

MEIZHI YINGXIAO JI HUAYANYUAN PEIXUN JIAOCAI

煤质、营销及化验员

培训教材

陈亚飞 姜英 编著



煤炭工业出版社

责任编辑：田 园 李振祥 王智英

封面设计：王 超

ISBN 7-5020-2972-9



9 787502 029722 >

ISBN 7-5020-2972-9/TQ531

社内编号:5771 定价: 68.00 元

煤质、营销及化验员培训教材

陈亚飞 姜 英 编著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

煤质、营销及化验员培训教材/陈亚飞, 姜英编著.

—北京: 煤炭工业出版社, 2006. 12

ISBN 7-5020-2972-9

I. 煤… II. ①陈…②姜… III. 煤质-检验-技术培训-教材 IV. TQ531

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 121443 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

开本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 24¹/₂
字数 580 千字 印数 1—2,000
2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷
社内编号 5771 定价 68.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

本书系统地介绍了有关煤、煤灰和煤岩成分等的基本性质，煤的采样、制样、化验和煤质分析结果审核等的基本要求，不同工矿企业对煤炭质量的需求以及不同类别的动力煤、炼焦煤、无烟煤、泥炭、油页岩和石煤等固体可燃物的洗选、焦化、气化和液化等各种加工利用的特性。同时还介绍了煤堆管理的理论与实践以及数理统计在煤质分析中的应用等。

本书除了可作为煤质管理、煤炭营销和煤炭化验等工程技术人员的培训教材以外，还可供有关科研机构、高等院校等单位专业人员参阅。

前 言

煤炭是中国的主要能源，在全国的能源消费结构中煤炭的比例长期以来一直占全国能源消耗总量的 2/3 以上，而且在今后几十年内我国的能源仍将以煤炭为主。特别是中国的煤炭预测资源总量已达 5.5 Tt 以上，“查明资源储量”也在 1 Tt 以上。其中经济可采储量也接近 190 Gt。按今后年产煤 2 500 Mt 计算，至少可以开采 70 年以上。加上尚有后备资源 800 Gt 以上，因而中国煤炭能源的可开采时间将达数百年之久。

由于煤炭是一种组成结构十分复杂的高分子有机化合物和多种无机矿物质的混合物，因而其性质更是千变万化。从高水分、高挥发分、低热值的褐煤，到强黏结性的炼焦煤和低挥发分、高密度、高强度的无烟煤，各种煤的性质和用途也各不相同，因而了解煤的基本性质及其加工利用和综合利用的途径对提高每个煤质管理、煤炭营销和煤炭化验人员的业务水平具有十分重要的意义。为此，根据广大煤炭生产和电厂等部门的有关煤炭管理人员、营销人员以及化验人员提高业务技术水平的需要，结合我们多年来的实践经验，而编著了煤质、营销和化验员培训教材，以供广大厂矿企业、培训机构及有关专业人员参考使用。

本书由中国煤炭加工利用协会特聘咨询专家、国务院 1991 年度特殊津贴获得者、全国煤炭工业劳动模范、煤炭科学研究总院陈文敏教授作了详细的审校。邬丽琼工程师也对本书的制图、编排和出版做了大量的工作，在此一并深表谢意。

由于作者水平有限，书中有不妥之处还请广大读者批评指正。

编著者

2006 年 8 月

目 录

1 煤的基本知识	1
1.1 煤炭的形成过程	1
1.2 中国不同聚煤时期的成煤植物	3
1.3 中国主要聚煤期的聚煤条件	10
1.4 中国煤的形成过程	13
1.5 中国主要煤田的分布	15
1.6 中国对煤炭储量的划分方法	19
1.7 煤炭分类	25
1.8 生产矿井和选煤厂煤的牌号（类别）核定	34
2 用煤企业对煤质的要求	36
2.1 不同厂矿企业对用煤的质量要求	36
2.2 煤炭的分级	51
2.3 煤炭产品品种和等级划分	57
3 中国商品煤的品种和质量	62
3.1 中国商品煤的品种	62
3.2 中国商品煤的质量	63
3.3 中国主要煤矿区商品煤质量	65
4 煤的可选性	68
4.1 煤的浮沉试验	68
4.2 可选性曲线绘制与应用	72
4.3 煤炭可选性的评定	75
5 煤田地质勘探工作中的煤质工作	79
5.1 煤炭地质勘查的目的和任务	79
5.2 勘探煤样的代表性	81
5.3 化验项目的合理选定	82
5.4 怎样编写地质勘探报告中的煤质部分	87
6 生产矿井及选煤厂的煤质工作	90
6.1 生产矿井的日常煤质工作	90

