

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 1 月 20 日 (20.01.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/012088 A1

(51) 国际专利分类号:

D01H 1/20 (2006.01) **D01H 1/24** (2006.01)

D01H 5/32 (2006.01) **D01H 1/02** (2006.01)

D01H 1/22 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/084019

(22) 国际申请日: 2021 年 3 月 30 日 (30.03.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:

202010665254.0 2020 年 7 月 11 日 (11.07.2020) CN

(71) 申请人: 江南大学(JIANGNAN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省无锡市滨湖区蠡湖大道1800号, Jiangsu 214122 (CN)。经纬智能纺织机械有限公司(JINGWEI TEXTILE MACHINERY CO., LTD.)

[CN/CN]; 中国山西省晋中市山西示范区晋中开发区汇通产业园园区创业街, Shanxi 030600 (CN)。

(72) 发明人: 薛元(XUE, Yuan); 中国江苏省无锡市滨湖区蠡湖大道1800号, Jiangsu 214122 (CN)。高林郁(GAO, Linyu); 中国山西省晋中市山西示范区晋中开发区汇通产业园园区创业街, Shanxi 030600 (CN)。李增润(LI, Zengrun); 中国山西省晋中市山西示范区晋中开发区汇通产业园园区创业街, Shanxi 030600 (CN)。孙显强(SUN, Xianqiang); 中国江苏省无锡市滨湖区蠡湖大道1800号, Jiangsu 214122 (CN)。崔鹏(CUI, Peng); 中国江苏省无锡市滨湖区蠡湖大道1800号, Jiangsu 214122 (CN)。

(74) 代理人: 南京经纬专利商标代理有限公司(NANJING JINGWEI PATENT & TRADEMARK

(54) Title: TIMING CONTROL SPINNING METHOD FOR MULTI-CHANNEL RING SPINNING FRAME, AND CONTROL SYSTEM

(54) 发明名称: 一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法及控制系统

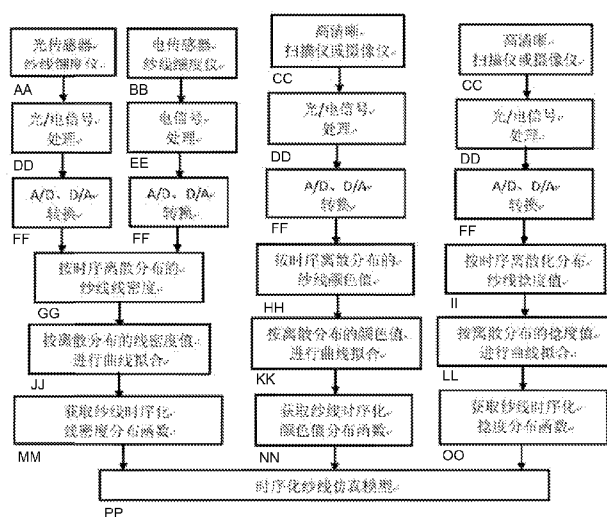


图 2

AA Yarn fineness instrument of an optical sensor
BB Yarn fineness instrument of an electric sensor
CC High-definition scanner or camera
DD Optical/electric signal processing
EE Electric signal processing
FF A/D and D/A conversion
GG Yarn densities discretely distributed according to a time sequence
HH Yarn color values discretely distributed according to a time sequence
II Yarn twist values discretely distributed according to a time sequence
JJ Perform curve fitting on the basis of discretely distributed yarn density values
KK Perform curve fitting on the basis of the discretely distributed color values
LL Perform curve fitting on the basis of the discretely distributed twist values
MM Acquire a timing yarn density distribution function of yarn
NN Acquire a timing color value distribution function of yarn
OO Acquire a timing twist distribution function of yarn
PP Timing yarn simulation model

(57) Abstract: A timing control spinning method for a multi-channel ring spinning frame. By means of a yarn simulation model, yarn design and a spinning process are seamlessly integrated, that is, each mechanism electronic control apparatus of a spinning device can be subjected to timing control on the basis of yarn structure parameters that change according to a time sequence, so as to obtain target formed yarn, and by means of performing timing control on each mechanism electronic control apparatus of the spinning device, structural parameters of the processed formed yarn meet requirements of sequentially changing, thereby realizing flexible digital spinning. By means of a sensing perception system, operation parameters of a ring spinning system, spinning process parameters, and parameters of the structure, appearance, color, etc. of yarn are obtained by means of testing, and same are visually displayed on the basis of a constructed mathematical model. In addition, a control system based on the spinning method is constructed, so that monitoring and control are realized.

AGENCY CO., LTD); 中国江苏省南京市鼓楼区中山路179号12楼B座, Jiangsu 210005 (CN)。

- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法, 通过纱线仿真模型将纱线设计与纺纱加工过程无缝融合, 即可以基于时序变化的纱线结构参数对纺纱设备各机构电控装置进行时序化控制以获得目标成型纱, 也可以通过对纺纱设备各机构电控装置进行时序化控制, 使加工成型纱的结构参数满足时序变化的要求, 实现柔性数字化纺纱; 并通过传感感知系统, 检测获得环锭纺纱系统运行参数、纺纱工艺参数及纱线的结构、形貌、色彩等参数, 基于构建的数学模型进行可视化展示; 同时构建基于纺纱方法的控制系统, 实现监测与控制。

一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法及控制系统

技术领域

本发明涉及一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法及控制系统，属于智能时序化纺纱技术领域。

背景技术

近几年智能纺纱技术进步发展较快，一是以纺纱设备的自动化和数字化，二是纺纱工序的连续化，三是基于传感技术、网络技术的在线监测、监控及纺纱车间的信息化管理。单机台纺纱设备方面，出现了由 PLC 协调控制的多电机驱动的电子牵伸、电子卷绕、电子成型的全电细纱机，大大提升了纺纱机械的电子化、自动化和数字化水平。

以实现无人化操作的智能纺纱为目标，如何使单机台数字化纺纱设备融入连续化纺纱生产流程，推进纺纱车间信息化管理的深度和包容度，提升纺纱智能化水平，是目前需要解决的关键问题。

目前已形成的全电式细纱机，有两个关注点，第一个关注点是将原有单电机驱动的机械式牵伸、机械式加捻和机械式卷绕的机械式纺纱系统，改进为由 PLC 控制和多电机协同驱动的电子牵伸、电子加捻和电子卷绕成型的电子式纺纱系统；第二个关注点是提升纺纱加工的柔性度，实现在线变化结构参数的纺纱加工及多品种纱线的一体化加工。

单机台环锭细纱机数字化水平的提升，为实现纺纱智能化奠定了较好基础。但目前存在以下问题：①数控细纱机的电子牵伸、电子加捻与电子卷绕分属相互独立的控制单元，由于未通过纱线仿真模型与纺纱加工过程实现无缝融合，需要人工干预或预置参数才能完成数字化纺纱加工过程，无法实现智能化的数字化纺纱加工过程；②缺少表达纱线结构、形貌和色彩的数字化仿真模型，无法为纺纱的数字化成型加工提供数据支撑，无法实现纺纱的柔性智能化生产；③纺纱加工过程采用 PLC 现场控制，纺纱过程的机构运动参数、纺纱工艺参数及成型纱线的结构参数没有进行可视化显示；④在监测方面，目前以监测纺纱机运动部件的速度为主，尚不能监测成型纱线的结构参数与纺纱工艺参数。

发明内容

本发明所要解决的技术问题是提供一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法，能够针对纺纱过程，实现精准时序化纺纱控制，有效提高目标成型纱的获得效率。

本发明为了解决上述技术问题采用以下技术方案：本发明设计了一种多通道环锭纺细

纱机时序化控制纺纱方法，基于至少两通道的环锭纺纱机构，实现各通道粗纱到目标成型纱的纺纱，包括如下步骤：

步骤 A. 定义预设长度的样本目标成型纱 s 的纺制时间为 T ，以及样本目标成型纱 s 上 n 段不同结构纱段分别所对应的纺制时长为 $\xi_1, \dots, \xi_i, \dots, \xi_n$ ， $1 \leq i \leq n$ ，且定义 $t_i = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_i = \sum_{j=1}^i \xi_j \leq T$ ，然后进入步骤 B；

步骤 B. 基于样本目标成型纱 s 的纺纱过程，检测获得样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各纱线密度离散值 ρ_{si} 、各纱线捻度离散值 T_{wi} 、以及各组纱线颜色离散值 $\{C_{si}, M_{si}, Y_{si}, K_{si}, W_{si}\}$ ，并进一步通过数据拟合方式，获得样本目标成型纱 s 所对应的纱线密度分布函数 $\rho_s(t)$ 、纱线捻度值分布函数 $T_w(t)$ 、纱线颜色分布函数 $\{C_s(t), M_s(t), Y_s(t), K_s(t), W_s(t)\}$ ，其中， $t_i \leq t \leq t_{i+1}$ ，然后进入步骤 C；

步骤 C. 根据各通道粗纱的 CMYKW 颜色值，结合样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各组纱线颜色离散值 $\{C_{si}, M_{si}, Y_{si}, K_{si}, W_{si}\}$ ，获得各通道粗纱分别对应各 t_i 的混纺比离散值 λ_{fi} ， $f \in \{1, \dots, F\}$ ， F 表示通道总数， $F \geq 2$ ， λ_{fi} 表示第 f 通道粗纱对应各 t_i 的混纺比离散值，并进一步通过数据拟合方式，获得各通道粗纱分别所对应的混纺比分布函数 $\lambda_f(t)$ ， $\lambda_f(t)$ 表示第 f 通道粗纱所对应的混纺比分布函数，然后进入步骤 D；

步骤 D. 根据各通道粗纱分别对应各 t_i 的混纺比离散值 λ_{fi} ，以及样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各纱线密度离散值 ρ_{si} ，获得各通道粗纱分别所对应的牵伸比分布函数 $E_f(t)$ ， $E_f(t)$ 表示第 f 通道粗纱所对应的牵伸比分布函数，并获得各时刻下各通道之间粗纱最小牵伸比分布函数 $E_{\min}(t)$ ，然后进入步骤 E；

