



普通高等教育环境工程教材

环境监测 实验教程

主 编 / 吉芳英 高俊敏 何 强



重庆大学出版社

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



普通高等教育环境工程

环境监测 实验教程

主 编 / 吉芳英 高俊敏 何 强

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是环境工程及相关专业所开设的环境监测课程的配套教材。本书积累了编者丰富的实验教学经验,共7章:第1章为绪论,介绍了环境监测实验的教学体系及考核方式;第2章为环境监测实验室基础,介绍了环境监测实验过程中常用的玻璃仪器及量器、实验用水的制备、称量仪器的使用等;第3章介绍了环境监测实验的基本操作,如溶解、过滤、蒸馏等;第4章介绍了环境监测实验数据处理的基本知识;第5,6,7章则根据环境监测实验的教学体系,分别列举了部分验证性实验、设计性实验和综合性实验等。教师可根据专业特点,有重点地选择部分实验进行教学。

图书在版编目(CIP)数据

环境监测实验教程/吉芳英,高俊敏,何强编著.

—重庆:重庆大学出版社,2015.11

普通高等教育环境工程教材

ISBN 978-7-5624-9422-5

I. ①环… II. ①吉…②高…③何… III. ①环境监测—实验—高等学校—教材 IV. ①X83-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 199686 号



普通高等教育环境工程教材

环境监测实验教程

吉芳英 高俊敏 何 强

策划编辑 林青山

责任编辑:文 鹏 姜 凤 版式设计:张 婷

责任校对:秦巴达 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆华林天美印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:11 字数:268千
2015年11月第1版 2015年11月第1次印刷
印数:1—1 500

ISBN 978-7-5624-9422-5 定价:24.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

环境监测是环境类专业重要的专业基础课程,是后续专业课程的基础性支撑平台之一,同时也是一门技术性很强的课程。作为一门应用性和实践性都很强的课程,环境监测实验是环境监测教学体系中相当重要的组成部分,它不仅能加深学生对相应课程理论知识的理解和掌握,同时对培养学生理论与实际相结合的操作技能,分析问题和解决问题的能力,以及实事求是、精益求精的科学态度等都有着重要的作用。

为了满足社会对环境类专业人才的最新要求,我们在总结多年实验教学经验和参考其他优秀实验教材的基础上,根据全国高校环境科学和环境工程专业教学大纲中实践教学的基本要求,编写了这本环境监测实验教材。该书编写的主要宗旨是:既要考虑对学生基本技能的训练,又要考虑对学生创新能力的培养;既要适合广大环境类专业本科生和研究生使用,也可供环境监测实验教学指导教师参考;反映最新环境监测技术的发展和国家标准分析方法的更新。

根据以上宗旨,本书内容共分7章:第1章为绪论,介绍了环境监测实验的教学体系及考核方式;第2章为环境监测实验室基础,介绍了环境监测实验过程中常用玻璃仪器及量器、实验用水的制备、称量仪器的使用等;第3章介绍了环境监测实验的基本操作,如溶解、过滤、蒸馏等;第4章介绍了环境监测实验数据处理的基本知识;第5,6,7章则根据环境监测实验的教学体系,分别列举了部分验证性实验、设计性实验和综合性实验。教师可根据专业特点,有重点地选择部分实验进行教学。

本书具有以下特点:①每个验证性实验都增加了前言,在学生做实验之前,向学生介绍该实验的意义、应用方向和价值,以及做实验前应了解的相关知识等,从而调动了学生的学习积极性,促使学生主动查找文献并研究该实验内容,提高了实验教学质量。②把新方法、新技术、国家新标准和新规范引入实验教学中,进一步丰富和完善了教学内容。③既有传统的验证性实验,又有设计性实验和综合性实验等,在培养学生基本实验技能的同时,培养学生主动学习、探索并灵活应用知识解决实际问题的能力,培养严谨的科学态度及团队合作精神。同时增加了对设计性实验和综合性实验教学方式的探讨,可供教师在指导实验教学过程中参考。④除介绍相关实验内容外,还介绍了相应的实验基本操作技术、数据处理方法等,以便学生在预习中查阅,从而使本书具有部分工具书的功能。

