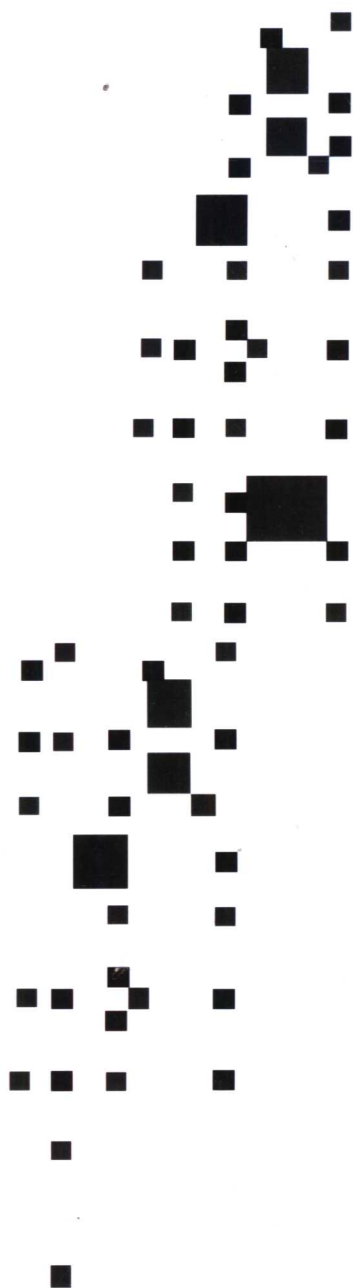


中国美术院校艺术设计学科教材丛书

# 织物结构设计

中的数与序

颜 凡 著



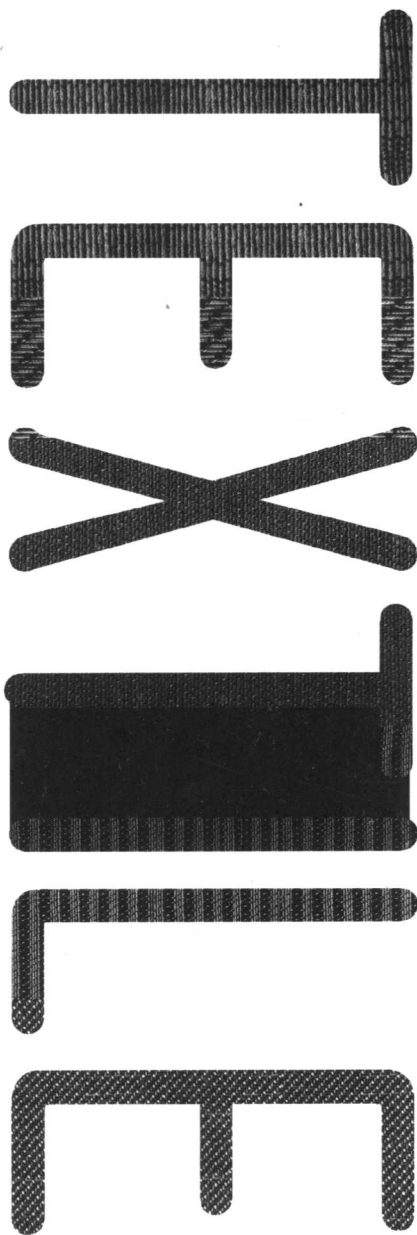
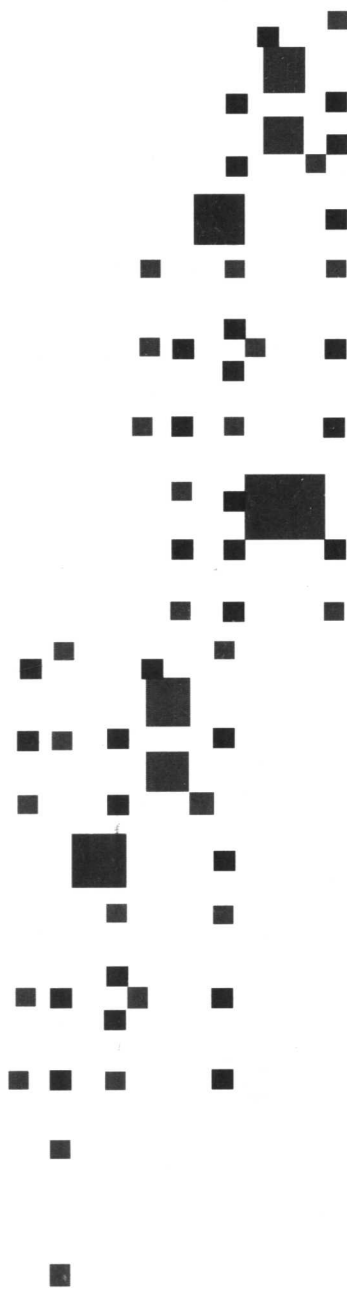
中国美术学院出版社

中国美术院校艺术设计学科教材丛书

# 织物结构设计

中的数与序

颜 凡 著



中国美术学院出版社

责任编辑 毛 羽  
装帧设计 羽 化 飞 龙  
作品提供 吴莺莺 徐 佳  
陈 丹 黄思文  
徐春燕 王小丁  
责任监制 姚银水  
责任校对 星 星  
英文校对 王 凯

