

高炉炉况控制模型

第一部分

炉内数据处理模型

重庆钢铁设计研究院

计算机科

一九七九年九月

* 高炉炉况控制模型 *
* 第 一 部 分 *
* 炉内数据处理模型 *

重庆钢铁设计研究院

计 算 机 科

一九七九年九月

高炉炉内数据处理模型目录

一、概 要	1
1.1 处理功能及其特征	
1.2 概略模型结构	
1.3 炉热指数计算模型的概要	
1.4 根据炉热指数的 Si 和铁水温度预测模型的概要	
1.5 考虑根据过去动作的响应的 Si 和铁水温度预测模型的概要	
二、炉热指数计算模型	11
2.1 高炉炉内反应量的计算	
2.2 热平衡计算中使用的比热	
2.3 风口燃烧带的热平衡计算式	
2.4 直接还原带的热平衡计算式	
2.5 T_c , T_f 的计算	
2.6 煤气利用率的计算	
三、根据炉热指数的 Si 和铁水温度预测模型	52
3.1 根据炉热指数 T_c 对现在高炉下部铁水的 Si 值推算逻辑	
3.2 根据炉热指数 T_c 对现在高炉下部铁水温度推算逻辑	
3.3 根据风口前端温度对现在高炉下部铁水的 Si 值推算逻辑	

3 · 4 根据风口前端温度对现在高炉下部铁水
温度推算逻辑

四、考虑过去的动作响应的 S_i , 铁水温度推算逻辑 5 8

4 · 1 由实际动作向计算动作的代换

4 · 2 考虑过去的动作响应的 S_i 推算逻辑

4 · 3 考虑过去的动作响应的铁水温度推算逻辑

高炉炉内数据处理模型

一、概 要

1.1 处理功能及其特征：

1、模型的背景和目的：

高炉生产不仅是要稳定供给转炉高质量的铁水，而且在钢铁连续性生产过程中也发挥能源中心的作用。因此，高炉生产重要的使命是维持稳定的炉况，并且达到高的作业率。

虽然希望保持稳定的炉况，但是高炉生产过程伴随有复杂的高温传送现象（热传导、对流、辐射、扩散、化学反应、相变化），所以仍然还有许多未弄清楚的部分。

高炉炉内气、液、固三相混在一起参加反应，而且氧化、还原性二种气氛混合是非常复杂的过程。因此，高炉生产过程中参数多，以足够的精度掌握它们之间的关系是困难的。

本模型是根据基本的反应理论的模型构造，并参考其中的经验，挑选了可挑选的部分，并把高炉生产过程作局部简化的结果。

高炉过程计算机的目的是充分发挥它的特点可以起到操作人员的助手作用，看成是与操作人员配合的人—机系统的一部分，提供高炉稳定生产的信息。

所以，为了提高本模型的适用性，根据与操作者的判断有机结合综合的判断是重要的。

2、模型的组成：

本模型由下面的三个子模型组成的。

(1) 炉热指数计算模型：

是为了使高炉炉内的热状态定量化，计算理论焦炭燃烧温度 T_c

与理论火焰温度 T_f 的模型。

(2) 根据炉热指数的 S_1 、铁水温度预测模型：

是根据炉热指数和风口前端温度预测现在在高炉下部的铁水 S_1 值、铁水温度的模型。

(3) 考虑根据过去的动作响应的 S_1 、铁水温度预测模型：

是加上对于为了调整炉热采取的动作的响应，预测现在在高炉下部铁水 S_1 值、铁水温度的模型。

3、模型计算结果的应用方法：

本模型现在新日铁正在继续研究中，因此，操作人员可参考本模型的计算结果（由 CRT 和记录打字机打印），并根据操作人员自己的经验综合判断，并根据需要决定应该采取的动作。

1.2 概略模型结构：

原
书
缺
页

原
书
缺
页

原
书
缺
页

1.3 炉热指数计算模型概要

本模型是使用炉顶气成份、送风条件等操作实际数据，进行风口燃烧带和直接还原带的物质平衡计算后，通过解风口燃烧带和直接还原带的热平衡计算式的联立方程（前者是二次式，后者是一次式），求出炉热指数 T_c （理论焦炭燃烧温度）和理论火焰温度。

