

燃料产品质量检测 实用手册

——**燃煤**（第2版）

曹长武 编著



中国质检出版社
中国标准出版社

燃料产品

质量检测实用手册

——燃煤(第2版)

曹长武 编著

中国质检出版社
中国标准出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

燃料产品质量检测实用手册. 燃煤/曹长武编著. —2 版.
—北京:中国标准出版社, 2013. 10
ISBN 978-7-5066-7314-3

I. ①燃… II. ①曹… III. ①燃料-产品质量-质量
检验-技术手册 ②煤炭-产品质量-质量检验-技术手册
IV. ①TQ517-62 ②TQ533-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 189359 号

中国质检出版社
中国标准出版社 出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 18.75 字数 547 千字
2013 年 10 月第二版 2013 年 10 月第三次印刷

*

定价 50.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

前 言

本书第1版于2006年3月出版以来,我国煤质检测技术有了新的发展,特别是2008年前后,我国燃煤采制化的多项国家标准进行了修订,对各行各业煤质检测工作提出了新的更高要求。为使本书更好地为读者服务,满足市场需求,对原书进行修订。

在修订版中,本书总体内容变化不大,编排的基本格局不变,全书仍分两篇共五章,删去原书的附录。全书仍然以实用性为其基本特点。

修订版与第1版相比,燃煤采制样方法标准说明与应用一章增加内容较多。我国商品煤人工采制样长期以来一直执行GB 475—1996《商品煤样采取方法》及GB 474—1996《煤样的制备方法》,此两项标准于2008年进行了全面修订,并于2009年5月1日实施。鉴于我国各行各业执行GB 475《商品煤样采取方法》及GB 474《煤样的制备方法》的1996年版本长达12年以上时间,而修订后的2008年版本,由于其操作性欠佳,标准中某些规范与要求难以理解与执行,故不少单位至今实际上还是在沿用GB 475—1996《商品煤样采取方法》及GB 474—1996《煤样的制备方法》。在本书修订版中,一方面,在燃煤人工采制样方面仍保留了第1版中的相关内容;另一方面,又增加了GB 475—2008《商品煤样人工采取方法》和GB 474—2008《煤样制备方法》贯彻中的实际问题这两节,这既有利于更好地理解与贯彻上述标准,也兼顾我国当前的实际情况。

在2008年修订的各项燃煤质量检测方法国家标准中,一般变动都不是很大。本书修订版也都按照新版标准的要求对相关章节的内容作了适当的变动。

本书修订版写作时间不长,有的问题并未能够深思熟虑,故书中错误或不当之处在所难免,敬请专家及读者提出意见,以便再次修订时加以改正。

曹长武

2013年5月

前言(第1版)

能源工业是国民经济的基础。煤炭、石油、天然气都是重要的能源资源,各种燃料的质量不仅体现它们的实际应用价值,而且对各行各业的生产有着巨大的影响。因而燃料产品质量检测一直为燃料生产、销售、使用部门及质检机构所普遍关注。

按照标准方法对燃料质量进行检测,是评价与选用燃料的基本依据。我国直接从事燃料质量检测的人员估计达到十万人之多。为了加强对燃料质量检测标准的宣传贯彻,特编《燃料产品质量检测实用手册》丛书,分为燃煤、燃油与燃气三个分册,将按煤、油、气的顺序分期出版。

本手册的各分册自成体系,编排格式基本相同,以体现各分册内容与编排的和谐统一。本手册对燃料分类、产品分级、基本特性、包装储运、生产供应等方面作了较全面系统阐述。本手册中的各项检测方法主要选自国家标准,并从相关行业标准中精选部分最具实用价值的检测方法列入本手册中。

本手册主要供全国各行各业从事燃料质量检测的生产一线人员使用,同时对燃料质量检测机构相关人员及高等院校燃料专业师生也具有参考价值。

本分册为《燃料产品质量检测实用手册——燃煤》,分为二篇共五章。第一篇分两章;第二篇分为三章。

本分册全面、系统地阐述了与燃煤产品质量相关的各种问题,以实用性为基本特点。

作者长期从事电力燃料的试验研究工作,但编纂燃煤、燃油、燃气的产品质量检测手册还是第一次。由于缺少这方面的经验,本手册中的不当之处在所难免,还望各行各业燃料质检专家及广大读者提出宝贵意见,以便在再版时修改更正。

