

基于 SAE J1939 的商用车智能车载终端系统设计

董小辉, 胡锦涛, 黄浩, 胡永明, 顾豪爽

(湖北大学 物理与电子科学学院 铁电压电材料与器件湖北省重点实验室, 武汉 430062)

摘要: 商用车承载了物流、货运、通勤等大量工作, 商用车大发展的同时也带来了道路拥挤、环境污染等问题; 对商用车的安全、尾气排放的实时远程监控, 乃至智能网联商用车系统已成为商用车运营和监管部门的迫切需求; 因此设计了一种基于 SAE J1939 的商用车智能车载终端系统, 介绍了 SAE J1939 的报文格式, 采用基于 Cortex-M3 内核的 32 位低功耗微控制器 STM32F103C8T6 为主控芯片, 利用商用车 CAN 总线和各种传感器实现对车辆信息的采集与处理; 并通过 GPRS 无线通信实现智能车载终端与云端服务器之间的信息交互, 根据用户需求实时获取车辆行驶速度、车辆油箱剩余燃料量、汽车当前 GPS 位置等信息; 此终端具有实时性好、准确性强等特点, 解决了传统车辆诊断需要专业技师和专用设备才能读取车载信息的局限性, 提高了车辆故障信息诊断的效率, 构建了商用车远程智能诊断能力。

关键词: 商用车; SAE J1939 协议; OBD 车辆诊断; 车载终端; 智能网联汽车

SAE J1939 Based Intelligent Terminal System Design for Commercial Vehicles

Dong Xiaohui, Hu Jingbo, Huang Hao, Hu Yongming, Gu Haoshuang

(Hubei Provincial Key Laboratory of Ferro & Piezoelectric Materials and Devices, Faculty of Physics & Electronic Science, Hubei University, Wuhan 430062, China)

Abstract: Commercial vehicles carry a lot of work such as logistics, freight, commuting and so on. The rapid development of commercial vehicles also brings problems such as road congestion and environmental pollution. The real-time remote monitoring of vehicle safety and exhaust emissions, as well as the intelligent network connection system for commercial vehicles, has become an urgent demand for commercial vehicle regulatory authorities. A commercial vehicle intelligent terminal system based on SAE J1939 is designed. There introduces the frame format of SAE J1939. The system adopts 32-bit low-power microcontroller STM32F103C8T6 based on Cortex-M3 core as the main control chip, which uses commercial vehicle CAN (controller area network) bus and various sensors to realize vehicle information collection and processing. It realizes the information interaction between the intelligent terminal and the cloud server through GPRS wireless communication. According to the user's demand, the obtained information includes the vehicle speed, the remaining fuel amount of the vehicle fuel tank, the current GPS (global positioning system) position, and etc. The proposed system has the advantages in real-time and accuracy, which solves the limitation that the traditional OBD (on board diagnostics) vehicle diagnosis requires professional technicians and special equipment to read the vehicle information, and has built the ability of the remote diagnose system for commercial vehicles.

Keywords: commercial vehicle; SAE J1939; OBD vehicle diagnosis; vehicle terminal; intelligent network car

0 引言

随着汽车工业的发展, 作为在设计和技术特征上, 用于运送人员和货物的商用车也迅猛发展。在商用车大量使

用的同时, 其对交通和环境的影响也随之增大, 如商用车在运行中所出现的大型安全事故以及商用车尾气的排放对空气的污染等等。因此为了减少这些影响, 就需要加大对商用车的安全监控和尾气排放监控^[1]。

目前国内的许多商用车车厂都按照相应的排放法规将传统的内燃机换成了电控喷射柴油机, 其电控单元 ECU 基本附带 J1939 通信接口, J1939 是一种支持闭环控制的在多个 ECU 之间高速通信的网络协议。随着车内的各种线束、传感器和电控单元等设备越来越多, 一些车载设备需要实时获取车辆工况信息, 因此传统线束已不能满足这种需求, 而 CAN 总线及基于 CAN 的车辆通信应用层协议则提供了解决上述问题的途径。目前基于 CAN 应用层协议的 SAE J1939 广泛应用于商用车上^[2], 因此结合国内商用车的发展现状, 开发 J1939 协议标准的车辆电子产品就显得尤为重要。

