

doi: 10.11857/j.issn.1674-5124.2018.12.023



便携式安规综合测试智能校准装置研发

欧阳柏添, 蒙立光, 陈惠珍
(广东省江门市质量计量监督检测所, 广东 江门 529000)

摘要: 针对传统安规仪校准装置功能单一、体积大, 且仍采用人工校准, 校准效率低问题, 研制一套便携式安规综合测试智能校准装置。该装置内置多个校准功能模块, 并预置有多个校准点, 上位机在线控制 PLC 切换校准装置内部线路, 并记录装置校准数据, 实现电气强度、接地导通电阻、绝缘电阻、泄漏电流的自动化校准及校准数据可溯源。试验表明, 系统具有自动化水平高、适应性强特点, 能大大提高检测效率。

关键词: 安规仪; 电气强度校准; 绝缘电阻校准; 泄漏电流校准; 接地导通电阻校准

中图分类号: TH89

文献标志码: A

文章编号: 1674-5124(2018)12-0129-06

Development of portable safety tester intelligent calibration device

OUYANG Baitian, MENG Liguang, CHEN Huizhen

(Guangdong Jiangmen Supervision Testing Institute of Quality & Metrology, Jiangmen 529000, China)

Abstract: In order to solve the problem that traditional safety tester calibration devices usually have single function, which volume are large and still need manual calibration with low efficiency, the portable safety tester intelligent calibration device is developed, in which multiple calibration function modules are built, and multiple calibration point are preset. The host computer controls the PLC to switch the internal circuit of the calibration device and records the device calibration data, which realizes the automatic calibration of electrical strength, earth-continuity, insulating resistance and leakage current and traceability of calibration data. Experiments show that the system has the characteristics of high automation level and strong adaptability, and can greatly improve the detection efficiency.

Keywords: safety tester; electrical strength calibration; insulating resistance calibration; leakage current calibration; earth-continuity calibration

0 引言

安规综合测试仪通常是指具备对电气强度、泄漏电流、接地导通电阻、绝缘电阻等安全参数进行综合测试的集成化仪器。根据 JJG 795-2016《耐电

压测试仪检定规程》^[1]、JJG 1005-2005《电子式绝缘电阻表检定规程》^[2]、JJG 984-2004《泄漏电流测试仪检定规程》^[3]和 JJG 843-2007《接地导通电阻测试仪检定规程》^[4]的要求, 对安规综合测试仪校

收稿日期: 2018-09-06; 收到修改稿日期: 2018-10-08

基金项目: 广东省质量技术监督局科技项目 (2018CJ10)

作者简介: 欧阳柏添 (1976-), 男, 广东江门市人, 高级工程师, 研究方向为计量检定/校准。

准需进行电气强度、泄漏电流、接地导通电阻、绝缘电阻等多项参数校准。莫华荣等^[5-6]研究了单功能安规仪测试功能的校准,如接地导通电阻测试仪校准、耐电压测试仪校准;庞彬等^[7]设计分压电路,能通过驱动电路进行电气强度校准模块、泄漏电流校准模块、接地导通电阻校准模块和绝缘电阻校准模块的切换,实现不同功能的安规仪校准,但功能、负载档位少,未能实现校准数据的自动记录;曹敏等^[8-13]研究仪器仪表的自动化校准及测试系统,实现校准与测试过程自动化与校准数据自动采集,但未见对安规仪多功能自动校准的报道。

由于安规综合测试仪校准项目多,需进行电气强度、接地导通电阻、绝缘电阻、泄漏电流等功能校准,且国内外安规设备校准装置测试过程需要由人工接线,手工切换电路,难以自动智能进行多项校准任务。为此,本文研制一套便携式安规综合测试智能校准装置,依据生产现场应用需求集电气强度、绝缘电阻、接地导通电阻和泄漏电流测试功能于一体,设置多项校准值预置档位,将能实现全自动校准与全过程数据记录,提高校准可溯源性。

1 安规综合测试智能校准装置原理与需求

安规综合测试仪的种类繁多、功能各异、性能指标各不相同。为确保校准装置能满足设计需求,分析市场上典型安规综合测试仪技术参数,包括MN4255 AM安全性能综合测试仪、AN9640B安全性能综合测试仪、BH-DJT-801电机综合测试系统、AN96951 M定子综合测试仪、KY-DZ-04定子综合测试台等安规综合测试仪等,获得校准装置的测量范围、准确度等级与安规综合测试仪技术参数对比如表1所示。

