

智能助手系统在 ATE 中的应用

胡志伟, 闻 化

(空军装备部驻北京地区第二军事代表室, 北京 100007)

摘要: 自动测试技术广泛应用于国防领域中, 可以快速诊断出被测单元的故障信息并准确定位; 在测试被测单元之前, 首先要进行系统自检保证测试不会出现错误; ATE 智能助手的提出, 可用于实时监测 ATE 各模块工作状态, 其中视频监控器用于实现对 ATE 工作状态的实时监控; 电子标签阅读器用于读取所监测的 ATE 的数字化标识; 语音识别模块用于智能识别测试人员语音; 语音播报模块用于提示 ATE 正常工作; 主控计算机根据状态检测结果驱动语音播报模块, 根据识别出的语音信号作出相应的回答或操作, 根据电子标签阅读器所读取的标识进行 ATE 及其包装、履历本等的信息管理, 根据 ATE 各仪器资源自检上报状态数据信息, 对 ATE 进行维护; 该发明用以提高自动测试系统自检诊断效率和自动测试系统的智能化程度。

关键词: 自动测试技术; 智能助手; ATE

Application of Intelligent Assistant System in ATE

Hu Zhiwei, Wen Hua

(Second Military Representative Office of Air Force Equipment Department in Beijing, Beijing 100007, China)

Abstract: Automatic test technology is widely used in the field of national defense, which can quickly diagnose the fault information of the unit under test and accurately locate. Before testing the unit under test, first perform a system self-check to ensure that the test is error-free. The intelligent assistant of ATE can be used to monitor the working state of each module of ATE in real time, in which the video monitor is used to realize the real-time monitoring of the working state of ATE, the electronic tag reader is used to read the digital identification of the monitored ATE, and the electronic tag reader is used to read the digital identification of the monitored ATE. The speech recognition module is used for intelligently recognizing the speech of the tester, the speech broadcasting module is used for prompting the ATE to work normally, and the main control computer drives the speech broadcasting module according to the state detection result. According to the recognized speech signal, the corresponding answer or operation is made, the information management of the ATE, its packaging, resume, etc., is carried out according to the identification read by the electronic tag reader, and the status data information is reported according to the self-examination of each instrument resource of the ATE, Maintain ATE. The invention is used for improving the self-checking diagnosis efficiency of the automatic test system and the intelligent degree of the automatic test system.

Keywords: automatic test technology; Intelligent assistant; ATS

0 引言

在测试系统飞速发展的今天, 自动测试系统在国防领域中的作用愈发地重要。测试系统对被测单元的综合性测试以及故障诊断功能已经成为评判设备性能的重要因素。近几年, 我国航空航天事业发展迅猛, 计算机技术也在迅猛发展, 设备的复杂程度也越来越高^[1]。为了保障设备在装载之前不会出现故障, 需要配套的自动测试系统进行全方面的综合测试。为了确保设备处于良好的工作状态, ATE 首先应该进行系统自检, 保证自身集成模块不会出现故障。在自检过程中, 出现异常, 应该尽快定位故障位置, 及时排除故障, 分析可能导致故障发生的原因。

现有 ATE 自检检测自诊断效率低, 操作不便, 操作人员不能及时的对故障进行定位和分析。例如很多测试内容仍需要通过键盘或鼠标手动操作; 同时对自动测试系统使用

维护人员的需求不能作出及时响应, 因此, 对自动测试系统的日常维护带来了很大困难, 自检效率低下, 浪费了大量的测试时间, 无法在有限的时间内完成自检以及被测单元测试, 无法满足未来测试人员对 ATE 维护的需求。

随着智能化不断提高, 操作助手的应用理念和操作方式对公众造成深刻的影响, 操作助手良好的人机交互方式已为公众广为接受甚至推崇, 使用语音控制代替当前的鼠标键盘控制, 甚至通过蓝牙、WiFi 等技术实现手持式智能操作助手, 大大节省操作人员的测试时间, 简化了故障定位的操作流程, 提高了故障分析的效率。对于现有的自动测试系统, 将智能助手和自动测试系统结合能提高测试效率, 转向更智能的测试系统, 以满足维护自动测试系统不断智能化的要求。

1 智能助手工作原理及总体设计方案

1.1 系统功能概述

本文设计实现的自动测试系统用智能助手 (BIT), 用以提高自动测试系统自检诊断效率和自动测试系统的智能化程度。该智能助手用于某型号通用自动测试平台, 可以帮助操作人员进行自检、故障定位以及分析等功能^[2]。根

