

在线油烟实时监测系统的设计与实现

张 时, 王向东, 李树江

(沈阳工业大学 信息科学与工程学院, 沈阳 110870)

摘要: 为了解决传统油烟检测方法中成本高、效率低、实时性差等问题, 设计开发了一种在线油烟实时监测系统; 系统由采集、通讯、服务器和用户交互四个模块组成; 采集模块采集油烟数据, 通过 GPRS 通讯技术将数据发送至服务器; 数据在服务器中按照解码规则进行解码后, 存入数据库; 通讯模块采用 MINA 框架进行开发, 服务器模块采用 SSM 框架开发; 用户交互模块为 B/S 模式, 用户登陆监测网站访问服务器; 服务器提供实时数据、历史数据和超标数据查询等功能, 极大地方便了相关部门对油烟排放的监督与管理, 提高了监测中心工作效率和服务质量。

关键词: 油烟检测; 实时性; 无线通讯

Design and Implementation of Online Real-time Monitoring System for Fumes

Zhang Shi, Wang Xiangdong, Li ShuJiang

(Shenyang College of Technology, Shenyang 110870, China)

Abstract: In order to solve the problems of high cost, low efficiency and poor real-time performance in the traditional oil smoke detection method, an on-line real-time monitoring system for oil fume is designed and developed. The system consists of four modules including acquisition, communication, server and user interaction. The acquisition module collects soot data and sends the data to the server via GPRS communication technology. The data is decoded in the server according to the decoding rules and stored in the database. The communication module is developed using the MINA framework, and the server module is developed using the Spring, SpringMVC and Mybatis (SSM) framework. The user interaction module is in the B/S mode, and the user logs in to the monitoring website to access the server. Server provides real-time data, historical data and over-standard data to query for users, which can greatly facilitate the supervision and management of fume emission by relevant departments, and improve the work efficiency and service quality of the monitoring center.

Keywords: oil fumes monitoring; real-time; adaptive; wireless communication technology

0 引言

“民以食为天”这句话说明了我国的餐饮行业是一个不会衰落的行业。近几年随着经济的发展, 我国餐饮市场也得到了巨大的发展。与此同时餐饮业油烟排放没有得到有效控制, 大量未经过净化处理或净化不合格的油烟排放到大气中, 该油烟对空气质量的影响越来越大^[1]。国家早在 2001 年颁布《饮食业油烟排放标准》^[2], 对油烟排放浓度有着明确的界定。但直至目前为止, 国内的大部分环保部门对于油烟检测都采用化学试剂检测的方法^[3-5], 即现场采样抽取排油烟管道内的气体带回实验室检测出油烟浓度。该方法人工成本高, 无法实时掌握餐饮企业排放的油烟数据, 导致环保部门无法对餐饮企业进行有效的实时监督与管理。

目前通信技术广泛发展。传输数据无论是在速率和可靠性方面都有显著的提升。本文基于以上背景, 设计开发

一种在线实时的油烟监测系统。该系统由气体和温度传感器实时采集油烟数据, 并通过 GPRS 通讯实时的将数据发送至服务器, 并将数据存入数据库。用户可通过访问服务器监测相关餐饮企业排放的油烟数据。高效稳定的系统节省了人力, 提高了监管部门对环境的监控力。

1 系统总体设计

1.1 需求分析

为解决环保检测的实时性、检测成本高等问题, 系统需要具有以下功能: 1) 数据采集: 通过传感器实时采集油烟数据; 2) 实时通讯: 将采集到的数据实时的发送至服务器, 服务器反馈给发送端是否收到数据以及数据是否合格; 3) 数据存储功能: 将油烟数据存入数据库以便查询、统计和导出等; 4) 实时数据显示: 显示餐饮企业排放的实时油烟数据; 5) 实时位置显示: 显示传感器的实时地理位置; 6) 超标提示: 根据《饮食业油烟排放标准》的规定, 在进行油烟数据显示时, 对超过标准的油烟数据进行标注并在监测网站显示; 7) 数据查询: 具有历史数据查询、超标数据查询、实时数据查询功能; 8) 设备管理: 具有对油烟检测设备信息进行增、删、改、查的功能; 9) 用户管理: 具有对用户信息进行增、删、改、查的功能; 10) 用户登陆功能: 访问服务器需要填写正确的账号密码。