收稿日期: 2019-01-08; **修回日期:** 2019-02-20。

基金项目: 湖北省自然科学基金指导性计划项目(2018CFC797)。

作者简介: 董小辉(1994-), 男, 湖北广水人, 硕士研究生, 主要从事车联网技术与应用方向的研究。

通讯作者: 黄浩(1988-), 男, 湖北天门人, 博士, 硕士生导师, 副教授, 主要从事智能网联汽车, 无线通信, 人工智能技术方向的研究。

胡永明(1978-), 男, 江西资溪县人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事电路与系统方向的研究。

顾豪爽(1958-), 男, 湖北武汉人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事光电子信息材料、器件与系统方向的研究。

本文提出的基于 SAE J1939 的商用车智能车载终端能实时获取车辆经纬度、车速、发动机转速、冷却液温度、机油压力等运行状态信息，并能将信息传输到服务器，实现车辆的远程实时监控。

此外，在此终端的基础上也可以开发集导航、娱乐、社交等功能于一体的产品形态。部分车载终端通过人工智能的发展，能够实现语音操控，从而提升驾车过程中的安全性和操作的便利性^[3]。

1 SAE J1939 协议介绍

ISO15765 协议和 SAE J1939 协议同属 CAN 总线上的诊断协议。其中 ISO15765 协议是国际标准化组织提出的基于车载诊断的协议，目前此协议主要应用在小轿车、汽车控制工业等方面；而 SAE J1939 协议是美国汽车工程师协会为了实现总线协议的标准化制定的用于商用车的车辆网络通信和控制协议^[4]，在 SAE J1939 协议中，不仅仅指定了传输类型、报文结构及其分段、流量检查等，而且报文内容本身也做了精确的定义。

SAE J1939 协议因其优异的性能广泛应用于目前的商用车上，该协议为车辆上的各种传感器、执行器以及控制器建立了高速网络连接。而且目前的商用车都基本配置了外接 16 孔 T 型的 OBD 接口，如图 1 所示。由于 CAN 总线属于双绞线，其上两根线分别表示为 CAN₋H 和 CAN₋L，因此在 OBD 接口的可用端口中必须是 4、6、14 和 16 要与外部设备相对应的保持连接。也因为这个统一的标准为解析 SAE J1939 协议和提取车辆状态信息提供了硬件支撑^[5]。



图 1 车辆 OBD 接口图

SAE J1939 在通讯中负责数据传输，其数据帧以 PDU（协议数据单元）为单位传送消息，如图 2 所示。SAE J1939 利用 29 位标识符（CAN 扩展帧）提供一种完整的网络定义。图 2 中，P 位为决定报文优先级的前 3 位，P 的值在 0~7，其中 0 表示优先权最高，7 表示优先权最低。所有控制报文的缺省优先级基本都为 3（011₂），其它的报告、请求、专用和应答报文的优先级为 6（110₂）；EDP 是扩展数据位，DP 是数据页位，EDP 和 DP 联合使用，用来确定 CAN 数据帧。在传输时，所有的 J1939 报文都应 EDP 设置为 0。当 EDP 和 DP 设置为 11 时，表示的是一个 ISO15765-3 的报文，这也是区分 SAE J1939 和 ISO15765

的一种方式；PF 识别两个 PDU 格式（PDU1、PDU2），PDU1 格式的报文既可以发送到特定地址，也可以发送到全局地址，而 PDU2 格式的报文只能发送到全局地址。全局地址要求所有的设备都收听并作出反应；PS 由 PF 值决定其包含一个目标地址（DA）还是组扩展（GE），当 PF 的值在 0~239 之间，则 PS 包含的是目的地址，当 PF 的值在 240~255 之间，则 PS 场包含的是组扩展，GE 和 PF 的低四位相关联，向每个数据也提供 4096 个参数组。SA 为源地址，表示从车辆的哪个控制单元发过来的数据，SA 保证了 CAN 标识符的唯一性。SAE J1939 应用层定义了针对车辆应用的信号（参数）和报文（参数组），其中给每个参数分配了一个 19 位的可疑参数编号（SPN），给每个参数组分配了一个 24 位的参数组编号（PGN）^[6-8]。

