

Design and Development of Wireless Remote Management System for Unattended LNG Station Based on LEO Communication Satellites

Hongzhao Yang^{1*}, Shouqin Zhou², Xiaoyong Tang³

¹Shenzhen CIMC Intelligent Technology CO., LTD., Shenzhen Guangdong

²China International Marine Containers (Group) LTD., Shenzhen Guangdong

³Dongguan CIMC Intelligent Technology CO., LTD., Dongguan Guangdong

Email: hongzhao.yang@cimc.com

Received: Oct. 1st, 2018; accepted: Oct. 14th, 2018; published: Oct. 24th, 2018

Abstract

With the promotion of LNG (liquefied natural gas) as kind of clean vehicle energy in the world, LNG station, as a supporting for LNG vehicle, has also been built and developed rapidly. For the LNG stations in remote areas, the cost of the cable network is high and the wireless network signals cannot be covered. This makes the gas station isolated from the outside world as a solitary station, and the information and data cannot be conveyed to the remote monitoring center; at the same time, the unattended LNG station has become a trend in the current situation of higher manpower cost and higher management cost. In order to solve the problems of operation, management and equipment maintenance in unattended LNG station, this paper designs a remote management system of LNG station based on LEO satellite, and the data acquisition, data wireless transmission, data remote analysis, diagnosis and decision of LNG station were realized. Through actual debugging and application, the reliability of the design is verified. The system can accurately collect, transmit and analyze the data of the LNG station. It provides efficient and powerful support for the operation, management and maintenance of the LNG station in remote areas.

Keywords

New Energy, LNG Station, Remote Monitoring, LEO Communication Satellites, ORBCOMM System

基于低轨卫星的无人值守LNG加气站无线远程管理系统的设计和开发

*通讯作者。

文章引用: 杨鸿兆, 周受钦, 唐晓勇. 基于低轨卫星的无人值守 LNG 加气站无线远程管理系统的设计和开发[J]. 无线通信, 2018, 8(5): 216-225. DOI: [10.12677/hjwc.2018.85025](https://doi.org/10.12677/hjwc.2018.85025)

杨鸿兆^{1*}, 周受钦², 唐晓勇³

¹深圳中集智能科技有限公司, 广东 深圳

²中国国际海运集装箱(集团)股份有限公司, 广东 深圳

³东莞中集智能科技有限公司, 广东 东莞

Email: hongzhao.yang@cimc.com

收稿日期: 2018年10月1日; 录用日期: 2018年10月14日; 发布日期: 2018年10月24日

摘要

随着LNG (液化天然气)作为一种清洁车用能源在全球范围内的推广使用, 作为配套的LNG加气站也得到了快速的建设和发展, 对于一些位于偏远地区的LNG加气站, 有线网络的铺设成本高昂, 而无线网络信号无法覆盖, 这使得加气站与外界隔离成为一个孤站, 信息和数据无法传达到远程监控中心, 同时无人值守的LNG加气站在当前人力成本和管理成本较高的情况成为了一种发展趋势。针对偏远地区无人值守的LNG加气站在经营、管理和设备维护上存在困难的问题, 本文设计了一种基于低轨卫星的LNG加气站远程管理系统, 实现了LNG加气站数据的采集、基于低轨卫星的无线数据传输和数据远程分析、诊断和决策。经过实际调试和应用, 验证了设计的可靠性, 系统能够准确的采集、传输和分析LNG加气站数据, 为偏远地区的LNG加气站的经营、管理和设备维护提供了高效和有利的支持。

关键词

新能源, LNG加气站, 远程监控, 低轨道通讯卫星, ORBCOMM系统

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来 LNG 加气站建设快速发展, 为物流运输行业带来了极大的便利, 但一些 LNG 加气站建设在偏远的地区, 没有有线网络, 而无线信号很差, 导致站点的信息化管理十分困难, 同时为了应对人力成本、设备工作效率等问题, 无人值守的 LNG 加气站变成了一种趋势。因此偏远地区无人值守的 LNG 加气站在运营过程中无人监管, 设备全自动运行, 这使得经营管理, 消防安全, 设备维护等一系列问题成为巨大的挑战。

