

08 北科钢冶复试资料

1. **铁水预处理:** 铁水预处理是指铁水兑入炼钢炉之前进行的各种处理。有脱硫预处理和三脱（脱硅、磷、硫）预处理。分为普通铁水预处理和特殊铁水预处理两大类。普通铁水预处理包括：铁水脱硫、铁水脱硅和铁水脱 P。特殊铁水预处理一般是针对铁水中含有的特殊元素进行提纯精炼或资源综合利用，如铁水提钒、提铌、脱铬等预处理工艺。

铁水预处理容器的选择: 根据铁水预处理容器的选择，脱硫工艺可分为：混铁车喷吹法、铁水罐法、铁水包法。发展趋势：采用铁水包作为铁水脱硫预处理的容器。

铁水预处理(脱硫)的优越性: (1) 满足用户对超低硫、磷钢的需求，发展高附加值钢种 (2) 减轻高炉脱硫负担，放宽对硫的限制，提高产量，降低焦比； (3) 炼钢采用低硫铁水冶炼，可获得巨大的经济效益。**铁水脱硫工艺方法:** 投掷法，将脱硫剂投入铁水中脱硫；喷吹法，将脱硫剂喷入铁水中脱硫；搅拌法（KR 法），通过中空机械搅拌器向铁水内加入脱硫剂，搅拌脱硫。铁水预处理(脱硫)是提高钢材质量的最经济手段

2. **RH 精炼法:** 也称**钢液循环脱气法**，将钢液提升到一容器内处理。

主要冶炼高质量产品，如轴承钢、LF 钢、硅钢、不锈钢、齿轮钢等。国内 RH 设备主要依靠进口。**RH 工艺特点:** ①反应速度快、处理周期短，生产效率高，常与转炉配套使用。②反应效率高，钢水直接在真空室内进行反应。③可进行吹氧脱碳和二次燃烧进行热补偿，减少处理温降；④可进行喷粉脱硫，生产超低硫钢。

3. **LF 精炼法 (Ladle Furnace):** **钢包炉精炼法**是最常用的精炼方法；取代电炉还原期；解决了转炉冶炼优钢问题；具有加热及搅拌功能；脱氧、脱硫、合金化。**工艺优点:** ①精炼功能强，适宜生产超低硫、超低氧钢②具备电弧加热功能，热效率高，升温幅度大，温度控制精度高③具备搅拌和合金化功能，易于实现窄成分控制，提高产品的稳定性④采用渣钢精炼工艺，精炼成本较低；⑤设备简单，投资较少

LF 炉精炼非常适合于低硫、超低硫钢生产: 高碱度还原渣，渣量可达 25Kg/t；电弧加热，炉渣温度高；可以较强烈搅拌钢水；过程稳定，易于控制。

4. **炉外精炼:内容:** 脱氧、脱硫；去气、去除夹杂；调整钢液成分及温度。

手段: ①渣洗 最简单的精炼手段；②真空 目前应用的高质量钢的精炼手段；③搅拌 最基本的精炼手段；④喷吹 将反应剂直接加入熔体的手段；⑤调温 加热是调节温度的一项常用手段。**主要的精炼工艺:** LF (Ladle Furnace process)；AOD (Argon-oxygen decarburization process)；VOD (Vacuum oxygen decrease process)；RH (Ruhrstahl Heraeus process)；CAS-OB (Composition adjustments by sealed argon -oxygen blowing process)；喂线 (Insert thread)；钢包吹氩搅拌 (Ladle argon stirring)；喷粉 (powder injection)。

5. **钢中夹杂**：根据夹杂物来源分类（非金属夹杂）：①内生类非金属夹杂物：脱氧产物；钢-渣反应、钙处理等化学反应生成的夹杂物；二次氧化产物；钢液冷却和凝固过程生成的夹杂物。②外来类非金属夹杂物：炉渣卷入形成的夹杂物；耐火材料浸蚀形成的夹杂物。**非金属夹杂物的控制和去除**：(1) 炼钢出钢挡渣。提高挡渣效率。(2) 低碳、超低碳钢 RH 精炼效率。(3) 超低氧钢水的 LF 精炼技术。(4) 增强搅拌，促进夹杂物上浮。(5) 严格保护浇铸。(6) 防止结晶器保护渣卷入。(7) 连铸的非稳定态浇

