

人工控制气象条件降低高炉焦比

郑选军

(浙江省绍兴市气象局, 312000)

提 要

高炉冶炼的重要能耗指标——焦比,存在着明显的季节性变化,而这种变化近似于某些气象要素的季节性变化。经分析发现绝对湿度与焦比的关系最为密切,通过试验,发现可以运用脱湿鼓风这种人工控制气象条件的方法降低焦比,为高炉创造四季如冬的最佳工艺环境,同时产生很大的经济效益。

关键词: 人工控制 绝对湿度 焦比 效益

引 言

高炉冶炼行业有一个奇特的现象即在夏季为保持同等水平的炉温,其能耗指标——焦比较冬季明显增高,对生产影响较大,这是否与气象条件有关呢?为解开这个谜,我们针对高炉冶炼焦比的季节性变化与气象条件的关系进行了科学分析得出:影响焦比季节性变化的主要因素是气象因子——绝对湿度。厂方为此进行了人工控制绝对湿度的可行性试验研究,结果表明:由于鼓风空气水分在风口前分解耗热巨大,人工控制绝对湿度可以提高风口前焦炭的理论燃烧温度,增加冶炼区高温热能供应,达到降低焦比,强化冶炼过程,提高产量的目的,蕴藏着较大的经济效益。

1 焦比与气象要素的关系

图1给出了绍兴康密劳铁合金有限公司

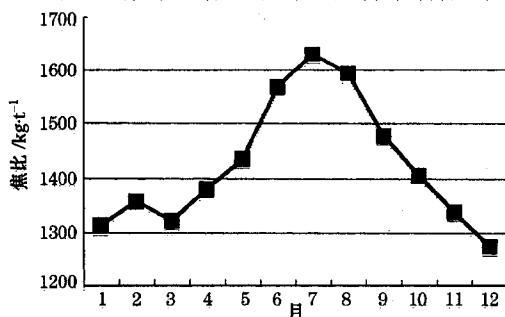


图1 1999年绍兴康密劳铁合金有限公司1号炉焦比月变化图

1号炉1999年焦比月变化图。由图1可看到焦比存在明显的季节变化,它与月平均水汽压 E 、月平均气温 T 、月平均气压 P 的季节变化具有相似性。为此我们将绍兴气象站1999~2000年月平均气温、月平均气压、月平均水汽压与同期绍兴康密劳铁合金有限公司1号炉焦比作相关分析,并计算了其相关系数(见表1)。

表1 绍兴康密劳铁合金有限公司1号炉焦比与各气象要素相关系数

	水汽压	气温	气压	绝对湿度
焦比	0.85	0.77	-0.75	0.85

而水汽压与温度的变化实质上可以用一个要素——绝对湿度(单位体积湿空气中所含的水汽质量)来反映,即

$$A = 217 \times \frac{E}{273 + T} \quad (1)$$

来表示^[1];计算得绝对湿度 A 与焦比的相关系数为0.85,由此可见焦比的季节变化与气象要素绝对湿度、气压的关系较为密切。

为了进一步求证焦比与气象要素的关系,分别对焦比随绝对湿度、气压的变化作点聚图分析(图2),结果表明:焦比与绝对湿度的相关较好,而与气压的关系较差。此外再考虑高炉的相对平衡封闭性,也可以不研究气压的变化,仅对绝对湿度与焦比作回归分析。

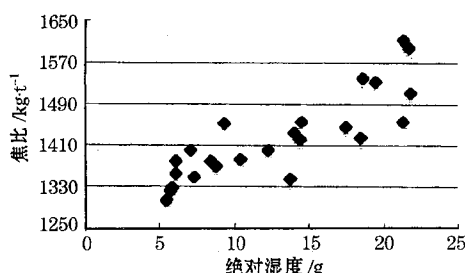


图2 焦比与绝对湿度点聚图

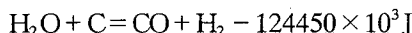
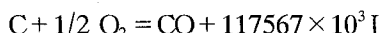
根据 1999~2000 年资料计算可得:

$$Y = 12.23X + 1266.45 \quad (2)$$

式中 Y 为焦比, X 为绝对湿度, 公式(2)表示每立方米湿空气中每增加 1 克水汽, 冶炼吨铁平均需提高焦比 $12.23\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ 。

