



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 86—2001

标准玻璃浮计

Standard Glass Hydrometers

2001-07-06 发布

2001-10-01 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

标准玻璃浮计检定规程

Verification Regulation of

Standard Glass Hydrometers

JJG 86—2001
代替 JJG 86—1986

本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2001 年 07 月 06 日批准，并自 2001 年 10 月 01 日起施行。

归口单位：全国质量计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

参加起草单位：辽宁省质量计量检测研究院

本规程委托全国质量计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

李兴华 （中国计量科学研究院）

参加起草人：

李秀芝 （辽宁省质量计量检测研究院）

吴淑荣 （辽宁省质量计量检测研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 术语和计量单位	(1)
3 概述	(1)
4 计量性能要求	(2)
5 通用技术要求	(3)
6 计量器具控制	(4)
附录 A (0~40)℃纯水密度表	(10)
附录 B 20℃时酒精水溶液体积分数 q 与密度 ρ 换算表	(12)
附录 C 20℃时糖溶液质量分数 p 与密度 ρ 换算表	(13)
附录 D 密度小于水的液体毛细常数 a	(14)
附录 E 密度大于水的液体毛细常数 a	(16)
附录 F 糖溶液毛细常数 a	(19)
附录 G 检定证书格式	(20)

标准玻璃浮计检定规程

1 范围

本规程适用于一、二等标准密度计，一、二等标准酒精计，一、二等标准糖量计，一等标准海水密度计和二等标准石油密度计、二等标准乳汁密度计等质量固定式标准玻璃浮计（以下简称浮计）的首次检定和后续检定。

不适用小于 650 kg/m^3 到 600 kg/m^3 低密度量程标准石油密度计的检定。

2 术语和计量单位

2.1 密度

液体质量 m 与其体积 V 之比。即：

$$\rho = m/V \quad (1)$$

单位为 kg/m^3 ，亦可用 g/cm^3 单位表示。

2.2 相对密度

在规定条件下，液体密度 ρ_1 与参考物质纯水密度 ρ_2 之比。即：

$$d = \rho_1/\rho_2 \quad (2)$$

d 为量纲一的量。例如，标准海水密度计的标尺为相对密度单位，即指海水在 $17.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 时密度与纯水在 $17.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 时密度之比。用符号 $d_{17.5}^{17.5}$ 来表示。

2.3 浓度

2.3.1 质量分数

溶液中所含溶质质量 m' 与溶液质量 m 之比。即：

$$p = m'/m \times 100\% \quad (3)$$

p 为量纲一的量。用小数或%表示。

2.3.2 体积分数

在一定温度下，溶液中所含溶质体积 V' 与溶液体积 V 之比。即：

$$q = V'/V \times 100\% \quad (4)$$

q 为量纲一的量。用小数或%表示。

3 概述

浮计是用于测量液体密度、相对密度和溶液浓度的仪器，其结构如图 1 所示。上部干管 1 为一顶端密封，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 2。躯体 3 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制成的压载室 4，内填满小铅丸等作压载物。

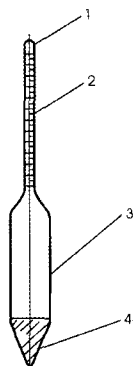


图 1

1. 干管; 2. 标尺; 3. 躯体;
4. 压载室

浮计基本原理是依据阿基米德定律, 即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, 即可由标尺直接得到液体密度、相对密度或浓度。

