



中华人民共和国国家标准

GB/T 28783—2012/ISO 8778:2003

气动 标准参考大气

Pneumatic fluid power—Standard reference atmosphere

(ISO 8778:2003, IDT)

2012-11-05 发布

2013-03-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用翻译法等同采用国际标准 ISO 8778:2003《气压传动 标准参考大气》(英文版)。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

——GB/T 17446—2013 流体传动系统及元件 词汇(ISO 5598:2008, IDT)。

本标准做了下列编辑性修改：

——删除了“表 1”中的“注：与 ISO 8778:1990 给出的标准参考大气的定义相同。”；

——在“A. 4. 1”中，将“ $\text{m}^2/\text{s}^2\text{K}$ ”改为“ $\text{m}^2/(\text{s}^2\text{K})$ ”。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国液压气动标准化技术委员会(SAC/TC 3)归口。

本标准负责起草单位：无锡气动技术研究有限公司。

本标准参加起草单位：宁波星箭航天机械厂、威海博胜气动液压有限公司、清华大学。

本标准主要起草人：陈明、杨燧然、高泽普、黄小春、张志清、何枫。

引 言

在气动系统中,动力是通过回路中的压缩气体来传递和控制的。当使用压缩气体的气动元件、设备或系统表示其特性时,需要有一个标准参考大气,以便在不同气压条件下得到的数据可以进行比较。

气动 标准参考大气

1 范围

本标准确定了一个标准大气参考值,用于在气动技术中表示元件和系统的性能数据。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 5598 流体传动系统及元件 词汇(Fluid power systems and components—Vocabulary)

3 术语和定义

ISO 5598 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

大气 atmosphere

由温度、相对湿度、气压中的一个或者几个定义的环境条件。

3.2

参考大气 reference atmosphere

通过适当的换算因子可以把在其他大气下确定的条件与其关联起来的大气。

注 1: 术语“其他大气”可以指加压或者真空条件。

注 2: 参见附录 A 中关于另一种参考大气的讨论。

3.3

标准参考大气 standard referenced atmosphere

气压接近于海平面大气压,温度为典型的室温,相对湿度被任意确定的大气。

4 标准参考大气

4.1 标准参考大气的定义见表 1。

表 1 标准参考大气的定义

气压	温度	相对湿度
100 kPa(1 bar)	20 ℃	65 %

4.2 当以自由气体状态来表示气体的量值时,用缩略语 ANR(标准参考大气)加括号表示,它应置于单位而不是数值之后,如:

$q_v = \chi \text{m}^3/\text{s}(\text{ANR})$

5 标注说明

当选择遵守本标准时,建议在检验报告、产品样本和销售文件中采用以下说明:
“标准参考大气符合 GB/T 28783—2012/ISO 8778:2003。”

附 录 A
(资料性附录)
其他参考大气和湿度、密度的测定

A.1 简介

本附录给出另外可选择的两种参考大气。此外,给出了计算湿度和密度的方程。

A.2 可选择的两种参考大气的描述和应用

A.2.1 转换参考大气

转换参考大气:气压是海平面的大气压,其气温是典型的室温,计算相对湿度使其等于进行转换所处条件下的湿度(见表 A.1)。转换参考大气用于气压换算和密度计算被认为是最精确的。

A.2.2 工程参考大气

工程参考大气:为了换算方便将气压数值取为整数,其气温是典型的室温,相对湿度假设为 0%。工程参考大气的最典型的应用是在湿度被忽略的情况下。

A.3 两种参考大气的规范

转换参考大气和工程参考大气定义如表 A.1 所示。

表 A.1 转换参考大气和工程参考大气的定义

参考大气类型	气压	温度	相对湿度
转换参考大气 (ACR-RH%)	760 mm Hg 绝对 100.96 kPa ^a (1.009 6 bar)	20 ℃	等于转换开始时所处 条件的湿度
工程参考大气 (AER)	100 kPa(1 bar)	20 ℃	0%