对安规仪进行校准时,校准装置模拟安规仪的测试对象接入安规仪:进行绝缘电阻校准时,安规仪输出高压进入校准装置内部定值高压高值电阻,比较安规仪显示的电阻值与校准装置内部定值高压高值电阻值;进行接地导通电阻校准时,安规仪输出的电流接入校准装置内部定值精密电阻,比较安规仪显示的电阻值与校准装置内部定值精密电阻值;进行电气强度与泄漏电流校准时,安规仪输出的电流或电压接入校准装置,比较安规仪显示的电流或电压值与校准装置显示的电流或电压值。安规仪校准常选取校准范围内常用固定校准点进行校准,故安规综合测试智能校准装置的主要需求有:

表1 技术参数对比表

分类	技术指标	安规仪技术参数	校准装置测量范围与准确度等级
电气强度	电压测量	500 V~10 kV ±5%	500 V~10 kV ±1%
	电流测量	0.1 mA~10 mA ±5%	0.1 mA~10 mA ±1%
接地导通电阻	电流测量	5 A~25.00 A ±5%	1 A~25.00 A ±1%
	接地电阻	20 mΩ~500 mΩ ±5%	20 mΩ~500 mΩ ±1%
绝缘电阻	绝缘电阻	1 MΩ~1 000 MΩ ±10%	1 MΩ~1 000 MΩ ±0.5%
	输出电压	200 V~1 000 V ±10%	200 V~1 000 V ±1%
泄漏电流	泄漏电流	0.5 mA~10 mA ±2%	0.1 mA~10 mA ±0.5%

1) 多功能。通过使用 PLC 线路切换模块,切换不同校准功能模块不同校准点的线路接法,实现多功能校准、多档位校准。该模块可由 PLC 与继电器组成,可提高装置的稳定性。

2) 多档位。校准装置各功能校准模块具有多个定值精密电阻,通过切换不同阻值电阻,实现一键切换不同档位校准,实现安规仪全面快速校准。

3) 自动化。PLC 线路切换模块能由上位机进行实时自动控制,实现多功能自动化校准。

4) 数据可溯源。数字电表校准数据需进行实时采集并传送到上位机进行处理、存储,并在测试结束后,给出测试结果与生成测试报表。

2 安规综合测试智能校准装置设计

2.1 校准装置的功能结构框架

图1为安规综合测试智能校准装置架构,包括上位机、PLC 线路切换模块、功能校准模块、数字电流表^[14-15]。

上位机提供人机交互界面,连接并控制 PLC 线路切换模块和数字电表;PLC 控制各功能校准模块的分压电阻继电器,使被测安规仪的输出测试信号接入各功能校准模块的不同分压电阻;数字电流表分别与各功能校准模块和上位机连接,以测量电流值并传输至上位机。

2.2 校准装置的功能结构框架

图2为功能校准模块硬件电路图,包括电气强度校准模块、绝缘电阻校准模块、接地导通电阻校准模块与泄漏电流校准模块。

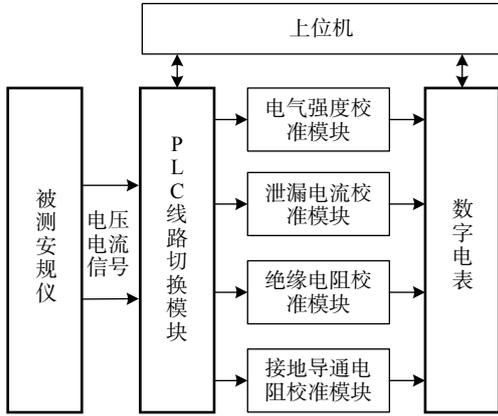


图 1 安规综合测试智能校准装置架构

1) 电气强度校准模块。电气强度测量模块包括高精度高压分压电路与击穿报警电流测量电路。图 3 为高精度高压分压电路, 其中 R_1 、 R_3 分别为高值、低值负载电阻; R_2 、 R_4 分别为一次、二次采样电阻。 $R_1=999\text{ M}\Omega$ 、 $R_2=2\text{ M}\Omega$ 、 $R_3=1.8\text{ M}\Omega$ 、 $R_4=0.2\text{ M}\Omega$, 分压比例 K 为

