

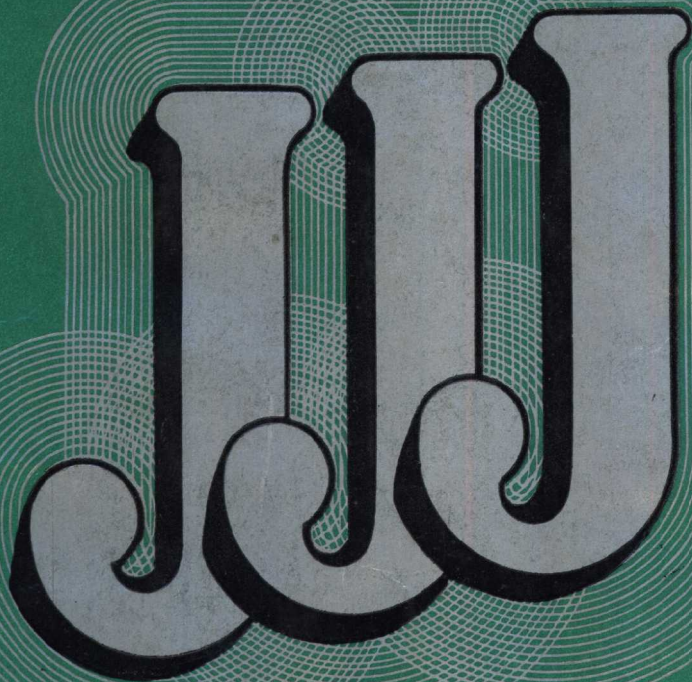
国家机械工业委员会统编

# 发生炉煤气生产原理

(初级煤气工适用)

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

机械工人技术理论培训教材

# 发生炉煤气生产原理

(初级煤气工适用)

国家机械工业委员会统编



机械工业出版社

本书共分十二章。简述了有关的基础知识。详细叙述了煤的生成过程及其物理化学性质和煤气生产原理。着重介绍了发生炉煤气的生产操作、影响气化因素及事故处理。同时对煤气发生炉的设备结构、维护保养、安全知识、煤炭化验分析和测量仪表等也作了扼要介绍。

本书是机械工业部门及其他工业初级煤气工的技术理论培训教材,也可供煤气专业工程技术人员及大专院校师生参考。

本书由东北煤气化设计研究所王惠忠、颜桂荣,沈阳华光灯泡厂蒋新华编写;沈阳煤气总公司刘思诚,辽宁省石油化工规划设计院贾崇珍,沈阳煤气总公司徐文彦审稿。

## 发生炉煤气生产原理

(初级煤气工适用)

国家机械工业委员会统编

★

责任编辑:崔世荣 版式设计:张世琴

封面设计:林胜利 方 芬 责任校对:陈 松

★

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·新华书店经销

★

开本  $787 \times 1092 \frac{1}{32}$  · 印张  $10 \frac{5}{8}$  · 字数 233 千字

1988 年 12 月北京第一版·1988 年 12 月北京第一次印刷

印数 0,001—9,500 · 定价:3.65 元

★

ISBN 7-111-01173-2/TU·6

## 前 言

1981年,原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》,确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此,组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲(试行)》,编写了相应的教材,有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作,初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况,取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准(通用部分)》进行了全面修订,原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求,而且缺少高级部分;编写的教材,由于时间仓促、经验不足,在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此,原机械工业部根据新《标准》,重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》(初、中、高级),于1987年3月由国家机械工业委员会颁发,并根据培训计划、大纲的要求,编写了配套教材149种。

这套新教材的编写,体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神,坚持了文化课为技术基础课服务,技术基础课为专业课服务,专业课为提高操作技能和解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上,力求以基本概念和原理为主,突出针对性和实用性,着重讲授基本

#### IV

知识，注重能力的培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂、长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了 200 多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易；教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教和学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善，更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会  
技工培训教材编审组