本书主要由吉芳英、高俊敏、何强等课程组成员共同编写完成,吉芳英教授对全书进行了统稿、审核和定稿。本书的出版得到了教育部“十二五”实验示范中心建设项目基金的资助,在编写过程中,重庆大学城市建设与环境工程学院的广大教师和研究生(如张树青、罗祥、孙秀前、朱孔睿)也为我们提供了帮助和支持,在此表示衷心的感谢。另外,也感谢所有本书的参考文献的编著者们,他们前面的辛勤劳动,使我们学习到很多宝贵的经验。

由于本书的涉及面广,编著的水平有限,书中的错误和疏漏在所难免,敬请各位专家和读者指正。

编者

2015年6月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 环境监测实验教程的编写目的	1
1.2 环境监测实验教学体系	2
1.3 环境监测实验考核方法	7
第2章 环境监测实验室基础	9
2.1 环境监测实验常用玻璃仪器及量器	9
2.2 常用容器的洗涤、干燥与保存	16
2.3 实验用水	21
2.4 化学试剂与溶液的配制	25
2.5 称量仪器的使用	32
2.6 实验室的环境条件	35
2.7 实验室的安全与管理	35
第3章 环境监测实验的基本操作	37
3.1 溶解	37
3.2 过滤	38
3.3 蒸馏	39
3.4 萃取	42
3.5 加热	44
3.6 滴定	45

第4章 监测实验数据处理	48
4.1 有效数字及近似计算	48
4.2 分析结果的统计要求	50
4.3 监测结果的表述	54
4.4 监测数据的回归处理与相关分析	56
4.4 环境监测数据结果表示方法	57
第5章 环境监测验证性实验	61
实验一 废水中悬浮物的测定——重量法	61
实验二 水中氨氮的测定——纳氏试剂分光光度法	63
实验三 水中总磷的测定——钼酸铵分光光度法	67
实验四 水中铬的测定——二苯碳酰二肼分光光度法	70
实验五 环境水样中溶解氧的测定——碘量法	74
实验六 水中化学需氧量的测定——重铬酸钾法	76
实验七 五日生化需氧量的测定——稀释与接种法	80
实验八 地表水中石油类和动植物油类的测定——红外分光光度法	86
实验九 水中挥发酚的测定——4-氨基安替比林分光光度法	91
实验十 环境空气中可吸入颗粒物(PM_{10})的测定——重量法	95
实验十一 环境空气中二氧化硫(SO_2)的测定——甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法	98
实验十二 环境空气中氮氧化物(一氧化氮和二氧化氮)的测定——盐酸萘乙二胺分光光度法	103
实验十三 大气降水中氟、氯、亚硝酸盐、硝酸盐、硫酸盐的测定——离子色谱法	108
实验十四 土壤中农药残留量的测定——气相色谱法	111
实验十五 固体废物中金属Cd的测定——原子吸收分光光度法	116
实验十六 区域环境噪声监测	119
第6章 环境监测设计性实验	123
实验一 环境水样的全氮分析	123
实验二 大气中可吸入颗粒中多环芳烃的测定	124
实验三 固体废物浸出毒性的检测	125
实验四 金鱼毒性试验	126
实验五 头发中含汞量的测定	127
实验六 交通噪声监测	127
第7章 环境监测综合性实验	129
实验一 校园生活污水水质监测与污水处理方案的选择	129
实验二 校园生活饮用水水质监测与评价	132
实验三 校园湖泊水质监测与评价	134
实验四 校园游泳池水质监测与评价	136

