

宝钢 1580mm 热轧加热炉控制系统

饶文涛 金学俊 黑红旭
(上海宝钢集团公司热轧部)

[刘日新](#)
([北京赛维美高科技有限公司](#))

摘要 本文介绍了宝钢新建的 1580 热轧厂加热炉控制系统。该加热炉控制系统采用目前世界上先进的光缆通讯和加热炉自动燃烧控制模型(ACC)，实现了对钢温的精确控制，通过模型中参数的调整，实现了对不同规格板坯的优化加热。

关键词 加热炉 钢种 数学模型 数据层别

THE CONTROL SYSTEM OF FURNACES IN BAOSTEEL 1580 HOT ROLLING MILL

Rao Wen Tao Jin Xue Jun Hei Hongxu
(Hot Rolling Mill of Shanghai Baosteel Group Company)

Liu Rixin
(Beijing Savemation technology Co., Ltd.)

Abstract The control system for slab reheating furnaces in Baosteel 1580 Hot Rolling Mill was introduced. The advanced optical fiber cable communication had been used in this system. The precision control result of slab temperature can be realized by means of automation combustion control mathematical model (ACC). Meanwhile, based on adapting the layer data of the model, the varied specifications of slab can be heated .

Keywords reheating furnace slab mathematics model layer of data

1 系统概况

宝钢 1580mm 热轧厂加热炉系统设计为 3 座全辐射分段步进节能型加热炉，其中 1#、2# 炉引进日本中外炉公司和三菱电机的技术和设备，3#炉由重庆钢铁设计院总包，中外炉公司作技术支持，并引进部分关键设备。基本尺寸为：炉长为 42300mm，有效炉长为 41000mm，宽为 12000mm。1#、2#炉于 1996 年底投入使用，预留的 3#炉为硅钢加热炉，将于 1999 年底投入使用，能满足轧制线 2880000t 的年生产能力，加热的主要钢种为普通碳素钢和低合金钢、无取向硅钢和取向硅钢。加热冷坯时，加热炉的小时产量为 250t/h，最大加热能力为 275t/h，加热炉的设计单耗为 1340kJ/kg。加热炉工区设备布置示意图见图 1。

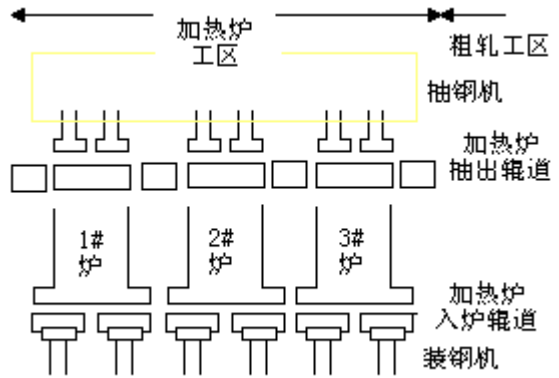


图 1 加热炉工区系统设备布置示意图

2 计算机控制系统

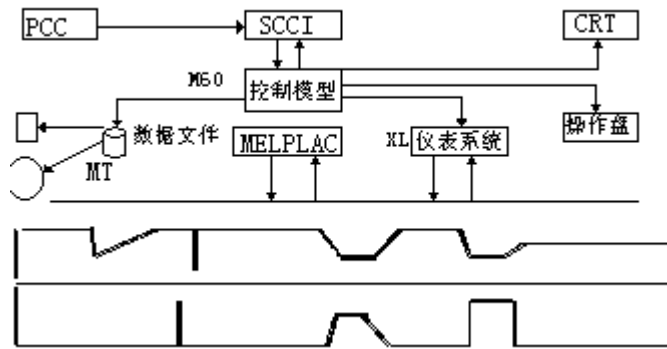


图 2 加热炉控制系统组成示意

PCC---生产控制计算机 SCCI---监控计算机 CRT---人工输入终端
MELPLAC-650---基础自动化控制机 LP---打印机 MT---数据保存设备

图 2 为 1580 加热炉控制系统组成示意图。由 4 级组成，最高一级(L4)为 MIS 系统，即公司级管理级，目前未投入，现采用微机支持过渡系统，其主要功能包括合同处理功能、合同计划功能、合同欠量管理和现货合同管理等。

PCC(L3)级为生产控制管理系统，主机为 VAX4000/600，主要包括两个子系统，即板坯库搬送控制 SYC 和成卷库搬送控制 CYC，4 主要功能为合同信息的接收、轧制计划的编制、向上级机传送轧制实绩、精整计划的编制、向上级机传送精整实绩、1580 直发卷的打包计划、向上级机传送打包计划、接收上级机的准发报告、向上级机传出厂实绩。

SCC(L2)级为系统监控系统，主机为 MELCOM 350 M60/600 II，共包括 SCC1 和 SCC2 两个系统。其中 SCC1 主要对加热炉区进行管理，SCC2 则对轧线上除炉区外的其它系统进行管

