

# 基于 ATML 的 ATS 软件平台的研究与实现

于雅丽, 齐同斌

(凯迈(洛阳)测控有限公司, 河南 洛阳 471000)

**摘要:** 为了实现测试程序和测试资源可互换, 以及被测对象、测试数据(测试结果和诊断信息)在不同系统之间可互换, 采用了基于 ATML 标准的方法进行 ATS 软件平台的研究与实现; 对 ATML 标准进行了详细的研究和分析, 在此基础上给出了 ATML 标准的详细描述; 采用 XML 等相关技术实现了一种基于 ATML 标准的 ATS 软件平台; 经实际应用, 该软件平台的研究实现大大缩短了测试程序的开发周期, 降低了开发成本, 能够满足复杂多变的测试需求, 并且能够跟上不断增长的技术要求; 对该软件平台进行硬件扩展及软件扩展便可完成多种不同 UUT 的测试任务; 该软件平台的开发可以有效地解决维修保障领域故障诊断效率低、测试费用高、测试信息交换不畅等众多问题。

**关键词:** ATML; ATS; 软件平台

## Research and Realization of ATS Software Platform Based on ATML

Yu Yali, Qi Tongbin

(Kaimai (Luoyang) Measurement and Control Co., Ltd, Luoyang 471000, China)

**Abstract:** In order to realize the interchangeability of test program and test resource, and the interchangeability of test object and test data (test results and diagnostic information) among different systems, ATS software platform is studied and implemented based on ATML standard. The ATML standard is studied and analyzed in detail. On this basis, the ATML standard is described in detail. An ATS software platform based on ATML standard is implemented by using XML and other related technologies. Through practical application, the research and implementation of the software platform greatly shortens the development cycle of the test program, reduces the development cost, meets the complex and changeable test requirements, and can keep up with the growing technical requirements. The hardware expansion and software expansion of the software platform can accomplish a variety of different UUT testing tasks. The development of the software platform can effectively solve many interesting keywords in the field of maintenance and support, such as low fault diagnosis efficiency, high test cost, poor exchange of test information and so on.

**Keywords:** ATML; ATS; software platform

## 0 引言

随着通用自动化测试技术的广泛应用, 发现原有技术在程序可移植性和互操作性方面表现不佳。而新一代自动测试系统(ATS, automatic test system)体系结构的核心是信息的共享和交互。因此, 一个标准化的软件平台成为新一代自动测试系统的重要内容和核心内容。

ATML 标准是美国国防部提出的自动测试系统技术框架的一部分, 该框架的目标是建立一种测试信息交换的工业化标准。这种标准规定了易于人机理解的测试信息交换格式, 允许了测试程序和测试资源的可互换。其中还包含了被测对象、测试数据等在不同系统之间的可互换性, 同时具有较好的可扩展性<sup>[1-3]</sup>。

本文基于 ATML 标准, 运用 XML 等易于人机理解的测试信息交换格式, 实现了基于 ATML 标准的 ATS 软件平台。实现了测试程序和测试资源的可互换, 以及被测对象、测试数据在不同系统之间可互换。该软件平台的研究和实现能够大大地缩短测试程序的开发周期, 降低人力成

本和开发成本, 能够快速适应复杂多变的测试需求, 并且能够跟上不断增长的技术要求。对该软件平台进行硬件扩展及软件扩展便可完成多种不同 UUT 的测试任务。该软件平台的开发可以有效地解决维修保障领域故障诊断效率低、测试费用高、测试信息交换不畅等众多问题。

## 1 ATML 标准

ATML 标准包含了 IEEE1641 信号和测试定义标准和 IEEE1671 基于 XML 的自动测试设备和信息交换的自动测试标记语言标准, 是实现 ATE (ATE, automatic test equipment) 测试程序可移植性和互操作性的重要标准<sup>[4]</sup>。

