
煤质评价实用手册

二〇一〇年十一月

目 录

煤的分级.....	1
煤炭质量分级 煤炭灰分分级.....	3
煤炭质量分级 煤炭发热量分级.....	4
煤炭质量分级 煤炭硫分分级.....	5
煤的固定碳分级.....	7
煤中磷分分级.....	7
煤中磷分分级.....	7
煤中氯含量分级.....	8
煤中砷含量分级.....	8
煤中铅含量分级.....	9
煤中汞含量分级.....	9
煤中锗含量分级.....	9
煤的热稳定性分级.....	10
烟煤粘结指数分级.....	10
煤的着火温度.....	10
稀散元素.....	11
灰粘度.....	11
结渣性.....	11
煤炭粒度分级.....	12
沾污指数的分级.....	13
结渣指数分级.....	13

煤炭可选性评定方法.....	14
中国煤炭分类.....	17
各种工业用煤的质量要求.....	25
煤炭分析试验项目专用符号.....	35
低位发热量的计算.....	37

煤的分级

煤炭质量的好坏、煤的性质如何，均需通过不同的煤质标准来评价。因此国家和煤炭行业标准，分别依据煤的全水分、灰分、挥发分、固定碳、发热量、硫分、可磨性、煤灰熔融性等主要煤质指标并按全国煤炭资源的实际情况对煤进行了分级。

（一）全水分分级

煤中全水分分级(MT/T850-2000)见下表：

序号	级别分类	代号	全水分 Mt/%
1	特低全水分煤	SLM	≤ 6.00
2	低全水分煤	LM	$>6.0 \sim 8.0$
3	中等全水分煤	MM	$>8.0 \sim 12.0$
4	中高全水分煤	MHM	$>12.0 \sim 20.0$
5	高全水分煤	HM	$>20.0 \sim 40.0$
6	特高全水分煤	SHM	>40.0

（二）挥发分分级

煤的干燥无灰基挥发分分级（MT/T849-2000）见下表：

序号	级别名称	代号	挥发分分级范围
1	特低挥发分煤	SLV	≤ 10.00
2	低挥发分煤	LV	$10.01 \sim 20.0$
3	中等挥发分煤	MV	$20.01 \sim 28.0$
4	中高挥发分煤	MHV	$28.01 \sim 37.0$
5	高挥发分煤	HV	$37.01 \sim 50.0$
6	特高挥发分煤	SHV	>50.0

（三）可磨性分级

煤的哈氏可磨性指数分级（MT/T852-2000）见下表：

序号	级别名称	代号	可磨性指数 HGI
1	难磨煤	DG	≤ 40
2	较难磨煤	RDG	$>40 \sim 60$
3	中等可磨煤	MG	$>60 \sim 80$
4	易磨煤	EG	$>80 \sim 100$
5	极易磨煤	UEG	>100

（四）煤灰熔融性（ST）分级

煤灰软化温度（ST）分级（MT/T853.1-2000）见下表：

序号	级别名称	代号	软化温度 ST/℃
1	低软化温度灰	LST	≤ 1100
2	较低软化温度灰	RLST	$>1100 \sim 1250$
3	中等软化温度灰	MST	$>1250 \sim 1350$
4	较高软化温度灰	RHST	$>1350 \sim 1500$
5	高软化温度灰	HST	>1500

煤灰流动温度（FT）分级（MT/T 853.2-2000）见下表：

序号	级别名称	代号	分级范围(FT,℃)	试验方法
1	低流动温度灰	LFT	≤1150	GB/T 219
2	较低流动温度灰	RLFT	>1150~1300	
3	中等流动温度灰	MFT	>1300~1400	
4	较高流动温度灰	RHFT	>1400~1500	
5	高流动温度灰	HFT	>1500	
*煤灰熔融性测定时炉内气氛为弱还原性				

煤炭质量分级 煤炭灰分分级

(GB/T15224.1-2004)

(2004 年 4 月 30 日批准

2004 年 10 月 1 日起实施)

1、主题内容与适用范围

本标准规定了煤炭按干燥基灰分 (A_d) 范围分级及其命名。

本标准适用于煤炭勘探、生产、加工利用和煤炭销售中对煤炭按灰分分级。

2、煤炭灰分分级

(1) 动力煤的灰分分级见下表：

序号	级别名称	代号	灰分 (A_d) 范围 %
1	特低灰煤	SLA	≤ 10.00
2	低灰煤	LA	10.01~16.00
3	中灰煤	MA	16.01~29.00
4	高灰煤	HA	> 29.00

注：其他用炼焦精煤和原料用煤的灰分分级也可参照上表进行分级。

(2) 冶炼用炼焦精煤的灰分分级见下表：

序号	级别名称	代号	灰分 (A_d) 范围 %
1	特低灰煤	SLA	≤ 6.00
2	低灰煤	LA	6.01~9.00
3	中灰煤	MA	9.01~12.00
4	高灰煤	HA	> 12.00

注：高炉喷吹用煤的灰分分级可参照上表进行分级。

煤炭质量分级 煤炭发热量分级

(GB/T15224.3-2004)

(2004 年 4 月 30 日批准

2004 年 10 月 1 日实施)

1、主要内容与适用范围

本标准规定了煤炭按干燥基高位发热量 ($Q_{gr,d}$) 范围分级及其命名。

本标准使用于煤炭勘探、生产、加工利用和煤炭销售中对煤炭发热量分级。

2、煤炭发热量分级

(1) 无烟煤和烟煤的发热量分级见下表:

序号	级别名称	代号	发热量 ($Q_{gr,d}$) 范围/ (MJ/kg)
1	特高热值煤	SHQ	>29.60
2	高热值煤	HQ	25.51~29.60
3	中热值煤	MQ	22.41~25.50
4	低热值煤	LQ	16.30~22.40
5	特低热值煤 (低质煤)	SLQ	<16.30

(2) 褐煤发热量的分级:

序号	级别名称	代号	发热量 ($Q_{gr,d}$) 范围/ (MJ/kg)
1	高热值褐煤	HQL	>18.20
2	中热值褐煤	MQL	14.90~18.20
3	低热值褐煤 (低质煤)	LQL	<14.90

煤炭质量分级 煤炭硫分分级

(GB/T15224.2-2004)

(2004 年 4 月 30 日批准 2004 年 10 月 1 日实施) 1、主要内容和适用范围

本标准规定了煤炭按干燥基硫分 (S_{td}) 范围分级及其命名。

本标准适用于煤炭勘探、生产、加工利用和煤炭销售中对煤炭按硫分分级。

2、煤炭硫分分级

(1) 不同煤种的基准发热量值见下表-1:

煤种	基准发热量 ($Q_{gr,d}$) (MJ/kg)
无烟煤、烟煤	24.00
褐煤	21.00

(2) 无烟煤和烟煤的硫分分级见下表-2:

序号	级别名称	代号	干燥基全硫分 (S_{td}) 范围%
1	特低硫煤	SLS	<0.50
2	低硫煤	LS	0.50~0.90
3	中硫煤	MS	0.91~1.50
4	中高硫煤	MHS	1.51~3.00
5	高硫煤	HS	>3.00

(3) 褐煤的硫分分级见下表-3:

序号	级别名称	代号	全硫分 (S_{td}) 范围%
1	特低硫煤	SLS	<0.45
2	低硫煤	LS	0.45~0.85
3	中硫煤	MS	0.86~1.50
4	中高硫煤	MHS	1.51~3.00
5	高硫煤	HS	>3.00

(4) 煤炭的实测干燥基高位发热量不等于基准发热量时硫分分级的

方法: 1、当煤炭的实测干燥基高位发热量不等于基准发热量时, 要对硫分进行折算, 得到折算后的干燥基全硫, 然后以折算后的干燥基全硫按表-2 或表-3 进行分级。

折算后的干燥基全硫 = 基准发热量 / 实测干燥基高位发热量 * 实测的干燥基全硫

方法: 2、当煤炭的实测干燥基高位发热量不等于基准发热量时, 也可按上述表2 或表 3 的规定对硫分进行分级。

(5) 冶炼用炼焦精煤硫分分级见表-4

序号	级别名称	代号	干燥基全硫分 (S_{td}) 范围/%
1	特低硫煤	SLS	<0.40
2	低硫分煤	LS	$0.40\sim0.70$
3	中低硫煤	MLS	$0.71\sim0.95$
4	中硫分煤	MS	$0.96\sim1.20$
5	中高硫煤	MHS	$1.21\sim1.50$
6	高硫分煤	HS	$1.51\sim2.50$

注：其他用炼焦精煤和原料用煤、高炉培吹用煤的硫分分级也可参照冶炼用炼精煤进行分级。

煤的固定碳分级

(MT/T561-1996)

(1996 年 4 月 18 日批准

1996 年 10 月 1 日实施)

1、主要内容与适用范围

本标准规定了煤的固定碳分级的级别名称、代号和固定碳范围。

本标准适用于煤炭生产和使用中对煤的固定碳分级。

序号	级别名称	代号	分级范围 (FC _d) ,%	试验方法
1	特低固定碳煤	SLFC	≤45.00	GB212
2	低固定碳煤	LFC	>45.00~55.00	
3	中等固定碳煤	MFC	>55.00~65.00	
4	中高固定碳煤	MHFC	>65.00~75.00	
5	高固定碳煤	HFC	>75.00~85.00	
6	特高固定碳煤	SHFC	>85.00	

煤中磷分分级

(MT/T966-2005)

(2005 年 9 月 23 日发布

2006 年 2 月 1 日实施)

1、主要内容和适用范围

本标准规定了煤炭按干燥基氟含量 (F_d) 范围分级及其命名和代号。

本标准适用于煤炭勘探、生产和加工利用、煤炭销售中对煤炭中氟含量分级。

2、煤中氟含量分级见下表：

序号	级别名称	代号	氟含量范围 (F _d) ug/g	试验方法
1	特低氟煤	SLF	<80	GB/T 4633
2	低氟煤	LF	80~130	
3	中氟煤	MF	131~200	
4	高氟煤	HF	>200	

煤中磷分分级

A: (MT/T562-1996)

(1996 年 4 月 18 日批准

1996 年 10 月 1 日实施)

1、主要内容和适用范围

本标准规定了煤中干燥基磷分分级的级别名称、代号和磷分范围。

本标准适用于煤炭勘探、生产和加工利用中对褐煤、烟煤和无烟煤的磷分分级。

2、煤中磷分分级见下表：

序号	级别名称	代号	磷分范围(P _d) , %	试验方法
1	特低磷煤	SLP	≤0.010	GB 216
2	低磷分煤	LP	>0.010~0.050	
3	中磷分煤	MP	>0.050~0.100	
4	高磷分煤	HP	>0.100	

B: (GB/T20475.1-2006)

(2006 年 9 月 12 日批准

2007 年 2 月 1 日实施)

1、主要内容和适用范围

本标准规定了煤炭按干燥基磷含量 $\omega(P_d)$ 范围分级及其命名和代号。

本标准适用于煤炭勘探、生产和加工利用、煤炭销售中对煤炭中磷含量分级。

2、煤中磷分分级见下表：

序号	级别名称	代号	磷含量范围 $\omega(P_d)$ %	试验方法
1	特低磷煤	P-1	<0.010	GB/T216 或 GB/T1574
2	低磷煤	P-2	$\geq 0.010 \sim 0.050$	
3	中磷煤	P-3	$>0.050 \sim 0.100$	
4	高磷煤	P-4	>0.100	

煤中氯含量分级

(GB/T20475.2-2006)

(2006 年 9 月 12 日批准

2007 年 2 月 1 日实施)

