

本书详细介绍了我国多年来在煤粉燃烧器设计、运行及试验研究方面的大量经验，同时也收集了一些国外有关资料。其中简略地介绍了煤及煤粉的燃烧特性以及燃烧器的设计和运行调整方法。重点介绍了燃烧器的设计和结构以及在生产实践中的运行情况。同时对国内外某些有代表性的大容量煤粉燃烧器也作了简单介绍

本书可供锅炉制造及火力发电等部门从事设计和实际运行及维修的工程技术人员阅读，也可供有关研究单位的科研人员及大专院校师生参考。

煤粉燃烧器设计及运行

何佩馨 赵仲琥 秦裕琨 编著

责任编辑：王琳

封面设计：刘代

机械工业出版社出版（北京阜成门内百万庄大街一号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第117号）

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 850×1168 1/32·印张 19 3/4·字数 523 千字

1987年12月北京第一版·1987年12月北京第一次印刷

印数 0,001—1 780·定价：5.90 元

统一书号：15033·6841

前 言

我国煤炭资源丰富，1980年底的探明储量达8000多亿吨，而且煤种齐全，分布面广。根据我国的能源政策，火力发电厂基本上将以煤为燃料。燃煤电厂的安全性、可靠性和经济性在很大程度上取决于锅炉燃烧设备，尤其是燃烧劣质煤的电厂，更是如此。燃煤电厂的燃烧设备包括制粉设备、燃烧器和炉膛，而其中的关键设备是燃烧器。多年来，我国锅炉制造厂、火力发电厂、大专院校和有关科学研究单位对燃烧器的设计和运行进行了大量的试验研究工作，积累了较为丰富的经验。特别是在燃烧劣质煤方面，包括高灰分的劣质烟煤、低挥发分的无烟煤，所取得的经验更为可贵。此外，近年来我国从国外引进了一些大型火力发电机组，它们的燃烧器也各有特点，可供我们借鉴。

本书总结了我国在燃烧器设计、运行及试验研究方面的经验，也收集了一些国外资料。介绍煤的燃烧特性及煤粉燃烧的基本原理，分别讨论了旋流式燃烧器和直流式燃烧器的结构和原理，以及它们的设计和运行调整方法。

本书可供锅炉制造厂、火力发电厂以及有关科学研究及设计单位的工程技术人员参考，也可供有关大专院校师生参考。

本书由哈尔滨工业大学秦裕琨、国家机械工业委员会哈尔滨电站设备成套设计研究所何佩璠、水利电力部西安热工研究所赵仲琥编写。第一章第一节、第五章第一～四节及第六、八节由赵仲琥编写，其它各章大部分由何佩璠起草，由秦裕琨补充整理成文，赵仲琥还对全书作了必要的修改和补充。

本书在编写过程中得到了哈尔滨锅炉厂、东方锅炉厂、上海锅炉厂、武汉锅炉厂、北京锅炉厂、哈尔滨电站设备成套设计研究所、西安热工研究所、上海发电设备成套设计研究所、国内各电厂和哈尔滨工业大学的很多同志的支持和帮助。西安热工研究

所刘哲明同志对本书的出版做了很多工作。清华大学热能工程系徐旭常教授在审阅本书时提出了很多宝贵意见，特此表示感谢。

由于编者水平有限，书中错误之处在所难免，恳切希望读者批评指正。

目 录

前 言

第一章 煤粉的燃烧	1
一、煤的特性及其对燃烧过程的影响	1
二、煤粉气流的着火	48
三、煤粉的燃烧	53
四、煤粉燃烧的合理组织	59
五、煤粉燃烧设备	68
第二章 旋流式煤粉燃烧器	79
一、旋转气流的特点	80
二、旋流器和旋流强度	82
三、旋转气流的特性	112
四、旋流器和旋流式燃烧器的阻力	139
五、常用的旋流式煤粉燃烧器	152
六、燃烧劣质煤及无烟煤的旋流式煤粉燃烧器	181
七、旋流式燃烧器的旋转方向及供风方式	193
第三章 直流式煤粉燃烧器	198
一、直流射流的特性	198
二、直流式燃烧器的空气动力学和结构特性	212
三、燃烧烟煤的直流式煤粉燃烧器	237
四、摆动式煤粉燃烧器	248
五、液态排渣炉用的直流式煤粉燃烧器	263
六、无烟煤和贫煤直流式煤粉燃烧器	272
七、燃烧劣质烟煤的直流式煤粉燃烧器	288
八、褐煤直流式煤粉燃烧器	304
九、直流式燃烧器的阻力和气流均匀性	316
第四章 煤粉燃烧器的设计与结构	322
一、燃烧器的布置与炉膛选型	322

