



高等学校教材

高分子材料 与工程实验

刘长维 主编



化学工业出版社
教材出版中心

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

高分子材料与工程实验/刘长维主编. —北京: 化学工业出版社, 2003. 12

高等学校教材

ISBN 7-5025-4262-0

I. 高… II. 刘… III. ①高分子材料-高等学校-教材②高分子材料-实验-高等学校-教材
IV. TB324

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 124711 号

高等学校教材

高分子材料与工程实验

刘长维 主编

责任编辑: 杨 菁

文字编辑: 赵丽霞

责任校对: 郑 捷

封面设计: 关 飞

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 15 字数 326 千字

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4262-0/G · 1127

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

本书以高分子材料与工程实验为主题，模糊高分子材料分类界限，集中高分子材料制备、加工过程及性能检测的共性实验，突出原材料的选择、制品配方设计、标准试样的制备、高分子材料产品的生产过程、各种宏观性能的检测等，注重实验结果的数据处理与分析，强调工艺参数变化对产品性能的影响等。

在进行专项实验的基础上，设置了综合实验，使实验项目整体上具有设计性、创新性和综合性，可以极大提高学生的实验技能。有兴趣的学生还可以根据自己的爱好和兴趣，设计新的实验项目，研究高分子材料结构与性能的关系，甚至开发新产品，满足市场的需求。

本教材塑料部分由刘长维编写，橡胶部分由伍社毛编写，复合材料部分由黄丽、张金生编写，化工工程部分由付志峰、滕燕燕编写，全书由刘长维统稿。

本书得到北京化工大学“化新教材建设基金”的资助，谨此致谢。

当前，高科技发展日新月异，尤其是对高分子材料测试新技术和新方法的研究与建立，以及测试仪器的高精度和数据采集的高度自动化加速了高分子材料的研究与发展。新的实验项目的建立，将促进教学与科研的全面发展。书中难免有疏漏、不妥和错误之处，衷心希望读者给予指正。

编者

2003 年 12 月

内 容 提 要

本教材主要包括高分子材料原料性能检测；高分子材料的成型方法；高分子材料的性能测试；高分子材料制备中使用的搅拌桨参数测定等。

高分子材料原料性能包括材料的熔融指数、颗粒大小，密度、硫化特性等。

高分子材料的成型方法包括原材料的配制，制品配方的设计，物料的塑炼、混炼、混合等，成型工艺过程有注塑成型、挤出成型、压制成型、硫化成型等。成型包括产品的生产以及标准测试样条的制备，二次加工成型等。

高分子材料性能检测主要包括材料的机械性能，热性能，电性能等等。材料的机械性能有拉伸强度、断裂强度、断裂伸长率、弹性模量、弯曲强度、冲击强度、硬度等。材料的热性能有熔点、玻璃化温度、脆化温度、线膨胀系数、维卡软化点、热变形温度等。材料的电性能有体积电阻系数、表面电阻系数、介电常数等。

高分子材料制备过程中涉及的搅拌桨的各种特性如剪切速率、循环和混合时间等，分散体系及液滴粒径大小和分布等参数的测定。

本书可供高等院校高分子材料与工程专业高年级学生进行实验使用，也可供从事高分子材料研究、开发和应用的研究生和工程技术人员参考。

目 录

绪论	1
实验一 高分子材料密度和相对密度测定实验	9
实验二 测定高聚物的熔融指数	12
实验三 预浸料质量检测方法	15
实验四 不饱和聚酯树脂酸值测定	18
实验五 树脂浇注体制作及其巴科尔硬度测试	19
实验六 硫化特性实验	21
实验七 威廉姆可塑性实验	28
实验八 门尼黏度实验	31
实验九 门尼焦烧实验	36
实验十 炭黑结构的测定	38
实验十一 测定未硫化橡胶可塑性实验	41
实验十二 高分子材料的塑炼、混炼和硫化	43
实验十三 软质聚氯乙烯的混合与塑炼	55
实验十四 聚氯乙烯硬板的成型实验	58
实验十五 复合材料层压工艺实验	62
实验十六 模压成型工艺实验	68
实验十七 真空袋压成型实验	72
实验十八 手糊成型实验	75
实验十九 缠绕成型工艺实验	80
实验二十 复合材料拉挤成型实验	84
实验二十一 传递模塑成型实验 (RTM)	88
实验二十二 塑料管挤出成型实验	91
实验二十三 在挤出机上用狭缝流变口模测定高聚物的熔体黏度	98
实验二十四 热塑性塑料注塑成型实验	106
实验二十五 搪塑成型实验	115
实验二十六 塑料焊接实验	118
实验二十七 注塑成型制品微观结构观察	123
实验二十八 溶胀法测定橡胶的交联密度	127
实验二十九 仪器法测定橡胶的交联密度	130
实验三十 高分子材料拉伸强度测定	133
实验三十一 高分子材料压缩强度测定	137
实验三十二 高分子材料静弯曲强度的测定	140



