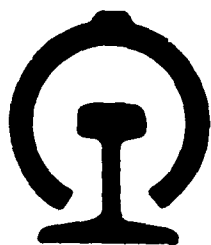


司機養成所教科書

燃料及焚火

(初稿)



中央人民政府鐵道部

1951年

燃 料 及 焚 火

(初 稿)

1951年7月初版

0001—6000

序 一

全國鐵路的統一，在新中國的經濟、文化和國防等偉大建設中，有了許多的貢獻，同時也產生了更新的與更繁重的任務；我們肩負着一部份這光榮的任務，深切認識到提高我們現有的業務水平與培養新的幹部的重要性。特別是機車乘務人員，更感到有此需要。不僅每年新建綫路，需要新的機車乘務員，即原有各路也感到數量與質量的不足，需要大量補充與訓練。

爲了適應各局培養新的與訓練現有的機車乘務人員，我們特請部向各路局借調若干經驗豐富、技術熟練的機務人員來部助勤，在機、教兩局主持下，組成「機車乘務員統一教材編纂委員會」，專事編纂教材工作。經過三月餘的研究、審訂與編纂，已經初步編成了機車乘務員教材十二種，以供各司機養成所及現階段機車乘務員技術業務教育之用。希各學員及現場機車乘務人員，認真學習，爲提高工作質量，搞好人民鐵路而奮鬥。

鐵道部機務總局

鐵道部教育局

1951.7.

序 二

一 爲了適應1951年度司機訓練計劃的需要，本會於四月中旬正式成立，着手編纂全國司機養成所統一教材。歷時三月餘，計編寫機車構造及作用、風力制動機構造及作用、燃料及焚火、油脂及給油、機車操縱、機車故障防止及處理、機車乘務員檢修範圍及工作法、機車運轉理論和鐵路機務概念等九種，編輯規程章則教學提綱和機車乘務員應用資料摘錄二種，並代鐵道部編審機車乘務員執務細則草案一種共計十二種，爲這次司機訓練的基本教材，並作爲在職機車乘務員自學的參考。以時間關係，爲免影響各養成所如期開課，特分爲兩期出版。

二 全部教材是爲全國機車司機養成所招收的具有初中文化程度的學員和現場在職的機車乘務員編寫的。因此在編寫方法上，文字力求通俗，圖面力求實用。由淺入深，由簡及繁。以實際爲主，詳加介紹，以理論爲輔，僅作必要的引伸。希讀者由此能獲得工作上的基本知識，再結合實際經驗，領會貫通，做爲進一步深入研究的階梯。

三 全部教材中所用的機械名稱，均以1951年部頒機車名稱鑑和客貨車名稱鑑爲準，以求劃一。至於名稱鑑中未列入者，暫用現場習慣名稱，留待審定。

四 本會成立倉猝，編纂時間緊迫，參考書籍無多，兼以工作人員學識經驗，編寫能力均屬有限，吸收蘇聯先進經驗尤感不足；所以，在內容和文字上，難免有遺漏，錯誤，及詞不達意之處，尙希各路勞動英模，現場先進工作者及讀者同志，多提意見，予以指導，並隨時函知鐵道部機務總局運用課或教育局職工教育課，以期再版時有所補充和修正。

鐵道部機車乘務員統一教材編纂委員會1951.7.

編輯大意

一 焚火作業是機車司爐的主要工作之一，過去鐵路大部份的司爐，常認為能使機車水滿汽足就認為滿意了，他如水質的軟硬、燃料的優劣、蒸汽的性能以及燃燒的効率等等多不了解，至於如何實行經濟焚火就更談不到了。爲了糾正這種錯誤觀點，使學員們不僅學會優良的焚火作業，並且通曉正確的焚火理論，而進一步提高焚火技術起見，特編寫本書作爲介紹。

二 本書共分七章；在第一章至第四章中，將有關焚火作業的基本問題，先予以系統的說明。爲適應學員的文化程度及現場工作同志的需要，在編寫方法上，多採用實例進行說明，並插以必要圖面，盡量避免學理證驗方式，以免初學者難於領會。在第五、六兩章中，均係實際工作方法與現場作業中應行注意事項的介紹，講授時，希綜合一至四章的基本概念，與實際作業相連系，以求得學員的澈底瞭解。

