

火焰爐的 熱經濟與生產率

И.М.РАФАЛОВИЧ 著

何 用 梅譯

重 工 業 出 版 社

簡 介

在本書中闡明了燃料性質、燃料燃燒方法、爐子類型、金屬的形狀與其在爐底上的放置方法等等方面同火焰爐的生產率與熱經濟方面的關係。

運用書中所闡明的方法，可查明所考察的各種燃料中的每一種在一定條件下的經濟值；可確定當原有爐由原燒的一種燃料改燒另一種燃燒時所用的有根據的當量；可推求出：燃料的更換對爐子生產率有何影響，為保持或提高生產率起見應採取些什麼措施；可在設計爐子時迅速地確定在一定條件下保證必需生產率的爐底尺寸，以及求出每小時的燃料消耗量。

此等問題的解答係藉助於曲線與極簡便的計算；在書中並載有此等問題的解答實例。

本書係供工業企業工作者，工程師與技術員之用，並可作為技術大學學生的教材。

火焰爐的熱經濟與生產率

ТЕПЛОВАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ

И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

ПЛАМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

原 著 者：П. М. Рафалович

原 出 版 者：металлургиздат

原出版日期：莫斯科 1947年版

譯者：何用梅 校閱：覃休謨·胡肆鉞 編校：史文英

重工業出版社（北京西直門裡三官廟11號）出版

新華書店瀋陽發行所總經售

25 開本 · 共 122 面 · 定價

印數（1500 冊） 1954年10月 旅大人民日報印刷廠印

目

錄

1. 緒 言	1
2. 關於燃料燃燒與燃料在爐膛內之熱量遺留率 的曲線 ($\eta-t$ —曲線)	4
3. 新舊兩種燃料消耗量之間的關係	42
4. $\eta-t$ 曲線運用舉例	45
5. 火焰爐的生產率, 以及燃料性質、燃料燃燒方法 與傳熱條件對此生產率的影響	54
6. 爐子利用率對其經濟值的影響	82
A. 熱工方面的問題	82
B. 爐子利用不好的原因	87
B. 金屬的許可加熱速度	91
Г. 燃料消耗定額的規定	98
參 考 書 目	101
附 錄	103
I. $\left(\frac{t+273}{100}\right)^4 = \left(\frac{T}{100}\right)^4 T^4 \cdot 10^{-8}$ 的數值表	104
II 蘇聯各種燃料經計算得出的性質	104

1. 緒 言

在實際情況中有時須將使用燃料的工藝設備（如加熱爐、乾燥爐）由原來燒的某一種燃料改燒另一種燃料；在衛國戰爭時期這種情況就發生得多了，而在和平時期，關於當地與低級燃料（此種燃料以前只用於不大重要的設備），天然煤氣以及地下碳化生成物的利用問題，也是十分迫切解決的。在聯共（布）黨第十八次代表大會決議中所明確規定的此等任務，仍舊是蘇聯熱工人員的注意中心；此等任務在目前國家第四個恢復與發展國民經濟的五年計劃中已被發揮並更為明確了。

關於對所設計爐子生產率的確實規定與對現有爐子生產率的提高的方法問題，對於設計人員與生產人員來說總是重要的。當爐子改用另一種燃料時，這一問題的重要性就更為顯著了，因為爐子在改建以後生產率不應降低，而在許多情況下都甚至是應提高的。

同樣十分明顯：爐子的改燒新燃料（當金屬品種、加熱制度等其他條件均不變時）不應引起經濟指標的下降，也就是說，不應引起燃料單位消耗定額的增加。

因此，當原有爐改燒另一種燃料，以及當設計新的爐子時，必須確定：具有一定性質的燃料之每小時消耗量將為若干，在加熱一定形狀與大小的製品時，爐子產量將為若干，以及作為上兩數值的函數之爐子熱經濟如何。

可以斷定：在設計新爐子時此等最重要的問題並不是總能得到足夠的分析，這顯然是由於計算方法有一定的複雜性的緣故。

在多半的情況下，爐底面積是按『以重量計的單位爐底面積產量』的經驗數值來確定，而燃料消耗量則根據同類爐子的單位燃料消

耗量來定出¹。當原有爐由原燒的一種燃料改而燒另一種燃料時還存在一種更為簡單的辦法：在此種情況下毫無根據地假設，爐子在改用另種燃料後其生產率與每小時耗熱量（以卡路里計）均保持不變。由於這樣對待問題的態度，會造成不良的與有時難以挽回的後果。

經常發生這樣的情況：在改燒新用燃料後爐子生產率降低了，每小時燃料消耗量超過了計算所得的數值，這樣一來，燃燒裝置就不能令人滿意地擔負起燃燒的任務，廢氣管道也排除不了所增加的廢氣量。

