

项目一

填写高炉操作日志、 整理高炉生产资料



项目导入

生产数据整理是在高炉日志基础上归纳为记录及每周、旬、月、季度、半年和全年的报表。整理记录是高炉技术经济指标,操作情况和生产管理的原始记录,是最基本的生产数据管理。为便于叙述起见,整理记录的内容概况为技术经济指标、原料和燃料、炉况和操作、出铁出渣和其它诸方面,并提出计算和填写的要求,高炉工作者务必要认真填写各类记录。



学习目标

- 了解报表内各类参数的意义和填写要求。



任务描述

生产数据整理和记录直接关系到高炉理论计算的数据的来源,对高炉操作的指导意义十分重要。



相关知识

高炉生产中常用的术语有:

1. 焦比:冶炼一吨生铁所消耗的焦炭量。
2. 煤比:冶炼一吨生铁所消耗的煤量。
3. 燃料比:冶炼一吨铁所耗的燃料总量。
4. 冶炼强度:每昼夜每立方有效容积所消耗的焦炭量。
5. 利用系数:每昼夜生产的合格生铁/高炉有效容积($t/m^3 \cdot d$)。
6. 合格率:合格铁质量与规定时间内的总质量之比。
7. 休风率:高炉休风时间/规定工作时间 $\times 100\%$ 。
8. 入炉焦比:干焦耗用量(kg)/合格生铁产量(t)。
9. 焦炭负荷:矿石批重与焦炭批重之比。
10. 风口前理论燃烧温度:假定风口前焦炭和喷吹物燃烧放出的热量全部用来加热燃烧产物,这时所能达到的最高温度。
11. 送风制度:在一定冶炼条件下,保持适宜的鼓风数量,质量和风口进风状态,以达到煤气流的合理分布,炉缸工作正常,炉况稳定顺行。

12. 装料制度:对炉料装入炉内的方式方法的有关规定。
13. 热制度:高炉炉缸所具有的温度水平,它反映了高炉炉缸内热量收入与支出的平衡状态。
14. 物理热:炉缸温度可用铁水温度来表示,一般为 $1\ 350\sim 1\ 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
15. 化学热:用生铁含 Si 量来表示。
16. 装料顺序:焦炭和矿石入炉的先后次序。
17. 正同装:先矿后焦一次放入炉内。
18. 正分装:先矿一次放入炉内,后焦一次放入炉内。
19. 倒分装:先焦一次放入炉内,后矿一次放入炉内。
20. 倒同装:先焦后矿一次放入炉内。
21. “ \downarrow ”:放料入炉内一次。
22. 休风:高炉在生产过程中因检修、处理故障或其他原因,必须中断生产,停止向高炉送风。
23. 休风的分类:
 - (1) 按时间分:休风在 4 h 以下的为短期休风
休风在 4 h 以上的为长期休风
 - (2) 按性质分:计划休风、非计划休风、紧急休风
24. 料批:按照装料顺序将矿焦放入炉内的一个循环。
25. 批重:一批料的质量。
26. 悬料:炉料透气性与煤气流运动极不适应、炉料停止下降的失常现象。
27. 崩料:正常加料时,料面突然出现塌落现象。
28. 料线:从探尺零位到料面的距离。
29. 低料线:高炉用料不能及时加入炉内,致使高炉实际料线比规定料线低 0.5 m 或更低时,即为亏料线。
30. 二元碱度:CaO 与 SiO_2 的比值。
31. 三元碱度:CaO+MgO 与 SiO_2 的比值。
32. α 角:指无料钟炉顶布料溜槽上下倾动的角度。
33. β 角:指无料钟炉顶布料溜槽 360° 旋转的角度,以铁口方向为零度。
34. γ 角:指无料钟炉顶节流阀开关的角度。
35. 溜槽转速 ω :指无料钟炉顶布料溜槽每分钟旋转的圈数。
36. 定点布料:炉子截面某点发生管道或过吹时,操作时溜槽倾角和定点方位由人工手动控制。
37. 环形布料:随着溜槽倾角的改变,可将焦炭和矿石分布在距离中心不同的部位上,借以调整边缘或中心的煤气分布,又可做单、双、多环形布料。
38. 高炉炉型:高炉内工作的空间形状。
39. 工作炉型:从铁口中心线起往上直到炉喉上缘的这一段空间。
40. 设计炉型:高炉刚投产,炉墙尚未侵蚀,这时的炉型和设计形状一样。
41. 操作炉型:生产一段时间后,炉墙各部受到不同程度的侵蚀,炉型发生变化。
42. 合理炉型:满足提高冶炼强度,降低燃料比,有利于炉况顺行和有益于长寿的要求。

43. 炉龄:指高炉两次大修之间连续工作的时间,不包括计划检修及中小修时间。

44. 水份:每 100 kg 焦碳含水的百分比。



任务实施

一、记录填写要求

(1) 所有记录必须要真实、准确、及时和完整。填写的数字和文字要端正和清楚,记录要保持清洁和干净;

(2) 为保证记录中所有数值的可靠性,各项的计算需要保留小数点后有效数字的位数:

① 小数点后有效数字保留 1 位的数据有:产品数量、燃料的用量、水分、灰分、透气性、煤气中的 CO_2 和 H_2 含量等;

② 小数点后有效数字保留 2 位的数据有:生铁合格率、一级品率、熟料率、焦炭负荷、矿石平均品位、硫负荷、炉渣碱度、富氧率、休风率和全风率;

③ 小数点后有效数字保留 3 位的数据有:利用系数、冶炼强度、生铁成分和以吨为单位计算的渣铁比等。

(3) 生铁产量的核算。高炉生产报表上记录的生铁产量与高炉实际出铁量有可能不一致,原因如下:

① 铸铁时产生的损失;

② 清理铁水罐造成铁量的损失;

③ 炉前铁沟内氧化铁影响生铁产量。

(4) 报表上所列出的矿石、焦炭、熔剂和喷吹量等单位生铁消耗,应根据实际出铁量核算。

二、高炉常用表格(见附表)

(1) 高炉作业日志;

(2) 高炉核料表;

(3) 高炉烧结矿用料记录;

(4) 高炉料批更改通知单;

(5) 煤粉工业分析表;

(6) 高炉鼓风动能;

(7) 高炉理论燃烧温度计算。



目标检测

1. 高炉冶炼的主要经济指标有哪些?

2. 记录填写的注意事项有哪些?

项目二

维护高炉操作内型



项目导入

目前,高炉炼铁仍是全世界炼铁生产的主流程。2010年全世界产铁10.31亿吨,非高炉炼铁产量只有5655万吨,占生铁总产量的7%。高炉炉体是建立在高炉炉型基础上的高炉实体,从里到外依次是炉衬、冷却设备和炉壳,自上而下依次为炉顶、高炉内型、死铁层炉底与炉基,周围是钢结构框架,热风围管环绕高炉,送风支管均匀布在炉缸周围,连续为高炉送风。高炉内型合理与否对高炉冶炼过程有很大影响,合理的高炉内型是获得良好技术经济指标,保证高炉操作顺利的基础。

任务一 高炉操作内型维护



学习目标

- 了解高炉本体结构的组成与作用。
- 了解高炉冷却的结构形式、作用,会选择合适的冷却设备,掌握冷却设备破损的原因、判断方法和处理措施。
- 弄清高炉各部位炉衬的破损机理。
- 会根据炉体监控参数判断炉衬的工作状态。
- 能够提出高炉炉体的维护措施,提高高炉寿命。



任务描述

高炉内型由炉缸、炉腹、炉腰、炉身、炉喉和死铁层组成。高炉在一代炉役中,炉衬不断被侵蚀,高炉内形不断发生变化,高炉内形变化的程度和趋势与冶炼原料条件操作制度有关,与炉衬结构及冷却制度有关,高炉冶炼是长时间在高炉操作内型内进行的。维护炉型内型趋于合理,炉衬侵蚀均匀,操作内型稳定,能使炉内煤气流和燃料流运动顺利、接触良好,煤气化学能和热能利用程度高,高炉生产指标达到最佳状态,而且高炉长寿。



相关知识

一、高炉本体

高炉本体是冶炼生铁的主要设备,它是一个竖式圆筒形冶炼炉,由炉基、炉壳、炉衬、冷却设备和支柱或框架等部分组成。内衬用耐火材料砌筑,砌筑后的高炉内部形成的工作空间形状称为高炉炉型或高炉内型。

1. 炉型

现代高炉炉型由炉缸、炉腹、炉腰、炉身和炉喉等组成,在炉缸部位设有风口、铁口、渣口等设备。中小型高炉一般设两个渣口和一个铁口,大型高炉采用多个铁口出铁,不设渣口。高炉大小用“有效容积”表示。高炉有效容积是炉料在炉内实际占有的体积,由五段容积之和组成。高炉有效容积指从高炉出铁口中心线水平面到大料钟下行位置下边缘水平面(钟式布料时)或布料溜槽垂直位置底部水平面之间的容积(无料钟布料时)。

