

某便携式自动充氮装置设计

张 驰, 王天辉, 刘宗杰

(中国人民解放军 91851 部队, 辽宁 葫芦岛 125000)

摘要: 针对某舰载防空导弹发射筒使用环境比较恶劣, 操作空间狭小等使用条件, 传统充氮装备难以满足其使用要求的问题, 设计一种便携式自动充氮装置; 该装置通过采用自动控制 and 智能传感测量技术, 实现了导弹发射筒自动排气和自动充气, 有效地提高了装备的自动化程度; 通过便携式设计, 满足舰艇使用空间要求; 通过采用多重报警和语音提示设计, 有效地降低了装备的误操作率; 该装置能够根据外界环境, 计算发射筒内的理论气压, 并对每次理论充气时间进行显示; 对装置进行实际充放气试验, 并记录其充放气过程, 试验证明: 该装置能够按照设计流程, 完成充放气, 实际充气压力和理论充气压力误差满足设计要求; 该装置已投入实际使用, 使用结果表明: 该装置操作便利, 性能稳定, 实用性强。

关键词: 便携式; 自动充气; 智能传感; 多重报警

Design of Portable and Automatic Nitrogen Filling Equipment

ZHANG Chi, WANG Tianhui, LIU Zongjie

(Unit 91851 of PLA, Huludao 125000, China)

Abstract: The working environment of the shipboard anti-air missile launcher is harsh and The operating space is narrowness. According to these condition, the traditional nitrogen filling equipment is difficult to meet operating conditions. Portable and automatic nitrogen filling equipment is designed in this paper. By automatic control and intelligent sensor measuring techniques, automatic discharging and charging of missile launcher are realized, which can effective improve the automaticity of the equipment. Using the portable design, the equipment can meet requirement of the shipboard space. By the design of multiple alarms and voice suggestion, the error operating rate of the weapon equipment is reduced. According to the external environment, the equipment can calculate the theoretical pressure of the missile launcher and show the theoretical filling time. By this equipment, the actual charge and discharge tests are made and the process of tests are recorded. The result of tests proves the equipment can complete charging and discharging according to the design process and the error of actual charging pressure and theoretical charging pressure meet design requirement. The equipment has been put into practical use, and the application results show that the equipment has operational advantage, steady performance and strong practicality.

Keywords: portable; automatic charging; intelligent sensor; multiple alarms

0 引言

氮气作为惰性气体, 化学性质不活跃, 氮气分子比氧气分子大, 受温度影响较小, 常用于保护气体^[1-2]。某舰载防空导弹因长期在舰艇上值班, 其发射筒内要保持一定压力的氮气, 对导弹进行保护, 以防止导弹内部器件, 因高温、盐雾、潮湿等环境影响而造成性能下降, 从而影响导弹整体性能。

部队长期使用的充氮装置, 采用手动控制截止阀和肉眼观察箱上压力表数值来协调完成对导弹发射筒充气, 自动化程度较低, 工作过程中需要多人配合操作, 充氮操作时间长、效率低。特别是该充氮设备采用靠机械指针的压力表, 通过观察指针来判断箱内压力是否达到标准, 易造成箱内压力误差较大。后续针对某捷联惯导的导弹研制改

进的自动充气设备, 解决了需要操作人数多以及人眼来观察的问题, 但其体积较大, 不具备便携性, 仅适用于技术阵地发射筒的充氮保养, 难以满足某舰载防空武器使用要求^[3-5]。为此, 结合某防空导弹实际使用环境, 本文设计一种便携式自动充氮装置, 能够根据外界压力、温度等参数计算发射筒内合适的氮气压力, 然后自动完成发射筒排气和充气操作, 该装置集成度高、体积较小, 能够满足舰艇使用空间要求。

1 系统结构及工作原理

便携式充氮装置由控制系统、触摸屏显示系统、气路系统构成。该装置通过采用单片机自动控制和智能传感器测量技术^[6-7], 能够快速实现发射筒自动放气和自动充气, 具有功能如下:

收稿日期: 2021-06-26; 修回日期: 2021-08-03。

作者简介: 张 驰(1978-), 男, 硕士, 辽宁锦州人, 高级工程师, 主要从事武器总体设计、制导控制技术等方面的研究。

通讯作者: 王天辉(1986-), 男, 硕士, 河南南阳人, 工程师, 主要从事武器地面支援系统方向的研究。

引用格式: 张 驰, 王天辉, 刘宗杰. 某便携式自动充氮装置设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(9): 147-151.