二、燃烧器的单只热功率	329
二、燃烧器的设计计算	335
四、燃烧器的计算步骤	345
五、炉膛结构参数的确定	354
六、燃烧器的膨胀补偿与固定支吊方式	374
七、燃烧器喷口的保护	391
第五章 煤粉燃烧设备的运行	401
一、概述	401
二、煤粉燃烧器的运行特性和燃烧调节	405
三、风煤的合理配比	453
四、劣质煤的燃烧	477
五、液态排渣炉的运行	496
六、运行异常	515
七、低 NO_x 的燃烧技术	530
八、煤粉燃烧器的点火	543
九、火焰检测器和灭火保护装置	570
十、燃烧器的自动控制	596
附录 常用法定单位及其换算	611
参考文献	613

第一章 煤粉的燃烧

一、煤的特性及其对燃烧过程的影响

燃料种类和性质对燃烧设备的结构、设计和运行都有很大影响。本节着重介绍有关煤的一些知识，以及与煤粉燃烧过程和燃烧设备设计及运行密切有关的一些特性。

(一) 煤的组成

原煤是由可燃质、不可燃的矿物质（灰质）和水分组成的，参见图1-1。

1. 煤的可燃质元素

煤的可燃质是由多种碳氢化合物和其它有机物构成的混合物，其主要化学元素为碳、氢、氧、氮和硫，不同煤种的元素组分如图1-2所示。

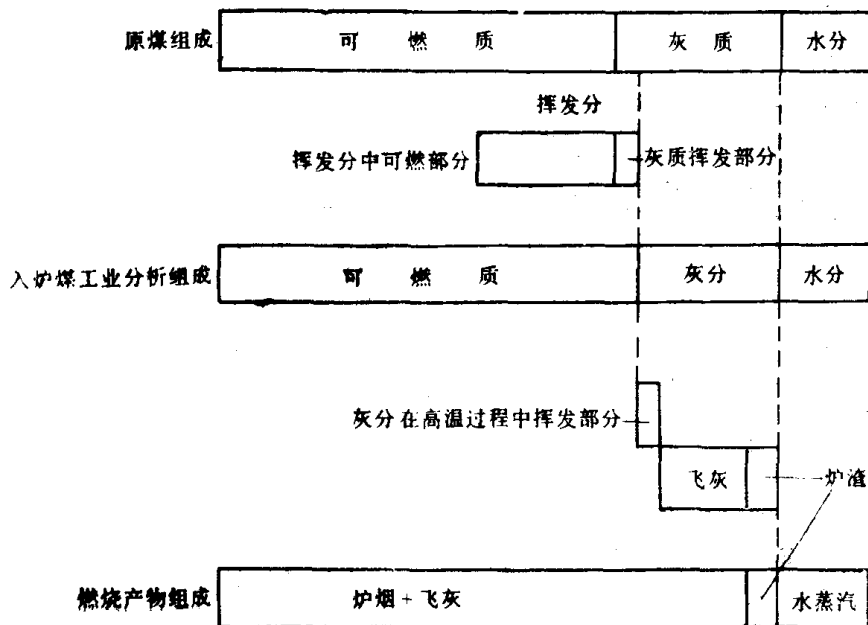


图1-1 煤及其燃烧产物的组成

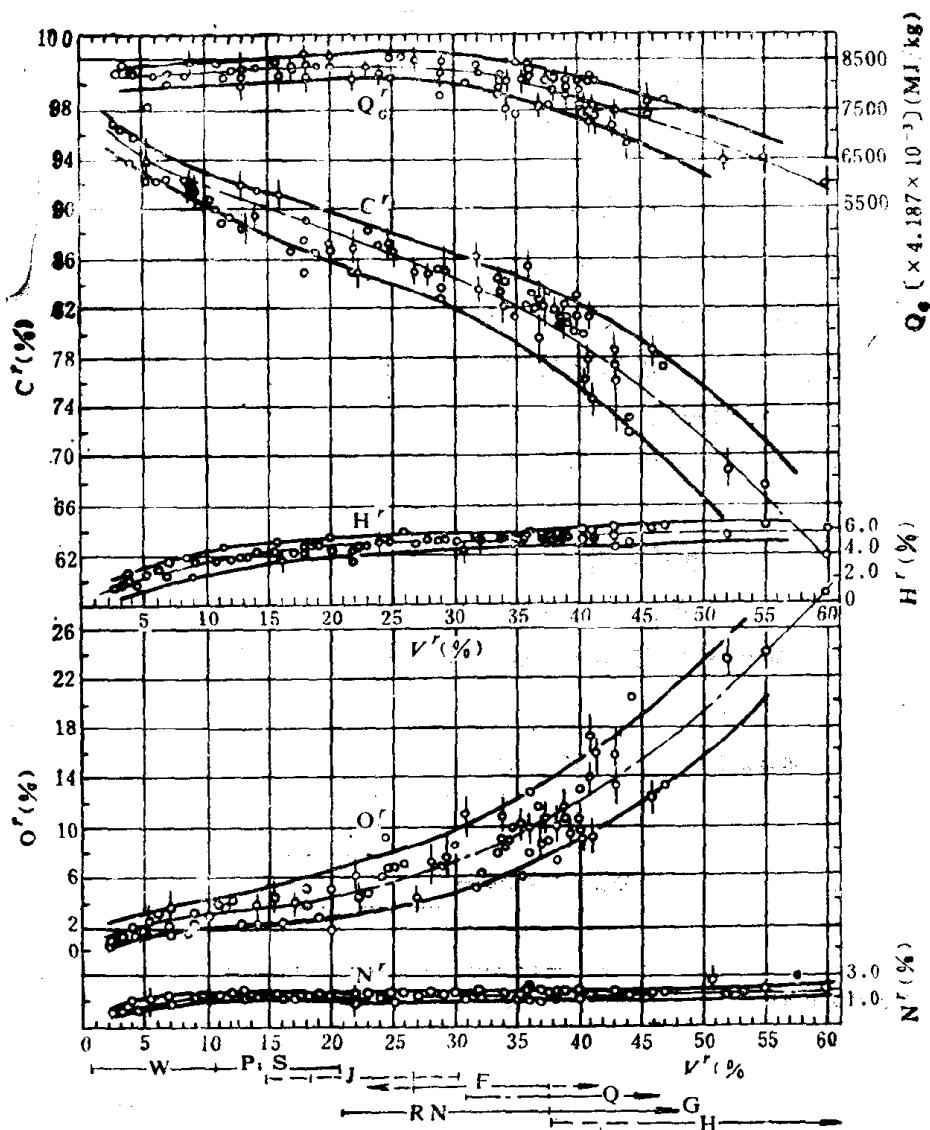


图1-2 煤的可燃基元素组分及发热量的变化特性^{〔1〕}

注:

1. 煤种牌号: W—无烟煤 P—贫煤 J—焦煤 F—肥煤 Q—气煤
RN—弱粘煤 C—长焰煤 H—褐煤。
2. 挥发分 V^r 相同而煤种牌号重叠区域,其牌号按以上层次排列较低的煤种,其发热量 Q_d 及 C^r 含量通常也较低,而 O^r 含量则较高。
3. S^r 含量无规律,本图未示出。一般煤种 $S^r=0.5\sim 1.5\%$,而高硫煤可达 $4\sim 7\%$ 。 S^r 含量越高,则 C^r 及 O^r 相应略有减少,而 Q_d 也越低。

(1) 碳

碳是煤中的主要可燃元素。在煤形成过程中，随着年代的增长，一些不稳定的含有氧的成分逐渐释出，碳的含量逐渐增加，此即为煤的碳化过程。随着碳化程度的深浅不同，天然煤可燃质中碳的含量在93~97%（无烟煤）到53~60%（泥煤）范围内变化。碳化程度越高，碳的含量越多。

煤中的碳，主要以和氢、氧等元素组成的有机物的状态存在。碳化程度较高的煤，也存在结晶状的碳。纯碳是难以燃烧的，碳化程度较高的煤着火和燃烧均较困难。

(2) 氢

煤中含氢量一般为2~6%，大多以各种类型的碳氢化合物状态存在。这些物质在煤受热时易裂解析出，同时也易着火和燃烧。

(3) 氧

煤中的氧是有机废物，它的存在使可燃质中碳和氢的含量相对减少。此外，由于氧使可燃质中部分元素（如碳和氢）氧化，使煤燃烧时放出的热量减少。所以把氧列在煤的可燃质之中是不确切的。一般碳化程度较浅的煤含氧量较多，例如泥煤的可燃质中含氧量约为35%，碳化程度较高的煤含氧量则较低，无烟煤的含氧量约1~3%。

