第一篇

绪　论

第一章　中国的煤炭资源与煤质特征

第一节　中国分大区、分省(市、区)、分煤种的储量

中国煤炭资源丰富,品种齐全,但分布很不均匀。

一、全国各大区煤炭储量分布

由表 1－1 看出,截止到 1996 年底,我国煤炭保有储量达 1 万亿 t 以上,其中以华北区和西北区的储量最多,分别占全国煤炭储量的 50%和 30%左右,中南区和东北区的储量最少,均只占全国的 3%左右,西南区和华东区各占全国储量的 9%和 5%左右。由此可知,我国的煤炭资源绝大部分分布在北方地区,这是造成我国北煤南运的主要原因。

表 1－1　到 1996 年底全国各大区煤炭保有储量

大区名称	华北	东北	华东	中南	西南	西北	合计
储量/亿 t	5000.27	306.21	537.69	291.49	863.26	3025.6	10024.52

在中国的煤炭资源中,以动力煤为主,占探明保有储量的 72.71%,炼焦煤占 25.61%,分类不明的占 1.68%。

二、全国各省(市、区)煤炭储量分布

各省(市、区)的煤炭保有储量,以华北区的山西省和内蒙古自治区为最多,分别占全国煤炭储量的 25.71%和 22.42%(表 1－2),居全国第 3 位的为陕西省,占全国煤炭储量的 16.15%。以上三省(区)的储量占全国的 64%以上。新疆维吾尔自治区和贵州省的煤炭储量各占全国储量的 9.50%和 5.23%,分别居第 4 位和第 5 位。储量较多、占全国 2%以上的

还有宁夏、安徽、云南(以褐煤居多)、河南、山东和黑龙江等省(区),分别居全国储量的第6~11位。其他各省(市、区)的储量均不到全国的2%。

表1-2 到1996年底全国各省(市、区)煤炭保有储量

省(市、区)名称	占本区储量/%	占全国储量/%
华北区	100.00	49.88
北 京	0.48	0.24
河 北	3.02	1.51
山 西	51.55	25.71
内蒙古	44.95	22.42
东北区	100.00	3.06
辽 宁	21.98	0.67
吉 林	7.04	0.22
黑龙江	70.98	2.17
华东区	100.00	5.41
江 苏**	7.99	0.43
浙 江	0.22	0.01
安 徽	45.21	2.45
福 建	2.16	0.12
江 西	2.59	0.14
山 东	41.83	2.26
中南区	100.00	2.91
河 南	77.99	2.27
湖 北	1.89	0.06
湖 南	10.39	0.30
广 东	2.17	0.06
广 西	7.21	0.21
海 南	0.34	0.01
西南区	100.00	8.61
四 川***	11.27	0.97
贵 州	60.69	5.23
云 南	27.98	2.41
西 藏	0.06	0.00
西北区	100.00	30.13

续表

省(市、区)名称	占本区储量/%	占全国储量/%
陕　西	53.59	16.15
甘　肃	3.36	1.01
青　海	1.29	0.39
宁　夏	10.24	3.08
新　疆	31.52	9.50

＊包括天津市；＊＊包括大屯；＊＊＊包括重庆市。

三、全国分煤种的储量分布

从全国不同煤种的储量分布看，以长焰煤、不粘煤、褐煤、无烟煤、气煤(包括1/3焦煤)的储量最多，均在1000亿t以上，这些煤种的储量分别占全国煤炭储量的16.58%、15.66%、13.55%、12.00%和11.82%(表1－3)。储量稍大的还有焦煤和贫煤，均占全国煤炭储量的5.8%左右。其他煤种的储量均不大。

表1－3　全国不同煤种的储量

煤种名称	贫　煤	无烟煤	弱粘煤	不粘煤	长焰煤	褐　煤
占全国储量/%	5.81	12.00	1.79	15.66	16.58	13.55
煤种名称	**气煤、1/3焦煤**	**肥煤、气肥煤**	**焦　煤**	**瘦煤、贫瘦煤**	**天然焦**	**未分类**
占全国储量/%	11.82	3.33	5.82	3.80	0.17	9.67

四、全国各大区高硫($S_{t,d}>3\%$)及中高硫($S_{t,d}>2\%\sim3\%$)煤的储量分布

从各大区高硫煤($S_{t,d}>3\%$)的储量比看，以西南区和中南区为最大，分别占该两区煤储量的26.46%和17.15%(表1－4)，华东区及华北区的高硫煤储量亦分别占该两区煤储量的10.22%和10.13%，东北区的高硫煤储量比最小，还不到该区煤储量的1%，其绝对储量不到3亿t。而高硫煤的绝对储量以华北区为最多，达500亿t以上，占全国煤储量的5.05%，西南区的高硫煤储量也达228亿t以上，占全国煤储量的2.28%。

表 1－4 到 1996 年底全国高硫及中高硫煤保有储量分布表

省(市、区)名称	高硫煤储量/亿 t	占本省储量/%	占本区储量/%	占全国储量/%	中高硫煤储量/亿 t	占本省储量/%	占本区储量/%	占全国储量/%
华北区	506.737		10.13	5.05	207.646		4.15	2.07
北 京	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
河 北*	26.938	17.83	0.54	0.27	11.545	7.64	0.23	0.12
山 西	406.501	15.77	8.13	4.05	174.215	6.76	3.48	1.74
内蒙古	73.298	3.26	1.47	0.73	21.886	0.97	0.44	0.22
东北区	2.883		0.94	0.03	1.243		0.41	0.01
辽 宁	2.259	3.35	0.74	0.02	0.968	1.44	0.32	0.01
吉 林	0.625	2.89	0.20	0.01	0.275	1.28	0.09	0.00
黑龙江	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
华东区	55.452		10.22	0.55	23.011		4.24	0.23
江 苏**	7.303	16.85	1.35	0.07	3.130	7.22	0.58	0.03
浙 江	0.950	80.51	0.18	0.01	0.100	8.47	0.02	0.00
安 徽	0.560	0.23	0.10	0.01	0.000	0.00	0.00	0.00
福 建	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
江 西	0.934	6.65	0.17	0.01	0.193	1.37	0.04	0.00
山 东	45.706	20.14	8.42	0.46	19.588	8.63	3.61	0.20
中南区	49.996		17.15	0.50	22.290		7.65	0.22
河 南	34.201	15.04	11.73	0.34	16.928	7.45	5.81	0.17
湖 北	3.710	67.21	1.27	0.04	0.000	0.00	0.00	0.00
湖 南	0.400	1.32	0.14	0.00	5.357	17.68	1.84	0.05
广 东	0.625	9.89	0.21	0.01	0.005	0.08	0.00	0.00
广 西	10.170	48.36	3.49	0.10	0.000	0.00	0.00	0.00
海 南	0.890	90.82	0.31	0.01	0.000	0.00	0.00	0.00
西南区	228.416		26.46	2.28	83.727		9.70	0.84
四川***	37.549	38.59	4.35	0.37	25.370	26.07	2.94	0.25
贵 州	169.253	32.31	19.61	1.69	49.107	9.37	5.69	0.49
云 南	21.434	8.87	2.48	0.21	9.160	3.79	1.06	0.09
西 藏	0.180	37.50	0.02	0.00	0.090	18.75	0.01	0.00
西北区	47.258		1.56	0.47	37.512		1.24	0.37
陕 西	31.430	1.94	1.04	0.31	2.148	0.13	0.07	0.02

续表

省(市、区) 名　称	高硫煤 储量/亿 t	占本省 储量/%	占本区 储量/%	占全国 储量/%	中高硫煤 储量/亿 t	占本省 储量/%	占本区 储量/%	占全国 储量/%
甘　肃	0.740	0.73	0.02	0.01	6.513	6.42	0.22	0.06
青　海	0.000	0.00	0.00	0.00	0.716	1.84	0.02	0.01
宁　夏	7.569	2.45	0.25	0.08	6.607	2.14	0.22	0.07
新　疆	7.519	0.79	0.25	0.08	21.528	2.26	0.71	0.21
全　国	890.743			8.89	375.429			3.74

＊包括天津市；＊＊包括大屯；＊＊＊包括重庆市。

各大区中高硫煤($S_{t,d} > 2\% \sim 3\%$)的储量也以西南区和中南区为最多，分别占该两区煤储量的 9.70%和 7.65%，其次为华东区和华北区，分别占该两区中高硫煤储量的 4.24%和 4.15%。从中高硫煤的绝对储量看，华北区最多，为 200 多亿 t，占全国煤储量的 2.07%，中高硫煤储量最少的东北区，只占全国煤储量的 0.01%，其绝对储量也只 1.2 亿多 t。

五、全国各省(市、区)的高硫($S_{t,d} > 3\%$)及中高硫($S_{t,d} > 2\% \sim 3\%$)煤的储量分布

从各省(市、区)高硫煤的储量比看，以海南省最大，占该省煤储量的 90%以上(表 1－4)，其次为浙江省，占该省煤储量的 80%以上，再次为湖北、广西、四川、西藏和贵州等省(区)，分别占这些省(区)煤炭储量的 67.21%、48.36%、38.59%、37.50%和 32.31%。但这些省(区)的煤炭绝对储量除贵州和四川两省较多以外，其他各省(区)高硫煤的绝对储量均不多。而高硫煤绝对储量最多的还是山西省，达 400 亿 t 以上，占全国煤储量的 4.05%。此外，内蒙古自治区和山东省的高硫煤储量亦分别达到 73 亿 t 和 45 亿 t 以上。

中高硫煤的储量比较多的有四川、西藏、湖南、贵州、山东、浙江、河南和江苏等省(区)，分别占该省(区)煤储量的 26.07%、18.75%、17.68%、9.37%、8.63%、8.47%、7.45%和 7.22%(表 1－4)，但中高硫煤绝对储量最多的仍是山西省，达 170 多亿 t，占该省煤储量的 6.76%，其次为贵州、四川、内蒙古、新疆、山东、河南等省(区)，但其中储量最多的贵州省也不到 50 亿 t。

第二节　中国原煤及洗选加工产品的生产状况

中国不仅煤炭储量丰富，更是一个产煤大国，从 1988 年开始，中国的原煤产量已跃居世界第一。1998 年全国生产原煤 12.22 亿 t，其中国有重点矿 5.23 亿 t，占 42.8%，地方煤矿占

57.2%,而且地方煤矿中乡、村集体煤矿和个体煤矿产量约占全国煤炭产量的40%。表明我国的原煤产量构成不尽合理,小型煤矿产量较多,资源浪费严重。国家已决定关闭25000个不合格的小煤窑,1999年的全国原煤产量将控制在11亿t以下,某些国有重点高硫煤矿以及扭亏无望的矿井也将关闭或破产。从各地区来看,以华北区原煤产量最多,占全国原煤产量的1/3以上,西北区最少,仅占全国的8.54%,其他各区的产量相差不大。在各省(市、区)中,山西省遥遥领先,1998年原煤产量近3亿t,约占全国原煤的1/4,其次是河南省,原煤产量也近1亿t。

一、全国分大区、分省(市、区)原煤生产状况

从表1-5看出,中国1997年的原煤产量达132525万t,其中以华北区最多,近4.9亿t,占全国原煤产量的1/3以上,西北区的原煤产量仍然最低,为1.23亿t,只占全国原煤产量的9.28%,其他各大区的原煤产量均相差不多,一般都占全国原煤产量的12%~14.5%左右。

表1-5 1997年全国分大区原煤生产状况

大区名称	华北	东北	华东	中南	西南	西北	合计
产量/万t	48712	15799	19302	17508	18904	12300	132525
占全国产量/%	36.76	11.93	14.56	13.21	14.26	9.28	100.00

表1-6 1997年主要产煤省(市、区)的原煤产量 单位:万t

省(市、区)名称	总产量	国有重点煤矿产量	省营煤矿产量	地(市)营煤矿产量	县(市)营煤矿产量	集体等煤矿产量
山西	33037.5	1263.5	200.0	381.7	377.2	1919.6
河南	10028.3	4425.8	0	760.9	57.5	3884.1
山东	9094.4	5422.9	292.3	412.4	981.1	1985.7
内蒙古	7908.8	3295.8	76.0	1322.4	3587.2	15421.4
黑龙江	7547.2	4128.1	78.5	259.8	120.2	776.6
河北	6785.6	3907.6	199.9	381.7	377.2	1919.2
贵州	6596.7	936.1	178.5	4.6	112.1	5365.1
四川	6221.9	1065.0	81.6	598.6	421.4	4055.2
辽宁	5841.5	4215.4	190.2	339.5	774.1	3309.3
陕西	4958.1	1760.3	60.1	36.9	685.5	2415.3
安徽	4768.8	2850.1	516.4	748.4	63.7	590.2
湖南	4023.3	571.6	89.1	65.7	106.2	1256.1

从表 1－6 看出，各省（市、区）原煤产量以山西省居全国之首，1997 年达 3.3 亿 t，产量居全国第 2 位的河南省年产也超过 1 亿 t，居第 3 位的山东省年产原煤亦达 9000 多万 t，原煤产量较大的还有内蒙古和黑龙江两省（区），分别为 7900 多万 t 和 7500 多万 t，河北、贵州、四川等省的产量均在 6000～7000 万 t 之间。产量较少的北京、广东、福建、青海和浙江等省（市）的产量均不到 1000 万 t，海南省和西藏自治区年产原煤分别低至 1.50 万 t 和 1.1 万 t。由此可见我国各省（市、区）的原煤产量差异甚大。

二、全国分煤种原煤生产状况

以 1997 年为例，全国生产原煤 13.25 亿 t，其中烟煤占 3/4 以上（77.46%），无烟煤和褐煤各占 18.23%和 4.31%。在烟煤中，炼焦煤占 62.11%，非炼焦煤占 37.89%。在炼焦煤中以气煤、焦煤和 1/3 焦煤的产量比例最大，各占炼焦煤产量的 17.61%、17.12%和 16.06%，其他各类炼焦煤的产量详见表 1－7。

表 1－7　1997 年全国炼焦煤分煤种产量

煤　种	气煤	1/3 焦煤	气肥煤	肥煤	焦煤	瘦煤	贫瘦煤	其他
产量/万 t	11227	10242	6915	8397	10 917	5094	2855	8107

在烟煤中的非炼焦煤产量以长焰煤最多，达 11748 万 t，占烟煤产量的 11.44%，分不出牌号（主要为不粘、弱粘及长焰煤之间难以确定牌号的一些动力煤）的亦占 10.87%，弱粘煤为 8000 多万 t，占烟煤产量的 7.86%，贫煤和不粘煤各占烟煤产量的 5.76%和 1.93%。

三、全国洗选加工产品的生产状况

1997 年全国洗精煤产量 9164 万 t，其中煤炭系统占 95%以上，冶金及化工系统占 5%以下。在全国洗精煤产量中，可用于炼制冶金焦的为 7939 万 t，占洗精煤总量的 86.63%，其中煤炭系统为 7498 万 t，占全国洗精煤总量的 81.82%和煤炭系统洗精煤产量的 89.96%。

1997 年煤炭系统入选原煤 22342 万 t，占重点煤矿原煤产量的 16.86%，其中入选炼焦煤 13812 万 t、动力煤 8530 万 t。全国炼焦煤的入洗比为 21.67%，即几乎有 80%左右的炼焦煤作动力煤使用，从而表明我国炼焦煤的开发强度仍然过大。1997 年全国洗中煤、洗块煤和洗混（末）煤的产量分别为 480 万 t、410 万 t 和 2356 万 t，分别占全国原煤产量的 0.35%、0.31%和 1.78%。1997 年入选低质动力煤 8530 万 t，选出动力煤 6742 万 t，回收率为 79.04%。全年产无烟煤块 1947 万 t，烟煤块 3137 万 t 和褐煤块 167 万 t。无烟煤块主要供化肥厂制气及立窑烧水泥和石灰等动力用。烟煤块供烤烟、机车、玻璃厂、机械厂、纺织厂、轻工系统等厂矿的发生炉煤气用。褐煤块多作造气用。

第三节 中国不同时代煤的煤质特征

一、不同时代无烟煤的煤质特征

我国无烟煤的形成时代从最早的晚古生代早石炭世，到最晚的中生代早、中侏罗世都有，其间相隔一亿几千万年，其沉积环境则从海陆交互相到陆相均有。不同时代形成的无烟煤的性质，必然会有不同程度的差异。由表 1－8 看出，无烟煤的硫分以海陆交互相沉积的晚二叠世乐平煤系和早、晚石炭世形成的较高，其平均 $S_{t,d}$ 均在 1% 以上，陆相沉积的侏罗纪和早二叠世山西组煤系无烟煤的平均硫分都低于 0.5%。无烟煤的灰分高低，看来主要与其沉积环境有关，而与沉积相的关系并不十分明显，如属晚石炭世太原组煤系的无烟煤，其平均灰分高达 20.22%，而与灰分相对应的原煤平均发热量（$Q_{gr,ad}$）也以晚石炭世太原组的无烟煤最低。

表 1－8 我国不同成煤时代无烟煤煤质特征的比较

成煤时代	侏罗纪	晚二叠世	早二叠世	晚石炭世	早石炭世	各时代平均值
煤样个数	20	54	23	18	18	133
M_{ad}/%	1.99	2.93	3.01	1.87	2.31	2.58
A_d/%	12.59	15.31	17.12	20.22	11.10	15.31
V_{daf}/%	7.35	6.78	7.08	8.76	6.92	7.20
V_{daf}/%，浮煤	5.72	5.52	6.10	7.52	4.93(1)	5.97
$S_{t,d}$/%	0.28	1.75	0.50	1.16	1.41	1.19
$Q_{gr,ad}$/MJ·kg^{-1}	29.44	28.33	27.45	26.54	30.60	28.41
$Q_{gr,daf}$/MJ·kg^{-1}，浮煤	34.16	34.51	34.42	34.52	35.09	34.53
TRD_d	1.651	1.685	1.668	1.671	1.564	1.661
TRD_p	1.537	1.544	1.498	1.534	1.465	1.523
备注		乐平煤系	山西组	太原组	测水煤系	
C_{daf}/%	94.21	93.04	93.51	92.09	93.24	93.20
H_{daf}/%	2.47	2.85	2.79	3.18	3,21	2.88
N_{daf}/%	0.58	1.06	1.15	1.20	0.93	1.00
O_{daf}/%	2.40	1.55	1.92	2.36	1.33	1.82
$\bar{R}$/%	6.79	4.73	4.12	4.26	4.37	4.69
Hv/kg·mm^{-2}	97.99	73.99	56.14	60.10	51.90	67.99

续表

成煤时代	侏罗纪	晚二叠世	早二叠世	晚石炭世	早石炭世	各时代平均值
SiO_2/%	36.32	49.06	42.41	44.30	46.31	44.68
Al_2O_3/%	13.52	26.94	34.94	32.67	26.71	26.50
Fe_2O_3/%	12.98	12.44	6.58	7.74	16.09	11.43
CaO/%	24.15	4.10	5.94	6.99	3.54	8.39
ST/℃	1223(13) >1500(1)	1298(26) >1400(7)	1406(10) >1500(2)	1303(3) >1500(8)	1243(5) >1400(5)	1293(57) >1400(23)
FT/℃	1277(12) >1500(2)	1337(24) >1400(9)	1430(8) >1500(4)	1337(3) >1500(8)	1277(5) >1400(5)	1332(52) >1400(28)

煤灰成分中的 CaO 含量，十分明显地看出，以侏罗纪的无烟煤最高，平均达 24.15%，其他时代煤灰中 CaO 含量无明显差异。Al_2O_3 含量则又以侏保罗纪煤灰中最低，平均仅 13.52%。SiO_2 含量则以晚二叠世乐平煤系最高，平均达 49.06%。Fe_2O_3 含量则以早石炭世无烟煤灰中的最高，早二叠世煤灰中最低，分别高至 16.09%和低到 6.58%。显然，这是由于前者为海陆交互相沉积煤系，而后者为陆相沉积所致。值得指出的是，由于陆相沉积的早、中侏罗世煤系中常可发现有菱铁矿($FeCO_3$)结核，因此尽管侏罗纪无烟煤的平均硫分最低(0.28%)，但其煤灰中的 Fe_2O_3 含量仅稍低于早石炭世无烟煤灰，比晚二叠世和晚石炭世高硫煤煤灰中的 Fe_2O_3 含量还高。

由于不同时代的无烟煤灰组成成分相差颇大，因而它们的灰熔点也有较大的差异，以侏罗纪的熔点最低，早二叠世的熔点最高，*ST* 分别为 <1250℃和 >1400℃。但值得指出的是，由于我国某些晚石炭世无烟煤如京西等系以陆相沉积为主，因而不但其煤中的平均硫分仅稍高于 1%，而且其煤灰中的 Fe_2O_3 平均含量亦仅稍高于早二叠世山西组煤系。所以我国石炭世太原组无烟煤的灰熔点不少也可高达 1500℃以上。

从 C_{daf}、H_{daf}、镜质组平均反射率($\bar{R}$%)和显微硬度(Hu)等表征变质程度的指标看，似以侏罗纪无烟煤最高(表 1－8)。这主要是由于北京矿区的侏罗纪无烟煤系属变质特高的超无烟煤的缘故，而另一个主要侏罗纪无烟煤矿区——宁夏汝箕沟矿区的仍为较年轻的无烟煤。为什么北京矿区的侏罗纪无烟煤会变成超无烟煤呢？这显然与它的成因密切相关。大约在 2 亿年前的侏罗纪初期，华北一带有火山喷发和火山碎屑岩沉积，以后，随着地壳活动性的减弱，在京西一带低山丘陵环绕的内陆湖盆内形成了早、中侏罗世煤系沉积。煤系沉积以后盆地基底不断往下沉降，使其沉积的煤系(包括侏罗纪以前形成的晚石炭世煤系)长期受到火山余热的缓慢影响而加速了煤的变质作用的进行，从而形成了高变质的超无烟煤。所以在京西侏罗纪煤系内常可以找到凝灰岩或玄武岩等火山喷发物的遗迹。至于宁夏汝箕沟矿区的早、中侏罗世无烟煤，虽然也沉积在地热较高的火山喷发岩之上，但由于这一地区受燕山运动的影响较小，地壳的构造破坏微弱，因而只形成变质并不很深的年轻无烟煤。

二、不同时代贫煤的煤质变化特征

由表 1－9 看出，我国的主要贫煤矿区有晚石炭世、早二叠世和晚二叠世三个煤系。贫煤的硫分亦以陆相沉积的早二叠世山西组煤最低，平均为 0.42%，但海陆交互相沉积的晚石炭世和晚二叠世乐平煤系贫煤的平均硫分却明显地高于无烟煤的平均硫分（见表 1－8、1－9），这可能就是导致我国贫煤不受广大用户欢迎的重要因素之一。不同时代贫煤灰分虽然相差不大，但贫煤的平均灰分却比无烟煤的高 4%。不同时代贫煤的平均挥发分则符合煤系沉积越深，挥发分越低的规律，如表 1－9 所示，沉积在煤田下部的晚石炭世贫煤的浮煤平均 V_{daf} 即比沉积在其上部的早二叠世贫煤的平均 V_{daf} 低 1.87%，南方晚二叠世贫煤的形成时代虽比北方的早二叠世贫煤晚，但由于它们的沉积环境不同，因而前者的贫煤平均 V_{daf} 反而比后者低，几乎与晚石炭世贫煤的平均 V_{daf} 相同。贫煤的镜质组平均反射率（$\bar{R}$%）也是晚石炭世太原组煤最高，平均为 2.221%。所以我国贫煤的平均变质程度以晚石炭世煤最高。

