

# 水电气多表合一数据自动采集系统设计

夏水斌<sup>1</sup>, 余鹤<sup>1</sup>, 何行<sup>1</sup>, 谢玮<sup>1</sup>, 廖阳春<sup>2</sup>

(1. 国网湖北省电力公司计量中心, 武汉 430077; 2. 湖北华中电力科技开发有限责任公司, 武汉 430077)

**摘要:** 对水电气多表合一数据自动采集系统进行设计, 可提高水电气等抄表效率, 提高公共事业局工作质量, 为用户提供便利; 当前水电气多表合一数据自动采集系统设计方法是利用 GSM/GPRS 网络, 设计水电气采集方案以及部分编程实例完成的, 存在系统工作效率低, 系统运行不稳定等问题; 为此, 提出一种基于 ATT7022B 的水电气多表合一数据自动采集系统设计方法; 该方法利用数据采集系统主电路、数据采集系统控制电路、数据采集系统接口、数据采集系统电源电路组建系统的硬件部分; 数据采集电路根据计量芯片 ATT7022B 设计完成, 数据采集系统控制电路中水气暖数据的采集, 利用 K60 的 I/O 引脚完成计数, 对于气体的数据可利用 K60 的 ADC 进行采集, 电量的采集通过多路转换开关对用户电流进行切换实现, 系统的电源电路采用三组 5 V 的电源组建完成; 系统的软件部分利用数据采集系统主程序流程, 以及以电能数据采集为例的流程组成, 实现多表合一数据自动采集系统整体设计; 并通过实验证明, 所提方法可快速实现水电气多表合一数据自动采集系统的设计, 提高了系统的稳定性和可靠性。

**关键词:** 水电气; 数据; 自动采集系统

## Design of Automatic Data Acquisition System for Water and Electrical Multimeter Data

Xia Shuibin<sup>1</sup>, Yu He<sup>1</sup>, He Xing<sup>1</sup>, Xie Wei<sup>1</sup>, Liao Yangchun<sup>2</sup>

(1. The network measurement center of Hubei electric power company, Wuhan 430077, China;

2. Hubei Huazhong electric power science and Technology Development Co., Ltd., Wuhan 430077, China)

**Abstract:** The design of the automatic data acquisition system for the multi-meter and hydraulic system can improve the efficiency of the meter reading, improve the work quality of the public institution and facilitate the users. At present, the design method of automatic data acquisition system of water and electricity multimeter is the use of GSM/GPRS network, design of water and electrical acquisition scheme and some programming examples. The system is inefficient and the system is not stable. To this end, a design method of automatic data acquisition system based on ATT7022B is proposed. This method USES data acquisition system master circuit, data acquisition system control circuit, data acquisition system interface, data acquisition system power supply circuit to form the hardware part of the system. Data acquisition circuit design is completed, according to measurement chip ATT7022B control circuit of the data acquisition system of warm moisture data collection, using K60 I/O pins to complete count, for gas data acquisition of ADC in available K60 power acquisition through multi-channel switch for switching current users, system of the power supply circuit with three groups of 5 v power to form a complete. The software part of the system USES the data collection system main program flow, and the process composition of the data collection as an example, the whole design of the data automatic collection system is realized. It is proved by experiment that the proposed method can realize the design of the automatic data acquisition system of the water and electric multi-meter, and improve the stability and reliability of the system.

**Keywords:** water electricity; data; acquisition system

## 0 引言

随着无线网络在我国不断普及, 信息化的问题受到了国家政府高度重视, 信息化的发展水平于一定程度上说明了某个国家、企业的社会生存和竞争能力以及科技水平强弱<sup>[1]</sup>。信息化涉及了社会的方方面面, 其中, 公共事业局的电、水、气多表合一的自动化集抄系统, 也就是水电气多表合一数据自动采集系统的设计, 作为公共事业局以及千家万户基础平台, 是公共事业局信息化建设的关键内容<sup>[2]</sup>。

在我国, 水电气多表合一数据自动采集技术与世界基本是同步的, 上个世纪的 80 年代末, 国内开始对自动化抄表系统进行试点工作<sup>[3]</sup>。在 1989 年全国的第一套跨省电量计费系统于我国的华北电网运行, 而后北京供电局电话抄表系统于 90