$$K = \frac{R_1(R_2 + R_3 + R_4) + R_2(R_3 + R_4)}{R_2R_4} = 10\ 000$$

图 4 为击穿报警电流测量电路。通过 PLC 切换继电器开关, 将被校安规综合测试仪高压输出到

不同的负载电阻, 从而获得预定电流值, 校准安规仪测得的电流与校准装置所输出电流值, 完成安规仪的多档位电气强度校准。

2) 接地导通电阻校准模块。图 5 为接地导通电阻测量电路, 接地导通电阻测量模式有四线制、两线制 2 种校准方法。

四线制测量时, 闭合 $KM17$, 电位端固定接于 P_0 、 P_1 端子, 电流端固定接于 C_0 、 C_1 端子, 闭合 $KM19\sim KM24$ 之一, 可改变校准装置内部接地导通电阻输出值大小。两线制测量时, 电流端在 C_0 、 C_1 端子间移动。如校准电流时, 闭合 $KM18$ 、 $KM21$, 电流从 R_{23} 两端输入。

3) 泄漏电流校准模块。图 6 为泄漏电流测试电路, 以常用 243 V 为测试电压, 分 0.2~10 mA 共 6 个量程。

4) 绝缘电阻校准模块。图 7 为绝缘电阻输出电路, 绝缘电阻输出电阻值范围为 1~1 000 $\text{M}\Omega$ 。通过 PLC 切换继电器开关, 将被校安规综合测试仪高压输出到不同负载电阻, 比较安规仪测得电阻与校准装置所选绝缘电阻值, 完成安规仪多档位绝缘电阻校准。