6.2	生产矿井的煤质基础工作	90
6.3	生产矿井的长远煤质工作	91
6.4	生产矿井煤质资料的积累、整理和汇总	91
6.5	矿区煤质台账和报表的建立	92
6.6	生产矿井的煤质研究工作	99
6.7	煤质化验管理信息系统	102
6.8	矿井选煤厂的煤质工作	105
6.9	建立矿区煤炭资源数据库	105
7	非煤固体可燃矿物	108
7.1	石煤	108
7.2	泥炭	112
7.3	天然焦	113
7.4	油页岩的特性加工利用	114
7.5	炭沥青的特性、用途及其分布	117
7.6	我国某些特殊煤种的性质及其分布	117
7.7	低质煤和低质燃料的性质和用途	118
7.8	风化煤的特性及其用途	119
8	煤的风化、氧化、自燃和贮存	121
8.1	煤的风化	121
8.2	煤的氧化	122
8.3	煤的自燃	124
8.4	煤炭储存方法	129
8.5	煤炭储存管理	131
8.6	煤的氧化性及自燃倾向性的测定	132
9	煤的采样和制样	134
9.1	煤炭采样的必要性和重要性	134
9.2	采样的基本原理	134
9.3	各种煤样的采取方法	137
9.4	煤样的制备	150
10	煤的工业分析	158
10.1	煤的工业分析的意义	158
10.2	煤的水分	158
10.3	煤的矿物质与灰分	160
10.4	煤的挥发分	161
10.5	煤的固定碳和燃料比	162

10.6	煤的全硫和各种形态的硫	163
10.7	煤的发热量	164
10.8	利用工业分析结果计算中国煤的高位发热量 ($Q_{gr,ad}$) 的经验公式	172
10.9	工业分析方法的新发展	181
10.10	煤中碳酸盐二氧化碳	181
11	煤的元素组成	183
11.1	煤的元素组成的含义及其结果的表示方法	183
11.2	我国各种煤的元素组成	185
11.3	煤中元素组成的正确计算	187
11.4	我国主要动力煤矿区的元素成分	193
11.5	利用元素组成计算煤的发热量	196
11.6	利用元素分析结果计算各种煤的发热量	197
12	煤灰特性	205
12.1	中国分煤种的煤灰成分	205
12.2	中国国有重点煤矿不同类别煤的煤灰成分	206
12.3	不同时代典型矿区的煤灰成分	207
12.4	中国煤的灰熔融性	209
12.5	利用煤灰成分计算煤灰 ST 和 FT	213
12.6	煤灰的黏度	217
13	煤质分析结果的审查	225
13.1	浮煤与原煤工业分析结果间的相互关系	225
13.2	浮煤、原煤硫分与发热量结果间的相互关系	227
13.3	浮煤与原煤元素分析结果间的关系	230
13.4	煤质分析结果的综合审查	234
13.5	煤炭筛分试验结果的审查	249
13.6	煤的浮沉试验结果的审查	253
14	煤中伴生元素和有害元素	258
14.1	煤中微量元素的来源	258
14.2	煤中微量元素的赋存状况	259
14.3	煤中微量有害元素对环境的影响	266
15	煤的岩相组成	271
15.1	宏观煤岩组成	271
15.2	煤的显微组成	273

15.3	烟煤的有机显微组分分类系统	277
15.4	煤的无机显微组分分类	278
15.5	煤的镜质体反射率	280
15.6	炼焦煤的荧光特性	284
16	数理统计在煤质分析中的应用	293
16.1	数理统计常用基本术语	293
16.2	总体平均值的推断	294
16.3	实验数据整理和处理	299
16.4	频率分布与正态分布	304
16.5	方差和总体方差	311
16.6	实验误差	314
17	煤的物理机械性能	316
17.1	煤的常规物理性质	316
17.2	煤的热性质	321
17.3	煤的电性质	323
17.4	煤的弹性和脆性	324
17.5	煤的抗碎强度和硬度	325
17.6	煤的磁性质	328
17.7	煤的光学性质	329
18	煤的结焦性和结焦机理	333
18.1	煤的结焦性和黏结性	333
18.2	煤的热分解过程	344
18.3	烟煤的高温成焦机理	344
18.4	影响高温炼焦的主要因素	347
19	煤的气化特性和气化工艺	351
19.1	煤的主要气化指标	351
19.2	煤炭气化概况	355
20	煤的液化特性和液化技术	364
20.1	煤的液化和液化用煤	364
20.2	煤炭液化的基本要点	365
20.3	煤液化的主要技术与工艺	366
20.4	国内外直接煤液化技术发展状况	368
20.5	国内外间接煤液化技术发展状况	369
20.6	煤直接液化的工艺路线	373

