

內 容 提 要

本書為湖北省電業局編寫的火電廠技工培訓教材化學部分的第三冊，書中的主要內容包括煤的一般知識、燃料設備系統及其有關設備的主要作用特性和簡單運行原理、煤的試驗方法等。

化 學 第三冊

湖北省電業局編

*

1707R357

水利電力出版社出版（北京西郊科學院二區南）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 2 $\frac{1}{2}$ 印張 * 48千字

1958年12月北京第1版

1958年12月北京第1次印刷(0001—6,100冊)

統一書號：15143·1341 定價(第8類)0.22元

火电厂技工培训教材

化 学

第 三 册

湖北省电业局編

水利电力出版社

目 录

第一章 煤的一般常識.....	3
第一节 化驗煤的目的	3
第二节 煤的生成	3
第三节 煤的分类与用途	5
第四节 煤的成份	6
第五节 煤的化学性質	8
第六节 煤的質量	10
第七节 煤灰的熔渣	11
第八节 各种煤元素分析結果	12
第九节 煤耗的計算	13
第十节 煤的发热量及其計算	15
第十一节 試驗煤常用仪器	25
第二章 燃料設備系統及其有关設備之	
主要作用特性及簡單的运行原理	29
第一节 燃料設備系統	29
第二节 有关設備之主要作用特性及簡單的运行原理	30
第三章 煤的試驗方法	35
第一节 采样制样及煤粉灰渣飞灰試驗	35
第二节 各种煤的分析方法(褐煤、烟煤及无烟煤)	44

第一章 煤的一般常識

第一节 化驗煤的目的

在发电厂中的化学工作人員每天都要分割大量的煤，制备很多煤样，进行多种不同的煤質分析，其主要目的在于供給准确的分析結果以便計算煤耗，配合热力試驗測定鍋炉热效率，了解煤的質量供燃燒操作参考。因此，分析必須准确，否则就毫无用处，分析的目的就不能达到。

火力发电厂消耗煤量甚大，其費用往往达到或超过成本的一半，所以煤耗在电厂生产上的意义很大，但計算煤耗需要煤質的发热量、水份等数字为依据，如煤的化驗不准确，则会直接影响煤耗数字的正确性。

煤在鍋炉內燃燒发出热量傳导至炉水中，使水变成蒸汽冲动汽輪机。然而煤燃燒时发出的热量不能全部被利用，总有一部分要損失掉，例如烟气要帶走一部分热量，煤灰、煤渣也要帶走一部分热量，至于有多少热量是被利用了，多少是損失了，这个数字就須进行鍋炉热效率試驗，热量被利用得愈多，損失就愈少，鍋炉热效率就愈高，測定鍋炉热效率需要煤的发热量、水份、煤灰、炉渣的可燃物等化驗資料。

通过煤質分析，可了解煤的質量，供燃燒参考。例如煤含硫份高，易使省煤器腐蝕和生成溶渣，影响安全运行；使用劣質煤时因灰份过高不易燃着，燃燒操作方面就不得考虑加强吹灰打耙等等。

第二节 煤的生成

煤是植物在水中經過堆积、腐化、碳化而成，这是苏联

4

的偉大学者罗蒙諾索夫第一个提出的。

开采煤矿时，常发现煤具有树木纹理，用显微镜观察煤片可看出其植物組織与植物的細胞組織，在接近煤层的岩石中也常看到与植物相同的根、枝、叶子、树皮等化石，且煤的有机成份所含元素以碳、氢、氧为主与植物相同，仅有程度上的差别。由此我們可以断定：煤炭主要是由地球上古生植物死后的遺骸構成的。

各种植物的遺骸經過很長时期的蓄积，受了各种变化作用，結果形成了現在的煤炭。

各种植物死亡后，所有植物的遺骸因在露天中受空气的侵蝕，完全氧化，沒有任何硬性的有机物質存在。这种作用称为腐化作用，腐化作用进行得很慢，而且是在很低的温度下进行的。

植物有机物在水中分解的情形，因接触不到空气，則与上述的完全不同。植物本身含有碳和氢，它們与氧相互发生作用，仍形成 CO_2 和水。但是植物中所含的碳和氢远較所含的氧多，所以并不是全部的碳和氢全变成 CO_2 和水。同时氧和氢的化合比氧和碳化合为易，所以在分解的过程中，随着氧和氢的含量的减少，植物遺骸中所含碳的数量即增加。

