

钢铁厂技术培训参考丛书

燃料与燃烧

冶金工业出版社

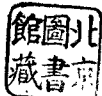
钢铁厂技术培训参考丛书

燃料与燃烧

贾蕴愚 译

宁宝林 校

冶金工业出版社



A 770989

内 容 提 要

本书是《钢铁厂技术培训参考丛书》之一，属于技术基础知识部分。是学习燃料燃烧的入门书。

全书共分5章，分别介绍了能源的一般知识；钢铁厂能源概况；燃料的分类、性质和用途；燃烧化学的基本知识；燃烧装置的结构、性能；燃烧的主要计算；传热的一般知识；热量的有效利用及降低燃耗的基本措施。

本书可供冶金企业工人、冶金技工学校的师生和管理干部学习燃料燃烧知识及热能管理知识时参考。

钢铁厂技术培训参考丛书

燃 料 与 燃 烧

贾蕴愚 译

宁宝林 校

冶金工业出版社出版发行

(北京红杏口74号)

冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 5 1/2 字数 126 千字

1981年5月第一版 1981年5月第一次印刷

印数 00,001~8,000 册

统一书号：15062·3683 定价 0.62元

出版说明

《钢铁厂技术培训参考丛书》(以下简称《丛书》)是为了适应我国钢铁企业开展职工技术培训工作的需要,由我社组织翻译的一套日本的技术培训教材,拟分册陆续出版,由我社内部发行,供钢铁企业开展技术培训时参考,也可以供具有初中以上文化程度的职工自学技术时参考。

这套《丛书》包括技术基础知识11本,专业概论8本,冶炼和轧钢专业知识46本(冶炼专业13本,轧钢专业33本),共计65本(具体书名见书末的《钢铁厂技术培训参考丛书》书目)。

这套《丛书》所介绍的工艺、设备和管理知识,取材都比较新,反映了日本钢铁工业的技术水平和管理水平。这套书在编写时,对理论方面的知识,作了深入浅出的表达;对设备方面的知识,配有大量的结构图,简明易懂;对工艺方面的知识,给出了较多的操作工艺参数,具体明确。这套《丛书》的编写特点可以概括为:新、广、浅,即介绍的知识比较新,所涉及的知识面比较广,内容的深度比较浅。

为了便于教和学,书的每章都附有练习题,概括了该章的主要内容;每本书的后面都附教学指导书,既有技术内容的补充深化和技术名词的解释,又有练习题的答案。

根据我们了解,日本对这套书的使用方法是:技术基础知识部分和专业概论部分是所有参加培训学员的共同课程;冶炼和轧钢专业知识部分是供专业教学用的。由此可以看出,日本的职工技术培训,主要强调的是扩大知识面。强调现代钢铁厂的工人,应该具有广博的科技知识。这一点,对我们今后制订技工学校和职工技术培训的教学计划,是会有参考意义的。

我们认为这套《丛书》不仅适合钢铁企业技工学校和工人技术培训作教学或自学参考书,也可作中等专业学校编写教材的参考书,其中的技术基础知识部分和专业概论部分也可作各级企业管理干部的技术培训或自学参考书。

在翻译和编辑过程中,对原书中与技术无关的部分内容我们作了删节。另外,对于原书中某些在我国尚无通用术语相对应的技术名词,我们有的作为新词引进了;有的虽然译成了中文,但可能不尽妥当,希望读者在使用过程中,进一步研讨。

参加这套《丛书》翻译、审校工作的有上海宝山钢铁厂、东北工学院、鞍山钢铁公司、北京钢铁学院、武汉钢铁公司、冶金部情报研究所等单位的有关同志。现借这套《丛书》出版的机会,向上述单位和参加工作的同志表示感谢。

整套《丛书》的书目较多,篇幅较大,而翻译、出版时间又较仓促,书中错误和不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

一九八〇年二月

序 言

从来没有遇到过像今天这样需要认真考虑能源危机的时代。

特别对于资源缺乏的日本，就成为严重的问题。对消费能源最大的钢铁工业来说，不仅是消耗量的问题，而且由于价格上涨所造成的能源危机的影响是无法估计的。在此背景下，把能源的有效利用和免除因燃料燃烧所引起的公害，当作是钢铁工业最关心的大事是不为过分的。

