

DOI: 10.13475/j.fzxb.20170902708

# 基于综框任意升降的随机织物设计方法

敖利民<sup>1</sup>, 唐雯<sup>2</sup>

(1. 嘉兴学院材料与纺织工程学院, 浙江嘉兴 314001; 2. 嘉兴学院商学院, 浙江嘉兴 314000)

**摘要** 为探讨经纬交织无重复规律织物的织造控制方法,以提综开口综框状态的二进制表达为基础,提出基于综框随机升降的随机织物的概念,给出了随机织物的织造控制方法,分析了不同织造控制方法的经纬交织特征。采用织物设计软件对随机织物进行模拟,探讨其可织性。利用打样机织制了小样,对其交织特征进行验证。结果表明:通过综框升降的随机控制,可织制无规律、不循环的随机织物;织造时可采用实时随机控制,也可采用预先生成提综序列的方法;生成随机提综序列可采用放回式抽样和非放回式抽样方法,分别织制非限制型和限制型随机织物;随机织物表面存在随机分布的不同长度经浮长线和纬浮长线,织物纬向呈现出凸起的立体条纹,可赋予织物良好的通透性和抗撕裂性能;随机织造时,各综框经纱的交织次数相差不大。

**关键词** 随机织物; 织造控制方法; 交织特征; 可织性

中图分类号: TS 105.1; TS 101.1 文献标志码: A

## Designing method of random fabric based on random lifting of heald frames

AO Limin<sup>1</sup>, TANG Wen<sup>2</sup>

(1. College of Material and Textile Engineering, Jiaxing University, Jiaxing, Zhejiang 314001, China;  
2. College of Business, Jiaxing University, Jiaxing, Zhejiang 314000, China)

**Abstract** In order to investigate the weaving control method of fabric without repetitive weaving regular rule for warp and filling yarn, the concept of random fabric was proposed with random lifting of heald frames as the mechanism based on the binary expression of the lifting state of heald frames, the weaving control methods of random fabric were proposed, and warp and weft interweaving characteristics of different weaving control methods were analyzed. The random fabrics were simulated using fabric design software, and their weavability was discussed. The fabric samples were woven by a fabric sampling machine, the interception characteristics were verified. The results show that by the random control of the lifting movement of heald frames, random fabrics can be woven into irregular and non-circulating. Real-time random control can be used and the methods of pre-generating weaving sequence can also be used when the random fabrics are woven. Put-back sampling and non-return sampling can be employed when generating randomized weaving sequence, which controls to weave non-limited and limited random fabric, respectively. Warp floats and weft floats with different lengths are distributed randomly on the random fabric surface, and many protruding three-dimensional stripes appear along the weft direction of the fabric, showing good permeability and tear resistance to the fabric. The interlacing numbers of the heald frame have little difference when weaving randomly.

**Keywords** random fabric; weaving control method; interlacing characteristic; weavability

经纬交织机织物的织造,引入纬纱时经纱的开口控制有2种方式:一种是将经纱分为若干组,每组经纱分穿在同一片综框的综丝上,在凸轮、连杆或多

臂等开口机构的控制下,随综框作升降运动;另一种是每根经纱单独控制,在提花开口机构的控制下作升降运动<sup>[1]</sup>。综框分组控制经纱运动,分组越多,

收稿日期: 2017-09-14 修回日期: 2018-01-24

第一作者简介: 敖利民(1969—),男,教授,博士。主要研究方向为纺织新产品设计与纺织品性能测试技术。E-mail: aolimin@126.com。

即综框的片数越多,经纬交织规律越复杂,可织造的织物组织就越复杂。

按照构造好的织物组织控制上机织造时,交织规律具有明确的循环特征,即经过一定次数的纬纱引入(1个纬纱循环)后,综框运动规律开始重复、循环,在织物表面形成规律性的织纹(或花纹)。这就引出了一个问题:织物织造时,如果每引入1根纬纱所有综框形成梭口的升降是随机的,织物交织也就是不循环的,将会交织出什么样的织物呢?本文研究即以实现经纬交织时经纱运动的二进制特征为基础,探讨经纬交织无重复规律织物的织造控制方法,并对其交织特征进行分析。

