

新编酒精密度 浓度和温度常用数据表

李兴华 陈大舟 徐彦发 编著

XINBIAN JIJJING MIDU
NONGDU HE WENDU CHANGYONG SHUJUBIAO



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

新编酒精密度 浓度和温度 常用数据表

李兴华 陈大舟 徐彦发 编著

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

新编酒精密度 浓度和温度常用数据表 / 李兴华等编. 北京:中国计量出版社,2008.9

ISBN 978-7-5026-2894-9

I. 新… II. 李… III. 乙醇—物理量—数据 IV. 0623.411

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 140310 号

内 容 提 要

本书给出了按最新温标(1990 年国际温标)编制的,且符合国际法制计量组织规定的一套共 8 种基本国际酒精表,以此为基础还给出了在我国实际工作中最常用的 20℃ 温度下酒精密度与体积浓度、质量浓度关系,以及酒精计体积浓度与温度-20℃~40℃ 换算的两种实用表;并给出了国内有一定需求的 40℃~45℃ 温度范围的实用数据表。所给出的数据最新、准确,数据表结构合理,查表方便,实用性强。

本书可供酒精厂、饮料酒厂、轻工、化工、商检、食品、贸易、医疗卫生、科研以及计量部门使用,是从事生产、分析、检验、计量检测、经贸的有关人员必备的工具书。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010)64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市媛明印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787mm×1092mm 16 开本 印张 24.75 字数 594 千字

2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷

*

印数 1—2 000 定价:56.00 元

前 言

本书是在《酒精密度 浓度和温度常用数据表》一书的基础上修改编辑而成的。原书由中国计量科学研究院前密度实验室李兴华主任和原国家标准物质研究中心科技处长陈大舟编写，中国计量出版社 1997 年出版。本次修订出版更名为“新编酒精密度 浓度和温度常用数据表”。

作者为了能够更多反映现代信息，查询了大量文献以及标准，除修改了原书一些明显的错误，在编排上做了某些技术性改动外，还对原书的文字部分进行了修改，并增加了国内需求的 $40^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ 温度范围的酒精计温度与浓度换算表。本书仍然以目前调研到的国际惯例 $-20^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 的数据表为主线，延伸温度部分的数据表仅供国内用户参考。与此同时，作者，特别是李兴华主编对本次修订极为慎重，在对以下四个主要问题落实后才与中国计量出版社签下出版协议。主要的问题是：（一）温标问题；（二）OIML 国际建议问题；（三）酒精计“浓度标示问题”；（四）原书公式（3.1）适应的 $-20^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 问题以及延伸到 45°C 的可行性问题。另外，本次修订还增加了一章即第 4 章“关于两项实验”，对参考文献部分也作了修改，原则是增加新的标准与论文（尽可能收集 2000 年以后的内容）。总之，较之原书的内容有所增加。

本书由李兴华同志任主编，负责本书的主要内容、结构，并统稿；由中国计量科学研究院化学计量与分析科学研究所陈大舟研究员任副主编，负责计算给出所有数据表；编著者，冀州市耀华器械仪表厂厂长徐彦发，负责温度范围从 40°C 延伸到 45°C 的调研与试验工作，同时还参与了大量的调研工作。该厂以生产玻璃浮计与玻璃温度计为主，在同类厂家中为佼佼者。

本书在酝酿和编写过程中，得到国家质量监督检验检疫总局李慎安教授多次指导并提供资料，得到国家轻工业玻璃产品前质量监督检测中心副主任蒋中鳌教授的关心与帮助，中国食品发酵工业研究院标准化中心前主任田栖静、康永璞以及现主任郭新光提供了资料，中国计量科学研究院质量密度实验室主任罗志勇研究员提供了密度计量器具检定系统信息，中国计量科学研究院副院长段宇宁研究员和中温室主任张金涛研究员，提供了温标问题上的信息，冀州市耀华器械仪表厂徐彬以及刘云凤、张新竹两位师傅进行了试验，谨此一并表示感谢。还要感谢中国计量出版社的编辑王红对本书付出的心血，感谢贵州省计量科学研究院周湄生、河北省计量科学研究院白月霞以及北京市计量检测科学研究院刘平艳等高级工程师的关心与支持。

正是以上这些同志的大力协助，再版书才得以有了较大的进步，并很快出

版发行，在此再次表示谢意！

本书是在中国计量出版社的原版书脱销的情况下完成的，因时间紧张，疏漏和错误之处在所难免，请读者、专家批评指教。

作者

2008年8月于北京

目 录

第1章 概述	1
1 密度、浓度基本概念	1
1.1 密度定义及单位	1
1.2 浓度定义及单位	2
1.2.1 质量分数	2
1.2.2 体积分数	2
1.2.3 质量浓度与体积浓度的关系	3
1.3 密度与温度的关系	4
2 密度测量常用方法及其仪器	4
2.1 密度瓶 (Pyknometer) 法	4
2.1.1 测量原理与仪器	4
2.1.2 密度计算式	5
2.1.3 测量操作与影响因素	6
2.2 浮计 (Hydrometer) 法——酒精计	7
2.2.1 测量原理与仪器	7
2.2.2 测量操作与影响因素	8
第2章 关于国际酒精表	10
1 有关的国际建议、国际标准以及国际葡萄与葡萄酒组织	10
1.1 OIML 国际建议	10
1.1.1 OIML 国际法制计量组织概况	10
1.1.2 OIML 国际建议 No. 22 “酒精浓度的测定 (国际酒精表)”	11
1.1.3 OIML 国际建议 No. 44 “酒精计和酒精密度计以及用于酒精浓度测量的 温度计”	11
1.2 ISO 国际标准	11
1.2.1 ISO (国际标准化组织) 概况	11
1.2.2 相关的 ISO 国际标准	12
1.3 OIV 国际葡萄与葡萄酒组织	12
1.3.1 国际葡萄与葡萄酒组织概况	12
1.3.2 OIV 的技术法规	14
2 国际酒精表简介	14
2.1 基本国际酒精表	15
2.2 实用国际酒精表	16

