

玻璃计量仪器手册

玻璃计量仪器手册编写组 编



中国计量出版社

玻璃计量仪器手册

玻璃计量仪器手册编写组 编

中国计量出版社

新登(京)字024号

内 容 提 要

全书介绍了各种理化实验室常用玻璃计量仪器,主要有:容量、密度、温度、粘度四大类近80种。着重阐述玻璃计量仪器的计量基本知识,结构原理,检定方法及正确使用等。还收集了常用的数据表格供查用。

本书叙述简洁,技术实用,为理化实验室的必备工具书。

玻璃计量仪器手册

玻璃计量仪器手册编写组 编

责任编辑 徐 鹤

中国计量出版社出版

北京和平门内大街1号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 787×1092/32 印张 21.75 字数 499千字

1993年10月第1版 1993年10月第1次印刷

印数 1—2200

ISBN 7-5026-0589-4/TB·421

定价 19.00元

科技新书目: 295—065

前 言

玻璃计量仪器种类繁多，广泛应用于容量、密度、温度、粘度、压力、湿度等方面的测量工作，几乎所有的实验室和化验室都使用玻璃计量仪器。由于玻璃计量仪器制造方便，价格便宜，测量准确度高而且比较可靠，近些年来虽然出现了一些非玻璃制品的有关计量仪器，但玻璃计量仪器在世界各个国家的实验室中，仍然占有重要的地位。我国亦是同样，目前玻璃仪器的年生产数量约在数千万支（件）以上，数量很大。为了让计量检定、测试人员和广大实验室的科技人员，进一步了解玻璃计量仪器的有关知识，正确掌握使用方法，保证计量量值的准确可靠，使玻璃计量仪器在生产、科研和日常生活中发挥其应有的作用，我们编写了这本《玻璃计量仪器手册》。由于玻璃计量仪器的品种、规格繁多，仅容量计量方面使用的玻璃计量仪器就有数百种之多，本书重点介绍了使用比较广泛的容量、密度、温度、粘度四大类近80余种产品。同时，对类似的仪器，我们选择具有代表性的品种进行典型介绍，以减少手册的篇幅。

在手册的编写内容上，我们根据现行的国家计量检定规程和工作中积累的经验，参考了产品标准和有关资料，同时吸取了国际标准及国际有关计量组织的新科技、新规范、新动向。对于各类仪器的结构原理，技术要求，检定方法，使用注意事项，误差来源和数据处理等，按章节分别进行了叙述。其中，有部分仪器由于目前国家尚未颁布检定规程和产品标准，我们则根据自己多年的实践经验和有关参考资料整

理编写，如果今后正式颁布检定规程，则应以检定规程为准。

本书由于涉及的学科比较多，由有关专家按计量种类分工编写。其中，第一、二、三章由浙江省计量技术研究所陈月全工程师编写，第四章由上海市计量技术研究所张红亚工程师编写，第五章由上海市计量技术研究所竺珊玉工程师和上海市进出口公司仇福平同志编写，第六章由中国计量科学研究院潘根初高级工程师编写，第七章由上海市计量技术研究所钱春梅工程师编写，第八章由浙江省计量技术研究所王金良工程师编写。上述书稿由上海市技术监督局胡炳乾工程师汇总统稿，最后请国家技术监督局李洪岭高级工程师审定。

本书编写过程中，得到了上海市计量技术研究所朱国柱高级工程师和杭州市计量检定所胡国诚总工程师大力支持，上海市青浦县前明玻璃仪器厂、浙江省嘉兴南湖玻璃仪器厂和江苏省海门台联玻璃仪器厂等单位也给予了热情帮助，在此我们一并表示由衷的感谢！

由于科学技术的不断发展，加上我们的水平所限，本书编写中的缺点和不足之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

编 者

1992年8月

《玻璃计量仪器手册》编写组人员:

(按本书章节前后次序排列)

