

电能计量技术 及故障处理

DIANNENG JILIANG JISHU
JI GUZHANG CHULI

国网湖南省电力公司电力科学研究院 组编
欧朝龙 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电能计量技术 及故障处理

DIANNENG JILIANG JISHU
JI GUZHANG CHULI

国网湖南省电力公司电力科学研究院 组编
欧朝龙 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《电能计量技术及故障处理》是为了适应全球能源互联网的发展趋势,提高电能计量的准确性、可靠性而编写的一本科技书。全书采用由浅入深的写作方式,结合具体的现场操作步骤,并配有丰富的图表资料,让读者更容易理解书中内容。

本书分为电能计量概况、传统电能计量技术、智能变电站电能计量技术、智能电能表计量技术、电能计量采集终端技术、用电信息采集系统、直流电能计量技术、谐波电能计量技术、电能计量装置故障分析与处理 9 部分内容。

本书可作为从事电能计量领域工作或研究的人员学习参考用书,以方便其学习、掌握相关知识,提高业务、技术水平和解决生产生活中的实际问题。

图书在版编目(CIP)数据

电能计量技术及故障处理 / 欧朝龙主编; 国网湖南省电力公司
电力科学研究院组编. —北京: 中国电力出版社, 2015.12
ISBN 978-7-5123-8640-2

I. ①电… II. ①欧… ②国… III. ①电能计量
IV. ①TM933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 291573 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 12 月第一版 2015 年 12 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.75 印张 423 千字

印数 0001—2000 册 定价 72.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



《电能计量技术及故障处理》

编 委 会

主 编 欧朝龙

副主编 陈福胜 徐先勇 罗志坤 杨茂涛

王伟能

成 员 欧朝龙 陈福胜 徐先勇 罗志坤

杨茂涛 王伟能 李 恺 陈 浩

申丽曼 王海元 黄 瑞 李娥英

杨 静 王 智



前言

随着国民经济的飞速发展，全社会用电量的高速增长，对电能这种特殊商品的计量则日益重要，电能计量的准确、可靠直接影响到国家、企业及广大客户的利益。近年来，电子、自动化、计算机、通信等技术领域的突破促进了电能计量技术的发展和变革，智能电能表代替了传统机械式电能表，自动化远程采集代替了以往的人工抄表，全自动流水线和生产调度平台取代了传统的人工检定和配送。另外，随着“全球能源互联网”理念的提出和发展，以及特高压交直流电网、清洁能源、智能电网、电动汽车等电力领域新元素的日益增加，对电能计量技术又提出了新的要求，智能变电站电能计量、直流电能计量、谐波电能计量等技术将是其未来重要的发展方向。因此，加强对计量工作的重视程度，研究电能计量领域的新技术、新工艺、新材料、新设备，从而提升电能计量的准确化、自动化、智能化水平，在“公开、公正、公平”原则指导下，为电力消费者更好地提供服务。

为帮助从事电能计量领域工作或研究的人员学习、掌握相关知识，提高业务、技术水平和解决生产生活中的实际问题，以适应电力发展的需要，我们特编写了《电能计量技术及故障处理》一书。

全书共分9章，第1章为电能计量概况，主要介绍了电能计量体系的发展历程和电能计量设备的故障类别；第2章为传统电能计量技术，主要对传统计量设备——电能表、互感器及其二次回路进行了介绍，还对高压电能直接计量相关技术及其应用进行了研究；第3章为智能变电站电能计量技术，提出了不同的智能变电站电能计量模式，在介绍电子式互感器、合并单元和数字式电能表等设备基础上，探讨了电子式互感器现场检测技术、合并单元检测技术和数字电能表检测技术，首次提出了智能变电站电能计量二次系统实负荷、虚负荷现场整体检测技术；第4章为智能电能表计量技术，主要阐述了智能电能表的组成、原理和检测技术，重点介绍了智能电能表全自动检定流水线和计量生产调度平台；第5章为采集终端技术，分别介绍了专用变压器采集终端和公用变压器采集终端的技术和型式特点，并从功能和性能检测两个角度叙述了采集终端的相关检测内容；第6章为用电信息采集系统，分别阐述了其硬件系统和软件系统的建设方案，探讨了用电信息采集系统中智能电能表、采集终端、主站软件、安全加密、采集系统主站等领域

