

·成果简介·

中国古代工程几何作图的科学成就

刘克明 杨叔子* 蔡 凯

(华中理工大学,武汉 430074)

[关键词] 几何作图,中国古代,工程图学史

1 中国古代几何作图的起源

中国的几何作图,其源甚古。它的起源可以追溯到新石器时期,这一时期陶器上广泛应用的几何纹图案,按照一定的数理逻辑关系,形成有规律的几何形。它采用点、线、面、圆来构成平面图形,达到了很高水平,其演变和绘图技术的提高经历了二、三千年的漫长历史时期才得以完成;它主要是由线的粗细、长短、曲折、横竖、交叉和圆点等与有规则的排列,组成各类不同的形态,如方格纹、网纹、波纹和圆圈等几何图形;并重视视觉上的排列,组成注重视觉上的关系与心理表现。这些几何图案的构成是古代画师在长期的生产实践中对几何图形的抽象概念(点、线、面、圆、体)的理性认识,并经过数学方法和艺术的组合演化而来。无论是半坡器物口部的纹饰,还是庙底沟、马家窑、屈家岭出土的遗物,其几何图形图案具有富于变化、作图方便的特点。几何图案多由点与点、线与线、面与面的相互重合、交叉构成。而其大小、多少的反复、排列的疏密、参差、颠倒和连续,以及点与线、线与面、面与点之间的相互渗合运用,充分反映了我国远古时代用点线面圆来构成的几何图案的高超技巧。

同时,新石器时代几何图案的发达,大大促进了当时几何作图方法的进步与提高。这些几何形图案有一定的规律,几何作图包括同心圆、3等分、4等分、6等分、8等分、16等分圆周,平行线、菱形、三角形、螺旋线等等。在仰韶文化、庙底沟文化、马家窑文化和河姆渡文化等陶器中可以看到十分精确的几何作图。一般图案的绘制用作图工具进行有规律的组合描绘。其作图的顺序和画法可以客观地说明,

其技巧之熟练,线条之流畅有力,耐人寻味。如1956年出土于甘肃省的马家窑文化涡旋纹彩陶罐,其制作年代在公元前3000年左右。古代画师在绘制大涡旋纹时,第一步是绕罐身一周,即先画出圆周,第二步是在此圆上找出4个等距离的点,即把圆周4等分。然后再向所定之点引线使之成为4个很有规律的大涡旋纹。整个作图过程表明当时的画师已有4等分圆周的数学概念,而且,勾绘涡旋纹的线条极其流畅,流动的线条组成涡旋纹,产生了流动的节奏和妙不可言的韵律,使有限的空间产生无限的循环(图1)。

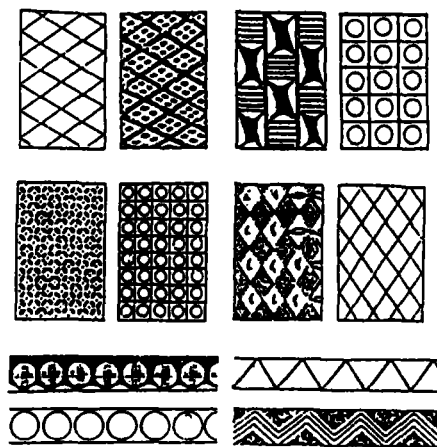


图1 新石器时代(约5000—6000年前)陶器上的几何作图

此外,新石器时代陶器上的装饰图案,无论是植物纹样,还是动物纹样,都反映了人类早期对观察事物所采取的方法。有的纹样,如点纹、鸟纹、兽纹、蛙纹,采用侧面描写的方法,如同侧视。而叶形纹和枝叶形纹等,采用正面描写,如同主视。这种采用正面

* 中国科学院院士。

国家自然科学基金资助项目,批准号 59335090。

本文于1998年10月14日收到。

描写和侧面描写的方法,最能反映形体的特征。同时也是发展人们空间想像力的最好手段。这对于工程制图应用投影方法,以及组合视图的运用产生极为深远的影响^[1]。

2 早期的工程几何作图

工程几何作图是几何学的重要组成部分,也是工程制图的技术基础。任何古代器物的轮廓形状虽是多种多样,但基本上是由各种立体和旋转体所构成,而器物上的几何纹饰基本上都是以最简单的点、线、以及圆形、弧、方形、三角形和其他一些曲线组成的几何图形,几何作图是工程制图的先决条件。因此在工程制图中常会遇到等分线段,等分圆周、作正多边形、平行线、圆弧连接线及非圆曲线的几何图形问题。不解决这些几何作图问题,任何设计与施工都是很难进行的。中国早期的工程几何作图有着丰富的内容,反映了古代图学和几何学的卓越成就,这在世界工程制图史上都是仅见的。

