

文章编号: 1000-582X(2002)10-0068-04

烧结矿和入炉矿配料的优化及实现

贾娟鱼¹, 白晨光¹, 赖宏¹, 邱贵宝¹, 陈英模², 雷良迅²

(1. 重庆大学材料科学与工程学院, 重庆 400044; 2. 成都钢铁股份公司, 成都 610303)

摘要:在炼铁过程中,合理经济地确定烧结矿和入炉矿的配料问题,具有十分重要的意义。以某钢铁厂为例,从技术要求、经济效益两方面综合考虑高炉配矿的最佳经济性问题。根据LP线性规划法的思路,以生产实践和试验为基础,建立目标函数,确定约束条件。并借助Matlab程序设计语言编制相应的计算程序,实现烧结矿及高炉操作的优化配料。同时用VB编制了具有可视化界面的程序计算高炉物料平衡、热平衡,从而可以直接地判断高炉配矿的合理性。结果表明,LP线性规划法是高炉配矿的有效方法。

关键词:烧结矿; 高炉操作; 线性规划

中图分类号: TF542

文献标识码: A

高炉冶炼过程中,合理经济地制定入炉原料方案,具有广泛的实践意义。对于钢铁企业降低生产成本,提高竞争能力十分重要。由于目前多数高炉均为高熟料比操作,烧结矿配料的优化就显得愈加重要。西部的钢铁企业,由于资源和品种搭配的问题,外购铁矿石较多,品种比较复杂,各种矿石品位的高低、成分的差异、有害元素的多少等,都是客观存在的。如何将这些优缺点互补矿进行合理搭配,并保证烧结矿质量,同时又降低高炉冶炼生铁成本就显得十分重要。

另一方面,从钢铁企业本身来说,各种铁矿石质量不同,外购费用也不同。建立在生产和试验基础上的配矿及入炉原料的方案,通常可以通过累积经验数据确定,但很难同时具有最佳经济性。因此,对烧结矿的配料和入炉矿的搭配,从技术要求、经济效益两方面进行综合考虑是十分必要的。本项研究正是基于这样一个研究思路,采用了优化配料数学模型^[1],利用Matlab和VB混合编程,实现优化目标。不同的厂家,可根据自身的情况输入基本数据,得到适合自己的结果,从而确定出最佳的原料供应计划。

1 优化设计

优化配料是利用LP线性规划^[2,3]的思路。运用LP线性规划法优化高炉配矿的依据是:可以找到若干组线性相关性因素,因而可构成若干线性等式或不等

式,根据高炉冶炼要求,结合铁矿石的来源情况,恰当地确定约束条件(等式或不等式)的个数,是正确运用LP线性规划方法优化高炉配料的必要条件。

本文以某钢铁厂为例。整个优化设计分为3部分:第1部分,烧结矿优化配料;第2部分,入炉矿的优化;第3部分,高炉物料平衡及热平衡计算。其中第3部分是校验,若不符合冶炼要求,则返回重新计算。此过程可用流程图1表示。

2 建立数学模型

一般来说,运用LP线性规划方法优化高炉入炉原料的目标是:在满足高炉炉料结构技术参数及有关约束条件的前提下,使其可比成本费用达到最低^[4]。分析钢铁企业的生产工艺,在高炉生铁产量、铁矿石入炉品位、烧结矿品位、有害元素的上限等一系列约束条件相同或大致相同的前提下,剔除近似视为相同的约束。高炉炉料优化的目标函数可简化为铁矿石、辅料矿石、焦粉、焦炭的总外购费用,使这一总外购费用最低的方案即为最优方案。

2.1 烧结部分

2.1.1 LP线性规划步骤

1) 目标函数

铁矿石、污泥、焦粉、石灰石总费用最低,即

• 收稿日期: 2002-06-12

作者简介: 贾娟鱼(1976-),女,陕西韩城人,重庆大学硕士研究生。主要从事钢铁冶金方向研究。

$$\min Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

其中, c_j 为第 j 种物料的价格; x_j 为第 j 种物料的需求量; n 为总的物料个数, $n = 25$ 。

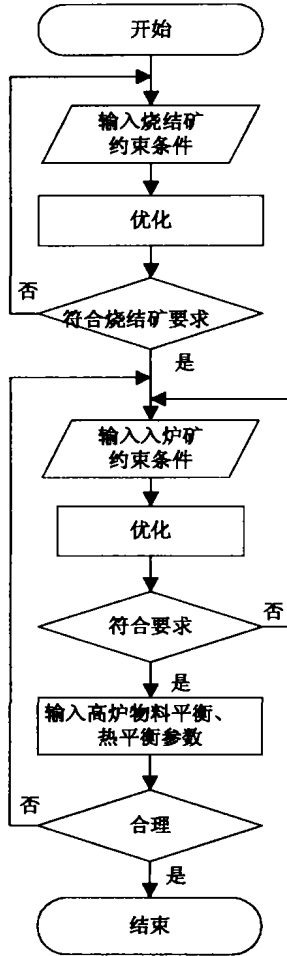


图 1 优化设计流程图

2) 约束条件:

① 烧结矿年产量约束条件(单位:万 t)

烧结矿年产量 = 100;

② TFe 约束条件

$57\% \leq TFe < 58\%$, $58\% \leq TFe < 59\%$;

③ S 约束条件

$S \leq 0.08\%$;

④ P 约束条件

$P \leq 0.05\%$;

⑤ 碱度约束

$B = 1.8$; $B = 1.9$; $B = 2.0$;

⑥ 物料的年供应量约束(单位:万 t)

$x_j \leq$ 最大年供应量, x_j 为第 j 种物料;

⑦ 其他等式约束条件

焦粉配比 = 7% ; 铁料烧损 = 3% ; 污泥烧损 = 10% ; 焦粉烧损 = 77% ; 石灰石烧损 = 41% ; 脱硫率 = 90%

2.1.2 模型求解

根据图 1 所示流程图,利用 Matlab 程序设计语言编制 LP 线性规划求解程序,对表 1 所示的烧结矿指标进行优化配料计算,得到最佳配矿比,各方案优化得到的烧结矿化学成分及价格见表 2。

表 1 烧结矿的化学成分及价格

方案	烧结矿 TFe /%	烧结矿碱度	SI/%	PI/%
方案 1	57	1.8	≤ 0.08	≤ 0.05
方案 2	57	1.9	≤ 0.08	≤ 0.05
方案 3	57	2.0	≤ 0.08	≤ 0.05
方案 4	58	1.8	≤ 0.08	≤ 0.05
方案 5	58	1.9	≤ 0.08	≤ 0.05
方案 6	58	2.0	≤ 0.08	≤ 0.05

表 2 烧结矿的化学成分及价格

	TFe	S	P	SiO ₂	MnO	Na ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	矿量 / 万 t	价格元 / t
方案 1	57	0.40	0.04	5.39	0.07	0.02	9.70	0.88	1.03	7.78	115.17	276.87
方案 2	57	0.37	0.05	5.04	0.07	0.02	9.57	0.85	1.26	7.13	115.20	298.15
方案 3	57	0.37	0.04	5.18	0.03	0.02	10.35	0.74	1.10	6.58	115.70	278.44
方案 4	58	0.35	0.05	5.02	0.03	0.02	9.03	0.78	1.16	6.24	114.88	283.31
方案 5	58	0.35	0.05	4.69	0.03	0.02	8.90	0.82	1.37	6.27	114.78	310.95
方案 6	58	0.35	0.04	4.83	0.03	0.02	9.66	0.81	1.28	6.26	115.36	286.12

从表 2 可以直接选择最佳的配矿方案,这将作为配矿的理论依据。但是烧结矿成本低,并不意味着炼铁成本低,同时又对入炉综合矿进行优化。因此同以往文献[5]以及文献[1]仅仅只解决烧结矿配料问题相比,

有一定的意义。

2.2 入炉综合矿

2.2.1 LP 线性规划步骤

1) 目标函数

烧结矿、球团矿、块矿、焦炭、石灰石总费用最低,即

$$\min Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

其中 c_j 为第 j 种物料的价格; x_j 为第 j 种物料的需求量; n 为总的物料个数, $n = 13$ 。

2) 约束条件:

① 生铁年产量约束条件(单位:万 t)

生铁年产量 = 120 ;

② TFe 约束条件

TFe \geq 57.5% ;

③ 熟料比约束条件(单位:万 t)

烧结矿 = 100 ; 自产球团矿 = 60 ;

④ 碱负荷约束条件

碱负荷 \leq 2.5 kg/t 铁;

⑤ 炉渣碱度约束

$B = 1.2$;

⑥ 其他物料的年供应量约束(单位:万 t)

$x_j \leq$ 最大年供应量, x_j 为第 j 种物料;

⑦ 其他等式约束条件

焦比 = 500 kg/t 铁; [Fe] = 94.5%; [Si] = 0.5%; 进入炉渣的铁百分数(μ) = 0.3%;

2.2.2 模型求解

借助 Matlab 程序设计语言编制程序,根据 LP 线性规划求解,如出现无可行解,则进行检查,剔除不可能约束条件,即条件太苛刻,重新进行运算。求解得到的最佳入炉矿配比略,各方案所需配矿的化学成分及价格见表 3。

表 3 混合矿的化学成分及价格

	TFe	S	P	SiO ₂	MnO	Na ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	矿量 / 万 t	价格 / (元 / t)
方案 1	58.7	0.23	0.04	5.74	0.10	0.02	7.15	0.75	0.71	5.51	193.78	329.23
方案 2	58.7	0.22	0.05	5.56	0.10	0.02	7.08	0.74	0.82	5.17	193.78	340.22
方案 3	58.7	0.22	0.04	5.63	0.08	0.02	7.48	0.68	0.74	4.89	193.78	330.05
方案 4	59.61	0.20	0.03	5.49	0.06	0.02	5.84	0.65	0.75	3.99	190.81	344.98
方案 5	59.61	0.19	0.04	5.31	0.06	0.02	5.77	0.67	0.86	4.00	190.81	359.47
方案 6	59.61	0.19	0.03	5.39	0.06	0.02	6.17	0.66	0.81	4.00	190.81	346.46