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

织物结构设计中的数与序 / 颜凡著. —杭州: 中国美术学院出版社, 2007.4

ISBN 978-7-81083-586-2

I. 织... II. 颜... III. 织物结构—结构设计 IV. TS105.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 051447 号

书 名 织物结构设计中的数与序

作 者 颜 凡

出版发行 中国美术学院出版社

(中国·杭州市南山路 218 号 / 邮政编码: 310002)

经 销 全国新华书店

印 刷 浙江印刷集团有限公司

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印 张 5

版 次 2007 年 4 月第 1 版

印 次 2007 年 4 月第 1 次印刷

印 数 0001 — 1000

图 数 120 幅

字 数 50 千

ISBN 978-7-81083-586-2

定 价 28.00 元



颜 凡

中国美术学院染织与服装设计系研究生毕业

主要作品：

作品《花卉》发表于《威海书画家作品集》

作品《室内》获得山东省首届电脑设计大赛优秀奖

作品《人类的恐惧》入选山东九届美展

平面设计作品《晚清政治研究》入选山东九届美展

三维场景作品《后院儿》发表于《艺术设计·数码设计》第四期

三维动画设计作品《飞》入选中央美术学院2000年动画作品集汇

公共艺术作品：

江苏徐州云龙湖景观作品——《石翁倚月》

江苏徐州古黄河文化景观群雕——《兵魂》

江苏徐州古黄河文化景观浮雕——《古黄河史话》系列

江苏徐州两汉文化广场雕塑作品——《汉高祖刘邦》

浙江温州虹桥文化广场浮雕——《虹桥春秋》系列

主要论文：

《科学技术与艺术的共鸣》（《河南教育学院学报》2002年第二期）

《走进数字化空间——艺术设计观念的新思考》（《山东教育学院学报》2002年第二期）

《在实践中拓展设计的思维——织花面料设计课程的教学思考》（《新设计》中国美术学院出版社）

主讲课程：

2004年9月至2006年10月参与院级重点研究课题《室内纺织艺术设计与研究》

中外纹样风格/必修

织花面料设计/必修

织物结构设计/必修

## 有关本书

目前艺术院校染织艺术设计专业的织物设计是一门有待于进一步探索的课程。由于长期以来,以织花面料设计中的纹样设计为主的教学模式已经不再适应纺织行业的迅猛发展,很多艺术设计院校的染织艺术设计专业本着教学与实践相结合的原则,增加各种实验教学设备,引进了各种小样织机,丰富了教学的形式与内容。但由于阶段课程的课时所限,使学生对织物设计的工艺知识和技术手段难以进行全面的了解,因此对织物的设计往往停留在对织机和织物织造过程的简单了解,一些较复杂的纹样设计作品也往往由于难以适应企业生产的发展需求,很难在生产环节实现织物织造和纹样表现相结合,无法达到设计的最终目的。

就艺术设计院校的学生而言,如何发挥艺术专业的特长是教与学的关键,是适应社会不同人才需求的根本。织物设计是织物纹样设计和织物结构设计的统称,而织物结构设计一直以来是由理工院校所承担,这是染织艺术教育发展过程中的一种不全面的认识所导致的。织物结构对于织物的机械物理性能、织物的外观以及人的知觉体验都有很大的影响。因此,织物的结构设计也是织物艺术表现的重要部分。染织艺术专业的织物结构设计教学(或称织物肌理设计),是提高学生认识织物、了解织物、发挥学生动手能力和创新能力的必修课程。通过这一课程的学习,使学生掌握织物的结构、材料属性、色彩交织变化等特征,提高学生的创新思维,在理性与形式、艺术和实践相结合的过程中找到新的突破点。

艺术院校的织物结构设计教学,如何不同于理工院校,如何从新的角度发挥艺术院校学生的织物设计创新思维,是本人写此书的主要目的。旨在从研究织物结构中“数”与“序”的构成关系出发,通过对织物结构设计中富有艺术审美特征的“数”与“序”的多方面地阐述,对织物中“数”与“序”所展示的视觉、触觉、结构、功能、审美等形式的认识,更好地理解织物结

构中的艺术特质,从而使艺术设计院校的学生可以摆脱对织造工艺和织造技术了解的局限性,用“数”与“序”的方法理解织物的结构关系,充分发挥想象力。虽然这些创新的织物形式目前可能难以用于生产,而随着科学技术的发展,这些具有艺术特质的创新设计终将会成为纺织行业发展的新动力。

书稿的形成最初是本人在一次国际染织研讨会上所撰写的英文论文(附原文),后来在教学过程中逐步修改完善,并按“中国美术院校艺术设计学科教材丛书”体例完成了写作。希望通过研究织物结构中所呈现的美学特征,拓展研究织物设计和教学的领域,从技术的层面上升到艺术的高度,并将这种理论研究与设计方法贯穿应用于织物设计的教学实践中,丰富染织艺术设计专业的教学体系,进一步提高教学理论、改善教学方法。

