

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2019.05.13

基于云服务的环境试验设备远程计量测试仪器的设计与开发

张鹏, 李超瀛, 杨新园, 陈洁新, 吕国义

(航空工业北京长城计量测试技术研究所, 北京 100095)

摘要: 随着产品的环境适应性越来越多的得到社会各界的重视, 环境试验设备的性能评价业务量也日渐增长, 在针对环境试验设备开展计量评价的各项活动中, 既有计量测试仪器存在的局限性也越加凸显, 特别是随着对数据可追溯要求的增长, 提高测试仪器使用效率、减少计量测试过程中人员操作等人为因素的影响, 已成为环境试验活动中被普遍关注的技术问题。本文对一种新型的基于云服务的用于环境试验设备性能参数量值溯源的仪器进行概要介绍。该仪器把互联网云服务与传统的计量测试仪器相结合, 实现了计量测试工作的远程操作, 降低了计量测试过程中对人员的依赖性, 提高了计量测试服务的效率, 并具备测试数据的深度分析、展示等功能。

关键词: 云服务; 环境试验设备校准; 远程校准

中图分类号: TB9; TP242

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2019)05-0070-06

Design and Development of Remote Measurement and Test Instrument for Environmental Test Equipment Based on Cloud Service

ZHANG Peng, LI Chaoying, YANG Xinyuan, CHEN Jiexin, LYU Guoyi

(Changcheng Institute of Metrology & Measurement, Beijing 100095, China)

Abstract: As the environmental adaptability of products has received more and more attention from all walks of life, the performance evaluation of environmental test equipment has also increased. In the activities of measuring and evaluating environmental test equipment, the limitations of existing measurement instruments have become more and more prominent, especially with the increase of data traceability requirements, the improvement of test instrument use efficiency and the reduction of human factors such as personnel operation during measurement and testing have become the technical problem of general concern in environmental test activities. This paper presents an overview of a new cloud-based instrument for the traceability of environmental test equipment performance parameters. The instrument combines the Internet cloud service with the traditional measurement and test instrument to realize the remote operation of the measurement and test work, reduce the dependence on the personnel during the measurement test process, and improve the efficiency of the measurement test service. It also has the functions such as the in-depth analysis and display of the test data.

Key words: cloud service; environmental testing equipment calibration; remote calibration

0 引言

环境试验是通过将产品暴露在自然典型环境、实际使用环境或者人工模拟环境中, 经受温度、湿度和压力等作用, 评价产品在实际使用、运输和贮存等环境条件下的性能, 并分析研究环境因素对产品在设计、制造等环节影响的一系列活动^[1]。

在环境试验活动中, 针对产品在温湿度环境中的适应性试验验证是占有较大比例的一种试验类型, 主要用于研究分析或验证产品在不同的气候环境或特殊的工作环境中的工作性能。温湿度环境试验设备一般

指用来提供特定的温湿度环境, 对产品进行温湿度试验, 以考察温湿度环境条件对产品性能影响的设备^[2]。对温湿度环境试验设备的定期计量校准是确保温湿度环境试验设备性能准确可靠的重要手段之一^[3]。

目前市面上用于计量校准温湿度环境试验设备的计量器具一般为多通道温湿度巡检仪, 这类计量仪器受功能局限往往只能采用一台巡检仪连接一台本地电脑的单连接模式, 进行“一对一”操作, 当面对大量增加的计量校准需求时, 其在使用过程中的不足十分明显:

1) 效率低。对环境试验设备进行校准时, 多通道

温湿度巡检仪与环境试验设备通过传感器进行连接，并由计算机连接温湿度巡检仪进行数据分析。在计量校准过程中必须有计量人员在现场进行值守，操作电脑、监控数据。当有大量试验设备需要校准时，要求计量人员逐一针对环境试验设备开展计量校准工作。因此这种方式人工成本高、工作效率低。

