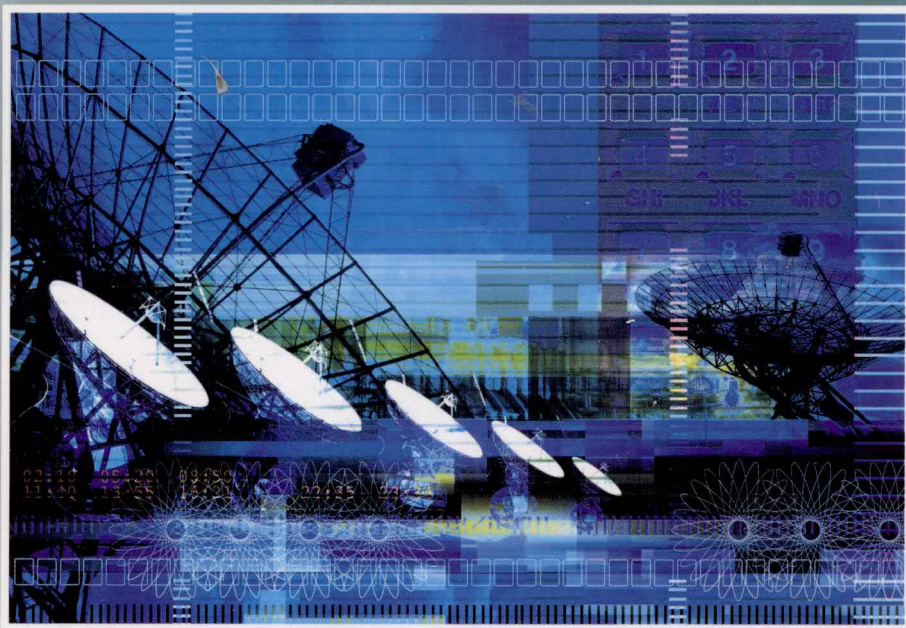


十二五规划教材·实验技能类

实验技术基础

SHIYAN JISHU JICHU

主编 罗积军 徐 军



西北工业大学出版社

高等学校十二五规划教材·实验技能类

实验技术基础

主 编	罗积军	徐 军	
编 者	罗积军	徐 军	张清华
	侯素霞	赵云芳	李育新

西北工业大学出版社

【内容简介】 全书内容分为三篇:第一篇介绍实验的基本知识、基本实验方法、基本测量技术、实验数据和实验现象的获取、分析、归纳和总结;第二篇介绍基本测量仪器与基本器件,阐述了基本器件参数的测量方法;第三篇介绍了实验测量实例。书末附有仿真软件,虚拟仪器简介,常用电气符号、元器件标志及命名方法,热电偶分度表等内容。

本书既可作为理工类专业的基础实验教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

实验技术基础/罗积军,徐军主编. —西安:西北工业大学出版社,2011.7
ISBN 978-7-5612-3117-3

I. ①实… II. ①罗…②徐… III. ①实验技术—基本知识 IV. ①G312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 133280 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:15.25

字 数:367 千字

版 次:2011 年 10 月第 1 版 2011 年 10 月第 1 次印刷

定 价:32.00 元

前 言

“实验技术基础”是学员系统学习实验的基础知识、实验方法、测量技术的入门课程。通过本课程的学习,可提高学员实验理论方面的素养,培养学员综合应用知识解决实践问题的能力,以及培养学员严肃认真、求实求真的科学作风,为后续实验课程的学习打下基础。

本书在对实验理论与技术系统介绍的基础上,注重对学员基本实验技能的训练,通过实验掌握基本实验技能、实验方法和使用仪器仪表进行数据采集、观察、处理和分析的方法,培养学员运用实验理论分析和解决问题的能力,开发学员的智力和创造力。根据课程标准的要求和一年级学员的实际情况,本书在编写的时候,特别注重教材的基础性、启发性和实用性,在突出实验的基本知识、基本方法、基本测量技术和基本仪器使用的基础上,将现代教育理念、现代教育技术和现代测试技术融入到实验教学之中。

本书由实验技术基础、基本测量仪器与基本器件和实验测量实例三篇组成。第一篇主要介绍基本实验知识、基本实验方法、基本测量技术,实验数据和实验现象的获取、分析、归纳和总结;第二篇主要介绍常用测量仪器仪表的原理及使用,介绍基本器件;第三篇主要进行实验的基本方法和技能训练,在实验项目的设置上,突出基础性实验。每一个实验都给出了实验目的、实验原理、实验内容和要求,便于学员预习。实验后的思考题留给学员课后完成,促进学员对实验现象及结果作深入的思考和探索,逐步培养其创新能力。

