

国家示范院校重点建设专业

城市水利专业课程改革系列教材

城市水利专业实训教程

◎主 编 李宗尧

◎参 编 奚立平 吴吟苏 王其恒
程 健 陶家俊 高建峰
蒯圣龙 高光辉 刘承训

◎主 审 陈方葵

城市水利专业实训教程

主 编 李宗尧

参 编 奚立平 吴吟苏 王其恒

程 健 陶家俊 高建峰

蒯圣龙 高光辉 刘承训

主 审 陈方葵

合肥工业大学出版社

内容提要

本书是根据《国家示范性高等职业院校建设方案——城市水利专业建设方案》的要求,结合高职高专教育人才培养模式及课程体系的改革和建设,以求实创新为特点,以能力培养为目的进行编写的。全书共分8个项目,包括实训概述、工程识图与CAD实训、工程测量及施工放样实训、工程质量检测实训、工程施工实训、水质监测与水污染控制实训、城市防洪抢险实训及毕业综合实践等,最后附有毕业生顶岗(就业)实习手册。本书可作为高等职业院校城市水利及相关水利类专业的实训教材,也可供广大水利水电建筑工程、市政工程等技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市水利专业实训教程/李宗尧主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2010.5

ISBN 978-7-5650-0187-1

I. 城… II. 李… III. 城市—水利工程—工程施工—高等学校:技术学校—教材 IV. TV512

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 082317 号

城市水利专业实训教程

主编 李宗尧

责任编辑 陆向军

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2010 年 5 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2010 年 5 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
电 话	总编室:0551—2903038	印 张	24.75
	发行部:0551—2903198	字 数	602 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	合肥学苑印务有限公司
E-mail	press@hfutpress.com.cn	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0187-1

定价:42.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

前 言

实践教学环节是培养、增强和提高高职院校学生的专业操作技能、实践动手能力、综合应用能力及探索创新能力的主要途径,是高职高专人才培养过程中不可忽视的重要环节;是贯彻“以服务为宗旨,以就业为导向,走产学合作发展道路”的不可或缺的举措;是培养学生的社会适应性,提高学生创造能力、就业能力、创业能力的重要举措。因此,为搞好实践教学,改善实训效果,充分体现高职教育特点,编写一本有特色的专业实训教材就显得尤为重要。为此,我们策划了编写城市水利专业特色实训教材,成立了高水平的教材编写团队,通过努力,完成了城市水利专业实训教程的编写任务。

本书是根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》、《教育部、财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划加快高等职业教育改革与发展的意见》及安徽水利水电职业技术学院《国家示范性高等职业院校建设方案》和《城市水利专业人才培养方案》、《城市水利专业课程教学大纲》等文件精神以及城市水利专业核心能力的培养要求,按照水利水电工程的新规范、新标准和新技术的要求编写的。突破了传统的学科教育对学生的专业操作技能和知识运用能力培养的局限,结合高职教育新形势和城市水利工程实际情况,考虑专业教学改革的新实践和工程学科实践教学的新特点,力求内容的应用性、系统性、新颖性,实施项目化实训课程,构建系统性的实践教学体系。以项目驱动技能训练,着重培养学生的实际动手操作的综合运用能力和严谨务实的工作作风。

本书的特点是:编排新颖、难易兼顾、实用可行、侧重技能。在内容安排上考虑高职院校技能型、应用型人才的培养目标,主要适用于水利类及相关专业的实践教学环节,共分为8个项目,主要包括工程CAD、工程施工、测量放样、工程质检、防洪抢险、水质监测与水污染控制及毕业综合实践等内容。在最后的附录部分,提供了资源与环境工程系毕业生顶岗(就业)实习手册,供毕业班学生阅读参考。

