

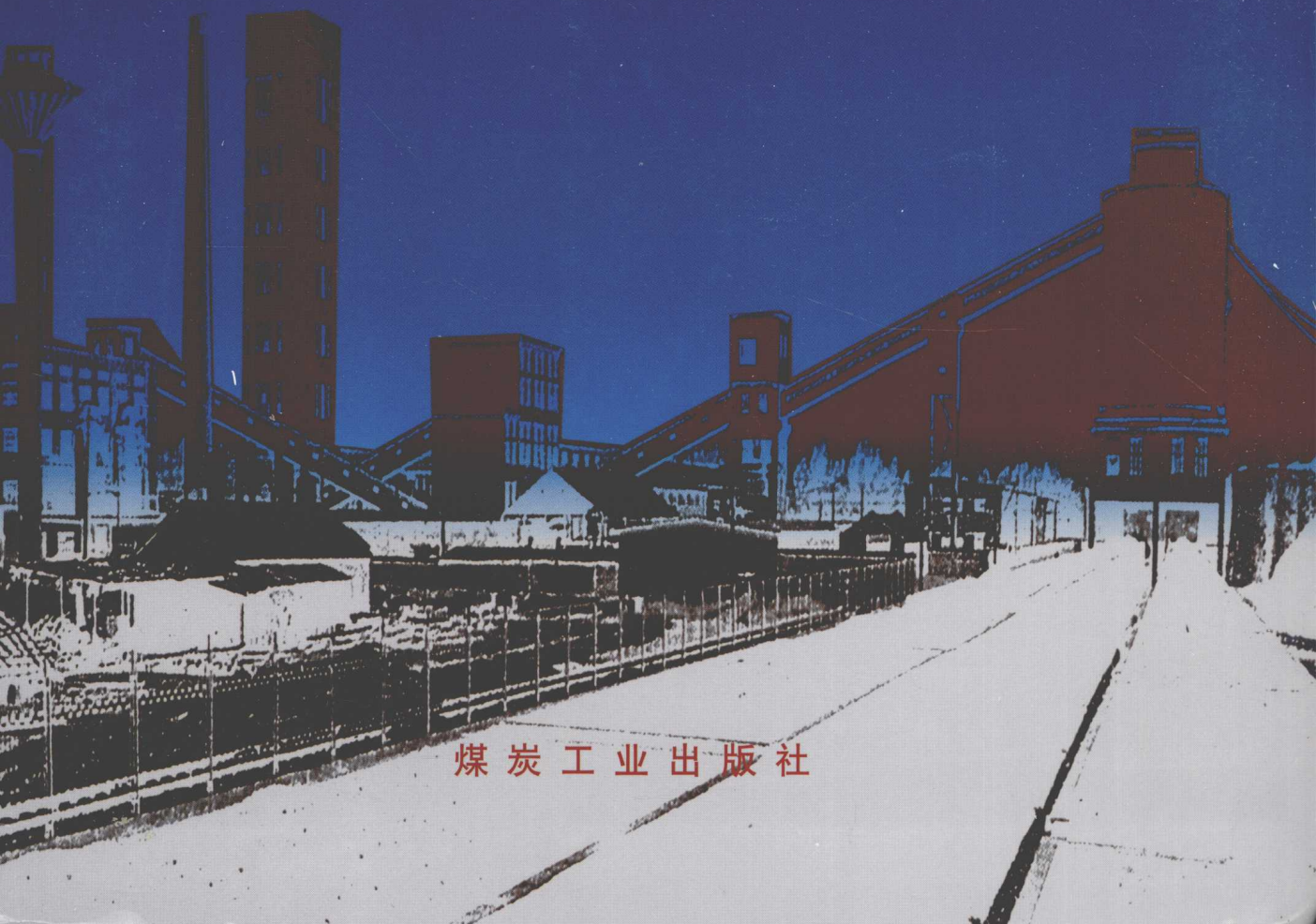
中国煤炭建设协会勘察设计委员会 推荐

选煤工艺设计 实用技术 手册

XUANMEI GONGYI SHEJI
SHIYONG JISHU SHOUCE

■ 戴少康 编著

煤炭工业出版社



中国煤炭建设协会勘察设计委员会 推荐

选煤工艺设计 实用技术手册

XUANMEI GONGYI SHEJI
SHIYONG JISHU SHOUC

■ 戴少康 编著

煤炭工业出版社
· 北 京 ·



前 言

国家实行改革开放，发展市场经济逾三十年，选煤行业和国内其他行业一样发生了巨大变化。特别是近十年来，随着国外新工艺、新技术的引进，推动我国选煤工艺技术取得了显著进步，工艺设备不断更新，厂房结构及工艺布置突破传统模式，选煤厂工程设计面貌发生了迅速的变化。

随着我国市场经济的深入发展，对洗选产品的质量、产品结构的灵活性和适应性提出了更高的要求。选煤工程设计的指导原则与计划经济时期相比，有了较大的改变，不仅要考虑最大产率原则，还要体现最大经济效益原则。

科学发展观的提出和发展循环经济的新理念，对煤炭洗选加工、煤炭转化及资源综合利用提出更高要求，国家先后出台了一系列相关的产业政策和文件。促使煤炭深加工、煤炭转化及资源综合利用产业蓬勃兴起，大大扩展了煤炭的用途范围和利用价值。煤炭已不仅仅是传统意义上的动力发电燃料和炼焦原料，也是可以用于高炉喷吹，制水煤浆，以及具有更高利用价值的多种煤化工、煤基合成油的宝贵原料。众多的煤炭用途对煤质有着特殊的不同要求；因此，就要求煤炭洗选工程设计对不同用途的煤质特征和工艺性能的分析、评价要更加精细、准确，以确保实现煤炭资源的合理利用。

煤炭加工领域发生的上述巨大变化和进步，新技术、新工艺不断涌现，积淀了丰富的设计实践经验，国家和煤炭行业也颁布了许多新的专业技术标准。

