

装备封存用温湿度智能监控系统的设计与实现

杨晋溥, 江鹏程, 冯辅周, 胡际万
(装甲兵工程学院, 北京 100072)

摘要: **目的** 为了克服目前装甲部队装备封存中广泛采用人工定期除湿, 或者建立恒温恒湿仓库等方式, 存在的造价高、人工消耗大等问题, 研究一种基于485总线技术的温湿度智能监控系统。 **方法** 以装甲车辆封存任务为背景, 采用工控主板、485总线、温湿度传感器和自动控制等技术, 设计了温湿度监控仪, 并与转轮除湿机及封套等设备共同构成温湿度智能监控系统。 **结果** 系统能够保证装备封存的温湿度条件, 使封存环境内的湿度稳定在45%左右, 显著提高了装备封存的自动化程度, 并降低了封存成本。 **结论** 系统实现了装甲装备封存环境温湿度的自动调控, 已在多个装甲部队中得到应用, 运行情况良好。

关键词: 温湿度; 装备封存; 485总线; 自动控制

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)21-0051-06

Design and Implementation of Temperature-humidity Intelligent Monitoring System for Seal Packaging of Equipment

YANG Jin-pu, JIANG Peng-cheng, FENG Fu-zhou, HU Ji-wan
(Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

ABSTRACT: The commonly used methods for seal packaging of equipment in troops, such as regular artificial dehumidification and establishment of constant temperature and humidity warehouse, have problems of high cost and artificial consumption. In order to overcome the above disadvantages, a temperature and humidity intelligent monitoring system based on 485 bus was presented. Using the technologies of Capa board, RS485 bus, the sensor of temperature and humidity, automation and so on, a temperature and humidity intelligent monitor was designed in the background of the mission for seal packaging of the armored vehicle, and a temperature-humidity intelligent monitoring system was formed, which consisted of the monitor, the rotary dehumidifier and the envelope for armored vehicle. The system could ensure the proper temperature and humidity for the equipment and guarantee the environment humidity at 45%, significantly increasing the level of automation and reducing the cost for seal packaging of the equipment. In conclusion, the temperature and humidity for the equipment could be automatically controlled by the system, and the system has been used in several armored troops with good performance.

KEY WORDS: temperature and humidity; seal packaging of equipment; 485 bus; automatic control

在战备装备的封存过程中, 温湿度对各类装备的可靠性有许多直接或间接的影响。封存环境温湿度不达标, 意味着装备寿命的下降甚至性能的丧失。因此, 开展装备整装封存环境温湿度的精确智能监控系统

收稿日期: 2015-04-20

基金项目: 国家自然科学基金(51205407)

作者简介: 杨晋溥(1991—), 男, 四川绵阳人, 装甲兵工程学院硕士生, 主攻机械设备的状态监测与故障诊断。

通信作者: 冯辅周(1971—), 男, 湖北英山人, 装甲兵工程学院教授、博导, 主要研究方向为装备的故障预测与健康管理和信号处理与分析。

统的研制与开发势在必行^[1-3]。

目前,部队广泛采用定期通风或者人工启动除湿机的办法来保证封存装备环境的温湿度条件,但该方法人工消耗大、效率低,且达不到预期的效果^[4]。近年来,部队开始引入第1代温湿度监控系统,但是该系统采用纯模拟量信号接入,网络化程度低,维护和安装成本及故障率较高。

为改善这一状况,提出了基于485总线技术的温湿度智能监控系统。利用485总线组成监控网络,实现了装备封存环境温湿度的自动调控,保证了装备具有良好的封存环境,显著提高了装备封存的自动化程度,降低了封存成本。

1 总体设计

根据部队的实际需求,系统分为单元自控、集群自控、单元手控、集群手控、单元静态等5种模式,从可靠性、经济性、安全性、灵活性、通用性和扩展性等方面综合考虑,采用分布式监控方式实现,通过总线组网,完成5种模式下封存环境温湿度的智能监控^[5]。

在封存库区,将被封存的装备用特制的封套封装,并在封套内布置温湿度传感器构成单装节点。相邻的单装节点之间,通过出风管和回风管与除湿机构成流通的封存环境,在系统运行过程中,只需要保证封套内的空气满足温湿条件即可。