第 3 章 常用数据表	18
1 1990 年国际温标国际酒精表	18
表 I 酒精溶液密度与温度和质量浓度关系表 $\rho=\rho(p, t)$	20
表 II 酒精溶液密度与温度和体积浓度关系表 $\rho=\rho(q, t)$	33
表 III a 酒精溶液 20℃ 密度与质量浓度关系表 $\rho_{20^{\circ}\text{C}}=\rho_{20^{\circ}\text{C}}(p)$	46
表 III b 酒精溶液体积浓度与质量浓度关系表 $q=q(p)$	49
表 IV a 酒精溶液 20℃ 密度与体积浓度关系表 $\rho_{20^{\circ}\text{C}}=\rho_{20^{\circ}\text{C}}(q)$	52
表 IV b 酒精溶液质量浓度与体积浓度关系表 $p=p(q)$	55
表 V a 酒精溶液质量浓度与 20℃ 密度关系表 $p=p(\rho_{20^{\circ}\text{C}})$	58
表 V b 酒精溶液体积浓度与 20℃ 密度关系表 $q=q(\rho_{20^{\circ}\text{C}})$	64
2 20℃ 温度下酒精密度与浓度关系实用数据表	70
2.1 p : 0~20% mass 数据表	71
2.2 p : 20%~40% mass 数据表	81
2.3 p : 40%~60% mass 数据表	91
2.4 p : 60%~80% mass 数据表	101
2.5 p : 80%~100% mass 数据表	111
3 酒精计浓度与温度换算表	121
3.1 温度范围 -20℃~40℃ 酒精计浓度与温度换算表	122
3.1.1 -20℃~-15℃ 换算表	123
3.1.2 -15℃~-10℃ 换算表	143
3.1.3 -10℃~-5℃ 换算表	163
3.1.4 -5℃~0℃ 换算表	183
3.1.5 0℃~5℃ 换算表	203
3.1.6 5℃~10℃ 换算表	223
3.1.7 10℃~15℃ 换算表	243
3.1.8 15℃~20℃ 换算表	263
3.1.9 20℃~25℃ 换算表	283
3.1.10 25℃~30℃ 换算表	303
3.1.11 30℃~35℃ 换算表	323
3.1.12 35℃~40℃ 换算表	343
3.2 温度范围 40℃~45℃ 酒精计浓度与温度换算表	363
第 4 章 关于两项试验	384
1 玻璃体膨胀系数 β^* 值	384
2 玻璃内应力	385
3 关于两项试验实测情况的介绍	385
附录 1990 年国际温标纯水密度表	386
参考文献	387

第 1 章 概 述

1 密度、浓度基本概念

1.1 密度定义及单位

密度(Density)是表征物质特性的一个重要物理量。

单位体积的某种物质的质量,叫做这种物质的“密度”。其定义公式为:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

式中: ρ ——物质的密度;

m ——物质的质量;

V ——物质的体积。

密度的国际单位制(SI)单位为 kg/m^3 ,亦可用它的十进倍数与十进分数单位表示,其中十进倍数单位 g/cm^3 常用。它与 kg/m^3 的关系为:

$$1\text{g}/\text{cm}^3 = 1000\text{kg}/\text{m}^3$$

根据我国在 1984 年颁布的法定计量单位,亦可使用 g/mL 和 t/m^3 等。它们与 kg/m^3 的关系为:

$$1\text{g}/\text{mL} = 1\text{t}/\text{m}^3 = 1000\text{kg}/\text{m}^3$$

除上述的密度概念外,为方便使用,还常用相对密度量来表达物质的密度特性。

相对密度(Relative density)是指在规定的条件下,物质密度 ρ_1 与参考物质密度 ρ_2 之比值。其定义公式为:

$$d = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad (1-2)$$

它是单位为一,量纲*一的量。在密度测量领域中,参考物质对于液体与固体通常采用纯水;对于气体通常采用与气体的压力、温度相同的干燥空气。在定义纯水密度时,国际上以及不同学科中参考温度有 4°C , 15°C , 15.56°C , 17.5°C , 20°C , 23°C 和 27°C 。但常用 4°C , 15°C 及 20°C ,其密度值分别为 $999.972\text{kg}/\text{m}^3$, $999.099\text{kg}/\text{m}^3$ 和 $998.203\text{kg}/\text{m}^3$ (见本书附录);气体一般是用标准状况($T=273.15\text{K}$, $p=101325\text{Pa}$)的干燥空气,其密度为 $1.2930\text{kg}/\text{m}^3$ (请参见参考文献[2]的第七章)。

