

焦化生产工艺 与节能技术 300 问

编 著	李哲浩	范伯云	王五喜
责任编辑	王五喜	刘 晶	

前 言

焦化生产是冶金工业的一个重要组成部分。培训焦化生产职工，提高他们的技术素质，将促进焦化生产的优质、节能、高产。为了配合全国焦化生产开展节能技术培训，由中国金属学会和冶金部能源办公室组织编写了这本《焦化生产工艺与节能技术》300问。就焦化生产的主要技术方面的300多个问题，以问答形式予以讲述。内容依次为炼焦用煤、炼焦原理与焦炭质量、炼焦炉及附属设备、焦炉加热系统内的气体流动原理、焦炉的传热与加热调节、焦炉操作、焦炉用耐火材料、热修与烘炉开工、焦炉的热工测量、化学产品回收与加工、环境保护与节能技术等。

本书阐述了焦化生产的基本知识，并介绍了当前焦化生产的新技术、新工艺，可供企业培训操作工人，亦可供技术人员参考。

本书在编写中，得到董海同志的指导，并参考了不少已有著作（见附录），在此一并致谢。

由于水平有限，书中有误在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

1992年4月

目 录

第一章 炼焦用煤

一、炼焦用煤特性综述	1
1、煤是怎样形成的?	1
2、什么是变质程度? 变质程度与各种煤的关系如何?	1
3、煤是由那些物质组成的?	1
4、煤有哪些物理性质?	2
5、什么是煤的比重、堆比重、假比重、真比重和孔隙度?	2
6、什么是煤的水分?	2
7、什么是煤的灰分?	2
8、什么是煤的挥发分?	2
9、煤有那些主要化学性质?	2
10、煤的热性质指的是什么?	2
11、烟煤热软化的原理是什么?	3
12、什么是烟煤的热分解?	3
13、什么是烟煤的粘结性和结焦性?	5
14、影响烟煤的结焦性和粘结性的因素有哪些?	5
15、如何评价烟煤的粘结性和结焦性?	5
二、中国煤分类	5
16、为什么要对煤进行分类? 目前我国煤分类指标主要有哪些?	5
17、各单种煤的结焦性有何特点?	6

第二章 炼焦用煤的准备

一、炼焦用煤的验收与贮存	8
18、什么是原煤和精煤?	8
19、炼焦煤料中的灰分对炼焦生产有什么坏的影响?	8
20、煤中的硫在炼焦与炼铁中有什么害处?	8
21、焦化厂为什么对来煤一定要有严格的验收制度? 如何验收?	8
22、为什么煤在贮存时要防止氧化? 应采取什么措施防止煤的氧化?	9
23、各单种煤贮存时允许存放的期限为多少?	9
二、配煤炼焦原则	10
24、什么是配煤炼焦? 配煤炼焦有什么好处?	10
25、炼焦厂的配煤指标有哪些?	10
26、什么是配煤的细度?	10
27、配煤的基本原则是什么?	10
28、如何确定炼焦配煤比?	11
29、如何进行配煤计算?	11

30、为什么工业分析和元素分析的数据应该标明使用的基准？	11
31、不同的基准可以换算吗？	12
三、炼焦配煤设备	12
32、配煤设备有哪些？	12
33、如何在配煤皮带上检验配煤比？	13
34、备煤车间有哪几种工艺流程？各有何优缺点？	14
35、备煤车间应注意哪些安全技术？	15

第三章 炼焦原理与焦炭质量

一、煤的炼焦机理	16
36、什么是煤的干馏？煤的干馏分为哪几种？	16
37、煤在炭化室内是怎样变成焦炭的？	16
38、在炼焦过程中产生的气体是怎样流动的？	16
39、什么是煤的膨胀压力和最大膨胀压力？	17
40、影响膨胀压力的因素有那些？	17
二、焦炭质量	17
41、影响焦炭质量的因素有哪些？	17
42、影响焦炭气孔率的因素有哪些？	18
43、冶金焦的化学特性和物理机械性能指的是什么？ 这些性质对高炉冶炼有什么影响？	18
44、焦炭有什么用途？各种用途对焦炭质量有什么要求？	19

第四章 炼焦炉及附属设备

一、炼焦炉炉体	21
45、目前国内的炼焦炉有哪些炉型？	21
46、炼焦炉炉体由哪几部分组成？其各部分作用是什么？	21
47、蓄热室为什么能回收热量？回收热量有什么好处？	22
48、现代大型焦炉采用哪些措施可以解决高向加热均匀性问题？	23
49、二分式焦炉和双联火道结构的焦炉有何优缺点？	23
二、炼焦炉附属设备	24
50、焦炉为什么需要护炉铁件？	24
51、焦炉护炉铁件包括哪些？	24
52、为什么要加强对焦炉护炉铁件的管理？	25
53、怎样测量和调整炉柱弯曲度？	25
54、焦炉出炉煤气设备有哪些？它们有什么作用？	26
55、废气盘起什么作用？	26
56、为什么要设焦炉煤气预热器？而不能在蓄热室内预热焦炉煤气？	27
57、为什么在加热煤气管道系统内要设水封槽？	28

