

• 地方工业大跃进丛书 •

小高炉冶炼基础知识



一、高爐冶煉的物理、化學原理

從下面的方程式說起：

鐵礦石 + 焦炭 + 石灰石 + 鼓風(空氣) = 生鐵 + 高爐爐渣 + 高爐煤氣

1、鐵礦石：是鐵的氧化物為主要成分並含有其他雜質的礦物。鐵礦石按其種類可分為赤鐵礦、磁鐵礦、褐鐵礦、菱鐵礦等。赤鐵礦是以三氧化二鐵為主成分，磁鐵礦是以四氧化三鐵為主成分，褐鐵礦是含水的氧化鐵礦，菱鐵礦則是以碳酸鐵為主。上述礦石按含鐵成分的高低可分為富礦(含鐵不低於45—50%)和貧礦(含鐵低於40%)。根據礦石在高爐內反應的難易程度、其結構和多孔性，可分為還原性良好(如褐鐵礦、赤鐵礦、菱鐵礦)及還原性不良(如磁鐵礦)的兩種。我省多產磁鐵礦，因此還原性一般是不好的，對此應作好精神準備，採取必要的預備處理辦法，如焙燒等措施改進其還原性。

2、焦炭是高爐冶煉的主要燃料和還原劑。除焦炭之外也可採用其他燃料如木炭、無煙煤等，須視地區條件而定。對焦炭的質量要求，主要是在於含有較高的固定碳和較少的揮發分(不大於3%)和硫(不大於1%，灰分可限制到一定程度，譬如18%以下，愈低愈好)；物理強度良好，並且具有良好的氣孔度(40%以上)，粒度也應保持均勻和一定的尺寸，希望裝爐的焦炭粒度不小於30公厘，土法焦炭目前我省的焦炭生產多數是土法焦炭的條件下，可以基本滿足小型高爐前冶煉工業對焦炭的

急需；建議廣泛利用代用燃料——无烟煤、木炭等，並進行相應的試驗研究工作。總之，鉄礦石必須與焦炭等相熔煉才可能取得生鉄。

3、熔劑(石灰)的作用使礦石中脉石、焦炭的灰分等變成低熔點的液體(爐渣)，以便與鉄水分離。為此，一般多採用造渣效果大、價格低廉的石灰石。也有的地方喜歡使用部分白云石。對這類材料的基本要求是含有效成分(氧化鈣、氧化鎂)愈高愈好，石灰石的氧化鈣含量應不低於50%，而二氧化矽的含量應小於3%，白云石也應選擇純淨的為善，以利節省用量，節省燃料。另外對於小高爐所用石灰石的選擇，應盡量就近取材。

4、鼓風——空氣高爐每煉生鉄1噸約需空氣3,500—4,000立方公尺。小高爐有效容積每立方公尺每分需鼓風量約3立方公尺。這些空氣是通過鼓風機，使具有一定的壓力，這種壓力要足以抵抗爐料的阻力。一般小高爐所選用的葉氏、羅氏鼓風機的風壓都在2.5—3.5公尺水柱，即具有0.25—0.35公斤的壓力。符合這樣壓力的鼓風是適合於小高爐的要求的。例如一座8 M 高爐選用25 M³/分的鼓風機。

為了使高爐的爐況良好，鉄水質量符合要求，近代高爐都採用熱風操作。熱風的溫度在500—650°C，大高爐的熱風可高達1,000°C左右。由於採用熱風的結果，使燃料消耗率也大大降低了。

5、生鉄：是高爐冶煉的主要產品。根據高爐內的物理、化學反應，充分利用上述原料、燃料、熔劑和空氣的反應，產生了熱能和化學能，而得到生鉄、爐渣和高爐煤氣。

生鉄按化學成分(主要是含矽量)可分為鑄造生鉄、煉鋼生鉄。煉鋼生鉄又分為平爐生鉄、轉爐生鉄等。分別供應鑄造和煉鋼之用。

生鐵是純鐵中含有碳、硅、錳、磷、硫等雜質的產物。碳是由焦炭中吸收的，磷、錳是由礦石中移入的，硅則是由礦石和爐渣中吸收的，而硫主要是由礦石和焦炭中吸收的。

6、爐渣：根據礦石品位和造渣的成分，爐渣可分為酸性和鹼性兩大類。酸性渣含二氧化硅的成分較多（氧化鈣+氧化鎂），而鹼性渣則反。酸性渣熔點較低，而鹼性渣則較高，但鹼性渣有一定的除硫效果，因此對於含硫量較高的爐料，希望採用鹼性渣。另外，對於貧礦則因含酸性脈石過多，在小高爐冶煉中常採用酸性爐渣作業較為合適。