实验三十三	高分子材料冲击性能测定	142
实验三十四	冲击弹性测定实验	145
实验三十五	高分子材料撕裂强度的测定	148
实验三十六	高分子材料的硬度测定	151
实验三十七	橡胶伸张时有效弹性和滞后损失实验	158
实验三十八	定负荷压缩疲劳实验	160
实验三十九	屈挠龟裂实验	164
实验四十	橡胶多次压缩实验	167
实验四十一	高分子材料的磨耗实验	169
实验四十二	热空气老化实验	173
实验四十三	脆性温度实验	177
实验四十四	拉伸耐寒系数实验	180
实验四十五	高分子材料线膨胀系数的测定	183
实验四十六	维卡软化点测定实验	185
实验四十七	负荷热变形温度测定实验	187
实验四十八	固体聚合物体积电阻系数和表面电阻系数的测定	189
实验四十九	高聚物介电常数与介质损耗角正切值的测定	192
实验五十	搅拌功率曲线的测定	195
实验五十一	搅拌釜平均剪切速率常数 K_s 的测定	198
实验五十二	搅拌器循环特性和混合时间的测定	200
实验五十三	连续反应器停留时间分布的测定	205
实验五十四	搅拌釜传热膜系数的测定	209
实验五十五	包裹法测定液-液分散体系液滴粒径大小及其分布	211
实验五十六	界面张力的测定	213
实验五十七	塑料工程综合实验指导	215
实验五十八	橡胶工程综合实验指导 (高强高弹配方设计)	219
实验五十九	复合材料综合实验指导	224
实验六十	高分子化工综合实验指导	228
附录	部分高分子材料加工及性能检测的国家标准、行业标准	230
参考文献		232



绪 论

高分子材料的品种日益繁多,制品的成型方法与工艺不断发展和变化,材料的应用范围不断扩大。对于在校学习的学生,需要掌握所用制品的高分子材料的选择,制品的成型工艺,成型后的制品性能是否符合产品的要求。由于高分子材料的使用场合不同,材料的选择也就不同,了解高分子材料的加工性能和使用特性是必要的,自然,对高分子材料的性能了解和测试的要求也日趋迫切。准确对高分子进行性能测试和分析,是评价和应用各种新型高分子材料的必然手段,研究新型材料的结构特点与组成等有着重要意义。

高分子材料分为塑料、橡胶、纤维、复合材料、胶黏剂和涂料等。其加工方式、应用场合和测试方法虽有区别,但其本质是一致的,都符合高分子材料的特性。

一、高分子材料实验的意义

高分子材料实验是提高科学技术水平必不可少的研究试验手段。近年来,国内外高分子材料大量生产并广泛使用,其原因之一,就是利用高分子材料实验,突破了基础理论关和技术关,如应用各种现代实验技术逐步认识和掌握了高分子材料的微观结构与宏观性能(材料的机械性能、物理性能、热性能、电性能等)的相互关系,为创造新的技术成果打下了牢固的基础。攻克了生产工艺中许多技术难关。高分子材料已深入到现代工业、农业、交通运输、科学技术、国防、医疗卫生以及人们的日常生活,品种达万种以上,尤其是尖端科学、航天飞机、人造地球卫星、洲际导弹、核潜艇等,都离不开高分子材料制品。而这些产品的研制都是以高分子材料实验技术为基础,提供必要的性能指标,并加以验证。所以为了提高科学水平,研制新的合成材料,高分子材料实验是必不可少的。

