

048/23

39507

# 高压压缩空气站设计手册

《高压压缩空气站设计手册》编写组编



# 高压压缩空气站设计手册

《高压压缩空气站设计手册》编写组 编

本设计手册共分八章，分别叙述了高压压缩空气的性质、用途，国产高压空气压缩机的性能及其辅助设备，高压压缩空气站工艺设计及工艺设计所需要的计算公式及参数，高压压缩空气的噪声控制、干燥净化以及管道和设备的安装与维护等。

本设计手册可供高压压缩空气站工艺设计人员和从事高压压缩空气站安装和运行人员参考。

16

# 前 言

随着我国社会主义现代化建设事业的迅速发展，高压压缩空气站的设计任务必将愈来愈多，对高压压缩空气气质的要求也会愈来愈高。因此，为了适应新形势的需要，方便高压压缩空气站的设计工作，提高设计质量，加快设计进度，我们编写了这本《高压压缩空气站设计手册》。

本手册将高压压缩空气的压力定为 100 公斤/厘米<sup>2</sup> 以上。在内容上着重于介绍高压压缩空气站工艺设计所需的常用计算公式及参数；高压空气压缩机及高压贮气瓶、安全阀、减压器和过滤器等辅助设备；高压压缩空气站的噪声控制；高压压缩空气管道及管道附件的设计、制造；以及高压空气压缩机、高压空气管道的安装、验收等。

根据目前能查到的有关资料看，国外各个主要工业国家对高压压缩空气站的设计标准和规定各不相同，加之我们缺少这方面的资料。国内对高压压缩空气站的设计标准和规定也尚未统一，同时我们的调查研究还不够广泛深入，工作经验和技术水平有限。因此手册中一定会有不完善的地方，甚至难免有错误和不妥之处，热忱希望同志们批评指正。

本手册在编写过程中得到很多工厂、设计院、高等院校、使用单位和许多同志的大力支持，提供了不少技术资料和宝贵意见，在此谨致谢意。

参加本手册编写工作的单位有 80813 部队和七机部第七设计研究院，编写人有李惠铭、佟玉兰、姚荣珍、李维、张士彬、左贤令、谷洪君、张仁亮、刘顺基。参加校对的有张鸿雁、刘维祈、罗瑞民、郭志发、吴勤华、傅景新。最后由宋世初、苏世清审核定稿。

高压压缩空气站设计手册编写组

一九八〇年五月

# 目 录

## 前 言

第一章 高压压缩空气的应用及其性质 .....	1
第一节 高压压缩空气的应用 .....	1
第二节 湿空气的性质及参数 .....	1
第二章 高压空气压缩机及其辅助设备 .....	26
第一节 国产高压气体压缩机 .....	26
第二节 高压压缩空气贮气瓶 .....	26
第三节 压缩空气的干燥与净化设备 .....	48
第四节 高压压缩空气减压器 .....	73
第五节 高压压缩空气安全阀 .....	89
第六节 高压气体汇流排和气瓶装置 .....	96
第三章 高压压缩空气站工艺设计 .....	101
第一节 设计的原始资料 .....	101
第二节 高压压缩空气供应方式和设备选择 .....	102
第三节 工艺系统 .....	112
第四节 高压压缩空气站的组成和设备布置 .....	115
第五节 热工测量仪表和保护装置的装设 .....	120
第六节 工艺设计对有关专业提供的设计资料 .....	124
第四章 高压压缩空气干燥装置的设计与计算 .....	127
第一节 高压压缩空气的干燥方法 .....	127
第二节 高压压缩空气的吸附干燥 .....	127
第三节 吸附干燥装置的设计计算 .....	136
第四节 高压压缩空气干燥装置的布置 .....	144
第五章 高压压缩空气的噪声控制 .....	148
第一节 压缩空气站噪声分析 .....	148
第二节 压缩空气站噪声控制的几点意见 .....	149
第三节 怎样设计消声器 .....	151
第四节 压力容器排气消声器 .....	165
第六章 高压压缩空气管道设计 .....	173
第一节 管道的水力计算 .....	173
第二节 高压压缩空气管道的连接、敷设和布置 .....	195
第七章 高压压缩空气管道的安装试压及验收 .....	202
第一节 高压管子、管件、阀门的检验 .....	202

第二节	高压管道的配制	205
第三节	高压管道的焊接	208
第四节	高压管道的预装	213
第五节	高压管道的水压试验	213
第六节	高压管道的内表面防腐处理	214
第七节	管道安装	220
第八节	设备和仪表的安装	224
第九节	管道安装完毕后的检验	226
第十节	工程验收	227
第八章	高压空气压缩机的安装和试运转	229
第一节	高压空气压缩机的安装	229
第二节	高压空气压缩机的试运转	235
附录一	常用材料的机械性能及温度、压力、体积和重量换算表	238
1.	优质碳素结构钢与合金钢的机械性能	附录表 1
2.	常用材料的熔点、导热系数、比热和比重	附录表 2
3.	常用材料的线膨胀系数	附录表 3
4.	常用钢号中外对照表	附录表 4
5.	摄氏(°C)换算华氏(°F)表	附录表 5
6.	磅与公斤对照表	附录表 6
7.	压力单位换算表	附录表 7
8.	立方米与立方英尺对照表	附录表 8
9.	导热系数单位换算表	附录表 9
10.	比热单位换算表	附录表 10
11.	比重单位换算表	附录表 11
12.	空气的温熵图	
13.	某些气体的主要物理性质	附录表 12
14.	国内各地室外空气计算参数表	附录表 13
附录二	第七机械工业部标准	
	《卡套式管接头》(QJ205~225-77)和《管道法兰及法兰用垫片》(QJ230~252-78)	250
附录三	一机部一局化工通用机械企业标准	
	《160 及 320 kgf/cm <sup>2</sup> 高压管件及紧固件型式基本参数及尺寸》Q/TH55-64~97-64	313
附录四	《高压管、管件及紧固件通用设计》	
	H1-67~H30-67	411