同樣地也可能當爐子改燒新用燃料，燃料性質大為變化或者爐子操作制度大為改變時，出乎意外的發生與既定定額的節省不符或過分消耗燃料的現象，而由於操作人員對此種定額不能解釋，故他們也就無法採取必要的措施。結果就放鬆了使燃料轉向節省方面的努力。

如果生產人員能得到一種十分簡便的換算方法，同時這種換算方法能明顯地把燃料性質、爐子操作制度對爐子產量與燃料消耗量的關係表示出來，並能促使採取實踐的辦法的話，則上述不良現象就很少有可能產生了。

正像下面將指出的一樣，將爐子生產率與經濟值兩問題分開來解決，是完全錯誤的。

闡明此種方法的本書，首先是為工廠熱工人員，同時也是為設計人員而作的。它能使我們在解決各種各樣的問題時不必進行複雜的計算，主要地只運用各種曲線。舉出的足夠數量的實例使我們不會錯誤地運用此種方法；同時此等實例也顯示了用所述方法得出的結果與經驗資料的吻合程度。

問題的理論在第 2, 3 章中已闡明。在第 4 章中引入了當舊燃料的消耗量為已知與在設計新的爐子時決定新燃料消耗量的實例。

在第 5 章中，在讀者閱讀前幾章時達到了一定的熟習以後，進而闡明了各個基本公式並提出了爐內熱傳遞的曲線。由於這樣，下述的問題

1 即令燃料消耗量是用編製熱平衡表的方式定出，其所得出的結果也不見得總是確實的，因為在決定極其重要的數值——廢氣出爐時的溫度時通常未考慮到所要求的爐子生產率與爐內熱傳遞的條件。

就明確了：當改燒新用燃料或燃料性質發生變化時，爲使爐子的生產率與經濟值保持在原有的水平上或提高一些起見，應採取些什麼措施。此處所述的方法同樣地使我們在設計新爐子時能計算出爐子生產率。

第 6 章十分明顯地闡明了：爐子操作的經濟值如何緊密地依靠着爐子的裝料量，即依靠着操作上的因素。爲了引證起見，利用了斯達漢諾夫運動的資料。在附錄 I 中引入了蘇聯各種典型燃料的成份與性質的表格。在解答所提出的問題時無此等表格也可以應付，但此種資料作爲一種參考資料來說，對於熱工人員與技術操作人員是有益處的。同時，刊載有此等表格的那些刊物 [2]，[3] 早就賣完了，爲許多讀者所得不到。

在此處未引入關於當爐子改燒另一種燃料時（多半是要由重油改爲煤氣或固體燃料，或者由優質煤改爲當地的發熱量較低的煤）爐子改建問題在構造上的解答。讀者可由一些著作 [3]，[6]，[10]，[11]，[29]，[31]，與 [33] 中去瞭解這種資料。

所引入的方法適用於所有的火焰加熱爐與熔煉爐。此處應當記住由操作過程與爐子種類所引起的特點。例如，熔煉爐生產率在理論上的決定要比加熱爐複雜些，這是因爲在前一種情況下的熔煉過程中，金屬有效的射線承受表面與其表面黑度的數值是變化着的；然而，這一操作過程上的特點，並不足以妨碍當原有熔煉爐改燒新用燃料時對新用燃料消耗量的計算以及對加熱制度須作改變之確定，而相反地，這正是本書的主要目的。

2. 關於燃料燃燒與燃料在爐膛內之熱量遺留率的曲線表 ($\eta-t$ —曲線)

在解決與火焰加熱爐熱經濟及生產率有關的問題時，所用數據為：燃燒之理論溫度（包括分解熱） t_r ，空氣消耗量 L 與當過剩空氣率 α 為一定時，燃燒每單位燃料所生成氣體之體積 V ，以及下面將提到的此等數值之導出數。

數值 t_r , L 及 V 可用衆所週知的計算方法來推求，通過此等計算方法能得出精確的結果，但需要耗費很多的時間。當按照洛金（П. Розин）、費林格（Р. Фелинг）[9] 與布得林（Д. В. Буарин）所研究出的經驗公式 (1) 來推求 L 與 V 的數值時，也可得到在實用上十足的精確程度。此等公式已列入表 1。

表 1

燃 料 種 類	理 論 的 燃 燒 ($\alpha=1$)		$\alpha>1$	
	L_0	V_0	L	V
木柴.....	$= 4.66 \times \left(1 - \frac{W^p}{100}\right)$	$= 5.3 - 4.055 \times \frac{W^p}{100}$	$\eta_n =$	$L_0(1-\alpha)+L = V_0(1-\alpha)+V$
煤.....	$= 1.01 \times \frac{Q_n^p}{1000} + 0.5$	$= 0.89 \times \frac{Q_n^p}{1000} + 1.65$		
貧煤氣 ($Q_n^p < 3000$ 千卡/標準立方米)...	$= 0.875 \times \frac{Q_n^p}{1000}$	$= 0.275 \times \frac{Q_n^p}{1000} + 1.0$		
富煤氣 ($Q_n^p > 3000$ 千卡/標準立方米)...	$= 1.09 \times \frac{Q_n^p}{1000} - 0.25$	$= 1.14 \times \frac{Q_n^p}{1000} + 0.25$		
液態燃料.....	$= 0.85 \times \frac{Q_n^p}{1000} + 2.0$	$= 1.11 \times \frac{Q_n^p}{1000}$		