ATML 标准规定了一种信息交换格式, 这种信息交换格式是基于 XML 标准的<sup>[5]</sup>。其中包含了测试配置、测试描述、适配器、测试站、仪器描述、UUT 描述和测试结果描述等 ATS 所需信息。它以 XML 文件格式为交换媒介, 将以上列举的各种测试所需信息进行格式化定义。这种表达方式有助于测试信息的传达、共享和重用<sup>[6]</sup>。该标准可以提高 ATS 软件的通用性和开放性, 以及 ATS 软件与硬件的无关性, 该 ATML 标准的体系结构图如图 1 所示。

由图 1 可以看出 ATML 标准采用 XML 作为文件表达方式, 使 ATS 的各种测试信息进行标准化表示。从图中可以看出, ATML 标准包含两部分内容 1641 (信号测试定义和信号

收稿日期: 2019-06-01; 修回日期: 2019-06-26。

作者简介: 于雅丽(1982-), 女, 河南洛阳人, 硕士, 高级工程师, 主要从事测控软件技术方向的研究。

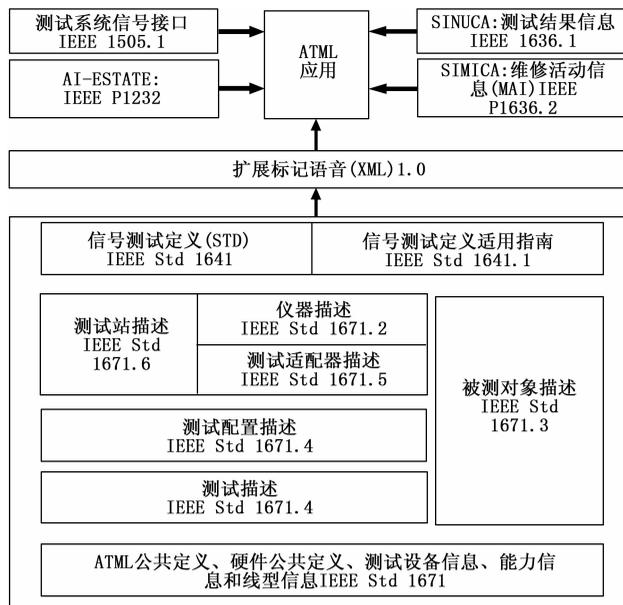


图 1 ATML 标准体系结构图

测试定义使用指南)、1671 (ATML 公共定义、硬件公共定义、测试设备信息、能力信息和线型信息等) 和 1636 (测试结果信息和维修活动信息) 等。1671 还包含了 6 个子标准, 分别为 1671.1 (测试描述)、1671.2 (仪器描述)、1671.3 (被测对象描述)、1671.4 (测试配置描述)、1671.5 (测试适配器描述)、1671.6 (测试站描述)<sup>[7]</sup>。这些标准中还包含了 XML 模式等信息, XML 模式用来描述 ATML 的框架。所有符合 ATML 标准提供的 XML 模式的描述均能够被 ATML 测试环境下的软件工具存取和处理。ATML 标准提供了所有这些组件的 XML 模式, 程序开发人员在这些 XML 模式的基础上能够生成 XML 描述文件<sup>[8-9]</sup>。

IEEE1641 包含了两方面内容信号定义和测试定义。信号定义是用来描述信号组件属性。信号库主要包含基本信号组件 (basic signal component, BSC) 和测试信号框架 (test signal framework, TSF)。TSF 可以对更加复杂的信号进行定义, 包含了信号的可编程接口, 程序员可以根据测试特性对已有的 BSC 和 TSF 进行操作建立新的复杂的信号<sup>[10]</sup>。测试定义规定了测试流程中涉及的所有信号测试相关信息。他在 Action 实体中通过操作和一定流程的操作的组合来确定测试方法。ATML 定义了信号操作、流程操作、数据操作等操作, ATML 定义了 Setup、Reset、Read、Compare、Connect、Disconnect、MessageOut 和 Waitfor 等 8 个操作, 不同的测试方式采用不同的操作组合, 平台开发中也可以对操作进行扩展<sup>[3]</sup>。

