

李 斌 李兆华 编

电能计量技术问答

DIANNENG JILIANG JISHU WENDA



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

电能计量技术问答

李 斌 李兆华 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

随着工农业、商业和城乡居民用电量、用电户的不断增长,电能计量实行一户一表制的推广,电能计量装置的安装、运行、检修和校验等技术的发展,要求电能计量人员操作技能和技术监督不断提高,现根据《电能计量装置技术管理规程》、《电能计量安装接线规则》、《电测量及电能计量装置设计技术规程》和《电能计量装置检验规程》等标准规范和技术监督要求,并与《电能计量技术手册》、《电能计量技能考核培训教材》相配套,组织编写了《电能计量技术问答》一书。

本书共 10 章,以问答的形式介绍了 356 道实际操作技能题,具体内容有电能计量法律法规与管理规定、电能计量应用电工与计算基础、电能计量专业基础知识、电能表结构原理、电能表检修与校验、计量用互感器构造原理、电能表与互感器接线、高压电能计量装置、电子式电能表及其校验装置、电量检测安全技术规定等。

本书可作为电力企业特别是供用电企业从事电能计量及其装置安装、运行、维护、检修、校验和报装接电、用电检查、抄表核算收费、用电营业等人员、技术人员和管理干部提高实际技能的书,也可作为电能计量技术监督和电能计量培训考核题库。

图书在版编目(CIP)数据

电能计量技术问答/李斌,李兆华编. —北京:中国电力出版社,2004

ISBN - 7 - 5083 - 2140-5

I. 电… II. ①李… ②李… III. 电能 - 电量测量 - 问答 IV. TM933.4 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 018887 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

冶林印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 5 月第一版 2005 年 6 月北京第二次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 5.375 印张 138 千字

印数 4001—7000 册 定价 13.00 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)

前言

我国电力工业随着社会不断发展,人民生活不断提高,用电户数不断增加,用电量也不断增多,特别是住宅用电户实行一户一表计量电量,电能表的数量随着增加,供电部门电能计量人员也要相应增加,这就需要加强电能计量工作人员的培训,使计量工作人员熟悉电能表、电流、电压互感器的构造原理,修理、校验方法和准确度的标准。掌握各种电能计量装置的运行、维护、检修、安装和处理错误接线等实际操作方法,了解电能计量技术监督标准和国家标准。

本书为电能计量工作人员提供有关技术、操作方法,特别依据是电能计量考核时技术问答的提纲,方便计量工作人员学习和快速掌握技术,达到计量工作人员应具备的技术水平,从而上岗工作。

本书是在总结了大量实际操作和理论技术相结合的正反两方面经验的基础上,并广泛收集了大量资料和参考文献而进行编写的。

在编写过程中,由于时间和水平所限,难免有缺点和错误,谨请广大读者予以批评指正。

编者

2004年2月

前言	
第一章 电能计量法律法规和管理规定	1
第一节 《计量法》和《法定计量单位》	1
第二节 《电力法》和电力电能计量规定	5
第二章 电能计量应用电工与计算基础	8
第一节 应用电工学	8
第二节 应用数学和三角函数与相量关系	13
第三章 电能计量专业基础知识	21
第一节 电功率、电量和功率因数	21
第二节 应用电工仪表	24
第四章 电能表结构原理	28
第一节 电能表分类	28
第二节 电能表工作原理	29
第三节 电能表调整装置构造原理	35
第四节 电能表误差因素	42
第五章 电能表检修与校验	45
第一节 电能表检修工作	45
第二节 电能表校验工作	47
第三节 电能表现场校验工作	58
第四节 电能表修校质量	65
第六章 计量用互感器构造原理	67
第一节 计量用互感器分类	67
第二节 计量用电压互感器构造原理与等级误差	68
第三节 计量用电流互感器构造原理与等级误差	73

第四节 计量用综合式互感器构造	79
第七章 电能表与互感器接线	81
第一节 电能表正确接线与错误接线	81
第二节 电流互感器正确接线与错误接线	87
第三节 电压互感器正确接线与错误接线	93
第四节 电压互感器 (V, v 型; Y, y 型) 错误接线分析计算	96
第八章 高压电能计量装置	102
第一节 高压电能计量装置接线相量图与相量计算	102
第二节 高压电能计量装置错误接线相量计算	109
第三节 高压电能计量装置断流、断压更正系数计算	114
第四节 错误计量接线更正系数与追补电量计算方法	130
第九章 电子式电能表及其校验装置	139
第一节 电子式电能表分类和功能	139
第二节 电子式电能表构造原理	142
第三节 电子式电能表校验装置	144
第十章 计量检测安全技术规定	150
第一节 电能计量工作安全操作规定	150
第二节 电能表检测误差数值技术管理规定	154
第三节 互感器检测误差数值技术管理规定	156
第四节 电能表检测装置技术管理规定	160

第一节 《计量法》和 《法定计量单位》

1. 国务院于何年何月发布《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》?

