

无线电测试仪器自动计量软件设计与实现

谭旭 刘毅 邱田华

(中国电子科技集团公司第四十一研究所 青岛 266555)

摘要:针对目前国内无线电测试仪器自动计量软件存在的问题,基于 TestCenter 软件平台提出了“计量检定程序+用户界面”的工程化解决方案。同时,采用 XML 格式配置文件的方式解决了计量设备型号扩展问题。上述设计思路在满足 7 大类无线电测试仪器精确计量需求并为后续新型号接入预留测试接口的基础上,不仅大大提高了自动计量系统的开放性、重用性和开发效率,而且方便系统的扩展和升级。本文所设计开发的自动计量软件已经在国家多级计量站得到应用且效果显著。

关键词:无线电测试仪器;自动计量;TestCenter;型号扩展;证书

中图分类号: TN98 TP319 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.99

Design and implementation of automatic metering software for radio testing instruments

Tan Xu Liu Yi Qiu Tianhua

(The 41st Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Qingdao 266555, China)

Abstract: According to existing problems in the automatic metering software for radio testing instruments, this paper presents an engineering solution which metrological verification program and user interface were developed separately based on TestCenter. Meanwhile, the problem of model extending was solved with configuration file of XML format. The automatic metering system software built by design idea above can be used to measure 7 types of radio testing instruments accurately and can be used for new type of instrument through the spare interface, not only can increase openness, reusability and efficiency of development, but also make the system expand and update more convenient. This automatic metering system has been well applied in many metering stations of nation.

Keywords: radio testing instruments; automatic metering; TestCenter; model extending; certificate

1 引言

无线电测试仪器在使用单位中往往承担着型号研制、产品生产以及量值传递的重要任务,计量是保障其量值准确和可靠的重要手段。随着现代技术的飞速发展,自动计量测试技术以其高度的自动化、智能化受到越来越广泛的关注^[1-5]。

目前,国内尚无统一的标准化的无线电测试仪器自动化计量软件,各使用单位均采用手动或自行研制的自动计量系统和软件进行计量。国内一些计量机构针对某种类型仪器开发的自动计量软件功能单一、通用性差且价格昂贵,并不适合目前的实际工作情况和未来发展的需要。为了解决上述问题,本文利用 TestCenter 通用测试软件平台

并采用动态的软件体系结构和模块化的开发策略设计了无线电测试仪器自动计量软件,从而提高系统的通用性和扩展性、提高开发效率、降低开发成本。

2 TestCenter 功能简介

TestCenter 软件平台是一个基于插件技术的具有开放、通用、可扩展体系结构的测试系统软件平台,它为自动测试领域复杂应用系统软件的构建提供了通用技术基础框架,如图 1 所示。TestCenter 软件平台不仅支持测试程序(test program, TP)开发、测试程序执行、测试程序管理、测试资源管理等自动测试系统软件所必需的基本功能,还提供测试数据管理、测试程序发布以及二次开发等高级功能^[6-7]。

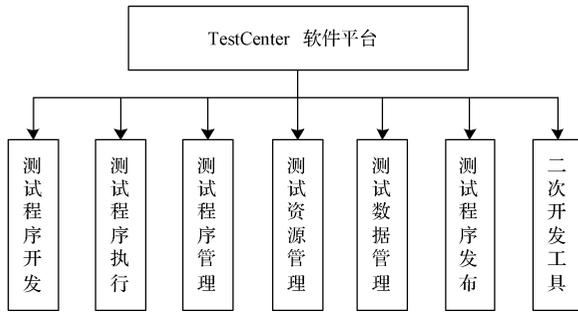


图1 TestCenter 功能示意

3 总体方案设计

自动计量软件的设计目标是兼容不同类型无线电测试仪器自动计量系统的接入并通过自带的计量检定程序完成无线电测试仪器指标的自动检定和校准,同时提供设备管理、计量报告出具、数据分析等辅助功能。因此,本文

