

北京图书馆藏
42621
中文资料

高炉炼铁桥测和自动化 译文集

(二)



中国科学院技术情报研究所

32
2

6299/12

TF-
1
222

目 录

新日铁堺钢铁厂二号高炉计算机控制系统的 研制及其在实际操作中的应用.....	杜建春译 (1)
最近的高炉计算机控制系统.....	曹铁铭译 (17)
千叶钢铁厂五号高炉计算机系统.....	曹铁铭译 (25)
高炉生产程序的计算机控制.....	林 彤译 (46)
最近高炉的检测和控制技术.....	曹铁铭译 (55)
5,000米 ³ 高炉的配料和给料自动化控制系统.....	于贞源译 (65) 李贵友
5,000米 ³ 高炉的工艺参数检测自动化的新设备.....	李贵友译 (68)
高炉自动控制系统鉴定中的实际问题.....	申泽纯译 (71)
控制高炉炉料的计算机技术.....	侯国强译 (81)
利用计算机调节高炉热状态.....	李贵友译 (91)
炼铁过程中操作者与计算机的配合.....	章光安译 (101) 王德春
由多变量时间序列观察到的数据来模拟予測 和控制高炉操作.....	陈寄炎译 (107)
高炉炉况的控制装置.....	杜春曜译 (113)
采用炉顶煤气分析的自适应方式控制高炉.....	吴荫葆译 (116)
关于高炉炉顶煤气特性的检测.....	曹铁铭译 (122)
新日铁采用热摄像机改进高炉操作.....	陈玉华译 (128)
高炉热风炉的自动换炉系统.....	佟庆臣译 (130)
热风炉控制方法.....	杜春曜译 (137)
热风炉的自动燃烧控制方法.....	林 彤译 (142)

A791834



炼铁工艺中的计算机控制系统·····	车传仁译 (145)
炼铁原料管理的计算机控制系统·····	曹铁铭译 (161)
烧结原料的予处理技术·····	杜建泰译 (170)
新日铁名古屋钢铁厂三号高炉首次操作经过·····	曹铁铭译 (184)
新日铁君津钢铁厂三号高炉的操作和炉喉调节挡 板的使用·····	祁国龙译 (196)
选择合理的高炉自动化上料系统·····	于贞源译 (208)
高炉装料设备用的西门子101计算机 控制的数字称·····	程秀国译 (213)

新日铁堺钢铁厂二号高炉计算机控制系统的研制及其在实际操作中的应用

加瀬 正司* 等

提要 本文叙述了1969年9月已实际应用于堺钢铁厂二号高炉计算机控制系统的功能、构成和效果。此系统是根据理论、检测结果和统计方法,进行炉温和透气性状态的综合判断,向操作者提示可靠性较高的操作指导,它具有控制高炉的功能。确认它在以降低燃料比为目的的大型高炉操作中,能稳定铁的质量和降低燃料比。本文也谈到了新增加的高炉炉体管理及热风炉控制等功能。

1. 绪 言

近年来,以高炉大型化为主的设备研制和技术水平的提高正在积极进行。其中,作为高炉原燃料的质量、设备和管理及控制手段的高炉计算机的地位在逐年提高,并要求计算机的功能要多样化。现将高炉工艺流程采用计算机的目的和意义,概括为以下四点。

(1) 搞清工艺流程

用准确而迅速的检测数据的处理来搞清工艺流程的动态和提高高炉模拟模型的准确度。

(2) 提高高炉效率

通过提前预测过程变动,并加以适当的控制,以期降低燃料比和提高铁水质量。

(3) 科学管理和节约劳力

力求情报处理的合理化和设备的科学管理。

注: * 新日铁堺钢铁厂炼铁场付场长

(4) 提高技术人员和操作者的能力以及炼铁技术水平

概观在实际高炉上研制和采用计算机系统,最初只赋予处理情报的功能,创造和采用程序控制功能。其中已报导过的,有以炉料的配料控制和风口燃烧温度控制为目的的程序控制。但大部分是以控制高炉热状态为目的,从60年代初期由苏联和法国等欧洲国家着手研制的。

其中有代表性的是法国钢铁研究所(IRSID)研制的以Wu指数为基础的模型,其主要部分是炉内物料平衡和热平衡的理论模型。与此同时,日本钢管公司等研制了在理论的热平衡指数之外,还考虑了透气性和铁水成份等主要因素,以统计归纳法为基础的炉热控制模型。六十年代后期,以法国为首的欧洲各国,对高炉动态特性进行了积极地研究,根据操作条件变换方法的改进和各种指标予定值与实际值之差,研制了在模型内修正参数的控制模型。另外,最近的报道还指出:高炉计算机不只是把炉热指标,还应把透气性指标等高炉管理指标作为指导提示给操作者;也不仅限于高炉程度控制,还应具有热风炉控制等广范围的功能,以谋求改善操作。

