

## 钢铁生产与氧气的关系及对制氧机的要求

肖 家 立

(北京钢铁设计研究总院燃气室, 北京白广路 4 号 100053)

**摘要:** 介绍了钢铁生产与氧气的关系, 分析了钢铁生产对制氧机选型的基本要求, 最后阐述了钢铁企业氧气放散等氧气设施的几个问题。

**关键词:** 空分设备; 钢铁工业; 关系; 选型; 要求; 设施

**中图分类号:** TQ116.11      **文献标识码:** A

### Relationship between steel production and oxygen and corresponding requirements for oxygen plants

Xiao Jia-li

(Gas Section of Beijing Iron and Steel Design and Research General Institute, 4 Baiguang Road, Beijing 100053, P. R. China)

**Abstract:** The relationship between steel production and oxygen is described. The fundamental requirements for model selection of oxygen plants used for steel production are analyzed. Finally some problems in relation to oxygen services in iron and steel enterprises, such as oxygen venting are discussed.

**Keywords:** Air separation plant; Steel-making industry; Relationship; Model selection; Requirement; Service

#### 1 钢铁生产与氧气的关系

世界钢铁工业已经历过几次变革, 1865 年前后, 在英国出现空气侧吹转炉炼钢法、平炉炼钢法, 后以平炉取代侧吹转炉。为强化平炉冶炼, 进而采用吹氧操作。1952 年奥地利发明氧气顶吹转炉炼钢法 (LD 法) 后, 世界钢铁工业进入了一个大飞跃发展时期。随着钢铁工业的大飞跃, 制氧机迅速向大型化发展, 氧与钢紧密地联系在一起。

美国是继奥地利之后, 世界上较早采用氧气顶吹转炉的国家。日本从 1957 年引进该技术并大力发展, 仅十年时间, 就把钢产量从一千万吨猛增到了一亿吨, 其发展速度之快, 氧钢比例之大, 当时均称世界第一。而这期间, 氧的生产也迅速增加, 若 1951 年氧总产量为 100, 则 1967 年就达到 637,

十年增长了 6.4 倍, 到 1973 年达 1998, 十六年增长了 20 倍。日本 1973 年产钢突破 1 亿吨。美国到 1978 年产钢 1.06 亿吨, 消耗氧气 65.23 亿立方米。钢铁部门一直是氧气行业最大的工业用户, 钢铁生产用氧量占总氧产量的 2/3。

1996 年我国钢产量突破 1 亿吨大关, 近年来我国钢铁生产持续走高, 有人预计 2003 年钢产量可超过 2.1 亿吨。钢铁生产的增长带动了气体行业的增长, 2002 年气体分离设备行业所订大中型空分设备的应用领域以钢铁为主, 占 83.29%<sup>[2]</sup>。1988 ~ 2000 年, 我国空分设备行业共生产大中型空分设备 300 套, 折合制氧总容量为 1305815m<sup>3</sup>/h, 其中冶金 (钢铁和有色) 行业, 在空分设备套数和制氧容量市场占有率分别达到 60.59% 和 64.4%。

钢铁生产传统的是长流程, 即烧结、焦化、炼

收稿日期: 2003-10-08

作者简介: 肖家立 (1932—), 男, 教授级高级工程师, 1952 年华南工程学院化工系毕业, 原北京钢铁设计研究总院燃气室主任。

铁→炼钢→轧钢, 后来又发展了短流程, 即电炉→连铸→连轧, 电炉用氧迅速增长; 此外, 随着钢铁质量的提高和新技术的发展, 炉外精炼、顶底复合吹炼以及溅渣护炉等技术的采用, 不但氧气用量迅速增加, 而且氮气、氩气用量也增长较快。高炉富氧鼓风、高炉炉顶密封、煤粉喷吹等也是用氧、用氮的大户。熔融还原炼铁 (COREX) 技术的用氧量很大, 氧耗在  $500 \sim 700 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{t}$  铁, 使用这项技术的装置已在南非及韩国等地建成投产。

国外钢铁厂通常在不考虑高炉大量富氧情况时, 每 1 百万吨钢配置  $1 \text{ 万 m}^3/\text{h}$  的制氧能力, 即 ( $\text{万 m}^3/\text{h O}_2$ ) / 百万吨钢的比值为 1。1999 年我国 10 家钢铁企业制氧机配套规模统计见表 1, 其中 ( $\text{万 m}^3/\text{h O}_2$ ) / 百万吨钢的平均比值为 1.33。

