

电工仪器仪表技术问答

钱 国 柱

水利电力出版社

电工仪器仪表技术问答

钱 国 柱

*

水利电力出版社出版

(北京三里河156号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 12.125印张 263千字

1987年3月第一版 1987年3月北京第一次印刷

印数00001—16810册 定价2.15元

书号 15143·6199

目 录

1. 电工测量有哪些方法? 这些测量方法各有什么特点?	1
2. 误差的定义是什么?	2
3. 测量误差分哪几类? 怎样减小或消除这些误差?	3
4. 示值误差和修正量一样吗?	5
5. 含有误差的某一量值经过修正后能否得到真值?	5
6. 误差的绝对值与绝对误差是否相同?	5
7. 读数误差与视差是一回事吗?	6
8. 仪表的准确度等级是如何规定的?	6
9. 仪表误差有哪几类? 各是怎样产生的?	7
10. 仪表误差有哪几种表达方式? 为什么仪表准确度要用最大引用误差来表示?	7
11. 仪表的基本误差与允许基本误差一样吗?	9
12. 电测指示仪表与较量仪器有何区别?	10
13. 电测仪表测量机构在工作时有哪些力矩? 特性如何?	11
14. 对电测仪表的指示器有什么具体要求?	13
15. 怎样测量仪表标度尺的长度?	14
16. 怎样将用长度表示的误差换算为被测量?	14
17. 怎样测定指示器不回零位的距离?	15
18. 电测仪表的阻尼时间如何检定?	16
19. 指示仪表变差的含意是什么? 可否用加更正值的方法对变差进行更正?	17
20. 温度对磁电系仪表会产生什么影响? 通常采用什么补偿措施?	18
21. 为什么所用导线的粗细和长短不同, 毫伏表指示值也不同呢?	19

22. 为什么磁电系仪表的刻度均匀, 而电磁系仪表的刻度不均匀?	19
23. 磁电系测量机构为什么不能直接用来测交流?	20
24. 磁电系精密电表主要有哪些? 它们的技术参数如何?	21
25. C4型仪表常见故障有哪些? 怎样修理?	25
26. 电磁系仪表能否交直流两用?	28
27. “无定位结构”为什么能克服外磁场干扰?	29
28. 电磁系仪表常见故障有哪些? 怎样修理?	30
29. 常见的电磁系精密电表有哪些? 它们的技术参数如何?	31
30. T ₂₄ 型圆线圈排斥式仪表的误差怎样调整?	33
31. 电磁系仪表的频率误差是怎样产生的? 如何补偿?	36
32. 电动系仪表常见故障有哪些? 怎样修理?	41
33. 常见电动系精密电表有哪些? 它们的技术参数如何?	44
34. 电动系测量机构用于交流和直流时, 其偏转特性有什么不同?	50
35. 为什么说0.5级电动系电流表、电压表可能会被电磁系同级别的仪表取代?	51
36. 用电流表、电压表测量电量时, 对它们的内阻有什么要求?	52
37. 电源电动势能用电压表测量吗?	53
38. 怎样用电流表、电压表测量直流电阻?	55
39. 扩大电流表量程时, 其分流电阻如何计算?	56
40. 扩大电压表量程时, 其分压电阻如何计算?	57
41. 为什么某些测量仪表的起始刻度附近有黑点?	58
42. 用一只0.5级100V和一只1.5级15V的电压表, 分别测量10V电压时, 哪只仪表的测量误差小?	58
43. 用单相瓦特表能否测量无功功率?	59
44. 用两块瓦特表为什么能测量三相有功功率、无功功	

