

高等学校教学用书

炼 铁 学

第二卷 第二分册

M. A. И A B Л O B 著

北京钢铁工业学院冶金系炼铁教研组译

高等教育出版社

高等學校教學用書



煉 鐵 學

第 二 卷

高 爐 冶 煉 原 理
第 一 分 冊

M. A. 巴甫洛夫 著
北京鋼鐵工業學院冶金系煉鐵教研組譯

高等教育出版社



本書係根據蘇聯國立黑色及有色冶金科技書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 出版的 М. А. 巴甫洛夫(М. А. Павлов)院士著“煉鐵學第二卷高爐冶煉原理”(Металлургия чугуна часть II. Доменный процесс) 1949 年版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為冶金工業學院教學參考書。

第二卷係根據最新的數據詳細地、原則地描述了高爐冶煉原理。作為高等工業學校同學的學習參考書，同時亦可用來提高雖未學過煉鐵專門課程，但具有足夠理論基礎的技術工作者。

本書第二卷譯本分兩分冊出版，第一分冊為前兩章，爐料和爐氣的運動及下降爐料的化學成份與物理狀態的變化。

參加翻譯工作者為北京鋼鐵工業學院冶金系煉鐵教研組陳大受、陶少傑、楊永宜、秦民生、曹厚麟、侯偉。由陶少傑總校訂。

煉 鐵 學

第二卷 第一分冊

書號 353(課329)

巴 甫 洛 夫 著

北京鋼鐵工業學院冶金系煉鐵教研組譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北 京 瑞 晴 廠 一 七 〇 號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

新 華 書 店 總 經 售

京 華 印 書 局 印 刷

北 京 南 新 華 街 甲 三 七 號

開本 850×1168 1/32 印張 11 1/16 字數 255,000

一九五五年七月北京第一版 印數 1—1,500

一九五五年七月北京第一次印刷 定價(8) 羊 1.60

六版前言

在“高爐冶煉原理”第六版中增添了很多補充。本書第五版的敬愛的評閱者——A. H. 葆赫維斯涅夫教授和 A. H. 拉姆教授——建議我在原文中作如下兩點修改：

1) 把“高爐配料計算”一書中有關闡述高爐爐渣性質的第一章改編入本書描述成渣反應的部分，因為所有這些關於適用於冶煉不同種類生鐵的爐渣性質的敘述，均直接與高爐冶煉制度有關。是“熔化與成渣”一章的自然結尾。