2. 高炉炉壳、炉衬及冷却设备

高炉炉壳由锅炉钢板或低合金高强度钢板焊接而成,其作用是承受载荷,强固炉体,密封炉墙,并固定冷却设备。

炉衬由耐火材料砌筑而成,其作用是构成高炉工作空间,减少高炉热损失,并保护炉壳和其他金属构件免受热应力和化学侵蚀作用。由于高炉炉体各部位炉衬的工作条件及炉衬本身的结构不相同,及各种因素对不同部位炉衬的破损作用也是有差异的,因此,各部位炉衬使用的耐火材料也有区别,应选择具有抵抗破坏能力强,且适应其工作条件的耐火材料砌筑。一般炉身上部砌筑粘土砖,炉身下部用高铝砖砌筑,高炉下部的炉腰、炉腹用高铝砖或新型耐火材料砌筑如氮化硅砖、碳化硅砖等,炉缸和炉底部用炭砖。

高炉炉体的冷却是否合理,对保护砖衬和金属构件、维护合理的炉型有决定性作用,在很大程度上决定着高炉寿命的长短,并对高炉技术经济指标也有重要影响。其主要作用是:降低炉衬温度,使砖衬保持一定的强度,维护炉型,延长寿命;形成保护性渣皮,保护炉衬;保护炉壳、支柱等金属结构,免受高温影响;有些冷却设备对部分砖衬还可以起到支撑作用。

高炉的冷却方式有强制冷却和自然冷却两种。强制冷却具有冷却强度大的优点,而自

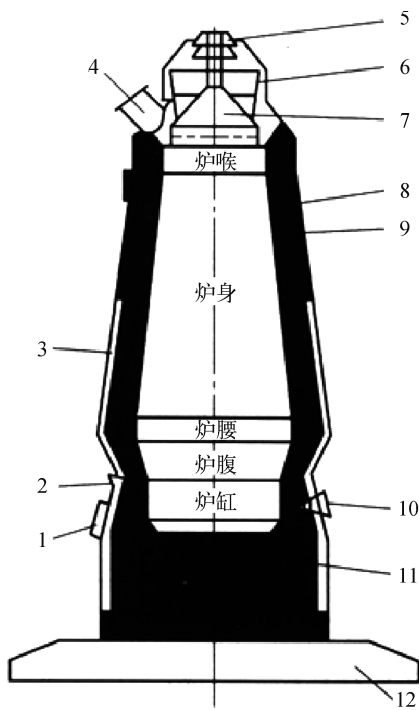


图 2-1 高炉内型结构示意图

1—铁口; 2—风口; 3—冷却器; 4—煤气导; 5—小料钟; 6—大料斗; 7—大料钟; 8—炉壳; 9—炉衬; 10—渣口; 11—炉底; 12—炉基

然冷却具有设备简单的长处,因此,小高炉常用外部喷水冷却,大中型高炉采用强制冷却。目前强制冷却有水冷、风冷和汽化冷却三种,当前风冷主要用于炉底,水冷是高炉最通用的冷却方法,汽化冷却是利用接近沸点的软化吸收设备的热量用于自身的蒸发,通过汽化潜热带走受热部件的热量。

高炉用的冷却设备有冷却水箱(扁水箱和支梁式水箱)、冷却壁(光面冷却壁和镶砖冷却壁)和冷却板三种。炉底、炉缸一般采用光面冷却壁工业水冷却;炉腹、炉腰高热负荷区域采用镶砖冷却壁和冷却板的软水冷却;炉身中下部采用支梁式水箱或带凸台的镶砖冷却壁的软水冷却。

二、高炉钢结构

高炉钢结构包括炉壳、炉体框架、炉顶框架、平台和梯子等。高炉钢结构是保证高炉正常生产的重要设施。

1. 高炉本体钢结构

高炉本体钢结构,主要是解决炉顶荷载、炉身荷载传递到炉基的方式方法,并且要解决炉壳密封等。

(1) 炉壳 炉壳是高炉的外壳,里面有冷却设备和炉衬,顶部有装料设备和煤气上升管,下部坐落在同炉基础上,是不等截面的圆筒体。

炉壳的主要作用是固定冷却设备、保证高炉砌砖的牢固性、承受炉内压力和起到炉体密封作用,有的还要承受炉顶荷载和起到冷却内衬作用(外部喷水冷却时)。因此,炉壳必须具有一定强度。

炉壳外形、炉衬和冷却设备配置要相适应。为了固定冷却设备,炉壳需要开孔。炉壳转折点和开孔应避免在同一个截面。炉缸下部转折点在铁口框以下大于 100 mm 处,炉腹转折点应在风口大套法兰边缘以上大于 100 mm 处,炉壳开口处需补焊加强板。

(2) 炉体框架 炉体框架有四根支柱组成,上至炉顶平台,下至高炉基础,与高炉中心成对称布置,在风口平台以上部分采用钢结构,有“工”字断面,也有圆形断面,圆筒内灌以混凝土。风口平台以下部分可以是钢结构,也可以采用钢筋混凝土结构。

(3) 炉缸炉身支柱、炉腰支圈和支柱座圈 炉缸支柱是用来承担炉腹或炉腰以上,经炉腰支圈传递下来的全部荷载。它的上端与炉腰支圈连接,下端则伸到高炉基座的座圈上。大中型高炉一般都是用 24 mm~40 mm 的钢板,焊成工字形断面的支柱,为了增加支柱的刚度,常加焊水平筋板。支柱向外倾斜约 6° 左右,以使炉缸周围宽敞。

支柱的数目常为风口数目的一半或 $1/3$,并且均匀地分布在炉缸周围,其位置不能影响风口、铁口、渣口的操作,其强度则应考虑到个别支柱损坏时,其他相邻支柱仍能承担全部荷载。为了防止发生炉缸烧穿时,渣铁水烧坏炉缸支柱,应从高炉基座的座圈直到铁口以上 1 m 处的支柱表面,用耐火砖衬保护。

炉身支柱的作用是支撑炉顶框架及炉顶平台上的荷载、炉身部分的平台走梯、给排水管道等。一般为 6 根,下端应与炉缸支柱相对应。在确定炉身支柱与高炉中心的距离时,要考虑到炉顶框架的柱脚位置、炉身与炉腰部分冷却设备的布置和更换。

炉腰支圈的作用是把它承托的上部均布荷载(砌砖重量及压力等)变成几个集中载荷传给炉缸支柱,同时也起着密封作用。它是由几块 30~40 mm 厚的钢板铆接式焊接而成

的。在它和上下炉壳相接处,两侧都用角钢加固,在外侧边缘也用角钢加固,以加强其刚性。

支柱座圈是为了使支柱作用于炉基上的力比较均匀,在每个支柱下面都有铸铁或型钢做成的单片垫板,并且彼此用拉杆或整环连接起来,以防止支柱在推力作用下或基础损坏时发生位移。

高炉基础是高炉下部的承重结构,它的作用是将高炉全部荷载均匀地传递到地基。高炉基础有埋在地下的基座部分和地面上的基墩部分组成。

三、高炉冷却设备

1. 冷却设备的作用

高炉冷却设备是高炉炉体结构的重要组成部分,对炉体寿命可起到如下作用:

(1) 保护炉壳 在正常生产时,高炉炉壳只能在低于 80℃ 的温度下长期工作,炉内传出的高温热量由冷却设备带走 85% 以上,只有约 15% 的热量通过炉壳散失。

(2) 对耐火材料进行冷却和支承 在高炉内耐火材料的表面工作温度高达 1 500℃ 左右,如果没有冷却设备,在很短的时间内耐火材料就会被侵蚀或磨损。通过冷却设备的冷却可提高耐火材料的抗侵蚀和抗磨损能力。冷却设备还可对高炉内衬起支承作用,增加砌体的稳定性。

(3) 维持合理的操作炉型 使耐火材料的侵蚀内型线接近操作炉型,对高炉内煤气流的合理分布、炉况的顺行起到良好的作用。

(4) 当耐火材料大部分或全部被侵蚀后,能靠冷却设备上的渣皮继续维持高炉生产。

2. 冷却介质

根据高炉不同部位的工作条件及冷却的要求,所用的冷却介质也不同,一般常用的冷却介质有:水、空气和汽水混合物,即水冷、风冷和汽化冷却。对冷却介质的要求是:有较大的热容量及导热能力;来源广、容易获得、价格低廉;介质本身不会引起冷却设备及高炉的破坏。