1) 自动检测并显示大气压力、环境温度、环境湿度、筒内湿度和压力, 筒内湿度和压力超出使用范围, 具有语音和中文提示、报警功能;

2) 根据实际大气压力值及环境温度值, 自动计算并显示理论气压值;

3) 根据计算的理论气压值, 自动完成发射筒排气和充气操作。

便携式充氮装置采用以单片机为核心, 自动控制各部件协调工作。压力传感器、温度传感器和湿度传感器把当前压力值、温度值与当前相对湿度值转为数字信号, 进入单片机运算单元^[8]。单片机系统根据本地环境温度及大气压力, 自动计算出最适合筒弹保存的理论气压值, 通过控制电磁阀的通断来控制自动排气或充气, 使得发射筒内压力和湿度满足要求^[9-10]。其工作原理如图 1 所示。

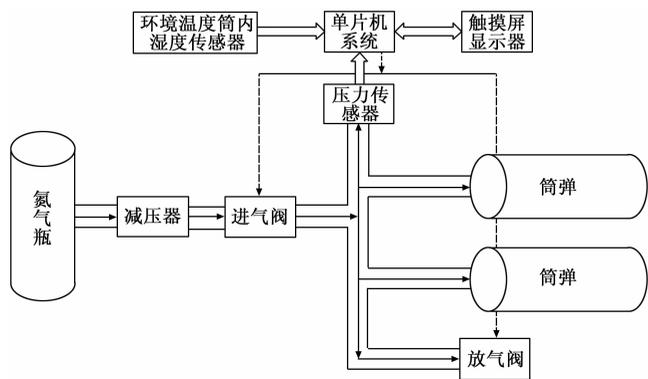


图 1 系统结构原理图

2 系统硬件设计

2.1 控制系统设计

控制系统是便携式充氮装置的指挥中心, 由于是小型可移动设备, 只能选择单片机或 PLC 作为控制系统的核心。考虑到工作环境比较恶劣及工作的可靠性, 首先确定采用可靠性较高的单片机为自动控制的核心部件。单片机选择 ATMEL 公司的 ATmega32L 可编程控制器, 其可靠性较高, 并可灵活选择 I/O 端口及 A/D 模块, 可观察设备运行参数及灵活修改参数的设定值^[11-13]。该单片机具有 32 k 的片内 Flash, 1 024 字节的 EEPROM, 2 k 字节片内 SRAM, 其连接原理图如图 2 所示。外部扩张存储器选用 AT24C02, 数据掉电不丢失, 用来存储报警信息和帮助信息^[14]。通讯芯片选用 MAX488, 通讯方式为全双工 RS422, 该通信方式抗干扰性强, 传输可靠; 输出控制芯片选用 MOC3081, 为光电隔离双向可控硅控制芯片, 能有效的驱动电磁阀工作, 防止因干扰信号造成电磁阀误动作; 大气压力测量选用 MS5801 大气压力传感器来, 测量范围 10~1 300 mbar, 测量精度 ±1.5 mbar, 满足设备测量需要; 发射筒内压力测量选用高性能压力传感器 DS4525DO, 测量范围可达 300 psi; 温湿度测量选用温湿度传感器 SHT75, 温度测量

范围为 -40~+123.8 °C, 湿度测量范围为 0~100 RH, 温度测量精度为 ±0.3 °C, 湿度测量精度为 ±1.8 RH^[15]。传感器采集数据传送至单片机, 经过计算后控制电磁阀和显示器显示。其硬件连接原理图如图 3 所示。

