

中等专业学校教学用书

燃料 水及潤滑油脂 工 艺 学

郑州铁道学院機車工程系編

人民铁道出版社

中等专业学校理化专业教材

燃料 水及潤滑油脂 工 艺 学

昆明冶金高等专科学校 王德成 编

人民铁道出版社

中等专业学校教学用书

燃料 水及潤滑油脂工艺学

郑州铁道学院機車工程系編

人 民 鐵 道 出 版 社

一九六〇年・北京

本書闡述了燃料、水及潤滑油脂的基本理論、種類、成分、性質，以及在鐵路運輸上應用問題，並介紹了如何消滅浪費的因素、提高蒸汽機車效率和國內外在節約方面的經驗。

本書是中等專業學校蒸汽機車專業的教材，也可作為內燃機車專業的教學參考書，並供有關工程師、技術員學習和參考。

中等專業學校教學用書

燃料 水及潤滑油脂工藝學

鄭州鐵道學院機車工程系編

人民鐵道出版社出版

(北京市霞公府17號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第010號

新華書店發行

人民鐵道出版社印刷廠印

書號1592 開本787×1092 1/32 印張8 1/2 字數204千

1960年1月第1版

1960年1月第1版第1次印刷

印數0,001—3,500冊 定價(7)0.64元

前 言

建国十年来,教育事业和其他部門一样,有飞跃的发展。正如毛主席所預料,“随着經济建設的高潮的到来,不可避免地将要出現一个文化建設的高潮”。从1949年到1958年全国仅中等专业学校学生就由 229000 人增到1470000人。这种发展形势,迫切要求編輯出版适合我国实际情况的教材。因此,我系在学院党委的正确领导下和鐵道部文化教育局、人民鐵道出版社的大力支持下,組織有关教师編写了“燃料、水及潤滑油脂工艺学”等教材。

本教材是根据中等专业学校“燃料、水及潤滑油脂工艺学”教学大綱編写的,并經過几次教学加以修改和补充,內容方面貫徹了党的“教育为无产阶级的政治服务,教育与生产劳动結合”的教育方針。

本教材是蒸汽机車专业课程之一,所以內容方面主要适应本专业的要求。燃料方面着重于固体燃料,水及潤滑油脂方面也均以蒸汽机車为主。

本教材在編写时虽已尽量吸收了国内外的先进經驗,但在講授时还适当补充新的材料。同时也要因地制宜,对参考性的資料,可使学生自修而略去不講。

本教材由孙有义执笔,并經吳心池审閱。由于我們水平有限,加以時間仓卒,很可能会有一些錯誤和缺点。希望教师 and 讀者多提宝贵意見,以便再版时修正。

郑州鐵道学院机車工程系

目 录

概說.....	1
第一編 燃 料	
第一章 燃料的类别、成分和性質.....	3
§1. 燃料的概念.....	3
§2. 燃料的类别.....	3
§3. 矿物燃料的形成.....	4
§4. 燃料的用途.....	6
§5. 燃料的化学成分.....	7
§6. 燃料的工业分析成分.....	10
§7. 燃料成分的质量标准.....	16
第二章 燃燒理論及燃料的发热量.....	20
§8. 燃料燃燒的概念.....	20
§9. 燃料在火箱中的燃燒过程.....	24
§10. 燃料燃燒时所需的空气量.....	27
§11. 化学不完全燃燒热損失.....	32
§12. 燃气成分的測定.....	36
§13. 燃料的发热量.....	39
第三章 固体燃料.....	54
§14. 天然固体燃料的类别.....	54
§15. 木質燃料.....	55
§16. 可燃頁岩.....	56
§17. 泥煤.....	57
§18. 矿物煤.....	58
§19. 矿物煤的分类.....	60
§20. 铁路機車用煤的特性.....	64
§21. 我国煤炭資源及其开采情况.....	66

