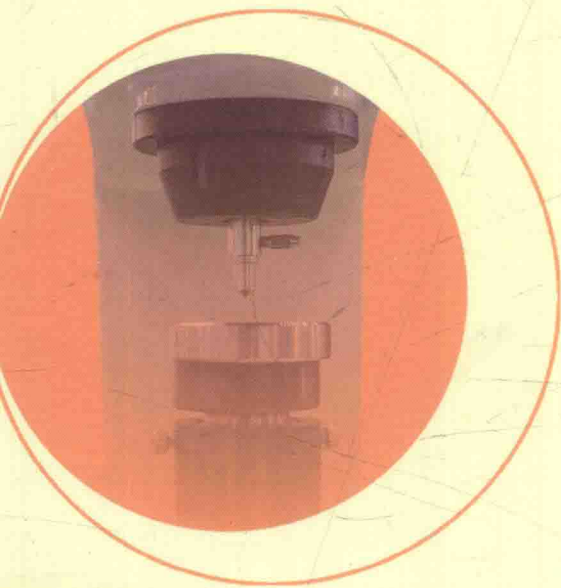




高等院校材料类专业“十三五”规划教材

材料物理实验教程

雷文◎主编



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

材料物理实验教程

主 编 雷 文
副主编 曹绪芝 徐航天



东南大学出版社
· 南京 ·

内 容 简 介

本书由概述、材料的性能测试、材料的结构分析及表征、附录等部分构成。其中,概述部分介绍了材料物理实验须知、常见小型仪器操作规程及材料物理实验的数据处理等内容;材料的性能测试部分主要介绍了材料拉伸、弯曲、冲击等 21 项实验;材料的结构分析及表征主要介绍了偏光显微镜法观察聚合物的结晶形态、红外光谱法测定聚合物结构等 6 项实验;附录部分介绍了与材料物理实验相关的部分数据表,以便查阅使用。

本书可作为高分子材料与工程、材料化学、材料科学与工程等专业本、专科生的实验教材,也可作为相关专业指导老师和考研学生及相关企业工作人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

材料物理实验教程 / 雷文主编. —南京: 东南大学出版社, 2018. 2

ISBN 978-7-5641-7628-0

I. ①材… II. ①雷… III. ①材料科学—物理
学—实验—高等学校—教材 IV. ①TB303-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 013918 号

材料物理实验教程

出版发行	东南大学出版社
社 址	南京四牌楼 2 号(邮编: 210096)
出 版 人	江建中
责任编辑	吉雄飞(联系电话: 025-83793169)
经 销	全国各地新华书店
印 刷	虎彩印艺股份有限公司
开 本	700mm×1000mm 1/16
印 张	10.25
字 数	201 千字
版 次	2018 年 2 月第 1 版
印 次	2018 年 2 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5641-7628-0
定 价	28.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系,电话:025-83791830。

前 言

材料是人类赖以生存和发展的物质基础,与国民经济建设、国防建设和人们的生活密切相关。材料类专业培养的学生将来主要从事材料设计、材料合成、材料制造等方面的工作,所有材料都具有某些特定的性能,材料物理实验课程主要是指导学生掌握材料性能检测、结构分析及表征等方面的技能,让课堂理论教学成果得到进一步巩固,以便将来能更快更好地适应在材料领域工作的需要。

为了加强材料物理类课程的教学,适应高等教育深化改革以及培养创新创业人才的需要,编者在南京林业大学多年自编讲义的基础上,按照实验室自有设备情况和设备使用说明书,结合自己多年的理论教学和生产实践经验,并在参考国内外大量实验教材的基础上编著了本书。

本书由概述、材料的性能测试、材料的结构分析及表征、附录等部分构成。其中,概述部分介绍了材料物理实验须知、常见小型仪器操作规程及材料物理实验的数据处理等内容;材料的性能测试部分主要介绍了材料拉伸、弯曲、冲击等 21 项实验;材料的结构分析及表征部分主要介绍了偏光显微镜法观察聚合物的结晶形态、红外光谱法测定聚合物结构等 6 项实验;附录部分介绍了与材料物理实验相关的部分数据表,以便查阅使用。