4 计量性能要求

浮计示值的最大允许误差, 对于首次检定与后续检定除二等标准石油密度计为 ± 0.6 个分度值外, 其它均不能大于 ± 1 个分度值。最大允许误差见表 1。

表 1

浮计名称	测量范围	分度值	最大允许误差
一等标准密度计组	(650~1 500) kg/m ³	0.2 kg/m ³	0.2 kg/m ³
一等标准密度计组 (密度连续型)	(1 500~2 000) kg/m ³	0.5 kg/m ³	0.5 kg/m ³
二等标准密度计组	(700~1 100) kg/m ³	0.2 kg/m ³	0.2 kg/m ³
二等标准密度计组	(650~2 000) kg/m ³	0.5 kg/m ³	0.5 kg/m ³
一等标准海水密度计组	1.000 0~1.040 0	0.000 1	0.000 1
一等标准酒精计组	q : (0~100)%	q : 0.1%	q : 0.1%
二等标准酒精计组	q : (0~100)%	q : 0.2%	q : 0.2%
一等标准糖量计组	p : (0~80)%	p : 0.1%	p : 0.1%
二等标准糖量计组	p : (0~80)%	p : 0.2%	p : 0.2%
二等标准石油密度计组	(600~1 100) kg/m ³	0.5 kg/m ³	0.3 kg/m ³
二等标准乳计密度计组	(1 010~1 040) kg/m ³	0.2 kg/m ³	0.2 kg/m ³

5 通用技术要求

5.1 外观质量要求

5.1.1 浮计测量范围及分度值见表1。

5.1.2 浮计的干管和躯体为圆形截面，该截面不得有任何突变，并与其轴线对称。

5.1.3 浮计内不应有油气、水气及其它杂质。干管顶端封口处不能有裂纹和明显的胀大。

5.1.4 浮计的压载室采用玻璃隔板式结构。

5.2 玻璃质量要求

5.2.1 浮计应用无色透明的优质玻璃制造，必须经良好的退火处理，其残余内应力单位厚度的光程差应不大于100 nm/cm。

5.2.2 浮计玻璃的体膨胀系数 β 值应为 $(25 \pm 2) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。

5.2.3 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）。

5.2.4 浮计干管外径不小于3 mm，躯体外径应在(20~35) mm之间。

5.3 标尺要求

5.3.1 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。

5.3.2 标尺应用平滑而无光泽的白色优质纸制作，当浮计干管70 °C下保持24 h时，其内标尺不得有变形、褪色和碳化等现象。

5.3.3 标尺标记必须均匀、清晰，不得有明显的断线及污点，线的宽度不能大于0.15mm。所有标记必须与浮计轴线相垂直。

5.3.4 标尺上的主标记（最长的）、次标记和最短的标记长度分别至少应为干管周长的1/2、1/3和1/4。

5.3.5 在标尺首末两端的主标记外，应有两条以上的附加标记。最上端的附加标记与干管顶端的距离应不小于20 mm，最下端的附加标记与躯体和干管焊接处的距离应不小于10 mm。

5.3.6 标尺上的主标记，应标注完整清晰的数码，其余标记可用不完整的数码标注。

5.3.7 采用适宜的方法，使标尺有任何移动均易于发现，若发现标尺移动，则浮计不得使用。

5.3.8 浮计标尺间距的平均宽度，对于一、二等标准分别不小于1.5 mm和1.3 mm。

5.3.9 浮计干管与液面间的垂直偏差，不得大于0.1个分度值。

5.4 标准温度

浮计的标准温度应为20 °C，其中一等标准海水密度计为17.5 °C。

5.5 标记

浮计应有以下清晰而持久的标记。

5.5.1 浮计名称。

5.5.2 浮计的标准温度。

- 5.5.3 浮计内应标明单位,如 kg/m^3 等。
 5.5.4 浮计的编号及出厂年月。
 5.5.5 制造厂名或商标, MC 标记。
 5.5.6 按弯月面上缘读数的浮计应在浮计内注明。

6 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定和后续检定。

6.1 首次检定和后续检定

首次检定只有当浮计通过定型鉴定或样机试验,并取得了制造许可证才可进行。后续检定的规定与要求和首次检定一致。但检定项目有所减少(见 6.1.2)

