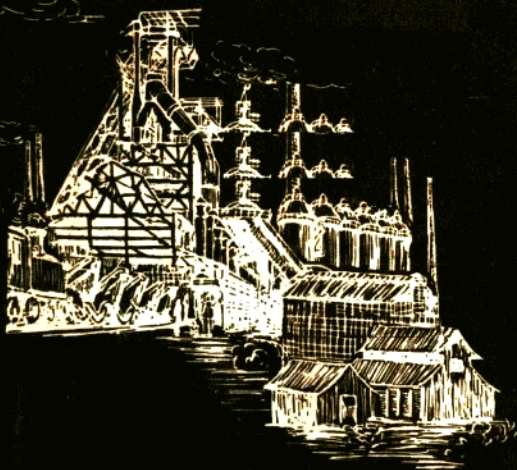


炼铁技术经验丛书

高炉炉顶调剂法

彭承系 編



冶金工业出版社

本書是一本敘述高爐爐頂調劑法的通俗性小冊子。書中用通俗易懂的文字敘述了高爐爐頂調劑法的基本原理及其應用實例；此外，書中尚介紹了鞍鋼高爐採用爐頂調劑法的經驗。本書可供高爐值班工長、煉鐵工人及一般技術人員閱讀。

高爐爐頂調劑法

彭承系 編

編輯：殷保楨

設計：趙香苓 魯芝芳

責任校對：楊維琴

1958年7月第一版

1958年7月北京第一次印刷3,000冊

787×1092·1/32·27,300字·印張 $1\frac{16}{32}$ ·定價(10) 0.26元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

書號 0861

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

煉鐵技術經驗叢書

高爐爐頂調劑法

彭承系 編

目 录

一、爐頂調劑法的意义·····	3
二、影响爐頂布料的因素·····	8
三、爐頂調劑法的基本原理·····	20
四、利用爐頂調劑法处理爐况失常·····	33
五、怎样使爐頂調劑法获得理想的效果·····	40

一、爐頂調劑法的意义

I. 高爐爐况为什么需要經常进行調劑

高爐冶煉用的原料，除了矿石外，其中最主要的就是焦炭和石灰石。焦炭坚固耐压，在生鐵冶煉过程中，一般都用它作燃料，焦炭中的碳素，不仅供給煉鐵过程所需要的热量，而且还参加高爐內的化学反应，即与氧化鐵中的氧化合，把鐵还原出来；石灰石通常是用作熔剂，因为它在高爐內同矿石里的雜質与焦炭里的灰分發生化学作用，生成易熔化的爐渣，爐渣較輕，浮在鐵水上面，能与鐵水分开，这样便达到了煉鐵的目的。

原料裝入高爐后，是沿着高爐剖面逐渐向下移动的。这主要是因为風口附近的焦炭燃燒后变成的气体向上升並自爐頂逸出，留下了很大的空隙，同时料塊間的挤压、磨碎和爐料的熔化等作用，縮小了爐料的容积，以及高爐的定时出鐵放渣等，因此促使爐料不断下降（图1）。爐料在下降过程中与上升的还原性气体——煤气相遇，上升的煤气將所攜帶的热量傳給爐料，而且进行还原工作，使爐料發生一系列的变化，改变了它的物理状态和化学成分，最后矿石中的有用物質和脉石几乎完全分离，变成熔渣和鐵液。

