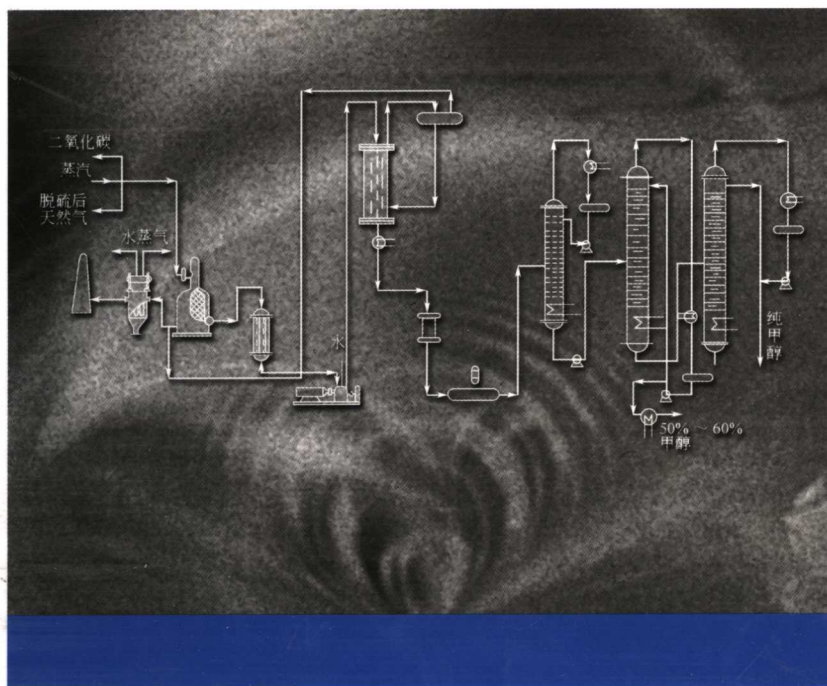


陈雪枫 编著

中国无烟煤 利用技术



Chemical Industry Press



化学工业出版社
化学与应用化学出版中心

中国无烟煤利用技术

陈雪枫 编著



化学工业出版社

化学与应用化学出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

中国无烟煤利用技术/陈雪枫编著. —北京: 化学工业出版社, 2005. 4

ISBN 7-5025-6792-5

I. 中… II. 陈… III. 无烟煤-综合利用-中国
IV. TD849

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 021861 号

中国无烟煤利用技术

陈雪枫 编著

责任编辑: 孙绥中

文字编辑: 姚有超

责任校对: 郑捷

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行

化学与应用化学出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 16 $\frac{1}{4}$ 字数 413 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6792-5/TQ·2175

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《中国无烟煤利用技术》 编写人员

编 著：陈雪枫

编写人员：（按姓氏笔画为序）

王燕芳 吴春来 陈亚飞 武英刚

范宝营 竺维春 赵永强 姜 英

宫月华 姬阳瑞 梁大明

序

中国煤炭资源丰富，煤炭储量仅次于美国和俄罗斯，居世界第三位。到 2002 年底经济可采储量为 1886 亿吨。

中国煤炭产量早已居世界第一位，2004 年全国生产原煤已超过 19 亿吨，煤炭是中国的主要能源，在能源生产和消费结构中分别占 70% 以上和 2/3 左右。可见煤炭在中国国民经济中具有举足轻重的地位。在中国煤炭资源和产量中，无烟煤占 1/7 左右，是中国生产的各类煤中的重要部分。

改革开放以来，随着市场经济的发展，就要充分发挥资源优势，优化产品结构，减少环境污染，提高能源利用效率。在中国生产的各类煤中，要根据各类煤的特点，大力发展洁净煤技术，提高煤的合理利用及综合利用水平。无烟煤用途十分广泛，既可作为工业和民用燃料，又可通过煤的气化生产燃料气和化工合成用原料煤气，生产合成氨、甲醇、二甲醚及汽油、柴油等液体燃料。无烟煤还可作为高炉喷吹燃料以替代部分稀缺昂贵的焦炭，其他方面如烧水泥、建材和制造高炭碳素材料的原料。

永城矿区赋有丰富的优质无烟煤资源，其储量达 60 亿吨以上，如何使永城丰富的资源优势转变为本地区的经济优势，为国家做出更大贡献。作者根据多年从事煤炭生产的经验及永城无烟煤的煤质特点，系统介绍了无烟煤的各种主要利用途径，不但对永城矿区无烟煤的合理开发利用有一些指导作用，对全国无烟煤的合理有效利用也将起一定参考作用。相信本书的出版在开创中国无烟煤的利用上能做出一定贡献。

赵铁锤

目 录

1 中国无烟煤资源和性质	1
1.1 中国无烟煤分类	1
1.2 无烟煤资源分布概况	2
1.3 无烟煤生产建设情况	3
1.4 中国无烟煤矿井生产能力分析	4
1.5 无烟煤在建矿井	5
1.6 无烟煤煤质特征	5
2 中国主要无烟煤矿区	13
2.1 阳泉矿区	13
2.2 晋城矿区	17
2.3 北京矿区	20
2.4 永夏矿区	22
2.5 焦作矿区	25
2.6 宁夏汝箕沟矿区	28
3 无烟煤选煤技术	33
3.1 跳汰选煤	33
3.2 重介质选煤	43
3.3 浮游选煤	48
4 无烟煤高炉喷吹技术	54
4.1 国内外高炉喷吹煤粉概况	54
4.2 高炉喷吹技术原理、工艺技术	57
4.3 高炉喷吹煤粉的燃烧	63
4.4 高炉喷吹用煤的技术要求	70
5 无烟煤制活性炭技术	73
5.1 活性炭的种类、结构与性质	73
5.2 无烟煤制活性炭的现状与发展方向	81
5.3 无烟煤制活性炭的生产	84
6 无烟煤制其他碳素材料技术	93
6.1 碳素材料的种类和用途	93
6.2 碳素材料的性能	93
6.3 以无烟煤为原料生产碳素材料	94
6.4 碳素材料的生产方法和原理	94
6.5 主要碳素制品的生产方法	96
6.6 主要碳素制品的理化指标	101