从式(1-2)可知,若测定时,使参考物质的体积 V_2 与某种物质的体积 V_1 相同,则这时的相对密度可看作某种物质的质量 m_1 与同体积参考物质的质量 m_2 ,在规定条件下的比值,即式

* 量纲是由基本量的幂积所表示的导出量与基本量间的定性关系式,某个量式 Q 的量纲可表示为 $\text{dim}Q$,例如 $\text{dim}\rho$ 和 $\text{dim}d$ 等。

(1—2)变为:

$$d = \frac{m_1}{m_2} \quad (1-3)$$

以前常用的“比重(Specific gravity)”术语,不再使用。

关于单位为一,量纲一的量的一点说明:

量值一般表达为数与单位之积,但单位为一时,则只表达为数。例如:折射率 $n = 1.44 \times 1 = 1.44$,某组分的质量分数(w 或 p) $= 0.45\% = 45 \times 10^{-4}$ 。

量纲一的量,即为无量纲量。量纲一的量是量纲指数全部为零的量。它反映了 $\dim Q = 1$ 。例如:折射率 n 和相对密度 d 以及下节所述的质量分数与体积分数等。这里的相对密度 d :

$$\begin{aligned} \dim d &= \dim \rho_1 / \dim \rho_2 \\ &= L^{-3} \cdot M / L^{-3} \cdot M \\ &= L^0 \cdot M^0 \\ &= 1 \end{aligned}$$

对于质量分数与体积分数亦同(请参见参考文献[7]的 1.1.9 节,1.2.7 节以及参考文献[11]的有关章节)。

1.2 浓度定义及单位

浓度(Concentration)是一个与密度密切相关的量,在密度测量领域,它表示混合物的混合程度或是混合物中某种物质含量的多少。由于在某些场合,浓度对物质性质的描述比密度更加方便而发展起来的,具有它的特殊性。

酒精溶液是由能互相混合的酒精(乙醇)和纯水组成的单相均匀体系。其浓度常用质量分数(Mass fraction)及体积分数(Volume fraction)来表示。

1.2.1 质量分数 是指酒精溶液中所含酒精质量 m' 与溶液质量 m 的比值。以下简称“质量浓度”。即:

$$p = \frac{m'}{m} \times 100\% \quad (1-4)$$

单位为一,量纲一的量(其说明同上)。国际上的有关组织(例如:ISO 与 OIV 等,请见第 2 章的 1.1 节和 1.3 节)用符号 %mass 或 %(m/m)来表示。例如, $p_{(w)} = 85.5\% \text{mass} = 85.5\% (m/m)$,表示酒精在其相应溶液(如 100g)中的质量含量为 85.5g,单位为 g/g。

p 亦可用符号 w 表示。

1.2.2 体积分数 是指在一定温度 $t^\circ\text{C}$ 下,酒精溶液中所含酒精体积 V' 与同温度下溶液体积 V 的比值。以下简称“体积浓度”。即:

$$q = \frac{V'}{V} \times 100\% \quad (1-5)$$

单位为一,量纲一的量(其说明同上)。国际上的有关组织(例如:ISO 与 OIV 等)用符号 %vol 或 %(V/V)来表示。例如,在 20°C 时, $q_{(\varphi)} = 85.5\% \text{vol} = 85.5\% (V/V)$,表示酒精在其 20°C 的相应溶液(如 100mL)中的体积含量为 85.5mL。单位为 mL/mL。

q 亦可用符号 φ 表示。

关于本节中质量分数(p 或 w)与体积分数(q 或 φ)的一些说明:

“质量分数”与“体积分数”在原书中称为“质量百分数”与“体积百分数”。实际上百分号%用作数符号“1”的分数为 10^{-2} 。在用来表示某种组分的含量时,往往会用% mass 或%(m/m)表示质量分数(p 或 w),而用% vol 或%(V/V)表示体积分数(q 或 φ)。然而,根据国家标准 GB 3101—1993《有关量、单位和符号一般原则》(本标准等效采用 ISO 国际标准 31-0:1992《量和单位一般原则》第零部分:一般原则)的 2.3.3 条款,以及参考文献[11]的有关规定,“质量分数”与“体积分数”是纯数字,单位都应该是 1。在表示量值时,它们一般并不明确写出,也不能在单位符号上加其他信息,如% mass 或% vol。对于质量分数与体积分数来说是没有什么意义的,而且其叫法亦不规范。例如:质量百分数为 67%(m/m)或 67% mass,正确的表达方式应该叫做质量分数为 67% 或者小数 0.67;体积百分数为 75% vol 或 75%(V/V),正确的表示方式应该叫做体积分数为 75% 或者小数 0.75。记住,质量分数与体积分数也可以这样表示,例如:5 μ g/g 和 4.2mL/L 等。

对此问题全国食品发酵标准化中心极为重视,前主任田栖静、康永璞曾以全国食品工业标准化技术委员会的名义在 2003 年 11 月 10 日向国家质量监督检验检疫总局发文关于《“酒精浓度”标识方法的请示》,国家质检总局计量司曾在 2003 年 12 月 1 日回函[质检量函(2003)33 号]。归结起来,共解答了三个问题,现在有必要将有关的结论性意见展示给大家。原文中第三部分说:根据国务院《全国推行我国法定计量单位意见》的有关规定*,个别领域如有特殊需要,可以使用某些非法定计量单位,但必须与有关国际组织的名称、符号相一致。……考虑到国际酿酒行业的通行惯例,可在标准的备注栏或说明中依据有关的国际标准,对“酒精浓度”标识方法给出的法定计量单位与酿酒行业对“酒精浓度”表示方法的换算或关系。在产品标签**中,依据国家标准的有关解释,允许使用目前国际酿酒行业标准所规定的“酒精浓度”标识方法。在可能的条件下,应优先采用国际单位制单位。

