

# 公用动力工程

王兆田 主编

彭文彩 主审

## 内 容 提 要

本书共十二章，主要内容包括煤气、氢气、氮气、氧气、蒸气、工业用水空调与制冷、通风与除尘、工业废水废气处理、可燃气体与高压气瓶的安全技术、工业气体分析及工业用电及照明等的基本生产管理、工艺流程、装置简述、质量要求等。

为便于读者自学，本书文字力求通俗、简明，并配有图表及思考题。本书为中级工人技术培训教材，也可作中专、技校、职业学校教材，也可供工程技术人员及管理干部学习、工作参考。

### 公用动力工程

王兆璋 主编

彭文斌 主编

责任编辑：姬楚

电子工业出版社出版（北京海淀区万寿路）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

妙峰山印刷厂印刷

开本：787×1092毫米1/32印张，10.375字数，233千字

1986年8月第一版 1986年8月第一次印刷

印数：1—5500册 定价：2.00元

统一书号：15290·393

## 出版前言

为了加速企业智力开发，提高职工素质，受电子工业部的委托，由中国电子器件工业总公司组织、编写了这套中级技术理论教材，包括：《显象管与其它光电器件》、《电光源与离子器件》、《微波管与发射管》、《电子管与电光源制造工艺》、《真空电子器件测试》、《真空电子器件新材料》、《真空技术》、《公用动力工程》、《电真空玻璃》和《现代班组管理》共十本书。这套书是电真空企业中级技术培训的必修教材，并可供有关中等专业学校、技工学校和职业学校作为教学用书，也可作企业管理干部和工程技术人员学习、工作的参考。

全套书的编审工作，由中国电子器件工业总公司教育处组织成立的“真空电子器件专业中级技术教材编委会”负责。聘请了772厂、774厂、776厂、741厂和4400厂担任主编审工作，并请773厂、777厂、4401厂、杭州电子管厂参加了部分章节的编写。

编委会成员如下：刘大全为主任委员；委员有赵钟祺、陈遥乌、王仁道、徐承浩、王明恕、张省德、盛定、李廷高；李廷高为秘书长；侯文秀、钱云庆为常务秘书。

《公用动力工程》由王兆田主编，彭文彩主审。张本乐同志参加了一些具体工作。

另外，770厂、771厂为最后的审定工作给予了支持、屈亮、段化龙、卢璋、程涛等同志在审定会上提出了宝贵意

见，在此一并致谢。

为了能及时提供企业开展中级技术培训，整个编审过程比较仓促，加之水平有限，错漏之处在所难免，请读者给予批评指正。

真空电子器件专业中级技术教材编委会

# 目 录

第一章	煤气	1
§ 1.1	煤气的分类和质量要求	2
§ 1.2	煤气的原料	5
§ 1.3	煤气的生产	18
§ 1.4	煤气的净化	41
§ 1.5	煤气的燃烧	48
第二章	氢气	59
§ 2.1	氢的性质	59
§ 2.2	氢的用途	61
§ 2.3	制氢方法	63
§ 2.4	水电解制氢原理	64
§ 2.5	水电解工艺流程	70
§ 2.6	水电解设备	74
§ 2.7	氢气纯化	77
第三章	氮气、氧气	92
§ 3.1	深度冷冻法分离制氧的基本原理	92
§ 3.2	深度冷冻法分离制氧的产品	112
§ 3.3	深度冷冻法分离制氧的工艺流程	112
第四章	工业用水及生活用水	113
§ 4.1	工业用水及生活用水	113
§ 4.2	工业用水	122
§ 4.3	循环冷却水	138
第五章	蒸气	143

§ 5.1	水与水蒸气	143
§ 5.2	热的传递	144
§ 5.3	锅炉的水循环	157
§ 5.4	锅炉的参数	159
§ 5.5	锅炉的辅助受热面	162
§ 5.6	锅炉的水质处理	164
§ 5.7	锅炉的安全装置	170
<b>第六章</b>	<b>压缩空气</b>	174
§ 6.1	空气的组成及物理性质	174
§ 6.2	空气的应用及净化	177
§ 6.3	鼓风机及压缩机	179
<b>第七章</b>	<b>空气调节与制冷</b>	187
§ 7.1	空调的基本概念	187
§ 7.2	集中式空调系统	189
§ 7.3	空调用制冷装置	197
§ 7.4	温湿图	208
§ 7.5	超净净化空调工程	220
<b>第八章</b>	<b>通风与除尘</b>	226
§ 8.1	通风与除尘的目的	226
§ 8.2	通风除尘的要求	227
§ 8.3	工业通风的方法	229
§ 8.4	工业通风的检测	237
<b>第九章</b>	<b>工业废水废气处理</b>	240
§ 9.1	工业废水处理	240
§ 9.2	工业废气处理	243
<b>第十章</b>	<b>可燃气体安全技术和高压气瓶的管理</b>	262
§ 10.1	可燃气体的安全技术	262
§ 10.2	高压气瓶的管理	270

