

造纸过程定量环节容错控制方法研究

沈毅 胡恒章 刘志言 王艳

(哈尔滨工业大学控制工程系·哈尔滨, 150001)

摘要: 本文针对造纸过程控制中所使用的定量传感器精度较低和可靠性较差的问题, 提出了利用多传感器间的冗余关系, 实现对传感器的故障诊断和造纸过程定量环节的容错控制, 仿真和实验均证实了该方法的有效性。

关键词: 造纸过程; 容错控制; 传感器; 观测器

1 引言

造纸过程是一个复杂的物理化学过程, 影响纸张性能的因素很多, 对其进行控制往往是很困难的。纸张定量是指纸张单位面积的重量, 是纸张的最重要性能指标之一。影响纸张定量变化的因素包括中浓浆浓度、低浓浆浓度、浆流量、白水浓度、打浆度、车速等等。对纸张定量进行控制就要求通过调节浆流量来克服其它影响因素。在通常的定量控制系统中, 都把大部分影响因素作为干扰, 靠测量成纸后的纸张定量值, 利用大反馈回路, 通过调节浆流量来克服这些干扰。这种方式存在两个问题:

其一是控制精度的提高, 即均方差的减小受到限制;

其二是受定量传感器精度和可靠性影响很大, 一旦定量传感器失效, 整个控制系统将瘫痪。

解决上述问题的方法, 一是对于可测干扰, 如中浓浆浓度、车速等, 利用前馈等方式予以及时补偿; 二是充分利用一些可测中间变量, 如位于铜网尾部的吸水真空泵的负压值, 它就与定量有很大的关系。我们曾对其进行了模型分析, 造纸过程定量环节原理如图1所示。机

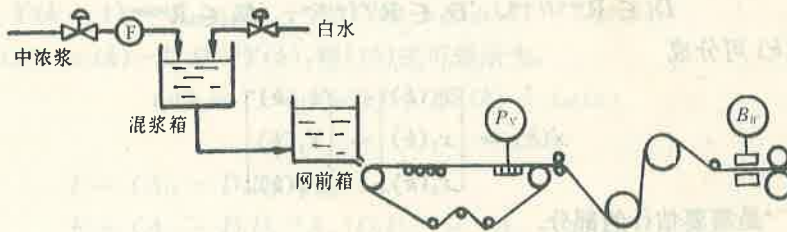


图1 造纸过程定量环节控制系统原理图

理建模和参数辨识中我们看到, 负压值除与低浓浆浓度、浆流量、白水流量有关外, 还与纸浆的打浆度有很大关系。而打浆度目前尚很难实时测量, 需采取相应措施予以估计。另外, 我们知道, 一贮浆池内纸浆的打浆度是基本一致的, 对于生产26克卷烟纸的纸机, 每池浆大约可用2小时, 亦即2小时左右打浆度才可能变化一次。机理分析中, 我们还知道, 铜网脱水之后, 绝干定量(指减去水分的纸张定量)已不再变化, 而纸页要在毛布、烘缸间运行较长时间

(约3分钟)后,才能到达卷取部,从定量传感器中反映出定量值.可见,如能利用负压值去估计绝干定量,除可以减弱控制系统对定量传感器精度和可靠性的高要求外,还可以免去较大纯滞后对系统性能的影响.

本文将采用二级控制,利用未知输入观测器方法,实现对打浆度的估计,对定量传感器的故障诊断,进而实现对定量环节的容错控制.

2 未知输入观测器(UIO)及基于UIO的故障诊断:

对于下列线性时不变动态系统:

$$x(k+1) = Ax(k) + Bu(k) + Dv(k), \quad (1)$$

$$Y(k) = Cx(k) = (0 \quad I)x(k), \quad (2)$$

其中 $x(k) \in \mathbb{R}^n$, $u(k) \in \mathbb{R}^q$, $v(k) \in \mathbb{R}^m$, $Y(k) \in \mathbb{R}^p$ 分别为系统的状态向量、已知输入向量、未知输入向量及系统的输出向量.注意(2)式假设了一个特殊结构测量矩阵.但这一假设不是严格必要的.因为只要 C 为满秩,总存在一相似变换,使变换后的系统满足(1)、(2)的形式^[1].

系统(1)、(2)存在稳定观测器的必要条件是^[2]:

$$\text{rank}(CD) = m, \quad \text{且 } m \leq p.$$

下面分别讨论 $m < p$ 和 $M=P$ 时, $x(k)$ 的估计问题.