为适应上述变化，选煤厂设计规范及时进行了修改，建设部 2005 年首次以国家标准发布了《煤炭洗选工程设计规范》（GB 50359—2005），2009 年首次以国家标准发布了《煤炭工业矿区总体规划规范》（GB 50465—2008）。然而，有关选煤工艺设计手册的编写却一直无人问津。《选煤工艺设计手册（工艺部分）》自 1978 年出版以来逾三十年，其中大多数内容已经过时，与当前国家相关的产业政策和技术发展现状不相适应。业界人士普遍反映，急需有一本方便实用的设计手册，能够汇集这些新知识、新经验、新标准。

编著者从事选煤工程设计四十年，退休后又继续从事选煤工程咨询、评估、评审近十年，至今未敢稍有懈怠。就工作经历而言，编著者一直有编撰选

手起家，经过几代人长期艰苦卓越地努力，发展到今天，已跃居世界选煤大国前列的历史，有一个概略的了解。从而明确自己的历史责任，继往开来，开创我国选煤工程设计领域更加灿烂的未来。鉴于“选煤工程设计五十年纪事”一文是应中国煤炭建设协会勘察设计委员会之约，于2004年撰写的。2004—2009年，我国选煤工程设计又有了飞速的发展，新建选煤厂设计能力成倍增长，我国原煤入选能力5年间从 $7.0 \times 10^8 \text{ t/a}$ 猛增到 $15.5 \times 10^8 \text{ t/a}$ 。但由于时间关系，来不及弥补这一时段的发展历史，是个遗憾。

《手册》在出版发行过程中得到中国煤炭建设协会勘察设计委员会的鼎力支持，对此深表谢意。同时在编撰过程中也得到许多业内人士的大力支持和无私协助，在此一并表示诚挚的感谢。他们是：陈子彤、郭大同、张豫生、丁易、邓晓阳、匡亚丽、戴华、王东宁、段建中、李梦昆、唐中娅、王连栋、朱彧、郭涛、梁彦国、任文芳、柴芳、赵育杰、屈志荣、孟凡贞等。