年代投入运行。从 2005 年至 2007 年各个电力公司已经实现发电侧, 供电侧和终端侧, 在全国估计有几十万 AMR 采集终端得以应用, 目前是世界发展比较快的 AMR 市场之一<sup>[4]</sup>。

目前市场上有很多公司已经开发了三表抄收系统, 但是这些公司只做三表抄收以及其他智能系统, 对这些资源不能够做到整合以及合理利用<sup>[5]</sup>。随着大众生活水平不断提高, 当前的抄表方式中存在的弊端越来越突出, 收费难成为了水电气部门在管理上的关键问题<sup>[6]</sup>, 主要原因有以下几点: 进入用户家抄表的难度较大, 因为居民的生活水平日渐提高, 财产安全问题越来越受到居民的重视, 同时用户也不希望受到打扰, 抄表人员可利用的时间较短; 水电气部门负担重, 尤其是抄表效率低, 周期较长, 成本回笼慢, 手工抄表收费结算方式给管理部门的经营带来了很大的困难, 管理费成本过高, 如果燃气公司共有 10 万用户, 抄表与管理人员就需要 60 至 70 人, 可能会更多, 则人员成本将近 100 万, 随着城市化的不断发展, 城市用户越来越多, 这对相关单位是一种牵制; 抄表的工作以及劳动强度比较大, 抄表与收费人员的工作条件较差, 误差大, 存

收稿日期: 2017-07-11; 修回日期: 2017-10-18。

作者简介: 夏水斌(1979-), 男, 湖北黄石人, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事电能计量及用电信息采集技术方向的研究。

在的问题与隐患比较多，抄表收费人员遭抢，或者犯罪分子时常冒充收费人员强行入室作案，严重影响社会的稳定发展，很难适应信息化发展的要求<sup>[7]</sup>。综上所述，水电多表合一数据自动采集系统的设计迫在眉睫。

针对当前预付水费时需要用户带着预付水卡在指定的营业点进行水费充值的方式，张星钰<sup>[8]</sup>等人设计并实现了一种带有移动支付，与数据索引功能的智能水表数据采集系统，依据水表预付费用的业务需求，构建基于 NFC 的水表数据采集系统架构，并完成软硬件的设计，然后，提出一种对外部磁场进行检测进而降低水表数据采集功耗的机制，与 NFC 安全协议相结合，分析水表移动支付的安全性。该方法具有及时性，但所设计的系统运行效率低。王鹏<sup>[9]</sup>等人提出利用集中器对四表合一的数据采集系统进行设计，并提出了采用自组网实现大规模表计构架的组建，将智能电网通信网络当作计量装置虚拟专用网，设计了基于 IPv6 的水电气数据采集协议，对原型系统进行了实验。实验表明，该方法数据采集精度高，但稳定性较差。郭亮<sup>[10]</sup>等人提出了利用多模柔性融合通讯技术，对居民家庭的水电气热四类表计进行采集，结合家庭能耗系统的管理云平台，利用大数据分析和对比，完成家庭能耗实时监控以及能效诊断，凭此用户能够实时检索能耗数据，实时接收电网所推送的电价，节能信息以及节能方案，为家庭用户的需求提供了支撑，但存在安全性较低的问题。

### 1 水电气多表合一数据自动采集系统整体框架

通过图 1 可知，水电气多表合一数据自动采集系统整体构造，利用的是三层结构以 CAN 总线以及以太网通信形式设计实现，底层是对水电气多表合一数据自动采集系统各部分电路的规划，利用管理中心来处理计费等操作，在客户端界面，客户可用手机或者平板等设备对水电气数据进行随时的查阅以及费用的计算，下面主要对水电气数据自动采集系统的各个部件进行详细的设计与介绍。

