

## 前 言

本标准等效采用国际标准 ISO 12185:1996《原油和石油产品密度测定法—U形振动管法》，对 SH/T 0604—1994《液体密度和相对密度测定法(数字密度计法)》进行修订。

本标准与 ISO 12185:1996 在技术内容上有以下主要差异：

1. 由于“蜡析出温度”的方法在我国目前较难实现，所以本标准未采用“蜡析出温度”的定义及相关内容。

2. 为了使用方便，本标准将 ISO 12185:1996 附录 A 中内容改为标准正文。

3. 为了使用方便，将英国石油学会(IP)《石油和相关产品分析和试验方法标准汇编》(1999)附录 G 中的水密度表和附录 H 中的空气密度表作为本标准的附录 A 和附录 B。

本标准对 SH/T 0604—1994 的技术内容作以下修订：

1. 标准名称由原来的《液体密度和相对密度测定法(数字密度计法)》改为《原油和石油产品密度测定法(U形振动管法)》。

2. 增加了用数字密度计测定原油密度的相关内容。

3. 删除了相对密度的有关内容。

本标准的附录 A 和附录 B 都是标准的附录。

本标准由中国石油化工集团公司提出。

本标准由中国石油化工集团公司石油化工科学研究院归口。

本标准起草单位：中国石油化工集团公司石油化工科学研究院。

本标准主要起草人：薄艳红、林 庆。

本标准首次发布于 1994 年 10 月。

原油和石油产品密度测定法  
(U形振动管法)

SH/T 0604—2000

eqv ISO 12185: 1996

代替 SH/T 0604—1994

Crude petroleum and petroleum products - Determination  
of density - Oscillating U - tube method

## 1 范围

1.1 本标准规定了使用U形振动管密度计测定原油和石油产品密度的方法。本标准适用于在试验温度和压力下可处理成单相液体，其密度范围为 $600 \sim 1100 \text{kg/m}^3$ 的原油和石油产品。

本标准可用于任何蒸气压的液体，但要采取适当措施，保证样品在处理及密度测定过程中，保持成单相并没有轻组分损失和组成及密度改变。

注：如果使用石油计量表将测定的密度换算到标准温度下的密度，测定密度的温度应尽可能地接近标准温度。

这样可以将由于使用通用表而带来的不确定度减少到最小值。

本方法不能用于在线密度计的标定。

1.2 使用本标准可能会涉及到危险物质、操作和设备。使用本标准并不意味着和所有安全问题有联系。本标准使用者的职责是在操作前建立起适当的安全和保健措施及规章制度。

## 2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的一部分，除非在标准中另有明确规定，下述引用标准都应是现行有效标准。

GB/T 1885 石油计量表

GB/T 3535 石油倾点测定法

GB/T 4756 石油液体手工取样法

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 6986 石油浊点测定法

GB/T 13377 原油和液体或固体石油产品密度或相对密度测定法(毛细管塞比重瓶和带刻度双毛细管比重瓶法)

## 3 定义

本标准采用下列定义。

### 3.1 密度 density

物质的质量除以它的体积，以 $\text{kg/m}^3$ 或 $\text{g/cm}^3$ 表示。

### 3.2 标准温度 reference temperature

报告样品密度的温度。

注：标准温度可为 $20^\circ\text{C}$ ，也可为 $15^\circ\text{C}$ 。

## 4 原理

把少量样品(一般少于 1mL)注入控制温度的试样管中,记录振动频率或周期,用事先得到的试样管常数计算试样的密度。试样管常数是用试样管充满已知密度标定液时的振动频率确定的。

## 5 仪器

5.1 密度计:经标定,密度分辨率为 $\pm 0.1\text{kg/m}^3$ 或更高。

注:

1. 密度计一般显示两种数字结果,一种为密度值,另一种为用来计算密度值的振动周期。
  2. 密度计由于粘度的影响偏差可大到 $1\text{kg/m}^3$ ,使用者可用 GB/T 13377 方法来检查是否需要作粘度修正,也可使用化学特性和粘度类似于试样的校准标样,可使粘度的影响减到最小值。
  3. 当密度计试样管的温度低于环境空气的露点温度时,在试样管传感器和电子元件上会凝结水气,这时要将周围的空气保持干燥。
- 5.2 循环恒温浴:如果需要恒温浴,要能使循环液体的温度保持在要求温度的 $\pm 0.05^\circ\text{C}$ 内。
- 5.3 已校准的温度传感器:能测量试样管的温度精确到至少 $\pm 0.10^\circ\text{C}$ 。通过试样管的能量传递速率是很低的,因此,为了使沿导线进出试样管的热量传递最小,应注意使用导线很细的传感器。
- 5.4 均化器:适用于样品及样品容器,能使样品均匀,可用高速剪切器、静态混合器以及其他合适的形式。

## 6 试剂

除非另有规定,只能使用分析纯试剂。

- 6.1 洗涤溶剂:可以使用任何溶剂,只要能得到清洁干燥的试样管。
- 6.2 过硫酸铵:配成 $8\text{g/L}$ 硫酸溶液。

警告:过硫酸铵是一种强氧化剂。

### 6.3 标定液体

标定试样管至少需要两种标定液,选择的标定液其密度范围应在试验样品的密度范围内,标定液的密度应能溯源到国家标准或采用国际公认的数值。

当使用水和空气时,应符合 6.3.1 和 6.3.2 要求。

#### 6.3.1 水:应符合 GB/T 6682 的二级或更高级要求。

使用前,用水用 $0.45\mu\text{m}$ 的过滤器过滤,煮沸除去溶解的空气并冷却,一旦除去空气,应小心处理,以尽量减少空气再次溶解其中。

不同温度下的水密度值,在本标准的附录 A 中给出。

#### 6.3.2 空气

使用的空气密度值,在本标准的附录 B 中给出。

#### 6.4 水:洗涤用,应符合 GB/T 6682 中三级要求。

## 7 取样

除非另有规定,样品应按 GB/T 4756 的规定采取。

要特别注意防止样品中任何挥发组分的损失,应尽可能在同一容器中进行样品的吸取、转移和存放。

不推荐使用自动取样技术采取挥发性液体,除非使用容积可变的容器来收集和转移样品到实验室。使用固定容积的容器(不论是耐压的或不耐压的)可能在取样时造成轻组分损失,影响密度的测定。当使用容积可变的容器取样时,样品的压力和温度应记录在容器的标签上。

要确保试样代表整个样品,通常在采样之前混合样品,以保证均匀。

## 8 样品制备

### 8.1 一般要求

样品应按以下方式处理：

- a) 轻组分损失最小；
- b) 样品温度不能低于以下值之一<sup>1)</sup>：
  - 1) 按 GB/T 6986 测定的样品的浊点；
  - 2) 或按 GB/T 3535 测定的样品倾点以上 20℃。