1.2.3 质量浓度与体积浓度的关系 在酒精溶液的浓度计算时,常遇到质量浓度与体积浓度相互换算问题。彼此换算关系为:

$$\begin{aligned} q &= \frac{\rho_t}{\rho_t(100\%)} \times p \\ p &= \frac{\rho_t(100\%)}{\rho_t} \times q \end{aligned} \quad (1-6)$$

式中: q ——体积浓度;

p ——质量浓度;

ρ_t ——在 $t^\circ\text{C}$ 下, q 或 p 时的酒精溶液密度;

$\rho_t(100\%)$ ——在 $t^\circ\text{C}$ 下,纯酒精密度。

当 $t = 20^\circ\text{C}$ 时,上式变为:

$$\begin{aligned} q &= \frac{\rho_{20}}{\rho_{20}(100\%)} \times p \\ p &= \frac{\rho_{20}(100\%)}{\rho_{20}} \times q \end{aligned} \quad (1-7)$$

* 1984 年 1 月 20 日国务院第 21 次常务会议通过了这一文件。这里所说的有关规定是指文件里“要求 2”中的第 10 条款。编者注。

** 这里是指国家标准 GB 10344《饮料酒标签》。编者注。

式中: ρ_{20} ——在 20℃ 下, q 或 p 时的酒精溶液密度;
 $\rho_{20}(100\%)$ ——20℃ 时纯酒精密度, 等于 789.23 kg/m³。

1.3 密度与温度的关系

从式(1—1)可知, 密度是随温度而变的。这种变化显示了物质的热膨胀特性。对于液体来说, 其关系式为:

$$\rho_{t2} = \frac{\rho_{t1}}{1 + a_v(t_2 - t_1)} \quad (1-8)$$

式中: ρ_{t1}, ρ_{t2} ——分别为液体在温度 t_1 ℃ 及 t_2 ℃ 时的密度;

a_v ——液体的体膨胀系数(严格来讲, 是指 t_1 ℃ ~ t_2 ℃ 范围的平均值), 单位为 ℃⁻¹。

将式(1—8)展开并忽略带有 a_v^2 以上的高次小项, 则可得到下列近似数学表达式, 即:

$$\rho_{t2} = \rho_{t1}[1 + a_v(t_1 - t_2)] \quad (1-9)$$

若 $t_1 = 20$ ℃, 则式(1—9)变为:

$$\rho_{t2} = \rho_{20}[1 + a_v(20 - t_2)] \quad (1-10)$$

式(1—10)是实际工作中常用的密度与温度关系的表达式。据此可方便地从已知在 20℃ 时的标准密度值(一般来说, 液体的标准温度定为 20℃)求得在任意温度下的密度值; 反之亦然。

显然, 为正确表达液体的密度, 相对密度, 以及浓度, 必须同时注明测量时的温度。例如, ρ_{20} 表示液体在 20℃ 时的密度; 而 d_{15}^{20} 或 d_{15}^{20} 表示某种液体在 20℃ 时的密度相对于参考液体(通常为纯水)在 15℃ 时密度的相对密度。

2 密度测量常用方法及其仪器

测量密度有各种方法, 但按测量方式大体上分为导源于密度基本公式的直接测量法, 和利用密度量与某些物理化学量关系的间接测量法。直接测量法又分为绝对测量法与相对测量法。后者常用, 它是一种与密度已知称其为密度标准参考物质进行比较的测量。如液体静力称量法、密度瓶法、浮计法等。这类方法主要用于实验室、化验室。而绝对测量法则是通过直接测量物质的基本量质量与长度, 无须使用密度标准参考物质的一种测量。主要用于研究建立密度标准或密度标准参考物质; 间接测量法种类较多, 如利用静压力、电量、电离辐射、声学、光学、振动等量与密度变化关系的浮子法、静压法、介电常数法、射线法、声学法、光学法以及振动法等。它们大都能够通过密度传感元件提供并直接输入自动控制系统测量信号作连续地自动测量, 这类方法主要用于工业生产流程中(请参见参考文献[2]的第十三章的各种方法)。在酒精溶液领域, 在实验室测量密度, 主要使用密度瓶法、浮计法、韦氏天平法、折光法、振动法以及气相色谱法。下面着重介绍常规的密度瓶法与浮计法。

2.1 密度瓶(Pyknometer)法

2.1.1 测量原理与仪器 密度瓶(过去称为比重瓶)法是基于密度基本公式, 用一种在一定温度和规定标线下具有确定容积的称量仪器, 即密度瓶来测量密度的方法。

密度瓶通常是用玻璃材料制作的, 其形式结构有多种。在测量酒精溶液密度时, 常用以下几种。

(a) 毛细管塞式密度瓶 图 1—1 是瓶口带有毛细管塞即瓶塞的两种密度瓶。瓶塞 2 与瓶口磨口连接,为准确调节液面,一般在塞上都刻有标线 3。若无标线,则调节液面以瓶口为准。毛细管直径一般为 1mm,图中膨胀室为防止液体外溢而设计。图中(b)称为给吕萨克(Gay Lussac)式密度瓶,是国际标准 ISO 3507“密度瓶”中推荐的一种。