1987年11月

## 本教材适用于初级煤气工

### 本工种需学习下列课程

**初级：**机械识图、钳工常识、电工常识、发生炉煤气生产原理（初级煤气工适用）

**中级：**发生炉煤气生产原理（中级煤气工适用）

**高级：**发生炉煤气生产原理（高级煤气工适用）

为便于企业开展培训，国家机械工业委员会教育局和机械工业出版社还组织编写出版了与以上教材配套的习题集，并摄制出版了机械识图、电工常识两门课的电视教学录像片。

# 目 录

## 前言

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 第一章 基础知识 .....                                 | 1  |
| 第一节 物质构成 .....                                 | 1  |
| 第二节 物质体积与浓度 .....                              | 3  |
| 第三节 原子、分子量、化合价 .....                           | 11 |
| 第四节 溶解热、反应热 .....                              | 15 |
| 第五节 化学反应与平衡 .....                              | 20 |
| 第六节 温度、压力、流速、流量 .....                          | 22 |
| 第七节 发热量(热值) .....                              | 24 |
| 第八节 湿度和粘度 .....                                | 25 |
| 第九节 容积、质量、重力、密度 .....                          | 26 |
| 第十节 比容、比热、潜热 .....                             | 28 |
| 第十一节 相对密度、真比重、视比重、堆积比重、闪点、<br>燃点及煤气的物理特性 ..... | 28 |
| 复习题 .....                                      | 31 |
| 第二章 煤的物理化学性质 .....                             | 32 |
| 第一节 煤的成因 .....                                 | 32 |
| 第二节 煤的种类及分类 .....                              | 38 |
| 第三节 煤的物理性质 .....                               | 44 |
| 第四节 煤的化学组成及结构 .....                            | 67 |
| 第五节 煤的化学性质 .....                               | 76 |
| 第六节 煤的工业分析 .....                               | 78 |
| 第七节 煤的元素分析 .....                               | 88 |
| 第八节 煤质分析基准换算及我国主要煤的煤质分析数据 .....                | 93 |
| 复习题 .....                                      | 98 |

# VI

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第三章 煤炭气化                   | 99  |
| 第一节 煤气化基本概念                | 99  |
| 第二节 化学反应平衡                 | 101 |
| 第三节 化学反应速度                 | 105 |
| 第四节 煤气化原理                  | 108 |
| 第五节 煤气站的煤气生产能力和煤气质量的主要影响因素 | 115 |
| 复习题                        | 120 |
| 第四章 发生炉煤气生产工艺              | 122 |
| 第一节 发生炉煤气分类                | 122 |
| 第二节 发生炉煤气生产的工艺流程           | 131 |
| 第三节 煤气发生炉生产的工艺参数           | 137 |
| 第四节 发生炉煤气的应用               | 139 |
| 复习题                        | 141 |
| 第五章 煤气发生炉的生产操作             | 143 |
| 第一节 煤气发生炉开工操作              | 143 |
| 第二节 煤气发生炉的正常操作             | 145 |
| 第三节 煤气发生炉操作的调整             | 151 |
| 第四节 煤气发生炉的热备               | 156 |
| 第五节 煤气发生炉的停炉               | 158 |
| 第六节 煤气发生炉的异常现象及处理          | 159 |
| 第七节 煤气发生炉的故障及事故处理          | 164 |
| 复习题                        | 168 |
| 第六章 煤气发生炉控制分析              | 169 |
| 第一节 煤气特性                   | 169 |
| 第二节 炉前控制分析概述               | 170 |
| 第三节 煤的筛分分析                 | 171 |
| 第四节 煤气分析                   | 173 |
| 第五节 灰渣残碳量的测定               | 177 |



|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第六节 煤气发生站用水分析 .....      | 178 |
| 复习题 .....                | 182 |
| 第七章 煤气发生站技术经济指标 .....    | 183 |
| 第一节 煤气发生炉气化强度 .....      | 183 |
| 第二节 煤气发生炉单炉生产能力 .....    | 184 |
| 第三节 煤气温度、压力、质量和热值 .....  | 189 |
| 第四节 灰渣残碳量、煤尘量及气化效率 ..... | 192 |
| 第五节 煤气发生炉的热效率 .....      | 200 |
| 第六节 煤气发生站的经济指标 .....     | 203 |
| 复习题 .....                | 206 |
| 第八章 煤气发生炉及辅助设备 .....     | 208 |
| 第一节 煤气发生炉类型及特性 .....     | 208 |
| 第二节 固定床煤气发生炉的构造 .....    | 214 |
| 第三节 煤气发生炉的附属设备 .....     | 243 |
| 第四节 煤气发生炉的辅助设备 .....     | 247 |
| 复习题 .....                | 265 |
| 第九章 煤气发生站设备维护 .....      | 266 |
| 第一节 煤气发生炉及辅助设备的维修 .....  | 266 |
| 第二节 煤气发生炉及辅助设备的润滑 .....  | 271 |
| 复习题 .....                | 273 |
| 第十章 煤气发生站的安全知识 .....     | 274 |
| 第一节 煤气发生站的安全生产内容 .....   | 274 |
| 第二节 煤气中毒及预防 .....        | 275 |
| 第三节 煤气爆炸及防爆 .....        | 281 |
| 第四节 煤气火灾及预防 .....        | 289 |
| 复习题 .....                | 291 |
| 第十一章 煤气发生站的常用仪表 .....    | 292 |
| 第一节 温度仪表 .....           | 292 |
| 第二节 压力仪表 .....           | 297 |

