

热轧带钢卷取温度过程前置控制

范晓明

(同济大学 机械工程系, 上海 200092)

摘要:提出了过程前置控制的基本思想,对难于用精确数学模型描述的复杂不确定过程控制进行了探索,并将过程前置控制用于热轧带钢卷取温度控制的精确预测。

关键词:过程前置控制;过程刷新;过程再现;卷取温度

中图分类号: TG 162.86

文献标识码: A

文章编号: 0253-374X(2001)12-1470-03

Leading Process Control of Hot Strip Coiling Temperature

FAN Xiao-ming

(Department of Mechanical Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: This paper sets forth the basic ideas of leading process control, the complex and uncertain process control is explored, which is difficult to be described with accurate mathematical models, and then leading process control is applied to the precision forecast of hot strip coiling temperature control.

Key words: leading process control; refreshing process; reproducing process; coiling temperature

热轧带钢卷取温度控制一直是热连轧领域关注的重要课题之一。随着智能控制理论的发展和应用,近年来人们已经在热轧带钢卷取温度控制领域取得了可喜的进展,特别是基于模糊控制器和小脑模型连接控制网络的热轧带钢卷取温度控制系统的开发和研制,使卷取温度命中率提高到了一个新的水平^[1]。但是,系统在实际应用中又面临着新的挑战。其中,反馈滞后和系统过热便是影响热轧带钢卷取温度精确预测的重要因素。本文提出了过程前置控制的基本思想,对实现热轧带钢卷取温度的精确预测具有重要的现实意义。

1 热轧带钢卷取温度过程前置控制模型

热轧带钢卷取温度控制系统的理想输出可以分别表示为

$$V_* = V + e_* \quad (1)$$

$$V_* = \zeta_* V + \Theta_* \quad (2)$$

如果令 $e_* = \zeta_* \Theta_*$, 则式(1)变为

$$V_* = V + \zeta_* \Theta_* \quad (3)$$

式中: V_* 为系统理想输出, $V_* = [V_{*1} \cdots V_{*i} \cdots V_{*n}]^T$; V 为系统实际输出, $V = [V_1 \cdots V_i \cdots V_n]^T$; ζ 为偏差过程变量, $\zeta = \text{diag}[\zeta_{11} \cdots \zeta_{ii} \cdots \zeta_{nn}]$; e_* 为系统偏差, $e_* = [e_{*1} \cdots e_{*i} \cdots e_{*n}]^T$; ζ_* 为模型修正过程变量, $\zeta_* = \text{diag}[\zeta_{*11} \cdots \zeta_{*ii} \cdots \zeta_{*nn}]$; Θ_* 为模型修正后的最小偏差, $\Theta_* = [\Theta_{*1} \cdots \Theta_{*i} \cdots \Theta_{*n}]^T$ 。

用输出 $V_* = V + \zeta_* \Theta_*$ 描述的过程叫做源过程,记作 G_{*S} ;用输出 $V_* = \zeta_* V + \Theta_*$ 描述的过程叫做

目标过程,记作 $G_{*T}^{[2]}$.

令第 k 个源过程和第 $k+1$ 个源过程具有相同的过程状态,第 k 个目标过程和第 $k+1$ 个目标过程具有相同的过程状态,则第 k 个源过程结束后,可以形成第 k 个目标过程.即第 k 个源过程可以被刷新为

$$G_{*S(k)}(P) = G_{*T(k)}(P + \tau)$$

第 k 个目标过程可再现为第 $k+1$ 个目标过程:

$$G_{*T(k)}(P + \tau) = G_{*T(k+1)}(P - \tau)$$

第 k 个源过程可再现为第 $k+1$ 个源过程:

$$G_{*S(k)}(P) = G_{*S(k+1)}(P)$$

从而

$$G_{*S(k+1)}(P) = G_{*T(k+1)}(P - \tau) \quad (4)$$

式中: P 为过程周期; τ 为大于过程周期的任意时间段; $G_{*S(k)}(P)$ 为第 k 个源过程; $G_{*T(k)}(P + \tau)$ 为第 k 个目标过程; $G_{*T(k+1)}(P - \tau)$ 为第 $k+1$ 个目标过程; $G_{*S(k+1)}(P)$ 为第 $k+1$ 个源过程^[3]. 式(4)为热轧带钢卷取温度过程前置控制模型.

