



电工技能训练丛书

电工工具 和仪器仪表

DIANGONG GONGJU
HE YIQI YIBIAO



张应龙 主 编

杨宁川 副主编



化学工业出版社

电工技能训练丛书

电工工具和仪器仪表

张应龙 主编

杨宁川 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是一本介绍常用电工工具和仪器、仪表的结构原理及使用方法的普及性读本。本书首先介绍了有关测量及误差方面的基本知识及常用的电工工具,接着介绍了各种常用的电工模拟指示仪器仪表、比较式仪器仪表、记录仪表、数字仪表的结构原理和使用方法。然后介绍了当前城乡广泛使用的各种电能表的结构原理和接线方法;直流线性电源、开关电源、工频电源、UPS 不间断电源的工作原理;信号发生器、钳形电流表、绝缘电流表等其他一些常用仪器仪表的结构原理和使用方法。最后简要介绍了常用的电工仪器、仪表的检定原理和方法。

本书以企事业单位和农村中具有初中文化以上的初、中级电气技术工人为主要对象,可作为企事业单位和农村电气技术人员的培训教材,也可作为中职、高职院校电气技术专业学生的教材,并可作为广大电气技术爱好者和电气工程技术人员的学习、参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工工具和仪器仪表/张应龙主编. —北京:化学工业出版社, 2008. 2

(电工技能训练丛书)

ISBN 978-7-122-02127-4

I. 电… II. 张… III. ①电工工具-技术培训-教材
②电子仪器-技术培训-教材③电工仪表-技术培训-教材
IV. TM914.53 TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 020924 号

责任编辑:李玉晖 宋 薇

文字编辑:王 洋 李玉峰

责任校对:李 林

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 16 字数 312 千字 2008 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.00 元

版权所有 违者必究

《电工技能训练丛书》编委会名单

主 任：刘会霞

副主任：赵德安 周建中 李金伴 陆一心

委 员：刘会霞 赵德安 周建中 李金伴 陆一心

张建生 王善斌 周新云 丁继斌 谭延良

尤德同 宋昌才 盛占石 张应龙 袁晓明

黄 丽 朱 丽 王富良



随着科学技术的迅猛发展,不同学科之间相互渗透、交叉融合,不断衍生新的研究领域。作为一种重要的技术手段,电工电子技术的发展日新月异。尤其是以计算机、信息技术为代表的高新技术的发展,使电工电子技术的内涵和外延发生了革命性的变化,正在迅速改变着设计制造业的面貌。传统的设计制造技术也不断吸收信息、材料、能源及管理等领域现代成果,综合应用于电工电子产品的设计、制造、检测、生产管理和售后服务。21世纪电气设备发展的总趋势是:强弱电技术的融合更为密切;多学科、多专业的交叉更为深入;我国电气产品与国际接轨的步伐将迈得更大,国内外的技术交流也将更为广泛。

当今世界,科学技术发展迅速,知识经济发展显现端倪,综合国力的竞争日趋激烈。国力的竞争,归根结底是科技与人才的竞争。为了适应社会对技术技能人才的需求,配合江苏大学的国家级综合性工程训练示范中心、江苏省实验教学示范中心、农业电气化与自动化国家重点学科,以及机械设计制造及其自动化国家级特色专业建设点建设的需要,江苏大学工业中心、电气信息工程学院和化学工业出版社编写了《一图一例学电路》、《电工技能训练丛书》两套系列图书,以期满足广大电气工作者和爱好者的迫切需要。

这两套系列图书从系统的观点出发,分别定位于电工电子的知识基础和技能操作。《一图一例学电路》包括《电工基础》《电工测量》《传感器》《变压器》《电动机》《电子技术基础》《电力电子》《电力拖动自动控制》8个分册。《电工技能训练丛书》包括《电工基本操作》《电工测量》《电工工具和仪器仪表》《变压器检修》《电动机检修》《电子线路安装与调试》《常用机床电气线路检修》7个分册。

