

用于多表合一的通信接口转换器的研究与设计

研制了一种将不同规约、不同通信接口的表计数据转换成DL/T 645—2007规约的通信接口转换器，主要用于电、水、气和热多表集抄系统。从硬件设计和软件设计两个方面给出详细方案，硬件设计包含电源模块、主控模块、通信接口、光电耦合和微功率无线等；软件设计充分考虑上行通信、参数及历史冻结数据处理和下行通信三个模块的数据流程处理过程。

杜 艳 王者龙 李琮琮 张 志 朱红霞/国网山东省电力公司电力科学研究院

0 引言

目前，国家电网公司已经优先在一些有条件的新建居民住区开展多表合一采集示范项目建设，其基本思路是在原有的电力用电信息采集系统架构的基础上，改造或增加现有的采集设备，实现电、水、气和热多表采集。目前现场所用的采集终端下行通信方式为RS 485、载波或微功率无线，采用的通信协议为DL/T 645；水表和热表上行主流的通信方式为M-Bus通信，气表上行主流的通信方式为微功率无线通信，水、气和热表所采用的通信协议为CJ/T 188。因此，开发和研制一种用于多表集抄的通信接口转换器具有重要意义。

为解决电、水、气和热表数据在用电信息采集主站采集的问题，文献[1]研制了一种四表集中器，在使用时必须进行集中器更换，且该集中器的技术指标和国网目前推广在用的存在差异，因此该集中器不能够广泛推广使用；文献[2]介绍电、水、气和热表统一采集的技术实现方法及原理，但是没有给出通信

接口转换器的设计方案；文献[3]研究的接口转换器为USB-RS 232，与本文要研究的接口转换器所要转换的接口类型不同，转换的通信协议也不同。本文研究设计的通信接口转换器可抄读不同规约、不同通信接口的表计数据，并转换成为DL/T 645—2007规约，使用RS 485、载波和微功率无线与用电信息采集集中器进行数据交互，实现了电表与水、气和热表的硬件隔离，确保其他表计故障不影响电表的集中采集，有力地支撑了智慧城市建设和智能互动用能推广。

1 通信接口转换器介绍

通信接口转换器是多表合一采集系统中的关键节点，可以将不同通信方式和规约的数据转换为DL/T 645—2007规约，通过RS 485、载波和微功率无线与集中器进行数据交互，从而实现多表信息采集。本文研究设计的通信接口转换器配置两路RS 485接口、两路主机M-Bus接口、一路下行微功率无线接口、一路载波接口或者上行微功率无线接口以及一路红外接口。各接口之间物理独立，确保某路接口损坏不影响其他接口的正常工作，在应用中实现了电表与水、气和热表的硬件隔离。

根据现场环境分为两种应用场合：第一种为通信接口转换器与I型集中器进行组网，通信接口转换器的上行通信方式为载波或小无线，I型集中器接收到通信接口转换器转发的水气热表数据后通



杜 艳/工程师

关键词/Keywords

通信接口转换器 ·
多表合一采集 ·
规约转换 ·
微功率无线通信 ·

过GPRS或光纤上传至用电信息采集主站；第二种为通信接口转换器与II型集中器进行组网，通信接口转换器的上行通信方式为RS 485^[4]。通信接口转换器下行通过两路M-Bus口分别抄读水表、热表，通过微功率无线与无线气表进行通信，II型集中器接收到通信接口转换器转发的水气热表数据后通过GPRS或光纤上传至用电信息采集主站，每个M-Bus口带载不少于64只表计，微功率无线不少于256只表计。

2 通信接口转换器硬件设计

2.1 系统总体方案

通信接口转换器主要由电源模块、主控模块、通信接口、光电耦合和微功率无线模块等组成。主控模块控制核心的参数选用基于ARM Cortex M4核的MCU，具有片上512 KB Flash、64 KB SRAM，支持外扩SRAM、NAND Flash，具有五路UART、两路SPI及两路I²C，最高时钟频率可达72 MHz，具有片上浮点运算单元FPU，完全满足通信接口转换器的运行要求。系统框图如图1所示。

