

焦炉物料平衡 與熱平衡

張 孔 祥 譯

鞍 鋼 編 輯 委 員 會 印 行
東 北 工 業 出 版 社 出 版

И. М. ХАНИН И В. В. ЮШИН

焦 爐 物 料 平 衡
與 熱 平 衡

張

江苏工业学院图书馆
藏书章

鞍鋼編輯委員會印行

東北工業出版社出版

目 錄

第一章 焦爐物料平衡與熱平衡之目的及意義

第二章 物料平衡

原料和炭化產品物料平衡各項目數值之計算 5

I. 入 方 5

1. 裝 入 煤 5

2. 吸入炭化室的空氣 5

II. 出 方 7

1. 出 焦 量 7

2. 焦 油 產 量 12

3. 苯 產 量 14

4. 氨 產 量 15

5. 煤氣(淨煤氣)發生量 16

6. 煤氣含硫 20

7. 水 份 量 21

第三章 熱 平 衡

A. 煤及炭化產品的燃燒熱之熱平衡 24

平衡各項數值之決定 25

1. 煤之燃燒熱 25

2. 炭化過程之熱效應 26

3. 焦炭燃燒熱 26

4. 煤氣燃燒熱 27

5. 苯 燃 燒 熱 28

6. 焦油燃燒熱 28

7. 氨 燃 燒 熱 28

B. 焦爐加熱之熱平衡	29
熱平衡各項數值之決定	30
I. 入 方	30
1. 煤氣之燃燒熱量	30
2. 煤氣之含熱量	31
3. 空氣含熱量	33
4. 濕煤含熱量	34
5. 炭化過程之熱效應	34
II. 出 方	35
1. 加熱焦炭之熱量	35
2. 加熱於乾餾所得煤氣之熱量	39
3. 加熱副產物之熱量	40
4. 被水份帶出之熱量	42
5. 廢氣帶出之熱量	43
6. 煤氣燃燒不完全之熱損失量	45
7. 散於設備周圍之熱損失	46

第四章 設計煉焦設備用之物料平衡與熱平衡計算示例

A. 物料平衡之計算	50
I. 平衡之入方	50
1. 單位裝入煤量	50
2. 煤之水份	51
3. 吸入之空氣量	51
II. 平衡之出方	51
1. 乾焦炭總產量	51
2. 焦油產量	52
3. 苯產量	52
4. 氨產量	52
5. 乾煤氣產量(回收後)	53
6. 煤氣含硫	54
7. 水 份	54
B. 用焦爐煤氣加熱之熱平衡計算	55
I. 入 方	55
1. 煤氣之燃燒熱量	55

2. 煤氣含熱量	56
3. 空氣含熱量	57
4. 濕煤含熱量	57
5. 炭化過程之熱效應	57
I. 出 方	58
1. 加熱焦炭之熱量	58
2. 加熱於乾餾所得煤氣之熱量	60
3. 加熱副產物之熱量	60
4. 被水份帶出之熱量	61
5. 廢氣帶出之熱量	61
6. 煤氣燃燒不完全之熱損失量	63
7. 散於設備周圍之熱損失	63
第五章 熱平衡計算圖解法	
1. 平衡項目及諸數值符號	66
2. 平衡計算之主要公式	67
3. 傳入炭化室之熱量計算	69
4. 蓄熱室之熱損失	72
5. 廢氣之熱損失	72
第六章 焦爐物料平衡與熱平衡計算示例	
(用高爐煤氣加熱時)	
A. 物料平衡	74
B. 熱 平 衡	75
B. 熱量平衡總表	78
Γ. 焦爐加熱之特點	79
參 考 文 獻	
附 錄	
表 1. 在不同溫度下水蒸汽在煤氣中之分壓力及含量(飽和狀態下)	85
表 2. 在不同溫度下各氣體與水汽之平均比熱	86
表 3. $nX, \nu, \frac{\sin(nX)}{nX}$ 及 $\cos(nX)$ 與 hX 之關係	87
表 4. $e^{-n^2 \cdot nZ}$ 與 $n^2 \cdot nZ$ 之關係	88
圖 1. 根據炭化之副產物產量與煤中可燃物質之揮發份含量之關係	88