2.1 商代的几何作图

公元前16世纪,我国已进入极为灿烂的青铜时代,殷墟的青铜器,以其器类的多样,造型的奇巧,纹饰的繁丽,装饰气氛的神秘,在世界文化艺术史上占有重要的地位,特别是殷墟青铜器纹饰的题材,纹样的构成方式,器物装饰的手法,都反映了商代独具特色的几何作图成就(图2)。殷商青铜器纹饰所代表的几何作图,是以最简单的点、线、以及圆形、方形、三角形等为基本要素,按照几何作图一般方法和美的法则构成有规律的几何图案。这些几何纹饰可能是源于画师们对某些具体形象或事物的表现。由于造型上的变化和抽象,今天只能对它做出种种推测,很难确切的说明它们本来的内容和含义,但它无疑代表了商代几何作图的技术水平和绘图技术的成就。

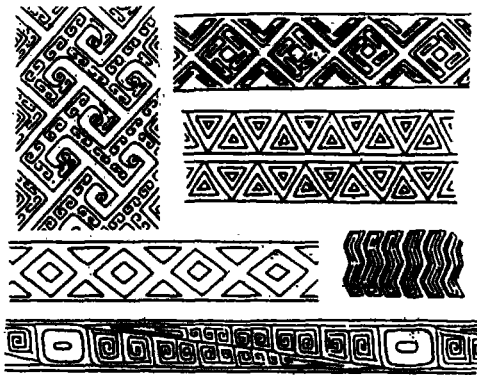


图2 商代(公元前1766—公元前1123)青器器上的几何作图

其一,殷商青铜器的纹饰多以直线、圆、点为图案的构成基础。如弦纹、平行线纹、同心圆圈纹、圆点纹等即属于此类。在安阳出土的车轴上出现了5边形的几何图案。

其二,以螺线为纹样构成图样基础的云雷纹,是自中心逐渐外展的螺旋线,线型有单线双线之分,绘制间隔均匀,给人以动感。云雷纹图案变化较多,它可以呈单向螺旋,也可以在纹线两端呈同向螺旋,或呈对称的反向螺旋。斜角云雷纹,结构复杂,为上下两条平行线,被数条平行斜线所截,斜线两侧又绘以云雷纹。而斜方格云雷纹的绘制除上下两条平行线处,绘制过程中须用作图法对线段进行等分,然后上下连接,画出方格,确定方格之后,再绘制纹饰。

其三,殷商青铜器的几何作图,结构严谨,纹线均匀,除以上的几何图案之外,有以网格为纹样的构成基础形成斜方格云雷纹和T形勾连纹,一些带状二方连续的三角形纹,圆形纹和席纹等。有以旋转辐射线为纹样构成基础的涡纹,它形似旋涡,用两圈单线或双线绘出同心圆,两圆之间经3等分圆周或4等分圆周之后画出钩状线,并作顺时针或逆时针方向的旋转排列。

还有以三角形为纹样框架的三角纹和蕉叶纹,以一个“目”形为纹样中心的四叶纹等等,这些图案融艺术创作为一体,不仅绘制精确,而且克服了尺规作图简单生硬的感觉^[2]。

2.2 曾侯乙墓器物的几何作图

1978年夏,重出人世的湖北省随州战国曾侯乙墓,不仅是一座蕴藏丰富的古代科学宝库,同时也是一座反映古代图学和绘图技术成就的殿堂,该墓出土文物的造型具有新奇、雄伟、精巧、逼真和富于想象等特点,是我们考察先秦工程制图和工程几何作图技术的极有价值的资料。