答: 国务院于 1984 年 2 月发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》。

2. 何年何月全国人大常委会通过《中华人民共和国计量法》?

答: 1985 年 9 月全国人大常委会通过《中华人民共和国计量法》。

3. 要贯彻执行实施《计量法》要做好哪方面的工作?

答: 要贯彻执行实施《计量法》首先把我国计量管理工作纳入法制轨道, 以法律的形式确定计量管理的模式, 作为监督管理的依据、保障人民的利益, 维护国家和消费者等方面的权益, 并且要切实做好以下的工作。

(1) 加强计量监督管理, 保障国家计量单位制的统一和量值准确可靠, 有利于生产、贸易、科学技术发展。

(2) 在中华人民共和国境内建立计量基准器具、计量标准器具, 进行计量检定、制造、修理、销售、使用计量器具。

(3) 国家采用国际单位制, 国际单位制计量单位和国家选定的其他计量单位为国家法定计量单位, 非国家法定计量单位应予以废除。

(4) 制造计量器具的单位要办理《制造计量器具许可证》, 修理的也要办理《修理计量器具许可

证》，无以上证明的，工商行政管理部门不予以办理营业执照。

(5) 制造、修理计量器具的单位，必须具备场所、人员和检定仪器、仪表等设施 and 条件。计量人员应定期考核合格。

(6) 违法者根据《刑法》第 187 条的规定追究刑事责任。

4. 计量工作的含义是什么？

答：计量工作的含义就是为实现计量单位制统一，保障量值准确可靠的一切活动，均可广义称之为计量工作，计量工作包括计量科学技术和计量监督管理两个方面内容。

5. 我国计量立法的宗旨是什么？

答：我国计量立法的宗旨，即计量立法的目的和意图是为了加强计量监督管理，保障国家计量单位制的统一和量值的准确可靠，有利于工农业生产、科学技术和国内外经济贸易的发展，适应于社会主义现代化建设的需要，维护国家和人民的利益。

6. 什么是计量检定、量值传递、计量认证和仲裁检定？

答：(1) 计量检定是指为评定计量器具的计量性能，确定其是否合格所进行的全部工作。

(2) 量值传递是指采用国家计量基准所显现的单位量值，通过计量标准逐级传递到工作计量器具的检定活动。

(3) 计量认证是指政府计量行政部门对有关技术机构计量检定、测试能力和可靠性进行的考核和证明。

(4) 仲裁检定是指用计量基准或者社会公用计量标准所进行的以裁决为目的计量检定、测试活动。

7. 什么是强制检定？

答：强制检定是指由县级以上人民政府计量管理行政部门指定的法定计量检定机构或授权的计量检定机构对社会公用计量标准，部门和企业、事业单位使用的最高计量标准，以及用于贸易结算、安全防护、医疗卫生、环境监测方面的列入强制检定目录的工作计量器具实行的定点定期检定。

8. 什么是非强制检定？

答：非强制检定有别于强制检定，它指使用单位自己依法对非

强制检定的计量器具进行定期检定，或者本单位不能检定的送有权对社会开展量值传递工作的其他计量检定机构进行的定期检定。

9. 使用计量标准器具必须具备哪些条件？

答：使用计量标准器具必须具备下列条件：

- (1) 计量标准器具检定合格，并具有有效合格证；
- (2) 具有正常工作所需要的温度，室温应保持在 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度保持在 85% 以下，空气净化率在 95% 以上，灯光充足的环境场所；
- (3) 具有称职的保管、维护、使用人员；
- (4) 具有完善的管理制度。