6.7	电极糊的生产工艺与设备	103
6.8	利用汝箕沟无烟煤生产碳素材料	108
6.9	利用无烟煤生产滤料	109
7	无烟煤气化	113
7.1	煤的气体	113
7.2	无烟煤气化技术	114
7.3	水煤气发生炉	124
7.4	加压固定床气化技术	126
8	无烟煤制合成氨技术	130
8.1	中国合成氨工业的基本情况	130
8.2	中国无烟块煤生产情况	131
8.3	生产合成氨对无烟煤质量要求	132
8.4	合成氨造气过程及原理	134
8.5	氨的合成工艺	141
8.6	合成氨生产工艺的总流程	143
9	无烟煤间接液化技术	145
9.1	概述	145
9.2	F-T 合成催化剂	146
9.3	F-T 合成的机理	152
9.4	反应动力学	153
9.5	F-T 合成反应器	154
9.6	F-T 合成工艺	157
10	无烟煤生产甲醇和二甲醚	162
10.1	无烟煤制甲醇	162
10.2	二甲醚	172
11	无烟煤用于立窑烧制水泥和石灰的燃料	178
11.1	无烟煤作为立窑烧制水泥用燃料	178
11.2	利用无烟煤烧立窑石灰石	187
12	无烟煤制型煤、型焦技术	194
12.1	无烟煤制型煤技术	194
12.2	无烟煤制型焦技术	204
13	无烟煤制电石技术	210
13.1	电石的生产原理	210
13.2	国内外电石产品基本情况	211
13.3	电石炉类型	213
13.4	电石炉的主要设备	216

13.5	生产电石所用原料	216
13.6	电石的物理性质	217
13.7	电石的化学性质	218
13.8	电石生产的工艺条件	220
13.9	电石生产的主要技术经济参数	221
13.10	电石深加工产品简述	222
14	无烟煤用于烧结矿技术	223
14.1	烧结矿基本概况	223
14.2	烧结生产的重要意义	223
14.3	烧结矿的原料和烧结熔剂	224
14.4	烧结矿用燃料	224
14.5	高炉对烧结矿的质量要求	224
14.6	烧结过程的有关工序	225
14.7	烧结过程能耗分析	226
14.8	烧结过程的燃料用量	226
14.9	烧结设备	226
14.10	烧结技术的改进与完善	226
14.11	烧结矿的主要技术经济指标	227
15	无烟煤的其他利用技术	235
15.1	无烟煤用于生产动力配煤	235
15.2	无烟煤用于配煤炼焦	240
15.3	无烟煤制超低灰燃料	245
15.4	无烟煤用于火力发电	246
15.5	无烟(块)煤代替焦炭用作小高炉炼铁	249
附录 I		255
附录 II		256
主要参考文献		257

1 中国无烟煤资源和性质

1.1 中国无烟煤分类

根据中国煤分类国家标准 (GB 5751), 把所有中国煤分成褐煤、烟煤和无烟煤三大类。在无烟煤中又细分为变质程度最高的无烟煤一号 (俗称年老无烟煤)、变质程度中等的无烟煤二号 (俗称典型无烟煤) 和变质程度相对最浅的无烟煤三号 (俗称年轻无烟煤)。凡浮煤干燥无灰基挥发分 (V_{daf}) $> 0 \sim 3.5\%$ 的划分为无烟煤一号 (以符号 WY_1 表示), 同时其浮煤干燥无灰基氢含量 (H_{daf}) 必须不超过 2% ($> 0 \sim 2\%$), $V_{daf} > 3.5\% \sim 6.5\%$ 、 $H_{daf} > 2.0\% \sim 3.0\%$ 的划分为无烟煤二号 (WY_2), $V_{daf} > 6.5\% \sim 10.0\%$ 、 $H_{daf} > 3.0\%$ 的划分为无烟煤三号 (WY_3)。详见表 1-1。

表 1-1 中国无烟煤的分类

类 别	符 号	数 码	分 类 指 标	
			$V_{daf}^D / \%$	$H_{daf} / \%$
无烟煤一号	WY_1	01	$0 \sim 3.5$	$0 \sim 2.0$
无烟煤二号	WY_2	02	$3.5 \sim 6.5$	$2.0 \sim 3.0$
无烟煤三号	WY_3	03	$6.5 \sim 10.0$	> 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} 划分小类的结果为准 (H_{daf} 为干燥无灰基氢含量, $\%$)。

由于无烟煤一号 (WY_1)、二号 (WY_2) 和三号 (WY_3) 的变质程度不同, 因而它们的性质和用途也有所不同。

1.1.1 无烟煤一号 (WY_1)

无烟煤一号变质程度最高, 有的已具有隐晶石墨状结构, 因而它的镜质体平均最大反射率 ($\bar{R}_{max}, \%$) 常高至 $6\% \sim 10\%$ 以上, 其含碳量也最高, 干燥无灰基碳含量 (C_{daf}) 常可达 $95\% \sim 97\%$ 以上, 氢含量最低, H_{daf} 小于 2% , 其中有不少在 1% 以下。因而它的发热量也最低, 即其干燥无灰基高位发热量 ($Q_{gr,daf}$) 低至 $32.76 \sim 33.6 \text{ MJ/kg}$ 左右。其可磨性在无烟煤中最差, 哈氏可磨性指数 (HGI) 常低至 $35 \sim 45$ 左右。燃烧和气化时易产生热爆性而使块煤破裂成小块甚至粉末, 且燃点高, 不适合单独作为发电燃料, 但其中低灰、低硫的可用于制造电极炭、阳极糊等碳素材料和活性炭, 也可作为高炉喷吹使用, 灰较高的适合于作为民用煤球或蜂窝煤, 其优点是燃烧持续时间长, 不冒烟。其内水明显高于 WY_2 和 WY_3 。