求 L_0 與 V_0 的數值時亦可不用公式，而按圖 1 來查尋。

燃燒生成物中空氣之含量 ($\nu, \%$) 按公式 (2)：

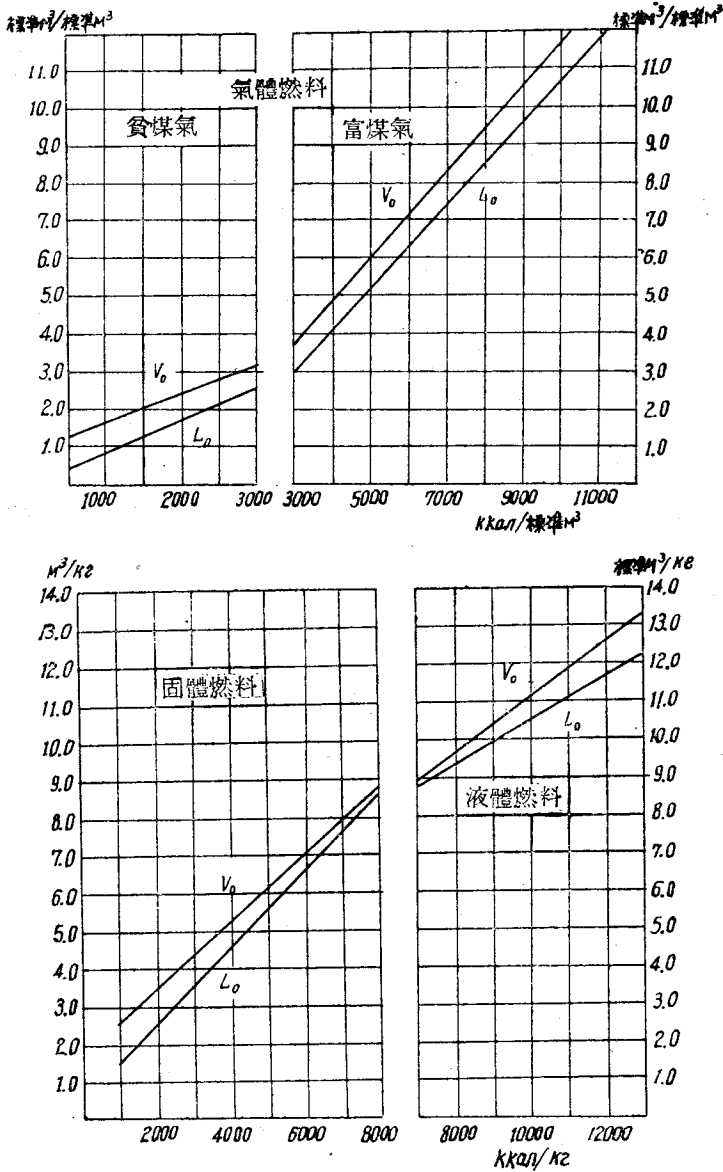


圖 1. 空氣體積 L 及得出之燃燒生成物體積 V 與低發熱量 Q_d 的關係圖(當 $\alpha=1.0$ 時)

$$\nu = \frac{(\alpha - 1) L_0}{V} \times 100 \quad (2)$$

或根據圖 2 來推求。

一標準立方米燃燒生成物的最初熱含量可按公式 (3) 來推求：

$$i_{\text{нач}} = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{р}} + \alpha j L + y}{V} = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{р}} + q_{\text{физ}}}{V}, \text{ 千卡/標準立方米, } (3)$$

式中： j ——係表示當空氣預熱溫度為 $t_{\text{до, в}}$ 時，一標準立方米空氣的熱含量（以千卡計），此種熱含量是按照圖 3 上對於淨空氣（ $\nu = 100\%$ ）而作的下部曲線來求出的；