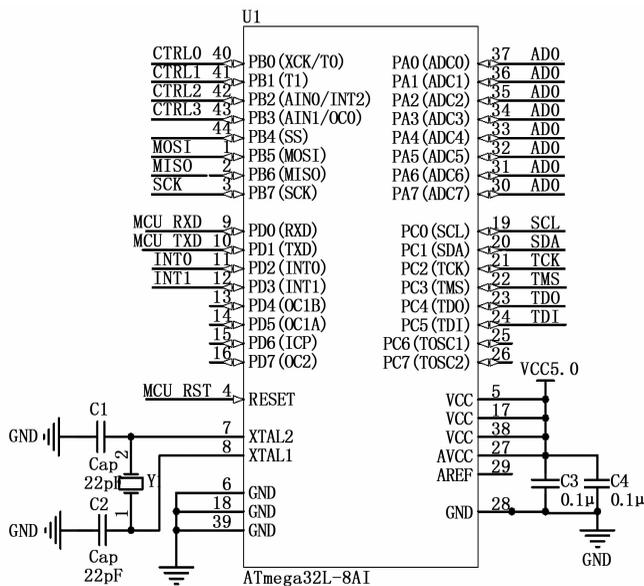


图 2 单片机电路图

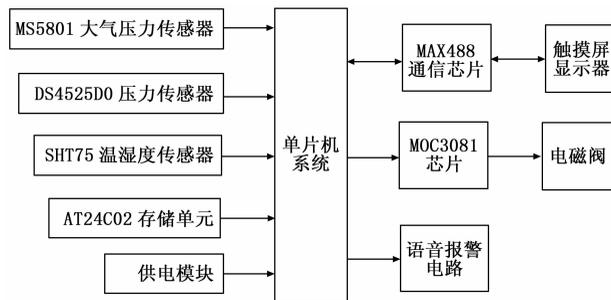


图 3 控制系统硬件连接原理图

2.2 触摸屏显示系统设计

触摸屏显示系统是人机交互的主体, 主要将传感器采集的数据和理论气压等以数字形式数据显示, 并有“补气”、“校准”、“帮助”等 3 个按钮。显示操作屏选用日本三菱公司 GOT1000, 显示采用液晶点阵方式, 数字显示环境温度湿度、大气压、筒内湿度、筒内压力及补气全过程, 全部操作过程均采用中文显示^[16], 触摸屏显示系统与单片机数据交互采用 RS422 通信, 采用差分信号, 能够有效提高信号的抗干扰能力, 接口为 DB9 连接器。其硬件连接电路图如图 4 所示, 触摸屏显示界面设计如图 5 所示。

2.3 气路系统设计

气路是氮气从气源到发射筒的流经的路径, 由于气源压力较高, 为了保证安全和流量控制的稳定性, 本装置设计两级减压, 将管路中的氮气压力控制在一定范围内。气路主要包括减压器、高耐压的 PU 管路、接头、进气阀、放