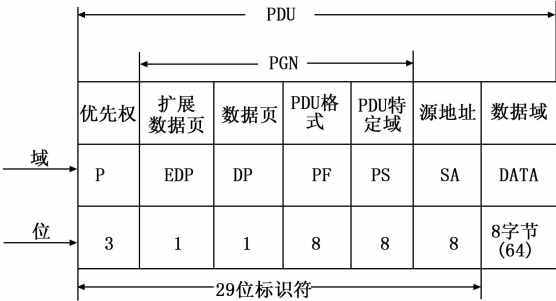


图 2 SAE J1939 帧格式

2 总体设计

本车载终端主要由总线接入模块、主控制器模块、无线通讯模块组成，其系统结构如图 3 所示。

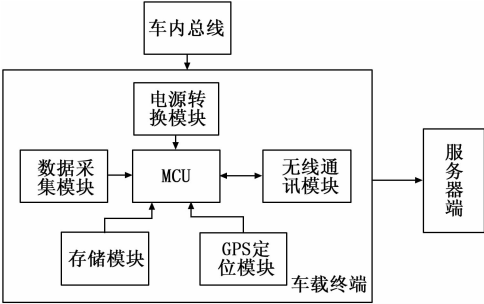


图 3 系统结构图

- 1) 数据采集模块，由 CAN 控制器和 CAN 收发器组成，通过 OBD 接口和车辆 CAN 网络总线连接，通过控制芯片 MCU 中程序控制，解析车载总线 SAE J1939 的应用层协议内容；
- 2) 存储模块，是将数据采集模块采集到的车辆数据存储起来，以备随时提取；
- 3) 无线通讯模块，则将车辆数据打包成特定的数据格式发送到特定的服务器端，实现远程稳定传输；
- 4) MCU，是指中心控制模块，通过程序可以控制其他模块协同工作^[9]；
- 5) 电源转换模块，是指将商用车车载电瓶电压 24 V 转换成 5 V、3.3 V 和 4 V，为 CAN 收发器、MCU 和以及

无线通讯模块提供所需电压;

6) GPS 定位模块, 可以定位车辆的位置, 并将车辆的经纬度提取出来。

3 车载终端硬件设计

3.1 数据采集模块

数据采集模块采用意法半导体集团 (ST) 所产芯片 STM32F103C8T6 作为主控和 CAN 收发器芯片 TJA1050 组成。其中, 主控芯片 STM32F103C8T6 基于 ARM 公司 32 位 Cortex—M3 内核, 可提供 1.25°DMIPS/MHz 的处理能力, 其内部带有支持 CAN[®]2.0B 协议的 CAN 控制器, 3 级 14 个可调节的滤波器, 可收发 11 位标准帧或 29 位扩展帧^[10]。CAN 收发器 TJA1050, 采用了先进的绝缘硅 SOI 技术进行处理, 以及最新的 EMC 技术, 所以其具有优良的 EMC 性能, 其反向电流极低, 无待机模式, 可以为低档产品提供卓越功能。

数据采集模块的主要电路设计如图 4 和图 5 所示。本设计中采用的 CAN 收发器 TJA1050 属于独立型收发器, 此收发器应用灵活, 可以和 STM32 这种自带 CAN 控制器的主控芯片相结合, 其作用是将 CAN 控制器提供的数据转换成电信号, 然后通过数据总线发送出去。同时, 它也接收总线数据, 并将数据传送给 CAN 控制器。主控芯片 STM32 包含了微处理器和 CAN 控制器的功能, 在对总线上的数据进行发送和接收外, 同时还能将接收到的数据进行处理, 得到所需要的有用的信息, 从而减少了成本。该模块所设计的硬件接口则可以直接通过商用车的 OBD 接口和车载总线相连接, 从而通过解析总线的协议能够准确地获取商用车运行的实时信息^[11], 包括车速、转速、冷却液温度、机油压力和定位信息等等。而采集车辆内部运行信息的同时不更改其内部通讯协议, 也不涉及任何形式车辆控制与修改命令, 仅限于车辆的数据读取。

