

电工测量与试验 实用技术问答

周志敏
纪爱华

编著

电工实用技术系列

电工测量与试验 实用技术问答

周志敏 纪爱华 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以问答的形式系统地介绍了电工测量基础、电工测量仪表、电桥和示波器、电工计量仪表、电子元器件的测量、电气试验、电流互感器、电压互感器等的理论知识和实际操作技能。其内容以初级电工和中级电工为主,但也兼顾到高级电工的知识领域,重点突出,内容新颖实用,语言通俗易懂,查阅应用方便,是电工的必备读物。

本书可供具有初中以上文化程度的工矿企业和农村电工阅读,也可供相关职业技术学院的师生参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工测量与试验实用技术问答/周志敏,纪爱华编著. —北京:电子工业出版社,2006.11
(电工实用技术系列)

ISBN 7-121-03249-X

I. 电… II. ①周… ②纪… III. ①电量测量一问答 ②电工试验一问答
IV. ①TM933-44 ②TM-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 117129 号

责任编辑:富 军 特约编辑:宋林静

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:850×1 168 1/32 印张:16 字数:430.08 千字

印 次:2006 年 11 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:25.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话:(010) 68279077;邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

前 言

电气测量和试验在发电、供电、用电企业中处于极为重要的地位，是保证电网安全、可靠运行及人们生产和生活用电的关键技术。电气测量和试验技术的应用直接影响供电、用电的可靠性和供电的质量及用电设备的安全，与社会的大生产和人民生活密切相关。为了提高发电、供电、用电企业电气测量、试验技术水平及电工队伍的技术素质，本书在编写中以电气测量、试验实用技术为主线，结合目前电气测量和试验技术的发展及新技术、新仪器的应用，力求使阐述的电气测量和试验技术满足发电、供电、用电企业电力系统的安全、稳定运行的需求。

本书系统地将电气测量、试验的基础知识与实际操作技能有机地结合起来，采用一问一答的编写方式，便于电工掌握电工基本知识和电工操作技能。书中内容尽量做到有针对性和实用性，解答力求深入浅出，在保证科学性的同时，注意通俗性。读者可以以此为“桥梁”，系统全面地了解电气测量、试验基础知识，并掌握电气测量与试验的操作技能。通过对电气设备测量和试验获得数据的分析，掌握诊断和处理电气设备故障的技能。

本书在编写过程中，无论从资料的收集和技术信息交流上都得到了国内专业学者和同行的大力支持。在此表示衷心的感谢。

由于时间短，加之作者水平有限，书中错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 电工测量基础	1
1. 电气测量中对电工测量仪表有哪些基本要求?	1
2. 电气测量指示仪表是如何分类的?	1
3. 常用电工测量仪表有哪几种类型?	2
4. 什么是电工仪表的准确度等级?	3
5. 电气测量指示仪表是由哪几部分组成的?	3
6. 仪表测量机构的结构及工作原理是什么?	4
7. 什么是仪表的无定位结构?	6
8. 电气测量指示仪表的测量机构必须具备哪几项基本功能?	6
9. 磁屏蔽法防御外磁场的原理是什么?	6
10. 电气测量指示仪表的主要技术要求有哪些?	7
11. 电气测量指示仪表的误差是如何定义的? 有哪几种?	8
12. 仪表误差有几种表示形式?	8
13. 仪表的基本误差与准确度的关系如何?	10
14. 什么是仪表校准的基本要求?	11
15. 仪器校准与检定的异同是什么?	11
16. 修正值的定义是什么?	12
17. 对电工仪表有哪些基本要求?	12
18. 仪表的正常工作条件是什么?	12
19. 如何正确使用电气测量指示仪表?	13
20. 电气测量指示仪表表面的标记有何意义?	13
21. 电气测量指示仪表的一般特性有哪些?	16
22. 电气测量指示仪表有哪些主要性能指标?	18
23. 什么是仪表的 IP 等级?	19