2) 把各國各個冶金區域中不同高爐操作條件下的冶煉結果和產品性質的實驗數據列入本書的同一章中。

在採取於“高爐配料計算”中僅保留配料計算方法的敘述和計算舉例的決定之後，我同時接受了這些指示。

這一版的校閱者——A. H. 柳滂——對第五版提出了很多寶貴的指示，我採用了其中的一大部分，把原文中的相當部分作了修改，對他們這些指示致以深切的謝意。

同樣也深深地感謝 C. C. 馬爾哥林工程師在這一版的準備工作方面給予我很大的幫助。

M. A. 巴甫洛夫院士

1949 年 3 月於莫斯科。

目 錄

六版前言	ii
第一章 爐料和煤氣的運動	1
一、加料方法及爐頂佈料	1
二、爐料下降過程中的再分佈	23
三、爐料中煤氣的分佈	29
第一章參考書目	33
第二章 下降爐料的化學成分與物理狀態的變化	35
一、爐料的分解及揮發物的去除	35
水分的蒸發及水化物的分解 自燃料中逐出揮發物質及燃料的再乾燥 碳酸鹽的分解 高溫下揮發性化合物的蒸發	
二、還原	45
用一氧化碳還原鐵的氧化物 $2\text{CO}=\text{CO}_2+\text{C}$ 反應對鐵還原過程的影響 一氧化碳的分解對礦石物理性質的影響 用固體碳還原鐵的氧化物 直接還原和間接還原的比較 用氫還原鐵的氧化物 從碳酸鹽中還原鐵 從矽酸鹽和鈦酸鹽中還原鐵 從鐵的硫化物中還原鐵 錳的還原 鎳的還原 鉻的還原 鈦的還原 鋅和鉛的還原 矽的還原 鈦的還原 磷和砷的還原 硫酸鹽的還原	
三、滲碳作用	172
四、熔化和渣的生成	175
高爐中渣的形成和熔化過程 關於還原及熔化過程相互關連着的實驗資料 適於冶煉各種成分生鐵的爐渣的性質的實驗數據 冶煉各種品種的生鐵所用各種爐渣的標準成分	
五、氧化作用	251
高爐爐缸內燃料中碳素的燃燒 關於高爐爐缸內氣體成分的實驗數據 已還原元素的再氧化	
六、結論	292
各種原料的品質 冶煉強度 風溫 and 燃料的消耗 配料的成分 產品成分與冶煉成績和高爐各種作業條件的關係	
第二章參考書目	319

第一章 爐料和煤氣的運動

裝入高爐的原料逐漸下降，並依次地被上升的煤氣氣流加熱，受到一系列的變化，改變着它們的物理狀態和化學成分。在這裏將儘可能充分和詳盡地來闡明這些變化。但在開始闡述這些變化之前，我們先從機械作用的觀點上來研究一下爐料和煤氣的運動，同時並闡明一些條件，遵循着這些條件就可以獲得煤氣的熱能和化學能的最好利用，達到高爐冶煉的最終目的——在消耗最少量燃料的情況下，獲得一定品質的生鐵，在一定大小的高爐上，得到最高的產量。

高爐中爐料和煤氣的運動和它們相互間的作用與下列因素有關：

- 1) 裝料入爐時爐料在爐喉部分分佈的方法，
- 2) 當逆着煤氣氣流下降時爐料的再分佈，
- 3) 爐料與燃料塊間間隙中煤氣的分佈。

一、加料方法及爐頂佈料

爐頂佈料的目的，在促使煤氣在料塊間均勻分佈。以便獲得煤氣熱能和化學能的充分利用。

爐缸與爐頂煤氣出口之間有壓力差，煤氣受這個壓力差的影響而上升時，它選擇阻力最小的道路。

大家知道，煤氣壓頭的損失，與下列因素成正比：(1)煤氣通路

的長度和(2)通路周界與通路橫截面積的比。由此可知,通路橫截面積的絕對值愈小,通路截面圖形與圓形的差別愈大,那末壓頭損失愈大。

關於高爐中煤氣運動的情形,必須指出:阻力最小的通道在大料塊集中的地方,因為大料塊間所空出的通道比較大;當料塊大小相同時,阻力最小的通道在靠近爐牆的地方,因為在這裏,煤氣遇到的曲折最少,因此也是最短的通道。

事實完全證實了這個結論:當爐喉平面的原料分佈均勻時,大部分煤氣趨向爐牆。這不僅可以從燃燒着的煤氣在靠近爐牆處的火焰高度(當爐頂敞開,未加遮蓋時)看出來,同時也可以根據這裏的溫度比較高這點知道。這樣,要達到煤氣的使用正確有利,需要爐頂佈料不均勻——因為通常燃料的塊度大於礦石,所以後者的大部分應當停落在爐牆附近,根據爐喉尺寸的大小而覆蓋一部分或大一些或小一些的燃料表面;其次爐中心的燃料層應當顯著地厚些;最後,任何一種原料的大塊,應當有較大一部分分佈在爐心。至於究竟應該不均勻到甚麼程度,那只有在個別情況下靠試驗來確定了,這種試驗的結果可以迅速地並且完全肯定地表現出來,因為煤氣的分佈如果有了任何改善,都會引起煤氣溫度降低和煤氣中的二氧化碳增加,因而燃料消耗量(焦比)降低。