## VI

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第三节 流量仪表 .....        | 301 |
| 第四节 液位仪表 .....        | 306 |
| 复习题 .....             | 307 |
| 第十二章 煤气发生站的管网设备 ..... | 308 |
| 第一节 煤气管网及煤气贮罐 .....   | 308 |
| 第二节 煤气管道的附件 .....     | 317 |
| 第三节 煤气管道的常用阀门 .....   | 322 |
| 复习题 .....             | 329 |

# 第一章 基础知识

## 第一节 物质构成

### 一、物质

目前世界上已发现的元素有 107 种。这些元素的原子按照一定的组成和结构形成了数百万种物质。这些物质构成了我们周围的世界。那么，什么是物质呢？凡是客观上存在的一切东西，无论是能够被我们直接感觉到的，还是不能直接感觉到的；现在已经认识了的，或还没有认识到的，都称之为物质。例如：水、食、盐、粮食、化肥、煤气、农药、煤、钢铁、石油、塑料、细菌等等。物质通常呈三种状态：气态、液态、固态。

### 二、物质变化

世界上的物质，都永远处于无休止的运动和变化状态，但有些物质的变化，仅仅是外表形态发生了变化，并不变成别的或新的物质。例如：水蒸发变成水蒸气，水冷冻变成冰，水、水蒸气和冰是同一种物质的三态变化，像这样，物质只发生外形或状态的改变，不变成别的或新的物质的变化叫做物理变化。

在物质的另外一些变化中，不仅物质的外形和状态发生了变化，而且物质的本身也发生了变化，变成了新的物质。例如：铁在空气中缓慢氧化成铁锈，铁是金属，铁锈是金属氧化物，这是两种性质不同的物质。又如：煤燃烧后生成燃烧气（指废气）、二氧化碳和水蒸气及灰。煤、燃烧气、二氧

化碳和灰也是不同种物质。即：物质发生变化后，生成新物质的变化，叫化学变化，也叫化学反应。

有些物质的性质，只是当物质在一定条件下发生化学变化变成新物质的时候才表现出来。例如：铁的生锈是在铁变成铁锈的化学变化过程里才表现出来的，煤炭的可燃性是在煤炭燃烧时产生新物质（主要是二氧化碳和水蒸气）的过程里表现出来的。象这类只有在发生化学变化时才表现出来的物质的性质，叫做化学性质。

但是，也有一些物质的性质，例如上面所讲的颜色、味道、气味以及状态（固态、气态和液态）、密度、沸点、熔点等，并不需要使物质变成新物质就能认识，物质的这类性质，叫做物理性质。

### 三、物质的构成

物质是由许许多多肉眼看不见的微粒组成的。构成物质的微粒虽然有多种，但绝大多数物质都是由分子构成的。分子是保持物质化学性质的最小微粒。分子有四个特征：

第一，分子很小，在一滴水里大约就有  $1.5 \times 10^{21}$  个水分子。

第二，分子虽然很小，但仍保持着原有物质的化学性质。例如，砂糖的分子仍保持砂糖的化学性质。

第三，构成物质的分子并不是静止不动的，而是处于不断运动状态。为什么泼在地板上的水，不久就会干了呢？就是由于构成水的分子是在运动着的（在一定条件下，运动加剧），逐渐蒸发到空气中去了。

第四，在物体里，分子之间有一定的间隔，气体分子间间隔最大，液体和固体里分子之间也存在着一定间隔。分子由更小的微粒原子组成。在化学反应里，分子可以分成原子，

而原子却不能再分。原子是化学反应中的最基本微粒。由相同分子构成的物质，叫做纯净物。如：氧气是由氧分子构成，纯净的水是由相同的水分子构成的，所以氧气、纯净的水就是纯净物。由不同分子构成的物质，叫做混合物。例如，煤气是由  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{N}_2$  等分子组成的，煤气就是混合物。大多数物质是由分子构成的，但也有一些物质是由原子直接构成的，如各种稀有气体、许多金属和某些固态的非金属（碳、硅等）。