高炉冷却用冷却介质主要是水,很少使用空气。因为水热容量大,热导率大,便于输送,成本低廉。汽化冷却即汽—水混合物作冷却介质,冷却潜热大,用量少,可以节水节电,适于缺水干旱地区,但对热流强度大的区域(如风口),冷却效果不佳且不易检漏,故没有被大量采用。空气热容小,导热性不好,热负荷大时不宜采用,而且排风机消耗动力大,冷却费用高。以前曾采用风冷炉底,现在也被水冷炉底所代替。

3. 高炉冷却设备结构

由于高炉各部位热负荷不同,采用的冷却形式也不同。现代高炉冷却方式有外部冷却和内部冷却两种,内部冷却结构又分为冷却壁、冷却板、板壁结合冷却结构及炉底冷却。

(1) 外部喷水冷却 在炉身和炉腹部位装有环形冷却水管,水管直径 50~150 mm,水管上沿炉壳的斜上方钻有若干 5~8 mm 小孔,小孔间距 100 mm。冷却管水经小孔喷射到炉壳上进行冷却。为了防止喷溅,在炉壳上装有防溅板,防溅板与炉壳间留有 8~10 mm 缝隙,冷却水沿炉壳流下至集水槽再返回水池。外部喷水冷却装置结构简单,检修方便,造价低廉。

喷水冷却装置适用于小型高炉,对于大型高炉,只有在炉龄晚期冷却设备烧坏的情况下

使用,作为一种辅助性的冷却手段,防止炉壳变形和烧穿。宝钢1号高炉在炉缸部分无冷却器,采用外部喷水冷却,如图2-2所示,条件是必须与炭质炉衬相结合,而且要求炭砖与炉壳间的填料要捣紧,传导传热才能好,冷却效果才能高,缺点是工作环境差,并需采取安全措施,以防止发生事故。

(2) 冷却壁 冷却壁设置于炉壳与炉衬之间,它是内部铸有无缝钢管的铸铁板,有光面冷却壁和镶砖冷却壁两种,前者用于炉腹以上,后者用于炉缸炉底周围。采用冷却壁的优点是炉壳开孔少而小,不损坏炉壳钢板强度,有良好的密封性,特别是在采用高压操作的高炉上,更显出它的特殊优越性,这是冷却板所比不上的,还有冷却均匀、炉衬内壁光滑等优点,适宜于薄炉衬结构采用。缺点是冷却壁损坏后不能更换,影响冷却面积较大,故需辅以喷水冷却。

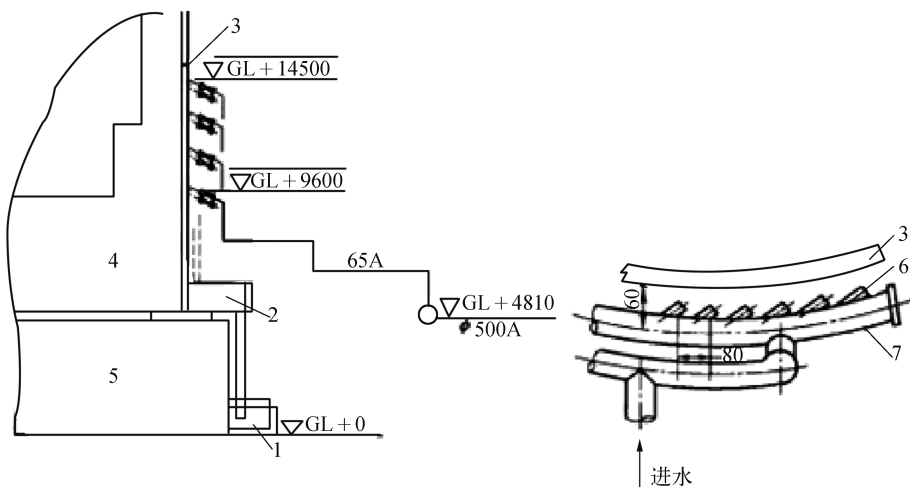


图2-2 喷水环管与喷水嘴布置

1—集水坑;2—水槽;3—炉壳;4—炭砖炉衬;5—基础混凝土;6—喷水嘴;7—喷水环管

(3) 冷却板 冷却板厚度冷却板又称扁水箱,如图2-3和2-4所示,材质有铸铜、铸钢、铸铁和钢板等。冷却板厚度为70~110mm,内部铸有 $\phi 44.5\text{mm} \times 6\text{mm}$ 无缝钢管,常用在炉腰和炉身部位,呈棋盘式布置,一般上下层间距500mm~900mm,同层间距150~300mm。炉腰部位比炉身部位要密集一些,若有炉腰支圈,扁水箱可在其上沿圆周分布,以保护托圈和炉腹(或炉腰)部位的冷却壁的上端不被烧坏。冷却板前端距炉衬设计工作表面一般距离230mm或345mm,冷却水进出管与炉壳焊接,密封性好。有的高炉采用波纹管,效果较好。

由于铜冷却板具有导热性好、铸造工艺较简单的特点,所以从18世纪末就用于高炉冷却。在一百多年的使用中,进行了不断的改进,发展为现在的六室双通道结构,如图2-3所示。它是采用隔板将冷却板腔体分隔成6个室,即把冷却板断面分成6个流体区域,并采用两个进出水通道进行冷却。此种冷却板结构的特点:

① 适用于高炉高热负荷区的冷却,采用密集式的布置形式,如宝钢1号和2号炉冷却板间距为312mm;

② 冷却板前端冷却强度大,不易产生局部沸腾现象;

- ③ 当冷却板前端损坏后可继续维持生产；
④ 双通道的冷却水量可根据高炉生产状况分别进行调整。

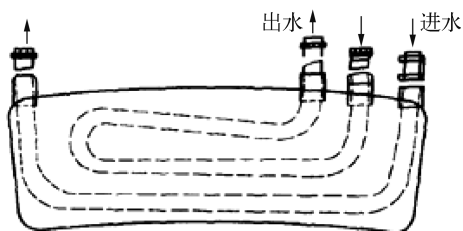
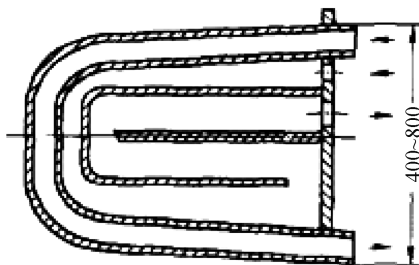


图 2-3 铸铁扁水箱



图 2-4 铜冷却板



(4) 板壁结合冷却结构 冷却板的冷却原理是通过分散的冷却元件伸进炉内(一般长度为700 mm~800 mm)来冷却周围的耐火材料,并通过耐火材料的热传导作用来冷却炉壳,从而起到延长耐火材料使用寿命和保护炉壳的作用。冷却壁的冷却原理是通过冷却壁形成一个密闭的围绕高炉炉壳内部的冷却结构,实现对耐火材料的冷却和对炉壳的直接冷却,从而起到延长耐火材料使用寿命和保护炉壳的作用。见图 2-5。

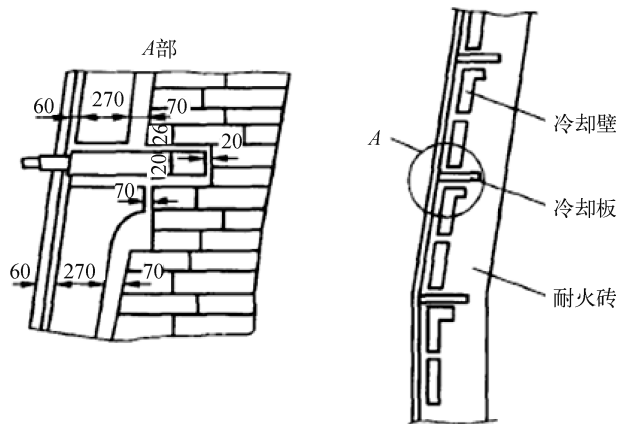


图 2-5 板壁交错布置结构

对于全部使用冷却板设备冷却的高炉,冷却板设置在风口部位以上一直到炉身中上部。炉身中上部到炉喉钢砖和风口以下采用喷水冷却或光面冷却壁冷却。全部使用冷却壁设备冷却的高炉,一般在风口以上一直到炉喉钢砖采用镶砖冷却壁,风口以下采用光面冷却壁。在实际使用中,大多数高炉根据冶炼的需要,在不同部位采用各种不同的冷却设备。近十多年来,随着炼铁技术的发展和耐火材料质量的提高,高炉寿命的薄弱环节由炉底部位的损坏转移到炉身下部的损坏。因此,为了缓解炉身下部耐火材料的损坏和保护炉壳,国内外一些高炉的炉身部位采用了冷却板和冷却壁交错布置的结构形式,这种冷却结构形式对整个炉