本书的出版得到了“江苏高校品牌专业建设工程项目(PPZY2015A063)”的支持,可作为高分子材料与工程、材料化学、材料科学与工程等专业本、专科生的实验教材,也可作为相关专业指导老师和考研学生及相关企业工作人员的参考书。

本书由雷文老师担任主编,曹绪芝老师编写了第 2.19、2.20 及 3.3~3.6 各节,徐航天老师编写了第 2.7 节。李虹昆、刘鑫莹、董丽莉等研究生在本书编写过程中帮助收集、整理了部分资料,同时,编者还参考了国内外同行编写的教材、部分设备的使用说明书及网上资料,在此向他们表示感谢!本书末尾列出了部分参考文献,但囿于篇幅,未能将所有参考文献全部列出,敬请谅解!另外,由于时间紧迫,再加上作者水平有限,书中缺陷或错误难免,望广大读者批评指正。

编著者

2017 年 12 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 材料物理实验须知	1
1.2 实验室安全守则	2
1.3 常见小型仪器操作规程及注意事项	3
1.4 材料物理实验的数据处理	11
1.5 预习报告和实验报告	20
第 2 章 材料的性能测试	21
2.1 金属材料的拉伸性能实验	21
2.2 聚乙烯塑料的拉伸性能实验	26
2.3 聚乙烯塑料的弯曲性能实验	31
2.4 金属材料的冲击实验	35
2.5 聚乙烯塑料的冲击实验	39
2.6 金属材料布氏硬度的测定实验	45
2.7 热塑性塑料洛氏硬度的测定实验	50
2.8 树脂浇注体巴氏硬度的测定实验	53
2.9 橡胶邵氏硬度的测定实验	57
2.10 热塑性塑料熔体流动速率的测定实验	60
2.11 不饱和聚酯树脂的粘度测定实验	69
2.12 粘度法测定高聚物的分子量实验	73
2.13 聚合物的逐步沉淀分级实验	79
2.14 塑料热变形温度的测定实验	82
2.15 聚丙烯塑料维卡软化点的测定实验	85
2.16 浊点滴定法测定聚合物的溶解度参数实验	88
2.17 材料线膨胀系数的测量实验	91

2.18	塑料燃烧氧指数的测定实验	95
2.19	材料介电常数的测试和分析实验	99
2.20	激光粒度分析实验	103
2.21	材料表面接触角的测量实验	106
第3章	材料的结构分析及表征	110
3.1	溶胀平衡法测定交联聚合物的交联度实验	110
3.2	密度法测定聚合物结晶度实验	114
3.3	偏光显微镜法观察聚丙烯的结晶形态实验	117
3.4	红外光谱法测定聚合物的结构特征实验	121
3.5	材料的示差扫描量热分析实验	128
3.6	材料的热重分析实验	136
附录		143
附录1	压痕直径与布氏硬度及相应洛氏硬度对照表	143
附录2	黑色金属硬度和强度换算表	145
附录3	部分聚合物的溶解度参数	150
附录4	部分常用溶剂的溶解度参数	151
附录5	部分结晶聚合物的密度	152
附录6	部分聚合物的玻璃化温度	153
附录7	部分聚合物-溶剂体系的 $[\eta]$ - M 关系式中的 K 和 α 参数	155
参考文献		156

第1章 概述

1.1 材料物理实验须知

(1) 按时进入实验室,无故迟到 15 min 以上者,停做当次实验。因故不能参加实验者,应事先办理好请假手续,并将假条交给主讲教师,否则按旷课论处且不得补做实验。

(2) 首次进入材料物理实验室时必须接受安全教育,必须充分了解材料物理实验室各项规章制度(特别是安全制度),熟悉实验室房间的基本构成,熟悉逃生通道,了解总电源开关及各种消防设施的位置。

