

高炉炼铁操作与管理 观念的探析

魏志江



高炉炼铁操作与管理观念的探析

魏志江

(河钢宣钢, 河北 宣化075100)

摘要: 高炉炼铁不同于冶金行业其它工序的最大区别在于其的不可视和不可逆性。笔者就自己的一些对高炉炼铁的一些操作与管理观念做一阐述, 以与感兴趣的同行商榷。

关键词: 高炉炼铁; 操作; 管理; 观念; 问题; 探析

Analysis on BF

Ironmaking Ooperation and Management Concept

Wei Zhijiang

(HBIS Logistics Company Xuanhua Steel Branch)

Abstract: The most distinguished feature of BF ironmaking from other metallurgical process lies in its invisibility and irreversibility. This paper described the ironmaking operation and management concept, in order to make a discussion with insiders.

Key words: BF ironmaking; operation; management; concept; problem; analysis

高炉炼铁操作与管理观念的探析

1.前言

高炉炼铁不同于冶金行业其它工序的最大区别在于其不可视和不可逆性。笔者就自己对高炉炼铁的一些操作与管理观念做一阐述，以与感兴趣的同行商榷。

2.对部分高炉炼铁操作与管理观念的交流

(1)炼铁有个俗语：“炼铁不去抓原料,简直就是瞎胡闹!”强调了原燃料是高炉顺行的最基础的物质条件,但是,“不同的原燃料条件下可以对应不同的冶炼操作管理制度及冶炼强度,才能保证高炉顺行”。换句话说,原燃料条件能够满足高炉冶炼要求是最基本的物质条件,但是,在原燃料条件不好的时候,要对应的改变操作制度,特别是要通过下部送风制度(鼓风动能等)和上部装料制度(矿批和料序等)及热制度与造渣制度,还有冶炼铁强度的调整等来实现稳定顺行。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

- (2) 高炉炼铁操作与管理受到诸多影响因素干扰，所以，从高炉工长、炉长（车间主任）及厂长等诸位高炉工作者的综合判断能力要有提前预见性（前瞻性）和预防手段措施的采取；对临时（临时的事故故障期，原燃料以及炉型等变化等）突发事故故障要有果断地应急措施手段，才能保证高炉的长期稳定顺行。
- (3) 有些时候偶尔的高炉操作失误后，比如配料失误造成碱度升高，非但没有造成高炉不顺，反而渣铁热量充沛流动性好，说明以前的碱度控制范围偏低，或者正好此时的入炉料的化工分析不准确，造成误打误撞的歪打正着了。还有，个别时候出现了原燃料变坏后，炉况还是很顺行的情况（比如许多退出产能前配用料场底子杂料），说明之前的操作制度过于保守（即由于之前的保守造成煤气利用差焦比高），而用上底子料后正好与之前的操作制度相匹配了，所以，高炉反而更顺行，指标更好了，而不是对“炼铁不去抓原料,简直就是瞎胡闹!”的否定，而是对“不同的原燃料条件下可以对应不同的冶炼操作管理制度及冶炼强度,才能保证高炉顺行。”的肯定。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

(4) 所谓的适宜的鼓风动能,既是绝对的又是相对的。之所以说是绝对的是指炉容不同在正常状况及炉况下对应的适宜的鼓风动能的范围不同;之所以说是相对的是指特殊状况和特殊炉况时候,不可千篇一律的要求。

(5) 各种影响布料制度的情况分析

- **矿批的影响:** 一般来说,在矿批没有改变的时候,当时的炉况假如是边缘比较发展(或者说中心不太好)的情况下,扩大矿批后(角度都不变情况下),一开始因为矿焦比增厚,煤气利用会变好,但是,随着时间推移会导致边缘越来越发展,煤气利用会变坏,正确的做法应该是:伴随着扩大矿批,布料角度应该调整为适当的压边的角度(包括局部调整矿角或者焦角的圈数、局部扬矿角(局部缩焦角)、同扬矿角(同缩焦角)、单同扬矿角(单同缩焦角)等等措施),具体怎么调要据当时炉况及外围及原燃料条件而定;反之亦反。另外,既然考虑调整后煤气利用会变好,就应该适当的加重焦炭负荷(降低计算焦比),否则此料下达后【Si】升高影响顺行,调整的效果折损或者无效果,调整的目的是为了改善煤气利用降低焦比,而调整后没有加重焦炭负荷(降低计算焦比),就失去了调整的意义了。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

- **炉顶压力的影响：**一般来说，高炉的原燃料条件不是十分差的情况下，按照正常的高压操作即可，但是，的确差的不是一星半点的，是非常差的时候，比如小于5mm含量大于10%甚至更高时候，炉顶压力过高有两个不利情况：一是高顶压导致吹损少，粉末入炉反应的多，导致透气性变差；二是过高高顶压导致压差变小（小于正常值），从而导致边缘发展中心不易起来。不管什么情况，最终导致矿批不可扩不大（不接受）、边缘不能压（中心不好的的时候，压了边使得煤气流两头受堵，就只能崩悬料了）。所以，炉料条件好的时候，可以高压操作，否则，高压操作难以实现。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