北京和福建天湖山, 广东四望嶂等矿区是典型的年老无烟煤 (WY_1)。

1.1.2 无烟煤二号 (WY_2)

块煤抗碎强度普遍较高, 热稳定性好, 其挥发分在 $3.5\% \sim 6.5\%$ 之间, 发热量比无烟煤一号高, 浮煤 $Q_{gr,daf}$ 多在 $34.4 \sim 35.1 \text{ MJ/kg}$ 之间, 氢含量也较高, H_{daf} 多在 $2.5\% \sim 3.0\%$ 之间, 煤的可磨性好于无烟煤一号, 但低于无烟煤三号, 着火点低于无烟煤一号。目前块煤大部分作为氮肥厂制合成氨的原料。其末煤经成型后制成石灰碳化煤球后可与块煤配合造气。如山西晋城和河南焦作是典型的无烟煤二号产地。目前产品供不应求。

1.1.3 无烟煤三号 (WY_3)

无烟煤三号是无烟煤中变质程度最低的一种, 其挥发分、发热量和氢含量比无烟煤二号的还高, 浮煤 $Q_{gr,daf}$ 可高达 $35.3 \sim 36.1 \text{ MJ/kg}$, H_{daf} 可达 $3\% \sim 4\%$, 真相对密度与烟煤十分接近, 反应性高, 可磨性好, 着火点较低, 其中低灰、低硫的常可作为高炉喷吹燃料, 也可与烟煤等混合喷吹。原煤灰分较高的可作为发电燃料和制民用煤球及蜂窝煤。块煤也可供中、小型氮肥厂制合成氨用。我国阳泉、汝箕沟、松藻、永城等矿区都是年轻无烟煤 (WY_3) 产地, 这类无烟煤的储量和产量均高于 WY_1 和 WY_2 。

1.2 无烟煤资源分布概况

中国是世界煤炭资源最丰富的国家之一, 居世界第三, 其中无烟煤的储量更居世界第一, 其探明地质储量约 $1400 \times 10^8 \text{ t}$, 且地区分布广泛, 在全国有 20 多个省 (直辖市、自治区) 都不同程度地赋存有无烟煤资源。但其中以山西省的无烟煤储量居全国首位, 达 $500 \times 10^8 \text{ t}$ 以上, 占全国无烟煤资源的 40% 左右, 且主要分布在阳泉、晋城、高平、阳城和寿阳等矿区, 尤其是阳城矿区的储量达百亿吨左右, 其余各矿区的储量也多在 $50 \times 10^8 \text{ t}$ 以上。

贵州是中国无烟煤资源的第二大省, 全省无烟煤储量占全国的 20% 以上, 其中织金-纳雍煤田的储量即达 $150 \times 10^8 \text{ t}$ 。无烟煤资源较多的还有毕节、遵义、安顺、平坝和习水等十多个县、市, 但目前均无大型生产无烟煤的矿区, 但小矿星罗棋布, 全省产量也不少。

河南省的无烟煤资源居中国第三, 其探明地质储量占全国的 5% 以上。其中较为著名的有永夏、焦作、郑州、济源和安阳等矿区。尤其是永夏煤田目前正在大规模开发, 其产量超过了焦作和郑州等矿区, 如永城煤电公司 (原统配) 和神火煤电集团公司 (省营) 的 2003 年产量分别为 $576 \times 10^4 \text{ t}$ 和 $300 \times 10^4 \text{ t}$ 以上。

中国无烟煤资源较多的还有四川、重庆、福建、湖南、北京、河北、辽宁、广东、广西、安徽、江西和宁夏等省 (区、市)。四川最大的筠连煤田 (储量 $28 \times 10^8 \text{ t}$)、芙蓉煤田和重庆的松藻煤田等都是正在开发的大中型无烟煤矿区。福建省的无烟煤资源 ($11.5 \times 10^8 \text{ t}$) 更占全省煤炭储量的 97% 以上, 其中著名的有龙岩、永春、天湖山、永定和邵武等矿区。广东省也约有 80% 的煤炭资源为无烟煤, 但其储量仅 $1 \times 10^8 \text{ t}$ 左右。其中著名的有梅田、兴宁、曲仁等煤田, 湖南的白沙、金竹山、冷水江和芦茅江等矿区也都是无烟煤资源较多的地区。广西的罗城、茂兰, 江西的萍乡青山、英岗岭和赣南地区也都是该省的主要无烟煤产区。安徽的皖北、铜陵和贵池等地区则是省内无烟煤资源较集中的地区, 著名于世的宁夏太西无烟煤 (汝箕沟矿区) 更是远销西欧和日本等作为皇室壁炉取暖使用, 其质量可与越南鸿

基无烟煤相媲美。总之，中国无烟煤资源分布比较均匀，从南到北均有。但以山西省占绝对优势。经 2002 年统计，全国无烟煤的经济可采储量仅 $160 \times 10^8 \text{t}$ 左右，其中乡镇煤矿约 $70 \times 10^8 \text{t}$ ，占 44%，原国有重点煤矿和国有地方煤矿各为 $53 \times 10^8 \text{t}$ 和 $37 \times 10^8 \text{t}$ ，分别占 33% 和 23%，因而今后亟须加强对无烟煤资源的精查勘探工作，以便为国家提供充分的后备资源。

另据统计，到 2002 年底，全国尚有无烟煤“查明资源储量” $1120 \times 10^8 \text{t}$ 多，占全国“查明资源储量”的 11%，其中，精查储量不足 1/3，普查储量占 20%。但我国现有生产矿井的无烟煤实际可采出煤量约为 $95 \times 10^8 \text{t}$ 多，按年产无烟煤 $3 \times 10^8 \text{t}$ 计，则只可开采 30 余年。

此外，根据 1997 年全国第三次煤炭资源的预测结果表明，中国无烟煤的预测资源量达 $4742 \times 10^8 \text{t}$ ，居世界之首，其中仍以华北区即以山西省为最丰富，全华北区达 $3098 \times 10^8 \text{t}$ ，占全国无烟煤预测资源量的 65% 以上，其次为西南区，预测资源量为 $1522 \times 10^8 \text{t}$ ，占全国无烟煤预测资源量的 32% 以上。其他各大区的预测资源量只占全国的 2% 左右。