1. 從前,爐子尺寸小,生產率低,爐頂沒有加蓋。時那,原料的分佈可以由人力來控制,使之符合所有的要求。只要認真操作,時時觀察上升煤氣沿着爐頂平面的分佈情況,並且根據煤氣火焰來判斷煤氣的數量和溫度(溫度的變動很容易由肉眼斷定),確實可以及時地採取措施來對付偶發的煤氣的偏向集中,而後,嚴格遵守由試驗得出的佈料方法來維持高爐作業的均勻。在瑞典,當爐頂沒有加蓋時,曾經把礦石分佈成這樣:礦石批重的一半落在緊靠爐牆的狹窄圈內,而另外一半分佈在爐頂平面的其它部分。

但是在現代須要關閉爐頂以便回收高爐煤氣，並要搬運大量冶煉原料的條件下，加料和佈料藉機械來進行，用特種的佈料裝置，這些裝置的作用我們將在下面敘述，但不提它們的詳細構造。

2. 最初被採用的機械佈料裝置，是簡便的巴利式裝置“料斗和料鐘”(19世紀50年代)。

這種裝置的固定部分是料斗，它從上部蓋住爐頂；可動部分是關閉料斗的料鐘，它在加料時下降(見圖1)。

原料裝在料斗與料鐘之間的空間。料鐘下降時，料塊沿料鐘的表面滑下，按拋物線落向爐牆，佈成堆形。——料塊在堆中按自然堆角分佈。

任何一種具有一定塊度，一定濕度的散沙性物質，不論它在甚麼樣的平面上，都有一定不變的自然堆角。對於同一種物質而言，小塊的自然堆角比大塊的大些。因此，若以大小相等的物質倒成一堆，那末堆的表面的垂直剖面是直線；若以大小不等的物質倒成一堆，那末在自由落下時，發生料塊的再分佈，小塊停留在堆尖，大塊滑向堆腳。這樣，堆的表面的垂

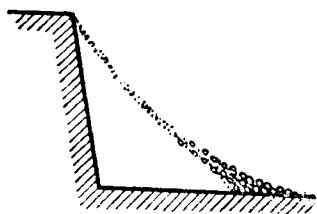


圖2 礦石堆的剖面。

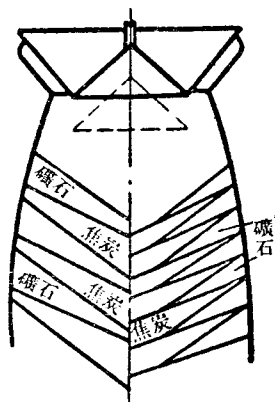


圖1 “料斗和料鐘”；
爐牆和料鐘間距離小時
原料分佈略圖。

直剖面是凹曲線，堆的上部較陡，堆腳較平緩(圖2)。料鐘和料斗加料入爐時，也發生同樣情形：在爐心的大塊比在爐牆附近多些，而在爐牆附近的堆尖上則集中着碎屑。此外，焦炭在爐中堆成的堆角比礦石小(焦炭26—29° 礦石34—43°)。

因此，假使畫一系列與水平線成 40° 的直線，而在這些直線中再畫一系列與水平線成 28° 的直線，那末以 40° 的直線為頂， 28° 的直線為底所構成的平面，便是礦石層的剖面（見圖 1）；以 28° 直線為頂， 40° 的直線為底所構成的平面，便是焦炭層的剖面[1]¹。

這就是說，利用料鐘和料斗裝置佈料時，焦炭在爐心佈成較厚層，而礦石則在爐牆附近佈成較厚層，即基本上符合理論的要求。

我們再來比較詳細地研究那些影響“料鐘和料斗”佈料的條件。首先我們要注意到料鐘下降時，不是全部原料一下就落入爐子的；開始是小塊原料通過最初形成的狹縫落下，畫出陡的拋物線。而後，在料鐘的降程終了時，最大的料塊沿着較平緩的拋物線落下。因此，入爐原料所形成堆尖向上昇高時，堆尖漸漸離開爐

