
青岛纺织工程与管理

Qingdao Textile Engineering and Administration

2016年第七期(总第91期)

青岛市纺织工程学会 主办

锦桥纺织网 协办

qtlei@sina.com

本期目录

蜡染污水治理分析

2

智能磁性材料及其应用

10

学习园地

20

蜡染污水治理分析

李鹏（青岛凤凰印染有限公司）

[摘要]随着国家环保对污水处理和环境要求不断提高，结合企业运行情况，针对企业蜡染水特性和环境排放标准不断提高的状况，企业加大环保投资力度，从清洁生产到污水处理各个环节采取了一系列的技术改造措施，效果明显。并且组织人员研发了一种生物促进剂用于生物滤池，以作为公司的技术储备。

[关键词]污水处理 技术改造 生物促进剂

青岛凤凰印染有限公司是蜡染布生产企业，和一般印染企业比较，其生产中产生污染物浓度较高（如色度、氨氮等），随着近几年环保部对印染企业排水标准不断调整，企业提前对污水处理进行多次升级改造，以适应企业可持续发展需要。

一、污水标准变化

凤凰公司污水处理有三个过程（1）污水的清浊分流（2）预处理系统（3）污水站综合处理，污水站处理后污水排入城市下水道管网，其污水执行 GB4287-2012《纺织染整工业水污染物排放标准》和 CJ343-2010《污水排入城镇下水道水质标准》表 1-B 等级两者指标最低指标，具体指标如下：

公司执行污水排放指标 （单位：mg/l, 色度除外）

项目 \ 指标	COD	氨氮	色度（倍）	苯胺	六价铬

纺织排放标准	200	30	80	1	0.5
城镇下水道标准	500	45	70	5	0.5
企业执行排放标准	200	30	70	1	0.5

二、企业采取措施

随着全国环境标准不断提高，印染企业污水排放标准逐渐提高，企业根据公司可持续稳定发展，加大对污水处理投资和污水技术升级工程实施，近几年凤凰公司投资环保工程近 2000 万元，使凤凰公司企业没有因污水排放标准提高影响企业发展。企业在污水治理中采取一系列技术措施。

1、在生产中开展清洁生产活动、从源头上减少污染物排放

- (1) 对自动调浆系统进行改造，实现调浆系统污水零排放。
- (2) 园网内、园网浆刀、泵内浆料回收。
- (3) 显色料、印花机刮浆剩浆进行回收。

2、对机台污水进行清浊分流

把公司内污水进行分类处理污水，即（1）印花机刮胶毯浆料、打底显色料、冲洗网子、浆刀水、上浆废水；（2）、平洗机前 5 道水洗废水、纳夫妥废水；（3）、印花机喷淋水、平洗机后 5 道水洗废水、其它水；（4）、碱洗机废水、靛蓝机废水。

3、增加预处理功能

对公司内污水分类后单独进行处理，（1）对印花机刮胶毯浆料、浆刀水、上浆废料进行晾晒和搅拌煤炭燃烧。（2）对平洗机前 5 道水洗废水、冲洗网子废水、拉纹机废水等浓浆水单独进行脱色处理。（3）对碱洗机废

水、靛蓝机废水利用气浮机进行脱色。以上处理后污水混合后利用溶汽气浮机进行综合处理。处理前污水色度在 6000-8000 倍，经预处理后色度在 640 倍以内，预处理脱色效率在 89%--92%之间，COD 处理效率在 75%左右。经过预处理的污水大大降低后续污水站处理负荷。

4、污水站进行技术升级

(1)、水解酸化池提高运行效率

水解酸化池进行了如下改造：更换池体内所有填料支架和填料；在每根进水支管上增加一台流量计，以保证水池进水均匀，水量平稳；增加池底布水系统：在池底铺设钢板，钢板上均匀开孔并安装滤帽。进水通过滤帽向上流至池顶，使进水均匀分布。通过以上措施，水解酸化池的处理效率大大提高，调试后，污水COD处理效率保持在60~90%。

(2)、MBBR 池提高运行效率

MBBR（移动床生物膜反应器）阶段的曝气头及填料已经达到其使用寿命，需对老化的填料及曝气头进行更换。MBBR 阶段 2 级 3 级采用的是弹性填料，针对微生物挂膜率低的现状，采用新式 DBI 型辫带式填料替换，辫带式填料可提高微生物活性与浓度，增大与水、气接触的比表面积，使好氧生物反应更加完全。更换填料可提高微生物挂膜率及存活率，而且排除老旧填料损坏带来的隐患。曝气头在填料更换时可根据实际损坏情况进行检修，避免曝气头损坏给微生物生长环境带来的冲击。



辫带式水处理填料



挂膜后效果

辫带式水处理填料是国家专利产品，亲水、亲油、对气泡有很好的切割作用，有储氧功能，吸附能力强。同时由于受水流和气流的冲动，填料上的生物膜不断更新，生物活性高，传氧效率高。充氧时管状直径具有可变性，无堵塞等优点，使用寿命长，因此，该填料比其他填料能够提高净水效能 70-80%。

(3) 增加二沉池及污泥回流系统，提高处理效率

第 3 级 MBBR 池出水进入新增加的二沉池。二沉池在沉降区域设置了许多密集的斜管，使水中悬浮杂质在斜管中进行沉淀，分离出的泥渣下滑至池底，再集中排出。这种池子可以提高沉淀效率 50~60%，在同一面积上可提高处理能力 3~5 倍。沉淀下来的污泥通过回流系统回流至前端水解酸化池和 MBBR 池，用以提高前段生化反应区的微生物浓度，减少微生物的流失。剩余污泥流入污泥浓缩池。通过以上改造，污水站生化部分由 MBBR 变为“MBBR+活性污泥法”的强化工艺，处理效率得到进一步增强。

(4) 增加一套生物滤池

针对水中氨氮含量偏高，处理负荷过大等原因，采用青岛腾禹环保有

限公司的专利产品 DNBDF 生物滤池，DNBDF 生物滤池所需气源采用凤凰公司原有富余气源。在蜡染企业污水含盐量较高的状况下，对污水中的氨氮进行硝化作用，高效去除污水中氨氮的含量，并进一步去除 COD 等指标，增大整个污水系统的处理负荷。