(3) 实验前应充分预习即将开展的实验内容,明确本次实验的目的、原理及实验步骤,了解本次实验需注意的事项。若对部分内容不了解或吃不准,应查阅相关文献资料或提前咨询老师,做好预习报告。在老师进行实验内容讲解的过程中,一定要重点关注此部分不了解或吃不准的内容,同时结合实验操作,直至完全掌握此部分的知识。

(4) 材料物理实验所用的仪器设备台(套)数一般较少,大多为公用仪器设备,一旦造成损坏,往往会影响到自己及他人的实验操作,同时,不当的操作还会造成实验误差,所以在实验过程中必须爱护实验室仪器设备,严格按照实验操作规程仔细进行操作,确保仪器安装安全准确,操作正确得当。

(5) 以严肃、谨慎、细心和实事求是的科学态度进行实验,并在实验过程中认真观察实验现象,如实记录实验现象和数据,特别是在实验过程中出现与实验指导书上所描述不尽相同的异常现象时,更要认真记录,并及时进行分析,找出原因(必要时可立即向指导老师汇报),培养严谨的科学作风。严禁抄袭、杜撰数据,并且不得擅自涂改数据。

(6) 实验过程中必须将安全放在首位,杜绝事故发生(这里安全包括人身安全和设备安全,其中尤以人身安全为重)。如发生事故,应立即向指导教师报告,及时进行处理。

(7) 实验过程中应保持实验台整齐清洁,实验台面上不要摆放与实验无关的书籍、笔记本等,实验用过的试样应及时清理掉,不要堆放在实验台面上。

(8) 实验过程中不得随便动用与本次实验无关的其他仪器、设备、药品、工具等,不得大声喧哗,不得相互嬉戏打闹。须严格遵从“三不伤害”安全原则:① 不要伤害自己,操作过程中做好自身防护;② 不要伤害别人,操作过程中注意观察周边同学的状况,不要对别的同学造成撞伤、砸伤、割伤等伤害;③ 不要被别人伤害,别的同学做实验时需与其保持适当的安全距离,以免该同学操作不当而对自身产生伤害。

(9) 实验过程中应节约使用水电、药品,杜绝一切浪费。

(10) 实验结束后应将药品、工具、小型器具等放回原处并排列整齐,以便下次使用或其他同学的使用;同时,应按要求及时清洗相关实验仪器、设备,清理实验台面,做好实验室的清洁卫生工作。

(11) 实验结束后应在规定时间内做好实验报告。实验报告应按标准格式进行撰写,图表绘制必须规范,对实验过程中出现的一些现象应展开讨论、分析,数据处理应科学、严谨。

1.2 实验室安全守则

(1) 学生首次进入实验室时必须接受安全教育,熟悉实验室内部设施及周边环境(如水阀、电闸、消防器材及室外水源等的位置),掌握实验室防火设施的使用方法。

(2) 实验开始前必须认真听指导老师的讲解,在实验过程中不得离开现场,同时需密切注意实验仪器设备的运转状况,若发现异常应及时汇报、处理。

(3) 对于一些具有危险性的实验,应做好自身的防护工作,包括戴防护眼镜、乳胶手套等,避免发生挤伤、撞伤、压伤、割伤等。

(4) 实验所用的化学试剂或样品严禁入口,实验结束后应及时洗手。严禁将不同试剂胡乱混配,严禁使用不知其成分的试剂。

(5) 实验过程中应打开门窗或换气设施,保持室内空气流畅。当加热易挥发液体或者易产生严重异味、易污染环境的液体时,应在通风橱内进行实验。

(6) 高压钢瓶应固定好,不得让钢瓶在地上滚动,不得撞击及随意更换钢瓶表头;使用高压钢瓶时,要严格按照操作规程进行操作;各种钢瓶用毕或中断后应及时关闭阀门,若发现漏气或气阀失灵,应在报告老师后停止实验,立即进行检查并修复,待实验室通风换气一段时间后再继续实验。

(7) 实验室内严禁明火作业,需要循环冷却水的实验应随时监测实验过程,以

防减压或停水导致事故发生。

(8) 使用电器时应谨防触电,同时遵循“预防第一,安全为主”的原则并做到以下几点:

① 不要用潮湿的手或身体的其他部位触碰开关、插座、插头及各种仪器、设备的电源接口。

② 不要用潮湿的抹布擦拭照明用具、仪器、设备。

③ 操作仪器、设备前必须弄清所有按钮的用途及具体操作程序,而后再接通电源。仪器、设备运转过程中不得远离现场,以便及时发现其可能出现的故障并采取相应的措施。

④ 移动仪器、设备时必须切断电源。

⑤ 每一台仪器、设备单独使用一个插座。未经老师批准,不得将若干仪器、设备共用一个多用插座,以免互相影响而产生一些意想不到的后果。

⑥ 发现仪器、设备冒烟或闻到异味时要迅速切断电源,并报告老师进行检查。

⑦ 通常情况下,仪器、设备使用完毕应及时切断电源。

⑧ 发现电线破损时要及时报告老师进行更换,或使用绝缘胶布包扎电线,禁止使用普通胶布进行包扎。

⑨ 严禁擅自启动、拆装实验室内与本次实验无关的仪器、设备。

(9) 进入实验室时需穿全棉工作服,不得穿凉鞋、高跟鞋或拖鞋,同时留长发者应束扎头发;离开实验室时需换掉工作服。

(10) 未经老师批准不得擅自进行实验,即使仪器、设备尚未启动,也不允许随便按动仪器、设备上的按钮。

(11) 实验室内严禁会客、喧哗、抽烟、吃东西、随意走动,严禁私配或外借实验室钥匙,且不得将实验所用试剂、样品、工具、仪器、设备等带出实验室。

(12) 不得在烘箱内存放、干燥、烘焙有机物。

(13) 值日生及最后离开实验室的工作人员都应检查水阀、电源开关、气阀等是否关闭,在确认关闭好门、窗、水、电、气后方可离开实验室。

1.3 常见小型仪器操作规程及注意事项

1.3.1 电子天平

1) 操作规程

(1) 将电子天平接通电源,然后打开天平开关对天平进行预热,且预热时间一

般至少 30 min。

(2) 等待仪器自检,当显示器显示零时则自检过程结束,此时天平可进行称量。

(3) 将称量纸置于天平载物盘中央,按显示屏两侧的 Tare 键去皮,待显示器显示零时再将被称物置于天平载物盘中央的称量纸上。

(4) 天平自动显示被测物质的重量,等稳定后(显示屏左侧亮点消失)即可读数并记录。

(5) 称量结束后按 ON/OFF 键,关断显示器,进行使用登记。

2) 注意事项

(1) 电子天平要正确安放在安全称重室或稳固的工作台上,不要放置在空调下方的边台上和空气直接流通的通道上,同时须避免阳光直射、受热以及在湿度大的环境中工作,规避环境因素带来的气流波动、温度变化、振动和静电等。

(2) 电子天平应尽可能一步到位安装在固定的位置上,尽量避免搬动。搬动过的电子天平必须重新校正好水平,并对天平的计量性能做全面检查,确认无误后才可使用。电子天平放置平台后必须通过天平的地脚螺栓将其水平泡调至水平仪中心位置(左旋升高,右旋下降),若水平泡不在水平仪中心位置,表示天平放置的不平衡,天平在使用过程中将导致测量出现偏差而影响其称重的精准性。

(3) 称量过程中应关闭电子天平两侧及顶部的玻璃板,以防风对测量结果的影响;同时,在测量过程中要避免天平发生振动,以防振动对测量结果的影响。

(4) 往天平中摆放称量物时不应用手直接接触,需戴手套或用带橡皮套的镊子镊取,且必须做到轻拿轻放。

(5) 称量吸湿性、挥发性或腐蚀性物品时,应用带盖称量瓶盖紧后进行称量,且称量要尽快完成,称量过程中注意不要将被称物(特别是腐蚀性物品)洒落在天平载物盘或底板上。