本书博采众长,参考了国内相关优秀实验教材的编写经验,融入了基础实验中心多年来的教学改革与实践的成果,是在基础实验教学第一线工作的广大教员辛勤耕耘的结晶。尽管一些教员没有直接参加编写工作,但本书仍凝聚着他们的汗水和智慧。在此,向对本书作过贡献的所有同志表示衷心的感谢。

本书由罗积军、徐军任主编,参编人员有罗积军、徐军、张清华、侯素霞、赵云芳、李育新,全书由罗积军负责统稿。

由于水平所限,加之时间仓促,书中难免有错误和疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者
2011年4月

目 录

第一篇 实验技术基础

第 1 章 绪论	3
1.1 实验技术概述	3
1.2 实验技术的发展	3
1.3 实验技术的现状	5
1.4 科学实验的基本过程	7
1.5 实验教学环节	10
思考题	11
第 2 章 基本测量技术	12
2.1 测量的概念	12
2.2 测量的分类	12
2.3 常用测量方法	16
2.4 电子测量技术	21
2.5 非电量电测技术	24
2.6 计算机虚拟实验技术	27
思考题	33
第 3 章 测量误差和实验数据处理	34
3.1 误差	34
3.2 不确定度	40
3.3 测量结果和不确定度的确定	41
3.4 有效数字	43
3.5 数据处理方法	47
思考题	65

第二篇 基本测量仪器与基本器件

第4章 基本测量仪器	69
4.1 力学量测量仪器	69
4.2 热学量测量仪器	76
4.3 电学量测量仪器	79
4.4 光学量测量仪器	117
4.5 智能仪器和虚拟仪器	124
思考题	128
第5章 基本器件	130
5.1 电阻	130
5.2 电容	138
5.3 电感	141
5.4 二极管	145
5.5 三极管	151
5.6 继电器	153
5.7 电子元件封装	156
5.8 光学器件	158
思考题	162

第三篇 实验测量实例

第6章 实验测量实例	165
实验1 基本测量	165
实验2 万用表的调节与使用	168
实验3 示波器的调节与使用	171
实验4 温度的测量	176
实验5 电子元件参数测量	178
实验6 基本电路虚拟仿真实验	181

实验 7 晶体二极管的伏安特性测量	183
实验 8 电桥法测定电阻	187
实验 9 电表改装	189
实验 10 整流滤波	194
实验 11 光照度的测量	196
实验 12 位置的传感与测量	198
附录	205
附录 1 Multisim 仿真软件简介	205
附录 2 DSO500(五合一)虚拟仪器	215
附录 3 部分电气图形符号	224
附录 4 常用电子元器件型号命名法	226
附录 5 常用电子元器件的标志内容及方法	229
附录 6 仪表工作原理的图形符号	232
附录 7 铜-康铜热电偶分度表	234
参考文献	235

第一篇 实验技术基础

第 1 章 绪 论

1.1 实验技术概述

实验是人们认识自然和进行科学研究的一种重要手段。一个科学的设想得以实现往往需要进行大量的实验,总结多次失败的经验才能取得成功,一个创新的理论更需要通过实验来检验它是否成立。

实验在科学的发展历史中往往起到关键作用,电磁学理论的建立是典型的实例之一。1819年至1820年奥斯特和安培先后在实验中发现电流对磁针的作用力和载流线圈之间的作用力。之后的1831年,迈克尔·法拉第在总结实验规律的基础上发现了电磁感应定律。1873年,麦克斯韦用数学方法创立了电磁场理论,直至1889年,赫兹实现了电磁波的传播,证实了麦克斯韦的理论,从而形成统一的电磁理论。从电磁理论建立过程可以看到实验起到了关键作用。

实验在推动科学的发展和检验理论的正确性方面有着极其重要的作用。从教学来讲,实验是教学方式之一,是重要的实践环节,通过实验掌握科学实验的基本理论、实验技能,提高动手能力,也有利于培养学员创新意识、实事求是和团结协作的工作态度,在学员的能力培养中所起的作用是所有其他教学形式所不能替代的。