1、主要内容和范围

本标准规定了煤炭按干燥基氯含量 $\omega(CL_d)$ 范围分级及其命名和代号。

本标准适用于煤炭勘探、生产和加工利用、煤炭销售中对煤炭中氯含量分级。

2、煤中氯含量分级见下表：

序号	级别名称	代号	氯含量分级范围 $\omega(CL_d)$ /%	试验方法
1	特低氯煤	CL-1	≤ 0.050	GB/T3558
2	低氯煤	CL-2	$>0.050 \sim 0.150$	
3	中氯煤	CL-3	$>0.150 \sim 0.300$	
4	高氯煤	CL-4	>0.300	

煤中砷含量分级

(MT/T803-1999)

(1999 年 3 月 24 批准

1999 年 8 月 1 日实施)

1、主要内容和范围

本标准规定了煤中砷含量的分级名称、代号、和含量范围。

本标准适用于褐煤、烟煤和无烟煤中的砷含量分级。

2、煤中砷含量分级见下表：

序号	级别名称	代号	砷含量 $As_d(\%)$	试验方法
1	一级含砷煤	I AS	$\leq 4.0 \times 10^{-4}$	GB/T3058
2	二级含砷煤	II AS	$>4.0 \times 10^{-4} \sim 8.0 \times 10^{-4}$	
3	三级含砷煤	III AS	$>8.0 \times 10^{-4} \sim 25.0 \times 10^{-4}$	
4	四级含砷煤	IV AS	$>25.0 \times 10^{-4}$	

煤中铅含量分级

(MT/T964-2005)

(2005 年 9 月 23 发布

2006 年 2 月 1 日实施)

1、主要内容和范围

本标准规定了煤炭按干燥基铅含量 (Pb_d) 范围分级及其命名和代号。

本标准适用于煤炭勘探、生产和加工利用、煤炭销售中对煤炭中铅含量分级。

2、煤中铅含量分级见下表：

序号	级别名称	代号	铅含量范围(Pb_d), ug/g	试验方法
1	低铅煤	LPb	<20	GB/T16658
2	中铅煤	MPb	20~40	
3	高铅煤	HPb	>40	

煤中汞含量分级

(MT/T963-2005)

(2005 年 9 月 23 发布

2006 年 2 月 1 日实施)

1、主要内容和范围

本标准规定了煤炭按干燥基汞含量 (Hg_d) 范围分级及其命名和代号。

本标准适用于煤炭勘探、生产和加工利用、煤炭销售中对煤炭中汞含量分级。

2、煤中汞含量分级见下表：

序号	级别名称	代号	汞含量范围(Hg_d), ug/g	试验方法
1	特低汞煤	SLHg	<0.150	GB/T16659
2	低汞煤	LHg	0.150~0.250	
3	中汞煤	MHg	0.251~0.400	
4	高汞煤	HHg	>0.400	

煤中锆含量分级

(MT/T967-2005)

(2005 年 9 月 23 发布

2006 年 2 月 1 日实施)

1、主要内容和范围

本标准规定了煤炭按干燥基锆含量 (Ge_d) 范围分级及其命名和代号。

本标准适用于煤炭勘探、生产和加工利用、煤炭销售中对煤炭中锆含量分级。

2、煤中锆含量分级见下表：

序号	级别名称	代号	锆含量范围(Ge_d), ug/g	试验方法
1	低锆煤	LGe	≤ 20	GB/T8207
2	高锆煤	HGe	>20	

煤中铈的最低工业品位 (30 微克 / 克), 铈矿最低工业品位 500×10^{-6} , 钍最低工业品位 (未查到), 钒最低工业品位 $V_{2O_5} \geq 0.78\%$, 铌最低工业品位 $\geq 0.001\%$,

煤的热稳定性分级

(MT/T560-1996)

(1996年4月18日批准

1996年10月1日实施)

1、主要内容与适用范围

本标准规定了煤的热稳定性分级的级别名称、代号和热稳定性范围。

本标准适用于气化用块煤的热稳定性分级。

2、煤的热稳定性分级见下表：

序号	级别名称	代号	热稳定性范围 (TS ₊₆ , %)	试验方法
1	低热稳定性煤	LTS	≤40	GB1573
2	较低热稳定性煤	RLTS	>40~50	
3	中等热稳定性煤	MTS	>50~60	
4	较高热稳定性煤	RHTS	>60~70	
5	高热稳定性煤	HTS	>70	

烟煤粘结指数分级

(MT/T596-1996)

(1996年12月30日批准

1997年11月1日实施)

1、主要内容与适用范围

本标准规定了烟煤粘结指数分级的级别名称、代号和范围。

本标准适用于煤炭勘探、生产和使用中烟煤粘结指数级别的划分。

2、烟煤的粘结指数分级见下表：

序号	级别名称	代号	粘结指数(G _{R,I})范围
1	不粘结煤	BNM	0~5
2	弱粘结煤	RNM	>5~30
3	中粘结煤	ZNM	>30~50
4	中强粘结煤	ZQN	>50~65
5	强粘结煤	QNM	>65~85
6	特强粘结煤	TQM	>85
(1) 包括微粘结煤			

煤的着火温度

煤的着火温度(又叫着火点或燃点)是指煤在有足够的空气供给的情况下,受热升温开始着火的温度。它是煤的特性之一,煤的着火点与煤的变质程度有很明显的关系,变质程度低的煤着火点低(即容易着火),变质程度高的煤着火点高。在煤质分析中对同一煤样测定的结果,分为原煤样、氧化样报出,一般可利用原煤样着火点和氧化样着火点的差值来推测煤的自燃倾向,着火点低的煤其原煤样和氧化样着火点差值大($\Delta T = \text{原煤样着火点} - \text{氧化样着火点}$),如 $\Delta T > 40^\circ\text{C}$ 的煤易自燃; $\Delta T < 20^\circ\text{C}$ 的煤,除褐煤、长焰煤外,都是不易自燃煤。

稀散元素

煤中的稀有元素，锗、镓、铀都是可以利用的，若煤中锗的含量大于 20 克/吨，镓的含量大于 30 克/吨，铀的含量大于 300 克/吨，就认为够工业品位，可回收利用。

灰粘度

液体排渣锅炉非常重视灰粘度指标，当灰粘度为 25 帕·秒时，是灰渣正常流出的极限粘度，一般灰渣正常流出灰粘度都在 25 帕·秒以下，多在 5-10 帕·秒之间。

例如：某煤灰在 1400℃ 时灰粘度为 5 帕·秒，在 1330℃ 时，灰粘度为 10 帕·秒，在 1280℃ 时为 25 帕·秒，在实际操作时锅炉温度在 1330℃ 时，炉渣就能很正常，非常安全的排出，锅炉温度低于 1280℃ 时，炉渣就不能排出，造成事故。

参考文献：①DL/T660-1998 煤灰高温粘度特性试验方法

②“火电厂煤质检测技术”第十章

结渣性

当结渣率在 20~40% 之间，气化炉结渣少，不易结渣，气化好，热效率好，排渣比较正常，属弱结渣煤，结渣率在 45~77% 之间，结渣多，属中等结渣煤。

结渣率在 77~100% 之间，是强结渣煤不易排渣，影响气化，热效率不好，甚至导致停产。（参考文献：GB/T1572-2001）

煤炭粒度分级

主要内容与适用范围

本标准规定了煤炭粒度分级的界限。

本标准适用于无烟煤、烟煤、和褐煤的粒度分级。

煤炭力度分级

(1) 无烟煤和烟煤粒度分级

长焰煤、不粘煤、弱粘煤、1/2 中粘煤、气煤、气肥煤、焦煤、肥煤、1/3 焦煤、瘦煤、贫瘦煤、贫煤和无烟煤，根据粒度不同分为下列各级，见下表：

序号	粒度名称	粒度 (mm)
1	特大块	>100
2	大块	>5000
3	混大块	>50
4	中块	>25~50'>25~80
5	小块	>13~25
6	混中块	>13~50'>13~80
7	混块	>13'>25
8	混粒煤	>6~25
9	粒煤	>6~13
10	混煤	<50
11	末煤	<13'<25
12	粉煤	<6

本标准不规定作为炼焦（配）煤来使用的各类别的煤炭产品的粒度分级，但当作为燃料使用而用户又要求分级时，其粒度应符合本标准的规定。

(2) 褐煤粒度分级（见下表：）

序号	粒度分级	粒度(mm)
1	特大块	>100
2	大块	>50~100
3	混大块	>50
4	中块	>25~50'>25~80
5	小块	>13~25
6	末煤	<13'<25

1、其他规定

①如果用户对煤炭产品的粒度有特殊要求，煤炭生产企业可根据用户的要求生产相应粒度的煤炭产品。

②各粒级煤炭产品的限下率应按 MT/T1-1996 的规定测定。

③煤炭筛分应按 GB/T477-1987 执行。

沾污指数的分级

沾污指数（也叫积灰指数） R_f 表达公式如下：

$$R_f = \frac{\text{灰中碱性氧化物}}{\text{灰中酸性氧化物}} \times N_a O$$

式中：灰中碱性氧化物指 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ %

灰中酸性氧化物指 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ %

Na_2O 指灰中 Na_2O 的百分含量

沾污指数分为四个等级： R_f 值越大，沾污越严重。

1. 低度沾污： $R_f < 0.2$
2. 中度沾污： $R_f = 0.2 - 0.5$
3. 高度沾污： $R_f = 0.5 - 1.0$
4. 严重沾污： $R_f > 1.0$

参考文献：①GB/T3715-1996

②火电厂煤质检测技术一书

结渣指数分级

结渣指数 R_s ，表达式如下：

$$R_s = \frac{\text{灰中碱性氧化物}}{\text{灰中酸性氧化物}} \times S_{t,d}$$

式中：灰中碱性氧化物 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ %

灰中酸性氧化物 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ %

$S_{t,d}$ 指煤中干基全硫百分含量 %

结渣指数分为四个等级， R_s 越大，锅炉结渣越严重。

1. 低度结渣 $R_s < 0.6$
2. 中度结渣 $R_s = 0.6 \sim 2.0$
3. 高度结渣 $R_s = 2.0 \sim 2.6$
4. 严重结渣 $R_s > 2.6$

参考文献：火电厂煤质检测技术一书

煤炭可选性评定方法

(GB/T16417-1996)

(1996 年 6 月 14 批准

1997 年 2 月 1 日实施)

1. 主要内容和适用范围

本标准规定了煤炭可选性评定方法、可选性等级的命名和划分指标。

本标准适用于大于 0.5mm 粒级的煤炭。

2. 评定方法

(1) 煤炭可选评定采用“分选密度 ± 0.1 含量法”(简称“ $\delta \pm 0.1$ 含量法”,下同)。

(2) 所用浮沉试验资料应符合 GB478-87 或 320-93 的规定。

(3) $\delta \pm 0.1$ 含量的计算:

a: $\delta \pm 0.1$ 含量按理论分选密度计算;

b: 理论分选密度在可选性曲线上按指定精煤灰分确定(精确到小数点后二位);

c: 理论分选密度小于 1.70g/cm^3 时,以扣除沉矸($\pm 2.00\text{g/cm}^3$)为 100% 计算 $\delta \pm 0.1$ 含量;理论分选密度等于或大于 1.70g/cm^3 时,以扣除低密度物($-1, 50\text{g/cm}^3$)为 100% 计算 $\delta \pm 0.1$ 含量;

d: $\delta \pm 0.1$ 含量以百分数表示,计算结果取小数点后一位。

3. 等级命名和划分

按照分选的难易程度,把煤炭可选性划分为五个等级,各等级的名称及 $\delta \pm 0.1$ 含量指标见下表(1):

$\delta \pm 0.1$ 含量%	可选性等级
≤ 10.0	易选
10.1~20.0	中等可选
20.1~30.0	较难选
30.1~40.0	难选
>40.0	极难选

附录 A 煤炭可选性评定示例(提示的附录)