- **原燃料强度的影响：**一般来说，原燃料强度高（对于1000立方米以上高炉焦炭热强度60~65%，反应性21~26%，烧结矿转鼓强度78%左右；对于1000立方米以下高炉焦炭热强度55~65%，反应性23~28%，烧结矿转鼓强度随着炉容变化在50~76%之间，炉容越小承受能力越强，全焦冶炼的比喷吹燃料的承受能力强），有利于上疏导中心煤气流分布的布料角度，反之亦反。焦炭的热强度低了高炉透气性变差影响顺行，太高了没有必要，反而价格高浪费成本；焦炭反应性高了强度难保，过分低了影响 $C+CO_2=CO$ 的反应速率，从而导致下料速度变慢。有些企业把高低不同的热强度及高低不同的反应性的不同焦炭按照不同的比例使用，使得综合的热强度及综合的反应性达到要求的范围，也能保证了炉况顺行。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

- **焦炭粒度、烧结矿粒度的问题：**按照冶金学原理回归统计分析结论：大颗粒级的散料占到总量的65%以上时候，其孔隙度最小，原因是此时的空隙被小颗粒级的填充的最严密。在高炉生产过程中，焦炭是高炉下部唯一呈固态的物质，因此，焦炭的粒度对高炉内良好的透气性十分重要，粒度越均匀，粒度范围愈窄小，高炉内料柱透气性愈好。经验表明，焦炭矿石和烧结矿的粒度要匹配，焦炭的平均直径是矿石直径的3倍时，透气性最佳。当大型高炉的矿石粒度为10~25mm，则入炉焦炭的平均粒度应为50mm左右。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

- 高炉炼铁实践已经证明：焦炭粒度40~80mm的含量占50~60%即可。小于50%和大于60%都不利于高炉顺行。烧结矿10~16和16~25mm的总量应该在50~65%，低于50%或者高于65%都不利于高炉顺行。
- 焦炭热强度问题：按照昆钢2500m³高炉回归分析，焦炭反应性（CRI%）和反应后强度（CSR%）的关系为： $CSR = (105.29 - 1.45 \text{ CRI}) \%$ ， $r = -0.949$ ，即：反应性CRI每降低1%，反应后强度CSR就增加1.45%；反之亦然。我国大多数高炉要求 $CRI < 28\%$ ， $CSR > 60\%$ ；上海宝钢要求 $CRI < 26\%$ ， $CSR > 66\%$ ；西欧国家要求 $CRI < 25\%$ ， $CSR > 60\%$ 。1000立方米以下高炉 $CRI < 28\%$ ， $CSR > 55\%$ 。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

- **炉型的影响：**一般来说，末期炉型因为炉膛变大，相对于新建高炉来说，在同样的条件和同样的装料制度之下，边缘煤气流容易发展，所以，末期炉型更易上疏导中心为主的煤气流分布的装料制度。
- **鼓风动能的影响：**鼓风动能是一个反映下部送风制度的综合指标。不是越高越好，更不是越低越好，应该叫适宜的鼓风动能。不同炉容的高炉鼓风动能控制适宜的范围不同。不同的鼓风动能对应的装料制度不同，一般来说，高动能的初始煤气流分布中心好于边缘，反之亦反。上部装料制度应该相对应，如果不对应的话，虽然顺行可以保证，但是效果折损了。也有一种特殊情况是：原燃料不好的时候，上部需要适当地疏导边缘煤气流，下部高动能维持中心煤气流分布。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

- (6) 高炉操作各类技术参数及原燃料等影响因素对产量、焦比等等影响测算是建立在回归分析等经验数据基础之上的平均范围，不是绝对的但又是绝对的。所谓的不是绝对的，是因为高炉炉型不一样（包括同样的设计炉型但是操作炉型也不会一样），原燃料条件不一样（或者一样的时候二入炉时间不一样等），操作习惯不一样等等，导致测算结果不一样，但是，可以作为参考依据；所谓又是绝对的，是因为理论测算参考值是总结众多高炉生产实践而得到的平均范围值域，所以是可以作为参考依据的。
- (7) 作为高炉工作者测算高炉炼铁成本时候，不可能象财务报表那样详细测算而耽误决策效率，要把复杂问题简单化，抓住主要影响因素测算即可，或者对主要影响因素的变化进行测算即可。高炉炼铁成本实际由四大块组成：原燃料成本（单耗和价格有变化时候）、制造成本、操作成本（如洗炉、护炉等）、喷煤及富氧或富湿等成本，将此四大类的影响变化测算好即可高效率决策了。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

(8) 小型高炉的操作与管理如同中医看病（望闻问切），因为小型高炉早期的自控检测技术增上的少，近年以来才逐步增多，但和大型高炉相比仍然相差较多；大型高炉操作与管理如同西医看病（众多自控检测技术参数可以参考，如同西医的各种检测设备）。加之小型高炉冶炼周期短变化快，而大型高炉冶炼周期较长，热惯性和稳定性明显好于小型高炉。所以，相对来说，大多数操作过小型高炉的人再去大型高炉操作时候更加得心应手；而大多数操作过大型高炉的人再去小型高炉操作时候要有一段适应期（之所以说是大多数，是要考虑一些爱动脑筋爱思考、善于总结的人，其在哪里都会迅速适应的。另外，有的人有一阶段不接触高炉就生疏了，而有的人只要干过的职业，即使是很久不再接触，一辈子也不会生疏。前者相对来说没有后者爱思考和善于总结，而后者相对来说比后者相对来说爱思考和善于总结）。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