## 第二节 物质体积与浓度

物质呈气、液、固三种基本状态，常称物质三态。这是由于原子和分子的聚集状态不同而形成的。物质分子之间，间距大的物质呈气态，间距小的物质呈液态或固态。一般，气体常用体积表示，液体常用浓度表示，固体常用质量表示。

### 一、气体的性质

1. 气体的可压缩性 气体分子间具有很大空隙，它表明了气体的可压缩性。一般来说，液体蒸发变成气体，它的体积扩大到 1000 倍以上。例如， $1\text{mol}$  水在  $100^\circ\text{C}$  时的体积约为  $18.8\text{cm}^3$ ，沸腾变成蒸汽时，在压力  $0.1\text{MPa}$  下就变成约  $30.1\text{L}$ ，体积扩大到约 1600 倍。

2. 气体的膨胀性 如果不受外力作用，气体会无限膨胀。因为气体的分子是自由运动的，气体分子的运动速度（平均值），是随分子量和温度变化的。

3. 气体的压力与体积的关系 气体的压力与体积之间存在一定关系。当温度一定时，一定量的气体压力  $P$  与体积  $V$  成反比；

$$PV = \text{常数}$$

$$(1-1)$$

式中  $P$ ——气体压力 (Pa);

$V$ ——气体体积 ( $\text{m}^3$ )。

若温度保持一定, 使体积为  $V_1$  的气体的压力由  $P_1$  变到  $P_2$ , 由式 (1-1) 可得出:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (1-2)$$

假如现有两种气体分子, 一种气体分子记为  $A$ , 另一种记为  $B$ , 那么,  $A$  与  $B$  两种分子混合后的气体总压力与每种分子的分压关系为:

设温度为  $TK$  时,  $A$  占有  $V$  升体积时的压力为  $P_A$ ,  $B$  占有  $V$  升体积时的压力为  $P_B$ 。将同量气体  $A$  和  $B$  放入体积为  $V$  升的容器内时, 混合气体的压力  $P$  就等于  $P_A$  和  $P_B$  之和。用公式表示为:

$$P = P_A + P_B \quad (1-3)$$

式中  $P$ ——混合气体总压 (Pa);

$P_A$ —— $A$  气体分压 (Pa);

$P_B$ —— $B$  气体分压 (Pa)。

上述公式即为分压定律。

4. 温度对气体压力的影响 将密闭容器中的气体加热时, 气体由于受热其分子运动速度增加, 所以分子与器壁碰撞的次数增加。当体积一定时, 温度每升高  $1^\circ\text{C}$ , 气体的压力就增加  $0^\circ\text{C}$  时压力的  $\frac{1}{273}$ 。其增加率与气体的种类无关。也就是说, 在体积一定的条件下,  $t^\circ\text{C}$  时的压力  $P$  和  $0^\circ\text{C}$  时的压力  $P_0$  之间有如下关系:

$$P = P_0 \left( 1 + \frac{t}{273} \right) = P_0 \frac{273 + t}{273} \quad (1-4)$$

由式 (1-4) 可知, 在  $t = -273^\circ\text{C}$  时, 气体的压力  $P$  为 0, 即意味着分子运动停止了。因此把  $-273^\circ\text{C}$  作为零点的

温标上的温度，其温标上的一度与摄氏温标上的一度大小正好相等，这种温度叫做热力学温度符号为  $T$ ，单位为 K。故热力学温度单位 K（开尔文）是水的三相点热力学温度的  $1/273$ 。

用热力学温度  $T$  表示式 (1-4)，则：

$$P = \frac{P_0}{T_0} T \quad (1-5)$$

因为  $P_0$ 、 $T_0$  是一定的值，所以一定体积的气体压力  $P$  与温度  $T$  成正比。

5. 气体压力、体积与温度的关系 根据式 (1-5)，如果气体体积  $V$  一定时，则压力  $P$  与绝对温度  $T$  成正比。另一方面，如果温度  $T$  一定时，则  $PV$  之积一定。因此  $PV$  之积与绝对温度  $T$  成正比。即：

$$PV \propto T$$

设比例常数为  $k'$ ，则可写成：

$$PV = k' T \quad (1-6)$$

式 (1-6) 也可写成  $\frac{PV}{T} = k'$ ， $\frac{PV}{T}$  的值不因温度压力的条件而变，为一定值，即设温度  $T_1$  的值为  $P_1$ 、 $V_1$ ，温度  $T_2$  的值为  $P_2$ 、 $V_2$ ，则得