曹长武

2005.6.15

目 录

第一篇 煤炭特性与应用综述

第一章 煤炭特性综述	3
第一节 煤炭质量名词术语	3
第二节 煤炭分类及各种煤的基本特征	8
第三节 煤炭产品的质量分级	15
第四节 发电用煤及其质量要求	18
第五节 煤炭基准及其应用	28
第六节 煤粉制备及其特点	33
第七节 煤的燃烧与环境保护	40
第二章 煤炭资源、储存、运输与验收	50
第一节 我国煤炭资源分布	50
第二节 燃煤的储存与保管	53
第三节 燃煤的运输	60
第四节 燃煤的计量验收	65
第五节 燃煤的质量验收	70

第二篇 煤炭基础方法标准说明与应用

第三章 燃煤采制样方法标准说明与应用	79
第一节 燃煤采样概述	79
第二节 燃煤采样技术要点	83
第三节 燃煤人工采样及其应注意的问题	91
第四节 煤样制备概述	99
第五节 燃煤制样方法及制样设备配置	105
第六节 燃煤制样流程与设备的改进	113
第七节 燃煤机械化采样	117
第八节 燃煤机械化制样	123

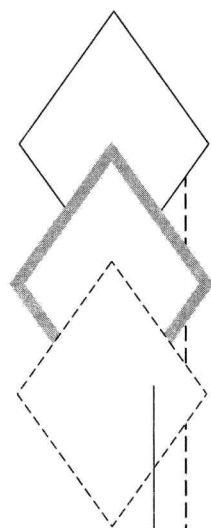
第九节 各类采煤样机的应用	128
第十节 GB 475—2008 及其贯彻中的问题	136
第十一节 GB 474—2008 及其贯彻中的问题	148
第四章 煤质特性检测方法标准说明及应用	158
第一节 煤质检测基本要求与一般规定的说明	158
第二节 煤中水分测定方法说明	167
第三节 煤中灰分与挥发分测定方法说明	173
第四节 燃煤元素分析方法说明	180
第五节 燃煤全硫测定方法说明	191
第六节 燃煤发热量测定方法说明	200
第七节 燃煤可磨性指数测定方法说明	230
第八节 煤粉细度测定方法说明	235
第九节 煤灰熔融性测定方法说明	238
第十节 煤灰成分测定方法说明	251
第五章 燃煤特性检测质量控制	259
第一节 误差及其基本特征	259
第二节 煤质检测精密度与准确度	262
第三节 煤质检测结果的数理统计检验	271
第四节 数理统计方法的其他应用	277
第五节 检测数据处理与标准煤样的应用	286

第一篇

煤炭特性与应用综述

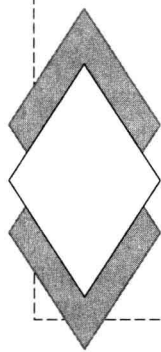
要选用并掌握煤质检测方法,就必须对煤炭特性及应用方面的要求有一个基本了解。对煤质检测人员来说,单纯地能按标准进行检测是不够的。熟悉并掌握煤质特性及应用方面的相关知识,这是做好煤炭产品质量检测的基本条件之一。

本篇包括煤炭特性综述及煤炭资源、储存、运输与验收两章。这是本手册的重要组成部分,也是学习与选用煤炭检测标准,掌握煤质检测技术的基本要求,故本篇内容也就构成本手册的基础。



第一章

煤炭特性综述



煤炭根据其特性的不同,决定有着不同的应用,其中作为燃料,是煤最为主要的应用方面,而煤作为燃料来说,最具代表性的就是电力用煤。因此,本手册中反映是煤作为燃料的特性、检测与应用诸方面的问题;另一方面,鉴于电力用煤又占燃料煤的绝大部分,故本手册在较多方面以电力用煤为代表,也兼顾各行各业对燃煤的要求,对燃煤产品质量检测的相关问题加以阐述。