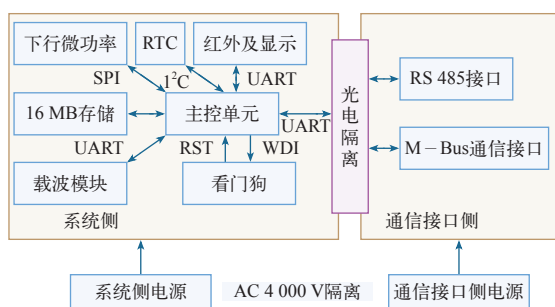


图1 系统框图

2.2 电源模块

通信接口转换器的电源输入为AC 220 V，使用AC-DC提高电源转换效率，输出两路隔离的电源：一路为系统使用，输出电压12 V、电流150 mA，为载波模块、主控MCU及周边电路供电；一路为RS 485及M-Bus使用，输出电压26 V、电流160 mA，可至少带64个M-Bus标准的负载，驱动64个标准RS 485负载。其电源输出结构如图2所示。

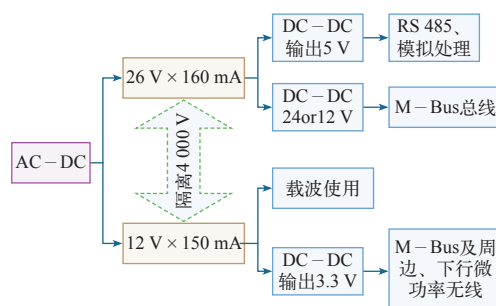


图2 电源输出结构

2.3 时钟和存储模块

通信接口转换器采用专用的时钟芯片作为时钟源，具有温度补偿、准确度高和功耗低等特点，主控单元采用I²C与RX8025T进行通信。为存储水、气和热表的各类数据，通信接口转换器需要掉电不丢失且可以长期保持的存储介质，设计中使用SPI Flash作为存储单元，擦读次数至少10万次。

2.4 M-Bus主机电路

M-Bus总线是专门为测量仪器传送信息而设计的，它是一种无极性总线，既给总线提供电源，又传送通信信号，大大地节省了布线成本。M-Bus主机电路模块框图如图3所示。

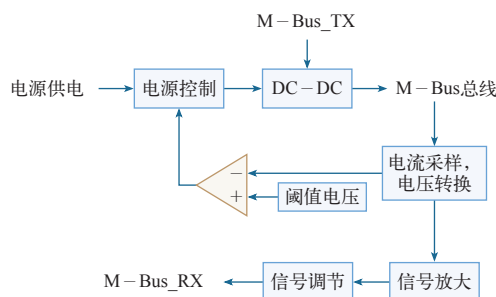


图3 M-Bus主机电路框图

1) 主控单元发出通信信号经光耦传输至M-Bus侧，通过控制DC-DC的反馈电阻来实现对电平的控制，满足M-Bus电平的要求，具有电源利用率高、电源响应速度快等优点。如图4所示，当M-Bus_TX输出TTL逻辑“1”时，晶体管Q2饱和导通，晶体管Q3截止，电源芯片TS1的反馈电阻等效为 R_{17} ，TS1输出 $[(R_{17}/R_{18}) + 1] \times V_{ref} = 24 \text{ V}$ ，为M-Bus总线发送逻辑“1”；M-Bus_TX输出

TTL逻辑“0”时,晶体管Q2截止,晶体管Q3饱和导通,电源芯片TS1的反馈电阻等效为 R_{16} 、 R_{17} 并

联,TS1输出 $(\frac{R_{16}R_{17}}{R_{16}+R_{17}}+1)V_{\text{ref}}=12\text{ V}$,为M-Bus

总线发送逻辑“0”。二极管VD₄防止总线被高电平干扰损坏;瞬间抑制双向三级闸流晶体管TVS1、TVS2防止总线被静电损坏;压敏电阻YM1防止总线被瞬间高压损坏,并将总线电平控制在42 V以内^[5-7]。