在高爐的冶煉过程中，最重要的一点是保持高爐的“順行”，这也就是說保持原料在高爐內下降順利及煤气在高爐

內均匀合理的分布，只有这样，高爐才能冶煉出更多的生鐵來，同時還可以節省燃料的消耗。但是，在目前的情況下還不能充分保證高爐生產條件的穩定不變，例如原料物理性質

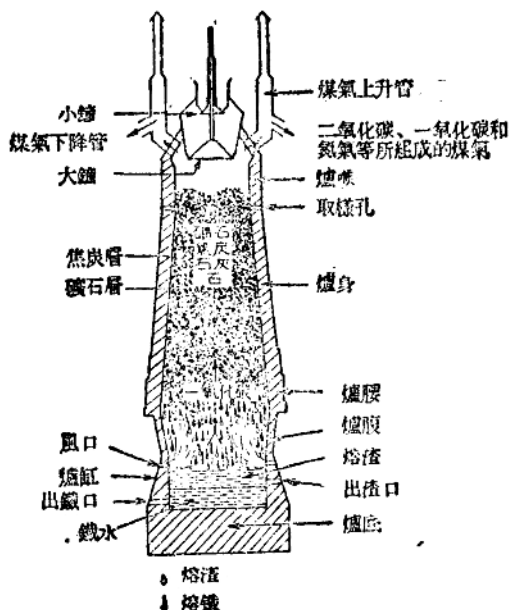


图 1 高爐內部構造及爐料下降情况

和化学成分的波动；高爐內型發生变化（結瘤或被侵蝕）；爐頂裝料設備故障以及高爐各風口進風不均等，這些都必然會破壞高爐內爐料的正常下降和煤氣的合理分布，因此高爐產生崩料、懸料或爐料偏行、煤氣管道流通、嚴重的爐涼和爐熱等現象，給高爐生產帶來了巨大的損失。但是高爐爐況

的失常並不是完全可以避免的，高爐操作人員可以根据計器指示和各种象征，事先改变操作方法进行調剂，这样便可以減少高爐爐况的波动和因这些波动給高爐造成的損失，因此对高爐行程的調剂，是煉鉄生产过程中保証高爐順行的主要手段。

Ⅱ．什么是爐頂調剂法

在現代高爐操作中，調剂高爐行程常用的最有效的方法是改变送風制度或裝料制度，改变送風制度就是变动風溫、風量和鼓風濕分，因为風溫、風量和鼓風濕分的变动是从高爐下部开始的，它首先影响到的是高爐爐缸的工作，所以我們称它为高爐的“下部”調剂。改变裝料制度主要是变动料批大小、裝料次序和料綫高低等，裝料制度的改变，就是当爐料从爐頂裝入时即采取措施，使它很理想地分布于爐內，以改变煤气流通情况，所以我們称它为高爐的“上部”調剂——即高爐的爐頂調剂法。

过去我們一直是以变动風溫、風量或变更配料（調整焦炭負荷）来調剂高爐行程的。从效果上来看，一般变更配料不如变动風溫、風量来得及时，因为爐料从爐頂下降到爐子下部通常需要七小时左右，所以变更配料的效果要在七小时后才能表現出来，虽然变动風溫、風量收效比較迅速，但也落在高爐爐况已發生变化之后，因此也很难达到理想的效果。

Ⅲ．爐頂調剂法的目的和优点

我們知道，高爐冶煉过程的作用是發生在上升的煤气和

下降的爐料之間，所以在其他生產條件不變的情況下，影響高爐行程的首先是從風口穿過料層上升的煤氣氣流，如果上升的煤氣與下降的爐料能密切的接觸，爐料得以充分的預熱、還原，煤氣的化學能和熱能獲得了充分利用，這時高爐的生產情況最好。煤氣分布情況的好壞，主要決定於爐料的透氣性，如果爐料分布不均勻，大塊爐料集中在一處，小塊爐料集中在另一處，則氣體一定從大塊間孔隙多阻力小的地方上升，而且上升的速度很快，以致煤氣所帶有的能量不能得到很好的利用，高爐還原工作不均勻，這時高爐的產量必然會下降，焦炭消耗亦必然增加，特別是當煤氣的通路被堵死時，爐料被上升的煤氣支撐住不能下降，這就造成了難行或惡料。而決定料柱透氣性的是爐料的物理狀態和布料情況，爐頂調劑的目的就是為了能夠達到一個合理的爐頂布料，以保證煤氣能量的充分利用和爐料的順利下降，如果以上的目的達到了，高爐便可以獲得最高的生鐵產量和最低的生產成本。