1) $m < p$: (1)、(2)可写成下列形式:

$$x(k+1) = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{bmatrix} u(k) + \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix} v(k), \quad (3)$$

$$Y(k) = \begin{bmatrix} Y_1(k) \\ Y_2(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & I_{(p-m) \times (p-m)} & 0 \\ 0 & 0 & I_{m \times m} \end{bmatrix} x(k), \quad (4)$$

其中

$$A_1 \in \mathbb{R}^{(n-p) \times n}, \quad A_2 \in \mathbb{R}^{(p-m) \times n}, \quad A_3 \in \mathbb{R}^{m \times n},$$

$$B_1 \in \mathbb{R}^{(n-p) \times q}, \quad B_2 \in \mathbb{R}^{(p-m) \times q}, \quad B_3 \in \mathbb{R}^{m \times q},$$

$$D_1 \in \mathbb{R}^{(n-p) \times m}, \quad D_2 \in \mathbb{R}^{(p-m) \times m}, \quad D_3 \in \mathbb{R}^{m \times m}.$$

向量 $x(k)$ 可分成

$$x(k) = \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1(k) \\ Y_1(k) \\ Y_2(k) \end{bmatrix}. \quad (5)$$

其中 $x_1 \in \mathbb{R}^{n-p}$ 是需要估计的部分.

不失一般性,假设 D_3 是非奇异的.(1)、(2)可进一步表示成:

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} x_1(k+1) - D_1 D_3^{-1} Y_2(k+1) \\ Y_1(k+1) - D_2 D_3^{-1} Y_2(k+1) \\ Y_2(k+1) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} A_1 - D_1 D_3^{-1} A_3 \\ A_2 - D_2 D_3^{-1} A_3 \\ A_3 \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} B_1 - D_1 D_3^{-1} B_3 \\ B_2 - D_2 D_3^{-1} B_3 \\ B_3 \end{bmatrix} u(k) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ D_3 \end{bmatrix} v(k). \end{aligned} \quad (6)$$

定义

$$\begin{aligned}\bar{A}_1 &= A_1 - D_1 D_3^{-1} A_3, & \bar{A}_2 &= A_2 - D_2 D_3^{-1} A_3, \\ \bar{B}_1 &= B_1 - D_1 D_3^{-1} B_3, & \bar{B}_2 &= B_2 - D_2 D_3^{-1} B_3.\end{aligned}$$

于是(6)式中的前两个方程可分别表示为:

$$x_1(k+1) - D_1 D_3^{-1} Y_2(k+1) = \bar{A}_1 x(k) + \bar{B}_1 u(k), \quad (7)$$

$$Y_1(k+1) - D_2 D_3^{-1} Y_2(k+1) = \bar{A}_2 x(k) + \bar{B}_2 u(k), \quad (8)$$

再将 \bar{A}_1 和 \bar{A}_2 分解:

$$\bar{A}_1 = [\bar{A}_{11} \quad \bar{A}_{12} \quad \bar{A}_{13}], \quad \bar{A}_2 = [\bar{A}_{21} \quad \bar{A}_{22} \quad \bar{A}_{23}], \quad (9)$$

再将(9)式代入(7)、(8)可得:

$$x_1(k+1) = \bar{A}_{11} x_1(k) + r, \quad (10)$$

$$z = \bar{A}_{21} x_1(k). \quad (11)$$

其中

$$r = \bar{A}_{12} Y_1(k) + \bar{A}_{13} Y_2(k) + D_1 D_3^{-1} Y_2(k+1) + \bar{B}_1 u(k), \quad (12)$$

$$z = Y_1(k+1) - D_2 D_3^{-1} Y_2(k+1) - \bar{A}_{22} Y_1(k) - \bar{A}_{23} Y_2(k) - \bar{B}_2 u(k). \quad (13)$$

对于(10)、(11)式可用 Luenberger 观测器进行状态估计.

2) $m=p$: 此时, (1)、(2)式可写成下列形式:

$$\begin{bmatrix} x_1(k+1) \\ Y(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ Y(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} u(k) + \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \end{bmatrix} v(k). \quad (14)$$

由 $\text{rank}(CD)=m$, 知(14)式中的 D_2 应是一满秩方阵, 是可逆的.