表 1 1999 年我国 10 家钢铁企业制氧机配套规模

企业	装备水平 / ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	钢产量 / (万吨/年)	( $\text{万 m}^3/\text{h O}_2$ ) / 百万吨钢
宝钢	176000	986	1.78
武钢	100000	609	1.64
邯钢	42400	291	1.45
鞍钢	113000	845	1.34
攀钢	44000	380	1.16
本钢	33200	290	1.14
马钢	37000	338	1.10
包钢	40000	380	1.05
首钢	77800	768	1.01
济钢	20600	266	0.77
合计	684000	5153	1.33 (平均)

有一个通俗的说法, “有氧就有钢”, 它虽然不够全面和准确, 但却从一个侧面形象地说明了钢与氧的紧密关系。

## 2 钢铁企业对制氧机选型的基本要求

随着钢铁工业的发展以及空分设备的技术进步, 钢铁厂内的制氧机也不断更新和进步。现就钢铁行业对制氧机选型的基本要求叙述如下。

### 2.1 运行安全、稳定、可靠

钢铁企业的生产具有连续性, 平时不允许制氧机停产, 制氧机的选型必须考虑能长期安全、稳定、可靠地运行。

### 2.2 设备容量趋向大型化

过去钢厂设置的  $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $3200 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $6000 \text{ m}^3/\text{h}$  制氧机已逐渐为  $10000 \sim 30000 \text{ m}^3/\text{h}$  制氧机所替代, 目前国内钢厂在用的最大制氧机为

$72000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。设备的容量要根据钢厂的主体工艺规模和厂内原有的制氧机情况等各方面的因素, 经分析比较后确定, 总的趋向是大型。但不是越大越好, 要考虑单台设备与其他设备的配合与协调。

### 2.3 氧、氮、氩并重

随着钢铁生产的发展, 对氧、氮、氩的需求量均增大。过去钢厂用氧为主, 制氧机也多以产氧为主, 现在有的钢厂氮用量已超过氧, 随着钢铁质量的提高, 氩用量也增长。目前钢铁厂制氧机氧、氮比一般为 1:1。现代制氧机的氮气产量可达氧气产量的 3 倍, 因此可以根据厂内情况适当提高氮产量, 氩一般可按常规流程的最大量提取。这一方面是因为钢铁生产的需要; 另一方面是因为氩的价值较高, 有一定市场, 而且提氩后可使氧气提取率提高, 降低氧气的单位电耗。在有的钢铁厂 (例如炼不锈钢的特钢厂) 对氩气需求量更大, 可以采用一些特殊的流程 (例如膨胀空气进下塔), 以获得最高的氩提取率。

### 2.4 要有一定的液体量

为了确保制氧机可靠、稳定地运行, 有时间处理小事故及小维修, 国内外都要求氧气站有一定的液体储备量。一般要求储备量为最大制氧机 24 小时或 36 小时的产量。此外, 由于市场的需要, 也要求制氧机有一定的产液量, 既满足了市场要求, 又可为公司创造效益。液体产量可根据公司及周边市场的需要确定。制氧机可设置最大及最小液体工况, 以满足不同时期的要求。在整个空分系统中可设有液体供应系统, 但由于生产液体的能耗高, 用液氧来炼钢成本高, 因此主要用作故障备用氧, 不能频繁作为炼钢调峰气源。

### 2.5 氧、氮、氩的纯度要高

对于转炉炼钢, 一般要求氧的纯度不低于  $99.2\% \text{ O}_2$ , 高炉用氧纯度可低一些, 一般在  $90\%$  以上。鉴于目前制氧机的技术水平, 制氧机的氧气纯度一般为  $99.6\%$ , 用于转炉及高炉的氮气纯度要求不高, 为  $99.99\%$  以上, 用于轧钢等作保护气的氮气纯度要求较高, 为  $99.999\%$  以上, 目前制氧机的氮气纯度一般可到  $99.999\%$  ( $10 \times 10^{-6} \text{ O}_2$ ) 以上。氩的纯度一般要求  $99.999\%$  以上 ( $\text{O}_2 \leq 2 \times 10^{-6}$ ,  $\text{N}_2 \leq 3 \times 10^{-6}$ )。