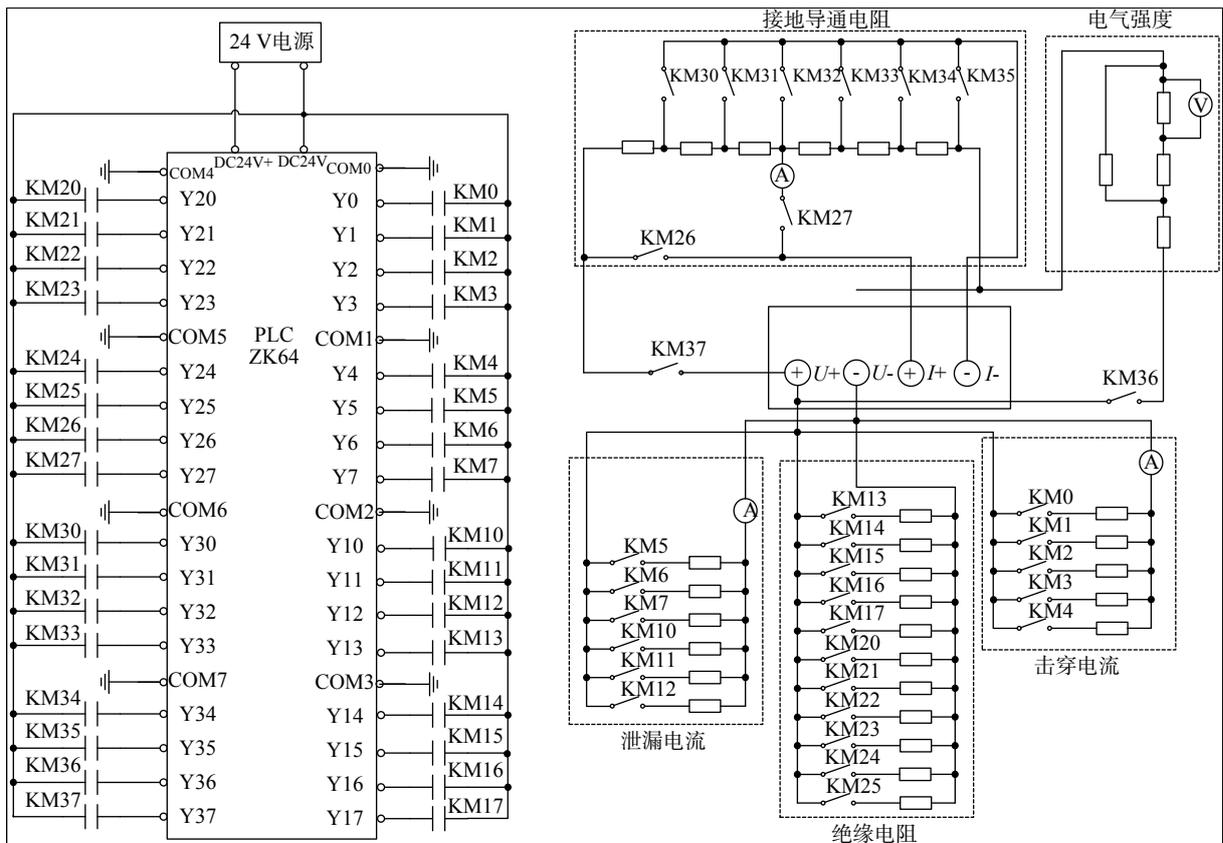


图 2 硬件电路图

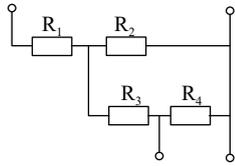


图3 高精度高压分压电路

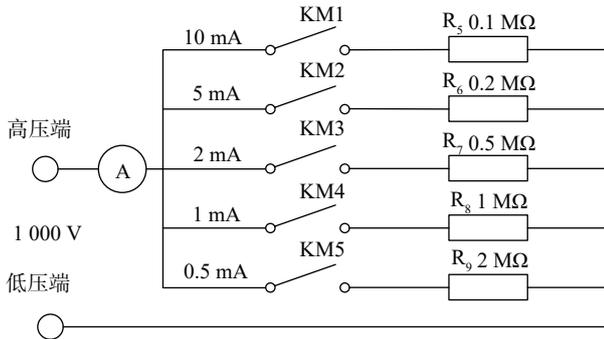


图4 击穿报警电流测量电路

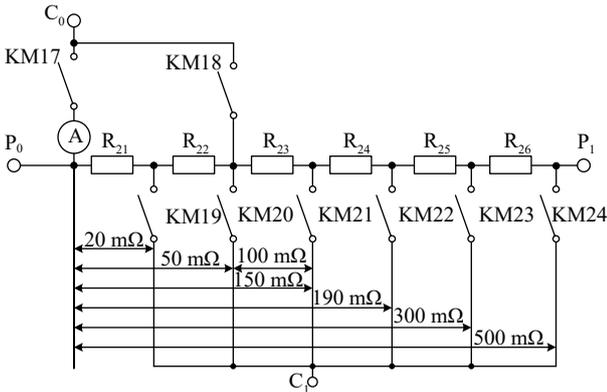


图5 接地导通电阻测量电路

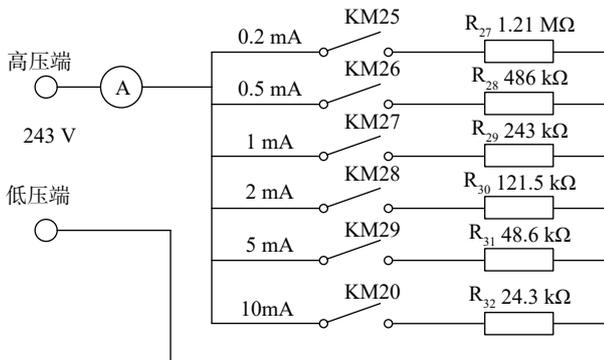


图6 泄漏电流测试电路

2.3 综合测试软件设计

安规综合测试智能校准软件开发平台为LabVIEW。图8为校准软件功能结构框图，其中系统初始化模块用于装置各模块的完整性验证及建立通信连接，完成校准项目与校准点选择；PLC功能控制模块用于控制装置PLC，以将线路切换至不同校准功能与校准点所需线路；电参数测量模块采集校准过程数

