

图书在版编目 (CIP) 数据

电能表修校及装表接电工/朴在林编. —北京:中国水利水电出版社,
1997.5

电力工人技术等级培训教材

ISBN 7-80124-448-6

I. 电… II. 朴… III. ①电度表-检修-技术培训-教材 ②电度表-
校验-技术培训-教材 IV. TM933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 06200 号

书 名	电力工人技术等级培训教材 初、中、高级工适用 电能表修校及装表接电工
作 者	朴在林 编
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 32 开本 8.375 印张 181 千字 1 插页
版 次	1997 年 8 月第一版 1997 年 12 月北京第二次印刷
印 数	5101—10130 册
定 价	16.00 元

面向二十一世紀

為電力工業

培育優秀職工

張鳳祥

一九九六年

六月

加强职工培训
提高人员素质
为电力工业服
务

赵彦夫

序

中华人民共和国第八届全国人民代表大会第四次会议批准了《中华人民共和国国民经济和社会发展的“九五”计划和2010年远景目标纲要》，《纲要》是国民经济和社会发展的指导方针和奋斗目标，对深化改革，推进两个转变，加强和改善宏观调控，保证国民经济持续、快速、健康地发展，实行科教兴国，促进两个文明建设，有巨大的推动作用。

科教兴国的伟大战略，是党中央的高瞻远瞩。国运兴衰，系于教育，我们正处在新旧世纪的交接时代，面对21世纪科学和技术的挑战，要在激烈的国际竞争中占居主动地位，关键问题在于人才，要实现社会主义现代化的宏伟目标，关键问题还是人才。

电力部门的岗位培训和职工教育是科教兴国宏伟战略中的重要组成部分。当前，电力工业正处在向大电网、大机组、大电厂、超高压、现代化方向发展的时期，新技术不断引进，设备正在更新换代，管理体制和管理方式正在不断地改革和完善，技术和电网运行水平的要求正在不断地提高。面对这种新的发展形势，我们深深感到：电力部门广大工人的技术素质还不适应现代化要求的水平。为此，各电力部门的领导同志，应该充分认识和全面落实“科学技术是第一生产力”的战略思想，要大力加强科教意识和科教投入，大力加强人才培养的力度，把电力的岗位培训和职工教育摆在电力工业发展的重要位置。我们应确信，只有提高电力工业部门广大技

术工人的技术素质,才能从根本上增强电力工业的科技实力,才能增强向现实生产力的转化能力,才能提高电网的管理和运行水平,才能从根本上发展电力工业,才能担负起振兴电力工业的伟大历史任务。

为了做好岗位培训工作,提高广大电力工人的技术素质,我们责成中国水利水电出版社,组织有关专家和富有实践经验的工程技术人员,遵照《电力工人技术等级标准》的要求,编写了这套“电力工人技术等级培训教材”,借以促进和配合电力工人岗位培训工作的开展。

本教材的编写提纲是由中国水利水电出版社组织有关省市电力部门的领导,有关院校的教授,富有实践经验的专家,经几次会议研究确定的。其编写的基本宗旨是:严格遵照《电力工人技术等级标准》,密切联系生产实际,既注意基本技术和技能的训练,又注意有关电力规程和规范的贯彻,使其有助于广大技术工人的技术水平和水平的提高。

要把经济建设转移到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来,岗位培训是一项不容忽视的工作,切不可重物轻人,轻人才资源开发。应该在科教兴国的热潮中,满怀信心地把这项工作抓实、抓好,为培养跨世纪的人才,为振兴电力工业,进行不懈的努力!