陈	月	全	张	红	亚
竺	珊	玉	仇	福	平
潘	根	初	钱	春	梅
王	金	良			
胡	炳	乾	统稿		
李	洪	岭	审定		

目 录

第一章 仪器玻璃的理化性质	(1)
1.1 仪器玻璃的理化性质和分类	(1)
1.2 玻璃化学稳定性的测定	(5)
1.3 玻璃的应力	(15)
1.4 仪器玻璃制品外观缺陷术语	(20)
第二章 容量计量基础	(23)
2.1 概述	(23)
2.2 容量计量基本概念	(25)
2.3 容量计量器具检定系统	(36)
2.4 容量计量方法及原理	(38)
2.5 液面的观察和调定	(76)
2.6 容量计量的误差来源	(82)
2.7 影响量器准确度的因素	(95)
第三章 标准玻璃量器和常用玻璃量器	(101)
3.1 标准玻璃量器	(101)
3.2 滴定管	(119)
3.3 分度吸管	(139)
3.4 单标线吸管	(153)
3.5 单标线容量瓶	(161)
3.6 量筒	(169)
3.7 量杯	(175)
第四章 通用玻璃量器	(180)
4.1 刻度离心管	(180)

4.2 刻度试管	(189)
4.3 比色管	(194)
4.4 奥氏气体量管	(199)
4.5 合成率测定器量管	(203)
4.6 比重瓶 (给氏)	(206)
4.7 固体比重瓶	(210)
4.8 粘度计用瓶	(213)
4.9 定量、可调移液器	(215)
4.10 加液器	(223)
4.11 微量进样器	(230)
4.12 分液漏斗	(237)
第五章 专用玻璃量器	(242)
5.1 微量吸管	(242)
5.2 奥氏吸管	(248)
5.3 血糖管	(255)
5.4 消化管、接受管	(260)
5.5 海水氯度滴定管	(263)
5.6 海水溶解氧滴定管	(270)
5.7 气体取样量管	(272)
5.8 氧气量管	(276)
5.9 牛奶吸管	(279)
5.10 牛奶试验瓶 (巴氏)	(282)
5.11 乳脂试验瓶	(285)
5.12 测醛瓶	(286)
5.13 钢铁量瓶	(290)
5.14 雨量筒	(292)
5.15 氮素测定器	(295)
5.16 血液气体测定器	(299)

5.17 氨基酸氮测定器.....	(304)
5.18 玻璃注射器.....	(307)
5.19 海水移液管.....	(314)
5.20 水份测定仪.....	(317)
5.21 挥发油测定管.....	(320)
5.22 何氏气体分析器.....	(324)
参考资料	(328)
第六章 玻璃浮计	(330)
6.1 基础知识	(330)
6.2 玻璃浮计	(347)
6.3 副基准酒精计组	(413)
6.4 一等标准酒精计组	(420)
6.5 二等标准酒精计组	(422)
6.6 工作用酒精计	(424)
6.7 一等标准密度计组	(450)
6.8 二等标准密度计组	(453)
6.9 工作用密度计	(455)
6.10 二等标准石油密度计组.....	(459)
6.11 石油密度计.....	(461)
6.12 一等标准海水密度计组.....	(465)
6.13 工作用海水密度计组.....	(466)
6.14 蓄电池密度计.....	(468)
6.15 土壤计.....	(471)
6.16 乳汁计.....	(474)
6.17 尿密度计.....	(480)
6.18 制革计.....	(481)
6.19 糖量计.....	(483)
6.20 波美计.....	(488)

6.21 A.P.I 石油计	(494)
6.22 特威得尔浮计	(497)
6.23 其他各种用途的浮计	(499)
参考资料	(500)
第七章 玻璃毛细管粘度计	(503)
7.1 概述	(503)
7.2 粘度基准与标准器	(508)
7.3 工作粘度计	(514)
7.4 工作毛细管粘度计的检定	(537)
7.5 使用注意事项	(545)
7.6 标准液	(547)
参考资料	(553)
第八章 玻璃液体温度计	(554)
8.1 1990年国际温标 (ITS-90) 简介	(554)
8.2 玻璃液体温度计	(560)
8.3 一等标准水银温度计	(583)
8.4 二等标准水银温度计	(597)
8.5 量热温度计	(604)
8.6 贝克曼温度计	(609)
8.7 高精密玻璃水银温度计	(627)
8.8 工作玻璃液体温度计	(629)
8.9 石油产品用玻璃液体温度计	(638)
8.10 电接点玻璃水银温度计	(644)
8.11 体温计	(651)
8.12 颠倒温度计	(658)
8.13 表层水温表	(672)
8.14 气象用玻璃液体温度计	(676)
参考资料	(685)

