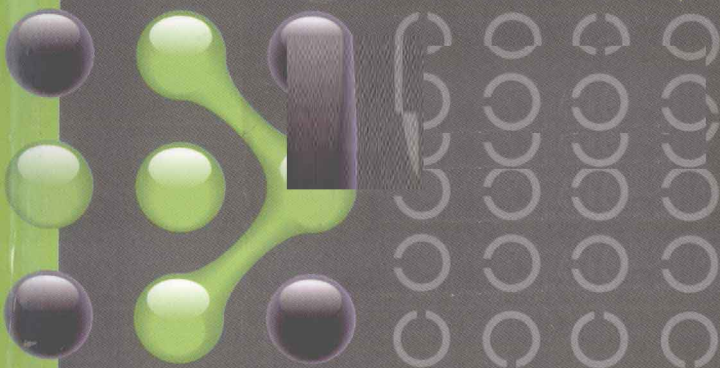


ZIDONG CHAOBIAO XITONG YUANLI
YU YINGYONG

自动抄表系统 原理与应用

李金伴 主编

林 丛 李捷辉 林 锋 副主编

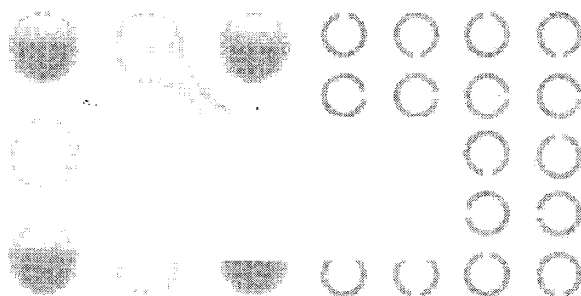


化学工业出版社

ZIDONG CHAOBIAO XITONG YUANLI
YU YINGYONG

自动抄表系统 原理与应用

李金伴 主编
林丛 李捷辉 林锋 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

自动抄表系统原理与应用/李金伴主编. —北京:
化学工业出版社, 2012.1
ISBN 978-7-122-12683-2

I. 自… II. 李… III. 自动抄表系统-基本知识
IV. TM933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 217888 号

责任编辑: 宋 辉
责任校对: 郑 捷

文字编辑: 云 雷
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 北京云浩印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 7½ 字数 195 千字
2012 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

前言



随着国内智能化系统的日益发展和完善，目前在大多数的高档住宅小区中都开始安装远程自动抄表系统。远程自动抄表系统是综合应用当今最先进的无线电与电子技术、计算机技术、仪表技术、光电技术、机电一体化技术、光纤技术、红外技术等技术，迅速发展起来的一种高新技术，已经或将要更广泛地应用于国民经济和国内的一些中小型企业，具有良好的社会效益和经济效益。

在这种形势下，我们编写了本书，对远程自动抄表系统的设备工作原理与系统的构成、低压电力线载波自动抄表系统、自动抄表系统的智能表、智能自动抄表硬件系统、远程抄表监控系统软件、典型远程自动抄表系统的应用实例等都做了介绍。本书对整个远程自动抄表系统所能涉及的内容做了较全面的介绍，使广大读者能够较全面了解远程自动抄表系统的体系结构及相关技术原理。

本书编写时从实用出发，力求理论与实际相结合，突出新颖性，并注重理论融入应用实例，突出技能和技巧、适用场合、技术操作要点、运行与维护等，注重研究成果与工程实践经验的总结。

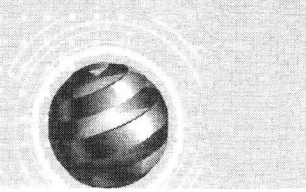
本书由李金伴主编，林丛、李捷辉、林锋副主编，参加编写的还有周明、刘贵超、徐静、赵延、李锦凤、李庆泉、罗信玉等。全书由李金伴、李捷辉负责统稿。全书由李捷明主审。