这两套系列图书编写时从实用出发,力求理论与实际相结合,突出新颖性,介绍电气设备的结构、工作原理、技术参数、适用场合、技术操作要点、运行与维护经验等。注重理论联系实际,融入应用实例,突出技能和技巧。本着求精避繁的原则,对电气设备的基础理论、材料、器件、应用电路、安装、调试、运行与维修等适用面广、使用频率高和实用性强的技术内容作了详细的阐述。同时,还从实际出发,反映了电工电子、电力电子、计算机、自动控制、传感器、机电一体化相互交叉、纵横结合的发展趋势。

这两套系列图书的编写反映了编者参与高等教育改革的一些研究成果。高等教育是科技发展的基础,是高级专门人才培养的摇篮。我国高等教育在振兴中华、科教兴国的伟大事业中担负着极其艰巨的任务。为了适应我国发展和建设的需要,

1993 年党中央、国务院颁布《中国教育改革和发展纲要》以后，原国家教委全面启动和实施《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》，有组织、有计划地在全国推进教学改革工程。其主要内容是：改革教育体制、教育思想和教育观念；拓宽专业口径，调整专业目录，强调创新精神、实践能力和工程师素质的培养，制定新的人才培养方案；改革课程体系、教学内容、教学方法、教学手段和工程训练；实现课程结构和教学内容的整合与优化。编写、出版这两套系列图书是在以上教育理论与教育思想的指导下，将教学改革思想和教学改革成果融入其中，根据人才培养计划中对学生知识、工程训练和实践能力的要求编写，及时反映了新设备、新技术、新工艺的推广应用。系列图书的编写符合教学改革的精神，遵循了教学规律和人才培养规律，具有明显的特色。希望能够得到读者的关注和指正。

《电工技能训练丛书》编委会

2008 年 3 月



为了培养企事业单位和农村中的电气技术人才，满足广大从事电气设备安装、使用、维修的电气工程技术人员的业务学习的需要，我们编写了本书。

本书以一名电气技术人员所必须具备的有关电工工具和仪器、仪表方面的基本知识为主要出发点，比较系统、全面地介绍了各种常用电工工具和仪器、仪表的基本结构、工作原理和使用方法。首先介绍了电气技术人员所必须具备的有关测量及误差排除方面的基本知识，介绍了验电器、电烙铁、导线压接钳等常用电工工具的结构和使用方法；接着用7章的篇幅分别详细地介绍了电工模拟指示仪器、仪表，比较式仪器、仪表，记录仪表，数字仪表，电能表，电源及其他电工常用仪器、仪表的电路、分类、结构、原理及使用方法等；最后简要介绍了常用的电工仪器、仪表的检定原理和方法。

本书由张应龙主编。杨宁川技师进行了有关资料的收集、各章节的核对和相关技术支持工作。在编写过程中，参阅了有关教材、资料和文献，在此对有关专家、学者和作者表示衷心感谢。

在本书的编写过程中，江苏大学李金伴教授、王维新高级工程师、王萍技师、王胜技师都给予了精心的指导和热情的帮助，并提出了许多宝贵的意见，全书由江苏大学李金伴教授担任主审，在此，谨向他们表示衷心感谢。

本书以企事业单位和农村中具有初中文化以上的初、中级电气技术工人为主要对象，内容丰富、深入浅出、通俗易懂、密切联系实际，可作为企事业单位和农村电气技术人员的培训教材，中职、高职院校电气技术专业学生的教材，及广大电气技术爱好者和电气工程技术人员的学习、参考用书。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者
2008年3月

目 录

第1章 电工测量及工具和仪器、仪表	1
1.1 电工测量方法	1
1.1.1 测量的定义	1
1.1.2 测量方法分类	1
1.2 测量误差	2
1.2.1 误差的表示方法	2
1.2.2 测量误差的分类	4
1.2.3 测量误差的消除方法	4
1.3 电工常用工具	5
1.3.1 验电器	5
1.3.2 电烙铁	7
1.3.3 导线压接钳	11
1.3.4 其他电工常用工具	14
1.4 电工仪器、仪表的分类和选用	15
1.4.1 电工仪表的分类	15
1.4.2 电工仪表设备的图形符号、盘面标记	16
1.4.3 电工仪表的型号	18
1.4.4 仪表选用的有关事项	19
第2章 电工模拟指示仪器、仪表	23
2.1 概述	23
2.1.1 指示仪表的类型	23
2.1.2 指示仪表的组成	23
2.2 磁电系仪表	24
2.2.1 磁电系仪表的结构	24
2.2.2 磁电系仪表的工作原理	25
2.2.3 磁电系电流表	27
2.2.4 磁电系电压表	28
2.2.5 磁电系检流计	29
2.3 电磁系仪表	31
2.3.1 电磁系仪表的结构	31

