

火电厂 煤质检测技术

Huodianchang Meizhi Jiance Jishu

曹长武 编著



 中国标准出版社

编著 曹长武

火电厂煤质检测技术

中国标准出版社

内 容 提 要

本书分为三篇,第一篇为基础知识;第二篇为煤的采制样技术;第三篇为煤质检测技术。本书内容主要是针对火电厂煤检人员上岗培训及完成检测任务用,重点是对煤质的基础知识加以介绍,对采制样与煤质检测中的技术问题予以分析,提出解决问题的方法与途径,以提高煤检人员解决实际生产问题的能力 & 业务素质。

本书不仅可作为火电厂煤质检测与监督管理人员在实际工作中的一本指导性读物,也可作为在职煤检人员的培训教材及全日制院校燃料专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

火电厂煤质检测技术/曹长武编著. —北京:中国标准出版社,2002.8

ISBN 7-5066-2875-9

I. 火… II. 曹… III. 电厂燃料系统-煤质-检测 IV. TM621.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 5074 号

中国标准出版社出版

北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 22¼ 字数 526 千字

2002 年 12 月第一版 2002 年 12 月第一次印刷

*

印数 1—3 000 定价 51.00 元

网址 www.bzchs.com

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

前

言

我国火电厂年燃煤量约4亿t,占全国年煤炭产量的40%左右。煤质特性不仅是电厂进煤的计价依据,而且直接关系到锅炉的安全经济运行。

随着电力生产的发展,电厂锅炉机组日益大型化及高参数比,对煤质的要求也越来越高。在电厂中实现煤的机械化采制样及更多地采用先进检测技术已成为煤质检测的发展方向。加速培养与此要求相适应的煤质检测技术的人员已成为电厂的当务之急,因而也就需要提供适合我国国情,能反映电力系统实际情况与发展要求的培训教材。为此,特撰写本书。

本书突出其实用性,重点是对采制样及主要检测项目中的技术问题加以分析,提出解决问题的方法与途径,以提高煤质检测人员解决实际问题的能力;本书以阐述标准检测方法为主,深入浅出地讲明检测原理及其技术要点,同时将国内外最新的、具有实用性的采制样及特性检测技术介绍给读者;本书充实基础知识内容,突出重点,又注重其系统性,书中附有大量计算示例,以适应作为教材之用;为帮助读者更好地掌握重点,加深理解,积极思考,熟练计算,特在本书各章最后列有若干问答题与计算题,计算题均附有答案,供读者参考复习之用。

本书主要供火电厂煤质检验人员上岗培训及完成检测任务之用,具有很强的针对性与指导性。全书分三篇,第一篇为基础知识,包括煤质特性概述、煤质检测质量控

BCG93/05

制,共2章;第二篇为煤的采制样技术,包括煤的采样技术、煤的制样技术、煤的机械化采制样技术,共3章;第三篇为煤质检测技术,包括工业分析检测技术、元素分析检测技术、煤的发热量测定、煤的物理性能测定、灰及渣特性的测定,共5章。

本书不仅可作为火电厂煤质检测与监督管理人员在实际工作中的一本指导性读物,也可作为在职煤检人员的培训教材及全日制院校燃料专业的教学参考书。

本书内容反映了作者的经验、认识与观点,不当之处在所难免,欢迎读者提出宝贵意见,对各种技术问题均可进行交流讨论,以便本书修订再版时得以充实与提高,更好地满足读者的要求。

曹长武

2002.6

目

录

第一篇 基础知识

第一章	电煤特性概述	3
第一节	煤的分类及其基本特征	3
第二节	煤炭产品及其分级	7
第三节	煤炭组成与煤质特性指标	11
第四节	电力用煤特性与电力生产	14
第五节	电厂入厂煤质验收	18
第六节	电力生产过程中的煤质监督	22
第七节	贮存于煤场中的煤质变化	26
第八节	煤的基准及其应用	30
第九节	煤质检测的基本要求与一般规定	37
	问答题	40
	计算题	41
	计算题答案	41
第二章	煤质检测的质量控制	44
第一节	误差的类型与特点	44
第二节	消除或减小误差的方法	47
第三节	检测精密度	50
第四节	检测准确度	57

第五节	常用数理统计方法	60
第六节	数理统计的应用	67
第七节	检测数据处理方法	72
第八节	标准煤样及其应用	77
	问答题	81
	计算题	81
	计算题答案	82