A1 浮沉试验资料

某原煤 50~0.5mm 粒级(综合级)浮沉试验资料如表 A1 所示,该资料符合 GB478-87 的规定。

A2 确定精煤成分

用 $\delta \pm 0.1$ 含量法评定原煤可选性,是指在某一精灰分时的可选性。精煤灰分由客户提出或根据有关资料假定一个或几个精煤灰分值。本例中假定精煤灰分为 10.0% 和 13.0%,评定中两种条件下的煤炭可选性。

A3 绘制可选性曲线

按照 GB478-87 附录 A 的规定,依据表 A1 绘制五条可选性曲线(H-R 曲线)如图 A1。可选性曲线绘制在 200mm×200mm 的坐标纸上。

A4 计算 $\delta \pm 0.1$ 含量

A4.1 确定理论分选密度

在灰分坐标上分别标出灰分为 10.0% 和 13.0% 的两点(a 和 b),从 d 和 d 点向上引垂线分别交 β 曲线于 1 和 2 点。由 1 和 2 点引水平线分别交 δ 曲

线于 1' 和 2' 两点。再由 1' 和 2' 两点向上引垂线分别交密度坐标于 a' 和 b' 两点, 交 ϵ 曲线于 c 和 d 两点。a' 和 b' 两点代表的密度值即为精煤灰分分别为 10.0% 和 13.0% 时的理论分选密度, 即 1.53g/cm^3 和 2.01g/cm^3 。

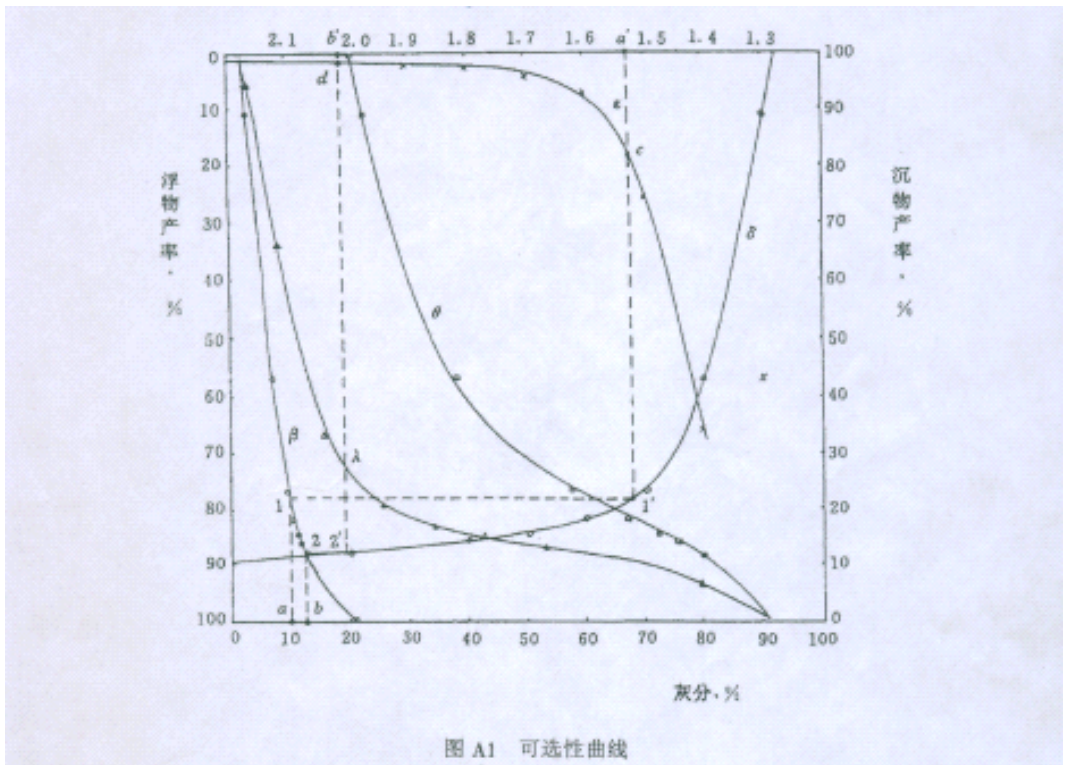


图 A1 可选性曲线

A4.2 计算 $\delta \pm 0.1$ 含量

A4.2.1 确定 $\delta \pm 0.1$ 含量(初始值)

图 A1 ϵ 曲线上 c 和 d 两点左侧纵坐标的产率值 18.3% 和 1.7% 即为所求 $\delta \pm 0.1$ 含量 (未扣除沉矸)。

A4.2.2 计算 $\delta \pm 0.1$ 含量 (最终值)

将上边求得的 $\delta \pm 0.1$ 含量按照 2.3 条的规定扣除沉矸或者低密度物。

当精煤灰分为 10.0% 时, 理论分选密度为 1.53g/cm^3 , 小于 1.7g/cm^3 。所以此时求得的 $\delta \pm 0.1$ 含量 (18.3%) 应当扣除沉矸。

从表 A1 可知, 沉矸数值为 11.6%, 故 $\delta \pm 0.1$ 含量为; 1.53g/cm^3

$$\frac{18.3}{100.00 - 11.6} \times 100\% = 20.7\%$$

当精煤灰分为 13.0% 时理论分选密度为 2.01g/cm^3 大于 1.70g/cm^3 。所以求时所求得的 $\delta \pm 0.1$ 含量 (1.7%) 应当扣除低密度物。从表 A1 可知, 低密度物为 77.0%, 故 $\delta \pm 0.1$ 含量为:

$$\frac{1.7}{100.00 - 77.0} \times 100\% = 7.4\%$$

A5 确定可选性等级

A5.1 当精煤灰分为 10.0 时, 扣除沉矸后的 $\delta \pm 0.1$ 含量为 20.7%, 根据表 1 可选性等级为 “较难选”。

A5.2 当精煤灰分为 13.0% 时, 扣除低密度后的 $\delta \pm 0.1$ 含量为 7.4%, 根据表 1 可选性等级为 “易选”。

50~0.5mm 粒级 (综合级) 原煤浮沉试验资料 (表 A1)

密度级 g/cm ³	产率 %	灰分 %	累计				$\delta \pm 0.1$	
			浮物		沉物		密度 g/cm ³	产率 %
			产率%	灰分%	产率%	灰分%		
<1.30	10.69	3.46	10.69	3.46	100.00	20.50	1.30	56.84
1.30~1.40	46.15	8.23	56.84	7.33	89.31	22.54	1.40	66.29
1.40~1.50	20.14	15.50	76.98	9.47	43.16	37.85	1.50	25.31
1.50~1.60	5.17	25.50	82.15	10.48	23.02	57.40	1.60	7.72
1.60~1.70	2.55	34.28	84.70	11.19	17.85	66.64	1.70	4.17
1.70~1.80	1.62	42.94	86.32	11.79	15.30	72.04	1.80	2.69
1.80~2.00	2.13	52.19	88.45	12.78	13.68	75.48	1.90	2.13
>2.00	11.55	79.64	100.00	20.50	11.55	79.64		
合计	100.00	20.50						
煤泥	1.01	18.16						
总计	100.00	20.48						

中国煤炭分类

GB/T 5751-2009

Chinese classification of coals

1 范围

本标准规定了基于应用的中国煤炭分类体系。

本标准适用于中华人民共和国境内勘查、生产、加工利用和销售的煤炭。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 212 煤的工业分析方法 (GB/T 212—2008 ISO 11722: 1999, Solid mineral fuels—Hard coal—Determination of moisture in the general analysis test sample by drying in nitrogen, ISO 1171: 1997, Solid mineral fuels—Determination of ash, ISO 562: 1998, Hard coal and coke—Determination of volatile matter, NEQ)

GB/T 213 煤的发热量测定方法 (GB/T 213—2008 ISO 1928: 1995, Solid mineral fuels—Determination of gross calorific value by the bomb calorimetric method and calculation of net calorific value, MOD)

GB 474 煤样的制备方法 (GB 474—2008 ISO 18283: 2006, Hard coal and coke—Manual sampling, MOD)

GB 475 商品煤样人工采取方法 (GB 475—2008 ISO 18283: 2006, Hard coal and coke—Manual sampling, MOD)

GB/T 476 煤中碳和氢的测定方法 (GB/T 476—2008 ISO 625 Solid mineral fuels—Determination of carbon and hydrogen—Liebig method, MOD)

GB/T 479 烟煤胶质层指数测定方法

GB/T 482 煤层煤样采取方法

GB/T 2566 低煤阶煤的透光率测定方法

GB/T 4632 煤的最高内在水分测定方法 (GB/T 4632—2008 ISO 1018: 1975, Hard coal—Determination of moisture-holding capacity, MOD)

GB/T 5447 烟煤粘结指数测定方法

GB/T 5450 烟煤奥阿膨胀计试验 (GB/T 5450—1997, eqv ISO 349: 1989)

GB/T 19494.1 煤炭机械化采样 第1部分: 采样方法 (GB/T 19494.1—2004
ISO 13909-1: 2001 Hard coal and coke—Mechanical sampling—Part 1: General
introduction, ISO 13909-2: 2001 Hard coal and coke—Mechanical sampling—Part 2:
Coal—Sampling from moving streams, ISO 13909-3: 2001 Hard coal and coke—
Mechanical sampling—Part 3: Coal—Sampling from stationary lost, NEQ)

GB/T 19494.2 煤炭机械化采样 第2部分: 煤样的制备 (GB/T 19494.2—
2004 ISO 13909-1: 2001 Hard coal and coke—Mechanical sampling—Part 1: General
introduction, ISO 13909-4: 2001 Hard coal and coke—Mechanical sampling—Part 4:
Coal—Preparation of test samples, NEQ)

MT/T 998 生产煤样采取方法

煤炭资源勘探煤样采取规程 (原煤炭部 1979 年颁布)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准

煤 coal

煤炭

主要由植物遗体经煤化作用转化而成的富含碳的固体可燃有机沉积岩, 含有一定的矿物质, 相应的灰分产率小于或等于 50% (干基质量分数)。

注 1: 通过在地质煤化作用过程中, 当全水分降到 75% (质量分数) 时, 泥炭转化成煤; 而在正常煤化过程中, 无干扰煤层转化为半石墨上限定为镜质体平均随即反射率 R_{ran} 为 6.0%, 或者, 用镜质体平均最低反射率 R_{max} 为 8.0% 为其上限更好。对于越变的接触变质的煤层, R_{max} 的上限可以超过 10%。以上注释参见 ISO 11760: 2005 《国际煤分类》。

注 2: 目前国内用于煤炭储量计算时所统计的煤炭灰分上限为 40%。

4 分类总则

4.1 本标准规定的中国煤炭分类体系是一种应用性的技术分类体系, 可以用于

- 说明煤炭的类别;
- 指导煤炭的利用;
- 根据一些重要的煤质指标进行不同煤的煤质比较;
- 指导选取适宜的煤炭分析测试方法等。

4.2 对煤炭分类用煤样的要求

4.2.1 判定煤炭类别时要求选用煤样为单种煤（单一煤层煤样或相同煤化程度煤组成的煤样），对不同煤化程度的混合煤或配煤不应作煤炭类别的判定。

注：对单种煤的判别可参照 GB/T 15591，商品煤反射率分布图标准偏差 $\leq 0.1\%$ 且无凹口时，为单一煤层煤。煤的镜质体反射率显微镜测定方法参见 GB/T 6948