3.对高炉炼铁操作观念的探析

3.1高炉有效容积及料线零点的关系问题

- 高炉的有效容积是指炉缸、炉腹、炉腰、炉身和炉喉五个部分的体积之和，料线零点是在炉喉上沿之处。现在部分高炉工作者将高炉料线零点人为做了规定，规定在炉喉上沿往下数200mm左右处，其实，这是一种人为导致高炉有效容积浪费或者布料规律不容易摸准的因素之一。在炉喉上沿往下数为料线零点时候，则造成高炉有效容积减少和料线过深不容易摸准布料规律；在炉喉上沿以上的料线零点布料规律容易打乱或者由于布料过满造成布料溜槽卡阻等现象。正确的方法应该保证料线零点正好在炉喉钢砖的上沿位置处，既有利于高炉有效容积的充分利用，又有利于高炉操作者逐步摸准布料规律。
- 以前的高炉有小钟和大钟的，大钟斜面与平面的夹角53度，与烧结矿和焦炭的堆角一致。料线的零点规定：炉喉钢砖的上沿，也是大钟开启的下沿。现在的高炉基本上都是无料钟炉顶溜槽布料，布料角度，合理的设计单环时候为 $(90-53)=37$ 度左右（随着高炉大小及炉型不同、布料溜槽的高度或者料线深度、炉喉直径及原燃料不同等有变化，小型高炉一般小于大型高炉的布料角度）。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

3.2高炉的设计有效容积与命名有效容积的关系问题

- 高炉的设计有效容积是指本高炉设计的实际有效容积（立方米），而命名有效容积是有的单位将高炉的有效容积有意识地往小命名的有效容积，比如将实际2000m³多的或2600 m³多的高炉命名为1800 m³或者2500 m³高炉，旨在降低产量任务的压力，而且实际大容积命名为小容积高炉后，其利用系数显得较高好看。但是，殊不知，这样以来，高炉工作者一看利用系数较高，就误认为高炉已在较高水平上强化冶炼了，容易造成高炉实际的冶强、产量偏低，习以为常后就会造成此高炉的长期的低水平顺行(若按实际的炉容计算利用系数肯定偏低)，虽然顺行低耗，但是其冶强、产量偏低，造成有效容积没有充分利用的浪费。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

3.3对高炉炉型设计中炉腹角与炉身角的合适角度的探讨

- 炉腹角过小不利于炉料下降，影响顺行，过大了容易使边缘煤气流过分发展，同时不利于产生稳定的渣皮保护炉衬。上世纪五六十年代，炼铁工作者普遍认为1000m³以上高炉炉腹角在80°~82°之间较为合理，而现今实践证明1000m³以上高炉的炉腹角在78°~80°之间较为合理。
- 炉身主要起着炉料的预热、加热、还原和造渣的作用，其高度占高炉有效高度的50~60%，保障了煤气与炉料之间的传热和传质过程的进行；适应炉料受热后体积膨胀，有利于减小炉料下降的摩擦阻力，避免形成料拱；适应煤气流冷却后的体积收缩，保证一定的煤气流速；在这里发生了一系列的物理化学变化。为了使炉料顺利下降和煤气不断上升，炉身要有一定的倾斜度，以利于边缘煤气有适当发展。当炉身角太大的时候，边缘煤气不顺畅，便容易发生崩悬料，造成高炉不顺行；反之，炉身角太小，大量的煤气会从边缘跑掉，煤气能量利用变差，矿石就得不到充分的加热和还原，以致焦化比升高。因此，合适的炉身角很重要。1000m³以下高炉的料柱低，为了充分利用煤气的热能和化学能，炉身角应稍大些；1000m³以上高炉的炉身角应稍小些。上世纪五六十年代，炼铁工作者普遍认为1000m³以上高炉炉身角在83°~85°之间较为合理，而现今实践证明1000m³以上高炉的炉身角在80°~83°之间较为合理。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

3.4 化合物TiO₂在高炉内外平衡问题

- (1) 进入高炉中的TiO₂总量减去一部分在高炉中进入铁水中的[Ti]量（折合为TiO₂）并减去进入炉渣中的（TiO₂）总量，即为TiO₂在高炉内的富集总量（以TiC和TiN形式富集）。高炉工长、炉长要做好TiO₂在高炉内外平衡计算，以便于及早知道TiO₂在高炉内的富集情况。
- 如果近日出铁量少(排除由于炉前错误造成的出铁少原因)，低于理论铁量，则结合高炉风量减少情况及TiO₂在高炉内的富集情况，及时采取降钛措施或者配加锰矿等洗炉剂及时洗炉，避免炉缸堆积后的损失。在钛物料带入的TiO₂总量一定的情况下，铁水中的[Ti]越高，则进入炉渣中的TiO₂量会减少，但是，假如二者都不高，就意味着TiO₂在高炉内的富集总量是增加的，就要注意高炉堆积问题了。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

