



# 火力发电厂燃料与管理

水利电力部电力调度通讯局 组编

665

水利电力出版社

**火力发电厂燃料与管理**

水利电力部电力调度通讯局 组编

\*

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

\*

787×1092毫米 32开本 9.75印张 213千字  
1984年11月第一版 1984年11月北京第一次印刷

印数0001—8730册 定价 1.50 元

书号 15143·5498

### 内 容 提 要

本书主要介绍了火力发电厂燃料和燃烧的基础知识，以及燃料的科学管理方法。全书共分十三章：一至三章介绍了煤、石油和气体燃料的特性，及火电厂用煤的分类；四至七章介绍了燃烧基本原理，燃料成分和物理状态对燃烧的影响；八至十三章收集了国内火电厂燃料管理工作中的经验，并结合部颁燃料管理办法，系统地介绍了燃料订货、分配、运输、调度、验收、配用、贮存、业务核算等。本书内容丰富，既有基础知识，又有具体管理方法，具有一定的实用价值。

本书主要供火力发电厂燃料管理人员阅读和有关的专业人员参考，亦可供初中以上文化的燃料专业人员当培训教材。

## 前 言

电是发展国民经济的动力。我国目前火力发电约占发电设备总容量的80%，水力发电约占20%。火力发电就是把燃料的热能转换成电能。因此，燃料在火电厂生产中是不可缺少的原料。

目前，全国每年火电厂消耗的煤炭、石油和天然气等折算成标准燃料，约占全国一次能源总产量的五分之一。火力发电厂燃料费用占发电总成本百分之六十至八十。因此，搞好火力发电厂的燃料供应与管理，对国家或企业在提高经济效益方面，都具有很重要的意义。

电力工业生产的发展和技术的进步，要求相应提高管理水平。各级燃料管理人员迫切需提高技术业务知识。为了满足火电厂燃料专业人员学习的需要，我局组织编写了《火力发电厂燃料与管理》一书，主要介绍火力发电厂燃料和燃烧的基础知识，以及燃料的科学管理方法。

本书由华北电管局喻全安和浙江省电力局吴兴达执笔编写。在书稿编写过程中，我部系统许多单位提供了素材；初稿写成后，我局先后两次邀请了华东、东北、西北、华中电管局，山东、吉林、江苏、安徽、甘肃、河南、黑龙江省电力局，徐州电业局和部分电厂有经验的燃料管理人员，以及东北技改局、西安热工研究所的同志对该稿进行了审查；此稿修改后，我局蔡洋和张阳辉同志又进行了审阅。在此，谨向上述单位和同志衷心地表示感谢。

---

由于编写时间有限，收集资料也不够全面，错误之处，  
恳请读者批评指正。

水利电力部电力调度通讯局

1984.3.20.

# 目 录

## 前 言

|                   |    |
|-------------------|----|
| 第一章 煤炭            | 1  |
| 第一节 煤的分类          | 1  |
| 第二节 煤的分析          | 14 |
| 第三节 煤的分析基准表示方法和换算 | 17 |
| 第二章 石油            | 24 |
| 第一节 燃料油的分类        | 24 |
| 第二节 石油的元素组成及特性    | 27 |
| 第三章 气体燃料          | 41 |
| 第一节 天然煤气          | 42 |
| 第二节 人工煤气          | 43 |
| 第三节 地下气化煤气        | 44 |
| 第四章 燃料的燃烧         | 46 |
| 第一节 燃烧的基本概念       | 46 |
| 第二节 燃烧过程          | 52 |
| 第三节 锅炉热平衡与燃料消耗量   | 58 |
| 第五章 燃烧方式          | 62 |
| 第一节 层状燃烧          | 62 |
| 第二节 悬浮燃烧          | 65 |
| 第三节 旋风燃烧          | 75 |
| 第四节 沸腾燃烧          | 78 |
| 第六章 燃料的成分对燃烧的影响   | 81 |
| 第一节 挥发分           | 81 |
| 第二节 灰分            | 86 |
| 第三节 水分            | 89 |

