

一种装备维修辅助系统设计

张成名, 田旭光, 王 坤

(防化研究院, 北京 102205)

摘要: 提出了一种便携式装备辅助维修系统的设计方法, 从硬件及软件两个方面详细阐述了辅助维修系统的设计; 该系统具有开放性的特征, 可任意完成多种装备维修信息的录入和导出, 具有电子教材、故障诊断、维修指导、工况信息读取、保养检查、器材管理等功能, 该系统硬件上具有抗冲击振动、耐高温低温、操作简单方面, 符合部队的野外使用需求; 该系统软件采用开发式的基于 workflows 的结构设计, 可任意添加不同装备的故障诊断、维修指导流程, 可以完成多种武器装备辅助维修等特点。

关键词: 辅助维修; 装备; 系统

A Design Method of Portable Assistant Maintenance System for Weaponry

Zhang Chengming, Tian Xuguang, Wang Kun

(Chemical Defense Institute, Beijing 102205, China)

Abstract: A design method of portable assistant maintenance system for weaponry was presented in this paper. The hardware and software of the portable assistant maintenance system was designed in detail. This instrumentation had generality, small cubage and easily to take. It can complete assistant maintenance for various weaponry electronic system.

Keywords: assistant maintenance; weaponry; system

0 引言

当前, 针对装备保障相关资料主要以纸质为主, 由于装备的种类、数量不断增多, 使得传统技术资料出现查询困难、不易携带与保存、难于更新等问题, 同时, 传统的技术资料不能进行智能化的交互, 给部队维修保障人员带来一定的困难。开展装备辅助维修系统研究, 主要是针对纸质技术资料的缺点和不足, 进行装备技术资料的数字化设计、归类、处理。该维修系统集资料、数据、信息、知识为一体, 能够以电子书的形式提供装备维修人员故障分析、判断和排除的方法、装备修理的方法步骤、装备修理规程及验收技术标准, 查询装备的技术参数、性能指标、组成与构造等, 可以辅助解决装备保障训练、装备检测、日常保养和出现故障时的维修等问题, 使装备保障信息可理解性增强、信息获取快捷, 可大大提高武器装备的维修效能, 同时可为维修过程提供交互式辅助信息, 有效地帮助修理人员分析、排除常见故障, 完成修理任务。

1 系统结构及原理

1.1 组成

装备辅助维修系统主要由核心控制器 (CPU)、电源及管理单元、存储单元、显示单元、触摸屏及扩展接口等组成, 其组成框图如图 1 所示。

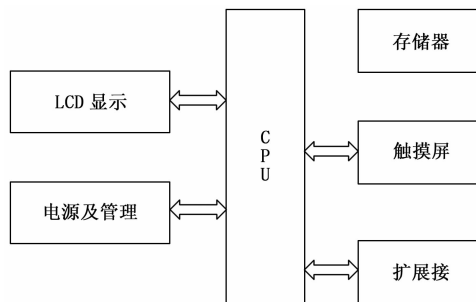


图 1 系统组成框图

1.2 结构

装备辅助维修系统整体结构如图 2 所示, 最底层电路板为智能电池芯与智能电池电路板构成的智能电池。中间板由几个功能模块构成, 其中包括智能电池充放电管理电路、核心控制器板供电电路、核心控制板、开关机电路等。顶层为 7 英寸 TFT 真彩色 LCD 和电阻式触摸屏构成, 整机采用直流 19~30 V 直流充电, 功耗小于 9 W。整设备长宽高为 18 cm * 12 cm * 5 cm, 质量小于 1000 g。

1.3 工作原理

装备辅助维修系统加载了装备维修诊断技术资料, LCD 显示屏和触摸屏作为人机交互接口。使用时, 部队维修保障人员可动态获取装备工作原理, 故障诊断指引和维护保养提示。

