

TM93-44
0217

丛书 农电技术问答丛书

电测仪表与电能计量

刘 建 民 编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书是全国星火计划丛书《农电技术问答丛书》之一。全书共分四章，第一章分十一个小节，比较系统地对常用电测仪表的基本结构、测量原理、技术要求及应用特点等方面作了基本的介绍，其中对农村使用较少的测量仪表仅作了简要的叙述。第二章至第四章，针对电能计量的要求，分别对感应系电能表、测量用互感器以及电能计量装置的技术要求、测量原理、接线方式、试验方法以及故障处理等作了基本全面的介绍。全书在设题上力求切合实际，在解答分析时力求简明扼要，尽量避免过多的推理和繁琐的公式推导。

本书主要供农村电工和乡镇企业电工的业余学习阅读时还可作为技术培训的辅助教材，亦可作为电气测量专业技术人员的学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电测仪表与电能计量/刘建民编. -北京:中国电力出版社, 1998
(全国星火计划丛书·农电技术问答丛书)
ISBN 7-80125-647-6

I. 电… II. 刘… III. ①电工仪表-问答②电能-电量
测量-问答 IV. TM93-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 01241 号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路 6 号 邮政编码 100044)
北京鑫正大印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

1998 年 5 月第一版 1998 年 5 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 32 开本 6.5 印张 137 千字
印数 0001—5080 册 定价 8.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

全国星火计划丛书

农电技术问答丛书

编委会名单

主 任	杨洪义			
副主任	宗 健	原固均	张克让	
委 员	万千云	黎 英	靳春城	王立新
	朱鹤梅	李光宝	齐立新	商福恭
	刘建民	王明立	黎其臻	孙保安
	涂会田	殷乔民	邹仇平	黄迺元
	赵孟祥	肖 兰	丁 雁	杨元峰

序 言

随着改革开放的不断深入和农村经济的蓬勃发展，我国农村电力事业取得了令人瞩目的成就。农村用电水平、通电率和电网技术水平得到很大提高，农村电网规模发展很快，农村用电结构不断改善，农电职工队伍逐渐成长壮大，农电管理体制的改革取得新进展，各级管理机构日益健全。特别是近年来，通过开展电力为农业、为农民、为农村经济服务的电力“三为”服务活动，实施电力扶贫工程，建设农村电气化县，进一步加强了农电企业的精神文明和物质文明建设，取得了很大成绩。

为了适应农村电气化新形势的要求，必须花大力气，做切实的工作，尽快提高 100 多万农电职工的科技素质和知识水平。但由于农电工人队伍流动性大，农电方面适用的技术图书又相对比较缺乏，农电工人的培训工作一直难度很大，任务较重。

中国电力出版社在《农村电工》杂志社的协助下，通过分析市场需求和图书结构，组织出版了这套《农电技术问答丛书》（共九分册），得到了各方面的支持，并列入全国星火计划。这套丛书的作者都来自农电生产一线，有着丰富的实践经验。他们在广泛收集资料和充分调研的基础上，归纳出农电工作中最常见的实际问题，采用一问一答的形式在书中给予解答，而且非常注意知识的体系化。整套丛书基本覆盖了农电各技术领域，内容简明实用，详略得当，文字简洁流畅，是农电领域不可多得的一套好书，特此推荐。

为保证丛书的质量，国家电力公司农电发展局委托中国电力出版社专门组织有关专家对丛书进行了审定。在丛书即将付梓之际，谨对所有在丛书编辑出版过程中付出劳动的同志表示感谢。希望能有更多的同志结合农电工作实际，总结工作经验，写出更多更好的农电图书来。

是为序。

国家电力公司农电发展局局长 杨洪义

1998年3月12日

前 言

随着我国农村电气化建设事业的发展，农村电工队伍迅速壮大，其业务技术素质的提高是各级农电培训工作者迫切需要解决的问题之一。目前虽然已有各类培训教材面市，但由于农电系统培训力量和师资水平不够平衡，农村电工水平参差不齐，所以需要有一套较全面系统的、普及型技术问答类读物。