本书由安徽水利水电职业技术学院李宗尧教授担任主编和统稿,并编写工程质量检测实训和城市防洪抢险实训,奚立平老师编写概述和毕业综合实践的毕业论文内容,吴吟苏、王其恒老师编写工程识图与CAD实训,程健老师编写工程测量及施工放样实训,陶家俊老师编写工程施工实训,高建峰老师编写工程质量检测实训的建材试验内容,蒯圣龙老师编写水质监测与水污染控制实训,高光辉老师编写毕业综合实践的顶岗实习内容,刘承训老师编写毕业综合实践的毕业设计内容,并协助统稿和内容校核,安徽水利建筑安装公司陈方葵高级工程师任主审。在本教程编写过程中得到了安徽水利水电职业技术学院和安徽水利建筑安装公司的领导与同事们的关心与帮助,在此表示感谢。

本书可作为高等职业院校水利类及相关专业的实训教材,还可供广大水利水电、建筑工程等工程技术人员参考。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中错误和不足之处在所难免,恳请专家和读者批评指正,以便今后改进。

编 者

2010年5月

目 录

项目 1 实训概述	(1)
单元 1.1 实验误差分析	(1)
1.1.1 误差的定义	(1)
1.1.2 误差的来源与分类	(2)
1.1.3 误差的表示方法	(3)
单元 1.2 实验数据的处理	(3)
1.2.1 有效数字及处理	(3)
1.2.2 实验数据的表示方法	(5)
单元 1.3 实训要求及实训报告	(6)
1.3.1 实训要求	(6)
1.3.2 实训报告	(6)
项目 2 工程识图与 CAD 实训	(8)
单元 2.1 工程识图实训	(8)
2.1.1 实训目的	(8)
2.1.2 工程识图基本知识	(8)
2.1.3 实训内容——水工图的识读	(35)
单元 2.2 水工 CAD 实训	(48)
2.2.1 实训目的及要求	(48)
2.2.2 实训内容	(48)
项目 3 工程测量及施工放样实训	(57)
单元 3.1 工程测量实训	(57)
3.1.1 地形测量作业	(57)
3.1.2 控制测量作业	(66)
单元 3.2 施工放样	(81)
3.2.1 施工测量放样工艺流程图	(81)

3.2.2 施工测量放样作业方法及实训要求·····	(82)
单元 3.3 全站仪及其使用·····	(89)
3.3.1 全站仪概述·····	(89)
3.3.2 T-600 系列全站仪的基本操作·····	(90)
3.3.3 主菜单(MENU)模式·····	(97)
3.3.4 高端全站仪简介·····	(106)
3.3.5 EPOCH 25 RTK 测量步骤·····	(109)
项目 4 工程质量检测实训·····	(113)
单元 4.1 工程质量检测实训内容·····	(113)
1.1.1 土工部分·····	(113)
1.1.2 建材部分·····	(113)
单元 4.2 工程质量试验检测实训要求·····	(114)
4.2.1 工程质量检测技能训练要求·····	(114)
4.2.2 工程质量试验检测操作要求·····	(114)
单元 4.3 土工试验与检测实训·····	(115)
4.3.1 土的密度试验·····	(115)
4.3.2 土的含水率试验·····	(116)
4.3.3 土粒比重试验·····	(118)
4.3.4 土的颗分试验·····	(118)
4.3.5 土的界限含水率试验·····	(122)
4.3.6 土的击实试验·····	(125)
4.3.7 土的渗透试验·····	(127)
4.3.8 土的固结试验·····	(131)
4.3.9 土的剪切试验·····	(134)
4.3.10 工程实践——堤防工程质量检测·····	(136)
单元 4.4 建材试验与检测实训·····	(139)
4.4.1 水泥试验·····	(139)
4.4.2 砂、石试验·····	(147)
4.4.3 水泥混凝土试验·····	(155)
4.4.4 钢筋试验·····	(159)
4.4.5 砌筑砂浆试验·····	(163)
4.4.6 砌墙砖试验·····	(167)