（5）投加菌种和营养盐

菌种投加装置是在水质情况波动大时，对污水处理系统进行多点投加菌种，提高微生物浓度，缓解水质波动对污水处理系统带来的冲击，保证污水处理站的稳定运行。

污水中氮的去除包括微生物的氧化分解作用以及靠微生物的同化作用将氮转化为细胞原生质过程。具体如下：氨化作用是有机氮在氨化菌的作用下转化为氨氮。硝化作用是在硝化菌的作用下进一步转化为硝酸盐氮。其中亚硝酸菌和硝酸菌为好氧自养菌，以无机碳化合物为碳源，从 NH_4^+ 或 NO_2^- 的氧化反应中获取能量。

污水中 C、P 等物质浓度较低，且污水中若碱度不足，硝化反应将导致 PH 下降，使反应速率降低；为满足微生物正常生理活动所需的 C、N、P 的比例（100：5：1），在集水池处增加了营养盐投加装置，为水中投加营养盐，以保证微生物的浓度及活性。

（6）苯胺处理

苯胺属于较难生化降解的有机物，降解苯胺通常采用物理法、化学法、生物法等，凤凰公司采用生物法，利用厌氧—好氧法运行工艺，在水解酸化池中培养厌氧生物菌，使污水中苯胺经过酸化和甲烷化作用，分解成为易降解产物，污水站进水苯胺在 4mg/l 左右，出水在 0.4-0.96 mg/l，处

理效率在 78%以上。

(7) 污水站系统保温

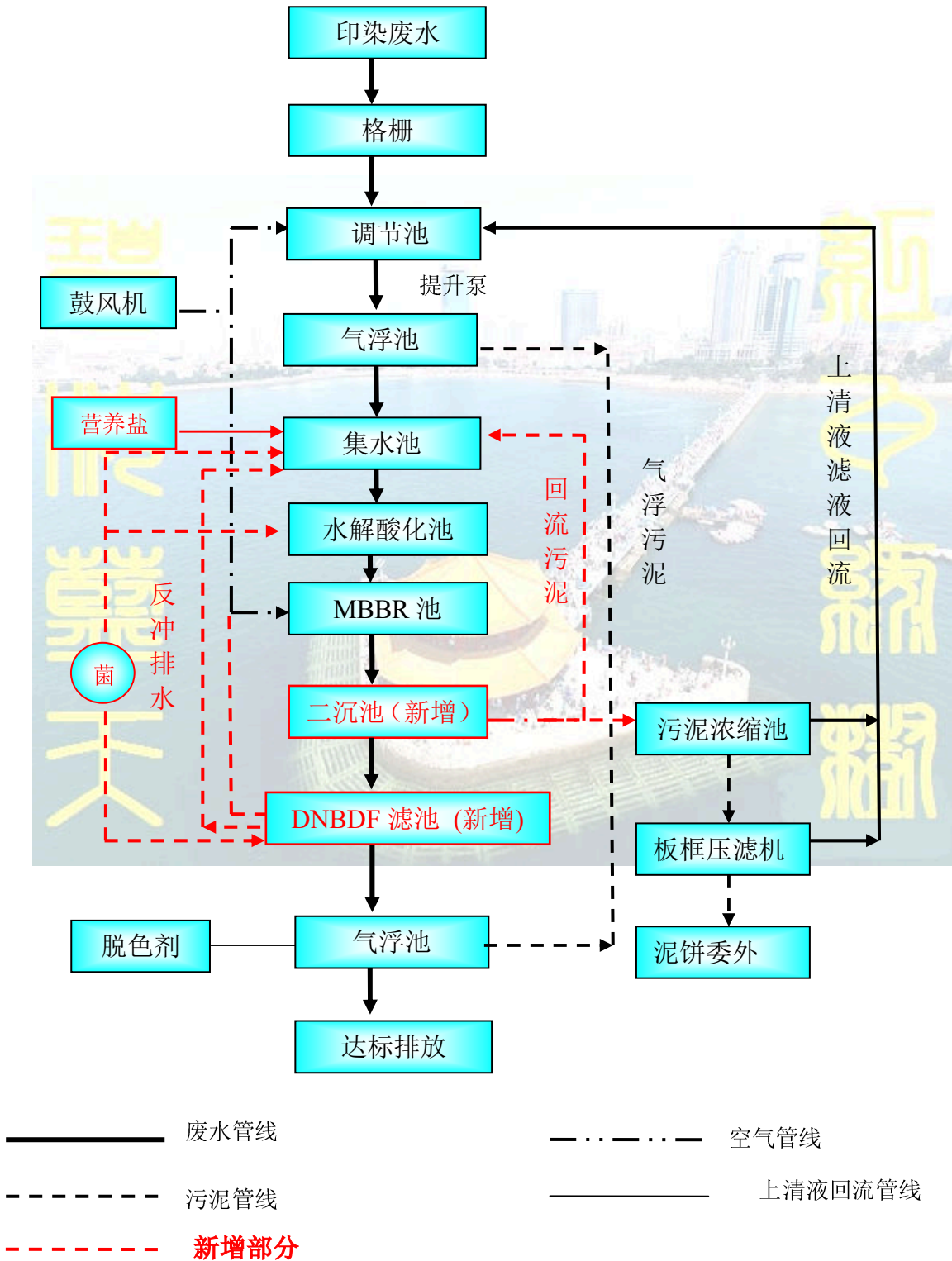
对污水站整体污水管道、曝气管道及露天碳钢设备加装保温措施；对气浮机加装顶棚，减少水温的流失，保证微生物的适宜生长温度，使污水站冬季水温保持在 20℃以上，其他季节保持在 25-37℃。



三、污水运行现状

1、污水站改造后运行情况

污水站改造后的工艺图如下：



通过以上改造措施，污水处理系统再经过循序渐进的驯化调试，污水站出水水质达到新的环保标准要求。调试初期，COD 去除率约 85%，氨氮去除率在 25%左右，这是因为异养菌占优势，生长速率快，硝化菌世代时间长，生长速率慢，含量较少，通过调节进水污染物浓度、曝气时间、硝化回流比、污泥回流等措施，使异养菌与自养菌逐渐取得平衡，完成驯化调试后，COD、氨氮去除率均达到了 83%以上。

2、处理效果对照表

项目 \ 指标	COD (mg/l)	氨氮 (mg/l)	色度 (倍)	苯胺 (mg/l)
污水站进水水质	1300	110	640	4
污水站出水水质	180	18	64	0.5
处理效率	86.14%	83.6%	90%	87.5%左右
污水执行排放标准	200	30	70	1

四、污水技术创新

1、随着水污染的加剧，国家对印染行业的污染物排放要求也会呈现越来越严的趋势。为了应对污染物排放标准的提高，公司在污水站通过实验室小试和现场大试，在生物滤池投加生物促进剂，专用于蜡染企业在污水高含盐量的状态下，对处理系统末端较难降解的 COD 和氨氮进行处理，可使 COD 降低 20%-40%之间，氨氮下降 20%以上。。以此作为公司在环保方面的技术储备。