58、炼焦炉的机械主要有哪些？	28
-----------------------	----

第五章 焦炉加热系统内的气体流动原理

一、基础知识	29
59、什么是气体定律？	29
60、什么是标准状态？	29
61、流体力学中的重度、密度、压强、压头、流量、流速、 粘度及雷诺准数如何解释？	29
62、什么是浮力？其大小如何计算？	30
63、影响浮力的因素有哪些？	30
64、什么是相对压力、绝对压力、负压（吸力）及正压？	31
二、炼焦炉加热系统流体力学	31
65、为什么在炼焦工艺中经常将处在工作状态下的气体换算为标准状态下的气体？ ..	31
66、在焦炉加热系统内，阻力是如何产生的？怎样计算阻力？	31
67、为什么说在焦炉测得的各点压力是相对压力？	32
68、为什么在气体流动的焰道内，压力差能反映气体流量的变化？	32

第六章 焦炉的传热与加热调节

一、焦炉的传热	34
69、焦炉内传热是怎样进行的？	34
70、什么是传导传热、对流传热和辐射传热？	34
71、加热焦炉用的煤气有哪几种？	35
72、焦炉煤气有什么特点？	36
73、高炉煤气有什么特点？	36
74、煤气的热值是如何确定的？	36
75、煤气中哪些是属于可燃成分、不可燃成分、助燃成分？	37
76、煤气燃烧需要什么条件？完全燃烧的条件是什么？	37
77、影响焦炉煤气的成分、热值和产量的因素有哪些？	37
78、什么是爆炸？产生爆炸的条件是什么？什么是爆炸限度？	37
79、在炼焦过程中，最容易产生爆炸事故的原因有哪些？	38
80、煤气在燃烧过程中，所需要的空气量如何计算？	38
81、为什么 α 值在调火工作中有重要意义？如何确定 α 值？	38
82、取燃烧废气样作 α 值分析时应注意什么？	39
二、焦炉的热工调节	39
83、焦炉热工调节应达到什么样的要求？	39
84、什么是焦炉的加热制度？	39
85、焦炉的温度制度中规定的主要测量的指标有哪些？它们各表示什么意义？	40
86、焦炉的压力制度中规定应测量哪些指标？	41

87、调火工作应达到哪几项温度和压力制度的指标？	42
88、如何调节直行温度？	43
89、影响安定系数的因素有哪些？	43
90、如何调节横墙温度？	43
91、机、焦侧煤气量如何分配？	44
92、焦炉加热调节的手段有哪些？	45
93、如何用肉眼来观察燃烧情况（看火）？	45
94、什么是焦炉的热效率和热工效率？	45
95、什么是炼焦耗热量？什么是1公斤干煤炼焦耗热量？	46
96、降低炼焦耗热量提高焦炉热工效率的途径有哪些？	46

第七章 炼焦炉的操作

一、推焦计划表的制定方法	48
97、推焦串序是根据什么原则确定的？	48
98、常用的推焦串序有哪些？	48
99、什么是结焦时间和周转时间？	49
100、如何确定计划检修时间？	49
101、如何编制循环推焦图表？	49
二、出炉操作	50
102、机、焦侧出炉操作应注意些什么？	50
103、推焦困难的原因有哪些？应如何处理？	51
104、如何判断炭化室焦饼成熟的程度？	52
105、出焦时熄焦车为什么要用车尾对准拦焦车上的导焦槽？	52
106、为什么熄焦车接焦时其行车速度要与推焦杆行进速度相同？	52
107、分段熄焦是什么意思？其优点何在？	52
108、焦仓半仓卸料有什么优缺点？	52
109、推焦系数有何意义？	53
三、焦炉炉顶操作	53
110、装煤操作要达到什么要求？	53
111、煤气在集气管中是如何被冷却的？	54
112、集气管技术操作有哪些规定？	54
113、集气管低压操作有什么害处？	54
114、炉门不严和炭化室负压有什么害处？	54
四、焦炉事故处理	55
115、推焦杆掉到炭化室怎么办？	55
116、炉门横铁蹦出怎么办？	55
117、在炼焦生产过程中全厂突然停电怎么办？	55
118、下暴雨怎么办？	55
119、停氨水后，集气管温度过高怎么办？	56

