

· 系统与装置 ·

## 宝钢二炼钢转炉副原料投入自动控制系统

李成林, 陈 建

(宝山钢铁股份有限公司宝钢分公司 设备部, 上海 201900)

**摘要:**介绍宝山钢铁股份有限公司宝钢分公司二炼钢厂转炉副原料投入自动化及自动炼钢(一键式炼钢)的进展。重点介绍转炉过程控制计算机副原料投入智能控制系统的研发和应用。投入工艺计算机化和规则翻译是副原料投入模式构筑的起始环节,模式构筑的基本方法分为前排定量、前排均等分割、倒排定量、倒排均等分割四种,构筑完成后的投入模式主要包括每料仓副原料吹炼中每批次称量开始时刻、投入开始时刻和投入值,针对料仓和称量机等设备的限制条件采取了应对措施,还具备称量备投功能以及投入总量人工干预、事前称量值人工干预、投入模式吹炼中动态干预等人机实时交互功能。

**关键词:**转炉;副原料;自动投入;一键式炼钢;过程控制计算机

**中图分类号:** TF713.1; TP273 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7059(2009)01-0031-04

### Automatic control system of sub-material charge for BOF at the Second Steelmaking Plant of Baosteel

LI Cheng-lin, CHEN Jian

(Equipment Department, Baosteel Branch of Baoshan Iron & Steel Co., Ltd., Shanghai 201900, China)

**Abstract:** Automatic control system of sub-material charge for BOF at the Second Steelmaking Plant of Baosteel Branch, Baoshan Iron & Steel Co., Ltd., is introduced. Progress of automatic (one key) steelmaking is given still. Development and application of intelligent control system of sub-material charge in LD process control computer are especially dissertated. Coding method of charge rule and rule translation is the first step of charge pattern construction. Four basic methods of pattern construction include forward quantity, forward equalization, back quantity and back equalization. Format of each charge pattern consists of weighing time, charge start time and charge value. Confinement of bunker and scale was considered. Backup weighing function and man-machine interaction were also developed.

**Key words:** BOF; sub-material; automatic charge; one key steelmaking; process control computer

### 0 引言

宝钢炼钢自动控制系统从低到高由 L1(基础自动化系统)到 L4(管理信息系统)四级计算机和自控设备组成,其中现场控制任务主要由 L1和 L2(过程控制计算机系统)承担。虽然自控系统配置齐全,但由于炼钢过程复杂多变,检测手段和检测数据少,主、副原料和铁合金等外供原料多,不可控因素多,因此长期以来以转炉为核心的炼钢工序一直是以人工经验控制为主,计算机主要提供

操作指导,不直接控制生产。

人工控制适应性强,特殊情况下不可替代;但同样具有不稳定,不统一,不规范,不利于技术传承等致命弱点。为了成功冶炼硅钢等高难度钢种,持续提高炼钢水平,迫切需要提高计算机控制水平,推行全自动炼钢,提高转炉吹炼操作的规范性和稳定性。2007年1月起,宝钢以二炼钢转炉吹炼环节为突破口,全面推行计算机控制,至2007年12月底已在吹炼环节实现全计算机自动控制,

收稿日期: 2008-07-30; 修改稿收到日期: 2008-11-11

作者简介: 李成林(1970-),男,山东栖霞人,高级工程师,硕士,主要从事转炉过程计算机及炼钢数学模型的开发及应用工作。

宝钢称为“一键式炼钢”。<sup>[1]</sup>

### 1 “一键式炼钢”

计算机控制下的全自动炼钢包括过程控制计算机在吹炼前的静态控制模型计算和吹炼中的动态控制模型计算以及吹炼中副原料投入、吹氧流量、氧枪枪位、底吹切换、副枪测定、吹止提枪等六大控制。据统计,“一键式炼钢实施前,吹炼过程中操作工要在 L1 上平均按约 147 键,其中副原料投入约 90 键,占了操作量的大部分,且操作时间

贯穿吹炼全过程;实施后,压缩为 1 键,即只要按一个吹炼开始按钮即可。

### 2 二炼钢副原料系统

每座转炉设 13 个副原料料仓和 4 台称量机,其中 1 号称量机单独对应 1 号料仓,支持连续投入,用于铁矿石的称量和投入;其它 3 台称量机各对应 4 个料仓,用于称量石灰石、轻烧白云石、压块等,每批料称量完成后一次性投入。副原料料仓和称量机系统结构见图 1。

