

无人机航迹规划与监控系统设计

郭 杰, 王晓银, 滑亚慧

(西安航空学院 计算机学院, 西安 710077)

摘要: 无人机作为现代战争中广泛使用的设备, 使无人机安全、准时完成任务; 航迹规划就是针对各种任务需求, 为无人机提供一条或多条可行航线, 确保无人机处于自主飞行状态; 本研究目的是研发通用性特征的无人机航迹规划与监控系统, 在阐述设计该系统原则基础上, 详细介绍无人机航迹规划与监控系统分层架构及用户控制层、数据管理层等, 并提出开展各项测试; 结果表明, 所设计系统能顺利通过测试, 达到实际应用的需求。

关键词: 无人机; 航迹规划与监控系统; 航迹规划模块; 系统测试

Design of UAV track planning and monitoring system

GuoJie, Wang Xiaoyin, Hua Yahui

(Computer Academy of Xi'an Aeronautical University, Xi'an 710077, China)

Abstract: Unmanned aerial vehicle (UAV) is a widely used equipment in modern warfare, which enables UAV to complete its mission safely and on time. Route planning is to provide one or more feasible routes for unmanned aerial vehicles to ensure that the unmanned aerial vehicles are in an autonomous flight state according to various mission requirements. The purpose of this study is to develop a common UAV route planning and monitoring system. based on the principles of designing this system, the hierarchical structure of UAV route planning and monitoring system, user control layer and data management layer are introduced in detail, and various tests are proposed. The results show that the designed system can successfully pass the test and meet the requirements of practical application.

Keywords: unmanned aerial vehicle; track planning and monitoring system; track planning module; system test

0 引言

无人机又称作无人驾驶飞行器, 它能够按照精确打击、零伤亡的目标, 被广泛用于现代战争之中, 开创具有非接触的新型战争模式。无人机在执行任务环节, 展现出准确、灵活等特性, 受到国内外多数机构、组织的广泛研究。航迹规划作为无人机开展自主导航的重要技术, 主要用于赋予飞行器一定智能, 顺利实现无人机自主导航, 促使飞行员由高度紧张地飞行中解放出来。航迹规划必须考虑一系列物理及环境约束, 也一度自手动规划发展成为计算机规划。最早开展航迹规划旨在对单机单目标展开, 随着研究的逐渐深入, 已有任务更为复杂, 包含单机多目标、多机单目标等不同类型的任务^[1]。航迹规划除去任务规划则是依据不同的任务需求, 明确无人机数据及飞行策略。尹高扬, 周绍磊等人研究表明, 挑选快速随机搜索树算法当做迹规划航算法主体, 并根据 Dijkstra 算法获得改进的 RRT 算法, 顺利设计出合理的最小航迹代价飞行轨迹^[2]。刘世一, 赵晓林等学者研究指出, 因执行任务阶段无人机有可能面临诸多不确定因素, 依次创建无人机机载惯性单行系统无偿模型、防空威胁模型等, 详细介绍导航精度对无人

机航迹规划产生的影响, 并基于导航精度约束视角下无人机航迹仿真操作, 仿真结果证实, 光学侦察荷载校正点设定方式, 对确保无人机侦察任务顺利实现具有重要的应用价值^[3]。基于此, 本文介绍设计无人机航迹规划与监控系统设计原则、各层次及模块设计情况, 并对系统展开测试, 测试结果表明, 所设计的系统达到无人机飞行任务实际需求, 能够为后续研究工作打下坚实的基础。