第八章 焦炉用耐火材料、热修与烘炉开工

一、焦炉用耐火材料	57
120、焦炉用的耐火材料有哪些?	57
121、什么是耐火度、真比重、荷重软化点、抗热震性、体积稳定性、导热率、 温度传导性、抗渣性?	57
122、硅砖与粘土砖各有哪些主要性质? 它们有何优缺点?	57
123、焦炉各部位应使用哪些耐火材料?	59
二、焦炉热修	59
124、为什么在正常生产时, 焦炉发生事故或局部损坏要以热修为主? 焦炉热修方法 有哪些?	59
125、焦炉各部位热修用的泥料如何配制?	60
三、焦炉烘炉	60
126、焦炉为什么要进行烘炉?	60
127、为什么要制订焦炉烘炉升温曲线?	60
128、焦炉烘炉升温曲线是怎样制订的?	61
129、烘炉燃料应如何选择?	62
130、烘炉时气体流动的途径是怎样的?	62
131、烘炉时的升温管理应注意些什么?	62
132、焦炉干燥和烘炉过程中有哪些方面需要检查?	62
133、焦炉干燥和烘炉过程中, 怎样检查燃料消耗量?	64
134、烘炉时炉体的测温点怎样布置? 怎样测量?	65
135、为什么说在烘炉过程中应严格控制看火孔处吸压力?	65
136、怎样检查焦炉在烘炉过程中的炉体膨胀?	65
137、烘炉时如何进行护炉铁件管理?	66
四、焦炉开工	67
138、为什么焦炉在开工前必须用外来煤气将烘炉改为正常加热方式?	67
139、在哪些前提下焦炉才能开工?	67
140、焦炉开工怎样进行第一次装煤?	68
141、在焦炉开工装煤期间应怎样控制炉温和结焦时间?	68
142、焦炉开工时装炉煤料有什么特定要求?	68

第九章 焦炉的热工测量

一、温度测量	69
143、在什么情况下要测量冷却温度的下降值? 如何测量?	69
144、如何测量横墙温度?	69
145、如何测量直行温度?	69
146、怎样测量炉头温度?	69

147、怎样测量炭化室炉墙温度？	69
148、怎样测量蓄热室温度？	69
149、在什么情况下要测量焦并中心温度？怎样测量焦并中心温度？	70
150、怎样测量炉顶空间温度？	70
二、吸力、压力、阻力测量	71
151、怎样测量蓄热室顶部吸力？	71
152、怎样测量蓄热室的阻力？	71
153、怎样测量五点压力？	71
154、炭化室底部压力如何测定？	72
三、废气分析	72
155、为什么热工测量中要进行废气分析？怎样分析？	73
156、焦炉燃烧室荒煤气漏气率测定方法是怎样的？	73

第十章 化学产品回收与加工

一、炼焦化学产品综述	75
157、炼焦化学产品在国民经济中有何作用？	75
158、高温炼焦时化学产品的产率大致有多少？	75
159、影响炼焦化学产品产率和质量的因素有哪些？	75
160、焦化厂为什么要对焦炉煤气进行精制？	76
161、焦化厂中的焦炉煤气精制工艺流程怎样？	76
二、冷凝鼓风	77
162、为什么要将焦炉出炉煤气在进入鼓风机前进行初步冷却？	77
163、怎样进行直接式或间接式初步冷却器冷却煤气？	77
164、立管式煤气直接冷却器有哪些技术操作规定？	78
165、在回收车间焦油是怎样被回收的？	78
166、什么是剩余氨水和循环氨水？	78
167、为什么要在焦化厂煤气流程内设置煤气鼓风机？	78
168、焦化厂采用的鼓风机有那几种型式？	79
169、鼓风机在运行中有那些事故可能发生？怎样处理？	79
170、鼓风机排液管有什么作用？	79
171、鼓风机吸力波动有哪些原因？如何处理？	79
172、煤气管道内为何装有填料函式或“Π”型弯管式补偿器？	81
173、煤气管道为何有倾斜度？一般为多少？	81
174、在煤气输送过程中如何防止煤气着火和爆炸？	81
175、什么叫煤气中毒？如何防护？	81
三、氨的回收	81
176、回收煤气中的氨有哪几种方法？	81
177、为什么在焦化厂的煤气净化过程中要除氨？对饱和器后煤气含氨量有何要求？	84
178、硫酸铵有哪些性质？质量指标有哪些规定？	85