本课程教学计划共计100学时,分为六个章节,着重突出艺术理论与设计实践过程相结合的教学方法。

作者

2007年2月

# 目 录

## 第一章 织物与数、序

- 第一节 织物发展与数 /1
- 第二节 织造工艺的发展与“序” /2
- 第三节 织物结构中的数学关系 /5
- 思考与练习 /7

## 第二章 “数”、“序”之美

- 第一节 数、序的特征 /8
- 第二节 数、序的美学特征 /9
- 第三节 艺术与数学 /14
- 思考与练习 /17

## 第三章 织物的艺术特征

- 第一节 秩序先于绘画的艺术形式 /18
- 第二节 织物的结构特征 /20
- 第三节 织物设计与生产 /23
- 思考与练习 /24

## 第四章 织物中“数”的特征

- 第一节 织物中“数”的多样性 /25
- 第二节 织物色彩与“数” /29
- 第三节 织物中“数”的创新与设计 /30
- 思考与练习 /33

## 第五章 织物中的序列

- 第一节 结构的序列 /35
- 第二节 功能的序列 /41
- 第三节 审美的序列 /43
- 第四节 织物色彩与序 /47
- 思考与练习 /50

## 第六章 实践与创新

- 思考与练习 /53

# **CONTENTS**

## **Chapter I The Relationship Between Textiles and Number & Sequence**

### **A. The Development of Textiles and Number & Sequence / 54**

#### **1. Number and the Origin of Textiles / 54**

#### **2. Sequence and Textile Techniques / 55**

#### **3. Mathematic Relations in Textiles / 56**

## **Chapter II The Aesthetic Characteristics of Number and Sequence**

### **A. The Characteristics of Number and Sequence / 57**

### **B. The Aesthetic Characteristics of Number and Sequence / 57**

### **C. Fine Arts and Mathematics / 58**

## **Chapter III Textile Art and Textile Designing**

### **A. The art form in which sequence is established prior to painting /61**

### **B. The Characteristics in Designing Textile Structure / 62**

### **C. Number-and-sequence-related Factors in Textile Designing / 63**

## **Chapter IV Characteristics of Number in Textile (The Force in Number)**

### **A. Diversity of Number in Textile / 64**

#### **1. The Category of Number in Textile / 64**

#### **2. Number' s Attributes in Textiles / 64**

#### **3. The Forms of Number in Textiles / 64**

#### **4. Exterior Factors That Affect Number65**

### **B. Number and Colour in Textiles / 65**

### **C. Innovation and Design of Number in Textiles / 66**

## **Chapter V Sequence in Textiles**

### **A. Structural Sequence / 68**

### **B. Functional Sequence / 69**

### **C. Aesthetical Sequence / 70**

### **D. Textile Color and Sequence / 72**

## **Conclusion / 73**



# 第一章 织物与数、序

本章教学计划表：

| 课程性质        | 染织艺术专业必修课                               | 学时 / 小时 | 10 |
|-------------|-----------------------------------------|---------|----|
| 教学目的<br>与要求 | 以了解织物发展为主要目的，从织物和织造工艺的发展演变过程中了解织物的形成特点。 |         |    |
| 教学重点        | 以理论讲解和实践联系相结合。教学重点是掌握织物工艺的发展演变。         |         |    |
| 课前准备        | 参观相关博物馆，初步了解各种织物及工艺发展过程。                |         |    |

## 第一节 织物发展与数

织物与数字有着与生俱来的必然联系，数与序的关系是织物内在的基本关系。很多文明在形成各自文字之前都采用结绳的方式来记录，用线结记数、记事，表达某种含义，是一种出于朴素意识的记事方式。中国古籍文献中，关于结绳记事的记载较多。公元前战国时期的《周易·系辞下传》中记载：“上古结绳而治，后世圣人易之以书契。”汉朝人郑玄，在其《周易注》中也记载到：“古者无文字，结绳为约，事大，大结其绳；事小，小结其绳。”<sup>[1]</sup>李鼎祚《周易集解》引《九家易》中也有相关记载：“古者无文字，其有约誓之事，事大，大其绳，事小，小其绳，结之多少，随物众寡，各执以相考，亦足以相治也。”<sup>[2]</sup>

在南美洲的秘鲁利用绳子的颜色和结法，还可以精确地记下一些事情来，这种结绳记事图形又称为奇谱 (Khipu)<sup>[3]</sup>(图 1-1、1-2)。

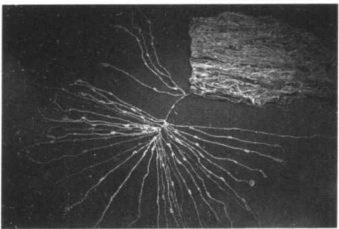


图1-1 秘鲁印加人用棉绳结绳记事，又叫奇谱 (Khipu)，呈辐射状。(德国柏林博物馆藏)。

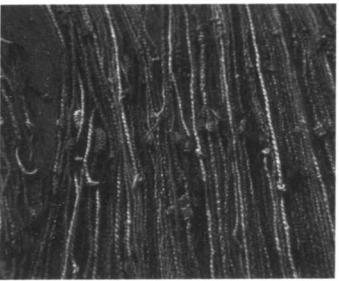


图 1-2 印加人结绳记事的图形中不同颜色、不同的缠绕方法 (秘鲁)。

注[1] 《郑玄集》郑玄 济南齐鲁书社 1997 年  
注[2] 《周易集解》李鼎祚 北京九州出版社 2003 年  
注[3] 很多研究者现在认为虽然奇谱最初可能的确被当成一种计算工具，后进化成为了一种记载事情的体系，是一种三维立体的、二进制密码，和地球上其他任何文字体系都不相同。哈佛大学的人类学家格里·乌尔顿出版的新书《印加奇普中的符号》中，第一次系统地将奇谱分解为多种重要的元素。他用这种分解方式建立了一个奇谱资料库，并用这个资料库来分辨绳结排列的规律。