經这样的变化后形成了所謂泥煤，泥煤是植物遺骸变成煤炭的初步产物。

植物遺骸变成泥煤后，其上逐漸为沉积的各种矿物所复盖。在受各种沉积的岩石的巨大压力作用及相当高的温度的作用下，由泥煤中进一步又分解出各种气体的物質，使泥煤所含的碳更形丰富，漸漸变成真正的煤炭(烟煤)。再进一步碳化則成无烟煤，无烟煤如受到火层岩热力的影响，或很强烈的地質变化可变为石墨。

由泥煤逐漸變為褐煤、烟煤、无烟煤的過程，謂之碳化。碳化程度與壓力溫度和時間的地質作用成正比，除少數例外，碳化程度以地質年代為第一因素。

在地質變化中，有時海洋上升，成為水淺的沼澤，於其中生長的植物可變為泥煤；有時又往下降，泥沙堆積於泥煤上，如是循環升降，就造成許多煤層，煤層厚度可達百余公尺，層數有達四百七十七的。

煤層不同，煤質也就不同，甚至同為一煤層的煤質亦不固定。

第三節 煤的分類與用途

一、煤的分類

煤的分類方法很多，無一定標準，若以生成煤的質料分，則有腐植煤、腐泥煤及殘植煤三大類。若以碳化程度來分，可分為石煤、褐煤、泥煤等三類。

1. 石煤 石煤是黑色的有機岩石，可溶於鹼內的腐植酸含量甚少，石煤又可分為烟煤與无烟煤兩種。

无烟煤含碳多，氫少，氧在4%以下；燃燒時幾无烟，燃著甚緩，而燃燒溫度很高，發青色短焰，煤色黑，常帶金屬光澤，无烟煤即俗稱的白煤。烟煤較无烟煤軟，且無金屬光澤，比无烟煤輕，其所含碳氫化合物較多，較易於燃著，如欲保持強度熱力，則甚為適用，因此多用於蒸汽鍋爐。

2. 褐煤 褐煤為褐色或黑色的有機質岩石，含有多量可溶於鹼內的腐植酸，其碳化程度較石煤低，其所含碳氫之比值(C/H)低於11.2，而石煤則高於11.2甚至達30。

3. 泥煤 泥煤亦為褐色或黑色的有機質岩石，其質軟，含有多量的水份及可溶於鹼內的腐植酸，其碳化程度低於褐煤。

以稀碱液处理泥煤則发现大量纖維質，而褐煤則无或极少，初采出的煤，若施以微压力，可將泥煤中的水压出，褐煤則不能。

泥煤含碳低，含氢与氧高。

二、煤的用途

煤的用途很广，在家庭与工业上消耗量都很大。在工业上的用途可分为动力用、煉焦用、低温蒸餾用、液化用与气化用等等。

动力用者如发电厂，火車及其他工业鍋炉燃燒煤以获得热能。

煉焦的要求甚高，尤以供鋼鐵工业使用者为甚，煤中含硫、磷、灰份应低，否則影响鉄的生产量与煤耗量。

煤經過蒸餾、液化、气化等加工后所生成的焦炭、焦油、煤气等产品都可做为化工原料，并可以制出二百多种产品，主要的有肥料、染料、炸药、油料等。

第四节 煤的成份

煤的成份包括有机成份与无机成份，前者称为純煤，为煤之本体，系生成煤之植物質所成。后者包括灰份、水份，大部是植物質碳化过程中与粘土、頁岩等混合而成，一部分是原植物質內的无机物，另一部分为采掘时混入的夹杂物。因此，可說煤为純煤、灰份、水份三者而成。

1. 純煤 系煤的有机成份，所含元素以碳、氢、氧、氮、硫为主，然此类元素究竟以何种状态互相結合，至今尚未十分明了。

純煤为可燃者，但在試驗中并不全部挥发，若置煤与空

气隔絕，在 850°C 下加热七分鐘，純煤則有一部分揮发成烟
气，而另一部分却余留于煤中，就是普通說的固定碳。固定
碳为焦炭可燃部分，主要含有碳素，而尚含少量氧、氢、氮
及硫，固定碳数量可由下面計算求得：

