

基于 PoE 技术的航天器洁净室监测报警系统

宋海龙, 周楠, 汤浩军, 王海江, 李田甜

(北京东方计量测试研究所, 北京 100094)

摘要: 为实现对航天器测试洁净室环境的实时监测, 设计了一套自动、实时环境监测报警系统。采用最新的 PoE 技术, 设计了符合 IEEE 802.3at 标准的 PoE 分离器电路, 实现供电与信号传输通路的共用, 使得终端监测仪集成化, 减少了线缆接口, 系统稳定性和灵活性都得到了大幅提高。经验证, 本监测系统长时间运行良好, 可广泛应用于多领域的洁净室监测。

关键词: 洁净室监测; 空气洁净度; PoE 技术

中图分类号: TP393; V414.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-1379(2018)04-0394-05

DOI: [10.3969/j.issn.1673-1379.2018.04.015](https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-1379.2018.04.015)

Design of a spacecraft clean room monitoring system based on PoE

SONG Hailong, ZHOU Nan, TANG Haojun, WANG Haijiang, LI Tiantian

(Beijing Orient Institute of Measurement & Test, Beijing 100094, China)

Abstract: A monitoring system is designed for the automatic monitoring and warning of the spacecraft clean room. A PoE splitter complied with the IEEE 802.3at standard is designed for the integrated monitoring device, with the shared function of the co-channel power supply and communication. The clean room monitoring system is shown to work reliably and flexibly in the practical application, and it can be used for the clean room monitoring in the aerospace and other industry domains.

Key words: clean room monitoring; air cleanliness; PoE technique

收稿日期: 2018-05-23; 修回日期: 2018-06-21

引用格式: 宋海龙, 周楠, 汤浩军, 等. 基于 PoE 技术的航天器洁净室监测报警系统[J]. 航天器环境工程, 2018, 35(4): 394-398
SONG H L, ZHOU N, TANG H J, et al. Design of a spacecraft clean room monitoring system based on PoE[J]. Spacecraft Environment Engineering, 2018, 35(4): 394-398

0 引言

多种产品的关键工序需要在洁净室环境下实施, 因此, 动态环境监测技术成为航天器研制的重要支撑技术之一。航天器研制过程中, 在洁净室综合性能的诸多参数中, 洁净度和温、湿度监测对保证卫星总装、测试工作区的环境而言十分重要。针对航天洁净室的洁净度级别和综合性能检测方法都出台了相关的国内标准^[1-2]。

目前针对洁净室环境的监测方案主要有 2 种: 第 1 种是在墙壁不影响工作的位置安装测试设备, 实时监测洁净室参数^[3]。但是这种监测方法存在不便于移动跟随航天器转场测试、测试指挥无法实时根据监测环境参数判断航天器所在工位环境参数的有效性等问题。第 2 种是人工定期巡检, 采用便携式测试设备定期采集厂房内不同位置的环境数据并手动生成报告。但是这种方法无法实现实时监测, 测试数据的时效性较差。

文献[4]介绍于基于 ZigBee 无线通信技术设计了药厂的环境自动控制系统, 对药厂生产过程中的温、湿度和洁净度等环境参数进行自动监控。但是无线通信存在不稳定和某些场合无法使用等限制。此处还有基于分立传感器设备和 RS-485 总线串行通信的洁净度检测系统^[5], 可对环境进行实时监测, 但需要单独的电源和供电网络给各传感器供电, 存在系统复杂、布线困难的问题, 系统可靠性很难保证。

在 PoE(Power over Ethernet)技术出现之前, 所有的网络设备都采用单独电源线供电, 施工烦琐复杂, 安装周期长且成本高。PoE 技术利用网线中的空闲脚或数据脚实现供电功能, 省去了额外电力布线, 具有节约成本、安装容易、更安全、设备管理更便捷等优势^[6-7]。2003 年和 2009 年, IEEE 分别发布了 802.3af 和 802.3at 标准, 允许通过以太网线缆为受电设备(PD)提供 12.95 W 和 25.5 W 的电力, 极大推进了 PoE 技术的发展与应用。目前, PoE 技术已应用于网络电话和网络摄像机等设备^[8]。

本文研究将洁净度和温、湿度检测集成为综合监测仪终端。采用 PoE 技术, 设计符合 802.3at 标准的受电端电路, 取消单独的供电电源和供电线缆, 实现供电与信号传输通路的共用, 减少线缆接