将 $T = \begin{bmatrix} I & -D_1 D_2^{-1} \\ 0 & I \end{bmatrix}$ 左乘(14)式, 可得:

$$\begin{aligned}x_1(k+1) - D_1 D_2^{-1} Y(k+1) \\ = (A_{11} - D_1 D_2^{-1} A_{21}) x_1(k) + (A_{12} - D_1 D_2^{-1} A_{22}) Y(k) \\ + (B_1 - D_1 D_2^{-1} B_2) u(k),\end{aligned} \quad (15)$$

$$Y(k+1) = A_{21} x_1(k) + A_{22} Y(k) + B_2 u(k) + D_2 v(k). \quad (16)$$

定义 $w(k) = x_1(k) - D_1 D_2^{-1} Y(k)$, 则(15)式可表示为:

$$w(k+1) = F w(k) + E Y(k) + L u(k). \quad (17)$$

其中

$$F = (A_{11} - D_1 D_2^{-1} A_{21}),$$

$$E = (A_{11} - D_1 D_2^{-1} A_{21}) D_1 D_2^{-1} + (A_{12} - D_1 D_2^{-1} A_{22}),$$

$$L = (B_1 - D_1 D_2^{-1} B_2).$$

利用(17)式可实现对状态 $x_1(k)$ 的估计.

基于未知输入观测器(UIO)进行控制系统故障诊断的思想来源于将故障作为系统的未知输入.

考虑传感器故障:

对于具有未知输入的传感器故障系统可表示成:

$$x(k+1) = Ax(k) + Bu(k) + Dv(k), \quad (18)$$

$$Y(k) = Cx(k) + Gf_s(k). \quad (19)$$

由于未知输入观测器无法直接处理此类系统,需对该系统进行变换.我们知道,我们可以用一个未知初始条件和未知输入的已知动态系统的输出表示一个输出干扰向量.再利用系统的增广形式便可将(18),(19)式变换成(1),(2)式的形式.具体为,对于任意故障向量 $f_s \in R^r$ 及稳定的 $r \times r$ 维矩阵 A_f 总存在一个输入 $\xi \in R^r$, 使:

$$f_s(k+1) = A_f f_s(k) + \xi(k) \quad (20)$$

将(18)与(20)合并,可得如下 $(n+r)$ 阶动态系统:

$$\begin{bmatrix} x(k+1) \\ f_s(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & 0 \\ 0 & A_f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k) \\ f_s(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B \\ 0 \end{bmatrix} u(k) + \begin{bmatrix} D & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v(k) \\ \xi(k) \end{bmatrix}, \quad (21)$$

$$Y(k) = [C \quad G] \begin{bmatrix} x(k) \\ f_s(k) \end{bmatrix}. \quad (22)$$

(21)、(22)式经一相似变换即可化成(1)、(2)式形式(具体方法详见后面实例).

对于(21)、(22)描述的系统,其可观测条件为:

$$\text{rank}([CD \quad G]) = m + r. \quad \text{且 } m + r \leq p.$$

满足上述可观测条件下,利用未知输入观测器方法即可估计 $\hat{x}(k)$ 和 $\hat{f}_s(k)$, \hat{f}_s 等于 0 否,便说明传感器故障的存在与否.可见,利用 UIO 可实现传感器的故障诊断.

3 造纸过程定量环节的容错控制

为了改善定量环节的控制性能,实现对未知打浆度的估计,并达到对定量传感器进行诊断,及在定量传感器出现故障时,继续完成对定量进行控制的目的.我们采取如图 2 所示的两级控制方案.

第一级 用检测的负压值作为定量的表现,再根据第二级对打浆度的估计去控制浆阀.从而达到控制绝干定量的目的.

第二级 利用检测的定量值、负压值估计状态,估计打浆度,送给第一级,这是功能之一;功能之二是判断定量仪、负压表的正确性(主要是定量仪,负压表故障率很低).该级的采样时间可以取得大一些.第二级是本文的讨论重点.

