

· 技术分析 ·

# KZR 轧机板形控制系统的设想

赵红雁<sup>①</sup> 于敏之

(燕山大学机械工程学院 066004)

**摘要** 针对板形控制系统及智能控制系统的特点,将人工智能控制理论引入 KZR 轧机板形控制系统中。仿真结果表明,该系统具有良好的控制性能,提高了板形控制质量,为板形控制系统的设计提供了一种全新的方法。

**关键词** KZR 轧机 板形控制系统 人工智能

**中图分类号** TG331

**文献标识码** A

## The Assume of Control System to the Shape of Steel Plate on KZR Rolling Mill

Zhao Hongyan Yu Minzhi

(The College of Mechanical Engineering, Yanshan University)

**ABSTRACT** In accordance with the characteristics of control system to the shape of steel plate and intelligent control system, the artificial intelligent control theory is introduced into the control system to the shape of steel plate on KZR rolling mill. The emulation result evinces that the system assumes good control performance and upraises the shape control quality so a wholly new method to the design of the control system to the shape of steel plate is produced.

**KEYWORDS** KZR rolling Control system to the shape of steel plate Artificial intelligent

### 1 前言

工业生产的迫切要求,使钢板的轧制有了很大的发展,已经由单机架非可逆单张轧制发展到全连轧。由于板形控制系统的复杂性,传统的 PID 控制已不能满足其要求,致使板形控制的研究陷入困境。最近,日本日立公司和新日铁等钢铁生产厂家,将模糊控制应用于冷轧板的板形控制,解决了系统建模带来的诸多困难<sup>[1,2]</sup>。

### 2 智能控制系统的引入

当代科学技术的重大变革和发展,已突破旧的自动控制系统框架向复杂的自动控制系统框架发展。这些复杂的自动控制系统凭单一控制技

术模式,仅采用数学工具或计算机仿真都难以解决。人们在生产实践中看到,许多复杂的生产过程难以实现的目标控制,熟练的操作工、技术人员或专家却操作自如,可以获得较满意的控制效果。而这些熟练的操作工、技术人员或专家的经验知识若能和控制理论结合,把它作为控制理论解决复杂生产过程的一个补充手段,那将使控制理论解决复杂生产过程有一个突破性进展。事实上,计算机控制技术的发展为其提供一个有效的工具。计算机在处理图象、符号逻辑、模糊信息、知识和经验等方面的功能,完全可以承担起将熟练的操作工、技术人员或专家的知识经验、操作

<sup>①</sup> 作者简介:赵红雁,女,1969 年 9 月出生,硕士,冶金机械专业,讲师,主要从事板带轧制技术的研究

方法等付诸对生产过程的操作和控制,使之达到或超过人的操作水平。这相当于人的知识经验直接参与生产过程的控制,这样的自动控制系统称之为智能控制系统<sup>[3]</sup>。

### 3 KZR 轧机板形控制系统

#### 3.1 KZR 轧机

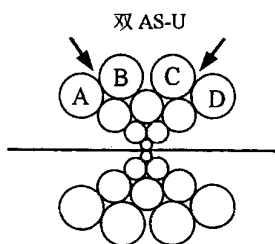


图 1 双 AS-U 结构

宽而薄的硬质材料板材轧制主要采用 KZR 轧机生产。该轧机的辊系结构如图 1 所示。它有两种板形调整手段。第 1 排中间辊(FI 辊)呈楔形,通过横移它可以使工作辊弯曲,从而为系统提供两个独立的输入,以对带钢板形进行调整。最外层的 B、C 辊采用“AS-U 结构”,称之为“AS-U 轧辊”,每个轧辊有 8 个偏心轴套沿轴向安装,轴套外边是轴承,当通过齿条调整轴套偏心

位置时,则轴承作用在内部辊系上的力就会改变,从而改变了辊系的变形,调整了板凸度和板形。“AS-U 轧辊”可以为系统提供 8 个独立的输入。在控制系统中用一个 ASEA 的压力测量辊作为板形仪测量带钢张力,可以提供 8 个板形输出值。可见,该系统有 10 个输入和 8 个输出,是一个多变量控制系统。其中 AS-U 轧辊的调节采用人工智能控制方法。