监控系统通过485总线,将所有单装节点传感器组成监测网络,并将各个节点的温湿度数据实时传回监控仪,经过处理与分析,判断当前封套内温湿度是否超过装备封存的规定范围,超过范围时向除湿机发送指令,通过自动或手动开启阀,使干燥的空气能够进入封套内,从而达到自动除湿的目的。同时,不同封存仓库的监控仪器组通过局域网与控制室中心监控计算机互联互通,实现网络化管理和后续的分析处理。温湿度智能监控系统的总体设计方案见图1。

2 系统硬件设计

根据监控系统的总体方案,系统主要由以下几个部分组成。

1) 温湿度智能监控仪。它是整个监控系统的核心。其主要功能是轮询每个单装节点内的湿度和温度数据,而后对数据进行处理和分析;根据控制策略实现除湿机、电动阀等运动件的控制;实现人机交互,利用数据库技术完成数据的管理与维护。

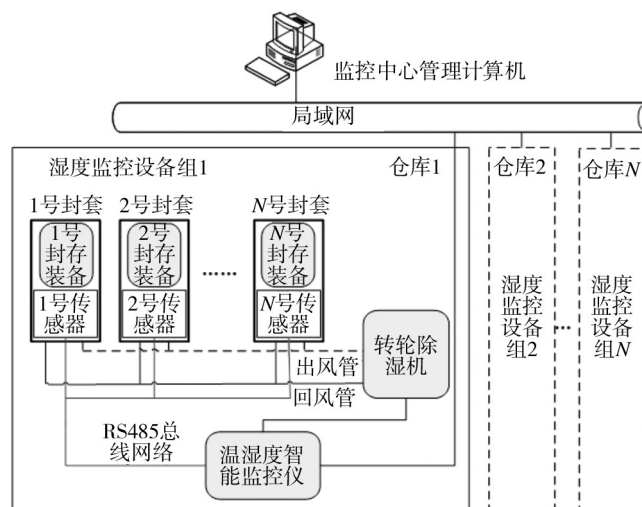


图1 温湿度智能监控系统总体设计方案

Fig.1 The overall design scheme of the temperature-humidity intelligent monitoring system

2) 温湿度传感器。安装在封套内,用以对每个单装节点封套内空气状态参数进行采集,并通过485总线将每个节点的空气状态参数传输给监控仪。

3) 装备封套。用以将装备保存在与外界隔绝的环境中,方便对套内空气参数进行调整。

4) 除湿机。通过往封套内鼓进干燥空气,以实现空气内温湿度的控制。

5) 空气管道和电磁阀等其他辅助部件。

6) 监控中心管理计算机和配套的路由设备。主要利用以太网将各个封存仪器组构成局域网,实现远程访问和网络化管理。

2.1 除湿机

系统采用转轮除湿机作为温湿度智能监控系统的除湿设备。转轮除湿机的核心部件是一个不断转动的蜂窝状除湿转轮。除湿转轮是由特殊复合耐热材料制成的波纹状介质所构成,波纹状介质中载有干燥剂。在除湿过程中,除湿区吸收水分子后变成饱和状态^[6]。当转轮转到再生区时进入再生过程。再生空气经加热后升温,转轮吸收或吸附的水分子被脱附,再生空气在脱附过程中散发了热量,自身温度降低,变成了含湿量较大的湿空气,然后经由再生风机排至室外。如此周而复始,连续除湿。转轮除湿机的基本工作原理见图2。

除湿机分为手动和自动模式,其核心控制器采用西门子公司S7-200系列PLC,通过编程实现除湿机的控制,主要包括除湿机各部件启停时序控制、空气温度的控制、转轮速率控制故障信息采集等。其输出