对于第二级,经模型简化、工作点附近线性化、参数辨识,最后得到下列方程:

$$F_p(k+1) = 0.247F_p(k) + 0.174V_p(k), \quad (23)$$

$$F_w(k+1) = 0.247F_w(k) + 0.424V_w(k), \quad (24)$$

$$C_L(k+1) = 0.618C_L(k) + 0.658F_p(k) - 0.102F_w(k) + 0.0225C_m(k), \quad (25)$$

$$P_N(k+1) = -0.146F_p(k) + 0.0375F_w(k) - 0.943C_L(k) + 0.012S_p(k) - 0.00824S_R(k), \quad (26)$$

$$B_w(k+1) = 2.14F_p(k) + 0.537F_w(k) + 24.26C_L(k) - 0.258S_p(k) + 0.0744S_R(k). \quad (27)$$

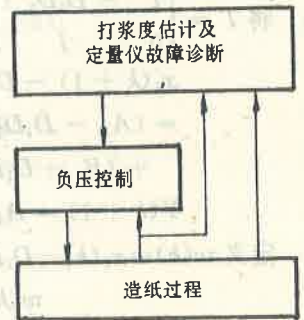


图 2 造纸过程定量环节容错控制结构图

其中 $F_p, F_w, C_m, C_L, S_p, S_R, P_N, B_w$ 分别表示纸浆流量, 白水流量, 中浓浆浓度, 低浓浆浓度, 纸机车速, 打浆度, 负压值, 绝干定量; V_p, V_w 表示中浓纸浆和白水阀门开度.

$$\text{可测输出向量 } Y(k) = [F_p(k) \quad P_N(k) \quad B_w(k)]^T,$$

$$\text{可测干扰向量 } r_1(k) = [C_m(k) \quad S_p(k)]^T,$$

$$\text{不可测干扰向量 } r_2(k) = S_R(k),$$

$$\text{控制向量 } u(k) = [V_p(k) \quad V_w(k)]^T,$$

定义状态向量

$$x(k) = [F_w(k) \quad C_L(k) \quad F_p(k) \quad P_N(k) \quad B_w(k)]^T,$$

可得如下状态方程:

$$x(k+1) = Ax(k) + Bu(k) + D_1 r_1(k) + D_2 r_2(k), \quad (28)$$

$$Y(k) = Cx(k). \quad (29)$$

其中

$$A = \begin{bmatrix} 0.247 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.102 & 0.618 & 0.658 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.247 & 0 & 0 \\ 0.0375 & -0.943 & -0.146 & 0 & 0 \\ 0.573 & 24.26 & 2.14 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 0.424 \\ 0 & 0 \\ 0.174 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad D_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0.0225 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0.012 \\ 0 & -0.258 \end{bmatrix}, \quad D_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0.00824 \\ 0.0744 \end{bmatrix},$$

利用(28);(29)式,可以实现含有未知输入 S_R 情况下,系统的状态估计,即估计出 F_w, C_L ,进而可确定 S_R ,即打浆度 S_R 的值由于实际系统中打浆度变化较慢,且从负压的测量点到定量的测量点间有较大的延时,为提高控制性能,可在第二级已确定负压和浆流量的目标值以及打浆度的值之后,在第一级直接利用测量的负压和浆流量去控制绝干定量.当然,由于第一级与第二级的采样时间不同,(28),(29)式在第一级不适用.

上面说明了利用测量定量值和负压值可确定打浆度,从而可直接在第一级用测量的负压值去控制阀门,达到提高系统控制质量的目的.下面介绍如何利用测量负压值来进行定量传感器的故障诊断及定量环节的容错控制.

假设打浆度 S_R 已知或已估计出.

利用上节的(21)、(22)式,并让 $A_f = 0.2$,有

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} x(k+1) \\ f_s(k+1) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} A & 0 \\ 0 & A_f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k) \\ f_s(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B \\ 0 \end{bmatrix} u(k) \\ &+ \begin{bmatrix} D_1 & D_2 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_1(k) \\ r_2(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \xi(k), \end{aligned} \quad (30)$$

$$Y(k) = [C \quad G] \begin{bmatrix} x(k) \\ f_s(k) \end{bmatrix}. \quad (31)$$

显然(31)式不满足要求的形式. 用相似变换

$$T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad (32)$$

得

$$Z(k+1) = A'Z(k) + B'u(k) + D'_1 r'_1(k) + D'_2 \xi(k), \quad (33)$$

$$Y(k) = (0 \quad I)Z(k). \quad (34)$$

其中 $A' = TAT^{-1}$, $B' = TB$, $D'_1 = TD_1$, $D'_2 = TD_2$, $r'_1(k) = \begin{bmatrix} r_1(k) \\ r_2(k) \end{bmatrix}$.