为了完成这一任务，认真地研究以下的问题是很重要的。

- (1) 如何采用合适的燃烧装置，来提高燃料燃烧效率？
- (2) 如何有效地利用燃烧产生的热能？
- (3) 如何处理燃烧产物中的硫氧化物与氮氧化物等。

综合以上所述的问题，为了使燃料得到充分有效的利用，降低单位能耗，使钢铁工业更进一步发展，编写了这份教材。

目 录

第1章 能源与热能管理1	1. 燃烧的化学反应式.....35
1. 能源资源的一般性知识.....1	(1) 可燃元素的燃烧反应式.....35
2. 钢铁工业中能源的使用状况.....2	(2) 单一气体的燃烧反应式.....37
练习题.....3	2. 燃料的发热量.....38
第2章 燃料4	(1) 固体与液体燃料的发热量.....38
1. 什么是燃料.....4	(2) 气体燃料的发热量.....39
2. 燃料的种类与分类.....4	3. 燃烧需要的空气量.....40
3. 固体燃料.....4	(1) 理论氧量.....40
(1) 煤.....5	(2) 理论空气量.....40
(2) 焦炭.....6	(3) 实际空气量及空气比.....40
4. 液体燃料.....8	(4) 固体及液体燃料燃烧时所需要的 空气量.....41
(1) 液体燃料的特征.....8	(5) 气体燃料燃烧所需要的空气量.....42
(2) 石油系燃料的加工方法.....8	4. 燃烧产物.....42
(3) 液体燃料的种类与性质.....9	(1) 固体及液体燃料的燃烧产物量.....42
5. 气体燃料.....12	(2) 气体燃料的燃烧产物量.....43
(1) 气体燃料的特征.....13	(3) 二氧化碳最大的生成量 $(CO_2)_{max}$43
(2) 气体燃料的种类与性质.....13	(4) 由燃烧产物分析值求空气比的方法44
练习题.....18	(5) 用图表求 $(CO_2)_{max}$ 及空气比 的方法.....44
第3章 燃烧19	(6) 由废气分析值求干燃烧产物量 的方法.....45
1. 燃烧化学基础知识.....19	5. 低发热量与理论空气量及理论燃烧产 物量的关系.....46
(1) 什么是燃烧.....19	6. 热损失及燃烧产物的温度.....47
(2) 燃烧所需要的三个条件.....19	(1) 燃烧时伴随的热损失.....47
(3) 正常燃烧与不正常燃烧.....19	(2) 燃烧效率.....48
(4) 燃烧的方式(机理).....20	(3) 燃烧产物的温度.....48
(5) 火焰的种类.....21	练习题.....50
(6) 可燃范围及燃烧速度.....21	第5章 热的有效利用51
2. 燃烧方法与燃烧装置.....23	1. 传热.....51
(1) 煤气燃烧方法及燃烧装置.....24	(1) 温度与热量.....51
(2) 油燃烧方法及油燃烧装置.....26	(2) 传热.....51
(3) 固体燃料的燃烧.....29	(3) 炉内传热.....53
3. 无公害燃烧方法.....29	2. 热能管理.....54
(1) 什么是大气污染物.....30	
(2) 炭黑及粉尘.....30	
(3) 硫的氧化物与氮的氧化物.....31	
(4) 臭味、噪音及振动的防治措施.....34	
练习题.....34	
第4章 燃烧计算35	

(1) 单位燃料消耗及热效率.....54	(4) 热能管理.....58
(2) 热平衡.....55	练习题.....59
(3) 降低单位燃料消耗的措施.....56	

教 学 指 导 书

第1章 能源与热能管理60	3. 练习题解答.....71
1. 学习目的.....60	第3章 燃烧71
2. 名词解释及补充说明.....60	1. 学习目的.....71
1-1 一次能源与二次能源.....60	2. 名词解释及补充说明.....71
1-2 化石系燃料.....60	3-1 闪点(引火温度).....71
1-3 日本的能源需要量.....60	3-2 可燃范围.....71
1-4 能源蕴藏量.....61	3-3 预混式燃烧的火焰状态.....72
1-5 日本能源依赖于国外的程度.....63	3-4 面积比例式混合器.....73
1-6 阳光计划(Sun-Shine计划).....64	3-5 文丘里式混合器.....73
1-7 钢铁工业的能源结构比例.....64	3-6 防止回火用安全器.....73
1-8 钢铁工业重油及电能的消耗量.....64	3-7 煤烟的排放标准.....73
3. 练习题解答.....65	3-8 收尘装置.....74
第2章 燃料65	3-9 废气脱硫.....75
1. 学习目的.....65	3-10 废气脱硝.....76
2. 名词解释及补充说明.....65	3. 练习题解答.....76
2-1 燃料.....65	第4章 燃烧计算77
2-2 燃料的分类.....66	1. 学习目的.....77
2-3 炭化作用.....66	2. 练习题解答.....77
2-4 煤的种类.....66	第5章 热的有效利用78
2-5 回转冲击破碎试验(转鼓试验).....66	1. 学习目的.....78
2-6 改性.....66	2. 名词解释及补充说明.....79
2-7 氯化处理法.....66	5-1 摄氏温度.....79
2-8 石油的精炼.....66	5-2 绝对温度.....79
2-9 原油的分类.....67	5-3 比热.....79
2-10 重油的脱硫.....67	5-4 蒸发热(气化热).....79
2-11 液化石油气的制造过程.....68	5-5 传导传热.....79
2-12 液体燃料、气体燃料的特性及 按产地区分的原油的一般特性.....68	5-6 对流传热.....79
	3. 练习题解答.....80