- 另外，预防炉缸堆积还要强化出铁组织、保证出铁质量。特别是当入炉品位低、含钛高、渣量大时候，如果不能及时排出渣铁，容易形成憋风、难行，处理不当对炉况影响极大。要严格控制开铁口时间，明确要求打开铁口时间；合理使用钻头，保证铁水流速大于铁水生成速度，从而出净渣铁；严格要求出渣及见渣时间，在出净铁的同时确保炉渣的正常排放。
- 一旦炉缸有了堆积的征兆就必须及时配加洗炉剂洗炉，否则，一旦堆积形成后再去洗炉则洗炉时间就长、进程缓慢了。如若配加萤石洗炉则6~15个班应控制渣中的（ CaF_2 ）含量在4~6%才可见到效果；如若配加锰矿洗炉则6~15个班应控制渣中的[Mn]含量在0.7~0.9%才可见到效果([Mn]含量在0.7%以下只起到改善铁水流动性的作用)。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

(2) 由于钛的还原也要吸热，因此，单纯控制[Si]不科学，应该用[Si+Ti]控制考核炉温（化学热）更为科学合理。

- 一般地入炉TiO₂负荷10~20 kg / t为低钛渣冶炼，入炉TiO₂负荷20~30 kg / t为中钛渣冶炼，30 kg / t以上为高钛型渣冶炼。
- 低钛渣冶炼常出现的问题是随炉温升高，炉渣会缓慢变稠，在变稠过程中，渣中铁损明显增加。如果操作不当，炉渣流动性变差甚至会造成铁渣难分，出渣出铁困难，使冶炼行程失常。只要将[Ti]和[Si]控制在适宜的范围，就可以防止炉渣变稠，并能做到较低铁损和好的铁质量。目前炼铁生产实践证明：铁中[Si]控制到0.15~0.30%，[Ti]控制到0.05~0.20%，即： $[Si+Ti] \leq 0.40\%$ 为宜（1000立方米以下的0.5%）。冶炼低钛渣时，在调节控制煤气流合理分布，炉缸工作活跃的基础上，主要是选择和控制在适宜的炉温范围。
- 中低钛渣冶炼时，[Si]随炉温的变化较[Ti]灵敏。实际操作中按铁中[Si]的变化来判断炉温的变化。为防止钛渣变稠，同时控制较低铁损，又具有较好的脱硫能力，应控制的适宜炉温范围是： $\sum[Si+Ti] \leq 0.40\%$ （1000立方米以下的0.5%）， $[Si]=0.15\% \sim 0.20\%$ ， $[Ti]=0.20\% \sim 0.30\%$ 。铁中[Ti]含量的上限主要控制铁损，是中低钛渣冶炼必须注意的问题。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

- 高钛型渣冶炼主要问题是炉渣变稠速度快，铁损更高，炉渣脱硫能力低和可能形成泡沫。实践中所形成的高钛型渣冶炼技术是抑制泡沫渣形成的综合技术措施：
 - ①选择适于冶炼的高钛型渣系和熔化性温度。高钛型渣是熔化性高、呈现短渣性、结晶性强的渣系。在一定MgO和Al₂O₃含量范围内，SiO₂含量不变，熔化性温度随TiO₂增加而提高并随着CaO / SiO₂比值增大而增高。为了适于冶炼，必须控制适宜的SiO₂ / TiO₂和CaO / SiO₂两个比值，使炉渣的熔化性温度处于低熔区。实践所选择的渣系SiO₂ / TiO₂≈1.0，CaO / SiO₂=1.07~1.13。熔化性温度约1380~1400℃，是高钛型五元渣系比较低的熔化区。
 - ②调剂煤气流合理分布，活跃炉缸工作是高钛型炉渣冶炼防稠和消稠极为重要的基础。调剂方法和普通矿相同。针对钒钛烧结矿软化温度高的特点，要维持炉腹区边沿适宜煤气流，以保持软熔带根部有比较好的熔解能力，防止中部结厚引起的高炉冶炼行程失常。冶炼实践表明，边沿的CO₂应高于中心2%~3%，最高点在位置2处，这时炉缸工作活跃，能维持长期稳定顺行。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

- ③选择 and 稳定适宜的炉温范围是高钛型炉渣冶炼抑制泡沫渣形成和炉渣变稠的关键。高钛型炉渣冶炼，铁中[Si]和[Ti]随炉温变化的特点截然不同于中钛渣或低钛渣冶炼。在正常冶炼条件下，铁中[Ti]含量大于[S]含量，所以高钛型渣冶炼根据铁中[Ti]含量变化判断炉温的变化。只有炉凉行程时铁中[Ti]接近[Si]。如若出现[Ti]<[Si]，则这种特征是高钛型炉渣冶炼炉缸中心堆积的重要标志之一。
- (3)同等条件下，由于[S]越高（大于0.050%），物理热就越低(在1450°C左右)，就会造成含[Ti]较高（大于0.1%）的铁水流动性变得更差，甚至造成炉缸堆积。所以，有的高炉操作者想通过降低炉渣碱度将[S]提高了认为可以改善铁水流流动性的想法是错误的。
- 实际操作中，大于1000m³级的高炉[S]的上限不应该高于0.045%，小于0.030%的一级品率应该大于95%；小于1000m³级的高炉[S]的上限不应该高于0.050%，小于0.030%的一级品率应该大于90%才有利于高炉顺行。因此要控制合适的热制度、造渣制度。由于钛负荷高，为防止炉缸产生粘结，必须保持[Si]+[Ti] ≤ 0.40%(1000立方米以下的0.5%)，做好低硅冶炼，关键是保证充足的物理热，实践中采用控制较高渣碱度及较高的煤气利用率来确保低硅、高物理热，控制铁水温度1450~1500°C，严禁铁水温度小于1450°C，有利于高炉顺行的。高炉操作中采用[Si+Ti]在0.20~0.40%(1000立方米以下的0.3~0.5%)进行控制考核，适当提高炉渣碱度，可以有效地降低SiO₂和TiO₂的活度，抑制二者的还原。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

