

# 一种新型的智能电能表自动化检定系统设计

刘 建，蔡奇新

(江苏省电力公司电力科学研究院，江苏 南京 211100)

**摘 要：**针对目前试运行的工业流水线模式电能表自动化检定系统普遍存在可靠性不高的问题，设计了一种新型电能表自动化检定系统。详细介绍了检定系统的组成、方案流程以及检定控制系统的设计点。通过智能机器人、智能电能表自动化检定装置和 AGV 物流系统相协作的模式，提高了检定系统的柔性化水平，最小程度地减少了故障影响。制定了智能电能表检定装置标准控制接口，实现对检定装置的标准化控制。

**关键词：**电能表；自动化检定系统；AGV；底层控制；标准接口

## 0 引言

智能电能表在安装使用前必须对其按照国网公司检测标准和检测流程等进行检测，以保证智能电能表运行的安全可靠。针对目前巨大数量智能电能表的检测需求，电表自动化检测是目前国际上广泛采用较为有效的解决方法，通过电能表自动化检定线的应用，消除人为和地域因素引起的检定质量差异，有效提高检定和配送工作质量效率和计量管理水平。实现自动化、信息化管理，并且节约了大量的人力<sup>[1-2]</sup>。

目前国网公司内部多个网省公司已经建成电能表自动化检定系统，部分网省公司已经进行了试运行。但是，已经进行试运行的智能电能表自动化检定系统普遍存在可靠性不高的问题，运行过程中故障频发，严重影响了检定效率。目前试运行的自动化检定系统基本上采用的是工业流水线的模式，电能表在流水线上依次经过每个检定工位，逐个完成每个检定项目。然而这种流水线模式一旦流水线中某个工位出现故障，就影响到整条检定流水线的运行，严重影响了整体的检定效率<sup>[3-4]</sup>。鉴于此，本文提出了一种新型的电能表柔性检定系统，可以较好地处理系统故障问题，提高电能表自动化检定效率。

## 1 检定系统设计

电能表自动化检定系统综合运用机器人、计算机控制、传感器检测、气动和电动控制、图像识别及计算机网络通讯等领域的技术，实现电能表传输、

耐压试验、外观检查、挂表、误差检定、拆表、铅封、检定合格证粘贴等各个环节的自动作业；实现了智能电能表从新购入库、待检出库、上料检定、下料装箱、箱表入库以及配送出库等全过程生产作业的智能化、自动化。电能表自动化检定系统，通过智能机器人、智能电能表自动化检定装置和物流系统相协作，提高了检定和配送工作质量效率和计量管理水平，实现自动化、信息化管理，还节约了大量的人力，具有良好的应用前景。

本研究设计了一种电能表智能检定系统，该系统包括电能表自动化检定单元、流水线单元和用于电能表物流输送的 AGV 输送单元；电能表自动化检定单元由用于完成智能电能表的身份识别、挂表、摘表的智能机器人，用于完成电能表误差检定、耐压试验、功耗试验的自动化检定装置，用于暂存电能表周转箱的中转料架组成；流水线单元包括依次分布的外观检查机构、分拣机构、封印机构和贴标机；若干组电能表自动化检定单元通过 AGV 输送单元与流水线单元相连接，流水线然后连接至自动化库房。检定系统具体布局图如图 1 所示，流水线单元的流程如图 2 所示。

本设计方案的具体流程为：

1) AGV 输送：由立体仓库输送出来的有料表箱垛（每垛 5 箱）被输送机自动输送到 AGV 接驳区，AGV 根据调度指令将 1 垛（5 箱）有料表箱输送到指定电能表检定台前的中转料架；

2) 挂表：挂表机器人根据调度指令运行到中转料架，机器人将中转料架上的电能表移栽到机器人料仓中，机器人手臂上的条码扫描装置自动扫描

条码，机器人自动挂表至预定位置，实现表计和表位的绑定；完成一箱后，自动将空料箱送回中转料架，同时码垛；完成一个检定台体的挂表工作后，检定台体接到指令后自动压接，开始检定工作，同时机器人移动到下个检定台体重复上述工作。

3) 摘表：当检定台体完成检测工作后，挂表机器人根据指令移动到检定台体前，从中转料架将空表箱垛（每垛 5 箱）移载到机器人料仓中，机器人自动从检定台体工位上抓取电能表按序装入表箱中，完成一箱后，自动将装满电能表的料箱送回至中转料架，同时完成码垛。

