



# 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 42—2023

## 工作玻璃浮计

Working Glass Hydrometers

市场监管总局

2023-03-15 发布

2023-09-15 实施

国家市场监督管理总局 发布

# 工作玻璃浮计检定规程

Verification Regulation of  
Working Glass Hydrometers

JJG 42—2023  
代替 JJG 42—2011

归口单位：全国质量、密度计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

山西省计量科学研究院

参加起草单位：云南省计量测试技术研究院

广东省计量科学研究院

中国航空油料有限责任公司华北公司计量检定中心

余姚仪表二厂有限责任公司

本规程委托全国质量、密度计量技术委员会负责解释

**本规程主要起草人：**

时文才（中国计量科学研究院）

高 平（山西省计量科学研究院）

**参加起草人：**

张竟月（中国计量科学研究院）

杨丽仙（云南省计量测试技术研究院）

沈友弟（广东省计量科学研究院）

荣友战（中国航空油料有限责任公司华北公司计量检定中心）

丁柱一（余姚仪表二厂有限责任公司）

市场监管总局

## 目 录

引言 .....	( III )
1 范围 .....	( 1 )
2 引用文件 .....	( 1 )
3 术语和计量单位 .....	( 1 )
3.1 术语 .....	( 1 )
3.2 计量单位 .....	( 1 )
4 概述 .....	( 1 )
5 计量性能要求 .....	( 2 )
6 通用技术要求 .....	( 2 )
6.1 外观 .....	( 2 )
6.2 标准温度 .....	( 3 )
7 计量器具控制 .....	( 3 )
7.1 检定条件 .....	( 3 )
7.2 检定项目和检定方法 .....	( 7 )
7.3 检定结果处理 .....	( 11 )
7.4 检定周期 .....	( 11 )
附录 A (0~40)℃纯水密度表 (不含空气) .....	( 12 )
附录 B 20℃时酒精水溶液体积分数 $q$ 与密度 $\rho$ 换算表 .....	( 14 )
附录 C 20℃时糖溶液质量分数 $p$ 与密度 $\rho$ 换算表 .....	( 15 )
附录 D 20℃时乳汁度 $m^\circ$ 与密度 $\rho_{20}$ 换算表 .....	( 16 )
附录 E 20℃时土壤度 $s^\circ$ 与密度 $\rho_{20}$ 换算表 .....	( 17 )
附录 F 20℃时波美度 Bh 与密度 $\rho_{20}$ 换算表 .....	( 18 )
附录 G 密度小于水的液体毛细常数 $\alpha$ .....	( 19 )
附录 H 密度小于水的液体表面张力 $\gamma$ .....	( 21 )
附录 J 密度大于水的液体毛细常数 $\alpha$ .....	( 23 )
附录 K 密度大于水的液体表面张力 $\gamma$ .....	( 26 )
附录 L 碘化钾、碘化汞水溶液毛细常数 $\alpha$ 及表面张力 $\gamma$ .....	( 29 )
附录 M 糖溶液毛细常数 $\alpha$ .....	( 30 )
附录 N 糖溶液表面张力 $\gamma$ .....	( 31 )
附录 P 空气密度计算公式 .....	( 32 )
附录 Q 湿空气密度表 .....	( 34 )
附录 R 几种常见工作玻璃浮计假定标尺与密度换算关系 .....	( 36 )
附录 S 工作玻璃浮计干管直径检定记录格式 .....	( 37 )

附录 T	静力称量法密度检定原始记录格式 .....	(38)
附录 U	直接比较法密度检定原始记录格式 .....	(39)
附录 V	检定证书内页格式 .....	(40)
附录 W	检定结果通知书内页格式 .....	(41)

市场监管总局

# 引 言

JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1229—2009《质量密度计量名词术语及定义》、ISO 649-2:1981《实验室玻璃器皿 通用型密度计 第2部分：试验方法和使用》共同构成支撑本检定规程制定工作的基础性系列规范。

本规程结合我国标准玻璃量器计量的行业状况和实际需求，对JJG 42—2011《工作玻璃浮计》进行了修订。本规程与JJG 42—2011相比，除了编辑性修改外，主要技术变化如下：

——增加固体密度标准作为计量标准器；

——在主要配套设备及仪器部分详细列出了直接比较法和液体静力称量法所用到的测量仪器；

——检定方法和数据处理部分增加了液体静力称量法的操作步骤及计算公式；

——增加了附录H《密度小于水的液体表面张力 $\gamma$ 》；

——增加了附录K《密度大于水的液体表面张力 $\gamma$ 》；

——修改了附录L，增加了碘化钾、碘化汞水溶液表面张力；

——增加了附录N《糖溶液表面张力 $\gamma$ 》；

——增加了附录S《玻璃浮计干管直径记录格式》；

——修改了附录T《静力称量法密度检定原始记录格式》；

——增加了附录U《直接比较法密度检定原始记录格式》。

本规程的历次版本发布情况为：

——JJG 42—2011；

——JJG 42—2001。

## 工作玻璃浮计检定规程

### 1 范围

本规程适用于密度计、石油密度计、酒精计、糖量计、乳汁计、土壤计等质量固定式工作玻璃浮计的首次检定、后续检定和使用中检查。

### 2 引用文件

本规程引用了下列文件：

JJG 2094 密度计量器具检定系统表

JJF 1229 质量密度计量名词术语及定义

GB/T 17764 密度计的结构和校准原则

ISO 649-2 实验室玻璃器皿 通用型密度计 第2部分：试验方法和使用（Laboratory glassware—Density hydrometers for general purposes—Part 2: Test methods and use）

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

### 3 术语和计量单位

#### 3.1 术语

##### 3.1.1 液体静力称量法 hydrostatic weighing

基于阿基米德定律，通过称量浸入液体中的玻璃浮计在稳定状态下所受浮力的大小来确定其浸入部分的体积，并计算得到玻璃浮计该点密度值的方法。

#### 3.2 计量单位

密度单位为  $\text{kg/m}^3$  或  $\text{g/cm}^3$ 。

酒精水溶液体积分数单位为 %（20 °C 时酒精水溶液体积分数  $q$  与密度  $\rho$  换算表见附录 B）。

糖溶液质量分数单位为 %（20 °C 时糖溶液质量分数  $p$  与密度  $\rho$  换算表见附录 C）。

乳汁度单位为  $\text{m}^\circ$ （乳汁度与  $\rho_{20}$  的换算表见附录 D，换算公式见附录 R）。

土壤度单位为  $\text{s}^\circ$ （土壤度与  $\rho_{20}$  的换算表见附录 E，换算公式见附录 R）。

波美度单位为 Bh（波美度与  $\rho_{20}$  的换算表见附录 F，换算公式见附录 R）。

### 4 概述

玻璃浮计是一种在液体中能垂直自由漂浮，由它浸没于液体中的深度来直接测量液体密度、相对密度或溶液浓度的仪器，其结构如图 1 所示。

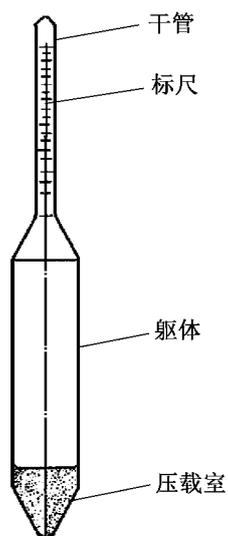


图 1 玻璃浮计结构示意图

图 1 中玻璃浮计上部干管为顶端密封、直径均匀的细长圆管，管内紧贴有按密度、相对密度或浓度标记的标尺。躯体是底部呈圆锥形或半球形（以避免附着气泡）的空心圆柱体，其下部是用玻璃隔板或其他结构制成的压载室，内部充满了小铅丸或其他适合填充物作压载物。

玻璃浮计测量的基本原理是阿基米德定律，即当玻璃浮计在液体中平衡时，它所排开的液体重量等于玻璃浮计本身的重量。这样由其浸没于液体中的深度，即可由标尺刻度直接得到液体密度、相对密度或是浓度。

## 5 计量性能要求

工作玻璃浮计示值的最大允许误差，除分度值为  $0.5 \text{ kg/m}^3$  的石油密度计为  $\pm 0.6$  个分度值外，其他均为  $\pm 1$  个分度值。

## 6 通用技术要求

### 6.1 外观

6.1.1 工作玻璃浮计的各部位应与其主轴线对称。

6.1.2 工作玻璃浮计的干管和躯体为圆柱体，该圆柱体不得有任何突变，并与其主轴线对称。

6.1.3 工作玻璃浮计内不应有油气、水气及其他杂质。干管顶端封口处不能有裂纹和明显的胀大。

6.1.4 工作玻璃浮计的压载室采用玻璃隔板式结构固定于工作玻璃浮计底部。

6.1.5 工作玻璃浮计的玻璃不能有影响强度和妨碍读数的缺陷（如条纹、节瘤、气线和气泡等）。

6.1.6 标尺应用平滑而无光泽的白色优质纸制作，其内标尺不得有变形、褪色和碳化等现象。标尺必须牢固地粘贴在干管内壁上，不得有松动、扭曲、歪斜和皱缩等现象。标尺上的主刻线应标注完整清晰的数码，其余刻线可用不完整的数码标注。

6.1.7 工作玻璃浮计内应注明以下内容：工作玻璃浮计名称、工作玻璃浮计的标准温度、工作玻璃浮计内应标明单位（如  $\text{kg}/\text{m}^3$  等）、工作玻璃浮计的编号及出厂年月、制造单位名称或商标。

6.1.8 工作玻璃浮计干管外径不小于 3 mm，躯体外径应在（25~35）mm 之间。

6.1.9 工作玻璃标尺刻线必须均匀、清晰，不得有明显的断线及污点，刻线的宽度不能大于 0.15 mm。所有刻线必须与浮计轴线相垂直。

6.1.10 标尺上的主刻线（最长的）、次刻线和最短的刻线长度分别不小于干管周长的 1/2、1/3、1/4。

6.1.11 在标尺首末两端的主刻线外，应有两条以上的附加刻线。最上端的附加刻线与干管顶端的距离应不小于 20 mm，最下端的附加刻线与躯体和干管焊接处的距离应不小于 10 mm。