(6) 同一个实验应使用同一台天平进行称量,以免因称量仪器不同而产生误差。

(7) 每次称量后应及时将被称物从天平上取走,并做好天平的清洁工作,必要时可用软毛刷或绸布抹净,或用无水乙醇擦净,以避免对天平造成污染而影响其称量精度。

(8) 天平内应放置干燥剂(常用变色硅胶),且应定期更换,以免影响干燥剂的吸湿效果。

1.3.2 烘箱

1) 操作规程

(1) 通电前检查电源线路,确保绝缘良好,不能有漏电现象;加热器电阻丝之

间不得有碰触,以防短路。

(2) 合上电源刀闸,将电源开关拨至“开”的一侧。

(3) 将样品依次放进烘箱,样品间需保持合适的间隔,然后关好密封门。

(4) 将鼓风开关拨至“开”的一侧,起动烘箱的鼓风机。

(5) 通过温度调节控制面板将温度调至规定值。

(6) 将高温开关拨至“开”的一侧,升温指示灯(一般为红灯)亮起,表示烘箱内正在进行加热升温。

(7) 待温度升至指定值后,恒温指示灯(一般为绿灯)亮起,烘箱内的工作环境变为恒温状态。

(8) 记下恒温指示灯亮起的时间,并待恒温至指定时间后关闭高温开关。

(9) 待烘箱内温度降至室温后打开烘箱密封门,取出样品。若不再继续烘烤别的样品,则同时关闭鼓风开关、电源开关,并拉下电源刀闸。

2) 注意事项

(1) 烘箱在使用过程中必须保持良好的接地状态。

(2) 烘箱附近不得堆放油盆、油桶、棉纱、布屑等易燃易爆物品,烘箱顶部不准放置杂物,且不得在烘箱旁进行洗涤、刮漆和喷漆等工作。

(3) 烘箱要按照铭牌上所规定的温度范围使用,且使用过程中应随时观察并调整箱内温度(温度应符合烘件工艺要求)。

(4) 为防止被烫伤,在烘箱中取放样品时必须戴手套,且取样品时必须等待烘烤完毕、样品冷却后才能进行开箱操作。同时,在烘箱中取放样品时一定要轻拿轻放。

(5) 烘烤过程中要确保鼓风机工作正常。若鼓风机不能正常工作,则会导致产品烧焦及烘箱损坏。

(6) 放入样品时,样品间应保持合适的间隔,注意不能摆放太密,也不能叠加摆放,以免影响烘烤效果;另外,样品不应直接摆放在烘箱设备的散热板上,以免影响热气流向上流动;同时,严禁烘焙易燃、易爆、易挥发及有腐蚀性的物品。