α ——表示助燃用全部空氣 L 中被預熱空氣的部份；

y ——表示當預熱溫度為 $t_{\text{газ}}^{\circ}$ 時，一標準立方米氣體燃料的熱含量（以千卡計）。

煤氣的熱含量像空氣一樣，可以按圖 3 來推求，但在發生爐煤氣與煉鐵煤氣的情況下，應將得出之數值乘以 1.06，在煉焦煤氣的情況下乘以 1.2。

如 $i_{\text{нач}}$ 及 ν 為已知時，根據載有所謂的 $1-t$ 曲線表的圖 3，可以容易地求出理論的燃燒溫度 t_{r} 。

假如廢氣離開爐膛時之溫度 t_{yx} 為已知時，則按圖 3 該曲線亦易於求出一標準立方米的出爐廢氣之熱含量 i_{yx} （以千卡/標準立方米計）。

$$\text{比值} \quad \frac{i_{\text{нач}} - i_{\text{yx}}}{i_{\text{нач}}} \times 100 = \frac{Q_{\text{р.п.}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} + q_{\text{физ}}} = \eta_{\text{тепл}} \quad (4)$$

表示燃料最初熱含量中遺留給爐膛的那一部份，它被稱為燃料在爐膛內的熱量遺留率¹。如果將 (4) 式改寫成下述形式

$$\eta_{\text{тепл}} = \left(1 - \frac{i_{\text{yx}}}{i_{\text{нач}}} \right) \times 100, \quad (4a)$$

則根據本公式及公式 (3) 可看得更為明顯：要提高熱經濟可採用一切能增大 $i_{\text{нач}}$ （如像：煤氣與空氣之預熱，燃料之乾燥，燃料以較少過剩空氣來燃燒）與減小 i_{yx} 的方法。

1 此一數值從前在文獻中曾被命名為「熱量利用率」，我們認為這樣稱呼是不恰當的，因為將爐膛內所損失的熱量列入有效熱消耗之中，這是毫無根據的。

減小 $i_{y,1}$ 的目的最容易這樣來達到：即用延長連續加熱爐與對室式加熱爐增加預熱室的方式，以及用增大火焰光亮度（藉助於碳化或改變燃燒方法）與改善火焰與金屬接觸的方式（對金屬進行兩面加熱，使燃燒生成物在爐內循環流通等等）來降低出爐廢氣的溫度。

從另一方面來看，被燃料遺留在爐膛內的熱量—— $Q_{p.n.}$ 千卡/小時可分為被金屬所接受的有效熱量以及通過磚層與爐門的熱量損失。

因此，在 η_{ren} 為同樣一個數值的情況下，通過磚層與爐門的熱量損失的相對作用愈小時，爐子的熱效率就愈高。這一點可以通過絕熱層，改善爐門構造與盡量使爐子的操作強化等方式來達到（參看第六章）。

例 1. 試求在冷空氣的情況下或當全部助燃空氣預熱至 $t_a = 300^\circ$ 時，天然煤氣 ($Q_p = 10000$ 千卡/標準立方米) 燃燒之表徵值以及爐膛內熱量遺留率。廢氣離開熔煉爐爐膛時之溫度 $t_{yx} = 1000^\circ$ 或 600° ，過剩空氣率 $\alpha = 1.2$ 。所有須求的數值要用計算來求。

根據表 1 內的公式（或按圖 1），在無過剩空氣 ($\alpha = 1.0$) 的燃燒情況下空氣需要量為：

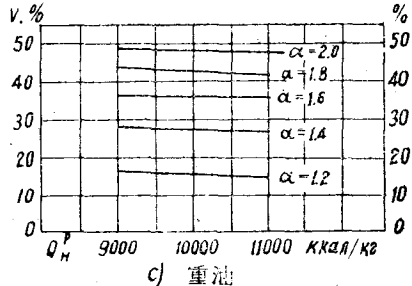
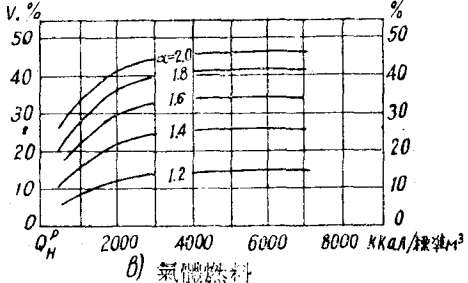
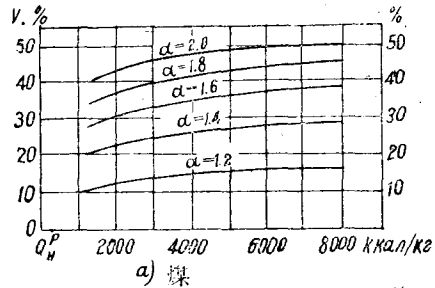