21 世纪钢铁工业发展趋势 (1) 产品更加纯洁化

(2) 生产工艺更加高效低耗 (3) 生产过程对环境更加友好

6. **关于硫**：硫对钢铁有害 \Rightarrow “热脆”。故脱硫是高炉的重要任务。高炉中硫的来源及其分布：（硫负荷：4-8 kg/t 铁）80%的硫由焦炭带入：焦炭含硫 0.6~0.8 % (有机硫为主)；矿石(无机硫)含 S 一般<0.1%，主要以 FeS_2 、硫酸盐存在；烧结矿中 S 以 CaS 存在。

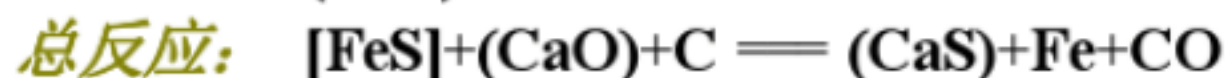
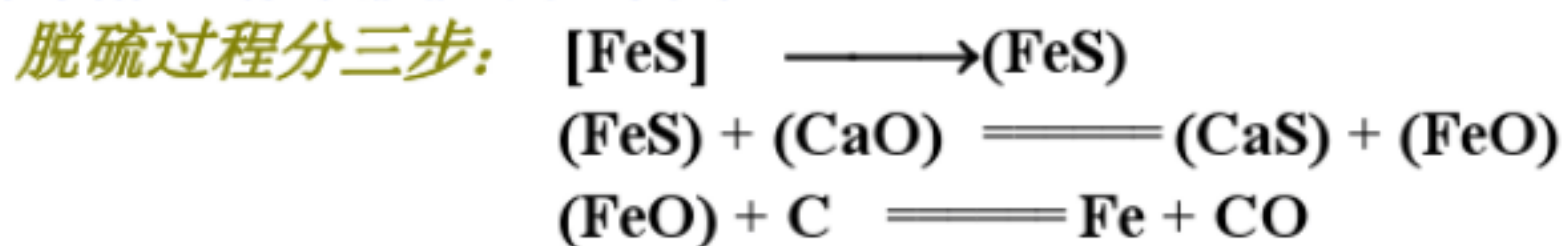
硫分配系数 L_s : $L_s = (\%S) / [\%S]$

影响生铁含[S]量的因素：

- ① 炉料带入的总硫量 $S_{\text{总}}$: $S_{\text{总}} \downarrow \Rightarrow [S] \downarrow (\downarrow S_{\text{总}}, \text{受资源限制})$
- ② 随煤气挥发的硫量 $S_{\text{挥}}$: $S_{\text{挥}} \uparrow \Rightarrow [S] \downarrow (\uparrow S_{\text{挥}}, \text{需} \uparrow T_{\text{顶}})$
- ③ 渣量 u : $u \uparrow \Rightarrow [S] \downarrow$ (但 $\uparrow u$, 焦比 \uparrow , 增加能耗)
- ④ 硫分配比 L_s : $L_s \uparrow \Rightarrow [S] \downarrow$ (降低铁水含[S]潜力之所)

降低生铁含硫量的途径：降低炉料带入的总硫量；提高煤气带走的硫量；改善炉渣脱硫性能。

高炉内炉渣脱硫反应的热力学：



影响炉渣脱硫的热力学因素：

(1) 温度 T : 脱硫为吸热反应 $\longrightarrow T \uparrow \longrightarrow K'_s \uparrow \Rightarrow L_s \uparrow$

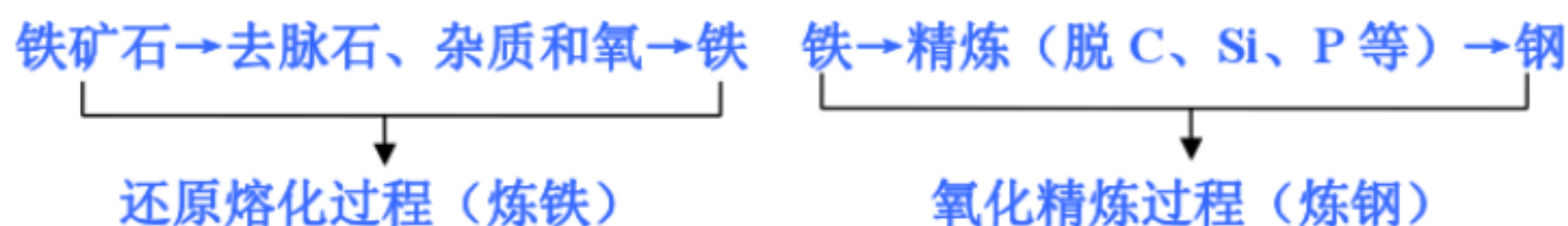
(2) 炉渣组成： $a_{(\text{O}^{2-})}$ 、 $\gamma_{(\text{S}^{2-})}$

