



普通高等教育电气电子类工程应用型“十二五”规划教材

电能计量技术

王鲁杨 主 编



陈丽娟 副主编



免费电子课件

www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育电气电子类工程应用型“十二五”规划教材

电能计量技术

主 编 王鲁杨
副主编 陈丽娟
参 编 王禾兴 张美霞
主 审 蒋心泽



机械工业出版社

电能计量是电力企业生产经营管理及电网安全运行的重要环节,其技术水平和水平不仅关系到电力企业的形象和发展,而且关系到电能贸易的准确、可靠,以及广大电力客户和居民的切身利益。本书的编写主要依据 DL/T 448—2000《电能计量装置技术管理规程》、DL/T 825—2002《电能计量装置安装接线规则》、《供电营业规则》等行业标准规程,并结合当前电能计量的新技术,突出实用性、针对性、先进性和知识严谨性。

本书共分 9 章,主要包括电能计量基础知识、电能表、电能计量用互感器、电能计量方式、电能计量装置的接线检查及退补电量计算、电能计量装置的误差、电能计量装置的现场检验与检定、电能计量中的反窃电技术和电能计量自动化技术,每章后均附有相应的习题。

本书可作为高等院校电气工程及其自动化以及相关专业的本科教材、高等职业院校供用电技术专业教材,也可作为供电企业从事电能计量、用电检查、用电营业、报装接电、电能表修校等人员的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

电能计量技术/王鲁杨主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 10

普通高等教育电气电子类工程应用型“十二五”规划教材
ISBN 978 - 7 - 111 - 44016 - 1

I. ①电… II. ①王… III. ①电能计量 - 高等学校 - 教材 IV. ①TM933. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 215661 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王雅新 责任编辑:王雅新 张利萍

版式设计:常天培 责任校对:陈秀丽

封面设计:张 静 责任印制:张 楠

北京京丰印刷厂印刷

2013 年 11 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 10.25 印张 · 248 千字

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 44016 - 1

定价: 23.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面防伪标均为盗版

前 言

在电力系统中,电能计量是电力生产、销售以及电网安全运行的重要环节,发电、输电、配电和用电均需要对电能准确测量,电力系统的各个环节都安装了大量的电能计量装置。电能计量工作具有十分重要的意义。电能计量是现代电力营销系统中的一个重要环节,是电力营销工作的重要支柱之一。

自2009年开始,国家电网公司进行了大量的智能电表和电力用户用电信息采集系统的研究和推广,旨在建设高级计量架构,推动电能计量自动化技术的发展。电能计量自动化技术是智能电网发展的关键技术之一。

本书的两个主要特点,一是密切结合电能计量工作的实际;二是反映电能计量技术的发展前沿。

本书的各部分都依据电力行业有关电能计量的标准及规范,诸如DL/T 448—2000《电能计量装置技术管理规程》、DL/T 825—2002《电能计量装置安装接线规则》、《供电营业规则》等。第1章介绍了各类电能计量装置的配置原则、电力营销电能计量子系统等,使读者对电能计量的技术要求、电能计量工作的特点及重要性等有一个总体的了解。

本书的第2章重点介绍了智能电能表。智能电能表是具有电能计量、信息存储和处理、网络通信、实时监控、自动控制以及信息交互等功能的电能表,是智能电网高级计量体系中的重要设备。我国智能电网进入全面建设阶段,对智能电能表产生了巨大市场需求。预计到2015年全国累计需安装5.11亿只智能电能表,其中更换需求为0.59亿只。感应式电能表是电能表发展历史上的一个重要里程碑,本书对其做了简介,以期读者对电能表的工作原理有一个全面的理解。

本书的第3~8章,是电能计量技术的基本内容,包括电能计量用互感器、电能计量方式、电能计量装置的接线检查及退补电量计算、电能计量装置的误差、电能计量装置的现场检验及检定、电能计量中的反窃电技术等。

本书的第9章介绍了电能计量自动化技术与智能电网的关系、电能计量自动化技术的发展历程、高级计量架构以及现阶段电能计量自动化技术——电力用户用电信息采集系统。

本书由上海电力学院的王鲁杨担任主编,其中第1章、第2章、第5~7章及第9章由王鲁杨编写;第3章、第4章、第8章由南京工程学院的陈丽娟编写;上海电力学院的王禾兴、张美霞分别编写了第1章、第9章的部分内容;安徽芜湖县供电公司的张晓光收集了大量的文献资料;王鲁杨负责全书的统稿工作。

上海电力公司蒋心泽先生任本书的主审。蒋心泽先生在审阅中提出了许多中肯的修改意见,在此谨致衷心的感谢。

在本书的编写过程中得到了上海电力学院、南京工程学院有关部门和领导的支持,在此表示感谢。

在本书完稿之际,对书末所列各参考文献的作者也致以衷心的感谢。

由于编者学识有限,编写时间又很仓促,书中一定有很多疏漏和错误,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 电能计量基础知识 1

