

節約用煤

柯經泌 張玉亭

中華全國科學技術普及協會出版

本書提要

節約用煤對支援國家工業建設就有非常重要的意義。這本小冊子除簡要介紹了煤的種類、品質和用途以外，詳細敘述了煤的燃燒，燃燒時熱量的損失以及如何減少熱量損失而採取的節約辦法。最後還介紹了應該怎樣保管和儲存煤的問題。

546.29
277
存

出版編號：371

節約用煤

著者：柯經泌 張玉亭

責任編輯：鄭漢民

出版者：中華全國科學技術普及協會

(北京市文津街3號)

北京市書刊出版營業許可證出字第053號

發行者：新華書店

印刷者：北京市印刷一廠

(北京市西便門南大街乙1號)

開本：31×43¹/₈ 印張：1³/₈ 字數：21,600

1956年7月第1版 印數：4,000

1956年7月第1次印刷 定價：(7) 1角3分

編 者 的 話

過去兩年以來，中國煤業建築器材公司在工業、機關推行節約用煤的工作中，曾綜合各地的一些實際經驗，匯編成“節約用煤經驗”一書，供中國煤業建築器材公司內部工作人員的參考。現在，為了開展節約用煤的工作，廣泛傳播它的經驗，經中華全國科學技術普及協會協助，由我們把原書中技術性和地方性較強的內容作了些刪減，並在科學理論方面參考有關書籍作了些補充，再經整理後匯編為現在這本小冊子。但是，由於我們缺乏實際的操作經驗，內容上的片面性或地方性等缺點仍然難免。請讀者隨時提出意見指正。這本小冊子曾經煤炭工業部、電力工業部以及其他有關部門作了審查，僅在此一併致謝。

煤——这就是人类的太陽：它
發光，發熱，供給能力。……
——戈爾巴托夫：“頓巴斯”

引 言

煤是热能的最重要源泉，是工業上的基本动力。目前，全世界很大一部分能量都是靠煤供給的。

我國是世界上藏煤最富的國家之一。煤炭工業經過解放后几年來的恢复和發展，已有了一定的基礎。一九五三年全國煤產量就超过了我國歷史上的最高水平，这就給國家工業化，特別是發展國家重工業和电气工業，提供了極為有力的条件。

但是，几年以來，由於有些生產企業对煤的使用不够重視，現有一部分燒煤設備和使用技術还比較落后，特別是部分司爐人員对煤炭的性能不够了解，或缺乏節約用煤方面的技術知識。所有这些都使燒煤和用汽方面存在着不同程度的浪費現象。

煤對於工業的重要性，好像粮食對於人体一样。随着我國經濟建設的發展，煤的需要量也很快增加。但增加煤的生產並不是一件簡單的事情。建設一个年產百万噸的礦井，从設計到生產至少需要四、五年的時間。因此，絕不能認為我國煤的藏量丰富，对煤的節約使用就不注意了。要知道，我國社会主义建設資金的來源，主要是靠節約來取得的。現在，國家明確地

提出了“厉行全面節約”的号召，我們更要重視節約用煤在政治上和經濟上的重大意义。

为了达到節約用煤的效果，首先要了解煤的性能、燒煤方法和鍋爐設備構造。这样，才能正确地掌握煤的使用，正确地操縱設備，發揮煤的最大效能。

煤 的 种 类

古代植物的尸体在水底下積聚起來，再隔絕了空气，經過碳化作用，便生成煤。从植物到煤，在自然界中要經過一系列的复雜的变化过程，这些过程牽涉到生物学、化学和地質学等各方面的問題。

煤的根源是植物，由於它的積聚状态、过去的环境和經過的变化階段的不同，大概可以分为泥煤、褐煤、烟煤和無烟煤等类。

泥煤是近代的生成物，它和黑褐色的爛泥相似。體質松軟，固定碳很低，揮發分少，含水分特別多，有的竟达60%以上，因此，發热量很小。我國的泥煤現在还很少开采。泥煤再經過碳化作用可以变成褐煤、烟煤以至無烟煤。