### 1 织物组织二进制表达与提综状态集

#### 1.1 织物组织的二进制表达

采用综框控制经纱运动,在经纱形成梭口时,各片综框的状态只有2种:在上或在下。综框在上时,其所控制的经纱处于梭口的上层;综框在下时,其所控制的经纱位于梭口的下层。综框的这种运动特点具有二进制特征,因而可用二进制表示综框的运动状态:综框在上时,用二进制状态“1”表示;综框在下时,用状态“0”表示<sup>[2]</sup>。采用n片综织造,在引入1根纬纱形成梭口时,有些综框在上,有些在下,每片综框的二进制状态(1或0),按综框从机前到机后(或从机后到机前)的排列次序排列起来,就形成一个n位二进制数,即引入1根纬纱时,所有综框的状态可用一个n位二进制数来表示。将这些二进制数按引纬次序排列起来,就构成了描述经纬交织规律的二进制数组。不难理解,数组中二进制数的数量,即为织物组织循环的纬纱循环数。同理,采用单根经纱控制的织造,经纬交织规律也可采用该方法表示,但相应的二进制数位数及其形成的数组中二进制数的个数要大得多,尤其是织制的花纹图案复杂的时候。

用二进制数表示引入1根纬纱时各综片的提综状态,二进制数组表示经纬纱交织组织循环,简单而直观,实现了织物交织规律表示的数字化<sup>[3]</sup>。对于一些交织规律不是很复杂的织物,如用1组经纱、1组纬纱交织织造的织物,二进制数组表达的经纬交织规律,在穿综方法采用顺穿时,与织物组织图具有简单的对应性。因为用织物组织图表达经纬交织规律,本身就有二进制特征:在组织图中,用带有×、○、●、▲、■等符号的方格表示经组织点,相当于二进制的1;用空白方格表示纬组织点,则相当于二进制的0。图1示出5枚3飞纬面缎纹的组织图及其

对应的二进制数组。该组织的经、纬组织循环数均为5,织造该织物需要5片综,织入5根纬纱后完成一个完整的组织循环,每一横行表示引入1根纬纱时各片综框的状态,在上或在下。

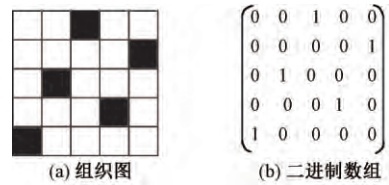


图 1 5枚纬面缎纹组织图与其对应二进制数组  
Fig. 1 Weave pattern (a) and corresponding binary array (b) of five-shaft weft stain

二进制数组由组织图直接对应而来,组织图有5行,则二进制数组由5个二进制数组成,组织图有5列,则每个二进制数有5位,每个数位的值,当对应组织点为经组织点时为1,对应组织点为纬组织点时为0。二进制数组也可直接表示为(00100, 00001, 01000, 00010, 10000)<sup>[4-5]</sup>。用二进制数组表示织物组织,之所以采用自上而下、自左而右的方式,只是因为对应转换方便。

织物组织的二进制表示的逆转化应用,可将任何二进制数组转化为织物组织,这既可用于织物组织二进制表示的还原,也可将任意可表达为二进制数组的数字、字符信息转化为织物组织,赋予织物组织表达隐含信息的功能<sup>[3]</sup>。

#### 1.2 有效提综状态集

采用综框控制经纱运动,每片综框都有且只有在上和在下2种状态,每次经纱开口时对应的二进制数,都有1和0这2种可能。这样n片综可形成的提综开口状态就有2<sup>n</sup>种。在这2<sup>n</sup>种可能中,有综框全部在上和综框全部在下2种状态,用二进制表示即所有数位均为1或0,这种状态无法形成经纬交织,是无效的,其他状态都是有效的。那么,n片综织造时,有效的提综状态就有2<sup>n</sup>-2种<sup>[6-7]</sup>。

所有有效的提综状态可按下列方法生成:以n位二进制数0(所有数位全为0)为初始状态,按二进制运算方法,等步长加1,直至2<sup>n</sup>-1(所有数位全为1),形成完整的n位二进制数序列,再剔除所有数位全为0和全为1的二进制数0和2<sup>n</sup>-1,即可得到n片综织造时所有可行的二进制提综状态集,该集包含2<sup>n</sup>-2种有效提综状态。以3片综框为例,按上述方法形成的二进制数序列及对应形成的有效提综状态集如图2所示。完整的二进制序列包含8(2<sup>3</sup>)个3位二进制数,而有效提综状态集包含去除了(000)和(111)的6(2<sup>3</sup>-2)个3位二进制数。

在实际应用中,采用3片综织造的织物,其织物

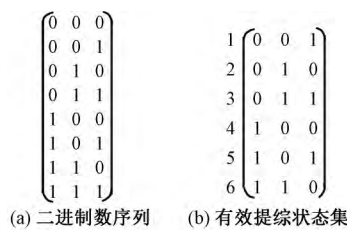


图 2 3 片综对应的二进制数序列与有效提综状态集

Fig. 2 Binary sequence ( a ) and effective healds state set ( b ) of 3 heald frames