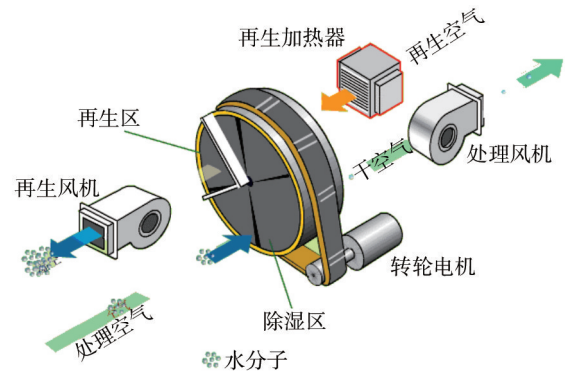


图2 转轮除湿机基本工作原理

Fig.2 The basic operation principle of the rotary dehumidifier

的控制信号主要包括除湿机各个部件的控制信号及PID温控器的控制参数,输入信号主要包括系统状态和各种报警信号。PLC控制系统框架见图3。

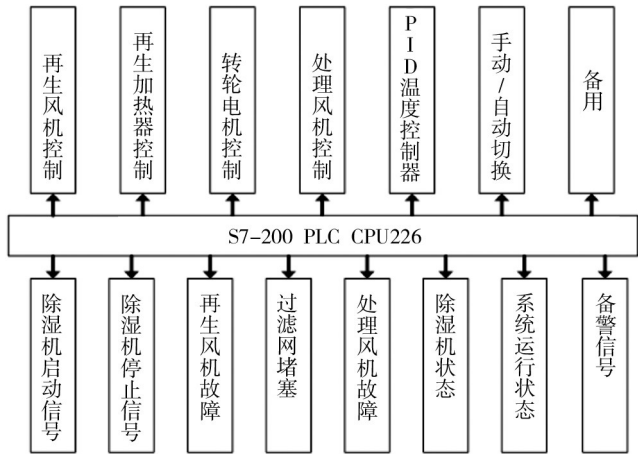


图3 除湿机PLC控制系统框架

Fig.3 The frame of the control system for dehumidifier PCL

2.2 封套

该系统针对不同装备分别制作了特定的封套,封套由基层、阻隔层和风热层组成,具有良好的隔湿隔热性能。在每个封套上都有进风口和出风口,与其余封套一起通过管道连接到除湿机上,构成整体的、流通的封存环境,装备即封存在封套内。该封套质量轻、结构简单,且对封存地点的要求很低,封存过程的工作量较小、成本较低。

2.3 温湿度智能监控仪

温湿度智能监控仪是整个监控系统的控制核心,主板采用Arbor公司的EmCORE-i250工控主板,其内嵌基于x86架构的Intel Atom处理器,主频可以达到

1.6 GHz。该主板资源丰富,自带1G DDR3内存,板卡上集成有显示芯片,可以直接驱动LVDS液晶显示屏。同时,该主板自带RS232,RS485和CAN总线等通信接口,无需外接通信模块可与变送器直接组网。液晶显示屏采用三菱公司生产的12.1' XGA液晶显示屏,分辨率为1024 dpi × 768 dpi,内部电源采用明伟公司的RS-150-12开关电源,直流输出可以达到12.5 A。监控仪通过总线航插与所有节点变送器相连,通过监控航插与除湿机相连,其外部电源为220 V交流电,由除湿机提供。监控仪电气原理见图4。

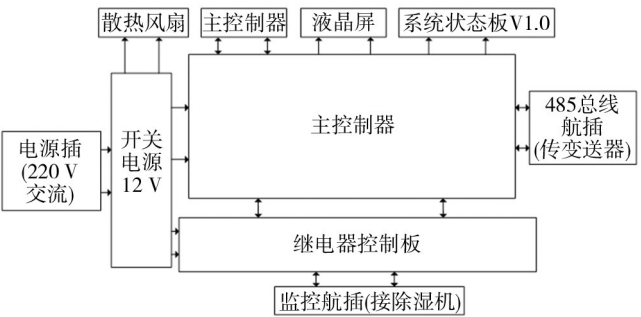


图4 温湿度智能监控仪内部电气原理

Fig.4 The internal electrical schematic diagram of the temperature-humidity intelligent monitor

除湿机的控制信号及系统的故障信号均为IO量,系统采用了自行设计的继电器控制板实现IO信号的输入和输出。控制板以STC89C52单片机为核心控制器,采用符合标准MODBUS通信协议的485总线,具有8路单刀双掷输出和8路高速光电隔离输入,输出信号稳定、输入信号抗干扰性强^[7-8]。

2.4 温湿度变送器

温湿度传感器采用昆仑海岸传感器技术中心的JWSK-6ACWDB温湿度变送器。该变送器同样采用符合标准MODBUS协议的485总线^[9],该总线是标准工业中使用非常广泛的双向、平衡传输标准接口,采用平衡发送和差分接收,具有抑制共模干扰的能力^[10],可以实现较长距离的信号传输。变送器固定在封套内部靠近车辆尾部的位置,电源和通信线缆通过封套上预留的走线孔,将所有变送器连接成为分布式的监控网络^[11]。变送器实时监控套内的温湿度数据,随时等待监控仪查询。