3.5原燃料强度问题

(1)对焦炭粒度、烧结矿粒度的问题。

- 按照冶金学原理回归统计分析结论：大颗粒级的散料占到总量的65%以上时候，其孔隙度最小，原因是此时的空隙被小颗粒级的填充的最严密。在高炉生产过程中，焦炭是高炉下部唯一呈固态的物质，因此，焦炭的粒度对高炉内良好的透气性十分重要，粒度越均匀，粒度范围愈窄小，高炉内料柱透气性愈好。经验表明，焦炭矿石和烧结矿的粒度要匹配，焦炭的平均直径是矿石直径的3倍时，透气性最佳。当大高炉的矿石粒度为10~25mm，则入炉焦炭的平均粒度应为50mm左右。
- 高炉炼铁实践已经证明：焦炭粒度40~80mm的含量占50~60%即可。小于50%和大于60%都不利于高炉顺行。烧结矿10~16和16~25mm的总量应该在50~65%，低于50%或者高于65%都不利于高炉顺行。

(2)焦炭热强度问题

按照昆钢2500m³高炉回归分析，焦炭反应性（CRI%）和反应后强度（CSR%）的关系为： $CSR = (105.29 - 1.45 CRI) \%$ ， $r = -0.949$ ，即：反应性CRI每降低1%，反应后强度CSR就增加1.45%；反之亦然。我国大多数高炉要求CRI<28%,CSR>60%;上海宝钢要求CRI<26%,CSR>66%;西欧国家要求CRI<25%,CSR>60%。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

3.6高炉操作制度问题

3.61送风制度问题

- (1)风口面积的选择问题。风口面积的选择要满足适宜的风速和鼓风动能，以2500m³高炉（炉缸直径在11.5米左右）为例，适宜的风速为160~250米/秒，适宜的鼓风动能为70~100千焦耳/秒（16746~23923公斤米/秒）。
- (2)富氧。高炉富氧后冶炼进程加快，提高富氧率，有利于含钛物料的冶炼，另外提高富氧率后，炉缸理论燃烧温度提高，有利于炉缸活跃。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

3.62装料制度问题

- (1) **矿批大小问题。**高炉合理的矿批计算有三种方法，一是公式法（合适的矿批应该保证炉料布于炉喉后，其在炉喉的平均高度应该在600mm，对于2500m³高炉在70吨/批合适）；二是矿批与鼓风量对应法（风量数据的1/70左右）；三是经验法也叫同类型条件法，如：同类型高炉、同类型原燃料条件、同类型送风条件等等。
- (2) **炉缸堆积问题与装料制度问题。**在高炉顺行的状态下，一般来说，倾向于抑制边缘的装料制度，容易导致炉缸边缘堆积；倾向于边缘煤气流发展的装料制度，容易导致炉缸中心堆积。所以，任何一种装料制度不宜长时间使用，在其他冶炼条件不变的情况下，一种装料制度1~2月（炉缸死焦堆更换出五到六次后）换1~3个星期其他装料制度（炉缸死焦堆更换出一到二次后，但要做好负荷调整，防止热制度波动），之后再恢复到原来的装料制度才有利于高炉的顺行。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

4.对高炉炼铁管理理念的探析

4.1高炉各工种的管理问题

高炉操作与管理是一个系统工程，必须调度全员积极性，要规范高炉工艺操作纪律，考核要涉及方方面面，对各级操作者的管理权限明确加以规定，建立从炉内操作到炉外出铁、对外协调联系，从原料质量检查到各工种的工艺管理都有详细的考核及奖惩规定，并建立以高炉工长考核为龙头，辐射全高炉各工种、全方位的工艺操作管理体系，实现标准化、科学化、精细化管理。

4.2高炉设备管理问题

(1)根据高炉当时特点，有重点地抓好设备管理。对高炉操作的一些异常情况，比如高炉不顺、焦比高低的变化、休风送风等造成的高炉设备作业率的变化时候，设备管理者务必要加强设备点检，比如高炉不顺焦比升高后，拉送焦炭的皮带机作业率肯定升高，皮带机的相对寿命就意味着缩短，这时候要对拉焦炭的皮带机格外关注；还比如高炉休送风频繁的时候，就要对操作频繁的鼓风机、热风炉、煤气系统、出铁场等设备加强点检。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

