

动力燃料分析

尹世安

水利电力出版社

动力燃料分析

尹世安

水利电力出版社

内 容 提 要

本书阐述了煤、石油、天然气等燃料的组成和性质、样品采制和分析的原理及方法等。结合火力发电厂的实际应用，书中对动力用煤的机械采制样方法、工业分析、元素分析、灰渣特性分析、热值测定、可磨性测定等则作了较为详细的讲解。

本书可供动力、冶金、煤炭、化工、铁路等工业中从事动力燃料分析的技术人员使用，也可以作为大专院校有关专业的教学参考书。

动 力 燃 料 分 析

尹 世 安

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 9.25印张 244千字

1984年9月第一版 1984年9月北京第一次印刷

印数 0001—8620册 定价 1.20元

书号 15143·5446

前 言

燃料是一次能源。当前世界上主要的一次能源仍然是有机矿物燃料，即煤、石油和天然气。有机矿物燃料在地球上的储量虽多，但随着现代化工业的迅速发展和人类生活需要的不断增长，燃料的消耗量愈来愈大；加之燃料使用后不能再生，故这种天然能源最终总会趋于枯竭。目前在世界范围内已开始受到燃料短缺、能源危机的威胁。我国虽然拥有丰富的有机矿物燃料资源，但从长远着眼，如何节约燃料和降低能耗，已经是关系四化建设能否顺利进行的大事。为了合理利用能源，应掌握有关燃料的组成和特性，以便提出有效的节能措施和提出衡量节能效果的科学依据。本书对各类有机矿物燃料的基本组成和特性及其分析方法作了详细的阐述，着重介绍了这方面的基本理论和基础知识。书中所选用的分析方法绝大部分是国家标准局公布的国家标准分析方法，其内容比分析化验规程详细，故本书可作为规程使用时的参考用书。

本书在编写过程中曾得到水利电力部西安热工研究所方文沐高级工程师、山东电力科学试验研究所曹长武工程师、四川电力试验研究所李智愚工程师以及武汉水利电力学院电厂化学教研室施燮均副教授的热情帮助，他们审阅了书稿，提出了许多宝贵意见，并为本书提供了一些素材，在此谨致以谢意。

编 者

一九八三年七月于武昌珞珈山

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 燃料在火力发电厂中的应用	1
第二节 有机燃料的组成和特性	3
第三节 燃料的基准	6
第四节 火电厂动力燃料的种类	12
第二章 燃料试样的采制	20
第一节 概述	20
第二节 固体燃料样本的采制	25
第三节 液体燃料样本的采制	50
第四节 气体燃料样本的采制	55
第三章 燃料组成的分析	61
第一节 燃料的工业分析	61
第二节 燃料的元素分析	84
第三节 煤中碳酸盐二氧化碳的测定	112
第四节 气体燃料成分的分析	115
第四章 燃料性质的测定	151
第一节 固体燃料性质的测定	151
第二节 高温下燃料灰渣性质的测定	161
第三节 液体燃料性质的测定	179
第四节 气体燃料性质的测定	201
第五章 燃料热值的测定	210
第一节 热值的定义	210
第二节 测定热值的基本原理	219
第三节 冷却校正	221
第四节 热值测定中的温度测量	231
第五节 测热设备——量热计	240
第六节 热容量的标定	252
第七节 固体、液体燃料热值的测定	262
第八节 气体燃料热值的测定	269
第九节 计算煤热值的经验公式	277

第一章 绪 论

第一节 燃料在火力发电厂中的应用

火电厂的电生产是从燃烧有机燃料开始的。燃料在炉膛内燃烧，其化学能转化为热能，锅炉循环水吸收热能后形成蒸汽，蒸汽推动汽轮机转动，将热能转化为机械能，汽轮机带动发电机转动，将机械能转化为电能。因此，火电厂实质上是一个转化能量的工厂，有机燃料是它的能源。有机燃料的种类甚多，大致可分为下列三种：