从上述高炉计算机系统的研制和实际应用的经过可知,过去的高炉过程控制,是以理论或统计模型进行高炉热态控制的方式为主流。但在实际操作中考虑各种程序现象时,只用统计的或理论的方法掌握高炉程序的某一方面来控制高炉是有限的,必须更广泛地多方面的抓住每一个程序现象,进行整体的综合控制。拉巴等人在苏联自动化会议的总结中,也报告了同样的观点。

1967年7月为了操作合理化,堺厂二号高炉**开始采用正式的计算机***,进行数据自动记录及称量控制。同时,大力推进和研制高炉程序控制系统,1969年9月实际应用已获得成功。研制此系统的基本方案,不只是关于高炉热状态及透气状态两方面的理论和统计方法,也考虑了传感器触头情报和通过经验培植出来的操作上的知识,进行综合炉况判断和控制,提高了控制系统的可靠性和通用性。

本系统一部分内容,虽已有过报道,本文叙述的是包括其后增加的功能,主要是高炉程序控制功能、组成及实际应用于操作的结果。

2. 高炉计算机系统的组成

2.1 硬件系统的组成

计算机硬件是以中央处理装置(富士通计算机270—20;磁心存储容量16千字)为中心、磁鼓存储装置(128千字×3组)、输入输出控制装置以及输入输出机组组成。

图1为硬件的组成,表1为各种元件的明细表。

注: ** 第一次(1967年7月点火,炉容2,620米³),第二次(1972年11月点火,炉容2,797米³)

*** FACOM270—20(主存储器:磁心16千字,补助存储器:磁鼓384字)

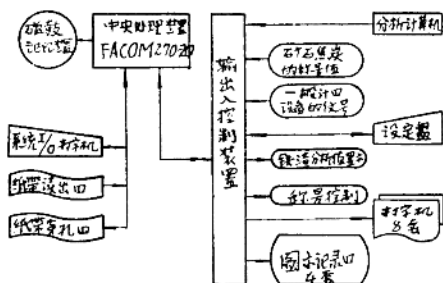


图1 堺厂二号高炉计算机硬件系统

2.2 软件系统的组成

软件系统是用标准的监视程序管理方式，管理模拟值读入和打印等系统程序、存储器信息转储和汇编程序等实用程序、数据自动记录、称量控制、程序控制等操作程序，进行间隙处理、作业处理和输入输出处理事故检测等广泛的实时处理。

图2为主要管理数据输出输入工艺流程图。如图所示，此系统管理着输出输入数据。

此系统数据处理方式的特点如下：

(1) 数据自动记录和程序控制用数据相分离。

(2) 程序控制用数据采用只存储所需次数的转换方式。

(3) 定期处理一次数据作成二次数据表。

(4) 记载与程序控制用数据相对应的时刻和装入次数。

3. 高炉计算机系统的功能

堺厂二号高炉计算机系统具有下述功能。

3.1 数据自动记录

以迅速而准确地处理涉及广泛而大量发生的关于高炉和热风炉的操作数据，记录其结果。以供精心细致的操作管理的指标之用。或作早期发现事故、技术分析之用为目的。数据自动记录有下述功能：

(1) 高炉操作日报

(2) 高炉作业工艺卡

表1 堺二号高炉计算机硬件系统设备明细表

装置名称	规格 (备注)
中央处理装置 FACOM270-20	词长 16位/词 主存储器 (磁心) 16千字 运算速度 加減 (4.8微秒) 乘 (20.4微秒) 除 (39.0微秒) 存储周期 2.4微秒
磁鼓存储装置	存储器 128千字×3套 动作时间 20毫秒
输出输入控制装置 CCP-7020	间隙输入 80个 模拟输入 336个 脉冲输入 16个 数字输入 380个 模拟输出 4个 脉冲输出 16个 数字输出 276个
输入输出装置	
1. 系统输入输出装置 打字机	FACOM 打字机 1套
2. 纸带读出器	200字/秒 1套
3. 纸带穿孔机	100字/秒 1套
4. 控制台	给定盘 1套
5. 打字机	选择型 7套 B型 1套
6. 图示记录器	4套