率 and 功率因数?	60
45. 什么叫做功率因数? 怎样测量功率因数?	63
46. 能否用普通功率表测量低功率因数功率?	64
47. 测量功率时, 除了接入功率表外, 还常接入电压表 和电流表, 为什么?	65
48. 功率表在什么情况下反转? 反转时如何处理?	66
49. 功率表指针反转时, 为什么更换电流接头而不更换电 压接头?	67
50. 用补偿法检定功率表比较麻烦, 有没有一种简便 的好方法呢?	68
51. 电度表分为哪些类型, 感应式电度表是怎样计量电 能的?	69
52. 单相电度表测量有功电能时怎样接线?	71
53. 三相三线有功电度表怎样接线? 为什么能测三相有 功电能?	72
54. 用一只单相电度表能测量三相无功电能吗?	73
55. 总电度表接分表后, 为什么分表不接用电器, 总电 度表也有消耗呢?	74
56. 单相电度表切断负载后, 为什么还会转?	74
57. 家用电度表应该如何选择?	75
58. 安装电度表有哪些要求?	76
59. D8系列电度表包括哪几种型号? 其特性怎样?	77
60. 为什么DD28型电度表的电压线圈和电流线圈放在 基架下面?	77
61. 为什么要在电度表的下轴承注入少量的钟表油?	78
62. 校验2.0级电度表应当注意哪些问题?	78
63. 单相电度表怎样调整? 调整时应当注意什么问题?	81
64. 磁悬式、磁推式轴承结构为什么可以延长电度表的 使用寿命?	85

65. DZ1型最高需量电度表与一般电度表有什么区别?	86
66. 外附分流器为什么有两对端钮?	87
67. 什么是仪用互感器的变比误差和相角误差?	87
68. 互感器的综合误差是怎么回事? 有无一种简单易行的计算方法?	88
69. 电流互感器二次回路中串接仪表太多时, 对电度表的读数是否有影响?	92
70. 仪用互感器在使用时应当注意些什么? 为什么?	92
71. 选用互感器时, 是否要考虑它的容量? 互感器所接仪表的伏安值怎样测量?	95
72. 钳形电表比一般电表有什么优点? 使用时应当注意些什么?	97
73. 为什么钳形电流表能在不断开被测电路的情况下测量交流电流?	97
74. 怎样使用钳形电表测量小电流?	98
75. 怎样用钳形电流表测量绕线式异步电动机的转子电流?	99
76. 钳形电表常见故障有哪些? 原因何在? 怎样修理?	100
77. 电磁系整步表的指针顺时针方向偏转和反时针方向偏转各表示什么意义? 为什么?	100
78. 用整步表检查同步时, 在什么情况下才可以使发电机合闸?	101
79. 静电系仪表的误差主要来自哪些方面?	101
80. Q5-V型电压表有哪些常见故障? 怎样修理?	106
81. 国产兆欧表的种类有哪些? 其技术特性如何?	108
82. 兆欧表测量绝缘电阻时, 应注意些什么?	114
83. 为什么用兆欧表摇测对地绝缘电阻时, 接线端钮“E”端接地, “L”端接被测物? 若反接对测量有何影响?	114
84. 兆欧表的测量引线为什么不应绞在一起?	115
85. 用兆欧表测量绝缘电阻时, 为什么规定摇测时间为	

一分钟?	115
86.用兆欧表作绝缘试验时,屏蔽端子起什么作用?	116
87.摇测电话设备的绝缘电阻,应用哪几种额定电压的兆欧表?	116
88.兆欧表的测量范围怎样选择?	116
89.ZC48型兆欧表的性能怎样?与ZC30型兆欧表相比有什么优点?	117
90.兆欧表摇测的快慢与被测绝缘电阻值有无关系?为什么?	118
91.额定电压为1000V的兆欧表摇到额定转速时,输出端电压可达多少?怎样测量输出电压?	119
92.兆欧表测量机构常见故障有哪些?如何修理?	120
93.兆欧表发电机常见故障有哪些?如何修理?	122
94.常用接地电阻测量仪有哪几种型号?	125
95.怎样正确使用接地摇表?应注意些什么?	126
96.如何用电流表、电压表测量接地电阻?	127
97.用电流表、电压表测量接地电阻时,隔离变压器有什么作用?	127
98.数字式微欧计性能如何?	128
99.测量电阻有许多方法,选用哪一种方法好?	130
100.目前国内已定型投产的超高阻计有哪几种?	131
101.为什么用超高阻计测试某些材料时,其指针有时会抖动,甚至反偏转?	132
102.为什么随着测试电缆线的晃动,超高阻计的指针也会跟着晃动?	133
103.环境湿度对测试超高电阻有什么影响?	133
104.超高阻计的测试电缆线是否可延长到5m?	133
105.万用电表品种繁多,应如何选择?	134
106.万用电表由哪几部分组成?一般能进行哪些测量?	135