6.1.12 工作玻璃浮计标尺平均间距不小于 1.2 mm。

6.1.13 工作玻璃浮计干管与液面间的垂直偏差不得大于 0.1 个分度值。

## 6.2 标准温度

工作玻璃浮计的标准温度为 20 °C（海水密度计标准温度为 17.5 °C）。

## 7 计量器具控制

### 7.1 检定条件

#### 7.1.1 检定用标准器

工作玻璃浮计均可用固体密度标准通过液体静力称量法量传，固体密度标准测量范围为（650~3 000） $\text{kg}/\text{m}^3$ ，相对扩展不确定度为  $(2\sim3) \times 10^{-5}$ （ $k=2$ ）。直接比较法检定用标准器配置见表 1。

表 1 检定用标准器

被检工作玻璃浮计名称		测量范围	计量基、标准名称	测量范围	扩展不确定度（ $k=2$ ）
精密密度计		（650~2 000） $\text{kg}/\text{m}^3$	一等标准密度计组	（650~2 000） $\text{kg}/\text{m}^3$	$(8\sim20) \times 10^{-2} \text{ kg}/\text{m}^3$
密度计			二等标准密度计组	（650~1 500） $\text{kg}/\text{m}^3$	$20 \times 10^{-2} \text{ kg}/\text{m}^3$
石油密度计	SY-02 型	（650~1 100） $\text{kg}/\text{m}^3$	一等标准密度计组	（650~1 100） $\text{kg}/\text{m}^3$	$8 \times 10^{-2} \text{ kg}/\text{m}^3$
	SY-05 型		二等标准石油计组	（650~1 100） $\text{kg}/\text{m}^3$	$15 \times 10^{-2} \text{ kg}/\text{m}^3$
	SY-10 型				
乳汁计		（15~40） $\text{m}^\circ$	二等标准密度计组	（1 010~1 040） $\text{kg}/\text{m}^3$	$20 \times 10^{-2} \text{ kg}/\text{m}^3$
乳汁密度计		（1 010~1 040） $\text{kg}/\text{m}^3$			
精密酒精计		$q$ ：0~100%	一等标准酒精计组	$q$ ：0~100%	$q$ ：0.04%
酒精计			二等标准酒精计组	$q$ ：0~100%	$q$ ：0.08%
糖量计		$p$ ：0~80%	一等标准糖量计组	$p$ ：0~80%	$p$ ：0.03%

表 1 (续)

被检工作玻璃浮计名称	测量范围	计量基、标准名称	测量范围	扩展不确定度 ( $k=2$ )
海水密度计	1.000~1.040	一等标准海水计组	1.000 0~1.040 0	$4 \times 10^{-5}$
土壤计 (甲种)	(-5~50) s°	一等标准密度计组	(995~1 030) kg/m <sup>3</sup>	$8 \times 10^{-2}$ kg/m <sup>3</sup>
土壤计 (乙种)	0.995~1.030			
蓄电池密度计	(1 100~1 300) kg/m <sup>3</sup>	二等标准密度计组	(1 000~1 300) kg/m <sup>3</sup>	$20 \times 10^{-2}$ kg/m <sup>3</sup>
尿密度计	(1 000~1 050) kg/m <sup>3</sup>			
波美计	(0~70) Bh	一等标准密度计组	(650~2 000) kg/m <sup>3</sup>	$(8 \sim 20) \times 10^{-2}$ kg/m <sup>3</sup>
		二等标准密度计组	(650~1 500) kg/m <sup>3</sup>	$20 \times 10^{-2}$ kg/m <sup>3</sup>
注：在被检工作玻璃浮计名称一栏中的乳汁计 (含乳汁密度计)、糖量计、尿密度计和土壤计均为“上缘读数”的浮计。				

## 7.1.2 检定用液体

静力称量法采用十三烷作为检定用液体，并将毛细常数修正到相应的工作用液体。直接比较法检定用液体如表 2 所示。

表 2 检定用液体

工作玻璃浮计名称	测量范围	液体名称	备注
密度计	(650~800) kg/m <sup>3</sup>	石油产品混合液 (由石油醚、无铅汽油、煤油和柴油配制)	——
	(810~950) kg/m <sup>3</sup>	酒精水溶液 (由乙醇和纯水配制)	——
	(960~1 000) kg/m <sup>3</sup>	硫酸氢乙酯 (由硫酸和 $q$ 为 85% 的酒精水溶液配制)	——
	(1 000~1 830) kg/m <sup>3</sup>	硫酸水溶液 (由硫酸和纯水配制)	需要用溢出法 (见 7.2.4.3) 检定
		硫酸氢乙酯	将毛细常数修正到硫酸水溶液
	(1 840~2 000) kg/m <sup>3</sup>	碘化钾、碘化汞水溶液 (由碘化钾、碘化汞和纯水配制)	——
石油密度计	(650~800) kg/m <sup>3</sup>	石油产品混合液	——
	(810~950) kg/m <sup>3</sup>	酒精水溶液	将毛细常数修正到石油产品混合液
	(960~1 100) kg/m <sup>3</sup>	硫酸氢乙酯	将毛细常数修正到石油产品混合液

表 2 (续)

工作玻璃浮计名称	测量范围	液体名称	备注
酒精计	$q$ 为 0~25%，相当于密度为 (998.2~968.1) kg/m <sup>3</sup>	酒精水溶液	需用溢出法检定
		硫酸氢乙酯	将毛细常数修正到酒精水溶液
	$q$ 为 26~100%，相当于密度为 (967.0~789.2) kg/m <sup>3</sup>	酒精水溶液	高浓度可加少许乙醚进行配置
糖量计	$p$ 为 0~80%	硫酸氢乙酯	将毛细常数修正到糖溶液
海水密度计	1.000~1.040	硫酸氢乙酯	将毛细常数修正到海水
乳汁计	(15~40) m°相当于密度 (1 015~1 040) kg/m <sup>3</sup>	硫酸水溶液	需用溢出法检定
		硫酸氢乙酯	将毛细常数修正到乳汁
乳汁密度计	(1 010~1 040) kg/m <sup>3</sup>		
土壤计 (甲种)	(-5~50) s°相当于密度 (995~1 030) kg/m <sup>3</sup>	硫酸水溶液	需用溢出法检定
		硫酸氢乙酯	将毛细常数修正到硫酸水溶液
土壤计 (乙种)	0.995~1.030		
波美计	(0~65) Bh 相当于密度 (1 000~1 830) kg/m <sup>3</sup>	硫酸水溶液	需用溢出法检定
		硫酸氢乙酯	将毛细常数修正到硫酸水溶液
	(66~70) Bh 相当于密度 (1 840~2 000) kg/m <sup>3</sup>	碘化钾、碘化汞水溶液	——

注：所用化学试剂均为化学纯。石油醚沸程 (30~60)℃。

### 7.1.3 检定液体的配制

7.1.3.1 配制硫酸氢乙酯或硫酸水溶液时，应将硫酸缓缓地注入  $q$  为 85% 酒精水溶液或纯水中并不断地搅拌，绝不可反向操作。配置过程中，液温不得超过 40℃，否则应停止配置，待冷却后再继续进行。

7.1.3.2 配置碘化钾、碘化汞水溶液，将质量比约为 7:10 的化学纯碘化钾和碘化汞放入烧杯，并加纯水不断搅拌，若呈现红色沉淀需加碘化钾，若呈现白色沉淀需加碘化汞。配好的溶液呈透明的柠檬黄色，开始配置的溶液密度应大于 2 000 kg/m<sup>3</sup>，而后加纯水配到所需的密度。这种溶液见光后容易变深红色，影响读数，需用棕色瓶或放在黑暗处保存。另外该溶液有毒性，应注意人身安全及环境污染。

7.1.3.3 新配制的检定液（指硫酸氢乙酯、硫酸水溶液和  $q$  为 0~25% 低浓度酒精水溶液）必须稳定 12 h 后才能使用。

7.1.4 主要配套设备及仪器

表 3 主要配套设备及仪器

直接比较法	液体静力称量法
玻璃检定筒：内径（100～120）mm，高（450～500）mm。 或简易玻璃溢出筒的内径（110～120）mm，高（500～520）mm（如图 2 所示）	玻璃检定筒：内径（100～120）mm，高（450～600）mm 恒温水浴槽：在 2 h 内 20℃ 液体中控温稳定性优于 0.02℃，温度均匀性优于 0.03℃
温度计：（0～50）℃，分度值为 0.1℃	数显温度计：（0～50）℃，最大允许误差为 ±0.01℃
电子天平：200 g 以上，分辨力为 0.01 g	电子天平：200 g 以上，分辨力 0.1 mg 及配套 F <sub>1</sub> 等级以上砝码
外径千分尺：（0～25）mm，最大允许误差为 ±0.01 mm 或游标卡尺或激光测径仪：（0～200）mm，最大允许误差 ±0.03 mm	外径千分尺：（0～25）mm，最大允许误差 ±0.01 mm 或游标卡尺或激光测径仪：（0～200）mm，最大允许误差 ±0.03 mm
	温度计：（5～50）℃，最大允许误差为 ±0.5℃。湿度计：（0～85）%RH，最大允许误差为 ±3%RH（20℃）。大气压力计：最大允许误差为 ±0.30 hPa

7.1.5 辅助设备及材料

7.1.5.1 玻璃漏斗、浮计架、移液管、烧杯和盛放液体的玻璃瓶等。

7.1.5.2 毛巾、绸布、脱脂棉、滤纸和计算器等。

7.1.5.3 实心玻璃搅拌器数支、压载物、吊丝、浮计夹等。

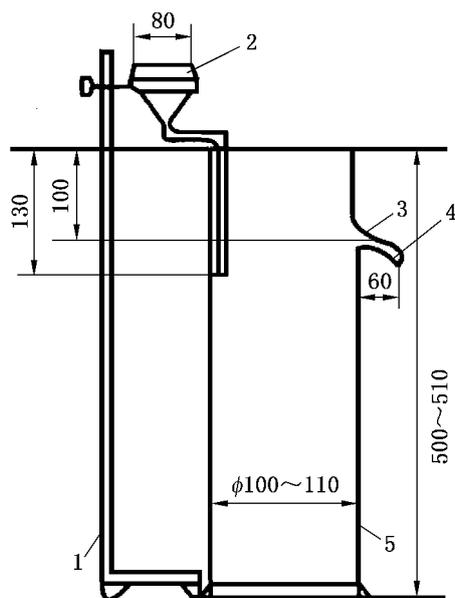


图 2 玻璃溢出筒

1—支架；2—漏斗；3—溢出管；4—溢出口；5—溢出筒

### 7.1.6 检定环境条件

实验室内温度要相对稳定，不能有阳光直射。使用静力称量法检定过程中，液温控制在  $(20 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ ，室温控制在  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。使用直接比较法检定过程中，液温与室温之差不得大于  $5^\circ\text{C}$ 。相对湿度小于 85%。

