

# 解舒丝长的模拟生成研究<sup>\*</sup>

白 伦<sup>1</sup>,王建民<sup>2</sup>,周 韶<sup>2</sup>

(1. 苏州大学 江苏 苏州 215006; 2. 苏州大学材料工程学院, 江苏 苏州 215021)

**摘 要:** 给出解舒丝长随机数的计算模拟生成方法, 并从理论上证明用此方法生成的解舒丝长的分布与迄今已获得的解舒丝长分布相同。对各种不同参数的解舒丝长分布, 通过电子计算机模拟试验分析, 确认了生成方法的实用性。

**关键词:** 解舒丝长分布; 随机数生成; 模拟缫丝试验; 茧丝纤度

**中图分类号:** TS143. 1 **文献标识码:** A

## 0 绪言

为了进行电子计算机模拟缫丝试验, 已经开发出茧丝纤度曲线的生成方法<sup>[1]</sup>。另一方面, 山崎<sup>[2]</sup>, 三浦<sup>[3]</sup> 根据对解舒丝长的实际调查结果提出用指数分布与正态分布的混合分布表示解舒丝长分布。白伦等<sup>[4]</sup> 则根据茧丝长及其上的落绪部位分布导出了解舒丝长分布。

在模拟缫丝过程中为了获得接绪时所必须的解舒丝段, 还需要对解舒丝长进行模拟生成。但是迄今为止的生成方法上仍存在着不尽人意的地方。现在一般采用的解舒丝长生成方法主要有两类, 其一是直接根据解舒丝长分布生成解舒丝长随机数的方法; 其二是将大量茧丝纤度曲线按照落绪部位分布切断成为解舒丝段并与相对应的纤度值一起标记, 作成解舒丝长数据文件保存, 使用时从数据文件中随机抽出的方法<sup>[3]</sup>。前一方法中, 由于解舒丝长分布实际上只能给出“长度”, 而作为缫丝用的解舒丝段, 还必须确定其起点以及与之相对应的茧丝纤度, 这些处理加之按解舒丝长分布生成随机数时的冗繁计算, 使获得解舒丝段的过程变得相当复杂。此外在理论上, 直接由解舒丝长分布生成的解舒丝长随机数可能发生与茧丝长分布不协调问题。后一方法中为了获得性质良好的解舒丝长随机数, 需要对尽可能多的茧丝进行分割且要与相应的纤度值组合存储, 故在计算机处理时就需要占据相当大的空间。同时还必须反复进行茧丝纤度曲线的截断、存入与取出的操作。因此, 此方法的解舒丝长的生成效率比较低。

为了便利地获得优质的解舒丝长随机数及简单地实现与茧丝纤度曲线的对应, 以提高缫丝过程的模拟效率, 本文给出从一根茧丝纤度曲线上获得一个解舒丝段的随机模拟生成

<sup>\*</sup> 收稿日期: 1999—11—08  
作者简介: 白 伦(1948—), 男, 教授, 主要从事制丝工程管理研究。  
基金项目: 本研究为纺织总会三项费用资助项目。

方法, 并从理论上证明用此方法生成的解舒丝长具有与迄今已获得的解舒丝长分布相同的分布。对各种不同参数的解舒丝长分布, 通过电子计算机模拟试验分析, 确认了生成方法的实用性。

## 1 解舒丝长的生成方法

本文中只以离散型解舒丝长分布作为对象进行讨论。连续型解舒丝长分布的情况可以通过离散化处理后用同样的方法处理。

假设原料茧的茧丝长  $L_0$  是一具有正态分布  $N(\mu, \sigma^2)$  的随机变量。与过去同样地假定同一原料茧庄口中, 各茧丝沿茧丝长上的落绪率变化规律和单位丝长上的平均落绪率是一定的。