褐煤的碳化程度还是很低的。它的顏色多为灰褐色，組織疏松，体輕，易燃，燃燒时烟大，火焰長。因为含的水分量多，發热量一般只有好煤的一半。褐煤放置在空气中，容易風化为粉末。

烟煤顏色暗黑發亮，質地比較致密，有相当硬度。固定碳在60—85%之間，發热量每克約6,600—8,600卡。它的揮發分含量很不一致（8—40%）。高揮發分烟煤容易燃燒，火焰很長；低揮發分烟煤發烟較小，火焰較短。烟煤分布廣，產量

多，在工業上的用途也最廣。按照碳化程度的深淺，烟煤還可分成瘦煤、焦煤、肥煤、瓦斯煤和長焰煤等。

無烟煤通稱硬煤或白煤。質硬，色黑，有金屬般光澤和貝壳形的裂口。固定碳多，達93—98%，發熱量高，每克約8,000—8,700卡。因為揮發物含量很少，着火較慢。燃燒時發出藍色火焰，或者根本不起火焰，很少烟或者幾乎沒有烟，因此叫做無烟煤。

上面說到的煤的種類是按照煤的成因來劃分的。這是目前最普通的分類方法。另外，根據工業用途，煤還可以分為煉焦用煤、動力用煤和化工用煤三類。

煤從地下開采出來，沒有經過任何加工的叫做原煤。為了適應不同需要的規格，減少煤中有害雜質（如混在煤里的矸石和硫質），可把原煤篩選，或經洗煤設備（一般是水洗的設備）洗選。這樣，煤可依粒度和質量的不同，分成不同的產品。

煤 的 品 質

煤是由許多複雜的化合物混合組成的。它的化學成分，主要是碳，其餘的是氫、氧、氮、硫和磷等元素和各種礦物質等。

為了了解煤中各種元素含量所進行的試驗，叫做元素分析。通過元素分析，可研究煤的實用性質，計算燃燒時所需要的空氣和試驗鍋爐的熱能損失等。

在工業上，為了了解煤質性能和燃燒的相互關係，初步了解它的工業價值，一般只進行工業分析，主要是確定煤的水分、灰分、揮發物、硫、固定碳和發熱量。

水分：煤中所含的水分，存在有三种状态。一种是外在水分，这种水分复在煤的顆粒上，从煤的外形就可以看出大概情况。煤在开采时，由於地下水的流入，或在采掘后經過水洗，或在运输和堆存过程中滲入雨雪，都会增加煤的外在水分。另一种是附着水分，水分吸附在煤体孔隙中，从外形很难看出。第三种是化合水分，是煤本体內在的結晶水，煤燃燒到分解时，这种水分才完全放出來。

煤的含水量变化很大，低級煤比高級煤水分多；同样的煤，顆粒越小，含水量越多。煤中水分过多，不但減少了有用的可燃部分（如碳和氫），降低了發热量，而且由於燃燒时煤中所含水分的蒸發，也要消耗大量的热能。

灰分：煤在燃燒后剩下來的殘余物叫做灰分。灰分的來源有三种：从原生植物上帶來的；在煤生成过程中由外界混進來的泥沙等無机物質；采煤时夾雜進去的“頂板”或“底板”的矸石。煤里的灰分很不一致，低的只有3—4%，高的达40—50%。

煉焦用的煤，灰分是越低越好，不然，煉出的焦炭有很高的灰分，会嚴重地影响着煉鉄爐的生產。但做为燃料來講，为了不浪費國家資源，高灰分的煤也應該尽可能地加以利用。其实，对高灰分的煤种，只要利用一些先進办法，仍能燒得很好。灰分的成分和性質，對於煤的使用也有很大关系。容易熔融的灰分，也容易在爐排（爐条和爐棚）上結成熔渣，或積聚在爐管或过热器管上，使司爐工作困难。