#### 3.2 人工智能板形控制系统

KZR 轧机具有多种板形调整手段,因而建立其控制系统的数学模型相当困难,而且建立的模型又不很精确,这给控制系统的设计带来了诸多不便。而采用人工智能控制方法既可以克服建模困难,又可以使系统设计更加灵活。KZR 轧机采用人工智能的方法,模仿人工操作控制板形的过程,提高了板形控制水平。图 2 示出了人工操作和采用人工智能控制的比较。图 2 左侧方框是人工操作的过程,人由感官接收信号后,经分析,抽出板形的特征,结合积累的经验和知识,分配相应的执行机构去进行控制。图 2 右侧框内是人工智能模拟人工操作的处理过程。

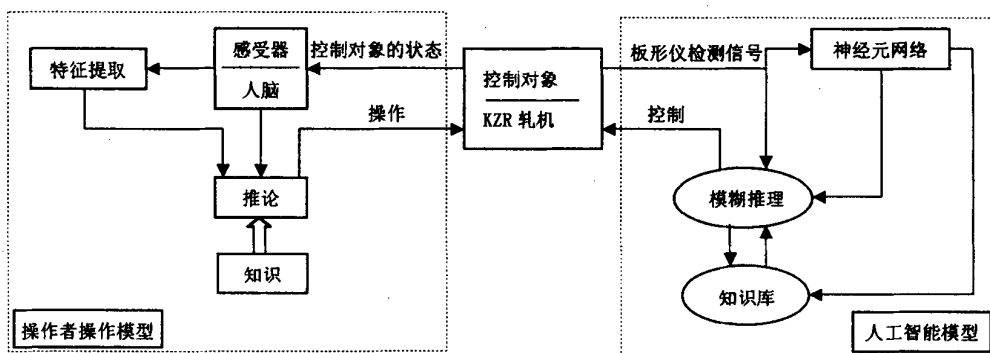


图 2 人工智能控制板形的示意图

该系统以熟练工人的经验为基础建立知识库,知识库包括数据库和自学习装置两部分。数据库用来存储控制过程的事实,它是动态的;自学习装置的功能是根据在线获取的信息,补充或修改知识库的内容。神经网络的作用是对板形仪检测到的板形信息进行处理,抽出板形特征信息。模糊推理是根据神经网络识别出的板形信息和数据库内容,按照模糊推理规则确定相应执行机构控制量的大小。

##### 3.2.1 神经网络板形模式识别

万方数据

板形模式识别采用前向 BP 神经网络,其结构如图 3 所示。

BP 网络由输入层、隐层和输出层节点组成,隐层可一层,也可以是多层(图中是单隐层),同层节点间无任何联接。输入数据  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , 从输入层节点,依次经过各隐含层节点,然后到达输出层节点,从而得到输出数据  $y_1, y_2, \dots, y_m$ 。由于同层节点间无任何耦合,故每层节点的输出只影响下一层节点的输出,每一个节点表示单个神经元,其对应的传递函数常为 Sigmoid 型函数。

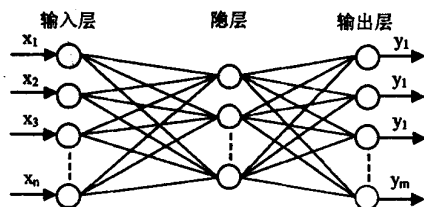


图3 BP网络结构简图

BP网络处理模型可描述为<sup>[4]</sup>:

$$\sigma_i = \sum_{i=1}^n W_i x_i - \theta_i$$

$$y_i = f(\sigma_i)$$

式中  $x_i$ ——输入信号;

$W_i$ ——体现神经元突触联结强度的权值;

$f(\sigma_i)$ ——神经元的传递函数;

$\theta_i$ ——响应阈值;

$y_i$ ——输出信号。

BP网的具体算法如下

(1) 给定初始值, 赋给  $W_i(0)$  各一个较小的随机非零值, 这里  $W_i(t)$  为  $t$  时刻第  $i$  个输入上的权值 ( $1 \leq i \leq n$ )。