# 第一章 高压压缩空气的应用及其性质

## 第一节 高压压缩空气的应用

在工业上，高压压缩空气是一种很重要的动力源。应用较多的是在化学合成氨厂的生产工艺中，高压压缩空气是很重要的不可少的动力源，压力约为 220 公斤/厘米<sup>2</sup> 的高压压缩空气；船用柴油机，电站的制动或控制，压力约为 60 公斤/厘米<sup>2</sup>；油井压裂则用压力约为 150 公斤/厘米<sup>2</sup> 的高压压缩空气；在国防工业系统中多用于风洞或试车台的动力试验，压力多为 150~220 公斤/厘米<sup>2</sup> 的高压压缩空气；在现代航空装备中用于气浮陀螺及舵机的动力和试验，压力多为 220~350 公斤/厘米<sup>2</sup> 的高压压缩空气；此外还用于高压容器、高压阀门、仪表试验以及粒状物料气流粉碎和物料输送等，压力多为 50~350 公斤/厘米<sup>2</sup> 的高压压缩空气。

在国防工业系统中所用的高压压缩空气大多有净化和干燥度的要求，而且其净化和干燥度的要求都是很高的。因为在高压压缩空气中如含有水、油和尘埃，会造成自动化仪表失灵，会造成风洞、试车台以及其他各种试验达不到预期的试验效果。严重的会造成航空飞行的重大事故。因此，在这种生产和试验用高压压缩空气的供气系统大多需要设置硅胶、铝胶或分子筛的吸附干燥装置，并设置陶瓷过滤器、麂皮过滤器，粉末冶金过滤器以及  $\mu$  超细纤维过滤器等过滤装置。

## 第二节 湿空气的性质及参数

### 1. 绝对湿度

每 1 米<sup>3</sup> 的湿空气所含水蒸汽的重量(公斤)称为湿空气的绝对湿度，也就是水蒸汽在其分压力及湿空气温度下的比重，用符号  $X$  表示，单位是“公斤/米<sup>3</sup>”。

若近似的应用理想气体公式，则

$$X = \frac{G_s}{V} = \frac{P_s}{R_s T} \quad \text{公斤/米}^3 \quad (1-1)$$

式中  $G_s$  ——水蒸汽的重量(公斤)；

$V$  ——湿空气的体积(米<sup>3</sup>)；

$P_s$  ——水蒸汽的分压力(公斤/米<sup>2</sup>)；

$T$  ——湿空气的绝对温度(°K)；

$R_s$  ——水蒸汽的气体常数， $R_s = 47.1$  公斤·米/公斤·°K；

$X$  ——绝对湿度(公斤/米<sup>3</sup>)。

如果空气中水蒸汽的分压力达到饱和蒸汽压，则其饱和绝对湿度为：

$$X_b = \frac{P_b}{R_s T} \quad \text{公斤/米}^3 \quad (1-2)$$

式中： $P_b$  ——饱和空气中水蒸汽的分压力(公斤/米<sup>2</sup>)；

$X_b$  ——饱和空气中水蒸汽量，即饱和绝对湿度(公斤/米<sup>3</sup>)。

饱和绝对湿度为在某一温度下可能达到的最大湿度。

## 2. 相对湿度

相对湿度或称水蒸汽的饱和度,为在同温度和同总压力下,其绝对湿度与饱和绝对湿度之比,如下式所示:

$$\varphi = \frac{X}{X_b} = \frac{P_s}{P_b} \quad (1-3)$$

式中  $\varphi$ ——相对湿度。

当空气为绝对干燥时,  $P_s=0$ , 则  $\varphi=0$ ; 当空气达到饱和时,  $P_s=P_b$ , 则  $\varphi=1$ 。一般, 湿空气的  $\varphi$  值在 0 至 1 之间。

## 3. 空气的湿含量

当空气的绝对湿度变化时, 湿空气的总重量也随之变化, 但湿空气中干空气的重量是恒定不变的。因此在研究湿空气的物理性质时, 采用空气的湿含量这个概念是方便的。

空气的湿含量, 系指与每公斤干空气混合的水蒸汽的重量。其数值等于湿空气中水蒸汽重量与绝对干空气重量之比, 或等于水蒸汽比重与干空气比重之比, 即

$$d = \frac{G_s}{G_g} = \frac{r_s}{r_g} \quad \text{公斤水蒸汽/公斤干空气} \quad (1-4)$$

式中  $d$  ——湿含量(公斤水蒸汽/公斤干空气);