1 系统设计原则及总体设计

1.1 系统设计遵循原则

本次所设计的无人机航迹规划与监控系统在深入分析使用者需求基础上, 严格按照下列原则完成设计: ①可持续性原则: 设计的系统要具有较好的延续性及可扩展性, 系统建设以前, 实施长时间的宏观规划, 以此满足新发展要求, 可以向着复杂的工作形式上延伸^[4]。②模块化: 系统要按照“模块化”的原则展开设计, 依据使用者的实际要求展开配置, 安装相对简单、结构灵活的系统, 各基础及业务模块均可以任意组合, 全方面满足已有或未来系统个性化应用需求^[5]。③易操作性原则: 设计友好、方便操作的界面, 有助于用户开展各模块的功能, 进而提升系统工作效率。因此, 本次设计系统时, 要设法减少使用者的记忆负担, 加大数据自动输入, 确保界面展现良好的预见性, 防止发生用户输入错误数据的状况。④可扩展性: 各个程序及接口必须设计统一的标准, 确保系统展现出良好

收稿日期: 2018-06-06; 修回日期: 2018-07-16。

基金项目: 陕西省工业科技攻关项目(2016GY-139)。

作者简介: 郭 杰(1980-), 男, 陕西三原人, 硕士, 讲师, 主要从事嵌入式系统, 计算机硬件电路设计仿真方向的研究。

的可移植性。此外, 配置具有开放性特点的接口, 方便及时进行拓展和应用。

1.2 系统总架构设计

按照系统设计原则, 为全面了解系统各功能模块之间的层次机构, 有效进行软件的整体设计, 其主要划分为用户控制、通信传输及数据管理三层, 其中, 用户控制层主要任务是确保软件界面各模块功能得以实现, 包含控制台、监控及航迹规划模块。其中, 监控模块主要任务接收数据并将其展示在虚拟仪表和设备监控上实施监控; 控制台模块包括地图显示、界面搭建等功能; 航迹规划模块, 就是依据使用者设定的航迹规划参数, 用于规划单机目标轨迹。通信传输层旨在与飞行仿真平台之间实现通信连接、数据分析等操作, 为有待传输的数据进行预处理操作。数据管理层旨在进行实时接收航迹跟踪的信息等操作。系统分层结果见图 1。

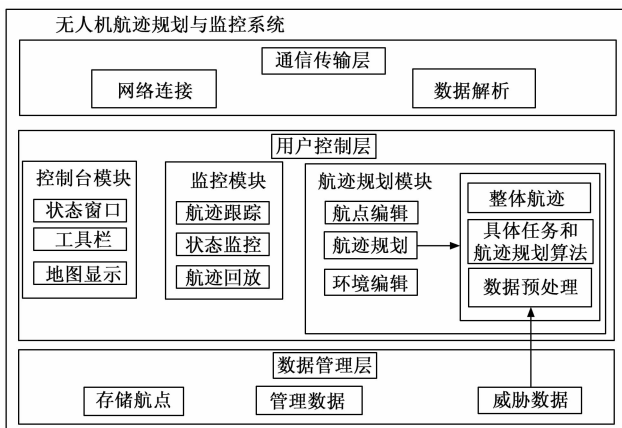


图 1 系统分层架构示意图

2 各层及模块设计

2.1 用户控制层

该层主要是用来实现人机交互的设计, 而一个具有良好用户界面的设计, 能促使使用者获得良好的体验, 灵活执行各项操作。无人机任务规划和监控系统在界面设计中, 常出现的两种状态如下: (1) 飞行监控环节显示相关信息: 如: 地图显示、设备状态显示、飞机航迹显示等; 也能完成飞机控制命令。(2) 航迹规划阶段, 这个时期, 飞行器并未开启, 界面处在能够编辑的状态, 可利用航迹规划算法生成相应的航迹, 并执行局部调整航点操作。

2.1.1 控制台模块

本次设计的系统用户控制层所提到的两个状态均需二维或者三维地图上实现, 在飞行监控环节, 航迹会及时展示在地图上。而任务规划时也必须要在地图上显示相应的航点信息或航线。因此, 进行界面设计过程中, 应支持不改变界面状态, 确保两种状态之间能够相互切换, 促使界面操作显示人性化特点。控制台界面见图 2。

