

# 《环保型模块化预湿经浆联合机的前瞻性研究》项目

## 总结报告

### 一、项目概况

#### 1.1 项目基本情况

项目名称：环保型模块化预湿经浆联合机的前瞻性研究

立项时间：2016年7月

项目编号：BY2016067-04

项目负责人：薛明才

合作企业：盐城市贝格成机械制造有限公司

经费预算：55万元，其中省拨经费15万元

#### 1.2 项目主要研究内容

本研究工作的目的是在将预湿上浆工艺引入经浆联合机，拓宽经浆联合机的适用性，并降低浆料用量，提高浆纱品质。针对此，研究工作设计制作了一种环保型预湿经浆纱联合机，能将烘干部分的高温冷凝水回收作为预湿用水。进行的主要研究内容如下：

(1) 设计制作了一种回收浆纱机排出热水的预湿水槽，其采用一只浸没辊、一只侧压辊和一只主压水辊实现两浸两压，外加回收热水喷淋装置，其结构简单、预湿效果好，并实现了余热回收、节能环保；

(2) 设计了预湿水槽的气动加压装置，并研究分析了压水辊和侧压辊的张力配置和表面材质与硬度等对于压出效果的影响，提出侧压辊选择较小压力和较低硬度、主压辊使用较大压力和较高硬度、互相搭配实现高压压出水分的方法；

(3) 对比研究了几种预湿水槽传动方式、浆槽浆液浓度控制方式和温度控制方式，提出了传动使用变频调速独立传动、浆液浓度使用预热浆槽集中控制和水槽温度使用 PID 控制加 SSR 控制的解决方案；

(4) 研发了两种辅助仪器设备：研发的浆液粘度计采用由按钮带动吊绳克服弹簧阻力，拉起塞杆使浆液流出，同时利用按钮上的凸块触发微动开关启动计时，实现浆液粘度的自动测量；研发的断经位置检测系统采用电阻定位原理，对停经片无改动，对停经条改动较小，使用方便，能用于包括经浆联合机、浆纱机和织机在内的纺织设备；

(5) 通过浆纱实践研究了经浆联合机进行预湿上浆实际效果，认为其可以部分洗去色纱上的浮色，防止其对浆槽内浆液的污染；节约浆料的同时，能有限增加上浆质量，包括提高强力、耐磨性、织造时的效率和布面质量。

## 二、项目实施情况

### 2.1 校企联合研发团队的组织

本项目建立了校企联合的研发团队，团队构成如下表所示。在团队中，既有来自高校理论基础扎实的教师，又有来自企业实践经验丰富的工程师；既有从事机械工程的技术人员，又有从事纺织工程的技术人员；既有经验丰富的高级职称技术人员，又有年轻有为的中级职称技术人员。项目负责人薛明才曾参加和完成多项省部级课题和科技攻关项目，经历了助理工程师、工程师、高级工程师职业生涯和技术培训等，具有一定的科技管理、产品设计研发、科技服务经验和组织工作能力。团队具体构成如下表所示。

表 1 团队成员一览表

姓名	性别	出生年月	职称	学位	从事专业	项目工作时间 (%)	工作单位	项目分工
----	----	------	----	----	------	------------	------	------

杨晓芳	女	1984-04-16	中级	硕士	机械工程	80	盐城工业职业技术学院	预湿水槽总体设计
徐帅	男	1983-02-10	中级	硕士	纺织工程	70	盐城工业职业技术学院	电气控制设计
武银飞	男	1984-07-05	中级	硕士	纺织工程	60	盐城工业职业技术学院	电气控制设计
朱挺	男	1977-10-12	中级	硕士	纺织工程	60	盐城工业职业技术学院	辅助装置研发
毛雷	男	1981-05-01	副高	硕士	纺织工程	60	盐城工业职业技术学院	浆纱实践
周彬	男	1981-10-22	副高	硕士	纺织工程	50	盐城工业职业技术学院	辅助装置研发
成超	男	1963-09-08	中级	学士	机械工程	50	盐城市贝格成机械制造有限公司	辅助仪器研发
徐同华	男	1969-01-08	副高	硕士	机械工程	40	盐城工业职业技术学院	传动装置研发
熊永志	男	1965-12-14	中级	学士	机械工程	40	盐城市贝格成机械制造有限公司	加压装置设计制造
吕育军	男	1965-08-20	中级	学士	机械工程	30	盐城市贝格成机械制造有限公司	传动装置设计制造
汪瑞明	男	1969-12-10	中级	学士	机械工程	30	盐城市贝格成机械制造有限公司	浆纱实践

## 2.2 实施计划的制定与落实

项目申报伊始，即进行了计划制定；获得立项资助后，又组织成员研讨，制定了详细的工作计划（如下表所示）。

表 2 实施计划表

时间安排	工作内容
2016 年 7 月至 2016 年 8 月	讨论确定项目总体规划，制定项目实施方案，细化子项目并落实项目小组负责。

2016年9月至2016年12月	基于模块结构技术设计预湿水槽整体结构，目标是实现其相对于上浆部分能快速拆分和组合，实现多种生产模式间的快速切换。
2017年1月至2017年6月	设计预湿水槽内压水辊的结构及其加压机构，目标是实现大压力压出多余水分，并实现压力可以调整，以方便生产中不同工艺的需要。
2017年7月至2017年12月	采用最新热回收技术设计热能回收系统，目标是回收浆纱过程中的废水废热废气的热能或冷凝水，将其用于预湿工艺。
2017年7月至2017年12月	同步开发浆槽浆液浓度和预湿水槽温度自动控制系统，目标是保持浆液浓度的和水温稳定；附带进行相关仪器设备的研究开发。
2018年1月至2018年6月	整机集成并试车，对有关指标性能进行系统测试，针对不足进行改进。
2018年7月至2018年8月	整理、总结鉴定资料，做鉴定准备。