的技术发展趋势；第 7 章为直流电能计量技术，分别介绍了直流电能表、直流互感器的构成和相关检测技术；第 8 章为谐波电能计量技术，在分析谐波对电子式电能表、传统电压电流互感器影响的基础上，分别探讨了各自的检测技术，重点介绍了谐波电能表的计量原理；第 9 章介绍了电能计量装置故障的分析与处理，以电能计量装置的故障实例分析和处理为主要内容。

本书是在国家电网湖南省电力公司电力科学研究院的统一领导和组织下进行的，在编写过程中得到了国家电网湖南省电力公司的支持、关心和帮助，在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限，加之时间紧促，书中难免有差错和疏漏之处，恳请各位专家和读者提出宝贵意见，使本书不断完善。

编 者
2015 年 11 月

目 录

前言

第 1 章 电能计量概况	1
1.1 电能计量技术的发展与现状	1
1.2 电能计量故障的类型及影响	6
第 2 章 传统电能计量技术	8
2.1 电能计量技术概述	8
2.2 电能计量装置与电能计量管理简介	8
2.3 传统电能表简介	11
2.4 传统互感器及二次回路	14
2.5 高压电能整体计量技术	25
第 3 章 智能变电站电能计量技术	39
3.1 智能变电站发展概述	39
3.2 湖南电网智能变电站电能计量模式	40
3.3 电子式互感器简介及其现场检测技术	46
3.4 智能变电站带模数转换合并单元误差检测方法	56
3.5 数字式电能表	66
3.6 数字式电能表校验方法	91
3.7 智能变电站电能计量二次系统整体检测方法	102
第 4 章 智能电能表计量技术	110
4.1 智能电能表概述	110
4.2 智能电能表组成及原理	111
4.3 智能电能表检测	113
4.4 智能电能表检定流水线与生产调度平台	126
第 5 章 电能计量采集终端技术	134
5.1 电能计量采集终端技术概述	134

5.2 采集终端设备	135
5.3 采集终端检验	152
第6章 用电信息采集系统	165
6.1 系统作用概述	165
6.2 系统总体架构	165
6.3 系统硬件建设方案	169
6.4 系统软件建设方案	177
6.5 电能计量采集系统技术发展趋势	187
第7章 直流电能计量技术	189
7.1 直流电能计量技术概述	189
7.2 直流电能表技术	189
7.3 直流计量互感器技术	195
7.4 直流计量装置的检定和校准	200
第8章 谐波电能计量技术	224
8.1 谐波的影响概述	224
8.2 谐波对电能表计量性能的影响	224
8.3 谐波对传统互感器计量性能的影响	226
8.4 谐波电能表	229
第9章 电能计量装置故障分析与处理	242
9.1 电能计量装置故障分析与处理概述	242
9.2 智能电能表故障种类及分析	242
9.3 互感器故障分析与处理	252
9.4 二次回路故障及处理	258
9.5 低压计量箱及其常见故障与处理	261
9.6 用电信息采集终端及其故障分析与处理	264
参考文献	274

1.1 电能计量技术的发展与现状

1.1.1 电能计量设备的发展

电能计量技术的发展已经有 100 多年的历史了，最早的电能计量设备——电能表是在 1881 年根据电解原理制成的，尽管这种电能表箱每只重达几十千克，十分笨重，又无精度的保证。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，并很快在工程上得以应用。

1888 年，交流电的发现和应用，又向电能计量设备的发展提出了新的要求，经过一些科学家的努力，感应式电能表诞生了。感应式电能表采用电磁感应的原理把电压、电流、相位转变为磁力矩，推动铝制圆盘转动，圆盘的轴（蜗杆）带动齿轮驱动计度器的鼓轮转动，转动的过程即是时间量累积的过程，优点在于直观、动态连续、停电不丢失数据。由于感应式电能表具有结构简单、操作安全、价廉耐用，便于维修和批量生产等一系列优点，得到了快速发展和应用。现在每只单相电能表有的还不到 1kg，精度达到了 0.5~2.0 级，并且有了几十个品种、规格。

随着科学技术的飞跃发展，电子技术、电子元器件逐步在电能表生产中得到应用，全电子式电能表应运而生。全电子式电能表精度高（目前已达到 0.01 级），为电能表的发展开辟了又一新的途径，也为电能测量自动化创造了更好的条件。

