

文章编号: 1004-9762(1999)02-0121-04

高炉富氧的供应与节能*

曹亚平

(包头钢铁设计研究院, 内蒙古 包头 014010)

关键词: 高炉; 富氧鼓风; 制氧机

中图分类号: T F 538.5 文献标识码: A

摘要: 介绍了高炉富氧喷吹技术的发展, 探讨了高炉专用制氧机的选型以及变压吸附制氧设备的工艺流程。

Oxygen supply and energy saving for blast furnace oxygen enrichment

CAO Ya-ping

(Baotou Engineering and Research Corporation of Iron and Steel Industry, Baotou 014010, China)

Key words: blast furnace; oxyboosted blast; oxygen generator

Abstract: Development of technology on oxy-coal injection into blast furnace is introduced, and the equipment selection on oxygen generator for blast furnace and the process flow of variable pressure absorbing oxygen generation equipment are studied.

钢铁企业是国民经济各部门中最大的用氧部门。各大钢铁企业装机多, 容量大, 且普遍采用大型机组, 并注重综合利用, 30 000 m³/h 以上制氧机组已屡见不鲜。钢铁企业用氧量不仅大, 而且用途项目多样, 如转炉顶吹、转炉底吹、高炉富氧鼓风、电炉吹氧、钢坯自动火焰清理、人工火焰清理、检修等, 无处不用氧, 氧气对钢铁企业的生产意义重大。本文仅就高炉富氧喷吹所用氧气的供应及设备的选型进行分析。

1 高炉富氧喷吹技术的发展

传统的高炉冶炼主要是以焦炭作为燃料和还原剂的, 这种冶炼工艺的最佳技术经济指标是由日本创造的, 焦比 450 kg/t-Fe 左右, 高炉利用系数达到 2.35 t/(m³·d), 其基础条件是使用了优质矿石和焦炭, 同时配备了先进的自动化控制设备。但随着

钢铁工业的不断发展, 对铁的需求量愈来愈大, 优质焦炭的需求量也随之愈来愈紧迫, 这是因为用以生产焦炭的焦煤资源是有限的, 大规模使用焦炭无论是从经济技术上, 还是环保的现实要求上都是困难的, 这就迫使高炉工作者去寻求节约焦炭的新技术。实践表明, 高炉富氧与喷煤的结合既强化了冶炼又大幅度节约了焦炭, 因而, 高炉喷吹煤粉的冶炼技术随之发展起来。高炉喷吹煤粉扩大了高炉冶炼用燃料的品种和来源, 可以用一些价格低廉、来源广泛的燃料部分取代昂贵而紧缺的冶金焦炭, 这不仅使焦比大大降低, 生铁成本下降, 而且降低了铁水中 Si, S 的含量, 生铁成份波动较小, 提高了生铁质量。喷吹煤粉虽然能使焦比降低, 产量和质量提高, 但在一定的冶炼条件下, 喷吹量超出某一范围时, 由于燃烧热量减少, 生成的煤气量增多, 使风口理论燃烧温度随之降低, 炉缸温度不足, 同时煤气量的增加和焦

* 收稿日期: 1999-03-12
作者简介: 曹亚平(1935-), 男, 内蒙古包头人, 包头钢铁设计研究院工程师。

比的下降导致炉料透气性变差。而向鼓风中加入工业氧则能大大提高理论燃烧温度(这是因为减少了消耗于加热空气中氮气的热量),以弥补大喷煤量带来的问题。国内外高炉喷煤的实践表明,实行富氧技术是提高风口理论温度最有效的措施,富氧率提高1%,理论燃烧温度升高50~60,喷煤量提高12~14 kg/t-Fe。因此,富氧和大喷煤量结合起来,才能有明显的增铁节焦效果。生产实践表明,这种新技术已在增铁、节焦、降低生铁成本上取得了明显的效果。日本、德国至今已有2/3以上的高炉采用了这项先进技术^[1]。