实验室内应装有通风设备、水源与防火设施。

## 7.2 检定项目和检定方法

### 7.2.1 检定项目见表 4。

表 4 检定项目一览表

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
外观	+	+	+
示值误差	+	+	-

注：“+”表示应检定项目，“-”表示可不检定项目。

7.2.2 技术要求的 6.1.1~6.1.7 均以目测法进行检查。若其中有一条不符合要求，即不再进行示值检定。

7.2.3 技术要求的 6.1.13，可将工作玻璃浮计浸在相应的液体中，用标尺的两侧读数之差来判断。

### 7.2.4 示值误差的检定

#### 7.2.4.1 检定前的清洁和准备工作

a) 工作玻璃浮计在检定前应用合成洗涤剂、酒精或汽油等充分清洗，以便使工作玻璃浮计的干管能与液体较好地浸润。清洗合格的工作玻璃浮计应使平衡位置的液体弯月面形状不呈现类似锯齿状的不规则形状。

清洗后的工作玻璃浮计只允许手持干管最上端标记以上部位。

b) 检定前所用的检定筒、搅拌器等玻璃仪器必须洗涤干净并干燥，清洗合格的仪器其器壁应不挂水珠。

c) 采用液体静力称量法测量时，应先将天平预热半小时以上方可使用。

d) 对于需要毛细修正的检定点，需要测量检定点的干管直径，在第一次测完干管直径后旋转  $90^\circ$  测量第二遍干管直径，取两次平均值为干管直径值。记录格式见附录 S。

#### 7.2.4.2 读数方法

玻璃浮计读数时，除玻璃浮计标明按弯月面上缘读数外，其余均按弯月面下缘读数。读数方法如图 3 所示。

a) 上缘读数方法见图 3 (a)。眼睛稍高于液面，能见到自然光或灯光所反射的一条发亮的细线或小光点儿（灯光照射位置与液面的角度应小于  $45^\circ$ ），即为弯月面上缘与玻璃浮计干管相接之处。读出此处所对应的刻度值，然后计算出玻璃浮计示值。

b) 下缘读数方法见图 3 (b)。眼睛稍低于液面，可见椭圆形液面，然后慢慢地抬高眼睛至椭圆形液面变成一直线时为止。读出此时所对应的刻度值，然后计算出玻璃浮计示值。

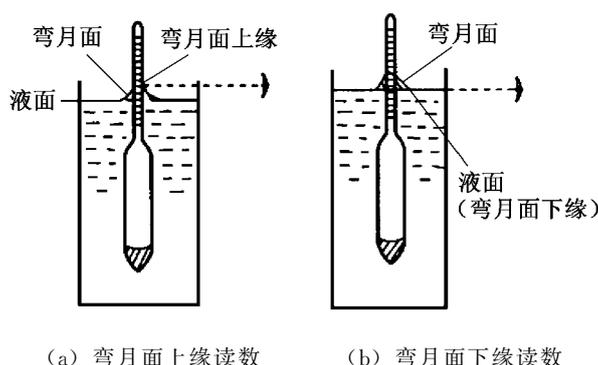


图 3 读数方法示意图

### 7.2.4.3 检定方法

#### a) 静力称量法

本方法适用于密度范围为  $(650 \sim 2\,000) \text{ kg/m}^3$  的工作玻璃浮计。静力称量法作为仲裁检定方法。

##### 1) 测量工作玻璃浮计空气中质量 $M_a$ ：

①天平置零后将工作玻璃浮计放置在天平秤盘中心（可以定制一工作玻璃浮计底托以便工作玻璃浮计可以竖直站立），待稳定后记录天平示值  $M_a$ ，并记录此时的空气温度、湿度及大气压力。

②取两次测量的平均值为浮计在空气中的质量值。

##### 2) 测量检定用液体密度 $\rho_L$ ：

①天平置零并搅拌液体后将固体密度标准挂载于天平下方，浸没于检定用液体中，待稳定后记录固体密度标准在检定用液体中称量的天平示值  $M_{st}$  和液体温度  $T_2$ ；

②取两次测量的平均值为固体密度标准在液体中的称量值。

##### 3) 工作玻璃浮计在检定用液体中质量 $M_L$ 及工作玻璃浮计各点修正值 $\Delta\rho$ ：

①天平置零后将吊挂器具固定在工作玻璃浮计干管顶部没有刻度的地方，工作玻璃浮计可以垂直浸没于恒温液体中（当测量的密度小于检定用液的密度时，即需要考虑使用压载物）。

②搅拌液体后，将工作玻璃浮计挂到天平下（注意排除工作玻璃浮计体表气泡），调整仪器使工作玻璃浮计浸到要检定的刻度上，弯月面下缘读数正好对准刻线中心位置，待天平稳定后记录示值  $M_L$ ，并同时记录下液体温度  $T_3$  和空气温度、湿度和大气压力。

重复进行两次测量。经计算后两次检定修正值  $\Delta\rho$  之差大于 0.2 个分度值时，应再检一次，这时如果单次修正值与平均修正值之差大于 0.2 个分度值，则须重新清洗后再检定。记录格式见附录 T。

③取两次测得值的平均值作为工作玻璃浮计该点的修正值。

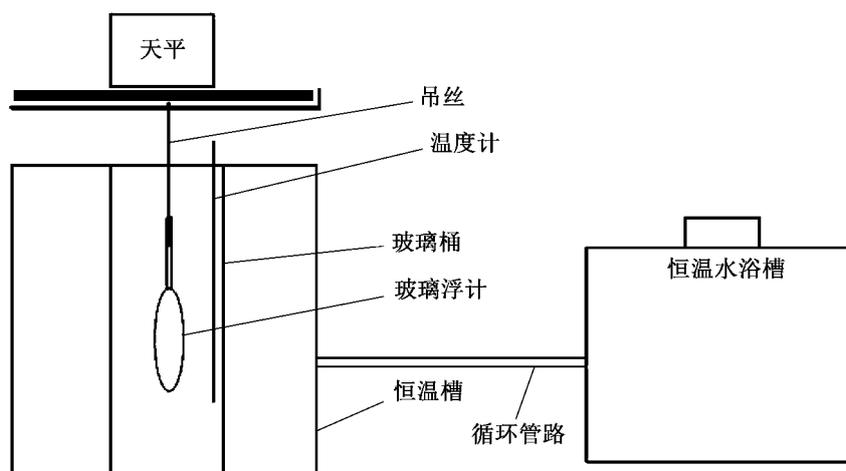


图 4 工作玻璃浮计静力称量装置原理示意图

## b) 直接比较法

1) 工作玻璃浮计检定通常采用直接比较法，即将标准玻璃浮计与被检工作玻璃浮计同时浸入同一检定液中，直接比较它们标尺的示值，从而得到被检工作玻璃浮计的修正值。为尽量避免液体表面张力变化的影响，检定时可用“溢出法”。所谓溢出法即是用溢出筒（见图 2）溢出一层表面液体以形成新的液面再进行检定的方法。根据表 1 选择标准器，根据表 2 选用检定液。

2) 在  $(1\ 000\sim 1\ 830)\ \text{kg}/\text{m}^3$  硫酸水溶液中检定工作玻璃浮计，在  $q$  为  $0\sim 25\%$  酒精水溶液中检定酒精计，需采用溢出法，亦可用硫酸氢乙酯进行检定，但后者需作毛细常数修正。

3) 检定液体应上下搅拌均匀，搅拌器底部不能露出液面，以免带入气泡。检定液应调整到标准玻璃浮计检定点的上下两个分度之间。

4) 玻璃浮计在液体中应自由漂浮，不得与任何物体相接触。漂浮时允许在检定点上下 3 个分度值内波动，待稳定  $(1\sim 3)\ \text{min}$  后，方可读数。

5) 每一支工作玻璃浮计至少检定 3 个点，即首末 2 个点及中间任选一个主要刻线点（特殊规定除外）。每一检定点至少检定两次。如两次检定修正值之差大于 0.2 个分度值时，应再检一次。

## 7.2.4.4 数据处理

## a) 静力称量法

1) 检定用液体的密度  $\rho_L$ 

$$\rho_L(T_2) = \frac{m_{\text{Si}} - M_{\text{Si}} \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)}{V_{\text{Si}} [1 + \beta_{\text{Si}}(T_2 - 20)]} \quad (1)$$

式中：

$\rho_L(T_2)$ ——温度  $T_2$  时检定用液体的密度， $\text{g}/\text{cm}^3$ ；

$m_{\text{Si}}$ ——固体密度标准在真空中的质量， $\text{g}$ ；

$M_{\text{Si}}$ ——固体密度标准在检定用液体中称量的表观质量， $\text{g}$ ；

$V_{Si}$ ——固体密度标准在 20 °C 时的体积,  $\text{cm}^3$ ;

$\beta_{Si}$ ——固体密度标准体膨胀系数,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

$T_2$ ——检定用液体温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\rho_a$ ——浮计空气中称量时的空气密度 (可直接测得, 也可根据空气温度、湿度及大气压力经计算得到, 见附录 P、附录 Q),  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

$\rho_s$ ——砝码密度, 通常为  $8.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。

## 2) 工作玻璃浮计检测点的修正值 $\Delta\rho$

如果将工作玻璃浮计放置入 20 °C 待测液体中, 恰好刻度线与液面对准, 那么待测液体的密度  $\rho_x$  满足公式 (2):

$$\rho_x = (\rho_L - \rho_{a1}) \frac{\left[ M_a \left( 1 - \frac{\rho_{a1}}{\rho_s} \right) + \pi D \gamma_x g^{-1} \right]}{\left[ M_a \left( 1 - \frac{\rho_{a1}}{\rho_s} \right) - M_L \left( 1 - \frac{\rho_{a3}}{\rho_s} \right) + \pi D \gamma_L g^{-1} \right]} \left[ (1 + \beta(T_3 - 20)) + \rho_{a1} \right] \quad (2)$$

式中:

$\rho_L$ ——检定用液体的密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

$\rho_{a1}$ ——工作玻璃浮计空气中称量时的空气密度 (可直接测得, 也可根据空气温度、湿度及大气压力经计算得到, 见附录 P、附录 Q),  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