实验五 校园空气环境质量现状监测与评价	138
实验六 室内空气质量监测与评价	140
附录	143
附录 1 实验室常用酸碱的相对密度、质量分数和物质的量浓度	143
附录 2 实验室常用基准物质的干燥温度和干燥时间	144
附录 3 常见化合物的相对分子质量	144
附录 4 生活饮用水水质标准(GB 5749—2006)(摘录)	149
附录 5 地表水环境质量标准(GB 3838—2002)	154
附录 6 环境空气质量标准(GB 3095—2012)	157
附录 7 室内空气质量标准(GB/T 18883—2002)	159
附录 8 生活垃圾填埋场污染控制标准——浸出液污染物浓度限值(GB 16889—2008)	160
附录 9 中国危险废物浸出毒性鉴别标准(GB 5085.3—2007)	161
附录 10 城市区域环境噪声标准(GB 3096—2008)(摘录)	162
附录 11 分析实验室用水规格和试验方法(GB/T 6682—2008)	162
参考文献	167

1.1 环境监测实验教程的编写目的

我国《高等教育法》规定：“高等教育的任务是培养具有创新精神和实践能力的高级专门人才”。随着我国经济体制从计划经济向市场经济转变，社会就业单位对本科生的创新精神和解决实际问题的能力提出了更高的要求。为了适应社会发展的需要，教育部高等学校环境科学与工程专业教学指导委员会制订了环境类专业本科培养方案和教学基本要求，鼓励各高校根据市场经济需求并结合各自特点，编制具体的教学计划，并强调加强基础教学，加强实践环节，努力提高环境类专业学生的创新精神和实践能力。实验教学是知识与能力、理论与实践相结合的关键，是训练技能、培养创新意识的重要手段，是培养高素质应用型人才的重要途径，在高等教学体系中占有十分重要的地位。

“环境监测实验”是环境科学，环境工程，资源与环境，草业、农业资源与利用等专业的一个非常重要的教学实践环节，其任务是使学生进一步掌握环境监测原理、技术及常见环境污染物的测定，学习环境监测的基本技能，包括优化布点、样品采集、样品运输和保存、前处理、分析测试、数据处理等，宗旨是培养学生理论与实际相结合的操作技能，实事求是、精益求精的科学态度，以及分析问题和解决问题的实践能力。其实用性强，涉及的知识面宽，如化学分析、仪器分析、物理测试和生物测试等，操作要求严格，实验现象复杂多变，实验数据处理量大，对数据精密度、准确度要求高，同时影响实验成败的因素较多：如环境条件的变化、仪器的精密度和稳定性、试剂的纯度和处理方法、操作者的基本技能和对实验相关知识的掌握情况等，因此在培养学生基本实验技能，分析、解决问题的能力，正确的思维方式及严谨的研究作风等方面起着不可替代的作用。

环境监测是一门应用技术，随着科学技术的进步，其变化、发展特别快，因此，环境监测实验教学大纲、教材、实验课程的内容和实验手段也要与时俱进，才能保证实验教学的先进性。环境监测实验教学只有不断进行改革，加强学生分析问题、解决问题能力的培养，加强学生设

第 **1** 章

金属材料的性能

金属材料在现代机械制造中应用广泛。为满足机械零件或工具的使用要求、寿命要求、便于加工制造等,金属材料应具备一定的性能。金属材料的性能可分为使用性能和工艺性能。使用性能是指为保证零件或工具的正常工作和寿命要求,材料应具备的性能,它包括力学性能、物理性能和化学性能;工艺性能是指为保证零件或工具的加工顺利和加工质量,材料应具备的性能,如铸造工艺性、锻造工艺性、焊接工艺性及切削加工工艺性等。

1.1 金属材料的力学性能

机械零件或工具在制造和工作时都要承受各种形式的外力作用,其选用的材料应具备相应的力学性能。金属材料在外力(载荷)作用下显现出来的性能,称为力学性能。金属材料常用的力学性能有强度、塑性、硬度、冲击韧性、疲劳抗力及断裂韧性等。

1.1.1 强度

金属材料在载荷作用下抵抗变形或断裂的能力,称为强度。按载荷性质不同,强度有静载强度和变载强度。

(1) 静载强度

金属材料在静载荷作用下抵抗变形和断裂的能力,称为静载强度(简称强度)。金属材料在载荷作用下,先产生弹性变形,载荷增至一定值后产生弹塑性变形,随载荷继续增加,塑性变形逐渐增大直至发生断裂。测定金属材料的强度指标常用拉伸试验。