口, 构造简单、可靠、灵活的航天器洁净室实时环境监测报警系统。

1 系统方案

监测报警系统在测量区域布置多台监测仪进行多点数据采集, 数据基于 PoE 技术通过以太网上传到计算机进行数据集中处理, 实现洁净室环境参数的 24 h 实时动态监测。如图 1 所示, 系统主要由以下部分组成: 1)综合监测仪。为自主开发的集成化产品, 用于检测环境的洁净度和温湿度, 安装在三脚架上, 放置于测试大厅以获得现场环境的实时监测数据; 它采用 PoE 技术通过网线线缆实现数据通信和供电, 简单、可靠、安全。2)上位机。可选服务器或普通台式机, 布置在控制室, 安装有监控软件, 完成所有软件功能, 包括与所有远程监测仪的通信、数据可视化、曲线分析、数据存储、超标报警、历史数据查询、系统采样周期设置等。3)以太网网络。由 PoE 交换机和以太网线组成。PoE 交换机给监测仪供电并实现远程监测仪与上位机的数据交换, 超五类网线连接所有远程监测仪和上位机, 保证信号可靠传递。4)外部设备。包括打印机或者其他显示设备等, 完成相应的报表打印和实时信息投射等功能。

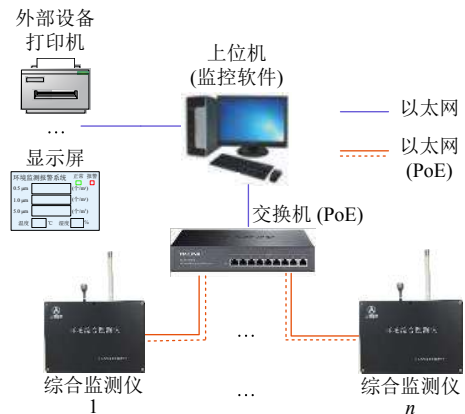


图 1 监测报警系统方案

Fig. 1 Structure diagram of the monitoring system

相较于分立传感器设备基于串行通信组成的监测系统, 本系统采用基于 PoE 技术开发的高集成度环境综合监测仪, 系统简洁、可靠, 布线简单。

2 硬件设计

2.1 综合监测仪

综合监测仪结构如图 2 所示。

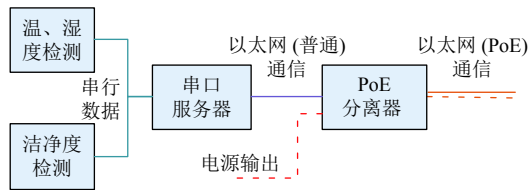


图2 监测仪硬件结构框图

Fig. 2 Block diagram of the monitoring hardware

1) 温湿度检测: 采用 PT100A 级铂电阻和湿敏电容分别作为温度和湿度传感器, 变送器输出为串行数据; 温度传感器的测量范围为 $0\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, 精度为 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$; 湿度传感器的测量范围为 $0\sim 100\%\text{RH}$, 精度为 $\pm 2\%$ ($15\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$)。

2) 洁净度检测: 采用激光空气粒子计数器对洁净度进行检测, 采样气流按照规定以 2.83 L/min 的流速通过光敏区。空气中的尘埃粒子在经过光敏区时产生散射光, 基于光散射原理, 散射出的光通量与粒径成一定比例, 经光电转换、信号调理和多通道脉冲计数的电信号处理环节, 输出检测到的不同直径尘埃粒子个数的串行数据^[9]。洁净度检测原理如图3所示。

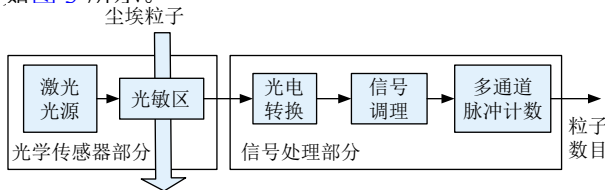


图3 洁净度检测原理

Fig. 3 Principle for cleanliness measurement

3) 串口服务器: 完成串行通信和以太网 TCP/IP 通信协议转换的功能, 接收温/湿度和洁净度变送器输出的串行数据, 并通过 TCP/IP 协议实现与上位机的通信。

4) PoE 分离器: 将输入的 1 路含有供电电源的数据信号, 分解输出成普通数据信号和 24 V(DC) 电力供电。考虑综合监测仪的功耗, 设计支持 IEEE 802.3at 标准, 以保证供电冗余度和监测仪的可靠工作。PoE 分离器电路原理如图4所示, 采用符合 IEEE 802.3at 标准的稳定可靠的 PD 端芯片 AS1138。该芯片集成了输入浪涌保护、数字 PD 控制器和 DC/DC 控制器, 最大输出功率 25.5 W 。