注：在均化或加热含有沉淀物、水或不溶性蜡的挥发性原油和石油产品时，必然造成轻组分的损失，这可能引起密度值的测定误差。

### 8.2 无水或无沉淀物并具有充分流动性的石油产品

轻微晃动混合。

### 8.3 含水或沉淀物的原油或石油产品

在原始容器中混合样品，采取所有措施使轻组分损失最小。

注：在开口容器中混合挥发性原油和石油产品会导致轻组分的损失，因此，不推荐使用这种方法。

### 8.4 含蜡原油

在混合之前，把样品加热到其倾点以上 20℃，采取所有措施使轻组分损失最小。

### 8.5 含蜡馏分

在混合之前，把样品加热到其浊点以上 3℃。

### 8.6 燃料油

在混合之前，把样品加热到流体状态。

## 9 仪器准备

### 9.1 试验温度

#### 9.1.1 样品密度应尽可能在标准温度下测定。

如果不可能，应选择高于浊点 3℃或高于倾点 20℃并低于样品中出现气体的温度。

#### 9.1.2 如果密度计的试样管本身带有恒温器，按制造厂说明书设置试样管温度。否则，另外连接恒温浴，使温度保持平衡。

密度计试样管的温度和压力不要超过制造厂规定的工作范围。

当使用恒温浴时，要保持循环液的清洁。

### 9.2 试样管的清洗

用洗涤溶剂清洁和干燥试样管，如果必须用水(6.4)，则用一种与水互溶的洗涤溶剂冲洗后，再用清洁的干燥空气吹干。

在试验完含有溶解盐的原油后，应用洗涤溶剂冲洗，然后用水(6.4)清洗试样管。

如果试样管出现有机沉淀物，用过硫酸铵溶液注入试样管清洗，排除过硫酸铵溶液后，用水(6.4)清洗，再用水互溶的洗涤溶剂清洗，接着用清洁干燥的空气吹干。

## 10 仪器标定

### 10.1 当首次安装、试验温度改变、维修或系统受干扰后，密度计都应标定。

如果距上次标定时间超过 7 天，在使用前应重新标定。

采用说明：

1) 由于蜡析出温度的方法在我国目前较难实现，所以本标准未采用“蜡析出温度”的定义及相关内容。

- 10.2 如果空气是一种标定物质,用环境空气充满试样管,记录密度读数或振动周期,可略去10.3。
- 10.3 注入第一种标定液(6.3)到试样管中,使它和试样管达到温度平衡,记录振动周期或密度读数以及试样管的温度,按9.2清洗和干燥试样管。
- 10.4 注入第二种标定液到试样管中,使它和试样管达到温度平衡,记录振动周期或密度读数以及试样管的温度。
- 10.5 按制造厂说明书计算试样管常数。
- 10.6 标定后,按9.2给出的步骤清洗和干燥试样管。

## 11 试验步骤

11.1 当试样管用环境空气充满时,检查密度计读数,并与标定时达到的标准值比较应在其最小有效数字 $\pm 1$ 范围内。如果达不到,应重新清洗和干燥试样管,并再次检查。如果读数仍然超差,应重新标定密度计。

11.2 用合适的注射器或自动取样器把试样注入试样管中,按说明书中要求充满试样管。

当试验含蜡馏分或含蜡原油或残渣燃料油时,在试验中应把注射器或自动取样器加热到高于试样浊点以上 $3^{\circ}\text{C}$ 或高于倾点以上 $20^{\circ}\text{C}$ 。

11.3 当使用自动进样器时,要加倍进样或采用检查样品办法,以便检查由气泡产生的误差并监测系统性能。

11.4 在任何阶段都不能使用虹吸样品的方法,因其可造成轻组分的损失。样品应倒入注射器,然后注入试样管,或用自动进样器通过压力把样品压入仪器中。

11.5 当手工注射样品时,在注射前,打开试样管的照明灯,按制造厂说明书要求边进样边检查试样管内是否有气泡,如果发现气泡,退空试样管,再次进样并重新检查气泡。

检查试样管以后,立即关闭照明灯,因为灯产生的热量影响试样管的温度。

11.6 当密度计显示的密度读数稳定在 $0.1\text{kg}/\text{m}^3$ 或振动周期达到五位有效数字,记录显示的数字和精确至 $0.1^{\circ}\text{C}$ 的试样管的温度。

注:如果振动周期或密度读数一直在漂移,说明试样管温度还没达到平衡。读数随机变化,一般表明试样管中存在有空气或气泡,这种情况下,应重新进样。如果由于气泡使读数变化,必须在较低温度下试验,以确保样品保持单相。

如果样品在注入前由于混合不充分,在样品中存在有大水滴,指示的密度值和振动周期都将是不稳定的。

11.7 当测定粘稠液体的密度时,即使有空气或气泡存在,有时也会得到一稳定读数。对于这些液体,应对试样管稍加压力,并重测密度。如果液体呈单相,由于加压而造成密度的漂移将是很小的。另一方面,由于气体或空气泡的存在,当它们被压缩时会观察到密度值有很大的漂移,在这种情况下,要重新进样。

11.8 如果试样中含有很细的悬浮水滴,当达到热平衡后,立即观察密度。

注:如果试样中含有很细的悬浮水滴,若试样长时间地留在试样管中,水滴会慢慢地结合并迁移到试样管的最低点,引起密度明显变化。

11.9 按9.2给出的步骤清洁和干燥试样管。

## 12 计算

12.1 如果密度计显示的是振动周期,由观察到的试样管的振动周期,按制造厂说明书计算样品的密度。

12.2 如果要求标准温度下的密度而不是在测定温度下的密度,首先作玻璃密度计膨胀系数修正后[见式(1)、式(2)],再使用GB/T 1885,把密度换算到标准温度下的密度。