第一节 煤炭质量名词术语

煤炭质量涉及众多的专业名词术语,它们都有特定的含义。

本节只是对煤作为燃料的相关名词术语加以说明,煤炭分类、产品分级等综合性、基础性名词术语,还将在本章第二、第三节中加以说明。

一、煤的采制样

1. 煤样——为确定煤的某些特性,按规定方法所采取的具有代表性的一部分试样。

2. 商品煤质量——一般以干基高位发热量(干基灰分)及干基全硫表征商品煤的质量。根据需要,也可增加挥发分、可磨性、灰熔融性等特性指标来评价商品煤质量。

3. 商品煤样——代表商品煤平均性质的煤样。

4. 采样——按规定方法采取有代表性煤样的过程。

5. 批——需要进行总体煤质特性测定的独立煤量。

6. 采样单元——从一批煤中采取一个或几个总样,其单位是个。一批煤可由一个或几个采样单元所组成。

7. 采样单元煤量——一个采样单元的煤量,其单位是吨。

8. 子样——采样器具操作一次或截取一次煤流全断面所采集的一份煤样。

9. 初级子样——在采样第一阶段,于任何破碎和缩分之前采取的子样。

10. 分样——代表总样的一部分试样或者是由均匀分布于整个采样单元的若干初级子样所组成的煤样。

为了某种需要,将总样充分混合均匀后,分成2份或3份。这每一份样品也称分样。总之,分样应保持与总样一致的性质。

11. 试验煤样——为满足某一特殊试验要求而制备的煤样,如测定哈氏可磨性指数、磨损指数的煤样。

12. 水分煤样——为测定煤的全水分而专门采取的煤样。

13. 一般分析试验煤样——粒度小于0.2mm并达到空气干燥状态,用于大多数物理与化学特性测定的煤样。

14. 连续采样——从每一个采样单元采取一个总样。采样时,子样点以均匀的间隔分布。

15. 间断采样——仅从某几个采样单元采取煤样。

16. 随机采样——在采取子样时,对采样的部位与时间均不施加任何人为的意志,能使任何部分的煤都有机会采出。

17. 系统采样——按相同的时间、空间或质量间隔采取子样,但第一个子样在第一个间隔内随机采取,其余的子样按选定的间隔采取。

18. 多份采样——按一定的间隔采取子样,并将它们交替放入不同容器中,构成2个或2个以上质量相近的煤样。

19. 双份采样——按一定的间隔采取子样,并将它们交替放入2个不同容器中,构成2个质量相近的煤样。双份煤样是多份煤样的一种特定形式。

20. 质量基采样——从煤流中按一定的质量间隔采集子样,这有助于提高采样精密度。

21. 时间基采样——从煤流中按一定的时间间隔采集子样,子样的质量与采样时煤的流量成正比。

22. 试验室煤样——由总样或分样按标准要求缩制后送往试验室供进一步制备的煤样。

23. 标准煤样——这种煤样具有下述特征:由公认的权威机构鉴定,国家质检总局批准发行(附有编号及证书);应具有良好的使用特性;具有一定的产量与贮量;名义值定值准确可靠的煤样。

我国生产的标准煤样有一级与二级标准煤样,分别以 GBW ××× 及 GBW(E)××× 表示。

24. 人工采样——由手工采用符合规定要求采取煤样的过程。所谓规定要求,即符合标准所规定的子样数、每个子样的量、子样点的定位及采样器具。

25. 机械采样——用符合采样要求的自动机械装置采取煤样的过程。机械采样装置可采用螺旋式、振插式、抓斗式或其他能取到有代表性煤样的装置。

26. 采样精密度——指采样所允许达到的偏差程度。其值越小,采样精密度越高。

27. 采样代表性——采样精密度符合标准规定要求,所采样品又不存在系统误差(通常以干基灰分表示),则说明所采样品具有代表性。

28. 煤样制备——通过对煤样的破碎、筛分、掺合、缩分,使煤样达到试验所要求状态的过程。

29. 人工制样——由手工配合使用制样机械或工具按规定要求制备煤样的过程。所谓规定要求,即符合标准所规定的制样流程,特别是要遵循煤样最大粒度与最少保留量之间的关系,完成煤样的制备。

30. 机械采制煤样机——用于现场采集与制备煤样的专用设备。通常它包括采样器、给煤机、碎煤机、缩分器(多级采样器)等部分。它一般简称为采煤样机。

31. 煤的最大粒度——指煤在筛分试验中,筛上物产率最接近 5%¹⁾ 的那个筛子的孔径,将小于该筛孔尺寸定为煤的最大粒度。例如煤的最大粒度小于 25mm,小于 50mm 等。不能误将煤中最大一块煤的直径视为煤的最大粒度。