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{常数} \quad (1-7)$$

6. 气体状态方程式 在  $0^\circ\text{C}$ 、 $0.1\text{MPa}$  的状态下（标准状态）， $1\text{mol}$  气体的体积与气体种类无关，都是  $22.4\text{L}$ 。据此，求对于  $1\text{mol}$  气体的比例常数  $k'$  值。

$$k' = \frac{1 \times 22.4}{273} = 0.00821 \text{ MPa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$$

此值与气体种类无关，称为气体常数。一般用  $R$  表示，

$$R = 0.00821 \text{ MPa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol}) = 8.31 \text{ J} / (\text{K} \cdot \text{mol}).$$

一般来说, 温度为  $T$ 、压力为  $P$  时, 与  $n \text{ mol}$  气体的体积  $V$  之间关系为:

$$PV = nRT \quad (1-8)$$

式 (1-8) 称为气体状态方程式。

用气体状态方程式可以求出分子量。设气体的质量为  $W$ , 分子量为  $M$ , 则这个气体的物质的量  $n = \frac{W}{M} (\text{mol})$ , 把它代入式 (1-8), 分子量  $M = \frac{W}{PV} RT$ 。因此, 测定  $W$ 、 $P$ 、 $V$ 、 $T$  就可求出分子量。

但是, 气体状态方程式只适用于分子间完全没有作用力, 以及不考虑分子体积的理想气体情况。而实际存在的气体在相同的温度压力下, 含有同数分子的气体体积, 因气体的种类不同而多少有所差别。但是对于在常温以上、 $7 \text{ MPa}$  以下的气体, 按理想气体状态方程式大约有  $1\%$  以下误差。所以在这个范围内, 可以把这些气体近似地看作理想气体。

## 二、固体的结构和性质

固体物质可以分为晶体物质和非晶体物质。

晶体是由几个分子、原子或离子为构成单位的结晶格子所堆积起来的。晶体具有热膨胀、导电、硬度等物理性质, 其化学反应均为各向异性。非晶体物质与此相反, 表现为各向同性, 如玻璃等。

金属晶体 (原子晶体): 是由同种原子构成的, 无论是固态或液态都能导电, 并且容易变形, 所以能压延成薄板或拔制成金属丝。

离子晶体: 离子晶体不能从晶格结点的位置上移动。处于固体状态时不导电, 如果熔融或溶于水中, 离子能够自由



运动，就能导电了。离子晶体硬而脆，外力能使其破坏。

分子晶体：因为构成晶体的分子本身是中性的，所以即使熔融或者溶于水（如蔗糖）也不导电，其沸点、熔点等一般也比金属晶体和离子晶体低。分子间结合力较共价键、离子键、金属键弱，因此分子晶体较柔软。

共价键晶体：也是硬而难于变形。例如金刚石，由一个碳原子构成的4个共价键，相互之间保持 $109^{\circ}28'$ 这样一种固定的角度，要使晶体变形，必须改变角度，然而要加很大的能量才能使C-C键断裂。因此，由共价键构成的晶体（如金刚石等）一般不易变形。

### 三、溶液的浓度

在科学研究和实际生产中，经常要用到或配制浓度不同的溶液。溶液的浓度，决定于溶质的量和所成溶液的量，对于一定量的溶液来说，它里面所含溶质的量越多，溶液浓度就越高；对一定量的溶质来说，它溶解后所成溶液的量越多，溶液浓度就越低。由此可见，当溶液的量一定时，溶液的浓度和溶液中所含溶质的量成正比；当溶质的量一定时，溶液的浓度和溶液的量成反比。

溶液浓度的表示方法，常用的有百分比浓度、摩尔浓度和ppm浓度。

1. 百分比浓度 溶质的量对100份溶液的量的比，叫做百分比浓度。百分比浓度的符号是%。有三种百分比浓度：质量百分比浓度、体积百分比浓度和质量-体积百分比浓度。

（1）质量百分比浓度 质量百分比浓度是溶质的质量对100份溶液的质量的比。即：

$$\text{质量百分比浓度}(\%) = \frac{\text{溶质的质量}}{\text{溶液的质量}} \times 100\%$$