步骤 E. 根据环锭转速 $n_d(t)$ ，各通道粗纱的线密度 ρ_f ， ρ_f 表示第 f 通道粗纱的线密度，常数 $C_k \in [1, 1.38]$ ，钢领板上升和下降螺距 $h_s(t)$ 、 $h_x(t)$ ，成型角 γ ，管纱总高度 H ，最大卷绕成型半径 R ，钢丝圈绕纲领环的旋转角 $\theta(t)$ ，钢领板上升短动程 H_s 和下降短动程 H_x ，级升 $\Delta = H_s - H_x$ ，按如下各个公式：

前罗拉速度： $V_q(t) = n_d(t) / T_w(t)$ ；

$$\text{后罗拉速度: } \begin{bmatrix} V_{h1}(t) \\ \vdots \\ V_{hf}(t) \\ \vdots \\ V_{hF}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_q(t) * \rho_s(t) * \lambda_1(t) / \rho_1 \\ \vdots \\ V_q(t) * \rho_s(t) * \lambda_f(t) / \rho_f \\ \vdots \\ V_q(t) * \rho_s(t) * \lambda_F(t) / \rho_F \end{bmatrix}, \text{ 其中, } V_{hf}(t) \text{ 表示第 } f \text{ 通道中后罗}$$

拉速度;

$$\text{中罗拉速度: } V_z(t) = V_q(t) / [E_{\min}(t) / C_k];$$

$$\text{钢领板上升速度: } v_{gs}(t) = \frac{H_s v_q(t) \cos \gamma}{2\pi \sqrt{\left(\frac{h_s(t) \sin \gamma}{2\pi} \theta(t)\right)^2 - \frac{RH_s \sin \gamma}{\pi} \theta(t) + R^2 + \left(\frac{h_s(t)}{2\pi}\right)^2}};$$

$$\text{钢领板下降速度: } v_{gx}(t) = \frac{H_x v_q(t) \cos \gamma}{2\pi \sqrt{\left(\frac{h_x(t) \sin \gamma}{2\pi} \theta(t)\right)^2 - \frac{RH_x \sin \gamma}{\pi} \theta(t) + R^2 + \left(\frac{h_x(t)}{2\pi}\right)^2}};$$

控制环锭纺纱机构中各工作机构分别按其所对应的时序函数进行工作, 实现各通道粗纱到目标成型纱的纺纱。

作为本发明的一种优选技术方案: 检测各后罗拉、中罗拉、前罗拉、以及环锭、钢领板分别所对应伺服电机输出的时序化运动参数为 $U_{bhf}(t)$ 、 $U_{bz}(t)$ 、 $U_{bq}(t)$ 、 $U_{bd}(t)$ 、 $U_{bg}(t)$, 其中, $U_{bhf}(t)$ 表示第 f 通道后罗拉所对应伺服电机输出的时序化运动参数; 根据各伺服电机分别到被驱动机构的传动比为 μ_{hf} 、 μ_z 、 μ_q 、 μ_d 、 μ_g , 获得环锭纺纱机构中各工作机构运行参数、以及纺纱工艺参数用于反馈显示, 其中, μ_{hf} 表示第 f 通道后罗拉所对应伺服电机到被驱动机构的传动比, 各工作机构反馈运行参数如下:

$$\text{前罗拉反馈速度: } V_{bq}(t) = U_{bq}(t) \times \mu_q;$$

$$\text{中罗拉反馈速度: } V_{bz}(t) = U_{bz}(t) \times \mu_z;$$

$$\text{后罗拉反馈速度: } V_{bhf}(t) = U_{bhf}(t) \times \mu_{hf}; \quad V_{bhf}(t) \text{ 表示第 } f \text{ 通道后罗拉反馈速度};$$

$$\text{钢领板上升反馈速度: } V_{bgs}(t) = U_{bgs}(t) \times \mu_g;$$

$$\text{钢领板下降反馈速度: } V_{bgx}(t) = U_{bgx}(t) \times \mu_g;$$

$$\text{锭子反馈转速: } n_{bd}(t) = U_{bd}(t) \times \mu_d;$$

则纺纱工艺参数反馈如下:

$$\text{目标成型纱的反馈纱线密度: } [\rho_{bs}(t)] = \begin{bmatrix} \rho_1 \\ \vdots \\ \rho_f \\ \vdots \\ \rho_F \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} [U_{bh1}(t) \times \mu_{h1}] / [U_{bq}(t) \times \mu_q] \\ \vdots \\ [U_{bhf}(t) \times \mu_{hf}] / [U_{bq}(t) \times \mu_q] \\ \vdots \\ [U_{bhF}(t) \times \mu_{hF}] / [U_{bq}(t) \times \mu_q] \end{bmatrix};$$

目标成型纱的反馈纱线混纺比:

$$\begin{bmatrix} \lambda_{b1}(t) \\ \vdots \\ \lambda_{bf}(t) \\ \vdots \\ \lambda_{bF}(t) \end{bmatrix} = \frac{1}{\rho_s(t)} \begin{bmatrix} \frac{\mu_{h1} U_{bh1}(t)}{\mu_q U_{bq}(t)} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\mu_{hf} U_{bhf}(t)}{\mu_q U_{bq}(t)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\mu_{hF} U_{bhF}(t)}{\mu_q U_{bq}(t)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \rho_1 \\ \vdots \\ \rho_f \\ \vdots \\ \rho_F \end{bmatrix};$$

$$\text{目标成型纱的反馈纱线捻度: } T_{bw}(t) = \frac{\mu_d U_{bd}(t)}{\mu_q U_{bq}(t)};$$

$$\text{反馈前区牵伸比: } E_{bq}(t) = \frac{U_{bq}(t) \times \mu_q}{U_{bz}(t) \times \mu_z};$$

$$\text{反馈后区牵伸比: } \begin{bmatrix} E_{bh1}(t) \\ \vdots \\ E_{bhf}(t) \\ \vdots \\ E_{bhF}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [U_{bz}(t) \times \mu_z] / [U_{bh1}(t) \times \mu_{h1}] \\ \vdots \\ [U_{bz}(t) \times \mu_z] / [U_{bhf}(t) \times \mu_{hf}] \\ \vdots \\ [U_{bz}(t) \times \mu_z] / [U_{bhF}(t) \times \mu_{hF}] \end{bmatrix};$$

$$\text{反馈总牵伸比: } \begin{bmatrix} E_{b1}(t) \\ \vdots \\ E_{bf}(t) \\ \vdots \\ E_{bF}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [U_{bq}(t) \times \mu_q] / [(U_{bh1}(t) \times \mu_{h1})] \\ \vdots \\ [U_{bq}(t) \times \mu_q] / [(U_{bhf}(t) \times \mu_{hf})] \\ \vdots \\ [U_{bq}(t) \times \mu_q] / [(U_{bhF}(t) \times \mu_{hF})] \end{bmatrix}。$$

作为本发明的一种优选技术方案: 所述通道总数 F 等于 5, 即 $f \in \{\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon\}$, 五通道粗纱 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$, 则基于 $E_{bh\alpha}(t)$ 为主牵伸, 则五通道环锭纺纱机构中各工作机构运行参数、以及纺纱工艺参数的反馈显示如下:

$$\text{反馈前区牵伸比: } E_{bq}(t) = \frac{\rho_{\alpha}}{E_{bh\alpha}(t) * \rho_{bs}(t) * \lambda_{b\alpha}(t)};$$

$$\text{反馈后区牵伸比: } \begin{bmatrix} E_{bh\alpha}(t) \\ E_{bh\beta}(t) \\ E_{bh\gamma}(t) \\ E_{bh\delta}(t) \\ E_{bh\varepsilon}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{bh\alpha}(t) \\ [\lambda_{b\alpha}(t) * \rho_{\beta} * E_{bh\alpha}(t)] / [\lambda_{b\beta}(t) * \rho_{\alpha}] \\ [\lambda_{b\alpha}(t) * \rho_{\gamma} * E_{bh\alpha}(t)] / [\lambda_{b\gamma}(t) * \rho_{\alpha}] \\ [\lambda_{b\alpha}(t) * \rho_{\delta} * E_{bh\alpha}(t)] / [\lambda_{b\delta}(t) * \rho_{\alpha}] \\ [\lambda_{b\alpha}(t) * \rho_{\varepsilon} * E_{bh\alpha}(t)] / [\lambda_{b\varepsilon}(t) * \rho_{\alpha}] \end{bmatrix};$$

$$\text{反馈各通道总牵伸比: } \begin{bmatrix} E_{b\alpha}(t) \\ E_{b\beta}(t) \\ E_{b\gamma}(t) \\ E_{b\delta}(t) \\ E_{b\varepsilon}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_{\alpha} / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b\alpha}(t)] \\ \rho_{\beta} / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b\beta}(t)] \\ \rho_{\gamma} / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b\gamma}(t)] \\ \rho_{\delta} / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b\delta}(t)] \\ \rho_{\varepsilon} / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b\varepsilon}(t)] \end{bmatrix};$$

$$\text{反馈前罗拉速度: } V_{bq}(t) = \frac{n_{bd}(t)}{T_{bw}(t)};$$

$$\text{反馈中罗拉速度: } V_{bz}(t) = \frac{n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t) * \lambda_{b\alpha}(t) * E_{bh\alpha}(t)}{T_{bw}(t) * \rho_{\alpha}};$$

$$\text{反馈后罗拉速度: } \begin{bmatrix} V_{bh\alpha}(t) \\ V_{bh\beta}(t) \\ V_{bh\gamma}(t) \\ V_{bh\delta}(t) \\ V_{bh\varepsilon}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t) * \lambda_{b\alpha}(t)] / [T_{bw}(t) * \rho_{\alpha}] \\ [n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t)] / [T_{bw}(t) * \rho_{\beta}] \\ [n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t)] / [T_{bw}(t) * \rho_{\gamma}] \\ [n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t)] / [T_{bw}(t) * \rho_{\delta}] \\ [n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t)] / [T_{bw}(t) * \rho_{\varepsilon}] \end{bmatrix};$$

$$\text{反馈纺纱产量: } W_b(t) = \int \rho_{bs}(t) dt。$$

作为本发明的一种优选技术方案：所述步骤 C 包括如下步骤 C1 至步骤 C2；

步骤 C1. 根据各通道粗纱的颜色值 $(C_f、M_f、Y_f、K_f、W_f)$ ，以及样本目标成型纱 s

上按时间序列分布的各组纱线颜色离散值 $\{C_{si}、M_{si}、Y_{si}、K_{si}、W_{si}\}$ ，按如下公式：

$$\begin{bmatrix} \lambda_{1i} \\ \vdots \\ \lambda_{fi} \\ \vdots \\ \lambda_{Fi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 & \cdots & C_f & \cdots & C_F \\ M_1 & \cdots & M_f & \cdots & M_F \\ Y_1 & \cdots & Y_f & \cdots & Y_F \\ K_1 & \cdots & K_f & \cdots & K_F \\ W_1 & \cdots & W_f & \cdots & W_F \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} C_{si} \\ M_{si} \\ Y_{si} \\ K_{si} \\ W_{si} \end{bmatrix}$$