4) 回库：中转料架上检测完成的电能表再通

过 AGV 输送单元送入流水线单元进行外观、分拣、封印和贴标工序，最后送入立体仓库。

本方案中，根据检定装置的检定时间，以及智能机械手的上下表节拍，合理配置一个智能机器人操作覆盖电能表检定台体的数量，以达到机器人和检定台体的最优化配置。设检定台体检定时间为  $T_0$ ，机器人挂表时间为  $T_1$ ，摘表时间为  $T_2$ ，则一个机械手覆盖的检定台数量  $N$ ：

$$N = \frac{T_0 - T_1 - T_2}{T_1 + T_2} \quad (1)$$

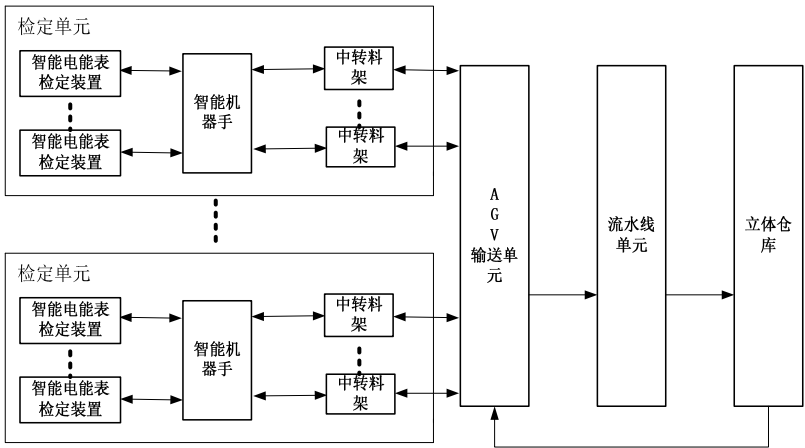


图 1 电能表智能检定系统图

Fig.1 electric energy meter testing system

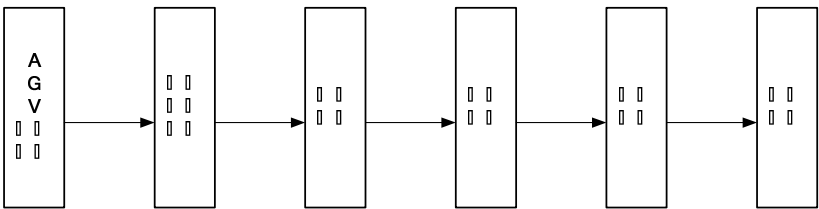


图 2 流水线单元的系统框图

Fig.2 Line unit system diagram

## 2 检定控制系统设计

本研究改变传统检定装置控制模式，与全自动检定软件统一设计，通过制定智能电能表检定项目的标准控制流程和电能表检定装置标准控制接口，实现了设备的底层控制，使电能表检定控制不再依赖检定装置。控制方式由传统的任务控制转变为生产过程实时控制，全面提升了系统可靠性、稳定性。具体的系统调用流程如图 3 所示。

1) 检定系统将检定装置信息传递给检定控制层；2) 检定控制层根据检定系统传递的信息识别具体的检定装置，并初始化检定装置；3) 检定控制层将检定执行请求转换为检定装置能够识别的数据信息；4) 根据检定逻辑，检定控制层分别调用设备控制接口进行检定装置控制；实现检定项目的执行；5) 检定控制层读取检定装置返回的数据，并返回检定系统。

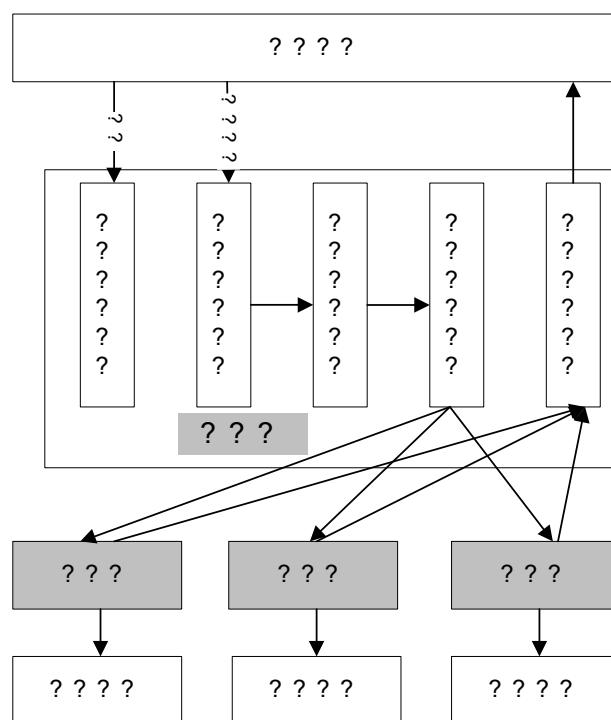


图3 系统调用流程图

Fig.3 system call flow chart

检定控制层为了达到统一的目的，进行了以下规定和约束：主要包括数据结构、接口约定。检定所需的数据结构，主要包括表位信息、电能表信息、表底数定义、检定规约。接口约定如下：