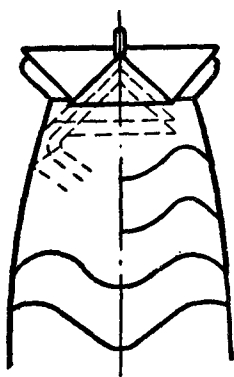


圖 3. “料鐘和料斗”；爐牆與料鐘間距離大時原料分佈略圖。

牆，料堆表面的剖面便生成如圖 3 所表示的形狀。再者燃料層的表面不是平的，而是極其凹凸不平的。假使是粉礦，那末首先入爐的碎礦，堵塞在燃料大塊間的回洞中，絕大部分便停留在它落下的地方，產生集結的碎層。

在圖 1 和圖 3 中，爐身磚牆的表面是曲線的。這是在當時爲了要達到在不同的落下高度時使降落地點與爐牆之間的距離相等而採用的。現在爐喉磚牆做成圓筒形，在這種情況下，原料的分佈隨着落下高度的不同而有所改變，如圖 4 所示。圖 4 是根據某一個大高爐在開爐前直接觀察加料的結果而繪成的[2]。

測量的結果如下：

¹ 編者註——書中[1],[2],[3]等係指參考書目號碼。

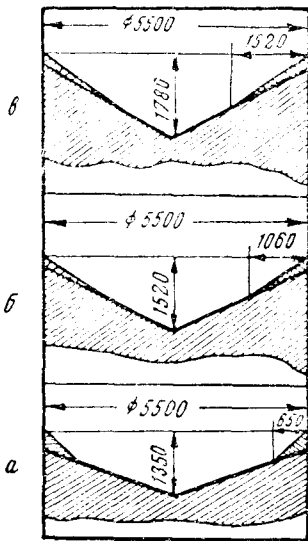


圖 4. 料線不同時礦石的分佈。

a) 爐喉直徑 5.5 公尺，礦石批重 5,000 公斤。假如料線(從料鐘上升位置的底邊到這條水平線的距離)深度為 30.50 公厘，那麼焦炭形成表面平緩的淺漏斗形狀(深 1350 公厘，見圖 4, a)，礦石不能沿這個平緩的表面滑下，而落在爐牆附近，並在這裏形成只有 650 公厘寬的圓環。

б) 假如把料線提高到 2600 公厘，焦炭便形成表面堆角較大的、較深的漏斗——深 1520 公厘(見圖 4, б)。礦石沿着這個斜面向爐心分佈 1060 公厘。

в) 最後，當料線正常時(在加入礦石的時候，料線低於料鐘底邊 2150 公厘)，焦炭便形成 1780 公厘深的漏斗(見圖 4, в)。因為焦炭表面的傾斜度大，所以礦石分佈成寬 1520 公厘的圓環。爐喉中心形成沒有被礦石遮盖的、直徑 2460 公厘的圓。這個圓的直徑，只有在以後高爐轉入正常作業時，才能用增加爐料批重的方法來減小它。

當然不能認為上述的在加料以前的正常料線深度總是等於 2150 公厘。不久以前，列德哥在庫茲涅茨四號高爐上所作的研究表明[3]，在當地條件下，正常料線深度接近 2300 公厘(曾經試驗到 2800 公厘)。此時，按照二氧化碳含量來判斷，煤氣的化學能利用得最充分。列寧格勒多科性工學院煉鐵教研組的同志們在他們所研究的所有的高爐上在開爐時也觀察到與上面同樣的佈料與前一批焦炭深度的關係[3]。

但是實際上加料是在高爐正在作業時進行的，這就改變了焦炭的分佈情況（假如焦炭是爐料中首先入爐的原料）。在爐缸寬廣的近代高爐上，常冶煉強度大時，從爐牆到爐中心的原料下降的速度，是遠不相同的。

根據葉菲列莫夫（Л. В. Ефремов）的關於馬格尼托哥爾斯克工廠的高爐的數據，這個速度從爐喉磚牆邊的每分鐘 111 公厘改變到爐中心的每分鐘 20 公厘，在爐喉半徑的中點為 67 公厘。因此，隨着原料的下降，原料表面逐漸變為平緩。