1) 拉伸试验

拉伸试验在拉伸试验机上进行。首先将被测金属材料按 GB/T 228—2002 制成标准试样(常用标准圆截面试样,见图 1.1),并安装在拉伸试验机的两个夹头上,然后对试样缓慢施加轴向拉力 F ,随拉力缓慢增大,试样逐渐被拉长直至断裂。观察并测定拉力和伸长量的关系,绘出拉伸曲线。

1.2.2 设计性实验

设计性实验是介于验证性实验与综合实验之间具有模拟科研实验性质的实验,是一种以学生为主导,结合基础课程和专业课程进行的独立解决问题的训练。通过验证性基本实验的训练,学生在初步掌握环境监测实验的常识和最常用的基本操作技能,初步具备了分析问题和解决问题的能力后,适当安排一些设计性实验可以活跃实验教学的气氛、开拓学生的思路、培养学生的自主创新意识和团队合作精神。设计性实验在一定程度上克服了传统验证性实验的弊端,对培养学生的实践能力、知识综合运用能力和创新意识具有重要作用。

1) 设计性实验的特点

设计性实验一般具有以下基本特点:

(1) 实验技能的综合性

设计性实验是在完成了基础实验课程的教学、在学生已经具备了一定的理论知识和基本的实验技能的基础上进行的,实验的题目具有综合性,要求学生综合应用所学理论知识和实验技能才能完成实验的全过程,有利于培养学生综合应用所学知识解决实际问题的能力。

(2) 实验操作的独立性

设计性实验只给任务书,不给实验指导书,要求学生自行查阅和收集资料、设计实验方案并开展实验。在实验过程中,学生自始至终是活动的主体,体现了以学生为中心的教育思想,有利于充分发挥学生的主观能动性和独创性。

(3) 实验过程的研究性

设计性实验是一种具有对科学实验全过程进行初步训练特点的教学实践,实验的进行可能有多种方法,给学生提供了较宽阔的思考空间和选择余地,可以发挥各自的思维与想象力,使学生的创新意识和能力受到启发与锻炼。

2) 设计性实验题目的设计

设计性实验在实验内容上要突出实践性和实用性。设计性实验课题可根据自己单位及当地的实际情况,选择教师科研项目中的一部分,也可由教师自拟,由验证性实验转变而成。例如,将“纳氏试剂比色法测定水样氨氮”和“亚硝酸盐氮的荧光光度法测定”等验证性实验综合成设计性实验“环境水样的全氮分析”,由学生自行设计水中氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、有机氮、总氮等的测定方法,并由测定结果评价水体自净情况,培养学生设计实验及优化分析方案的能力和解决实际环境问题的能力。本科阶段的设计实验课题不宜过于复杂,除了考虑教学课时以外,还要考虑实验室的具体条件并努力避开高压、剧毒和高度易燃易爆等不安全因素。在设计性实验的选择中,注意从以下几个方面的考虑:

①设计性实验的选题要具有一定的探索性和挑战性,进一步为学生提供思考的时间和创造的空间,使他们由被动学习变成主动学习,同时能提高学生的实验能力和科学素质;

②应选择实验内容较为先进,难度适中,具有一定综合性的实验题目作为设计性实验;

③选择的设计性实验需要在团队合作下完成,能体现学生的团队合作精神;

④设计性实验最好与实际应用相结合,实验结果具有一定的实用性;

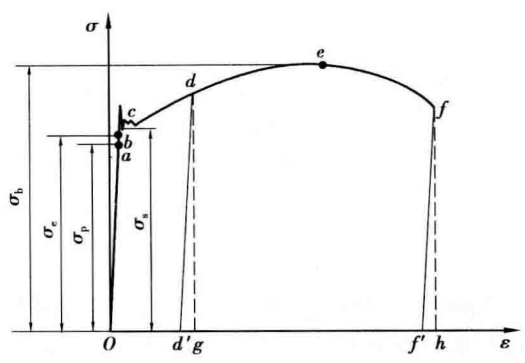


图 1.3 低碳钢应力-应变曲线

②屈服极限

屈服极限是指试样在屈服时承受的拉应力 σ_s (MPa)。其计算公式为

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0}$$

式中 F_s ——试样在屈服阶段承受的拉力, N。

对于没有明显屈服现象的金属材料(如铸铁),其应力-应变曲线(见图 1.4)中没有屈服平台,规定以产生 0.2% 残余应变时的应力作为其屈服极限,称为条件屈服极限或屈服强度,用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ 均表示在拉力作用下,金属抵抗明显塑性变形的能力。

