

万用表使用

从入门 到精通 80

郑全法 编著

个细节



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

万用表使用

从入门 到精通 的 80

郑全法 编著

个细节



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书从零讲起,使用大量的测量示意图,分解不同的操作技巧,帮助读者更快地掌握直流电流、直流电压、交流电压、电阻、音频电平、电容量、电感量及半导体参数的测量方法。

本书依托大量实物照片,结合家庭实用线路及常用家电的检修,一步步做检测、一点点讲维修,轻松易读,适合广大电工爱好者学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

万用表使用从入门到精通的80个细节/郑全法编著.北京:
中国电力出版社,2015.4

ISBN 978-7-5123-7059-3

I.①万… II.①郑… III.①复用电表—使用方法 IV.①TM938.107

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第003647号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015年4月第一版 2015年4月北京第一次印刷
710毫米×980毫米 16开本 14.5印张 266千字
印数0001—3000册 定价38.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前 言

迄今为止，没有一种仪表能够像万用表一样普及和广泛，它体积小，携带方便，多档位，可以完成多量程、多种电量的测量。本书以指针式万用表和数字式万用表为例，通过对万用表的结构、工作原理、使用调试方法和检测实例的介绍，帮助读者掌握用万用表检修电气线路和电子产品的方法与技巧。

同时本书还介绍了检修各种家用电器、低压电器等的故障和性能判定以及万用表的常见故障及检修方法。通过本书的学习，希望读者可以全面掌握使用万用表的基本技能，并能进行万用表的调试和常见故障的处理。

本书利用大量的线条图和实物照片，清晰讲述了万用表的接线和使用的全部操作过程。



本书由郑全法任主编，参与编写的成员有：李国强、李俊伟、郭琪雅、郑亚齐、彭飞、孙晓权、孙涛、李军荣、杨耀等，在此一并表示感谢。

本书在编写中，采用了许多厂家提供的万用表测试数据，同时也采用了许多不同公司提供的产品资料，在此我们表示衷心的感谢。由于编者的水平有限，如有不足之处，希望读者能够不吝赐教。



目 录

前言

 第一章 初识检修仪表	1
第一节 认识电子仪表	1
细节 1 从一个家电故障分析看仪表使用	1
细节 2 仪表的起源和发展	1
细节 3 电工仪表表面标志释义	2
第二节 了解电子仪表的分类	6
细节 4 电子仪表的分类	6
细节 5 电子仪表的特性	7
第三节 了解测量误差	8
细节 6 误差产生原因及分类	8
细节 7 测量结果的数据处理	10
细节 8 减小误差的方法	11
第四节 万用表的选购与技术参数	12
细节 9 万用表的技术参数	12
细节 10 万用表的选购	15
 第二章 指针式万用表的使用	20
第一节 了解指针式万用表	20
细节 11 指针式万用表的结构及基本测量原理	20
细节 12 直流电流测量原理	23
细节 13 电压的测量原理	23
细节 14 电阻测量原理	25
第二节 指针式万用表的应用基础	26
细节 15 电压的测量	26
细节 16 电流的测量	28

细节 17	电阻的测量	30
细节 18	电容、电感的测量	31
第三节	电子器件的检测	32
细节 19	二极管的测量	32
细节 20	三极管的测量	39
细节 21	场效应晶体管的测量	44
细节 22	晶闸管的测量	47
第四节	指针式万用表的变通使用	52
细节 23	用交流电压挡应急测量直流电压	52
细节 24	用小电流挡测量小值电压	53
细节 25	测量大内阻电路的电压	54
细节 26	测量非正弦周期性电压	55
细节 27	测电阻时读出或算出电流和电压值	58
细节 28	测量接地线电阻	59
细节 29	用作测试彩色电视机的干扰信号	60
细节 30	测量彩色显像管的灯丝电压	60

第三章 数字式万用表的使用 62

第一节 了解数字式万用表 62

细节 31	数字式万用表的特点及性能参数	62
细节 32	数字式万用表的组成及工作原理	65
细节 33	特型电路工作原理	70

第二节 数字式万用表的应用基础 77

细节 34	电压的测量	77
细节 35	电流的测量	78
细节 36	电阻的测量	80
细节 37	电容、二极管和三极管的测量	80
细节 38	蜂鸣器电路及典型低压电器的测量	82

