

电能计量基础及新技术

DIANNENG JILIANG JICHU JI XINJISHU

(第二版)

主 编 吴安岚 副主编 李书跃 郑小平



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

DIANNENG JILIANG JICHU JI XINJISHU

电能计量基础及新技术

(第二版)

主 编 吴安岚

副主编 李书跃 郑小平

参 编 杨 林 白江勇 黄莉岚 王震辉 杨秀清



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共有 11 章。介绍了电能计量的基本知识, 各种互感器、电能表的结构、原理, 如何选择、如何使用, 各种计量方式的接线, 接线安装、接线检查和异常计量的判断与处理, 反窃电技术与电能计量管理, 以及电能计量现场工作。书中还介绍了电子式电能表、远方抄表、光互感器、电子式电流互感器、计量器具及用户的条形码管理、反窃电技术、无功电能计量等方面的新技术。

本书适合于供电公司在计量岗位及相关岗位的现场技术人员和技术工人学习、阅读, 可作为供电公司的培训教材和干部的技术读本, 也可供电力类大中专学生学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电能计量基础及新技术/吴安岚主编. —2 版. —北京:
中国水利水电出版社, 2008
ISBN 978-7-5084-5289-0

I. 电… II. 吴… III. 电能—电量测量 IV. TM933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 028208 号

书 名	电能计量基础及新技术 (第二版)
作 者	主编 吴安岚 副主编 李书跃 郑小平
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 17.5 印张 415 千字
版 次	2004 年 5 月第 1 版 2008 年 7 月第 2 版 2008 年 7 月第 2 次印刷
印 数	4101—7100 册
定 价	38.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

第二版前言

《电能计量基础及新技术》第一版受到读者的欢迎，感谢大家支持。该培训教材 2006 年度获得陕西省电力公司科学进步二等奖，中国电力教育联合会教育成果二等奖，我们为自己做了一点有益的事情感到欣慰。

我们编写组接到出版《电能计量基础及新技术》第二版的通知后，进行了讨论，根据本专业新的发展，进行了修改，更新了一些知识点，更换了一些内容和接线图。增加了第 11 章“高压电能计量现场工作”，详细讲解了高压电能计量现场工作的种类、条件、设备、接线方式和工作程序，由杨林编写；第 1、2、3 章由吴安岚、白江勇修改编写；第 4、5 章由郑小平、李书跃、黄莉岚修改编写；第 6、7 章由吴安岚、白江勇、王震辉修改编写；第 8、9 章由吴安岚、杨秀清修改编写；第 10 章由李书跃、杨林、吴安岚修改编写。全书由吴安岚统稿。

希望读者继续关注我们，指出书中的不足。

本书配有多媒体课件，请到中国水利水电出版社网站 www.waterpub.com.cn 下载。

编 者

2008 年 4 月

第一版前言

目前图书市场上，有关电能计量的书分为三类：一类是供科研人员、仪表人员及电能计量管理干部阅读的理论书籍，推导严谨，篇幅较长；二类是供电能计量工种竞赛、定岗用的题库，针对性强，专业面集中；三类是供与电能计量有关的在现场工作的技术人员及技术工人阅读的基础教材，重在基础环节、实践环节，理论知识要求较全面但不深奥，篇幅适中，适用面宽。本书编写面对的读者属于后一类，适合于在电力市场营销中与电能计量有关的十几个工种的现场人员阅读。

在编写中，我们注意到讲解理论知识要通俗易懂，讲清来龙去脉，深入浅出，使工人们愿意看，看得懂，记得住；选择的材料要符合目前现场的实际，过时了已被淘汰的接线和产品不再出现，以免混淆正确与错误的界线；详细、全面地介绍了电子式电能表的结构、原理、用途及发展前景；编写中贯穿了电能计量技术规程的要求，强调了接线的规范性，对与计量正确性相联系的接线检查、异常计量的判断与处理、反窃电技术等问题，用了较大的篇幅；最后一章讲述了电能计量管理体系。本书的另一个显著特点是，跟上了电能计量新技术的发展步伐，向读者介绍了一系列电能计量的新技术。