采用了模块化和层次化的设计思想将计量检定程序与功能应用模块分离,从而提高软件编程、使用和扩展维护的效率^[8-10]。

如图2所示,本文借鉴了“测试程序+操作员界面”的平台化自动测试系统软件开发方式,将自动计量软件分为计量检定层和用户接口层。即首先采用 TestCenter 软件平台开发出自动计量检定程序,然后为计量检定程序定制相适应的用户界面。计量检定程序是指根据特定的计量检定规程实现仪器控制、数据采集、通信等功能并最终完成计量结果获取的一种计算机程序。用户界面利用 TestCenter 提供的二次开发接口完成与计量检定程序之间的数据交互。

计量检定层的核心是计量测试文件,也就是计量检定程序,由 TestCenter 测试开发环境开发得到。包含了信号发生器、频谱分析仪等一系列无线电测试仪器的自动计量检定流程。不同的计量测试文件适用于不同种类的无线电测试仪器,如信号发生器计量检定流程只用来对不同

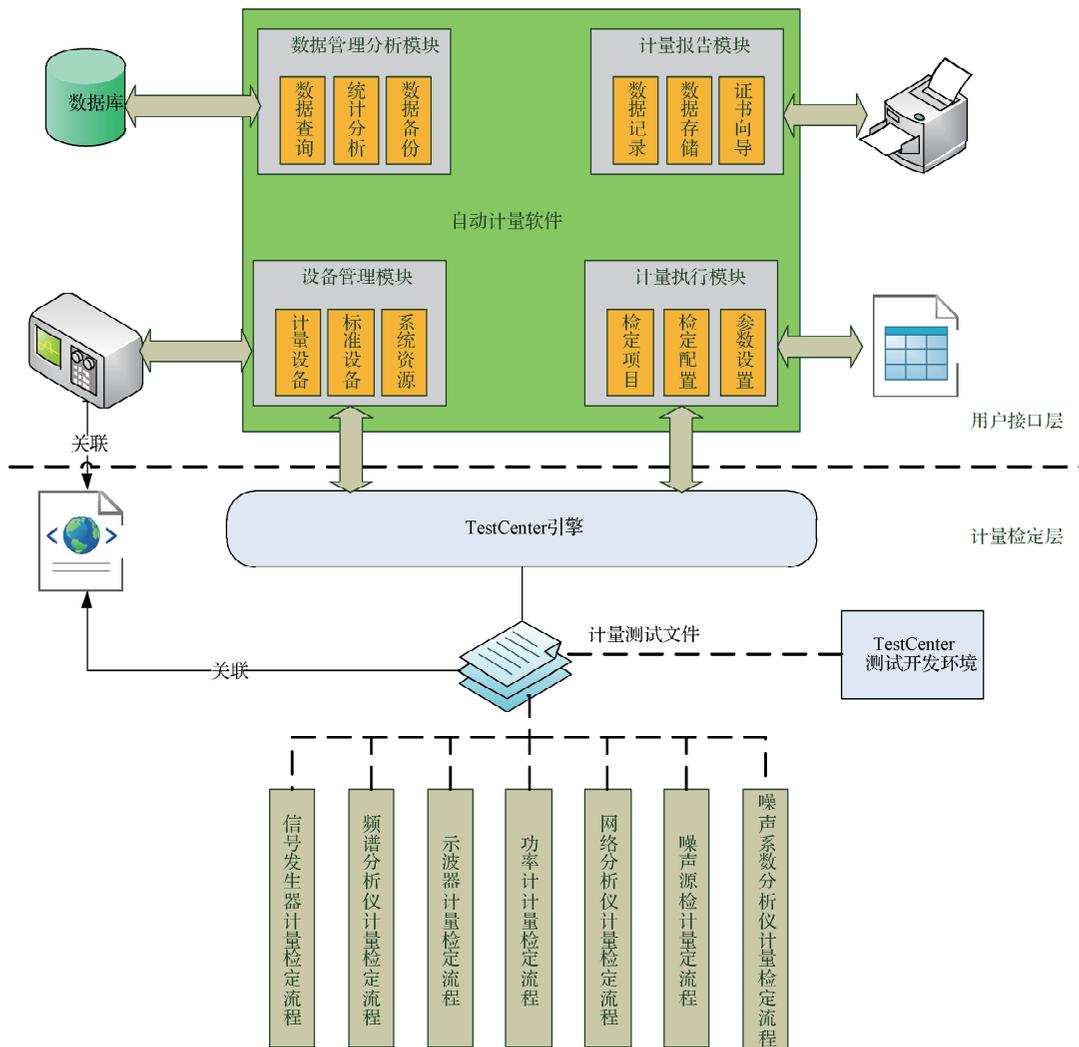


图2 自动计量软件总体方案

型号的信号发生器的性能指标进行计量检定。因此本文采用XML格式的配置文件记录计量检定程序与计量设备之间的映射关系。当用户对新扩展的计量设备进行登记时可以根据仪器类型与相应的计量测试文件建立映射关系。计量执行过程中,软件将自动读取映射关系并查找找到相应的计量检定程序,然后利用TestCenter引擎访问和执行计量检定程序,主要工作内容有:根据选定仪器的计量项目执行自动计量;自动处理检定过程中的超差点;提示检定人员干预(如切换电缆等操作);自动记录测试结果数据,并按照规定格式将其保存到测试结果数据库。

用户接口层包含设备管理、计量执行、数据管理分析和计量报告4个功能模块,具体描述如下:

1)设备管理模块主要提供计量设备的登记和信息录入、测量器具的编辑以及系统资源的管理等功能。自动计量软件支持用户通过登记的方式记录计量设备的名称、型号、编号、计量历史等基本信息以及参数文件等扩展信息。其中基本信息不仅方便证书出具也可以为数据检索提供关键词;扩展信息方便用户通过配置的方式修改计量项目参数的输入等。

2)计量执行模块主要提供计量项目的管理、计量任务执行配置和参数设置等功能。自动计量软件支持7大类无线电测试仪器的自动计量检定。用户可以根据仪器类型、生产厂家、仪器型号等综合信息筛选适合的计量检定项目,然后再根据实际需求创建新的计量任务。用户在设置出厂编号、委托方信息、检定项目信息、测试有效日期和温湿度等信息后,软件自动将上述信息保存到测试信息数据库。同时,可以对计量任务进行相应的配置,如计量重复次数、是否断点续测、参数文件路径等。

3)数据管理分析模块主要包括历史计量数据查询、数据统计分析与展示以及数据备份等功能。

4)计量报告模块主要包括原始数据记录、计量证书生成向导和自动打印以及检定和校准数据的格式化存储等功能。自动计量软件提供了原始数据自动收集功能,每次计量任务执行完成后都会将计量结果存储到数据库中。软件有专门设计的“计量数据管理系统”。在计量管理系统的数据库管理模块中配有可调整的校准、检定证书、测试报告模板,可根据需要修改,直接打印出记录有计量结果数据的校准、检定证书或测试报告。

4 自动计量流程设计

自动计量软件的核心工作流程设计如图3所示,在整个流程设计过程中需要考虑的问题包括:如何支持持续扩展的计量设备的计量;如何检测系统接入是否正常;如何处理计量执行过程中的中断;如何处理计量执行过程中的错误。下文对该流程进行详细解释。