第三节 数字式万用表的变通使用 102

细节 39	温度的测量	102
细节 40	测量大于 20 μ F 的电容	103
细节 41	检测电缆线(或电线)的断芯位置	104

细节 42	检查设备金属外壳是否带电	105
细节 43	检测扬声器	106
细节 44	检测电池放电功能	107

第四章 用万用表检测家用电器 110

第一节 照明电路的检测 110

细节 45	用万用表判断市电零线及火线	110
细节 46	线路负载的检测	111

第二节 电加热器的检测 121

细节 47	电加热器的典型应用与检测	121
细节 48	电加热器的检测	121
细节 49	电饭煲的性能检测	123
细节 50	电熨斗的性能检测	124

第三节 制冷电器的检测 125

细节 51	制冷电器的典型应用	125
细节 52	压缩机的检测	125
细节 53	直流电机的检测	129
细节 54	启动器的检测	131
细节 55	温控器的检测	133

第四节 全自动洗衣机的检测 137

细节 56	电磁阀的检测	137
细节 57	电动机的检测	138
细节 58	洗衣机性能的检测	139

第五节 小家电的检测 141

细节 59	温控器的检测	141
细节 60	磁控管的检测	142
细节 61	变压器的检测	144
细节 62	数码显示器的检测	146
细节 63	电热杯的性能检测	147

第五章 万用表的功能扩展及改进 148

第一节 指针式万用表 148

细节 64	提高电压挡输入阻抗	148
-------	-----------	-----

细节 65	使用低压挡测量高电压	149
细节 66	增设交流电流挡	150
细节 67	给万用表增设 $R \times 10k$ 挡	152
细节 68	增设蜂鸣器测试功能	153
细节 69	给 500 型万用表添加直流 2.5A 量程	154

第二节 数字式万用表

细节 70	提高基准电压稳定性	154
细节 71	测量高压	156
细节 72	增设 $20\mu A$ 挡	157
细节 73	附加测量占空比装置	158
细节 74	增加频率测试、读数保持功能	160
细节 75	增加自动关机功能及常用表笔改造	168


第六章 万用表的检修


第一节 数字式万用表的检修

细节 76	检修万用表的工具和方法	173
细节 77	数字式万用表常见故障检修	187
细节 78	数字式万用表功能检查及检修实例	199


第二节 指针式万用表的检修

细节 79	指针式万用表的故障检修	204
细节 80	指针式万用表故障检查方法和实例	206

 附录 1	常用万用表电路原理图	216
--	------------------	-----

 附录 2	常用指针式万用表表头灵敏度和内阻	219
--	------------------------	-----

 附录 3	常用游丝的规格	221
--	---------------	-----

 附录 4	常用电量符号及单位换算	222
--	-------------------	-----



初识检修仪表

第一节 认识电子仪表

细节 1 从一个家电故障分析看仪表使用

【例】一辆电动自行车打开电门锁后，面板电源指示灯不亮
通过故障现象分析，造成面板电源指示灯不亮的主要原因有：

- (1) 蓄电池损坏；
- (2) 电缆插头与插座接触不良；
- (3) 蓄电池插座下的熔断器熔断。

根据以上可能原因，可以进行如下逐一排查：首先用万用表测量蓄电池的输出端电压，正常时应是 36V（或 48V），如果没有电压，则说明蓄电池输出端有问题，或者蓄电池损坏。

然后检查电缆插头与插座间是否接触良好，可拔下插头，清洁后重新插紧，一般即可排除故障。

最后即可取下熔断器用万用表检测，看其是否有 15A 电流，若熔断器熔断，更换同型号熔断器即可。

这是一例简单的电动自行车故障排除过程。在此过程中，使用万用表是故障判定的关键操作。其实在故障检修与排查过程中，不仅仅要用到万用表，还有许多各种功能的检修仪表，它们使维修人员的检修操作变得简单而准确。

细节 2 仪表的起源和发展

仪器仪表在中国有着悠久的历史。据《韩非子·有度》记载，中国在战国时期已有了利用天然磁铁制成的指南仪，称为司南，其外形如图 1-1 所示。古代的仪器在很长的历史时期中多是用于定向、计时或供度量衡用的简单仪器。