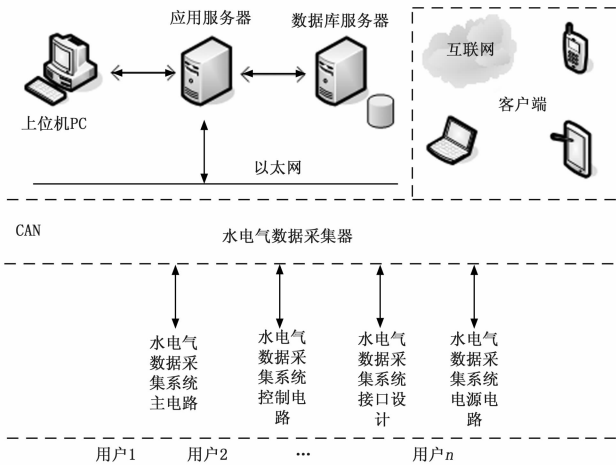


图 1 水电气多表合一数据自动采集系统整体构造

### 2 水电气多表合一数据自动采集系统硬件设计

#### 2.1 水电气多表合一数据自动采集系统主电路图

在水电气数据自动采集系统的设计过程中，主要的目的就是在水电气多表合一的数据进行采集，所以该节主要对数据采集系统主电路进行构造。在图 2 中，数据采集系统主电路的设

计考虑到了有些用户利用三相电的可能，比如大功率的空调等，其水电气数据的采集能够利用计量芯片—ATT7022B 实现。其中最大 10 A 的电流信号，经过 10 A/5 mA 的电流互感器与 20 Ω 电阻并联获得 0.1 V 电压信号，额定的 220 V 电压信号与 110 K 电阻串联形成 2 mA 电流，经过 2 mA/2 mA 的电流互感器与 240 Ω 的电阻并联形成 0.48 V 电压信号。这时，ATT7022B 内部的电流与电压通道的线性误差基本小于 0.5%，且电能的线性误差基本小于 0.1%。如果用户使用的是单相电，仅需接入相对应的电压以及电流信号，或者改用单相的电计量芯片 ADE7763。

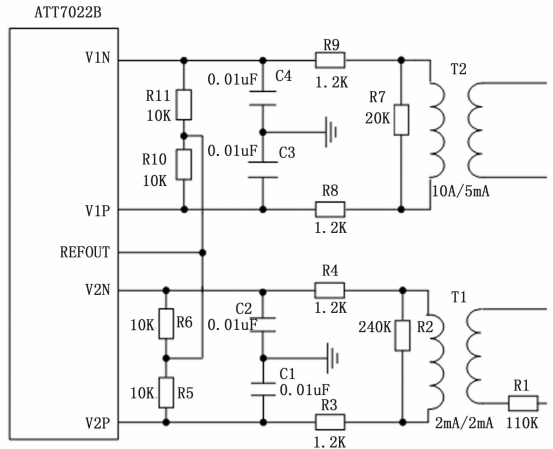


图 2 数据自动采集系统主电路图

#### 2.2 水电气多表合一数据自动采集系统控制电路

图 3 中，当水电气多表合一数据自动采集系统发现数据异常所发出的指令时，该控制电路将关闭客户相对应的开关，水气暖管道，可应用电磁阀来控制，电路的通断能够利用继电器来控制，工作原理和水气暖管道一样，如果 MK60 引脚开始输出高电平，则光耦导通，继电器开始通电，如果开始输出低电平，光耦断开，继电器断电并停止工作，上图中安装电容器是为了避免线圈短路引起危害。其中，全部继电器的驱动接口利用光耦隔离连接至 MK60 的普通 I/O 引脚就可以，对于水气暖数据的采集，因为其输出的是脉冲信号，所以能够利用 MK60 的 I/O 引脚完成计数，对于气体的计数，可以利用 MK60 的 ADC 进行采集，而电量的采集，则通过多路转换开关对用户电流进行切换实现。因为 ATT7022B 计量寄存器的数据更新时间大概为 1~3 秒左右，因此分时复用的时间应该大于 1~3 秒，可以设为 1 秒。利用 MK60 来控制多路开关，进而接通用户的电流信号，历经 1 秒之后对计量寄存器中的数据读取，并将电量记作  $\Delta E_1$ ，然后切换至下一个用户，以此

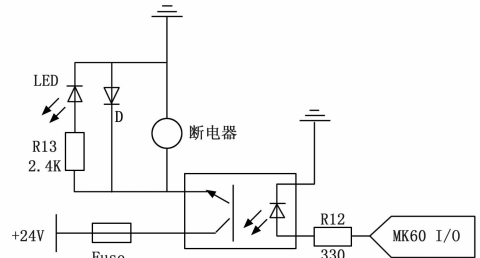


图 3 数据采集系统控制电路图

类推,能够获得两个不同用户分时复用时间  $T_2$  与  $T_3$ ,及相应的电量  $\Delta E_2$  与  $\Delta E_3$ 。假设现有一用户,其一个分时复用的期间总电量  $\Delta E'_1$ 可表示为:

$$\Delta E'_1 = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{T_1} \Delta E \quad (1)$$