通过建设基于低轨卫星的 LNG 加气站无线远程管理系统, 采用当前最新的低轨卫星通讯技术, 可实现 LNG 加气站所有数据的对外传输, 对进出车辆情况、收费情况、设备运行情况以及 LNG 加气站工作情况进行远程实时监视, 同时提高站点管理、服务水平和各种应急事件的处理能力。

本文设计了基于 ORBCOMM 低轨卫星通讯服务, 结合现场传感器数据采集、计算和分类, 实现了将偏远地区的 LNG 加气站数据传输到远程监控平台, 运用 AI 算法实现大数据的挖掘和分析, 从而实现 LNG 加气站的高效管理。

2. 偏远地区 LNG 加气站传统管理办法

针对偏远的 LNG 加气站, 既没有有线网络, 也无法获取无线信号, 站上的经营情况只能靠工作人员



Figure 1. LNG station
图 1. LNG 加气站

定期长途跋涉前往站上查看，这在很大程度上制约的 LNG 加气站的使用效率，经常会出现设备故障无人维修、LNG 库存不足无法满足过往车辆的使用、突发事件引起重大生产事故等情况的发生，同时站上的工作人员，也常年工作在人口稀少的地区，生活物质和网络需求无法得到满足，造成工作人员大量的流失(图 1 为传统的 LNG 加气站)。

3. 基于低轨卫星的无人值守 LNG 加气站无线远程管理系统

无人值守的 LNG 加气站，实现了高度的自动化运行，站上无人值守，司机自助交易，极大的减少的场站面积、人力成本。同时，配备基于低轨卫星的远程管理系统，可以将僻远地区的 LNG 加气站的运营数据实时的传输到远程监控中心，实现设备运行情况的监控，车辆交易情况的查看，库存情况的趋势预警，泄漏等突发紧急情况的远程预警和遥控处理等，这大大的提高了 LNG 加气站的运营效率和突发事故处理能力，这对新疆、内蒙、西藏等偏远地区的 LNG 加气站的建设，具有极大的推动作用。

4. 系统组成

4.1. 系统组成

本系统由数据采集终端、无线传输终端、远程监控中心等三部分组成。

其中数据采集终端实时的采集 LNG 加气站上所有的有效数据，包括：LNG 储罐的压力，储罐内 LNG 的温度，储罐的液位，所有阀门的状态，LNG 加气机的工作状态，PLC 工作状态，LNG 交易过程中的流速、温度、密度、交易量、交易金额、单价，潜液泵运转电流、速度、报警信息，压缩机运行情况等。

无线传输终端，采用卫星通信的形式，卫星通信采用美国 ORBCOMM 公司低轨道卫星通信系统资源，使用 OG2 模块。

远程监控中心，实现对 LNG 加气站数据的接收、处理、计算，以形成报表、图片、趋势图、报警记录、远程指令遥控等操作，可以为监控人员提供趋势预警，突发事件报警，设备故障提示，库存提示，交易信息展示，交易信息日报表，交易信息月报表，交易信息年报表等信息，以直观、高效、准确的形式反映 LNG 加气站的运行情况。

4.2. 系统工作原理

系统在正常工作时，数据采集终端每隔 500 毫秒采集一次数据，将采集到的数据进行初步分析，如果所有数据值均在阈值范围内，则每隔 1 分钟才通过 485 总线将数据传输到无线传输终端，无线传输终

端收到数据后，会立即启动 OG2 模块，将数据加密后通过卫星发送到远程监控中心，远程监控中心在收到数据之后，将数据拆包入库，经过计算后，形成报表、图标等，并且会根据近期的数据结合大数据 AI 算法，形成经营综合评价、库存趋势预计、潜在风险分析、泵运行动态性能、LNG 加气机工作状态等，在最大程度上帮助管理人员进行站点管理[1]。

系统在非正常情况下时，比如存在设备故障、存在泄漏、存在阈值超限等，数据采集终端会立即将采集到的数据传输到无线传输终端，并且将该条信息标注危险等级，无线传输终端在接收到有标注危险等级的信息后，会立马启动 OG2 模块，将数据发往远程监控中心，以达到快速处理紧急情况的目的。