附:《钢铁厂技术培训参考丛书》书目.....81

第1章 能源与热能管理

以1973年10月中东战争为转机,“能源危机”和“省能”这个词就盛行起来了。中东各石油资源国限制产油,并提高油价,所以作为依赖于石油输入的日本,则产生了严重的问题,即能源危机。

在这样的背景下,认识到能源资源有限的事实,重新评价以前的能源使用状况,作到能源的有效利用并减少用量,这就是节省能源。

另外还应深入地理解能源资源的一般性知识,以及钢铁工业中能源使用的状况。

1. 能源资源的一般性知识

一般,提到能源,就是指作为能量来源直接被使用的一次能源(参见指导书1-1);而提到热源,则多指燃料资源。在表1-1中给出了能源的分类及其品种。其中,实际应用的一次能源如图1-1所示,是以化石系燃料为主体的,而且需要量逐年增加(参见指导书1-2)。特别是日本的能源需要量急剧增加(参见指导书1-3),其特点是石油用量占能源总耗量的75%。

表 1-1 能源分类及其种类

矿物系燃料 (化石系燃料)	煤系	天然	固体: 泥煤、柴煤、褐煤、烟煤、无烟煤、洗精煤 气体: 天然气(主要由C ₁₁ 组成的井下煤 ^①)	
		加工	固体: 焦炭、半焦、煤砖、沥青、沥青焦 液体: 煤焦油、低温焦油、发动机苯、焦油重油、人造石油、甲醇 气体: 焦炉煤气、城市煤气、发生炉煤气、水煤气、高炉煤气、氢、乙炔	
	石油系	天然	液体: 原油 气体: 天然气	
		加工	固体: 石油沥青、石油沥青焦、石蜡 液体: 汽油、煤油、柴油、重油 气体: 液化石油气、油气	
	生物系燃料	植物系	天然	固体: 木材(燃料)、干草
			加工	固体: 木炭、树脂、木蜡 液体: 酒精、木焦油、松节油、脂肪油 气体: 木炭发生炉煤气
动物系		天然		
		加工	固体: 脂肪油及其加工物 液体: 脂肪油及其加工物	
特殊燃料	1 核燃料			
	2 水力			
	3 风力			
	4 地热			
	5 潮汐力			
	6 太阳能的直接利用			

另一方面,就能源的储藏量(参见指导书1-4)而言,如果以目前的生产及消费速度

● 指阿拉伯湾(日本称作波斯湾)沿岸有,沙特阿拉伯、科威特、伊朗、伊拉克等阿拉伯诸国。

继续下去，预计煤（包括劣质煤在内）大约能用3,000年，而石油只能用30年左右就会枯竭。

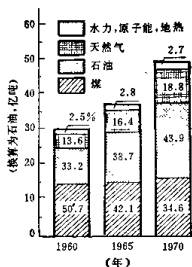


图 1-1 世界一次能源的需要

1970年日本能源供应量的83.5%依赖于外国（参见指导书1-5），特别是石油依赖外国的程度为99.7%（1971年），而其中80%以上需要从中东各国进口。

面临能源危机的日本，以确保能源稳定为目的，我们知道已制定了新的能源研究开发计划“阳光计划”（参见指导书1-6）。

2. 钢铁工业中能源的使用状况

钢铁工业中使用的能源组成比例如图 1-2 所示，原煤及焦炭占整个能源的一半以上。高炉冶炼铁以此为原料，由此还可副产出高炉煤气及焦炉煤气，作为燃料使用。电力作为各种轧机和动力机械设备的动力源和电炉炼钢的热源是不可缺少的。重油等石油系燃料，可在本厂发电锅炉、高炉喷吹、轧钢的加热及成品的热处理等热设备中作为热能，用于直接燃烧。

