

# 青岛纺织工程与管理

Qingdao Textile Engineering and Administration

2015 年第十一 (总第 83 期)

青岛市纺织工程学会 主办

锦桥纺织网 协办

[qtlei@sina.com](mailto:qtlei@sina.com)

## 本期目录

棉织物高浓度双氧水低温低碱前处理工艺.....	2
淼卡纤维的性能测试和吸湿放湿过程研究.....	13
纤维素接枝丙烯酸类高吸水性树脂的研究.....	21
科技前沿.....	32

# 棉织物高浓度双氧水低温低碱前处理工艺

罗维新 秦新波 李春光 钟毅

(华纺股份有限公司 东华大学生态纺织教育部重点实验室)

**摘要:** 针对纯棉机织物常规高温前处理工艺存在的强力损失和能耗较大等问题, 试验采用高浓度双氧水低温低碱工艺对纯棉机织物进行一步法处理。通过单因素实验探讨了各工艺参数对前处理效果的影响, 并优化了工艺条件。结果表明: 织物在 30% $\text{H}_2\text{O}_2$  80g/L, NaOH 20g/L, 50℃ 下堆置 90min, 就能获得很好的半制品, 在该体系中加入 4g/L 的漂白活化剂 DZ-1, 能大幅提升半制品的质量。该工艺具有显著的节能减排、高效和生产成本低的特点。

**关键词:** 前处理; 双氧水; 高浓度; 低温; 低碱; 棉织物

棉机织物的前处理一般采用高温碱煮为主的退浆、煮练及高温氧漂工艺, 该工艺虽具有很好的前处理效果, 但处理条件剧烈(高温、强碱)、能耗大(约占染整加工总能耗的 70%)、排污量大。此外, 织物在高温强碱条件下处理, 强力损伤较大, 手感也较差。随着能源、污水处理费用的不断攀升, 前处理的能源及排污成本严重影响了企业了效益。因此, 开发低温、环保、高效的前处理工艺已成为当前研究的热点和重点。本试验尝试采用高浓度双氧水低温低碱工艺对纯棉中厚机织物进行一步法前处理。

## 1 高浓度双氧水低温低碱前处理工艺基本依据

### 1.1 低温前处理的基本原理

棉织物的前处理主要是去除棉纤维上的共生物、色素和浆料。要实现低温前处理, 必须分别实现低温煮练和低温漂白。

棉织物的煮练主要是去除棉纤维上的浆料、果胶、蜡质、含氮物质及灰分

等杂质，主要依靠表面活性剂的润湿、渗透、乳化、分散等物理作用及烧碱对一些杂质的水解和皂化等化学反应共同完成。众所周知，化学反应的速率取决于反应温度、反应物的浓度和催化剂的使用。一般而言，反应温度提高 10 °C，反应速率可提高 2~3 倍。提高反应物的浓度，有利于反应向生成水解物的方向进行，从而提高反应速率。此外，选择优异的催化剂可以降低反应的温度。煮练时烧碱本身就是催化剂，传统冷轧堆煮练工艺就是利用提高烧碱浓度和延长反应时间来实现低温煮练。

棉织物的漂白主要是借助双氧水的氧化作用对有色物质的发色基团进行破坏而使其消色。除氧化色素外，双氧水也可氧化纤维上的一些伴生物和浆料，能进一步的去除杂质。双氧水的活化能较高，在低温下分解缓慢，通常采用如下两种方法来实现低温漂白：一是提高双氧水浓度并延长处理时间，如冷轧堆漂白工艺，通常需堆置 18~24 h 才能获得满意的白度；二是采用漂白活化剂或催化剂来促进双氧水在低温下的有效分解。漂白活化剂是一类有机过酸前驱物，在碱性双氧水溶液中与 HOO<sup>-</sup>反应可释放出过氧酸。过氧酸的氧化性比双氧水强，可在低温下发挥优异的漂白作用。目前，已开发的漂白活化剂主要有四乙酰乙二胺（TAED）、壬酰氧基苯磺酸钠（NOBS）和 N-[4-（三乙基铵甲撑基）] 己内酰胺(TBCC)等。漂白催化剂主要是一些模拟过氧化物酶活性中心结构的金属配合物，如酞菁、大环多胺的铁、锰、钴等金属配合物。这些金属配合物与双氧水作用，可生成氧化性极强的高价态中间物质（如 LFeIV=O、LMnV=O 等，L 为配体），能够在较温和的条件下氧化色素达到漂白目的。在体系中加入活化剂或催化剂，可将传统冷轧堆漂白工艺的漂白时间缩短至 4~6 h，大大提高加工效率；而对于传统高温（98 °C~102 °C）热漂工艺，则可将漂白温度降至 80 °C 甚至更低，可节省大量的蒸汽。

## 1.2 高浓度双氧水低温低碱前处理工艺的提出

冷轧堆碱氧一浴法工艺与传统退、煮、漂工艺相比，具有加工流程短、节约能源、加工成本低、设备一次性投资少等优点。但传统冷轧堆碱氧一浴法工艺中所用的烧碱浓度很高（约 40~60 g/L），即便是在低温下堆置，经过长时间（18~24 h）的反应，还是会对棉纤维造成潜在损伤，而且手感变硬，影响产品质量。这主要由于高浓度烧碱条件下，双氧水无效分解过多，产生的自由基也较多，使纤维受到过度氧化。为降低或消除这种负面影响，我们尝试采用降低烧碱的用量及提高双氧水的浓度的工艺对纯棉中厚机织物进行低温前处理。

降低烧碱的用量是基于两方面的考虑：一是提高双氧水的利用率及降低纤维强力损失的几率；二是表面活性剂的耐碱性问题。烧碱对双氧水的分解有一定的活化作用，提高烧碱的用量，可加快双氧水的分解，但同时其无效分解也增多，不仅造成浪费，而且对纤维造成潜在损伤的几率也会增大。如前所述，棉织物的煮练是由烧碱和表面活性剂的共同作用完成。对于许多性能优异的非离子表面活性剂，其亲水基团在强碱性条件下易被破坏而产生漂油、絮凝等现象，从而限制其使用。脂肪酸甲酯乙氧基化物（FMEE）是一种除油去蜡优异的非离子表面活性剂，其去油力是脂肪醇聚氧乙烯醚 1.5 倍，是三乙醇胺油酸皂的 2.5 倍。在除蜡方面，FMEE 的除蜡能力是脂肪醇聚氧乙烯醚 1.6 倍，是三乙醇胺油酸皂的 1.4 倍。FMEE 在针织物精练及洗涤行业中得到了广泛应用，但因高温耐碱性差而限制其在机织物精练中的应用。因本试验采用低温低碱工艺，故选用 FMEE 作为主要的去蜡组分，并与具有优异乳化和润湿性能的非离子表面活性剂异构十三醇聚氧乙烯醚（10EO）（E-1310）共同使用，使其在低温下能够有效去除织物上的果胶、蜡质等杂质。此外，在轧液中加入高效渗透剂，以提高织物的带液率，通过提高反应物的浓度来提高反应速率并降低处理温度。

传统冷轧堆前处理工艺中双氧水（30%）的用量一般为 45~60 g/L，浸轧碱氧液后，一般需打卷堆置 18~24 h 才能获得满意的前处理效果。根据上述分析，提高反应物的浓度，可以提高反应速率，进而缩短反应时间。我们尝试将双氧水（30%）的用量提高至 80 g/L，以加快反应速率。鉴于常规冷轧堆工艺在打卷堆置过程中，布卷内的温度可达 40~45 °C，我们在实验中将堆置温度定为 50 °C，并将堆置时间缩短至 90 min。考虑到高浓度的双氧水可能会对纤维强力造成大的损伤，我们在碱氧液中还加入了偏硅酸钠和乙二胺二邻羟苯基大乙酸钠（EDDHA-Na）。偏硅酸钠 pH 缓冲指数高，可使反应过程中碱性释放变得温和，可降低因双氧水剧烈分解而造成纤维强力损伤的风险。此外，偏硅酸钠还具有优异的助洗作用，有利于杂质的去除。EDDHA-Na 是一种多功能金属离子螯合剂，对铁和铜离子有极强的螯合作用，而对镁离子的螯合力较弱，非常适合作为双氧水的稳定剂。EDDHA-Na 的分子结构中含有碳酰胺官能团，其碳酰胺键较牢固，键能为 246 kJ/mol，具有良好的化学稳定性，能够抵抗高浓度双氧水的氧化作用。EDDHA-Na 的加入，避免了金属离子对漂白的影 响，这样可有效控制双氧水的分解，使棉纤维的强力得以保持。