圖 2. 用焦爐煤氣加熱時, 決定火眼下部溫度 θ_B^H 用圖表.....	89
圖 3. 用高爐煤氣加熱時, 決定火眼下部溫度 θ_B^H 用圖表.....	89
圖 4. 按照炭化室寬度求焦餅平均溫度用圖表.....	90
圖 5. 求爐牆下部溫度 θ_{OT}^H 及火眼上部溫度 θ_B^B 用圖表.....	91
圖 6. 求廢氣溫度 ($t'_{n,r}$) 廢氣數量 $V_{n,r}$ 及理論空氣消耗量 (根據 1 M ³ 焦爐煤氣算) 用圖表.....	92
圖 7. 求燃燒廢氣溫度 ($t_{n,r}$) 廢氣數量 $V_{n,r}$ 及理論空氣消耗量 (根據 1 M ³ 高爐煤氣算) 用圖表.....	93
圖 8. 查焦爐煤氣比熱用圖.....	94

第一章 焦爐物料平衡與熱平衡之 目的及意義

在戰前及偉大衛國戰爭時期，焦炭化學工業中斯達哈諾夫運動的發展，替焦炭化學工廠發掘了大量的潛在了，並顯示在提高勞動生產力，增加產量方面有着極大的可能性。焦炭化學工業中的斯達哈諾夫工作者卓著地突破舊有的技術定額以及原來設計的設備能力，戰前及戰時在蘇聯許多工廠中焦炭化學在成品出產上不僅達到所謂“世界記錄”而且大大的跨越這一“界限”。

新技術定額的達到和煉焦產品質量的保證，首先取決於焦爐加熱的技術水平。現代的高速結焦的焦爐，其加熱需要特別的注意、鑽研及控制。

有重要的意義是降低原料的單位消耗量，準確的記錄在任何情況下保持固定的煉焦操作制度以增加產量及節約焦爐加熱煤氣的消耗量，藉使最大數量的煤氣能供應冶金工廠及其他工業部門作為動力和化學原料。同時必須保證焦爐的最長使用壽命。焦爐物料平衡與熱平衡方面的智識能大大幫助解決這些問題。

計算和製訂焦爐的物料平衡與熱平衡的目的是：

- (1) 求得各廠、車間及焦爐各部份設備設計的數據；
- (2) 分析及評定操作是否恰當，確定設備的有效工作率，並發現改正缺點的途徑；
- (3) 明瞭產物的發生量與損失量；
- (4) 在熱工方面比較各種型式的焦爐及其個別構造部份；
- (5) 研究在焦爐加熱上如何合理地利用加熱煤氣；
- (6) 利用所得之數字調節焦爐加熱；
- (7) 研究炭化過程分解反應總的方向以確定熱效應數值；
- (8) 焦爐操作條件對於煉焦產品質量和產量以及物料平衡與熱平衡各項目之熱量分配情況的影響。

炭化過程之物料平衡係根據物質不滅定律。按照此定律，參與反應過程各

元素之量保持不變，可以變動的僅只由這些元素所組成的化合物的化學成份及其絕對數量，這一定律適用於所有各種反應，特別是炭化過程反應。假如參與反應過程各物料不很平衡，則只能以計算中錯誤及不準來解釋。

製訂焦爐炭化過程物料平衡，需要準確計算裝入爐內以及由爐內出來的物料。這些數字測定得愈準確，則平衡各項可望愈接近完全吻合。相反地，則差數就大。物料平衡中有一項目名為“計算差額”即表示其差數。

焦爐熱平衡很明確地說明整個結焦時間熱量的利用情況。

在分析熱平衡時，可得到炭化過程最終產品間熱量的量和質量分配的情況；並找出熱的損失量。另一方面應該指出熱平衡對於焦爐加熱的動態即燃燒室內溫度的分佈及整個結焦期間內各部份溫度的變化表示得不够。