2.3.2	电磁系仪表的工作原理	33
2.3.3	电磁系仪表的技术特性	34
2.3.4	电磁系电流表	35
2.3.5	电磁系电压表	36
2.4	电动系仪表	37
2.4.1	电动系仪表的结构	37
2.4.2	电动系仪表的工作原理	37
2.4.3	电动系仪表的技术特性	39
2.5	指针式万用表	40
2.5.1	指针式万用表的基本结构	40
2.5.2	指针式万用表的测量原理	41
2.5.3	指针式万用表的使用	45
2.5.4	指针式万用表的选购	46
2.5.5	指针式万用表的扩展使用	49
2.6	功率表	52
2.6.1	电动系功率表	52
2.6.2	三相功率表	55
第3章 比较式仪器、仪表		61
3.1	标准量具	61
3.1.1	标准电池	61
3.1.2	标准电阻器	63
3.1.3	标准电容器	65
3.1.4	标准电感器	66
3.2	直流电位差计	67
3.2.1	直流电位差计的工作原理	67
3.2.2	直流电位差计的特性	68
3.2.3	直流电位差计的使用	69
3.3	交流电位差计	70
3.3.1	交流电位差计的工作原理	71
3.3.2	交流电位差计的特性	72
3.3.3	交流电位差计的应用	72
3.4	直流电桥	73
3.4.1	单臂电桥	73
3.4.2	双臂电桥	75
3.5	交流电桥	77
3.5.1	交流电桥的工作原理	77

3.5.2	交流电桥的组成	78
3.5.3	交流电桥的种类	78
3.5.4	QS18A 型万用电桥的使用	80
第4章	记录仪表	83
4.1	动圈式记录仪表	83
4.1.1	记录纸的驱动机构与记录轨迹	83
4.1.2	常用的记录方式	85
4.1.3	电子式记录仪表	86
4.2	自动平衡记录仪	87
4.2.1	自动平衡记录仪的工作原理	87
4.2.2	记录纸的驱动机构与固定装置	87
4.2.3	减小记录仪误差的方法	88
4.2.4	自动平衡记录仪的使用	90
4.3	光线示波器	96
4.3.1	概述	96
4.3.2	光线示波器的工作原理	97
4.3.3	振动子	99
4.3.4	光线示波器的一般使用方法	100
4.4	磁带记录仪	102
4.4.1	磁带记录仪的特点	102
4.4.2	磁带记录仪的构成与工作原理	102
4.4.3	磁带记录仪的类型	103
4.5	新型记录仪	105
第5章	数字仪表	109
5.1	数字显示原理	109
5.1.1	数字显示	109
5.1.2	模/数转换电路基础	112
5.2	数字万用表	116
5.2.1	数字万用表的基本组成	116
5.2.2	数字万用表的基本测量原理	117
5.2.3	DT830 型数字万用表的使用	119
5.3	数字电压表	121
5.3.1	概述	121
5.3.2	数字电压表的工作原理	122
5.3.3	数字电压表的使用	125

5.4 电子计数器	127
5.4.1 电子计数器的基本原理	127
5.4.2 电子计数器的基本组成	127
5.4.3 通用电子计数器的使用	130
第6章 电能表	134
6.1 概述	134
6.1.1 电能表的用途及分类	134
6.1.2 电能表的型号和名称	135
6.1.3 电能表的技术特性	136
6.2 感应式电能表	137
6.2.1 单相电能表的结构	137
6.2.2 单相电能表的工作原理	138
6.2.3 单相有功电能表的接线和安装要求	140
6.2.4 三相有功电能表的工作原理	142
6.2.5 三相有功电能表的接线和安装要求	143
6.3 电子式电能表	147
6.3.1 电子式电能表的特点	147
6.3.2 电子式电能表的结构原理	148
6.3.3 电子式电能表的组成	149
6.4 预付费电能表	150
6.4.1 预付费电能表的分类	150
6.4.2 IC卡预付费电能表的结构和原理	152
6.5 复费率电能表	155
6.5.1 机电式复费率电能表	155
6.5.2 电子式复费率电能表	158
6.6 自动抄表系统	159
6.6.1 自动抄表系统简介	159
6.6.2 各类抄表系统	162
第7章 电源	165
7.1 直流线性电源	165
7.1.1 直流线性电源的工作原理	165
7.1.2 集成稳压器	166
7.1.3 精密稳压、稳流电源	169
7.1.4 程控电源	171
7.2 开关电源	174