(7) 保持烘箱内清洁,定期检查和清除烘箱内电阻丝旁的氧化皮。

1.3.3 电炉

1) 操作规程

(1) 将电炉摆放在敞开的台面上,然后将缠绕在电炉炉体上的电缆线从电炉炉体上展开。

(2) 将待加热器皿放置在电炉上,必要时可在电炉和器皿之间垫上一层石棉网。

(3) 插上电源,顺时针方向旋转电炉上的旋钮开关,逐渐增大加热功率至所需要的值。

(4) 加热完成后,将旋钮开关逆时针旋转至关闭状态,然后拔掉电源。

(5) 待电炉炉体冷却后将电缆线缠绕在炉体外围,并将电炉放回原存放的位置处。

2) 注意事项

(1) 电炉操作具有较高的危险性,使用前必须检查电缆线有无金属芯线外露。若有,必须及时更换电炉,以防触电。

(2) 使用电炉前必须将电缆线从炉体上展开,不能缠绕在炉体上直接加热,以防高温造成电缆线外皮熔化而导致漏电。

(3) 电炉使用过程中严禁用湿手去接触插头,严禁触碰电阻丝。

(4) 电炉加热过程中,其周围不得放置易燃、易爆物品,各种化学品也应尽可能远离炉体。

(5) 电炉加热过程中炉丝及被加热器皿温度较高,严禁触碰,以防被烫。

1.3.4 游标卡尺

1) 操作方法

(1) 测量方法

① 测量外径

将待测物置于外测量爪之间,利用量爪紧紧相贴并钳住物品(如图1中黑圈所示),从而得出测量数据。

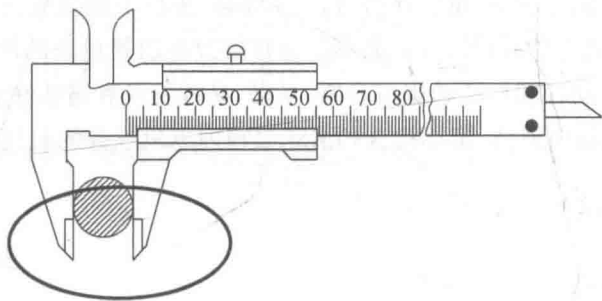


图1 外径测量

② 测量内径

将内测量爪伸入物品内,张开后利用量爪紧紧相贴并撑住物品(如图2中黑圈所示),从而得出测量数据。

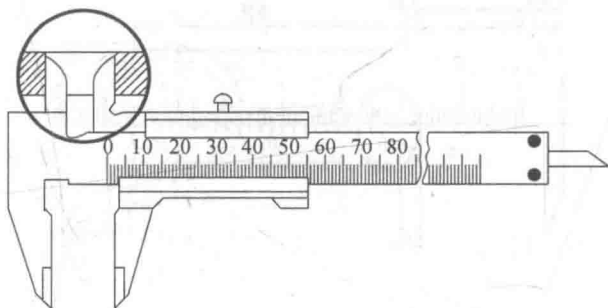


图2 内径测量

③ 测量深度

将深度尺(如图3中黑圈所示)探入待测物体内部,固定标尺,从而得出测量数据。

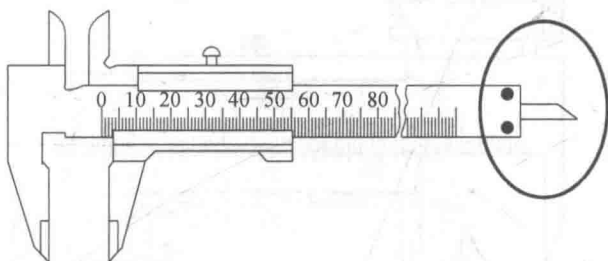


图3 深度测量

(2) 读数方法

下面以测量物体的内径(见图4)为例介绍游标卡尺的读数方法。

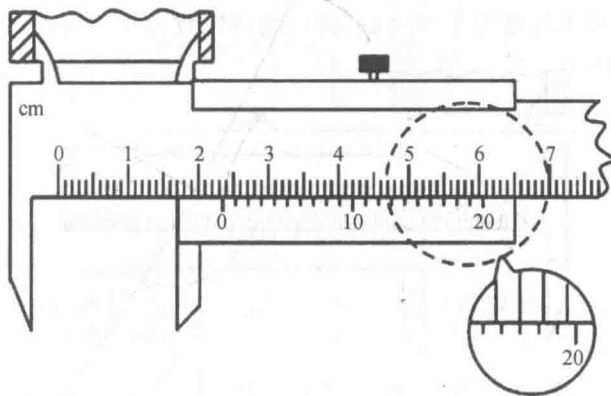


图4 内径测量读数示意

① 观察副尺“0”的位置,它决定了读数的前两个数位上的具体数值大小。如图 5 所示,0 在 2.3 cm 的后面,即测量物体的内径为 $2.3 \times \times$ cm。

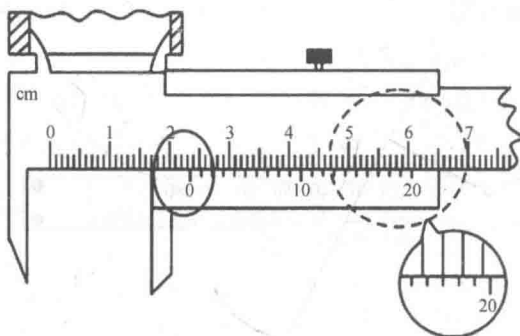


图 5 副尺“0”的位置示意

② 观察副尺分度(精确度),就是有多少个格。如图 6 所示,该副尺为 20 分度,则精确度为 0.05 mm ($1 \text{ mm} \div 20 \text{ 分度} = 0.05 \text{ mm/分度}$)。