7、高爐煤氣：高爐冶煉的另一種副產物就是高爐煤氣，是以一氧化碳、甲烷等為主要可燃成分的，每M³的發熱量為900—1,000大卡，可供熱風爐及生產鍋爐作為燃料，經過高度淨化的煤氣，還可供給內燃機作燃料。

從最初的方程式可以知道，雖然在量的方面有某些變動，但是，只要將鐵礦石、焦炭、石灰石和空氣等裝進高爐里去，則它一定會生產出生鐵、爐渣和高爐煤氣。

從量的平衡關係看：每生產1噸生鐵，約需鐵礦石2噸（平均品位50%），焦炭1噸，空氣3,500—4,000立方公尺，石灰石0.5噸左右；而產生的爐渣約1噸，煤氣約4,000立方公尺。這就是一般的基礎數據。大概每生產1噸生鐵所消耗的礦石、焦炭和石灰石等原材料的總重約為3.5—4.5噸。

二、設備概要及施工要點

1、高爐——是煉鐵生產的主要設備。將鐵礦石和焦炭、石灰石裝爐，並進行鼓風，通過物理的和化學的反應之後，可以生產出所要的生鐵，並副產高爐爐渣和高爐煤氣。

高爐是以耐火材料和金屬材料砌築的堅爐，有風口、鐵口、渣口和爐頂裝料設備等，並有冷卻設備。築爐可採用簡易的代

用材料，多用磚石，少用鋼材，以便多快好省地建設高爐。這方面國內各地已有許多先進經驗，可供我們學習。

2、熱風爐——是產生熱風的主要設備。小高爐通常採用管式熱風爐，即利用熱交換的原理，使冷的鼓風通過熱風爐變成鼓風進入高爐，以促進高爐內的反應鑄鐵。熱風管的傳熱面積一般按高爐有效容積每立方公尺採用4—5平方公尺的傳熱面積設計。風溫保持在500—650°C，不可過高，以免燒壞加熱風管。熱風爐的砌築應堅固防裂，並防止漏風。

3、除塵器——是使煤氣淨化的裝置。一般採用重力除塵，即採用一個具有一定容積的圓筒形砌築物或用鐵板焊制。使導入的煤氣經過減速後分離其中的灰塵即可。通過除塵器的煤氣可供作熱風爐的燃料和鍋爐的燃料。

4、鼓風機——是向高爐鼓風的主要設備。鼓風機一般採用葉氏和羅氏兩種，適用於小高爐鼓風。選擇風量可按高爐有效容積每 M^3 採用3—4 M^3 的風量為標準。風壓則選用0.25—0.35公斤的。

較大的高爐則採用透平式鼓風機，因製造繁雜，一般小高爐是避免採用的。但100 M^3 以上的高爐則必須採用它。

5、水泵——是為向高爐的冷卻系統（風咀、爐缸、爐腹等）送水的主要設備。水源可採用河水、井水，視條件而定，水量按高爐有效容積每 M^3 每小時用水約2噸即可。水泵的揚程採用20公尺左右，一般二段離心式水泵即可適用。

6、動力設備——小高爐的動力最好採用電力。沒有電力的地方可採用蒸汽動力，如蒸汽機、鍋駝機等，其鍋爐的燃料可利用高爐煤氣，蒸汽動力功率的確定可根據鼓風機和水泵動力的總和而定，一般水泵可利用帶鼓風機的蒸汽機帶動。