2、公司在稳定达标排放基础上计划对污水处理系统再升级，将达标排放污水再处理后回用，达到减少污水排放量、增加水重复利用率、提高企业经济效益和社会影响力的目的，最终实现企业可持续健康发展的目

标。



作者在 2016 全国纺织印染行业水处理新技术研讨会上论文交流

智能磁性材料及其应用

余声明（中国西南应用磁学研究所）

1 前言

材料是人类进步的标志和里程碑，是能为人们制造有用器件的物质。像建筑材料、金属材料、陶瓷材料等关系我们衣、食、住、行之类的东西，常常称做普通(或传统)材料。随着科学技术的飞速发展，在航空航天、电子、电力、石油工业、通信等领域里，对使用的材料提出了更新、更高的要求，因此寻求新的、具有比传统材料更优异性能的材料则是当代材料科学发展的必然趋势。这种新材料已成为当今高新技术的一种象征。

一些具有特殊功能的智能材料、超导材料、非晶材料、纳米材料、生物材料等，已成为推动社会发展和人类进步极为重要的物质基础。

本文在阐述智能材料的基本概念之后，着重介绍了三种智能磁性材料即磁性液体、磁流变液和稀土超磁致伸缩材料与应用。

2 智能材料的基本概念

在航空发展史上，人们都记得高速飞行的飞机若偶遇高空寒流、大风或者受力等情况，往往会发生机翼或机体断裂甚至机毁人亡的悲惨事故，这是我们不希望的。如果在飞机刚一出现断裂时能自动“打上绷带”进行自我抢救即可避免不幸事故的发生。这种能给飞机自动“打上绷带”的材料就是一种智能材料或机敏材料。它是 20 世纪 80~90 年代迅速发展起来的新型功能材料，它能把高技术传感器(或敏感元件)与结构、功能材料结合为一体成为一种有“感觉”、“感知”并能自我修复、似乎具有生命活力的材料。

例如在一种高性能复合材料中嵌入细小的纵横交错的光纤材料，就像“神经”那样会感觉出飞机所受的不同压力。测量光纤传输光时的各种变化即能测出所受的压力，在极端条件下光纤会断裂而信号中断并发出警告，这就是智能材料的功能。

如此说来，智能材料就是模仿生命系统，能感知应力、热、光、电、磁、化学等环境条件的变化，而且能实时地改变自身一种或多种性能参数，作出人们所期望的、与变化后的环境相适应的响应从而予以控制的一种复合材料。也就是说智能材料应当具有将感知(传感器)、执行(驱动器)和信息三者集于一体的功能，使无生命的材料变成了似乎有生命的系

统。

3 智能磁性材料及其应用

具有上述智能功能的磁性材料目前有三种，即磁性液体、磁流变液和稀土超磁致伸缩材料，下面分别予以介绍。

3.1 磁性液体

磁性液体(Magnetic liquid)又称磁性流体(Magnetic fluid)或铁磁流体(Ferrofluid)、磁性胶体(Magnetic colloids)，通常简称磁液。它是由纳米级铁氧体(如 Fe_3O_4 、 $\text{Co-Fe}_2\text{O}_4$ 、 MnZn 等)、Fe、Ni、Co 金属及其合金或铁磁性氮化铁 Fe_xN ($2 < x \leq 8$)超细磁性颗粒借助表面活性剂高度、均匀弥散于载液(基液)(如有机溶剂、油或水)中所形成的一种稳定的胶体溶液，是固、液相混的二相流体，兼有液体的流动性和磁性材料的磁性，目前还发展了复合磁性液体材料。因此磁性液体有着一般固态磁性材料所不具备的独特的性质和功能，在电、磁、流变力学、声、光、热等方面显现出多功能的特点，所以它一出现就受到世界各发达国家的重视并广泛应用于科学和工程技术领域中，现已深入到电子、化工、能源、冶金、仪表、环保、医疗等各个领域，显现出广阔的市场前景。

当外磁场作用于磁液，磁性粒子的磁矩立刻沿磁场方向取向，其全部磁液的磁化强度随着磁场的增强而增强；当取消外场时磁矩很快就随机化了。在一个梯度磁场中磁液被磁化并且向高场区移动。这就意味着磁液可以精确定位并由外磁场加以控制。磁液产生的这种保持力取决于外加磁场强度和磁液的饱和磁化强度值，这是其一。其二，磁液的流变粘度随外加磁场增强而增高，从而它的阻尼作用也增大。因此这两种功

能均受外加磁场所控制，显然具有了智能化的特性。

利用前一种特性可在机器人中制作机器人关节和机械手(图 1、图 2)。在图 1 所示的机器人关节中，(a)为机器人关节，(b)为促动器驱动源。当把磁液充入柔软的薄膜密封容器内时便构成了一个驱动源，将它装在机器人两臂之间。控制容器内通电线圈的通与断即可使密封容器内的磁液界面发生形变而动作，从而形成了一个柔软关节。这种关节具有灵活、驱动轴不易打滑、无磨擦、寿命较长的特点。

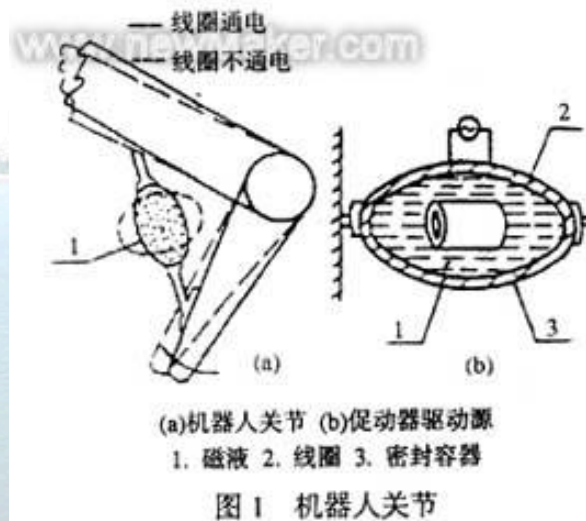
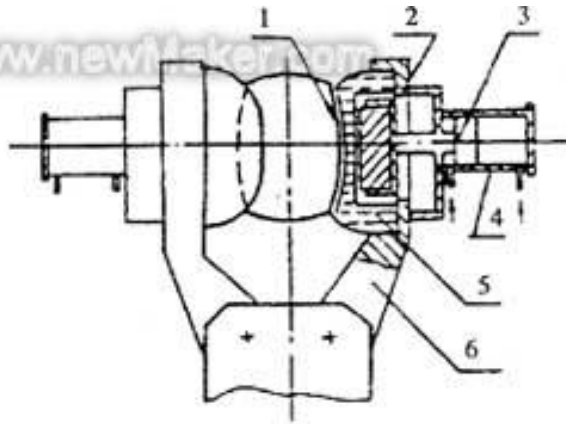