2) 计量校准过程中对人员依赖性过强。现在普遍使用的单机形式的计量仪器对计量人员依赖性非常强，整个计量测试过程需要计量人员全程参与。由于绝大多数的环境试验设备受体积、重量不便运输等因素的局限而无法送检，往往需要计量人员搬运计量测试仪器到试验现场开展计量校准工作。一般而言工业现场环境的多噪音、重油污以及可能存在的有害毒性物质，对需要长时间实施计量校准工作的计量人员不仅会造成健康损害，更会加速工作人员的精神疲劳，增加操作失误的可能性。

3) 测量数据利用不充分。当前环境试验设备计量校准过程中的测量数据仅仅是显示设备当时的溯源结果，难以实现数据的深度挖掘，缺乏对数据的纵向(与自身历年数据)或横向(同类型设备数据)等方面的分析。测量数据利用不充分，将无法适应未来制造业智慧发展的需求。

针对上述不足，本文作者所在技术团队设计开发了一款新型计量仪器，该仪器通过利用互联网云服务实现了“一对多”的远程计量测试功能，较好地避免了传统多通道巡检仪的“一对一”操作的低效率、对计量人员的过度依赖和数据利用方面缺乏手段支撑的弊端。

1 总体结构与功能

基于云服务的环境试验设备远程计量测试仪器主要包括温湿度计量仪器(多通道温湿度巡检仪),具备

GPRS 连接收发功能的主控设备(嵌入式主机 + GPRS HAT(Hardware Attached on Top))、云端服务器、移动终端(客户端 APP)。其逻辑结构如图 1 所示。

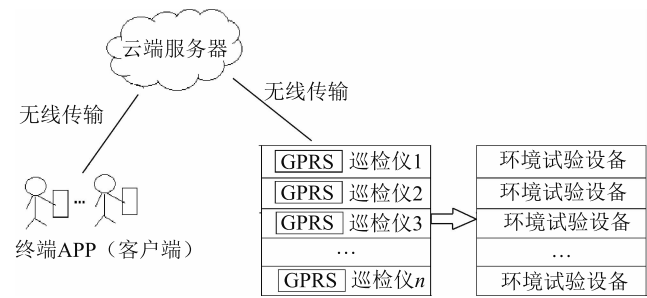


图 1 基于云服务的环境试验设备远程计量测试仪器结构

用户通过移动终端 APP 发送指令至云端服务器，指令通过网络从云端服务器发送至具备 GPRS 连接发送功能的主控设备，该主控设备翻译指令、控制温湿度计量仪器(多通道温湿度巡检设备)开展计量测试工作，实现用户远程开展计量测试的功能。同时温湿度测试数据由嵌入式主机控制 GPRS HAT 发送至云服务器中的数据库进行存储，计量人员通过终端 APP 实时访问数据库内数据，实现远程监测数据的功能。该仪器通过对云端数据库采集的数据进行分析挖掘提供增值功能，实现如测量数据发送至指定邮箱、被校设备校准到期提醒、测试数据趋势变化分析服务等附加增值功能。

2 硬件配置及实现方法

基于云服务的环境试验设备远程计量测试仪器的硬件逻辑实现如图 2 所示。整个硬件系统由多个温湿度标准器(温湿度巡检仪)、嵌入式终端(Raspberry Pi)、GPRS 外设、云服务器、移动终端共同组成。