近些年，随着智能电网这一概念的提出，智能电能计量设备成为计量产品生产企业及用户极为关注的问题。要实现与智能电网相配套的智能型电能计量系统，就必须把具有数字化、互动化、自动化功能的智能电能计量设备作为设备支持。目前运行的电能计量装置尚不能完全满足智能计量的设备要求，因此，更为安全、先进，具备数字化功能的电能计量设备必将应运而生，更新换代。

1. 智能化电能表势必替代目前所有的电能表计

随着智能电网的建设淘汰感应式电能表及不带有双向通信功能、功能简单的电子式电能表将成为趋势。取而代之的是功能完善、能实现供电公司与用户进行双向通信的智能电能表计。基于微处理器的智能电能表，将在测量范围、测量准确度、测量内容以及功能上得到很大程度的提高。

在类似于互联网架构的智能电网中，作为智能电网的终端——智能电能表，扮演着相当于互联网的计算机终端的角色。它依托智能电网所构建的强大的数字化信息网络和数据分析处理系统，通过电能信息显示屏、互联网以及各种通信网络，向用户实时提供用电信

息，如用电量、电费金额、电能质量、表计健康状况、停（复）电信息通知、缴费信息通知、用电情况分析、超负荷报警等信息。同时，在信息网络架构的智能电网中，智能电能表又担负着数据终端采集器的任务，向智能电网源源不断地提供内容详尽的计量数据，如电能量、需量、负荷性质、三相平衡对称情况、母线电量平衡情况、线损网损数据、谐波监测数据等信息。

普通居民用户在家里就能通过查看与智能电能表相连的电能信息显示屏或登录网站等方式，方便、安全、快捷地获知详细的用电信息，享受个性化的信息服务。甚至还可以把家用电器通过传感器与智能电能表相连，形成家庭电器区域网，用户通过上网或者打电话的方式，让智能化电能计量体系指挥智能电能表，远程控制家中电器的使用，达到合理、经济、安全使用电能的目的。

用于大工业用户计量的智能电能表，除电能计量功能外，还具备谐波计量、冲击负荷计量、变损计量、电能质计量、功率越限报警、互感器合成误差补偿、负荷控制、事件记录等特殊功能；用于配电变压器计量的智能电能表，还具备停电采集、三相不平衡、不对称测量、中性线电流测量、变压器油温测量、变损计量以及有功、无功、视在功率平衡、线路损耗电量的核实等特殊功能；用于关口计量的智能电能表，还具备低负荷计量、 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 计量、需量周期、费率时段的同步和主、副电表实时比对、电能表远程校准等功能；与高压数字式互感器配套使用的智能电能表，还具有接收智能互感器输出的数字信号的功能。

智能电能表，作为一种已在全国范围内统一投入使用并全国联网运行的新型设备，势必将重新统一订立制造标准和功能要求，这将有希望解决全国各地区电能表功能、费率、验收条件、外观尺寸、显示抄读内容、失压断流判断标准、通信规约不统一的问题。统一标准后的智能电能表，将更加便于表计的生产和流通、安装和抄读、检定和售后服务，还将方便电能表配套设备的制造和设计。

智能电能表的高技术要求和数量需求，将迫使电能表生产企业提高制造水平和研发能力，淘汰和整合表计生产企业，促进表计行业的升级换代。智能电能表的全面换装，还将一次性解决因资金、体制、人员等原因造成的部分超年限、已淘汰型号表计仍违规使用的历史遗留问题，极大地促进电能计量事业的迅猛发展和长足进步。

同时，国外也在智能电网大趋势下推广智能电能表使用。下面按区域划分介绍国外地区智能电能表使用情况和计划。

（1）北美地区智能电能表使用情况如表 1-1 所示。

表 1-1 北美地区智能电能表使用量

项 目	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
年产量（万台）	1330	1530	1710	1300	1330	1070
智能电能表数量（万台）	910	1130	1330	940	890	750
智能电能表占比（%）	69	74	78	72	72	70
已安装智能电能表数量（万台）	2590	3770	5180	6170	7130	7950
智能电能表覆盖率（%）	16	23	31	37	42	46