(2) 输入一样本  $X = (x_1, \dots, x_n)$  和它的希望输出  $d$  (亦称为教师信号)。

(3) 计算实际输出  $y(t) = f[\sum_{i=1}^n W_i(t) x_i - \theta_i(t)]$ 。

(4) 修正权  $W$ :  $W_i(t+1) = W_i(t) + \eta[d - y(t)]x_i$

其中  $\eta$  为学习因子,  $0 \leq \eta \leq 1$  用于控制修正速度, 通常  $\eta$  不能太大, 因为太大会影响  $W_i(t)$  的稳定,  $\eta$  也不能太小, 因为太小会使  $W_i(t)$  的收敛速度太慢。若实际输出与已知的输出值相同时,

$W_i(t)$  不变。

(5) 转到(2)直到对一切样本均稳定并满足精度要求为止。

### 3.2.2 模糊推理

模糊推理可以采用以“if~then~”形式表示的规则, 即根据输入的 if 部分(前部件)的数据, 实行 then 部分(后部件)规定的处理。如果对应于同一前部件有几种规则, 则要执行所有的规则, 得到几个结论。

依据神经网络给出的基准波形的隶属度值及操作者的知识, 规定了若干条规则, 用这些规则进行推理<sup>[4]</sup>。例如, 如果板形缺陷为中波, 则应减小 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、7<sup>#</sup>、8<sup>#</sup> AS—U 的设定值, 同时加大 4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup> AS—U 的设定值, 来消除相应的板形缺陷; 如果板形缺陷为双边波, 则应加大 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、7<sup>#</sup>、8<sup>#</sup> AS—U 的设定值, 同时减小 4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup> AS—U 的设定值, 来消除相应的板形缺陷; 如果板形缺陷为复合波, 则应加大 3<sup>#</sup>、6<sup>#</sup> AS—U 的设定值以消除相应的板形缺陷。

### 4 仿真研究

以板形仪检测到的延伸分布信息推断 AS—U 轧辊的设定值增量, 与各自的预设值一起进行控制, 得到板形控制器的调节量, 送到校正板形的执行机构进行相应的校正。采用的网络为三层前向网络, 结构为 8—16—7, 离线学习时学习因子  $\eta=0.15$ , 误差阈值门限值 0.05。在网络学习开始, 网络的初始权值选取为  $[-0.5, +0.5]$  之间的随机数, 选择 800 个样本, 逐个对网络进行训练, 使其收敛。输入量为板形仪检测值, 输出量为各种基准波形。

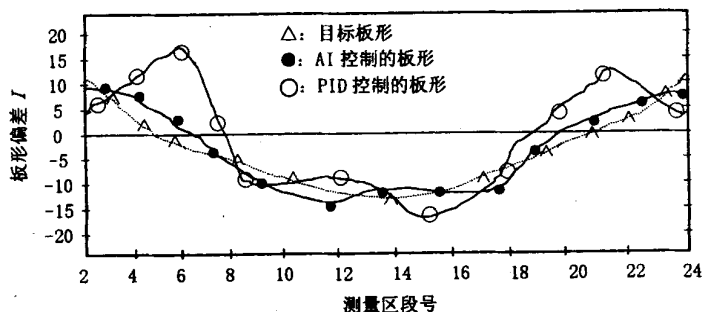


图4 板形控制效果

用 Turbo C 语言在微机(586/133)上编制了基于 BP 网络和模糊推理结合的离线学习控制和模拟在线学习控制程序。网络训练次数为 10000, 控制时间为 0.8s, 基本可满足在线应用的时间要求。如图 4 所示, 传统方式控制时的板形和目标板形有明显的差别, 仍有局部不均匀延伸没有得到修正而残留下来, 而采用人工智能控制时, 局部不均匀延伸得到了有效的修正, 得到的板形和目标板形吻合较好, 其误差不超过  $\pm 5I$ 。