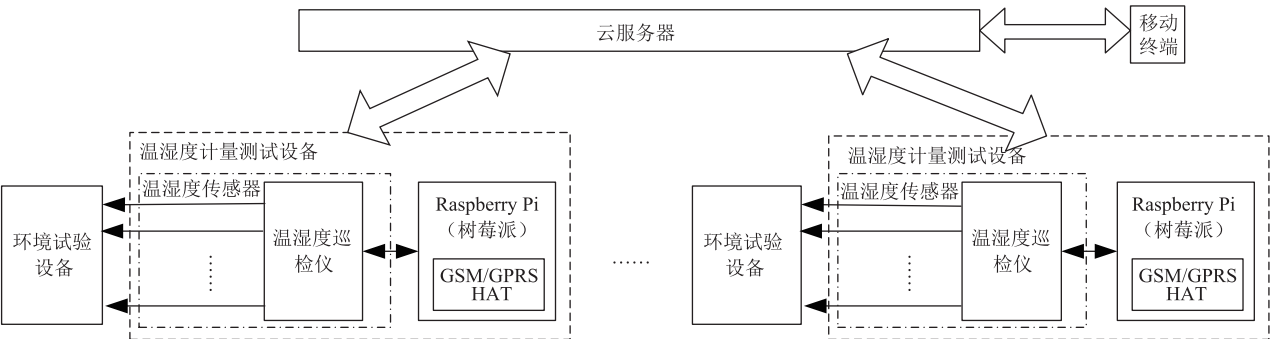


图 2 基于云服务的环境试验设备远程计量测试仪器的硬件组成

温湿度标准器如图 3 所示, 型号为 CIMM-THXJ-20, 是一款适用性广泛的多通道温湿度巡检仪。该温湿度巡检仪体积小巧, 性能稳定, 采样精度高, 配置灵活, 扩展便捷, 可根据被测环境试验设备要求选用铂电阻、热电偶、湿度传感器和干湿球, 支持 RS485 和 RS232 通讯。技术指标如表 1 所示。

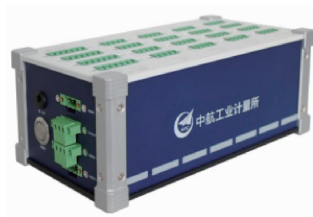


图 3 CIMM-THXJ-20 型巡检仪

表 1 CIMM-THXJ-20 型巡检仪技术指标 $^{\circ}\text{C}$

温度范围	最大允许误差
$-150 \leq t < -50$	± 0.06
$-50 \leq t < 400$	± 0.04
$400 \leq t < 600$	± 0.06

温湿度标准器连接互联网的功能是通过在巡检仪中加装具有 GPRS 无线传输功能的嵌入式主控设备

来实现的。嵌入式主机 + GPRS HAT 的结构可以很好地实现接收命令、控制计量仪器工作、向云端数据库发送数据等功能^[4]。

温湿度巡检仪将采集到的数据在本地进行预处理, 并操作 GPRS 外设联接互联网, 把数据实时传送给云服务器存储, 实现了温湿度巡检仪联网功能, 使其成为了物联网(Internet of Things, IOT)设备。

考虑到工业现场网络不稳定的情况, 该仪器开发了断点续传功能。即: 有网络传输的情况下, 通过云服务器接收用户端指令, 按照用户设置进行数据采集, 实现数据的本地端保存, 所记录的数据通过无线传输至云端数据库; 无网络或者网络状态不好的情况下, 数据本地保存至 SD 卡, 等待网络状态好转之后, 再将数据发送至云端服务器。

移动终端硬件主要是借助智能手机或者平板电脑实现, 在智能手机或平板电脑上开发了远程控制程序 APP, 连接云服务器按照嵌入式终端的编号操作与之对应的温湿度巡检仪。

3 终端软件设计与实现

终端 APP 主要基于安卓系统开发, 适应于手机与平板电脑。软件功能主要包括 4 个方面: 查看/添加测试项目、被测设备管理、测试设备管理和数据查询, 整体流程图及软件功能界面如图 4 和图 5 所示。