-
24. 如何正确选用电工测量仪表? 21
 25. 常用指示仪表有哪些类型和应用范围? 22
 26. 仪表上的“↑”、“→”、“ $<45^\circ$ ”符号表示什么? 23
 27. 为什么有的仪表在刻度盘上装一镜片? 23
 28. 常用电工仪表有哪几种? 23
 29. 变、配电所中电工仪表的安全作用是什么? 24
 30. 电气测量中的仪表联合接线应注意哪些事项? 24
 31. 如何维护和保管电工测量仪表? 25
 32. 运行中电工测量仪表的检查项目有哪些? 25
 33. 低压电网使用便携式仪表常进行的测量工作有哪些? 26
 34. 为什么磁电式仪表只能测量直流电, 而不能测量交流电? 26
 35. 为什么一些测量仪表的起始刻度附近有黑点? 26
 36. 为什么规定电气测量工作应在无雷雨和干燥天气进行? 26
 37. 如何保证在低压电网进行电气测量工作的安全性? 27
 38. 仪表冒烟怎样处理? 27
 39. 电动式仪表的工作原理是什么? 其用途有哪些? 27
 40. 为什么电动式仪表的过载能力差? 28
 41. 电动式测量机构有何优点和缺点? 28
 42. 电动式仪表有何优点和缺点? 28
 43. 电动式电流表和电压表的刻度有何特征? 28
 44. 多量程的电动式电流表和电压表的量程是怎样改变的? 28
 45. 电动式测量机构有哪些用途? 可构成哪些测量仪表? 29
 46. 电动式电流表和电压表是怎样构成的? 为什么它们可以
测量直流和交流? 29
 47. 电磁(动铁)式仪表的工作原理是什么? 29
 48. 电磁式仪表有何优点和缺点? 30
 49. 电磁式仪表的刻度有何特点? 30
 50. 电磁式仪表的频率特性有何特点和要求? 30

51. 电磁式仪表有哪几种类型?	30
52. 多量程电磁式电压表采用什么方式扩大量程?	30
53. 为什么大多数电磁式、电动式、磁电式的仪表标尺是 不均匀的?	31
54. 磁电式仪表测量机构与电磁式仪表测量机构在原理上 有何区别?	31
55. 多量程电磁式电流表一般采用何种方式转换电流的量程?	31
56. 磁电(动圈)式仪表的工作原理是什么?	31
57. 磁电式仪表有何优点和缺点?	32
58. 磁电式仪表的刻度有何特点?	32
59. 磁电式仪表的准确度有何特点?	32
60. 磁电式仪表的功率消耗有何特点?	32
61. 磁电式仪表的过载能力有何特点?	32
62. 整流式仪表的工作原理是什么?	33
63. 为什么电磁式仪表既可用于交流电路, 又可用于直流 电路? 而磁电式仪表则仅用于直流电路?	33
64. 电磁式仪表的涡流误差和磁滞误差是如何引起的?	33
65. 为什么选择仪表量程时应使指针位于满刻度的 2/3 以上?	33
66. 对电工仪表的保管有哪些要求?	34
67. 数字式仪表具有什么特点?	34
68. 按 A/D 转换器基本原理, DVM 可分为哪几类?	34
69. 什么是 DVM 的显示位数和显示能力?	34
70. 数字式测量仪表中的数字显示电路由哪几部分组成?	34
71. 数字式仪表在测量方面有何特点?	35
72. 电工测量仪表是如何分类的? 其应用有哪些?	35
73. 现场高压测量仪表是如何布置的?	36
74. 使用携带型仪表的测量工作在总体安全方面有哪些规定?	37
75. 温度测量的基本概念是什么?	38