(2) 欧盟。欧盟出台规定,截至 2020 年,智能电能表要占到电能表总数的 80%,智能电能表覆盖率要达到 100%。仅 2012 年欧盟智能电能表年需求量就达到 2700 万台,其中德国、英国和西班牙、法国是主要需求国家。英国已经基本实现了工商业用户和部分居民用户的用电信息自动采集。意大利已于 2011 年完成了智能电能表的改造过程,安装和改造了 3000 万台智能电能表,建立起了智能化计量网络,实现了全国 95%用电用户电能量信息的自动采集,每年节约 5 亿欧元的管理成本,降低 40%以上。法国能源监管部门提出的智能电能表计划:从 2012 年开始,所有新装电能表必须是智能电能表。到 2016 年,95%的电能表必须接入到自动抄表管理系统。丹麦、芬兰、法国、德国、冰岛、挪威、西班牙、荷兰和英国都在进行或者规划详细的政策发展智能电能表市场。欧盟智能电能表安装量预计到 2017 年将达到 2 亿台。

(3) 拉美(巴西)。截至 2011 年 12 月,巴西电力用户数量近 7 千万。根据美国 Northeast Group 调查机构的预测,智能电表在整个拉美市场上的销售额将达到 240 亿美元的规模,其中近 2/3 将在巴西市场上实现。到 2022 年,巴西智能电网方面的投资预计将达到 366 亿美元。未来 10 年,巴西各大电力企业计划投入 152 亿美元,完成约 6350 万个智能电表的安装。

(4) 印度。已开展众多项目来改善国内电力服务,已投资 1000 亿美元,于 2012 年实现户户通电,同时已更换 1 亿台电能表,建成电力线载波远程抄表及预付费系统,解决电费流失问题,提升管理水平,预计 2030 年将完成全部更换工作。

(5) 亚太地区。目前亚太各个国家都在加大对智能电网的投入,尤其是在智能电能表领域。据分析,该地区智能电能表的复合安装增长率将达到 37%,从 2010 年的 0.53 亿台增长到 2016 年的 3.5 亿台。

目前,世界各国都在加大推广智能电能表,都已出台安装部署智能电能表的项目计划。依据研究机构 ABI 预估 2015 年全球智能电表安装量将达 2.12 亿户,且预期未来五年内智能电表主要市场仍以欧洲与北美洲为主,而亚洲国家在中国大陆带动下将成为潜力市场。

2. 智能互感器已成为建设智能电网的必备产品

2012 年 4 月,国家电网公司在建设智能电网的发展规划中,提出了“建设以特高压电网为骨干网架,各级电网协调发展的坚强智能电网”的发展战略。特高压电网将是今后坚强智能电网的基础和骨干电网,与之配套的特高压电力设备也将随之应用并快速发展。另外,建立在数字化信息交流平台上的智能化电能计量体系,也必须在各级电网中使用具有输出数字信号的互感器,以实现数字化的计量信息采集、分析和控制。

当前,正在电网大量使用的电磁式互感器,因工作原理的局限,其绝缘性能、绝缘成本以及运行安全性等方面都难以满足特高压电网的要求。传统电磁式互感器还存在磁饱和、铁磁谐振、易爆、谐波影响、TA 二次开路产生高压等一系列影响电能计量性能的问题亟待解决。另外,传统电磁式互感器所输出的模拟信号不便实现网络化数字测量,无法与建立在数字化信息交流平台上的智能计量系统对接,因此传统电磁式互感器已不能适应智能电网的发展要求。而采用先进的测量原理和绝缘方式、输出信号数字化的新型互感器——智能(数字式)互感器将成为建设智能化电网的必备产品。

现在,国内研制的智能数字式互感器主要为光电型。它在原理上与传统的电磁式互感器完全不同,它利用光电子技术和光纤传感技术来实现高电压、大电流的测量。其优点为:①采用光纤或光介质作为绝缘体,绝缘性能优良,绝缘成本低;②不含铁芯,不存在磁饱

和、铁磁谐振等问题；③光电型互感器的高压与低压之间只存在光纤联系，而光纤具有良好的绝缘性能，可保证高压回路与二次回路在电气上完全隔离，TA 低压侧没有因开路而产生高压的危险；④没有磁耦合，消除了电磁干扰对互感器性能的影响；⑤传输光纤化和输出数字化，符合智能计量的数据输出要求；⑥智能互感器与电能表之间采用光缆连接，替代了二次导线，TV 二次压降和 TA 二次回路阻抗接近为零，降低了综合误差，解决了互感器与电能表之间容易发生连接线错误的问题。

