

适用于联合钢铁企业的制氧流程初步构想

吴绍刚

(中冶东方工程技术有限公司秦皇岛研究设计院市政所, 河北省秦皇岛市河北大街西段 47 号 066004)

摘要: 介绍一种新流程制氧系统: 把深冷法空分设备、变压吸附制氧装置和炼铁鼓风机房合并在一起, 利用 1 台空压机、1 套深冷法空分设备和 1 套变压吸附制氧装置, 同时提供炼钢 (转炉、电炉) 用高纯度氧气、氮气、氩气以及炼铁高炉系统用氧气含量为 24 % ~ 35 % 的干燥富氧空气。分析了这种流程的优点和可行性。

关键词: 空分设备; 低温精馏; 变压吸附; 联合钢铁企业; 高炉富氧鼓风

中图分类号: TB657.7

文献标识码: B

Primary idea on oxygen-generation process suitable for integrated iron & steel enterprise

Wu Shaogang

(Municipal Works Institute, BERIS Qinhuangdao Engineering & Research Corp., 47 western section, Hebei Street, Qinhuangdao 066004, Hebei, P. R. China)

Abstract: Here, an oxygen generation system with new-process is introduced. It integrates deep-refrigerating process air separation plant, pressure-swing adsorption oxygen generator and iron smelting blast house, utilizes one set of air compressor, one set of deep-refrigerating air separation plant and one set of pressure-swing adsorption oxygen generator and provides high-purity oxygen, nitrogen and argon for steel making (converter and electric furnace) and dry oxygen-rich air with oxygen content 24 % ~ 35 % for iron smelting blast. The merits and feasibility of this process are analyzed.

Keywords: Air separation plant; Low-temperature rectification; Pressure-swing adsorption; Integrated iron & steel enterprise; Oxygen-rich blast furnace air

1 联合钢铁企业氧、氮、氩气用户和供应分析

转炉炼钢车间需要的氧气 (≥99.6 %)、氮气 (≥99.999 %)、氩气 (≥99.999 %), 均由深冷法空分设备提供。

电炉炼钢车间需要的氧气 (≥98 %), 可由深冷法空分设备或变压吸附制氧装置提供。由深冷法空分设备提供氧气、氮气、氩气的成本, 比变压吸附制氧装置的成本略高。但是切割氧气、密封氮

气、精炼用氩气仍然由深冷法空分设备或液体贮存系统提供。

热轧车间加热炉需要吹扫氮气, 冷轧车间需要氢气、氮气。氢气主要由变压吸附制氢装置、氨分解装置、天然气裂解制氢装置或甲醇裂解制氢装置提供, 氮气由深冷法空分设备或变压吸附制氮设备提供。

高炉富氧鼓风需要氧气, 密封、吹扫需要氮气。一般情况下, 利用炼钢车间剩余的氧气, 或者

收稿日期: 2009-12-29

作者简介: 吴绍刚, 男, 1962 年生, 教授级高级工程师, 1983 年毕业于内蒙古工学院化工机械专业, 现在中冶东方工程技术有限公司秦皇岛研究设计院市政所从事氧气站、乙炔站、保护气体站、压力容器的设计工作。

专门建一个变压吸附制氧装置来提供氧气；氮气由深冷法空分设备提供。从空气中的氧气含量和经济性来看，高炉富氧鼓风用氧气由变压吸附制氧装置提供最为合适。

2 高炉富氧喷吹煤粉工艺分析

高炉富氧喷吹煤粉不仅可以大幅度降低焦比，提高产量，而且可以缓解我国焦炭资源不足的问题。我国煤炭资源丰富，但是焦煤资源不足，无烟煤和非炼焦煤占煤炭资源的 2/3。焦煤资源中，气煤占 50 %以上，肥煤、焦煤和瘦煤各占 13.87 %、17.7 %和 12.01 %；而且地理分布不均。焦炭数量不足、质量下降是限制我国钢铁生产发展的主要原因。20 世纪 80 年代起，重点企业的冶金焦炭质量不断下降，近 20 年中灰分由 13.58 % 上升到 14.58 %（比国外高 3 %~4 %），硫含量由 0.66 % 上升到 0.72 %，强度不断下降。若要改善焦炭质量，则数量短期内不可能有较大提高。富氧喷吹煤粉、以煤代焦是目前我国高炉强化的主要途径。