第一章 仪器玻璃的理化性质

玻璃是由熔体过冷所得，并因粘度逐渐增大而形成具有固体机械性质的无定形物体。由于玻璃具有透明度高、化学稳定性好的特点（某些玻璃还具有很好的耐热性能），因而玻璃仪器是一般化学实验室使用十分频繁的常备器具，并广泛应用于医学、物理学、生物学、地质学等领域。当然，对于不同用途的玻璃仪器，人们对它们的理化性能要求也不同，随着玻璃仪器品种的不断增多，其材料组成也在不断发展更新。所以了解仪器玻璃的一般基本性质，对于正确选择应用仪器，提高实验准确度，增加仪器使用寿命都是非常有益的。

1.1 仪器玻璃的理化性质和分类

仪器玻璃的材料成分多而复杂，其主要化学成分是 SiO_2 （二氧化硅），含量高达65~81%，其他化学成分有 CaO （氧化钙）， Na_2O （氧化钠）， K_2O （氧化钾）， B_2O_3 （氧化硼）， Al_2O_3 （氧化铝）， ZnO （氧化锌）以及 BaO （氧化钡）等。由于 SiO_2 的熔点很高，约1710℃，为了便于玻璃仪器的灯工制作，需加入 B_2O_3 、 K_2O 、 Na_2O 和 Li_2O 等成分，以降低其熔化温度。为了改善玻璃结构，提高其理化性能，还需加入适量的 Al_2O_3 。如果加入 CaO 和 MgO ，则能使熔体在冷却时加快硬化，而提高 Na_2O 、 K_2O 和 PbO 的成分，从而延长熔体的冷却硬化时间。但是， Na_2O 、 K_2O 含量偏高又会影响玻璃的热学性和化学稳定性。由此可见，如果材

料成分的配方不同，则玻璃的理化性质也不尽相同。

玻璃的基本理化性质，主要是指热学性质（热膨胀性、热稳定性、导热性等），机械性质（抗张抗压强度、弹性、硬度等），化学稳定性（耐酸性、耐碱性、耐水性等）以及其他物理性质（透明性、不透过性、表面张力、粘度等）。

化学稳定性是指抵抗酸性、中性、碱性介质及大气侵蚀的能力。玻璃具有较高的化学稳定性，能很好地抵抗三酸（硫酸、盐酸、硝酸）的侵蚀。除氢氟酸外，一般的酸都不与玻璃直接起反应，如发生侵蚀作用也往往是通过水的作用侵蚀玻璃。所以说，浓酸对玻璃的侵蚀能力低于稀酸。水对各种玻璃的表面都有不同程度的侵蚀作用，玻璃中的 Na_2O 、 K_2O 等碱金属组分越多越容易被水解。水与玻璃接触的时间越长，温度越高，侵蚀作用越大，若加以高压则侵蚀更甚。空气中的水份也能使露置的玻璃受到微量侵蚀。一般说来，玻璃耐酸、耐水的能力大大优于耐碱能力。浓的碱液会对玻璃起腐蚀作用，尤其是在加热情况下更为显著。总而言之，水、湿空气、酸、中性盐和酸性盐溶液，对玻璃的侵蚀作用是比较缓慢而微弱的。因为它们只是改变、破坏或溶解玻璃组成中的碱性氧化物，而不对玻璃结构中的硅氧骨架起作用。相反，氢氧化物溶液、碳酸盐溶液、磷酸和磷酸盐溶液以及氢氟酸和氟化物溶液，能破坏玻璃结构中的硅氧骨架，因而对玻璃的侵蚀作用就比较大，而且侵蚀速度快。

热膨胀是玻璃的一个重要热学性质。通常物体受热后都会发生膨胀，玻璃受热的膨胀程度是用平均线膨胀系数 α 或体膨胀系数 γ 表示。线膨胀系数是指物体温度升高 1°C 时，单位长度所增加的长度。一般情况下， γ 等于 3α 。玻璃的热膨胀系数很大程度上取决于它的化学组成。各种仪器玻璃的线膨胀系数大致在 $1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C} \sim 5 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 范围内。实践