实验的一个最基本的结果是提供表示现象或物体的可定性、定量测定的属性——量。量是以数值与单位来表示的。实验结果是认识世界或事物、检验理论或假定的依据,因此,对实验的要求首先是结果应该是正确的,实验结果的正确与否直接影响人们对客观事物的认识。但由于种种原因,实验并不能完全真实地反映客观事物的本来面貌。为了确定人们对事物认识的可靠程度,首先要确定实验结果的可靠程度,即实验结果除了要给出量的量值、单位外,还必须给出量值的可靠程度。实验结果的可靠程度以及可靠程度的确定,决定于实验装置与实验者的实验技术,因此,要学习用实验手段正确地获取实验结果的技能。

正确获取各待求量是人们认识客观事物的初级阶段,同时,还必须对这些结果作进一步的加工和处理,进行科学的归纳、抽象,找出客观事物的内在联系和规律,这也是实验的另一重要内容。

1.2 实验技术的发展

进入19世纪,人类的认识不断向纵深发展,深入到分子以至原子领域,物理学、化学、生物学等学科的实验全面兴起,这些学科的发展更加依靠实验,对实验技术提出了更高的和全面的要求。19世纪是科学实验进入全面繁荣的时期,实验技术的研究、开发得到了重视和加强,开始进入全面形成的发展阶段,而机器大工业的形成则是实验技术这一发展的坚实基础。这一时期有关电的实验技术的发明创造具有重大的意义。18世纪末对电的研究,致使1800年伏

打发明了能维持一定电流的电堆(伽伐尼电池),伏打的发明给有关电的实验研究提供了一种稳定的“流电”,取代了以前用摩擦起电方式而获得的静电。而电池的发明和运用对实验技术的发展所产生的重大作用,在于它作为一种能源,直接给实验技术的动力单元带来了全新的意义,它同时对实验技术的操作单元、观测单元也带来了深刻的变化。

在电的实验技术方面做出特别贡献的是迈克尔·法拉第,这一时期他研制成功较多的实验仪器、设备,并做了许多实验。他为研究介质的电学性质,研制出了球形电容器(当时他称之为分布仪);为了验证伏打电感应,他设计了法拉第感应环;为了把机械运动转化成稳定的电流,他设计了法拉第圆盘;为了证明电荷的守恒,他使用了一个系在长丝线上的带电金属球,并把它放进冰桶,以达到使金属球处于一定的低温条件下,又把冰桶直接跟验电器相连,以此来观测电荷的变化;他还研制了一些电解实验技术,并做了许多电解化学方面的实验。正是在这些新的实验技术基础上,他完成并出版了《法拉第电学实验研究》。

电池的发明也使真空实验技术有了新的进展。从17世纪盖里克发明真空泵后,真空技术的发展并不快,但是到了19世纪,由于研究气体放电的需要,把有关电的实验技术与真空实验技术结合起来,使真空实验技术有了突破。1858年,德国物理学家盖斯勒发明了蒸馏汞的真空管(真空度达0.133 Pa),这一汞位移的真空管连接着法拉第的电磁感应圈,使得强化对象的条件得以实现,从而大大推进了真空实验技术的发展。1883年,爱迪生把电极直接插入抽成真空的灯泡内,发现了爱迪生效应。由于有关电的实验技术占有重要的地位,在进行一些其他实验中,总是把一些所观测的反应量转换成有关电的量。例如,法拉第在电解化学实验中,把自己研制的电量计用来测量电解过程中电量的强弱,从而来反映所析出的物质的量。实际上,这一时期出现的很大一部分观测仪器,如电流表、电阻表、流量计等都与“电”有关。

总之,这一时期电的实验技术有重大的意义,它对其他实验技术有较大的影响,而这一实验技术的关键是由于电池的发明和应用。它实现了实验技术对对象的强化、激化作用,使对象处于某种人为的特殊条件之下,在变革自然对象方面有了新的发展。在形成时期,由于没有足够的能源,对对象的强化、激化作用难以实现;而在发展时期,由于新的电能源的发明和运用,使得这一条件有可能实现。实验技术不仅能够简化、纯化对象,而且还能够强化、激化对象,使对象处于一定程度的电(磁)场中,并有可能实现高压、高温等环境条件。操作单元在强化对象方面的新作用是这一时期实验技术的一个重要特点。可见,电池以及新的电的实验技术的发明是实验技术进入发展时期的重要的、直接的原因。