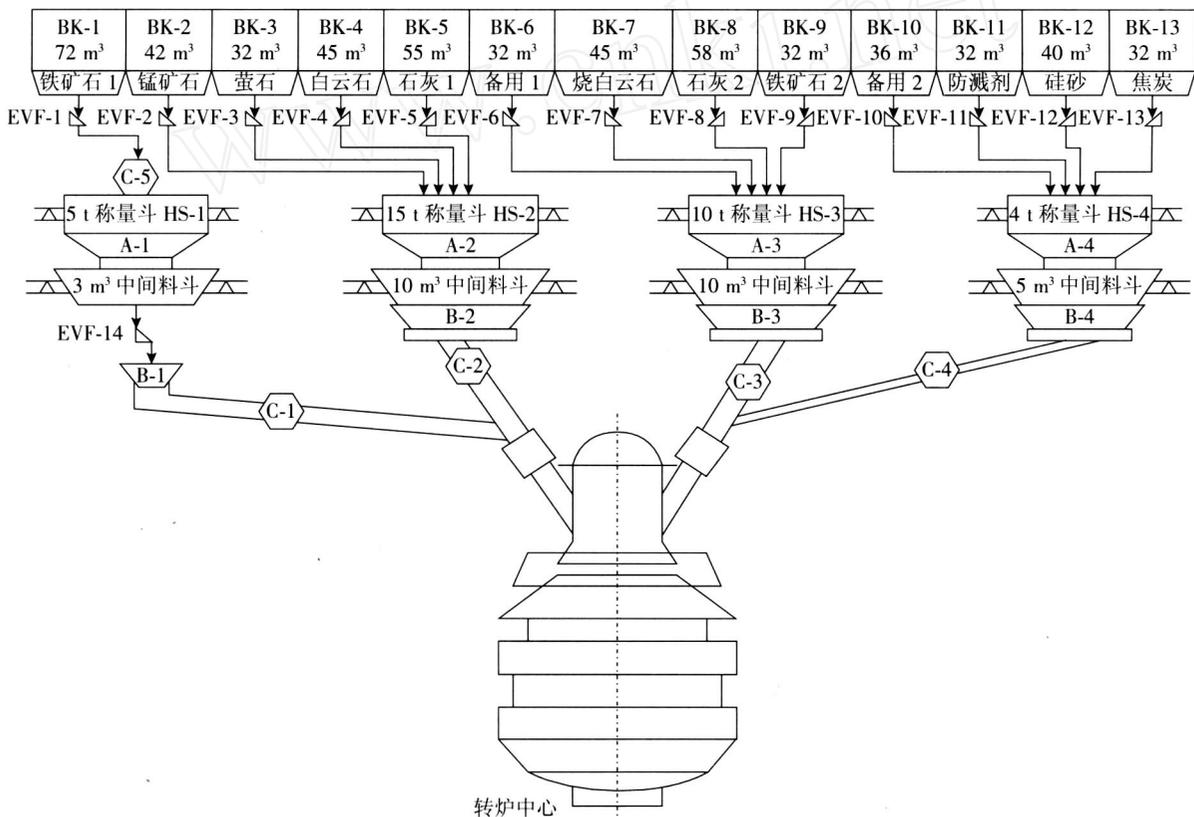


图 1 转炉副原料料仓和称量机系统

Fig. 1 Bunker and scale system of BOF

BK—料仓; HS—称量机; C—密封闸门; A, B—排料闸门; EVF—电机振动给料机; —皮带秤

副原料称量和投入自动控制系统由 L2 和 L1 组成。L2 负责计算当前炉次副原料种类和投入量,并进一步依据投入工艺构筑具体的投入模式。L1 根据 L2 下达的投入模式指令执行具体的称量和投入控制,在 L2 不具备条件的情况下,也可以接受人工设定,由操作人员控制。

### 3 副原料投入工艺特点

副原料投入工艺主要有以下两大特点,第一,以语言描述为主,经验性强,个性化色彩浓厚,规则易变,稳定性和规范性不强;第二,工艺复杂,复杂程度因副原料品种和投入量而异,有时要考虑

钢种、铁水成分等因素。例如,铁矿石不大于 3 t 时,会以 16 kg/s 的速度连续投入,到 75% 吹氧量时投完;大于 3 t 时,其中 3 t 料连续投入到 75% 吹氧量为止,3 t 以外的部分从 20% 吹氧量开始连续投入,投入速度也为 16 kg/s。而对于石灰石,当副原料不大于 5 t 时,吹炼开始前称量(事前称量) 1 t 料,吹炼开始后即投入,剩余部分平均分为 5 次投入,从 20% 吹氧量开始,每次间隔 10% 吹氧量,到 60% 吹氧量时投完;副原料大于 5 t 时,5 t 以上部分事前称量,吹炼开始后即投入,剩余部分分 5 次投入,每次 1 t,从 20% 吹氧量开始,每次间隔 10%