体冷却来说,称为板壁结合冷却结构,它起到了加强耐火材料的冷却和支托作用,又使炉壳得到了全面的保护。

在高炉炉身部位使用板壁结合冷却结构形式,是一种新型的冷却结构形式。它既实现了冷却壁对整个炉壳的覆盖冷却作用,又实现了冷却板对炉衬的深度方向的冷却,并对冷却壁上下层接缝冷却的薄弱部位起到了保护作用,因而有良好的适应性。

(5) 水冷炉底结构 大型高炉炉底直径大,单靠炉底周围冷却不能使中心热量放出,故必须进行炉底冷却。水冷炉底采用最广泛,一般是在炉底砌砖与耐热混凝土之间排列水管冷却,靠中心密些,靠边缘疏些,这主要是从冷却强度考虑的。

图 2-6 为高炉水冷炉底结构示意图,这是常见的一种水冷炉底结构形式。水冷管中心线以下埋置在炉基耐火混凝土基墩上表面中,中心线以上为碳素捣固层,水冷管为 $\phi 40 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$,炉底中心部位水冷管间距 $200 \text{ mm} \sim 300 \text{ mm}$,边缘水冷管间距为 $350 \text{ mm} \sim 500 \text{ mm}$,水冷中心管两端伸出炉壳外 $50 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm}$,炉壳开孔后加垫板加固,开孔处应避开炉壳折点 150 mm 以上。

水冷炉底结构应保证切断给水后,可排出管内积水,工作时排水口要高于水冷管水平面,保证管内充满水。

大型高炉采用高压操作时,有增加炉底密封底板的趋向。水冷管如排列在密封底板上方,炉壳开孔多,密封较难,但水冷管与炉底砖之间接触好些,冷却效果好些。水冷管如排列在密封底板下方,炉壳不开孔,密封性好,但水冷管与密封底板之间要进行压力灌浆,以改善接触提高冷却效果。

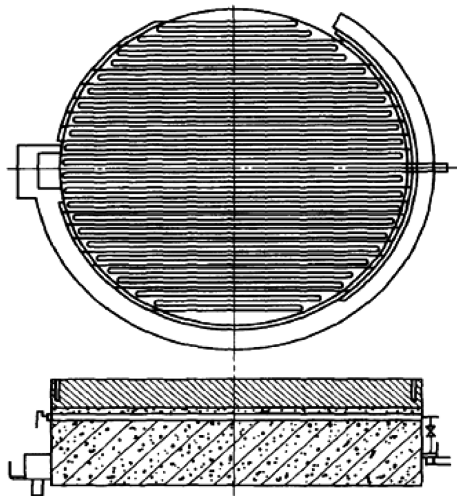


图 2-6 炉底水冷结构图

任务实施

一、高炉炉衬破损机理

按照设计炉型用耐火材料砌筑的实体称为高炉炉衬。耐火材料直接承受高温作用、化学侵蚀、炉料和煤气运动的磨损等多种因素的破坏。因此,高炉炉衬的作用在于构成高炉的工作空间,减少热损失,并保护炉壳和其他金属结构免受热应力和化学侵蚀的作用。炉缸炉底部位炉衬和其他部位冷却器破损到一定程度就需要中修或大修,停炉大修便是高炉一代寿命的终止。

1. 炉底和炉缸

(1) 炉底部位内衬破损的主要原因

① 在 $1400 \sim 1600 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 液态渣铁的高温热力作用下,由于炉底砌体温度分布不均,导致砌体开裂,特别是采用不同材质的耐火砖时,由于膨胀系数不同,更会导致砌体开裂。由于

炉缸铁水温度不同,造成铁水对流,冲刷炉底。

② 在高温下,渣铁、碱金属会对砖衬产生化学侵蚀。铁水在冷却到 $1\ 150\ ^\circ\text{C}$ 的过程中,析出石墨碳,炭砖与铁水作用可生成碳化铁,炭砖与碱金属反应生成碱性碳化物,引起体积膨胀,砖缝扩大,强度降低,损坏炭砖。炉底如采用熟土砖、高铝砖时,砌体中 SiO_2 被铁水中的碳还原成 Si,并被铁水吸收。

③ 炉料重量的 $10\%\sim 20\%$ 和液态渣铁、煤气的静压力作用。高温铁水和其他液态金属(如 Pb)在压力的作用下渗入砌砖砖缝和裂缝,铁水可以渗入很深,造成砌体上浮。

④ 铁水和炉渣在出铁时的流动对炉底产生冲刷作用。在铁口中心线以下炉底周壁越往下,受侵蚀越严重,形成大蒜头形状,这个部位是炉底最薄弱环节,与高温铁水沿炉底周壁环流流向铁口有关。

⑤ 开炉初期铁水与炉渣中氧化物、煤气中 CO_2 、 H_2O 对炭砖的氧化。

炉底也有自我保护作用,如黏土砖、高铝砖炉底在后期被侵蚀的速度会减慢。这是因为长期处在高温高压下,部分砖衬软化重新熔结,形成紫灰色熔结层,气孔率显著降低,体积密度显著提高,能抵抗铁水的渗入,同时由于炉底变薄,铁水凝固等温线会上移。

(2) 炉缸部位内衬破损的主要原因

① 炉缸下部是盛渣铁液的地方,周期地进行聚积和排出,所以渣铁的流动、炉内渣铁液面的升降,大量的煤气流等高温流体对炉衬的冲刷是主要的破坏因素,特别是渣口、铁口附近的炉衬是冲刷最厉害的部位。而且在开铁口和堵铁口时,承受开口机和泥炮的作用力,易使耐火砖松动,砖缝裂开,造成煤气泄漏。使用有水炮泥,含有水分 $13\%\sim 17\%$,水分蒸发时如系炭砖则会被氧化。另外,堵口前后温度剧变,也会造成耐火砖的剥落。特别当炉缸冻结时用氧气烧铁口,更会使炭砖氧化。喷出的高压高速煤气夹带碎焦等固体粒子,对铁口的损坏也很严重。

② 高炉炉渣偏碱性,而常用的耐火砖偏酸性,故在高温下化学性渣化,对炉缸砖衬是一个重要的破坏因素。

③ 风口带是炉内最高温度区域,炉衬经常承受 $1800\sim 2400\ ^\circ\text{C}$ 的高温作用,发生蠕变,加上碱金属、锌侵蚀和渣铁冲刷,砖衬很易损坏,砖缝增大。从热风炉来的高温高压气体,由此送入高炉,当此处砌体不稳定时,会使风口设备变形和漏风。

炉缸部位砖衬比炉底薄,故在强烈冷却条件下,可生成渣皮和由铁水中析出的并不很厚的石墨保护层。

2. 炉腹

炉腹部位内衬破损的主要原因有以下几点:

(1) 炉腹距风口最近,故此部位受着强烈的热力作用,不仅炉衬内表面温度高,而且由温度波动引起的热冲击或称热震破坏力很大。

(2) 炉腹受着料柱压力和崩料、坐料时冲击力的影响。

(3) 承受由上部落入炉缸的渣铁水和高速向上运动的高温煤气流的冲刷、化学侵蚀和氧化作用。由于炉渣中 FeO 、 MnO 以及自由 CaO 含量较高,故渣中 FeO 、 MnO 、 CaO 与炉衬中的 SiO_2 反应,产生低熔点化合物,使砖衬表面软熔,在液态渣铁和煤气流的冲刷下而脱落。

在实际生产中,往往开炉几个月后这部分炉衬便被完全侵蚀掉,增加炉衬厚度也无济于事,而是靠冷却壁上的渣皮(熔铁、熔渣、焦炭混合物)维持生产。即使炭质内衬,在开炉后

1年~1.5年也被消耗了。

3. 炉腰、炉身中下部

炉腰、炉身中下部内衬破损的主要原因有：

- (1) 高温煤气流冲刷和热冲击。
- (2) 碱金属、锌蒸气和沉积炭的侵蚀。
- (3) 初渣 FeO、MnO 侵蚀，炉腰部位比炉腹初渣中 FeO、MnO 更高。

4. 炉身上部

炉身上部部位内衬破损的主要原因有：

- (1) 炉料在下降过程中对内衬的冲击和磨损。
- (2) 带有大量粉尘高速煤气流在上升过程中的冲刷。
- (3) 碱金属、锌蒸气和沉积炭的侵蚀等。碳素沉积反应($2\text{CO} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2\text{C}$)在 400~700℃之间进行最快，炉身上部正好处于这一温度范围。炉身中下部炉墙内表面温度虽然高于 700℃，但在炉衬内部却有着碳素沉积的适当温度点。