(4) 氮

氮也是可燃质中的废物，其含量很少，一般情况下氮不氧化，而是以自由状态（ N_2 ）转入烟气中。但是在高温下，或有触媒存在时，部分氮可形成 NO_x ，构成对大气的污染。

(5) 硫

硫是煤中的有害物质，通常有三种形态，即存在于有机物中的有机硫（ S_{rj} ）、黄铁矿硫（ S_{Lr} ）和硫酸盐硫（ S_{Lr} ）。前二种包括在煤的可燃质中，参与燃烧，放出少量的热，因而合称为可燃硫。后者存在于灰分之中，不参与燃烧。三者共称全硫（ S_o ）。

可燃硫的存在给锅炉运行带来一系列危害，如高、低温区受热面烟气侧的腐蚀、堵灰等，并能造成严重的大气污染。

2. 灰质和灰分

灰质是原生、次生以及煤开采过程中混入的各种矿物质。其主要物相组成及化学成分如表 1-1 所示。一般前两类矿物质约占灰质的半数以上，是主要成分。除表 1-1 所列 6 类主要矿物质外，各煤种还会因其产区的地质状况的不同而含有少量其它矿物质。

表 1-1 煤灰质的主要物相组成和化学式

序号	类 别	典型的 矿物质 及近似的 化学成分式
1	页 岩	钾云母石 $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$ 钠云母石 $Na_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$ 高岭土(粘土) $(Mg, Ca)O \cdot Al_2O_3 \cdot 5SiO_2 \cdot nH_2O$
2	高 岭 土	高岭土 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$
3	碳 酸 盐	石灰石 $CaCO_3$ 白云石 $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ 铁石云石 $2CaCO_3 \cdot MgCO_3 \cdot FeCO_3$ 菱铁矿 $FeCO_3$
4	硫 化 物	黄铁矿及白铁矿 FeS_2
5	氯 化 物	钾盐 KCl 钠盐 $NaCl$
6	其它矿物质	与页岩同时存在的少量矿物质，如： 石英 SiO_2 长石 $(K, Na)O_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ 柘榴石 $3CaCO_3 \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ 角闪石 $CaO \cdot 3FeO \cdot 4SiO_2$ 石膏 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 磷灰石 $9CaO \cdot 3P_2O_5 \cdot CaF_2$ 锆石 $ZrSiO_4$ 水铝石 $Al_2O_3 \cdot H_2O$ 磁铁矿 Fe_3O_4 赤铁矿 Fe_2O_3

直接测定煤中灰质（亦即煤中各种矿物质）的含量是比较困难的。通常使用灼烧法，即在 815℃ 下对煤样进行灼烧，直待残留

物为恒重时，其量即为煤中灰的产率，即灰分。由于灼烧过程中，矿物质部分组分热分解，并挥发掉一部分气体，灰分的重量比灰质有所减少。煤在炉膛中燃烧时，温度比在试验室测定灰分时高，灰分中某些物质将继续分解和挥发，炉膛中的气氛也不同于试验室电炉中的气氛，在这种条件下燃烧后剩余部分就是锅炉的灰渣（包括飞灰和炉渣）。

由此可见，煤中的灰质和煤在试验室分析时所得灰分，以及煤经高温燃烧后剩余的灰渣，无论在数量上和组成上都是不同的。

表1-2给出了我国动力用煤灰成分的统计。

表1-2 我国主要动力用煤灰成分⁽¹⁵²⁾ (%)

煤灰成分	无烟煤、贫煤		烟 煤		褐 煤	
	最 低	最 高	最 低	最 高	最 低	最 高
SiO ₂	31.35	73.50	19.91	80.68	10.16	56.42
Al ₂ O ₃	10.19	47.52	8.76	48.60	5.64	31.38
Fe ₂ O ₃	2.02	12.81	1.15	64.50	4.67	21.34
CaO	0.43	28.20	0.57	30.41	5.03	39.02
MgO	—	1.26	—	3.15	0.11	2.43
P ₂ O ₅	0.04	1.17	0.01	4.88	0.04	2.53
TiO ₂	0.08	1.71	0.15	5.36	0.28	3.76
SO ₃	0.08	10.59	0.07	13.43	0.63	35.16
K ₂ O+N ₂ O	0.05	7.37	—	9.57	0.09	11.38