理。SCC1 系统的主要功能包括板坯的炉内跟踪、板坯的记录、人机界面和 DDC 系统的数据连接。

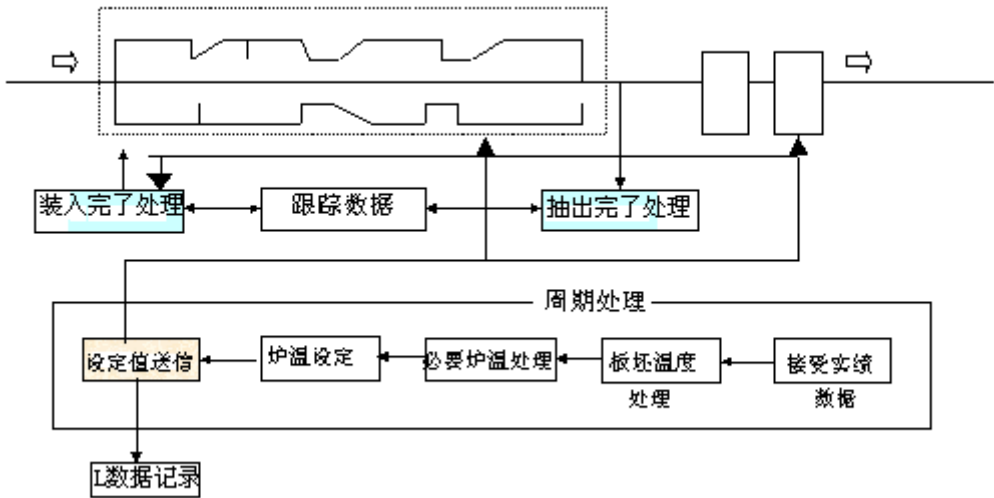
DDC(L1)级为系统基础自动化系统, 主机为 MELPLAC-650, 主要功能为对工艺流程的实时计算, 逻辑判别, 自动速度、厚度、温度、位置控制以及生产流程的模拟显示、监控、操作等。

仪表系统采用的是日本横河的 μ XL 系统, 完成接收加热炉 ACC 模型的炉温设定值, 并对流量进行控制实现加热炉的优化燃烧。

3 控制的工艺过程

加热炉作业首先由 PCC 下达轧制计划, 然后有板坯库搬送, 板坯库计算机 (SYC) 把板坯从板坯库通过板坯搬料小车、升降机及吊车吊入 A1 辊道或从连铸来的热装坯直接移到 A1 辊道, 当 A1 辊道收到板坯后, 向 SCC1 发出板坯电文, SCC1 对板坯进行跟踪并进行相应的处理。然后由 DDC 起动 A1 辊道由 A1 到 A2, 并进行称重、测温和测长, SCC1 根据板坯的长度和重量进行校核并确定装如的炉号、列号, 并向 DDC 发出 A2 辊道起动指令, 板坯移动到指定的炉前和列前, 由装钢及装如炉内, 入炉后, SCC1 向 DDC 发出步进梁起动指令, 把板坯从入口一步一步地移到出口, 在此期间, SCC1 周期地进行板坯温度和炉温的计算, 把计算结果发送给仪表 DDC 控制系统, 同时仪表 DDC 又把炉况实绩传送给 SCC1 当板坯到达出口而炉温又达到设定的出炉温度时, SCC1 向 DDC 发出指令, 由抽钢进行抽钢, 抽钢完毕后 SCC1 向 SCC2 轧线计算机发产指令, 并从出炉辊道开始有 SCC2 对板坯进行跟踪和控制并完成加热炉控制工艺过程。

ACC 模型采用炉温或流量设定方法, 根据粗轧出口带钢要求的目标温度 (RDT2), 从板坯装如炉内开始, 周期地进行板坯温度计算, 板坯在炉时间计算, 从而计算出加热炉各段的炉温设定值, 发送给仪表 DDC 系统, 进行燃烧控制。当板坯抽出温度不能满足 RDT2 的目标温度是, 根据 RDT2 的实绩温度自动地进行板坯出炉温度修正。1580 加热炉的功能主要分为四大部分: 装入时处理、抽出时处理、休止处理和周期计算, 见图 3。



注：TRACKING DATA---跟踪数据 LOGGING---数据记录

图 3 加热炉数学模型的功能示意图

4 数据处理和模型计算

4.1 装入处理

装入处理的主要功能分为三个部分：

- ① 初期情报确定：对装入炉内的板坯，确定模型计算需用的数据初值；
- ② 初期温度计算：使用差分模型，根据板坯内部温度的初期值进行装入温度的计算；
- ③ 抽出目标温度的设定：通过抽出目标温度学习功能将学习值反映到抽出目标温度的设定上。

4.2 抽出处理

- ① 实绩预测情报的完成：对抽出后的板坯，完成实绩和预测情报文件
- ② 抽出时温度计算：根据抽出完了时的实绩数据，用差分模型进行板坯内部温度的推定计算。
- ③ 在炉时间学习处理：通过实际抽出机组节奏和预测抽出节奏的差进行学习。

