

技工学校试用教材

蒸汽机车焚火及给油

(修订版)

齐齐哈尔铁路司机学校 编

中 国 铁 道 出 版 社

1990年·北京

办成具有世界先进水平的现代化企业而贡献力量。

本书由齐齐哈尔铁路司机学校刘安主编，由刘国良、王士安、史克义、彭学良等同志集中审阅定稿。在编写过程中，曾得到郑州铁路机械学校孙有义、刘俊山等同志的热情帮助和指导，对此表示衷心的感谢。

由于时间仓促，书中可能存在缺点或错误，希望读者及时给予批评指正。

内 容 提 要

本书介绍了蒸汽机车用水、煤、润滑油及热力基本理论知识，同时讲述了机车焚火作业和给油作业的基本方法。

本书可作铁路司机学校机车乘务员专业试用教材，并可供机车乘务员学习参考之用。

技工学校试用教材

蒸汽机车焚火及给油

齐齐哈尔铁路司机学校编

*

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条11号)

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：7.5 字数：170千

1979年10月 第1版

1981年11月 第2版

1990年4月第3次印刷

印数：33001—43000册

ISBN7-113-00895-X/U·278 定价：2.40 元

前 言

本书是根据一九七八年三月在石家庄召开的技工教材编写会议所制定的《蒸汽机车焚火及给油》教学大纲（初稿）编写的。内容共十章，主要讲述蒸汽机车锅炉用水、燃料及燃烧、机车热力、焚火作业及机车用油脂和给油作业基本理论及操作方法等。

蒸汽机车用水的水质好坏，对机车锅炉的保养及蒸发效率具有重大的意义。水质不良会在锅炉传热面上结生水垢，引起锅板的腐蚀，影响传热效率，在运行中造成汽水共腾，严重地降低机车功率，危及行车安全。因此，如何作好机车用水的处理工作是十分重要的。

蒸汽机车用燃料主要是煤。目前，每年全路用煤约占全国煤产量的10%，其中主要用于机车焚火，占机务费用总支出的50%以上。因此，使机车乘务人员都能掌握燃料及其燃烧的理论知识，改进机车热力技术状态和提高焚火技术，对节约煤炭具有十分重要的意义。

随着国民经济的高速发展和列车运行速度的不断提高，对于机车的润滑工作将提出更高的要求。近年来广大机务人员对机车给油工作作了很多改进，积累了一些好的经验。实践证明，为适应机车高速运行，加强机车的给油工作，对于提高机车的保养质量，提高牵引能力，也有重大的意义。

为适应加速实现铁路现代化的需要，我们必须加倍努力学好上述有关技术理论知识和操作技能。为提高机车质量，提高列车运行速度，更加充分发挥机车的牵引能力，把铁路

目 录

第一章 蒸汽机车锅炉用水知识.....	1
第一节 工业用水、水质分析.....	1
第二节 水中杂质对锅炉的影响.....	10
第三节 锅炉水质的处理.....	21
第四节 机车锅炉投药及放水.....	24
第五节 化学消沫剂的性质及作用.....	31
第六节 锅炉水质监督后水垢厚度检查.....	34
第七节 蒸汽.....	40
第二章 燃料的类别、成分和性质.....	46
第一节 燃料的概念和燃料的类别.....	46
第二节 煤的分析.....	47
第三节 煤的种类及机车用煤要求.....	52
第四节 煤的技术当量及换算.....	55
第三章 燃烧.....	59
第一节 燃烧的概念.....	59
第二节 煤在火箱中的燃烧过程及燃烧层.....	60
第三节 黑烟与烟垢的危害及防止方法.....	62
第四节 煤完全燃烧时所需要的空气量.....	63
第五节 锅鸣.....	66
第四章 热力基本知识.....	68
第一节 蒸汽机车锅炉传热.....	68
第二节 蒸汽机车的热能分布及机车热平衡.....	71