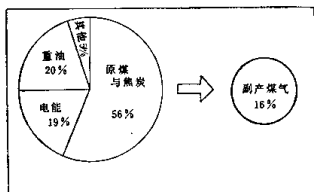


图 1-2 钢铁工业的一次能源与副产能源

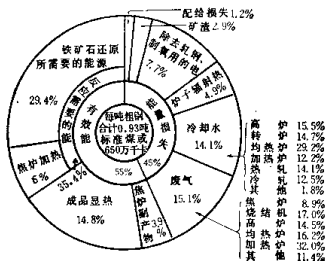


图 1-3 钢铁厂能源使用项目

● 锅炉：把燃料燃烧的热传给压力容器中的水，使水蒸发，从而获得具有压力的蒸汽的装置叫作锅炉。

钢铁工业的电力及重油的消耗量很大，能源用量相当于日本整个产业能源用量的16-18%（参见指导书1-8）。它的能源利用效率如图1-3所示，由于能源损失较大（为45%），所以有效能只占一半多一点（55%）；它与整个产业界的平均值（75%）相比，是相当低的。由于这种情况，钢铁工业被称为能源消耗最大的工业。以能源危机为转机，各钢铁企业正积极开展节省能源的活动。

为了达到省能的目的，应进行科学的探讨，并采用各种技术进行能源管理；在钢铁工业的省能中靠改革生产过程有效地利用能源是必要的；而正确地运用各种热管理技术（参见第五章第二节），以减少热损失，降低单位燃耗却是更有效的。因此，必须在掌握燃料燃烧的知识的基础上学会热管理技术，在以下各章中将学习这些知识。

练 习 题

- (1) 简要地说明日本的能源供给情况及依赖国外的程度。
- (2) 在钢铁工业中，主要使用那些能源？

第2章 燃 料

1. 什么是燃料

如煤、石油、天然气等，一般因空气的存在而容易燃烧，其燃烧热可利用于加热和动力等方面的物质，可定义为燃料（参见指导书2-1）。

因此，作为燃料需要具有以下条件：

①能容易地燃烧，燃烧产生的热量多；②燃料供应来源稳定，供应方便而价格低廉；③贮藏、运输及处理方便；④既安全又卫生；⑤燃烧造成的废物（废气、灰等）不污染环境及水质。

过去①~④条曾受到重视，而近年认为⑤条也需要重视，必须综合考虑以上各条才能判断是否有价值作为燃料。

2. 燃料的种类与分类（参见指导书2-2）

燃料就其状态而言，如表2-1可分为三类：固体燃料、液体燃料及气体燃料。所以它们的主要性质及用途等如表2-2所示。

3. 固体燃料

所谓固体燃料，是指以固体状态使用的燃料，它可分为两大类：如煤、柴煤、木材等天然燃料（参见指导书2-2）以及把它们加工便得到焦炭、木炭、煤砖等不同的加工燃料。这些燃料中在工业上使用最多的，还是以煤为主的烟煤及炼铁用（高炉用）的焦炭。煤、焦炭等的固体燃料的特征有以下几点：

固体燃料的优点：

表 2-1 燃料的分类

分 类	品 种
固体燃料	煤炭系 柴煤、褐煤、烟煤、无烟煤、焦炭、半煤、煤砖、沥青焦
	石油系 固体石蜡、沥青焦
	植物系 木材、木炭、木糖、干草
	动物系 脂肪、脂肪酸
液体燃料	煤炭系 煤焦油、苯、杂酚油
	石油系 汽油、煤油、柴油、重油
	植物系 酒精、脂肪油
	动物系 脂肪油
气体燃料	煤炭系 焦炉煤气、发生炉煤气、水煤气、高炉煤气、乙炔、氢、天然气（煤井下煤气）
	石油系 天然气（油井煤气）、丙烷气、丁烷气、油气
	植物系 天然气（沼气）

①燃烧缓慢地进行。成功地应用了一些要求缓慢燃烧的特殊地方，如炼铁等处；②火

灾及爆炸的危险性要少；③毒性较少；④能在露天堆积贮藏，不必像气体及液体燃料那样需要特殊地贮藏设备；⑤处理简单。

固体燃料的缺点：

①需要预先作干燥、粉碎等处理；②如不加工成粉煤时，不能用管道输送；③不容易点着火，点火费事；④燃烧的调节与管理困难；⑤燃烧效率与热效率低；⑥含灰分高，灰渣处理困难；⑦易造成不完全燃烧，由于易冒黑烟而恶化了环境。

