

基于 5G 通信的地面气象观测站数据 监测系统设计

潘 辉, 张永波

(延安大学 物理与电子信息学院, 陕西 延安 716000)

摘要: 针对当前地面气象观测站中冗余干扰信息研究存在的数据监测精准度低的问题, 提出基于 5G 通信的地面气象观测站数据监测系统设计; 以 CC2430 芯片参考电路为基础, 设计系统硬件结构, 利用传感器单元将物理量转化为电信号形式, 使用 HMP45D 型温度/湿度传感器调理温湿度信号, 采用 MSP430F437 MCU 模块, 具有可编程电压管理器/监视器; 通过 GPRS 通信模块, 将采集到的气象数据传送到处理设备之中, 经过后端数据处理模块完成数据处理; 确定 5G 通信 RIM-RS 时域传输位置, 构建地面气象观测站数据监测方程, 使用 5G 通信 TD-LTE 远端基站干扰管理技术, 完成观测站数据监测; 由系统调试结果可知, 该系统能够抑制来自雷达 150°方位 0~160 km 和雷达 300°方位 150~300 km 的干扰回波, 数据监测精准度最高为 99%, 对地面气象观测站数据具有良好的监测效果。

关键词: 5G 通信; 地面气象; 观测站; 数据监测

Design of Data Monitoring System for Ground Meteorological Observation Station Based on 5G Communication

Pan Hui, Zhang Yongbo

(School of Physics and Electronic Information, Yan'an University, Yan'an 716000, China)

Abstract: Aiming at the problem of low accuracy of data monitoring in the research of redundant interference information in ground meteorological observation station, the design of data monitoring system of ground meteorological observation station based on 5G communication is proposed. Based on the CC2430 chip reference circuit, the hardware structure of the system is designed. The sensor unit is used to convert the physical quantities into electrical signals. The HMP45D temperature / humidity sensor is used to regulate the temperature and humidity signals. The MSP430F437 MCU module is used with programmable voltage manager/monitor. Through GPRS communication module, the collected meteorological data is transmitted to the processing equipment, and the data processing is completed by the back-end data processing module. The time-domain transmission position of 5G communication RIM-RS is determined, the data monitoring equation of ground meteorological observation station is constructed, and the interference management technology of 5G communication TD-LTE remote base station is used to complete the data monitoring of observation station. The system debugging results show that the system can suppress the interference echo from radar 150° azimuth 0~160 km and radar 300° azimuth 150~300 km, and the highest accuracy of data monitoring is 99%, which has a good monitoring effect on the ground meteorological observation station data.

Keywords: 5G communication; ground weather; observation station; data monitoring

0 引言

自动天气监测系统是目前国内应用最广泛的气象监测系统, 是一种全新的气象数据基础监测方法。地面站的性能主要决定于地面站分布的空间密度和时间密度, 初期气象监测系统是一种专业的硬件测量仪器。在仪器设计上, 根据用户需求, 明确了该系统的功能结构^[1]。在使用早期的天气监测系统时, 很难修改或扩展系统功能。所以在发展过程中, 既要消耗大量的物质资源和资金资源, 又不利于提升和与时俱进, 不利于推广。

常规气象自动监测系统一般是一种台式的传统测量仪

器, 由许多不同的仪器组合而成的一个监测系统, 使用场景单一、维护工作量大、成本高^[2]。传统的气象监测设备由于科技水平的不断提高, 仍然存在着老化严重、技术落后、实验经费不足等问题。因此, 提出了一种基于 5G 通信技术的地面气象站数据监控系统的设计方案。结合 5G 远程基站的工作原理和流程框架, 采用时域、频域、空域和功率域的干扰抑制机制和方法, 提出了 5G 基站干扰管理解决方案。5G 技术的出现为展示气象服务内容提供了多种途径, 它能实时采集温度、相对湿度、风向、风速、降雨、气压等气象要素, 能显示相关气象要素随时间的变化趋势,

收稿日期: 2020-10-13; 修回日期: 2020-11-19。

作者简介: 潘 辉(1997-), 男, 陕西咸阳市人, 大学本科, 主要从事移动通信中的信号处理方向的研究。

引用格式: 潘 辉, 张永波. 基于 5G 通信的地面气象观测站数据监测系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(6): 30-34.