由于手册涉及内容面广，时间仓促，编著者水平有限，错误和缺点在所难免，恳请读者指正。

戴少康

2009. 10. 6

目 次

第一章 煤炭资源与煤的性质·····	1
第一节 煤炭的形成、分类及分布·····	1
一、成煤物质及成煤过程·····	1
二、中国煤炭分类·····	8
三、中国煤炭资源及分布·····	12
四、煤田地质勘查·····	16
第二节 煤的岩相组成·····	18
一、宏观煤岩成分与宏观煤岩类型·····	18
二、煤岩显微组分与显微煤岩类型·····	19
三、煤岩参数对加工工艺过程的影响·····	21
第三节 煤的性质·····	22
一、煤的物理性质·····	22
二、煤的化学性质·····	25
三、煤的工业分析和元素分析·····	27
四、煤的工艺性能·····	44
第二章 选煤试验资料分析及煤的可选性·····	50
第一节 采、制样·····	50
一、采、制煤样的主要术语·····	50
二、采、制煤样的技术要求·····	50
第二节 选煤试验·····	51
一、选煤试验类型及试样规模·····	51
二、选煤试验内容及其试验方法的国家（行业）标准·····	51
三、选煤试验技术要求·····	52
第三节 选煤试验资料的调整与分析·····	52

一、试验资料的代表性	52
二、试验资料调整的方法与原则	53
三、试验资料分析	71
第四节 煤炭可选性、可浮性评定	74
一、煤炭可选性评定	74
二、煤炭可浮性评定	74
三、煤和矸石泥化程度评定	75
四、煤泥水沉降特性分类	76
第三章 煤炭用途及产品方案	78
第一节 煤炭用途概述	78
第二节 煤炭用于燃烧及其对煤质的要求	79
一、煤炭燃烧的基本概念	79
二、燃烧对煤质的一般要求	79
三、煤炭用于动力发电及其对煤质的要求	80
四、煤炭用于水泥回转窑及其对煤质的要求	82
五、煤炭用于制备代油水煤浆及其对煤质的要求	83
第三节 煤炭用作煤化工原料及其对煤质的要求	86
一、煤炭化学工业（煤化工）概述	86
二、煤炭用于炼焦及其对煤质的要求	87
三、煤炭用于高炉喷吹及其对煤质的要求	89
四、煤炭用于低温干馏及其对煤质的要求	96
五、煤炭用于气化及其对煤质的要求	103
六、煤炭用于液化及其对煤质的要求	113
七、煤炭用于转化为碳一化工产品及其对煤质的要求	118
八、国家标准《煤化工用煤技术导则》简介	120
九、煤炭用于碳素制品及其对煤质的要求	122
十、风化煤及其含腐植酸高的煤的利用	123
第四节 煤炭产品质量标准	124
一、煤炭产品粒度划分标准	124
二、煤炭产品品种划分标准	124

三、产品的质量指标的划分标准	126
第五节 煤炭产品定向与定位	130
一、产品定向的原则及依据	130
二、产品定位的原则及依据	132
第六节 煤炭产品市场预测与分析	148
一、煤炭产品市场供需预测	148
二、目标市场分析	149
三、价格现状与预测	149
四、市场竞争力分析	149
五、市场风险分析	149
第七节 产品结构方案	150
一、产品结构方案制订的原则	150
二、产品结构方案比选论证的方法	150
第四章 选煤方法	155
第一节 选煤方法的分类	155
第二节 跳汰选煤法	155
一、跳汰选煤的分选原理	155
二、跳汰选煤的特点	157
第三节 重介质选煤法	158
一、重介质选煤的分选原理	158
二、分选介质	159
三、重介质选煤的特点	160
第四节 浮游选煤法	161
一、浮选的原理	161
二、浮选药剂的功能、类型及作用	162
三、浮选的特点	164
第五节 其他选煤方法	164
一、螺旋分选机	165
二、摇床	165
三、干扰床	166