收稿日期: 2019-01-16; **修回日期:** 2019-02-15。

作者简介: 张 时(1992-), 男, 辽宁沈阳人, 硕士研究生, 主要从事控制理论与控制工程方向的研究。

王向东(1959-), 男, 研究生导师, 教授, 主要从事复杂系统控制, 群优化理论与应用, 混沌粒子群优化方法研究等方向的研究。

李树江(1966-), 男, 博士生导师, 教授, 主要从事智能控制理论与应用, 嵌入式控制系统及应用等方向的研究。

1.2 系统设计

本系统由采集、通讯、服务器和用户交互 4 个模块组成。其中，采集模块由油烟检测探头和油烟检测节点组成。其中，油烟检测探头由传感器、A/D 转换器和 CAN 总线组成。油烟检测节点由单片机和通讯模块组成。检测探头中的传感器负责实时采集油烟数据（油烟浓度、温度、电流、电压、经度、纬度和设备运行状态），该数据通过 CAN 总线传输至油烟检测节点。检测节点中的通讯模块负责将数据通过 GPRS 传输至服务器。服务器模块作为监测网站的后台支撑，为实时数据显示、实时曲线显示、历史数据查询、超标记录查询、用户信息管理、设备信息管理和数据存储功能提供服务。用户交互模块负责处理用户通过监测网站访问服务器时的操作，根据不同操作，浏览器显示不同的结果。系统总体功能如图 1 所示。

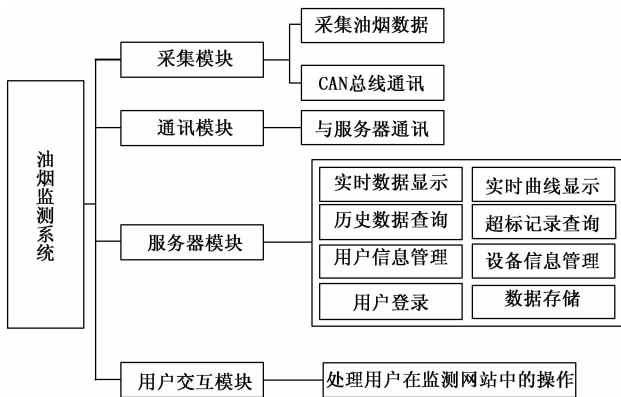


图 1 系统总体功能图

2 系统硬件设计

本系统中硬件的核心为油烟采集模块，该模块包含油烟检测探头和油烟检测节点，如图 2 所示。

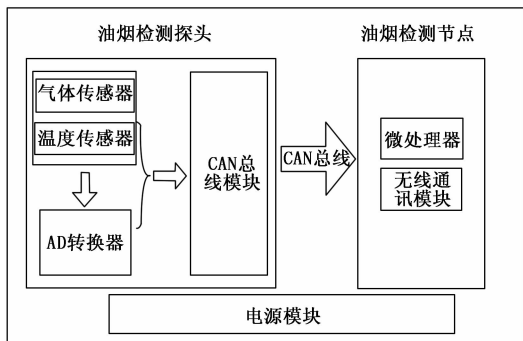


图 2 油烟采集模块硬件设计图

2.1 油烟检测探头

油烟检测探头包括传感器、AD 转换器和 CAN 总线模块。其中，传感器包括气体传感器和温度传感器。气体传感器采用 TGS2602 型号传感器^[6]。该传感器性能稳定，优点多：功耗小、对烹饪气体敏感、成本低、稳定性强、应用电路简单。对于温度的检测则采用 DS18B20 温度传感

器^[7]，该传感器的测温范围 -55~125 ℃，分辨率最大可达 0.062 5 ℃，可用于油烟环境中。具有不需要 A/D 转换器就可直接输出数字信号、外围电路少、适合长距离传输等特点。本文中的 CAN 总线通信，符合 ISO 11898 标准。采用 ADM3053 模块，内部集成了 DCDC 转换器，省掉了光耦隔离，不仅可以隔离单片机与油烟检测探头通信的信号和电源，而且可以节省资源。

2.2 油烟检测节点

油烟检测节点包括微处理器和 GPRS 通讯模块。微处理器采用 STM32F407，该处理器具有高性能、处理数字信号、低功耗、低电压和高度集成等特点，可满足本系统的硬件要求。GPRS 通讯模块采用 SIM868，该模块具有通讯和定位稳定的优点。处理器通过 AT 指令可控制 SIM868 模块收发数据的功能。