5. 炉喉

炉喉受到炉料落下时的撞击作用，故用金属保护板加以保护，又称炉喉钢砖，一般以铸铁、铸钢件制成。

二、高炉炉体的监控

加强炉体的监控是为了了解炉况和炉体的变化情况，有了完善的监控措施才能进一步加强炉体维护，实现高炉的长寿。

1. 高炉冷却水温差的监控

冷却水温差直接反映了该冷却设备承受的热负荷状况。因此应加强各段冷却壁水温差的检查，每班至少检查一次，若超过允许范围应及时采取措施。

(1) 炉缸水温差不得大于 2~3℃，升高时必须立即减风、清洗冷却壁、提高水压力、增加冷却水量、减少冷却壁串联块数等措施。

(2) 其他部位冷却壁的水温差超过规定值时，应堵塞水温差高的冷却壁上的风口，适当加重边缘，对水温差超标的冷却壁改用新水强制冷却，以保证冷却水温差控制在允许范围内。

2. 高炉各部位温度的监控

高炉各部位的温度直接反映了炉内温度分布情况，并间接反映了内衬侵蚀的情况，其灵敏度和可靠性优于冷却水温度差。目前每座现代化高炉均设有几百个温度检测装置，并输入计算机巡回检测。

(1) 当高炉上下部测温点温度普遍上升至适宜温度上限或更高时，表明边缘煤气流旺盛，应及时增加边缘处矿石的比例，以减缓煤气流对炉墙的侵蚀和冲刷，保护炉体冷却设备。

(2) 当高炉上下部炉壳温度普遍降到适宜温度下限或更低时，说明高炉边缘煤气流减弱，炉内粘结力大于侵蚀力，高炉表现为风压高、风量小。压差逐渐升高，应及时采取上部疏松边缘的装料制度以保证炉况顺行稳定，否则将导致高炉上部结厚或成渣带结厚。

3. 高炉各部位热流强度的监控

热流强度(q)的大小是高炉冷却的依据,它能及时反映内衬、冷却壁所承受的热负荷,一旦超出范围,应采用有效的控制措施,以免炉衬严重侵蚀或炉墙结厚和结瘤。

对于国产炭砖炉缸的高炉:

(1) $q \geq 9.30 \text{ kW/m}^3$,应保持铁中 $w[\text{Ti}] = 0.08\% \sim 0.1\%$;

(2) $q \geq 11.63 \text{ kW/m}^3$,应保持铁中 $w[\text{Ti}] \geq 0.1\%$ 并补炉;

(3) $q \geq 12.79 \text{ kW/m}^3$,应停风堵塞温差高的水箱上方的风口;

(4) $q \geq 15.12 \text{ kW/m}^3$,应停风凉炉;

(5) 炉缸冷却壁(包括铁口冷却壁)的热流强度大于某个规定值时应通高压水冷却。当用高压水冷却而水温差仍超过规定时,应采取减小热流强度的措施。

4. 冷却壁的破损监控

国内冷却壁监测方法普遍采用水温差和水流量来测定,这种方法的缺点一是反映不准,二是往往出现滞后现象。为了及时而准确地掌握冷却壁的工作状况,不少高炉在冷却壁体内埋设测温元件,与相应部位的内衬温度做对比分析,可以更有效地了解冷却壁的工作状况。设有测温点的冷却壁应在铸造时留有测温孔,其直径根据测温元件而定。

三、高炉操作内型维护

1. 高炉炉体的维护

长期的高炉生产实践表明,实现高炉长寿不仅要靠合理的设计和良好的施工质量,还要在一代炉役的生产过程中进行有效的操作及维护。

(1) 实施精料技术 原燃料条件好容易使边缘气流及炉壁的热负荷得到有效的抑制,高炉更容易实现稳定顺行和长寿。改善原燃料条件的主要内容是提高矿石品位、减少入炉粉末、稳定原燃料成分、提高焦炭强度及严格控制有害元素入炉等。

(2) 制定与实施合理的操作制度

① 制定与实施合理的装料制度与送风制度,控制边缘气流。控制边缘气流是指在炉况顺行的前提下,保证炉体圆周方向和径向方向煤气流的合理分布。要改变以往开放边缘煤气流以获取高冶炼强度的旧观点。下部应采取增大鼓风动能、活跃炉缸中心的送风制度,上部应采取适当加重边缘的装料制度,降低炉衬的热负荷。

② 制定与实施合理的造渣制度。合理的造渣制度不但是冶炼合格生铁的必要条件,而且对延长高炉寿命也有着十分重要的作用。最佳的炉渣成分及碱度应当尽量减少对砖衬的侵蚀,能形成稳定的渣皮,保护炉衬,减少热负荷的波动。近年来高炉多采用铜冷却壁及薄壁炉衬结构,依靠形成渣皮来隔热和保护冷却壁。但是如果炉渣成分不合理且经常波动,则生产中经常出现渣皮脱落,从而使得高炉中下部炉墙的热负荷频繁波动,造成炉衬的热震损害,使炉衬寿命缩短。

③ 制定与实施合理的冷却制度。热流强度和热负荷是衡量高炉冷却系统及冷却设备工作状态的重要参数,也是判断炉衬状态和煤气流分布的重要依据。根据热流强度的定义可知,控制了冷却器的水温差和水流量就控制了热流强度或者热负荷。也就是说,除了控制边缘煤气流可以减少衬体热负荷以外,还可以通过调整冷却器的水流量来实现对炉体热负荷的控制。高炉内热负荷大的区域往往在高炉炉身下部到炉腹的区域,此处不仅热流强度

大,而且化学侵蚀也多,冷却壁容易破损,这是影响高炉寿命的薄弱环节。这一区域应加强冷却。

④ 制定与实施合理的出铁制度,维护好出铁口。炉缸铁口区的维护是高炉长寿的关键因素之一,正常生产时出铁口的维护主要是靠炉缸内炮泥形成的泥包来保护,所以采用合理的出铁制度非常必要。合理的出铁制度包括以下几方面内容:出净渣铁、设置合理的出铁次数、保持正常的铁口深度、采用高质量的炮泥等。

(3) 高炉的功能性检修 高炉生产过程中,特别是炉役中后期,内衬和冷却设备的维修很重要,而采取科学的炉体维护措施是延长高炉寿命的关键所在。这种炉体维修技术有别于高炉的中修和大修,它是在高炉不停产的状态下进行炉衬修补的方法。

① 炉体灌浆和硬质料压入:炉体灌浆是从高炉外通过灌浆孔灌入泥浆造衬。具体方法是:休风时在炉壳上钻孔,焊上灌浆管头,用高压泥浆泵通过管道将膏状耐火泥料压入炉内,使炉内耐火材料和耐火材料之间,耐火材料和炉内冷却器、炉壳之间被耐火泥料充填,达到封堵煤气、阻塞煤气通过间隙流动的目的。硬质料压入是指通过高压泥浆泵,把特定的耐火泥料从炉外穿过残留的炉衬压入炉内,利用炉内炉料对压入耐火泥料的挤压,使压入的耐火泥料在残留炉衬和炉料之间形成修补层,从而达到修补炉衬的目的。

② 炉内喷涂造衬:炉内喷涂造衬是指采用空气输送散状耐火料,经喷枪喷射到被需要修复的部位,并使喷涂层达到一定的厚度要求。目前,喷涂方法有普通喷涂(人在炉内)、长枪喷涂和遥控喷涂(人在炉外)三种方式。

③ 钛矿护炉:在烧结矿中配加钛精矿粉时,加入量一般以 TiO_2 入炉量为 $6\sim 8\text{ kg/t}$ 为宜。用钒钛块矿入炉时,一般用量按 TiO_2 入炉量为 $5\sim 7\text{ kg/t}$ 考虑,这时铁水中的 $\omega[\text{Ti}]$ 一般控制在 $1.0\%\sim 1.5\%$ 。此外,也可以通过风口向炉内喷吹钒钛精矿粉,还可以 10% 的比例把钒钛精矿粉加入到炮泥料中,用正常碾泥工艺碾成泥,使用量和正常时相同。

2. 高炉炉底的维护

(1) 高炉操作人员必须经常注意炉基外部情况,炉底是否清洁,炉基是否冒火,基础有无裂缝,炉底炉壳温度等,每班配管工必须检查一次,并作好记录。炉役后期和特殊情况增加检查次数。

(2) 高炉炉基温度规定不大于 $150\text{ }^\circ\text{C}$,炉底温度不大于 $400\text{ }^\circ\text{C}$,超出规定时,应加强检查,并根据情况采取措施。