吹氧量,到 60%吹氧量时投完。<sup>[2]</sup>

副原料投入规则包括安排各副原料投入顺序以及每种副原料的投入批次、每批次投入时间和投入量等,多数副原料将其投入总量分成几个区间,分别安排投入规则,如上述铁矿石和石灰石投入工艺。合理的副原料投入工艺,要满足促进平稳造渣、不损伤转炉耐材、钢水均匀冷却、炉内反应平稳等目标要求,因此一般原则为少量多批次。铁水条件对投入工艺有重要影响,例如对 Si 元素含量高的铁水,为避免吹炼初期碱度过低,就需要提早投入石灰石,而为了避免因石灰石投入过多造成渣化不良、耐材熔损等后果,则需配合投入轻烧白云石以提高渣中的氧化镁含量。某些特殊钢种对铁矿石等副原料的投入工艺有特殊要求,需要单独制定投入工艺。<sup>[3]</sup>

#### 4 计算机副原料投入模式构筑系统

鉴于副原料投入工艺具有复杂多变、经验性强等特点,计算机副原料投入模式构筑系统着眼于克服全部困难,彻底解决问题,把设计指标定为满足任意的投入工艺要求,并能够灵活处理人工干预等特殊情况。所设计的程序流程示意如图 2 所示。在静态模型计算出副原料量,人工设定副原料投入量以及人工修改副原料投入模式后,启动此程序。

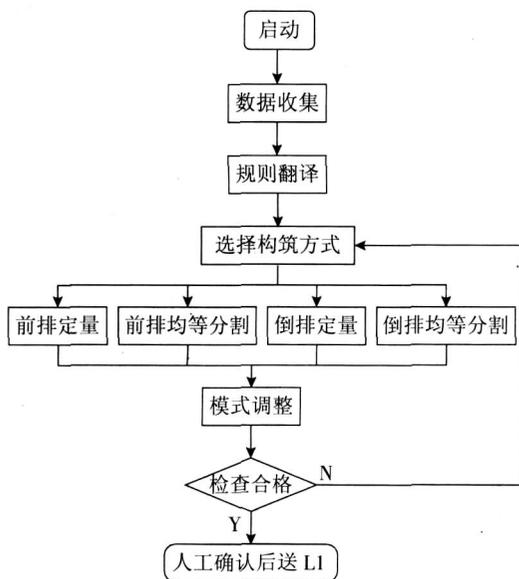


图 2 副原料投入模式构筑系统程序流程图

Fig 2 Flow chart of sub-material charge pattern construction system

##### 4.1 投入工艺计算机化及规则翻译

语言描述性的投入工艺无法原封不动地录入

计算机,必须将其代码化后存入计算机文件中,每次投入模式构筑前由计算机翻译代码化投入规则。每个料仓可存储多个投入规则,覆盖该料仓所投副原料的所有投入工艺,每个规则的头部为一个或多个条件式,规则翻译时根据全部条件式的计算结果决定该规则是否启用。代码化规则的主体部分为投入起点、投入终点、投入方法、对齐方法、投入量计算代码等,其中投入方法表示是定量还是均等分割,对齐方法表示前排还是倒排,投入量计算代码表示每次构筑时投入量的产生规则,比如等于一个定常数,还是等于投入预定量,还是等于投入预定量减去一个定常数,等等。

总之,投入工艺计算机化的方法就是将看似纷繁复杂的投入工艺进行梳理、归类,将普遍、通用的条件判断和计算规则制定成规范化的代码。

规则翻译属于每炉钢模式构筑的起始环节,由计算机根据该炉钢的具体情况从代码化的全部投入规则中筛选出拟采用的规则,并对规则进行解释,让模式构筑系统能理解规则并顺利执行。

##### 4.2 模式构筑基本方法

每个料仓单独构筑,每个料仓的投入预定量减去工艺规定的事前称量值得出吹炼中称量值,事前称量值由称量系统在吹炼开始前称量完毕,吹炼开始时立即投入,吹炼中称量值则由计算机根据投入规则构筑投入模式,确定吹炼中的投入批次数,以及每批次称量开始时刻、投入开始时刻和投入值。

模式构筑的基本方法分为前排定量、前排均等分割、倒排定量、倒排均等分割四种,其核心概念有两对:前排和倒排,定量和均等分割。前排指第 1 次投入从指定的吹氧百分比开始,沿吹氧量增大方向安排投入模式,依次计算每一次投入的称量开始时刻、称量终了时刻、投入开始时刻、投入终了时刻;倒排指最后一次投入到指定的吹氧百分比结束,沿吹氧量减小方向倒排投入模式,依次计算每一次投入的投入终了时刻、投入开始时刻、称量终了时刻、称量开始时刻。定量指投入预定量按某一固定量分配到每次投入中,余量在最后一次投入;均等分割指投入预定量按某一给定次数平均分配到每次投入中。

