 冯承天、陆继宗译, 上海, 上海科技教育出版社, 2002。
7. 关于布尔巴基数学结构理论, 参见胡作玄:《布尔巴基学派的兴衰》, 北京, 知识出版社, 1984; 胡作玄等编译:《数学的建筑》, 南京, 江苏教育出版社, 1999。
8. 关于结构多方面的联系, 参看温迪·普兰编:《科学与艺术中的结构》, 曹博译, 北京, 华夏出版社, 2003。
9. 这个故事转引自 A. Borel: *Mathematics, Art and Science*, *Mathematical Intelligencer*, 5:4 (1983), 9~17.

## 《考工记》的科学与人文哲学精神

东南大学 张道一

**内容提要:**《考工记》是我国先秦时期一部记载工艺典章的古籍,蕴含着丰富的设计思想,是一份难得的设计史料。本文在《考工记》释读的基础上,从设计的角度出发,论述了《考工记》的科学与人文哲学精神内涵,并揭示了《考工记》在人与物、物与社会、创物与造物、设计和制作的原则诸方面的特点。

**关键词:**《考工记》,科学,人文哲学精神,特征

## 思想

《考工记》是一部先秦古籍。著者佚名,有说非一人一时之作,系齐国的官书,其年代约在春秋战国之际。

我国古代实行分封制,全国分成数以百计的小国。齐国是公元前11世纪周分封的一个诸侯国,开国君主是吕尚(即姜子牙、姜太公);建都营丘(后称临淄),在今山东北部。春秋初期齐桓公任用管仲进行改革,经济发达,国力富强,成为“春秋五霸”之一;以后疆域扩展,东到海,北到黄河,南到泰山;战国时君权更换,为“七雄”之一。齐国重商业和经济,手工业非常发达,因而为《考工记》的产生奠定了基础。战国时期齐国召集天下文人士,在稷下学宫自由地讲学议论,成为全国百家争鸣的学术中心。《史记·田敬仲完世家》:“齐稷下学士复盛,且数百千人。”《集解》引刘向《别录》说:“齐有稷门,城门也;谈说之士,期会于稷下也。”据说当时四方学士群集,多达数百上千人,著名的有76位学者,号称“稷下先生”。这种学风也影响到社会。故清代江永在《周礼疑义举要》中指出:《考工记》“盖齐鲁间精物理、善工事而工文辞者为之”。这是很中肯的。很明显,《考工记》的成书,除了手工业实践基础和背景之外,撰书人必须具备“精物理”(精通造物之理)、“善工事”(熟悉工艺制造)和“工文辞”(具备写作技巧)三个条件。这三个条件,现在看来,横跨了文、理、工三大学科。由此可见,《考工记》在2500年前诞生于齐国并不是偶然的。

秦始皇“焚书坑儒”,把先秦的古籍搅得很乱,有些书竟致失传。进入汉代,有几次古籍的大整理,尤其是对

儒家著作的整理。史书记载:西汉河间献王刘德(汉景帝之子),“修学好古,实事求是。从民得善书……与汉朝等……献王所得书皆古文先秦旧书,《周官》、《尚书》、《礼》、《礼记》、《孟子》、《老子》之属,皆经传说记,七十子之徒所论……山东诸儒多从而游。”(《汉书·河间献王传》)这里虽然没有提到《考工记》,却使我们知道刘德所收集的是些什么古书。以后是刘向和刘歆父子的校书,后来的论者说这是《考工记》能以现在的面貌出现的一个大转折。刘向是西汉著名的经学家、目录学家,也是文学家,曾校阅群书,撰成《别录》,为我国目录学之祖。刘向之子刘歆,是西汉末年古文经学派的开创者、目录学家,也是天文学家。刘歆继承父业,总校群书,撰成《七略》,自称发现《周礼》、《左传》、《毛诗》、《古文尚书》等古文经,并了解它们在民间的传授情况。宋代王应麟在《困学纪闻》卷四中说:“《周礼》,刘向未校之前有古文,校后为今文,古今不同。”一般认为,《考工记》就是在此时编入《周礼》的,也因此有了厘定之本。由于刘氏父子重视古文经古字,所以能在今本《考工记》中保存一些经过改写的古文旧文。唐代贾公彦《周礼注疏·序周礼废兴》引《马融传》:“秦自孝公已下,用商君之法,其政酷烈,与《周官》相反,故始皇禁挟书,特疾恶,欲绝灭之,搜求焚烧之独悉,是以隐藏百年。孝武帝始除挟书之律,开献书之路,既出于山岩屋壁,复入于秘府,五家之儒,莫得见焉。至孝成皇帝达才通人刘向、子歆校理秘书,始得列序著于《录》、《略》。然亡其《冬官》一篇,以《考工记》足之。”