证明，热膨胀系数随玻璃成分中碱性氧化物的增加而增大，随酸性氧化物的增加而减小。所以，提高 K_2O 和 Na_2O 的含量会使热膨胀系数增大，提高 SiO_2 的含量并加入适量的 Al_2O_3 能降低玻璃膨胀系数。通常玻璃的热膨胀系数越小，则玻璃制品对预定温度差所引起的热冲击的抵抗能力就越强，也即是说，其热稳定性就越高。另外，玻璃的热稳定性还与导热系数、抗张强度等物理性质有关。

玻璃仪器种类繁多，其性能、用途和使用条件都各不相同，采用的材质也不尽相同。我国的仪器玻璃大致可分为硼硅玻璃、钠钙玻璃和石英玻璃这几类。通常玻璃仪器多由硼硅玻璃和钠钙玻璃制成。石英玻璃价格昂贵，仅对热稳定性和化学稳定性有特殊要求时使用。

硼硅玻璃通称硬质玻璃，它的热膨胀系数小，热稳定性高，能抵抗较强的热冲击而不炸裂，故又称耐热玻璃。在机械强度及耐酸性、耐水性方面硼硅玻璃也优于钠钙玻璃，如九五料、GG-17 料等硼硅玻璃其成分中含 SiO_2 约 80% 左右，含 B_2O_3 约 12~14%，因而内部结构稳定，具有优良的理化性能。这种玻璃除了用于制造加热器皿和各种灯工精密玻璃仪器外，标准玻璃量器的制造亦规定采用这类材料。

钠钙玻璃的特点是热稳定性较差，熔化温度较低，碱性氧化物 (Na_2O 、 K_2O 等) 含量较高， SiO_2 含量比硼硅玻璃低，所以耐碱性优于硼硅玻璃。无硼钠钙玻璃如 5 号玻璃，其线膨胀系数高达 $9.8 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ ，这种玻璃灯工加工性能较差，在火焰上熔烧时间过长容易出现失透现象，故不能用来制造复杂的仪器。钠钙玻璃在潮气和 CO_2 的长期作用下，可生成碱性物质，使玻璃表面出现斑点、疏松和发毛等风化现象。低硼钠钙玻璃透明度高，化学稳定性较好，因而一般无耐热要求的仪器大多由这类玻璃制造。

无色透明的石英玻璃，纯度很高，含硅量在 99.95% 以上，在一般情况下只含有极少量的气泡，具有相当高的光学均匀性和透明度。它的热膨胀系数很小，仅为钠钙玻璃的二十分之一左右，能经受很强的热冲击，即使是将烧红的石英玻璃棒浸入冷水中也不会爆裂。用石英玻璃制作的温度计，可测温度达 +1200℃。同时石英玻璃还具有良好的机械性能和优良的化学稳定性。耐酸性好是其突出优点，除氢氟酸、磷酸和碱溶液外，任何浓度的有机酸和无机酸，即使是在高温下对它的腐蚀都极其微小。碱液在常温条件下对石英玻璃的腐蚀缓慢，但随着温度升高，腐蚀作用明显加快，因而石

表 1-1

常用仪器玻璃的化学成分*

玻 璃 种 类	化 学 成 分 (%mass)								
	SiO ₂	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	ZnO	K ₂ O	Na ₂ O
特硬玻璃	80.7	12.8	2.2		<0.6			4.0	
九五料	79.1	12.5	2.2		<0.6			5.7	
GG-17 料	80.5	12.8	2		0.3	0.1		0.4	4
2 号料	76.2	13.3	2				0.4	1.5	5.8
八一料	74.5	8	5				2		9
量器玻璃	73	4.5	5		3.8		0.5	13.2	
一般仪器玻璃	74	4.5	4.5		3.3		1.7	12	
棕色料	74.5	1		0.4	8.5	0.05		1	13.8
5 号料	71		4		8			4.5	12.5
温度计玻璃**	67.5	2.0	2.5		7.0		7.0		14.0
石英玻璃	99.5+								

* 摘自《玻璃仪器灯工实践》(1978, 上海科学技术出版社)和《玻璃仪器的性能及应用》(1983, 北京出版社)。

** 即 Jena 16 I, 测温上限 +360℃。

英玻璃不宜在强碱介质中使用。

国内几种常用仪器玻璃的化学成分见表 1-1, 体膨胀系数见表 1-2。

表 1-2 常用仪器玻璃的体膨胀系数*

玻 璃 种 类	体 膨 胀 系 数 γ ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
特硬玻璃	96×10^{-7}
GG-17 料	96×10^{-7}
九五料	$12.3 \sim 12.6 \times 10^{-6}$
2 号料	14.4×10^{-6}
八一料	15.0×10^{-6}
量器玻璃	21.9×10^{-6}
一般仪器玻璃	21.3×10^{-6}
棕色料	27.0×10^{-6}
5 号料	29.4×10^{-6}
石英玻璃	15×10^{-7}