圖 2. 確定廢氣中空氣含量 ν （以 % 計）的曲線表

$$L_0 = 1.09 \times \frac{10000}{1000} - 0.25 = 10.65 \text{ 標準立方米/標準立方米}$$

同時，燃燒生成物的體積爲：

$$V_0 = 1.14 \times \frac{10000}{1000} + 0.25 = 11.65 \text{ 標準立方米/標準立方米。}$$

當過剩空氣率 $\alpha = 1.2$ 時，相應得出：

$$L = 1.2 \times 10.65 = 12.78 \text{ 標準立方米/標準立方米}$$

同時，

$$V = 11.65 + (1.2 - 1.0) \times 10.65$$

$$= 13.73 \text{ 標準立方米/標準立方米，}$$

而廢氣中空氣之含量爲：

$$\nu = \frac{(1.2 - 1.0) \times 10.65}{13.73} \times 100 = 15.6\%$$

按照圖 3 的下部曲線，一標準立方米空氣在 300° 時的熱含量爲

$$j = 95 \text{ 千卡/標準立方米。}$$

助燃用空氣 ($\alpha = 1.0$) 中所含之熱量爲：

$$q_{\Phi_{\text{вз}}} = \alpha j L = 1 \times 95 \times 12.78 = 1214 \text{ 千卡/每標準立方米煤氣。}$$

煤氣發熱量與空氣熱含量之總和爲：

$$Q_{\text{в}}^0 + q_{\Phi_{\text{вз}}} = 10000 + 1214 = 11214 \text{ 千卡。}$$

燃燒生成物的最初熱含量按公式 (3) 爲：

$$i_{\text{ввз}} = \frac{11214}{13.73} = 818 \text{ 千卡/標準立方米。}$$

根據圖 3，此種熱含量與數值 $\nu = 15.6\%$ 所對應的理論燃燒溫度應爲：

$$t_r = 1980^\circ。$$

假如空氣不預熱時，則燃燒生成物的初熱含量將爲：

$$i'_{\text{ввз}} = \frac{10000}{13.73} = 730 \text{ 千卡/標準立方米}$$

同時在 ν 爲同一值的情況下，按圖 3 得 $t'_r = 1820^\circ$ 。

當 $\nu = 15.6\%$ 與出爐廢氣溫度 $t_{yx} = 1000^\circ$ 及 $t_{yx} = 600^\circ$ 時根據圖 3 的 $i - t$ 曲線表可求出一標準立方米廢氣的熱含量 $i_{1000} = 365$ 與

$i_{600} = 215$ 千卡/標準立方米。

因之，當空氣預熱時，爐膛內熱量遺留率將為：

$$\text{在 } t_{yx} = 1000^{\circ} \text{ 時 } \eta_{\text{генл}} = \frac{818 - 365}{818} \times 100 = 55.5\%,$$

$$\text{在 } t_{yx} = 600^{\circ} \text{ 時 } \eta_{\text{генл}} = \frac{818 - 215}{818} \times 100 = 73.8\%,$$

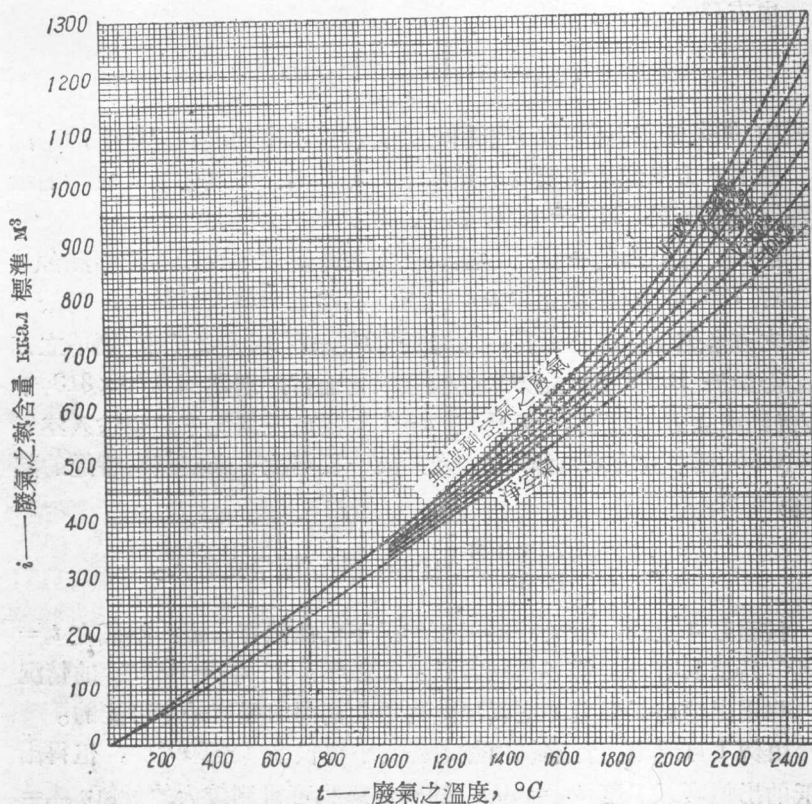


圖 3. $i-t$ 燃燒曲線表

而當空氣不預熱時，爐膛內熱量遺留率將等於：

$$\text{在 } t_{yx} = 1000^{\circ} \text{ 時 } \eta_{\text{генл}} = \frac{730 - 365}{730} \times 100 = 50\%,$$

$$\text{在 } t_{yx}=600^{\circ} \text{ 時 } \eta_{\text{тепл}} = \frac{730-215}{730} \times 100 = 70.5\%$$