高炉富氧喷吹煤粉具有以下优点：

- (1) 提高喷吹煤粉数量和煤粉的燃烧速度。
- (2) 提高风口区的理论燃烧温度。由于燃烧产物体积减少，风口区的理论燃烧温度提高。由计算可知：一定条件下，富氧率提高 1 %，理论燃烧温度能提高 50 左右。
- (3) 提高冶炼强度。由于鼓风氧含量提高，每吨生铁需要风量减少。若保持原有风量不变，则冶炼强度可以提高。根据前苏联和我国高炉生产数据，一定条件下，富氧率每提高 1 % 可望增产

2.5 %~5 %，增加喷吹煤粉量 12~30 kg/t 铁，节约焦炭 0.4~2.5 kg/t 铁。

(4) 增加煤气中一氧化碳含量，改善间接还原条件；同时提高煤气热值，有利于提高热风风温；热风风温的提高又反过来改善煤的燃烧，形成良性循环。

目前，采用的高炉喷煤富氧方式有 3 种：

- (1) 热风富氧；
- (2) 应用氧煤枪在粉煤颗粒周围局部富氧；
- (3) 热风富氧加局部富氧。

提高热风温度是增加高炉喷吹煤粉量、提高煤粉燃烧率的有力措施之一。我国高炉的风温一般为 900 ~ 1100 。一般风温提高 100 ，可节约焦炭 8~20 kg/t 铁，增产 2 %~3 %。风温的提高可以快速加热煤粉和载气，提高热解的吸热速率，促使煤粉提前着火，有利于煤粉化学能的充分利用。

当高炉喷吹燃料数量不变时，每增加氧 1 %，增产约 5 %。目前采用富氧鼓风技术高炉的运行效果都很好。

3 适用于联合钢铁企业的制氧流程

空气经空气过滤器过滤后进入空压机，经空压机压缩后的空气，一路去深冷法空分设备进行氧、氮、氩分离；另一路去变压吸附制氧装置。从深冷法空分设备出来的高纯度氧气、氮气、氩气去炼钢车间；从变压吸附制氧装置出来的氧气含量为 24 %~30 %、相对湿度为 0 的富氧空气去炼铁高炉。制氧流程如图 1 所示。

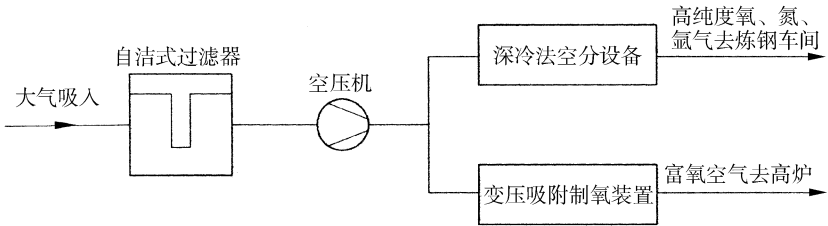


图 1 适用于联合钢铁企业的制氧流程示意图

4 制氧流程特点分析

4.1 既满足工艺要求，又大大降低能耗

目前，高炉富氧鼓风氧气基本由深冷法空分设备提供。深冷法空分设备的常压氧气单耗一般为 0.37~0.42 kW·h/m³。变压吸附制氧装置的氧气单耗见表 1。

表 1 变压吸附制氧装置氧气单耗

产品氧气纯度	≥93 %	≥90 %	≥80 %	≥65 %	≥60 %
氧气单耗 / (kW·h/m ³)	0.4 ±0.02	0.38 ±0.02	0.35 ±0.02	0.28 ±0.02	0.27 ±0.02