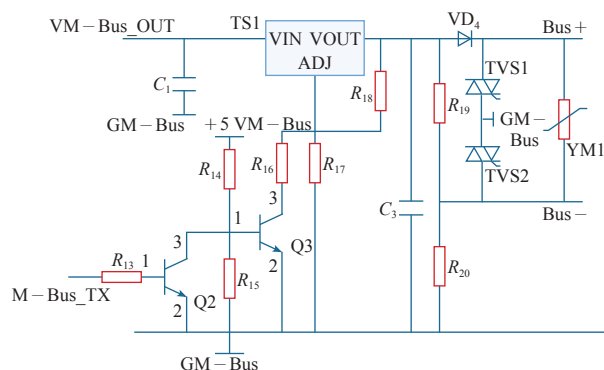


图4 M-Bus主机发送电路

2) M-Bus主机接收电路如图5所示,假设总线静态电流经电流电压转换电路后为 V_s 。当从机发送M-Bus逻辑“0”时,总线电流增加 ΔI (10~20 mA),经电流电压转换电路,将总线电流变换成电压 $V_s + \Delta U$,作为解调比较器的正极输入, V_{s0} 经 R_{21} 、 R_{23} 分压并存储在 C_4 中,大小为 $[R_{23}/(R_{21} + R_{23})] \times (V_s + \Delta U)$,作为解调比较器的负极输入。因此解调比较器U7输出TTL逻辑“1”,经晶体管Q1反向最终输出TTL逻辑“0”。

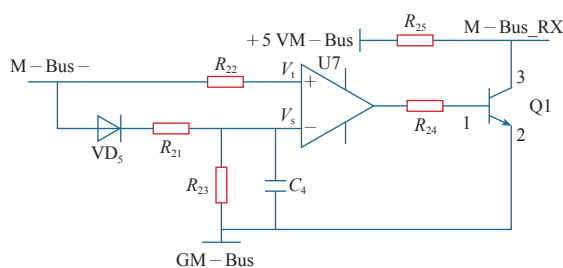


图5 M-Bus主机接收电路

当从机发送M-Bus逻辑“1”时,总线电流不变,经电流电压转换电路,将总线电流变换成电压 V_s ,作为解调比较器的正极输入,由于二极管VD₅的反向作用,解调比较器的负极输入可近似为

$[R_{23}/(R_{21} + R_{23})] \times (V_s + \Delta U)$,作为解调比较器的负极输入,因此解调比较器U7输出TTL逻辑“0”,经晶体管Q1反向最终输出TTL逻辑“1”^[5-7]。

3) 过电流保护,主机电路实时采集总线电流,并转换成电压 V_s 后送至过电流比较器负极,过电流比较器的正极为设定的阈值电压 V_t ,当 $V_s > V_t$ 时,过电流比较器控制电源输入,切断电源进行实时保护,并将此信号反馈至主控单元。主控单元也可通过控制P_Con信号主动切断总线供电。

2.5 光耦合电路

为提高通信接口转换器的电磁兼容能力,减少外部环境对主控系统侧的影响,使用光耦将系统侧与M-Bus侧、RS 485侧进行隔离。光耦具有体积小、寿命长、无触点、抗干扰能力强、输出和输入之间绝缘以及单向传输信号等优点,设计中使用TLP785,隔离电压超过5 000 V RMS。

2.6 微功率无线模块

通信接口转换器使用微功率无线与无线气表进行通信,抄读无线气表的相关数据。通信频率为470~510 MHz民用频段,通信速率为38 400 bit/s (唤醒)、9 600 bit/s (数据收发),发送功率不大于50 mW,可靠通信距离(视距)不小于1 000 m,接收灵敏度不大于-100 dBm^[8-9]。

3 通信接口转换器软件设计

通信接口转换器软件部分分为上行通信,参数和历史冻结数据处理及存储模块,下行通信三个模块。上行通信是与集中器进行数据交互的通信模块,根据接收到的集中器具体命令内容,转交至其他不同的模块进行数据获取;参数和历史冻结数据处理及存储模块对转换器本身的运行参数、抄取到的表计数据进行加工处理后进行存储;下行通信根据参数区所存储的有效表计进行周期性抄表、存储,并根据上行模块的特殊需要进行实时通信。

3.1 上行通信模块

上行通信模块主要负责接口转换器与集中器、手持终端之间的通信,通过RS 485或红外通

信接口，以DL/T 645—2007扩展规约为通信规约进行数据交互。

交互内容分为：通过扩展DL/T 645—2007规约的数据标识对接口转换器本身的运行参数（如抄表周期、抄表时段等）进行设置和查询；通过扩展DL/T 645—2007规约可以获取接口转换器所管辖下的水、气和热表的实时表码值、状态字、压力和流速等，以及接口转换器零点所冻结的水、气和热表的表码值数据；通过扩展DL/T 645—2007规约对水、气和热表进行紧急控阀操作命令的实时通信功能，工作流程如图6所示^[10-11]。

3.2 参数设置、数据处理和存储模块

参数和历史冻结数据处理及存储单元模块主要分为终端运行参数的设置和查询，水、气和热表的规约解析及转换处理，水、气和热表的冻结数据的存储和查询，具体工作流程如图7所示。