智能互感器很好的解决了传统式电磁式互感器存在的缺陷和特高压计量装置发展的绝缘要求，提高了高压互感器的运行安全性、可靠性和准确性，能够实现智能化电能计量体系的信息化、坚强化，其将是建设智能电网的必备产品。

1.1.2 电能计量体系的发展

在电能计量设备智能化的同时，电能计量体系也经历了从传统向智能化的转变。

1. 电能计量体系的发展过程

电能计量是通过互感器二次回路联合电能计量设备，按照规定的接线方式进行组合，构成在线电能计量系统来实现的。电能计量系统早期都是机械式的电能表，由人工抄表的方式来完成庞大的电能计量数据的传输。

此后，随着电能计量设备的发展，电能计量系统也随之发展。从 20 世纪 90 年代末数字采样技术应用于电功率的测量，数字采样技术的电子式电能表也代替了传统机械式电能表。电子式电能表以处理器为核心，对数字化的被测对象进行各种判断、处理和运算，从而实现多种功能。20 世纪 90 年代数字采样技术的电能表在工业发达的国家迅速发展，相继出现了多种寿命长、可靠性高、适合现场使用的电子式电能表。1.0、0.5、0.2 级精度计量标准适应电力系统中电能计量的要求，从而使电子式电能表相继实现商业化应用。

随着电子式电能表的出现，基于远程抄表的计量自动化系统也应运而生。在基于远程抄表的计量自动化系统发展历程中，最早出现的是厂站电能计量遥测系统，国际电工委员会制定了电能累计量传输配套标准 IEC60870-5-102《远动设备及系统 第 5 部分：传输规约 第 102 篇：电力系统电能累计量传输配套标准》（简称 IEC102 标准），这个标准是目前电能计量遥测系统建设中使用最为广泛的标准。2000 年，全国电力系统控制及其通信标准化技术委员会等同采用了 IEC102 标准，制定了 DL/T 719—2000《远动设备及系统 第 5 部分 传输规约 第 102 篇 电力系统电能累计量传输配套标准》（简称电力 102 标准）。IEC102 标准有效地解决了一些由于采用设备厂商专用规约所带来的问题，可使电力系统传输电能累计量的数据终端之间实现可互换性和可操作性。但随着社会经济的发展和电力系统体制改革的深入，对电能计量管理的要求更加精细化，对电能计量遥测系统的功能需求也越来越多，需要采集的数据信息也更加丰富。

20 世纪 90 年代中后期，迫于人工居民用户抄表压力加大，低压居民远程集中抄表建设在全国各区域均有试点，同样面临的技术问题和成本考虑，至 2005 年前后，我国并没有大规模建设经验。意大利、日本等实现远程居民抄表也是近几年才得以较大发展，且远程数据的抄收实时性等指标还远落后于国内的要求。无论是国内还是国外，低压居民抄表方面在技术层面依然存在较大的问题，主要表现在可靠性通信技术方面。

电能计量系统与自动化的发展阶段与现状如图 1-1 所示，目前尚处于自动抄表（AMR）

向高级计量架构发展阶段, 国家电网公司自 2009 年开始进行了大量智能表计和智能用电采集系统的研究, 均属于高级计量架构 (AMI) 的研究范畴。未来将是信息化、高科技成果被广泛应用和电力企业持续发展的时代。数字化、智能化、标准化、系统化和网络化是现代电能计量系统发展的必然趋势。随着电能计量自动化的发展, 电能计量装置从原始的机电式电能表与终端发展到如今的智能化电子式电能表与终端, 从传统的电磁式互感器逐步过渡到智能数字式互感器。可以说, 电能计量设备的质量决定了电能计量体系先进与否。