公元 17~18 世纪，欧洲的一些物理学家开始利用电流与磁场相互作用的原理制成简单的检流计，这奠定了电学仪器的发展基础，其他一些用于测量的电学

仪器也逐渐发展起来。

公元 19~20 世纪，工业革命和现代化大规模生产促进了新学科和新技术的发展，在人类社会进入到知识经济时代、信息技术高速发展的背景下，仪器仪表及其测量控制技术得到了日益广泛的应用，给仪器仪表行业的快速发展提供了良好契机，后来出现的计算机和空间技术等，使仪器仪表因而也得到了前所未有的发展。



图 1-1 司南



细节 3 电工仪表表面标志释义

电工仪表的种类繁多，不同的仪表具有不同的技术特性，适用于不同的场合。要做到正确选用电工电子仪表，首先要了解仪表表面上的一些常用标志符号。根据国家标准，每块电工仪表标度盘上应标明：仪表的品牌、产品型号、被测量的单位、工作原理系列、精度等级、正常工作位置、绝缘强度、使用条件、防御外磁场的等级、制造标准、制造许可证号码以及各种额定值（量限）等，下文将选择性地简介部分电气测量仪表的标志符号。

1. 表示仪表工作原理的符号

表示仪表工作原理的符号及含义见表 1-1。

表 1-1 表示仪表工作原理的符号及含义

符号	含义	符号	含义
	磁电式仪表		整流式仪表
	电磁式仪表		电动式比率仪表
	电动式仪表		感应式仪表

2. 表示仪表工作位置的符号

表示仪表工作位置的符号及含义见表 1-2。

表 1-2 表示仪表工作位置的符号及含义

符号	含义	符号	含义
	标度尺位置应为垂直		标度尺位置应与水平面倾斜成一定角度，例如 60°
	标度尺位置应为水平		



3. 表示仪表绝缘强度的符号

表示仪表绝缘强度的符号及含义见表 1-3。

4. 表示仪表等级的符号

根据国家标准规定, 电工仪表的精度等级分为 7 个等级, 各精度等级与引用误差的关系见表 1-4。

表 1-3 表示仪表绝缘强度的符号及含义

符号	含义	符号	含义
	不进行绝缘强度试验		绝缘强度试验电压为 2kV
	绝缘强度试验电压为 500V		

表 1-4 仪表精度等级与允许引用误差的对应关系

精度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
允许引用误差	±0.1%	±0.2%	±0.5%	±1.0%	±1.5%	±2.5%	±5.0%

由表 1-4 可知, 精度等级的数值越小, 允许的引用误差越小, 仪表的精度就越高。通常将 0.1 级、0.2 级仪表作为标准仪表进行精密测量; 1.5 级及以上仪表作为一般工程的测量或作为固定式仪表使用; 学生实验一般用 2.5 级或 5.0 级仪表。

表 1-5 表示仪表电压和电流种类的符号及含义

符号	含义
	直流。为避免与其他符号混淆时可用右边的符号
~	交流
≈	直流和交流

需要指出的是, 测量结果的精度并不完全和仪表的精度画等号, 为了提高被测量的精度, 在选用仪表的量程时, 要尽量使所测量值在仪表满刻度的 2/3 以上。

5. 表示仪表电压和电流种类的符号

表示仪表电压和电流种类的符号及含义见表 1-5。

6. 表示仪表端钮和调零器的符号

表示仪表端钮和调零器的符号及含义见表 1-6。




表 1-6 表示仪表端钮和调零器的符号及含义

符号	含义	符号	含义
-	负端钮		与外壳或底板相连接的端钮
+	正端钮		
	公共端钮		可屏蔽相连接的端钮
	接地端钮		调零器

7. 表示仪表工作环境的符号

表示仪表工作环境的符号及含义见表 1-7。









表 1-7 表示仪表工作环境的符号及含义

符号	含义
 或 A	适用于环境温度为 0~40℃、相对湿度为 85% 的条件范围内 (即室内)
 或 B	适用于环境温度为 20℃~50℃、相对湿度为 85% 的条件范围内 (即室内)
 或 C	适用于环境温度为 40℃~60℃、相对湿度为 85% 的条件范围内 (即舰船上、飞机上、车辆里或室内)