① 炉渣碱度： $R \uparrow \Rightarrow a_{(\text{O}^{2-})} \uparrow \Rightarrow L_s \uparrow$

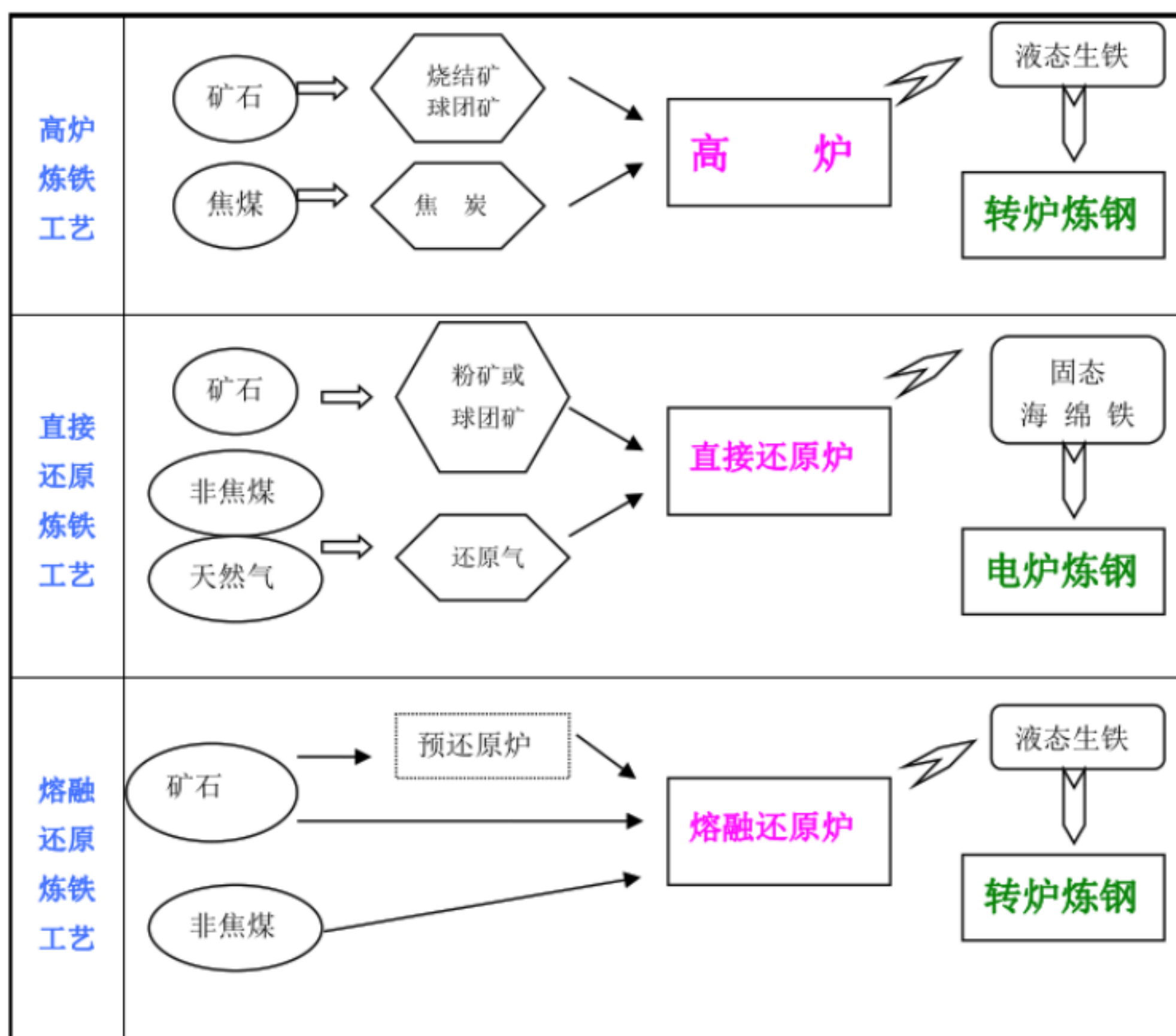
提高 (O^{2-}) 能力： $\text{CaO} > \text{MnO} > \text{MgO}$ (炼 Mn 铁高炉，渣中 (MnO) 多，故脱硫好) SiO_2 、 Al_2O_3 不提供 (O^{2-}) ，对脱硫不利！ ② 渣中与 S 结合能力强的元素多，如 CaS 、 MnS ，使 $\gamma_{(\text{S}^{2-})} \downarrow \Rightarrow L_s \uparrow$ ③ 渣量 (3) 铁水成分