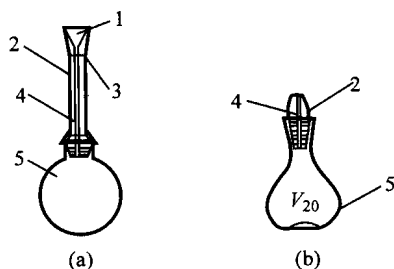


图 1—1 毛细管塞式密度瓶

1—膨胀室;2—瓶塞;3—标线;

4—毛细管;5—瓶体

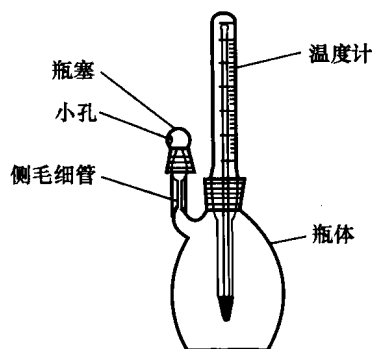


图 1—2 附温式密度瓶

密度瓶的标称容积(20℃)为 25mL,50mL。

(b) 附温式密度瓶 图 1—2 是瓶内附有温度计的密度瓶。温度计与瓶体磨口连接,侧毛细管直径一般为 1mm,瓶塞上有一排气小孔。温度计范围通常为 10℃~30℃,分度值为 0.1℃~0.2℃。

密度瓶的标称容积(20℃)为 25mL,50mL。该瓶特点是可以温度计直接观测酒精溶液的温度。

(c) 赖绍尔(Reisechauer)式密度瓶 赖式密度瓶如图 1—3 所示,其结构大体同图 1—1 (a),但瓶体 5 上部是内径约为 3mm 的长细管 3。

该瓶也是 ISO 3507 推荐的一种形式,其标称容积(20℃)为 25mL,50mL。

密度瓶玻璃应光洁透明,具有良好的物化性能(如耐水、耐碱、耐酸、体膨胀系数等),其标线应清晰、均匀和耐久,其宽度不得超过 0.3mm。符合技术要求的密度瓶还应有标准温度(通常为 20℃,也有 15℃,15.56℃,23℃和 27℃的)、标称容积、制造厂名或商标、生产年月、瓶编号(包括瓶塞)和玻璃型号或体膨胀系数(钠钙玻璃为 $25 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;硅硼玻璃为 $10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)标记。

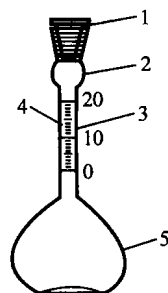


图 1—3 赖绍尔式密度瓶

1—瓶塞;2—膨胀室;

3—细管;4—标线;5—瓶体

2.1.2 密度计算式 根据在空气中用天平称量空密度瓶、注满纯水密度瓶和注满被测试样密度瓶的三次测定,其酒精溶液密度计算公式为:

$$\rho_t = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} (\rho_w - \rho) + \rho \quad (1-11)$$

式中: m_1 ——在密度为 ρ 的空气中与密度瓶相平衡的砝码质量;

m_2 ——在密度为 ρ 的空气中与注满纯水的密度瓶相平衡的砝码质量;

m_3 ——在密度为 ρ 的空气中与注满被测试样的密度瓶相平衡的砝码质量;

ρ_w ——在温度 $t^\circ\text{C}$ 时的纯水密度(根据 $t^\circ\text{C}$ 查附录的纯水密度表);

ρ_t ——在温度 $t^\circ\text{C}$ 时的被测试样的密度。

上式是认为测量时空气密度不变和纯水温度与被测试样温度一样条件下的表达式,如需更准确,则每次衡量时均需实际测定空气密度,并对因测纯水温度和试样温度的不同对密度瓶容积进行修正。

在常规测定中,通常空气密度 $\rho=0.0012045\text{g}/\text{cm}^3$ (20°C , 101325Pa), 温度 $t=20^\circ\text{C}$ (这时 $\rho_w=0.998203\text{g}/\text{cm}^3$), 则此时酒精溶液的密度为:

$$\begin{aligned}\rho_{20} &= \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times (0.998203 - 0.0012045) + 0.0012045 \\ &= \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 0.997000 + 0.0012045\end{aligned}\quad (1-12)$$

若求相对密度 $d_{20}^{20} = \frac{\rho_{20}}{\rho_w}$, 则为:

$$d_{20}^{20} = \frac{\rho_{20}}{\rho_w} \quad (1-13)$$

进一步, 计算时若忽略空气密度浮力的影响, 则式(1-11)可简化成:

$$\rho_{20} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 0.998203 \quad (1-14)$$