$G_s$  ——水蒸汽重量(公斤);

$G_g$  ——干空气重量(公斤);

$r_s$  ——水蒸汽比重(公斤/米<sup>3</sup>);

$r_g$  ——干空气比重(公斤/米<sup>3</sup>)。

湿含量可用下式求得:

$$\begin{aligned} d &= 622 \cdot \frac{P_s}{P_g} \\ &= 622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_b}{(P - \varphi P_b)} \quad \text{克/公斤干空气} \end{aligned} \quad (1-5)$$

式中:  $P$  ——湿空气压力( $P=P_s+P_g$ )(公斤/厘米<sup>2</sup>);

$P_s$  ——水蒸汽分压力(公斤/厘米<sup>2</sup>);

$P_g$  ——干空气分压力(公斤/厘米<sup>2</sup>);

$P_b$  ——饱和水蒸汽分压力(公斤/厘米<sup>2</sup>);

$\varphi$  ——空气相对湿度(%)。

从上式可知, 湿含量可表示为温度  $t$  (决定  $P_s$ )、相对湿度  $\varphi$  及总压力  $P$  的函数。在一定的总压力下, 对于  $\varphi=1$  的饱和湿空气, 湿含量达到了指定温度下的最大值。这时,

$$d_b = 622 \cdot \frac{P_b}{P - P_b} \quad \text{克/公斤干空气} \quad (1-6)$$

当湿空气的温度下降(即  $P_b$  降低), 或总压力  $P$  增大时, 则饱和湿含量  $d_b$  降低。

在大气压力 760 毫米汞柱下, 温度自 100°C 到 -60°C 的饱和空气中水蒸汽含量与温度的关系列于表 1-1。



在 760 毫米汞柱下饱和空气中水蒸汽含量

表 1-1

温 度 (°C)	饱和水蒸汽分压 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	湿 含 量 (克/米 <sup>3</sup> )	温 度 (°C)	饱和水蒸汽分压 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	湿 含 量 (克/米 <sup>3</sup> )	温 度 (°C)	饱和水蒸汽分压 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	湿 含 量 (克/米 <sup>3</sup> )
100	1.033	597.0	34	0.0543	37.6	6	0.0095	7.3
95	0.862	503.9	33	0.0513	35.7	4	0.0083	6.4
90	0.715	422.9	32	0.0486	33.8	2	0.0072	5.6
85	0.590	353.1	31	0.0458	32.0	0	0.0062	4.8
80	0.483	292.9	30	0.0432	30.4	- 2	0.0054	4.2
75	0.393	241.6	29	0.0408	28.7	- 4	0.0046	3.5
70	0.318	197.9	28	0.0385	27.2	- 6	0.0039	3.0
65	0.255	161.1	27	0.0363	25.8	- 8	0.0034	2.6
60	0.203	130.1	26	0.0343	24.4	- 10	0.0029	2.2
55	0.161	104.3	25	0.0324	23.0	- 12	0.0025	1.8
50	0.126	83.2	24	0.0305	21.8	- 14	0.0021	1.5
49	0.120	79.4	23	0.0287	20.6	- 16	0.0018	1.3
48	0.114	75.8	22	0.0270	19.4	- 18	0.00124	1.1
47	0.108	71.9	21	0.0254	18.3	- 20	0.00103	0.9
46	0.103	68.5	20	0.0238	17.3	- 22	0.00084	0.8
45	0.0978	65.5	19	0.0224	16.3	- 24	0.00070	0.6
44	0.0930	62.5	18	0.0211	15.4	- 26	0.00057	0.5
43	0.0882	59.5	17	0.0197	14.5	- 28	0.00046	0.4
42	0.0836	56.5	16	0.0186	13.7	- 30	0.00038	0.34
41	0.0790	53.8	15	0.0174	12.8	- 35	0.00022	0.2
40	0.0752	51.2	14	0.0163	12.1	- 40	0.00013	0.12
39	0.0715	48.8	13	0.0153	11.4	- 45	0.000071	0.067
38	0.0679	46.3	12	0.0143	10.7	- 50	0.000038	0.035
37	0.0644	44.0	11	0.0134	10.0	- 55	0.000021	0.021
36	0.0609	41.8	10	0.0125	9.4	- 60	0.000011	0.011
35	0.0573	39.6	8	0.0109	8.3			

从表 1-1 中可以看出, 当温度从 +30°C 降低到 -40°C 时, 空气中水蒸汽量由 30.4 克/米<sup>3</sup> 减少到 0.12 克/米<sup>3</sup>, 即减少了 99.6%。对于除去压缩空气中的水分来说, 降低进入装置的空气的温度是有利的。所以空气被压缩时, 其中所含的大部分的水分将在空气压缩机的冷却器内析出。表 1-2 为不同温度与压力下压缩空气中饱和湿含量值。图 1-1 表示了温度从 -40°C ~ +100°C, 压力达 1000 大气压时压缩空气中饱和湿含量值。