32. 煤样筛分——用选定孔径的筛子从煤样中分选出不同粒级煤的过程。

33. 煤样破碎——在制样过程中,用机械或人工方法减小煤样粒度的过程。

34. 煤样掺合——按规定方法,把煤样混合均匀的过程。

35. 煤样缩分——按规定方法,把煤样分成具有代表性的几部分,将其中一份或多份留下来,故它是一种减少煤样数量的过程。

36. 制样精密度——用以分析煤质特性的少量分析试样是由相对大量的原始煤样缩制而成。如分析试样与原始煤样平均质量越接近,则表示制样精密度越高;反之,则制样精密度越低。

实际上,经过制样操作,所制取的分析试样不可能与原始煤样的平均质量完全一致,也就是说,偏差是不可避免的,然而这种偏差不允许超过一定的限度。煤样缩制偏差程度,也就称为制样精密度。

二、煤与灰渣特性

1. 外在水分——在一定条件下,煤样与周围空气湿度达到平衡时所失去的水分。

2. 内在水分——在一定条件下,煤样达到空气干燥状态时所保持的水分。

1) 本书凡含“%”者,若无特殊说明,均指质量分数,下同。

3. 全水分——煤的外在与内在水分之总和。

4. 最高内在水分——煤样在 30℃,相对湿度在 96%的条件下,达到平衡时所测得的内在水分。

5. 一般分析煤样水分——在一定条件下,一般分析煤样在实验室中,与周围空气湿度达到平衡时的水分,通常它又称为空气干燥基水分或分析水分。

6. 化合水——与矿物质结合的,除去全水分后仍保留下来的水分,也称结晶水,如石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、黏土($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)中的结晶水,它们一般在 200℃以上才可析出。例如高岭土($2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)则要在 560℃时,才能失去结晶水。

7. 游离水——煤的内部毛细管吸附或表面附着的水。煤中全水分,实际上是指的游离水。通常在 105℃~110℃下干燥 1h~2h 后,游离水就可测得。

8. 矿物质——煤中的无机物质,它包含化合物,但不包含游离水。

9. 灰分——煤样在规定条件下,完全燃烧后所得残留物。

10. 外来灰分——由煤炭生产过程中,混入煤中矿物质所形成的灰分。

11. 内在灰分——由原始成煤植物中及成煤过程中进入煤层矿物质所形成的灰分。

12. 挥发分——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。

挥发分的检测是一项规范性很强的试验方法,其检测结果完全取决于所规定的试验条件,其中以加热温度及加热时间的控制最为重要。

13. 固定碳——是煤去除了灰分、水分及挥发分后的残留物,故它可以用 100 减去水分、灰分、挥发分而求得,其结果以百分率表示。

14. 燃料比——煤的固定碳与挥发分之比。

15. 碳酸盐二氧化碳——煤中以碳酸盐形态存在的二氧化碳。高挥发分烟煤及褐煤中,二氧化碳含量较高。

16. 焦渣特性——煤样在测定挥发分后的残留物的黏结、结渣性状,焦渣特性分为 8 类:粉状、黏结、弱黏结、不熔融性黏结、不膨胀熔融黏结、微膨胀熔融黏结、膨胀熔融黏结、强膨胀熔融黏结。