本试验过程中，对影响织物白度、毛效、强力等性能的因素进行了探讨，优化了工艺参数，并在优化工艺的基础上，加入漂白活化剂，以期进一步提高半制品的质量。

## 2 试验部分

### 2.1 织物、药品和仪器

织物：29.5 tex × 29.5 tex，110 根/10 cm × 60 根/10 cm 纯棉帆布（215 g/m<sup>2</sup>）。

药品：30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、NaOH（上海国药集团化学试剂有限公司），均为分析纯；乙二胺二邻羟苯基大乙酸钠（EDDHA-Na）、脂肪酸甲酯乙氧基化物（FMEE）、

(广州创恩化工有限公司),均为工业级;异构十三醇聚氧乙烯醚(10EO)(E-1310)(江苏省海安石油化工厂),工业级;高效渗透剂、漂白活化剂 DZ-1(新泰市东大质杰精细化工有限公司),均为工业级;偏硅酸钠(郑州市中原区富海化工商行),工业级;螯合分散剂 CM-5(华纺股份有限公司),工业级。

仪器: P-BD 型电动均匀轧车(台湾瑞比染色试机有限公司); DGG-9070A 型电热恒温鼓风干燥箱(上海森信实验仪器有限公司); SF650 型测色配色仪(美国 Datacolor 公司); YG(B) 871 型毛细管效应测定仪(温州大荣纺织仪器有限公司); HD026N 型电子织物强力仪(南通恒大实验仪器有限公司)。

## 2.2 前处理工艺

### 2.2.1 工艺流程

坯布→浸轧工作液(二浸二轧,轧余率 100%)→堆置(50 °C×90 min)→高温热水洗(95 °C~98 °C的水洗三遍)→温水洗(60 °C~70 °C的水洗一遍)→冷水洗→烘干→测试

### 2.2.2 工艺处方

30%H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	80 g/L
NaOH	10~20 g/L
偏硅酸钠	0~20 g/L
EDDHA-Na	0~8 g/L
FMEE	0~4 g/L
E-1310	1~2.5 g/L
螯合分散剂 CM-5	4 g/L
高效渗透剂	2 g/L

## 2.3 织物性能测试

白度：按 GB/T 8424. 2-2001 《纺织品 色牢度试验 相对白度的仪器评定方法》测定。试样折叠 4 层，用测色配色仪测 4 次，取平均值。

毛效：参照 FZ/T 01071-1999 的方法测试。在处理后的织物上取两条规格为 25 cm × 5 cm 的布样，在毛效测定仪上测量 30 min 液体芯吸高度，测两次取平均值。

断裂强力：根据 GB/T 3923-1997 《纺织品织物拉伸性能第 1 部分：断裂强力和断裂伸长率的测定 条样法》在电子织物强力仪上进行测试，并按式（1）计算强力损失率。

$$\text{强力损失率 (\%)} = (N1 - N2) / N1 \times 100\% \quad (1)$$

式（1）中，N1 为处理前织物的断裂强力，N2 为处理后织物的断裂强力。

退浆级别评定：将待测布样（3 cm × 3 cm）放入碘化钾/碘溶液中显色 60 s 后，用流动的自来水冲洗 30 s，立即与退浆级别测试卡对比评级。

棉籽壳去除率：处理前后织物表面棉籽壳的数量用目测法（Std ASTM D2496-80）测定。在织物上用黑笔画 10 cm × 10 cm 的正方形，数正方形内棉籽壳个数，根据式（2）计算棉籽壳去除率。

$$\text{棉籽壳去除率 (\%)} = (M1 - M2) / M1 \times 100\% \quad (2)$$

式（2）中，M1 为处理前织物上 10 cm × 10 cm 区域内棉籽壳的个数，M2 为处理后织物上 10 cm × 10 cm 区域内棉籽壳的个数。

蜡斑：将烘干的织物平整地铺在黑色的台面上，用管口直径为 1 mm 的滴定管，在布面的不同部位滴水，观察是否出现疏水的白色斑点。若有，则为蜡斑。

双氧水残余率：向漂白后（洗涤前）的织物上滴 2~3 滴残余双氧水测试溶液，15~20 s 后观察布面颜色变化。若滴定处为无色，则说明布面残余双氧水量为 0；若滴定处为黄色至橙色，则与标准卡 Scale T 作对比，计算布面残余双氧

水的百分含量。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 NaOH 用量对前处理效果的影响

本试验的目的之一是降低传统冷轧堆前处理工艺中的碱的用量。为此，设定如下工艺配方进行实验，探讨低碱条件下高浓度双氧水低温前处理的效果：

NaOH 10~20 g/L、30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 80 g/L、偏硅酸钠 15 g/L、EDDHA-Na 4 g/L、螯合分散剂 CM-5 4 g/L、高效渗透剂 2 g/L、FMEE 4 g/L、E-1310 1 g/L，实验结果见表 1。

表 1 不同用量的 NaOH 处理后织物的性能

NaOH 用量 (g/L)	白度 (%)	毛效 (cm)	强力损 失率(%)	蜡 斑	退浆 级别	棉籽壳去 除率 (%)
10	67.12	5.2	11.9	无	3	90
15	68.60	5.0	14.6	无	3~4	92
20	68.81	7.4	14.3	无	4	94

由表 1 可知，随着 NaOH 用量的增加，织物的白度、毛效、退浆级别和棉籽壳去除率都相应提高，并分别在 NaOH 用量为 20 g/L 时达到最大值。碱用量提高，对白度的影响不大，但对杂质的去除情况影响较大，用量越大，越有利于棉蜡、果胶、浆料等杂质的去除。综合考虑，NaOH 的用量优选 20 g/L。

#### 3.2 E-1310 用量对前处理效果的影响

在确定 NaOH 的用量为 20 g/L 的条件下，采用不同用量的 E-1310 进行实验，探讨其对前处理效果的影响规律，实验结果见表 2。

表 2 不同用量的 E-1310 处理后织物的性能

E-1310 用量 (g/L)	白 度 (%)	毛 效 (cm)	强 力 损 失率 (%)	蜡 斑	退 浆 级别	棉 籽 壳 去 除 率 (%)
1.0	69.41	7.3	12.5	无	4	93
1.5	69.75	8.3	14.3	无	4	95
2.0	69.95	10.3	13.4	无	4	94
2.5	69.93	8.2	10.5	无	4	94

注：30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 80 g/L、偏硅酸钠 15 g/L、EDDHA-Na 4 g/L、螯合分散剂 CM-5 4 g/L、高效渗透剂 2 g/L、FMEE 4 g/L。

由表 2 可知，随着 E-1310 用量的增加，织物的白度变化不大，而毛效逐渐上升，并在 E-1310 用量为 2 g/L 时达到最大值 10.3 cm。继续增大 E-1310 的用量，织物的毛效反而下降，这可能是由于 E-1310 与 FMEE 皆为非离子表面活性剂，当用量过高时，会形成大量的非离子胶束层，聚集在液体表面，降低了净洗能力，故毛效会下降。综合考虑，E-1310 的用量优选 2 g/L。

### 3.3 EDDHA-Na 用量对前处理效果的影响

对于高浓度双氧水低碱工艺，选用优良的双氧水稳定剂，使双氧水能与较浓的碱液共存至关重要。EDDHA-Na 是一种性能优异的金属离子控制剂。为此，我们选择不同用量的 EDDHA-Na 作为双氧水的稳定剂进行实验，结果见表 3。

表 3 不同用量的 EDDHA-Na 处理后织物的性能

EDDHA-Na 用量 (g/L)	白 度 (%)	毛 效 (cm)	强 力 损 失 率 (%)	蜡 斑	退 浆 级别	棉 籽 壳 去 除 率 (%)
0	62.21	6.1	19.9	无	3	80
2	68.21	6.6	13.6	无	4	88

4	68.10	9.1	12.5	无	4	94
6	68.68	8.6	13.0	无	4	96
8	69.79	9.5	13.0	无	4	93

注：30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 80 g/L、NaOH 20 g/L、偏硅酸钠 15 g/L、E-1310 2 g/L、螯合分散剂 CM-5 4 g/L、高效渗透剂 2 g/L、FMEE 4 g/L。

由表 3 可知，当轧液中不加 EDDHA-Na 时，织物的白度、毛效、退浆级别都较低。在加入 2 g/L 的 EDDHA-Na 后，织物的各项性能都相应提高，特别是白度。EDDHA-Na 是一种性能全面的氧漂稳定剂，不仅具有极强的螯合 Cu<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup> 等金属离子的能力，还具有优异的分散性能，能够防止除下来的杂质再次沉积到织物上，故对白度和毛效的提升作用很大。随着 EDDHA-Na 用量的增加，织物的白度变化不大，织物的毛效变化亦没有规律。综合织物的性能及成本因素考虑，后续实验 EDDHA-Na 的用量定为 4 g/L。