③抗拉强度

抗拉强度是指试样在断裂前承受的最大拉应力 σ_b (MPa)。

其计算公式为

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0}$$

式中 F_b ——试样拉断前承受的最大拉力, N。

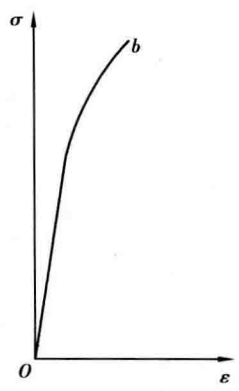


图 1.4 铸铁的应力-应变曲线

抗拉强度表征金属在拉力作用下抵抗断裂的能力。

(2) 变载强度

最常用的变载强度是疲劳强度,它是指金属材料在交变载荷作用下抵抗疲劳断裂的能力。许多机械零件在工作过程中承受交变载荷的作用,会在远小于强度极限,甚至小于屈服极限的应力作用下,经多次($N > 10^4$ 次)载荷循环发生脆性断裂(即疲劳断裂)。金属材料发生疲劳断裂时,均不产生明显的塑性变形,具有很大的危险性。

疲劳强度通过相应疲劳试验测定的疲劳曲线确定。金属承受的最大交变应力与断裂前应力循环次数之间的关系曲线,称为疲劳曲线(即 $\sigma-N$ 曲线)。如图 1.5 所示的曲线 1 为中低强度钢和铸铁的疲劳曲线。当交变应力小于某一值时疲劳曲线呈水平线,表示金属材料经无限次应力循环而不断裂。因此,中低强度钢和铸铁规定以循环 10^7 次不断裂的最大交变应力作为疲劳强度指标,称为疲劳极限(σ_{-1})。如图 1.5 所示的曲线 2 为有色金属、不锈钢和高强

实验前对自己实验所需药剂列出清单,实验室工作人员在实验前为学生准备好实验所需的药品和器皿。实验期间所用试剂均由学生自己配制、自行设计实验记录表格,记录实验结果,并要求详细记录实验现象,及时对实验中出现的問題进行分析,并及时和教师沟通,不允许修改实验数据。

(5) 数据处理

每组学生对本组获得的实验结果进行处理,运用统计学知识分析方案的可行性。实验结果要求学生运用计算机完成数据表格和图表的绘制,实验完成后学生需提交科技论文格式的实验报告。

1.2.3 综合性实验

和设计性实验一样,综合性实验也是建立在验证性实验的基础之上,是运用相关知识或实验方法、实验手段对学生的理论学习、实验技能与思维方式进行全面训练的一种复合性实验,是实验内容、方法与运行模式的最大优化。它一般是由指导教师提出问题,由学生在充分理解基本原理的基础上,通过综合运用课堂上学过的有关知识,包括已开设的实验和一些还没有开设的实验,自己设计出实验方案并加以实施,最终独立地完成一项或几项综合性实验任务,撰写实验报告或实验论文。其特点在于实验内容的综合性、实验手段与方法的多样性,目的在于锻炼学生对知识综合应用的能力,培养学生科学思维的能力,分析和解决复杂问题的实践能力。综合性实验涉及的知识面宽,综合程度大。对这类实验,教师的职责更多的是指出实验的思想和解决问题的方法,给学生更多的自主性,增强实验动手能力和接受新技术的科学素养,培养学生综合运用多学科的理论知识,全面分析问题和解决问题的能力以及团队合作精神。