20.7 煤液化油品市场分析.....	374
20.8 利用煤的间接液化原理制取甲醇.....	374
参考文献.....	381

1 煤的基本知识

1.1 煤炭的形成过程

我国是世界上最早发现和使用煤炭的国家，但在相当长的历史时期，人们对煤是没有足够认识的，只认为煤是一种岩石，对煤的生成更是一无所知。随着地质学和生物地层学的发展，人们在煤层及其围岩中发现大量的、可以鉴定属种的植物化石；在地质年代较晚的煤层中发现碳化了树干、树根、树叶以后，才认识到煤是由植物变化而来的。直到显微镜发现以后，才证实了煤主要是由高等植物转化而成的。人们用显微镜来研究、观察烟煤的薄片时，看到的不再是乌黑的煤炭，而常常是美丽的镶嵌着金黄色或橙黄色的大小孢子、角质层、树脂及橙红色的树片或深红色的凝胶化基质；有时还可看到带有保存完好的或膨胀了的、具有木质细胞结构的木煤或木质镜煤；有时观察到的橙红色或红色的经强烈分解而细胞结构完全消失的均一镜煤；有时还可见到保存完整的或变形后细胞腔呈黑色（不透明）的丝炭；观察藻煤时，可以见到藻类的形体。这些都雄辩地证实煤是由植物变化而成的。

现在煤已被公认为由死亡的植物残骸经过复杂的生物化学、地球化学、物理化学等作用转变而成。从植物死亡、堆积、埋藏到转变成煤经过了一系列的演变过程，这个过程称为成煤过程。在成煤过程中影响煤质的最主要的一些因素是：成煤的原始物质、沉积环境、积水情况及其化学介质和变质作用等。煤的许多性质（包括其化学性质、物理性质、煤岩特性、工艺性能等）千差万别，常常可以用这些因素来解释。因此，可以说这些因素是煤质学的理论基础。

1.1.1 腐植煤的形成过程

由高等植物形成的煤叫做腐植煤。腐植煤的形成是植物残骸经历了一系列变化的结果。这些变化大致可划分为两个阶段：泥炭化阶段和煤化阶段。

1.1.1.1 泥炭化阶段

在适当的气候条件下，先是高等植物在浅海、湖泊和沼泽中迅速地繁殖。植物不断繁殖、死亡和堆积，在有适当的水、空气和细菌存在的情况下发生了泥炭化作用。植物经过一些变化后，改变了原来的形态和结构，变成了含水分很高的、含大量腐植酸和一些糖类的可燃物，即泥炭。这种复杂的生物化学作用使植物残骸变为泥炭的过程称为泥炭化阶段。

1.1.1.2 煤化阶段

由于地壳运动造成地壳下沉，泥炭被埋藏在地下。在漫长的地质年代里，泥炭受上覆岩层的压力影响，发生了压紧、失水、胶体老化、硬结等物理和物理化学变化。与此同时，泥炭的化学组成也逐渐发生了变化。最终泥炭变成为密度较大、结构较致密的黑褐色的固体，即褐煤。这一变化过程叫做成岩作用阶段。

泥炭变为褐煤后，一般来说，不再含未分解的植物组织和糖类，但褐煤含有大量的腐植酸。腐植酸溶于氢氧化钠溶液后能形成黑褐色的腐植酸钠溶液，遇硝酸变棕红色。在褐煤元素组成上，相对于泥炭来说，发生了显著的变化：碳含量增加，氧含量减少，氮含量降低，纯煤发热量有明显增高。

在褐煤形成以后，随着地壳运动使褐煤沉降到地下深部。在高温（地热）、高压（地压）作用下，改变其原有性质和结构。褐煤层在这种情况下所受到的压力一般可达数百个兆帕甚至上千个兆帕；地层深度每下降 100 m，地热温度升高约 3~5 °C。在地压和地热的作用下褐煤逐渐变为烟煤、无烟煤。褐煤变质成为烟煤，烟煤再变为无烟煤的过程叫做变质作用。