---

|      |                     |     |
|------|---------------------|-----|
| 第四节  | 硫分 .....            | 92  |
| 第五节  | 发热量 .....           | 96  |
| 第六节  | 灰熔融性 .....          | 99  |
| 第七节  | 油的成分对燃烧的影响 .....    | 105 |
| 第七章  | 燃料的物理状态对燃烧的影响 ..... | 108 |
| 第一节  | 煤的干湿对燃烧的影响 .....    | 108 |
| 第二节  | 煤的颗粒度对燃烧的影响 .....   | 110 |
| 第三节  | 油的物理特性对燃烧的影响 .....  | 116 |
| 第八章  | 计划管理 .....          | 119 |
| 第一节  | 燃料供应计划的编制 .....     | 119 |
| 第二节  | 燃料订货及分配 .....       | 133 |
| 第三节  | 投入产出平衡 .....        | 143 |
| 第四节  | 燃料的调度 .....         | 148 |
| 第九章  | 燃料运输 .....          | 151 |
| 第一节  | 煤炭运输 .....          | 151 |
| 第二节  | 石油运输 .....          | 164 |
| 第三节  | 合理运输 .....          | 169 |
| 第十章  | 燃料验收 .....          | 171 |
| 第一节  | 煤的计量验收 .....        | 171 |
| 第二节  | 煤的质量验收 .....        | 188 |
| 第三节  | 油的计量验收 .....        | 219 |
| 第十一章 | 燃煤配用 .....          | 228 |
| 第一节  | 燃煤混配 .....          | 228 |
| 第二节  | 燃煤计量 .....          | 231 |
| 第三节  | 燃煤计量装置校验与管理 .....   | 237 |
| 第十二章 | 燃料贮备 .....          | 239 |
| 第一节  | 燃料贮备量的确定 .....      | 239 |
| 第二节  | 煤的保管 .....          | 242 |
| 第三节  | 油的保管 .....          | 251 |

|      |                     |     |
|------|---------------------|-----|
| 第四节  | 燃料盘点与计算 .....       | 259 |
| 第十三章 | 燃料业务核算 .....        | 271 |
| 第一节  | 原始记录及报表 .....       | 271 |
| 第二节  | 燃料业务核算程序 .....      | 282 |
| 第三节  | 燃料成本核算 .....        | 285 |
| 附录   | 煤炭出厂价格计算和管理办法 ..... | 288 |

---



# 第一章 煤 炭

我国煤炭资源丰富，地质储量达六千亿吨，年产六亿七千万吨，居世界第三位。煤炭是我国的主要能源，约占一次能源的70%。目前，我国火力发电厂以烧煤为主，发电用煤占全国煤炭总产量近五分之一。因此，对煤炭及煤质特性必须有较多的了解。

## 第一节 煤 的 分 类

煤的种类繁多，质量相差悬殊，不同类型的煤有不同的用途。为了合理并综合利用煤炭资源，使之发挥最大效能，就需要把煤炭划分成不同的类别。这种把煤炭划分为若干类别的方法就叫煤的分类。

煤的分类有几种：按成煤的原始植物进行分类的方法叫做煤的成因分类；按煤的工业使用方法进行分类，就是煤的工业分类；按煤的组分结构进行分类的方法叫做煤的科学分类等。

### 一、中国煤的分类

中国现行的煤分类是以炼焦用煤为主的工业分类。这个分类按煤的可燃基挥发分  $V^r(\%)$  和胶质层最大厚度  $y$  (毫米)，把我国的煤炭分为十大类（共计24小类）。十大类是：无烟煤、贫煤、瘦煤、焦煤、肥煤、气煤、弱粘煤、不粘煤、长焰煤和褐煤（表1-1）。

