

基础化学实验技术

徐基贵 王利亚等 编著



JICHU HUAXUE SHIYAN JISHU

中国科学技术出版社
· 北京 ·

基础化学实验技术

徐基贵 王利亚等编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国科学技术出版社

1995.9

(京)新登字175号

图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验技术/徐基贵,王利亚编著. —北京:中国科学技术出版社,1995.9

ISBN 7-5046-2062-9

I. 基… II. ①徐… ②王… III. 普通化学-化学实验-技术
IV. 06-33

中国版本图书 CIP 数据核字(95)第16177号

基础化学实验技术

徐基贵 王利亚等编著

中国科学技术出版社出版

北京海淀区白石桥路32号 邮政编码:100081

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国人民解放军汽车管理学院印刷厂印刷

开本:850×1168毫米 1/32 印张:9.75 字数:278千字

1995年9月第1版 1995年9月第1次印刷

印数:1—5000册 定价:8.80元

ISBN 7-5046-2062-9/O · 47

内 容 提 要

本书以化学实验技术为主体，重点论述实验的操作方法，全书包括玻璃技术、水处理技术、溶液配制技术、实验室安全技术、废弃物处理技术、模型等教具的制作技术等内容，可与大中专院校（含成人教育院校）化学实验教材配套使用，也可供其它化学、化工人员和中学化学教师参考。

前 言

随着科学的发展、社会的进步,人们渐渐地认识到:中世纪发明的“粉笔加黑板”的教学模式,已培养不出时代所需要的科学家、工程师……。于是,现代教育家在“粉笔加黑板”的基础上,渗入了实验实习教学,使学生同时接受理论教育和实践训练。

实验实习教学是现代教学的基本组成部分。它不仅验证和补充了课堂上所授的理论,而且还能对学生的兴趣爱好、治学态度、基本技能、科研方法、独立工作及独立思考能力进行培养与训练。它与理论课相比,也有自己的特点和体系,就化学实验教学而言,其教学模式之框架目前已经形成,但其内含尚需要在今后的实践中来探索和补充,尤其在基础化学实验技术方法,更需要去研究、开发与普及,鉴此,我们特邀了全国部分院校多年从事化学实验教学、管理与研究的专家、教授共同编著了这本《基础化学实验技术》,以期对化学实验教学的研究与开发添砖加瓦!

本书编写思想新颖独特,以实验技术为基本体系,着重于基本技术、基本操作和基本知识的介绍,突出了实用简便的特点。书中的内容融进了编著者多年的实验工作经验,甚至是研究成果,并力求做到深入浅出、图文并茂、繁简得当。书的初稿曾以讲义的形式在一定范围内试用,反映良好。在编著过程中,又广泛地征求了多方面专家的意见与建议!

全书由六大部分组成,即玻璃技术、水处理技术、常用试剂的配

制技术、实验室安全技术、废弃物利用技术和教具制作技术,可以与化学各有关专业实验教科书配套使用,也可供各类大、中专院样(含成人教育院校)化学各专业师生及其它化学工作者参考。

本书由徐基贵、王利亚同志担任主编。主编、副主编参加了全书的整体构思、统稿和定稿工作。书中插图由何海成同志绘制,此外,在编著过程中,得到了浙江师大、河南师大、平原大学、青岛教院、西江大学、十堰大学、商洛师专、洛阳师专、宿州师专等院校领导的支持和帮助,在此表示谢意。在编著过程中,还参阅并引用了大量相关的文献资料,在此也对原作者表示真诚的谢意!

限于我们的理论水平和实践经验,书中尚有不足之处,热忱欢迎广大读者与同仁批评指正!以便有机会重印或再版时改正!