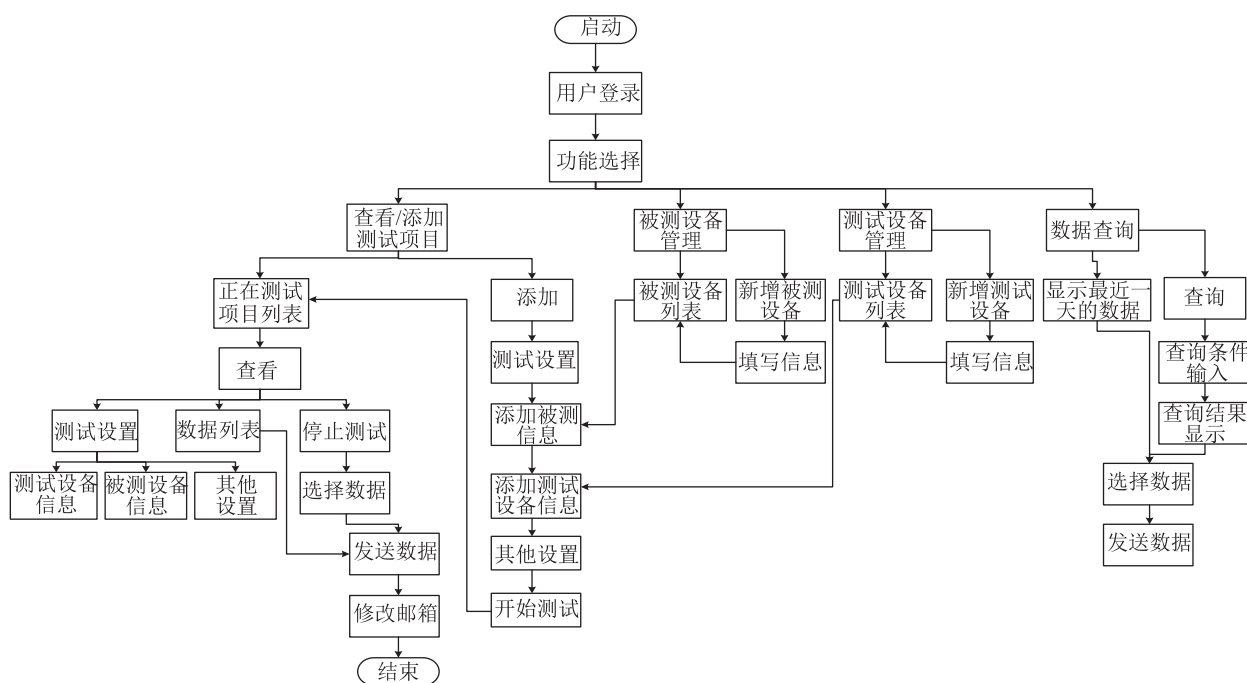


图 4 终端 APP 软件工作流程图



图 5 终端 APP 软件界面

查看/添加测试项目主要是识别当前正在测试的巡检仪或者添加巡检仪进行测试。终端 APP 软件通过识别当前正在测试的设备进行测试管理,实现停止、开始、暂停/继续等功能;添加测试项目,由终端 APP 软件选择或输入被测设备信息,选择测试设备,输入采样周期、采样数量、温度点、湿度点后点“开始”即可测试,对于巡检仪或嵌入式硬件发生故障时,状态返回提示,终端 APP 软件做出提示检查,并停止操作。

被测设备管理功能主要是增加、修改、删除被测设备的信息,实现校准数据与被测设备的关联。

测试设备管理功能主要是在云服务器上查询已连接注册上网的 Raspberry Pi 主控终端编号,并依据该编号查询、修改对应巡检仪设备序列号和该设备相应的通道配置信息。

数据查询功能主要是通过终端 APP 软件搜索历史数据并显示。根据授权的不同,搜索查询的范围不同,搜索关键字段不同,呈现的数据与分析不相同。最后可将查询到的基本信息、数据以及测试结果发送至指定邮箱。