作为这一时期的实验技术还有这样的特点,实验技术的研究受到了普遍的重视。它的研究不仅仅是个别学者的事了,开始突破了在形成时期科学家“一身二任”的局面,出现了一批专门从事实验技术工作的实验技术专家,形成了以法拉第、汤姆逊、卢瑟福为代表的实验学派。同时,实验技术已从个别人的屋子里走了出来,迈进高校。1817年,英国化学家托马斯·汤姆逊在格拉斯哥大学设立了第一个化学实验室;同年,威廉·汤姆逊也在该校建立了第一个实验室。从此,实验也成为了学校教育的一环,实验技术及其教育开始在学校尤其是高等学校教育中占有重要的地位,这对于实验技术的发展是很重要的。另外,这一时期的实验技术对科学及科学理论的依赖性逐渐变得明显了。如果说形成时期,科学对实验技术的发展提供理论指导方面的作用还不是很大,那么在发展时期,情况就不同了。这反映了科学在这一时期已经走到了技术前面,已经超前于技术了。正如英国技术哲学家C·P·斯托弗所说:“……然而,只是在19世纪这一时期,技术才渐渐以科学作为自己的基础”。

虽然实验技术在新的时期较前一时期有了较大和较全面的发展,但在变革自然对象的程度方面,在强化对象的水平上,还不能满足人类进入更深层次认识的需要,而且,往往只在单方面变革对象,在综合各方面的有利条件,进行综合变革、控制对象等方面做得还不够,所观测的量往往也是单一的、不易变的。据此也可以把这一发展时期称为单参数实验技术时期。

1.3 实验技术的现状

20 世纪以来,自然科学一方面继续向纵深领域发展,一方面又更趋于横向联系,人类的认识向更深和更广的自然界进发。实验技术正是在这一新的要求下进入自己的发展阶段。这一时期特别是以探索原子、原子核以及基本粒子的奥秘为根本目的的高能实验技术的发展,其意义和影响是重大的。一些诸如电子管、晶体管等各种实验电子设备,以及其他一些实验仪器、设备等的研制和运用,为认识微观世界提供了重要手段。

后来人们希望进一步强化对象,使微观粒子处在更加典型的状态下,这就促使了加速器实验技术的发明。粒子加速器的研制思想来源于人们变革原子核的要求,但当时因技术所限,这只能是梦想中的事,直到卢瑟福第一个开辟了用高速粒子作炮弹打击原子核,才实现了元素的嬗变,进而可以研究原子、原子核以及基本粒子。这也重新激起了人们改变化学元素的欲望。但当时只有天然性的粒子源,这种粒子能量只有几个兆电子伏,必须提高粒子的能量,只有进一步强化对象,才能深入到原子核内部。于是卢瑟福开始着手研制加速器以提高轰击粒子的能量。

1932 年,直线型和回旋型加速器应运而生。美国著名实验专家 E·O·劳伦斯和 M·S·黎文斯顿建造了第一台回旋加速器。它是采用整流倍压原理得到了 700 kV 直流高压的倍压加速器,成功地加速了质子。第一批直线型加速器(如高压倍加速器、静电起电机)在广阔的领域得到了应用。美国布鲁克海文实验室于 1960 年建成了直径为 260 m、能量为 33 GeV 的强聚集加速器(AGS),1974 年丁肇中教授就是利用该加速器发现了 J 粒子,并因此获得了诺贝尔物理学奖。20 世纪 70 年代初,质子加速器的能量达到了 800 MeV,各种类型的同步加速器也研制成功并得到了应用。粒子对撞机加速器也相继出现。

与此相应的加速器实验技术中的探测器也名目繁多。所谓探测器就是通过对被加速的粒子和被轰击的次粒子的各种现象和量进行观测的仪器。根据探测粒子和测量粒子及其量的方式,一般将探测器分为两大类:一类是径迹室(如火花室、流光室、漂移室等);另一类是计数器(如闪烁计数器、契伦柯夫计数器等)。

20 世纪以来,X 射线衍射技术和激光技术也是一些重要的新的实验技术。用激光器所组成的荧光实验技术已成为分子生物学研究的一项重要实验技术。康普顿之所以能发现康普顿效应,重要的一点是他拥有一台特制的 X 射线分析仪、X 射线管,还有可供测量的象限静电计等实验仪器和设备。这一时期的分子束实验技术是化学、生物学研究的重要实验技术,它对认识自由粒子有特别重要的意义。