本书面向从事供用电的抄表技术研究、工程设计、安装、调试、施工的广大工程技术人员和维修人员，也可作为大专院校相关专业师生的教材或参考书。

由于编者水平所限，书中难免有疏漏和不足之处，恳请广大读者批评和指正。

编者

目 录



第 1 章

PAGE

自动抄表系统综述

1

1.1 自动抄表系统简介	1
1.1.1 自动抄表系统定义	1
1.1.2 自动抄表系统主要用途	2
1.1.3 自动抄表系统技术要求	3
1.2 常用自动抄表系统中电能表的结构原理	3
1.2.1 静止式(电子式)电能表	3
1.2.2 多功能电能表	7
1.2.3 预付费电能表	8
1.2.4 宽量程电能表	11
1.3 目前常用抄表系统	12
1.3.1 远红外手持抄表系统	12
1.3.2 电力线载波抄表	13
1.3.3 无线电抄表	13
1.3.4 利用 RS485 总线抄表	14
1.3.5 利用有线电视网抄表	14
1.4 自动抄表系统配套使用的电能表	15
1.4.1 三相全电子多功能电能表	15
1.4.2 单相全电子式多功能电能表	20
1.4.3 多用户多费率电能表	21
1.4.4 网络电能表	23
1.4.5 电子式载波电能表	24
1.5 自动抄表系统中几种通信方案及特点	25
1.5.1 星型通信系统方案	26
1.5.2 总线型通信系统	27

1.5.3 点对点通信	29
1.5.4 几种媒体传输性能和造价的比较	30

第2章	PAGE
低压电力线载波自动抄表系统	31

2.1 常见的几种电力线载波通信方式	31
2.2 低压电力线载波自动抄表的构成及原理	38
2.2.1 低压电力线载波自动抄表系统现状分析	38
2.2.2 低压电力线载波自动抄表系统的技术特点	40
2.2.3 低压电力线载波自动抄表系统构成框图	42
2.2.4 低压电力线载波自动抄表系统工作原理	42
2.3 低压电力线载波自动抄表系统功能	52
2.3.1 载波自动抄表系统主要功能特点描述	52
2.3.2 载波自动抄表系统常用技术指标和参数	54
2.4 低压电力线载波自动抄表系统的安装特点	57
2.5 低压电力线载波自动抄表系统软件功能及运行情况简介	58
2.5.1 启停自动抄收功能情况	59
2.5.2 用电负荷曲线查询	59
2.5.3 低压电力线载波自动抄表系统的线损分析	60
2.5.4 低压电力线载波自动抄表系统的三相平衡分析	60

第3章	PAGE
自动抄表系统的智能表	62

3.1 自动抄表系统的智能水表	62
3.2 自动抄表系统的智能燃气表	72
3.3 自动抄表系统的智能电表	83

第 4 章

PAGE

智能自动抄表硬件系统

94

4.1 智能自动抄表系统的组成	94
4.2 智能自动抄表系统的结构	96
4.3 远程自动抄表系统硬件组网方式	102
4.4 远程自动抄表系统的传输设备	107
4.5 远程自动抄表监控系统典型的布线方式	132

第 5 章

PAGE

远程抄表监控系统软件

141

5.1 远程抄表监控系统概述	141
5.2 远程自动抄表监控系统软件系统构成	142
5.3 自动抄表软件的功能和操作	145
5.4 自动抄表系统中心管理软件	161
5.4.1 自动抄表系统中心主要功能特点	162
5.4.2 抄表管理软件主要界面	162
5.4.3 用户表状况查询	165
5.4.4 用户账户情况查询	169
5.4.5 用户换表记录查询	171
5.4.6 用户用量查询	173
5.4.7 抄表操作审核	174
5.4.8 自动抄表消息管理	176
5.4.9 自动抄表数据备份与恢复	177
5.5 掌上电脑抄表操作软件	183

第 6 章

PAGE

典型远程自动抄表系统应用实例

187

6.1 电力行业远程自动抄表系统	187
------------------	-----

6.1.1	电能远程自动抄表系统的定义和组成	188
6.1.2	电能远程自动抄表系统的技术方案	189
6.1.3	电能远程自动抄表系统的功能与性能	191
6.2	燃气行业远程自动抄表系统	195
6.2.1	实施燃气远程集中抄表系统的优点	196
6.2.2	ENMS 远程集中(脉冲式)抄表系统组成	197
6.2.3	燃气自动抄表旧城区脉冲式方案	197
6.2.4	燃气自动抄表旧城区直读式方案	200
6.2.5	燃气工业用户自动抄表系统 (大表-分散) 方案	205
6.3	自来水行业远程自动抄表系统	207
6.3.1	自来水远程集中抄表系统的功能	208
6.3.2	自来水远程集中抄表系统组成和性能	209
6.3.3	脉冲式自来水表集中抄表系统	211
6.4	电、气、水表远程抄表系统典型范例	216
6.4.1	高层电、气、水表远程抄表系统	216
6.4.2	高层、多层、别墅水、电、气表 (带报警控制) 远程抄表系统	220
6.4.3	小区电力载波远程抄表系统	224