179、饱和器内硫酸铵结晶原理是什么？怎样从操作上保证硫酸铵质量？	85
180、在饱和器内主要进行哪些化学反应？	87
181、饱和器法生产硫酸铵主要有哪些设备？	87
182、什么叫无饱和器生产硫酸铵工艺，试述其工艺过程？	88
183、无饱和器生产的硫酸铵质量如何？	89
四、粗苯回收	89
184、煤气进入吸苯塔前为什么要进行最终冷却？	89
185、煤气终冷过程中用焦油或洗油洗萘有什么特点？其洗油用量大致多少？	89
186、煤气最终冷却的用水量是如何确定的？如何调节终冷器的煤气出口温度？	89
187、煤气终冷和除萘主要有哪几种流程？煤气中含萘有什么害处？	89
188、粗苯主要性质如何？产率一般为多少？	90
189、粗苯包括哪些主要组分？都具有哪些主要性质和用途？	90
190、粗苯中主要组成（苯、甲苯、二甲苯和三甲苯）是根据什么原理分离的？	91
191、苯类中的硫化物及不饱和化合物是根据什么原理清除的？	91
192、从焦炉煤气中回收粗苯主要有哪几种方法？	91
193、回收粗苯的工艺流程是怎样的？	92
194、影响洗油吸收粗苯的主要因素有哪些？	92
195、为什么洗油温度应保持比煤气温度略高几度？	93
196、洗油分子量与吸收煤气中粗苯的能力有什么关系？	93
197、为什么可以用焦油洗油或石油洗油吸收粗苯？试比较两种洗油的优缺点？	94
198、对洗油质量有哪些要求？质量指标有哪规定？	94
199、焦油洗油质量变坏有何特征？对粗苯生产有何影响？	95
200、洗油再生器的作用是什么？其作用原理是什么？	95
201、什么叫粗苯蒸馏脱苯？	95
202、富油脱苯有哪几种方法？各有什么优缺点？	95
203、两苯塔内轻苯和重苯是怎样分离的？	96
204、管式炉加热脱苯工艺流程是怎样的？	97
五、粗苯精制	98
205、粗苯精制过程可分为哪几个步骤？	98
206、什么叫混合分？混合分净化方法有哪几种？	98
207、混合分用硫酸洗涤时生成的杂质怎样除去？	98
208、酸洗净化在工艺上有什么要求？	98
209、轻苯初馏分产率一般为多少？大致组成如何？	99
210、对初馏分和混合分有什么要求？	99
211、初馏塔主要操作指标有哪些？	99
212、什么叫轻苯精馏？	99
213、轻苯精馏有哪几种方法？各有什么特点？	99
214、为什么要对混合分进行吹苯？吹苯塔有哪些操作指标？	100
215、轻苯连续精馏系统主要有哪些设备？各有什么用途？	100
216、为什么在精馏操作中要严格控制蒸馏塔顶和塔底温度？	100

217、什么叫回流比？在精馏作业中回流比起什么作用？	100
218、为什么沸点越接近的产品精馏分离时塔板数将越多？	101
219、古马隆和茛的主要性质是什么？	101
220、苯渣古马隆——茛树脂是怎样制取的？	101
六、焦油蒸馏加工	101
221、现代大型焦炉炼焦过程生成的煤焦油质量指标如何？	101
222、煤焦油的主要组分的含量及规格大致情况如何？	102
223、煤焦油加工主要有哪些产品？用途如何？	102
224、煤焦油为何要集中加工？	103
225、煤焦油有哪些物理性质？工厂常用哪些指标检查焦油质量？	104
226、焦油蒸馏前为什么要进行脱水？	104
227、焦油加工前为何要脱盐？	104
228、一塔法焦油连续蒸馏流程怎样？	104
229、焦油蒸馏工艺制度的主要指标有哪些？	105
230、焦油各馏分及沥青的产率大致多少？	106
231、中温沥青是怎样制取的？	107
232、沥青主要有哪些用途？	107
233、如何制取高温沥青？	107
234、改质沥青是怎样制取的？比常规沥青有什么优点？	107
七、焦油馏分精制之(一)——轻油及酚油馏分精制	108
235、焦油馏分加工有哪些方法？	108
236、焦油馏分加工主要包括哪些内容？	108
237、酚类产品在焦油及其馏分中分布情况是怎样的？	108
238、怎样进行焦油馏分的酸碱洗涤分离酚和吡啶二类产品？	108
239、焦油馏分脱酚脱吡啶的酸碱消耗量大致多少？	109
240、对中性酚盐和中性硫酸吡啶的质量有什么要求？	109
241、焦油混合馏分连续洗涤流程是怎样的？如何操作比较经济合理？	109
242、酚盐分解有哪些方法？	110
243、中性硫酸吡啶分解有哪些方法？	110
244、焦油酚类是怎样分离精制的？	111
245、邻、间、对三种甲酚是怎样分离的？	111
246、二甲酚能不能分离精制？怎样精制？	111
八、焦油馏分精制之(二)——萘油及洗油馏分精制	112
247、萘的主要用途是什么？	112
248、工业萘质量规格有哪些指标？	112
249、工业萘连续精馏有哪几种流程？各有什么特点？	112
250、在工业萘生产中何谓萘精制率和萘提取率？	114
251、工业萘和精萘有何区别？精萘和工业萘有什么用途？	114
252、何谓升华萘和结晶萘？怎样生产？	114
253、怎样从工业萘残油和洗油馏分中提取 α -、 β -甲基萘？	115

254、怎样从洗油馏分中提取并精制萘、氧茚和茚？	115
255、怎样从洗油馏分中回收并精制吡啶盐基？	116
256、怎样从洗油馏分中提取并精制喹啉、异喹啉？	116
九、焦油馏分精制之(三)——蒽油馏分精制	117
257、蒽、咔唑和菲是怎样提取精制的？	117

