

# 干茧冷冻处理提高茧层通气、通水均匀性研究

钱镇海 杨礼直

(苏州大学材料工程学院, 苏州, 215021)

**摘 要:**通过给予茧层一定水份, 并进行冷冻处理, 可以明显提高原料茧的通气性、通水性, 并降低粒间粒内不同部位之间的差异程度, 为煮茧时渗透均匀、煮熟均匀、提高解舒提供有利条件。

**关键词:**干茧冷冻 通气性 通水性 蚕茧

**中图分类号:**TS143.21

本文探讨了对干茧实施冷冻处理对原料茧通气通水均匀性的影响。干茧冷冻处理, 可较好地提高原料茧的通气、通水性, 并能显著提高均匀性, 这非常有利于煮熟均匀, 提高解舒, 为提高缫丝厂的经济效益打下了良好的基础。

## 1 实验用材料、设备、原理和方法

### 1.1 实验用原料茧

本实验使用桐乡晚秋茧, 其主要茧质指标如表 1 所示

表 1 茧质数据表

公斤粒数	茧层率 (%)	茧丝长 (m)	解舒率 (%)	解舒丝长 (m)	茧丝纤度 (D)	毛折 (%)	净度 (分)	清洁 (分)
1995	50.34	821.37	56.27	462.18	2.174	348.12	94.25	97.67

### 1.2 实验设备仪器

Y80213 八蓝烘箱, TL-02 型链条天平 (精度 0.01g, 总量 200g), 自制通气通水测试仪, 玻璃密封吸湿装置, 冷冻装置等。

### 1.3 测试装置及原理

本实验装置是测定在一定压力下, 空气通过茧层时的压力损失大小来表示通气性的好坏, 如图 1 所示, 取被测茧层片放入测试头内, 将储水瓶水加到规定位置, 打开三通旋塞使 AB 连通, 水自储水瓶进入储气瓶, 空气自测试头通过茧片自由排出, 当储气瓶内的水位达到 1/2 高度时, 迅速读取 U 型压力计上的压力差  $h$  值来表示茧层通气抵抗, 当茧的通气性较差时,  $h$  值趋近于  $H$  值; 当茧层通气性越好,  $h$  值越小。本实验装置通过测定水通过茧层片的透水压来表示。

### 1.4 实验方法

根据对影响通气性、通水性因素分析, 确定冷冻时间、茧层含水率、平衡方式为研究对象, 采用  $L_9(3^4)$  正交表安排实验方案, 每个因素取三个水平, 如表 2。具体实验步骤为: 首先对茧子给湿处理, 分别使茧层含水率达到  $20 \pm 1\%$ 、 $40 \pm 1\%$ 、 $60 \pm 1\%$ 。给

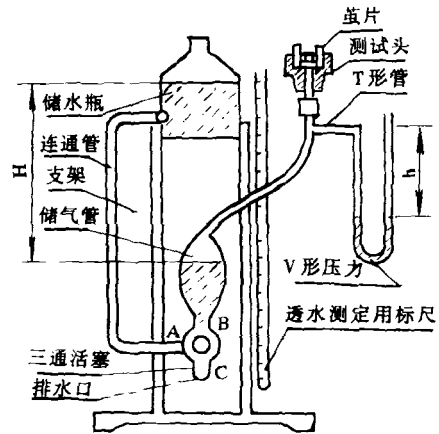


图 1 茧层通气通水测试仪

湿后的茧子置于冷冻设备内, 在  $-10^\circ\text{C}$  左右环境下冷冻, 达到规定冷冻时间后取出, 按方案给予平衡处理。最后用通气、通水测试仪测定茧层的通气性和通水性。每一试验测 10 粒, 样茧大小厚薄均匀, 等粒等重 (误差 10mg)。

表 2 测试因素水平表

因素水平	茧层含水率 (%)	冷冻时间 (h) ( $-10 \pm 1^\circ\text{C}$ )	平衡方式
1	$20 \pm 1$	6	自然
2	$40 \pm 1$	12	凉风
3	$60 \pm 1$	24	热风

## 2 实验结果与分析

### 2.1 正交试验结果

按方案经冷冻处理和未作处理 (对照区) 的茧的通气性、通水性测定结果如表 3。

从表 3 看出, 未经处理 (对照区) 茧的茧层平均通气抵抗为  $58.35\text{mmH}_2\text{O}$ , 平均通水抵抗为  $72.29\text{mmH}_2\text{O}$ , 明显高于经冷冻处理茧子的通气、通水抵抗。冷冻处理可以较好地提高茧子的通气性、通水性指标, 从通气性 R 值的变化趋势:  $R_A > R_C > R_B$

来看,茧层含水份的多少对冷冻效果起非常重要的作用,而通水性 R 值的变化趋势为  $R_C > R_A > R_B$ ,说明平衡方式也是一个关键因素,应引起重视。