7、蒸汽設備——高爐生產應備有蒸汽設備為宜。這是保證高爐生產的安全和一部分動力設備（水泵、泥炮等）所需要的。

如果只为在休風時防止煤氣爆炸的目的，所採用的鍋爐可就地自制一個小型的簡易鍋爐即可。

以上就是高爐生產的設備概要情況，以下就建爐方面談談對有關問題的看法。

首先，關於爐子大小及設備先進與否的看法：根據黨的建設社會主義總路線的精神，在目前應該多建一些小高爐。其理由是：

(1) 小高爐建設速度快，投資較少，技術掌握及設備、材料容易解決，生產可以積少成多，能夠儘快地解決當前鋼鐵的迫切需要。

(2) 小高爐的生產經濟技術指標在某些方面並不次於大高爐（如有效容積利用系數、產品質量、成本等）。

(3) 小高爐在利用貧礦、土焦、小礦和低級的耐火材料等方面，較大高爐方便。

(4) 小高爐本身結構從使用鋼材的多少來分析，還可分為全鋼殼，半鋼殼及全磚殼的爐子。或按機械化程度來分，可分成高度機械化、半機械化及手工操作等方式。這些只能表明高爐的機械化程度如何，並不直接決定其產量和壽命。實際上高爐生產率的高低主要是決定於其他操作和原材料因素的。因此，在目前情況下，寧肯多建一些構造簡單，機械化程度較低，或者儘量採用手工操作的爐子，這是符合多快好省的要求的。

(5) 從高爐的壽命長短來看，如果高爐壽命是指從開爐到大修為止這一代的壽命，那末，小高爐無論其結構如何，結果其大修的壽命是相差無多的。因為只要所用的耐火磚相同，則其壽命也將是相同的。這倒不與爐殼結構和機械化程度高低發生直接關係。因此，認為全鋼殼的爐子，機械化程度高的爐子壽命較長，而半鋼殼或磚殼的爐子，機械化程度低的爐子壽命較短的看法也是不夠正確的。

(6)根据普及与提高相结合、大中小相结合、土洋结合的方針,我認为必須根据本地的資源、技術、材料和投資力量等条件的不同,尽量先从小型爐子着手,爭取早日出鉄;并積極創造条件,積累經驗,为建設較大型的和較先进的爐子提供充分的条件,这样是較正确的發展道路,也是符合总路綫精神的做法。

其次,談談建爐工程的准备和施工的要点。

(一)施工前应做好施工准备工作,包括:

1、施工总負責人對全部工程的总体結構及分析,要作一次全面的系統的檢查和了解,并熟悉使用材料应具备的規格及性能。

2、施工前,要求各部工程負責人集中地對所有施工圖紙結合地区情况进行一次詳細分析研究和討論,其目的在于:

①使施工主要負責人預先对工程心中有数,以便主动掌握,一般地做到發現問題,及早解決問題。

②在工程地質資料不完整的情况下,適当地解决面臨的基礎施工等問題。

③对工程进度、材料供应、劳动力調配等,作出綜合的組織安排,以保證工程的順利进行。

④除在施工中組織一定机构,进行全面的質量檢查外,对下列工程項目应指定專人負責檢查(檢查人員事前应熟悉檢查方法,質量要求,并作出結果記錄):

一、高爐基礎,

二、高爐砌磚,

三、支柱与托圈,

四、裝料設備,

五、冷却設備(水箱等)的水压試驗等。

(二)高 爐 工 程

1、爐缸、爐腹部分非常重要，它的質量好壞直接影響高爐一代壽命之長短。對所用材料應嚴格要求，鋼板焊接質量，耐火磚規格質量耐火度等，應按規定檢查。耐火磚在使用前，最好先行烘烤至 $300-400^{\circ}\text{C}$ 而後緩緩冷卻下來再用，以除去內部水分。

2、爐腰、爐身部分的砌築質量可稍放寬。

3、砌磚規格要求：爐腰以下磚縫為 0.5 公厘，上部可放寬至 $1-2$ 公厘，耐火磚的規格應正確，且須棱角齊全，泥漿的成分應保持與所用火磚的成分相同。泥漿的配合比一般按生粘土：熟粘土 = $25:75$ 。