而且也同时计算间接还原带的煤气利用率 η_{CO} 和 η_{H_2} 。

本模型组成上主要的前提条件如下。

(1) 由于预计到高炉操作上存在煤气成份组成数据剧烈变化的时期，所以使用用“指数平滑法”整理后的煤气成分数据。

(2) 在风口燃烧带产生的反应假定如图 2.2 所示。

而且风口燃烧带的物质平衡计算是把风口的喷吹条件（送风流量、重油总管流量、富氧流量、送风湿度等）作为独立变数进行的。但是在炉腹煤气中 H_2 流量的计算中作为独立变数还加上一部份喷吹条件以外的变数。

(3) 风口燃烧带的物质平衡计算式是把风口燃烧带看成绝热系统而作成的。其理由是根据伴随在风口燃烧带的反应的发热速度比向风口燃烧带外的传热速度快得多。

(4) 风口燃烧带和直接还原带的热平衡计算式中所使用的比热，是使用 2.2 节“热平衡计算中使用的比热”中所述的比热。

(5) 直接还原带产生的反应假定如图 2.3 所示。

○在间接还原带认为至少全部要还原成 FeO ，所以在直接还原带氧化亚铁的还原反应只考虑为：



○石灰石的分解假定全部在直接还原带进行。认为在这时产生

的 CO ，因高温而全部变成 CO 。

○ 在直接还原带脉石的还原只考虑 SiO_2 ， MnO ， P_2O_5 。

(6) 直接还原带的物质平衡计算中使用的与炉顶装料有关的数据，是使用考虑炉内停留时间（ K 批料）的 K 批料前的数据，但实际上由于只是一批料中数据的变化大，所以使用所定料批的平均值。

(7) 在直接还原带的物质平衡计算中，直接还原带以下消耗的焦炭的消耗速度是根据高炉炉内碳平衡求出的。而 FeO 的还原反应速度是根据直接还原带内的碳平衡求出的。

(8) 直接还原带的热平衡计算式规定以下作为前提条件。

○ 规定直接还原带与间接还原带的交界温度为常数， 1000°C 。

○ 铁水温度规定为 $T_C - 300^\circ\text{C}$ 。

○ 矿渣温度规定为 $T_C - 250^\circ\text{C}$ 。

1.4 根据炉热指数的 Si ，铁水温度予测模型的概要：

本模型是以炉热指数 T_C （理论焦炭燃烧温度）的变化量 ΔT_C 与铁水中 Si 值的变化量 ΔSi 有图 1.4 那样的相关关系为前提条件，从炉热指数予测现在高炉下部的铁水的 Si 值。关于铁水温度予测模型也相同。

此外，是以风口前端温度包含风口附近集中的热信息为前提，按其变化量与铁水中的 Si 值和铁水温度的变化量之间有与图 1.4 相同的相关关系，所以本模型中也包括由风口前端温度予测现在高炉下部的铁水 Si 值和铁水温度的部份。