1.1 电能计量装置的组成及作用 1

1.2 电能计量装置的分类及技术

要求 2

1.2.1 电能计量装置的分类 2

1.2.2 不同类型电能计量装置的技术要求 3

1.3 电力营销电能计量子系统 4

1.3.1 电能计量子系统的特点 4

1.3.2 电能计量子系统的目标 5

习题1 5

第2章 电能表 7

2.1 电能表基础知识 7

2.2 感应式电能表 12

2.3 电子式电能表 16

2.3.1 电子式电能表的基本结构和测量原理 16

2.3.2 电能计量芯片 18

2.3.3 电子式电能表的误差及误差调整 18

2.4 各种电子式电能表 20

2.4.1 分时电能表 20

2.4.2 多功能电能表 22

2.5 智能电能表 25

2.5.1 智能电能表工作原理 25

2.5.2 智能电能表的特点 26

2.5.3 智能电能表的显示界面及其说明 26

2.5.4 智能电能表及其网络的特点 30

2.5.5 智能电能表的种类和功能 32

2.5.6 智能电能表为电力公司和用户提供的功能 35

2.5.7 智能电能表展望 36

习题2 36

第3章 电能计量用互感器 38

3.1 电流互感器 38

3.1.1 电流互感器的分类和主要技术参数 38

3.1.2 电流互感器的结构和工作原理 40

3.1.3 电流互感器的误差特性 41

3.1.4 电流互感器的接线方式 44

3.1.5 电流互感器的选择及使用注意事项 45

3.2 电压互感器 48

3.2.1 电压互感器的分类和主要技术参数 48

3.2.2 电压互感器的结构和工作原理 50

3.2.3 电压互感器的误差特性 51

3.2.4 电压互感器的接线方式 53

3.2.5 电压互感器的选择及使用注意事项 54

3.3 其他互感器 55

习题3 59

第4章 电能计量方式 60

4.1 有关规程对电能计量方式的规定 60

4.1.1 依据用户容量确定电能计量方式 60

4.1.2 依据电费制度确定计量方式 61

4.1.3 根据供电方式确定计量方式 62

4.2 单相电能表的接线方式 64

4.3 三相三线有功电能表的接线方式 65

4.4 三相四线有功电能表的接线方式 67

4.5 无功电能的计量 69

4.5.1 无功电能计量的意义 69

4.5.2 无功电能计量的实现 70

4.6 电能计量试验接线盒与电能计量柜(箱) 73

4.6.1 电能计量试验接线盒 73

4.6.2 电能计量柜(箱) 75

4.7 电能计量装置联合接线 77

习题4 79

第5章 电能计量装置的接线检查**及退补电量计算** 81

5.1 互感器的接线检查 81

5.1.1 互感器的停电检查 81

5.1.2 互感器的带电检查 84

5.2 电能表的接线检查 88

5.2.1 三相四线有功电能表的接线
检查 885.2.2 三相三线有功电能表的接线
检查 895.3 电能表现场校验仪检查电能表的
接线 945.3.1 电能表现场校验仪的系统结
构及工作原理 94

5.3.2 操作面板说明 95

5.3.3 检查电能表的接线 96

5.3.4 现校仪检查电能表接线实例 98

5.4 退补电量的计算方法 100

习题5 106

第6章 电能计量装置的误差 108

6.1 误差与准确度等级 108

6.2 利用电能表常数初略测定电能表
的误差 110

6.3 互感器的合成误差 111

6.4 电压互感器二次回路电压降误差 117

6.5 电能计量装置综合误差 121

习题6 122

第7章 电能计量装置的现场**检验与检定** 1247.1 有关规程对电能计量装置现场
检验与检定的部分规定 124

7.2 电能计量装置的检定及检验装置 127

7.3 电能计量装置检定及现场检验的
内容 131

习题7 134

第8章 电能计量中的反窃电技术 135

8.1 反窃电的法律知识 135

8.2 窃电的一般手段 136

8.3 反窃电的管理与技术 139

8.3.1 反窃电的管理措施 139

8.3.2 反窃电的主要技术措施 143

习题8 146

第9章 电能计量自动化技术 1479.1 电能计量自动化是智能电网的
关键技术之一 147

9.1.1 智能电网的概念 147

9.1.2 智能电网发展的关键技术 148

9.2 电能计量自动化技术发展历程 149

9.3 高级计量架构 150

9.4 现阶段电能计量自动化技术——
电力用户用电信息采集系统 152

习题9 155

参考文献 156

第 1 章 电能计量基础知识

电能计量，是由电能计量装置来确定电能量值，为实现电能量单位的统一及其量值准确、可靠而进行的一系列活动。

在电力系统中，电能计量是电力生产、销售以及电网安全运行的重要环节，发电、输电、配电和用电均需要对电能准确测量，电力系统的各个环节都安装了大量的电能计量装置。电能计量工作具有十分重要的意义。

1.1 电能计量装置的组成及作用

1. 电能计量装置的组成

我国 1996 年颁布实施的《供电营业规则》第七十二条中规定，电能计量装置由计费电表、电压与电流互感器、二次连接线导线三部分组成，其组成框图如图 1-1 所示。

电能表是专门用来测量电能累计值的一种表计，是电能计量装置的核心部分。然而，在高电压、大电流系统中，一般的测量表计不能直接接入被测电路进行测量，需要使用电压互感器和电流互感器，将高电压、大