第二篇 煤的采制样技术

第三章	煤的采样技术	87
第一节	采样的基本概念	87
第二节	煤的不均匀性与采样精密度	89
第三节	人工采样的技术要点	93
第四节	火车煤采样	96
第五节	汽车煤采样	99
第六节	船舶与煤堆采样	103
第七节	煤流采样	106
第八节	测定全水分煤样的采集	108
第九节	入炉煤粉、飞灰及炉渣采样	109
第十节	采样代表性检验	112
	问答题	113
	计算题	114
	计算题答案	115
第四章	煤的制样技术	117
第一节	制样的基本概念	117
第二节	制样室与制样设备	120
第三节	人工制样方法	127
第四节	测定全水分与存查煤样的制备	130
第五节	制样性能的检验	132
第六节	人工制样流程与设备的改进	136
	问答题	139
	计算题	139

计算题答案	140
第五章 煤的机械化采制样技术	142
第一节 煤的机械化采制样概述	142
第二节 对采煤样机的技术要求	146
第三节 皮带采煤样机的应用	151
第四节 火车、汽车采煤样机的应用	154
第五节 分体式采煤样机的应用	157
第六节 采煤样机性能检验条件	161
第七节 采煤样机性能检验	164
第八节 皮带采煤样机的发展方向	171
问答题	177
计算题	177
计算题答案	179

第三篇 煤质检测技术

第六章 工业分析检测技术	185
第一节 煤中水分测定	185
第二节 煤中灰分测定	189
第三节 煤中挥发分测定	196
第四节 工业分析指标的热重法测定	201
第五节 工业分析指标的在线检测	204
问答题	208
计算题	209
计算题答案	210
第七章 元素分析检测技术	213
第一节 煤中碳与氢的测定(三节炉法)	213
第二节 煤中碳与氢的测定(其他方法)	221
第三节 煤中氮的测定	225
第四节 煤中碳、氢、氮联合测定	229
第五节 煤中全硫测定(标准方法)	232
第六节 煤中全硫测定(红外吸收法)	238

问答题	243
计算题	244
计算题答案	245
第八章 煤的发热量测定	247
第一节 发热量的基本概念	247
第二节 氧弹热量计	250
第三节 量热温度计及其校正	254
第四节 冷却校正及其计算	257
第五节 热容量的标定	261
第六节 煤的发热量测定及计算	265
第七节 绝热式热量计的使用	272
第八节 自动热量计的使用	275
第九节 自动热量计的完善化	278
第十节 热量计综合性能检验	280
第十一节 电厂标准煤耗的计算	285
问答题	288
计算题	289
计算题答案	290
第九章 煤的物理性能测定	295
第一节 煤的密度及其测定	295
第二节 煤粉细度的测定	298
第三节 煤的哈氏可磨性指数的测定	301
第四节 煤的磨损指数测定	304
第五节 煤的着火点测定	309
问答题	311
计算题	311
计算题答案	312
第十章 灰及渣特性的测定	314
第一节 灰、渣可燃物测定	314
第二节 煤灰熔融性及其测定要求	316
第三节 煤灰熔融性测定仪	319
第四节 煤灰熔融性的测定	323
第五节 灰渣流动特性及其测定	326

第六节	煤灰成分测定方法概述	330
第七节	煤灰成分测定	333
第八节	灰渣特性与电力生产	340
	问答题	343
	计算题	344
	计算题答案	345

第一篇

基 础 知 识

煤质特性及其检测质量控制方面的基础知识,是煤质特性检测技术的重要组成部分,它贯穿于煤质检测的全过程中。

本书将电煤特性概述与煤质检测质量控制两章合为基础知识篇。第一章介绍了煤炭分类、煤的基准及其应用、煤质特性与电力生产等方面的专业基础知识;第二章介绍了误差的类型与特点、精密度与准确度、常用数理统计方法等,这些都是检测质量控制方面最重要、也是应用最多的基础知识。

对煤质检测人员来说,单纯能按标准或规程进行检测操作是不够的。只有熟悉并掌握煤质特性方面的基础知识,学会并对能应用检测质量控制的原理与方法,这对保证煤质检测质量,提高煤质检测水平具有十分重要的意义。