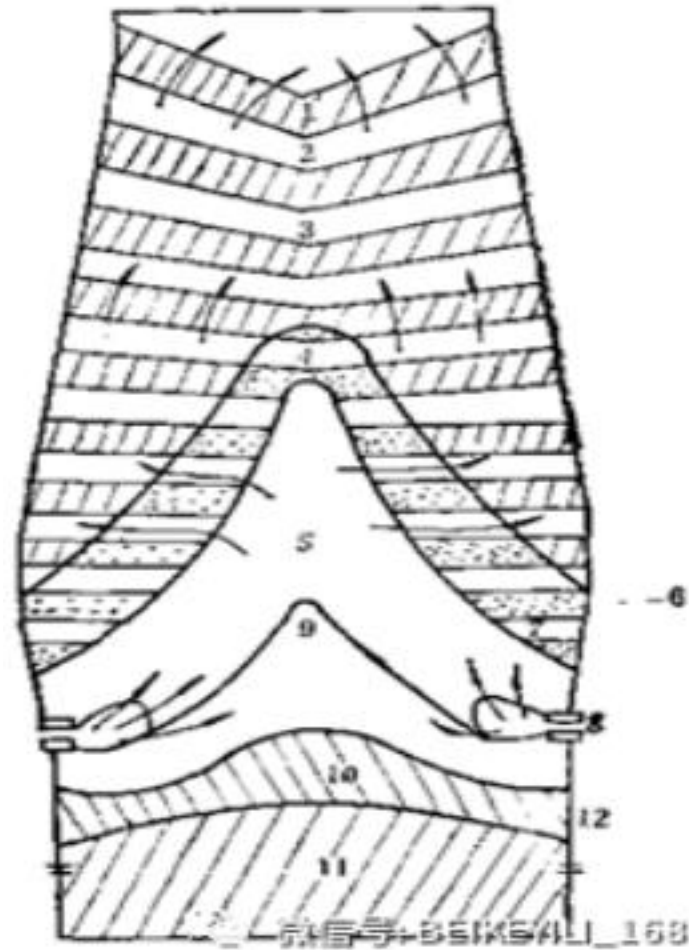
(2)设备的安全正常运转是实现安全生产的基础保障，而设备管理的关键在于责任的落实，要严格贯彻区域责任和设备联保原则，规定各种设备由所在班组负责点巡检。各种设备都明确专人负责，实行责任追究。在此基础上积极推行设备的预知管理，要求职工提高责任心，精心呵护设备；加强设备的日常点检，熟知设备运行状况；发现设备隐患及时有效排除，不留后患；出现问题必须查明原因，防微杜渐，汲取经验教训；重复性事故给予重罚，对及时发现隐患排除故障的有功人员给予重奖。

5.结语

- (1)以上是笔者对高炉炼铁的一些操作与管理观念的阐述，有待于实践中进一步见证完善。
- (2)高炉炼铁操作与管理者要做到“眼勤、嘴勤、腿勤”，理论联系实际，不断总结经验，并在实践中不断丰富和完善自己的操作与管理观念。

煤气流分布示意图

图1 高炉煤气流分布示意图



1—矿石; 2—焦炭; 3—块状带; 4—软熔带; 5—滴落带; 6—软溶层; 7—焦窗; 8—风口回旋区; 9—死料柱; 10—炉渣; 11—铁水; 12—炉缸

附件1： 怎么样调整装料制度

高炉装料制度的调整涉及因素众多，对于不同的高炉，根据炉容、炉料、炉况、设备等进行综合考虑，才能做出最佳的决策。本文给出两种典型的不良模式，以供参考。

一种是中心加焦型布料。此种布料方式中心无矿石，只有焦柱，中心加焦形成到v型软熔带，边缘气流少，软熔带根部位置低，热量损失小，高炉非常稳定，抗干扰能力强，利用系数高，对炉料质量要求一般，但是对炉料粒度波动较敏感。应用的高炉，包括武钢，沙钢，欧洲，日本，韩国等世界大部分先进高炉均采用此种模式。

另一种是平台漏斗型布料。此种布料方式中心有部分大粒度矿石，形成w型或平坦型软熔带，具有一定的边缘气流，煤气热损失较多，软熔带根部位置高，炉身寿命一般不太高，由于煤气通过边缘区域面积大，间接还原条件好，煤气利用好，燃料比低，但是高炉料柱压差，有时波动较大，影响利用系数的提高，此种模式要求入炉炉料质量好并且稳定。国内的宝钢、邯钢以及韩国、日本部分高炉采用此种改进型布料模式。

1000立方米以上高炉一般采用矿5环焦6环（或者矿6环焦7环甚至矿7环焦8环以上，恢复炉况时候矿4环焦5环或者以下），每个环位上1~5圈不等；400~1000立方米以下高炉一般采用矿4环焦5环（或者矿5环焦6环，恢复炉况时候矿3环焦4环或者以下），每个环位上1~4圈不等；400立方米以下高炉一般采用矿3环焦4环（或者矿4环焦5环，恢复炉况时候矿2环焦3环或者矿1环焦2环），每个环位上1~3圈不等。

原则上平均矿角大于平均焦角（正角差），正角差的多少随着原燃料变化和炉型不同等因素影响而变化，但是，在满足正角差的同时，大焦角大于大矿角，小焦角小于小矿角，才有利于以中心为主，是当地兼顾边缘，有利于稳顺高产和低耗。