3 系统软件设计

3.1 通讯模块设计

由于油烟检测节点（下位机）与服务器（上位机）距离远，进行有线传输成本高，可实施性差，本文采用 GPRS 无线通讯技术。该技术具有传输数据速率高，成本低和零掉线等特点。

系统中的通讯功能基于 TCP/IP 网络通讯协议，油烟数据按照本文设计的通讯格式打包，打包后的数据由下位机以 GPRS 无线通讯方式发送至上位机。处理器 STM32F407 通过 AT 指令与上位机建立 TCP 连接后，便可按照规定的通讯格式向上位机发送数据。在数据发送功能中，上位机接收到数据后自动向下位机发送反馈数据。其通讯格式如表 1 所示。

表 1 上位机发送数据通讯格式

发送数据通讯格式			
地址	00H	01H	02H
内容	ADR	03H	数据长度
发送数据通讯格式			
地址	03H		04H
内容	CRC 高位		CRC 低位

在数据接收功能中，上位机无需向下位机发送查询指令，下位机定时自动的发送数据至上位机。其通讯格式见表 2。

表 2 上位机接收数据通讯格式

接收数据通讯格式			
地址	00H	01H	02H
内容	ADR	03H	数据长度
接收数据通讯格式			
地址	03H-10H		11H
内容	数据区	CRC 高位	CRC 低位

其中油烟数据按照存储结构存放在数据区内，数据区

长度为 14 个字节, 数据区具体内容见表 3, 数据区存储结构见表 4。

表 3 数据区内容

数据区内容			
地址	00H-01H	02H-03H	04H
内容	站点编码	油烟值	温度
数据区内容			
地址	05H-06H	07H-08H	09H
内容	经度	纬度	运行状态
数据区内容			
地址	0AH	0BH	0CH-0DH
内容	电流	电压	预留

表 4 数据区存储结构

数据区存储结构		
名称	字节	格式
站点编码	12	uint
油烟值	2	uint
温度	1	uint
经度	3	uint
纬度	3	uint
状态	1	uint
电流	1	uint
电压	1	uint
预留	2	uint

上位机部分采用 Java 语言和 MINA 通讯框架^[8]编写。MINA 框架基于 Socket 网络通讯^[9-10], 由于网络传输的数据都是二进制数据 (byte), 与程序中的 Java 对象编码方式不同。所以在上位机发送和接收数据时, 需要对数据进行编码和解码操作。而在上位机进行编码或解码前, 需判断数据是否满足通讯格式。不满足条件的数据不进行编码或解码处理, 不存入数据库。只将日志信息发送至服务器。这种数据预处理可减少不必要的通讯, 并缓解数据库压力。

图 3 中显示了上位机接收数据时, 根据数据的报头长度、数据头、数据接收命令、数据长度和 CRC 校验结果, 综合判断该数据是否可进行解码操作。

3.2 服务器模块设计

服务器模块采用显示 (Web)、服务 (Service) 和持久 (Dao) 层三层架构开发^[11], 并采用接口式编程。Web 层负责与客户端交互; Service 层负责处理复杂的业务逻辑; Dao 层负责与数据库交互。系统服务器模块结构如图 4 所示, 监测网站与用户交互属于 Web 层, 并需要后台服务的支撑。

本文在设计 Web 层采用 MVC (Model-Controller-View) 设计模式。Model 常用于封装数据。Controller 位于 Model 和 View 之间, 负责接收用户输入, 将输入解析后反馈至 Model。View 负责页面显示。该模式提高开发效率, 降低代码耦合度, 提高程序的可维护性和拓展性。