圖 5 是根據葉菲列莫夫在馬格尼托哥爾斯克工廠研究時所得的數據繪製而成。它表示出下列四種情況下原料表面的傾斜和形狀：

1. 開爐時；
2. 高爐正常行程時（沒有休風和崩落）；
3. 爐料的下降受到阻礙時，爐心的料柱迅速下降，爐喉形成深漏斗（正常時 730 公厘深，此時 1280 公厘深）；
4. 在邊緣運行急劇時，接近爐喉磚牆的地方生成環形凹坑。

因為爐料中焦炭的體積總是很大，它足以覆蓋爐喉的全

部表面，所以焦炭表面便形成通常的自然堆角。但是在這種情況

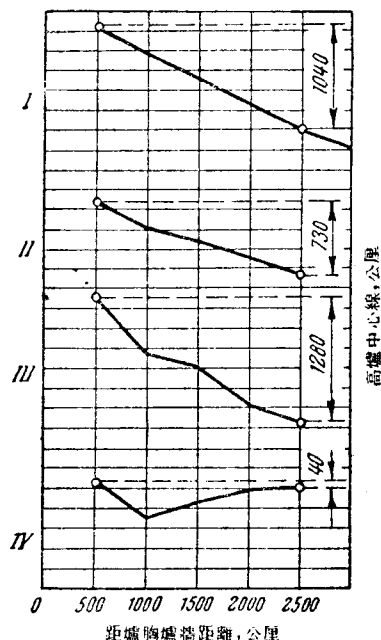


圖 5. 高爐進程中原料表面的變化
爐喉料面的形狀：

- I. 開爐以前；II. 作業時（十五次測量的平均）；III. 作業時形成的最大漏斗；IV. 作業時形成的最小漏斗。

下，爐喉磚牆處的焦炭層的厚度較爐中心顯然大些，這就使得爐牆附近的料柱過於疏鬆。

通常，調節熔劑和礦批沿爐喉半徑分佈的方法，是規定一個最經濟的（在一定尺寸的高爐上）焦炭批重。

很明顯，焦炭批重小時，礦批可能不足（見圖 1 右側）以遮蓋爐喉的全部表面，礦石層成為楔形，達不到爐心。因此，煤氣很容易穿過料柱中心，不可能平均地和高爐截面上分佈。相反，焦炭批重過大，被礦石重料覆蓋，使爐中心堆集了厚層的礦石（見圖 1 左面部分）。這樣，煤氣通過爐心便受到較大的阻力。料柱中心被礦石堵塞，會引起所謂高爐的“邊緣行程”，大部分煤氣便沿爐牆通過。

顯然，對於高爐的任何一種具體作業條件，都有一個最有利的焦炭批重（及體積），在這個焦炭批重時，煤氣的分佈最有利。煤氣的成分和溫度能够準確地表示出這種分佈（與一般比較，二氧化碳含量最大，溫度最低）。

很久以來，就有一種利用特殊加料法使礦石落向爐心的辦法。通常，先是全部礦石和石灰石加入料斗和料鐘，然後再在礦石和石灰石上加入全部焦炭。料鐘下降時在焦炭（比較輕而大的原料）開始落下之前，全部礦石都來得及落進高爐，在爐喉按自然堆角分佈。假使在料斗上先加焦炭（全部或一部）而後加礦石，那末焦炭上的礦石在落下時便會超越焦炭，混入焦炭大塊之間，有一部分礦塊便與焦炭一同落向爐心。

這種加料方法，只是當高爐行程有必要時（從爐喉中心逸出的煤氣中，二氧化碳含量很低），作為臨時措施而採用的。

假使料鐘底邊的直徑與料線位置的爐喉直徑之間，沒有正確地互相配合，那末無論是批重，或者是爐料各組成部分的加料方法，都不能保證煤氣的正確分佈。料鐘的直徑應當是這樣的：即在料鐘下降時，首先落下的一部分原料應當落在緊貼爐牆的地方，只