### 3.4 偏硅酸钠用量对前处理效果的影响

在高浓度双氧水低温低碱前处理工艺中，加入偏硅酸钠不仅具有缓冲溶液的 pH 及稳定双氧水的作用，在洗涤过程中还具有优异的助洗性能，下面将对其用量进行优化，实验结果见表 4。

表 4 不同用量的偏硅酸钠处理后织物的性能

偏硅酸钠用量 (g/L)	白度 (%)	毛效 (cm)	强力损失率 (%)	蜡斑	退浆级别	棉籽壳去除率 (%)
0	66.57	6.7	18.0	无	3	90
5	69.23	7.6	17.2	无	4	92
10	69.62	9.5	13.7	无	4	95

15	69.56	7.3	13.4	无	4	93
20	70.52	8.1	13.1	无	4	94

注：30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 80 g/L、NaOH 20 g/L、E-1310 2 g/L、EDDHA-Na 4 g/L、螯合分散剂 CM-5 4 g/L、高效渗透剂 2 g/L、FMEE 4 g/L。

由表 4 可知，当轧液中不加偏硅酸钠时，织物的白度和毛效都相对较低。当加入 5 g/L 的偏硅酸钠时，织物便获得很高的白度和毛效。随着偏硅酸钠用量的增加，织物的白度虽有上升但增幅不大，而织物的毛效随着偏硅酸钠的用量的增加，先上升后下降，并在偏硅酸钠用量为 10 g/L 时达到最大值。综合考虑，偏硅酸钠的用量优选 10 g/L。

### 3.5 FMEE 用量对前处理效果的影响

脂肪酸甲酯乙氧基化物（FMEE）的去油除蜡能力优异，现对其用量进行优化，以降低加工成本，实验结果见表 5。

表 5 不同用量的 FMEE 处理后织物的性能

FMEE 用量 (g/L)	白度 (%)	毛效 (cm)	强力损失率 (%)	蜡斑	退浆级别	棉籽壳去除率 (%)
0	64.40	7.9	11.3	无	3	85
1	64.83	8.4	9.2	无	4	88
2	66.23	9.2	8.0	无	4	90
3	65.29	10.0	8.3	无	4	94
4	66.17	10.0	11.8	无	4	94

注：30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 80 g/L、NaOH 20 g/L、偏硅酸钠 10 g/L、E-1310 2 g/L、EDDHA-Na 4 g/L、螯合分散剂 CM-5 4 g/L、高效渗透剂 2 g/L。

由表 5 可知，随着 FMEE 用量的增加，织物的白度变化不大，而毛效逐渐上升，当 FMEE 的用量超过 2 g/L 时，毛效上升趋于平稳。FMEE 的加入，对棉籽壳的去除有利，因为 FMEE 对蜡质的去除作用极强，这样有利于碱液对棉籽壳的溶胀，同时也使双氧水漂白更充分。综合考虑，FMEE 用量 2~3 g/L 为宜。

### 3.6 优选工艺

根据上述单因素实验，优选如下工艺进行实验：NaOH 20 g/L、30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 80 g/L、偏硅酸钠 10 g/L、EDDHA-Na 4 g/L、螯合分散剂 CM-5 4 g/L、高效渗透剂 2 g/L、FMEE 2 g/L、E-1310 2 g/L。此外，在优选工艺中加入不同用量的漂白活化剂 DZ-1，以期进一步提高处理后织物的性能，实验结果见表 6。

表 6 优化工艺下不同用量的活化剂 DZ-1 处理后织物的性能

活化剂 DZ-1 用量 (g/L)	白度 (%)	毛效 (cm)	强力损失 率 (%)	蜡 斑	退浆 级别	棉籽壳去 除率 (%)	双氧水残 余率 (%)
0	68.61	10.3	13.3	无	4	92	33.0
1	69.88	10.3	13.2	无	4~5	94	24.7
2	69.97	8.6	13.9	无	4~5	96	16.5
3	70.50	10.1	13.9	无	4~5	96	8.3
4	73.51	9.8	11.4	无	5~6	98	4.1

由表 6 可知，经优选工艺处理后的织物，其白度、毛效、棉籽壳去除率都很高，但退浆级别一般。此外，处理后布面残余的双氧水量较多，说明双氧水的利用率还是偏低。而在优选工艺中加入低温漂白活化剂后，织物的白度、退浆级别、棉籽壳去除率都随着活化剂用量的增加而提高，且处理后布面残余的双氧水量也随之降低。当活化剂的用量达到 4 g/L 时，处理后织物的各项指标都能满足后续染整加工需求。

由于采用的是低温低碱一步法工艺，与传统高温退煮漂工艺相比，可节省大量的蒸汽、助剂和水；与传统冷轧堆工艺相比，可大大缩短堆置的时间，生产效率得到极大的提高。因此，高浓度双氧水低温低碱前处理工艺既复合节能减排的要求，又符合后续染整加工产品的质量要求，具有非常好的应用前景。值得指出的是，本试验只是选取了纯棉产品中的一种中厚织物，对于涤棉及纯棉粗厚织物的高浓度双氧水低温低碱前处理工艺尚待继续研究开发。

#### 4 结论

(1) 采用高浓度双氧水低温低碱工艺对纯棉中厚织物进行前处理，得优化工艺为：NaOH 20 g/L、30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 80 g/L、偏硅酸钠 10 g/L、EDDHA-Na 4 g/L、螯合分散剂 CM-5 4 g/L、高效渗透剂 2 g/L、FMEE 2 g/L、E-1310 2 g/L，50 ℃堆置 90 min，处理后织物白度达 68.61%，毛效达 10.3 cm，退浆级别为 4 级，棉籽壳去除率达 92%，但布面双氧水残余率较高。

(2) 在优化工艺中加入 4 g/L 的漂白活化剂 DZ-1 可明显提高处理后织物的各项性能指标，完全达到纺织品后道工序的要求。

(3) 高浓度双氧水低温低碱前处理工艺对纯棉中厚织物是可行的，该工艺具有明显的节能减排、加工效率高、生产成本低的优势。

## 淼卡纤维的性能测试和吸湿放湿过程研究

薛建昌（石家庄常山恒新纺织有限公司）王倩蓉 张瑞寅 薛文良（东华大学）

**摘要：**介绍了高吸湿纤维的国内外研究现状及高吸湿纤维的分类方法；以上海正家纤维公司出产的淼卡纤维为试样，测定了在温度为 22℃、相对湿度为 64%的条件下，该纤维的部分物理性质，包括平均回潮率为 31.96%，平均细度

---

为 2.19 dtex，纤维的平均拉伸强力为 3.36cN；测试了淼卡纤维在标准大气条件下的吸放湿性能，给出了纤维在标准大气条件下的吸放湿曲线，并对实验结果进行分析，得出结论：淼卡纤维具有很强的吸湿能力，属于快吸慢放型纤维，且纤维存在较大的吸湿滞后性，得到纤维的吸湿滞后值为 18.98%。

**关键词：**高吸湿纤维；吸湿；放湿

近年来，随着人们生活水平的提高，对于服装或服装面料舒适性的要求越来越高，而服装穿着的舒适性与材料的吸放湿特性密切相关。因此，国内外对于吸水、吸汗纤维的研究与开发愈来愈重视，该类纤维的生产规模迅速的扩大。

目前，高吸水纤维的主要生产国有加拿大、美国、日本等，其中属日本在这方面的研究经验及产品开发最为丰富。加拿大阿尔伯达省卡尔加利市的 Camelot Super absorbents 有限公司在 1994 年便开始高吸水纤维 Fibirdri 和 Fiberborb 的中试生产；美国 Arco 化学技术公司、Bix Fiberfilm 公司和 Asahi 化学公司在高吸湿纤维的生产研究领域也占有很大分量。而日本在这方面的研究相当广泛：比如钟纺是日本最大的高吸水纤维生产厂家，2002 年高吸水纤维产量达到 3500 吨/年，其产品是聚丙烯酸盐高吸水纤维及高吸水无纺布；日本东丽公司在尼龙 6 中混入特殊的高吸湿性聚合物而制得的均匀相溶的聚合物混合体 Quup，Quup 既保持了尼龙原来的特性，又能使吸湿性提高 2 倍。

## 1 高吸湿纤维的分类

### 1.1 原料分类

(1) 纤维素类：通过对纤维素进行化学改性，将强亲水性的羧基引入纤维素的大分子链，进行羧甲基化。

(2) 聚羧酸类：以聚羧酸和羧酸的共聚物为主要原料，添加其它可纺性较好的聚合物纺丝制备高吸水纤维。所制备的高吸水纤维可热交联，也可加入适量

的多元醇交联，常用的不饱和羧酸单体主要有丙烯酸、甲基丙烯酸、丁烯酸等。

(3) 聚丙烯腈类：通过对腈纶纤维的外层进行选择亲水改性，改性后的外层和未发生变化的内层共同构成皮芯结构高吸水纤维。

(4) 改性聚乙烯醇类：聚乙烯醇是一种有大量亲水基团的聚合物，它具有水溶性，能吸收大量的水分，如果向聚乙烯醇分子内引入羧基后，效果更显著。

## 1.2 加工方法分类

(1) 与亲水性单体共聚，使成纤聚合物具有亲水性

先进行聚合物交联制得可纺性高吸水性树脂，然后再纺丝成形制成纤维。聚合物交联法受到聚合物水溶液粘度及其分子量的限制。若控制聚合物溶液的浓度和粘度在较低值时，所得纤维的吸水倍率也较低，但仍比单体聚合法有利。