表 1－9 我国不同成煤时代贫煤煤质特征的比较

成煤时代	晚二叠世	早二叠世	晚石炭世	各时代平均
煤样数	12	7	8	27
M_{ad}/%	1.43	1.47	0.84	1.27
A_d/%	19.99	19.42	18.41	19.37
V_{daf}/%	14.24	15.44	15.05	14.79
V_{daf}/%，浮煤	12.75	14.57	12.70	13.14
$S_{t,d}$/%	3.54	0.42	3.42	2.69
$Q_{gr,ad}$/J·g^{-1}	27 201	27 711	28 309	27 661
$Q_{gr,daf}$/J·g^{-1}，浮煤	35 335	35 886	35 953	35 661
C_{daf}/%	89.05	90.97	90.70	90.04
H_{daf}/%	4.19	4.24	4.35	4.25
N_{daf}/%	1.32	1.54	1.36	1.43
O_{daf}/%	2.01	2.70	1.49	2.03
TRD_d	1.566	1.517	1.519	1.540
TRD_p	1.343	1.332	1.335	1.338
$\bar{R}$/%	1.671	1.665	2.221	1.807
成煤时代	晚二叠世	早二叠世	晚石炭世	各时代平均
煤样数	5	3	8	16
SiO_2/%	43.27	50.97	46.14	46.15
Al_2O_3/%	24.61	39.80	32.24	31.27

续表

成煤时代	晚二叠世	早二叠世	晚石炭世	各时代平均
Fe_2O_3/%	17.77	2.75	10.41	7.22
CaO/%	3.38	2.94	5.61	4.41
ST/℃	1314(6)	1378(2)	1358(7)	1343(15)
FT/℃	1355(4) >1500(2)	1395(2) >1500(2)	1411(7)	1391(13)

贫煤的煤灰成分亦随各煤系的沉积相的不同而有显著的差异，如表 1－9 所示，早二叠世贫煤煤灰中的Al_2O_3含量(39.8%)不仅是不同时代贫煤煤灰中最高的，而且也是不同时代的各种动力用煤煤灰中最高。相反，早二叠世贫煤煤灰中的 Fe_2O_3 含量则是不同时代的各种动力用煤煤灰中最低的，平均仅 2.75%。所以，早二叠世贫煤煤灰的熔点也颇高，*ST*平均为 1378℃。但总的来看，我国贫煤的煤灰熔点 *FT* 普遍在 1300℃以上。

三、不同时代褐煤的煤质变化特征

我国的褐煤资源主要形成于中生代侏罗纪和新生代第三纪。由表 1－10 明显地看出，在我国的褐煤资源中，以早、中侏罗世形成的主要分布在内蒙古自治区中西部的灰分最低，A_d 平均仅 10.55%，早第三纪褐煤的平均灰分则高达 23.26%，这主要是由于前者系和我国低灰分的侏罗纪不粘、弱粘煤沉积在同一煤田的上部，后者则多与高灰分的油母页岩共生的缘故，如广东石鼓和吉林珲春褐煤矿区内，都有油母页岩层。硫分则以早第三纪褐煤的稍低，平均 0.85%，其余时代的褐煤平均硫分都在 1.3%～1.4%左右。浮煤挥发分随着成煤时代越晚而越高，如晚第三纪褐煤的平均 V_{daf}(54.92%)比早、中侏罗世的(39.56%)高出 15%多，但从透光率、碳和氧以及腐植酸等代表年轻煤煤化程度的指标来看，除了早、中侏罗世褐煤的煤化程度最高、晚第三纪褐煤的煤化程度最低外，看来早第三纪褐煤的煤化程度似比晚侏罗世的更高一些。

显然，这是由于我国的早第三纪褐煤煤层大多埋藏较深，而晚侏罗世褐煤则普遍埋藏较浅，我国晚侏罗世褐煤资源主要沉积在内蒙古自治区的东北部边缘与东北三省相毗连的广大地区内。褐煤的焦油产率第三纪的明显高于侏罗纪的，前者的平均 $Tar_{,daf}$均大于 12%，后者的平均 $Tar_{,daf}$均小于 8%。

褐煤蜡含量也是随着成煤时代越晚而越高，所以不仅晚第三纪褐煤的平均 $E_{B,daf}$大大高于侏罗纪褐煤，而且也明显高于第三纪褐煤，因而我国褐煤蜡资源的查定工作应放在晚第三纪褐煤上，至于侏罗纪褐煤的 $E_{B,daf}$值，个别最高的也低于 2%，平均不超过 0.8%。

表 1－10 我国不同成煤时代褐煤煤质特征的比较

成煤时代		晚第三纪	早第三纪	晚侏罗世	早、中侏罗世	所有褐煤
M_{ad}/%		12.35	10.56	12.79	9.23	11.37
A_d/%		18.99	23.26	17.45	10.55	19.00
V_{daf}/%		55.92	49.68	45.56	38.60	49.47
V_{daf}/%，浮煤		54.92	47.47	44.75	39.56	47.51
$S_{t,d}$/%		1.46	0.85	1.46	1.34	1.20
$Q_{gr,ad}$/MJ·kg^{-1}		19.39	20.57	20.33	23.99	20.57
$Q_{gr,daf}$/MJ·kg^{-1}，浮煤		27.24	29.63	28.56	29.54	28.71
C_{daf}/%		68.41	72.82	72.30	75.43	71.59
H_{daf}/%		5.67	5.76	5.10	5.19	5.54
N_{daf}/%		1.54	1.81	1.09	0.95	1.48
O_{daf}/%		22.99	18.67	20.33	17.74	20.23
MHC/%		26.39	24.17	23.82	19.73	21.85
$Q_{gr,maf}$/MJ·kg^{-1}		19.44	24.01	21.28	23.30	21.95
$Tar_{,daf}$/%		12.67	12.03	7.68	5.71	10.82
透光率 P_M/%		16～30	44.5	40.8	53.3	<15～53.3
$E_{B,daf}$/%		3.49	1.92	0.81	0.62	1.91
$HAt_{,daf}$/%		38.67	12.02	15.83	5.29	21.13
$\bar{R}$/%		0.346	0.474	0.407	0.445	0.414
Hv/kg·mm^{-2}		23.38	24.86	25.69	27.25	24.85
镜质组/%		82.68	87.99	84.27	50.80	79.73
半镜质组/%		6.14	6.30	4.87	10.04	6.61
惰质组/%		3.23	2.00	8.83	37.41	9.43
壳质组/%		5.91	3.71	2.03	0.75	3.75
煤灰成分	SiO_2/%	39.31	48.15	45.57	32.40	43.72
	Al_2O_3/%	18.25	28.10	16.12	13.67	21.46
	Fe_2O_3/%	9.61	7.45	11.52	12.33	9.36
	CaO/%	16.17	5.99	12.14	17.88	11.30
ST/℃		1175(16) >1500(4)	1324(22) >1500(3)	1223(13)	1233(6)	1250(57) >1500(7)
FT/℃		1199(16) >1500(4)	1412(21) >1500(5)	1260(13)	1287(6)	1302(56) >1500(9)

从不同时代褐煤的煤岩组分来看(表 1－10),除早、中侏罗世的镜质组最低,平均仅50.80%以外,其余的平均都在 80%以上,惰质组含量则以早、中侏罗世的最高,平均达37.41%,第三纪的最低,平均仅 2%～3%左右,但晚侏罗世的也不超过 9%。壳质组含量随着成煤时代越早而越低,如晚第三纪褐煤平均为 5.91%,至早、中侏罗世即降至 0.75%。

煤灰成分以早第三纪褐煤煤灰的 CaO 含量最低,平均低于 6%,而早、中侏罗世和晚第三纪褐煤煤灰的平均 CaO 含量分别高达 17.88%和 16.17%,Al_2O_3 含量以早、中侏罗世的最低,早第三纪的最高,分别为 13.67%和 28.10%,所以煤灰熔点也以早第三纪的最高,*ST* 平均超过 1300℃,*FT* 高于 1400℃,晚第三纪褐煤煤灰的平均熔点 *ST* 大都低于 1200℃,仅少数煤灰中 CaO 含量特别高者(如 30%～50%以上)则有高至 1500℃以上的,这种现象正与 CaO 含量特别高的侏罗纪无烟煤煤灰熔点也有超过 1500℃的情况相类似,侏罗纪褐煤煤灰的熔点则普遍较低 *ST* 平均低于 1250℃。

四、不同时代长焰煤的煤质变化特征

我国目前的长焰煤生产矿区以侏罗纪形成的为主,第三纪的较少。从表 1－11 看出,由于我国的侏罗纪长焰煤形成于晚侏罗世,因而其灰分和硫分含量也与晚侏罗世的褐煤相接近(平均灰分和硫分分别为 18.94%和 1.19%),从煤化程度来看,晚侏罗纪长焰煤明显高于早第三纪长焰煤,如两者的平均 P_M 分别为 76.3%和 73.9%和 73.9%,平均 c_{daf} 各为 78.52%和 76.71%,焦油产率 $T\alpha r_{,daf}$(%)则早第三纪煤明显高于晚侏罗世煤,且比早、晚第三纪褐煤的焦油产率还高。这是由于早第三纪长焰煤的挥发分虽比晚第三纪褐煤低较多,但其平均氢含量则高于晚第三纪褐煤,氧含量则显著地低于晚第三纪褐煤,因而其有效氢($H_{daf}-0.125O_{daf}$)也就大大高于晚第三纪褐煤,而年轻煤的焦油率系随有效氢的增高而增高,所以第三纪长焰煤的平均焦油率 $T\alpha r_{,daf}$ 也就要高于晚第三纪褐煤了,因而从低温干馏用煤的角度来说,以早第三纪的长焰煤为最理想。

表 1－11　我国不同成煤时代长焰煤煤质特征的比较

成煤时代	M_{ad} /%	A_d/%	V_{daf} /%	V_{daf} /% 浮煤	$S_{t,d}$ /%	$Q_{gr,daf}$/ MJ·kg^{-1}	$Q_{gr,ad}$ /MJ·kg^{-1},浮煤	C_{daf} /%	H_{daf} /%	N_{daf} /%	O_{daf} /%
早第三世	5.02	16.59	47.43	45.26	0.48	24.82	31.47	76.71	5.90	1.52	15.65
晚株罗世	6.24	18.94	42.22	40.46	1.19	23.46	31.60	78.52	5.48	1.27	13.68
所有长焰煤	6.07	18.61	42.83	41.03	1.10	23.64	31.58	78.29	5.53	1.31	13.94

成煤时代	$T\alpha r_{,daf}$/%	P_M/%	镜质组/%	半镜质组 /%	惰质组/%	壳质组/%	$\bar{R}$/%	Hv/kg·mm^{-2}
早第三世	16.09	73.9	91.96	2.22	0.90	4.90	0.611	28.15
晚侏罗世	10.39	76.3	77.24	7.71	12.86	2.19	0.570	27.14
所有长焰煤	11.24	76.0	79.34	6.92	11.16	2.58	0.575	27.28

续表

成煤时代	SiO_2/%	Al_2O_3/%	Fe_2O_3/%	CaO/%	*ST*/℃	*FT*/℃
早第三世	51.40	36.53	6.25	1.50	> 1500	> 1500(8)
晚侏罗世	56.70	22.05	8.93	4.41	1329	1387(51)
合 计	55.98	24.01	8.57	4.02	1329(51) > 1500(8)	1387(51) > 1500(8)

煤岩显微组分中的镜质组含量以晚侏罗世的长焰煤较低，平均 77.24%，比同一时代的褐煤还低，其惰质组含量(12.86%)则比同一时代的褐煤还高。早第三纪长焰煤的平均镜质组含量高达 91.96%，比其同一时代褐煤还高。而从表 1－10、1－11 中可以看出，无论是褐煤或长焰煤，镜质组平均含量以早第三纪煤最高，惰质组则以早第三纪煤最低，侏罗纪煤的惰质组分则总比第三纪煤高。煤灰成分中的 Al_2O_3。含量以早第三纪长焰煤的明显较高，平均达 36.53%，所以早第三纪长焰煤的煤灰熔点 *ST* 普遍在 1400℃以上，但晚侏罗世长焰煤由于灰中的 Fe_2O_3 和 CaO 含量分别低于 9%和 5%，因而其平均熔点 *ST* 也在 1300℃以上，*FT* 高于 1350℃。总之，从表 1－10、1－11 可以明显看出，我国长焰煤的灰熔点普遍高于褐煤的灰熔点，其中早第三纪煤的灰熔点又明显地高于其他时代煤的灰熔点，所以作为固态排渣的加压气化用煤来说，采用高灰熔点的长焰煤或早第三纪褐煤较为合适。

五、不同时代的不粘煤和弱粘煤的煤质变化特征

我国的不粘煤类几乎全部形成于早、中侏罗世，弱粘煤中也很少有其他时代形成的。我国早、中侏罗世形成的不粘煤和弱粘煤之间的煤质特征既有相似之处，但也有一定的不同之处。如它们都是低灰(A_d 在 10% ~ 11%之间)、低硫($S_{t,d} < 0.9\%$)的年轻烟煤，但从透光率(P_M)、浮煤 V_{daf}、C_{daf}、O_{daf}、$\bar{R}$、*MHC* 等指标来看，似乎不粘煤的煤化程度比弱粘煤更低一些，如不粘煤的平均 C_{daf}仅 80.57%，而弱粘煤的 C_{daf}为 84.31%。从煤岩显微组分来看，我国不粘煤的镜质组平均含量是所有侏罗纪煤中最低的，情质组却是最高的，两者分别低到 25.65%和高到 49.47%。弱粘煤的镜质组含量则仅稍高于不粘煤而低于侏罗纪的其他牌号煤，惰质组含量也仅略低于不粘煤而高于侏罗纪的其他牌号煤，两者分别 42.54%和 39.50%，至于侏罗纪的各种炼焦煤和晚侏罗世的褐煤，镜质组含量均在 75% ~ 85%以上，仅早、中侏罗世褐煤的平均镜质组含量高于弱粘煤，惰质组含量稍低于弱粘煤。从不粘煤的元素成分来看，其平均氮含量 N_{daf}除了比其同一时代形成的侏罗纪无烟煤稍高以外，是各个时代诸煤种中最低的，平均仅 0.87%，而其他时代无烟煤的平均 N_{daf}也均在 0.93% ~ 1.20%之间。总之，无论是褐煤、无烟煤，还是炼焦煤和其他动力煤，N_{daf}都以侏罗纪煤为最低。

不粘煤的煤灰成分的主要特征之一是 Fe_2O_3 含量高(达 23.02%)，它是各个时代所有动力用煤牌号的煤灰中 Fe_2O_3 含量最高的，而它的平均硫含量却低至 0.75%，所以其煤灰中的 Fe_2O_3 也与侏罗纪的无烟煤一样，主要来自菱铁矿，且其含量比侏罗纪的其他牌号煤更多。

不粘煤和弱粘煤煤灰组分的其他特点是 CaO 含量都高达 16%左右，Al_2O_3 也都低至 13%～15%之间，因而这两种侏罗纪年轻烟煤煤灰的熔点也都颇低，平均 *ST* 都低于 1250℃，熔点稍高一些的弱粘煤的平均 *ST* 也仅 1251℃。总之，早、中侏罗纪不粘煤和弱粘煤是我国的特殊成因条件的煤种，虽然因它们的惰质组甚高而不适用于液化或低温干馏用煤，但由于它们的灰低、硫分低，因而是良好的气化和动力用煤，尤其是由于它们的灰熔点低，因此更适宜于作为液态排渣的气化炉或锅炉之用。

六、我国不同时代炼焦煤浮煤样的特性

我国的炼焦煤资源从最早的石炭纪到最晚的第三纪均有，但其中以上石炭统太原组，下二叠世山西组、上二叠统乐平组和侏罗纪煤为主。在我国的主要炼焦煤资源中，以侏罗纪煤的结焦性最差，*Y* 值平均仅 12.8mm，而石炭纪太原组煤的 *Y* 值平均高达 20.2mm，上二叠统乐平组和下二叠世山西组煤的平均 Y 值也分别为 15.9mm 和 13.6mm。从 200kg 焦炉试验的单煤焦炭强度来看，也是侏罗纪炼焦煤最低，M_{40} 平均仅 58.2%，而其他时代炼焦煤的 M_{40} 均在 64.5%～73.6%之间。各时代炼焦煤的 M_{10}。结果除上二叠统煤较高，三叠纪煤较低，分别为 15.6%和 10.3%外，其余的多在 13.5%左右。而从总的来看，三叠纪煤的结焦性最好，M_{40} 平均高达 73.6%。至于第三纪炼焦煤，全国只有抚顺一处的气煤，单煤结成的焦炭未能进行转鼓试验。从炼焦洗精煤的硫分来看，以海陆交互相沉积的上石炭统太原组煤最高，平均硫分达 1.95%，其次为上二叠统乐平煤系，平均硫分为 1.27%。硫分最低的纯陆相沉积的侏罗纪和下二叠世石盒子组煤，平均硫分分别为 0.46%和 0.47%，下二叠世山西组煤、三叠纪煤和第三纪煤的硫分均颇为接近，平均硫分都在 0.65%左右。

精煤平均灰分以第三纪煤最低，其次为三叠纪和侏罗纪煤，A_d 分别为 5.33%、8.55%和 9.11%，下二叠世石盒子组煤的灰分最高，平均 11.19%，上二叠统乐平组及石炭纪太原组和二叠纪山西组精煤的平均灰分都在 10.5%左右，这一数值与近几年全国洗煤厂的精煤平均灰分相接近。

从不同时代炼焦煤的精煤挥发分来看，也是有显著差异的，总的趋势是成煤时代越晚，煤的挥发分越高，如第三纪煤的平均 V_{daf} 高达 40%以上，中生代后期形成的侏罗纪煤的 V_{daf} 也明显地高于前期形成的三叠纪煤，两者的平均 V_{daf} 分别为 32.77%和 25.07%。晚古生代后期石盒子组煤的 V_{daf} 也比其中期山西组煤高，但前期形成的太原组煤的平均 V_{daf}（30.47%）却比中期形成的山西组煤还高，这种现象在华东区的山东和江苏省的煤田内最为明显，这主要是由于山西组煤的惰质组含量较高，氢和硫含量较低，碳含量较高的缘故，而究其根本原因，还在于太原组煤的沉积环境和成煤植物与山西组煤有显著不同，前者为海陆交互相沉积，后者为陆相沉积；前者的成煤植物以鳞木、石松纲和真藤纲植物为主，后者以银杏、苏铁和松柏类植物为主。

从我国不同时代炼焦煤的平均煤岩显微组分来看，侏罗纪煤的惰质组含量反而明显地低于石炭、二叠纪煤，平均不到 20%（其中还包括部分高丝炭的弱粘煤），而石炭、二叠纪煤的平均惰质组含量都在 26.6%～30.7%之间，其中又以山西组煤的惰质组含量最高，平均达

30.69%，三叠纪煤的惰质组含量则比侏罗纪煤的还低。平均为 18.5%。镜质组含量也是中生代的侏罗纪和三叠纪煤较高(第三纪气煤最高)，平均达 70%以上。石炭纪的镜质组含量则高于二叠纪的山西组、石盒子组和乐平组煤，平均达 63.6%，后三个煤系的平均镜质组含量均在 59.5%左右。煤的壳质组含量似以石盒子组煤较高，平均达 9.4%，但真正高壳质组分煤却是上二叠统乐平煤的高挥发分、高胶质层的气肥煤类。

为了进一步探索我国不同时代形成的炼焦煤主要特性间的差异，下面按煤质牌号的不同而分别进行研究讨论。

(一)我国不同时代各牌号精煤的挥发分

在各时代的不同牌号的炼焦煤中，挥发分 V_{daf} 均以上石炭统太原组煤为最高，如以肥煤、气肥煤为例，太原组煤的平均 V_{daf} 高达 36.3%，而山西组煤的平均 V_{daf} 仅 28.6%，焦煤、瘦煤和气煤、1/3 焦煤的挥发分也都以太原组煤最高。但各牌号煤总的平均挥发分以成煤时代最晚的诛罗纪煤为最高，平均达 33.2%。此外，在各时代的不同牌号的炼焦煤中，V_{daf} 均以三叠纪煤为最低，如以焦煤为例，三叠纪煤的平均 V_{daf} 仅 22.9%，而其他时代焦煤的平均 V_{daf} 均在 24%以上，最高的太原组焦煤 V_{daf} 为 26.5%，其他如气煤、肥气煤和瘦煤的平均 V_{daf} 也均以三叠纪最低。所以三叠纪各种炼焦煤的平均 V_{daf} 也是在各时代的炼焦煤中最低的。

(二)我国不同时代分牌号煤的精煤 Y 值的差异

我国不同时代的气煤 Y 值以海陆交互相沉积的上石炭统太原组煤最高，陆相沉积的山西组煤最低，两者分别为 17mm 及 11.8mm。肥煤的 Y 值亦以海陆交互相沉积的上二叠统乐平组及太原组煤最高，分别达 32.8mm 和 31.9mm，陆相沉积的侏罗系肥煤 Y 值最低，平均 26.2mm。瘦煤和焦煤的 Y 值则均以陆相沉积的山西组煤最低，两者分别为 6.4mm 和 15.7mm，海陆交互相沉积的乐平组的焦煤 Y 值最高，平均 16.9mm，瘦煤亦以海陆交互相沉积的太原组 Y 值最高，平均 8.8mm。从上可以看出，我国不同时代炼焦煤的 Y 值，总的趋势是高硫的海陆交互相沉积的煤系较高，低硫的陆相沉积的煤系较低。这主要是由于海陆交互相沉积的煤的还原程度较高的缘故。

(三)我国不同时代炼焦精煤的其他粘结性指数的关系

我国不同时代各牌号煤的粘结指数的关系却并不完全与 Y 值的关系相一致，如由上述可知，肥煤的平均 Y 值以侏罗纪煤最低，但粘结指数 $G_{R.I}$ 却以侏罗纪煤最高，平均达 98.3，而 Y 值最高的乐平组肥煤的平均 $G_{R.I}$ 却仅 92.5。此外，侏罗纪 1/3 焦煤的平均 Y 值也是不同时代中较低的，平均仅 14.1mm，但其 $G_{R.I}$ 值却是不同时代中仅稍低于三叠纪煤，而明显地高于上二叠统乐平组煤。从这里也可以清楚地看出，粘结指数 $G_{R.I}$ 是表征煤粘结能力的指标，而 Y 值是反映煤胶质体数量的指标，因而两者之间并不完全成很好的正比直线关系，其相关系数也只有 0.85。因此，在我国新的煤分类方案中，如何使这两个指标间获得较合理的对应关系，是一个值得研究的问题。

此外，从不同时代的各牌号炼焦煤的奥亚膨胀度试验 b 的结果看出，它与 Y 值的变化

颇为相似，如肥煤的 b 值亦以海陆交互相的上二叠统乐平组和上石炭统太原组煤最高，侏罗纪煤最低，三者的平均结果分别为 378%、265%和 217%。瘦煤的膨胀性亦以山西组煤最差，在 15 个煤样中，仅收缩的占 9 个，其余 6 个样品的 b 值平均为 -6.2%。但焦煤的 b 值却以三叠纪和石盒子组煤较高，分别达 89%和 79%，而平均 Y 值最高的乐平组焦煤的平均 b 值仅 59.5%，且还出现有仅收缩的煤样 1 个。之所以出现 Y 值与 b 值的关系并不完全一致的情况是由于这两个指标间以粘结性较强部分的相关性最好，随着煤的粘结性降低，两者的相关关系也就逐渐变弱。但经对百余个炼焦煤煤样的计算，Y 值和 b 值的相关系数高达 0.92，远比 Y 值与 $G_{R.I}$ 的相关系数大。

（四）我国不同时代各牌号炼焦煤 200kg 焦炉试验焦炭强度

我国不同时代形成的炼焦煤的 200kg 焦炉试验的焦炭强度也是有显著差异的。如侏罗纪肥煤、1/3 焦煤、气煤以及各种炼焦煤的平均 M_{40} 结果为各时代煤中最低的（58.2%），而三叠纪炼焦煤的平均 M_{40} 结果则是各时代中最高的（73.4%），看来这与侏罗纪炼焦煤的平均 V_{daf} 最高（33.2%），三叠纪炼焦煤的平均 V_{daf} 最低（25.1%）有密切的关系。此外，太原组肥煤的平均 Y 值（31.9mm）虽高于山西组肥煤的 Y 值（28.7mm），但后者的 M_{40} 平均值（75.3%）却明显地高于前者（51.3%），看来这也与太原组肥煤的平均 V_{daf}（36.3%）明显地高于山西组肥煤有关。