并能储存以往的历史数据, 为气象研究和预报提供有效依据。

1 基于 5G 通信监测系统框架设计

图 1 中显示了由每个 5G 通信硬件节点组成的整体结构。

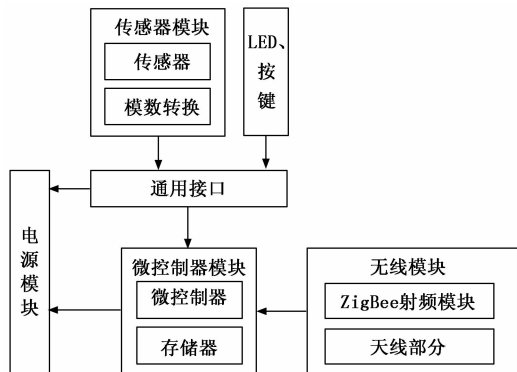


图 1 硬件结构

图 1 中最为重要的是无线传输芯片、微控芯片和支持 5G 通信协议的传感器芯片, 在 5G 通信联盟中, 各大公司纷纷推出相应的 5G 无线通信芯片。比如 TI 公司就拥有 CC2420 和 CC2520, 并且率先推出 CC2430, 它集成了单片机和无线传输芯片^[3]。以 CC2420 单片机为核心的单片机 5G 通信解决方案芯片, 具有高效的无线传输模块和 8051 控制器。以 CC2430 芯片为核心, 加入少量外设即可完成整个系统^[4]。根据 CC2430 芯片使用说明书中的参考电路, 还需要增加:

1) 如控制开关、多个 LED 指示灯、Uart 接口的电源电路和 IO 电路, 不增加其他传感器, 因为内部温度传感器直接使用^[5]。

2) 天线段设计使用了一种性能良好的 whip 芯片, 而单片机天线接口则是射频差接口。为连接单级不平衡天线, 需要一个转换电路, 以实现平衡到不平衡。该系统采用 TI 公司微带电路方案。

2 硬件结构设计

移动通信技术 5G 是目前蜂窝移动通信中最为先进的技术, 天气监测系统是基于 5G 通信监测系统框架的, 它由传感器、前端数据采集模块和后端数据处理模块等组成^[6]。感应器用来检测气象因素, 采集设备能够采集温度、相对湿度、风向、风速、降雨量和气压等气象要素。后台数据处理模块能够处理前端数据采集模块获取的数据, 该系统先采集气象资料, 再将资料返回气象资料中心, 进行资料显示与储存^[7-9]。气象台站也能基于以往储存的历史资料显示和分析历史天气状况。应用模块化、层次化编程思想, 每个模块实现一种特定功能。硬件系统框架如图 2 所示。

2.1 感应器

选择亚德客磁性开关 CMSG 三线常开 NPN 气缸感应

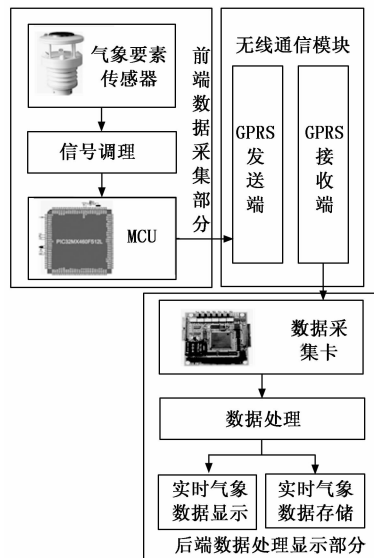


图 2 基于 5G 通信监测系统框架

器, 能直接处理各种物理量, 并将物理量转化为电子信号, 供数据采集系统采集。在分析天气监测系统的基础上, 通过信号调节装置将采集的传感器信号传送给计算机。

2.2 信号调整

信号调节装置采取措施放大、滤波和隔离由传感器和转换器发送的电信号, 并将其转换成便于采集装置读取的信号。

采用铂热阻温度传感器采集温度、湿度信号, 选择 VAISALA 公司的 HMP45D 型温湿传感器, 可广泛应用于各种仪器设备, 如数据记录仪、实验室设备和气象站。传感接口简便, 维护方便, 广泛的使用环境特性, 在高湿度的环境中, 稳定性好, 精度高, 不受滞后性的影响, 对粉尘、化学气体等环境因素有抵抗力。这是目前市场上最可靠的传感器之一, 温湿度信号的调理电路如图 3 所示。