当茧丝长  $L_0$  等于  $m$  时, 茧丝上共有  $m-1$  个节点, 落绪只能发生在这些节点上。设各节点上发生落绪的落绪率为

$$p_{m,1}, p_{m,2}, \dots, p_{m,m-1}$$

茧丝上的中途落绪次数的平均值记为  $z$  时, 有

$$z = \sum_{j=1}^{m-1} p_{m,j} \quad (1)$$

在以上的条件下, 我们按以下的方法生成一段解舒丝长。

### 1.1 生成一根茧丝纤度曲<sup>[1]</sup>

其丝长为具有正态分布  $N(\mu, \sigma^2)$  的随机变量的实现值  $m$ 。

### 1.2 确定解舒丝长的起点

生成  $(0, 1)$  区间中的均匀分布随机数  $u$ ;

将  $u$  变换为  $(0, 1+z)$  区间中的随机数  $\xi$ ,

$$\xi = (1+z)u$$

当  $\xi \leq 1$  时, 起点为茧丝的起点

当  $1 < \xi \leq 1 + p_{m,1}$  时, 起点为第 1 节点

当  $1 + p_{m,1} < \xi \leq 1 + \sum_{j=1}^2 p_{m,j}$  时, 起点为第 2 节点

.....

当  $1 + \sum_{j=1}^{r-1} p_{m,j} < \xi \leq 1 + \sum_{j=1}^r p_{m,j}$  时, 起点为第  $r$  节点

.....

当  $1 + \sum_{j=1}^{m-2} p_{m,j} < \xi \leq 1 + \sum_{j=1}^{m-1} p_{m,j}$  时, 起点则为第  $m-1$  节点。

在这里, 若记解舒丝长起点位置为  $A_0$ , 则由上述的起点生成方法易于得知

$$P\{A_0 = 0\} = \frac{1}{1+z}; \quad (2)$$

$$P\{A_0 = r\} = \frac{p_{m,r}}{1+z}. \quad (r = 1, 2, \dots, m-1) \quad (3)$$

### 1.3 生成解舒丝段的长度

在确定解舒丝长起点位置  $A_0 = r$  的条件下, 生成  $(0, 1)$  区间中的均匀分布随机数列

$$u_1, u_2, \cdots;$$

从起点之后的第 1 个节点开始, 依次将各节点上的落绪率

$$p_{m, r+1}, p_{m, r+2}, \cdots, p_{m, m-1}, p_{m, m}$$

逐个与数列中的均匀随机数比较, 当落绪率大于对应的随机数时停止。取最后的随机数的序号为解舒丝长的长度。即当满足

$$u_i > p_{m, r+1}, u_2 > p_{m, r+2}, \cdots, u_{i-1} > p_{m, r+i-1}, u_i \leq p_{m, r+i} \quad (i = 1, 2, \cdots, m-r) \tag{4}$$

时, 解舒丝长定为  $i$ 。

在这里, 若记茧丝长为  $m$  时的解舒丝长为  $L_m$ , 则(4)式中的事件发生的概率可以表示为

$$\begin{aligned} P\{L_m = i \mid A_0 = r\} &= (1 - p_{m, r+1})(1 - p_{m, r+2}) \cdots (1 - p_{m, r+i-1})p_{m, r+i} \\ &= p_{m, r+i} \prod_{j=1}^{i-1} q_{m, r+j} \end{aligned} \tag{5}$$

但是在(4)式中当解舒丝长  $i = m - r$  时, 最后的节点为茧丝的终点, 即自然落绪点。此时恒有  $p_{m, m} \equiv 1$ 。因此有

$$\begin{aligned} P\{L_m = m - r \mid A_0 = r\} &= (1 - p_{m, r+1})(1 - p_{m, r+2}) \cdots (1 - p_{m, m-1}) \\ &= \prod_{j=1}^{m-r-1} q_{m, r+j} \end{aligned} \tag{6}$$