4.4.7 建筑材料基本性质检测	(172)
4.4.8 水泥检测	(172)
4.4.9 混凝土用骨料检测	(174)
4.4.10 混凝土性质检验	(177)
4.4.11 建筑砂浆检测	(178)
4.4.12 烧结普通砖检测	(178)
4.4.13 钢筋检测	(179)
项目 5 工程施工实训	(185)
单元 5.1 水利工程施工实训概述	(185)
5.1.1 水利工程施工实训的目的与意义	(185)
5.1.2 水利工程施工实训的特点	(185)
5.1.3 水利工程施工实训的时间安排与组织形式	(186)
5.1.4 水利工程施工实训的任务和要求	(186)
单元 5.2 工程施工实训前的安全教育	(186)
5.2.1 施工实训期间的注意事项	(186)
5.2.2 施工实训期间的纪律要求	(187)
5.2.3 工程施工场地的事故原因	(187)
5.2.4 工程施工应采取的安全防范措施	(188)
单元 5.3 水利工程施工实训内容	(188)
5.3.1 钢筋工程实训	(188)
5.3.2 木工、钢筋工工种实训	(206)
5.3.3 钢筋焊接实训	(209)
5.3.4 混凝土工工种实训	(226)
5.3.5 砖瓦工工种实训	(230)
5.3.6 抹灰工工种实训	(232)
5.3.7 陶瓷面砖镶贴工艺实训	(233)
5.3.8 地基处理工程实训	(236)
5.3.9 混凝土结构工程施工质量验收实训	(239)
项目 6 水质监测与水污染控制实训	(249)
单元 6.1 污水常规水质指标检测	(249)
6.1.1 色度测定	(249)

6.1.2	浊度测定	(250)
6.1.3	悬浮物的测定	(251)
6.1.4	废水化学需氧量 COD 的测定	(251)
6.1.5	废水生化需氧量 BOD ₅ 的测定	(253)
单元 6.2	校园及周边水环境监测实训	(256)
6.2.1	实训目的	(256)
6.2.2	监测资料的收集	(256)
6.2.3	水环境监测项目和范围	(256)
6.2.4	监测点布设、监测时间和采样方法	(256)
6.2.5	样品的保存和运输	(256)
6.2.6	分析方法与数据处理	(257)
6.2.7	要求	(257)
单元 6.3	水处理实训项目	(258)
6.3.1	颗粒自由沉淀	(258)
6.3.2	混凝沉淀实验	(261)
6.3.3	曝气充氧实验	(264)
6.3.4	加压溶气气浮实验	(267)
6.3.5	过滤实验	(269)
6.3.6	离子交换软化除盐实验	(272)
6.3.7	活性炭吸附实验	(275)
6.3.8	污水可生化性实验	(279)
项目 7	城市防洪抢险实训	(283)
单元 7.1	城市防洪抢险实训内容	(283)
7.2.1	城市防洪应急预案编制	(283)
7.2.2	主要险情抢护	(301)
单元 7.2	典型抢险实例	(315)
单元 7.3	防汛抢险材料、装备及新技术	(323)
7.3.1	抢险材料	(323)
7.3.2	防汛抢险装备	(331)
7.3.3	防汛抢险新技术	(333)
项目 8	毕业综合实践	(337)
单元 8.1	毕业设计	(337)

8.1.1	毕业设计的任务和要求	(337)
8.1.2	毕业设计指导示例	(340)
单元 8.2	毕业论文	(359)
8.2.1	撰写毕业论文目的与意义	(359)
8.2.2	毕业论文选题的一般原则	(360)
8.2.3	毕业论文的一般要求	(360)
8.2.4	毕业论文的内容及要求、打印格式、装订顺序	(360)
8.2.5	毕业论文的写作步骤	(362)
8.2.6	进程安排	(362)
8.2.7	成绩评定	(363)
单元 8.3	顶岗实习	(363)
8.3.1	概述	(364)
8.3.2	总体要求	(364)
8.3.3	组织和管理	(364)
8.3.4	职责分工	(366)
8.3.5	学生管理	(367)
8.3.6	纪律和安全	(367)
8.3.7	工作程序	(368)
8.3.8	考核办法	(368)
8.3.9	顶岗成果	(369)
8.3.10	顶岗(就业)实习手册	(370)
参 考 文 献		(386)