有在料鐘繼續下降時(見圖 3 左面),落下的爐料才向爐心移動一點。

假使料鐘直徑太小,或者料鐘底的直徑與爐喉直徑之間的差別很大,那末,料鐘一開始下降時,礦料便落在距爐牆某些距離的地方,而且這個距離將隨着料斗的逐漸漏空而越來越大。結果,礦石生成突起的堆尖,全部細塊礦石都在堆尖頂端;大塊礦石不僅滾向爐心,而且也滾向爐牆,這就引起“邊緣運行”。

料斗直徑與料鐘底的直徑之差,也有一定意義,假使這二個直徑很近似,那末在料鐘下降時,最先的一部分礦石便垂直落下,停留在距離爐牆較遠的地方;後來的一部分礦石,雖然只越過料鐘表面的短短的一段,總歸也獲得一些惰性,畫出拋物線,隨着料斗的逐漸漏空而落到靠近爐牆的地方。假如料鐘露出料斗邊緣,有一點伸出部分,那末,最先的礦塊沿着這一段伸出部分的表面落下來,已經不是垂直的,而是拋物線形的。伸出部分愈長,即料鐘與料斗的直徑相差愈大,那末,最先的礦塊便落到離爐心愈遠的地方。由此可見,不改變料斗而增加料鐘的伸出部分,即增加料鐘的直徑,就可以消滅加料的缺點。

很長一個時期都曾經認為,“料斗和料鐘”裝置所產生的原料和煤氣的分佈已經是不能再好了,如同美國(曾經毫無例外地採用這種裝置)的實踐所指出的,這是因為這種佈料是在使用任何種類礦石和燃料時,均與高爐最經濟的運行(就焦比小,產量大而言)相吻合的。因此,美國長時期內都限制爐喉直徑的增加,即使在最初的每晝夜出鐵一千噸的高爐上,爐喉直徑也只限於 5.18 公尺。其理由是:爐喉直徑愈大,那末料塊沿斜坡滾動的道路就愈長,佈料就愈不均勻。而且,在試驗用最大批重時,爐喉中心的焦炭得不到礦石遮蓋,爐喉中心便有一個或大或小沒有礦石的圓,這在當時是認為有害的(有一部分煤氣沒有接觸爐喉部分的礦石)。雖然如

此，由於從爐喉逸出的高爐煤氣所引起的礦石吹出量有減少的必要，不得不把大高爐上的爐喉直徑增加到6—6.3公尺，加爐的礦石使被迫不能遮蓋爐喉中心的焦炭。

列寧格勒多科性工學院煉鐵教研組在馬格尼托哥爾斯克工廠的高爐（爐喉直徑都是5.8公尺的）上所作的煤氣成分研究指出，即使在這種高爐上，礦石也達不到爐心，但是爐心煤氣中的二氧化碳並不少。這些研究使得對爐喉的加寬有信心繼續進行，並由蘇聯國家冶金工廠設計院（Гипромез）在容積1300公尺³的標準高爐上加以實現，在這種高爐上，爐喉的直徑先達到6.3公尺，而現在已經增加到6.5公尺。此後，美國人才把他們新高爐上的爐喉直徑增加到6—6.4公尺。

在蘇聯這種高爐上所作的煤氣成分的研究指出，爐心部分的煤氣中二氧化碳的含量並不低，顯然，礦石在下降時也滑到爐心，煤氣是有足夠的時間與礦石起作用的。

另一方面，也找到了消滅料塊沿爐牆到爐心方向分佈得極不均勻的方法。這個方法便是把礦石按塊度分級裝入。

而且，在任何一定的批重（或體積）下，料柱的透氣性不僅取決於礦石的分佈，並且還取決於燃料的強度。假如把細小的或者強度小的燃料，即在爐中會生成碎末的燃料加入爐中，那末，它在爐喉中心生成厚層，而在爐心或深或淺的部分集積起不透氣的大量碎末。這種碎末直達爐缸，在爐缸中生成沒有熔化的，熱風和煤氣所不能滲透的料柱，結果上昇的煤氣氣流分佈不勻，大部分煤氣趨向爐牆，爐牆因此便迅速損壞。

