

蘇聯蘭姆高炉 配料聯合計算法

麥哈涅克 編
蔡 博 譯

重工業出版社出版

I	緒論	1
II	A. II. 蘭姆的配料計算法	3
	(I) 計算必需的資料	4
	(II) 計算方法	6
III	計算結果與生產結果的比較	24
IV	如何利用計算方法解決若干高爐冶煉的問題	25
	鐵礦品質的影響	25
	A. 鐵礦含鐵量的影響	25
	B. 鐵礦還元性的影響	41
	B. 礦料中增加 CaO 含量的影響	50
	Γ. 平爐渣與焦炭的灰份的影響	62
	Δ. 高爐爐渣的影響	74
	E. 礦渣碱度的影響	78
	Ж. 風溫的影響	85
V	結語	88

I 緒 論

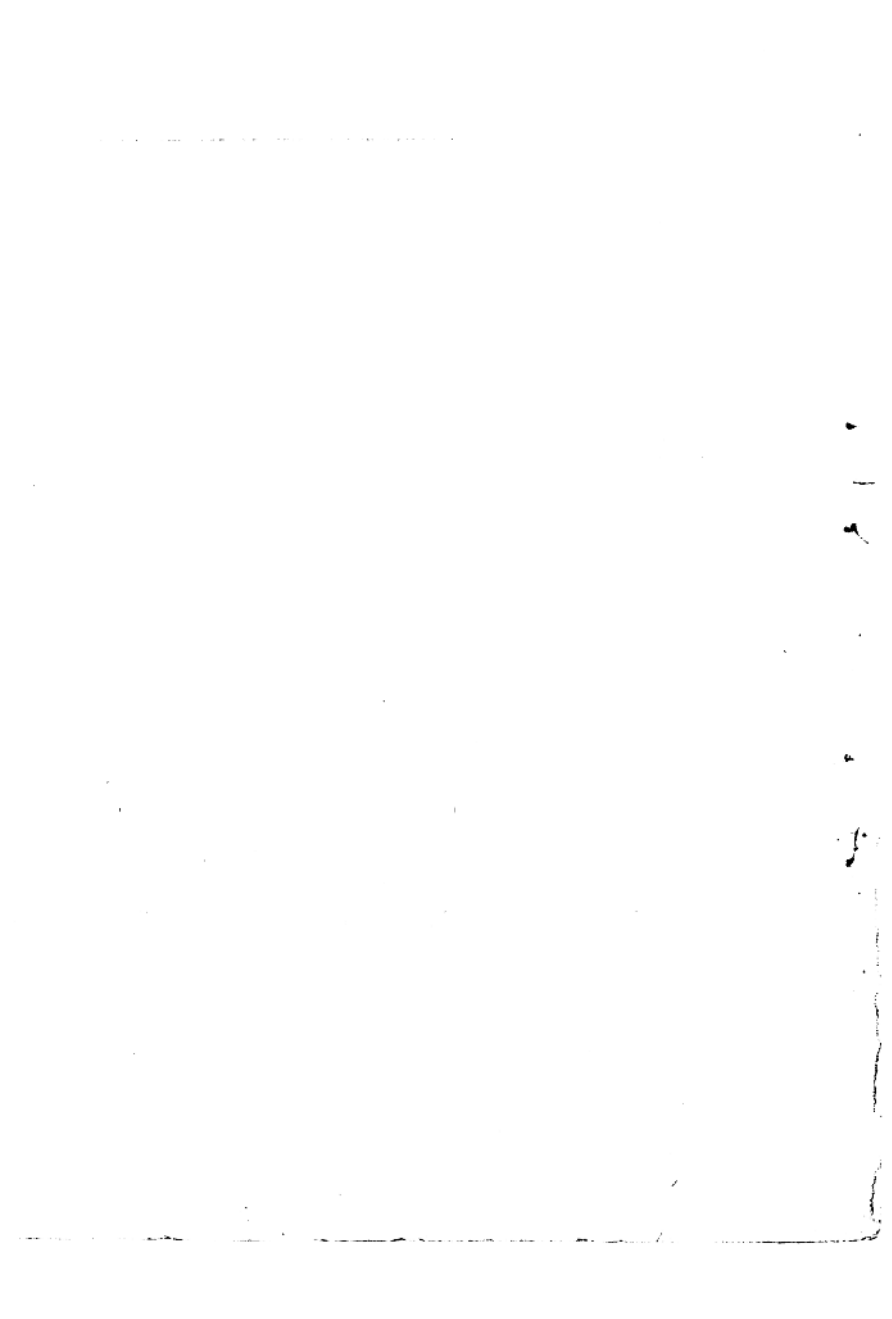
在高爐煉鐵過程中要消耗大量的原材料，後者是很大的物資財富，甚至些微的原材料的節約就可以保存巨大的財富。譬如在年產兩千萬噸生鐵時，只要節省總的焦炭消耗量的1%，就可節約 $20,000,000 \times 0.01 \times 200 = 40,000,000$ 盧布。