以问答的形式编写的读物，其内容提纲挈领，简明扼要、针对性较强，因而深受读者欢迎，尤其适合身处一线，缺少师资的农村电工阅读。国家电力公司农电发展局与中国电力出版社组织编写的《农村电工技术问答丛书》主要为满足广大农村电工和乡镇企业电工的业余自学的需要，并可作为农电技术培训的辅助教材。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中缺点错误和不妥之处敬希读者指正。

编 者

1997 年

目 录

前言

第一章 电 测 仪 表

第一节 电测仪表概述	1
1-1 电测仪表的应用特点有哪些?	1
1-2 电测仪表有哪些主要用途?	1
1-3 电测仪表的主要技术要求有哪些?	2
1-4 电气测量指示仪表的结构特点是什么?	4
1-5 电测量指示仪表测量误差有哪几类? 产生的原因是什么?	6
1-6 电气测量仪表的测量误差有哪几种表达形式?	7
第二节 磁电系仪表	9
1-7 磁电系仪表的结构原理及应用特点是什么?	9
1-8 磁电系测量机构如何实现对电流的测量?	11
1-9 磁电系测量机构如何实现对电压的测量?	12
1-10 磁电系仪表有哪些常见故障, 排除方法是什么?	13
1-11 磁电系检流计的主要用途及结构原理是什么?	15
1-12 怎样选择和使用检流计?	16
第三节 电磁系仪表	17
1-13 电磁系仪表的测量机构主要有哪些类型, 其测量原理是什么?	17
1-14 电磁系仪表产生附加误差的原因及补偿措施是什么? ...	18
1-15 电磁系仪表的主要技术特性和应用特点有哪些?	20
1-16 电磁系仪表常见故障及排除方法?	21
第四节 电动系仪表	22
1-17 电动系仪表的结构原理是什么?	22

1-18	电动系仪表的技术特性及应用特点是什么？	23
1-19	电动系仪表是如何实现对交流功率的测量的？	24
1-20	功率表的正确接线方法是什么？	25
1-21	功率表的错误接线方式有几种？	26
1-22	如何测量三相电路的有功功率？	27
1-23	什么是低功率因数功率表？其使用特点是什么？	30
1-24	用“两表法”测量三相功率时，功率表示值 与负载功率因数的关系如何变化？	32
1-25	如何利用有功功率表进行三相无功功率的测量？	33
1-26	如何应用人工中性点法测量三相电路的无功功 率，测量时应注意哪些问题？	36
第五节	兆欧表与接地电阻测量仪	37
1-27	兆欧表的结构特点及测量原理是什么？	37
1-28	兆欧表保护环的作用是什么？	39
1-29	如何正确选择和使用兆欧表？	40
1-30	接地电阻的测量原理是什么？	41
1-31	如何用伏安表法测量接地电阻？	43
1-32	ZC—8 型接地电阻测量仪是如何实现对接地电阻 的测量的？	44
1-33	应用 ZC—8 型接地电阻测量仪进行接地电阻测量时 正确的操作步骤及注意事项是什么？	45
第六节	万用表与钳型电流表	46
1-34	万用表主要由哪几部分组成？其基本测量范围 有哪些？	46
1-35	如何测量万用表表头的灵敏度？	47
1-36	万用表测量电阻时为什么要进行零位调整？	48
1-37	万用表测量电阻的原理是什么？什么叫中值电阻？	48
1-38	如何正确使用万用表？	49
1-39	钳形电流表的结构及测量原理是什么？	51

