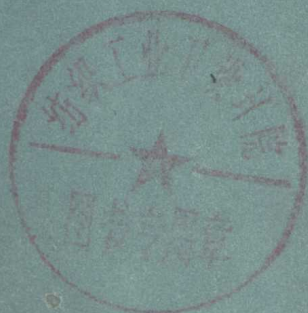


943/148

35842

城市煤气制造

上册



中国建筑工业出版社

城市煤气制造

上 册

日 本 煤 气 协 会 编

天 津 市 建 筑 设 计 院 译

中 国 建 筑 工 业 出 版 社

本书选译自日本煤气协会编《城市煤气工业》一套书中有关城市煤气制造和净化的章节，定名为《城市煤气制造》。

本书分上下两册出版。上册包括原料、耐火材料、砌筑、干馏煤气、发生炉煤气、水煤气和一氧化碳转化以及油煤气等有关章节。下册包括完全气化和其它气化方式、天然气和液化石油气、低压净化、高压净化以及热量调节等有关章节。

本书可供城市煤气工程技术人员、科学研究人员和运行管理人员以及大专院校有关专业师生参考。

都 市 ガ ス 工 业
(制造·精制篇、供应篇、器具篇)

日本瓦斯协会·东京

* * *

城 市 煤 气 制 造
上 册

日 本 煤 气 协 会 编

天津市建筑设计院 译

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：18 5/8 插页 3 字数：493千字

1977年6月第一版 1977年6月第一次印刷

印数：1—6,830册 定价：1.70元

统一书号：15040·3285

目 录

第一章 原料	1
一、煤	1
(一) 成因	1
(二) 煤的分类	1
(三) 煤的分析	3
(四) 煤的组成	9
二、石油	10
(一) 成因	10
(二) 原油	10
(三) 炼油过程	11
(四) 石油制品	13
三、天然气	15
四、液化石油气	16
第二章 耐火材料	21
一、耐火砖	21
(一) 耐火砖的分类	21
(二) 耐火砖的性质	22
(三) 粘土质耐火砖	30
(四) 硅质耐火砖	34
(五) 其它耐火砖	39
(六) 各种耐火砖的用途	41
二、耐火泥	47
(一) 热硬性耐火泥	47
(二) 气硬性耐火泥	47
(三) 水硬性耐火泥	50
三、耐热混凝土及塑性耐火材料	50

(一) 耐热混凝土及塑性耐火材料的特性	50
(二) 耐热混凝土的种类及性质	54
(三) 塑性耐火材料的种类及性质	56
四、耐火隔热砖	57
(一) 隔热砖	58
(二) 耐火隔热砖	58
(三) 隔热性混凝土	59
(四) 隔热材料的使用	61
五、普通砖及其它材料	66
(一) 普通砖	66
(二) 缸砖及方缸砖	67
(三) 其它材料	67
六、附表	68
(一) 耐火砖相互间的高温反应	68
(二) 耐火材料损坏的原因	69
第三章 砌筑	72
一、水平炉	72
(一) 设计	72
(二) 材料	74
(三) 炉体的砌筑	75
(四) 烘炉准备工作	78
二、小型室式炉 (小焦炉)	78
(一) 设计	78
(二) 材料	81
(三) 炉体的砌筑	83
三、焦炉	86
(一) 设计	86
(二) 材料	93
(三) 砌筑准备工作	95
(四) 炉体的砌筑	96
四、其它的砌筑装置	118
(一) 发生炉	118
(二) 油煤气发生装置	118

(三) 水煤气发生装置及完全气化装置.....	119
(四) 锅炉.....	120
(五) 烟囱.....	120
(六) 圆弧拱的设计.....	121
第四章 干馏煤气	123
一、煤的干馏	123
(一) 概论.....	123
(二) 干馏过程中煤气成分的变化.....	128
(三) 低温干馏与高温干馏各种产品的比较.....	130
(四) 挥发分与总得热量的关系.....	132
(五) 焦化过程及影响焦炭性能的因素.....	133
(六) 干馏所要热量及煤的热传导.....	136
(七) 煤中的氮、硫、磷等在各产品中的分布情况.....	138
二、水平炉	145
(一) 概论.....	145
(二) 构造.....	146
(三) 附属设备.....	160
(四) 烘炉、开工及停炉.....	175
(五) 正常生产及管理.....	179
(六) 实际生产数据及热平衡.....	188
三、炼焦炉	190
(一) 概论.....	190
(二) 炉型及其特征.....	197
(三) 炉体附属设备.....	216
(四) 烘炉.....	238
(五) 炼焦炉的管理.....	254
(六) 生产数据及热平衡.....	270
(七) 停炉及恢复生产.....	272
四、小型室式炉 (小焦炉)	274
(一) 构造.....	274
(二) 附属设备.....	282
(三) 烘炉及开工.....	286
(四) 正常操作及管理.....	289