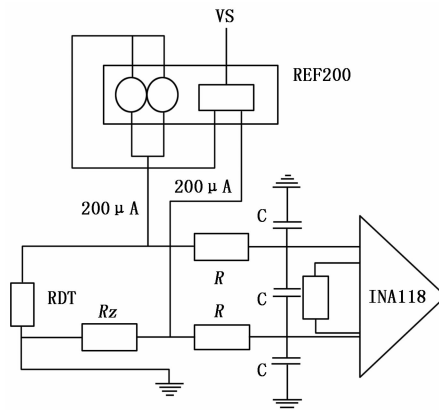


图 3 信号调理电路

2.3 微控制器

使用 MSP430F437 作为该模块的单片机, 该单片机具有超低功耗、强大的数据处理能力、高性能的模拟技术以

及丰富的片上模块,系统稳定可靠。其工作电压在 1.8~3.6 V 范围内,有源模式 1 MHz;待机模式 1.6 A;关闭模式 0.1 A;5 种节电模式;不超过 6 个音符,16 位简化指令结构,125 ns 指令循环;12 位 A/D 转换器。MSP430F437 具有 80 针和 100 针封装,芯片采用 80 针 FLASTIC 芯片封装^[10-12]。该系列 MSP430 是一款单片机,配备两个内置 16 位定时器,一个 12 位快速 A/D 转换器,一个或两个通用同步/异步串行通信接口 (USART),48 个 I/O 管,以及一个液晶 (LCD) 驱动器,至多 160 段。

2.4 监测器

通过监测器实现硬件上的数据处理与分析,包括上位机、协议转换、声卡、视频处理器等,实现对气象监测站数据的处理与分析。为确保对任何前端节点网络的实时位置进行监控和测量,可以在管理机内设置一个复杂的前端,在 Win7 系统下,将监测中心设为局域网,利用智能设备对监测站的数据进行处理与分析,为确保系统自动监测数据的准确性,可在一分钟内记录单行速率和数据包的带宽使用情况,并将数据包划分为多个网络服务器底层链路,实现监测数据的实时存储与处理。

2.5 GPRS 通讯模块

GPRS 通讯模块功能是将数据采集卡采集的气象要素传输到虚拟仪器中的数据采集部分,实现数据的无线传输。

2.6 后台数据处理模块

数据处理用 PCI-6251 数据采集卡,性能价格比较高,支持模式和双缓存模式,保证了信号的实时采集和存储不间断,提升数据高精度采样速度。

3 软件部分设计

在硬件模块设计完成的基础上,设计基于 5G 通信的地面气象观测站数据监测系统软件部分。通过雷达干扰回波获取地面气象观测站数据监测方程,得到精确的干扰数据;通过 TD-LTE 远端基站干扰管理技术判断基站被扰信号,触发相应的干扰抑制措施,实现地面气象观测站数据精准监测系统设计。

3.1 时域传输位置设计

基站远距离干扰管理的基准信号主要是在基站之间进行测量,该方法在功能和要求上不同于现有协议中为终端解调和测量而设计的参考信号。为达到兼容性,可对参考信号进行特殊的资源配置和序列设计,以避免 5G 通信圈与传统参考信号的混淆。根据两套远端基站干扰管理程序的框架,受害基站必须发送参考信号。它最大的作用就是使干扰基站能够检测到基准信号,识别被干扰基站上行信号的反向干扰。图 4 显示了 5G 通信 RIM-RS 时域传输位置。

从图 4 中可以看出,通过网络配置,攻击方基站可以知道被攻击方基站发送的 RIM-RS 在时间上的符号位置。远端基站发生干扰涉及的范围较大,为保证基站能够在最大范围内接收到参考信号,参考信号发送基站在整个网络

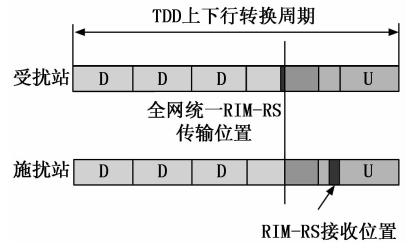


图 4 RIM-RS 时域传输位置示意图

中的位置要统一,尽量靠近下行传输网络边界。

假设 5G 通信低地面气象观测站数据监测系统只存在一个方位干扰,那么可将方位分成两个区域,分别是雷达 150°方位 150~300 km 干扰回波 A 点和雷达 300°方位 150~300 km 干扰回波 B 点。由此可获取地面气象观测站数据监测方程:

$$P = \frac{Z}{r^2} \lambda \cdot 10^{\beta r} \quad (1)$$

式 (1) 中, P 表示干扰回波功率; Z 表示常数; r 表示干扰半径; λ 表示干扰回波发射率因子; β 表示大气衰减系数。

雷达基础资料已包含距离和与目标的衰减结果,因此,在对降水回波进行校正的同时,还将增加原弱干扰回波的距离。所以,为了得到精确的干扰数据,需要对干扰数据进行处理,并用于远程基站干扰抑制管理。