5) 监测仪散热设计: 监测仪内部环境温度升高后, 会通过多种方式影响温度传感器检测的准确度。因此, 设计时需要考虑发热部件的识别与位置布置, 散热孔的位置和数量, 温度传感器的设置, 温度传感器与盒体的绝热等。

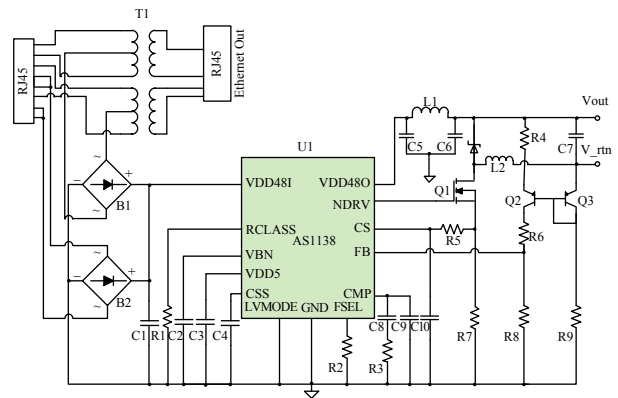


图4 PoE分离器电路原理

Fig. 4 Circuit diagram of the PoE splitter

6) 通信与监测仪布置: 本综合监测仪的硬件设计符合 IEEE 802.3at 标准, 取消了独立的供电线缆, 仅由 1 根以太网线实现供电和传输信号的复用, 远程通信协议包含启动、停止和收集数据等命令, 支持监测系统中多个在线监测仪与控制终端软件的远程信息交互。此外, 每个监测仪均配置独立的三脚架, 可根据需要随意设置地面位置和空间高度, 亦可根据工位的航天器在测情况增加或撤去监测仪, 配合上位机软件界面简单的终端设备配置, 保证系统配置的便利性和灵活性。

为保证监测仪的测试数据有效, 需要在系统启动前, 遵循相关标准对传感器硬件设备进行标检。

2.2 交换机和网络

PoE 交换机即支持网线供电的交换机, 在实现普通交换机的数据传输功能的同时, 还可为网络的终端设备提供电能。符合 IEEE 802.3at 标准的供电设备输出功率可达 30 W , 受电设备可用功率为 25.5 W 。为保证综合监测仪的可靠工作, 本系统的 PoE 网络采用 IEEE 802.3at 标准, 并选用符合该标准的 PoE 交换机。交换机选型时, 需对交换机整机功率、交换机端口数目和在线监测仪的数量进行综合考量: 交换机端口的输出功率受整机功率的限制, 需确保多点监测系统中每个远程监测仪均能获得足够的功率。

本方案通过以太网线缆为综合监测仪提供电能, 系统是否能够可靠工作和以太网线缆的品质有重要关系, 因此, 本系统选用超五类网线构建交换机到综合监测仪的以太网网络。

2.3 上位机和显示

本系统的上位机可以和网络内的其他服务器复用,也可以选用普通的台式计算机。

选用大尺寸触摸屏显示器,并设置于航天器测试大厅的出入口,可保证数据和信息的可读性和操控的便捷性,方便随时监视洁净室环境的状况。

2.4 外部设备

监测系统记录的数据可以生成报表并通过打印机打印,在航天器测试大厅显著位置也可以另设 LED 显示屏等设备显示实时环境数据。可以根据实际需要进行外部设备配置。

3 软件设计

基于 LabView 开发的实时监测软件运行于上位机中,对航天器测试大厅的洁净度和温、湿度等综合环境参数进行实时动态收集和显示,并进行数据的存储。此软件具备的功能包括:1)系统管理功能,包括对系统、采样周期、监测仪通道、操作员管理等进行选择和配置;2)数据实时采集功能,通过与各在线综合监测仪通信获得数据,对环境中的悬浮颗粒物数和温湿度进行实时监测、实时报警和曲线显示;3)监控数据管理功能,可对实时数据进行存储,并实现对历史数据的查询、分析、可视化和导出。

软件运行主界面如图 5 所示,每个航天器测试工位的环境状况可以直接通过工位中状态圆的颜色来判断:如果检测到的所有参数均满足标准要求,则状态圆为绿色;如果有任何一项指标超标,则状态圆显示为红色,提醒管理人员注意。