3 系统软件设计与实现

监控系统的软件主要包括4部分:PCL程序设计,

主要实现除湿机各部件的控制,以及状态和故障信息的采集和输出;监控仪虚拟测试系统程序设计,主要实现温湿度数据的采集、处理与分析,控制运动部件及人机交互等功能;监控中心管理计算机人机交互界面设计,主要实现历史数据查询、监控信息配置等人机交互功能;监控系统数据库设计,主要实现监控数据的管理和维护。

3.1 除湿机PCL 软件设计

在系统设计中,根据除湿机工作流程和软件设计流程图,用基本逻辑指令编写出程序梯形图。主要实现功能为除湿机各部件时序的控制、处理风温度控制及状态和故障信息采集等。在自动模式下的主要工作流程为:PLC 接到监控仪的启动信号后按照再生风机、再生加热器、处理风机、转轮电机的顺序启动各个部件,开始向封套内鼓入温度恒定的干燥空气,实现除湿;接收到除湿机停止信号后,按照相反的顺序停止各个部件;空气温度主要由 PLC 控制 PID 温控器来保持;整个过程中 PCL 对状态和故障信息进行采集,并将其转换为 IO 信号以便监控仪查询。PCL 软件流程见图 5。

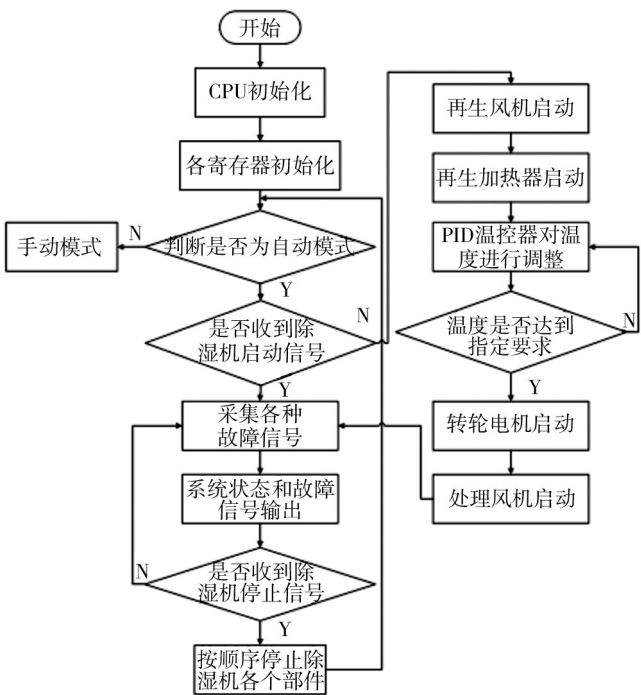


图5 PCL 软件流程
Fig.5 The software flow pattern of PCL

3.2 监控仪虚拟监控软件设计

监控仪虚拟监控系统是基于 LabWindow/CVI 虚拟仪器平台设计的^[11-12]。变送器和监控仪之间采用基

于 MODBUS 协议的主从式通信模式,即监控仪为主机,各个变送器节点为从机;主机向从机发送命令,从机收到命令后执行主机要求其执行的功能,并发送回复^[13-14]。

系统定时轮询挂在总线上的各个变送器,实时监测单装节点内的温湿度数据,由于空气温湿度数据为慢变信号^[15],因此采样频率设为 1 Hz。对采集回来的温湿度数据进行处理与分析之后,依据选定的控制策略,对除湿机和阀等运动部件实施控制。若满足除湿机启动条件,则向除湿机发送启动指令,待除湿转轮启动后打开总控风阀,干燥空气被鼓进封套;在除湿过程中,一旦封套内空气满足要求就向除湿机发送停止信号,关闭总控风阀。在监控过程中,除湿机状态、故障信息、操作提示和对应节点的温湿度数据在监控界面上实时更新。监控数据定时存入数据库中,以便监控中心管理计算机访问。温湿度智能监控系统软件流程见图 6。