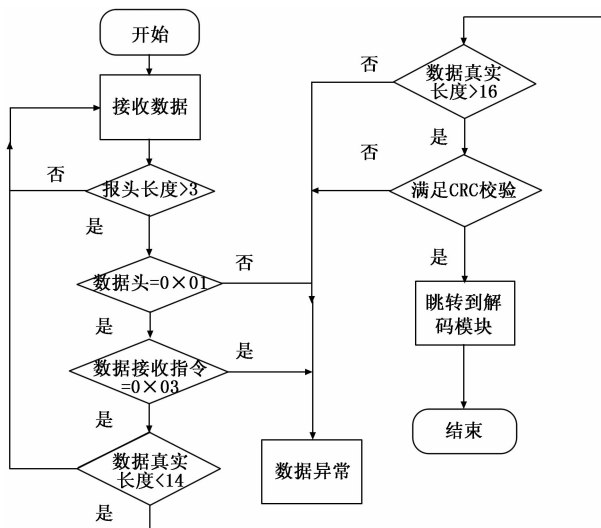


图 3 接收数据预处理



图 4 服务器模块结构

服务器模块具有如下功能: 1) 实时数据: 通过点击地图上的标记, 显示该企业排放的实时油烟数据; 2) 实时曲线: 实时数据绘制实时油烟、实时温度、实时电流曲线图, 可直观地反应企业一段时间内排放的油烟数据; 3) 历史数据查询: 查询餐饮企业排放的油烟历史数据; 4) 超标记录查询: 查询餐饮企业超标的次数和具体油烟数据; 5) 用户信息管理: 管理可登录监测网站的用户号码; 6) 设备信息管理: 管理油烟采集模块设备的信息。比如: 设备编号等; 7) 通讯功能: 接收油烟数据以及发送反馈信息; 8) 数据存储功能: 将油烟数据存入数据库; 9) 用户登陆功能: 用户输入正确的账号和密码才能访问服务器。

其中, 实现实时数据功能时引用百度地图 API, 目的是将使用油烟采集设备的餐饮企业标注在地图中, 环保部门通过点击地图中的标注点, 查询其对应企业的实时油烟数据。实现实时曲线功能时引用百度 EChart API, 目的是通过下拉框选择设备编号, 对选中设备绘制实时数据曲线, 提高监测的直观性。

3.3 数据库设计

根据需求将数据库表设计为：用户信息表（承载用户账号、密码等）、设备信息表（承载采集设备的信息等）和设备数据表（承载数据整合后发送到服务器的相关信息）。

用户信息表包含主键 id、用户号码、用户名、用户密码和用户权限字段，如表 5 所示；用户信息表对应用户登陆功能和用户信息管理功能。将用户登陆时填写的用户名和密码同用户信息表中的用户名和密码进行比对，若比对结果一致，则登陆成功。反之，则不成功。对该表执行相应的 SQL 语句，可实现用户管理功能中对用户信息的增添、删除、修改和查询。

表 5 用户信息表

用户信息表		
列名	数据类型	备注
id	int(11)	主键自增
code	varchar(255)	用户编号
userName	varchar(255)	用户名称
password	varchar(255)	用户登录密码
authority	varchar(255)	用户权限

设备信息表包含 id 主键、设备编号、注册设备经度、注册设备纬度、企业名称和企业位置字段。如表 6 所示；该表中的经度和纬度用于实时数据功能中的地图标注。表中的站点编码作为实时曲线、历史数据和超标数据查询功能中下拉框选项中的内容。

表 6 设备信息表

设备信息表		
列名	数据类型	备注
id	int(25)	主键 id
pkID	varchar(255)	设备号码
列名	数据类型	备注
deviceLongitude	decimal(9,6)	注册设备经度
deviceLatitude	decimal(9,6)	注册设备纬度
companyName	varchar(255)	企业名称
companyLocation	varchar(255)	企业位置(CH)

设备数据表包含主键 id、站点编码、数据时间、运行状态、油烟浓度、温度、电流、电压、东经、北纬、预留位置 1、预留位置 2 和是否注册字段。如表 7 所示。该表主要用于存储数据和查询数据。服务器接收到的数据经过解码操作，按照表中的字段和结构，对应地存储在该表中。实时数据查询、历史数据查询、超标数据查询功能则根据站点编码（pkID）进行筛选，并通过 SQL 查询语句，查询出相应的油烟数据并显示。

4 实验结果与分析

本文将油烟采集设备放置在学校食堂排烟通道中，并设置每 5 分钟向服务器发送一次数据，存入数据库中。经

表 7 设备数据表

设备数据表		
列名	数据类型	备注
id	int(10)	主键自增
pkID	varchar(40)	站点编码
dataStamp	datetime	数据时间
runningStatue	varchar(255)	运行状态
fume	double	油烟浓度
temperature	double	温度
current	double	电流
voltage	double	电压
GPSLongitude	decimal(9,6)	东经
GPSLatitude	decimal(9,6)	北纬
sataus1	varchar(255)	预留位置 1
sataus2	varchar(255)	预留位置 2
whetherReg	varchar(255)	是否注册

