

燃料和燃烧

蔡 庆 祺编写

石油工业出版社

內 容 提 要

本書告訴讀者：燃料為什麼能夠燃燒，在燃燒時都起哪些變化，產生哪些產物。還告訴讀者：怎樣選擇燃料，怎樣使用燃料才能最節省，而且做的活最多。書中對於作為固體燃料的煤，作為液體燃料的石油產品，和作為氣體燃料的天然氣、工廠氣及煤氣等的生成、分類、性質都有簡要的介紹。

本書供各工廠企業的司爐工人和一般對燃燒的化學知識有興趣的人閱讀。

統一書號：T15037·375

燃 料 和 燃 燒

蔡 庆 祺編寫

*

石油工業出版社出版（社址：北京六鋪炕石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可證出字第088號

石油工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 開本 * 印張2 * 43千字 * 印1—2,000冊

1958年6月北京第1版第1次印刷

定價(10)0.34元

目 录

第一章	緒言	1
第二章	燃料的种类	2
第三章	煤和煤的分类及儲存	5
第四章	石油及它的产品	12
第五章	气体燃料	19
第六章	燃燒化学	25
第七章	燃燒的計算	31
第八章	燃燒設備的熱平衡及效率	46
第九章	傳熱常識	51
第十章	燃料分析与規範	55

第一章 緒 言

燃料在国民經济中所佔的地位，是大家都清楚的。如果发电厂的鍋爐房里一旦沒有了燃料，发电厂就不能供电；如果煉油厂的爐子沒有燃料，那么煉厂就只好停工。我国有句老話：“巧妇难为无米之炊”，意思是如果沒有米再能干的人也做不出飯來。同样的道理，即使有米，如果沒有燃料也是做不出飯來的。另外我們还可以想像，如果沒有燃料來取暖，人們將怎样渡过那严寒的冬天。由此可見，燃料無論是在工業上或是在人們日常生活中，都是不可缺少的。

大家都知道任何机器的轉动或車船的行进都需要供給他一定的能量。能量的來源是很多的。例如水力发电站就是利用水的能量。我国在很早以前就用风車帶動风磨，这时所用的就是风的能量。另外原子能也开始利用到工業上为和平事業服务了。太阳的能量也正在被应用到工業上去。虽然能量的來源这样多，但是現在在工業、農業、運輸業上最普遍应用的还是燃料的能量。所以我們說燃料是能量的主要源泉。

虽然燃料对国民經济的各个部門和日常生活是这样的重耍，但是旧中国的燃料工業是极端落后的，几个比較大的煤矿如撫順、开灤等在帝国主义掠夺式的开采下受到了严重的破坏。石油的开采則更是少得可憐，而帝国主义分子更借此誣蔑我国是石油資源貧乏的国家。

1949年全国解放以后，在中国共产党和人民政府的领导下，在苏联和各民主国家的无私的援助下，我国的燃料工業

有了很大的发展：1957年煤的产量为1949年的400%多；1957年石油的产量则为1949年的1200%。另外在资源勘探方面也有了庞大的各种类型的勘探队，几年来发现了很多新的储量丰富的煤田、油田和气田。

努力发展燃料工业是我国社会主义建设坚定不移的方针。由于燃料是每个国民经济部门都离不开的，所以在各个厂矿、运输部门以及农业中都有很多工人同志从事于直接使用燃料。为了更好的使用燃料，我们就应该了解燃料的特性，掌握燃烧的原理，并结合自己的经验，以期达到提高燃烧效率，节约燃料。

第二章 燃料的种类

一、什么是燃料 凡是在燃烧过程中能够放出供工业和日常生活所需热能的可燃有机物质都可叫做燃料。燃料的种类很多，如煤、石油、木材、木炭、焦炭、天然气和煤气等都是燃料。在这里应该明确的指出，不是所有能够燃烧的物质都是燃料。燃料必须具备多、好、廉的要求，也就是：

