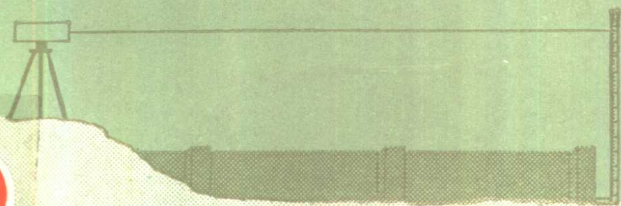


# 燃气输配应用工人读本

黎光华 王民生 程佩文 编



中国建筑工业出版社

# 燃气输配应用工人读本

黎光华 王民生 程佩文 编

中国建设工业出版社

本书是根据原国家城市建设总局颁布的《城市煤气、热力工人技术等级标准》(试行)编写的。考虑到目前广大工人读者的文化水平,本书首先概述了中学所学的理化知识,并扼要介绍了燃气基本性质、燃气流动与燃烧原理、城市用气规律。在此基础上,进一步围绕城市燃气管网、储配站、调压计量室、室内供气系统与应用技术等环节,较系统地叙述了燃气输配应用工人必备的专业基础知识与基本操作技能。全书力求理论联系实际,通俗易懂。

本书适合具有初中文化水平的2~4级燃气输配应用工人阅读,亦可供燃气管理人员、各种燃气工业用户、有关中专学校师生参考。

## 燃气输配应用工人读本

黎光华 王民生 程佩文 编

\*

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(北京阜外南礼士路)

\*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 14½ 字数: 326千字

1984年11月第一版 1986年8月第二次印刷

印数: 5,701—14,200册 定价: 2.20元

统一书号: 15040·4651

## 前 言

为了切实贯彻国家《关于加强职工教育工作决定》的精神，做好对各级工人的技术培训工作，进一步提高城市燃气工人队伍的素质，我们依据原国家城市建设总局颁布的《城市煤气、热力工人技术等级标准》（试行），编写了这本工人读物。

考虑到目前广大工人读者的文化水平，本书首先概述了中学所学的物理、化学知识，并扼要介绍了燃气基本性质、燃气输配一般原理和城市用气规律。在此基础上，进一步围绕城市燃气管网、储配站、调压计量室、室内管道与应用技术等环节，较系统地叙述了燃气输配应用工人必备的专业基础知识与基本操作技能。全书力求简明扼要、通俗易懂、理论联系实际。本书适合具有初中文化水平的2~4级燃气输配应用工人阅读，亦可供燃气供应管理人员与有关中专学校师生参考。

本书编写人员有：黎光华（第一、三、六章）、王民生（第二章）、程佩文（第四、五章），黎光华任主编。在编写过程中，承蒙各地煤气公司，有关院校和设计院等企事业单位的大力协助，在此谨致谢意。

由于编者水平所限，书中必有不少缺点和错误，恳请读者不吝指正。

# 目 录

第一章 基本知识 .....	1
第一节 物理化学基础 .....	1
第二节 燃气的基本性质 .....	17
第三节 燃气输配一般原理 .....	42
第四节 燃气用户与用气量 .....	54
第二章 城市燃气管网系统 .....	74
第一节 城市燃气管网的分类与构成 .....	74
第二节 燃气管道与附属设备 .....	89
第三节 燃气管道的防腐 .....	116
第四节 城市燃气管网的敷设 .....	125
第五节 燃气管网系统的运行管理 .....	139
第六节 带气接线工程 .....	149
第三章 燃气的压送与储存 .....	159
第一节 压缩机 .....	159
第二节 贮气罐 .....	176
第三节 储配站 .....	199
第四章 压力调节与计量 .....	229
第一节 调压器 .....	229
第二节 调压室 .....	246
第三节 调压室的安装、验收与启动运行 .....	256
第四节 调压室的维护管理 .....	258
第五节 故障处理 .....	260
第六节 计量 .....	264

第五章	室内燃气供应系统 .....	274
第一节	布置与计算 .....	274
第二节	安装、验收与充气 .....	300
第三节	检修与故障处理 .....	306
第六章	燃气应用技术 .....	312
第一节	燃烧及燃烧器 .....	312
第二节	生活燃气用具 .....	354
第三节	工业炉 .....	388
第四节	安全技术与运行管理 .....	412
附录	.....	443
参考文献	.....	459