获得各通道粗纱分别对应各 t_i 的混纺比离散值 λ_{fi} ，然后进入步骤 C2；

步骤 C2. 针对各通道粗纱分别对应各 t_i 的混纺比离散值 λ_{fi} ，通过数据拟合方式，获得各通道粗纱分别所对应的混纺比分布函数 $\lambda_f(t)$ 。

作为本发明的一种优选技术方案：所述步骤 C 中还包括步骤 C3 如下，执行完步骤 C2 之后进入步骤 C3；

步骤 C3. 根据各通道粗纱分别所对应的混纺比分布函数 $\lambda_f(t)$ ，分别针对各个时刻，选择时刻中粗纱最大混纺比所对应的通道作为主通道。

作为本发明的一种优选技术方案：所述步骤 D 包括如下步骤 D1 至步骤 D3；

步骤 D1. 根据各通道粗纱分别对应各 t_i 的混纺比离散值 λ_{fi} ，以及样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各纱线密度离散值 ρ_{si} ，按如下公式：

$$\begin{bmatrix} E_{li}(t) \\ \vdots \\ E_{fi}(t) \\ \vdots \\ E_{Fi}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_1 / [\rho_{si} * \lambda_{li}] \\ \vdots \\ \rho_f / [\rho_{si} * \lambda_{fi}] \\ \vdots \\ \rho_F / [\rho_{si} * \lambda_{Fi}] \end{bmatrix}$$

获得各通道粗纱分别对应各 t_i 的牵伸比离散值 E_{fi} ，然后进入步骤 D2；

步骤 D2. 针对各通道粗纱分别对应各 t_i 的牵伸比离散值 E_{fi} ，通过数据拟合方式，获得各通道粗纱分别所对应的牵伸比分布函数 $E_f(t)$ ，然后进入步骤 D3；

步骤 D3. 根据各通道粗纱分别所对应的牵伸比分布函数 $E_f(t)$ ，获得各时段中各通道之间粗纱最小牵伸比 $E_{i-\min}$ ，进而通过数据拟合方式，获得各时段下各通道之间粗纱最小牵伸比分布函数 $E_{\min}(t)$ 。

作为本发明的一种优选技术方案：所述步骤 D 中还包括步骤 D4 至步骤 D6 如下，执行完步骤 D3 之后，进入步骤 D4；

步骤 D4. 根据 $E_{qi} = E_{i-\min} / C_k$ ，获得各时段中各通道前区牵伸比 E_{qi} ，然后进入步骤 D5；

步骤 D5. 获得各时段中各通道后区牵伸比：
$$\begin{bmatrix} E_{hli} \\ \vdots \\ E_{hfi} \\ \vdots \\ E_{hFi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{li} / E_{qi} \\ \vdots \\ E_{fi} / E_{qi} \\ \vdots \\ E_{Fi} / E_{qi} \end{bmatrix}$$
，其中， E_{hfi} 表示各时

段中第 f 通道后区牵伸比，然后进入步骤 D6；

步骤 D6. 根据如下公式：

某段纺纱时间： $\xi_i = l_i/V_{qi}$ ； 某段纺纱长度： $l_i = V_{qi} * \xi_i$ ；

累计纺纱时间 $t_i = \sum_{j=1}^i \xi_j = \sum_{j=1}^i \frac{l_j}{V_q}$ ； ($i = 1, 2, \dots, n$)；

某段纺纱前罗拉速度： $V_{qi} = n_{di}/T_{wi}$ ；

累计纺纱长度 $L_i = \sum_{j=1}^i (V_{qj} * \xi_j)$ ($i = 1, 2, \dots, n$)

分别获得目标成型纱上单段所对应的纺纱时长 ξ_i ，该段纺纱长度 l_i ，前罗拉的速度 V_{qi} ，累计纺纱时间 T_i ，及所获目标成型纱的累计长度 L_i 。

与上述相对应，本发明还要解决的技术问题是提供一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法的控制系统，通过多个子系统的协同控制，实现侦测与控制的自动化，针对纺纱过程，实现精准时序化纺纱控制，有效提高目标成型纱的获得效率。

本发明为了解决上述技术问题采用以下技术方案：本发明设计了一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法的控制系统，包括感知子系统、纺纱机械执行子系统、本地控制模块，其中，感知子系统与本地控制模块相连接，本地控制模块对接纺纱机械执行子系统；感知子系统包括各位移传感器、各速度传感器、各力传感器、各光传感器、各电传感器、扫描仪、摄像仪、照相机，其中，通过光传感器或电传感器检测成型纱的密度值，通过扫描仪或摄像仪检测成型纱的捻度值、颜色值，通过各速度传感器检测各罗拉的转速，通过各位移传感器、各力传感器检测各通道的牵伸比；

纺纱机械执行子系统包括相互对接的伺服驱动系统硬件和纺纱机械执行系统硬件，伺服驱动系统硬件用于针对纺纱机械执行系统硬件进行电机转速调节，纺纱机械执行系统硬件即前罗拉、中罗拉、锭子、钢领板、各个后罗拉。

作为本发明的一种优选技术方案：还包括与本地控制模块相连接的网络通讯模块，以及经网络通讯模块与本地控制模块相连接各个终端与云服务器。

本发明所述一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法及控制系统，采用以上技术方案与现有技术相比，具有以下技术效果：

本发明所设计多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法，将纱线设计与加工相对分离的过程，通过数学模型集成为一体化的系统仿真与加工过程，获得针对纺纱机构中各电控

装置的时序化控制，由此针对粗纱实现精准纺纱过程，获得目标成型纱；同时基于所设计纺纱方法，构建了环锭细纱机的集成化智能控制系统，该智能控制系统将纺纱牵伸机构、加捻机构、卷绕成型机构的分散控制，集成为一体化系统进行控制；通过控制系统基于纱线时序化结构参数，实现数字化控制纺纱成型机构运动规律、以及纺纱工艺参数的纺纱智能技术，将传感器检测到的时序化数字信号转换成环锭纺纱系统运行参数、纺纱工艺参数、以及纱线结构参数并进行可视化展示的纺纱智能化技术；同时可以实现将现场控制器的输入输出信号上传到云平台，并基于移动设备和远程控制平台实现对细纱机的远程监测与控制的纺纱智能化技术；控制系统相对现有数控细纱机，具有更高地数字化加工水平、更全面地监测体系与可视化展示功能、更便捷地人机协同控制功能，并且实际应用测试表明，本发明方案操作简单，能达到预期要求，具有很强的实用性。

附图说明

图 1 是本发明所设计多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法中的时序化纱线仿真模型；图 2 是本发明所设计多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法中基于反馈信号构建的时序化纱线仿真模型；

图 3 是本发明所设计多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法的控制系统的模块示意图。

具体实施方式

下面结合说明书附图对本发明的具体实施方式作进一步的说明。

本发明所设计一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法，基于至少两通道的环锭纺纱机构，实现各通道粗纱到目标成型纱的纺纱，实际应用当中，具体执行如下步骤 A 至步骤 E。

步骤 A. 定义预设长度的样本目标成型纱 s 的纺制时间为 T ，以及样本目标成型纱 s 上 n 段不同结构纱段分别所对应的纺制时长为 $\xi_1, \dots, \xi_i, \dots, \xi_n$ ， $1 \leq i \leq n$ ，且定义 $t_i = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_i = \sum_{j=1}^i \xi_j \leq T$ ，然后进入步骤 B。

步骤 B. 如图 1 所示，基于样本目标成型纱 s 的纺纱过程，检测获得样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各纱线密度离散值 ρ_{si} 、各纱线捻度离散值 T_{wi} 、以及各组纱线颜色离散值 $\{C_{si}, M_{si}, Y_{si}, K_{si}, W_{si}\}$ ，并进一步通过数据拟合方式，获得样本目标成型纱 s 所对应的纱线密度分布函数 $\rho_s(t)$ 、纱线捻度值分布函数 $T_w(t)$ 、纱线颜色分布函数

$\{C_s(t), M_s(t), Y_s(t), K_s(t), W_s(t)\}$, 其中, $t_i \leq t \leq t_{i+1}$, 然后进入步骤 C。

实际应用当中, 对于纱线密度分布函数, 如图 2 所示, 通过光或电传感器的纱线细度仪检测一段样本目标成型纱, 经数字信号处理将光信号转换为电信号或直接使用电信号, 再通过 A/D 和 D/A 转换, 即可得到检测获得样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各纱线密度离散值 ρ_{si} , 并进一步通过数据拟合方式, 获得样本目标成型纱 s 所对应的纱线密度分布函数 $\rho_s(t)$ 。

对于纱线捻度值分布函数, 如图 2 所示, 使用高清晰扫描仪或摄像仪扫描一段样本目标成型纱, 经数字信号处理将光信号转换为电信号, 再通过 A/D 和 D/A 转换, 即可获得样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各组纱线颜色离散值 $\{C_{si}, M_{si}, Y_{si}, K_{si}, W_{si}\}$, 并进一步通过数据拟合方式, 获得样本目标成型纱 s 所对应的纱线颜色分布函数 $\{C_s(t), M_s(t), Y_s(t), K_s(t), W_s(t)\}$ 。