我国高炉富氧喷吹技术是作为国家技术政策在全国加以推广的。早在60年代中期,鞍钢、本钢、首钢相继进行了试验,并取得了一些成绩。1986年8月至12月,鞍钢在2[#]高炉(900 m³)进行了鼓风含氧24%~30%(体积分数)煤比150~200 kg/t-Fe的富氧喷煤工业试验,焦比由原来510 kg/t-Fe下降到435 kg/t-Fe,利用系数由2.038 t/(m³·d)提高到2.35 t/(m³·d),高炉增产高达21.17%,同时煤气发热值提高约16.2%,吨铁成本降低1.5~3.4元。由于这项新技术显著的技术经济效果,迄今为止,我国重点钢铁企业已有90%的高炉实现了富氧喷吹。随着高炉富氧喷吹技术攻关的成功,我国高炉喷吹技术必将在近几年得到迅速发展。

2 制氧设备的选型要求

以往高炉富氧所需氧气均是由氧气厂空分设备提供的,机组的能力是根据氧、氮、氩的小时平均用量确定的。此种选型方式造成生产中经常见到氧气大量放散和设备偏离额定工况进行低负荷生产的情况,究其原因,一是平衡做得不准确,机组选择能力过大;二是用户的作业率多在0.7~0.85之间,而大型空分装置的作业率可高达0.98~1.0,这样势必导致设备在15%~30%的时间内不能满负荷生产,从而使空分设备的提取率下降,单位生产的能耗上升^[1]。为缓解这一矛盾,需在氧气厂建大型贮罐来调解用氧量的不均衡,这样将导致基建投资增加,又由于炼钢与高炉富氧在用氧制度上的不同,且目前高炉富氧鼓风用氧量一般占氧气总产量的一半以上,而炼钢车间的小时用氧量是由它的生产工艺决定的,具有一定的用氧量波动。供氧的空分设备按照工艺规程,每班调节空分塔的产量是不允许的,更何况是每小时调节。因此,用氧量只能依靠贮罐来

调节,这样将导致贮罐出现较大的压力波动。而高炉富氧鼓风对压力和含氧量均有较高的要求,否则有可能造成操作过程的失控。为减小贮罐的压力波动,需要缓冲罐的容积足够大,这样不仅增加了设备的基建投资,而且还扩大了占地面积,很不经济。

3 制氧设备的节能

目前,空分设备生产的均为氧气、氮气的纯度在99.6%以上的双高产品,高炉鼓风富氧率一般为3%~7%,也就是氧的体积分数为24%~28%的空气。高炉作业率一般较高,与空分设备相匹配,因此从利于管理、节能降耗来讲,采用高炉专用制氧机是今后发展的途径。高炉专用制氧机可采用中纯度制氧机,其特点是,在产品氧气纯度降低时,其冷凝温度降低,在相同的主冷凝器温差条件下,下塔顶部的氮气冷凝温度也随之降低,下塔压力下降,从而可实现减少制氧电耗的目的。空压机排气压力与氧气纯度的关系如图1所示。

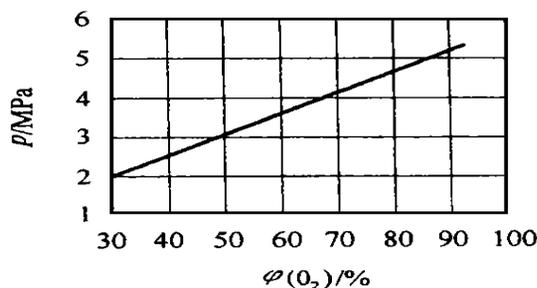


图1 氧气纯度与空压机排气压力的关系

Fig. 1 The relation between the oxygen purity and discharge pressure of compressor