对于(33), (34)式, 可设计下列观测器:

$$\begin{aligned} w(k+1) = & \begin{bmatrix} 0 & -0.537 & -24.26 \\ 0 & 0.241 & 0.140 \\ 0 & -0.0837 & 0.159 \end{bmatrix} w(k) + \begin{bmatrix} -2.14 & 11.74 & 0 \\ 0.0217 & -0.0324 & 0 \\ 0.587 & -0.0897 & 0 \end{bmatrix} Y(k) \\ & + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0.424 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} u(k) + \begin{bmatrix} 0 & 0.258 & -0.0744 \\ 0 & -0.00178 & 0.00122 \\ 0.0225 & 0.00585 & -0.00401 \end{bmatrix} r'_1(k), \quad (35) \end{aligned}$$

$$\hat{Z}(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} w(k) + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0.148 & 0 \\ 0 & -0.487 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} Y(k), \quad (36)$$

于是有 $\begin{bmatrix} \hat{x}(k) \\ \hat{f}(k) \end{bmatrix} = T^{-1}\hat{Z}(k)$.

通过观测 $f(k)$ 的有无(实际使用时, 看是否超过一阈值), 即可判断定量传感器是否故障.

从上面的分析和设计可以看出, 可用两组状态观测器交替完成打浆度估计和传感器故障诊断的任务. 在传感器正常时, 可不断估计打浆度 S_R 的值, 从而可提高系统的控制性能; 在打浆度不变的情况下, 可实现对传感器的故障诊断, 一旦诊断出传感器故障, 仍可用已估计的打浆度值, 继续利用检测的负值, 对纸张绝干定量实现间接控制, 只不过在打浆度发生变化时, 控制性能要稍差些. 这样便实现了定量环节的容错控制.

4 仿真研究及实验分析

对于上述从实际系统中获取的数学模型, 我们进行了仿真研究.

假设初始状态为 0, 采样周期 $T=1.5\text{min}$.

中浓浆阀门开度 V_p , 在 $k=50$ 时, 从 0 变到 -0.1 , 在 $k=150$ 时, 从 -0.1 变到 0.3; 打

浆度 S_R , 在 $k=100$ 时, 从 0 变到 4, 在 $k=200$ 时, 从 4 变到 8, 在 $k=250$ 时, 从 8 变到 0.

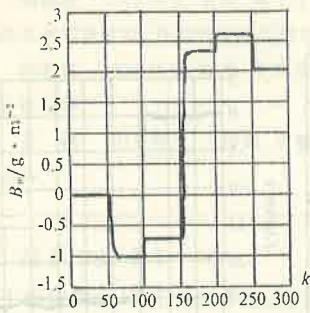
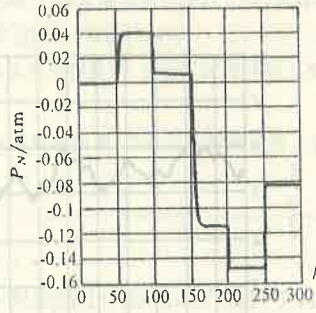
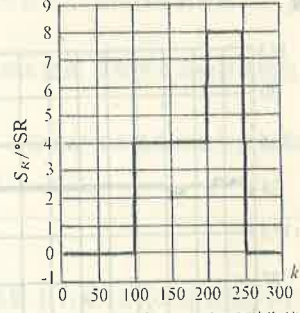
图 3(a) 绝干定量 B_w 变化曲线图 3(b) 负压 P_N 变化曲线图 3(c) 打浆度 S_R 状态观测曲线

图 3 (a, b, c) 分别给出了绝干定量 B_w 、负压 P_N 的变化曲线及打浆度 S_R 的状态观测曲线。

对于传感器故障, 在条件零初始状态下, $k=50$ 时, 中浓浆阀门开度 V_P , 从 0 变到 0.2, 白水阀门开度 V_w , 从 0 变到 0.02; $k=100$ 时, V_P 从 0.2 变到 -0.1; $k=200$ 时, V_w 从 0.02 变到 0; $k=100$ 时, 定量传感器出现恒偏差 $q=0.4$ 的故障, $k=150$ 时, $q=0$, $k=200$ 时, $q=1.0$, $k=250$ 时, $q=0$; 打浆度 S_R 不变。

