

高职高专教育“十二五”规划教材
高职高专冶金工程类专业精品规划教材

原料准备 与加热

YUANLIAO ZHUNBEI YU JIARE

• 孔维军/主 编
• 杜效侠 贾寿峰/副主编



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

高职高专教育“十二五”规划
高职高专冶金工程类专业精

原料准备与加热

主 编 孔维军
副主编 杜效侠 贾寿峰



内容提要

本教材以任务为载体,以相关职业活动为导向,以技能训练为主线,根据工作过程、工作情境、工作任务来设计学习任务,依据职业能力设定编写目标,通过深入到相关企业进行调研,确定从事相关岗位所应具备的能力,设定学习情境、学习内容,编写思路贴近岗位需求,编写目标突出实用性,编写流程突出层次性,编写内容突出适应性,训练设计突出实践性。全书共分八个学习情境,每个学习情境根据生产实践的需要设计了多个任务,每个任务给出了具体的实践操作内容,并附有思考与练习题。本书在具体内容的组织安排上,力求语言精练、规范、易懂,减少了烦琐的理论推导,理论联系实际,注重应用。

本书可作为高职高专材料成型与控制技术专业“加热炉”课程的教学用书,也可作为对相关人员进行钢铁生产及相关知识普及的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

原料准备与加热/孔维军主编. —天津:天津大学出版社,
2012. 5

高职高专教育“十二五”规划教材 高职高专冶金工程
类专业精品规划教材

ISBN 978-7-5618-4297-3

I. ①原… II. ①孔… III. ①冶金—原料—制备—高
等职业教育—教材②冶金—加热—高等职业教育—教材
IV. ①TF04—②TF05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 042919 号

出版发行 天津大学出版社

出版人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网 址 publish.tju.edu.cn

印 刷 廊坊市长虹印刷有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm × 260mm

印 张 19

字 数 474 千

版 次 2012 年 5 月第 1 版

印 次 2012 年 5 月第 1 次

定 价 38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

高职高专教育“十二五”规划教材

高职高专冶金工程类专业精品规划教材

编 审 委 员 会

- 主 任：孔维军 天津冶金职业技术学院 副院长/正高级工程师
- 副主任：刘瑞钧 天津轧一钢铁集团公司 副总经理/正高级工程师
- 张秀芳 天津冶金职业技术学院冶金工程系 主任/副教授/工程师
- 委 员：张 玲 天津无缝钢管厂 总工程师/正高级工程师
- 刘玉英 天津冶金职业技术学院教务处 处长/副教授
- 于 晗 天津冶金职业技术学院冶金工程系 副主任/副教授/工程师
- 柴书彦 天津冶金职业技术学院冶金工程系 副教授/高级工程师
- 杜效侠 天津冶金职业技术学院冶金工程系 副教授/工程师
- 王火清 天津冶金职业技术学院冶金工程系 副教授
- 贾寿峰 天津冶金职业技术学院冶金工程系 讲师

前 言

原料准备与加热是冶金类高等、中等职业院校材料成型与控制技术专业的核心课程之一。冶金生产的绝大部分工序是在高温下进行的,炉子是冶金生产过程中不可缺少的热工设备。冶金炉根据被加热物料在炉内的物态和有无化学反应分为加热炉和熔炼炉。加热炉的特点是被加热的物料在炉内不发生化学反应或反应很少,物质状态也不变化。而熔炼炉,如炼铁炉、炼钢炉,物料在其内发生物态改变的同时还伴随着化学反应,即氧化或还原反应。

本教材主要研究对象是轧钢加热炉及轧钢、金属制品热处理炉和均热炉。学习本教材的目的是让学生掌握热工基础理论知识,如燃料燃烧、传热原理和流体力学,了解和掌握原料准备与加热操作、筑炉材料及砌筑方法、加热工艺、加热炉的基本构成、不同类型的加热炉、加热炉的技术指标以及加热炉自动检测与自动控制等方面的知识。通过学习掌握加热炉的基本操作技能,可以减少或避免事故的发生,并在生产实践中采用节能降耗方法来提高生产效率和产品质量。