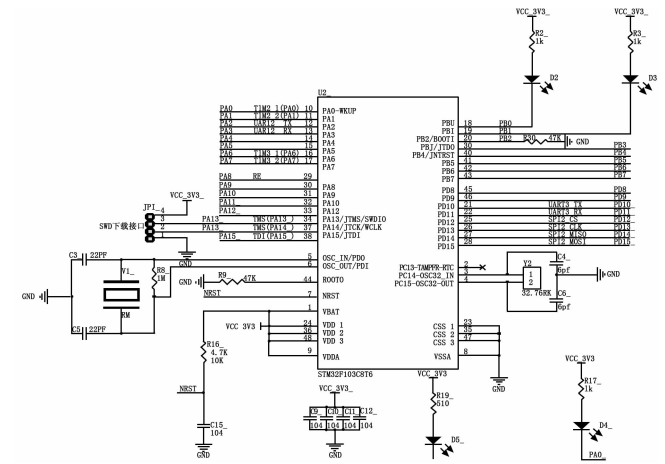


图 4 主控芯片电路

3.2 无线通讯模块和 GPS 定位模块

在无线通信模块中通过采用 GPRS 传输模式, 可以达到车载数据远距离的有效传输^[12]。此模块采用的是 SIM Com 公司的 SIM868, 它具有强大的处理器, 其数据传输速

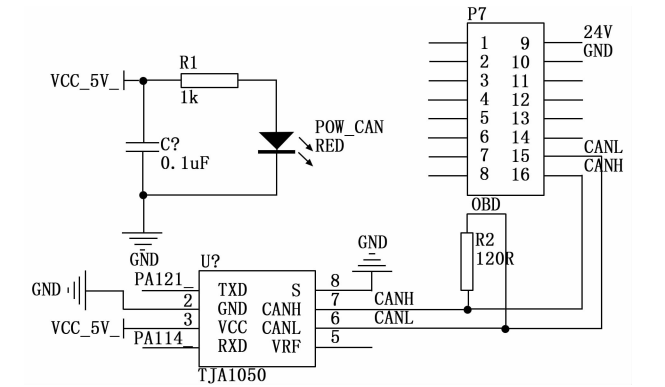


图 5 CAN 收发器芯片电路图

率最大可以达到 85.6 kbps, 且其性能稳定、性价比高, 可以低功耗实现语音、SMS、数据和传真信息的传输。

模块集成了 GPS 功能, 并提供了最简单的获取经纬度信号的输出语句 GPRMC、GPGGA、GPVTG、GPGSA、GPGSV 等。从而方便了对经纬度、运行速率、航向角、磁偏角、UTC 日期等数据的提取, 大大减少了成本。SIM868 的通信串口和 GPS 定位串口直接与 MCU 的串口相连, 如图 6 所示。

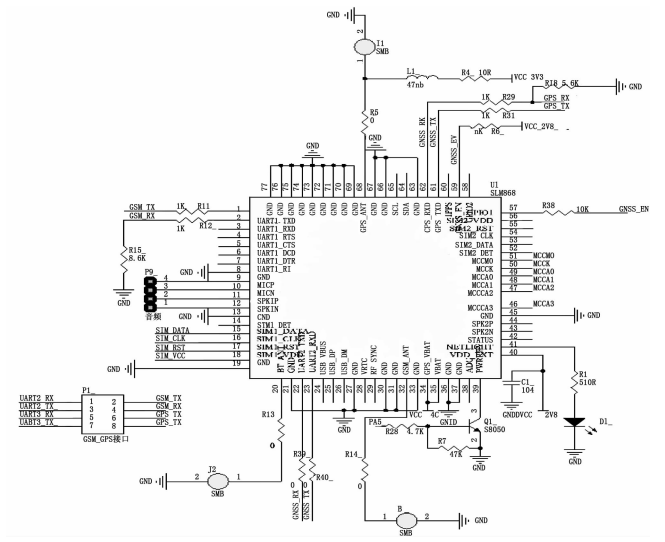


图 6 GPRS 和 GPS 模块电路原理图

4 软件设计

本系统的软件设计采用 Keil RealView MDK—ARM 环境编写, 通过 ST—Link 调试仿真器与 STM32F103C8T6 的 JTAG 接口连接, 实现在线仿真调试。