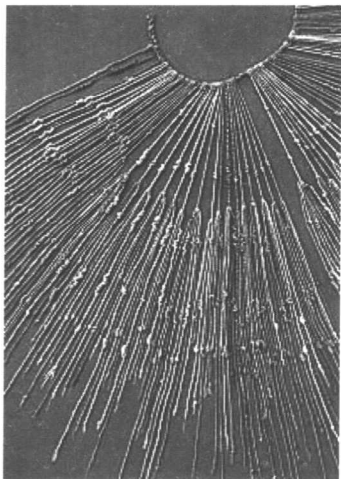


图1-3 表示数字的奇谱就像算盘珠一样能保存计算结果。

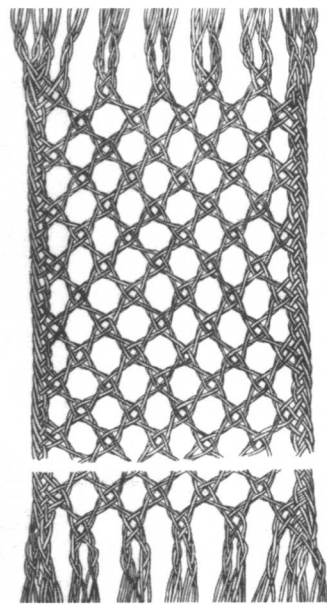


图1-4 大葆台汉墓出土冠缨组带的编织结构。

奇谱大多用棉绳制成，是一种精心编制的富有装饰性的绳结。1923年，美国科学史学家利兰·洛克验证了收藏在美国纽约自然历史博物馆的100多个奇谱，认为奇谱是计算结果的记载。洛克发现，表示数字的奇谱是水平的，使用的是十进制，在每一根绳子最底层的结代表个位，其他较高层次的绳结则依次代表了十进制的十位、百位、千位等等。在他看来，奇谱就像是一种由绳索编制成的算术工具，它们的结就像算盘珠一样能保存计算结果。(图1-3)

从纺织学的角度去认识奇谱，这些用以记事、记数的绳结，其实却蕴涵了皱褶、颜色等纺织学相关的信息，有各种不同缠绕方法和不同颜色的绳结制作方式。绳结的形式是织物中最基本、最简单的工艺形式。虽然这种打结的方式似乎很简单，但在史前文明中，能用两条短的纤维辫成较长的绳带也是一种巨大的进步。随着社会文明的发展，绳结虽不再以记数的形式存在，但却成为一种织物形态和装饰的手法。例如，用一根连续的绳子不断套环和打结，形成网眼状的织物，成为原始社会中最早用来做为捕捉野生动物的网。另外，用打结方式制作的流苏，或者将织物的经线末端打结形成精美的图案，都充满了装饰性。从结的记事功能性到结以序的形式多维展开，形成各种不同的织物，织物的形态愈加丰富多彩。(图1-4、图1-5)

## 第二节 织造工艺的发展与序

序是织物形成的基本方式，无论是机织、针织，手工编织或者毡制物，都以序的简单、复杂或规则、不规则而产生。对于织物而言织机技术的发展演变，实际上也是一种序的复杂化、多样化的实现过程。《淮南子·汜论训》：“伯余之初作衣也，綖麻索缕，手经指挂，其成犹网罗；后世为之机抒胜复以便其用，而民得以掩形御寒。”<sup>[4]</sup>在很早以前人们就发现一些可以弯曲的材料能够用来进行编织，他们通过一组拉紧的经线设计了各种各样的方法来连接纤维和纱线，织成可用的织物。随着技术、材料、工具等的变化，对织物生产产生了很大的影响。在编结渔网和

注[4] 《淮南子》刘安 西汉 北京华夏出版社 2000年

篮筐的实践中,人们逐渐将粗糙的葛藤皮和野麻皮撕碎编成网衣。纺纱和纤维脱胶等技术的逐步完善,使原始社会的织造工艺逐渐从编结篮筐的工艺发展为“手经指挂”的原始织造方法。即将经线的一头依次一根根结在同一根木棍上,另一端也依次结在另一根木棍上并系在腰间,被两根木棍固定的纱线为经线而构成经面,然后进行编结(图1-6)。在不断的织造实践中人们逐渐把经线分成单数和双数两大类,而织物的织造过程就是纬线在单、双数两类经线中的穿插。

随着生产的进一步发展,在简单分离单、双数经线的过程中人们又开始寻找实现复杂的经纬交织的序列关系。利用织物中纱线排列有序的规律性,逐步发展机织的工艺和技术。织机中的线综框是控制经线的装置,通常采用一蹶(脚踏板)控制一综(吊起经线的装置),两片综框只能织出简单的序列关系,即基本的平纹组织。要织出花纹,就要增加综框的数目,3—4片综框能织出斜纹,5片以上的综框就能织出较复杂的缎纹。织造复杂花形循环的纹样,必须把经纱分成更多的组,以产生更多的、富有变化的经纬序列关系。因此,织机的改进成为机织物发展的重要因素。大约从战国至秦汉间多综多蹶纹织机逐渐形成。多综多蹶纹织机是由一片综控制一根经丝,综片越多织出的花纹越大,即由多块踏板控制多综,多综控制花纹的织机(见第4页图1-7)。据《西京杂记》相关记载,有巨鹿人陈宝光妻所织的散花绦,织机用一百二十蹶,三国曹魏初年扶风(今陕西兴平)的马均对织机进行改进“……旧绦机五十综者五十蹶,六十综者六十蹶。先生患其丧功费日,乃皆易以十二蹶。其奇文异变,因感而作者,犹自然之成形,阴阳之无穷。”<sup>[5]</sup>即通过对织机控制综片的踏杆改良,把控制开口用的踏杆,从五六十根减少到十二根,而综片仍然保持五六十片,这一过程利用了织物中的数和序的变化特点,使织造过程更加便捷,同时织出的花纹图案更加生动逼真。