本书的第1、2、3、7章由吴安岚编写，第4、5章由郑小平、李书跃编写，第6、8、9章由吴安岚、刘朝山、杨秀清编写，第10章由李书跃、吴安岚编写。全书写成后由吴安岚及李书跃统稿。全书请张道纲教授和王学信总工程师审稿，感谢他们提出了许多宝贵的意见。在编写过程中，我们得到了西北电力职工培训中心领导、长沙市电业局领导、长沙威胜电子有限公司领导的支持，还得到了长沙电业局、西安供电局、延安供电局、临汾供电局同行们的帮助，在此一并谨向他们表示衷心的感谢，并致以崇高的敬意。

由于编者水平有限，书中一定还存在有不妥之处，敬请读者批评、指正。

编者

2003年7月

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 电能计量基本概念	1
1.1 电能计量装置与电能计量管理简介.....	1
1.2 电能计量装置的类别与接线方式.....	2
习题 1.....	5
第 2 章 电能计量用互感器	6
2.1 电流互感器.....	6
2.2 电压互感器.....	14
2.3 其他互感器介绍.....	21
习题 2.....	23
第 3 章 感应式电能表	24
3.1 电能表的分类与铭牌标志.....	24
3.2 感应式电能表的结构.....	28
3.3 感应式电能表的工作原理.....	31
3.4 感应式电能表的误差及附加力矩.....	34
3.5 感应式电能表的误差调整.....	36
习题 3.....	41
第 4 章 电子式电能表	42
4.1 电子式电能表概述.....	42
4.2 电子式电能表的基本结构.....	43
4.3 电子式电能表测量原理.....	49
4.4 电子式电能表的功能介绍.....	61
4.5 电子式电能表的使用方法.....	66
习题 4.....	75
第 5 章 特殊电子式电能表和自动抄表系统	76
5.1 IC 卡预付费电能表.....	76
5.2 机电一体化电能表.....	85
5.3 自动抄表系统.....	91
习题 5.....	115

第 6 章 电能计量方式	116
6.1 单相电能表的接线方式	116
6.2 三相三线有功电能表的接线方式	117
6.3 三相三线无功电能表的接线方式	119
6.4 三相四线制有功电能表的接线方式	121
6.5 三相四线制无功电能表的接线方式	123
6.6 电能计量装置中的附属部件	125
6.7 电能计量装置的误差	129
6.8 新型电能计量方式简介	134
习题 6	138
第 7 章 电能计量装置的接线安装与接线检查	140
7.1 电能计量装置的安装与接线工艺	140
7.2 电压互感器的接线检查	143
7.3 电流互感器的接线检查	147
7.4 误接线下更正系数的定义及意义	149
7.5 三相三线有功电能计量装置的误接线综合分析	153
7.6 电能计量现场接线模拟装置的应用	169
7.7 三相四线有功电能计量装置的误接线综合分析	189
7.8 无功电能表的更正系数	193
习题 7	195
第 8 章 异常计量的判断与处理	197
8.1 用“瓦一秒法”初略测定电能表的误差	198
8.2 异常计量退补电量的计算	202
习题 8	209
第 9 章 电能计量中的反窃电技术	211
9.1 反窃电的法律知识	211
9.2 窃电的一般手段	215
9.3 利用电专业技能窃电	217
9.4 反窃电的管理与技术	220
9.5 高科技防窃电简介	225
9.6 查窃电的技巧	229
习题 9	233
第 10 章 电能计量管理	234
10.1 电能计量管理的职能	234
10.2 电能计量设备的管理	237
10.3 电能计量工作的安全管理	242
10.4 电能计量装置的设计审查	245
10.5 电能计量装置的现场维护	246

10.6 关口电能计量装置的管理	249
习题 10	252
第 11 章 高压电能计量现场工作	253
11.1 电能计量装置投入运行前的现场验收	253
11.2 高压电能表现场定期检验与更换	254
11.3 电流互感器的现场检验	259
11.4 电压互感器的现场检验	264
11.5 电压互感器二次回路电压降测试	268
习题 11	270
参考文献	271