此外，山西组肥煤的 M_{10} 之所以高达 14.2%，这除了也与侏罗纪肥煤的平均挥发分较高（V_{daf} 为 34.1%）有关外，另外也与它的平均 Y 值为各时代肥煤中最低（26.2mm）有关。总之，不同时代炼焦煤的 M_{40} 和 M_{10} 之所以有较大的差异，这主要与它们的 V_{daf} 和 Y 值不同有关。即对挥发分较高的炼焦煤来说，当 Y 值相差不大时，如 V_{daf} 越低，其焦炭强度就越高。

（五）我国不同时代炼焦精煤的灰分和硫分

我国不同时代炼焦煤经过洗后的精煤灰分也是有明显差异的，如从各时代炼焦精煤的平均灰分来看，以中生代的侏罗纪和三叠纪煤较低，平均都在 9.5%以下，晚古生代炼焦精煤的平均灰分以石盒子组煤最高，平均达 11.36%，且在晚古生代煤中总的趋势是海陆交互相沉积的上二叠统乐平组和土石炭统太原组精煤的灰分比陆相沉积的山西组和石合子组精煤都有不同程度的降低。上述表明，中生代炼焦煤经洗选后的精煤灰分明显地低于晚古生代煤，而晚古生代的炼焦精煤的平均灰分又以陆相沉积的煤系更高一些。

从不同时代不同牌号的炼焦煤来看，其精煤灰分也有较为明显的差异，如侏罗纪肥煤的精煤平均灰分仅 7.61%，而其焦煤的平均灰分即高至 11.02%。三叠纪 1/3 焦煤的平均精煤灰分也只有 6.57%。而从总的来看，大多数时代的焦煤灰分比其他牌号炼焦精煤灰分都稍高一些，因而在所有炼焦煤牌号中，以焦煤的精煤平均灰分最高，达 11.68%。此外，由于在晚古生代的早二叠世石合子煤系、山西组煤系和晚石炭世煤系中普遍以气煤的灰分最低，因而全国总的也是气煤的精煤平均灰分最低，为 9.07%，比焦煤的低 2.61%。

不同时代的炼焦煤硫分与其他牌号煤中的硫分分布情况类似，即以海陆交互相沉积的煤中硫分较高，陆相沉积的煤中硫分较低。如太原组和乐平组精煤平均硫分分别高达

1.94%和1.26%。其余陆相沉积的各煤系的精煤平均硫分均低于0.7%。此外,在同一时代不同炼焦煤牌号之间的精煤平均硫分也有不同程度的差异,如太原组焦煤的平均硫分(1.48%)就比其肥煤的低0.82%。在山西组各牌号的炼焦煤中,1/3焦煤的精煤平均硫分也比其他牌号煤均低,乐平煤系中的瘦煤精煤平均硫分就比其焦煤的高出0.5%以上。太原组瘦煤的平均精煤硫分也明显高于其焦煤,所以全国瘦煤的精煤平均硫分就仅低于肥煤而高于其他牌号的炼焦煤,而全国各时代1/3焦煤的平均精煤硫分(0.55%)则是所有炼焦煤牌号中最低的。

(六)我国不同时代炼焦煤的煤岩显微组分

我国炼焦煤的镜质组含量以中生代的侏罗纪和三叠纪煤较高,分别为78.9%和76.2%,在晚古生代炼焦煤中,除晚石炭世煤平均为63.7%,其余二叠纪各时代煤的镜质组平均含量都不超过60%,且相互间十分接近。所以中生代炼焦煤的镜质组(平均78.43%)明显地高于晚古生代的镜质组(60.44%)。在侏罗纪炼焦煤中又以肥煤的镜质组最高,平均达88.3%,焦煤的镜质组也达81.9%,但侏罗纪弱粘煤的平均镜质组含量却明显地低于其他各牌号的炼焦煤,其中粘结性稍高的(Y为5~8mm)平均为52.6%,粘结性更差的平均为42.54%。看来侏罗纪的炼焦煤虽然也与其弱粘煤、不粘煤一样,大多形成于早、中侏罗世,但由于它们的沉积环境不同,即前者主要沉积在东北地区,后者沉积在西北和内蒙古中、西部地区,因而它们之间的煤质、煤岩特征也有很大的差异。

炼焦煤的惰质组含量以早二叠世山西组煤为最高,平均达30.7%,但晚古生代其他时代的平均惰质组含量也均高达26%~28%左右,而中生代的侏罗纪与三叠纪煤的惰质组平均含量分别低至13.7%和18.5%。从各时代、各牌号炼焦煤的惰质组含量来看,以太原组的焦煤为最高,平均35.4%,侏罗纪的气煤最低,平均11.8%。

我国各时代炼焦煤中的壳质组含量一般均不高,几乎每一时代的炼焦煤中,其壳质组含量都是按气煤(1/3焦煤)、肥煤和瘦煤的顺序降低,即使是褐煤,其壳质组含量的变化也有类似于炼焦煤的现象。如表1-10中,我国不同时代的褐煤其壳质组含量也是成煤最晚、挥发分最高的晚第三纪褐煤最高,成煤最早的早、中侏罗世褐煤最低。所以壳质组分对温度是最不稳定的,它常随着煤化过程中温度的逐渐升高而分解放出瓦斯。但由于不同时代煤的原始成煤植物不同,因而也有可能某一时代变质较高的煤的壳质组含量反而比另一时代的低变质煤更高,如晚二叠世乐平煤系中的焦煤平均壳质组的含量即比侏罗纪形成的1/3焦煤和肥煤中的壳质组含量还高,显然,这很可能是由于我国晚二叠世乐平煤系中的原始成煤植物中的壳质组较高的缘故。如我国晚二叠世乐平煤系的气肥煤的平均壳质组含量竟高达63.5%。此外,我国早二叠世石盒子组和山西组煤的壳质组含量也均较高。

看来,我国二叠纪各时期形成的炼焦煤的平均壳质组含量明显地高于其他时代炼焦煤。而这一点已被在乐平、长广和水城等许多晚二叠世乐平煤系中常发现有较多的树皮、孢子和角质层等壳质组分所证实。此外,淮南矿区石合子组煤中也常含有一定量的壳质组分。所以对煤化程度较浅的煤(如低于肥煤阶段)来说,其原始成煤植物对煤质的影响远比高变质煤大,且煤化程度越浅,其影响的程度也越大。

正由于不同时代煤的煤岩显微组分的特殊性,因而也产生一些煤质上的‘反常’现象。

如华东地区的江苏徐州煤田和山东省的枣庄、新汶、兖州和肥城等矿区的下部石炭纪太原组煤的 V_{daf}(%)却明显高于其上部二叠纪山西组煤,这一现象似乎“违反”了希尔特定律,其实这主要是由于这两个时代煤的沉积环境不同,导致了它们的煤岩显微组分的明显不同。即下部太原组煤系中高挥发分的镜质组含量比上部山西组煤系高,而低挥发分的惰质组(包括半丝质组)含量又是山西组煤系比太原组煤系高,从而导致下部太原组煤系的挥发分比上部山西组煤系还高的“反常”现象。如表 1 – 12 中徐州、枣庄等各局煤的镜质组含量,其下部太原组煤系普遍比其上部山西组煤系高 17% ~ 28% 左右,而惰质组含量则是太原组煤系比山西组煤系低。此外,镜质组平均反射率 $\bar{R}$% 也是下部太原组煤系低于上部山西组煤系,即上部煤的煤化程度比其下部煤还高。从煤的元素成分来看,石炭纪煤的 C_{daf} 含量普遍比二叠纪煤低而 H_{daf} 和 O_{daf} 含量又均比二叠纪煤高。究其原因,是由于这两个煤系的原始成煤植物和沉积环境不同所致。即石炭纪太原组煤系为海陆交互相沉积,二叠纪山西组为陆相沉积煤系。所以,前者煤中的硫分明显高于后者,且太原组煤系的原始成煤植物以鳞木、石松纲和真蕨纲为主,而山西组煤系则以银杏、苏铁和松柏类植物为主。这种“反常”现象在华北石炭、二叠纪煤系的高挥发分矿区如开滦等也多有发现。所以,希尔特定律只适合于同一时代形成煤系的上、下煤层之间的挥发分变化规律。

在判断煤质分析结果的准确性时,除了要考虑它的牌号、煤岩显微组分以外,不同时代的地质条件也是一种不可忽略的因素。有些煤岩显微组分、挥发分和镜煤平均最大反射率均十分接近的两种煤,它们的粘结性却有明显的差异,这可能是由于在不同时代形成的煤系的沉积环境(包括化学介质、还原程度及构造运动等因素)不同所引起的。如表 1 – 13 中五组共十个处于炼焦煤阶段的煤样,虽然每组两个煤样的煤岩显微组分和镜质组的平均最大反射率均十分接近,但它们的结焦性或粘结性却差别较大,而且总是由中生代形成的侏罗纪、三叠纪或白垩纪煤的粘结性低于古生代形成的石炭纪和二叠纪煤。

表 1 – 12　华东地区石炭、二叠纪煤系的煤质变化特征

局名称	徐州局		枣庄局		新汶局		兖州局	
成煤时代	石炭纪	二叠纪	石炭纪	二叠纪	石炭纪	二叠纪	石炭纪	二叠纪
A_d/%	4.57	7.49	4.22	5.46	8.02	5.41	2.54	5.05
V_{daf}%	44.09	36.56	45.01	30.45	42.25	38.13	45.20	3820
$S_{t,d}$/%	2.60	0.52	2.15	0.43	3.21	0.58	2.57	0.57
C_{daf}/%	83.29	83.61	84.62	88.06	82.46	84.12	83.23	83.06
H_{daf}/%	6.00	5.46	6.10	5.34	5.93	5.65	6.06	5.52
N_{daf}/%	1.42	1.56	1.63	1.74	1.45	1.68	1.53	1.57
Y/mm	31.0	8.5	45	26.5	23	12	19	9
$G_{R.I}$	97	49	103	91	95	90	95	51
FSI	5	$1\frac{1}{2}$	7	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$

续表

局名称	徐州局		枣庄局		新汶局		兖州局	
GK	17	4	18	15	15	13	13	4
镜质组/%	72.7	55.0	81.3	53.4	71.9	54.2	75.2	51.2
半镜质组/%	2.9	2.5	8.0	5.8	1.5	5.3	4.5	4.2
惰质组/%	16.0	23.4	29.2	40.1	14.0	26.6	30.0	29.2
壳质组/%	6.0	12.7	6.4	6.7	5.5	9.9	0.4	10.3
$\bar{R}_{max}$/%	0.674	0.800	1.017	0.890	0.702	0.785	0.591	0.710

表 1－13 部分中生代和古生代煤质分析结果比较

成煤时代	煤产地	煤岩显微组分/%				$\bar{R}_{max}$ /%	V_{daf} /%	Y /mm	b /%
		镜质组	半镜质组	壳质组	惰质组				
侏罗纪	甘肃天祝	86.0	4.5	2.7	3.1	0.659	42.30	0	仅收缩
石炭纪	徐州青山泉	85.9	2.2	4.3	4.5	0.679	45.28	30.5	269
侏罗纪	双鸭山	83.8	2.6	9.0	0.6	0.738	40.61	10.5	－10
石炭纪	肥城陶阳	78.0	5.4	3.4	11.5	0.709	43.30	31	248
侏罗纪	汉中三井	76.6	8.3	2.7	10.1	0.969	30.71	17	51
二叠纪	范各庄	77.3	2.8	4.2	10.7	0.923	37.10	33	26.9
三叠纪	广旺白水	77.9	4.4	0.1	14.6	1.166	29.08	18	119
石炭纪	汾西张庄	78.0	3.9	—	15.7	1.182	27.47	35	266
三叠—侏罗纪	资 兴	70.6	9.7	0.3	14.9	1.380	24.94	16	55
二叠纪	宋家塘	62.1	4.7	2.3	29.2	1.301	24.02	21	137

第四节 不同类别煤的煤质特征

一、褐煤的煤质特征

中国的褐煤资源主要分布在华北及西南地区，华北地区大多是煤化程度较高的年老褐

煤，西南地区云南省的褐煤则是以年轻褐煤为主。

褐煤的主要特征之一是水分大，M_{ad}一般在 10%～25%以上，全水分 M_t 含量更高，大多在 15%～40%左右，而年轻褐煤（如云南的昭通矿区）的全水分有的高达 50%～60%。褐煤的煤层灰分 A_d 除内蒙古的扎赉诺尔、辽源局的梅河、海拉尔市郊的宝日希勒和云南的小龙潭、先峰等少数矿区在 15%（甚至 10%）以下外，其余大多数褐煤的灰分多在 20%～30%左右。

褐煤的挥发分较高，但北方年老褐煤的 V_{daf}值多在 50%以下，云南褐煤的 V_{daf}值则多在 50%～60%以上，其中又以含蒙旦蜡较高的寻甸和潦浒等矿区的 V_{daf}最高，可达 62%～63%以上，但一般 V_{daf}不超过 65%（高灰分褐煤除外）。“两广”褐煤的 V_{daf}多在 40%～48%左右。

我国北方褐煤的硫分较低，如舒兰、沈阳等地褐煤的 $S_{t,d}$普遍低至 1%以下，且有不少低至 0.5%以下。南方褐煤的硫分高低不一，如海南岛的长坡和长昌褐煤，有的硫分高达 3%～5%左右。云南省的褐煤硫分虽多数在 2%以下，但少数也有高至 4%～5%以上的。褐煤的硫分高低大多与煤系的沉积环境有关。

褐煤的发热量普遍较低，$Q_{gr,daf}$一般不超过 30.5MJ/kg，收到基低位发热量则一般在 12.5～18.5MJ/kg 之间，且有低至 10.5MJ/kg 左右的。

褐煤的灰熔融性温度以沈阳、舒兰、龙口等少数矿区较高，*ST* 可达 1400℃以上，*FT* 大于 1500℃，其余大部分褐煤矿区的 *ST* 普遍低于 1400℃，云南褐煤的 *ST* 多在 1250℃以下，北方褐煤的 *ST* 在 1250～1400℃之间，但扎赉诺尔和平庄褐煤的 *ST* 多在 1250℃以下，*FT* 大多不超过 1300℃。

褐煤灰成分中 Al_2O_3 含量一般不超过 25%，且大部分在 20%以下，CaO 含量则较高，从 10%～50%以上的均有，一般在 20%～30%左右。Al_2O_3 含量低和 CaO 高是褐煤灰熔融性温度低的根本原因。

褐煤中腐植酸含量随煤化程度的增高而减少。以云南褐煤的腐植酸含量最高，其 $HA_{t,d}$ 含量最高的寻甸褐煤达 55%以上，含蒙旦蜡高的潦浒褐煤的 $HA_{t,d}$ 也达 50%以上。由此看来，褐煤中蒙旦蜡高者，其腐植酸含量也必然较高，但腐植酸高的褐煤，蒙旦蜡不一定很高。我国华北及东北地区褐煤中的腐植酸一般较低，$HA_{t,d}$从 5%～30%左右的均有，有些浅部煤层的 $HA_{t,d}$也有高达 40%以上的。

云南省的褐煤中蒙旦蜡含量普遍较高，$E_{B,d}$含量一般都超过 1.5%，最高的（如玉溪右所矿的褐煤）$E_{B,d}$值高达 9.5%以上，而目前已建厂生产的寻甸和潦浒褐煤的 $E_{B,d}$值不少在 8%～9%左右。北方除舒兰褐煤个别煤层 $E_{B,d}$含量稍高（但不超过 5%）已建厂提取蒙旦蜡外，其余各处褐煤的 $E_{B,d}$值几乎很少超过 2%。据作者研究，褐煤中的 $E_{B,d}$含量与煤中的 H/N 重量比有关。如寻甸和潦浒褐煤中因其 H/N 重量比高，故其 $E_{B,d}$含量也高。

褐煤的燃点低，其原样的着火点一般在 260～300℃之间。褐煤的碳含量 C_{daf}在 60%～75%之间，氢含量 H_{daf}一般为 4.5%～6.5%（年轻褐煤的 H_{daf}多在 5.5%以上，年老褐煤的 H_{daf}多在 5%以下），氧含量 O_{daf}在 15%～30%之间，氮含量 N_{daf}在 0.9%～2.5%左右。我国主要褐煤矿区的主要煤质指标如表 1－14 所示。

表 1－14 我国主要褐煤矿区的主要质量指标的平均结果

矿区名称	M_{ad} /%	A_d /%	$S_{t,d}$/%	V_{daf} /%	$Q_{gr,daf}$ /MJ·kg$_{-1}$	TRD_d /%	$Tar_{,d}$ /%	$HA_{t,d}$ /%	$E_{B,d}$ /%	TS_{+6} /%
扎赉诺尔	10.54	12.48	0.30	41～46	22.66	1.60	7.70	15.50	0.59	38.40
霍林河	8.85	26.02	0.54	44～48	21.03	1.64	11.10	15.20	0.74	66.10
伊敏河	28.52	16.51	0.26	43～49	22.82	1.67	4.60	22.40	1.15	62.60
平庄	6.54	39.22	1.09	42～45	17.78	1.72	6.60	—	0.35	65.10
大雁	23.46	20.69	0.45	45～49	22.46	1.52	6.50	11.40	0.77	59.50
沈阳	16.21	24.39	0.45	47～52	21.96	1.58	—	10.60	0.79	—
舒兰	20.98	31.63	0.23	50～56	19.19	1.74	10.20	24.30	2.25	60.20
龙口	20.43	23.24	0.95	45～53	23.55	1.54	12.40	8.50	0.82	55.00
宝日希勒	17.73	10.80	0.62	43～53	28.11	1.58	5.80	15.10	0.29	59.10
可保	9.67	19.23	3.15	50～58	22.12	1.74	7.20	49.00	1.97	

从表 1－14 可以看出，我国褐煤的煤层灰分以宝日希勒和扎赉诺尔的较低，平庄和舒兰的较高；硫分以舒兰、伊敏河、扎赉诺尔较低，煤层的 $S_{t,d}$ 平均含量不超过 0.30%，硫分较高的可保褐煤 $S_{t,d}$ 平均含量达 3.15%；干基高位发热量以宝日希勒的最高，平庄和舒兰的最低；总腐植酸含量以可保褐煤最高，$HA_{t,d}$ 平均达 49%，舒兰和伊敏河的总腐植酸含量也在 20%以上；蒙旦蜡含量除舒兰和可保的平均 $E_{B,d}$ 在 2%左右外，其余的普遍在 1%以下；热稳定性除扎赉诺尔的较低以外，TS_{+6} 结果一般都在 55%～65%左右。

二、无烟煤的煤质特征

我国无烟煤总的质量特征是纯煤真密度大，一般变化于 1.35～1.90 之间，其中年轻无烟煤的纯煤真密度（TRD_p）多在 1.35～1.45 左右，超无烟煤的 TRD_p 大多高达 1.70～1.90，典型无烟煤的 TRD_p 普遍在 1.55～1.65 之间。随着无烟煤变质程度的增高，其 TRD_p 值也越来越高。

无烟煤的燃点高，一般在 370～420℃左右。其中年老无烟煤的着火点最高，如北京矿区无烟煤的着火点大部分在 388～415℃之间；而年轻无烟煤的燃点较低，如山西荫营煤矿无烟煤的着火点在 367～393℃之间。

无烟煤的灰分和硫分均随矿区的不同而异。如西北宁夏汝箕沟矿无烟煤的硫分多在 0.2%～0.3%左右，灰分也低至 5%～6%，而四川芙蓉局无烟煤不仅灰分高达 25%～35%以上，其硫分 $S_{t,d}$ 也高达 3%～5%以上。又如北京矿区无烟煤，一些为低灰、低硫，另一些则为低硫、高灰。另外，无烟煤的灰分、硫分还随矿井不同而存在较大差异。如北京局的王平村和房山矿为高灰煤，而门头沟矿为低灰煤。四川、贵州等南方晚二叠世无烟煤的灰分普遍高

达 20%～30%以上，其商品煤灰分常增至 30%～40%以上。如松藻、芙蓉矿区等都是高灰、高硫煤，且松藻矿区由于有机硫比例较高而导致其洗精煤硫分仍达 2.7%～2.8%。我国无烟煤的硫分也与成煤时代有关，一般北京和汝箕沟等侏罗纪矿区煤中硫分常可低至 0.2%～0.3%左右；北方早二叠世山西组无烟煤的 $S_{t,d}$ 多在 0.5%～1.0%左右，但晚石炭世无烟煤的硫分多在 2%～4%之间变化，且有随着煤层层位的加深而增高的趋势；南方晚二叠世无烟煤的硫分常在 2.5%～5.0%左右变化。我国无烟煤的抗碎强度差异也较大，一般以 V_{daf} 大于 3.5%～6.5%的典型无烟煤（即 2 号无烟煤）的抗碎强度最高，如晋城、金竹山和焦作等矿区的无烟煤抗碎强度多在 70%～90%以上。年轻无烟煤（如阳泉矿区）的抗碎强度相对较低，一般在 60%～80%左右。高变质的超无烟煤的抗碎强度一般较高，但某些接触变质形成的无烟煤（如北京杨坨和房山等煤矿的超无烟煤）由于掺杂有成熟度不等的天然焦，所以这些无烟煤的抗碎强度较差，有的低至 60%以下。此外，有些成因较为特殊的无烟煤，如湖南的马田和红卫煤矿、江西英岗岭煤矿以及河南郑州等矿区的无烟煤，在成煤过程中由于煤层结构大部分或部分地受到地壳构造运动的破坏，导致其结构呈片状或粒状，使煤的质地松软，抗碎强度甚差，一般仅为 20%～40%，甚至低于 20%。

我国无烟煤的热稳定性以晋城、金竹山等矿区的典型无烟煤为最好，TS_{+6} 多在 82%～94%之间，最适合作合成氨用煤。年轻无烟煤（如阳泉无烟煤）热稳定性较差，TS_{+6} 一般大于 70%。北京等矿区的超无烟煤的热稳定性最差，大安山煤的 TS_{+6} 低至 17%～53%。福建天湖山矿超无烟煤的 TS_{+6} 也低至 37%～39%。对热稳定性差的无烟煤，只要将其放在 350℃的温度下预热处理 2h 左右，可使其热稳定性有显著的改善。

无烟煤的化学反应性并不随变质程度的增高而降低，而是随氧含量的增高而降低；但无烟煤的变质程度并不随其氧含量 O_{daf} 的降低而增高，恰恰相反，某些北京超无烟煤的 O_{daf} 值却比年轻无烟煤还高。阳泉年轻无烟煤的 O_{daf} 值只有 1.8%左右，而一些北京超无烟煤的 O_{daf} 值却高达 2.3%～4.7%。所以，前者在 1050℃时对 CO_2 分解率只有 12%～29%，而后者在相同温度下对 CO_2 的分解率则高达 52%～74%。

我国无烟煤的灰熔融性温度与成煤时代有密切关系。北京、石炭井、汝箕沟等早、中侏罗世时期形成的无烟煤灰熔融性温度通常较低，ST 普遍在 1250℃以下，这是由于这一时代的煤灰成分中低熔点的氧化钙和氧化铁含量较高的缘故。早二叠世山西组形成的无烟煤，由于煤灰成分中以 Al_2O_3 和 SiO_2 为主，因而其 ST 普遍大于 1350℃。晋城矿区无烟煤灰的 ST 普遍高达 1500℃以上。以海陆交互相形成的晚石炭世无烟煤和南方晚二叠世无烟煤的灰熔融性温度一般比早二叠世的低，但比早、中侏罗世的高，其 ST 多在 1200～1350℃左右，这主要是由于这些无烟煤灰成分中 Fe_2O_3 含量较高的缘故。灰中 Fe_2O_3 含量越高，其 ST 越低，有的可低至 1100℃以下。但如 Fe_2O_3 高达 50%以上，则 ST 反会有所增高。