组织均是从有效提综状态集中抽取一定数量的提综状态组成的二进制数组生成,如图 3 所示。斜纹组织,即是由图 2( b ) 所示 3 片综有效提综状态集中的第 3、6、5 行所对应的二进制数组成的二进制数组生成,是提综状态集的一个子集,该斜纹组织也只是 3 片综可织造织物组织的一个特例。在现有的以三原组织为基础组织构造的织物组织中,一般不会包含对应综片数可产生的所有可能提综状态,因此均属于特例组织。

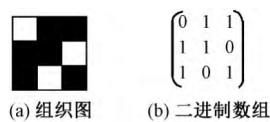


图 3 斜纹组织及其对应二进制数组

Fig. 3 Twill weave ( a ) and its corresponding binary array ( b )

## 2 随机织物及其织造方法

### 2.1 随机织物

如果在引入 1 根纬纱时综框的升、降运动是随机的,由综框片数决定的、完整二进制序列所对应的、有意义的各种提综状态都有可能(剔除所有综片都在上或在下状态的无效提综状态),所形成织物的经纬交织就是不循环、无规律、不重复的。本文将这种由综框随机升降形成的无规律织物命名为随机织物。

### 2.2 随机织物的织造控制

#### 2.2.1 随机控制织造

现代织机都有电子提综装置,织物交织由计算机进行提综控制<sup>[8]</sup>。通过对电子提综装置进行软硬件改造,即可实现各片综框升降的随机控制。由于引入 1 根纬纱时每片综的升降是随机的,可由附加的随机装置或随机程序控制每片综框的升降。在电子提综织机上,每片综框由一个单独的气缸驱动升降。采用随机装置或程序控制综框升降时,每形

成一次梭口时,各气缸的运动可由一个单独的随机控制装置进行控制,随机产生 1 或 0 状态,也可采用一个统一的随机控制装置或控制程序控制,随机产生各片综的状态参数 1 或 0,控制所有综框气缸的升降运动。

随机控制织造需要解决的一个关键问题是,无效提综状态的检测与剔除。

如果每片综框的运动是随机的,当出现所有综框在上或在下的情况时,就不能形成梭口,也就不能实现经纬交织。假设采用  $n$  片综织造,引入 1 根纬

纱时,出现所有综框在上或在下情况的概率都是  $\frac{1}{2^n}$ ,

出现 2 种情形的概率和就是  $\frac{1}{2^{n-1}}$ 。这只是引入 1 根

纬纱的情形。当引入  $m$  根纬纱时,出现所有综框在上或在下的概率为  $1 - \left(1 - \frac{1}{2^{n-1}}\right)^m$ ,可看出,随着引

纬次数的增加,出现所有综框在上或在下情形的概率会增加。以 3 片综为例,引入 1 根纬纱时,出现所有综框在上(111)或在下(000)的概率为 25%,但当

引入 10 根纬纱时,出现(111)或(000)的概率为 94.4%;引入 20 根纬纱时,出现(111)或(000)的概率为 99.68%,因此可以说,随着织造的进行,出现

所有综框在上或在下情形为大概率事件。

解决这个问题的方法是在综框升降随机控制系统中,加入提综状态检测程序,即在各片综框随机控制装置产生信号(升或降)后,先进行检测,是否所有综片控制信号一致,同为 0 或 1,如果同为 0 或 1,则为无效控制信号,舍弃后重新产生随机信号;反之,执行系统开始执行开口操作。

#### 2.2.2 随机序列控制织造

在不改变现有电子提综系统的条件下,也可采用预先生成、输入提综顺序随机序列的方法,织造出随机织物。具体做法是:先根据所用综片数量,产生有效提综状态集,再按照一定的方法产生随机序列,将之同步或间歇写入电子提综系统的织物组织存储区,控制提综织造。

随机序列可一次产生也可分段产生。一次产生即根据所要织制的织物总长度及纬密,计算出所需引纬次数,一次性产生全部随机序列,储存并控制电子提综装置提综织造,每次引纬,电子提综装置读取一个提综状态。分段产生,亦即每次随机产生包含一定数量提综状态的提综状态集,其所包含的提综状态的数量,与电子提综系统所能储存的织物组织纬纱循环数相匹配,比如,电子提综装置只能存储 200 根纬纱循环数,则每次随机产生的提综状态集

即包含引入 200 根纬纱的提综状态,储存在电子提综装置的织物组织存储区,控制提综织造。当该提综状态集全部读取完后,重新产生包含同样数量提综状态的提综状态集,写入电子提综装置的织物组织存储区,控制提综织造。