例 2. 在上述例子中已計算出：當 $\alpha=1.2$, $t_{yx}=1000^{\circ}$ 與空氣預熱至 300° 時，天然煤氣將自己的最初熱含量 ($Q_{\text{н}}^{\text{p}} + q_{\text{физ}}$) 的 55.5% 遺留在爐膛內。今試求當空氣預熱到什麼程度時，爐膛內熱量遺留率將等於 65%？

由方程式 (4)：

$$\eta_{\text{тепл}} = 65 = \frac{i_{\text{нн}} - 365}{i_{\text{нн}}} \times 100$$

(式中 365 千卡/標準立方米相當於從前已求出的，在 1000° 的情況下一標準立方米燃燒生成物的熱含量) 可求出：煤氣燃燒生成物的最初熱含量應等於 1043 千卡/標準立方米。

正像已經算出的一樣，當空氣不預熱時燃燒生成物的最初熱含量相當於 730 千卡/標準立方米。因而，熱空氣所帶入的熱量，對於一標準立方米燃燒生成物而言，將等於 $1043 - 730 = 313$ 千卡/標準立方米，而對於 13.73 標準立方米燃燒生成物而言，則為 13.73×313 千卡/每標準立方米煤氣。因為在 $\alpha=1.2$ 的燃燒情況下必須送入空氣 $L=10.65$ 標準立方米/標準立方米，故一標準立方米空氣應帶進的熱量為：

$$i = \frac{13.73 \times 313}{10.65} = 402 \text{ 千卡/標準立方米。}$$

按照圖 3 上的，對於淨空氣而作的下部曲線可查出：空氣在 $t_a=1190^{\circ}$ 時將具有着這樣多的熱含量。很顯然，在 $t_{yx}=1000^{\circ}$ 的情況下，想用出爐廢氣保證將空氣預熱到與此相同的程度是不可能的。

由例 1 可看出：當空氣預熱的程度小得很多（至 300° ），但得出較低的出爐廢氣溫度 $t_{yx}=600^{\circ}$ 的時候，也可得到較大的數值 $\eta_{\text{тепл}}=73.8\%$ 。因而這種增大 $\eta_{\text{тепл}}$ 的方法是比較簡單。

如果由於增建預熱帶而使出爐廢氣溫度降低至 $t_{yx}=800^{\circ}$ （這相當於 $\nu=15.6\%$ 與 $i_{yx}=285$ 千卡/標準立方米的情況）的話，則進行與上類似的計算即可求出：燃燒生成物的最初熱含量應為 $i_{\text{нн}}=814$

- ①木柴, W_p [註3] = 40%
- ②泥炭, W_p = 35%
- ③莫斯科近郊的煤, B.P. [註1]
- ④木柴 W_p = 25%
- ⑤波哥斯羅夫煤, B.P.
- ⑥甘斯基煤, B.P.
- ⑦切良賓煤, B [註2]
- ⑧基茲爾·基煤, B
- ⑨特克維布里煤, Г [註4]
- ⑩頓巴斯煤, Д [註5]
- ⑪焦屑
- ⑫切林荷夫煤, Д
- ⑬蘇昌煤 И.Ж. [註6]
- ⑭波爾塔夫煤, A.P. [註7]
- ⑮切爾羅哥爾煤, Д
- ⑯頓巴斯煤, Т
- ⑰頓巴斯無煙煤, A.C. [註8]
- ⑱庫茲巴斯煤, Г
- ⑲頓巴斯煤, Т [註9]