17. 有机硫——与煤中有机物结合的硫。

18. 无机硫——煤中矿物质内的硫化物硫、硫铁矿硫、硫酸盐硫与元素硫的总称。

19. 元素硫——煤中以游离状态赋存的硫。

20. 全硫——煤中有机硫与无机硫的总和。

21. 硫铁矿硫——煤的矿物质中,以黄铁矿或白铁矿形态存在的硫。

22. 硫酸盐硫——煤的矿物质中,以硫酸盐形态存在的硫。

23. 煤中可燃硫——煤中有机硫、硫化物硫及元素硫的总和。它们燃烧后会转为二氧化硫。

24. 煤中不可燃硫——煤中原来存在的硫酸盐硫及燃烧后新生成的硫酸盐硫。

25. 煤的工业分析——是指煤中水分、灰分、挥发分、固定碳 4 个项目分析的总称。

26. 煤的元素分析——是指煤中碳、氢、氧、氮、硫 5 个项目分析的总称。

27. 煤中不可燃组分——水分及灰分。

28. 煤中可燃组分——挥发分与固定碳或者为碳、氢、氧、氮、硫 5 种元素。

碳、氢是煤燃烧产生热量的主要来源。

29. 发热量——单位质量的煤置于热量计氧弹中完全燃烧产生的热量。用 J/g 或 MJ/kg 表示。

30. 全氢——存在于煤的有机质、矿物质和水分中氢的总和。

31. 有机氢——存在煤的有机质中的氢。

32. 矿物质中氢——存在煤的矿物质中的氢。

33. 煤中有机质——指煤中以有机状态化合的碳、氢、氧、氮、硫等物质。

34. 总氧量——存在煤的有机质、矿物质及水中氧的总和。

35. 总有机碳——固定碳中的碳和挥发分中碳的总和。

36. 腐植酸——煤中能溶于稀苛性碱和焦磷酸钠溶液的一组高分子量的多元有机、无机化合物的混合物。

37. 游离腐植酸——酸性基保持游离状态的腐植酸,可溶于稀苛性碱溶液。在实际测定中,包括与钾、钠结合的腐植酸,以符号 HA_f 表示。

38. 结合腐植酸——酸性基与金属离子结合的腐植酸。在实际测定中,不包括与钾、钠结合的腐植酸,以符号 HAc 表示。

39. 弹筒发热量——指在试验室中用热量计实测的发热量,用 Q_b 表示。在此条件下,煤燃烧后生成二氧化碳;氢燃烧后生成水汽,冷却后又凝结成水;而煤中硫在高压氧气中燃烧生成三氧化硫,少量氮转为氮氧化物,它们溶于水分别形成硫酸及硝酸。由于上述反应均为放热反应,因而弹筒发热量要高于煤在实际燃烧时的发热量。

40. 高位发热量——指由弹筒发热量减去硫酸与二氧化硫生成热之差以及硝酸的生成热,用 Q_{gr} 表示。这是因为煤在空气中完全燃烧时,硫仅生成二氧化硫,氮变成游离氮,而没有硫酸与硝酸生成。

评价煤的质量时,多采用干基高位发热量。

41. 低位发热量——单位质量的煤在锅炉中完全燃烧时产生的热量,以符号 Q_{net} 表示。由于煤在锅炉中燃烧,煤中原有的水分及氢燃烧后生成的水分呈蒸汽状态从烟囱随烟气排出。而在氧弹中,水蒸气则凝结成水,故将高位发热量减去水的汽化潜热,就得到低位发热量。

高位发热量,又称为毛热量;低位发热量,又称为净热量。

42. 可磨性——在规定条件下,煤磨制成粉的难易程度。

43. 哈德格罗夫可磨性指数——在规定条件下,用哈氏可磨性测定仪测得的可磨性指数,用符号 HGI 来表示。

44. 磨损性——煤磨碎时对金属件的磨损能力。磨损指数,用符号 AI 来表示。

45. 抗碎强度——一定粒度的煤样自由落下后抗破碎的能力。

46. 黏结指数——在规定条件下,以烟煤在加热后黏结专用无烟煤的能力。

47. 着火温度——煤释放出足够的挥发分与周围大气形成可燃混合物的最低燃烧温度。

着火温度,也称着火点。当采用不同试验方法及控制不同试验条件时,着火温度的测值也就不同,故着火温度是一项实验值。

48. 堆密度——在规定条件下,单位容积散状煤的质量。堆密度也称散密度。

49. 真相对密度——在 20°C 时煤(不包括煤的孔隙)的质量与同体积水的质量之比,以符号 TRD 表示。

50. 视相对密度——在 20°C 时煤(包括煤的孔隙)的质量与同体积水的质量之比,以符号 ARD 表示。

51. 孔隙率——煤的毛细孔体积占煤的视体积(包括煤的孔隙)的百分率。

52. 煤粉——火电厂常用的是指由磨煤机磨制并经粗粉分离的煤粉,其粒度一般小于 $1000\mu\text{m}$,以 $20\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 的颗粒为主。

53. 入炉煤粉——进入锅炉燃烧符合细度要求的煤粉。

54. 水煤浆——由煤、水及少量添加剂,经过物理加工过程制成的具有一定细度、能流动的稳定浆体,水煤浆可用于工业锅炉、电厂锅炉和工业窑炉作燃料。

55. 灰熔融性——在规定条件下,得到的随加热温度而变化的煤灰变形、软化、呈半球及流动特征物理状态。

56. 变形温度——在灰熔融性测定中,灰锥试样尖端或棱开始变圆或弯曲时的温度,以符号 DT 表示。

57. 软化温度——在灰熔融性测定中,灰锥试样弯曲至锥尖触及托板或灰锥试样变成球形时的温度,以符号 ST 表示。

58. 半球温度——在灰熔融性测定中,灰锥试样形状变成近似半圆形,即高约等于底长一半时的温度,以符号 HT 表示。

59. 流动温度——在灰熔融性测定中,灰锥试样熔化展开成高度小于 1.5mm 薄层时的温度,以符号 FT 表示。

60. 煤灰成分——煤灰的元素组成,通常用氧化物的质量分数表示。煤灰的常见组成为 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 TiO_2 、 K_2O 、 Na_2O 、 SO_3 、 P_2O_5 等。