由于 STM32 系列微控制器具有专门的固件库和接口函数, 由此简化软件开发的过程^[13]。系统上电后首先对微控制器的 RCC (重启和时钟控制) 模块以及 NVIC (嵌套向量中断控制器) 模块进行初始化, 并使能 CAN 中断, 设置 CAN 屏蔽码和验码。

CAN 模块的初始化过程包含以下步骤: 1) 初始化一个 CAN_InitTypeDef 型结构, 并调用 CAN_Configuration 函

数对 CAN 接口进行初始化；2) 创建 CAN_FilterInitTypeDef 结构体，调用 CAN_SetFilterExt_Full 函数对 CAN 扩展帧过滤器进行全滤波；3) 设置一个多波特率选择的函数 CAN_SetBps，并针对商用车选择波特率为 250 kbps；4) 设置滤波器激活函数 Cmd_Filter，通过和 CAN_SetFilterExt_Full 函数同时使用，设置特定车载信息的滤波器。

CAN 模块设计完成之后通过调用 Sent_OBD_Request 函数向车辆发送车辆信息诊断请求，其中请求的输入参数是参数组编号 (PGN)。当标识符中的相关位与验收码相应位相同时，系统开始接收报文。如满足屏蔽条件则从寄存器读取数据并存入缓冲区，并通过 CAN_ReceData 读取相应的数据，其函数模块的调用关系图如图 7 所示。然后再根据 SAE J1939 协议内容来计算车辆某个状态的实时信息，并将这些信息采用 cJSON 格式通过 GPRS 发送到服务器，从而实现前端显示。

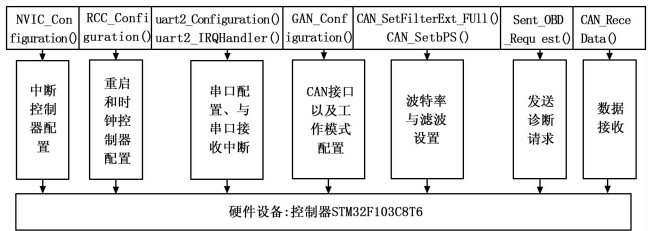


图 7 CAN 信息采集函数调用图

例如：当发送的诊断请求的 PGN 为 65262，表示请求的是发动机冷却液温度。假设接收的数据 7D E0 C0 2D FF FF FF FF，根据 SAE J1939 协议得知，第 1 个字节代表的是发动机冷却液温度，根据计算公式发动机冷却液温度 = 原始值 \times 分辨率 + 偏移量 = $125 \times 1 - 40 = 85^{\circ}\text{C}$ 。同理可以计算出其他商用车工况数据。

从车辆中提取的数据通过 SIM868 模块传输到服务器。模块中 GPRS/GPS 与主控制器通过串口通信。主控芯片通过 AT 指令控制 SIM868 模块进行数据有序的上传。因此在程序设计中通过调用 uart2_Configuration 函数对串口进行初始化，并调用 uart2_IRQHandler 函数开通串口接收中断，通过给模块发送标准 AT 指令开通模块的 GSM 功能以及 GPS 定位功能。当发送 AT+CIPSTART="TCP", "xxx.xxx.xxx", "N" \r\n (xxx、N 分别表示 IP 地址以及端口号) 指令时是指将特定格式打包的商用车运行数据发送到指定公网服务器的 IP 上。图 8 为 CAN 总线数据接收程序流程图。

5 车载终端测试

为测试终端性能，采用设计的硬件模块，并将设计好的程序通过 ST-LINK 导入到 STM32 中，由于本设计中采用 GPRS 无线传输方式，因此服务器端选择利用申请的域名来作为服务器端接收数据，并可以利用网络调试助手来实现对 TCP 传输的数据进行接收并展示。