灰的化学组成影响着灰渣的熔化、粘度等特性，因而影响到锅炉燃烧过程中的结渣、积灰等过程。这些将在下面论及。

3. 水分

水分也是煤中的杂质。煤的总（全）水分由表面（外在）水分和固有（内在）水分构成。前者是由雨、露、冰、雪造成的，或在开采、洗选等过程中进入煤中的，可以用自然干燥法去除。后者则是在大气状态下风干的煤所保持的吸附水和结晶水，它随煤的地质年代的增加而减少。这种水分不能以自然干燥法去除，要把煤加热到102~105℃，并保持1~3小时，方可去掉。

水分的存在不仅使煤中可燃元素含量相对减少，而且在燃烧

时水分蒸发还要吸收热量,使煤的发热值降低。

煤的可燃质中的碳、氢、氧、氮、硫等元素和不可燃的灰分、水分构成煤的元素分析。从元素分析,可以计算燃烧所需要的空气量、燃烧产物的数量,并可估计煤的发热值。但是,仅从元素分析的数据,还不足以确定煤中有机物的复杂性质,从而不能全面判断煤的燃烧特性。

煤的组成除了按元素分析的形式表示外,还可按工业分析的形式表示。即除了灰分、水分之外,把可燃质部分分成挥发分(V)和固定碳(FC)两部分。并且,工业分析的内容(项目)还包括表示煤的技术使用价值的参数——发热值。

煤的元素分析和工业分析成分可以用几种基准来表示,它们是:

应用基:实际供入锅炉的燃料成分,包括灰分及全水分,俗称入炉煤成分。

分析基:煤的化验室分析试样成分,通常为风干状态,即较应用基失去外在水分。

干燥基:失去全水分后煤的成分。煤的水分是不稳定的,它的变化使其它成分的百分比含量也相对变化。为了正确表示灰分,常用干燥基成分。

可燃基:煤的可燃质成分,不计入灰分及水分。煤的灰分也可以通过洗选而改变,而煤的可燃质成分则是比较稳定的。因此,煤主要用可燃基成分进行分类。

各种基质的表示式见表1-3。各式中C、H、O、N、S、A、W、FC、V分别表示煤中的碳、氢、氧、氮、可燃硫、灰分、水分、

表1-3 燃料各种基质的平衡式 (1) (15) (129)

基 质	元 素 分 析	工 业 分 析
应用基	$C^a + H^a + C^s + N^s + S^s + A^s + W^s = 100\%$	$FC^a + V^a + A^s + W^s = 100\%$
分析基	$C^f + H^f + C^s + N^s + S^s + A^s + W^s = 100\%$	$FC^f + V^s + A^s + W^s = 100\%$
干燥基	$C^d + H^d + C^s + N^s + S^s + A^s = 100\%$	$FC^d + V^s + A^s = 100\%$
可燃基	$C^r + H^r + C^s + N^s + S^s = 100\%$	$FC^r + V^s = 100\%$

固定碳、挥发分含量的质量百分率。

(二) 煤的分类^{〔8〕〔18〕〔95〕}

我国现行煤分类方法是用可燃基挥发分产率和最大胶质层厚度作为分类指标的，如表 1-4 所示。它主要是根据炼焦工业的需要制定的。

表1-4 中国煤分类方案

类 别	牌 号	可燃基挥发分产率 V^p (%)	最大胶质层厚度 Y (mm)
无 烟 煤	W	0~10	—
贫 煤	P	>10~20	0 (粉状)
瘦 煤	S	14~20	0~12
焦 煤	J	14~30	>8~25
肥 煤	F	26~37	>25
气 煤	Q	>30	>5~25
弱 粘 煤	RN	>20~37	0~9 (成块)
不 粘 煤	BN	>20~37	0 (粉状)
长 焰 煤	C	>37	0~5
褐 煤	H	>40	—

按现行分析方法，将 1 克煤粉试样隔绝空气在 900℃ 下加热 7 分钟，热解析出的汽态及气态物质的质量百分比即为挥发分(产率)。最大胶质层厚度表示煤的结焦性，它越大，结焦性越强。

上述分类方法对动力用煤并不完全合适。例如，贫煤和瘦煤的差别仅在于最大胶质层厚度不同，但对于煤粉燃烧过程来说，二者几乎没有差别。同样，弱粘煤和不粘煤、气煤和肥煤等，在燃烧特性上也差别不大。因此，对于动力用煤来说，目前的分类方法在烟煤范围内似嫌分得过细；而在无烟煤、褐煤范围内，又显得过于笼统。此外，一些对锅炉内煤的燃烧过程有重要影响的

特性，却又没有作为分类指标。尽管如此，由于没有统一的动力用煤分类方法，为了研究煤的燃烧特性、进行锅炉设计和锅炉运行调整的需要，习惯上仍根据上述分类原则，将动力用煤分为无烟煤、贫煤、烟煤、褐煤等几类。