附件1： 怎么样调整装料制度（续页1）

- 焦炭一般用**C**表示（英文焦炭**Coke**）， 矿石一般用**O**表示（英文矿石**Ore**）。
- 某600立方米高炉其布料制度为：**O**: 33② 31③ 28.5 ③ 26.5 ②； **C**: 34.5 ② 32.5 ② 30 ② 27.5 ② 24.5 ③。其煤气利用率即 $\text{CO}_2 / (\text{CO}_2 + \text{CO})$ 在45%左右，某239.2立方米高炉的煤气利用率 $11.5 / (11.5 + 28.5) = 28.75\%$ 左右。
- 布料基本有四种：**一是**处理不顺行的炉况或者恢复炉况的破坏煤气型的（平均焦角大于平均矿角且每个焦位角大于每个矿位角、强烈发展边缘煤气流型的、低冶强低煤气利用型）；**二是**半倒装兼顾两条煤气流适当疏导中心兼顾边缘型或者焦包矿型的、适中冶强适中煤气利用型（尽管大焦角大于大矿角，小焦角小于小矿角，但是平均的焦角小于平均的矿角）；**三是**以中心煤气流分布为主型的（高冶强高煤气利用型）；**四是**平坦型的（理想状态，一般实现不了）。

附件1： 怎么样调整装料制度（续页2）

各种影响布料制度的情况分析：

1.矿批的影响：一般来说，在矿批没有改变的时候，当时的炉况假如是边缘比较发展（或者说中心不太好）的情况下，扩大矿批后（角度都不变情况下），一开始因为矿焦比增厚，煤气利用会变好，但是，随着时间推移会导致边缘越来越发展，煤气利用会变坏，正确的做法应该是：伴随着扩大矿批，布料角度应该调整为适当的压边的角度（包括局部调整矿角或者焦角的圈数、局部扬矿角（局部缩焦角）、同扬矿角（同缩焦角）、单同扬矿角（单同缩焦角）等等措施），具体怎么调要据当时炉况及外围及原燃料条件而定；反之亦反。另外，既然考虑调整后煤气利用会变好，就应该适当的加重焦炭负荷（降低计算焦比），否则此料下达后【Si】升高影响顺行，调整的效果折损或者无效果，调整的目的是为了改善煤气利用降低焦比，而调整后没有加重焦炭负荷（降低计算焦比），就失去了调整的意义了。

2.炉顶压力的影响：一般来说，高炉的原燃料条件不是十分差的情况下，按照正常的高压操作即可，但是，的确差的不是一星半点的，是非常差的时候，比如小于5mm含量大于10%甚至更高时候，炉顶压力过高有两个不利情况：一是高顶压导致吹损少，粉末入炉反应的多，导致透气性变差；二是过高高顶压导致压差变小（小于正常值），从而导致边缘发展中心不易起来。不管什么情况，最终导致矿批不可扩不大（不接受）、边缘不能压（中心不好的的时候，压了边使得煤气流两头受堵，就只能崩悬料了）。所以，炉料条件好的时候，可以高压操作，否则，高压操作难以实现。

3.原燃料强度的影响：一般来说，原燃料强度高（对于1000立方米以上高炉焦炭热强度60~65%，反应性21~26%，烧结矿转鼓强度78%左右；对于1000立方米以下高炉焦炭热强度55~65%，反应性23~28%，烧结矿转鼓强度随着炉容变化在50~76%之间，炉容越小承受能力越强，全焦冶炼的比喷吹燃料的承受能力强），有利于上疏导中心煤气流分布的布料角度，反之亦反。焦炭的热强度低了高炉透气性变差影响顺行，太高了没有必要，反而价格高浪费成本；焦炭反应性高了强度难保，过分低了影响 $C+CO_2=CO$ 的反应速率，从而导致下料速度变慢。有些企业把高低不同的热强度及高低不同的反应性的不同焦炭按照不同的比例使用，使得综合的热强度及综合的反应性达到要求的范围，也能保证了炉况顺行。

附件1： 怎么样调整装料制度（续页3）

焦炭粒度、烧结矿粒度的问题：按照冶金学原理回归统计分析结论：大颗粒级的散料占到总量的65%以上时候，其孔隙度最小，原因是此时的空隙被小颗粒级的填充的最严密。在高炉生产过程中，焦炭是高炉下部唯一呈固态的物质，因此，焦炭的粒度对高炉内良好的透气性十分重要，粒度越均匀，粒度范围愈窄小，高炉内料柱透气性愈好。经验表明，焦炭矿石和烧结矿的粒度要匹配，焦炭的平均直径是矿石直径的3倍时，透气性最佳。当大高炉的矿石粒度为10~25mm，则入炉焦炭的平均粒度应为50mm左右。

高炉炼铁实践已经证明：焦炭粒度40~80mm的含量占50~60%即可。小于50%和大于60%都不利于高炉顺行。烧结矿10~16和16~25mm的总量应该在50~65%，低于50%或者高于65%都不利于高炉顺行。