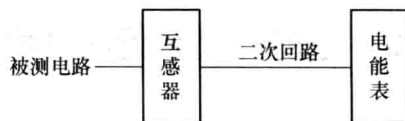


图 1-1 电能计量装置组成框图

电流变换成低电压、小电流后再接入电能表进行测量。使用互感器一方面降低了仪表绝缘强度、保证了人身安全，另一方面扩大了电能表的量程、减小了仪表的制造规格。电能计量装置二次回路是通过导线将电能表和互感器连接的，易于工作人员监测。

2. 电能计量装置的作用

(1) 电能计量装置是发、供、用三方对电能这一特殊商品进行买卖、贸易结算过程中的度量衡器具；属国家强制检定的计量器具，是体现电力企业经营成果的重要基础设备。

电力生产的特点是发电厂发电、供电部门供电、用户用电这三个环节连成一个系统，不间断地同时完成。电能要经过发电、输电、配电、变电等多个环节才能输送到最终客户处，发电厂与电网公司之间、电网与电网之间、电网公司内部各供电公司之间、供电公司内部各区所之间、直至供电所与最终用户之间，都要进行经济结算，而经济结算的依据就是由在电网的各个节点安装的电能计量装置提供的电能信息。发、供、用三方如何销售与购买电能、如何进行经济计算，涉及许多技术、经济问题。电能计量技术在我国经济建设中起着重要作用，其公平、公正、准确、可靠性直接关系到发电、供电与用电三方的经济利益，具有广泛的社会性。

电力行业属于资金密集型、技术密集型产业，需要较大的一次性投入。在经济发达国家和地区，对电力行业的资金投入都是非常巨大的。电力企业的经营成果，是通过电费的及时足额回收来体现的。电费及时足额回收的重要基础，是电能计量装置的准确计量。电能计量工作的重点是变电所关口表的现场校验、大用户计量表的定期检验、中小动力用户和照明用

户计量表计的周期轮换以及新用户装表、事故换表等工作。这项工作关系到供电企业能否准确计量用户电量以及电费的及时足额回收。

(2) 电能计量装置是发、供、用三方各自内部进行经济核算的依据。

发电、供电、用电三方的内部装设了大量的电能计量装置。发电企业内部的电能计量装置用于测量发电厂的发电量、厂用电量等；供电公司企业内部的电能计量装置，用于测量每条线路的实际线损；工业用电户内部的电能计量装置用于测量各生产部门消耗的电量。

(3) 电能计量装置是供电企业进行线损四分（分压线损、分区线损、分线线损、分台区线损）分析、错峰管理、用电需求侧管理、客户节能评估的重要基础设备。

线损是电网电能损耗的简称，线损率是线损电量占供电量的百分数，表示为

$$\text{线损率} = \frac{\text{供入电量} - \text{供出电量}}{\text{供入电量}} \times 100\% \quad (1-1)$$

线损率是反映电网规划设计、技术装备和经济运行水平的综合性技术经济指标。用电需求侧管理是供电企业采用行政、技术、经济等手段，与用户共同协力提高终端用电效率、改变用电方式，为减少电量消耗和电力需求，节约一次电能，提高经济效益和环境效益所进行的实践活动。错峰管理是用电需求侧管理的一种技术手段，节能是用电需求侧管理的最终目的。

1.2 电能计量装置的分类及技术要求

1.2.1 电能计量装置的分类

装设在不同场合的电能计量装置，其技术要求是不同的。《电能计量装置技术管理规程》（DL/T 448—2000）的第 5.1 节，将运行中的电能计量装置按其所计量电能量的多少和计量对象的重要程度分为五类（I、II、III、IV、V）。

I 类电能计量装置。月平均用电量 500 万 kW·h 及以上或变压器容量为 10000kVA 及以上的高压计费用户、200MW 及以上发电机、发电企业上网电量、电网经营企业之间的电量交换点、省级电网经营企业与其供电企业的供电关口计量点的电能计量装置，属于 I 类电能计量装置。

II 类电能计量装置。月平均用电量 100 万 kW·h 及以上或变压器容量为 2000kVA 及以上的高压计费用户、100MW 及以上发电机、供电企业之间的电量交换点的电能计量装置，属于 II 类电能计量装置。

III 类电能计量装置。月平均用电量 10 万 kW·h 及以上或变压器容量为 315kVA 及以上的计费用户、100MW 以下发电机、发电企业厂（站）用电量、供电企业内部用于承包考核的计量点、考核有功电量平衡的 10kV 及以上的送电线路电能计量装置，属于 III 类电能计量装置。