7.2.1	非隔离型开关电源的基本电路	174
7.2.2	隔离型开关电源的基本电路	175
7.2.3	控制电路	176
7.3	工频电源	178
7.3.1	磁放大器式电子交流稳压器	178
7.3.2	交流净化电源	178
7.3.3	数字合成式工频电源	179
7.4	不间断电源	179
7.4.1	UPS 的基本参数	180
7.4.2	UPS 的工作原理	180
7.4.3	UPS 的选择	182
第 8 章	其他电工常用仪器、仪表	185
8.1	信号发生器	185
8.1.1	信号发生器的分类	185
8.1.2	信号发生器的结构和原理	186
8.1.3	低频信号发生器的使用方法	187
8.1.4	高频信号发生器的使用方法	189
8.1.5	脉冲信号发生器的使用方法	191
8.2	钳形电流表	193
8.2.1	指针式钳形电流表	193
8.2.2	数字式钳形电流表	195
8.3	绝缘电阻表	197
8.3.1	指针式绝缘电阻表的结构与工作原理	197
8.3.2	指针式绝缘电阻表的使用	199
8.3.3	HDT2060 系列数字绝缘电阻测量仪	202
8.4	接地电阻测量仪	203
8.4.1	接地电阻测量仪的结构	203
8.4.2	接地电阻测量仪的工作原理	204
8.4.3	接地电阻测量仪的使用方法	205
8.4.4	数字钳形接地电阻测量仪	206
8.5	红外测温仪	207
8.5.1	红外测温仪的工作原理	208
8.5.2	如何使用便携式红外测温仪测温	209
8.6	电子示波器	210
8.6.1	电子示波器的基本原理	210
8.6.2	SR-8 型双踪电子示波器的技术特性	213

8.6.3 电子示波器的使用方法	217
第9章 电工仪器、仪表的检定	222
9.1 指示电表的检定	222
9.1.1 确定仪表基本误差的方法	222
9.1.2 检定线路	224
9.1.3 检定的其他规定	229
9.2 数字电压表的检定	232
9.2.1 确定直流数字电压表基本误差的方法	232
9.2.2 检定线路	233
9.2.3 检定的其他规定	234
9.3 直流仪器的检定	236
9.3.1 直流电位差计的检定	236
9.3.2 直流电桥的检定	238
9.3.3 直流电位差计自动检定系统	240
参考文献	241

第 1 章

电工测量及工具和仪器、仪表

作为一名从事电气工作的技术人员，必须熟悉常用的电工工具的基本用途及操作方法，了解常用的仪器、仪表的测量原理并掌握其测量方法。

1.1 电工测量方法

1.1.1 测量的定义

所谓测量，是指用实验的方法，将被测量（未知量）与已知的标准量进行比较，以得到被测量的具体数值，达到对被测量定量认识的过程。

电工测量，是指把被测的电量或磁量直接或间接地与作为测量单位的同类物理量（或者可以推算出被测量的异类物理量）进行比较的过程。在测量过程中实际使用的已知标准量是被测量所用测量单位的复制体，称作度量器。度量器可以是测量单位本身，也可以是测量单位的分数倍或整数倍。

1.1.2 测量方法分类

（1）直接测量 直接测量指的是被测量与度量器直接进行比较，或者采用事先刻好刻度数的仪器进行测量，从而在测量过程中直接求出被测量的数值的测量方式。这种方式的特点是测出的数值就是被测量本身的值。例如，用电流表测量电流，用电桥测量电阻等。这种方法简便、迅速，但它的准确程度受所用仪表误差的限制。