第三节	机车效率·····	80
第五章	机车煤水消耗量的计算及热力技术状态 的检查·····	82
第一节	燃料消耗定额的种类及用煤量的计算·····	82
第二节	煤的蒸发能力·····	86
第三节	根据耗水量、耗煤量进行的技术检查·····	88
第四节	蒸汽机车热力技术状态的分析·····	92
第五节	蒸汽机车热力技术状态的检查及通风 装置的调整·····	94
第六章	焚火作业·····	109
第一节	人工焚火的基本知识·····	109
第二节	乘务准备作业·····	117
第三节	焦碴的生成·····	122
第四节	由发车到进站的焚火作业·····	124
第五节	洗炉落火及整修作业·····	131
第六节	蒸汽机车的点火及埋火工作·····	132
第七章	润滑及蒸汽机车用油脂·····	136
第一节	摩擦与润滑·····	136
第二节	油脂的性质·····	140
第三节	机车用油种类·····	145
第八章	给油作业·····	153
第一节	人工给油基本知识·····	153
第二节	检查判断给油部件状态的基本方法·····	157
第三节	人工给油作业的基本方法·····	159
第四节	机车常用给油方法·····	160
第五节	含油料的规格·····	169
第九章	蒸汽机车主要部件给油保养·····	182
第一节	汽缸、汽室给油保养·····	182

第二节	阀装置给油保养·····	184
第三节	轴箱检查及给油保养·····	187
第四节	三机两泵给油保养·····	192
第五节	其他装置给油保养·····	198
第十章	机车部件发热处理·····	200
第一节	车轴发热的原因及处理·····	200
第二节	摇连杆瓦套发热的原因及处理·····	203
第三节	十字头滑槽白合金碾片和熔化的原因及 处理·····	205
第四节	阀装置各销、套烧损的原因及处理·····	206
第五节	压油机一般故障的检查及处理·····	207
附 录	人工给油作业顺序·····	210

第一章 蒸汽机车锅炉用水知识

蒸汽机车锅炉用水水质的好坏，对机车锅炉保养关系极大。水质不良能在锅炉中生成水垢、引起锅板的腐蚀和降低传热效率，有时还造成汽水共腾，影响机车牵引力，增加燃料的消耗量。多年实践证明，作好机车用水处理工作，能使水垢显著减少，洗修公里普遍延长，节省大量燃料，提高机车运用效率。因此，掌握机车锅炉用水有关知识，正确地进行投药放水，提高锅炉蒸发能力，是机车乘务员必须做好的一项重要工作。

第一节 工业用水、水质分析

一、天然水的种类

水在自然界是不断地循环着，在日光的作用下，由江、河、海洋、湖泊等表面蒸发成蒸汽上升，而后再以雨、雪的形式降落到地面。在地面上，一部分水渗入土壤中，形成所谓地下水，另一部分则流入江、河、湖海等，形成地面水。

天然水没有绝对纯净的，一般来说，雨水较为纯净。但雨水在空中降落时，也会吸收和夹入来自空气中的 O_2 、 CO_2 、 N_2 、 H_2S 及尘埃和细菌等杂质。杂质的含量决定于大气的污浊程度。

地面水中由于溶解矿物杂质很少，所以硬度较小。但由于冲刷流动的结果，往往夹有大量泥沙及有机物等不溶解杂质，须经沉淀过滤才能将这些机械杂质除去。

地下水由于渗透地层经过过滤，通常不含悬浮物、有机

物及细菌，但因水有溶解性，加以由空气中吸收有 CO_2 ，溶解力更强。故当其穿过各种不同的岩层时，便溶解了各种无机盐类。例如：在碳酸盐的岩层（石灰石，白云石），能溶解成为重碳酸盐 $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2]$ ，而使水带有硬度。



