

**中国棉纺织大会（无锡2021）**

---

# **新时代棉纺织科技创新与发展**

**覃小红**

**东华大学纺织学院**

**2021年5月24日 无锡**

# 目录

---

**一、新时代棉纺织科技创新**

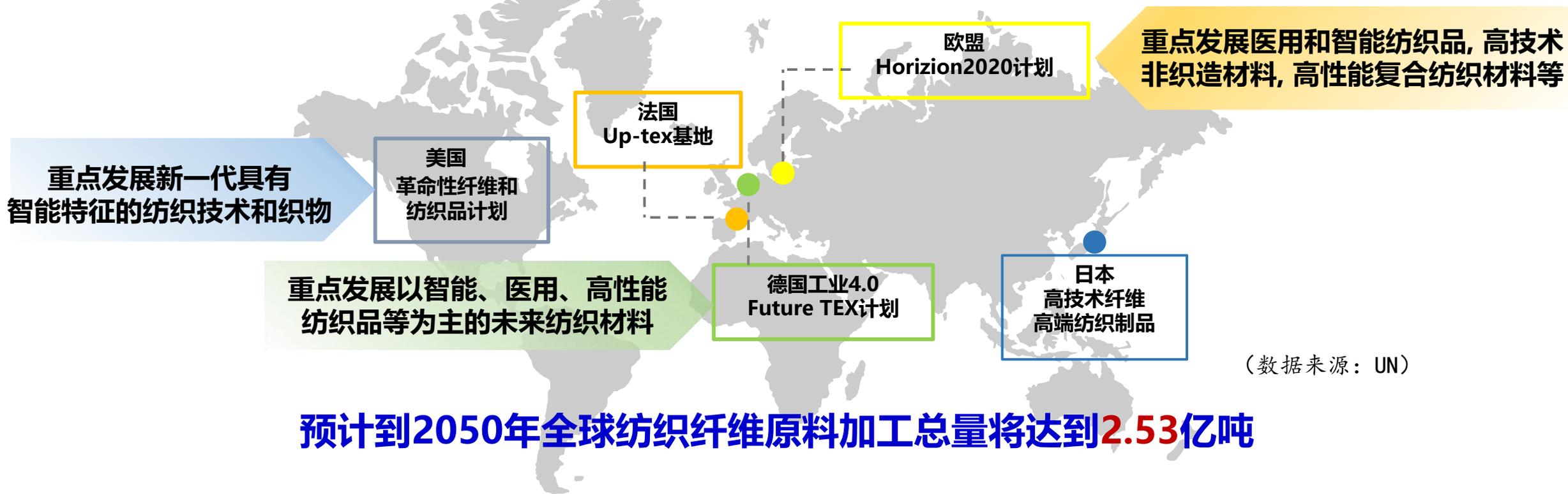
**二、高校推进产业深度发展**

**三、棉纺织产业流程再造**

# 一、新时代棉纺织科技创新

## ◆全球纺织产业布局正当时

发达国家正以科技综合优势和革命性创新，抢占先进纺织产业技术制高点



我国亟需抓住**纺织科技发展机遇**，**引领纺织科技创新**

# 一、新时代棉纺织科技创新

## “FutureTEX” 项目模块分工

### 知识管理和创新活动管理

系统化的创意管理

多学科交叉的开放式创新

知识的转化



### 主要研究方向

资源利用率和循环经济

- 节约能源
- 提高材料利用率
- 保护环境
- 可再生性原材料
- 纺织材料循环利用

以客户为中心的柔性价链

- 未来的纺织品工厂
- 数字化的生产过程
- 大规模定制
- 新的商业模块

未来的新型纺织材料

- 电子医疗设备中的纺织材料
- 高性能纤维复合材料
- 纺织材料用于节能
- 纺织材料用于“城市农场”
- 创新性的复合材料



### 人员组织架构和对青少年的教育培训

人与科技的交互

新的组织架构模块

人口统计学话题

# 一、新时代棉纺织科技创新

## 新一轮科技革命和产业变革中亟需突破功能纺织“卡脖子”技术封锁

2018年

美国针对关键技术和相关产品出口管制框架限制14类技术出口清单包括“**功能性纺织品（如：先进纤维和纺织技术）**”

2019年

美国对**高性能纤维及制品**管制

2020年

由于纺织技术在战略导弹、神舟飞船和北斗重大工程的贡献，东华大学被列入“**China Defense University Tracker**”

### Content Details

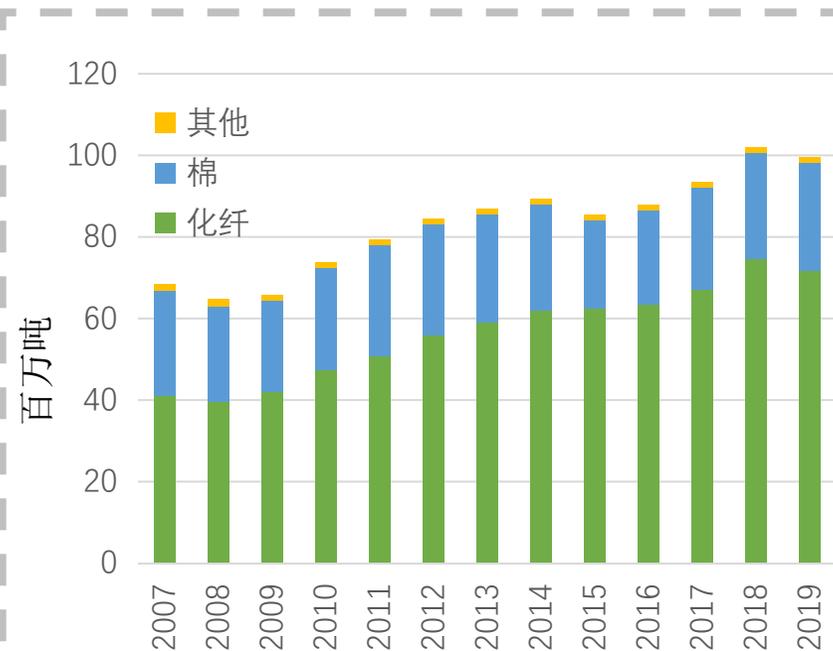
83 FR 58201 - Review of Controls for Certain Emerging Technologies

| Summary                          | Document in Context   | Related Documents |
|----------------------------------|---|-------------------|
| <b>Publication Title</b>         | Federal Register Volume 83, Issue 223 (November 19, 2018)   |                   |
| <b>Category</b>                  | Regulatory Information  |                   |
| <b>Collection</b>                | Federal Register  |                   |
| <b>SuDoc Class Number</b>        | AE 2.7;<br>GS 4.107;<br>AE 2.106  |                   |
| <b>Publisher</b>                 | Office of the Federal Register, National Archives and Records Administration  |                   |
| <b>Section</b>                   | Proposed Rules  |                   |
| <b>Action</b>                    | Advance notice of proposed rulemaking (ANPRM).  |                   |
| <b>Dates</b>                     | Submit comments on or before December 19, 2018.   |                   |
| <b>Contact</b>                   | Kirsten Mortimer, Office of National Security and Technology Transfer Controls, Bureau of Industry and Security, Department of Commerce. Phone: (202) 482-0092; Fax (202) 482-3355; Email: Kirsten.Mortimer@bis.doc.gov.  |                   |
| <b>Summary</b>                   | The Bureau of Industry and Security (BIS) controls the export of dual-use and less sensitive military items through the Export Administration Regulations (EAR), including the Commerce Control List (CCL). As controls on exports of technology are a key component of the effort to protect sensitive U.S. technology, many sensitive technologies are listed on the CCL, often consistent with the lists maintained by the multilateral export control regimes of which the United States is a member. Certain technologies, however, may not yet be listed on the CCL or controlled multilaterally because they are emerging technologies. As such, they have not yet been evaluated for their national security impacts. This advance notice of proposed rulemaking (ANPRM) seeks public comment on criteria for identifying emerging technologies that are essential to U.S. national security, for example because they have potential conventional weapons, intelligence collection, weapons of mass destruction, or terrorist applications or could provide the United States with a qualitative military or intelligence advantage. Comment on this ANPRM will help inform the interagency process to identify and describe such emerging technologies. This interagency process is anticipated to result in proposed rules for new Export Control Classification Numbers (ECCNs) on the CCL. |                   |
| <b>Agency Names</b>              | DEPARTMENT OF COMMERCE<br>Bureau of Industry and Security   |                   |
| <b>Page Number Range</b>         | 58201-58202   |                   |
| <b>Federal Register Citation</b> | 83 FR 58201   |                   |
| <b>RIN Number</b>                | 0694-AH61   |                   |
| <b>CFR Citation</b>              | 15 CFR 744  |                   |
| <b>Docket Numbers</b>            | Docket No. 180712626-8840-01  |                   |
| <b>FR Doc Number</b>             | 2018-25221  |                   |