IV 类电能计量装置。负荷容量为 315kVA 以下的计费用户、发供电企业内部经济技术指标分析、考核用的电能计量装置，属于 IV 类电能计量装置。

V 类电能计量装置。单相供电的电力用户计费用电能计量装置，属于 V 类电能计量装置。

1.2.2 不同类型电能计量装置的技术要求

1. 准确度等级

《电能计量装置技术管理规程》(DL/T 448—2000)的第5.3节,规定各类电能计量装置所配置的电能表、互感器的准确度等级不应低于表1-1所示值。并且规定Ⅰ、Ⅱ类用于贸易结算的电能计量装置中电压互感器二次回路电压降应不大于其额定二次电压的0.2%;其他电能计量装置中电压互感器二次回路电压降应不大于其额定二次电压的0.5%。

表 1-1 不同类型电能计量装置电能表、互感器的准确度等级

电能计量装置类别	准确度等级			
	有功电能表	无功电能表	电压互感器	电流互感器
Ⅰ	0.2S 或 0.5S	2.0	0.2	0.2S 或 0.2*
Ⅱ	0.5S 或 0.5	2.0	0.2	0.2S 或 0.2*
Ⅲ	1.0	2.0	0.5	0.5S
Ⅳ	2.0	3.0	0.5	0.5S
Ⅴ	2.0	—	—	0.5S

注: *代表0.2级电流互感器仅在发电机出口电能计量装置中配用。

2. 配置原则

《电能计量装置技术管理规程》(DL/T 448—2000)的第5.4节,规定了电能计量装置的配置原则。

(1) 贸易结算用的电能计量装置原则上应设置在供用电设施产权分界处;在发电企业上网线路、电网经营企业间的联络线路和专线供电线路的另一端应设置考核用电能计量装置。

(2) Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类贸易结算用电能计量装置应按计量点配置计量专用电压、电流互感器或者专用二次绕组。电能计量专用电压、电流互感器或专用二次绕组及其二次回路不得接入与电能计量无关的设备。

(3) 计量单机容量在100MW及以上发电机组上网贸易结算电量的电能计量装置和电网经营企业之间购销电量的电能计量装置,宜配置准确度等级相同的主副两套有功电能表。

(4) 35kV以上贸易结算用电能计量装置中的电压互感器二次回路,应不装设隔离开关辅助触点,但可装设熔断器;35kV及以下贸易结算用电能计量装置中的电压互感器二次回路,应不装设隔离开关辅助触点和熔断器。

(5) 安装在用户处的贸易结算用电能计量装置,10kV及以下电压供电的用户,应配置全国统一标准的电能计量柜或电能计量箱;35kV电压供电的用户,宜配置全国统一标准的电能计量柜或电能计量箱。

(6) 贸易结算用高压电能计量装置应装设失电压计时器。未配置计量柜(箱)的,其互感器二次回路的所有接线端子、试验端子应能实施铅封。

(7) 互感器二次回路的连接导线应采用铜质单芯绝缘线。对电流二次回路,连接导线截面应按下述公式计算确定,至少应不小于 4mm^2 。对电压二次回路,

连接导线截面积应按允许的电压降计算确定, 至少应不小于 2.5mm^2 。

(8) 互感器实际二次负荷应在 25% ~ 100% 额定二次负荷范围内; 电流互感器额定二次负荷的功率因数应为 0.8 ~ 1.0; 电压互感器额定二次功率因数应与实际二次负荷的功率因数接近。

(9) 电流互感器额定一次电流的确定, 应保证其在正常运行中的实际负荷电流达到额定值的 60% 左右, 至少应不小于 30%。否则应选用高动热稳定电流互感器以减小电流比。

(10) 为提高低负荷计量的准确性, 应选用过载 4 倍及以上的电能表。

(11) 经电流互感器接入的电能表, 其标定电流宜不超过电流互感器额定二次电流的 30%, 其额定最大电流应为电流互感器额定二次电流的 120% 左右。直接接入式电能表的标定电流应按正常运行负荷电流的 30% 左右进行选择。

(12) 执行功率因数调整电费的用户, 应安装能计量有功电量、感性和容性无功电量的电能计量装置; 按最大需量计收基本电费的用户应装设具有最大需量计量功能的电能表; 实行分时电价的用户应装设复费率电能表或多功能电能表。

(13) 带有数据通信接口的电能表, 其通信规约应符合 DL/T 645—2007 的要求。

(14) 具有正、反向送电的计量点应装设计量正向和反向有功电量以及四象限无功电量的电能表。

1.3 电力营销电能计量子系统

电力营销是指在不断变化的电力市场中, 以电力客户需求为中心, 通过供用关系, 使电力用户能够使用安全、可靠、合格、经济的电力商品, 并得到周到、满意的服务。电力营销的目标包括: 对电力需求的变化做出快速反应, 实时满足客户的电力需求; 在帮助客户节能高效用电的同时, 追求电力营销效率的最大化, 实现供电企业的最佳经济效益; 提供优质的用电服务, 与电力客户建立良好的业务关系, 打造供电企业市场形象、提高终端能源市场占有率等方面。电能计量是现代电力营销系统中的一个重要环节, 是电力营销工作的重要支柱之一。

1.3.1 电能计量子系统的特点

电能计量管理指电力企业对电能计量装置进行全过程计算机管理。电能计量管理的职能就是保证电能计量装置准确、可靠、客观、正确地计量电能的传输与消耗。电能计量子系统是电力营销管理信息系统的重要组成部分, 管理各类计量资产和计量标准设备的库存、运行情况, 记录各类计量资产的基础信息和计量人员、技术资料的信息, 并通过各类标准登记书、资产流转单据跟踪资产的动态信息。它具有如下特点:

1. 电能表数量多, 基本信息输入量大

电能计量管理的主要对象是电能表, 而电能表又是一种量最大、面最广、涉及千家万户的表计。目前我国在装的各种电能表以亿万只计, 这些电能表的校验、修理等工作, 都由电能计量管理部门负责。根据规定, 客户安装的电能表要在供电企业建立档案以便于管理, 并且要做到一表一卡。

由于电能表卡片上记录有电能表的各種信息, 因此对电能表卡片的管理实际上就是对电

能表的管理,也就是对客户计量点的管理。由于电能表数量非常大,所以电能表卡片也非常多,在建立电能计量子系统时遇到的主要问题就是基本信息输入量非常大。

2. 具有生产和管理的两重性

电能计量管理不但具有管理的功能,还具有生产的职能,而且生产是第一位,管理是保证生产顺利进行的手段。供电企业销售的电能是靠安装在客户的大批电能计量装置来计量的。新增客户需要安装电能计量装置,老的客户需要定期校验,对电能计量部门来说,这些都属于生产性的工作。而安装在客户处的大批电能计量装置又需要在供电企业建立档案进行管理,何时校验、何时进行处理,这些都属于管理性工作。因此,电能计量管理既具有管理的功能,又具有生产的职能。

3. 时间性强,变化性大

安装在客户处的电能表能否得到定期校验和更换,直接关系到计量的正确与否,关系到供电企业的经济效益。尤其是大工业客户,每天用电量很大,电能表的一点误差就会造成很大的电量差错。因此,校验和定期轮换工作必须及时进行。

1.3.2 电能计量子系统的目标

为满足现行电能计量管理要求,系统应完成所有电能计量装置的运行和库存管理,所有试验设备和标准设备的档案管理,所有技术资料和客户资料管理,并能够为各有关部门提供客户和系统变电站计量点及所有电能计量装置方面的信息,能够生成电能计量装置的周期检定和轮换计划。电能计量子系统主要包括计量资产库房管理、资产运行管理、标准设备及指示仪表管理、计量人员管理、设备技术档案管理和统计报表管理等。它可实现以下功能:

- (1) 电能计量装置(电能表、互感器)档案的建立和修改,可按任意数据或数据项组合进行查询统计。
- (2) 客户及系统变电站计量点档案的建立和修改。
- (3) 通过运行档案可对任一计量器具的整个运行情况进行分析;也可以以客户为线索,查询统计在该客户中使用过的计量装置情况。
- (4) 标准设备的档案建立和修改;根据标准装置考核证书、标准器检定证书和有关管理办法的规定制订标准考核申请计划和送检计划。
- (5) 根据运行档案,计算机能制订出电能计量装置现场检验计划、轮换计划和抽检计划,并分类统计各类电能计量器具的运行情况。
- (6) 按运行电能计量器具的分类和资产编号建立运行电能计量装置一览表。
- (7) 按表号查询运行的关口电能计量点配置图及其计量装置配置、历次变更情况记录。
- (8) 电能计量装置和标准设备及试验设备的分类检索、统计和报表生成。
- (9) 电能计量管理工作的日常事务处理。
- (10) 计量故障与差错查询。
- (11) 资产台账管理。

习 题 1

1-1 电能计量装置是由哪几部分组成的?画出其组成框图。

1-2 电能计量装置的作用是什么?

1-3 《电能计量装置技术管理规程》(DL/T 448—2000)是如何对运行中的电能计量装置进行分类的?分为哪几类?

1-4 哪些电能计量装置属于 I 类电能计量装置?

1-5 《电能计量装置技术管理规程》(DL/T 448—2000)对 I 类电能计量装置的有功电能表、电压互感器、电流互感器的准确度等级是如何规定的?

1-6 《电能计量装置技术管理规程》(DL/T 448—2000)对各类电能计量装置电压互感器二次回路的电压降是如何规定的?

第2章 电 能 表

电能表是专门用来测量电能累计值的一种表计，是电能计量装置的核心部分。电能的计量贯穿于电力生产、输送和销售的全过程，应用于发电、供电、用电的各个环节，电能表是使用量最大、涉及面最广的电能计量器具，其准确性、可靠性、合法性处于相当重要的位置。

2.1 电能表基础知识

1. 电能表的发展历史

电能表在世界上的出现和发展已有 100 多年的历史了。1881 年，爱迪生发明了最早的电能测量器——直流安培小时计。这是根据电解原理制成的，尽管这种电能表每只重达几十公斤，十分笨重，又无准确度保证，但是，这在当时仍然被作为科技界的一项重大发明而受到人们的重视和赞扬，并很快地在工程上得到采用。