## 2 基于 ATML 的 ATS 软件平台

经过分析 ATML 标准是基于信号的测试标准, 一个完整的测试程序开发要涉及到整个信号通路的描述, 其中依次需要完成信号定义、仪器描述 (InstrumentDescription)、工作站描述 (TestStationDescription)、适配器描述 (TestAdapterDescription)、UUT 描述 (UUTDescription)。在此基础上

按照测试流程组成的信号操作的集合组成了测试描述 (TestDescription)。测试配置 (TestConfiguration) 和测试结果描述 (TestResult) 分别负责了测试配置和测试结果的描述准则。该平台在此分析的基础上增加了电缆描述 (Cable-Description) 扩展, 作为信号通路中的一个重要环节。

### 2.1 软件平台结构

本文研究一种基于 ATML 的软件平台, 该软件平台为测试软件开发人员提供一种测试软件的开发环境, 该开发环境完全实现了面向信号的测试程序开发, 为开发人员提供一种图形化的软件开发界面, 软件平台可以将开发人员的输入转换为符合 ATML 标准的 XML 文件格式代码。软件平台提供 XML 解析功能, 通过对各个生成的描述文件进行匹配、转换等工作实现对测试仪器的控制, 自动匹配测试通路完成 UUT 的测试。通过对软件平台的功能进行分析和研究, 获取软件平台结构如图 2 所示。

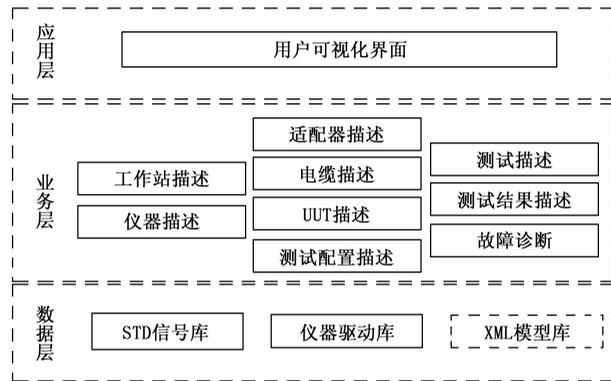


图 2 软件平台架构

其中, 用户可视化界面为用户提供了一系列风格一致操作简便的可视化界面, 测试程序集 TPS (Test Program Sets) 开发人员可以根据测试需求对可视化界面进行操作, 编辑与测试相关的业务层描述文件, 包含了工作站描述、仪器描述、适配器描述、电缆描述、UUT 描述、测试配置描述、测试描述、测试结果描述、故障诊断等信息。

ATML 标准是一种面向信号的标准, 在 1641 标准中提供了标准现有的 STD 信号库, 包括 BSC、TSF 等库, 标准同时指出该信号并未覆盖测试所需的所有信号, 因此, 该软件平台为用户提供信号库的编辑接口, TPS 开发人员可以根据测试需要在原有信号库的基础上进行信号扩展。

特定 UUT 的测试采用平台加专用测试程序的方法实现, 形成专用测试系统。平台描述和专用测试程序描述均符合 ATML 标准, 将平台和专用测试程序的 XML 文件导出后可以在其它基于 ATML 标准的系统上进行移植。若采用同一硬件平台进行不同 UUT 的测试, 仅需要重新编制专用测试程序即可。

### 2.2 软件平台实现

经过对软件平台需求和结构的分析, 将软件平台分为 3 个独立的程序, 3 个程序分别对不同的描述信息进行编辑, 3 个程序分为软件管理平台、软件开发平台及软件运行平

台,平台结构如图 3 所示。

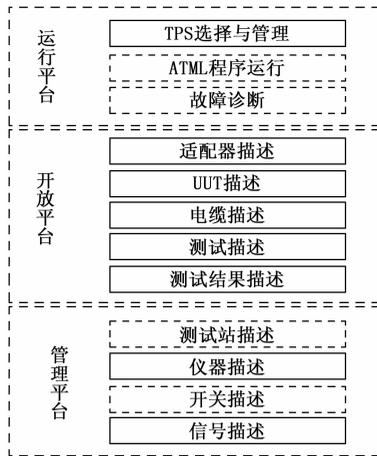


图 3 平台结构图

由图 3 可以看出,对 TPS 的开发也是基于通用资源+专用资源的方式开展软件设计工作的,平台负责将开发人员对图形化界面的设置转换成对应的 XML 文件,在运行平台中进行解析、调用、编译、运行。