2 系统硬件设计

2.1 结构设计

装备辅助维修系统采用“三明治”结构, 上层布置触

收稿日期: 2018-04-28; 修回日期: 2018-06-01。

作者简介: 张成名(1981-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事防化装备保障维修保障方向的研究。

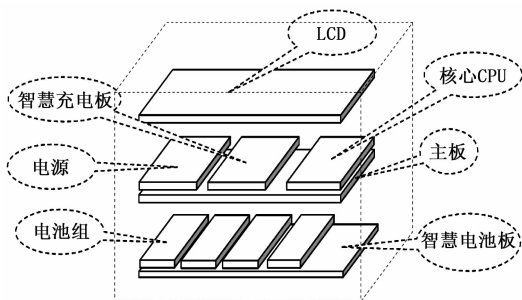


图 2 系统架构图

触屏和液晶屏, 中间布置核心控制板, 下层布置电源板, 内部结构如图 3 所示。为方便使用时充电和 USB、网口等对外接口扩展, 为辅助维修系统设计了扩展底座, 外观如图 4 所示。



图 3 结构布局图



图 4 整体外观图

2.2 电路设计

2.2.1 核心控制板设计

核心控制板选用飞凌嵌入式多核 Cortex-A9 i.MX6 嵌入式开发平台, 基于 Rescale 工业级嵌入式微处理 iMX6Quad 处理器构建。该处理器具有超强的图形处理能力、非凡的应用计算能力, 可以满足对图形图像处理能力及运算能力, 支持 SATA 存储器接口, 可实现高达 1TB 的海量数据存, $-40\sim+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的宽温度范围满足恶劣环境使用要求^[1]。

核心板原理如图 5 所示, 选用了闪迪公司的 SDIN5C2-8G 型 iNAND 存储器作为主存储器, 选用恒忆公司的 M25P32 型 NOR FLASH 作为程序存储器, 选用 4 片镁光公司的 MT41K128 型 DDR3 SDRAM 做数据存储器。使用安华高公司的 AR8031 作为以太网物理接口, 核心板使用 MINI PCIe 接口扩展了 SATA 接口, 便于使用微型固态硬盘扩展内部存储空间^[2]。

2.2.2 电源设计

核心板的供电选用了飞思卡尔公司的电源管理芯片, 该公司的 MMPF0100 能够为核心板提供 14 路可配置的供电电压, 其中开关电源输出为 DDR 内存、处理器内核、存

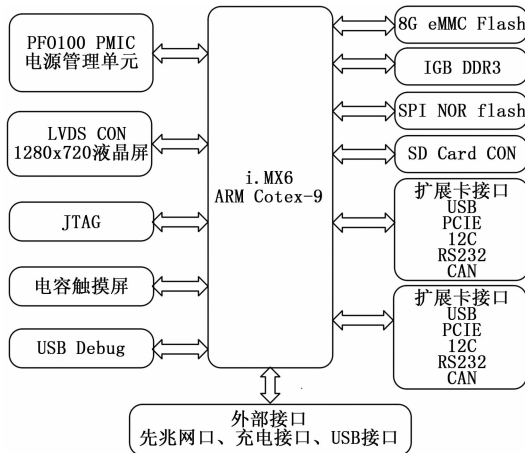


图 5 核心板原理图

储芯片等供电; 线性稳压输出为锁相环、USB 接口、CAN 总线接口等供电^[3]。

2.2.3 电池管理电路

电池管理电路选用了两片美信公司的 MAX8903 锂电池管理芯片, 每个芯片独立控制 1 块 2 Ah 的锂电池芯, 两路芯片输出并联使用。该电路支持 $4.1\sim 16\text{ V}$ 宽电压输入, 电池管理电路通过 PWM 输出给电池充电, 在没有外部电源时, 接通电池给核心板供电^[4]。