### 2.6 氧、氮压力要合适

笔者曾有论文论述过钢铁厂内的氧气终压以

3.0MPa 为宜, 国内大多数钢铁企业已建立 3.0MPa 的管网系统。但有的钢厂在运行中因球罐本体质量及厂内节电计算方法等各种因素, 曾在低于 3.0MPa 压力下运行; 也有同志对 3.0MPa 的终压提出疑问。考虑到国内压氧设备的现有系列、钢铁厂内已有的 3.0MPa 管网系统以及有利于减少放散等多种因素, 目前钢厂氧气终压仍为 3.0MPa 较好。氮气压力过去以 0.8MPa 为主, 由于转炉溅渣护炉等技术的采用, 出现了一个以 3.0MPa 左右为终压的氮气系统。

### 2.7 能耗低

能耗与制氧机的大小、流程、液体的提取量等均有关, 目前国内外制氧机能耗的统计与计算方法不大统一, 对不同制氧机做评审时要注意此点。

### 2.8 具有一定的自动调节负荷和优化性能手段

为了减少钢铁厂氧气的放散量和降低能耗, 制氧机具有一定的自动负荷调节及优化性能手段是有利的。

### 2.9 流程合适

流程的选择是与制氧机的技术发展以及用户的工艺参数要求紧密联系的。近年来制氧机技术发展较快, 目前已普遍采用分子筛吸附、增压膨胀、规整填料全精馏制氩等新技术。至于内、外压缩的选用, 需要具体对待。应该说内压缩流程对保证制氧机安全特别是主冷及压氧设备的安全, 是非常有效的; 另外有利于提取更多的液体。但是内压缩流程的能耗一般比外压缩要稍高一点。

此外, 国外普遍采用内压缩流程还有一个一次投资的原因, 国外氧压机价格高, 容量愈大、压力愈高, 则价格愈贵。我国的情况不同, 国内 10000m<sup>3</sup>/h 制氧机的氧透在各厂已安全地长期运行, 目前 20000m<sup>3</sup>/h 制氧机的氧透已投入生产, 而氧透的价格又远比国外低。但大型空分配套的空气压缩机及增压机目前都考虑进口, 因此有一个经济比较的问题。

总之, 流程选择是一个比较复杂的问题, 不宜提倡或统一套用一种模式, 需要调研、综合考虑各厂具体情况并进行技术、经济比较后加以选择。

### 2.10 提取稀有气体

氩以外的稀有气体氦、氖、氦、氙在钢铁企业工艺生产中都没有用途, 大型制氧机是否提取这些稀有气体, 主要看市场需要。

以上只是简要地介绍钢铁企业对制氧机的一些基本要求, 限于篇幅并未深入展开讨论。这些基本要求是一般性的, 一定要根据每个钢铁企业的实际情况, 包括主体工艺的情况要求和有关参数、总图位置、水、电供应条件以及周边市场情况等, 结合基本要求统一考虑, 提出窑体的选型要求。

## 3 有关钢铁企业氧气设施的几个问题

### 3.1 氧气放散问题

由于钢铁生产的用氧量大, 配置的制氧机组容量大, 台数多, 而钢铁生产(特别是顶吹转炉)的间隙生产波动量大, 因此在保证生产的前提下如何减少氧气放散是钢铁企业氧气生产中一个重要的问题。笔者在“钢铁企业氧气放散与空分设备的负荷调节”一文中已就此做了论述, 其他一些相关的文章和资料也做了介绍。氧气放散问题还需引起大家的重视, 各单位应相互交流经验, 以期整个行业取得更好的效益。

### 3.2 安全问题

由于钢铁生产的全厂连续性, 钢铁主体停产会带来巨大经济损失, 另外氧气生产的安全还关联到氧气设备本身和操作人员, 因此对氧气设施的安全生产应高度重视, 任何时候都不能放松。前一段时间在新余钢厂和萍乡钢厂等发生了制氧机重大事故, 引起了大家的高度重视。近一段时间虽未发生类似上述的重大事故, 但仍有一些小事故, 例如某厂俄制氧气透平压缩机着火烧毁; 某厂调压站调压阀及氧气过滤器着火燃烧; 某厂炼钢厂氧气管道燃烧等。由于部、委机构的精简, 一些行业协会的工作未能及时跟上, 再加上其他原因, 未能及时总结事故的教训, 交流经验, 这不利于安全生产及防范, 希望能引起有关部门的重视。

### 3.3 设备更新改造

近年来钢铁生产很热, 除了一些新建厂新增制氧设备外, 一些老厂一方面淘汰老设备, 或者对老设备进行更新改造, 例如由切换板式流程改为分子筛吸附及无氢制氩流程等, 另一方面又新增设备。由于主体工艺的急需及资金的限制等, 没有一个总体规划, 有的上得比较零乱。如果有可能, 最好能有一个总体规划。