高分子材料性能测试技术是控制生产和科学管理生产的重要技术手段之一。高分子材料制品需要通过性能测试技术选择合理、经济、先进的工艺参数和生产控制指标。通过性能测试发现生产、工艺中的问题,并优化、加以调整控制指标。由此可见,物测技术在企业挖掘工艺、设备的潜力,提高劳动生产率,保证产品的质量上起着巨大的作用。

高分子材料性能测试技术是提高产品质量的重要手段,要保证产品的质量必须切实执行产品的标准,防止不合格产品进入市场,维护工厂的信誉和使用单位的利益,特别是根据市场的需要,测定制品的各种性能指标,力求全面反映制品的实际性能。高分子材料性能测试也为改进制品的配方,改善产品的结构,延长使用寿命,提高标准水平等提供了必要的数据和理论依据。

高分子材料实验是探索和研究材料的成型方法以及材料的结构性能的非常重要的手段,也是提高产品质量进行科学管理的重要手段,同时也是高分子材料专业学生进行学习的必要步骤。

高分子材料实验,属专业基础实验和专业实验。实验涉及数学、物理、高分子材

料、高分子化学、高分子物理、机械原理等基础理论及工艺等专业理论知识,通过本实验可以得到理论和实践的提高。我们要求每一名学生对高分子材料实验目的意义有清晰的了解,对所做每一项试验,都能知其实验的意义,了解实验设备和实验仪器的结构、实验原理,掌握正确地操作方法,能测出准确的实验数据或曲线,并能正确地进行计算和分析,了解影响测试的因素,分析材料性能与结构的关系、材料性能与成型工艺参数的关系。

从高分子材料制品的设计和应用角度看,高分子材料还有如下问题需重视:

① 由于高分子材料的原材料、组成、制造方法等的多样化,很难得到非常稳定的性能,表现为材料性能分散性较大;

② 影响高分子材料性能的因素很多,原材料、加工工艺、设备、工艺参数和操作人员的实验误差等等,需要不断探索和总结,寻找有关影响性能的根本原因;

③ 高分子材料相对分子质量、相对分子质量分布、结晶和取向的变化使产品的设计思想、计算方法、设计准则和检验方法都存在很大的困难。

因此,发展和建立高分子材料试验技术体系,使原材料选择、性能设计、结构设计、工艺设计试验检测五部分成为一个完整的总体显得尤其重要。从培养高分子材料专门人才角度考虑,没有经过实验课训练的学生不能算合格、全面发展的人才。

二、高分子材料实验的主要内容

高分子材料实验主要包括两方面的内容:高分子材料成型方法的实验,高分子材料的性能测试。

高分子材料的成型方法很多,其中主要有注塑成型、挤出成型、压制成型、硫化成型,原材料的配置,配方的设计,物料的塑炼、混炼、混合等等。

高分子材料的性能检测内容较多,主要包括材料的检验、机械性能、热性能、电性能、光学性能等等。

原材料的检验:材料的熔融指数、相对分子质量及其分布、颗粒大小、密度等。

材料的机械性能:拉伸强度、断裂强度、断裂伸长率、弹性模量、弯曲强度、冲击强度、硬度等。

材料的热性能:熔点、玻璃化温度、脆化温度、线膨胀系数、维卡软化点、热变形温度等。

材料的电性能:体积电阻系数、表面电阻系数、介电强度、介电常数等。

材料的光学性能:透光率等。

三、高分子材料实验注意事项

1. 性能测试实验方法标准化的必要性

实验是检验选材、设计和工艺效果的手段,为了保证原材料质量和成型过程中的质量控制,使每一次检验的结果可靠,信息资料交流可信,同一性能实验数据具有可比性,有必要对实验方法建立统一的规范,包括实验方法总则——每一个具体实验都要遵循的规定和具体一种实验方法的操作准备,实验步骤,结果计算等应统一遵守的规定。在实验课训练中要提高认识,严格认真按照国家实验标准进行实验,为将来在科学研究和生产实践中坚持实验标准化奠定一定的基础。