图3 战国时期曾侯乙墓(公元前433年)出土文物的几何作图

在曾侯乙墓出土的文物中,无论是青铜器或是漆器,上面绘有各种变化的几何形图案(图 3),它包括了工程几何作图的主要内容,如等分线段、平行线、对角线、菱线、切线、矩形、圆、同心圆、椭圆、圆弧连接,等分圆周包括 4,5,6,8,12,16,20 等分圆周。特别是铜鉴盖 8 等分圆周的装饰纹样,表现了极其熟练准确的几何作图能力;同时这些几何图案加上鸟兽纹、龙凤纹的机械重复具有理智统一的明快的感觉。漆器的几何图案以点、线、面构成,主要有圆点纹、点纹、菱形纹、三角形纹、网纹、圆圈纹、圆涡纹等等。虽然这类装饰纹样绘制简洁,但其构图千差万别,一般与其他纹样相配构成图案,起到衬托其他纹样的作用。而且,漆器中的几何图案采用朱、墨、黄、金等各种颜色,显得非常艳丽,其绘制技术采用单线与平涂相结合的方法绘制,线条宛转自如,笔力遒劲,构图疏密有致,节奏鲜明,足见当时绘图大师们高超的几何作图技巧。先秦时期几何作图的成就是这一时期器物造型精美,装饰瑰丽的基础。

除尺规作图之外,曾侯乙墓出土文物还表明当时已出现近似几何作图,如铜缶盖的纹饰,其作图近 9 个同心圆所组成,除圆心附近 4 等分连弧纹之外,接近外部的是 5 等分的近似几何作图,在 5 等分圆周的等分线上,又由 5 个小圆组成,其内部纹饰又是一个 3 等分圆周的图案;铜缶盖作图之复杂,纹饰之丰富多彩,不仅包括标准几何作图,同时也表明熟练地应用近似几何作图。这些几何作图出现在公元前 5 世纪的战国之际,确实令人叹为观止^[3,4]。

2.3 云梦睡虎地出土秦汉漆器的几何作图

1977 年和 1978 年相继发掘的湖北云梦睡虎地古墓葬,出土了大批保存完好的秦代与秦汉之际的漆器,这些漆器造型美观大方绝大部分彩绘有优美的几何花纹图案,(图 4)其绘制精美,构图严谨,设色富丽而庄重,充分显示了 2 000 多年前我国漆器工艺和造型设计及图绘水平的成就。

秦汉时期云梦睡虎地出土的文物,大都以圆形、椭圆形为主,包括同心圆、3 等分圆周等,漆器上的几何纹图案,继承了战国时期的纹样,并加以发展变化,是以方形、菱形、圆、半圆、椭圆、方格、三角形等几何配置的。主要有圆圈纹、圆卷纹、点方格纹、菱形纹和三角形等。这些纹样互相结合合成几何图案,作为器物的主要饰物,如一件匕首的面部纹饰,是菱形与空心十字形交叉组织构成的几何纹样,图案规矩方正,足见绘制过程中认真与精确的绘图作风。这个时期的几何形图案单独绘于器物上,比战

国时期有所减少,而与其他纹样相互配合增多了,图形更加美观^[5,6]。

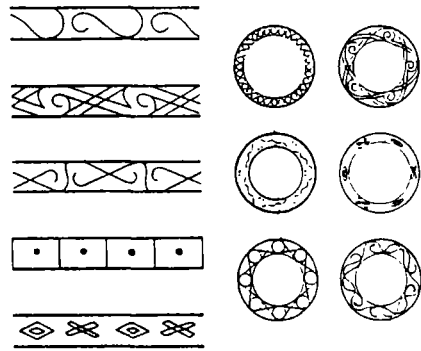


图 4 秦(公元前 221—公元前 207)汉时期湖北云梦睡虎地古墓出土文物的几何作图

2.4 汉代几何作图的成就

汉代工程几何作图内容最丰富的是铜镜的铸造。回顾中国铜镜制造的历史,大约可以上溯到 4 000 年前的齐家文化时期。1977 年在青海省贵南县齐家文化墓地出土的一枚铜镜是迄今最早的考古发现。该镜直径 9 cm,表面光滑,背面为不规则的七角星几何形图案,7 个角之间又饰以平行线,即斜线纹。整个铜镜造型美观、整体感强,是远古时期人们应用几何知识,作图方法的成功实践。至汉代,其设计造型,绘图技术都达到了历史上最高的水平。汉代铸造铜镜流传至今的很多。镜上大都有精确的几何作图,如同心圆组、正方形、平行线、折线、等腰三角形、菱形、圆弧都是常见的(图 5)。现在见到秦汉铜镜上几何作图主要是 4,5,6,7,8,9,10,11,12,14,16,32……等分圆周,且绝大多数绘制得比较准确。这些几何图的绘制可归结为等分圆周或等分圆弧的问题。秦汉时期铜镜上的最常见的 3,6,8,12 和 16 等分圆周,特别是 8 和 16 等分圆周为最多,这是因为 3,6,12,8 和 16 都能用规和矩准确地作图,所以