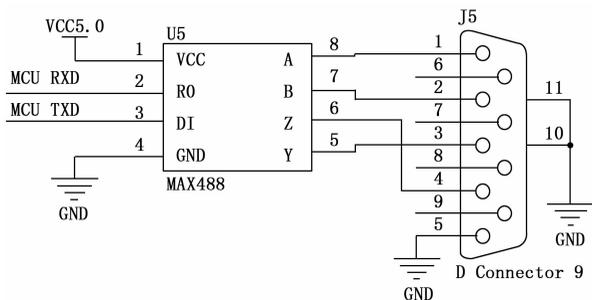


图4 触摸屏与单片机通信电路图

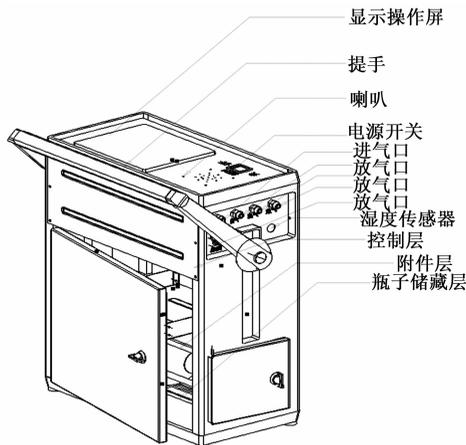


图7 充气设备结构示意图

行时间为 0.5 s。系统启动后，将自动运行初始化程序，检测各设备硬件是否正常。随后系统进入主界面。在主界面下，系统自动对环境温度、大气压力、筒内压力、环境湿度进行监测，如监测数值超出规定范围，系统进行文字及语音报警，同时根据外界大气压力和温度等条件，计算发射箱内的最佳存储的理论压力。

在主界面下用户可以选择补气或帮助选项，操作手触摸“补气”键，系统进入补气流程，自动完成补气操作。帮助界面可以根据需要选择相应的帮助信息。便携式充氮装置应用软件主流程如图8所示。



图5 触摸屏显示系统主界面

气阀及充气枪等组成，主要是通过控制系统，控制进气阀和放气阀的通断，从而实现发射筒内气体的充放^[17]。其连接原理见图6所示。

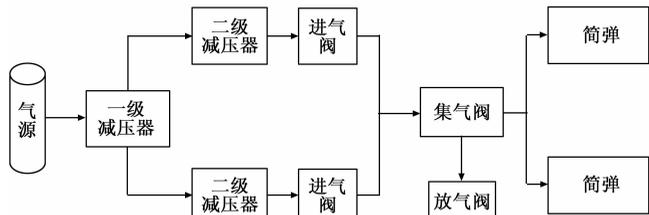


图6 气路原理图

2.4 结构设计

考虑使用空间限制，在结构设计时重点装备的尺寸和操作便携性。便携式充氮装置外形尺寸(长×宽×高)设计为: 540 mm×420 mm×200 mm。箱体内按功能分布，控制部分位于上层、控制部分往下为气路部分，底层还分布着附件层及气瓶储仓层，触摸显示器、开关及报警提示喇叭位于上表面，侧面分布着一个进气口、3个出气口、电源插头及湿度传感器，其他传感器位于箱体内部^[18]，结构如图7所示。

3 系统软件设计

3.1 主流程设计

主程序主要完成数据和显示的监控功能，主流程的运

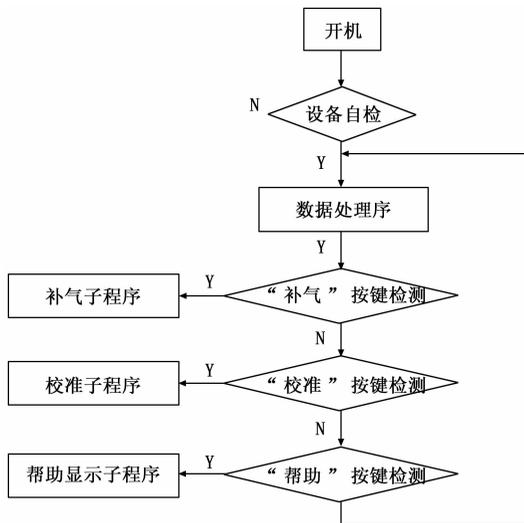


图8 系统软件主流程图

3.2 补气流程设计

补气流程是程序中的主要操作流程，为了保证发射筒内压力稳定，在第一次充气结束应当稳定10秒后，对筒内压力再进行判断。当操作者按压显示屏上的“补气”按钮，程序进入补气流程，首先打开排气阀，开始对发射筒进行排气，当筒内压力小于1 kPa时，关闭排气阀。开始对发射筒进行补气，并计算充气达到目标压力所需的充气时间，