项目1 实训概述

测量是指采用某种工具(仪器、仪表、装置等)以实验和计算的方法确定被测参数值大小的工作,是科学实验和生产实践的组成要素,是我们获取各种数据信息的过程,这个过程总是与误差分析和数据处理相联系的。提高测量的准确度,是保证获取信息可靠性的重要手段,因此,误差分析与数据处理在科学实验和生产实践中占有十分重要的地位。

单元 1.1 实验误差分析

1.1.1 误差的定义

误差公理指出:一切测量结果都存在误差,误差自始至终存在于测量过程中。误差被定义为被测量的给出值与该量的实际值(或称真实值,简称真值)之差,即

$$\text{误差} = \text{给出值} - \text{真值}$$

给出值是指通过某种方法(测量、计算等)确定的该量的数值大小。给出值包括测得值、仪表示值、标称值及计算近似值等。

真值是指在某一时刻和某一位置或状态下,该量本身体现出的客观值或实际值,是客观存在的一个确定值,由于误差有不可避免性,所以,一般情况下被测量的真值是不可能被知道的。只有在下面两种特殊情况下真值才是可知的:

1. 理论真值

例如,一个三角形的三个内角之和为 180° ,在由理想的纯电容和纯电感构成的电路上,电压与电流的相位差为 90° ,此外还有理论设计值和理论公式表达值等等。

2. 计量学的约定真值

约定真值是指人们定义的某个物理量的标准值。例如国际计量大会决议将巴黎国际计量局保存的铂-铱合金圆柱体的千克原器的质量定义为1 kg,即国际标准原器质量的约定真值为1 kg。

上面所说的误差具有与被测量相同的单位,因此称它为绝对误差。由于给出值可能大于也可能小于真值,所以绝对误差可为正,也可为负。

由于在一般情况下真值是无法知道的,因此无法按上述定义确定误差的大小。通常采用如下方法解决这个问题:(1)用标准表的示值作为约定真值。用比较法检定仪表时,所用的标准表的误差比被检表小得多(仅为被检表的 $1/3 \sim 1/10$),因此可用标准表的示值近似代表真值,以此来确定被检表的误差与准确度等级。(2)用重复测得值的算术平均值近似代表真值,以此确定测量结果的误差。

在测量工作中,常使用“修正值”这一概念。修正值为

$$\text{修正值} = \text{真值} - \text{给出值} = -\text{误差}$$

则可得

真值 = 给出值 + 修正值 = 给出值 - 误差

用加修正值的方法可减小测量结果中有确定方向和大小的误差,使测量结果的准确度提高。需指出,修正后的测量结果仍有误差,它仍不是真值,只是误差比修正前的更小而已。使用错误的修正值(符号或大小弄错)会得到更坏的结果,因此,修正量值时需谨慎。

1.1.2 误差的来源与分类

1. 误差的来源

为了减小测量误差,提高测量的准确度,有必要对误差的来源有所了解。误差的来源是多方面、多因素的,主要有测量设备误差、测量方法误差、测量环境误差和测量人员误差等。

(1)设备误差。测量设备误差包含标准器件误差、装置误差和附件误差等。标准器件误差指以固定形式复现标准量值的器具,如标准电阻、标准量块、标准砝码等,它们本身体现的量值所存在的误差。这些误差将反映到测量结果中,一般要求标准器件的误差占总误差的 $1/10 \sim 1/3$ 。装置误差包括了在设计时由于采用了近似原理所带来的工作原理误差;组成设备的主要零部件的制造与装配误差;设备出厂时校准与检定所带来的误差;读数分辨力有限而造成的读数误差(即示值误差)和数字仪器的量化误差;元器件的老化、磨损、疲劳所造成的误差;仪器响应滞后所带来的误差等。附件是指保证仪器、仪表正常工作所需的附属器件。例如连接导线、测压信号管、切换开关、电源,等等。这些附件的质量问题、使用不当等原因也会引起误差。在实际工作中,它们的影响容易被忽视。