第 1 章

电能计量基本概念

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。随着我国加入 WTO、融入国际大市场的步伐，工农业生产的自动化程度及劳动生产率已大大提高，降低产品的电能成本已成为广大电力用户追求的目标，人们比过去更加重视电能计量的准确性。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，相互之间均有对电能量的计量及贸易结算业务，相互间的经济关系靠“电能计量装置”这杆“秤”来裁定，加之城乡广大居民客户推行一户一表，工商客户推行分时电价，集中用户推行集中抄表，大电力客户实行远方抄表及远方监控，特定用户推行预付费电能表，大用户推行安装无功电能表、最大需量表，所以整个电力市场中电能计量装置的数量、类型，在近几年间急骤增多，新技术含量大幅度提高，电能计量在电力市场中的地位显著提高。

必须加强电能计量基础知识的学习，加强电能计量新技术的学习，使电能计量工作管理规范化，符合国家标准，计量准确可靠，接线正确统一，为查获违章用电及防止窃电提供良好的技术环境，为处理电费纠纷提供理论依据，从而降低管理线损，降低供电成本，提高供电企业的综合效益。最终达到稳定电价、开拓电力市场，服务于人民、服务于社会，增强我国工农业产品的国际竞争力的目的。

1.1 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、可靠的一系列的活动。

电能计量装置的原理框图如图 1.1 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能进行计量，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

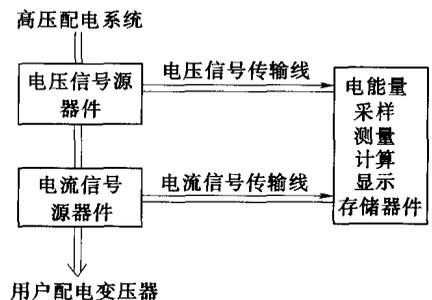


图 1.1 电能计量装置的原理框图

输给电能采样、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，一个变压器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。线损造成的经济损失使输电、供电成本加大，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。

对电能计量装置管理的目的是为了保证电能计量量值的准确、统一和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。

在供电公司，以上内容牵涉到的工种或班组有：客户代表、营业接洽、资产采购、用户配电装置设计审查及施工、反窃电稽查大队、装表接电工、电能表校验工、电能表修理工、计量内外勤工、互感器校验工、计量器具资产管理员、电能计量数据统计员、用电监察（检查）员、营业普查员、计量微机管理员、电量电费抄核收人员、变电运行人员等，在这些工种工作的员工和各级干部都必须学习、掌握电能计量知识，并且不断进行知识更新，以适应不断向前发展的电能计量新科技。

1.2 电能计量装置的类别与接线方式

1.2.1 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五类。

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 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。

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 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 1.1 所列值。

表 1.1 五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。

其中“0.2s”或“0.5s”中的“s”，表示这种电能表或互感器要求在极低负荷下的准确度比一般同等级的表计要高。如非“s”级电能表在 5% I_b 以下没有误差要求，而带“s”级电能表在 1% I_b 即有误差要求，周检时要求在这个负荷点校验其准确性。

1.2.2 电能计量装置的接线方式及配置原则

110kV 及以上电压等级的高电压、大电流接地系统，是中性点直接接地系统，其 TV 常采用 3 台单相电压互感器按 Y₀/Y₀ 方式接线，同时接入 3 台单相电流互感器，用三相四线有功、无功电能表进行计量，表型最好采用三相四线多功能电子式电能表。35kV 电压等级的中性点绝缘系统（或经消弧线圈接地系统），可采用 Y/Y₀ 接线方式的电压互感器及三台电流互感器将信号接入至有三组电能采样元件的有功、无功电能表进行计量。10kV 电压等级的城乡配电网，均是中性点绝缘系统，中性点无任何接地线，电能计量装置若安装在用户配电变压器的一次高压侧，称为高压计量方式，俗称“高供高计”，一般通过 V/V 接线方式的电压互感器及两台电流互感器接入至三相三线有功、无功电能表，这种表表内只有两组电能采样元件；10kV 供电，用户变压器容量小于 315kVA 时，为了节省用户申请接电的一次性投资，开拓电力市场，可采用低压计量方式，俗称“高供低计”，电能计量装置安装在用户变压器的低压侧，低压侧中性点有接地线，必须采用 3 台电流互