实际上,国家标准是一种法规,高分子材料实验的依据就是有关高分子材料方法的国家标准,无论塑料、橡胶还是复合材料,其性能测试的实验都是按照有关国家标准进行安排和设计的,因此,在实验中不仅要严格按照相应的国家标准进行,而且在实验结果中要注明该实验方法的国家标准号。高分子材料加工及性能检测的国家标准、行业标准见附录。

2. 影响实验结果因素的多样性

科学的实验课训练除了强调实验方法的国家标准化外,还应正确认识和处理影响实验的因素。

(1) 实验环境条件要求 我国地域广阔,东西、南北跨越几千里,气候风沙,温湿度等相差很大,势必对试样制作和实验结果带来难以估计的影响,因此,在重要的实验中,例如仲裁实验,往往注明该实验当天的气候,温度和相对湿度,以便参考。

目前,国家规定的实验标准环境条件和试样状态调节如下。

① 实验标准环境条件。

温度: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

相对湿度: 45%~55%

② 试样状态调节。

实验前,试样在实验标准环境条件下至少放置 24 h;

若不具备实验标准环境条件,实验前,试样可在干燥器内至少放置 24 h;

特殊状态调节条件按需要而定。

③ 试样测量精度。

试样尺寸小于或等于 10 mm 时,测量仪器精确到 0.02 mm;大于 10 mm 的,精确到 0.05 mm;

试样其他物理量的测量精度应按有关实验方法中的规定执行。

④ 试样外观检查和数量。

实验前,试样需经外观检查,如有缺陷和不符合尺寸制备要求者,应予以作废;

对所测材料的性能,根据需要,每组试样应多于 5 个,甚至 10 个。

(2) 实验设备 实验设备和测试仪器是高分子材料实验必不可少的条件,也是影响实验结果的重要因素,应该满足下列条件。

① 测试材料力学性能使用实验设备应符合以下要求:

a. 实验机载荷相对误差不得超过 $\pm 1\%$;

b. 机械式和油压式实验机使用的测量量程的选择,应使试样施加载荷落在满载的 (15~95)% 范围内 (尽量落在满载的一边),且不得小于实验机最大吨位的 4%;

c. 电子拉力试验机和伺服液压式试验机使用吨位的选择应参照该机的说明书。

② 测量变形的仪器仪表其相对误差均不得超过 $\pm 1\%$ 。

③ 物理性能实验设备应符合有关标准的规定。

④ 实验设备定期经国家计量部门进行检定。

实验方法和仪器设备状态,不一定尽善尽美,测试标准也是由有限的人员制订的,

难免有不合理、不科学的地方，因此，实验中应认真观察、深入分析、不盲目也不轻率，不断总结和积累数据。

(3) 系统误差和过失误差 系统误差和过失误差是可以避免或减少的，问题在于实验者技能熟练程度和对实验的态度。实验中想的办法越周密，态度越认真，其实验结果中系统误差和过失误差的概率就越小。因此，在实验中注意培养自己严格、严密的作风，认真负责，细心操作十分必要。

(4) 测试数据处理要科学和合理 对于某些偏低或偏高的数据取舍不能随便，除确属粗心大意，造成实验数据不准确外，一般都应仔细观察和分析。任何测试数据都是通过一系列劳动才获得的，尊重客观事实是所有实验的第一准则，反常数据和反常现象有两种可能：一是测试系统（包括实验者、测试仪器和试样）出现了毛病；另外是事物本来面目的反映，其中有未被人注意和研究的新现象或新规律，如属后者，而实验数据随便就舍弃了，就会使一个新发现失之交臂。

(5) 材料实验与产品实验的差异性 通常材料实验与制品实验的性能测试结果有差异，材料实验不能代替产品实验，一方面，材料实验的试样与产品在结构、形状、尺寸、环境和边缘效应等不相同；另一方面虽然原材料可能完全相同，但材料试样和产品的成型条件也不会完全相同。因此高分子材料制品应做必要的产品实验，产品实验在很多情况下无国家标准可循，就需要实验者自己建立产品的企业标准以及建立合理的，能充分反映产品使用性能的实验方法。