7. **中间包作用:** ①储存钢液（换钢包）②分配钢液（分流）③保温，均匀成分④保护作用，减少对坯壳冲击⑤中间包冶金：挡墙、吹气、过滤及加热

8. **钢铁冶金的任务:**把铁矿石冶炼成合格的钢



三种钢铁工艺流程的概念图



9. **高炉冶炼的特点及主要过程:**

特点:①在逆流（炉料下降及煤气上升）过程中，完成复杂的物理化学反应；
 ②在投入（装料）及产出（铁、渣、煤气）之外，无法直接观察炉内反应过程；
 ③维持高炉顺行（保证煤气流合理分布及炉料均匀下降）是冶炼过程的关键。

过程:①**还原过程**实现矿石中金属元素（主要是 Fe）和氧元素的化学分离；
 ②**造渣过程**实现已还原的金属与脉石的熔融态机械分离；
 ③**传热及渣铁反应过程**实现成分及温度均合格的液态铁水。

高炉原料: ①**铁矿石**(天然块矿、人造富矿、烧结矿、球团矿)②**熔剂**(碱性熔剂—石灰、石灰石、白云石;酸性熔剂—硅石;特殊熔剂—萤石)③**其它含铁代用品**(高炉、转炉炉尘;残铁;轧钢铁皮;硫酸渣)

铁矿石的评价: ①**含 Fe 品位高**→将含 Fe 量达到理论值的 70%以上的矿石称为富矿。②**脉石少和分布合适**→矿石中除 Fe 以外的其它化合物统称为脉石;SiO₂ 要少,Al₂O₃ 要少,CaO 要多,MgO 要合适;Fe 矿物与脉石矿物的结合程度要弱,以易于进行矿物的单体分离。③**有害元素少** S、P、As、Cu→对钢铁产品性能有害;K、Na、Zn、Pb、F→对炉衬和高炉顺行有害④**有益元素合适** Mn、Cr、Ni、V、Ti、Nb、稀土元素等,其含量多时可作为复合矿石考虑综合利用;上述元素多时,高炉冶炼会出现一定的问题,要考虑冶炼的特殊性。⑤**还原性好**→矿石中与 Fe 结合的氧被还原剂(CO、H₂)夺取的难易程度称为还原性。(褐铁矿>赤铁矿>磁铁矿;人造富矿>天然铁矿;疏松结构、微气孔多的矿石还原性好)

熔剂: ①碱性熔剂—石灰、石灰石、白云石②酸性熔剂—硅石③特殊熔剂—萤石**要求:** 有效成分含量高;含 S、P 等有害元素少

焦炭三大作用: ①**热源**→在风口前燃烧,提供冶炼所需热量;②**还原剂**→本身及其氧化产物 CO 均为铁氧化物的还原剂;③**骨架和通道**→矿石高温熔化后,焦炭是唯一以固态存在的物料。(有支撑数十米料柱的骨架作用;有保障煤气自下而上畅流的通道作用)
作用③是任何固体燃料所无法替代的。冶炼 1 吨生铁约需 250~650Kg 焦炭

对焦炭的质量要求: ①含碳量高,灰分低②含硫等有害杂质要少③成分稳定。即要求化学灰分、C、S、H₂O 等稳定④挥发分含量适合⑤强度高,块度均匀。高炉必需用焦炭但应少用焦炭;高炉喷煤工艺因需而生!可置换一部分昂贵的焦炭,从而降低生铁成本。**高炉喷吹用煤粉质量要求:** ①固定 C 高,灰分低;②含 S 低;③粒度细(<200 网目占 80%以上);④煤粉可磨性好,爆炸性弱;⑤燃烧性好,反应性强。