感器接入三相四线有功、无功电能表进行计量，这种表表内有三组电能采样元件，同时每次抄表加计变压器的电能损耗。

单相供电电流超过 40A 时宜采用三相四线制供电，以平衡各相负荷，增强安全保障。三相低压供电最大负荷电流在 50A 以上时宜采用电流互感器接入电能表。

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两侧均应设置结算用、考核用电能计量装置。

I、II、III 类贸易结算用的电能计量装置应按计量点配置专用电压、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。

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。即在同一回路的同一计量点安装一主一副两套电能表，同时运行、同时记录，实时比对和监测，以保证电能计量装置的准确、可靠，避免大的差错出现。

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

对三相三线制接线的电能计量装置，其两台电流互感器二次绕组与电能表之间宜采用四线连接，对三相四线制连接的电能计量装置，其三台电流互感器二次绕组与电能表之间宜采用六线连接，即采用分相接线方式，不提倡采用电流互感器的公共回线。电流互感器二次端子与试验接线盒之间的二次回路导线上，不允许有接头，应采用直达线。

安装在用户处的贸易结算用的电能计量装置，10kV 及以下电压供电的用户，应配置符合全国统一标准 GB/T 16934 的电能计量柜或电能计量箱；35kV 电压供电的用户，宜配置符合全国统一标准 GB/T 16934 的电能计量柜或电能计量箱。

贸易结算用高压电能计量装置应装设电压失压计时器。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。

执行功率因数调整电费的用户，无功电能应就地平衡，除安装有功电能表外，还要安装能分别累计感性和容性无功电能的无功电能表。用户应在提高用电自然功率因数的基础上，按有关标准设计和安装无功补偿设备，并做到随其负荷和电压变动及时投入或切除，防止无功电能倒送。

另外实行两部制电价的用户，需安装最大需量表或有计量最大需量功能的多功能电能表。执行分时电价的用户，需安装具有分时计量功能的复费率电能表或多功能电能表。

带有数据通信接口的电能表，其通信规约应符合 DL/T 645 的要求。

具有正反向送电功能的计量点，如有供、受电量能力的地方电网、有自备发电设备的用户、省际电网间的关口变电站等均应装设能计量正反向有功电能及四象限无功电能的电能表。

有两路及两路以上供电线路或供电电源的重要用户，每一路均应分别安装计量装置。

不同用户应分别安装电能计量装置。同一用户有不同电价类别的用电设备时，对每一

类别必须分别安装电能计量装置，不得混计。

习 题 1

1. 电能计量装置的主要部件和附属部件各包括什么？作用是什么？
2. 为什么重要的计量点必须安装准确度等级为“0.2s”和“0.5s”的计量器具？其中的“s”是什么含义？
3. 电能计量装置分成哪五类？配置的电能表、互感器设备的准确度等级分别为多少？
4. 熟记电能计量装置的接线方式及配置原则。

第 2 章

电能计量用互感器

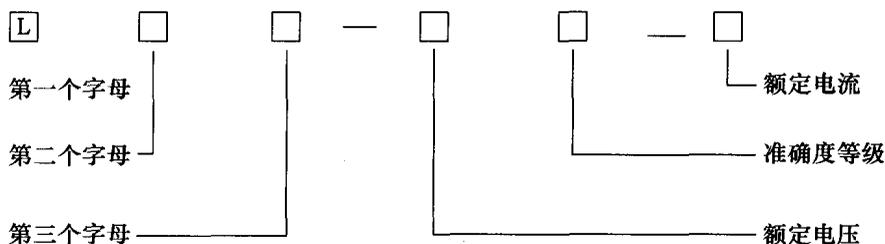
互感器分为电流互感器和电压互感器，是电能计量装置的信号源器件，在电力系统中起着一次高压回路和二次控制及测量回路的桥梁作用。要准确计量电能，若源头信号变换就不准确，那么其他计量器具再准确也无济于事。因此，DL/T 448—2000《电能计量装置技术管理规程》不仅如表 1.1 规定了电流、电压互感器的准确度等级，还规定 I、II、III 类贸易结算用的电能计量装置应按计量点配置专用电流、电压互感器或者专用二次绕组。电能计量专用电流、电压互感器或专用二次绕组及其二次回路不得接入与电能计量无关的设备。