76. 温度测量仪表是如何分类的？	39
77. 热电偶测温的基本原理是什么？	39
78. 热电偶的种类有哪些？其结构形式如何？	40
79. 什么是热电偶冷端的温度补偿？	40
80. 热电阻的测温原理是什么？其材料有哪些？	41
81. 热电阻测温系统是如何组成的？	41
第2章 电工测量仪表	42
1. 如何正确使用电压表？	42
2. 测量电压应注意什么？	42
3. 为什么测量电压时，要在小容量开关、熔丝的负荷侧进行？	42
4. 为什么在测量前，须检查转换开关是否在所测挡的位置上？	43
5. 测量电流时，怎样选择合适的电流挡位（量程挡）？	43
6. 测量中，带电转换开关会有什么后果？	43
7. 为什么用钳形电流表测量电流过程中不允许切换量程挡？	43
8. 为什么测量低压熔断器和水平排列的低压母线电流时， 需用绝缘材料加以保护隔离？	44
9. 直流电流表外附分流器上标有“额定电压”与“额定电流”， 是什么意思？	44
10. 某直流电流表欲通过更换分流器扩大1倍量程，应选用 什么样的分流器？	44
11. 为扩大电流表的量程，一般可采用什么方法？	44
12. 如何正确使用电流表？	45
13. 用普通电流表测电流时，应注意什么？	45
14. 电压表与电流表有什么区别？	45
15. 用电压表和电流表进行测量时，应注意哪些事项？	46
16. 电流表、电压表和钳形电流表定期检验的周期在规程中是 如何规定的？	46

17. JJG124—1993《电流表、电压表、功率表及电阻表》中， 仅对哪些仪表规定了升降变差的要求？	46
18. 数字频率表由哪些基本电路组成？	46
19. 功率表的结构特点是什么？	46
20. 什么是功率表的量程？应如何读数？	47
21. 测量功率时，发现功率表指针反转应如何处理？	49
22. 功率表的电源端接线规则是什么？	49
23. 选择功率表量程的原则是什么？	49
24. 电动式低功率因数功率表有哪些特性？	50
25. 如何正确读取低功率因数功率表的读数？	50
26. 什么是万用表？	51
27. 指针式万用表的基本结构如何？	52
28. 万用表的工作原理是什么？	53
29. 如何正确使用万用表？	54
30. 为什么用万用表测量时必须注意表笔的插孔是否是 正确的？	56
31. 万用表有何特点？	56
32. 指针式万用表和数字式万用表各有何特点？	56
33. 什么是万用表测量时的人为误差？	57
34. 如何选择万用表电压、电流挡量程？测量误差如何？	57
35. 如何选择电阻挡的量程？测量误差如何？	59
36. 为什么测量电阻时必须将被测回路的电源切断方可进行？	60
37. 有一台万用表，在检查时轻轻晃动一下表头，发现指针晃 动得很厉害，较长时间才能静止下来，其可能的故障原因 是什么？	60
38. 使用万用表应注意哪些事项？	60
39. 万用表的灵敏度是如何分类的？	63
40. 数字万用表的基本原理是什么？	64