4.2.2 用于判定煤炭类别的煤样可以是勘查煤样、煤层煤样、生产煤样或商品煤样。

4.2.3 分类用煤样的采取

4.2.3.1 勘查煤样的采取应按《煤炭资源勘探煤样采取规程》的规定执行。

4.2.3.2 煤层煤样的采取应按 GB/T 482 的规定执行。

4.2.3.3 生产煤样的采取应按 MT/T 998 的规定执行。

4.2.3.4 商品煤样的采取应按 GB/T 475 和 GB/T 19494.1 的规定执行。

4.2.4 分类用煤样的制备

分类用煤样的制备按 GB/T 474 和 GB/T 19494.2 的规定执行。

4.2.5 分类用煤样的灰分

4.2.5.1 分类用煤样的干燥基灰分产率应小于等于 10%。对于干燥基产率大于 10%的煤样，在测试分类参数（4.3）前应采用重液方法进行减灰后再分类，所用重液的密度宜使煤样得到最高的回收率，并使减灰后的煤样的灰分在 5%~10% 之间。减灰的方法可按 GB 474 中附录 B 进行。

4.2.5.2 对易泥化的低煤化程度褐煤，可采用灰分尽可能低的原煤。

4.3 分类参数

4.3.1 分类参数有两类，即用于表征煤化程度的参数和用于表征煤工艺性能的参数：

a) 用于表征煤化程度的参数

——干燥无灰基挥发份：符号为 V_{daf} ，以质量分数表示，其测定方法参见 GB/T 212；

——干燥无灰基氢含量：符号为 H_{daf} ，以质量分数表示，其测定方法参见 GB/T 476；

——恒湿无灰基高位发热量：符号为 $Q_{gr,maf}$ ，单位为兆焦每千克 (MJ/kg)，其测定方法参见 GB/T 213；

——低煤阶煤透光率：符号为 P_M ，以百分数表示，其测定方法参见 GB/T 2566；

b) 用于表征煤工艺性能的参数

——烟煤的粘结指数: 符号为 $G_{R,I}$ (简记 G), 其测定方法参见 GB/T 5447;

——烟煤的胶质层最大厚度: 符号为 Y , 单位为毫米 (mm), 其测定方法参见 GB/T 479;

——烟煤的奥阿膨胀度: 符号为 b , 以百分数表示, 其测定方法参见 GB/T 5450;

4.3.2 采用煤化程度参数 (主要是干燥无灰基挥发份) 将煤炭划分为烟煤、无烟煤和褐煤。

注: 褐煤和烟煤的划分, 采用透光率作为主要指标, 并以恒湿无灰基高位发热量为辅助指标。

4.3.3 无烟煤亚类的划分, 采用干燥无灰基挥发份和干燥无灰基氢含量作为指标, 如果两种结果有矛盾, 以按干燥无灰基氢含量划分的结果为准。

4.3.4 烟煤类别的划分, 需同时考虑烟煤的煤化程度和工艺性能 (主要是粘结性)。烟煤煤化程度的参数采用干燥无灰基挥发份作为指标; 烟煤粘结性的参数, 以粘结指数作为主要指标, 并以胶质层最大厚度 (或奥阿膨胀度) 作为辅助指标, 当两者划分的类别有矛盾时, 以按胶质层最大厚度划分的类别为准。

4.3.5 褐煤亚类的划分采用透光率作为指标。

5 分类

5.1 煤类划分及代号

本分类体系中, 先根据干燥无灰基挥发份等指标, 将煤炭分为无烟煤、烟煤和褐煤; 再根据干燥无灰基挥发份及粘结指数等指标, 将烟煤划分为贫煤、贫瘦煤、瘦煤、焦煤、肥煤、1/3 焦煤、气肥煤、气煤、1/2 中黏煤、弱黏煤、不黏煤和长焰煤。各类煤的名称可用下列汉语拼音字母为代号表示:

WY——无烟煤; YM——烟煤; HM——褐煤。

PM——贫煤; PS——贫瘦煤; SM——瘦煤; JM——焦煤; FM——肥煤; 1/3JM——1/3 焦煤; QF——气肥煤; QM——气煤; 1/2ZN——1/2 中黏煤; RN——弱黏煤; BN——不黏煤; CY——长焰煤。

5.2 编码

各类煤用两位阿拉伯数码表示。十位数系按煤的挥发分分组, 无烟煤为 0 ($V_{daf} \leq 10.0\%$), 烟煤为 1~4 ($V_{daf} > 10.0\% \sim 20.0\%$, $> 20.0\% \sim 28.0\%$, $> 28.0\% \sim 37.0\%$, $> 37.0\%$), 褐煤为 5 ($V_{daf} > 37.0\%$)。个位数, 无烟煤类为 1~3, 表示

煤化程度；烟煤类为 1~6，表示粘结性；褐煤类为 1~2，表示煤化程度。

5.3 中国煤炭分类体系表

5.3.1 无烟煤、烟煤及褐煤的划分，见表 1。

表 1 无烟煤、烟煤及褐煤分类表

类别	符号	数码	分类指标	
			V _{daf} (%)	P _M (%)
无烟煤	WY	01, 02, 03,	≤10.0	—
烟煤	YM	11, 12, 13, 14, 15, 16	>10.0~20.0	—
		21, 22, 23, 24, 25, 26	>20.0~28.0	
		31, 32, 33, 34, 35, 36	>28.0~37.0	
		41, 42, 43, 44, 45, 46	>37.0	
褐煤	HM	51, 52	>37.0 ^a	≤50 ^b

^a 凡 V_{daf}>37.0%，G≤5，再用透光率 P_M来区分烟煤和褐煤（在地质勘探中，V_{daf}>37.0%，在不压饼的条件下测定的焦渣特征为 1~2 号的煤，再用 P_M来区分烟煤和褐煤）。

^b 凡 V_{daf}>37.0%、P_M>50%者，为烟煤，P_M>30%~50%的煤，如恒湿无灰基高位发热量 Q_{gr,maf}大于 24MJ/kg，则划为长焰煤，否则为褐煤。恒湿无灰基高位发热量 Q_{gr,maf}的计算方法见下式：

$$Q_{gr,maf} = Q_{gr,ad} \times \frac{100(100 - MHC)}{100(100 - M_{ad}) - A_{ad}(100 - MHC)} \dots\dots\dots (1)$$

Q_{gr,maf}——煤样的恒湿无灰基高位发热量，单位为焦耳每克（J/g）；

Q_{gr,ad}——一般分析试验煤样的恒容高位发热量，单位为焦耳每克（J/g），其测试方法参见 GB/T 213；

M_{ad}——一般分析试验煤样水分的质量分数，单位为百分数（%），其测试方法参见 GB/T 212；

MHC——煤样最高内在水分的质量分数，单位为百分数（%），其测试方法参见 GB/T 4632。

5.3.2 无烟煤亚类的划分，见表 2。

表 2 无烟煤亚类的划分

类别	符号	数码	分类指标	
			V _{daf} (%)	H _{daf} (%) ^a
无烟煤一号	WY1	01	≤3.5	≤2.0
无烟煤二号	WY2	02	>3.5~6.5	>2.0~3.0
无烟煤三号	WY3	03	>6.5~10.0	>3.0

^a 在已确定无烟煤小类的生产矿、厂的日常工作、可以知按 V_{daf}分类；在地质勘探工作中，为新区确定小类或生产矿、厂和其他单位需要重新核定小类时，应同时测定 V_{daf}和 H_{daf}，按上表分小类。如两种结果有矛盾，以按 H_{daf}划小类的结果为准。

5.3.3 烟煤的分类，见表 3。

表3 烟煤的分类

类别	符号	数码	分类指标			
			$V_{daf}(\%)$	G	$Y(\text{mm})$	$b(\%)^b$
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	$>10.0\sim 20.0$	$>20\sim 50$		
		14	$>10.0\sim 20.0$	$>50\sim 65$		
焦煤	JM	15	$>10.0\sim 20.0$	$>65^a$	≤ 25.0	(≤ 150)
		24	$>20.0\sim 28.0$	$>50\sim 65$		
		25	$>20.0\sim 28.0$	$>65^a$	≤ 25.0	(≤ 150)
肥煤	FM	16	$>10.0\sim 20.0$	$(>85)^a$	>25.0	(>150)
		26	$>20.0\sim 28.0$	$(>85)^a$	>25.0	(>150)
		36	$>28.0\sim 37.0$	$(>85)^a$	>25.0	(>200)
1/3 焦煤	1/3JM	35	$>28.0\sim 37.0$	$>65^a$	≤ 25.0	(≤ 220)
气肥煤	QF	46	>37.0	$(>85)^a$	>25.0	>220
气煤	QM	34	$>28.0\sim 37.0$	$>50\sim 65$	≤ 25.0	≤ 220
		43	>37.0	$>35\sim 50$		
		44	>37.0	$>50\sim 65$		
		45	>37.0	$>65^a$		
1/2 中粘煤	1/2ZN	23	$>20.0\sim 28.0$	$>30\sim 50$		
		33	$>28.0\sim 37.0$	$>30\sim 50$		
弱粘煤	RN	22	$>20.0\sim 28.0$	$>5\sim 30$		
		34	$>28.0\sim 37.0$	$>5\sim 30$		
不粘煤	BN	21	$>20.0\sim 28.0$	≤ 5		
		31	$>28.0\sim 37.0$	≤ 5		
长焰煤	CY	41	>37.0	≤ 5		
		42	>37.0	$>5\sim 35$		

^a 当类煤的粘结指数测值 $G\leq 85$ 时, 用干燥无灰基挥发分 V_{daf} 和粘结指数 G 来划分煤类。当粘结指数测值 $G>85$ 时, 则用干燥无灰基挥发分 V_{daf} 和胶质层最大厚度 Y , 或用干燥无灰基挥发分 V_{daf} 和奥亚膨胀度 b 来划分煤类。在 $G>85$ 的情况下, 当 $Y>25.0\text{mm}$ 时, 根据 V_{daf} 的大小可划分为肥煤和气肥煤; 当 $Y\leq 25.0\text{mm}$ 时, 则根据 V_{daf} 的大小可划分为焦煤、1/3 焦煤和气煤。

^b 当 $G>85$ 时, 用 Y 和 b 并列作为分类指标。当 $V_{daf}\leq 28.0\%$ 时, $b>150\%$ 的为肥煤; $V_{daf}>28.0\%$, $b>220\%$ 的为肥煤或气肥煤。当 b 值和 Y 值有矛盾时, 以 Y 值划分的类别为准。

5.3.4 褐煤亚类的划分, 见表 4。

表 4 褐煤亚类的划分

类别	符号	编码	分类指标	
			$P_M(\%)$	$Q_{gr,maf}(\text{MJ/kg})^a$
褐煤一号	HM1	51	≤ 30	-
褐煤二号	HM2	52	$>30 \sim 50$	≤ 24

^a 凡 $V_{daf} > 37.0\%$, $P_M > 30\% \sim 50\%$ 的煤, 如恒湿无灰基高位发热量 $Q_{gr,maf} > 24\text{MJ/kg}$, 则划为长焰煤。

5.3.5 中国煤炭分类简表, 见表 5。

表 5 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^b (%)	$Q_{gr,maf}^c$ (MJ/kg)
无烟煤	WY	01, 02, 03	≤ 10.0					
贫煤	PM	11	$>10.0 \sim 20.0$	≤ 5				
瘦贫煤	PS	12	$>10.0 \sim 20.0$	$>5-20$				
瘦煤	SM	13, 14	$>10. \sim 20.0$	$>20-65$				
焦煤	JM	24	$>20.0 \sim 28.0$	$>50-65$	≤ 25	≤ 150		
		15, 25	$>20.0 \sim 28.0$	$>65^a$				
肥煤	FM	16, 26, 36	$>10.0 \sim 37.0$	$>85^a$	>25.0	≤ 220		
1/3 焦煤	1/3JM	35	$>28.0 \sim 37.0$	$>65^a$	≤ 25	>220		
气肥煤	QF	46	>37.0	$>85^a$	>25.0	≤ 220		
气煤	QM	34	$>28.0 \sim 37.0$	$>50-65$	≤ 25			
		43, 44, 45	>37.0	>35				
1/2 中粘煤	1/2ZN	23, 33	$>20.0 \sim 37.0$	$>30-50$				
弱粘煤	RN	22, 32	$>20.0 \sim 37.0$	$>5-30$				
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	>37.0		>37		≤ 30	≤ 24
		52	>37.0				$>30-50$	