1.3 无烟煤生产建设情况

1.3.1 矿井原煤生产

中国是世界产无烟煤最多的国家，2002 年生产无烟煤近 $2.5 \times 10^8 \text{t}$ 左右。均占当年全国原煤产量的 1/6 以上。其中国有重点煤矿 2002 年的无烟煤产量 $7637 \times 10^4 \text{t}$ ，占当年全国原煤产量 $14.15 \times 10^8 \text{t}$ 的 10.7%。但中国无烟煤产量最多的还是乡镇、村办和个体煤矿，达 $1 \times 10^8 \text{t}$ 以上，省、地、县营煤矿的无烟煤产量则比国有重点煤矿还低，约为 $5000 \times 10^4 \text{t}$ 左右。2003 年的无烟煤产量更达 $3.04 \times 10^8 \text{t}$ ，占煤产量 17.6%。

2002 年中国生产无烟煤块煤 $2000 \times 10^4 \text{t}$ 多，阳泉、晋城、焦作、汝箕沟和永城等矿区还生产大量的无烟洗块煤，主要供合成氨制尿素、硫酸等化肥使用，也有部分作为气化原料，所产煤气作为工业燃气使用。

从各省（市、区）的无烟煤产量看，以山西省最多，2002 年达到 $8381 \times 10^4 \text{t}$ ，占全国无烟煤产量的 1/3（见表 1-2）。产量居全国第二位、第三位的分别是河南和湖南两省，2002 年各为 $2912 \times 10^4 \text{t}$ 和 $2677 \times 10^4 \text{t}$ ，各占全国无烟煤产量的 11.67% 和 10.72%，贵州和四川两省的无烟煤产量各为 $1807 \times 10^4 \text{t}$ 和 $1498 \times 10^4 \text{t}$ ，分居全国第四、五位，无烟煤产量超过 $1000 \times 10^4 \text{t}$ 的还有福建省（ $1147 \times 10^4 \text{t}$ ）和北京市（ $1054 \times 10^4 \text{t}$ ）。中国产无烟煤的主要省（市、区）见表 1-2。

表 1-2 中国主要产煤省（市、区）2002 年无烟煤产量

省(市、区)	山西	河南	湖南	贵州	四川	北京	河北	广东	云南	湖北	宁夏
产量/ 10^4t	8381	2912	2677	1807	1498	1054	731	689	591	566	418.7
占全国/%	33.57	11.67	10.72	7.24	6.00	4.22	2.93	2.76	2.37	2.27	1.68

此外，从 2003 年中国各主要生产无烟煤矿区的产量看，以山西省的阳泉和晋城两煤业集团（公司）分居全国第一、二位，各为 $2269 \times 10^4 \text{t}$ 和 $2105 \times 10^4 \text{t}$ ，分别占中国无烟煤产量的 7.58% 和 6.28%。产量居第三、四、五位的分别是河南永城、京煤集团和焦作煤业集团，各产无烟煤 $756 \times 10^4 \text{t}$ 、 $579 \times 10^4 \text{t}$ 和 $393 \times 10^4 \text{t}$ 。产量超过 $300 \times 10^4 \text{t}$ 的还有河北的邯

郟局、重庆的松藻局和河南的神火煤电公司。山西的南庄等矿区的产量也均超过 $150 \times 10^4 \text{t}$ ，宁夏的太西无烟煤是中国质量最优的出口无烟煤，其中省营汝箕沟煤矿（产量 $121 \times 10^4 \text{t}$ ）还是中国测定烟煤黏结指数（ $G_{R.I.}$ ）和罗加指数（ $R.I.$ ）的专用无烟煤。属国有重点的白茆沟矿和大峰矿的无烟煤产量分别为 $201.4 \times 10^4 \text{t}$ 和 $69.7 \times 10^4 \text{t}$ ，详见表 1-3。

表 1-3 中国主要无烟煤矿区 2003 年产量

局(矿)名称	阳泉	晋城	永城	北京	焦作	邯郸	松藻	神火	太西	郑州
产量/ 10^4t	2269	2105	756	579	393	383	357	323	271	239
局(矿)名称	红炭山	荫营	白沙	芙蓉	百善	南庄	大峪沟	汝箕沟		
产量/ 10^4t	205	197	186	165	161	153	142	121		

1.3.2 洗煤厂洗选无烟煤产量

为了扩大无烟煤的利用途径，提高煤矿的经济效益和广大用户的社会效益，山西的晋城、阳泉，河南的永城和宁夏汝箕沟等矿区都建立了无烟煤洗煤厂。如晋城煤业集团在各生产矿井均建有入洗能力与矿井生产能力相对应的无烟煤洗煤厂。其 5 个矿井洗煤厂的入洗能力达 $1750 \times 10^4 \text{t/a}$ ，2002 年入洗原煤 $884 \times 10^4 \text{t}$ ，产出洗选煤 $570 \times 10^4 \text{t}$ ，洗煤回收率达 64.48%。阳泉煤业集团公司的 6 个洗煤厂的入洗能力 $1735 \times 10^4 \text{t/a}$ ，2002 年入洗原煤 $982 \times 10^4 \text{t}$ ，产洗选无烟煤 $612 \times 10^4 \text{t}$ 。洗煤回收率 62.3%。河南永城 3 座洗煤厂，核定入洗能力 $660 \times 10^4 \text{t/a}$ ，2002 年入洗无烟原煤 $502.8 \times 10^4 \text{t}$ ，产出洗无烟煤 $395 \times 10^4 \text{t}$ ，洗煤回收率 78.58%。焦作 5 座洗煤厂的能力 $315 \times 10^4 \text{t/a}$ ，2002 年入洗原煤 $196.5 \times 10^4 \text{t}$ ，产出洗煤 $171.9 \times 10^4 \text{t}$ ，洗煤回收率 87.46%。宁夏太西洗煤厂核定入洗能力 $280 \times 10^4 \text{t/a}$ ，2002 年入洗原煤 $197.6 \times 10^4 \text{t}$ ，产出洗煤 $183.8 \times 10^4 \text{t}$ ，洗煤回收率高达 93.04%。此外，山西省的荫营、固庄、南庄和河北省的邯郸等无烟煤矿区也都有洗煤厂，生产多品种的洗选煤。