(2)方法误差。测量方法误差又称为理论误差,是指由于采用的测量方法不完善,或采用近似的计算公式等原因所引起的误差。凡是测量结果的表达式中没有得到反映而在实际测量中又起作用的那些因素都可能产生方法(理论)误差。

(3)环境误差。测量环境误差是环境的各种因素与要求的条件不一致而造成的误差,主要来源于环境温度、电源电压、电磁干扰以及振动气流等。

(4)人员误差。测量是一种人的活动,测量人员即使在同一条件下使用同一台装置进行多次测量,也会得出不同的测量结果,这是由于测量人员的工作态度、技术熟练程度、生理感官与心理因素、测量习惯等的不同所引起的。如记录某一信号时,测量者滞后和超前的趋向,在标准态读数时,始终偏左或偏右,偏上或偏下,常表现为视差、观测误差、估读误差和读数误差等等。为了减小测量人员误差,要求测量人员认真了解测量仪器的原理与特性,熟练掌握操作规程,精心操作并正确处理测量结果。

2. 误差的分类

根据误差的性质和表现形式,可将误差分为系统误差、随机误差和粗大误差三大类。

(1)系统误差。系统误差定义为在重复性条件下,对同一被测量进行无限多次测量所得结果的平均值与被测量真值之差,由某些固定不变的因素引起。系统误差的出现具有一定的规律性,其特征是在相同条件下,多次测量同一量时,该误差的绝对值和符号保持不变,或者条件改变时按某一确定的规律变化。一只零位调整不对的仪表,其各个刻度上将产生数值和正负号不变的示值误差;用钢卷尺测量一个固定长度,由于钢卷尺长度随温度改变,测量误差也按温度变化规律变化。这两个例子的误差均为系统误差,前者称为恒值系统误差,后者称为变值系统误差。完全消除系统误差是不可能的,只能根据具体原因采取适当措施尽量予以校正或减少其对测量结果的影响。

(2)随机误差。随机误差又称为偶然误差,定义为测量值与在重复性条件下对同一被测量进行无限多次测量所得结果的平均值之差,来源于不易控制的各种实验条件的偶然微小变化,其特征是在相同条件下,多次测量同一量时,误差的绝对值和符号以不可预定的方式变化。例如,空气中含尘浓度、空气湿度及空气的流动等多种因素对精密天平的测量会产生微小的影响,这些因素往往是随机变化的,它们综合影响的结果将使测得值的误差有随机性。但从重复测得值的统计结果看,它具有规律性,可以用概率统计的方法处理含有随机误差的数据。需注意,实际上随机误差存在于任何测量条件,并且不可修正。

(3)粗大误差。粗大误差又称为过失误差,是指明显超出统计规律预期值、显然与实际不符的误差,产生于某些异常因素,例如实验人员的失误(如操作不当、读数错误)或者测量条件的突然变化(如电压突变、振动冲击)等等。含有粗大误差的测得值明显地偏离被测参数的实际值,一般称它为异常值或坏值,在处理测量数据时,应首先检出异常值并将它剔除。

1.1.3 误差的表示方法

误差除了用绝对误差表示外,还可以用以下几种方法表示:

1. 相对误差

某量的相对误差被定义为该量的绝对误差与真值的比值,即

$$\text{相对误差} = \text{绝对误差} \div \text{真值}$$

在误差较小时,上式可近似写成

$$\text{相对误差} = \text{绝对误差} \div \text{给出值}$$

用相对误差表示测得值的准确程度比绝对误差明确。

2. 引用误差

引用误差定义为测量器具的最大绝对误差与测量器具量程的比值,亦称满度误差,属于一种相对误差。许多测量仪器和设备的准确度等级是按引用误差进行分级的,因此在选择测量仪表时,并不是仪表的准确度级别越高越好,而应根据被测量值的大小,兼顾仪表的级别和量程进行合理选择,避免大马拉小车的现象。