10. 计量检定人员应具备哪些业务条件？

答：计量检定人员应具备的业务条件如下：

- (1) 具有中专（高中）或相当中专（高中）以上文化程度；
- (2) 熟悉计量法律、法规、规程等；
- (3) 能熟练地掌握所从事的检定项目和操作技能。

11. 计量检定人员的职责有哪些？

答：计量检定人员的职责如下：

- (1) 正确使用计量基准或计量标准，并负责维护、保养，使其保持良好的技术状况；
- (2) 执行计量技术法规、规程，进行计量技术检定工作；
- (3) 保证检定的原始数据和有关技术资料的完整；
- (4) 承办政府计量管理行政部门或上级委托的有关任务。

12. 试述国家对电力部门计量工作授权的主要内容。

答：根据《计量法》第 20 条的规定，经国务院批准，在计量方面对电力部门作了如下授权：

- (1) 电力部门电测、热工计量仪表和装置的建标考核；检定、管理和计量人员考核，由电力部门执行；
- (2) 电力部门各企业、事业单位内部使用的强制检定工作计量器具，由电力部门计量检定机构执行强制检定，并可根据需要开展修理业务；

(3) 电力部门管理的并用于结算、收费的电能计量仪表和装置，由电力部门计量检定机构执行强制检定。

13. 当电力部门供电单位和用户发生计量纠纷时，应如何处理？

答：根据国务院批准的《水利电力部门电测、热工计量仪表和装置检定、管理的规定》，电力部门所属供电单位与其他部门用电单位因电能计量准确度发生的纠纷，先由上一级电力部门会同对方主管部门进行第一次复核调解。对第一次调解不服的，可向双方再上一级主管部门申请第二次调解。对调解后仍未达成一致的问题，由相应的人民政府计量行政部门主持仲裁检定。

14. 计量的统一性在《计量法》中是如何体现的？

答：计量的统一性在《计量法》中的具体体现可以概括为以下三个方面：

- (1) 保障国家计量单位制统一；
- (2) 保障全国量值的统一；
- (3) 对全国计量工作实施统一的监督管理。

15. 加强计量监督管理最核心的内容是什么？

答：加强计量监督管理最核心的内容是，保障计量单位制的统一和全国量值的准确可靠性。加强计量监督管理也是计量立法的基本点。

16. 试写出下列单位：千瓦、千瓦时、千伏、千安、千伏安、伏安、伏、安、瓦的标准符号。

答：它们的标准符号是：千瓦——kW，千瓦时——kWh，千伏——kV，千安——kA，千伏安——kVA，伏安——VA，伏——V，安——A，瓦——W。

17. 哪些是作为统一全国量值最高依据的计量器具？

答：作为统一全国量值最高依据的计量器具是计量基准器具。

18. 试写出用户三相交流无功功率的单位千乏和三相交流无功电量的单位千乏·时的标准符号。

答：(1) 三相交流无功功率的单位千乏标准符号 kvar。

(2) 三相交流无功电量的单位千乏·时标准符号 kvarh。

19. 法定计量单位规定用户的用电量是什么？其符号及单位名称是什么？

答：法定计量单位规定用户的用电量是电能，计量单位是千瓦时，即 kWh。

第二节 《电力法》和电力电能计量规定

20. 《电力法》规定用电户用电时要安装哪些计量装置？

答：《电力法》规定用电户用电时应当由电力部门安装并经过计量检定机构检验合格的电能计量装置计量记录的电量为准计收电费。

21. 供用电部门对用电户的用电根据什么装设电能表？

答：供用电部门按照国家电价分类，对用电户不同的受电点和不同用电类别的用电分别安装电能计量装置，每套电能计量装置作为一个计电费单位。

22. 计费的电能计量装置均由哪个部门负责办理和管理以及内容有哪些？

答：计费的电能计量装置均由供用电部门负责办理业务和管理工作，其内容有电能计量装置的购置、安装、移动、更换、检修、校验、维护（定期轮换）、加封、启封、拆除、高压计量装置现场校验等。

23. 低压电能计量装置安装有何规定？

答：低压电能计量装置安装位置应在干燥、清洁、明亮，不易损坏，没有振动，无腐蚀性气体，不受强磁场影响，便于装拆表和抄表的地方。低压三相电能表应装在进门后 3m 范围内、单相电能表应安装在屋外和城市规划指定的应安装在屋内等地方。

24. 高低压电能计量装置按供用电部门规定应设置在哪个分界点处？

答：高低压电能计量装置按供用电部门规定应安装在产权分界点处，如不装在产权分界点处，变压器的有功、无功损耗和线路损失则应由产权所有者负担。对高压供电用户，应在高压侧装置计费计量装置。若经双方协商同意，可在低压侧计量，但应加收变压器损失费用。