爲了明瞭在結焦過程中焦爐熱力的變化情況，需要做另外的測量及計算，這與通常的熱平衡計算沒有直接關係。

分析熱平衡各項資料，可以找到改善焦爐操作和提高設備使用的經濟性的辦法，熱平衡的計算和分析也是在熱工學方面比較各種型式焦爐的最可靠方法之一。

焦爐熱平衡計算的結果是確定焦爐熱工方面的效率及其有效工作率必要資料。根據熱平衡各項的研究可以明白焦爐構造上的缺點（如焦爐外牆表面斷熱不好，蓄熱室加熱面積不够等），找出焦爐工作的弱點，加熱時需要十分細心檢查的區域以及確定加熱技術必需的改進。

焦爐熱平衡的計算根據能量不滅定律。根據這定律，焦爐加熱系統內發生的熱量等於消耗的熱量。熱平衡的計算應該根據定律準確的計算入方和出方各項的熱量；否則，會使平衡有一些誤差，以致或多或少地弄錯各項熱量總的分配情況。

爲了研究焦爐這一複雜的熱工設備，毫無置疑的必須知道其物料平衡與熱平衡。

第二章 物 料 平 衡

焦爐有三種主要型式的物料平衡：

- (1) 炭化原料和產品按物料計算的物料平衡；
- (2) 炭化原料和產品按元素計算的物料平衡；
- (3) 加熱室內參加燃燒過程之物質的物料平衡。

第一種平衡計算：入方爲煉焦煤，出方爲最終炭化產物，如焦炭、焦油、苯、氫及其他。

第二種平衡係按參與炭化過程各種物質的化學元素。這種元素平衡直到現在還未實際應用，雖然它並不反映中間物質的生成過程，但是它有很大的理論意義，特別在研究煤的熱分解產生最終的新物質的時候。

研究各種煤的元素平衡，可以找出各種元素（原子）在炭化產物中之分佈規律，這就可能在一定的準確程度之下，計算出炭化產物中各種產品的出產率。元素平衡之原始數據是煤與炭化產物之工業分析和元素分析結果。

按照炭化原料和生成物之物料而作的物料平衡在實際應用中佔主要地位，它比較具體，因爲它包含煉焦各產品的出產率，而後者在設計煉焦化工廠及其車間時是可以利用的。

在某些計算中，爲了得到某一設備從新設計所需的資料，聯合採用兩種炭化物料平衡——元素平衡及物料平衡。不過這種方法是少用的。

在加熱系統各燃燒物質之物料平衡中，入方爲加熱煤氣與空氣之重量，以及乾餾出來的荒煤氣（如爐子漏）；出方爲燃燒廢氣重量。這平衡可以利用來研究是否漏煤氣的問題，即有無煤氣由炭化室漏往燃燒室，或相反，有無空氣漏入蓄熱室，以及漏的程度如何等。這些項目都可直接測定或用分析廢氣法決定。

物料平衡之計算可以根據不同的原始數據，可根據一定重量的裝入料，也可根據一段時間內一個爐孔或一座焦爐的產量。關於裝入煤重量，有選擇一個炭化室的全部裝入量，一座焦爐的裝入量，或部份炭化室的裝入量。在最後一種情況普通是採用 100 或 1000 公斤的裝入煤量作單位重量，這樣平衡計算較

爲方便。

物料平衡也可根據單位時間內（小時、晝夜等）一個爐孔（炭化室）或一座焦爐的裝入量。物料平衡亦可依照 1M^3 炭化室容積來計算。

炭化原料和產物的物料平衡由入方和出方兩部份組成。

平衡之入方爲：裝入炭化室之煤以及由各不嚴密部份漏入之空氣。空氣之漏入，主要是因爲爐門與爐框間不嚴，如果爐子執行 П.З.Дорноф 工程師所建議的提高集氣管內壓力的操作法，則不會有空氣漏入炭化室的現象。