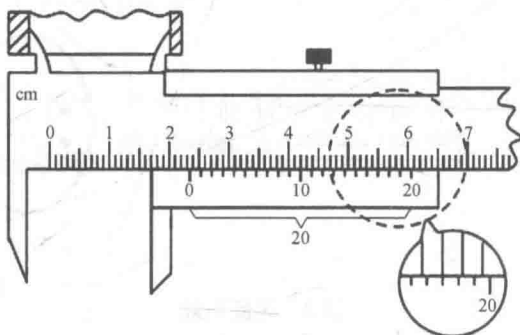


图 6 副尺分度示意

③ 读取副尺和主尺完全重合处的分度值。如图 7 所示,重合处与“20”差 3 格,即分度值为 17,又 1 分度为 0.05 mm ,得出最后读数为 0.85 mm (0.085 cm)。

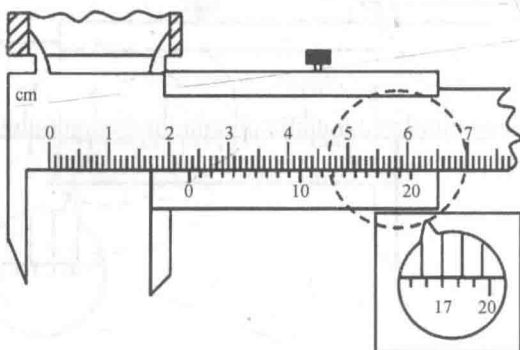


图 7 副尺与主尺完全重合处分度值示意

④ 由①和③得出所测物体的内径为 2.385 cm。

2) 注意事项

(1) 使用游标卡尺前,应先将两卡脚测量面擦拭干净,然后合拢两卡脚,检查副尺 0 线与主尺 0 线是否对齐(若未对齐,应根据原始误差修正测量读数)。

(2) 测量工件时卡脚测量面必须与工件的表面平行或垂直,不得歪斜,且用力不能过大,以免卡脚变形或磨损而影响测量精度。

(3) 读数时视线要垂直于尺面,否则读取的值不准确。

(4) 测量内径尺寸时应轻轻摆动,以便找出最大值。

(5) 游标卡尺用完后须擦净并抹上防护油,平放在盒内,以防生锈和弯曲。

1.3.5 恒温水槽

以 HK-1D 型恒温水浴槽为例(如图 8 所示),其主要包括智能化控制单元、不锈钢加热单元、无极调速搅拌(水浴为循环)系统和玻璃缸等。该恒温水槽的控温范围为(室温+3)~100 °C,控温精度为 ± 0.2 °C,加热功率为 1 000 W。