《基础化学实验技术》编写组

1995年9月·宿州

目 录

前 言

第一章 玻璃技术	1
第一节 玻璃的性质、组成及分类	1
一 玻璃的性质	1
二 玻璃的组成和化学稳定性	2
三 玻璃的分类与应用	5
四 玻璃鉴别的一般方法	8
第二节 玻璃加工技术	9
一 常用工具	9
二 玻璃的预热与退火	13
三 基本操作技术	17
四 微型玻璃仪器的烧制	21
第三节 玻璃的蚀刻和镀银、镀铜技术	23
一 玻璃的蚀刻	23
二 镀银技术	24
三 镀铜技术	26
第四节 玻璃与金属的封接技术	30
一 玻璃与可伐封接	30
二 玻璃与铂丝、杜美丝封接	33
三 玻璃与钨封接	33
四 玻璃与钼封接	34
五 玻璃与铜丝封接	34
六 玻璃与银丝、镍丝封接	34
第二章 水处理技术	35
第一节 水的一般性质	35
一 水	35
二 纯水	40

第二节	纯水的制备方法	42
一	蒸馏法制备纯水	42
二	离子交换法制备纯水	44
三	电渗析法制备纯水	57
四	反渗透法制备纯水	63
第三节	纯水的检验	68
一	分析实验用纯水的检验	69
二	超纯水和特殊要求纯水的检验	73
三	纯水分析结果的表示方法	77
四	纯水的合理使用及一些特殊用水的制法	77
第三章	常用试剂配制技术	79
第一节	配制试剂常用仪器及使用方法	79
一	容量性仪器及使用方法	79
二	称量性仪器及使用方法	83
三	其它计量仪器及使用方法	89
四	非计量仪器及使用方法	90
第二节	玻璃仪器的洗涤、干燥及贮藏	93
一	玻璃仪器的洗涤	93
二	玻璃仪器的干燥及贮存	98
第三节	表示溶液浓度的方法及其计算	100
一	有效数字及其运算规则	100
二	误差、准确度和精确度	103
三	表示溶液浓度的常用方法及其计算	108
第四节	试剂的配制	114
一	试剂的一般知识	114
二	配制方法	115
三	一些常用试剂的配制	125
第五节	配制溶液须知	149
一	试剂的选择与使用	149
二	量器的选择	152

三	配制溶液用水的选择	154
四	配制溶液方法的选择	154
五	溶液的存放	156
六	安全知识	158
第四章	实验室安全技术	162
第一节	实验室安全防护	162
一	爆炸及火灾的预防	162
二	中毒的预防	165
三	烫伤和烧伤的预防	169
第二节	实验室意外事故的急救	170
一	玻璃割伤	171
二	烫伤	171
三	化学烧伤	172
四	灭火	173
五	中毒	177
六	触电	187
第三节	化学试剂的管理	189
一	化学试剂的分类及规格	189
二	化学试剂的保管	192
三	化学试剂的编码管理	195
第四节	常规实验安全须知	198
一	实验安全一般须知	198
二	实验基本操作安全须知	198
三	制取气体等实验安全须知	201
四	其它有机实验安全须知	203
第五章	废弃物利用技术	205
第一节	实验室废弃物处理技术	205
一	收集、贮存的一般原则	205
二	处理的一般原则	206
三	无机类实验废液的处理方法	207

四	有机类实验废液的处理方法	221
五	放射性废物的处理方法	223
第二节	废弃物制仪器	233
一	代用玻璃仪器	233
二	自制装置	241
第三节	废弃物制药品	260
一	利用日常生活中的废弃物制取药品	260
二	利用工业废料制取化学药品	264
三	利用实验室废弃物制取化学药品	269
第六章	教具制作技术	272
第一节	化学教学用教具制作技术	272
一	传统直观教具制作概述	272
二	化学挂图的制作	273
三	教学模型的制作	273
四	示教板	274
五	标本	276
六	其它教具的制作	277
七	制作教具常用的胶粘技术	278
第二节	化学实验用教具制作技术	279
一	化学实验教具微型化	279
二	验证性化学实验教具的制作	282
三	防污染型实验教具的制作	284
四	常用化学实验教具的制作与应用	288
第三节	幻灯片与投影片制作技术	290
一	摄影制片法	290
二	手工制片法	295
三	新工艺技术制片法	298
四	计算机制片	299
五	复合片的制作方法	300
六	其它	301

第一章 玻璃技术

第一节 玻璃的性质、组成及分类

一、玻璃的性质

普通玻璃是非晶体物质,无一定熔点和沸点。固态玻璃随温度升高在一定范围内逐渐软化,最后变成粘稠可流动的熔融体,以后随温度降低又逐渐硬化。玻璃可任意成型,可制成强度很高的玻璃纤维。普通玻璃在加热时较易失水分而发皱、龟裂、产生气泡及丧失透明度。温度的骤然变化会使玻璃炸裂。