$$\text{固定碳}\% = 100 - (\text{揮发份}\% + \text{灰份}\% + \text{水份}\%)$$

2. 灰份 煤中灰份一般以硅、鋁、鉄、鈣、鎂、鉀与鈉
等氧化物为主，有时含有微量的硫鉄矿、錳与磷的化合物
等。

測定計算所得的灰份系指燃燒后殘留的灰份，也就是一
般所說的灰份，而原来存在煤中的灰份則有极少量为可燃
者，如 FeS_2 中硫燃燒后生成 SO_2 。

3. 水份 即普通所指的全水份，由湿份与固有水份組
成。

湿份并非煤本身所含的水份，而是由于下雨、降雪等外
来原因吸收于煤內，故又名附着水份，置煤于空气中干燥則
可除去湿份。

固有水份是煤本身所含的水份，可加热至 105°C 后除去，
故又名眞实水份。

煤中氧与氢結合而成的化合水份并不包括于全水份中，
而屬於純煤成份內，在空气中干燥或加热至 105°C 是不能將
它除去的。

以上是指煤內含有的成份，可分为純煤、灰份、水份，
但試驗煤时，煤样可能是經過干燥的或未經过干燥的，有时
又必要加以換算了解其可燃成份或有机成份，因此就有下列
煤質成份之分：

(1) 工作質成份——指使用煤时的煤質，例如炉前煤的
煤質成份包括純煤、灰份、全水份（湿份与固有水份）。

(2) 风干后的煤質成份——指煤經過空气干燥后失去湿份的成份，包括純煤、灰份、固有水份。

(3) 干燥質成份——指煤失去全水份后的成份而仅含有純煤、灰份。

(4) 有机質成份——指煤的有机成份，亦即除去灰份、全水份后的煤質。

(5) 可燃質成份——指煤中可燃燒的成份，包括煤中的有机成份与极微的无机可燃物質，例如 FeS_2 的硫。

第五节 煤的化学性質

1. 煤的风化 一般煤置于空气中則吸收氧，并与之結合，至于究竟如何結合，至今尚未十分明了，有謂煤之风化过程为煤首先与氧結合成为不安定物：

煤 + 氧 $\rightarrow$ 吸收状态 $\rightarrow$ 氧化状态

当溫度逐漸升高时：

氧化状态 $\rightarrow$ 潰裂煤 + CO_2 + CO + H_2O

潰裂煤使煤的新表面与氧接触增大，便于氧化作用进行。一般說来，碳化程度愈高的煤，对风化的抵抗力也愈大。

煤与空气中的氧結合后，其重量、成份、发热量均发生变化，例如煤置于空气中一年，有发热量减少10%者，尤以原煤含水份高者吸氧量更大，变化也更大，此种置于空气中而发生的变質即謂风化。

2. 自然发火 煤堆于空气中，不独风化，且視煤的性質如何，有时可自行发火而燃燒，这就是煤的自燃，研究其原因者說法不一，大致可分为細菌的作用、湿份的影响、 FeS_2 的作用、煤質的影响等。

許多物質的氧化燃燒是由于細菌作用；例如草堆之自然發火，煤適合于細菌繁殖，故細菌作用可視為煤自然發火原因之一；濕份存在能促進煤的氧化，但這不能說是煤發火的主要原因；至于 FeS_2 的作用則應注意，原來 FeS_2 系屬於黃鐵礦或白鐵礦，而以塊狀或粉狀混入煤內，結晶小鐵粉及白鐵礦于空氣中氧化起化學變化而產生熱量。

3. 氧化 褐煤于鹼液中以空氣或氧氣使之氧化時，在常溫時則吸收氧，石煤以此法試驗則無甚變化，然在壓力增大後，其氧化作用則極顯著。

濃硫酸與濃硝酸能使煤氧化，濃硝酸能使煙煤與无烟煤氧化而變為硝基化合物。

4. 還原 煤可以經過化學作用而還原為液體，最初的使煤還原實驗為將煤粉以飽和碘化氫酸于 270°C 中處理數小時，則得60%之還原生成物。

5. 熱的作用 將煤與空氣隔絕而熱之，則分解而發生煤氣，煤渣以及殘留富于碳素之物質，即焦煤。其所發生的煤氣，煤渣及殘留的焦煤等性質與數量隨原煤之種類、性質以及加熱溫度而異。一般在 100°C 以下的煤氣為 CO_2 、 CH_4 ，溫度上升至 $300 \sim 400^\circ\text{C}$ 時，則起顯著的分解而餾出煤渣，同時產生富于烴類的煤氣。