第1章

自动抄表系统综述

电能的生产和使用是通过发电、供电、用电等几个主要环节完成的。计量电能在生产、传输和使用各个环节的数量,是计收电费、搞好经济核算的依据,是进行生产调度的依据,是制订国民经济计划 and 安排人民生活的依据。

为了减少计量过程中所浪费的大量人力物力以及增加数据的可靠性,国家正在大力推广抄表自动化,目前,不少供电局已经安装或正在安装不同厂家的抄表自动化系统,经济发达地区已经开始对居民区实现抄表自动化,从运行的情况来看,效果是显著的。预计在今后的几年内,对自动抄表系统的需求会逐步增加,市场的潜力非常巨大。

从供电企业的角度看,自动抄表系统的基本功能是收集各种电量计量信息,包括上网电量关口点、网间交换电量关口点、系统内大用户以及居民区负荷情况。同时完成其他的辅助性功能,如电压质量监视、无功补偿电容的投切、缺相保护等。系统收集的基本数据可用于线损分析、电压合格率统计、负荷预测、电网规划等专业分析。

1.1 自动抄表系统简介

1.1.1 自动抄表系统定义

根据电力行业标准《低压电力用户集中抄表系统技术条件》(DL/T 698—1999)定义,自动(集中)抄表系统是指由主站通过

传输媒体（无线、有线、电力线载波等信道或 IC 卡等介质）将多个电能表电能量的记录（窗口值）信息自动抄读的系统。

自动抄表系统主要由采集用户电能表的电能量信息的采集终端（或采集模块）、集中器、信道和主站设备等组成。集中器数据可通过信道远距离传送到主站或 IC 卡等介质，集中抄收后输入到主站计算机。

1.1.2 自动抄表系统主要用途

（1）解决抄表难的问题

目前各地区新建的大量高档住宅、集中小区实行封闭式管理，多数电能表安装在有安全门的楼道内，人工抄表极为不便。特别是随着城乡电网改造的完成，居民用户实行一户一表，电力企业管理的电能表数急剧增加；给供电公司抄收工作带来巨大压力。面对一方面要减员增效，另一方面抄表量数倍增长的现实，应用自动抄表系统抄表无疑是最好的选择。另外，传统的人工抄表方式一直存在抄表不到位、实抄率低、抄表质量差和抄表不及时等问题，影响电力企业正常的电费结算，这些问题长期困扰电力企业营销管理工作，而自动抄表系统则能彻底解决这一问题。

（2）提高电力企业现代化管理水平

电力企业现代化管理的一项重要内容是营销系统现代化，而实时采集各类用户电能计量数据是营销系统现代化的基本要求之一。自动抄表系统可实现对中、小动力用户、居民客户电能计量数据的实时采集，通过对数据的处理、分析，完成电费的及时结算和线损分析。还可为国家、电力企业制定电价政策，进行配网规划，完成电力需求侧管理提供科学的依据。

（3）提高电力系统防窃电能力

自动抄表系统可实时监视客户的用电情况，向供电管理部门提示异常用电客户。通过对异常用电分析，供电部门可有针对性地检查客户用电情况，提高供电系统防窃电能力。

1.1.3 自动抄表系统技术要求

(1) 对远程自动抄表系统的功能要求

① 远程抄表功能。通过实时采集、定时巡测等方式，读取各时段客户用电量等数据。

② 综合分析功能。利用计算机系统，显示用电曲线、负荷曲线、电流曲线等，分析线损、用电状况等。

③ 系统管理功能。利用 GPS 对所有终端进行时间校对，保证在同一时刻抄表。通过下达指令，设定电能表分时计费的各个时段。各终端能自动进行故障诊断，系统及时进行故障定位。

(2) 对远程自动抄表系统的性能要求

① 系统的实时性。迅速读取某一时间各电能表电量等实时计量数据，并可定时读取保存在各电能表中的各时段计量数据。

② 系统的可靠性。系统具有较高的可靠性，正常情况下一次抄表成功率在 95% 以上，供电公司接收数据的准确率达 100%。

③ 系统的开放性。系统采用国家标准的通信规约，采用通用的操作系统和商用数据库系统，便于系统以后的扩展和数据共享，保护系统的投资。

④ 系统的安全性。系统具有高度的安全性。软件系统具有重要数据备份、操作人员权限设置、操作日志、防病毒系统等；硬件系统具有抗瞬态浪涌、电磁干扰、频率波动、波形畸变等功能。