3.2 称 量 控 制

3.2.1 称量误差的自动校正

累计矿石及焦炭的称量误差。如累计误差超过预先设定的上下限值时。能自动校正称量误差。

3.2.2 焦炭装料量的自动控制

用中子湿度计连续测定焦炭水分。为使焦炭装入量（干量）保持一定而补给水分。且能自动变更焦炭装入量。以控制焦炭称量设定值（湿量）。

3.2.3 炉料的配比管理

当因原料情况和操作上的理由而变更原燃料配比时，为校核装入条件和计算辅助原料的配比量。具有下列功能。

（1）装 料 计 算

根据每次装料的品种、装入量、各种分析值和回收率系数来计算铁渣量、焦比、铁渣化学成份。

（2）装入变更计算

根据主料矿石和焦炭的配比量及铁渣的计划成分，计算石灰石等辅助原料的配比量。

3.3 高炉程序控制

3.3.1 操 作 指 导

程序控制系统定期（每20分钟）或根据给定盘指令随时起动。并能算出表示高炉炉热和透气性状态的各项指标，下次出铁里的硅的预测值，下次出铁时的热态活动（例如重油流量、鼓风温度、鼓风湿度、减矿量等），可否增矿与增风的判断结果，表示炉内贮铁贮渣水平的各种指标、炉内漏水警报、炉况变动警报等，将其结果自动记录在打字机上和显示在图示记录器上，以向操作者提示操作指导。还有，因在指导情报上不仅表示最终的判断结果，还记载了过程，所以操作者能掌握计算机的逻辑判定原委，再加上自己的判断，就能确切地管理高炉操作。另外，图示记录器还能以多项式近似地表示沿炉顶水平方向的温度分布和炉高垂直方向的压力分布。

3.3.2 重油流量及鼓风湿度闭环控制

当用控制模型定出重油流量或鼓风湿度的活动时，除在操作指导情报及图示记录器上表示活动量之外，还能用闭环控制（SPC）自动变更操作条件，以谐音向操作者报知变更情况。

3.3.3 气体色层分析仪的自动校正

高炉炉顶煤气组成是高炉和热风炉操作管理的重要情报，为了提高程序控制的可靠性和技术分析的精度的，必须提高炉顶煤气分析计—气体色层分析仪的可靠性。因此用计算机经常监视炉顶煤气分析值，定期的或事故检测时，自动进行生产流程煤气和标准煤气的转换操作，掌握标准煤气的实测分析值与标记分析值的误差，以其误差值校正以后

的生产流程煤气分析值。

3.4 高炉炉体管理

用计算机管理炉底、炉身、炉壁等炉体各部的温度，能检测和报警有无异常，并简单而迅速地向操作者提示炉体温度情报。

3.4.1 监视炉体温度

在各测温点按每十分钟、每一小时、每一天和每十天，自动地用定时起动程序，计算各期间的温度平均值、温度梯度、耐火砖余厚等，校核温度绝对值或梯度的上下限，以判定异常之有无，异常时发出警报。

3.4.2 炉体温度的情报管理

随时，打字机或CRT（仅一号高炉）表示任何一个热电偶温度计的现在和过去的测温状况，以及炉周方向和炉高方向的温度绝对值、温度梯度、耐火砖余厚等分布情报。

3.5 热风炉程序控制

以堺厂二号高炉所属热风炉为对象，研制了具有下述功能的热风炉控制系统。

3.5.1 换炉控制

根据热风炉的蓄热状态，计算换炉时间，由计算机发出开始换炉的信号，自动控制换炉。

3.5.2 燃烧控制

按燃烧炉的最大燃烧时间、鼓风所需的热量以及热风炉炉顶温度等炉体温度制约条件，自动控制混合煤气（燃烧煤气）流量及焦炉煤气比率。

4. 高炉程序控制系统的组成和实际操作应用例

本系统基本上是由推测炉温和透气性状态的各种模型群，和根据这些模型推测结果的综合判断而决定动作的控制模型组成的。其他主要的辅助系统包括图示记录器的分布作图系统和重油流量等的闭环控制系统。