(3) 炉底冷却壁的水温差不大于 $2\text{ }^\circ\text{C}$ 。

(4) 在正常情况下,通水冷却的炉底,炉底温度应低于 $400\text{ }^\circ\text{C}$,每 8 小时在高炉班报上记录一次。应经常检查水冷炉底出水温度及水量。

(5) 当炉底温度或水温差超过时,应改通高压水,增加测水温次数,作好记录。如仍降不到规定值以下,改单联。继续升高时,改常压操作,休风堵水温差高区域的风口。

(6) 当炉底温度或冷却壁水温差超过规定时,也可采取降低冶炼强度和冶炼高标号铸造铁的措施。

(7) 当炉底温度和水温差有上升趋势时,可加适量的钒钛炉料护炉。

3. 炉缸的维护

(1) 炉缸冷却壁水温差每班测量一次,炉体、炉皮情况每班检查一次,特殊情况应增加次数,并作好记录。

(2) 炉缸水温差小于 3°C 。超过 3°C 时应报告厂领导,配管应采取措施,如清洗冷却壁或增加水压、水量,以降低水温差。

(3) 当水温差经常大于 3°C 时,应认为危险,可考虑采取以下措施。

① 将过高水温差方向的风口堵死,或缩小风口直径,增加风口长度。

② 提高生铁含硅量,降低含硫量,或提高碱度,促使炉缸生成渣皮,有利于维护炉缸。适当降低高炉冶炼强度。

③ 炉缸部冷却壁由双联改为单联。

④ 适当采取加重边沿的措施。

⑤ 禁止或减少洗炉,禁止长期使用发展边沿的装料制度。

⑥ 加适量的钒钛炉料护炉。

(4) 为保护炉缸、铁口、渣口的安全,应规定炉缸的最大容铁量。

① 如当渣铁罐供应不及时,炉缸内存铁量已达到最大容铁量的 80% ,应立即减风到最低水平(即保证不灌渣的水平),并力争尽早出铁。

② 新开高炉炉缸侵蚀较少,更应严格执行以上规定。

4. 炉体上部的维护(炉腹、炉腰、炉身、炉喉)

(1) 为延长炉体上部寿命,应选择适当的装料制度,在日常操作中应做到稳定顺行,并做到以下几点:

① 禁止长期采用发展边缘的操作制度。

② 减少非计划的长期休风。

③ 禁止长期低料线作业。

④ 禁止长期烧炉作业。

⑤ 炉役中后期洗炉时不得采取过激措施。

(2) 炉役后期冷却设备大量破损,炉皮开裂,应加强检查和修补,加强打水冷却,并适当降低冷却强度和炉顶压力,有损坏的冷却板要利用休风机会更换。

5. 炉顶设备维护

(1) 炉顶温度不得超过 350°C 。因设备原因不能上料,超过规定范围时,立即减风或打水,制止炉顶温度上升,必要时休风处理。

(2) 料线不到位时,禁止强开下密下节上料。

(3) 严禁在没有查明原因,无把握情况下进行强制操作。

(4) 控制好高炉下罐装入料量。

(5) 定期检查上下密封阀是否漏气,在炉顶设备漏气严重时,经主管厂长批准休风处理。

(6) 定期检查探尺工作的准确性。

(7) 定期清扫均压管道。

(8) 除尘器积灰必须每日清理,蒸汽必须畅通,保持正压 $80\text{ KPa}\sim 100\text{ KPa}$,定期检查除尘器煤气切断阀传动部分是否灵敏可靠。

6. 炉体、炉底冷却系统的岗位维护

(1) 高炉岗位每班对软水系统检查三次,发现外漏要及时处理。

(2) 高炉岗位在检查时,要用手触摸检查系列支管,发现过凉、过热要勤放汽,使其能够

正常循环冷却,防止汽塞与滞流。如果温度过热,要测量支管温差,当温差 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 时,应倒通高压工业水降温二个班次后,恢复软水,并注意观察。

(3) 每班对炉体、炉底系统各环管的排汽阀放汽一次。要注意脱气罐自动排汽阀的工作情况,如不能自动排汽则应手动打开排汽阀进行人工排气。

(4) 软水泵站每班要对系统排放汽一次。

(5) 当高炉长时间(>4 小时)休风时,减水及处理软水系统设备故障和系列支管故障及软水温度高时,高炉岗位与软水泵站都要加强软水系统各部位的排汽工作。

(6) 软水泵站要严格按照规定加药,稳定软水水质。

(7) 软水系统监测仪表如有失常等问题,要及时修理不得拖延。

(8) 炉体炉壳喷水系统在炉役末期根据炉壳钢板过热情况开启。

(9) 炉缸炉壳喷水系统,在炉役末期根据炉缸侵蚀状况和热度开启并控制喷水流量。

(10) 炉壳喷水冷却时,要定期对喷水管嘴进行清理,防止堵塞影响喷水冷却效果。

7. 软水系统冷却壁漏水的检查判断与处理

(1) 冷却壁漏水的征兆与检查

① 每次检查炉体软水系统时,要注意各系列支管回水压力表的状况,如有压力过高或过低应引起重视。

② 软水泵站系统补水周期增快,补水量明显大于正常补水量时,泵站要检查系统管道,空冷器有无外漏。

③ 当发生炉皮串水、串汽、风口挂渣及煤气含 H_2 量增加时,以至风口、渣口各套在无损坏情况下串水、串汽时应检查相应的上部方位冷却壁有无漏水。

④ 也可以由风口串水处取样进行化验,鉴定是否软水。

(2) 判断漏水的方法 常用的有瞬时压力检查法:关闭进、出水阀门后。

① 无压降或略有升高,则不漏水。

② 压力下降较快(在正常生产时)最后回零,则为外漏。

③ 压力下降,但不回零,保持一定压力,则可能漏水。

也可以改通工业水,减水点煤气火判定。还可以用憋压水位管确定具体漏点位置。

确定漏点方位要依据串水、串汽、风口检查及壁隔温度突然局部变低的方位进行检查,先排除风渣口漏水,然后顺序按照凸台管、前排管,向两侧展开查找。

(3) 冷却壁漏水的处理

① 判断软水支管烧坏漏水后,采用改工业水减小水压,或倒通水的方法,减少向炉内漏水。控制压力与炉内相应部位静压力相同即可。

② 如果烧坏严重,不出水或喷火,则应堵死水管待休风检修时,确定具体烧坏管段,拆开堵死。其它好管联通,恢复软水冷却。

③ 通工业水的坏冷却壁水管,在休风时应关水,送风时开水,避免向炉内大量漏水。

④ 如果冷却壁漏水一时确定处理不了,补水量仍不断增多时,应适当减少总循环量,减少向炉内漏水,避免造成炉况难行。

(4) 风口各套软水系统的漏水判断及处理

① 风口漏水的判断依据:在风口软水系统补水量增加、补水次数频繁的情况下,风口漏水能从风口弯头的窥视孔见到风口前端挂渣、冒气,火焰发黄或发暗、小套与中套缝隙

串水,检查窥视阀则阀板下降。停风时关闭进出水阀门其压力表的压力下降说明风口烧坏漏水。

② 风口漏水的处理与更换:如风口烧坏漏水,应立刻改换净环水,高炉停风后进行更换。更换前,要将风口备件灌水,防止更换中过热烧坏。



知识拓展

高炉当班的生产组织

1. 接班前了解情况

- (1) 了解原燃料的槽存及理化指标,若发现不符合要求,应立即报告;
- (2) 了解高炉附属系统的工作是否正常;
- (3) 了解风口与风管工作是否正常、有无烧红部位、是否有烧穿危险;
- (4) 了解冷却壁是否有破损、冷却水温差是否有变化等。

2. 对上班操作进行分析

(1) 分析料批 按规定的料批是否达到或超过,分析前后 4 h 料批的差量。一般情况下,当跑料不足时,炉温易向热发展;反之,炉温向凉发展。

(2) 分析风温使用水平 分析风温是否在平均风温范围内。当其他条件变化不大时,若风温使用水平低于平均值,要防止炉温向凉,撤风温的幅度越大、时间越长,向凉的程度越大。