表 3 试验方案与结果计算表

试验号	因素			实验测定值*	
	A	B	C	通气性	通水性
对照区				583.5	722.9
1	1	1	1	544.4	677.5
2	1	2	2	518.6	660.0
3	1	3	3	554.9	728.9
4	2	1	2	511.7	605.2
5	2	2	3	516.5	691.5
6	2	3	1	505.7	656.3
7	3	1	3	567.3	673.8
8	3	2	1	507.4	645.0
9	3	3	2	527.0	677.7
通气性 (mmH <sub>2</sub> O)	K <sub>1</sub>	1617.9	1623.4	1557.5	T=4753.5 R=1/3× [K <sub>max</sub> -K <sub>min</sub> ]
	K <sub>2</sub>	1533.9	1542.5	1557.3	
	K <sub>3</sub>	1601.7	1587.6	1638.7	
	R	28	23.6	27.1	
通水性 (mmH <sub>2</sub> O)	K <sub>1</sub>	2066.4	1956.5	1978.8	T=6015.9
	K <sub>2</sub>	1953.0	1996.5	1942.9	
	K <sub>3</sub>	1996.5	2062.9	2094.2	
	R	37.8	35.5	50.4	

\*:测定部位为膨大部,表中数据为 10 粒茧测定之和,单位 mmH<sub>2</sub>O

根据方差分析,如表 4、5 所示。其结论同前也是一致的,通气性方差分析表明,在  $\alpha=0.01$  水平下检验,茧层含水率、平衡方式显示出较高的显著性,通水性方差分析表明,平衡方式在  $\alpha=0.005$  水平下,茧层含水率下  $\alpha=0.01$  水平下都显示出较高的显著性,这表明通过冷冻处理来提高茧层通气性、通水性,改善其均匀性,控制茧层含水率,选择平衡方式是十分重要的。

表 4 通气性方差分析

方差来源	偏差平方和	自由度	均方差	F <sub>值</sub>	显著性			
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.010$	$\alpha=0.005$	$\alpha=0.001$
A	132.44	2	66.22	5.161	*	*		
B	109.56	2	54.78	4.270	*			
C	146.88	2	73.44	5.724	*	*		
误差	1064.89	83	12.83					
总和	1453.77	89						

$F_{0.05}(2,83)=3.181$   $F_{0.01}(2,83)=5.053$   $F_{0.005}(2,83)=5.886$   $F_{0.001}(2,83)=7.929$

\*:  $F_{值} > F_{\alpha}(2,83)$

## 2.2 最佳处理方案的茧层通气性、通水性

从表 3 来看,当含水率在 40% 左右,平衡还性采用凉风吹干,效果较好,冷冻时间的显著性程度较低,可以认为三种水平的差异不大,但从表 3 的 K 值来看,冷冻处理 12 小时较好,因此根据正交试验

表 5 通水性方差分析

方差来源	偏差平方和	自由度	均方差	F <sub>值</sub>	显著性			
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.010$	$\alpha=0.005$	$\alpha=0.001$
A	218.19	2	109.10	5.364	*	*		
B	192.55	2	96.28	4.734	*			
C	416.64	2	208.32	10.242	*	*	*	
误差	1688.22	83	20.34					
总和	2515.60	89						

$F_{0.05}(2,83)=3.181$   $F_{0.01}(2,83)=5.053$   $F_{0.005}(2,83)=5.886$   $F_{0.001}(2,83)=7.929$

\*:  $F_{值} > F_{\alpha}(2,83)$

表 6 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> 处理和未处理茧的通气性

茧粒号	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> 方案处理				未处理(对照区)					
	头部	膨大部	束腰部	均值	粒内均方差	头部	膨大部	束腰部	均值	粒内均方差
1	49.8	50.4	52.4	50.9	1.112	56.4	58.8	60.6	58.6	1.720
2	40.8	42.4	43.0	42.1	0.929	55.0	60.8	67.4	61.1	5.066
3	46.2	47.8	48.0	47.3	0.806	50.4	59.2	62.4	57.3	5.074
4	47.0	48.4	51.6	49.0	1.925	49.6	51.8	56.8	52.7	3.013
5	56.6	58.2	60.4	58.4	1.578	59.4	61.6	68.2	63.1	3.739
6	49.6	52.4	53.2	51.7	1.543	59.0	62.4	63.2	61.5	1.821
7	53.6	54.4	56.8	54.9	1.360	54.4	58.6	67.6	60.2	5.506
8	47.6	50.2	53.6	50.5	2.457	54.0	59.4	59.8	57.5	2.645
9	48.4	51.2	51.8	50.5	1.482	39.8	48.4	51.2	46.5	4.851
10	38.3	42.2	42.4	41.1	1.652	62.0	63.6	68.8	64.8	2.903