3 系统软件设计

系统软件主要包括嵌入式操作系统和应用软件两部分。嵌入式操作系统为应用软件提供支撑环境。

3.1 嵌入式操作系统

嵌入式操作系统^[5]采用 Android 操作系统, 基于 Cortex-A9 i.MX6 BSP 开发包进行裁剪、定制和移植, 基于 Android 系统框架研制电池管理驱动、LCD 驱动、无线通讯模块驱动。

1) 电池管理驱动: 实现设备电池的管理, 提供提示电量剩余、电池充放电显示等基本功能, 并对电池的使用过程进行智能管理。

2) LCD 驱动: 实现 LCD 显示管理, 提供 LCD 显示分辨率设置、LCD 显示自动旋转 (通过重力传感器实现)、背光设置等功能。

3) 无线通讯模块: 实现无线通讯模块的数据接受、数据发送、数据同步等功能, 为上层的应用软件提供数据收发接口^[6]。

3.2 应用软件功能

装备辅助维修系统应用软件采用结构化和模块化设计, 主要包括辅助维修、器材出入库管理、保养检查、系统设置等功能模块。其功能组成框架如图 6 所示, 开机软件界面如图 7 所示。

3.2.1 辅助维修

辅助维修功能模块主要包括电子教材, 故障诊断, 维修指导, 工况信息 4 个子模块, 为装备的理论学习及装备

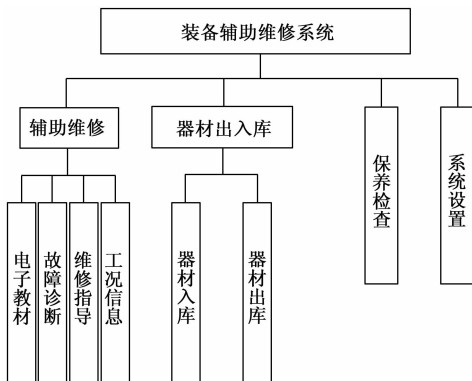


图 6 软件组成框架

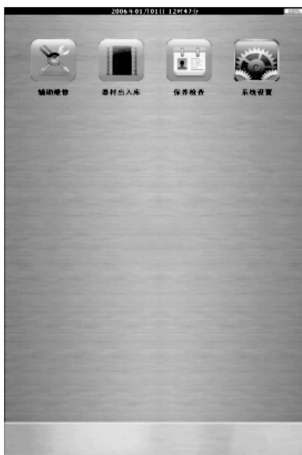


图 7 软件界面

辅助维修提供便携、方便的管理环境及简单易懂的可视化操作界面。辅助维修将装备的构造与原理、操作使用、维护、故障诊断、修理、性能检验等信息按照树型目录结构分类组织，便于数据信息的快速查找与定位，提高使用效率。此外，还可实现目录结构的编辑、修改、增加、删除等基本功能。

1) 电子教材：本模块提供装备的电子书教程，根据装备类别分门别类创建目录，方便针对性学习相关知识；

2) 故障诊断：该子模块提供对装备的故障现象，逆向查找故障原因，并可根据故障原因查找相关维修指导信息；

3) 维修指导：该子模块针对装备的部件，提供该部件的维修指导信息及维修方案。根据装备的故障现象，辅助指导模块以电子书的形式提供装备故障分析、判断和排除的方法、装备修理的方法步骤、装备修理规程及验收技术标准，查询装备的技术参数、性能指标、组成与构造等，辅助解决装备保障训练、装备检测、日常保养和出现故障时的维修等问题。

4) 工况信息：该子模块提供了从车辆工况记录仪上下下载工况记录数据以及将该数据上传至系统服务器的功能。通过移动式智能终端并可查看相关车辆工况信息。

同时，辅助维修部分支持文件浏览和内容查询。文件

浏览根据用户选择要浏览的文件，文件浏览自动识别选择项的属性和格式，调用相应的浏览程序打开和浏览文件内容，支持滚动、翻页、连续等阅读模式。内容查询根据用户选择或输入的关键字，基于树型目录结构采用哈希查找算法和内容匹配算法快速查找所需内容。将所有查到的结果采用列表方式按照优先级别从上往下列出，便于用户查找、使用^[7]。