图 2 为工业用机械手夹钳示意图，利用气缸 4 内的空气使活塞 3 移动以驱动永磁体 2。由于永磁体的移动，使磁液 5 受到的磁场强度产生变化，从而使磁液受到不同的体积力，驱使弹性膜发生不同形变，夹钳 6 即可自由动作。



1. 弹性膜 2. 永磁铁 3. 活塞 4. 气缸 5. 磁液 6. 夹钳

图2 工业用机械手夹钳

应用后一特性可制作各种阻尼器、减震器、缓冲器、联轴器、制动器和阀门等。

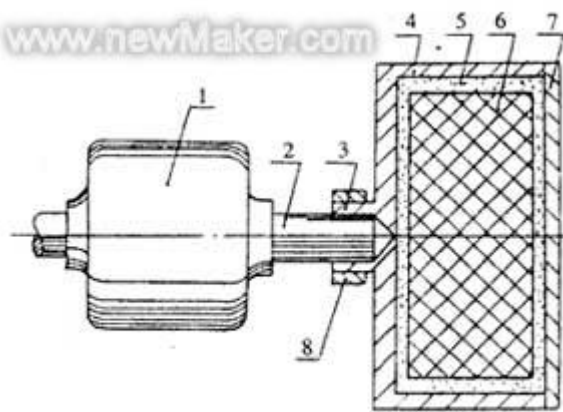


图3 一种惯性阻尼器的结构示意图

图3 为一种惯性阻尼器结构示意图。可见，圆柱状永磁体6 作为惯性材料被悬浮于磁液5 中而构成了阻尼器。在运行时，阻尼器同心地与马达的轴2 联接，通过磁液膜被剪切而建立起来的粘滞剪切力消耗掉由旋转轴2 接收来的旋转能，从而实现阻尼。

3.2 磁流变液(MRF)磁流变液(Magnetorheological fluid, MRF)是一种具有良好发展前景和工程应用价值的新型智能材料，它是由微米级(1~10 μ m)磁性颗粒(如铁(Fe)、钴(Co)、镍(Ni)及其合金、铁氧体等)、载液(如矿物油、硅油、水和其他复杂的混合体等)和表面活性剂组成的稳定的

悬浮液体。在外加磁场作用下，会产生明显的磁流变效应：在固体与液态之间进行毫秒(ms)级快速可逆转化，其粘度保持连续无级可控，可实现实时主动控制，耗能极小，因而在航空航天、机械工程、汽车工业、精密加工、建筑工程、医疗卫生等领域广泛应用，可完成智能传动、制动、减振、降噪等功能，制成阀式、剪切式和挤压式各类磁流变液器件，如液压控制伺服阀、离合器与制动器、振动悬架、减振器等。

磁流变液的粘度在磁场作用下会逐渐增大，当磁场强度大到一定值时由液态完全转变成固态，其过程快速可逆，这是最引人注目的特性；同时磁流变液具有较大的屈服应力，在 240kA/m 时可达 100kPa，是电流变液的 20~50 倍；并且磁流变液具有良好的动力学和温度稳定性，因而近年来受到了国内外科技界和工业界的高度重视，美国、日本、德国等国的许多科学家和一些企业纷纷投资开展研究，并且已有产品专利与不同型号的磁流变液产品上市。

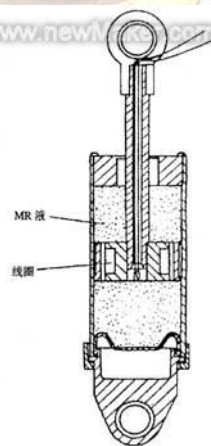


图4 轻负载阻尼器 SD-1000-2 结构示意图

图4是美国 Lord 公司推出的轻负载阻尼器 SD-1000-2 型结构示意图。该减振阻尼器总长(活塞伸出后)21.5cm，缸体直径 3.8cm，共用磁流变液 50ml，行程±2.5cm。在 0~3V 直流电压下活塞头部线圈产生 0~1A 的电流，

于是在活塞头部流孔周围产生磁场以控制 MRF 的流通使其变粘直至固化，从而改变阻尼大小。这种阻尼器最大功率小于 10W，产生的阻尼力超过 3000N，在 -40~150℃ 温度范围内变化率小于 10%，响应时间为 8ms。一种商品化的磁流变液卡车座位减振器，全长 15cm，有效流体需量仅 0.3cm³，耗电仅 15W，代替普通减振器，使卡车座位振幅减小 50% 以上 (图 5)，大大减少了卡车司机在矿山崎岖道路上驾车的危险。

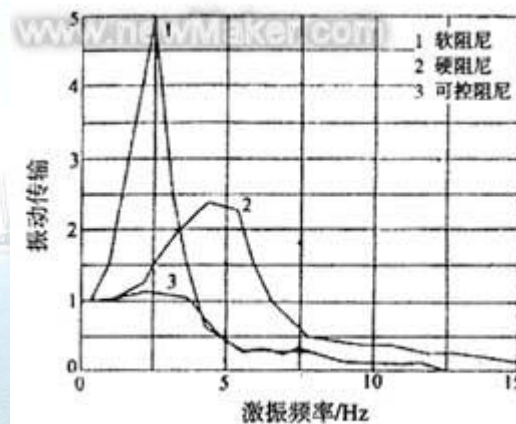


图 5 车座振动传输曲线

可见磁流变液的优点是突出的，其应用前景相当诱人。

3.3 稀土超磁致伸缩材料

3.3.1 磁致伸缩与稀土超磁致伸缩材料

在外加磁场作用下，材料的尺寸和体积发生改变的效应称为磁致伸缩效应。具有磁致伸缩效应的材料即称为磁致伸缩材料，而最具实际用途的是尺寸发生改变的线磁致伸缩材料，其特征参数是饱和磁致伸缩系数 λ_s 、饱和磁化强度 M_s 、机电耦合系数 K 。

磁致伸缩材料可作为智能驱动器、应力(应变)传感器得以应用。而具有高灵敏度特性则是驱动器、传感器的必备条件。比一般磁致伸缩材料的磁致伸缩系数(效应)高一个数量级，具有更大应变或更宽适用温度范围