注：由于 GB/T 1885《石油计量表》是基于钠—钙玻璃密度计得到的，当不是用钠—钙玻璃密度计或标准温度下标定的比重瓶方法测定密度时，在引用 GB/T 1885《石油计量表》前，要考虑已包括在表中的密度计的玻璃膨胀修正的影响。

标准温度为 20℃

$$\text{系数} = 1 - 0.000023(t - 20) - 0.00000002(t - 20)^2 \dots\dots\dots (1)$$

式中： $t$ ——试验温度，℃。

由观察密度乘以该系数的倒数得修正后密度。

标准温度为 15℃

$$\text{系数} = 1 - 0.000023(t - 15) - 0.00000002(t - 15)^2 \dots\dots\dots (2)$$

式中： $t$ ——试验温度，℃。

由观察密度乘以该系数的倒数得修正后密度。

### 12.3 应用于原油作这项修正的例子

观察密度 = 875.5kg/m<sup>3</sup>(非玻璃密度计测得)

试验温度 = 50℃

求原油 20℃下的密度

a) 按 12.2 中(1)式计算玻璃膨胀修正系数：

$$1 - 0.000023(50 - 20) - 0.00000002(50 - 20)^2 = 0.999292$$

b) 由玻璃膨胀修正系数的倒数乘以观察密度得修正后密度：

$$875.5 \times 1/0.999292 = 876.12(\text{已修约})$$

c) 用修正后的 50℃下的观察密度查 GB/T 1885《石油计量表》中原油表，得 20℃下的密度为 896.1kg/m<sup>3</sup>。

## 13 报告结果

密度最终结果报告到 0.1kg/m<sup>3</sup> 或 0.0001g/cm<sup>3</sup>。

## 14 精密度

按下述规定判断结果的可靠性(95%置信水平)。

### 14.1 重复性

同一操作者用同一仪器在恒定的试验条件下对同一个测定物质，按正常和正确的实验方法操作，得到的连续测定两个结果之间的差，不能超过以下数值：

透明的中间馏分	0.2kg/m <sup>3</sup>
原油和其他石油产品	0.4kg/m <sup>3</sup>

### 14.2 再现性

不同操作者，在不同实验室对同一测定物质，按正常和正确的实验方法操作，得到的两个单独的结果之间的差不应超过以下数值：

透明的中间馏分	0.5kg/m <sup>3</sup>
原油和其他石油产品	1.5kg/m <sup>3</sup>

附录 A  
(标准的附录)  
水密度表

表 A1 水密度表

kg/m<sup>3</sup>

t <sub>90</sub> , °C	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	999.840	9.846	9.853	9.859	9.865	9.871	9.877	9.883	9.888	9.893
1	999.898	9.904	9.908	9.913	9.917	9.921	9.925	9.929	9.933	9.937
2	999.940	9.943	9.946	9.949	9.952	9.954	9.956	9.959	9.961	9.962
3	999.964	9.966	9.967	9.968	9.969	9.970	9.971	9.971	9.972	9.972
4	999.972	9.972	9.972	9.971	9.971	9.970	9.969	9.968	9.967	9.965
5	999.964	9.962	9.960	9.958	9.956	9.954	9.951	9.949	9.946	9.943
6	999.940	9.937	9.934	9.930	9.926	9.923	9.919	9.915	9.910	9.906
7	999.901	9.897	9.892	9.887	9.882	9.877	9.871	9.866	9.860	9.854
8	999.848	9.842	9.836	9.829	9.823	9.816	9.809	9.802	9.795	9.788
9	999.781	9.773	9.765	9.758	9.750	9.742	9.734	9.725	9.717	9.708
10	999.699	9.691	9.682	9.672	9.663	9.654	9.644	9.634	9.625	9.615