项目在进行的过程中，按照计划落实研究工作。盐城市贝格成机械制造有限公司十分重视产学研结合，与盐城工业职业技术学院建立了产学研联合体，先后为本项目投入资金30万元，并且派出4名技术骨干参与研究工作，在加压装置设计制造、传动装置设计制造和辅助仪器研发等方面进行了实践研究。盐城工业职业技术学院每年均申报成功多项省部级科研项目，在科技服务管理方面积累了丰富的经验，建有完善的省级以上科研项目经费配套政策。近几年学院立项的省级以上科技项目，学院都给予了不同程度的资金配套。为了体现学院对科技服务管理能力重视程度，学院专门设有科技服务管理章程，并抽调有相当水平的得力技术及管理人员具体负责和实施项目。盐城工业职业技术学院的技术骨干，如期完成了预湿水槽总体设计、电气控制设计、辅助装置研发等工作。

### 2.3 企业研发人员的培养培训

项目在研究开展过程中，对企业研发人员进行了深入的培养培训。主要培训的内容是电气控制知识、变频调速技术和电子产品设计技术等。经过培养培训后，企业研发人员在原有机械工程的知识背景下，吸收学习了丰富的电气控制知识，实现了机、电的深度融合，专业技能、见识眼界得到了提高与拓宽。企业研发人员培养培训对于企业人才储备、产品创新和盈利能力起到了推动作用，能很好的保证企业的可持续发展。

### 2.4 项目完成情况及成效

对照项目合同，项目完成了预期任务，制得预湿经浆联合机样机 1 台，申报、授权专利 9 件，发表论文 4 篇，预湿经浆联合机加工的产品经盐城市纤维检验所检验达到指标要求。

项目有力的提高了合作企业的产品技术水平，增强了产品的竞争力，为合作企业创造了可观的经济效益。

### 2.5 经费预算执行情况

本项目总投入经费 55 万元，其中省拨经费 15 万元，自筹经费 40 万元；总支出经费 52.58 万元，其中省拨经费支出 13.85 万元。经费使用符合相关规定，具体如下表所示。

表 3 经费支出表

科目	支出数	其中：省拨款 支出数
支出合计	52.58	13.85
（一）直接费用	45.78	0
1、设备费	19.57	5.97
（1）设备购置费	5.22	0

(2) 设备试制费	9.63	2.98
(3) 设备改造与租赁费	4.72	2.99
2、材料费	10.97	6.59
3、测试化验加工费	1.65	0.05
4、燃料动力费	0.8	0
5、差旅费	3.11	0
6、会议费	1.12	0
7、国际合作与交流费	0	0
8、出版/文献/信息传播/知识产权 事务费	2.79	0.92
9、劳务费	2.67	0.32
10、专家咨询费	1.56	0
11、其他支出	1.54	0
(二) 间接费用	6.80	0
其中：绩效支出	2.10	0

本项目结余经费 2.4 万元，其中省拨结余经费 1.1 万元。结余经费用于材料印刷装订、项目验收、设备软硬件维护升级以及项目跟踪推广差旅等。

### 三、项目技术情况

#### 3.1 项目的研究方法及技术路线

本项目实施过程中采用的研究方法主要有：利用机械设计软件进行预湿水槽和辅助仪器设备的机械结构设计和仿真；搭建模型进行运转速度、浆液浓度粘度、水槽温度测控和断经位置定位系统的优化；利用实地调查和现场测算方法进行余热回收系统设计。

在技术路线上，首先进行了预湿水槽及余热回收系统的结构设计，接着开展了大压力压水辊及其压力调整机构的结构设计，并同步进行了浆液浓度、水槽温度测控系统的硬件架设和软件编程，最后将各部分集成并试车。具体实施中的技术路线如下所示：