（1）固体燃料 木柴、煤、木炭、焦炭及有机页岩等。

（2）液体燃料 石油及其炼制产品，如汽油、柴油、重油等。

（3）气体燃料 天然气、石油气、焦炉气、高炉气等。

这些燃料多数可作为火电厂的能源。根据我国的能源政策和资源条件及能源开发情况，目前绝大多数火电厂以烧煤为主。虽然烧油和烧气比烧煤有更大的优越性（如输送方便，燃料的供给系统简单，不用磨煤制粉等设备；油和气的热值高，灰分少，易着火燃烧和调节控制；油和气的燃烧热损失少，热效率高，燃烧产物对环境的污染较少等），我国石油的开采量日益增加，可为火电厂提供更多的液体燃料，但是为了充分利用我国丰富的煤炭资源，合理地利用石油资源，在今后相当长的时期内，煤仍然是火电厂的主要燃料。燃气电厂多建设在气体燃料的产区，我国四川省有些火电厂就是以天然气为燃料的。但是天然气也是一种宝贵的化工原料，对火电厂来说应尽量不烧天然气或少烧天然气。有条件的火电厂，如在冶金企业附近的火电厂，还可以利用高炉的副产品——高炉气；在油田附近的火电厂，则可利用油田气作为补充燃料。

在将燃料的热能转化为电能的过程中，由于各种因素的影响，能量是有所损失的，通常用“煤耗”这一指标来说明对燃料中热能的利用情况。所谓“煤耗”就是每发1度电所消耗标准煤的公斤数（标准煤是把7000千卡/公斤低位热值作为一个计算单位的假定燃料）。我国的供电煤耗约为0.35~0.55公斤/度，能量利用系数^①是很低的，仅约26%。火电厂的燃料消耗量是相当大的，而能量的损失也是很可观的。一个容量为20万千瓦的火电厂，每昼夜就要烧掉2000吨左右的标准煤，而有效利用的仅占500吨左右，其余1500吨则由于各种原因而损失了。在火电厂的经济核算中，燃料消耗占极大的比例，约占发电成本的70%。为此，如果不能很好地了解燃料的质量和特性，就无法进行合理的燃烧，也就不能降低煤耗和提高能量利用系数。每一台锅炉的结构、受热面布置及辅机的定型都要求在适应燃料的质量和特性的基础上进行设计；现场锅炉的运行工况也要求根据来厂燃料的种类和特性的变化而加以调整。因此，及时了解来厂燃料的组成和特性，是提高燃烧效率，保证安全生产的不可缺少的一环，而燃料分析就是为锅炉的安全经济燃烧、锅炉热效率和煤耗计算提供科学依据的。

燃料的种类繁多，用途极广，动力、冶金、交通、化工等各工业部门都需要用燃料。燃料是工业的食粮，没有燃料就没有现代工业。在资本主义国家中，由于滥用资源而造成燃料短缺、能源危机。我们社会主义国家，应按照国家能源政策，合理地充分利用国家资源，节约燃料。由于火电厂的生产仅需取得燃料中的热能，对燃料的某些质量要求较低，因此，应将优质燃料用于对燃料质量有一定要求的其它工业如冶金、交通、国防、化工工业等。火电厂应尽量燃用电厂附近的当地燃料和劣质燃料，例如

① 能量利用系数 η 是按下列公式计算的：

$$\eta = \frac{860}{b \times 7000}$$

式中 860——热功当量，1千瓦小时(度)=860千卡；

b ——供电煤耗，公斤(标准煤)/度。

固体燃料中的劣质煤、洗煤、煤矸石；液体燃料中的渣油、重油；气体燃料中的高炉气等。劣质燃料的品质差，燃烧有一定的困难，但是在充分了解了燃料的组成和特性之后，采取一定的技术措施和组织措施，困难是可以克服的。解放后，我国电力工业在研究燃用高水分（含水量达40%以上）、高灰分（含灰量达40~50%）、低热值（仅2000~3000千卡/公斤）、低挥发分（小于10%）的劣质煤的技术问题上作了许多努力，并取得了许多宝贵经验。但是，在开发和利用劣质煤这一资源的同时，也要结合具体条件，考虑技术上的可靠性和经济上应有所收益。此外，因烧劣质煤而带来的大量灰渣、烟尘、有害气体等所造成的环境污染问题，也应同时解决。