(3) 分析炉温发展趋势 如果上班炉凉,应分析其提温的情况。

(4) 分析喷煤量水平 应喷煤量超过平均水平时,炉子趋向转热,反之则转凉。

(5) 分析氧气量使用水平 当氧气量超过平均水平,料批也超过正常料批数时,应该防凉。如果料批没有增加,表明炉温向热。

(6) 分析炉渣碱度的波动 炉渣碱度对 $\omega[S]$ 以及炉渣流动性有重要影响,炉渣碱度高有利于降低 $\omega[S]$ 。

(7) 分析变料情况 上班临时加焦时,应注意焦炭下达到风口的时间,此时高炉有向热的可能。

(8) 分析渣铁是否出净 一般渣、铁出净,则下料快;反之炉子受憋,则下料慢。

(9) 分析高炉顺行情况 分析有无悬料、崩料、低料线等情况

3. 制定本班的操作方针

4. 照顾好下班

(1) 控制风压和压差 在操作制度规定的范围内,如果上班为了多跑料而维持较高(超规定)的风压,下班就需适当退守,从而影响其生产指标。

(2) 炉温应控制在适当水平 交班时如果是下限炉温,下班接班后必须控制料速提炉温,也对其生产指标有影响。

任务二 炉墙结厚结瘤处理



学习目标

- 了解炉墙结厚、炉墙结瘤的原因。
- 熟悉炉墙结厚、炉墙结瘤的征兆。
- 掌握炉墙结厚、炉墙结瘤的预防措施。
- 掌握炉墙结厚、炉墙结瘤的处理方法。



任务描述

高炉炉墙结厚是已经熔化的液相又重新凝结的结果。其结厚部位有上部结厚和下部结厚。炉墙结厚时将严重影响煤气流的合理分布,并导致炉况顺行变差。高炉结瘤是炉内已熔化的原燃料凝结在炉墙上,而且和炉墙耐火砖牢固地结合在一起,正常冶炼条件下无法消除且越积越厚,导致炉料无法正常下降,严重破坏高炉正常冶炼进程。



相关知识

一、炉墙结厚

炉墙结厚分为上部结厚和下部结厚。

炉墙结厚的原因有外因和内因两个方面。外因主要是外部冶炼条件的变化影响高炉冶炼的正常进行,内因主要是高炉操作不适应外部条件的变化。

1. 内因

(1) 经常低料线操作,炉内软熔带位置频繁波动等,造成炉身下部结厚。

(2) 冷却设备漏水处理不及时,漏水后使熔融的初渣冷凝后黏结炉墙上,造成炉墙结厚。

(3) 高炉操作制度不合理,如冶炼强度与炉料透气性不适应,造成崩料、悬料或“管道”行程;造渣制度不合理;冷却强度与冶炼强度不匹配以及其他操作失误等。

2. 外因

(1) 原料粉末多,长期边缘过重后在操作制度上没有及时调整,易造成炉身下部结厚。

(2) 原燃料含钾、钠高或粉末多,或者使用生石灰做熔剂,在炉温、渣碱度频繁波动后软熔带也频繁波动。

(3) 烧结质量差,碱度波动频繁,导致成渣带也频繁波动而发生黏结。

(4) 设备故障多,休风率高,经常低压或堵风口,堵风口时局部边缘气流不足。

上部结厚主要是由于对边缘管道行程处理不当,原燃料含钾、钠高或粉末多,低料线作业,炉内高温区上移且不稳定等因素造成的。下部结厚多是炉温、炉渣碱度大幅波动,长期边缘

气流不足,炉况长期失常,冷却强度过大,以及冷却设备漏水,长期堵风口等因素造成的。

3. 炉墙结厚的征兆

- (1) 炉况难行,经常在结厚部位出现偏尺、“管道”并易发生悬料。
- (2) 改变装料制度时不能达到预期的效果,上部结厚经常出现边缘自动加重。上部结厚时炉喉红外成像边缘(外环)温度明显低于里环温度。十字测温在结厚方向的第一点低于第二点,严重时低于第三点。
- (3) 风压和风量不对称,不接受风量,炉况应变能力很差。
- (4) 结厚部位炉墙温度、炉皮表面温度和冷却水温差均明显下降。

二、炉墙结瘤

1. 炉墙结瘤的含义

炉墙结瘤是指炉料粘附在高炉内衬上生成瘤状物。炉墙结瘤的根本原因是炉内呈熔融状态的炉料重新凝结在炉墙上并与炉墙耐火材料牢固地结合在一起,使炉墙形成局部或环形结厚现象,炉瘤按其产生的部位可分为上部瘤和下部瘤,前者,顶端可至炉身上部,而根部在炉身中、下部或炉腰;后者则主要生成在炉腰、炉腹。从截面上看,炉瘤或成环形或位于炉衬之一侧。按其化学成分可分为炭质瘤、灰质瘤、碱金属瘤和铁质瘤。炉瘤对生产危害极大,它破坏高炉的正常内型,缩小其有效容积,破坏正常高炉操作及缩短一代寿命。

2. 造成结瘤的主要原因

- (1) 矿石种类复杂、化学成分波动大,导致初渣成分波动大。
- (2) 天然矿用量大,软化温度低,钾、钠等碱金属有害元素多。
- (3) 原燃料强度差、粉末多,炉况顺行较差,经常发生低料线、崩料、悬料,长时间没有扭转,导致成渣带波动。
- (4) 造渣制度不合理,初渣中 FeO 和 CaO 含量高,稳定性很差,当炉温波动急剧升高时,FeO 快速被还原,炉渣的熔化温度急剧升高,已熔化的初渣甚至会重新凝固,黏结在炉墙上造成局部结厚或形成炉瘤。
- (5) 冷却设备长期漏水得不到彻底解决,初渣被漏水冷却后凝结在炉墙上造成局部结瘤。
- (6) 在冷却强度偏大时炉况波动后成渣带也波动而形成炉瘤。
- (7) 装料设备有缺陷,局部粉末偏多,煤气流分布失常,煤气流通过少的部位易导致炉墙结厚,沿高度某个部位结厚增加后便形成炉瘤。

3. 炉墙结瘤的征兆

- (1) 局部结瘤则结瘤部位炉身温度低,其他部位正常或偏高。红外成像测温结瘤方向温度明显低于其他方向。
- (2) 若是环状炉瘤,则各方位炉身温度普遍偏低,采用发展边缘的装料制度时作用不明显。
- (3) 炉顶压力时常出现高压尖峰,提高冶炼强度时表现尤甚。
- (4) 风压高且波动大,减风后趋于平稳但风量风压不对称,表现为不接受风量。
- (5) 探尺在结瘤部位下降慢,时有偏料、崩料、埋尺等现象发生。
- (6) 风口工作不均,结瘤部位由于煤气流通过的少,炉料加热差和间接还原少而显凉。

(7) 炉尘(瓦斯灰)量增多。

确定结瘤及其位置必须根据炉况的各种征兆综合判断,最可靠的是直接钻孔探测炉墙。

三、上部炉衬脱落

1. 上部炉衬脱落的原因

上部炉衬脱落的原因如下:

(1) 装料制度不适应炉衬状况,边缘气流发展,加剧了冷却设备大量损坏,炉衬的砌砖失去支撑作用。

(2) 炉况顺行差,时常发生崩、悬料,在崩料或坐料时因振动而发生炉衬脱落。

(3) 设计结构不合理或施工质量差。

2. 上部炉衬脱落的征兆

(1) 砖衬大量脱落后炉料的透气性突然降低,风压突然升高、风量下降。

(2) 炉身温度升高,砖衬脱落部位炉壳发红或烧坏后漏煤气。

(3) 风口前出现耐火砖,甚至出现风口被耐火砖堵住而吹不进风的现象,过一段时间后耐火砖下降后风口又恢复正常。

(4) 炉渣成分改变,碱度降低。

(5) 煤气曲线 CO 值边缘明显改变,煤气利用变差,炉况顺行变坏。



任务实施

炉墙结厚和炉墙结瘤处理

一、炉墙结厚的处理

1. 上部结厚的处理方法

(1) 当某一方向频繁出现十字测温温度第一点低于第二点时,应及时发展边缘,同时减轻焦炭负荷。尽可能改善原料条件,以保持炉况顺行,并用发展边缘的方法消除结厚。

(2) 认真检查结厚部位的水冷设备,如发现漏水应立即停止通水,外部喷水冷却。

(3) 如果冷却设备正常,结厚部位的冷却设备降低冷却强度,使水温差略高于正常水平。

2. 下部结厚的处理方法

(1) 在维持顺行的前提下,稳定送风制度,同时提高炉温,降低炉渣碱度,利用改善炉渣流动性的方法达到消除结厚的目的。

(2) 采用适当发展边缘的装料制度,相应减轻焦炭负荷,利用煤气流冲刷炉墙的结厚部位。

(3) 采用加锰矿、均热炉渣或萤石,进行化学洗炉,洗炉时除集中加净焦 2~4 批外,还要相应减轻焦炭负荷,确保[Si]在 0.75%~1.25%之间。

(4) 降低结厚部位炉体的冷却强度,但要保持水温差在适当的水平。

3. 验证处理的效果

(1) 瘤根是否被彻底清除;