#### 4. 露 点

当湿空气在水蒸汽分压力  $P$ , 不变时冷却至饱和时的温度称为露点。露点即是相应于水蒸汽

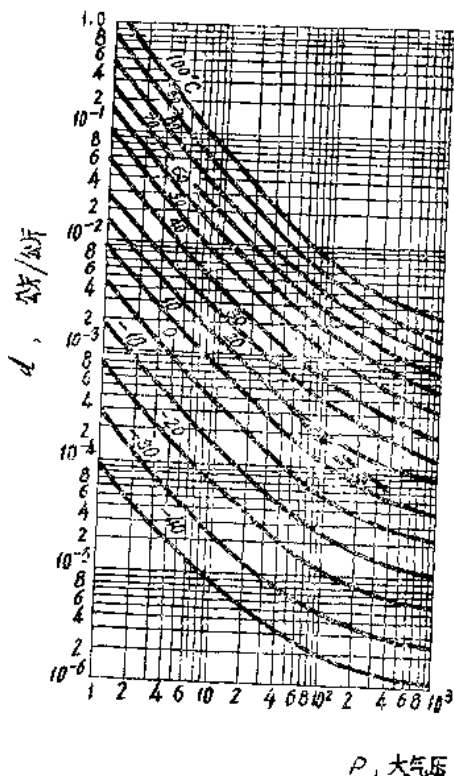


图 1-1 不同压力和温度下压缩空气饱和湿含量

分压力  $P_s$  的饱和温度。

湿空气在露点时为饱和状态，故其相对湿度  $\varphi=1$ 。式(1-6)中的  $P_s$  即露点时的饱和蒸汽压力，如以  $P_p$  表示，即：

$$P_p = \frac{dP}{622+d} \quad \text{公斤/厘米}^2 \quad (1-7)$$

式中： $d$  —— 湿含量(克/公斤)；

$P$  —— 总压力(公斤/厘米<sup>2</sup>)；

$P_p$  —— 露点时饱和蒸汽压力(公斤/厘米<sup>2</sup>)。

上式说的当湿空气的总压力不变时，露点的饱和蒸汽压力仅与该空气的湿含量有关。如已知湿空气的总压力  $P$  及其湿含量  $d$ ，由上式可求得露点的饱和蒸汽压力  $P_p$ ，再根据  $P_p$  由水蒸汽性质表查得露点  $t_p$ 。同样如果已知湿空气的总压力  $P$  及其露点温度或露点的饱和蒸汽压力  $P_p$ ，则可计算出湿含量  $d$ 。

露点与湿含量的关系曲线见图 1-2。

### 5. 气体常数

湿空气的气体常数为：

$$R = \frac{R_g + d \cdot R_s}{1+d} \quad (1-8)$$

压缩空气中饱和含水量  $d$  (克/米<sup>3</sup>)

表 1 2

空气温度(°C)	空 气 压 力														
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300	350
-60	0.00089	0.00035	0.000228	0.000171	0.000137	0.000114	0.000098	0.000086	0.000076	0.000069	0.000045	0.0000274	0.0000274	0.0000228	0.0000180
-50	0.00236	0.00118	0.00078	0.00058	0.00047	0.00039	0.00034	0.000295	0.000262	0.000236	0.000157	0.0000118	0.000095	0.000078	0.000067
-40	0.0081	0.0040	0.0027	0.0020	0.00162	0.00135	0.00118	0.0010	0.0009	0.00081	0.00054	0.00040	0.00032	0.00027	0.00023
-30	0.0236	0.0118	0.0078	0.0059	0.0047	0.0039	0.0034	0.0030	0.0026	0.00236	0.00157	0.00118	0.00095	0.00078	0.00067
-20	0.0622	0.0311	0.0208	0.0156	0.0125	0.0104	0.0089	0.0078	0.0069	0.0062	0.00415	0.00311	0.00250	0.00208	0.00178
-10	0.181	0.090	0.060	0.045	0.0362	0.0302	0.0258	0.0226	0.0200	0.0181	0.0120	0.0090	0.00725	0.0060	0.0052
0	0.366	0.183	0.129	0.095	0.077	0.0642	0.0550	0.0482	0.0430	0.0386	0.0258	0.0193	0.0155	0.0129	0.011
+10	0.779	0.390	0.280	0.200	0.156	0.130	0.111	0.0975	0.0865	0.0780	0.0520	0.0390	0.0312	0.0260	0.022
-20	1.48	0.740	0.485	0.370	0.296	0.247	0.212	0.185	0.164	0.148	0.099	0.074	0.059	0.049	0.042
+30	2.69	1.350	0.900	0.672	0.540	0.450	0.385	0.337	0.300	0.269	0.180	0.135	0.108	0.090	0.077
+40	4.69	2.35	1.56	1.17	0.940	0.790	0.670	0.590	0.520	0.479	0.314	0.235	0.188	0.156	0.134
+50	7.85	3.93	2.61	1.96	1.57	1.310	1.120	0.980	0.870	0.785	0.522	0.393	0.311	0.261	0.224
+60	12.40	6.20	4.15	3.10	2.48	2.07	1.77	1.55	1.380	1.240	0.828	0.620	0.496	0.415	0.355
+70	19.80	9.90	6.60	4.95	3.96	3.30	2.83	2.48	2.200	1.980	1.320	0.980	0.790	0.660	0.565
+80	30.00	15.00	10.00	7.50	6.00	5.00	4.29	3.75	3.330	3.00	2.00	1.50	1.20	1.00	0.857
+90	47.8	23.00	15.20	11.30	9.00	7.50	6.41	5.61	4.98	4.79	2.97	2.30	1.78	1.52	1.27
+100	71.6	33.00	22.20	16.50	13.15	10.90	9.33	8.15	7.24	6.50	4.32	3.24	2.58	2.16	1.84