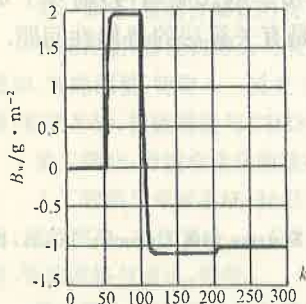


图 4(a) 定量的观测曲线

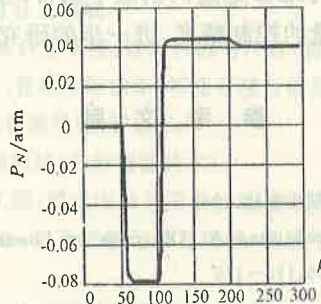
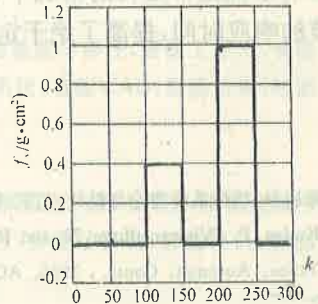
图 4(b) 定量 P_N 测量曲线

图 4(c) 定量传感器故障的观测曲线

图 4 (a, b, c) 分别给出了定量的观测曲线, 负压的测量曲线及对定量传感器故障的观测曲线。

图 3 说明, 在定量传感器正常的情况下, 利用绝干定量和负压的检测值, 可以实现打浆度的准确估计; 图 4 说明, 在打浆度不变时, 可以实现对定量传感器的故障诊断。

从以上曲线可以看出, 本文方法可以实现打浆度 S_R 的准确估计及对定量传感器故障的准确诊断。

将上述方法用于一纸机实验。条件是, 给出一浆池放浆信号, 以便知道打浆度何时变化; 保持铜网部操作状态恒定; 前 30 分钟, 实现打浆度的估计, 在 30 分钟时, 将定量仪输出给计算机的信号接地, 模拟定量仪故障, 定量仪仍正常使用, 以监测真实定量变化情况, 测 90 分钟, 将所测数据取出, 图 5(a, b, c) 分别给出了打浆度的估计值, 真实绝干定量及定量传感器故障观测曲线的变化情况。所得的结果与理论是吻合的, 结果令人满意。在实际应用中, 应注意, 当人为调整铜网部设备间距离及铜网特性发生变化时, 负压与绝干定量间的关系会发生一些变化, 此时, 需用定量仪予以校正。即在打浆度不变, 定量仪正常工作时, 利用定量以及

中浓、车速等的检测值及相应的数学关系,对负压值进行校正.这样可长期保证定量的控制精度.

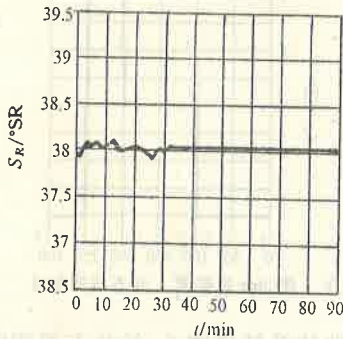


图 5(a) 打浆度的估计曲线

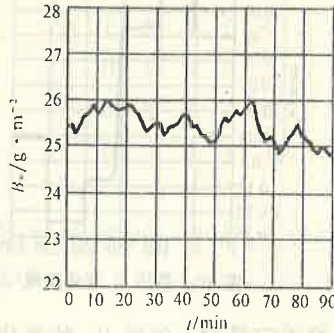


图 5(b) 真实绝干定量变化曲线

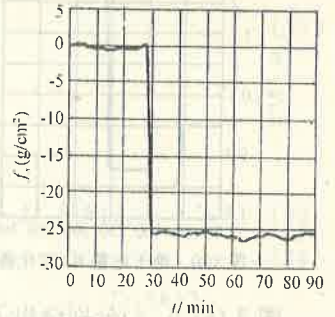


图 5(c) 定量传感器故障观测曲线

5 结束语

对于造纸过程控制中,定量仪精度和可靠性较差的问题,本文引入了负压信号,利用多传感器间的冗余关系,通过未知输入观测器,交替实现了打浆度值的估计和定量仪的故障诊断,并可在定量仪出现故障时,保持系统正常工作,且可保证一定的控制精度.这样可在基本不影响系统正常运行的情况下,为维修定量仪创造了条件.采用二级控制结构,缩短了定量环节的响应时间,提高了绝干定量的控制精度.进一步的研究是有关算法的鲁棒性问题.