11	999.605	9.595	9.584	9.574	9.563	9.553	9.542	9.531	9.520	9.508
12	999.497	9.486	9.474	9.462	9.450	9.439	9.426	9.414	9.402	9.389
13	999.377	9.364	9.351	9.338	9.325	9.312	9.299	9.285	9.271	9.258
14	999.244	9.230	9.216	9.202	9.187	9.173	9.158	9.144	9.129	9.114
15	999.099	9.084	9.069	9.053	9.038	9.022	9.006	8.991	8.975	8.959
16	998.943	8.926	8.910	8.893	8.876	8.860	8.843	8.826	8.809	8.792
17	998.774	8.757	8.739	8.722	8.704	8.686	8.668	8.650	8.632	8.613
18	998.595	8.576	8.557	8.539	8.520	8.501	8.482	8.463	8.443	8.424
19	998.404	8.385	8.365	8.345	8.325	8.305	8.285	8.265	8.244	8.224
20	998.203	8.182	8.162	8.141	8.120	8.099	8.077	8.056	8.035	8.013
21	997.991	7.970	7.948	7.926	7.904	7.882	7.859	7.837	7.815	7.792
22	997.769	7.747	7.724	7.701	7.678	7.655	7.631	7.608	7.584	7.561
23	997.537	7.513	7.490	7.466	7.442	7.417	7.393	7.369	7.344	7.320
24	997.295	7.270	7.246	7.221	7.195	7.170	7.145	7.120	7.094	7.069
25	997.043	7.018	6.992	6.966	6.940	6.914	6.888	6.861	6.835	6.809
26	996.782	6.755	6.729	6.702	6.675	6.648	6.621	6.594	6.566	6.539
27	996.511	6.484	6.456	6.428	6.401	6.373	6.344	6.316	6.288	6.260
28	996.231	6.203	6.174	6.146	6.117	6.088	6.059	6.030	6.001	5.972
29	995.943	5.913	5.884	5.854	5.825	5.795	5.765	5.735	5.705	5.675
30	995.645	5.615	5.584	5.554	5.523	5.493	5.462	5.431	5.401	5.370
31	995.339	5.307	5.276	5.245	5.214	5.182	5.151	5.119	5.087	5.055
32	995.024	4.992	4.960	4.927	4.895	4.863	4.831	4.798	4.766	4.733
33	994.700	4.667	4.635	4.602	4.569	4.535	4.502	4.469	4.436	4.402
34	994.369	4.335	4.301	4.267	4.234	4.200	4.166	4.132	4.098	4.063
35	994.029	3.994	3.960	3.925	3.891	3.856	3.821	3.786	3.751	3.716
36	993.681	3.646	3.610	3.575	3.540	3.504	3.469	3.433	3.397	3.361
37	993.325	3.289	3.253	3.217	3.181	3.144	3.108	3.072	3.035	2.999
38	992.962	2.925	2.888	2.851	2.814	2.777	2.740	2.703	2.665	2.628
39	992.591	2.553	2.516	2.478	2.440	2.402	2.364	2.326	2.288	2.250
40	992.212	2.174	2.135	2.097	2.058	2.020	1.981	1.942	1.904	1.865

表 A1(续)