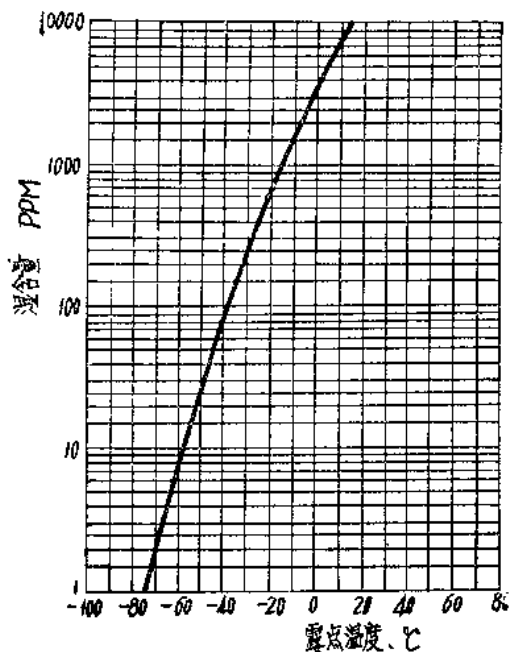


图 1-2 露点与湿含量关系曲线

湿空气的比重也可用下式求得：

$$\gamma = \gamma_g + \gamma_s = \frac{P_g}{R_g T} + \frac{P_s}{R_s T} \quad \text{公斤/米}^3 \quad (1-11)$$

式中： $\gamma_g$ ——干空气比重(公斤/米<sup>3</sup>)；

$\gamma_s$ ——水蒸汽比重(公斤/米<sup>3</sup>)；

$P_g$ ——干空气的分压力(公斤/米<sup>2</sup>)；

$P_s$ ——水蒸汽的分压力(公斤/米<sup>2</sup>)；

$R_g$ ——干空气的气体常数(公斤·米/公斤·°K)；

$R_s$ ——水蒸汽的气体常数(公斤·米/公斤·°K)。

空气的比重与压力和温度的关系见表 1-3。

湿空气的比容为：

$$v = \frac{1}{\gamma} = \frac{RT}{P} = \frac{29.27 + 47.05d}{1+d} \cdot \frac{T}{P} \quad \text{米}^3/\text{公斤} \quad (1-12)$$

式中： $d$ ——湿含量(公斤/公斤)；

$P$ ——总压力(公斤/米<sup>2</sup>)；

$T$ ——绝对温度(°K)。

## 7. 粘 度

### (1) 常压下空气的粘度

空气的绝对粘度可由下式求得：

式中： $R_g = 29.27$ ——干空气的气体常数(公

斤·米/公斤·°K)；

$R_s = 47.05$ ——水蒸汽的气体常数(公

斤·米/公斤·°K)；

$d$ ——湿含量(公斤/公斤)。

## 6. 比 重

在温度为 0°C、压力为 760 毫米汞柱时，空气的比重  $\gamma_0 = 1.2931$  公斤/米<sup>3</sup>，在温度  $t$ (°C) 压力为  $H$ (毫米汞柱)时，干空气的比重为：

$$\gamma = 1.2931 \frac{273}{273+t} \cdot \frac{H}{760} \quad \text{公斤/米}^3 \quad (1-9)$$

湿空气的比重为：

$$\gamma = 1.2931 \frac{273}{273+t} \cdot \frac{H - 0.378\phi \cdot P_b}{760} \quad \text{公斤/米}^3 \quad (1-10)$$

式中  $\phi$  ——相对湿度；

$P_b$ ——在温度为  $t$ °C 时空气中饱和水蒸汽的分压力(毫米汞柱)。

空气比重(公斤/米<sup>3</sup>)与压力及温度的关系

表 1-3

巴 力 (绝对大气压)	温 度 (°C)							
	0	20	50	100	150	200	300	400
1	1.2514	1.166	1.057	0.915	0.807	0.722	0.596	0.507
1.033	1.2930	1.204	1.092	0.9458	0.8343	0.7457	0.6157	0.5242
20	25.28	23.46	21.19	18.26	16.07	14.35	11.83	10.07
40	50.98	47.14	42.39	36.38	31.97	28.51	23.49	20.02
60	77.01	70.84	63.47	54.29	47.61	42.45	34.97	29.80
80	103.0	94.54	83.34	72.03	63.05	56.15	46.26	39.43
100	128.9	118.0	105.0	89.45	78.22	69.60	57.33	48.90
150	197.2	174.5	151.9	132.5	114.9	102.3	84.18	71.87
200	248.8	226.9	201.5	171.2	149.6	133.3	109.8	93.88
220	275.0	255.7	233.7	200.7	177.4	158.4	130.9	111.4
250	297.8	273.4	243.7	207.9	182.0	162.4	134.1	114.9
300	342.8	316.5	283.3	242.5	218.8	190.2	157.3	135.0
350	435.7	405.2	368.6	318.9	280.0	250.3	208.0	176.5

$$\eta_T = \eta_0 \frac{273+c}{T+c} \left( \frac{T}{273} \right)^{3/2} \quad (\text{公斤} \cdot \text{秒}/\text{米}^2) \quad (1-13)$$