1. 产量多，蕴藏量丰富；
2. 容易取得，价格便宜；
3. 燃烧时的燃烧产物对于人畜及周围的生物无害；
4. 发热量大，容易引火。

很明显，有很多物质虽然可以燃烧也能发出热量，但是如果不能满足以上的条件，就不能做为燃料，例如硫磺和黄铁矿，虽然它们能燃烧，也能发出很多的热量，但是不符合

第三条，它們燃燒所产生的二氧化硫对人体有害，所以不能作燃料，它們只能用來制造硫磺和硫酸。

此外，随地区以及时代的不同，燃料选择的标准也就不同。例如靠近森林的地区就多採用木材做燃料；从前石油只应用在医藥上，而到現在則广泛用作燃料了。

二、固体燃料 能够燃燒的物質是很多的，只就符合多、好、廉条件的也有百余种。这些燃料，根据物态可以分为固体燃料、液体燃料和气体燃料三种。

固体燃料本身又分为天然固体燃料和加工固体燃料。煙煤、无煙煤、褐煤、可燃性頁岩和木材等都是天然固体燃料；焦炭、木炭、木屑、蔗渣等等，有的是加工产品，有的是加工的副产品，所以这些燃料叫做加工固体燃料。

固体燃料以煤（包括煙煤、无煙煤、褐煤和泥煤）为最主要，它不但可以直接作燃料，还是人造固体燃料（焦煤、煤气）的原料，也是化学工業和人造液体燃料工業的主要原料。因此我們在下一章中將作較詳細的敘述。

可燃性頁岩也是一种在我国蘊藏量很丰富的天然固体燃料。根据不完全的統計，在我国除撫順、樺甸、茂名等地区埋藏有大量可燃性頁岩之外，在我国尚有二百多个有开采价值的可燃性頁岩产区。可燃性頁岩除可以作为直接燃料之外，它是人造石油最主要的原料之一。我国人造石油的生产，如撫順、樺甸和正在建設中的茂名都是以可燃性頁岩作为原料的。

木材是分布广、产量多，在我国很多地区以它作为民用燃料。它的优点是易于取得，点火容易、燃燒完全、灰渣少。但是我們知道，木材的用途非常广，如建筑房屋，兴修鉄

路、开採煤矿、造船舶和車輛，以及傢具等等都需要木材；又如制紙，人造纖維等工業也是以木材为主要原料的，而木材干餾更可以获得大量有价值的化学产品。因此把木材直接作燃料燒是不經濟不合理的。木材加工的木屑和蔗糖厂的蔗渣都是加工副产品，也常常作为当地燃料。在农村中則常常用稻草、高粱桿、牛糞等作燃料。

三、液体燃料 液体燃料多数是加工产品，很少有把天然产品（如石油）不加处理便拿來应用的。它比固体燃料的优点多：

1. 发热量高。以燃料油为例，通常发热值在 10000 仟卡/公斤以上，而煤炭标准发热量不过 7000 仟卡/公斤。

2. 燃燒完全，所以热效率高，燒后几乎沒有灰渣，因而也不必除灰設備。

3. 輸送比較方便。

4. 燃燒設備簡單。如一台鍋爐，如果是燒粉煤，就要有庞大的磨粉設備，粉煤的排送設備等；如果是火床爐子，除了煤的運輸設備之外，还要有給煤裝置、爐排及爐排的傳動裝置和除灰設備；可見还是燃油鍋爐省事，用油为燃料时，只要貯罐、泵浦、管綫与燃燒噴咀。

5. 容易調节，点火和灭火都方便。

由于液体燃料有这些优点，所以不仅蒸汽鍋爐、石油煉制过程中的管式加热爐等使用它，更重要的是飞机、汽車、拖拉机以及其他固定式內燃机都使用它。由于近代工業以及交通運輸業的发展，液体燃料的需要也越來越迫切。