平衡之入方並不計及自然燒室漏至炭化室的燃燒廢氣（這在加熱系統與炭化室壓力不一樣，並且加熱隔牆內有不嚴密之處時可能發生）。如果採用 П.З.Дорноф 工程師建議的壓力制度，並嚴格遵守這一壓力制度，可以完全消除。這個壓力制度能保持爐牆完全嚴密不漏。

平衡之出方則包括裝入濕煤炭化產物全部：乾焦炭、回收乾煤氣、焦油、苯、氨、水份（煤中水份及分解生成水份）。

應該區別生產條件下獲得的副產物產量和荒煤氣中真正的副產物含量或即副產資源。物料平衡計算的是後者，因爲平衡中並不考慮在回收工場的損失數量，以後即將副產資源名爲副產出產率。

下面是按物料而作的物料平衡綜合表。

表 1

入 方		出 方	
號 次	項 目 名 稱	號 次	項 目 名 稱
1	乾煤	1	全焦量
2	煤中水份		(a) 冶金焦
3	吸入炭化室內空氣		(б) 中塊焦
			(B) 粉焦
			(r) 沉澱粉焦
		2	無水焦油
		3	苯
		4	氨
		5	乾煤氣
		6	煤氣中硫
		7	水份
			(a) 分解生成水
			(б) 濕煤中含有水
		8	計算差額

原料和炭化產品物料平衡各項目數值之計算

I. 入 方

1. 裝 入 煤

煉焦煤的裝入量是根據裝煤車每次過秤來確定的。現代煉焦爐或在貯煤塔下設有自動稱量機，或在裝煤車本身上設有秤。當貯煤塔下或裝煤車上都無稱量設備時，煤量之測定是將煤從裝煤車卸出，放在小秤上稱量。既知每車之煤重，當裝入爐數知道，即可算出試驗期間總的裝入重量。

當計算裝入總數量時，必須考慮到部份煤粉被爐內發生的煤氣流帶出，另外一部份在平煤時拉出。

平煤時拉出的煤量可以如此決定：計算推焦車上煤斗的裝滿次數。每斗煤平均重量的決定方法是稱4—5次（當煤斗盛滿時），確定煤的重量是多少，然後取一平均值。

在焦炭工業中物料平衡通常是以單位重量 100 或 1000 公斤的濕煤或乾煤計算。本計算是以實用配煤，即裝入炭化室的濕煤為基礎。配煤的水份含量根據工業分析。物料平衡表中則將乾煤量和水份分開來。

計算乾煤的公式如下：

$$y_c = (100 - W^p) \frac{E}{100}, \quad (1)$$

此處

y_c ——乾煤重量，公斤；

W^p ——濕煤所含水份%（重量）；

E ——計算中採取的裝入煤單重，公斤。

水份量的計算：

$$W_E = W^p \frac{E}{100}, \quad (2)$$

此處

W_E ——採取的裝入煤單重所含的水份，公斤。

2. 吸入炭化室的空氣

提高炭化室內壓力〔1〕保證整個炭化時間爐內正壓，則不可能有空氣或燃燒室的廢氣漏到炭化室來。在這種情況下，吸入炭化室的空氣量實際等於零。

在負壓力下操作的集氣管道和副產工廠設備，有不嚴密處時，空氣就會吸

入煤氣中。回收後煤氣的實際容積量常因吸入空氣而增加。

吸入空氣量可根據回收後煤氣中氮的多餘量計算，如公式：

$$G_{\text{空氣}} = (V'_{\text{r}} N'_{\text{r}} \gamma_{\text{N}} - 0.35 N_{\text{H}}^{\text{P}} \cdot E) \frac{1}{79} \text{公斤/裝入料單重} \quad (3)$$