式中:  $\eta_0 = 1.755 \times 10^{-6}$  ——空气在 0°C 时的绝对粘度(公斤·秒/米<sup>2</sup>)

$c = 124$ (在 1 绝对大气压下)——常数。

例: 求压力为 1 绝对大气压, 温度为 100°C 时空气的粘度。

解: 将温度 100°C 及计算常数  $c$  代入上式

$$\begin{aligned} \text{则} \quad \eta_T &= \eta_0 \frac{273+c}{T+c} \left( \frac{T}{273} \right)^{3/2} \\ &= 1.755 \times 10^{-6} \frac{273+124}{373+124} \left( \frac{373}{273} \right)^{3/2} \\ &= 1.755 \times 10^{-6} \times 0.798 \times 1.36^{3/2} \\ &= 0.0000014 \times 1.585 \\ &= 2.22 \times 10^{-6} \quad \text{公斤} \cdot \text{秒}/\text{米}^2 \end{aligned}$$

从计算可知在压力为 1 绝对大气压, 温度为 100°C 时空气的粘度值为  $2.22 \times 10^{-6}$  公斤·秒/米<sup>2</sup>。

常压下空气的粘度也可用下列方法求得, 即先以表 1-4 中查到空气的 X、Y 值分别是 11.0 和 20.0, 然后在图 1-3 上找到此点座标, 将此点与温度线上的指定温度点连接后延长, 此延长线与粘度线上的交点即为所求的粘度。

空气的 X 为 11.0 Y 为 20.0 两点的座标为 A 点, 将 A 点与温度 100°C 的点作连线并延长与粘度线相交于 B 点, 则可读出其粘度值为  $0.021 \times 10^{-4}$  公斤·秒/米<sup>2</sup>, 这和前例题所计算的常压下空气粘度计算公式计算的结果基本一致。

各种气体的XY

表1-4

号	数	气 体 名 称		X	Y
1		空	气	11.0	20.0
2		氧	气	11.0	21.3
3		氮	气	10.6	20.0
4		氩	气	11.2	12.4
5		氦	气	7.3	23.8
6		氨	气	8.4	16.0
7		氯	气	10.9	20.5
8		氫	气	10.5	22.4
9		乙	气	9.0	18.4
10		乙	炔	9.8	14.9
11		乙	烷	9.1	14.5
12		乙	烯	9.5	15.1
13		一	氧 化 碳	9.5	18.7
14		二	氧 化 碳	11.0	20.0
15		二	氧 化 硫	9.6	17.0
16		氯	化 氢	8.8	18.7
17		硫	化 氢	8.6	18.0
18		溴	化 氢	8.8	20.9