揮發物：揮發物是煤加热到一定温度后放出來的物質，其中包括蒸餾和分解后的碳氫化合物和其他一些气体。它在爐子

里面，通常呈气体，升騰到爐膛空間進行燃燒，形成煙火。因此，根据煤燃燒的煙气大小和火焰長短，大致可以看出揮發物的多少來。我們用試驗方法來分析煤的揮發物含量，对決定煤的燃燒方法和設計爐子的型式是有幫助的。高揮發物的煤，在爐膛較高較大的爐中燃燒比較適宜；如果爐膛过低，容積过小，揮發物还未完全燃燒，就从烟肉跑掉了，冒出大量濃烟，热能就沒有充分利用。反之，低揮發物的煤，發火慢，火焰短，適合於爐膛較低的鍋爐。

固定碳：煤中的碳質有固定的和揮發的兩種。揮發的碳質随揮發物一起逃出，剩余的可燃体就是固定碳。它通常是煤在固体狀態下燃燒的部分，即留在加煤器的爐排上、或在煤粉爐的爐膛中燃燒的物質。固定碳是決定煤質的一个主要条件。固定碳高的煤，一般說來，發热量高，火力强，耐燃。

硫：煤中含硫量的多少，可以判断煤燃燒后的生成物是否有毒或是否有腐蝕性。含硫多的煤，堆存时容易發生自燃，燃燒时容易侵蝕金屬，損坏鍋爐。硫在煉焦煤中是最不良的雜質，在煉鉄工業中，一般認為含1%的硫就相當於8%的灰分。但用作熔煉有色金屬的焦炭时，可容許大量硫的存在，因为这些硫在制取某些种类的金屬时，是有用的混合物。

發热量：它是煤的燃燒价值的基本标志，对評價煤，特別是評價动力煤具有很大意义。計算煤的發热量，通常以每克卡数（卡/克）或每公斤大卡数（大卡/公斤）來表示。各种煤的可燃体的發热量，一般是从5,000卡（泥煤）、6,000—7,000卡（褐煤）、7,500—8,700卡（烟煤、無烟煤）。高級烟煤所含碳質虽比無烟煤少，但碳氫化合物的含量較多，而碳氫化合

物的發熱量相當於碳的 1.6 倍，所以發熱量並不比無煙煤低。

煤的品質和用途關係密切。為了進一步了解煤的品質，除了上面所說的元素分析和技術分析外，有時還要進行煤的篩分分析和物理性檢驗等，以便檢查煤的結焦性、堅度、耐熱力和焦油含量，來判斷煤是否適於煉焦或作其他用途。

煤開采出來以後，儲存太久，成分和性質都會發生變化，熱量也會降低。褐煤放在空氣中或經過長途運輸，最易風化為小塊碎末，甚至會自燃起來。煉焦用煤如存放過久，就會失掉黏結性能。在各種煤中，無煙煤是最穩定的，但儲存太久，風吹雨淋，質量也會受到影響。因此必須注意煤的保管和避免過久的儲存，來減少煤變質的損失。

煤 的 用 途

煤的用途大致可以分為燃料、煉焦和化工原料三方面。

絕大部分煤都是直接用作燃料的。用作燃料的煤，要求並不怎樣嚴格，特別是現在的煤爐種類很多，可以滿足各種品質不同的煤所要求的條件。

一般說來，家庭取暖和做飯的小型煤爐，適宜燃燒發煙較少的煤。為了燒得久，又不必經常照管，燒用無煙煤、半無煙煤和把它們加工製成的煤球、煤磚、蜂窩煤等最適合。對於動力和取暖用的鍋爐，普通煙煤、無煙煤和褐煤都可使用，但在輪船上，為了避免發生自燃和增加輪船載重，最好使用含硫少的和揮發分低的煙煤或無煙煤。在冶金和鑄造業中，常用無煙煤代替焦炭放在熔爐內燃燒，但煤質應合乎一定標準。