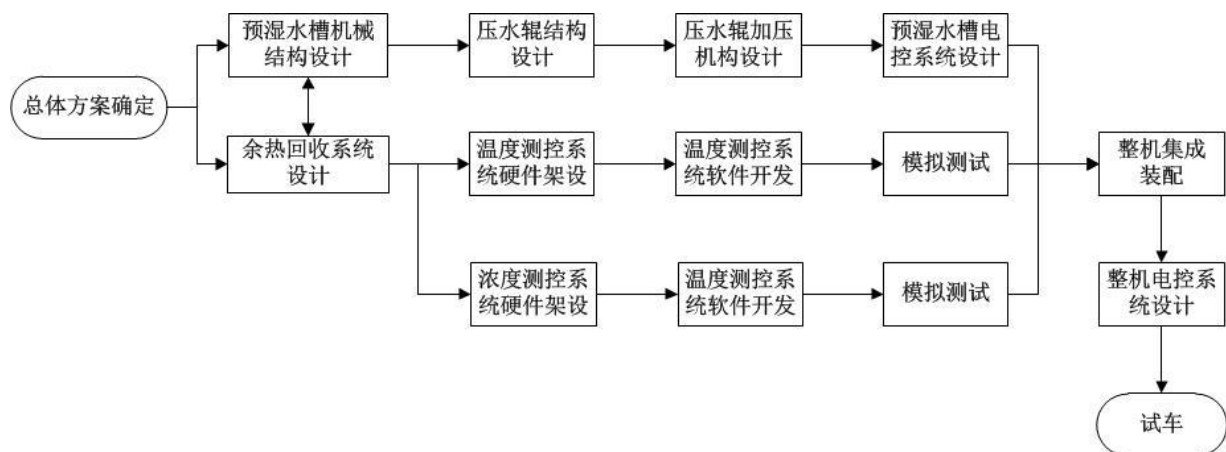


图 1 技术路线图

### 3.2 项目解决的关键技术难题与内容

(1)基于模块结构技术设计预湿水槽整体结构，设计了一种喷淋加湿、两浸两压的预湿水槽结构，并研究得出主、侧压水辊使用不同压力和材料达到水分充分压出的方法

本项目所述的预湿经浆纱联合机设计方案如图 2 所示：预湿水槽 5 安装在浆槽 9 之前，纱线 1 经过引纱辊 2 牵引后，进入预湿水槽。完成预湿后，纱线继续前进并进入浆槽 9，上浆后烘房被烘筒烘干，完成上浆过程。烘筒采用蒸汽加热，冷凝水经由疏水阀 11 排出。此时的冷凝水温度较高，具有较大热回收价值。冷凝水由疏水阀排出后，经热水回收管道 10 流至热水回收水槽 8，在其中被调整至恒定温度后由喷淋管喷淋到纱线上进行二次加湿。为了简化结构、省去使用热水泵，热水回收水槽位置低于下层烘筒疏水阀出水口，预湿水槽位置低于热水回收水槽，如此，冷凝水由疏水阀排出后由于重力流至喷淋管回收，从而避免使用热水泵造成二次耗能。

需要指出的是，疏水阀是蒸汽管网及设备中能“识别”蒸汽和凝结水，并自动排出凝结水、空气及其他不凝结气体，并阻止蒸汽泄漏的阀门。根据工作原理不同，疏水阀有机械型、热静力型、热动力型等类型。根据本项目

的设计目的和实际需要，机械型疏水阀如倒吊桶式较合适，它在排放冷凝水时仅有少量的闪蒸蒸汽，方便进行热水回收。

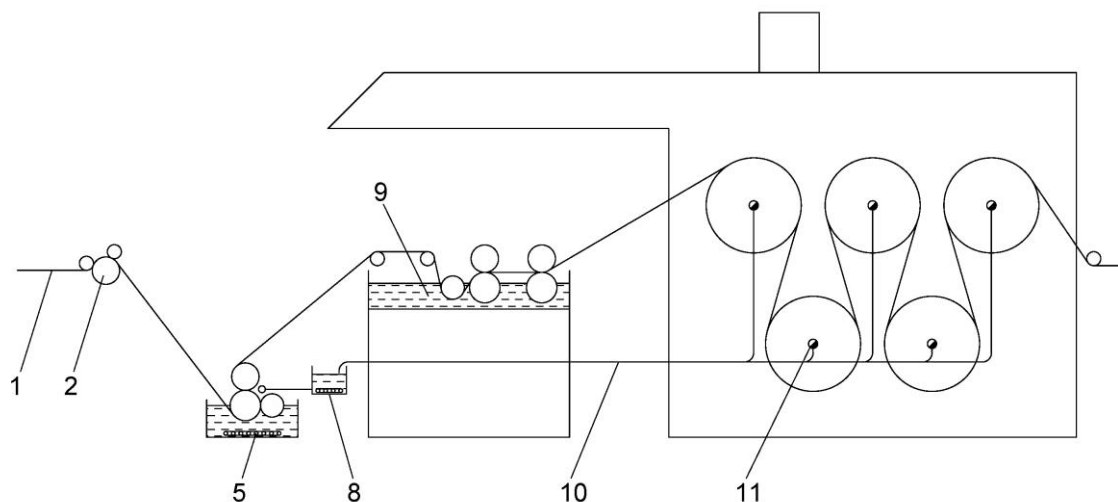


图 2 预湿经浆纱联合机结构示意图

1-纱线; 2-引纱辊; 5-预湿水槽; 8-热水回收水槽;

9-浆槽; 10-热水回收管道; 11-疏水阀

预湿水槽是完成预湿的关键装置，它的设计核心首先是要使纱线充分吸湿、洗涤；其次是进入浆槽前要充分压出水分；最后结合经浆联合机的特点，装置要尽量简单、小巧。本项目设计的预湿水槽结构如图 3 所示，预湿水槽 5 内设有浸没辊 3、主压水辊 4、侧压辊 7 和喷淋管 6。浸没辊 3 和侧压辊 7 完成第一次吸水和挤压，接着喷淋管 6 喷淋出回收自烘筒的冷凝水，完成第二次吸水，并在浸没辊 3 和主压水辊 4 的作用下完成第二次挤压。为了保持水槽内的水温，预湿水槽底部还设有电加热管 12。



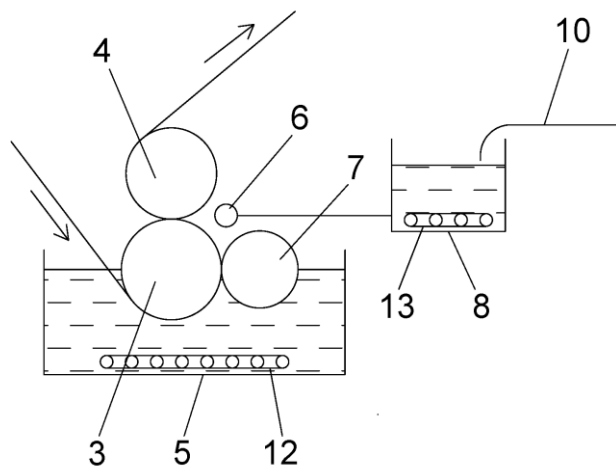


图 3 预湿水槽结构示意图

5-预湿水槽; 3-浸没辊; 4-主压水辊; 6-喷淋管; 7-侧压辊; 8-热水回收水槽;  
10-热水回收管道; 12-预湿槽电加热管; 13-回收槽电加热管