三 爲了使學員在第一學期內打下焚火作業的基礎，以便於第二學期到現場實習時；能實際擔當焚火作業起見，本課的實習時間共爲六十五小時，約佔第一學期全部實習時間的61.3%。實習的重點，爲澈底進行投煤練習（包括鐵欄及模型火箱投煤練習），旨在鍛鍊學員體力及投煤技術。本書第七章就是專門說明投煤練習的必要知識和工作方法。實行時，教員或指導員同志最好配合實際需要將本章內的必要部份，作適當的實地講授。

本章所寫的投煤練習，分單手投煤及雙手投煤兩種，如各該養成所所在局無單手焚火機車者，對於單手投煤練習得酌予省略，但雙手投煤練習希各所一律實行！

四 爲了使學員便於複習和討論，本書末尾附有習題四十四則，均屬焚火作業上的一些重要問題和本書內的中心環節；希教員同志充分利用此項習題，隨時組織學員研究討論，以使其澈底理解本書內容，而便於在實際執行焚火作業時，可隨時連系到理論，並由實踐中逐步提高，而收理論與實際結合之効。

燃料及焚火

目 錄

第一章 鍋爐用水

第一節	水的變態·····	(1)
第二節	軟水及硬水·····	(2)
第三節	水垢的生成及其防止·····	(2)
第四節	腐蝕鍋板的水·····	(3)
第五節	容易引起汽水共騰的水·····	(3)
第六節	水的軟化處理·····	(4)

第二章 燃料

第一節	煤的生成及其分類·····	(6)
第二節	煤的分析·····	(7)
第三節	煤的換算·····	(11)
第四節	煤的風化作用和自然發火·····	(12)

第三章 熱與蒸汽

第一節	溫度與熱量·····	(13)
第二節	比熱·····	(14)
第三節	比重·····	(15)
第四節	壓力的測定·····	(15)

第五節	絕對溫度	(16)
第六節	熱的傳播	(17)
第七節	顯熱與潛熱	(18)
第八節	水的蒸發	(18)
第九節	飽和蒸汽和過熱蒸汽	(19)
第十節	熱與功的關係	(20)

第四章 燃燒

第一節	燃燒三要素	(21)
第二節	煤的發火點	(21)
第三節	燒煤需要的空氣量	(22)
第四節	黑煙防止	(23)
第五節	鍋鳴的原因及其防止	(24)
第六節	通風的種類	(24)
第七節	通風力和燃燒的關係	(25)
第八節	火焰流通和火箱溫度的關係	(26)
第九節	煤的熱損失	(27)

第五章 焚火作業

第一節	投煤的位置及順序	(28)
第二節	環狀焚火法	(29)
第三節	投煤時機及其限制	(29)
第四節	三鍬制焚火法	(29)
第五節	單手投煤和雙手投煤	(30)
第六節	火層形成	(32)

第七節	通風強弱與煤的撒佈	(33)
第八節	火色和溫度	(34)
第九節	火層整理	(34)
第十節	送風器的使用	(35)
第十一節	灰箱風門的調整	(36)
第十二節	鍋爐補水	(36)
第十三節	粉煤撒水和大塊煤破碎	(37)
第十四節	減壓運轉法	(37)
第十五節	蒸汽蒸發不良原因及其處理	(38)
第十六節	焦渣的生成	(39)
第十七節	煙垢和蜂巢	(39)
第十八節	安全閥噴汽的損失	(40)
第十九節	熟習綫路與焚火的關係	(41)
第二十節	經濟焚火法	(41)

第六章 機車點埋火作業

第一節	機車點火法	(42)
第二節	機車埋火法	(42)

第七章 投煤練習

第一節	鐵欄投煤練習	(45)
第二節	模型火箱投煤練習	(50)

第八章 對於焚火關係的一些複習問題

第一章 鍋爐用水

機車燒煤發生熱量，經鍋鈑傳達於鍋爐內部，蒸發鍋裏的水，使之化為蒸汽，送於汽缸中，藉此推動鞴，使機車轉動，牽引車輛，以達成運輸的目的。本書講述重心，為說明機車用煤，及焚火技術，但用煤及焚火的目的，在使鍋水化為蒸汽，變成牽引動力。所以在講述用煤及焚火之前，對鍋爐用水，首先加以說明。

第一節 水的變態

純水須用人工方法才能得到；在標準汽壓下， 0°C 結冰， 100°C 沸騰， 4°C 時密度最大。密度是單位體積所含的質量。由 4°C 上升或下降，密度均漸減小。雨水、河水、井水都稱為天然水，機車鍋爐所用的水，就是天然水。其中溶解有多種礦物質，並含有砂、泥等不純淨物質。含泥沙多則水混濁，應放入水池使之沉澱，俟水清淨後方可使用。水含雜質能使鍋爐受種種不良影響，主要的影響概可分為三種；就是：