4.3 休止处理

- (1) 休止接收处理：休止输入时，树立请求标志

(2) 休止时间反映处理: 考虑休止时间, 确定抽出预定时刻, 反映到节奏上。

4.4 周期计算

周期计算主要分为三个部分的功能:

4.4.1 板坯温度处理

- 1) 确定炉气温度: 根据炉内的热电偶温度、板坯的位置, 计算每块板坯的对应的炉气温度
- 2) 热流束计算: 根据上个周期计算时的板坯内部温度(表面温度)推定计算流向板坯的热流束。
- 3) 差分计算: 对板坯进行厚度方向的划分, 根据一元差分模型, 推定计算板坯的内部温度分布

4.4.2 必要炉温处理

- 1) 预测板坯炉时间计算: 根据由 MPC 模型(轧制节奏控制模型)计算的每块板坯的抽出节奏, 按板坯在炉内所处位置的不同进行相应的修正, 预测板坯在各段的在炉时间。
- 2) 板坯温度的预测计算: 根据板坯的厚度、预测在炉时间、炉温、现在温度, 用板坯温度预测简易模型, 进行各段出口板坯平均温度的推定计算
- 3) 板坯温度变化量的计算: 对应各段炉温, 求出各段出口板坯平均温度的变化量。
- 4) 必要炉温计算: 组合板坯温度预测计算和板坯温度变化量计算, 求出可以将板坯加热到目标温度以上的必要的各段炉温。

4.4.3 炉温设定处理

- 1) 确定设定用加权数: 根据板坯在炉内的不同位置确定对应的加权数。
- 2) 设定炉温计算: 使用每块板坯的必要炉温和设定用的加权数, 求出加权平均值, 求出各段的设定炉温。
- 3) 在炉时间延长计算: 如果使用现在的抽出节奏预测出会导致板坯加热不足, 求出抽出节奏的延长量。
- 4) 休止时炉温设定处理: 根据规则库的推论机理和计划的休止模式, 确定休止时的设定炉温。

5 抽出温度的确定及控制

5.1 板坯硬度组的确定

首先进行板坯理论强度的计算, 板坯理论强度的计算公式如下:

$$R_m = 25 + 67 \times [C] + 14 \times [Mn] + 20 \times [Si] \quad (1)$$

式中: C, Mn, Si 均为元素重量含量的中间值, 板坯的信息在进入 PCC 时要进行成分的检验, 由于发生过成分不全的板坯被轧制的情况, 目前计划在板坯装炉时再进行一次板坯成分的检验。可以保证后续机架设定的准确性。

5.2 板坯抽出时的目标温度的计算

在硬度组确定之后，由 PCC 设定带钢的 RDT2，FDT（精轧机组入口温度）和 CT（卷取机组入口温度）的目标温度值，然后 PCC 将这些设定值下送，板坯的出炉温度目标值，则在板坯装入时通过学习功能确定，板坯抽出时的目标温度由下式确定

$$E_A = R_A + \Delta R_M + \Delta T_L$$

(2)

式中： E_A 为抽出目标温度；

R_A 为 RDT 目标温度(上位指令)

ΔR_M 为抽出-RDT 温度降下量标准值(层别 DATA)，根据钢种，目标厚度，板坯长度确定， 180°C

ΔT_L 为抽出温度学习值(层别更新值)

ΔT_L 由下两式确定：

$$\Delta T_{L\text{NEW}} = \Delta T_{L\text{LOLD}} \times \alpha + \Delta T_L \times (1 - \alpha) \quad (3)$$

$$\Delta T_L = E_A - R_A - \Delta R_M \quad (4)$$

式中：

$\Delta T_{L\text{NEW}}$ 为抽出温度学习值(层别更新值)

$\Delta T_{L\text{LOLD}}$ 为抽出温度学习值（学习层别数值）程序中为 LNBIAS

α 为学习平滑系数(定数)，0.95

ΔT_L 为抽出温度学习值（瞬时值）

其中 ΔR_M （抽出-RDT 温度降下量标准值）将根据以下的层别进行设定，各层的层别划分数为：炉号，3；钢种，5；目标板厚，5；板坯长度，2。

5.3 学习功能的实行条件

- 1) 搬送时间的 limit 360s
- 2) 抽出温度偏差 $\pm 20^\circ\text{C}$
- 3) 在炉时间 limit 240min
- 4) RDT 实际 limit 900°C
- 5) 抽出目标温度平滑系数 0.95

6 结论

宝钢 1580 热轧加热炉使用的网络控制系统，实现了在加热不同钢种时的对炉温和钢温的精确控制，通过加热炉控制模型中的数据层别，实现了对新增的不同规格和不同钢种的板坯出炉温度准确控制，该系统自 1996 年底投入以来，经 2 年多时间的运行，抽出坯温的控制精度已有

662 中国金属学会 能源与热工 2000 学术年会

95%达到了 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 的水平, 平均烧损为 0.8%, 加热炉单耗也达到了 1340KJ/kg 的设计指标, 模型稳定性好, 实用性强。

参 考 文 献

1 饶文涛. 加热炉数学模型的最优控制. 工业加热, 94(3): 9~11

(编辑: 王承阳 李东辉)