$\rho_{a3}$ ——工作玻璃浮计在检定用液中称量时的空气密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

$M_a$ ——工作玻璃浮计在空气中的表观质量, g;

$\rho_s$ ——砝码密度, 通常为  $8.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ ;

$M_L$ ——工作玻璃浮计在温度为  $T_3$  的检定用液体中称量的表观质量, g;

$D$ ——工作玻璃浮计干管在检定点的直径, mm;

$\gamma_x$ ——待测液体表面张力, mN/m;

$\gamma_L$ ——检定用液体表面张力, mN/m;

$\beta$ ——工作玻璃浮计体膨胀系数,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

$g$ ——重力加速度,  $\text{m}/\text{s}^2$ 。

进一步可以计算出当前工作玻璃浮计刻度对应的修正值为:

$$\Delta\rho = \rho_x - \rho_n \quad (3)$$

式中:

$\Delta\rho$ ——工作玻璃浮计检测点的修正值,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

$\rho_n$ ——检定点密度标称值,  $\text{g}/\text{cm}^3$ 。

## b) 直接比较法

1) 检定时如果标准玻璃浮计与被检工作玻璃浮计的标准温度不同, 应按公式 (4) 对被检工作玻璃浮计示值进行温度修正。

$$\Delta\rho_t = \rho_{t_2} \beta (t_2 - t_1) \quad (4)$$

式中:

$\Delta\rho_t$ ——被检工作玻璃浮计的温度修正值,  $\text{kg}/\text{m}^3$  或  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

- $\rho_{t_2}$ ——被检工作玻璃浮计的示值， $\text{kg}/\text{m}^3$  或  $\text{g}/\text{cm}^3$ ；  
 $\beta$ ——玻璃浮计的体膨胀系数（通常为  $25 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ）；  
 $t_1$ ——标准玻璃浮计的标准温度， $^\circ\text{C}$ ；  
 $t_2$ ——被检工作玻璃浮计的标准温度， $^\circ\text{C}$ 。

2) 检定时如果标准玻璃浮计与被检工作玻璃浮计的标准温度不同，且被检工作玻璃浮计密度单位为相对密度，应按公式（5）对标准玻璃浮计示值进行换算。

$$d_i^{t_2} = \frac{\rho_{t_1}}{\rho_t} \beta (t_1 - t_2) \quad (5)$$

式中：

- $d_i^{t_2}$ ——标准玻璃浮计示值按标准温度和密度单位换算的相对密度值；  
 $\rho_{t_1}$ ——标准玻璃浮计的示值， $\text{kg}/\text{m}^3$  或  $\text{g}/\text{cm}^3$ ；  
 $\rho_t$ ——纯水在  $T_2$   $^\circ\text{C}$  时的密度（见附录 A）， $\text{kg}/\text{m}^3$  或  $\text{g}/\text{cm}^3$ ；  
 $\beta$ ——玻璃浮计的体膨胀系数（通常为  $25 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ）；  
 $t_1$ ——标准玻璃浮计的标准温度， $^\circ\text{C}$ ；  
 $t_2$ ——被检工作玻璃浮计的标准温度， $^\circ\text{C}$ 。

3) 检定时当工作玻璃浮计浸入的检定液体与工作玻璃浮计实际使用的液体毛细常数不一致时，必须用公式（6）进行毛细常数修正。

$$\Delta\rho_\alpha = \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)\pi D\rho^2}{m} \quad (6)$$

式中：

- $\Delta\rho_\alpha$ ——工作玻璃浮计毛细常数修正值， $\text{g}/\text{cm}^3$ ；  
 $\alpha_1$ ——实际使用或适合工作玻璃浮计的液体毛细常数， $\text{mm}^2$ ；  
 $\alpha_2$ ——工作玻璃浮计检定时所用的液体毛细常数， $\text{mm}^2$ ；  
 $D$ ——被修正工作玻璃浮计干管在检定点处的平均直径，准确到 0.05 mm；  
 $m$ ——被修正工作玻璃浮计在空气中的表观质量，准确到 100 mg；  
 $\rho$ ——液体密度，准确到 0.01  $\text{g}/\text{cm}^3$ ；  
 $\pi$ ——圆周率，取 3.14。

4) 被检工作玻璃浮计修正值  $\Delta\rho$  等于标准玻璃浮计修正后示值  $\rho_{\text{标}}$ （示值加上证书修正值，或加上温度、毛细常数修正值）减去被检工作玻璃浮计修正后示值  $\rho_{\text{被}}$ （或加上温度、毛细常数修正值），即

$$\Delta\rho = \rho_{\text{标}} - \rho_{\text{被}} \quad (7)$$

5) 取同一检定点各次修正值的算术平均值，并将尾数修约到分度值的十分之一，作为该检定点的修正值。

### 7.3 检定结果处理

经检定合格的工作玻璃浮计，发给检定证书（内页格式见附录 V），检定不合格的发给检定结果通知书（内页格式见附录 W）。

### 7.4 检定周期

工作玻璃浮计的检定周期为 1 年，但根据其使用及稳定性等情况可为 2 年。

## 附录 A

(0~40)℃ 纯水密度表(不含空气)

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
0	999.843	9.850	9.856	9.862	9.869	9.874	9.880	9.886	9.891	9.897
1	999.902	9.907	9.911	9.916	9.920	9.924	9.928	9.932	9.936	9.940
2	999.943	9.946	9.949	9.952	9.955	9.957	9.959	9.962	9.964	9.965
3	999.967	9.969	9.970	9.971	9.972	9.973	9.974	9.974	9.975	9.975
4	999.975	9.975	9.975	9.974	9.974	9.973	9.972	9.971	9.970	9.968
5	999.967	9.965	9.963	9.961	9.959	9.957	9.954	9.952	9.949	9.946
6	999.943	9.940	9.937	9.933	9.929	9.926	9.922	9.918	9.913	9.909
7	999.904	9.900	9.895	9.890	9.885	9.880	9.874	9.869	9.863	9.857
8	999.851	9.845	9.839	9.833	9.826	9.819	9.813	9.806	9.798	9.791
9	999.784	9.776	9.769	9.761	9.753	9.745	9.737	9.728	9.720	9.711
10	999.703	9.694	9.685	9.676	9.666	9.657	9.648	9.638	9.628	9.618
11	999.608	9.598	9.588	9.577	9.567	9.556	9.545	9.534	9.523	9.512
12	999.500	9.489	9.477	9.466	9.454	9.442	9.430	9.418	9.405	9.393
13	999.380	9.367	9.355	9.342	9.329	9.315	9.302	9.289	9.275	9.261
14	999.247	9.233	9.219	9.205	9.191	9.176	9.162	9.147	9.132	9.118
15	999.103	9.087	9.072	9.057	9.041	9.026	9.010	8.994	8.978	8.962
16	998.946	8.930	8.913	8.897	8.880	8.863	8.846	8.829	8.812	8.795
17	998.778	8.760	8.743	8.725	8.707	8.689	8.671	8.653	8.635	8.617
18	998.598	8.580	8.561	8.542	8.523	8.505	8.485	8.466	8.447	8.427
19	998.408	8.388	8.369	8.349	8.329	8.309	8.288	8.268	8.248	8.227
20	998.207	8.186	8.165	8.144	8.123	8.102	8.081	8.060	8.038	8.017
21	997.995	7.973	7.951	7.929	7.907	7.885	7.863	7.841	7.818	7.796
22	997.773	7.750	7.727	7.704	7.681	7.658	7.635	7.612	7.588	7.564
23	997.541	7.517	7.493	7.469	7.445	7.421	7.397	7.372	7.348	7.323
24	997.299	7.274	7.249	7.224	7.199	7.174	7.149	7.124	7.098	7.073
25	997.047	7.021	6.996	6.970	6.944	6.918	6.891	6.865	6.839	6.812
26	996.786	6.759	6.732	6.706	6.679	6.652	6.624	6.597	6.570	6.543

表 (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
27	996.515	6.488	6.460	6.432	6.404	6.376	6.348	6.320	6.292	6.264
28	996.235	6.207	6.178	6.150	6.121	6.092	6.063	6.034	6.005	5.976
29	995.946	5.917	5.888	5.858	5.828	5.799	5.769	5.739	5.709	5.679
30	995.649	5.619	5.588	5.558	5.527	5.497	5.466	5.435	5.404	5.373
31	995.342	5.311	5.280	5.249	5.217	5.186	5.154	5.123	5.091	5.059
32	995.027	4.996	4.963	4.931	4.899	4.867	4.834	4.802	4.769	4.737
33	994.704	4.671	4.638	4.605	4.572	4.539	4.506	4.473	4.439	4.406
34	994.372	4.339	4.305	4.271	4.237	4.204	4.170	4.135	4.101	4.067
35	994.033	3.998	3.964	3.929	3.894	3.860	3.825	3.790	3.755	3.720
36	993.685	3.650	3.614	3.579	3.543	3.508	3.472	3.437	3.401	3.365
37	993.329	3.293	3.257	3.221	3.184	3.148	3.112	3.075	3.039	3.002
38	992.965	2.929	2.892	2.855	2.818	2.781	2.744	2.706	2.669	2.632
39	992.594	2.557	2.519	2.481	2.443	2.406	2.368	2.330	2.292	2.253
40	992.215	——	——	——	——	——	——	——	——	——

注：

- 1  $t_{90}$  为 1990 年国际温标 (ITS-90)。
- 2 水密度值采用 CIPM 2001 推荐计算公式计算。

## 附录 B

20 °C 时酒精水溶液体积分数  $q$  与密度  $\rho$  换算表

$q/\%$	$\rho/(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	$q/\%$	$\rho/(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	$q/\%$	$\rho/(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	$q/\%$	$\rho/(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$
0	998.20	—	—	—	—	—	—
1	996.70	26	966.96	51	928.16	76	870.15
2	995.23	27	965.81	52	926.15	77	867.48
3	993.80	28	964.64	53	924.12	78	864.77
4	992.41	29	963.44	54	922.05	79	862.04
5	991.05	30	962.21	55	919.96	80	859.27
6	989.73	31	960.95	56	917.84	81	856.46
7	988.43	32	959.66	57	915.70	82	853.62
8	987.16	33	958.34	58	913.53	83	850.74
9	985.92	34	956.98	59	911.33	84	847.82
10	984.71	35	955.58	60	909.11	85	844.85
11	983.52	36	954.15	61	906.87	86	841.83
12	982.35	37	952.68	62	904.60	87	838.77
13	981.21	38	951.17	63	902.31	88	835.64
14	980.08	39	949.63	64	899.99	89	832.45
15	978.97	40	948.04	65	897.65	90	829.18
16	977.87	41	946.42	66	895.28	91	825.83
17	976.78	42	944.75	67	892.89	92	822.39
18	975.70	43	943.05	68	890.47	93	818.84
19	974.63	44	941.31	69	888.03	94	815.18
20	973.56	45	939.54	70	885.56	95	811.38
21	972.48	46	937.73	71	883.06	96	807.42
22	971.40	47	935.88	72	880.54	97	803.27
23	970.31	48	934.00	73	877.98	98	798.90
24	969.21	49	932.09	74	875.40	99	794.25
25	968.10	50	930.14	75	872.79	100	789.23