随着科学技术的不断发展,新的加热工艺、新的加热炉设备与筑炉材料、新技术不断涌现,加热炉的理论和实践会更加完善。尤其是在新技术、新材料层出不穷的今天,加热炉的结构形式也在快速发展,以满足技术指标、经济指标、节能降耗指标的要求。如在保证加热炉产量的同时,还要保证产品优质、低耗以及生产环境符合环保要求,保证加热炉使用寿命长、生产效益高等。

本教材分八个学习情境介绍有关热工基础知识、加热炉操作与维护、钢的加热工艺、筑炉材料、加热炉的基本构成、加热炉的基本形式、加热炉的技术经济指标、热工检测与自动调节的知识和相关的操作技能。本教材的技能要求有:根据炉内气体流动特性正确分析实际热工参数;正确使用燃料燃烧设备、控制燃烧过程,合理调节钢的加热温度;了解钢的加热工艺,按钢的加热制度进行操作,减少钢的加热缺陷的产生;掌握加热炉主要设备及辅助设备的使用;了解加热炉的日常维护和维修后的烘炉操作;正确读取热工仪表所显示的热工参数,能判断热工仪表的一般故障。

本教材由孔维军主编,各学习情境的执笔者为:学习情境二、三、五、七孔维军,学习情境一、四、八杜效侠,学习情境六贾寿峰。

由于编写水平所限,书中错漏之处在所难免,敬请读者指正。

2012年5月

目 录

学习情境一 热工基础知识	(1)
任务一 燃料及其性质	(1)
任务二 燃料的表示方法	(9)
任务三 燃料的燃烧过程	(16)
任务四 燃烧计算	(23)
任务五 传热原理	(33)
任务六 流体力学	(41)
学习情境二 加热炉操作与维护	(54)
任务一 原料岗位操作	(54)
任务二 加热炉操作	(68)
任务三 加热炉的维护与检修	(81)
学习情境三 钢的加热工艺	(88)
任务一 钢加热时物理和力学性能的变化	(88)
任务二 钢加热缺陷的产生和消除	(94)
任务三 钢加热工艺制度的制定	(104)
学习情境四 筑炉材料	(114)
任务一 耐火材料及其性能	(114)
任务二 隔热材料	(133)
任务三 炉体砌筑技术	(138)
学习情境五 加热炉的基本构成	(148)
任务一 加热炉的基本组成	(148)
任务二 燃烧装置	(153)
任务三 加热炉冷却系统操作	(165)
任务四 加热炉燃料与空气供给系统操作	(181)
任务五 排烟及余热利用装置	(185)
学习情境六 加热炉的基本形式	(198)
任务一 轧钢加热炉	(198)
任务二 连续加热炉	(205)
任务三 机械化炉底加热炉	(213)
任务四 均热炉	(223)
任务五 热处理炉	(231)
学习情境七 加热炉的技术经济指标	(245)
任务一 加热炉的生产率和热效率	(245)

任务二 加热炉热平衡计算	(252)
学习情境八 热工检测与自动调节	(261)
任务一 热工检测基本知识	(261)
任务二 加热炉自动控制系统	(276)
附表	(286)
参考文献	(293)

学习情境一

热工基础知识

任务一 燃料及其性质

能力目标:

掌握燃料的性质,会正确选择燃料。

知识目标:

了解固体、液体、气体燃料的常用性质。



任务描述

凡燃烧时能放出大量的热,此热量能经济而有效地用于现代化工业或日常生活的所有的物质统称燃料。

现代冶金联合企业大量使用各类燃料。通过本任务的学习,要求能够认识并能正确选择燃料。



相关资讯

现代的工业炉大多以燃料作为热能的来源。冶金工业是燃料消耗巨大的行业,在国民经济各部门中,冶金工业所消耗的燃料比例仅次于交通运输业。燃料工业的发展直接影响冶金工业的发展。碳质燃料的一般分类见表 1.1。

表 1.1 碳质燃料的一般分类

燃料的物态	来 源	
	天然燃料	加工燃料
气体燃料	天然气	高炉煤气、焦炉煤气、发生炉煤气、水煤气、石油裂化气、转炉煤气
固体燃料	木柴、泥煤、褐煤、烟煤、无烟煤	木炭、焦炭、粉煤
液体燃料	石油	汽油、煤油、柴油、重油、焦油