那么用户的总电量表达式为:

$$E_1 = E'_1 + \Delta E'_1 \quad (2)$$

式中,  $E'_1$ 代表该分时复用前用户的电量值。图中的控制电路不仅可以对水电气多表合一数据自动采集系统稳定性进行控制,而且还可以对系统抗干扰性能进行控制。

### 2.3 水电气多表合一数据自动采集系统接口设计

在图 4 的接口设计中,接口将水电气多表合一数据采集系统的各个模块和电路进行连接,保障了系统的正常运行。其中,接口设计中还与 LED 进行了连接,可以实时观察水电气多表在接口处的状态。

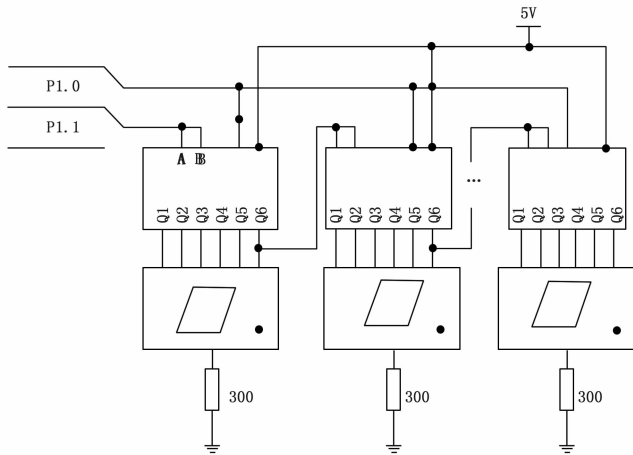


图 4 数据自动采集系统接口设计

### 2.4 水电气多表合一数据自动采集系统电源电路

图 5 中的电源电路中,主供电电源电路利用的是 3 种,共有三组 5 V 的电源输出。图中的电路全部是通过全桥整流电路,历经整流滤波以及稳压之后,获取了水电气多表数据采集系统所需的 5 V 主电源。其中,一组是给水电气多表合一数据采集系统中的 CPU、显示器以及存储电路等其它外围接口电路进行供电,主要能耗来源于供电为正常时 LED 的显示,因为它不仅要显示用户号信息,还包含 3 种能耗信息。额外两组直流 5 V 输出是通信隔离使用的芯片供电。假设此时水电气多表数据采集系统的波动使采集系统运行的不够稳定,则 7805 的散热器要选择有足够裕量的,进而保障 7805 所输出的 5 V 电源具有连续性。

## 3 水电气多表合一数据自动采集系统软件设计

在上述硬件的基础上,数据采集系统主程序应该处于待接收状态。PC 机发出命令,集中器结束接收。当采集系统成功接收 PC 机命令时,中断装置将会收到 PC 机成功的标志。则在水电气多表合一数据自动采集系统主程序中,检测到该标志时,则调用数据采集处理的子程序。采集系统主程序流程如图 6 所示。

图 6 中,主程序处于等待状态,处理成功后,调用集中器向 PC 机应答的子程序,如果需要集中器继续将 PC 机传送来的命令向采集系统转发时,那么就调用集中器向数据采集系统