为了在本世纪内把我国建设成伟大的社会主义现代化强国，实现四个现代化，我们必须重视和加强在电力工业中燃料利用的研究工作，为降低煤耗、节约燃料而努力。

第二节 有机燃料的组成和特性

天然有机燃料如煤和石油，都是古代动植物的残骸被埋藏在地层深处经过亿万年变质而形成的有机矿岩，其种类繁多。天然有机燃料的化学组成是极为复杂的高分子物质，至今对其化学组成和结构没有作出确切的结论，对其性能也还没有充分了解。根据不同的使用目的，用不同的方法去研究和了解燃料的组成和特性，可获得有关如何利用燃料的知识。火电厂的电生产是利用燃料中的热能，因此，只从热能利用方面（即燃料的燃烧）去分析和研究燃料的组成特性，基本上就能够满足电力生产的要求。

固体燃料的组成，以实用观点来划分，主要有工业分析组成和元素分析组成两种，了解这两种组成就可以为燃料的燃烧提供基本数据。工业分析组成是用工业分析法得出的燃料的规范性组成，该组成可给出固体燃料中可燃成分和不可燃成分的含量。元素分析组成是用元素分析法得出的燃料中的化学元素组成，该组

成可给出某些可燃元素的含量。

工业分析组成和元素分析组成可用下表说明：

固体燃料	{	无机物 (不可燃部分)	{	水分 (外在水分和内在水分的和)
				灰分 (主要为含Ca、Al、Si、Fe等元素的无机矿物质)
	{	有机物 (可燃部分)	{	挥发分 (由C、H、O、N、S等元素组成的气态物质)
				固定碳 (由C元素组成的固态物质)

工业分析组成包括上表中的水分、灰分、挥发分和固定碳四种成分，此四种成分的总量为100。元素分析组成是指燃料中有机化学元素，包括碳、氢、氧、氮和硫五种元素，此五种元素加上水分和灰分，其总量为100。

必须指出：工业分析组成并不是燃料中的原始组成，而是在一定条件下，用加热的方法，将燃料中原有的极为复杂的组成，加以分解和转化而得到的，可用普通的化学分析方法去研究的组成。例如，灰分的多少虽可以说明煤中矿物质的含量，但灰分与煤中原有的矿物质是有区别的，它是煤在815℃下燃烧后的残留物，是煤中矿物质的转化产物；再如挥发分是煤在900℃和隔绝空气的条件下分解出来的气态有机物质；固定碳是煤逸出挥发分后剩余的固态有机物质。以上所述物质与煤中原有的高分子有机物都是迥然不同的，它们仅是煤中有机组成在一定条件下的转化产物，具有一定的规范性。

液体燃料是由多种高分子烃——芳香烃、环烷烃、烷烃以及含氧和含硫化合物所组成的。在不同的液体燃料中，这些成分含量的差别很大。确定这些成分的含量是很困难的，仅为取得热能用的液体燃料，没有必要对各类烃的含量进行分析，只要取得元素分析组成以及水分、灰分的含量就够了。

气体燃料是由气态烃——甲烷、乙烯、乙烷、丙烷、丙烯、…以及可燃气体如 H_2 、CO等组成，为了计算气体燃料的热值以及进行有关热力计算，也需要对这类组成进行分析。

各类燃料最重要的特性是热值，它决定燃料的价值，是进行燃烧和煤耗计算的不可缺少的参数。

固体燃料的主要物理性质有可磨性、煤粉细度、煤灰的熔融性和粘温特性以及着火点等。

（1）可磨性 煤是一种脆性物质。当煤受到机械力的作用（如在碎煤机中破碎）时，就会破碎而产生新的表面，其粒度发生改变。可磨性就是反映粒度改变和所耗费机械能之间关系的一种性质，它是设计和选用磨煤机的重要依据。

（2）细度 细度是表示煤粉中各种大小颗粒煤的重量百分含量。在一定运行条件下，它对磨煤能量和燃烧过程中的热损失有较大的影响。

（3）煤灰的熔融性 煤灰由多种矿物质所组成，没有确定的熔融温度。当煤灰受热时，它由固态逐渐向液态转化而呈塑性状态，其粘塑性随温度而异。熔融性就是表征煤灰在高温下转化为塑性状态时，其粘塑性变化的一种性质。煤灰在塑性状态时，易粘附在金属受热面或炉墙上，阻碍热传导，破坏炉膛的正常燃烧工况。所以，煤灰的熔融性是关系锅炉设计，安全经济运行等问题的重要性质。