(五) 生产数据.....	291
五、其它干馏炉	293
(一) 连续式直立炉.....	293
(二) 间歇式直立炉.....	296
第五章 发生炉煤气	301
一、概论	301
(一) 沿革及用途.....	301
(二) 制气概述.....	302
二、制气理论	303
(一) 基本反应.....	303
(二) 炉内反应的分析.....	311
三、发生炉设备	317
(一) 典型的发生炉.....	317
(二) 炉体设备.....	324
(三) 附属设备.....	332
四、原料	340
(一) 焦炭.....	340
(二) 煤.....	343
五、操作	344
(一) 操作因素.....	344
(二) 操作数据.....	350
第六章 水煤气和一氧化碳转化.....	353
一、水煤气概述	353
(一) 发展过程和使用情况.....	353
(二) 工艺过程.....	353
二、水煤气的制气理论	356
(一) 反应原理.....	356
(二) 鼓风阶段的化学反应.....	359
(三) 制气阶段的化学反应.....	362
三、增热水煤气装置.....	366
(一) 发生炉构造.....	366

(二) 增热器和过热器的构造.....	371
(三) 喷油装置.....	374
(四) 洗气箱.....	376
(五) 自动控制装置.....	377
(六) 自动阀.....	378
(七) 内衬砖.....	380
(八) 净化装置.....	381
(九) 安全装置.....	382
四、制气原料	382
(一) 焦炭.....	382
(二) 煤.....	384
(三) 蒸汽.....	385
(四) 增热油.....	385
五、操作	385
(一) 影响发生炉操作的各项因素.....	385
(二) 操作循环.....	392
(三) 增热.....	392
(四) 操作方法.....	402
六、运转结果	408
(一) 运转结果的分析.....	408
(二) 增热水煤气装置的生产情况.....	412
(三) 增热水煤气装置的类型, 生产能力和设备性能.....	412
(四) 热平衡.....	412
七、一氧化碳 (CO) 的转化	420
八、转化理论	423
(一) 反应热.....	423
(二) 平衡常数.....	424
(三) 反应条件对一氧化碳转化率的影响.....	425
(四) 副反应.....	431
九、一氧化碳转化装置与操作方法.....	433
(一) 概述.....	433
(二) 机器设备.....	438
(三) 影响蒸汽回收率的主要因素.....	440
(四) 实际运转情况.....	444

(五) 高压转化法	448
十、催化剂	450
(一) 概述	450
(二) 铁系催化剂	450
(三) 其它的铁系催化剂	455
(四) 其它的催化剂	458
十一、原料气中的有害成分	458
(一) 硫化氢	458
(二) 二硫化碳	460
(三) 有机硫	460
(四) 一氧化氮 (NO) 及其化合物	462
(五) 烃类	464
十二、转化装置的开车及停车	464
(一) 开车	464
(二) 催化剂的取出及停止运动时的处理	465
第七章 油煤气	467
一、概论	467
二、油气化的方法及其原理	469
(一) 热裂法	469
(二) 催化裂化法	471
(三) 部分氧化法	473
(四) 加氢裂化法	475
(五) 其它裂化法	475
三、原料油	475
(一) 影响气化的因素	475
(二) 原料油的选择	483
四、热裂化法的装置 (霍尔式和尤吉爱式)	485
(一) 工艺流程	485
(二) 气化装置	493
(三) 净化及回收	506
(四) 气化	509
(五) 与操作有关的各种因素	511
(六) 运转结果	516

五、其它热裂方法	518
(一) 太平洋海岸法	518
(二) 琼斯新法	521
(三) 塞默特-苏尔未法	524
(四) 波基普斯法	526
(五) 科珀斯法	529
(六) 石油焦球为热载体的蓄热器催化裂化法	530
六、催化裂化法	532
(一) 英国东南煤气局法	532
(二) 翁尼亚-盖奇法	538
(三) 东京瓦斯式	545
(四) 其它催化裂化法	551
七、其它裂化法	556
(一) 部分氧化法	556
(二) 加压气化法	568
(三) 高压加氢法	575