爲了改善高爐工作的技術指數，達到節約原材料，可以利用各種各樣的方法。但是，由於高爐過程的複雜與影響因素的繁多，經常很難在短期間得出關於這項或那項措施實施的適宜性與算出發生的效果。有時甚至某一措施的好效果，由於其他因素不利的配合，可以引出關於它不適宜在實踐中推進的錯誤結論。因措置實施失敗而產生的高爐長期間的試驗，會引起許多物質財富的損失。

這樣，必須有一個預先確定某一措施發生的效果的方法。這方法所給的答案的正確性應在以後用實踐檢查。在此場合，大概只會檢查有正效果的措施的作用，而試驗產生負效果的措施的財富損失，也就可以避免。

預先確定各項措施發生的效果的方法之一就是計算。但是大多數計算方法都是在任意選擇最貴重的原材料——焦炭的消耗率的基礎之上進行的。

祇有 A. H. 蘭姆的計算法允許客觀地和正確地確定冶煉每單位生鐵所需的原材料，首先，就是焦炭的消耗量。這個計算方法允許預先確定許多措施可能發生的效果，允許在其中找出最好的措施，所需要的僅是進一步用實驗來檢查計算的資料。



II A.H. 蘭姆的配料計算法

A.H. 蘭姆計算法的本質在於確定每種煉鐵原材料的特性指數，後者不僅能把配料的各份子聯系在一起，組成原料平衡的方程式，而且還能組成熱量平衡的方程式（熱量平衡確定發生熱量與消耗熱量之間，或即是冶煉的原材料數量與冶煉它所需的燃料數量之間的等式）。

聯合計算組成的方程式就可確定每份子的消耗數值。

計算在於確定：

1. 理論出鐵量（ e ）與出渣量（ u ）——公斤/公斤原材料；
2. 熱量等數——每公斤原材料所發生的或所消耗的熱量；
3. 碱度與含錳（或其它元素）的不足量或剩餘量，按得出指定成份的生鐵與礦渣規定熔劑與錳礦數量時的熱量等數；
4. 原材料的相對消耗量。

計算中唯一需要假定的數字是配料的還元度。一般或是根據研究所的實驗資料，或者根據冶煉的生產結果。在本例的場合， $\times\times\times$ 廠配料的還元度，根據生產資料的計算，採納為 $r_1=0.65$ 。為了證實所作計算的正確性，以後我們可把計算得出的冶煉技術指數與 $\times\times\times$ 廠實際的指數作一比較。