低阶褐煤含有大量的腐植酸。在变质作用下，腐植酸逐渐缩聚成腐植质，因此到烟煤时应已不含腐植酸。由褐煤变成烟煤，碳含量增高，氧含量降低，氮含量也有所下降，氢含量在开始时有所增高，到气煤后逐渐降低；颜色变黑，光泽由暗淡变为沥青光泽、金属光泽。到无烟煤后，纯煤真密度、硬度、导电性以及其它性质都急剧增大。

1.1.2 煤的变质作用

煤的变质作用可以分为区域变质（深成变质）、接触变质和动力变质几种类型。

1.1.2.1 区域变质

区域变质指煤层受地压、地热影响所发生的变质。这种变质作用由于和大规模的地壳升降直接有关，常常在一个广泛的地区内发生，又因为它是由煤层下沉而引起，所以又叫深成变质。

在区域变质作用下，煤的变质情况或程度常常呈现一种有规律的变化，即在同一煤田内，随着深度的增加，煤的挥发分产率逐渐减少，变质程度逐渐加深。每下降 100 m 所引起煤的挥发分产率的变化称为挥发分梯度。挥发分梯度显然主要是受温度（地热）梯度所决定。由于各地的温度梯度不同，所以挥发分梯度也因地制宜。例如，山西阳泉和辽宁抚顺挥发分梯度均为 2%，大同为 3.3%，章丘为 4%，而本溪矿区为 1.95%。这个规律是 1873 年希尔特（C. Hilt）研究德国鲁尔煤田、英国威尔斯煤田和法国加莱煤田时发现的，所以称为“希尔特定律”。例如德国鲁尔煤田中，中、晚石炭世煤系总厚超过 5 000 m，煤层数 50~100 多层，煤的挥发分随深度而递减，大致是每加深 100 m 降低 2.3%，在垂直剖面中按煤化程度由上而下依次可分为长焰煤~气煤带、气煤带、肥煤带、焦煤~瘦煤带、贫瘦煤带、贫煤~无烟煤带等 4~5 个带。乌克兰顿涅茨煤田的挥发分梯度为 0.5%~1.8%。而我国黑龙江省鸡西煤田的中生代侏罗纪煤系厚约 1 km，含煤数十层，煤质分带明显，由上到下可分为低变质、低中变质和中变质 3 个带。

开滦矿区的挥发分梯度大致在“1%~2%/hm”的范围。如范各庄和赵各庄矿的挥发分梯度的变化随不同煤层的深度增加而递减 1%~2% 左右。

1.1.2.2 接触变质及岩浆热液变质

煤的接触变质是由地下的岩浆侵入煤层时岩浆带来的高温和压力使煤发生变质作用。其中起主要作用的是它的温度。一般火山爆发时喷出岩浆的温度高达 1 300 °C 以上，喷出地面以前的温度自然更高。与这种熔岩接触的煤层局部地区的煤的物理性质和化学性质发生很大变化。如侵入的煤层是炼焦煤，由于高温的作用剧烈，在一定程度上与炼焦过程有些相似，与侵入体接触很近的煤转变为天然焦。除天然焦外，受接触变质影响的煤颜色变

浅，灰分增高，挥发分降低以及黏结性消失等，而且愈靠近侵入体，这些变化愈明显。但接触变质的影响范围不大，仅限于局部地段。

1.1.2.3 动力变质

动力变质指由于地壳构造变动促使煤发生变质的作用。这种变质作用的范围小，且多局限于局部地段。

1.1.3 煤变质作用的影响因素

根据煤化学家的长期研究表明：煤的变质作用主要受温度、压力和时间三因素的综合影响。在上述三种影响变质作用的因素下，使煤结构中六碳环上的侧链以及官能团、挥发分逐渐减少而碳含量逐渐增高；氢和氧的含量也减少而密度增大；颜色变浅而光泽及反射率增强；其他的物理性质如导电性、硬度、磁性质、比热等都发生有规律的变化。总之，成煤过程是由植物→泥炭→褐煤→烟煤→无烟煤变化的过程，它是有阶段的，但又是一个连续变化的过程。