注：采用国际温标 (ITS-90)。

## 附录 C

20 °C 时糖溶液质量分数  $p$  与密度  $\rho$  换算表

$p/\%$	$\rho/(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	$p/\%$	$\rho/(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	$p/\%$	$\rho/(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$
0	998.20	27	1 112.86	54	1 251.96
1	1 002.06	28	1 117.55	55	1 257.64
2	1 005.95	29	1 122.27	56	1 263.36
3	1 009.87	30	1 127.03	57	1 269.11
4	1 013.81	31	1 131.82	58	1 274.91
5	1 017.79	32	1 136.64	59	1 280.74
6	1 021.79	33	1 141.50	60	1 286.61
7	1 025.82	34	1 146.40	61	1 292.52
8	1 029.89	35	1 151.32	62	1 298.48
9	1 033.98	36	1 156.29	63	1 304.47
10	1 038.10	37	1 161.29	64	1 310.50
11	1 042.25	38	1 166.33	65	1 316.56
12	1 046.43	39	1 171.40	66	1 322.67
13	1 050.64	40	1 176.51	67	1 328.82
14	1 054.88	41	1 181.65	68	1 335.00
15	1 059.15	42	1 186.84	69	1 341.23
16	1 063.45	43	1 192.06	70	1 347.49
17	1 067.79	44	1 197.31	71	1 353.79
18	1 072.15	45	1 202.61	72	1 360.13
19	1 076.54	46	1 207.94	73	1 366.51
20	1 080.97	47	1 213.31	74	1 372.93
21	1 085.43	48	1 218.72	75	1 379.38
22	1 089.92	49	1 224.16	76	1 385.87
23	1 094.44	50	1 229.64	77	1 392.40
24	1 099.00	51	1 235.17	78	1 398.97
25	1 103.59	52	1 240.73	79	1 405.57
26	1 108.21	53	1 246.33	80	1 412.21
注：采用国际温标（ITS-90）。					

## 附录 D

20 °C 时乳汁度  $m^\circ$  与密度  $\rho_{20}$  换算表

乳汁度 $m^\circ$	$\rho_{20}$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	乳汁度 $m^\circ$	$\rho_{20}$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	乳汁度 $m^\circ$	$\rho_{20}$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
15.0	1 015.0	23.5	1 023.5	32.0	1 032.0
15.5	1 015.5	24.0	1 024.0	32.5	1 032.5
16.0	1 016.0	24.5	1 024.5	33.0	1 033.0
16.5	1 016.5	25.0	1 025.0	33.5	1 033.5
17.0	1 017.0	25.5	1 025.5	34.0	1 034.0
17.5	1 017.5	26.0	1 026.0	34.5	1 034.5
18.0	1 018.0	26.5	1 026.5	35.0	1 035.0
18.5	1 018.5	27.0	1 027.0	35.5	1 035.5
19.0	1 019.0	27.5	1 027.5	36.0	1 036.0
19.5	1 019.5	28.0	1 028.0	36.5	1 036.5
20.0	1 020.0	28.5	1 028.5	37.0	1 037.0
20.5	1 020.5	29.0	1 029.0	37.5	1 037.5
21.0	1 021.0	29.5	1 029.5	38.0	1 038.0
21.5	1 021.5	30.0	1 030.0	38.5	1 038.5
22.0	1 022.0	30.5	1 030.5	39.0	1 039.0
22.5	1 022.5	31.0	1 031.0	39.5	1 039.5
23.0	1 023.0	31.5	1 031.5	40.0	1 040.0

## 附录 E

20 °C 时土壤度  $s^\circ$  与密度  $\rho_{20}$  换算表

土壤度 $s^\circ$	$\rho_{20}$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$						
-5	995.09	9	1 003.81	23	1 012.54	37	1 021.26
-4	995.72	10	1 004.44	24	1 013.16	38	1 021.88
-3	996.34	11	1 005.06	25	1 013.78	39	1 022.50
-2	996.96	12	1 005.68	26	1 014.41	40	1 023.13
-1	997.58	13	1 006.31	27	1 015.03	41	1 023.75
0	998.21	14	1 006.93	28	1 015.65	42	1 024.37
1	998.83	15	1 007.55	29	1 016.27	43	1 025.00
2	999.45	16	1 008.18	30	1 016.90	44	1 025.62
3	1 000.08	17	1 008.80	31	1 017.52	45	1 026.24
4	1 000.70	18	1 009.42	32	1 018.14	46	1 026.87
5	1 001.32	19	1 010.04	33	1 018.77	47	1 027.49
6	1 001.95	20	1 010.67	34	1 019.39	48	1 028.11
7	1 002.57	21	1 011.29	35	1 020.01	49	1 028.73
8	1 003.19	22	1 011.91	36	1 020.64	50	1 029.36

## 附录 F

20 °C 时波美度 Bh 与密度  $\rho_{20}$  换算表

波美度 Bh	$\rho_{20}$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$						
0	998.96	19	1 150.44	38	1 356.07	57	1 651.20
1	1 005.93	20	1 159.69	39	1 368.95	58	1 670.34
2	1 013.00	21	1 169.10	40	1 382.07	59	1 689.92
3	1 020.17	22	1 178.66	41	1 395.45	60	1 709.96
4	1 027.44	23	1 188.38	42	1 409.09	61	1 730.49
5	1 034.82	24	1 198.25	43	1 423.00	62	1 751.52
6	1 042.30	25	1 208.30	44	1 437.19	63	1 773.06
7	1 049.89	26	1 218.51	45	1 451.66	64	1 795.14
8	1 057.59	27	1 228.90	46	1 466.43	65	1 817.78
9	1 065.41	28	1 239.47	47	1 481.50	66	1 841.00
10	1 073.34	29	1 250.22	48	1 496.88	67	1 864.81
11	1 081.40	30	1 261.15	49	1 512.59	68	1 889.25
12	1 089.57	31	1 272.29	50	1 528.63	69	1 914.34
13	1 097.87	32	1 283.62	51	1 545.02	70	1 940.11
14	1 106.29	33	1 295.15	52	1 561.76	71	1 966.58
15	1 114.85	34	1 306.89	53	1 578.86	72	1 993.78
16	1 123.54	35	1 318.85	54	1 596.35	——	——
17	1 132.36	36	1 331.02	55	1 614.22	——	——
18	1 141.33	37	1 343.43	56	1 632.50	——	——

## 附录 G

密度小于水的液体毛细常数  $\alpha$ mm<sup>2</sup>

密度 $\rho_{20}$ g · cm <sup>-3</sup>	石油产品混合液	酒精水溶液	乙醚、乙醇混合液	硫酸氢乙酯
0.60	2.48	—	—	—
0.61	2.54	—	—	—
0.62	2.58	—	—	—
0.63	2.62	—	—	—
0.64	2.66	—	—	—
0.65	2.70	—	—	—
0.66	2.75	—	—	—
0.67	2.80	—	—	—
0.68	2.83	—	—	—
0.69	2.87	—	—	—
0.70	2.91	—	—	—
0.71	2.94	—	2.46	—
0.72	2.98	—	2.50	—
0.73	3.02	—	2.54	—
0.74	3.06	—	2.54	—
0.75	3.10	—	2.59	—
0.76	3.13	—	2.64	—
0.77	3.16	—	2.70	—
0.78	3.19	—	2.76	—
0.79	3.22	2.89	2.84	—
0.80	3.25	2.91	2.95	—
0.81	3.28	2.94	—	—
0.82	3.30	2.97	—	—
0.83	3.34	3.00	—	—
0.84	3.36	3.03	—	—
0.85	3.38	3.06	—	3.05

表 (续)

mm<sup>2</sup>

密度 $\rho_{20}$ g · cm <sup>-3</sup>	石油产品混合液	酒精水溶液	乙醚、乙醇混合液	硫酸氢乙酯
0.86	3.40	3.08	—	3.03
0.87	3.42	3.10	—	3.01
0.88	3.44	3.12	—	2.99
0.89	3.46	3.14	—	2.97
0.90	3.48	3.17	—	2.95
0.91	3.49	3.20	—	2.94
0.92	3.50	3.24	—	2.93
0.93	3.50	3.31	—	2.92
0.94	3.49	3.39	—	2.91
0.95	3.48	3.54	—	2.91
0.96	3.47	3.78	—	2.90
0.97	3.46	4.22	—	2.90
0.98	3.44	4.97	—	2.90
0.99	3.42	6.13	—	2.91
1.00	3.38	7.45	—	2.92

## 附录 H

密度小于水的液体表面张力  $\gamma$ 

mN/m

密度 $\rho_{20}$ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	石油产品混合液	酒精水溶液	乙醚、乙醇混合液	硫酸氢乙酯
0.60	14.58	—	—	—
0.61	15.18	—	—	—
0.62	15.68	—	—	—
0.63	16.18	—	—	—
0.64	16.68	—	—	—
0.65	17.20	—	—	—
0.66	17.79	—	—	—
0.67	18.38	—	—	—
0.68	18.86	—	—	—
0.69	19.41	—	—	—
0.70	19.96	—	—	—
0.71	20.46	—	17.12	—
0.72	21.03	—	17.64	—
0.73	21.61	—	18.17	—
0.74	22.19	—	18.42	—
0.75	22.79	—	19.04	—
0.76	23.31	—	19.66	—
0.77	23.85	—	20.37	—
0.78	24.38	—	21.10	—
0.79	24.93	22.37	21.99	—
0.80	25.48	22.81	23.13	—
0.81	26.04	23.34	—	—
0.82	26.52	23.87	—	—
0.83	27.17	24.40	—	—
0.84	27.66	24.94	—	—
0.85	28.16	25.49	—	25.41