对于纱线捻度值分布函数, 如图 2 所示, 使用高清晰扫描仪或摄像仪扫描一段样本目标成型纱, 经过图像处理器处理将光信号转换为电信号, 再通过 A/D 和 D/A 转换, 即可得到样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各纱线捻度离散值 T_{wi} , 并进一步通过数据拟合方式, 获得样本目标成型纱 s 所对应的纱线捻度值分布函数 $T_w(t)$ 。

步骤 C. 根据各通道粗纱的 CMYKW 颜色值, 结合样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各组纱线颜色离散值 $\{C_{si}, M_{si}, Y_{si}, K_{si}, W_{si}\}$, 获得各通道粗纱分别对应各 t_i 的混纺比离散值 λ_{fi} , $f \in \{1, \dots, F\}$, F 表示通道总数, $F \geq 2$, λ_{fi} 表示第 f 通道粗纱对应各 t_i 的混纺比离散值, 并进一步通过数据拟合方式, 获得各通道粗纱分别所对应的混纺比分布函数 $\lambda_f(t)$, $\lambda_f(t)$ 表示第 f 通道粗纱所对应的混纺比分布函数, 然后进入步骤 D。

实际应用当中, 上述步骤 C 具体执行如下步骤 C1 至步骤 C3。

步骤 C1. 根据各通道粗纱的颜色值 $(C_f, M_f, Y_f, K_f, W_f)$, 以及样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各组纱线颜色离散值 $\{C_{si}, M_{si}, Y_{si}, K_{si}, W_{si}\}$, 按如下公式:

$$\begin{bmatrix} \lambda_{1i} \\ \vdots \\ \lambda_{fi} \\ \vdots \\ \lambda_{Fi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 & \cdots & C_f & \cdots & C_F \\ M_1 & \cdots & M_f & \cdots & M_F \\ Y_1 & \cdots & Y_f & \cdots & Y_F \\ K_1 & \cdots & K_f & \cdots & K_F \\ W_1 & \cdots & W_f & \cdots & W_F \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} C_{si} \\ M_{si} \\ Y_{si} \\ K_{si} \\ W_{si} \end{bmatrix}$$

获得各通道粗纱分别对应各 t_i 的混纺比离散值 λ_{fi} ，然后进入步骤 C2。

步骤 C2. 针对各通道粗纱分别对应各 t_i 的混纺比离散值 λ_{fi} ，通过数据拟合方式，获得各通道粗纱分别所对应的混纺比分布函数 $\lambda_f(t)$ ，然后进入步骤 C3。

步骤 C3. 根据各通道粗纱分别所对应的混纺比分布函数 $\lambda_f(t)$ ，分别针对各个时刻，选择时刻中粗纱最大混纺比所对应的通道作为主通道。

步骤 D. 根据各通道粗纱分别对应各 t_i 的混纺比离散值 λ_{fi} ，以及样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各纱线密度离散值 ρ_{si} ，获得各通道粗纱分别所对应的牵伸比分布函数 $E_f(t)$ ， $E_f(t)$ 表示第 f 通道粗纱所对应的牵伸比分布函数，并获得各时刻下各通道之间粗纱最小牵伸比分布函数 $E_{\min}(t)$ ，然后进入步骤 E。

上述步骤 D 在实际应用当中，具体执行如下步骤 D1 至步骤 D6。

步骤 D1. 根据各通道粗纱分别对应各 t_i 的混纺比离散值 λ_{fi} ，以及样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各纱线密度离散值 ρ_{si} ，按如下公式：

$$\begin{bmatrix} E_{1i}(t) \\ \vdots \\ E_{fi}(t) \\ \vdots \\ E_{Fi}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_1 / [\rho_{si} * \lambda_{1i}] \\ \vdots \\ \rho_f / [\rho_{si} * \lambda_{fi}] \\ \vdots \\ \rho_F / [\rho_{si} * \lambda_{Fi}] \end{bmatrix}$$

获得各通道粗纱分别对应各 t_i 的牵伸比离散值 E_{fi} ，然后进入步骤 D2。

步骤 D2. 针对各通道粗纱分别对应各 t_i 的牵伸比离散值 E_{fi} ，通过数据拟合方式，获得各通道粗纱分别所对应的牵伸比分布函数 $E_f(t)$ ，然后进入步骤 D3。

步骤 D3. 根据各通道粗纱分别所对应的牵伸比分布函数 $E_f(t)$ ，获得各时段中各通道之间粗纱最小牵伸比 $E_{i-\min}$ ，进而通过数据拟合方式，获得各时段下各通道之间粗纱最小牵

伸比分布函数 $E_{\min}(t)$ ，然后进入步骤 D4。

步骤 D4. 根据 $E_{qi}=E_{i-\min}/C_k$ ，获得各时段中各通道前区牵伸比 E_{qi} ，然后进入步骤 D5。

$$\text{步骤 D5. 获得各时段中各通道后区牵伸比: } \begin{bmatrix} E_{h1i} \\ \vdots \\ E_{hfi} \\ \vdots \\ E_{hFi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{1i}/E_{qi} \\ \vdots \\ E_{fi}/E_{qi} \\ \vdots \\ E_{Fi}/E_{qi} \end{bmatrix}, \text{ 其中, } E_{hfi} \text{ 表示各时}$$

段中第 f 通道后区牵伸比，然后进入步骤 D6。

步骤 D6. 根据如下公式：

$$\text{某段纺纱时间: } \xi_i = l_i/V_{qi}; \text{ 某段纺纱长度: } l_i = V_{qi} * \xi_i;$$

$$\text{累计纺纱时间 } t_i = \sum_{j=1}^i \xi_j = \sum_{j=1}^i \frac{l_j}{V_{qj}}; (i = 1, 2, \dots, n);$$

$$\text{某段纺纱前罗拉速度: } V_{qi} = n_{di}/T_{wi};$$

$$\text{累计纺纱长度 } L_i = \sum_{j=1}^i (V_{qj} * \xi_j) (i = 1, 2, \dots, n)$$

分别获得目标成型纱上单段所对应的纺纱时长 ξ_i ，该段纺纱长度 l_i ，前罗拉的速度 V_{qi} ，累计纺纱时间 T_i ，及所获目标成型纱的累计长度 L_i 。

步骤 E. 根据环锭转速 $n_d(t)$ ，各通道粗纱的线密度 ρ_f ， ρ_f 表示第 f 通道粗纱的线密度，常数 $C_k \in [1, 1.38]$ ，钢领板上升和下降螺距 $h_s(t)$ 、 $h_x(t)$ ，成型角 γ ，管纱总高度 H ，最大卷绕成型半径 R ，钢丝圈绕纲领环的旋转角 $\theta(t)$ ，钢领板上升短动程 H_s 和下降短动程 H_x ，级升 $\Delta = H_s - H_x$ ，按如下各个公式：

$$\text{前罗拉速度: } V_q(t) = n_d(t)/T_w(t);$$

$$\text{后罗拉速度: } \begin{bmatrix} V_{h1}(t) \\ \vdots \\ V_{hfi}(t) \\ \vdots \\ V_{hFi}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_q(t) * \rho_s(t) * \lambda_1(t) / \rho_1 \\ \vdots \\ V_q(t) * \rho_s(t) * \lambda_f(t) / \rho_f \\ \vdots \\ V_q(t) * \rho_s(t) * \lambda_F(t) / \rho_F \end{bmatrix}, \text{ 其中, } V_{hfi}(t) \text{ 表示第 } f \text{ 通道中后罗}$$

拉速度；

中罗拉速度: $V_z(t) = V_q(t) / [E_{\min}(t)/C_k]$;

钢领板上升速度: $v_{gs}(t) = \frac{H_s v_q(t) \cos \gamma}{2\pi \sqrt{\left(\frac{h_s(t) \sin \gamma}{2\pi} \theta(t)\right)^2 - \frac{RH_s \sin \gamma}{\pi} \theta(t) + R^2 + \left(\frac{h_s(t)}{2\pi}\right)^2}};$

钢领板下降速度: $v_{gx}(t) = \frac{H_x v_q(t) \cos \gamma}{2\pi \sqrt{\left(\frac{h_x(t) \sin \gamma}{2\pi} \theta(t)\right)^2 - \frac{RH_x \sin \gamma}{\pi} \theta(t) + R^2 + \left(\frac{h_x(t)}{2\pi}\right)^2}};$

控制环锭纺纱机构中各工作机构分别按其所对应的时序函数进行工作, 实现各通道粗纱到目标成型纱的纺纱。

在环锭纺纱机构中各工作机构进行工作的过程中, 进一步设计检测各后罗拉、中罗拉、前罗拉、以及环锭、钢领板分别所对应伺服电机输出的时序化运动参数为 $U_{bhf}(t)$ 、 $U_{bz}(t)$ 、 $U_{bq}(t)$ 、 $U_{bd}(t)$ 、 $U_{bg}(t)$, 其中, $U_{bhf}(t)$ 表示第 f 通道后罗拉所对应伺服电机输出的时序化运动参数; 根据各伺服电机分别到被驱动机构的传动比为 μ_{hf} 、 μ_z 、 μ_q 、 μ_d 、 μ_g , 获得环锭纺纱机构中各工作机构运行参数、以及纺纱工艺参数用于反馈显示, 其中, μ_{hf} 表示第 f 通道后罗拉所对应伺服电机到被驱动机构的传动比, 环锭纺纱机构中工作机构反馈运行参数如下:

前罗拉反馈速度: $V_{bq}(t) = U_{bq}(t) \times \mu_q$;

中罗拉反馈速度: $V_{bz}(t) = U_{bz}(t) \times \mu_z$;

后罗拉反馈速度: $V_{bhf}(t) = U_{bhf}(t) \times \mu_{hf}$; $V_{bhf}(t)$ 表示第 f 通道后罗拉反馈速度;

钢领板上升反馈速度: $V_{bgs}(t) = U_{bgs}(t) \times \mu_g$;

钢领板下降反馈速度: $V_{bgx}(t) = U_{bgx}(t) \times \mu_g$;

锭子反馈转速: $n_{bd}(t) = U_{bd}(t) \times \mu_d$;