1)用户启动软件后通过选择计量类型、仪器生产厂家、仪器型号逐步筛选出符合条件的计量项目。

2)软件自动判断是否支持该型号仪器的计量:如果支持则进入测量器具选择;如果不支持则进入软件的计量型号扩展功能,待扩展完成后重新进入主流程。

3)软件自动查询所选测量器具是否已登记详细信息:如果已登记则提示用户进行系统接入;如果未登记则进入软件的测量器具登记功能,登记完成后重新进入主流程。

4)系统即硬件平台接入后,由用户手动操作“连接测试模块”对已接入的仪器依次进行通信测试:若全部通过则读取断点日志中的断点信息;若出现连接失败的情况则用户可以通过“资源管理模块”对仪器程控地址等信息进行调整后继续进行测试,如无法解决问题则此次计量任务结束,若测试通过则进入主流程。

5)软件根据断点信息判断上次计量任务是否被中断并提示用户是否进行断点续测:如果用户选择“是”则由断点处继续执行上一次计量任务;如果用户选择“否”则提示用户选择计量项目后执行新的计量任务。

6)计量任务执行期间若发生错误则进行错误告警并提示用户是否重新计量:如果用户选择“是”则由用户进行错误修正后重新执行计量任务;如果用户选择“否”则记录错误日志并结束此次计量任务。

7)计量任务执行期间若中途退出则记录断点信息,若正常完成则自动生成计量证书和报表。

5 扩展性设计

将具备不同测试能力的硬件平台接入到自动计量软件就构成一个典型的自动计量系统。其中硬件平台负责为计量设备搭建指标测试环境并采集数据,软件负责将人力从繁复的仪器操作和数据记录中解放出来。因此,软件与硬件平台即仪器之间的接口设计将直接影响自动计量软件的兼容性和计量能力。

计量检定过程中用到的仪器可以分为被检和标准仪器两类,其中计量检定人员所使用的标准仪器往往是固定的(一个单位使用的标准仪器不会经常变动),而被检仪器由外单位送来,变动较大,和具体的计量检定流程联系更为紧密。因此,计量仪器型号的扩展是自动计量软件的重点和关键功能。

在实际计量过程中发现,虽然目前无线电测试仪器的IVI(可互换虚拟仪器)驱动技术和SCPI(可编程仪器标准命令)技术已经比较成熟,但是往往不同厂商生产的同种类型的仪器在程控方面仍然存在不完全兼容的问题。因此,本软件采取的策略是首先利用TestCenter开发出某种类型无线电测试仪器的计量检定流程模板,然后针对不同生产厂家采用“IVI+SCPI”的方式修改模板形成相应的计量检定程序。同时,为了使得用户在使用自动计量软件的过程中不必关注计量仪器与计量检定程序之间的对应关系,本文为自动计量软件设计了XML格式的配置文件用以满足计量设备信息的存储和动态扩展。自动计量软

件配置文件继承了 XML 跨平台、易解析、可扩展的优点^[11]。

如图 4 所示,配置文件以仪器类型为根节点,“仪器类型”节点下包括“标准仪器”和“仪器厂商”两类节点,其中“标准仪器”节点及其子节点用以保存计量该类型仪器所使用的标准仪器信息,“仪器厂商”节点保存相应的计

量检定程序信息并且以子节点的形式记录支持的计量仪器型号。一方面,自动计量软件通过读取配置文件记录信息为用户提供自动计量向导;另一方面,用户可以通过自动计量软件编辑配置文件,为仪器型号的扩展提供支持。