第十一章 工业用电及照明	275
§ 11.1 工业用电	275
§ 11.2 工业照明	294
第十二章 工业气体分析	304
§ 12.1 工业气体的分类	304
§ 12.2 工业气体的分析	304
附录 1 某厂动力供应质量标准	320
附录 2 某厂废水排放标准	321
附录 3 我国主要炼油厂重油规格	322
附录 4 我国主要炼油厂渣油规格	324

# 第一章 煤 气

煤气是一种主要的气体燃料。我国利用气体燃料有悠久的历史，早在西周时期就有利用天然气作燃料的记载。但人工煤气在我国制造和使用的历史比较短，1949年新中国诞生时全国只有九个城市有城市煤气厂，而且设备陈旧落后，产量很低。

目前我国煤干馏制气发展很快，并已开始用加压气化炉来制造城市煤气。同时，在冶金、机械、化工等工业中建造了大量的水煤气炉及发生炉，以供燃料气及化工原料气。

随着石油化学工业的发展，从1965年起有些城市已用上了油煤气及液化石油气。近年来我国的燃料制造技术有了很大的提高，气源的领域正在不断拓宽，目前国内正在生产的气源类型很多，如焦炉煤气、直立炭化炉煤气、水煤气、发生炉煤气、油煤气、天然气、矿井气、液化石油气等。城市煤气的供应量日益提高，供应设施也大大改进。

各发达国家的煤气工业大体上经历了以下几个阶段，即从以煤制气为主的阶段，发展到以油制气为主的阶段，随后又发展到以天然气为主的阶段。

自从六十年代以来，天然气在世界燃料构成中所占的比重越来越大，已成为各工业发达国家的城市煤气的主要来源。随着天然气的不断减少，近年来各发达国家又对煤的新气化技术进行了大量的研究，但由于种种原因，到目前



为止，用新技术所制得的煤气还难与天然气及油制气相比。

## §1.1 煤气的分类和质量要求

### 1.1.1 煤气的分类

#### 一、我国煤气的分类

我国煤气的分类尚不统一，本书所涉及的煤气仅按其成因不同分为天然气、人工煤气和液化石油气三类。

##### 1. 天然气

天然气通常分为四种。即从气井开采出来的气田气，或称纯天然气；伴随石油一起开采出来的石油气，称为油田伴生气；含石油轻质馏分的凝析气田气；从井下煤层抽出的煤矿矿井气。

##### 2. 人工煤气

人工煤气根据制气原料和制气方法不同可分为三种。

(1) 固体燃料干馏煤气 利用焦炉、连续式直立炭化炉（又称伍德炉）和立箱炉对煤进行干馏所获得的煤气称为固体燃料干馏煤气。

(2) 固体燃料气化煤气 压力气化煤气、水煤气、发生炉煤气以及用其它固体燃料气化制得的煤气称为固体燃料气化煤气。

(3) 油煤气 利用重油为原料制得的煤气称为油煤气。按制取方法不同可分为重油蓄热催化裂解煤气和重油蓄热裂解煤气两种。

##### 3. 液化石油气

液化石油气是开采和炼制石油过程中的副产品。

## 二、国际煤气的分类

国际煤气工业联盟于1967年第十届国际煤气工业会议推荐将煤气分为三类，而每类又分为几组。

### 1. 第一类煤气

第一类煤气为人工煤气，华白指数为23850~31380千焦耳/标米<sup>3</sup>。它又分为三组。

a组 一般指煤制气、水煤气等热值较低的煤气（即贫煤气）或石油气与空气或贫煤气的混合气体，华白指数为23850~28033千焦耳/标米<sup>3</sup>，燃烧势大于60。