本文提出的产生随机序列的方法有 2 种:限制型随机法和非限制型随机法。2 种方法均采用从有效提综状态集中随机抽取提综状态,即采用概率论中的随机抽样方法,从有效提综状态集中抽取提综状态,直至达到要求的纬纱根数(引纬次数),形成提综控制随机序列。这样做的优势是,由于有效提综状态集中已剔除了无效提综状态,因此,可保证产生的提综状态集均由有效提综状态组成,不用再对提综状态的有效性进行检测。

限制型随机法采用概率论中非放回式抽样方法,从有效提综状态集中抽取提综状态,每次抽取一个提综状态,不放入,有效提综状态集中所有的提综状态抽完后,再从一个完整提综状态集中继续抽取,直至达到指定的纬纱根数,形成提综控制序列。给定拟织入纬纱数  $w$ ,按照非放回式抽样的方法,从有效提综状态集中抽取  $w$  个提综状态,即形成控制织造用提综序列。非限制型随机法采用概率论中的放回式抽样方法产生提综控制随机序列。给定拟织入纬纱数  $w$ ,按照放回式抽样的方法,从有效提综状态集中抽取  $w$  个提综状态,形成织造用提综序列。抽样产生随机提综序列的过程可通过编制程序实现。图 4 示出本文编制的放回式抽样和非放回式抽样随机序列产生小程序。输入综框片数和拟织入纬纱根数,即可输出随机序列(提综序列)。

### 3 随机织物的交织特征

#### 3.1 多 纬

从 2 种随机序列产生方法原理可看出,限制型随机法产生的随机序列具有某种意义的循环性,以一个完整的有效提综状态集所含提综状态数为 1 个循环。在每次循环中,提综状态集中的每种提综状态都会出现且仅出现 1 次(被抽取 1 次,且仅被抽取 1 次),但在每个循环中,各提综状态的排列次序却完全是随机的,这也是限制型随机命名的来源。

非限制型随机法则是真正意义上完全随机的,与随机控制织造是等效的,不具有循环性。这种完全的随机特性,使得相邻 2、3、……、 $n$  次开口的提综状态有可能是相同的,即形成同一梭口中出现双纬甚至多纬的情况。当采用  $n$  片综织造时,出现双纬



(a) 放回式



(b) 非放回式

图 4 放回式抽样和非放回式抽样随机序列产生程序

Fig. 4 Random sequence generating program of put back sampling ( a ) and non-return sampling( b )

的概率为  $\frac{1}{2^n - 2}$ , 出现 3 纬的概率为  $\left(\frac{1}{2^n - 2}\right)^2$ , 一般地, 出现  $m$  纬的概率为  $\left(\frac{1}{2^n - 2}\right)^{m-1}$ 。相对而言, 限制型随机法产生的随机系列, 在 1 个循环内不会产生双纬问题, 双纬只能产生于上一循环最后 1 根纬纱与下一循环第 1 根纬纱具有相同的提综状态, 这种情况发生的概率为  $\frac{1}{2^n - 2} \times \frac{1}{2^n - 2}$ 。限制型随机织物不会出现 3 纬及以上的多纬现象。

#### 3.2 经纬浮长

在有效提综状态集中, 每种提综状态纬纱所形成浮长是不同的, 当采用  $n$  片综织造时, 最小的纬浮长为 1 个组织点, 最大的纬浮长为  $n - 1$  (二进制序列横向连续  $n - 1$  个 0 或 1) 个组织点, 这使得在织物表面或反面上呈现出不同长度纬向浮长。图 5 示

出 4 片综提综状态集及其对应的织物组织图。在不同的横行最大纬浮长为 3, 而最小的纬浮长为 1。如组织图的第 1、2、4、8 行在织物正面形成长度为 3 个组织点的纬浮长, 在织物反面形成 1 个组织点的纬浮长, 第 7、11、13、14 行在织物反面形成长度为 3 个组织点的纬浮长, 在织物正面形成 1 个组织点的纬浮长; 第 3、6、9、12 行在织物正反面均形成长度为 2 个组织点的纬浮长; 第 5 和 10 行在织物正反面形成的纬浮长均为 1。

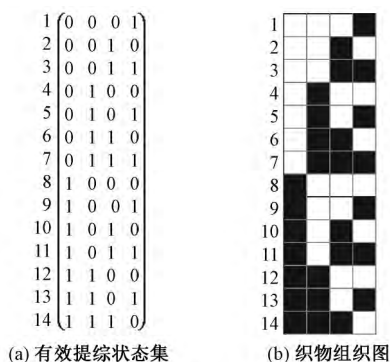


图 5 4 片综有效提综状态集及对应织物组织图

Fig. 5 Effective heddles state set ( a ) of 4 heald frames and its corresponding fabric weave ( b )