41. 如何正确选用数字式多用表? 66
42. DT—830 型数字式万用表的技术性能如何? 68
43. 如何使用 DT—830 型数字式万用表? 69
44. 如何维护与修理数字式三用表校验仪? 72
45. 绝缘电阻测试的目的是什么? 73
46. 如何对高压兆欧表进行正确选型? 73
47. 选用兆欧表应注意哪些事项? 74
48. 如何对兆欧表的接线柱进行接线? 75
49. 用兆欧表测量绝缘电阻时, 为什么规定摇测时间为 1min? 76
50. 兆欧表摇测的快慢与被测电阻值有无关系? 为什么? 76
51. 测量电气设备的绝缘电阻时, 为什么要将被测设备的所有
连接回路断开? 77
52. 500V 摇表的含义是什么? 77
53. 使用兆欧表测量绝缘电阻时, 应该注意哪些事项? 77
54. 为什么摇测 (也叫测量) 设备绝缘电阻值 (欧姆) 时,
在摇测前、后要对被测设备进行放电? 79
55. 为什么摇测低压避雷器接地电阻时, 应在停电状态下进行? 79
56. 为什么摇测低压电网中性点接地电阻时, 必须将低压电网
和该电网所连接的配电变压器全部停电方可进行? 80
57. 如何使用摇表摇测电容器的绝缘电阻? 80
58. 用摇表摇测线路绝缘电阻时, 为什么有时几条线路绝缘
电阻都出现低值? 81
59. 为什么移动测量引线时, 必须注意监护? 81
60. 用兆欧表作绝缘试验时, 为什么要用带有屏蔽的摇表? 81
61. 为什么不能用兆欧表检查线路是否短路? 81
62. 如何正确测量 10kV/0.4kV 变压器的绝缘电阻? 82
63. 在带电设备的附近用摇表测量绝缘电阻时应注意什么? 82
64. 测量变压器绕组的绝缘电阻时应注意什么? 82

65. 如何判断变压器绝缘的好坏?	83
66. 常用兆欧表的额定电压有哪几个等级?	83
67. 为什么绝缘电阻的测量要用兆欧表而不用万用表和电桥?	83
68. 怎样对电气设备测得的绝缘电阻进行分析判断?	83
69. 用兆欧表测绝缘电阻时如果接地端子的 E 端与相线端子 L 端接反可能产生什么影响? 为什么?	84
70. 为什么要测量电气设备的绝缘电阻?	84
71. 电气设备绝缘电阻的测量结果与哪些因素有关?	84
72. 在测量容性负载阻值时, 兆欧表输出短路电流的大小与测量数据有什么关系? 为什么?	85
73. 为什么在绝缘测试时, 不但要求测量单纯的阻值, 而且还要求测量吸收比、极化指数, 有什么意义?	85
74. 在高压高阻的测试环境中, 为什么要求仪表接“G”端连线?	86
75. 在校测某些型号兆欧表“L”、“E”两端额定输出直流高压时, 用指针式万用表 DCV 挡测 L、E 两端电压, 为什么电压会跌落很多, 而数字式万用表却不会?	86
76. 为什么电子式兆欧表用几节电池供电能产生较高的直流高压?	86
77. 用电子式兆欧表测量绝缘电阻时, 有哪些因素会造成测量数据不准确? 为什么?	86
78. 用电子式兆欧表测量容性负载时, 指针显示阻值在某一区间突然跌落, 并快速来回摆动是什么原因?	87
79. 为什么用不同的兆欧表测出的示值存在差异?	88
80. 什么是接地电阻? 接地电阻测试仪是如何组成的?	90
81. 三端钮接地电阻测量仪 E、P ₁ 、C ₁ 和四端钮接地电阻测量仪 P ₂ 、C ₂ 、P ₁ 、C ₁ 的用途是什么?	91
82. 防雷装置的接地电阻值, 应在每年何时测量?	91
83. 使用接地摇表应注意哪些事项?	91

84. 接地电阻测试仪的发展如何?	92
85. 在测量接地电阻时, 有哪些因素造成接地电阻不准确? 如何避免?	94
86. 在测量高层建筑物接地电阻时, 阻值为什么会比地面阻值 大, 且显示数据跳动严重, 是什么原因造成的? 如何避免?	94
87. 为什么在测量接地电阻时, 要求测量线分别为 20m 和 40m? 它与钳形接地电阻表有什么区别?	95
88. 被保护的电气设备的接地端是否可以不断开测试? 对测试 仪表或被保护电气设备有什么影响?	95
89. 为什么接地电阻表的 C_2 、 P_2 和 C_1 、 P_1 不能调换接线?	96
90. 接地电阻表工作时显示屏显示“1”与同时显示“1”和 “OPEN”有什么区别? 如何处理?	96
91. 引起检测接地电阻读数不准确的原因是什么?	96
92. 如何避免检测接地电阻读数不准确?	97
93. 钳形电流表的结构及工作原理如何?	98
94. 钳形电流表的作用是什么? 如何使用?	98
95. 使用钳形电流表时, 在什么情况下可能发生短路、 接地故障?	99
96. 使用钳形电流表测量电流时应注意哪些事项?	99
97. 使用钳形电流表测量高压电缆电流时应遵守哪些规定?	101
98. 使用钳形电流表测量低压母线及元件电流时应注意 哪些事项?	101
99. 使用钳形电流表测量高压回路电流时的安全注意事 项有哪些?	102
第 3 章 电桥和示波器	103
1. 比较式测量仪器是如何定义的?	103
2. 电桥是如何分类的?	103