在花岗岩（复杂的硅酸盐）地层，能溶解 Na_2CO_3 及 K_2CO_3 ，使水带有碱性。地层里的其他矿物质，在不同的温度和压力下也都能溶解于水中，如石膏（ CaSO_4 ）、硫酸镁（ MgSO_4 ）、芒硝（ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ）、氯化钙（ CaCl_2 ）及硅酸盐（ CaSiO_3 、 MgSiO_3 ）等。故在多数情况下，地下水中溶解有较多的矿物杂质，而具有较大的硬度。

海水属于地面水，它的特征是溶解的盐类多，特别是氯化钠或氯化镁的含量高。

二、水中所含的杂质

水的质量好坏，是按其中所含溶解性及非溶解性杂质而加以区别的。

天然水所含杂质有悬浮物（机械杂质）、胶溶物（胶体）及溶解物三种。悬浮物或机械杂质是指不溶于水的砂、粘土微粒和动植物有机体残骸；胶体是介乎溶解性杂质与非溶解性杂质之间的微粒，如铁、铝、硅的化合物及动植物分解后的产物。在天然水中以溶解状态存在的杂质有：

（一）气体： O_2 、 CO_2 、 N_2 、 H_2S 等。

（二）盐类：

1. 氯化物： NaCl 、 CaCl_2 、 MgCl_2 ；

2. 硫酸盐： CaSO_4 、 MgSO_4 ；

3. 重碳酸盐: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 、 NaHCO_3 ;

4. 硅酸盐: CaSiO_3 、 MgSiO_3 等。

水中溶解的盐类,大部离解为正离子和负离子。天然水中正离子有: K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 MH_4^+ 、 Al^{+++} 、 Fe^{+++} 、 Mn^{++} 等,而以前四种含量较多,较常见。钾、钠的盐类溶解度很大,都属于易溶物质,不会生成水垢,故影响甚小;而钙、镁的盐类则是生成水垢的主要原因。水中的负离子有: Cl^- 、 SO_4^{--} 、 CO_3^{--} 、 HCO_3^- 、 OH^- 、 SiO_3^{--} 、 PO_4^{--} 、 NO_3^- 等,而以前五种较常见。

(三) 有机物: 动植物残骸进一步分解的产物。

以上三种杂质的状态及其微粒的分散程度列于表1—1。

表 1—1

杂质名称	泥、砂、动植物有机体碎片	铁、铝、硅化合物 动植物分散产物	气体、各种 盐类有机物
杂质状态	机械杂质(悬浮)	胶溶质(胶溶)	真溶质(溶解)
微粒分散程度	>100毫微米	1~100毫微米	<1毫微米

根据水中各种杂质的化学成分及物理状态,可以确定天然水的性质及对于饮用和工业的适用程度。因为水中含有这些杂质时,能在锅炉钢板上结垢与腐蚀金属、引起锅炉水的发泡及汽水共腾,其危害程度如表1—2。

水中杂质的影响

表 1—2

杂质名称	化学符号	对锅炉水的影响			对锅炉的影响		
		碱性	硬度	蒸发残渣	腐蚀	结垢	汽水共腾
氧 气	O_2				○		
二氧化碳	CO_2				○		
硫化氢	H_2S				○		
碳酸氢钙	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	○	○	○		○	

续上表

杂质名称	化学符号	对锅炉水的影响			对锅炉的影响		
		碱性	硬度	蒸发残渣	腐蚀	结垢	汽水共腾
碳酸氢镁	$Mg(HCO_3)_2$	○	○	○		○	
碳酸氢铁	$Fe(HCO_3)_2$	○	○	○	○	○	
硫酸钙	$CaSO_4$		○	○		○	
硫酸镁	$MgSO_4$		○	○	○	○	
硝酸钙	$Ca(NO_3)_2$		○	○		○	
硝酸镁	$Mg(NO_3)_2$		○	○		○	
氯化钙	$CaCl_2$		○	○	○	○	
氯化镁	$MgCl_2$		○	○	○	○	
硅酸钙	$CaSiO_3$		○	○		○	
硅酸镁	$MgSiO_3$		○	○		○	
氯化钠	$NaCl$			○	○		○
硫酸钠	Na_2SO_4			○			○
碳酸钠	Na_2CO_3	○		○	○		○
碳酸氢钠	$NaHCO_3$	○		○	○		○
无 极 酸				○	○		
有 极 酸				○	○		○
油				○		○	○
悬 浮 物				○		○	○