§22. 混合煤	70
§23. 煤的风化、自燃及儲存	74
§24. 人造固体燃料	76
§25. 利用各种廢物燃料的必要性和經濟性	79
第四章 液体燃料	83
§26. 液体燃料的类别	83
§27. 我国的石油工业	83
§28. 石油的化学成分	85
§29. 石油的提炼	89
§30. 人造液体燃料	94
§31. 內燃機車、蒸汽機車及固定鍋炉用液体燃料	96
第五章 气体燃料	97
§32. 气体燃料的优点及类别	97
§33. 各种气体燃料	98
§34. 鉄路运输上对气体燃料的利用	102
第六章 燃料当量及燃料消耗定額	103
§35. 标准燃料	103
§36. 燃料当量	103
§37. 燃料当量的换算	105
§38. 蒸汽機車燃料消耗技术定額及其計算单位	106
§39. 节约燃料的措施	107
試驗室的分析工作	
試驗 1 固体燃料的工业分析	108
試驗 2 燃气成分的分析	114
試驗 3 固体燃料发热量的測定	117
第二編 水	
第七章 工业用水	122

§40. 天然水的种类	122
§41. 水中所含的杂质	123
§42. 水的物理性质	125
§43. 水的化学性质	127
§44. 水质评价的主要指标	130
§45. 对锅炉用水的要求	134
§46. 锅炉内水质标准	135
§47. 水质的检查	136
第八章 水中杂质的危害性	144
§48. 水中杂质对锅炉的影响	144
§49. 结垢及对锅炉水垢状态的鉴定	145
§50. 腐蚀及防止腐蚀办法	154
§51. 汽水共腾及化学泡沫剂的使用	163
第九章 水质处理	174
§52. 水质处理的意义	174
§53. 锅炉外水质处理	174
§54. 锅炉内水质处理及其所用的碱性防垢剂的 化学成分与作用	178
§55. 碱性防垢剂的配制与使用	182
§56. 碱性防垢剂消耗量的计算	184
§57. 锅炉放水	191
試驗室的分析工作	
試驗 4 水质分析	204
第三編 潤滑油脂	
第十章 摩擦的概念	208
§58. 概說	208
§59. 摩擦及其类别	208
§60. 摩擦定律	210

§61.	液体摩擦的流体动力学理論	212
§62.	液体摩擦系数	215
§63.	油层的厚度	219
第十一章	潤滑油脂的理化性質	220
§64.	对潤滑油的主要要求	220
§65.	黏度	221
§66.	潤滑性	226
§67.	化学安定性	227
§68.	閃点及燃点	228
§69.	凝固点及流动点	230
§70.	比重	231
§71.	水分及机械杂质	232
§72.	酸值及炭碯值	234
§73.	潤滑脂的质量指标	236
第十二章	潤滑材料	238
§74.	潤滑材料的分类	238
§75.	鉄路运输用潤滑材料	240
§76.	軸油	240
§77.	机械油	241
§78.	汽缸油	242
§79.	压缩机油	244
§80.	乳化油	245
§81.	潤滑脂	248
§82.	潤滑油脂的驗收、儲存及撥发	253
§83.	用量标准及潤滑油脂的节约	254
§84.	廢油的收集及再生	255
	試驗室的分析工作	
試驗 5	潤滑油脂的分析	263

概 說

铁路是燃料（煤）的大量消费者，我国铁路每年消耗煤量约占全国产量的10%，其中绝大部分是用于蒸汽机车焚火。历年统计数字指出：机车用燃料费约占铁路营业支出的15%，而占机务费用总支出的50%以上。因此，节约燃料具有重大意义。在铁路运输上节约燃料问题，不仅限于要合理地利用燃料、积极地研究改进锅炉和汽机效率的各种影响因素，以保证有效地最大限度地利用燃料在燃烧中所发出来的热能，而且要改进焚火方法，利用低级燃料和获得最高的效率。事实证明，蒸汽机车焚火，可用任何种煤和混合煤。几年来均超额完成了铁路运输任务，节约了大量优质煤。蒸汽机车燃料消耗指标提前一年完成了第一个五年计划。

水对于各种动力设备亦具有重大意义。蒸汽机车和固定锅炉需用大量水以发生蒸汽，而内燃机车则需用水来循环冷却。水质不良则在锅炉中生成水垢，引起钢板的腐蚀，影响传热效率；造成汽水共腾，降低机车能力；并且招致设备的维修量增加和运行中大量消耗燃料。因此，对机车锅炉用水的物理化学性质提出了更高要求。我国从1951年起吸收苏联的先进经验在全国范围内普遍开展的锅炉内水质软化工作，已经获得了显著的成绩。目前机车锅炉水垢基本消除，洗修公里普遍延长（由2000~2500公里延长到6000~7000公里），提高了机车运用效率，节省了大量燃料。