参 考 文 献

- [1] 陈启宗. 线性系统理论与设计. 北京: 科学出版社, 1988
- [2] Kudva, P., Viswanadham, N. and Ramakrishna, A. Observers for Linear Systems with Unknown Inputs. IEEE Trans. Automat. Contr., 1980. AC-25:113-115

A Fault-Tolerant Control Method for Basis Weight Control of Papermaking Process

SHEN Yi, HU Hengzhang, LIU Zhiyan and WANG Yan

(Department of Control Engineering, Harbin Institute of Technology • Harbin, 150001, PRC)

Abstract: In order to solve the problem of low precision and poor reliability of sensors used in papermaking process control, considered the redundancy relations of sensors, we give a new method which can realize the fault detection of sensors, and fault-tolerant control for basis weight control of papermaking process. Simulation and experimental results show its usefulness.

Key words: papermaking process; fault tolerant control; sensors; observer

本文作者简介

沈毅 1965年生,博士.副教授.主要从事自动控制理论与应用及工业过程控制研究工作.曾获国家级奖励一次.

省部级奖励二次。目前的研究兴趣为故障诊断与容错控制,鲁棒控制,生物医学信号的检测与处理等。

胡恒章 1932年生,教授,博士生导师。主要从事自适应滤波,飞行器导航与控制,工业过程控制研究工作。曾多次获国家及省部级奖励。目前的研究兴趣为学习滤波,智能控制等。

刘志言 1936年生,教授。主要从事工业过程控制,自动化仪表研究工作。四次获奖。目前研究兴趣在智能仪表,医学信号检测等。

王艳 1959年生,工程师。主要从事智能仪表,工业过程控制研究工作。目前的研究兴趣在自动化仪表,医学信号检测等。

(上接第 287 页)

国工程院院士)Y. D. Li(李衍达)(中科院院士),Q. Lu(卢强)(中科院院士),X. H. Xu(徐孝涵)(中国国家自然科学基金委)J. Y. Yu(于景元)(航天部)等。

国际智能自动化学会(ISIA)将是一个国际性的、非政府的、非营利的学术组织,其宗旨是:推动世界智能自动化及其相关技术的研究和发展。ISIA 的两个重大活动是:筹组数年一度的智能自动化世界大会以及出版智能自动化方面的书刊。ISIA 致力发展的学术范围将包括三大方面:1)智能化的所有分支领域;2)智能化的基础领域(各种智能技术);3)智能化与智能技术的各种工程应用领域。ISIA 期望在国际智能自动化界架起三座“桥梁”:1)在智能化的所有分支领域之间架起一座桥梁;2)在智能自动化及其基础领域(各种智能技术)之间架起一座桥梁;3)在智能自动化及其应用领域之间架起一座桥梁。此外,在 ISIA 的所有活动中,学术研究、应用和开发研究都将受到同等程度的重视和对待。ISIA 的具体活动范围如下:

第一部分:智能化的所有分支领域。

智能控制,智能机器人与智能自主系统,智能仪器与仪表,智能装置与部件,智能工控机,智能传感与感知,智能测量,智能人一机交互,智能故障诊断,智能管理与信息系统,智能 CAD,智能仿真,智能系统工程,智能车辆,智能制造与 CIMS,智能机械,智能 C₃I。

第二部分:智能化的基础领域(各种智能技术)。

人工智能与专家系统,知识工程,模式识别与图象处理,计算机视觉与机器人视觉,模糊逻辑与模糊系统,神经网络,遗传算法,人工生命,语言理解与语音理解,机器学习,智能计算机,智能接口,智能信息处理,智能网络与通讯,等等。

第三部分:智能化与智能技术的应用领域。

航空航天,国防,制造与生产,机械,汽车与车辆,电器与电子(包括家用电器与电子),化工过程,电力系统,冶金生产系统,煤炭与石油工业,医疗,交通运输,勘探,地震监测,通讯,生物工程,环境工程,农业与海洋开发等等。

有关 ISIA 详情,请与 ISIA 筹委会负责联络与协调事务的 Dave Lavery 联系(也可与周发强联系,联系电话:中国 027-780-5974)。Dave Lavery 的联系地址如下:

Dave Lavery

Manager, Telerobotics and Mars Program

Office of Space Access and Technology

NASA(National Aeronautics and Space Administration)

300 "E" Street, SW

Washington, DC 20546, USA

Tel: +1-202-358-4684(direct line)

Fax: +1-202-358-2697