注：表中画有“○”表示有影响。

三、水的物理化学性质

(一) 水的物理性质

纯净的水是无色、无味、无臭的透明液体，不易导电，在一个大气压下水的冰点是 $0^{\circ}C$ ，沸点是 $100^{\circ}C$ ，水的比热较一般液体高。密度在 $4^{\circ}C$ 时最大，其值等于 1 克/毫升。

天然水的颜色、臭气、水味是因为水中混有杂质和溶解盐类，以及各种污染造成的。

水味的特性如表 1—3。

水 味 的 特 性

表 1—3

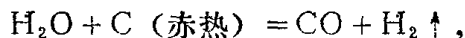
溶于水中物质	被溶解物质的含量 (毫克/升)	水 味
NaCl	150~250	咸
MgCl ₂	150~200	微 苦
MgSO ₄	200~300	微 苦
CaSO ₄	20	甜
Fe	0.2~0.3	涩

(二) 水的化学性质

水由氢氧二元素组成，每一个水分子中有两个氢原子和一个氧原子，以重量百分比表示，氧占88.9%，氢占11.1%。

水在受热时，表现出具有极大的稳定性，即使加热到1000℃时，也只有极小一部分（0.0008%）分解为氢气和氧气。根据水的这种特性，工业上常用锅炉把水加热成高温高压的水蒸气来传递热能。

当水蒸汽通过燃烧的煤炭时，能使水分解



一氧化碳和氢的混合物就是水煤气。水煤气是一种可燃气体。

(三) 水的反应

水的反应可以说明水的碱性、中性或酸性的性质，一般用酚酞、甲基橙和石蕊等指示剂定性的来测定，或定量的按照氢离子浓度来判别。常用指示剂在各种溶液中的颜色，如表 1—4。

纯水是极弱的电解质，仅在极微的程度离解为离子 ($\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$)。

指示剂在各种溶液中的颜色

表1—4

指示剂	溶 液 之 反 应		
	酸 性	中 性	碱 性
石 蕊	红	紫	蓝
酚 酞	无	无	紫
甲基橙	玫瑰红	橙 黄	黄

纯水中 H^+ 和 OH^- 的数目是相等的，故呈中性。

如水中 H^+ 的数目比纯水中离解的 H^+ 多，这样的水就具有酸性；如果 OH^- 比纯水中的 OH^- 多，这样的水就具有碱性。

四、水质评价的主要指标

（一）悬浮物

悬浮物是指所有以粗分散状态处于水中，且在 $105\sim 110^\circ C$ 下不挥发的机械杂质，以其总含量作为水质评价的指标。

悬浮物由有机物（可燃的）和矿物质（不可燃的）两部分组成。分析时，将水样过滤后的残渣，连同滤纸放在 $105\sim 110^\circ C$ 的恒温箱内干燥至恒重。按照过滤前后滤纸重量之差来确定悬浮物的含量，以毫克/升表示。

悬浮物决定水的混浊度。悬浮物愈多则水愈混浊，当其进入锅炉后产生的泥垢也愈多。锅炉用水要求悬浮物不大于100毫克/升。

（二）蒸发残渣

蒸发残渣是将定量过滤的水样放在蒸发器皿内蒸干，然后在 $110^\circ C$ 的温度中烘二小时，将残留的溶质总重量，除以原水样的容积，用毫克/升表示（也有采用滴定方法的，根据药剂离子交换的数量，通过计算用“总溶解盐”来表达水中溶质的总量）。蒸发残渣愈高，则水质愈差，蒸汽机车给水要求不得大于400毫克/升。