### 2.2.1 软件管理平台

软件管理平台是构成 ATML 软件平台的重要组成部分之一,用于完成信号类型的查询与扩展、测试站管理、测试仪器描述、开关矩阵描述、仪器驱动程序开发、用户管理系统维护和开发工作。

测试站描述提供测试站基本信息、接口信息、测试资源和连线信息的管理功能;测试仪器/开关矩阵描述提供对测试仪器和开关矩阵的建模功能,完成连接器、端口、资源、信号能力和开关能力的映射,根据测试仪器/开关矩阵的仪器描述文档自动生成面向信号的仪器驱动程序框架,用户基于该框架完成驱动程序的开发;信号描述提供了信号类型查询与扩展工具,用于查询、查看本系统支持的信号类型和信号参数。用户管理提供用户和用户权限的管理功能,根据用户类型设置不同的用户权限。

ATS 管理平台的组成结构和模块间的相互关系如图 4 所示,其中 ATS 工程是管理平台的直接工作对象,各个功能模块独立地实现各自的功能,最终以“主框架+插件”的模式集成到平台中,提高了平台的可维护性和扩展性。所有的功能模块都能够生成满足标准的 ATML 描述文档,也支持从这些 ATML 文档中创建一个描述项目,能够方便地在不同 ATS 间互换测试信息。

### 2.2.2 软件开发平台

软件开发平台是构成 ATML 软件平台的基础平台,是进行被测对象(UUT)描述、测试描述、TP 开发和调试的继承环境,平台以符合 IEEE ATML 系统标准为目标,采用面向信号的测试需求描述方法,可实现 TPS 的测试资源无关性,使其能在不同自动测试系统平台上相互移植和重用,提高了资源的利用效率和测试程序的开发效率,降低了 UUT 的测试成本。

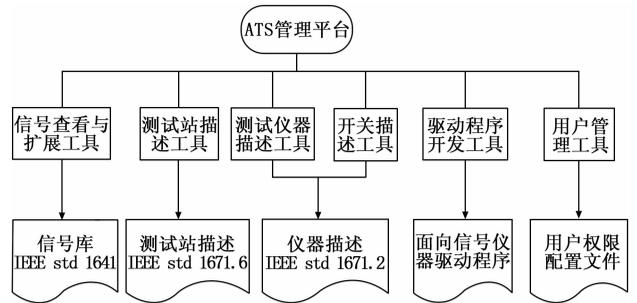


图 4 ATS 管理平台

开发平台主要提供了 UUT 描述、测试描述、适配器描述、电缆描述、诊断模型描述等功能。UUT 描述描述一个 UUT 的标识信息、硬件识别信息、接口信息等与实际测试紧密相关的内容。测试描述描述一个具体的可执行的测试过程,包括测试项目的定义、具体信号操作细节、测试流程的组织,以及与测试控制相关的全局和局部变量或参数、测试结果等,是构成 TPS 测试需求的核心部分;适配器描述描述与当前 UUT 测试相关的适配器信息,主要包括接口上引脚定义信息,同时支持适配器内部测试资源的描述。电缆描述与适配器描述相似,描述将 UUT 接口与适配器接口对接的连线信息,支持多根电缆的描述。诊断模型描述,基于依赖矩阵(D-矩阵)诊断模型,提供一个方便、友好的用户界面,编辑故障与测试、测试与测试的关联关系,支持故障的在线和离线诊断。