对称型、几何型或循环较小的花纹,可用多综多蹶织机织

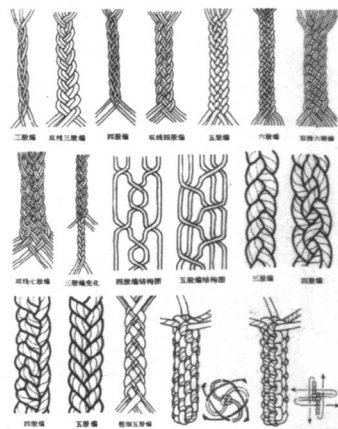


图1-5 手工编织的各种类型。

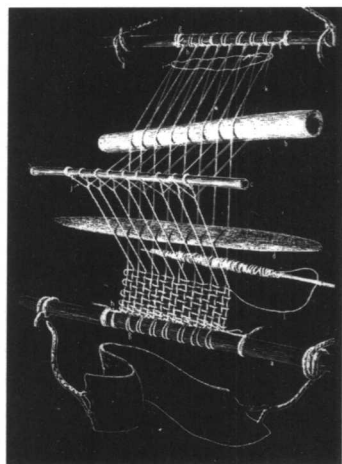


图1-6 原始社会“手经指挂”的原始织造方法。

注[5] 转引自《中国纺织文化概论》孟宪文 第263页 中国纺织出版社 2000年

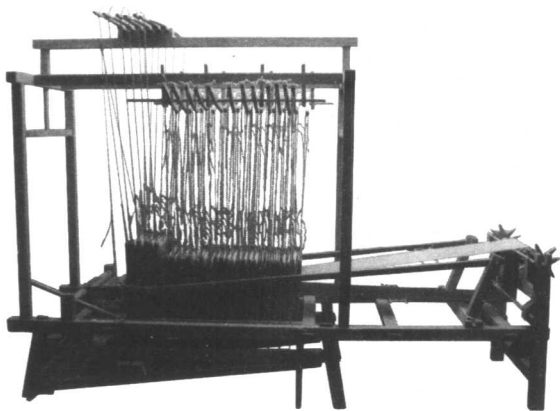


图 1-7 汉代多综多蹑织机。(中国丝绸博物馆)

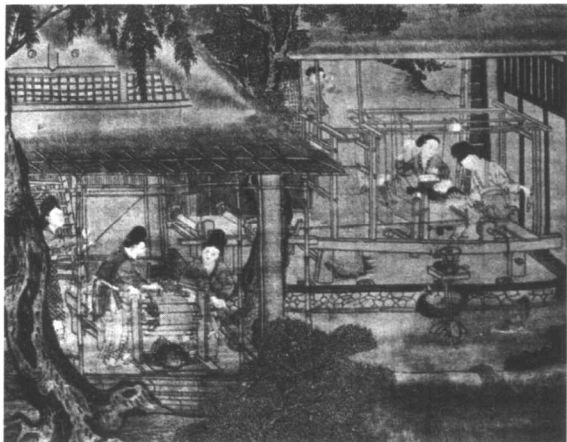


图 1-8 南宋楼璣的《耕织图》中描绘的大型提花机。

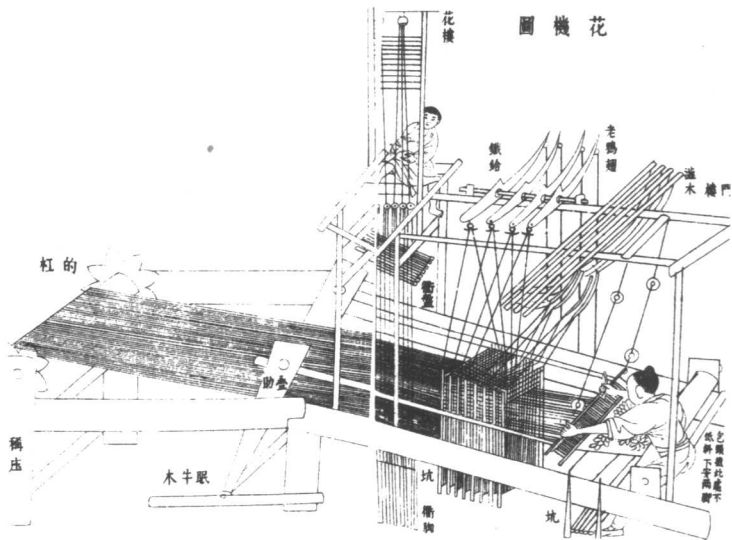


图 1-9 明代提花机。(宋应星《天工开物》上卷)

造，如商绮和周锦。但用多综多蹑织机织造复杂的纹样相当困难，束综提花机的出现，使织物的纹样变得更加丰富多彩。在宋代楼璣的《耕织图》上就绘有一部大型提花机。这部提花机有双经轴和十片综，上有挽花工，下有织花工，她们相互呼应，可以织造结构复杂的花纹，到目前为止可能是世界上发现最早的提花机，在当时堪称世界第一（图 1-8）。到明代，提花机已极其完善（图 1-9），明代宋应星所著《天工开物·乃服篇》记载到：“凡花机通身度长一丈六尺，隆起花楼，中托衢盘，下垂衢脚。……提花小厮坐立花楼架木上，机末以的杠卷丝，中用