由此可见, 较大的纬浮长是随机织物的交织特征之一, 且大的纬浮长出现的概率大于小的纬浮长。织造所用综片数越多, 最大纬浮长长度越大, 各纬纱纬浮长差异也越大, 意味着交织次数差异越大, 导致松紧程度差异也就越大。交织次数多的纬纱张紧, 而交织次数少的纬纱则较松弛, 松弛的纬纱凸起, 会在织物纬向形成立体条纹外观。这种立体条纹的产生, 还有利于增加织物的通透效果。张力较小的纬纱, 在织物受到经向撕裂作用时, 易于产生滑移, 从而使撕裂三角形增大, 增加撕裂强力。

由于提综序列的随机性, 织造时在经向也会出现不同长度的经浮长。对于非限制型随机织物, 经浮长为 1 个组织点的概率为 1/2, 经浮长为 2 个组织点的概率为 1/4, …… 经浮长为  $m$  个组织点的概率为  $(\frac{1}{2})^m$ , 即织入  $m$  根纬纱, 某根经纱始终织不进的概率为  $(\frac{1}{2})^m$ ; 对于  $n$  片综限制型随机织物, 由于交织具有如前所述的限制循环性, 可能出现的最大经浮长为:  $\frac{2^n - 2}{2}$  个组织点, 即  $2^{n-1} - 1$  个组织点, 而出现这种情况的概率为

$$P(2^{n-1} - 1) = \frac{A_{2^{n-1}-1}^{2^{n-1}-1}}{A_{2^{n-2}}^{2^{n-1}-1}} =$$

$$\frac{(2^{n-1} - 1)!}{(2^n - 2) \times (2^n - 3) \times \dots \times (2^{n-1} - 1)}$$

一般地, 出现其他长度经浮长的概率为

$$P_n(m) = \frac{A_{2^{n-1}-1}^m}{A_{2^{n-2}}^m} =$$

$$\frac{(2^{n-1} - 1) \times (2^{n-1} - 2) \times \dots \times (2^{n-1} - m + 1)}{(2^n - 2) \times (2^n - 3) \times \dots \times (2^n - m + 1)}$$

式中  $m$  为经浮长所占组织点数,  $m < 2^{n-1} - 1$ 。

如图 5 所示, 对于 4 片综织造而言, 出现最大经浮长的情况, 即为最左一片综框的情形, 最大经浮长为 7 个组织点, 而不会再大。出现最大经浮长的概率为 1/3 432, 依次地出现浮长为 6、5、4、3、2、1 个组织点的概率分别为 1/429、3/286、5/143、5/52、3/13 及 1/2。

由此可见, 对于限制型随机织物而言, 布面上可能出现的理论最大经浮长较非限制型随机织物要短得多, 出现较大经浮长的概率也小得多。

由于织物经向也随机分布着一定数量的不同长度的经浮长, 也会增加受到纬向撕裂作用时经纱滑移的幅度, 可提高撕裂强力, 但不如纬向明显。

## 4 随机织物的模拟与织造

利用图 4 所示随机序列生成程序, 给定综框片数和纬纱根数, 生成随机序列, 并将之输入织物设计软件, 可实现织物模拟; 将随机序列作为织物组织输入电子提综织物打样机, 可控制织造相应的织物。

采用限制型随机法和非限制型随机法, 综片数均为 4 片, 纬纱根数均为 300 根, 生成随机序列, 分别进行模拟和上机织造。本文已将生成的随机序列转化为织物组织, 略去生成的随机序列本身。

### 4.1 织物模拟与可织性分析

#### 4.1.1 织物模拟

图 6 为采用浙大经纬 CAD 织物模拟软件生成的限制型随机织物组织图和模拟图(局部)。模拟主要参数为: 经纬纱的线密度均为 27.7 tex, 经纱采用 4 种颜色, 排列为 1A1B1C1D, 纬纱采用 1 种颜色, 排列为 1a, 经密为 300 根/(10 cm), 纬密为 270 根/(10 cm)。图 7 为非限制型随机织物模拟图, 模拟参数与限制型随机织物相同。

从图 6、7 的织物模拟图中均可看出, 随机织物表面经纬纱浮长的不均匀分布特征, 即在织物的经向和纬向, 随机分布着不同长度的经浮长和纬浮长。选定一定区域进行经浮长的统计, 结果如表 1 所示。