3. 试样的制备

高分子材料的各种性能测试，包括机械性能、热性能、电学性能等等，都需要标准样条，所谓标准试样，即对试样的尺寸作了严格的规定。目的是为了使不同材料的测试结果有一个可比性，或者使同一材料的测试结果不因尺寸不同而影响它的重复性。试样尺寸不同，会使测试结果不一致，产生所谓的“尺寸因素效应”。

尺寸效应是由试样自身的微观缺陷和微观不同性所引起。微观缺陷是指材料或试样在制备或加工过程中，受到热、力或其他因素的作用而产生的显微缝隙（特别在表面处是试样最容易损伤的地方）；微观不同性是指结构上存在的缺陷或不均匀性（具有力学性质、取向结构、分子量不相同的微区域）。

从微观缺陷的观点出发，可引出如下结论：

① 在同一材料的试样中，存在大量的各种形式和程度不同的致命缺陷；

② 最大的“致命”缺陷决定了试样的结果，就强度来说，它就是最“致命”缺陷的定量表征；

③ 试样体积愈大，或表面愈大，存在“致命”严重缺陷的概率就愈大；因此，从理论上来讲，大试样的测试结果要比小试样的结果低。

从结构缺陷来看，假定试样没有明显的缺陷（微隙缝），然而由于结构上的不均匀性和不完善性，当试样加载荷时，纵然宏观上材料有均匀的应力状态（从弹性理论观点讲），而实际上对结构微体积来说应力状态仍是不同，在试样局部微区域应力集中产生过应力。所以强度的大小还取决于受过应力的部分。

尺寸效应除上述原因外，还应考虑到塑料热导性能小的特点。当进行长期的动态



测试时（如疲劳试验），厚试样的内热比薄试样更难散发，导致试样内部温度增高，产生物理态的变化。

在实际测试中，试样的大小对测试结果的影响有相互抵消的现象，还会经常遇到小试样结果比大试样结果低的现象。这可能是由于小试样具有较大的比表面，试样制备加工时造成小试样表面“损伤”的单位面积比率要比大试样的多得多的缘故。

由此可知，试样尺寸对测试结果是有影响的。它对力学性能测试的影响尤为显著。为要得到可比或重复性好的结果，保证试样形状和尺寸的一致性必须考虑的。

塑料和复合材料试样制备通常有两个途径。

一是从板、片、棒以及制品上直接截取、再经机械加工成标准尺寸的试样，即机械加工法。这时，测试结果和截取的部位和机械加工的质量有很大关系，截取部位一般要选择远离边缘、转角等部位，应距板材边缘（已切除工艺毛边）20~30 mm，以避免边缘影响；若取位区有气泡，分层，树脂淤积，皱褶，翘曲，错误铺层等缺陷，则应避开。若对取位区有特殊要求或需从产品中取样时，则按有关技术要求确定，并在实验报告中注明。

纤维增强塑料一般为各向异性材料，故应按各向异性材料的两个主方向或预先规定的方向（例如板的纵向和横向）切割试样，而且应严格地保证纤维方向和铺层与实验要求相符。

机械加工时，刀具的刃口，切削的线速度等都应有严格规定，以避免加工缺陷和过热现象；应采用硬质合金刀具或砂轮片等加工，加工时要防止试样产生分层，刻痕和局部挤压等机械损伤；加工试样时，可采用水冷却（禁止用油），但加工后，应在适宜的条件下对试样及时进行干燥处理。

对试样的成型表面尽量不要加工，当需要加工时，一般应单面加工，并在实验报告中注明。

二是由液状、粉状或粒状的试料经模塑成型为标准尺寸的试样，模塑成型的试样按产品标准或技术规范的规定进行制备。在实验报告中注明制备试样的工艺条件及成型时受压的方向。这时测试结果和模具结构、成型温度、成型压力、冷却速度及模具内试料的分布等有很大关系。高温、高压下成型还必须考虑冷却问题。由于冷却速度过快，就会使试样内部存在不同程度的内应力，从而影响性能。因此有些塑料在成型后要进行热处理来消除内应力。