為了進行計算，採取了1951年上半年的原料平均化學成份；而為了以後作比較，則採取了同一時期的原料平均消耗量。

I 計 算 必 需

原 材 料 平 均 化 學 成 份 ‰

化合物與元素			焦 炭		鐵
a	b	c	a	b=a c	a
Fe ₂ O ₃	Fe _{Fe₂O₃}	0.700	16.33	11.43	595.4
FeO	Fe _{FeO}	0.778	—	—	202.4
	Fe氧化			11.43	
MnO ₂	Mn _{MnO₂}	0.632	—	—	—
MnO	Mn _{MnO}	0.774	—	—	3.0
	Mn氧化				
[SO ₂]	S _{SO₂}	0.400	2.81	1.12	2.25
S有機	S有機	1.000	9.60	9.60	—
	S			10.72	
P ₂ O ₅	P _{P₂O₅}	0.437	0.77	0.34	0.91
SiO ₂			70.22		146.10
Al ₂ O ₃			56.57		17.10
CaO			6.42		19.80
MgO			1.43		10.00
CO ₂ C ₂ O			—		—
CO ₂ MgO			—		—
CO ₂ 炭量			‰	M ³ /噸	
CO ₂		0.509	4.7	2.39	
CO		0.800	4.94	3.95	
CH ₄		1.400	0.48	0.67	
H ₂		11.200	0.85	9.52	
N ₂		0.800	2.53	2.02	
			13.50	18.55	
			822.30		
C固定					
H ₂ O化合			—		3.04
計			1000.00		1000.00
H ₂ O物理			27.00		3.00

的 資 料

鎂	錳	礦	熔	劑
b=ac	a	b=ac	a	b=ac
416.78	104.1	73.30	6.6	4.64
157.47	—	—	—	—
574.25	—	73.30	—	4.64
—	546.50	345.39	—	—
2.32	—	—	—	—
2.32	—	345.39	—	—
0.90	0.25	0.1	—	—
—	—	—	—	—
0.90	—	0.1	—	—
0.40	1.37	0.60	—	—
	249.00		19.00	
	14.80		5.00	
	43.70		535.10	
	12.40		6.50	
	—		420.43	
	—		7.37	C
			427.80	116.67
	27.88		—	
	1000.00		1000.00	
	6.00		—	

生鐵成份 $\%$: Si—7.0; Mn—16.00; S—0.4; C—40.0

各元素轉入生鐵: $\eta_{Fe}=0.995$; $\eta_{Mn}=0.55$; $\eta_D=1.0$

轉入 CH_4 的固定炭: $d=0.005$

礦石還元度: $r_d=0.65$

礦渣碱度 $\Sigma (SiO_2 + Al_2O_3) = 46.7\%$

鼓風水份 $\varphi=0.01 M^3/M^3$ 風

風溫 $t_{風}=600^\circ C$

爐頂溫度 $t_{爐頂}=300^\circ C$

礦渣含熱 480卡/公斤

鐵水含熱 300卡/公斤

熱量損失 360卡/公斤炭素

I 計 算 方 法

1. 理論出鐵量與出渣量的確定

生鐵個別元素的含量既取決於它們在原料中的含量，也取決於冶煉的條件。鐵錳磷鉻鎳與鈾的含量主要是取決於它們在原料中的含量，而矽鈹硫炭則取決於冶煉的條件。

每種原材料的理論出鐵量可用下列公式計算：

$$e = \frac{Fe \cdot \eta_{Fe} + Mn \cdot \eta_{Mn} + P \cdot \eta_D}{1000 - (C_{鐵} + Si_{鐵} + Ti_{鐵} + S_{鐵})} \text{ 公斤/公斤原材料}$$

這裡 Fe, Mn, P, ——這些元素在原材料中的含量，%

$\eta_{Fe}, \eta_{Mn}, \eta_D$ ——它們轉入生鐵的程度

$Si_{鐵}, Mn_{鐵}, S_{鐵}$ ——各種元素在生鐵內的含量，%

每種原材料的理論出渣量可用下列公式計算：

$$u = \frac{1}{1000} [SiO_2 + Al_2O_3 + CaO + MgO + 0.5S + \frac{72}{56} (1 - \eta_{Fe}) \cdot Fe + \frac{71}{55} (1 - \eta_{Mn}) Mn - e (\frac{60}{28} Si_{鐵} + 0.5S)] \text{ 公斤/公斤原材料}$$

這裡 $SiO_2, Al_2O_3, CaO, MgO, Fe, Mn$ ——這些元素與氧化物在原料中的含量。

$\frac{72}{56}, \frac{71}{55}, \frac{60}{28}$ ——這些元素轉變為氧化物的轉算係數

0.5S ——原材料中含硫量的半數 *

* 由於鐵轉入礦渣而增加的渣流量只有轉入的鐵量的一半。因為還與CaO相結合的氫氣被排入瓦斯系統： $\text{FeS} + \text{CaO} + \text{C} = \text{CaS} + \text{CO} + \text{Fe}$