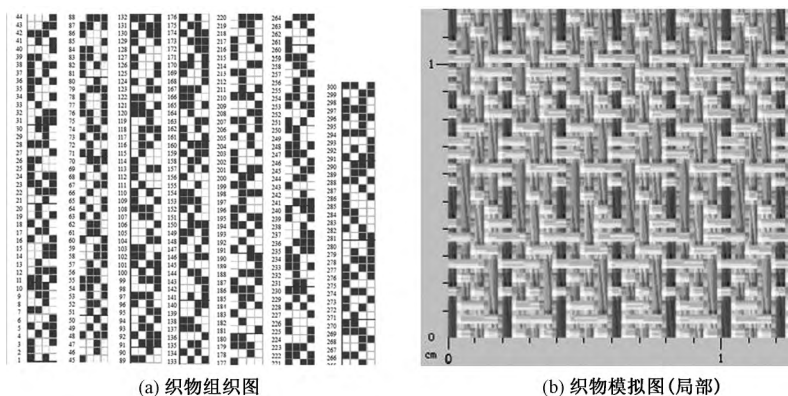


图 6 4 片综限制型随机织物组织图与模拟图

Fig. 6 Fabric weave ( a ) and partial simulating ( b ) figure for limited random fabric of 4 heald frames

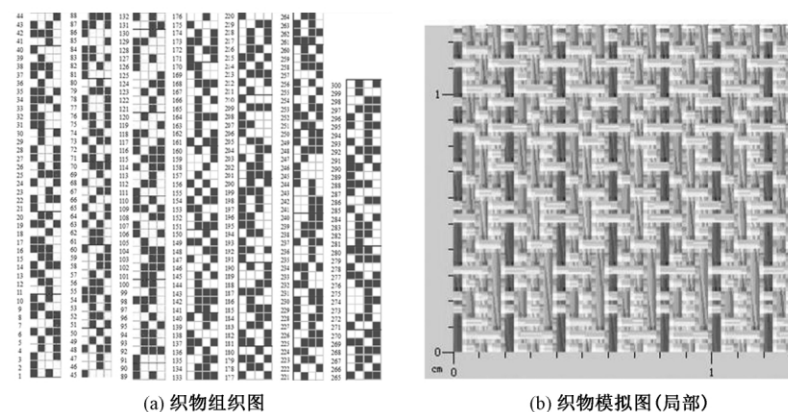


图 7 4 片综非限制型随机织物模拟图

Fig. 7 Fabric weave ( a ) and partial simulating ( b ) figure for non-limited random fabric of 4 heald frames

表 1 4 片综随机织物经浮长统计结果

Tab. 1 Calculation results of warp floats for random fabric of 4 heald frames

经浮长(组织点数)	限制型随机织物		非限制型随机织物	
	数量	比例 / %	数量	比例 / %
1	39	49.37	39	52.70
2	21	26.58	17	22.97
3	16	20.25	11	14.87
4	2	2.53	4	5.41
5	1	1.27	3	4.05

从表 1 可看出,在统计范围内 2 种随机织物未发现大于 5 个组织点的经浮长,相对于限制型随机织物而言,非限制型随机织物出现较大浮长的次数和比例较大。

根据生成的提综系列,也可统计出现双纬甚至多纬的比例。经统计在图 6、7 所示的随机序列产生的组织图中,限制型随机织物出现双纬的次数为 3 次,比率为 1%,大于理论概率 0.51%;非限制型随机织物出现双纬的次数为 31 次,比率为 10.33%,大于理论值 7.14%,出现 3 纬的次数仅为 1,比率为 0.33%,小于理论概率 0.51%,未发生 4 纬及以上的多纬。

#### 4.1.2 可织性分析

随机织物的可织性问题,主要可能由各片综经纱在织造过程中交织次数的差异过大造成的,交织次数较小的经纱(综片),机上张力会变小,易于造成经停片停车,使织造不能进行<sup>[9-10]</sup>。而织造的随机性,又使得在织造时不能提前做好经纱张力控制的措施(如双轴织造)。

表 2 示出统计得出的 2 种织物各片综的经纬交织次数。可看出 2 种随机织物各片综的交织次数差异并不大,不会发生由于各片综交织次数差异较大而引起的各片综经纱张力差异大,造成可织性较差的现象。