地图窗口设置在界面中部, 使用 MapX 软件当做地图

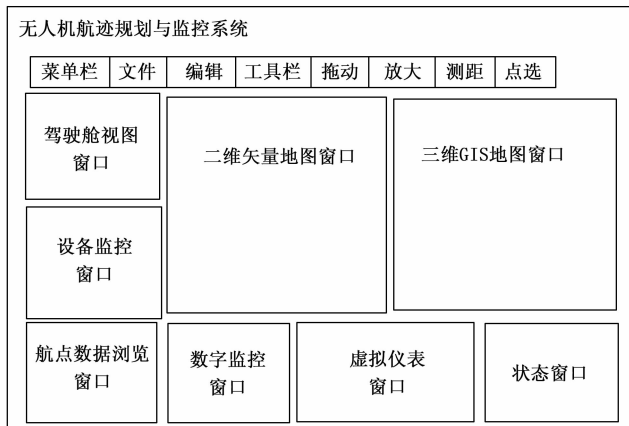


图 2 系统界面设计简图

控件, 从而展示二维矢量地图。系统界面右边是依托虚拟实现的三维地图, 采用鼠标对地图进行缩放、拖动、浏览等操作。虚拟仪表窗口设计在正下方, 包含那些简单的航空仪表, 使用依托 DirectX 图形驱动绘制相应的航空仪表, 从而为空速、偏转角等信息提供直观地数据显示出来, 左下角展示飞行器内不同设备运行情况。设备监控窗口设计在左下角, 通过虚拟 LED 灯, 在飞行监控操作中, 监测飞行器机械设备运行状况。当系统正常开启后, 挑选航迹规划状态, 用户能够在当前界面内地图中挑选任务航点, 随之通过航迹规划算法求得初步航迹, 用户可依据实际需求对生成轨迹点完成编辑操作。菜单栏包括控制台上的各项操作, 包含网络配置连接、地图读取、数据保存等功能。状态窗口设计在地图下方, 用来提供时间信息等数据。

2.1.2 航迹规划模块

该模块必须实施单机航迹规划, 并由用户完成相应的任务。使用者依据选择任务内有待考虑的目标位置、禁飞区、着陆点等一系列模型, 上述模型数据根据预处理传送至航迹规划模块完成解析操作, 获得相应的航迹, 并把航迹展示在地图界面内。用户能够依据需求给予恰当的调整, 该模块框架如图 3 所示。

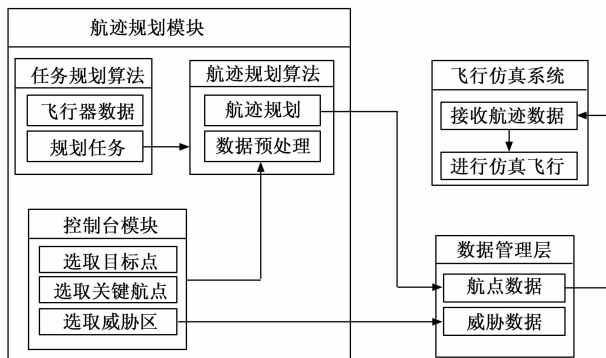


图 3 任务规划模块具体架构

该模块作为系统最主要的模块, 涉及单机航迹规划内的关键航点等基本元素建模, 顺利完成界面内能够任意加

载上述元素；航迹规划算法必须考虑获得最优航迹，并利用三维空间内的高程信息对算法实施优化。航迹规划算法就是结合二维、三维内的高程信息，具体规划操作中，必须考虑地形数据、飞行约束等条件，依据航迹算法对整体航迹实施规划处理，还应由用户给予适当的调整，从而局部优化威胁航迹的地形，规划一条最佳的航迹^[6]。航迹规划操作流程见图 4。