炉子选用燃料受很多因素影响,一般要考虑产品质量要求、炉子结构特点、经济合理性、燃料供应条件(生产、运输、合理利用资源等)、操作条件(劳动条件、调节性能、自动化水平、安全)等因素。因此,燃料的合理选用不光是技术和经济问题,还要符合国家政策并做到资源的充分合理利用。

一、固体燃料

木材、木炭、煤、焦炭、粉煤等都是固体燃料,其中在冶金生产中有实用意义的是煤、焦炭、粉煤,其优点是燃烧设备简单、安全可靠,投资少、生产费用低,运输储存简单方便;缺点是加热质量差、操作条件差、劳动强度大、环境污染大,燃烧过程不易调节,炉子结构受燃烧条件限制较大。

1. 煤的分类

各种煤都是古代的植物在地下长期炭化形成的。世界煤储量估计为 5×10^{12} t, 是丰富的能源。根据炭化程度的不同,煤可分为泥煤(含碳量 60% ~ 70%)、褐煤(含碳量 70% ~ 80%)、烟煤(含碳量 80% ~ 90%)、无烟煤(含碳量 90% ~ 98%)。炭化程度越高,煤中的水分、挥发分越少,固定碳越多。

1) 泥煤是最“年轻”的煤,其中还保留了一部分植物残体,含水量很高,工业上价值不大。

2) 褐煤是泥煤进一步炭化的产物。褐煤的外观呈褐色或褐黑色,挥发分很高,一般可达 45% ~ 55%。褐煤的发热量较低,化学反应性强,在空气中可以氧化和自燃,风化后容易碎裂,在炉内受热破碎严重。褐煤可以作为气化原料和化工原料,冶金厂有时用来烧锅炉或低温炉子。

3) 烟煤是工业用煤中最主要的一种,烟煤比褐煤炭化更完全,水分和挥发分进一步减少,固定碳增加。烟煤的低发热量一般为 23 000 ~ 29 300 kJ/kg (5 500 ~ 7 000 kcal/kg)。

4) 无烟煤是炭化程度最完全的煤,其挥发分很少。无烟煤化学反应性较差,热稳定性差,受热以后很容易爆裂。无烟煤由于挥发分少,燃烧时火焰很短,不适合直接作为工业燃料。

2. 煤的工业分析

煤是很复杂的有机化合物,要进行元素分析比较困难。工业上普遍采用工业分析法,即将煤分成四个组成物:挥发分、固定碳、灰分及水分。实践证明,这种分析方法不仅简单方便,且能很好地说明煤的使用特性。

(1) 挥发分

煤是复杂的有机化合物,加热到一定温度,就会分解并放出气体,这些加热分解出来的气体,通常称为挥发分或挥发物,通常用字母 V 表示。根据煤的工业分析国家标准,煤在隔绝空气的条件下,加热到 850 °C 时分解出来的气体量,作为挥发分含量。

挥发分的化学成分仍然复杂,主要是 H_2 以及 CH_4 、 C_2H_4 等各种碳氢化合物气体的混合物。这些气体都是可燃的,而且发热能力高。挥发分高的煤燃烧时速度快、温度高、火焰长。

(2) 固定碳

煤分解出挥发分以后,残留下来的固体可燃物质(不包括灰分),称为固定碳,通常用字母 F 表示。固定碳的主要成分是碳,但不是纯碳,而是残留有少量其他元素,如 H、O、N 等。固定碳在煤里的含量一般超过挥发分的含量,所以它是煤的重要发热成分,也是衡量煤使用特

性的指标之一。

(3) 灰分

煤完全燃烧以后,残留下来的固体矿物灰渣,称为灰分,通常用字母 A 表示。(见后面燃料的化学组成)

(4) 水分

水分通常用字母 W 表示。

综上所述,工业分析对煤的选择使用很有实际意义,故工业上一般只给出煤的工业分析结果。

二、液体燃料

原油直接作为炉子燃料是极不合理的,现在加热炉上所用的液体燃料主要是重油。重油是石油加工的产品。原油经过加工,提炼了汽油、煤油、柴油、润滑油等轻质产品以后,剩下的分子量较大的油就是重油,也称渣油。根据原油加工过程的不同,所得的重油还有常压重油、减压重油和裂化重油之分。