kg/m<sup>3</sup>

$t_{90}, ^\circ\text{C}$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
41	991.826	1.787	1.747	1.708	1.669	1.630	1.590	1.551	1.511	1.472
42	991.432	1.392	1.353	1.313	1.273	1.233	1.193	1.152	1.112	1.072
43	991.031	0.991	0.950	0.910	0.869	0.828	0.787	0.747	0.706	0.664
44	990.623	0.582	0.541	0.500	0.458	0.417	0.375	0.334	0.292	0.250
45	990.208	0.167	0.125	0.083	0.040	9.998	9.956	9.914	9.871	9.829
46	989.786	9.744	9.701	9.658	9.616	9.573	9.530	9.487	9.444	9.401
47	989.358	9.314	9.271	9.227	9.184	9.141	9.097	9.053	9.010	8.966
48	988.922	8.878	8.834	8.790	8.746	8.701	8.657	8.613	8.568	8.524
49	988.479	8.435	8.390	8.345	8.301	8.256	8.211	8.166	8.121	8.076
50	988.030	7.985	7.940	7.894	7.849	7.803	7.758	7.712	7.667	7.621
51	987.575	7.529	7.483	7.437	7.391	7.345	7.298	7.252	7.206	7.159
52	987.113	7.066	7.020	6.973	6.926	6.879	6.832	6.786	6.739	6.691
53	986.644	6.597	6.550	6.503	6.455	6.408	6.360	6.313	6.265	6.217
54	986.169	6.122	6.074	6.026	5.978	5.930	5.881	5.833	5.785	5.737
55	985.688	5.640	5.591	5.543	5.494	5.445	5.397	5.348	5.299	5.250
56	985.201	5.152	5.103	5.054	5.004	4.955	4.906	4.856	4.807	4.757
57	984.708	4.658	4.608	4.558	4.508	4.459	4.409	4.358	4.308	4.258
58	984.208	4.158	4.107	4.057	4.007	3.956	3.905	3.855	3.804	3.753
59	983.702	3.651	3.601	3.550	3.498	3.447	3.396	3.345	3.294	3.242
60	983.191	3.139	3.088	3.036	2.985	2.933	2.881	2.829	2.777	2.725
61	982.673	2.621	2.569	2.517	2.465	2.412	2.360	2.308	2.255	2.203
62	982.150	2.097	2.045	1.992	1.939	1.886	1.833	1.780	1.727	1.674
63	981.621	1.568	1.515	1.461	1.408	1.354	1.301	1.247	1.194	1.140
64	981.086	1.032	0.979	0.925	0.871	0.817	0.763	0.708	0.654	0.600
65	980.546	0.491	0.437	0.382	0.328	0.273	0.219	0.164	0.109	0.054
66	980.000	9.945	9.890	9.834	9.779	9.724	9.669	9.614	9.558	9.503
67	979.448	9.392	9.337	9.281	9.225	9.170	9.114	9.058	9.002	8.946
68	978.890	8.834	8.778	8.722	8.666	8.610	8.553	8.497	8.440	8.384
69	978.327	8.271	8.214	8.158	8.101	8.044	7.987	7.930	7.873	7.816
70	977.759	7.702	7.645	7.588	7.530	7.473	7.416	7.358	7.301	7.243
71	977.185	7.128	7.070	7.012	6.955	6.897	6.839	6.781	6.723	6.665
72	976.607	6.548	6.490	6.432	6.373	6.315	6.257	6.198	6.139	6.081
73	976.022	5.963	5.904	5.846	5.787	5.728	5.669	5.610	5.551	5.491
74	975.432	5.373	5.314	5.254	5.195	5.135	5.076	5.016	4.957	4.897
75	974.837	4.777	4.718	4.658	4.598	4.538	4.478	4.418	4.358	4.297
76	974.237	4.177	4.117	4.056	3.996	3.935	3.874	3.814	3.753	3.693
77	973.632	3.571	3.510	3.449	3.388	3.327	3.266	3.205	3.144	3.082
78	973.021	2.960	2.898	2.837	2.776	2.714	2.652	2.591	2.529	2.467
79	972.406	2.344	2.282	2.220	2.158	2.096	2.034	1.972	1.909	1.847
80	971.785	1.723	1.660	1.598	1.535	1.472	1.410	1.347	1.285	1.222
81	971.159	1.096	1.033	0.970	0.907	0.844	0.781	0.718	0.655	0.591
82	970.528	0.465	0.401	0.338	0.274	0.211	0.147	0.084	0.020	9.956
83	969.893	9.829	9.765	9.701	9.637	9.573	9.509	9.444	9.380	9.316
84	969.252	9.187	9.123	9.059	8.994	8.929	8.865	8.800	8.736	8.671
85	968.606	8.541	8.476	8.411	8.346	8.281	8.216	8.151	8.086	8.021
86	967.955	7.890	7.825	7.759	7.694	7.628	7.563	7.497	7.431	7.366
87	967.300	7.234	7.168	7.102	7.036	6.971	6.904	6.838	6.772	6.706

表 A1(续)

kg/m<sup>3</sup>

$t_{90}, ^\circ\text{C}$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
88	966.640	6.573	6.507	6.441	6.374	6.308	6.241	6.174	6.108	6.041
89	965.975	5.908	5.841	5.774	5.707	5.640	5.573	5.506	5.439	5.372
90	965.305	5.237	5.170	5.103	5.035	4.968	4.900	4.833	4.765	4.697
91	964.630	4.562	4.494	4.426	4.359	4.291	4.223	4.155	4.087	4.018
92	963.950	3.882	3.814	3.745	3.677	3.609	3.540	3.472	3.403	3.335
93	963.266	3.197	3.129	3.060	2.991	2.922	2.853	2.784	2.715	2.646
94	962.577	2.508	2.439	2.369	2.300	2.231	2.161	2.092	2.022	1.953
95	961.883	1.814	1.744	1.674	1.605	1.535	1.465	1.395	1.325	1.255
96	961.185	1.115	1.045	0.975	0.904	0.834	0.764	0.693	0.623	0.552
97	960.482	0.411	0.341	0.270	0.200	0.129	0.058	9.987	9.916	9.845
98	959.774	9.703	9.632	9.561	9.490	9.419	9.348	9.276	9.205	9.133
99	959.062	8.991	8.919	8.847	8.776	8.704	8.633	8.561	8.489	8.417
100	958.345									