107.使用万用电表时应当注意些什么?	136
108.测量万用电表表头内阻有几种方法? 具体测量线路及步骤如何?	137
109.为什么说“万用电表的电压灵敏度越高, 测量电压的误差就越小”?	142
110.为什么一些万用电表的刻度盘单独有一条交流10V档刻度?	143
111.什么是欧姆中心值? 它有什么特殊意义?	143
112.欧姆档的误差应当怎样计算?	145
113.为什么用万用电表测量电阻时, 换挡后需重新校准零位?	146
114.怎样用万用电表粗测晶体管各项参数?	147
115.为什么用万用电表测量二极管的正向电阻时, 不同的欧姆档测出的阻值不同?	152
116.万用电表测量较小电阻时应注意些什么?	152
117.为什么说万用电表测量电平实际上就是测交流电压?	153
118.如何扩大万用电表电平量程? 扩大电平量程后如何确定被测电平值?	154
119.怎样利用万用电表测量电解电容的容量?	156
120.有些万用电表的刻度盘上标有LI、LV是什么意思? 有什么用途?	158
121.MF10型万用电表经拆装后无法再指示到满度或零位, 这是为什么?	159
122.万用电表直流电流档的分流电阻如何确定?	160
123.万用电表直流电压档的分压电阻如何确定?	163
124.万用电表交流电压档与直流电压档有何不同之处? 怎样确定其分压电阻?	165
125.确定万用电表欧姆档各电阻值用哪种方法比较好? 具体步骤如何?	167
126.万用电表常见故障有哪些? 如何修理?	169

127.万用电表动圈内部断线怎样修理?	176
128.标准电池在使用时应该注意些什么?	176
129.为什么标准电池有极化现象,怎样防止?	177
130.如何检定标准电池的内阻?	178
131.检定标准电池可用哪些方法?需要哪些设备、仪器?	178
132.常见的标准电池有哪些型号?	179
133.标准电阻为什么要采用四端结构?标准电阻为什么 大多采用锰铜材料制造?	180
134.检定标准电阻时应注意些什么?	182
135.标准电阻的一、二次项温度系数的物理意义是什 么?其单位是什么?	183
136.怎样通过 α 、 β 值及标准电阻在20°C时的值,求它 在任意温度下的电阻值?	184
137.标准电阻的负载系数在工作中有什么实际意义?	184
138.常见的标准电阻有哪些?主要技术参数如何?	185
139.补偿法测量电势有什么优点?	185
140.如何根据被测量选择电位差计?	189
141.怎样选择与直流电位差计配套的检流计?	192
142.直流电位差计除了测量电动势外,还有哪些用途?	195
143.怎样判定一台电位差计是否合格?	199
144.直流电位差计的输出电阻如何测量?	203
145.直流电位差计由于热电势带来的影响如何消除?	206
146.直流电位差计按测量盘线路结构形式可分为哪 几种?	207
147.如何检查直流电位差计工作电流调节电阻的平滑性 和精细度?	208
148.为什么一般不用精密直流高阻电位差计测量热电偶 的电势?	210
149.电位差计质量的好坏主要取决于什么?	210
150.检定直流电位差计时,为什么认定温度补偿盘的	