最初成粉狀或塊狀的煤，經過與空氣隔絕而熱至 350°C 左右後，逐漸軟化，成為粘滯性的半熔融物，至溫度超過 500°C 時，又變成外觀全異的固體狀態，此固體物稱為焦煤。發生上述現象的煤，稱為粘結煤，煤加熱而焦煤化的性質，稱為粘結性煤；有些煤無此粘結性，謂之不粘結煤。

在上法加熱中，如溫度達到 350°C 時，煤亦開始產生氫氣。

必須說明，煤渣与富于氫的煤气的产生是由于煤中瀝青因热分解，在高温 500°C 以上时，以煤中腐植質之分解为主，其分解不产生煤渣，而只生成富于氫之气体。

第六节 煤 的 質 量

煤的質量优劣标准，由于使用上不同而有区别，因此，通常認為发热量高、灰份低者質优的看法是不够全面的，因为尚有其他項目亦須考虑在內。

显然，在使用煤时不应只斤斤計較煤質的优劣，須考虑到整个工业实际情况，例如許多发电厂已使用劣質煤，虽然在技术操作上有一些困难与麻煩，但經驗証明，劣質煤是可用于发电厂生产上的，其他許多工业不宜使用劣質煤，如发电厂不用，則其利用率將降低，因其价廉，发电厂使用可降低成本。

現將发电厂的煤質分析結合煤的質量分述如下：

一、燃燒煤的目的在于使它发出热量，因此煤的发热量愈高就愈好，例如現有兩種煤，一种的发热量为 6,000 大卡/公斤，另一种为 3,000 大卡/公斤，則后者兩公斤才相当于前者一公斤。

二、煤的灰分是不会燃燒发热的，如其含量高，則煤內可燃发热的物質相对降低，因此煤的灰份宜低。但有时灰份过低也有坏处，例如鍊条炉排运轉时，由于煤的灰份过低使炉排上灰层过薄，以致会燒坏炉排。

三、由揮发份的高低可知煤燃燒的快慢，火焰的長短与顏色；例如无烟煤儿无揮发份，燃着甚緩而燃燒温度高发青色短焰，揮发份过高的煤燃燒又太快。因此，烟煤較适用于鍋炉，既較易燃着，又能保持很大的热力。

四、煤中含水份宜低。当煤燃烧时水份蒸发须吸去炉内一部份热量。如水于煤中混合后燃烧，虽可减少飞灰的热量损失，但不是一种改进燃烧的好办法。

五、煤中含硫宜低，过高时有许多害处。

煤中含硫的物质有硫铁矿(FeS_2)，石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)与含硫的有机物等三种。有机物的硫与硫铁矿之硫均为可燃者。石膏之硫则为不可燃者，在不良的燃烧情况下，硫铁矿之硫并不全部燃烧，而残留 FeS 于煤灰内，因其熔点低(1197°C)，如其含量高，则会降低煤灰熔点生成熔渣，影响安全运行。此外，含硫过多，在燃烧时生成氧化硫气体，如烟气温度的低于露点，则易产生酸类(H_2SO_4 , H_2SO_3)腐蚀锅炉金属，且氧化硫气体过多会影响人体健康。

第七节 煤灰的熔渣

由于燃烧不良，煤灰熔点过低，在锅炉受热面与炉膛上易生成熔渣结灰，此种现象既影响热的传导，又影响安全运行。

煤的灰份一般含有铁、铝、钙、镁、钨、钠、钾等氧化物和 FeS_2 ，其它物质甚微。硅、铝与钙等的氧化物熔点颇高，例如 CaO 为 2570°C ， Al_2O_3 为 2040°C ， Fe_2O_3 为 1548°C ， SiO_2 为 1540°C ，其余成份高时，尤其是 FeS_2 含量高时，会影响煤灰熔点显著降低， FeS_2 熔点为 1171°C 。