液体燃料的优点是发热量高、热量利用率高、炉温高、燃烧波动小、调节范围大、有条件实现自动控制,储存运输方便、灰分小、损耗小,燃烧装置可以安装在炉子各个部位,易实现不同工艺的要求;缺点是需要增加一套燃料储备、预热、输送系统,动力消耗较大,炉子热工参数调节较复杂,设备维护工作量大。

各地重油的元素分析值差别不大,其可燃成分的平均值范围大致为: $C^{\text{燃}}$ 85% ~ 88%, $H^{\text{燃}}$ 10% ~ 13%, $N^{\text{燃}}$ 0.3% ~ 1%, $O^{\text{燃}}$ 0.5% ~ 1%, $S^{\text{燃}}$ 0.2% ~ 1%。

因为重油主要是碳氢化合物,杂质很少,所以其发热量较高。一般重油的低发热量为 40 000 ~ 42 000 kJ/kg (9 500 ~ 10 000 kcal/kg)。

重油作为工业炉燃料有下列几个重要特性。

1. 黏度

黏度的大小对重油的运输和雾化有很大影响,所以对重油的黏度有一定的要求。我国工业上表示重油黏度通用的是恩氏黏度($^{\circ}\text{E}$),它是用恩格拉黏度计测得的数据,我国商品重油共分 4 个牌号,即 20、60、100、200 号重油。重油的牌号是指在 50 $^{\circ}\text{C}$ 时,该重油黏度的恩氏黏度值,例如 60 号重油是指该重油在 50 $^{\circ}\text{C}$ 时的恩氏黏度为 60 $^{\circ}\text{E}$ 。重油的分类标准见表 1.2。

表 1.2 重油的分类标准 (SYB1091—77)

指 标	牌 号			
	20	60	100	200
恩氏黏度 80 $^{\circ}\text{C}$ 时不大于 ($^{\circ}\text{E}$)	5.0	11.0	15.5	—
恩氏黏度 100 $^{\circ}\text{C}$ 时不大于 ($^{\circ}\text{E}$)	—	—	—	5.5 ~ 9.5
闪点 (开口) 不低于 ($^{\circ}\text{C}$)	80	100	120	130
凝固点不高于 ($^{\circ}\text{C}$)	15	20	25	36
灰分 (%)	0.3	0.3	0.3	0.3

续表

指 标	牌 号			
	20	60	100	200
水分(%)	1.0	1.5	2.0	2.0
硫分(%)	1.0	1.5	2.0	3.0
机械杂质(%)	1.5	2.0	2.5	2.5

为了保证重油的雾化质量,在喷嘴前重油的黏度一般应为 5 ~ 12 °E。黏度过高,重油从油罐输向喷嘴困难、雾化不良、点火困难,造成燃烧不好;黏度过低,也会因喷油量过大而冒黑烟,造成燃料的浪费。

提高重油的温度可以显著地降低它的黏度,所以要保持重油的黏度适宜,必须对重油进行预热,预热的温度随重油的牌号和油烧嘴的形式而异,可根据试验来确定。

2. 闪点、燃点和着火点

重油加热时表面会产生油蒸汽,随着温度的升高,油蒸汽越来越多,并和空气相混合,当达到一定温度时,火种一接触油气混合物便发生闪火现象。这一引起闪火的最低温度称为重油的闪点。再继续加热,产生油蒸汽的速度更快,此时不仅发生闪火现象,而且可以连续燃烧,这时的温度称为重油的燃点,燃点一般比闪点高 7 ~ 10 °C。继续提高重油温度,即使不接近火种,油蒸汽也会发生自燃,这时的温度称为重油的着火点,通常为 500 ~ 600 °C。如炉内温度低于着火点,则燃烧不好。

闪点是用闪点测定仪测定的。由于闪点测定仪有“开口”与“闭口”之分,所以闪点的数值也有“开口”与“闭口”之分。一般重油的开口闪点为 80 ~ 130 °C。

闪点、燃点和着火点关系到用油的安全。闪点以下油没有着火的安全,所以储油罐的加热温度必须控制在闪点以下。

3. 残碳率

重油在隔绝空气的条件下加热时,将蒸发出来的油蒸汽烧掉,剩下的残碳以质量百分比表示,此值称为残碳率。我国重油的残碳率一般在 10% 左右。残碳率高时,可以提高火焰的黑度,有利于增强火焰的辐射能力;但残碳多时,会在油烧嘴上积炭结焦,造成雾化不良,影响油的正常燃烧。