则纺纱工艺参数反馈如下:

$$\text{目标成型纱的反馈纱线密度: } [\rho_{bs}(t)] = \begin{bmatrix} \rho_1 \\ \vdots \\ \rho_f \\ \vdots \\ \rho_F \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} (\mu_{h1} / \mu_q) * [U_{bh1}(t) / U_{bq}(t)] \\ \vdots \\ (\mu_{hf} / \mu_q) * [U_{bhf}(t) / U_{bq}(t)] \\ \vdots \\ (\mu_{hF} / \mu_q) * [U_{bhF}(t) / U_{bq}(t)] \end{bmatrix};$$

目标成型纱的反馈纱线混纺比:

$$\begin{bmatrix} \lambda_{b1}(t) \\ \vdots \\ \lambda_{bf}(t) \\ \vdots \\ \lambda_{bF}(t) \end{bmatrix} = \frac{1}{\rho_s(t)} \begin{bmatrix} \frac{\mu_{h1}U_{bh1}(t)}{\mu_q U_{bq}(t)} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\mu_{hf}U_{bhf}(t)}{\mu_q U_{bq}(t)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\mu_{hF}U_{bhF}(t)}{\mu_q U_{bq}(t)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \rho_1 \\ \vdots \\ \rho_f \\ \vdots \\ \rho_F \end{bmatrix};$$

$$\text{目标成型纱的反馈纱线捻度: } T_{bw}(t) = \frac{\mu_d U_{bd}(t)}{\mu_q U_{bq}(t)};$$

$$\text{反馈前区牵伸比: } E_{bq}(t) = \frac{U_{bq}(t) \times \mu_q}{U_{bz}(t) \times \mu_z};$$

$$\text{反馈后区牵伸比: } \begin{bmatrix} E_{bh1}(t) \\ \vdots \\ E_{bhf}(t) \\ \vdots \\ E_{bhF}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [\rho_1 * U_{bz}(t) * \mu_z] / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b1}(t) * U_{bq}(t) * \mu_q] \\ \vdots \\ [\rho_f * U_{bz}(t) * \mu_z] / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{bf}(t) * U_{bq}(t) * \mu_q] \\ \vdots \\ [\rho_F * U_{bz}(t) * \mu_z] / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{bF}(t) * U_{bq}(t) * \mu_q] \end{bmatrix};$$

$$\text{反馈总牵伸比: } \begin{bmatrix} E_{b1}(t) \\ \vdots \\ E_{bf}(t) \\ \vdots \\ E_{bF}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_1 / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b1}(t)] \\ \vdots \\ \rho_f / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{bf}(t)] \\ \vdots \\ \rho_F / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{bF}(t)] \end{bmatrix} \circ$$

对于至少两通道的环锭纺纱机构, 实际应用当中, 若通道总数 F 等于 5, 即五通道环锭纺纱机构, $f \in \{\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon\}$, 五通道粗纱 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$, 则基于 $E_{bh\alpha}(t)$ 为主牵伸, 则五通道环锭纺纱机构中各工作机构运行参数、以及纺纱工艺参数的反馈显示如下:

$$\text{反馈前区牵伸比: } E_{bq}(t) = \frac{\rho_\alpha}{E_{bh\alpha}(t) * \rho_{bs}(t) * \lambda_{b\alpha}(t)};$$

$$\text{反馈后区牵伸比: } \begin{bmatrix} E_{bh\alpha}(t) \\ E_{bh\beta}(t) \\ E_{bh\gamma}(t) \\ E_{bh\delta}(t) \\ E_{bh\varepsilon}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{bh\alpha}(t) \\ [\lambda_{b\alpha}(t) * \rho_\beta * E_{bh\alpha}(t)] / [\lambda_{b\beta}(t) * \rho_\alpha] \\ [\lambda_{b\alpha}(t) * \rho_\gamma * E_{bh\alpha}(t)] / [\lambda_{b\gamma}(t) * \rho_\alpha] \\ [\lambda_{b\alpha}(t) * \rho_\delta * E_{bh\alpha}(t)] / [\lambda_{b\delta}(t) * \rho_\alpha] \\ [\lambda_{b\alpha}(t) * \rho_\varepsilon * E_{bh\alpha}(t)] / [\lambda_{b\varepsilon}(t) * \rho_\alpha] \end{bmatrix};$$

$$\text{反馈各通道总牵伸比: } \begin{bmatrix} E_{b\alpha}(t) \\ E_{b\beta}(t) \\ E_{b\gamma}(t) \\ E_{b\delta}(t) \\ E_{b\varepsilon}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_{\alpha} / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b\alpha}(t)] \\ \rho_{\beta} / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b\beta}(t)] \\ \rho_{\gamma} / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b\gamma}(t)] \\ \rho_{\delta} / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b\delta}(t)] \\ \rho_{\varepsilon} / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b\varepsilon}(t)] \end{bmatrix};$$

$$\text{反馈前罗拉速度: } V_{bq}(t) = \frac{n_{bd}(t)}{T_{bw}(t)};$$

$$\text{反馈中罗拉速度: } V_{bz}(t) = \frac{n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t) * \lambda_{b\alpha}(t) * E_{bh\alpha}(t)}{T_{bw}(t) * \rho_{\alpha}};$$

$$\text{反馈后罗拉速度: } \begin{bmatrix} V_{bh\alpha}(t) \\ V_{bh\beta}(t) \\ V_{bh\gamma}(t) \\ V_{bh\delta}(t) \\ V_{bh\varepsilon}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t) * \lambda_{b\alpha}(t) / [T_{bw}(t) * \rho_{\alpha}]] \\ [n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t)] / [T_{bw}(t) * \rho_{\beta}] \\ [n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t)] / [T_{bw}(t) * \rho_{\gamma}] \\ [n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t)] / [T_{bw}(t) * \rho_{\sigma}] \\ [n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t)] / [T_{bw}(t) * \rho_{\varepsilon}] \end{bmatrix};$$

$$\text{反馈纺纱产量: } W_b(t) = \int \rho_{bs}(t) dt。$$

对应上述所设计的一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法，本发明进一步设计了对应的控制系统，包括感知子系统、纺纱机械执行子系统、本地控制模块、网络通讯模块、各个终端与云服务器，其中，感知子系统与本地控制模块相连接，本地控制模块对接纺纱机械执行子系统；感知子系统包括各位移传感器、各速度传感器、各力传感器、各光传感器、各电传感器、扫描仪、摄像仪、照相机，其中，通过光传感器或电传感器检测成型纱的密度值，通过扫描仪或摄像仪检测成型纱的捻度值、颜色值，通过各速度传感器检测各罗拉的转速，通过各位移传感器、各力传感器检测各通道的牵伸比。

纺纱机械执行子系统包括相互对接的伺服驱动系统硬件和纺纱机械执行系统硬件，伺服驱动系统硬件用于针对纺纱机械执行系统硬件进行电机转速调节，纺纱机械执行系统硬件即前罗拉、中罗拉、锭子、钢领板、各个后罗拉。

本地控制模块经网络通讯模块与各个终端与云服务器进行连接通信，实际应用当中，本地控制模块诸如为现场 PLC 或工控机、本地客户端、中央控制室、远程客户端、移动客户端等对纺纱过程进行控制与监测。

实际应用当中，如图 3 所示，网络与通讯模块硬件主要由远程服务器的存储硬件（即存储硬盘）和路由器（即 PLC-500T PRO 工业用联网宝）构成，其中存储硬件负责存储纺纱工艺的详细参数资料，供用户在线查看、下载和调用；路由器支持 TCP/IP 通讯协议，

负责将云服务器、客户端、可编程控制器连接起来，起的是桥梁作用。

管理与控制模块硬件主要由管理部分如手机、平板电脑、PC 主机、TPC-1061Hi 触摸屏和控制部分如可编程控制器（PLC）组成。其中可编程控制器（PLC）主要由 AC500 CPU、AC500-ETH CPU 主板、CD522 高速计数模块、TU516 模块底板、数字量 IO 模块组成。管理部分主要负责处理来自控制部分的实时数据，并以图表的形式可视化显示。控制部分负责管理部分下发的工艺参数转换成可供机器识别的数据，以便执行模块执行。

执行模块硬件主要由伺服驱动系统硬件和纺纱机械执行系统硬件组成。伺服驱动系统硬件包括 HDR 开关、DZ47-60 微型断路器、B2-220V 脉冲型伺服驱动器、A2-220V 以太型伺服驱动器、ECMA 伺服电机和减速器，主要起的是调整电机转速作用。纺纱机械执行系统硬件包括前罗拉、中罗拉、后罗拉、锭子、钢领板等。

感知模块硬件主要由各位移传感器、各速度传感器、各力传感器、扫描仪、视频摄像机、照相机组成。该模块的硬件负责将纺纱机构的运动速度和纱线结构外观参数反馈给可编程控制器，用于后续调控。

基于上述各模块的构建，在实际应用当中，还需配合控制系统软件，其中，网络与通讯模块软件主要由远程服务器系统软件和路由器驱动软件构成，其中远程服务器系统软件集成在客户端软件内，该软件主要负责检索存储在网络硬盘内的数据并加以调用，方便管理与控制模块的进一步管理。

管理与控制模块软件主要由管理部分软件和控制部分软件组成。其中管理部分软件包括手机客户端软件、远程客户端软件（如网页）、客户端软件、触摸屏程序等；控制部分包括可编程控制器（PLC）程序。有了以上程序，才能精准和高效的控制机器运动规律。

执行模块软件作用是将系统传递的电信号转化为纺纱机器的运动参数，以便后续化的生产与加工；感知模块软件主要由扫描仪驱动软件、视频摄像机驱动软件、照相机驱动软件组成。该模块的硬件和驱动软件的作用下，可以更好的调控纺纱运动规律。

上述技术方案所设计多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法，将纱线设计与加工相对分离的过程，通过数学模型集成为一体化的系统仿真与加工过程，获得针对纺纱机构中各电控装置的时序化控制，由此针对粗纱实现精准纺纱过程，获得目标成型纱；同时基于所设计纺纱方法，构建了环锭细纱机的集成化智能控制系统，该智能控制系统将纺纱牵伸机构、加捻机构、卷绕成型机构的分散控制，集成为一体化系统进行控制；通过控制系统基于纱线时序化结构参数，实现数字化控制纺纱成型机构运动规律、以及纺纱工艺参数的纺纱智能技术，将传感器检测到的时序化数字信号转换成环锭纺纱系统运行参数、纺纱工