此處

V'_{r} ——單位重裝入料發生的煤氣量，包括吸入的空氣量， M^3 ；

N'_{r} ——回收後煤氣中含氮%（容積）；

γ_{N} —— $1M^3$ 氮重量=1.25公斤；

0.35——表示由裝入煤轉入煤氣的氮的係數；

N_{H}^{P} ——裝入煤中氮重%；

E ——裝入料單重，公斤。

由煤轉入煤氣的氮量佔煤中總氮量的35%是根據實際資料而採取的。〔2〕
真正在炭化室內產生的煤氣量爲：

$$V_{\text{r}} = V'_{\text{r}} - V_{\text{空氣}} M^3/\text{裝入料單重}。 \quad (4)$$

吸入的空氣容積按照式（3）應爲

$$V_{\text{空氣}} = (V'_{\text{r}} N'_{\text{r}} - \frac{0.35}{1.25} N_{\text{H}}^{\text{P}} E) \frac{1}{79} M^3/\text{裝入料單重}。 \quad (5)$$

故

$$V_{\text{r}} = V'_{\text{r}} - (V'_{\text{r}} N'_{\text{r}} - \frac{0.35}{1.25} N_{\text{H}}^{\text{P}} E) \frac{1}{79} M^3/\text{裝入料單重} \quad (5a)$$

即

$$\frac{V_{\text{r}}}{V'_{\text{r}}} = 1 - \frac{N'_{\text{r}}}{79} + \frac{3.54 \cdot 10^{-3} E N_{\text{H}}^{\text{P}}}{V'_{\text{r}}} \quad (6)$$

或

$$\underline{V_{\text{r}}} = m \cdot V'_{\text{r}}, \quad (6a)$$

此處 m 即表示式（6）的右項，其數值可參閱表2。表之製定係設 N'_{r} 及 N_{H}^{P} 爲變數，而 $V'_{\text{r}} = 300 M^3/\text{噸配煤}$ ， $E = 1000$ 公斤。

表 2 式 (6a) 中之 m 數值, ($N/r N_m^P$ 爲變數)

N/r	N_m^P	0	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0
0	1	1.012	1.014	1.017	1.019	1.021	1.024	1.030	1.036	
1	0.987	0.999	1.001	1.004	1.006	1.008	1.011	1.017	1.023	
2	0.975	0.987	0.989	0.992	0.994	0.996	0.999	1.005	1.011	
3	0.962	0.974	0.976	0.979	0.981	0.983	0.986	0.992	0.998	
4	0.949	0.961	0.963	0.966	0.968	0.970	0.973	0.979	0.985	
5	0.937	0.949	0.951	0.954	0.956	0.958	0.961	0.967	0.973	
6	0.924	0.936	0.938	0.941	0.943	0.945	0.948	0.954	0.960	
7	0.911	0.923	0.925	0.928	0.930	0.932	0.936	0.941	0.947	
8	0.898	0.910	0.912	0.915	0.917	0.919	0.922	0.928	0.934	
9	0.886	0.898	0.900	0.903	0.906	0.907	0.910	0.916	0.922	
10	0.873	0.885	0.887	0.890	0.892	0.894	0.897	0.903	0.909	

這個計算煤氣實際發生量的方法, 在以後計算裝入料單重所發生的淨煤氣容積時要被利用。

I. 出 方

1. 出 焦 量

焦炭率是裝入煤單重所產之乾焦炭量。在計算物料平衡的實踐中乾焦產量大多數係根據實有濕煤計算。乾煤出焦率的計算在比較各種質量不同的配煤的出焦率時有作用。

總出焦率的正確計算使我們可能準確地掌握煤的消耗率。在煉焦實踐中煤消耗率是根據所得之總焦量來計算的〔3〕。

在設備工作條件中測定總出焦率有二個基本方法:

(1) 稱量各爐裝入煤及其所出之總焦量;