图3是高炉程序控制系统的全部构成。以下，就主要模型的概要加以说明。

4.1 炉热状态的判断模型

炉热状态由风口平面理论焦炭温度模型、风口前温度模型和统计的硅含量推定模型等三个特点不同的模型来判断。各模型的判定结果就是共同的炉热指标的铁水中硅含量推定值。

4.1.1 算出风口平面理论焦炭温度（ t_c ）的模型

根据高炉的详细物料平衡和包括风口燃烧带的高炉下部直接还原带的热平衡，关于下降到风口平面的焦炭和熔体的温度（ t_c ）的理论推定算法如下。

（1）风口前理论火焰温度（ T_f ）

风口前燃烧带可看做是绝热层，考虑反应热和显热，可用下列公式计算理论火焰温

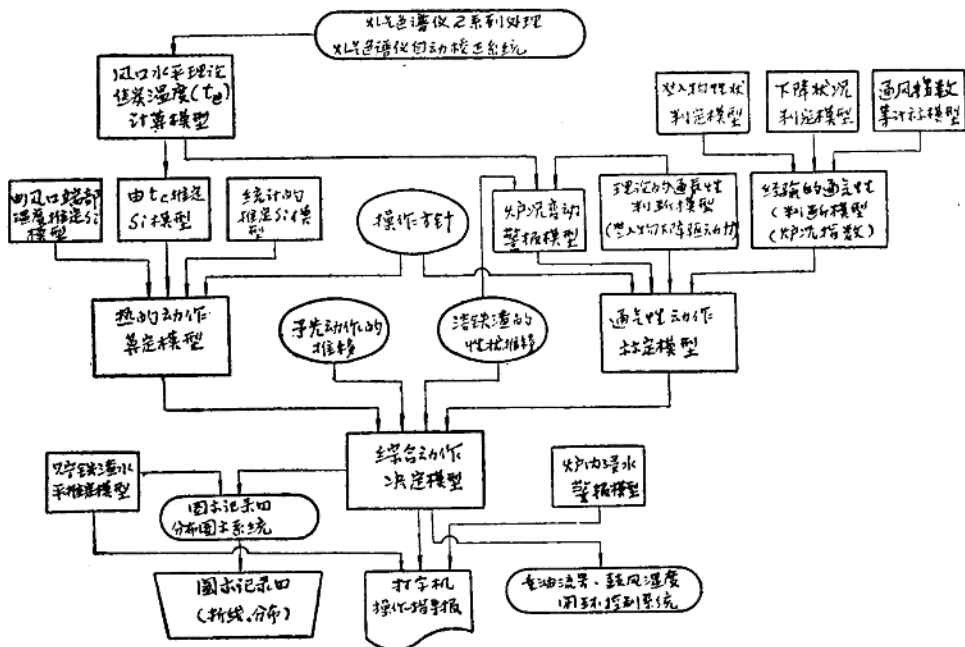


图3 高炉厂二号高炉的高炉控制系统

度 T_i ($^{\circ}\text{K}$)。

$$T_i = [\sqrt{B^2 + A(C-D)} - B]/A \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$C = (2\ell + m) (2.93t_c + 1.0 \times 10^{-3}t_c^2) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中 A 、 B 、 D 、 ℓ 及 m 是根据鼓风条件及反应热所定的变数， t_c 为由后述(10)式所定的风口平面理论焦炭温度 ($^{\circ}\text{K}$)。

(2) 直接还原带的热平衡

由直接还原带周围的热平衡可得下式。

$$Q_b + q_u = Q_u + q_b + Q_l + Q_r + Q_f \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中 Q_b 为由风口燃烧带上升的煤气的显热(千卡/分钟)， q_u 为由直接还原带上端下降的炉料的显热(千卡/分钟)， Q_u 为通过直接还原带上端的煤气的显热(千卡/分钟)， q_b 为由直接还原带下端下降的铁水、熔渣及焦炭的显热(千卡/分钟)， Q_l 为炉体冷却等的热损失(千卡/分钟)， Q_r 为伴随 FeO 、 SiO_2 、 MnO 以及 P_2O_5 的直接还原反应的吸收热量(千卡/分钟)， Q_f 为生铁的熔解热(千卡/分钟)。

此时含有 T_i 及 t_c 的变数为 Q_b 及 q_b ，分别由下式求得。

$$Q_b = V_{i,b} \cdot \rho_b \cdot C_b \cdot T_i \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$q_b = (P_c \cdot C_{c,b} + R_p \cdot C_{p,b} + R_s \cdot C_{s,b}) \cdot t_c \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中 $V_{i,b}$ 为风口燃烧带生成煤气的全容积流量 (米³/分钟), ρ_b 和 C_b 为风口平面煤气的密度 (公斤/米³) 和比热 (千卡/公斤·°K), P_c 为在风口燃烧带消失的焦炭的质量流量 (公斤/分钟), R_p 为铁水生成速度 (公斤/分钟), R_s 为熔渣的生成速度 (公斤/分钟), $C_{c,b}$, $C_{p,b}$ 及 $C_{s,b}$ 为在风口平面的焦炭、铁水及熔渣的比热 (千卡/公斤·°K)。

其中 $V_{i,b}$ 、 P_c 、 R_p 及 R_s 为由高炉内物料平衡而定的变数。

(3) 风口平面理论焦炭温度 (t_c)

(4) 和 (5) 式代入 (3) 式, 得下式

$$n_1 \cdot T_i = n_2 \cdot t_c + Q \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中 $n_1 = V_{i,b} \cdot \rho_b \cdot C_b \quad \dots\dots\dots (7)$

$$n_2 = P_c \cdot C_{c,b} + R_p \cdot C_{p,b} + R_s \cdot C_{s,b} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$Q = Q_u + Q_i + Q_r + Q_f - q_u \quad \dots\dots\dots (9)$$