1.2 中国不同聚煤时期的成煤植物

1.2.1 中国的聚煤期

我国各时代聚煤作用发育程度是不均衡的，几经盛衰，其演变交替十分明显。几个较强的聚煤作用时期是新生代、中生代、晚古生代、早古生代。

1.2.1.1 新生代

第三纪（以褐煤为主）。

1.2.1.2 中生代

（1）晚侏罗世-早白垩世（烟煤、褐煤、无烟煤均有）。

（2）早-中侏罗世。

（3）晚三叠世。

1.2.1.3 晚古生代

（1）晚二叠世（以烟煤和无烟煤为主）。

（2）晚石炭世-早二叠世。

（3）早石炭世。

1.2.1.4 早古生代

早寒武世（以石煤为主）。

上述8个聚煤期中，除早寒武世属于菌藻植物时代，形成腐泥无烟煤外，其他7个聚煤期均为以腐植煤为主的聚煤期。若就聚煤作用的强度而言，这7个聚煤期也是不均衡的，其中以晚石炭世-早二叠世、晚二叠世、早-中侏罗世和晚侏罗-早白垩世4个聚煤期的聚煤作用最强。

我国聚煤作用的地史特点和世界其他各地一样，可以概括为以下几点：

（1）聚煤作用从浅海海湾（腐泥无烟煤）逐步向滨海、沿海地区并最后向陆地内部迁移。

（2）聚煤作用的气候条件随着植物界的发展和演化，由热带、亚热带迁移扩展至温带。当然，气候潮湿是必备条件。古生代聚煤盆地多分布于热带、亚热带潮湿气候地区；中生代的煤盆地多分布于温带潮湿气候地区。

(3) 各聚煤期成煤植物不同。早古生代的煤基本是菌藻类植物所形成；晚古生代的煤主要是由石松纲、楔叶纲、真蕨纲、种子蕨纲和科达纲等植物残体所形成；中生代的成煤植物以裸子植物尤其以松柏纲、银杏纲、苏铁纲、本内苏铁纲及蕨类植物的真蕨纲为主；新生代的煤主要是由被子植物所形成。这种变化与植物界的发展演化密切相关。

1.2.2 中国聚煤期的主要植物群

1.2.2.1 晚古生代植物群

晚古生代煤在我国占有很重要的地位，其蕴藏量约占各时代总量的 30%。泥盆纪开始有陆生植物成煤，但只是前奏；石炭纪和二叠纪达到高峰，尤以二叠纪煤数量最多。同时，各时代的成煤植物群也不断发生演化和更替。

1) 泥盆纪植物群

志留纪末的加里东运动，使世界上许多海槽区褶皱隆起，地表高差加大。在山脉、丘陵之间以及陆地上的洼地和滨海地带，常有一些陆相、过渡相沉积。当时多数地区属温暖、炎热和潮湿的气候，同时由于大量陆地的形成，使得原来志留纪后期已经开始的、较原始的陆生植物——裸蕨植物迅速地发展起来，并有一定的扩展。早、中泥盆世的植物群比较接近，其主要成分均是裸蕨类植物，称裸蕨植物群；晚泥盆世植物群成分比早、中泥盆世进化一步，是以古老的种子蕨类中的古羊齿属为典型代表，称古羊齿植物群。

(1) 早泥盆世植物群。这个植物群多生于沼泽地区，形态简单，个体不大，几乎全为草本。轴（或“茎”）多属二歧分叉，轴面裸露无叶，仅具刺状突起，或具含单脉的锥状叶。早泥盆世的陆相或海陆交替相沉积比较局限，主要见于西南、东南及长江中下游一带，所含植物化石的报道不多。在云南曲靖的翠峰山群内发现有云南工蕨、刺镰蕨和一些裸蕨植物的残体。在云南华宁发现有刺镰蕨和刺带蕨。云南工蕨和刺带蕨可以视作本期的代表植物。

早泥盆世植物群虽已开始覆盖大地，但是还比较稀疏，尚未发现其形成有价值的煤层。

(2) 中泥盆世植物群。中泥盆世陆生植物获得了更广泛的发展，植物群中除了裸蕨植物仍占优势以外，原始的石松纲更加发达，同时还出现一些新兴的类型，如原始的楔叶纲及原始的真蕨植物。这时期植物在陆地上的生长较为繁茂，已有高达数米的小型乔木或灌木，并能形成泥炭堆积。