过测试，油烟采集模块与服务器之间通讯正常，可以准确接收实时数据，并以正确的格式存入数据库中，测试结果如图 5 所示。

```

ioProcessor-2] - <== Updates: 1
ioProcessor-2] - Committing JDBC Connection [com.mysql.jdbc.JDBC4Connection@43e0181d]
ioProcessor-2] - 插入数据库成功...
ioProcessor-2] - Resetting autocommit to true on JDBC Connection [com.mysql.jdbc.JDBC4Connection@43e0181d]
ioProcessor-2] - Closing JDBC Connection [com.mysql.jdbc.JDBC4Connection@43e0181d]
ioProcessor-2] - Returned connection 1138759709 to pool.
ioProcessor-2] - 站点编码: 210106000101 数据时间: 2018-07-05 16:35:43
ioProcessor-2] - 温度: 53.7 油烟值: 2.32 电流: 5.9 电压: 220 状态: 2 热度: 123.388333 纬度: 42.333611
    
```

id	pkID	dataStamp	runningStatue	fume	temperature	current	voltage	GPSLongitude	GPSLatitude
1	210106000101	2018-07-05 16:05:27	2	1.56	52	5.3	220	123.388333	42.333611
2	210106000101	2018-07-05 16:10:32	2	1.58	52.6	5.2	220	123.388333	42.333611
3	210106000101	2018-07-05 16:15:36	2	1.44	52.1	5.3	220	123.388333	42.333611
4	210106000101	2018-07-05 16:20:47	2	1.96	51.6	5.6	220	123.388333	42.333611
5	210106000101	2018-07-05 16:25:54	2	2.09	53	5.5	220	123.388333	42.333611
6	210106000101	2018-07-05 16:30:48	2	2.26	52.3	5.6	220	123.388333	42.333611

图 5 数据库存储油烟数据

登陆监测网点击地图中的标注点，可以显示该企业的实时油烟数据，并对监测网站的其他功能进行测试，能实现所有设计的功能，测试结果如图 6 所示。

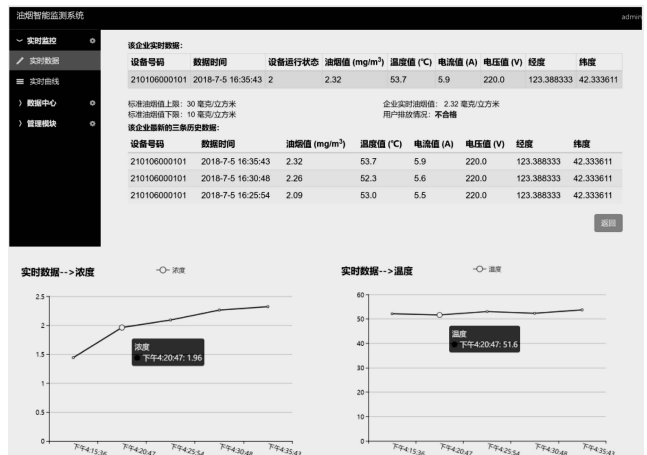


图 6 监测网站功能测试

通过以上测试, 验证了本文设计的在线油烟实时监测系统可以满足需求, 能够实现所有设计的功能。

5 结束语

本文设计的监测系统为 B/S 模式, 不需要用户安装额外的软件, 只需通过浏览器既可使用。本系统在保证准确性的前提下, 增强监测的实时性, 解放了不必要的人力, 并可提高环保部门对城市环境的综合监控能力, 具有显著的社会与经济效益。

参考文献:

- [1] 姬红波, 朱海飞. 基于“互联网+”的餐饮油烟在线监控系统[J]. 中国环保产业, 2016 (2): 45-49.
- [2] 陈国峰, 王 珅, 张怀威. 《饮食业油烟排放标准(试行)》(GB18483—2001) 应用要点探讨[J]. 仪器仪表与分析检测, 2016 (1): 44-46.
- [3] 周灵辉, 宋永忠. 红外分光光度法测定饮食业烟道气中的油烟