直至到理论时间值，判断发射箱内气压是否大于理论值，若大于，则保压 10 秒，时间到达后，对筒内气压进行检测，筒内气压达到理论气压时，系统自动停止补气流程并语音提示操作手复位；若筒内气压低于理论气压，重新计算补气时间，再次充气；若筒内气压大于理论值，则打开排气阀进行排气，直至筒内气压满足理论气压（误差在 0.05 kPa 之内），停止补气流程并语音提示操作手复位^[19]。具体见流程图 9。

为了便于应急情况的处理，在补气过程中，再次点击“补气”按键，此时弹出询问是否退出补气界面，此时点击“是”停止补气，结束补气流程；点击“否”返回补气运行界面继续补气，直至流程结束。

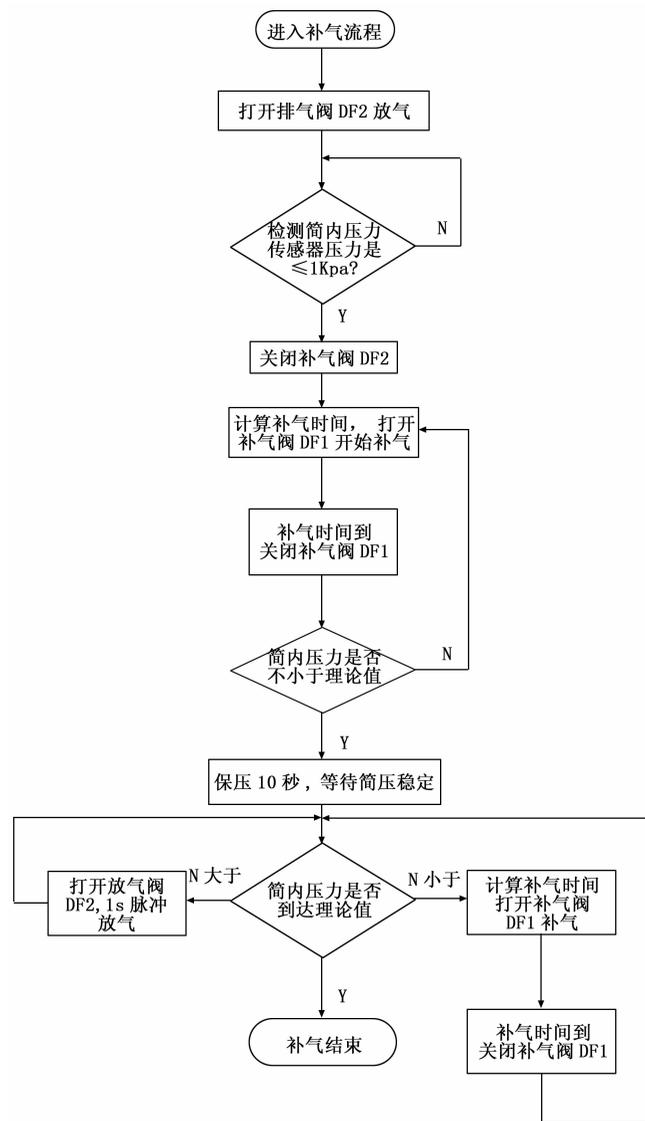


图 9 补气程序流程图

3.3 数据处理流程设计

单片机接收传感器采集的设备参数，首先对数据进行有效性分析，丢弃无效数据；将有效数据信息转化为对应

压力、温湿度值等，并将数据结果显示在便携式充氮装置软件的界面上^[20]。当环境温度超过 45 ℃ 或低于 -30 ℃、环境湿度高于 95%RH、大气压力高于 105.0 kPa、筒内气压高于 80 kPa 时，数据检测模式会产生温度、湿度、压力超限信号，自动启动显示报警、语音报警及蜂鸣器报警处理。当参数都恢复在正常取值范围内时，系统将自动取消各个报警处理。数据报警子程序流程图如图 10 所示。