图 5 汉代(公元前 203—公元 220)铜镜上的几何作图

铜镜上出现的也最多。汉代铜镜上不少的连弧图案,经测量绝大多数都很准确。在圆形铜镜的边缘绘制均匀的连弧也必须首先等分圆周。它表明这一时期的几何作图的难度较高,并逐步形成了规范化的完整体系^[8]。

3 早期的几何作图工具

工程几何作图是工程制图的先决条件。从技术上讲几何作图就是尺规作图,中国古代几何作图在器物上的大量应用,促进了人们对绘图方法、几何理论的研究与应用以及绘制工具的改进。这对早期的器物设计与生产、建筑工程的施工都产生了巨大的影响,并形成了一定的绘制标准,绘图工具广泛应用于实际的绘图过程之中。先秦时期的大量文献记载了作圆与正方形的绘图方法和绘制工具。《墨子·天志上》第二十六云:“轮匠执其规、矩,以度天下之方、圆”《孟子·离娄》云:“离娄之明,公输之巧,不以规矩,不能使人巧。”《荀子·赋篇》第二十六云:“圆者中规,方者中矩。”此外《庄子·徐无鬼》、《周礼·冬官》亦皆言:“圆者中规,方者中矩。”《韩非子·有度》云:“巧匠目意中绳,然必先以规矩为度。”《尸子》卷下云:“古者垂为规、矩、准、绳,使天下仿焉。”这些文献中不仅记述了基本的几何图形的作图方法,而且还记载了中国早期在几何作图中已经普遍使用了绘图工具,如规、矩、准、绳,有了规才能画正确的圆形,有了矩才能画正确的方形。正是这些绘图工具的应用,才使几何形图案自远古以迄两汉得以广泛地应用,而且绘制准确,线型规正、图面清晰、造型统一。即令是5,7,9,11等分圆周,也能用规矩近似地作出,达到十分准确的程度。

在《周髀算经》和《九章算术》中也记载有在平面上作几何图形的方法。如《周髀算经》中有:“万物周而圆方用焉,大匠造制而规矩设焉。或毁方而为圆,或破圆而为方。方中为圆者,谓之圆方,圆中为方者,谓之方圆也。”所谓“圆方”,即正方形的内切圆。“方圆”,即圆的内接正方形。刘徽(大约公元269)在《九章算术》方田章注割圆文中说:“圆中容六弧之一面。与圆径之半,其数相等。”就是说 $A_6 = R$,这是作正六边形最方便的几何作图法。注中还对几何作图中难以理解的问题提出:或“引物为喻”,或“画与小纸,分裁邪正”的方法。这是对几何作图应用规矩的一种补充。有助于复杂的几何图形的绘制。

4 结 语

(1)几何作图是几何学的重要组成部分,也是工程制图的技术基础,它所达到的水平是可以衡量一个民族或一个文化科学技术发展的程度,英国科学史家李约瑟(1990—1995),曾经客观评价了中国古代几何作图所取得的科学成就,他指出“在安阳和卜骨(公元前13或12世纪)一起发现的车轴及其他物件,是用非常复杂的几何图形文饰的,这些图形由五边形,七边形,八边形和九边形的各种组合形成。许多周代陶器和汉砖的标本也显示出一些几何图形。在以后的年代中,中国设计师的匠心在宫殿、房屋和庙宇窗上糊纸的木格上,创作了异常丰富多彩的几何图案”。他认为,“中国古代和中古时代的许多其他证据都完全排除了任何一种认为中国古代缺乏几何思想的猜测”,他也十分重视中国古代几何作图工具——规和矩的应用,他指出,不应该忘记在战国以前流传下来的传说,规和矩已经有一定的地位了,在战国秦汉时期,关于这些工具和绳(铅垂线)有很多记载。他并且藉此说明中国古代对直角三角形在测量和求积中的价值的了解。中国古代的几何作图几乎涉及几何作图各个方面,从新石器时期到殷商时期,从春秋战国到秦汉之际,一脉相承,而几何作图方法不断演化,从标准尺规作图,到近似几何作图,不断创新,无有断绝,表现中国科学技术以一贯之的传统,这在世界科技发展史上都是罕见的^[8]。