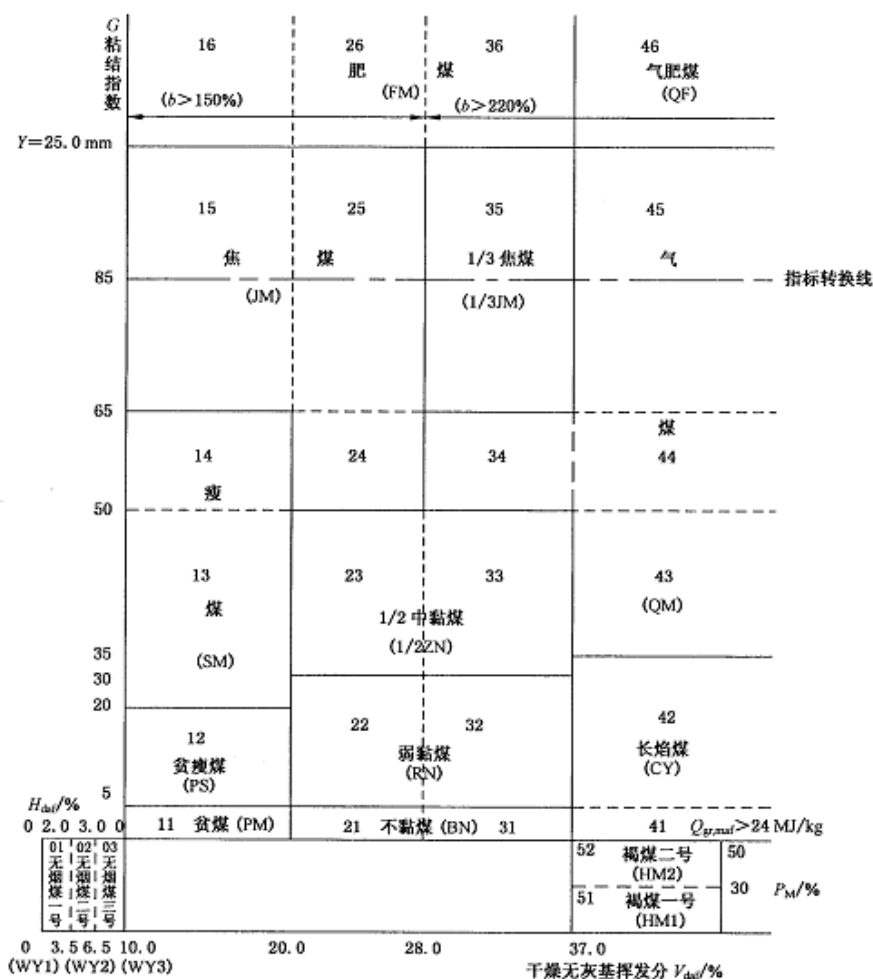
^a 当 $G > 85$ 的煤, 再用 Y 值或 b 值来区分肥煤、气肥煤与其他煤类, 当 $Y > 25.0\text{mm}$ 时, 根据 V_{daf} 的大小可划分为肥煤或气肥煤; 如 $Y \leq 25.0\text{mm}$, 则根据其 V_{daf} 的大小可划分为焦煤 1/3 焦煤或气煤。

按 b 值划分类别时, $V_{daf} \leq 28.0\%$ 时, $b > 150\%$ 的为肥煤; $V_{daf} > 28.0\%$ 时, $b > 220\%$ 的为肥煤或气肥煤。如按 b 值和 Y 值划分的类别有矛盾时, 以 Y 值划分的类别为准。

^b 对 $V_{daf} > 37\%$, $G < 5$ 的煤, 再以透光率 P_M 来区分其为长焰煤或褐煤。

^b 对 $V_{daf} > 37\%$, $P_M > 30\% \sim 50\%$ 的煤, 再测 $Q_{gr,maf}$, 如其值大于 24MJ/kg , 应划分为长焰煤。否则为褐煤。

5.4 中国煤炭分类图, 见图 1。



- 注 1: 分类用煤样的干燥基灰分产率应小于或等于 10%, 干燥基灰分产率大于 10% 的煤样应采用重液方法进行减灰后再分类; 对易泥化的低煤化程度褐煤, 可采用灰分尽可能低的原煤。
- 注 2: $G=85$ 为指标转换线。当 $G>85$ 时, 用 Y 值与 b 值并列作为分类指标, 以划分肥煤或气肥煤与其他煤类的指标。 $Y>25.00$ mm 者, 划分为肥煤或气肥煤; 当 $V_{daf}\leq 28.0\%$ 时, $b>150\%$ 的为肥煤; 当 $V_{daf}>28.0\%$ 时, $b>220\%$ 的为肥煤或气肥煤。如按 b 值和 Y 值划分的类别有矛盾时, 以 Y 值划分的类别为准。
- 注 3: 无烟煤划分亚类按 V_{daf} 和 H_{daf} 划分结果有矛盾时, 以 H_{daf} 划分的亚类为准。
- 注 4: 当 $V_{daf}>37.0\%$ 时, $P_M>50\%$ 者为烟煤, $P_M\leq 30\%$ 者为褐煤; $P_M>30\%\sim 50\%$ 时, 以 $Q_{gr,mat}$ 值 >24 MJ/kg 者为长焰煤, 否则为褐煤。

图 1 中国煤炭分类图

各种工业用煤的质量要求

煤炭既是燃料，也是工业原料，广泛地用于冶金、电力、化工、城市煤气、铁路、建材等国民经济各部门。不同的行业、不同的用煤设备对煤炭的质量均有不同的要求。掌握各种工业用煤对煤炭质量的要求，对于指导我国煤炭的合理利用及综合利用，实现煤炭产品的“对路供应”有着积极的促进作用。

第一节 炼焦用煤的质量要求

目前世界各国对炼焦用煤的质量要求都很高，我国每年炼焦精煤的产量是8000万吨左右，炼出的焦炭主要供炼铁、铸造和化工等部门使用。由于不同用途的焦炭质量要求是不同的，因此对于炼焦精煤的质量要求也就有所不同。如炼制冶金焦的精煤质量就应比炼制化工焦的精煤质量好。就炼焦用煤而言，结焦性和粘结性是最为重要的指标，即炼焦用煤首先要有较好的结焦性和粘结性。在我国新的煤炭分类GB5751-86中，1/2中粘煤、气煤、气肥煤、1/3焦煤、肥煤、焦煤、瘦煤、贫瘦煤均属炼焦煤范畴，都可作为炼焦（配）煤使用。

我国煤炭资源虽很丰富，但地区及煤种的分布却很不均衡，炼焦煤类还不到我国煤炭总储量的30%，且结焦性和粘结性均很好的肥煤和焦煤中又有很大一部分属于高灰、高硫、难选煤。因此，更加合理地利用我国现有的炼焦煤资源是极为必要的。今后随着炼焦技术的不断发展，炼焦煤的范畴也将会逐渐扩大。

（一）冶金焦用煤的质量要求

冶金焦是高炉炼铁必不可少的燃料和原料。在炼铁过程中，焦炭既作为冶炼过程提供热源，又作为主要的还原剂，同时也维护炉内料柱的透气性，使高炉能够正常运行，还需要有一定的块度和强度。随着高炉大型化和强化冶炼技术的发展，对焦炭强度的要求也日益提高。焦炭的强度可分为耐磨强度和抗碎强度。在焦炭受到摩擦力和冲击力作用的情况下，当焦炭外表面承受的摩擦力超过气孔壁强度时，产生表面薄层分离现象，形成碎屑和粉末，焦炭抵抗此种破坏的能力称为耐磨强度。当焦炭承受冲击力时，焦炭沿结构的裂纹或缺陷处碎成小块，焦炭抵抗此种破坏的能力称为抗碎强度。耐磨强度和抗碎强度是通过转鼓试验来确定的。在规定的条件下，焦炭在转鼓内破坏到一定程度后，用粒度小于或大于某定值的碎焦数量或碎焦数量占试样总量的百分率表示耐磨强度；而用粒度大于某定值的块焦数量或块焦数量占试样总量的百分率表示抗碎强度。

各国的转鼓试验在装置尺寸、鼓内构造、试样粒度和质量、转鼓的转速和转数有依筛孔与表示方法等方面都有所不同。目前，我国采用德国的米贡转鼓试验方法测定焦炭的强度。抗碎强度用 M_{40} 表示，是指经过转鼓试验之后大于40mm的块焦数量占试样总量的百分率。 M_{40} 愈大，表明焦炭的抗碎强度愈高。耐磨强度用 M_{10} 表示，是指转鼓试验之后小于10mm的碎焦数量占试样总量的百分率。 M_{10} 愈小，表明焦炭的耐磨强度越高。

焦炭强度的高低主要取决于煤的结焦性和粘结性，因此炼焦用煤要有较好的结焦性和粘结性。此外，对煤的其他指标也有相应的规定。

1. 灰分Ad(%)

在炼焦过程中，煤中的灰分几乎全部转入焦炭之中。煤的灰分高焦炭的灰分必然也高。由于灰分的主要成分是 SiO_2 、 Al_2O_3 等酸性氧化物，熔点较高，在炼铁过程中只能靠加入石灰石等溶剂与它们生成低熔点化合物才能以熔

渣形式由高炉排出，因而会使炉渣量增加。焦炭在高炉内被加热到高于炼焦温度时，由于焦炭与灰分的热膨胀性不同，焦炭沿灰分颗粒周围产生裂纹并逐渐扩大，使焦炭碎裂或粉化。此外，焦炭灰分高，则要求适当提高高炉炉渣碱度，高炉气中的钾、钠蒸气含量也相应增加，而这些均加速焦炭与 CO_2 反应消耗大量焦炭。

一般焦炭灰分每升高 1%，高炉溶剂消耗量约增加 4%。炉渣量约增加 3%，每吨生铁消耗焦炭量增加 1.7%–2.0%，生铁产量约降低 2.2%–3.0%。因此，对炼焦用煤而言，灰分应尽可能低些。炼焦精煤的灰分一般应在 10.00% 以下，最高的不应超过 12.5%。

与某些工业发达国家相比，我国高炉焦的灰分是较高的，这是焦炭质量差的主要原因。若能将焦炭灰分从 14.5% 降至 10.5%，以年生产铁 4000 万吨的高炉计，即可节省溶剂 130 万吨、焦炭 220 万吨，同时增产生铁 580 万吨，还可大大减少铁路运输量。炼焦精煤灰分要从煤炭资源特点（如煤的可选性、精煤的回收率）并结合选煤技术，中煤和矸石的合理利用等方面进行综合的技术经济分析加以确定。

2. 硫分 $\text{St, d}(\%)$

焦炭中的硫全部来自于煤，存在的形式主要有以下几种：

(1) 煤种矿物质转变而来的硫化物，如 FeS_2 、 CaS_2 、以及 Fe 与 s 固溶生长的： FeS_m ；

(2) 炼焦过程中部分硫化物被氧化生成的少量硫酸盐，如 FeSO_4 、 CaSO_4 ；

(3) 炼焦过程中生成的气态含硫化物在析出过程中与高温焦炭作用而进入焦炭生成碳硫复合物。

高炉内由炉料带入的硫分，仅 5%–20% 随高炉煤气逸出，其余的参加炉内硫循环，只能靠炉渣排出。焦炭含硫高会使生铁含硫高，增大其热脆性，同时还会增加炉渣碱度，使高炉运行指标下降。通常焦炭硫分每增加 0.1%，焦炭消耗量增加 1.2%–2.0%，生铁产量减少 2% 以上。此外，焦炭中的硫含量高还会使冶炼过程的环境污染加剧。炼焦用精煤的全硫含量一般应在 1.50% 以下，个别稀缺煤种（如肥煤）最高也不超过 2.50%。