1-40	钳形电流表在使用时应注意哪些事项?	52
第七节	静电系及热电系仪表	53
1-41	静电系仪表测量原理及结构特点是什么?	53
1-42	静电系仪表的主要技术性能和应用特点是什么?	54
1-43	如何扩大静电电压表的量限?	54
1-44	什么是热电系仪表,其测量原理是什么?	56
1-45	热电系仪表主要技术特性有哪些?	57
第八节	电量变送器及变换器式指示仪表	58
1-46	什么是电量变送器?	58
1-47	交流电流变送器及交流电压变送器的工作原理 是什么?	58
1-48	什么是时分割乘法器?	60
• 1-49	三相二元件有功功率变送器由哪些部分构 成?各起什么作用?	60
1-50	变换器式指示仪表的应用特点是什么?	61
第九节	功率因数表与整步表	62
1-51	功率因数表的主要类型有哪些?	62
1-52	电动系流比计的结构原理是什么?	62
1-53	将交流发电机并入电网为什么要用同步表?	64
1-54	MZ-10型组合式同步表由哪几部分组成,其 主要作用是什么?	65
第十节	数字仪表与电子示波器	66
1-55	数字电压表的应用特点是什么?	66
1-56	数字电压表的误差是如何表示的?	67
1-57	直流数字电压表的主要技术指标是如何定义的?	68
1-58	电子示波器有哪些使用特点?	69
1-59	如何正确选用示波器?	70
第十一节	交直流电桥	71
1-60	直流电桥可分为几类?	71

1-61	直流单臂电桥的测量原理是什么？	71
1-62	应用单臂电桥测量电阻时正确的操作步骤 及注意事项是什么？	72
1-63	单臂电桥为什么不能测量小电阻？双臂 电桥测量小电阻的原理是什么？	73
1-64	什么是介质损失？如何进行测量？	75
1-65	何谓变比电桥，其工作原理是什么？	76

第二章 交 流 电 能 表

第一节 交流电能表技术参数

2-1	交流电能表基本误差的定义是什么？	80
2-2	什么是电能表的标定电流和额定最大电流？	81
2-3	电能表常数的表示方法有哪两种？如何进行换算？	81
2-4	电能表“潜动”的定义是什么？	82
2-5	电能表对起动电流是怎样规定的？	82
2-6	对电能表的功率损耗有何要求？	82
2-7	什么是电能表的计时容量？	83

第二节 电能表的结构及工作原理？

2-8	感应系单相有功电能表由哪些主要元件组成？	84
2-9	电能表驱动力矩是怎样产生的？它的大小和方 向由哪些因素决定？它与负载功率间有什么关系？	86
2-10	什么是电能表计度器系数？它与电能表常数 以及计度器传动比之间有什么关系？	88
2-11	什么是双向计度器？	88

第三节 电能表的误差特性及调整装置

2-12	电能表误差的表示方式有哪两种？误差产生 的原因是什么？	88
2-13	电能表发生“潜动”的原因是什么？如何限制“潜动”现	

象？	90
2-14 电能表安装位置倾斜时对误差有什么影响？	91
2-15 改善电能表宽负载特性的措施有哪些？	92
2-16 冲击大电流对感应系电能表会产生哪些不利的 影响？	92
2-17 电能表在不稳定的条件下运行对误差有何影响？	92
2-18 什么是电能表的灵敏度？影响电能表灵敏度的因素有 哪些？	94
2-19 影响电能表误差的外界因素有哪些？	95
2-20 当工作电压改变时，影响电能表误差的原因主要 有哪些？	95
2-21 电能表产生温度误差的原因是什么？	96
2-22 在调整电能表基本误差时，如何考虑温度附加误 差的修正问题？	96
2-23 电能表的摩擦力矩主要包括哪些方面，减小摩擦 误差的措施有哪些？	97
2-24 改善电能表的电压特性，主要采取哪些措施？	98
2-25 电能表误差调整装置的作用和要求是什么？	99
第四节 电能表的试验和调整	100
2-26 电能表试验包括哪些内容？	100
2-27 电能表起动试验的方法是什么？	101
2-28 电能表校核常数的方法有哪几种？	101
2-29 测定电能表基本误差的条件是什么？	102
2-30 瓦秒法测定电能表基本误差的方法是什么？	103
2-31 标准表法检定电能表的方法是什么？	105
2-32 单相电能表正确的调整顺序是什么？	106
2-33 电能表预备调整的过程和应注意的问题是什么？	107
2-34 三相三线电能表分元件调整的步骤和要求是什么？	107
2-35 三相电能表组合调整误差的方法是什么？	108