3.2.2 器材出入库

器材出入库功能模块包括了器材入库，器材出库 2 大功能子模块。

1) 器材入库：该子模块提供了器材入库业务管理功能。

通过输入订单号，下载系统服务器的器材入库单；业务进行中通过对二维码标签扫描进行器材入库操作，通过射频模块修改货位标签库存信息，提交单据时自动回填入库单信息，并将完成的单据提交至系统服务器。

2) 器材出库：该子模块提供了器材出库业务管理功能。

通过输入订单号，下载系统服务器的器材出库单；业务进行中通过对二维码标签扫描进行器材出库操作，通过射频模块修改货位标签库存信息，提交单据时自动回填出库单信息，并将完成的单据提交至系统服务器。

3.2.3 保养检查

该子模块提供了根据系统下发的装备保养检查任务进行保养检查管理的功能。

装备辅助维修系统将系统服务器保养检查任务下载到本地，保养检查人员可根据保养检查的单位及检查人员等信息选择属于各自人员的任务，根据任务中检查科目等详细信息进行保养检查任务，并填写存在问题，任务提交时辅助维修系统将检查人员填写的信息回传至系统服务器。

3.2.4 系统设置

系统设置主要实现装备辅助维修设备相关参数的设置与查看，如 LCD 显示参数（分辨率、旋转方向）、电池管理参数、无线通讯参数、存储空间参数等。

该子模块还提供了配置系统服务器地址，修改辅助维修系统本地 IP 的功能。

3.3 软件构架

传统的维修软件，其开发的过程一般是这样的：针对一个具体的维修对象和内容，用户向软件开发者提出需求，软件开发者根据用户描述的需求，编写相应的程序，然后交付给用户。用户在使用过程中，如果需求发生变化，需要增加或减少内容的时候，向软件开发者提出新的需求或变化了的需求，由软件开发者修改或者重新编写软件的代码，再交付给用户使用。

传统的软件开发方式，其弊病是：即使用户的需求有一点细小的变化时，也需要软件开发者修改软件代码来实现用户需求的变化。如此一来，用户对软件没有自主管理的权利，软件开发者也陷于无穷无尽的代码修改中，给用

户和软件开发者都带来了很大的麻烦。

在本软件的设计中, 考虑到了上述问题, 通过引进工作流的设计理念, 解决了上述问题。在工作流的设计理念方式下, 对用户而言, 本软件是一个交钥匙工程。软件交付给用户的时候, 软件本身并不针对某一个具体的装备或维修内容, 而是由用户根据工作的需要, 随时增加或修改需要维修的装备或内容, 然后针对其要维修的装备或内容, 按照装备的维修步骤, 自己配置某一装备的流程, 在完成装备的维修流程的配置后, 随时启动装备的辅助维修。

基于工作流的引擎设计, 是在分析和归纳用户现有的装备维修求的基础上, 考虑到用户以后可能的维修需求的变化和扩展, 利用数据库技术实现的。利用数据库技术, 保存用户配置的维修流程、内容和参数, 在用户开始装备维修的时候, 软件从数据库里读取用户配置的维修流程、维修内容和维修参数, 按照设定的步骤, 一步一步地进行辅助维修。

如此一来, 无论用户要维修的装备或维修内容如何变化, 软件的代码都不需要做任何改动, 用户只需要利用软件提供的工作流配置工具, 就能够完成新的维修需求的设置, 进而完成维修任务。

在工作流的设计理念下, 软件具备了自适应功能, 具有很好的柔性和扩展性, 以不变应万变, 把用户从与软件开发者无穷无尽的需求变更讨论中解放出来, 使用户能够集中精力, 把关注的重点放到装备维修过程的优化上来, 从而更好的提高装备保障的质量和效率。