预湿水槽的加压机构，直接决定了压出回潮率的高低。为了减少对浆液浓度的影响，应在不损害纱线结构的前提下尽量降低压出回潮率，即尽量压出多余水分。

目前，在浆纱研究领域，即有“两高一低”的说法，具体的就是指高压、高浓度和低粘度上浆的工艺。本研究预湿水槽加压机构参考高压浆力浆纱机的结构，采用气动加压，具体设计如图 4 所示。

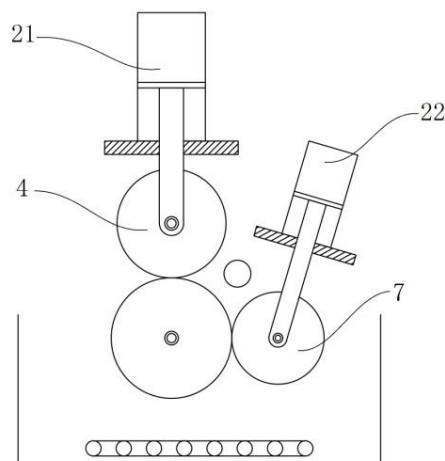


图 4 预湿水槽加压机构示意图

4-主压水辊; 7-侧压辊; 21-主压气缸; 22-侧压气缸

虽然结构参考高压浆力浆纱机的结构，但预湿水槽加压机构又与之有所区别：

a) 在压水辊材质上，采用光面橡胶压辊。相较于浆纱机浆槽上的微孔压辊，光面橡胶压辊的耐久性、抗变形性更好，且由于加工对象不是浆液而是单纯的水，其压出效果和一致性也较好。橡胶压辊具有不同的硬度，选择时应根据压力大、硬度大的原则进行。根据下面所述的压力配置方式，侧压橡胶棍硬度选为 HSA60~65 度，主压橡胶棍硬度选为 HSA80~85 度。

b) 在加压配置上，侧压可更好的握持纱片，达到使纱片整齐有序通过的目的，进而大幅减小纱片两边的扩散，最终减少纱片边部的并头和带状纱。实践证明，使用侧压后，“柳条”或“掉边”时的故障明显得到改善。但要注意，虽然侧压有其积极作用，但其压力配置要合适。如果侧压反而高于主压，则不及分步加压缓和均匀，高压一次骤然加上。高压后再加低压，则因纱线刚受高压，弹性恢复尚不充分，因而低压形同虚设，压出水分效果必然变差。结合本研究涉及的经浆联合机型号，主压的压力选为 30~50kN，侧压压力选为 12~16kN。

**(2)采用变频调速独立传动的方式，解决了预湿水槽同步传动问题，以较低的成本实现了预湿装置模块化的目的，实践证实其使用能满足经浆联合机的速度要求**

图 3 的预湿水槽中，浸没辊 3 为主动部件，主压水辊 4 和侧压辊 7 为从动部件，在已有设备上加装预湿水槽时，只需使得浸没辊 3 表面速度有原设备纱线速度一致即可。

对此可以有两种方案加以解决：一种是机械联动，另一种是采用调速电机独立传动浸没辊。前者具体方案是在浆槽上浆辊上引出链条，传动浸没辊，

这种方案成本较小但机械改造较复杂，并且易受原有设备机械情况制约，如是否有空间引出链条、原电机功率是否能承受等。后者具体方案是在上浆辊上加装高精度编码器，利用编码器输出信号作为输入控制调速电机。

调速电机独立传动方式，又可分为采用伺服电机和变频器两种来实现速度同步。由于经浆联合机运行速度一般较低，因此不需要控制器，直接设置伺服控制器本身电子齿轮比即可实现速度同步。这种方案结构简单、对原设备改动小、使用灵活方便，但成本稍高。另一种是采用变频器控制，其结构如图 4 所示。由于经浆联合机速度较低，一般不高于 30m/min，即浸没辊转速不超过 80rpm，实践证明使用图 5 的结构，能达到速度同步要求。

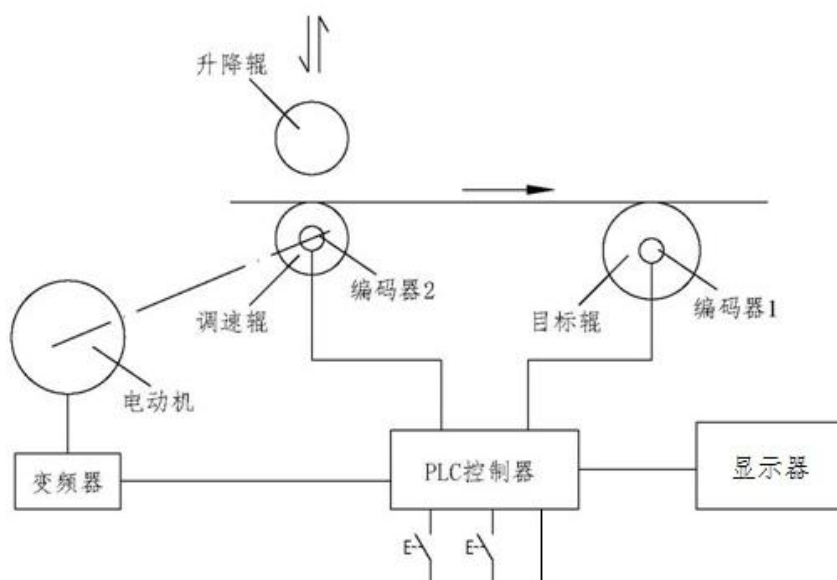


图 5 采用变频器实现联动示意图

**(3)对比了多种浓度传感器和浆液浓度控制系统，提出采用预热浆槽集中控制的方法，解决了预湿带来的浆液浓度逐渐降低问题**

在预湿上浆过程中，纱线从预湿水槽出来后即使经过高压挤压，压出回潮率仍高达 40%左右，也即纱线进入浆槽后，会使浆液稀释，浓度不断降低。因此，预湿上浆的一个关键问题是浆液浓度控制。