我国中泥盆世地层中含有煤层的矿点不少，除了新疆巴尔雷克山以外，广东封开、云南禄劝、广西上林等地均有煤层存在。其中，广东封开煤层厚约 1 m，露头延长数公里，有一定的价值。云南禄劝煤几乎是全由角质层所组成的角质残植煤，说明植物已相当程度地能适应陆地环境。

(3) 晚泥盆世植物群。植物界在晚泥盆世一个明显的跃进是使得植物直立能力加强。当时乔木状植物已占优势，改变了早、中泥盆世以裸蕨类植物为主的细弱面貌。在早、中泥盆世尚不占主要地位的石松纲（原始鳞木目）、楔叶纲、真蕨纲、种子蕨纲等得到了发展。此时期在北半球分布很广，最为标志的植物是古羊齿属，但我国尚未发现，而在我国以石松纲最为普遍。

我国陆相晚泥盆世地层分布广泛，除华北及东北外，皆有分布。

我国晚泥盆世地层中，经常含有煤线或薄煤层，但具有经济价值的地点不多。

2) 石炭纪植物群

石炭纪时地势比较低平,气候较湿润,适宜于高等植物的生长。自晚泥盆世发育起来的古蕨植物群,包括石松纲、楔叶纲、真蕨纲、种子蕨纲等均逐渐发展成为高大的乔木,成为植物界的主要成分,形成大面积的沼泽森林。所以,石炭纪是地球上最重要的聚煤时期之一。值得注意的是,晚石炭世由于地球上植物辐射演化,发展成为几个植物地理区,各个植物地理区均能形成重要的煤层。

(1) 早石炭世植物群。在晚泥盆世繁盛的石松纲中,原始鳞木目的许多属此时继续发育,如拟鳞木、亚鳞木等,但是到了早石炭世早期,石松纲中出现了构造较为进化的鳞木目,如窝木、鳞木等。鳞木出现叶舌和侧痕(通气痕)是石松纲的新演化,有利于植物在热带、亚热带茂密雨林中生长。楔叶纲这里仍以古芦木和楔叶属为主。种子蕨进一步发展,属种变多。

我国早石炭世早期,除整个华北和东北南部、华南四川、黔北及其他部分地区缺失沉积外(大部分淹没在海水之中),少数地区有海陆交互相或陆相沉积。浙西的珠藏珩组含植物化石最为丰富,其中有桧拟鳞木、奇异亚鳞木、无锡鳞木、高骊山鳞木、古芦木、须羊齿、楔羊齿、楔叶羊齿、楔叶等。在江苏南部、安徽南部、浙江北部等地的高骊山组所发现的一些植物化石,主要是奇异亚鳞木、拟鳞木、楔羊齿以及较原始的鳞木、浅沟古芦木等。此时期地层中仅有煤线存在。

对早石炭世末期目前研究不够,但从浙江叶家塘组和甘肃靖远组所含植物化石来看,桧木和鱼鳞木可视作早石炭世末期的标准植物群。此外,中芦木、弱楔叶、细星叶、大脉羊齿、网羊齿在这一时期也较常见。

(2) 中石炭世植物群。我国中石炭世最底部,即相当于西欧纳谟尔 B 上部及纳谟尔 C 的陆相地层,目前尚无确切植物报道,但相当于西欧威斯发期的地层,在我国分布相当广泛,植物化石也了解得比较清楚。

我国威斯发期植物总的面貌基本上和欧洲一致,但欧洲普遍发育的真封印木及矛羊齿在我国尚未发现。这一时期,世界上已有热带植物群(欧美植物群)及分属于南、北温带的冈瓦那(舌羊齿)植物群和安加拉植物群的区别。我国阴山-天山以南地区绝大部分属热带植物区,其植被呈高大的森林景观,主要由石松纲、科达目、种子蕨目等组成。石松纲占主要地位,鳞木的种类增多,常见的有蠕纹鳞木、灰鳞木、东方鳞皮木等。种子蕨这时期已很繁盛,楔羊齿、脉羊齿、网羊齿等很多,其中脉羊齿及网羊齿占优势,常见的有大脉羊齿、近大脉羊齿、短网羊齿、脉网羊齿、凸膜楔羊齿、钝楔羊齿等。此外,还有一些我国的地方性植物如贝叶等。科达树这一时期非常繁荣。楔叶纲如芦木数量也相当可观。大脉羊齿、网羊齿是本时期的代表植物。