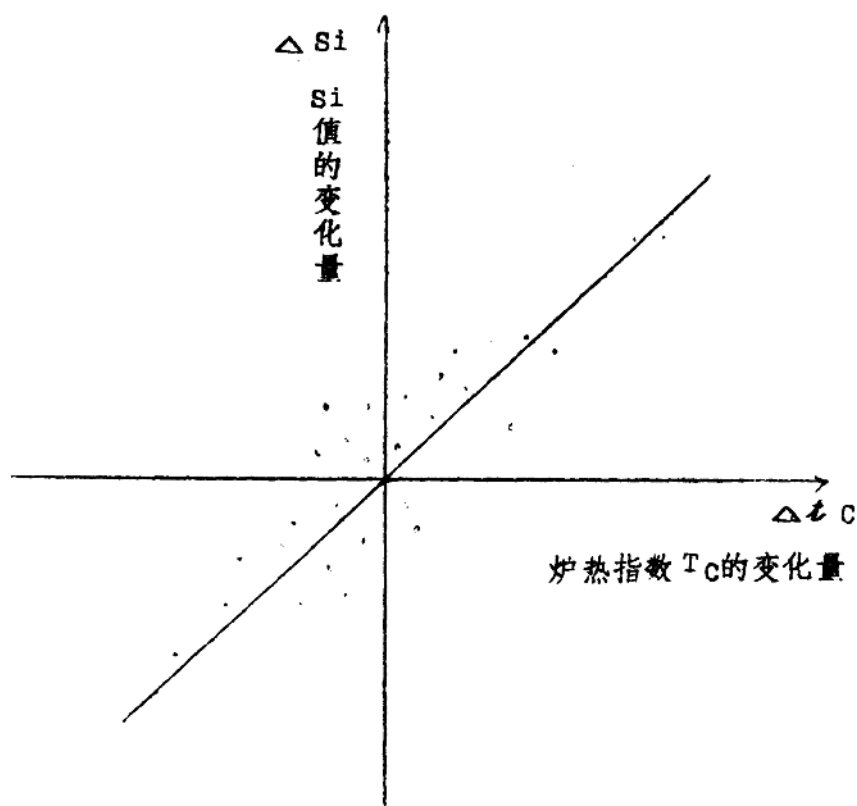


图 1 · 4 ΔT_c 与 ΔS_i 的关系模式图

构成本模型的主要前提条件(除上述以外的)如下:

(1) 规定铁水的取样时间与铁水温度的测量时间是同一时间。
即铁水取样与铁水温度测量规定是一一对进行的。

把铁水温度测量时间作为铁水取样时间是使时间一致化。

(2) 在出铁期间(同一出铁号)第一次取样的 S_i 值与第一次铁水温度测量值, 从本模型中除去。因为第一次取样和测温可能是前一次出铁留下的铁水, 数据可能不准确。

(3) 由于风动输送管的故障, 分析时间变化等其他原因, 输入计算机(由数据通信或 CRT 键盘输入)的铁水成分数据要在铁水

温度测量后经过相当时间。因此，会产生对应铁水温度的 S_i 实际值不成对的时候。这种情况，在输入计算机的 S_i 实际值中，作为计算考虑对象的新的 S_i 值中用与铁水温度的计算考虑对象个数相同的个数。