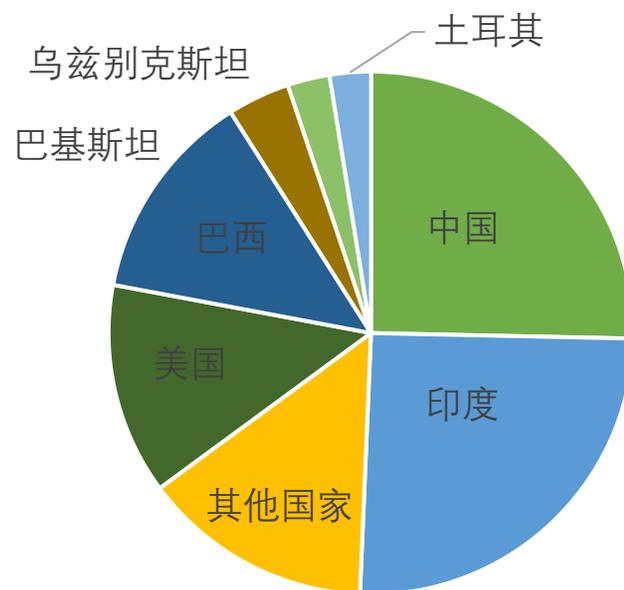
国际形势严峻，加强自主创新，突破关键技术封锁

# 一、新时代棉纺织科技创新

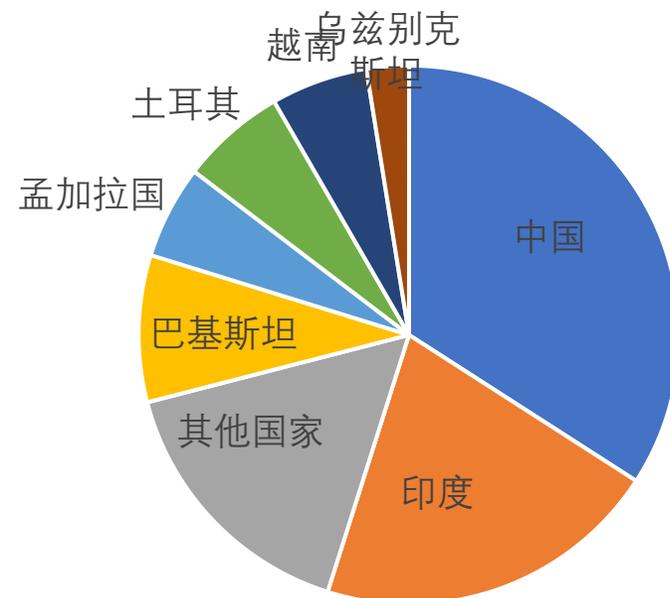
## 全球棉纤维市场



2007-2019年间世界纤维产量占比



2020年各国棉花产量占比



2020年各国棉花消费占比

(数据来源: USDA)

棉，作为最重要的天然纤维，早在5000年前就已经被人类用作纺织原料。目前，棉纤维占天然纤维市场的90%以上，占全部纤维市场的27%左右(实际大约25%)。我国已成为**世界第一大棉花消费国和生产国**

# 一、新时代棉纺织科技创新

“碳达峰” “碳中和”

重大需求

- ✓智能化生产
- ✓智慧化控制
- ✓信息化监管
- ✓绿色化制造
- .....

面向  
国家重大需求

## 先进棉纺

提升在全球价值链中的  
位置

- ✓高品质产品研发
- ✓高科技产品研发
- 支撑品牌建设 最优途径
- .....

面向  
经济主战场

智能化

品牌化

绿色化

科技化

功能化

棉纺的未来维护人民健康使命

- ✓抗菌防疫材料
- ✓科技运动面料
- ✓健康监测面料
- ✓智能穿戴面料
- .....

面向  
人民生命健康

科技创新

- ✓新技术理论创新
- ✓多尺度纤维结合
- 为科技棉纺打开新局面
- .....

面向  
科技前沿

# 目录

---

**一、新时代棉纺织科技创新**

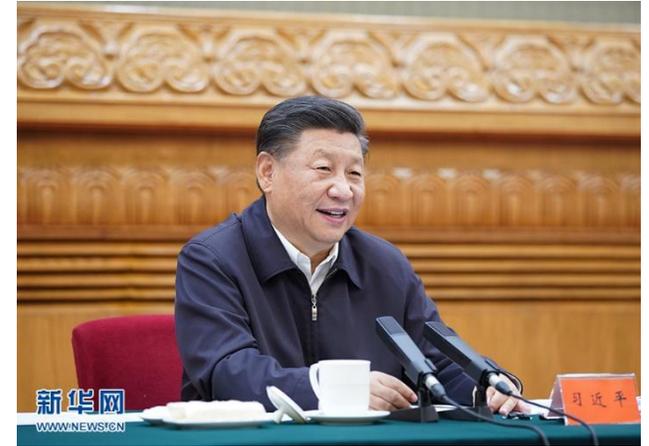
**二、高校推进产业深度发展**

**三、棉纺织产业流程再造**

## 二、高校推进产业深度发展

“我国经济社会发展和民生改善比过去任何时候都更加需要科学技术解决方案，都更加需要增加**创新这个第一动力**。希望广大科学家和科技工作者肩负起历史责任，坚持**面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康**，不断向科学技术广度和深度进军。”

“**一流大学是基础研究的主力军和重大科技突破的策源地**，要完善以健康学术生态为基础、以有效学术治理为保障、以产生一流学术成果和培养一流人才为目标的大学创新体系，**勇于攻克“卡脖子”的关键核心技术**，**加强产学研深度融合，促进科技成果转化。**”



2020年9月11日习近平在科学家座谈会上的讲话



2021年4月19日习近平在清华大学考察时的讲话

# 二、高校推进产业深度发展



东华大学

华东纺织工学院  
新中国第一所纺织高等学府

中国纺织大学  
更名为中国纺织大学

东华大学  
院校合并更名为东华大学



1951年

1981年

1985年

1995年

1999年

2017年

纺织科学与工程学科

华东纺织工学院  
首批获得博士学位授予权

中国纺织大学  
入选国家“211工程”高校

东华大学  
入选“双一流”建设高校

- ✓ 世界一流学科
- ✓ 国家一级重点学科
- ✓ 学科评估A+，保持全国排名第一



## 二、高校推进产业深度发展

学院已与全国纺织龙头企业、科研院所建立产学研合作与基地约**200**个

| 序号 | 合作企业或基地         | 序号 | 合作企业或基地         | 序号  | 合作企业或基地          |
|----|-----------------|----|-----------------|-----|------------------|
| 1  | 山东魏桥创业集团有限公司    | 15 | 大丰万达纺织有限公司      | 29  | 广东前进牛仔布有限公司      |
| 2  | 山东如意科技集团有限公司    | 16 | 江苏派利帝纺织科技有限公司   | 30  | 忠华集团有限公司         |
| 3  | 鲁泰纺织股份有限公司      | 17 | 南通双弘纺织有限公司      | 31  | 中山市小榄镇金龙制衣厂      |
| 4  | 山东联润新材料科技有限公    | 18 | 安踏（中国）有限公司      | 32  | 东方国际集团有限公司       |
| 5  | 山东银仕来纺织（集团）有限公司 | 19 | 福建新华源纺织集团有限公司   | 33  | 上海仪耐新材料科技有限公司    |
| 6  | 山东南山纺织服饰有限公司    | 20 | 福建省长乐市长源纺织有限公司  | 34  | 上海市纺织科学研究院       |
| 7  | 德州华源生态科技有限公司    | 21 | 利郎（中国）有限公司      | 35  | 山西经纬合力机械制造有限公司   |
| 8  | 德州恒丰集团有限公司      | 22 | 浙江金梭纺织有限公司      | 36  | 河南新野纺织股份有限公司     |
| 9  | 枣庄海扬王朝纺织有限公司    | 23 | 绍兴华通色纺有限公司      | 37  | 湖南云锦集团股份有限公司     |
| 10 | 三阳纺织有限公司        | 24 | 浙江省常山纺织有限责任公司   | 38  | 新疆维吾尔自治区纤维质量监测中心 |
| 11 | 江苏悦达纺织集团有限公司    | 25 | 浙江鑫兰纺织有限公司      | 39  | 中材科技风电叶片股份有限公司   |
| 12 | 江苏联发纺织股份有限公司    | 26 | 绍兴中纺联检验技术服务有限公司 | 40  | 中国纺织科学研究院有限公司    |
| 13 | 金轮针布（江苏）有限公司    | 27 | 百隆东方股份有限公司      | ... | .....            |
| 14 | 江苏大生集团有限公司      | 28 | 浙江秀维科技有限公司      | ... | .....            |