3.4 软件代码

下面列出了装备维修流程编辑的部分源代码, 用于对辅助维修流程的添加或删除。

```

void CWorkflowView::OnEditDelete()
{
    if(IDNO == MessageBox(_T("确定要删除选中的步骤吗?"), _T("流程编辑"), MB_YESNO|MB_ICONQUESTION))
    {
        return;
    }
    GetDocument() -> UpdateAllViews(NULL, HINT_DELETE_SELECTION, &m_selection);
    OnUpdate(NULL, HINT_UPDATE_SELECTION, NULL);
    POSITION pos = m_selection.GetHeadPosition();
    while (pos != NULL)
    {
        CStepObject * pObj = m_selection.GetNext(pos);
        GetDocument() -> Remove(pObj);
        pObj -> Remove();
    }
    m_selection.RemoveAll();
    GetDocument() -> UpdateAllLink();
    GetDocument() -> SetModifiedFlag();
}

```

4 实验结果与分析

装备辅助维修系统研制完成后, 针对某类装备维修信息进行了梳理和录入, 针对其主要功能, 主要开展以下几个方面的功能试验^[9]。

4.1 电子教材

能够进行装备选择, 进入该装备信息目录并能够根据显示条目: 用途与组成、主要战术技术性能和基本工作原理, 逐项查看各条目内容, 其内容完整。图 8 为电子教材界面。



图 8 电子教材实验

4.2 故障诊断

能够根据故障现象给出故障原因分析, 故障诊断界面如图 9 所示^[10]。



图 9 装备故障诊断

4.3 维修指导

能够根据故障部位提示用户按照维修流程进行装备维修。

4.4 工况信息

能够下载、上传、记录和删除装备的工况信息。

4.5 器材出入库

器材出入库管理功能用于器材仓库, 进行器材入库、器材出库的管理。该功能配合信息管理平台使用, 可扫描

二维码、高频标签及超高频标签。

5 结束语

以上设计的装备维修辅助系统，具有高度的通用性和兼容性，结构紧凑，体积小、功耗小，适合应用于对体积和功能都有较高要求的武器装备的辅助维修。维修辅助系统从实用性、使用方便等方面综合考虑设计，在用于武器装备的辅助维修中，突出体现了其小型便携、通用性强等优点，因此其将拥有较好的军事和经济效益。

参考文献:

[1] 祝艳苏. 导弹测试设备通用调试与验证平台研制 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2015.

[2] 淡 鹏. 一种航天飞控计算自动化平台的设计与实现 [J]. 测控技术, 2015, 36 (5): 45-48.

[3] 薛 源. 一种多通道实时数据采集监控系统设计与实现 [J].

(上接第 161 页)

4 实验结果与分析

热电厂管理信息系统运行稳定，为测试 Wincc 监控系统中报警的及时有效性，在系统中模拟出现场有可能发生的超出报警范围的多种故障问题，如图 7 所示，包括锅炉汽机运行管理系统中一次风机轴承温度大于 80℃，锅炉给水平台中 2# 炉给水温度超出 150~158℃的范围，原料及燃料供应运行管理系统中中间水泵的出口压力超出 0.2~0.4 MPa 的范围等，可以看到 Wincc 中报警系统及时的反映出了系统的故障，显示了详细的红色报警信息，并对报警记录进行了归档。当显示的报警故障得到解决的时候，报警记录会标记显示为绿色，并划掉之前的报警记录。热电厂管理信息系统可以准确采集现场数据，并且能够实现实时报警响应。