收稿日期: 2019-03-04; 修回日期: 2019-03-23。

作者简介: 胡志伟(1982-), 男, 吉林舒兰人, 大学本科, 工程师, 主要从事通用自动测试、在线智能机内自测试及测试性相关方向研究。

据自动测试系统的硬件配置的要求和其他智能助手系统的借鉴对自动出测试系统用智能助手软件进行设计与实现,主要内容包含以下四个方面:

- 1) 具备良好的人机交互软件界面;
- 2) 能够显示总体测试平台的 3D 模型;
- 3) 具备配套的平台码垛及安装的视频演示文件;
- 4) 能够与平台各部分集成设备相互通讯。

该智能助手能够实时监测自动测试系统的自身工作状态,包括主控计算机、电子标签阅读器、语音识别模块、语音播报模块、视频监控器和电源模块;通过视频监控器实现对平台工作状态的实时监控,主控计算机接受各仪器资源自检上报信息,对自动测试系统进行智能维护。用于实时监测 ATE 自身工作状态的智能助手硬件采用触摸式上架显示屏,机芯位于外壳内部。其中电子标签阅读器用于读取和区别 ATE 及其包装、履历本等数字化标识;语音识别模块用于智能识别测试人员语音,并做出回答或操作;语音播报模块用于提示系统正常工作,或系统故障时,发出警告并播报故障位置。智能助手支持硬件 3D 模型在软件窗口中自由旋转与 50%~200% 比例缩放。软件界面可将故障部位分级显示定位至板卡的具体通道。

智能助手还能够通过通信总线收集自动测试系统 LRU/LRM 的状态数据信息,并且具备系统校验信息管理和演示设备组装过程、加电操作功能;其系统校验信息管理功能是记录仪器/板卡型号、固定资产标号、本次校准时间、下次校准时间和下次标较剩余天数;智能助手具备演示设备组装过程包括各个仪器组装到设备内部过程和各个设备之间码垛过程,以及演示设备加电操作包括仪器电源开关位置说明、仪器开启顺序说明和上电操作注意说明。该智能助手系统能有效提高 ATE 周期自检的检测效率、帮助测试人员快速定位故障位置,满足未来测试人员对自动测试系统智能维护的需求,提高了自动测试系统自检诊断效率和自动测试系统的智能化程度^[3]。

1.2 系统总体方案设计

整个测试平台共分 4 个层级,其中 6 个 PXIe/PXI 机箱包含第四层级,其余的设备为三层级。智能助手在显示每个层级的界时,应当能直观的反映出每个层级的基本信息(设备名称、设备型号、生产厂家以及出厂日期等等)、设备的状态信息(设备是否正常,能否使用)、设备的标较信息(包括设备已使用多长时间,标较日期距离下次标较日期还有多久)。界面上的信息需要通过语音功能进行播报^[4]。智能助手运行原理如图 1 所示。

智能助手模型如图 2 所示。其硬件方面采用触摸式上架显示屏,可用于触摸操作,屏幕分辨率初步定为 1024×600,其具体功能如下:

1) 故障状态监控:自动测试系统助手 BIT 通过与测控计算机通信和控制仪器或板卡自检的,将自检结果信息以图形和信息的形式显示出来。如果仪器或板卡出现故障,智能助手软件界面中相应的仪器或板卡标红闪烁,并伴有

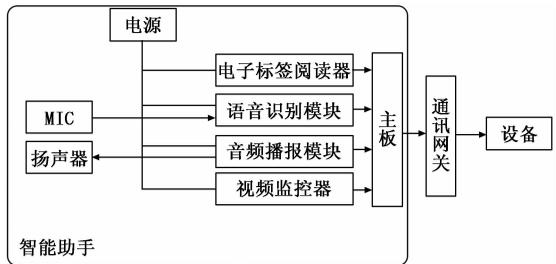


图 1 智能助手运行原理图

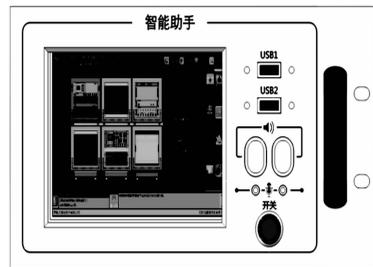


图 2 智能助手模型

声音报警,提示用户排查故障,故障部位用红色标识。

2) 系统校准信息管理:BIT 能够记录仪器及板卡的校准信息,主要包括仪器/板卡型号、固定资产标号、本次校准时间、下次校准时间和下次标较剩余天数。在距离下一次校准时间前一个月软件弹出标校提醒信息,同时剩余天数标红显示。仪器及板卡校准前一个月时应用黄色标识出,到校准日期时应改为黄色闪烁。