特别地, 当起点后第一个节点上即发生落绪, 亦即在随机数序号  $i = 1$  点处使(4)成立时, (5)、(6)式的概率则为

$$P\{L_m = 1 \mid A_0 = r\} = p_{m, r+1} \quad (r = 0, 1, 2, \cdots, m-2) \tag{7}$$

$$P\{L_m = 1 \mid A_0 = m-1\} = p_{m, m} = 1 \tag{8}$$

以上各式中,

$$q_{m, j} = 1 - p_{m, j}$$

1.4 解舒丝段上的纤度

在生成的茧丝纤度曲线的节点序号列上, 弃却节点  $r$  及其以前的部分, 以及节点  $r + i$  以后的部分(如果存在的话), 将余下部分的序号保留。以这些符号作为下标的茧丝纤度值  $X$  的数列

$$x_{r+1}, x_{r+2}, \cdots, x_{r+i} \quad (i \leq m - r)$$

就是一个随机的解舒丝段。

2 解舒丝长的生成方法的证明

在这里, 只须证明当茧丝长  $L_0$  等于  $m$  时, 上述方法获得的丝段就是具有我们所需分布的解舒丝段即可。在前文<sup>[4]</sup>已经给出过当茧丝  $L_0$  等于  $m$  时的离散型解舒丝长分布为

$$P_m(1) = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^{m-1} p_{m, j}} \left( p_{m, 1} + p_{m, m-1} + \sum_{j=1}^{m-2} p_{m, j} p_{m, j+1} \right) \tag{9}$$

$$P_m(i) = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^{m-1} p_{m,j}} \left( p_{m,i} \prod_{j=1}^{i-1} q_{m,j} + \sum_{r=1}^{m-i-1} p_{m,r} p_{m,r+i} \prod_{j=1}^{i-1} q_{m,r+j} + p_{m,m-i} \prod_{j=1}^{i-1} q_{m,m-i+j} \right) \quad (1 < i < m) \quad (10)$$

$$P_m(m) = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^{m-1} p_{m,j}} \prod_{j=1}^{m-1} q_{m,j} \quad (11)$$

我们要证明,前面的方法给出服从这一分布的解舒丝长随机数。

首先,一般地考虑按前述生成方法获得解舒丝长  $L = i (i < m)$  的概率。

获得的解舒丝长  $L_m = i$  时,其起点可能发生以下各节点上

$$A_0 = 0, 1, \dots, m-i-1, m-i$$

各节点被选定的概率为

$$P\{A_0 = 0\} = \frac{1}{1+z} \quad (12)$$

$$P\{A_0 = r\} = \frac{p_{m,r}}{1+z} \quad (i = 1, 2, \dots, m-i) \quad (13)$$

考虑到各节点被选定,且解舒丝长等于  $i$  的事件可以得到

$$\begin{aligned} P_m(i) &= P\{L_m = i\} = \sum_{r=0}^{m-i} P\{A_0 = r\} P\{L_m = i \mid A_0 = r\} \\ &= P\{A_0 = 0\} P\{L_m = i \mid A_0 = 0\} + P\{A_0 = m-i\} P\{L_m = i \mid A_0 = m-i\} \\ &\quad + \sum_{r=1}^{m-i-1} P\{A_0 = r\} P\{L_m = i \mid A_0 = r\} \end{aligned} \quad (14)$$

利用(5)、(6)、(12)、(13)式代入上式即可得到(10)式。而将(5)、(6)换(7)、(8)式代入则得到(9)式。

特别地,当解舒丝长  $L_m = m$ ,即与茧丝长一致时,解舒丝长的起点必须为茧丝起点,并且茧丝上不发生任何中途落绪,最后以自然落绪终结。因此有

$$P_m(m) = P\{L_m = m\} = P\{A_0 = 0\} P\{L_m = m \mid A_0 = 0\} \quad (15)$$

将(6)式令  $r = 0, i = m$  与(12)式代入上式即可得到(11)式。

这样我们就证明了生成的解舒丝长确实具有(10)、(11)式的分布形式。以上的过程,实际上给出解舒丝长分布又一种证明方法。

### 3 解舒丝长生成试验及考察

根据前述的解舒丝长生成方法,我们对各种不同的落绪条件进行解舒丝段的生成试验并统计生成的丝段长度分布。

实验时,假设茧丝按 50 米丝长检测纤度,茧丝长服从平均值为 16,均方差为 3 的正态分布  $N(16, 3^2)$ 。茧丝上的落绪率假定具有向上开口的二次曲线型分布,即在第  $i$  个节点上的落绪率为<sup>[1]</sup>

$$p_{m,i} = k(i-a)^2 + b$$

试验时, 二次曲线的顶点位置  $a$  为 0.3。参数  $k$  及  $b$  可由平均落绪次数  $z$  及落绪率均一度  $C$  推算。在这样的条件下, 图 1 给出模拟生成解舒丝长的流程图。