1.2 常用自动抄表系统中电能表的结构原理

1.2.1 静止式（电子式）电能表

(1) 静止式电能表特点

静止式电能表也称电子式电能表，由于微电子技术和单片机应用技术的飞速发展，使得体大笨重、功耗高而精度低的感应式电能表的测量机构正在被电子电路所替代。电子式电能表与普通感应式

电能表相比有以下几个特点。

① 功能强大，易拓展。一块静止式电能表可相当于几块感应式电能表，如一块功能全面的电子式多功能表，可相当于两块正向有功表、两块正向无功表、两块最大需量表，一块失压计时仪，并能实现这七块表所不能实现的分时计量、数据自动抄读等功能，同时，表计数量的减少，有效地降低了二次回路的压降，提高了整个计量装置的可靠性和准确性。

② 准确度等级高且稳定。感应式电能表的准确度等级一般为 0.5~3 级，并且由于机械磨损，误差容易发生变化，而静止式电能表可方便地利用各种补偿轻易地达到较高的准确度等级，并且误差稳定性好，静止式电能表的准确度等级一般为 0.2~1 级。

③ 启动电流小且误差曲线平整。感应式电能表要在 $0.3\% I_b$ 下才能启动并进行计量，而静止式电能表非常灵敏，在 $0.1\% I_b$ 下就能开始启动进行计量，且误差曲线好，在全负荷范围内误差几乎为一条直线，而感应式电能表的误差曲线变化较大，尤其在低负荷时误差较大。

④ 频率响应范围宽。感应式电能表的频率响应范围一般为 45~55Hz，而电子式多功能表的频率响应范围为 40~1000Hz。

⑤ 受外磁场影响小。感应式电能表是依靠移进磁场的原理进行计量的，因此外界磁场对表计的计量性能影响很大。而静止式电能表主要依靠乘法器进行运算，其计量性能受外磁场影响小。

⑥ 便于安装使用。感应式电能表的安装有严格的要求，若悬挂水平倾度偏差大，甚至明显倾斜，将造成电能计量不准。而静止式电能表采用的是静止式的计量方式，无机械旋转部件，因此不存在上述问题，加上体积小、质量轻，因而便于使用。

⑦ 过负荷能力大。感应式电能表是利用线圈进行工作的，为保证其计量准确度，一般只能过负荷 4 倍。而全电子式多功能表可达到过负荷 6~10 倍。

⑧ 防窃电能力更强。窃电是我国城乡用电中一个无法回避的

现实问题，感应式电能表防窃电能力较差。而新型的静止式电能表从基本原理上实现了防止常见的窃电行为。例如，AD7755 能通过两个电流互感器分别测量相线、零线电流，并以其中大的电流作为电能计量依据，从而实现防止短接电流导线等的窃电方式。

(2) 静止式电能表缺点

① 维修较复杂。全电子式电能表线路较复杂，维修工作需要具有一定电子技术的专业人员来承担。

② 若质量不过关，表计容易死机，从而造成极其严重的计量数据混乱。

③ 单块表计价格较高。

④ 受目前电子器件寿命的制约，电子式电能表的寿命大约为 10 年，与长寿命技术电能表相比寿命还不算长。

(3) 静止式电能表结构原理

静止式电能表按其工作原理可分为模拟乘法器型电子式电能表和数字乘法器型电子式电能表。

① 模拟乘法器型电子式电能表工作原理框图如图 1-1 所示。被测的电压 U 、电流 I 经采样转换后送至乘法器 M ，完成电压、电流瞬时值相乘，输出一个与一段时间内的平均功率成正比的直流电压 U_0 ，然后利用 U/f 转换器将 U_0 转换成相对应的脉冲频率信号 f_0 ，一路送单片机处理计数，显示相应电能，另一路由分频器分频输出供检定用。