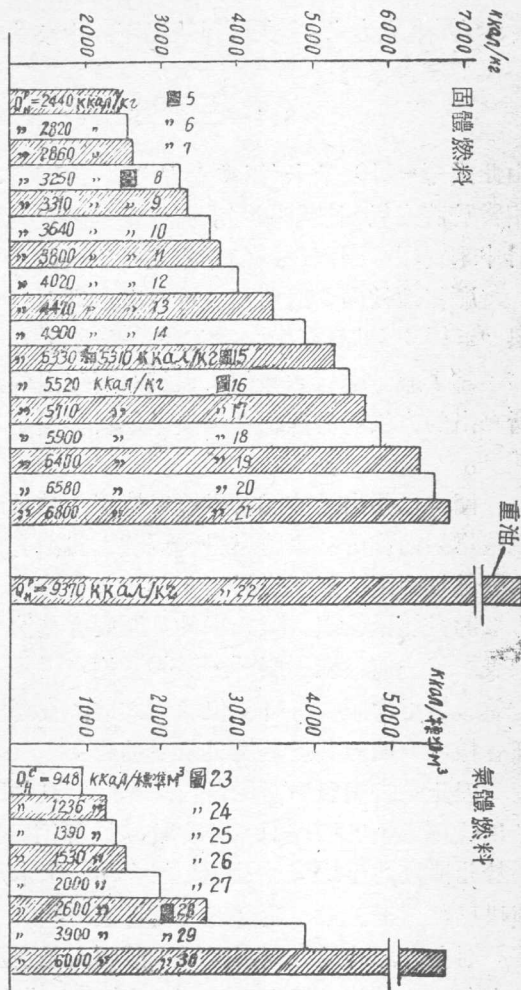


圖 4. 繪製爐膛內熱量遺留率曲線表 (圖5~30) 時所取之各種燃料之圖解

譯者註:

- [註 1] B.P. — 為原褐煤之品號;
 [註 2] B — 為褐煤之品號;
 [註 3] W_p — 為使用燃料的濕度;
 [註 4] Г — 為瓦斯煤之品號;
 [註 5] Д — 為長焰煤之品號;
 [註 6] И.Ж. — 為鍋爐用肥煤之品號;

- [註 7] A.P. — 為原無煙煤之品號;
 [註 8] A.C. — 為「粉」狀無煙煤之品號;
 [註 9] Т — 為貧煤之品號;
 [註 10] Q_H^p — 為使用燃料之低等發熱量;
 [註 11] Q_H^g — 為燃料中乾燥物的低等發熱量。

千卡/標準立方米。在這種情況下，由公式 (3) 可求出一標準立方米空氣的熱含量為：

$$814 = \frac{10000 + 1 \times j \times 10.65}{13.73},$$

由此式 $j=110$ 千卡/標準立方米。由圖 3 可看出：這樣大的熱含量相當於將空氣預熱至 360° 。而這種預熱很易於在利用廢氣餘熱的預熱器中來實現，因而，這個答案正是正確的。

順便地按圖 3 的曲線表可查出，當 $i_{\text{нат}}=814$ 千卡/標準立方米。與 $\nu=15.6\%$ 時煤氣的理論燃燒溫度應為 $t_r=1970^\circ$ 。

為了避免進行如像例 1 與例 2 所舉出的那些計算起見，我們根據所寫出的方法對於蘇聯各種典型燃料作出了 26 個曲線表（圖 5—圖 30）。

圖 4 已指出這些燃料燃燒與爐膛內熱量遺留率之曲線表，是對於哪些燃料而作的。固體燃料（17 種）包括有由 2440 至 6800 千卡/公斤的發熱量範圍。氣體燃料（8 種）包括着由 950 至 8000 千卡/標準立方米的發熱量範圍；除此以外，還製有重油（9370 千卡/公斤）的曲線表。每一曲線表（圖 5—圖 30）均與附錄 I 中所舉出的該種燃料的發熱量的平均值相符合。但我們知道：實際上燃料的灰分與濕度是各種各樣的，因而其發熱量也是變動着。

因此，當需對一種燃料作計算，而只知該燃料的品種號，例如其品種號為「頓巴斯煤 A」的時候，則須利用圖 14 的曲線表，該曲線表是對於此種煤的平均發熱量 $Q_H^p=4900$ 千卡/公斤而作的。但如果該種煤已經運至工廠，並發現其質量低一些，它只含有 4500 千卡/公斤時，則在計算時最好利用圖 13，該圖表是對於具有發熱量為 $Q_H^p=4470$ 千卡/公斤的特克維布里煤（ТКВИБУЛЬСКИЙ УГОЛЬ）而作的，此種煤的發熱量接近於所求的這種煤之數值¹。在有些情況下可以用插值法求

1 這樣利用曲線表的方式之所以能採用，是由於下述的原因。數值 t_r 與 $\eta_{\text{тепл}}$ 是 Q_H^p 與 ν 的函數。而按表 1 公式所表示的那樣，數值 ν 只決定於 Q_H^p 與 α 。這就是為什麼圖 13 的曲線表，對於發熱量等於或接近於 $Q_H^p=4470$ 千卡/公斤的所有各種固體燃料來說都是正確的，而圖 25 的曲線表，對於 $Q_H^p=1390$ 千卡/標準立方米或發熱量接近此數值的任何一種氣體燃料來說是正確的。

出解答。

因而，圖 5~圖21的曲線表適用於發熱量在 2440~6800 千卡/公斤的範圍內的所有固體燃料。對於那些不在這個範圍內的燃料（但正像由附錄 I 表格中所可看出的那樣，此等燃料差不多是不會碰見的），就不能用這些曲線表而須利用上面所舉出（例 1）的計算。950~8000 千卡/標準立方米的範圍（圖23~圖30）類似地適合於實用裡最常碰見的所有各種氣體燃料。