第一章

电煤特性概述

要了解电煤特性,掌握煤质特性检测技术,就必须学习煤炭的基础知识,认识电煤特性与电力生产的关系,从而为学习本书打下基础。

第一节 煤的分类及其基本特征

煤是应用最广泛的能源资源。在发电厂,煤作为燃料,是利用其燃烧特性,使得作为一次能源的煤转为二次能源的电力,因煤是生产电力的原料,故煤在电厂中占有特殊重要的地位。

一、煤的形成

煤是古代的植物在数百万年以前以至更远的年代因地壳的变动被埋在地下,因受地层压力与地热作用逐步演变而成。

古代植物在成煤过程中,发生了复杂的生物化学与物理化学作用,通常在此过程中要经历两个阶段:泥炭化作用与变质作用阶段。

古代植物由于细菌的作用而发生腐烂与分解,使其内部组织破坏,一部分物质转为气体逸出,残余的物质开始转变成泥炭,这称之为泥炭化作用,即成煤的第一阶段。

泥炭在地下受不断增高的地层压力及地壳深部的温度影响,逐渐被压紧和硬化,继续排出气体与水分,从而使综合碳比例日趋增大形成了固体有机可燃沉积岩,这一作用称为煤化作用,这是成煤的第二阶段。在此阶段中,又包括成岩与变质作用。

综上所述,煤实际上是古代植物经泥炭化与煤化作用而生成的固体有机可燃矿岩。

二、煤的分类

由于成煤的植物不同,成煤年代与成煤条件的差异,特别是它们在变质程度上的区别,导致各种煤具有不同的化学组成及其特性,因而可将煤炭进行分类。

1986年我国制定了煤炭分类的国家标准即 GB 5751—1986《中国煤炭分类》,该标准是以煤的煤化程度及工艺性能作为分类的依据。根据煤的煤化程度,将煤分为无烟煤、烟煤及褐煤。无烟煤是煤化程度最深的煤;褐煤则是最浅的煤;烟煤则介于二者之间。

表征煤的煤化程度深浅的指标为干燥无灰基挥发分 V_{daf} 。所谓挥发分,是指煤样在规定

条件下隔绝空气加热,并进行水分校正后的质量损失,参见本书第三篇第一章;所谓干燥无灰基,是以假想无水、无灰状态的煤为基准,参见本章第九节。

干燥无灰基挥发分的大小,作为煤炭分类的主要指标,无烟煤的 $V_{daf} \leq 10.0\%$,褐煤的 V_{daf} 大于 37.0,而烟煤的 V_{daf} 大都介于这二者之间。烟煤的 V_{daf} 又大体上可分为四个区段,即大于 10.0%~20.0%、大于 20.0%~28.0%、大于 28.0%~37.0% 及大于 37.0%,也就是说,虽然同属烟煤,其煤化程度还是有很大差异的。为此,又可将烟煤分为 12 个类别,中国煤炭分类简表参见表 1-1。

表 1-1 中国煤炭分类简表

类别	符号	包括 数码	分 类 指 标					
			$V_{daf}/\%$	G	Y/mm	$b/\%$	$P_M/\%$	$Q_{gr,maf}/$ (MJ/kg)
无烟煤	WY	01,02,03	≤ 10.0					
贫 煤	PM	11	$>10.0 \sim 20.0$	≤ 5				
贫瘦煤	PS	12	$>10.0 \sim 20.0$	$>5 \sim 20$				
瘦 煤	SM	13,14	$>10.0 \sim 20.0$	$>20 \sim 65$				
焦 煤	JM	24 15,25	$>20.0 \sim 28.0$ $10.0 \sim 28.0$	$>50 \sim 65$ 65	≤ 25.0	(≤ 150)		
肥 煤	FM	16,26,36	$>10.0 \sim 37.0$	(>85)	>25.0			
$\frac{1}{3}$ 焦煤	$\frac{1}{3}$ JM	35	$>28.0 \sim 37.0$	>65	≤ 25.0	(≤ 220)		
气肥煤	QF	46	>37.0	(>85)	>25.0	(>220)		
气 煤	QM	34 43,44,45	$>28.0 \sim 37.0$ >37.0	$>50 \sim 65$ >35	≤ 25.0	(≤ 220)		
$\frac{1}{2}$ 中粘煤	$\frac{1}{2}$ ZN	23,33	$>20.0 \sim 37.0$	$>30 \sim 50$				
弱粘煤	RN	22,32	$>20.0 \sim 37.0$	$>5 \sim 30$				
不粘煤	BN	21,31	$>20.0 \sim 37.0$	≤ 5				
长焰煤	CY	41,42	>37.0	≤ 35			>50	
褐 煤	HM	51 52	>37.0 >37.0				<30 $>30 \sim 50$	<24