如果用以成型的试料内含有水分、溶剂及其他易挥发物质时，当它在料筒或模具内受热时就会产生一些气态物质。当它们无法逃逸时，就会在试样内部形成气泡；如果模具设计不当，如浇口、流道太小等，也会产生各种缺陷。

规定合理的制备试样条件，才能避免因制样不当而影响测试结果的各种缺陷产生。因此，除了有专门的试样制备通用实验方法外，很多产品标准中还专门注明试样的制备条件。

橡胶试样的制备。

① 半成品试样用平板硫化机硫化。

a. 平板硫化机对模具的压力应不低于 2 MPa；

- b. 模具受到规定压力时, 开始计算硫化时间, 硫化时间允许误差为 ± 10 s;
- c. 模具工作面加工粗糙度 R_a 应不低于 $0.8 \mu\text{m}$;
- d. 平板硫化温度允许波动范围为 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

② 半成品实验与硫化之间的时间间隔不应少于 16 h, 也不准超过 3 个月 (若超过应在报告中注明), 试样在实验前, 在实验温度下放置时间不应少于半小时, 成品试样放置时间按产品标准规定执行。经砂轮打磨的胶片, 裁取试样前在室温下放置时间不应少于 2 h。

③ 半成品试样在放置过程中, 不应受机械应力, 热的作用及阳光的直接照射, 不应受到易引起橡胶溶胀、腐蚀的液体介质以及显著促进橡胶老化的气体的侵蚀。

④ 成品试样的制备应按产品标准规定进行。

⑤ 成品试样打磨时应按下列规定进行。

- a. 过厚试样应先切割到接近标准的厚度, 然后进行打磨;
- b. 表面粗糙的应进行打磨;
- c. 胶片打磨可先在 30 号砂轮上粗磨, 然后用 60 号砂轮修整表面, 再裁取试样;
- d. 砂轮的线速度为 $10\sim 12 \text{ m/s}$ (可用直径为 150 mm 的砂轮, 电动机转速为 1400 r/min)。

⑥ 硬质胶试样应进行机械加工, 把表层至少去掉 1 mm, 并使表面平滑。

⑦ 用裁片机裁取试样时, 裁刀的刀口用水或中性肥皂水溶液滑润。

⑧ 用裁片机裁取试样时, 一次只准裁取一个试样, 不准把胶片重叠在一起, 裁片时必须一次裁断, 不准重刀。

⑨ 试样的工作部分不应有任何缺陷和机械损伤。

⑩ 片状试样受力方向应与压延、压出方向一致。

注: 在实验方法中, 另有规定者除外。

⑪ 用分度 $1/100 \text{ mm}$ 的厚度计测量试样工作部分的厚度或高度, 厚度计压重为 $63\pm 2 \text{ gf}$, 测量面直径为 $6\pm 0 \text{ mm}$, 测量面与基准面应严格平行。

⑫ 只有用同一方法制备的同一规格的试样, 其实验结果才有可比性。

4. 实验结果

(1) 每个试样的性能值 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 。必要时, 应说明每个试样的破坏情况。

(2) 算术平均值计算到三位有效数字

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (0-1)$$

式中 x_i ——每个试样的性能值;

n ——试样数。

(3) 标准差计算到两位有效数字

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (0-2)$$

(4) 离散系数计算到两位有效数字

$$C_r = S / \bar{x}$$

式中符号同式 (0-1) 和式 (0-2)。

5. 实验报告

实验报告的内容包括以下各项或部分内容。

- ① 实验项目名称；
- ② 试样来源及制备情况，材料品种及规格；
- ③ 试样编号，形状，尺寸，外观质量及数量；
- ④ 实验温度，相对湿度及试样状态调节；
- ⑤ 实验设备及仪器仪表的型号，量程及使用情况等；
- ⑥ 实验结果，给出每个试样的性能值（必要时，给出每个试样的破坏情况）算术平均值、标准差及离散系数；
- ⑦ 实验人员，日期及其他。