表 2-2 燃料的性质与用途

(a) 固体燃料				
		主要成分	高发热量 (千卡/公斤) ^①	主要用途
天然燃料	煤	C, H, O(N, S)	4500~7500	用于锅炉、原料、家庭、工业
	柴 煤	C, H, O(N, S)	3000~5000	用于锅炉、家庭
加工燃料	木 材	C, H, O	3000~4000	家庭用
	木 炭	C(H, O)	6700~7500	家庭用
	焦 炭	C(H, O, S)	6000~7000	炼铁及工业用
	煤 砖	C(H, O, S)	5000~7500	铁道用
(b) 液体燃料				
		主要成分	高发热量 (千卡/公斤)	主要用途
天然燃料	石油原油	C, H(O, S, N)	10000~16500	工业及发电用
	汽 油	C, H	11000~11500	汽油发动机用
加工燃料	煤 油	C, H	10500~11000	石油发动机、厨房、喷气发动机用
	柴 油	C, H	10500~11000	工业、柴油机油、锅炉用
	重 油	C, H(O, S, N)	10000~10800	柴油机、锅炉、工业用
(c) 气体燃料				
		主要成分 ^②	高发热量, 千卡/米 ³	主要用途
天然燃料	天然气 L.P.C	$C_n H_{2n+2}(CO_2)$	9000~12000	原料煤气、城市煤气、发电及锅炉用
	(液化石油气)	$C_n H_{2n}, C_n H_{2n+2}$	24000~32000	工业、城市煤气、家庭、汽车、锅炉用
加工燃料	油 气	$C_n H_{2n}, C_n H_{2n+2}(N_2)$	5000~9500	城市煤气用
	锅炉煤气	$H_2, C_n H_{2n+2}, (CO, N_2)$	4500~5000	工业、城市煤气用
	水煤气	$H_2, CO, (CO_2, N_2)$	2000~2500	工业、城市煤气用
	高炉煤气	CO_2, CO, N_2	900~1000	工业用

① 参看第 4 章第 2 节。

② 参看本章第 5 节。

固体燃料具有上述的优缺点，它们的性质与用途如表 2-2 所示，而其成分与比重如表 2-3 所示。一般情况下，固体燃料的元素成分主要是：碳 (C)、还含有氢 (H)、氧 (O)、氮 (N)、硫 (S) 等元素，此外还含有无机物的灰分。在这些成分中，成为固体燃料发热量来源的成分为：碳、氢、硫。而氮是不可燃元素，氧是助燃元素（使燃烧进行下去的元素），它们本身不是发热的，在钢铁工业中重要的是煤和从煤得来的焦炭，所以在这里对它们加以说明。

(1) 煤 煤是天然的植物质经受长期炭化作用（参见指导书 2-3）形成可燃性的岩

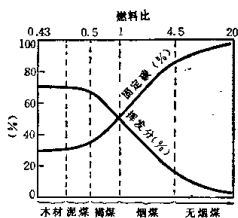


图 2-1 燃料比与炭化度

石状物质。随着炭化作用进程的延长固定碳增加，挥发分减少。把固定碳与挥发分之比值称作燃料比，它是表示炭化的程度（炭化度）的指标。按燃料比依炭化度高低顺序将煤分为（参见指导书 2-4）：柴煤、褐煤、烟煤及无烟煤。这些煤的燃料比与炭化度的关系如图 2-1 所示。另外，如果将煤按其制成的焦炭的强度来分类时，则强度大的称作强粘结性煤，强度小的称作弱粘结性煤，介于中间的称作粘结性煤，不能焦化的称作非粘结性煤。根据 JIS（日本工业标准）将日本的煤进行分类时，如表 2-4 所示。

表 2-3 固体燃料的性质

	成 分 (%)					比 重	高 发 热 量 (千卡/公斤)
	C	H	O	N	S		
煤	74~80	6	5~20	1.4	0.1~3.5	1.25~1.8	4500~7500
柴 煤	62~73	4~5.5	22~30	0.4~1.9	0.3~1.5	1.25~1.3	3000~5000
木 炭	88~97	0.6~3.3	2.2~9		0	1.2~1.7	6700~7500
焦 炭	92~98	1.1~1.7	0.5~0.8	0.6~0.8	0.3~1.5	1.8~2.0	6000~7000
木 材	49~51	5.9~6.2	42~44	0.9~1.7	痕 迹	0.5~1.1	3000~4000

表 2-4 煤的分类 (按 JIS)