1. 无烟煤 它是埋藏年代最久，碳化程度最高的煤种，可燃质中碳含量约93~98%，一般以挥发分 $V' \leq 10\%$ 作为无烟煤的标志。

无烟煤不但挥发物含量低，而且其析出的温度亦高，因而着火困难，燃尽不易，属低反应能力的燃料。特别是 $V' \leq 5\%$ 或挥发物中氢含量较低的无烟煤，燃烧更为困难。

我国无烟煤的储量较多，分布于华北、中南地区以及福建省。表1-5列出我国一些无烟煤的煤质分析资料。可以看出，有些无烟煤灰分较高，热值较低，而有些尚属于低灰熔点的煤类，这样就越发增加了使用（燃烧）的困难性。需要解决好着火稳燃和结渣的矛盾。

2. 贫煤 其碳化程度略低于无烟煤的煤种，挥发分 $V' > 10 \sim 20\%$ 。动力用煤中，贫煤尚包括 $V' = 14 \sim 20\%$ 胶质层厚度比贫煤略大的瘦煤，其牌号为P和S。贫煤是主要的动力煤种。其燃烧性能优于无烟煤，但仍属于反应性能较差的煤类，特别是可燃基挥发分接近于10%的煤，其燃烧性能和无烟煤接近。

一些贫煤的特性资料见表1-6。

3. 烟煤 它是碳化程度中等的煤，包括挥发分14~30%的焦煤（牌号为J）直到挥发分 $>37\%$ 的长焰煤（牌号为C）之间的所有煤种。灰分中等以下的烟煤，发热值较高，燃烧比较容易。但是，在我国，低灰分的优质烟煤，特别是结焦性能较好的烟煤，一般不作动力燃料使用。锅炉燃用的烟煤往往是灰分属中等或中高等以上的烟煤和洗选的副产品——洗中煤。后者灰分、水分含量较高，热值较低，但燃烧性能并不差，且价格相对低廉，是较好的动力用煤品种。动力用煤构成中，中等灰分的烟煤（包括洗中煤）占较大比重。

表1-5 我国一些无烟煤的特性

序号	煤田	矿区	牌号	可燃基元素分析				可燃基		应用基分 水 W^s (%)	干燥基分 灰 A^d (%)	应用基低位 发热值 Q_{Dw}^s (MJ/kg)	可磨 系数	煤灰熔融性			备注
				C^s (%)	H^s (%)	O^s (%)	N^s (%)	S^s (%)	挥发分 V^s (%)	高位发热值 Q_{GW}^s (MJ/kg)				t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	
1	京西	城子、房山、木城涧、门头沟	W	94.0	2.4	2.7	0.6	0.3	6	31.8	5.0 (5.0~4.0)	24 (27~22)	1.4	1260	1370	1430	
2	京西	大台	W	95.0	1.2	3.1	0.4	0.3	7	31.8	5 (6~4)	22 (24~18)	1.0	1160	1230	1300	
3	京西	王平村	W	91.8	1.7	5.0	0.8	0.7	9	31.4	5 (6~4)	35 (40~30)	1.0	>1500 ~1200	>1500 ~1490	>1500	
4	沁水	阳泉	W	90.8	3.8	3.1	1.3	1.0	9	35.6	5 (6~4)	20 (30~17)	1.0	1400	1500	>1500	
5	沁水	晋城	W	92.0	2.5	3.2	1.1	1.2	9	35.2	9 (10~8)	20 (30~10)	—	>1500	—	—	
6	焦作	王村、李村	W	92.2	3.1	2.8	1.4	0.5	7	34.5	7 (9~6)	22 (25~19)	1.2	1310	1376	1420	
7	涟邵	金竹山	W	92.5	3.2	2.6	0.8	0.9	7	34.3	7 (8~6)	24 (36~18)	1.7	>1500 ~1100	>1500 ~1425	>1500 ~1485	
8	郴来	湘永、马田	W	92.2	3.6	2.0	1.3	0.9	8	35.4	7 (8~6)	22 (24~20)	1.5 2.2	>1500	—	—	
9	曲仁	茶山	W	90.3	3.6	3.5	1.5	1.1	11.5	35.4	5 (8~2)	17 (25~18)	1.8	>1500 ~1100	>1500 ~1210	>1500 ~1230	
10	龙岩	红雁、红炭山	W	96	2.1	1.0	0.4	0.5	4	33.5	—	14 (16~12)	—	1230	1270	1500	
11		陆加地	W	94.1	0.6	4.1	0.9	0.3	4.7	32	11	18.6	—	1250	1280	1310	
12		加福	W	94.0	1.4	2.1	0.7	1.7	4.1	33.6	9	20	—	1280	1360	1400	
13	邵武		W	96	1.7	1.1	0.3	0.9	4	32.9	—	18 (21~14)	—	1270	1290	1340~ 1315	
14		丰海	W	88.9	2.5	6.1	1.1	1.4	9	31.7	1.4°	41.5	—	—	—	—	
15		东坑子	W	92.6	1.7	2.4	0.8	2.5	5	32.4	2.4°	34.5	—	—	—	—	