過去由於我國煉鐵操作技術的落後，高爐行程往往是在已經發生變化之後才進行調劑，雖然這時改變送風制度也能迅速挽救高爐失常的局面，但是時間還是晚了，此時高爐已經遭受到了損失。目前隨着我國社會主義建設事業的蓬勃發展，希望高爐增產更多的生鐵支援工業建設，同時高爐上有了比較精確的計器指示設備，這就要求高爐操作人員能夠隨時注意到高爐行程的每一征兆。在爐料裝入高爐時，即是在爐況還未發生變化前，就預先加以控制，尽可能避免因爐況的失常造成不必要的損失，爐頂調劑法就是符合這樣一個目標的，這也就是它的主要優點。與調劑風溫、風量及鼓風濕分的方法比較，爐頂調劑法不但在收效時間上要先6~7個小

时，同时爐頂裝料的調剂，改善了爐料和煤气的分布情况，促使高爐工作进行得更完善，而風溫、風量或鼓風湿分的經常变动是高爐所不希望的，因为高爐要达到較高的生产指标，便需要保持稳定的送風制度。

爐頂調剂法由于有着以上所說的許多优点，所以对爐頂調剂法的推广在高爐冶煉的發展过程中具有重要的意义。事实証明，爐頂調剂法是一种及时而有效的方法，在我国高爐推行期間已經取得了显著的成績。

二、影响爐頂布料的因素

高爐所用的原料都是散沙性的，任何散沙性的物質自高处落至地面都必然会堆成一个錐狀的堆，这个堆与地面形成的角度我們称之为自然堆角；各种不同的原料，它的自然堆角各不相同，自然堆角的大小主要取决于原料的粒度、表面形狀、比重和含水分等，一般大塊原料的堆角比小塊原料的堆角小，如料堆的下部总是大塊，而它的上部却是較小的塊子和粉末，高爐原料在很大程度上就是根据它的这些特性分布于爐喉的，当然原料通过料斗料鐘进入爐內还受着各种机械和物理作用的影响，所以实际上爐喉部分的布料情况还要复杂得多。关于影响爐料在爐喉分布的因素，可分以下三个主要部分：

I. 固定的因素（除非經過設備的整修通常是不变动的），例如：

1. 爐喉直徑；
2. 爐喉牆壁与大鐘邊緣之間的間隙；
3. 大鐘底部露出料斗处的長度；
4. 大鐘下降速度；
5. 大鐘表面傾斜角度；
6. 爐喉高度。

II. 可以变动的因素：

1. 料綫高低；
2. 料批大小；

3. 裝料次序。

Ⅱ. 虽有变动而又难于控制的因素：

1. 原料的物理性質；
2. 高爐剖面輪廓；
3. 煤气气流的作用。

在研究以上各种因素对布料的影响之前，首先應該明瞭高爐料面原来的形狀和爐料从大鐘落下的現象。目前我国高爐上几乎全部是使用巴利式布料裝置（即料鐘料斗裝置）。根据这种裝料設備的特性，原料在爐喉鋪成比較均称的漏斗形狀，如果我們自裝好填充料准备开爐的高爐上觀察料柱表面，可以看見原料是以一定的角度分布于爐喉，料面中間凹下，而靠近爐牆四周边緣較高。但是高爐在工作时，由于原料下降最快的地方接近爐牆，所以此时料面形狀又不同，漏斗的深度比开爐前要小得多。