(1) 终端运行参数的设置和查询

主要接收来自上行通信模块所转交过来的设置或者查询参数的命令，根据具体的命令内容可以分别查询和设置（如接口转换器地址，抄表周期，抄表时段，抄表日，水、气和热表档案参数和超时重发次数等）。其中水、气和热表的档案

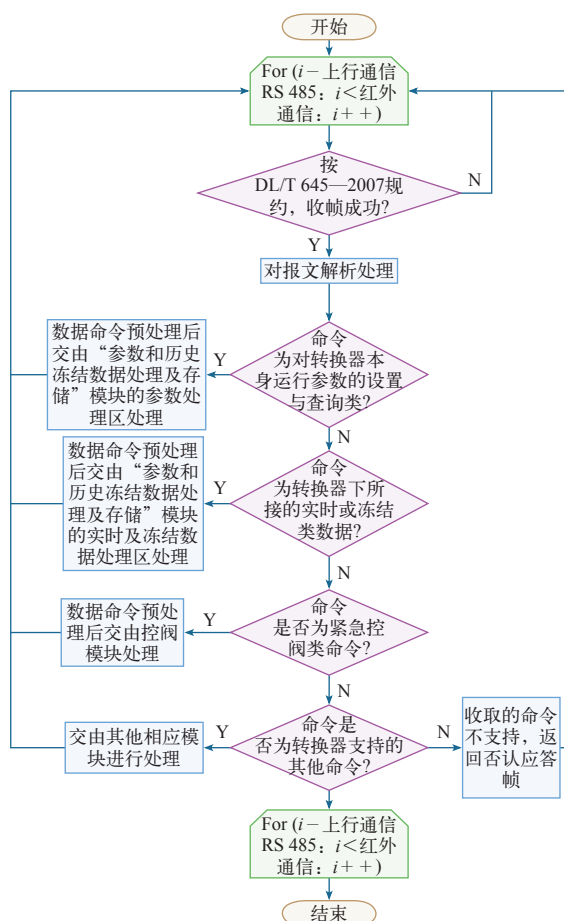


图6 上行通信工作流程

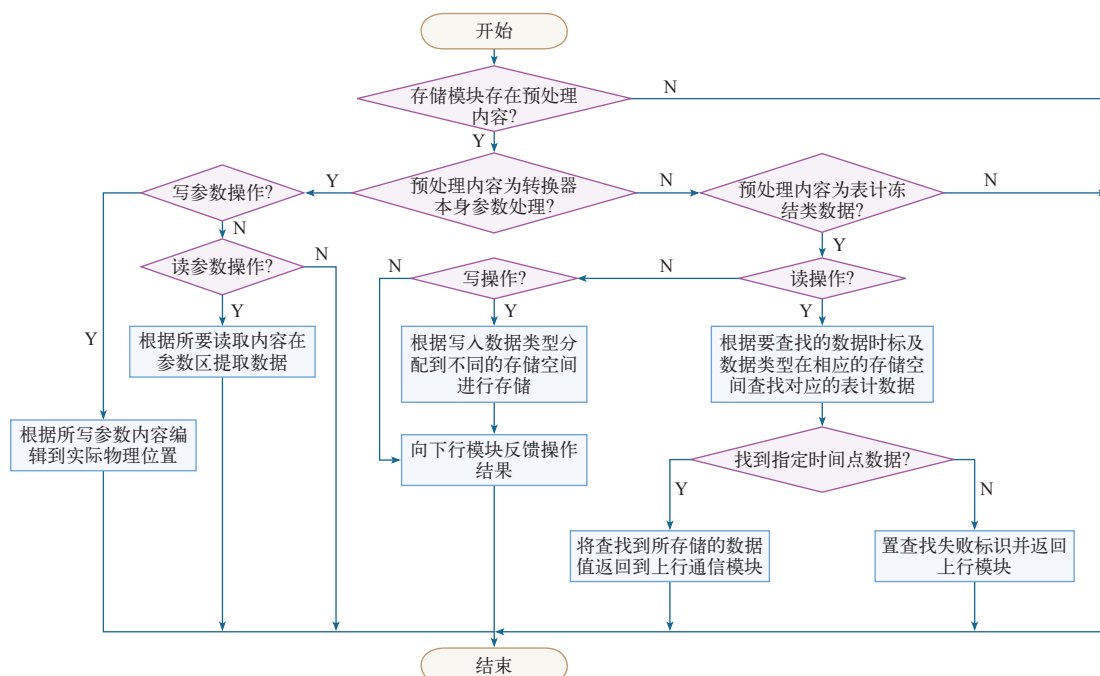


图7 参数及历史数据处理流程

信息可以存储256个。

(2) 水、气和热表的规约解析及转换处理

对于下行抄表模块转交过来的CJ/T 188规约或者其他自扩规约格式的数据,进行解析后,对各数据值进行统一转换,按照扩展DL/T 645—2007规约的格式进行数据封装、存储^[10-11]。

(3) 水、气和热表的冻结数据的存储和查询

主要接收来自下行抄表模块所转交过来的水、气和热表的数据,根据实际存储需求可以分类存储在不同的物理区域,在存储芯片容量选择上充分考虑到后期需求新增的可能性,选择16 MB作为标配容量。可分类存储总共256个水、气和热表31天的日零点冻结数据、抄表日零点冻结数据。在数据保存时会同时保存时标,为后期实时监控仪表运行状况及产生告警事项机制奠定了基础。存储容量可满足后期扩展存储10天的24个整点

曲线数据。

由于在数据存储时,不仅存储了表码数据,同时也存储了时标、仪表类型和仪表地址等信息,因此当上行通信模块转交过来查询指定数据类型、存储时间、仪表类型和地址的命令时,能够快速、高效地查找出符合要求的数据记录。

3.3 下行通信模块

下行通信模块按照数据来源的不同可分为数据转发和周期抄表两大类,具体工作流程如图8所示。

(1) 数据转发

根据转发内容的不同,数据转发可分为控阀和实时数据获取两种类型。当上行模块收取到集中器发送下来的DL/T 645—2007规约格式的控阀命令后,转交至下行模块,下行模块依据该表的档案信息,组织相应的控阀命令帧进行数据发