理論出鐵量與出渣量

	燃 料	礦	石	熔 劑
理論產量公斤/公斤	焦 炭	鐵 礦	錳 鐵	石灰石
生鐵	K	P ₁	P ₂	Φ
Fe•η _{Fe}	11.37	571.33	72.93	6.57
Mn•η _{Mn}	—	1.28	189.97	—
P•η _P	0.34	0.40	0.60	—
A ₁	11.71	573.06	263.50	6.57
B ₁ = Si _鐵 + C _鐵 + S _鐵	47.40	47.40	47.40	47.40
$e = \frac{A_1}{1000 - B_1}$	0.0123	0.6016	0.2766	0.0069
礦渣				
SiO ₂ + Al ₂ O ₃	126.79	163.20	263.80	24.00
CaO + MgO	7.90	29.80	56.10	541.70
72/56(1-η _{Fe})Fe	0.03	3.69	0.43	—
71/55(1-η _{Mn})Mn	—	1.34	200.49	—
0.5S	5.36	0.45	0.05	—
A ₂	140.13	198.43	520.92	565.70
B ₂ = 2.14Si _鐵 + 0.5S _鐵	15.18	15.18	15.18	15.18
e•B ₂	0.19	9.13	4.19	0.10
$u = \frac{A_2 - eB_2}{1000}$	0.1400	0.1893	0.5167	0.5657

2. 熱 量 等 數 的 計 算

熱量等數是每公斤原材料在使用時能發生的、或需消耗的熱量。

用熱量等數可以組成熱量平衡的方程式，這方程式的解算就能得出每單位生鐵的燃料消耗量。

A. 發生熱量的計算：

主要的熱量來源是燃料，燃料的發熱量取決於它的燃燒條件。燃燒不僅

可在風口區域，靠風的氧氣進行，而且還可在風口以上，靠原料的氧氣進行，並因而發生CO（直接還元）和CO₂（間接還元）。

讓我們來計算1公斤炭素燃燒時能發生多少熱量。

1公斤炭素在風口前燃燒時所發生的熱量是由 $C(KOKC) + \frac{1}{2}O_2 = CO + 2321$ 卡/公斤C，這個反應式的熱量效果與熱風帶入的熱量所組成的。這個熱量的一部份消耗於鼓風水份的分解： $H_2O = H_2 + \frac{1}{2}O_2 - 2510$ 卡/M³ H₂O。在高爐中這熱量只有一部份被利用，因為它的若干數量被炭素燃燒時所發生的高爐瓦斯帶出爐外。

在高爐內被利用的熱量，或即風口前燃燒的炭素的出熱量，可按下列公式計算：

$$q_c = 2321 + V_g \cdot C_o g \cdot t_g - V_F C_o^{t_{\text{爐頂}}} \cdot t_{\text{爐頂}} - 2580 \varphi V_g \text{ 卡/公斤}$$

這裡 q_c ——風口前燃燒的炭素的出熱量，卡

2321——1公斤炭素在風口前的燃燒反應的熱量效果，卡

V_g ——鼓風的體積

$C_o g \cdot t_g$ ——鼓風的平均比熱與熱風溫度

V_F ——1公斤炭素在風口前燃燒所發生的瓦斯的體積

$C_o^{t_{\text{爐頂}}} \cdot t_{\text{爐頂}}$ ——爐頂瓦斯在爐頂溫度之下的含熱量

2580——水份分解反應的熱量效能

φ ——風的相對濕度，M³/M³風

炭素靠原料中的氧氣燃燒成一氧化碳時所發生的熱量僅等於化學反應 $C + \frac{1}{2}O_2 = CO + 2321$ 卡/公斤C的熱量效果。被利用的熱量——炭素的出熱量在此場合為反應的熱量效果與炭素燃燒過程中所發生的瓦斯帶出爐頂的熱量兩者之間的差數。它可以下列公式算出：

$$q_{c_1} = 2321 - \frac{22.4}{12} C_o^{t_{\text{爐頂}}} \cdot t_{\text{爐頂}} \text{ 卡/公斤C}$$