石油是液体燃料的主要來源，关于石油及其产品的性質，我們將在第四章內介紹。

四、气体燃料 气体燃料所具备的优点大体与液体燃料相同。

气体燃料也有天然与加工的分别。天然气是从埋藏的地方抽出后用管綫輸送到使用的地方的。煤矿矿井中也有天然气存在，如撫順煤矿井下就有天然气。天然气往往和石油共生，在地层压力下溶解在油中，石油从油井抽出后压力降低，气体便分离出来。这些都是天然气体燃料。

加工气体燃料有的是直接从固体燃料中以取得气体燃料为目的的，如发生爐煤气、水煤气，也有的是固体燃料加工时的副产品，如煉焦煤气，或其他生产过程中的副产品，如高爐煤气，頁岩干餾煤气，裂化气体等等。

用某些經濟价值低的，不宜直接作燃燒用的固体燃料进行气化，不但可以获得优良的气体燃料，还可以回收有价值的氨、苯、甲苯等产品。苏联列宁格勒城市居民所用煤气，主要是从可燃性頁岩气化而获得的，苏联爱沙尼亞社会主义共和国的可燃頁岩也大都是用来制取气体燃料的。关于气体燃料我們在第五章里还要做比較詳細的介紹。

第三章 煤和煤的分类及儲存

煤不仅是燃料，而且可以煉焦。焦炭是冶金工業不可缺少的原料。煉焦过程中也产生煤气，煤气是优良的气体燃料，又可以回收苯、甲苯、萘等有机化学原料，用以制造染料、香料、炸藥、藥物、人造橡胶、人造纖維等具有广泛用途的产品。煤也可以經過低溫干餾、破坏加氢、气化合成等方法制

造液体燃料。

一、我国煤炭工业概况 我国煤的蕴藏量是十分丰富的，根据已有的资料，煤的储量在1万亿吨以上^①。其中以华北地区及东北地区蕴藏最多。华北的开灤、峯峯、井陘、大同、东北的撫順、阜新、本溪、以及华东的淮南、中南的萍乡、焦作、平頂山西北的銅川等都是著名的煤炭产地。我国第一个五年计划最后一年（1957）煤的计划产量为12592.2万吨，相当于历史最高年份（1912）的200%多。党的第八次代表大会建议在第二个五年计划期内达到年产19000—21000万吨，由这些数字可见我国煤炭工业在党的领导下的巨大发展。

二、煤的生成 经过学者们长期的研究，确定了煤是堆积着的植物，长久地受到上部岩层的巨大压力以及地心所放出的热而形成的产物。自然，煤生成过程的时间是很长久的，这就是木材很疏松，而煤炭却很坚硬的原因。根据地质学家的研究，植物转变为煤炭要经过长久的时间和复杂的变化。这一方面是植物残骸的变化，另一方面是地层的变化。最初，植物的残骸受微生物的作用沉积成疏松的污泥状的东西，后来新的污泥又沉积在它的上面，下层污泥逐渐被压实，这样空气便逐渐稀少，后来甚至完全没有空气，只是受到各种细菌的侵蚀，因而失去水份及氧气，碳素便相对的增加，这样污泥便慢慢地变为褐色的泥炭——这便是最年轻的煤。后来受到地层的变化，泥炭被埋到地壳较深的地方，受

^①李富春“关于我国第一个五年计划的成就和今后社会主义建设的任务、方针的报告”，1957年12月7日在中国工会代表大会上的报告。

到强大的压力和地心的热力，泥炭繼續失去水份，含碳量更为增多，变为褐煤。褐煤繼續变化，便成煙煤，最后才变成无煙煤。可見，褐煤的年紀最輕，无煙煤的年紀最老。

三、煤的分类 煤分类的方法很多，各国分类标准也不一致，下面簡單地介紹苏联的分类方法。

苏联的分类法是以煤中揮发物的多少而分成无煙煤、煙煤及褐煤三种。揮发物在2—7%的叫做无煙煤，在8—40%之間的做法煙煤，45—50%的叫做褐煤。这种分法也依各产区所产煤炭的特性不同而稍有出入。其中无煙煤又依块徑的大小分为若干标号，如大于100公厘块徑的叫做大块无煙煤，符号是АЛ。50—100公厘之間的块徑叫做中块无煙煤，符号是АК等等。煙煤也依揮发物的多少再分为許多类。表1是頓巴斯煤的工業分类。