高爐裝料时，原料首先是由卷揚机械通过料車或料罐与小料鐘裝入大料斗，当大鐘开始下降，这时原料还不能立即下落，而是随着大鐘下降、空隙开至100~150公厘时，直接位于空隙上的料开始以拋物綫的形式落向爐喉牆壁。大鐘愈开愈大，以后落下的料与初落下的料的落下綫交叉，爐料落下后沿原来的料面形狀在爐牆附近按它的自然堆角堆集成楔形的料層，大块矿石大部滾向爐子中心，而碎塊矿石則停留在它原来落下的地方。同时因为焦炭和矿石的物理性質不一样，矿石有較陡的堆角，而焦炭的堆角較平（根据測量資料矿石在爐內的堆角为 $36\sim 43^\circ$ ，焦炭在爐內的堆角为 $26\sim 29^\circ$ ），因此矿石層在靠近爐牆部分較厚，靠近爐子中心部分較薄，而焦炭的較厚層分布于爐子中心（图2）。这样的爐

料分布情况恰恰适合于高爐工作时的要求，可以避免大量煤气从爐牆附近通过的傾向。

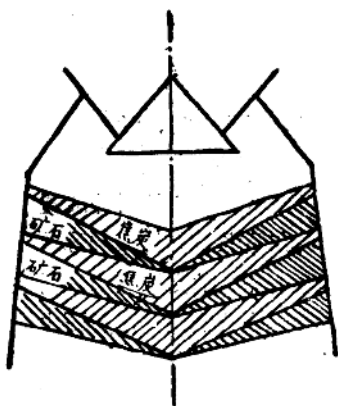


图 2 焦炭和矿石在爐內的分布

現在我們把影响爐頂布料的各个因素分別討論如下：

1. 爐喉直徑的大小：

过去認為，如果在其他一切条件不变的情况下（包括爐牆至大鐘邊緣之間的間隙），爐喉直徑愈大，則使矿石集中在爐牆邊緣而中心沒有矿石的区域就会愈大。这种情况將促使爐子中心煤气气流过分發展。

但是根据目前一些爐喉直徑在6米以上的大高爐資料說明，这样並沒有造成中心煤气流过分發展的現象，因此只能說随着爐喉直徑的增大，虽然靠近爐牆部分的矿石量相对的增多了，但还是会有一定数量的矿石落至爐子中心，並不会造成爐子中心完全無矿石。

2. 爐喉牆壁与大鐘邊緣之間的間隙：这个間隙的大小，对爐料的分布有着極大的影响，由（图3）中即可明显的看出，这个間隙愈大时（如图中虛綫所表示的），則裝入爐內的矿石在离爐牆一段距离的地方布成一环狀的堆，从堆的尖峰向爐牆及爐子中心都呈斜坡，大塊矿石滾向邊緣同时也滾向中心，这样邊緣与中心的煤气將过分流通，而堆尖部分煤气流則难于通过。如果这个間隙过小时（如图中实綫所表示

的)，則爐喉邊緣部分矿石層增厚，阻碍了煤气的通过，同时大块矿石滚向爐子中心，促使中心煤气气流过分發展。目前一些大型高爐的爐喉牆壁与大鐘邊緣之間的間隙都保持在750~850公厘左右。

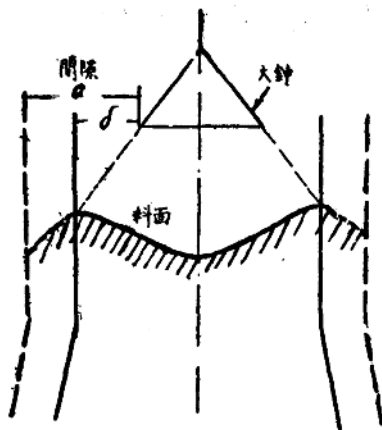


图 3 爐喉牆壁与大鐘邊緣之間的間隙对布料的影响

3. 大鐘底部露出料斗处的長度：根据理論及实际測量資料，大鐘底部露出料斗部分愈長时，原料离开大鐘的速度愈大，則爐料堆尖愈靠近爐牆，即爐料分布在邊緣較多。

4. 大鐘下降速度：速度大时，如料較深，則原料堆尖靠近爐牆，速度小时，則堆尖离爐牆較远。因为大鐘下降速度大时，所有原料几乎一起以較大的速度落向爐牆边，而在大鐘下降速度小时，料鐘与料斗間的間隙逐渐增大，爐料不是由大鐘同一位置一起滑出，而是比較零乱的落下，則原料分布的环形地帶比較寬，使邊緣煤气气流稍微發展（大鐘下降速度仅仅在使用汽缸控制大鐘的情况下，才可能改变）。