（4）熔渣的粘温特性 在液态排渣炉中，温度很高，灰渣熔化后呈液态。排渣情况的好坏，决定于液态灰渣的粘度。而粘度是温度的函数，该函数关系称为粘温特性。灰渣的粘温特性对液态排渣炉的运行有很大影响。

（5）着火点 在一定条件下，将煤加热到开始燃烧时的温度叫煤的着火点。它与煤的燃烧、贮存以及防止煤粉的自燃、着火和爆炸等问题有较大关系。

液体燃料的主要物理性质有密度、粘度、凝固点、闪点等。

（1）密度 在一定温度下，单位体积液体燃料的质量称为液体燃料的密度，它是液体燃料计量时不可缺少的基本量。密度与体积的乘积为液体燃料的质量。

（2）粘度 液体燃料流动时，其内部质点间的摩擦阻力称

为粘度。粘度对液体燃料的输送、雾化和燃烧有一定影响。粘度小的液体燃料在输送管道中具有良好的流动性，有利于缩短卸油时间，降低泵的动力消耗；流出喷嘴时，能得到良好的雾化，有利于提高燃烧效果。粘度是温度的函数，改变温度就可改变液体燃料的粘度。

（3）凝固点 液体燃料能够流动的最低温度称为凝固点。在此温度以下，液体燃料的装卸和输送都会发生困难。因此，输送液体燃料的系统，必须在足够高的温度下运行。

（4）闪点 当液体燃料受热时，在其表面上产生可燃气体，此可燃气体遇明火发生着火爆炸的最低温度称为闪点。了解闪点对预防火灾事故的发生是很有意义的。

气体燃料的一个重要参数是爆炸浓度界限，也就是它在空气中遇明火能发生火焰传播（或爆炸）的浓度界限。在此浓度界限之外遇明火，火焰不会传播。因此，可燃气体在空气中的浓度界限是一个安全性指标，了解该指标对有可燃性气体的作业现场是很重要的。

第三节 燃 料 的 基 准

燃料是由可燃成分和不可燃成分所组成。不可燃成分为水分和灰分；可燃成分的工业分析组成为挥发分和固定碳，元素分析的组成则为碳、氢和硫。可燃成分和不可燃成分都是以重量百分含量来表示的，其总和应为100%。

由于燃料中不可燃成分的含量受外部条件如风、沙、雨、露以及温度等的影响而发生变化，故可燃成分的百分含量也随外部条件的变化而变化。例如，当水分含量增加时，其它成分的百分含量相对地就减少；水分含量减少，其它成分的百分含量就相对地增加。有时为了某种使用目的或研究的需要，在计算燃料成分的百分含量时，可将某种成分（如水分或灰分）不计算在内，这样，在不同成分组合下计算出来的燃料成分的百分含量就有较大

的差别。这种根据燃料存在的条件或根据需要而规定的成分组合称为基准。如所取的基准不同，同一种成分的含量计算结果也不同。表1-1所列为同一种燃料成分按不同基准计算的百分含量。

表 1-1 同一燃料成分按不同基准计算的百分含量

基 准 成 分	原始燃料 (应用基)	因风干失去外 部水分的燃料 (分析基)	失去全部水 分的燃料 (干燥基)	不计算水分和 灰分的燃料 (可燃基)
水 分	3.50	1.13	—	—
灰 分	15.61	15.99	16.18	—
挥 发 分	26.06	26.70	27.02	32.20
固 定 碳	54.83	56.18	56.80	67.80
总 计	100.00	100.00	100.00	100.00

从表 1-1 可以看出：虽为同一种燃料成分，但由于计算时所取的基准不同，其百分含量的差别甚大。因此，为了使燃料成分的分析结果能相互比较，就必须按一定的基准来表示燃料中各成分的含量。对于动力燃料，通常使用以下四种基准：