可见，变压吸附制氧装置生产的氧气纯度越

低,单位制氧电耗就越低。而高炉富氧鼓风不追求氧气纯度。

高炉富氧鼓风时,氧气与空气混合方式有鼓风机前混合和鼓风机后混合2种。采用深冷法空分设备生产的氧气时,因为从氧气站出来的氧气压力为1.6 MPa,所以采用鼓风机后混合的方式。采用变压吸附制氧装置提供氧气时,从变压吸附制氧装置出来的氧气需要氧压机压缩后与鼓风机后空气混合,再进入高炉鼓风。如果采用鼓风机前混合的方式,变压吸附制氧装置需要布置在鼓风机房附近。

新流程制氧系统中,由于只需将去变压吸附制氧装置的空气中的氮气吸附掉一部分(12.5%~40%),空气中的氧气浓度可达到24%~35%,即可达到高炉富氧鼓风对氧气浓度的要求。富氧空气压力为0.4~0.5 MPa,一步完成不需要混合;而且一般氧气站距炼铁车间较远,炼铁用户点的压力为0.35 MPa左右,富氧空气压力比炼铁用户点压力略高,可为输送提供动力。

变压吸附制氧装置的氧气单耗,随着氧气浓度的提高而提高,新流程制氧系统中变压吸附制氧装置生产的氧气浓度为24%~35%,单位制氧电耗约为 $0.25\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$,比深冷法空分设备和单独变压吸附制氧装置的制氧单耗都要小。

高炉鼓风空气含有一定水分,空气在进入高炉炉口时,水分解为氢气、氧气并吸收大量热量,使炉口风温波动、不容易提高。新流程制氧系统中的变压吸附制氧装置能够把水分和二氧化碳等杂质脱除干净,给高炉富氧鼓风提供氧气含量为24%~35%、相对湿度为0的富氧空气。相对湿度为0的干燥空气可以保证炉口风温恒定,并可提高风温,提高冶炼效率。

4.2 流程简单、总投资省

高炉鼓风机给高炉鼓风提供能量、动力,深冷法空分设备的空压机给空气低温分离提供能量,变压吸附制氧装置的鼓风机给常温空气分离提供能量。新流程制氧系统中,空分设备、变压吸附制氧装置和高炉鼓风机共用1台空压机,即将3台转动

设备合并为1台转动设备。

新流程制氧系统中,去炼铁用户的空气在通过变压吸附制氧装置时,在得到富氧空气的同时也给富氧空气提供了能量、动力,节省了氧气与空气混合的环节,即节省掉了氧气压缩系统。

高炉富氧鼓风对氧气纯度的要求不高,只要24%~35%。单独变压吸附制氧装置的鼓风机排气压力为0.05~0.08 MPa,氧气纯度一般 $\geq 60\%$ 。而新流程制氧系统中的空压机排气压力为0.45~0.5 MPa,只需把空气中的氮气吸附掉12.5%~40%就可满足工艺要求。吸附氮气的比例比较小,吸附、解吸的效果好,解吸过程可以省掉真空泵,降低能耗。

新流程制氧系统把深冷法制氧站、变压吸附制氧站和鼓风机站合并在一起,原来的3个车间合并为1个车间,共用1个厂房、1套供配电系统、1套水系统、1套仪表系统,流程简化,设备投资少,占地面积小,达到合并重组、优化组合的目的。

5 结束语

传统深冷法空分设备生产的氧气主要是供给炼钢车间,如果有剩余氧气再供炼铁高炉富氧鼓风。新流程制氧系统同时提供炼钢车间使用的高纯度氧气及炼铁高炉所需氧含量为24%~35%的富氧空气。

目前,深冷空分技术和变压吸附制氧技术都属于成熟技术,所以这种适用于联合钢铁企业的制氧流程可以实现。新流程制氧系统的关键是大型空压机、大口径快速切换阀的制造技术。实现钢铁企业氧、氮、氩、富氧空气集中供气,对钢铁企业的产业升级具有积极的推动作用。

同时,新流程制氧系统为将来高炉喷吹废旧塑料,提供了非常有利的技术支持,可以使塑料颗粒快速升温,快速燃烧,不会产生二噁英,减少环境污染,解决城市垃圾处理的难题,使用前景非常广阔。□