再把 (1) 式和 (2) 式代入 (6) 式, 按 t_c 整理之, 得下式。

$$t_c = (\sqrt{P_2^2 - P_1 \cdot P_3} - P_2) / P_1 \quad \dots\dots\dots (10)$$

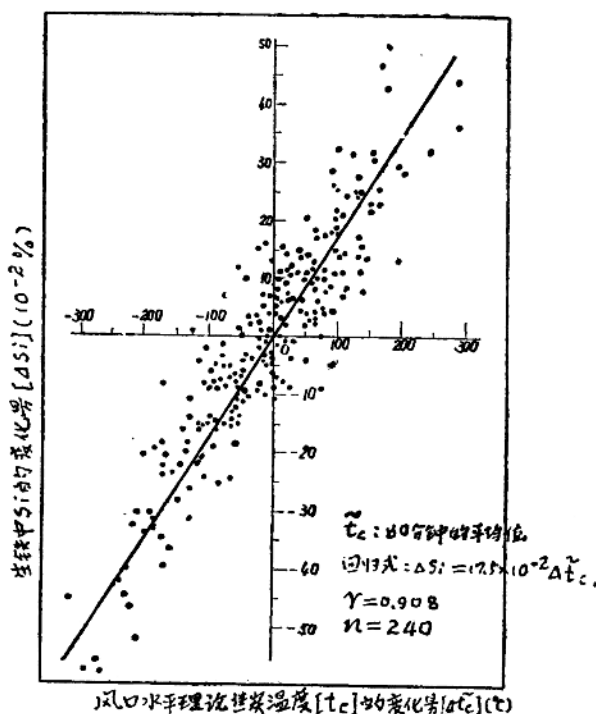


图 4 风口平面理论焦炭温度和生铁中硅的关系

式中 $P_1 = \alpha^2 - \delta \times 10^{-3}$, $P_2 = \alpha\beta - 1.465\delta$,

$$P_3 = \beta^2 - \gamma \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$\alpha = A \cdot n_2 / n_1, \quad \beta = B + A \cdot Q / n_1, \quad \gamma = B^2 - A \cdot D,$$

$$\delta = (2\ell + m) A \quad \dots\dots\dots (12)$$

从 (10) 式求得的 t_c 即为风口平面理论焦炭温度。

4.1.2 由 t_c 算出硅的模型

图 4 所示为 t_c 和生铁中硅的关系。此图给出了在取分析试样 30 分钟前的时刻，使过去 80 分钟的 t_c 平均值 (t_c) 与试样硅相对应，各个变化量的相互关系。可以看出两者间是有高度相关性的。

图 5 是表示此模型的 t_c 和硅的对应法的模式图。实际与硅 ($i \cdot j$) (i 为出铁编号, j 为出铁时的取样编号) 相对应。 $t_c(i \cdot j)$ 是从时刻 $\theta_s(i \cdot j)$ 到 $\theta_e(i \cdot j)$ 的 t_c (10 分钟的平均值) 的移动平均值。

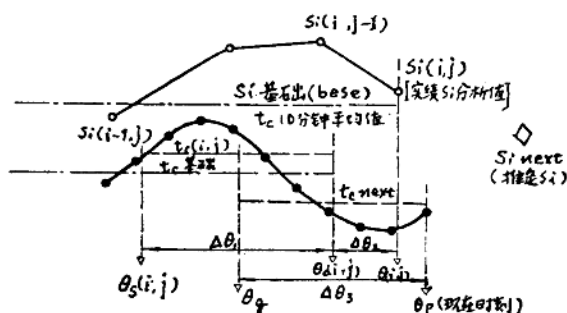


图5 t_c 和 Si 的对应法

图中: $\theta_s(i \cdot j) = \theta(i \cdot j) - \Delta\theta_1 - \Delta\theta_2 \quad \dots\dots\dots (13)$

$$\theta_e(i \cdot j) = \theta_s(i \cdot j) + \Delta\theta_1 \quad \dots\dots\dots (14)$$

其中 $\theta(i \cdot j)$ 是取样时间, $\Delta\theta_1$ 是为计算 $t_c(i \cdot j)$ 的移动平均值计算时间, $\Delta\theta_2$ 是应答延迟时间。在计算机中存储着过去六小时的 t_c 十分钟的平均值, 从过去六小时以内的最早的 $\theta_s(i \cdot j)$ 相对应的数值到最新的 试样硅的平均分析值 (Si_{base}) 以及其间的 $t_c(i \cdot j)$ 的平均值 (Si_{base}), 用下列公式计算下次出铁的推定硅 (Si_{next})。

$$Si_{next} = Si_{base} + k(t_{c_{next}} - t_{c_{base}}) \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中 $t_{c_{next}}$ 为过去 $\Delta\theta_3$ 期间的 t_c 的平均值, k 为与 t_c 的单位变化量相对应的硅的应答量。

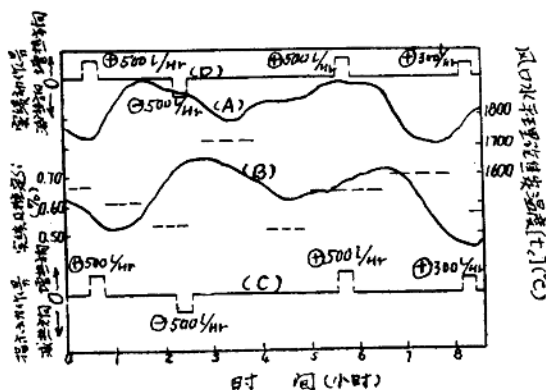


图 6 所示是 t_c 与 t_c 为基础的推定硅和实际硅变化的图示记录图之一例。

- (A) t_c ,
- (B) 以 t_c 为基础推算 Si 及……实绩 Si ,
- (C) 计算机的指示动作量,
- (D) 实绩动作。

4.1.3 按风口前温度算出硅的模型

这种模型是把 CA 套管热电偶埋在风口前上部, 直接检测风口附近的炉热状态, 根据测温值来推定生铁中的硅。即 风口前温度根据上述表示 t_c 和与硅相类似的变动倾向的知识, 基本上用 t_c 推定硅的同样方法来推定下次出铁的硅。