的磁致伸缩材料如 Terfenol-D($Tb_{0.27}Dy_{0.73}Fe_2$), 即称为超(大)磁致伸缩材料(Giant Magnetostrictive Materials, GMSM), 其 $\lambda_s=30 \times 10^{-6}$ 。目前具有高磁致伸缩系数的金属与合金大体分为三类:

(1)传统材料

有纯 Ni、NiCo 合金 (95%Ni-Co)、FeNi(45% Ni-Fe)、FeAl 合金 (13%Al-Fe)、FeCo(65%Co-Fe) 合金等, 其 $\lambda_s = \pm (30 \sim 70) \times 10^{-6}$, $K=0.15 \sim 0.5$, 电阻率 ρ 低。

(2) 非晶态材料

有 $Fe_{80}Bi_5Si_5$, $Fe_{66}Co_{12}Bi_4Si_8$ (at%) 等, $\lambda_s = 30 \times 10^{-6}$, $K=0.68 \sim 0.82$ 。

(3) 稀土-铁系金属间化合物

有 $TbFe_2$ 、 $Tb_{0.3}Dy_{0.7}Fe_2$ 等, λ_s 特高: $TbFe_2$ 的

$\lambda_s = 1.753 \times 10^{-6}$, $Tb_{0.3}Dy_{0.7}Fe_2$ 的 λ_s 为 1.068×10^{-6} , $K=0.6$ 。所以这种具有超

磁致伸缩的材料称为稀土-铁系超磁致伸缩材料, 它最具实用价值。

3.3.2 稀土超磁致伸缩材料的智能化应用

(1)性能优势

以 Terfenol-D 为代表的稀土超磁致伸缩材料作为一种新的高效磁(电)能-机械(声)能转换材料, 其性能远远优于压电陶瓷(PZT)等其他材料, 表 1 是 Terfenol-D、Ni 和 PZT 的物理性能比较。可见 Terfenol-D 材料的磁弹性、声学力学、磁电热性能呈现出明显的优势, 因此将其作成换能器则具有大位移、强力、大功率、精密控制、快响应、高可靠、磁(电)-机转换效率高、频带宽、能量供应简单等优点, 所以在智能化应用方面有着广阔的前景。

表 1 Terfenol-D、Ni 和 PZT 的物理性能比较

性能	参数	Terfenol-D	Ni	PZT
磁弹性性能	饱和磁致伸缩系数 $\lambda_s/10^{-6}$	1500-2000	-40	400, 250, 100-600, 100-300, 150
	机电耦合因数 K_{33}	0.7-0.75	0.30	0.68, 0.48-0.72, 0.5-0.6, 0.65, 0.45
	能量密度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-3}$	14-25, 25, 12	0.03	0.96-1.0, 0.65
	能量转换效率/%	49-56	9	23-52
	响应时间/ μs	<1		约 10
声学性能	弹性模量 E/GPa	35, 25-35, 30	210	46, 60
	声速 $V/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	1720	4950	3130
	密度 $\rho/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	9.25		7.5
	抗拉强度/MPa	28		76
	抗压强度/MPa	700		
	承载能力/MPa	20		4
磁性能	相对磁导率 μ_r	5-10		
	居里温度 $T_C/^\circ\text{C}$	387, 380	>500	300, 130-400
	电阻率 $\rho/\Omega \cdot \text{cm}$	60×10^{-6}		1×10^8
	热膨胀系数 $\alpha/10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$	12	12.9	2.9

(2)智能化应用

应用 Terfenol-D 材料的性能优势可制成大量应用器件，如磁(电)-机械换能器(驱动器)、传感器和电子器件，至今已有千种之多，表 2 示出了应用的基本情况。

表 2 Terfenol-D 材料的智能化应用

应用方面	器件或装置	用途
磁(电)-声转换技术	大功率低频发射声纳：水下声纳	通信、侦察、海洋科学与工程
	陆地声纳 工业声纳	地质科学与工程 石油测井、输油管堵塞定位、采油
磁(电)-机转换器件：高精度快速微位移驱动器	大功率超声换能器	清洗、除垢、分离、乳化、破碎、机加工探伤、医学等
	精确定位装置	精密与超精密加工、精密仪器定位、计算机磁头定位、造纸、印刷、光通信等
	高能精密机械功率源——微型马达	自动操作器、机器人、大行程精密定位系统、大行程阀门操作器等
	流体控制系统：材料泵 伺服阀和燃料注入系统	海底液压器、驱动器操作油、气生产阀 汽车、飞机和大型狄塞尔内燃机
	自适应光学系统	可变形光学镜
	主动降噪减振系统	汽车、飞机、精密机床、卫星、宇航设备
其他	其他	电力工业中的开关、接触器、继电器等
	用正磁致伸缩效应作手持测磁仪	磁性、磁场测量
	用逆磁致伸缩效应作敏感元件	探测位移、力和加速度
	用模量变化效应制作可调声波器件和可调延迟线	雷达、声纳相位传感器、计算机存储元件

美国海军于 20 世纪 80 年代初开始研制 Terfenol-D 水下声纳，图 6 为 6 节环状声纳示意图。每单节由永磁体产生偏磁场，螺线管产生交流

磁场，随着磁场的变化环就膨胀收缩将声波发射出去，其性能良好。表 3 是两种声纳弯张换能器的比较。日本用 Terfenol-D 驱动单元装置了 8 单元环状换能器，工作距离为 10000km，而压电换能器在水下的工作距离仅 300km，使用 2 年未出现过故障。

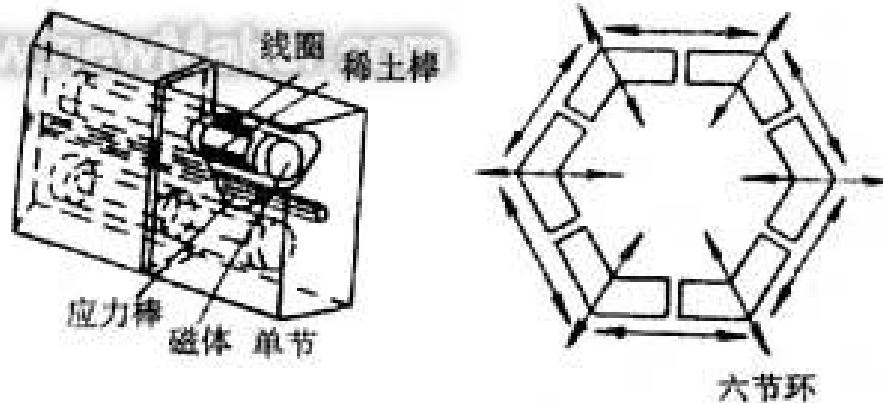


图 6 用 Terfenol-D 材料设计的环状声纳示意图

表 3 两种声纳弯张换能器性能比较

换能器	驱动体积 cm^3	最大功率 W	声源级 dB	功率密度 $\text{W} \cdot \text{m}^{-3}$
稀土磁致伸缩	195	835	200	474810
压电陶瓷	98	84	190	47481