4、磚體與鋼壳間的膨脹縫要用充填料填實，充分搗固。

5、在風口、鐵口、渣口附近 $300-400$ 公厘周圍，不留膨脹縫，所有探測孔周圍也不留膨脹縫。

6、一切砌磚工程中，上下層磚的砌縫應使錯開，不得重合。

7、在砌磚磚縫中，泥漿必須飽滿，不可有空虛現象。

8、冷卻設備：下部爐壳外面淋水冷卻，必須使冷卻均勻。

對風口、渣口套應試驗水壓，壓力應保證 $6-8$ 公斤。安裝冷卻水套時，應保證嚴密，不得留有空隙，以免爐渣灌入。

(三)熱 風 爐

1、管式熱風爐砌磚工程應保證質量，紅磚與耐火磚之間的膨脹間隙應放滿填充料，一般採用碎爐渣或耐火磚碎粉即可。

2、熱風爐的外牆應保持緊固，最好用槽鋼拉緊，以免裂紋。

3、熱風加熱管的安裝應保證嚴密不漏，管子插頭處應填充很好的鐵銹填充料，使用前清淨油氣，並且要粉碎到 $60-80$ 篩孔以下。用澆水或氯化銨等調合使用。最後應保持乾燥發銹 $4-1$

5天再行使用,以免漏風。

(四)裝料設備

大小料鐘應作平衡試驗。料斗安裝應要求水平。大鐘蓋與料斗中心綫及高爐中心綫應重合。大小料斗與鐘蓋要求密合,其加工精密程度應保證在加水0.5公尺深時無綫流現象為合格。

(五)其他

1、對支柱托圈幾何外形要求完整,支柱頂板面與中心綫成垂直。6根支柱必須等高,支柱、托圈安裝應嚴格要求作到6等分,並應使接合面密合。

2、高爐砌磚工程進行中,應注意確定高爐中心綫,其位置應垂直於地面,並通過托圈平面中心綫相重合(應採用2—3吋鉄管調直後,固定豎立於中心綫位置,每班必須校對兩次,全部高爐內型以中心綫為標準,半徑誤差不超過3公厘,中心綫上下誤差不大於6公厘)。

三、高爐操作要點

高爐操作的基本任務是:

(1)獲得最高的產量,達到最高的設備利用率,即達到最低的有效容積利用系數。

(2)獲得最經濟的燃料消耗率,達到最低的焦比。

(3)尽可能延長高爐壽命,達到最高的作業率。

只有在高爐爐況平穩、順行的情況下,才能滿足上述基本任務的要求。因之,高爐操作人員的首要任務是保證高爐爐況穩定和順利,而高爐爐況的穩定和順利,主要決定於高爐熱制度的均衡穩定與煤氣流的正常和穩定。一般高爐波動的原因是:

①原材料成分不穩定,

②爐頂布料不均衡，

③原料稱量不準確等。

高爐工作者的任務，在於及時判斷爐況波動的方向，採取有效措施，糾正高爐行程，保持高爐經常的均衡穩定。高爐操作的主要內容，按生產系統可以分為：

①原料系統（包括礦石、焦炭、石灰石的破碎分級，以及稱量等作業）；

②冷、熱風系統（包括鼓風機、熱風爐與整個送風制度方面）；

③冷卻系統（包括水源、水泵、供水、排水。冷卻水的用量和水溫的調節管理）；

④煤氣系統（包括除塵器管理、熱風爐煤氣燃燒設備的管理和清掃等）；

⑤裝料系統或卷揚系統（包括人力絞車、機械卷揚、爐頂設備的管理等）；

⑥爐前操作——出鐵、出渣，以及鉄錠和爐渣的整理與處理等。以及風溫、風壓，煤氣溫度、壓力及水溫水压等的測量。

只有上述各項操作密切配合，不發生重大缺陷時，才能保證高爐操作的基本順利。但這些操作又是極為複雜的和錯綜的。為此，必須從管理上予以充分的重視與嚴密的組織領導，方可期待高爐作業的基本順利。

判斷高爐的行程（爐況）主要是依靠爐前工的密切注意，根據出鐵、出渣和風口的觀察，可以概略地判斷出來。這些判斷主要是根據每座高爐的特性和爐前工的豐富經驗。因此，高爐工長的責任就是密切注意上述各方面的變化情況，及時發現問題，採取相應的措施，糾正爐況，使它不致形成嚴重事故，保證高爐生產的順利進行。

由於高爐在作業期間各部的形狀變化，使用原料及配料的

变动，爐內裝料分布的不良，鼓風温度和压力的变化等原因，致使高爐本身或其附屬的熱風爐、鼓風機、卷揚設備和裝料設備發生故障，或引起作業上的障礙。茲將高爐作業中主要的事故及其處理概要簡述如下：