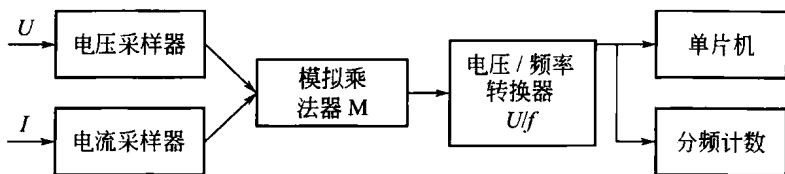


图 1-1 模拟乘法器型电子式电能表工作原理

② 数字乘法器型电子式电能表工作原理框图如图 1-2 所示。

其工作原理与模拟乘法器不同的是,采样电压、电流经数字乘法器 M 输出的是一个与功率成正比的数字量,这个数字量经 D/f 转换器转换成相对应的脉冲频率信号。

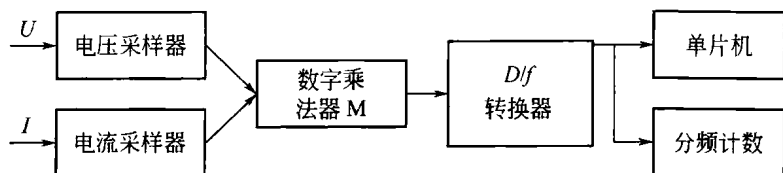


图 1-2 数字乘法器型电子式电能表工作原理

③ 采样器。电压采样器和电流采样器构成了表计的输入级,电压采样可采用电压互感器或分压电阻,电流采样可采用电流互感器或锰铜分流器,它们与乘法器、 U/f 转换器或 D/f 转换器共同构成了电子式电能表的电能测量单元。

④ 乘法器。电子式电能表关键部分是乘法器。

a. 模拟乘法器分为时分割乘法器、霍尔乘法器和热电转换型乘法器。目前采用较多的是时分割乘法器,它又称 PWM 乘法器,它实质上是一个脉宽、幅度调制器,输入两路信号的一路对脉宽进行调制,另一路对幅值进行调制,被调制脉冲信号的直流分量就是两路输入信号的乘积。时分割乘法器的制造技术成熟且工艺性好,原理先进,具有很好的线性度,很高的准确度,但与数字乘法器相比,功能扩展较难。

b. 数字乘法器可分为高精度 A/D 型乘法器和 DSP 型乘法器,A/D 模数转换器的作用,就是对输入的交流电压、电流波形进行分时采样,把模拟量变成数字量,然后由 CPU 对电压、电流数字量进行相乘相加计算功率,对时间积分得到电能。DSP 芯片也称数字信号处理器,DSP 芯片除具有 A/D 转换器交流采样功能外,还肩负 CPU 数据处理的一部分功能,大大减轻了 CPU 工作负荷,使整机的功能得到进一步加强。

⑤ 转换器。 U/f 转换器输出的脉冲信号频率较高,不能直接

用于计数或驱动步进电机。分频的作用是把频率较高的信号分频为低频信号，其中极低频用于计数或驱动步进电机，低频或中频可以驱动发光二极管或作为校表脉冲。 D/f 转换器输出的脉冲信号也需要分频供单片机计数和检定用。

单片机是一种高度集成、速度较快、内存较小但接口电路齐全的微型计算机，由中央处理单元（CPU）、程序存储器（ROM）、数据存储器（RAM）、定时/计数器（Timer/Counter）、串行输入输出接口（I/O）、“看门狗”电路（防止 CPU 死机或“跑飞”）等基本单元组成，通过地址总线（AB）、数据总线（DB）和控制总线（CB）连接起来。

1.2.2 多功能电能表

全静止式多功能电能表根据需要可实现有功正、反向计量及其分时计量，无功四象限（无功正向感性、容性，无功反向感性、容性）计量及其分时计量，有功正反向、无功四象限多费率最大需量计量，以及电量定时冻结、自动显示、存储和传输数据等功能。其基本结构和工作原理如图 1-3 所示。

多功能电能表的测量原理是采用高度集成的专用单相计量芯片 W 完成 P/f （功率与频率）转换，由微处理器 MCU1 和 MCU2 完成脉冲及缺相等信号的处理、分时计量，以及液晶显示、RS485 通信和红外通信等，通过外配手持终端或便携微机可实现电能表的编程和抄表，也可通过 RS485 通信口实现。

多功能电能表的输出及通信接口，包括脉冲输出、远红外接口、RS232 接口、RS485 接口。电能脉冲输出可供校表或远方监测用，其输出形式有两种：一种是有源输出，电压幅值 $(5 \pm 0.5) \text{ V}$ ，脉宽 $40 \sim 80 \text{ ms}$ ，与电能计数器有电气公共节点，适合实验室校表；另一种是无源输出的开关信号，与外界没有电气连接，是通过光电耦合的。RS232 接口、RS485 接口遵循美国电子工业协会（EIA）数据传输标准，RS232 口抗干扰能力差，传送距离一般不超过