开发平台的组成结构和模块间的相互关系如图 5 所示。其中:TPS 工程是 TPS 开发平台的直接工作对象,是具体项目的容器。一个 TPS 工程可以包括一个或多个具体项目。用户可以方便的开发、编辑任一个具体项目。各个功能模块独立地实现各自的功能,最终以“主框架+插件”的模式集成到平台中,提高了平台的可维护性和可扩展性

所有的功能模块都能够生成满足标准的 ATML 描述文档,也支持从这些 ATML 文档中创建一个描述项目,能够方便地在不同 ATS 间互换操作信息。

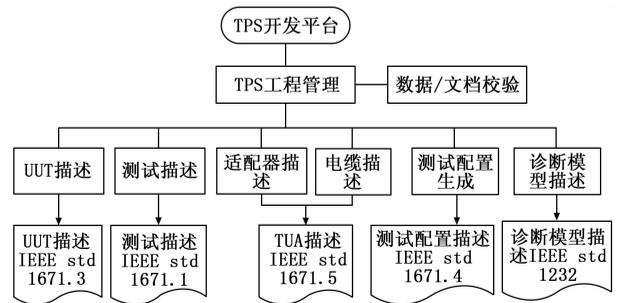


图 5 TPS 开发平台

### 2.2.3 软件运行平台

软件运行平台是构成软件平台的最终人机交互接口,测试程序集运行平台提供 TPS 的运行管理和运行时服务功能,包括运行环境管理、TPS 安装和卸载、运行时资源管理、测试结果管理、故障诊断推理等功能。

运行平台主要提供了运行环境管理、TPS 运行控制、

ATML 测试程序调试、测试结果管理、故障诊断等功能。运行环境管理主要实现 TPS 的安装、卸载和更新, 选择并运行 TPS。根据 TPS 的类型自动调用运行环境引擎进行测试。TPS 运行控制根据 TPS 的测试配置信息, 调用相应的运行环境引擎, 完成测试任务。支持 TPS 运行过程中的暂停、继续、停止运行等控制。显示有意义的测试过程信息, 如当前步骤、实时测试结果、仪器资源状态等。ATML 测试程序调试支持断电的设置、取消。调试状态下程序的单步执行、继续执行和停止运行。调试过程中能够方便的查看内部变量的值, 并且支持对标数值的动态修改。测试结果管理对测试结果按 UUT 及其所属的专业和机构有条理的管理, 可以查看一条测试结果项的索引信息, 也可通过 Excel 插件打开测试结果文件, 查看详细信息, 并可根据自定义个模板格式对结果进行打印。故障诊断根据已有的测试结果和事先在 TPS 开发平台中编辑的诊断模型, 对 UUT 进行故障诊断。

TPS 运行平台的组成结构和模块间的相互关系如图 6 所示, 其中: 运行环境管理器根据特定的 TPS 自动调用 ATML 运行引擎。ATML 运行引擎主要由低层的运行时资源管理器支持, 该管理器进一步向下调用面向信号的一起驱动程序。测试过程中产生的结果将以符合 IEEE std 1636.1 的格式保存, 在此基础上诊断推理机可以根据已有的诊断模型实现 UUT 的故障诊断。

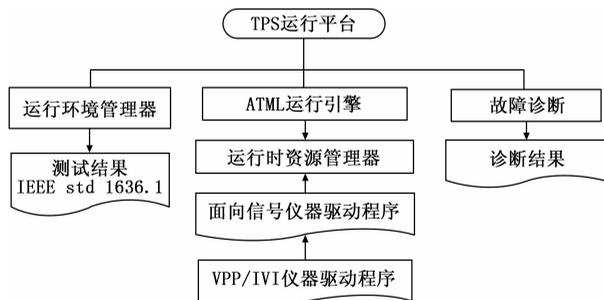


图 6 TPS 运行平台

### 3 基于 ATML 的 ATS 软件平台的应用

基于以上设计思路, 在 ATML 标准的基础上自主研发了基于 ATML 的 ATS 软件平台。通过持续进行 ATML 标准适用性迭代分析, 掌握了其体系架构、信号定义方法和开发运行流程, 实现了该平台在某型机载武器测试中的实际应用, 其中包含了硬件平台全面自检、该型机载武器适配器自检、该型机载武器测试等功能的 TPS。