高炉主要技术经济指标: ①**有效容积利用系数 η_v** : 每 M³ 高炉有效容积每昼夜生产的合格铁量(T/M³.d)②**焦比**: 冶炼每吨生铁所消耗的焦炭的千克数(Kg/T)③**冶炼强度**: 每 m³ 高炉有效容积每天消耗焦炭的重量。④**生铁合格率**⑤**休风率**⑥**生铁成本**⑦**高炉一代寿命(炉龄)**

高炉四大系统: ①**煤气系统**②**上料系统**③**渣铁系统**④**送风系统**

四大操作制度: ①**装料制度**②**送风制度**③**造渣制度**④**热制度**

转炉冶炼五大制度: 装料制度;供氧制度;造渣制度;温度制度;终点控制及合金化制度

铁矿粉造块的意义:①现代高炉生产对原料提出更加严格的要求(精料方针)。②天然富矿少,造块后粒度细,不适合在填充床中的冶炼。③通过造块工艺,可改善铁矿石的冶金性能。④通过造块过程,可脱除某些杂质,如:S、P、K、Na等。⑤造块过程可综合利用冶金企业产生的大量粉尘和烟尘。

烧结料层自上而下依次是: **烧结矿层**、**燃烧层即烧结层**(主要反应为燃烧反应)、**预热层**(特点是热交换剧烈,温度快速下降,主要反应为水分蒸发、结晶水及石灰石分解、矿石氧化还原及固相反应)、**干燥层**、**过湿层**(上层带入的水分由于温度低而凝结,过多的重力水使混合料小球被破坏;影响料层透气性)、**垫底料层**(为保护烧结机炉蓖子不因燃烧带下移而烧坏)

烧结矿的成矿机理:固相反应生成低熔点物质(金属、盐类、硅酸盐)为液相生成创造条件,多系液相生成(FeO-SiO_2 系、 $\text{CaO-SiO}_2\text{-FeO}$ 系、 CaO-SiO_2 系、 $\text{CaO-Fe}_2\text{O}_3$ 系),液相生成量是烧结料固结的基础,液相凝固放出能量,熔化物的冷凝成为未熔物之间的粘结剂,把烧结料粘结成多孔状的烧结体。完成烧结过程。

改善烧结料层透气性的对策:①提高料层孔隙度②合适的原料粒度③控制燃烧带宽度(配C量要合适;燃料粒度要合适;提高燃料燃性)④清除湿料层(严格控制烧结原料的水分,提高烧结料的料温)

烧结过程的传热现象:①烧结所需空气量不仅要供给燃烧过程,而且还需满足传热的需求。②由于烧结配C量不高,烧结废气率取决于传热过程,而不是燃料的燃烧过程。③烧结过程存在“**自蓄热作用**”,即随烧结矿层的下移,料层温度最高值逐渐升高。④自蓄热来源于被上层热烧结矿预热了的空气以及自上层带入的热废气的加热作用。⑤“自蓄热作用”是厚料层烧结技术的理论基础。厚料层烧结可降低能源以及提高成品率。

燃料燃烧虽然是烧结过程的主要热源,但仅靠它并不能把燃烧层温度提高到 $1300\sim 1500^\circ\text{C}$ 的水平。相当部分的热量是靠上部灼热的燃烧矿层将抽入的空气预热到足够高的温度来供给燃烧层燃料燃烧的。灼热的烧结矿层相当于一个“蓄热室”。这一作用称为烧结过程中的**自动蓄热作用**。随着烧结过程的进行,燃烧层向下移动,烧结矿层增厚,自动蓄热作用愈显著,愈到下层燃烧温度愈高。这就出现上层温度不足(一般为 1150°C 左右),液相不多,强度较低,返矿较多;而下部温度过高,液相多,过熔,强度虽高而还原性差,即上下烧结矿质量不均的现象。为改善这种状况,提出了具有不同配碳量的**双层或多层烧结的方法**。即上层含碳量应高于平均含碳量,而下层应低于平均含碳量,以保证上下层温度均匀,质量一致。

烧结生产中对“自动蓄热现象”扬长避短的技术对策:

扬长: 厚料层烧结 (基于烧结自动蓄热原理的厚料层烧结技术, 为降低固体燃料提供了可能, 也为低温烧结技术创造了有利条件。同时, 对改善烧结矿质量亦有好处。)

避短: 控制燃料在料层高度方向上的分布 (烧结过程的自动蓄热现象, 烧结料层上下部不均匀: 上部热量不足, 下部热量过剩。人为地调整燃料分布, 解决热量分布不均匀的问题, 并降低能耗: 双层布料技术、燃料分加技术、偏析布料技术)