第十一章 环境保护

一、环境保护常识	118
258、环境保护的方针和主要任务是什么？	118
259、环境保护中所指的环境包括哪些范围？保护自然环境主要应做哪些工作？	118
260、什么叫环境污染？环境污染物主要有哪些物质？	118
261、防止污染和其他公害主要应采取哪些措施？	118
262、什么叫环境管理？	119
263、环境管理的重要性表现有那些方面？	119
264、环境管理的对象和任务是什么？	119
二、焦化厂烟尘治理	119
265、焦炉生产过程排放的烟气粉尘污染物主要有哪些？	119
266、炼焦炉生产过程排放的烟尘释放量大致多少？	119
267、为控制和减少焦炉生产过程排放的污染物采取了哪些措施？	120
268、焦炉用高压氨水喷射消烟装煤在控制环境污染方面有什么优点？存在什么问题？	120
269、焦炉上升管盖和桥管承插口水封装置有什么优点？	120
三、焦化厂污水处理	120
270、焦化厂污水主要来源于哪里？有什么特点？	121
271、剩余氨水数量一般为多少？主要由哪些组分组成？	121
272、为什么要处理焦化生产过程中排出来的污水？	121
273、焦化污水处理主要有哪些方法？	121
274、什么是蒸汽脱酚？	122
275、什么是溶剂萃取脱酚？何谓分配系数？	122
276、用终冷水生产黄血盐的原理是什么？	123
277、酚氰污水处理的原理是什么？	123
278、活性污泥生物脱酚主要有哪些设备？作用是什么？	124
279、含酚污水主要有哪些危害？	124
280、什么叫化学需氧量(COD)和生化需氧量(BOD)？	124
281、生化脱酚的效果如何？为什么有些工厂还要经过活性炭过滤净化步骤？	125
四、焦化厂煤气脱硫	125
282、煤气中硫化氢是怎样形成的？它有哪些物理性质？其含量大致多少？	125
283、为何要脱硫化氢？不同用户对脱硫化氢有什么不同的要求？	125
284、焦炉煤气脱硫主要采用哪些方法？	126

第十二章 节能技术

一、节能基础知识	129
285、什么叫比容、比热、热量和功?	129
286、什么叫焓和熵?	129
287、什么叫湿度? 什么叫绝对湿度? 什么叫相对湿度?	129
288、水和蒸汽有那些热物理特性?	129
289、什么叫电能和电功率?	130
二、能源常识	130
290、什么叫能源? 什么叫一次能源、二次能源和再生能源?	130
291、能源是如何分类的?	130
292、各种燃料是如何分类的? 各种燃料主要由哪些元素组成?	131
293、什么叫标准煤, 各种能源怎样折算成标准煤?	131
294、什么叫能源利用率?	132
295、什么叫能源可利用率? 什么叫火用?	132
三、我国能源概况	133
296、什么叫能源结构? 世界能源结构是怎样变化的?	133
297、我国能源结构怎样?	133
298、我国能源资源情况如何?	134
299、我国能源是怎样分布的?	134
300、我国钢铁工业能源构成如何?	134
四、能源管理	134
301、什么叫焦化工序能耗? 焦化工序能耗大致多少?	134
302、企业能源消耗技术经济指标是如何定义的?	134
303、如何编制热能平衡表?	135
五、焦化厂节能技术	135
304、锅炉可采用哪些节能技术?	135
305、焦化厂可采用哪些节水技术?	135
306、焦化厂可采用哪些节汽技术?	136
307、降低炼焦能耗主要有哪些措施?	136
308、焦化厂煤气鼓风机有哪些节能措施?	137
309、炼焦炉干熄焦设备有什么特点?	137
310、焦化厂可应用哪些节电技术?	137

第一章 炼焦用煤

一、炼焦用煤的特性综述

1) 煤是怎样形成的?

我们知道,煤炭在国民经济和人民生活中有着重要的地位,它是一个国家的重要能源之一,被誉为工业的“食粮”、黑色的“金子”。我们必须合理地利用煤矿资源。那么,煤炭是怎样生成的呢?

根据成煤的原始物质和条件不同,自然界的煤可分为三大类,即腐植煤、残植煤和腐泥煤。由于腐植煤在自然界中分布最广,储藏量最大,而且在煤炭利用和化学加工方面占有主要位置,因此,这里主要介绍腐植煤是怎样形成的。

大量的科学研究证明,煤是由植物变来的。大约三十多亿年以前,地球上就已经有单细胞低等植物存在了。在整个地质年代中的某些时期内,由于地球的气候温暖、潮湿,而且有丰富的矿物养料,因此植物生长得特别高大和繁茂。这些群落生长的陆生植物,构成了成煤的物质基础。在漫长的地质年代里,地球的造山运动和地壳的不断变动。使有些群落生长的植物随着地壳下沉,后来慢慢地被水淹没,或者被山石覆盖。在多水缺氧的情况下,堆积在水中的植物残骸受一种“厌氧细菌”(不靠空气而靠夺取植物遗体里的养分而生成的微生物)的作用,脱去不稳定的含氧物质(一般以二氧化碳和水的形式除去),使残留物的氧和氢的含量减少,碳含量相对增高。与此同时,植物残骸还受到其他生物化学作用,产生大量的腐植酸和沥青类物质。这种既含有植物未被分解的残骸组成部分(如根、茎、叶、树皮等),又含有腐植酸,而且碳含量比植物残骸高,水分比较大的物质称为泥炭。在泥炭形成的过程中,往往出现植物生死交替和地壳不断变动的情况。如果地壳垂直下沉的速度与泥炭堆积的速度差不多,泥炭层就会不断地变厚;如果地壳垂直下沉的速度比泥炭堆积的速度大,随着时间的推移,泥炭层的上面就会被沙土覆盖而形成顶板或者夹层。顶板愈厚,泥炭受压力和地热的作用愈大。地热和压力的作用,使泥炭中的腐植酸转变为腐植质;腐植质进一步受压力和温度的作用,使得大分子缩合和芳构化程度提高,C/H原子比增大,氢和氧的含量减少,久而久之泥炭全部转变为变质程度不同的煤。