## 二、高校推进产业深度发展

### 对接国家战略需求，支撑行业科技创新

聚焦国家和行业重大需求，突破关系**国计民生**瓶颈技术问题，形成多项**重大标志成果**

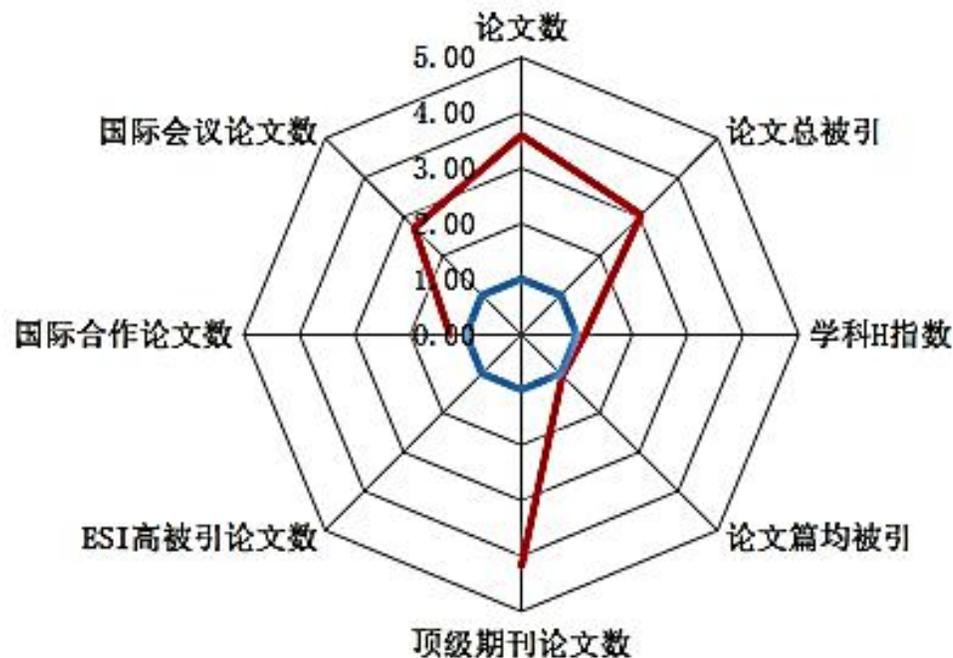
✓ 形成由一批院士领衔的**纺织工程科技创新团队**

✓ 荣获**31项国家科技奖** (近20年)

✓ 承担**十三五期间纺织领域所有重点研发项目**

- 高性能纺织结构柔性材料制备及应用
- 高品质热湿舒适纺织品制备关键技术
- 诱导韧带再生植入物设计优化、工程化制备与评价
- .....

✓ 学术质量和学术影响力指标超越标杆学科



## 二、高校推进产业深度发展

### 代表性成果1：生态染整技术与功能织物的开发与产业化

**提倡绿色环保的生态纺织理念，支持国家可持续发展战略**

- **核心突破：**研究介质、功能分子与纤维相互作用，解决印染整理过程非均相反应高效可控问题，建立高品质纺织品清洁印染整理、废弃物污染物深度处理及回用新技术，实现纺织印染整理绿色化



- **科技支撑：**实现我国纺织产业绿色发展，纯棉织物生态染整加工实现耗汽、耗水和化学品用量均减少50%以上，耗电量减少40%以上，COD排放总量降低60%以上；大范围推广低碳、绿色、循环纺织经济；大幅提升我国高品质、功能性、智能化产品比重，推动产业转型。
- “基团功能强化的新型反应性染料创制与工业应用”（2016）等**4个项目**获得**国家科技进步奖二等奖**

## 二、高校推进产业深度发展

### 代表性成果2：纺织智能工厂关键技术工程化应用

**面向纺织服装行业数字化、智能化升级，工业机器人广泛应用重大需求**

- **核心突破：**面向工厂生产数字化管理、工艺智能优化、生产调度等升级需求研发纺织服装智能工厂成套解决方案；面向针织、印染等细分领域的纺织智能工厂管控标准化技术；适于自动化生产工艺和纺织柔性体作业的机器人末端执行器及关键技术



- **科技支撑：**构建了基于大数据和云技术的纺织服装智能工厂平台，多家企业得到应用；形成纺织行业标准，形成示范效应；突破纺纱、化纤、染纱等纺织典型行业关键机器人末端执行器设计、自动化生产线集成、车间智能管控技术，相关技术已在数家龙头企业应用
- “基于环境约束和多空间分析的机器人操作理论研究”（2014）等3项获得**国家科技进步奖二等奖**

# 目录

---

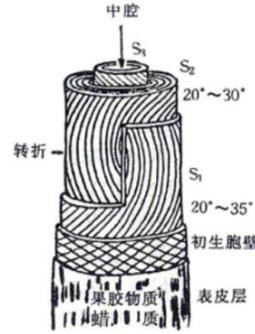
**一、新时代棉纺织科技创新**

**二、高校推进产业深度发展**

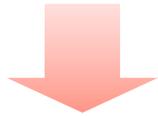
**三、棉纺织产业流程再造**

# 三、棉纺织产业流程再造—技术背景

## 天然棉纤维



富含羟基，大量氢键缔结  
吸湿性好，散湿性差 .....



抑菌除臭



吸湿排汗



防蚊虫



相变调温



.....