這裡 q_{c_1} ——靠原料的氧氣燃燒成一氧化碳的炭素的出熱量。

$C_o^{t_{\text{爐頂}}} \cdot t_{\text{爐頂}}$ ——爐頂瓦斯在爐頂溫度之下的含熱量。

炭素燃燒成二氧化碳（間接還元）時所發生的熱量等於化學反應 $CO + \frac{1}{2}O_2 = CO_2 + 5640$ 卡/公斤C的熱量效果。被利用的熱量——炭素的出熱量可以反應的熱量效果中減去瓦斯帶出爐頂的熱量而得出。炭素的出熱量可用下列公式計算：

$$q_{c_1} = 5640 - \frac{22.4}{12} (C_{CO_2} - C_{CO}) \cdot t_{\text{爐頂}} \text{ 卡/公斤C}$$

這裡 q_{C_1} ——燃燒成 CO_2 的炭素的出熱量卡/公斤C

C_{CO_2} ——二氧化碳在爐頂溫度之下的比熱

C_{CO} ——一氧化碳在爐頂溫度之下的比熱

$t_{爐頂}$ ——爐頂溫度

產生甲烷時所發生的熱量等於化學反應 $C + 2H_2 = CH_4 + 1600$ 卡/公斤C。被利用的熱量為發生的熱量與經爐頂流出的瓦斯的含熱量之間的差數。它可從下列公式算出：

$$q_{CH_4} = 1600 - \frac{22.4}{12} (C_{CH_4} - 2C_{H_2}) \cdot t_{爐頂} \text{ 卡/公斤C}$$

這裡 q_{CH_4} ——造成甲烷的炭素的出熱量卡/公斤C

$(C_{CH_4} - 2C_{H_2}) \cdot t_{爐頂}$ ——甲烷含熱量與氫氣含熱量的兩倍之間的差數

為使計算簡便，特將利用含氧21%，水份1%鼓風時，在不同的風溫與爐頂溫度之下炭素出熱量的數值預先算出，這些資料見第一表。

第一表 炭素出熱量 ($q_C, q_{CH}, q_{C_1}, q_{CH_4}$)

爐頂溫度 °C	風 溫 °C											q_C	q_{CH}	q_{C_1}	q_{CH_4}
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000				
0	2208	2344	2484	2624	2765	2914	3063	3212	3370	3532	3690	2321	5640	1600	
100	2043	2179	2319	2459	2600	2749	2898	3047	3205	3367	3525	2263	5621	1641	
200	1873	2009	2149	2289	2430	2579	2728	2877	3035	3179	3355	2205	5599	1673	
300	1703	1839	1979	2119	2260	2409	2558	2707	2865	3027	3185	2144	5569	1693	
400	1533	1669	1809	1949	2090	2239	2388	2537	2695	2857	3015	2084	5535	1711	
500	1352	1488	1628	1768	1909	2058	2207	2356	2514	2676	2834	2021	5495	1713	
600	1172	1308	1448	1588	1729	1878	2027	2176	2334	2496	2654	1957	5457	—	

以上我們算出了1公斤炭素在不同燃燒條件時的出熱量。為了找出治煉1公斤原料的出熱量的數值必須找出燃燒成CO與 CO_2 的炭素的數量。與爐料互相感應燃燒成CO與 CO_2 的炭素的數量可按下列計算表得出。靠爐料的氧氣而燃燒成 $CO(C_0)$ 與 $CO_2(C_1)$ 的炭素的數量：