为了验证终端对各参数报文解析的正确性，选取了几

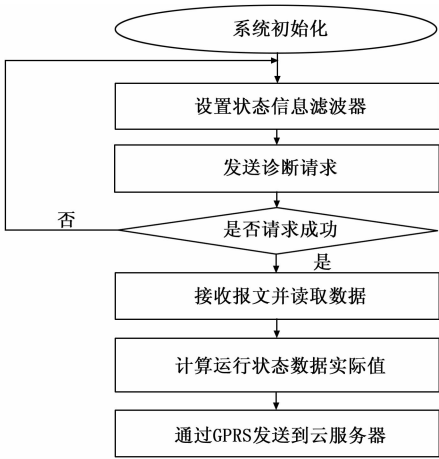


图 8 CAN 总线数据接收程序流程图

组参数进行测试，解析 J1939 协议的部分参数如表 1 所示。

表 1 解析 J1939 协议的部分参数信息

参数名称	参数组	字节位置	分辨率	偏移量
冷却液温度/ $^{\circ}\text{C}$	FEEE	1	1	-40
车速/ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	FEF1	7—8	1/256	0
发动机转速/ $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	F004	4—5	1/8	0
蓄电池电压/V	FEF7	7—8	1/20	0
机油压力/kpa	FEF7	4	4	0

本车载终端适配东风商用车、江淮汽车、宇通等大部分商用车的车型。在保持硬件与商用车 OBD 接口接好以及服务器端配置完好的情况下，在某车辆检测单位车间里的商用车上对终端设备进行由静到动的测试。网络调试助手实时读取到的车辆运行数据如图 9 所示。



图 9 商用车运行状态信息读取结果

从显示结果中可以看出，当车速从 0 增加到 15.6 km/h 时，转速由 749 r/min 左右增加到 3037 r/min 左右，而发动机冷却液水温、机油压力和电瓶电压分别保持为 58°C 、576 kpa 和 23.5 V，这些数据满足车辆本身的实际情况，车速、转速和车辆仪表显示结果也相匹配。“E”、“N”分别代表车辆的所在位置的经度和纬度，定位结果确实为测试地点。但由于测试过程是在车间内测试，行驶时间很短，所以经纬度没有变动。

6 结论

本文介绍了基于 CAN 总线协议 SAE J1939 的商用车智

能车载终端的系统设计,采用STM32F103C8T6主控芯片、CAN收发器TJA1050以及无线传输模块SIM868等器件实现了车辆信息的实时采集和读取以及传输,此终端具有工作稳定、性能可靠、远距离传输等特点。本系统技术的发展,可为车辆提供实时状态监测、行车数据监测、远程预警、碰撞提醒等基础功能,同时借助大数据和云服务,智能车载终端在汽车后装服务、大数据分析等方面均有广泛的拓展空间。结合GIS信息,本智能车载终端可用于运输车辆的现代化管理、行车安全监控管理、车队运营管理等方面。

参考文献:

- [1] 骆志宏,许勇,马秋香.商用车在线故障诊断系统设计与实现[J].计算机测量与控制,2015,23(4):1098-1101.
- [2] 吴坚,李亚彬,李静.基于SAEJ1939协议的汽车驱动力控制CAN总线[J].吉林大学学报:工学版,2009,39(4):855-858.
- [3] 王旭芳.基于SAE J1939协议的汽车CAN总线控制系统的设计与测试[D].重庆:重庆邮电大学,2008.
- [4] Larsson O, Goras A, Nytomt J, C. Carlsson, A. Lloyd Spetz, T. Artursson, M. Holmberg, I. Lundstrom, L. -G. Ekedahl and P. Tobias, SAE Technical Paper Series, 2002-01-0847 [Z].

(上接第208页)