1) 综合性实验题目的设计

与验证性和设计性实验相比,综合性实验把同一章节或多个章节的几个实验组合在一起,同时可能融合其他课程的内容,涉及多个知识点,加强了实验与理论联系的系统性以及各课程之间的相互联系。对于综合性实验,要着重突出综合的特点。教师可以选择当地的环境问题作为研究对象,或将环境监测站的实际生产工作内容引入实验教学,把环境监测实验教学与实际环境监测及环境质量评价等结合起来开设综合性实验,并且注意实验与理论联系的系统性。例如,空气中气态污染物质和颗粒物的测定分别在空气和废气监测中的第四节和第五节讲述,对应的验证性的实验有环境空气中总悬浮颗粒物(TSP)的测定、环境空气中可吸入悬浮颗粒物(PM_{10})的测定、环境空气中二氧化硫(SO_2)的测定和环境空气中二氧化氮(NO_2)的测定等,可将这几个验证性的实验与环境评价课程相结合设计成综合设计性实验“大学校园空气环境质量监测与评价”。该综合设计实验要求学生自己设计实验方案,选择适宜方法进行布点,确定采样频率及采样时间,测定空气中二氧化硫、氮氧化物、TSP和 PM_{10} 等指标,并根据这些污染物的监测结果,计算空气质量指数(AQI),描述空气质量状况,对校园空气环境质量现状进行评价。又如,水和废水监测中物理指标pH、色度、浊度、电导率、固体悬浮物及化学指标溶解氧、化学需氧量、氨氮、生化需氧量等在环境监测书里是在不同的章节里讲述的,这些指标分别对应不同的验证性实验,可将这几个验证性实验与水污染控制课程相结合设计成综合设计性实验“校园生活污水水质监测与污水处理方案的选择”,要求学生自己设计监测方案,对校园

抵抗断裂的能力,称为冲击韧性。冲击韧性指标由冲击试验测定。

(1) 冲击试验

冲击试验在摆锤式冲击试验机上进行。先将被测金属制成带 U 形(或 V 形)缺口的标准冲击试样(见图 1.6),再将试样放在试验机支座的支承面上,缺口背向摆锤冲击方向(见图 1.7(a)),然后将质量为 G 的摆锤举至一定高度 H_1 ,最后摆锤自由落下将试样冲断,并反向摆至一定高度 H_2 (见图 1.7(b))。通常以试样在一次冲击试验力作用下冲断时所吸收的功即冲击吸收功 A_k (J)作为冲击韧性的指标,即

$$A_k = G(H_1 - H_2)$$

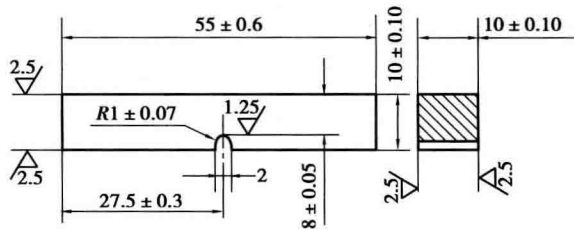


图 1.6 冲击试样(U 形缺口)