(1) 風阻燒壞漏水

風阻水套由於爐內熔渣的燒蝕而致破損漏水。漏水進入爐內引起熱量的耗損，有時會引起風阻前面的局部爆炸。處理方法：應迅速休風，換上新的風阻。另在其他冷卻水箱部分有時也發生同樣的事故，因而造成同樣的結果，處理方法相同。

(2) 懸料和結瘤

高爐作業進行中發現爐料下降遲緩，或經過數小時而不見下降，並且在爐頂也不見煤氣上升，鼓（熱）風壓力顯著升高，此種現象就是爐內懸料的證明。常常伴隨懸料而產生結瘤現象。

產生懸料的主要原因是：當爐冷的情況下，使在熔融帶附近的半熔融物質互相粘結而造成的；或在爐內過熱的情況下，在還原帶產生了大量石墨，而使爐料的空隙被堵塞，致影響其順利下降所致。

處理懸料的方法，如果是由於爐冷而引起的，則應減少礦石的比重，增減熔劑的數量，增減鼓風溫度及風量等，以期恢復正常的爐況。如果是由於石墨的堆積而引起的懸料時，則應通過調節風量及風溫來糾正。如果在日常生產中經常發生懸料現象，則須增減石灰石的數量，使其所產生的二氧化碳氣與石墨化合而令其氣化，達到恢復爐況。

(3) 崩料

當爐內懸料時間過長，則其下部的爐料漸漸下降而在爐內造成空洞，因而引起懸料的崩落，以充填空洞。這種現象即是崩料。由於崩料使爐內的爐料同時塌陷數公尺，使煤氣的上升發生動搖，爐頂煤氣溫度也驟然升高，致使煤氣在爐頂爆發，或產

生着火現象，嚴重時会引起爐頂設備的毀壞。

崩料現象根據懸料的性質有時會自然崩落，有時經過數小時或數十小時尚不崩落，或者有時懸料與崩料反復地發生。對此則應實行降低風壓或休風的方法使之恢復正常。在這種情況下会引起爐缸過冷或作業情況的不良。故應採取相應的措施，保持爐況的迅速正常。

(4) 偏料

高爐爐料的某一側方急速下降的現象叫做偏料。這是由於爐料的分布不均，煤氣上升不均，爐內壁面磨損的不均勻等原因，致使熔融帶的變化不正常而引起的。偏料現象持續時間過長，会引起爐缸的全部冷卻而造成嚴重的爐況失常。

採取的措施應當是減低風量，提高風溫，在產生偏料方位的風阻加鑲套圈，縮小這個風阻的口徑；或用火泥將風阻封閉，在爐料下降過快的位置多加焦炭，保持此處爐料面的均等。當這些措施尚不足時，則須使用備用風阻鼓風，使爐內熱度升高，恢復爐況的正常。

(5) 爐內冷柱或空洞的產生

當送風壓力不足，送風分布不均，爐料不良或分布不均時，則在高爐內部造成不溶解的柱狀部分，叫做冷柱。或在高爐的中心產生空洞，使高爐的作業狀態陷於不正常。糾正這種現象的方法，是應適當地增減送風壓力，並適當地調節風阻的口徑及其向爐內的突出量，以及調正爐料的裝爐制度等。

(6) 爐缸過冷

上述各種事故發展的結果，即會造成爐缸的冷卻。因而引起打不開鐵口、渣口等事故，並使爐渣堆至風阻平面，甚至使風阻堵塞不能鼓風（這時必須使用備用風口鼓風），採取的措施是：減低風量，提高風溫，使爐渣或鐵水由正常風口放出或鑿破爐壁放出。在爐頂裝料，則應採取只加空焦，或降低礫石負荷，隨著

这些爐料的下降使爐內產生高热，逐漸傳至下部，最后恢复爐况的正常。

綜上所举的高爐事故，就是影响高爐順利进行生產的主要障碍。为了做到杜絕事故或少出事故，必須在日常作業中加强調節，以期防止事故的發生和發展。高爐作業的調節方法可分为上部調節与下部調節兩部分：