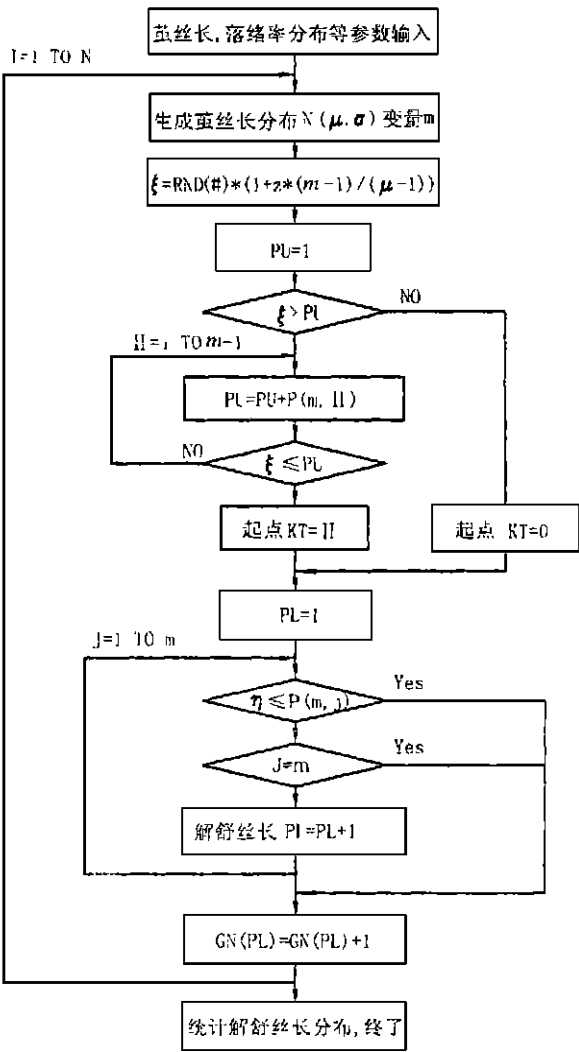


图 1 解舒丝长随机生成流程图

图 2 为生成的解舒丝长实测分布与理论分布比较之若干例。图中直方图为实测分布, 黑点线为按 (9)、(10)、(11) 式算出的理论分布。图中给出平均落绪次数  $x$  为 0.1, 0.4, 0.8 时, 落绪率均一度  $C$  分别为 0.1 及 0.8 的结果。模拟试验中各种条件均生成 10000 根茧丝。由图中看到, 在给出各例中, 理论分布与生成解舒丝长的统计分布都十分一致。这表明, 在模拟缫丝试验中使用这样的方法生成的解舒丝长, 其统计特性在理论上是得到保证的。