由此可见，炉内生成熔渣结灰现象与煤质的关系很大，然而生成熔渣结灰现象往往是由于燃烧不良而引起的。

某发电厂的两个锅炉燃烧同一种煤，其中一个锅炉燃烧情况良好，经长期运行后未发现熔渣结灰现象；而另一个锅炉燃烧不良，虽经短期运行，但结果发现熔渣结灰现象。

煤灰的熔融点与周围的气体有关，若燃烧情况不良，产生CO与H₂等还原性气体，就会使熔融点较高之Fe₂O₃，Fe₃O₄还原变为熔融点较低的FeO，CO与H₂等气体的存在表明过剩空气量太少，使燃烧不完全，因此FeS₂也就往往不会燃烧变为熔融点较高之Fe₂O₃ (1548°C)而是残留FeS (1197°C)于灰中，所以炉内过剩空气量不宜太低。

但炉内过剩空气量过多时，又易使煤灰飞起结集于炉管周围，根据全苏热工试验所的试验结果，过剩空气量增加10%时，结灰性能就提高3%。

显然，炉内温度过高，高于煤灰熔融点时，就会产生熔渣结灰现象。

由此类情况可知，避免锅炉熔渣结灰现象的根本方法是改进燃烧，降低炉内温度与气体流速，使其完全燃烧。如发现熔渣结灰现象必须及时将熔渣除去。

第八节 各种煤元素分析结果

煤 名	碳%	氢%	氮%	硫%	氧%	水份%	灰份%
峯 峯	76.34	4.44	3.834	0.846	1.44	2.54	10.56
峯 峯	66.05	4.84	5.80	0.56	1.25	1.29	20.21
湘江烟煤	54.63	4.78	13.93	0.47	1.25	6.08	18.86
湘江低质煤	41.85	3.87	12.27	0.63	1.25	5.07	35.06
萍乡高坑硬子槽煤	50.40	3.91	6.78	0.91	1.00	1.42	35.58
萍乡王家源四号井	50.99	4.83	8.53	0.57	1.02	1.64	32.42
萍乡低质煤	48.68	3.46	6.31	0.46	1.25	1.94	37.90
萍乡高坑煤	64.32	4.57	6.22	0.78	1.05	2.16	20.90

續表

煤 名	碳%	氢%	氧%	硫%	氮%	水分%	灰分%
大冶源华煤(桐梓堡矿)	68.31	3.82	3.35	2.75	1.50	2.89	17.38
大冶源华煤(袁家仓矿斜井)	69.51	3.46	2.43	2.46	1.48	1.89	18.77
大冶源华煤(中仓煤)	70.08	3.34	2.68	2.39	1.45	1.84	18.22
双发煤	74.12	4.89	2.97	0.68	1.25	4.67	11.42
白渡乡煤	60.53	4.19	4.36	0.90	1.25	4.08	24.69
白劳煤	80.46	4.46	1.78	1.03	1.25	4.92	6.10
王家源纜道煤	67.23	4.00	7.65	0.67	1.25	1.92	17.28
新平台混合煤	65.76	4.74	7.11	0.82	1.25	1.93	18.39
龙虎井洗煤	66.58	4.17	10.22	0.73	1.25	1.55	15.50
資兴甲种煤	76.37	4.38	2.00	0.92	1.25	1.08	14.00
資兴一号煤	68.03	4.86	3.03	0.56	1.25	1.24	21.03
加晚煤	58.13	4.39	9.24	0.84	1.25	3.09	23.06

第九节 煤耗的计算

一、煤耗乃每发一度电所消耗煤的公斤数，以公斤/度电表示之。

例如 发 1,000 度电中用去 500 公斤煤即

$$\text{煤耗} = \frac{\text{公斤煤}}{\text{度电}} = \frac{500}{1000} = 0.5,$$

在此，煤的重量单位为公斤，既不是吨数，也不是市斤。

二、发热量

每一公斤煤所发出的“大卡”热量，以大卡/公斤表示之，亦即每一克煤所发出的“卡”热量，以卡/克表示之。

因为 1 大卡 = 1,000 卡

1 公斤 = 1,000 克

例如 某种煤的发热量为 6,500 大卡，是指此种煤在燃烧中每一公斤煤可发出 6,500 大卡的热量。

三、高位发热量与低位发热量

计算煤耗时，是用煤的低位发热量，因其符合于煤燃烧中实际发出的热量。低位发热量是由高位发热量减去煤中水份与煤中氢燃烧生成水汽所带走之热量。因此，高位发热量大于低位发热量，至于两者关系及换算问题，见后面“煤的发热量及其计算”一节。