注

1 本表所列非整数温度的水密度值,略去了十位和百位上的数。

2  $t_{90}$ 是基于1990年的国际温标

## 附录 B

(标准的附录)

## 空气密度表

表 B1 环境空气密度表(相对湿度为 60%, CO<sub>2</sub> 体积含量为 0.04%)kg/m<sup>3</sup>

空气压力 mbar	空气温度, °C											
	6	8	10	12	14	15	16	18	20	22	24	26
900	1.121	1.113	1.104	1.096	1.088	1.084	1.080	1.072	1.064	1.055	1.047	1.039
910	1.133	1.125	1.117	1.108	1.100	1.096	1.092	1.084	1.075	1.067	1.059	1.051
920	1.146	1.137	1.129	1.120	1.112	1.108	1.104	1.096	1.087	1.079	1.071	1.063
930	1.158	1.150	1.141	1.133	1.124	1.120	1.116	1.107	1.099	1.091	1.083	1.074
940	1.171	1.162	1.154	1.145	1.136	1.132	1.128	1.119	1.111	1.103	1.094	1.086
950	1.183	1.175	1.166	1.157	1.149	1.144	1.140	1.131	1.123	1.115	1.106	1.098
960	1.196	1.187	1.178	1.169	1.161	1.156	1.152	1.143	1.135	1.126	1.118	1.109
970	1.208	1.199	1.190	1.182	1.173	1.168	1.164	1.155	1.147	1.138	1.130	1.121
980	1.221	1.212	1.203	1.194	1.185	1.181	1.176	1.167	1.159	1.150	1.141	1.133
990	1.233	1.224	1.215	1.206	1.197	1.193	1.188	1.179	1.171	1.162	1.153	1.144
1000	1.246	1.237	1.227	1.218	1.209	1.205	1.200	1.191	1.182	1.174	1.165	1.156
1010	1.258	1.249	1.240	1.231	1.221	1.217	1.212	1.203	1.194	1.185	1.176	1.168
1020	1.271	1.261	1.252	1.243	1.234	1.229	1.224	1.215	1.206	1.197	1.188	1.179
1030	1.283	1.274	1.264	1.255	1.246	1.241	1.236	1.227	1.218	1.209	1.200	1.191
1040	1.296	1.286	1.277	1.267	1.258	1.253	1.248	1.239	1.230	1.221	1.212	1.203
1050	1.308	1.299	1.289	1.279	1.270	1.265	1.261	1.251	1.242	1.233	1.223	1.214
1060	1.321	1.311	1.301	1.292	1.282	1.277	1.273	1.263	1.254	1.244	1.235	1.226

注: 1mbar = 100Pa

表 B2 当相对湿度不是 60% 时, 环境空气对相对湿度修正的密度表

kg/m<sup>3</sup>

相对湿度 %	空气温度, °C					
	5	10	15	20	25	30
30	+0.001	+0.002	+0.002	+0.003	+0.004	+0.006
35	+0.001	+0.001	+0.002	+0.003	+0.004	+0.005
40	+0.001	+0.001	+0.002	+0.002	+0.003	+0.004
45	+0.001	+0.001	+0.001	+0.002	+0.002	+0.003
50	0	+0.001	+0.001	+0.001	+0.001	+0.002
55	0	0	0	+0.001	+0.001	+0.001
60	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	-0.001	-0.001	-0.001
70	0	-0.001	-0.001	-0.001	0.001	-0.002
75	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	0.002	-0.003
80	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	-0.004
85	-0.001	-0.001	-0.002	-0.003	-0.004	-0.005
90	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	-0.004	-0.006