张维罗

术工人的技术素质，才能从根本上增强电力工业的科技实力，才能增强向现实生产力的转化能力，才能提高电网的管理和运行水平，才能从根本上发展电力工业，才能担负起振兴电力工业的伟大历史任务。

为了做好岗位培训工作，提高广大电力工人的技术素质，我们责成中国水利水电出版社，组织有关专家和富有实践经验的工程技术人员，遵照《电力工人技术等级标准》的要求，编写了这套“电力工人技术等级培训教材”，借以促进和配合电力工人岗位培训工作的开展。

本教材的编写提纲是由中国水利水电出版社组织有关省市电力部门的领导，有关院校的教授，富有实践经验的专家，经几次会议研究确定的。其编写的基本宗旨是：严格遵照《电力工人技术等级标准》，密切联系生产实际，既注意基本技术和技能的训练，又注意有关电力规程和规范的贯彻，使其有助于广大技术工人的技术水平和水平的提高。

要把经济建设转移到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来，岗位培训是一项不容忽视的工作，切不可重物轻人，轻人才资源开发。应该在科教兴国的热潮中，满怀信心地把这项工作抓实、抓好，为培养跨世纪的人才，为振兴电力工业，进行不懈的努力！

张维，

前 言

电能计量装置是电力生产、传输、销售和使用过程中的重要衡器，电能计量装置的准确与否，直接关系到供电企业和电力用户的经济效益，因此，电能表修校及装表接电工是电力企业的重要工种之一。为了提高电能计量战线上广大工人的技术素质，根据《电力工人技术等级标准》的要求，我们编写了电能表修校及装表接电工这本教材，以作为培训之用。

本书力求文字通俗易懂，按初中文化程度编写。为了便于掌握本书的内容和参加上岗技术考核，书中每章后附有足够的复习思考题，供初级、中级（*）、高级（**）工使用。

全书共分六章，第一章由王滨同志编写；第二章由朴在林同志编写；第三章由高淑和同志编写；第四章由田有文同志编写；第五章由周启龙同志编写；第六章由丁文彦同志编写。全书由朴在林同志统稿。

特别感谢：中国电力企业联合会理事长张绍贤为本书作序；全国政协常委、原水利电力部副部长赵庆夫，全国人大代表、原水利电力部副部长、中国电力企业联合会原理事长张凤祥为本书题词。

鉴于时间短促，又兼编者水平所限，书中定有不妥之处，深望使用本书的广大教师和读者不吝批评指正。

编 者

1996年10月

目 录

序

前 言

第一章 电能表的基本结构和工作原理	1
第一节 电能表的类型	1
第二节 感应电能表的基本结构	5
第三节 感应式电能表的工作原理	15
第四节 电能表铭牌标志和电量的抄读	27
第五节 机电式三相多费率电能表	32
复习思考题	36
第二章 仪用互感器	39
第一节 互感器的作用	39
第二节 电流互感器	40
第三节 电压互感器	61
复习思考题	80
第三章 电能表的接线	82
第一节 有功电能表的接线	83
第二节 三相无功电能表接线	91
第三节 电能表错误接线	100
第四节 电能表误接线或断线更正电量的方法	121
复习思考题	128
第四章 电能表的误差特性与调整	130
第一节 影响基本误差的主要因素	130

第二节 外界因素对误差的影响	146
第三节 内部结构对误差的影响	152
第四节 运行参数对误差的影响	155
第五节 电能表的调整	166
复习思考题	184
第五章 电能表校验与调整	187
第一节 电能表的校验	187
第二节 电能表的现场校验	205
第三节 电能表的检修	223
复习思考题	228
第六章 电能表检验装置	230
第一节 基本技术要求与试验方法	230
第二节 检验装置的主要设备	237
第三节 电能表校验台	251
复习思考题	255

第一章 电能表的基本结构 和工作原理

第一节 电能表的类型

一、概述

电能表又称千瓦时计，它是用来测量电能的。电能表的型式很多，按电源类别可分交流电能表和直流电能表两大类。交流电能表按用途可分为：①工业与民用电能表；②标准电能表；③特殊电能表三类。如按使用相数则可分为单相电能表和三相电能表。详细分类如表 1-1 所示。