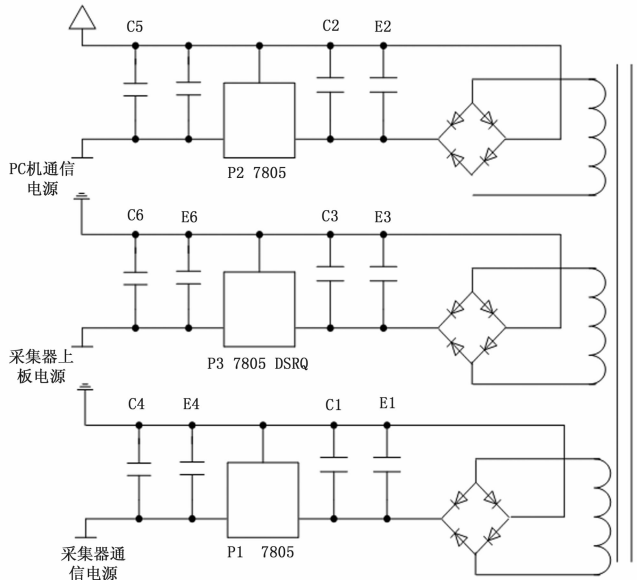


图 5 数据自动采集系统电源电路

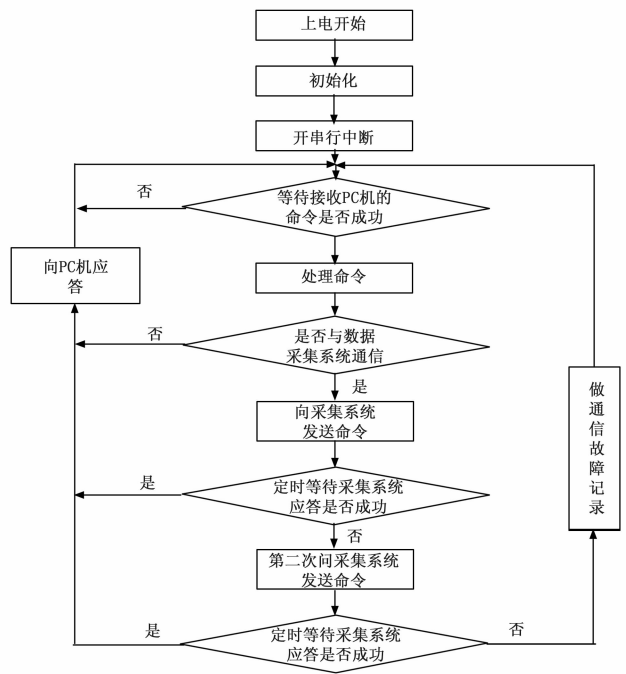


图 6 数据采集系统主程序流程图

发出命令子程序,在一定时间内还没有成功,则再次向采集系统发送命令,假设发送再次失败,则需要做故障处理,假设成功,调用向 PC 机应答的子程序。PC 机应答之后,又回到主程序等待 PC 机命令。

鉴于水电气多表合一数据自动采集系统的复杂度较高,但抄表流程基本一致,在此以电表的数据自动采集为例,假设定时时间为半小时,在电量的采集,当达到定时时间后,采集系统向 DF 多用户的电能表发出抄电表的命令,然后等待电表应答,如果没有应答,则重新发送命令。当接收成功时,将电量存储在 24LC16B 存储器中,采集系统定时中断电能抄表子程序流程图如图 7 所示。

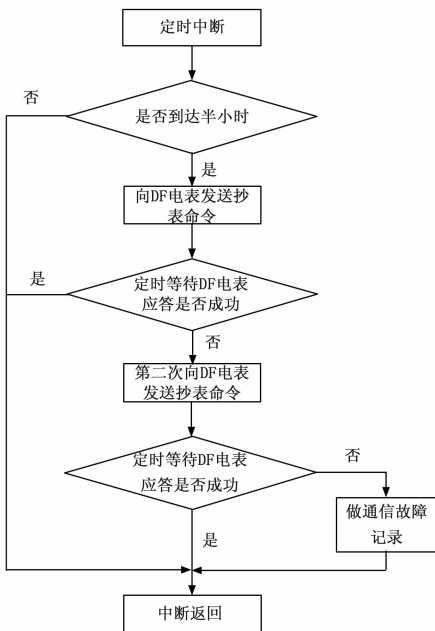


图 7 电能抄表子程序流程图

电能抄表程序如图 7 所示，其它的水、气、采暖等能耗数据采集程序与上图基本一致。

### 4 实验步骤结果与分析

#### 4.1 实验步骤

- (1) 通过多次抄表测试及抗干扰振幅的测量实现抗干扰能力的对比；
- (2) 在 0.5 小时内通过多次数据采集实现本文方法、文献 [8] 文献 [10] 方法抄表频数的对比；
- (3) 对本文方法与文献 [9] 方法在供电、维护与安装、采样原理等方面的性能进行实验对比研究。