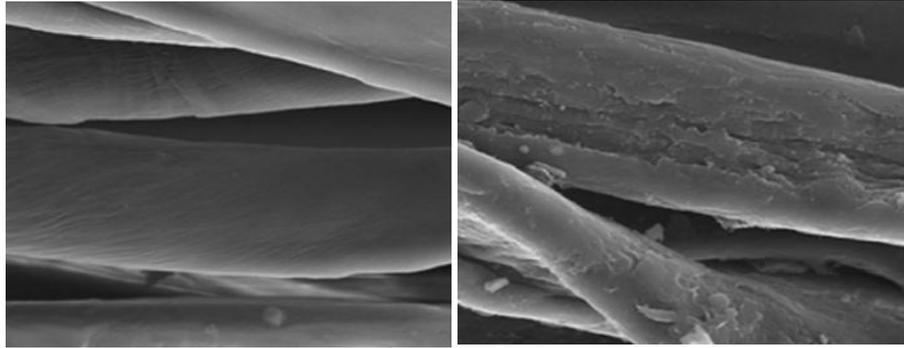
棉纤维功能改性构筑功能性纺织品提高传统纺织品附加值，拓宽其应用领域

# 三、棉纺织产业流程再造—技术背景

## 棉纤维的功能化处理

物理法处理（纤维表面处理、化纤混纺）

棉纤维表面物理沉积CNT



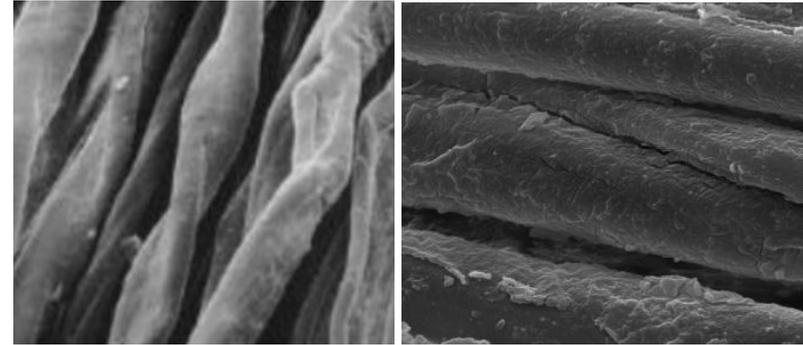
混纺成纱



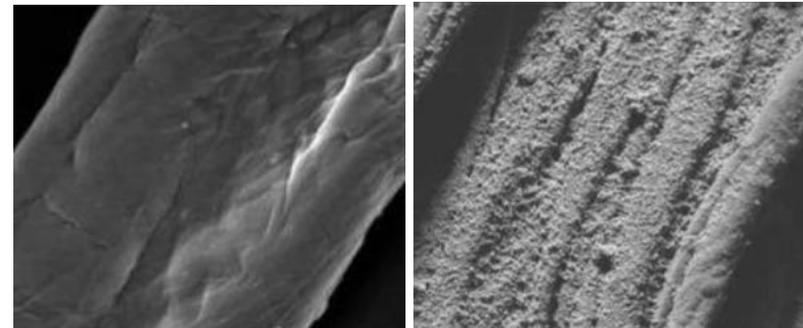
化纤含量30%，影响舒适性

化学法处理（接枝、涂层等）

棉纤维表面多巴胺超疏水改性



棉纤维表面凝胶涂层整理



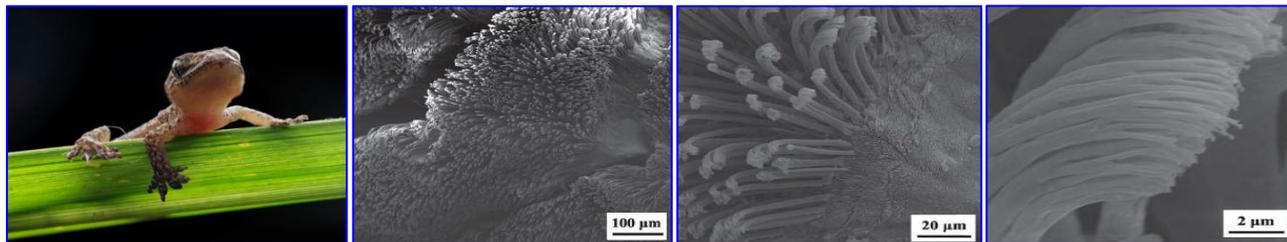
耐久性差、适用不广泛

功效性差、工序繁琐、过程可控性差、恶化天然纤维面料舒适性

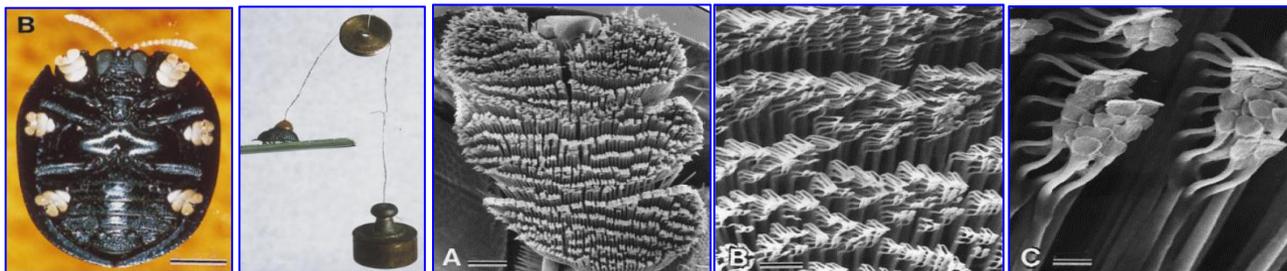
# 三、棉纺织产业流程再造—技术背景

## 自然界中的超粘附现象

**壁虎**  
理论上可  
承受**1300N**  
(**133kg**)



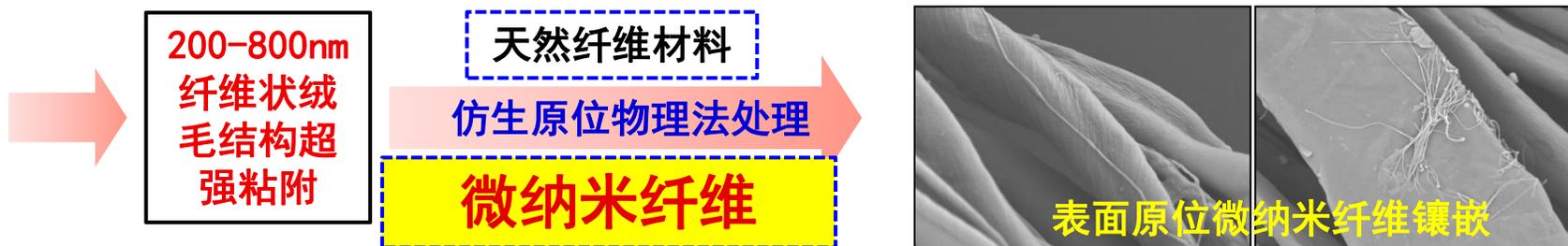
**甲虫**  
承受高于自  
身**60倍**载荷



**鲍鱼**  
剥离应力  
**115KPa**

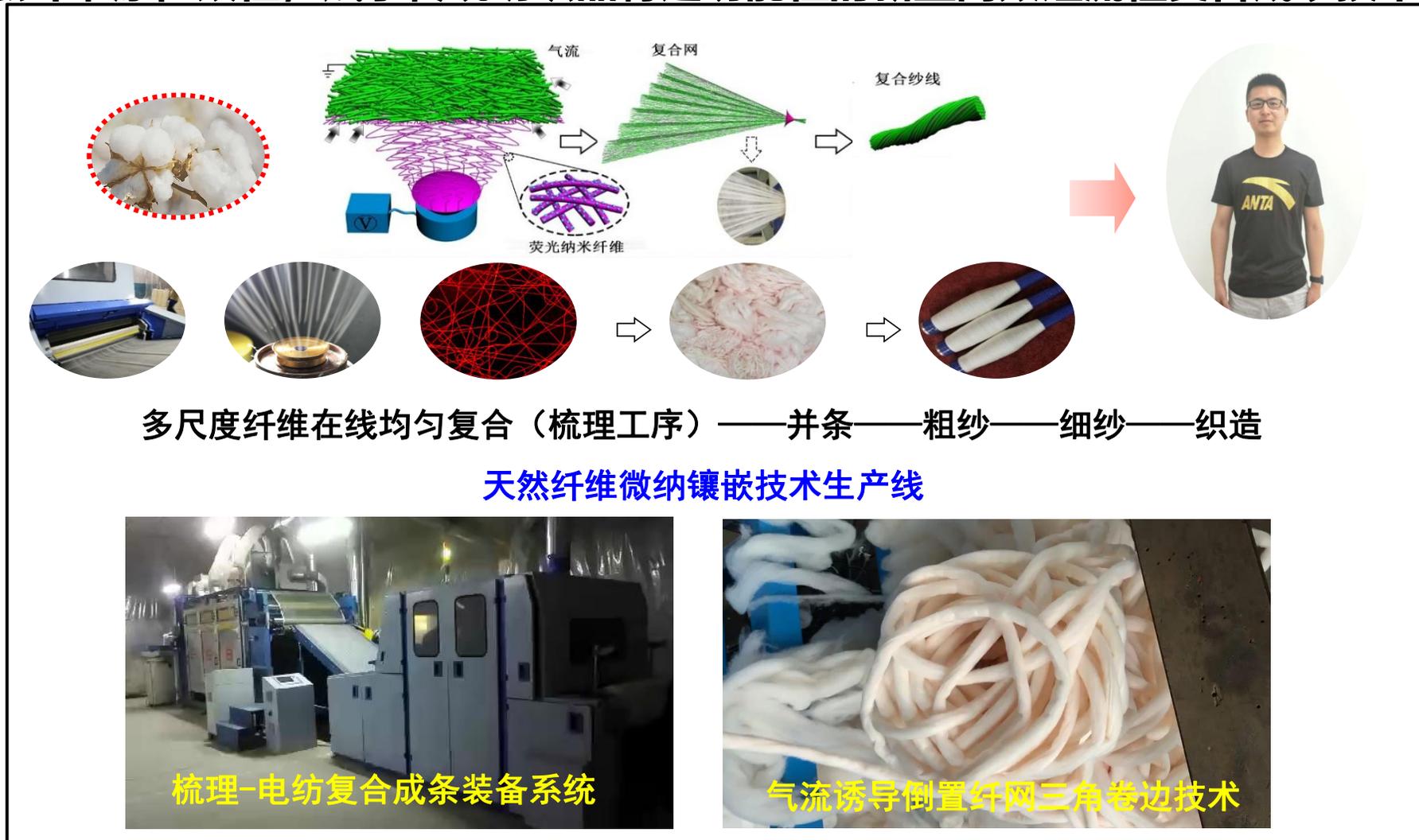


不计其数的  
纳米尺度绒  
毛状阵列结  
构与基底间  
形成强大的  
**范德华力**而  
出现超强粘  
附现象



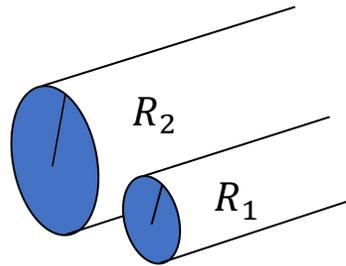
# 三、棉纺织产业流程再造——天然纤维微纳镶嵌技术

**天然纤维微纳镶嵌技术：**将静电纺丝技术与传统成纱系统有机适配，旨在通过纯物理策略对天然纤维原位改性，赋予传统纺织品特定功能性的新型高效短流程复合成纱技术



## 天然纤维微纳镶嵌成型原理

### 多尺度纤维界面接触力



#### 选择连续长片段接触模型

#### 单根PAN纳米纤维/短纤界面粘附力:

$$F_{adh} = F_{vdW} = \frac{-AL_{contact}}{8\sqrt{2}D^{5/2}} \left( \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right)^{1/2} = 2.8 \mu N$$