2) 什么是变质程度?变质程度与各种煤的关系如何?

泥炭经压力、地热作用的大小,以及受作用的地质年代的长短的综合称为变质程度。显然,变质程度低的、氧和氢的含量较高的煤,碳核缩合和芳构化程度就低,含碳量也较低;而变质程度高的、氧和氢的含量较低的煤则相反,含碳量较高。通常,含碳量(C%)的多少能反映煤的变质程度的高低。如果用C%表示变质程度的话,则有:

	泥炭	褐煤	烟煤	无烟煤
C%(可燃基)	50~60	60~74	74~90	90~98

3) 煤是由哪些物质组成的?

煤主要是由碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、硫(S)等元素结合而成的有机物质,伴存着在成煤过程中由外界混入的矿物质组成。通过煤的元素分析检测,可以测出成煤五元素的比例;通过煤的灰成分分析,可以确定矿物质的组成情况。从煤的工业分析可以测定出煤中的水分、灰分、挥发分、固定碳和全硫的含量。

4) 煤有哪些物理性质?

煤的物理性质包括颜色、比重、浸润性、内部表面积孔隙度、机械强度以及反光、导电、导磁等。其中比重、浸润性、内部表面积和机械强度等性质对煤加工工艺影响较大。

5) 什么是煤的比重、堆比重、假比重、真比重和孔隙度?

煤的比重: 煤的重量与同温度同体积水的重量之比。

煤的堆比重: 煤料在自然堆积状态下的重量与同温度同体积水的重量之比。

煤的假比重: 指 20℃ 的煤 (包括空隙在内) 与同温度同体积的水的重量之比。

煤的真比重: 20℃ 时煤的重量与同温度同体积 (排除掉煤的微细孔隙所占体积) 水的重量之比。

煤的孔隙度: $\text{孔隙度} = \frac{\text{真比重} - \text{假比重}}{\text{真比重}} \times 100\%$

6) 什么是煤的水分?

煤的水分包括外在水分和内在水分两种。所谓外在水分, 是指煤粒表面和煤粒之间的水分, 它以机械的方式 (如表面张力) 与煤相连结。这种水分的蒸汽压与纯水的蒸汽压相等, 所以当煤放在空气中时, 外在水分就会不断蒸发, 直至煤的外在水分的蒸汽压与空气的湿度达到平衡为止。这种水分多是在开采、运输、储存、洗选时带入的, 一般波动较大, 直接影响炼焦装炉煤的水分含量。所谓内在水分, 包括结晶水和吸附水, 其数量的大小与煤的化学结构和内表面积有关。

7) 什么是煤的灰分?

煤完全燃烧后所得的固体矿物残渣称为灰, 灰重占干煤重的百分率称为灰分。

煤中的灰分来源有:

(1) 形成煤的原始物质中所含的矿物质, 由此形成的灰分称为母体灰分 (或称为内在灰分)。由于矿物质均匀分布于原始物质中, 所以此种灰分洗选时不容易除去。

(2) 在成煤的过程中, 由水流和风力等带入的细粘土或微沙粒形成的灰分。由于此种灰分夹在煤层中, 所以较容易除去。

(3) 在开采时由于顶板与底板的岩石混入煤中而带来的灰分。这种灰分 (矸石) 在洗选中容易除去。

8) 什么是煤的挥发分?

煤的挥发分指煤在热分解时析出的气体和蒸汽的产物, 也可以说是各种挥发性的有机和无机化合物的总称。

9) 煤有哪些主要化学性质?

由于煤结构内有一定的内表面积和微孔结构, 所以能吸附某些溶剂。这些溶剂能把煤结构内可溶部分溶解呈分散状态; 在一定的条件下, 煤加氢处理能产生分解反应; 煤能吸附空气中的氧而被氧化分解。一些变质程度低的煤, 例如褐煤与浓硫酸作用而成磺化煤, 具有表面活性作用, 能用于锅炉软化水处理。

煤的水分、灰分、挥发分 and 全硫分析, 总称为煤的工业分析。

10) 煤的热性质指的是什么?