我国主要无烟煤矿区的主要煤质待征如表 1－15 所示。

三、非炼焦用（动力用）烟煤的煤质特征

非炼焦用烟煤包括长焰煤、不粘煤、弱粘煤和贫煤四类。前三类煤属低煤化度的无粘结

性或极弱粘结性的烟煤，后一类为高变质的不粘结性烟煤。下面分别阐述这几类煤的煤质特征。

(一)长焰煤

目前，我国东北区的长焰煤产量较大，其中辽宁省阜新矿区长焰煤产量最多，1997 年年产煤超过 11.83Mt，其他产量较大的还有铁法、抚顺西露天矿、吉林的梅河矿、营城矿和河南义马矿务局。这类煤的挥发分 V_{daf} 值常可高达 37% ~ 48% 左右，发热量 $Q_{gr,daf}$ 一般为 30.2 ~ 33.4MJ/kg，收到基低位发热量 $Q_{net,ar}$ 大多在 14.6 ~ 25.1MJ/kg 之间。但这类煤的灰熔融性温度较高，*ST* 多大于 1300℃，其中还有不少达 1500℃以上；*FT* 温度平均超过 1380℃，因而是一种较理想的机车和发电等动力用煤。这类煤的低温焦油产率 $Tar_{,d}$ 大多在 8% ~ 15% 之间。如焦油产率较高的抚顺西露天矿长焰煤，在 20 世纪 50 年代曾作为锦西石油五厂的炼油用煤。

(二)不粘煤和弱粘煤

表 1 - 15 我国主要无烟煤矿区的主要煤质特征(平均结果)

矿区名称	工业分析							元素成分/%			
	M_t /%	M_{ad} /%	A_dt /%	V_{daf} /%	$S_{t,d}$ %	$Q_{gr,daf}$ /MJ·kg^{-1}	$Q_{net,ar}$ /MJ·kg^{-1}	C_{daf}	H_{daf}	M_{daf}	O_{daf}
阳泉	6.0	0.81	21.38	8.69	1.28	35.40	25.05	90.91	3.57	1.22	3.08
晋城	6.8	1.28	16.96	5.24	0.34	34.86	26.1	93.19	2.87	1.06	2.51
北京	4.6	2.53	19.95	4.40	0.26	32.77	24.28	96.30	0.95	0.30	2.19
焦作	8.8	1.34	17.63	4.75	0.56	34.74	24.94	93.26	2.87	1.14	2.24
郑州	4.8	0.98	15.57	9.50	0.34	36.01	27.61	91.11	3.82	1.56	2.950
白沙	7.0	2.55	17.12	4.03	0.59	35.21	23.27	93.70	2.74	1.20	1.71
松藻	5.9	1.68	27.64	9.31	3.59	36.49	22.85	90.08	3.54	1.35	3.34
芙蓉	8.5	1.79	31.59	8.43	3.68	35.61	20.60	91.95	3.37	1.30	1.79
汝箕沟	3.5	0.85	7.90	8.04	0.25	35.92	29.30	93.53	3.88	0.79	1.62
天湖山	10.3	4380	13.28	2.34	0.31	33.60	25.84	95.75	1.50	0.56	1.84

矿区名称	煤灰成分/%				煤灰熔融性温度/℃			抗碎强度 /%	1050℃ CO_2 分解率/%	热稳定性 TS_{+6} /%	*HGI*
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	*DT*	*ST*	*FT*				
阳原	50.73	36.04	4.49	2.26	≥1250	> 1400	> 1400	78.4	35.1	88.7	66
晋城	44.41	37.50	4.60	5.60	≥1390	> 1400	> 1400	95.0	31.6	80.00	46
北京	47.19	23.39	6.88	11.78	1160	1200	1250	84.9	72.9	52.20	55
焦作	41.81	33.72	5.50	8.41	≥1310	> 1350	≥1400	87.6	37.4	76.60	74
郑州	43.27	34.94	4.17	9.99	≥1400	> 1400	> 1400	74.5	66.7	77.80	146

续表

矿区名称	煤灰成分/%				煤灰熔融性温度/℃			抗碎强度/%	1050℃ CO_2 分解率/%	热稳定性 TS_{+6}/%	*HGI*
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	*DT*	*ST*	*FT*				
白沙	45.67	29.32	5.12	6.07	1125	> 1310	> 1350	66.1	35.2	86.60	98
松藻	40.67	26.91	19.15	4.58	1190	1280	1360	55.0	39.3	67.3	94
芙蓉	47.48	14.32	19.46	9.01	1092	1156	1282	79.2	—	70.3	80
汝箕沟	30.00	17.50	15.00	22.50	1120	1172	1200	84.1	64.2	88.80	60
天湖山	70.41	13.34	4.09	2.49	1278	1318	1363	—	—	—	—

这两类煤往往形成于同一时代，它们的煤化程度仅稍高于长焰煤，而弱粘煤的煤化程度又高于不粘煤。

不粘煤的水分高，M_{ad} 常可达 3% ~ 10% 以上，个别矿点（如灵武磁窑堡）煤的 M_{ad} 达 15% 以上，比一般长焰煤的水分大。其挥发分大多在 25% ~ 35% 左右，但灰分和硫分普遍较低。如内蒙古东胜和陕西神府等特大型煤田多以不粘煤为主，不少煤层的灰分低至 3% ~ 4% 左右，平均 A_d 大于 10% 的煤层不太多，硫分也大多低于 1%，平均为 0.75%。不粘煤的纯煤热值变化较大，一般在 28.65 ~ 33.90MJ/kg，但它的化学反应性较好，是良好的动力和气化用煤。其不足之处是煤灰熔融性温度普遍较低，*ST* 平均只有 1150 ~ 1200℃左右，*FT* 也很少超过 1250℃，因而这类煤适用于液态排渣的气化炉和锅炉用煤。这类煤的灰熔融性温度之所以较低，主要是由于它的煤灰成分中 Al_2O_3 含量低，而 Fe_2O_3 和 CaO、MgO 含量较高。

我国弱粘煤的储量少而产量大，如我国主要动力煤矿区的大同煤就是典型的弱粘煤，河北省的下花园、八宝山等少数煤矿也属弱粘煤。弱粘煤与不粘煤的主要区别是弱粘煤的粘结性比不粘煤稍强，因而弱粘煤在链条炉中层状燃烧时的漏损率比不粘煤小。从煤岩显微组分看，弱粘煤的惰质组含量一般比不粘煤稍低，前者该组分含量多在 20% ~ 50% 左右，而后者该组分含量常可高达 30% ~ 70% 左右（有机质基）。显然，这两类煤在成煤初期的泥炭沼泽阶段由于积水的时深时浅而导致其原始成煤物质受到不同程度的氧化，由于而弱粘煤的氧化程度稍浅一些，所以不粘煤的氧含量 O_{daf} 比弱粘煤还高，一般达 10% ~ 15% 左右，而弱粘煤的 O_{daf} 多在 8% ~ 12% 之间。不粘煤的氢含量有的低于 4%，达 3.5% 左右，几乎与无烟煤的氢含量相当，且氧含量越高者，氢含量就越低。弱粘煤的氮含量 N_{daf} 稍高于不粘煤，一般在 0.9% ~ 1.1% 左右，而不粘煤的 N_{daf} 低至 0.80% 左右。弱粘煤的 *Y* 值不超过 8mm，粘结指数 $G_{R.I}$ 大于 5 ~ 30。弱粘煤的灰分也较低，如大同煤的商品煤平均灰分 A_d 还不到 15%，平均硫分在 0.4 ~ 1.5 左右，但大同煤的灰熔融性温度低，*ST* 平均仅为 1160℃，*FT* 也只有 1245℃。

山东的坊子煤矿、乌鲁木齐的小红沟矿和芦草沟矿以及鸡西的正阳和张新等矿也是我国生产弱粘煤的少数几个煤矿。

（三）贫煤

贫煤是变质程度最高的烟煤。它的主要特征是挥发分低，V_{daf} 一般在 10% ~ 18% 左右，

Y 值均为零，粘结指数不超过 5。我国贫煤的灰分和硫分多半较高，其中以山东省淄博局的贫煤作为代表，其 A_d 不少在 20% ~ 30%以上，近几年的商品煤平均灰分在 25%左右，平均硫分接近于 2.5%，煤层硫分则在 1.5% ~ 4.0%左右。又如合山矿务局的贫煤，其商品煤的平均灰分高达 48%以上，平均硫分 5%以上。湖北松宜的贫煤，平均灰分在 30%以上，平均硫分大于 4%。所以，我国贫煤一般不受用户欢迎，但因其纯煤热值较高而仍是较好的发电燃料。

我国主要长焰煤、不粘煤、弱粘煤和贫煤矿区的主要质量指标的平均结果如表 1 - 16 所示。

四、炼焦用煤的煤质特征

我国炼焦用煤包括气煤、1/3 焦煤、气肥煤、肥煤、1/2 中粘煤、焦煤、瘦煤和贫瘦煤共八类。炼焦煤的特征是具有不同程度的粘结性和结焦性，其中以肥煤和气肥煤的粘结性最强，焦煤和挥发分较低的肥煤的结焦性最好。如 Y 值大于 25mm 的肥煤和气肥煤类，它们的奥亚膨胀度 b 值也往往大于 150%甚至有高达 400%以上的，某些气肥煤(如长广煤)的 b 值只能用半笔测定，b 值有达 900% ~ 1000%以上的。我国各类炼焦煤的洗精煤平均煤质指标如表 1 - 17 所示。

表 1 - 16 我国主要长焰煤、不粘煤、弱粘煤和贫煤矿区的煤质指标

局(矿)名称	A_d /%	V_{daf} /%	$S_{t,d}$ /%	$Q_{gr,ad}$ /MJ·kg^{-1}	$Q_{net,ar}$ /MJ·kg^{-1}	M_t	C_{daf}/%	H_{daf}/%	N_{daf}/%	*HGI*	*DT* /℃	*ST* /℃	*FT* /℃
阜新	21.57	41.70	0.92	24.21	20.09	14.1	78.77	5.19	1.03	48	1180	1250	1340
铁法	32.24	37.45	0.56	21.19	17.39	12.9	79.54	5.02	1.05	58	1280	1340	1360
义马	20.7	38.95	1.79	23.25	20.70	11.4	75.14	5.12	0.90	68	1207	1238	1275
靖远	11.28	30.89	0.44	29.86	25.81	7.7	84.11	4.44	0.70	61	1171	1188	1217
沙沟岔	11.66	37.02	0.30	26.86	—	—	—	—	—	—	1236	1238	1291
榆家梁	6.20	32.98	0.23	38.67	—	—	81.18	4.59	0.94	69	1254	1272	1301
大同	8.99	30.54	0.75	29.44	24.69	9.4	84.46	4.62	0.89	50	1107	1169	1245
下花园	16.70	34.18	0.36	27.32	21.65	6.1	83.52	4.58	1.25	54			
淄博	24.72	16.33	3.02	27.03	23.18	6.4	91.55	3.98	1.43	80	1239	1280	1315
合山	48.73	15.29	4.85	14.32	13.83	6.8	81.78	4.19	0.70		≥1319	> 1340	> 1400

表 1 - 17 我国分牌号洗精煤的平均质量

煤炭类别	洗精煤质量						浮精煤样				
	M_t /%	M_{ad} /%	A_d /%	V_{daf} /%	$S_{t,d}$ /%	$Q_{gr,ad}$ /MJ.kg^{-1}	M_{ad} /%	A_d /%	V_{daf} /%	$G_{R.I}$	Y /mm
气煤	9.9	2.75	8.78	38.98	0.58	30.53	2.82	5.87	39.92	77	14.5

续表

煤炭类别	洗精煤质量						浮精煤样				
	M_t /%	M_{ad} /%	A_d /%	V_{daf} /%	$S_{t,d}$ /%	$Q_{gr,ad}$ /MJ.kg^{-1}	M_{ad} /%	A_d /%	V_{daf} /%	$G_{R.I}$	Y /mm
气肥煤	11.1	1.97	9.05	41.36	2.09	31.04	1.64	4.01	42.66	98	27.3
1/3 焦煤	11.1	1.50	10.63	33.87	0.64	30.75	1.36	7.39	33.82	86	16.5
肥煤	11.5	0.90	11.09	30.98	1.00	31.18	0.78	7.62	31.22	94	30.0
焦煤	11.4	0.75	11.01	22.73	0.83	31.69	0.73	7.96	22.58	77	16.5
瘦煤	10.4	1.08	12.13	19.35	0.51	30.92	0.92	7.31	18.75	39	6.0
贫瘦煤	8.2	1.26	10.24	15.64	0.34	32.34	0.73	5.98	15.02	17	0.0

从表 1－17 中可以看出，洗精煤的灰分以气煤为最低，平均为 8.78%，瘦煤平均 A_d 则高达 12.13%。精煤平均硫分以气肥煤最高，平均达 2.09%，贫瘦煤的硫分最低，$S_{t,d}$ 平均仅 0.34%。挥发分以气肥煤最高，平均 V_{daf} 达 41.36%，气煤的平均 V_{daf} 也达 38.98%。Y 值以肥煤和气肥煤为最高，分别达 30mm 和 27.3mm，1/3 焦煤和焦煤的平均 Y 值都在 165mm。所以，在我国的炼焦煤中，以上述四类煤的粘结性为最好，但其中气肥煤单独结焦时强度较差。由表 1－18 看出：气肥煤的平均 M_{40} 为 41.95%，而平均 M_{10} 则高达 18.38%；焦煤的结焦性最好，平均 M_{40} 达 75.07%，M_{10} 则低至 8.82%；肥煤的粘结性虽优于焦煤，但其焦炭强度都低于焦煤，其平均 M_{40} 为 72.78%，平均 M_{10} 为 10.97%；瘦煤的抗碎强度虽与 1/3 焦煤的相当，但其耐磨强度明显低于 1/3 焦煤（如表 1－18），前者的 M_{10} 高达 18.76%，而后者的 M_{10} 则低到 11.52%。焦炭的块度也是肥煤和焦煤的较大，这两类煤大于 40mm 块焦的产率均在 87%以上，粉焦率则以贫瘦煤、弱粘煤和 1/2 中粘煤的较高，小于 10mm 的粉焦分别高达 70.15%、67.84%和 44.85%。粉焦率最低的为肥煤，平均 F_{10} 为 3.49%；1/3 焦煤、焦煤和气肥煤的粉焦率也均较低，F_{10} 分别为 4.85%、5.24%和 5.95%；粉焦率最高的是贫煤和不粘煤等非炼焦用烟煤。

表 1－18　1986 年新分类各类煤所得焦炭的机械强度波动情况

煤类	焦炭强度		粉焦率 F_{10} /%
	M_{40} /%	M_{10} /%	
肥煤	72.78 ± 8.82	10.97 ± 4.13	3.49 ± 0.95
焦煤	75.07 ± 4.96	8.82 ± 2.98	5.24 ± 2.53
1/3 焦煤	66.57 ± 8.46	11.52 ± 8.10	4.85 ± 2.36
瘦煤	66.36 ± 9.16	18.76 ± 8.10	17.82 ± 12.14
气煤	50.97 ± 14.86	14.96 ± 5.33	10.84 ± 9.21

续表

煤类	焦炭强度		粉焦率 F_{10} /%
	M_{40} /%	M_{10} /%	
气肥煤	41.95 ± 20.8	18.38 ± 3.39	5.95 ± 1.52
贫瘦煤	52.67 ± 5.20	30.07 ± 1.56	70.15 ± 21.81
1/2 中粘煤	48.85 ± 2.19	30.90 ± 1.98	44.85 ± 20.51
弱粘煤	50.10 ± 10.32	30.30 ± 4.10	67.84 ± 26.22
长焰煤	—	—	70.50 ± 6.93
不粘煤	—	—	93.75 ± 4.74
贫煤	0	0	100.00

我国原分类方案中的炼焦煤的焦炭平均强度如表 1 – 19 所示。从表中可见，M_{40}的百分率最高者也是焦煤和肥煤，分别达 70.4% 和 68.3%；气煤的 M_{40}则高于瘦煤 2 号；焦煤和肥煤的耐磨强度较好，M_{10}分别为 16.4% 和 17.3%；瘦煤 1 号有半数弱结焦而无法测得其平均 M_{10}值。

表 1 – 19 1958 年原分类各类煤所得焦炭的机械强度波动情况（n = 1212）

煤类	煤样数	M_{40}/%（100 转后）		M_{10}/%（225 转后）	
		标准值（平均差）	范围	标准值（平均差）	范围
肥煤	291	68.3 ± 8.35	51.8 ~ 84.8	17.3 ± 3.81	9.7 ~ 24.9
焦煤	435	70.4 ± 9.44	51.4 ~ 89.3	16.4 ± 8.81	0 ~ 34.0
气煤	332	55.2 ± 16.05	23.1 ~ 87.3	22.9 ± 12.57	0 ~ 48.0
瘦煤 2 号	80	51.7 ± 14.50	22.7 ~ 80.7	29.3 ± 17.60	0 ~ 64.5
瘦煤 1 号	74	半数弱结焦	16.0 ~ 68.0	半数弱结焦	35 ~ 65

焦炭强度不仅与炼焦煤的粘结性或结焦性有关，而且还与其挥发分密切相关。由表 1 – 20 可以看出，Y 值同为 26 ± 0.5mm 的肥煤（及气肥煤）类，其 M_{40}随着 V_{daf}的增高而降低，M_{10}则随 V_{daf}的增高而升高。表 1 – 20 中沈阳红阳肥煤的 V_{daf}最低，M_{40}结果最高，M_{10}的平均值最低；而九龙口矿肥煤的 V_{daf}值最高，平均为 34.4%，M_{40}低到 55.8%，M_{10}高达 12.6%；至于 V_{daf}达 42.1% 的沙沟矿气肥煤，其 M_{40}更低，为 15.4%，M_{10}值则高达 22%。所以，在相同 Y 值的情况下，总的趋势是挥发分值越高，炼出的焦炭强度越低。

表 1－20　我国若干相同 Y 值肥煤类焦炭强度比较

矿井名称	V_{daf}/%	Y/mm	M_{40}/%	M_{10}/%	煤的类别
红阳	25.3	26.0	82.6	7.0	肥煤
艾维尔沟	25.7	26.5	73.1	8.0	肥煤
林西	27.2	25.5	75.2	7.2	肥煤
吕家坨	29.4	26.0	74.8	8.1	肥煤
乌达	30.3	25.5	72.6	10.4	肥煤
九龙口	34.4	26.0	55.8	12.6	肥煤
沙沟	42.1	26.0	15.4	22.0	气肥煤

我国肥煤的主要产区有开滦、枣庄、盘江、峰峰、平顶山、乌达、霍州、红岩、红阳、艾维尔沟等矿区或矿井。肥煤炼出的焦炭气孔率高于焦煤，具有较多的横裂纹，焦根部分有蜂焦。肥煤在配煤炼焦中能起骨架作用，比焦煤粘结惰质组分的能力还强，当配入较多量的气煤、瘦煤等粘结性较差的炼焦煤时仍能炼出高强度的焦炭来，因而肥煤是最宝贵的炼焦煤资源。

我国生产主焦煤的矿点很多，东北的七台河、鸡西、沈阳等局均有焦煤资源，山西省的汾西、西山、柳林，河北的峰峰二矿、五矿，淮北的石台、张大庄等矿，涟邵局的牛马司、斗笠山，广旺的唐家河等矿也都有较多的焦煤资源。

我国部分选煤厂（矿）焦煤精煤主要质量指标列于表 1－21 中。

表 1－21　我国部分选煤厂（矿）焦煤精煤主要质量指标

厂（矿）名	A_d/%	V_{daf}/%	$S_{t,d}$/%	$G_{R.I}$	Y/mm	FSI（CSN）
邯郸	11.12	20.98	0.85	72	16.5	—
马头	11.08	23.93	0.86	88	24.0	—
介休	10.21	23.63	1.01	77	15.8	$7\frac{1}{2}$
滴道	12.22	24.02	0.46	88	16.0	$7\frac{1}{2}$
建新	10.92	19.92	1.11	81	10.2	$7\frac{1}{2}$
青龙山	12.39	19.34	0.40	—	—	—
西曲	8.25	22.75	0.48	76	16.5	
后石台	11.77	21.92	0.42	58	12.0	

从表 1－21 中看出 精煤灰分 A_d 大部分在 10%以上 硫分除丰城局建新选煤厂和汾西局介休选煤厂较高(在 1%以上)外,其余均低于 0.9%,其中青龙山、后石台等厂(矿)的硫分都在 0.5%以下 挥发分除建新和青龙山两厂低于 20%外,其余均在 20%以上。

我国 1/3 焦煤的资源较为丰富,淮南、鹤壁、大屯的大部分,七台河矿区、轩岗矿区、平顶山矿区的一部分,以及石嘴山矿区、萍乡的高坑、双鸭山的岭东和岭西、鸡西的城子河和小恒山、河北邢台、开滦的唐山矿和赵各庄矿等都是较好的 1/3 焦煤。

我国部分选煤厂(矿)1/3 焦煤的主要质量指标如表 1－22 所示。从表 1－22 中看出 我国 1/3 焦煤的硫分普遍较低,其中大部分在 0.5%以下,个别甚至低于 0.2% 结焦性大部分较强,$G_{R,I}$值一般在 85 以上,最低也大干 70 ;Y 值则变化于 12.0～23mm 之间。我国的 1/3 焦煤是除了肥煤和焦煤以外的第三个主要炼焦煤种。

我国的其他炼焦煤煤种除气煤产量较大以外,高变质的瘦煤和贫瘦煤产量均不大,且用于炼焦煤的比例也较小,1/2 中粘煤的产量几乎没有。产气煤较多的有抚顺矿务局的老虎台、龙凤等煤矿,徐州的东城、夹河,新汶的孙村、良庄等矿,以及完州矿区的极大部分,淮南的一部分,东北的辽源、南票等矿区。我国主要矿区气煤的主要质量指标如表 1－23 所示。

表 1－22 我国部分选煤厂(矿)1/3 焦煤的主要质量指标

厂(矿)名	A_d/%	V_{daf}/%	$S_{t,d}$%	$G_{R,I}$	Y/mm	CSN
唐山	10.97	32.98	0.49	92	22.9	$7\frac{1}{2}$
邢台	8.42	36.34	0.35	93	18.3	$5\frac{1}{2}$
城子河	11.64	32.67	0.34	72	12.0	7
七台河	10.48	30.81	0.21	91	—	$5\frac{1}{2}$
大屯	7.92	36.50	0.56	80	12.5	5
望峰岗	13.28	33.89	0.34	87	15.2	$6\frac{1}{2}$
芦岭	12.23	32.15	0.24	79	13.5	$4\frac{1}{2}$
高坑	10.47	31.06	0.64	82	18.9	8
陶庄	8.39	33.82	0.40	85	22.0	—
南山	9.84	34.60	0.18	90	13.5	7

表 1－23　我国主要矿区气煤的主要质量指标

厂(矿)名	A_d/%	V_{daf}/%	$S_{t,d}$%	$G_{R,I}$	Y/mm	CSN
老虎台	5.98	43.46	0.52	66	12.0	2
东城	7.33	38.62	0.40	66	13.0	4
夹河	9.41	37.65	0.34	—	10.5—	
孙村	10.36	39.00	1.06	93	24.0	6
良庄	9.70	39.21	1.14	94	23.7	$6\frac{1}{2}$
官桥	7.81	37.57	0.65	78	15.5	
兴隆庄	6.89	39.40	0.39	49	10.0	
大屯	7.23	37.48	0.51	62	12.0	

从表 1－23 中看出，我国的气煤除新汶矿务局的孙村和良庄两选煤厂的精煤灰分高达 9.7%～10.36%以外，其余各厂(矿)的精煤 A_d 均在 9.5%以下，老虎台和兴隆庄的精煤灰分还分别低于 6%和 7%。

第五节　中国煤的主要质量特征

一、中国煤的灰分

由 1997 年的资料统计表明，中国生产矿区煤层的平均灰分在 23%左右，商品煤的平均灰分为 20.49%。由于机采程度的不断提高，近年来毛煤的灰分也不断增高。在商品煤中，以炼焦精煤灰分最低，全国平均为 9.85%　动力煤的平均灰分达 25%以上，其中以发电用煤的平均灰分较高，A_d 多在 27%～28%左右，且有不少在 30%以上甚至 40%以上，仅少数电厂用煤的灰分在 20%以下。