頓巴斯煤的工业分类

表1

煤 的 種 类	煤的标号	可 燃 物 中 揮 发 物 含 量	焦 的 特 性
長焰煤	Д	>42	粉末狀或聚成碎块
气化煤		35—44	粘結性，融化，有时候风化，变松
蒸汽煙煤	ПЖ	26—35	粘結性，融化，坚硬或略坚硬
煉焦煤	К	18—26	同 上
蒸汽粘結煤	ПС	12—18	同 上
貧煤	Т	<17	粉末狀或聚成碎块

我国目前是以中国科学院1954年4月提出的草案來分类的，下面是东北区的分类法。

东北区炼焦煤分类草案

表 2

煤 种 名 称	煤 种 符 号	揮 发 分, %	膠 質 层, 公 厘
气 煤	Г	>36	6—22
气 肥 煤	ЖГ	32—38	8—22
肥 煤	Ж	29—37	>22
焦 肥 煤	ЖЖ	26—32	12—22
焦 煤	К	18—29	8—22
瘦 煤	ЛС	15—23	0—10

四、煤的风化与自燃 不論那一种煤炭暴露在空气中的时候, 就会和空气中的氧气慢慢地起氧化作用, 这就是煤的风化。

煤风化的結果, 將会产生下面的变化:

1. 煤的篩分变更。由于风化的結果煤分裂成碎块, 在风化作用較强时会变得十分疎松。堆放時間較長的煤往往成松散状态就是这个緣故。

2. 风化的結果將使煤的成分发生变化。风化既然是一种氧化作用, 經過风化后的煤就必然使其含碳量及含氢量减少, 水份增多, 灰份氧份也增多, 发热值下降。所以說风化使煤的質量下降。

3. 粘結性在风化时也急剧下降, 作为燃料使用时, 这一点倒不关重要, 如果作为煉焦煤时, 那末影响就很大了。

4. 既然风化是一种氧化作用, 这就必然会产生热, 如果这热量不能放散, 煤堆温度就会升高, 温度的升高促进了风化的加速进行, 于是放出的热量就更多。常由于这样而引

起自燃，釀成火災。煤礦坑的地下火災也多半是這樣引起的。

由緩慢的風化到自燃是一步一步地進行的。開始時煤非常緩慢地吸收氧氣，這時所吸收的氧氣是變成過氧化物，並不放出二氧化碳，因此煤的重量不僅沒有減輕反而稍有增加，以後繼續風化就放出二氧化碳及水蒸汽，這樣又回復到原有的重量，這樣變化一直到煤的溫度升至 50°C 時為止。溫度達到 50°C 之後煤炭吸收氧氣的速度就變得較快了，溫度逐步升高，風化也就更快，到 230°C 以上時，氧化更快，放出的二氧化碳及熱更多。如不及時處理，很快就達到煤的自燃溫度 350°C ，這時即使沒有外界的引火，煤也會自燃起來。