蒸发残渣是制定锅炉水质标准的基本依据。机车锅炉水的蒸发残渣，要求控制在各机务段规定的范围内不宜过高。

（三）硬度

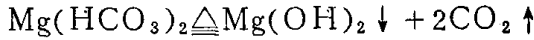
机车锅炉用水硬度的大小，决定于水中的钙、镁盐的总含量，它是锅炉结生水垢的主要成分，以毫克当量/升表示。

水的硬度分为碳酸盐硬度（暂时硬度）和非碳酸盐硬度

(永久硬度)，两者之和称为总硬度。

在水中的钙和镁的重碳酸盐，即重碳酸钙 $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$ 和重碳酸镁 $[\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2]$ 的含量称为碳酸盐硬度。

钙及镁的重碳酸盐是不稳定的化合物，当水沸腾时，极易分解，成为淤泥的形式沉淀析出。



因此利用煮沸方法，在极大程度上，可以使水中所含的钙、镁的重碳酸盐分离，消除水中极大一部分原始硬度。

总硬度与碳酸盐硬度的差，称为非碳酸盐硬度。在水中有钠、钾盐类时，则非碳酸盐硬度不可能存在，此时总硬度与碳酸盐硬度之差等于负硬度。因此负硬度是表示水中 Na^+ 、 K^+ 的含量。

非碳酸盐硬度包括氯化钙(CaCl_2)、氯化镁(MgCl_2)、硫酸钙(CaSO_4)、硫酸镁(MgSO_4)、硅酸钙(CaSiO_3)及硅酸镁(MgSiO_3)等，它们在锅炉水中不能生成沉淀，经过浓缩后则结晶形成水垢。水的硬度等级见表1—5。

水的硬度等级

表1—5

硬 度 等 级	很软	软	中硬	较硬	硬	很硬	极硬
总 硬 度 (毫克当量/升)	< 2	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10	10 ~ 12	> 12

要求蒸汽机车用水总硬度不得大于4毫克当量/升。

关于硬度单位，根据化学当量的概念，单质的当量等于

$$\frac{\text{单质的原子量}}{\text{化合价}}$$

$$\text{例如 钙}(\text{Ca}^{++}) \text{ 当量} = \frac{40.08}{2} = 20.04, \text{若经过分析知道}$$

每升水中含钙离子为A毫克时，则钙硬度为 $\frac{A}{20.04}$ 毫克当量/升。即1毫克当量/升相当于钙离子(Ca^{++}) 20.04毫克/升。同理，相当于镁离子(Mg^{++}) 12.16毫克/升。

(四) 碱度

水中总碱度指水中 HCO_3^- 、 CO_3^{--} 、 OH^- 三种阴离子总含量，以毫克当量/升表示。分别叫重碳酸根碱度、碳酸根碱度、水化碱度。这三种碱度在水中并不能同时存在。在天然水中一般只有重碳酸根碱度，在锅炉水中因为投入 Na_2CO_3 及 NaOH 防垢剂，其总碱度为碳酸根碱度与水化碱度之和，表示防垢剂进入锅炉水中与硬度作用后的剩余碱量。

保持锅炉水具有适当的碱度，即可以保证锅炉水硬度基本消除，不生水垢，并能防止金属的酸性腐蚀。

(五) 含氯量

含氯量是锅炉内含盐量的间接表示方法，因为锅炉水中氯化物都是溶解的，它不能被软水剂作用而除去，只有在锅炉放水时才能减少其含量，因而在炉内水处理中，常以测定锅炉水含氯量的变化指导放水作业，以毫克/升表示。

锅炉水的溶解盐愈少愈好，即含氯量愈小愈好，但这样会造成放水过多。为防止因大量放水而造成的热量损失，在保证运行中蒸汽质量优良、不生水垢及金属腐蚀的前提下，可以按各机务段的规定保持一定的含氯量。但含氯量过高将会造成下列恶果：