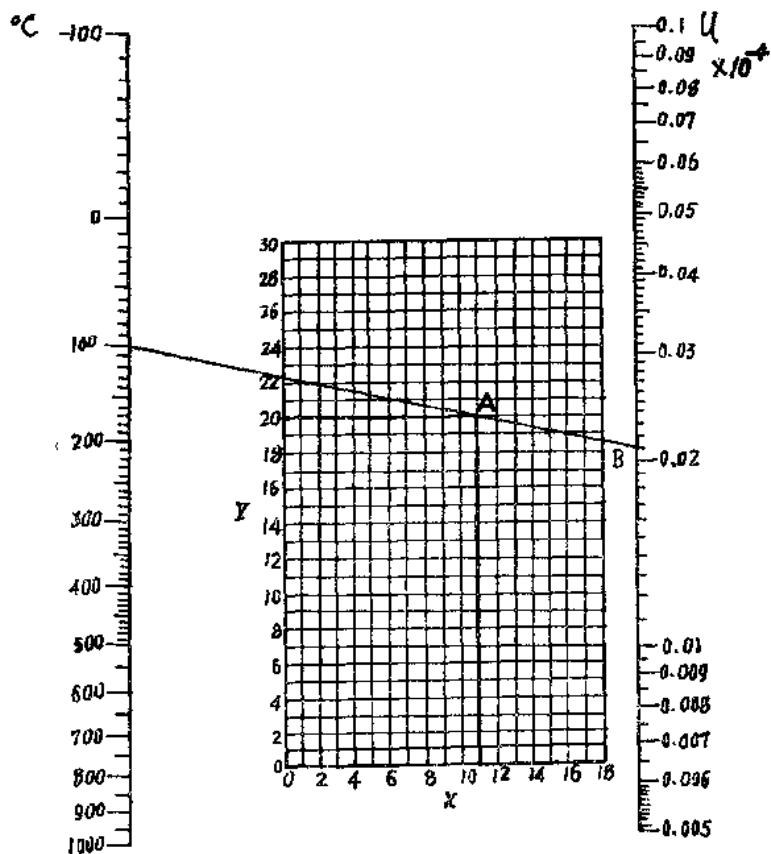


图1-3 常压下气体的粘度

## (2) 压力下空气的粘度

压力低于 60 绝对大气压时，空气的粘度随压力的升降，其变化很小，而在较高压力下其变化则较大，如图 1-4 所示。

从图 1-4 可以看出，当温度为 100°C，压力为 60 绝对大气压和温度为 100°C，压力为 200 绝对大气压时，从图 1-4 中所示出的空气的绝对粘度有很大的变化。温度为 100°C，压力为 60 绝对大气压时之粘度值为  $2.2 \times 10^{-6}$  公斤·秒/米<sup>2</sup>，而温度为 100°C，压力为 200 绝对大气压时之粘度值为  $3.38 \times 10^{-6}$  公斤·秒/米<sup>2</sup>，则比 100°C，60 绝对大气压时大 54%。从图 1-4 查得的压力低于 60 绝对大气压时之粘度值  $2.2 \times 10^{-6}$  公斤·秒/米<sup>2</sup> 与常压下空气粘度计算公式  $\eta_T$  的计算值  $2.22 \times 10^{-6}$  公斤·秒/米<sup>2</sup> 以及从图 1-3 上查得的粘度值基本一致。

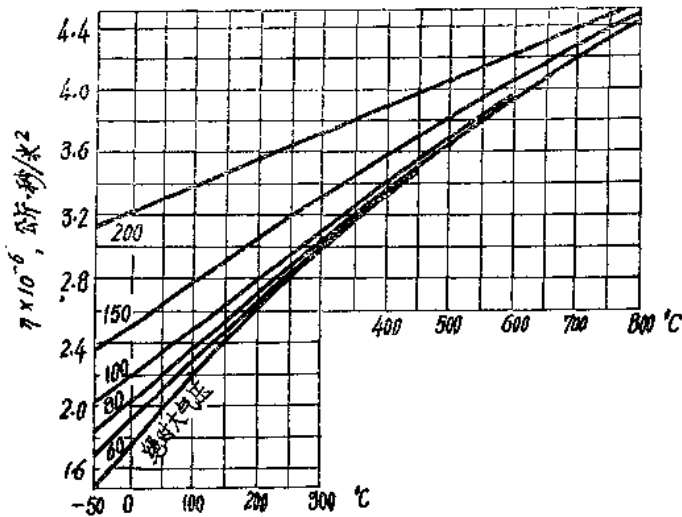


图 1-4 高于 60 绝对大气压时空气的绝对粘度

单组分高压下空气的粘度(其他气体皆同)。也可用上述方法先求出低压时的粘度值( $\mu^0$ )， $\eta_T$ ，然后根据对比压力和对比温度用图 1-5 进行校正。高压下空气粘度的修正系数见图 1-5。

例：求温度为 100°C，压力为 200 绝对大气压时空气的粘度值。

解：参照前例题空气的临界压力为 37.25 公斤/厘米<sup>2</sup>，临界温度为 -140.8°C，

则：

$$P_r = \frac{200}{37.25} = 5.3$$

$$T_r = \frac{273 + 100}{273 - 140.8} = 2.8$$

从图 1-5 中查得  $P_r = 5.3$  和  $T_r = 2.8$  的座标点 A，从 A 点可查得  $\eta_T/\eta_0 = 1.25$ ，

$$\therefore \eta_T = 1.25 \times \eta_0$$

$$= 1.25 \times 2.2 \times 10^{-6}$$

$$= 2.8 \times 10^{-6} \text{ 公斤·秒/米}^2$$

计算的结果  $2.8 \times 10^{-6}$  公斤·秒/米<sup>2</sup> 与从图 1-4 中查得的 100°C，200 绝对大气压时的粘度值  $3.38 \times 10^{-6}$  公斤·秒/米<sup>2</sup> 还是较接近的。