1.4 中国无烟煤矿井生产能力分析

经最近统计，全国无烟煤生产矿井的核定生产能力为 $3.3 \times 10^8 \text{t/a}$ ，其中以乡镇及以下煤矿的能力最多，达 $2.07 \times 10^8 \text{t/a}$ 以上，占全国无烟煤矿井生产能力的 62% 强，国有重点煤矿和国有地方煤矿的生产能力各为 $7500 \times 10^4 \text{t/a}$ 和 $5000 \times 10^4 \text{t/a}$ 左右，分别占全国无烟煤矿井生产能力的 23% 和 15% 左右。也就是说我国 2003 年生产的近 $2.5 \times 10^8 \text{t}$ 的无烟煤，其中有 60% 左右是由乡镇及以下煤矿生产的。国有重点煤矿的产量只占 1/4 左右，国有地方煤矿产量最少，只占 15% 左右。

此外，国有重点煤矿无烟煤矿井总的核定能力为 $7496 \times 10^4 \text{t/a}$ （表 1-4），按其矿井能力大小划分时，以生产能力 $(50 \sim 100) \times 10^4 \text{t/a}$ 的矿井数量最多，其总生产能力达 $2049 \times 10^4 \text{t/a}$ ，占无烟煤矿井生产能力的 1/4 以上（27.33%），其次为 $(200 \sim 300) \times 10^4 \text{t/a}$ 的大型矿井，其总能力为 $1720 \times 10^4 \text{t/a}$ ，约占 23%，居第三的是生产能力大于 $300 \times 10^4 \text{t/a}$ 的特大型矿井，其总生产能力为 $1550 \times 10^4 \text{t/a}$ ，比例最小的是小于 $10 \times 10^4 \text{t/a}$ 的特小型矿井，其总能力只有 $27 \times 10^4 \text{t/a}$ 。表明国有重点煤矿的无烟煤矿井中，绝大部分是大于 $(50 \sim 300) \times 10^4 \text{t/a}$ 之间的大、中型矿井，小于 $10 \times 10^4 \text{t/a}$ 的特小型矿井极少。

表 1-4 国有重点无烟煤矿井不同井型的生产能力

井型/($10^4\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$)	>300	200~300	100~200	50~100	10~50	<10
合计能力/($10^4\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$)	1550	1720	1315	2049	835	27
占总能力/%	20.68	22.95	17.54	27.33	11.14	0.36

到 2003 年底止, 国有重点煤矿中的无烟煤矿井数目约 80 处, 其中以生产能力为 $(50\sim 100)\times 10^4\text{t/a}$ 的矿井为 28 处, $(10\sim 50)\times 10^4\text{t/a}$ 的为 26 处。生产能力大于 $300\times 10^4\text{t/a}$ 的特大型矿井主要分布在山西省境内, 如晋城的寺河、成庄和凤凰山矿以及阳泉二矿的生产能力均达 $400\times 10^4\text{t/a}$, 共 4 处。生产能力为 $(200\sim 300)\times 10^4\text{t/a}$ 的大型矿井共 7 处, 其中也大部在山西省境内。表明山西省是我国无烟煤的最大产地。

至于地方煤矿的无烟煤矿井的生产能力最大的也不超过 $200\times 10^4\text{t/a}$, 经最近统计, 生产无烟煤的地方煤矿共有 404 处, 其中生产能力小于 $10\times 10^4\text{t/a}$ 的为 278 处, 占矿井总数的 $2/3$ 以上 (68.8%), 其次为生产能力在 $(10\sim 50)\times 10^4\text{t/a}$ 的小型矿井, 为 107 处, 占总数的 $1/4$ 以上 (26.5%), 生产能力 $>(50\sim 100)\times 10^4\text{t/a}$ 的只有 2 处。从而表明, 我国地方煤矿的无烟煤矿以 $50\times 10^4\text{t/a}$ 以下的井型为主, 占矿井总数的 95% 以上。

地方煤矿无烟煤的可采储量也少, 2001 年底约有 $37\times 10^8\text{t}$, 其中以生产能力在 $(10\sim 50)\times 10^4\text{t/a}$ 的可采储量最多, 为 $17.6\times 10^8\text{t}$, 占地方煤矿无烟煤可采储量的 47.62%, 依次为生产能力大于 $(50\sim 100)\times 10^4\text{t/a}$ 和小于 $10\times 10^4\text{t/a}$ 的矿井, 各为 $8.9\times 10^8\text{t}$ 和 $8.6\times 10^8\text{t}$, 分别占地方煤矿无烟煤可采储量的 24.17% 和 23.36%, 生产能力在 $100\times 10^4\text{t/a}$ 以上的矿井可采储量最小, 只 $1.8\times 10^8\text{t}$, 只占 4.85%。

1.5 无烟煤在建矿井

据 2002 年统计, 国有重点无烟煤在建矿井只有设计能力为 $240\times 10^4\text{t/a}$ 的河南永城城郊和设计能力 $120\times 10^4\text{t/a}$ 的陕西韩城象山立井。但在建的地方煤矿无烟煤矿井较多 (指设计能力在 $3\times 10^4\text{t/a}$ 以上矿井)。由表 1-5 看出, 在建的地方无烟煤矿井共有 10 处, 其中设计能力 $60\times 10^4\text{t/a}$ 的有三处, 且都在山西省晋城市。设计能力 $15\times 10^4\text{t/a}$ 的 3 处, $9\times 10^4\text{t/a}$ 的 2 处, $6\times 10^4\text{t/a}$ 的 2 处。其中大部分分布在湖南省境内, 共 4 处, 吉林省 2 处, 安徽省 1 处。