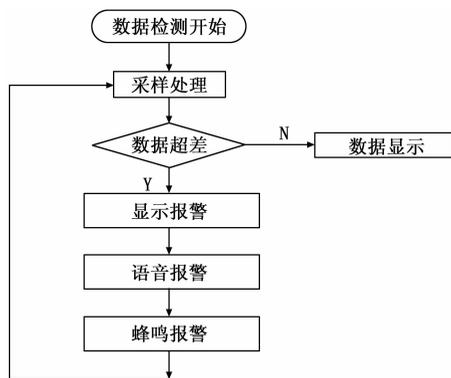


图 10 数据处理流程图

4 试验验证

对便携式充氮装置使用过程中的 3 种典型的充氮情况进行试验人工记录，以验证充气流程是否正确。当按压显示屏上充气按钮开始计时，查看计时和理论充气时间的一致性，验证当理论充气时间结束，筒内气压是否达到理论气压。

试验一：环境温度：23.0 ℃，大气压强：101.2 kPa，箱内湿度：35.0%，箱内压力：5.25 kPa。计算得到理论充气气压为 11.60 kPa。

表 1 试验 1 记录数据表

工作状态	记录次数	工作时间/s	筒内压力 A/kPa	筒内压力 B/kPa
排气	1	1.00	7.041 6	7.041 6
排气	2	20.00	3.526 3	3.526 8
排气	3	42.44	0.925 1	0.925 8
排气完成，第一次计算理论充气时间为 15.35 s。				
充气	4	43.44	1.682 1	1.682 2
充气	5	53.44	8.109	8.108 3
充气	6	57.79	11.793 6	11.792 8
充气	7	67.79	11.582	11.580

第一次理论充气时间到，稳定 10 s 后，筒内气压与理论气压相等，充气完成。

试验二：环境温度：22.1 ℃，大气压强：101.2 kPa，箱内湿度：35.0%，箱内压力：5.25 kPa。计算得到理论充气气压为 11.95 kPa。

试验三：环境温度：23.0 ℃，大气压强：101.2 kPa，

表2 试验2记录数据表

工作状态	记录次数	工作时间/ s	筒内压力 A/kPa	筒内压力 B/kPa
排气	1	1.00	5.070 5	5.069 5
排气	2	32.58	0.926 4	0.926 6
排气完成,第一次计算理论充气时间为 16.29 s。				
充气	3	42.58	8.110 2	8.110 1
充气	4	48.87	13.126 3	13.084 2
充气	5	58.87	12.556 3	12.442 3
第一次理论充气时间到,稳定 10 s 后,筒内气压大于理论气压,进行放气。				
排气	6	59.87	12.254 4	12.213 5
排气	7	61.87	11.953 2	11.948 9
经过第二次放气后,筒内气压与理论气压相等,充气完成。				

表3 试验3记录数据表

工作状态	记录次数	工作时间/ s	筒内压力 A/kPa	筒内压力 B/kPa
排气	1	10.00	6.487 4	6.487 9
排气	2	48.83	0.924 4	0.924 2
排气完成,第一次计算理论充气时间为 15.36 s。				
充气	3	58.83	8.108 3	8.109 0
充气	4	64.19	10.096 4	10.095 5
第一次理论充气时间到,桶内气压小于理论气压,重新计算理论时间为 3.46 s				
充气	5	67.65	12.013 4	11.982 3
充气	6	77.65	11.862 5	11.858 3
第二次充气理论时间到稳定 10 s 后,筒内气压等于理论气压,充气完成。				

箱内湿度: 35.0%, 箱内压力: 8.73 kPa, 计算得到理论充气气压为 11.86 kPa。

试验一在第一次理论充气时间到稳定 10 s 后,筒内气压与理论气压相等,充气完成;试验二在第一次理论充气时间到稳定 10 s 后,筒内气压大于理论气压,自动进行放气,放气结束后,筒内气压与理论气压相等,充气完成;试验三在第一次理论充气时间到稳定 10 s 后,筒内气压小于理论气压,再次进行充气,充气结束后,筒内气压与理论气压相等,充气完成。