煤的热性质包括比热、热传导率、热膨胀率、示差热分析特性、热软化性和热分解等。这些性质对煤炼焦、煤的气化和燃烧有着重要的意义。

煤的比热指在一定的温度下, 一公斤煤温度升高 1℃ 时所需的热量。常温下煤的平均比热

约为 $0.84 \sim 1.67$ 千焦 / 公斤 $\cdot$ $^{\circ}\text{C}$ ($0.2 \sim 0.4$ 千卡 / 公斤 $\cdot$ $^{\circ}\text{C}$)。随着变质程度的增加, 煤的比热降低。例如, 褐煤的平均比热约为 $1.25 \sim 1.38$ 千焦 / 公斤 $\cdot$ $^{\circ}\text{C}$ ($0.3 \sim 0.33$ 千卡 / 公斤 $\cdot$ $^{\circ}\text{C}$)、烟煤为 $1.00 \sim 1.09$ 千焦 / 公斤 $\cdot$ $^{\circ}\text{C}$ ($0.24 \sim 0.26$ 千卡 / 公斤 $\cdot$ $^{\circ}\text{C}$)、无烟煤为 $0.92 \sim 0.96$ 千焦 / 公斤 $\cdot$ $^{\circ}\text{C}$ ($0.22 \sim 0.23$ 千卡 / 公斤 $\cdot$ $^{\circ}\text{C}$)。

煤的导热系数指单位时间内温度升高 1°C 时, 通过单位厚度煤料的热量, 其值一般为 $0.50 \sim 1.21$ 千焦 / 公斤 $\cdot$ $^{\circ}\text{C}$ ($0.12 \sim 0.29$ 千卡 / 米 $\cdot$ 时 $\cdot$ $^{\circ}\text{C}$)。煤中的灰分和水分对煤的导热系数有影响, 煤中灰分少, 导热系数大; 煤中水分多, 导热系数减少。

煤的热膨胀率指干馏前与干馏后的假比重之比。

煤的示差热分析特性: 煤以一定的加热速度加热到某个特定的温度下会发生熔融、相变化等物理变化和分解、缩合等化学变化, 在这些变化的过程中会伴随产生吸热和放热的热效应。煤的这种特性称为煤的示差热分析特性。这些热效应可以用示差热分析仪表来测定。

煤的热软化性是指烟煤加热到 $300 \sim 400^{\circ}\text{C}$ 时, 一方面呈现流动的性质; 另一方面由于发生热分解的气体, 因而又呈现出膨胀的性质。

11) 烟煤热软化的原理是什么?

在加热的过程中, 煤结构内的基本结构单位、侧链和煤骨架结构中的非芳烃低分子的物质吸收热能后, 便各自产生热振动。当振动能达到一定的程度时, 分子的热运动能超过分子间的亲和力, 使侧链断裂, 不稳定的侧链基团和低分子物质离开了原来的位置, 形成流动性物质甚至气相物体; 同时, 当振动能达到使煤的大分子内的骨架结构变形的程度时, 烟煤就产生流体和膨胀, 这就是烟煤的热软化的原理。

12) 什么是烟煤的热分解?

烟煤的热分解是指烟煤在干馏过程中分解、合成、缩聚等许多反应的综合过程。

煤是一结构复杂的由多芳环缩合而成的物质, 煤中价键主要以碳原子相结合, 但也有以氧、氮、硫等原子代替而成的镶嵌物, 如下图 1-1。多环系四周挂有不少以直链系。简单芳烃或不规则芳烃组成的化合物。煤在干馏过程中被加热到 430°C 左右时, 首先是侧链上的含氧基团分解产生二氧化碳及化合水。当温度继续上升到 $430 \sim 500^{\circ}\text{C}$ 时, 煤结构本体上以氧、氮、硫等原子组成的芳环开始断裂, 脱离本体, 软化而成胶质体, 而且胶质体中芳环上的侧链, 例如直链系物体、一环系物体、含氮或含硫组分的芳环物体, 都逐渐分离成气态逸出, 形成甲烷、烯烃、苯系、轻吡啶、硫化氢和噻吩等, 还有尚未气化的低温焦油。当温度继续上升到 650°C 左右时, 热分解更为激烈, 低温焦油也开始分解成为含氧的酚和高级酚, 含氮的粗重吡啶, 二缩环的萘系列和三缩环的蒽系列, 以及多环的沥青质产品都气化逸出。这时候, 煤的基本结构体已经出现了大批的游离价键, 出现了大量的流动性好的胶质体在它们之间隙里, 于是基本结构体互相聚合而成半焦。当温度超过 650°C 以后, 半焦中的残余挥发分进一步分解, 出现的是芳环裂解现象而产生大量氢气。同时半焦收缩, 出现裂纹开始形成焦炭。温度超过 850°C 以后, 焦炭全部形成。

从 500°C 以后, 部分气体穿过红焦炭一侧时又产生第二次裂解。含氧的酚类会放出氧而成苯类, 同时生成一氧化碳; 带有甲烷基的苯系、萘系会脱去烷基形成苯, 萘, 同时生成烷类。当然也有可能进一步缩合而成多环化合物。