表 1-1            中国煤分类（以炼焦用煤为主）方案

| 大 类 别                 | 小 类 别  | 分 类 指 标   |          |
|-----------------------|--------|-----------|----------|
| 名 称                   | 名 称    | $V^r$ (%) | $y$ (毫米) |
| 无 烟 煤                 |        | 0~10      | —        |
| 贫 煤                   |        | >10~20    | 0(粉状)    |
| 瘦 煤                   | 1 号瘦煤  | >14~20    | 0(成块)~8  |
|                       | 2 号瘦煤  | >14~20    | >8~12    |
| 、 焦 煤                 | 瘦 焦 煤  | >14~18    | >12~25   |
|                       | 主 焦 煤  | >18~26    | >12~25   |
|                       | 焦 瘦 煤  | >20~26    | >8~12    |
|                       | 1 号肥焦煤 | >26~30    | >9~14    |
|                       | 2 号肥焦煤 | >26~30    | >14~25   |
| 肥 煤                   | 1 号肥煤  | >26~37    | >25~30   |
|                       | 2 号肥煤  | >26~37    | >30      |
|                       | 1 号焦肥煤 | ≤26       | >25~30   |
|                       | 2 号焦肥煤 | ≤26       | >30      |
|                       | 气 肥 煤  | >37       | >25      |
| 气 煤                   | 1 号肥气煤 | >30~37    | >9~14    |
|                       | 2 号肥气煤 | >30~37    | >14~25   |
|                       | 1 号气煤  | >37       | >5~9     |
|                       | 2 号气煤  | >37       | >9~14    |
|                       | 3 号气煤  | >37       | >14~25   |
| 弱 粘 煤                 | 1 号弱粘煤 | >20~26    | 0(成块)~8  |
|                       | 2 号弱粘煤 | >26~37    | 0(成块)~9  |
| 不 粘 煤<br>长 焰 煤<br>褐 煤 |        | >20~37    | 0(粉状)    |
|                       |        | >37       | 0~5      |
|                       |        | >40       | —        |

## （一）中国煤分类方案中的煤种及煤质特性

### 1. 无烟煤

无烟煤是煤化程度最高的煤，含碳量（ $C^r$ ）高达90～98%，含氢量（ $H^r$ ）较少，一般都小于4%，氧和氮的含量也都很低，外观呈黑色至钢灰色，因其光泽强，所以又称白煤。这种煤硬度高，不易磨碎，燃烧时不容易着火，火焰短，化学反应性弱，贮存时不易自燃。

无烟煤主要作为制造氮肥的原料和民用煤，少数电厂（主要是矿区电厂）也有燃用无烟煤的。我国的无烟煤资源分布甚广，但其中以接近贫煤的年轻无烟煤最多，典型的无烟煤较少。

### 2. 贫煤

贫煤是煤化程度最高的烟煤，其可燃基挥发分（ $V^r$ ）仅高于无烟煤。因为它受热时几乎不产生胶质体，胶质层厚度 $y$ 值为0，不能结焦，所以叫贫煤。含碳量（ $C^r$ ）高达90～92%，含氢量（ $H^r$ ）一般为4～4.5%。这种煤燃点高，燃烧时火焰短，但发热量高，燃烧持续时间较长。

贫煤主要用于动力和民用。我国贫煤资源的绝对数值与其他牌号煤相比虽然不很多，但分布面广，山东省淄博和山西省西山为我国目前主要的贫煤产地。

### 3. 瘦煤

瘦煤是煤化程度最高的炼焦用煤。就燃烧而言，瘦煤的煤质特性和贫煤一样，挥发分低、含碳量高、含氢量少，几乎没有什么差别。区别在于瘦煤加热时能产生少量的胶质体，能单独结焦，而且结成的焦炭块度大、裂纹少，但其胶质层最大厚度 $y < 12$ 毫米，受热时产生的胶质体数量比焦煤少，所以称为瘦煤。瘦煤灰软化温度（ $t_2$ ）高，熔融性差，