2 焦比的理论计算

高炉冶炼对湿空气水汽的焦比可表示如下^[2]:



经验表明: 冶炼吨铁需耗湿空气 5000m^3 , 则吨铁因鼓风含湿每升高 $1\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 需消耗的焦炭($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$)可表示为:

$$5000 \times 1 \times [12/18 + 124450/18 / (117565/12)] / 0.75 / 0.85 / 1000 = 10.76\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$$

(注: 0.75——风口前碳素燃烧率, 0.85——焦炭固定碳含量)

若不考虑高炉与外部环境的热交换, 则理论上鼓风湿空气中含水每增加 $1\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 焦比上升约为 $10.76\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$, 需消耗纯碳为 6.86g。由此可见, 理论上鼓风湿空气中的水汽含量对高炉冶炼焦比的影响与回归分析值 $12.23\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ 基本吻合(其差异是因为焦炭的质量、热交换、吨铁风量等的缘故)。因此降低鼓风中的水汽含量即脱湿鼓风具有很大的经济效益。

3 降湿试验方案和效益分析

我国目前工艺技术水平, 降低空气湿度的方法通常有三种: 其一、全冷凝脱湿法; 其二、吸附脱湿法, 分为物理吸附与化学吸附, 常把固体吸湿剂(氯化锂等)制成转轮来吸收湿份, 吸湿剂吸湿后需加热烘干再生使用; 其三、冷凝加吸附联合脱湿法, 其工艺流程综合了冷凝脱湿与吸附脱湿的优点, 在高温湿高焓差易去湿段用冷凝脱湿, 在低温低湿段再用吸附脱湿进一步脱湿, 可取得小于 $6\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 的鼓风湿度, 满足高炉脱湿鼓风全吸风、处理风量大、脱湿要求高的工艺要求。本试验方案根据实际情况采用第三种冷凝加转轮吸附组合脱湿法(其中的工艺装置与流程这里不再表述)。2001 年 4~10 月厂方对 1 号高炉进行脱湿鼓风试验, 有关数据见表 2(注: 此数据为 2001 与 2002 两年的结果)。

表2 绍兴康密劳铁合金有限公司 1 号高炉 4~10 月脱湿试验数据

	脱湿耗汽		脱湿耗电		脱湿量 $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	脱湿前焦 比/ $\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$	脱湿后焦 比/ $\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$	焦比差值 $\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$
	$\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$	kg	$\text{kwh}\cdot\text{t}^{-1}$	kwh				
4 月	66.31	335000	12.95	65400	4.2	1392	1344	-48
5 月	73.89	371000	25.80	129540	9.6	1399	1380	-19
6 月	64.15	335000	28.09	146700	10.49	1483	1355	-128
7 月	54.29	282000	60.96	160800	10.55	1533	1414	-119
8 月	73.42	382000	33.77	175680	14.3	1555	1389	-166
9 月	76.66	375000	26.69	130560	10.94	1488	1419	-69
10 月	60.46	321000	7.8	41400	6.8	1429	1377	-52
平均	67.03	343000	28.00	121440	9.55	1468	1383	-85.85

脱湿前: 1999~2000 年, 脱湿后, 2001~2002 年

从图 3 中可以看出: 脱湿的效果相当明显, 焦比曲线趋于平坦, 减少了往年焦比呈规律变化的季节性影响。如果扣除焦炭质量、炉料、炉况等外界因素的影响, 试验结果也表