20 世纪 60 年代以后,电子计算机的研制成功及其在实验中的应用,对实验技术的发展具有特别重要的意义。计算机在实验中将实验所获取的数据进行分析和处理,并可以进行模拟实验;同时,它又可以使实验中的一些有关仪器、设备有机地联系起来,部分地执行着监控方面的职能。例如,在 高能实验中,在线计算机是作为一个中心控制部件的在线系统软件,管理着

实验的整个过程。实验者可以通过电传机与计算机对话,检查实验情况,以便修改实验的程序和方法,实行联机控制。可见,计算机给实验技术的观测单元、控制单元带来了新的意义,对实验技术的发展有重要的影响和作用。在当代的宇航实验、遗传工程实验等尖端科学实验中,甚至一些普通的实验也大多使用着计算机。

另外,现时期电子技术在实验中的应用也是很重要的。随着电子技术的发展,电子技术在实验中关键部分的应用,对于减小实验中的偶然误差和系统误差,提高实验精度将起到重要的作用。例如,采用数显温控仪做热学实验,用光电系统和数字测试仪测量记录实验周期等,大大提高了实验中的测量精度。总之,现时期的实验技术获得长足的进步和全面的提高,它使人类在为认识自然而变革自然对象方面有了新的突破。具体地说,实验技术在这一时期有以下特点。

1. 在变革对象方面达到了新的水平

如果说实验技术的发展时期在强化、激化对象方面还仅是开始,那么现代实验技术在这方面就有了相当大的进步,它造成了自然界根本不存在的特殊条件,使人们能够在某种极限的情况下研究和认识自然现象或自然过程的客观规律。例如 20 世纪初,美国人布里奇曼发明了 2 GPa 的高压装置,可以获得 100 GPa 的超高压;荷兰人奥纳斯人工液化氮的实验装置,可以达到接近绝对零度的超低温;1929 年,英国的伯奇等发明的油扩散真空泵,可以得到相当于 10^{-5} Pa 的高真空,等等。当代的超高压、超低压、超高温、超纯度、超电(磁)场、超导等水平正在进一步提高。这些“高”“超”的条件又可以综合运用,使对象处于更加特殊的条件中,例如,在加速器中就综合运用了强电场、强磁场、超导等条件。现代实验技术在简化、纯化、强化、激化、模拟等方面有了全面性的进展和突破。

2. 实验技术对科学理论的依赖性增大

实验技术在发展时期已经改变了在形成时期知识在实验技术的研制和运用中的作用,而到了现时期,实验技术愈向前发展愈需要科学的指导。不但加速器实验技术、X 射线衍射实验技术、电子能谱分析实验技术等是科学指导的结果,而且像高温、高压等“高”“超”条件的实验,也同样是科学指导的结果。

3. 计算机的实验应用

计算机的应用在实验技术发展中占有重要的地位。计算机的应用直接影响和深刻地改变着实验技术系统的观测单元和控制单元。它保证了实验中的观测更加精确、灵敏、稳定、可靠、迅速,对于多参数、易变量的获得也有了可能。计算机的联机监控使得实验技术的诸单元的联系更加紧密。

4. 实验技术的学科界线变得模糊

随着各学科横向联系的增强、各学科研究方法的相互移植,各门实验技术之间的相互转移和相互联系也日益增强。加速器实验技术不仅是高能物理研究中的重要手段,而且在化学、生物学研究中也日益显示着它的重要性;分子束实验技术更是在物理学、化学、生物学和医学中得到了广泛的应用。在这种情况下,与基础科学有关的实验技术更显得重要,往往表现为这些实验技术迅速向其他实验技术的转移。

5. 出现了大批实验技术专家

这一时期出现了一大批实验技术专家,像劳伦斯、布里奇曼、密立根、丁肇中等对实验技术的发展做出了巨大的贡献。另外,这一时期还出现了一些像欧洲核子实验中心(CERN)一类