(2) 采用亲水性单体进行接枝共聚

可纺性高吸水性树脂采用吸水性单体与非亲水性(或亲水性小)物质共聚的方法制取。共聚使用的单体主要是含氰基、酰胺基、酯基、羧酸基、硫酸钠基等乙烯基的不饱和单体，如丙烯腈、丙烯酰胺、丙烯酸钠、甲基丙烯酸甲酯、亚甲基双丙烯酰胺、对苯乙烯左侧酸钠等。聚合采用乳液聚合(或反向乳液聚合)、悬浮聚合(或反悬浮聚合)，有时亦采用溶液聚合。纺丝方法可分为溶液纺丝与熔融纺丝。日本早乙女和雄等将棉花/聚酯(50/50)混纺棉浸渍丙烯酸单体水溶液后，在特定温度、氨气/水蒸气混合气流作用下，用电子射线照射引发聚合，得到蓬松纤维，能与纤维素共混制成吸水材料。这样生产出的吸水纤维吸水倍率约200g/g。

(3) 用亲水性物质对纤维表面进行处理

如纤维同吸水树脂复合法，该复合法是指通过纤维表面与吸水树脂进行化学反应制造吸水纤维及纤维改性制成吸水纤维的方法。此类方法生产的高吸水

纤维强度和完整性均较好，且吸水速度快，是一类较好的方法。羧甲基纤维素通过交联引入高吸水聚合物的方法早就有，聚丙烯腈纤维 30%的表面官能团经加水分解后与丙烯酸类吸水树脂交联制成高吸水纤维。这种纤维材料通常能够制成无纺布，但后加工成纺织制品还存在一定的困难。

#### (4) 改变纤维的形态

例如超细纤维采用桔瓣技术使纤维表面积增大，织物中孔隙增多，借助毛细管芯吸效应增强吸水效果。另外常用的方法是对纤维的截面进行中空化或异形化处理。

## 2 吸湿放湿过程的研究

本文研究的淼卡纤维为丙烯酸-聚丙烯腈合成纤维，它外观呈粉红色，手感柔软润滑，富有光泽，具有良好的吸湿放湿性能。

### 2.1 实验部分

实验原料包括主要原料包括纤维试样，蒸馏水；仪器主要有 FA1004 型电子天平，LLY-O6GE 电子单纤维强力仪，DHG-9240A 型电热恒温鼓风干燥箱，Y802A 型八篮恒温烘箱，HM10 型温湿度表。

#### (1) 纤维细度的测定

本实验依据国家标准《化学纤维、短纤维线密度试验方法》GB/T 14335—2008。从已调湿的试样中随机抽取 10g 左右作为细度测定样品，这些样品通过束纤维中段称量法来测得纤维的细度值。首先从样品中取一定根数的纤维束，手扯整理几次，使之成为一端平齐、伸直且不延伸的纤维束。在能消除卷曲所需要的最小张力下，将试样束放在与切断器的刀口垂直的地方，用切断器从试样束的中部切下 20mm 的试样束中段，其中不得有游离纤维。用镊子夹取一小束中段试样放在扭力天平上称重（精确至 0.01mg），随后将已测重量的中段试

样逐根计数。最后测得试样的平均细度为 2.19dtex。

### (2) 纤维强力的测定

本实验依据国家标准《化学纤维、短纤维拉伸性能试验方法》GB/T 14337-2008。从已达平衡的试样中随机取出约 500 根的纤维，均匀铺放于绒板上以备测定。用镊子从待测试样中随机抽取一根，用 0.2CN 的张力夹夹持纤维的一端，将纤维置于仪器的夹持器中，保证纤维沿轴向伸长，然后进行拉伸实验，得出试样断裂时的负荷及伸长值。实验次数为 50 次，试样预加张力为 0.2cN，夹持距离为 10mm，拉伸速度为 20mm/min。由实验得出，纤维的平均拉伸强力为 3.36cN，平均的断裂伸长为 48.37%，属于低强高伸纤维，完全能保证纺纱加工和织物坚牢性的要求。

### (3) 纤维回潮率的测定

本实验依据国家标准《化学纤维-回潮率试验方法》GB/T 6503-2008。称取 10 个试样，每个试样 50g 左右，精确至 0.01g，记录为烘前质量。开启烘箱电源开关和分源升温开关，并将烘箱的温度调至  $110 \pm 2^\circ\text{C}$  后，关闭分源升温开关；将已装试样的称量盒放入烘箱，待烘箱温度升至规定温度时开始计时，烘 2 个小时之后，打开箱门，迅速盖上称量盒盖放入干燥器冷却；待试样冷却至室温时，开始称量烘干后质量，称量之前瞬时打开盒盖再盖上，保证盒内气压与大气压一致。应注意试样在运送途中不能受潮；最终纤维的回潮率取十个试样的平均回潮值。

试样的回潮率按式(1)计算：

$$R_i = (m_{i0} - m_{i1}) / m_{i1} \quad (1)$$

式中：

$R_i$ —第  $i$  个试样的回潮率，%；

$m_{i0}$ —第  $i$  个试样的烘干前质量， g;

$m_{i1}$ —第  $i$  个试样的烘干后质量， g;

试样的平均回潮率按式(2)计算:

$$R = \sum R_i / n \quad (2)$$

$R$ —平均回潮率， %;

$n$ —试样个数。

最后测得试样的平均回潮率为 31.96%。由此可见由于丙烯酸基团的作用，在标准状态下该合成纤维比普通的腈纶纤维吸湿性提高了很多，同时也远远超过棉、羊毛等天然纤维。

#### (4) 纤维吸湿过程质量测定

取出已调湿好的约 1 g 纤维试样在 105℃ 烘箱内烘烤 1 h，烘至试样的质量不变时，称取试样的初始重量。然后将试样放置在玻璃皿中，尽量保持蓬松状态下进入吸湿过程，每隔一段时间记录 1 次试样重量，当前后两次称重之差与后一次重量之比小于 0.05% 时，视为纤维在标准状态下达到吸湿平衡。实验采用 10 组纤维试样，每组试样纤维质量约为 1g。

#### (5) 纤维放湿过程质量测定

将已调湿好的纤维试样浸于蒸馏水中 30 min 后取出，在普通脱水机上脱水 10 min，然后将纤维试样放到密闭容器中进行测量，测得的重量为试样的初始重量。然后将纤维放在标准温湿度下进行放湿，每隔一段时间称重一次，当前后两次称重之差与后一次重量之比小于 0.05% 时，视为已达到放湿平衡。实验采用 10 组纤维试样，每组试样纤维质量约为 1g。