#### 单根PAN纳米纤维重力:

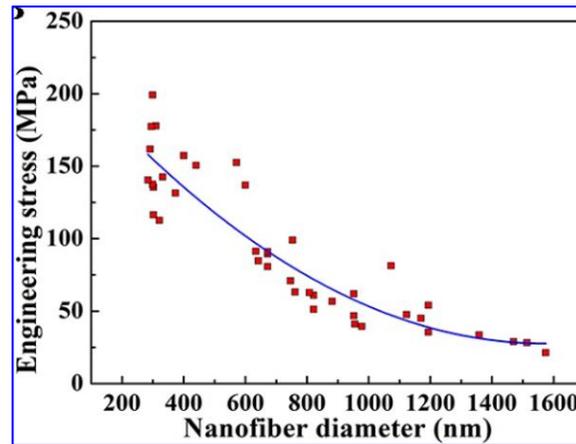
$$G = mg = \pi R_1^2 L_{NF} \rho_{NF} g = 1.823 \times 10^{-3} \text{ nN}$$

#### 单根棉纤维重力:

$$G = mg = \pi R_1^2 L_{MF} \rho_{MF} = 199.5 \text{ nN}$$

纳米纤维与短纤表面粘附力比自身重力高出 $10^6$ 倍，比单根棉纤维重力高14倍，可牢固嵌合在短纤维材料表面

### 电纺单根纳米纤维强度的尺度关联性



#### 纳米纤维断裂片段长度函数关系模型

$$L_{contact} = \frac{8\sqrt{2}\pi D^{5/2}}{\mu A} R_1^{3/2} \sigma(R_1)$$

$$L'_{contact} > L'_{contact}(R_1 = 1000 \text{ nm}) > 0$$

纳米纤维的断裂片段长度与纤维直径呈**正相关**

### 纳米纤维在纱体中的比例关系

重量占比:  $\alpha = \frac{5(1-\mu)M}{N_T V}$   
 $\alpha = 1.087\%$

#### 纳米纤维占微米纤维根数比:

$$\beta = \frac{N_T V \rho_{NF}}{5(1-\mu)M \rho_1} \cdot \frac{L_{micro}}{L_{contact}} \left( \frac{r_{NF}}{R_1} \right)^2 = 53$$

重量超低比例 (<1wt%)

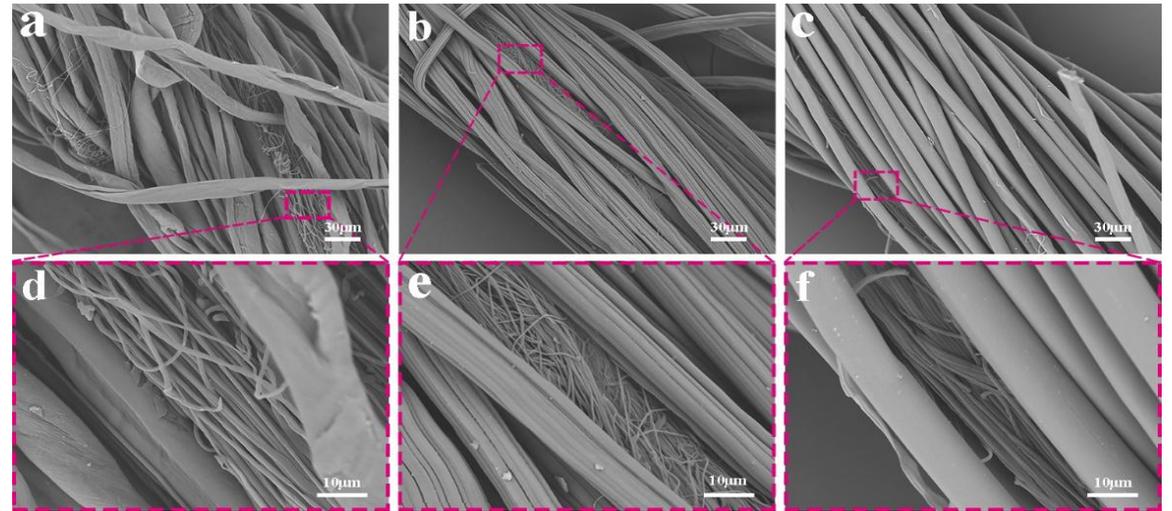
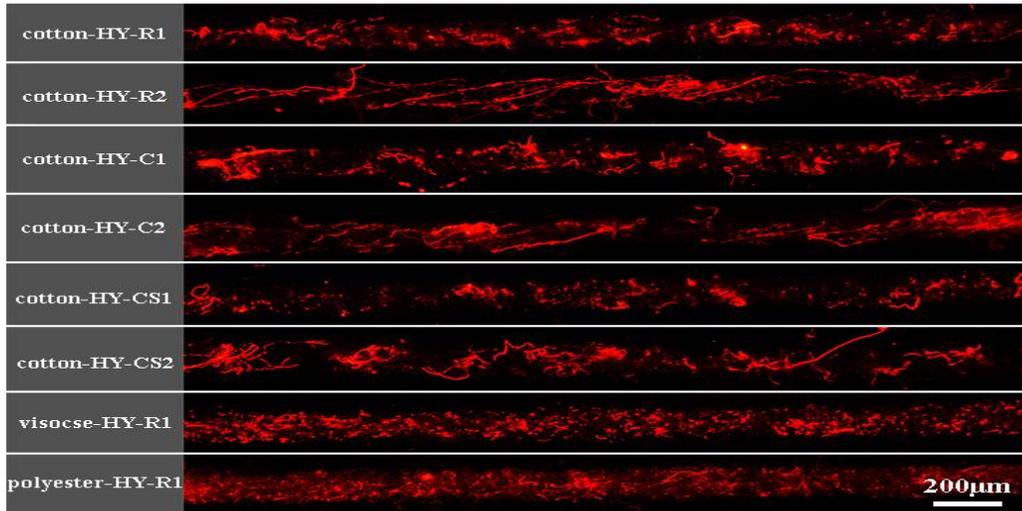
根数超高比例 (>5000%)

含量低于1wt%纳米纤维断裂片段的根数是短纤维根数的53倍

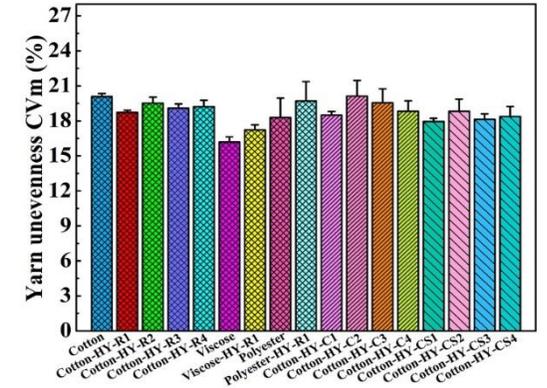
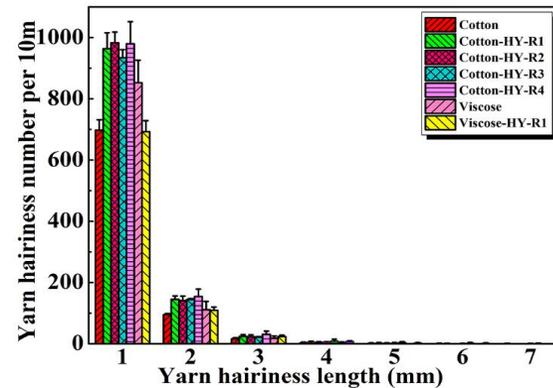
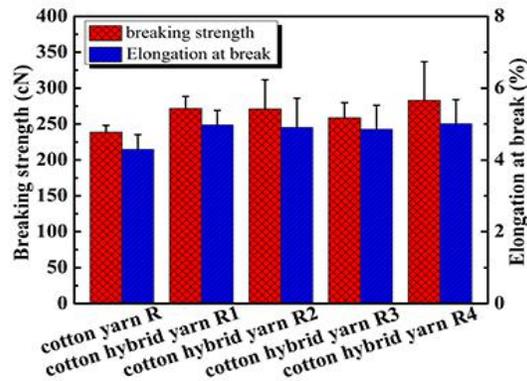
# 三、棉纺织产业流程再造——天然纤维微纳镶嵌技术