25. 设计电能计量用的电流互感器变比的数值在设计规范中有何规定？

答：电能计量用的电流互感器二次电流通过电能表的电流线圈中是 70% ~ 100% 标定电流时，电能计量误差较为小，故对于电能计量用的电流互感器变比的选择，以电力装置回路额定值运行时，其二次侧电流宜为电能表标定电流的 70% ~ 100% 计量较准确。

26. 电能计量装置的设计安装应根据供用电部门哪些规定？

答：电能计量装置的设计安装，应根据用电户的供电方式和不同电价，分别设计安装电能计量装置，其详细规定如下：

(1) 同一用电户而其用电内容不同电价的用电户，应分别设计安装不同的电能计量装置进行计收电费。

(2) 同一用电电价的多个用电户（具有法人资格）可视情况，分户设计安装电能计量装置。

(3) 住宅用电户实行了一户一表的，应按照每个用电户进行安装电能表计收电费。

27. 低压单相电能表的表位安装有何规定？

答：低压单相电能表的表位安装有下列规定：

(1) 低压单相电能表的表箱底对地面的垂直距离一般为 1.7 ~ 1.9m；

(2) 多户的低压单相电能表的表箱对地面的垂直距离一般为 1.7 ~ 1.9m；如表箱装设在表房时，其表箱对地的垂直距离不得少于 0.8m；

(3) 单户表箱安装布置原则上采用横排一列式，如因条件限制，允许上、下两列（或个），但上表箱对地面垂直距离不应超

过 2.1m。

28. 低压电能表的入表线有何规定？

答：低压电能表的入表线规定如下：

(1) 低压电能表入表线采用额定电压 500V 的绝缘铜芯导线，导线的载流量应与负荷相匹配，导线截面不小于 2.5mm^2 。

(2) 低压电能表入表线，在任何情况下不允许有接驳连接。

(3) 低压电能表入表线与建筑物的距离、导线排列、线路档距、导线间最小距离、用低压绝缘子架设、用瓷横担架设、用针式绝缘子架设等等的规定，可参照架空线路的设计。

(4) 低压电能表入表线，可采用低压电缆进入建筑物后，加装电缆接线箱引线入表箱接线。

第一节 应用电工学

29. 试述欧姆定律的三种表示形式及其物理意义。

答：欧姆定律三种表示形式如下：

(1) $R = \frac{U}{I}$ 。说明电阻两端的电压 U 和通过该电阻 R 的电流 I 之比值是一个常数，它的大小就等于电阻 R 的阻值。

(2) $I = \frac{U}{R}$ 。说明电阻 R 一定时，通过电阻的电流 I 和加在电阻两端的电压 U 成正比，当电压一定时，流过电阻的电流与电阻的大小成反比。

(3) $U = IR$ 。说明电阻 R 两端的电压降是由电流决定的，且压降的大小等于电流和电阻的乘积。

30. 试写出电阻串联时的计算公式，并举例说明。

答：电阻串联的计算公式如下

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots$$

例如， $R_1 = 5\Omega$ ， $R_2 = 10\Omega$ ， $R_3 = 15\Omega$ ，求总电阻为多少欧姆？

$$\text{总电阻 } R = R_1 + R_2 + R_3 = 5 + 10 + 15 = 30 (\Omega)$$

总电阻值为 30 欧姆。

31. 试写出电阻并联时的计算公式，并举例说明。

答：电阻并联时的计算公式如下

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots, R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

例如, $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 20\Omega$, 则总电阻为

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \times 20}{10 + 20} = 6.66(\Omega)$$

并联总电阻为 6.66 欧姆。

32. 什么是电功率? 试述它们的三种表示形式。当电源的电动势为 E , 内阻为 R_0 , 电路电压为 U , 电阻为 R , 电流为 I , 消耗功率为 P , 试计算电源输出的功率。