### 3 实验数据分析及结果讨论

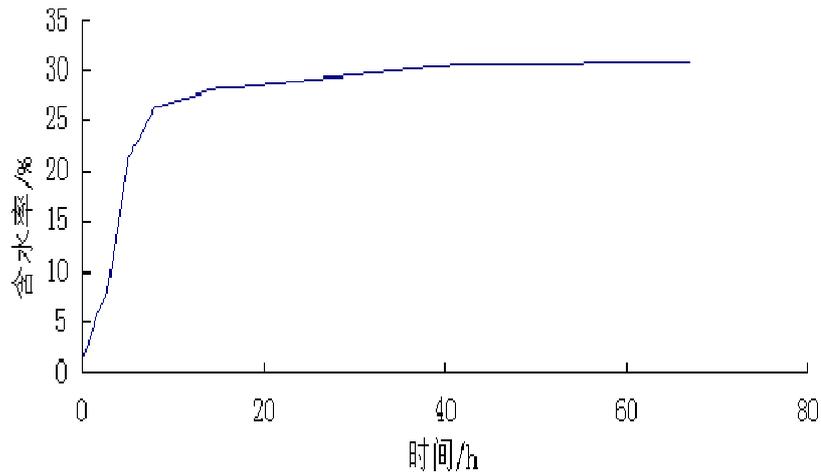


图 1 试样吸湿曲线

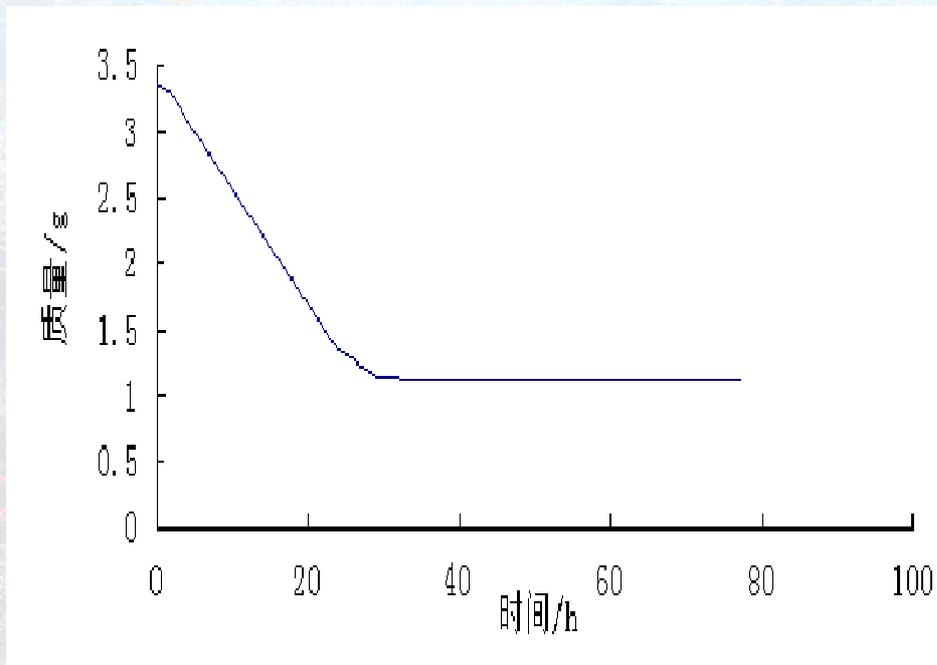


图 2 试样放湿曲线

从吸湿曲线中可以看出纤维在吸湿过程中的质量变化趋势，从开始至 6h 的初始阶段内，纤维的吸湿速率比较快，在 6h 后纤维的含水率迅速达到 25% 左右，之后纤维的吸湿速率明显下降，曲线的斜率趋于平缓，同时纤维的含水率逐渐接近饱和量；从放湿曲线中可以看出，在纤维放湿的初始阶段，即第一个 24h 之内，纤维的放湿速率较快，在 24h 之后，放湿速率明显减小，曲线也趋于平缓，纤维逐渐达到放湿平衡。最后从实验得到的数据中可以看出，在相同实验

---

条件下，即温度 22℃、相对湿度为 64%，放湿的回潮率—时间曲线和吸湿的回潮率—时间曲线最后并不重叠，存在差值，即吸湿平衡回潮率小于放湿平衡回潮率，这种现象，即为纤维的吸湿滞后性或吸湿保守性。

纤维的回潮率因吸湿滞后性造成的差值称为吸湿滞后值，它取决于纤维的吸湿能力及大气的相对湿度。在同一相对湿度下，吸湿能力大的纤维，吸湿滞后值也大。同一种纤维，相对湿度较小或较大时，吸湿滞后值都小，而在中等相对湿度时，吸湿滞后值则较大。在标准大气条件下，吸湿滞后值：蚕丝为 1.2%，羊毛为 2.0%，粘胶为 1.8~2.0%，棉为 0.9%，锦纶为 0.25%，而涤纶等吸湿性差的合成纤维，吸湿滞后值基本为 0。从实验数据中可知：试样的吸湿滞后值约为 18.98%，比粘胶、羊毛等常用纤维的吸湿滞后值都要高出许多，也从侧面表现了纤维试样有很强的吸湿能力。

造成纤维吸湿滞后性的主要成因：本纤维试样属于高吸湿纤维，在浸湿纤维时，由于水分子进入纤维内部，使纤维大幅溶胀，大分子间少数连接点被迫拆开，纤维内无定形区的分子链间的距离增加，同时也加大了纤维的无定形区，使纤维有更大的空间储存游离的水分子。放湿时，水分子离开纤维，由于大分子上已有较多的极性基团与水分子相吸引，阻止水分子离去，因而试样的放湿速率非常缓慢；另外水分子离开纤维后，无定形区纤维分子间需要重新形成交联点，但纤维分子间的距离不能完全回复到未吸湿前的情况，仍保持了较大的距离，因此纤维中保留着一部分水分子，有较高的平衡回潮率。因此同一纤维在同样的温湿度条件下，从放湿达到平衡比从吸湿达到平衡具有较高的回潮率。

#### 4 结论

(1) 在温度为 22℃、相对湿度为 64%条件下，该纤维的平均回潮率为 31.96%，平均细度为 2.19 dtex，纤维的平均拉伸强力为 3.36cN。

(2) 纤维的吸湿规律：实验前统一称好的 1g 左右的纤维试样在烘干后，其质量会有所不同，但区别不是很大，质量差异一般在 0.15g 之内；将纤维放入恒温恒湿实验室中吸湿后，其吸湿曲线的走向基本一致，说明该曲线代表这种纤维在吸湿过程中的基本变化规律，即如上所述，在前 6 小时之内的初级阶段迅速吸湿，之后速率减缓，趋于平衡。

(3) 纤维的放湿规律：将实验前统一称好的 1g 左右的纤维试样浸湿并脱水后，各个试样间的质量差异比较大，造成该结果的原因可能在于试样的在脱水过程中受力不均匀。从五组数据所得的曲线来看，各试样放湿速率的变化基本一致，即在前 30 小时的初级阶段内，纤维的放湿速率较快，在 30 小时之后放湿速率迅速放缓并趋于平衡。

试样属于快吸慢放型纤维。纤维分别达到吸湿平衡及放湿平衡时的回潮率值差 18.98%，说明纤维存在吸湿滞后性，也从侧面表现了纤维试样超强的吸湿能力。

## 纤维素接枝丙烯酸类高吸水性树脂的研究

罗金玉 陈雪 宋钰（辽宁石化职业技术学院）

**摘要：**本论文采用反相悬浮聚合法合成高吸水性树脂。先将纤维素糊化，将丙烯酸用氢氧化钠部分中和后加入到糊化后的纤维素中，再加入环己烷、Span-60，用水溶性的过硫酸铵做引发剂，在一定的反应温度和时间下，得到纤维素接枝丙烯酸类高吸水性树脂。并讨论了原料配比、反应条件等对吸水率的影响。

**关键词：**高吸水性树脂；纤维素；丙烯酸；接枝共聚

纤维素接枝丙烯酸类高吸水性树脂，主要以纤维素为骨架，通过与丙烯酸

接枝共聚形成，纤维素来源丰富，价格低廉，并且可以自发降解，无毒，适合做高吸水性材料。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原料

纤维素（干燥后使用），丙烯酸（分析纯），氢氧化钠（分析纯），环己烷（分析纯），过硫酸铵（分析纯），Span-60（化学纯），吐温-40（化学纯），N,N-亚甲基双丙烯酰胺（分析纯）。

### 1.2 制备方法

在装有搅拌器、回流冷凝器、温度计的四口瓶中加入纤维素和 50g 水加热至 50℃左右，进行搅拌糊化，糊化 30min，降温，用一小烧杯称取丙烯酸，然后用浓度为 7.5mol/l 的氢氧化钠溶液中和至设定中和度，用另一烧杯称取环己烷，加入司班溶解，将溶解后的司班，环己烷，丙烯酸钠，聚乙烯醇，交联剂，引发剂加入到四口瓶，搅拌升温至 64℃，反应 3h，将反应产物冷却、洗涤、抽滤、真空干燥后，进行性能的测定。