## 5 结论

本文提出的人工智能板形控制方法对板形控制的效果是显著的。在目标板形曲线给出良好带钢板形的前提下, 通过上述神经网络和模糊推

理的控制, 可使最终板形曲线与给定的目标板形曲线相吻合。获得与目标板形曲线给出的良好板形一致的产品板形。

## 参考文献

- [1] 前田英树ほか. 压延形状制御へのファジィ制御の応用. 塑性と加工, 1991, 32(361): 136~140
- [2] 中北輝雄ほか. 钢铁业における知识工学の応用. 計測と制御, 1990, 29(6): 29~36
- [3] 王顺昆, 舒迪前. 智能控制系统及其应用. 北京: 机械工业出版社, 1999
- [4] 李士勇, 夏承光. 模糊控制和智能控制理论与应用. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1990

(收稿日期: 2000—11—12)

(接 41 页)

载荷影响则最大应力  $\sigma_{max}$  为 232.67MPa。如果考虑相邻两跨吊车梁均作用同样载荷时, 螺栓内力将增大一倍。

### 4.2.3 计算结果分析

由梁端变位及螺栓应力计算结果可知: (1) 梁端有螺栓联接与无螺栓联接其吊车梁的应力值变化不大, 梁的变形趋势基本相同, 可见梁端有螺栓联接并不改变吊车梁的工作性态及应力水平; (2) 吊车在一般工作状态下, 两种计算均表明, 联接螺栓轴向位移较大, 其应力值已接近或超过螺栓的屈服强度, 若考虑相邻梁均承受与计算工况相同的负荷时, 则螺栓应力值将接近或超过极限抗拉强度, 从而导致螺栓断裂。再有工型梁中性轴两侧刚度不对称, 受载后的梁断面有翘曲变形。由位移结果还可知, 梁端面除有较大的轴向位移外, 其水平和铅直位移均较小, 且梁端各点的横向位移均小于螺栓孔间隙。因此, 若相邻梁螺栓孔对中准确, 即使吊车梁受载变形, 联接螺栓剪切负荷仍较小。但实际安装并不能保证螺栓孔严格对中, 因此梁受载后将对螺栓施加一定的剪切负荷, 从而恶化螺栓工作条件。

## 5 结论

1) 实测与计算分析表明, 该列吊车梁实际应力水平均较小, 结构有足够的承载潜力, 主体结构部分状态良好, 可正常使用。

2) 吊车梁设计假定支座为可以转动的铰支

座, 但在实际构造时又增加了联接螺栓。当吊车在载荷作用下, 该螺栓限制了梁端的角变位。但其螺栓抗力又不能满足所产生的约束内力, 因此螺栓被拉断。实际上, 吊车梁工作时, 不需联接螺栓限制其整个变形, 且不会影响吊车梁的正常使用。但为保证梁端的定位作用, 特别在扭转条件下, 因抗扭刚度较弱, 亦可采取有限约束联接, 使吊车梁在可能的大变形条件下, 仍具有足够的抗变形能力。

3) 根据上述分析, 为降低联接螺栓中的应力, 可采取弹性约束联接, 对螺栓联接方式及结构尺寸进行改进。为防止螺栓受拉破坏, 采用螺栓与螺旋弹簧垫配合使用的方法, 改进后可使螺栓所受最大拉应力为 5.35MPa。考虑起重机上小车在大车上的刹车以及大车运行产生的偏斜侧向载荷都会使吊车梁(E 列) 产生横向载荷, 而且后者在某种条件会更恶劣, 故此可在下翼设置一部分抗剪螺栓, 以确保 E 列吊车梁安全运行。

## 参考文献

- [1] 张允真, 曹富新. 弹性力学及其有限单元法. 北京: 铁道出版社, 1983: 634~652
- [2] 北京大学力学系固体力学教研室. 线弹性结构微机 SAP5P 使用手册. 北京大学出版社, 1987: 10~13
- [3] 严普强, 黄长艺. 机械工程测试技术基础. 北京: 机械工业出版社, 1992: 186~191

(收稿日期: 2000—12—12, 修回日期: 2001—02—28)