上部調節(亦即爐頂調劑)，其主要內容是：

①变更焦炭負荷，当爐热时適當增加負荷，即多加礦石，爐冷时，减低負荷，即减少礦石的重量。

②变更裝料制度，包括：一、变更焦炭比重，二、变更裝料次序；三、变更熔剂数量。

下部調節(亦即爐前調節)：

主要是適當調整風量、風压、風温，以及冷却水的用量，使之随时适应爐內狀況的变化，不能一成不变。这也是爐前工的主要任务。所謂經驗，也主要表現在如何正确地、灵活地采取措施，并掌握高爐生產的錯綜复雜的变化規律，使高爐經常維持正常的爐况。这經驗是需要在長時間的實踐和觀察中不断地積累和丰富起來的，因而也是最寶貴的。

附 一

爐料在高爐內的物理、化学变化

鐵礦石 + 焦炭 + 石灰石 + 空气 = 生鐵 + 高爐爐渣 + 高爐煤气。

从爐料裝进爐內开始，同时由風嘴鼓入热风，則燃料(焦炭)借鼓風中的氧而燃燒。部分变为灼热炭素，部分变成一氧化碳。

在風口附近的溫度可達 $1,500-1,600^{\circ}\text{C}$ ，而焦炭燃燒後絕大部分變成一氧化碳氣體。其中二氧化碳占極少數量。這些煤氣沿着爐料上升，在其上升途中，與爐料進行密切的接觸，而將其本身的热量傳給爐料，煤氣自身的溫度降到 $1,000^{\circ}\text{C}$ 以下時，便開始發揮它的還原作用。使大量的鐵由礦石中還原出來，由於煤氣急速上升，由風口到爐頂只需1—2秒的時間，而一氧化碳的還原作用是在 $800-900^{\circ}\text{C}$ ，最為強烈，煤氣上升到爐頂附近時，溫度降至 $300-400^{\circ}\text{C}$ ，因而還原反應也就減弱下來。

從礦石來看，隨着礦石由爐頂逐步下降，它奪取煤氣的热量而被加熱，最初只是靠一氧化碳而被還原的，及至達到爐身下部，溫度達到 $1,000^{\circ}\text{C}$ 以上時，則一氧化碳的還原作用逐漸減弱。此時礦石主要受到熾熱炭素的直接還原，爐溫愈高，則這種直接還原作用也愈強烈。

被還原的鐵最初是呈海綿狀的（叫做海綿鐵），隨着與熾熱炭素的密切接觸而吸收炭素，逐漸降低其熔點，及至降到爐腹部分，則終於熔融成為液體。另外硅、錳等元素則因其還原較難，須在爐缸附近的高溫處，才能被熾熱的炭素部分地還原，同時溶合進鐵液里，變成生鐵。

礦石里的雜質同焦炭的灰分則與熔劑（石灰石）混合熔融成為爐渣。由於生鐵水與爐渣的比重之差，而在爐缸中自然分離成上下兩層，每隔一定時間，由出鐵口放出鐵水，而爐渣則是在出鐵前後由渣口放出的。一般小高爐每晝夜出鐵7—8次。

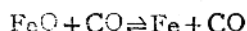
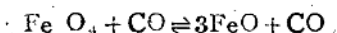
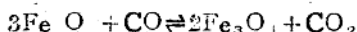
爐內的一氧化碳在使鐵礦石還原之後，自己受到氧化而變為二氧化碳氣，其大部分上升到爐身時，與赤熱的焦炭接觸再度還原成為一氧化碳，最後伴同二氧化碳和氮氣等由爐頂排出。這就是高爐煤氣。從焦炭的消耗來看，這種反應似乎是一種浪費。但由於高爐煤氣是一種良好的燃料，可以利用到熱風爐和鍋爐的加熱等方面。另外，因為一氧化碳與赤熱炭素的反應，是

隨着溫度的升高而加劇的，因此爐頂溫度不宜太高。

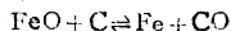
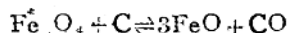
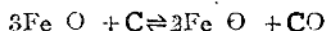
上述高爐內部的物理、化學變化，若按爐的高度加以區分，大概可以分成如下四個區域：

(1) 預熱帶：預熱帶在爐頂附近，溫度由 200°C — 500°C 。在這一帶里，爐料被上升的煤氣逐漸加熱，其中的水分和碳酸鹽被蒸散和分解，因此煤氣溫度顯著地降低下來。