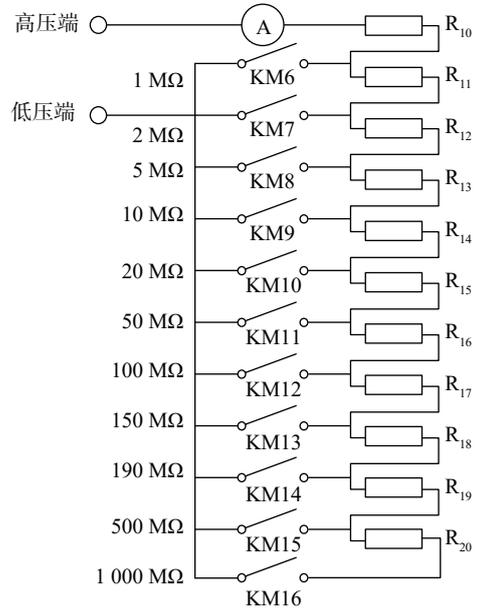


图7 绝缘电阻输出电路

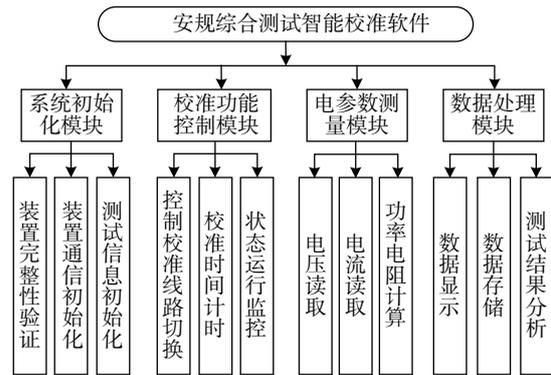


图8 综合校准软件功能结构

字电表的实测电参数数据；数据处理模块将采集的电参数数据进行显示与存储，并进行校准结果分析。

图9为校准软件主界面，包括测试控制按钮、校准设置与电参数实时显示界面。图10为校准初始化界面，只需选择所需校准项目、校准点，系统即可按照校准规范自动对安规仪进行多功能、多档位校准。

2.4 自动测试流程

图11是智能校准装置校准安规仪流程图，具体校准流程为：1)按照接线要求连接被校安规仪与校准装置输入输出线路，在上位机选择校准项目与校准点；2)上位机控制PLC线路切换模块，将校准装置内部校准功能模块切换至待测项目校准点所需电路接线；3)开始校准，被校安规仪输出电压、电流信号至校准装置，输入被校安规仪电参数示值至上位机；上位机记录与显示校准装置测得实际电参数



图 9 校准软件主界面

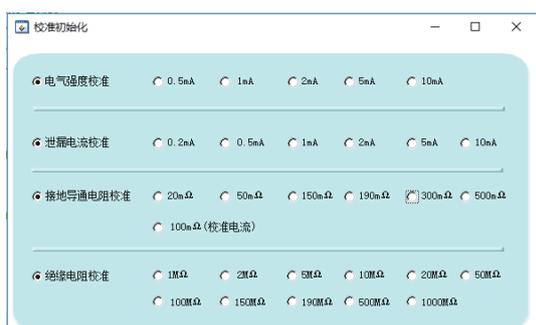


图 10 校准初始化界面

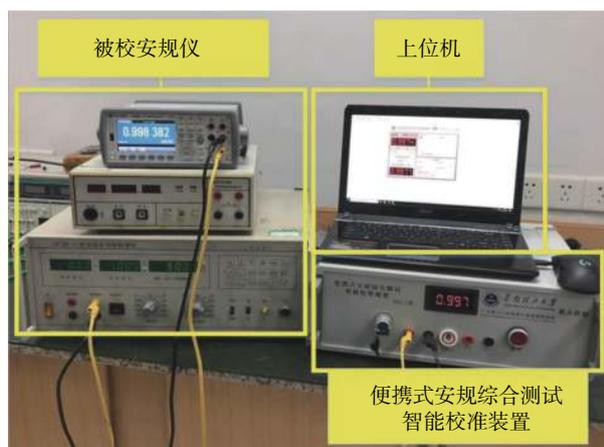


图 11 校准装置实际测试图

作为标准值, 校准安规仪; 4) 返回步骤 2), 进行下一个校准点进行校准, 直至完成该项目所有校准点校准; 5) 返回步骤 2), 选择下一个校准项目, 或结束校准。

3 试验与分析

使用便携式安规综合测试智能校准装置对系列安规仪进行校准, 如图 11 所示。

校准过程中, 装置能完全按照《耐电压测试仪检定规程》、《电子式绝缘电阻表检定规程》、

《泄漏电流测试仪检定规程》和《接地导通电阻测试仪检定规程》要求, 对安规仪进行多项参数校准。校准结束后, 装置能根据所记录数据给出校准结果并进行分析, 如表 2~表 5 所示。

表 2 绝缘电阻校准结果

校准仪标称阻值/MΩ	安规仪测量值/MΩ	相对误差/%
1	1	0
2	2.1	5
5	5.2	4
10	10	0
20	19	-5
50	51	2
100	100	0
150	152	1.3
190	189	-0.5
500	503	0.6
1 000	996	-0.4

表 3 接地导通电阻校准结果

校准仪标称阻值/mΩ	安规仪测量值/mΩ	相对误差/%
25.4	26.3	3.5
50.9	50.2	-1.4
100.4	98.4	-2.0
150.1	147.9	-1.5
175.6	173.2	-1.4
200.9	203.9	1.5
303.5	302.3	-0.4
404.1	413.1	2.2
504.3	518.2	2.8