2 模型描述

热轧带钢卷取温度过程前置控制模型可以用直觉映射关系来具体描述.映射关系包括定性映射关系和定量映射关系.定量映射关系分别为

$$\zeta_{*n} = 1 + \frac{\Theta_{*i}}{V_i}(\zeta_{ii} - 1) \quad (5)$$

$$\zeta_{*iil}/\zeta_{*iib} = w_1 - w_2 t_w \quad (6)$$

$$\zeta_{*iit} = k_d \times (\zeta_{*ii} - \zeta_{*iit-1}) + \zeta_{*ib} \quad (7)$$

$$k_d = (\zeta_{*m} - \zeta_{*ib})/l_{*x} \quad (8)$$

式中: ζ_{*iil} 为断续补偿后的基本热流密度学习系数; ζ_{*iib} 为断续补偿前的基本热流密度学习系数; t_w 为环境温度; w_1, w_2 为环境水温补偿模型的解析参数; ζ_{*iit} 为过渡补偿后的带钢基本热流密度学习系数; ζ_{*ib} 为过渡补偿前的带钢基本热流密度学习系数; k_d 为补偿增量调节系数; l_{*x} 为上升或下降域的相邻两点模型修正过程变量的增量; ζ_{*m} 为模型修正过程变量的极值.

式(5)表示卷取温度偏差和模型修正过程变量间的关系,式(6)表示水温对断续补偿量的影响,式(7)表示带钢换规格后过渡补偿量与换规格前基本热流密度学习系数的关系,式(8)表示模型修正过程变量变化的快慢.

定性映射关系 ψ_j 可表示为

$$\psi_j: f_j \rightarrow \text{if(条件)then(操作)}$$

3 预测结果

热轧带钢卷取温度命中率与源过程和目标过程基本热流密度学习系数之差有关.一般来说,差值越小,命中率越高;反之亦然.如果精确预测系数与目标过程系数之差小于 ± 0.03 ,则卷取温度命中率大于 98%,过程前置控制实现.本文分别对国内某热轧带钢厂五种不同规格的带钢进行过程前置控制,预测结果见表1,表中的数据分别为源过程、精确预测和目标过程的带钢基本热流密度学习系数.由此可见,精确预测系数与目标过程系数的偏差小于 ± 0.03 ,说明实现了过程前置控制.

表 1 源过程、目标过程和精确预测的带钢基本热流密度学习系数

Tab.1 Strip basic thermal flux density learning coefficients of source process, accurate forecast and target process

学习类别	源过程 头部系数	精确预测 头部系数	目标过程 头部系数	源过程 中部系数	精确预测 中部系数	目标过程 中部系数
197/17	0.842 34	0.933 57	0.941 00	0.883 73	0.943 21	0.936 45
180/13	1.159 00	1.300 93	1.270 00	1.094 00	1.219 13	1.213 00
180/17	1.024 65	1.354 24	1.373 16	1.055 81	1.330 06	1.336 20
178/15	1.224 85	1.409 00	1.392 00	1.131 00	1.258 10	1.271 78
180/16	0.626 90	0.758 60	0.733 20	0.558 20	0.646 40	0.619 77

4 结论

建立了热轧带钢卷取温度过程前置控制模型,为精确预测卷取温度找到了一条控制途径,能有效地抑制反馈滞后和系统过热对冷却过程控制的不良影响.将模型用于热轧带钢卷取温度控制取得了理想效果.

参考文献:

- [1] 范晓明,张利,王国栋,等.基于模糊控制技术的热轧带钢卷取温度控制[J].基础自动化,2000,(3):12-14.
- [2] 范晓明,张利,王国栋,等.用于热轧带钢卷取温度控制的自适应模型[J].钢铁研究学报,2000,(3):79-81.
- [3] 范晓明,张利,王国栋,等.超常控制模式用于热轧带钢卷取温度控制[J].信息与控制,2000,29(4):372-376.

·下期文章摘要预报·

蚁群算法的研究现状和应用以及蚂蚁智能体的硬件实现

忻斌健,汪 镭,吴启迪

概要地对近年来引起广泛兴趣的蚁群算法的研究现状进行了考察,简要地介绍了几种修正的蚁群算法,如蚁群系统(ACS)、最大最小蚁群系统(MMAS)、具有变异特征的蚁群算法、与遗传算法相结合的蚁群算法等等,大致介绍了几种蚂蚁智能体的硬件实现.并且以蚁群算法在电力系统中的几个应用为例,考察了它在与实际应用问题相结合时的一些情况.