铁路运输部门又是润滑油脂的大消耗量者，铁路机车、车辆、各种固定设备（热力机、起重机、机床等）以及

內燃機車和汽車等消耗着數以萬噸計的潤滑油脂。由於機械在運轉中使用了潤滑油脂，它有效地降低了摩擦表面的阻力和減少了它們的磨損程度。因而延長了機械的壽命，降低了機械的使用成本，大大地縮減了燃料和能量的消耗。幾年來我國鐵路在使用潤滑油脂方面有很大的改進，如改用乳化汽缸油和蒸汽機車搖連杆、大軸等改用稀油，不僅節約了大量油脂費用，還大大提高了蒸汽機車牽引力。

自全國工農業生產大躍進以來，鐵路運輸任務空前繁忙，如何提高機車質量、充分發揮機車牽引力、延長機車壽命、合理選擇和節約燃料和潤滑油脂、處理機車用水，是鐵路機務工作者的光榮任務。必須熟知：

(1) 燃料、水、潤滑油脂的基本理論以及其在鐵路生產實踐中的應用。

(2) 燃料、水、潤滑油脂的成分、性能，根據其類別、成分和性質以及其適於機械工作的條件，進而尋求合理地選擇使用的途徑。

(3) 消滅浪費燃料、水、潤滑油脂方面一切因素，提高機車功率，降低運輸成本。

(4) 蘇聯及我國在這方面的成就和發展。

以上所述乃是鐵路中等專業學校蒸汽機車專業設置燃料、水及潤滑油脂工藝學課程的目的，亦即本教材所要敘述的基本課題。

第一編 燃 料

第一章 燃料的类别、成分和性質

§1. 燃料的概念

由燃料燃燒而获得热量是使用一切燃料的基本任务。俄国科学家 Д.И. 門捷列夫說：“所謂燃料是一种可燃性物質，这种物質被有意識的燃燒以获得热量。”但并不能由此就将所有能燃燒的物質認為都是燃料，工业上所使用的燃料必須适合下列条件：

(1) 易着火燃燒，能发生尽可能多的热量，并同时产生尽可能高的温度。

(2) 天然蘊藏丰富，耗費不大，即易采得比較純淨品（含惰性物質应尽可能少），或自其他大量物質中能以較簡便的方法取得。

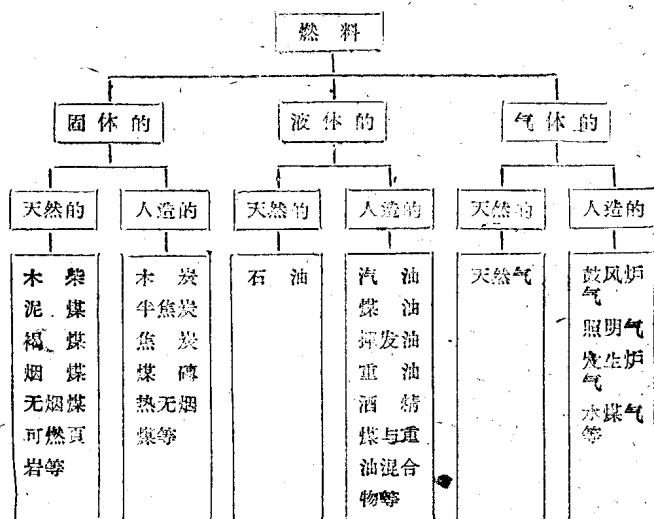
(3) 能够适于運輸和儲存。

(4) 燃燒产物对人、畜和周圍植物无害。

§ 2. 燃料的类别

自然生成并不需要任何加工即能燃燒的可燃物質，称为天然燃料；經過預先加工后而获得者，称为人造燃料。無論是天然燃料或人造燃料，它們的形态有固体、液体、气体之分。

各种燃料按其来源及物理形态可如下分类：



按照使用的特殊目的要求，亦可将燃料分为动力燃料和技术燃料。

燃料在燃烧时所生成的焦炭可能是散粒状粉末、微黏结物质或致密而坚硬的多孔性块状物。

不黏结或微黏结的煤，用于锅炉焚火，属于动力燃料；黏结性最好的所谓炼焦煤，属于技术燃料。

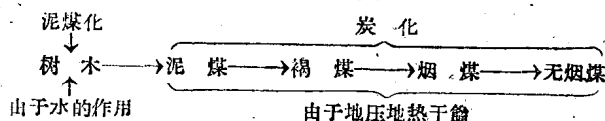
§3. 矿物燃料的形成

一切矿物燃料——泥煤、褐煤、烟煤、无烟煤、可燃頁岩、石油和天然气——都由于有机物，即它们是从古代的有机物主要是植物的残骸，在水中经过堆集、腐化、炭化而成。这是俄国的偉大学者 M.B. 罗蒙諾索夫首先提出来的。其形成过程如下：