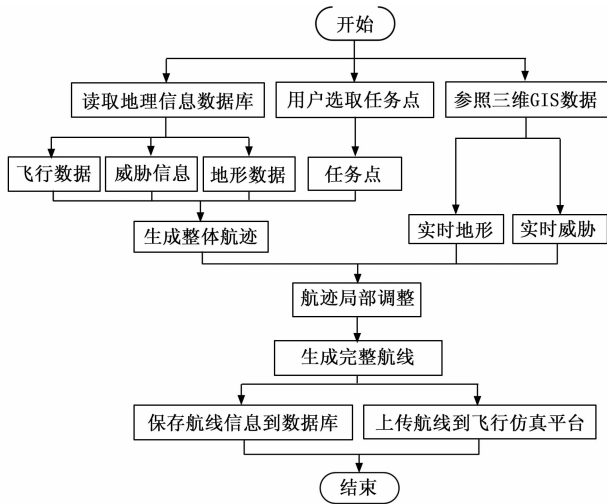


图 4 航迹规划操作流程

2.2 网络通信层

本文设计的无人机航迹规划与监控系统和仿真平台间通过网络实施数据传输，可靠的通信网络能确保数据正确的传输。网络通信模块旨在解决关键问题，确保该模块的通行性。依据组件化思想，把网络通信当做动态链接库形式得以实现。先创建一个通用的网络协议，并把封装当做动态链接库，并用于各客户端，顺利实现网络通信，防止出现重复开发的情况。网络通信架构见图 5。

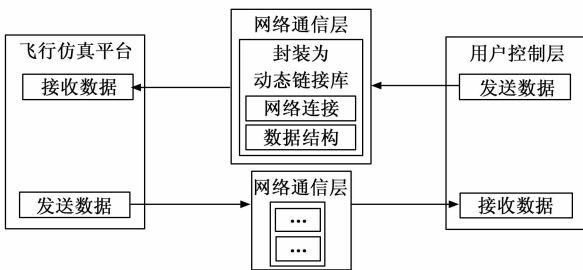


图 5 网络通信架构简图

2.3 数据管理层

所设计系统是把人由繁杂的数据内解放出来，运用计算机高效率的运算能力，顺利完成航迹规划操作。与此同时，运用虚拟仪表盘展示繁多的飞行数据，上述数据使用数据库完成管理操作。数据库配置高效的读写能力，能提升航迹规划与监控系统的运行效率。数据管理模块功能见图 6。

2.4 数据库设计

数据库是无人机航迹规划与监控系统信息存储中心，

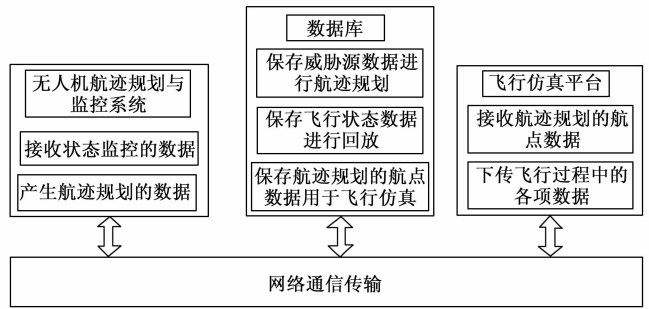


图 6 数据管理架构示意图

数据库结构设计质量直接影响整个系统实际运行状况。因此，配置合理的数据库不仅能提升数据存储效率，也可以保障信息的完整性及安全性。所设计系统配备数据库好坏，具体表现在它是否可以提供相对齐全的功能、系统是否具有优越的性能等方面，而以往所用的数据存储系统，若存在部分问题或突发状况，会使得数据出现永久性丢失^[7]。因此，对数据库及其接口编程展开设计，必须严格遵循规范化、低耦合性、安全性等要求，在详细分析各用户对系统功能需求基础上，完成系统的设计和处理，进而保证数据的一致性。