的国际性的实验室,这给实验技术的研制、开发和应用提供了较好的场所。所有这些都是实验技术发展的必然要求,也是实验技术进一步发展的必要条件。

1.4 科学实验的基本过程

一个完整的科学实验过程包括实验方案设计、实验准备、测试与观察、结果整理 4 个阶段,各个阶段完成的好坏均会影响实验的质量。

1. 实验的方案设计阶段

完成一定的实验任务,首先应根据任务要求和设备条件选定可行的实验计划,并按所选计划拟订实验方案。这阶段的工作和实验的进度、费用、成败都有直接的关系。实验方案一般要成文,成文的过程也就是思想严密思考的过程,它能使方案更加周密完善,以期用最少的投资取得最佳的效果。有了文字记载能有效避免测试及观察阶段发生漏测个别数据的现象。发生漏测,事后进行补测,往往是不允许的,主要原因是补测时原实验条件可能发生了变化,而使补测的数据与原数据不能同时有效,结果就无实际意义。

实验方案包括以下内容。

(1)实验标题。实验方案是一个技术文件,与其他的文章、文件一样要有一个标题,标明其目的和任务。

(2)实验任务。实验任务大致可分三类:第一类是确定被测量的量值及其准确度;第二类是在一定的准确度要求下确定被测量的量值;第三类是寻找最佳测量方案,使得在一定的设备条件下获得最佳效果。

(3)实验原理。对实验的原理加以简要说明。

(4)实验系统。实验的整个系统往往是由一些通用的仪器、仪表和某些实验对象构成的,方案中只须画出整个系统的接线图(或仪器、仪表的连接图)。

(5)实验仪器。根据实验的需要列出设备的名称、规格、型号、在接线图中的代号,作为准备仪器设备的依据。

(6)实验条件。实验的结果与进行实验时周围的环境有密切的关系,在方案设计阶段就要认真对待。实验往往是在一定的控制条件下进行的,在实验方案中应同时考虑实验条件。大多实验结果与实验条件有密切关系,即实验条件作为实验数据中的参变量出现,这就要求人为地加以控制。有些条件对实验结果影响不太大,或虽有较大的影响但不易控制而实验本身又并不要求其具有某一特定的值,对于这种条件则可根据当时的具体情况记录下来即可。通常的条件有气温、湿度、气压、日期、地点、屏蔽等。

(7)实验步骤、观察内容、待测数据、表格、注意事项。实验中要测哪些数据,电路参数变量取多少,用哪种测量仪表,量程的选取,测量多少组数据,数据如何分布以及实验是否要重复进行,重复的次数均应在方案设计阶段的实验设计中加以考虑并基本上加以确定。

特别要说明,实验的步骤对实验的结果有重大的影响,应该给予充分的注意和安排,并加以详细的记录。例如,数据读取的顺序、操作顺序以及它们进行的速度等均会影响实验的结果。例如,根据按测量值顺序排列的误差的分布曲线,就可以发现是否有变值系统误差存在。当设计实验步骤时还应该考虑到保证实验安全所必需的措施,实验步骤考虑不周或步骤顺序错误还可能会导致事故或失败,例如,当使用输出可调的电压(电流)源时,未将电压(电流)调

节旋钮放至合适的位置,当接通电源时,就有可能因电压(电流)不合适导致电源或设备损坏。在某些电路中有多个开关,它们的开断、闭合顺序可能有严格的规定,否则会造成事故,例如,断开电感支路可能会导致过电压损坏设备,等等。

(8)参加人员。实验要多少人,什么人参加,每人的职责是什么,都要事先考虑。

(9)可能出现的故障及其后果,以及应该采取的预防措施。实验方案是一项仔细并一定要做好的工作,应给予充分的重视。一方面,实验方案制订得是否周密,在很大程度上能反映方案制订者的实验水平。经验证明,详细的方案不仅可以提高工作效率,还会由于做过周密计划使实验者的观察力变得敏锐,应变能力加强。另一方面,还要看到即使在实验的方案设计阶段进行了周密的考虑,在实施的过程中还可能会出现一些突发的情况,此时要根据具体情况,对实验方案加以补充修改。这种情况的出现也是实际工作中的正常现象,不能因此而放松实验方案的制订工作。

2. 实验的准备阶段

本阶段要具体完成实验方案中的各项任务,它包括配置仪器、检查仪器、安装系统和调试系统等内容。首先要检查仪器规格、数量是否齐全,手柄、旋钮的实际位置与其指示是否一致,并熟悉仪器的使用方法。接着按实验线路图进行安装接线,整个实验系统的各仪器、仪表放置和布线均要合理、清晰并便于操作。