艺参数、以及纱线结构参数并进行可视化展示的纺纱智能化技术；同时可以实现将现场控制器的输入输出信号上传到云平台，并基于移动设备和远程控制平台实现对细纱机的远程监测与控制的纺纱智能化技术；控制系统相对现有数控细纱机，具有更高地数字化加工水平、更全面地监测体系与可视化展示功能、更便捷地人机协同控制功能，并且实际应用测试表明，本发明方案操作简单，能达到预期要求，具有很强的实用性。

上面结合附图对本发明的实施方式作了详细说明，但是本发明并不限于上述实施方式，在本领域普通技术人员所具备的知识范围内，还可以在不脱离本发明宗旨的前提下做出各种变化。

权 利 要 求 书

1. 一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法, 基于至少两通道的环锭纺纱机构, 实现各通道粗纱到目标成型纱的纺纱, 其特征在于, 包括如下步骤:

步骤 A. 定义预设长度的样本目标成型纱 s 的纺制时间为 T , 以及样本目标成型纱 s 上 n 段不同结构纱段分别所对应的纺制时长为 $\xi_1, \dots, \xi_i, \dots, \xi_n$, $1 \leq i \leq n$, 且定义 $t_i = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_i = \sum_{j=1}^i \xi_j \leq T$, 然后进入步骤 B;

步骤 B. 基于样本目标成型纱 s 的纺纱过程, 检测获得样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各纱线密度离散值 ρ_{si} 、各纱线捻度离散值 T_{wi} 、以及各组纱线颜色离散值 $\{C_{si}, M_{si}, Y_{si}, K_{si}, W_{si}\}$, 并进一步通过数据拟合方式, 获得样本目标成型纱 s 所对应的纱线密度分布函数 $\rho_s(t)$ 、纱线捻度值分布函数 $T_w(t)$ 、纱线颜色分布函数 $\{C_s(t), M_s(t), Y_s(t), K_s(t), W_s(t)\}$, 其中, $t_i \leq t \leq t_{i+1}$, 然后进入步骤 C;

步骤 C. 根据各通道粗纱的 CMYKW 颜色值, 结合样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各组纱线颜色离散值 $\{C_{si}, M_{si}, Y_{si}, K_{si}, W_{si}\}$, 获得各通道粗纱分别对应各 t_i 的混纺比离散值 λ_{fi} , $f \in \{1, \dots, F\}$, F 表示通道总数, $F \geq 2$, λ_{fi} 表示第 f 通道粗纱对应各 t_i 的混纺比离散值, 并进一步通过数据拟合方式, 获得各通道粗纱分别所对应的混纺比分布函数 $\lambda_f(t)$, $\lambda_f(t)$ 表示第 f 通道粗纱所对应的混纺比分布函数, 然后进入步骤 D;

步骤 D. 根据各通道粗纱分别对应各 t_i 的混纺比离散值 λ_{fi} , 以及样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各纱线密度离散值 ρ_{si} , 获得各通道粗纱分别所对应的牵伸比分布函数 $E_f(t)$, $E_f(t)$ 表示第 f 通道粗纱所对应的牵伸比分布函数, 并获得各时刻下各通道之间粗纱最小牵伸比分布函数 $E_{\min}(t)$, 然后进入步骤 E;

步骤 E. 根据环锭转速 $n_d(t)$, 各通道粗纱的线密度 ρ_f , ρ_f 表示第 f 通道粗纱的线密度, 常数 $C_k \in [1, 1.38]$, 钢领板上升和下降螺距 $h_s(t)$ 、 $h_x(t)$, 成型角 γ , 管纱总高度 H , 最大卷绕成型半径 R , 钢丝圈绕钢领环的旋转角 $\theta(t)$, 钢领板上升短动程 H_s 和下降短动程 H_x , 级升 $\Delta = H_s - H_x$, 按如下各个公式:

前罗拉速度: $V_q(t) = n_d(t) / T_w(t)$;

$$\text{后罗拉速度: } \begin{bmatrix} V_{h1}(t) \\ \vdots \\ V_{hf}(t) \\ \vdots \\ V_{hF}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_q(t) * \rho_s(t) * \lambda_1(t) / \rho_1 \\ \vdots \\ V_q(t) * \rho_s(t) * \lambda_f(t) / \rho_f \\ \vdots \\ V_q(t) * \rho_s(t) * \lambda_F(t) / \rho_F \end{bmatrix}, \text{ 其中, } V_{hf}(t) \text{ 表示第 } f \text{ 通道的后罗拉速}$$

度;

$$\text{中罗拉速度: } V_z(t) = V_q(t) / [E_{\min}(t) / C_k];$$

$$\text{钢领板上升速度: } v_{gs}(t) = \frac{H_s v_q(t) \cos \gamma}{2\pi \sqrt{\left(\frac{h_s(t) \sin \gamma}{2\pi} \theta(t)\right)^2 - \frac{RH_s \sin \gamma}{\pi} \theta(t) + R^2 + \left(\frac{h_s(t)}{2\pi}\right)^2}};$$

$$\text{钢领板下降速度: } v_{gx}(t) = \frac{H_x v_q(t) \cos \gamma}{2\pi \sqrt{\left(\frac{h_x(t) \sin \gamma}{2\pi} \theta(t)\right)^2 - \frac{RH_x \sin \gamma}{\pi} \theta(t) + R^2 + \left(\frac{h_x(t)}{2\pi}\right)^2}};$$

控制环锭纺纱机构中各工作机构分别按其所对应的时序函数进行工作, 实现各通道粗纱到目标成型纱的纺纱。

2. 根据权利要求 1 所述一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法, 其特征在于: 检测各后罗拉、中罗拉、前罗拉、以及环锭、钢领板分别所对应伺服电机输出的时序化运动参数为 $U_{bhf}(t)$ 、 $U_{bz}(t)$ 、 $U_{bq}(t)$ 、 $U_{bd}(t)$ 、 $U_{bg}(t)$, 其中, $U_{bhf}(t)$ 表示第 f 通道后罗拉所对应伺服电机输出的时序化运动参数; 根据各伺服电机分别到被驱动机构的传动比为 μ_{hf} 、 μ_z 、 μ_q 、 μ_d 、 μ_g , 获得环锭纺纱机构中各工作机构运行参数、以及纺纱工艺参数用于反馈显示, 其中, μ_{hf} 表示第 f 通道后罗拉所对应伺服电机到被驱动机构的传动比, 各工作机构反馈运行参数如下:

$$\text{前罗拉反馈速度: } V_{bq}(t) = U_{bq}(t) \times \mu_q;$$

$$\text{中罗拉反馈速度: } V_{bz}(t) = U_{bz}(t) \times \mu_z;$$

$$\text{后罗拉反馈速度: } V_{bhf}(t) = U_{bhf}(t) \times \mu_{hf}; \quad V_{bhf}(t) \text{ 表示第 } f \text{ 通道后罗拉反馈速度};$$

$$\text{钢领板上升反馈速度: } V_{bgs}(t) = U_{bgs}(t) \times \mu_g;$$

$$\text{钢领板下降反馈速度: } V_{bgx}(t) = U_{bgx}(t) \times \mu_g;$$

$$\text{锭子反馈转速: } n_{bd}(t) = U_{bd}(t) \times \mu_d;$$

则纺纱工艺参数反馈如下:

$$\text{目标成型纱的反馈纱线密度: } [\rho_{bs}(t)] = \begin{bmatrix} \rho_1 \\ \vdots \\ \rho_f \\ \vdots \\ \rho_F \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} [U_{bh1}(t) \times \mu_{h1}] / [U_{bq}(t) \times \mu_q] \\ \vdots \\ [U_{bhf}(t) \times \mu_{hf}] / [U_{bq}(t) \times \mu_q] \\ \vdots \\ [U_{bhF}(t) \times \mu_{hF}] / [U_{bq}(t) \times \mu_q] \end{bmatrix};$$

目标成型纱的反馈纱线混纺比:

$$\begin{bmatrix} \lambda_{b1}(t) \\ \vdots \\ \lambda_{bf}(t) \\ \vdots \\ \lambda_{bF}(t) \end{bmatrix} = \frac{1}{\rho_s(t)} \begin{bmatrix} \frac{\mu_{h1} U_{bh1}(t)}{\mu_q U_{bq}(t)} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\mu_{hf} U_{bhf}(t)}{\mu_q U_{bq}(t)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\mu_{hF} U_{bhF}(t)}{\mu_q U_{bq}(t)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \rho_1 \\ \vdots \\ \rho_f \\ \vdots \\ \rho_F \end{bmatrix};$$

$$\text{目标成型纱的反馈纱线捻度: } T_{bw}(t) = \frac{\mu_d U_{bd}(t)}{\mu_q U_{bq}(t)};$$

$$\text{反馈前区牵伸比: } E_{bq}(t) = \frac{U_{bq}(t) \times \mu_q}{U_{bz}(t) \times \mu_z};$$

$$\text{反馈后区牵伸比: } \begin{bmatrix} E_{bh1}(t) \\ \vdots \\ E_{bhf}(t) \\ \vdots \\ E_{bhF}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [U_{bz}(t) \times \mu_z] / [U_{bh1}(t) \times \mu_{h1}] \\ \vdots \\ [U_{bz}(t) \times \mu_z] / [U_{bhf}(t) \times \mu_{hf}] \\ \vdots \\ [U_{bz}(t) \times \mu_z] / [U_{bhF}(t) \times \mu_{hF}] \end{bmatrix};$$

$$\text{反馈总牵伸比: } \begin{bmatrix} E_{b1}(t) \\ \vdots \\ E_{bf}(t) \\ \vdots \\ E_{bF}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [U_{bq}(t) \times \mu_q] / [(U_{bh1}(t) \times \mu_{h1})] \\ \vdots \\ [U_{bq}(t) \times \mu_q] / [(U_{bhf}(t) \times \mu_{hf})] \\ \vdots \\ [U_{bq}(t) \times \mu_q] / [(U_{bhF}(t) \times \mu_{hF})] \end{bmatrix} \circ$$