（1）应用基 计算全部成分的燃料，其成分组合称为应用基。进厂煤或炉前煤都应按应用基计算各项成分。

（2）分析基 不计算外在水分的燃料，其余成分组合称为分析基。供分析化验用的煤样是在实验室条件下，由自然干燥而失去了外在水分的煤，其分析化验结果应按分析基计算。

（3）干燥基 不计算水分的燃料，其余成分组合称为干燥基。

（4）可燃基 不计算不可燃成分（水分和灰分）的燃料，其余成分组合称为可燃基（或称无灰干燥基）。

上面所述四种基准所包括的成分，可由图1-1表示。

燃料的组成和特性（通称为指标）通常都是用一定的符号表示的，如表1-2所示。但是对于某些组成，由于它在燃料中存在

的形态不同或对它进行分析时的条件、方法不同，使用简单的符号还不能完全表明其含义。例如煤中的水分，有内在水分和外在水分两种，只用符号W表示，就无法将它们区别开来。工业分析的固定碳和元素分析的碳元素，两者虽然都是碳，但由于分析方法不同，它们也有差别。为了表明诸如此类的差异，使符号所代表的意义更为明确，通常在主符号的右下角另加符号注明，这些注脚符号用一个或两个汉语拼音的大写字母来表示。有关常用符号如表1-2和表1-3所示。

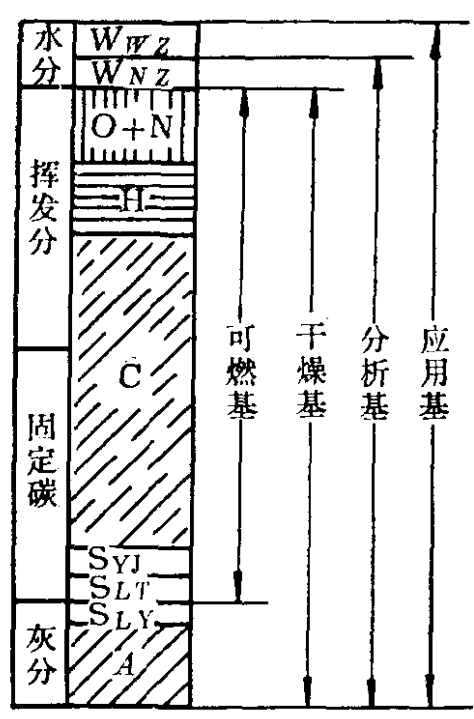


图 1-1 燃料基准图

水分两种，只用符号W表示，就无法将它们区别开来。工业分析的固定碳和元素分析的碳元素，两者虽然都是碳，但由于分析方法不同，它们也有差别。为了表明诸如此类的差异，使符号所代表的意义更为明确，通常在主符号的右下角另加符号注明，这些注脚符号用一个或两个汉语拼音的大写字母来表示。有关常用符号如表1-2和表1-3所示。

燃料基准符号：应用基的符号为y；分析基的符号为f；干

表 1-2 燃 料 的 指 标 符 号

指 标	工 业 分 析				元 素 分 析					各 项 性 质			
	水分	灰分	挥发分	固定碳	碳	氢	氧	氮	硫	热值	灰熔点	细度	可磨性
符 号	W	A	V	C	C	H	O	N	S	Q	T	R	K

表 1-3 指标存在状态和条件符号

指 标	外在水分	内在水分	固定碳	有机硫	硫酸盐硫	硫化铁硫	可燃硫
符 号	W_{WZ}	W_{NZ}	C_{GD}	S_{YJ}	S_{LY}	S_{LT}	S_R

指 标	全 硫	高位热值	低位热值	弹筒热值	碳 酸 盐 二氧化碳	哈 氏 可 磨性指数
符 号	S_Q	Q_{GW}	Q_{DW}	Q_{DT}	$(CO_2)_{TS}$	K_{KM}

燥基的符号为 g ；可燃基的符号为 r 。这些基准符号通常标在组成符号的右上角，如 W^y 表示应用基水分，也就是全水分； A^g 表示干燥基灰分， V^r 表示可燃基挥发分。