3. 全水分 $\text{Mt}(\%)$

煤中水分的高低对于焦炭的质量没有直接影响，但水分含量过高，除了增加不必要的运输量之外，还会给实际生产带来一系列的问题。炼焦精煤的水分含量过高，会使炼焦过程自身的能耗有所增加，也给严寒地区装卸车带来一定的困难，一般规定炼焦精煤的全水分应在 12.0% 以下。

4. 磷含量

煤中所含的磷几乎全部残留在焦炭中，焦炭中的磷又全部转入生铁，会增大其冷脆性。转炉炼钢不易除磷，要求生铁含磷量低于 0.01~0.015%。我国炼焦精煤的磷含量普遍较低，一般都能满足要求。

(二) 铸造焦用煤的质量要求

铸造焦主要用于冲天炉熔炼。冲天炉的工作原理和生产实践表明，铸造焦应具有下列特性。

1. 块度较大且反应性较低

从冲天炉内的主要反应有：

氧化带 $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{热}$

还原带 $\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} - \text{热}$

为提高冲天炉过热区的温度，使熔融金属的过热温度足够高，流动性好，应保持适宜的氧化带高度。焦炭的粒度小或反应性高均会使氧化带的高度降低，以及炉气的最高温度降低，进而使过热区温度降低，影响正常操作。如果焦炭的粒度过大，则会使燃烧区不集中，也会降低炉气温度。铸造焦的粒度以 50-150mm 为好，并力求均匀。

2、硫含量要低

硫是铸铁中的有害元素，通常应控制在 0.1% 以下。当冲天炉内焦炭燃烧时，焦炭中的硫一部分生成了 SO_2 随炉气上升，在上升过程中与固态金属炉料作用，发生如下反应：



因此，含硫低于 0.1% 的原料铁，经气相增硫后，铁料的含硫量可高达 0.45%。铁料熔化成铁水后，在流经底焦时硫还要进一步增加。焦炭硫分高、粒度小、气孔率大，则铁水增硫量大。一般在冲天炉内铁水增硫量约为焦炭含硫量的 30%，而在造渣脱硫过程中当炉渣碱度 (CaO/SiO_2) 达 1.5-2.0 时，脱硫率不超过 50%。所以铸造焦的硫分应严格控制，这就对铸造焦用煤的硫含量提出了较高的要求，一般不超过 1.00%，最高也不应超过 1.5%。此外，铸造焦用煤的灰分也应尽可能低，不应超过 10.00%。全水分亦不应超过 12.0%。

在实际生产中，大多采取配煤炼焦。在保证焦炭质量的前提下，对配煤中的单煤，特别是结焦性和粘结性均较好的焦煤和肥煤的要求可适当放宽些，以解决炼焦煤源不足的问题。由于气化焦和电石焦的用量不大，且对煤的质量要求较低，此外不再赘述。

第二节 发电用煤的质量要求

我国发电厂是煤炭的最大用户，1997 年全国发电用煤量近亿吨（1996 年发电用煤量为 4.7 亿吨），发电量达 11350 亿度，发电装机总容量为 2.5 亿 KW。主要燃煤电厂的单机容量普遍在 20-30 万 KW 以上。到 1996 年底全国正在运行和建设的装机容量在 100 万 KW 以上的大型发电厂已分别达 36 个和 35 个。随着环保对燃煤排放 SO_2 和粉尘的要求越来越高，发电用煤对煤质的要求也日益提高，如国务院于 1998 年颁发的国函字 5 号文中明确要求：除以热定电的热电厂外，禁止在大中城市城区及近郊区新建燃煤火电厂。新建、改造燃煤含硫量大于 1% 的电厂，要在 2000 年前采取减排二氧化硫的措施，在 2010 年前分期分批建成脱硫设施或采取其他具有相应效果的减排二氧化硫的措施。该文同时对煤矿供煤的硫分也提出了很高的要求。即禁止新建煤层含硫分大于 3% 的矿井，建成的生产煤层含硫分大于 3% 的矿井，逐步实行限产或关停。新建、改造含硫分大于 1.5% 的煤矿，应当配套建设相应规模的煤炭洗选设施。

发电用煤对煤质的主要要求如下：

（一）发热量

合适的发热量是发电用煤必须首先满足条件，一般来说，单机容量越大的火力发电厂对燃煤热值的要求也越高，如以 30 万 KW 的发电机组为例，其燃煤的发热量 ($Q_{\text{ner}'}_{\text{ar}}$) 应在 5500Kcal/Kg 左右，最好在 6000Kcal/Kg 以上，而对沸腾燃烧的小型坑口电厂来说，其发热量 ($Q_{\text{ner}'}_{\text{ar}}$) 在 3000Kcal/Kg 以上即能满足要求。一般中小型电厂的燃煤发热量 ($Q_{\text{ner}'}_{\text{ar}}$) 多在 4500~5500Kcal/Kg 左右。有些燃用褐煤的电厂，燃煤热值 ($Q_{\text{ner}'}_{\text{ar}}$) 在 2500Kcal/Kg 以上的也可以使用。但总的来说，发电用煤的发热量以符合电厂在锅炉设计时的要求为好，发热量过低或过

高都会影响电厂的正常运行。

（二）挥发分

我国的大部分火力发电厂用煤以烟煤为主，因此对供电厂用煤的挥发分（ V_{daf} ）要求一般应在 10% 以上，其中以 V_{daf} 大于 20% 的较好， V_{daf} 大于 30~36% 的则更易于燃烧。至于燃用褐煤的一些电厂（其中不少为坑口电厂）的挥发分一般都在 40% 以上。少数燃用无烟煤的电厂如重庆铬锰电厂和阳泉电厂等则多用原煤挥发分介于 8%~12% 之间的年轻无烟煤。但总的来说，电厂用煤的挥发分也应符合各厂在锅炉设计时的要求为好。如广西合山电厂在设计时系使用合山的贫煤，挥发分在 15% 左右，因此供该厂煤的挥发分也就不宜过高或过低。

（三）灰熔融性

对固态排渣的发电厂煤粉锅炉来说，通常以燃煤的灰熔融性软化温度（ST）大于 1350℃ 为最好，但由于我国晚第三纪的褐煤和华北及西北地区的一些侏罗纪煤（如大同弱粘煤、东胜—神府的不粘煤、长焰煤）的灰熔融性软化温度（ST）普遍在 1250℃ 左右或以下，而这些煤目前普遍作为发电用煤，因此实际上发电用煤对灰熔融性软化温度也就没有十分严格要求，但总的来说，ST 值越高越好。

对少数液态排渣的电厂锅炉来说，则要求燃煤的灰熔融性流动温度（FT）越低越好，一般以 FT 小于 1200℃ 为最好，必要时还可添加助溶剂以降低灰渣的流动温度。

（四）硫分

如单从对燃烧的影响来看，发电用煤对硫分没有严格的要求，但由于硫分会腐蚀锅炉和管道，影响设备寿命；而更重要的是由于燃煤排放出的 SO_2 会严重污染大气质量，产生酸雨，破坏生态平衡，损坏名胜古迹。因此从环保的角度看，燃煤的硫分以低于 1% 为最好，而从我过发电用煤的实际情况只要硫分不超过 3% 的均可使用。至于燃烧后排出的大量 SO_2 则可以采用烟气脱硫的方法予以脱除，一般 SO_2 脱除率可达 90% 左右，但这种方法的不足之处是基建投资大（约占电厂总投资的 30% 左右），运行费用高。此外，电厂也可采用循环流化床锅炉（CFBC）燃用高硫煤，用石灰石来固定 SO_2 ，其 SO_2 和 NO_x 的排放率比一般煤粉锅炉减少 50%，且投资又相对较低。

（五）可磨性

对中小型电厂来说，由于普遍采用煤粉燃烧，若发电用煤的可磨性太差，就会增大其磨煤电耗，从而使发电成本增高。因此，总的来说，发电用煤的哈氏可磨性指数（HGI）越高越好，对烟煤来说，其 HGI 值以大于 50 较好，至少也应在 45 以上。至于褐煤和无烟煤的哈氏可磨性指数则另行考虑。

（六）灰分

发电用煤的灰分一般不宜太高，否则不仅会增高磨煤电耗（尤其是黄铁矿的硬度更大），而且还会增加排灰量和增大堆灰场地，同时还增加了入厂原煤的运输量，从而增大发电的综合成本。不过，为了充分利用我国的低质煤资源如洗煤厂的洗中煤和部分洗矸，对某些小型坑口电厂来说，也可就近采用灰分不超过 46% 的廉价高灰分煤作为燃料。

（七）全水分

发电用煤的全水分（Mt）增高不仅会降低其收到基低位发热量（ $Q_{net, ar}$ ），而且还会影响其可磨性。这是由于水分越大的煤，在磨煤机中会互相粘连而增加磨煤时间，从而增大磨煤电耗。因此，除褐煤以外，一般发电用煤的水分以不超过 15% 为宜，且以不超过 10% 最好，此外，发电用煤的品种以粒度 < 13mm（或

<25mm) 的磨煤或粉煤 (<6mm) 最好, 煤中的可见矸石含量也是越低越好。

为了适应电力工业发展的需要, 确保发电用煤的质量, 1997 年修订了发电煤粉锅炉用煤质量的国家标准 GB7562。

第三节 气化用煤的质量要求

煤的气化是把固体燃料煤转化为煤气的过程。通常用氧气、空气或水蒸气等作为汽化剂, 使煤中的有机物转化成含 H_2 和 CO 等成分的可燃气体。根据汽化剂和煤气成分的不同大致可分为空气煤气、混合煤气、水煤气和半水煤气等。目前国内各种固定床气化炉的煤气平均组成成分如下表: (6-1)

煤气名称	汽化剂	煤气成分/%						煤气低热值 /KJ·Nm ⁻³	主要用途
		H ₂	CO	CO ₂	N ₂	CH ₄	O ₂		
空气煤气	空气	2.6	10	14.7	72.0	0.5	0.2	3760-4600	燃料气
混合煤气	空气	13.5	27.5	5.5	52.8	0.5	0.2	5000-5200	燃料气
水蒸气	水蒸气	48.4	38.5	6.0	6.4	0.5	0.2	10000-	燃料气
半水煤气	水蒸气	40.51	30	8.0	20.6	0.5	0.2	11300	合成氨等
	空气							8800-9610	原料气

目前气化炉种类虽然很多, 但不外乎固定床、沸腾床和悬浮床种类型。气化炉型不同, 对煤质的要求也就不同。

(一) 常压固定床煤气发生炉对煤质的要求

常压固定床煤气发生炉的应用比较广泛, 对煤的适应性也较强, 可采用的煤种有长焰煤、不粘煤、弱粘煤、1/2 中粘煤、气煤、1/3 焦煤、贫瘦煤、贫煤和无烟煤。煤的品种以各粒度级块煤为宜, 灰熔融性软化温度大于 1250℃, 灰分 (Ad) 不大于 24.00%, 硫分 ($S_{t,d}$) 小于 2.00%, 热稳定性和抗碎强度亦应较高, 抗碎强度 (试验后大于 25mm 的块) 应大于 60%, 热稳定性 TS+6 大于 60.0%。对于无搅拌装置的发生炉, 要求原料煤的胶质层最大厚度 Y 小于 12.0mm; 有搅拌装置的发生炉, 则要求 Y 小于 16.0mm。