4 智能服务设计

如前述,通过对既有通用型计量校准仪器加装嵌入式终端等功能组件,实现了基于云端服务的工业现场温湿度计量校准的远程控制。为了进一步适应“中国制造 2025”和“工业 4.0”智能制造发展的步伐^[5],有必要进一步深入挖掘测量数据的隐含价值,以提供智能化的计量测试增值服务^[6]。本仪器在远程计量测试的功能基础上增加了对测量数据的数据仓库建设和数据模型分析的设计方案。在云端服务器上设立数据仓库存储数据,实现采集数据的入库,进儿完成采集数据

的内在信息纵向(历史数据)或横向(同类设备数据)关联关系的分析,实现信息多维度查询与展示并提供相应的智能增值功能。

4.1 云服务器设置

云服务器主要实现 4 部分功能:IOT 服务、终端服务、数据存储服务和数据分析服务,云服务器架构如图 6 所示。

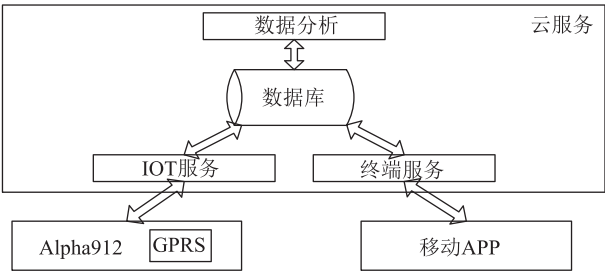


图 6 云端服务器设置

IOT 服务处理并执行计量设备嵌入式主控终端发送的命令;终端服务处理并执行移动终端 APP 软件发送的命令;数据存储服务实现测试数据的读取与存储的功能,以及不同服务之间的命令中转;数据分析服务实现分析与处理数据并提供智能化增值服务的功能。

IOT 服务处理与终端服务的分开设计主要是为了降低计量设备嵌入式主控终端和移动终端软件在服务器中相互通讯所带来的复杂编程。通过将整体处理服务拆分成 IOT 服务与终端服务,实现将上述二者软件交互的功能解耦与切割,不同服务均只需面对数据操作即可,所以利用数据库解耦了 IOT 服务与终端服务,降低了开发难度,提高了程序代码的可靠性。

4.2 数据库设计

云端数据库主要实现测试数据的接收与存储,测

试数据的接收与存储是数据分析的基础。

云端数据库主要包括被测设备信息表、计量标准器具信息表、传感器信息表、测试计划与控制表和被测数据表 5 部分。具体数据库设计信息见表 2，各数据表之关系如图 7 所示。

表 2 数据信息

表	字段
被测设备信息	被测设备 ID(自增 ID)，被测设备名称，客户名称，客户地址，客户所属行业，设备型号，生产厂商，出厂日期，推荐有效期，备注
计量标准器具信息	计量标准器具 ID(自增 ID)，计量标准器具名称，型号，序列号，生产厂商，使用人(邮箱)，证书编号，技术指标，有效日期，状态(占用 or 空闲)，校准机构，传感器 ID，备注
传感器信息	传感器 ID(自增 ID)，传感器类型，传感器型号，传感器编号，生产厂商，证书编号，有效日期，校准机构，技术指标，备注
测试计划与控制	测试计划 ID(自增 ID)，被测设备 ID，计量标准器具 ID，依据技术文件，环境温度，环境湿度，校准测量地址，采样周期，采样数量，开始时间，温度传感器数量，湿度传感器数量，测量温度，测量湿度
被测数据	编号 ID(自增 ID)，测试计划 ID，温度测量数据，湿度测量数据，数据时间