从不同牌号煤的灰分来看，以动力煤中的不粘煤和弱粘煤的灰分最低，平均都在 10%上下，褐煤的灰分则多在 20%以上，长焰煤的灰分也接近 20%。其他各类煤的灰分变化较大，如资兴矿区焦煤的平均灰分可达 40%以上，而牛马司焦煤的灰分低至 10%以下，山西柳林地区优质焦煤的灰分也多不超过 10%。同样，无烟煤矿区的灰分也相差很大，如四川芙蓉和松藻两矿区的平均灰分也均高至 30%以上，而宁夏汝箕沟矿区无烟煤的平均灰分低于 10%，其中不少煤的灰分还在 5%～6%左右，是中国的优质无烟煤。

各局(矿)的商品煤灰分差异也较大,在国有重点煤矿中以大同煤的灰分最低,1997 年全局平均 A_d 为 10.33%,神华公司的东胜一神府矿区煤的平均灰分也不超过 8%。甘肃靖远煤的平均灰分也低至 11.5%,扎赉诺尔褐煤的平均灰分也仅为 10.05%,但大多数局、矿的商品煤平均灰分在 20%左右。商品煤平均灰分超过 30%的也有相当一部分矿区,如资兴、舒兰、兴隆、铁法、沈阳和通化等局。在生产炼焦煤为主的一些局(矿),由于洗精煤的比例较大,故全局商品煤的灰分也就普遍较低,如灰分在 15%以下的即有攀枝花、枣庄、盘江、乌达、大屯、石炭井和抚顺等矿区,但可选性较差的一些炼焦煤矿区如开滦、平顶山、淮南、淮北和徐州等特大型矿区商品煤的平均灰分则均在 20%以上。

商品煤灰分介于 30%~40%的矿井有沈阳林盛矿、山东坊子矿、蒲白白水矿、长广牛头山矿以及萍乡的巨源和内蒙古的霍林河等矿井 湖南杨梅山矿、通化八道江矿、沈阳蒲河矿以及广西合山矿务局的各矿煤的灰分均高至 40%以上。为了降低灰分,提高热值,改善燃煤对大气的污染,中国今后必须加强对动力煤的洗选。从全国商品煤灰分的分级情况看,灰分介于 10%~20%和 20%~30%的商品煤量分别占全国的 39%和 34%,灰分大于 30%的约占商品煤量的 11%,灰分低于 10%的约占 14%,这部分商品煤则主要为炼焦洗精煤和大同、东胜一神府等矿区的优质动力煤及汝箕沟等矿区的无烟煤。上述数据表明,我国有 50%以上动力煤的灰分在 10%~30%之间。

二、中国煤的硫分

虽然全国煤的储量和产量中高硫煤的比例不大,但高硫煤的分布地区颇为集中,如中南区的湖北省虽产煤量不高,但几乎全为硫分大于 2%~5%以上的高硫煤,广西壮族自治区的烟煤和无烟煤也几乎都是高硫煤,且其灰分和有机硫比例均较高,因而洗选后仍为高硫煤。重庆地区的绝大多数矿区也均为高硫煤,贵州省的六枝和郎岱一带的硫分更高。华北地区上部虽为低硫煤,但下部石炭纪太原组煤系则均为高硫煤。华东区的山东省也有不少属高硫煤矿区,如淄博、肥城和新汶矿区大部分为高硫煤,枣庄矿区也有较大比例的高硫煤,安徽省两淮矿区目前均属低硫矿区,但皖南的一些地方煤矿则多为晚二叠世龙潭煤系的高硫煤。西北地区虽以低硫煤为主,但近期产量较大的铜川矿区的商品煤硫分普遍在 2%~4%以上。东北地区除沈阳南部的红阳煤田有部分为石炭纪太原组高硫煤以外,其余各煤田的平均硫分几乎都在 2%以下。总之,中国煤中疏分的分布特点是南方煤中硫分较高,北方煤田下部煤一层的硫分较高。从成煤时代来看,以海陆交互相沉积的晚二叠世乐平煤系、晚石炭二叠世的黔阳煤系(马鞍山煤系)的煤中疏分较高,由浅海相形成的华南早第三世煤系的硫分一般也较高。

从不同煤化程度煤的硫分看,总的趁势是低阶煤如褐煤、长焰煤、不粘煤和弱粘煤等动力用煤的硫分较低,炼焦煤中则以气煤的平均硫分最低,肥煤的硫分最高,这与肥煤是在高还原条件下形成有关。高变质的贫煤和无烟煤的高硫煤比例也相对较多。

按储量划分的不同地区煤中硫分如表 1-24 所示。西南区煤的平均硫分最高,$S_{t,d}$ 平均达 1.61%,其次为中南区,$S_{t,d}$ 平均 1.04%,东北区煤的平均硫分最低,$S_{t,d}$ 为 0.36%,西北区煤的平均硫分也低至 0.60%以下。

表 1－24　我国按储量划分的不同地区煤中平均硫分

项目	华北	东北	华东	中南	西南	西北
占全国煤储量/%	50.36	2.85	5.42	2.89	8.42	30.05
平均 $S_{t,d}$/%	1.00	0.36	0.85	1.04	1.61	0.58

从表 1－24 看出，我国煤层的平均硫分低于 1%，但目前生产矿区煤的硫分则相对较高，随着今后西部煤田动力煤的大量开发，在 21 世纪以后我国生产煤的硫分将会逐年下降。

从我国主要含煤煤层的平均硫分看，以贵州省煤的硫分最高，平均 $S_{t,d}$ 为 1.72%（表 1－25），山东省煤的硫分也平均达 1.32%，黑龙江省煤的硫分最低，$S_{t,d}$ 平均 0.20%，新疆维吾尔自治区煤的平均硫分也低至 0.35%。

表 1－25　我国主要省（自治区）按储量煤的平均硫分

项目	山西	内蒙古	陕西	新疆	贵州	宁夏
占全国煤储量/%	26.16	22.40	16.17	9.43	5.06	3.09
平均 $S_{t,d}$/%	1.18	0.86	0.70	0.35	1.72	0.75
项目	安徽	云南	山东	河南	黑龙江	河北
占全国煤储量/%	2.46	2.39	2.28	2.26	1.95	1.55
平均 $S_{t,d}$/%	0.42	0.75	1.32	0.74	0.20	0.92

在我国煤储量较少的一些省、自治区中，多半是高硫煤，如湖北省煤的平均硫分达 4.63%，浙江省煤的硫分也高至 4.52%，海南、广西、四川省和西藏自治区等煤中平均硫分也均在 3% 以上。显然，这主要是由于这些省（区）的煤系多为海陆交互相沉积或浅海相沉积。从我国不同炼焦煤的储量平均硫分看，以焦煤的硫分最高，平均达 1.65%，其次为肥煤类，$S_{t,d}$ 平均为 1.41%，气煤和 1/3 焦煤的硫分最低，$S_{t,d}$ 平均仅 0.62%，瘦煤和贫瘦煤的平均硫也达 1.20%（表 1－26）。所以，全国炼焦煤按煤层储量计算时的平均硫分超过 1.0%。

表 1－26　我国不同牌号炼焦煤按储量的平均硫分

项目	气煤、1/3 焦煤	肥煤、气肥煤	焦煤	瘦煤、贫瘦煤	未分牌号	合计
占全国炼焦煤储量/%	48.54	12.58	22.07	14.95	1.86	100.00
平均 $S_{t,d}$/%	0.62	1.41	1.65	1.20	1.00	1.00

从我国动力煤按储量的平均硫分看，以贫煤的硫分最高，$S_{t,d}$ 平均达 1.67%，无烟煤的

平均硫分也高至 1.24%，但低阶煤如褐煤、不粘煤和长焰煤的平均硫分相对较低，$S_{t,d}$ 分别低至 0.55%、0.60% 和 0.75%（表 1－27）。

表 1－27 我国不同牌号动力煤按储量的平均硫分

项目	无烟煤	贫煤	弱粘煤	不粘煤	长焰煤	褐煤	未分牌号	合计
占全国动力煤储量/%	16.16	7.86	2.34	20.90	17.26	12.81	22.67	100.00
平均 $S_{t,d}$/%	1.24	1.67	0.89	0.60	0.75	0.55	0.80	1.04

从我国不同时代煤中的硫分分布情况看，由一千几百个煤样的统计结果表明，以南方晚二叠世乐平组煤系的硫分最高，$S_{t,d}$ 平均达 3.85%（表 1－28），北方晚石炭世太原组煤的硫分居第 2 位，平均硫分达 2.56%，北方早二叠世煤的硫分最低，$S_{t,d}$ 低至 0.50% 以下，侏罗纪煤的平均硫分也低至 0.68%，其中尤以早、中侏罗世煤如东胜一神府煤田的不粘煤和长焰煤的硫分更低，平均也在 0.50% 以下，晚侏罗世煤的硫分相对稍高，但平均 $S_{t,d}$ 也不超过 1.0%。其他各时代煤的平均硫分也都不超过 1%。所以，从硫分指标来看我国的煤炭资源，还是低硫煤的比例较大，按全国储量加权计算的平均硫分不超过 1.0%，目前生产矿区的平均硫分刚超过 1%。这与我国过去的开发方向以炼焦用煤为主的战略方针有关。今后随着环保对硫分的严格要求和西部地区动力煤资源的不断扩大开发，进入 21 世纪后的中国生产矿井的平均硫分将会降至 1% 以下，且有不断降低的趋势。

表 1－28 中国不同时代煤中的硫分分布

成煤时代名称	第三纪	侏罗纪	三叠纪	晚二叠世乐平煤系	早二叠世石盒子组	早二叠世山西组	石炭纪煤系
占全国储量/%	2.50	45.00	0.50	9.0	3.0	17.0	23.0
平均 $S_{t,d}$/%	0.97	0.68	0.87	3.85	0.76	0.47	2.56

三、中国煤的发热量

煤的发热量大小除了与灰分有关以外，还与煤的类别有显著关系，如灰分相同的焦煤和褐煤之间 $Q_{gr,daf}$ 值可相差 4～6MJ/kg 以上。由统计结果表明，中国褐煤的收到基低位发热量（$Q_{net,ar}$）多在 14.63MJ/kg（3500kcal/kg）以下，且其中不少在 12.54MJ/kg（3000kcal/kg）以上。如舒兰、霍林河和沈阳等矿区多为低热值褐煤。

不粘煤和弱粘煤矿区商品煤的发热量大部较高，如大同、东胜一神府等矿区煤的 $Q_{net,ar}$ 值平均在 25.09MJ/kg（6000kcal/kg）以上，其中有不少可达 29.4MJ/kg（7000kcal/kg）以上，最低的一般也在 20.91MJ/kg（5000kcal/kg）以上。无烟煤矿区在北方的一些矿井的发热量也普遍较高，如阳泉三、四矿、晋城各矿煤的平均发热量（$Q_{net,ar}$）也都在 24MJ/kg 以上。炼焦煤的

发热量则普遍较高，尤其是洗精煤的发热量（$Q_{net,ar}$）一般都在 25.09MJ/kg（6000kcal/kg）以上，但洗煤厂的洗混煤和洗中煤的发热量（$Q_{net,ar}$）则普遍较低，多在 20.91MJ/kg（5000kcal/kg）以下。

从我国不同级别商品煤发热量的分布看，$Q_{net,ar}$ 在 24.01～27.00MJ/kg 的煤占全国商品煤总量的 40%以上（表 1－29），$Q_{net,ar}$ 在 21.01～24.00MJ/kg 的煤占 28%以上，两者合计占全国商品煤量的 70%以上，也就是说，我国的商品煤发热量大部分属高热值和中高热值煤。发热量（$Q_{net,ar}$）在 27.00MJ/kg 以上的特高值煤只占商品煤量的 10.28%，发热量在 17.00MJ/kg 以下的中低热值煤和低热值煤的比例则不到商品煤量的 9%。

表 1－29　我国商品煤发热量（$Q_{net,ar}$）的分布

发热量 $Q_{net,ar}$/MJ·kg^{-1}	8.50～12.50	12.51～17.00	17.01～21.00	21.01～24.00	24.01～27.00	>27.00	合计
占全国商品煤量/%	3.05	5.20	10.65	28.31	42.51	10.28	100.00

四、煤的挥发分

总的来看，由于我国低阶煤的比例较大，所以，中国煤的平均挥发分较高，由数据库的统计结果表明，全国按储量划分时的平均挥发分（V_{daf}）约为 28%，其中 V_{daf} 介于 28%～37%之间的中高挥发分煤的比例约占 30%，V_{daf} 介于 37%～50%之间的高挥发分煤约占 25%，V_{daf} 大于 50%的特高挥发分煤的比例则不到 1%，挥发分（V_{daf}）低于 10%的无烟煤的比例为 11%。此外，V_{daf} 介于 10%～20%之间的低挥发分原煤经洗选后矿物质含量降低，挥发分降低，所以，我国商品煤的平均挥发分约比原煤的降低 1%～2%左右。

五、煤的灰成分和灰熔融性

煤的灰成分与成煤时代密切相关，通常煤灰中的 Al_2O_3 含量以早二叠世的山西组煤和石盒子组煤最高，一般都在 30%以上，且其中有不少在 40%以上，所以，这两个时代煤的灰熔融性软化温度普遍高至 1350℃以上，其中还有不少在 1500℃以上；早、中侏罗世煤灰中的 Al_2O_3 含量多在 20%以下，但其 CaO 含量较高，一般可达 10%～30%以上，Fe_2O_3 含量一般也高至 10%～25%以上，所以，我国早、中侏罗世煤如大同、神府等动力煤和北京、汝箕沟等矿区无烟煤的煤灰软化温度（ST）普遍低至 1200℃以下，其中不少在 1150℃以下；石炭纪太原组煤灰的特点是 Fe_2O_3 含量较高，且 Al_2O_3 含量一般也较高，但 CaO 和 MgO 含量则普遍较低，所以，我国石炭纪太原组煤灰的软化温度大部分在 1300℃以上，其中不少在 1350℃以上；晚二叠世乐平煤系的煤灰成分与太原组煤相近，但其 Fe_2O_3 平均含量比太原组煤更高一

些,故其煤灰的软化温度稍低于太原组煤,但其软化温度(*ST*)一般仍在 1200℃ **以上,仅少数特高硫煤因** Fe_2O_3 **含量过高而导致其软化温度偏低;第三纪煤中的早第三纪煤因其** CaO **较低,** Al_2O_3 **较高,因而其煤灰软化温度多高于** 1300℃ **以上,而晚第三纪煤因** CaO **含量高,则其煤灰的软化温度多低于** 1200℃。

第二章　中国煤的分类及各种工业用煤的质量要求

第一节　中国煤的分类

建国后，在前苏联的基础上，于 1954 年才开始制订了我国东北区和华北区两个地区性的煤炭分类方案。由于这两个分类方案之间存在许多矛盾和缺陷，如对华东、中南等其他大区的煤究竟用哪个分类方案无所适从。所以，在煤炭科学研究总院北京煤化学研究所、中国科学院原大连煤炭研究室和北京钢铁研究总院等单位做了大量试验研究的基础上，于 1956 年又提出全国统一的煤分类（以炼焦用煤为主）方案。该分类方案于 1958 年 4 月经原国家技术委员会推荐在全国试行，直到 1986 年 10 月 1 日起才被新的煤炭分类国家标准（GB 5751—86）所代替。1958 年的煤炭分类方案在 28 年的试用过程中，无论对于指导我国国民经济各部门正确而合理地使用我国的煤炭资源，还是在煤田地质勘探工作中正确地划分煤炭类别（牌号），合理地计算煤田的储量等方面都起到了积极的作用。但该分类也存在着一些明显的缺点，例如：

（1）对长焰煤和褐煤没有提出明确的划分指标和界线。即对于挥发分（V_{daf}）大于 40%、Y 值等于 0mm（粉状）的年轻煤，既可划分为褐煤，又可划分为长焰煤。对煤矿和用户来说，划分为不同的煤类，意味着有不同的经济效益。如褐煤的煤种比价为 83%，而长焰煤的比价为 100%。

（2）大类别过少，小类别过多，致使每一大类煤的范围过宽，在同一类煤中的性质可相差很大。如同属气煤大类的 1 号气煤因结焦性不好而多适用作化工及气化用煤，不宜大量地用于配煤炼焦，而气煤中的 2 号肥气煤，却是结焦性较好的炼焦基础煤，把这两种性质差异较大的煤划分成同一大类显然是不合适的。

（3）以胶质层最大厚度 Y 值（mm）作为煤炭分类主要指标的缺点之一是对煤田地质勘探部门来说，由于煤样用量大，不仅不利于小口径钻管的普遍推广使用，而且对一些厚度在 0.6m 以下的薄煤层因分选减灰后的浮煤量不足以测定胶质层，故无法确定其煤的类别。此外，对强粘结性的肥煤来说，Y 值的测定误差大；对粘结性弱的煤来说，Y 值则测不准确。

（4）对贫煤和瘦煤的划分界线以 Y 值等于 0 时的焦渣成块和粉状来确定，也是含混不清的。当焦渣为‘凝结’时又如何划分没有明确规定，而贫煤和瘦煤的煤种比价又相差 5%，这就给煤矿和用户带来了矛盾。

（5）对于 V_{daf} 不大于 14% 的煤，如其 Y 值大于 0，则既不能划分为贫煤，又不能划分为瘦

煤,这就无法确定这种煤的类别。

(6)对低煤化程度的褐煤和高变质的无烟煤类不再细分为小类,这就不能充分表征这些煤类的特征及其工艺利用途径。

一、中国煤的分类方案

表 2-1 煤炭分类总表

类别	符号	数码	分类指标	
			V_{daf}/%	P_M/%
无烟煤	WY	01,02,03	0~10.0	
烟煤	YM	11,12,13,14,15,16 21,22,23,24,25,26 31,32,33,34,35,36 41,42,43,44,45,46	>10.0	—
褐煤	HM	51,52	>37.0①	≤50②

①凡 $V_{daf}>37.0\%$,$G\leqslant 5$,再用透光率 P_M 来区分烟煤和褐煤(在地质勘探中,$V_{daf}>37.0$ 者,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)。

②凡 $V_{daf}>37.0\%$,$P_M>50\%$ 者,为烟煤,$P_M>30\%\sim 50\%$ 的煤,如恒湿无灰基高位发热量 $Q_{gr,maf}/\%>24$MJ/kg(5739 cal/g),则划为长焰煤。

表 2-2 无烟煤的分类

类别	符号	数码	分类指标	
			V_{daf}/%	H①/%
无烟煤 1 号	WY_1	01	0~3.5	0~2.0
无烟煤 2 号	WY_2	02	>3.5~6.5	>2.0~3.0
无烟煤 3 号	WY_3	03	6.5~10.0	>3.0

①在已确定无烟煤小类的生产矿、厂的日常工作中,可以只按 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亲新核定小类时,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。

1986 年新制订的中国煤炭分类国家标准(GB 5751—86)执行至今已有 10 余年了,产生了很好的社会效益。分类方案详见表 2-1 至表 2-5 及中国煤炭分类图(图 2-1)。

在应用中国煤炭分类国家标准时,根据表 2-1 至表 2-5 或中国煤炭分类图,首先按煤的煤化程度,将所有煤分为褐煤、烟煤和无烟煤 对于褐煤和无烟煤,再分别按其煤化程度和工业利用的特点分为 2 个和 3 个小类 烟煤部分按挥发分 >10%~20%、>20%~28%、>28%~37%和 >37%四个阶段分为低、中、中高及高挥发分烟煤。关于烟煤的粘结性,则按

G 值区分，$G=0\sim5$ 的为不粘和微粘结煤；$G>5\sim20$ 为弱粘结煤；$G>20\sim50$ 为中等偏弱粘结煤；$G>50\sim65$ 为中等偏强粘结煤；$G>65$ 则为强粘结煤。对于强粘结煤，又把其中胶质层最大厚度 $Y>25$mm 或奥亚膨胀度 $b>150\%$（$V_{daf}\leqslant28\%$的烟煤；对于 $V_{daf}>28\%$的烟煤，$b>220\%$）的煤分为特强粘结煤。这样，在烟煤部分，可分为 24 个单元，并用相应的数码表示。在编号的 10 位数中，1～4 代表煤的煤化程度；在编号的个位数中，1～6 表示煤的粘结性。在这 24 个单元中，再按同类煤性质基本相似，不同类煤性质有较大差异的分类原则将部分单元合并为 12 个类别。在煤类的命名上，考虑到新旧分类的延续性和习惯叫法，仍保留气煤、肥煤、焦煤、瘦煤、贫煤、弱粘煤、不粘煤和长焰煤 8 个煤类。

新的中国煤炭分类国家标准为使同一类煤性质基本一致，增加了四个过渡性煤类，即贫瘦煤、1/2 中粘煤、1/3 焦煤和气肥煤。贫瘦煤是指粘结性较差的瘦煤，以区别典型的瘦煤；1/2 中粘煤是由原分类中一部分粘结性较好的弱粘煤和一部分粘结性较差的肥焦煤和肥气煤组成；1/3 焦煤是由原分类中一部分粘结性较好的肥气煤和肥焦煤组成，这类煤是介于焦煤、肥煤和气煤之间的过渡煤类，也具有这三者的一部分性质，但结焦性较好是公认的；气肥煤在原分类方案中属肥煤大类，但它的结焦性比典型肥煤要差得多，故新的煤炭分类国家标准将它单独列为一类，这样就克服了原分类方案中同类煤性质差异较大的缺陷。如气煤 1 号和肥气煤 2 号性质有明显差异，将它们归为同一类很不合理。新的中国煤炭分类国家标准将这些具有过渡性质的煤单独列为一类，从而有利于煤的合理利用。

表 2－3　烟煤的分类

类别	符号	数码	分类指标			
			V_{daf}/%	G	Y/mm	b/%
贫煤	PM	11	>10.0～20.0	≤5		
贫瘦煤	PS	12	>10.0～20.0	>5～20		
瘦煤	SM	13	>10.0～20.0	>20～50		
		14	>10.0～20.0	>50～65		
焦煤	JM	15	>10.0～20.0	>65*	≤25.0	（≤150）
		24	>20.0～28.0	>50～65		
		25	>20.0～28.0	>65*	≤25.0	（≤150）
肥煤	FM	16	>10.0～20.0	（>85）	>25.0	（>150）
		26	>20.0～28.0	（>85）	25.0	（>150）
		36	>28.0～37.0	（>85）	>25.0	（>220）
1/3 焦煤	1/3JM	35	>28.0～37.0	>65*	≤25.0	（≤220）
气肥煤	QF	46	>37.0	（>85）	>25.0	（>220）
气煤	QM	34	>28.0～37.0	>50～65	≤25.0	（≤220）
		43	>37.0	>35～50		
		44	>37.0	>50～65		
		45	>37.0	>65*		

续表

类别	符号	数码	分类指标			
			V_{daf}/%	G	Y/mm	b/%
1/2 中粘煤	1/2ZN	23 33	> 20.0 ~ 28.0 > 28.0 ~ 37.0	> 30 ~ 50 > 30 ~ 50		
弱粘煤	RN	22 32	32 > 28.0 ~ 37.0	> 20.0 ~ 28.0 > 5 ~ 30	> 5 ~ 30	
不粘煤	BN	21 31	31 > 28.0 ~ 37.0	> 20.0 ~ 28.0 ≤5	≤5	
长焰煤	CY	41 42	42 > 37.0	> 37.0 > 5 ~ 35	≤5	

分类用的煤样,如原煤灰分小于或等于 10%者,不需减灰;灰分大于 10%的煤样需按 GB 474—1995 的煤样制备方法,用氯化锌重液减灰后再分类。

* 只有 $G > 85$ 时再测 Y 值或 b 值来区分焦煤和肥煤、1/3 焦煤和肥煤以及气煤和气肥煤。

表 2 – 4 褐煤的分类

类 别	符 号	数 码	分类指标	
			P_M/%	$Q_{gr,maf}$①/MJ·kg^{-1}
褐煤 1 号	HM_1	51	0 ~ 30	—
褐煤 2 号	HM_2	52	> 30 ~ 50	≤24