单元 1.2 实验数据的处理

1.2.1 有效数字及处理

1. 有效数字的概念

如果测量数据的绝对误差不大于某一位数字的半个单位,则该位数就是有效数字的末位,称为可疑数字,从可疑数字左方起的第一位非零数字称为第一位有效数字。从第一位有效数字起到最末一位数字(可疑数字)上的所有数字,不论是零或非零的数字,都叫有效数字。若具有几个有效数字,就说是几位有效数字。例如,取 $\pi = 3.14$,第一位有效数字为 3,共有三位有效数字;又如,0.045,第一位有效数字为 4,共有二位有效数字;而 0.0450 则为三位有效数字。

计算有效数字的位数时,如果第一位数字 ≥ 8 ,则可多算一位,例如 9.63 虽然只有三位有效数字,但可作为四位看待。当整数的数字末位为零时,为了避免混淆,应采用科学记数

法(指数形式)来表示数字,例如 1.6×10^8 表示有两位有效数字,而 1.60×10^8 则表示有三位有效数字。

有效数字是反映被测量大小和精度的全部数字。在测量结果中,最末一位有效数字取到哪一位,是由测量精度来决定的,即最末一位有效数字应与测量精度是同一量级的。例如,用千分尺测量时,其测量精度只能达到 0.01 mm ,若测出长度 15.721 mm ,显然小数点后第二位数已不可靠,而第三位数字更不可靠,此时只应保留小数点后第二位数字,即写成 15.72 mm ,为四位有效数字。

2. 数值修约规则

当有效数字的位数根据仪器的精度确定以后,其余的数字一律舍去。数值修约规则就是舍去无效数字的规则,简称为“四舍六入五考虑”:当末位有效数字后的第一位数字 ≥ 6 ,则在末位有效数字上增加 1。当末位有效数字后的第一位数字 ≤ 4 ,则舍去不计;当末位有效数字后的第一位数字等于 5,要分三种情况考虑:(1)若末位有效数字后的第一位数字 5 以后存在非零整数,则在末位数字上增加 1;若末位有效数字后的第一位数字 5 以后不存在非零数字,则:(2)若 5 前面的数字为偶数,则将 5 舍去不计;(3)若 5 前面的数字为奇数,则在末位有效数字上增加 1,简称为“逢 5 取偶”,可以避免数值修约时的重复进位。下面的几个例子都是取了三位有效数字:

$$20.3426 \rightarrow 20.3 \text{ (四舍)}$$

$$12.4647 \rightarrow 12.5 \text{ (六入)}$$

$$7.16523 \rightarrow 7.17 \text{ (五后非零进一)}$$

$$5.06500 \rightarrow 5.06 \text{ (五前为偶舍去)}$$

$$3.07500 \rightarrow 3.08 \text{ (五前为奇进一)}$$

3. 有效数字的基本运算规则

为了获得实验结果,往往需要对测量数据进行运算。由于在读取实验数据时,规定了应保留而且只保留一位可疑数字,那么在有效数字的运算结果中只保留一位可疑数字也是合理的规定。这样既不会丢失测量信息,也不会因保留过多的数字而增加工作量。有效数字取舍的基本规则有:

(1)加减法运算:以各数中末位数字位置最高的那个数字作为准数,将其余各数舍入到比准数的末位数字多一位,运算结果的末位数字所在的位置应与准数相同。例如,求 2643.0 、 987.7 、 4.187 、 0.2354 之和,则 $2643.0 + 987.7 + 4.187 + 0.2354 \approx 2643.0 + 987.7 + 4.19 + 0.24 = 3635.13 \approx 3635.1$ 。

(2)乘除法运算:以参加运算的各数中有效数字的位数最少的数为准数,将其余各数舍入到比准数有效数字多一位,运算结果的有效数字的位数应与准数相同。例如,求 15.132 、 4.12 之积,则 $15.132 \times 4.12 \approx 15.13 \times 4.12 = 62.3365 \approx 62.3$ 。