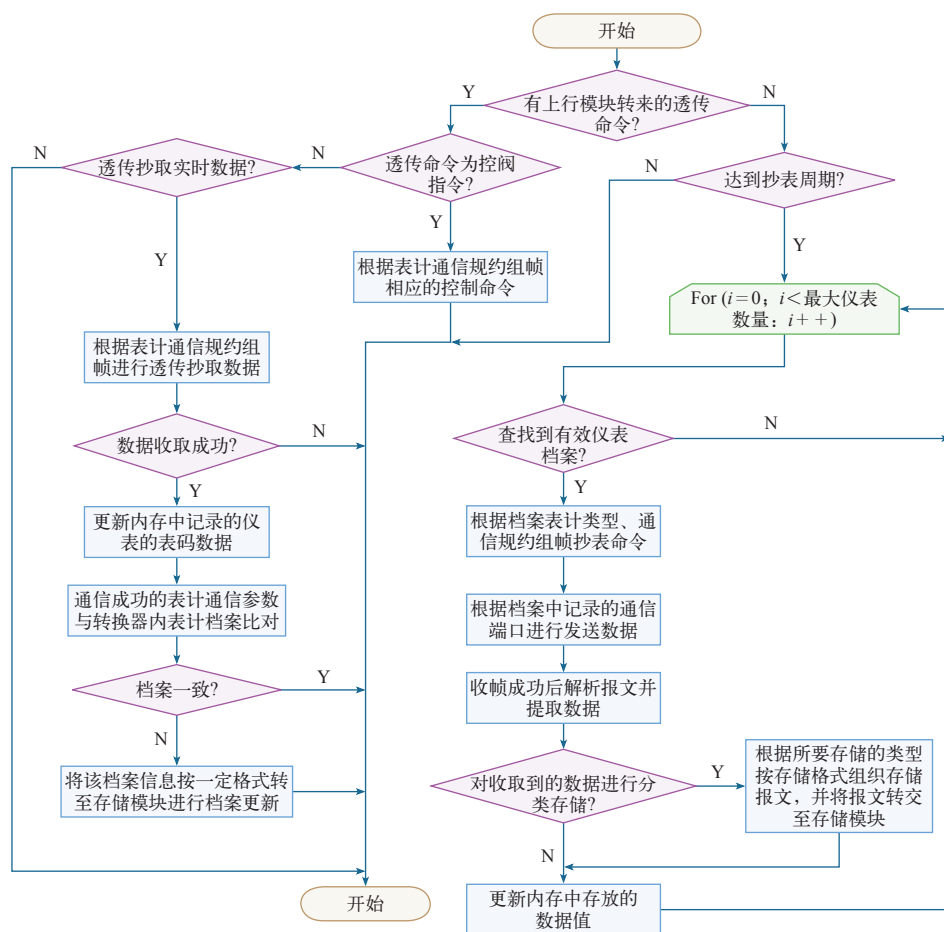


图8 下行通信模块流程

送,在收到表端正确应答帧之后,再转换为DL/T 645—2007规约格式的应答帧,对集中器侧进行通信确认^[10-11]。

对于实时数据获取的数据转发命令,根据接口转换器内水、气和热表档案参数的情况可分为已知档案参数的数据转发和未知档案参数的数据转发,二者最明显的区别就是是否已知当前待要抄取的水、气和热表的通信规约和通信端口。

(2) 周期抄表

周期抄表是指根据终端内所存储的水、气和热表的档案信息和采集周期等参数,周期性地和水、气和热表进行抄表通信,对于抄取成功的水、气和热表,如果需要对当前表码值进行存储,则整理成统一格式后转交至存储模块进行存储处理。根据下行通信信道的不同可以分为M-Bus和微功率无线两种抄表方式。在微功率无线通信进行抄表时,为了尽可能地降低水、气和热表端的功耗,提高电池的使用寿命,在唤醒机制方面进行了特殊设计。

3.4 其他模块

为了保证整个系统的稳定、可靠运行,除了上述的三大主模块外,还有一些其他结构比较单一的附属模块,如运行节拍控制模块和运行监控模块。

运行节拍控制模块主要负责整个系统的时间值同步、各通信单元所需定时器的有效管理、周期抄表的时间点和时间段的控制等工作。

为了防止出现系统死机的情况,在系统中设计了运行状况监控模块,根据监控点的不同,可以分为通信信道监控、模块间数据交互监控、模块内运行监控和系统整体运行状况监控。

4 结束语

本文研究设计的通信接口转换器可实现不同规约、不同通信接口表计的数据采集,并将CJ/T 188规约转换成DL/T 645规约。由于通信接口转换器各接口之间物理独立,故电表与水、气和热表之间存在硬件隔离,在应用中实现了其他表计故

障也不影响电表的集中采集。