明鼓风含湿每脱 $1\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 水份, 可降低焦比 $9\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ 左右(总焦比差值/总脱湿量)。这与理论分析、回归统计分析值相一致。2001~2002 年 4~10 月试验期 1 号高炉的焦比比前两年同期的平均焦比降低 $86\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ 。若

不计增产效益,则脱湿鼓风节焦效益可初步测算如表3(由厂方提供)。

表3 2001~2002年4~10月试验期脱湿鼓风节焦效益测算

节焦/元	耗电/元	耗汽/元	折旧/元	其他/元	净增效益/元
3125968	850080	355924	542116	200000	1177848

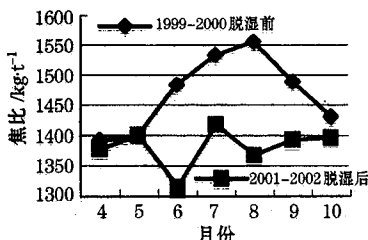


图3 脱湿前后焦比季节性变化图

本试验方案一套设备造价130万元左右,按静态计算,两年就可全部收回投资。可见脱湿鼓风效益明显,方案可行。

4 服务与应用方案

脱湿鼓风由于需要耗电、耗汽等也存在一定的费用,再加上脱湿装置本身有一个设计能力界限。因而在日常生产中需确定一个临界值来控制装置的开启,从而最大限度地发挥作用。根据该装置的设计能力、电价、蒸汽价等实际水平求得:启动脱湿鼓风装置的绝对湿度临界值为 $8\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,即预测当日绝对湿度大于 $8\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 就应启动,否则就应关闭。为此我们计算了绍兴市1999~2000年两年的08时绝对湿度 A_{08} 与日平均绝对湿度 A ,结果表明:(1)每年5~10月绝对湿度 A 都大于 $8\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,都需要启动脱湿鼓风装置;(2)每年11月~次年4月为不定时间段,需要根

据绝对湿度 A 来定,但通过计算发现每日08时 A_{08} 基本上能准确反映当日 A 的变化(A_{08} 与 A 平均误差为0.5,说明 $A_{08}\approx A$)。厂方可根据气象站每天08点绝对湿度 A_{08} 来判断是否启动脱湿鼓风装置。

5 结论

(1)用人工控制气象条件的办法即脱湿鼓风对于高炉冶炼可以降低焦比,减少焦比因气象要素的季节变化而引起的变化。由此可以类推,诸如火力发电、发热等行业的能耗指标也会随气象要素的季节变化而变化,同样也可用脱湿鼓风的方法节能,尤其是南方高温、高湿地区。从试验结果可见脱湿鼓风方法可行,经济效益明显,具有推广价值。

(2)表2是单纯的焦比与其他能耗的数据,根据实际试验尚有两点结论很重要:其一,通过脱湿鼓风为高炉创造了四季如冬的工艺环境,从而提高了产量;其二,首次在夏季成功生产了高锰(74%)低磷(0.22%)产品。

(3)就气象科技服务而言,可以得到这样启示:气象在各行业的应用是十分广泛的,在日常气象科技服务中,要注意发现问题并进行科学分析,这样有利于开阔思路,拓展市场。气象科技服务的内容应该多样化并细化到具体的气象参数,丰富产品,从而更上一层楼。

参考文献

- 1 陈世训等. 气象学. 农业出版社, 1981.
- 2 成兰伯等. 高炉炼铁工艺及计算. 冶金工业出版社, 1991.

Artificial Control Air Humidity to Reduce Coke Ratio of a Blast Furnace

Zheng Xuanjun

(Shaoxing Meteorological Office, Zhejiang Province 312000)

Abstract

Coke ratio, an important energy consumption index of a blast furnace, changes with seasons as some meteorological elements, especially, absolute humidity. It is found that coke ratio of a blast furnace is related with the absolute humidity. Experiments show that coke ratio of a blast furnace can be reduced by artificial control air humidity, thus increasing economic benefit.

Key Words: artificial control absolute humidity coke ratio economic benefit