### 3.4 管理问题

由于每个钢铁厂内的制氧机套数越来越多, 单机的容量不断增大, 设备流程和技术不断提高, 因

此对操作者的素质要求也越来越高, 而管理显得格外重要。

以上就钢铁生产与氧气的关系、钢铁企业对制氧机的基本要求以及当前氧气生产的几个问题, 谈了一点个人看法, 其中有些观点是否合适, 请同行和专家指正。

参考文献:

[1] 顾福民. 制氧机与钢铁生产[J]. 冶金动力, 1985(3).

[2] 中国通用机械气体分离设备行业协会. 气体分离设备行业年鉴 [R]. 2003.  
 [3] 世界金属导报. 2003(35)(总1654期).  
 [4] 钢铁厂内部统计资料.  
 [5] 肖家立. 钢铁企业氧气放散与空分设备的负荷调节[J]. 深冷技术, 2002(6): 1~5.

※

※

※

## 我国天然气液化技术取得重要进展

《中国石化报》2003年9月19日报道, 由哈工大能源学院低温技术研究所研究开发的天然气液化技术日前取得重要进展。该所以大庆和肇州天然气气源为目标设计出的、日处理量为20万立方米的液化天然气和轻烃联合生产装置, 经有关专家论证, 装置各项技术指标均可达到国际先进水平, 而造价仅为同类进口装置的40%。

哈工大低温技术研究所自2000年创办以来, 已组建了一支高水平的天然气液化工程技术队伍。科研人员在认真研究了适合江浙一带东输天然气城市门站的液化系统后,

研制出一系列中小型透平膨胀机制冷循环系统。同时, 科研人员根据大庆及周边地区的几个气田的气源条件, 采用混合工质制冷流程, 先后设计了一系列中小型天然气基地液化系统。

这些液化系统采用了全自动工业过程控制技术, 具有先进性、可靠性和经济性。哈工大的科研人员表示, 将争取尽快在国内建成第一个具有自主知识产权的液化天然气生产厂。

转自《气体分离动态》

## 上海石化 18000m<sup>3</sup>/h 空分设备通过集团公司竣工验收

《中国石化报》2003年11月12日报道, 上海石化化工事业部7号18000m<sup>3</sup>/h空分设备, 日前通过了集团公司的竣工验收。该设备的建成, 不仅满足了上海石化化工事业部乙二醇装置产能从15万吨提高到22.5万吨的需要, 同时解决了上海石化氮气供应紧张的矛盾。

18000m<sup>3</sup>/h空分设备由液空(杭州)有限公司生产, 于2002年建成投产, 氧产量18000m<sup>3</sup>/h, 氮产量30000m<sup>3</sup>/h。该设备采用液氧内压缩工艺流程; 其精馏塔全部为铝规整填料塔; 分子筛吸附器采用径向流、双层床结构, 占地面

积小、吸附效率高; 冷箱内管道全部采用不锈钢, 强度高、泄漏率小。因此, 具有投资少、能耗低、维修方便、安全可靠性高等特点。

为扩大产品组合和进行产品深加工, 该空分设备同时建有配套的制氩装置。这套制氩装置采用了无氩全精馏制氩的先进工艺。制氩装置的建成, 进一步完善了上海石化的产品结构, 翻开了上海石化生产稀有工业气体的新一页, 为上海石化化工事业部增添了新的利润增长点。

本刊摘

## 美空气制品公司为波音 DELTA IV 火箭供氦

美空气制品公司已与波音公司签订了十年协议, 向位于加利福尼亚的 Vandenberg 空军基地发射 DELTA IV 火箭提供高压氦和专有的泵唧系统。DELTA IV 火箭系统是美国空军通过使用演变而来的可耗式运载火箭来减少太空发射成本的多年研究计划的一部分。提供的氦将用作火箭燃料装置的加压剂和吹除用气。空气制品公司的专有泵唧系统其

泵唧氦气流量达100000英尺<sup>3</sup>/时, 压力达6000psi, 该系统可吸入液氦并在现场可变成高压氦气。因为可在现场将液氦变成气氦, 就可省去许多后勤工作、节约气氦输送和贮存的成本。采用该泵唧系统可减少 DELTA IV 火箭投资成本, 使波音公司达到减少成本将火箭射入低地球轨道的目标。

杭州制氧机研究所 顾荣而