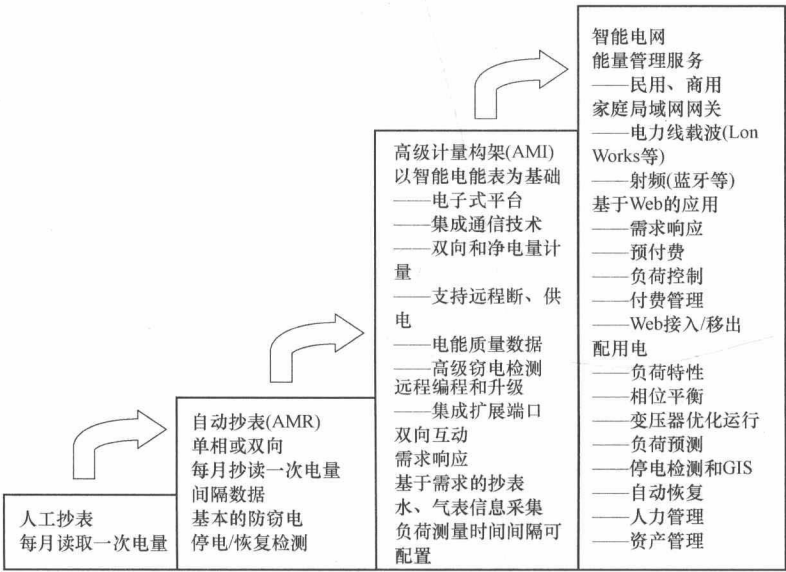


图 1-1 电能计量体系发展阶段

2. 智能化电能计量体系的建设

自从坚强智能电网的概念提出后, 我国大规模推广适应坚强智能电网的智能化电能计量体系的建设, 根据各个层面的管理需要, 在变电站、电厂、专用变压器大用户、公用变压器和低压用户等环节均设立计量节点, 安装配套智能化的电能计量设备。

因此, 智能电能表、智能互感器以及智能终端等电能计量设备将被各个变电站、电厂、专用变压器大用户、公用变压器和低压用户大规模、大范围地使用。

智能化电能计量体系主要由智能电能表、智能互感器、高速通信网络、信息分析处理中心以及与之配套的智能检定、管理系统组成。此系统实现了对电厂、变电站、专用变压器、公用变压器和低压用户等发电侧、供电侧、配电侧和售电侧的数据采集与监测; 具有远程抄表、用电监测、负荷控制、预购电、线损系统分析、供电质量分析、用户节能评估等功能; 为用户有序用电、需求侧管理等业务提供支撑。系统内所有的电能计量设备以及检定、管理等应用系统之间都通过高速通信网络与信息处理分析中心相连, 形成一个以数字信号传输、高度信息化、操作智能化的开放式计量系统。

智能电能表、互感器等计量设备将所采集的数字化计量信息通过高速通信网络上传至信息分析处理中心; 数据经分析整理后, 再通过通信网络传送给供电公司相关管理部门和用电用户; 根据分析处理结果, 自动生成电量电费清单、故障处理指令以及各种统

计分析报告。从数据采集到数据分析存储,再到信息反馈发布,整个过程全部实现数字化和自动化。

1.2 电能计量故障的类型及影响

电能计量设备在正常使用过程中,时常会受到各方面影响,而出现故障问题,这就对整个电力系统的正常运行有着十分严重的影响。因此,有必要去深入了解电能计量设备的故障种类、前因后果以及分析、诊断的方法。在本节中,简要介绍电能计量设备的故障形成原因以及分类。第9章将会详细阐述故障的分析和诊断。

1.2.1 电能计量设备故障的类型

电能计量设备作为电子式设备,可能因为一个部件出现故障或者由于某些自然或人为因素导致整个电能计量设备出现故障,使计量数据不正确或者无法完成电能的计量,使电能计量设备的计量功能失效,甚至使电能计量系统出现故障。

智能化的电能计量体系结构复杂而庞大,其中电能计量设备巨大、种类繁多,因此电能计量设备故障的类型多种多样。总体归纳起来,可分为以下4种方式。

1. 计量回路故障

计量回路故障引起的电能计量装置故障多为电压回路故障,电流回路及电能表本体故障比较少见。二次电压回路自电压互感器二次端子箱、二次熔断器(或自动开关)、二次电缆、电能表屏经电压切换继电器分别接入不同的电能表。由于电能表电压回路经过的中间环节较多,经常发生二次熔断器接触不良、熔断器熔断以及电压切换继电器接触不良等故障,造成电能表计量出现差错。

2. 电能表故障

电子式电能表在使用中常出现的几类典型故障如下:

(1) 死机。死机一般指电能表通电后没有任何反应,因为单相静止式电能表的核心技术都采用逻辑电路,所以并不存在程序飞掉的问题。事实上碰到的死机大多由于电流、电压取样线虚焊或者断掉,电压分压电阻断裂,脉冲线碰到强电而损坏光耦或PCB板上元件虚焊等原因。

(2) 无脉冲输出。此故障常见有两种原因:①脉冲线脱焊、断线、短接或脉冲线碰到强电引起三极管损坏以及PCB板线路烧坏等;②指示灯亮但无脉冲的现象,此现象说明电源部分、计量部分、CPU部分工作正常,问题出在输出电路上。

(3) 误差大幅度超差。由于锰铜电阻和铜连接片之间的焊接发生变化导致电流采样值偏高,或电压调整回路的焊接出现虚焊、短路。

(4) 有脉冲输出,但误差较大的故障。这种现象说明电路工作基本不正常,可首先判断是哪一相误差大引起的,问题可能出在电压线与电流互感器的引线焊接不正确,或有断路故障。当故障现象为单相电压的功率因数为1.0时误差正常,可功率因数为0.5时的误差为15%时,说明仪表线路基本正常,问题可能出在单相电压采样回路或单相的电流互感器上。

3. 互感器故障

(1) 电压互感器。电压互感器常见故障主要包括:①电压三相不平衡,可能是熔断器

损坏；②高压熔断器熔断，内部绝缘损坏，层间和匝间故障；③电压指示不稳，接地不良；④电压互感器回路断线；⑤电容式电压互感器的二次电压波动，若二次电压低可能是接线断或分压器损坏，二次电压高可能是分压器损坏。

(2) 电流互感器。电流互感器带电运行时二次回路侧故障是非常危险的，主要表现为开路和短路两种状态。电流互感器运行中接触点不良、触点损坏、人为短接或断开、互感器损坏等故障在电流回路中均可归结为开路或短路现象。

4. 计量终端故障

(1) 通信模块故障。用于载波通信信号的连接和传输模块故障，或用于 RS-485 通信信号的连接和传输模块故障。

(2) 耦合隔离电路故障。用于耦合载波通信信号、隔离工频信号电路故障。

(3) A/D 转换器故障。用于将载波/RS-485 模拟通信信号转换为数字信号的 A/D 转换器故障。

(4) 数字信号处理模块故障。用于处理获得模数转换后的载波/RS-485 通信信号的频谱数字信号处理模块故障。

(5) 计算机系统故障。这里包括计量终端的控制模块、载波通信功能分析模块、RS-485 通信功能分析模块、波形显示模块、频谱显示模块等出现故障。

1.2.2 电能计量故障的影响

随着经济的发展，我国对电的需求量不断扩大，电力销售市场的扩大又刺激了整个电力生产的发展。但是随着经济的发展和用电量的增大，尤其伴随着市场经济体系的建立，因电能计量故障引起电能损失的问题变得越来越突出，供电企业乃至国家为此经受了巨大的经济损失。电力计量故障问题不仅困扰电力企业的发展，也严重影响了国家的经济建设和社会的稳定。

如果电能计量发生故障，就会危害计量系统的安全运行，导致电能计费不准确，产生计量误差，而电能计量误差的存在给电力部门与用户间的电能核算造成了不良影响，同时也给双方实现公平、公正的经济效益埋下了隐忧，并且给企业和用户造成了巨大的经济损失，甚至危害到生命财产的安全。因此，对电能计量故障分析与处理就显得愈发重要。

第2章

传统电能计量技术

2.1 电能计量技术概述

在电力市场的整体运作中，电能计量装置的读数作为电力产品贸易结算的依据，已越来越受到贸易双方的重视，是贸易双方经济核算的重要指标。电力行业现已厂网分家，今后还可能输、配、售分开核算，独立经营，电力生产企业之间的电能计量装置，其性质由内部核算变为贸易核算，是质的变化。电力市场中的发电公司、电网公司、供电公司、用电客户，分属于电力系统中的上、下游产业，相互间的经济关系靠电能计量装置这杆“秤”来裁定，加之城乡居民客户推行一户一表和集中抄表，大电力客户实行远方抄表及远方监控，所以整个电力市场中电能计量装置的数量、类型，在近几年急剧增多，新技术含量大幅度提高，电能计量技术在电力市场中的地位显著提高。