表 2 各片综交织次数统计

Tab. 2 Statistics result of interlacing numbers for each heald frame

综片	非限制型随机织物	限制型随机织物
第 1 片	145	151
第 2 片	143	153
第 3 片	148	149
第 4 片	156	152

这只是一片综片数,一种纬纱根数的一次统计

结果。为探讨随机织物的可织性,对不同综片数、不同纬纱根数多次生成 2 类随机序列,并对各片综的交织次数进行了统计分析,这里只给出 2 个统计结果,如表 3 所示的 5 片综 500 纬的 5 次统计结果和表 4 所示的 7 片综 2 000 纬的 5 次统计结果。每片综的统计结果均按次序排列,自左至右一一对应。

表 3 5 片综 500 纬各片综经纬交织次数统计

Tab. 3 Statistics result of interlacing numbers for each heald frame with 5 heald frames and 500 weft insertion

综片	非限制型随机织物	限制型随机织物
第 1 片	259 263 257 231 245	226 233 251 250 259
第 2 片	244 255 258 265 256	235 264 238 246 262
第 3 片	269 253 257 259 254	231 220 257 262 246
第 4 片	258 257 244 230 260	256 272 272 268 241
第 5 片	246 246 257 253 247	287 279 263 239 271

表 4 7 片综 2 000 纬各片综经纬交织次数统计

Tab. 4 Statistics result of interlacing numbers for each heald frame with 7 heald frames and 2 000 weft insertion

综片	非限制型随机织物	限制型随机织物
第 1 片	1 000 1 023 992 990 997	979 988 936 1 021 998
第 2 片	966 977 1 002 992 1 013	967 1 023 965 1 014 1 002
第 3 片	1 032 1 021 958 994 988	977 991 995 989 1 001
第 4 片	1 031 1 017 1 000 1 004 1 033	1 006 1 017 1 030 997 1 009
第 5 片	997 1 003 1 043 990 1 005	991 1 012 969 1 005 1 028
第 6 片	994 1 003 957 985 1 009	1 032 1 001 1 008 992 1 031
第 7 片	987 980 1 008 989 990	1 015 973 1 024 1 023 1 018

从表 3、4 的经纱交织次数统计结果可看出,虽然随机织物织造时的经纱升降运动是随机的,但因只有 2 种运动状态,当引纬次数足够多时,各片综的经纱交织次数差别并不大;同时 2 种不同随机序列生成方法之间差别也不大。各片综的交织次数大致为纬纱数的 1/2,即平纹织物交织次数的 1/2(平纹组织的交织次数等于纬纱根数),随机织物的平均经浮长大致为 2 个组织点左右。

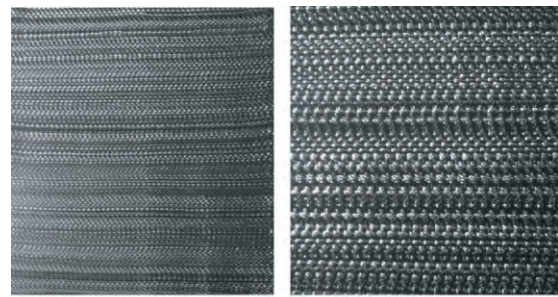
#### 4.2 织造

图 8 示出采用 SGA598 型半自动织样机织造的限制型随机织物小样。织造参数为:经纬纱线密度均为 30 tex 涤纶缝纫线,笳号为 50 笳/(5 cm),笳入数为 2,织物的幅宽为 15 cm,纬纱总根数为 300 根,4 片综框经纱采用黑色,纬纱采用宝蓝色。

图 9 示出非限制型随机织物小样与局部放大图。织造参数与限制型随机织物相同,织造过程中均未发生经纱织不进现象。

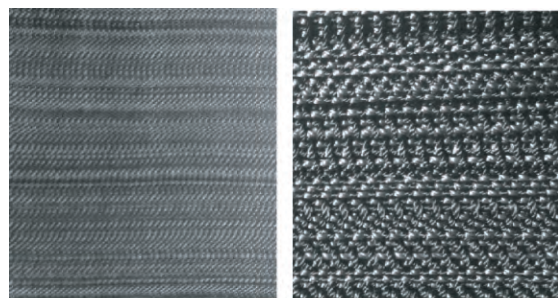
由图 8、9 可看出,与前述分析相同,2 种织物均呈现纬向横条凸起条纹的立体效果。

由于半自动打样机采用手动打纬,纬密不能均



(a) 织物小样 (b) 局部放大图

图 8 4 片综限制型随机织物小样与局部放大图  
Fig. 8 Sample (a) and its partial magnification (b) of limited random fabric with 4 heald frames



(a) 织物小样 (b) 局部放大图

图 9 4 片综非限制型随机织物小样与局部放大图  
Fig. 9 Sample (a) and its partial magnification (b) of non-limited random fabric with 4 heald frames