日期	时间	报警	状态	类型	报警文本	报警点	原因
49	18/07/02	08:37:13	1	报警	锅炉-一次机	轴承温度	轴承温度大于80℃
50	18/07/02	08:37:22	3	报警	锅炉给水平台	2#炉给水温度	炉给水温度小于150℃或温度大于158℃
51	18/07/02	08:37:25	4	报警	原料供应	回油温度	回油温度大于60℃
52	18/07/02	08:37:32	15	报警	汽机给水泵	泵体轴承温度	泵体轴承温度大于80℃
53	18/07/02	08:37:34	16	报警	中煤给煤	进口温度	中煤给煤-进口温度大于160℃
54	18/07/02	08:39:45	1	报警	锅炉-一次机	轴承温度	轴承温度大于80℃
55	18/07/02	08:39:45	6	报警	中煤给煤	进口温度	中煤给煤-进口温度大于160℃
56	18/07/02	08:39:48	5	报警	中煤给煤	进口温度	中煤给煤-进口温度大于160℃
57	18/07/02	08:40:17	1	报警	汽机给水泵	轴承温度	轴承温度大于80℃
58	18/07/02	08:40:19	13	报警	中煤给煤	进口温度	中煤给煤-进口温度大于160℃
59	18/07/02	08:40:21	14	报警	中煤给煤	进口温度	中煤给煤-进口温度大于160℃
60	18/07/02	08:40:23	5	报警	汽机给水泵	轴承温度	轴承温度大于80℃
61	18/07/02	08:40:25	16	报警	中煤给煤	进口温度	中煤给煤-进口温度大于160℃
62	18/07/02	08:40:26	17	报警	中煤给煤	进口温度	中煤给煤-进口温度大于160℃
63	18/07/02	08:40:29	5	报警	汽机给水泵	轴承温度	轴承温度大于80℃
64	18/07/02	08:41:00	1	报警	锅炉-一次机	轴承温度	轴承温度大于80℃
65	18/07/02	08:41:00	3	报警	中煤给煤	进口温度	中煤给煤-进口温度大于160℃
66	18/07/02	08:41:00	4	报警	中煤给煤	进口温度	中煤给煤-进口温度大于160℃
67	18/07/02	08:41:00	15	报警	汽机给水泵	轴承温度	轴承温度大于80℃
68	18/07/02	08:41:00	16	报警	中煤给煤	进口温度	中煤给煤-进口温度大于160℃
69	18/07/02	08:41:00	17	报警	中煤给煤	进口温度	中煤给煤-进口温度大于160℃
70	18/07/02	08:41:00	18	报警	中煤给煤	进口温度	中煤给煤-进口温度大于160℃
71	18/07/02	08:41:00	12	报警	中煤给煤	进口温度	中煤给煤-进口温度大于160℃
72	18/07/02	08:51:08	7	报警	中煤给煤	原料供应	原料供应-中间水泵出口压力小于0.2MPa或大于0.4MPa
73	18/07/02	08:51:09	6	报警	中煤给煤	原料供应	原料供应-中间水泵出口压力小于0.2MPa或大于0.4MPa
74	18/07/02	08:51:09	5	报警	中煤给煤	原料供应	原料供应-中间水泵出口压力小于0.2MPa或大于0.4MPa
75	18/07/02	08:51:10	4	报警	中煤给煤	原料供应	原料供应-中间水泵出口压力小于0.2MPa或大于0.4MPa
76	18/07/02	08:51:10	3	报警	中煤给煤	原料供应	原料供应-中间水泵出口压力小于0.2MPa或大于0.4MPa
77	18/07/02	08:51:11	2	报警	中煤给煤	原料供应	原料供应-中间水泵出口压力小于0.2MPa或大于0.4MPa
78	18/07/02	08:51:11	1	报警	中煤给煤	原料供应	原料供应-中间水泵出口压力小于0.2MPa或大于0.4MPa

图 7 热电厂管理信息系统故障报警系统

5 结束语

西门子系列 PLC 与 Wincc 已经发展为工控领域成熟的自动化解决方案，得益于其强大的处理能力与功能多样性，应用十分广泛。本文介绍了热电厂能源与动力管理信息系