四、水介质旋流器·····	166
五、螺旋滚筒分选机·····	166
六、风力选煤·····	167
第六节 选煤方法的选择 ·····	168
一、选煤方法选择的原则·····	168
二、选煤方法选择的依据及相关因素·····	168
第五章 工艺流程 ·····	173
第一节 工艺流程制定的依据和原则 ·····	173
一、工艺流程制定的依据·····	173
二、工艺流程制定的原则·····	173
第二节 入选工艺原则及入选方式的确定 ·····	173
一、入选粒度上、下限的确定·····	174
二、混合与分组入选方式的确定·····	177
三、分级与不分级入选方式的确定·····	180
第三节 工艺流程结构 ·····	185
一、选前准备作业流程结构·····	185
二、重力分选作业流程结构·····	186
三、重介质旋流器分选作业分选工艺条件的选择·····	201
四、悬浮液循环、净化、回收作业流程结构·····	212
五、浮选流程结构·····	218
六、重选产品脱水与水力分级作业流程结构·····	220
七、煤泥水处理流程结构·····	222
八、选煤厂洗水闭路循环·····	227
第四节 工艺流程计算 ·····	229
一、工艺流程计算的依据和依据·····	229
二、工艺流程计算的内容及计算工艺指标·····	230
三、数、质量流程的计算·····	232
四、介质流程的计算·····	241
五、水量流程的计算·····	252
第五节 选煤产品最终平衡表及工艺流程图 ·····	257

一、选煤产品最终平衡表的编制	257
二、选煤工艺流程图的绘制	258
三、重介质分选工艺流程图中数、质量及悬浮液指标的标注	258
第六章 工艺设备选型	260
第一节 工艺设备选型的原则及相关因素	260
一、设备选型的重要性	260
二、设备选型的原则	260
三、设备选型的相关因素	262
第二节 跳汰分选设备选型	263
一、跳汰分选设备的类型	263
二、跳汰分选设备的工作原理	264
三、跳汰分选设备的性能	265
四、跳汰分选设备选型计算	266
第三节 重介质分选设备选型	268
一、重介质分选设备的类型	268
二、重介质分选设备的工作原理	269
三、重介质分选设备的性能	272
四、重介质分选设备选型计算	276
第四节 浮选设备选型	291
一、浮选设备的类型	291
二、浮选设备的工作原理	291
三、主要浮选设备的性能	293
四、浮选设备选型计算	296
第五节 其他分选设备选型	298
一、其他分选设备的类型及工作原理	298
二、其他分选设备的性能	298
三、其他分选设备选型计算	301
第六节 筛分设备选型	302
一、筛分设备的类型	302
二、筛分设备的工作原理	305

三、筛分设备的性能	307
四、筛分设备选型计算	308
第七节 破碎设备选型	310
一、破碎设备的类型	310
二、破碎设备的工作原理	310
三、破碎设备的性能	311
四、破碎设备选型计算	314
第八节 脱水设备选型	315
一、脱水设备的类型	315
二、脱水设备的工作原理	317
三、脱水设备的性能	322
四、脱水设备选型计算	326
第九节 水力分级设备选型	328
一、水力分级设备的类型	328
二、水力分级设备的工作原理	329
三、水力分级设备的性能	330
四、水力分级设备选型计算	331
第十节 浓缩澄清设备选型	332
一、浓缩澄清设备的类型及工作原理	332
二、浓缩设备的性能及澄清面积的计算	334
三、矿(煤)浆浓度计算及换算公式	337
第七章 工艺布置	339
第一节 工艺总平面布置	339
一、工艺总平面布置所需的基础资料	339
二、工艺总平面布置的原则及要求	340
三、工艺总平面布置的内容与注意事项	340
四、工艺总平面布置的设计步骤	345
五、工艺总平面布置实例	346
第二节 工艺厂房(设施)布置概述	360
一、工艺厂房(设施)布置所需的基础资料	360