图 1-1 烟煤热分解(及内缩合)情况

直链系例链		芳系		侧系		链						
温度式 范围℃	R-O-	R-	RN-	RS-	(N) _x	-C-(O) _n	-C- 	-C- 	-C- 	-C- 		
125 ↓ 430	H ₂ O CH ₄ CO R(C _n H _m)											
430 ↓ 650	CH ₄ C _n H _{2n} n<4 C _n H _{2n+2} n<6 H ₂	CH ₄ C _n H _{2n} n<4 C _n H _{2n+2} n<6 C ₅ H ₈ H ₂	H ₂ CN NH ₂ R'NH ₂ C _n H _m n<6 C ₅ H ₈ H ₂ C _n H _{2n+2}	H ₂ S CS ₂ CaH ₂ S HCNS CH ₄ H ₂ C _n H _m n<6 C ₅ H ₈ H ₂ C _n H _{2n+2} C ₂ H ₆	 _x  _n  _n  _n  _n  _n  _n  _n  _n  _n  _n  _n  _n  _n	          _n	           _n	           _n	           _n	           _n	           _n	           _n
650 ↓ 850		C _n H _{2n} CH ₄ H ₂	C _n H _m CH ₄ H ₂	C _n H _{2n} CH ₄ H ₂	 _x  _n  _n  _n  _n  _n  _n  _n  _n  _n  _n  _n  _n  _n	           _n	           _n	           _n	           _n	           _n	           _n	
>850					H ₂ 热未成焦 焦炭					焦炭或半焦 焦炭 H ₂		
主 要 产 品	甲烷 化白水 二氯化碳 水垢 少量氢气	甲烷 二氯化碳 水垢 少量氢气	甲烷 二氯化碳 水垢 少量氢气	甲烷 二氯化碳 水垢 少量氢气	焦炭 焦炭							

13) 什么是烟煤的粘结性和结焦性?

在实验室条件下, 烟煤由于被加热产生热软化、熔融、流动、膨胀和热分解后, 粘结固化的性质称为烟煤的粘结性。

在一定的工业加热条件下, 单种煤或配合煤转变成冶金焦的性能称为烟煤的结焦性。

14) 影响烟煤的结焦性和粘结性的因素有哪些?

影响结焦性的因素除了烟煤的粘结性外, 还有煤的岩相组分、煤料粒度、加热速度、堆比重、煤料混合好坏和炼焦操作制度等因素。

烟煤的粘结性在很大程度上取决于热软化时胶质体的数量和性质。当胶质体具有较好流动性和膨胀性, 而且又有较宽的软化区间时, 煤的粘结性好。流动性好, 说明在胶质体中液体的数量比较多, 能充分浸润煤粒的表面, 使之相互滑动接触, 有利于粘结和缩聚反应; 膨胀性好, 说明胶质体的粘度比较大, 在析出的气态产物的分子作用下, 胶质体内部具有一定的压力, 使液态物质容易填充煤粒之间的空隙, 促使其相互紧靠、粘结和聚缩反应加快; 较宽的软化区间, 说明胶质体中液相物质的热稳定性好, 在胶质体中停留时间长, 使煤粒能充分接触, 相互粘结和发生聚缩反应。

15) 如何评价烟煤的粘结性和结焦性?

目前各种测定方法都有不完善的地方, 因此, 烟煤粘结性以及结焦性的好坏, 只能用综合指标来评价。比较常用的有: (1) 坩锅自由膨胀序数; (2) 罗加指数和粘结指数; (3) 葛金焦型 (管式低温干馏); (4) 胶质层最大厚度; (5) 奥亚膨胀度; (6) 基氏流动度等。它们之间测试的重点有所不同, 前面 (1) ~ (3) 项主要检测焦块的外形和其强度, 重点在结焦性; 后面 (4) ~ (6) 项主要检测煤在加热过程中的动态变化, 重点在粘结性。

由本节所述炼焦煤的特性可以看出, 不具备较强粘结性和结焦性的煤是不能单独炼焦的。它们只能当作配角, 否则炼焦炉有推不出焦炭的危险。

二、中国煤分类

16) 为什么要对煤进行分类? 目前我国煤分类的指标主要有哪些?

煤是一种结构复杂的物质, 而且不同变质程度的煤, 甚至同一变质程度的煤性质也不相同。为了研究和预测某些煤的性质, 合理地利用煤炭资源, 所以要对煤进行分类。

煤分类的重点是炼焦用煤, 这是由于当前炼铁和炼焦工艺装备的特点要求生产出来的冶金焦具有足够的强度、尽可能低的灰硫等杂质以及在炼焦过程中能保证正常操作等要素所决定的。

目前我国采用的煤分类的指标主要有:

- (1) 无水无灰基挥发分 (可燃基挥发分) V^f ;
- (2) 粘结指数 G ;
- (3) 辅助指标有: 胶质层最大厚度 Y , 奥亚膨胀度 b , 透光率 P_m 和恒湿无灰基高位发热量 Q_{GW}^{-AGN} ;
- (4) 无水无灰基氢含量 H^f 。

下图 1-2 是中国煤炭分类总图。