3) 语音播报:当测试系统平台 BIT 状态监测正常时,语音播报系统提示系统平台正常工作。当监测到故障时,语音播报系统发出警告,提示测试人员故障存在,并且播报故障位置,以便快速排除故障,恢复正常工作状态。

4) 虚拟安装维修:为方便外厂人员使用,界面以爆炸图动画的形式为外厂人员展示具体的安装过程,以及故障时的维修过程。当某一元件故障时,会在主屏幕上显示故障零件的位置,并动画展示维修方法。

5) 可识别扩展仪器以及热拆卸:机箱或者其内部模块在增加或拆卸的物体应在操作界面中展示出来,展示方式应包括三维模型的显示以及界面右侧信息的显示,并对扩展仪器的信息进行监测。

2 智能助手功能模块的设计

为进一步阐述本智能助手达成预定目的所采取的技术手段及功效,下面结合附图并举实施例,对本文所述自动测试系统用智能助手的各个功能模块进行详细描述。本文提出的一种自动测试系统用智能助手,其硬件采用触摸式上架显示屏,机芯位于外壳内部;包括主控计算机、电子标签阅读器、语音识别模块、语音播报模块、视频监控器、电源模块、扬声器及麦克风接口 MIC^[5]。

电子标签阅读器用于读取和区别 ATE 自动测试系统及其包装、履历本等数字化标识。语音识别模块与 MIC 相

连, 用于智能识别测试人员语音。语音播报模块与扬声器相连, 用于提示系统正常工作, 或系统故障时发出警告并播报故障位置。主控计算机根据状态监测结果驱动语音播报模块, 根据识别出的语音信号作出相应的回答或操作, 根据电子标签阅读器所读取的标识进行 ATE 自动测试系统对应设备的信息管理, 根据 ATE 自动测试系统各仪器资源自检上报状态数据信息, 对 ATE 自动测试系统进行维护。

自动测试系统用智能助手软件操作界面。如图 3 所示, 软件操作界面包括系统层 1 和组合箱层 11, 其中系统层 1 可定位至机箱 2, 组合箱层 11 可定位至仪器/板卡 12, 如果仪器/板卡 12 的具体通道出现故障, 智能助手可以在其对应系统层 1 的机箱 2、组合箱层 11 的仪器/板卡 12 的标红闪烁, 并伴有声音报警, 提示用户排查故障, 提高检测效率。返回 8 可以返回上一层, 设备三维模型 6 为显示所监测设备的三维图, 模型和实物尺寸在智能助手软件中成一定比例, 外观颜色基本一致, 在软件窗口中支持自由旋转与 50%~200% 比例缩放。软件界面还设有视频提示标识 2, 在系统层可以点击播放 7 查看机箱的码垛方式, 在组合箱层可以点击播放 7 查看仪器/板卡 12 的安装位置, 并动画展示维修方法。

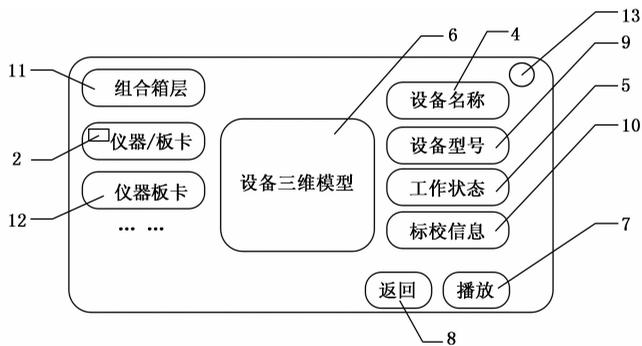


图 3 智能助手系统层操作界面示意图

智能助手显示各个模块的工作状态, 对模块进行实时监控, 组合箱层 11 还设有设备名称 4、设备型号 9、工作状态 5、标校信息 10。点击工作状态 5, 显示实时监测到的模块信息, 包括数据返回值的的信息, 工作是否正常, 不正常时则逐级标红闪烁; 点击标校信息 10, 显示本次校准时间、下次校准时间和下次标较剩余天数。在距离下一次校准时间前一个月软件弹出标校提醒信息, 同时剩余天数标红显示; 点击关闭 13 可退出智能助手系统。