為了燃燒完全以及使用上和操作上的方便，有若干種煤可

以气化，当作气体燃料使用；有若干种煤可以液化，当作液体燃料使用；或与可燃体，如石油等，混合起来燃烧。

炼焦：在煤的用途中具有特殊地位，这是因为炼焦对于冶金工业和钢铁工业都很重要。因此，对炼制冶金焦的原煤要求得特别严格。

能够单独用来炼制冶金焦的，只有少数黏结性强和挥发分适中的烟煤。这种烟煤的灰分、硫分和水分要符合条件，才能生产出优良的焦炭。现在，一般都是把几种烟煤（焦煤、肥煤、瘦煤或瓦斯煤等）配合起来，用洗选减除它的有害成分，然后用来炼焦。

化工原料：煤里面含有许多有用的化学成分，把煤或它的副产物（焦油、焦炭和煤气等）分别经过蒸馏、气化、合成和一些特殊处理，就可以直接地或间接地得到石油、石蜡、炭黑、苯、萘、酚、蒽、菲、蒽青、氫气、氨气和乙炔等许多宝贵的工业产品或重要的化学原料。利用这些原料可制成许多有

用的物品：如染料、香料、肥料、塑料、医药、炸药、人造橡胶和人造纤维等（图1）。

从上面列举的煤的用途中我们不难看出，它除了用作燃料以外，在近代科学发达的情况

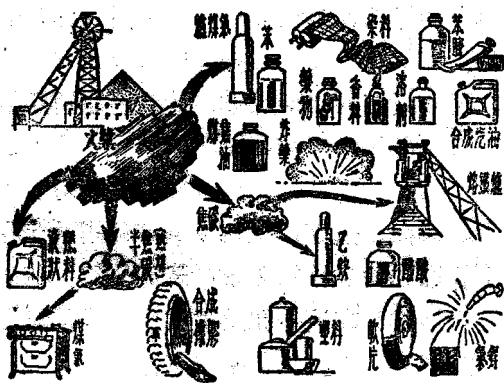


图 1

下，還有許多特殊的重要用途。很多科學家認為把煤直接燒掉是非常可惜的，應該拿它煉了焦再燒。在蘇聯已經可以用無煙煤來煉焦了。因此，根據全面節約用煤的精神，我們應該注意發揮各種煤的性能，盡量做到合理使用，尽可能地消滅浪費，節約國家的寶貴資源。

煤 的 燃 燒

煤的燃燒，要靠所含的碳、氫和硫等可燃物猛烈地和空氣中的氧化合，發熱發光。通常，把煤放在空氣中也會慢慢氧化的，但是作用很慢，不叫燃燒。要使煤急劇氧化，必須先從外界給它一定的熱量，讓它達到“發火溫度”。在一般的情況下，碳化程度越低的煤，發火溫度就越低。無煙煤要在 500°C 上下的溫度時才開始燃燒，褐煤在 320°C 左右就行了。溫度越高，燃燒的速度就越快，一塊煤投到極熱的爐里比投到一堆剛點着的木柴上就燃燒得快些。燃燒時，煤和空氣的接觸面越大，可燃物質和氧化合的機會越多，燃燒速度也就越快。近代化的煤粉爐，把煤制成極細的煤粉噴散到空氣中來燃燒，就是為了煤與空氣接觸面大，燃燒更充分些。

根據許多實際工作人員觀察和研究的結果，煤加熱到一定程度時，一些揮發氣體會先從煤中分解出來，從成分複雜的煤變成幾種較為簡單的燃燒氣體（如氫 H_2 、一氧化碳 CO 、乙炔 C_2H_2 、乙烯 C_2H_4 、甲烷 CH_4 等）和一種像焦炭似的固體物質（主要為固定碳和一些礦物雜質），然後才發火燃燒，放出全部熱能。燃燒時，煤的主要元素氫和氧化合變成水蒸汽（ H_2O ），每公斤氫燃燒時可產生 20,000 大卡的熱量，碳在足夠的空氣中與氧