4. 水分

重油含水量过高时,会导致着火不良、燃烧温度降低、火焰不稳定,所以一般限制重油的水分在 2% 以下。但为加温往往采用蒸汽直接加热,因而使重油含水量大大增加。一般应在储油罐中用沉淀的办法使油水分分离再脱去水分。

三、气体燃料

气体燃料与固体燃料、液体燃料相比,其优点是:过剩空气系数低,燃烧完全,容积热负荷高,燃烧过程容易调节,易于实现自动化控制;对工艺适应性好,可满足从低温到高温、从长火焰到短火焰的各种要求;燃烧后无黑烟、无积灰,环境干净。其缺点是:长距离输送和储存困

难,使用范围受限制,除钢铁厂有高炉、焦炉煤气或附近有天然气之外,采用人造气体燃料(如发生炉煤气、水煤气、城市煤气等)价格较高;某些煤气成分波动较大,对自动控制不利;一般在同样预热空气的条件下,热效率比油低;按一定比例与空气混合后有爆炸危险,应注意安全操作,并防止煤气中毒。

1. 天然气

天然气是直接由地下开采出来的可燃气体,是一种工业经济价值很高的气体燃料。它的主要成分是甲烷(CH_4),含量一般在80%~98%,还有少量重碳氢化合物及 H_2 、 CO 等可燃气体,所以发热量很高,大多都在 $33\,500 \sim 46\,000 \text{ kJ/m}^3$ ($8\,000 \sim 11\,000 \text{ kcal/m}^3$)。天然气是一种无色、稍带腐烂臭味的气体,密度为 $0.73 \sim 0.80 \text{ kg/m}^3$,比空气轻。天然气容易着火,着火温度在 $640 \sim 850 \text{ }^\circ\text{C}$,遇到明火会立即着火燃烧。天然气燃烧时,其中的甲烷及其他碳氢化合物解析出大量固体碳粒,故而火焰明亮,辐射能力强。

天然气含惰性气体很少,发热量高,可以作长距离输送,是优良的冶金炉燃料,同时又是优良的民用燃料和重要的化工原料。因此,要根据天然气产区的能源平衡作统筹考虑,使国家的能源得到最合理的分配和使用。

2. 高炉煤气

高炉煤气是高炉炼铁的副产品。高炉每消耗 1 t 焦炭可以得到 $3\,800 \sim 4\,000 \text{ m}^3$ 的高炉煤气,数量是很大的。高炉煤气含有大量的 N_2 和 CO_2 ,所以发热值比较低,通常只有 $3\,350 \sim 4\,200 \text{ kJ/m}^3$ ($800 \sim 1\,000 \text{ kcal/m}^3$)。高炉煤气由于发热值低,燃烧温度也较低,火焰的辐射能力弱,在加热炉上单独使用困难,往往与焦炉煤气混合使用,或在燃烧前将煤气与空气预热。尽管如此,但由于高炉煤气是钢铁联合企业内产量很大的副产品,所以仍被作为一项重要的能源。

高炉煤气的成分(干成分)大致如下:

CO	H_2	CH_4	CO_2	N_2
22%~31%	2%~3%	0.3%~0.5%	10%~19%	57%~58%

3. 焦炉煤气

焦炉煤气是炼焦的副产品。每炼制 1 t 焦炭可得 $400 \sim 450 \text{ m}^3$ 的焦炉煤气。焦炉煤气的主要可燃成分是 H_2 、 CH_4 、 CO 、 C_2H_4 等。

焦炉煤气的成分(干成分)大致如下:

H_2	CH_4	C_nH_m	CO	CO_2	O_2	N_2
55%~60%	24%~28%	2%~4%	6%~8%	2%~4%	0.4%~0.8%	4%~7%

由于焦炉煤气内的主要可燃成分是高发热量的 H_2 和 CH_4 ,并且含有焦油物质,所以焦炉煤气的发热量为 $16\,000 \sim 18\,800 \text{ kJ/m}^3$ ($3\,800 \sim 4\,500 \text{ kcal/m}^3$)。焦炉煤气由于 H_2 含量高,所以黑度小,较难预热;同时密度只有 $0.4 \sim 0.5 \text{ kg/m}^3$,比其他煤气轻,火焰的刚性差,会往上飘。