4 结束语

智能材料是本世纪材料科学技术发展的重要方向之一，智能磁性材料是其中的一个成员，磁性液体、磁流变液和稀土超磁致伸缩材料具有优异的智能功能，因而具有良好的应用前景，不久将会成为磁性材料发展的重点。

无捻纱线（二）

戴受柏辑（青岛市纺织工程学会）

5 T长丝/C短纤（溶掉）针织无捻芯纱

5.1 品种规格工艺流程和原料配置

品种:18.2tex 针织用棉包无捻涤(50D)芯纱,捻度 80T/10cm。

5.2 工艺流程

涤纶长丝:倒筒→倍捻→定型————→

}→络筒→成品

棉纤维:清花→梳棉→并条→粗纱→细纱→定型

5.3 原料

涤纶长丝:外观疵点少,成形和内在质量好,选用 50D 涤纶长丝为芯

丝

原棉:成熟度好,短绒少,整齐度好。选用原棉细度 6218,成熟度 1.65,

主体长度 28.61mm

5.4 主要工艺参数

5.4.1 外包棉粗纱

5.4.1.1 开清棉

清花工序遵循“早落少碎，多松适打，有效开松除杂，充分混和”的工艺原则，主要工艺参数：棉卷定量干重 390g/m，豪猪打手速度 660r/min，棉卷罗拉速度 12r/min，三叶梳针速度 720r/min。

5.4.1.2 梳棉

梳棉工艺贯彻“细致梳理”原则，紧隔距，强分梳，慢车速，轻定量，以减少短绒的产生和排除短绒及细小杂质。

针布做到“四锋一准”，确保隔距按工艺要求上车。主要工艺参数：生条定量干重 17g/5m，总牵伸倍数 114.7，锡林~盖板隔距(英丝)7、7、6、6、7，锡林速度 360r/min，刺辊速度 780r/min，道夫速度 18r/min。机型 A186F。

5.4.1.3 并条

二道并条，每道 8 根并合。采用“顺牵伸”的牵伸分配，以改善熟条条干水平注意保持牵伸部件状态良好和棉条通道光洁，为提高成纱条干水平和减少纱疵打下基础。主要工艺参数：头并半熟条定量干重 17g/5m，总牵伸倍数 8.0，后区牵伸倍数 1.72，罗拉隔距 7×12mm，二并熟条定量干重 15.5g/5m，总牵伸倍数 8.77，后区牵伸倍数 1.26，罗拉隔距 7×12mm。机型 A272F。

5.4.1.4 粗纱

为了使粗纱条干均匀，结构紧密，成形良好，便于细纱加工，粗纱工序采用“较大捻系数，小钳口”的工艺，在保证细纱牵伸正常的情况下，粗纱捻系数偏大掌握，以粗纱不出硬头为准，有利于细纱牵伸过程中对浮游纤维的控制，并减少粗纱退绕中的意外牵伸。主要工艺参数：粗纱定量

干重 4.2g/10m，捻系数 100，捻度 4.68T/10cm，罗拉隔距 22×28mm，总牵伸倍数 7.38，钳口隔距 3.5mm，后区牵伸倍数 1.125。机型 A454E。

5.4.2 涤纶芯丝

为实现芯丝无捻的设计要求，减少芯丝在细纱工序退绕时发生飘散和打络现象，应辅以退绕张力加以控制。

要对涤长丝加上与成纱捻向相反的捻度，并对已加捻的涤长丝进行适当的定型。各工序主要工艺参数

5.4.2.1 倒筒

倒筒过程中要注意张力均匀。主要工艺参数：张力片 28g，锭速 2000r/min。机型 ASKV075。

5.4.2.2 倍捻

注意卷绕张力的控制，挡车工要加强巡回。主要工艺参数：车速 10000r/min，捻度 80T/10cm，卷绕张力 6g，捻度方向为 S 捻，机型 ASKV731。

5.4.2.3 定型

满足后道加工需要，对已加捻的涤长丝进行定型，其工艺参数：85℃，40min。设备：定型罐。

5.4.3 棉包无捻涤芯纱

5.4.3.1 细纱

细纱是纺无捻芯纱的关键工序，在工艺设计和操作管理上要采取相应措施，才能确保纺纱质量。

✚因为涤长丝采用消极式喂入方式，所以在细纱机上加装一套能插放长丝的筒子架和控制长丝张力的装置，以有效控制退绕张力，防止芯丝退绕时出现飘散和打绉现象。选择改造机型为 A513W 细纱机。

✚涤长丝已预加 80T/10cm 反向捻度和捻损，后道加工顺利，断头减少，经反复实验，确定细纱设计捻度为 85T/10cm 并适当降低细纱锭速。

✚在牵伸分配上，为保证成纱条干均匀度，后区牵伸倍数不宜大。

✚由于芯丝(涤纶长丝号数为 $50/9=5.56\text{tex}$)的存在，棉短纤号数实际上应是减去涤长丝后的号数即为 12.64tex ($18.2-5.56=12.64\text{tex}$)。

✚在生产过程中，挡车工要加强巡回，严格执行包芯纱操作法，及时处理空芯纱、裸芯纱。设备保养维修人员要做好细纱设备状态检修，尤其要注意设备改造部分和细纱加捻卷绕部分设备状态，导丝轮回转灵活和定位准确，确保涤长丝始终处于棉纤维须条中间，防止包偏或露芯疵点发生。根据试验情况，选用开放型可调导丝轮。

主要工艺参数:细纱定量干重 $1.715\text{g}/100\text{m}$ ，棉细纱定量干重 $1.165\text{g}/100\text{m}$ ，总牵伸倍数 36.05，后区牵伸倍数 1.10，捻度 85T/10cm，捻向 Z 捻，钢丝圈 W321-44#，钳口 3.0mm。

5.4.3.2 定型

定型操作过程中要严格按工艺要求执行，确保定型效果达到设计要求。主要工艺参数: 90°C ，35min。设备:定型罐。

5.4.3.3 络筒

络筒工序采用合理的络纱张力，适当降低槽筒车速，保持纱线通道畅通和良好的机械状态，以减少络筒工序对无捻芯纱质量的影响。主要工艺参数为：车速 900r/min，张力片重量 4g。机型 1332M。