5. 大鐘傾斜角度：高爐料鐘的傾斜角一般 $45^{\circ} \sim 55^{\circ}$ ，為了製造方便，蘇聯曾統一規定料鐘傾斜角度為 53° 。如果此

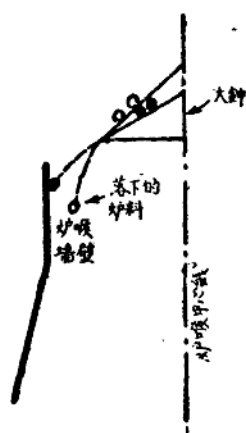


圖 4 大鐘傾斜角與爐料落下的關係

傾斜角度較小，爐料落下的拋物線延伸至爐牆附近，則爐牆附近的料分布得較多，如果此傾斜角度大時，爐料堆尖將離爐牆較遠（圖 4），當然這里面與原料的性質還有着很大的關係。

6. 爐喉高度：關於爐喉高度對布料的影响現在還存在着某些不同的看法。有人認為由於礦石比重大，落下時會把焦炭擠到兩邊，因此邊緣透氣性比較好，如果爐喉圓筒形部分過短，邊緣礦石分布減少，則將造成邊緣煤氣的過分發展，所以主張此圓筒部分稍微長一點，這樣可使邊緣礦石分布較多，能夠減少煤氣過多的自邊緣流通。不過對於爐喉高度的影响，我們可以以變更料綫來調整。

7. 料綫高低：料綫的高低也是影响布料最重要的因素之一（圖 5）。每一個高爐應由試驗的方法來確定一個最適合的料綫高度（通常為 0.5—2 公尺）。料綫高度愈低，則爐料形成的堆尖角愈小，反之則愈大。如圖 5 所示，隨着料綫的降低，礦石堆尖逐漸靠近爐牆，直到堆尖靠着爐牆，如果此時料綫再往下降，則爐料落下撞着爐牆又彈回，因此堆尖又移開爐牆。在（圖 5, A）的情況下堆尖離爐牆有某些距離，這時大塊礦石滾向堆尖兩傍，小塊集中於堆尖，邊緣煤

气大量發展。在(图 5, B) 的情况下, 小塊矿集中在爐牆边, 此时边缘煤气流通最少。在(图 5, A) 的情况下, 粒度大、比重大的矿石离爐牆較远, 而粒度小的矿石就落在边上。同时由于料綫的降低, 所有原料的堆角都减小, 料面比較平坦, 所以此时煤气的流通情形在以上两种情况之間。

8. 料批大小: 假設这里有两种大小不同的料批:

第一种料批的重量:

焦炭 = 5 吨;

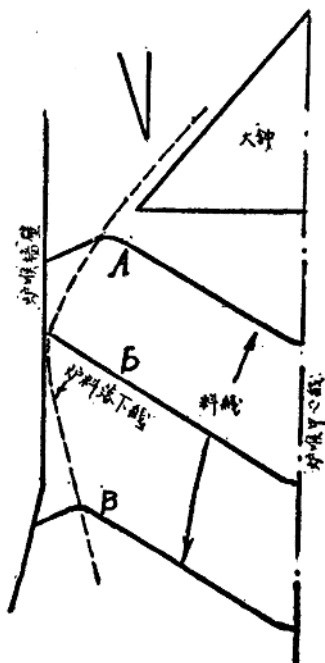
矿石 = 10 吨。

第二种料批的重量:

焦炭 = 10 吨;

矿石 = 20 吨。

第二种情况料批的



重量比第一种情况大一倍, 由(图 6)中可以看出, 如果图的左边是裝的第一种料批, 图的右边是裝的第二种料批, 則图右边与图左边比較相当于連續裝入了兩批矿石和兩批焦炭, 假定在这种情况下設图中边缘每層矿石的厚度是 a , 中心厚度是 b , 則左边边缘矿石的总厚度是 $2a$, 中心矿石总厚度是 $2b$ 。右边第一批矿

图 5 料綫高低对布料的影响

石的厚度与左边同，第二批落下的平面因为仍是矿石，同一种物质堆角相同，因此平均分布（矿石边缘与中心的厚度相同），如果设这批矿石的厚度是 c ， $2c = a + b$ ，则 c 小于 a 而大于 b ，右边边缘矿石总厚度是 $a + c$ ，中心总厚度是 $c + b$ ，

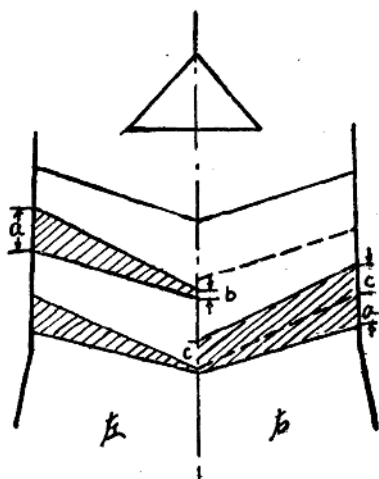


图 6 料批大小对布料的影响

很明显的 $a + c < 2a$ ，而 $b + c > 2b$ ，这就说明了料批加大时，中心矿石量增多。

9. 装料次序：当原料的粒度和料批的大小一定时，如果原料自炉顶装入大钟和由大钟落入炉内的次序变动时，则原料在炉喉上的分布情况亦将发生变化。炉顶装料次序的变更有下列几种形式。

(I) 焦炭与矿石同时装入

A. 正同裝：矿矿焦焦焦↓(料車式)，矿焦↓(料罐式)。

B. 倒同裝：焦焦焦矿矿↓(料車式)，焦矿↓(料罐式)。

焦炭和矿石的同裝，是把焦炭和矿石先后裝入大料斗中，然后全批料同时自大料斗一次裝入爐內。正同裝即是在大鐘上先裝上矿石，然后在矿石上裝焦炭，当大鐘打开时，于焦炭开始落下之前全部矿石都来得及落入爐內，同时此时料綫比較平坦，因此矿石大部分分布于爐喉邊緣，而焦炭分布于爐中心較多，从而加重了邊緣負荷，促使中心煤气發展。倒同裝即是在大鐘上先裝上焦炭，然后在焦炭上裝矿石，当大鐘下降时，焦炭先沿大鐘落下，但由于矿石比重大，因此它的下降速度也大，在自大鐘落下时，便会有部分矿石追过焦炭滲入焦炭大塊間，被焦炭帶至爐中心，因此使邊緣煤气阻力减小，造成邊緣煤气大量發展。

(II) 焦炭与矿石分开装入

A. 正分裝：

矿矿↓焦焦焦↓(料車式)，矿↓焦↓(料罐式)。

B. 倒分裝：

焦焦焦↓矿矿↓(料車式)，焦↓矿↓(料罐式)。

焦炭和矿石的分裝，即焦炭和矿石分別从大鐘裝入高爐，分裝的正裝和倒裝对布料的影响基本上与同裝法相似。分裝法与同裝法不同之点主要是因为焦矿同裝时大鐘二次下降之間的間隔時間較長，由于高爐邊緣爐料下降得快，爐料表面随着料綫的下降由向中心傾斜逐漸变为水平，因此同裝