3.2 远端基站干扰抑制管理工作

图 5 中的干扰基站检测到上行干扰水平超过某一阈值,并展示了其在许多展品中独特的斜坡干扰特征,该干扰特征用于判断大气层中出现的波导现象,然后开始定期发送远程管理参考信号干扰。

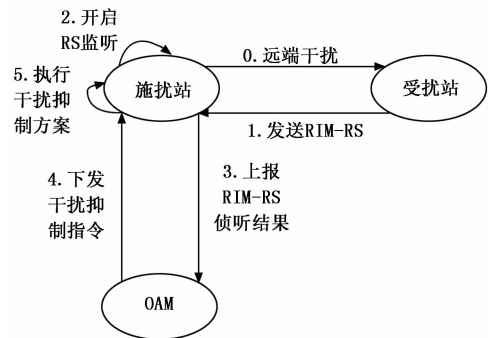


图 5 5G 通信 TD-LTE 远端基站干扰管理技术

干扰基站传输可以相对推断其自身的下行传输标志,从而导致干扰到远端基站根据上行标志位置探测参考信号的位置,进而采用以上各种干扰抑制措施进行干扰抑制。在干扰基站采取抑制干扰的措施后,干扰基站会发现 10 T 的电平下降。若被扰基站此时决定停止发送参考信号,则被扰基站应立即终止干扰抑制措施。若大气层管路现象不消失,受扰基站将重新发现 10 T 级上升,触发新一轮远端基站干扰处理方案。为避免该现象发生,干扰基站还需要

通过空中接口发送第二类参考信号或建立一条回程链路来帮助受干扰基站判断管道现象是否消失。

4 实验测试

为了验证基于 5G 通信的地面气象观测站数据监测系统设计合理性, 进行系统调试。

4.1 调试数据采集

以 5G 通信为基础的地面气象观测台数据监测系统的技术要求如下:

- 1) 本系统能适应现场监测复杂的地理环境和天气变化。本系统具有较好的扩展性。
- 2) 通过 GPRS 传输设备采集的数据到数据处理业务终端, 系统设备应有 RS-232 通信接口。
- 3) 收集监测信息, 具体参数要求见表 1。

表 1 采集数据标准

气象要素	测量范围	实时数据采集
温度/℃	-25~45	0.1
湿度/%RH	0~95	2
风向/(°)	0~360	30
风速/(m/s)	0~40	0.5
雨量/mm	0~850	1.0
气压/Pa	250~1 500	1

4.2 调试环境分析

自 2020 年 1 月起, 国家气象服务中心的气象雷达接收端受干扰的主要频率为 2 500 MHz, 并将其大致方向确定为西南方向, 尤其是干扰信号的强度位于南部, 严重影响了天气雷达的工作, 见图 6。