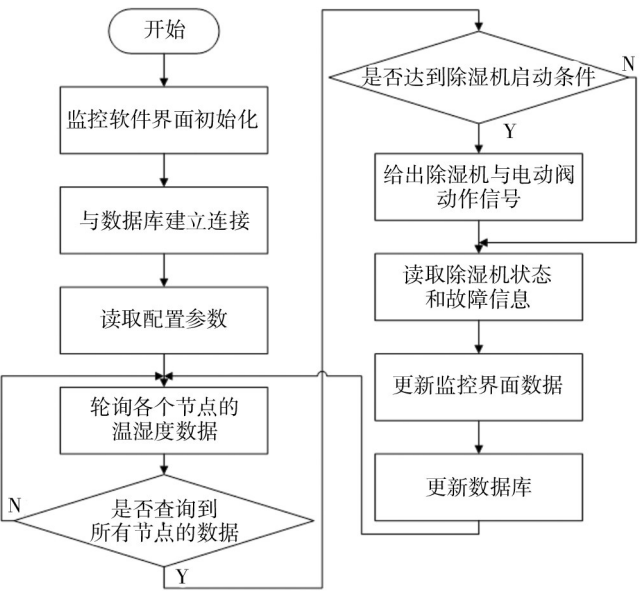


图6 温湿度智能监控系统软件流程
Fig.6 The software flow chart of the temperature-humidity intelligent monitoring system

3.3 监控中心管理计算机人机交互软件设计

不同库区的监控仪器组通过以太网与监控中心管理计算机实现互联互通。为了实现监控仪器组的远程监控与访问,设计了管理计算机人机交互软件,实现实时监控、故障信息报警、历史数据查询及数据走势分析等人机交互功能。人机交互软件功能结构见图 7。

历史记录查询功能能够查看装备自封存以来任意

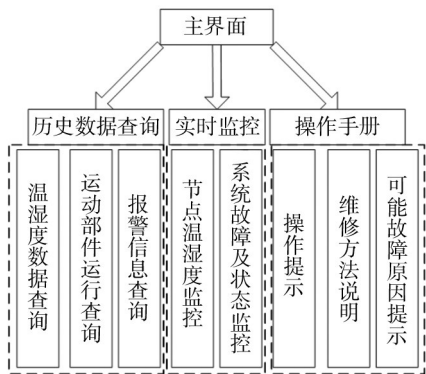


图7 人机交互软件功能结构

Fig.7 Overall function structure of the human-machine interaction software

时间段内的所有数据,并提供曲线绘制功能,观察更加直观明了;实时监控功能让工作人员无需前往库区,在监控中心中便可查看各个监控仪器组的所有实时数据;操作手册功能可以提供监控系统的操作提示,同时,在系统发生故障时给出可能的故障原因,并告知基本的故障排除方法,实现远程控制和网络化管理。

3.4 系统数据库设计

装备封存是一个长期的过程,在整个封存周期内会有大量的监控数据,因此,高效而准确的数据管理显得至关重要。为了方便各种数据的管理,利用SQL Sever 数据库平台设计了监控系统的数据库^[16]。主要实现功能为监控信息和策略配置、历史数据记录、历史数据管理等。监控系统数据库结构见图8。

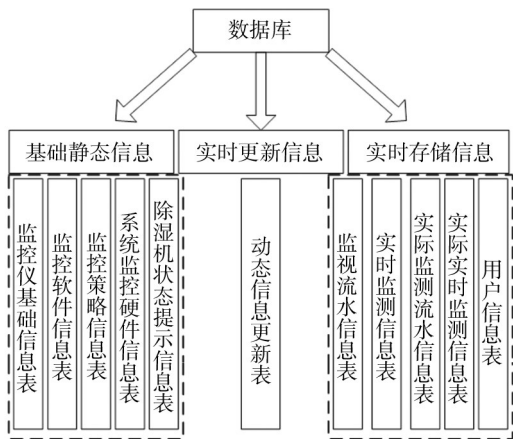


图8 监控系统数据库结构

Fig.8 The database structure of the monitoring system

基础静态信息主要用于各库区监控仪静态信息的配置与管理,例如监控仪的IP地址、监控策略、安装地点及封存装备的基本信息等;实时更新数据主要用于监控仪和监控中心人机交互界面上实时更新数据

的管理;实时存储信息主要用于历史数据的维护,例如,监控节点的温湿度数据、系统运行记录及故障信息等。利用数据库技术可以对整个系统的监控数据进行管理,效率高、维护方便、数据错误率低,为后续数据的分析提供了良好的基础。