表 1-1 各种用途电能表的名称和精度

电源类别	用途分类	名称	精度等级
交流类	工业与民用电能表	单相电能表	1.0、2.0
		三相三线有功电能表	5、1.0、2.0
		三相四线有功电能表	1.0、2.0
		三相无功电能表	2.0、3.0
	标准电能表	单相标准电能表	0.2、0.5
		三相三线有功标准电能表	0.2、0.5
		三相四线有功标准电能表	0.2、0.5
		三相无功标准电能表	0.5、1.0
	特殊用途电能表	最大需量电能表	1.0、2.0
		三相电力定量器	5.0
		记录式多路需量电能表	1.0
		三相打字式记录电能表	1.0
		分时计费电能表	1.0、2.0
		脉冲电能表	2.0
		铜耗电能表	4.0
		铁耗电能表	4.0

续表

电源类别	用途分类	名称	精度等级
交流类	电子类	单相电子式标准电能表	0.1、0.05、0.02
		三相电子式标准电能表	0.1、0.05
直流类	直流电能表		2.0
	安培小时计		2.0、4.0
	伏特小时计		2.5

在表 1-1 中列出了各种用途电能表的名称及其精确度等级。由表 1-1 可知,交流电能表还分为有功电能表、无功电能表、最大需量电能表、标准电能表、分时计费电能表和损耗电能表等多种类型。

从结构和使用特点来看,三相电能表又分为两元件和三元件两种。

三相两元件电能表,每块表中有各自独立的两套磁路系统和两个可动圆盘。这两套元件共用一个计度器。两元件电能表用三相三线供电系统作测量电能之用。

三相三元件电能表,每块表中有三套磁路系统和三个可动圆盘。三相三元件电能表用于三相四线制供电系统测量电能用。

二、感应型电能表的种类

交流电能表多为感应式表。下面对有功电能表、无功电能表、最大需量表,标准电能表、分时计费电能表、损耗电能表、三相多费率电能表、智能化单相电能表和电力定量器等作一简要介绍。

1. 有功电能表

有功电能表用来计量电路所消耗的有功电能,对单相电

路而言，其计量结果可用下列公式表示

$$W_P = UI \cos \varphi = Pt \quad (\text{kW} \cdot \text{h}) \quad (1-1)$$

式中 U 、 I ——交流电路中电流、电压有效值；

φ ——电流和电压间的相位角；

$\cos \varphi$ ——负载功率因数，俗称力率；

t ——计量电能的累计时间。

从上式可以看出，有功电能表实际上是计量电能的有功部分，即视在功率的有功分量与时间的乘积。

2. 无功电能表

无功电能表用来计量无功电能。从有功电能公式中可以看出：对于力率为 0.5 和 1.0 两个用电负荷，在相等的线路电压下，为了得到同样的有功电能，前者的电流要比后者大一倍，也就是说，力率低时，电流增大，这将增加线路的损失并降低发、供电设备的利用率，这是十分不经济的。为此在计量用户有功电能同时，还需用无功电能表来计量无功电能，以便了解用户力率大小。供电部门鼓励用户提高功率因数的办法是采用力率调整电费。对单相电路而言，无功电能计量结果可用下列公式表示

$$W_Q = UI \sin \varphi = Qt \quad (\text{kvar} \cdot \text{h}) \quad (1-2)$$

在上列公式中，如果是三相三线电路，则有功和无功电能分别为

$$W_P = \sqrt{3} UI \cos \varphi \quad (1-3)$$

$$W_Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi \quad (1-4)$$

式中 I 、 U ——线电流和线电压。

根据电工学理论可知，功率因数的定义是

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (1-5)$$

按照有功电能表和无功电能表在某一段时间 t 里测得的电量，便可用下式计算出这段时间内的平均功率因数

$$\cos\varphi = \frac{W_p}{\sqrt{W_p^2 + W_Q^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{W_Q}{W_p}\right)^2}} \quad (1-6)$$

3. 最大需量表

最大需量表是由有功电能表和需量指示器两部分组成的，其不仅可以计量有功电能也可以指示一个月中每 15 min 内用电平均功率的最大的一次读数。它一般安装在实行两部电价的用户。上海电能表厂生产的 D₂₈ 型三相三线最高需量电能表，其规格为 3×100 V、3×5 A，精度为 1.0 级。