* 数据来源同表 1-1。

1.2 玻璃化学稳定性的测定

1.2.1 玻璃耐沸腾混合碱水溶液浸蚀性的试验方法和分级*

玻璃的耐碱性用沸腾的碳酸钠和氢氧化钠水溶液测定, 以其单位面积损失的质量来表示, 并根据损失的质量多少对玻璃进行分级。

一、试验原理

10~15 cm² 的玻璃试样, 用等体积的 0.5 mol/L 碳酸钠和 1 mol/L 氢氧化钠沸腾混合溶液浸蚀 3 h。测定此玻璃试

* 摘录自 GB 6580—86。

样单位表面积所损失的质量。

二、试剂

只准用分析纯及分析纯以上的试剂。

1. 蒸馏水或去离子水。
2. 无水乙醇或丙酮。
3. 盐酸：1 mol/L 溶液。
4. 无水碳酸钠： 0.5 ± 0.01 mol/L 溶液，每次试验时新配制。
5. 氢氧化钠： 1 ± 0.02 mol/L 溶液，每次试验时新配制。

三、仪器

1. 试验容器：用纯银或耐碱的银合金制成。容器（如图 1-1 所示）是由带半球形的底和紧密结合的盖子所组成的圆柱形银杯。盖子具有粗颈口，并在下面配有四个悬挂样品的吊钩。必要时可加一个材质稳定的垫圈，以保证杯体和盖子之间接缝处的密封性。

2. 蛇形冷凝器：长度为 400 mm，由耐化学浸蚀的玻璃制成。

3. 古氏玻璃漏斗：由耐化学浸蚀的玻璃制成，上口用塞子与冷凝器连接，漏斗下管用塞子与容器的颈部连接。塞子应由材质稳定的材料制成，并预先在水中煮沸 60 min。见图 1-2。

4. 天平：感量 0.1 mg。
5. 干燥器：装有适当的干燥剂。
6. 游标卡尺：读数值 0.02 mm。
7. 烘箱：适于 150℃ 操作。
8. 烧杯：容积 1 000 ml。
9. 银丝。

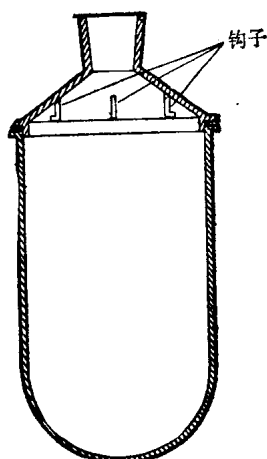


图 1-1 试验容器图

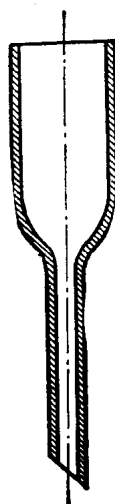


图 1-2 古氏玻璃漏斗

10. 镊子：用塑料、银或铂包头。

四、试样的制备

试样应是一片或数片有规则几何形状的玻璃，总面积为 $10 \sim 15 \text{ cm}^2$ ，将断面细工研磨，不得用火抛光边缘。

五、试验步骤

计算一片或数片试样的总表面积，误差应小于 2%，记录所测得值。然后用镊子夹住试样（其后操作相同），用蒸馏水分别冲洗三遍，再用无水乙醇或丙酮漂净。然后放在 150°C 烘箱干燥 30 min，再将试样转入干燥器中冷却至室温，接着称试样质量，精确至 $\pm 0.1 \text{ mg}$ ，记录其质量。

在试验容器内加入 800 ml 等体积的碳酸钠和氢氧化钠混合溶液，盖上盖子再安装上古氏玻璃漏斗和冷凝器，接通冷凝器水流并加热至微沸，控制回流液下滴速度在 $4 \sim 6 \text{ s/滴}$ 为宜。然后打开盖子用银丝将试样片悬挂在容器盖子的吊钩