- [J]. 黑龙江环境通报, 2001 (3): 77-78, 68.
- [4] 马伟文, 朱能武. 基于红外分光光度法的油烟检测装置设计[J]. 实验技术与管理, 2016, 33 (2): 69-71.
- [5] 刘光明, 王凯雄. 餐饮业油烟气中醛类化合物的荧光法测定[J]. 环境污染与防治, 1998 (4): 38-41.
- [6] 张 兢, 路彦和, 赵家斌. 空气传感器 TGS2600 在空气质量监测中的应用[J]. 微计算机信息, 2006 (7): 201-203.
- [7] 赵汝和, 黄 晖. 一种基于 DS18B20 传感器的温度测量系统的设计[J]. 科学技术创新, 2018 (31): 132-133.
- [8] 刘志博, 邓中亮. 基于 MINA 的定位终端通信设计与实现[J]. 软件, 2017, 38 (1): 1-5.
- [9] 刘 睿. 使用 Socket 设计网络通讯程序的分析[J]. 计算机产品与流通, 2018 (8): 34.
- [10] 张 磊, 王 华, 尚文博. 基于 Socket 通讯方式接口数据处理的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2017 (24): 27.
- [11] 陈望挺, 林满足, 陈 健, 等. 基于 JSP 和 Android 的 C/S 结构问卷系统[J]. 计算机应用, 2013, 33 (3): 886-889.

(上接第 34 页)

障和正弦振荡故障, 本文提出的方法都能够实时地准确地跟踪上相应故障的动态特性, 得到 IMU 传感器各通道故障的最优估计, 即实现 IMU 故障诊断。

6 结论

UKF 算法适用于强非线性对象滤波。IMU 作为水下航行器导航系统的关键传感器, 发生故障会严重影响 UKF 滤波性能, 因此, 实时检测和诊断 IMU 故障是必要的。本文首先基于水下航行器的动力学方程和运动学方程, 将 IMU 故障视为动态偏差, 以多普勒测速仪提供的载体系下的三轴速度和罗经提供的姿态角构成无迹卡尔曼滤波器的量测量, 建立了 IMU 传感器故障存在条件下的滤波器模型, 进一步基于 UKF 设计了 IMU 故障检测与诊断算法, 实现了 IMU 的故障检测以及故障的无偏估计。通过本文的算法设计, 可以得到以下结论:

- 1) 阈值法和解耦矩阵法均可以实现 IMU 的故障检测;
- 2) 可以实现 IMU 故障的实时诊断;
- 3) 能够应对实际中 IMU 常见的三种典型故障类型。

参考文献:

- [1] Lu P, vanEykeren L, vanKampen E. Aircraft inertial measurement unit fault detection and diagnosis with application to real flight data [J]. Journal of Guidance Control and Dynamics, 2015, 38 (12): 2467-2475.
- [2] Patton R J. Fault-tolerant control systems: the 1997 situation [A]. Proc. of IFAC Symp. on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes [C]. 1997: 1033-1054.

- [3] 秦永元. 卡尔曼滤波与组合导航原理 [M]. 第 3 版. 西安: 西北工业大学出版社, 2015.
- [4] Sorenson H W. Kalman Filtering: theory and practice [M]. Piscataway, NJ: IEEE, 1985.
- [5] Julier S J, Uhlmann J K. A new extension of the Kalman filter to nonlinear systems [A]. Proc. of Aero Sense: The 11th Int. Symp. on Aerospace/Defense Sensing, Simulation and Control [C]. 1997.
- [6] Julier S J, Uhlmann J K. Unscented filtering and nonlinear estimation [A]. Proceedings of the IEEE [C]. 2004: 401-422.
- [7] Sorenson H W. Kalman filtering: theory and practice [M]. Piscataway, NJ: IEEE, 1985.
- [8] Lu P, vanEykeren L, vanKampen E, et al. Adaptive hybrid unscented Kalman filter for aircraft sensor fault detection, isolation and reconstruction [A]. AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference [C]. 2014: 1145.
- [9] 何启志, 章卫国, 黄得刚, 等. 基于 OTSUKF 的飞行器惯性测量单元的故障诊断 [J]. 西北工业大学学报, 2017, 19 (11): 112-116.
- [10] 郝 帅. 基于微分几何理论的水下航行器动力学研究 [D]. 天津: 天津大学, 2013.
- [11] 牟宏伟. 水下航行器组合导航系统与信息融合技术研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2013.
- [12] 李鹏辉. 飞行控制系统传感器信息重构技术研究 [D]. 西安: 西北工业大学, 2014.
- [13] 师义民, 徐 伟, 秦超英, 等. 数理统计 [M]. 第四版. 北京: 科学出版社, 2015.