(2) 還原帶：位置在預熱帶以下至爐身中部，溫度自 500°C — 800°C 。預熱至 400°C — 500°C 的鐵礦石，受到低溫一氧化碳的作用而開始還原，逐漸下降而與高熱煤氣相接觸，完成如下的化學變化，使礦石中的氧化鐵還原成為海綿鐵，它與一氧化碳的反應是：

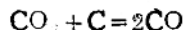


它與熾熱焦炭的反應是：



上述反應，在爐溫達到 800°C 以上的區域內，只要鐵礦石尚未熔化，則能全部進行。待至礦石熔化，且被爐渣包裹住時，則只能在熾熱的焦炭還原了。

在還原帶里，一氧化碳奪取了礦石中的氧而變成二氧化碳，更為焦炭奪取其一部分氧而再被還原成一氧化碳：



一氧化碳的還原作用在溫度 800°C — 900°C 附近最為旺盛，而還原帶的溫度範圍是自 500°C (上層)— 800°C (下層)。

(3) 增碳帶位於還原帶以下至爐身下部附近，溫度自 800°C — 1200°C 。在還原帶被還原出來的鐵，到達增碳帶則吸收微

粒碳素而漸漸轉變成生鐵。

一氧化碳與含氧的鐵接觸時，則發生如下反應而產生碳素微粒，這些微粒碳素最後有一部分沉澱到鐵的表面：



微粒碳素

(4) 熔融帶：熔融帶位於增碳帶以下，自爐腰以下直至風口平面附近。溫度自 $1,200^{\circ}\text{C}$ — $1,600^{\circ}\text{C}$ ，即在高爐內佔據最高溫度。

吸收了高碳的鐵同其他不純物降至這一帶之後，遇到高溫，開始熔化，分別形成生鐵水與熔渣，最後集中到爐缸里。爐渣就是在熔融帶造成的。

焦炭與熱風相遇，化合燃燒產生一氧化碳，而後沿爐腔上升，因此在風口以上一帶的溫度最高。這時熔融物中的氧化鐵、二氧化硅、氧化鎂和磷等，因與熾熱的焦炭相接觸，而直接地部分還原成單體的鐵、硅、鎂、磷等元素，這些元素也同樣進入生鐵液中。這便是生鐵各種雜質的來源。

裝入爐內的礦石、燃料和熔劑變成生鐵液和爐渣，最後到達爐底所需的時間（爐料在爐內的停留時間），因各種爐型和作業條件而有所不同，小高爐一般為 5—8 小時。

以上就是爐料在高爐內的物理、化學變化的概況。掌握了這種情況的規律。對於維護高爐穩定和順行，改進操作是有助的。

各種元素還原進入鐵水的情況

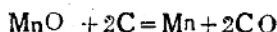
生鐵的質量如何，是根據它所含有的雜質——碳、硅、鎂、磷、硫的多少而定。而上述各種元素進入鐵水程度，則主要是根據所用原料的性質，特別是爐內溫度以及爐渣的性質如何而有所變動的。因此，在冶煉之前，必須根據所要煉制的生鐵的牌號

适当地配合。

各种元素的含量。茲將各种主要元素經还原后进入鉄水的程度和規律簡述如下：

(1) 珪素：珪素是由礦石与焦炭的灰分中的二氧化硅还原出來的。当爐溫很高，或爐渣为酸性时，最易还原。当爐渣为碱性时，則二氧化硅形成复鹽包藏于爐渣中，而珪素就不易还原了。

(2) 錳：錳是由礦石中的氧化錳还原出來进入鉄水的：



錳的还原程度一般情况为全部爐料含錳量的50—70%，在爐溫高，且为碱性渣的情况下，錳的还原率可以增高。

(3) 磷：磷最易进入鉄水。礦石里所含有的磷，几乎全部还原进入鉄水。

因此，用含磷高的礦石煉制低磷生鉄是有困难的。

(4) 硫：硫主要是來自焦炭，礦石里也有。硫很易与鉄化合產生硫化鉄而进入鉄水。硫在鉄水中对鉄水的增碳有阻碍作用，并且妨害鉄水的流动性，减低生鉄的强度（使生鉄有热脆性）。

礦石中的錳可与硫的一部分化合合成硫化錳(MnS)，而减弱硫的危害性。