1885 年交流电的发现和应用给电能表的发展提出了新的要求。1888 年，意大利科学院的物理学家弗拉里斯（Ferraris）提出用旋转磁场的原理来测量电能量，感应式电能表诞生了！交流感应式电能表又称为弗拉里斯表。1889 年，匈牙利岗兹公司一位德国人布勒泰制作成总重量 36.5kg 的世界上第一块感应式电能表。从此，感应式电能表在交流电能计量中占据了极其重要的地位。由于感应式电能表具有结构简单、操作安全、价廉、耐用、又便于维修和批量生产等一系列优点，所以在过去的 100 多年中，感应式电能表得到了快速发展。现在每只电能表重量有的还不到 1kg，准确度达到了 0.5 ~ 0.2 级。

随着用电量的急剧增长以及由此引发的能源供需矛盾的加剧，对电能表提出了多功能化的要求，希望它不仅能计量电能，而且也能应用于管理。至此，功能单一的感应式电能表已难以适应现代电能管理的要求。

感应式脉冲电能表作为静止式电能表发展历程中的过渡性产物，采用了感应式电能表的测量机构作为工作元件，由光电传感器完成电能-脉冲转换，然后经电子电路对脉冲进行适当处理，从而实现对电能的测量。由于此种表的显著特点是感应式测量机构配以脉冲发生装置，因此也被称为脉冲式电能表。20 世纪 70 年代初，一些发达国家大量使用了这类脉冲式电能表，这类表计为早期分时电价、需量电价的实施不仅提供了计量手段，同时也发挥了积极的推动作用。

近代微电子技术、信号处理技术和通信技术的高速发展，为科技工作者提供了解决交流电能计量的新途径。20 世纪 80 年代初，国际上出现了全部采用电子元器件组成的交流电能表。这类电能表由于没有转动元件，故 IEC 标准将其定义为静止式电能表，以区别于感应式电能表，国内也称其为电子式电能表。

20 世纪 80 年代中后期，随着电子设计与制造新技术的出现和采用，静止式电能表在各种现场环境下的工作可靠性问题被逐一破解，静止式电能表在发达国家迅速得到了发展，相

继出现了一批寿命长、可靠性高、适合现场使用要求的表计，其中一些表已可在很宽的电压、电流范围内进行自动量程转换，安装式电能表的准确度等级覆盖了2级、1级、0.5级和0.2级。在标准表范畴，其准确度等级也迅速覆盖了0.1级~0.005级的各个级别。

静止式电能表可以用一个计量单元同时实现有功电能、无功电能和视在电能的测量。另外，还可以方便地实现最大需量、预付费、复费率（分时）、通信等特殊功能。静止式电能表的这些特点，有力地推动了自动抄表技术的发展。自20世纪80年代中期开始，日本九州电力公司、美国费城电力公司、美国弗吉尼亚电力公司等相继使用电力输配电线路载波、地线载波、光纤、邮电线路等通信技术，进行远程读表的试验。进入到20世纪90年代，用于大用户的商业化的电能量管理系统、负荷管理系统已在世界范围广泛采用。

新中国成立前我国没有自己的电能表制造业，使用的表计全部依靠进口。国内只有对电能表开展维修和校验业务的小作坊。1952年，上海合成电器厂（上海电度表厂）成立，生产制造2级和1级安装式单、三相电能表，结束了我国不能制造电能表的历史。随后哈尔滨电表厂、上海第五电表厂先后成立，我国的电能表产业逐步形成规模。我国电能表产业从仿制外国电能表产品开始，经过了六十余年的努力，现在已具备了相当的水平和规模，我国自行设计和大批量生产的各种类型的电能表，不仅供给国内，还远销国外。

我国对静止式电能表的研发工作始于20世纪80年代初，略迟于发达国家，其发展同样经历了机械时钟、电子时钟、微处理器分时开关以及自主研发专用计量芯片等发展阶段。20世纪80年代末，我国开始引进国外先进水平的电能表制造技术。第一家中外合作的外方是具有国际一流水平的瑞士电能表制造商兰迪司-盖尔公司，该公司具有传统的瑞士精密仪表制造技术的优势。与兰迪司-盖尔公司的合作成功迅速地缩小了我国单相及三相感应式电能表与国际顶尖电能表在工艺制造水平的差距。其后又与美国通用电气（GE）公司合作生产了我国第一批长寿命电能表。长寿命电能表显著的技术优势使其在中国的城网改造中得到广泛采用。20世纪90年代初，以湖南威胜、宁夏宁光公司为代表，国内三相多费率和三相多功能电能表走的是一条自主研发的道路。在芯片研发方面，上海贝岭微电子制造有限公司在1995年推出了第一款国产单相电能计量芯片BL0931。

1995年4月，国家计委、国家经贸委和电力部联合召开的全国计划用电工作会议对分时电价的推行作了具体安排部署。电价政策的调整，将静止式电能表的应用推向了新的发展阶段。在其后的十余年间，我国静止式电能表产业快速发展，产品覆盖了安装式电能表的各个种类和准确度等级。然而，由于我国微电子技术至今仍落后于发达国家，所以，静止式电能表中使用的微处理器、专用计量芯片等大规模集成电路器件以及其他一些关键元器件基本上被国外知名品牌厂商垄断。