原料還元所消耗的 炭 素 公斤/公斤	燃 料 焦炭 K	礦 鐵礦 P ₁
a. 間接還元		
$\frac{12}{112} \text{Fe}_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 0.107 \text{Fe}_{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	1.22	44.57
$\frac{12}{56} \text{Fe}_{\text{Fe}_2\text{O}_3} (1 - r_d) = 0.214 (1 - r_d) \text{Fe}_{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	0.86	43.01
0.218 Mn MnO ₂	—	—
C _i	2.08	87.60
6. 直接還元		
$0.214 \cdot r_d \cdot \eta_{\text{Fe}} \cdot \text{Fe}_{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	1.58	79.48
$0.218 \cdot \eta_{\text{Mn}} \cdot \text{Mn}_{\text{MnO}_2}$	—	0.28
$0.857 \cdot e \cdot \text{Si}_{\text{鐵}}$	0.07	3.61
$0.968 \cdot \eta_p \cdot \text{P}_{\text{鐵}}$	0.33	0.39
$1.500 \cdot S_{\text{SO}_3}$	1.68	1.35
$0.375 (S_{\text{有機}} - e \cdot S_{\text{鐵}})$	3.60	—
C _d	7.26	85.11
B. 消耗熱量的計算:		
1 公斤原材料冶煉時所使用的熱量可從計算各項熱消耗中求得:		
熱量消耗 卡/公斤原材料	燃 料 焦炭 K	礦 鐵礦 P ₁
1. 氧化物的分解		
$1.743 \cdot \text{Fe}_{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	19.42	726.45
$1.152 \cdot (\text{Fe}_{\text{Fe}_2\text{O}_3} - (1 - \eta)_{\text{Fe}_2})$	—	178.10
$0.545 \cdot \text{Mn} \cdot \text{MnO}_2$	—	—
$1.693 \cdot \text{Mn} \cdot \eta_{\text{Mn}}$	—	2.16
$7.440 \cdot e \cdot \text{Si}_{\text{鐵}}$	0.64	31.33
$8.600 \cdot \text{P} \cdot \eta_p$	2.92	3.44
$1.422 (S_{\text{有機}} - e \cdot S_{\text{鐵}})$	13.65	-0.34
$2.934 \cdot S_{\text{SO}_3}$	3.29	2.64
q' ₁	40.42	943.80

石 錳 礦P ₂	熔 劑 石灰石 Φ	備 註
7.84	0.50	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} = 2\text{FeO} + \text{CO}_2$
5.49	0.35	$\text{FeO} + \text{CO} = \text{Fe} + \text{CO}_2$
75.29	—	$\text{MnO}_2 + \text{CO} = \text{MnO} + \text{CO}_2$
88.62	0.85	
10.14	0.64	$\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$
41.42	—	$\text{MnO} + \text{C} = \text{Mn} + \text{CO}$
1.66	—	$\text{SiO}_2 + 2\text{C} = \text{Si} + 2\text{CO}$
0.58	—	$\text{P}_2\text{O}_5 + 5\text{C} = 2\text{P} + 5\text{CO}$
0.13	—	$\text{SO}_2 + \text{CaO} + 4\text{C} = \text{CaS} + 4\text{CO}$
—	—	$\text{S} + \text{CaO} + \text{C} = \text{CaS} + \text{CO}$
53.93	0.68	

石 錳 礦P ₂	熔 劑 石灰石 Φ	備 註
127.76	8.05	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2\text{Fe} + 1\frac{1}{2}\text{O}_2 - 1743\text{卡/公斤Fe}$
—	—	$\text{FeO} = \text{Fe} + \frac{1}{2}\text{O}_2 - 1152\text{卡/公斤Fe}$
188.24	—	$\text{MnO}_2 = \text{MnO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 - 545\text{卡/公斤Mn}$
321.61	—	$\text{MnO} = \text{Mn} + \frac{1}{2}\text{O}_2 - 1693\text{卡/公斤Mn}$
14.40	0.35	$\text{SiO}_2 = \text{Si} + \text{O}_2 - 7440\text{卡/公斤Si}$
5.16	—	$\text{P}_2\text{O}_5 = 2\text{P} + 2\frac{1}{2}\text{O}_2 - 8600\text{卡/公斤Si}$
-0.10	—	$\text{S} + \text{CaO} = \text{CaS} + \frac{1}{2}\text{O}_2 - 1422\text{卡/公斤S}$
0.29	—	$\text{SO}_2 = \text{S} + 1\frac{1}{2}\text{O}_2 - 2934\text{卡/公斤S}$
657.56	8.40	