四、为了保证实验顺利地进行，较好地完成教学大纲任务，在实验课中要遵守学生实验守则和安全守则

学生实验守则

- ① 实验室是培养学生理论联系实际，分析解决问题能力，养成科学作风的重要场所，爱护实验室是科学道德的一部分；
- ② 学生进入实验室就应自觉遵守实验室的各种规章制度，不得在实验室内抽烟，打闹；
- ③ 实验前认真阅读实验课教材和实验指导书，做到有准备，没有预习，不应开始做实验；
- ④ 在规定时间内进行指定内容的实验，禁止利用计算机玩电子游戏；
- ⑤ 在教师指导下严格按仪器操作规程进行实验，如实记录实验数据；
- ⑥ 实验中注意人身安全，一旦化学反应和仪器出现异常情况要及时向指导教师报告；
- ⑦ 实验完毕，应将各种仪器开关旋回初始位置，认真填写仪器使用登记表，打扫室内卫生，教师检查实验及其他，合格者方可离去；
- ⑧ 实验中注意节约，不准将化学药品，实验制品私自带出室外；
- ⑨ 在实验时学生必须听从指导教师安排，违反规定不听劝阻者，教师酌情批评，直至停止其实验。

高分子材料实验室安全守则

- ① 在高分子材料实验室进行防火、防人身事故的教育是正常工作不可缺少的部分；
- ② 实验室中易燃，易爆化学物质应远离明火及高温场地存放；
- ③ 高分子材料实验中的化学药品多数具有毒性，注意正确使用，尤其不要将过氧化物与促进剂简单混合，平常适当间隔放置；
- ④ 压力容器爆破实验应在安全防爆室内进行；

- ⑤ 防止将短纤维弄入眼内，造成不必要的眼伤；
- ⑥ 有条件的实验室，应备有专用工作服，进出实验室要穿外衣，以免将短纤维带回家中造成家人搔痒；
- ⑦ 认真操作材料试验机和油压机等机械设备，小心搬拆模具，防止机械碰伤。

实验一 高分子材料密度和相对密度测定实验

一、实验概论

测定高分子材料的相对密度和密度是十分必要的，可以初步估计高分子材料的类型和质量，计算高分子材料的质量和体积。如混炼胶中配合剂分散是否均匀可以从相对密度值均匀程度看出，磨损实验需用密度来计算实验结果。对某些特殊用途的高分子材料制品如防 X 光的围裙等，它的相对密度更是重要的技术指标。测定高分子材料密度的方法很多，下面仅介绍两种常用的方法，浮力法和分析天平法。

二、实验原理

直读式相对密度仪是根据高分子材料在液体中的浮力（若高分子材料的密度与液体相等时则悬在液体当中）和平行力系力矩平衡原理加以设计制造的。其试样相对密度 d 与测量机构之转角 α 存在线性关系，即：

$$d = \psi(\alpha)$$

分析天平法是根据阿基米德原理用天平称量高分子材料在空气和水中的质量。当试样浸没于水中时，其质量小于在空气中的质量，减小值为试样排开水的质量，试样的体积等于排开水的体积。

$$m_1 - m_2 = \bar{V}\rho_0 = \frac{m_1}{\rho}\rho_0$$
$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2}\rho_0$$