接线完毕应清理不必要的导线和设备,并将仪器设备调整到备用状态,如电表的零位,电位器触头、开关、电源的正确初始位置。然后进行预工作,使实验系统接近所需的实验状态,或使某些设备预置于设计所要求的状态。

预测试。一般在正式测试前要进行预测试,但对那些经预测后不能复原或复原较麻烦的实验则不进行,如破坏性实验、温升实验(不能马上复原)等除外。预测试工作是一个初学者容易疏忽的步骤,但它却可能成为实验成败的关键,其内容也应在实验方案中预先考虑。预测试的目的有以下几个方面。

其一是检验实验系统和各部分工作是否正常。在实验装置中常存在接线松动、虚焊、导线的隐蔽断点、接线错误、碰线等隐患,在测试之前通过预测试可以发现并排除隐患,使当正式测试时能顺利观察现象并读取数据。

其二是熟悉操作过程,如果实验是由多人合作进行则可协调操作。

其三是预测试可以使实验者对实验的全貌有一个基本的了解,对其特点有初步的认识,并可检验实验方案是否正确、合理、完整,以便最后确定正确的步骤及合理地选取数据。

注意:预测试完后要使整个系统复原,使在正式测试前所有仪器、设备重新处于正确的初始状态。

3. 实验的观察与测试阶段

当系统处于正常测试状态时,或在预测试结束、实验系统复原后,即可按实验方案进行实验操作、观察现象、完成测试任务。这个阶段要做的工作根据具体实验任务不同而异,本节只介绍这个阶段的一些共同问题。

进入实验现场首先要记录仪器及设备编号(以便以后检查)及现场的环境条件,如日期、地点、气温、气压、湿度等。

实验安全是实验者必须注意的事项。实验安全包括人身安全与设备安全两方面。周密的方案,正确的操作,对设备和实验的深刻理解,以及实验人员严肃认真的实验作风,均会提高实

验的安全性。例如,不带电改接线路,不轻率超越使用条件使用仪器、设备,在与他人合作进行实验时要互通信息。

在测试的进行过程中,必须严格按照实验规程以及设备、仪器操作规程进行操作。

实验数据记录要确切,现场就要用有效数字记录,而不是事后整理数据时再添加有效的零或去掉无效的数字,因为事后可能记忆模糊,使数据的有效数字搞错或使判断发生困难。

改变仪表量程,其指示仪的误差也会改变,对被测系统的影响也随量程改变而改变。因此,要随时记下该数据所对应的量程,同时还应注意有的仪器量程改变时,还要重新调零。

实验的数据一般不强求取便于计算或画图的数值,这样会增加调节时间而延长实验进程,且增大了实验的系统误差,因此没有必要追求整数数据。

观察力是实验者的知识、经验、对事物总体的了解程度、感觉器官的灵敏度以及注意力的一种综合反映。观察力经过训练是可以提高的。经验告诉人们,多数不正常的实验系统,在开始实验的瞬间,就可以在各仪表的示值上或其他部分表现出异常的信息。因此,在开始实验的一瞬间,应把注意力放在检查系统工作是否正常上。通过对现象的分析,尽快地对系统工作是否正常做出判断。初学者要学会当观察或读取数据时,注意其他仪表或装置所出现的现象,及时对实验中一些细小的信息做出反应,如仪表过载时指针撞击所发出的细微响声、常用电子设备中材料过热时所发出的气味、远处的雷声、附近的飞行物、射击训练等。

在测试的进行过程中,应尽可能及时地对数据作初步的分析,以便及时发现问题,当即采取可能的必要措施提高实验质量。例如,实验的数据分散性较大,那就要采取一定措施降低其偶然误差或增加预定的实验重复次数。实验数据中某些不合理的但有规律的变化,可能是某个因素作用的系统误差,应该及时地检查加以消除或降低。如果实验是为求某种相关关系的(如变量与时间、变量与变量、变量与参数等的关系),则在测试时应采用合理的顺序进行测试,使变化趋势清晰,同时还应及时地粗略画出这种关系曲线,它能提供某种启示,从而可以当即决定在某些范围内增减观测数据,这点对复杂的实验尤为重要。

实验完毕即整理设备和环境是一种良好的实验工作作风。实验做完以后不要忙于拆线整理场所,而要尽可能地在现场对数据、现象进行分析计算。当检查实验的异常情况时,应保持实验系统的原有状态。先检查原状态,然后逐个地改变可能的因素,以证实判断的正确性,当某因素改变起作用时,还得复原检查是否重新出现异常情况,弄清异常现象的原因,切忌大幅度地改变或将整个系统重新建立。