二、工艺厂房（设施）布置的原则及要求	360
三、本手册对工艺厂房（设施）布置的论述重点	364
第三节 原煤储煤设施的工艺布置	364
一、原煤储煤设施的类型及原则要求	364
二、不同类型原煤储煤设施的特点及其布置	365
三、原煤均质化设施（混煤场）	372
四、几种常用储、配煤方式优缺点比较	375
第四节 动筛跳汰车间的工艺布置	378
一、动筛跳汰车间组成环节	378
二、动筛跳汰车间主要环节的布置	379
三、动筛跳汰车间布置应注意的问题	383
第五节 主厂房的工艺布置	384
一、主厂房工艺布置的发展趋势	384
二、澳大利亚模块式厂房工艺布置的特点	386
三、单层厂房与多层厂房工艺布置的比较	386
四、主厂房工艺布置需特殊关注的问题	388
五、近年我国各类新型主厂房布置实例	413
第六节 复合式干法分选系统工艺布置	413
第八章 资源综合利用	416
第一节 资源综合利用的意义及现状	416
一、我国资源综合利用的现状	416
二、煤炭行业资源综合利用的现状	416
三、资源综合利用的意义	417
第二节 综合利用的政策依据	418
第三节 综合利用的资源种类	424
一、生产废弃物和低热值燃料	424
二、煤系共、伴生资源	424
第四节 煤矸石的综合利用	425
一、煤矸石掺烧发电	425
二、煤矸石生产建材	435

第五节 粉煤灰渣的综合利用·····	439
一、用于水泥和混凝土·····	440
二、用于筑路与回填·····	440
三、用于人造骨料和制砖·····	440
四、用于分选空心微珠·····	441
五、用于提取工业原料·····	441
六、在农业方面的应用·····	442
七、粉煤灰综合利用实例·····	442
第六节 矿井水的综合利用·····	445
第七节 矿井瓦斯的综合利用·····	446
一、矿井抽采瓦斯的构成·····	446
二、瓦斯综合利用的意义·····	447
三、瓦斯综合利用的途径·····	447
四、瓦斯综合利用的实例·····	455
第八节 煤系共、伴生矿物及微量元素的综合利用·····	456
一、煤系共、伴生矿物的综合利用·····	456
二、煤中伴生的微量元素的工业利用品位·····	457
附文：选煤工程设计五十年纪事·····	459
参考文献·····	479

第一章 煤炭资源与煤的性质

第一节 煤炭的形成、分类及分布

煤是一种固态的可燃有机岩，是有机化合物和无机化合物的混合物，它的组成结构非常复杂，极不均匀。这是由于成煤原始物质和成煤过程中发生的生物化学、物理化学作用的不同，以及成煤地质年代的不同等因素的差异造成的。

按照国家标准《中国煤炭分类》（GB/T 5751—2009）对“煤”或“煤炭”的严格定义是：主要由植物遗体经煤化作用转化而成的富含碳的固体可燃有机沉积岩，含有一定量的矿物质，相应的灰分产率小于或等于 50%（干基质量百分数）。

一、成煤物质及成煤过程

（一）成煤的原始物质

成煤的原始物质主要是植物。煤是植物残骸经过复杂的生物化学、物理化学及地球化学变化转化而来的。

植物一般分为低等植物和高等植物两大类。高等植物形成的煤为腐植煤，低等植物形成的煤为腐泥煤。在自然界分布最广而又常见的是腐植煤。根据煤化程度的浅深，腐植煤包括泥炭、褐煤、烟煤和无烟煤等煤种。这些煤种各有不同的特征和性质，因而它们的用途也各有侧重。

（二）成煤作用

自然界植物遗体从聚积到转变成煤，经过了一系列的演变过程，在这个转变过程中所经受的各种作用总称为成煤作用，成煤作用包括两个阶段，即泥炭化作用阶段和煤化作用阶段。

1. 泥炭化作用阶段（或腐泥化作用阶段）

主要发生于大批死亡植物遗骸堆积在地表的沼泽、湖泊及浅海滨岸地带等

接触空气较少的水体环境中，先后在喜氧微生物的氧化分解（菌解）作用及厌氧微生物的分解和化合相互交错作用（腐植化作用）下，继而经历凝胶化作用、丝炭化作用等而形成新产物—泥炭（或腐泥）。这就是成煤的第一阶段——泥炭化作用阶段（或腐泥化作用阶段）。高等植物经过这一阶段形成泥炭，低等植物经过这一阶段则形成腐泥。