- [5] Yuan X, Feng D. Automatic construction of aerial corridor from discrete LiDAR point cloud [M]. Quantum computing: An Environment for Intelligent Large Scale Real Application, Springer, 2018: 449-465.
- [6] 王森,论无人机黑飞对民航飞机的危害[J].经贸实践,2017,(24):329.
- [7] 冯登超,李锵等.低空安全与无人机系统导论[M].天津:天津大学出版社,2019.
- [8] 民航局.关于征求《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例(征求意见稿)》意见的通知[EB/OL].http://www.caac.gov.cn/HDJL/YJZJ/201801/t2018_0126_48853.html.
- [9] 冯登超,低空空域告警航图可视化研究进展[J].电子测量与仪器学报,2015,29(3):305-316.
- [10] 冯登超,面向低空安全三维数字化空中走廊体系的飞行器交通管理平台构建[J].计算机测量与控制,2017,25(12):137-140.
- [11] 吴红军,行鸿彦,张金玉.低空飞行安全气象保障技术[J].电子测量技术,2018,41(9):10-15.
- [12] 刘小峰,张晓彤.海洋工程低空安全风险与防护[J].电子测量技术,2018,41(9):16-21.
- [13] 覃睿,史娅琪,王明科.面向低空飞行安全监视的ADS-B地面站空间布局规划方法[J].2018,37(7):100-105.
- [14] 孙永生,周震博.无人驾驶航空器安全风险防控[J].中国人民公安大学学报(社会科学版),2018,(2):141-148.
- [15] 王水璋,姜健,王勇.低空安全监测管理系统的探索与研究[J].电子测量技术,2018,41(9):146-150.
- [16] 冯登超,面向低空安全的三维空中走廊可视化研究综述[J].电子测量技术,2018,41(9):2-9.

- [5] SAE J1939. Recommended practice for a serial control and communications vehicle network [R]. Society of Automotive Engineers, 2005.
- [6] SAEJ1939-21: Data Link Layer [R]. Society of Automotive Engineers, 2001.
- [7] SAEJ1939-71: Vehicle Application Layer [Z]. Society of Automotive Engineers, 2008.
- [8] SAEJ1939-73: Vehicle Application Layer [Z]. Society of Automotive Engineers, 2008.
- [9] 张继辉,许勇.基于SAE J1939的车辆监测与故障诊断车载系统[J].计算机系统应用,2013,22(3):73-77.
- [10] 刘永木,刘望生,李洪泽.SAE J1939标准下的汽车CAN通讯报文/帧格式[J].长春工业大学学报(自然科学版),2003(1):53-55.
- [11] 戴立坤.基于物联网技术的物流车辆远程故障诊断定位系统设计[J].物流技术,2014,33(9):441-443.
- [12] 闫哲铭.基于GPS/GPRS的车辆远程故障诊断系统设计[A].中国汽车工程学会.2009中国汽车工程学会年会论文集[C].中国汽车工程学会,2009:6.
- [13] 陈一新,李武屹,莫家贵.基于SAE J1939协议的车辆信息采集与诊断模块[J].电子技术,2010,47(7):65-66.
- [17] 徐静.警用无人机如何引领实战需求[J].现代世界警察,2017,(2):18-19.
- [18] 范永飞.警用无人机的应用特点与发展趋势[J].中国安防,2018,(6):42-44.
- [19] 冯登超,无人机低空告警监视系统结构设计初探[J].电子测量技术,2018,41(9):141-145.
- [20] 邓楠.警用无人机飞行动态监控平台设计和实现[J].电信工程技术与标准化,2018,(3):34-38.
- [21] 李晋,王博.无人驾驶航空器在铁路警方勤务工作中的应用[J].江苏警官学院学报,2018,33(4):121-123.
- [22] 冯登超,低空安全走廊及应急管理可视化研究进展[J].电子测量与仪器学报,2016,30(4):493-505.
- [23] 徐建军.无人机在公安执法工作中的应用与监管[J].北京警察学院学报,2018,(2):51-56.
- [24] 冯登超,基于三维可视化空中走廊体系的城市低空空域航图绘制研究[J].电子测量与仪器学报,2018,32(4):58-64.
- [25] 徐晨华,无人机系统在陆地边防警务工作中的应用探析[J].信息化建设,2016,(2):24.
- [26] 许发见.智慧警务之无人机应用[J].福建警察学院学报,2016,152(4):81-85.
- [27] 耿乔.浅论无人机在高铁线路警务中的应用与风险管理[J].现代经济信息,2018,(10):52-53.
- [28] 杨传德.浅析无人机在公安实战中存在的问题[J].公共安全,2018,(7):191-194.
- [29] 王玮剑.基于感性意象的城市警用无人机设计研究[D].武汉:湖北工业大学,2018.
- [30] 谢中教.警用无人机目标跟踪系统设计[J].2018,(10):73-75.