4.3. 系统拓扑图

如图 2 所示，数据采集终端将采集数据，通过无线传输终端通过低轨卫星上传到监控中心，从而实现数据的远程监控。

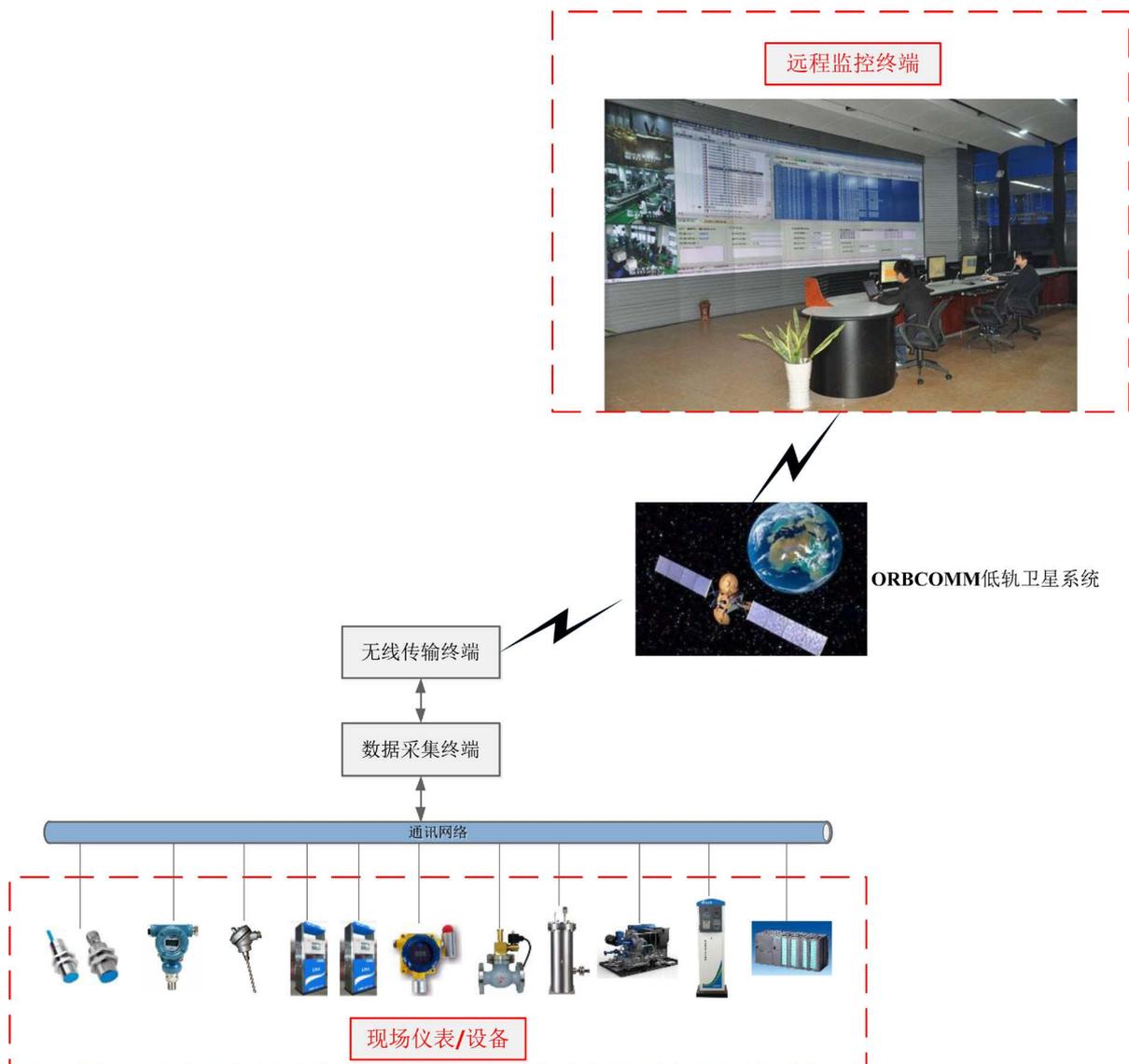


Figure 2. System topological graph
图 2. 系统拓扑图

5. ORBCOMM 卫星系统介绍

ORBCOMM 是一个全球领先的卫星数据通信公司，一直专注于 M2M 通信，ORBCOMM 通过全球网络的低地球轨道 LEO (Low Earth Orbit) 卫星和相应的地面基础设施在世界各地的调制解调器和网关之间提供可靠的、双向的数据通信服务。系统包括空间段、地面段和用户端三部分[2]。