植物转变成泥炭，在化学组成上发生了质的变化，最明显的是生成了腐植酸，消失了蛋白质，降低了纤维素、半纤维素和木质素，碳含量增加，氧含量降低。

2. 煤化作用阶段

成煤的第二阶段——煤化作用阶段，由煤成岩作用阶段和煤变质作用阶段构成。

1) 煤成岩作用阶段

当沼泽中生成的泥炭层（或腐泥层）由于地壳的下沉而被泥砂等沉积物覆盖时，泥炭层就逐渐压紧并不断失水，胶体逐渐老化以致固结，厌氧微生物的生物化学作用慢慢消失。在地层下（地表下浅处）的高温（一般不超过70℃）和覆盖层的挤压下，泥炭的化学组成发生缓慢变化，逐渐密度增大、腐植酸减少、碳含量增大、氧含量减少，当全水分降到75%（质量分数）时，泥炭转化为年轻的褐煤。这个过程称为煤成岩作用阶段，是煤化作用的开始阶段。

2) 煤变质作用阶段

当褐煤继续受地壳运动的影响，下降到地壳的较深处，受到不断增高的压力和温度的影响，引起了煤的内部分子结构、物理和化学性质的变化，年轻褐煤逐渐转变成年老褐煤、烟煤、无烟煤。这种转变属于物理化学作用阶段，也称煤变质作用阶段。

（三）成煤的地质年代

煤属于一种有机生物岩，是由不同地质年代的植物在死亡以后形成的。地质年代是地壳发展的时间表，中国煤炭成煤的地质年代主要有：

（1）晚古生代泥盆纪（D）。距今约41000万年，成煤植物为孢子植物（裸蕨植物），只有少量无烟煤形成。

（2）晚古生代石炭纪（C）。距今约35500万年，成煤植物为孢子植物（蕨类植物），聚煤主要煤种有炼焦烟煤、其他烟煤、无烟煤。

(3) 晚古生代二叠纪 (P)。距今约 29000 万年, 成煤植物为孢子植物 (蕨类植物), 聚煤主要煤种有炼焦烟煤、其他烟煤、无烟煤。

(4) 中生代三叠纪 (T)。距今约 25000 万年, 成煤植物为裸子植物, 聚煤主要煤种有烟煤、无烟煤。

(5) 中生代侏罗纪 (J)。距今约 20500 万年, 成煤植物为裸子植物, 聚煤主要煤种有褐煤、烟煤、无烟煤。

(6) 中生代白垩纪 (K)。距今约 13500 万年, 成煤植物为裸子植物, 聚煤主要煤种有褐煤、长焰煤、气煤、无烟煤。

(7) 新生代第三纪 (R)。距今约 6500 万年, 成煤植物为被子植物, 聚煤主要煤种有泥炭、褐煤、长焰煤、气煤。

(8) 新生代第四纪 (Q)。距今约 160 万年, 成煤植物为被子植物, 聚煤主要煤种有泥炭。

(四) 含煤岩系及煤层

1. 含煤岩系

含煤岩系, 是具有三维空间形态的沉积实体, 是特指含有煤层的一套沉积岩系, 是充填于含煤盆地的有共生关系的沉积总体。其同义词有含煤沉积、含煤地层、含煤建造、煤系等。含煤岩系通常简称为“煤系”。

2. 煤层及其分类

煤层是由泥炭层转化而来的, 只有泥炭层堆积界面的增高和沼泽水面的抬升保持均衡, 泥炭层才能不断得以补偿增厚。这种均衡一旦遭到破坏, 泥炭的堆积过程就随之终止。所以, 在泥炭的堆积过程中, 因泥炭层堆积界面增高速度和沼泽水面抬升速度之间的差异, 泥炭层得以补偿的方式分为过度补偿、均衡补偿、欠补偿等 3 种不同的方式, 从而形成了厚度不同、稳定性不同的煤层。