如果煤中含有黃鐵礦或其他雜質，會加速煤的風化作用，在貯存煤炭時應注意這點。

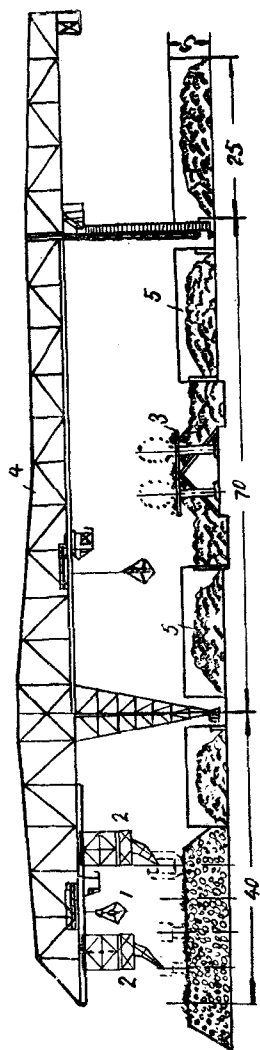


圖 1 有運轉天橋的露天煤倉

1—抓煤斗；2—小煤箱；3—煤台；4—運轉天橋；5—煤堆。

五、煤的貯藏 任何一个用煤的工厂或車間都应该有一定的貯备，貯备定額的高低要根据煤炭的供应情况而作出明文規定。貯藏煤炭的地方叫做煤倉。煤倉有露天煤倉及地下煤倉兩種。露天煤倉是一个混凝土敷成的平台，把煤堆放在上面，为了便于起卸煤及运输，另有一套机械設備如图 1 所示。露天煤倉因設備簡單，所以使用較為广泛。

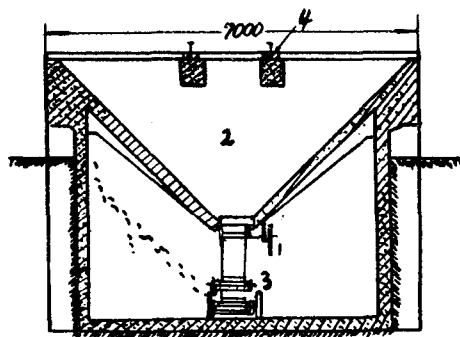


圖 2 地下煤倉的剖視圖

1—卸煤閘板；2—煤倉；3—皮帶運輸機；
4—架空鐵道。

地下煤倉有时更适合于煤的起卸和运输，但建筑費用大。我国很多工厂除了露天煤倉外，往往在用煤車間附近，設置小型的地下煤倉，使煤經地下煤倉的卸煤閘板直接經运输皮帶輸送至用煤地点。图2即为地下煤倉的剖視情况。

貯藏煤炭应注意的問題，就是煤的风化以及由于风化作用而帶來的自然的危險。正如上面所述，无论那一种煤在貯藏当中都有风化作用产生，因而也有火災的危險，所以在煤炭貯藏場所，便应该进行必要措施，防止风化，防止火災。

煤炭自燃的危險性各不完全相同，苏联煤倉防火設計标准 OCT90099-40 依火災危險性程度区分为二級，如下表。

煤按自燃危險的分級

表 3

次序	煤的分級	煤 的 種 類	按其易自燃程度的性能
1	A	褐煤及除貧煤外的煙煤	危 險
2	B	无煙煤及貧煤	安 全

风化作用放出热量，因而使煤的发热值降低，苏联B.C. 克雷木研究頓巴斯的几种煤在貯存六个月之后，其熱值的降低情况綜合如下表。

經貯存六个月后煤的發熱值变化

表 4

标 号	揮发物, %	可燃成分的燃燒值降低 (單位卡)			
		最大	最小	平均	佔原煤发热值的百分比 (平均值)
T	<17	279	72	170	2
ΠC	12-18	213	48	142	1.6
K	18-23	306	62	148	1.7
ΠЖ	26-35	847	60	210	2.5
Г和Д	>35	935	126	331	4.9

我們已經知道了风化的危害性，因此預防风化是貯煤中的大問題。最可靠的办法是儲存于惰性气体或沒有氧气存在的气体中，或者存于水中，苏联在个别城市中就把危險程度較大的褐煤及煙煤貯存于水中，但煤倉構造复杂，造价昂貴。所以在我国目前來說，这些方法都还不能使用。普通的煤倉可以根据风化的原因而进行下列措施：

1. 貯存的煤堆尽可能减小曝露于空气中的表面。
2. 不可靠近热源，应有放热及通风装置。
3. 經常檢查煤堆温度，如到50—65℃时，应馬上整理煤堆。
4. 煤堆中的块煤与粉煤尽可能均匀地分配。
5. 剛出井的煤风化最快，所以至少要露天存貯六星期后，才能入倉。
6. 煤堆高度应根据下表：