浆液浓度控制的第一步是浓度的测量。传统上，对于淀粉浆浆液浓度采用波美计进行测量，但这种方法依靠人工进行，并且在液体处于流动状态的浆槽中，这种测量方法并不准确。另一种较准确的测浓度方法是采用手持折光仪进行，其原理基于液体折射率随液体中杂质变化的现象。当然，这也属离线测量。

在在线测量方面，目前先进浆纱机已经配有在线测试浓度测试装置，主要有：加载力学传感器的阻尼式波美计、利用电容和介电常数关系测量浓度的电容式浓度计、利用溶液折射率和浓度关系测量浓度的光通量浓度计、利用光通量原理改良的光纤浓度传感仪、利用超声波衰减原理进行浓度测量的超声波浓度计以及利用微波衰减原理的微波浓度测量仪器。其中，所述利用溶液折射率和浓度关系测量浓度的光通量浓度计即折光仪，这也是目前主流浆纱机采用的浓度测试方法。如 Sucker（祖克）浆纱机的 Telecoll 上浆率自控系统中，采用的就是折光仪。此外，德国开发的 ITV-SCIAM 上浆率自控系统和 Visacoll 上浆率自动控制系统，以及日本津田驹自动浆槽和美国 Platt 自动浆槽，均使用在线光学折光仪进行浓度测量。

在线折光仪简单可理解为采用线阵 CCD 为传感器来采集物质折射率相对应的黑白分界线，当然具体设计时还涉及许多光学、电子等诸多高精技术，并且由于在线测量时液体杂质的沉积可能会导致测量误差，因此折光仪棱镜需要周期清洗。目前折光仪生产厂商国际上有德国 A. KRUSS 公司、法国 Instrulab 公司、日本 Atago 公司、美国 Rudolph 公司，国内有上海精密科学仪器有限公司等。尤其日本 Atago 公司的 CM 系列折光仪，测试准确度较高，国内有学者将其用于浆液浓度测量。当然，与所有传感器一样，折光仪输出的也是 4-20mA 标准电流信号，这就给不同产品间的替换以及控制系统模拟搭建提供了方便。如本研究中就是借用祖克浆纱机的浓度仪进行的。

在众多浓度控制方法中，使用预热浆槽集中控制是比较稳妥和易于实现的方法，本项目的预湿经浆联合机采用这一方法，其控制系统如图 6 所示。图中，浆槽中的回流浆液进入预热浆槽后，浓度传感器首先测出其浓度，液位传感器测出其体积，测得数据输入到浓度控制装置后，控制装置给出需要的高浓浆液量和温水量，得到调配并符合要求的浆液，再经过循环泵流入浆槽进行上浆。

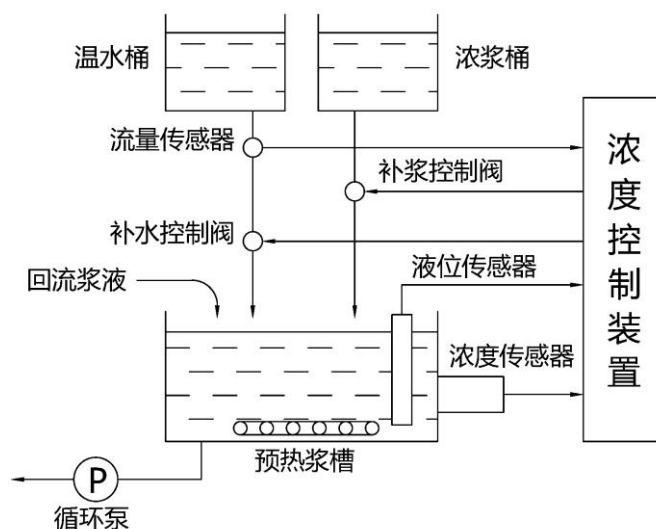


图 6 浆液浓度控制系统框图

(4)研发了一种基于电阻原理的定位系统，为其设计了专用停经条、恒流源等硬件电路，能快速准确定位出断经位置，可以有效的应用在经浆联合机和织机上

接触式经纱检测装置的模型可简化为图7(a)，停经片3下落将接通电极1和2，此时停经片距离右端和左端的距离分别为 $L_x$ 和 $L_y$ 。此时，对应的电路如图7(b)所示，图中， $R_{c1}$ 、 $R_{c2}$ 为停经片3分别与电极1、2的接触电阻， $R_w$ 为停经片自身电阻， $R_{1x}$ 、 $R_{1y}$ 、 $R_{2x}$ 、 $R_{2y}$ 为电极1、2分别对应长度 $x$ 和 $y$ 时的电阻。