式中 m_1 ——高分子材料在空气中的质量，g；

m_2 ——高分子材料在水中的质量，g；

V ——试样的体积或试样排开水的体积， cm^3 ；

ρ ——试样的密度， g/cm^3 ；

ρ_0 ——水的密度，在标准室温下可认为是 $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。

三、实验仪器及样品

1. 相对密度仪

直读式相对密度仪的结构如图 1-1 所示。

2. 分析天平

精度为 $1/1000$ ，主要结构如图 1-2 所示。

3. 试样

① 直读式相对密度仪试样可为任意形状，质量需在 $3.5 \sim 12 \text{ g}$ 范围。

② 分析天平法用试样也可取任意形状，但质量不应少于 1 g 。

③ 试样不得有气泡，表面不应有漆膜、油污或杂质。

四、实验步骤

1. 直读相对密度仪法

① 将长臂 14 上的滑动砝码滑到底部，调整短臂 10 上的螺丝砝码 11，直到指针正

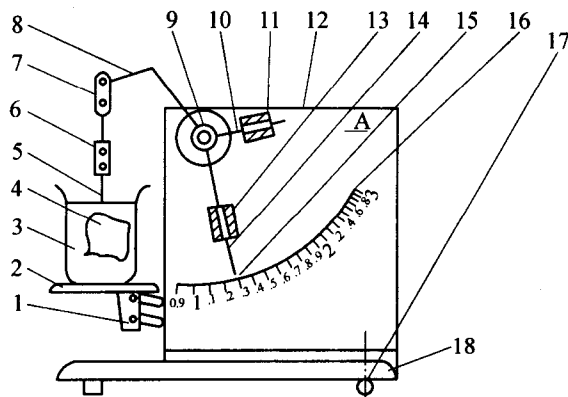


图 1-1 相对密度仪

1—抬起机构；2—托盘；3—烧杯；4—试片；5—针；6—插针座；7—锤钩；8—梁；
9—滚动轴承；10—短臂；11—两个螺丝砝码；12—刻度盘；13—两个滑动砝码；
14—长臂；15—指针；16—刻度线；17—水平调整螺丝；18—底座

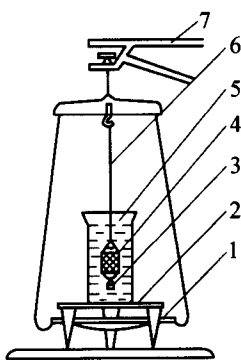


图 1-2 分析天平

1—天平盘；2—架子；
3—垫子；4—试样；
5—烧杯；6—铜丝或
毛发；7—天平梁臂

确地指在刻度‘1’处，并使两个螺丝砝码互锁。

② 将锤钩 7、插针座 6、针 5 一起拿下，用针将试片扎上，再固定在梁上。再调整长臂上两个滑动砝码 13，使指针在刻度盘 12 ‘A’ 线上。（调整时先将两砝码滑向内侧，再把外侧砝码拉出，指针接近 A 线时可转动两个砝码微调。）

③ 将烧杯内装满蒸馏水，放在托盘 2 上，放下梁使试片浮在水中，再逐渐抬起托盘，直到试片全部浸入水中，试片不能接触烧杯的壁或底部，插针座不能接触水。

④ 试片浮在水当中时，在刻度盘上指针指示的数值即为试样的相对密度。

2. 分析天平法

① 用分析天平称量试样在空气中的质量，精确到 0.001 g。

② 在天平盘上放置一小架，小架处于天平盘及吊篮的空档中，把盛有蒸馏水的烧杯旋置在小架上（如图 1-2 所示）。再用直径为 0.2 mm 以下的铜丝或毛发制的吊环，一头挂在天平吊

钩上，另一头拴试样，浸没在装有蒸馏水的烧杯中称量，精确到 0.001 g。

③ 若高分子材料相对密度小于 1 时，则在试样上另用铜丝挂一个坠子，把试样坠入水中进行称量，但应测定坠子及铜丝吊环在蒸馏水中的质量。

④ 试样在蒸馏水中称量时，其表面不应附有气泡，蒸馏水的温度应同试样温度相接近。

五、实验分析和结果

① 直读相对密度仪指针在试样悬浮到蒸馏水中央时所表示的数值就是试样的相对密度，无单位。



② 天平法测密度 (ρ) 按下式计算:

$$\rho = \rho_0 \cdot m_1 / (m_1 - m_2)$$

式中 m_1 ——试样在空气中的质量, g;

m_2 ——试样在水中的质量, g;

ρ_0 ——蒸馏水在实验温度下的密度, g/cm³。

当使用坠子时, 计算公式为:

$$\rho = \rho_0 \cdot m_1 / (m_1 + m_3 - m_4)$$

式中 m_3 ——坠子在水中的质量, g;

m_4 ——试样和坠子在水中的质量, g。

在标准实验室温度下, 水的密度可以认为是 1.00 g/cm³。

注: 为了精确计算试样密度, 应将实验温度下水的实际密度代入公式计算。

③ 代表每种试样的数量不少于 2 个, 取其算术平均值。

注: 测量以 g 为单位, 精确到 0.001 g, 实验结果以 g/cm³ 或 kg/m³ 为单位, 精确到 0.01 kg/m³。