2.2 电能计量装置与电能计量管理简介

电能计量是由电能计量装置来确定电能量值的一组操作，是为实现电能量单位及其量值准确、可靠的一系列活动。

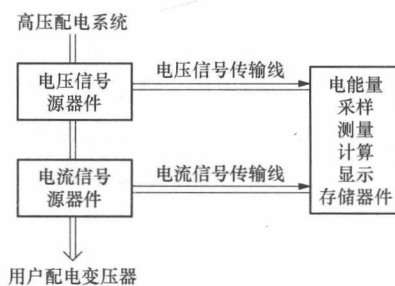


图 2-1 电能计量装置的原理

电能计量装置的原理如图 2-1 所示。用户供电线路分支是与高压配电系统相连接的，要对这个高压供电系统分支的电进行计量，首先要通过电压信号源器件将高电压信号成正比地变为低电压信号，通过电流信号源器件将大电流信号成正比地变为小电流信号；然后通过传输线将这个低电压、小电流信号传输给电能量采样、测量、计算、显示、存储器件。电压信号源器件一般选用电磁式电压互感器，也有用电容分压器的，高新技术选用光电压互感器；电流信号源器件一般选用电磁式电流互感器，高新技术选

用电子式电流互感器、光电流互感器；传输线一般选用电缆，高新技术选用光缆；电能量采样、测量、计算、显示、存储一般由电能表来完成，高新技术直接用计算机来取代电能表。

电能计量装置的主要部件包括：①计量用电流互感器、电压互感器；②电能表；③互感器与电能表之间的二次回路。电能计量装置的附属部件包括：①试验接线盒；②失压断流计时仪；③铅封；④电能计量箱（柜）；⑤电能计量集抄设备。

电能通过电网传输会产生网损，通过专线传输会产生线损，一个台区变压器的供电量会大于售电量之和，其差值也称为线损。电力系统中各级电能计量装置计量结果正确与否

会影响每段线路记录的线损大小，影响线损的归属，是个值得注意的经济问题。在一些发达国家，电能计量工作由独立的计量装表公司、技术监督部门来管理，这可使发电、供电、用电各方的经济利益得到保护，使电力市场更加公平、公正。

对电能计量进行管理是为了保证电能计量量值的准确性、统一性以及电能计量装置运行的安全可靠。

对电能计量进行管理包括：计量方案的确定；计量器具的选用、订货验收、抽检、周期轮换、周期检定、耐压走字、检修、保管、报废；电能计量装置的数据安全与闭锁；电能计量装置的线路设计及审查、设备安装及竣工验收；现场运行维护巡视，现场接线检查，现场误差检验，故障处理；查获跨越或围绕计量装置实施的窃电事件；异常电量的退补计算；电能计量资产及账务管理；电能计量数据的分析与统计；有时还要涉及到与电能计量有关的失压计时器、失流计时器、防窃电器，电能量抄核收计费系统，远方集中抄表系统，综自站的自动监测系统等相关内容。

2.2.1 电能计量装置类别与接线方式

1. 电能计量装置的类别

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性程度分为以下 5 类：

I 类电能计量装置。月平均用电量 500 万 kWh 及以上或变压器容量为 1 万 kVA 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。

II 类电能计量装置。月平均用电量 100 万 kWh 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。

III 类电能计量装置。月平均用电量 10 万 kWh 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 110kV 及以上的送电线路电能计量装置。

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。

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。

显然，从 V～I 类，随着贸易电量的增多及计量对象重要性的递增，所配置的电能表、互感器设备的准确度等级也随之递增，并应符合表 2-1 所列值。

表 2-1 5 类电能计量装置所配设备的准确度等级

电能计量 装置类别	准 确 度 等 级			
	电压互感器	电流互感器	有功电能表	无功电能表
I	0.2	0.2s 或 0.2'	0.2s 或 0.5s	2.0
II	0.2	0.2s 或 0.2*	0.5s 或 0.5s	2.0
III	0.5	0.5s	1.0	2.0
IV	0.5	0.5s	2.0	3.0
V		0.5s	2.0	

* 0.2 级电流互感器仅指发电机出口电能计量装置中配用。