^a 数值 100.96 是采用 20 ℃水银的密度,从 760 mmHg 换算过来的。

A.4 在大气条件下等价相对湿度和密度的确定

A.4.1 符号和常量

在大气条件下,下列符号和常量用来确定等价相对湿度和密度。

注:所有的气压为绝对值。

- p_0 ——大气气压;
- p_1 ——压缩状态下的气压;
- p_{s0} ——大气温度的水蒸气的饱和压强;

- p_{s1} ——压缩状态的温度下的水蒸气的饱和压强；
- R_a ——287 m²/(s²K)(干燥气体的气体常数)；
- R_{wv} ——461.45 m²/(s²K)(水蒸气的气体常数)；
- T_0 ——大气绝对温度；
- ϕ_0 ——在大气条件下,假设含有压缩状态下所有水蒸气的空气的相对湿度；
- ϕ_1 ——压缩状态下空气的相对湿度。

A. 4.2 等价相对湿度

假设水蒸气没有冷凝,压缩状态下气体的相对湿度同大气条件下的相对湿度的关系可以按式(1)表示:

$$\phi_0 = \phi_1 \left(\frac{p_0}{p_1} \right) \left(\frac{p_{s1}}{p_{s0}} \right) \dots\dots\dots (A. 1)$$

如果计算结果大于 100%,有水蒸气冷凝,其计算结果规定为 100%。

A. 4.3 大气条件下的密度

气体从压缩状态(线性条件)膨胀到大气条件状态,包括在线性条件下的相对湿度转化到大气条件下(假设没有水蒸气冷凝),密度按式(A. 2)表示:

$$\rho_0 = \frac{p_0}{R_a T_0} - \phi_1 \left(\frac{p_0}{p_1} \right) \frac{p_{s1}}{T_0} \left(\frac{1}{R_a} - \frac{1}{R_{wv}} \right) \dots\dots\dots (A. 2)$$

A. 5 误差分析

在工程参考大气中,由于压强数值的取整导致了大约 1%的误差。然而,在压强项可能是非线性的实际应用中,例如在流动和热力学的问题中,需要评估误差。

附录 B 描述了由于考虑相对湿度引起的误差。

附录 B
(资料性附录)

相对湿度、密度的方程推导和误差分析

B.1 问题描述

在容器或者管道中的压缩气体换算成大气条件下的气体时,水蒸气含量一般是被忽略的。然而,状态改变将会影响大气条件下的密度,虽然密度的变化不影响一个等效状态的计算(压强和温度),若变化影响系统计算时,水蒸气含量在这些计算中就非常重要,例如一个干燥过程。

下面的分析给出了压缩条件下的空气和水蒸气的混合气体,在大气条件下的相对湿度和密度以及求解方程的推导。

B.2 符号和常量

下列符号和常量将在方程中用到:

注:所有的气压和温度为绝对值。

- M_a —— 28.967 g/mole(干燥空气的摩尔质量);
- M_{wv} —— 18.016 g/mole(水蒸气的摩尔质量);
- m —— 混合气体的质量;
- m_a —— 干燥空气的质量;
- m_{wv} —— 水蒸气的质量;
- p_0 —— 大气条件下混合气体的压强(空气和水蒸气的混合气体);
- p_1 —— 压缩状态的空气和水蒸气混合气体的压强;
- p_{a0} —— 大气条件下的干燥空气分压;
- p_{a1} —— 压缩条件下的干燥空气的分压;
- p_{wv1} —— 压缩条件下的水蒸气的分压;
- p_{wv0} —— 大气条件下的水蒸气的分压,假设含有压缩状态下的混合气体中所有水蒸气;
- p_{s0} —— 大气温度下的水蒸气饱和压强;
- p_{s1} —— 压缩状态温度下水蒸气的饱和压强;
- R_a —— 287 m²/(s²K)(干燥空气的气体常数);
- R_{wv} —— 461.45 m²/(s²K)(水蒸气的气体常数);
- T_0 —— 大气温度;
- T_1 —— 压缩状态的温度;
- V —— 混合气体的体积;
- ϕ_0 —— 大气条件下的相对湿度,假设包含压缩状态下混合气体中所有水蒸气;
- ϕ_1 —— 压缩状态的气体的相对湿度;
- ϕ'_0 —— 在大气压强下任意指定的空气相对湿度;
- ρ_0 —— 在大气压强下混合气体的密度,相对湿度等于压缩状态下的相对湿度;
- ρ'_0 —— 在任意相对湿度下大气条件下密度。