4.1.4 统计的硅推定模型

这种模型是由予先选取的动作的硅应答量和最近的变化, 用统计的方法予测硅的模型, 这是根据过去高炉操作者凭经验采用的倾向性管理来推定硅的方法的模型化。

图 7 是用本模型表示硅推定法概念的模式图。即根据实际硅分析值只修正予先动作应答量, 这样按过去 2—4 次出铁的试样硅进行计算, 设想不动作时的修正硅值, 用这些修正硅值以最小二乘法算出回归式。而后用此回归式计算下一次出铁(数十分钟后)的硅, 用这个时刻的予先动作应答量进行修正, 推算下一次出铁的硅。

4.2 判断透气性状态的模型

用炉料下落驱动力算出模型、经验的透气性判断模型和炉况变动警报模型来判断透气性状态。

4.2.1 炉料下落驱动力算出模型

这种模型是利用物料平衡、热平衡和力学平衡导出七元联立常微分方程式, 进行逐次数值计算、推导出炉身部分炉高方向的煤气压力、温度及炉料荷载压力、下落驱动力的各种分布, 以判断炉身部分透气性状态及炉料下落的难易。

(1) 关于煤气压力和炉料荷载压力的基础公式

在距炉身上部 Z 处的 dz 微小层厚部分的周围作力平衡, 可得下式。

$$\frac{dp_g}{dz} = -\frac{dp}{dz} + P_s (1 - \epsilon) \left(-\frac{g}{g_c} \right) - 4 \left(\frac{F\omega}{Dz} \right) \dots\dots (16)$$

式中 P_s 为炉料的荷载压力 (公斤/米²), p 为距离 Z 间的煤气压力损失 (公斤/厘米²)、 P_s 为炉料的平均表观密度 (公斤/米³)、 ϵ 为层空隙率 (-) g 为重力加速度 (米/小时²), g_c 为换算系数 (公斤·米/公斤·小时²), $F\omega$ 为壁面摩擦力 (公斤/米²)、 Dz 为炉内径 (米)。

关于炉内压力损失 p 的基础式是由关于填充层压力损失的 Ergun 式的变形式求得,

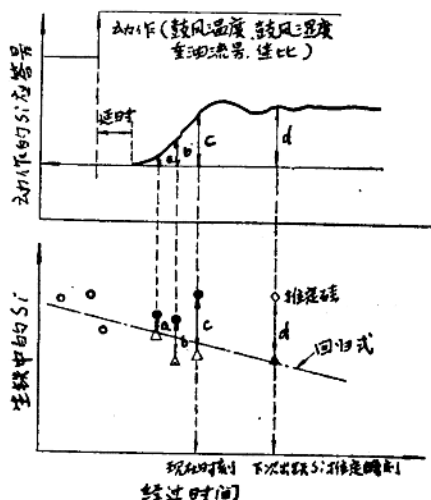


图 7 统计的硅推算法概念图

$$\frac{dp}{dz} = \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \cdot \left(\frac{1-\epsilon}{\epsilon^3}\right) \cdot \left(\frac{f_k \cdot \rho_f \cdot F^2}{g_c \cdot dp_m \cdot D_f^5}\right) \cdot \left(\frac{T}{T^*}\right) \cdot \left(\frac{P^*}{P^* + P_o + p}\right) \quad (17)$$

式中 f_k 为摩擦系数 (-)、 ρ_f 为煤气平均密度 (公斤/米³)， F 为炉内煤气容积流量 (米³/小时)、 dp_m 为炉料调和平均粒径 (米)， T^* 为 273°K， T 为煤气温度 (°K)、 P^* 为 1.033×10^4 公斤/米²， P_o 为炉顶压力 (公斤/米²)。

上述 (16) 式及 (17) 式之外，还能导出有关煤气温度、炉料温度、CO 及 H₂ 浓度、还原率的基础公式、用 Runge—Kutta—Gill 法解之，算出炉高方向任意位置的 P_i 、 p 和 T 等。