化合变成二氧化碳(CO_2)，每公斤碳变成二氧化碳时，可產生 8,100 大卡的热量。煤燃燒后所產生的气体(烟)，如果只含有水蒸汽和二氧化碳，就叫做完全燃燒。要达到完全燃燒必須具备下列三个条件：

(一)充足的空气：煤燃燒时，必須有足够的空气量，才能保证燃燒所需要的氧气。如空气不足，煤中的部分碳質只能变成一氧化碳(CO)，这样，每公斤碳只能產生 2,740 大卡的热量，比变成二氧化碳產生的热量約少 $\frac{1}{3}$ 。这种現象叫做不完全燃燒。

(二)相当的高温：煤从外界承受的热量超过它的發火温度时才开始燃燒。由於燃燒發出的热量增高了煤周圍的温度，这就更能加强燃燒作用。相反地，正在燃燒的煤，如因某种原因温度降低到發火温度以下，或發热的速度抵不上放热的速度，燃燒就要停止。表 1 是各种煤和它分解出來的几种气体的發火温度。

表 1

		發 火 温 度
煤 种	泥	295°C左右
	褐	320°C左右
	烟	350°—400°C
	無 烟	500°C左右
分 解 的 可 燃 物	焦 炭	500°C以上
	H_2	580°—590°C
	CO	640°—650°C
	CH_4	650°—750°C
	C_2H_2	406°—440°C
	C_2H_4	542°—547°C

(三)是够的作用時間：煤在爐內燃燒，必須有足夠的時間來完成燃燒步驟。這個時間包括燃料產生的氣體和空氣混合的時間，混合氣體溫度升高到發火溫度以上所需要的時間。否則，燃燒結果就一定不會良好。

從現象上看，火苗明亮，沒有煙，是完全燃燒的現象。火苗發紅，發暗，夾帶着煙，是不完全燃燒的現象。

煤在爐中燃燒的情況，因爐的構造而不同。當煤在普通火爐或一般工廠所用固定爐排（爐柵）的鍋爐內燃燒時（圖2），新煤由爐排上面添入，添入的煤，從爐內燃燒層和爐壁輻射作用所吸來的熱量，大部分首先用來蒸發水分（水分須在 100°C — 105°C 的時候才能慢慢去掉）；以後陸續吸收的熱量，則用來分解燃煤，使它成為揮發物和焦炭（普通煤的揮發物須在 370°C 左右才開始分解出來）。揮發物和進入爐排上面的二次空氣混合，在爐膛空間里燃燒；焦炭就在爐排上燃燒，被上層新添入的煤壓蓋，向下移動，把碳質燒盡后就剩下灰分。圖2表示燃料層在燃燒過程中所形成的各個區帶。爐排上為一層灰渣，稱為灰渣帶，主要空氣（一次通風）由爐排下經過灰渣帶上升到氧化帶。所有氧氣幾乎全部與煤中碳質化合成為二氧化碳。二氧化碳上升到還原帶，就與高溫碳層接觸，還原成一氧化碳。一氧化碳再上升，經過後添的煤所形成的蒸餾帶，便和蒸餾出來的揮發物相遇，並與二次空氣（二次通風）混合，在爐膛空間燃燒。