在运用过程中, 开发人员根据需要在管理平台扩展定义了若干路新的信号描述, 之后在管理平台上进行了与硬件平台资源相对应的仪器描述和开关描述, 开发人员利用平台生成的驱动程序框架编写了仪器驱动, 仪器驱动完成了信号操作到仪器操作的映射, 真正实现了面向信号的测试。开发人员将仪器加载入测试站同时完成了测试站端口与仪器能力的映射, 最终完成了测试站的描述。测试站描述的完成预示着通用硬件平台资源描述的完成, 基于该硬件平台的测试也就

是基于该测试站描述的测试。根据不同的测试对象搭配不同的适配器、电缆、UUT。同样, 针对不同的测试对象和测试目标, 开发人员在开发平台完成适配器描述、UUT 描述、电缆描述等专用测试程序相关的描述。最后, 开发人员根据不同的测试流程和测试需求将信号操作序列进行有机组合完成测试描述, 为了对测试数据进行标准化的描述开发人员需要进行测试结果描述并对诊断模型进行编辑。经过编译的测试描述文件加载入运行平台进行调试运行, 测试结果进行故障诊断。运行平台依序执行测试描述文件的语句, 信号通路通过对各个阶段定义的描述文件 (XML 文件) 进行编译、解析获得, 仪器操作通过对驱动程序的调用完成。真正达到面向信号的测试目的。测试程序集最终是一个 XML 文件的集合, 对于其他基于 ATML 标准定义的软件平台具有很好的可移植性, 这种移植可以简单的考虑为 XML 文件的移植, 独立于程序开发语言。

### 4 结束语

该平台在应用过程中, 人机界面友好, 运行稳定可靠。从论述和实际应用中都不难看出在该平台中构建的 ATS, 可以真正实现测试程序与实际测量仪器的无关性, 使得硬件可互换性得到了根本解决。所有的描述文件都是生成 ATML 文件形式后被运行引擎解析调用的, 这就使得 ATS 的通用性、可移植性得到了根本的提高。

综上所述, 该基于 ATML 的 ATS 软件平台有效的解决了维修保障领域故障诊断效率低、测试费用高、测试信息交换不畅等众多问题。

#### 参考文献:

- [1] IEEE Std 1671 — 2010, IEEE Standard for Automatic Test Markup Language (ATML) for Exchanging Automatic Test Equipment and Test Information via XML [S]. 2011 - 7.
- [2] Taylor R. Implementing the ATML test station and test adapter standards [A]. IEEE AUTOTESTCON Proceedings [C]. 2010.
- [3] IEEE Std 1641™ — 2004, IEEE Standard for Signal and Test Definition [S]. Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, USA. 2005, 25 (3).
- [4] 钱 锋, 孟 晨. 面向信号的 ATS 软件体系结构研究 [J]. 仪表技术, 2009 (3): 56 - 58.
- [5] 夏明飞, 薄煜明. 基于 STD 标准的 ATS 软件平台 [J]. 计算机工程, 2010 (6): 73 - 76.
- [6] 陈 波, 孔凡立, 牟 弘. 基于 STD 和 ATML 标准的面向信号软件 [J]. 测控技术, 2018, 37 (6): 43 - 46.
- [7] 杨占才, 王 红, 范利花, 等. 基于 ATML 标准的 ATS 软件建模技术 [J]. 航空科学基金, 2013, 3: 72 - 75.
- [8] 刘 昕. 基于 ATML/STD 标准的通用导弹测试软件平台开发 [J]. 国外电子测量技术, 2015, 34 (9): 1 - 8.
- [9] 路 辉. 自动测试系统测试描述语言 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [10] 严 乐, 司 斌, 张从霞, 等. 基于 ATML 标准的空空导弹 ATS 标准化描述 [J]. 测控技术, 2016, 35 (2): 152 - 156.