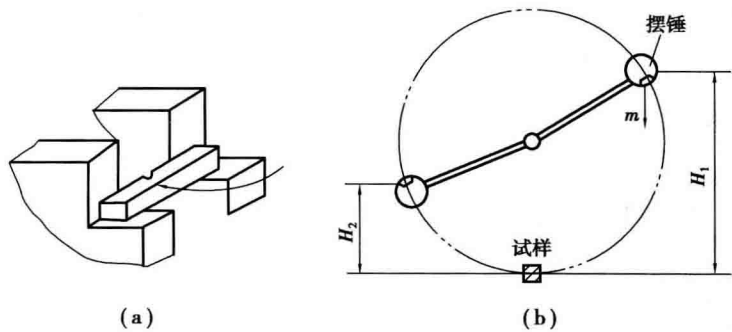


图 1.7 冲击试验原理示意图

实际试验时, A_k 值可从试验机刻度盘上直接读出。我国习惯上以冲击韧度 α_k (J/cm^2) 作为冲击韧性指标。

$$\alpha_k = \frac{A_k}{S}$$

式中 S ——试样缺口处横截面积。

冲击吸收功或冲击韧度越大,材料的冲击韧性越好。

(2) 冲击韧性的影响因素及作用

材料的 α_k 值受很多因素影响,不仅与试样形状、表面粗糙度、内部组织有关,还与温度密切相关。因此,冲击韧性一般只作为选材的参考,而不作为计算依据。

由于冲击韧性对材料内部的缺陷和组织变化十分敏感,且测定操作简便,故常用于检验材料热加工和热处理的质量。

生需要准备实验仪器和药品,进行采样,测试分析,处理数据,书写实验报告,总结实验结果。这样实验的主体转变成学生,整个实验过程由学生独立设计和操作,每个学生都参与其中,指导老师的角色主要是指导者和评判者。这样既提高了学生学习的积极性、自主性,又可培养学生的团队合作精神。

此外,开放性是综合性实验教学的重要训练单元。综合性实验要求时间较长或者由于实验难度较大在一个单位时间内无法完成,学生可以统一在开放时间内和教师或教辅人员联系进行实验,实验指导老师随时进行辅导。综合性实验使学生不仅可以灵活掌握各个实验的方法,也巩固了以前所学到的基本实验操作技术,更重要的是提高了学生的主动性、自觉性和设计创新能力,把所学的基本操作技术系统地贯穿起来用于实际工作中。它要求学生能综合应用所学知识及多种实验技能,解决有一定难度的实际问题。这样学生就能够有机会充分发挥自己的创造性,锻炼自己解决实际问题的能力,这对他们今后工作和学习将是非常有益的。总之,综合性实验是提高学生综合、创新、创造能力和培养团队合作精神的重要途径。

1.3 环境监测实验考核方法

环境监测实验目的是使学生学习和掌握环境监测实验的基本操作技能、各种常用环境监测仪器的操作方法,深化对环境监测基本概念和理论的理解,同时通过设计性和综合性实验使学生熟悉监测的全过程,培养学生实际操作、观察分析、查阅文献、书面表达以及团结协作等能力,尤其是培养良好的科学素养、实事求是的科学态度和创新意识,提高学生综合素质。学完本课程后要求学生对环境监测中遇到的问题应有独立分析与解决的能力,针对实验中涉及的项目应能熟练操作,掌握质量控制的方法、实验的关键环节、干扰消除方法,能正确地进行数据处理。环境监测实验考核除了要体现对实验原理、基本操作技能等的考查外,更重要的是要考查学生在实验方案设计、实验操作等方面的实际能力,以及把握实验过程注意事项和对现象结果分析等环节上的综合能力,因此,必须全面客观地对学生的实验成绩进行评价。实验考评的目的是为了促进学生学习,调动学生学习的积极性。为了达到目的,必须对学生实验成绩进行公平公正评价,建立完善的考评制度。我们可以依据学生平时实验出勤率、实验方案正确性(设计性和综合性实验)、实验操作过程、实验结果的合理性、报告的撰写等进行多元化综合评定。为了激发学生的实验兴趣,提高实验能力,对不同性质的实验课程采用不同的实验考核方法,具体如下:

1) 验证性试验

实验完成后可以组织学生进行实验基本操作考核,最后学生的实验成绩按平时的实验态度、实验完成情况、实验报告以及实际操作考核4个方面记录,期末作为课程成绩的依据。

2) 设计性、综合性实验

每次实验都按实验态度、实验方案的制订、实验完成情况和实验报告4个方面记录每个学生的实验成绩,期末作为课程成绩的依据,原则上不再单独进行考试。实验态度是指学生的出

表 1.1 3 种洛氏硬度标度

符 号	压头类型	总试验力/N	有效值范围	应 用
HRA	120°金刚石圆锥体	60 × 9.8	70 ~ 85 HRA	硬质合金, 表面淬硬层、渗碳淬硬层
HRB	1.588 mm 钢球	100 × 9.8	25 ~ 100 HRB	有色金属, 退火、正火钢
HRC	120°金刚石圆锥体	150 × 9.8	20 ~ 67HRC	淬硬钢, 调质钢