(2)中国古代几何作图与技术制造和艺术创造的结合,在器物图案和纹饰中灵活运用几何作图法,形成结构严谨,绘制精确的传统,对于今天的科技发展提供了历史的借鉴。

(3)中国古代制图工具的完备以及在几何作图中的普遍应用,为中国古代几何作图精度提高奠定了基础。

参 考 文 献

- [1] 郑为. 中国彩陶艺术. 上海:上海人民出版社出版,1985,5—61.
- [2] 张孝光. 殷墟青铜器. 中国社会科学院考古研究所编辑. 北京:文物出版社出版,1985,103—119.
- [3] 湖北省博物馆. 北京工艺美术研究所编. 战国曾侯乙墓出土文物图案选. 长江文艺出版社出版,1984,15—59,87—89.
- [4] 湖北省博物馆. 曾侯乙墓,中国社会科学院考古研究所编辑. 武汉:文物出版社出版,1989,167—175,329—330.
- [5] 左德承. 云梦睡虎地出土秦汉漆器图案. 武汉:湖北美术出版社,1986.
- [6] 云梦县文物工作组. 湖北云梦睡虎地秦汉墓发掘简报. 考古,1981,(1):27—47.

[7] 周世荣. 中国铜镜图案集. 上海:上海出版社, 1995, 1—166.

bridge University Press, 1959, 93—95.

[8] Needham J. Science & Civilization in China. Vol III, London: Cam-

A STUDY OF GEOMETRIC CONSTRUCTIONS IN ANCIENT CHINA

Liu Keming Yan Shuzi Cai Kai

(Huangzhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Key words geometric construction, technical drawing ancient china

·成果简介·

生命科学部资助项目研究进展

童道玉

(国家自然科学基金委员会生命科学部, 北京 100083)

近1年来生命科学部资助的项目取得了很大的进展,涌现出一批优秀成果,1997年获国家级科技成果奖15项,其中国家自然科学奖7项,国家科技进步奖8项;在《Nature》、《Science》等重要杂志上发表了一批高水平的论文。

1 重大科学成果及高水平学术论文

1.1 重大科研成果

(1) DNA分子的结构、动力学和序列的理论研究

天津大学张春霆院士用几何学方法分析DNA序列,取得初步成功,建立了DNA序列的Z曲线理论,并在此基础上,利用群表示论建立了DNA序列的对称性理论,进而提出DNA序列和识别编码区的新算法。这是由中国人独立提出的一套分析核酸序列的新理论和新算法,有广阔的应用前景。该研究1997年获国家自然科学奖二等奖。

(2) 视觉复杂图象信息的传递和图象特征的综合

中国科学院上海生理研究所李朝义研究员在研究中摆脱了传统感受野理论的束缚,着重研究了大脑视觉皮层神经元的感受野外区,确定了在传统感受野外面,还存在一个感受野外区,并首次将其命名为“整合野”,确定了整合野的空间构型,首次阐明了大

范围图形特征整合和图形特征差别检测的神经机制。这些工作为视觉神经科学、认知科学、计算视觉和神经网络等相关领域拓展了一个新的研究领域。该研究1997年获国家自然科学奖二等奖。

(3) 早幼粒细胞白血病(APL)发病的分子机理的深入研究

上海第二医科大学陈竺院士获国家杰出青年基金资助后,对早幼粒细胞白血病(APL)发病的分子机理进行深入研究。首先发现的变异型染色体易位t(11;17),并对其形成PLZF-RAR α 融合基因和融合蛋白进行了结构、功能研究。证明了PLZF蛋白N端的POZ结构域对于该融合蛋白的异常生物活性具有决定性作用;此外,运用差异显示PCR技术获得4个受维甲酸调控的新基因;用cDNA列阵和减差PCR技术,分离到近200个受维甲酸调控的靶基因,对于阐明维甲酸诱导分化的信号传导通路具有重要作用。

在陈竺院士的领导下,形成了白血病相关基因的综合研究体系,通过对大组白血病标本(3000多例)的研究,确定了我国各型白血病畸变谱,在白血病细胞遗传学研究方面达到国际先进水平;在诱导白血病细胞凋亡的过程中,证明三氧化二砷选择性诱导APL细胞的凋亡和部分分化,这一成果被国际学术界誉为“应用ATRA治疗APL的又一令人震