图 5 监测软件运行主界面
Fig. 5 The main interface of the monitoring software

点击主界面中的每个工位图标,可以看到实时的具体环境指标参数信息。如图 6 所示,界面直接展示每个参数的标准判据和实时采集的数据,并以

右边状态圆的颜色直观显示实时采集的数据是否在标准范围以内。



图 6 实时参数采集图
Fig. 6 The parameters monitored real time

点击不同页面的标签可以切换到不同参数的监测数据曲线(图 7)。

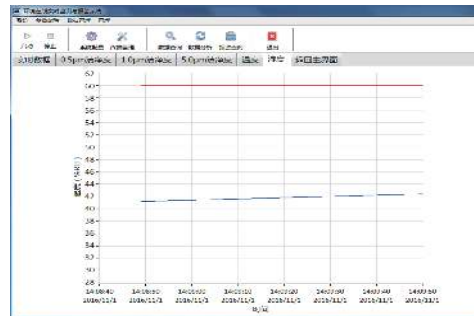


图 7 监测数据曲线
Fig. 7 Graph of the monitored data

点击数据查询命令,弹出数据查询窗口,可以选择和检索历史数据,并画出历史曲线(图 8)。

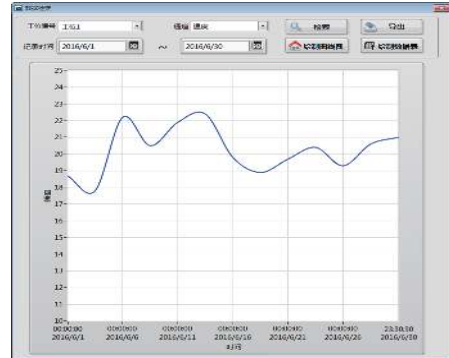


图 8 历史数据查询和曲线
Fig. 8 Query and graphing of the historical data

点击终端配置命令按钮,可以对综合监测仪和相应的端口进行添加、删除和配置,如图 9 所示。



图 9 终端设备配置界面
Fig. 9 Configuration of the terminal monitoring devices

4 结束语

本文设计的航天器洁净室环境综合监测报警系统具备多点实时自动检测和报警功能,采用支持PoE技术的环境综合监测仪,系统简洁、可靠,布线简单,可实现对各航天器测试工位的洁净度和温、湿度的动态监测,提供航天器测试过程中的实时环境状况。用户可从数据库中查询历史数据,实现对环境数据的实时监测和历史数据回查。

目前本系统已经投入使用,长时间运行良好,很好地实现了对航天器洁净室环境的实时综合监测。

参考文献 (References)

- [1] 国防科学技术工业委员会. 卫星产品洁净度及污染控制要求: GJB 2203A—2005[S], 2005
- [2] 中国空间技术研究院. 洁净室综合性能检测方法: Q/W 1066—2004[S], 2004
- [3] 单明, 仇玉雪, 郝建新. 航天器 AIT 保障技术——环境数据多点、实时、自动监测及显示技术[J]. 航天器环境工程, 2008, 25(6): 580-583
SHAN M, QIU Y X, HAO J X. Spacecraft AIT guarantee technology-environment data multi-points, real time, automatic monitoring and display technique[J]. Spacecraft Environment Engineering, 2008, 25(6): 580-583
- [4] 张琳. 基于无线传感网络的药厂自动化控制系统[D]. 北京: 华北电力大学, 2014
- [5] 邹丽新, 朱桂容, 陆家昌, 等. 基于 RS-485 总线 的多点式空气洁净度监测系统[J]. 电子技术应用, 2006, 32(8): 135-136
ZOU L X, ZHU G R, LU J C, et al. Multi-points air cleanliness monitoring system based on RS-485 bus[J]. Application of Electronic Technique, 2006, 32(8): 135-136
- [6] 陈海川, 李茜, 田晔. 高功率以太网供电技术综述[J]. 通信电源技术, 2009, 26(3): 31-34
CHEN H C, LI Q, TIAN Y. A review of high-power PoE technology[J]. Telecom Power Technology, 2009, 26(3): 31-34
- [7] 张韬. 关于 PoE 技术的分析与应用[J]. 通信电源技术, 2015, 32(1): 59-61
ZHANG T. Analysis and application of PoE technology[J]. Telecom Power Technology, 2015, 32(1): 59-61
- [8] 林亮. PoE 技术的应用与优势[J]. 信息通信, 2015(6): 240-241
LIN L. Application and advantages of PoE technique[J]. Information & Communications, 2015(6): 240-241
- [9] 张敏, 周鑫玲, 王向军, 等. 基于光散射原理的尘埃粒子检测仪[J]. 仪器仪表学报, 2006, 26(12): 1298-1301
ZHANG M, ZHOU X L, WANG X J, et al. The particle detector based on principle of light scattering[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2006, 26(12): 1298-1301

(编辑: 冯露漪)