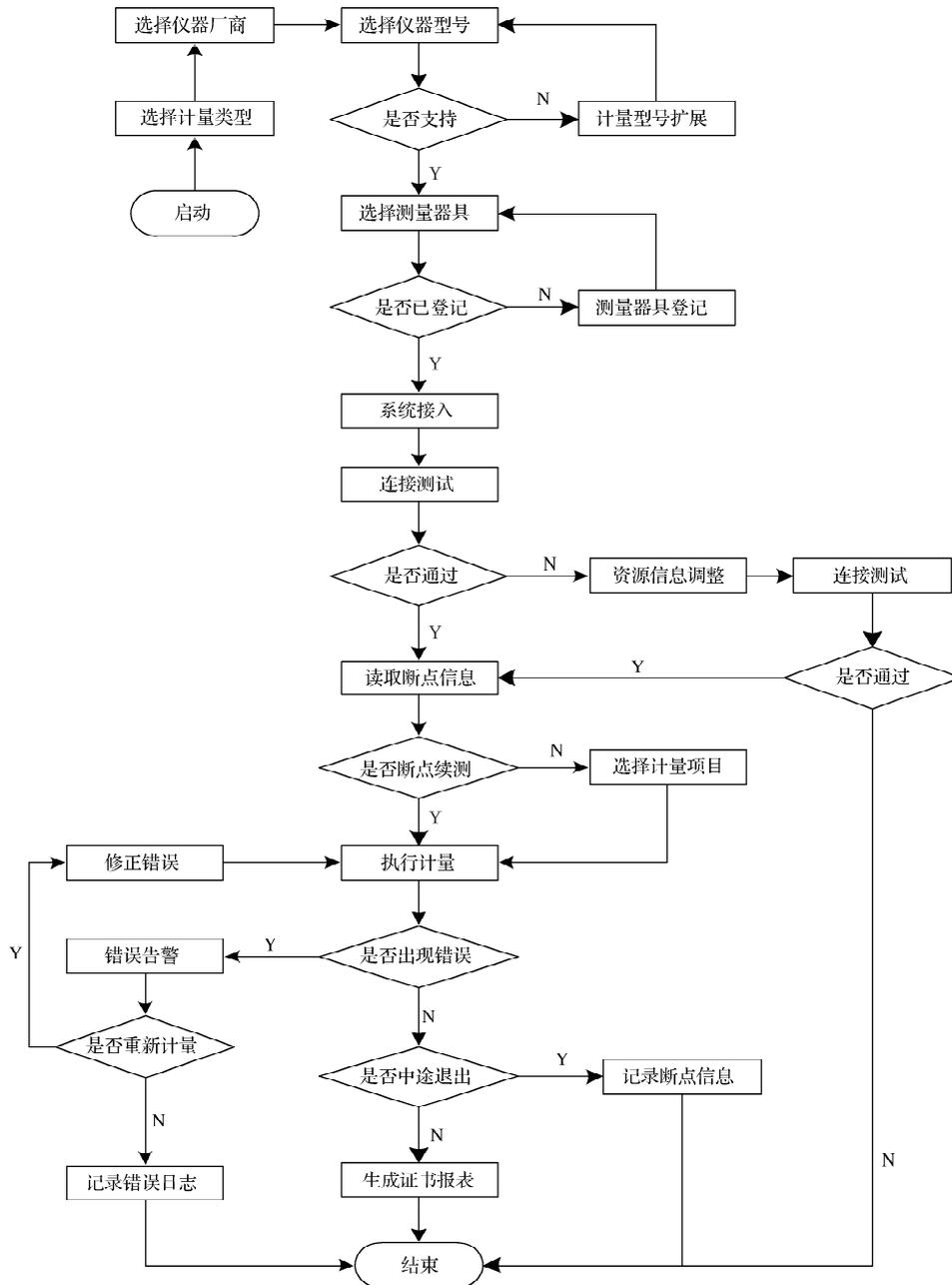


图 3 自动计量工作流程

6 数据库设计

数据库是测试软件中常用的技术,一般测试软件的数据量较大,利用数据库存储数据是十分必要的。数据库在

本软件中的地位是十分重要的,它起到连接软件各模块的作用,使整个软件数据流的起点和终点连成一个整体^[12]。根据计量测试软件的特点,整个软件分为设备管理模块、计量执行模块、数据管理分析模块和计量报告模块。这些

```

<InstrCategory name="信号发生器" tcProjectFilePath="ActionFiles\信号发生器\信号发生器自动计量系统.tcproj" c
<CallInstruments>
<CallInstrument name="频谱分析仪" model="E4447A" serialNumber="MY50180011" certificateNumber="GFJGJL1002
<CallInstrument name="功率计" model="N1912A" serialNumber="MY50000270" certificateNumber="RPM201503382"
<CallInstrument name="功率探头" model="N5532A-550" serialNumber="MY46430599" certificateNumber="RPM20150
<CallInstrument name="功率探头" model="N5532A-504" serialNumber="MY46430604" certificateNumber="RPM20150
</CallInstruments>
<InstrManufacturers>
<InstrManufacturer name="安捷伦科技有限公司" actionFilePath="Ag系列.tcact">
</InstrManufacturer>
<InstrManufacturer name="中电科仪器仪表公司" actionFilePath="AV系列.tcact">
</InstrManufacturer>
<InstrModels>