### 1.3 性能测定

#### 1.3.1 吸水率的测定

吸水率是指一克吸水剂所吸收去离子水的量。

$$Q = (m_2 - m_1) / m_1$$

式中： Q——吸水倍率(g/g)；

$m_1$ ——树脂未吸水的质量(g)；

$m_2$ ——树脂充分吸水后的质量(g)。

#### 1.3.2 保水率的测定

称取一定量充分吸水的树脂凝胶，放入恒温烘箱中，测定不同时间内树脂

凝胶的质量<sup>[2]</sup>。

$$B = (m_1/m_2) \times 100\%$$

式中：B——树脂的保水率(%)；

$m_1$ ——定时脱水后的树脂凝胶质量(g)；

$m_2$ ——吸水饱和的树脂凝胶质量(g)。

## 2 结果与讨论

### 2.1 糊化温度对吸水率的影响

糊化温度主要影响糊化效率，纤维素的活性，进而影响聚合物分子量的大小，影响吸水效率。

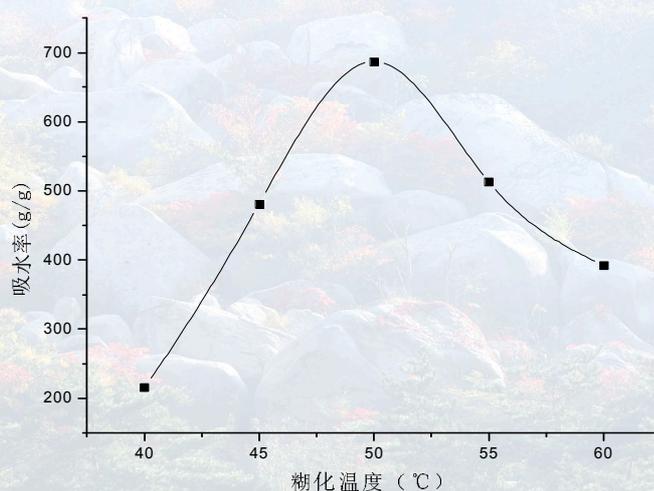


图 1 糊化温度对吸水率的影响

由图 1 可知，纤维素的最佳糊化温度为 50℃，此时吸水率最大(为 687g/g)。

这是由于糊化温度低时，纤维素的活化效果不佳，接枝共聚反应不易发生，聚合物分子量小，故吸水率较低。而糊化温度过高，纤维素结构会遭到破坏，吸水率降低。

### 2.2 糊化时间对吸水率的影响

糊化时间对吸水率的影响如图 2 所示。

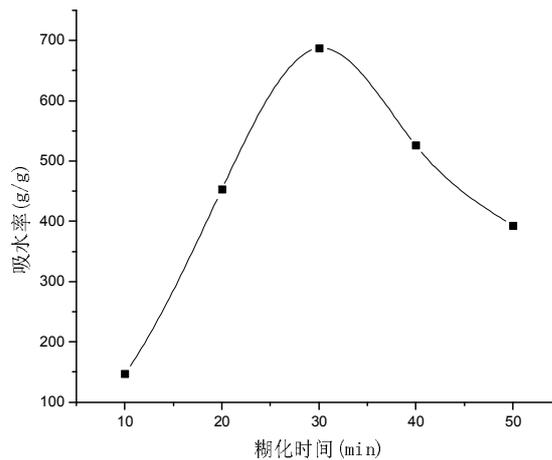


图 2 糊化时间对吸水率的影响

由图 2 可以看出糊化时间为 30min 时吸水率最大。这是因为糊化时间短时，糊化效果不完全，纤维素的活性低，接枝共聚反应不易发生，故吸水率较低；糊化时间过长，容易发生副反应，破坏纤维素结构，吸水率也会降低。

### 2.3 丙烯酸的用量对吸水率的影响

纤维素用量固定为 10g，改变丙烯酸的用量来考察其对吸水率的影响。

由图 3 可知，丙烯酸的用量为 90g，即纤维素与丙烯酸的质量比为 1/9 时，吸水率较大，这是由于丙烯酸用量较小时，接枝率较低，亲水基团较少，吸水率较低。丙烯酸用量过多时，均聚物增加，产生大量反应热，不易及时散失，容易产生爆聚，导致吸水率下降。

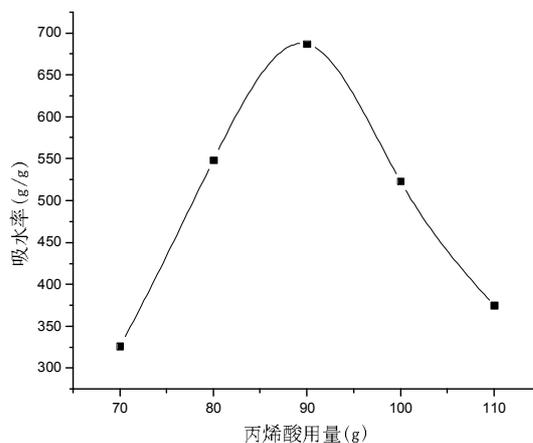


图 3 丙烯酸用量对吸水率的影响

#### 2.4 环己烷的用量对吸水率的影响

环己烷作为分散介质，其用量（纤维素用量固定为 10g，丙烯酸用量固定为 90g）主要影响反应的散热情况、聚合物分子量的大小及生产效率和后干燥处理。

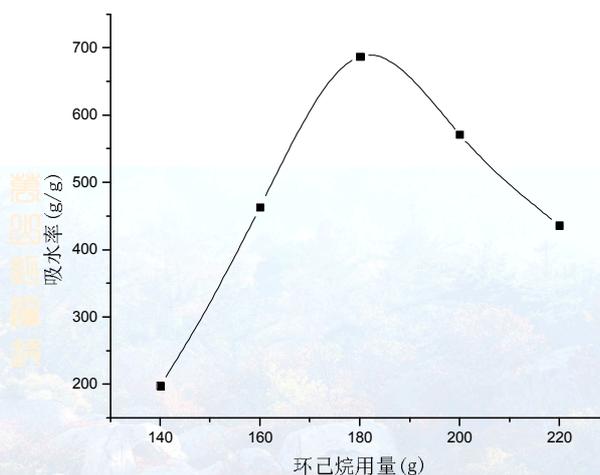


图 4 环己烷的用量对吸水率的影响

由图 4 可知，环己烷的用量为 180g 时，即纤维素与环己烷的质量比为 1/18 时，吸水率较大，这是由于在聚合中，环己烷的用量过大时，聚合反应速率慢，聚合物分子量小，甚至溶于水，故吸水率较低。而且由于环己烷的用量大，生产效率低，同时也给后面的干燥工序增加负担。环己烷的用量小时，由于聚合过程中散热困难，产生副交联，而使吸水率降低。

#### 2.5 Span-60 的用量对吸水率的影响

Span-60 作为分散剂，它的用量主要影响分散效果的好坏，进而影响产品的外形及散热情况等，固定其他反应条件不变，考察分散剂对产品吸水率的影响。

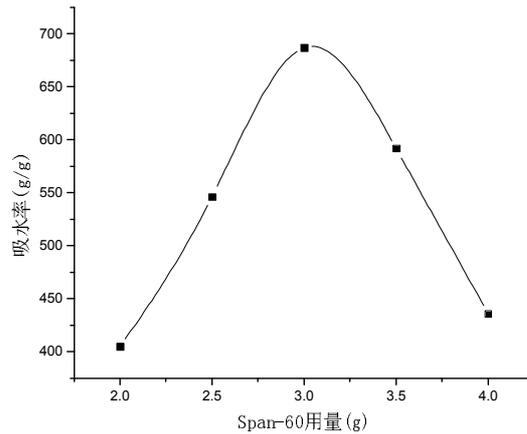


图 5 Span-60 的用量对吸水率的影响

由图 5 可知，Span-60 的用量为 3g 时，吸水率较大，这是由于在聚合中，Span-60 的用量少的时候，分散效果不好，聚合过程中出现结块现象，散热困难，导致吸水率较低；而 Span-60 的用量过多，生产效率低，聚合反应速率慢，聚合物分子量小，吸水率也会降低。

## 2.6 引发剂用量对吸水率的影响

引发剂的用量不仅影响反应速率、转化率、分子量的大小，而且会影响到反应是否会发生爆聚，固定其他条件不变，改变引发剂用量考察其对吸水率的影响。

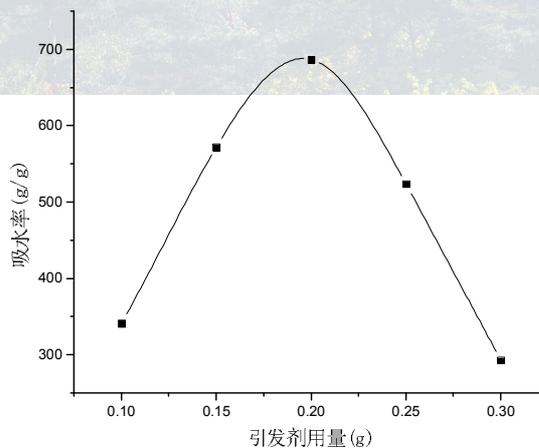


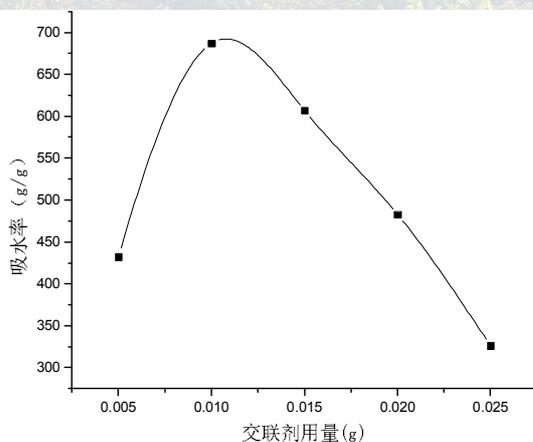
图 6 引发剂用量对吸水率的影响

由图 6 可知，引发剂用量为 0.2g 时，吸水率比较大，此值为引发剂用量的最佳值。这是由于引发剂用量较小时，反应活性中心少，反应速度慢，甚至不反应，导致转化率及交联均匀度低，故吸水率也低。而且由于引发剂少，引发反应困难，诱导期相对较长，造成反应积累到一定程度突然快速反应，产生爆聚。引发剂用量太多时，反应活性中心多，反应速度快，反应转化率也较高，但引发剂用量过多会增加大分子自由基终止的机会，使分子量下降，链端数目增加，甚至会出现水溶性，从而使吸水剂的吸水率降低。由于反应速率快，产生大量反应热，不易及时散失，容易导致反应产生爆聚。