ORBCOMM 卫星系统空间段目前由 35 个低轨道卫星和一个卫星控制中心组成，35 颗卫星分别运行在 6 个轨道平面上，能覆盖整个地球表面，并提供了一定的冗余机制，如图 3 所示。

ORBCOMM 系统地面段主要包括网关控制中心 GCC (Gateway Control Center) 和遍布世界各地的网关地面站 GES (Gateway Earth Station)。

用户段主要由用来传输和接收数据的用户通信终端 SC (Subscriber Communicator) 组成。

6. 系统电路硬件设计

6.1. 数据采集终端硬件设计

数据采集终端主要进行数据的采集和计算，是整个系统的数据核心部件，因此选用 STM32F407ZGT6 作为采集终端的核心处理器，该处理器为 ST 公司推出的基于 ARM[®] Cortex™-M4 为内核的 STM32F4 系列高性能微控制器，其采用了 90 纳米的 NVM 工艺和 ART 技术，内部集成了多达 1MB FLASH, 192Kb SRAM，同时 STM32F4 系列微控制器集成了单周期 DSP 指令和 FPU (floating point unit, 浮点单元)，提升了计算能力，可以进行一些复杂的计算和控制。

数据采集终端具备 20 路模拟量输入，30 路开关量输入，45 路开关量输出，6 路 485 通道。STM32F407ZGT6 最小系统如图 4 所示，系统采用意法半导体高性能 ARM 芯片 STM32F407ZGT6 作为核心处理器，芯片通过 3.3 V 进行工作，外围采用 8 MHz 晶振，通过内部时钟处理后可达 72 MHz 的处理速度，采用 20Pin J-Tag 接口以方便调试和下载。

6.2. 无线传输终端硬件设计

无线传输终端的核心为 ORBCOMM 卫星模块，OG2 卫星通信模块是由美国 ORBCOMM 公司自主研发的一款用于与 ORBCOMM 卫星系统通信的卫星调制解调器。OG2 模块集成了 VHF 超高频收发芯片、

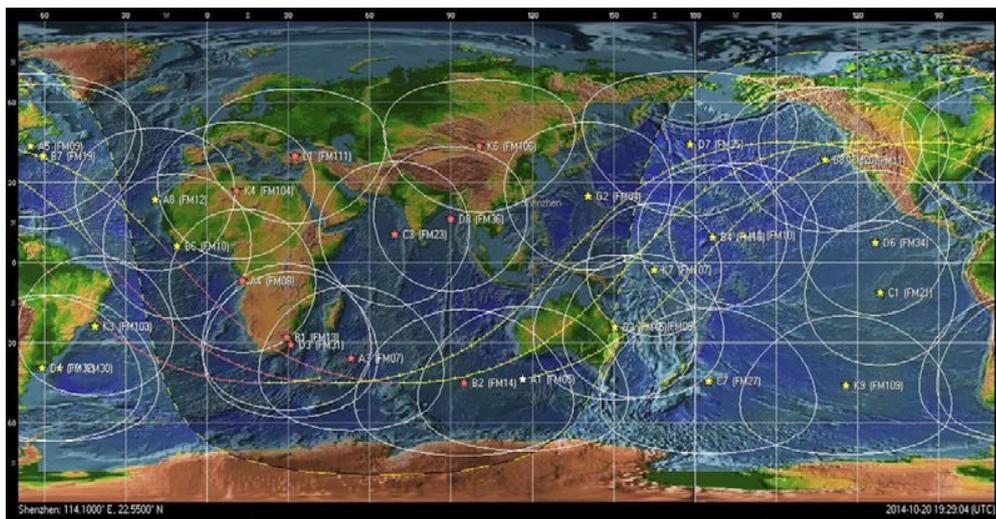


Figure 3. Constellation distribution of ORBCOMM system
图 3. ORBCOMM 系统星座分布

功率放大芯片、基带芯片等，可实现对 VHF 超高频信号的收发、滤波、变频、功率放大、调制解调等功能。模块可选内置 GPS 模块，可以实现 GPS 定位功能[3]。