1.01860V这一示值为准呢?	210
151.使用与维护直流电位差计应当注意些什么?	211
152.常见的直流电位差计有几种? 技术特性怎样?	212
153.为什么单电桥不宜用来测量小电阻?	213
154.为什么双电桥测量小电阻比单电桥准确?	224
155.使用精密双臂电桥时应当注意些什么?	225
156.直流电桥有哪几种检定方法?	225
157.直流电桥的基本量程、量程及基本读数盘的含意是 什么?	226
158.检定电阻仪器前应该做哪些工作?	226
159.QJ23型电桥应用十分广泛, 具体如何检定呢?	228
160.直流单电桥常见故障有哪些? 原因何在? 如何修理? ...	233
161.QJ45型携带式线路故障测试器常见故障有哪些? 原因何在? 怎样修理?	235
162.携带式直流双电桥如何检定?	237
163.QJ44直流双臂电桥常见故障有哪些? 怎样修理?	239
164.万能比例臂是怎样实现测量的?	242
165.QJ33型万能比例臂如何用于非十进位电阻的检定? 应当注意些什么?	244
166.用元件检定法检定直流电桥时, 对检定装置、标准 量具及装置灵敏度有什么要求?	247
167.便携式直流电桥的内附检流计灵敏度在什么条件下 进行检定? 如何判别其是否合格?	248
168.如何选定直流电桥的全检比例系数?	248
169.常见的直流电桥有哪些? 其技术特性如何?	248
170.就工作原理而言, 检流计可分为哪几种?	249
171.检流计的主要技术指标有哪些? 其含义是什么?	256
172.什么叫做虚零位法和内插法?	257
173.一般装置的灵敏度是如何测定的? 检流计的灵敏度 与比较装置的灵敏度有何区别?	259

174. 直流磁电式检流计常见故障有哪些? 怎样修理?	260
175. 怎样检定光电放大式检流计?	263
176. 光电放大式检流计在使用前的安装应注意些什么?	265
177. 晶体管放大式检流计内的放大器怎样修理?	266
178. UJ36型电位差计内附检流计放大器怎样修理?	272
179. 晶体管放大式检流计有何特点? 常见的有哪些型号?	274
180. 电阻箱的常见故障有哪些? 怎样修理?	277
181. 检定直流电阻箱示值基本误差的方法有哪几种?	282
182. 对直流电阻箱的检定装置有何要求?	282
183. 对直流电阻箱的零电阻有什么要求?	283
184. 常见直流电阻箱有哪些型号?	283
185. 常见交流电阻箱有哪些型号?	290
186. 交流电桥是怎样工作的?	290
187. 变压器电桥与阻抗臂电桥相比有哪些特点?	292
188. QS13A型万能电桥的性能结构如何? 怎样使用?	293
189. 交流电桥所用电源的频率变化对其平衡有影响吗?	300
190. 用交流电桥测量铁芯线圈的电感时应当注意些什么?	300
191. 交流电桥与直流电桥的主要区别何在?	301
192. 交流电位差计是怎样工作的? 有何特性及用途?	301
193. US2型交流电位差计的原理结构如何? 怎样使用?	306
194. 携带式电压指示器是怎样工作的? 使用时应该注意 些什么?	310
195. 何谓“国际单位制”?	311
196. 何谓“法定计量单位”?	312
197. 我国的法定计量单位包括哪些?	313
198. 采用法定计量单位后, 常用的一些单位怎样换算?	316
附录 1. 国产磁电系仪表技术数据	318
附录 2. 国产电磁系仪表技术数据	330
附录 3. 国产电动系仪表技术数据	346

附录 4. 万用电表维修数据	356
附录 5. 进口万用电表维修数据	359
附录 6. 常用微安表维修数据	360
附录 7. 国产电度表电压线圈数据	363
附录 8. 国外电度表电压线圈数据	363
附录 9. 常用漆包铜线参考数据	364
附录 10. 焊料的配方及用途	367
附录 11. 焊剂的配方及用途	369
附录 12. 饱和标准电池在 $0 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 范围内的温度更正值	370
主要参考文献	373