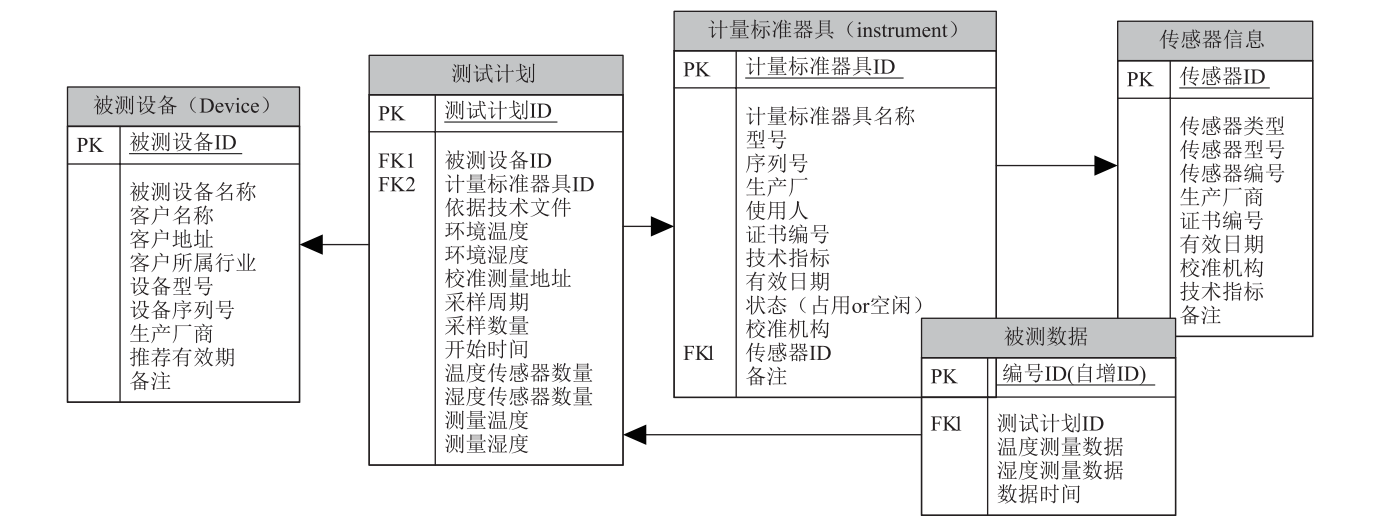


图 7 数据库表之间关系

4.3 数据分析

基于互联网的云服务，可将工业现场温湿度试验设备的计量测试数据发送至云端数据库存储，利用广泛积累的计量测试数据(包括对同设备的历史测试数据的积累，同型号设备的测试数据积累，类似型号设备的测数据的积累等)开展数据分析。分析流程如图 8 所示。

首先确定分析需求，明确分析目标；其次开展数据准备工作，进行数据抽样选择确定分析样本；然后根据分析需求选择变量，确定样本数据特征算法，开展特征算法训练，评估算法，最后应用模型至数据库

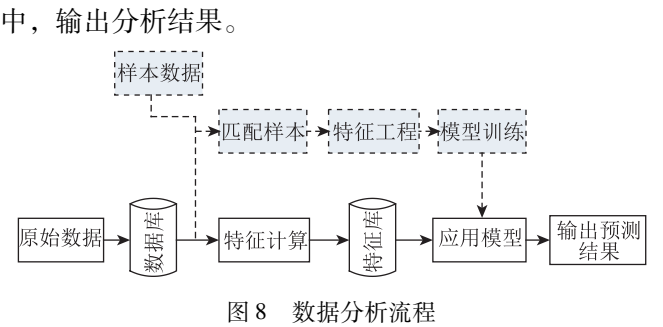
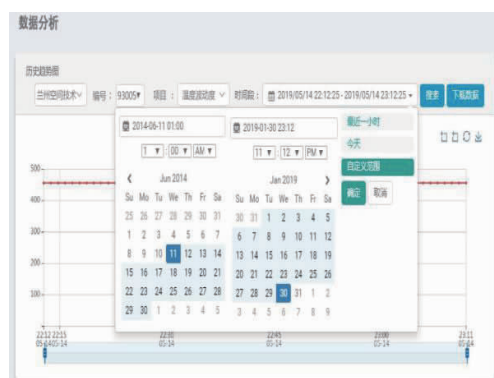