当采用单位长度阻值恒定的材料作为电极时，测知对应的电阻值即可反推出长度，这便是本测量系统的基本原理。

以电极2为例（电极2以下称之为定位电极，电极1称为普通电极），长度与电阻的关系为：

$$R_{2X} = k \times L_X \quad (1)$$

其中k即为材料的单位长度电阻值，单位为 $\Omega/m$ 。由上式可得：

$$X = \frac{R_{2X}}{k} \quad (2)$$

由于实际生产中停经条上布满停经片，电阻测量只能在停经条两端进行，如图7(a)中的B点和C点，但此时测得的电阻值实际为 $R_{1X}$ 、 $R_{C1}$ 、 $R_W$ 、 $R_{C2}$ 、 $R_{2X}$ 之和，引入误差较大。

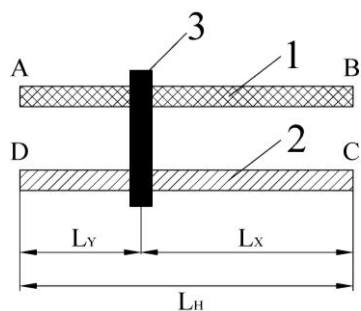
图8示出了测量 $R_{2X}$ 值的电路原理，图中 $r_1$ 表示电压表与B点连接时的导线电阻和接触电阻， $r_2$ 表示电压表与C点连接时的导线电阻和接触电阻， $r_3$ 、 $r_4$ 分别表示恒流源与C、D点连接时的导线电阻和接触电阻之和，恒流源提供恒定电流 $I_s$ 。由于电压表内阻非常大，此时电压表测得的B、C间电压 $U_X$ 即为 $R_{2X}$ 两端电压，与 $r_1$ 、 $R_{1X}$ 、 $R_{C1}$ 、 $R_W$ 、 $R_{C2}$ 、 $r_2$ 无关。测得 $U_X$ 后，由欧姆定律可得：

$$R_{2X} = U_X / I_s \quad (3)$$

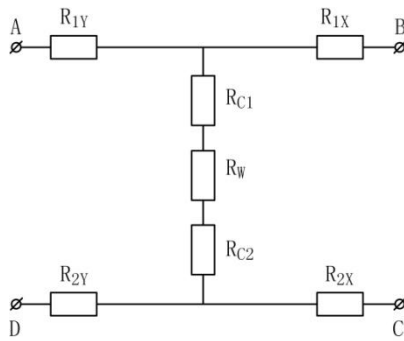
再结合公式(1)可得：

$$L_X = U_X / (I_s * k) \quad (4)$$

显然，要准确的获得 $L_X$ 值，还需要准确测得电流 $I_s$ 和单位长度阻值k，对于实际使用不利，因此有必要继续改进测量方法。



(a) 结构模型



(b) 等效电路

图 7 经纱检测装置的模型与等效电路

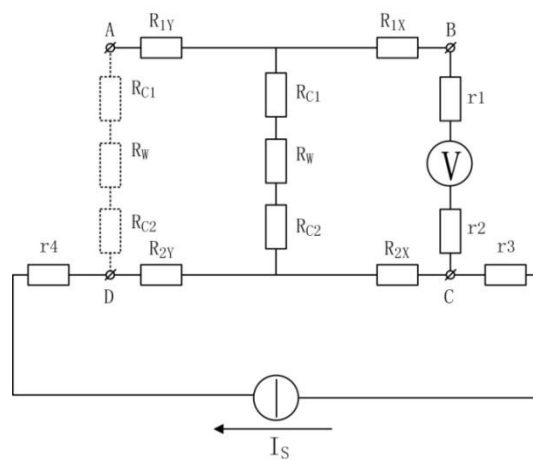


图 8 经纱检测装置的原理示意图

当停经片处在图7(a)中左端A、D点位置，即处在图8中虚线位置时，虽然电压表测量线路上多出电阻 $R_{1Y}$ ，但不影响电压测量，此时电压表测得的B、C间电压 $U_H$ 等于D、C间电压，也等于定位电极2在其整个 $L_H$ 长度内两端的电压值，按照上述原理有：

$$L_H = U_H / (I_S * k) \quad (5)$$

联立公式(4)和公式(5)，将其两端相除可得：

$$L_X / L_H = U_X / U_H \quad (6)$$

将公式(6)稍作变化，即可得：

$$L_X = (U_X \times L_H) / U_H \quad (7)$$

比较公式(4)和(7)可知， $L_X$ 的计算不再需要测算定位电极2的单位长度阻值 $k$ 和恒流源电流 $I_S$ ，只需要测得长度 $L_H$ 和电压 $U_X$ 、 $U_H$ ，方便了使用。

断经检测系统的结构如图9所示。图中，电源、继电器常闭触点K1、停经条两电极、继电器常闭触点K3和光电耦合单元构成检测系统的断经与否检测部分；电源、继电器常开触点K2、停经条两电极、信号放大单元和AD转换单元构成检测系统的断经位置检测部分；单片机驱动继电器实现上述两部分的切换，并在完成检测后将断经位置显示出来。

检测系统之所以需要将断经检测和位置检测区分的原因在于：仅靠获得的 $L_x$ 不能判断有无断经，因为但停经片3靠右端B、C点足够近时，测得的电压与未断经时测得的电压相近，都是趋近于零。换言之，不能靠判断 $L_x$ 是否为零来判断是否断经，因为此时断经也可能发生在右端B、C点处。此外，断经与否检测属开关量检测，可靠性高，实用中可以防止误动作。