4 结语

利用工控主板、PCL、虚拟仪器和RS485总线技术构成了分布式监控系统,大大减少了系统的硬件资源,提高了信号传输的抗干扰性。经过部队的实际应用,整个系统具有集成度高、重量轻、安装方便、自动化程度高和实时性强等特点,可以实现装备封存温湿度环境的自动化监控,降低了装备封存的工作量,可以保证封存装备处于良好状态。该系统已经列装部队,将来还可推广至民用领域,例如粮仓、博物馆、仓库等需要特定环境参数的地方。同时,该系统还预留大量的扩展接口,不仅可以对温度、湿度进行监控,配上特定的传感器还可以完成多参数实时监控,实现环境参数全方位、全天候的自动监控。

参考文献:

[1] 吴福信,封彤波,吴灿伟. 军用飞机长期封存防腐理论研究与实践[J]. 装备环境工程,2009,6(1):74—76.
WU Fu-xin, FENG Tong-bo, WU Can-wei. Theoretical and Practical Studies of Long-term Conservation and Anticorrosion of Battle Plans[J]. Equipment Environmental Engineering, 2009, 6(1): 74—76.

[2] 丁小平,施广全,王涪德,等. 具有高爆危险的某军分区弹药库综合防雷措施[J]. 装备环境工程,2014,11(2):112—117.
DING Xiao-ping, SHI Guang-quan, WANG Fu-de, et al. Integrated Lightning Protection Measures for of a Military Ammunition Depot with High Explosion Risk[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(2): 112—117.

[3] 高飞,李良春,张文亮,等. 用于库房温湿度控制的太阳能发电系统研究[J]. 装备环境工程,2013,10(5):108—111.
GAO Fei, LI Liang-chun, ZHANG Wen-liang, et al. Solar Energy System for Temperature and Humidity Control of Warehouse[J]. Equipment Environmental Engineering, 2013, 10(5): 108—111.

[4] 宋庆国,魏振钢,张琳. 基于以太网的分布式温湿度智能监控系统[J]. 微计算机信息,2007,3(22):17—18.
SONG Qing-guo, WEI Zhen-gang, ZHANG Lin. Distributed and Intelligent Temperature and Humidity Monitor System Based on Ethernet[J]. Microcomputer Information, 2007, 3 (22): 17—18.