煤 种	粘 结 性	符 号	燃 料 比	固 定 碳 (%)	水 分 (%)	挥 发 分 (%)	发 热 值 (千卡/公斤)	着 火 温 度 (°C)	用 途				
无 烟 煤	非 粘 结	A ₁	4.0 以上	90 以上	1~2	3~7	8100 以上	400~500	一般作燃料用				
		A ₂				9~13							
烟 煤	强 粘 结	B ₁	1.5 以上	85~90	1~2	14~19	8100 以上	300~400	炼铁用的焦炭				
	"	B ₂								83~85	1~2	27~35	8100~8400
	粘 结	C											
长 焰 煤	弱 粘 结	D	1.5 以下	80~83	2~5	42	7800~8100	300~400	城市煤气，一般作燃料用				
	非 粘 结	E								78~80	7300~7800		
褐 煤	非 粘 结	F ₁	70~78	70~78	5~13	35~50	6800~7300	250~300	一般燃料用 (包括柴煤)				
		F ₂					5800~6800						

评价煤作为燃料的条件，希望发热量高，含水量少；碳含量低（发热量低）、炭化度低（含水量多）的泥煤及柴煤等不宜于作为燃料。

其次是用于炼焦的煤，为强粘结性烟煤。日本产的这种煤有北海道的夕张地区、九州筑丰、三池、高岛等产地的煤。使用国外产的煤由美国、加拿大、澳大利亚、苏联的库兹涅茨克、波兰等进口。它的用量一年年多起来，目前进口的煤约占 80% 以上。

(2) 焦炭 如在隔绝空气的情况下把煤加热，加热到 230~450°C 以后，就发生煤的热分解，生成煤气、焦油及气液[●]，焦炭残留下来。这种过程称为煤的干馏。把干馏温度在

● 就是指分馏出来的煤的水分等物质，其中还溶解有气体氢等。

500~600°C的过程称作低温干馏；把在1000°C左右干馏的过程称作高温干馏。它们的干馏温度与热分解生成物产出率的关系示于图2-2上。由图可见，低温干馏时焦炭与焦油生成量多，煤气量少。这种焦油用于化学工业上。从低温干馏获得的焦炭叫做半焦炭，它含有约15%的挥发分，因此容易引着火，易于燃烧，与木炭一样可供家庭作燃料使用。

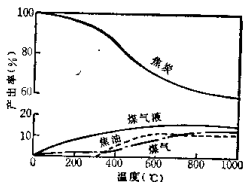


图 2-2 干馏温度与生成物产出率

高温干馏大部分在焦炉内进行，用来生产焦炭及煤气（焦炉煤气）。焦炉煤气发热量高，本厂消耗一部分，其余供给城市作煤气用。高温干馏获得的焦炭，如表2-3所示，主要成分为碳，挥发分几乎没有，而灰分由于全部留在焦炭中，所以比原煤中的比率还大，焦炭难于着火，而因它几乎不含挥发分，故燃烧的时候不产生黑烟，可用于炼铁与铸造生产。在表2-5与表2-6中给出了各种焦炭的化学成分与比重等，在表2-7给出了着火温度。焦炭的化学成分取决于原煤的成分，而其比重等物理性质则取决于原煤的成分及干馏条件。以下对钢铁工业的高炉炼铁用焦加以详细的叙述。

表 2-5 焦炭的分析结果

	灰分(%)	挥发分(%)	固定炭(%)	全硫(%)	高发热量 (千卡/公斤)
铸造用的焦炭	5~14	0.5~2	84~94	0.5~0.8	6700~7500
炼铁用的焦炭	10~13	0.5~2	80~89	0.5~0.8	6500~7200
一般使用的焦炭 (煤气焦)	14~18	1~5	77~85	0.5~1.7	6300~6500

元 素 分 析 (%)

碳	氢	氧	氮	硫	磷
82~92	1~1.5	0.4~0.7	0.5~0.6	0.5~1.0	0.03

表 2-6 焦炭的比重及气孔率^①

	假比重	真比重	气孔率(%)
铸造用焦	1.2~1.4	1.8~2.0	30~40
炼铁用焦	1.0~1.1	1.8~1.9	40~45
一般用焦	0.6~1.0	1.8以下	45~50

^① 焦炭中的气孔分为开口气孔（水容易浸入的气孔）和闭口气孔（水不易浸入的气孔）。因此焦炭分为实质部分（焦炭部分）、开口气孔部分及闭口气孔部分。比重则可以分为以下两种：真比重=重量/(焦炭部分)体积；假比重=重量/(焦炭部分+闭口气孔)体积。

表 2-7 焦炭的着火温度(°C)

木 炭	半 焦	煤 气 焦 ^①	炼 铁 用 焦
252	395	505	640

^① 煤气焦：指主要是为了获得发热量高的及产量多的煤气时，高温干馏后残留下的焦炭。

高炉用焦炭是与比重大的铁矿石及石灰石一起从高炉上部装入高炉，然后依次下降，所以它必须是坚硬的，难于破碎的。如果焦炭是易碎的，则会大量产生粉状焦炭，它将和高炉煤气一起作为粉尘①而损失掉，因而减低了燃料的有效利用率；而且，粉尘与高炉渣一起粘结在高炉内壁上，是造成悬料的原因，这将阻碍通风，使炉况恶化。另外，水分要少，如水分过多，会使炉温降低。灰分是造渣成分，所以愈少愈好。