普通玻璃常因含二价铁的化合物而显浅绿色。

玻璃比钢铁硬,一般硬度为6~7莫氏。它的抗拉强度为 $295 \times 10^5 \sim 882 \times 10^5 \text{Pa}$,抗压强度为抗拉强度的15倍,因此,玻璃具有较好的机械性能。玻璃的抗冲击韧性很小,在冲击或扭曲的作用下,即容易碎裂。玻璃的强度与其表面的处理有着密切关系,干燥的玻璃比潮湿的玻璃强度大3~4倍。放置时间长的受潮的玻璃仪器,加热时也容易破碎,所以实验室或库房中的玻璃仪器,不宜长久地放在潮湿的地方。

玻璃还具有良好的电绝缘性质,容易加工,能与金属封接,有良好的透光性、耐热性、化学稳定性,结晶倾向小,可以透过不同波长的光和发生不同的折射现象(普通玻璃能强烈吸收紫外线,而石英玻璃却能透过紫外线。玻璃中三氧化二铁等氧化物的含量低于0.01%时亦可透过紫外线)。

玻璃还会产生热应力,其厚度大,产生的热应力也就大。它受热后膨胀的程度可用线膨胀系数或体膨胀系数来表示,通常用线膨胀系数来表示。所谓线膨胀系数,是指当温度升高 1°C 时,单位长度所增加的长度,以 $\alpha \times 10^{-7}$ 厘米/厘米·度来表示,简记为度 $^{-1}$ 。不同成分的玻璃具有不同的线膨胀系数,在 25°C 以上时,软质玻璃为80~

$100 \times 10^{-7} \text{度}^{-1}$; 硬质玻璃为 $30 \sim 50 \times 10^{-7} \text{度}^{-1}$; 石英玻璃为 $5.3 \sim 5.8 \times 10^{-7} \text{度}^{-1}$ 。线膨胀系数大的玻璃受热时产生的热应力也大, 其热稳定性当然就差。石英玻璃的线膨胀系数最小, 只有普通玻璃的 $1/14$, 所以石英玻璃受热时能耐急冷急热, 因而它具有特殊的用途。

延迟断裂现象是玻璃的又一特性。例如, 在组装固定仪器时, 由于夹子夹得过紧或因组装角度的扭曲而产生一定的应力, 当时仪器虽未破碎, 但经过一段时间后仪器却碎裂了, 这种现象称为延迟断裂。

加工成型的玻璃, 粘度规定在 $10^4 \sim 10^6$ 泊之间。它的粘度与温度、化学成分有关。一般地说, 玻璃中二氧化硅含量愈高, 玻璃的粘度愈高, 也就是说玻璃愈硬, 如石英玻璃、GG-17 料玻璃。玻璃中氧化铝的含量增加, 也能使其粘度增大, 如高铝玻璃。玻璃内含碱性氧化物较高时, 其粘度就下降, 成为软质玻璃。

总之, 一般玻璃密度为 $2.5 \sim 2.7 \text{g/cm}^3$, 线膨胀系数为 $4 \times 10^{-6} \text{度}^{-1}$, 绝对折射率为 $1.4 \sim 2.0$ 。玻璃在常温下的绝缘强度为 $5000 \sim 1300 \text{V/mm}$ 。玻璃不会燃烧, 不透气, 无毒。

二、玻璃的组成和化学稳定性

(一) 玻璃的组成 玻璃是由无机物组成的, 其主要成分是二氧化硅(SiO_2), 约占其总重的 $65\% \sim 81\%$ 。此外, 还有硼酸(H_3BO_3)、二氧化锆(GeO_2)、五氧化二砷(As_2O_5)、五氧化二锑(Sb_2O_5)、五氧化二钒(V_2O_5)、二氧化锆(ZrO_2)、三氧化二磷(P_2O_3)、五氧化二磷(P_2O_5)、三氧化锑(SbO_3)等, 它们是玻璃的形成剂。在玻璃的化学成分中, 还有氧化钠(Na_2O)、氧化钾(K_2O)、氧化钙(CaO)、氧化锶(SrO)、氧化钡(BaO)等, 它们是玻璃的改良剂。就是说, 它们可以改变玻璃的性质, 如降低软化点等。至于三氧化二铝(Al_2O_3)、氧化铍(BeO)、氧化锌(ZnO)、氧化镉(CdO)、氧化铅(PbO)、二氧化钛(TiO_2)等, 则使玻璃具有较好的物理和化学性质, 如降低玻璃的膨胀系数等。在玻璃的化学成分中, 还有一些杂质, 如三氧化二锰、三氧化二铁、三氧化二砷、三氧化硫等, 不过, 一般不希望这些杂质存在在玻璃中。