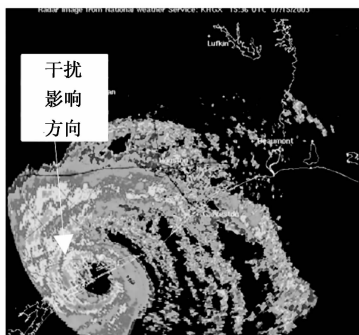


图 6 气象雷达受到干扰影响示意图

现场测试时, 要通过控制开关电压、更换天线等方法, 排除设备内部干扰的可能性, 确定干扰方向。

4.3 调试结果与分析

在调试环境支持下, 分析来自雷达 150°方位 0~160 km 和雷达 300°方位 150~300 km 的干扰回波。

4.3.1 雷达 150°方位 150~300 km 干扰回波

针对来自雷达 150°方位 150~300 km 的干扰回波, 分析原始回波和使用基于 5G 通信监测系统去除干扰后的回波强度, 如图 7 所示。

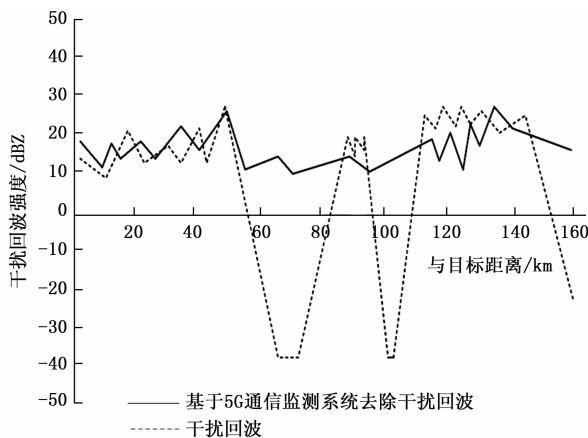


图 7 雷达 150°方位 150~300 km 干扰回波强度分析

由图 7 可知: 干扰回波整体趋势呈上升一下降一不变一上升一下降一上升一下降, 当目标距离为 58 km、95 km、108 km、150 km 时, 原始干扰回波强度为 0 dBZ。当目标距离为 48 km、95 km、135 km 时, 原始干扰回波强度分别为 30 dBZ、15 dBZ、38 dBZ。基于 5G 通信监测系统去除干扰回波波幅波动幅度较小, 仅在与目标距离为 140 km 时, 干扰回波强度达到最高为 20 dBZ, 但其余距离下基本保持不变。

将原始干扰回波下数据监测精准度和基于 5G 通信监测系统去除干扰后的回波强度数据监测精准度进行对比分析, 结果如表 2 所示。

表 2 雷达 150°方位 150~300 km 下数据监测精准度分析 %

监测次数/次	原始干扰回波	5G 通信监测系统
1	54	98
2	55	98
3	68	99
4	60	97
5	45	97

由表 2 可知: 使用基于 5G 通信监测系统在雷达 150°方位 150~300 km 下去除干扰后的数据监测精准度较高。

4.3.2 雷达量程 300°方位 150~300 km 干扰回波

针对来自雷达 300°方位 150~300 km 的干扰回波, 分析原始回波和使用基于 5G 通信监测系统去除干扰后的回波强度, 如图 8 所示。

由图 8 可知: 干扰回波整体趋势呈下降一上升一下降一上升一下降趋势, 当目标距离为 145 km、240 km、295 km、345 km、400 km 时, 原始干扰回波强度为 0 dBZ。当目标距离为 210 km、270 km、325 km、380 km 时, 原始干扰回波强度分别为 -80 dBZ、58 dBZ、-60 dBZ、30 dBZ。基于 5G 通信监测系统去除干扰回波波幅波动幅度较小, 仅在与目标距离为 300 km 时, 干扰回波强度达到最高为 28 dBZ, 但其余距离下变化幅度较小。

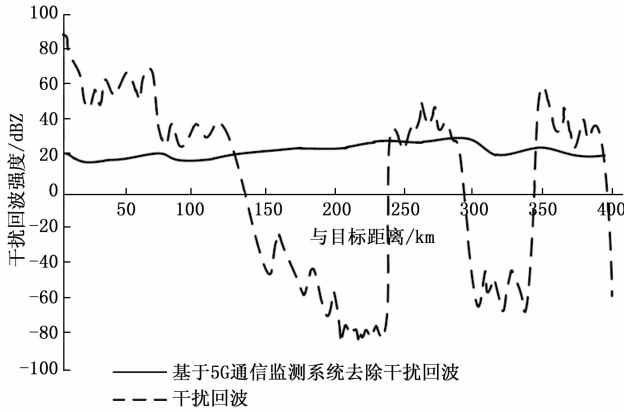


图 8 雷达 300°方位 150~300 km 干扰回波强度分析

将原始干扰回波下数据监测精度和基于 5G 通信监测系统去除干扰后的回波强度数据监测精度进行对比分析,结果如表 3 所示。

表 1 雷达 300°方位 150~300 km 下数据监测精度分析 %

监测次数/次	原始干扰回波	5G 通信监测系统
1	54	98
2	55	98
3	68	99
4	60	97
5	45	97

由表 3 可知:使用基于 5G 通信监测系统在雷达 300°方位 150~300 km 下去除干扰后的数据监测精度较高。

5 结束语

提出基于 5G 通信的地面气象观测站数据监测系统,通过 CC2430 芯片、传感器单元采集气象数据,构建地面气象观测站数据监测方程,利用 5G 通信技术实现观测站数据监测,解决了传统气象站费用高昂、设计复杂的问题。试验结果表明,该系统易于扩展和修改,具有很好的推广应

(上接第 8 页)

用的复杂需求、兼容不同型号箭上系统的差异化需求等方面,进一步扩展完善,确保系统可靠、高效、通用、先进,建立未来运载火箭地面一体化测发控系统基本型。

参考文献:

[1] 杨华, 顾胜, 穆元良, 等. 运载火箭电气系统一体化设计方案 [J]. 导弹与航天运载技术, 2004 (4): 10-14.