一般煤堆的正常高度

表 5

煤的分級	煤 的 种 类	堆 放 高 度, 公 尺	
		貯存不到二个月	貯存超过二个月
A	褐煤	2.0—2.5	1.5—2.0
B	煙煤(牌号T除外)	2.5—3.5	2.0—2.5
B	牌号T的煙煤	3.5	2.5
B	无煙煤	无限制	无限制

上表是指自然的堆放，如表面压实时，可以超过表上规定的数目。

第四章 石油及它的产品

石油不仅是液体燃料的主要泉源，而且还可以制取多种化学原料。苏共20次代表大会提出苏联在1960年石油的产量为135,000,000吨相当于1955年的190%，这个数字說明了

石油在工業中的地位愈來愈重要。这是因为近代工業、運輸業及農業机械化的飞速发展，需要更多的优良液体燃料与潤滑油料，此外，石油的化学用途也一天比一天广泛，用石油气体及石油油品作为原料，生产合成酒精、橡胶、洗滌劑、人造纖維、塑料、脂肪酸及其他各种重要的化学产品，以減少动植物油脂和粮食用于技术目的的需要。

由于石油的用途广泛，因而近年來人造石油在某些国家里有了很大的发展。

我国是石油資源丰富的国家之一，但由于我国土地辽阔，以往勘探工作作得不多，故真正的蘊藏量，还不能正确的估計。1955年石油工業部的成立加速了石油工業的发展。但我国石油工業和其他工業比較起來还是一个年輕和落后的部門。在党的第八次全国代表大会上，周恩來总理关于第二个五年計劃的报告中曾指出：积极地进行工業中的落后部門——石油工業、化学工業和无綫电工業的建設。我們相信在党的正确领导下，很快就能摆脱这种落后状态，以滿足广泛的需要。

一、石油的組成及分类 石油的組成成份主要是碳和氢，它是各种碳氢化合物的混合物。除了碳和氢兩元素外，还有少量的氧、氮、硫；和极少量的氯、碘、磷、硅、砷、鉀、鈉、鈣、鉄等元素。

凡是碳和氢兩元素組成的化合物，都叫做碳氢化合物，或叫做烴。烴分下列四类：飽和烴(又叫烷族烴)、不飽和烴、芳香烴及环烷烴。

飽和烴的通式是 C_nH_{2n+2} ，在常温常压下C从1到4都是气体，是石油气体的主要成分，C从5到15是液体，C在16以

上为固体，是石油油品及石蜡等的主要組成部分。

不饱和烴又分烯烴和炔烴兩类， α -烯的通式是 C_nH_{2n} ，炔的通式是 C_nH_{2n-2} 。这种烴类的化学性質 比饱和 烴活泼得多，如果油料中含不饱和烴多时，貯存当中就容易变质。石油原油中很少含有不饱和烴，而在石油产品，特别是裂化产品中有不饱和烴存在。

芳香烴的通式是 C_nH_{2n-6} 。最簡單的芳香烴叫做苯，它的分子式是 C_6H_6 。虽然芳香烴是高度不饱和的化合物，但因为它的分子是环狀的結構，所以还是相当安定的物質。石油內芳香烴的含量，随石油的种类及产地而不同，石油产品中的含量，則随不同的加工方法而决定。

环烷烴也是环狀結構，它的通式是 C_nH_{2n} 。液体燃料中存在的环烷烴主要是五碳及六碳的环烷烴。

石油既然含有各种各样的烴类，各种烴类含量的多少，又随不同的产地而不同，因而可以根据石油成分的不同，把石油分为許多类，苏联格罗茲內石油研究所根据成分把石油原油分为下列六类：

1. 烷族石油；
2. 烷-环族石油；
3. 环族石油；
4. 环-芳香族石油；
5. 芳香族石油；
6. 烷-环烷-芳香族石油。

当然，石油的分类方法是很多的，上面介紹的仅是其中的一种。此外，有根据石油的輕重，也就是根据石油比重的大小而分为輕質油、中質油、重質油三种；也有根据含硫量，