1. 锅炉水浓度过大，沸点升高，浪费燃料，并引起泡沫现象，增大蒸汽湿度，严重时引起汽水共腾。
2. 促进水垢生成。
3. 引起酸性腐蚀。

在软水工作中，机车乘务员必须重点掌握锅水碱度及含

氯量两项指标。锅水内的溶解盐、泥垢及剩余碱量，都有极限的浓度要求，超过时就会生成新水垢或发生泡沫，引起汽水共腾与金属腐蚀。因此在执行软水工作中，必须正确地投药，合理地放水，保证锅炉水质经常符合标准。现行机车锅炉水质标准如表 1—6。

蒸汽机车锅炉内水质标准 (TB1337-78) 表 1—6

机车类型	总溶解盐 (蒸发残渣) 毫克/升	碱 度 最高范围* 毫克当量/ 升	含油量 毫克/升	硬 度 毫克当量/ 升	供汽率公 斤/米 ² ·小 时
货物机车					
前进型	<2200	8~14	<15	<0.2	81.0
FD 型	<2000	8~14	<15	<0.2	44.3
建设型	<2100	8~14	<15	<0.2	62.7
解放型	<2500	8~14	<15	<0.2	53.0
KD ₁ 型	<2250	8~14	<15	<0.2	
其他机型	<3000	8~14	<15	<0.2	
旅客机车					
人民型	<3000	8~15	<15	<0.2	
胜利型	<3000	8~15	<15	<0.2	
其他机型	<3500	8~15	<15	<0.2	
调车机车	<4000	8~15	<15	<0.2	
小运转机车	<4000	8~15	<15	<0.2	

* 锅炉水应保持的最低碱度，不得少于表中所列碱度指标的70%。

(六) 耗氧量

测定耗氧量是对过滤后的水中有机物含量的间接测定方法。耗氧量是以氧化 1 升水中的有机物所消耗氧 (O_2) 或高锰酸钾 ($KMnO_4$) 的毫克数量来表示。

(七) 硅酸

锅炉水中硅酸含量过多时，能生成极有害的硅酸盐。由于硅酸盐能生成极有害的水垢，所以常常需要分析机车给水中的硅酸含量，以含 SiO_2 的毫克/升来表示。锅炉给水中 SiO_2 含量应不大于 20 毫克/升。

第二节 水中杂质对锅炉的影响

水中所含的各种杂质，对锅炉的不良影响是：生成水垢，促使金属腐蚀，引起泡沫及汽水共腾。

一、水 垢

由于水的加热或蒸发，蒸汽锅炉传热面上产生的不易溶于水中的固体附着物和沉淀物（主要是钙、镁难溶盐类的沉淀），通常称为水垢。

（一）结垢的原因

机车锅炉用水硬度过大时，水中所含大量的溶解盐、有机物及悬浮物与水一同进入锅炉，在较高的汽压和温度及防垢剂的作用下，水因加热和蒸发而逐渐浓缩。当锅炉水的含盐量达到溶解极限时，则溶液由饱和变成过饱和。此时浓度达到极限溶解度的多余物质，便开始以结垢的形式附着于锅炉的传热面，或以泥垢的形式沉积于锅炉底部。在锅炉水中含有的胶状物质，也分解和凝聚，而形成沉淀物。

因此，水垢生成的基本原因，是由于钙、镁难溶盐类从过饱和溶液中析出沉淀结晶过程，和由于金属的腐蚀与淤泥的沉淀相粘附的结果。

（二）水垢的组成和特性

水垢普通由碳酸钙（ CaCO_3 ）、硫酸钙（ CaSO_4 ）、氢氧化镁〔 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 〕、钙及镁的硅酸盐（ CaSiO_3 、 MgSiO_3 ）及少量铁、铝氧化物（ Fe_2O_3 、 Al_2O_3 ），与有机物及矿物机械杂质等组成，按其化学成分分为表1—7所列数种。

工作压力在12~15相对大气压，而在牵引交路中以不同性质的混合水供给机车锅炉时，主要是生成碳酸钙和碳酸镁，以及含有5~25%的硅酸和5~12%的硅酸钙的水垢。