表 1-5 2002 年地方无烟煤矿井在建井基本情况

省 名	矿井名称	设计能力/($10^4\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$)	省 名	矿井名称	设计能力/($10^4\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$)
山西晋城市	大宁矿	60	安徽	淮北市蔡山二矿	15
山西晋城市	竹林山矿	60	湖南	娄底杨家山矿	15
山西晋城市	王坡矿	60	湖南	郴州高亭司矿	9
吉林	双阳八面石矿	9	湖南	常德金泉井	6
吉林	万宝矿团结二井	15	湖南	湘西林家湾井	6

1.6 无烟煤煤质特征

1.6.1 无烟煤的煤层煤样质量特征

我国无烟煤的查明资源储量以年轻的无烟煤三号 (WY₃) 最多, 其次为典型的无烟煤

二号 (WY₂)，而年老的无烟煤一号 (WY₁) 最少。

我国无烟煤的煤质特征与成煤时代密切相关，如在北京地区的无烟煤资源中，形成于最上部的侏罗纪无烟煤的灰分、硫分最低，处于煤系中部的二叠纪山西统煤系也多为低硫、但较难选的无烟煤，其 $S_{t,d}$ 多在 1% 以下，而生成于下部的石炭纪太原统煤系的硫分相对较高， $S_{t,d}$ 多在 2%~4% 左右，而且可选性相对较好，经洗选后硫分多可降至 1%~2% 左右。无烟煤的干燥无灰基高位发热量 ($Q_{gr,daf}$) 以年轻无烟煤最高， $Q_{gr,daf}$ 可高达 35.3~36.1 MJ/kg 以上；年老无烟煤的发热量最低， $Q_{gr,daf}$ 可低至 32.8~33.6 MJ/kg 左右，典型无烟煤 (WY₂) 的 $Q_{gr,daf}$ 一般在 34.4~35.3 MJ/kg 左右。无烟煤的可磨性差异较大，其中以年轻无烟煤的哈氏可磨性指数 (HGI) 最高，一般可达 60~70，如阳泉无烟煤的平均 HGI 可达 65 左右，年老无烟煤的 HGI 最低，如北京矿区无烟煤的 HGI 有的在 40 以下，一般不超过 50，典型无烟煤的可磨性居中，如焦作无烟煤的 HGI 在 50 左右。但特殊无烟煤如郑州和湖南白沙无烟煤的 HGI 有的高达 140 以上，一般也在 120~140 左右。

无烟块煤的抗碎强度和热稳定性以晋城、焦作和金竹山等矿区的典型无烟煤最好，因而这些矿区的无烟煤主要作为制造化肥的优质原料。北京等年老无烟煤虽然抗碎强度高，但其热稳定性不好，故一般不适于作大中型化肥厂的原料，阳泉等年轻无烟煤的热稳定性和抗碎强度均明显低于晋城等典型无烟煤。无烟煤的水分普遍比强黏结的炼焦煤高，其中尤以年老无烟煤的内在水分最高。如北京无烟煤和福建省的大部无烟煤的空气干燥基水分 (M_{ad}) 多在 3%~9% 左右，年轻无烟煤的水分最低，如阳泉煤的 M_{ad} 仅 1% 左右，晋城、焦作等典型无烟煤的 M_{ad} 多在 1%~2% 之间。

此外，从表 1-6 可以看出，中国无烟煤的全水分以焦作和四望嶂的最高，分别为 9.41% 和 8.21%，这是由于焦作矿区井下的水大，故导致其商品煤的水分也大，但四望嶂矿区水分高的主要原因是其变质程度最高，属超无烟煤，其内表面积大而所吸附的水分多。灰分则以四川芙蓉矿区和峰峰万年矿最高，分别达 31.99% 和 29.51%。硫分则以芙蓉和松藻两矿区最高， $S_{t,d}$ 均在 3.5% 以上，这是由于该两矿区的成煤时代均为晚二叠世的海陆交互相沉积。而硫分最低的为太西早、中侏罗世无烟煤 (见表 1-6)，硫分低于 0.30% 的特低硫无烟

表 1-6 中国主要无烟煤矿区煤层的主要煤质特征 (原煤样)

局(矿)名称	$M_t/\%$	$M_{ad}/\%$	$A_d/\%$	$V_{daf}/\%$	$S_{t,d}/\%$	$Q_{net,ar}$ /(MJ·kg ⁻¹)	灰熔融性温度/℃		
							DT	ST	FT
阳泉	5.42	1.26	18.50	9.94	1.20	26.30	1344	>1500	—
晋城	5.78	1.01	18.44	6.91	0.47	25.98	1492	1500	>1500
永城	6.60	1.15	13.68	10.38	0.52	28.29	>1400	>1500	—
北京	4.24	2.44	19.59	6.23	0.26	24.52	1172	1221	1277
焦作	9.41	1.22	17.53	7.29	0.48	25.42	1301	1344	1367
邯郸	6.48	2.29	23.07	4.50	0.46	22.97	1441	1500	>1500
松藻	5.95	2.21	24.57	12.37	3.51	23.58	1287	1484	1500
太西	4.71	1.58	13.67	7.25	0.17	28.40	1140	1208	1243
郑州	5.40	0.98	20.48	12.44	0.35	25.62	1463	1476	1486
荫营	4.99	1.15	23.05	8.75	0.95	26.88	>1500	—	—
白沙	7.11	4.18	18.75	6.56	0.57	25.88	1340	1364	1385