[5] 谢镇波,李洪伟,蔡娜,滕景奎. 发动机综合监控系统的效

- 能评估方法研究[J]. 装备环境工程, 2014, 11(2): 98—102.
- XIE Zhen-bo, LI Hong-wei, CAI Na, et al. Research on the Effectiveness Evaluation Method for Integrated Monitor System of Air-engine[J]. Equipment Environmental Engineering.
- [6] 陈策, 范良凯, 冯兆祥. 大桥钢箱梁用节能型复合除湿机的设计构想[J]. 桥梁建设, 2009, 10(6): 76—79.
- CHEN Ce, FAN Liang-kai, FENG Zhao-xiang. Design Conception of Energy-Saving Composite Dehumidifier for Bridge Steel Box Girder[J]. Bridge Construction, 2009, 10(6): 76—79.
- [7] 张昊蒙. 试分析继电器在低压电器领域的应用措施[J]. 科技与创新, 2014, 2(12): 1—2.
- ZHANG Hao-meng. Try to Analyze the Relay Application in Low-voltage Electrical Field Measures[J]. Science and Technology & Innovation, 2014, 2(12): 1—2.
- [8] 周志敏, 李允. 浅析继电器的选型与应用[J]. 电气开关, 2004, 3(2): 1—4.
- ZHOU Zhi-min, LI Yun. Analyzing Selection and Application of a Relay[J]. Electric Switchgear, 2004, 3(2): 1—4.
- [9] 虞日跃, 史洪源. RS-485总线的理论与实践[J]. 电子技术应用, 2001, 27(11): 23—25.
- YURI-yue, SHI Hong-yuan. Theory and Practice of RS-485 BUS[J]. Application of Electronic Technique, 2001, 27(11): 23—25.
- [10] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- YANG Xian-hui. On-the-Spot Bus Technology and Application[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999.
- [11] 刘韬, 程恺英, 韩惠婕, 等. 测试软件开发工具发展现状及趋势[J]. 电脑知识与技术, 2013, 16(7): 4234—4235.
- LIU Tao, CHENG Kai-ying, HAN Hui-jie, et al. Status and Developing Tendency of Test Software Developing Tool[J]. Computer Knowledge and Technology, 2013, 16(7): 4234—4235.
- [12] 王鹏. 基于RS485总线的转矩流变仪测控系统的研制[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2007.
- WAMH Peng. The Development of Measuring and Controlling System of Torque Rheometer Based on RS-485 Bus[D]. Harbin: Harbin University of Science and Technology, 2007.
- [13] 李成新, 何希盈, 朱伟东, 等. 基于Modbus的坑道温湿度监控系统的设计[J]. 船电技术, 2012, 32(10): 29—31.
- LI Cheng-xin, HE Xi-ying, ZHU Wei-dong, et al. Design of Tunnel Temperature and Humidity Monitoring System Based on Modbus Protocol[J]. Marine Electric & Electronic Engineering, 2012, 32(10): 29—31.
- [14] 朱鹏飞, 刘文敬. Modbus通信协议在分布式控制系统中的应用[J]. 微计算机信息, 2006, 28(10): 115—117.
- ZHU Peng-fei, LIU Wen-jin. The Application for Distributed Control System Communication Based on Modbus Protocol[J]. Microcomputer Information, 2006, 28(10): 115—117.
- [15] 张青培, 王直. 基于ZigBee无线传感网络的SMT厂房温湿度监控系统设计[J]. 电子设计工程, 2013, 3(1): 81—84.
- ZHANG Qing-pei, WANG Zhi. Design on SMT Workshop Temperature and Humidity Monitoring System Based on Zig-Bee Wireless Sensor Network[J]. Electronic Design Engineering, 2013, 3(1): 81—84.
- [16] 杨东, 谢菲, 杨晓刚, 等. 分布式数据库技术的研究与实现[J]. 电子科学技术, 2015, 2(1): 87—94.
- YANG Dong, XIE Fei, YANG Xiao-gang, et al. Research and Implementation of Distributed Database Technology[J]. Electronic Science & Technology, 2015, 2(1): 87—94.

(上接第37页)

- ZHAO Wen, LI Lu-hai, HU Xu-wei, et al. Research on Immersing Post-treatment Method of Nanometer Silver Conductive Layer[J]. China Printing and Packaging Study, 2013(2): 51—55.
- [15] 陈海生, 屈贞财, 官燕燕, 等. 用于水性导电油墨的纳米银分散液的制备[J]. 包装工程, 2013, 34(13): 102—105.
- CHEN Hai-sheng, QU Zhen-cai, GUAN Yan-yan, et al. Preparation of Nano-silver Dispersion Liquid for Water-based Conductive Ink[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(13): 102—105.
- [16] 吴丹, 王维, 邱小林, 等. 室温制备纳米银醇溶胶[J]. 稀有金属材料与工程, 2013, 42(7): 1517—1521.
- WU Dan, WANG Wei, QIU Xiao-lin, et al. Room-temperature Preparation for Ethanol Colloid of Silver Nanoparticles[J]. Rare Metal Materials and Engineering, 2013, 42(7): 1517—1521.
- [17] KIM D, JEONG S, MOON J. Synthesis of Silver Nanoparticles Using the Polyol Process and the Influence of Precursor Injection[J]. Nanotechnology, 2006, 17(16): 4019—4024.
- [18] KIM D, JEONG S, PARK B K, et al. Direct Writing of Silver Conductive Patterns: Improvement of Film Morphology and Conductance by Controlling Solvent Compositions[J]. Applied Physics Letters, 2006, 89(26): 264101.
- [19] 姚宝慧, 徐国财, 张宏艳, 等. PVP催化还原及稳定化纳米银的微波合成[J]. 无机化学学报, 2010, 26(9): 1629—1632.
- YAO Bao-hui, XU Guo-cai, ZHANG Hong-yan, et al. Synthesis of Nanosilver with Polyvinylpyrrolidone (PVP) by Microwave Method[J]. Chinese Journal of Inorganic Chemistry, 2010, 26(9): 1629—1632.
- [20] 和俊, 司民真. 纳米银的制备及其应用[J]. 光散射学报, 2008, 20(1): 42—46.
- HE Jun, SI Min-zhen. Nanometer Silver Preparation and Its Application[J]. The Journal of Light Scattering, 2008, 20(1): 42—46.