实验完毕时要对周围环境条件加以复查,以了解整个实验过程中有多少改变及这些变化是否超出了允许范围。对于一些重要的或在恶劣条件下进行的实验,在实验后还应重新对仪器进行检验,以便判断实验期间仪器的品质有否改变。

4. 实验的分析整理和总结报告

实验的分析整理和总结报告是实验的最后阶段。同样的数据经科学的处理和分析可以获得更好的结果。这个阶段工作的依据是实验记录。首先应对这些数据和现象进行去粗存精、去伪存真的处理工作,确定数据的准确程度和取值的范围(即误差分析);在此基础上再进行分析、抽象,由表及里地找出事物的内在联系和规律。

当整理数据时,要充分发挥曲线和表格的作用。将数据按一定规律进行整理形成表格曲线。特别是曲线可以给人以明确概念,迅速地发现规律和一些异常的数据,有助于分析研究。

对待数据要避免成见,若对所需的数据有先入为主的想法或带某种主观的意愿,则在观察

与测试阶段可能会使读数偏向有利于意愿的方面,而在整理阶段可能会有意无意地排斥某些数据,甚至会出现伪造数据的现象,若能毫无成见(不等于对实验进程没有判断),一般会比较迅速、比较准确地解析实验的结果。实验的原始数据或分析得到的数据,在一定限度内进行调整是可以的。如果仪器不准,经校正后原数据要作相应的修改;读数的准确度比所要求的准确度高亦可作些调整(如去掉一些有效数字)。但这种修改要非常谨慎,无论如何调整,在报告中一定要保留原始数据。

要辨别有用的数据和有偶然因素影响或错误的数据常常是困难的事。错误的解释和不会识别有用的数据,其结果可能是丢弃了唯一能反映真实状态的实验数据。

在数据取舍问题上有两种假设:一种假设是把那些和大多数数据有显著“偏离”的数据,看做是某种无法控制的因素和偶然影响的结果,认为是无效的;另一种是认为全部的测试结果都是预期的、真实的,全部予以保留。采用上述假设处理数据,均隐含着犯错误的危险性,因此必须仔细分析。采用统计数学的方法来处理观察数据是一个比较有规律、有系统性的处理方法,它是建立在第一种假设的基础上的。这样做只有当对被观测对象有深刻了解时才是可行的,否则就有抛弃真实数据的可能,增加实验数据、扩大实验或改进实验技术均可减小犯错误的危险性。总地说来,实验数据充分与否是评定一个实验好坏的重要指标之一。

实验结论是实验的成果,依据要充分,语言要肯定,切忌使用“大概”“可能”“或许”之类不确定的词汇。为了把这些不确定的词汇去掉,就要求实验者仔细观察实验现象,认真测量实验数据,并对实验数据进行充分的分析研究。如果还不能得出明确的实验结论,则可能需要修改实验方案或计划,用更精密的实验或扩大实验测试内容,采取更充分、更可靠的依据。对实验者来说,这就是实验技术上的一次提高。

实验中的结论数据必须说明其可靠程度。可靠程度要用数量表示,而不应笼统地说由于实验的水平、仪器的误差而存在一定的误差。当对数据的可靠程度要求不很严格时,一般可以采用有效数字的表示方法。

实验总结报告是一份工作报告,因此要对实验的任务、原理、方法、设备、过程和分析等主要方面有明确的叙述,叙述条理要清楚,其中的公式、图、表、曲线应有符号、编号、标题、名称等说明。

实验一般是在一定条件下、按照一定程序、追求一定结果的实践过程,实验过程有其特点、规律、要求和环节,实验时必须把握实验的基本环节。

1.5 实验教学环节

做实验时,必须把握 3 个重要环节。

1. 实验预习

实验预习至关重要,它决定着实验能否取得成功和收获的大小。预习包括阅读资料、熟悉仪器和写出预习报告。

仔细阅读实验教材和有关的资料,重点解决 3 个问题。

- (1)做什么。这个实验的任务是什么,要达到什么目的。
- (2)根据什么去做。明确实验课题的理论依据,以及用什么实验方法来完成实验。
- (3)怎么做。要确定实验的方案、条件、步骤及实验关键。