4. 高炉-焦炉混合煤气

在钢铁联合企业里,可以同时得到大量高炉煤气和焦炉煤气。高炉煤气与焦炉煤气产量

原料准备与加热

的比值大约为 1:10。单独使用焦炉煤气,从企业总的能量分配来看是不合理的。所以,在钢铁联合企业里,可以利用不同比例的高炉煤气和焦炉煤气配成各种发热量的混合煤气,发热量为 5 900~9 200 kJ/m³(1 400~2 200 kcal/m³),供企业内各种冶金炉作为燃料。

高炉煤气与焦炉煤气的发热量分别为 $Q_{\text{高}}$ 和 $Q_{\text{焦}}$,要配成发热量为 $Q_{\text{混}}$ 的混合煤气,设焦炉煤气在混合煤气中所占百分比为 x ,则

$$x = \frac{Q_{\text{混}} - Q_{\text{高}}}{Q_{\text{焦}} + Q_{\text{高}}}$$

5. 发生炉煤气

发生炉煤气是以固体燃料为原料,在煤气发生炉中制得的煤气,这个热化学过程就是煤的气化。其主要成分是 CO,含量不到三分之一;其次是 H₂,含量可达 10%;不可燃成分主要有 N₂,含量超过 50%。因此,发生炉煤气的发热量较低,一般为 5 020~6 280 kJ/m³。

各类常见气体燃料成分及低发热值见表 1.3。

表 1.3 各类常见气体燃料成分及低发热值

气体燃料 名称	(干)成分(%)							低发热值 $Q_{\text{低}}$ (kJ/m ³)
	CO	H ₂	CH ₄	C _n H _m	CO ₂	O ₂	N ₂	
天然气	—	0~2	85~97	0.1~4	0.1~2	—	0.2~4	3 350~46 000
高炉煤气	22~31	2~3	0.3~0.5	—	10~19	—	55~58	3 350~4 200
焦炉煤气	6~8	55~60	24~28	2~4	2~4	0.4~0.8	4~7	1 600~18 800
发生炉煤气	24~30	12~15	0.5~3	0.2~0.4	5~7	0.1~0.3	46~55	5 020~6 280

 任务实施

煤炭成分测定

一、主要材料、工具及设备

序号	名称	型号与规格	单位	数量	备注
1	带盖的称量瓶	自备	个	1	
2	分析天平	自备	台	1	
3	干燥箱	自备	个	1	
4	搪瓷盘	自备	个	1	
5	瓷坩埚	自备	个	1	
6	马弗炉	自备	个	1	

二、煤炭成分测定操作

1. 煤中水分的测定

取带盖的称量瓶 1 个,在分析天平上准确称出其质量(精确到小数点后第四位),用此称量瓶称取煤样 2 g 左右。将盛有煤样的称量瓶放入已经加热到 $105 \sim 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 且维持恒温的电热恒温干燥箱内,打开称量瓶盖子,烘干 1 h 后取出,放在洁净的搪瓷盘中,盖上称量瓶盖子,冷却到不烫手时放入干燥箱内,等冷却到室温时,在分析天平上准确称其质量,并作记录。而后再将此盛有煤样,且已烘干过、称量过的称量瓶放入电热恒温干燥箱内,在 $105 \sim 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 再烘干 30 min,取出。煤中水分的含量常用水分占煤样质量的百分数来表示。

注意:测定煤中水分时,烘干温度不应超过 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$,也不宜太长时间地反复干燥。

2. 煤中挥发分的测定

煤在封闭不通空气条件下加热的过程叫干馏,此时会分解释放出气体和蒸汽,残余的部分即是焦炭,称作固定碳。煤干馏时生成的气体和蒸汽叫挥发性产物,简称挥发分。对煤来说,挥发分中含有很多可燃性物质(如氢)、多种碳氢化合物(包括甲烷、脂肪族和芳香族碳氢化合物)、水汽及少量的其他气体(如 CO_2 , NH_3 等)。可燃性物质叫可燃性挥发分,可见在煤的挥发分中有很多可供提取利用的极贵重的物质。