叠肋木两枝直穿二木,约四尺长,其尖插于筘两头。”<sup>[6]</sup>在古代丝织物中代表最高技术水平的“锦”就是用这种提花机织造而成,其纹样表现生动细腻。

20 世纪末,电脑开始成为生产设计中最重要技术手段和工具。电脑数码技术在织造过程中的应用,改变了原有的织造模式,使织造过程变得速度更快、精度更高。电脑技术的发展带来了织物设计形式和织造方式的变化,通过电脑软件对不同的工艺、材料、颜色和织造形式等进行数字化模拟,使织物的面貌在织造前就可以较直观、快捷地显示出来,及时感受工艺、材料、组织等的设计所形成的织物纹样和面料特征。如计算机辅助设计和计算机辅助织造程序 CAD/CAM 技术在提花机生产中的应用, CAD 为前工序(设计), CAM 为后工序(制作)。即应用 CAD 进行图案设计和意匠设计,直接将数据输入提花织机电脑中,就可进行新型提花产品的织造生产。将 CAD/CAM 技术应用在提花机生产中,实现花样设计、意匠、轧花、试样和织造等工序的自动化,使提花织物生产过程的设备和工艺发生了根本性的改革。例如,可以在电脑设计软件中,进行织物组织分色,图 1-10 的花样中不同的颜色代表了不同的织物组织。配好组织后可以进行织物效果模拟,图 1-11 为电脑纹织 CAD 软件对织物效果的模拟,地纹组织产生菱形显花效果,花型部分分别由不同的织物组织表现花的色彩和层次。图 1-12 中的织物模拟效果则改变了纱线的材料和色彩,采用 45 支雪尼尔蓝色纱线,使织物主花部分肌理效果较粗,地纹菱形花纹由于纱线颜色接近,出现菱形暗花效果。

### 第三节 织物结构中的数学关系

在织物结构中包含有二进制的数学特点,这在机织物、针织物等有规律的纱线交织中表现的最为明显,其表现形式呈现几何构成方式的延展。在以经、纬交织的织物结构中,经线与



图 1-10 在电脑设计软件中,进行织物组织分色,不同的颜色代表不同的织物组织。

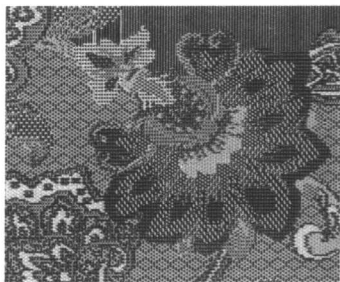


图 1-11 电脑织物效果模拟。

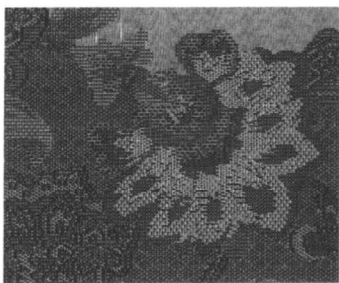


图 1-12 电脑织物效果模拟。

注[6] 《天工开物》宋应星 第93页 中国社出版社 2004年 (注解:“衢盘”今称目板,“衢脚”今称下柱,“的杠”是经轴,“叠肋木”是打筘用的压木。)

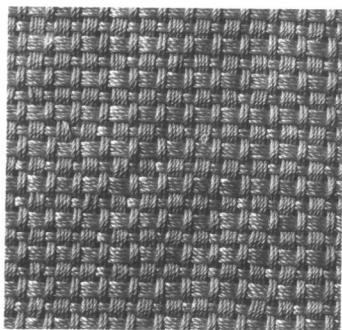


图 1-13 经、纬垂直交织中的二进制数学关系。

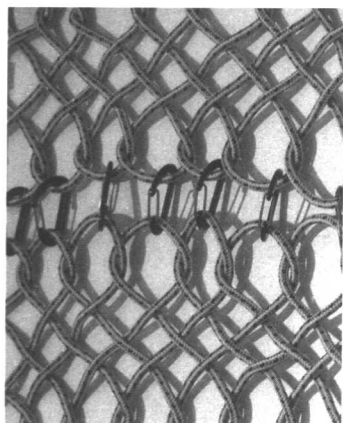


图 1-14 纱线成角度交织中的二进制数学关系。

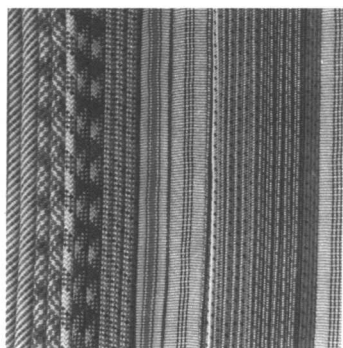
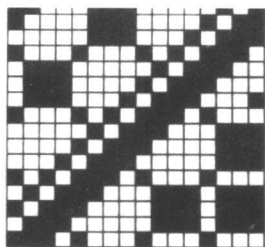
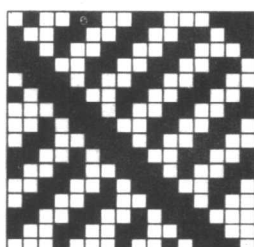