(2) 稱量一定數量的裝入煤及其所出之總焦量 (如10爐孔)。

由於上述方法都很麻煩, 實際上工廠裡是利用計算方法確定出焦率, 為此可利用包含配煤及焦炭中之水份和揮發份的公式。

近年計算出焦率所用公式爲：

$$K = \frac{100 - (V^P + W^P)}{100 - V_K^C} \cdot 100, \quad (7)$$

此處 K ——根據濕煤算的乾焦出焦率%；

V^P ——濕煤之揮發份含量%；

W^P ——濕煤之水份含量%；

V_K^C ——乾焦炭所含揮發份量%。

通常利用上式或下述各式算出的出焦率數字都不準確，常較實際數字爲低。

計算出來的出焦率和實際數字不符合的主要原因是：實驗室坩堝試驗與工業煉焦上的焦炭形成情況不同。根據研究，出焦率之相差可以解釋爲爐內碳氫化合物的分解，使焦炭附有石墨，增加其重量。〔4,5〕

碳氫化合物的分解及石墨的生成，在坩堝試驗也有，可是因爲揮發份與赤紅焦炭接觸時間極其短促（常坩堝試驗時溫度上昇速度爲400°/每分鐘），同時通過的路程也短，煤氣中碳氫化合物分解銳減。

當焦爐之加熱速度減低至平均爲1.2—2°/每分鐘，碳氫化合物在紅熱焦炭中之逗留時間增長，其分解就會增加，結果，所得的出焦率與坩堝試驗所得數字比較，相差就更大。

實際出焦率與計算所得數字不同，主要影響因素有：

- (1) 裝入煤的揮發份含量；
- (2) 爐溫及結焦時間；
- (3) 煤的性質（重要因素）。

其他因素如裝入煤之水份、灰份及焦炭消火方法。當消火時澆水不均勻或不够，使個別部份焦炭燃燒，結果也會使出焦率降低。

根據材料 $\gamma XIII$ 〔4〕，在矽磚與粘土磚焦爐中，煤中揮發份含量對出焦率之影響如表3。

從表中可以明顯地看出實際出焦率與計算數字之差額隨着裝入煤揮發份含量之增加而上昇。在矽磚焦爐中煤之揮發份含量等於一般數量時，其出焦率差額爲1—2.5%，在粘土磚則爲0.0—0.6%。

溫度對於出焦率差額之影響參看表4

表 3

工 廠 名 稱	煤中揮發份 含量, %	實際出焦率與計 算之差額, %	測 定 方 法
砂磚爐:			
Н-Мариупольский	25.30	+ 1.00	根據一爐測定
"	27.76	+ 1.38	根據一晝夜焦炭平衡
"	30.00	+ 3.61	根據一爐測定
粘土磚爐:			
Серговский	24.10	- 0.10	根據五晝夜焦炭平衡
"	26.00	+ 0.60	根據一爐測定
"	27.91	+ 0.62	根據五晝夜焦炭平衡

表 4

工 廠 名 稱	結焦時間 小 時	乾燥揮發份量%	實際出焦率與計算之差額
Н-Мариупольский	18.4	26.82	+ 1.68
"	17.2	29.85	+ 2.06
"	15.1	29.75	+ 3.15
"	14.5	28.99	+ 2.39

表 4 表明當結焦溫度上昇, 其出焦率差額也變大。

美國 Г. Вильсон [6] 也曾指出實際的出焦率較坩鍋試驗所得之值為高, 根據作者的數據, 美國煉焦煤之出焦率差額在 3—4% 範圍內。

另外數字證實, 新近建立的美國焦炭化學工廠, 採用高揮發份 (30—34%) 配煤, 在高溫下煉焦, 其出焦率之差額, 根據裝入煤重量計算, 有 3—4%。

當用薩爾煤煉焦時, 其出焦率差額 (實驗室情況與工廠生產情況) 約 3.2%。

綜上所述, 式 (7) 必須加以校正, 應將實際出焦率與計算所得之差額考慮在內。由於對這問題沒有作深切的研究, 校正數字之決定有相當困難。

蘇聯焦煤在高溫煉焦情況下, 其出焦率差額之可靠波動範圍為: 用砂磚爐時約至 2.5%, 用粘土磚爐時約至 0.6%。

上述之最高限係用高揮發份的煤及溫度特別高的情況下。

當揮發份的含量為 23—26% 及按照現定的炭化溫度 [8] 煉焦, 按照材料 УХИИ, 各廠所得之出焦率差額數值為:

表 5

工 廠 名 稱	實際出焦率與計算 數字之差額, %	測 定 方 法
砂磚焦爐:		
Н-Макеевский	+ 1.00	根據一爐測定
〃	+ 1.01	〃
〃	+ 1.07	根據一月焦炭平衡
Ворошиловский	+ 1.80	根據一爐測定
〃	+ 1.30	〃
Н-Рутценковский	+ 1.20	〃
Н-Маршпольский	+ 1.00	〃
Криворожский	+ 1.30	〃
粘土磚爐:		
Серговский	+ 0.10	根據五天焦炭平衡
〃	+ 0.60	根據一爐測定
Ст-Рутценковский	+ 0.48	〃

爲了使出焦率差額比較準確起見，應該拿常用的或不常用的各種煤料作試驗，得出其數值。找出實際出焦率後，可藉下列公式計算出焦率差額：

$$\frac{100G_K^C}{G_{\text{II}}^P} - \frac{[100 - (V^P + W^P)] 100}{100 - V_K^C} = \Pi\%, \quad (7a)$$

此處 G_K^C ——全乾焦重量；

G_{II}^P ——相當量之裝入煤重量；

Π ——全焦出焦率差額%。

根據上式，焦炭之全焦率可決定如下：

$$K = \left(\frac{100 - (V^P + W^P)}{100 - V_K^C} \cdot 100 + \Pi \right), \quad (8)$$

此處 Π ——如上所述之出焦率差額，或稱因爲碳氫化合物分解焦炭量之增加重量（數值用全焦量之%表示），根據煤的性質，炭化程序及其他因素而異。

這公式係用分析方法測定出焦率之最終計算式。

乾焦出焦率也可按煤和焦炭中所含灰份來計算，用下列公式：

$$K = \frac{A_{\text{灰}}^{\text{F}}}{A_{\text{灰}}^{\text{C}}} 100, \quad (9)$$

此處 $A_{\text{灰}}^{\text{F}}$ ——濕煤所含平均灰份，%；

$A_{\text{灰}}^{\text{C}}$ ——乾焦混合樣品中之灰份，%。

上式算得之出焦率，當煤和焦炭的灰份分析準確時，其結果與實際出焦率至為相近。

根據若干工廠的數字證明，用分析方法所得之焦炭灰份含量與用下式算得之焦炭灰份含量不一致。

$$A_{\text{灰}}^{\text{C}} = \frac{A_{\text{灰}}^{\text{F}}}{K} 100, \quad (9a)$$

此處 $A_{\text{灰}}^{\text{C}}$ ——乾焦灰份含量，%；

$A_{\text{灰}}^{\text{F}}$ ——濕煤灰份含量，%；

K ——出焦率，%。

分析所得之灰份量常較用式(9a)算得的為高。

這稱作“灰份差額”，主要是因為研磨焦炭試樣的器具的材料，對於抵抗焦炭的磨蝕不够好，而增高了灰份的含量。

分析方法所得之灰份量較高，也可解釋為燒灰不均勻，結果還殘留部份未完全燒灰的有機物質，特別是下層，因為空氣供應不充分關係。

灰份差額也可能是因為炭化過程中灰份部份成份起化學變化而使重量變動。

在生產情況下焦炭灰份差額的增加，也有的是因為焦炭在焦台燃燒，使用很硬的水消火，或在焦炭中混入原來封爐門的泥塊雜質。

根據實際數據，灰份差異數值之波動範圍為0.5—1.5%，個別的能到2%。最大的波動是因為使用生鐵或鋼製器具來粉碎焦炭。當焦炭在硬鋼的器物內粉碎再在瑪瑙的臼內研粉，可以看出灰份差額即小。

因此，用公式來計算焦炭出焦率，必須預先仔細的測定焦炭與煤中的灰份含量。這公式僅僅可以用作計算生產工廠出焦率的大概數字。