# 第一章 基本知识

## 第一节 物理化学基础

### 一、化学概念

#### (一) 物质的构成

十八至十九世纪，欧洲许多科学家提出了物质构成的学说，即原子—分子论。这一理论为现代应用化学和化学工业的发展奠定了基础。

原子—分子论的基本观点是：

1. 物质是由分子组成的。分子是物质能够独立存在的最小微粒，它保持着该物质的组成和一切化学性质。同一物质分子性质相同，不同的物质分子性质不同。

2. 分子是由原子组成的。原子是在化学反应中不能再分割的最小微粒。同种原子的化学性质相同。

3. 原子和分子都处于不停的运动状态中。

#### (二) 元素、单质和化合物、混合物

1. 元素。原子的种类繁多，不同种类的原子具有不同的质量和化学性质。元素就是同种原子的总称。例如，二氧化碳、一氧化碳和氧气的分子里都含有氧原子，不论这些分子里含有氧原子的个数的多少，都可以说，它们的分子里含有氧元素。目前已知的元素有103种。

2. 单质和化合物。单质和化合物的分子都是由原子组成

的。由同种元素的原子组成的物质叫单质；例如，氮就是由两个氮原子组成的单质，用分子式表示为：“ $N_2$ ”。由不同种元素的原子组成的物质叫化合物；例如，甲烷就是由1个碳原子和4个氢原子组成的化合物，用分子式表示为：“ $CH_4$ ”。

3. 混合物。在混合物里至少含有两种不同物质的分子。例如，天然气就是由甲烷、重碳氢化合物、氮等不同物质的分子组成的混合物。这些不同的分子，在常态下相互之间不起化学反应，各自都保持它原有的化学性质。

### (三) 原子量和分子量

原子与分子都有一定的质量。在化学中规定以氧原子质量的 $\frac{1}{16}$ 作为测定其它原子、分子质量的基本单位—氧单位。

用氧单位来表示某元素的一个原子的质量，在化学上称为原子量。

分子是由原子构成的。已知一种物质的分子组成（分子式），则组成这个分子的所有原子的原子量之总和，就是该物质的分子量。因此，分子量是用氧单位来表示某物质的一个分子的质量。例如甲烷（ $CH_4$ ），其中碳的原子量为12，氢的原子量为1，则其分子量为 $12 \times 1 + 1 \times 4 = 16$ （氧单位）。通常，表示原子量和分子量的数字后面不必注明单位。

各种元素的原子量参见附录1。

### (四) 化学基本定律

1. 物质不灭定律。由于分子和原子不停地运动，自然界就处处在发生着一系列的物理和化学变化。

在物理变化中，物质内部的分子没有被破坏，所以物质的化学组成和化学性质仍保持不变。但是，由于某种因素，



物质的状态可能发生变化。例如，水是由氢和氧原子组成的，把它降温至  $0^{\circ}\text{C}$  以下，则变成固态的冰；把它升温至  $100^{\circ}\text{C}$  以上，则变成水蒸气。然而，它们的化学组成和性质均不变，状态变化前后总的质量也相等。

在化学变化中，反应物质的分子受到破坏，重新组成了新物质的分子。因而，反应物质的化学组成和化学性质就发生了变化。但是，从总的质量来看，反应前后参加反应的原子种类和数目均不变，即参加反应各物质的质量总和，等于反应后生成的各物质的质量总和。例如，甲烷燃烧，发生燃烧前甲烷和氧气质量的总和，必然等于燃烧后生成物（二氧化碳和水蒸气）的质量总和。上述规律，叫做物质不灭定律。

2. 定组成定律。纯净的化合物都是由同种分子组成的，同种分子所含原子种类和数目又都是相同的。因此，各种纯净化合物，不管其来源如何，在质和量的方面，都有固定不变的组成，这一规律叫做定组成定律。例如，天然气中的甲烷、煤矿矿井中的甲烷、焦炉煤气中的甲烷，它们虽然来源不同，但经过净化提纯后，可以由实验证明，它们的化学性质是完全相同的，即它们含有碳和氢两种元素，两种元素的质量比都是  $3:1$ 。

### （五）化合价

在化合物里，组成它的每种元素的原子数是一定的。例如，要组成“水”这种化合物，必定要两个氢原子和一个氧原子相化合。我们说，元素的原子和一定数目的其它元素的原子相化合的性质，叫化合价。通常，以氢的化合价为 1 作为标准来推断其它元素的化合价。显然，从水的分子式“ $\text{H}_2\text{O}$ ”中可知，氧的化合价为 2。又因为自然界里氧的化合物居

多，所以根据氧的化合价就能推断出其它元素的化合价。

在化学上规定，化合物中各种元素的化合价有正、负之分，但在一个化合物里，元素的正价总数和负价总数之代数和等于零。在一般化合物中，氢为正1价、氧为负2价，其它元素的化合价可以此类推。