2004年，国家电网公司营销部策划、组织了电能量信息采集系统建设项目的研究与试点工作。其后，根据国家电网公司信息化建设的总体安排，此项目纳入了国家电网公司SG186工程，从信息化建设的高度，重新定位部署。2008年9月，国家电网公司营销部部署开展《计量、抄表、收费标准化建设》项目的研究工作，提出了“全覆盖、全采集、全预付费”的工作目标，并从涵盖计量、抄表、收费各项业务的营销业务标准化的高度，建设国家电网公司的用电信息采集系统。其中，包含了电能表功能规范、型式规范和技术规范，以及用电信息采集系统主站、集中抄表终端、专变终端等企业标准的编制。2008年末，美国的次级房贷问题引发了世界金融危机，作为应对金融危机的一项举措，智能电网建设成

为全球发展电力工业的焦点。国家电网公司在 2009 年初,提出了建设智能电网的构想,并于 2009 年 5 月公布了坚强智能电网建设计划。作为智能电网的组成部分,电能表及高级计量体系再次被赋予了新的使命。在电能表制造行业的关注、支持下,历时一年,智能电能表系列标准在 2009 年 9 月发布并实施。2009 年底,国家电网公司依据此套标准,完成了第一批次的集中招标工作。国家电网公司的这次标准化工作,对规范国内电能表的型式、功能意义深远。另外,在引入智能电能表概念的同时,对推动电能表高级计量体系的建设发挥了积极作用。

事实上,中国已经成为电能表生产大国,目前感应式电能表、电子式电能表和智能化电能表等主要产品都已经达到或接近发达国家技术标准,生产和研发能力也已经能够满足国际市场的不同需求,而且价格优势明显,在国际市场上具有较强的竞争力。有专家分析认为,我国智能电能表产业已经开始进入规模化发展应用阶段。

2. 电能表的分类

根据电能表的用途不同,将其分为标准式电能表和安装式电能表两大类。标准式电能表用于检定检验安装式电能表是否合格;安装式电能表安装于电力系统的各个环节对电能进行测量。

安装式电能表又分为以下不同的类别:

(1) 按所测电能的种类,分为交流电能表、直流电能表。直流电能表一般用于特殊行业,不用于电力贸易结算。

(2) 按相数及接线方式,分为单相电能表、三相三线电能表、三相四线电能表。

(3) 按结构及工作原理,分为感应式电能表和电子式(静止式)电能表。

(4) 按电压等级,分为高压电能表、低压电能表。高压电能表的额定线电压为 100V,需经电压互感器接入,低压电能表的额定相电压为 220V。

(5) 按电流的测量范围,分为直通表、经电流互感器接入电能表。

(6) 按测量功能,分为有功电能表、无功电能表、复费率电能表、损耗电能表、最大需量电能表、预付费电能表、多功能电能表、智能电能表等。其中智能电能表除计量有功、无功电能量外,还具有分时、测量需量等两种以上功能,并能显示、存储和输出数据。

(7) 按准确度等级,分为 0.01 级、0.02 级、0.05 级、0.1 级、0.1S 级、0.2 级、0.2S 级、0.5 级、0.5S 级、1.0 级、2.0 级、3.0 级电能表,准确度等级的数字越小,准确度等级越高。标准电能表分为 0.5 级、0.2 级、0.05 级、0.02 级、0.01 级;安装式有功电能表分为 0.2 或 0.2S 级、0.5 或 0.5S 级、1.0 级、2.0 级;安装式无功电能表分为 2.0 级、3.0 级。

3. 电能表的铭牌知识

每件电工产品都有一个铭牌。铭牌是生产厂家对出厂产品性能、使用条件以及一些参数的说明。电能表铭牌是位于电能表内部或外部的易于读取的标牌,表达用于辨别和安装仪表以及解读测量结果的必要信息。图 2-1、图 2-2 分别是单相电能表、三相四线电能表的铭牌。不同生产厂家出品的电能表(即使是同一种)其铭牌形式可能会有差异,但内容基本相同,一般包含以下内容。