为保证固定床煤气发生炉用煤的质量, 已制定出了 GB9143 常压固定床煤气的生炉用煤质量标准。

(二) 合成氨用煤对煤质的要求

目前国内普遍采用以无烟块煤为原料生产合成氨的原料气, 要求原料煤有较好的热稳定性和较高的抗碎强度。因为热稳定性和抗碎强度差的无烟块煤在气化炉内, 特别是在受热时易碎裂成片或粉末, 降低产气率, 甚至影响正常运转或造成停炉事故。一般说来, 要求其热稳定性 TS+6 在 70% 以上, 抗碎强度在 65% 以上。灰分亦以小于 16% 为佳, 最高也不应超过 24%。硫含量应尽可能低些, 硫含量过高, 不仅会污染环境, 腐蚀设备, 而且进入煤气中的硫 (大部分是 H_2S) 还会使催化剂 “中毒”, 给整个生产工艺带来一系列的问题。硫含量一般不应超过 2.00%。固定碳也是一个很重要的指标, 合成氨用煤的固定碳 (FC_d) 含量应在 65% 以上, 为使气化炉能顺利运行, 煤灰熔融性软化温度以在 1250℃ 以上为

宜，否则灰渣容易在气化炉内结疤挂炉，影响产气率和煤气质量，严重时会造成停炉等事故。

应该说明的是，各种气化用煤应尽量就地取材，即使某些指标差一些，但从生产的总成本来看合算，就不要舍近求远去寻找煤源。

（三）沸腾床气化炉用煤对煤质的要求

我国也用沸腾床气化炉来生产合成氨原料气。这种气化炉在常压下操作，以空气或氧气作气化剂，对原料煤的要求是活性越大越好（一般在 950℃ 时对 CO_2 分解率大于 60% 的煤即可）。可以用褐煤（一般 M_t 应小于 12.0%， A_d 小于 25.0%），也可以用长焰煤或不粘煤，要求粒度小于 8mm，但 0-1mm 的煤粉越少越好，否则飞灰会带出大量碳而降低煤的气化率；煤灰熔融性软化温度（ST）应大于 1200℃； $S_{t,d}$ 小于 2.00%。

（四）柯伯斯-托切可（K-T）炉对煤质的要求

（K-T）炉是一种粉煤悬浮床气化炉。利用在常压下连续运转的高速气化工工艺，生产合成氨的原料气。这种炉子的气化温度高达 1400-1500℃，对煤质的要求不严，几乎什么样的煤都可以使用。例如高硫、易结渣、易碎、粘结、加热膨胀的各种烟煤以及无烟煤和褐煤均可使用。由于气化反应在不到 1s 内就完成，因此煤粉的粒度越细越好，一般是小于 200 目的粉煤占 90% 左右（褐煤可降低到 80% 左右），全水分在 1%-5%。如用褐煤，先要进行干燥使水分降到 5%-10%，烟煤和无烟煤的水分应降到 1% 左右。煤的灰熔融性越低，气化装置容易运转。目前也可用灰分高达 35% 左右的褐煤作为气化原料，气化时用氧气作汽化剂，生产以 CO 和 H_2 为主的粗煤气。根据国外经验，（K-P）炉多采用褐煤和年轻烟煤进行气化。由于它能连续操作，故（K-P）炉的生产能力比用块煤的鲁奇加压气化炉大。

第四节 液化用煤的质量要求

煤的直接液化是将煤炭在高温、高压和催化剂的作用下加入氢气使之变成液体燃料—人造石油的过程，同时还生成一定的气体燃料的固态残渣。

典型的煤直接液化工艺是德国在二次世界大战以前研究成功并投入生产的。它的主要过程是：用低灰的年轻褐煤煤粉与重油调成煤糊，加入催化剂，在高压釜里加压到 20-70MPa，加温到 380-550℃，隔绝空气通入氢气，煤就逐渐转变成液体燃料和气体燃料。

进入 20 世纪 70 年代以后，各国新的液化工艺不断发展，到目前已不下五六类之多，其中最有希望投入工业生产的是氢煤法（H-Coal）和溶剂精炼煤法（SRC）。后一种方法不但能生产液体燃料，如果适当控制加氢量，还可生产洁净的高热值固体燃料，可作为无灰焦、碳素材料和配煤炼焦的粘结剂。国内这类液化方法目前刚进入工业性试验阶段。

由于直接液化方法尚未取得工业生产经验，各国对液化用煤的要求标准还不一致。如日本和前苏联的一些学者主张采用低灰煤；欧美有些学者认为高灰、高硫煤的价格低廉，有利于降低液化的成本。但高灰煤在磨碎过程中耗电多，尤其是含黄铁矿高的煤因硬度大而电耗更大，同时对液化工厂的生产效率和固液分离都是不利的。在多数情况下，原煤的液化效果比精煤要好，所以液化以采用原煤为宜。原料煤的灰分要求不超过 25%，因为灰分过高会给整个工艺系统带来一系列困难，但黄铁矿高的煤有利于液化反应。液化用煤的质量要求如下表：

煤种	褐煤、长焰煤、气煤、气肥煤
$V_{daf} \%$	>37
$A_d \%$	<25
C/H	<16
C%	60-85
S%	>1.0
$R_{max}^0 \%$	0.3-0.7
惰性组含量%	<10

一般宜采用挥发分产率较高的年轻煤（如褐煤、长焰煤和 V_{daf} 大于 37% 的气煤等）作液化用煤。容易液化的煤岩显微组分的顺序是：壳质组、镜质组、半镜质组和半丝质组，丝炭几乎不能液化。研究工作表明，液化用煤的惰质组含量以低于 10% 为宜，最高也不要超过 15%，否则由于未反应的煤太多而影响液化效果。镜质组平均最大反射率小于 0.7% 的煤大多适于液化，但也有某些达到 0.9% 的煤也颇适于液化。从煤的化学成分来看，一般以含碳量 C_{daf} 小于 85%、碳氢质量比小于 16 的煤较为适宜。氧含量高的煤，由于煤结构中的氧大都以羰基形态存在，液化加氢时会消耗大量的氢变成水。高硫分煤在液化时也会消耗大量的氢生成硫化氢析出。含氮量高的煤在液化变成氨，因而也使氢耗量增大。如采用含氧量较低的年轻烟煤进行液化，虽然氢的消耗量较小，但反映速度要比含氧量高的褐煤慢。从上述分析可以看出，在液化用煤的一系列煤质要求中，有许多是互相矛盾的，看来液化用煤也可以采用配煤的方法较为合适。

第五节 蒸汽机车用煤的质量要求

蒸汽机车锅炉的构造比较特殊，对煤质要求较高，一般须使用 V_{daf} 大于 20% 的长焰煤、弱粘煤、气煤、1/3 焦煤和不适于炼焦的肥煤，以便于点燃。这些煤的火焰长，能使锅炉在短时间内达到额定产气量，保证机车的行驶速度和牵引力。蒸汽机车用煤的灰分 A_d 应小于 24.00%， $Q_{net, ar}$ 就大于 20.91MJ/Kg，由于蒸汽机车锅炉的通风力强，煤粉易被吹跑或从炉条间隙漏掉，所以必须使用粒度大于 6-50mm 之间的块煤。此外，ST 要大于 1200℃，略有粘结性，硫分 $S_{t, d}$ 以不超过 1% 为宜。蒸汽机车用煤对煤质的要求详见 GB4063《蒸汽机车用煤质量》。

第六节 水泥回转窑用煤的质量要求

水泥、玻璃、陶瓷、砖瓦、石灰等建筑材料都要经过各种窑焙烧、煅烧甚至熔化等高温处理。而煤炭是主要燃料。其中水泥工业用煤要求较高。水泥生产的方法不同，对煤炭品种和质量的要求也不同。回转窑要求灰分 A_d 小于 27%、发热量 ($Q_{net, ar}$) 大于 21.00MJ/Kg 的挥发分较高的烟煤煤粉作燃料，而立窑则要求发热量 ($Q_{net, ar}$) 大于 25.09MJ/Kg 的无烟块煤作燃料。为减轻对水泥配方的影响，水泥用煤的质量保持稳定。烧砖瓦、石类窑（土窑）用煤的质量要求不高，甚至煤矸石、石煤亦可使用。水泥回转窑用煤对煤炭质量的要求详见 GB7563《水泥回转窑用煤质量》。

第七节 高炉喷吹用煤的质量要求

（一）高炉喷吹无烟煤粉技术

近年来，为降低焦炭消耗，增加生铁产量，改善生铁质量，将无烟煤粉或重

油从风口随热风喷入高炉的喷吹技术得到了大力发展。采用喷吹技术后，焦炭作为热源和还原剂的作用可在一定程度上由喷吹燃料所取代（但喷吹燃料无法取代焦炭的疏松骨架作用）。但随着石油资源的日益短缺、价格不断上涨，喷吹重油受到一定的限制，喷吹无烟煤粉技术得到了发展。我国自 20 世纪 60 年代起开始对高炉喷吹无烟煤粉技术进行研究，现在这方面已达到国际先进水平。宝钢、鞍钢、本钢、首钢、宝钢、武钢、马钢、湘钢、太钢、梅山冶金公司、宣化钢铁公司和攀枝花钢铁公司都已采用了这一技术，并取得了显著的成效。此外，像杭州钢厂等、邯郸钢厂、石家庄钢厂、辽宁北台钢厂、甘肃酒泉钢铁公司等一些中小型钢铁企业也采用或拟采用这一技术。现在我国高炉喷吹年用煤量已达 400 万吨，按置换比 0.8 计，每年便可节约冶金焦 320 万吨，节约资金 1 亿多元。高炉喷吹无烟煤粉后，在节约焦炭的同时，还会使高炉的有效容积相对有所增加，从而增加生铁的产量并可改善高炉的冶炼状况和操作条件，便于高炉顺利运行，使生铁的质量也有所提高。喷吹设备远比炼焦设备简单，其投资只相当于同等能力焦炉投资的 20%–25%，加工煤粉的能耗也远比炼焦工艺低得多，因而喷吹煤粉在设备投资、成本、运行、维护及节能等方面的效益都很显著。

国外对喷吹煤粉技术也比较重视，英、法、美等国家已先后采用了这一技术。在日本，已有 16 座高炉采用了喷吹煤粉技术。除了将煤粉直接喷入高炉外，还可以将其与油混合制成“油煤浆”或与焦油混合抽制“焦油煤浆”喷入高炉，目前这项技术在日本已得到了应用。

高炉喷吹无烟煤粉工艺过程如下所述：原料煤经给料斗通过胶带传送到煤仓，再经喂料器送入球磨机进行研磨。粒度达到要求的煤粉（小于 160 目或小于 200 目）通过惯力传送到旋风除尘器，粒度达不到要求的煤粉再重新进入球磨机进行研磨，粒度的大小是通过风力的大小来控制的。在球磨的同时，用鼓风机向球磨机内吹入热风以除去煤中的水分。煤粉从旋风除尘器的下部依次进入贮料仓和给料仓。从旋风除尘器上部跑出的煤粉再进入布袋除尘器进行除尘，收集下来的煤粉从布袋除尘器的下部依次进入贮料仓和给料仓。最后用压缩空气（或氮气）将煤粉从高炉的风口直接喷入高炉回旋区。喷入的煤粉在回旋区内剧烈燃烧，产生的热能是高炉冶炼过程的主要热源，燃烧反应后生成的 CO 是高炉冶炼过程的主要还原剂。随着喷吹技术的不断提高，目前国内有些大型钢铁公司已开始采用单独喷吹烟煤粉或无烟煤粉的混合喷吹技术，进一步扩大了喷吹用煤的资源。