61. 煤灰的酸性组分——指灰中 SiO_2 、 Al_2O_3 及 TiO_2 的总和。

62. 煤灰的碱性组分——指灰中 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 K_2O 、 Na_2O 的总和。

63. 碱酸度——指灰中碱性组分与酸性组分的比值。

64. 灰黏度——煤在熔融状态下,对流动阻力的量度。

三、煤的燃烧

1. 燃煤锅炉——以燃烧煤炭作为热源的锅炉。

2. 煤粉锅炉——以燃烧煤粉作为热源的锅炉,通常为大型锅炉,现代大中型电厂多用煤粉锅炉。

3. 粉煤燃烧——为提高燃烧效率,将煤磨制成粉燃烧的一种燃烧方式。

4. 煤粉制备——采用一定的设备和工艺,将煤炭制备成煤粉的过程。

5. 燃煤制粉系统——将煤制成煤粉的设备(各种类型的磨煤机)及其管道组成的系统。

6. 直吹式燃煤制粉系统——通过气力输送直接将煤粉送入炉膛燃烧的一种制粉系统。

7. 贮仓式燃煤制粉系统——采用旋风分离器进行气粉分离,将煤粉储存于煤粉仓中,通过给粉机送入锅炉的一种制粉系统。

8. 煤粉细度——称取一定量的煤粉,置于规定孔径的标准试验筛中,通过机械筛分,根据筛余量的多少来计算煤粉细度。

试验用筛孔径分别为 $200\mu\text{m}$ 及 $90\mu\text{m}$ 。

9. 煤粉经济细度——煤粉越细,在锅炉中燃尽度越高;另一方面,煤粉越细,制粉系统能耗越高。综合上述因素,入炉煤粉有一个合理细度,此时磨煤机能耗及灰渣未完全燃烧热损失均处于较低水平,这一细度,称为煤粉经济细度。

10. 结渣与积灰——发生在燃煤锅炉受热面的附着物,大致可分为生成在炉内水冷壁、过热器等高温部位和生成在省煤器、空气预热器等低温部位两类。

在高温部位产生并堆积起来的叫结渣,它是灰受炉膛内高温辐射热形成的;低温部位生成的叫积灰。

11. 结渣指数——灰中碱酸度与干基全硫的乘积。它反映锅炉的结渣(俗称结焦)倾向,用符号 R_s 表示。

结渣倾向按 R_s 分为 0.6、2.0、2.6 划分界线,划分为结渣程度低、中、高、严重 4 个等级。

12. 积灰指数——也称沾污指数,指灰中碱酸比与氧化钠含量的乘积,积灰指数 R_f 以 0.2、0.5、1.0 为分界线,划为积灰(沾污)程度低、中、高、严重 4 个等级。

13. 煤中含矸率——煤中粒度大于 50mm 矸石的质量分数,此定义见 GB/T 3715—2007。

作者对定义提出疑义,如煤中粒度小于 50mm 的矸石就不计在含矸率之内。实际上,人为地将大块矸石破碎后掺入商品煤中,给锅炉的安全经济运行带来严重危害。标准中对含矸率的定义不能反映煤中全部矸石的存在与分布情况。

14. 煤的燃烧——煤与氧反应产生光和热的现象。一般是利用其燃烧产生的热能。

煤燃烧能产生热量的为碳、氢、硫三元素。碳、氢是产生热量的主要来源,硫燃烧产生的热量很少。它们各自的燃烧产物为二氧化碳、水(气态)及二氧化硫,并伴有少量三氧化硫。

15. 理论空气量——煤的燃烧,必须提供所需的氧量(空气量)。空气量不足,燃烧就不能完全,燃

烧效率降低。

按反应式计算出必需的空气量,称为理论空气量。

16. 过剩空气系数——利用现有的燃烧装置及掌握的燃烧技术,用理论空气量使煤完全燃烧是不可能的。如果不供给超过理论空气量一定量的空气,煤就不能燃烧完全,故理论空气量 A_0 总是小于实际空气量 A , $A = mA_0$, m 则称为过剩空气系数。电厂锅炉的煤粉燃烧,过剩空气系数 m 一般为 1.15~1.25。