(1) 名称、型号。电能表的名称及型号通常位于铭牌中间最显眼的地方。

型号由产品类别号、第一组别号、第二组别号、功能代号(必要时可使用两位)、注册

号、连接符、通信信道代号组成，其中，RS485 的通信信道代号在型号中可以省略。安装式电能表型号代号的具体定义见表 2-1。

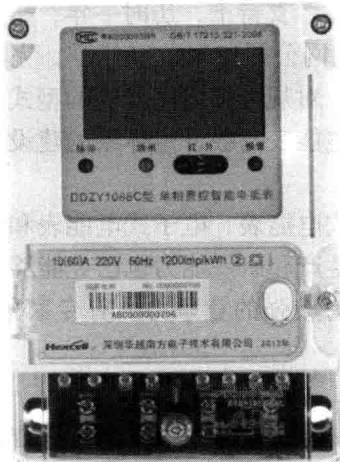


图 2-1 单相电能表

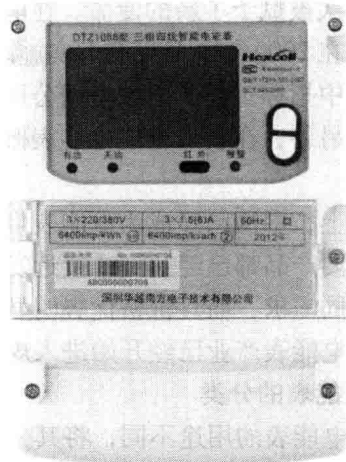


图 2-2 三相四线电能表

表 2-1 安装式电能表的型号代号

代号	类别	第一组别	第二组别	功 能		信道
A		直流 A·h 计	数字化			
C						CDMA
D	电能测量	单相		多功能		
F		直流 V·h 计		多费率（分时）		
G						GPRS
H		三相	谐波	多用户		混合
J		直流（电能表）		防窃		微功率无线
L			长寿命			有线网络
N						以太网
P						公用电话线
Q						光纤
S		三相三线	静止（电子）			3G
T		三相四线				
W						230MHz 专网
X		无功		最大需量		
Y				费控、（预付费）	预付费	音频
Z			智能			电力线载波

注：功能代号“Y”只有在第二组别的代号“Z”（智能）后时，其含义才为“费控”；在其他代号后时，其含义均为“预付费”。

型号为“DSSD331-1”的电能表是“三相三线全电子多功能电能表”，“331”为设计序号，是某公司的一款产品，横线后的“1”为辅助说明，如为“2”则表明为第二代产品。

“DTZ1088”型为“三相四线智能电能表”，“1088”为设计序号，采用 RS485 通信信道。图 2-3 是两个电能表型号的示例。

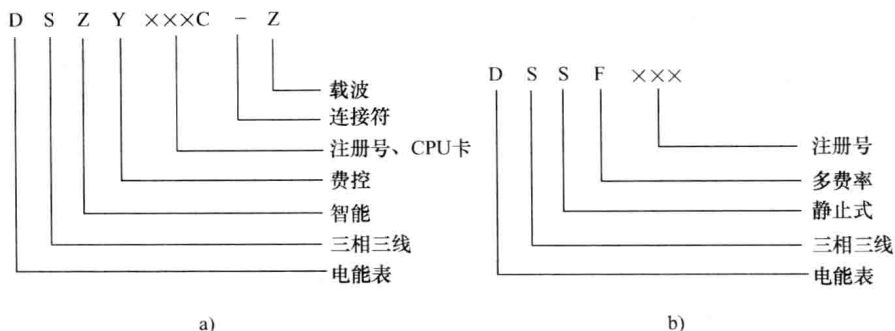


图 2-3 电能表型号示例

(2) 参比频率、参比电压、参比电流和最大电流。

参比频率是指确定电能表有关特性的频率值，以 Hz（赫兹）作为单位，通常就是电网频率。

参比电压是指确定电能表有关特性的电压值，以 U_N 表示。低压单相、三相三线及三相四线电能表分别用 220V、 $3 \times 380V$ 和 $3 \times 220/380V$ 表示；高压三相三线及三相四线电能表分别用 $3 \times 100V$ 和 $3 \times 55.7/100V$ 表示。

参比电流和最大电流均是表征电能表相关特性的电流值。其中，参比电流也叫基本电流或标定电流，是确定电能表有关特性的电流值，以 I_b 表示；最大电流也叫额定最大电流，是电能表能满足其制造标准规定的准确度的最大电流值，以 I_{max} 表示。在铭牌上，基本电流写在前面，最大电流写在后面括号内，例如： $10(60)A$ 、 $3 \times 1.5(6)A$ 等。如果最大电流小于参比电流的 150%，则只标明参比电流。

(3) 电能表常数。它是指电能表记录的电能和相应的转数或脉冲数之间关系的常数。有功电能表常数以 $r/kW \cdot h$ 、 $imp/kW \cdot h$ 形式表示，无功电能表常数以 $r/kvar \cdot h$ 、 $imp/kvar \cdot h$ 形式表示。其中 r 表示感应式电能表转盘的转数， imp 表示电子式电能表的脉冲数。

(4) 准确度等级。准确度等级是指符合一定的计量要求，使误差保持在规定极限以内的测量仪器的等别、级别，以记入圆圈中的数字表示，如①、②。没有标志时，电能表的准确度等级视为 2 级。圆圈内的数字表明该表计量时所允许的相对误差，①所代表的 1 级电能表，相对误差应保持在 $\pm 1\%$ 以内。

(5) 生产许可证标志和编号。许可证标志一般位于铭牌的右上角或右下角，符号是 MC ，其中外圈的 C 是“中国”（China）的英文缩写，M 是“计量器具”（Measuring instruments）的英文缩写，内圈 C 是“许可证”（Certificate of license）的英文缩写。许可证标志由技术监督部门审批后签发，并配以国家唯一的编号（标注于铭牌上）。编号用数位阿拉伯数字表示，并辅以条形码供机器识别。供电公司在计量器具的管理上以条形码编号认定电能表的身份及参数。

(6) 依据的标准。标注生产电能表所依据的国家标准号，如“GB/T 17215.321—2008”。