不论使用何种基准，燃料中以重量百分比表示的各种成分之和都应为100%，所以各种基准也可以用下列方程式表示：

应用基	$W^y + A^y + V^y + C_{GD}^y = 100\%$
或	$C^y + H^y + O^y + N^y + S_R^y + A^y + W^y = 100\%$
分析基	$W^f + A^f + V^f + C_{GD}^f = 100\%$
或	$C^f + H^f + O^f + N^f + S_R^f + A^f + W_{Nz}^f = 100\%$
干燥基	$A^g + V^g + C_{GD}^g = 100\%$
或	$C^g + H^g + O^g + N^g + S_R^g + A^g = 100\%$
可燃基	$V^r + C_{GD}^r = 100\%$
或	$C^r + H^r + O^r + N^r + S_R^r = 100\%$

标明燃料分析结果的基准是十分重要的，只有这样，才能使分析结果有可比性，才能正确地反映燃料的质量。例如，为了确定煤中矿物质的数量，计算干燥基灰分（ A^g ）比计算应用基灰分（ A^y ）更合适，因为这样可以避免由水分变化引起的灰分误差。同样道理，对于可燃成分，例如计算可燃基挥发分 V^r 更能反映煤质好坏，因为煤的水分和灰分的改变，不会影响煤的可燃基挥发分的百分重量，所以在煤的分类中，多用 V^r 这一指标作为区分各类煤的依据。在元素分析中对各成分含量的计算也以采用可燃基基准较合理。

在实验室内进行燃料分析时，所用的试样是失去外部水分的分析基试样，分析结果用分析基表示；当分析结果用于热力计算时，为了符合燃烧的实际情况，必须按应用基进行计算；在作理论研究时，可根据需要选用其他基准。按不同基准计算的成分含量可按下式换算：

$$x = Kx_0$$

式中 x_0 ——按原基准计算的某一成分的百分含量；

x ——按新基准计算的同一成分的百分含量；

表 1-4

基准换算比例系数表

K x_0	x	应 用 基	分 析 基	干 燥 基	可 燃 基
应 用 基		1	$\frac{100 - W^f}{100 - W^y}$	$\frac{100}{100 - W^y}$	$\frac{100}{100 - W^y - A^y}$
分 析 基		$\frac{100 - W^y}{100 - W^f}$	1	$\frac{100}{100 - W^f}$	$\frac{100}{100 - W^f - A^f}$
干 燥 基		$\frac{100 - W^y}{100}$	$\frac{100 - W^f}{100}$	1	$\frac{100}{100 - A^g}$
可 燃 基		$\frac{100 - W^y - A^y}{100}$	$\frac{100 - W^f - A^f}{100}$	$\frac{100 - A^g}{100}$	1

K ——比例系数（列于表1-4中）。

比例系数 K 很容易求出。例如由分析基的挥发分 V^f 换算成可燃基的挥发分 V^r 时，由于按可燃基计算时不计算燃料中的水分和灰分，因此 V^r 就由下式决定

$$V^r = \frac{V^f}{C_{GD}^f + V^f} \times 100$$

因为 $C_{GD}^f + V^f = 100 - W^f - A^f$

所以 $V^r = \frac{100}{100 - W^f - A^f} V^f$

式中 $\frac{100}{100 - W^f - A^f}$ 就是由分析基换算成可燃基时应乘以的比例系数 K 。如果煤中含有碳酸盐，当进行工业分析试验时，碳酸盐受热分解，析出 CO_2 气体，影响挥发分的百分产率（挥发分不包含无机成分）。当煤中碳酸盐二氧化碳的含量 $(\text{CO}_2)_{TS}^f > 2\%$ 时，上式中比例系数的分母应减去 $(\text{CO}_2)_{TS}^f$ 一项，即

$$K = \frac{100}{100 - W^f - A^f - (\text{CO}_2)_{TS}^f}$$

如果应用基燃料中的水分或灰分发生改变，或两者同时改变时，其它成分的含量也将相应地改变。例如：已知原有应用基水分为 W_1^y ，当水分变为 W_2^y 后，则其它各种成分的含量都将随

比例 $\frac{100 - W_2^y}{100 - W_1^y}$ 而变, 如:

$$V_2^y = V_1^y \frac{100 - W_2^y}{100 - W_1^y}; \quad A_2^y = A_1^y \frac{100 - W_2^y}{100 - W_1^y}$$