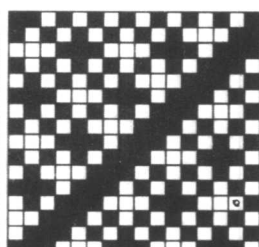
图 1-15 纱线交织中的色彩变化转化成一种二进制编码。



(a)



(b)



(c)

图 1-16 夹花斜纹组织点的不同序列，组织点代表经纬交织沉浮的不同方式。

纬线的交织方式如同计算机的运算系统一样，以二进制的数学关系形成（图 1-13、图 1-14、图 1-15）。织物中的经与纬，如同计算机中的两个不同的数字信号，即代表开和关这两个动作的两位数码“0”和“1”。无论是文字、声音、图像，还是其他类型的指令，都必须在转换成二进制形式的编码后，才能由计算机进行处理。在织物织造的组织图中用黑白两色代表了织物的经线与纬线的上与下，黑白两色的织物组织图，是织物二进制交织过程的图形化表示方式。图 1-16 为夹花斜纹的织物组织图，组织点代表经纬交织沉浮的不同方式。在织物的组织图中，织物的材料、色彩及纹样也都转化成二进制的编码，由这些特殊的编码产生独特的织物形态特征，呈现出富有秩序感的织物结构、肌理及色彩（图 1-17）。织物中的这种二进制的数学特征，是经线与纬线之间的一种直观的、机械运作符号系统。这种符号系统，可以使我们在数学的范畴认识织物、探索织物，并将数学的逻辑，物化为有形织物。计算机数控加工技术在织物织造过程中的应用，正是利用了经线、纬线的这种上下浮沉的交织关系，对复杂的织物织造过程通过数学的关系进行编码，形成各种不同的织物组织。（图 1-18）

随着电脑技术的日新月异，具有二进制数学关系的织物将会成为一种新的数字化载体，这种数字化是物化的，是非虚拟的。数字化的技术是未来发展的必然，我们可以通过数字的无限领域想象未来的织物。利用新型可控纤维材料织造的织物，可以根据气温的冷暖变化，调整面料的结构以改变面料的透气性和保暖性等，新型织物在材料、色彩、光泽等方面的发展也是难以想象的，因此未来织物成为具有真正皮肤的收缩、温控、调节等性能的可能性是完全存在的，随着科学技术的发展和对数



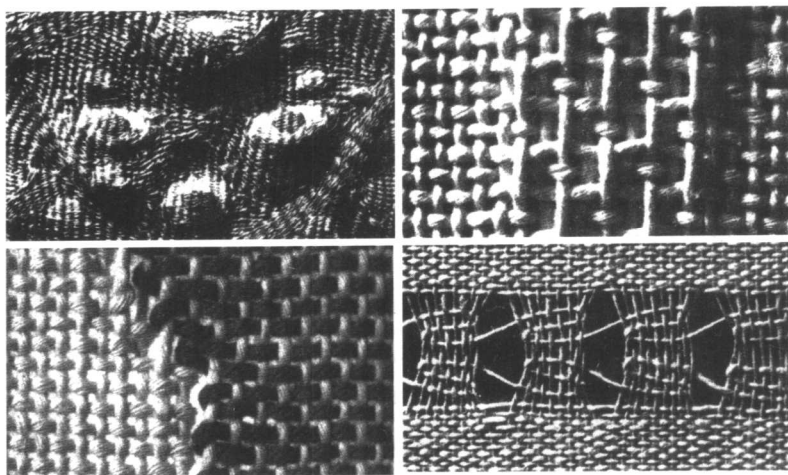


图1-17 各种织物结构形式是建立在可以自由组织和变化的数、序组合关系上。

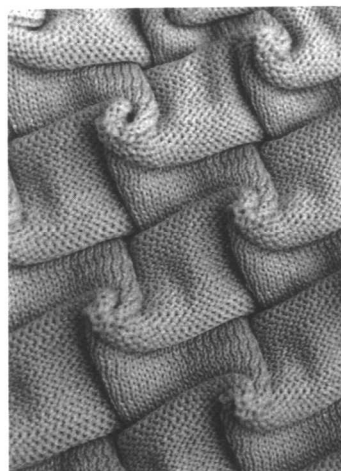


图 1-18 针织物结构中的富有数学规律和特点的造型。

学领域的探索这些具有特殊功能的织物也必将会得以实现。

### 思考与练习：

- 1、搜集各种不同的织物，分析研究织物的结构形式。
- 2、了解织机的发展和演变及对织物发展的影响。
- 3、分析平纹、斜纹和缎纹组织织物的序列形式，并试绘出其组织图。

## 第二章“数”、“序”之美

本章教学计划表：

| 课程性质        | 染织艺术专业必修课                                     | 学时 / 小时 | 10 |
|-------------|-----------------------------------------------|---------|----|
| 教学目的<br>与要求 | 本章节主要从艺术的角度探讨数与序的美学特征，并从艺术的角度理解织物结构中的“数”与“序”。 |         |    |
| 教学重点        | 从艺术的角度理解织物的构成，将织物与技术、艺术结合，理解织物中的艺术特点和美学特征。    |         |    |
| 课前准备        | 从大自然中收集数与序的各种表现形式，并加以归类分析。                    |         |    |

### 第一节 数、序的特征

从数、序的角度而言，数与序有其自身的特点和表现形式。

数，具有可计算性、无限性、编排性等特点。数，是表示事物量的基本数学概念。

序<sup>[7]</sup>，指次序或排次序。序的基本属性是先后、正反、循环的次序性，具有不可逆的时间的序和可逆的空间的序。空间的位置和方向都有正反之分，正反意味着空间的序可逆。序具有先后性，序的先后性不只限于时间和作用效应链的过程。