## (3) 空气的运动粘度与绝对粘度的关系

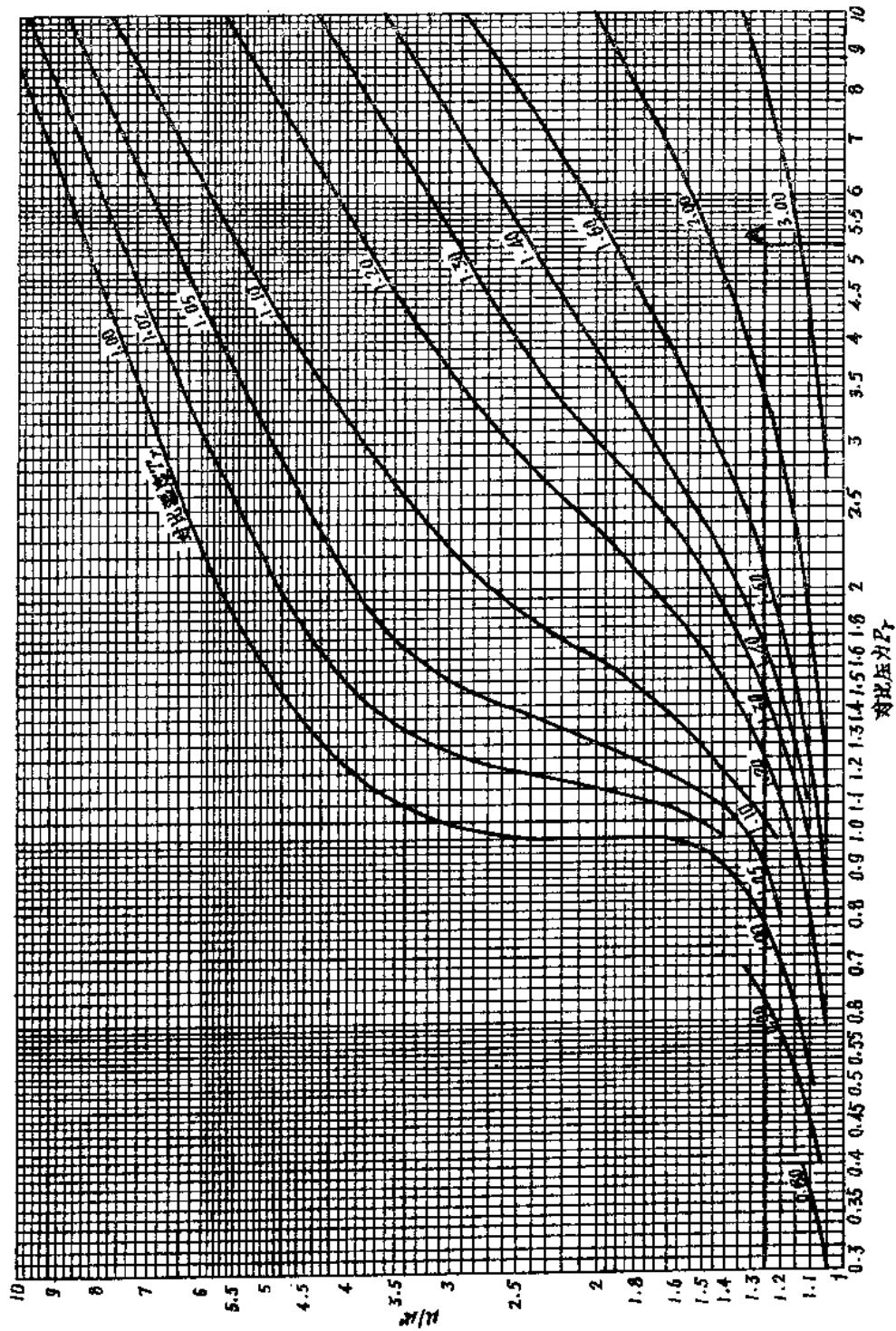


图 1-5 高压下气体粘度的修正



空气的运动粘度与绝对粘度的关系如下式所示：

$$\nu = \frac{\eta \cdot g}{\gamma} \text{米}^2/\text{秒} \quad (1-14)$$

式中：  $\gamma$ ——空气的比重(公斤/米<sup>3</sup>)；

$g=9.81$ ——重力加速度(米/秒<sup>2</sup>)。

空气在不同温度和压力下的绝对粘度参见表 1-5。

空气在不同温度和压力下的绝对粘度  $\eta \times 10^7$ (克/厘米·秒)(泊)

表 1-5

压 力 P (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	温 度 (°C)					
	0	16	25	50	90	100
1	1720	1795	1837	1955	2135	2180
20	1753	1825	1865	1980	2170	2202
50	1815	1885	1922	2032	2200	2240
100	1970	2025	2060	2150	2298	2335
150	2165	2195	2215	2280	2390	2420
200	2370	2385	2395	2435	2510	2530
250	2605	2590	2590	2600	2640	2650
300	2860	2815	2800	2780	2600	2810

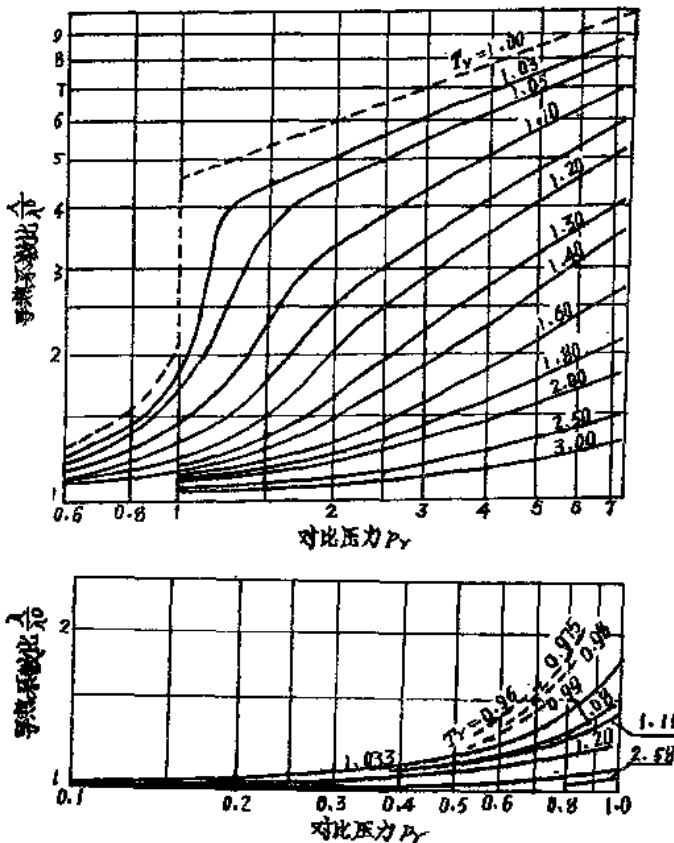


图 1-6 高压下气体导热系数的校正