系统对飞行器飞行状况进行监控时，能够及时接收飞行包发送的各类信息，包含飞行状态、航点等。对航点实施规划时，任务航点及其生成的航迹点等数据均会保存在数据库内。在研发无人机航迹规划与监控系统时，数据库设计是系统中最为关键与核心部分，应该依照逻辑结构、需求以及物理结构展开，用户端不用设置专用软件，可以促使系统维护更为便捷。数据库 E-R 模型依据用户的需求，主要包含以下类型：主要包含起落架、发动机、航迹点、纬度等，如图 7 所示。

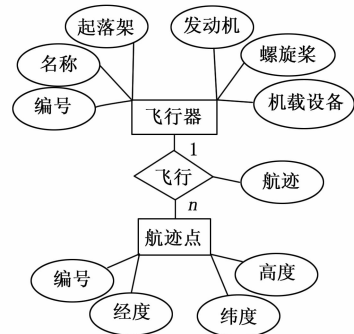


图 7 飞行航点 E-R 模型图

对航迹进行规划操作时，任务航点及其产生的航迹点当做两个实体，以此当做一次规划操作的结果，从而组成相应的任务。航迹规划 E-R 图如图 8 所示。

在上述主要关系要素内，编号均是其中的关键，也是对象的唯一索引。飞行器及航迹点外键均为航迹编号，任务航点及其所产生的外键则是任务编号，以此组成完整的数据结构。航迹时间及其规划时间依次为航迹保存、

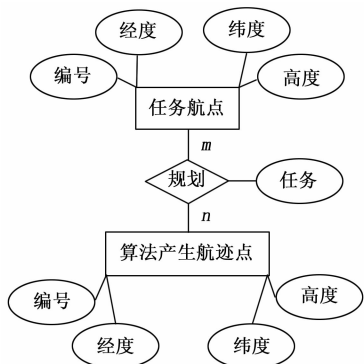


图 8 航迹规划环节 E-R 图

航迹规划完成的系统时间, 并依据时间及时条用某一个时间区间内的任务及航迹。

3 系统功能测试

3.1 测试流程分析

测试工作要严格按照相关测试流程, 各流程严格根据计划执行情况, 且撰写的测试文档要具有规范化的特点, 确保测试结果的准确性, 测试执行流程见图 9。具体流程如下: (1) 对于使用者的需求, 对测试需求及测试方案进行评审; (2) 依据测试需要的结果, 设计具体的测试计划及用例, 并对测试用例展开细致的审查; (3) 把测试的各单元模块, 实现系统整合和集成测试, 进而检验整个系统是否正确, 判断系统能否达到用户的实际需求。完成系统的整合, 进行系统集成测试, 验证系统功能情况, 详细记录各项测试结果。同时, 将测试环节不足之处进行维护, 确保所设计系统最终能交付使用。

3.2 测试用户控制层

该层主要包含控制台、航迹规划等模块, 主要针对上述模块展开测试。系统运行操作中具体步骤如下: (1) 开启飞行仿真平台, 设定该平台处在等候起飞环节; (2) 开启飞行包软件, 设计初始值以后, 将仿真平台下的无人机定位至指定的机场; (3) 开启软件系统, 将网络连接打开, 确保各监控窗口处在初始状态^[8]。

3.2.1 测试控制台模块功能

控制台作为显示使用者各项操作功能的界面, 软件界面包括 8 个分隔窗体, 通过 DockPanel 配置文件存储在相对应的布局信息。如果窗体布局发生改变, 需要重新保存相应的配置文件。软件再次开启以后, 加载依然是上次存储的配置文件。为检测分隔窗体能否支持随意拖动, 可改变二维及三维两个窗体的位置, 检测结果见图 10。

该模块功能测试时, 针对控制台各功能响应状况展开测试, 控制台主要包括界面内的工具栏、菜单栏、各窗口等, 先对各控件是否正常响应实施检测。由于控制台内使用者开展操作的控件比较多, 旨在对关键功能控件展开测试, 结果证实, 各控件均可以正常执行相应的功能, 根据控件测试时间, 可知各控件执行效率比较高, 平均响应时间均处在 50 ms 之内。