2. 碳酸鹽的分解

熱量消耗 卡/公斤厚材料	燃 料 焦炭R	礦 鐵礦P ₁
$0.966 \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{CaO}$	—	—
$0.594 \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{MgO}$	—	—

q'_2

3. 蒸發潛熱

$$q'_3 = 0.586 (\text{H}_2\text{O}_{\text{化合}} + \text{H}_2\text{O}_{\text{物理}}) \quad 15.82 \quad 3.54$$

4. 鐵水含熱量

$$q'_4 = e \cdot Q_{\text{鐵}} \quad 3.69 \quad 180.48$$

5. 礦渣含熱量

$$u \cdot Q_{\text{渣}} \quad 67.20 \quad 90.86$$

$$-0.27 \text{CaO} \quad -1.73 \quad -5.85$$

$$q'_5 = u \cdot Q_{\text{渣}} - 0.27 \text{CaO} \quad 65.47 \quad 85.51$$

6. 水蒸汽，它分解時所發生的氫氣碳酸氣，以及燃料的揮發份等
加熱至爐頂溫度所消耗的熱量

$$1.224 (\text{H}_2\text{O}_{\text{物理}} + \text{H}_2\text{O}_{\text{化合}}) \text{C}_{\text{H}_2\text{C}} t_{\text{爐頂}} \quad 3.73 \quad 0.83$$

$$0.509 \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{碳酸鹽} \cdot \text{C}_{\text{CO}} t_{\text{爐頂}} \quad — \quad —$$

$$(\text{H}_2 + \text{N}_2 + \text{CO}) \text{C} \cdot t_{\text{爐頂}} + \text{CO}_2 \cdot \text{C}_{\text{CO}_2} t_{\text{爐頂}} + \text{CH}_4 \cdot \text{C}_{\text{CH}_4} t_{\text{爐頂}} \quad 1.88 \quad —$$

$$q'_6 \quad 5.61 \quad 0.83$$

$$\text{總的熱消耗 } Q'_0 \quad 131.01 \quad 1214.16$$

石 錳礦p:	熔劑 石灰石Φ	備 註
—	406.13	$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ -966卡/公斤 CO_2
—	4.38	$\text{MgCO}_3 = \text{MgO} + \text{CO}_2$ -594卡/公斤 CO_2
410.51		
19.83		$\text{H}_2\text{O}_{\text{物理}} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{\text{蒸氣}}$ -586卡/公斤 H_2O
82.8	2.07	$Q_{\text{鐵}} = 300$ 卡/公斤
248.02	271.54	$Q_{\text{法}} = 480$ 卡/公斤
-11.80	-144.48	
236.22	127.06	
4.67	—	$\frac{22.4}{18} = 1.244$
—	28.96	
—	—	
4.67	28.96	
1000.88	577.00	

B. 熱量等數的計算：

熱量等數是利用某種原材料時所發生的或所消耗的熱量，它可從下列公式算出：

$$\bar{q} = q_C \cdot C_\Phi + q_{Cd} \cdot C_d + q_{Cl} \cdot C_l + q_{CH_4} \cdot C_{CH_4} - Q'_o - Z$$

這裡 $\bar{q}$ —— 熱量等數，卡/公斤原材料

C_Φ —— 風口前燃燒的炭素數量，公斤

C_d —— 靠爐料中的氧氣燃燒成 CO 的炭素數量，公斤

C_l —— 靠爐料中的氧氣燃燒成 CO₂ 的炭素數量，公斤

C_{CH_4} —— 造成 CH₄ 的炭素數量，公斤

$q_C, q_{Cd}, q_{Cl}, q_{CH_4}$ —— 各項炭素出熱量

Q'_o —— 熱量的有效消耗卡/公斤 原材料

Z —— 逸出周圍空間的熱量損失

風口前燃燒的炭素 (C_Φ)，造成甲烷的炭素 (C_{CH_4}) 以及熱量損失 (Z)