3. 根据权利要求 2 所述一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法, 其特征在于: 所述通道总数 F 等于 5, 即 $f \in \{\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon\}$, 五通道粗纱 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$, 则基于 $E_{bh\alpha}(t)$ 为主牵伸, 则五通道环锭纺纱机构中各工作机构运行参数、以及纺纱工艺参数的反馈显示

如下:

$$\text{反馈前区牵伸比: } E_{bq}(t) = \frac{\rho_{\alpha}}{E_{bh\alpha}(t) * \rho_{bs}(t) * \lambda_{b\alpha}(t)};$$

$$\text{反馈后区牵伸比: } \begin{bmatrix} E_{bh\alpha}(t) \\ E_{bh\beta}(t) \\ E_{bh\gamma}(t) \\ E_{bh\delta}(t) \\ E_{bh\varepsilon}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{bh\alpha}(t) \\ [\lambda_{b\alpha}(t) * \rho_{\beta} * E_{bh\alpha}(t)] / [\lambda_{b\beta}(t) * \rho_{\alpha}] \\ [\lambda_{b\alpha}(t) * \rho_{\gamma} * E_{bh\alpha}(t)] / [\lambda_{b\gamma}(t) * \rho_{\alpha}] \\ [\lambda_{b\alpha}(t) * \rho_{\delta} * E_{bh\alpha}(t)] / [\lambda_{b\delta}(t) * \rho_{\alpha}] \\ [\lambda_{b\alpha}(t) * \rho_{\varepsilon} * E_{bh\alpha}(t)] / [\lambda_{b\varepsilon}(t) * \rho_{\alpha}] \end{bmatrix};$$

$$\text{反馈各通道总牵伸比: } \begin{bmatrix} E_{b\alpha}(t) \\ E_{b\beta}(t) \\ E_{b\gamma}(t) \\ E_{b\delta}(t) \\ E_{b\varepsilon}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_{\alpha} / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b\alpha}(t)] \\ \rho_{\beta} / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b\beta}(t)] \\ \rho_{\gamma} / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b\gamma}(t)] \\ \rho_{\delta} / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b\delta}(t)] \\ \rho_{\varepsilon} / [\rho_{bs}(t) * \lambda_{b\varepsilon}(t)] \end{bmatrix};$$

$$\text{反馈前罗拉速度: } V_{bq}(t) = \frac{n_{bd}(t)}{T_{bw}(t)};$$

$$\text{反馈中罗拉速度: } V_{bz}(t) = \frac{n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t) * \lambda_{b\alpha}(t) * E_{bh\alpha}(t)}{T_{bw}(t) * \rho_{\alpha}};$$

$$\text{反馈后罗拉速度: } \begin{bmatrix} V_{bh\alpha}(t) \\ V_{bh\beta}(t) \\ V_{bh\gamma}(t) \\ V_{bh\delta}(t) \\ V_{bh\varepsilon}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t) * \lambda_{b\alpha}(t)] / [T_{bw}(t) * \rho_{\alpha}] \\ [n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t)] / [T_{bw}(t) * \rho_{\beta}] \\ [n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t)] / [T_{bw}(t) * \rho_{\gamma}] \\ [n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t)] / [T_{bw}(t) * \rho_{\delta}] \\ [n_{bd}(t) * \rho_{bs}(t)] / [T_{bw}(t) * \rho_{\varepsilon}] \end{bmatrix};$$

$$\text{反馈纺纱产量: } W_b(t) = \int \rho_{bs}(t) dt。$$

4. 根据权利要求 1 至 3 中任意一项所述一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法, 其特征在于: 所述步骤 C 包括如下步骤 C1 至步骤 C2;

步骤 C1. 根据各通道粗纱的颜色值 $(C_f、M_f、Y_f、K_f、W_f)$, 以及样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各组纱线颜色离散值 $\{C_{si}、M_{si}、Y_{si}、K_{si}、W_{si}\}$, 按如下公式:

$$\begin{bmatrix} \lambda_{1i} \\ \vdots \\ \lambda_{fi} \\ \vdots \\ \lambda_{Fi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 & \cdots & C_f & \cdots & C_F \\ M_1 & \cdots & M_f & \cdots & M_F \\ Y_1 & \cdots & Y_f & \cdots & Y_F \\ K_1 & \cdots & K_f & \cdots & K_F \\ W_1 & \cdots & W_f & \cdots & W_F \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} C_{si} \\ M_{si} \\ Y_{si} \\ K_{si} \\ W_{si} \end{bmatrix}$$

获得各通道粗纱分别对应各 t_i 的混纺比离散值 λ_{fi} ，然后进入步骤 C2；

步骤 C2. 针对各通道粗纱分别对应各 t_i 的混纺比离散值 λ_{fi} ，通过数据拟合方式，获得各通道粗纱分别所对应的混纺比分布函数 $\lambda_f(t)$ 。

5. 根据权利要求 4 所述一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法，其特征在于：所述步骤 C 中还包括步骤 C3 如下，执行完步骤 C2 之后进入步骤 C3；

步骤 C3. 根据各通道粗纱分别所对应的混纺比分布函数 $\lambda_f(t)$ ，分别针对各个时刻，选择时刻中粗纱最大混纺比所对应的通道作为主通道。

6. 根据权利要求 1 至 3 中任意一项所述一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法，其特征在于：所述步骤 D 包括如下步骤 D1 至步骤 D3；

步骤 D1. 根据各通道粗纱分别对应各 t_i 的混纺比离散值 λ_{fi} ，以及样本目标成型纱 s 上按时间序列分布的各纱线密度离散值 ρ_{si} ，按如下公式：

$$\begin{bmatrix} E_{1i}(t) \\ \vdots \\ E_{fi}(t) \\ \vdots \\ E_{Fi}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_1 / [\rho_{si} * \lambda_{1i}] \\ \vdots \\ \rho_f / [\rho_{si} * \lambda_{fi}] \\ \vdots \\ \rho_F / [\rho_{si} * \lambda_{Fi}] \end{bmatrix}$$

获得各通道粗纱分别对应各 t_i 的牵伸比离散值 E_{fi} ，然后进入步骤 D2；

步骤 D2. 针对各通道粗纱分别对应各 t_i 的牵伸比离散值 E_{fi} ，通过数据拟合方式，获得各通道粗纱分别所对应的牵伸比分布函数 $E_f(t)$ ，然后进入步骤 D3；

步骤 D3. 根据各通道粗纱分别所对应的牵伸比分布函数 $E_f(t)$ ，获得各时段中各通道之间粗纱最小牵伸比 $E_{i-\min}$ ，进而通过数据拟合方式，获得各时段下各通道之间粗纱最小牵伸比分布函数 $E_{\min}(t)$ 。

7. 根据权利要求 6 所述一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法, 其特征在于: 所述步骤 D 中还包括步骤 D4 至步骤 D6 如下, 执行完步骤 D3 之后, 进入步骤 D4;

步骤 D4. 根据 $E_{qi} = E_{i-\min} / C_k$, 获得各时段中各通道前区牵伸比 E_{qi} , 然后进入步骤 D5;

步骤 D5. 获得各时段中各通道后区牵伸比:
$$\begin{bmatrix} E_{hli} \\ \vdots \\ E_{hfi} \\ \vdots \\ E_{hFi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{li} / E_{qi} \\ \vdots \\ E_{fi} / E_{qi} \\ \vdots \\ E_{Fi} / E_{qi} \end{bmatrix}$$
, 其中, E_{hfi} 表示各时段中

第 f 通道后区牵伸比, 然后进入步骤 D6;

步骤 D6. 根据如下公式:

某段纺纱时间: $\xi_i = l_i / V_{qi}$; 某段纺纱长度: $l_i = V_{qi} * \xi_i$;

累计纺纱时间 $t_i = \sum_{j=1}^i \xi_j = \sum_{j=1}^i \frac{l_j}{V_{qj}}$; ($i = 1, 2, \dots, n$);

某段纺纱前罗拉速度: $V_{qi} = n_{di} / T_{wi}$;

累计纺纱长度 $L_i = \sum_{j=1}^i (V_{qj} * \xi_j)$ ($i = 1, 2, \dots, n$)

分别获得目标成型纱上单段所对应的纺纱时长 ξ_i , 该段纺纱长度 l_i , 前罗拉的速度 V_{qi} , 累计纺纱时间 T_i , 及所获目标成型纱的累计长度 L_i 。

8. 一种应用权利要求 3 至 7 中任意一项所述一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法的控制系统, 其特征在于: 包括感知子系统、纺纱机械执行子系统、本地控制模块, 其中, 感知子系统与本地控制模块相连接, 本地控制模块对接纺纱机械执行子系统; 感知子系统包括各位移传感器、各速度传感器、各力传感器、各光传感器、各电传感器、扫描仪、摄像仪、照相机, 其中, 通过光传感器或电传感器检测成型纱的密度值, 通过扫描仪或摄像仪检测成型纱的捻度值、颜色值, 通过各速度传感器检测各罗拉的转速, 通过各位移传感器、各力传感器检测各通道的牵伸比;

纺纱机械执行子系统包括相互对接的伺服驱动系统硬件和纺纱机械执行系统硬件, 伺服驱动系统硬件用于针对纺纱机械执行系统硬件进行电机转速调节, 纺纱机械执行系统硬件即前罗拉、中罗拉、锭子、钢领板、各个后罗拉。

9. 根据权利要求 8 所述一种多通道环锭纺细纱机时序化控制纺纱方法的控制系统, 其特征在于: 还包括与本地控制模块相连接的网络通讯模块, 以及经网络通讯模块与本地控制模