表 (续)

mN/m

密度 $\rho_{20}$ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	石油产品混合液	酒精水溶液	乙醚、乙醇混合液	硫酸氢乙酯
0.86	28.66	25.96	—	25.54
0.87	29.16	26.43	—	25.66
0.88	29.67	26.91	—	25.79
0.89	30.18	27.39	—	25.90
0.90	30.69	27.96	—	26.02
0.91	31.12	28.54	—	26.22
0.92	31.56	29.21	—	26.42
0.93	31.90	30.17	—	26.61
0.94	32.15	31.23	—	26.81
0.95	32.40	32.96	—	27.09
0.96	32.65	35.56	—	27.28
0.97	32.89	40.12	—	27.57
0.98	33.04	47.73	—	27.85
0.99	33.18	59.47	—	28.23
1.00	33.12	73.01	—	28.62

## 附录 J

密度大于水的液体毛细常数  $\alpha$ mm<sup>2</sup>

密度 $\rho_{20}$ g · cm <sup>-3</sup>	硫酸氢 乙酯	硫酸 水溶液	硝酸 水溶液	盐酸 水溶液	甘油 水溶液	石油产品 混合液	海水	尿	乳汁
1.00	2.92	7.42	7.53	7.53	7.45	3.38	7.53	7.37	4.59
1.01	2.93	7.35	7.45	7.45	7.33	3.34	7.51	6.80	4.54
1.02	2.93	7.28	7.37	7.36	7.21	3.32	7.49	6.27	4.50
1.03	2.94	7.21	7.29	7.27	7.09	3.29	7.47	5.77	4.45
1.04	2.95	7.15	7.21	7.18	6.97	3.26	7.45	5.28	4.41
1.05	2.96	7.09	7.12	7.09	6.85	3.24	——	——	4.37
1.06	2.97	7.03	7.04	7.01	6.74	3.22	——	——	——
1.07	2.99	6.97	6.96	6.92	6.62	3.20	——	——	——
1.08	3.00	6.92	6.87	6.92	6.50	3.16	——	——	——
1.09	3.02	6.87	6.79	6.74	6.38	3.14	——	——	——
1.10	3.04	6.82	6.71	6.66	6.26	3.12	——	——	——
1.11	3.06	6.77	6.63	6.57	6.15	——	——	——	——
1.12	3.08	6.72	6.55	6.48	6.04	——	——	——	——
1.13	3.10	6.67	6.46	6.40	5.92	——	——	——	——
1.14	3.13	6.62	6.38	6.31	5.81	——	——	——	——
1.15	3.15	6.57	6.30	6.22	5.70	——	——	——	——
1.16	3.17	6.53	6.22	6.13	5.59	——	——	——	——
1.17	3.19	6.49	6.13	6.04	5.49	——	——	——	——
1.18	3.21	6.44	6.05	5.95	5.40	——	——	——	——
1.19	3.23	6.40	5.97	——	5.33	——	——	——	——
1.20	3.25	6.36	5.89	——	5.31	——	——	——	——
1.21	3.27	6.31	5.81	——	——	——	——	——	——
1.22	3.28	6.27	5.72	——	——	——	——	——	——
1.23	3.29	6.23	5.64	——	——	——	——	——	——
1.24	3.30	6.19	5.56	——	——	——	——	——	——
1.25	3.31	6.15	5.48	——	——	——	——	——	——
1.26	3.32	6.11	5.40	——	——	——	——	——	——

表 (续)

mm<sup>2</sup>

密度 $\rho_{20}$ g · cm <sup>-3</sup>	硫酸氢 乙酯	硫酸 水溶液	硝酸 水溶液	盐酸 水溶液	甘油 水溶液	石油产品 混合液	海水	尿	乳汁
1.27	3.32	6.07	5.32	——	——	——	——	——	——
1.28	3.33	6.03	5.23	——	——	——	——	——	——
1.29	3.33	5.99	5.15	——	——	——	——	——	——
1.30	3.33	5.95	5.07	——	——	——	——	——	——
1.31	3.34	5.91	4.99	——	——	——	——	——	——
1.32	3.33	5.87	4.90	——	——	——	——	——	——
1.33	3.33	5.83	4.82	——	——	——	——	——	——
1.34	3.33	5.79	4.74	——	——	——	——	——	——
1.35	3.32	5.75	4.66	——	——	——	——	——	——
1.36	3.32	5.71	4.58	——	——	——	——	——	——
1.37	3.31	5.67	4.49	——	——	——	——	——	——
1.38	3.3	5.63	4.40	——	——	——	——	——	——
1.39	3.29	5.59	4.31	——	——	——	——	——	——
1.40	3.28	5.55	4.22	——	——	——	——	——	——
1.41	3.27	5.51	——	——	——	——	——	——	——
1.42	3.26	5.47	——	——	——	——	——	——	——
1.43	3.24	5.44	——	——	——	——	——	——	——
1.44	3.23	5.40	——	——	——	——	——	——	——
1.45	3.22	5.36	——	——	——	——	——	——	——
1.46	3.21	5.32	——	——	——	——	——	——	——
1.47	3.20	5.28	——	——	——	——	——	——	——
1.48	3.18	5.25	——	——	——	——	——	——	——
1.49	3.17	5.21	——	——	——	——	——	——	——
1.50	3.15	5.17	——	——	——	——	——	——	——
1.51	3.14	5.13	——	——	——	——	——	——	——
1.52	3.12	5.09	——	——	——	——	——	——	——
1.53	3.11	5.05	——	——	——	——	——	——	——
1.54	3.10	5.01	——	——	——	——	——	——	——
1.55	3.08	4.97	——	——	——	——	——	——	——
1.56	3.07	4.93	——	——	——	——	——	——	——

表 (续)

mm<sup>2</sup>

密度 $\rho_{20}$ g · cm <sup>-3</sup>	硫酸氢 乙酯	硫酸 水溶液	硝酸 水溶液	盐酸 水溶液	甘油 水溶液	石油产品 混合液	海水	尿	乳汁
1.57	3.06	4.89	—	—	—	—	—	—	—
1.58	3.05	4.85	—	—	—	—	—	—	—
1.59	3.04	4.80	—	—	—	—	—	—	—
1.60	3.03	4.76	—	—	—	—	—	—	—
1.61	3.02	4.72	—	—	—	—	—	—	—
1.62	3.01	4.68	—	—	—	—	—	—	—
1.63	3.00	4.63	—	—	—	—	—	—	—
1.64	2.99	4.59	—	—	—	—	—	—	—
1.65	2.99	4.55	—	—	—	—	—	—	—
1.66	2.98	4.50	—	—	—	—	—	—	—
1.67	2.98	4.50	—	—	—	—	—	—	—
1.68	2.97	4.42	—	—	—	—	—	—	—
1.69	2.97	4.37	—	—	—	—	—	—	—
1.70	2.97	4.33	—	—	—	—	—	—	—
1.71	2.97	4.28	—	—	—	—	—	—	—
1.72	2.97	4.23	—	—	—	—	—	—	—
1.73	2.97	4.17	—	—	—	—	—	—	—
1.74	2.98	4.12	—	—	—	—	—	—	—
1.75	2.98	4.07	—	—	—	—	—	—	—
1.76	2.99	4.01	—	—	—	—	—	—	—
1.77	3.00	3.95	—	—	—	—	—	—	—
1.78	3.01	3.88	—	—	—	—	—	—	—
1.79	3.02	3.80	—	—	—	—	—	—	—
1.80	3.04	3.71	—	—	—	—	—	—	—
1.81	3.05	3.61	—	—	—	—	—	—	—
1.82	3.07	3.50	—	—	—	—	—	—	—
1.83	3.08	3.36	—	—	—	—	—	—	—
1.84	3.10	3.20	—	—	—	—	—	—	—

## 附录 K

密度大于水的液体表面张力  $\gamma$ 

mN/m

密度 $\rho_{20}$ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	硫酸 氢乙酯	硫酸 水溶液	硝酸 水溶液	盐酸 水溶液	甘油 水溶液	石油产品 混合液	海水	尿	乳汁
1.00	28.62	72.72	73.79	73.79	73.01	33.12	73.79	72.23	44.98
1.01	29.00	72.75	73.74	73.74	72.55	33.06	74.33	67.31	44.94
1.02	29.29	72.77	73.67	73.57	72.07	33.19	74.87	62.67	44.98
1.03	29.68	72.78	73.59	73.38	71.57	33.21	75.40	58.24	44.92
1.04	30.07	72.87	73.48	73.18	71.04	33.23	75.93	53.81	44.95
1.05	30.46	72.96	73.26	72.96	70.49	33.34	——	——	44.97
1.06	30.85	73.03	73.13	72.82	70.02	33.45	——	——	——
1.07	31.35	73.09	72.98	72.56	69.42	33.56	——	——	——
1.08	31.75	73.24	72.71	73.24	68.80	33.45	——	——	——
1.09	32.26	73.39	72.53	72.00	68.15	33.54	——	——	——
1.10	32.77	73.52	72.33	71.79	67.48	33.63	——	——	——
1.11	33.29	73.64	72.12	71.47	66.90	——	——	——	——
1.12	33.81	73.76	71.89	71.12	66.30	——	——	——	——
1.13	34.33	73.86	71.54	70.87	65.56	——	——	——	——
1.14	34.97	73.96	71.28	70.50	64.91	——	——	——	——
1.15	35.50	74.04	71.00	70.10	64.24	——	——	——	——
1.16	36.04	74.23	70.71	69.69	63.55	——	——	——	——
1.17	36.58	74.41	70.29	69.25	62.95	——	——	——	——
1.18	37.12	74.47	69.96	68.81	62.45	——	——	——	——
1.19	37.67	74.64	69.62	——	62.16	——	——	——	——
1.20	38.22	74.79	69.27	——	62.45	——	——	——	——
1.21	38.78	74.82	68.89	——	——	——	——	——	——
1.22	39.22	74.96	68.39	——	——	——	——	——	——
1.23	39.66	75.10	67.98	——	——	——	——	——	——
1.24	40.10	75.22	67.57	——	——	——	——	——	——
1.25	40.55	75.34	67.13	——	——	——	——	——	——
1.26	41.00	75.45	66.68	——	——	——	——	——	——