在现场应用时,只需在原有的采集架构中增加通信接口转换器,通信接口转换器采集水、气和热表数据,上传至集中器,集中器通过GPRS无线公网或光纤上传至用电信息采集主站,不需要更换原有的集中器,减少了布线施工,降低了台区改造和运维调试成本,提高了水、气和热行业公司信息自动化采集水平。由于目前通信接口转换器的技术规范还在不断完善中,因此在实际应用中存在通信一致性的问题,即不同厂家的集中器和通信规约转换器因部分扩展规约的自定义而无法完全兼容匹配,在安装前需要进行联调试验,下一步将针对该问题进行深入研究,保证水、气和热表的采集成功率。

参考文献

- [1] 丁艺,侯国屏,齐笛学,等.一种用于自动抄表的四表集中器[J].电测与仪表,2003(11):11-14.
- [2] 华隽.“四表合一”采集实现原理及未来发展形势研究[J].电力与能源,2016(4):445-447.
- [3] 王兰英.USB-RS232接口转换器的设计与实现[D].成都:电子科技大学,2009.
- [4] 荣旭东,高伟,傅维柱,等.基于用电信息采集系统的四表合一技术方案[J].科技创新导报,2016(8):10-12.
- [5] 武八一.交换机的MBUS管理模块的设计与实现[D].重庆:重庆大学,2008.
- [6] 罗永刚,邹志远.基于MBUS的智能集中器设计[J].电子技术应用,2013(10):72-75,79.
- [7] 杨耀权,徐大伟.基于M-bus远程抄表管理系统的设计与实现[J].广东电力,2015(1):53-57.
- [8] 杨乐.微功率无线抄表系统的设计与实现[D].武汉:武汉理工大学,2014.
- [9] 葛肇隆.微功率无线抄表系统的设计与实现[D].南京:南京邮电大学,2015.
- [10] DL/T 645—2007 多功能电能信协议[S].
- [11] CJ/T 188—2004 用户计量仪表数据传输技术条件[S].

(收稿日期:2016-10-25) EA