(3) 晚石炭世植物群。晚石炭世地球上气候分带更加明显,原热带植物群经长期演化,分异成两个植物地理区:一个仍称欧美植物地理区;另一个主要分布在我国,称华夏植物地理区。此区的植物群又称大羽羊齿植物群。这一时期植物是高大、茂密的沼泽森林景观,主要植物仍由石松纲、楔叶纲、裸子纲(种子蕨目、科达目)及真蕨纲等组成。与中石炭世相比,植物的“属”基本相近似,但“种”多不相同,其内容更加丰富。鳞木目在世界各地已经衰退,但在我国由于气候比较适宜,因此它还非常繁盛,而且类型繁多,在成煤植物中占相当重要的地位。中石炭世盛极一时的网羊齿,此时已大大衰退,而科达

纲这时更加发展，多为高大的乔木，郁郁成林，分布广泛，是晚石炭世主要成煤植物之一。

从晚石炭世时期起，地球上形成了明显的植物地理分区（这种地理分区至二叠纪更加明显）。当时南半球是古冈瓦那大陆，其植物群别具特色，有独特的舌羊齿和恒河羊齿，故又称舌羊齿植物群。此外，匙叶、裂鞘叶也是其中重要的植物，这一植物群相当矮小，内容单调，缺乏北半球那些繁盛的鳞木目、芦木目和许多大型羽状复叶的真蕨纲、种子蕨纲等植物。植物中还存在年轮，冬夏温差变化反映比较大，一般认为是气温较低环境下的产物。

我国新疆、内蒙及东北一带的北部，属安加拉植物地理区。这些地方海相地层发育，煤层较差。西藏的雅鲁藏布江以南属冈瓦那植物地理区，但至今尚未发现可靠的石炭纪陆相沉积。我国属于华夏植物地理区的范围较大，但我国晚石炭世海侵十分广泛，华南、西南、西北广大范围被海水淹没，所以晚石炭世的煤层主要集中于华北、华东及西北的东部，主要为滨海平原环境，植物十分繁茂，适宜聚煤作用广泛进行。

3) 二叠纪植物群

二叠纪总的植物景观和晚石炭世相似，但又向前发展了一步，银杏、苏铁、本内苏铁、松柏等相继出现。由于植物构造具可塑性，其生活机能提高，而且植物的抗寒、抗旱性能大大加强，所以植物界不只限于在潮湿平原生存，同时还可扩展到丘陵地带和内陆较干燥地区。

二叠纪时，地球上仍然是4个大的植物地理区：欧美植物地理区、冈瓦那植物地理区、华夏植物地理区和安加拉植物地理区。各个区植物都达到了空前的繁盛，都有大量的煤形成。我国纵跨除欧美植物地理区以外的其他三个区，其分布位置和石炭纪时大体一致，其中以华夏植物群研究最为详细。

早二叠世植物界和晚石炭世相似，但是属种有所变化。繁盛于石炭纪的鳞木此时已大大减弱。楔叶纲产生新的类型，种子蕨纲内容成分上有许多改变，楔叶、栉羊齿、织羊齿、编羊齿、带羊齿等植物发展繁茂，科达很发育。织羊齿、编羊齿和华夏羊齿是本期最常见的标志植物。

当时我国华南、华北均属热带、亚热带气候，雨量充沛。除海水淹没地区以外，平原上沼泽密布，森林繁密。在华北沉积了以山西组为代表的重要含煤地层；华南只是初期有不太厚的煤系沉积（梁山段），以后迅速为海水所淹没。山西组植物群和晚石炭世相比有一些变化，主要特点是：高度适应于温暖潮湿气候但可塑性很差的鳞木已大大衰退；楔叶纲此时出现了瓣轮叶这个华夏植物群特有的属；真蕨纲中高度适应于热带、亚热带雨林气候的栉羊齿特别繁茂；种子蕨纲继续繁盛。

1.2.2.2 中生代植物群

1) 早-中侏罗世植物群

从世界范围看，侏罗纪时海侵相当普遍，气候温暖而潮湿。植物界又有了很大的发展，新属、新种出现很多，典型的中生代植物如银杏纲、苏铁纲、本内苏铁纲和松柏等裸子植物达到了发展的高峰，并且构成了植物界的主体。真蕨植物在侏罗纪也很繁盛。三叠纪的许多繁盛的属种已经灭绝或衰退，而这时期的桫欏科、蚌壳蕨科，尤其是其中的锥叶蕨，却空前地发展起来。