#### 1) 输入参数：

电压：要求检定装置升电压，单位：伏特（V）。

电流：要求检定装置升电流，单位：安培（A）。

频率：交流电频率，单位：赫兹（Hz）

其它参数含义根据具体的接口方面描述。

#### 2) 输出参数：

输出参数是指接口方法定义中标注为“out”的参数定义。驱动程序依照接口定义返回特定的数据对象，如果无有效返回结果，统一返回 `null`。对于接口返回中常用的数组类型做如下约定：

**一维数组：**返回的数组必须为非空对象，且长度与检定装置表位数量一致。数组编号从 0 开始，依次表示各表位的返回结果。以 96 表位的单相检定装置为例，返回 `string results[96]` 结果数组，其中 `results[0]` 对应第 1 表位，`results[1]` 对应第 2 表位，……，`results[95]` 对应第 96 表位。如果表位不检定或无检定结果，对应的数组元素统一设置为 `null`。

**二维数组：**返回的二维数组的第一维度定义参

照具体的接口定义，第二维度参照“一维数组”。

**误差结果：**对于返回参数为误差数据的检定项目，具体误差值均采用移除“%”后的字符串表示。如基本误差为“0.0123%”，返回结果为“0.0123”。

#### 3) 返回结果：

根据接口定义，所有检定项目均返回 `bool` 类型结果。其中

**True：**表示检定项目正常执行完成并返回，通过 `out` 参数返回的结果可以保存数据库；

**False：**表示检定项目取消并返回，根据具体检定项目的执行进度，如果试验项目提前中断，返回 `false`。

### 3 结束语

本研究设计了一种柔性化、模块化检定系统。各系统采用 AGV 输送系统与智能仓储系统接驳。采用总线串联，支线并联的方式柔性化设计检定线基本单元模块和 AGV 运输小车运输通道。AGV 输送路径可进行柔性规划，检定台体和挂表机器人可进行故障隔离、根据检定需求柔性组合配置。很大的提高了检定系统的柔性化水平。单表位模块化设计，把系统故障的影响范围缩小至单个表位，最小程度地减少故障影响，提高系统的可靠性。

制定了智能电能表检定装置标准控制接口，实现对检定装置的标准化控制，支持不同厂家、不同型号的检定装置；实现对检定管理、装置调度、设备底层的完全控制，提升了检定管理水平及检定作业效率，更好地诠释了计量器具检定的公平、公正、公开原则。

#### 参考文献:

- [1] 张院锋 搭建电子式电能表辅助功能检测装置的研究与应用 陕西电力 2007, 35(11): 80-82.  
ZHANG Yuan-feng, Study & application of building auxiliary function detection device for electronic energy meter. Shanxi electric power [J] 2007, 35(11): 80-82.
- [2] 何志强, 徐二强, 丁涛, 等. 关于实现电能表铅封自动化的研究 电测与仪表 2011, 48(12): 83-85.  
He Zhi-qiang, XU Er-qiang, DING Tao, etc. Research on

automation of lead sealing for electric energy meter. Electrical measurement & Instrumentation[J]. 2011, 48 (12): 83-85.

- [3] 高利明, 陈卓娅, 张欲晓, 等. 一种智能化全自动流水线电能表检定系统[J]. 河南电力 2011, 39(4): 38-41.  
GAO Li-ming, CHEN Zhuo-ya, ZHANG Yu-xiao, MA Lei. A kind of intelligent automatic assembly line verification system for electric meter. Henan electric power [J]. 2011, 39(4): 38-41.
- [4] 孙褪, 苏开旗, 刘建华. 电能计量新技术与应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.

---

#### 作者简介:

刘 建 (1981-), 男, 博士, 工程师, 研究方向为电能表自动化检定技术, 电能计量技术, E-mail: Jianliu1005@gmail.com。

## A New Kind of Electric Energy Meter Automation Test System Design

LIU Jian , CAI Qi-xin

(Jiangsu electric power company research institute, Nanjing, 211100)

**Abstract:** In view of widespread unreliability of the present operation of the industrial pipeline model of electric energy meter automation test system, a new kind of electric energy meter automation test system is designed. The system composition, project process and the design of a control system were detailed introduced; at last, the characteristics of the system were analyzed. Through the intelligent manipulator, intelligent watt-hour meter automation test device and AGV logistics system in the mode of cooperation, the flexible level of the system was improved, the fault effect was reduced to the minimum extent. The electric energy meter calibration device standard control interface was formulated; the standardization of verification device control was realized.

**Keywords:** electric energy meter, automation test system, automatic guided vehicle, bottom control, standard interface