表 7 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> 处理和未处理茧的通水性

茧粒号	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> 方案处理				未处理(对照区)					
	头部	膨大部	束腰部	均值	粒内均方差	头部	膨大部	束腰部	均值	粒内均方差
1	54.2	55.0	57.5	55.6	1.406	66.5	67.8	72.2	68.8	2.439
2	57.8	59.0	63.5	60.1	2.454	75.2	77.4	78.7	77.1	1.445
3	58.3	59.5	62.8	60.2	1.903	66.3	74.7	82.9	74.6	6.777
4	54.6	59.1	59.5	57.7	2.222	69.2	73.5	75.4	72.7	2.594
5	46.0	47.9	53.1	49.0	3.001	58.7	65.8	66.9	63.8	3.634
6	47.2	48.8	52.5	49.5	2.220	55.5	61.3	69.8	62.2	5.873
7	57.2	58.4	60.6	58.7	1.408	68.4	73.3	74.8	72.2	2.733
8	59.6	60.8	61.7	60.7	0.860	70.0	72.1	79.0	73.7	3.844
9	66.8	69.2	72.1	69.4	2.167	73.9	76.0	79.2	76.4	2.179
10	53.7	56.2	58.8	56.2	2.082	72.3	82.8	89.0	81.4	6.893

表8 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>方案处理区和未处理区  
茧的通气、通水性方差及均值比较

测定内容	方案	粒间均方差(S <sub>粒间</sub> )	粒内均方差(S <sub>粒内</sub> )	均方差(S)	均值(X)
	对照区	5.089	3.696	6.290	58.35
通气性	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	4.975	1.522	5.212	49.64
	对比值(%)	2.24	58.01	17.14	14.93
	对照区	5.619	4.277	7.060	72.29
通水性	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	5.549	2.054	5.920	57.71
	对比值(%)	1.25	51.98	16.15	20.17

表9 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>方案处理区和未处理区  
茧不同部位的通气通水性

测定内容	方案	头部	膨大部	束腰部
	对照区	54.00	58.46	62.60
通气性	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	47.84	49.76	51.32
	对比值(%)	11.14	14.88	18.02
	对照区	67.60	72.74	76.79
通水性	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	55.54	57.39	60.21
	对比值(%)	17.84	20.81	21.59

值结果和方差分析理论,以按 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> 方案处理效果最为理想,表6、7是最优工艺处理后的茧同未处理茧的通气性、通水性测定值。表8为两种方案的通气、通水性均值方差值。表9为两种方案茧子不同部位的通气性、通水性。

### 2.3 分析与讨论

经本试验最优方案处理,通气性均值提高 14.93%均方差下降 17.14%通水性均值提高 20.17%,均方差下降 16.15。不同部位的改善程度存在差异,束腰部的改善尤为明显,通气性提高达 18.02%,通水性提高达 21.59%,这说明经冷冻处理后,原料茧通气性、通水性都能得到改善。利用干茧茧层的良好充水条件和丝胶易与水结合的特性,给予茧层一定的水份,然后进行冷冻处理,随着温度的下降,水份开始结冰,呈现单晶体冰,由水结成冰的反向膨胀机理可知,其体积膨胀约 9%左右,在这种膨胀压力的作用下,使茧层原有的网目直径增加,而

且有网目大小差异趋小的可能性,另外由于膨胀压力的作用,使茧层体积增大,茧层膨松,平均厚度增加,头部可增加 12.38%,膨大部增加 16.01%,束腰部增加 20.49%。从部位的变化来看,束腰部的茧层紧密度最高,通气性、通水性最差,经冷冻处理,束腰部位茧层膨松程度提高的比例相对较大,因而通气性、通水性改善程度也较大,从而缩小了同其它部位的差异,为煮熟均匀提供了有利条件。

从方差分析可知,茧层含水率与冷冻后平衡方式较为显著,由于冷冻处理是依据水结冰的反向膨胀机理来提高茧层膨松程度,提高茧层空隙率来实现通气性、通水性改善目的的,因而茧层含水量的多少至关重要。试验结果表明,三种不同的平衡方式:①采用凉风强制平衡处理效果较好,这种方式可使茧层水份及时去除,部分膨润丝胶收缩恢复,对提高空隙率有利。②自然平衡速度较慢,效果稍差。③热风平衡,由于茧层受高温处理,会使茧层尤其是表层丝胶变性,丝胶分子热运动后重新定型时,有可能疏水基团外露增加,疏水性增加,所以对通水性影响较大,R值明显增大。试验结果表明,冷冻效果是非常明显的,但不同水平之间的差异并不明显,这说明冷冻只要达到茧层中含水能结成单晶体冰就行,以后再延长时间效果就不会有多大变化。从节能意义上来说,在确保水成单晶体冰的前提下,宜采用较短时间。

### 3 结 论

3.1 给予原料茧一定的水份,经冷冻处理,茧的通气性、通水性均有明显改善,而且差异程度也可明显减少,为煮茧确保渗透均匀、提高煮茧质量,从而为提高解舒,实现优质、高产、低耗的生产目标提供了良好的条件。

3.2 茧层含水率过低,会影响处理效果,但反之,给予茧层过量水份,由于丝胶膨润现象的产生,并不会同步提高处理效果,试验表明,茧层含水率在 40%左右较为理想。冷冻后平衡方式对处理效果有明显影响,试验表明,凉风处理效果最为理想。方差分析表明,冷冻时间没有显著性,只要达到使水份结成单晶体冰这一冷冻程度即可。

#### 参 考 文 献

[1]《制丝学》,纺织工业出版社,1993年6月  
[2]《统计质量控制》,中国石化出版社,1995年3月