图 8 数据分析流程

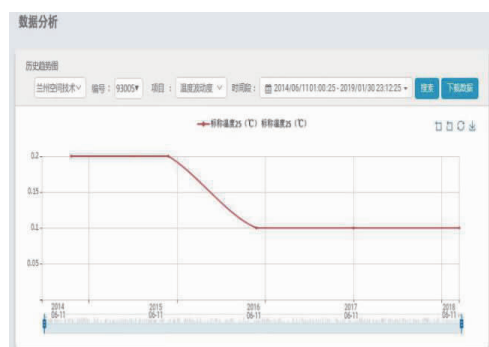
经过不同需求角度的数据整理与分析，本仪器具

备为客户提供更加精准、个性化增值服务功能的能力,如被测设备到期后微信提醒,测量数据依据客户要求分发至指定邮箱,数据定制的分析与展示等。

目前已开发了通过分析历史数据、给出被测设备的计量测试结果变化趋势图的应用模块,如图9所示。其中图9(a)为历史数据筛选界面,筛选了某单位爱斯佩克小型环境试验箱2014年6月11日至2019年1月30日期间的温度波动度的数据;图9(b)为数据显示界面,显示了该设备2014至2018年6月11日测试的温度波动度数据的变化趋势。



(a) 选取范围



(b) 结果展示

图9 历史测试结果趋势图

此外本仪器还有针对同型号被测设备测量结果进行分析比较的功能,并具有根据客户要求开发特定分析模型的功能,如分析特定型号环境试验设备应用于不同作业需求时测试结果的差异等。

5 结语

该仪器把互联网云服务与传统的计量仪器充分结合,实现了计量测试工作由现场人工操作转变为远程人工管理,提高了计量测试工作的效率;通过测量数据的深入分析,增加了传统计量测试工作的附加值。该新型计量仪器的具体特点如下:

1)效率高。计量人员通过云服务可以实现“一对多”,可由一个计量人员同时控制多台设备开展计量校准工作。

2)操作轻松。计量人员仅需要完成设备连线之后便可以离开现场,通过云服务远程操作设备,开展计量测试工作即可。这个过程实现了计量测试过程的无人值守,将计量测试工作操作变为了计量测试工作过程的管理。

3)增值服务。计量测试数据存在云端数据库,具备提供客户远程查看校准结果的能力;通过开发的数据分析算法,分析测量数据内涵,具备提供智能化增值服务的功能。

随着对环境试验的重视,大量的温湿度环境试验设备运用在汽车行业、电子行业、生物医药等行业中^[7],配套的环境试验设备的溯源工作也迅速增加,基于云服务的新型环境试验设备的计量测试仪器将有广泛的应用前景。

参 考 文 献

- [1] 陈谋义. 环境试验的重要性及环境试验设备的有关问题[J]. 环境技术, 1999(2): 7-11.
- [2] 黄创绵, 蔡汝山. 单因素方差分析方法在环境试验中的应用[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2010, 28(6): 21-26.
- [3] 高晖, 许康权. 环境试验设备温度变化性能的检测分析[J]. 电子质量, 2018(8): 78-80.
- [4] RushiGajjar. 树莓派+传感器[M]. 北京: 机械工业出版社, 2016.
- [5] 栾世奇. 大数据时代我国装备制造业转型升级研究[J]. 经济研究导刊, 2019(6): 32.
- [6] 肖坚红, 严小文, 周永真, 等. 基于数据挖掘的计量装置在线监测与智能诊断系统的设计与实现[J]. 电测与仪表, 2014, 51(14): 1-5.
- [7] 王家龙, 文胜, 龙娟. 我国环境试验设备行业自主创新成果显著[J]. 中国仪器仪表, 2016(12): 23-25.

收稿日期: 2019-06-03; 修回日期: 2019-08-28

作 者 简 介



张鹏(1985-), 男, 工程师, 硕士, 主要从事热学计量和计量自动化工作。