2.1 电 流 互 感 器

2.1.1 电流互感器的种类、结构与型号

电流互感器，用 TA 表示，以前曾用 CT、LH 表示过。电流互感器的种类很多，按电压等级可分为低压式和高压式；按一次线圈的匝数可分为单匝式和多匝式；按外形低压电流互感器可分为羊角式和穿心式；按安装方法可分为支持式和穿墙式；按安装地点可分成户内式和户外式；按铁芯多少可分为单铁芯和多铁芯；按绝缘方式可分为干式（用空气绝缘并冷却）、油浸式、瓷绝缘、环氧树脂浇注绝缘。其结构如图 2.1、图 2.2 所示。

电流互感器的型号一般表示为：



其中第一个字母固定为 L，表示电流互感器，第二、第三个字母的意义见表 2.1。

例如：LFC—10 0.5—300 表示 10kV 的贯穿式复匝（即多匝）瓷绝缘电流互感器，其额定电流为 300A，准确度等级为 0.5 级。

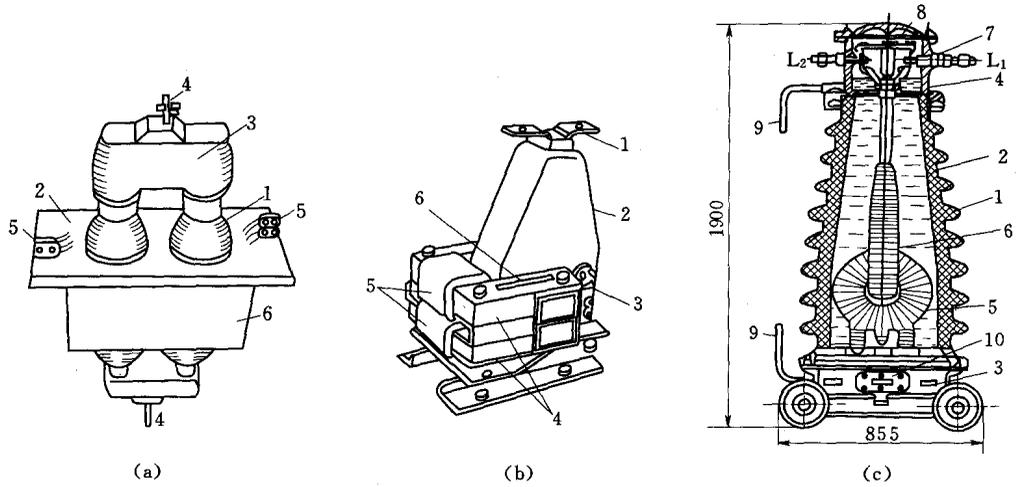


图 2.1 三种不同绝缘方式的电流互感器

(a) 瓷绝缘 LFC-10 型;
1-瓷绝缘套管; 2-法兰盘;
3-接头盒; 4-接线板;
5-二次绕组接线端子;
6-外壳;

(b) 浇注绝缘 LQJ-10 型;
1-一次接线端子; 2-一次绕组;
树脂浇注; 3-二次接线端子;
4-铁芯; 树脂浇注; 5-二次绕组;
6-警告牌(“二次侧不得开路”)

(c) 油浸式 LCW-110 型
1-瓷外壳; 2-变压器油; 3-小车; 4-扩
张器; 5-铁芯连副绕组; 6-原绕组;
7-瓷套管; 8-原绕组换接器; 9-放
电间隙; 10-副绕组引出端