- (1) 易生水垢的水。
- (2) 腐蝕鍋鈑的水。
- (3) 容易引起汽水共騰的水。

水係氫氧二元素的化合物，其物理上的狀態有五種，就是：

- (1) 固體的水（冰）。
- (2) 液體的水。
- (3) 濕蒸汽（就是由水變成蒸汽時，一部分已成蒸汽一部分仍為液體的水）。
- (4) 飽和蒸汽（就是在一定壓力下，全部的水完全變為蒸汽）。
- (5) 過熱蒸汽（就是將飽和蒸汽，再加熱而成為溫度很高的蒸汽）。

由冰變成過熱蒸汽，須依次加熱，若由過熱蒸汽依次減熱，仍可漸漸的變成冰。

第二節 軟水及硬水

水質好壞由其硬度來決定，硬度大小，就是依照水中溶解礦物質的多少來區分，德國制是以水中溶解有十萬分之一的礦物質稱為硬度一度。硬度有一時性硬度與永久性硬度的區別。一時性硬度又稱為暫時性硬度，這種硬度可以簡單消除，因為水中所含的鈣、鎂的重碳酸鹽類，與水內含有的二氧化碳，共同溶解在水裏，二氧化碳因加熱而被驅除時，則重碳酸鹽類，變成碳酸鹽類，而成為沉澱物，沉澱後水質變軟。

永久性硬度，主要是水中含鈣與鎂的硫酸鹽類，及鈣與鎂的氧化物。此種水雖加熱沸騰，硫酸鹽仍保留於水中，不起變化。一時性硬度加永久性硬度，叫做全硬度。普通以全硬度6度以上的水叫做硬水，6度以下的水叫做軟水。

第三節 水垢的生成及其防止

一 水垢的生成

水垢是在鍋爐中，附着在鍋鈹上的一種固體物質。此種物質，是由不能溶於水中的沉澱物所生成。在其他盛水器內，和水道管裏，也同樣生成。此種固體物質，水質越硬生成也越多，所以使用硬水，應將水質軟化後，再行使用。因各地水質不同，其所生水垢的性質、形狀也都因之而異，主要的可分下列數種：

- (1) 石膏類(硫酸鈣)水垢 含有硫酸鈣50%以上，形成堅硬的石塊狀，附於鍋鈹上，不易剝掉。在鍋爐中越熱的地方，越易生成這種水垢。
- (2) 鹽酸鹽類水垢 含有氯化鈣和氯化鎂20%以上，也生於鍋內較熱的地方，成石塊狀。此種水垢傳熱率最小，因之損害鍋爐也最甚。
- (3) 碳酸鹽類水垢 含有碳酸鈣90%以上，蒸發緩慢時成硬石狀，蒸發急促時成鬆脆羽毛狀。
- (4) 混合水垢 係含有上述三種混合物的水垢，其形狀及硬度，依其所含各種水垢成分的多寡而不同。此外含矽酸鹽類的水，也能生成硬質水垢。
- (5) 軟泥狀沉澱水垢 含有大量碳酸鈣，及其他夾雜物。此種水垢用放水

辦法，易於除掉，如不放水，則影響鍋爐傳熱。

水垢是熱的不良導體，其厚度在0.8公厘時約浪費煤9%在1.6公厘時浪費煤約16%若在5.4公厘時則須浪費煤50%以上

二 水垢的防止

防止水垢應首先注意水質，並採取以下各種辦法。防止水垢的方法按處理的場所，分為鍋內處理法，和鍋外處理法二種。

(一) 鍋內處理法

1. 清垢劑 永久性硬水生成的水垢，如石膏質等，不易除掉，可投入曹達於鍋內，則硫化鈣化為碳酸鈣，呈軟性沉澱物，洗爐時容易清除。
2. 清垢塗劑 鍋爐內容易附着水垢處所，塗以特別塗劑，防止水垢附着。
(此法雖已經過試驗，但成績不甚顯著)。

(二) 鍋外處理法

1. 石灰曹達 在給水前，加石灰曹達於水內，提取碳酸鈣，這是對使用硬度較高的水絕好辦法。
2. 沸石濾過法 使用天然沸石或人工沸石為軟化劑。在水注入機車以前，先使經過沸石濾過槽，使水中所含的石灰質，和沸石中的曹達互換；使濾過的水呈不含石灰類，而僅含曹達類的水（因為曹達溶解點很高，不易生成水垢。）在經過長時使用後，沸石中的曹達，逐漸消失後，可注入食鹽水，使沸石復元，所以能返復不斷的使用，是軟水法中最經濟的一種方法。