若求相对密度 d_{20}^{20} , 则为:

$$d_{20}^{20} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \quad (1-15)$$

2.1.3 测量操作与影响因素 测量密度按如下程序操作: 首先用重铬酸钾洗液将密度瓶里外浸泡一天, 然后用自来水冲洗干净后, 再分别用纯水、分析纯乙醇、乙醚反复清洗瓶, 并使之干燥待用(有油污时需先用汽油)。将瓶放入天平待温度稳定(约 15min)后称量空密度瓶质量 m_1 , 然后用新鲜纯水注满密度瓶放入恒温槽中恒温, 待温度稳定(约 20min)达到要求后用滤纸仔细调节液面至标线处(液面弯月面下缘与标线相切)或瓶口处, 并测量温度。将瓶从恒温槽取出, 降温使液柱下降, 接着仔细擦干瓶外的液体, 盖上瓶塞(对于调标线的密度瓶, 还应将瓶内标线至瓶口处的多余水擦干), 放入天平, 待温度稳定(约 15min)后称量质量 m_2 。然后将瓶从恒温槽取出, 并将瓶中水倒出, 在清洗干燥密度瓶后再注满被测酒样*。其液面调节与质量 m_3 称量同上操作。最后, 按上述所需公式计算酒样的密度或相对密度。

测量主要影响因素如下: 称量质量通常使用示值变动性为 0.1mg 的 200g 天平。但要注意示值变动性与天平的分度值即感量概念不同。天平示值变动性是指天平在同一条件下, 多次测量同一物体, 所得结果的一致性。它实际上反映了称量结果的可靠程度。天平分度值是指天平平衡位置在分度标牌上产生一个分度所需的质量值大小。它实际上反映了天平的灵敏度。为确定变动性可采用如下方法: 即在天平上, 多次(10 次以上)测定同一物体所得质量结

* 为了使大家更清楚, 这里酒样是指在酿酒行业有关标准中制备的酒的馏出物(在相关标准中或叫乙醇溶液、蒸馏液等), 温度为 20°C 。

果的最大值减去最小值并乘以分度值就是该台天平示值变动性大小。在称量时为消除天平不等臂性误差可用替代称量法。另外,还应注意气流、温度、湿度和振动等条件对称量结果的影响,为确定密度瓶注满水和酒样在规定温度和标线下的质量,通常要求恒温槽温度波动性为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。另外,在灌注液体时,瓶内不得存留气泡。在瓶中调节好液面后,瓶内液体不得损失。所用纯水应符合技术要求,符合 GB 6682“实验室用水规格”的标准。

密度瓶法的质量保证溯源于基本量质量与密度标准参考物质纯水密度,其酒精度量值传递体系见图 1—4(请参见参考文献[2]的第四章)。

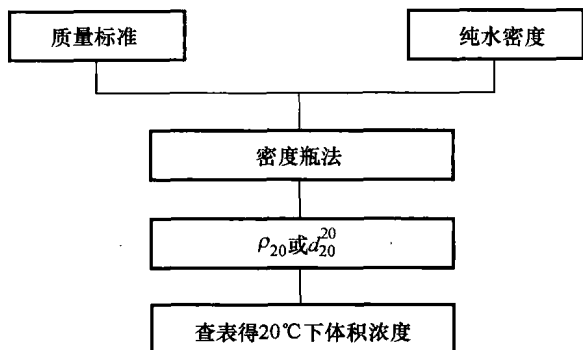


图 1—4 用密度瓶法测量体积浓度量值传递体系框图

密度瓶法在酿酒行业一般为仲裁方法,对同一种样品两次测量结果之允差为,不大于 $0.1\%\text{vol}$ 和不大于 $0.05\%\text{mass}$ 。

2.2 浮计(Hydrometer)法——酒精计

2.2.1 测量原理与仪器 浮计是依据阿基米德原理工作的,由于这类仪器能垂直自由漂浮于液体中而统称为“浮计”。本书所述浮计指质量固定、体积可变的质量固定式玻璃浮计(简称浮计)。根据阿氏原理,当浮计在液体中平衡时,它所排开的液体重量等于浮计本身的重量,这样由其浸没于液体中的深度,从刻度标尺直接得到液体密度、相对密度或浓度。

浮计结构很简单,主要由干管和躯体两部分组成,其代表形式如图 1—5 所示。图中(b)是 ISO 387“密度计结构和校准原则”所推荐的形式。图中(c)是为能直接观测液体温度内封有温度计式的浮计,可称为“热式浮计”,这时温度计底部的感温泡(如水银)也属于压载物的一部分。

浮计种类繁多,按用途及刻度方法分为密度计、浓度计和假定刻度浮计。专用于酒精溶液浓度的酒精计(Alcoholometer)是浓度计的一种。国际上有质量酒精计(以质量浓度刻度)与体积酒精计(以体积浓度刻度)以及以密度单位 kg/m^3 刻度的酒精密度计三种。在我国主要使用体积酒精计(以下简称酒精计),其结构与图 1—5 相同。也有附有温度计的酒精计,可称为“热式酒精计”,但不多见。

对于酒精计来说,因酒精度高对应密度小,故其刻度标尺与密度计相反,标尺最上端刻线(上标线)酒精度高,往下逐渐变小,如 $20\%\sim 30\%\text{vol}$ 的酒精计, $30\%\text{vol}$ 对应上标线,往下逐渐变小, $20\%\text{vol}$ 对应最下端刻线(下标线)。但酒精度标尺与密度计一样也是不等分的,其刻线间间距随着酒精度减小即密度增大而逐渐变小。