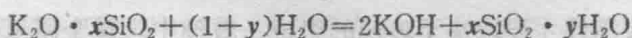
(二) 玻璃的化学稳定性 玻璃的化学组成不同,其化学稳定性也不同。它的表面耐受介质(如水、酸、碱等)化学侵蚀能力越大,化学稳定性就越高。一般来说,玻璃都能很好地抵抗三酸(硫酸、硝酸、盐酸)的侵蚀,但它抗碱能力较差(比水、酸低14~19倍)。除了氢氟酸、热磷酸以及浓碱、浓盐外,玻璃对所有化学试剂都是比较稳定的。常用玻璃的化学性能见表1-1。

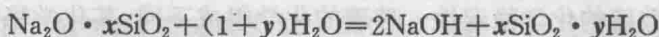
表 1-1 常用玻璃抗化学性能比较

表面失重 牌 号	抗水试验		抗酸试验		抗碱试验	
	用 0.3~0.5mm 玻璃颗粒在纯水中煮沸 1 小时,消耗 0.01mol · L ⁻¹ HCl(ml/g)	在沸腾的蒸馏水中煮沸 5 小时 (mgm/100cm ²)	用 6.15mol · L ⁻¹ HCl 溶液煮沸 3 小时 (mgm/100cm ²)	在 2mol · L ⁻¹ H ₂ SO ₄ 溶液中煮沸 3 小时 (mgm/100cm ²)	用 Na ₂ CO ₃ 及 NaOH 混合液 97.5℃ 中煮沸 3 小时 (mgm/100cm ²)	在 2mol · L ⁻¹ NaOH 溶液中煮沸 3 小时 (mgm/100cm ²)
GG-17 料	0.019		0.16		120	
95 料		0.20		0.20		110
2 号料	0.04		0.33		90	
4 号料	0.26		0.54		60	
5 号料	0.25		0.50		60	

值得注意的是,水对各种玻璃都有不同程度的侵蚀作用,这是因为玻璃与水发生水解后,其中的硅酸钠(Na₂H₂SiO₄)和硅酸钾(K₂H₂SiO₄)被分解为游离碱与硅酸(H₄SiO₄),并在表面形成一层性质稳定的薄膜(不易溶于三酸)。这个水解过程如下:

水与硅酸盐作用产生碱和硅酸:





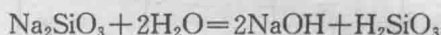
生成的碱再继续溶解部分二氧化硅；

同时在玻璃表面生成一层二氧化硅凝胶；

二氧化硅凝胶层发生膨胀；

从而使水进一步侵蚀更深一层的玻璃。

在上述水解过程中，玻璃与水接触的时间越长、温度越高，二氧化硅被溶解得越多。由此可知，玻璃中含氧化钠和氧化钾等碱金属氧化物愈多，则愈容易被水解，所以软质玻璃不如硬质玻璃稳定。例如，GG—17 料硬质玻璃因含碱金属氧化物较少，所以它较能抵抗潮气，在其表面可形成一层牢固的肉眼看不见的透明薄膜。对于钙钠软质玻璃来说，在潮气和二氧化碳的长期作用下，可生成碱性物质并转变成结晶体，从而使玻璃表面出现斑点、疏松和发毛等风化现象。其原因在于发生了下述反应：