第四節 腐蝕鍋飯的水

水中含有硫酸或炭酸等遊離酸類，或氯化鎂氯化鈣等鹽類，溶於水中時，對鍋飯及烟管的腐蝕性很大，各處生成凹痕的斑點。水中含有10萬分之5的酸類，腐蝕作用已相當嚴重，故含有極微量酸類的水，都必須避免使用。

第五節 容易引起汽水共騰的水

乾燥蒸汽是無色透明體，若稍含水分則是淡青色，水分多時則呈白色。如鍋

水中含大量的鹼性鹽類及油脂等時，則發生汽泡不易消散，以致水位提高，蒸汽攜帶水分經調整閥進入汽缸，噴出時是白色霧狀，叫做汽水共騰。

汽水共騰時極易發生水鎔作用，能使轉軸彎曲，汽缸蓋突破等事件發生。蒸汽中的水分，每增加1%，則蒸汽過熱溫度約減低 8°C ，同時也多費1%的燃料。並於發生汽水共騰時，洗去汽缸油膜，容易造成汽缸內壁磨傷。同時水表玻璃管，所示水位呈虛偽現象，較實際水位常高，稍不注意，即有燒漏易熔塞及燒損頂鈑的危險。

第六節 水的軟化處理

自從蘇聯展開克里沃諾索夫運動以來，鐵路上廣泛採用防止發生水垢的化學藥品，進行鍋內軟化水質工作，這種清垢劑的成分，有下列幾種：

- (1) 磷酸鈉 (Na_2PO_4) 磷酸鈉投入水中後，與水中形成硬度的鹽類起化學作用，變成磷性的化合物，在水中成酥鬆的沉澱物，利用機車放水易於排除。
- (2) 火鹼 (NaOH) 火鹼對於水中含有的一時性硬度（重碳酸鈣及重碳酸鎂），起化學作用，使其變成不溶解的沉澱物（碳酸鈣及碳酸鎂）。又能在分解氧化鈣與氧化鎂時，使鹽類中和，能起保護鍋爐的作用。
- (3) 碳酸鈉 (Na_2CO_3) 碳酸鈉與火鹼作用相同，可使溶解的鎂和鈣，變為不溶解沉澱物。
- (4) 膠質有機物質 膠質有機物質不起化學反應；但對於其他起化學作用時所產生極微小的物質，能吸着於其周圍，使微小沉澱物逐漸加重，成為有重量的物體，不附着於鍋鈑上，當鍋爐放水時可以排出。

(5) 水槽內投入防垢劑的數量如下表

水質全硬度 防垢劑	5°以下	5°~10°	10°~15°	15°~20°	20°~25°	25°~30°
磷 酸 鈉	10	15	20	25	35	45
火 鹼	10	20	30	40	50	60
膠質有機物質	5	5	5	5	5	5
碳 酸 鈉	全硬度每一度 6 公分					

上述方法，係對機車水槽中水的淨化方法，普通作大型貯水池，將水與藥品混合使其淨化。更有利用汽機或汽泵的廢汽使其加溫者，淨化效能更為顯著。然後再通過過濾器，排除沉澱物，而後使用之。

第二章 燃料

機車用燃料概可分為木材、輕油、重油、焦炭及煤數種。蘇聯在森林繁盛地方，多使用木材，因其產量豐富價值低廉。一般地區因木材價高，且發熱量小，多不採用。使用輕油或重油不但可節省勞力，又易於保持火箱溫度，減少鍋鈑及煙管的腐蝕、破裂及漏洩，更不生黑煙與溶渣，發熱量也大，大量產油地區多用之；普通因其價值高昂，用者很少。為防止機車冒黑煙，在隧道多的地區，或繁華市街，也有用焦炭的，但其火焰短，發熱量小，是它的缺點。我國產煤豐富，全國鐵路均以煤為機車主要燃料。所以本書所指燃料，係專指機車用煤而言。

第一節 煤的生成及其分類

煤是古代植物，因地殼變形埋沒地層中，年久受地熱、地壓及炭化作用而成。因生成年代及地區的不同，其性質亦異。其主要成分為炭、氧、氫、硫黃、及灰分等。氫、氧、硫等在燃燒時，最初化合為火焰，一般叫做揮發分。最後長時燃燒的固體，為固定炭素。煤的種類繁多，普通則按其含有固定炭素及揮發分的多寡，概可分為下表三大類：