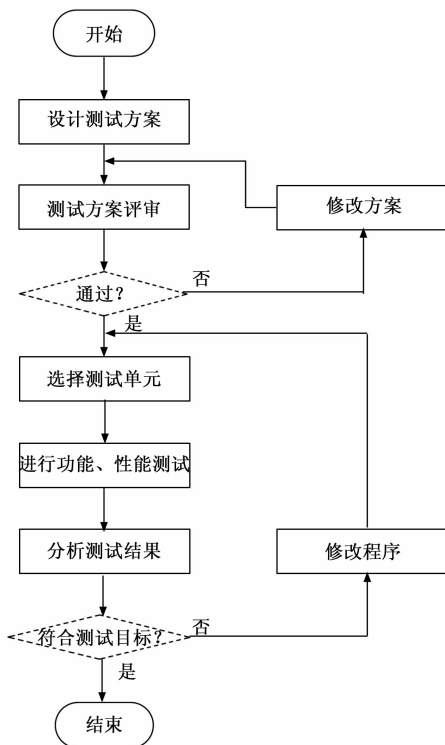


图 9 系统测试操作流程



图 10 分隔视图变化后界面显示效果

3.2.2 测试航迹规划模块功能

对这个模块展开测试, 就是依据用户配置的无人机及其威胁信息等数据规划相应的航迹, 并在二维及三维航迹模块内展示出来。航迹规划操作中, 必须配置无人机各项操作、威胁物等信息。依据使用者配置的无人机参数、起飞位置等数据信息, 存储到数据库内, 依据航迹数据展开航迹规划操作, 无人机参数见图 11。

依据配置的各项信息, 设计 3 个禁飞区域, 一个规则的长方体障碍物, 通过标准网格 100 × 100 空间网络内规划整体航迹。实际进行航迹规划时, 必须在三维 GIS 内, 生产相应的航迹点, 通过经纬度形式存储在数据库内。数据库航点信息见图 12。

3.2.3 测试状态监控模块功能

该模块旨在对虚拟仪表、数字仪表等是否正确显示传输



图 11 航迹规划具体参数



图 13 仿真飞行包传送的数据

110.40870027	46.34024621	100.0000
109.36608579	45.93091127	100.0000
109.23574574	44.90755791	100.0000
109.23573903	44.39588157	100.0000
110.14799078	42.04217114	100.0000
111.58157266	41.93982674	100.0000
110.66928166	41.01882146	100.0000
110.79962207	42.24683629	100.0000
116.66433094	45.52151229	100.0000

图 12 数据库内存储的航点信息

数据。依据这方面的要求,利用仿真飞行包传送指定数据,时刻观察该模块不同仪表是否展示正确的数据。发送数据见表 1。

表 1 飞行监控模块传送数据

名称	参数	名称	参数	名称	参数
空速	0—100	发动机	0—正常工作	油量	90%
俯仰角	0—60	俯仰角速率	0—100	雷达	0—启用
滚转角	0—60	滚转角速率	0—100	摄像机	0—启用
偏航角	0—180	偏航角速率	0—100	起落架	0—使用中
经度	87.185006	纬度	52.181069	高度(m)	1000—5000

所传送的数据部分为定量数据,包含发动机、起落架、雷达等,只需设定一个标志位,就能明确其实际工作状态。例如:滚转角、经纬高数据等作为连续数据,可能在设定范围内处于时刻变化状况。因此,依托仿真飞行包遵循一定时钟频率发送。仿真飞行包所传送的数据如图 13 所示。

借助网络通信连接,系统能够接收的数据传送至各个仪表窗口,查看数据显示和传输数据是否保持一致。见图 14、15。

根据上面两幅图可知,这两个窗口均可以正常接收飞



图 14 数据仪表窗口显示信息



图 15 设备监控窗口显示信息

行包传送的数据,并正常显示各项信息。而航迹回放模块功能,旨在由数据库内挑选相应的数据信息再现飞行过程,挑选数据条件要以时间段为主要限制,也支持挑选一整条航迹。航迹恢复则依托配置窗口实现控制,依托进度条挑选实施航迹回访的信息,并依托设定读取数据速度,进而加快、放慢回放操作。航迹恢复控制窗口见图 16。