均可作為加入高爐的固定炭的總量的函數來表示：

$$C_\Phi = C - e \cdot C_{鐵} - C_d - C_{CH_4}$$

$$C_{CH_4} = a \cdot C$$

$$Z = Z_C \cdot C \quad Z_C - 1 \text{ 公斤固定炭所攤分的外部熱量損失}$$

如果把 $C_\Phi \cdot C_{CH_4}$ 與 Z 用它們的函數代替，則得出：

$$\bar{q} = q_C (C - C_{鐵} - C_d - aC) + q_{Cd} \cdot C_d + q_{Cl} \cdot C_l + q_{CH_4} aC - Q'_o - Z_C \cdot C \text{ 或}$$

$$\bar{q} = C(q_C - Z_C) + q_{Cl} \cdot C_l - C_d(q_C - q_{Cd}) - q_C \cdot C_{鐵} - aC(q_C - q_{CH_4}) - Q'_o$$

每種原材料的熱量等數的計算：

熱量等數 卡/公斤	燃 料 焦炭 K	礦 鐵礦 P ₁	石 錳礦 P ₂	熔劑 石灰石 Φ	備 註
$(q_C - Z_C)C$	1087.41	—	—	—	
$q_{Cl} \cdot C_l$	11.58	487.84	493.52	4.73	$q_C = 2558 \text{ 卡/公斤 C}$
A ₁	1818.99	487.84	493.52	4.73	$q_{Cd} = 2144 \text{ 卡/公斤 C}$
$(q_C - q_{CH_4})a \cdot C$	3.56	—	—	—	$q_{Cl} = 5569 \text{ 卡/公斤 C}$
$q_C \cdot e \cdot C_{鐵}$	1.26	61.56	28.30	0.71	$q_{CH_4} = 1693 \text{ 卡/公斤 C}$
$(q_C - q_{Cd})C_d$	3.00	35.24	22.33	0.28	$a = 0.005 \text{ 卡/公斤 C}$
Q'_o	131.01	1214.16	1000.88	577.00	$C = 822.3 \text{ 公斤 C}$
B ₁	133.33	1310.96	1051.51	577.99	$Z_C = 360 \text{ 卡/公斤 C}$
$\bar{q} = A_1 - B_1$	1680.16	-823.12	-557.99	-573.26	

3. 酸與含錳量的不足或過多，以及每種原材料在加入它所需要的熔劑與錳礦之後的熱量等數的計算

從每種原材料分別得出的生鐵和礦渣，無論按含錳量或按酸度，都與原規定的不同。為了明確相差的程度，應找出每種原材料的特性指數，並按後者的數值，確定為了得出規定成份的生鐵與礦渣，每 1 公斤原材料所需要的熔劑與錳礦的消耗量。

燃料與鐵礦內加入熔劑和錳礦時出鐵量與熱量等數的數值也會變化。因此應作一補充計算找出 1 公斤冶煉原材料的出鐵量與熱量等數的新數值。

原材料特性係數的計算：

原材料的特性係數 a. 酸度不足量(過多量) %	燃料 焦炭 ^K	礦 鐵礦 ^{P₁}	石 錳礦 ^{P₂}	熔劑 石灰石 ^Φ	備 註
$u(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) = u \cdot 467$	65.38	83.40	241.30	264.13	應有酸量
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 - 2.14e \cdot \text{Si鐵}$	126.61	154.10	259.67	23.93	實有酸量
RO_m	-61.23	-65.70	-18.37	240.20	酸量過多 或不足
熔劑消耗量 $\Phi_m = \frac{\text{RO}_m}{\text{RO}_\Phi}$	0.2549	0.2735	0.0765	—	
加入熔劑後的出鐵量 e	0.0123	0.6016	0.2766	0.0069	
$\Phi_m \cdot e_\Phi$	0.0018	0.0019	0.0005		
$e_{m\Phi}$	0.0141	0.6035	0.2771		
加入熔劑後的熱量等數 $\overline{q}_m$	1680.16	-823.12	-557.99	-573.26	
$\Phi_m \cdot \overline{q}_\Phi$	-146.12	-156.79	-43.85		
$\overline{q}_{m\Phi}$	1534.04	-979.91	-601.84		