因此，这类玻璃受热时易于碎裂成块。正是由于这种原因，玻璃制品不能长期暴露在潮气中。软质玻璃被加热时，还较容易失去水分而出现发皱、龟裂、产生气泡以及丧失透明度等现象，所以，玻璃仪器装置的受热部分应选用硬料。玻璃丧失透明度的现象称为失透。出现失透现象的原因是很多的。例如，用管料加工仪器时，因受热部分处于软化温度的时间或退火时间过长，致使钠盐结晶析出而出现失透；玻璃在 700~800℃ 的温度下长时间被加热时，碱金属氧化物很容易从表面蒸发，使其含量减少而出现失透；玻璃仪器长时间贮存在潮湿或酸性环境中，也会造成失透现象。消除失透的方法：原则上可用稀释的氢氟酸来清洗搁置时间较久的玻璃表面上多余的硅；或用 30% 氯化钠溶液浸泡玻璃，晾干后再加工（或退火），这样可降低失透的程度。但是，经过反复加工的仪器，再出现失透现象时，几乎是无法消除的。

玻璃的吸潮性主要取决于玻璃的组成。玻璃中含碱金属氧化物

愈多,吸潮性就愈大。它除吸收水分和二氧化碳外,还能吸收氮、氧、氢等气体。

三、玻璃的分类与应用

玻璃通常按化学组成和质料进行分类。

(一) 按化学组成分类 按玻璃的化学组成可将其分为七种。

1. 普通钠钙、铝镁玻璃 在机械强度、耐热性、化学稳定性要求不高的情况下,可使用这种玻璃。

2. 硼硅酸盐玻璃(又叫特硬玻璃) 含硅酸 69%~81%、硼酸 11%~12%,耐高温达 300℃,且机械强度、电学性能、耐水耐酸性能都比较好;但耐碱性差,软化温度高,可作为制造耐热玻璃仪器。

3. 无碱、低碱玻璃 耐热性、化学稳定性、机械强度和电学性能均好,但软化温度高,是制造仪器的优良材料。

4. 硼锌玻璃 化学稳定性、耐热性较好,有一定的机械强度。可做为制造仪器的材料。

5. 铅钡玻璃 电学性能较好,有与金属相适应的膨胀系数,软化点不高。可制作封金属的电真空器件。

6. 高硅氧玻璃 二氧化硅的含量在 96%以上,系由硼硅酸盐玻璃加工而成。它具有一般仪器用玻璃与石英玻璃的特点。

7. 铅玻璃 含氧化铅 40%~50%,组成是: $K_2O \cdot PbO \cdot 6SiO_2$ 。折射率大,常用于制光学玻璃。吸收 X 射线、γ 射线的能力强,常作为放射性物质的遮蔽材料,如 X 射线的屏风玻璃、核反应堆窥视窗等。当掺有钴的化合物时,能随核辐射强弱而改变光谱吸收率,可随时显示放射性物质污染的程度。

(二) 按质料特点分类 按照玻璃的质料特点,一般可将玻璃分为硬质玻璃、软质玻璃、中性玻璃以及特种用途玻璃等。

1. 硬质玻璃 又名高硼硅玻璃。其主要成分是二氧化硅、碳酸钾、碳酸钠、硼酸钠、氧化铝等。耐高温高压、耐腐蚀、机械强度高、膨胀系数小、导热性好,能很好地耐受温差变化,最高安全操作温度不应超过使用温度 520℃,退火温度为 515~560℃,短时间内可加热到

600℃,但冷却(退火)时需均匀而缓慢,以减少产生永久应力的程度。它具有良好的灯焰加工性能。多被用来制造实验室用的耐受高温的烧杯、烧瓶、压力管及加工成套仪器的好材料。国产GG-17料玻璃、95料玻璃就属于高硼硅酸盐硬质玻璃。

2. 软质玻璃 又称普通玻璃,分为钙钠玻璃(主要成分为 SiO_2 、 CaO 、 Na_2O)和钾玻璃(主要成分为 SiO_2 、 CaO 、 K_2O 、 Al_2O_3 、 B_2O_3)两种。钾玻璃在耐热、耐腐蚀、硬度、透明度和失透等性能方面比钙钠玻璃要好,但热稳定性差,膨胀系数为 $85\sim 95\times 10^{-7}\text{度}^{-1}$,软化温度低。此类玻璃的耐碱性比其它玻璃优越,又不易失透,适合于在灯焰上较长时间的操作,但因承受温差的能力小而容易破裂,所以不宜用这种玻璃制作直接受热的仪器。多用它来制造滴定管、移液管等量器。因其膨胀系数与铂相近,故可与铂丝或杜美丝封接,以制作电极等器件。