3. 电桥的基本误差是什么？	103
4. 惠斯通电桥的测量原理是什么？	104
5. 惠斯通电桥检流计的保护方法是什么？	105
6. 直流单臂电桥的调平衡过程如何？	107
7. 惠斯通电桥的灵敏度是什么？	107
8. 电桥的相对灵敏度 $S_{\text{相对}}$ 与哪些因素有关？	108
9. 惠斯通电桥存在的系统误差是什么？如何消除？	109
10. 如何使用单臂电桥测量直流电阻？	109
11. 使用直流单臂电桥有哪些操作步骤？	109
12. 使用单臂电桥应注意哪些问题？	110
13. QJ23A 型直流电阻电桥有哪些用途和特点？	111
14. QJ23A 型直流电阻电桥有哪些主要技术参数？	111
15. QJ23A 型直流电阻电桥指零仪有哪些技术参数？	112
16. QJ23A 型直流电阻电桥的基本工作原理是什么？	113
17. 如何使用 QJ23A 型直流电阻电桥？	114
18. QJ23A 型直流电阻电桥使用时应注意哪些事项？	115
19. 如何判别 QJ23A 型直流电阻电桥干电池的容量？	115
20. 直流双臂电桥的电路结构和工作原理是什么？	116
21. 使用直流双臂电桥有哪些操作步骤和方法？	116
22. 为什么采用双臂电桥测量小电阻准确性较高？	117
23. 为什么要用四线凯尔文方法测试触点接触电阻？	117
24. 用双臂电桥测量电阻时，为什么按下测量电源按钮的 时间不能太长？	118
25. 直流双臂电桥的使用应注意哪些事项？	118
26. QJ44 型直流电阻电桥有哪些用途和特点？	119
27. QJ44 型直流电阻电桥有哪些主要技术参数？	119
28. QJ44 型直流电阻电桥的使用环境条件如何？	120
29. QJ44 型直流电阻电桥的指零仪有哪些技术参数？	120

30. QJ44 型直流电阻电桥的基本结构是什么?	120
31. 如何使用 QJ44 型直流电阻电桥?	121
32. QJ44 型直流电阻电桥使用时应注意哪些事项?	122
33. 便携式直流单双臂电桥有哪些技术参数?	122
34. 便携式直流单双臂电桥的原理结构是什么?	123
35. 如何使用便携式直流单双臂电桥?	125
36. 如何检验便携式直流单双臂电桥?	125
37. 便携式直流单双臂电桥内附的检流计有哪些技术特性?	126
38. 便携式直流单双臂电桥有哪些耐压试验条件?	126
39. 便携式直流单双臂电桥的准确度等级是如何规定的?	126
40. 便携式直流单双臂电桥的非基本量程和允许误差是 如何规定的?	127
41. 使用便携式直流单双臂电桥应注意哪些事项?	127
42. 示波器是如何组成的? 其工作原理是什么?	128
43. 示波器的扫描方式 (Sweep Mode) 有哪几种?	129
44. 什么是示波器的触发电平 (Level) 和触发极性 (Slope)?	129
45. 如何选择示波器的触发耦合 (Coupling) 方式?	130
46. 如何选择示波器的触发源 (Source)?	130
47. 如何选择示波器的输入通道?	131
48. 示波器的输入耦合方式有哪几种?	131
49. 如何对示波器进行时基选择 (TIME/DIV) 和微调?	132
50. 如何对示波器进行垂直偏转因数选择 (VOLTS/DIV) 和微调?	132
51. 示波器的荧光屏技术参数是什么?	133
52. 如何用示波器测量直流稳压电源输出电压?	133
53. 如何用示波器测量音频信号发生器的输出电压?	133
54. 如何用示波器测量交流信号及方波信号的周期?	134