煤层按倾角、厚度、稳定性进行分类, 见表 1-1。

3. 煤层结构分类

1) 简单结构煤层

煤层中不含呈层状出现的较稳定的夹石层。

2) 复杂结构煤层

煤层中含有较稳定的夹石层一至数层, 以至十几层。

4. 煤层构造分类

表 1-1 煤 层 分 类 表

分 类 依 据	煤 层 名 称	特 征
按煤层倾角分类	近水平煤层	$< 8^{\circ}$
	缓倾斜煤层	$8^{\circ} \sim 25^{\circ}$
	倾斜煤层	$25^{\circ} \sim 45^{\circ}$
	急倾斜煤层	$> 45^{\circ}$
按煤层厚度分类	薄煤层	$\leq 1.30\text{m}$
	中厚煤层	$1.31 \sim 3.50\text{m}$
	厚煤层	$\geq 3.50\text{m}$
按煤层稳定性分类	稳定煤层	(1) 煤层厚度变化大小 (2) 煤层结构简单或复杂程度 (3) 全区可采范围
	较稳定煤层	
	不稳定煤层	
	极不稳定煤层	

1) 简单构造煤层

含煤地层沿走向、倾向的产状变化不大，断层稀少，没有或很少受岩浆影响。

- (1) 产状近似水平，稍有缓波起伏。
- (2) 简单单斜、向斜或背斜。
- (3) 方向单一的宽缓褶皱。

2) 中等构造煤层

含煤地层沿走向、倾向的产状有一定变化，断层较发育，有时受岩浆一定影响。

- (1) 产状平缓，发育宽缓褶皱或伴有一定数量断层。
- (2) 简单单斜、向斜或背斜，伴有较多断层，小规模褶曲。
- (3) 急倾斜或倒转的单斜、向斜、背斜，或简单褶皱，稀少断层。

3) 复杂构造煤层

含煤地层沿走向、倾向的产状变化很大，断层发育，有时受岩浆的严重影响。

- (1) 受几组断层严重破坏的断块构造。
- (2) 单斜、向斜、背斜中，次一级褶曲和断层均很发育。

(3) 紧密褶皱，伴有一定数量断层。

4) 极复杂构造煤层

含煤地层产状变化极大，断层极发育，有时受岩浆的严重破坏。

(1) 紧密褶皱，断层密集。

(2) 形态复杂的特殊褶皱。

(3) 断层极发育，受岩浆严重破坏。

5. 煤层顶、底板

1) 基本顶

基本顶是指位于直接顶之上，有时也直接位于煤层之上的厚而坚硬的岩层。通常由厚层状砂岩、石灰岩、砂砾岩等组成。基本顶在采空区常能维持相当大的暴露面积而不随直接顶垮落。

2) 直接顶

直接顶是指位于伪顶或煤层（无伪顶时）之上的一层或几层岩层。通常由泥岩、页岩、粉砂岩等比较容易垮落的岩层组成。回采时一般随回柱或支架移动自行垮落，有时需人工放顶。

3) 伪顶

伪顶是指直接位于煤层之上，极易垮落的较薄的岩层。通常由炭质页岩等强度较低的岩层组成。厚度一般很薄，随开采落煤而同时垮落。

4) 直接底

直接底是指直接位于煤层之下的岩层。通常由泥岩、页岩、黏土岩等强度较低的岩层组成。有时遇水后容易发生滑动、膨胀隆起。

5) 基本底

基本底是指位于直接底之下的岩层。通常由砂岩、石灰岩等比较坚固的岩层组成。

(五) 煤系共、伴生矿产

含煤岩系中与煤有成因联系的矿产（共、伴生矿物）包括金属与非金属矿产，如铝土矿、耐火黏土（高岭土）、菱铁矿、赤铁矿、黄铁矿、锰矿、磷矿等；此外，还包括其他可燃的矿产，如油页岩、煤层气、碳沥青、石煤等。其中主要的共、伴生矿产分述如下。

1. 黄铁矿

我国高硫煤中硫的赋存形态主要为无机硫和有机硫，无机硫又以黄铁矿