表 (续)

mN/m

密度 $\rho_{20}$ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	硫酸 氢乙酯	硫酸 水溶液	硝酸 水溶液	盐酸 水溶液	甘油 水溶液	石油产品 混合液	海水	尿	乳汁
1.27	41.32	75.55	66.21	—	—	—	—	—	—
1.28	41.77	75.64	65.61	—	—	—	—	—	—
1.29	42.10	75.73	65.11	—	—	—	—	—	—
1.30	42.42	75.80	64.59	—	—	—	—	—	—
1.31	42.88	75.87	64.06	—	—	—	—	—	—
1.32	43.08	75.93	63.39	—	—	—	—	—	—
1.33	43.40	75.99	62.82	—	—	—	—	—	—
1.34	43.73	76.03	62.25	—	—	—	—	—	—
1.35	43.92	76.07	61.65	—	—	—	—	—	—
1.36	44.25	76.10	61.04	—	—	—	—	—	—
1.37	44.44	76.13	60.28	—	—	—	—	—	—
1.38	44.63	76.14	59.51	—	—	—	—	—	—
1.39	44.82	76.15	58.71	—	—	—	—	—	—
1.40	45.00	76.15	57.90	—	—	—	—	—	—
1.41	45.18	76.14	—	—	—	—	—	—	—
1.42	45.37	76.12	—	—	—	—	—	—	—
1.43	45.41	76.24	—	—	—	—	—	—	—
1.44	45.58	76.20	—	—	—	—	—	—	—
1.45	45.76	76.17	—	—	—	—	—	—	—
1.46	45.93	76.12	—	—	—	—	—	—	—
1.47	46.10	76.06	—	—	—	—	—	—	—
1.48	46.12	76.15	—	—	—	—	—	—	—
1.49	46.29	76.08	—	—	—	—	—	—	—
1.50	46.31	76.00	—	—	—	—	—	—	—
1.51	46.47	75.91	—	—	—	—	—	—	—
1.52	46.48	75.82	—	—	—	—	—	—	—
1.53	46.63	75.72	—	—	—	—	—	—	—
1.54	46.79	75.61	—	—	—	—	—	—	—
1.55	46.79	75.49	—	—	—	—	—	—	—
1.56	46.93	75.37	—	—	—	—	—	—	—
1.57	47.08	75.24	—	—	—	—	—	—	—

表 (续)

mN/m

密度 $\rho_{20}$ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	硫酸 氢乙酯	硫酸 水溶液	硝酸 水溶液	盐酸 水溶液	甘油 水溶液	石油产品 混合液	海水	尿	乳汁
1.58	47.23	75.10	—	—	—	—	—	—	—
1.59	47.37	74.79	—	—	—	—	—	—	—
1.60	47.51	74.64	—	—	—	—	—	—	—
1.61	47.65	74.47	—	—	—	—	—	—	—
1.62	47.79	74.30	—	—	—	—	—	—	—
1.63	47.92	73.96	—	—	—	—	—	—	—
1.64	48.06	73.77	—	—	—	—	—	—	—
1.65	48.35	73.57	—	—	—	—	—	—	—
1.66	48.48	73.21	—	—	—	—	—	—	—
1.67	48.77	73.65	—	—	—	—	—	—	—
1.68	48.90	72.77	—	—	—	—	—	—	—
1.69	49.19	72.38	—	—	—	—	—	—	—
1.70	49.48	72.14	—	—	—	—	—	—	—
1.71	49.77	71.72	—	—	—	—	—	—	—
1.72	50.06	71.30	—	—	—	—	—	—	—
1.73	50.35	70.70	—	—	—	—	—	—	—
1.74	50.81	70.25	—	—	—	—	—	—	—
1.75	51.11	69.80	—	—	—	—	—	—	—
1.76	51.57	69.16	—	—	—	—	—	—	—
1.77	52.04	68.52	—	—	—	—	—	—	—
1.78	52.51	67.68	—	—	—	—	—	—	—
1.79	52.98	66.66	—	—	—	—	—	—	—
1.80	53.63	65.44	—	—	—	—	—	—	—
1.81	54.10	64.03	—	—	—	—	—	—	—
1.82	54.76	62.43	—	—	—	—	—	—	—
1.83	55.24	60.26	—	—	—	—	—	—	—
1.84	55.90	57.70	—	—	—	—	—	—	—

## 附录 L

碘化钾、碘化汞水溶液毛细常数  $\alpha$  及表面张力  $\gamma$ 

密度 $\rho_{20}/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	毛细常数 $\alpha/\text{mm}^2$	表面张力 $\gamma/(\text{mN}/\text{m})$
1.84	3.10	55.93
1.85	3.08	55.85
1.86	3.06	55.75
1.87	3.04	55.69
1.88	3.00	55.37
1.89	2.97	55.14
1.90	2.95	54.92
1.91	2.90	54.41
1.92	2.85	53.65
1.93	2.84	53.68
1.94	2.79	53.17
1.95	2.76	52.70
1.96	2.73	52.48
1.97	2.68	51.81
1.98	2.67	51.94
1.99	2.66	51.83
2.00	2.62	51.42
2.10	2.37	48.85
2.20	2.28	49.13
2.30	2.22	50.03
2.40	2.15	50.60
2.50	2.01	49.26
2.60	1.94	49.43
2.70	1.81	47.93
2.80	1.74	47.71
2.90	1.70	48.24
3.00	1.66	48.78

## 附录 M

糖溶液毛细常数  $\alpha$ 

$p/\%$	$\alpha/\text{mm}^2$	$p/\%$	$\alpha/\text{mm}^2$	$p/\%$	$\alpha/\text{mm}^2$	$p/\%$	$\alpha/\text{mm}^2$
0	7.43	21	6.90	41	6.46	61	6.04
1	7.40	22	6.88	42	6.43	62	6.02
2	7.38	23	6.86	43	6.41	63	6.00
3	7.35	24	6.83	44	6.39	64	5.98
4	7.32	25	6.81	45	6.37	65	5.96
5	7.30	26	6.78	46	6.35	66	5.94
6	7.27	27	6.76	47	6.33	67	5.92
7	7.24	28	6.74	48	6.31	68	5.90
8	7.22	29	6.72	49	6.29	69	5.88
9	7.19	30	6.70	50	6.26	70	5.86
10	7.17	31	6.67	51	6.24	71	5.84
11	7.14	32	6.65	52	6.22	72	5.82
12	7.12	33	6.63	53	6.20	73	5.80
13	7.10	34	6.60	54	6.18	74	5.78
14	7.07	35	6.58	55	6.16	75	5.76
15	7.04	36	6.56	56	6.14	76	5.74
16	7.02	37	6.54	57	6.12	77	5.72
17	7.00	38	6.52	58	6.10	78	5.70
18	6.97	39	6.50	59	6.08	79	5.68
19	6.95	40	6.48	60	6.06	80	5.66
20	6.92	—	—	—	—	—	—

## 附录 N

糖溶液表面张力  $\gamma$ 

$p/\%$	$\gamma/(\text{mN/m})$	$p/\%$	$\gamma/(\text{mN/m})$	$p/\%$	$\gamma/(\text{mN/m})$	$p/\%$	$\gamma/(\text{mN/m})$
0	72.68	21	73.40	41	74.81	61	76.51
1	72.67	22	73.49	42	74.79	62	76.61
2	72.75	23	73.58	43	74.88	63	76.70
3	72.74	24	73.56	44	74.98	64	76.80
4	72.73	25	73.65	45	75.07	65	76.90
5	72.81	26	73.63	46	75.17	66	77.00
6	72.80	27	73.72	47	75.27	67	77.09
7	72.78	28	73.82	48	75.36	68	77.19
8	72.87	29	73.91	49	75.46	69	77.29
9	72.86	30	74.00	50	75.44	70	77.38
10	72.94	31	73.98	51	75.53	71	77.48
11	72.93	32	74.07	52	75.63	72	77.58
12	73.02	33	74.17	53	75.73	73	77.67
13	73.10	34	74.15	54	75.82	74	77.77
14	73.09	35	74.24	55	75.92	75	77.86
15	73.07	36	74.34	56	76.02	76	77.96
16	73.16	37	74.43	57	76.12	77	78.05
17	73.25	38	74.52	58	76.21	78	78.15
18	73.23	39	74.62	59	76.31	79	78.24
19	73.32	40	74.71	60	76.41	80	78.33
20	73.31	—	—	—	—	—	—

## 附录 P

## 空气密度计算公式

$$\rho = \frac{PM_a}{ZRT} \left[ 1 - x_v \left( 1 - \frac{M_v}{M_a} \right) \right] \quad (\text{P. 1})$$

式中：

$\rho$  —— 湿空气密度， $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ；

$P$  —— 大气压力，Pa；

$M_a$  —— 干空气摩尔质量 = 0.028 963 512 440  $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ ；

$Z$  —— 压缩系数；

$R$  —— 摩尔气体常数 = 8.314 510  $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ；

$T$  —— 热力学温度 = 273.15 +  $t$ ，K；

$x_v$  —— 水蒸气摩尔系数；

$M_v$  —— 水的摩尔质量，= 18.015  $\times 10^{-3}$   $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

$$\text{其中 } Z = 1 - \frac{P}{T} [a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + (b_0 + b_1 t) x_v + (c_0 + c_1 t) x_v^2] + \frac{P^2}{T^2} (d + e x_v^2) \quad (\text{P. 2})$$

$$x_v = h f(P, t) \frac{P_{sv}(t)}{P} \quad (\text{P. 3})$$

$$f(P, t) = \alpha + \beta P + \gamma t^2 \quad (\text{P. 4})$$

$$P_{sv}(t) = 1 P_a \times \exp \left( AT^2 + BT + C + \frac{D}{T} \right) \quad (\text{P. 5})$$