这样，高炉用的焦炭必须是结实的、不易破碎的。因此日本把强粘结性煤与弱粘结性煤以65:35的比例配料，然后均匀地混合在炼焦炉内高温干馏，煤粉相互粘在一起，逐渐焦结，温度进一步升高时成为焦炭块。这种块状的焦炭的难破碎的程度即强度须用试验转鼓进行旋转冲击破碎试验（参见指导书2-5），把破碎的焦炭进行筛分，要求15毫米筛眼以上的重量占92%；50毫米以上的重量占30%以上。

为了改善高炉内的透气性，把经过转鼓试验合格的高炉用焦炭破碎成25~75毫米左右的粒度供给使用，水分要求在2~4%左右。

目前，高炉用焦炭就是前面所述的把强粘结性煤与弱粘结性煤混合加工而成，但由于强粘结性煤难于保证供应，并且价格昂贵，所以，近年来各国盛行研制一种以非粘结性煤或微粘结性煤②代替强粘结性煤加工成高炉用焦的所谓成形焦炭。其方法是把非粘结性煤与微粘结性煤粉碎成一定的粒度，以适当的比例配合，再加入胶结剂，在熔融温度下，把充分混合好的料在成形机内高压成形，造成煤球即成型煤。把这种成型煤放在焦炉内高温干馏焦化便制成为型焦。

4. 液体燃料

液体燃料就是在常温下为液体，而且是以液态使用的燃料。现在所使用的液体燃料大多属于石油系燃料，即以石油原油或原油蒸馏所得的煤油、柴油及重油等石油制品为代表的石油系燃料。

(1) 液体燃料的特征 作为工业用燃料，与固体燃料相比较，具有如下特征：

a. 液体燃料的优点：

①发热量高，即火力强大；②每单位发热量的价格便宜；③容易获得质量稳定的液体燃料；④贮藏及运输方便，贮藏时不易变质；⑤燃烧方便，自动控制容易；⑥由于容易完全燃烧，黑烟及灰分少；⑦燃烧效率及传热效率高；⑧测量与记录方便；⑨脱硫处理较容易。

b. 液体燃料的缺点：

①由于燃烧温度高，易引起局部过热；②易引起火灾及回火等事故；③使用烧嘴易产生噪音；④作为工业用燃料大量使用的重油，一般含硫分较高，这成为大气污染的主要原因。

(2) 石油系燃料的加工方法 原油虽也有以原状态作为燃料使用的，但一般情况下多是在加工后使用。如图2-3所示，把原油加到蒸馏装置③中，加热到大约370°C，由于各种物质的沸点不同而分为：液化石油气④、汽油（挥发油）、煤油、柴油、残渣油（重油）。

① 参看第3章第2节。

② 稍稍能焦化的煤。

③ 将溶液加热到它的沸点，再把蒸馏出来的蒸汽冷凝成液体，称作蒸馏操作。其目的是用它分离溶液中的成分。

④ 参看第二章液化石油气部分，石油精炼时分离出来，冷却并压缩成液体的物质。

把残渣油与柴油混合制成燃料重油，在有些情况下，把残渣油再减压蒸馏，又可获得各种润滑油，石蜡、沥青等。这样，由原油蒸馏获得各种馏分产品，有的就作为成品，但多数因含有杂质，所以需要除去有害的杂质，即进行改性（参见指导书2-6）。在这种情况下，用硫酸与碱等药品洗净或用氯化处理（参见指导书2-7）除去杂质，并进行裂化，改性等，使其加工成各种石油产品。这样由原油制取石油产品的过程叫做石油精炼（参见指导书2-8）。石油精炼提取的制品可达数十种以上，但把它们按用途与沸点来分类则可作成表2-8。其沸点范围及用途示于图2-4。