匀控制,本文未对所织织物进行力学性能的测试,该部分将在后续研究中探讨。

## 5 结 论

1) 形成梭口时的综框运动,具有二进制特征。引入 1 根纬纱时所有综框的状态,可用一个二进制数来表示,二进制数的位数为综框片数,各综框的在上、在下状态则对应为二进制数的 1 和 0。如果每引入 1 根纬纱形成梭口时,每片综框的升降均是随机的,则可以形成随机织物,其特征是交织无规律、不重复、不循环。

2) 随机织物可通过综框运动的随机控制织制,也可采用预先生成、输入提综顺序随机序列至电子提综系统的方法织造。生成随机提综序列的方法,可采用随机抽样的放回式抽样和非放回式抽样方法,从有效提综状态集中,按织造所需纬纱总根数一次性或分段抽取,依此可分别织制限制型随机织物和非限制型随机织物。

3) 随机织物的随机交织特点赋予其布面随机分布不同长度经浮长线和纬浮长线,决定了其表面的不平整起伏结构,尤其是较大的纬浮长线造成的各纬纱交织次数的差异,使织物纬向呈现凸起的立

体条纹,且预期可赋予织物较好的通透性和良好的抗撕裂性能。

4) 随机织造时,各综框经纱的交织次数相差不大,2种不同随机序列生成方法之间差别也不大。各片综的交织次数大致为平纹织物交织次数的1/2,平均经浮长约为2个组织点。 FZXB

#### 参考文献:

- [1] 朱苏康,高卫东. 机织学[M]. 北京:中国纺织出版社,2008:193-267.  
ZHU Sukang,GAO Weidong. Weaving[M]. Beijing: China Textile & Apparel Press,2008:193-267.
- [2] 蔡陞霞. 织物结构与设计[M]. 4版. 北京:中国纺织出版社,2008:29-139.  
CAI Bixia. Fabric Structure and Design[M]. 4th ed. Beijing: China Textile & Apparel Press,2008:29-139.
- [3] 骆晓蕾,敖利民,王欢欢,等. 织物组织的数字化表达及信息织物设计[J]. 纺织学报,2015,36(4):44-49.  
LUO Xiaolei,AO Limin,WANG Huanhuan,et al. Digital expression of woven fabric weave and design of digital information fabric[J]. Journal of Textile Research,2015,36(4):44-49.
- [4] 姚继明. 三原组织的数字化处理初探[J]. 武汉纺织工学院学报,1999,12(2):75-77.  
YAO Jiming. The first probe of the digital treatment of three-elementary weave[J]. Journal of Wuhan Textiles Science & Technology Institute,1999,12(2):75-77.
- [5] 赵吕冉,朱温清,张聿. 运用布尔运算法则构建织物组织矩阵群模型的方法[J]. 丝绸,2015,52(9):21-25.  
ZHAO Lvran,ZHU Wenqing,ZHANG Yu. A method for modeling fabric weave matrix group with Boolean Operation Rule[J]. Journal of Silk,2015,52(9):21-25.
- [6] 谢宝珠,张聿,金耀,等. 基于组织矩阵移位迭代运算的织物组织设计[J]. 纺织学报,2010,31(6):37-42.  
XIE Baozhu,ZHANG Yu,JIN Yao,et al. Fabric weave design based on swift operation and iterative operation of weave matrix[J]. Journal of Textile Research,2010,31(6):37-42.
- [7] 赵良臣,闻涛. 旋转组织设计的数学原理[J]. 纺织学报,2003,24(6):33-34.  
ZHAO Liangchen,WEN Tao. Mathematical principles of rotation weave design[J]. Journal of Textile Research,2003,24(6):33-34.
- [8] 张瑞林,李志祥. 电子多臂提花系统织物组织编程器的分析[J]. 现代纺织技术,2000,8(1):21-25.  
ZHANG Ruilin,LI Zhixiang. Analysis on weave programmer of electronic dobby system[J]. Advanced Textile Technology,2000,8(1):21-25.
- [9] 胡克勤,金关秀. 织物设计参数对其可织性的影响[J]. 纺织科技进展,2010(4):34-36.  
HU Keqin,JIN Guanxiu. The effect of fabric design parameter on weavability[J]. Progress in Textile Science & Technology,2010(4):34-36.
- [10] 马芹,刘学锋,王秋霞. 利用紧密率判断织物可织性[J]. 郑州纺织工学院学报,2000,12(4):43-46.  
MA Qin,LIU Xuefeng,WANG Qiuxia. Using tightness ratio to judge fabrics weavability[J]. Journal of Zhengzhou Textile Institute,2000,12(4):43-46.