（二）高炉喷吹用煤对煤炭质量的要求

高炉喷吹用煤对煤的质量要求较高，煤质的好坏对喷吹的经济效益和高炉的正常操作都有直接影响，一般认为，高炉喷吹用煤的质量要求如下：

1. 灰分要低

灰分高，喷入的有效成分的量就相对地降低。煤的发热量和固定碳含量也有所下降，喷入的煤粉作为高炉冶炼的热源和还原剂的作用将会减弱，节焦效果变差。其次，灰分高还会使高炉的渣量增加，酸性物质的含量增高，影响造渣。因为为了保持炉渣的脱硫能力，必须维持一定的炉渣碱度（ CaO/SiO_2 ），而煤灰带入的 SiO_2 要靠碱性物质

CaO 来平衡，因而做成渣量增加。这不仅多消耗了热量，而且影响高炉内料柱的透气性，使生铁的产量下降，质量降低。生产实践表明，燃料（包括焦炭和煤粉）灰分每升高 1%，燃料消耗增加 2%，生铁产量下降 2%。高炉喷吹用煤的灰分一般不应超过 12%，最高不应超过 17%。

2. 硫含量要低

高炉喷吹用煤的硫含量应尽可能低。高炉内由炉料带入的硫分仅有 5%~20% 随高炉煤气逸出，其余的均参加炉内硫循环，只能靠炉渣排出。入炉煤粉含量高导致生铁硫含量增高，降低生铁质量，使高炉操作指标下降，同时降低生铁产量。硫分每增加 0.1%，生铁产量降低 2%，燃料比升高 1.5%。高炉喷吹用煤的硫含量以小于 0.7% 为宜，最高不应超过 1.10%。

3. 水分含量要低

水分含量不但会使煤的发热量有所降低，还会使干燥系统的能耗增高，给球磨带来困难，使球磨机不能正常工作。高炉喷吹用煤的水分一般以小于 8% 为宜，最高不应超过 12%。

4. 挥发分要合适

目前我国除太原钢铁公司用 V_{daf} 为 14% 左右的贫瘦煤外，其他钢铁厂多无烟煤或将高变质烟煤与无烟煤配合使用。一般说来，挥发分的高低对高炉喷吹的影响不是很大，但当 V_{daf} 较高时，在制粉及喷吹过程中容易引起爆炸。我国目前基本上是以无烟煤作为喷吹的原料煤，挥发分均在 10% 以下。烟煤也可以作为喷吹的原料煤，但由于其爆炸的危险性较大，喷吹需在惰性气体（一般为氮气）中进行，设备相当复杂些，成本也略有增高，尽管近年来国内外烟煤喷吹技术已有了很大的发展，但从我国的实际情况及煤炭资源特点来考虑，将无烟煤作为高炉喷吹用煤是比较适宜的。

5. 其他方面的质量要求

高炉喷吹用煤的固定碳含量应高些，一般以大于 75% 为宜。哈氏可磨性指数 HGI 也应高些，虽然 HGI 的大小对高炉喷吹的效果没有直接影响，但 HGI 过小，表明煤的硬度大，会给制粉工艺带来一定的困难，增加动力消耗，同时使喷吹设备（特别是喷枪）的寿命降低。煤灰成分对高炉喷吹也有一定的影响，钒和钛的含量越低越好，因为中两种元素会增加炼铁过程中灰渣的粘度，致使铁水和炉渣较难分离。煤灰中二氧化硅与氧化钙之比（ SiO_2/CaO ）小越好，因为 CaO 含量的增高有助于降低酸性炉渣的粘度。另外，如煤灰中的氧化铁含量高，相当在高炉中增多了矿石中铁的成分。

我国无烟煤资源比较丰富，其储量约占全国煤炭总储量的 13% 左右（截止 1996 年底），其绝对储量达千亿吨以上。在我国除新疆、青海等少数省（直辖市、自治区）尚未发现无烟煤资源外，其余各省（区）均或多或少的有无烟煤资源。河南省的郑州矿务局，永夏矿区、焦作矿务局，山西省的阳泉矿务局、晋城矿务局，北京矿务局，宁夏的石炭井矿务局等其他一些地方矿基本上都能提供一定数量的满足上述质量要求的高炉喷吹无烟煤。因此，发展高炉喷吹无烟煤粉技术在我国有广阔的前景。近年来，由于煤炭开采方式的改变和机械化水平的提高，煤炭的质量受到较大影响，特别是灰分和硫分上升的较多，这给钢铁企业的经济效益带来了极不利的影响。若各矿都能将原煤入选，向用户提供优质的无烟洗精煤，则供需双方都能获得较好的经济效益。随着钢铁工业的发展，喷吹用煤量将会逐年增加。将优质无烟粉煤作为高炉喷吹的原料必将是无烟煤利用的有效途径之一。

第八节 其他工业用煤质量要求

（一）烧结矿用无烟煤的质量要求

我国的铁矿石有许多是贫矿。如果把贫矿直接作为高炉冶炼的原料，不仅高炉的利用系数降低，生产能力下降，炼铁时的焦比也会大幅度上升，所以这种贫

矿通常都要进行精选。但选后的精铁粉不能直接送入高炉冶炼，必须把它在高温下烧结（熔融）成块。烧结时，过去多用焦粉作燃料，因此对烧结燃料的要求也是低灰、低硫和高发热量。为了节约焦炭，目前已多用无烟煤粉来代替。烧结用无烟煤的灰分应小于 15%，硫分小于 0.7%（最高也不应超过 1%），否则会增高生铁的含硫量而影响烧结质量。此外，小于 0.5mm 的煤粉量要少。

（二）电石炉用无烟煤的质量要求

电石炉可以用焦炭，也可以用无烟煤作原料。开启式电炉可全部用无烟煤，但在密闭式电石炉中需要焦炭和无烟煤掺混使用。这两种电石炉对烟煤的质量要求如下表：

煤质指标	开启式炉	密闭式炉
$A_d\%$	<7	<6
$V_{daf}\%$	<8	<10
$M_t\%$	<5	<2
$P_d\%$	<0.04	<0.04
$S_{t,d}\%$	<1.5	<1.5
真相对密度 TRDd	>1.45	>1.6
粒度/mm	3-40	3-40

煤炭分析试验项目专用符号

GB/T483-1998

本标准采用各分析试验项目的英文名词第一个字母或缩略字,以及各化学成分的元素符号或分子式作为它们的代表符号。下列符号为煤炭分析试验项目专用符号:

a——收缩度, %;
A——灰分, %;
AI——磨损指数, mg/Kg;
ARD——视相对密度;
b——膨胀度, %
Clin——结渣率, %
CR——半焦产率, %
CSN——坩锅膨胀序数;
DT——灰熔融性变形温度, °C
E_B——苯萃取物产率, %
FC——固定碳, %
FT——灰熔融性流动温度, °C
G_{R·I}——粘结指数;
HA——腐植酸产率, %
HGI——哈氏可磨性指数;
HT——灰熔融性半球温度, °C
M——水分, %
MHC——最高内在水分, %
MM——矿物质, %
P_M——透光率, %
Q——发热量, J/g 或 MJ/kg
R·I——罗加指数;
SS——抗碎强度, %
ST——灰熔融性软化温度, °C
T_{ar}——焦油产率, %
TRD——真相对密度;
TS——热稳定性, %
V——挥发分, %
Water——干馏总水产率, %
x——焦块最终收缩度, mm;
y——胶质层最大厚度, mm
a——二氧化碳转化率, %

对各分析试验项目的进一步划分,采用相同的英文名词的第一个字母或缩略字,标在有关符号的右下角。

本标准所涉及的分析试验项目中采用的下标有下列几种:

f——外在或游离;
inh——内在;

o——有机；
p——硫化铁；
s——硫酸盐；
gr, p——恒压高位；
gr, v——恒容高位；
net, p——恒压低位；
net, v——恒容低位；
b——弹筒；
t——全。

为了区别以下不同基表示的煤炭分析结果，采用下列英文字母，标在有关符号的右下角、项目细划分符号后面，并用逗号分开。

本标准涉及的常用基的符号有下列几种：

ad——空气干燥基；
ar——收到基；
d——干燥基；
daf——干燥无灰基；
dmmf——干燥无矿物基。

举例：如空气干燥基全硫，以 $S_{t, ad}$ 表示。

低位发热量的计算

(GB/T213-2003)

1. 恒容低位发热量

工业上是根据煤的收到基低位发热量进行计算和设计。煤的收到基恒容低位发热量的计算方法如下式：

$$Q_{\text{net}, \text{v}, \text{ar}} = (Q_{\text{gr}, \text{v}, \text{ad}} - 206H_{\text{ad}}) \times \frac{100 - M_t}{100 - M_{\text{ad}}} - 23M_t$$

$Q_{\text{net}, \text{v}, \text{ar}}$ ——煤的收到基恒容低位发热量，单位为焦耳每克（J/g）；

$Q_{\text{gr}, \text{v}, \text{ad}}$ ——煤的空气干燥基恒容高位发热量，单位为焦耳每克（J/g）；

M_t ——煤的收到基全水分（按 GB/T211 测定），单位为百分数（%）；

M_{ad} ——煤的空气干燥基水分（按 GB/T211 测定），单位为百分数（%）；

H_{ad} ——煤的空气干燥基氢含量（按 GB/T476 或 GB/T15460 测定），单位为百分数（%）。

2. 恒压低位发热量

由弹筒发热量算出的高位发热量和低位发热量都属恒容状态，在实际工业燃烧中则是恒压状态，严格地讲，工业计算中应使用恒压低位发热量，如有必要，恒压低位发热量可按下式计算：

$$Q_{\text{net}, \text{p}, \text{ar}} = [Q_{\text{gr}, \text{v}, \text{ad}} - 212H_{\text{ad}} - 0.8(O_{\text{ad}} + N_{\text{ad}})] \times \frac{100 - M_t}{100 - M_{\text{ad}}} - 24.4M_t$$

式中：

Q_{ad} ——煤的空气干燥基氧含量（按 GB/T475 计算），单位为百分数（%）；

N_{ad} ——煤的空气干燥基氮含量（按 GB/T475 计算），单位为百分数（%）；

其余符号意义同前

注：($Q_{\text{ad}} + N_{\text{ad}}$) = $100 - M_{\text{ad}} - A_{\text{ad}} - C_{\text{ad}} - H_{\text{ad}} - S_{\text{t}, \text{ad}}$

各种不同基的煤的发热量换算

高位发热量基的换算

煤的各种不同基的发热量的高位发热量依次按下式换算：

$$Q_{\text{gr}, \text{ar}} = Q_{\text{gr}, \text{ad}} \times \frac{100 - M_t}{100 - M_{\text{ad}}}$$

$$Q_{\text{gr}, \text{d}} = Q_{\text{gr}, \text{ad}} \times \frac{100}{100 - M_{\text{ad}}}$$

$$Q_{\text{gr}, \text{daf}} = Q_{\text{gr}, \text{ad}} \times \frac{100}{100 - M_{\text{ad}} - A_{\text{ad}}}$$

式中：

Q_{gr} ——高位发热量，单位为焦耳每克（J/g）；

A_{ad} ——空气干燥基煤样的灰分，单位百分数（%）；

$\text{Ar}, \text{ad}, \text{d}, \text{daf}$ ——分别代表收到基、空气干燥基、干燥基、和干燥无灰基，

其余符号意义同前。

低位发热量基的换算

煤的各种不同水分的恒容低位发热量按下式换算：

$$Q_{net,v,M} = (Q_{gr,v,ad} - 206H_{ad}) \times \frac{100-M}{100-M_{ad}} - 23M$$

式中：

$Q_{net,v,m}$ ——水分为 M 的煤的恒容低位发热量，单位为焦耳每克（J/g）；

M——煤样的水分，单位为百分数（%）；

干燥基时 M=0, 空气烦躁基时 M=Mad, 收到基时 M=Mt, 其余符号同前。