B.3 相对湿度

通常,水蒸气和空气的混合气体的气压是两种混合物的气压总和:

$$p_{混合} = p_{干燥空气} + p_{水蒸气}$$

使用上面给出的符号和常量,在压缩状态和大气压条件下,方程可以写成式(B.1):

$$p_{a1} = p_1 - p_{wv1} \text{ 和 } p_{a0} = p_0 - p_{wv0} \dots\dots\dots (B.1)$$

根据相对湿度的定义(在压缩状态和大气压条件下):

$$\phi_1 = p_{wv1} / p_{s1} \text{ 和 } \phi_0 = p_{wv0} / p_{s0}$$

水蒸气的分压可以用式(B.2)表示:

$$p_{wv1} = \phi_1 p_{s1} \text{ 和 } p_{wv0} = \phi_0 p_{s0} \dots\dots\dots (B.2)$$

假设没有水蒸气冷凝,那么在压缩状态和大气条件下的湿度相同,方程为:

$$\frac{p_{wv1} M_{wv}}{p_{a1} M_a} = \frac{p_{wv0} M_{wv}}{p_{a0} M_a}$$

把式(B.1)和式(B.2)代入上式,求得 ϕ_0 :

$$\phi_0 = \phi_1 (p_0 / p_1) (p_{s1} / p_{s0}) \dots\dots\dots (B.3)$$

如果没有冷凝的假设不成立,那么上面的结果将会大于 100%,这表示计算无效,在这种情况下,相对湿度确定为 100%。

B.4 密度

大气条件下,混合气体的密度由两部分组成,状态方程分别为:

$$p_{a0} V = m_a R_a T_0 \text{ 和 } p_{wv0} V = m_{wv} R_{wv} T_0$$

混合气体的总质量等于每个分量之和:

$$m = m_a + m_{wv} = \frac{p_{a0} V}{R_a T_0} + \frac{p_{wv0} V}{R_{wv} T_0} \text{ 和 } \frac{m}{V} = \rho_0 = \frac{p_{a0}}{R_a T_0} + \frac{p_{wv0}}{R_{wv} T_0}$$

把式(B.1)和式(B.2)代入上式可以得到:

$$\rho_0 = \frac{p_0}{R_a T_0} - \frac{\phi_0 p_{s0}}{T_0} \left(\frac{1}{R_a} - \frac{1}{R_{wv}} \right) \dots\dots\dots (B.4)$$

最后,把压缩状态的相对湿度表达式(B.3)代入上式得到:

$$\rho_0 = \frac{p_0}{R_a T_0} - \phi_1 \left(\frac{p_0}{p_1} \right) \left(\frac{p_{s1}}{T_0} \right) \left(\frac{1}{R_a} - \frac{1}{R_{wv}} \right) \dots\dots\dots (B.5)$$

B.5 误差分析

方程(B.5)给出混合气体在大气条件下的密度,如果在大气条件下用任意的相对湿度值,评估误差的定义为:

$$\text{百分比误差} = \frac{\text{偏差}}{\text{准确值}} (100) = \frac{\rho_0 - \rho'_0}{\rho_0} (100) = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0} \right) (100)$$

根据方程(B.4)大气条件下任意相对湿度下混合气体的密度是:

$$\rho'_0 = \frac{p_0}{R_a T_0} - \phi'_0 \left(\frac{p_{s0}}{T_0} \right) \left(\frac{1}{R_a} - \frac{1}{R_{wv}} \right)$$