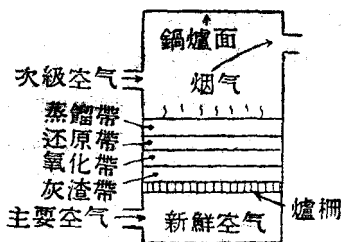


圖 2

在工業上，有一種鍋爐具有機械帶動的鏈條爐排。煤在鏈條式爐排上燃燒，它的燃燒程序跟在固定爐排上不同。因為鏈條爐排不斷地向前推進，所以煤進入爐膛後，隨着爐排前進而依次完成燃燒的，中間形成乾燥、乾餾、燃燒和灰渣四個區段（圖3）。引起燃燒的熱是：（1）爐排前部燃煤直接放射的熱

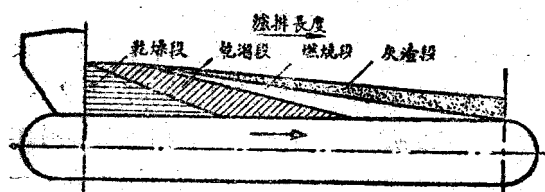


圖 3

量，和燒紅的爐壁反射的熱量；

（2）與爐排上燃燒的煤層接觸部分傳來的熱量；

（3）利用預熱空

氣的熱量。鏈條爐排上的煤層的燃燒是和普通固定爐排上煤層的燃燒相反，煤灰在上面，而燃燒的煤層則在下面。

工業上還有一種“下飼式”爐子。新煤由爐排底部添進，靠機械的推動力量逐漸把煤輸送到爐排上面，煤中的水分和揮發分在燃料床的下面，就預先受熱而蒸餾出來。進入火床時，只剩下固定碳在爐排上燃燒。這種爐子，由於煤的移動方向和空氣進入的方向相同，因而排出的揮發分是在含氧較多的空氣中燃燒，燃燒容易完全。同時，煤的向上移動作用，使燃料床（火床）上結成焦塊的煤容易破裂，可以減少黏結性煤的結塊可能性。但缺點是灰渣也同時移到燃燒層上面，在高溫下容易熔結成塊渣，影響煤的燃燒。

另外，在大型鍋爐中有一種不設爐排的爐子（圖4），利用噴燃器把粉煤和空氣一同噴射到爐膛內懸空燃燒。煤在磨成粉末時，由於事前經過熱空氣或煙氣的烘烤，相當乾燥。噴進

时，微小的煤粒又和热空气良好混合，因此，一進爐膛就受到高热，揮發物立即蒸餾出來燃燒，碳質亦随着燃燒，速度几乎跟燃用气体燃料相同。这种爐子，不僅燃燒時能够得到很高的燃燒效率，並具有能利用高灰分和水

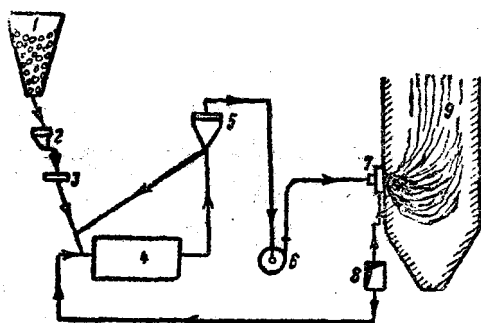


圖 4 磨煤机和煤粉爐

1. 原煤倉；2. 自动磅；3. 給煤机；4. 球磨机；
5. 分离器；6. 風扇；7. 燃燒器；8. 預热空气風道；9. 鍋爐爐膛。

較多的低質煤的优点。同时，燃料的供应量的調節很快，对負荷变动很大的鍋爐，如火力發電用的鍋爐，使用起來，特別適宜。因此，近代化的火力發電厂逐渐采用这种鍋爐。但一般工厂因它的安裝費用大，还没有廣泛采用。

無論煤放在什么样的爐子里燒用，根据目前条件，要使煤全部达到完全燃燒还是很困难的，一般只要求合乎經濟燃燒原則就行了。最經濟的燃燒現象，是有麥黃色的火苗，烟囪里冒出的烟呈淺灰色。至於煤能否达到經濟燃燒的目的，主要決定於燃燒設備和燒煤技術。