《周官》亦称《周官经》,也就是《周礼》。《周礼》是儒家的主要经典之一。它是搜集周王室的官制和战国时代各国的制度,附以儒家的政治理想所汇集而成的汇编。原书托为周公所作,实于战国时期成书。全书共分《天官冢宰》、《地官司徒》、《春官宗伯》、《夏官司马》、《秋官司寇》、《冬官司空》等六篇。汉代人整理《周礼》时已阙《冬官》一篇,便将《考工记》补入。自此以后,《考工记》也就成了《周礼》的第六篇,所以后人或称《周礼考工记》、《冬官考工记》。

公元前一世纪后，汉武帝刘彻为了巩固政权，采用了“罢黜百家，独尊儒术”的政策。于是儒家身价百倍，儒学也提到至尊的地步。《考工记》由于成为《周礼》的一部分，也就变成了儒家的经典。两千多年来，研究和注释《考工记》的人很多，多是从解经的角度出发，当做儒家的经典进行解释。事实上，《考工记》与《周礼》是性质不同的两部书。《周礼》是以王室的礼仪为主，涉及各种人与物；而《考工记》则是以造物为主，主要谈论若干种物品的制作技术，也涉及有关的人与礼仪，但所造之物并非全是有关礼仪的，这是一种误解。令人惊叹的是，这种误解竟长达两千多年之久。

## 二

《考工记》体现着什么精神呢？是科学的精神，是人文的精神，是中华民族培养出来的最宝贵的造物精神。

我们知道，所谓科学，是关于自然、社会、思想和思维的知识体系。古代人的科学是在当时条件下的实践经验结晶。如果说古代的天文学联系着祭天和农业，化学与炼丹有关系，那么，《考工记》则是手工业的经验总结。在《考工记》中所归纳的六大类三十个工种，虽然不能说是手工技艺的全部，却记录了一些主要的工艺活动，并且在认识上达到了很高的水平。不难看出，《考工记》的记述者既非一般的工匠，也不是一般的生产管理者。他熟悉各种工艺，却不囿于单纯的技术；谈的是制作方法，又多与人文礼仪等相联系。把人与物与社会的关系，很自然地结合在一起，成为我国文化传统的一部分。

综观《考工记》的叙述，其中至少可以看出如下内容，给我们以深刻的启示。

### 1. 人与物、物与社会的关系

人的造物活动是人的一种基本活动，也是人的重要特征之一。人为了自身的生存和生活的美好，通过智慧和造物，在文明的进程中向前迈进。从原始人烧造陶器和磨制石器，到商周人铸造出精美的青铜器，只是沿着实践的一条路走过来，未曾留下文字的记录（原始时代还没有文字），不知道当时的人是怎么想的，看不到经验的总结。从这一意义上讲，《考工记》开创了造物活动的一个新纪元。也就是说，它所记录的不仅是制造的技术，已开始进入到理论的领域，直接介入了人与物、物与社会的关系。孔子的学生子夏曾说：“虽小道，必有可观者焉，致远恐泥，是以君子不为也。”即是说虽然是小的技能，也有可取的东西，但因为不能上升为理论，也就不可能与远大目标联系起来。虽然子夏也说过：“百工居肆以成其事，君子学