耐磨强度低。

瘦煤多用于炼焦。我国的瘦煤资源不多，地区分布也不均匀。

#### 4. 焦煤

焦煤是结焦性最好的炼焦煤，具有中等挥发分， $V^r$ 一般大于18~30%。大多数焦煤单独炼焦时，能获得块度大、裂纹少、强度高和耐磨性好的优质冶金焦炭。 $y$ 值一般大于12~25毫米。

焦煤中，除了灰分、硫分较高而可选性又很差的煤不能用于炼焦外，都可用于炼焦。我国的焦煤资源比例不大，地区分布也很不均匀。

#### 5. 气煤

气煤是煤化程度最低的炼焦煤， $V^r$ 均大于30%， $y > 5 \sim 25$ 毫米。在隔绝空气加热时，这种煤能产生大量煤气和较多的焦油，胶质体的热稳定性较差。气煤一般都能单独结焦，但焦块细长易碎。

气煤除主要供炼焦外，某些高灰高硫或粘结性较差的气煤也作为动力用煤和气化用煤。气煤是我国炼焦煤中储量最多的一种，而且分布面广，东北、华东、西北和华北的内蒙等区都蕴藏着大量气煤。

#### 6. 肥煤

肥煤是中等煤化程度的烟煤，其煤化程度高于气煤。挥发分 $V^r$ 的范围一般为24~40%，但典型肥煤的挥发分多为28~35%，胶质层最大厚度大于25毫米。这种煤软化温度低，固化温度高，具有很强的粘结能力。

肥煤主要用作炼焦，除了洗选后硫分很难降低的作为动力用煤外，一般很少用于其他方面。我国的肥煤资源不太丰

富，而且高硫煤比例较大，分布也很不均匀，只有华北地区蕴藏较多。

### 7. 弱粘煤

弱粘煤是一种粘结性较弱的煤化程度较低的煤，是介于炼焦煤和非炼焦煤之间的煤种，结焦性较好，硫分、灰分较低，发热量较高，可选性也较好，其中结焦性较好的，用作配煤炼焦的原料，结焦性稍差的，用作良好的动力用煤。

弱粘煤虽然有不少用于炼焦，但大部分还是作为动力用煤和民用煤。我国弱粘煤资源分布很不均匀，主要集中于内蒙、新疆、甘肃、宁夏、山西和陕西等省（区）。

### 8. 不粘煤

不粘煤的可燃基挥发分相当于肥、气煤，但几乎没有粘结性。这种煤的水分很高， $W^f$  高达5~15%，发热量很低。碳含量低于同等挥发分的其他牌号煤，氧含量多高于长焰煤而与褐煤相近，氢和氮含量也普遍低于其他煤。

不粘煤主要供动力用，块煤也可作为生产合成氨的原料。我国不粘煤的储量比长焰煤多，主要分布在西北地区。

### 9. 长焰煤

长焰煤是煤化程度仅高于褐煤的最年轻烟煤，其特点是挥发分高，水分仅低于褐煤，粘结性从极弱到不具粘结性。有的长焰煤含少量次生腐植酸（含量多小于3%）。弱粘结的长焰煤在干馏时能产生较多的焦油和强度较好的半焦。发热量一般比褐煤高。

我国的长焰煤目前绝大部分都作为发电或其他动力用煤。长焰煤的资源比褐煤少，主要分布在东北地区，西北地区虽有相当数量的长焰煤，但有待今后陆续开发利用。

### 10. 褐煤

褐煤是煤化程度最低的煤，外观呈褐色或黑色。褐煤的水分含量高，全水分常可达20~40%；应用基低位发热量 $Q_{Dw}^y$ 大多为2500~4000大卡/公斤；可燃基挥发分 $V^r$ 多在40~60%；灰分中常含有较多的氧化钙、氧化镁等组分，因此灰熔点大多比较低；化学反应性能好，热稳定性差。