取 1 个带盖的已知其准确质量的瓷坩埚,称取煤样 2 g 左右,盖严坩埚盖,迅速放入加热到 $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ 且维持温度恒定的马弗炉内的灼热区,立即关上炉门,让瓷坩埚放置 7 min,然后把坩埚取出放到一块干净的石板上,冷却到不烫手时,再移入干燥器中冷却到室温,进行称量。然后将瓷坩埚放入马弗炉内再进行灼烧,取出冷却,再称量,如此反复到质量不变为止。煤样在灼烧前后的质量差就是煤中挥发分的含量,且

煤中可燃性挥发分 = 煤中挥发分 - 煤中水分

测定煤中挥发分时必须严格注意和遵守:维持恒定的加热温度;严格控制加热时间,煤样放入后 4 min 内炉温变化不能大于 $\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$,否则试验结果不合乎要求,须重新进行测定;盛煤样的瓷坩埚必须密闭,或在特制坩埚(煤中挥发分测定用瓷坩埚)内进行灼烧。

3. 煤中灰分的测定

当煤在燃烧时,其成分中的矿物质部分变成灰分。灰分主要包括碳酸盐(如 CaCO_3)、硫酸盐(如 CaSO_4)、铝和铁的氧化物以及硅酸盐等杂质(如 Fe_2O_3 、砂子、泥土等)。

取 1 个已知其精确质量的瓷坩埚,称取煤样 1 g 左右,把该盛煤样的坩埚放在温度为 $(850 \pm 20)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的马弗炉门口预热,待煤粉完全燃烧后,将坩埚缓缓移入炉内灼热区,关闭炉门,在 $(850 \pm 20)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下灼热 1 h,取出,放在干净的石板上,冷却到不烫手时,移入干燥箱内,冷却到室温,称量。然后再将坩埚放入马弗炉内灼烧 30 min,取出,称量。这样一直反复进行到两次称量质量差不超过 0.000 2 g 时为止。

瓷坩埚中灰分的质量与煤样质量的比即为煤中灰分的百分含量。

为了保证煤中灰分测定的准确性,必须注意:煤样应放在不带盖的瓷坩埚中;马弗炉门应在煤样燃烧完全后才关闭;煤样燃烧时应冒烟而未起火焰,出现火焰时应立即盖上坩埚盖子。

原料准备与加热

4. 煤中固定碳的含量

煤中固定碳 = 100% - (煤中挥发分 + 煤中灰分)

或 煤中固定碳 = 100% - (煤中可燃性挥发分 + 煤中水分 + 煤中灰分)

任务总结

通过燃料及其性质的学习,认识常用燃料,掌握常用燃料的检测手段,在工作中树立谨慎务实的工作作风,成为一名合格的燃料检测员。

任务评价

煤炭成分测定						
开始 时间		结束 时间		学生签字		
				教师签字		
项目		技术要求			分值	得分
煤中水分的测定		1)方法得当 2)操作规范 3)正确使用工具与设备 4)团队合作				
煤中挥发分的测定		1)方法得当 2)操作规范 3)正确使用工具与设备 4)团队合作				
煤中灰分的测定		1)方法得当 2)操作规范 3)正确使用工具与设备 4)团队合作				
任务实施报告单		1)书写规范整齐,内容翔实具体 2)实训结果和数据记录准确、全面,并能正确分析 3)回答问题正确、完整 4)团队精神考核				

思考与练习

- (1)什么是燃料,如何分类?
- (2)什么是重油的闪点、燃点、着火点? 它们的用途是什么?