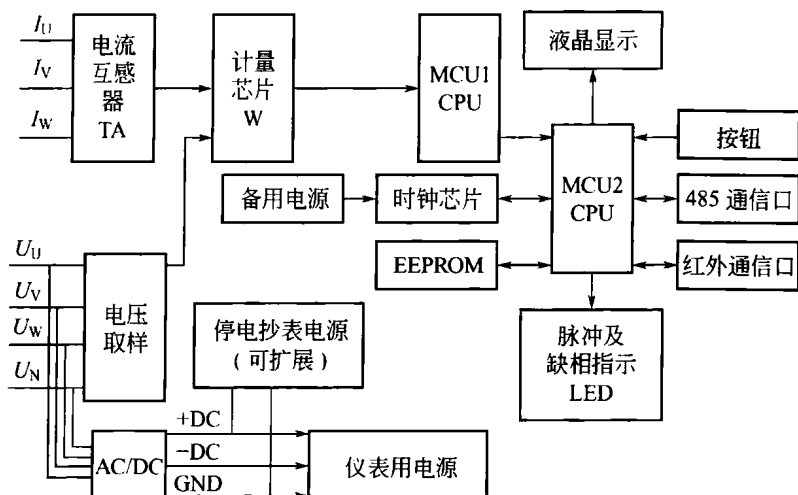


图 1-3 多功能电能表结构和工作原理

15m，速度低，难以实现多机通信，主要用于计算机的外围设备之间的通信或数据终端与调制解调器（MODEM）之间的通信。RS485 口克服了 RS232 口的缺点，传送距离较远，速度快，易实现多机通信，适用于工业现场，在多功能电能表的通信中普遍应用。红外通信口采用国家标准 IEC1107，由红外发射器和红外接收器组成。

多功能电能表的显示单元由 LCD 液晶显示器和 LED 数码管组成，LCD 有独特的汉字显示功能，功耗低；LED 的每位数字由 8 只发光二极管组成，功耗高。

按钮的主要作用是切换显示画面，EEPROM 为存储数据的非易失性芯片。

1.2.3 预付费电能表

所谓预付费电能表，就是由电能计量单元和数据处理单元构成的一种先付费后用电的电能表。使用预付费电能表，可免去人工抄

表的麻烦,可解决一些用户收费难的问题,并具有一定的防窃电能力。但预付费电能表也有其局限性,如投资较大、功耗较大,单相预付费电能表比单相长寿命表价格高很多,寿命只有5~10年,功耗是长寿命表的4倍多。另外,使用预付费电能表,需要增加营业网点,并且会使线损难以统计,电价变化时无法及时进行调整。

从预付费电能表的发展历程可将其分为投币式、磁卡式、电卡(IC卡)式三种类型。早期生产的投币式电能表基本上已不采用;而磁卡式由于其磁卡性能的局限性,尚未广泛应用就遭淘汰;目前大多数采用的预付费电能表都是电卡式电能表,预付费电能表如图1-4所示。

预付费电能表的基本功能如下。

(1) 计量功能

计量有功电能并存储其数据;表计故障透支用电(指剩余电量为零时,由于表内继电器故障未能跳开电流回路,仍可继续用电的情况)记录存储数据;反向用电量单独存储并计入正向用电量。

(2) 监控功能

剩余电量报警;超限定负荷跳闸;表计故障报警;记忆功能;辨伪功能;显示功能;叠加功能;自动冲减功能,本次购电电量自动冲减上次表计故障透支用电量。

(3) 防窃电功能

预付费电能表能防范以下方式的窃电行为。

① 防电流线圈反接。机电式预付费电能表的电流进出线反接,电能表像普通电能表一样反转,但计度器显示的总电量仍在减少。这是由于采用了光电采样电路,它将转盘的角频率转换成电频率信号,再由数据处理单元进行累计和其他处理。不论转盘正转还是反转,光电采样电路中的接收管接收的转盘反射光信号是没有区别的,因此仍然按正转情况计量。所以这种表对于反接电流进出线窃电的行为有很好的防范作用。

② 防短接电流线圈。电子式预付费电能表首先要对测量电路