中国煤炭分类将煤分成无烟煤、烟煤、褐煤三大类,其中无烟煤又分为 3 个单元,用相应的数码 01、02、03 来表示;烟煤又分为 24 个单元,相应数码参见表 1-1;褐煤又分为 2 个单

元,用相应的数码 51、52 来表示。按照同类煤性质基本相似,不同类煤性质有较大差异的原则将烟煤中的 24 个单元合并为 12 个类别,故中国煤的分类是三大类,14 个类别,29 个单元。表 1-1 清楚地反映了中国煤的分类全貌。

由表 1-1 可以看出:我国煤炭分类指标,最主要的为干燥无灰基挥发分 V_{daf} 及粘结指数 G ,而胶质层最大厚度 Y 、奥亚膨胀指数 b 、透光率 P_M 、恒湿无灰基高位发热量 $Q_{gr,maf}$ 则作为煤炭分类的辅助指标。

所谓粘结性,是指煤在干馏时粘结其本身或外加惰性物质的能力。它主要和干燥无灰基挥发分一起用以确定烟煤的类别。上述煤炭分类的各项辅助指标在电厂中很少涉及,故在此不予多述。

在全国范围内,无烟煤通常占 5%,褐煤占 4%,而烟煤占 90%,当然,在局部地区,无烟煤或褐煤所占比例可能较大。电煤的比例也大体如此,故烟煤构成了电力用煤的主体。

煤的挥发分影响电厂锅炉的稳定燃烧与制粉系统的安全运行。在烟煤的 12 个类别中,贫煤、贫瘦煤、瘦煤 V_{daf} 值最低,处于大于 10.0%~20.0% 区段;气肥煤、长焰煤 V_{daf} 值最高,其值大于 37.0%;其他类别的烟煤的 V_{daf} 值则介于上述二者之间。贫煤的特性最接近于无烟煤,故有时将贫煤称为半无烟煤;长焰煤的特性最接近褐煤,有时二者很难加以区分。

三、各种煤的基本特征

1. 无烟煤

它是煤化程度最高的煤,挥发分含量最低,密度最大,着火点高,无粘结性,燃烧时多不冒烟。

由于无烟煤挥发分含量低,着火温度高,锅炉易灭火,燃烧稳定性差,故不宜单独作为电煤。

2. 烟煤

煤化程度高于褐煤而低于无烟煤的煤,其特点是挥发分含量范围很宽,不同类别的烟煤粘结性差异较大,燃烧时冒烟。

烟煤中的贫煤、贫瘦煤、瘦煤、弱粘煤、不粘煤、肥煤等均适合作为电力用煤。烟煤与无烟煤统称硬煤。

3. 褐煤

是经过成岩作用,没有或很少经过变质作用所形成的低煤化程度的煤。外观多呈褐色,光泽暗淡,质地较软,含有较高的内在水分及不同程度的腐植酸。

它作为电力用煤,挥发分含量高,水分大发热量低,一般供煤矿附近的电厂燃用。

综上所述,在三种煤中,烟煤数量最多,特别中低挥发分的烟煤更适合作为电力用煤,故我们将把烟煤的特性及其检测技术作为本书的主要研究对象。

四、煤炭质量分级

表征煤炭质量的指标很多,其中灰分、含硫量、发热量都是最为重要的特性指标,它们也是电力用煤计价的特性指标。我国国家标准 GB/T 15224—1994《煤炭质量分级》对煤炭灰分、硫分及发热量的质量分级作出了具体规定,中国煤质分级参见表 1-2~表 1-4。

表 1-2 煤炭灰分分级

序号	级别名称	代号	灰分(A_d)/%
1	特低灰煤	SLA	≤ 5.00
2	低灰分煤	LA	5.01~10.00
3	低中灰煤	LMA	10.01~20.00
4	中灰分煤	MA	20.01~30.00
5	中高灰煤	MHA	30.01~40.00
6	高灰分煤	HA	40.01~50.00