類 別	固 定 炭 素 (%)	揮 發 分 (其他) (%)
無 煙 煤	100—87	0—13
有 煙 煤 (瀝 青 煤)	87—50	13—50
褐 煤	50以下	50以上

如上表所示，含固定炭素87%以上的，稱無煙煤。50%以上的稱有煙煤。50%以下的，稱褐煤。

一 無煙煤的性質：

(1) 質硬、淡黑色、有光澤。

(2) 固定炭素多，故發熱量大。

(3) 揮發分少，不易點火。燃燒時火焰短，甚至無煙。

二 有煙煤的性質：

(1) 黑色、有光澤。

(2) 固定炭素與揮發分的含量多。

(3) 含多量硫化鐵，燃燒時容易粘結。

(4) 火焰長，發熱量大。

三 褐煤的性質：

(1) 褐色、質脆弱、乾燥時容易粉碎。

(2) 含固定炭素少，含水分多。

(3) 容易風化，常常自然發火。

(4) 火焰長發熱量小。

第二節 煤的分析

煤的分析方法，有化學分析法和工業分析法兩種。

一 化學分析法

是測定煤的組成成分，如炭、氫、氧、氮、硫、磷等元素的含有量，在學術的研究，及計算發熱量時用此方法。根據化學分析法，煤的成分大約有以下幾種：

(一) 炭

炭是煤的唯一主要成分，有成單體存在於骸炭內的，（有時也有極少的氫、硫化合在內的。）另有一小部分和其他元素化合一起，單體存在骸炭內的炭叫做固定炭素，其燃燒時間最長，是煤發熱的中心物質。

(二) 氧和氫

煤中的氧不能單獨遊離存在，完全是和其他元素化合成為一體。不含氧的元，在燃燒時需要和空氣中的氧化合而燃燒。氧主要是和氫化合在一起，成為水蒸氣而存在。一分子的水，它的質量是氫 2 氧 16 的比例，也就是 1 與 8 的比例。譬如經化學分析的結果，含氧 $\frac{10}{100}$ ，含氫 $\frac{6}{100}$ ，那麼和氧化合的氫的數量

應該是： $\frac{10}{100} \times \frac{1}{8} = \frac{1.25}{100}$ ，也就是1.25%的氫，和氧化合成水，存在煤中，在燃燒時這1.25%的氫，因為化合成水不能燃燒，即或在極高溫度下，將氫氧分解後，雖可再行燃燒，但分解時消費的熱量，和再燃燒所產生的熱量相等，因此毫無作用。這1.25%的氫，便沒有發熱能力，叫作無效氫量。其餘的 $\frac{6}{100} - \frac{1.25}{100} = 4.75\%$ 叫做有效氫量。因此含氧量越多，有效氫量越少。但是氫雖然受氧的作用，有一部分無效，但是因為它的重量很輕，能以很小的重量，佔很大的容積，同時發熱量又很高，因此仍是發熱量的一個主要成分。

(三) 硫

硫磺大部是和鐵化合成黃鐵礦，存在煤中，其含量大約在0.3%~0.5%左右。黃鐵礦是生成焦硫的主要成份，因為黃鐵礦燃燒後，變成硫化鐵，硫化鐵的融點低，並具有粘結性所以極易生成焦硫；此外硫磺也有時不成黃鐵礦，例如有機質的硫磺就不生成焦硫，所以煤中含硫磺多，並不一定都生成焦硫，要看黃鐵礦的含有量多少來決定。另外硫磺燃燒時發出亞硫酸的氣體，侵蝕鍋鈑，同時還刺激乘務人員的呼吸器官，特別在隧道多的線路，以不使用含硫多的煤為宜。

(四) 氮及磷

氮在煤中含量很少，大約為0.5%~1.5%，很少有超過2.0%以上者。氮存在於揮發分和焦炭的化合物中，焚火時不能燃燒，隨其他氣體一同排出，損失熱量，對燃燒上毫無作用。磷在煤中的含量更少，不過在煉鐵等工業上，對此非常注意，因為極微量的磷對鐵的成分影響很大；但在機車上因為數量太少沒有什麼大的影響。

二 工業分析法

在工業上使用煤時，並不採用化學分析法，因為工業上只要了解煤的使用價值，分析其能燃燒部分，及不能燃燒部分的數量而已。茲將其分析方法說明如下：

(一) 揮發分

煤在燃燒時，首先發生的氣體火焰，叫做揮發分。它是由氫、氧、硫及炭氫