b组 为焦炉气，华白指数为23850~25940千焦耳/标米<sup>3</sup>，燃烧势大于60。

c组 为空气与液化石油气或其它石油气的混合气体，华白指数为24267~27196千焦耳/标米<sup>3</sup>，燃烧势小于60。

### 2. 第二类煤气

第二类煤气主要指天然气，华白指数为41422~57739千焦耳/标米<sup>3</sup>。其分为两组。

H组 为华白指数较高的天然气，其华白指数为48116~57948千焦耳/标米<sup>3</sup>。

L组 为华白指数较低的天然气，其华白指数为41254~47279千焦耳/标米<sup>3</sup>。

### 3. 第三类煤气

第三类煤气的华白指数为77404~92362千焦耳/标米<sup>3</sup>，此类煤气虽然从规定上没有分组，但实际上人们将它分为两组。

商业丁烷 以丁烷为主的混合气体。

商业丙烷 以丙烷为主的混合气体。

## 1.1.2 煤气的质量要求

由于煤气的用途不同，故对煤气的质量要求也不同。各国均有各自的质量标准，下面只介绍我国作为城市燃料用的城市煤气及液化石油气的质量要求。

### 1. 城市煤气的质量要求

根据《城市煤气设计规范》TJ28~78（试行）的规定，城市煤气质量要求如下：

(1) 城市煤气组分的变化应符合下列要求：

- 1) 煤气的华白指数波动范围一般不超过 $\pm 5\%$ 。
- 2) 煤气燃烧性能的其他参数指标应与用气设备燃烧性能的要求相互适应。

3) 煤气应具有可以察觉的臭味，无臭的煤气应加臭，其加臭程度应符合下列要求：

有毒煤气在达到允许的有害浓度之前应能察觉；

无毒煤气在相当于爆炸下限20%的浓度时应能察觉。

若用人工煤气作为城市煤气时，则人工煤气应符合下列要求：

1) 低热值大于14644千焦耳/标米<sup>3</sup>。

2) 含氧量小于1%（体积比）。

3) 杂质允许含量（毫克/标米<sup>3</sup>）：

焦油及灰尘小于10；

硫化氢小于20；

氨小于50；

萘含量在冬季时小于50，在夏季时小于100（萘含量的数字只适用于低压输送的城市煤气）。

## 2. 液化石油气的质量要求

石油工业部为了加强对液化石油气生产的管理，对液化石油气的质量标准作了如下统一规定：

- 1)  $C_1 + C_2$  (体积%) 小于 3 (用色谱法测定)。
- 2)  $C_5$  以上 (体积%) 小于 5 (用色谱法测定)。
- 3)  $H_2S$  (毫克/米<sup>3</sup>) 小于 20 (用醋酸铅沉析法测定)。
- 4) 总硫分 (毫克/米<sup>3</sup>) 小于 400。

## §1.2 煤气的原料

### 1.2.1 煤

#### 一、煤的形成

煤是由古代植物转化而来，古代繁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，产生了二氧化碳、甲烷等，故含氧量减少，碳质增加，同时产生化学稳定性强的树脂和腊（含碳量高的腐植质），这样，通过煤化作用成了煤。

#### 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、低烟煤、烟煤、半烟煤、半无烟煤及无烟煤。从泥炭到无烟煤，碳含量逐渐增加，水分、挥发分、氧和氢含量逐渐减少，各种煤的成分如表1.1所示。

##### 1. 泥炭

泥炭是鲜苔、芦苇类草本植物枯死后堆积的残体，在有

表 1.1 各种煤的组成(%)表

种 类 成 分	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
固定炭	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	6.33	6.60	6.14	5.24	4.14	3.58	1.89
碳	21.03	42.40	55.29	78.00	79.97	78.43	84.36
氮	1.10	0.57	1.07	1.28	1.26	1.00	0.63
氧	62.91	42.13	33.90	7.47	4.18	4.85	4.40

水存在的情况下分解变质而成。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、纤维素的腐烂作用所致呈海绵状或土块状。因此，泥炭的主要成分是腐植酸和腐植质。

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%，经干燥后的泥炭可作为发电厂燃料。

## 2. 褐煤

泥炭进一步炭化则成褐煤。褐煤经大气干燥，含水量降至15%左右，呈粉状。褐煤的挥发分比固定炭多，含有多达30~40%的二氧化碳。

木质褐煤与炭质褐煤的风化过程不同，木质褐煤呈薄片剥落，炭质褐煤风化后呈粉状。褐煤的水分、灰分较多，吸湿性大，因此热值较低，因为褐煤易分化，故只能作产地附近小型工业及家庭燃料使用。

## 3. 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出粘结性，有的则无。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作为锅炉燃料及发生炉煤气的原料。