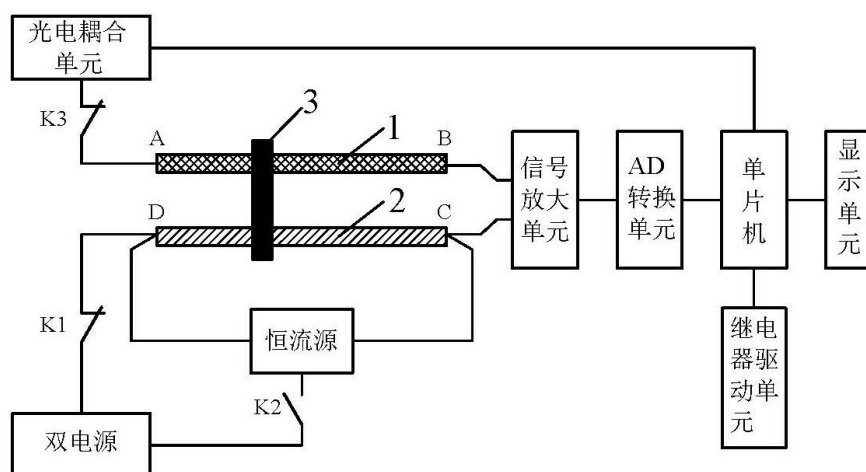


图 9 系统结构示意图

**(5)通过浆纱实践，总结出以高浓度、高压力和高压出回潮率的方法实现同等浆纱质量要求下低上浆率的经验，节省了浆料并提高了浆纱质量**

为验证本研究经浆联合机的实际效果，本研究组委托合作企业进行了上浆实践。浆纱结果表明，采用预湿上浆，并辅以合理的浆纱工艺，其加工纱线能达到甚至超过普通浆纱工艺。通过分析，其产生作用的机理是：

a) 预湿增强了对纱线的润湿作用



润湿，又称浸润，指液体与固体发生接触时，液体附着在固体表面或渗透到固体内部的现象。润湿现象有三种分类：沾湿、浸湿和铺展。沾湿是指液体与固体表面接触（水与经纱接触）创造固-液界面代替固-气界面（经纱与空气）和气-液（空气与水）界面的过程；浸湿是指固体浸入液体中的过程；铺展实质是液体在对固体表面铺展时，液体表面同时也得到扩展。资料显示，棉纤维表面含有0.6%左右的棉蜡，棉蜡不利于上浆和后整理，原因是棉蜡是脂溶性的，对它而言常温的水是不浸润液体。但热水能溶去棉蜡，利用热水对棉纱进行预湿，能为纱线进入浆槽后浆液的浸湿和铺展创造一个良好的条件，使得其发生的条件更加均匀和快速。

#### b) 预湿增强了水对空气的置换作用

对于普通纱线，纱线的纤维间含较多的空气，这部分空气形成的固-气界面既不利于浆液浸透，又容易在浆液与纤维结合面上形成气泡，从而削弱了浆液与纤维之间的粘附作用。而预湿过程同时存在吸湿后进行高压压榨和再次吸水的过程，这一过程能排出纤维间存在的空气，减少或消除上述气泡在纤维与浆液之间形成的阻隔区，使得原先有间断的接触面变得更加连续，扩大了浆液与纤维的接触表面积比，同时固-气界面（经纱与空气）和气-液（空气与水）界面会被固-液界面代替。没有空气的存在，纱线进入浆槽后，浆液中的浆料粒子通过布朗运动，迅速向纱线表面吸附的水中移动、扩散，使得浆料分子的极性基团逐渐向纱线表面分子的极性部分接近。

#### c) 预湿增强了对纱线毛羽的贴伏作用

浆前预湿的高温和挤压可以使纱线表面纤维软化，柔顺性提高，另外，纱线以一定的速度通过预湿槽，预湿槽中水的内摩擦力会使纱线上的毛羽倾向同一方向而使浆膜圆整，所以浆膜抵抗各种摩擦的能力得到提高。

在上述几种作用下，纱线进入浆槽后，浆液润湿纱线或纤维的时间大大

缩短，可以以较高的速度进行浆纱；同时纱线内部充有部分水分，达到了完全润湿的条件，有利于浆液迅速而均匀地渗透与扩散，上浆率已经具有水分的事实而变小，但这并不影响上浆效果，因为预湿的纱线有利于浆液的均匀被覆和浸透，浆膜更加完整，内部粘结更加牢固，浆纱在强力、耐磨方面优于未采用预湿工艺纱线。

### 3.3 取得的突破性进展及创新点

项目研究工作的创新点主要有：

(1)首创回收浆纱机热水的预湿经浆联合机，实现分条整经、预湿和上浆一体完成的同时，达到余热回收、节能环保；

(2)采用一只浸没辊、一只侧压辊和一只主压水辊实现两浸两压，主压辊使用较大压力和较高硬度，侧压辊选择较小压力和较低硬度，外加回收热水喷淋装置，形成结构简单、预湿效果好、压出回潮率高的预湿装置；

(3)首提基于电阻定位原理断经位置辅助检测系统，对停经片无改动，对停经条改动较小，使用方便，能用于包括经浆联合机、浆纱机、织机在内的纺织设备，能迅速有效找出断经位置。

## 四、合同任务指标完成情况

项目全面完成合同约定的研究内容，制得预湿经浆联合机 1 台，其所生产的产品经盐城市纤维检验所检测，结果如下表所示。

表 4 经纱加工前后参数对照表

检验项目	原纱	浆纱
线密度/tex	24.3	26.1
线密度变异系数/%	1.8	1.9
断裂伸长/%	6.47	5.54

断裂强力/ cN	284.31	372.7
断裂强度/ cN/tex	11.7	14.3
断裂强度变异系数/%	8.66	8.83
每10cm长度3mm毛羽数/个	41.3	6.8