<InstrModel name="AV1464A" paramTemplFile="ActionFiles\信号发生器\参数\AV1464A.xlsx" />
<InstrModel name="AV1487B" paramTemplFile="ActionFiles\信号发生器\参数\AV1487B.xlsx" />
<InstrModel name="AV1443" paramTemplFile="ActionFiles\信号发生器\参数\SigGenParameters.xlsx" />
<InstrModel name="AV1461" paramTemplFile="ActionFiles\信号发生器\参数\SigGenParameters.xlsx" />
<InstrModel name="AV1463" paramTemplFile="ActionFiles\信号发生器\参数\SigGenParameters.xlsx" />
<InstrModel name="AV1464B" paramTemplFile="ActionFiles\信号发生器\参数\SigGenParameters.xlsx" />
</InstrModels>
</InstrManufacturer>
</InstrManufacturers>
</InstrCategory>
    
```

图4 软件配置文件

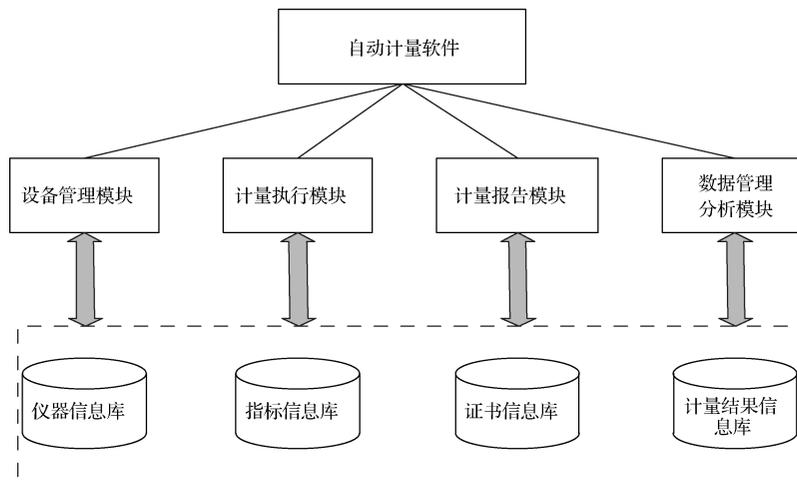


图5 自动计量软件数据库设计

模块都要与数据库进行交互,数据库在软件中的地位如图5所示,本文设计了仪器信息库、指标信息库、证书信息库和计量结果信息库共4个子库用来存储和流转自动计量软件的业务数据。

1)仪器信息库主要实现仪器基本信息的数据输入和规范化管理,它主要收集仪器名称、型号、编号、选件及客户名称、地址等信息。用户可以通过设备管理模块查阅并修改上述信息,同时其他模块也将会引用其中的部分信息。

2)指标信息库主要用于存储各类计量设备的指标范围。从整个控制系统来说,该模块中管理的信息将直接指导控制计量检定程序的执行过程,为测试结果的判断提供依据。

3)证书信息库作为信息载体,主要完成证书信息的录入和规范化管理。它主要收集证书编号,仪器基本信息,计量检定用的测量标准,检定规程,温度湿度等相关信息。为自动生成计量证书提供必要信息。