以致其道”（《论语·子张》），但从这个比喻可以看出，惟有理论的上升才能认识事物的本质，通向更高的思维。从《考工记》的字里行间，已可明显地看出这一点。

### 2. “创物”与“造物”

“创物”与“造物”，两者并列。前者指物品的创造发明，后者则是按照固定的模式进行制造。诸如工匠们所做的各种用品，最初的第一件是怎么产生的呢？它关系着事物的起源，几乎是全人类都关心的一个问题，已经争论了数千年。究竟谁是“造物主”？连古希腊的哲学家柏拉图也以做床为例，说画家画的床是根据木匠造的床，那么，木匠又是根据什么造了床呢？是冥冥上苍的一种“理念”。那“理念”又是什么呢？宗教家回答说是“上帝”。这样就把问题坠入到云里雾中，说不清道不明了。

但是，《考工记》说：

· 知者创物，巧者述之；守之世，谓之工。百工之事，皆圣人之作也。（译文：世上所有的器物，都是最有智慧的人创造的；手巧的人遵循着制作的方法，将其传承下来。父亲传给儿子，终世保持着一种技艺，叫做“工”。百工所制造的各种物品，都是有智慧的圣人发明创造的。）

“知者”就是智者，是有智慧的人。有智慧的人创造了物品，手巧的人照样做出来，一代一代地传承，成为一种职业。所谓“圣人”，本是对有智慧人的尊称。《易·乾·文言》：“圣人作而万物睹。”《荀子·性恶》：“故圣人者，人之所积而致也。”在远古的传说时代，多把造物者归结于某些领袖人物，如神农氏创造耒耜，教民务农。在汉代人所刻的画像石中，创造人类的伏羲女娲人身蛇尾，手持规矩，表明也是创造百工的圣人。但是到了封建时代，“圣人”转为对帝王的尊称，其性质也变了。

### 3. “工艺”的概念与定义

春秋战国时代，我国的手工业已很发达。《考工记》一开头就说一国之内有六种职事，其中之一就是“百工”。它为“百工巧艺”下了一个定义：

审曲面势，以飭五材，以辨民器，谓之百工。（译文：审视地形或器物的曲直、阴阳、面背之势，用以整治各种材料、制造器物的叫做“百工”。）

“百工”在当时是一种社会职能的分工，包括手工业的各行各业，同时又是指各种工匠和管理手工业的工官。所谓“审曲面势”，即是审视地形或器物曲直以及阴阳向背之势。“以飭五材”，就是整治各种物质材料；五材，有的说是金木水火土，有的说是金木皮玉石，总之是当时人们所能取得的自然材料。“以辨民器”，“辨”通“办”，即筹办制造民众生活所用的器物。这个定义是准确的。即使



在今天，材料多样化了，技术现代化了，但日用品生产的目的和任务，仍同以前一样。

#### 4. 设计和制作的原则

设计和制作，始终是造物的两个方面，或者说是造物的前后过程。古人设计不一定画出图纸，也不一定与制作者分工，但在制作之前总要想一想，琢磨一番。宋人评话《碾玉观音》中就描述了一个制作玉器的设计过程。在郡王府上，一群碾玉待诏面对着一块透明的“羊脂美玉”，有的说可做一副“劝杯”，只是太可惜了；有的说“上尖下圆，好做一个摩侯罗儿”，却又觉得摩侯罗儿只是七月七日乞巧使得，寻常没有用处；最后一个叫崔宁的后生，根据璞的形状，建议碾一个“南海观音”。这虽然是故事的发端，却说明了千年之前的玉器设计过程。这是对于贵重材料的“因材施艺”；如果材料可以选择，则是“量题定格”。不论设计和制作，都是很讲究的。

《考工记》为设计和制作规定了一个原则：

天有时，地有气，材有美，工有巧。合此四者，然后可以为良。(译文：天有时节、节令和阴阳寒暑的变化，地有地气、方位和土脉刚柔的区别，物质材料要求美好，工艺加工要求精巧。只有符合了这样四个条件——天时、地气、材美、工巧，将四者紧密地配合起来，所制作出来的器物方可称得上精良。)