上述两对概念两两组合而成的四种模式构筑方法能满足多数情况下的投入要求,许多料仓需要多种构筑方法组合使用。

### 4.3 设备限制的应对措施

模式构筑必须考虑料仓和称量机设备的具体情况,比如有 3 台称量机各对应 4 个料仓,属于同一台称量机的料仓要服从先称再投、同一时间只能称一种料等限制条件。投入模式初始构筑时以料仓为单位各自为政,出现冲突在所难免,因此初始构筑完成后要对同一称量机所属的所有投入按优先级别、称量开始时间等进行排序、调整,以消除冲突,满足设备要求。

称量机还有称量上限和下限这两个限制性要求,在初始构筑时就要把模式调整好。无论定量还是均等分割都比较容易触及称量下限,比如某称量机称量下限为 100 kg,定量投入的最后一次投入量有可能只有几十千克,均等分割投入时如果投入预定量小而投入次数多,则有可能每次投入都小于 100 kg,出现这些情况时就需要及时缩减投入次数,调整投入量,如此处理时还要检查是否超过投入上限。

为满足设备限制而进行的投入模式调整有可能触及工艺许可限制,比如超过了吹炼时间,对这些投入量要把它们调整到事前称量值中。

### 4.4 紧急(或异常)情况应对措施

转炉吹炼过程中会出现许多紧急或异常情况,需要第一时间做出反应,比如发生喷溅需要马上投入防溅剂,遇到副枪测温后温度偏高需要投入铁矿石等冷材等等。出现这些情况时临时开始称量已经来不及了,因此在 L2 和 L1 上开发了称量备投功能。为铁矿石和防溅剂增加了一个称量备投模式,称好后是否投入、何时投入由操作工相机决定。

(上接第 5 页)

压锅炉管、钻铤管、加厚钻管、桥箱管、车桥管、液压支柱管等产品的生产由过去的 5% 上升到 30%。13Cr 铁素体不锈钢系列产品的开发,促进了抗腐蚀套管的大批量生产,满足了市场需求,经济效益显著。

### 参考文献:

- [1] 胡旋,李霞,朱景清. Ase1 轧管机钢管变形特征分析[J]. 特殊钢, 1999, 20(6): 16-18.  
HU Xuan, LI Xia, ZHU Jing-qing. An analysis of tube deformation characteristics on Ase1 mill[J]. Special Steel, 1999, 20(6): 16-18.

### 4.5 人工干预处理

自动化系统具有减轻操作负担、规范操作流程、提升操作水平等优势,但在某些特殊和紧急情况下缺乏应对能力,因此人工干预措施必不可少。本投入模式构筑系统贯彻人工优先原则,开发了投入总量人工干预、事前称量值人工干预、投入模式吹炼中动态干预等人机实时交互功能,计算机在确保人工设定优先的前提下执行剩余的投入模式构筑任务。

### 4.6 与 L1 的通信

副原料投入模式构筑完成并且经过操作工确认后,计算机以料仓为单位,按固定规格把每次投入的称量开始时刻、投入量等信息发往 L1 执行。

## 5 结束语

随着“一键式”炼钢的深入推进,二炼钢转炉副原料投入自动化控制系统已成为现场不可或缺的重要工具,使用率稳定在 97% 以上,对规范操作、提高质量发挥了关键作用。

今后该系统还要继续完善、发展,比如开发针对不同钢种的多模式构筑系统,并进一步拓展自动化的范围,开发合金投入自动控制系统等。

### 参考文献:

- [1] 蒋慎言. 炼钢生产自动化技术[M]. 北京:冶金工业出版社, 2006.
- [2] 潘贻芳,王振峰. 转炉炼钢功能性辅助材料[M]. 北京:冶金工业出版社, 2007.
- [3] 高泽平. 炼钢工艺学[M]. 北京:冶金工业出版社, 2006.

[编辑:魏方]

- [2] 李阳华. 三辊轧管机轧制的钢管内螺纹缺陷分析[J]. 钢管, 1998, 27(5): 30-34.  
LI Yang-hua. An investigation of inner spiral defect of steel tube made with 3-high pipe rolling mill[J]. Steel Pipe, 1998, 27(5): 30-34.
- [3] 杨志强. 三辊轧管裂纹缺陷控制[J]. 钢管, 1995, 24(3): 36-39.  
YANG Zhi-qiang. Control of crack defects occurring in pipe rolling course with three-high mill[J]. Steel Pipe, 1995, 24(3): 36-39.
- [4] 徐丽娜. 遗传算法与神经控制. 神经网络控制[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 1999: 101-106.
- [5] 周明,孙树栋. 遗传算法原理及应用[M]. 北京:国防工业出版社, 1999. [编辑:沈黎颖]