#### 4.2 实验参数与环境

在 PC 机上进行一系列设置，其中包括参数、电量、暖气量、水量、燃气量等。参数设置中，对于水，暖气，燃气三表，因为系统最小的计量单位是 0.01 吨，所以对这三类表脉冲常数的设置不可超过 100，设置为 10，100，进而避免出现误差累计的现象。鉴于实验条件限制，对 DF 电能的消耗实施定时抄取，对于远传水表以及远传燃气表利用的是串联方式。将不同多表数据自动采集系统设计方法应用于该实验环境，实验平台搭建在 MATLAB R2015b 上，实验数据取自于某小区的水电气多表抄取中心，进行连续一个月的运转观察，观察不同方法的整体效果，具体的实验试点模型如图 8 所示。

#### 4.3 实验结果

水电气多表合一数据自动采集系统的抗干扰能力是评价其优良的重要指标，图 9 为不同方法抗干扰能力对比。

分析图 9 可知，文献 [9] 方法抗干扰性能稍优于文献 [8] 方法的抗干扰性能，利用本文方法设计的水电气多表合一数据自动采集系统抗干扰性能最优。文献 [8] 方法提出一种对外部磁场进行检测进而降低水表采集功耗机制，但该机制中并没有设置抗干扰装置，降低了系统抗干扰能力。文献 [9] 方法提出了采用自组网实现大规模表计构架的组建，将智能电网通信网络当作计量装置虚拟专用网，该计量装置虚拟专用网

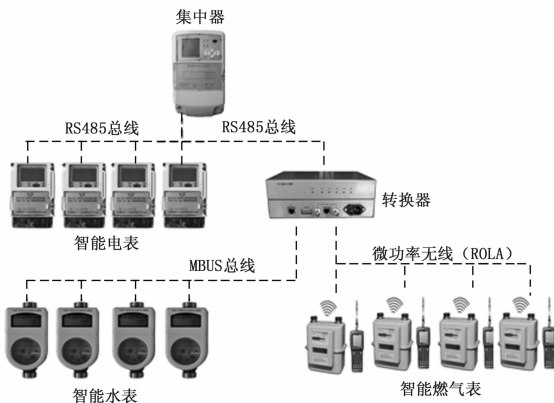
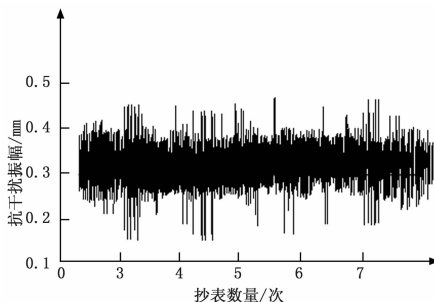
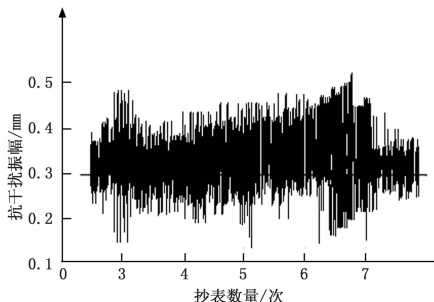


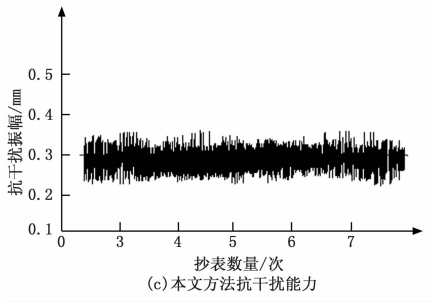
图 8 实验试点模型



(a) 文献[8]方法抗干扰能力



(b) 文献[9]方法抗干扰能力



(c) 本文方法抗干扰能力

图 9 不同方法抗干扰性能对比

中存在大量干扰元素，属于不可控范围。而本文方法设计的水电气多表合一数据自动采集系统的控制电路不仅可以提高水电气多表合一数据自动采集系统稳定性，而且还具有抗干扰性能。图 10 为不同方法抄表频数（次）对比。

通过图 10 可知，本文方法的查表频数最多，本文方法水电气数据的采集可根据电能计量芯片—ATT7022B 实现，由此增加了数据采集频数，也就抄表频数。文献 [10] 方法中，利

(下转第 149 页)