OG2 模块实物图如图 5。

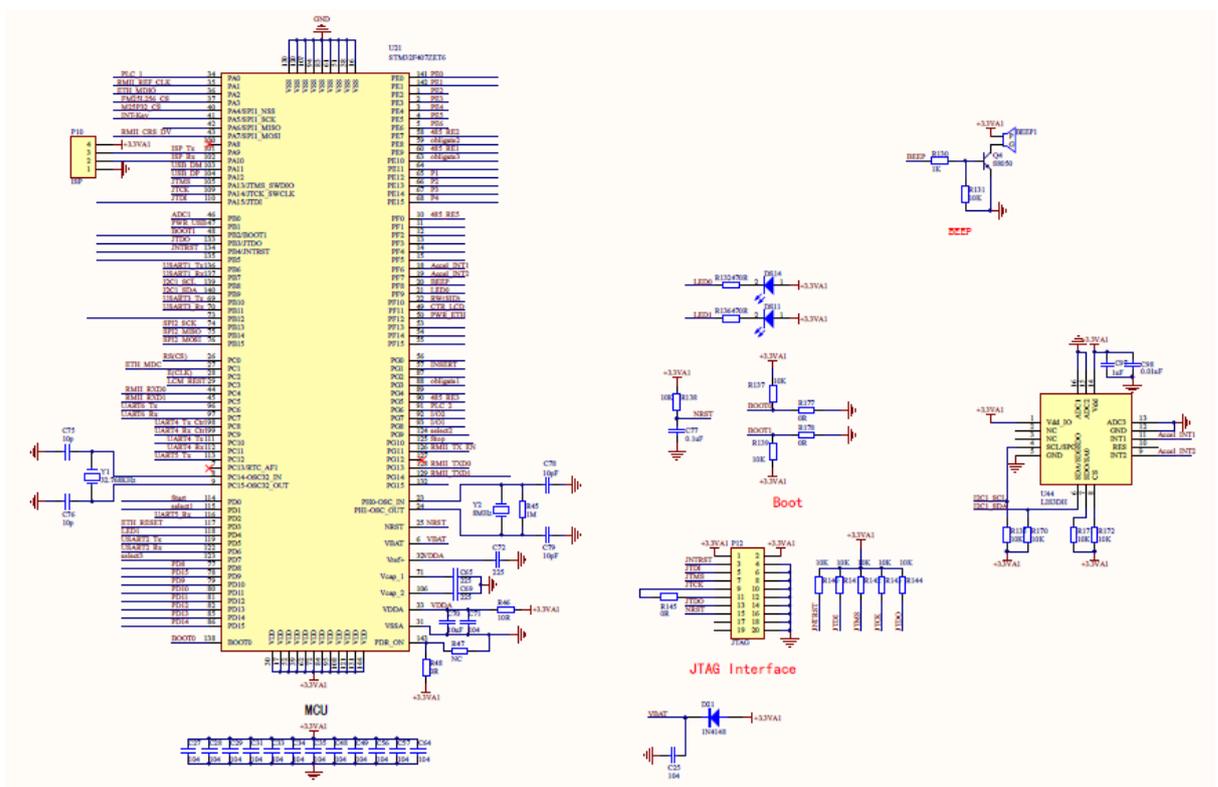


Figure 4. STM32F407ZGT6 minimal system diagram
图 4. STM32F407ZGT6 最小系统图



Figure 5. OG2 module
图 5. OG2 模块

无线传输终端硬件还包含 STM32F105 处理器、电源模块等，OG2 卫星通信模块工作电路如图 6 所示，根据模块的工作性能，设计模块的工作电压为 12 V，因为当模块的工作电压较高时，发射状态下的消耗功率较小。主机串口与控制器通信串口相连接，用来接收和发送数据。在对模块进行调试时，模块调试串口与外部串口调试助手相连接，通过调试助手观察模块的工作状态[4]。