4)计量结果信息库的作用是存储各个测试项目的测试结果,每次计量任务执行完成之后软件都会自动收集测

试结果信息并存储到计量结果信息库中。计量结果信息库为计量报告模块和数据管理模块提供原始数据。

7 计量证书自动生成

自动生成计量证书是计量测试结果数据处理不可或缺的一环^[13]。计量任务执行结束后,软件自动将测试结果信息和证书信息按照一定的结构和格式存储到相应的数据库中成为计量证书的数据来源。本软件的证书生成模块提供了基于Word模板的3种形式的证书输出:原始记录、检定证书和校准证书。

文档的自动化处理是目前自动化测试的一大难题。在文档内容填充过程中由程序来控制 and 把握Word文档页面的布局和总体效果,因此需要严格控制好信息的填充位置并能够自动排版,否则会使整个文档模板被完全改动,导致填充失败。这也是多数自动化测试系统亟待解决的难题。

为了解决上述问题,本软件根据固化程度将计量证书填充信息分为3类并采取不同的技术方案:

1)第一类为计量设备信息。这类信息通常被填写在

证书中固定的表格,在编程时只需将数据库中的数据填充到相应编号的表格里即可;

2)第二类为客户名称、校准/检定时间、温湿度等计量信息。这类信息需要动态填充到证书中的不同位置,因此无法用表格进行统一控制。对于这种情况,本软件采用了替换书签的方法,即在制作证书模板时需要在需要填写计量信息的地方插入书签,并设定书签的长度。相应信息填写到相应名称书签的位置上,同时又不受信息长度变化的影响;

3)第三类为计量测试结果信息。这类信息的不确定性最大,一是具体测试指标项目未知,二是测试结果类型未知,三是测试结果维度未知。对于这种情况,本软件采用了动态生成表格的方法,即通过计算的方式确定表格的个数、位置、大小以及表头,从而动态的创建适应数据源的表格。

计量证书自动生成的流程如图6所示。其中数据源通过计量设备编号等关键词由数据库中查询得到;模板文件路径通过软件配置文件中计量仪器类型与证书模板文件之间的映射读取得到;后续克隆模板、生成新文件以及数据的填充均通过调用 Word 提供的 API 来实现。

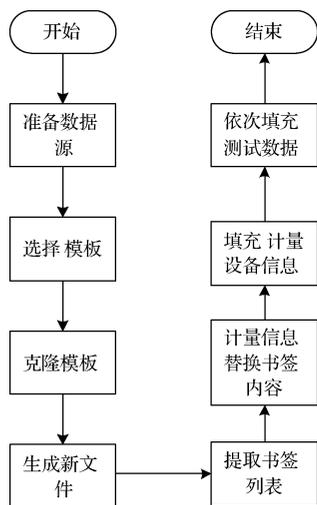


图6 计量证书自动生成流程

8 应用与验证

目前,本文所设计开发的自动计量软件已经在国家多级计量站得到很好的应用,大大提高了工作质量和工作效率。无线电测试仪器自动计量软件一经投入使用,就显示出了其突出的优点:

1)提高了工作效率。以频谱分析仪为例,手动检定平均需要2~3个工作日,而自动化检定只需要2~3个小时。

2)提高了计量精度。在软件设计中成功的加入了测试结果异常值剔除、允许多次测量求平均值等数据

处理方法,使测量的数据更加精确^[14]。同时,本软件通过操作数据库和 Word,实现了自动出具符合 GJB2725 的计量证书的功能,消除了手动输入造成错误的可能性。

3)人性化的软件操作。该软件允许操作人员自由选择计量检定项目,并按照选定的项目创建计量任务并自动实施。软件还为每一个计量检定项目提供了仪器连接框图,大大降低了因涉及仪器多、连线复杂而导致的连接出错的可能性。