第一章 原 料

一、煤

(一) 成 因

煤是由古代植物转变而来。古代丰茂的植物随地壳变动被埋入地下，经过长期的地热、高压作用，由于纤维素、木质素的脱水腐蚀，产生二氧化碳、甲烷等，则含氧量减少、碳质增加；同时产生化学稳定性强的树脂和蜡（含碳量高的腐殖质）。这样，通过煤化作用成了煤。

泥煤、褐煤和煤的形成可由表 1-1 的分析数据说明。

表1-1 固体燃料组成(%)

种 类 \ 成 分	湿 度	水 分	固定碳	C(干基)	H(干基)	O及其它 (干基)
木 材	30~60	12~20	20	50	6	44
泥 炭	60~80	20~25	30	60	6	34
褐 煤	15~30	7~20	40	70	5	25
烟 煤	2~3	1~2	70	80	5	15
无 烟 煤	2~3	1~2	90	90	3	7

(二) 煤 的 分 类

煤的分类可根据外观、工业分析、元素分析、粘结性、热值等方法进行分类。一般将煤分成泥炭、褐煤、烟煤、无烟煤。按

照煤的用途又可分为锅炉用煤、气化用煤、炼焦用煤、发生炉用煤等。从泥炭到烟煤，碳含量逐渐增加，水分、挥发分、氧量和氢含量逐渐减少(表1-2)。

表1-2 各种煤的成分(%)

种 类 成 分	木材	泥炭	褐 煤	低烟煤	烟 煤	半烟煤	半无烟煤	无烟煤
水 分		56.70	34.55	24.28	3.24	2.03	3.38	2.80
挥 发 分		26.14	35.34	27.63	27.13	14.47	8.47	1.16
固 定 碳		11.17	22.91	44.84	62.52	75.31	76.65	88.21
灰 分		5.99	7.20	3.25	7.11	8.19	11.50	7.83
硫		0.64	1.10	0.36	0.95	2.26	0.63	0.89
氢	6.25	6.33	6.60	6.14	5.24	4.14	3.58	1.89
碳	49.50	21.03	42.40	55.29	78.00	79.97	78.43	84.36
氮	1.10	1.10	0.57	1.07	1.28	1.26	1.00	0.63
氧	43.15	62.91	42.13	33.90	7.47	4.18	4.85	4.40

1. 木 炭

木材经干馏可得木炭。

木炭中氧含量比焦炭高、灰分低，而且不含硫、磷等物，灰分也少，反应性能强。木炭除做家庭燃料外，还可做制造二硫化碳、四氯化碳、炭粉等原料。

2. 泥 炭

泥炭是藓苔、芦苇类草木植物或松、桦等木本植物枯死后堆积的残体，在有水存在的情况下经分解变质而成，呈海绵状或土块状。由于它未经受像煤那样的地压、地热作用，而只是原植物主体——木质素、纤维素的腐烂作用，因此，泥炭的主要成分是腐植酸和腐殖质。根据分解程度、杂质的数量，泥炭还可分为苔质、草质、泥质泥炭。刚开采的泥炭含水量高达70~90%，经大气干燥后含水率可降至20~30%。

要使泥炭做为燃料必须预先进行干燥。通常有自然干燥、压缩干燥等方法。干燥后的泥炭可作为发电厂燃料、制炭原料。

3. 褐 煤

泥炭进一步碳化则形成褐煤。褐煤经大气干燥含水量降至15%左右呈粉状。褐煤中的挥发分比固定碳多，含许多二氧化碳。在煤的挥发分中约含5~10%的二氧化碳，而褐煤则含30~40%的二氧化碳，因此，在烧褐煤对烟气分析时要注意这一点。木质褐煤和炭质褐煤的风化过程是不同的。

木质褐煤易呈薄片剥落。炭质褐煤风化后呈粉状。所以可用筛选来鉴别这两种褐煤。褐煤的水分、灰分较多，吸湿性大，因此热值较低。由于褐煤易风化和粉碎不宜长期贮存。通常做产地附近的小型工业和家庭燃料。若将褐煤经500°C干馏，则可获得3%的焦油、每吨褐煤可得100米³的煤气（4000千卡/米³）和30~40%的低温焦。木质褐煤的低温焦可代替木炭使用。

4. 烟 煤

烟煤的外观呈黑色，并具有致密的组织，含少量可溶于碱的腐植酸。它的氧含量比褐煤少，热值比褐煤高。有的烟煤在加热时能显示出粘结性，有的没有。在煤气工业中大多使用前者，并希望挥发分高。在炼焦工业中则希望挥发分少并具有强的粘结性。没有粘结性的烟煤可做为锅炉燃料、发生炉煤气原料。