再者，碎屑和大塊原料沿爐子橫截面的分佈，取決於料鐘直徑與爐喉直徑（料線位置）之差，如圖6A及B。假如兩者的差別太大，那末過多的大塊滑向爐牆，這種佈料的自然結果便是煤氣流趨向爐牆。

圖 6 所表示的佈料是概略的。我們再繪出在作業的高爐上觀察所得的實際佈料圖作為補充。

圖 7 所表示的佈料是在這樣的高爐上觀察所得出的——爐喉

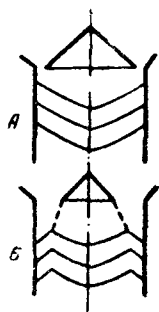


圖 6. “料鐘和料斗”的爐頂佈料草圖。

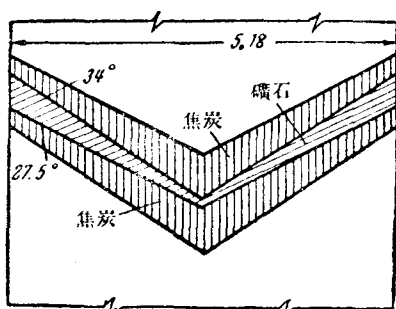


圖 7. 正常的爐頂佈料
〔上湖(Верхнее Озеро) 礦石, 康涅爾斯維爾焦炭〕。

直徑 5.18 公尺，爐牆與料鐘間的距離正常 (0.61 公尺)，用米薩比礦石。從圖 7 可見，礦石層達到了爐喉中心，但是這裏的礦石層要比爐牆部分的薄 300 公厘。焦炭堆角 (42 次測量的平均) 為 27.5° ，米薩比礦石的堆角 (55 次測量的平均) 為 34° 。

葉菲列莫夫 [3] 在觀察馬格尼托哥爾斯克礦石和庫茲涅茨煤所煉成的焦炭時，也見到類似的佈料，但它們的堆角是：焦炭 29° ，礦石 38° 。礦石落成寬 2—2.25 公尺的圓環，一面傾斜，只有極大的礦塊才落到爐喉中心。

奧斯特羅霍夫在新塔吉爾工廠的高爐上也見到同樣情形 [4]。在這裏，焦炭生成的傾斜角是 28° ，礦石只落成寬 1.5 公尺的圓環；雖然如此，在爐喉中心仍然可以得到 CO_2 含量很高 (14%) 的煤氣。

馬格尼托哥爾斯克工廠四號高爐的爐喉直徑增加到 6.6 公尺 (料鐘直徑不變仍為 4.2 公尺) 後，在開爐時，曾見到圖 4, 6, 所示的佈料。高爾姆斯道克觀察過這種佈料，並把它繪製成圖 (圖 8)。這

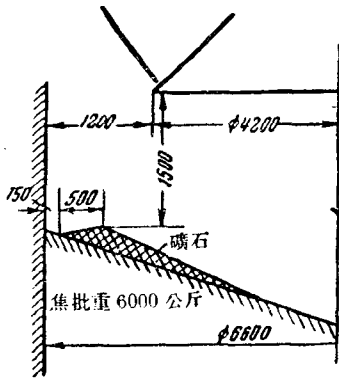


圖 8. 料鐘底邊與爐吸爐牆間
間隙大時的佈料。

種佈料很典型，它指明：在間隙等於 1200 公厘時，爐子的作業不可能經濟，因為礦石完全沒有落到靠近爐牆部分，形成了寬 150 公厘的縫，下一批料的焦炭，落到這條縫裏，引起強烈的邊緣運行，焦炭消耗量增高。