表 2-8 石油精炼提取的主要产品种类

(1) 液化石油气	④ 重油
(2) 燃料油	
① 汽油	(3) 润滑油
② 煤油	(4) 石蜡
③ 柴油	(5) 沥青

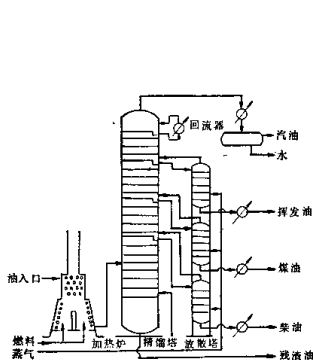


图 2-3 原油蒸馏装置

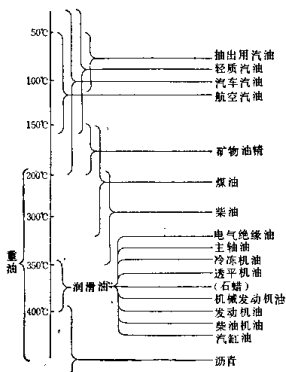


图 2-4 石油产品及其沸点

(3) 液体燃料的种类与性质

a. 原油（参见指导书2-9）石油是在自然界存在的，从地下油田开采出来后原生的矿物油●则称作原油，其性质随产地及油层而异。通常，比重为0.78~0.79，主要成分为石蜡系●与环烷系●的碳氢化合物，并含少量的硫（S）、氧（O）、氮（N）、钒（V）

- 植物与动物经受生物学变化及地质学变化的作用而矿物（化石）化的物质。
- 具有一般式 C_nH_{2n+2} 的饱和的碳氢化合物，如 C_1H_4 （甲烷）， C_2H_6 （乙烷）。
- 在1个分子中含有4~8个碳元素，即环式碳氢化合物。

等成分，为一种黑色粘性液体。

日本原油产量少，只为总需要量的0.3%（1971年），几乎全由其它国家输入。其中约84%（1973年）为中东的原油，含硫高（1~3%）是其缺点。

如前所述，原油可加工精炼成各种燃料油，并可作为液化石油气及石油化工用的原料。

近年来，由于重油中的硫分多，有的直接把原油作为火力发电厂锅炉上的燃料使用，这可以称作原油的生烧。

b. 汽油 沸点范围在30~200°C左右的分馏产物。它在石油产品中比重最轻，为0.72~0.76左右，主要作为火花点火式发动机即汽车、飞机、工业燃料等使用的燃料。另外，因引火点低（参见指导书3-1），使用时要注意安全。

在日本将原油蒸馏得到的在汽油沸点范围内的分馏产物叫做石脑油（粗制汽油），它可分馏为轻质挥发油和重质挥发油，轻质挥发油再在别的装置中进行热分解，成为石油化工原料。另外，重质挥发油可改性成为辛烷值高^①的汽油及喷气式发动机使用的燃料。

c. 煤油 沸点在150~300°C范围分馏得到的石油分馏产物，比重约为0.78~0.83。这种煤油有白煤油、茶煤油、信号煤油、溶剂煤油四种。可作为各种煤油炉、石油发动机的燃料，还可用于铁路及灯塔等处的信号灯、涂料溶剂等。但是，最近也趋于作为工业燃料中的低硫燃料来使用。

d. 柴油 煤油分馏后沸点在200~370°C范围内分馏出来的产品，比重为0.8~0.85左右，与煤油比重没有显著地差别；可作为高速柴油机和热球式柴油机燃料、窑炉烧嘴用燃料或重油混合油等使用。

e. 重油 重油作为工业炉燃料被广泛使用，在钢铁工业中也大量使用，因此稍微详细地予以说明。

(a) 重油的种类 重油为褐色或黑褐色，其元素组成、比重、发热量等如表2-9所示，水分为0~0.3%。

表 2-9 重油的元素组成(%)、灰分(%)、发热量(千卡/公斤)

碳 C	氢 H	氧 O	硫 S	氮 N	灰 分	比 重	高 发 热 量
85~87	10~12	1~2	1~4	0.3~1	0.01~0.05	0.86~1.00	10000~11000

重油本来是指常压及减压下蒸馏的残渣油，但通常向其中加入煤油和柴油，调配其性质使之适合于各种规格品种。JIS(日本工业标准)将重油的品种按粘度大致区分为三类，再以含硫量如表2-10中所示那样分为七个品种。

市场上销售的重油通常被称为A重油(相当于第Ⅰ类)、B重油(相当于第Ⅱ类)、C重油(相当于第Ⅲ类)。这种分类主要是与重油的处理方法有关。使用时A重油不需要预热，B与C重油中特别是C重油一般需要加热。

根据用途不同，锅炉与加热炉等使用的锅炉重油和柴油机重油，用量的一大半为锅炉重油。特别是电力部门耗量最大，约占30%，钢铁工业次之。A重油主要用于小型柴油机

① 在活塞式发动机的燃烧过程中，需要发生超过正常燃烧范围以上的激烈的爆燃，这种爆燃将引起气体的振动，产生一种如敲打金属的特殊声音（振动声）的现象。衡量发生这种现象易难的尺度用辛烷值来表示。