洛氏硬度试验法操作迅速简便、压痕小,可测试成品零件和较硬较薄的零件。但是,由于压痕小,对组织和硬度不均匀的材料,硬度值波动较大,同一试样应测试 3 点以上取其平均值。

(3) 维氏硬度

维氏硬度试验在维氏硬度计上进行,其试验原理与布氏硬度相似(见图 1.9)。在试验力 F 作用下,将相对面夹角为 136° 的正四棱锥体金刚石压头压入试样表面,保持一定时间后卸除试验力,在试样表面留下对角线长度为 d 的正四棱锥压痕,以试验力 F 除以压痕表面积 S 的商作为维氏硬度值(N/mm^2),符号为 HV。实际进行维氏硬度试验时,可根据试验力 F 和测得的对角线长度 d 在维氏硬度表上查得硬度值。维氏硬度标注时,硬度值写在符号之前,如 640HV。

维氏硬度试验的测试精度较高,测试的硬度范围大,被测试样的厚度或表面深度几乎不受限制(如能测很薄的工件、渗氮层、金属镀层等)。但是,维氏硬度试验操作不够简便,试样表面质量要求较高,故在生产现场很少使用。

不同硬度试验法测得的硬度不能直接进行比较,必须通过硬度换算表(见附录表 I)换算成同种硬度后,方能比较其高低。

(4) 硬度与其他力学性能及耐磨性的关系

硬度是最常用的力学性能指标。这是由于硬度试验法简便快速,不需专门试样,不破坏被测零件,且与强度、塑性、韧性及耐磨性之间存在一定的关系。在正确热处理和具有正常组织条件下,在一定的硬度范围内($20 \sim 60\text{HRC}$),金属的硬度越高,其抗拉强度、耐磨性越高,塑性、韧性越低。钢的硬度与抗拉强度存在下面的近似经验关系,即

$$\sigma_b \approx 3.5 \text{ HB(或 HV)}$$

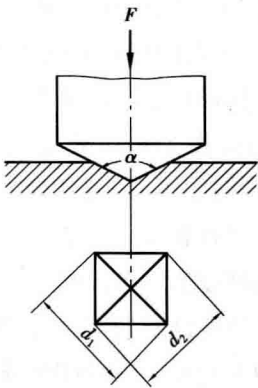


图 1.9 维氏硬度试验原理图

环境监测实验室基础

2.1 环境监测实验常用玻璃仪器及量器

2.1.1 玻璃材质分类及性能

玻璃可分为软质玻璃、硬质玻璃、高硅氧玻璃。

(1) 软质玻璃

软质玻璃(又称普通玻璃)有两种:一种是钙钠玻璃,它的主要成分是二氧化硅、氧化钙、氧化钠等;另一种是钾玻璃,它的主要成分是二氧化硅、氧化钙、氧化钾、氧化铝、氧化硼等。软质玻璃有一定的化学稳定性、热稳定性和机械强度,透明性好,易于灯焰加工,但热膨胀系数较大,易炸裂破碎,因此多制成不需加热的仪器,如试剂瓶、漏斗、干燥器、量筒、玻璃管等。

(2) 硬质玻璃

硬质玻璃的主要成分是二氧化硅、碳酸钾、碳酸钠、碳酸镁、四硼酸钠、氧化锌、氧化铝等,也称硼硅玻璃。硬质玻璃的耐温、耐腐蚀、耐电压及抗击性能好,膨胀系数小。可用来制造加热的玻璃仪器,如烧杯、烧瓶、试管、蒸馏仪器等。

(3) 高硅氧玻璃

高硅氧玻璃是由二氧化硅、硼酸和碱性氧化物(如氧化钠、氧化钾等)结合而形成的具有网状结构的一种玻璃。它的熔点高,比石英的熔点仅低 100 ℃ 左右,有时可替代熔融的石英制品。

2.1.2 常见玻璃仪器

1) 环境监测实验常用玻璃仪器的名称、用途及注意事项

表 2.1 中介绍了环境监测实验中最常用的玻璃仪器。在这些玻璃仪器中,有些是磨口仪