6.1.1 检定条件

6.1.1.1 检定用标准器按“液体密度计量器具检定系统”的规定配置。见表 2。

表 2

受检浮计名称	测量范围	计量基、标准名称	测量范围	扩展不确定度
一等标准密度计组 (含密度连续型)	$(650\sim 2\ 000)\text{kg}/\text{m}^3$	基准密度计组	$(650\sim 3\ 000)\text{kg}/\text{m}^3$	$(2\sim 20)\times 10^{-2}\text{kg}/\text{m}^3$
一等标准海水密度计组	1.000 0~1.040 0			
一等标准糖量计组	$p:(0\sim 80)\%$			
一等标准酒精计组	$q:(0\sim 100)\%$	副基准酒精计组	$q:(0\sim 100)\%$	$q:(0.014\sim 0.026)\%$
二等标准密度计组	$(650\sim 2\ 000)\text{kg}/\text{m}^3$	一等标准密度计组	$(650\sim 2\ 000)\text{kg}/\text{m}^3$	$(8\sim 20)\times 10^{-2}\text{kg}/\text{m}^3$
二等标准糖量计组	$p:(0\sim 80)\%$	一等标准糖量计组	$p:(0\sim 80)\%$	$p:0.03\%$
二等标准乳汁密度计组	$(1\ 010\sim 1\ 040)\text{kg}/\text{m}^3$	一等标准密度计组 (密度连续型)	$(700\sim 1\ 100)\text{kg}/\text{m}^3$	$8\times 10^{-2}\text{kg}/\text{m}^3$
二等标准酒精计组	$q:(0\sim 100)\%$	一等标准酒精计组	$q:(0\sim 100)\%$	$q:0.04\%$
二等标准石油密度计组	$(600\sim 1\ 100)\text{kg}/\text{m}^3$	一等标准密度计组	$(650\sim 1\ 500)\text{kg}/\text{m}^3$	$8\times 10^{-2}\text{kg}/\text{m}^3$

注:1 在计量基、标准名称一栏中的浮计,其标准温度均为 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 。
 2 在受检浮计名称一栏中的二等标准乳汁密度计为“上缘读数”的浮计。

6.1.1.2 检定用液体见表 3。

6.1.1.3 检定液体的配制

a) 配制硫酸氢乙酯或硫酸水溶液时,应将硫酸缓缓地注入酒精或纯水中并不停地搅拌决不可反向操作。配制过程中,液温不得超过 $40\text{ }^\circ\text{C}$,否则应停止配制,待冷却后再进行。

表 3 检定用液体

浮计名称	测量范围	液体名称	备 注
一、二等标准密度计 (一等含密度连续型)	(650—800)kg/m ³ (810—950)kg/m ³ (960—1 000)kg/m ³ (1 000—1 830)kg/m ³ (1 840—2 000)kg/m ³	石油产品混合液(由石油醚、 无铅汽油、煤油和柴油配制) 酒精水溶液(由乙醇和纯水配 制) 硫酸氢乙酯(由硫酸和 q 为 85%酒精水溶液配制) 硫酸水溶液(由硫酸和纯水配 制) 硫酸氢乙酯 碘化钾、碘化汞水溶液(由碘 化钾、碘化汞和纯水配制)	需用溢出法(见 6.1.2.7(C))检定 若需硫酸水溶液的修 正值,需作毛细常数 修正
一、二等标准酒精计	q :(0—25)% (相当 于密度为 998.2 kg/m ³ ~968.1 kg/m ³) q :(26—100)% (相当 于密度为 967.0 kg/m ³ ~789.2 kg/m ³)	酒精水溶液 硫酸氢乙酯 酒精水溶液	需用溢出法检定 若需酒精水溶液的修 正值,需作毛细常数 修正 高浓度可加少许乙醚 进行配制
一、二等标准糖量计	ρ :(0—80)%	硫酸氢乙酯	若需糖溶液的修正 值,需作毛细常数修 正
一等标准海水密度计	1.000 0~1.040 0	硫酸氢乙酯	若需海水的修正 值,需作毛细常数修 正
二等标准石油密度计	(650—800)kg/m ³ (810—950)kg/m ³ (960—1 100)kg/m ³	石油产品混合液 酒精水溶液 硫酸氢乙酯	若需石油产品混合液 的修正值,需作毛细 常数修正 若需石油产品混合液 的修正值,需作毛细 常数修正
二等标准乳汁密度计	(1 010—1 040)kg/m ³	硫酸氢乙酯	若需乳汁的修正 值,需作毛细常数修 正
注:所用化学试剂均为化学纯。			

b) 配制碘化钾、碘化汞水溶液，用质量比 7/10 的化学纯碘化钾和碘化汞放入烧杯里并加纯水不断搅拌，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，开始配制的溶液密度应大于 $2\ 000\ \text{kg}/\text{m}^3$ ，而后加纯水配到所需的密度。