1.5 考虑到根据过去的动作响应的 S_i 、铁水温度预测模型概要：

本模型是考虑在对于现在时刻以前所采取的，为了调整炉热的动作， S_i 和铁水温度随时间的响应，预测现在高炉下部铁水的 S_i 值和铁水温度。

即：

(1)以最新取样的 S_i 值为基准，预测现在时刻高炉下部的铁水的 S_i 值比最新取样的 S_i 值有多少变化。关于铁水温度也一样以最新测量铁水温度为基准值。

(2)对应动作的 S_i 值和铁水温度的响应函数有相同的形式。即，认为二者对应动作的响应情况是相同的。

构成本模型的主要前提条件如下。

(1)规定铁水的取样时间与铁水温度的测量时间是同一时间。即规定铁水取样与铁水温度测量是按一对来进行的。

把铁水温度测量时间作为铁水取样时间，是使时间一致化。

(2)出铁期间（同一出铁号）第1次取样的 S_i 值和第一次铁水温度测量值从本模型中除外。

(3)对应动作的响应函数可以用一次式近似。

(4)影响 S_i 值和铁水温度的动作因子考虑有送风温度、重油总管流量，焦炭装入量、矿石装入量，送风温度、富氧流量、送风流量。

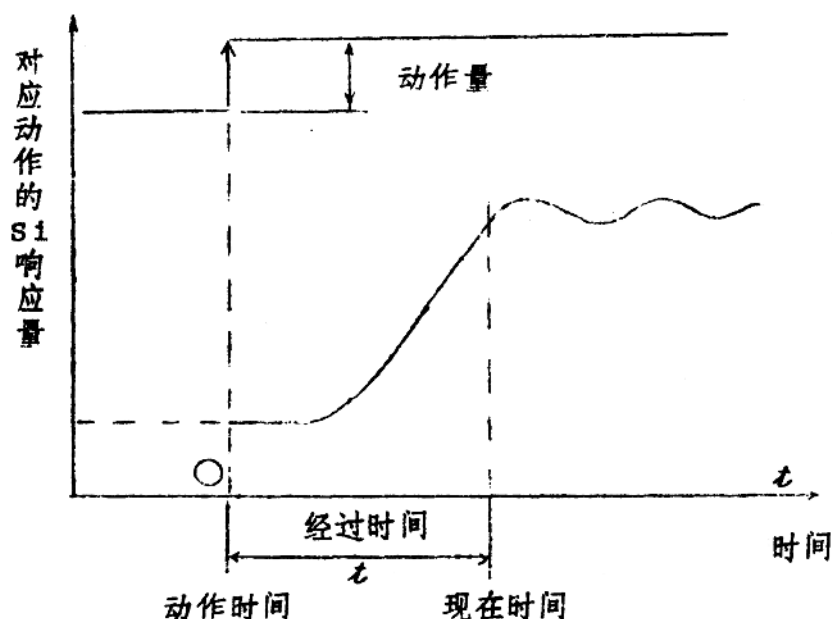


图 1.5 对应动作的 S1 值响应的模式图

(5) 由于风动输送管的故障，分析时间的变化等其他原因，输入计算机的铁水成份数据（由数据通信或 CRT 的键盘输入）要在铁水温度测量后，经过相当时间。因此，会产生对应铁水温度的 S1 实际值不成对的情况。