成纱实测质量

无捻芯纱实测干定量 1.69g/100m，实拉强力 230cN，实测捻度 78.1T/10cm，棉结/结杂总数为 54/80，成纱外观包覆质量尚好，无滑移现象。

工艺要点：

18·2tex 针织用棉包涤长丝无捻芯纱既有涤纶长丝的强度，又有棉短纤舒适的手感，开发此类纱线要注意的技术关键

- ✚ 确定合理工艺流程。如采用二次定型工艺和对细纱设备适当改造
- ✚ 合理设计捻度。

因为针织无捻芯纱对条干均匀度、棉结杂质等要求比一般包芯纱要高，因此，长丝预加捻和细纱反向加捻是其关键点，特别是捻系数的确定和芯丝张力控制。在不影响成品质量前提下，细纱退捻捻度的设计，应尽可能地降低退捻率，这样不仅能减少退捻和针织加工过程中断头和疵点的产生，而且可提高产量。而细纱退捻捻度的设计必须是以长丝预加捻设计为基础，因此要根据成纱要求，兼顾加工过程，合理设计捻度。

✚ 为使针织用无捻芯纱在成纱后断裂时两种原料同时断裂，在纺纱过程中采用特殊的张力装置，在不影响成纱质量的情况下，对 A513W 设备进行适当改造，以增加长丝的张力，确保芯丝张力控制和包覆质量。

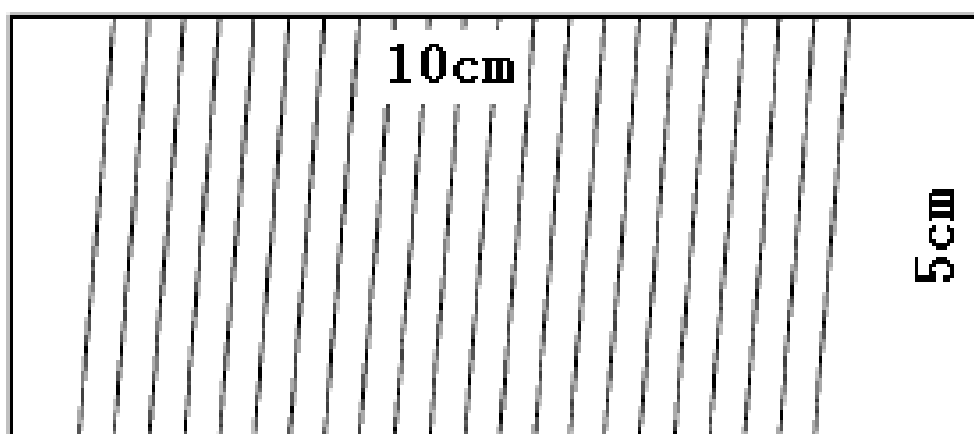
✚倍捻工序要特别注意张力是否正常，长丝断头接结是否按操作法执行。为保证包覆质量，细纱工序芯丝定位、导丝轮定位和规格的选用要得当，挡车工要提高责任心，严格执行包芯纱操作法。

6 无捻纱的退维工艺

6.1 原料及粗纱工艺:棉+PVA 无捻纱

退维过程是纺制无捻纱乃至无捻纱织物成功与否的关键。水溶性维纶溶解过程是先溶胀，再溶解。随着水分子进入纤维内部，维纶纤维的体积先增大，然后维纶分子转入水溶液中。但由于水分子的渗入是由表及里的，所以纱线表层的维纶先溶胀，再向内部扩展，而且表层的维纶溶胀后，会形成一层薄膜覆盖表面，阻碍水向内部的渗入，须等表层维纶分子转入水溶液后，内层水溶性维纶才能再溶胀、溶解。因此整个溶解过程是由表及里。

6.1.1 准备工作 制作 20 个矩形小铁框，规格为 10 cm×5 cm，将备用的合股线缠绕在小铁框上，如图所示。



铁框缠纱图

6.1.2 退维

煮锅内倒上水，加热至 70℃左右，将 20 个小铁框放入锅内，继续加热至沸腾，记下时间。

此后每隔 10 min 捞出一小铁框看其上的 PVA 是否退净。

实验过程记录如下：

1) 70℃时放入纱架，加热至沸腾，记下时间；

10 min 后，捞出一铁框，发现 PVA 有少半已经退去，还有大部分残留；

2) 20 min 后，捞出一铁框，发现大部分 PVA 已经退去，只有少量残余；3) 30 min 后，捞出一铁框发现，PVA 已经完全退净，而且纱线中有几根已煮断。此时将余下的铁框一起取出，上边缠绕的就是要制取的无捻纱。

4) 将上述方法制得的纱线放入温水进行冲洗后放在室内自然晾干 24 h，得到的纱线可称为水溶性无捻纱线。

6.2 本文采用纱线强力测试法和称重法对无捻纱的退维时间验证

6.2.1 退维机制

无捻纱的退维实际上就是一定温度条件下水溶性维纶溶于水的过程。水溶性维纶的溶解过程是先溶胀，再溶解。首先是水分子进入纤维内部，使其体积增大，然后维纶分子转入水溶液中，但对于纱线中的水溶性维纶来说，由于水分子的渗入是由表及里的，所以纱线表层的维纶先溶胀，再向内部扩展。而且表层的维纶溶胀后，会形成一层薄膜覆盖表面，阻碍水分子继续向内部的渗入，须等表层维纶分子转入水溶液中，内层水溶性维纶才能再溶胀、溶解，因此，整个溶解过程是由表及里进行的。

由于维纶分子的化学结构中含有裸露的羟基，而羟基较强的化学活性极易使其受到破坏，在硬水中，钙、镁等离子会与羟基发生反应形成碳酸钙、氢氧化镁等难溶物，影响退维，所以退维过程最好用软化水，并且其硬度应该控制在一定范围。另外退维之前也不能进行漂白，因为一些强氧化剂的存在也会破坏羟基形成难溶物，如双氧水等。

在生产过程中，退维过程的控制一直是困扰维纶伴纺与混纺产品开发的难点。若此工序得不到有效控制，将会出现退维不匀，直接影响成品的各项物理指标及光泽、手感等。

6.2.2 验证方法

6.2.2.1 试样

采用的原料是四川维尼纶厂生产的水溶性维纶短纤维，溶解温度 95°C 。用捻度均为600捻/m、捻向为Z捻的28 tex棉单纱和维纶单纱合股进行反向加捻，合股纱的捻度为600捻/m、捻向为S捻。