## 跨尺度复合纱线形态结构

多类型跨尺度复合纱线的形态结构



-  纳米纤维分布
-  纱线毛羽、条干均匀度
-  纱线力学性能

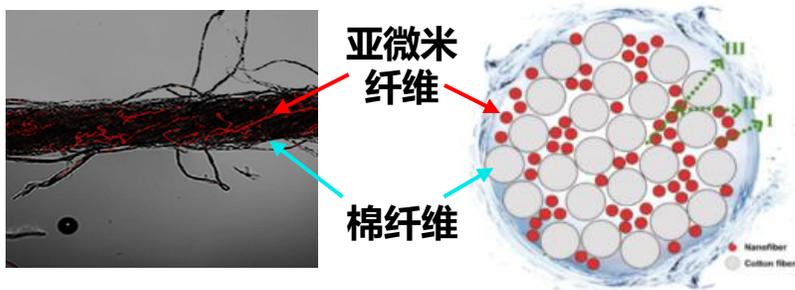


微纳米纤维的原位嵌合未恶化纱线毛羽和条干均匀度，不影响纱线的后续加工与使用

# 三、棉纺织产业流程再造——微纳镶嵌纺织品功能开发



## 1. 抑菌功能纺织品

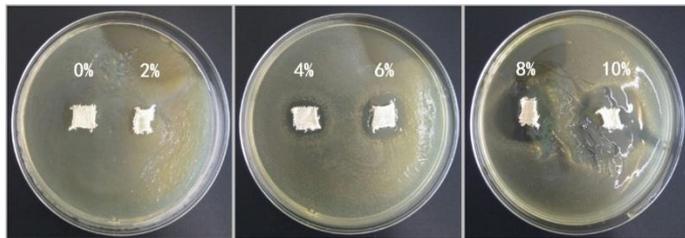


### 与安踏合作运动面料

➤ 第一轮样衣以及各项测试已经完成，各项测试结果均达到测试标准，生产过程未见明显异常。

#### 第一轮试样成品面料功能性测试结果

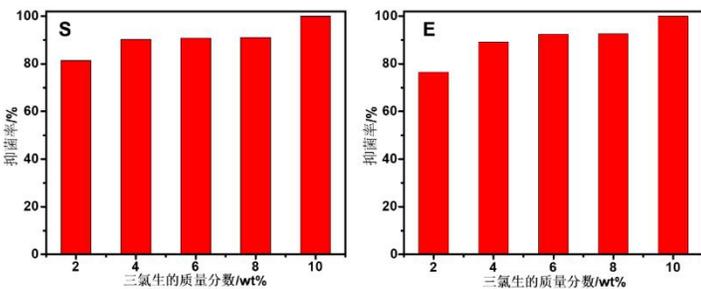
| 检测项目            | 测试方法                                      | 标准要求或产品明示质量 | 检测结果 | 单项判定 |
|-----------------|---|-------------|------|------|
| 抑菌率[金黄色葡萄球菌], % | FZ/T 73023-2006(简化的洗涤条件及程序水洗50次, 附录D 振荡法) | ≥80         | >99  | 符合   |
| 抑菌率[大肠杆菌], %    |   | ≥70         | 99   | 符合   |
| 抑菌率[白色念珠菌], %   |   | ≥60         | 63   | 符合   |



➤ 第二轮工艺验证实验已完成，白色和黑色面料抑菌性均达到3A标准，稳定性好

#### 第二轮试样成品面料功能性及其稳定性测试结果

| 检测项目            | 布头 | 布中 | 布尾  | 抑菌功能稳定性 |
|-----------------|----|----|-----|---------|
| 抑菌率[金黄色葡萄球菌], % | 99 | 99 | >99 | 好       |
| 抑菌率[大肠杆菌], %    | 95 | 86 | 89  | 好       |
| 抑菌率[白色念珠菌], %   | 77 | 64 | 73  | 好       |



随着三氯生含量的增加，抑菌圈逐渐增加，抗菌率逐渐增加

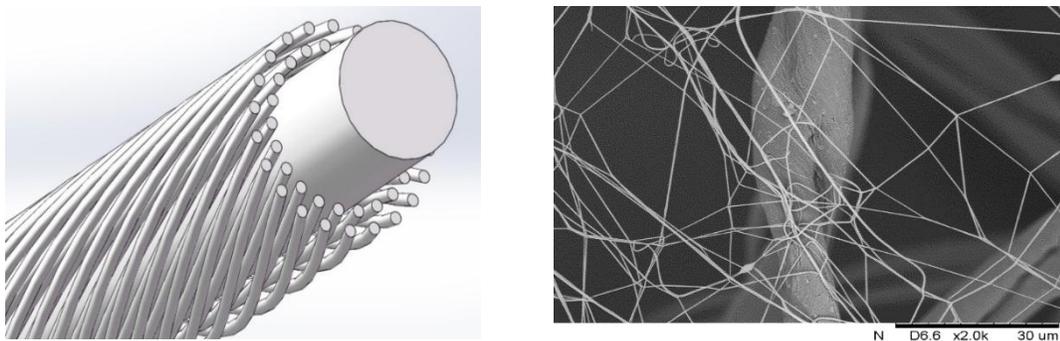
➤ 目标产值：>10亿



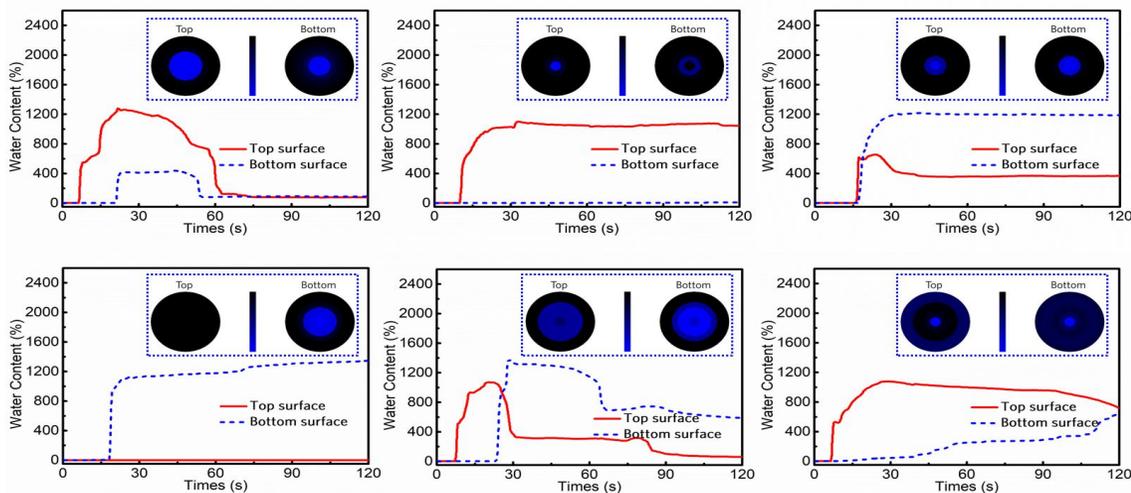
# 三、棉纺织产业流程再造——微纳镶嵌纺织品功能开发

## 2. 吸湿排汗功能纺织品

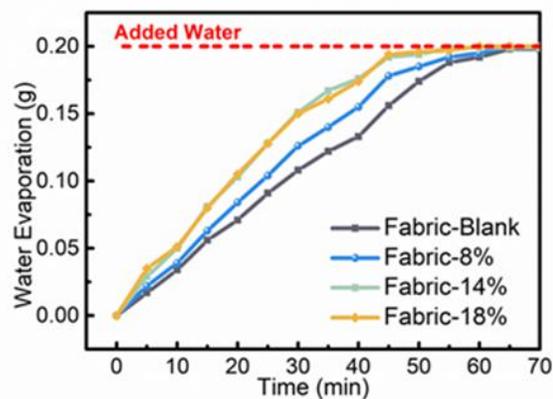
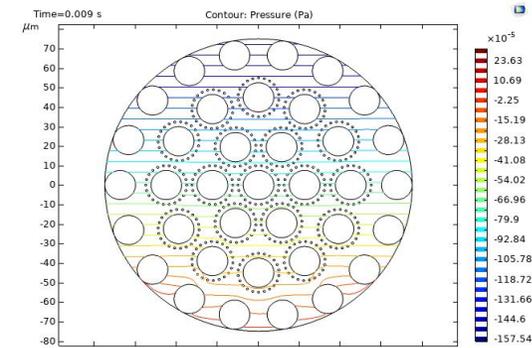
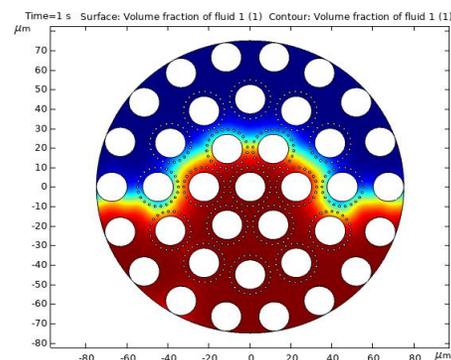
### 基于微纳镶嵌纺的棉纤维吸湿排汗功能性设计



### 微纳镶嵌纺纱线吸湿排汗性能



### 有限元仿真模拟



天紡檢驗有限公司  
Tianfang Inspection and Testing Co., Ltd.  
國家級質量監督檢驗中心(天津)  
國家紡織工業質量監督檢驗中心