5. 无 烟 煤

无烟煤的氧、氢含量较少，碳含量较高，它是炭化作用最深的一个煤种。无烟煤的热值比烟煤略低一些。因它具有致密的金属光泽，故有时又称为亮煤。由于挥发分少，因此不易点燃，但燃烧时不冒烟，往往做为家庭燃料（蜂窝煤、煤球等）、铸造业焦炭的配料和电石的原料等。

(三) 煤 的 分 析

1. 水 分

煤表面夹带的水称为外在水，它随气候条件和开采后的处理方法而异。将煤放在饱和食盐水的恒湿器内，经恒湿后所减少的重量即为外在水。去掉外在水的煤在105°C左右进行干燥后，其

表1-3 几个国家煤气工业用煤的分析 (例)

项 目	水分(%)	挥发分 (%)	固定碳 (%)	灰分(%)	硫分(%)	焦 块 指 数
日本鱼贯无烟煤粉	1.38	11.95	73.85	12.82	0.64	—
日本鹿町粉煤	1.01	17.33	60.49	21.17	0.66	7
美国索维尔煤	1.20	22.10	70.60	6.10	0.64	8.5
苏联塔路煤	2.54	37.59	51.30	8.57	0.40	6
加拿大无烟煤粉	0.53	12.97	78.44	8.06	0.77	—
日本石油焦	0.99	9.68	89.00	0.33	1.19	—

减少的水量叫内在水。此外，还有煤热裂解时生成的化合水，通常对这部分水是不进行测量的。

2. 灰 分

灰分是煤中所含的无机物。煤在 $750 \pm 25^{\circ}\text{C}$ 燃烧后的残留物称为灰分。

煤中的灰分有一次灰分与二次灰分两种。原植物中含有的无机物或与化学反应所生成的无机物为一次灰分。煤中一次灰分分布均匀，清除困难。煤中的一次灰分约为 $1 \sim 3\%$ 。二次灰分是煤在形成过程中或成煤后侵入的无机质。例如黄铁矿、石膏、石灰石、粘土。二次灰分可借选煤的方法加以清除。工业分析时的灰分并不代表煤中无机物的总量，因为在 750°C 燃烧时已有部分无机物分解为氧化物。灰分多少与煤的质量有很大的关系，灰的熔点同样对煤的质量有重要的意义。灰的熔点，是指用三角形熔锥器试验开始变形时的温度。氧化性气氛中的灰熔点比还原性气氛中的灰熔点高 $50 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 。灰分的组成与灰熔点有密切的关系。氧化硅、氧化铝等酸性组分多则熔点高；氧化铁、氧化镁、氧化钙组分多则熔点低。酸性组分与碱性组分之比称为酸性率。酸性

$$\text{率} = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{Fe}_2\text{O}_3}。 \text{日本煤的灰分组成及熔点见表1-4。}$$

表1-4 日本煤的灰分组成及熔点 (例)

煤种	熔点 (°C)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O或 K ₂ O(%)	SO ₃ (%)	$\frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}}$
三池粉	1180	34.18	12.20	9.96	2.87	20.32	1.65	18.84	1.39
好间	1200	39.02	17.81	12.13	0.73	14.71	—	12.32	2.06
松岛	1240	39.02	24.05	8.12	1.72	12.34	3.66	7.86	2.25
内乡	1250	23.38	13.76	16.03	1.52	20.87	5.78	12.46	0.95
砂川	1260	37.49	16.46	9.03	5.53	16.76	3.22	3.93	1.74

3. 挥发分和固定碳

将煤放在铂金钳锅中，在 950°C 温度中加热 7 分钟，减少的重量即为挥发分。挥发分是由化合水分、挥发性成分和热分解生成的挥发成分所组成。除去水分、灰分、挥发分后的重量百分率为固定碳含量。即 $100 - (\text{水分} + \text{灰分} + \text{挥发分})\% = \text{固定碳}$ 。

为方便起见，将除去水分和灰分后的挥发分与固定碳的总和值（所谓纯碳部分）进行比较。煤化程度愈深，挥发分愈少，固定碳愈多。纯煤中的固定碳和挥发分之比为燃料比。它在 0.7 以下为泥煤，0.7~1.0 为褐煤，1.0~1.5 为烟煤，1.5~4.0 为强粘结性煤，4.0 以上为无烟煤。