把上式代入方程(B.5),可以得到误差公式:

$$\text{百分比误差} = \left[\frac{1 - \phi'_0 \left(\frac{p_{s0}}{p_0} \right) \left(1 - \frac{R_a}{R_{wv}} \right)}{1 - \phi_1 \left(\frac{p_{s1}}{p_1} \right) \left(1 - \frac{R_a}{R_{wv}} \right)} \right] (100) \dots\dots\dots (B.6)$$

假设大气压强为 760 mmHg,对任意相对湿度为 $\phi'_0=65\%$ 和 $\phi'_0=0\%$,表 B. 1 中给出了样本密度误差计算。

表 B. 1 样本密度误差计算

假设稳压状态下					在气压 700 mmHg 和 20 ℃ 温度条件下计算			
$p_1 /$ mmHg 绝对	$p_1 /$ mbar 表压	$T_1 /$ ℃	$\phi_1 /$ % 相对 湿度	$p_{s1} /$ mmHg 绝对	$p_{s0} /$ mm Hg 绝对	$\phi_0 /$ % 相对 湿度	%计算误差 at 65% 相对湿度	%计算误差 at 0% 相对湿度
8 500	10 280	20	100	17.5	17.5	8.94	0.488	−0.078
5 500	6 300	20	100	17.5	17.5	13.82	0.446	−0.120
2 300	2 050	20	100	17.5	17.5	33.04	0.279	−0.288
1 000	320	20	100	17.5	17.5	76.00	−0.096	−0.666
8 500	10 280	40	100	55.1	17.5	28.15	0.322	−0.246
5 500	6 300	40	100	55.1	17.5	43.51	0.188	−0.380
2 300	2 050	40	100	55.1	17.5	104.04	−0.343	−0.914
1 000	320	40	100	55.1	17.5	239.29	−1.550	−2.127
8 500	10 280	60	100	149	17.5	76.13	−0.098	−0.667
5 500	6 300	60	100	149	17.5	117.65	−0.463	−1.035
2 300	2 050	60	100	149	17.5	281.34	−1.931	−2.511
1 000	320	60	100	149	17.5	647.09	−5.370	−5.970
8 500	10 280	20	75	17.5	17.5	6.71	0.508	−0.058
5 500	6 300	20	75	17.5	17.5	10.36	0.476	−0.090
2 300	2 050	20	75	17.5	17.5	24.78	0.351	−0.216
1 000	320	20	75	17.5	17.5	57.00	0.070	−0.499
8 500	10 280	40	75	55.1	17.5	21.11	0.383	−0.184
5 500	6 300	40	75	55.1	17.5	32.63	0.283	−0.285
2 300	2 050	40	75	55.1	17.5	78.03	−0.114	−0.684
1 000	320	40	75	55.1	17.5	179.47	−1.012	−1.587
8 500	10 280	60	75	149	17.5	57.10	0.069	−0.500
5 500	6 300	60	75	149	17.5	88.24	−0.204	−0.774
2 300	2 050	60	75	149	17.5	211.01	−1.295	−1.871
1 000	320	60	75	149	17.5	485.31	−3.820	−4.411
8 500	10 280	20	50	17.5	17.5	4.47	0.527	−0.039
5 500	6 300	20	50	17.5	17.5	6.91	0.506	−0.060
2 300	2 050	20	50	17.5	17.5	16.52	0.423	−0.144
1 000	320	20	50	17.5	17.5	38.00	0.236	−0.332
8 500	10 280	40	50	55.1	17.5	14.08	0.444	−0.123
5 500	6 300	40	50	55.1	17.5	21.75	0.377	−0.190
2 300	2 050	40	50	55.1	17.5	52.02	0.114	−0.455
1 000	320	40	50	55.1	17.5	119.65	−0.481	−1.053
8 500	10 280	60	50	149	17.5	38.06	0.235	−0.332
5 500	6 300	60	50	149	17.5	58.83	0.054	−0.515
2 300	2 050	60	50	149	17.5	140.67	−0.667	−1.240
1 000	320	60	50	149	17.5	323.54	−2.316	−2.898