8. 表示防御外磁场能力的符号

防御外磁场能力是指在相同外磁场 (电场) 的环境下仪表所表现出来的精度等级。表示仪表防御外磁场能力的符号及含义见表 1-8。


表 1-8 表示防御磁场能力的符号及含义

符号	含义	符号	含义
	I 级防外磁场 (如磁电式), 允许产生误差 0.5%	 或 	III 级防外磁场及电场, 允许产生误差 2.5%
	I 级防外磁场 (如静电式), 允许产生误差 0.5%	 或 	IV 级防外磁场及电场, 允许产生误差 5.0%
 或 	II 级防外磁场及电场, 允许产生误差 1.0%		

9. 表示仪表测量类型的符号

表示仪表测量类型的符号及含义见表 1-9。

表 1-9 表示仪表测量类型的符号及含义

符号	含义	符号	含义
 (mA)  (μA)	安培表、毫安表、微安表		千瓦时表 (电能表)
 (V)  (kV)	伏特表、千伏表		相位表
 (W)  (kW)	瓦特表、千瓦表		频率表

10. 表示仪表测量单位的符号及名称

表示仪表测量单位的符号及名称见表 1-10。



表 1-10

表示仪表测量单位的符号及名称

量	符号	名称	量	符号	名称	量	符号	名称
电流	A	安 [培]	频率	Hz	赫 [兹]	电量	C	库 [仑]
	kA	千安		kHz	千赫	磁通 [量]	Wb	韦 [伯]
	mA	毫安		MHz	兆赫	磁感应强度	T	特 [斯拉]
	μ A	微安	电阻	Ω	欧 [姆]	力	N	牛 [顿]
V	伏 [特]	k Ω		千欧	应力 (压力)	Pa	帕 [斯卡]	
mV	毫伏	M Ω		兆欧	力矩	N·m	牛 [顿] 米	
电压	μ V	微伏	电感	H	亨 [利]	磁导率	H/m	亨 [利] 每米
	W	瓦 [特]		mH	毫亨	相位角	$\angle\varphi$	
	kW	千瓦		μ H	微亨	功率因数	$\cos\varphi$	
功率	MW	兆瓦	电容	F	法 [拉]	无功功率 因数	$\sin\varphi$	
	var	乏 [尔]		pF	皮法	表观功率 (视在功率)	VA	伏安
	kvar	千乏		μ F	微法		kVA	千伏安
无功功率	Mvar	兆乏						

注 [] 内的字在不致混淆的情况下可以省略；() 内的字为前者同义语。

例如：有一个电流表如图 1-2 所示，与之对应的符号说明见表 1-11。

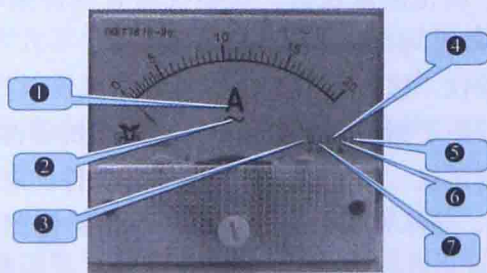


图 1-2 交流安培表面板

表 1-11

图 1-2 所示交流安培表面板的符号含义

图中标号	名称	符号 (代码)	含义
①	电表类型	A	表示该表为安培表
②	被测量对象性质	~	表示该表适用于交流电的测量
③	工作原理类型		表示该表属于整流式仪表
④	精度等级	2.5	表示该表的精度等级为 2.5 级
⑤	使用条件		表示该表能在 20℃~50℃，湿度在 85% 以下的环境下正常工作



续表

图中标号	名称	符号(代码)	含义
⑥	绝缘强度		表示该表的绝缘层经过了 2kV 的耐压试验, 在 220V 电压环境下能安全工作
⑦	仪表工作位置	⊥	表示该表要垂直安装才能正常使用

第二节 了解电子仪表的分类



细节 4 电子仪表的分类

电子仪表的种类繁多, 分类方法也各不相同。其常见的分类方法如下:

1. 按功能划分

(1) 信号发生器。用于提供测量用的各种波形信号, 例如低频、高频、脉冲、函数、扫频及噪声信号发生器等。

(2) 信号分析仪。用于观测、分析和记录各种电量的变化。包括时域、频域和数据域分析仪, 例如各种示波器、波形分析仪、频谱分析仪和逻辑分析仪等。

(3) 频率、时间、相位测量仪器。这类仪器有各种频率计(常用电子计数器)、相位计, 以及各种时间、频率标准仪器等。

(4) 网络特性测量仪。这类仪器有频率特性测试仪(扫频仪)、阻抗测量仪及网络分析仪等, 主要用于测量电路的频率特性、阻抗特性、噪声特性等。

(5) 电子元器件测试仪。用于测量各种电子元器件的电参数、显示特性曲线等, 例如 RLC 测试仪、晶体管参数测试仪、晶体管特性图示仪、模拟或数字集成电路测试仪等。

(6) 电波特性测试仪。用于测量电波传播、电磁场强度、干扰强度等, 例如场强计、测试接收机、干扰测量仪等。

(7) 辅助仪器。与上述各种仪器配合使用的仪器, 例如各种放大器、衰减器、检波器、滤波器、记录仪及各种交直流稳压电源等。

2. 按显示方式划分

(1) 模拟式

主要是用指针方式直接将被测量的电参数转换为机械位移, 在标度尺上指示出测量数值, 例如各种电子电压表等。

(2) 数字式

将被测的连续变化的模拟量转换为数字量, 并以数字方式显示其测量数据,



具有直观、准确、快速的效果，例如各种数字电压表、数字频率计等。

细节 5 电子仪表的特性

电子仪表的测量系统由于其仪表的不同而不同，与其他测量相比，电子测量具有以下几个明显的特性：

1. 频率范围宽

除测量直流电量外，还可以测量交流电量，其频率范围低至 10^{-4} Hz，高至数 THz ($1\text{THz}=10^{12}\text{Hz}$ ，读做太 [拉] 赫兹)。电子测量设备能够工作在这样宽的频率范围内，使它的应用范围大为扩展。如果利用各种传感器，几乎可以测量全部电磁频谱的物理量。当然对于不同频段的测量需要采用不同的测量方法与测量仪器。

2. 量程范围大

量程是仪器测量范围上限值与下限值之差。由于被测量的值大小相差很大，因而要求测量仪器具有足够的量程。对一台电子仪器，最高量程与最低量程往往要相差几个甚至十几个数量级。例如，一台数字电压表，要求能测出从纳伏 (nV) 级至千伏级的电压；用于测量频率的电子计数式频率计，其最大与最小量程相差近 17 个数量级。

3. 测量准确度高

电子测量的准确度比其他测量方法高得多。例如，长度测量的准确度最高为 10^{-8} ，而用电子测量方法对频率和时间进行的测量，由于采用原子频标和原子秒作为基准，可以使测量准确度达到 10^{-15} 数量级，这是目前人类在测量准确度方面达到的最高指标。

4. 测量速度快

由于电子测量是通过电子技术实现的，因而测量速度很快。这也是电子测量在现代科学技术领域内得到广泛应用的一个重要原因。例如，洲际导弹的发射和运行过程中就需要快速测出它的工作参数，通过计算机运算，再对它的运行发出控制信号，以使它达到预期的目标，这个过程如果测量速度较慢，就不能进行及时调整，自动控制系统就会失去作用。

同样，工业自动控制系统中，在生产线上进行“在线测量”，及时对机械运转状态或物质成分的比例进行调节，对于提高生产效率和产品质量都具有重大意义。在某些场合，要求对测量结果迅速进行数据处理，再发出控制信号。这样，对测量速度就提出了更高的要求。

在有些测量过程中，希望对同一量在相同条件下进行多次测量，再用求平均值的方法以减小误差。但是测量条件容易随时间变化，这时可以采用提高测量速

度的方法，在短时间内完成多次测量，从而提高精确度。

5. 易于实现遥测和测量过程的自动化

对于人体不便于接触和无法达到的区域，例如深海、地下、高温炉、核反应堆等，可以将传感器埋入其内部或通过电磁波、光、辐射等方式进行测量，这就是一般所说的遥测。

电子测量同电子计算机相结合，使测量仪器智能化，并在自动化系统中占据重要地位。尤其是大规模集成电路和微处理器的广泛应用，使电子测量呈现了崭新的局面。例如，自动转换量程、自动调节、自动校准、自动记录、自动进行数据处理、自动修正等。