影响烧结矿的还原性的因素: ①**烧结矿含铁品位:** (硅酸盐脉石少, 还原性↑, 受资源影响) ②**烧结矿的组成矿物** (铁橄榄石、钙铁橄榄石、磁铁矿、铁酸钙、赤铁矿, 还原性逐渐提高) ③**烧结矿的显微结构** (气孔率大、晶粒小、晶粒间的硅酸盐包裹体↓时, 还原性↑, 受原料条件、烧结矿强度条件制约)

主攻目标: 提高烧结矿碱度; 低温烧结技术。

低温烧结理论: 高碱度下生成的钙的铁酸盐 — 铁酸钙, 不仅还原性好, 而且强度也高。为了生成优质的铁酸钙矿物以改善烧结矿的还原性和强度, 需要低温烧结工艺。

生产球团矿的背景: 因对含铁品位要求高, 选矿后精矿粉粒度细, 烧结困难, 指标差; 球团矿机械强度好, 粒度均匀; 便于长期储存和长途运输, 球团矿可成为商品。高炉常用酸性氧化焙烧球团

烧结矿和球团矿固结成块的机理不同: 烧结矿是靠液相固结的, 为了保证烧结矿的强度, 要求产生一定数量的液相, 因此混合料中必须有燃料, 为烧结过程提供热源。而球团矿主要是依靠矿粉颗粒的高温再结晶固结的, 不需要产生液相, 热量由焙烧炉内的燃料燃烧提供, 混合料中不加燃料。

高炉炉料结构: 高碱度烧结矿配酸性球团矿、块矿的综合炉料 (考虑其冶金性能的互补性) ①可克服因烧结矿碱度过高难熔而单体不能滴落, 给高炉操作造成难的缺点。②可以避免酸性炉料软化温度过低, 软化区间过宽的缺点。③可以提高压差陡升温度, 并使最大压差值降低, 改善料柱透气性。④可以发挥高碱度烧结矿冶金性能优良的优越性及球团矿品位高、还原性好、强度高、粒度均匀的优点。⑤酸性球团矿在升温还原过程中形成的低熔点液相渣与呈固体状态的高碱度烧结矿会产生渣化反应, 抑制升温还原过程中低熔点液相渣的生成, 有效地改善综合炉料的高温冶金性能。

直接还原与间接还原: ①**间接还原:** 还原剂为气态的CO或H₂, 还原产物为CO₂或H₂O, 不直接消耗固体碳, 但还原剂需要过剩系数($n>1$)

②**直接还原:** 还原剂为碳素, 还原产物为CO, 直接消耗固体碳, 伴随着强烈的吸热, 但还原剂不需要过剩系数($n=1$)

在高炉中 100% 的用气体还原剂还原铁氧化物 (间接还原), 不是最经济的! 高炉最低能耗并不是在全部直接还原或全部间接还原, 而是在两者适当比例的情况下获得的。直接还原只注意到热能的利用, 而忽视了化学能的利用; 间接还原与之相反。

CO和H₂还原铁氧化物的区别或特点: ①**对CO还原,** 除Fe₃O₄—FeO为吸热反应其余均为放热反应; **对H₂还原**均为吸热反应。②**在低于810℃时,** 还原能力: CO>H₂, 反之亦反。③**对CO还原,** FeO → Fe 最难还原; **对H₂还原,** Fe₃O₄ → Fe 最难④H₂分子量小、粘度低、易扩散, 故其还原动力学条件较好。

高炉造渣过程: **目的:** 生成低熔点化合物, 与铁水分离; 完成某些物理化学反应。**炉渣的作用:** ①实现铁水与脉石分离; ②完成渣铁间的脱硫; ③调整铁水成分: 炼钢, 造碱性渣; 铸造, 造酸性渣④促进高炉顺行: ⇒ 下部透气性良好! ⑤形成“渣皮”保护高炉炉衬、护炉、洗炉。

熔化性温度: 炉渣可以自由流动时的最低温度 **真正具有实际意义!**

“液泛现象” (煤气把渣铁托住而类似粥开锅) **的危害:** ①高度弥散在渣铁间的气泡, 使煤气流阻力大大升高; ②被煤气流吹起的渣铁, 在上部较低温度区域, 有重新冷凝的危险; ③渣铁的重新冷凝, 一方面将导致料柱孔隙度降低, 煤气流动受阻。另一方面, 可造成炉墙结厚、结瘤, 破坏高炉顺行。