17. 锅炉热平衡——一般指锅炉设备的输入热量与输出热量及各项热损失间的平衡。

18. 锅炉热效率——锅炉输出热量占输入热量的百分率,称为锅炉热效率,简称锅炉效率。

19. 锅炉热损失——包括排烟热损失,可燃气体未完全燃烧热损失、灰渣未完全燃烧热损失、锅炉散热损失、灰渣物理热损失诸项。

20. 标准煤——各电厂燃煤发热量不同,在生产上为了采用一个统一的标准作为计算煤耗的依据,把收到基低位发热量 $Q_{\text{net},\text{ar}}$ 为 29271 J/g 的煤定为标准煤,也就是说, $Q_{\text{net},\text{ar}}$ 为 14136 J/g 的煤 2t,仅相当于标准煤 1 t。

21. 电厂标准煤耗——指电厂发 1 kW·h 的电所消耗的标准煤量,以 g/(kW·h)表示。

22. 发电煤耗与供电煤耗——电厂所发的电,其中有少部分用于自身的消耗(即厂用电),故煤耗有发电煤耗与供电煤耗之分。

扣除厂用电后的煤耗,则称为供电煤耗,它应高于发电煤耗。

23. 正平衡计算标准煤耗——根据燃煤计量煤量、机械采煤样装置所采制煤样测得的收到基低位发热量及电量表计量的电量这三项参数直接计算出的标准煤耗。

24. 煤燃烧后的有害产物——主要是硫氧化物(以二氧化硫为主)、氮氧化物及烟尘。

25. 煤的燃烧与大气污染——不同种煤燃烧对大气污染依下列顺序增大:无烟煤、褐煤、低挥发分烟煤、高挥发分烟煤。

26. 烟气脱硫——是指把烟气中二氧化硫及少量三氧化硫转为液体或固体化合物,令其从排出的烟气中分离出去。

电厂烟气中二氧化硫浓度低,而烟气量又很大(燃用含硫量 1% 的煤,烟气中二氧化硫约为 0.05%),故电厂进行烟气脱硫,不仅具有相当高的技术难度,而且投资及运行费用也很高,这也是电厂对烟气脱硫的一个制约因素。

27. 烟气除尘——当今电厂锅炉普遍采用煤粉悬浮燃烧方式。煤粉燃烧后所形成的粉煤灰随烟气进入锅炉尾部,通过各类除尘器将其中大部分烟尘收集下来。

中小型锅炉多采用离心式分离及洗涤集尘装置,对电厂锅炉,多采用电除尘器。

第二节 煤炭分类及各种煤的基本特征

我国的煤产量占世界首位,各地生产的煤质各不相同。为了合理利用煤炭资源,就必须制定一个较为科学,又符合我国煤炭资源特点的煤炭分类方法。现在执行的煤炭分类方法标准是 2009 年修订的。

一、煤的成因

煤是古代植物的遗骸。这些植物遗骸是从最低级的菌藻类植物直到高等植物等各类植物死亡后形成的。由于地壳的变动,这些植物被埋在地下,受地层压力与地热作用逐步演变成煤。

由植物演变成煤,经历了亿万年,发生了一系列变化。一般说来,这种变化可分为两个阶段:泥炭化作用阶段及煤化作用阶段。

古代植物由于细菌的作用而发生腐烂与分解,其内部组织遭到破坏,一部分物质转为气体逸出,残

余的物质开始变成通常所说的泥炭。植物在沼泽中经生物化学与物理化学变化,形成泥炭的过程,称为泥炭化作用。

泥炭在地下受不断增高的压力及地壳深处温度的影响,慢慢被压紧和硬化,继续排出挥发性气体与水分,使得含碳成分比例逐渐增高,这种作用包括成岩与变质作用,统称为煤化作用。

由此可知,煤实际上是古代植物经泥炭化作用与煤化作用生成的固体有机矿岩。

在整个地质年代中,较集中的聚煤期是:

① 古生代的石炭纪及二迭纪,距今(309~223)百万年,成煤植物主要是孢子及裸子植物,形成无烟煤及烟煤;

② 中生代的侏罗纪及白垩纪,距今(157~125)百万年,成煤植物主要是裸子及被子植物,形成烟煤及褐煤;