6. 易于实现仪器小型化

随着微电子器件集成度的不断提高、可编程器件和微处理器及 ASIC 电路的采用，电子测量仪器正向着小型化、数字化、宽带化、智能化、综合化和网络化的方向发展。特别是随着模块式仪器系统的采用，把多个仪器模块连同计算机装入一个机箱内组成自动测试系统，使之更为紧凑。目前，出现了智能仪器、模块仪器、卡式仪器及虚拟仪器等电子测量仪器。

第三节 了解测量误差



细节 6 误差产生原因及分类

被测量的物理量必然存在一个真实的数值，这个数值称为真值。虽然不可能准确地知道，但一切测量的目的都是为了尽可能准确可靠地获得真值。由于人们对客观规律认识的局限性，测量工具的不准确性、测量手段的不完善，以及测量过程中可能出现的疏忽和失误，使得测量值与真值之间会有一定的差距。这个差距就是测量误差。

测量误差在表示时一般分绝对误差、相对误差和误差极限。

(1) 绝对误差：绝对误差即为测量时的仪器所示数值减去真值的差（即测量值与真实值之差）绝对误差有正负之分。

(2) 相对误差：相对误差是绝对误差与真值（或约定真值）的比值，通常用百分数表示。

(3) 误差极限：误差极限又称最大允许误差，它是由相关标准、技术规范等所规定的仪器仪表误差的极限。一般技术说明书上所标明的误差即指误差极限。误差极限既可采用绝对误差，也可采用各种相对误差，或者用二者结合起来表示。

误差极限是指某一类仪器不应超出的误差最大范围，并不是指某一台确定仪



器的实际误差。一般仪器仪表的误差极限有以下 4 种。

(1) 固有误差 (又称基本误差)。是在规定的一组影响量 (如环境温度、湿度、时间、辅助电源频率、电磁场影响等) 的基准条件下给出的误差。

(2) 影响误差 (又称附加误差)。是当一个影响量在额定使用范围内任取一值, 而其他影响量均处于基准条件时所测得的误差。

(3) 工作误差。是在额定工作条件下的仪器误差极限。

(4) 稳定误差。是仪器的标称值在其他影响量保持恒定的情况下, 于规定时间内所产生的误差极限。

根据误差的性质和特点, 测量误差可分为系统误差、随机误差和粗大误差 3 类。

1. 系统误差

系统误差是指在对同一被测量的多次测量过程中, 绝对值和符号保持恒定, 或在条件改变时按某种确定规律变化的误差。例如仪表标度的偏差, 使用时仪器零点未调准, 温度、湿度、电源电压变化, 测量方法不当等造成的误差便属于系统误差。

系统误差的特点是: 测量条件一经确定, 误差即为一确定数值; 多次测量取平均值并不能改变其大小。造成系统误差的原因很多, 但也是有规律可循的。例如对零点不准的仪器可重新调零; 对受温度影响的物理量, 可在大量测量反复分析的基础上得出经验公式对测量值进行修正, 或采取相应的技术措施, 可消除或减小系统误差。

2. 随机误差

随机误差是指在对同一被测量的多次测量过程中, 绝对值和符号都以不确定方式变化的误差。每一次出现的误差都是偶然的, 没有复现性, 因此随机误差也称偶然误差。

随机误差是由对测量值影响微小、又互不相关的多种因素共同造成的。例如温度及电源电压的频繁波动, 测量仪器元器件的噪声, 电磁场干扰和测量人员感觉器官的偶然变化等。

一次测量的随机误差没有规律, 也无法控制, 但足够多次重复测量所出现的随机误差服从统计规律, 因此可以通过对多次测量值取算术平均值的方法来减小随机误差对测量结果的影响。

3. 粗大误差

粗大误差是指在对同一被测量的多次测量过程中, 测量值明显偏离实际值所形成的误差。粗大误差产生的原因可能是由于操作错误、仪器不稳定甚至故障、测量条件突然变化 (如电网电压波动、强磁场、强振动等) 引起仪器示值的明显