檢驗檢測報告  
Test Report

| 檢驗項目             | 項目描述         | 單位                  | 標準值    | 實測值   | 評價 | 執行標準/條件           |
|------------------|--------------|---------------------|--------|-------|----|-------------------|
| 18 白色精梳棉(80/100) | 纖維長 (根節)     | %                   | ≥200   | 207   |    |                   |
|                  | 纖維率 (根節)     | %                   | ≥2000  | 2208  |    |                   |
|                  | 縮水率(回潮)      | %                   | <5     | 0.7   | 符合 | GB/T 21655.1-2009 |
|                  | 縮水率(回潮) (根節) | %                   | <5     | 0.6   |    |                   |
| 吸濕性              | 吸濕係數         | mm                  | ≥100   | 156.3 |    |                   |
|                  | 吸濕係數 (根節)    | mm                  | ≥100   | 156.7 |    |                   |
|                  | 縮水率 (根節)     | %/A                 | ≥0.18  | 0.19  |    |                   |
|                  | 縮水率 (根節)     | %/A                 | ≥0.18  | 0.20  |    |                   |
| 速干性              | 透濕量 (根節)     | g/m <sup>2</sup> ·h | ≥10000 | 10200 | 符合 | GB/T 21655.1-2009 |
|                  | 透濕量 (根節)     | g/m <sup>2</sup> ·h | ≥10000 | 10200 |    |                   |

天紡白

地址：天津市東區交通路10號天津中心大樓九層907  
 營業部：022-27330000 27330001 27330002 27330003  
 郵箱：022-27330000 郵址：http://www.tianfang.com  
 傳真：022-27330000 郵政編碼：300000



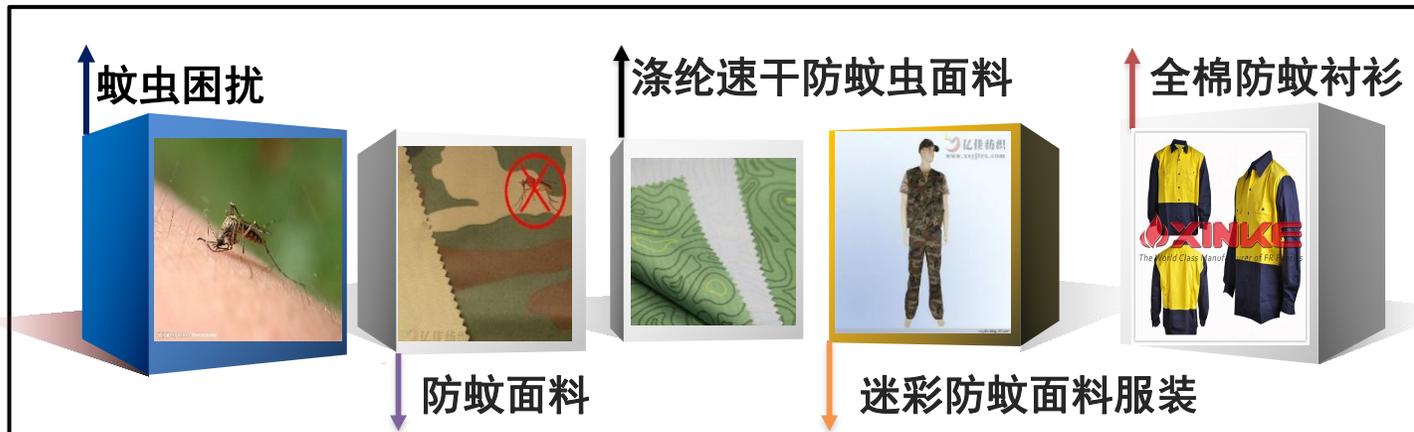
微纳镶嵌纺纱线具有良好的吸湿排汗功能性

# 三、棉纺织产业流程再造——微纳镶嵌纺织品功能开发

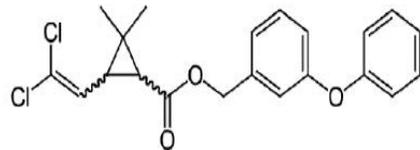


東華大學  
DONGHUA UNIVERSITY

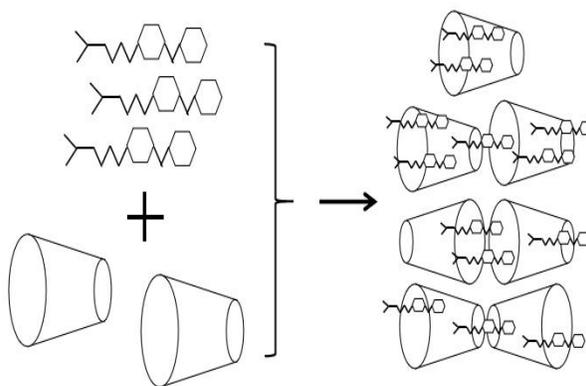
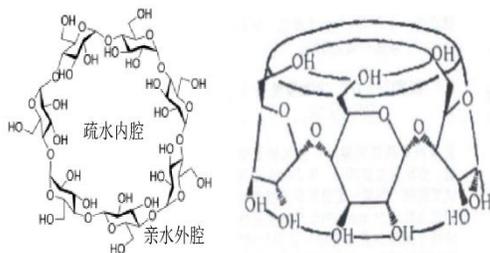
## 3. 防蚊虫功能纺织品



氯菊酯  
分子结构



β-环糊精  
分子结构

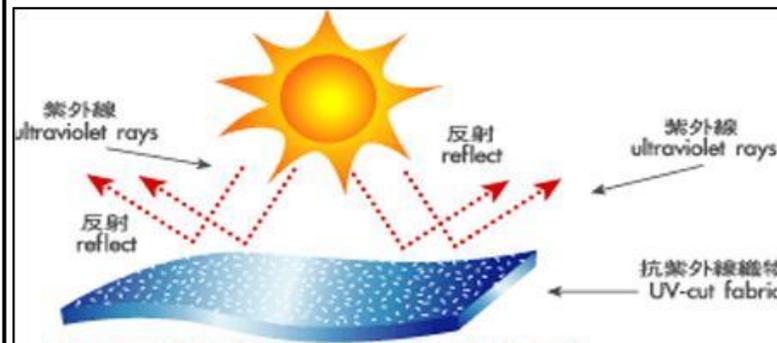
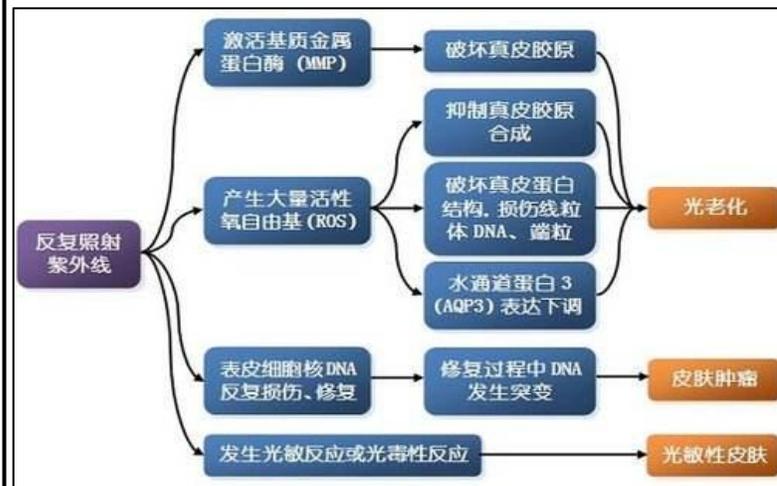