褐煤主要作为发电和一般动力用煤。我国褐煤资源丰富，分布面广，如东北、华北、西南、中南、西北和华东，各大区都蕴藏着褐煤资源，以东北为最多。台湾省也蕴藏相当多的褐煤资源。

## （二）中国煤分类方案以外的煤种及煤质特性

在我国的煤炭资源中还有一些在上述分类以外的煤种，择要介绍如下：

### 1. 泥煤

泥煤也叫泥炭或草煤、草炭，是由低等植物或高等植物遗骸形成的。泥煤是一种浅棕色、棕色、褐色、褐黑色甚至接近于黑色的松软海绵状胶体物质。泥煤的挥发分高， $V^r$ 多在50~70%；全水分 $W_d$ 为20~80%；发热量低， $Q_{Dw}^y$ 一般为1000~2000大卡/公斤，最高者也很少超过3000大卡/公斤；硫分大多小于1%，但也有高至2~3%以上的。

泥煤的用途十分广泛，除晒干后可作燃料外，还可制做腐植酸类肥料，制造泥煤纤维板等建筑材料，并可用来生产染料、涂料、制药等。泥煤资源我国广大地区都有，无论是丘陵、平原或滨海地区都可能蕴藏。

### 2. 石煤

石煤也叫石炭，外观象黑色的石头，比重大，硬度高，固定碳少，发热量低。灰分普遍超过50~60%，甚至高达80%以上。石煤的水分一般较低， $W^r$ 多为0.5~3%，全水

分也不超过5~6%。挥发分随灰分的增高而增高，最低的可达2%左右，最高者可达27%左右；而挥发分愈高，发热量就愈低。硫分随地区不同有显著差异，低到1%以下，高可达2~5%以上。石煤的应用基低位发热量  $Q_{dw}^y$  多在1000~2000大卡/公斤左右，还有不少在500~1000大卡/公斤的。

因为石煤大多蕴藏于我国缺煤的南方各省，因此仍有广泛的实用意义，可供当地小型企业和社队农副业因地制宜地使用。

### 3. 天然焦

天然焦是自然界中存在的一种焦炭。外观有的与焦炭相近，有的呈钢灰色。天然焦与焦炭相比：比重大；孔隙度较小；灰分较高；可燃基挥发分产率不够稳定，有的小于5%，有的达10%左右，甚至可超过15%。

天然焦的用途也很广，除了作民用燃料外，还可用来烧石灰、制造电石、烧制水泥等。我国的天然焦资源比较丰富，分布范围较广，以山东省为最多。

### 4. 油页岩

油页岩也叫油母页岩，外观呈灰白、黄棕至黑灰色，它是一种含页岩类矿物较多而又较易燃烧的固体可燃物。我国油页岩的灰分较高， $A^g$ 可达60~85%，质量较好的也达50%左右；发热量大多在500~1500大卡/公斤，也有少数达2000~3000大卡/公斤，甚至4000~5000大卡/公斤的；含油率为5~10%，少数有到17~18%的；硫分与沉积环境有关，有低的，也有很高的； $V^r$ 一般达60%以上。油页岩的特点是燃点低。