续表

局(矿)名称	$M_t/\%$	$M_{ad}/\%$	$A_d/\%$	$V_{daf}/\%$	$S_{t,d}/\%$	$Q_{net,ar}$ $/(MJ \cdot kg^{-1})$	灰熔融性温度/ $^{\circ}C$		
							DT	ST	FT
芙蓉	6.77	2.18	31.99	12.10	3.88	20.83	1166	1178	1262
百善	5.90	1.24	14.50	9.30	0.37	27.95	>1500	—	—
南庄	5.47	1.51	19.00	10.23	1.19	26.25	>1500	—	—
万年	5.10	1.46	29.51	5.48	0.30	21.88	>1450	—	—
梅田	5.07	3.98	18.84	8.35	0.69	25.20	1354	1365	1423
四望嶂	8.21	4.39	15.91	7.18	0.22	23.39	1301	1349	1413

煤还有四望嶂和北京两矿区。挥发分最低的年老无烟煤有峰峰万年和邯郸两矿区的早二叠世山西统陆相沉积煤,其平均 V_{daf} 分别为 5.48% 和 4.50% (不包括福建的年老无烟煤)。此外,北京年老无烟煤的挥发分也低于 6.5%,以上 3 矿区的无烟煤均属一号无烟煤 (WY_1),属于年轻无烟煤 (WY_3) 的有郑州、芙蓉、松藻和永城、南庄等矿区,平均挥发分均在 10% 以上(浮煤挥发分均能降至 10% 以下),属年轻无烟煤的还有阳泉、荫营、皖北百善和广东梅田等矿区,其 V_{daf} 也均在 8% 以上,属典型无烟煤的有晋城、焦作和白沙等矿区。收到基低位发热量以太西和永城煤最高, $Q_{net,ar}$ 均在 28MJ/kg 以上,发热量最低的为芙蓉和万年矿区, $Q_{net,ar}$ 分别低至 20.83MJ/kg 和 21.88MJ/kg,且从总的来看,除了灰分决定无烟煤发热量的高低以外,变质程度(即挥发分的高低)也影响其发热量的大小,如阳泉、荫营、百善和南庄等矿区的年轻无烟煤 (WY_3) 的 $Q_{net,ar}$ 也均在 26MJ/kg 以上。

煤灰熔融性温度与成煤时代密切相关,如生成于早中侏罗世的北京和太西无烟煤的灰熔融性软化温度最低(ST)均小于 1250 $^{\circ}C$,而芙蓉矿区煤的 ST 更低于 1200 $^{\circ}C$,这是由于其煤中硫铁矿硫含量高,导致其灰中 Fe_2O_3 高达 20%~30% 左右,因而其灰熔融性温度就明显降低。其他石炭、二叠纪无烟煤的灰熔融性软化温度(ST)一般都在 1350 $^{\circ}C$ 以上。总之,灰熔融性温度的高低主要取决于其煤灰的组成成分,如 Al_2O_3 大于 40% 的煤灰,其 ST 几乎都大于 1500 $^{\circ}C$, Al_2O_3 大于 30% 的煤灰,ST 也就多在 1300 $^{\circ}C$ 以上,而 Fe_2O_3 和 CaO 含量高的煤灰,其灰熔融性温度就低,如北京和太西无烟煤灰熔融性温度较低的原因就是由于其灰中的 CaO 和 Fe_2O_3 含量(由 $FeCO_3$ 转化而来)较高的缘故。但灰中的 CaO 含量大于 40% 的无烟煤灰其 ST 则就会超过 1500 $^{\circ}C$,这是因为产生了高熔点的单体 CaO。

1.6.2 无烟煤商品煤样水分、灰分等基本质量特征

尽管无烟煤的商品煤的质量以其煤层为基础,但往往同一矿井开采 1~3 个以上煤层不等,而各煤层在生产时的开采比随时会有变化,因而煤层煤样也是常有变化的,而无烟煤的商品煤样经过洗选、筛选、风选和手选等方法加工处理以后,其煤质就会与煤层煤样有明显差异,而在大块、中块和混煤、末煤等不同品种的商品煤之间其灰分、硫分、水分、发热量、可磨性和真相对密度等的质量指标也会有不同程度的差异因而对广大无烟煤用户来说,了解不同矿井的各品种商品煤的品质比了解煤层煤样的化验结果具有更大的实际意义。

由表 1-7 看出,我国无烟煤的商品煤量以阳泉煤业集团为最多,2002 年达 $1537 \times 10^4 t$ 以上,依次为晋城和郑州(内有部分与无烟煤十分接近的贫煤),各为 $944 \times 10^4 t$ 和 $888 \times 10^4 t$ 以上,北京煤矿集团公司的商品煤数量居第四位,也达 $639 \times 10^4 t$,商品煤量超过 $300 \times$

10⁴t 的还有河南的永城、焦作和重庆的松藻矿区，超过 200×10⁴t 的有邯郸和荫营两处，其余矿区的商品煤量多在 (55~190)×10⁴t 之间。

商品煤灰分最低的为晋城，其平均灰分 (A_d) 还不到 15%，其次为焦作和神火， A_d 各为 15.28% 和 16.30% (表 1-7)；灰分最高的为江西英岗岭和四川芙蓉， A_d 分别高至 35% 以上和 31.32%，其余各矿区的灰分则几乎都不超过 25%。硫分最低的为北京矿区无烟煤，平均仅 0.202%，焦作、郑州和永城煤的硫分 ($S_{t,d}$) 也均不超过 0.40%，硫分不超过 0.50% 的还有晋城和邯郸两处。硫分最高的为重庆的松藻和四川的芙蓉矿区， $S_{t,d}$ 均在 3% 以上，居第三位的为英岗岭矿区， $S_{t,d}$ 也达 2.78%，其他无烟煤矿区的硫分均不超过 1.50%。全水分最高的为焦作无烟煤， M_t 达 8.8%，其次为神火和邯郸矿区， M_t 分别为 7.9% 和 7.5%， M_t 低于 5% 的仅有北京和英岗岭矿区。块煤限下率以阳泉煤最高，达 17.18%，表明该区煤的筛选效果较差，荫营煤的限下率也接近 15%，限下率最低的为南庄矿，还不到 3%。发热量最高的为晋城和永城煤， $Q_{net,ar}$ 分别达 27.70MJ/kg (6624kcal/kg) 和 27.03MJ/kg (6464kcal/kg)，发热量最低的是英岗岭和芙蓉矿区， $Q_{net,ar}$ 分别低至 19.79MJ/kg (4733kcal/kg) 和 20.78MJ/kg (4969kcal/kg)。商品煤数量最多的阳泉矿区，其 $Q_{net,ar}$ 也高至 26.55MJ/kg (6349kcal/kg)。北京无烟煤的灰分虽然不高，但由于它是最年老的无烟煤，因而其收到基低位发热量也不太高， $Q_{net,ar}$ 为 25.42MJ/kg (5973kcal/kg)。此外，在表 1-7 以外的福建和广东等地的年老无烟煤的收到基低位发热量也不太高。