3 智能助手通信协议的设计

智能助手可以对自动测试平台进行一键式仪器自检功能, 需要对平台中集成的仪器模块建立通信, 其中电源、智能供配电、大气静压源以及 PXI 机箱为平台主要组成部分。电源分为直流电源和交流电源, 负责为平台各部分模块的供电; 智能供配电组合可以根据不同仪器模块的不同供电要求进行分配, 使电源利用率达到最高, 不会造成不

必要的浪费; 大气静压源和 4 个 PXI 机箱中的高性能测试板卡是平台能够完成测试项目的重要组成模块^[6]。

3.1 智能供配电数据通信协议

1) 通信方式

采用网口通信, IP 地址为 192.168.1.31。

2) 数据格式

智能供配电数据格式如表 1 所示。

表 1 智能供配电数据格式

帧头	命令	数据 1	数据 2	...	帧尾
AA 55	CMD	DATA	DATA	...	CE FF

3) 数据解析

智能供配电数据解析如表 2 所示。

表 2 智能供配电数据解析

命令	数据 1	数据 2	数据 3	帧尾
0X04	0	温度	湿度	CE FF
0X05	时间高 8 位	时间低 8 位	0	CE FF
0X06	运行状态	0	0	CE FF

4) 数值计算

①温度计算: 温度计算方法如下所示, 结果保存至 True_Tem 变量中。

$$True_Tem = (\text{数据位}) * (\text{十进制}) / 10$$

②湿度计算: 湿度计算方法如下所示, 结果保存至 True_Hum 变量中。

$$True_Hum = (\text{数据位}) * (\text{十进制}) / 10$$

③运行状态: 智能供配电运行状态保存至 STATE_YX 变量中。

$$\text{正常: } STATE_YX = 1$$

$$\text{异常: } STATE_YX = 0$$

④连续工作时间: True_time 变量用于保存系统连续工作时间, 根据如下计算方法得到连续工作时间。

$$True_time = (\text{数据位}) * (\text{十进制}) * (\text{时间高 8 位} + \text{时间低 8 位}) / 10$$

3.2 大气静压源数据通信协议

1) 通信方式

采用网口通信, IP 地址为 192.168.1.32。

2) 数据格式

大气静压源数据格式如表 3 所示。

表 3 大气静压源数据格式

帧头	命令	数据 1	数据 2	...	帧尾
AA 55	CMD	DATA	DATA	...	校验
2 字节	1 字节	1 字节	1 字节	...	1 字节

3) 数据解析

大气静压源数据解析如表 4 所示。

表 4 大气静压源数据解析

命令	数据 1	数据 2
0X05	故障高 8 位	故障低 8 位

具体定义如下：

①故障字定义

Bit1：静压传感器；

Bit2：全压传感器；

Bit3：数据处理器；

Bit4：数据采集器；

Bit5：静压控制器；

Bit6：全压控制器；

Bit7～Bit16：备份。

②数据 3～数据 7 定义：每个数据占 4 字节，比例尺为

1/10000，分别代表静压、全压、高度、空速和马赫的数据。

③校验和：采用模 16 校验方式。

3.3 电源数据通信协议

1) 通信方式

采用网口通信，IP 地址如表 5 所示。

表 5 电源设备 IP 地址

设备名称	IP 地址
大电压直流电源	192.168.1.33
程控直流电源	192.168.1.34
三相交流电源	192.168.1.35
单相交流电源	192.168.1.36

2) 数据格式

电源设备数据格式如表 6 所示。

表 6 电源设备数据格式

帧头	命令	数据 1	数据 2	...	帧尾
AA 55	CMD	DATA	DATA	...	CE FF

3) 数据解析

电源设备数据解析如表 7 所示。

3.4 PXI 机箱通信协议

1) 通信协议

在进行机箱通信时，将所有嵌入式控制器设为 Client，网络协议为 TCP/IP，PXI/PXIe 机箱 1 的地址：192.168.1.11；端口号：8000。