2-36	在调整三相电能表时主要应注意哪些问题？	108
2-37	非正弦三相无功电能表在测定基本误差主要的 要求是什么？	109
2-38	最大需量电能表平均功率测量部分的误差测定 方法是什么？	109
第五节 特殊用途电能表		110
2-39	特殊用途电能表主要有哪些类型，其主要用途 是什么？	110
2-40	为什么要测量无功电能？	112
2-41	什么是用户的最大需量？为什么要测量最大 需量值？	113
2-42	为什么要采用分时计量？	113
2-43	电子（静止式）式电能表是如何实现对电能的 测量的？	114

第三章 测量用互感器

第一节 测量用电流互感器		117
3-1	电流互感器基本工作原理及产生误差的原因是什么？ ...	117
3-2	电流互感器的额定电流比是如何表示的？	118
3-3	电流互感器的准确等级是如何规定的？	118
3-4	电流互感器的额定电压的定义是什么？	119
3-5	电流互感器二次额定容量与二次额定负载阻抗是 什么关系？	119
3-6	什么是电流互感器的百分之十倍数？	119
3-7	影响电流互感器误差的因素有哪些？	119
3-8	电流互感器误差补偿的方法有哪几种？	120
3-9	电流互感器测量误差的定义是什么？	121
3-10	如何计算电流互感器二次回路导线的截面？	122

第二节 测量用电压互感器 123

- 3-11 电压互感器基本工作原理及产生误差的原因
是什么? 123
- 3-12 电压互感器绕组额定电压的定义是什么? 124
- 3-13 电压互感器负载导纳与输出容量的关系是什么? 125
- 3-14 影响电压互感器误差的因素有哪些? 125
- 3-15 电压互感器误差补偿措施有哪些? 126
- 3-16 电压互感器测量误差的含义是什么? 127

第三节 互感器的接线方式及使用特点 128

- 3-17 测量用电流互感器常见接线方式有哪几种? 在使
用上有什么区别? 128
- 3-18 什么是电流互感器的串联接线? 130
- 3-19 什么是电流互感器的并联接线? 131
- 3-20 测量用电压互感器的接线方式有哪几种? 在使
用上有什么区别? 131
- 3-21 如何正确选择和使用电流互感器? 134
- 3-22 如何正确选择和使用电压互感器? 135
- 3-23 电压互感器在运行中为什么要严防二次侧发生
短路? 138
- 3-24 电流互感器在运行中为什么要严防二次侧发生
开路? 138

第四节 测量用互感器的检验 138

- 3-25 电流互感器的检验项目主要有哪些? 138
- 3-26 如何用直流法进行互感器极性 & 组别的检查? 139
- 3-27 电流互感器在进行误差试验前为什么要对互感器
铁芯进行退磁, 退磁的方法有哪几种? 141
- 3-28 如何进行电流互感器的伏安特性试验? 142
- 3-29 测量用互感器误差测量的方法是什么? 143

第四章 电能计量装置

第一节 电能计量装置的技术要求	145
4-1 电能计量装置包括哪些部分?	145
4-2 电能表的采用和互感器的接线方式有何规定?	145
4-3 对各类计量装置的准确度有何要求?	146
4-4 互感器二次回路的基本技术要求是什么?	147
4-5 如何确定互感器的额定二次负载?	147
4-6 电能表标定电流的确定办法是什么?	147
4-7 如何确定电能计量专用电流互感器的额定一次电流?	148
4-8 什么是电能计量装置的综合误差?	148
4-9 减少电能计量装置综合误差的措施有哪些?	149
第二节 电能计量方式	150
4-10 电能计量的方式主要有哪些?	150
4-11 如何正确测量单相电路的有功电能?	150
4-12 如何正确测量三相四线制电路的有功电能?	152
4-13 如何正确测量三相三线制电路的有功电能?	153
4-14 测量单相电路无功电能的方式有哪几种?	155
4-15 测量三相三线制电路无功电能的方式有哪几种?	157
4-16 怎样用三元件有功电能表测量三相无功电能?	160
第三节 电能计量装置的接线检查	161
4-17 电能计量装置接线检查的意义和主要内容是什么?	161
4-18 带电检查电能计量装置接线的方法和步骤是什么?	162
4-19 B 相电压法和电压交叉法检查电能表接线的适应 范围和检查的步骤?	164
4-20 相量图法 (又称六角图法) 检查电能表误接线的基本 原理是什么?	166
4-21 应用相量图法进行电能表误接线检查的步骤和方	