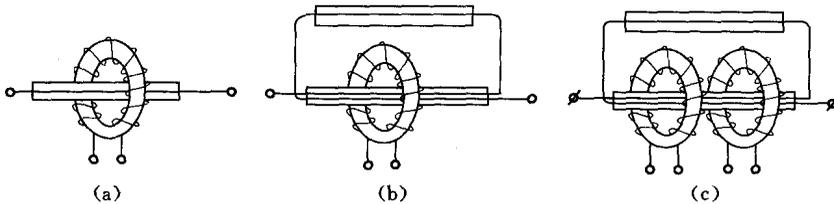


图 2.2 三种不同内部结构的电流互感器

(a) 一次单匝式; (b) 一次多匝式; (c) 双铁芯式

表 2.1 电流互感器型号的字母意义

第二个字母	A	穿墙式	第三个字母	Z	浇注绝缘
	B	支持式		C	瓷绝缘
	D	贯穿式单匝		W	户外装置
	F	贯穿式复匝		B	过流保护
	M	贯穿式母线型		G	改进型
	R	装入式		D	差动保护
	Q	线圈式		S	速饱和
	C	瓷箱式		J	树脂浇注
	Z	支柱式		Q	加强型
	Y	低压型		K	塑料外壳
J	接地保护				

低压电流互感器常用的有 LQG—0.5 型和 LMZ₁—0.5 型两种，前者俗称为“羊角式”，后者俗称为“穿心式”，如图 2.3 所示。LMZ₁—0.5 型低压穿心式电流互感器应用普遍，其一次线圈在互感器内部没有接线端子，一次线圈从圆环中间通过，就算有一匝一次线圈了。一次线圈激起的圆环形交变磁通，刚好通过圆环形铁芯闭合，而二次线圈密绕在环形铁芯上，因此安装时应注意将一次导线尽量处于圆环中心。

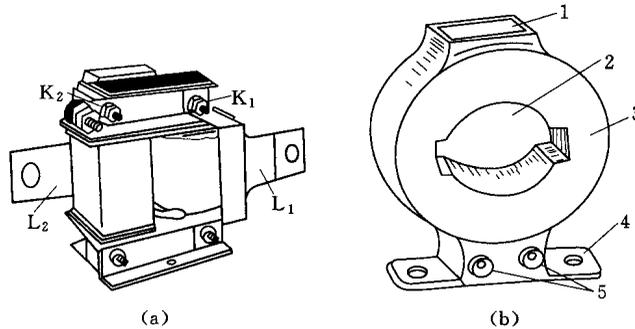


图 2.3 两种常用的低压电流互感器

(a) LQG—0.5 型羊角式；(b) LMZ₁—0.5 型穿心式

1—铭牌；2—一次母线穿孔；3—铁芯，外绕二次绕组用树脂浇注；4—安装板；5—二次接线端子

10kV 及以上的电流互感器一般有两个二次绕组，一个专用于电能计量；另一个用于继电保护和一般监测。前者的准确度等级高于后者，必须为 0.5 级及以上。

如图 2.2 所示，电流互感器的一次绕组可分为单匝式和多匝式。单匝式结构简单，尺寸小，价格低，通过短路电流时稳定性较好，但被测电流很小时准确度低，因此单匝式电流互感器的一次额定电流为 150A 以上，一次额定电流超过 600A 的电流互感器都制成单匝式；多匝式构造比较复杂，不能做成母线型电流互感器，由于一次绕组匝数较多，所以即使一次电流很小，也能获得较高的准确度。35~220 kV 的 LCW 型电流互感器有 2~4 个铁芯，每个铁芯都有自己单独的二次绕组，一次绕组为多个铁芯共用，可得到多个电流变比。

额定电压为 110 kV 的电流互感器其一次绕组由相同的两段组成，可串联或并联连接，使同一个电流互感器适用于两个不同的一次额定电流值。电压为 220 kV 的电流互感器的一次绕组由四段组成，四段间可串联、两两串联后并联或四段并联，可适用于三种不同的一次额定电流值。