## 2.7 交联剂用量对吸水率的影响

其他反应条件不变，考察交联剂用量对吸水率的影响如图 7 所示。

由图 7 可以看出交联剂的最佳用量为 0.01g，此时吸水率最大。这是因为树脂是三维立体网络结构，当交联剂用量太少时，聚合物未能形成网络结构，宏观上表现为水溶性。随着交联剂用量的增加，分子链网络逐渐形成，故吸水率逐渐上升。形成三维网络结构时，吸水率达到最大值。随着交联剂用量的进一步增加，聚合物网络结构中的交联点增多，交联点之间的网链变短，网络结构中的微孔变小。故吸水率逐渐下降。



## 图 7 交联剂用量对吸水率的影响

### 2.8 中和度对吸水率的影响

从吸水机理可知，亲水基团是高吸水性树脂能够完成吸水过程的原动力。丙烯酸的中和度直接影响到树脂分子链上的亲水基团的数目多少，从而影响到聚合物的吸水能力。

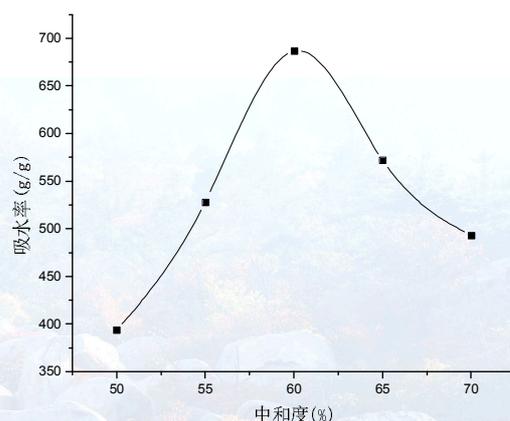


图 8 中和度对吸水率的影响

由图 8 可知，最佳中和度为 60%，此时吸水率最大。这是因为中和度低时，该液酸性大，聚合速率快，易引起爆聚，产生酸酐副交联且聚合物分子链上的  $\text{-COOH}$  基电离程度低，分子链及网络在吸水时呈收缩状态，产生渗透压和亲和力均小，故吸水率小。随着中和度的增加，分子链上电离的  $\text{-COO}^-$  基增加，由于  $\text{-COO}^-$  基的排斥作用，分子链伸直，网络膨胀，同时产生的亲和力增强，渗透压增大，因而吸水率增加。中和度过高时，网络结构上的离子浓度较大，水分子和离子之间的氢键既多又强，由于氢键具有方向性，用氢键结合的水分子在空间上有一定的取向，相邻的氢键彼此干扰排斥，此外，相邻的带电羧基基团亦相互排斥，限制分子链的自由运动，使聚合物的微孔不能充分发挥其贮水能力，故聚合物的吸水率较低。

### 2.9 反应温度对吸水率的影响

反应温度主要影响聚合反应速率，同时也影响聚合物的分子量和反应是否出现爆聚。

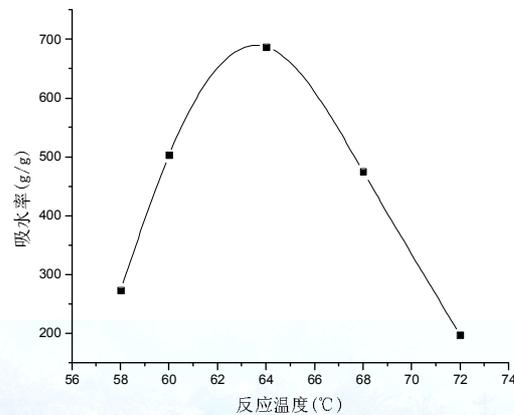


图 9 反应温度对吸水率的影响

由图 9 可以看出最佳反应温度为 64℃，此时吸水率最大。这是因为反应温度低时，反应速率慢，反应所需的时间长，生产效率低，而且因为温度低，引发剂分解速度慢，引发诱导期时间长，反应积累到一定阶段会突然爆聚，故吸水率较低；反应温度升高，体系粘度下降，单体易于分散，而且有利于引发剂的分解，单体转化率高，吸水率增加；但温度过高聚合物分子量小且分布不均匀，导致吸水率降低；温度过高，体系热难以散去，造成局部产物自交联，降低吸水率；温度过高，引发剂分解速度快，反应速率较快，生产的反应热散失困难，容易产生爆聚。

### 2.10 反应时间对吸水率的影响

其它条件不变，考察反应时间对吸水率的影响。

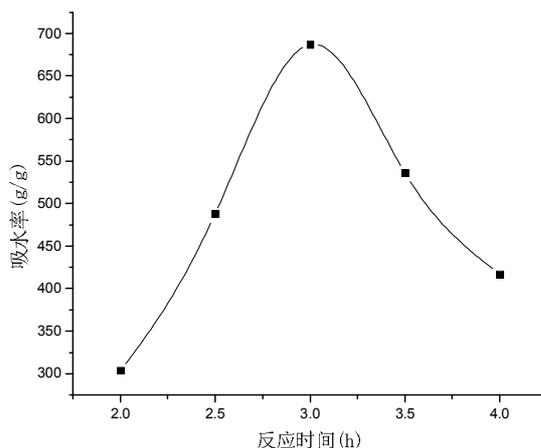


图 10 反应时间对吸水率的影响

由图 10 可以看出，随着反应时间的增加吸水率逐渐增加，达到 3h，吸水率达到最高值，再延长反应时间吸水率有所下降，符合自由基反应规律。反应开始时延长反应时间可以增加聚合程度。反应到 3h 后，反应趋于平衡，达到稳态聚合阶段，生成速率与消失速率相等，构成了动态平衡，即不受反应时间长短的影响，但反应时间过长，会造成树脂降解，分子量变小，降低吸水率。

### 2.11 不同温度下保水率与时间的关系

表 1 不同温度下保水率与时间的关系

序号	时间(h)	保水率(%)		
		40℃	60℃	80℃
1	1	91	89	88
2	2	85	83	81
3	3	80	75	73
4	4	72	71	70

注：表 1 中的数据是用最佳配比制得的吸水剂得到的

由表 1 可以看出，纤维素接枝丙烯酸类高吸水性树脂的保水性较好，即使

在 80℃ 经 4h 仍能保持 70% 的水分。同一时间里，40℃、60℃、80℃ 的保水率呈递减趋势。

## 2.12 不同的分散剂对产物性能的影响

实验发现，吐温-40 由于亲水性太强，易发生粘槽，得不到粒状产品；Span-60 分散效果较好，能得到疏松粒状聚合物。

表 2 分散剂对产物性能的影响

分散剂	体系稳定性	产物物理状态	吸水率 (g/g)
Span-60	稳定	疏松颗粒	687
吐温-40	爆聚、粘釜	粉状	396

注：表 2 中的数据是用最佳配比制得的吸水剂得到的。

## 2.13 树脂的回收再利用

纤维素接枝丙烯酸类高吸水性树脂在第一次吸水后最高吸水率为 687g/g。将吸过水的树脂用烘箱烘干，再次吸水后其吸水率为 594g/g。由此可以证明，纤维素接枝丙烯酸类高吸水性树脂可以回收再利用。

## 3 结论

(1) 纤维素接枝丙烯酸类高吸水性树脂是采用反相悬浮聚合法，以过硫酸铵为引发剂合成的高吸水性树脂。

(2) 原料最佳配比 (质量比) 为：纤维素/丙烯酸=1/9，纤维素/环己烷=1/18，纤维素/Span-60=10/3，纤维素/引发剂=1/0.02，纤维素/交联剂=1/0.001，纤维素的最佳糊化温度为 50℃，最佳糊化时间为 30min，最佳中和度为 60%；最佳反应温度为 64℃；最佳反应时间为 3h。在以上条件下合成的产品的吸水率为 687g/g。