1. 电工测量有哪些方法？这些测量方法各有什么特点？

电工测量的方法主要有直接测量和间接测量两种方法。

在电工测量中，凡是可以用直接指示的仪器仪表读取被测量数值，而无需量度器直接参与的方法称为直读法。凡是在测量过程中需要量度器的直接参与并通过比较仪器来确定被测量数值的方法称为比较法。根据被测量与标准量比较方式的不同，比较法又分为差值法、零值法和替代法三种。

测出被测量与标准量的差值，从而确定被测量数值的方法称为差值法，例如：不平衡电桥测电阻。

在测量过程中改变标准量，使之和被测量相等，即它们的差值为零，从而确定被测量数值的方法称为零值法。例如用电位差计测电势，用电桥测电阻都属于这种方法。

将被测量和已知的标准量分别接入同一测量装置，如果维持仪器的读数不变，则此被测量就等于已知的标准量，这种方法称为替代法。

用比较法进行测量时，由于标准度量器的直接参与，所以较之直读法有更高的准确度。但是比较法对测量仪器和试验条件的要求较高，操作也比较麻烦，所以通常只在高准确度测量时采用。

不论是直读法还是比较法，被测量的数值都可以在一次测量中读出，这种测量方式叫做直接测量，在电工测量中，多采用到直接测量。

在电工测量中有时还用到间接测量方法，就是根据被测量和其它量的函数关系，先测得其它量，然后再根据公式把被测量推算出来。例如用伏安法测电阻，就是先测得电压和电流，然后用欧姆定律的公式间接算出被测电阻的数值。间接测量的误差比直接测量的误差大，而且还需要计算，所以

通常只在直接测量有困难时才采用间接测量。

2. 误差的定义是什么？

“误差”的定义是某量值的给出值与其客观真值之差。其中给出值包括测量值、标称值、示值、计算近似值等非真值；给出值具有广泛性，而真值是唯一的客观标准值，所以这里所说的误差是指给出值的误差，而不是指真值的误差。从逻辑上说，给出值含有误差，给出值去掉误差即为真值。

有些关于误差的定义不够妥当，如：

（1）含有误差的值与其真值之差为误差。在误差的定义尚未作出之前就说“含有误差的值”，这样的值是不明确的，因此这种说法是不妥的。若是不作为定义，仅用来帮助理解某些问题还是可以的。

（2）某一量值与其算术平均值之差为误差。显然这种定义也是不妥的，一方面是因为“某一量值”的说法不够清楚，若某一量值没有给出值，也无从谈其误差大小；另一方面，算术平均值并非唯一，测量次数不同，算术平均值也就不同，误差也就不同，而真值则是唯一的。

（3）有源仪器的真值与其标称值之差为误差。而标称值是人为的给出值，并非真值。实际值是真值或相对真值，真值与给出值之差应为给出值的修正值。

（4）加工实际值与其标称值之差为误差。加工实际值为真值，标称值是给出值，加工实际值与标称值之差应为标称值的修正值，作为误差的定义是不妥的。如果是专门对加工部门而言，此值称为“加工偏差”比较妥当。

还有两种关于误差的说法尽管在概念上以及文字上不能说是错，但不够全面，不够完整。如：

(1) 无源仪器的示值及其实际值之差为误差。对于无源仪器来说, 比如直流电阻箱, 其示值是给出值, 实际值是真值, 二者之差就是误差, 这种说法是对的。但作为误差的定义, 包含的面还不够广泛。

(2) 测量值与其真值之差为误差。这里所说的测量值是利用某种测量仪器通过某种测量手段得到的一种给出值, 它与真值之差为误差, 这种说法是对的。但作为误差的定义, 包含的面还不够广泛。

3. 测量误差分哪几类? 怎样减小或消除这些误差?