表 B.1 (续)

假设稳压状态下					在气压 700 mmHg 和 20 ℃ 温度条件下计算			
p_1 / mmHg 绝对	p_1 / mbar 表压	T_1 / ℃	ϕ_1 / % 相对湿度	p_{s1} / mmHg 绝对	p_{s0} / mmHg 绝对	ϕ_0 / % 相对湿度	% 计算误差 at 65% 相对湿度	% 计算误差 at 0% 相对湿度
8 500	10 280	20	25	17.5	17.5	2.24	0.547	−0.019
5 500	6 300	20	25	17.5	17.5	3.45	0.536	−0.030
2 300	2 050	20	25	17.5	17.5	8.25	0.494	−0.072
1 000	320	20	25	17.5	17.5	19.00	0.401	−0.166
8 500	10 280	40	25	55.1	17.5	7.04	0.505	−0.061
5 500	6 300	40	25	55.1	17.5	10.88	0.472	−0.095
2 300	2 050	40	25	55.1	17.5	26.01	0.340	−0.227
1 000	320	40	25	55.1	17.5	59.82	0.045	−0.524
8 500	10 280	60	25	149	17.5	19.03	0.401	−0.166
5 500	6 300	60	25	149	17.5	29.41	0.311	−0.257
2 300	2 050	60	25	149	17.5	70.34	−0.047	−0.616
1 000	320	60	25	149	17.5	161.77	−0.854	−1.428
8 500	10 280	20	10	17.5	17.5	0.89	0.558	−0.008
5 500	6 300	20	10	17.5	17.5	1.38	0.554	−0.012
2 300	2 050	20	10	17.5	17.5	3.30	0.537	−0.029
1 000	320	20	10	17.5	17.5	7.60	0.500	−0.066
8 500	10 280	40	10	55.1	17.5	2.82	0.541	−0.025
5 500	6 300	40	10	55.1	17.5	4.35	0.528	−0.038
2 300	2 050	40	10	55.1	17.5	10.40	0.476	−0.091
1 000	320	40	10	55.1	17.5	23.93	0.358	−0.209
8 500	10 280	60	10	149	17.5	7.61	0.500	−0.066
5 500	6 300	60	10	149	17.5	11.77	0.464	−0.103
2 300	2 050	60	10	149	17.5	28.13	0.322	−0.246
1 000	320	60	10	149	17.5	64.71	0.003	−0.567

B.6 评述

压缩气体等价转换到大气条件,在任意的相对湿度下,本分析给出了误差分析结果。表 B.1 最后两列说明了在本标准定义的两条件下这种转换引起的误差。

表 B.1 中每四行为一组,每组为不同的压缩状态下的温度或相对湿度。在每组中的压强是从高到低。

表 B.1 中的阴影单元强调的是转换到大气条件时相对湿度已经超过了 100%了,这将导致水蒸气的冷凝。这表明了压缩状态下的水蒸气含量相等的假设的局限性。

误差值为正数,表明任意的变化引起密度减小。误差为负数表示引起密度增大。

B.7 结论

通常,相对湿度大、温度比较高的压缩气体膨胀到大气条件时,会出现水蒸气冷凝,这种情况下,方程的应用就会受到限制。

对于等价状态计算时,若实际空气没有膨胀,对于任意两种不同的相对湿度,密度误差还是比较小的。然而要注意的是,这些只是在抽样计算下的结论,实际应用可能会有所不同。

参 考 文 献

- [1] ISO 554:1976 Standard atmospheres for conditioning and/or testing—Specifications.
 - [2] ISO 558:1980 Conditioning and testing—Standard atmospheres—Definitions.
 - [3] ISO 8573-3:1999 Compressed air—Part 3: Test methods for measurement of humidity.
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
气动 标准参考大气

GB/T 28783—2012/ISO 8778:2003

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 18 千字
2013年3月第一版 2013年3月第一次印刷

*

书号: 155066·1-46004 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 28783-2012