2) 数据格式

发送数据格式为：

其中“P1”为 PXI/PXIe 机箱 1，“?”后数字为机箱代号，如为 0 则该机箱未找到模块，第一个 * 号后的数据表示机箱中模块状态（0 为未找到，1 为正常），后边星号后的数据依次为 +3.3 V、+5 V、vio、+12 V、-12 V、温度 1、温度 2、温度 3、温度 4、风扇 1、风扇 2、风扇 3、风

扇 4（当为 P4 时，连续显示两个外挂机箱的电压温度等状态）。

表 7 电源设备数据解析

命令	功能	数据说明
0x94	直流电源电压	数据 1 为电源模块通道号，取值 1~5，为 0 时返回数据无效。
0x95	直流电源电流	数据 1 为电源模块通道号，取值 1~5，为 0 时返回数据无效。
0x96	直流电源状态	数据 1 为电源模块通道号，取值 1~5，为 0 时返回数据无效。数据 2 意义如下：0：电源模块无故障；1：电源模块输入过压；2：电源模块输入欠压；3：电源模块输出过压；4：电源模块输出欠压；5：电源模块输出过流；6：电源模块输出短路；7：电源模块过温；8：电源模块通讯故障；9：电源模块不存在；10：电源模块交流故障；
0x97	交流电源控制状态	数据 1 为电源模块通道号，取值 1，为 0 时返回数据无效。数据 2 为“1”表示运行，为“0”表示停机；数据 3 为“1”表示远控，为“0”表示本控。
0x98	交流电源运行状态	数据 1 为 0 时返回数据无效。为 1 时数据 2 意义如下 0：电源模块无故障；1：电源模块输入过压；2：电源模块输入欠压；3：电源模块输出过压；4：电源模块输出欠压；5：电源模块输出过流；6：电源模块输出短路；7：电源模块过温；8：电源模块通讯故障；9：电源模块不存在；10：电源模块交流故障；数据 3~7 固定值 0。
0x99	交流电源电压	数据 1 为 1 时数据有效，为 0 时数据无效。数据 2 为交流电源相号，取值 0~2 对应 ABC 相。
0x9A	交流电源电流	数据 1 为 1，为 0 时数据无效。数据 2 为交流电源相号，取值 0~2 对应 ABC 相。
0x9B	交流电源频率	数据 1 值为 1，为 0 时数据无效。数据 3~6 对应频率，频率可以为 3 位整数+1 位小数点或 4 位整数，数据 2 为 1 时频率为 3 位整数+1 位小数，为 0 时频率为 4 位整数。
0x9C	交流电源功率	数据 1 取值为 1，为 0 时数据无效。数据 1 为相数，取值 0~2 对应 ABC 相。

P2、P3、P4 为射频通用仪器和模拟器状态数据，其中：

P2：第一个 * 号后的数据表示机箱中模块状态（0 为未找到，1 为正常），信号源状态正常为 2~12 位数据为全为 1，否则故障；频谱仪状态正常为 13~17 位数据为全为 1，否则故障；电台综测仪状态正常为 18 位数据为 1，否则故障。

P3：第一个 * 号后的数据表示机箱中模块状态（0 为未找到，1 为正常），甚高频全向信标模拟器状态正常为 2~3 位数据为全为 1，否则故障；仪表着陆系统模拟器状态正常为 4~5 位数据为全为 1，否则故障；微波着陆模拟器状态正常为 6~7 位数据为 1，否则故障；塔康模拟器状态正常为 8~9 位数据为全为 1，否则故障；ADF 模拟器状态正常为 10~11 位数据为全为 1，否则故障；高度表模拟器状态

正常为 12~13 位数据为全为 1, 否则故障; 气象雷达模拟器状态正常为 14~15 位数据为全为 1, 否则故障; 卫星导航模拟器状态正常为 16~18 位数据为全为 1, 否则故障。

P4: 第一个 * 号后的数据表示机箱中模块状态 (0 为未找到, 1 为正常), TCAS 模拟器状态正常为 2~8 位数据为全为 1, 否则故障; A/C/S 模式应答机信号模拟器状态正常为 10~16 位数据为全为 1, 否则故障。