从数、序本身来看，是表示事物量的多少和事物量化过程的时间次序和空间次序关系。数学本意上的数和序，是一种关系和逻辑，是抽象的。自然界中的数、序呈现不同的形式特征和规律性。这种序的关系可以是无形的，也可以是有形的。如地球的公转与自转，季节的变换，海洋潮汐的涨落，以及脉搏的律动，这些是序形成的自然规律，是难以形状的。另外，数与序又是有形的。冰晶体以千变万化的序，形成姿态不同的雪片，树叶的有序生长形成树冠，花瓣的有序排列形成美丽的花朵（图 2-1）……

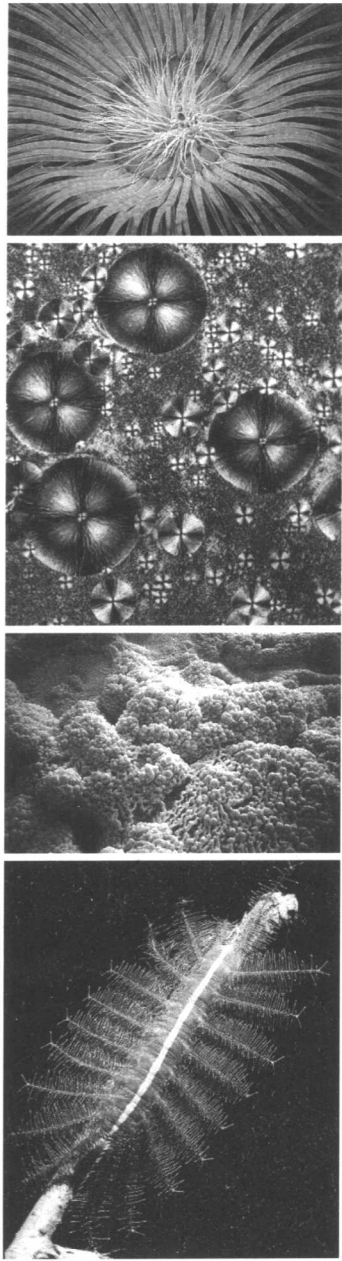


图 2-1 自然界中的各种数、序形式。（植物、高倍放大的胆固醇醋酸盐结晶体、钾盐的结晶体、毛毛虫）

注[7] 现代汉语《辞海》中对“序”有多种解释解释：①次序；②排次序；③开头的；④序文；⑤古代由地方举办的学校。在文章中提到的“序”主要指次序和排次序两种含义。



英国著名的美术史学家E.H.贡布里希先生在《秩序感》一书中所谈到的“秩序”，正是自然界中数的序化过程所形成的各种各样的规律性和这种规律性所带来的各种感受。

在自然界中充满由数和序带来的神奇景象，数和序蕴含了自然界形成的规律和必然，无论哪种数和序的关系都会形成新的事物，并都因为其诸多因素的可能性而具有神奇的变化特征，无一重复，无一雷同。正是自然界中这种奇妙的数和序的关系，启发人类探索的灵感，不断寻找新的事物、新的形式。晶状是自然界中最吸引人的也是最复杂的式样，像雪花这样的晶状体总是以60度和120度的角度形成。在这种相同的角度的成型基础上，并没有产生相同的雪花片，每种雪花片的造型各异，形成了千变万化的晶状图形。1931年，W.A.本特利和W.H.汉弗莱斯在研究自然界中的雪花图形时，为设计师们写了一本书，书里有2435种不同形状的雪花图形（图2-2）。这个数目在当时来讲已经是相当可观了，但是与现在计算机计算出的、可能的雪花图形结果相比，其图像之多难以想象。雪花图形，只是一类简单的单色图形中的序列变化，如果我们把另一种无限的因素——色彩考虑进去，这些无限的数字相乘，便是一个难以想象的无穷了。一些建立在数和序基础上的人类创造的结构形式，如建筑、织物、音乐等，这些同样遵循数和序的特征，使其发展充满无限性。当我们知道了这个无穷的數字之后，所要实现的就是技术与设备的进步，以实现由数字和序列所带来的神奇的图形世界。因此，从数学的领域看织物的发展，织物的想象空间似乎是无限的，拘泥于任何形式，都将会是一种对未来织物发展的制约，对织物无限可能性的想象，也是数学的概念所带给我们的最具有开拓性的一面。

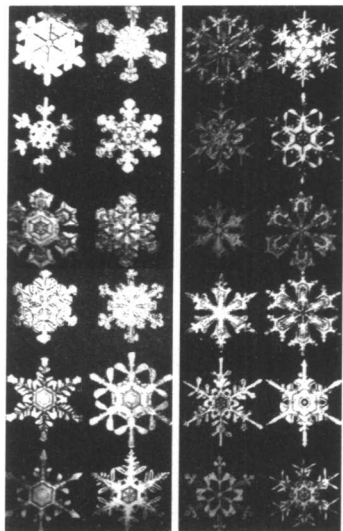


图2-2 雪花的晶状体总是以60度和120度的角度有规律地形成，各不相同。

## 第二节 数、序的美学特征

数、序是具有美学特征的，这种美的感觉来自于数与序的形象化特征。

由数的量化和序的无限性产生的美感——数的量化是一种数的积累和重复，不同的量化过程具有不同的作用效应和作用