①凡 $V_{daf} > 37.0\%$,$P_M > 30\% \sim 50\%$ 的煤,如恒湿无灰基高位发热量 $Q_{gr,maf}$ 大于 24MJ/kg(5739cal/g),则划为长焰煤。

表 2 – 5 中国煤炭分类简表

类别	符号	数码	分 类 指 标					
			V_{daf}/%	G	Y/mm	b/%	P_M②/%	$Q_{gr,maf}$③/MJ·kg^{-1}
无烟煤	WY	01,02,03	≤10.0					
贫 煤	PM	11	> 10.0 ~ 20.0	≤5				
贫瘦煤	PS	12	> 10.0 ~ 20.0	> 5 ~ 20				
瘦 煤	SM	13,14	> 10.0 ~ 20.0	> 20 ~ 65				
焦 煤	JM	24	> 20.0 ~ 28.0	> 50 ~ 65	≤25.0	(≤150)		
		15,25	> 10.0 ~ 28.0	>65①				

续表

类别	符号	数码	分类指标					
			V_{daf}/%	G	Y/mm	b/%	P_M②/%	$Q_{gr,maf}$③/MJ·kg^{-1}
肥煤	FM	16,26,36	> 10.0 ~ 37.0	(> 85)①	> 25.0	①		
1/3 焦煤	1/3JM	35	> 28.0 ~ 37.0	> 65①	≤ 25.0	(≤ 220)		
气肥煤	QF	46	> 37.0	(> 85)①	> 25.0	(> 220)		
气　煤	QM	34	> 28.0 ~ 37.0	> 50 ~ 65	≤ 25.0	(≤ 220)		
		43,44,45	> 37.0	> 35*				
1/2 中粘煤	1/2ZN	23,33	> 20.0 ~ 37.0	> 30 ~ 50				
弱粘煤	RN	22,32	> 20.0 ~ 37.0	> 5 ~ 30				
不粘煤	BN	21,31	> 20.0 ~ 37.0	≤5				
长焰煤	CY	41,42	> 37.0	≤35	> 50			
褐　煤	HM	51 52	> 37.0 > 37.0				≤30 > 30 ~ 50	≤24

①对 $G > 85$,再用 Y 值或 b 值来区分肥煤、气肥煤与其他煤类,当 $Y > 25.00$mm 时,应划分为肥煤或气肥煤,如 $Y \leqslant 25.0$mm,

则根据其 V_{daf}的大小而划为相应的其他煤类。

按 b 值划分类别时 $V_{daf} \leqslant 28.0\%$,暂定 $b > 150\%$的为肥煤,$V_{daf} > 28.0\%$,暂定 $b > 220\%$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。

②$V_{daf} > 37.0\%$,$G \leqslant 5$,再用透光率 P_M 来区分长焰煤或褐煤。

③$V_{daf} > 37.0\%$,$P_M > 30\% \sim 50\%$的煤,再测 $Q_{gr,maf}$,如其值 > 24MJ/kg(5739 cal/g),应划分为长焰煤。

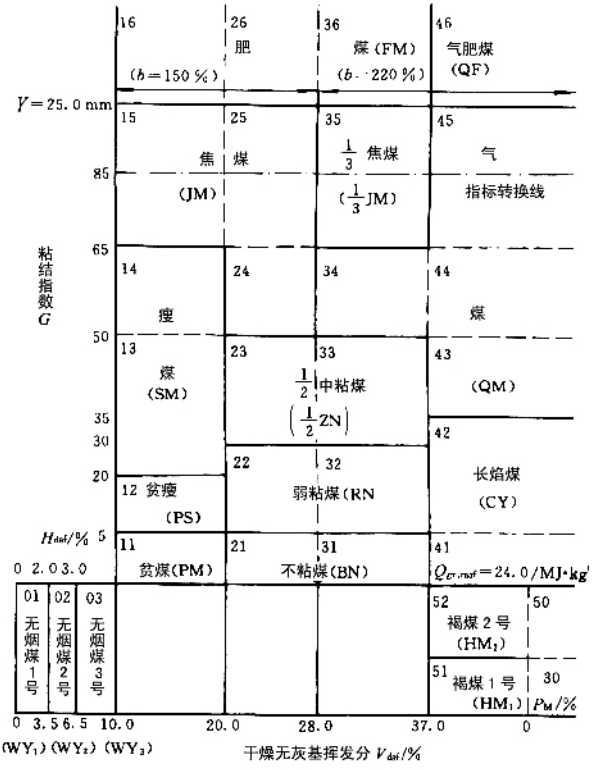


图 2－1 中国煤炭分类图

说明：1. 分类用煤样的缩制按 GB 474 进行。原煤样灰分小于或等于 10% 的不需分选减灰。灰分大于 10% 的煤样需用规定的氯化锌重液减灰后再分类(对易泥化的低煤化度褐煤,可采用灰分尽量低的原煤)。

2. $G=85$ 为指标转换线。当 $G>85$ 时,用 Y 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。$Y>25.0$mm 者,划为肥煤或气肥煤;当 $V_{daf}<28.0\%$ 时,b 值暂定为 150%;$V_{daf}>28.0\%$ 时,b 值暂定为 220%。当 b 值和 Y 值划分煤类有矛盾时,以 Y 值为准。

3. 无烟煤划分小类按 H_{daf} 与 V_{daf} 划分结果有矛盾时,以 H_{daf} 划分的小类为准。

4. $V_{daf}>37.0\%$、$P_M>50\%$ 者为烟煤,透光率 $P_M>30\%\sim50\%$ 时,以 $Q_{gr,maf}>24$MJ/kg 者为长焰煤。

在新的煤炭分类国家标准中,对长焰煤和褐煤之间的划分,则采用目视比色法透光率(P_M)作为主要分类指标,即对 $V_{def}>37\%$、$G\leqslant5$ 的煤再测 P_M 值。实际上为了减少 G 值的测定次数,对 $V_{daf}>37\%$ 的低煤化度煤,如其焦渣特征为 3～8 号,就可以确定它不属于褐煤而不测透光率 P_M 值,直接根据其 G 值的大小而定为相应的烟煤类 如焦渣特征为 1～2 号,再测定 $P_M>50\%$,则可以定为长焰煤类而不必再测定 G 值。因为焦渣特征 1～2 号的低煤

化度煤，不仅 G 值不可能大于 35（即气煤的 G 值下限），而且也不会大于 5（即 42 号长焰煤的 G 值下限）。但要注意的是：作为划分褐煤和长焰煤用的煤样，当 $V_{daf} > 37\%$ 时，在测定挥发分时不应压饼。因为压饼会增高煤的粘结性。

当透光率测值 $P_M > 30\% \sim 50\%$ 时，则还要测定煤的最高内在水分（MHC），然后按下列公式换算成恒湿无灰基煤的高位发热量：

$$Q_{gr,maf}(\mathrm{MJ/kg}) = 4.1816 \times 10^{-3} \times Q_{gr,ad}(\mathrm{kcal/kg}) \times \frac{100(100 - MHC)}{100(100 - M_{ad}) - A_{ad}(100 - NHC)}$$

如 $Q_{gr,maf} > 24\mathrm{MJ/kg}$（相当于 5739 kcal/kg），则该煤样应划分为长焰煤，若 $Q_{gr,maf} \leqslant 24\mathrm{MJ/kg}$，则应划分为褐煤。鉴于煤的最高内在水分测定方法十分复杂，需时又长，为此作者对 $P_M > 30\% \sim 50\%$ 的煤，研究了 P_M 与 $Q_{gr,maf}$ 的相关关系。从大量试样的研究结果表明，$P_M < 38\%$ 的煤，$Q_{gr,maf}$ 几乎都在 24MJ/kg 以下，因而对 $V_{daf} > 37\%$、$P_M < 38\%$ 的年轻煤，一般可不再测定煤的最高内在水分和高位发热量而直接确定为褐煤。即使个别煤样由于测值偏差较大而致 $P_M < 38\%$ 时，仍有 $Q_{gr,maf} > 24\mathrm{MJ/kg}$ 的反常现象，但从整个矿区或矿井的平均 P_M 来看，则 $P_M < 38\%$ 其 $Q_{gr,maf}$ 的平均值必然小于 24MJ/kg 无疑。对 $P_M < 38\%$ 的煤样似可直接确定为褐煤。总之，对平均 $P_M > 30\% \sim 50\%$ 的煤，则肯定其 $Q_{gr,maf}$ 值在 24MJ/kg 以下而不必测定 MHC、$Q_{gr,ad}$ 和计算 $Q_{gr,maf}$ 值。至于 $P_M > 38\%$ 的煤，也只有一部分矿井煤的 $Q_{gr,maf}$ 在 24MJ/kg 以上而属于长焰煤，另有大部分煤的 $Q_{gr,maf}$ 仍在 24MJ/kg 以下而仍为褐煤。至于 $P_M \leqslant 30\%$ 的煤则均为褐煤。

在烟煤类中，对 $G > 85$ 的煤需再测定胶质层最大厚度 Y 值或奥亚膨胀度 b 值来区分肥煤、气肥煤与其他烟煤类的界限（见表 2－4）。

当 $Y > 25\mathrm{mm}$ 时，如 $V_{daf} > 37\%$，则划分为气肥煤；$V_{daf} \leqslant 37\%$，则划分为肥煤。当 $Y \leqslant 25\mathrm{mm}$，则按其 V_{daf} 值的大小而划分为相应的煤类。如 $V_{daf} > 37\%$，则应划分为气煤类，如 $V_{daf} > 28\% \sim 37\%$，则应划分为 1/3 焦煤，如 V_{daf} 在 28% 以下，则应划分为焦煤类（详见中国煤炭分类图）。

这里需要指出的是，对 $G > 100$ 的煤，尤其是矿井或煤层若干样品的平均 G 值在 100 以上时，则一般可不测 Y 值而确定为肥煤或气肥煤类。同时，对 $G > 85$ 的煤，有许多矿区煤的 Y 值都在 25mm 以下（如淮南、七台河、双鸭岭东及鸡西等矿区），在这种情况下也没有必要再用 Y 值来确切区分牌号了，而只用 G 值即可确定其牌号。而对开滦、枣庄等某些矿井，由于其 G 值均大于 85，而 Y 值又均大于 25mm，对于这种矿区，可不测 G 值，而用 Y 值来确定其牌号。只有一些未知牌号的勘探区，需要先测 G 值，然后再按测值大小而确定是否需要测定 Y 值。所以对煤质牌号基本清楚的矿井、煤层，在确定牌号时可根据情况而相应地减少测定项目。

在我国新的煤炭分类国家标准中还规定，对 $G > 85$ 的烟煤，如果不测 Y 值，也可用奥亚膨胀度 b 值（%）来确定肥煤、气肥煤与其他煤类的界限，即对 $V_{daf} \leqslant 28\%$ 的煤，暂定 $b > 150\%$ 的为肥煤；对 $V_{daf} > 28\%$ 的煤，暂定 $b > 220\%$ 的为肥煤（$V_{daf} < 37\%$）或气肥煤（$V_{daf} > 37\%$）。当按 b 值划分的煤类与按 Y 值划分的煤类有矛盾时，则以 Y 值确定的煤类为准。

因而在确定新分类的强粘结性煤的牌号时,可只测 Y 值而暂不测 b 值。

在无烟煤阶段,按 H_{daf} 或 V_{daf} 来划分小类别,即 $V_{daf} \leqslant 3.5\%$ ($H_{daf} \leqslant 2.0\%$)的为 1 号无烟煤,$V_{daf} > 3.5\% \sim 6.5\%$ ($H_{daf} > 2\% \sim 3\%$)的为 2 号无烟煤,$V_{daf} > 6.5\% \sim 10\%$ ($H_{daf} > 3\%$)的为 3 号无烟煤。当按 V_{daf} 成份的小类别与按 H_{daf} 划分的小类别有矛盾时,以按 H_{daf} 划分的类别为准。但大多数情况,均可用 V_{daf} 来确定无烟煤的小类别,只有北京和四望峰等少数矿区煤的 V_{daf} 和 H_{daf} 之间的关系有反常现象。这时才需用 H_{daf} 来正确地确定其小类别。

新的煤炭分类国家标准把我国煤炭从褐煤到无烟煤之间共划分为 14 个大类和 17 个小类,主要是按照各小类工艺利用特性的不同而划分的。对褐煤划分为两个小类,相当于年轻褐煤(51 号褐煤)和年老褐煤(52 号褐煤),也是根据其性质和利用特征不同而划分的。烟煤划分为贫煤、贫瘦煤、瘦煤、焦煤、肥煤、气肥煤、气煤、1/3 焦煤、1/2 中粘煤、弱粘煤、不粘煤和长焰煤共 12 个煤类。无烟煤分为 3 个小类,即无烟煤 1 号、无烟煤 2 号和无烟煤 3 号。

分类中对每类煤均可用汉语拼音代号表示(表 2 - 5),这样既有利于计算机贮存,也有利于用代号来表示不同煤种。这种表示方法的特点是每一个煤类均用其汉语拼音中的第一个字母的大写来表示(如焦煤为 JM)。

在新的煤炭分类国家标准中,还采用了数码编号来表示煤类。如气肥煤的数码编号是 46,但气煤有 34、43、44、45 共四个数码编号。在各类煤的数码编号中,十位数代表干燥无灰基煤的挥发分大小。如无烟煤的挥发分最小,十位数字为 0,褐煤的挥发分最大,十位数字为 5。数码编号中的个位数对烟煤来说是表征它的粘结性,即个位数码编号越小的烟煤,其粘结性越差。

还需要指出的是,对褐煤和无烟煤来说,每一个数码编号代表 1 个小类别,如 01、02、03 分别代表 1 号、2 号和 3 号无烟煤,51、52 各代表 1 号和 2 号褐煤。但在烟煤阶段,每一个数码编号并不代表 1 个小类。在同类别的烟煤中,每一个数码编号内的煤的性质也是有所不同的。如焦煤类中的 24 号煤,其粘结性明显低于 25 号煤。又如焦煤类中 15 号煤,其挥发分(V_{daf})又明显低于 25 号煤。所以在焦煤中,以数码编号为 25 号的结焦性最好。但对煤矿来说,由于 15、24 和 25 号焦煤均属同一比价,因而也就没有必要按数码编号来细分其结焦性的好坏或挥发分的高低了。在焦化、燃烧或气化等工业部门生产中,采用数码编号仍有一定指导意义。

二、各类煤的基本特性及其主要利用途径

(一)无烟煤(WY)

挥发分低,固定碳高,密度大,纯煤真相对密度最高可达 1.90,燃点高,燃烧时不冒烟。对这类煤又分为 01 号年老无烟煤、02 号典型无烟煤、03 号年轻无烟煤。无烟煤主要供民用和用作制造合成氨的造气原料,低灰、低硫,且可磨性好的无烟煤不仅可以作高炉喷吹和烧结铁矿石用的燃料,而且还可制造各种碳素材料,如炭电极、阳极糊和活性炭的原料,某些优质无烟煤制成的航空用型煤还可用于飞机发动机和车辆马达的保温。

（二）贫煤（PM）

变质程度最高的一种烟煤，不粘结或微弱粘结，在层状炼焦炉中不结焦，燃烧时火焰短，耐烧。一般主要用作发电燃料，也可供民用和作为工业锅炉中的掺烧煤。

（三）贫瘦煤（PS）

粘结性较弱的高变质、低挥发分烟煤，结焦性比典型瘦煤差，单独炼焦时，生成的粉焦甚多，如在配煤炼焦中配入一定比例，也能起到瘦煤的瘦化作用。这种煤也可作发电、民用及锅炉燃料。

（四）瘦煤（SM）

低挥发分的中等粘结性的炼焦用煤。在焦化过程中能产生相当数量的胶质体。单独炼焦时，能得到块度大、裂纹少、抗碎强度较好的焦炭，但这种焦炭的耐磨强度稍差，作为配煤炼焦使用，效果较好。某些高灰、难选瘦煤也可用作发电和铁路机车、锅炉等的燃料。

（五）焦煤（JM）

中等及低挥发分的中强粘结及强粘结性的烟煤，加热时能产生热稳定性很高的胶质体。单独炼焦时，能获得块度大、裂纹小、抗碎强度高、耐磨度也很高的焦炭。但单独炼焦时，膨胀压力大，易产生推焦困难，一般作为配煤炼焦使用，效果较好。

（六）肥煤（FM）

中等及中高挥发分的强粘结性烟煤，加热后能产生大量的胶质体。单独炼焦时，能生成熔融性好、强度高的焦炭，耐磨强度比焦煤炼出的焦炭还好，是配煤炼焦中的基础煤。但单煤炼焦时，焦炭有较多的横裂纹，焦根部分常有蜂焦。

（七）1/3 焦煤（1/3JM）

中挥发分的强粘结性煤，它是介于焦煤、肥煤和气煤之间的过渡煤，在单煤炼焦时能生成熔融性良好、强度较高的焦炭。在炼焦时，其配入量可在较宽范围内波动而获得强度较高焦炭。它也是良好的配煤炼焦中的基础煤。

（八）气肥煤（QF）

一种挥发分和胶质层厚度都很高的强粘结性肥煤类。有人称之为液肥煤。炼焦性介于肥煤和气煤之间。单独炼焦时能产生大量的气体和液体化学产品。最适于高温干馏制造煤气，也可用于配煤炼焦以增加化学产品的产率。

（九）气煤（QM）

一种变质程度较低的炼焦煤，加热时能产生较高的挥发分和较多的焦油。胶质体的热稳定性低于肥煤，也可以单独结焦，但焦炭的抗碎强度和耐磨强度均较其他炼焦煤差，焦炭多呈细长条而较易碎，并且有较多的纵裂纹。一般在配煤炼焦时多配入气煤，可以增加产气率和化学产品回收率。也可以单煤高温干馏来制造城市煤气。

(十)1/2 中粘煤(1/2ZN)

一种中等粘结性的中高挥发分烟煤。其中有一部分煤在单煤炼焦时能结成一定强度的焦炭,可作为配煤炼焦的原料。粘结性较弱的一部分煤在单煤炼焦时,结成的焦炭强度差,粉焦率较高,可作为气化用煤或动力用煤,在配煤炼焦时也可适量配入使用。

(十一)弱粘煤(RN)

一种粘结性较弱的从低变质到中等变质程度的烟煤。加热时产生的胶质体较少,炼焦时有的能结成强度很差的小块焦,有的只有少部分能凝结成碎屑焦,粉焦率很高。因此这种煤多适于作气化原料煤和电厂、机车及工业锅炉窑炉的燃料。

(十二)不粘煤(BN)

多是一种在成煤初期已经受到相当程度氧化作用的较低变质程度的烟煤。加热时基本上不产生胶质体。该煤的水分大,有的还含有一定的次生腐植酸,含氧量高达 10% 以上,主要可作为气化和发电用煤,也可作动力及民用燃料。

(十三)长焰煤(CY)

变质程度最低的烟煤,从无粘结性的到弱粘结性的均有。其中最年轻的还含有一定数量的腐植酸,储存时易风化碎裂。煤化程度较高者加热时能产生一定数量的胶质体,也能结成细小的长条形焦炭,但焦炭强度甚差,粉焦率甚高。因此长焰煤一般作为气化、发电和机车等燃料。

(十四)褐煤(HM)

分为透光率 $P_M > 30\% \sim 50\%$ 的年老褐煤和 $P_M \leqslant 30\%$ 的年轻褐煤两小类。褐煤的特点是水分大,密度较小,不粘结,含有不同数量的腐植酸。煤中含氧量常高达 15% ~ 30% 左右,化学反应性强,热稳定性差,块煤加热时破碎严重,存放在空气中易风化变质,碎裂成小块甚至粉末状。发热量低,煤灰熔融性温度大部分较低,煤灰中常含较多的 CaO 和较少的 Al_2O_3。褐煤多用作发电燃料,也可用作气化液化的原料以及锅炉燃料。有的可制造磺化煤或活性炭,有些第三纪褐煤可作为提取褐煤蜡的原料。年轻褐煤也适于作腐植酸铵等有机肥料,用于农田和果园,起到增产的作用。

第二节 中国煤的质量分级标准

一、煤炭灰分分级

灰分是最基本也是最重要的煤质指标,GB/T 15224.1—94《煤炭灰分分级》对煤炭的灰

分做了详细的划分(表 2－6)。

表 2－6　煤炭灰分的分级

序号	级别名称	代号	灰分 A_d 范围/%
1	特低灰煤	SLA	≤5.00
2	低灰分煤	LA	>5.00～10.00
3	低中灰煤	LMA	>10.00～20.00
4	中灰分煤	MA	>20.00～30.00
5	中高灰煤	MHA	>3000～40.00
6	高灰分煤	HA	>40.00～50.00

我国煤以‘低中灰煤’和‘中灰分煤’为主,二者占 80%以上,其他灰分级别的煤所占比例很小。

二、煤炭硫分分级

硫是煤中的有害元素,它的高低除了对煤的加工和利用有重要影响外,对环境的影响更为严重。GB/T 15224.2—94《煤炭硫分分级》对煤的硫分等级做了详细的划分(表 2－7)。

我国煤以‘特低硫煤’和‘低硫分煤’为主,二者共占 63.45%。其他硫分级别的煤所占比例均很小。

表 2－7　煤炭硫分的分级

序号	级别名称	代号	硫分 $S_{t,d}$ 范围/%
1	特低硫煤	SLS	≤0.50
2	低硫分煤	LS	>0.50～1.00
3	低中硫煤	LMS	>1.00～1.50
4	中疏分煤	MS	>1.50～2.00
5	中高硫煤	MHS	>2.00～3.00
6	高硫分煤	HS	>3.00

三、煤炭发热量分级

发热量是评价煤炭质量特别是动力煤质量的一个很重要的煤质指标,GB/T 15224.3—

94《煤炭发热量分级》按煤的收到基低位发热量($Q_{net,ar}$)对其进行了分级(表 2－8)。

表 2－8 煤炭发热量分级

序号	级别名称	代 号	发热量 $Q_{net,ar}$/MJ·kg^{-1}
1	低热值煤	LQ	8.50～12.50
2	中低热值煤	MLQ	>12.50～17.00
3	中热值煤	MQ	>17.00～21.00
4	中高热值煤	MHQ	>21.00～24.00
5	高热值煤	HQ	>24.00～27.00
6	特高热值煤	SHQ	>27.00

我国煤以‘中高热值煤’和‘高热值煤’为主,二者共占 63.60%,其他发热量级别的煤所占比例均很小。

第三节 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。

一、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在 8000 万 t 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 GB 5751—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，焦炭既作为燃料为冶炼过程提供热源，又作为主要的还原剂，同时为维持炉内料柱的透气性，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、转鼓的转速和转数以及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来测定焦炭的强度。抗碎强度用 M_{40} 来表示，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** A_d（%）

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熔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 反应而消耗大量焦炭。

一般焦炭灰分每升高 1%，高炉熔剂消耗量约增加 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，最高不应超过 12.50%。

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 14.50% 降至 10.50%，以年产生铁 4000 万 t 的高炉计，即可节省熔剂 130 万 t、焦炭 220 万 t，同时增产生铁 580 万 t，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 $S_{t,d}$(%)

焦炭中的硫全部来自于煤,存在的形式主要有以下几种:

(1)煤中矿物质转变而来的硫化物,如 FeS、CaS 以及 Fe 与 S 固溶生成的 Fe_nS_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)最高也不应超过 2.50%。

3. 全水分 M_t(%)

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等带来一定的困难。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

冲天炉内的主要反应有:

氧化带 $C + O_2 \longrightarrow CO_2 +$ 热

还原带 $C + CO_2 \longrightarrow 2CO -$ 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:

$$3Fe(固) + SO_2 \longrightarrow FeS + 2FeO$$

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，在流经底焦层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1.50%。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，此处不再赘述。