③ 新生代的第三纪,成煤植物主要是被子植物,形成烟煤及褐煤。

各地质年代植物生长与成煤情况参见表 1-1。

表 1-1 各地质年代植物生长与成煤情况

代	纪	距今年代 /百万年	植 物 演 进	植物种类	煤种	煤 矿
始生代		2003	无化石发现	无生物		
原生代		1453	海藻等演化		石 煤	南方几个省
古生代	寒武纪	553	石灰藻及其他藻类繁殖,无陆生植物	藻类植物		
	奥陶纪	448	石灰藻遍地,陆生植物仍少见			
	志留纪	381	陆生植物出现,但不如藻类盛		无烟煤	云南禄劝、广东台山和秦岭西段等
	泥盆纪	354	陆生植物渐盛,有裸蕨类、石松类	孢子植物		
	石炭纪	309	气候温湿、裸蕨类、石松类、木贼类等,孢子植物繁盛,形体庞大,森林茂密		无烟煤和烟煤	本溪、淮南、开滦、山西、太行山一带等
	二迭纪	223	松、柏、银杏等裸子植物繁盛,蕨类植物衰落			
中生代	三迭纪	185	松、柏、银杏、苏铁等遍及全球,蕨类植物中石松消灭,羊齿、木贼等仍有	裸子植物	烟煤	新疆、内蒙等地
	侏罗纪	157	裸子植物全盛、苏铁更盛			
	白垩纪	125	被子植物勃兴,有花植物传播,如白杨、枫等		烟煤、褐煤	阜新、大同、萍乡、北票等
新生代	第三纪		现代五谷果类甚盛(主要为双子叶和单子叶植物)	被子植物	烟煤、褐煤	云南、广西、广东、辽宁、台湾等
	第四纪				褐煤、泥炭	
	现代				泥炭	

二、煤的分类

由于成煤的原始植物及煤化程度的不同,其化学组成与其特性也有差异。为此,可将煤分成若干类(表 1-2~表 1-5)。

我国煤炭分类标准,是依其煤化程度,先将煤分为无烟煤 3 大类,共 14 个类别,29 个单元,再把这 3 大类煤按照分类指标所处的区间分为若干小类。其中烟煤按干燥无灰基挥发分 $V_{daf} > 10\% \sim 20\%$ 、 $> 20\% \sim 28\%$ 、 $> 28\% \sim 37\%$ 以及 $> 37\%$ 的 4 个区段分为低、中、中高、高挥发分烟煤。

表 1-2 中国煤炭分类简表

类 别	符号	包括数码	分 类 指 标					
			$V_{daf}/\%$	$G_R \cdot 1$	y/mm	b/%	$P_M/\%$	$Q_{gr,net}/(MJ/kg)$
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	$> 20.0 \sim 28.0$	$> 50 \sim 65$	≤ 25.0	(≤ 150)		
		15,25	$> 10.0 \sim 28.0$	$> 65^{1)}$				
肥 煤	FM	16,26,36	$> 10.0 \sim 37.0$	$(> 85)^{1)}$	> 25.0			
1/3 焦煤	1/3JM	35	$> 28.0 \sim 37.0$	$> 65^{1)}$	≤ 25.0	(≤ 220)		
气肥煤	QF	46	> 37.0	$(> 85)^{1)}$	> 25.0	(> 220)		
气 煤	QM	34	$> 28.0 \sim 37.0$	$> 50 \sim 65$	≤ 25.0	(≤ 220)		
		43,44,45	> 37.0	> 35				
1/2 中黏煤	1/2ZN	23,33	$> 20.0 \sim 37.0$	$> 30 \sim 50$				
弱黏煤	RN	22,32	$> 20.0 \sim 37.0$	$> 5 \sim 30$				
不黏煤	BN	21,31	$> 20.0 \sim 37.0$	≤ 5				
长焰煤	CY	41,42	> 37.0	≤ 35			> 50	
褐 煤	HM	51	> 37.0				≤ 30	≤ 24
		52	> 37.0				$> 30 \sim 50$	

1) 参阅 GB 5751—2009。

表 1-3 无烟煤的分类

类 别	符 号	数 码	分 类 指 标	
			$V_{daf}/\%$	$H_{daf}/\%$
无烟煤一号	WY ₁	01	≤ 3.5	≤ 2.0
无烟煤二号	WY ₂	02	$> 3.5 \sim 6.5$	$> 2.0 \sim 3.0$
无烟煤三号	WY ₃	03	$> 6.5 \sim 10.0$	> 3.0