根据性质的不同, 测量误差一般分为系统误差、偶然误差和疏失误差三类。

(1) 系统误差产生的原因及消除方法

系统误差是在测量过程中, 或遵循一定的规律变化, 或在相同条件下, 多次测量同一量时其大小和符号保持不变的误差, 造成系统误差的原因主要有以下几方面。

1) 测量设备的误差: 由于标准度量器具、仪器仪表本身具有误差, 例如刻度不准, 就会在测量中造成系统误差。

2) 测量方法的误差: 由于测量方法不够完善而引起的。例如引用近似公式, 以及没能足够估计漏电、热电势、接触电阻、仪表内阻等影响, 都会造成系统误差。

此外, 由于测量装置的安装或配线不当, 周围环境条件的变化等因素都会在测量中造成系统误差。

消除系统误差的方法, 一般有以下几种:

1) 对度量器及测量仪器进行校正。在测量中, 度量器和测量仪器的误差直接影响测量结果的准确度, 所以常引入其更正值, 以消除误差。

2) 选择合理的测量方法, 配置适当的测量仪器, 改善仪表仪器安装质量和配线方法, 测量前检查调整仪表零位, 并采取屏蔽措施来消除外部磁场及电场的影响, 等等。

(2) 偶然误差产生的原因及其消除方法

偶然误差是一种大小和符号都不固定的具有偶然性的误差。产生偶然误差的原因很多, 例如温度、湿度、磁场、电场、电源频率等的偶然变化, 都会引起偶然误差。所以, 在完全相同的条件下, 以同样仔细程度重复进行同一个量的测量时, 测量结果往往不完全相同。

对于偶然误差, 不能用实验的方法加以检查和消除, 只能根据偶然误差的具体情况来处理。理论和实践证明, 在足够多次的测量中, 绝对值相等的正误差和负误差出现的次数是相同的, 而且小误差出现的次数总比大误差出现的次数多。因此, 在足够多次的测量中, 偶然误差的算术平均值必然趋近于零。由此可知, 为了消除偶然误差对测量结果的影响, 可以采用增加重复测量次数的方法来实现。测量次数越多, 测量结果的算术平均值则越趋近于实际值。

在电工测量中, 由于偶然误差较小, 通常可忽略不计。

(3) 疏失误差产生的原因及处理

疏失误差由测量中的疏失所引起, 是一种明显地歪曲测量结果的误差。例如对测量仪器仪表的读数不正确, 对观察结果的记录不正确等。

由于疏失误差错误明显, 并且常常严重地歪曲了测量结果, 因此, 包含有疏失误差的测量结果是不可信的, 应予否定, 并且再次测量。

4. 示值误差和修正量一样吗？

多年来，在一些仪器仪表说明书和检定证书上示值误差与修正量这两个概念标注的含糊不清，有的甚至将示值误差写成修正量，将修正量写成示值误差，给具体工作人员带来很多麻烦。其实二者概念十分明确，不难以区分。

仪表示值误差即常说的绝对误差 $\Delta = A_x - A_0$ ，而修正量 δ 是加到仪表指示值上的数值，加上这个数值后即是被测量的实际值。修正量数值大小等于示值误差，但符号相反。即： $\Delta = -\delta$ 。

5. 含有误差的某一量值经过修正后能否得到真值？

误差 = 给出值 - 真值

修正值 = 负误差 = 真值 - 给出值

修正后的某一量值能否得到真值，取决于修正值是否为真。当知道真值的条件下，是能对含有误差的量值修正而获得真值的。一般情况下真值是难以得出的，例如：用一只 0.5 级 0~250 V 磁电式电压表测量电压时，若电表指示为 200 V，此示值是否被测电压的真值呢？不是，只能说是相对真值，因为这只电压表的允许基本误差为 $250 \text{ V} \times 0.5\% = 1.25 \text{ V}$ ，不论指针指在什么地方，它的误差在 $\pm 1.25 \text{ V}$ 范围内；当指示 200 V 时，实际值在 198.75~201.25 V 之间。实际上误差还可能包括温度、倾斜、外磁场等影响，所以示值是含有误差的，经过修正后只能得到相对真值。也就是说，在真值未知时，修正值本身也有误差，经过修正后的给出值也不是真值。

6. 误差的绝对值与绝对误差是否相同？