(3) 产品的保水率较好，在 80℃，4h 的条件下仍能保持 70% 的水份。(4) 本吸水材料吸水后可以再利用。

# 高吸水性纤维

高吸水性纤维是纤维状高吸水性功能高分子材料，能够吸收自重几十至几千倍的水分。与传统吸水材料如脱脂棉、纤维素纤维相比，它不但拥有极高的吸水量，而且保水性强，即使在高压下也不失水。制造高吸水性纤维的高吸水性树脂是水溶性聚合物的延伸与拓展，它通过交联、水解技术，具有低交联度、高溶胀率、不溶于水的结构和性能特征。高吸水性树脂是一个低交联度的三维网络，其主链或侧链上含有亲水基团如羧基、酰胺基、羟基、磺酸基等，其微观结构因合成体系不同而呈现多样性如海岛型结构、蜂窝型结构和颗粒状结构。

传统吸水材料主要靠大分子链上的亲水基团及材料中的孔隙达到吸水的目的，这种吸水方式的吸水量非常有限，且在压力作用下纤维的保水性很差。而高吸水性高聚物则不同。W Y Lee 等对离子型高吸水性树脂的吸水机理进行了探讨，认为网络内外的渗透压差是树脂大量吸水的关键；K NAKAMURA 等运用 DSC、NMR 法分析树脂凝胶中水的结合状态时也证明了这一点；林润雄等运用 Flory Huggins 热力学理论和溶液热力学理论对高吸水性树脂的吸水热力学、动力学进行了探讨；Zeng L 等用 NMR 研究了高吸水性纤维与丙纶混纺织物的吸水特性。

高吸水性树脂按原料可分为三大类：①淀粉系（淀粉接枝、羧甲基化等）；②纤维素系（纤维素羧甲基化、接枝等）；③合成聚合物系（包括聚丙烯酸系、聚乙烯醇系等）。其中聚丙烯酸（盐）类占高吸水性树脂总产量的 80% 以上。这类高分子交联体属于离子型电解质，吸水能力特别强，且贮运方便。

高吸水性聚合物在实际运用中主要有片状、膜状、粒状、粉状及纤维状。其中纤维状的吸水材料吸水表面积大、吸水速度快、柔软、与皮肤接触舒适，特别适合制造吸水性纺织品，使高吸水性材料获得更广泛的应用。

## 1 高吸水性纤维的制造

目前纤维状高吸水材料的制造方法主要有两种：

### 1.1 纤维的亲水化改性

纤维的亲水化改性是目前制造高吸水性纤维最常用的方法。它是将一般纤维如棉纤维、粘胶纤维或合成纤维如聚乙烯醇纤维、聚酰胺纤维、聚丙烯腈纤维等通过物理或化学方法处理来提高其吸水性能。物理改性是将一般纤维与吸水性纤维混纺，也可在一般纤维中加入吸水性粉末，或者将高吸水性树脂的分散溶液涂覆在一般纤维或纤维制品上以提高纤维的吸水率。章悦庭等将丙烯酸接枝淀粉用 NaOH 处理后涂覆到非织造布上，制得的高吸水性非织造布每平方米可吸水几十公斤，吸水速度比颗粒状树脂快很多，且手感柔软。化学处理则是用一般纤维与反应性物质反应制取高吸水性纤维。如将聚乙烯醇纤维加至顺丁烯二酸配的有机溶剂中，加热使聚乙烯醇分子的侧链一部分酯化，引入羧基，同时使分子间形成交联结构，从而制得高吸水聚乙烯醇纤维。日本理上义治、小仓真人等用类似方法制得吸水倍率为 110 倍的水凝胶。用 NaOH 溶液处理后的聚丙烯腈纤维，经盐酸中和，再用甲醛处理也可得到高吸水性的纤维。此外，纤维素的醚化及纤维素纤维、粘胶纤维接枝丙烯酸皆属于纤维的化学法亲水化改性。特别是改性纤维素纤维，不但原料丰富、价廉，而且力学性能好，因而具有非常广阔的前景。

### 1.2 高吸水性树脂纺丝法

该法须先制得可纺性高吸水性树脂，然后再纺丝成形制成纤维。目前可纺

性高吸水性树脂主要采用吸水性单体与非亲水性（或亲水性小）物质共聚的方法制取。共聚使用的单体主要是含氰基、酰胺基、酯基、羧酸基、磺酸钠基等乙烯基的不饱和单体，如丙烯腈、丙烯酰胺、丙烯酸钠、甲基丙烯酸甲酯、正甲基双丙烯酰胺、对苯乙烯磺酸钠等。聚合多采用乳液聚合（或反向乳液聚合）、悬浮聚合（或反向悬浮聚合）。有时亦采用溶液聚合。纺丝方法可分为溶液纺丝与熔融纺丝两种。溶液纺丝是将上述聚合物溶解到有机溶剂中配成均匀分散溶液，再经干法或湿法纺丝制成高吸水性纤维。选用的溶剂主要有硫氰酸钠水溶液、二甲基甲酰胺、丙酮等。Westerink 等用纤维素、磷酸（酐）等制成纺丝原液。采用湿法纺丝将其挤入含有丙酮的凝固浴中，制得吸水能力为 10g（水）/g（纤维），吸盐水能力为 10g（盐水）/g（纤维）的高吸水性纤维素纤维。熔融纺丝则是将高聚物熔融成粘流态后挤出成丝。例如在尼龙 6 中加入微量的聚丙烯酸钠吸水剂，经熔融纺丝制得的改性尼龙 6 纤维的吸水及保水性都比纯尼龙 6 纤维有较大提高。

## 2 高吸水性纤维用途

纤维状高吸水材料吸水表面积大，吸水速度快，手感柔软，大大拓宽了高吸水性材料的应用范围，尤其适合制造高吸水性纺织品。其用途主要分为以下几个方面：

### 2.1 医疗卫生保健用品

据报道，个人卫生护理用品每年大约用去 95% 的吸水树脂，采用高吸水性纤维制造的婴儿尿片、成人失禁垫等不但吸收速率高、吸量大，而且更加舒适、贴肤；餐巾、抹布、手纸中加入高吸水性纤维也可大大提高其使用性能。表 1 对几种衣料的吸水性能作了一个比较，从中可见添加了高吸水性纤维的贴身衣物能更有效地保持皮肤干爽，人体舒适感大大增加。

表 1 吸水衣料性能比较

织物材质	32t, RH75% 穿 两小时后闷热感	22~24t, RH58%-64%, 穿着进行 网球的闷热感运动两小时后感觉
聚丙烯腈与吸水性树脂共混纤维织物	不闷热	光滑感
常用聚丙烯腈纤维织物	闷热	明显粗糙, 闷热感
木棉(100%) 织物	不闷热	粗糙感稍大, 稍闷热

在医用方面, 将高吸水性纤维用于手术垫、手术手套、手术上衣、手术棉等可以迅速吸收血液、体液, 保持医疗环境的干爽、洁净。将高吸水性纤维用于病床垫褥还可避免褥疮。用人造纤维接枝制成的止血栓现已大量用于临床医疗。

## 2. 2 工业

含有高吸水性纤维的非织造布, 具有平衡水分功能, 在高湿度下能吸收水分, 低湿度时又能释放水分, 用于内墙装饰可有效地防止结露。吸收了大量水而成凝胶状的高吸水性纤维亦可以用来制造防火材料。如与易燃纤维混纺能改善其阻燃性, 是制造消防服的良好材料。一些阴离子高吸水剂, 如纤维素接枝丙烯腈水解物、纤维素接枝丙烯酸具有很高的重金属离子吸附量, 用这类纤维材料制成的滤布是理想的环保材料。

## 2. 3 食品

高吸水性纤维在食品加工中的应用为现代食品工业开创了一片新天地。用于食品中的高吸水性纤维一般是天然的食物纤维, 如果胶、蛋白质等。用大豆蛋白与少量的高吸水剂——聚丙烯酸钠共混, 采用湿纺制得改性蛋白质纤维, 添加到人造肉中, 可以增加蛋白质的粘附力, 大大改善人造肉的风味和口感,

而且确保无毒。

### 3 高吸水性纤维发展前景

高吸水性纤维吸水面积大，吸水速度快，力学性能优异，用途广泛，前景看好。但目前由于理论和技术上的原因，高吸水性纤维的生产远远不能满足实际的需要。今后高吸水性纤维主要在以下几个方面有很大的发展空间：

1. 拓宽原材料范围，丰富产品种类。如开发与无机材料混合的复合材料，或从纤维的吸水、吸湿、保水、耐盐、吸香、吸放药剂等专项功能方面开发新产品。

2. 创新纤维成形技术。大多数的高吸水性聚合物都是交联物，现有的纺丝技术远远不能满足需求，如能进一步在纺丝技术上创新，必将为开发出更多的高吸水性纤维开辟一条广阔道路。

3. 加强应用开发的研究。高吸水性纤维的用途广泛，可以说是有水的地方就有其用武之地目前最主要的用途还是在医疗卫生方面，如果进一步在其他方面拓宽其用途，必将给高吸水性纤维的发展注入活力。