#### 4. 无烟煤

无烟煤的氧、氢含量较少，炭含量较高，它是炭化作用最深的一种煤。无烟煤的热值比烟煤略低一些，因为它具有致密的金属光泽，故有时又称为亮煤。由于它的挥发分少，因此不易点燃，但燃烧时不冒烟，故可为家庭燃料及水煤气制造等燃料。

### 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温器内，经恒温后所减少的重量即为外在水。去掉外在水的煤在 $105^{\circ}\text{C}$ 左右进行干燥后，其减少的水量叫内在水。此外，还有煤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。煤中的灰分分一次灰与二次灰两种。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。煤中一次灰分布均匀，清除困难，通常一次灰的含量约为 $1 \sim 3\%$ 。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、粘土等，二次灰分可借选煤的方法加以清除。工业分析的灰分并不代表煤中无机物的总

量，因为在750℃燃烧时已有部分无机物分解为氧化物。灰分的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在还原性气氛中的灰熔点高50~120℃。灰分的成分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、氧化钙碱性组分多，则熔点低。酸性组分与碱性组分之比称为酸性率。

$$\text{酸性率} = (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{CaO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

### 3. 挥发分和固定炭

将煤放在铂金坩锅中，在950℃温度加热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炭含量。即 $100 - (\text{水分} + \text{灰分} + \text{挥发分}) = \text{固定炭}$

为了方便起见，将除去水分和灰分后的挥发分与固定炭的总和值（所谓纯炭部分）进行比较，煤化程度愈深，挥发分愈少，固定炭愈多。纯煤中的固定炭和挥发分之比为燃料比。它在0.7以下为泥炭，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

煤中的含硫量约为0.4~4.0%，其存在的形态分为无机硫和有机硫。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，小部分硫

酸盐也变成二氧化硫，大部分硫酸盐残留在灰中。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. 煤的比重、比热、导热系数及着火温度

各种煤的真比重大致为：烟煤1.25~1.45；无烟煤1.30~1.80；褐煤1.20。煤通常采用体积比重，其范围为0.75~0.80吨/米<sup>3</sup>，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，一般为0.14~0.26瓦/米·开（80℃）。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，各种煤的着火温度范围如下：

- 泥炭 225~280℃；
- 褐煤 250~450℃；
- 烟煤 325~400℃；
- 无烟煤 440~500℃。

## 四、煤的组成

表 1.2 我国各主要煤矿煤的成分

燃 料	阳泉	鹤岗	焦作①	焦作②	铜川①	铜川②	大同	抚顺	淮南
水分%	4.17	2.79	8.39	4.32	0.85	1.02	2.28	3.5	4.6
灰分%	8.53	19.43	17.18	19.13	17.44	17.01	4.67	7.56	17.77
固定炭%	80.48	64.86	73.86	70.55	70.81	67.98	78.04		65.28
发热量(千焦耳/千克)	31150	26418	26531	26108	28397	29075	30828	29121	27284
挥发分%	7.32							~40	
挥发可燃基	8.39	35.22	6.81	5.62	13.76	15.58	29.59		28.01



表 1.3 我国主要煤种的气化指标

煤种	粒度 (毫米)	工业分析				气化指标			
		入炉煤水分 (%)	灰分 (%)	挥发分 (%)	热值 (千焦耳/ 千克)	气化强度 (千克/ 米 <sup>2</sup> ·时)	干煤气产率 (标米 <sup>3</sup> / 千克)	煤气热值 (千焦耳/ 标米 <sup>3</sup> )	灰渣含炭率 (%)
大同煤	13~50	5~5.5	5~8	28~30	~29288	300~350	3.3~3.5	5648	<12
阜新煤	13~50	5~8	11~12	35~40	~25104	300~350	2.6~2.9	5648	<12
抚顺煤	13~50	4~7	8~11	~45	~27196	280~320	2.8~3.0	5648	<12
淮南煤	13~50	4~6	18~20	30~35	~25104	270~300	2.8~3.0	5523	<13
鹤岗煤	13~50	3~6	~20	35	~24267	270~300	2.7~3.0	5523	<13
辽源煤	13~50	3~10	18~22	43	~23012	230~260	~2.5	5230	<15
焦作煤	13~50	3~5	20~22	5~7	~25104	200~280	~3.5	5021	<15
阳泉煤	13~50	3~5	~23	8~9.5	~25104	180~220	~3.3	5021	<15
无烟煤	13~50	4	12~25	~1.0	~25104	200~250	~3.5	5021	<12
煤气	10~40	15	25	4	~23430	230~260	2.6~2.8	5021	<15