4. 硫 分

煤中的硫含量约为 0.4~4.0%，其存在形态分为无机硫和有机硫两种。无机硫有硫化铁（主要是黄铁矿）和硫酸盐（主要是石膏）。大部分是硫化铁，在煤中呈细致的结晶，分布不均匀，其比重较大，可在选煤时除去。有机硫是由植物的蛋白质生成的，分布均匀，不易分离。干馏时一部分硫化物变成硫化氢，二硫化碳、噻吩而进入煤气，另一部分盐类则残留在焦炭中。煤在燃烧时，硫化物变成二氧化硫，但小部分硫酸盐变为二氧化硫，大部分残留在灰中。能形成二氧化硫的硫分称为可燃性硫。残留在灰中的称为不燃性硫。

5. 磷

煤中的磷化合物很少，在干馏时几乎全都转移到焦炭中。用焦炭制造乙炔原料电石时，不希望焦炭中含有磷，否则会生成磷化氢 (PH_3)。铸造业用焦炭的磷含量要低于 0.02 %。通常焦炭中的磷约为 0.04 %。目前还没有从煤中除磷的方法，只能是选择含磷少的煤。磷是由植物孢子中带来的，或由外界的磷酸钙、磷酸铝等灰分侵入的。

6. 煤的比重、比热、导热系数、着火温度

煤的真比重大致如下：

褐煤 1.20；次烟煤 1.20~1.30；烟煤 1.25~1.45；无烟煤 1.30~1.80。

煤通常采用体积比重，其范围为 0.75~0.80 吨/米³，混合煤的体积比重，比块煤大一些。无烟煤的比热为 0.22~0.23，烟煤的比热为 0.24~0.26，它随挥发分增加及 C/H 比减少而增加，灰分的比热为 0.16~0.17。煤的导热系数随煤化程度的加深而增加，为 0.12~0.23 千卡/米·小时·度 (80°C)，约为耐火硅的一半。煤的着火温度随煤化程度加深而上升，但应注意，水的含量对其影响很大。着火温度范围如下：

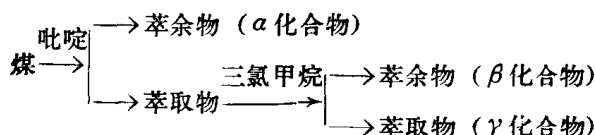
种 类	着火温度(°C)	种 类	着火温度(°C)
木材(硬木)	250~300	褐 煤	250~450
木炭(黑色)	320~370	烟 煤	325~400
木炭(白色)	350~400	无 烟 煤	440~500
泥炭	225~280		

7. 煤的溶剂萃取

煤的溶剂萃取，主要溶剂有乙醇、丙酮、三氯甲烷(氯仿)、四氯化碳、石油醚、苯、吡啶、石碳酸、1, 2, 3, 4—四氢化萘等。

(1) 用吡啶及三氯甲烷溶剂萃取

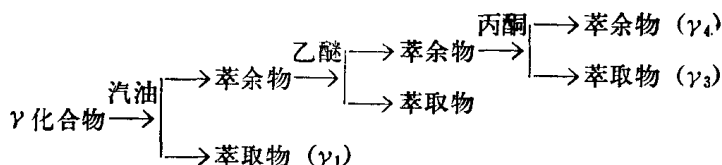
惠勒 (R. V. Wheeler) 将煤用氢氧化钾、酒精等溶剂处理, 分离出可溶组分, 然后再用吡啶和三氯甲烷处理, 把煤分成 α 、 β 、 γ 三种成分。他认为 α 、 β 化合物是纤维素或木质素经煤化作用后所生成的东西, 是煤的主体; γ 化合物是树脂物的煤化生成物, 对煤的粘结性有很大关系。



几种化合物的性质比较

α , β 化合物	γ 化合物
加热后不熔融	加热后易熔融
生成的焦炭呈粉状、无粘结性	生成的焦炭有粘结性
生成焦油少, 焦油中含石碳酸	焦油多, 焦油中不含石碳酸
吸湿性强, 易氧化	不易氧化
干馏气中含较多的 CO , H_2	干馏煤气中含大量饱和烃
由植物的纤维素、木质素变化而来	由植物的树脂质变化而得

在惠勒试验研究的基础上, 科克拉姆 (Cockram) 用汽油和丙酮处理 γ 化合物, 进而分离为 γ_1 、 γ_2 、 γ_3 、 γ_4 化合物, γ_1 为硬质焦炭, γ_2 为硬而略有膨胀性的焦炭, γ_3 、 γ_4 为脆质焦炭。



(2) 用苯萃取

在常压下用苯从煤中萃取各种物质的能力很小, 但在大的压力下显著增加。费息尔将煤放在50大气压和温度288°C的情况下,