(2) 炉料下落的驱动力

炉料下落的驱动力 (Π) 由下式求得的。

$$\Pi = (P_s - p) / 10 \text{ (克力/厘米}^2\text{)} \quad (18)$$

即意味着在 $\Pi < 0$ 的区域、炉料停止下落，在 $\Pi > 0$ 的区域则能下落。另外，在 $\Pi > 0$ 区域还可根据其程度判断下落的难易。

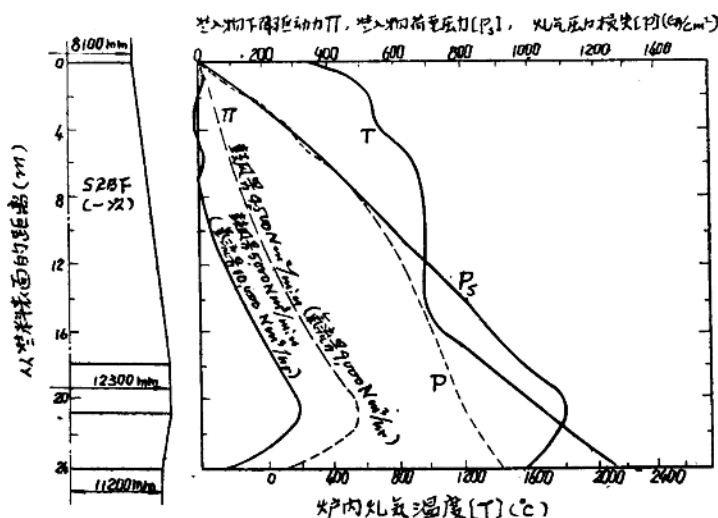


图 8 沿高炉炉高方向炉料下降驱动力，煤气压力，煤气温度分布的计算例

图 8 是 Π 、 P_s 、 p 及 T 的沿炉高方向分布的一例。在图中实线所示的操作条件下，炉身上部 $\Pi \approx 0$ ，故可判断此区域的下落性在恶化。此模型的从炉身上端起六米以下部分的 Π 值用作下落性判断指标。

4.2.2 经验透气性判断模型

此模型可掌握炉料的下落状况、炉料的性状和透气指数等透气因素的现在水平和最近的趋势，根据逻辑判断算出综合的透气性判断指标。

(1) 炉料下落状况判断模型

由装入深度的随时变化判断棚料、坐料、掉下等下落异常，并算出下落速度。因此算出棚料指数和下落状况指数。

(2) 炉料状况判断模型

由炉料品种的使用比例、焦炭和烧结矿的强度和粉化率等判断炉原料性状，并使之指数化。

(3) 透气指数算出模型

算出过去 40 分钟内的透气指数 ($\Delta P/v$) 的绝对值、梯度以及变动量 (σ)、根据其结果判断炉内透气性状态，进行指数化。

另从最近的风压限制状况算出风压限制指数。

透气指数由下求得

$$\Delta P/v [(G/cm^2) / (Nm^3/min)]$$

$$= (鼓风压力 - 炉顶压力) / (鼓风量 + 氧气流量)$$

(4) 透气性综合判断模型

根据上述 (1) ~ (3) 各模型的判断结果，从透气性角度进行综合炉况判断，算出炉况指数 (五阶段)。

4.2.3 炉况变动警报模型

研究棚料、管道等大幅度的炉况变动事例的结果，认为热平衡的崩溃是它的最大原

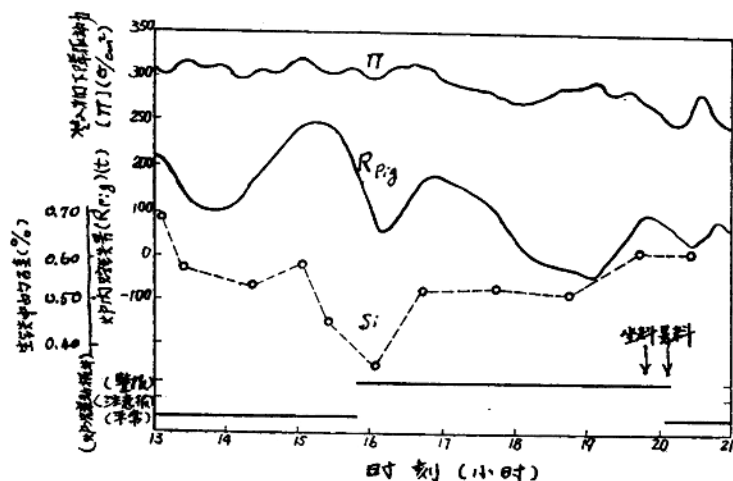


图 9 装入物下降驱动力，炉内贮铁水量，炉况变动警报的推移状况的图解记录器图一例

。这种模型就是掌握铁水温度、生铁中的硅、风口平面理论焦炭温度的炉温指标及炉身上部炉料下落驱动力 Π 等四个因素的现在水平和最近的变动趋势，从其综合判断结果，来预测炉况的变动。

图9所示为炉况变动警报、 Π 、贮铁水量、硅的随时变化之一例。在此图上，表明坐料和棚料发生前约4小时，发出了炉况变动警报。

4.3 控制模型（决定动作）

控制模型由热动作算出模型透气性算出模型以及综合动作决定模型组成。

4.3.1 热动作算出模型

由判断炉温状态的各种模型所算出的下次出铁的推定硅和本次出铁的硅判断现在的热能级及其变动趋势，算出基本的热动作量。然后根据操作方针（硅值指标等）、最近的铁渣状况（Si、S、 Al_2O_3 、 CaO/SiO_2 等）、透气性等判断结果以及予先动作量进行修正，算出该时刻所需的重油流量、鼓风湿度等的热动作量、再进一步判断是否需要增矿、增风等积极地操作措施。而且此模型逻辑判断过程中大量夹进了经验所培植起来的操作知识。