氯菊酯分子、β-环糊精分子包合作用示意图

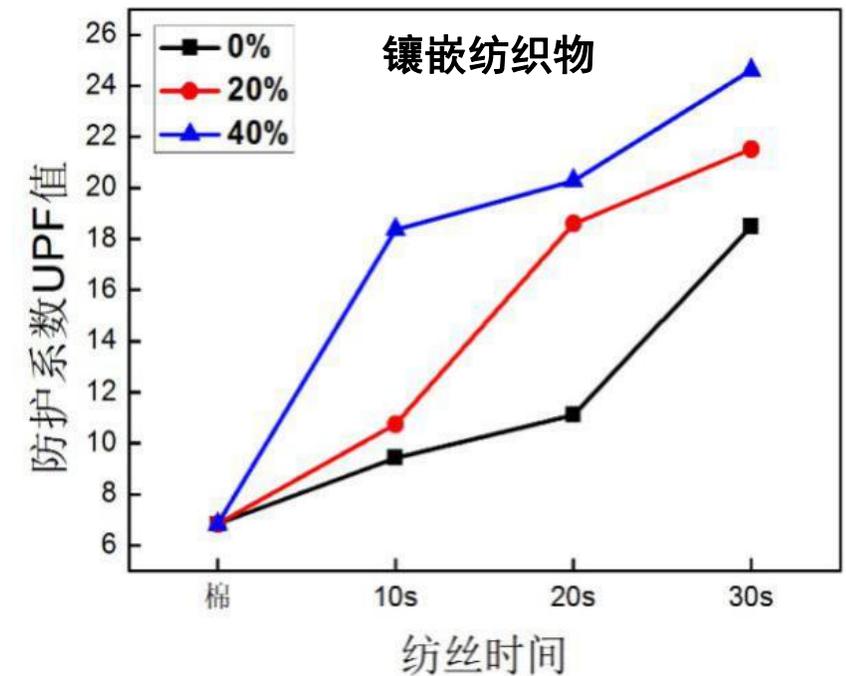
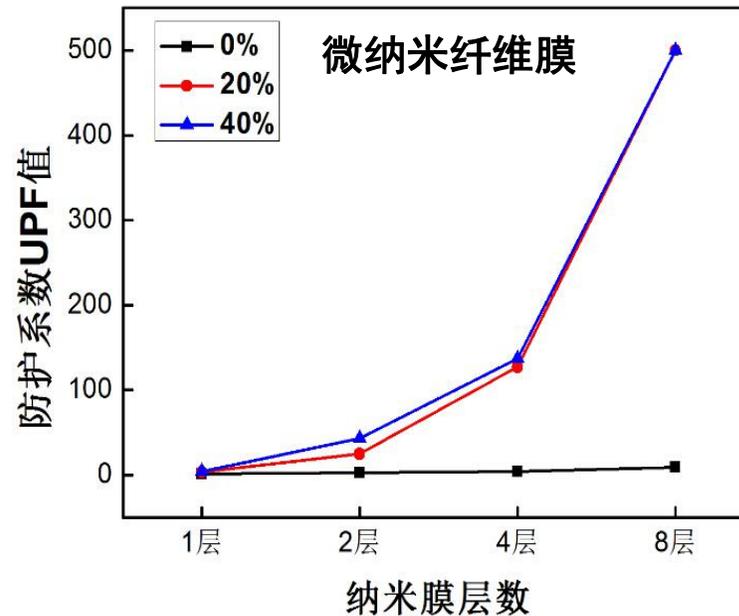
| 检验项目              | 单位 | 标准 (称) 值    | 实测值   | 单项判定   |
|-------------------|----|-------------|-------|--------|
| 驱避率 (样品 1-亚微米纤维膜) | %  | <50, >30 具有 | 40.96 | 具有驱避效果 |
| 驱避率 (样品 2-混纺织物)   | %  | 驱避效果        | 34.92 |        |

## 4. 抗紫外功能纺织品

过量的紫外线引起**光化学反应**，对人体的皮肤及免疫系统造成危害，因此急需对织物进行**紫外线防护整理**



### 抗紫外性能



随着纺丝时间从10s增加到30s，对应电离镶嵌纺织物的UPF值增加  
含有**微纳米纤维**的**镶嵌织物**比纯棉织物的**抗紫外线性能均要好**

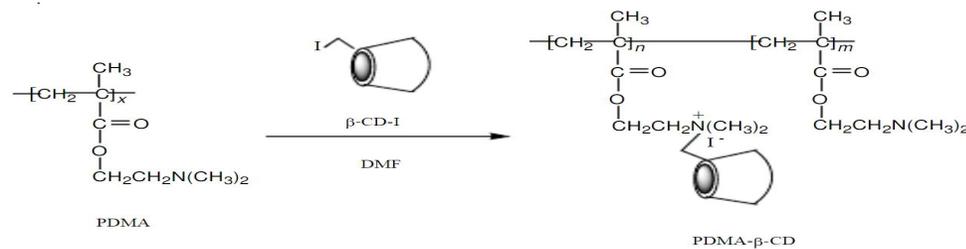
# 三、棉纺织产业流程再造——微纳镶嵌纺织品功能开发

## 5. 芳香功能纺织品



易产生臭味，对产品性能和人体健康产生影响。亟需赋予织物芳香性能，有效出去臭味，保持香气

### β-环糊精季铵化聚合改性

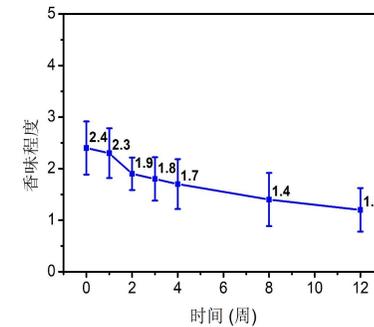


### 芳樟醇/季铵化β-环糊精包合物制备

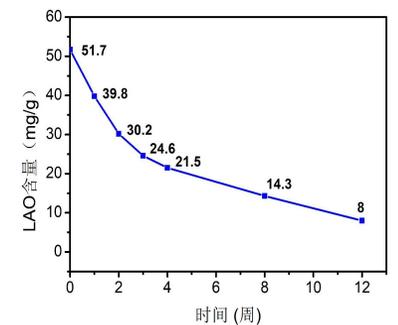


- 采用芳香性植物精油——芳樟醇
- 采用β-环糊精包合改善精油释放性能
- 采用静电纺丝技术调控精油释放特性

### 感官测试



### 气相色谱测试



芳香时间可达12周

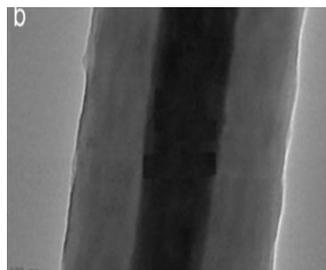
# 三、棉纺织产业流程再造——微纳镶嵌纺织品功能开发

## 6. 相变调温功能纺织品

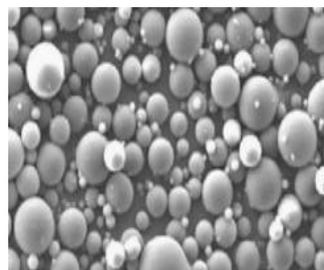
相变材料：绿色环保；吸放热，稳定“微环境”温度；智能双向调温



相变材料  
制备方法



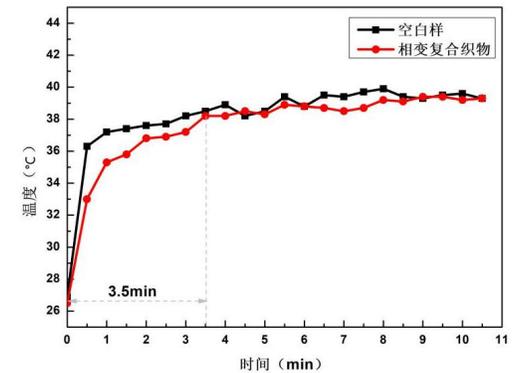
中空纤维填充法



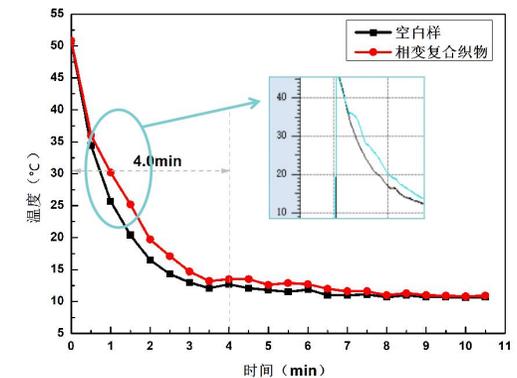
微胶囊法

缺点：  
工艺复杂  
封装量有限  
热响应变慢

时间-温度曲线：（升温）



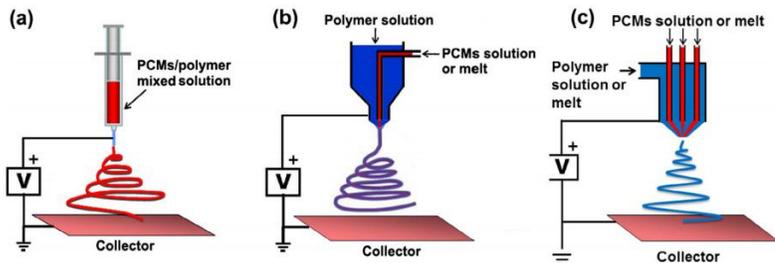
时间-温度曲线：（降温）



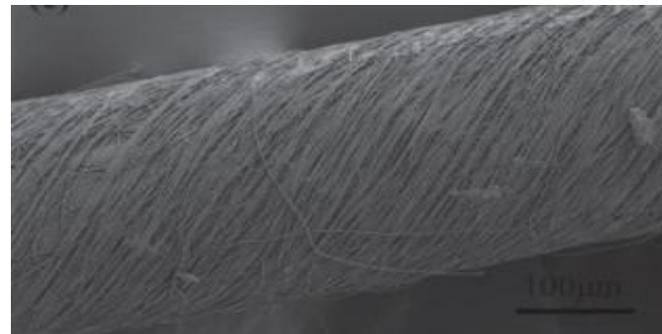
升温时最大温差3.3°C，降温时最大温差4.8°C，且具有突出的耐水洗性

静电纺丝：

- 1、连续制备、微纳米级超细纤维
- 2、与纺丝液共混，操作简单
- 3、比表面积大，温度传输面积大，热响应速度加快



静电纺丝制备微纳米相变纤维/棉复合纱  
(不改变棉舒适性基础上，增加调温功能)



**感谢各位专家领导!**