油页岩可作为沸腾锅炉的燃料，炉渣用于制造水泥类建筑材料，含油率高的油页岩可作为人造石油的原料。我国华

北、东北和中南等大区中有十几个省（区）均蕴藏油页岩，以吉林、辽宁两省的资源最多。

二、煤炭产品的分类

全国统配煤矿的产品目前按用途、加工方法和质量规格分为五大类、28个品种，这是商业产品分类（表1-2）。

五大类是：精煤；粒级煤；洗、选煤；原煤；低质煤。在各大类煤中又按其用途、粒度和灰分等指标的不同再划分为28个品种。

表 1-2                      统配煤矿的各品种煤及规格

| 产品类别   | 品 种 名 称    | 粒 度<br>(毫米)  | 灰 分 $A^g$<br>(%) |
|--------|------------|--------------|------------------|
| 1.精 煤  | (1)冶炼用炼焦精煤 | <50,<80或<100 | ≤12.50           |
|        | (2)其它用炼焦精煤 | <50,<80或<100 | 12.51~16.0       |
| 2.粒级煤  | (3)洗中块     | 25~50, 20~60 | ≤40              |
|        | (4)中 块     | 25~50        | ≤40              |
|        | (5)洗混中块    | 13~50, 13~80 | ≤40              |
|        | (6)混中块     | 13~50, 13~80 | ≤40              |
|        | (7)洗混块     | >13, >25     | ≤40              |
|        | (8)混 块     | >13, >25     | ≤40              |
|        | (9)洗大块     | 50~100, >50  | ≤40              |
|        | (10)大块     | 50~100, >50  | ≤40              |
|        | (11)洗特大块   | >100         | ≤40              |
|        | (12)特大块    | >100         | ≤40              |
|        | (13)洗小块    | 13~25, 13~20 | ≤40              |
|        | (14)小 块    | 13~25        | ≤40              |
|        | (15)洗粒煤    | 6~13         | ≤40              |
|        | (16)粒 煤    | 6~13         | ≤40              |
| 3.洗、选煤 | (17)洗原煤    | 不 限          | ≤40              |
|        | (18)洗混煤    | 0~50         | ≤32              |
|        | (19)混 煤    | 0~50         | ≤40              |
|        | (20)洗混末煤   | 0~25, 0~20   | ≤40              |



续表

| 产品类别   | 品 种 名 称     | 粒 度<br>(毫米) | 灰 分 $A^g$<br>(%) |
|--------|-------------|-------------|------------------|
| 3.洗、选煤 | (21)混末煤     | 0~25        | $\leq 40$        |
|        | (22)洗末煤     | 0~13        | $\leq 40$        |
|        | (23)末 煤     | 0~13        | $\leq 40$        |
|        | (24)洗粉煤     | 0~6         | $\leq 40$        |
|        | (25)粉 煤     | 0~6         | $\leq 40$        |
| 4.原 煤  | (26)原煤、水采原煤 | 不 限         | $\leq 40$        |
| 5.低质煤  | (27)中 煤     | 0~50        | 32.01~49         |
|        | (28)煤 泥     | 0~1         | 16.01~49         |

- 注 1.对洗动力煤的洗煤厂，它的混煤灰分为 $\leq 40\%$ 。
- 2.粒级煤的定义是：凡经过洗选或筛选加工后，粒度下限在6毫米以上的煤炭产品。
- 3.洗、选煤的定义是：凡经过洗选或筛选加工后，清除部分或大部杂质与矸石的煤炭产品。
- 4.原煤的定义是：煤炭生产出来未经洗选或筛选而只经人工拣矸的煤炭产品。
- 5.低质煤的定义是：灰分大于40%的各种煤炭产品(包括灰分小于40%的中煤、煤泥)。
- 6.精煤的定义是：经洗煤厂加工，供炼焦用的精选煤炭产品。
- 7.凡炼焦煤洗煤厂，同时也生产洗混煤，其灰分( $A^g$ )不得超过32%，计量水分与精煤计量水分相同，并以全水分作为计价指标。
- 8.洗精煤发车时含实际全水分的重量折算成含计量水分的重量即为洗精煤商品量。计算方法如下式：

$$\text{精煤商品量(吨)} = \text{含实际全水分的精煤重量(吨)} \times \frac{100 - \text{实际全水分}(\%)}{100 - \text{计量水分}(\%)}$$

上列统配煤矿的各品种煤不包括洗矸。洗矸是指洗选过程中排出的矸石，由于其中常混有少量未选尽的煤，所以洗矸也有一定的发热量，一般洗矸的低位发热量 $Q_{dw}^y$ 可达1000~2000大卡/公斤。洗矸的灰分高达65~80%，含硫量较高。洗矸可作为沸腾炉燃料。