4. 标准电能表

标准电能表又叫携带型精密电能表，校验其它电能表误差。常用的几种国外标准电能表有：瑞士 TYH₄ 型三相标准表和 TVE1.02/1 型单相标准表；美国 IB-10 型、SC-10 型单相标准电能表。

常用的几种国产标准电能表有：DBT₂₅ 型三相四线标准电能表；DB₃ 型三相电子式标准表（国产精度最高）。

此外还有 DB₁ 型与 DB₂ 型单相标准电能表。

5. 分时计费电能表

它是利用有功电能表或无功电能表中的脉冲信号，分别计量高峰和低谷时间内的有功电能和无功电能，以便对用户的高峰、低谷期用电收取不同的电费。

6. 三相三线有功（无功）脉冲电能表

三相三线脉冲电能表的结构特点，是在普通三相电能表中装有脉冲信号发送装置，该发送装置可发送出与电能表常数成比例的脉冲信号供遥测使用。如上海电度表厂生产的三

相脉冲电能表，则是由普通电能表及脉冲信号发送装置两部分组成。

7. DSK₁ 型电力定量器

DSK₁ 型电力定量器是对电力使用情况进行监控的仪器，当使用电力负荷超过计划指标或消耗电能达到计划指标时，定量器发出报警信号，并经适当的延时跳开电源。它适用于控制三相三线交流电路中的功率和电能用量。

8. 损耗电能表

它由单相或三相有功电能表改制而成，用来计量变压器或输电线路中的电能损耗，有铜耗电能表与铁耗电能表两种。

第二节 感应电能表的基本结构

常用的单相电能表都是感应式三磁通型积算式仪表，它主要由测量机构和积算机构组成，三相电能表各组元件与单相电能表相似，因此，本章只叙及单相电能表的基本结构。

一、测量机构

图 1-1 是单相电能表的测量机构简图，它是电能测量的核心部分，由驱动元件、转动元件、制动元件、轴承等部件组成。

1. 驱动元件

驱动元件又称电磁元件，它由电压元件、电流元件和调整装置等组成。由它产生电压和电流工作磁通分别与圆盘中的感应涡流相互作用，以使电能表圆盘转动。

电压元件由电压铁芯 7、电压线圈 2 和回磁极 12 组成，用来把交流电压转变为交变的电压磁通。

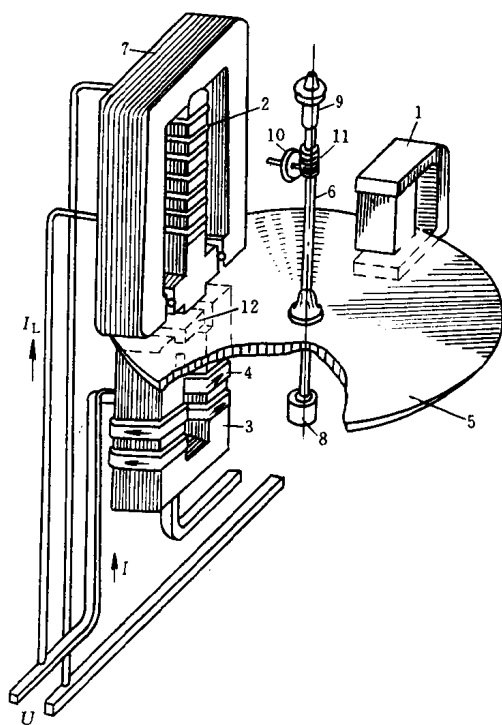


图 1-1 单相电能表的测量机构简图

- 1—制动磁铁；2—电压线圈；3—电流铁芯；4—电流线圈；
5—转盘；6—转轴；7—电压铁芯；8—下轴承；9—上轴承；
10—蜗轮；11—蜗杆；12—回磁极

电压线圈一般用线径 $0.08 \sim 0.16 \text{ mm}$ 的漆包线绕 $8000 \sim 14000$ 匝，它固定在电压铁芯的中柱上，用来产生电压磁通，其具有较大的阻抗和阻抗角，以减少功率损耗。