由于空压机的排气压力还受水份和二氧化碳自清除条件以及膨胀机单位产冷量的限制,通常不低于0.3 MPa,高炉专用制氧机的氧气纯度多为 $\varphi(\text{O}_2) = 60\% \sim 95\%$ 。如德国蒂森钢铁厂的施文格尔分厂建有1台70 000 m³/h高炉专用空分设备,供4 085 m³高炉富氧,氧气纯度为 $\varphi(\text{O}_2) = 60\%$;日本川崎水岛制铁所建有1台47 000 m³/h高炉专用空分设备,氧气纯度为 $\varphi(\text{O}_2) = 90\%$ 。法国敦克尔及里歇蒙制氧中心的高炉专用制氧机氧气纯度为 $\varphi(\text{O}_2) = 95\%$,采用低纯制氧,单位电耗可达到0.35 kW h/m³-O₂(折算氧纯度为 $\varphi(\text{O}_2) = 99.5\%$),如果普通空分设备的能耗取0.44 kW h/m³-O₂,则能耗差为0.085 kW h/m³-O₂,每万立

方米有效氧气每年可节电 700 万 kW·h。日本有关人员的研究结果表明, 高炉专用制氧机单价最小值是在产品氧气纯度 $\varphi(O_2) = 90\%$ 左右, 而英国和美国则倾向氧气纯度 $\varphi(O_2) = 70\%$ 左右^[1]。

4 变压吸附法制氧设备

我国近些年开发的变压吸附制氧设备是高炉专用制氧机的首选设备。它具有设备简单、操作方便和安全、起动快、不污染环境、投资少、占地小、节能效果显著等众多优点, 纯度可达 $\varphi(O_2) = 90\%$ 以上^[1]。

变压吸附法制氧是利用压力效应达到氧氮分离的一种方法, 这种方法主要是以 0.5 nm 分子筛为主的沸石分子筛制富氧过程和焦炭分子筛制富氧的 BF 法。变压吸附的操作压力不宜过高, 压力升高, 氧氮分离系数降低, 最理想的操作压力约在 0.4 MPa。

图 2 为空气对氧、氮的吸附等温线。由图 2 可

知, 空气在沸石分子筛上对氮气的吸附量要大于对氧气的吸附量, 且吸附量随压力的增加而增大。若降低分压, 则各吸附组份解吸, 当达到平衡时, 就可以确定相对于各分压的吸附量, 这一特性是变压吸附分离氧、氮组份的依据。

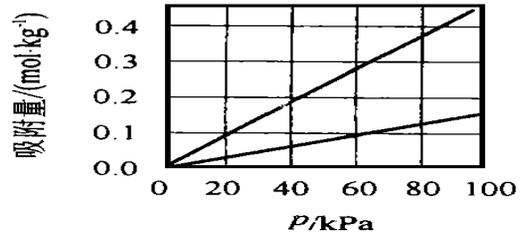


图 2 氧、氮的吸附等温线

Fig. 2 The absorption isothermal line of oxygen and nitrogen

图 3 为一种用 0.5 nm 分子筛作为吸附剂的典型的变压吸附(PSA)制富氧装置的工艺流程图。

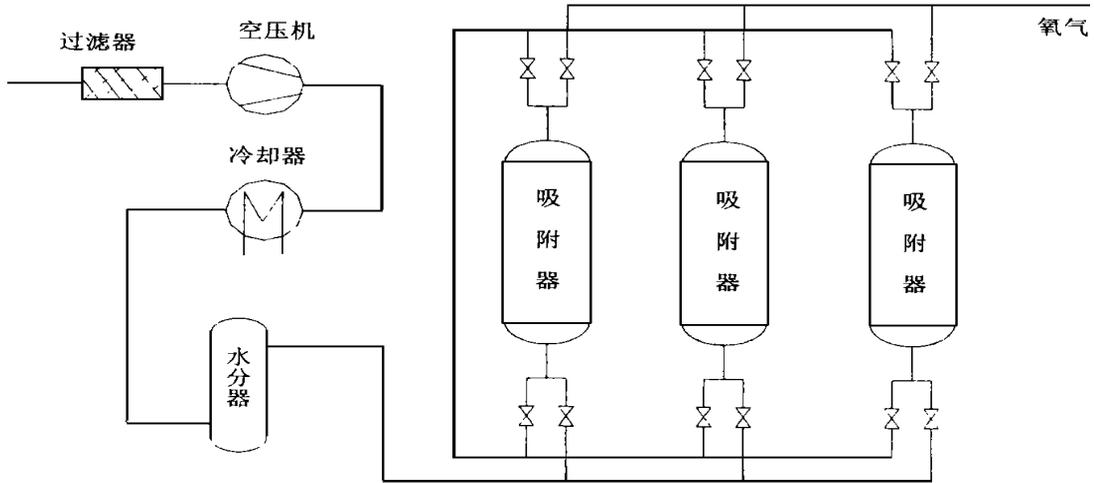


图 3 PSA 装置流程图

Fig. 3 Flow chart of PSA device

工艺过程为:

(1) 经过滤的空气被压缩到 0.3 MPa 后, 冷却, 除去冷凝水后进入吸附塔, 其中所含的氮、二氧化碳、水份、碳氢化合物均被吸附剂所吸收(吸附过程)。

(2) 由吸附器上部提取氧(制氧过程)。

(3) 提取完氧的吸附塔减压至大气压, 进行脱氮, 为使脱附彻底再由其它吸附塔引入氧气, 进行吹

除(脱附过程)。

通过预先设定好的程序机构, 驱动自动切换阀, 反复进行上述三过程, 即可连续制氧。

5 结束语

综上所述, 高炉富氧鼓风采用中纯度高炉专用制氧机组供氧, 尤其是选用变压吸附制氧装置, 无论是从操作上, 还是从经济、技术上看, 都是较为合理

的选择. 这主要表现在:

- (1) 可减少空分设备的放散率, 提高其作业率.
 - (2) 降低氧气纯度, 可减小空压机排气压力, 降低制氧机净能消耗.
 - (3) 由于高炉用氧压力较低, 使用平稳, 可以取消氧气加压以及储存设备的费用和投资.
 - (4) 设备简单, 占地面积减小, 设备费用和基建费用均下降.
- 因此, 采用中纯度高炉专用制氧机可大大降低制氧成本和基建投资, 同时也减少了生铁成本.

参考文献

- [1] 谢传树. 氧煤喷吹的发展和应用 [J]. 炼铁, 1995, (2): 12-17.
- [2] 谢传宝. 开展氧气供用平衡分析 [J]. 冶金动力, 1998, (2): 14-18.
- [3] 金国范. 当前世界几种炼铁工艺用氧 [J]. 上海金属, 1995, (2): 21-23.
- [4] 江楚标. 大型空气分离系统 PSA 法 [J]. 深冷技术, 1998, (4): 11-16.

信息窗

德国瓦耐克(Warnecke)教授访问我院

1999年5月22日至25日, 德国工程协会主席瓦耐克教授对我院进行了专门访问。访问期间, 我院为瓦耐克教授组织了报告会、会谈、参观等活动。

1999年5月22日和24日上午, 瓦耐克教授分别在包钢宾馆大会议室和我院科技讲座厅作了有关企业文化和专业技术的讲座。瓦耐克教授精深广博的理论基础, 深入独到的分析见解, 使在坐者受益匪浅。

1999年5月23日下午, 我院领导及有关系部负责人与瓦耐克教授进行了富有建设性的会谈, 详细而全面地讨论了合作意向书。

1999年5月24日上午11时, 我院举行了授予瓦耐克教授为我院名誉教授的隆重仪式。包头市长牛玉儒及其他市领导, 我院党委代书记、院长李含善教授及其他院领导, 有关系部负责人参加了仪式。院长李含善教授将聘请瓦耐克先生为我院名誉教授的证书亲自授予了瓦耐克教授, 瓦耐克教授欣然接受, 并表示了深切的感谢。

访问期间, 瓦耐克教授还参观了鹿苑羊绒衫厂、包钢稀土研究院、一机厂奔驰公司, 游览了赛汗塔拉公园、库布旗沙漠, 观看了漫翰剧。瓦耐克教授对包头市经济、科学技术和民族文化有了初步的了解和体验, 表示要为包头市与德国的城市建立友好关系而努力。

瓦耐克教授对我院的访问, 对于扩大我院的对外交流, 提高我院的知名度, 有着积极的作用。

(外事办)