- (2) 炉况是否稳定顺行；
- (3) 焦炭负荷是否有明显提升；
- (4) 高炉主要技术经济指标是否有所改善等。



案例解析

华明厂 2580 m³ 高炉,1992 年大修时炉缸采用自焙炭块—陶瓷砌体内衬结构。由于是全国首次使用,对炭块—陶瓷砌体内衬结构对高炉冶炼的影响不了解,开炉时仍然按原来的操作制度进行操作。开炉三个月以后,发现炉缸逐渐结厚,炉况顺行变差,最后达到两个铁口轮流流出铁时一个铁口打开就来渣,到后期才有少量的铁,另一个铁口打开先来铁,到后期才有少量的渣。与此同时,即使在出铁后休风,也容易发生风口涌渣和灌渣。

分析原因,结论是炉缸边缘堆积。

炉缸边缘堆积的原因:主要是炉缸采用陶瓷杯结构以后,保温性能好,渣铁的物理热提高,由于对陶瓷杯结构的冶炼特点认识不够,长时间高温操作后造成石墨炭沉积,导致炉缸炉墙结厚。

处理时采取适当降低炉温、提高铁水含硫量(铁水含硫控制在 0.03%~0.07% 的范围内),两个月后逐渐恢复到正常水平。

二、炉瘤的处理

一旦形成炉瘤以后,用洗炉的措施来消除炉瘤不仅时间长,效果差,而且经济损失也大。最好的方法就是降料线进行人工炸瘤。

1. 上部炉瘤的处理

上部炉瘤只有进行人工炸瘤,高炉休风炸瘤的程序如下:

- (1) 休风前进行炉墙钻孔,测定炉瘤的位置和大小。
- (2) 根据炉瘤的位置和大小确定加净焦的数量,净焦下达到炉瘤的根部以下时休风。
- (3) 割开炉皮打眼(直径 80 mm~150 mm),深度应超过剩余砖衬,钻进炉瘤内部,但不能钻透炉瘤。
- (4) 将炸药筒伸进钻孔内,伸进深度应超过剩余砖衬,做好安全防护措施后进行引爆。
- (5) 炸瘤顺序自下而上,先炸炉瘤根部,逐渐上移。如果是环形炉瘤,可按圆周分段,再自下而上进行炸瘤。

2. 下部炉瘤的处理

- (1) 降低炉瘤部位的冷却强度,集中加净焦洗炉。
 - (2) 降低炉渣碱度,同时采用萤石洗炉。
 - (3) 采用发展边缘的装料制度,利用煤气流冲刷炉瘤。
- 在处理炉瘤时必须补足焦炭,防止炉瘤下来后热量不够而造成大凉或发生冻结。

3. 炉墙结瘤的预防

- (1) 贯彻高炉“精料”方针,减少入炉原燃料粉末,改善原燃物理化性能及冶金性能,降

低各种碱金属含量及有害杂质入炉,降低渣铁比。

(2) 调整好高炉的基本操作制度,保证高炉稳定顺行。要防止发生管道行程、连续悬料、崩料、长期低料线作业、炉温剧烈波动等失常炉况。

(3) 加强炉顶装料设备的检查和维护,杜绝因装料设备影响造成高炉布料失常。

(4) 当炉体温度出现降低,煤气分布出现失常时,出现结厚征兆,以及长时间低料线或长期休风后应适当发展边缘,防止边缘热负荷长期过低。

(5) 装料时灰石不要加在炉墙附近。

(6) 漏水冷却器应及时处理。

(7) 尽量避免无计划停风,并注意长时间计划休风前,净焦要加够,要出净渣铁,待净焦下到炉缸再休风。送风时要根据休风期间的情况补充焦炭,保证炉温,复风过程不要拖得太长。

三、上部炉衬脱落的处理

(1) 适当减风以维持顺行,同时根据当时炉温水平和发展趋势补足焦炭,防止大凉。

(2) 调整装料制度,控制边缘气流,有休风时适当缩小风口面积并调整风口布局,同时尽量使用长风口。

(3) 在砖衬脱落处加强炉壳的外部冷却(安设打水枪),避免烧穿。

(4) 利用设备检修时间在损坏的冷却壁处安装冷却棒并进行压浆造衬。

(5) 根据生产需要可以停炉更换破损的冷却设备并进行炉衬喷补。

四、洗炉

高炉由于炉墙结厚和炉缸堆积,最终方法经常用锰矿、均热炉渣或萤石洗炉,洗炉料很容易破坏高炉砖衬(特别是萤石),不能轻易使用。禁止洗炉是延长高炉寿命的有效措施,但实际很难做到完全禁止。减少洗炉的最好办法是保持高炉稳定顺行,严防高炉结厚或炉缸堆积。

洗炉方法分为化学洗炉和物理洗炉两种方法,提高炉温降低炉渣碱度是各种方法的必备条件。

1. 物理洗炉方法

连续采用强烈发展边缘气流的方法洗炉,一般不超过3天,减轻负荷15%~20%,这种方法对风口以上部位较为有效。洗炉过程中要注意炉喉温度的变化,控制风压与风量的对应关系。净焦洗炉时连续加焦一般不超过15批,同时应伴随附加适量酸性料,这种方法主要是处理高炉下部的炉墙黏结。洗炉过程中风口易破损,注意冷却设备水温变化,当达到规定水平时要立即停止洗炉。

还要注意炉缸热流强度变化,如水温差升高,表明已经取得了洗炉效果,应有步骤地恢复到正常炉况。

2. 化学洗炉方法

化学洗炉变料时要确保炉温 $[Si] \geq 0.75\%$ 。

各种洗炉剂作用和选用标准如下:

(1) 均热炉渣是含FeO及硅酸盐的洗炉剂 主要是与这些化合物生成熔化温度较低

的、含 FeO 较高的初、终渣,清洗碱性黏结物和堆积物比较有效。

(2) 锰矿及含 Mn 的洗炉剂 主要是用 MnO 及其形成的硅酸盐来改善初终渣的性能,以清除石墨沉积等产生的堆积和碱性黏结物比较有效。由于 MnO 有一定的脱硫作用,故还可降低渣碱度,则洗炉效果更好。

(3) 萤石或含氟矿石 主要利用其形成熔化温度低,流动性好的炉渣进行洗炉。对炉身下部炉墙结厚的洗炉作用较好,但易影响生铁质量,且对消除炉缸石墨炭堆积不太理想。

3. 洗炉注意事项

(1) 洗炉都会造成炉温降低,特别是强烈发展边缘气流的洗炉方法,必须准确地减轻负荷,并可加适宜数量的焦炭,严防炉凉。

(2) 洗炉过程中风、渣口易破损,必须勤检查,发现破损应立即处理,避免往炉内漏水,并找机会及时更换。

(3) 要注意冷却设备水温变化,当超出规定水平要立即停加洗炉料,特别是炉役后期,严防炉缸烧穿。

项目小结

1. 通过《维护高炉操作内形》的学习,能够了解高炉本体结构的组成与作用、高炉内型的含义、维护高炉内型的意义;了解高炉炉壳、炉衬及冷却设备的组成、作用;能够掌握高炉内衬(炉缸、炉底、炉腹、炉喉)的破损机理;能够掌握制定合理的操作制度。

2. 通过现场实习能够进行高炉的功能性检查,能够进行高炉炉底、炉缸、炉体上部、炉顶设备的维护,能够进行炉体、炉底冷却系统的岗位维护。

3. 通过学习炉墙结厚结瘤处理,能够了解炉墙结厚、炉墙结瘤的含义、形成原因;能够了解上部炉衬脱落的原因、征兆;能够熟悉炉墙结厚、炉墙结瘤的征兆;掌握炉墙结厚、炉墙结瘤的预防措施;了解洗炉方法、洗炉剂的选用标准及洗炉注意事项。

4. 通过现场实习掌握炉墙结厚、炉墙结瘤、上部炉衬脱落的处理方法。

目标检测

1. 高炉本体由哪几部分组成?
2. 高炉炉衬的作用是什么? 分析高炉各部位炉衬的破损机理。
3. 高炉冷却有何意义?
4. 冷却壁与冷却板的特点有哪些?
5. 冷却设备如何检漏? 冷却壁漏水如何处理?
6. 高炉炉体的监控内容主要包括哪些方面?
7. 怎样对高炉炉底进行维护?
8. 怎样对高炉炉缸进行维护?
9. 怎样对高炉炉体上部进行维护?
10. 怎样对高炉炉体、炉底冷却系统进行维护?
11. 什么是炉墙结厚、炉墙结瘤?
12. 炉墙结厚形成的原因是什么?

13. 炉墙结瘤形成的原因是什么？
14. 如何处理炉墙结厚？
15. 如何处理炉墙上部结瘤、炉墙下部结瘤？
16. 洗炉时应注意什么问题？
17. 上部炉衬脱落的原因及处理？