4.3.2 透气性动作算出模型

用判断透气性状态的各种模型所判断的下落速度、装入深度、棚料、管道、风压限制状况、炉料性状、透气指数和炉况指数等结果进行逻辑判断，计算出该时刻所需的减风量和减矿量，也计算出对热动作的制约条件。反之，当透气性良好时则判断定时增风和增矿。

4.3.3 综合动作决定模型

从根据各种炉温状态判断模型算出的多种热动作中，斟酌最近硅的变动状况和以前的各种热动作算出模型的适合状况，选择最适合的热动作，再考虑事先动作状况和透气性动作，进行综合判断，最后决定该时刻必须采取的动作。

也就是用此模型就下列项目进行最后的决定。

- （1）所需的热动作种类和动作量
- （2）凉向或透气性不良时的减矿量和减风量
- （3）凉行注意警报、大凉警报及炉况变动警报。
- （4）可否增矿和增风的判断。

此外，此模型是以大量吸取用过去的经验取得的操作上的知识的逻辑判断中为骨架而组成的，因而对多种多样的炉况，能决定完全相应处理的动作。

4.4 气体色层分析仪的自动校正系统

二号高炉用计算机处理从二台气体色层分析仪来的二个系统的炉顶煤气分析值。因此当一台分析仪发生故障或进行重复校正而不能使用时，可以把数据转换到另一台分析仪上使用。

炉顶煤气的组成，一般每5~6分钟用气体色层分析仪进行分析，此时用计算机校

核 CO 、 CO_2 、 H_2 及 N_2 各种成份的上下限，以及四种成份之和的上下限。检测出异常时，用计算机自动进行从生产工艺煤气分析向标准煤气分析转换的操作，一面检测每种成分的前次分析值和此次分析值的差，一面继续标准煤气的分析以使其差值进入允许范围之内。此外，第二系统还能在标准煤气分析结束时刻，算出结束前2~3次的平均分析值，将它与予先存储的标准煤气标记分析值的差 ΔA_i ($i=1\sim 4$)按各项成份算出，按此 ΔA_i 平滑地修正以后的生产工艺煤气分析值在软件上修正。

图10所示为气体色谱分析仪的自动校正系统的结构。此系统的实用化不单是为了提高炉顶煤气分析值的可靠性，也使气体色谱分析仪的校正操作更加合理化。

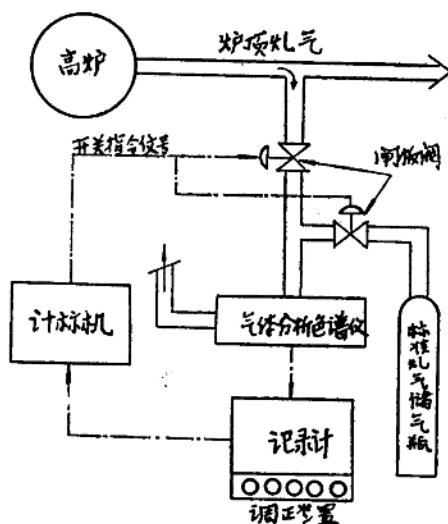


图10 煤气色谱仪自动校正系统（硬件）

5. 高炉计算机控制系统在实际操作上的应用结果

高炉过程控制系统自1969年9月在堺厂二号高炉的实际操作上开始应用，三个月后，控制系统的使用率高达95%以上。以后继续进行了组成系统的各种模型的改进和系统功能的扩大。于是更加提高了系统的可靠性，有效地使用于实际操作。在此期间，本系统的主要部分，在最新大型高炉君津三号高炉等也采用了。为了找出控制系统对铁水质量和燃料比的适用效果、判断控制动作是否合适及系统存在的问题，曾在堺厂二号高炉进行了数次在线使用试验。以下就其代表例报导其试验结果。

5.1 重油流量闭环控制的在线试验

从1973年5月7日约一个月间，进行了重油流量闭环控制的在线使用试验。

表2所示为闭环控制使用前三个月的和使用期间的主要数据。由此表可以明显的看出闭环控制使用期的燃料比为465公斤/吨和使用前相比是大幅度降低了。固然在此期间进行了操作方针的改变，虽然燃料的降低不完全是计算机控制的结果，但可以认为根据低硅操作方针，控制炉况稳定的闭环控制是取得了很大效果的。通过此次试验在施行低硅操作的大型高炉也可确认此系统能够充分可靠的使用。此外，硅的波动度和透气性也是闭环控制期间为好，关于闭环控制使用期间的实行动作合适否，断定其99%的动作