（2）间接测量 如果被测量不便于直接测定，或直接测量该被测量的仪器不够准确，那么就可以利用被测量与某种中间量之间的函数关系，先测出中间量，然后通过计算公式，算出被测量的值，这种方式称为间接测量。例如，用伏安法测电阻，就是利用测出的电压与电流的值，用欧姆定律间接算出电阻的值。

（3）组合测量 如果被测量有很多个，虽然被测量（未知量）与某种中间量存在一定函数关系，但由于函数式中有多个未知量，对中间量的一次测量是不可能求得被测量的值的。这时可以通过改变测量条件来获得某些可测量的不同组合，然后测出这些组合的数值，解联立方程求出未知的被测量。

（4）比较测量 比较法是指被测量与已知的同类度量器在比较仪器上进行比较，从而求得被测量的一种方法。这种方法用于高准确度的测量，当然，为了保证测量的准确度，要用较准确的比较仪器，要求保持较严格的实验条件，如温度、湿

度、振动、防电磁干扰等，这种测量方法的特点是已知的同类度量器量限必须大于未知的被测量。根据比较时的具体特点，比较法又分为以下三种。

① 零值法。将被测量与已知量进行比较，使两者之间的差值为零，这种方法称为零值法。由于电测量指示仪表只用于指零，所以仪表误差不会影响测量准确度。使用电桥测电阻、电位差计测电势、天平测质量都是零值法的例子。

② 差值法。差值法是通过测量已知量与被测量的差值，从而求得被测量的一种方法。

③ 替代法。替代法是将被测量与已知量先后接入同一测量仪器，如果仪器的工作状态没有改变，则可认为被测量等于已知量。这种方法由于测量仪器的状态不改变，所以内部特性和外部条件对前后两次测量的影响是相同的，测量结果与仪器本身的准确度无关，只取决于替代的已知量。曹冲称象就是替代法的一个例子。

1.2 测量误差

在检测过程中，由于所选用的仪表精度有限，实验方法不够完善，环境中存在各种干扰因素，以及检测技术水平的限制等原因，使测量值和真实值之间必然存在着一定的差值，这个差值称为测量误差。

1.2.1 误差的表示方法

在实际检测中，测量误差的表示方法有很多种，最常用的有绝对误差、相对误差和引用误差。

1.2.1.1 绝对误差

表示绝对误差的基本方程式为

$$\Delta = x - x_0 \quad (1-1)$$

式中 Δ ——绝对误差；

x_0 ——被测量的真值；

x ——测量值。

式(1-1)表明，为了计算绝对误差，必须先知道真值。因此，求真值的问题成为误差理论的一个重要问题。

真值是指严格定义的量的理论值，一个量的真值是一个理论概念。任何可得到的值都是通过测量获得的，与理论值总有差异，因此，为了研究和计算方便，在实际工作中常用约定值来代替真值。常把下面几种约定值规定为真值。

① 理论真值。例如，平面三角形的内角之和恒为 180° 。

② 计量学约定真值。国际计量大会的决议已定义了长度、质量、时间、电流、热力学温度、发光强度及物质的量这七大基本单位。凡是满足有关规定条件复现出的数值即为计量学约定真值。

③ 标准器的相对真值。在有些情况下,可以认为高一级标准器的测量值是低一级标准器或普通仪表测量值的相对真值。

采用绝对误差表示测量误差不能很好地说明测量质量的好坏。例如,温度测量的绝对误差 $\Delta=1^{\circ}\text{C}$,若对人体体温测量来说,则误差过大;而对钢水温度测量来说,则是目前尚达不到的最佳测量结果。绝对误差说明了测量值离真值的大小,它能够说明测量的精确度,故一般适用于标准仪表的校准。在校准工作中,常用到修正值 c ,其定义为

$$c=x_0-x \quad (1-2)$$

式(1-2)表明,修正值与绝对误差在数值上相等,而符号相反。其实际含义是真值等于测量值加上修正值。这样,使用起来更方便些。

1.2.1.2 相对误差

被测量的绝对误差与真值之比称为相对误差 δ ,一般用百分数表示。

$$\delta=\frac{\Delta}{x_0}\times 100\% \quad (1-3)$$

相对误差表示法最突出的优点是能够更好地说明测量质量的好坏。但在实际应用中,由于被测量的真值 x_0 是不可知的,使利用上式计算相对误差也不方便,而且在使用仪表测量时,一般不宜测量过小的量,而多用于测量接近上限值的量,如 $2/3$ 的量程处。因此,用下面介绍的引用误差来评价仪表的测量质量更为方便。