统的实现方法，利用西门子 1500 系列 PLC 实现数据的采集

统的实现方法，利用西门子 1500 系列 PLC 实现数据的采集与传输，用 Wincc 实现上位机界面的监控，数据归档，故障报警，实现了管理信息系统的搭建。

在通信设计方面，同时用到 PROFIBUS-DP 总线一分布式通信协议与 TCP/IP 通信协议，为了实现数据在总站与各分站之间的稳定可靠传输，通讯线路采用光纤通讯与 OPC 驱动通讯结合的方式。PROFIBUS-DP 通讯在系统的应用中稳定高效，在分布式自动化系统中发展前景良好。

[4] 何航峰. 以 DSP 为核心的弹载计算机系统设计与实现 [D]. 南京: 南京航空航天大学, 2013.

[5] 王晨光. 低功耗脑深部电刺激器 (BS) 硬件电路设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (8): 2210-2212.

[6] 高 敏, 任海龙, 杨 芳, 等. 基于 DSP+FPGA 的弹载计算机设计 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (12): 3995-3997.

[7] 李田科. 导弹发射车综合诊断与健康管理系统 [J]. 兵工自动化, 2012, 31 (4): 78-80.

[8] 曾建平, 邵艳洁. Android 系统构架及应用程序开发研究 [J]. 微计算机信息, 2011 (9): 1-3.

[9] 李东海. 基于专家系统的雷达识别方法 [J]. 舰船电子对抗, 2014, 37 (5): 10-13.

[10] 姜来春. 故障树分析方法在脉冲雷达故障检测中的应用 [J]. 电子设计工程, 2013, 21 (3): 27-29.

统的实现方法，利用西门子 1500 系列 PLC 实现数据的采集与传输，用 Wincc 实现上位机界面的监控，数据归档，故障报警，实现了管理信息系统的搭建。

在通信设计方面，同时用到 PROFIBUS-DP 总线一分布式通信协议与 TCP/IP 通信协议，为了实现数据在总站与各分站之间的稳定可靠传输，通讯线路采用光纤通讯与 OPC 驱动通讯结合的方式。PROFIBUS-DP 通讯在系统的应用中稳定高效，在分布式自动化系统中发展前景良好。

参考文献:

[1] 方 明, 欧阳峥嵘, 仇文君. 基于 S7-300PLC 和 WinCC 的去离子水冷却控制系统设计 [J]. 合肥工业大学学报 (自然科学版), 2018 (1).

[2] 高正中, 刘 凯, 王运霞, 等. 基于 PLC 的乳化炸药生产线监控系统 [J]. 煤炭技术, 2017, 36 (10): 205-207.

[3] 朱 彬, 江爱朋, 姜周曙, 等. 基于 OPC 的太阳能热水监测系统数据中心的设计 [J]. 现代电子技术, 2014, 37 (23): 159-162.

[4] 王 山. 基于 PLC 和 WinCC 的采煤机监控系统 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2013.

[5] 梁 飞, 何黎明, 田作华. 基于 WinCC 和 OPC 的远程监控配料生产系统 [J]. 微型电脑应用, 2010, 26 (11): 51-53, 6.

[6] 刘 彪. 基于 WinCC 的环境模拟试验监控系统设计与实现 [D]. 南京: 南京理工大学, 2013.

[7] 聂乾坤. 基于 WinCC 的监控系统设计 [D]. 大连: 大连海事大学, 2016.

[8] 宋 超, 申 飞, 沈春山. 基于 S7-300PLC 与 WinCC 的 DCS 控制实验系统设计 [J]. 自动化与仪器仪表, 2009 (4): 11-14.

[9] 华闰祺, 徐海峰. 在 TIA 博途软件中实现 S7-1500 的组态控制功能 [J]. 现代制造技术与装备, 2017 (6): 175-176.

[10] 朱凌云, 林 琳. 基于 WINCC 的 PLC 控制系统仿真平台设计 [J]. 实验室研究与探索, 2010, 29 (5): 49-53.