防止对策: 提高焦炭粒度、改善焦炭强度、降低炉渣粘度、减少渣量 $L \downarrow$ 、减小气流速度 $\omega \downarrow$ 、大力发展间接还原、提高炉渣表面张力 (表面张力小, 易起泡)

高炉强化冶炼的措施:

- ①**精料:** 高 (有用成分含量高、强度高)、稳 (物理、化学性能稳定)、熟 (采用熟料)、小 (缩小粒度)、匀 (粒度均匀)、净 (筛去粉末)。→ 改善料柱透气性
- ②**高压操作:** 高炉炉顶煤气压力 $> 50\text{KP}$ 。综合效果: 提高高炉产量、降低高炉焦比、改善生铁质量、减少炉尘吹出量。**对高炉冶炼的具体影响:** 燃烧带减小; 有利于间接还原发展和低硅生铁冶炼; 料柱阻力损失 $\Delta P \downarrow$ 有利于顺行; 大幅度减少炉尘吹出量; 降低焦比。
- ③**高风温:** 综合效果→降低焦比。**对高炉冶炼的影响:** 风口前燃烧 C 量减少; 高炉内温度场发生变化 (炉缸温度 \uparrow , 炉身上部和炉顶温度 \downarrow , 中温区 (900~1000℃) 略有扩大); 直接还原度略有升高; 炉内压损 $\Delta P \uparrow$; 有效热消耗减少; 改善生铁质量 (易于冶炼低硫、低硅生铁)

- ④ **喷吹燃料**：代替部分资源贫乏、价格昂贵的冶金焦炭。我国由于资源所限**喷煤**。扩大喷吹量是炼铁工作者的任务。**对高炉冶炼的影响**：风口前燃料燃烧的热值↓；扩大燃烧带；风口前理论燃烧温度↓；直接还原度↓；煤气阻力损失(ΔP)↑；高温区上移，炉缸温度趋于均匀；存在热滞后现象。**高炉喷煤的效果**：①降低焦比：煤粉代替焦炭；间接还原发展；炉缸热状态稳定；为接受高风温创造条件②改善生铁质量③降低生铁成本

可通过运用高风温、高压操作和富氧来作为喷吹煤粉的补偿手段

提高喷煤量：①改善原料、燃料质量，提高炉料透气性，改善高炉操作条件。②保持较高的热风温度，增加炉内热补偿③提高炉内燃烧率④优化喷煤的煤种，控制混合煤成分⑤脱湿鼓风、富氧鼓风

- ⑤ **综合鼓风**：**鼓风湿度调整**（喷煤高炉→脱湿鼓风；不喷煤高炉→加湿鼓风）、**富氧**（提高产量；提高t理；燃烧带有缩小的趋势；高温区下移，炉身、炉顶温度↓；直接还原度略有升高）

非高炉炼铁技术：

- ① **直接还原炼铁法**是指铁矿石在低于熔化温度之下还原成海绵铁的炼铁生产过程，其产品叫直接还原铁也称海绵铁。

② **熔融还原炼铁法**是在温度高于渣铁熔点的熔融状态下，用碳把铁氧化物还原成金属铁的非高炉炼铁方法，其产品是液态生铁。现在把不以焦炭为燃料，以煤炭为主要能源，使用天然富矿、人造富矿（烧结矿或球团矿）取代高炉生产液态生铁的方法都列为熔融还原法。它仅是把高炉过程在另一个不用焦炭的反应器中完成，基本不改变目前传统的钢铁生产基本原理。现阶段熔融还原法主要采用两种形式：一步法—用一个反应器完成铁矿石的高温还原及渣铁熔化分离的全过程；二步法—在第一个反应器内把含铁原料预还原，而在第二个反应器内补充还原。熔化分离和生产还原气体，以减少还原消耗的热量

两者区别：熔融还原的发展目标是代替高炉炼铁法，产品是与高炉铁水性质相似的液态生铁，仍是转炉炼钢的原料；直接还原炼铁法产品是海绵铁，代替废钢供电炉炼钢使用。

熔融还原的优点是以煤炭为主要能源，可熔化造渣而去除矿石中的脉石和杂质，故对矿石品位的要求不像直接还原那样严格，生产出来的液态生铁含有碳、硅等氧化放热元素，便于现有典型的氧气转炉炼钢使用。