焦炭热强度问题:按照昆钢2500m³高炉回归分析，焦炭反应性（CRI%）和反应后强度（CSR%）的关系为： $CSR = (105.29 - 1.45 CRI) \%$ ， $r = -0.949$ ，即：反应性CRI每降低1%，反应后强度CSR就增加1.45%；反之亦然。我国大多数高炉要求CRI<28%,CSR>60%;上海宝钢要求CRI<26%,CSR>66%;西欧国家要求CRI<25%,CSR>60%。1000立方米以下高炉CRI<28%,CSR>55%。

4. 炉型的影响：一般来说，末期炉型因为炉膛变大，相对于新建高炉来说，在同样的条件和同样的装料制度之下，边缘煤气流容易发展，所以，末期炉型更易上疏导中心为主的煤气流分布的装料制度。

5. 鼓风动能的影响：鼓风动能是一个反映下部送风制度的综合指标。不是越高越好，更不是越低越好，应该叫适宜的鼓风动能。不同炉容的高炉鼓风动能控制适宜的范围不同，详见第7页的表1。不同的鼓风动能对应的装料制度不同，一般来说，高动能的初始煤气流分布中心好于边缘，反之亦反。上部装料制度应该相对应，如果不对应的话，虽然顺行可以保证，但是效果折损了。也有一种特殊情况是：原燃料不好的时候，上部需要适当地疏导边缘煤气流，下部高动能维持中心煤气流分布。

6. 其它影响：（讲解中叙述）

附件2：为什么大中型高炉普遍采用“平台+漏斗+中心焦”或者“平台+漏斗”的模式？

相比于传统小型的高炉布料，大中型高炉在炉缸直径方面尺寸增加明显，为了能够吹透中心，需要对高炉鼓风进行强化。实际上由于死料柱的存在，风口回旋区无法达到或接近死料柱的中心区域，这就需要对死料柱的透气性和透液性有一个比较高的要求。

实际上近年来由于冶金焦的使用增加，质量不断降低，在反应后强度和反应性方面保持稳定已经是非常困难了。因此就需要料柱透气性方面，对炉内的初始煤气流分布进行引导。

通过采用中心加焦的方式，能够使得高炉料柱中心有一个煤气通道，保证高炉在炉料质量波动和设备异常的情况下，仍然能够保证高炉的炉况稳定。

中心加焦的面积占炉喉总面积的3%~8%较为适宜。

1986年在乌克兰查波罗什3号高炉率先采用大钟开孔式中心加焦方法，使煤气利用改善炉况，稳定运行增长2%，节省焦炭20公斤每吨。

1988年日本加古川2号高炉安装了锥台溜管中心加焦装置，效果也比较理想。

国内的武钢1号高炉、包钢1号高炉、湘钢2号高炉，分别在1989年、1992年和1993年采取了中心加焦的操作技术。

最近10年，大中型高炉普遍取消了中心焦，采用了“平台+漏斗”的模式，以中心煤气流为主，兼顾适当的边缘煤气流，炉况更加稳定顺行高产低耗。

附件3：矿批的选择问题

矿批的选择主要有三种主要方法：

- 一是较为合理的焦炭层厚度选择法，即：每批料的焦炭层总厚度在600mm左右的时候，比如：3.2米直径的炉喉，其矿批量= $(3.2 \div 2)^2 \times 3.14$ 平方米 \times 焦层总厚度 $h=0.6$ 米 \times 焦炭比重0.55吨/米³ \times 焦炭负荷2.5左右=矿批吨/批，可以计算出不同情况下的矿批6~10吨时候，焦层总厚度在600毫米以上。
- 二是冶强结合合适料速测算法，即：每小时下料在7~8批较为合理的话（最低也得6批/小时，否则小于6批/小时显得矿批偏大了，但是大于9批每小时就显得矿批偏小了），则也可以用冶强（风机全开时候）除以焦比得出产量，按照矿耗反算矿批。
- 三是经验法也叫同类型高炉比较对照法：与同类型高炉比较得到。

附件4：高炉装料调整要坚持的原则有哪些

高炉装料调整的原则包括以下几个方面：

气流由径向的矿焦比来决定，矿焦比大，气流弱，反之则强。需要大幅调整焦炭负荷时，最好维持矿层厚度不变而调整焦层厚度，但微调装料时应保持焦层厚度不变，调整矿层厚度。

- 保持中心透气。保持边缘一定的焦炭量。尽量保持两股气流稳定。小粒度、粉末等禁止布在炉墙附近。维持必要的炉喉和炉腰焦层厚度，适宜的炉喉焦层厚度参考值为450~650毫米，炉腰焦层厚度参考值为180~250毫米。
- 炉况顺行时候，在料线不调整的时候，为了疏导中心煤气流，可以采取调整由弱变强次序是：矿角或者焦角部分圈数、部分扬大矿角、同时扬大矿焦角、单扬大矿角；为了疏导边缘，则：矿角或者焦角部分圈数、部分缩小矿角、同缩小矿焦角、单缩小矿角。一般无特殊炉况和情况时候，尽量固定焦炭平台，同扬大或者同缩小或者调整局部的矿角、焦角，更有利于煤气流稳定顺行。

高炉炼铁操作与管理观念的探析

联系人：魏志江，男，蒙古族，1964年12月出生
河钢宣钢，教授级高级工程师，工程硕士
地址：河北省张家口市宣化区宣府大街。

谢谢聆听
请批评指正