對於26種燃料中的每一種，都作出了兩個曲線表（ a 及 b ）。其中第一個（ a ）上面提出了空氣消耗量 L （以標準立方米/公斤 或標準立方米/標準立方米計）與得出之廢氣體積 V （以標準立方米/公斤或標準立方米/標準立方米計），此二者均決定於燃燒時所用的過剩空氣率 α 。在這一曲線表上也表示出了理論的（意即包括分解熱的）燃燒溫度 t_r ；此種溫度是對於各種不同的過剩空氣率與空氣各種不同的預熱程度而算出的。在固體燃料的情況下，我們預定：1) 助燃空氣不預熱——在圖5~圖30 上用實線表示的，與 2) 40% 的助燃空氣預熱至 250° （這對於半煤氣燃燒室來說是很典型的）——在圖5~圖30上用影線表示的。

在液體與氣體燃料的情況下，我們預定：

- 1) 使用未預熱的空氣（實線）；
- 2) 將全部助燃空氣預熱至 100° （影線）；
- 3) 將全部助燃空氣預熱至 400° （虛線）；
- 4) 將全部空氣預熱至 800° （「短線——兩點」的線）。

如燃料的理論燃燒溫度 t_r 為已知時，可以近似地推求出在爐膛內所測得之溫度 t_n 。此二數值是有如下的關係：

$$\eta_{\text{нр}} = \frac{t_n}{t_r} = \varepsilon \left[1 - (\sigma_{\text{полечн}} + \sigma_{\text{нечн}}) \right], \quad (5)$$

式中 ε ——燃燒過程的效率（參看下面）；

$\sigma_{\text{полечн}}$ ——對製品直接傳熱率；

$\sigma_{\text{нечн}}$ ——通過磚層、爐門及敞開的爐門等等的直接傳熱率。

在實際條件下所觀察出的數值 $\eta_{\text{нр}}$ 已列入表 2。這裡應該指出：

當爐子按很高的生產率進行操作，亦即當 $\sigma_{\text{ползан}}$ 增大時，或者當 $\sigma_{\text{средн}}$ 增大，亦即爐膛熱損失增加（由於耐火磚襯腐蝕脫落，沒有爐門等等）時，數值 $\eta_{\text{нпр}}$ 就減小着（亦即理論溫度 t_r 與觀測出的溫度 t_n 之間的差別增大了）。

高溫係數 $\eta_{\text{нпр}}$ 與爐膛內熱量遺留率 $\eta_{\text{тепл}}$ 二數值，是有如下的關係：

$$\eta_{\text{нпр}} = \frac{t_n \cdot C_r}{t_{xy} \cdot C_{yx}} (1 - \eta_{\text{тепл}}), \quad (5a)$$

在此式中用 C_r 與 C_{yx} 分別表示燃燒生成物在由 0° 至 t_r 與由 0° 至 t_{yx} 的溫度範圍內的兩個平均熱容量。

方程式 (5a) 使我們在已知 $\eta_{\text{тепл}}$ 與 t_{yx} 的數值以後，能迅速地求出：保證爐子按規定強度進行操作的 $\eta_{\text{нпр}}$ 與 t_r 的數值應是什麼。

第五章的公式 (10) 與 (11) 能對下述問題作出最終的判斷：即此數值 t_r 是否保證了足夠的爐子產量與金屬最終溫度 $t_{\text{ж.в.}}$ 。數值 $\eta_{\text{нпр}}$ 可利用來迅速地初步衡量某種燃料對於某一目的適合與否。

在曲線表 b （圖5～圖30）上表示出：爐膛內熱量遺留率 $\eta_{\text{тепл}}$ 怎樣隨着廢氣離開爐膛時之溫度 t_{yx} ，過剩空氣率 α 以及空氣預熱與否（在曲線表 a 中也是這幾項）而變化。

高溫係數 $\eta_{\text{нпр}}$ 的經驗數值

表 2

爐 子 與 操 作 過 程	$\eta_{\text{нпр}}$	資 料 來 源
低速裝料的封閉式隧道爐.....	0.75 ~ 0.82	Банзен
熱風爐 (Каулер)	0.77 ~ 0.80	»
帶狀物加熱爐.....	0.75 ~ 0.80	»
直通式爐.....	0.72 ~ 0.76	»
連續式加熱爐.....	0.70 ~ 0.75	»
室式間斷加熱爐.....	0.65 ~ 0.70	»
諾克維爾 (Роквелл) 型窄口鍛造爐.....	0.66 ~ 0.70	ВТМ
煉鋼平爐.....	0.705 ~ 0.740	Веземан
焙燒水泥用轉爐.....	0.65 ~ 0.75	Шараникин К.П.
玻璃熔爐.....	0.58 ~ 0.62	»