图 8 恒温水槽实物图

1) 操作规程

(1) 向恒温槽(玻璃缸)中放入约四分之三容积的蒸馏水(大约 230 mm 水位高度)。

(2) 将恒温控制器的感温元件插入水浴缸盖上的孔中,且插入水位深度一般

大于 50 mm 为宜。

(3) 打开智能化控制单元面板上的电源开关,加热系统进入加热准备状态。

(4) 开启搅拌电机的旋钮,使搅拌器以合适的转速进行转动。在搅拌器转动过程中应确保玻璃缸中水浴呈现稳定的湍流状态。

(5) 按下控制面板上的“设定”按钮,使显示屏左侧的“控温”灯亮,按“+1”键可使设定温度增加 0.01°C ,按“-1”键使设定温度减少 0.01°C ,而按“ $\times 10$ ”键则使设定温度乘以 10 或清零。根据实验要求,设置好所需的温度后,再按“设定”按钮退出控温状态,此时显示屏左侧的“加热”灯亮起,不锈钢加热单元开始加热,水温逐渐上升。[例如设置 25°C 的过程如下:先连接 2 次“置数”键“+1”,此时控温仪上显示为 $0.02(^{\circ}\text{C})$,然后按“置数”键“ $\times 10$ ”1 次,仪表上的示数放大 10 倍,变为 $0.20(^{\circ}\text{C})$,再连接 5 次“置数”键“+1”,此时控温仪上显示为 $0.25(^{\circ}\text{C})$,接着按“置数”键“ $\times 10$ ”1 次,仪表上的示数放大 10 倍,变为 $2.50(^{\circ}\text{C})$,再按“置数”键“ $\times 10$ ”1 次,仪表上的示数再次放大 10 倍,变为 $25.00(^{\circ}\text{C})$]

(6) 当水温升至设定的温度后便可进行相关的实验操作。

(7) 实验完毕后关掉搅拌器使其停止搅拌,然后关掉控制单元面板上的水浴加热电源开关。

2) 注意事项

(1) 玻璃缸中水位不能过低,以防烧坏加热器,影响仪器正常使用。

(2) 玻璃缸中水介质应隔一段时间就予以更换,特别当发现玻璃缸中水质变差时更应及时更换。

1.3.6 电动搅拌器

1) 操作规程

(1) 检查各个线路连接是否正常,然后调节水平调节螺栓,使电动搅拌器处于水平位置,将转速调节旋钮逆时针调到底(转速为 0),定时旋钮红星指向 OFF 处。

(2) 接通电源,打开电源开关,缓慢转动转速调节旋钮,逐渐将搅拌器加速至合适的转速。

(3) 旋转定时旋钮至合适时间。

2) 注意事项

(1) 电动搅拌器不使用时应清洁干净,将转速旋钮逆时针调至最低(转速为 0),定时旋钮调至 OFF 处,并将仪器放置于通风干燥处。

(2) 电动搅拌器可根据所需搅拌物体的数量进行搅拌桨的更换,并根据实际

情况选择合适材质和合适大小的搅拌桨。装卸搅拌桨时需保证电源开关处于关闭状态,旋转螺丝和固定螺栓均须拧紧,不得有任何松动。

(3) 搅拌器长时间使用时会出现发热现象,此时应根据实际情况进行转速的调整或者关闭机器进行散热处理。搅拌器保养须由专人进行,未经过学习训练的人不得操作使用本仪器。

1.4 材料物理实验的数据处理

在理化参数的测量分析中,人们不仅要求测出这些物理量的数值,而且要求能判断分析结果的准确性。测量时,由于仪器及工具的构造精度和校正不完善、药品纯度与实验要求不符、观测者的视觉能力和技能水平的差异、实验者个人测量数据习惯不科学、计算公式中采用了一些假定和近似,以及观测时温度、湿度、大气折光等自然条件的变化等因素,往往会造成实验测得的数据只能达到一定程度的准确性,测量值和真实值之间必然存在着一个差值,即“测量误差”。为了提高所测数据的可信赖程度,就必须学会检查与分析产生误差的原因,并进一步研究消除误差的办法。

1.4.1 测定结果的准确度和精密度

1) 准确度

准确度是指在一定实验条件下多次测定结果的平均值与真实值相符合的程度,常用误差来表示。若多次测定结果的平均值与真实值越接近,则误差越小,分析结果的准确度越高。误差一般有两种表示方式。

(1) 绝对误差

绝对误差是指测量值对真实值偏离的绝对大小,其单位与测量值的单位相同,大小与真实值的大小无关,同时不能反映误差在整个测量结果中所占的比例。绝对误差的计算公式为

$$\text{绝对误差}(E) = \text{测量值}(X) - \text{真实值}(T)$$

即等于测得的结果与真实值之差。它的大小取决于测量过程中所使用的器皿种类和规格、仪器的精度以及测量者的观察能力等因素。

(2) 相对误差

相对误差是指测量所造成的绝对误差(E)与被测量的真实值(T)之间的比值