55. 如何用示波器测量同频率的两个交流信号的相位?	135
56. 模拟式示波器与数字式示波器相比有何特点?	135
57. 为什么数字式示波器要有模拟功能?	136
58. 两种系列数字式示波器有何特点?	137
59. 常规测量对示波器有什么要求?	138
60. 使用示波器应注意哪些事项?	139
61. 使用数字式示波器应注意哪些问题?	139
62. 示波器标称为 60MHz, 是不是可以理解为它最大可以 测到 60MHz?	141
63. 如何用示波器捕获瞬时信号?	142
64. 在 PLL 中周期抖动可以衡量一个设计的好坏, 但是 要精确测量却非常困难, 有什么方法和技巧吗?	142
65. 为什么示波器有时候捕获不到经过放大后的电流信号呢?	142
66. 如何使用示波器测量电源的纹波?	143
67. 新型数字式示波器怎样用于单片机开发?	143
68. 用模拟式和数字式示波器在观察波形的细部时, 哪个更有 优势? 数字式示波器一般提供在线显示均方根值, 它的精 度一般是多少?	143
69. 毛刺触发指标有什么意义?	144
70. 在选择示波器时, 一般考虑最多的是带宽, 那么在什么 情况下要对采样速率有所考虑呢?	144
71. 抖动是如何分类的?	144
72. 产生确定性抖动的主要原因是什么?	145
73. 逻辑分析仪的发展历程如何?	145
74. 逻辑分析仪有哪几个使用层次?	146
75. 逻辑分析仪有哪些技术指标?	147
76. 逻辑分析仪探头有哪些技术特性?	149

第 4 章 电工计量仪表	150
1. 电度计量装置是如何分类的?	150
2. 电能计量装置的计量方式有哪几种?	151
3. 电能计量装置包括哪些主要设备及附件?	152
4. 按《中华人民共和国计量法》规定的法定计量单位, 有功 电能、无功电能、有功功率的法定计量单位是什么?	152
5. 不合理的计量方式有哪些?	153
6. 什么是电度表的倍率?	153
7. 电度表的倍率在电费计算中起什么作用?	153
8. 考核用户最大需量的必要性是什么?	154
9. 什么是测量数据化整的通用方法?	154
10. 电度表是如何分类的?	154
11. 何谓长寿命技术电度表? 它与普通电度表相比有什么 不同? 安装它后有何意义?	156
12. 电度表有几种接线方式?	156
13. 什么是电度表的负载特性?	157
14. 国产电度表型号: DD1、DS2、D×862-2、DT862-4 中 各个字母的含义是什么?	158
15. 按常用用途分类, 电度表主要分为哪几种?	159
16. 感应式电度表测量机构由哪些主要部件组成? 各部件起 什么作用?	159
17. 感应式电度表的转动原理是什么?	159
18. 电度表为什么需要制动力矩?	160
19. 感应式电度表的力矩平衡式中, 主要包括一些什么力矩?	160
20. 电度表的制动力矩主要由哪三部分组成?	160
21. 要使电度表在各种负荷下均能正确计量电能, 转动力矩 与制动力矩必须满足什么条件?	161
22. 感应式单相电度表由哪几部分组成?	161