试验结果表明: 便携式充氮装置能够按照设计流程,完成排气和充气工作,实际充气压力和理论压力一致。

5 结束语

针对舰载某防空导弹的使用要求,设计一种便携式充氮装置。该装置通过采用单片机自动控制和智能传感器测量技术,实现了发射筒的自动补充充气,提高了某舰空导弹发射筒气密维护设备的自动化水平。该装置采用便携式

设计能够满足舰艇使用空间要求。通过装置实际充放气试验,验证了软件设计流程的正确性。该装置已配备使用多型舰艇,用于某舰空导弹筒弹日常维护,极大地提高了发射箱的充氮效率,受到用户的广泛好评。

参考文献:

- [1] 胡金波, 杨俊卿. 一种便携式减压充氮设备的设计与应用[J]. 液压气动与密封, 2019 (9): 58-60.
- [2] 张 建. 充氮保护技术在空冷器中的应用[J]. 中国新技术新产品, 2018 (1): 39-40.
- [3] 魏曙寰, 陈砚桥, 金家善. 空间和费用约束条件下的随船备件配置优化方法[J]. 系统工程与电子技术, 2013, 35 (12): 2540-2543.
- [4] 孙东平, 冯林平, 范作娥. 舰艇垂直发射系统现状及发展趋势分析[J]. 飞航导弹, 2020 (8): 78-81.
- [5] 邹 彤, 孙 明, 孙德宝. 舰艇武器布置问题的一种协同优化算法[J]. 海军工程大学学报, 2006, 18 (3): 92-96.
- [6] 陈立奇. 基于单片机的嵌入式多电机智能控制系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (5): 177-122.
- [7] 马江涛. 单片机温度控制系统的设计及实现[J]. 计算机测量与控制, 2004, 12 (12): 1219-1221.
- [8] 朱定华, 戴汝平. 单片机原理与应用[M]. 北京: 北方交通大学出版社, 2003.
- [9] 方 贲, 虎恩典, 薛永风. 基于模糊PID和单片机的温度控制系统设计[J]. 电气技术与自动化, 2011, 52 (2): 149-151.
- [10] 侯卫周, 顾玉宗. 一款单片机系统控制的温控智能水杯设计[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36 (3): 70-74
- [11] 江海波, 王卓然, 耿德根. 深入浅出 AVR[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [12] 李 虹, 田 茸, 胡钢墩. 基于 ATmega32A 的粉尘浓度实时监测系统的研究[J]. 煤矿机械, 2015, 36 (10): 268-270.
- [13] 孙月月, 王 锋. 基于单片机的触屏电机控制系统的设计与实现[J]. 电脑知识与技术, 2016, 12 (28): 260-262.
- [14] 佟铃铃. 基 ARM 的智能锂电池管理单元设计[J]. 工业控制计算机, 2020, 33 (11): 123-125.
- [15] 姚有峰, 张 斌. 温室环境因子智能化控制系统的设计[J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (12): 2955-2957.
- [16] 李雪梅, 李梦婷. 基于 SOPC 的触摸屏显示系统设计[J]. 北京电子科技学院学报, 2015, 23 (2): 63-67.
- [17] 贺 毅, 王立文. 飞机轮胎自动充气与检测装置的研制[J]. 航空维修与工程, 2011 (5): 92-95.
- [18] 吴付栓, 陈远江, 张 焯, 等. 便携式自行火炮制氮充氮设备研制与应用[J]. 船电技术, 2015, 35 (3): 66-68.
- [19] 孙引朝, 石成英, 孙耀辉. 高压气瓶充气过程升温规律研究[J]. 安全与环境学报, 2013, 13 (3): 191-194.
- [20] 董亚男. 基于 AT89S52 的多路数据采集系统的设计与实现[J]. 赤峰学院学报, 2017, 33 (3): 48-50.