法是什么？	168
4-22 停电检查电能计量装置的内容和要求是什么？	171
第四节 误接线分析及差错电量的更正	172
4-23 当电压互感器一次侧电路出现断线（包括保险熔断） 时二次侧电压是如何变化的？	172
4-24 当电压互感器二次侧电路出现断线时，二次线电压 是如何变化的？	174
4-25 当电压互感器绕组极性接反时，二次侧电压有何 变化？	176
4-26 当电流互感器绕组极性接反时，二次电流有何 变化？	177
4-27 当电能计量装置出现误接线时，如何进行差错电 量的计算？	179
4-28 单相有功电能表可能出现的误接线有哪些类型？	180
4-29 三相三线有功电能表可能出现的误接线形式有哪些 类型？	182
4-30 现场如何用简易法判断电能表是否计量准确？	185
第五节 计量装置管理的有关规定和要求	186
4-31 电能计量装置验收的基本内容是什么？	186
4-32 对电能计量装置二次回路有哪些具体要求？	187
4-33 电能计量装置的检验和轮换周期是如何规定的？	188
4-34 电能计量装置的分类方法是什么？	189
4-35 电能计量装置故障差错的预防措施有哪些？	190

第一章 电 测 仪 表

第一节 电测仪表概述

1-1 电测仪表的应用特点有哪些？

答：电之所以被广泛地应用，主要在于它的性能优异。它不仅经济地得到巨大的能量，可以方便地通过导线大地高效率地进行传输，还可以通过电的多种效应把电能转换成其他能量，或者反过来把其他能量转换成电能。电测仪表是用电的方法实现测量的，因而它不同程度地具备上述这些特性。

(1) 电的广泛应用是电测仪表广泛应用的前提，这不但表现在发展数量上，也反映在对品种和质量的要求上。

(2) 目前电测仪表虽已达到相当完善的程度，但随着科学技术，工艺技巧及元件、材料的发展与改善，电测仪表正迅速地向更高的阶段发展。

(3) 电测仪表便于与变换器结合，把非电量变成电量，以电测法实现对非电量的高精度测量。

(4) 随着电子技术的发展，有些仪表不但可以接受来自各方面的信号，而且对于测量结果也能方便地输出。这个特点决定了它在自动化技术中的地位。

1-2 电测仪表有哪些主要用途？

答：电测仪表的主要用途有以下三个方面：

1. 监视与定位测量

这类仪表固定安装在使用位置，测量对象和仪表的规范一致，如对交流发电机组要测电流、电压、功率、电能、频率、相位、同步、绝缘电阻等几个量。其中电压和频率反映发电质量；电流和功率反映机组的负荷状态；电能则为核算发电的经济指标。属于这类的仪表有安装式仪表和电能表。巡回检测装置也是在这种条件下使用的。它只用一台装置便可对几十个甚至更多的测量点实现自动循环测量和记录。

2. 用于试验和检测

通常大量用于电气试验及现场检测的都属于这类仪表。一般来说，它比前一类有较高的技术指标，准确度要高些，测量的对象要齐全，测量的范围要广泛，使用要方便，要更能适合在各种条件下测量，因而要求这一类表能做到一机多能。这类仪表品种繁多，属于这一类的有便携式仪表、交直流仪器、记录仪表、示波器以及通用数字仪表。

3. 用于精密测量和计量

属于这一类的主要是高精度的仪表、仪器和各种测量装置。对于这一类仪表，测量的高精度是主要的设计目标。

1-3 电测仪表的主要技术要求有哪些？

答：为保证测量的准确可靠，对电测仪表一般有以下几方面的技术要求。

1. 准确度

这是仪表的一个基本指标，它表示仪表在规定的测量条件下，测量的结果与被测量的实际值接近的程度。一般以误差的多少来表示。

按照规程要求，在正常工作条件使用仪表时，它的实际