电流元件由电流铁芯 3，电流线圈 4 和磁分路（图 1-1 中未画出）组成，电流元件用来把交流电流转变为交变的电流磁通，电流线圈线径和匝数由电能表的额定电流确定，其安

匝数一般在 65~150 范围，线圈的匝数由电能表的安匝数除以标定电流求得。对于同一型号的电能表，尽管它的额定电流大小不一，但为了保证恒定的电磁转矩，电流线圈的安匝数总是保持不变的。例如：DD₂₈型单相电能表在标定电流 5A 时，电流线圈总匝数是 16 匝，即安匝数为 80 安匝，当电流改为 10 安培时，电流线圈的总匝数应该是： $\frac{5 \times 16}{10} = 8$ （匝）。

电流线圈平均分布在电流铁芯左右两柱上。为了使铁芯左右两柱中产生的电流磁通构成闭合回路，两只串联的电流线圈的绕向要相反，接线要正确，否则是无法与电压工作磁通相互作用而产生驱动力矩的。相位角调整装置的线圈一般绕在电流铁芯中柱上。

电能表的驱动元件在圆盘上的安装形式有两种，即正切式和辐射式。

正切式是指电压元件平面在圆盘上的投影线与圆盘半径方向相垂直；辐射式是指电压元件平面在圆盘上的投影线与圆盘半径方向一致，如图 1-2 所示。

我国目前生产的电能表，其驱动元件的安装形式全部采用正切式，它具有结构布置简单、体积小、便于安装和批量生产等优点，并有较好的技术特性。

正切式电磁铁芯结构又可分为三种形式：

(1) 分离式电磁铁芯。这种结构是电压铁芯和电流铁芯完全分开，如图 1-3 所示。两铁芯在基架上组合成整体，电压元件的工作磁通经回磁极形成回路。

主要优点为：体积小，重量轻，耗用硅钢片较少；冲片形状简单，工艺尺寸精度要求较低；装配工艺简单，线圈及铁芯的组合便于装配加工。

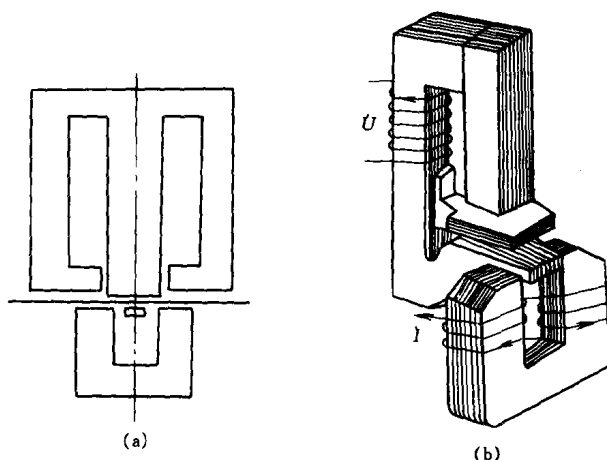


图 1-2 电能表驱动元件在圆盘上的安装形式

(a) 正切式；(b) 辐射式

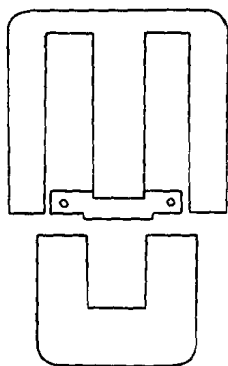


图 1-3 分离式铁芯结构

缺点为：电压与电流铁芯之间的工作间隙较难控制，造成各表间特性重复性较差；装配过程中不易保证磁路本身对称，易引起电能表电流式电压潜动。

目前国产 2.0 级单相电能表，如 DD₁ 型、DD₅ 型、DD₁₅ 型及 DD₂₈ 型等电磁铁芯均采用分离式结构。

(2) 全封闭式电磁铁芯。这种结构电压铁芯和电流铁芯为一个整体，且无接缝，如图 1-4 所示。

它的主要优点为：具有较好的技术性能，特别是误差曲线较平坦，因为它可以利用电压工作磁通来磁化电流铁芯，以