答: 电功率是用来衡量电能转换为其他能量速率的物理量, 即衡量单位时间内发出或消耗电能的大小, 它为单位时间内电源力移动电荷所做的功。

设电路电压为 U 、电阻为 R 、电流为 I , 则外电路消耗功率可用 $P = UI$ 、 $P = I^2 R$ 和 $P = \frac{U^2}{R}$ 来表示, 电源输出的功率为 EI 。电源内阻所消耗的功率为 $I^2 R$, 负荷吸收的功率为 $P = UI$, 电源输出的功率是后两者之和, 即

$$EI = I^2 R + UI$$

33. 试述磁路欧姆定律的内容。

答: 磁路欧姆定律是说明磁通 Φ 与磁通势 NI 之间的关系, 其计算式是

$$\Phi = \frac{NI}{R_m}$$

$$R_m = \frac{l}{\mu A}$$

式中, Φ 为磁通; NI 为磁通势; R_m 为磁阻; l 为磁路中心线的长度; A 为磁路截面积; μ 为材料导磁率。

34. 试述左手定则的内容。

答: 左手定则又叫电动机左手定则或电动机定则, 用它可以判定磁场对载流导体或运动电荷的作用力方向, 从而构成磁场方向、电流方向、磁力的方向三者之间的关系。

应用左手定则时，首先伸平左手手掌，张开姆指，令它和其余四指垂直。如使磁力线垂直从手心穿过，其余四指指向导体中电流或正电荷运动方向，则姆指所指的方向就是磁场对载流导体的作用力方向。

35. 电路有哪几种情况？

答：电路在实际应用中一般有以下三种情况：

(1) 通路，由电源、导线、电气设备和开关组成一个电路，各点的连接正常，电流可以在电路中不断地流通，电路处于正常工作状态，电气设备运行正常，这样的电路称为通路。

(2) 断路，又称为开路，在电路中如果有一处断开，电流停止流动，电器也就停止工作。这种情况称为电路断路。

(3) 短路，又称碰线，在正常的电路中，电流必须经过负荷，而负荷都具有一定的阻值，所以电路中电流的大小也有一定的限度，并保持在一定的范围内，但如果出现另一条和负荷并联的电路而且电阻很小时，电流自然会走这条“捷径路”并且电流很大烧坏设备甚至造成火灾，这种情况称为短路。

36. 电路的连接有哪几种？（用电阻连接）

答：电路的连接有以下三种：

(1) 串联电路，即将多个电阻首尾依次相连，使电流只有一条通路的连接法，叫做电阻串联电路。

(2) 并联电路，即将电路中若干个电阻并排连接起来的接法，叫做电阻并联电路。

(3) 混联电路，即电路中，既有电阻串联又有电阻并联的电路接法，叫做电阻混联电路。

37. 试述磁铁的特性。

答：磁铁的特性有以下五个方面：

(1) 磁铁具有吸铁的性质，叫做磁性；

(2) 磁铁总有两个磁极，即北极（N极）和南极（S极）磁极端部磁性最强，越近中央磁性越弱；

(3) 同性磁极相斥，异性磁极相吸；

(4) 磁铁能吸铁的空间，称为磁场；

(5) 将不带磁性的物质使其具有磁性的过程，叫做磁化。

38. 试述电磁感应的现象。

答：电磁感应的作用就是磁场和导线成垂直角度的相对运动，不论是磁场或导线运动，都会在导线内产生电动势，这个电动势在电路中产生电流。导线在磁场中运动而产生感应电动势，在感应电动势的作用下所产生的电流，叫做感应电流，这就是电磁感应现象。

39. 何谓欧姆定律？

答：欧姆定律就是沿导体流通的电流大小，决定于导体本身电阻的大小和加在导体两端的电压高低，当导体的电阻固定时，加在导体两端的电压越高，通过的电流就越大，两端电压固定时，导体的电阻越大，通过的电流越小，这是电路中电流、电压和电阻三者的关系。物理学家欧姆总结这个实验并归纳成为一个定律：在电路中流过导体的电流大小和导体两端电压成正比，和导体电阻成反比，其公式为

$$I = \frac{U}{R}$$

40. 试述右手定则的内容。

答：右手定则又叫发电机右手定则或叫发电机定则。当直导体切割磁力线时，在直导体中要产生感应电动势。右手定则就是根据磁场方向和导体切割磁力线的方向来确定感应电动势方向的。其方法是伸平右手，张开姆指，并使它和其余四指垂直，若让磁力线垂直从手心穿过，令姆指指向导体的运动方向，则其余四指所指的方向就是感应电动势的方向，即感应电流的方向。

41. 试述楞次定律的内容。

答：楞次定律的内容就是指只穿过线圈的磁通量发生变化，在线圈中一定会产生感应电动势。楞次定律主要是用来判断这个感应电动势的方向的。它的方向总是企图使它产生的感应电流阻止线圈中磁通的变化。也就是说，当线圈中的磁通要增加时，感