注：●—分析基。

表1-6 我国一些贫煤的特性

序号	煤田	矿区	牌号	可燃基元素分析					可燃基		应用基水分 W^a (%)	干燥基灰分 A^g (%)	应用基低位发热值 C_{dw}^{gr} (MJ/kg)	可磨系数	煤灰熔融性			备注
				C^r (%)	H^r (%)	O^r (%)	N^r (%)	S^r (%)	挥发分 V^r (%)	高位发热值 C_{dw}^{gr} (MJ/kg)					t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	
1	西山	官地、杜尔	P	91.0	3.6	2.4	1.2	1.8	16	34.3	6 (10~4)	21 (26~12)	24.7	1.6	1190	1340	1430	
2	萍乡	家坪、西岭	P	87.4	4.9	5.1	1.6	1.0	18	33.9	7 (8~6)	27 (31~24)	23.0	—	1250	1420	1450	
3	新密	天仙庙、梁沟、五里店	P	89.6	4.4	3.9	1.9	0.6	14	35.1	6 (7~5)	17 (18~17)	26.8	1.7	1270	1300	1350	
4		王沟、裴沟、岳村	P	92.0	4.1	1.7	1.7	0.5	13	33.9	6 (7~5)	15 (18~13)	26.8	1.7	1270	1300	1350	
5	淄博	夏庄	P	88.7	4.2	2.2	1.4	3.5	13	34.9	3 (4~2)	18 (26~18)	26.8	1.5	1300	1350	1400	
6	鄂冶	源华	P	88.7	4.1	2.4	1.8	3.4	13	34.5	—	22 (26~19)	—	2.2	1290	1380	1420	
7	芙蓉		P	89.2	3.6	2.2	1.2	3.8	13~10	35.0	(9~6)	≈28	22.2	1.2	1230~1120	1310~1255	1420~1275	
8	韩城		P	84.1	5.4	3.6	1.2	5.7	15	35.0	7	≈25	22.7	1.1	—	—	—	
9	铜川	李家塔	P	82.8	4.5	7.2	1.1	4.4	22	33.9	6	≈32	21.1	1.6	>1500	>1500	>1500	
10		王石凹	P	84.6	4.3	4.9	1.5	4.7	20	33.9	6	≈31	21.3	—	1340~1270	1380~1300	1480~1310	
11		三里洞	P	79.2	4.3	4.0	1.4	11.1	21	33.1	≈10	≈42	15.7	—	>1500	—	—	
12	淄博	洪山	S	86.7	4.2	4.0	1.4	3.7	17	35.3	2 (3~2)	24 (30~19)	25.5	1.7	1460~1430	1490~1460	1500	
13		寨甲	S	86.7	4.2	4.0	1.4	3.7	17	35.3	2 (3~2)	24 (30~19)	25.5	1.7	1270	1340	1380	
14	鹤壁		S	89.4	4.3	4.3	1.6	0.4	15.5	35.6	8 (11~3)	17 (19~15)	26.7	1.3	1200	1340	1400	
															1290	1340	1370	