公式 (P. 2) 至 (P. 5) 中的常数项量值如下：

$$a_0 = 1.581\ 23 \times 10^{-6} \text{ K} \cdot \text{Pa}^{-1}；$$

$$a_1 = -2.933\ 1 \times 10^{-8} \text{ Pa}^{-1}；$$

$$a_2 = 1.104\ 3 \times 10^{-10} \text{ K}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}；$$

$$b_0 = 5.707 \times 10^{-6} \text{ K} \cdot \text{Pa}^{-1}；$$

$$b_1 = -2.051 \times 10^{-8} \text{ Pa}^{-1}；$$

$$c_0 = 1.989\ 8 \times 10^{-4} \text{ K} \cdot \text{Pa}^{-1}；$$

$$c_1 = -2.376 \times 10^{-6} \text{ Pa}^{-1}；$$

$$d = 1.83 \times 10^{-11} \text{ K}^2 \cdot \text{Pa}^{-2}；$$

$$e = -0.765 \times 10^{-8} \text{ K}^2 \cdot \text{Pa}^{-2}；$$

$$\alpha = 1.000\ 62；$$

$$\beta = 3.14 \times 10^{-8} \text{ Pa}^{-1}；$$

$$\gamma = 5.6 \times 10^{-7} \text{ K}^{-2}；$$

$$A = 1.237\ 884\ 7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-2}；$$

$$B = -1.912\ 131\ 6 \times 10^{-2} \text{ K}^{-1};$$

$$C = 33.937\ 110\ 47;$$

$$D = -6.343\ 164\ 5 \times 10^3 \text{ K}。$$

公式出处：Metrologir 1992，29，67-70 R. S. Davis

市场监管总局

## 附录 Q

## 湿空气密度表

表 Q.1 相对湿度 50%，CO<sub>2</sub> 含量 0.04% 在  $t_{90}$  和压力  $P$  的空气密度kg · m<sup>-3</sup>

$t_{90}$ °C	$P/kPa$														$t_{90}$ °C
	95	96	97	98	99	100	101	101.325	102	103	104	105	106	107	
0	1.211	1.223	1.236	1.249	1.262	1.275	1.287	1.291	1.291	1.300	1.313	1.326	1.338	1.351	0
5	1.188	1.201	1.213	1.226	1.238	1.251	1.263	1.268	1.268	1.276	1.289	1.301	1.314	1.326	5
10	1.166	1.179	1.191	1.203	1.216	1.228	1.240	1.244	1.244	1.253	1.265	1.277	1.290	1.302	10
15	1.145	1.157	1.169	1.181	1.193	1.206	1.218	1.222	1.222	1.230	1.242	1.254	1.266	1.278	15
20	1.124	1.136	1.148	1.160	1.172	1.183	1.195	1.199	1.199	1.207	1.219	1.231	1.243	1.255	20
25	1.103	1.115	1.127	1.138	1.150	1.162	1.173	1.177	1.177	1.185	1.197	1.209	1.220	1.232	25
30	1.083	1.094	1.106	1.117	1.129	1.140	1.152	1.155	1.155	1.163	1.175	1.186	1.198	1.209	30
35	1.062	1.073	1.085	1.096	1.107	1.119	1.130	1.134	1.134	1.141	1.153	1.164	1.175	1.187	35
40	1.041	1.053	1.064	1.075	1.086	1.097	1.108	1.112	1.112	1.119	1.131	1.142	1.153	1.164	40
45	1.021	1.031	1.042	1.053	1.064	1.075	1.086	1.090	1.090	1.097	1.108	1.119	1.130	1.141	45
50	0.999	1.010	1.021	1.031	1.042	1.053	1.064	1.067	1.067	1.075	1.085	1.096	1.107	1.118	50
55	0.977	0.988	0.998	1.009	1.019	1.030	1.041	1.044	1.044	1.051	1.062	1.073	1.083	1.094	55
60	0.954	0.965	0.975	0.985	0.996	1.006	1.017	1.020	1.020	1.027	1.038	1.048	1.059	1.069	60
65	0.930	0.940	0.951	0.961	0.971	0.982	0.992	0.995	0.995	1.002	1.012	1.023	1.033	1.043	65
70	0.905	0.915	0.925	0.935	0.945	0.955	0.965	0.969	0.969	0.976	0.986	0.996	1.006	1.016	70
75	0.878	0.888	0.898	0.908	0.918	0.928	0.938	0.941	0.941	0.948	0.958	0.968	0.978	0.988	75
80	0.848	0.858	0.868	0.878	0.888	0.898	0.908	0.911	0.911	0.917	0.927	0.937	0.947	0.957	80
85	0.817	0.827	0.837	0.846	0.856	0.866	0.875	0.879	0.879	0.885	0.895	0.905	0.914	0.924	85
90	0.783	0.793	0.802	0.812	0.821	0.831	0.840	0.844	0.844	0.850	0.860	0.869	0.879	0.888	90
95	0.746	0.755	0.765	0.774	0.783	0.793	0.802	0.805	0.805	0.812	0.821	0.831	0.840	0.850	95
100	0.705	0.714	0.723	0.733	0.742	0.751	0.761	0.764	0.764	0.770	0.779	0.789	0.798	0.807	100

表 Q.2 不同温度和湿度下空气密度的修正值

$t_{90}$ °C	空气相对湿度/%										$t_{90}$ °C	
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90		100
0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0
5	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	5
10	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	10
15	0.004	0.003	0.002	0.002	0.001	0.000	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	-0.004	15
20	0.005	0.004	0.003	0.002	0.001	0.000	-0.001	-0.002	-0.003	-0.004	-0.005	20
25	0.007	0.006	0.004	0.003	0.001	0.000	-0.001	-0.003	-0.004	-0.006	-0.007	25
30	0.009	0.007	0.006	0.004	0.002	0.000	-0.002	-0.004	-0.006	-0.007	-0.009	30
35	0.012	0.010	0.007	0.005	0.002	0.000	-0.002	-0.005	-0.007	-0.010	-0.012	35
40	0.015	0.012	0.009	0.006	0.003	0.000	-0.003	-0.006	-0.009	-0.012	-0.015	40
45	0.020	0.016	0.012	0.008	0.004	0.000	-0.004	-0.008	-0.012	-0.016	-0.020	45
50	0.025	0.020	0.015	0.010	0.005	0.000	-0.005	-0.010	-0.015	-0.020	-0.025	50
55	0.032	0.025	0.019	0.013	0.006	0.000	-0.006	-0.013	-0.019	-0.025	-0.031	55
60	0.039	0.031	0.024	0.016	0.008	0.000	-0.008	-0.016	-0.023	-0.031	-0.039	60
65	0.049	0.039	0.029	0.019	0.010	0.000	-0.010	-0.019	-0.029	-0.039	-0.048	65
70	0.060	0.048	0.036	0.024	0.012	0.000	-0.012	-0.024	-0.036	-0.048	-0.059	70
75	0.073	0.058	0.044	0.029	0.015	0.000	-0.015	-0.029	-0.044	-0.058	-0.073	75
80	0.089	0.071	0.053	0.035	0.018	0.000	-0.018	-0.035	-0.053	-0.071	-0.088	80
85	0.107	0.086	0.064	0.043	0.021	0.000	-0.021	-0.043	-0.064	-0.086	-0.107	85
90	0.128	0.103	0.077	0.051	0.026	0.000	-0.026	-0.052	-0.077	-0.103	-0.129	90
95	0.153	0.123	0.092	0.062	0.031	0.000	-0.031	-0.062	-0.093	-0.124	-0.155	95
100	0.182	0.146	0.110	0.073	0.037	0.000	-0.037	-0.074	-0.110	-0.147	-0.184	100

## 附录 R

## 几种常见工作玻璃浮计假定标尺与密度换算关系

为便于测量，在实际工作中，常见以下几种具有假定标尺的浮计。

## R.1 乳汁计

乳汁度单位符号为  $m^\circ$  与密度换算公式如下：

$$\text{乳汁度} = \rho_{20} - 1\,000 \quad (\text{R. 1})$$

式中：

$\rho_{20}$  ——与乳汁度相对应 20 °C 的乳汁密度， $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

乳汁度 ( $m^\circ$ ) 与  $\rho_{20}$  的换算表见附录 D。

## R.2 土壤计

## R.2.1 甲种土壤计

$$\text{土壤度} = \frac{\rho_{20} - 998.207}{0.623} \quad (\text{R. 2})$$

式中：

$\rho_{20}$  ——与土壤度（单位符号为  $s^\circ$ ）相对应 20 °C 的土壤密度， $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

土壤度 ( $s^\circ$ ) 与  $\rho_{20}$  的换算表见附录 E。

## R.2.2 乙种土壤计

乙种土壤计是以相对密度表示的，计算公式如下：

$$d_{20}^{20} = \rho_{20} / \rho_{20\text{水}} \quad (\text{R. 3})$$

式中：

$d_{20}^{20}$  ——乙种土壤计以相对密度值表示的值；

$\rho_{20}$  ——液体 20 °C 时的密度值， $\text{kg}/\text{m}^3$ ；

$\rho_{20\text{水}}$  ——纯水在 20 °C 时的密度值， $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

## R.3 波美计

$$\text{波美度} = 144.3 - \frac{144\,150}{\rho_{20}} \quad (\text{R. 4})$$

式中：

$\rho_{20}$  ——与波美度（单位符号为 Bh）相对应液体 20 °C 时的密度， $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

波美度与  $\rho_{20}$  的换算表见附录 F。



附录 T

静力称量法密度检定原始记录格式

检定证书编号：\_\_\_\_\_ 该计量器具准予作：\_\_\_\_\_ 使用 送检单位：\_\_\_\_\_  
 使用的标准装置：\_\_\_\_\_ 标准装置证书编号：\_\_\_\_\_ 检定依据：\_\_\_\_\_  
 检定日期：\_\_\_\_\_ 有效期至：\_\_\_\_\_ 外观：\_\_\_\_\_

空气温度	空气湿度	大气压力	液体温度	天平示值	液体密度	液体表面张力

检定用液密度  
测量：

空气温度	空气湿度	大气压力	标准温度	空气中浮计质量	仪器编号

工作玻璃浮计  
空气称量：

工作玻璃浮计液体中称量：

刻线密度值	液体温度	干管直径	空气温度	空气湿度	大气压力	工作用液 表面张力	归零值	天平示值	修正值	平均修正值	工作用液

检定员 \_\_\_\_\_ 核验员 \_\_\_\_\_ 第 \_\_\_\_\_ 页 共 \_\_\_\_\_ 页



## 附录 V

## 检定证书内页格式

证书编号 ××××-××××

## 检定结果

外观：

标准温度：

分度值：

读数方法：

工作用液：

表 1

器号	测量范围 ( )	标称值 ( )	修正值 ( )

[以下空白]

第 页，共 页

## 附录 W

## 检定结果通知书内页格式

证书编号 ××××-××××

# 检定结果

外观：

标准温度：

分度值：

读数方法：

工作用液：

表 1

器号	测量范围（）
以上×××经检定，在工作用液中其修正值超出±____个分度，检定结果不合格。	

[以下空白]

第 页，共 页