7. 系统软件设计

7.1. 数据采集终端软件设计

数据采集终端每个 500 ms 进行一次数据的采集，每 120 次采集发送一次数据到无线传输终端，如果采集到的数据超过预设的阈值或存在报警等信息，则立即发送当前的数据。软件流程图如图 7 所示[5]。

7.2. 无线传输终端软件设计

无线数据传输终端启动之后，会实时检查与数据通信终端的通讯情况，如果通讯存在问题或收到数据采集终端发来的数据，则会立即向远程监控终端发送报警信息。软件流程如图 8 所示[6]。

7.3. 远程监控终端软件设计

远程监控终端采用 B/S 架构设计，可以在任何一台接入网络的电脑上进行使用，同时内部搭建 VPN 服务器，保障数据的安全和信息的完整[7]。终端采用谷歌 Tensorflow 开源的人工智能学习系统，搭建人工智能判断模型，结合大数据算法达到设备监视、诊断、趋势预判等先进功能。图 9、图 10 为远程监控终端的界面展示[8]。

8. 结论及展望

针对偏远地区无人值守的 LNG 加气站有线远程监控系统布线成本高、不够灵活，且无线信号差的问

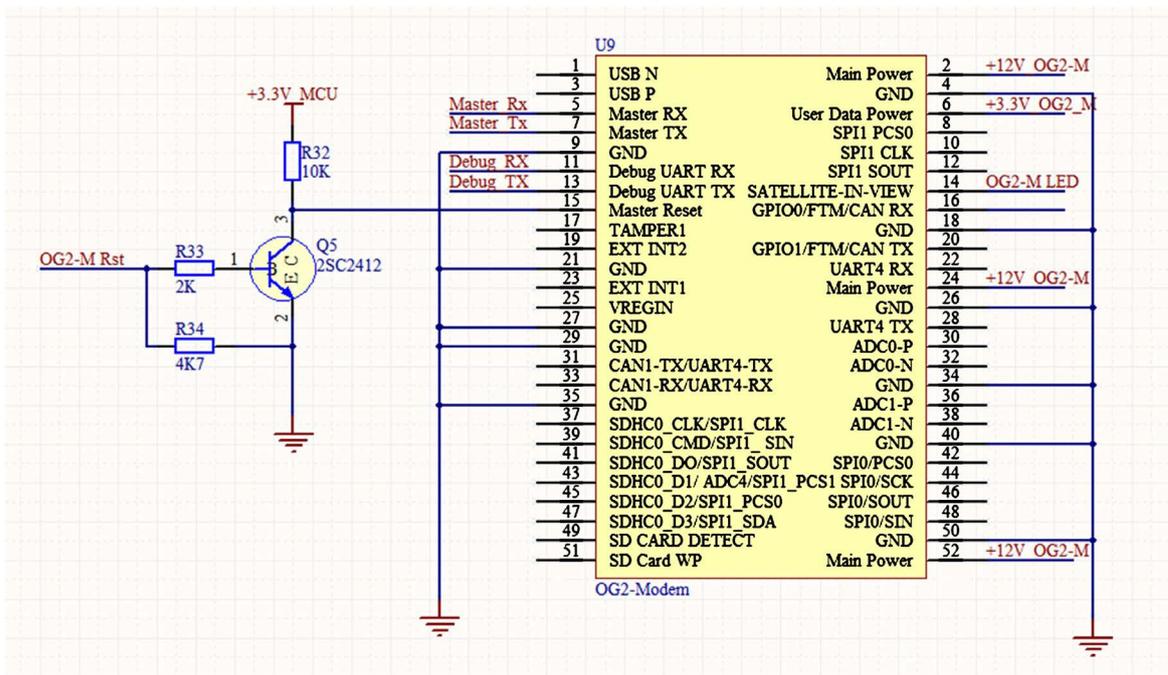


Figure 6. Working principle diagram of OG2 satellite module
图 6. OG2 卫星模块工作原理图

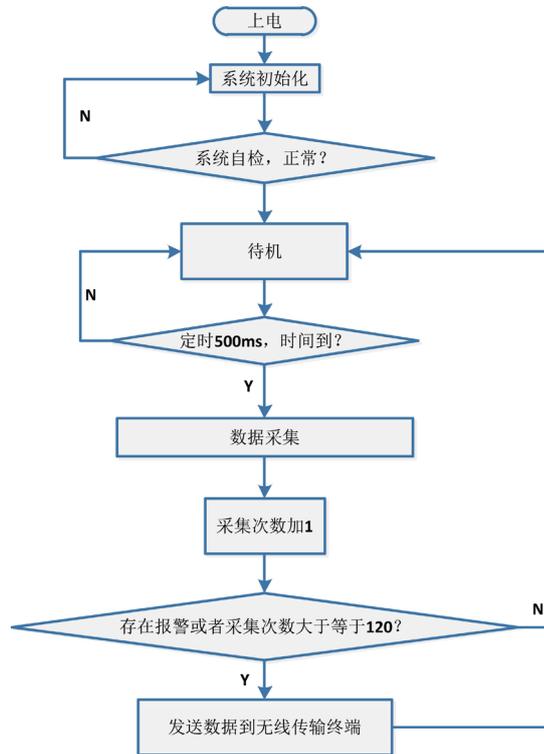


Figure 7. Software flow of data acquisition terminal
 图 7. 数据采集终端软件流程

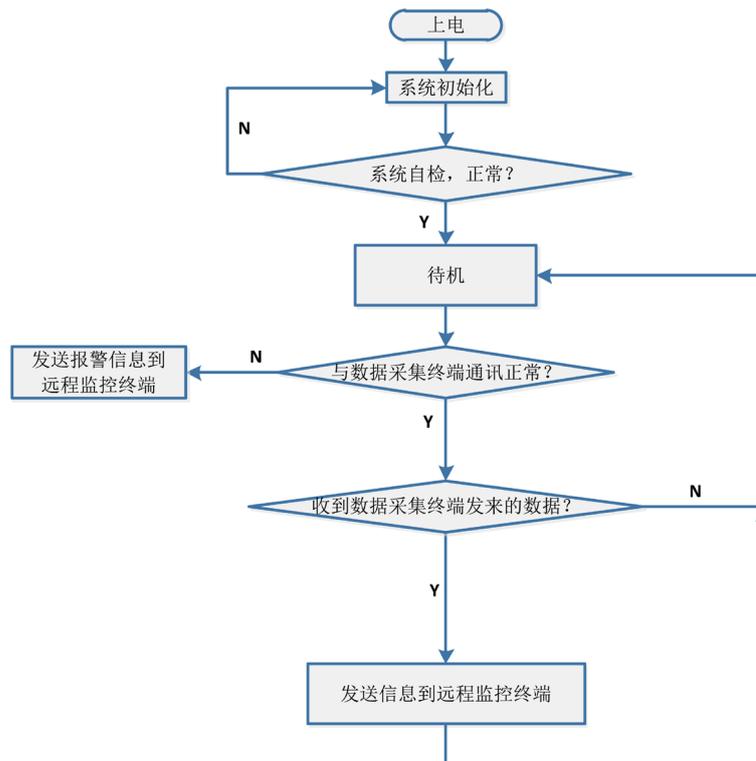


Figure 8. Software flow of wireless data transmission terminal
 图 8. 无线数据传输终端软件流程