这种溶液见光后易变深红色，影响读数，需在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。

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

6.1.1.4 主要检定设备及仪器

a) 内径 $(100\sim 120)$ mm，高 $(450\sim 500)$ mm 的玻璃检定筒若干个。内径 $(110\sim 120)$ mm，高 $(500\sim 520)$ mm 的简易玻璃溢出筒 2 个（如图 2 所示）。

b) 盛放检定液体的 $(3\sim 5)$ L 磨口玻璃瓶若干个。

c) $(0\sim 50)^\circ\text{C}$ ，分度值为 $0.1\ ^\circ\text{C}$ 的实验室温度计 2 支。

d) 200 g 天平（分度值 e 为 100 mg）及配套砝码。

e) $(0\sim 25)$ mm ± 0.01 mm 千分尺。

f) 实心玻璃搅拌器数支。

g) $(0\sim 200)$ mm ± 0.02 mm 游标卡尺。

h) 偏光应力仪（可作定量测定的应力仪）及超声波厚度仪（用于测定被检浮计光通过被测部位即最大应力点的总厚度）。

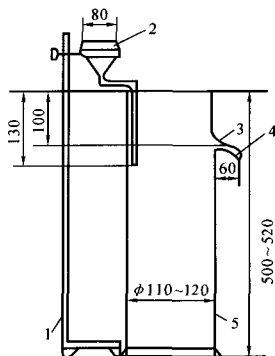


图 2

1. 支架 2. 漏斗 3. 溢出管 4. 溢出口 5. 溢出筒

6.1.1.5 辅助设备与材料

a) 玻璃漏斗、浮计架、移液管和烧杯等。

b) 毛巾、绸布、脱脂棉、滤纸和计算器等。

6.1.1.6 检定环境条件

实验室内温度要相对稳定，不能有阳光直射。检定时液温与室温之差不得大于 2℃。

实验室内应装有通风设备、水源及防火设施。

6.1.2 检定项目和检定方法

对于首次检定应执行本条的全部规定。对于后续检定按 5.1.3, 5.2.3, 5.3.1, 5.3.7 和 5.3.9 进行检查以及按 6.1.2.7 进行检定。

后续检定的最大允许误差同于首次检定。

6.1.2.1 技术要求的 5.1, 5.2.3, 5.3.1, 5.3.6, 5.3.7, 5.4 和 5.5 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。

6.1.2.2 技术要求的 5.2.4, 5.3.3~5.3.5 和 5.3.8 均以测长法进行检查。若其中有一条不符合要求，即不再进行示值检定。

6.1.2.3 技术要求的 5.2.1 按 GB/T15726—1995《玻璃仪器内应力检验方法》进行检查。

6.1.2.4 技术要求的 5.2.2 和 5.3.2 条均由生产厂保证，对新制的标准浮计对此必须附有相应的出厂证书。

6.1.2.5 技术要求的 5.3.9，可将浮计浸在相应的液体中，用眼睛读标尺的两侧读数之差来判别。

6.1.2.6 计量要求 4 按 6.1.2.7 进行检定。

6.1.2.7 示值误差的检定

a) 检定前的清洁准备工作

1) 浮计在检定前应用合成洗涤剂、酒精或汽油等充分清洗，必要时可在铬酸洗液^①（研细的重铬酸钾 20 g 溶于 40 mL 水中，慢慢加入 360 mL 浓硫酸）中浸泡 2 h 以上，以便使浮计的干管能与液体较好地浸润。清洗合格的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。

清洗后的浮计只允许用手持干管最上端标记以上部位。

2) 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。

b) 读数方法

浮计读数时，除二等标准乳汁密度计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。

1) 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（灯光照射位置与液面的角度应小于 45°），即为弯月面上缘与浮计干管相接之处。读出此处所对应的分度值，然后计算出浮计示值。

^① 铬酸洗液有毒，应尽量不用。

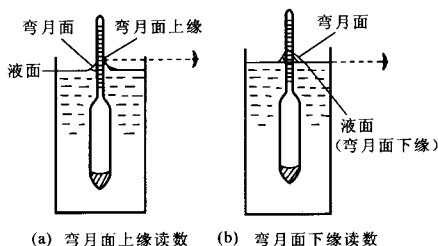


图3 读数方法示意图

2) 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。读出此时所对应的分度值,然后计算出浮计示值。

c) 检定方法

1) 浮计检定采用直接比较法,即将标准浮计与被检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)溢出一层表面以形成新的液面再进行检定的方法。