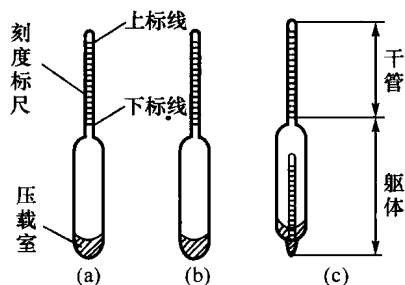


图 1—5 浮计的结构图

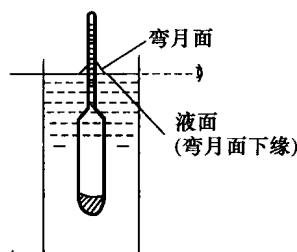


图 1—6 酒精计按弯月面下缘读数示意图

酒精计玻璃应光洁透明,具有良好的物化性能(如耐水、耐酸、耐碱、内压力和体膨胀系数等),其标线应清晰、均匀和耐久,其宽度不得超过 0.2mm。符合技术要求的酒精计还应有名称,标准温度(通常为 20℃,也有 15℃,15.56℃等)、制造厂名或商标、编号、生产年月等标记。

我国规定酒精计的标准温度为 20℃,体膨胀系数(钠钙玻璃)为 $(25 \pm 2) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 和按弯月面下缘方法读数(见图 1—6,详见 JJG 42—2001“工作玻璃浮计”检定规程),这与国际上的有关规定是一致的。

酒精计是最常用的玻璃仪器。它广泛用于酒精、饮料酒的生产、储运、调拨、销售、加浆改装以及化工、轻工、医药卫生和贸易结算等行业。特点是使用简便、测量快捷和价格低廉,使用量相当大。

在实际工作中,酒精计测量范围为 0~100%vol,按不同场合的使用要求,其分度值有 0.1, 0.2, 0.5 和 1.0%vol 等多种。在全范围或某个范围上若干支酒精计组成不同系列产品。如常见的酒精度范围为 0~100%vol(10 支组)、0~40%vol(8 支组,用于葡萄酒和露酒)、30%~65%vol(7 支组,用于白酒)和 90%~100%vol(2 支组,用于工业或食用酒精),分度值均为 0.1%vol 的精密酒精计;0~100%vol,分度值为 0.2%vol(5 支组,精密酒精计)和 1%vol(3 支组)的酒精计等。全套仪器也可附 100~1000mL 的测试玻璃筒以及 0~50℃分度值为 0.1℃或 0.2℃的温度计。

酒精计的质量保证溯源于密度计量器具检定系统中基准计量器具副基准酒精计(其系统已由中国计量科学研究院质量·密度计量实验室报局,待审批)。它的量值是由固体密度基准的硅球(质量约为 1kg,直径约为 9cm),密度测量范围为 $(500 \sim 10000) \text{ kg/m}^3$ ($U_{\text{rel}} = 2 \times 10^{-7}$),以及密度工作基准的硅圈、硅柱,密度测量范围为 $(500 \sim 10000) \text{ kg/m}^3$ ($U_{\text{rel}} = 2 \times 10^{-6}$),通过静态称量法传递的。其中密度工作基准溯源于固体密度基准并用静态称量法传递。而固体密度基准是用绝对法建立的,即通过测量基本量质量($U_{\text{rel}} = 2.7 \times 10^{-9}$),基本量长度即光频基准($U_{\text{rel}} = 5 \times 10^{-11}$),它是复现与统一全国密度量值的最高依据。其酒精度量值传递体系见图 1—7。

2.2.2 测量操作与影响因素 测量酒精度按如下程序操作:首先选好适宜的酒精计和玻璃筒,清洗干净晾干(若有油污,应先用汽油清洗),然后将酒精计放入盛有被测酒样的玻璃筒中,待温度稳定和确认筒中无气泡后读取酒精计(读弯月面下缘)和温度计示值。最后由以上数据查表得到 20℃时酒精的体积浓度值。

测量主要影响因素如下:酒精计清洗干净很重要,在将酒精计放入酒精中时应仔细观察其干管四周形成的弯月面形状是否正常,若不正常(譬如变形、起皱),应重新清洗酒精计。在酒

精计浸入酒精中时,应在接近平衡位置处轻轻松开手,而且只允许在其平衡位置上下稍有浮动(通常为上下三个分度值之内),因干管上过多附上试样会加大酒精计质量使其多浸入造成测量误差。读温度计与酒精计时应估读到分度值的十分之一。另外,在酒精计浸入装有酒样的玻璃筒时,应特别注意它与玻璃筒四周和底部不得相碰,应距离 5mm 以上,而且应特别注意它与温度计、玻璃搅拌器等之间也不得相碰。