在資料中，可以找到與我們上述的完全不同的關於佈料的說法[5]。他們的出發點是：焦炭的

自然堆角比礦石大，小塊的原料所生成的堆角比大塊小。假如這樣的話，那末就見不到大塊礦石在堆腳以及在高爐爐喉中心滾散；也見不到爐喉部分的礦石層沿爐牆到爐心的方向漸漸變薄。但是這却在所有使用克里伐洛茨克礦石和馬格尼托哥爾斯克礦石的蘇聯高爐上見到的。

假使所有入爐礦石的塊度都是一致的，那末“料鐘和料斗”裝置的主要優點（礦石厚層位於爐牆附近，焦炭厚層位於爐心）便能保持，它的缺點（過量的碎屑集中在爐牆附近）便能消除。

加入塊度一致的礦石是不可能的，但是可以把礦石按塊度篩分為數級，每級分別地一層層加入，這樣就接近於理想了。實踐已經指出[7]：只要把礦石分成三級——大級（但直徑不大於 75 公厘），中級和小級（但直徑不小於 3 公厘），每批料中只加一級，就能得到卓越的效果，沒有夾帶大塊的屑碎加入爐子後，不單單停留在爐牆附近，而且也落向爐心；沒有夾帶屑碎的大塊加入爐子後，不僅滑落到爐心，而且也停留在爐牆附近。這樣，一批料的礦石層使得爐牆附近煤氣比較容易通過，而爐中心則不那麼容易通過。

料鐘尺寸與爐喉直徑的對比、料鐘傾斜角（45° 到 53°）、原料品

質、原料批重、料線深度等許多因素的互相影響，可以使煤氣氣流集中在爐牆附近，而在爐心受到阻礙；也可以是相反的，煤氣沿爐心流動，而在爐牆部分的數量却不足。通常的煤氣分佈如圖 3 所示。在這種情況下，絕大部分碎礦集中在距爐牆某些距離的地方，

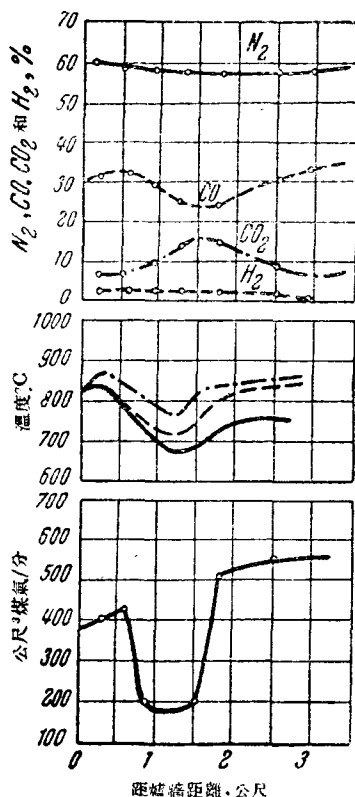


圖 9. 距爐胸爐牆不同距離處的煤氣數量，溫度（與料線相距 2.2 公尺處測量三排）和成分圖。

圖 10 所表示的是略為不同的並較好的煤氣分佈。這是按照新塔吉爾工廠一號高爐上距爐喉爐牆不同距離處 CO_2 含量的數據繪成的 [4]，雖然這也是由通常的料鐘與料斗的加料方法所形成

大塊礦石主要地都落在爐心，而也有一部分滑向爐牆。因此，在爐子的橫截面上，便現出一個原料密集的圓環。煤氣通過這個圓環的數量最少，因此這個地方的溫度也最低，從而不僅煤氣的熱量而且煤氣的化學能利用得最充分。這就表現在煤氣中二氧化碳含量最高，一氧化碳含量最低。從這一個圓環向爐子邊緣和爐心，橫截面上每單位面積的煤氣數量便逐漸增加（通常向爐心比向爐子邊緣增加得多些），因而煤氣溫度增加，煤氣中二氧化碳含量降低。圖 9 中指出這種情況。它與爐子工作良好的結果相吻合，並因為煤氣的平均成分可能良好，溫度又低，所以可能沒有懷疑到煤氣分佈的不正確。