根据检定系统表选好标准器和根据表3选用检定液。

2) 通常,标准密度计(含石油密度计)每隔 10 kg/m^3 检定一点;标准酒精计每隔 1% 体积分数检定一点;标准糖量计每隔 1% 质量分数检定一点;标准海水密度计每隔 0.002 检定一点和标准乳汁密度计每隔 5 kg/m^3 检定一点。

对有特殊要求的使用部门,亦可根据需要进行检定。

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

4) 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浮计检定点的上下两个分度值之内。

5) 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的上下 3 个分度值内波动,待稳定 $(1 \sim 3) \text{ min}$ 后,方可读数。

6) 每一检定点至少检定 2 次。当修正值之差大于 0.2 个分度值时,应再检 1 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。

对同类型的被检浮计,每次可同时检定 2 支。

7) 检定标准海水密度计时,须将基准密度计的示值按标准温度和密度单位进行换算后,才能与海水密度计的示值相比较,从而得到标准海水密度计的修正值。

换算公式简化如下:

$$d_{17.5}^{17.5} = 1.001\ 380\rho_{20} \quad (5)$$

式中： $d_{17.5}^{17.5}$ ——基准密度计示值按标准温度和密度单位换算的相对密度值；

ρ_{20} ——基准密度计（标准温度为 20℃）的示值，准确到 0.001 g/cm³；

1.001 380——换算系数。

8) 检定时当浮计浸入的检定液体与浮计实际使用的液体毛细常数不一致时，必须进行毛细常数修正。其计算公式如下：

$$\Delta\rho_a = \frac{(a_2 - a_1)\pi D\rho^2}{M} \quad (6)$$

式中： $\Delta\rho_a$ ——浮计毛细常数修正值，g/cm³；

a_1 ——实际使用或适合浮计的液体毛细常数，mm²；

a_2 ——浮计检定时所用液体的毛细常数，mm²；

D ——被修正浮计干管在检定点处的平均直径，准确到 0.05 mm；

M ——被修正浮计的质量，准确到 100 mg；

ρ ——液体密度，准确到 0.01 g/cm³；

π ——圆周率，取 3.14。

d) 数据处理

1) 被检浮计修正值 $\Delta\rho$ ，等于标准浮计修正后示值 $\rho_{\text{标}}$ （示值加证书修正值，或加温度、毛细常数修正值）减去被检浮计修正后示值 $\rho_{\text{被}}$ （或加温度、毛细常数修正值），即：

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

2) 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。

检定点的实际值等于浮计示值加修正值。

6.2 检定结果处理

6.2.1 经检定合格的标准玻璃浮计，发给相应等级的检定证书（证书格式见附录 G），检定不合格的发给检定结果通知书。

6.2.2 新生产的浮计，任一检定点的修正值超过 ± 1 个分度值（二等标准石油密度计为 ± 0.6 个分度值）时，作为不合格处理。

6.3 检定周期

标准浮计的检定周期，一等标准为 5 年，二等标准为 3 年。送检时应附上一次的检定证书。

附录 A

(0~40)℃ 纯水密度表

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	kg/m^3									
	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	9.931	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	9.959	9.956	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	9.943	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

表 (续)

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
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	7.409	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	3.768	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	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注： t_{90} 为1990年国际温标（ITS-90）。

附录 B

20 ℃ 时酒精水溶液体积分数 q 与密度 ρ 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：温标为 ITS-90。

附录 C

20 ℃ 时糖溶液质量分数 p 与密度 ρ 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：温标为 ITS-90。

附录 D

密度小于水的液体毛细常数 a mm²

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	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	—

表 (续)

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
0.80	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
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	—	2.93
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 E

密度大于水的液体毛细常数 a mm²

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	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	6.83	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)

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	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	3.30	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)

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
1.57	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 F

糖溶液毛细常数 a mm²

$\rho/\%$	a	$\rho/\%$	a	$\rho/\%$	a	$\rho/\%$	a
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	6.76	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	—	—	—	—	—	—