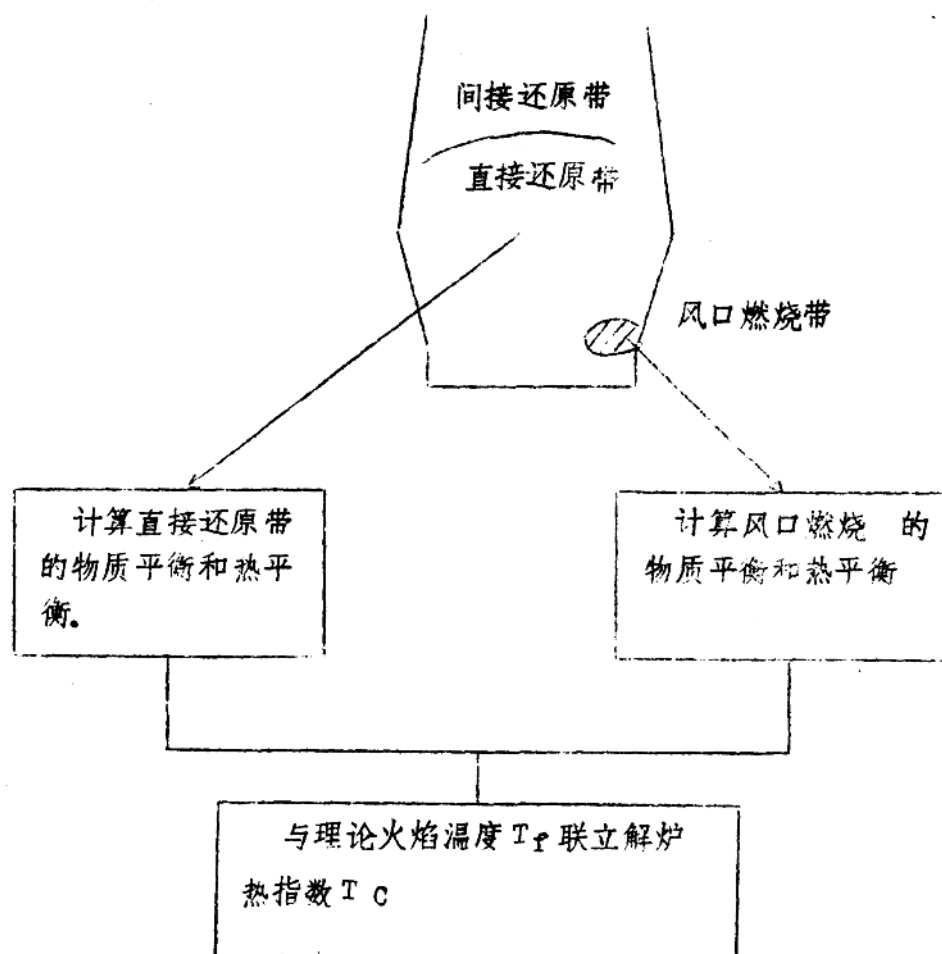
在这种情况下，根据对应的铁水温度测量值，用如下的方法作成 S1 的假定数据。

* 以铁水温度与铁水中 S1 值之间有相关关系为前提，根据过去的所定期间的数，作成单相关回归式，根据该回归式作成 S1 假定数据。

二、炉热指数计算模型

炉热指数 T_C (理论焦炭燃烧温度) 是由风口燃烧带的热平衡与风口上部的直接还原带的热平衡联立与理论火焰温度一起算出的。

在计算各部的热平衡之前需要计算各部的物质平衡。



2.1 高炉炉内反应量的计算

下图表示本模型中高炉炉内反应模式图。

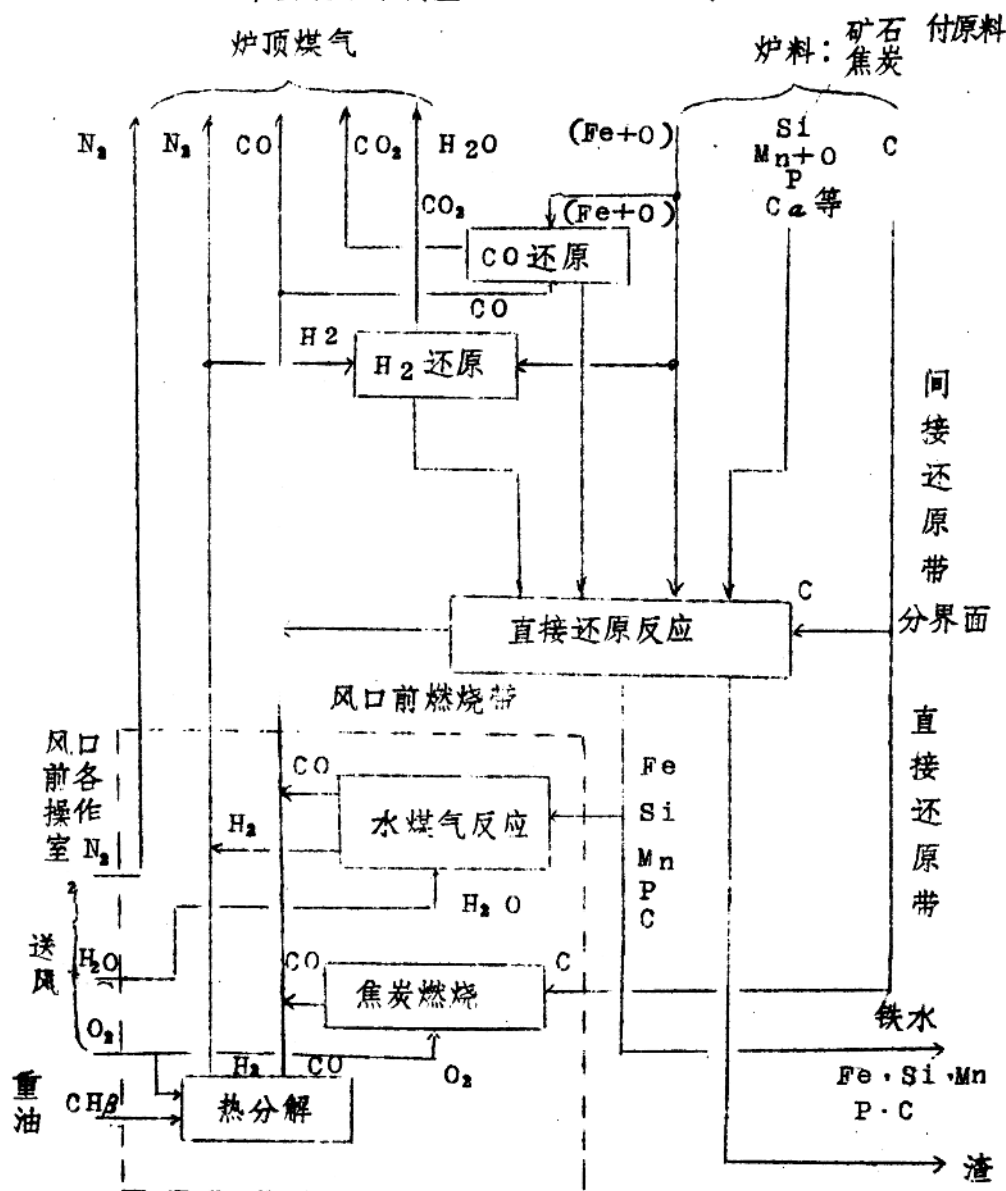
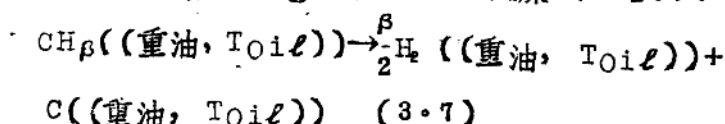
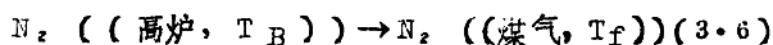
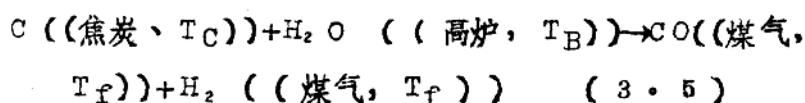
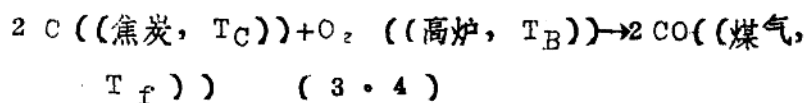