#### (六) 气体克分子体积

用克做单位来表示某物质的一定的量，在数值上与该物质的分子量相同，这一定的量称为克分子。

物质的分子量和克分子如表1-1所示。1克分子的各种物质皆含有 $6.023 \times 10^{23}$ 个分子。

物质的分子量和克分子

表 1-1

名 称	分 子 式	分 子 量 (氧单位)	1 克分子质量 (克)
氢	H <sub>2</sub>	2	2
氧	O <sub>2</sub>	32	32
氮	N <sub>2</sub>	28	28
一氧化碳	CO	28	28
二氧化碳	CO <sub>2</sub>	44	44
甲 烷	CH <sub>4</sub>	16	16
丙 烷	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44	44
硫 化 氢	H <sub>2</sub> S	34	34

某些化学反应是在气体状态下进行的，因此，就需要了解在一定体积的气体里所有的分子个数和质量。已知1升气体在标准状态下（0°C和1大气压）的质量，就可以算出1克分子气体在标准状态下所占的体积。

根据实验测得，在标准状态下，1升氧气的质量是1.4285克。而1克分子的氧气质量是32克，则可算出1克分子的氧气在标准状态下所占的体积：

$$V = \frac{32 \text{克}}{1.4285 \text{克/升}} \approx 22.4 \text{升}$$

同理，也可以算出：在标准状态下，1克分子的任何理想气体所占的体积都近似为22.4升，这称为克分子体积。

## 二、基本物理量

同一物理量可以采用不同的单位制来度量。目前国内外习惯用的单位制是绝对单位制和工程单位制。

绝对单位制有米·公斤·秒 (MKS) 制和厘米·克·秒 (CGS) 制两种，均以长度、质量和时间作为基本物理量。

工程单位制用米·公斤力·秒 (MKfS) 制，以长度、力和时间作为基本物理量。

在力学中，已知了上述各基本量之外，还可以通过定义或定律导出其它各量和相应的单位。

### (一) 长度

长度的基本单位是米，它与其它导出长度单位之间的关系如表1-2。

长 度 单 位

表 1-2

名 称	公 里	米	分 米	厘 米	毫 米	微 米
换 算	1000	1	1/10	1/10 <sup>2</sup>	1/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>6</sup>

由长度单位可以导出面积和体积单位。

面积单位常用米<sup>2</sup>和厘米<sup>2</sup>，1米<sup>2</sup>=10<sup>4</sup>厘米<sup>2</sup>。

体积单位常用米<sup>3</sup>、升和毫升，它们的关系是：1米<sup>3</sup>=10<sup>3</sup>升=10<sup>6</sup>毫升。

### (二) 质量

1. 绝对单位制。在米·公斤·秒制中，质量单位规定为公

斤，力的单位称为牛顿，即1牛顿的力定义为：在1牛顿的力作用下，质量为1公斤的物体得到1米/秒<sup>2</sup>的加速度。在厘米·克·秒制中，质量的单位规定为克，力的单位称为达因，即1达因的力的作用下，质量为1克的物体得到1厘米/秒<sup>2</sup>的加速度。显然，

$$1 \text{ 牛顿} = 10^5 \text{ 达因}$$

2. 工程单位制。在工程单位制中，力的单位是公斤力。国际规定：

$$1 \text{ 公斤力} = 9.81 \text{ 牛顿}$$

有了力的单位，就可以规定质量单位。即一物体在1公斤力的作用下，得到1米/秒<sup>2</sup>的加速度，这一物体的质量为1质量工程单位，

$$1 \text{ 公斤力} = 1 \text{ 质量工程单位} \times 1 \text{ 米/秒}^2$$

### (三) 温度

物体的冷热程度叫做温度。气体的温度是气体分子热运动的总表现，它只与气体分子运动的平均动能有关。

测量温度的标尺称为温标，国际通用的温标有摄氏温标和绝对温标。

摄氏温度又称百度温标，就是把在1个物理大气压力下纯水的冰点定为0°C、纯水的沸点定作100°C，然后在0°C至100°C之间等分成100格，每格则为摄氏1个度数，以“°C”表示。测量低于0°C的温度时，则在度数前加上负号“-”。