表 1-2 中 A_d 为干燥基灰分,代号系用英文第一个字母表示,例如高灰分煤,高(high)、灰(ash),故用 HA 表示。

该标准适用于煤炭勘探、生产和加工利用中对煤炭按灰分分级。

电厂多用中灰分煤(MA),有时也用一些低中灰煤(LMA)及中高灰煤(MHA),其他等级的煤不适合作电力用煤。

表 1-3 煤炭硫分分级

序号	级别名称	代号	硫分($S_{t,d}$)/%
1	特低硫煤	SLS	≤ 0.50
2	低硫分煤	LS	0.51~1.00
3	低中硫煤	LMS	1.01~1.50
4	中硫分煤	MS	1.51~2.00
5	中高硫煤	MHS	2.01~3.00
6	高硫分煤	HS	> 3.00

表 1-3 中 $S_{t,d}$ 为干燥基全硫,低硫分煤(low sulfur)代号为 LS。

该标准适用范围同灰分分级标准。

根据环保的要求,电厂多用低硫分煤(LS),有时也用一些低中硫煤(LMS),硫分含量超过 1.50%者,一般不宜使用。

表 1-4 煤炭发热量分级

序号	级别名称	代号	发热量($Q_{\text{net},ar}$)/(MJ/kg)
1	低热值煤	LQ	8.50~12.50
2	中低热值煤	MLQ	12.51~17.00
3	中热值煤	MQ	17.01~21.00
4	中高热值煤	MHQ	21.01~24.00
5	高热值煤	HQ	24.01~27.00
6	特高热值煤	SHQ	> 27.00

表 1-4 中 $Q_{\text{net},ar}$ 为收到基低位发热量,发热量或称为热值,中热值煤(medium calorific value)代号为 MQ,国际上普遍用符号 Q 代表发热量或热值。

该标准适用于动力用煤及民用煤,电力用煤构成动力用煤的主体。

电厂中多用中热值煤(MQ)及中高热值煤(MHQ),也就是说,热值过低及过高的煤,一般情况下,电厂不用。

第二节 煤炭产品及其分级

煤炭经过拣矸或筛选加工后所获得的具有不同质量与用途的煤炭产品,称为煤炭品种。各种品种的煤均可作为商品出售,故煤炭品种也就是市场上销售的商品煤的品种。在这里需要指出:煤炭品种不同于煤种,前者是煤炭经过生产加工的产品;后者是由其自身属性所决定的。

一、煤炭产品品种及其含义

我国煤炭产品品种与等级的划分主要根据加工方法、煤炭品质及用途的不同划分为精煤、粒级煤、洗选煤、原煤及低质煤五大类 28 个品种。

1. 精煤

是指煤经过精选(干选或湿选)加工生产出来的,符合品质要求的产品。多为低灰分、低含硫量的优质煤。

2. 粒级煤

煤经过筛选或洗选生产的,粒度下限大于 6 mm 的产品,其中粒度介于 6~13 mm 的煤,称为粒煤,其他则称为块煤。

3. 洗选煤

经洗选加工的煤,称为洗选煤。

4. 原煤

从煤矿生产出来的,未经任何加工处理的煤,称为毛煤。而从毛煤中选出规定粒度的矸石(包括黄铁矿等杂物)后的煤,则称为原煤。

5. 低质煤

指干基灰分 $A_d > 40\%$ 的各种煤炭产品。

除了上述五大类煤炭品种外,读者还应该对下述一些产品的名称有所了解:

(1) 末煤,是指粒度小于 25 mm 或小于 13 mm 的煤。

(2) 粉煤,是指粒度小于 6 mm 的煤。

(3) 煤泥,是指粒度小于 0.5 mm 的一种洗煤产品。

(4) 矸石,在采煤过程中从顶、底板或煤层夹矸(夹在煤层中的矿物质层)混入煤中的岩石。

(5) 中煤,是指煤经过精选后得到的、品质介于精煤与矸石之间的产品。

二、电力生产对煤炭品种的选择

1. 精煤质优价高,电厂是用煤大户,使用精煤,发电成本太高,故一般情况下,不会选用。

2. 粒级煤不适合电厂使用,因为电厂锅炉普遍为煤粉炉,所有进厂煤均需通过制粉系统加工成煤粉。粒级煤因自身价格较高,又要增加制粉能耗,故也不会选用。

3. 洗选煤较洗选前质量有所提高,特别是灰分与含硫量会降低,故洗选是较高煤质的