表 4 泄漏电流校准结果

校准仪测量电流值/mA	安规仪测量电流值/mA	相对误差/%
0.201 2	0.199	-1.09
0.498 3	0.497	-0.26
0.996 3	1.005	0.87
2.007	2.013	0.30
5.001	4.972	-0.58
9.997	9.933	-0.64

表5 电气强度击穿报警电流校准结果

校准仪测量电流值/mA	安规仪测量电流值/mA	相对误差/%
0.495 8	0.49	-1.17
1.003	1.01	0.70
1.989	1.99	0.05
5.012	4.97	-0.84
9.995	9.94	-0.55

可以看出,使用本装置后,安规仪校准过程中线路切换、档位切换、数据记录、结果分析均可由装置按测试规范自动完成,无需人工操作,提高了测试规范性与安全性。人工使用其他传统仪器校准安规仪与使用智能校准装置自动校准对比如表6所示。

表6 传统校准与本装置校准效果对比表

项目方式	传统校准	本装置校准
多功能校准	需使用多台套仪器进行校准	可快速便捷完成多功能参数校准
数据记录	人工抄读,可能抄错、漏抄、篡改	自动记录,校准数据可溯源
自动化	需人工切换线路与校准档位	自动切换校准功能、校准点
规范性	测试过程不一定规范	完全按照标准规定流程进行校准

4 结束语

1) 本文通过调研国内外多个安规仪校准需求,研制出集电气强度、绝缘电阻、接地导通电阻和泄漏电流等安规测试全功能于一体的综合校准装置,只需一台校准装置便可完成安规仪多项功能校准。

2) 根据校准规程及工业现场校准需求,设计多个安规测试值预置档位,结合 PLC 控制,实现全自动快速精确换挡及多功能、多量程校准,大大提高校准效率。

3) 设计基于 LabVIEW 虚拟仪器软件,自动智能校准安规测试仪,提升校准可溯源性与可靠性。

下一步将研究安规仪校准装置的多功能集成、小型化与通用性设计,将为安规测试仪及其他仪器的综合校准提供途径,对其他行业校准装置改造也具备一定的参考、推广价值。

参考文献

- [1] 耐电压测试仪检定规程: JIG 795-2016[S].北京: 中国质检出版社, 2016.
- [2] 电子式绝缘电阻表检定规程: JIG 1005-2005[S].北京: 中国标准出版社, 2005.
- [3] 泄漏电流测试仪检定规程: JIG 843-2007[S].北京: 中国标准出版社, 2007.
- [4] 接地导通电阻测试仪检定规程: JIG 984-2004[S].北京: 中国标准出版社, 2004.
- [5] 莫华荣, 黄小雪. 接地导通电阻测试仪电阻示值误差不确定度评估及校准和测量能力表示[J]. 工业计量, 2012, 22(6): 46-47.
- [6] 唐杰. 耐电压测试仪检定装置时间参数的校准[J]. 工业计量, 2012, 22(S1): 292-293.
- [7] 庞彬, 宋明岑, 杜涛, 等. 安规仪校准装置: 201410424134.6[P]. 2014-08-26.
- [8] 曹敏, 李波, 毕志周, 等. 一种高精度组合式多功能校准仪的设计及验证[J]. 中国测试, 2016, 42(2): 36-40.
- [9] 张恩凤. 基于 LabVIEW 和 GPIB 的仪器仪表自动校准系统设计[D]. 太原: 中北大学, 2017.
- [10] ZHANG M, LI K, WANG J, et al. An on-site calibration system for electronic instrument transformers based on Labview[J]. Metrology & Measurement Systems, 2014, 21(2): 257-270.
- [11] 肖亮. 数字多用表自动化校准系统的设计[D]. 南京: 东南大学, 2017.
- [12] 汪司珂, 郭雨, 庞博, 等. 自助式电能表误差校准装置数据采集方案设计[J]. 仪表技术, 2016(12): 8-9.
- [13] 陈伟标, 刘桂雄. LED 光源电特性单工位多参数综合测试装置研发[J]. 中国测试, 2018, 44(2): 78-82.
- [14] 欧阳柏添, 蒙立光, 陈惠珍. 一种多功能安规智能综合测试校准装置: 201820760122.4[P]. 2017-05-22.
- [15] 欧阳柏添, 蒙立光, 陈惠珍. 一种便携式安规综合测试校准装置: 201820760123.9[P]. 2017-05-25.

(编辑: 商丹丹)