四、7,000

7,000 (大卡/公斤或卡/克) 为煤的标准发热量，因各厂所用的煤不同，发热量不同，为了统一煤耗计算，所以采用此标准煤发热量数字。

五、煤耗的计算

$$\text{标准用煤量} = \frac{\text{干煤量} \times \text{干煤工作质低位发热量}}{7000};$$

$$\text{标准煤耗} = \frac{\text{标准用煤量 (公斤)}}{\text{度电}},$$

式中 干煤是指煤除去煤中全水份的煤质；

干煤量的单位是公斤；

发热量是指每公斤煤燃烧时发出热量的大卡数。

例如：燃烧使用 100 吨煤发 100,000 度电，煤的全水分是 5%，干煤工作质低位发热量是 5,000 大卡/公斤。

解 100 吨 = 100,000 公斤

100,000 公斤煤所含全水分 = 100,000 × 0.05 公斤 = 5,000 公斤。

因此，干煤量 = 100,000 - 5,000 = 95,000 公斤

$$\text{标准用煤量} = \frac{95,000 \times 5,000}{7,000} = 67,857 \text{ 公斤}$$

$$\text{所以, 标准煤耗} = \frac{67,857 \text{ 公斤}}{100,000 \text{ 度电}} = 0.6786 \text{ 公斤/度电}.$$

即每发一度电须消耗0.6786公斤煤。

若以炉前煤量计算标准用煤量时，则须减去湿分

$$\text{即干煤量} = \text{炉前煤量} \times \frac{(100 - \text{湿分})}{100}.$$

第十节 煤的发热量及其计算

说到煤的发热量时，常遇热量计发热量，高位发热量，低位发热量等项目，其意义与彼此间之关系如下。

一、热量计发热量

以热量计测出的发热量谓之热量计发热量。

1. 水当量 若作一试验，置水 200 克于一烧杯内，加热至 100°C ，记录其所需时间，另取水 100 克置于另一烧杯内，又放一块重 100 克的铅于水内，在同样情况下加热至 100°C ，亦记录其所需时间。

前一烧杯内系纯水，重 200 克，后一烧杯内水与铅的总重亦为 200 克，但由试验结果会发现后者加热至 100°C 所需之时间较短，可见后者加热至 100°C 所需吸收之热量较少。

要想解释此现象，就得述及物质的比热，水的比热是 1 就是说每一克水升高 1°C 需吸 1 卡热，铅的比热是 0.03，所以每克铅升高 1°C 只需吸 0.03 卡热，可见同重量的铅和水升高 1°C 所需之热不同。

假如现有 50 克铅，其升高 1°C 所需的热量是：

$$50 \times 0.03 = 1.5 \text{ 卡}$$

而1.5克水升高 1°C 亦需1.5卡。因此，50克鉛相当于1.5克水，也就是說50克鉛的水当量是1.5克。

以热量計測定煤的发热量时，煤在爆燃筒內燃燒发出热量，使水筒內水温升高，而后根据水温升高之度数来計算煤的发热量。

热量計內除水外，尚有爆燃筒、水筒等物件，假如不先測定热量計的水当量，則无法根据水温升高之度数来計算煤的发热量，例如水温升高 3°C ，若不知水当量是多少則无从計算究竟煤是发出多少热量而使水温升高 3°C 。

显然，測定热量計的水当量时，不必將热量計称重或測定其比热，而可由一已知发热量的物質如安息香酸來測定。

水当量、发热量与水温升高的度数三項中，知其二則可算出未知者。在測定煤的发热量时，已知水当量与水温升高的度数就可算出煤的发热量，而在測定水当量时，已知安息香酸的发热量与水温升高的度数，就可求出水当量的数值，普通所說之热量計水当量，系包括固定重量水在內，例如水当量是2,500克，而其中水重2,000克，則热量計本身的水当量是500克，也就是說，此盛有2,000克水之热量計应視為相当于2,500克水。

2,500克水升高 1°C 就需吸热2,500卡，可見升高 3°C 时需吸热 $2,500 \times 3 = 7,500$ 卡，如果是2,500克酒精，其比热是0.55，那么所需吸收的热量就不是7,500卡，而是 $2,500 \times 0.55 \times 3 = 4,125$ 卡。

可見用其他物質代替水，其重量虽同，但情况就变了。

煤的发热量是以卡/克或大卡/公斤表示的，所以用算出的卡数除以煤克重則得。

2. 輻射热补正数 除上述者外，尚有点火絲发热量与輻