任务二 燃料的表示方法

能力目标:

- 认识燃料的组成成分;
- 掌握燃料干、湿成分的相互转换;
- 会进行燃料发热量的测试。

知识目标:

- 掌握燃料的化学组成、发热量、表示方法。



任务描述

目前冶金工业所用的燃料根据来源可以分为天然燃料和加工燃料。由于在实际的生产过程中,所使用燃料的组分是发生变化的,因此认识并能够检测燃料的组成成分及发热量就成了十分必要的工作。通过本任务的学习,要求能够认识燃料的组成并能正确测定燃料发热量。



相关资讯

一、燃料的化学组成

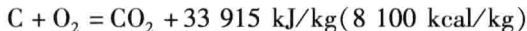
1. 固体燃料和液体燃料

自然界中的固体燃料和液体燃料都是由有机物和无机物两部分所组成。燃料的有机物是由 C、H、O 及少量的 N、S 等元素构成。燃料的无机物主要是水分和矿物质——灰分。

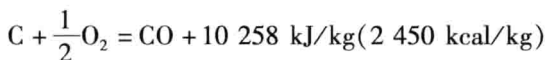
固体燃料和液体燃料的元素组成用质量百分数表示,如 C%、H%、O%、N%、S% 等。燃料中的水分和灰分分别用 W% 及 A% 表示。

(1) 碳

碳是固体燃料和液体燃料中最主要的热能来源。碳在燃烧时与空气中的氧化合生成 CO_2 ,同时放出大量的热。



燃料不完全燃烧时,碳与氧生成 CO。



(2) 氢

氢也是燃料中重要的可燃成分。氢燃烧时生成水蒸气,同时放出大量的热。



(3) 氧

氧是燃料中有害的组成部分,因为在固体燃料及液体燃料中,它与碳、氢等可燃成分结合呈化合物状态存在。所以作为燃料使用时,它不仅不参与燃烧,反而约束了一部分可燃成分。

(4) 氮

氮是惰性物质,燃烧时一般不参加反应而进入废气中。在温度高和含氮量高的情况下,将产生较多的 NO_x ,造成大气污染。

(5) 硫

硫是燃料中有害的杂质。燃料中的有机硫和黄铁矿硫在空气中燃烧都能生成 SO_2 。呈硫酸盐状态存在的硫不能燃烧,燃烧时进入灰分。

有机硫及黄铁矿硫燃烧时,虽然能够产生一定热量(10 468 kJ/kg 或 2 500 kcal/kg),但 SO_2 腐蚀金属设备,会使钢材表面烧损增加,严重影响钢的加热质量,并且污染环境、造成公害。所以冶金燃料中的硫含量一般均有限制。我国东北、华北产煤区大部分煤的含硫量不高,但南方一些地区煤的含硫量较高,有的高达2%~6%,在选用时必须加以考虑。

(6) 水分

燃料中的水分是有害的成分。它的存在降低了可燃成分的比例,在燃烧时要吸收大量热而蒸发,而且对燃料的运输和加工都不利。

煤中水分的含量波动范围很大,不同炭化程度的煤,水分含量相差也很大,有内部结晶水分和表面吸附的外部水分,前者可在高温下除去,后者在空气中风干即可。

重油含水分本不高,但在运输和储存过程中往往用蒸汽直接加温,而使重油水分含量大大增加。

(7) 灰分

灰分是煤中有害的组成部分。煤中的灰分高,相对可燃成分的比例就减少了,而燃烧时灰分本身的加热和分解还要吸收热量;灰分高的煤往往容易夹杂烧不透的可燃物,造成燃料的损失;清灰也是很繁重的劳动。所以灰分的多少是衡量燃料经济价值的重要指标。

2. 气体燃料

气体燃料由 CO 、 H_2 、 CH_4 、 C_2H_4 、 C_nH_m 、 CO_2 、 N_2 、 O_2 、 H_2S 、 H_2O 等简单的化合物或单质混合组成,其中主要的可燃成分是 CO 、 H_2 、 CH_4 、 C_2H_4 、 C_nH_m 、 H_2S 等,而 CO_2 、 N_2 、 O_2 、 H_2O 等是不可燃成分。

二、燃料的表示方法

1. 固体燃料和液体燃料

固体燃料和液体燃料的分析结果表示为各组成成分的质量百分数,但由于燃料中水分和灰分含量波动很大,往往会受季节、运输和储存条件的影响而变动。同一种煤由于取样时条件不同,甚至同一试验条件下如果采用的分析基准不同,表示的结果也不相同。冶金燃料基于不同的分析基准常用的成分表达方式有三种:应用成分、干燥成分和可燃成分。

(1) 应用成分

应用成分反映了燃料在实际应用时的组成,包括全部 C、H、O、N、S 和灰分(A)、水分(W),上述组成的总和为 100%,即