块相连接各个终端与云服务器。

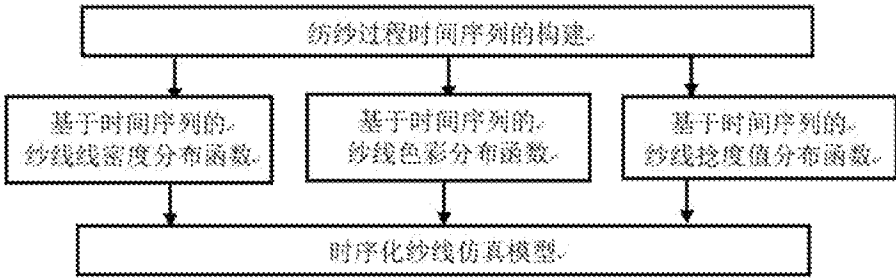


图 1

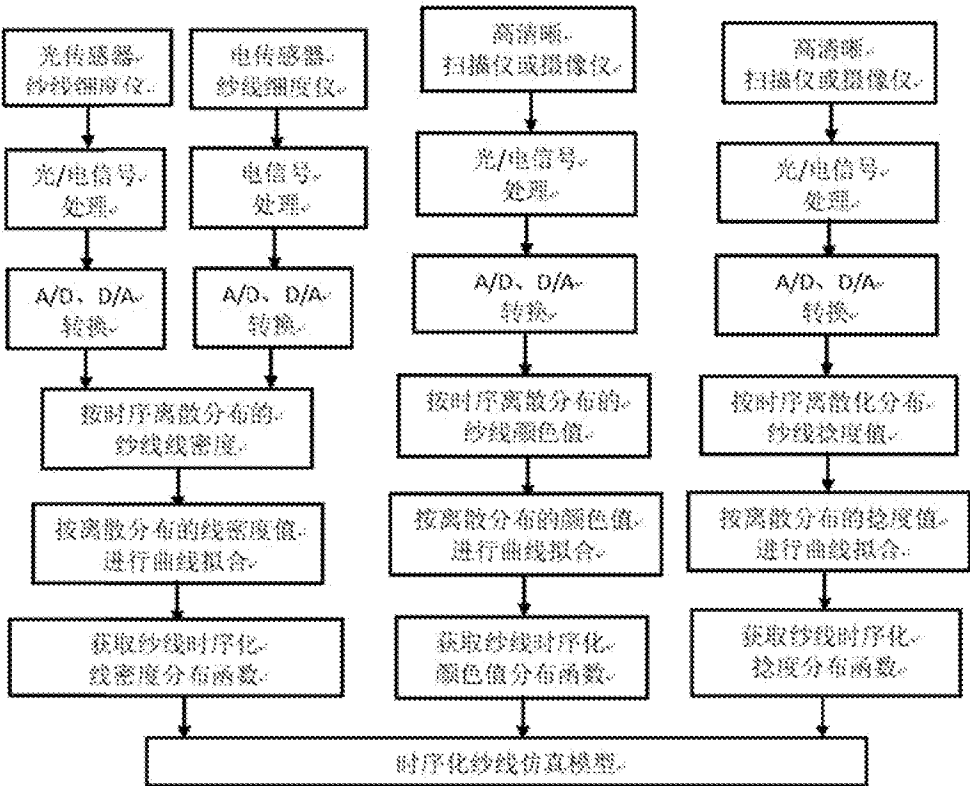


图 2

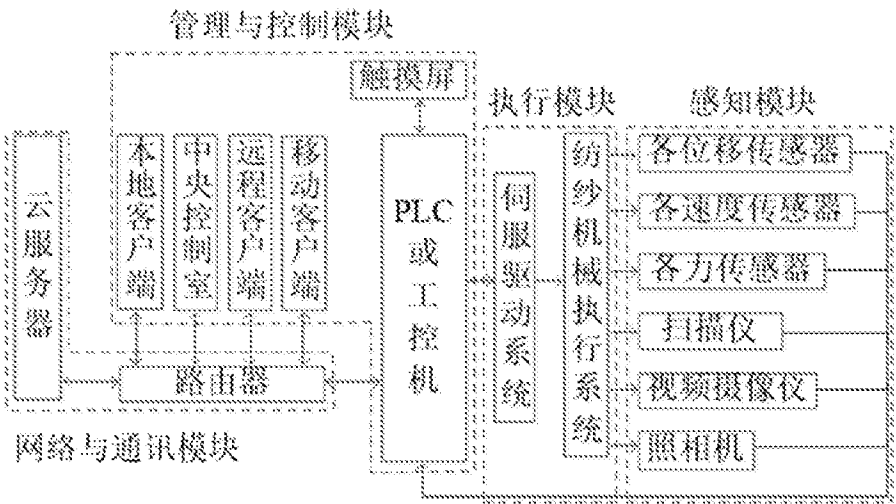


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/084019

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

D01H 1/20(2006.01)i; D01H 5/32(2006.01)i; D01H 1/22(2006.01)i; D01H 1/24(2006.01)i; D01H 1/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

D01H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; DWPI; SIPOABS: 纺纱, 混纺, 捻度, 颜色, 控制, 函数, 智能, 柔性, spinning, spun, mix, blend, twist, color, colour, control, function, intelligence, flexibility, flexible

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	孙显强 等 (SUN, Xianiang et al.). "环锭纺纱集成化智能控制系统构建及其应用 (Establishment and Application of Integrated Intelligent Control System for Ring Spinning)" 纺织导报 (<i>China Textile Leader</i>), No. 7, 08 July 2020 (2020-07-08), ISSN: 1003-3025, pp. 49-53	1-9
PX	CN 111764008 A (JIANGNAN UNIVERSITY et al.) 13 October 2020 (2020-10-13) claims 1-9	1-9
A	CN 107974737 A (HUNAN UNIVERSITY OF ARTS AND SCIENCE) 01 May 2018 (2018-05-01) entire document	1-9
A	CN 109518327 A (JIANGYIN XIANGFEI APPAREL CO., LTD.) 26 March 2019 (2019-03-26) entire document	1-9
A	CN 109735976 A (INGWEI INTELLIGENT TEXTILE MACHINERY CO., LTD. et al.) 10 May 2019 (2019-05-10) entire document	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 May 2021

Date of mailing of the international search report

31 May 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/084019

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1422179 B1 (PIZZINATO MARIO) 05 March 2008 (2008-03-05) entire document	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/084019

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111764008	A	13 October 2020	None			
CN	107974737	A	01 May 2018	CN	107974737	B	21 July 2020
CN	109518327	A	26 March 2019	None			
CN	109735976	A	10 May 2019	None			
EP	1422179	B1	05 March 2008	EP	1422179	A3	15 December 2004
				EP	1422179	A2	26 May 2004
				IT	UD20020242	A1	20 May 2004
				DE	60319491	D1	17 April 2008
				AT	388114	T	15 March 2008
				DE	60319491	T2	12 March 2009

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/084019

A. 主题的分类 D01H 1/20(2006.01)i; D01H 5/32(2006.01)i; D01H 1/22(2006.01)i; D01H 1/24(2006.01)i; D01H 1/02(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) D01H 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS;CNTXT;CNKI;DWPI;SIPOABS:纺纱, 混纺, 捻度, 颜色, 控制, 函数, 智能, 柔性, spinning, spun, mix, blend, twist, color, colour, control, function, intelligence, flexibility, flexible																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>孙显强 等. “环锭纺纱集成化智能控制系统构建及其应用” 纺织导报, 第7期, 2020年 7月 8日 (2020 - 07 - 08), ISSN: 1003-3025, 第49-53页</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 111764008 A (江南大学 等) 2020年 10月 13日 (2020 - 10 - 13) 权利要求1-9</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107974737 A (湖南文理学院) 2018年 5月 1日 (2018 - 05 - 01) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109518327 A (江阴芈菲服饰有限公司) 2019年 3月 26日 (2019 - 03 - 26) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109735976 A (经纬智能纺织机械有限公司 等) 2019年 5月 10日 (2019 - 05 - 10) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>EP 1422179 B1 (PIZZINATO MARIO) 2008年 3月 5日 (2008 - 03 - 05) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	孙显强 等. “环锭纺纱集成化智能控制系统构建及其应用” 纺织导报, 第7期, 2020年 7月 8日 (2020 - 07 - 08), ISSN: 1003-3025, 第49-53页	1-9	PX	CN 111764008 A (江南大学 等) 2020年 10月 13日 (2020 - 10 - 13) 权利要求1-9	1-9	A	CN 107974737 A (湖南文理学院) 2018年 5月 1日 (2018 - 05 - 01) 全文	1-9	A	CN 109518327 A (江阴芈菲服饰有限公司) 2019年 3月 26日 (2019 - 03 - 26) 全文	1-9	A	CN 109735976 A (经纬智能纺织机械有限公司 等) 2019年 5月 10日 (2019 - 05 - 10) 全文	1-9	A	EP 1422179 B1 (PIZZINATO MARIO) 2008年 3月 5日 (2008 - 03 - 05) 全文	1-9
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	孙显强 等. “环锭纺纱集成化智能控制系统构建及其应用” 纺织导报, 第7期, 2020年 7月 8日 (2020 - 07 - 08), ISSN: 1003-3025, 第49-53页	1-9																					
PX	CN 111764008 A (江南大学 等) 2020年 10月 13日 (2020 - 10 - 13) 权利要求1-9	1-9																					
A	CN 107974737 A (湖南文理学院) 2018年 5月 1日 (2018 - 05 - 01) 全文	1-9																					
A	CN 109518327 A (江阴芈菲服饰有限公司) 2019年 3月 26日 (2019 - 03 - 26) 全文	1-9																					
A	CN 109735976 A (经纬智能纺织机械有限公司 等) 2019年 5月 10日 (2019 - 05 - 10) 全文	1-9																					
A	EP 1422179 B1 (PIZZINATO MARIO) 2008年 3月 5日 (2008 - 03 - 05) 全文	1-9																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																							
国际检索实际完成的日期 2021年 5月 15日		国际检索报告邮寄日期 2021年 5月 31日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 曾浩 电话号码 86-(10)-62089856																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/084019

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	111764008	A	2020年 10月 13日	无	
CN	107974737	A	2018年 5月 1日	CN 107974737	B 2020年 7月 21日
CN	109518327	A	2019年 3月 26日	无	
CN	109735976	A	2019年 5月 10日	无	
EP	1422179	B1	2008年 3月 5日	EP 1422179	A3 2004年 12月 15日
				EP 1422179	A2 2004年 5月 26日
				IT UD20020242	A1 2004年 5月 20日
				DE 60319491	D1 2008年 4月 17日
				AT 388114	T 2008年 3月 15日
				DE 60319491	T2 2009年 3月 12日