从表 3 可以选出最佳方案,然后把各种矿石的成分输入编制的高炉物料平衡计算参数中,进行高炉物料平衡、热平衡计算。

3 高炉物料平衡、热平衡计算

利用 Matlab 程序进行优化设计后,通过 Matlab 和 VB 的接口技术,在 VB 中编制具有可视化界面的程序,并调用 Matlab 程序得出的结果,输入高炉混合矿各成分的百分含量,并输入高炉物料平衡计算的其它参数以及热平衡计算所需的对应参数。物料平衡运算所得的结果包含渣量、生铁成分、炉顶煤气量及收入支出表;热平衡计算结果根据 3 种不同计算方法即:第一种是热能工作者经常使用的;第二种是经典的方法;第三种是目前比较广泛地应用于数学模型分析^[6]。得出高炉热收入、热支出表(略)。从而以此作为依据重新进行优化,直到得到满意结果为止。

5 结 论

1) 利用 Matlab 和 VB 混合编程,实现了烧结矿、入炉综合矿优化配料的问题。

2) 高炉物料平衡及热平衡计算得出生铁成分、渣量及其成分、热平衡结果等。从而以此作为依据重新进行优化,直到得到满意结果为止。

3) 运用 LP 线性规划,是高炉配矿及炉料结构优化的有效方法,其依据是工艺试验及生产实践。进行优化配料时,要充分收集各种铁矿石原料生产和经验指标,以保证炉料结构优化中无遗漏的条件。

参考文献:

[1] 梁中渝, 胡林, 邓能运, 等. 优化烧结配料分析[J]. 钢铁, 2001, 136(10): 12 - 13.

[2] 肖劲松, 王沫然. Matlab5.x 与科学计算[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.

[3] 邓先礼. 最优化技术[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1998.

[4] 柏林霖. 高炉配矿及炉料结构优化研究[J]. 钢铁, 1999, 34: 195 - 199.

[5] 高丙寅. 用 Excel 作烧结矿配料计算[J]. 烧结球团, 2001, 26(1): 32 - 34.

[6] 王筱留. 钢铁冶金学(炼铁部分)[M]: 北京冶金工业出版社, 1995.

Optimization and Realization for Sinter and Ore Blending for Blast Furnace

JIA Juan -yu¹, BAI Chen -guang¹, LAI Hong¹,
QIU Gui -bao¹, CHEN Ying -mo², LEI Liang -xun²

(1. College of Material Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

2. Chengdu Iron And Steel Co.Ltd, Chengdu 610303, China)

Abstract: In the ironmaking process, it is essential that sinter and feed of blast furnace are established economically and reasonably. Taking some steel company for example, the best economical condition for feed of blast furnace is comprehensively considered from technologic demand and economic efficiency. According to LP and based on practice and trial, aimed function and confined condition is confirmed, computation programs are made by Matlab while realizing optimization feed. The blast furnace material balance and heat balance are calculated by program with visual interface. Thus, we can directly judge rationality of optimization. The results show that LP is effective method to realize feed of blast furnace.

Key words: sinter ; blast furnace operation ; LP

(责任编辑 陈移峰)

(上接第 64 页)

3 - D Simulation on the Transient Heat Transfer Characteristics of Municipal Solid Waste Lump in Clean Incinerator

RAN Jing -yu, ZHANG Li, XIN Ming -dao, PU Ge, PAN Liang -ming, WU Chen -bo

(Institute of engineering thermophysics, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: To be effectively heated in incinerator for MSW is very important for stabilization and completeness combustion, the smaller produce of the PCDD/Fs. At the same time, the transient heat transfer characteristics of the MSW lump decides the stay time of the MSW in incinerator and effects on the operation feature of the combustion equipments. All of these would lead to design the reasonable and clean combustion project, the optimum incinerator and recover energy system. The component, shape, dimension, property, the hardly and inner structure feature of the MSW lump are taken in account, and the effective conduct heat coefficient has been adopted. And then, the physical model is setup with different shape (ball, cylinder, squareness), and the 3 - D mathematical model and conduct heat efficient with porous feature for transient heat transfer of MSW lump are presented, at the same time, the simulation tests are gotten in various boundary and the interesting conclusions are gotten: The center stable temperature of the MSW lump is mostly decided by the inner gas temperature of the incinerator and the heated area of the lump. The transient heat transfer characteristics is variously effected by the shape of the MSW lump in incinerator. The transient process becomes longer and the center stable temperature decreases, the volatile can't be easily separated out and the combustion efficiency decreases because of the increasing of the lump feature dimension.

Key words: MSW lump; transient; heat transfer; incinerator

(责任编辑 陈移峰)