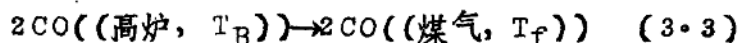
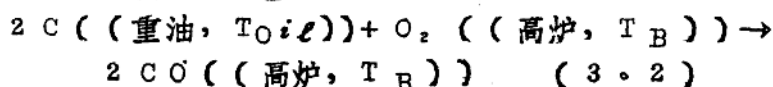
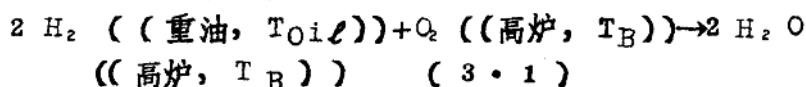


图 2.1 高炉炉内反应模式

(1) 风口燃烧带的物质平衡计算式：

认为在风口燃烧带产生重油的热分解反应，重油中 C 和 H₂ 的燃烧、焦炭碳素的燃烧及与水蒸汽的反应。



※注：用双括号写的 $\times ((y, z))$ 表示物质 $\times$ 以温度 z 存在于 y 中。

此外，随 (3.4 式) 也有如下的反应



图 2.2 表示风口燃烧带的反应模式图

图 A a 、 b 、 c 、 d 、 e (克分子或公斤/克分子 - N_2) 表示上述 (3.1), (3.2), (3.3), (3.4), (3.5), (3.7) 式的反应每喷吹 1 克分子 N_2 的反应量。

若求得 a 、 b 、 c 、 d 、 e 就可求得处理风口燃烧带的热平衡所需的信息。