4 智能助手功能测试

4.1 智能助手软件界面

自动测试平台通常采用开放式架构, 硬件可裁剪和重构, 支持采用按专业划分的方式整合。平台可以通过拆卸重组变换架构, 最大构型为综合型, 最小构型为基本型。还能够按照用户不同的测试要求在基本型的基础上进行灵活扩展^[7]。系统层模型在智能助手软件平台主工作界面展示, 主要由不同的组合机箱码垛组成。不同构型构型对应不同个数的组合机箱, 创建的系统模型发布生成不同的软件平台, 根据平台最终构型进行对应部署, 智能助手软件平台 1 级显示界面如图 4 所示。



图 4 智能助手软件平台 1 级显示界面

软件界面共分定义为 4 级。第 1 级是定位至减震机箱或机柜, 第 2 级定位至仪器或板卡, 第末级能定位至板卡的具体通道。个别可通过 3 级界面还链接到末级界面, 例如 3 号机箱、4 号机箱的 PXIe/PXI 机箱可进一步链接到末级界面显示其具体使用情况和信息。若末级的某一零件或仪器故障, 应当在其对应的 1 级、2 级和 3 级界面中显示出来。三类界面之间可自由切换使用, 并且实现信息互联。2 级、3 级操作界面如图 5、6 所示。

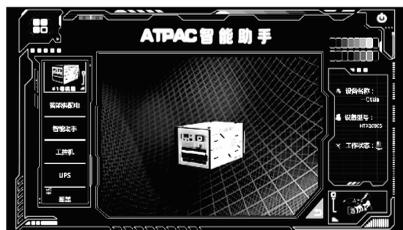


图 5 智能助手软件平台 2 级显示界面

4.2 智能助手语音功能

语音功能主要用于警告以及提示作用, 语音功能软件示意图如图 7 所示。其具体功能应当包括:

1) 系统正常工作提示

系统 BIT 助手应具有实时监控的功能。当 ATPAC 系

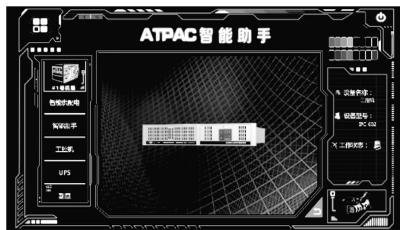


图 6 智能助手软件平台 3 级显示界面

统平台 BIT 状态监测正常时, 语音播报系统提示系统平台正常工作^[8]。

2) 系统故障警告

当 BIT 助手监测到故障时, 语音播报系统会发出警告, 用以提示测试人员故障存在, 并且播报故障所在位置, 以便快速排除故障, 恢复正常工作状态。

3) 安装提示说明

在外厂人员使用仪器时, 应当进行安装的语音提示, 包括机箱内部的安装拆卸、机箱与机箱之间的机械连接。

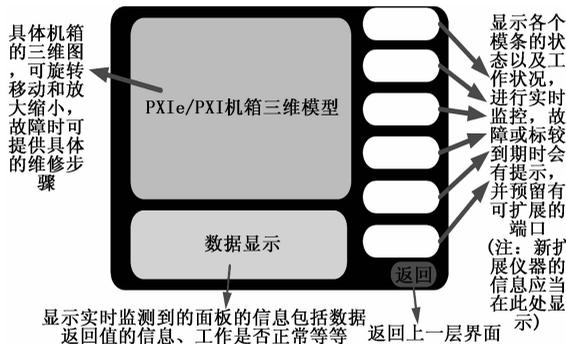


图 7 语音功能软件示意图

智能助手系统在语音提示安装说明的同时, 还能够播放配套的安裝提示 3D 视频动画^[9]。首先会演示自动测试平台的机箱结构及各部分资源配置, 如图 8 所示。然后演示具体安装步骤, 操作如下: 在安装装配时, 所有机箱按照 2 号机箱→1 号机箱→4 号机箱→3 号机箱的方式安装。

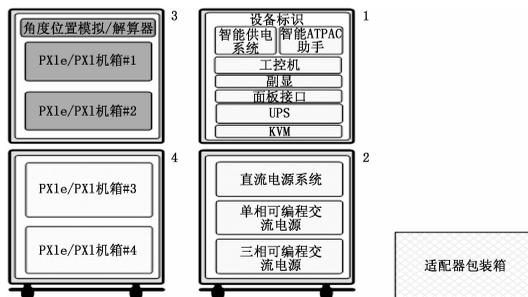


图 8 机箱构架及其内部资源分配

5 结束语

本文详细介绍了应用于 ATE 的智能助手系统, 从简化用户操作的角度出发, 设计并实现了该系统, 结合了 ATE