绝对温标（开氏）与百度温标不同之处仅仅是零度的选取不同而已。绝对温标（开氏）把摄氏零下273.15度定为零点，记作0°K。每一度数的大小均与摄氏温标刻度一样。因此，它们之间存在以下换算关系（工程近似值）：

$$T \approx t + 273$$

式中  $T$ ——绝对温标 ( $^{\circ}\text{K}$ )；

$t$ ——摄氏温标 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

英、美国家习惯使用华氏温度。华氏温标规定在 1 个物理大气压下纯水的冰点为 32 度，沸点为 212 度，中间共分 180 个等格，每格为 1 度，以 “ $^{\circ}\text{F}$ ” 表示。

华氏温标、摄氏温标、绝对温标（开氏）之间的换算关系如下：

$$n^{\circ}\text{C} = \left(\frac{9}{5}n + 32\right)^{\circ}\text{F} = (n + 273)^{\circ}\text{K}$$

式中  $n$ ——摄氏温标的度数。

#### （四）压力和压强

垂直作用在物体表面上的力叫压力。物体单位面积上受到的压力叫做压强。气体的压强是气体分子热运动时，撞击容器壁面所形成的一种宏观物理量。在工程上，用气体垂直作用在容器壁面单位面积上的力来表示，即

$$P = \frac{F}{A}$$

式中  $P$ ——压强；

$F$ ——垂直于容器壁面的作用力；

$A$ ——容器壁面的总面积。

压强的单位有以下三种：

1. 用单位面积上的力表示，即公斤力/米<sup>2</sup>，公斤力/厘米<sup>2</sup>。

2. 用大气压的倍数表示，国际规定：1 物理大气压为温度 0 $^{\circ}\text{C}$  时海平面上的压强，即 760 毫米汞柱。

3. 用液柱高来表示，常用水柱或汞柱，其单位为米水柱、毫米水柱或毫米汞柱。

在容器开敞的情况下，容器中的液体作用在容器底面上

的力等于容器中液体的重量，如图1-1所示。设用 $F$ 表示作用于面积 $A$ 上的力，以 $h$ 表示液面高度， $\gamma$ 表示单位体积液体的重力（容重），则

$$F = Ah\gamma$$

所以得到

$$P = \frac{F}{A} = \gamma h, \quad h = \frac{P}{\gamma}$$

在工程上常把1公斤力/厘米<sup>2</sup>的压强称为1工程大气压。

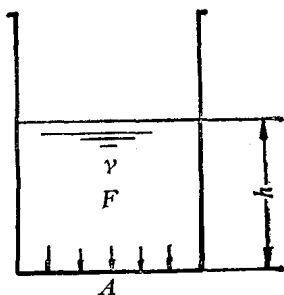


图 1-1 压强示意图

即

$$1 \text{ 工程大气压} = 1 \text{ 公斤力/厘米}^2 = 10^4 \text{ 公斤力/米}^2$$

取水的容重 $\gamma = 1000$ 公斤力/米<sup>3</sup>，则1工程大气压相应的水柱高度为

$$h = \frac{P}{\gamma} = \frac{10000 \text{ 公斤力/米}^2}{1000 \text{ 公斤力/米}^3} = 10 \text{ 米}$$

对于汞，取 $\gamma = 13595$ 公斤力/米<sup>3</sup>，则1工程大气压相应的汞柱高度为

$$\begin{aligned} h &= \frac{P}{\gamma} = \frac{10000 \text{ 公斤力/米}^2}{13595 \text{ 公斤力/米}^3} \\ &= 0.736 \text{ 米} = 736 \text{ 毫米} \end{aligned}$$

在物理学上，大气压是指大气的平均压强，数值上等于1.0333公斤力/厘米<sup>2</sup>，因此

$$\begin{aligned} 1 \text{ 物理大气压} &= 1.0333 \text{ 公斤力/厘米}^2 \\ &= 10333 \text{ 公斤力/米}^2 \end{aligned}$$

用汞柱表示：

$$1 \text{ 物理大气压} = \frac{10333 \text{ 公斤力/米}^2}{13595 \text{ 公斤力/米}^3}$$

$$=0.76\text{米}=760\text{毫米}$$

值得注意的是，国内许多书籍写法上和工程应用上，习惯把“压力”看作“压强”，因而本书沿用这一习惯。

在工程技术上，量度气体中某一点或某一空间点的压力，可以用两种计算基准，即绝对压力和相对压力。

绝对压力是以绝对真空为零点起算的压力，它表示某气体的全部压力。当问题涉及气体本身的性质时，例如采用气体状态方程进行运算时，则必须采用绝对压力基准。

为了说明绝对压力，将大气压力实验示于图 1-2 中。将长约 1 米的玻璃管，一端封闭盛满水银（容重  $\gamma=13595$  公斤力/米<sup>3</sup>）；然后将开口的一端倒插入盛水银的开口容器里，水银从管中流出，管的上端则成为绝对真空。水银柱下降到管内水银面距容器水银面的高度为  $h$ ，正好和大气压力相平衡为止。