Figure 9. Menu selection interface
图 9. 菜单选择界面

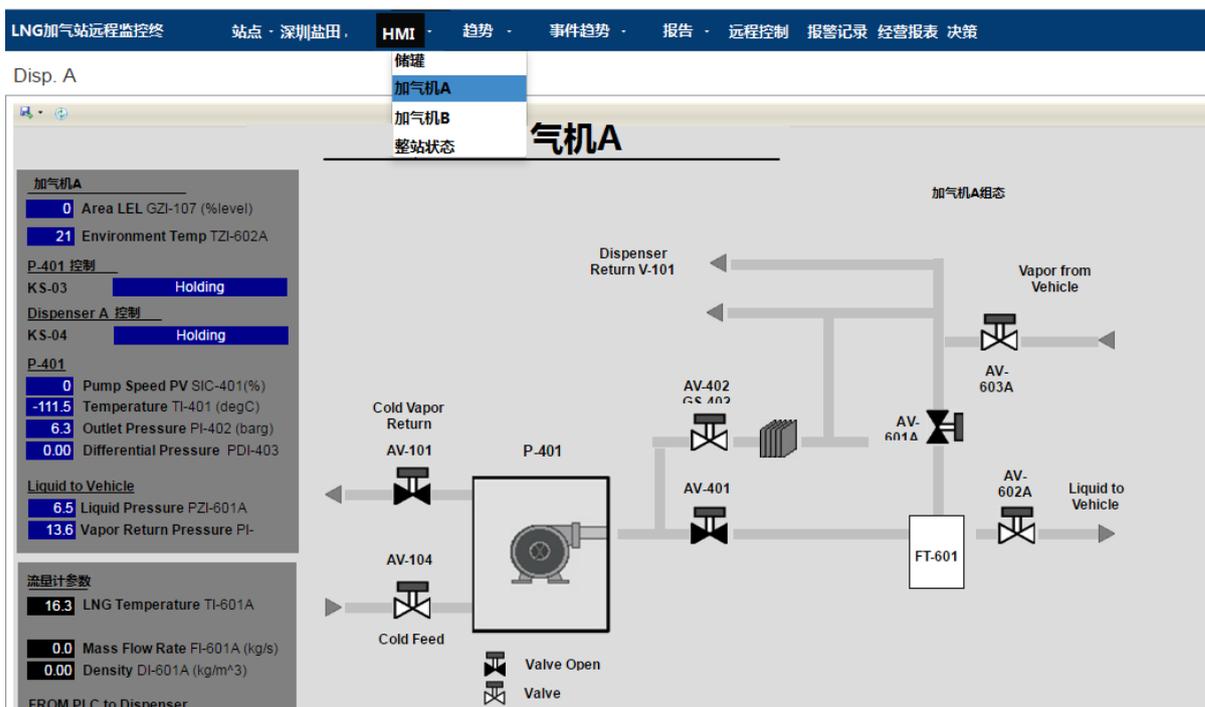


Figure 10. A monitoring screen for dispenser A
图 10. 加气机 A 监控画面

题，本文设计和实现了一种新型的基于低轨卫星的无线监控系统，利用低轨卫星实现无线传输数据的方式取代了有线传输，大大节省成本，提高灵活性，同时使用谷歌开源人工智能算法，建立了诊断模型，能够给加气站的运营和维护提供先进的决策。本系统主要由现场数据采集终端、无线传输终端和远程监控终端组成，系统测试表明，该系统安全可靠、实时性高，达到了设计的目的。

基金项目

本论文获得了以下课题和项目的资金支持：深圳市技术攻关项目(项目编号：JSGG20160229173734086)；深圳市技术攻关项目(项目编号：JSGG20170414114406355)；深圳星基装备物联网技术工程实验室(深发改[2016] 724 号)；东莞市引进创新科研团队计划资助(项目编号：201636000200039)。

参考文献

- [1] Ilcev, S.D. (2011) Orbcomm Ground Segment for Mobile Satellite Communications. 2011 *International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON)*, Krasnoyarsk, 15-16 September 2011, 190-193.
<https://doi.org/10.1109/SIBCON.2011.6072629>
- [2] Best, G. (2011) Satellite-Based AIS System Provides Continuous Tracking at Sea ORBCOMM's AIS Service Offers Real-Time Ship Tracking from Port to Destination. *Sea Technology*, **52**, 15-17.
- [3] ORBCOMM LLC (2010) ORBCOMM System Overview Rev G. 5-10.
- [4] Cao, W.S. (2012) Natural Gas Liquefaction Process for Small-Scale LNG Project. 2012 *International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring*, Zhangjiajie, 5-6 March 2012, 440-442.
- [5] 黄智全. 基于 485 总线的多机网络数据采集系统的实现[J]. 黑龙江科技信息, 2009, 21(4): 58-59.
- [6] 王梅. 压缩天然气加气站无线远程监控系统设计与实现[J]. 制造业自动化, 2014, 36(3): 99-104.
- [7] 苑立伟. 国外低轨道卫星综述[J]. 航天返回与遥感, 2004, 25(4): 54-56.
- [8] 陈东明. 基于低轨通信卫星的集装箱监控终端研究与开发[D]: [硕士学位论文]. 深圳: 深圳大学, 2015.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3983, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjwc@hanspub.org