电弧炉炼钢新技术：①**超高功率电弧炉**：**优点**：①缩短融化时间，提高生产率；②改善热效率，降低电耗；③大电流短电弧，热量集中，电弧稳定，对电网影响小。超高功率电弧炉只有与相关技术结合才能实现高效节能

②**炉底出钢电弧炉** ③**直流电弧炉**：电极消耗低、电压波动小和噪音小

顶底复合吹炼转炉：按吹炼目的，复吹转炉分为加强搅拌型、强化冶炼型和增加废钢用量型三类。**工艺特点**①结合了顶吹、底吹转炉的优点②反应速度快，热效率高，可实现炉内二次燃烧③吹炼后期强化熔池搅拌，使钢渣反应接近平衡④保持顶吹转炉成渣速度快和底吹转炉吹炼平稳的双重优点⑤进一步提高了熔池脱磷脱硫的冶金效果⑥冶炼低碳钢（ $C=0.01\sim0.02\%$ ），避免了钢渣过氧化。**连铸保护渣的作用：**①隔热保温，防止钢液过氧化；②吸收钢液表面的非金属夹杂物；③改善钢锭与模壁之间的传热条件，减少钢锭凝固过程中产生的热应力，有利于减少钢锭裂纹。

连铸缺陷主要有4类：连铸大大降低钢锭内部结构的不均匀性。

①**连铸坯的纯净度：**纯净度是指钢中夹杂物的含量，形态和分布。②**表面缺陷：**包括表面纵裂纹，横裂纹，网状裂纹，皮下夹渣，皮下气孔，表面凹陷等。③**内部缺陷：**包括中心偏析，中心疏松，中间裂纹，皮下裂纹，压下裂纹，夹杂等。④**形状缺陷：**包括鼓肚变形，菱形变形（脱方），圆铸坯椭圆变形等。

炼钢基本任务：脱 C、P、S、O、N、H 等；去除非金属夹杂；合金化；升温；凝固成型。

主要炼钢工艺：铁水预处理；转炉或电弧炉炼钢；炉外精炼（二次精炼）；连铸

钢液脱磷：热力学条件：①温度的影响：脱磷是强放热反应。降低反应温度将使增大，所以较低的熔池温度有利于脱磷。（**低温**）

②**炉渣碱度的影响：**因 CaO 是使降低的主要因素，增加渣中(CaO) 可以增大 γCaO ，使钢中[P] 降低。（**高碱**）

③**(FeO) 的影响：**(FeO) 对脱磷反应的影响比较复杂。在其它条件一定时，在一定限度内增加 (FeO) 将使磷在渣- 钢间的分配比 L_P 增大。（**增其活度**）

④**金属成分的影响：**金属中存在的杂质元素将对起一定的影响，通常在含磷熔铁中，增加[C]、[O]、[N]、[Si] 和[S] 等的含量可使 f_P 增大，增加[Cr] 的含量使 f_P 减小，[Mn] 和[Ni] 对 f_P 的影响不大。（**增 P 活度系数**）

⑤**渣量的影响：**增加渣量可以在 L_P 一定时使金属中[P] 降低。因为增加渣量意味着稀释 (P_2O_5) 的浓度，从而使 $4\text{CaO} \cdot P_2O_5$ 浓度也相应地降低，所以多次换渣操作是脱磷的有效措施。（**增渣量**）

动力学条件：脱磷反应是典型的钢渣界面反应，首先渣的形成速率对脱磷有关键性影响。熔渣形成后，在钢渣界面上的反应速率很快，反应的限制性环节是界面两侧的传质。研究表明，多数情况下氧的传质不是限制性环节，脱磷速率是由界面两侧磷的传质所限制。

脱碳反应的热力学条件：①增大 f_c 有利于脱碳；②增加【O】有利于脱碳；③降低 P_{CO} 有利于脱碳；④提高温度有利于脱碳

动力学条件：碳的氧化反应是一个复杂的多相反应，包括扩散、化学反应和气泡生成等等几个环节。反应物【C】和【O】向反应区的扩散为脱碳的限制性环节。【C】高【O】低时，【O】的扩散为限制性环节；反之类似。吹炼**初期**熔池温度低，硅和锰首先迅速的氧化，硅的氧化抑制了脱碳反应的进行；吹炼**中期**，脱碳速度几乎为定值；吹炼**后期**，随金属中含碳量的减少，脱碳速度降低。