煤在燃燒中的热損失

煤燃燒時，由於有一部分热損失，使煤里面放出的“热能”不能被全部利用。造成热損失的原因很多，主要有下列三項：

(一) 由於过剩空气的損失。这是煤在燃燒中最大的一項

損失。燒煤的時候，為了保證空氣的充分供應和煤中可燃氣體與空氣充分混合起見，送入爐膛的空氣往往要比理論上所需要的空氣量多。空氣超量越多，爐內可燃氣體的燃燒越充分，放出的熱量也就越大。但是，過剩的空氣通過爐膛時，會帶走一部分熱量，從煙囪排出去。因此，從另一方面看，供給過剩空氣越多，排出爐煙時帶走的熱量損失也越大。

(二) 由於不完全燃燒的損失。它包括化學的和機械的兩方面。化學的不完全燃燒的損失，主要由於爐子內空氣量不足，燃煤或它的揮發物和空氣混合得不好，或是爐子內溫度不夠，以至很多一氧化碳和其他碳氫化合物隨着煙氣一起洩出。機械的不完全燃燒的損失，有的是由於在爐排上的原有空隙中難免漏下煤屑和沒有燒盡的可燃物質。有的是由於空氣經過火床表面時，常常把一些微小的顆粒（通稱飛灰）帶走，其中一部分是灰，另一部分是未燒盡的可燃物質。

(三) 由於輻射傳導等的損失。這項損失的數值較小，是由於爐子的爐壁及其他部分把爐內熱量傳導和輻射到爐外空氣中而造成的。烤火用的火爐，由爐壁輻射出來的熱，實際上是有效地被利用了，不能認作是損失。但是，如果是燒蒸汽的鍋爐，那就要減少鍋爐水所吸收的熱量，影響鍋爐效率。

目前在實際工作中，要完全避免熱損失還是不可能的。但是，熱損失的大小與燒煤用的設備及操作和管理技術有着密切的關係。如果我們能改進燒煤設備，提高燒煤技術，是可以減少熱量的損失的。

拿普通工廠用的小型鍋爐來說，鍋爐效率一般都在60%左右，也就是說，煤的熱能僅利用60%，其餘的40%都損失掉

了。其中以排出烟氣帶走的热量損失最大。这种热損失是由於过剩空氣供給太多，爐牆、爐門和观察孔等漏氣，鍋爐受热面不清潔（内部聚結水垢，外部包集烟灰），或人工添煤時侵入大量冷風等因素造成的。因此，在鍋爐运行期間，如注意避免和減少这几方面的影响，就可以使这项热損失降低。根据若干工厂的經驗，在裝有省煤器設備和司爐操作技術很好的情況下，这项損失可以降低到12-14%，不然就会达到20%，有时甚至更多一些。

不完全燃燒的热損失，在正常情况下不高於2-3%，如果情况不正常，損失就更大。被爐烟帶走或混在灰渣內被清除出去的可燃物損失，虽和煤質（灰分大小、碎屑多少、揮發分高低、結焦性强弱）有关，但燒同一种煤，如燒煤技術低，損失就大，技術高，損失就小。至於爐排漏煤和爐壁輻射热所造成的損失，只要適当地調整爐排片的間隙，加强爐壁的保温，就能降低一些。

这一切說明热損失过多，是浪費用煤的最基本原因。为了節約用煤，必須不断地为減少热損失而斗争。

鍋爐用煤的節約办法

鍋爐設備有很多类型，因構造的繁簡不同，效率也就不一样。目前，國內一般工厂用的鍋爐，机关、团体、学校和企業等用的暖汽鍋爐，大半都是中小型的鍋爐，裝置着固定爐排，用人工添煤。下面就着重这个范围介紹一些節約用煤的办法。

一、煤在燃燒前的適當处理

在煤燃燒以前，根据不同的煤种，不同的鍋爐和燃燒方