(3)乘方及开方运算:运算结果应比原数据多保留一位数字,例如, $25.6^2 = 655.4$, $\sqrt{4.8} = 2.19$ 。

(4)对数运算:对数运算前后的有效数字位数相等,例如, $\ln 106 = 4.66$, $\lg 7.654 = 0.8787$ 。

1.2.2 实验数据的表示方法

实验数据的表示方法通常有列表法、图示法和公式法三种,主要根据需求和经验来使用。

1. 列表法

所有测量至少包括两个变量,一个是自变量,另一个是因变量。列表法就是将一组实验数据中的自变量与因变量的各个数值按一定的形式和顺序一一对应排列成表格。列表法的优点是操作简单、形式紧凑,可以简明地表示多个物理量之间的对应关系,有利于计算与误差分析,有助于寻找物理量之间规律性的关系,得出正确的结论或总结经验关系等。列表的要求如下:

(1)完整的列表应包括表的名称、标题栏、序号、项目、数据等内容,必要时需对某一项目以及数据来源加以说明。

(2)表的名称应简明扼要、一目了然,项目应包括名称和单位,说明列表中的符号所代表的物理量的意义,物理量的单位应写在标题栏中,不必跟在每个数据的后面。

(3)表中数据的写法应整齐统一,同一列数据的位数和小数点应对齐,应正确反映被测物理量的有效数字。

2. 图示法

图示法是用几何图形将实验数据表示出来,是最重要的数据表示方法。图示法的优点是直观形象,便于比较,能显示数据中的最大值或最小值、转折点或周期性点等。如果图形作得准确,就可以直接从图形上读出相关物理量之间的对应值,或从图上直接求微分或积分,而不必知道物理量之间的数学关系式。图示法是研究物理量之间的变化规律、找出对应的函数关系从而求得经验公式的最常用方法之一。

如果根据许多数据点描绘出的是平滑直线,则图示法具有求出多次测量平均值的作用,并能对平均值进行修正。通过作图,还能简便地从图线中求出实验所需的某些结果,例如直线的斜率、截距以及图线上数值的读取。利用作图,还可以帮助发现实验中个别测量结果的错误,也可通过图线对系统误差进行分析。

用图示法表示数据的主要步骤有图纸选择、坐标分度、数据描点、作曲线、写图例说明。一般应当注意以下几点:

(1)坐标轴应注明所代表的物理量和单位,使读者一眼就能看明白图线所表达的关系。

(2)坐标应有合适的比例和标度,应充分利用图纸的空间,使图线在图纸上占得较满,不要偏于一角或一边。比例和标度的选择应以能够直接读出数据点的坐标值为宜。

(3)坐标最小分度的读数通常不应小于实验数据的有效数字的位数。

(4)作曲线时,一般应光滑均匀,尽量与所有的数据点接近,但不必通过每一点,也应舍去严重偏离图线的点,所作曲线应使位于曲线两侧的数据点数目接近相等。

(5)必要时,在图纸的空旷处写出简洁而完整的图例说明。

提倡采用计算机作图。计算机作图的基本要求与手工作图相同,现有多种作图软件都能达到上述要求,至于具体选用哪一种与个人的习惯或爱好有关。从实验结果的表达来看,曲线拟合应当是作图软件最重要的功能之一。

3. 公式法

一组实验数据用上述列表法或图示法表示以后,有时还需要用经验公式将其表示出来。公式法的优点是形式紧凑,而且便于进行微积分运算。一个理想的经验公式要求形式简单,所含任意常数不要太多,又要求能够准确地代表实验结果。

根据实验数据建立经验公式并无统一的简单的方法,通常需要先將一组实验数据作图,再根据图形的几何特点以及经验来选择经验公式的形式,然后再用实验数据去验证经验公式。如果该形式不合适,则另选其他形式并重新验证,直到满意为止。最简单的经验公式为直线公式。经验公式的形式选定以后,主要工作就是确定经验公式中的常数,一般遵循计算的简便和所要求的准确度来确定常数,常用的方法有直线图解法和最小二乘法等。

单元 1.3 实训要求及实训报告

1.3.1 实训要求

为了使实训顺利进行,达到获取知识、训练技能、培养素质的教学目的,参加实训的学生必须做到以下几点:

1. 实训前必须预习实训指导书或实训教材,复习有关的理论知识,明确实训目的、原理、方法和步骤;初步了解仪器设备的工作原理、使用方法和操作注意事项;了解数据整理的过程等。

2. 实训过程中,要严格遵守实训室(场)的规章制度,准时进入实训室(场),保持室(场)内的安静整洁;认真接受实训指导教师对实训预习准备的抽查,认真听讲;未经允许,不得随意动用实训室(场)的仪器设备。若实训过程中仪器设备发生故障,要立即报告,不得擅自处理,更不准隐匿不报;在操作仪器设备之前,应注意检查仪器设备的状态是否正常,在实训过程中要严格按仪器设备的操作规程进行操作,切实注意人身安全与设备安全;要认真观察实验现象,包括实验中偶然出现的异常现象,如实记录实验的原始数据并随时判断实验数据的正确性。实训完毕,应报告实训指导教师,认可后方可结束实训;实训结束后,应整理仪器设备,恢复其初始的正常状态,并清理打扫实训室(场)的卫生,经实训指导教师同意后方可离开实训室(场)。校外实训,应严格遵守被实习单位的规章制度,注意安全,尊重被实习单位及驻地人员,听从实训指导教师的安排,时间观念要强,同学之间要团结互助,举止大方得体,杜绝随地吐痰、乱丢垃圾、大声喧哗等陋习,应展示大学生良好的精神风貌。

3. 实训后,及时作好小结,编写实训报告,及时送交实训指导教师评阅。

1.3.2 实训报告

1. 实验报告

实验报告是反映实验工作和结果的书面综合资料,书写实验报告则是完成实验的最后环节。通过实验报告的书写,可以培养学生综合反映科学成果的文字表达能力,是全面训练的重要内容,必须认真完成。实验报告是交流的媒介,是写给别人看的,因此必须符合规范,做到文字流畅、语言准确、字迹工整、数据完整、图表清晰、分析合理、结论简明有据,并能反映出实验者实事求是的科学态度和不断积累、深入探索的钻研精神。一份完整的实验报告

大体上应反映了为什么做实验、做什么实验、怎样做实验、得到了什么结果以及解决了什么问题等,具体如下:

- (1)实验名称、日期、地点、环境温度、实验者及同组者的姓名;
- (2)实验目的、实验原理、实验装置(简图)和实验步骤;
- (3)实验仪器设备的名称、型号;
- (4)实验数据记录和数据处理;
- (5)实验结果和结论;
- (6)实验结果的分析讨论及心得。

2. 实习报告

对实习过程、结果以及体会用书面文字写出来的材料就是实习报告。丰富的资料是写好实习报告的基础,因此实习开始就要广泛收集所需资料,并以各种形式记录下来(如写工作日记等)。实习报告必须写自己的实习经历,可参考别人的资料,但不能抄袭,如有引用或从别处摘录的内容要标明出处。实习报告语言要简练,符合公务文书的要求,主要有以下几部分:

(1)标题:可以是公文式标题,即《……的实习报告》;也可以是观点式标题。

(2)前言:写出实习的参加者、实习目的、时间、地点、单位等,并把实习感受、结果用高度概括的语言表达出来,以引出实习报告的内容,从而过渡到正文。

(3)正文:正文是实习报告的核心和主干部分,写实习者根据实习要求应该报告的内容,例如:实习过程、方式、内容、问题和建议、思考和体会等。尤其应着重写自己思考后的理性认识、体会,对组织实习活动的评价。

(4)参考文献:参考文献应附于文末,具体格式为:序号、作者名、文章名、刊物名称、出版时间、期号或序号、作者名著(编)、书名、出版社名、出版时间。

(5)附录:附录不宜放入正文中,是作为实习报告不可或缺的组成部分,或有参考价值的内容(如:调查阅卷、原始数据附表等)。

应该注意的是,写作时可以按以上几部分构思,但行文时不要写上“前言”、“正文”等字样,而要写标题,如“基本情况”、“问题和建议”、“主要体会”等。