6.2.2.2 纱线强力测试法

纱线强力测试验证方法有2种：一种是将合股纱线均匀缠绕在铁框上再放在水中进行退维，此方法遇到的最大问题是不能有效地控制纱线的张力（与铁框接触处纱线受力较大），实验过程中纱线不能在沸水中保持原有的形态，不能在纱线强力仪上准确地反映出其强力变化；另一种方法是把纱线缠绕在均匀的圆木棍上然后放入水中退维，这样能使每段纱线在沸水中所受的作用力基本相同，有效地避免纱线晾干之后纱线张力不匀的问题。一般采用第2种方法来测量维纶在水中完全溶解的程度及其所需时间。

实验方法

将纺得的股线截成 10 根 1 m 长线段，均匀缠绕在 10 个小圆木棍上。煮锅内倒上水，加热至 80℃ 左右时，将 10 个小圆木棍放入锅内退维，继续加热至沸腾，记下时间。然后每隔 3 min 捞出 1 个小圆木棍观察。

实验步骤

80℃ 时放入圆木棍，记下时间 3: 07，之后每隔 3 min 取出 1 个圆木棍，顺序依次为 1#、2#、3#、10#、8#、9#、6#、7#、5#、4#。将以上圆木棍放入室温水中进行 3 次漂洗后，放在室内自然晾干。

实验结果

在 1#、2#、3#、10# 圆木棍上的纱线定型良好；8#、9#、6# 圆木棍上的纱线开始松动脱落，纱线已开始溶解，纱线上可以看出棉纱无捻的状态；7#、5#、4# 圆木棍上的纱线已完全松散，基本成为无捻纱。

股线取出顺序与对应的取出温度、时间如表 1

表 1 实验数据

木棍取出顺序	取出温度/℃	取出时刻
1#	82	3: 10
2#	86	3: 13
3#	90	3: 16
10#	96	3: 19
8#	97	3: 22
9#	98	3: 25
6#	98	3: 28
7#	98	3: 31
5#	98	3: 34
4#	98	3: 37

纱线退维后的强力见表 2

表 2 木棍上股线退维后的强力

cN

序号	强力							平均
	1	2	3	4	5	6	7	
1#	456	428	424	475	436	467	501	455.2
2#	437	457	459	446	457	428	433	445.2
3#	451	470	431	440	424	402	392	430.0
10#	406	532	504	521	530	493	451	491.0
8#	363	372	382	384	399	399	399	385.4
9#	400	47	371	386	393	425	380	343.1
6#	224	394	375	359	355	365	331	343.2
7#	328	369	345	325	311	256	34	281.1
5#	21	413	354	25	323	339		245.8
4#	275	24	338	38				245.8
股线	498	508	507	498	462	488	467	489.7

从表 2 的数据可清楚地看出:在水温没达到 96℃前,也就是 1#、2#、3#、10#圆木棍取出时,股线的强力基本没有大的变化,而实验所用水溶性维纶纤维的溶解点在 95℃左右;其次,在维纶开始溶解之后,随着时间的增加,从 8#开始,纱线的强力在逐渐降低。这说明股线中的维纶成分正在逐步完全的溶解;最后的 5#和 4#纱竟然不能测出 7 组数据。

事实上,4#纱出现大部分无捻的现象,10#的强力不降反升,可能是测量误差或者纱线不匀引起的,并不能反应整个水溶性纤维强力降低的趋势。从整个过程和得出的结果看,数据还是比较准确的,基本能确定退维时间在 30 min 左右。

从整体上讲,用均匀木棍的实验明显优于用铁框的,不但测出了比较准确的数据,在实验过程中也显示出了比较好的效果。比如铁框纱线由于受热不匀导致张力不匀,这不仅导致了纱线测量结果的不准确,而且也因为纱线的松散脱落导致煮完后的纱线无法用流动的水漂洗,进而由于维纶浆液没有漂洗干净导致纱线强力不匀。另外,用铁框更容易把纱线煮脱落,导致纱线无法测量。

6.2.2.3 称重法

纱线强力测试法验证退维时间时，由于棉纱线条干不匀，所以到水沸腾后 20 min 左右，维纶虽还没有完全退去，但此时由于纱线的条干不匀，所测的数据已经反映纱线接近无捻了，为了更准确地验证退维效果，采用称重法来验证维纶完全溶解所需要的时间。

实验方法

称取 11 个长为 50 m 股线试样的质量(在股线被烘干的情况下)。煮锅内倒上水，加热至 80℃左右时，将 11 个试样同时放入煮锅，每隔 3 min 取出 1 个纱样，直至 33 min 后取出所有纱线。将纱线烘干后分别称重。

实验结果见表 3

编号	称重法实验数据					溶解百分率/%
	空瓶质量	烘干总重(退维前)	纱的质量	烘干总重(退维后)	烘干后质量差异	
19#	20.782	22.678	1.896	22.521	0.157	8.3
15#	20.668	22.592	1.924	22.119	0.473	24.6
20#	22.302	24.247	1.945	23.499	0.748	38.5
11#	18.317	20.266	1.949	19.458	0.808	41.4
13#	19.708	21.656	1.948	20.817	0.839	43.1
16#	18.142	20.124	1.982	19.234	0.890	44.9
12#	19.632	21.626	1.994	20.729	0.897	45.0
14#	19.387	21.377	1.990	20.457	0.920	46.2
21#	21.537	23.551	2.041	22.563	0.988	48.9
18#	22.004	23.977	1.973	23.046	0.931	47.2
17#	21.834	23.839	2.005	22.850	0.989	49.3

数据分析

纱样的取出顺序依次为 19#、15#、20#、11#、13#、16#、12#、14#、21#、18#、17#，分别称重。从质量差异看，时间越长维纶溶解得越多，

并且在到达 11#纱样时水溶性维纶基本上已经溶完了，历时 27 min，这与纱线强力法验证的时间基本相符。

6.2.2.4 其它测试法

除了上述 2 种方法外，还可以用化学试剂法、纤维镜法等进行退维验证。化学试剂法应用的原理是利用 2 种原料股线的不同性能，对不同的化学试剂有着不同显色反应，可以作为判断水溶性维纶是否溶净的标准。而显微镜观察法也是利用不同原料的截面形态来观察维纶水溶后纱线的溶解程度。当然，化学试剂法仅是一个构思，还没有发现特别明显的区分这 2 种原料的试剂，需进一步进行研究。