1. 泥煤化作用。在古代地质时期，特别是石炭纪时代，地球上气候温和，雨量极多，适于植物的蓬勃生长，故

地球表面为丰富的植物所复盖。植物枯萎后，残骸形成巨大的堆积。这些植物物质与动物残骸（低级水生有机体、鱼类、部分陆生动物及其他）结合，浸渍于水中，受细菌的作用，在空气进入很少的条件下发生分解：植物的纤维部分被破坏，转变成 CO_2 、 H_2O 、 CH_4 等；木质部分则不易破坏，而转变为不溶于水的有机物质，即所谓腐植质。随着氧和氢的含量减少，而生成含炭丰富的产物——泥煤。故泥煤是植物遗骸成煤的初步产物。

2. 炭化作用。植物形成泥煤后，由于地质的变迁，被砂砾冲积层或地层所复盖。在岩石的压力和高温的作用下，进一步发生分解：水分、二氧化碳、沼气等逐渐消失，而慢慢变成坚实、紧密含炭丰富的可燃的各种岩石，即所谓煤和頁岩。此种作用称为炭化。按照炭化作用所经历的变化程度的不同，由泥煤形成了頁岩和各种矿物煤——褐煤、烟煤和无烟煤。故煤的生成过程可以简示如下：



炭化年代最浅的是泥煤，并保存有植物纤维结构。从它的结构很容易看出来它的来源是树木；最古老的是无烟煤，在其中已找不到任何植物痕迹。因此，成煤产物愈老，则其中含炭愈多，而氢和氧的含量愈少；并随着年代的增长，则挥发物的百分数降低。这从表1可以看出：

从有机物残骸不仅生成了固体可燃矿物，而且也生成了流动性的烃——石油和天然气。多数学者认为：石油是动植物残骸经过长期变化而来的产物。它和煤一样也是由有机物的堆积逐渐被岩石复盖，在高温、压力、辐射及细菌作用下，逐渐变成烃并在某种岩石的催化作用下而形成石油及天然

气。所不同的，只是組成它們的基本物質在性質上更近于物质，一般認為这些物質大部分是淺海区域生物遗体所提供的。

表 1

各种燃料有机物質的組成

燃料名称	空气干燥 水分(%) (H ^a)	有 机 物 質					发 热 量 (千卡/公斤) Q _d
		元 素 組 成 (%)			揮 发 性 物質(%) (V)		
		Cr	Hr	Or+Nr+Sr			
木 材	60	50	6	44	85	4500	
泥 煤	50	57	6	37	67	5400	
褐 煤	25	72	5	23	53	6700	
烟 煤	1~5	80~91	5~4	15~5	35~10	8100~8700	
无 烟 煤	0.5	95	2	2	5	8400	

§4. 燃料的用途

燃料的用途大致可分为动力、煉焦和化工原料三方面：

1. 动力用（包括加热用）。在史前时代，人类已开始利用热能来满足生活的需要。木柴是最古老的燃料。远在紀元前 1000 年前，我国人民就已經用煤来作燃料。不仅用以滿足生活需要，而且用以熔化金属。欧洲人对煤的使用，則远迟于我国。然而煤的广泛应用，只是开始于最近 200 年間，即当各种工业和交通运输业大量使用蒸汽机时开始。石油是直到 19 世紀后半期由于燃燒技术的发展及內燃机的发明才开始作为燃料使用。

絕大部分煤是直接用作燃料。世界上煤的蘊藏量远超过一切他种可燃物質。世界已探明的煤的蘊藏量約八万亿吨，石油約32亿吨。从生活烹飪取暖到各种蒸汽机、內燃机、柴油发动机的动力多数是依靠燃料中蘊藏的热能。全世界有 3/4 的能量是靠煤来供給的。煤不但能以固体的形式直接作为产生动力的源泉，而且可以經過低温干餾、氫化等过程以产生液体燃料；还可以經過气化过程变为气体燃料——煤气来使用。