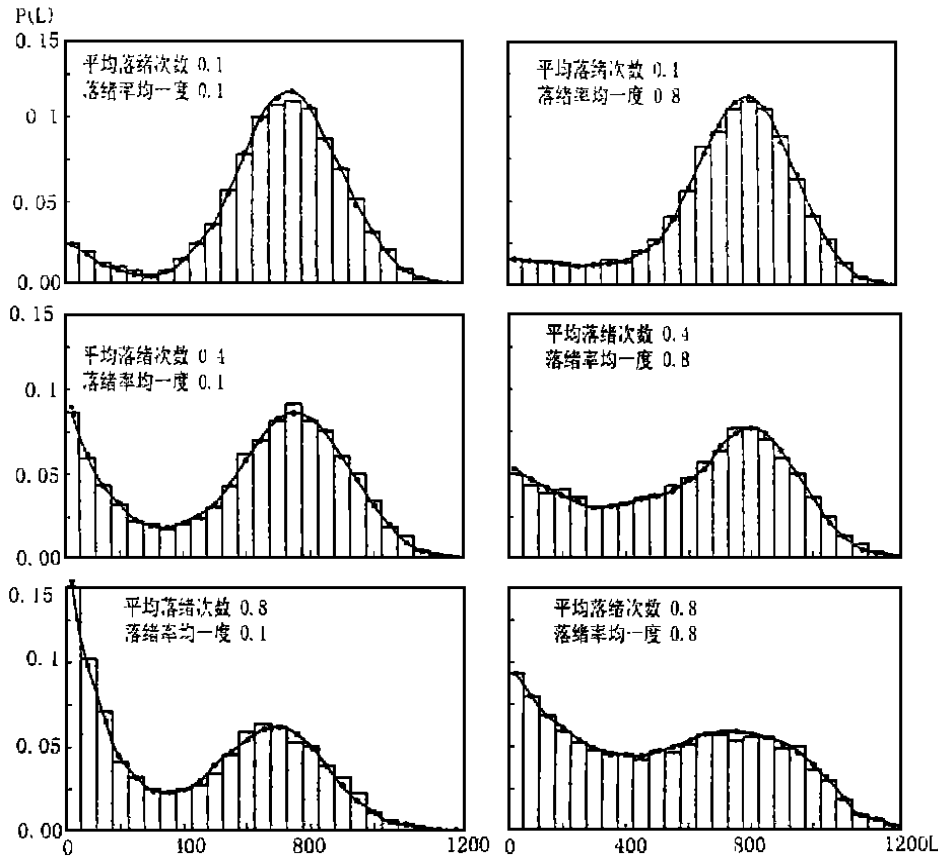


图 2 生成解舒丝长的分布

此外, 因为利用本方法时, 每次接绪时生成一个茧丝纤度曲线, 并从该茧丝纤度曲线上截获一个解舒丝段, 因此丝长部位与纤度值的对应关系的保持及利用都十分方便, 可以完全避免利用数据文件的繁琐作业, 保证了高效率的解舒丝长随机数生成。而且, 由于此方法按照落绪部位分布决定解舒丝长起点, 而落绪部位分布同时也是供茧槽里内中外层茧分布的一种表示, 故这就相当于从缫丝茧槽或给茧机盒随机抽取正绪茧操作, 使得模拟接绪操作与实际接绪时获取接绪茧的过程十分相似。最后, 由于本方法从理论上说, 获得的解舒丝长的分布是由茧丝长分布及落绪率部位分布所引导出来的, 因此完全不必耽心生成的解舒丝长与茧丝长之间产生不协调的情况。

4 结语

本文给出并论证了根据茧丝长分布、落绪率部位分布与解舒丝长分布之间的关系理论提出的解舒丝长随机数生成方法。该生成方法简单便利, 所生成的随机数具有良好的仿真性能及统计性质, 对于实现高效率的模拟缫丝将是一种方便有效的工具。

参 考 文 献

[1] 白 伦, 王建民, 周 韶. 解舒丝长に関する研究[J]. 日蚕杂, 1998, 68(4): 301—307.  
[2] 山崎昭典. 落绪の分布特性について(Ⅳ)[J]. 日蚕杂, 1956, 25(5): 352—356.  
[3] 三浦 彦. 缂丝过程のモンテカルロシミュレーション[J]. 日蚕杂, 1982, 51(3): 228—233.  
[4] 白 伦, 王建民, 周 韶. 连续型解舒丝长分布[J]. 日蚕杂, 1998, 68(3): 209—215.

GENERATION OF THE NON—BROKEN FILAMENT LENGTH  
OF COCOON BY COMPUTER SIMULATION

BAI Lun<sup>1</sup>, WANG Jian—min<sup>2</sup>, ZHOU Zhao<sup>2</sup>

(1. Suzhou University, Suzhou 215006, China; 2. College of Material Eng. of Suzhou Univ., Suzhou 215021, China)

**Abstract:** In this paper, we proposed a method to generate the random numbers of non—broken filament length of cocoon by computer simulation. It is showed that the random numbers by this method have the same distribution with that of the non—broken filament length of cocoon obtained so far. Then the utility of the method is tested and verified to the different statistical—properties of original lot of material cocoons by computer simulation.

**Key words:** distribution of non—broken filament length of cocoon; simulation of reeling process; generation of random numbers