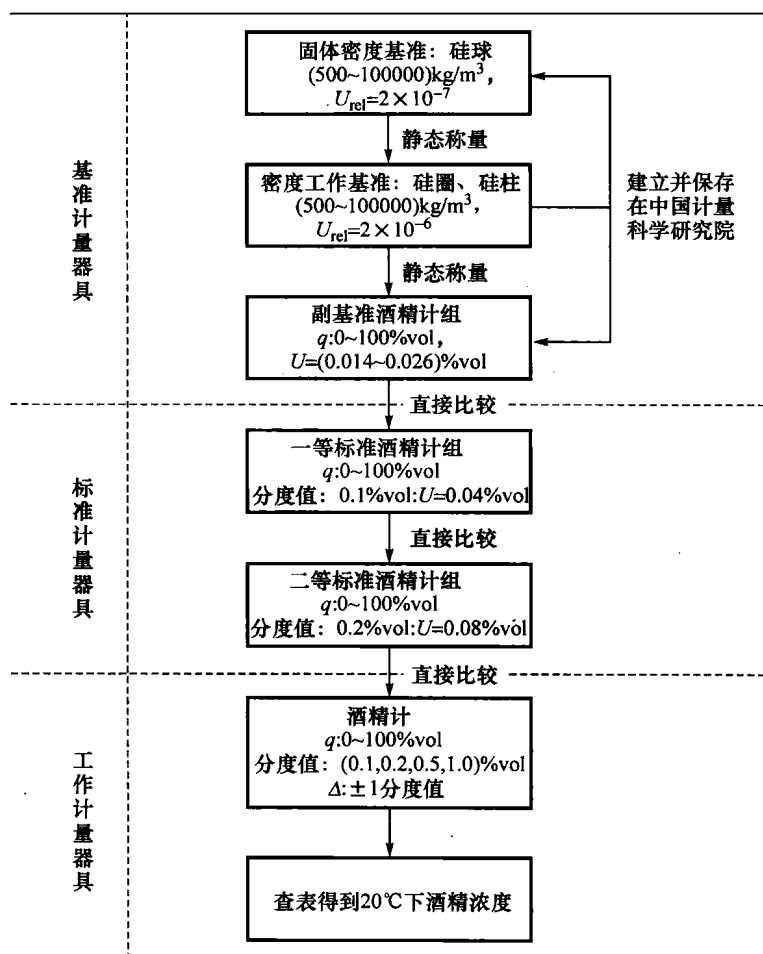


图 1—7 用酒精计法测量体积浓度量值传递体系框图

注 1: 在检定系统中, U_{rel} 表示扩展相对不确定度 ($k=2$); U 表示扩展不确定度 ($k=2$); Δ 表示最大允许误差 (MPE)。这是国际惯例, 为了与国际比较所致。

注 2: 静态称量法即通常所述的液体静力称量法 (道理同上)。

注 3: 固体密度基准即为国家密度基准之意 (道理同上)。

在酿酒行业中, 浮计法是一般的测量方法, 对于同一种样品两次的测量结果之允差为, 不大于 0.1%~0.2%vol (请参见参考文献[2]的第五章)。

第 2 章 关于国际酒精表

1 有关的国际建议、国际标准以及国际葡萄与葡萄酒组织

国际间为测量与计算酒精溶液密度与浓度统一的目的,由国际法制计量组织(OIML)制定了 OIML 国际建议 No. 22“酒精浓度的测定(国际酒精表)”及 No. 44“酒精计和酒精密度计以及用于酒精浓度测量的温度计”两个计量法规文件。由国际标准化组织(ISO)制定了 ISO 4801“无温度计的酒精计和酒精密度计”,ISO 4805“热酒精计和酒精—热密度计”以及 ISO 6152“酒精计和酒精密度计用温度计”三个国际标准。下面,简述这些标准,并对有关的国际建议、国际标准以及国际葡萄与葡萄酒组织加以论述。

1.1 OIML 国际建议

1.1.1 OIML 国际法制计量组织概况 国际法制计量组织(简称 OIML)是根据《国际法制计量组织公约》,于 1955 年在法国巴黎成立的政府间的计量组织。其最高权力机构是国际计量大会,领导和咨询机构是国际法制计量委员会(简称 CIML),常设执行机构是该委员会领导下的国际法制计量局(简称 BIML,曾经翻译为国际权度局)。OIML 目前共有 95 个国家与地区,我国是 1985 年 4 月 25 日正式加入的第 50 个成员国。对于 OIML 可能大家比较生疏,这里较详细介绍一下。

OIML 的宗旨是确定法制计量的一般原则,促进计量立法的国际一致,制定并推荐国际计量技术法规;交流国际间新的检定方法以及协调国际间因制造、使用和检定计量器具而出现的问题等。

由 OIML 制定并出版的“国际建议”及“国际文件”,反映着当前实用计量技术的国际水平,计量立法走向国际一致的趋势和发展国际贸易的需要,在国际上具有一定的通用性和权威性。认真研究、积极采用“国际建议”和“国际文件”,对于我国开发计量器具新产品,提高法制计量水平以及适应我国经济建设和对外贸易的需要,具有积极意义。

OIML 下设秘书处,有指导秘书处(简称 SP)和报告秘书处(简称 Sr),是为起草“国际文件”和“国际建议”而设立的,经 CIML 讨论通过的文件称为“国际文件”。它是推荐给成员国的参考文件,没有明确的约束力,而经过 CIML 通过并由国际法制计量大会批准的建议称为“国际建议”。它对成员国有一定的约束力,各成员国有尽可能采用的义务。但多年来的实践表明,上述形式机构不利于工作的开展,于是便决定设立“技术委员会”和“分技术委员会”,以逐步取代上述两个秘书处。技术委员会(简称 TC)是根据 1992 年 CIML 第 27 次会议原则通过的 OIML 技术工作导则,为改革 OIML 技术工作而设立的。根据需要,技术委员会有 18 个。现将与密度计量有关的技术委员会的代号、名称以及秘书处负责国家介绍给大家:

TC9“质量与密度计量技术委员会”,美国

TC10“压力、力和相关量计量技术委员会”,美国

TC11“温度与相关量计量技术委员会”,德国