二、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5.0亿t(1996年发电用煤量为4.7亿t)，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20万～30万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的条件，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($Q_{net,ar}$)应在5500 kcal/kg左右，最好在6000 kcal/kg以上；而对沸腾燃烧的小型坑口电厂来说，其发热量($Q_{net,ar}$)在3000 keal/kg以上即能满足要求。一般中小型电厂的燃煤发热量($Q_{net,ar}$)多在4500～5500 kcal/kg左右。有些燃用褐煤的电厂，燃煤热值($Q_{net,ar}$)在2500 kcal/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(V_{daf})一般都在 40%以上。少数燃用无烟煤的电厂如重庆珞璜电厂和阳泉电厂等则多用原煤挥发分(V_{daf})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以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、东胜一神府的不粘煤、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的要求。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,必要时还可添加助熔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,但由于疏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。而从我国发电用煤的实际情况看,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

对大中型电厂来说,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好,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(M_t)

发电用煤的全水分(M_t)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)的末煤或粉煤(< 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 年已修订了发电煤粉锅炉用煤质量的国家标准 GB 7562。

三、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气化剂,使煤中的有机物转化成含 H_2 和 CO 等成分的可燃气体。根据气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表 2 - 9 所示。

表 2 - 9　各种固定床气化炉的煤气平均组成成分

煤气名称	气化剂	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 水蒸气	13.5	27.5	5.5	52.8	0.5	0.2	5000 ~ 5200	燃料气
水煤气	水蒸气	48.4	38.5	6.0	6.4	0.5	0.2	10000 ~ 11300	燃料气
半水煤气	水蒸气 空　气	40.5	30.7	8.8	20.6	0.5	0.2	8800 ~ 9610	合成氨等 原料气

目前气化炉种类虽然很多,但不外乎固定床、沸腾床和悬浮床三种类型。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。煤的品种以各粒级块煤为宜,灰熔融性软化温度大于 1250℃,灰分(A_d)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 GB 9143 常压固定床煤气发生炉用煤质量标准。

（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，但如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 25.00%），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）柯柏斯—托切克（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，气化装置越容易运转。目前也可用灰分高达 35% 左右的褐煤作为气化原料，气化时用氧气作气化剂，生成以 CO 和 H_2 为主的粗煤气。根据国外经验，K－T 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－T 炉的生产能力比用块煤的鲁奇加压气化炉大。

四、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和固态残渣。

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。国外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表 2－10 所示。

表 2－10　液化用煤的质量要求

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^0_{max}/%	0.3～1.7
惰质组含量/%	< 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碳基形态存在，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时变成氨，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，但反应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

煤也以采用配煤的方法较为合适。

五、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%，$Q_{net,ar}$ 应大于 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 GB 4063《蒸汽机车用煤质量》。

六、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炉窑焙烧、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 $Q_{net,ar}$ 大于 25.09MJ/kg 的无烟块煤作燃料。为减轻对水泥配方的影响，水泥用煤的质量要保持稳定。烧砖瓦、石灰窑（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 GB 7563《水泥回转窑用煤质量》。

七、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，喷吹重油受到了一定的限制，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、包钢、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 t，按置换比 0.8 计，每年便可节约冶金焦 320 万 t，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、维护及节能等各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，还可将其与油混合制成“油煤浆”或与焦油混合制成“焦油煤浆”喷入高炉，目前这两项技术在日本已得到了应用。

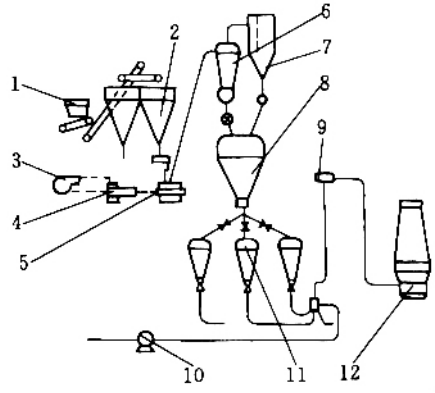


图 2 - 2　高炉喷吹无烟煤粉工艺流程图

1—给料斗；2—煤仓；3—鼓风机；4—空气加热器；5—球磨机；6—旋风除尘器；7—布袋除尘器；8—贮料仓；9—分布器；10—空气压缩机；11—给料仓；12—高炉

图 2 - 2 为高炉喷吹无烟煤粉工艺流程图。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）通过风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和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,必须维待一定的炉渣碱度(CaO/SiO_2),而煤灰带入的 SiO_2 要靠碱性物质 CaO 来平衡,因而造成渣量增加。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中仅有 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。入炉煤粉硫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

水分含量高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,其他钢铁厂多用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,设备相对复杂些,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,因为这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)越小越好,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)均或多或少地有无烟煤资源。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及汝箕沟煤矿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用无烟煤。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粉煤利用的有效途径之一。

八、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。但选后的精铁矿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。开启式电石炉可全部使用无烟煤，但在密闭式电石炉中需要焦炭和无烟煤掺混使用。这两种电石炉对无烟煤的质量要求如表 2－11 所示。生产电极糊用无烟煤的质量要求如表 2－12 所示。

表 2－11　电石炉用无烟煤的质量要求

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 TRD_d	>1.45	>1.6
粒度/mm	3～40	3～40

表 2－12　生产电极糊用无烟煤的质量要求

质量指标	一　级	二　级
A_d/%	<10	<12
V_{daf}/%	<2	<2

续表

质量指标	一 级	二 级
M_t/%	< 3	< 3
抗碎强度（> 40mm 残留量）/%	< 35	< 25

（三）生产避雷器用碳化硅时对无烟煤的质量要求（表 2 – 13）

（四）生产人造刚玉用无烟煤的质量要求（表 2 – 14）

（五）竖窑烧石灰用无烟煤的质量要求（表 2 – 15）

（六）碳粒砂用无烟煤的质量要求

表 2 – 13 生产避雷器用碳化硅时对无烟煤的质量要求

煤质指标	质 量
固定碳 FC_d/%	> 80
灰分 A_d/%	< 13
粒度/mm	> 13（或 > 25）

表 2 – 14 生产人造刚玉用无烟煤的质量要求

煤质指标	质量
固定碳 FC_d/%	> 77
灰分 A_d/%	< 15
粒度/mm	> 13（或 > 25）

表 2－15　竖窑烧石灰用无烟煤的质量要求

煤质指标	质量
粒度/mm	>13～100
固定碳 FC_d/%	>60
灰分 A_d/%	<25

碳粒砂是送话器的主要原料。对制造碳粒砂的无烟煤质量要求主要是：物理性质要好(如硬度高，质地均一，块状，光亮，致密，贝壳状断口)，煤灰中的氧化铁(Fe_2O_3)含量要低，煤的灰分应小于 2%，挥发分也应较低，纯煤真密度不宜很高。但仅凭上述物理和化学性质还不能确定是否适于制造碳粒砂，而只能作为选择时的参考。只有通过生产性试验，才能确定该种煤是否可用于制造碳粒砂。

(七)制造活性炭用煤的质量要求

制造活性炭用的煤，灰分(A_d)以低于 10%为宜，且越低越好，也就是固定碳含量要高，煤的化学反应性要好，硫分要低。制造颗粒状的活性炭用煤，热稳定性好也是一个十分重要的指标，因为热稳定性不好的无烟块煤在加热处理过程中会碎裂成粉而达不到要求。但在制造粉末状的活性炭时，像扎赉诺尔矿区的低灰低硫褐煤也能使用，因为这种煤经过高温处理后固定碳增高，活性也较大。

第四节　中国煤的产品品种和等级划分

一、煤炭产品品种和等级划分

(一)品种的划分

煤炭产品按其用途、加工方法和技术要求划分为五大类、28 个品种。煤炭产品的类别、品种名称和技术要求应符合表 2－16 的规定。煤炭的粒度按 GB/T 189 和 GB 10612 进行分级。

(二)产品的质量指标的划分

1. 灰分(A_d，%)

(1)冶炼用炼焦精煤

冶炼用炼焦精煤灰分等级划分见表 2－17。煤炭的灰分(A_d)按 GB 212 的方法进行测定。

(2)其他用炼焦精煤

其他用炼焦精煤灰分等级划分见表 2－18。

表 2－16 煤炭产品的类别、品种和技术要求

产品类别	品种名称	技术要求			
		粒度/mm	发热量 $Q_{net,ar}$/MJ.kg^{-1}	灰分 A_d/%	最大粒度[①]上限/%
1. 精煤	冶炼用炼焦精煤	< 50，< 100		≤12.50	不大于 5
	其他用炼焦精煤	< 50，< 100		12.51 ~ 16.00	
2. 粒级煤	洗特大块	> 100	烟煤、烟煤：≥14.50 褐煤：≥11.00		
	特大块	> 100			
	洗大块	50 ~ 100，> 50			
	大 块	50 ~ 100，> 50			
	洗中块	25 ~ 50，20 ~ 60			
	中 块	25 ~ 50			
	洗混中块	13 ~ 50，13 ~ 80			
	混中块	13 ~ 50，13 ~ 80			
	洗混块	> 13，> 25			
	混块	> 13，> 25			
	洗小块	13 ~ 20，13 ~ 25			
	小 块	13 ~ 25			
	洗混小块	6 ~ 20			
2. 粒级煤	混小块	6 ~ 20	无烟煤、烟煤：≥14.50 褐煤：≥11.00		不大于 5
	洗粒煤	6 ~ 13			
	粒 煤	6 ~ 13			
3. 洗选煤	洗原煤	≤300			
	洗混煤	< 50，< 80 或 < 100			
	混 煤	0 ~ 50			
	洗末煤	0 ~ 13，0 ~ 20，0 ~ 25			
	末 煤	0 ~ 13，0 ~ 20，0 ~ 25			
	洗粉煤	0 ~ 6			
	粉 煤	0 ~ 6			
4. 原煤	原煤，水采原煤				
5. 低质煤[②]	原 煤		无烟煤、烟煤：< 14.50， 褐煤：< 11.00	> 40[③]	
	煤泥，水采煤泥	1 ~ 1.0，0 ~ 0.5		16.50 ~ 49	

注①取筛上物累计产率最接近、但不大于 5% 的那个筛孔尺寸，作为最大粒度。

②如用户需要，必须采取有效的环保措施，在不违反环保法规的情况下供需双方协商解决。

③当发热量数据和灰分数据不能同时达到规定时，以灰分为准。

表 2－17　冶炼用炼焦精煤灰分等级划分

等级	灰分 A_d/%	等级	灰分 A_d/%
1	5.01～5.50	9	9.01～9.50
2	5.51～6.01	10	9.51～10.00
3	6.01～6.50	11	10.01～10.50
4	6.51～7.00	12	10.51～11.00
5	7.01～7.50	13	11.01～11.50
6	7.51～8.00	14	11.51～12.00
7	8.01～8.50	15	12.01～12.50
8	8.51～9.00		

表 2－18　其他用炼焦精煤灰分等级划分

等级	灰分 A_d/%	等级	灰分 A_d/%
1	12.51～13.00	5	14.51～15.00
2	13.01～13.50	6	15.01～15.50
3	13.51～14.00	7	15.51～16.00
4	14.01～14.50		

(3)其他煤炭产品

其他煤炭产品灰分等级划分见表 2－19。

表 2－19　其他煤炭产品灰分等级划分

等　级	灰分 A_d/%	等　级	灰分 A_d/%
1	≤5.00	19	22.01～23.00
2	5.01～6.00	20	23.01～24.00
3	6.01～7.00	21	24.01～25.00
4	7.01～8.00	22	25.01～26.00
5	8.01～9.00	23	26.01～27.00
6	9.01～10.00	24	27.01～28.00
7	10.01～11.00	25	28.01～29.00
8	11.01～12.00	26	29.01～30.00
9	12.01～13.00	27	30.01～31.00
10	13.01～14.00	28	31.01～32.00

续表

等 级	灰分 A_d/%	等 级	灰分 A_d/%
11	14.01 ~ 15.00	29	32.01 ~ 33.00
12	15.01 ~ 16.00	30	33.01 ~ 34.00
13	16.01 ~ 17.00	31	34.01 ~ 35.00
14	17.01 ~ 18.00	32	35.01 ~ 36.00
15	18.01 ~ 19.00	33	36.01 ~ 37.00
16	19.01 ~ 20.00	34	37.01 ~ 38.00
17	20.01 ~ 21.00	35	38.01 ~ 39.00
18	21.01 ~ 22.00	36	39.01 ~ 40.00①

注：①对灰分 $A_d > 40\%$ 的低质煤，如用户需要，在保证环境质量的条件下，供需双方可协商解决。

2. **硫分（$S_{t,d}$）**

（1）精煤

精煤硫分等级划分见表 2 – 20，**煤炭的硫分（$S_{t,d}$）按** GB 214/T **规定的方法进行测定。**

表 2 – 20 **精煤硫分等级划分**

等级	硫分 $S_{t,d}$/%	等级	硫分 $S_{t,d}$/%
1	≤0.30	6	1.26 ~ 1.50
2	0.31 ~ 0.50	7	1.51 ~ 1.75
3	0.51 ~ 0.75	8	1.76 ~ 2.00
4	0.76 ~ 1.00	9	2.01 ~ 2.25
5	1.01 ~ 1.25	10	2.26 ~ 2.50

（2）其他产品

其他产品硫分等级划分见表 2 – 21。

表 2 – 21 **其他产品硫分等级划分**

等级	硫分 $S_{t,d}$/%	等级	硫分 $S_{t,d}$/%
1	≤0.30	8	1.76 ~ 2.00
2	0.31 ~ 0.50	9	2.01 ~ 2.25
3	0.51 ~ 0.75	10	2.26 ~ 2.50
4	0.76 ~ 1.00	11	2.51 ~ 2.75
5	1.01 ~ 1.25	12	2.76 ~ 3.00

续表

等级	硫分 $S_{t,d}$/%	等级	硫分 $S_{t,d}$/%
6	1.26～1.50	13	>3.00①
7	1.51～1.75		

注：①如用户需要，必须采取有效的环保措施，在不违反环保法规的情况下，由供需双方协商解决。

3. 发热量($Q_{net,ar}$)

煤炭发热量等级划分见表 2－22，煤炭的发热量($Q_{net,ar}$)按 GB 213/T 规定的方法进行测定。

表 2－22　煤炭发热量等级划分

编号	发热量 $Q_{net,ar}$/MJ·kg^{-1}	编号	发热量 $Q_{net,ar}$/MJ·kg^{-1}
295	≥29.00	200	19.51～20.00
290	28.51～29.00	195	19.01～19.50
285	28.01～28.50	190	18.51～19.00
280	27.51～28.00	185	18.01～18.50
275	27.01～27.50	180	17.51～18.00
270	26.51～27.00	175	17.01～17.50
265	26.01～26.50	170	16.51～17.00
260	25.51～26.00	165	16.01～16.50
255	25.01～25.50	160	15.51～16.00
250	24.51～25.00	155	15.01～15.50
245	24.01～24.50	150	14.51～15.00①
240	23.51～24.00	145	14.01～14.50②
235	23.01～23.50	140	13.51～14.00②
230	22.51～23.00	135	13.01～13.50②
225	22.01～22.50	130	12.01～13.00②
220	21.51～22.00	125	12.01～12.50②
215	21.01～21.50	120	11.51～12.00②
210	20.51～21.00	115	11.01～11.50②
205	20.01～20.50		

注：①发热量($Q_{net,ar}$)<14.5MJ/kg 的无烟煤、烟煤，如用户需要，在不违反环保法规的情况下，由供需双方协商解决。

②只适用于褐煤。发热量($o_{Qet,ar}$)<11.00MJ/kg 的褐煤，如用户需要，在不违反环保法规的情况下，由供需双方协商解决。

4. **块煤限下率**

块煤限下率等级划分见表 2 – 23**,块煤的限下率按** MT/T1 **的方法进行测定。**

表 2 – 23 **块煤限下率等级划分**

等级	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
块煤限下率/%	≤3.00	3.01 ~ 6.00	6.01 ~ 9.00	9.01 ~ 12.00	12.01 ~ 15.00	15.01 ~ 18.00	18.01 ~ 21.00	21.01 ~ 24.00	24.01 ~ 27.00	27.01 ~ 30.00

第三章　煤的形成、性质、分类和用途

第一节　煤的形成

煤是由植物在湖泊、沼泽地带埋没在水底、泥沙中，经过漫长的地质年代和地壳运动，在隔绝空气的情况下，在细菌、高温、高压的作用下，经过生物、物理、化学作用，逐步演变而成的。

距现在约 2.5 亿年以前，地球上水陆纵横，沼泽密布，气候温和湿润，很适合植物的生长，到处是茂密的植物群。植物死后，遗骸堆积在充满水的沼泽中，由于地壳变动，沉积地带逐渐下降，泥沙不断冲积，植物遗骸一层一层地埋在地层中，在缺氧的条件下，受厌氧细菌的作用，发生复杂的生物化学、物理化学变化，逐渐变成腐泥和泥炭。这是成煤过程的第一阶段——泥炭化阶段。

成煤过程的第二阶段是变质阶段，也叫煤化阶段，也就是从腐泥、泥炭转化成煤。由于地壳下沉和变动及其他原因，已生成的腐泥、泥炭被埋在地表深处，在温度、压力作用下，随着时间的推移，逐渐失去氧、氮和氢，相对地增加了碳含量和硬度，变成了最年轻的煤——褐煤。随着地壳的继续下沉，温度和压力继续上升，煤层的煤质继续发生变化，煤化过程进一步加深，褐煤逐步变成烟煤，最后变成无烟煤。根据煤的形成过程，煤可以分为泥炭、褐煤、烟煤和无烟煤 4 大类。

这 4 大类煤炭的主要特征列于表 3－1。

表 3－1　不同煤化程度的煤炭特征

特　征	泥　炭	褐　煤	烟　煤	无烟煤
颜色	棕褐色、黑色	褐至黑褐色	黑色	灰黑色
光泽	无	多数暗	有一定光泽	有弱金属光泽
外部条带	有原生植物残体	不明显	呈条带状	无明显条带
燃烧现象	有烟，发热量很	有烟，发热量	多烟，发热量	无烟，发热量
	低，不结块	低，不结块	较高，结块	高，不结块
内在水分	很高	高	低	很低
密度（t/m^3）	很低	1.1～1.4	1.2～1.4	1.35～1.9 以上

续表

特 征	泥 炭	褐 煤	烟 煤	无烟煤
硬度	很软,呈海绵状	脆弱,易裂	较高	高
碳水化合物	有	无	无	无
腐植酸	有	有	无	无

第二节 煤的组成和性质

由于成煤的原生物质和成煤的地质地理条件不同,不同地区各种煤的组成和性质有很大的差异。煤是不均质的混合物,由有机物质和无机物质两部分组成,主要是有机物质。有机物质,可以燃烧,所以也叫可燃体。无机物质主要是各种矿物杂质,通常不能燃烧。

煤的性质分为物理性质、化学组成、工艺性能和燃烧性能等。

煤的物理性质包括煤岩组成、颜色、光泽、密度、硬度、导电性、导热性、耐热性、磁性、粒度组成、泥化程度等。

煤岩组成可分为镜煤、亮煤、暗煤和丝炭 4 种。它们在外观上有很大差别。镜煤和亮煤都有光泽,但镜煤的断口呈贝壳状,质地较致密。暗煤和丝炭都无光泽,暗煤的质地坚硬而无层理,丝炭很象碎木屑。煤岩组成对煤的性质和用途有重要影响。

煤的化学组成包括元素组成和工业分析。

1. 煤的元素组成

煤是由植物遗体转变而成的有机矿物,其元素组成十分复杂。它主要是由碳、氢、氧、氮、硫、磷 6 种元素组成,还含有少量的氟、氯、砷、硼、铅、汞等元素及微量的锗、镓、钒、铀等稀有元素。

碳和氢是煤中的主要成分,在燃烧时能放出大量的热量。一般来说,煤中有机物质的元素随着煤化程度而有规律地变化。煤化程度越高,碳的含量越高,而氢和氧的含量越低。

氮在煤中的含量不高,一般在 2% 以下。煤中的氮在燃烧时形成氮的氧化物 NO_x 等有害气体,污染大气。

煤中的硫分为有机硫和无机硫。有机硫是在成煤过程中与有机物一起进入煤中的。无机硫又分为硫化铁(黄铁矿)硫和硫酸盐硫。硫是煤中的有害杂质。根据煤中硫的含量,把煤分为 6 个等级(见表 3 – 2)。

表 3 – 2 煤按硫分分级标准

名 称	符 号	$S_{t,d}$/%
1. 特低硫煤	SLS	≤0.50

续表

名　　称	符　　号	$S_{t,d}$/%
2. 低硫分煤	LS	0.51 ~ 1.00
3. 低中硫煤	LMS	1.01 ~ 1.50
4. 中硫分煤	MS	1.51 ~ 2.00
5. 中高硫煤	MHS	2.01 ~ 3.00
6. 高硫分煤	HS	> 3.00

煤中的硫在燃烧时形成 SO_2，污染大气。SO_2 在光和热的作用下形成酸雨，腐蚀金属、设备，危害植物生长，降到江河湖泊影响水中动植物生长。我国每年因酸雨造成的经济损失十分惊人。硫分在炼焦过程中转移到焦炭中，焦炭中的硫在炼铁中又转移到铁中，使铁变脆。因此，硫分是评价煤质的重要指标。硫化铁硫可在煤炭洗选中除去一部分，硫酸盐硫和有机硫只有在燃烧过程中或在净化烟道气中才能脱除。

氟、氯、磷、砷、铅及稀有元素等在煤中都是有害元素，在燃烧或炼焦过程中，有的会腐蚀炉壁和管道，有的会增加产品的毒性，有的会影响产品质量。

2. 煤的工业分析

为了了解煤炭质量，判断煤的种类和加工利用途径，需要对煤进行工业分析，包括测定煤的水分、灰分、挥发分和固定碳 4 项。根据煤的水分和灰分可以大致了解煤中有机物质或可燃物的百分含量，如煤的水分和灰分高，则有机质含量就少，因而发热量低、经济价值小；从煤的挥发分可以大致了解到煤中有机物质的性质、煤化程度的高低、粘结性的强弱和发热量的高低。从煤的固定碳含量可以大致判断其煤化程度，评价其经济价值。

1)水分

煤的水分是指单位质量的煤中水的含量。煤的水分有内在水分和外在水分两种。外在水分是指在开采、运输、洗选过程中附着在煤颗粒表面和裂缝中的水；内在水分是指吸附或凝聚在煤颗粒内部毛细孔中的水。外在水分可以借助机械方法脱除；内在水分只有热力干燥才能脱出。

煤的水分是评价煤炭经济价值的基本指标。煤的内在水分与煤的煤化程度和内部表面积有关，一般来说变质程度越低，煤的内部表面积越大，水分含量越高，经济价值越低。煤的水分对其贮存、运输、加工和利用均有影响。在贮存时，水分能加速煤的风化、碎裂、自燃；在运输中，会增加运输量，加大运费，并会增加装车、卸车的困难。在西北、东北、华北等寒冷地区，水分大的煤在长途运输中会冻结，给卸车造成极大困难。煤的水分在燃烧时要消耗一定的热量，在炼焦时要延长结焦时间，而且影响焦炉的寿命。

2)灰分

煤的灰分是指煤完全燃烧后残留物的产率。煤的灰分分为内在灰分和外在灰分。内在灰分是指煤在成煤过程中混入的矿物杂质，外在灰分是指煤在开采、运输、贮存过程中混入的矿物杂质，即碎石，它可以通过洗选方法除去。

煤的灰分是衡量煤炭质量的一个重要指标,灰分越高,质量就越差,发热量越低。

煤的灰分对煤的加工利用有不利影响。外在灰分越高,在洗选时排除的好石量越大。内在灰分越高,煤就越难选。煤的灰分高,会增加运输量和运费。在燃烧时,灰分越高,热效率越低,而且会增加烟尘排放量和炉渣量,加剧燃煤对大气的污染。炼焦时,精煤灰分越高,焦炭的灰分就越高,炼铁的焦比就增加,高炉利用系数就降低,产铁量减少。

3)挥发分

煤的挥发分是指煤在与空气隔绝的容器中在一定高温下加热一定时间后,从煤中分解出来的液体(蒸气状态)和气体减去其水分后的产物。它是评价煤炭质量的重要指标和进行煤的分类的重要依据。煤的挥发分越高,煤的煤化程度越低,在燃烧中越容易点燃。