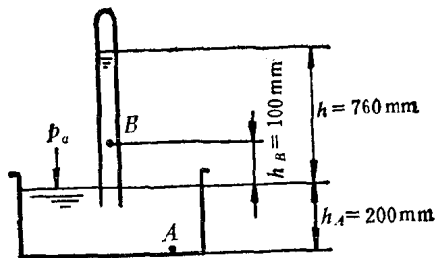


图 1-2 大气压力实验

采用绝对压力基准计算容器内各点的压力时，就应当把绝对真空为零的液面（图中管中的水银面）作为起点计算各点的压力。例如：

容器水银面的压力

$$\begin{aligned}
 p' &= 0 + \gamma h = 13595 \text{ 公斤力/米}^3 \times 0.76 \text{ 米} \\
 &= 10333 \text{ 公斤力/米}^2 \\
 &= 1.0333 \text{ 公斤力/厘米}^2
 \end{aligned}$$

容器底部A点的压力

$$\begin{aligned}
 p_A &= 0 + \gamma(h + h_A) = 13595 \text{ 公斤力/米}^3 \times 0.96 \text{ 米} \\
 &= 13050 \text{ 公斤力/米}^2 \\
 &= 1.305 \text{ 公斤力/厘米}^2
 \end{aligned}$$

采用相对压力基准，则大气压力的相对压力值为零。即

$$p_a = 0$$

容器水银面的压力则为

$$p = 0$$

容器底部A点的相对压力则为

$$\begin{aligned}
 p_A &= 0 + \gamma h_A = 13595 \text{ 公斤力/米}^3 \times 0.2 \text{ 米} \\
 &= 2719 \text{ 公斤力/米}^2 = 0.2719 \text{ 公斤力/厘米}^2
 \end{aligned}$$

可以看出，绝对压力和相对压力之差为当地大气压。即

$$p = p' - p_a$$

某一点的绝对压力只能是正值，不可能出现负值。但相对压力可正可负。我们把相对压力的正值，称为正压（即压力表读数）；其负值称为负压。负压的绝对值称为真空度（即真空表读数），以  $p_v$  表示。即

$$p_v = -p = -(p' - p_a) = p_a - p'$$

以图 1-2 中 B 点为例，B 点的绝对压力，根据管中上端绝对真空的液面计算为：

$$\begin{aligned}
 p_B &= 0 + \gamma(h - h_B) = 13595(0.76 - 0.1) \\
 &= 8973 \text{ 公斤力/米}^2 = 0.8973 \text{ 公斤力/厘米}^2
 \end{aligned}$$

B 点的相对压力则为：

$$p_B = p'_B - p_a = -\gamma h_B = -13595 \text{ 公斤力/米}^3 \times 0.1 \text{ 米}$$



$$= -1359.5 \text{ 公斤力/米}^2 \approx -0.136 \text{ 公斤力/厘米}^2$$

或者说B点的真空度为：

$$p_v = \gamma h_B = 0.136 \text{ 公斤力/厘米}^2 \text{ (一般称100毫米汞柱)}$$

可见，真空度是指气体中某处的绝对压力低于大气压力的部分，而不是指某处的绝对压力值本身。

为了区别以上几种压力，将它们的关系示于图1-3上。

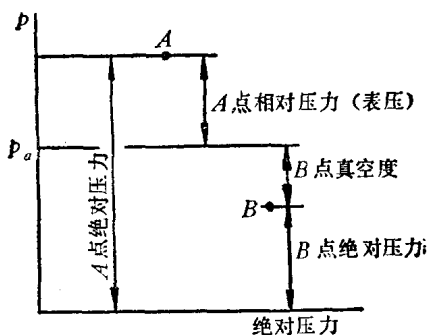


图 1-3 压力图示

### (五) 容重和比重

1. 容重。容重是指单位体积物质所具有的重力，以  $\gamma$  表示：

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

式中  $\gamma$  ——物质的容重 (公斤力/米<sup>3</sup>)；

$G$  ——物质的重力 (公斤力)；

$V$  ——物质所占有的体积 (米<sup>3</sup>)。

比容  $v$  与容重  $\gamma$  互为倒数关系，即

$$\gamma = \frac{1}{v}$$

2. 比重。气体的比重是气体的容重与空气的容重之比，