1.2.1.3 引用误差及最大引用误差

测量的绝对误差与仪表的满量程值之比,称为仪表的引用误差 r ,它常以百分数表示

$$r=\frac{\Delta}{L}\times 100\% \quad (1-4)$$

式中 L ——仪表的满量程值。

比较相对误差和引用误差的公式可知,引用误差是相对误差的一种特殊形式,用满量程值 L 代替真值 x_0 ,在使用上方便多了。然而,实践证明,在仪表测量范围内的每个示值的绝对误差 Δ 都是不同的,因此引用误差仍与仪表的具体示值 x 有关,使用仍不方便。为此,又引入最大引用误差的概念,它既能克服上述的不足,又更好地说明了误差的测量精度。所以常被用来确定仪表的精度等级。

在规定条件下,当被测量平稳增加或减少时,在仪表全量程内所测得各示值的绝对误差(取绝对值)的最大者与满量程值的比值之百分数,称为仪表的最大引用误差 $r_{\max}$ 。

$$r_{\max}=\frac{|\Delta|_{\max}}{L}\times 100\%=\frac{|x-x_0|_{\max}}{L}\times 100\% \quad (1-5)$$

最大引用误差是仪表基本误差的主要形式,它能更可靠地表明仪表的测量精确度,是仪表最主要的质量指标。

1.2.2 测量误差的分类

由于各种客观及主观原因,任何测量过程必然存在误差,根据测量误差的性质及产生的原因,测量误差分为以下三类。

(1) 系统误差 在同一条件下,多次重复测量同一量时,误差的大小和符号保持不变或按一定规律变化的这种误差称为系统误差。系统误差主要是由于检测装置本身在使用中变形、未调到理想状态、电源电压下降等原因造成的有规律的误差。一般可通过实验或分析的方法查明其产生的原因,因此,它是可以预测的,也是可以消除的。系统误差的大小表明测量结果的准确度。系统误差来源于传感器误差、放大器和传输线等器件的非线性误差、数据采集系统误差、数学模型误差及校准定标误差等。

(2) 随机误差 在同一条件下,多次重复测量同一量时,误差的大小、符号均呈无规律变化,这种误差称为随机误差。随机误差是许多偶然因素所引起的综合结果。其平均值随观测次数的增加而逐渐趋近于零。随机误差来源于机械干扰(振动与冲击)、温度和湿度干扰、电磁场变化、放电噪声、光和空气及系统元件噪声等。它既不能用实验方法消去,也不能修正。然而,它的变化虽无一定规律可循且难以预测,但是在多次的重复测量时,其总体服从统计规律。实践证明,绝大多数随机误差的统计特性服从正态分布,从随机误差的统计规律中可了解到它的分布特性,并能对其大小及测量结果的可靠性等做出估计。此外,随机误差的大小表明测量结果的精确度。

(3) 疏失误差 明显歪曲测量结果的误差,称为疏失误差。这种误差是由于观测者对仪表的不了解或因思想不集中,疏忽大意导致错误的读数。就数值大小而言,它通常明显地超过正常条件下的系统误差和随机误差。含有疏失误差的测量值称为坏值或异常值。正常的测量结果中不应含有坏值,应予以剔除,但不是主观随便除去,必须根据统计检验方法的某些准则判断哪个测量值是坏值,然后科学地舍弃之。

为了减少上述误差的影响,可以在软件、硬件设计中采用技术措施。

综上所述,测量坏值必须除去,即正常的测量结果中不能包含有疏失误差。因此在误差分析中,要研究的误差项只有系统和随机误差两种。系统误差和随机误差是两种产生原因不同,特点也完全不一样的测量误差,但在测量过程中,它们往往又是混合在一起的,两者的合成称为综合误差。综合误差能较全面地说明测量的质量,它的大小反映了测量的精确度。

1.2.3 测量误差的消除方法

测量误差是不可能完全消除的,但要尽可能使误差减小到测量允许的范围内。应根据误差的来源和性质采取相应的减小测量误差的措施和方法。