经过换算，其指标及其完成情况如下表所示。

表 5 浆纱指标及其完成情况表

项目	计算方法	数值	项目指标	完成情况
上浆率/%	上浆率=(浆纱线密度-原纱线密度)/原纱线密度	7.41	≤7.5	完成
减伸率/%	减伸率=(原纱断裂伸长-浆纱断裂伸长)/原纱断裂伸长	14.37	≤15	完成
增强率/%	增强率=(浆纱断裂强力-原纱断裂强力)/原纱线断裂强力	31.09	≥30	完成
毛羽下降率/%	上浆率=(原纱毛羽数-浆纱毛羽数)/原纱毛羽数	83.54	≥70	完成

项目累计申请或授权专利 9 件，发表论文 4 篇，成果丰硕，完成了预期工作指标。

表 6 项目申请、授权专利一览表

序号	专利名称	专利号	专利类型	专利状态	申请/授权时间	发明人
1	一种环保型预湿浆纱机	201720688441.4	实用新型	授权	2017/12/26	杨晓芳、薛明才、徐帅
2	一种环保型预湿浆纱机	201710446766.6	发明	实审	2017/6/13	杨晓芳、薛明才、徐帅
3	浆纱机预湿水槽	201821186832.7	实用新型	受理	2018/7/25	杨晓芳；徐帅；薛明才
4	浆纱机预湿水槽	201810828113.9	发明	受理	2018/7/25	杨晓芳；徐帅；薛明才

5	浆液粘度计	201821186834.6	实用新型	受理	2018/7/25	杨晓芳；周彬；徐帅；薛明才
6	浆液粘度计	201810829925.5	发明	受理	2018/7/25	杨晓芳；周彬；徐帅；薛明才
7	单侧驱动钢筘横动机	2016103557654.9	发明	授权	2018/6/21	瞿才新、姚桂香、徐帅、杨晓芳
8	经停条及断经位置检测装置	201720241651.9	实用新型	授权	2017/11/14	杨晓芳、朱挺、徐帅
9	自动寻断经装置	201720705165.8	实用新型	授权	2018/1/5	杨晓芳、徐帅、薛明才

表 7 项目发表论文一览表

序号	文章题名	发表刊物	期刊类型	发表时间	作者
1	一种环保型预湿经浆纱联合机的设计	上海纺织科技	核心期刊	2018/06	杨晓芳、薛明才、徐帅
2	经浆联合机进行预湿上浆的实践与探讨	纺织科技进展	省级期刊	2018/08	徐帅、薛明才、杨晓芳
3	基于单片机的断经位置找寻装置研发	上海纺织科技	核心期刊	2017/08	杨晓芳、薛明才、徐帅
4	织机断经位置检测系统的开发	棉纺织技术	核心期刊	2017/09	杨晓芳、徐帅、薛明才

## 五、项目绩效分析

项目将预湿上浆工艺引入经浆联合机，拓宽经浆联合机的适用性，并降低浆料用量，提高浆纱品质；项目采用模块化结构设计，实现一机多用，为企业针对不同品种的生产提供极大便利性；项目采用热能回收和废水回收技术，避免了废热废水的浪费，实现节能环保。

项目有力的促进了地区纺织机械产业的发展，并通过提供特色化加工设

备，为地区纺织业发展和地方经济发展作出贡献，为生产企业和应用企业带来良好的经济效益。此外，由于本项目的预湿经浆联合机回收了废水废热废气，绿色环保，具有良好的社会效益。

江苏是一个纺织大省，纺织机械制造尤其是浆纱机制造，是盐城市乃至江苏的特色产业之一。本项目的研究目的是研发一种环保型模块化预湿经浆联合机，是对多种新技术的集成创新，将对地区的浆纱机研发生产起到积极的示范和促进作用。本项目的经浆联合机拟回收浆纱部分的废热废水，对经浆机制造行业采用符合国家环保要求节能减排政策的生产技术是一个突破，提升了经浆机制造水平，将对盐城国家纺机产业基地建设作出积极贡献，并将成为地区又一个新的经济增长点。本项目的经浆联合机如能顺利投产，还将解决地区中小织布厂产品生产过程中的关键技术问题，使其有能力、有设备根据自身的产品特点生产织轴，提高生产效率和产品开发能力，并使产品向小批量、多品种、个性化、定制化方向发展，进一步提高产品附加值，从而推动本行业、本地区的经济发展。

## 六、存在问题、有关建议及下一步研究设想

项目完成了预期任务，研制出了预湿经浆联合机，但限于条件，还存在一些不足，主要是：

(1) 智能化程度不够。目前国际先进纺织设备已经朝着智能化程度飞速发展，如贝宁格、祖克等型号的浆纱机，不但自动化程度高，而且在生产工艺的智能化制定、工艺参数的自动化整定方面拥有较高水准，本项目的预湿经浆联合机据此还有一定差距。

(2) 项目产品适应性不强。目前本项目的预湿经浆联合机一般适合中粗号纱线的上浆，对于细特纱不能完全适用，这虽然有其他方面的影响，但

机器自身的条件，如自动控制精准度、压辊压力等影响也不可忽视，需要进一步加以改进。

(3) 项目宣传推广力度不够。项目产品目前仅在一些中小企业进行了推广，一些企业限于传统思维，加之未量产的设备成本较高，企业对设备认同度较低。

针对此，下一步的研究设想主要是：

(1) 通过大范围数据提取和分析，提高设备智能化，朝着生产工艺的智能化制定、工艺参数的自动化整定方面努力。

(2) 通过提高控制精准度，提高压辊压力和运转速度，增强设备产品适应性。

同时，进行大范围的项目推广，力争通过规模化量产实现产品成本的降低。