4)固定碳

煤的固定碳是指煤在隔绝空气的条件下有机物质高温分解后剩下的残余物质减去其灰分后的产物,主要成分是碳元素。根据固定碳含量可以判断煤的煤化程度,进行煤的分类。固定碳含量越高,挥发分越低,煤化程度越高。固定碳含量高,煤的发热量也越高。

3. 煤的工艺性能

煤的工艺性能包括煤的粘结性、发热量、化学活性、热稳定性、可磨性、成浆性等。

1)煤的粘结性

煤的粘结性是指煤粒在隔绝空气的条件下加热到一定温度后,能够熔融、粘结成焦块的性能。一般以罗加指数、胶质层指数来表示。

罗加指数 $G_{R.I}$ 是反映烟煤粘结性的一种指标。它是以烟煤在加热过程中产生胶质体粘结其他惰性物质能力的大小,作为粘结性指数高低的基础,用于鉴定煤的粘结性和确定煤的牌号。

胶质层指数是指煤粒在隔绝空气条件下加热到一定温度后,有机质受热分解,软化成胶体物质层的厚度,通常以其最大厚度 Y 值来表示。

罗加指数越高,煤的粘结性越好。胶质层指数越高,煤的结焦性越好。

煤的粘结性能受煤的煤化程度、煤岩组成、氧化程度、灰分等多种因素影响。煤化程度最高和最低的煤一般都没有粘结性。

2)煤的发热量

煤的发热量也是煤质的一个重要指标。它是指每单位质量的煤在完全燃烧时所产生的热量,用 MJ/kg 表示。发热量与煤化程度呈规律性的变化,一般煤化程度越高,煤的发热量越高。

3)煤的化学活性

煤的化学活性是指煤在一定温度下与水蒸气、氧气等相互作用的反应能力,是评价气化用煤和动力用煤的一项重要指标。

4)煤的热稳定性

煤的热稳定性是指块煤在高温条件下保持原来块状的能力。它也是评价气化用煤和动力用煤的一项重要指标。

煤的可磨性、成浆性是指煤被磨成粉状的难易程度和制成水煤浆的可能性。

第三节　煤的分类和用途

为了合理地开发和利用煤炭资源，必须对煤炭进行科学系统地分类。

世界各国对煤炭的分类采用不同的标准。我国国家标准 GB5751—1986《中国煤炭分类》是以煤化程度及工艺性能作为分类的标准，将煤炭分为无烟煤、烟煤和褐煤 3 大类，如图 3－1 和表 3－3 所示。

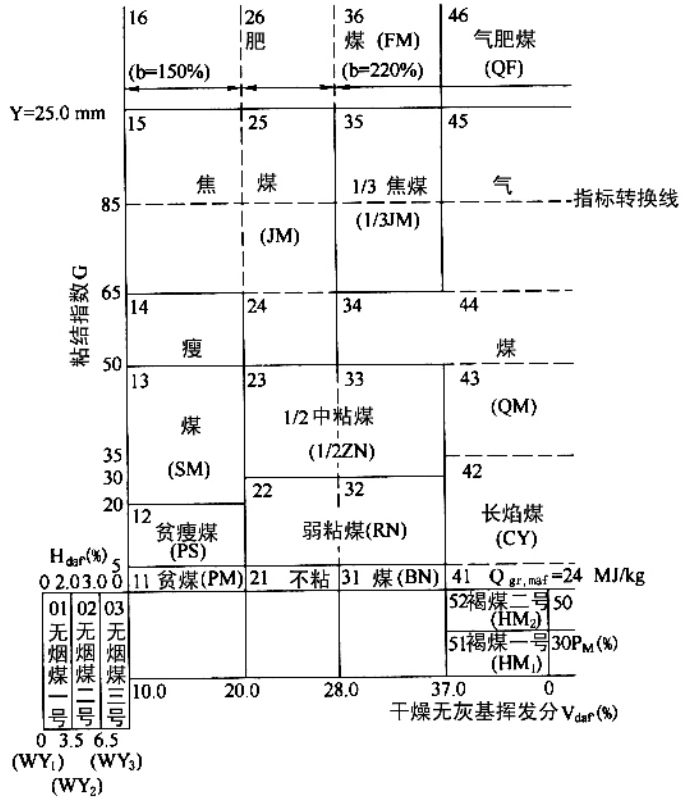


图 3－1　中国煤炭分类图

说明：

1. 分类用煤样的缩制按 GB474—1983 进行。原煤样灰分小于或等于 10% 的不需分选减灰。灰分大于 10% 的煤样需用规定的氯化锌重液减灰后再分类（对易泥化的低煤化度褐煤，可采用灰分尽量低的原煤）。

2. $G_{R.I}=85$ 为指标转换线。当 $G_{R.I}>85$ 时，用 Y 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。$Y>25.0$mm 者，划为肥煤或气肥煤；当 $V_{daf}\leqslant 28.0\%$ 时，b 值暂定为 150%；$V_{daf}>28.0\%$ 时，b 值暂定为 220%。当 b 值和 Y 值划分煤类有矛盾时，以 Y 值为准。

3. 无烟煤划分小类按 H_{daf} 与 V_{daf} 划分结果有矛盾时，以 H_{daf} 划分小类为准。

4. $V_{daf}>37.0\%$、$P_M>50\%$ 者为烟煤；透光率 $P_M>30\%\sim 50\%$ 时，以 $Q_{gr,maf}>24$MJ/kg 者为长焰煤。

表 3－3 中国煤炭分类简表

类 别	符号	包括数码	分类指标					
			V_{daf}/%	$G_{G.1}$	Y/mm	b/%	$P_M^{②}$/%	$Q_{gr,maf}^{③}$/MJ·kg^{-1}
无烟煤	WY	01,02,03	≤10.0					
贫 煤	PM	11	>10.0～20.0	≤5				
贫瘦煤	PS	12	>10.0～20.0	>5～20				
瘦 煤	SM	13,14	>10.0～20.0	>20～65				
焦 煤	JM	24 15,25	>20.0～28.0 >10.0～28.0	>50～65 >65①	≤25.0	(≤150)		
肥 煤	FM	16,26,36	>10.0～37.0	(>85)①	>25.0	①		
1/3 焦煤	1/3JM	35	>28.0～37.0	>65①	≤25.0	(≤220)		
气肥煤	QF	46	>37.0	(85)①	>25.0	(>220)		
气 煤	QM	34 43,44,45	>28.0～37.0 >37.0	>50～65 >35	≤25.0	(≤220)		
1/2 中粘煤	1/2ZN	33,33	>20.0～37.0	>30～50				
弱粘煤	RN	22,32	>20.0～37.0	>5～30				
不粘煤	BN	21,31	>20.0～37.0	≤5				
长焰煤	CY	41,42	>37.0	≤35			>50	
褐 煤	HM	51 52	>37.0 >37.0				≤30 >30～50	≤24

①对 $G_{R.I}>85$ 的煤,再用 Y 值或 b 值来区分肥煤、气肥煤与其他煤类。当 Y>25.0mm 时,应划分为肥煤或气肥煤 如 Y≤25.0mm,则根据其 V_{daf} 的大小而划为相应的其他煤类。

按 b 值划分类别时,V_{daf}≤28.0%、暂定 b>150% 的为肥煤;V_{daf}>28.0%、暂定 b>22.0% 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。

②对 $V_{daf}>37.0\%$、$G_{R.I}\leq5$ 的煤,再以透光率 P_M 来区分其为长焰煤或褐煤。

③对 $V_{daf}>37.0\%$、$P_M>30\%\sim50\%$ 的煤,再测 $Q_{gr,maf}$,如其值大于 24MJ/kg(5700cal/g),应划分为长焰煤。

注 :分类用的煤样,除 $A_d\leq10.0\%$ 的不需减发外,对 $A_d>10.0\%$ 的煤样,应采用氯化锌重液选后的浮煤样(对易泥化的褐煤亦可采用灰分较低的原煤)。详见 GB 474—1996。

无烟煤以干燥无灰基挥发分和干燥无灰基氢含量作煤化程度的指标来区分无烟煤的小类,即无烟煤一号、无烟煤二号和无烟煤三号。

烟煤采用两个参数来确定类别：一个是表征烟煤煤化程度的参数，另一个是表征烟煤粘结性的参数。烟煤煤化程度的参数采用干燥无灰基挥发分作指标，烟煤粘结性的参数选用粘结指数和胶质层最大厚度（或奥亚膨胀度）作指标来区分类别，即贫煤、贫瘦煤、瘦煤、焦煤、肥煤、1/3 焦煤、气肥煤、气煤、1/2 中粘煤、弱粘煤、不粘煤、长焰煤共 12 类。褐煤采用透光率为煤化程度指标，以区分褐煤和烟煤，并把褐煤划分为褐煤一号和褐煤二号。同时还采用恒湿无灰基高位发热量为辅来区分烟煤和褐煤。

不同牌号的煤有不同的性质和不同的用途。现分述如下。

1. 泥炭

泥炭含碳量低，只有 50% ~ 60%，水分很大，挥发分高，固定碳少，没有粘结性，发热量低，化学活性大，而热稳定性差，机械强度较低，多用作民用和工业燃料。泥炭经热化学加工可以制取煤气和化学产品，其中的腐植酸可加工成植物生长促进剂和肥料。

2. 褐煤

褐煤含碳量较低，水分较高，发热量低，易点燃，机械强度及热稳定性较低。主要用作发电燃料，也可以直接作为民用和工业燃料，经气化可生产民用或工业煤气。进行低温干馏可制取液体燃料及化工产品，提取褐煤蜡和腐植酸，分别用作化工原料和农业的肥料等。

3. 长焰煤

长焰煤有一定的化学活性、热稳定性和机械强度。长焰煤可用作民用和工业燃料，也可作低温干馏的原料，还可以作肥煤炼焦的配煤。

4. 不粘煤

不粘煤有一定的硬度、热稳定性、导电性、导热性，较易点燃，无粘结性，主要用作民用燃料、发电和工业燃料、气化原料，也可作为配焦煤。

5. 弱粘煤

弱粘煤有一定的硬度、脆性、导电性、导热性，较易点燃，粘结性较弱，其用途与不粘煤一样。

6. 气煤

气煤有一定的硬度和较好的热稳定性，有较高挥发分，也较易点燃，是生产城市煤气的好原料，作炼焦配煤时能增加焦炉煤气和煤化工产品，也可用于发电。块煤用作工业窑炉燃料。

7. 肥煤

肥煤具有很好的粘结性，热稳定性和机械强度较高。肥煤是炼焦配煤的主要煤种，增加其配煤比例可以提高焦炭强度。当增加肥煤用量时，炼焦可以增加一部分弱粘煤或不粘煤，减少焦煤配比。

8. 焦煤

焦煤有良好的导电性、导热性、热稳定性较差，有较高的粘结性和机械强度，是极好的炼焦原料。它可以单独炼焦。

9. 瘦煤

瘦煤硬度大,质地致密,是炼焦配煤的重要原料,它可以提高焦炭的机械强度。

10. 贫煤

贫煤质地较致密,硬度高,燃点高,挥发分低,无粘结性。可以作民用或工业燃料。

11. 无烟煤

无烟煤硬度高,机械强度高,固定碳含量高,发热量高,挥发分很低,无粘结性,燃点高,有良好的导电性,在工业上块煤用于生产合成氨的制气、电石、碳化硅、电极,粉煤用于高炉炼铁喷吹,可以节省焦炭。据有关部门提供资料表明,灰分低于 12.5%的 1t 无烟煤粉用于高炉炼铁喷吹,可以节省 0.8t 焦炭。无烟块煤是民用的主要燃料,粉煤成型可以生产煤球、蜂窝煤。

根据我国煤炭分类标准,气煤、1/3 焦煤、气肥煤、肥煤、1/2 中粘煤、焦煤、瘦煤和贫煤共 8 类均属于炼焦煤范围。

第四章　选煤、选煤厂及选煤工艺流程

原煤在生成过程中混入了各种矿物杂质，在开采和运输过程中不可避免地又混入顶板和底板的岩石及其他杂质（木材、金属及水泥构件等）。随着采煤机械化程度的提高和地质条件的变化，原煤质量将越来越差，表现在混入原煤的汗石增加、灰分提高、末煤及粉煤含量增长、水分提高。为了降低原煤中的杂质，同时把煤炭按质量、规格分成各种产品，就要对煤炭进行机械加工，以适应不同用户对煤炭质量的要求，为有效的、合理的利用煤炭资源，减少燃煤对大气的污染创造条件，保证国民经济的可持续发展。选煤是煤炭工业的重要部门。

选煤是利用煤炭与其他矿物质的不同物理、物理—化学性质，在选煤厂内用机械方法除去原煤中的杂质，把它分成不同质量、规格的产品，以适应不同用户的要求。

选煤的主要目的是：

（1）除去原煤中的杂质，降低灰分和硫分，提高煤炭质量，适应用户的需要。

（2）把煤炭分成不同质量、规格的产品，适应用户需要，以便有效合理地利用煤炭，节约用煤。

（3）煤炭经过洗选，矸石可以就地废弃，可以减少无效运输，同时为综合利用煤矸石创造条件。

（4）煤炭洗选可以除去大部分的灰分和 50% ~ 70% 的黄铁矿硫，减少燃煤对大气的污染。它是洁净煤技术的前提。

我国煤炭主要用户对质量的要求是：

（1）冶金焦炭用煤。用于生产冶金焦炭的精煤灰分必须低于 12.5%，硫分一般低于 1.5%。冶金部门提供的资料表明，精煤灰分每降低 1%，焦炭灰分可降低 1.33%，而焦炭灰分降低 1%，炼铁焦比可降低 2%，高炉利用系数可提高 3%，同时可以降低石灰石的耗量，提高生铁的质量。因此，钢铁厂要求精煤的灰分尽量降低，以提高焦炭的质量，增加经济效益。硫分对炼铁的影响比灰分对炼铁的影响大 10 倍，因而炼焦用精煤对硫分要求十分严格。水分对焦炉寿命有不良影响，而且延长结焦时间，消耗热量。冬季在寒冷地区使精煤冻结，对运输造成影响，所以水分要尽量降低。

（2）化肥造气用煤。化肥造气对煤的品种、块度、灰熔融性、热稳定性、化学活性、粘结性、灰分、水分、硫分、挥发分、机械强度等均有特殊要求。大、中型煤气发生炉的化肥厂，要求提供粒度 25mm 以上的无烟块煤或无烟块精煤，灰分一般在 15% 以下，硫分一般小于 1%，小化肥厂，可用 13 ~ 25mm 无烟块煤、无烟洗小块或无烟型煤。

（3）蒸汽机车用煤。蒸汽机车因为炉膛小、烟囱短，一般要求发热量大于 25.10MJ/kg，灰分小于 25%，硫分小于 2.5%，挥发分约 16%，灰熔融温度大于 1200℃，粒度 13 ~ 50mm 的气煤、长焰煤或弱粘煤。

(4)高炉喷吹用煤。高炉喷吹用煤一般用粒度小于 13(6) mm 的末煤或粉煤,灰分小于 12.5%,水分要尽量低,固定碳含量要高,硬度要相对小。

(5)电厂用煤。不同设备的火力发电厂所燃用的煤种和质量规格也不同。层状锅炉用块煤,新的电厂均采用喷吹粉煤,宜供应加工后的粒度小于 13mm 的末煤。电厂燃用低灰的精煤,可以提高锅炉热效率,减少设备磨损和自用电,增加设备利用率,减少燃煤对大气的污染。

(6)民用煤。民用煤应该用无烟块煤,或者用无烟末煤成型的煤球和蜂窝煤。为了减少大气污染,城市应逐步用煤气、天然气或液化气代替烧煤,同时应该采用集中供热。

选煤方法种类很多,可概括分为两大类:干法选煤和湿法选煤。选煤过程在空气中进行的,叫做干法选煤。选煤过程在水、重液或悬浮液中进行的,叫做湿法选煤。

选煤方法还可以分为重力选煤、浮游选煤和特殊选煤等。

重力选煤主要是依据煤和矸石的密度差别而实现煤与矸石分选的方法。煤的密度通常在 1.2~1.8g/cm^3 之间,而矸石的密度在 1.8g/cm^3 以上,在选煤机内借助重力把不同密度的煤和矸石分开。重力选煤又可分为跳汰选、重介质选、溜槽选、斜槽选和摇床选等。

浮游选煤简称浮选,主要是依据煤和矸石表面润湿性的差别,分选细粒(小于 0.5mm)煤的选煤方法。

特殊选煤主要是利用煤与矸石的导电率、导磁率、摩擦系数、射线穿透能力等的不同,把煤和汗石分开。它包括静电选、磁选、摩擦选、放射性同位选和 X 射线选等。

此外,还有手选,即人工拣好。它是根据块煤与矸石在颜色、光泽及外形上的差别由人工拣除。对煤与诉石硬度差别较大的块煤,可以采用滚筒碎选机进行选择性破碎,实现煤与矸 石的分离。

我国选煤厂中采用最广泛的选煤方法是跳汰选,其次是重介质选和浮选,其他方法均用得较少。

选煤的主要产品是精煤,副产品有中煤、混煤、煤泥等。选后的矸石和尾煤为废弃物,由于它含有一些夹矸煤等可燃物,也可作制砖、烧水泥的原料,进行综合利用。

选煤厂是对煤进行分选,生产不同质量、规格产品的加工厂。按精煤使用的目的不同,选煤厂可分为炼焦煤选煤厂和动力煤选煤厂。炼焦煤选煤厂的工艺过程比较复杂,生产的精煤灰分低、质量高,主要供给焦化厂生产焦炭。动力煤选煤厂的工艺过程一般比较简单,生产的精煤主要作为动力燃料,大部分动力煤选煤厂只选块煤,末煤和粉煤不入选。

按照选煤厂的位置及其与煤矿的关系,选煤厂可分为 5 种类型:

(1)矿井选煤厂。厂址位于煤矿工业场地内,只选该矿所产毛煤或原煤的选煤厂。这里所说的毛煤是指煤矿生产出来未经任何加工处理(一般指手选)的煤;原煤则是从毛煤中选出规定粒度的矸石,包括黄铁矿等杂物以后的煤。

(2)群矿选煤厂。厂址位于某一煤矿的工业场地内,可同时选该矿及附近煤矿所产毛(原)煤的选煤厂。

(3)矿区选煤厂。在煤矿矿区范围内,厂址设在单独的工业场地上,入选外来煤的选煤厂。

(4)中心选煤厂。厂址设在矿区范围外独立的工业场地上,入选外来煤的选煤厂。

(5)用户选煤厂。厂址设在用户(如焦化厂等)工业场地上的选煤厂。

我国现有选煤厂大部分是矿井选煤厂。

现代化的选煤厂是一个由许多作业所组成的连续机械加工过程。所有作业分为分选作业和辅助作业两类。

分选作业是降低矿物质和其他杂质的含量,以提高煤炭质量的加工作业。

辅助作业是与分选作业相联系,基本上不改变所加工煤炭质量的作业。

选煤厂的生产过程可以用工艺原则流程图和工艺设备流程图来表示。

工艺原则流程图就是按原料煤加工顺序表明工艺过程中各作业间相互联系的示意图(图 4 – 1)。

工艺设备流程图就是用图示符号表明工艺过程所使用的设备和设施及其相互联系的系统图(图 4 – 2)。

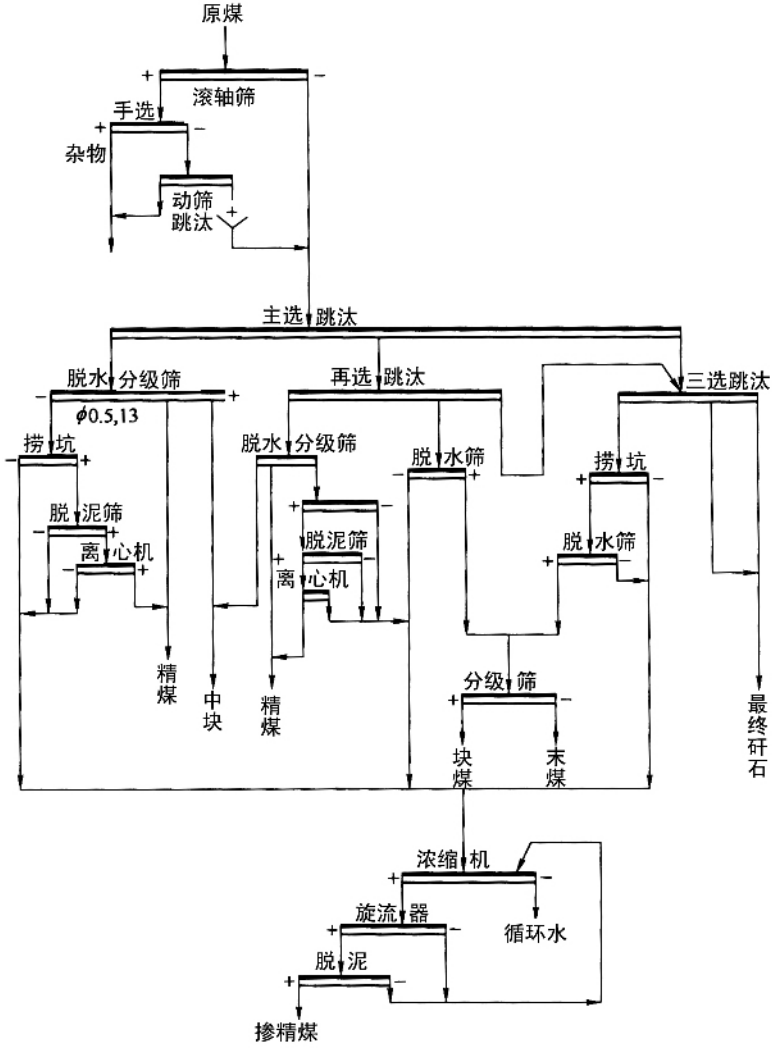


图 4 – 1　抚顺老虎台矿选煤厂工艺流程图

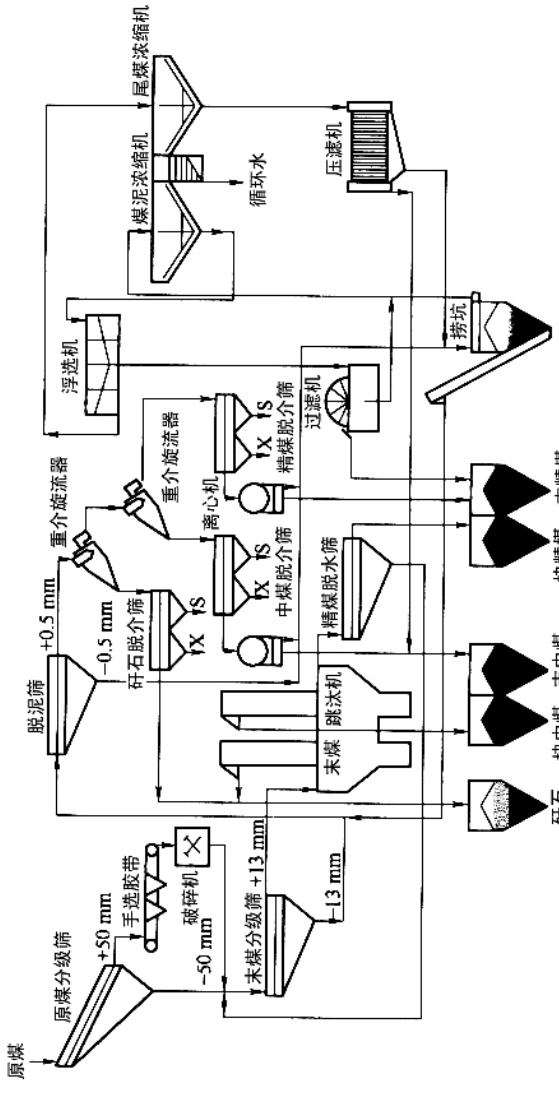


图 2-2 跳汰－重介－浮选工艺设备流程图

S—浓介质；X—稀介质

图 4－2 跳汰－重介－浮选工艺设备流程图

S—浓介质；X—稀介质