2.1.2 电流互感器的技术参数

(1) 准确度等级。电流互感器的准确度等级（级）有：0.01、0.02、0.05、0.1、0.2、0.5、1.0、3.0、10.0，其中 0.1 级及以上的为标准互感器用于实验室和标准仪器中；0.2、0.5 级用于现场电能计量；1.0 级及以下用于监测电流、功率、功率因数和继电保护装置中。

(2) 额定电流。电流互感器一次额定电流 I_1 (A) 的系列为：50、75、100、150、200、300、400、600、750、800、1000、1500、2000、3000、4000、5000、7500、10000、15000、25000。电流互感器二次额定电流 I_2 一般为 5A，用于 330kV 及以上电网时 I_2 。

为 1A。

(3) 额定电压。电流互感器的额定电压指一次线圈与地（或与二次回路）之间的绝缘电压。电流互感器的额定电压序列与电网的额定电压序列相同。

(4) 二次额定负荷。电流互感器的二次额定负荷是在保证准确度等级条件下，允许电流互感器二次所接测量仪表、导线等的总阻抗值 Z_{2e} 。

(5) 额定容量。电流互感器的二次额定容量 S_{2e} 是二次额定电流 I_{2e} 通过二次额定负荷 Z_{2e} 所需要的视在功率。一般有 5VA、10VA、15VA、20VA、30VA 等规格。

2.1.3 电流互感器的工作原理与比差、角差

1. 电流互感器的工作原理

电流互感器的内部结构和原理与一般变压器相似，由两个绕制在闭合铁芯上、彼此绝缘的绕组——一次绕组（原端）和二次绕组（副端）组成，其匝数分别为 N_1 和 N_2 ，其内部结构和接线符号分别如图 2.4 (a)、(b) 所示。图 2.4 (b) 中一次侧的 L_1 和二次侧的 K_1 是一对同名端，即为同极性端。一次电流 \dot{I}_1 从 L_1 端流入时，二次电流 \dot{I}_2 应从 K_1 端流出。

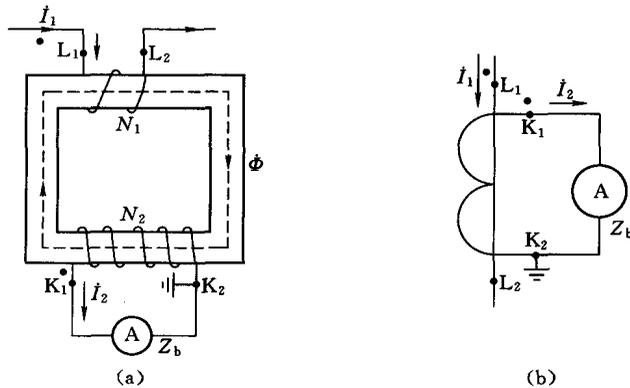


图 2.4 电流互感器的内部结构和接线符号

(a) 内部结构；(b) 接线符号

一次绕组与被测电路串联，二次绕组与电能表的电流线圈串联。电能表的电流线圈内阻很小，所以电流互感器相当于二次短路运行的变压器。电流互感器磁路中的磁力线密度设计得很低，一般在 $0.08 \sim 0.1\text{T}$ 范围内，磁损耗较小。这种情况下，用来在铁芯中建立磁场传递能量的激磁安匝数 $I_0 N_1$ 很小， $I_0 N_1$ 在一次安匝数 $I_1 N_1$ 中所占比例也很小，大约为 $0.3\% \sim 1\%$ 。电流互感器的相量图如图 2.5 (a) 所示，其中 $\dot{\Phi}$ 为由激磁安匝数 $\dot{I}_0 N_1$ 在铁芯中建立起的磁通， \dot{U}_2 为二次的感应电压，二次回路阻抗为感性，因此二次回路电流 \dot{I}_2 滞后 \dot{U}_2 一个角度 φ_2 ，一次安匝数 $\dot{I}_1 N_1$ 与二次安匝数 $\dot{I}_2 N_2$ 的相量和等于激磁安匝数 $\dot{I}_0 N_1$ ，即

$$\dot{I}_1 N_1 + \dot{I}_2 N_2 = \dot{I}_0 N_1$$