[2] 徐明钊, 袁乾臣, 余亚平. 重型运载火箭测发控系统一体化设计研究 [A]. 中国宇航学会深空探测技术专业委员会第九届学术年会 [C]. 2012: 686-691.

[3] 张学英, 易航, 汪洋, 等. 运载火箭测发控系统通用化设计 [J]. 导弹与航天运载技术, 2012 (4): 15-19.

[4] 王子瑜, 等. 运载火箭快速测试发射关键技术 [J]. 中北大学学报, 2017, 38 (3): 307-315.

用前景。

参考文献:

[1] 崔丽珍, 徐锦涛, 丁福星, 等. 基于物联网的农业大棚气象数据监测系统设计 [J]. 电子技术应用, 2018, 44 (12): 79-82, 86.

[2] 刘占阳, 胡澄, 孙雪峰, 等. 一种基于滨海核电站海上 γ 辐射剂量率的智能化自动监测系统研究与设计 [J]. 应用海洋学报, 2020, 39 (2): 273-278.

[3] 刘丽丽, 李英华, 王雪莲, 等. 基于观测系统模拟试验的海表气象观测站点布局方案研究 [J]. 气候与环境研究, 2019, 24 (6): 711-722.

[4] 冯国亮, 李春来. 基于北斗卫星的太阳能资源监测系统设计 [J]. 现代电子技术, 2018, 41 (2): 71-74.

[5] 吴频频, 李夫明. 区域自动气象观测站软件设计的研究 [J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (5): 142-147.

[6] 任艳, 六盘水市 2016-2017 年 AFP 监测系统分析及评价 [J]. 养生保健指南, 2019 (23): 336.

[7] 韩琛晖. 基于 STM32 嵌入式微处理器的农业气象物联网数据采集系统设计 [J]. 现代电子技术, 2020, 43 (5): 10-13, 18.

[8] 赵小强, 陈玉兵, 高强, 等. 基于 Modbus 协议的农田气象信息监测站设计 [J]. 电子技术应用, 2018, 44 (12): 55-59, 64.

[9] 孙超, 霍庆, 任芝花, 等. 地面气象资料统计处理系统设计与实现 [J]. 应用气象学报, 2018, 29 (5): 630-640.

[10] 赵建伟, 毕波, 王周鹤, 等. 基于自动气象站和廓线雷达资料的大理机场风切变分析与应用 [J]. 气象科技, 2019, 47 (6): 1014-1020.

[11] 苗开超, 韩婷婷, 王传辉, 等. 基于 LSTM 网络的大雾临近预报模型及应用 [J]. 计算机系统应用, 2019, 28 (5): 217-221.

[12] 黄俊, 廖碧婷, 吴兑, 等. 广州近地面臭氧浓度特征及气象影响分析 [J]. 环境科学学报, 2018, 38 (1): 23-31.

[5] 余力凡, 张磊. 运载火箭测发控网络设计 [J]. 航天控制, 2008, 26 (4): 68-74.

[6] 宋征宇. 运载火箭地面测试与发射控制技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2016.

[7] 吴晓光, 单斌. 基于 CPCI 总线的某飞行器测发控系统研究 [J]. 自动化仪表, 2008 (3): 26-28.

[8] 于大海, 袁杰, 白亮, 等. 主机控制软件在测发控系统中的应用研究 [J]. 计算机测量与控制, 2019, 27 (4): 102-105.

[9] 张晨光, 吕明, 刘巧珍. 基于云计算一体化测试发控系统设计与分析 [J]. 导弹与航天运载技术, 2018 (3): 114-118.

[10] 宋征宇. 运载火箭远程故障诊断技术综述 [J]. 宇航学报, 2016, 37 (2): 135-144.

[11] 张素明, 安雪岩, 颜廷贵, 等. 大型运载火箭的健康管理技术应用分析与探讨 [J]. 导弹与航天运载技术, 2013 (6): 33-38.