同理, 当灰分改变时, 其它各种成分的含量也将随比例 $\frac{100 - A_2^y}{100 - A_1^y}$ 而变; 当水分和灰分同时改变时, 其它各种成分的含量随比例 $\frac{100 - W_2^y - A_2^y}{100 - W_1^y - A_1^y}$ 而变。

【例 1】 某分析基煤样, 经分析得 A^f 为 6.67%, W^f 为 1.50%, 并已知其外在水分含量 W_{wz} 为 2.00%。试将此分析基灰分换算成应用基和干燥基灰分。

$$\begin{aligned} \text{【解】} \quad A^y &= A^f \frac{100 - W_{wz}}{100} = 6.67\% \times \frac{100 - 2.00}{100} \\ &= 6.54\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{或先求出} \quad W^y &= W_{wz} + W^f \frac{100 - W_{wz}}{100} \\ &= 2.00\% + 1.50\% \frac{100 - 2.00}{100} = 3.47\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{再求出} \quad A^y &= A^f \frac{100 - W^y}{100 - W^f} = 6.67\% \times \frac{100 - 3.47}{100 - 1.50} \\ &= 6.54\% \end{aligned}$$

两种计算结果相同。

【例 2】 取入炉煤样, 其全水分为 12.00%, 将煤样制成分析试样, 其分析结果如下: $W^f = 1.24\%$, $A^f = 13.56\%$, $C^f = 72.70\%$, $H^f = 3.98\%$, $N^f = 1.47\%$, $S_R^f = 1.47\%$, $O^f = 5.33\%$ 。试问进行热力计算时, 应将以上成分怎样进行换算?

【解】 进行热力计算时, 需将分析基换算为应用基。已知 W^f 和 W^y , 可求出换算系数为

$$\frac{100 - W^y}{100 - W^f} = \frac{100 - 12.00}{100 - 1.24} = 0.89$$

$$\text{则} \quad A^y = 13.56\% \times 0.89 = 12.07\%;$$

$$C^y = 72.70\% \times 0.89 = 64.70\%;$$

$$H^y = 3.98\% \times 0.89 = 3.54\%;$$

$$N^y = 1.47\% \times 0.89 = 1.31\%;$$

$$S_R^y = 1.72\% \times 0.89 = 1.53\%;$$

$$O^y = 5.33\% \times 0.89 = 4.74\%;$$

$$\text{验算: } W^y + A^y + C^y + H^y + N^y + S_R^y + O^y$$

$$= 12.00\% + 12.09\% + 64.70\% + 3.54\% + 1.31\% + 1.53\% + 4.74\% = 99.89\% \approx 100\%$$

第四节 火电厂动力燃料的种类

火电厂的电能生产主要是利用燃料的热能，不论何种天然有机燃料均可以直接供火电厂锅炉燃烧取得热能。但是按照我国的燃料政策，火电厂应尽量燃用劣质燃料。我国煤的蕴藏量极为丰富，分布也很广泛。为充分利用丰富的煤矿资源，我国的绝大多数火电厂以烧煤为主。近年来我国石油工业发展迅速，有些有条件的火电厂燃用炼油厂的副产品——重油、渣油（有时补充以原油），另外有些火电厂则采用油、煤混烧；燃用天然气的火电厂为数很少。

火电厂使用的动力燃料大致有如下几种。

1. 固体燃料——各类煤

煤的种类繁多，一般按其含碳量的多少，即地质年代的长短或变质程度的深浅，大致分为泥煤、褐煤、烟煤和无烟煤等几种，煤的组成和性质随煤种变化的规律如图 1-2 所示。由图中可以看出：由泥煤到无烟煤，煤的地质年代愈长远，变质程度就愈深，按可燃基计算的碳含量增加，氧、氮和挥发分减少，氢含量变化不大，至无烟煤阶段才略有降低。由于碳增加和氧减少，热值（ Q_{GW}^r ）不断增加（煤中只有碳、氢、硫元素具有燃烧热），到无烟煤阶段时，由于氢减少，热值有所降低（氢的热值较碳的热值高）。