天时、地气、材美、工巧，四个条件是相互配合的，缺一不可。特别是在手工业时代，所用材料都取之于大自然，同一种材料长在什么地方，在什么季节采取，都直接关系到造物的质量。所谓“材有美”，还给我们一个启示：材美也就是材好。美就是好，好就是美，也就是善。在我国传统的审美观念中，“美好”总是联系在一起的。

#### 5. “人的尺度”

现代设计中有一门学问叫人机工程学，日本人称作“人体工学”，主要是通过人体的尺度和数据同造物联系起来，探讨人与物、与环境的关系，在造物活动中找到最便捷、最理想的准确度。古人所说的“物尽其用”、“物以致用”也包括在内。《考工记》中多处提到“人长八尺”，以此作为确定器物尺寸和比例的依据。春秋战国时期全中国的尺度还没有统一，尺子有长有短，各国都不一样。据推算，当时齐国的“齐尺”较短，寻尺大约为20厘米左右，“人长八尺”也不过1.6米左右，并不比现代人高。在《考工记》中，所有尺寸都是实在的，非常具体，不但细致到处处都有规格，甚至达到了一寸的几分之几。譬如在制定车的尺寸时，要考虑到车轮的半径、车的高度、车伞(盖)的高度和车的长度，不但要与人的动作相适应，

而且要与马的活动相适应。对乘车、兵车、田车等规格也各有不同的规定。最值得注意的是，《考工记》中的尺寸有很多不是明白地标出来，而是说明此与彼的比例，是它的几分之几，好像有意告诉人们在物与物之间，各自的尺寸都不是孤立的，而是有一个合理的关系。而这个比例关系，来源于“人的尺度”。

我们知道，中国古代的尺度有两种含义：一是计量度量的定则，即所谓“尺度有则，绳墨无挠”；二为标准，如“不唯济物工夫大，长忆容才尺度宽”。两种含义均有衡量事物性质、特征和度量标准的内容。马克思在《1844年经济学一哲学手稿》中说：“动物只是按照它所属的那个种的尺度和需要来构造，而人懂得按照任何一个种的尺度来进行生产，并且懂得处处都把内在的尺度运用于对象，因此，人也按照美的规律来建造。”(人民出版社，2000年版)这里指出有三种尺度：一是“种的尺度”，二是“任何一个种的尺度”，三是“内在的尺度”。“种的尺度”是某类物种自身所固有的单一尺度，如蜜蜂造巢、蜘蛛织网等。“任何一个种的尺度”是人在实践中所把握的尺度，而“内在的尺度”则是人自身的尺度。实践证明，人正是将这两种尺度辩证统一起来，不断地进行着创造。在《考工记》中，无处不表现出“人的尺度”。

#### 6. 功能的发挥

人类的造物活动，从来就不会是无缘无故的，总是带有一定的功利目的。人的功利目的使物具备了实用价值和功能。因此，对于造物的功利、功能、作用，在《考工记》中表述得非常明确。如“轮人为轮”：

轮人为轮，斩三材必以其时。三材既具，巧者和之。穀也者，以为利转也；辐也者，以为直指也；牙也者，以为固抱也。轮敝，三材不失职，谓之完。(译文：轮人制作车轮，砍伐穀、辐、牙“三材”的季节必须适时，朝阳的树木要在冬天砍伐，背阳的树木要在夏天砍伐。这三种材料都已具备，便要由能工巧匠把它们结合起来。安装车轴的穀，要使其转动灵活；车轮上的辐，要使其打入卯眼不偏斜；车轮外缘的牙，要使其坚固合抱。即使轮子用坏了，“三材”也不会丧失它的功能，才能称作完好。)

三种材料分别起三种作用，又都是为了车轮的完好。这种考虑，这种做法，其本身就是一个最理想的设计。为了进一步认识这一点，还可以将“察车之道”联系起来：

凡察车之道，必自载于地者始也，是故察车自轮始。凡察车之道，欲其朴属而微至。不朴属，无以为完久也；不微至，无以为威速也。轮已崇，则人不能登也；轮已庳，则马终古登也。(译文：凡察车的示理，必先与地面接触的部分进行，所以，察看车子要从车轮开始。观察