表 1-7 2002 年中国各主要无烟煤矿区的商品煤数量和质量

局(矿)名称	灰分/%	全水分/%	限下率/%	$Q_{net,ar}/(MJ \cdot kg^{-1})$	$S_{t,d}/\%$	数量/10 ⁴ t
北京	15.41	4.1	—	25.42	0.22	639.11
邯郸	25.33	7.5	—	21.74	0.50	229.48
阳泉	17.21	6.9	17.18	26.55	1.15	1537.25
晋城	14.78	6.5	9.08	27.70	0.50	944.04
荫营	21.58	6.1	14.94	26.02	1.20	200.26
固庄	20.86	6.6	12.00	25.51	1.50	120.81
南庄	17.92	6.5	2.97	25.75	1.14	112.07
英岗岭	35.38	4.7	—	19.79	2.78	55.41
郑州	24.03	6.4	—	23.96	0.36	888.15
永城	18.36	5.2	—	27.03	0.40	375.00
焦作	15.28	8.8	10.15	25.89	0.34	363.93
神火 •	16.30	7.9	13.82	27.45	0.41	189.26
白沙	19.30	6.8	—	25.44	0.57	168.02
芙蓉	31.32	5.9	10.40	20.78	3.13	149.41
松藻	23.48	5.8	—	24.23	3.47	322.27

1.6.3 无烟煤的产块率及块煤抗碎强度等主要质量指标

由表 1-8 看出，根据筛分试验结果，中国无烟煤的大块 (>50mm) 理论产率以山西省的荫营和晋城两矿区最高，分别为 34.62% 和 33.83%，河南省的郑州和贵州的红茂矿区的最低，分别为 5.96% 和 9.60%，阳泉和芙蓉矿区的大块煤产率也均在 25% 以上 (表 1-8)。

表 1-8 中国主要无烟煤矿区的理论产块率及灰分

粒级/mm	>50		>25~50		≤13	
	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%
局(矿)						
北京	24.29	36.54	10.81	29.94	27.07	25.79
邯郸	21.92	27.00	11.33	29.58	14.38	21.89
阳泉	23.97	35.28	9.46	32.68	11.70	19.75
荫营	34.62	22.40	10.57	23.04	10.39	18.43
固庄	17.16	40.06	7.17	43.45	15.32	22.95
南庄	22.48	28.28	12.23	28.41	11.93	17.29
晋城	33.83	18.93	45.49	18.69	11.32	18.04
焦作	16.65	38.55	11.04	24.98	16.87	20.62
郑州	5.96	45.00	3.21	37.73	21.24	21.89
白沙	11.69	34.53	6.24	28.84	22.20	17.69
红茂	9.60	32.39	7.38	22.56	17.07	10.84
罗城	15.52	51.30	5.58	55.10	16.58	35.32
英岗岭	14.86	34.25	24.46	33.91	46.08	23.88
芙蓉	26.58	34.77	39.93	35.04	23.53	31.15
松藻	9.68	47.71	17.73	43.50	66.17	22.09

中块煤(25~50mm)的理论产率以晋城矿区的最高,达45%以上,其次为芙蓉矿区也接近40%,郑州矿区的中块煤最低,仅3.21%,其他矿区的中块煤产率除江西英岗岭矿接近25%外,其余的均小于18%,其中大部还在10%以下。小于13mm的末煤产率以英岗岭矿区的最高,在46%以上,也就是说该矿区的末煤产率约占2/3左右。其他矿区的末煤产率除北京、郑州和白沙、芙蓉四矿区超过20%以外,其余的均低于20%。

大块煤的灰分普遍较高,除晋城矿区的 A_d 低于19%外,其余的大多在30%以上,其中尤以广西罗城大块煤的灰分最高,其 A_d 超过了50%,松藻、郑州和固庄矿区的大块煤灰分也均达40%~45%,中块煤的灰分略低于大块煤,其中又以晋城的中块煤灰分最低, A_d <19%,其余各矿则均在22%以上,其中罗城的灰分还高达55%以上,灰分超过40%的还有松藻和固庄矿区。灰分低于25%的也只有红茂和荫营、焦作等三矿区。末煤灰分则普遍较低,除罗城和芙蓉的超过30%外,其余的均在26%以下,其中尤以红茂矿区的末煤灰分最低,其 A_d 为10.84%,阳泉和晋城等主要无烟煤矿区的末煤灰分也均在20%以下。上述现象充分表明,由于无烟煤的大块和中块煤中的矿物质含量较高,因而其灰分也高。

1.6.4 无烟煤的抗碎强度等气化指标

无烟煤的块煤抗碎强度(SS)随矿区的不同而有显著差异。如平均抗碎强度最好的晋城矿区可达92.4%(表1-9),而四川芙蓉矿区的块煤抗碎强度虽也可达90.6%,但这主要是该矿区块煤的灰分高特别是其中的黄铁矿含量较高的缘故,而晋城块煤强度之所以较高主要是由于其有机质内部结构紧密而致其不易破碎。此外,荫营、北京、焦作和红茂等矿区的块煤抗碎强度也都在80%以上,阳泉和罗城的块煤抗碎强度都在60%以下,郑州矿区由于基本没有大、中块煤,因而也就无法获得其抗碎强度。也就是说,郑州矿区无烟煤基本上都