3. 中性玻璃 此类玻璃的pH值为 7 ± 0.5 ,耐腐蚀、耐温、耐压。主要含有二氧化硅(74%)、氧化钙(10%)和氧化钠(7.5%)。多用它来制造药瓶、标准酸或碱瓶、注射器以及某些水质分析的样品瓶。

4. 特种用途玻璃

(1) 石英玻璃 热传导率在0℃时为4.2015焦/厘米·秒·度。由于它纯度很高,线膨胀系数很小($5.3\sim 5.8\times 10^{-7}\text{度}^{-1}$),所以在高温时的化学稳定性、热稳定以及紫外线透过率都很高。此外,这种玻璃电阻值大(10^9 欧姆·厘米)、粘度高、耐高温、耐腐蚀、耐受宇宙射线和原子核裂变产物的辐射,而且它的制成品不需退火即可使用。这种玻璃除氢氟酸、碱液和热磷酸(300℃以上)外,不受其它任何化学试剂的侵蚀,它所制成的仪器适用于高温和浓酸条件下的实验。要烧制石英玻璃时,不宜使用金属的喷灯和工具,应使用石英喷灯和石墨工具,以避免金属微粒等杂质混入石英玻璃内。还应注意二氧化硅的汽化和辐射出的大量紫外线对人体的影响。石英玻璃常用于制作灼烧、高温等热工仪表、化工管道、研究和制备高纯物质用的器皿,以及

要求透射紫外线、近红外线的器件(如光谱仪中的棱镜)等。在某些情况下,还可代替铂器皿使用。

(2) 高铝玻璃 它是一种含铝量高的玻璃,呈青黄色,软化温度较高。用于制造高温玻璃温度计(可测温度 625°C)、燃烧管等。

(3) 递级封接玻璃 由于实验室的特殊要求,经常需要将石英玻璃与硬玻璃、硬玻璃与软玻璃直接封接。但由于其膨胀系数不同,封接后会产生较大的热应力而导致碎裂。因此,要用递级封接技术作为不同质料的过渡状态来加以解决。这种过渡状态的玻璃称为递级封接玻璃。这类玻璃的递接,必须选择一种或几种玻璃质料,其膨胀系数要在递接的两种玻璃的膨胀系数之间,一般要求其膨胀系数范围不超过 $10 \times 10^{-7} \text{度}^{-1}$ 。

(4) 茶色玻璃 它是掺有碳、硫元素的化合物,用以着色的黄棕色钠钙玻璃。用于制造要求避光的仪器或容器,例如棕色滴定管、容量瓶、干燥器、试剂瓶等。

(5) 光色玻璃 碱金属硼铝硅酸盐玻璃中,含有分散胶体状 AgCl (或 AgBr 及增感剂),在明胶存在下, AgCl 或 AgBr 分解为: $2\text{AgCl} \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{Cl}_2$ ($2\text{AgBr} \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{Br}_2$)。当玻璃受光照射时, AgCl 分解生成单质银小颗粒呈黑色使玻璃变暗,无光照射时,分解生成的银又与氯重新结合,玻璃又恢复原来透明度。这种玻璃可制作太阳镜和玻璃。用它制作的玻璃窗可保证室内光线柔和,避免强光刺激。光色玻璃也可用于照相机、望远镜、瞄准镜,特别是高空光学仪器上。光色玻璃纤维可在电子计算机显示系统中得到应用,并可成为信息容量很大的可逆性全息照相记录材料。

(6) 钢化玻璃 又叫淬火玻璃,由普通玻璃加热到接近软化温度后急速均匀冷却而成。机械强度比普通玻璃大 $4 \sim 6$ 倍,不易破碎。热稳定性也较高,可经受约 327°C 。可用于汽车、轮船、低空飞行的飞机等的门窗,仪表的表面玻璃,高温操作下的防护玻璃,以及厂房和住户的天棚玻璃等。

(7) 微孔玻璃 它身上布满密密麻麻的微小孔隙。大孔隙直径