表 1-7 我国一些烟煤和洗中煤的特性

序号	煤田	矿区	牌号	可燃基元素分析					可燃基		应用基水分 W_p (%)	干燥基灰分 A_d (%)	应用基低位发热量 $Q_{p, dw}$ (MJ/kg)	可磨系数	煤灰熔融性			备注
				C^* (%)	H^* (%)	O^* (%)	N^* (%)	S^* (%)	挥发分 V_r (%)	高位发热量 Q_{gr}^{*ow} (MJ/kg)					t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	
1	井陘	1、2、3、4矿	J	87.2	5.1	6.6	1.4	0.7	25	38.1	6 (8~4)	23 (29~17)	25.5	1.5	1460	>1500	>1500	
2	峰峰	薛村	J	88.9	4.5	4.1	1.4	1.0	18	35.1	7 (7~6.5)	16 (17~15)	26.8	1.5	1340	>1500	—	
3	观音堂	观音堂	J	87.0	5.5	5.0	1.5	1.0	20	35.4	3 (4~2)	26 (28~18)	24.7	1.9	1450	>1500	>1500	
4	天府	华莹山	J	78.9	4.9	9.5	1.2	5.5	25	31.2	7 (10~4)	≈35	18.0	—	1250	1360	1380	
5	广旺		J	76.4	6.1	14.3	1.3	1.9	25	31.3	3 (4~2)	≈40	17.2	—	1110	1260	1310	
6	淮北		J	88.3	5.1	4.3	1.6	0.7	21.4	—	5.6	20.2	25.1	—	—	—	—	
7	汾西	南关、富家滩	F	83.4	5.2	5.2	1.7	4.5	32	35.1	5 (6~4)	22 (26~18)	25.1	1.4~1.3	—	—	—	
8	陶枣	枣庄	F	82.4	5.3	5.9	1.4	5.0	35	35.6	6 (10~3)	21 (26~16)	25.5	1.8	1160	1260	1360	
9	开滦	林西、赵各庄、马家沟	Q	83.5	5.2	8.4	1.5	1.4	34	35	7 (9~5)	25 (30~19)	22.6	1.7	>1500	>1500	—	
10	北票	遼山、台吉、三堡	Q	83.0	5.9	9.6	1.1	0.4	40	33.1	14 (25~10)	33 (34~29)	18.8	1.5	1250	1300	1340	
11	鹤岗	兴山、岭北、南山、新一	Q	83.1	5.7	10.0	0.8	0.4	36	34.3	5.5 (9~2)	24 (35.5~15)	23.9	1.2	1320	1420	1470	

(续)

序号	煤田	矿区	牌号	可燃基元素分析					可燃基		基分 W _g (%)	干燥基 A _g (%)	应用基低位发热值 Q _{ad,low} (MJ/kg)	可磨 系数	煤灰熔融性			备注
				C _g (%)	H _g (%)	O _g (%)	N _g (%)	S _g (%)	挥发分 V _g (%)	高位发热值 Q _{g,high} (MJ/kg)					t ₁ (°C)	t ₂ (°C)	t ₃ (°C)	
12	新汶	华丰、东都、西	Q	79.15	5.3	8.8	1.8	5.0	41	34.5	6 (10~3)	22 (28~18)	25.1	1.4	1100	1230	1290	
13	徐州	新河、权台、大、黄、山	Q	80.65	5.5	11.7	1.6	0.6	39	33.7	9 (15~5)	22 (28~18)	23.4	1.6	>1500	—	—	
14	淮南	大通、九龙、谢家集、二、三、矿	Q	81.95	5.4	10.3	1.3	0.9	38	34.0	6 (8~5)	21 (25~19)	24.3	1.3	1500	>1500	—	
15	萍乡	高坑	Q	83.25	5.2	9.0	1.7	0.9	34	33.9	7 (8~6)	35 (40~31)	19.7	—	—	—	—	
16	平顶山	1、2、3、4、5、7、12落伏山	Q	86.25	5.5	6.1	1.4	0.8	32	34.6	7 (12~4)	23 (27~18)	22.6	1.5	>1500	—	—	
17	乌达	恒山、二道河、正阳、城子河	Q	77.15	5.9	14.6	1.5	0.9	40	30.8	—	45	16.0	1.0	>1500	—	—	
18	鸡西		Q	84.65	5.4	8.1	1.5	0.4	34	34.3	5 (8~4)	20 (26~15)	25.1	1.4	>1450	—	—	
19	下花园		RH	84.34	5.9	8.7	1.6	0.5	30	34.1	2.4 [*] (18~12)	15 (18~12)	27.0 [*]	—	—	—	—	
20	大宁	大同	RH	83.04	5.4	11.1	1.0	0.5	31	33.7	7.5 (8.5~7)	28 (31~25)	22.0	—	1390~1140	1420~1180	1490~1300	
21	铜川	焦坪	RH	77.44	5.8	13.5	0.8	3.5	37	31.4	10	28	20.0	—	1440	1480	1500	
22	抚顺	龙凤、老虎台、胜利、西露天	C	78.86	5.1	12.6	1.7	0.8	46	32.2	13 (8~10)	17 (21~15)	22.4	1.4	1320	>1400	>1400	