2. 煉焦用。煉焦在煤的用途中具有特殊地位，因为焦炭是冶金工业中鑄鉄生产所必需还原剂。由于对煉焦所用的煤有着极严格的物理化学性能上的要求（含硫、磷、灰分应低），而且它的蕴藏量远少于普通动力燃料。同时随着国民經济的发展，冶金工业、煉焦化学工业和其他国民經济部門对煉焦煤的需要日益增长，因此在选择燃料时，对于煉焦用煤和輔助煉焦用煤以及可以配合煉焦的其他各种烟煤，即所謂技术燃料，应首先滿足于特殊用途的需要。只有滿足了这些需要之后，才能作为动力燃料使用。

3. 化工原料用。在煤的煉焦或半煉焦（低温煉焦）过程中，还能获得許多宝贵的副产品（焦油、煤气、氨、苯等），这些都是各工业部門的重要原料。利用这些原料，分別經過蒸餾、液化、气化、合成和一些特殊处理，可以制成許多有用的产品：如染料、香料、肥料、塑料、医药、炸药、人造橡胶和人造纖維制品等等。單是焦油这一种产物，仅仅药剂一項，即可合成几百种，最普通的如鏈霉素、磺胺吡啶、匹拉米酮、菲那西丁、阿司匹林等。焦油分餾后的殘渣——瀝青，也是电极工业、筑路、压制煤磚的原料。

在現代，石油不是直接作为燃料使用，而是要預先經過加工。由石油中分餾出汽油和煤油之后，所得的石油殘余物（重油），还可煉制潤滑油和優質的热裂液体燃料。此外，它也是許多化工部門非常有价值的原料。

正是因为科学的进步，使人类越来越多地发现了燃料的新用途。因而不仅要求合理地利用可燃物質作为燃料或工业原料，而且要求改进現有的燃燒方法，利用低级燃料和获得更高的效率。

§ 5. 燃料的化学成分

燃料是一种由有机物、水分和在燃燒后形成灰的矿物杂质所組成的复杂混和物。几乎所有燃料都含有两种不同的部分：可燃部分——本身能燃燒的有机成分和不可燃部分——无机成分。前者称为純燃料，是燃料的本体，系由植物質所形成；后者称为惰性组分：固体及液体燃料中通常系指其中所

含水分及灰分；而气体燃料中則指其中所含的不可燃气体，如二氧化碳、氮、水蒸汽等。显然，燃料中含惰性组分愈少，則其质量愈高。

根据燃料的化学分析，燃料中的有机可燃分在燃燒中呈各种化合物存在的元素有下列几种：炭、氢、氧、氮、硫（某些煤中尚含有少量的磷）。

1. 炭。炭是燃料中最主要的成分。在燃料中与氢、氮和硫构成有机化合物。炭完全燃燒时生成 CO_2 ，一公斤純炭放出热量为 8140 千卡。从发热的观点来看：燃料中含炭量愈高，质量愈高。例如：褐煤含炭量約为 50%，而无烟煤則达 90% 以上。燃料的含炭量大，則燃燒时无焰或火焰很短。

2. 氢。氢是燃料中的第二主要可燃部分，在燃燒时生成水，一公斤氢放出热量为 34100 千卡，即比炭燃燒时多至 4.2 倍。但由于煤中有氧的存在，一部分的氢已与氧化合成水，不能燃燒。因而煤中的这部分与氧化合成水的氢，称为无效氢；另一部分的氢，在煤中构成煙而存在，为可燃物质，則称为有效氢，在燃燒时发高热。通常认为所有存在于燃料中的氧都与氢化合成水，因此燃料中有效氢的数量，可按下式求得：

$$H_{\text{有效}} = H - \frac{O}{8} \quad (1)$$

燃料中大量氢的存在，是放出焦油揮发物（煙）发生多烟火焰的原因，故氢愈少，則火焰愈短。

3. 氧。氧在固体和液体燃料中呈化合状态存在，故不能助燃。燃料中含氧愈高，就是燃料中可燃物质部分地已被氧化失去燃燒作用（不能发热）的標誌。并由于氧的存在，使燃料中的可燃分减少，降低了燃料的发热量。故氧是燃料中的有害成分，在燃料中含氧愈少愈好。例如：褐煤含氧高达