如图7~9所示为自动计量软件的执行效果截图。



图7 软件主界面



图8 自动计量向导

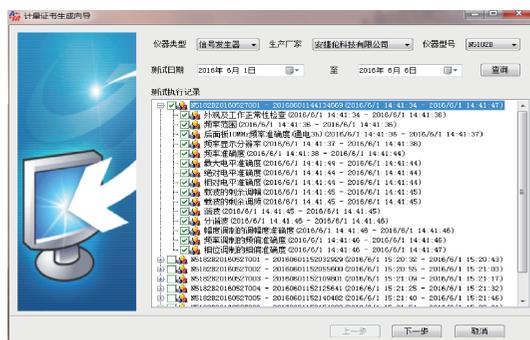


图9 计量证书生成向导

9 结 论

本文所述自动计量软件基本上实现了兼容常见接口、软件本身与具体仪器资源无关以及随时支持新型号仪器计量扩展的设计目标。用户可以根据自己实际的需求选择计量检定的项目、编辑并导入计量检定参数(测试点)、查询测试结果并生成证书。自动计量软件具有很好的通用性和健壮性,同时进一步增强了计量测试的综合化、智能化,适用于我国各级计量检测部门。

参 考 文 献

- [1] 杨忠,楼红英,吴本云. 信号发生器自动检定系统[J]. 信息化研究,2010,36(12):51-55.
- [2] 张军,耿斌,雷正伟,等. 某型计量检定车的设计与实现[J]. 现代科学仪器,2013(4):122-125.
- [3] 罗艳丽. 频谱分析仪幅度自动校准系统软件设计与实现[D]. 成都:电子科技大学,2013.
- [4] 陈晓锋,袁蓉. 多型号高精度数字多用表检定系统设计及实现[J]. 电子测量技术,2015,38(9):10-12,39.
- [5] 史永彬,于蒙,李迪. 示波器测量脉冲信号测量结果的不确定度分析与评定[J]. 国外电子测量技术,2016,35(3):50-53.
- [6] 谭旭,方鹏,刘毅. 基于 TestCenter 的航电设备 ATS 软件设计与实现[J]. 仪器仪表学报,2015,36(12):216-221.
- [7] 宋斌,方葛丰,刘毅. 自动测试系统软件平台 TestCenter 体系结构设计与分析[J]. 测控技术,2013,

32(8):115-118,122.

- [8] 吴信永,宋东,刘飞. 基于构件技术的通用 ATS 框架设计[J]. 计算机测量与控制,2008,16(2):141-143.
- [9] 蔡福喜,黄大贵. 基于模块化设计思想的测控系统框架设计[J]. 测控技术,2009,28(1):55-57.
- [10] 赵颖,孙群,孟晓风,等. 基于组件技术的自动测试系统通用软件体系[J]. 计算机工程与设计,2008,29(4):1028-1030.
- [11] 吴亮,冯玉光,奚文骏,等. 测试描述标准在测试系统软件平台中的应用研究[J]. 国外电子测量技术,2011,30(1):58-60,69.
- [12] 李荣国,王见. MySQL 数据库在自动测试系统中的应用[J]. 计算机应用,2011,31(2):169-171,175.
- [13] 陈宁,陆阳,陈明. 计量检定证书自动生成系统的设计与实现[J]. 计量技术,2013(5):65-69.
- [14] 韩江洪,王景华,徐娟,等. 具有误差处理功能的动平衡标定方法研究[J]. 仪器仪表学报,2013,34(7):1454-1461.

作 者 简 介

谭旭,1987 年出生,工学硕士,工程师,主要研究方向为自动测试系统、仪器与测试技术等。

E-mail:wstanxu@126.com.

刘毅,1980 年出生,高级工程师,主要研究方向为自动测试技术。

邱田华,1984 年出生,工程师,主要研究方向为自动测试技术。