依据配置文件选定时间段对数据实施回放操作,二维及三维航迹所显示的地图仅仅是一部分数据,航迹回放操作显示的轨迹见图 17。

4 结束语

综上所述,基于无人机飞行检测与控制需求,设计相



图 16 航迹回放控制效果

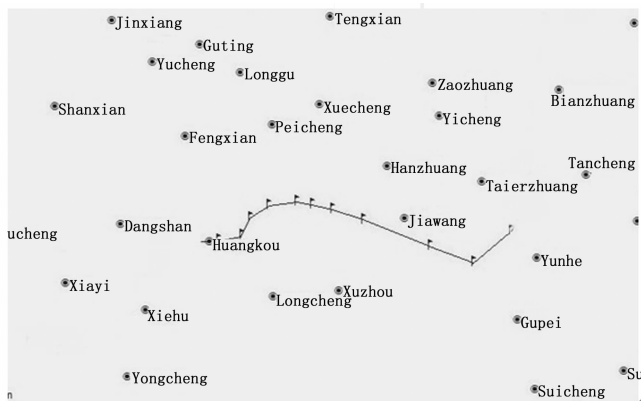


图 17 二维地图内回放轨迹

应的航迹规划与监控系统。系统得以实现导航参数及时获取、飞行控制参数实施在线调整、数据分析与存储等功能,并为规划长距离飞行提供有利的保障。通过分析发现,本文设计无人机航迹规划与监控系统,不仅能达到无人机信道传输大数据的要求,也满足信道控制参数高精度、可靠性的要求,有助于实现飞行器执行的各项任务。

参考文献:

[1] 唐晓东. 基于 A 算法的无人机航迹规划技术的研究与应用 [D]. 绵阳: 西南科技大学, 2015.

[2] 尹高扬, 周绍磊, 吴青坡, 等. 基于改进 RRT 算法的无人机航迹规划 [J]. 电子学报, 2017, 45 (7): 1764-1769.

[3] 刘世一, 赵晓林, 郝顺义, 等. 导航精度约束下的无人机航迹规划 [J]. 计算机仿真, 2015, 32 (11): 88-91.

[4] 李 樾, 陈清阳, 侯中喜, 等. 自适应引导长度的无人机航迹跟踪方法 [J]. 北京航空航天大学学报, 2017, 43 (7): 1481-1490.

[5] 鱼佳欣, 李 刚, 李东涛, 等. 改进量子遗传算法在无人机航迹规划中的应用 [J]. 计算机仿真, 2015, 32 (5): 106-109.

[6] 崔道鑫. 无人机航迹规划与监控系统的研究与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2013.

[7] 魏 亭. 基于 VxWorks 的小型无人机航迹规划和监控系统开发 [D]. 北京: 北京信息科技大学, 2015.

[8] 刘 洋, 韩泉泉, 赵 娜, 等. 无人机地面综合监控系统设计与实现 [J]. 电子设计工程, 2016, 24 (14): 110-112.

(上接第 61 页)

以从倒谱编辑后的谐波幅值可以定量地进行故障诊断,但是定量诊断的评判标准仍需大量试验样本,此外定量诊断的指标也不是单一幅值指标可以准确描述的,须综合时域、频域多维特征进行编制。后续定量诊断的方法将是研究工作的重点。

3 结论

轨道车辆轴承的状态监测对车辆安全运行起着重要作用。由于信号降噪、特征提取、故障诊断、故障预测等方面的理论与算法的迅速发展,轴承振动信号监测越来越成为轨道车辆关键部件状态监测的重要手段之一。本文在信号预白化理论的基础上,进一步引入倒谱编辑预白化方法,通过与传统的包络共振解调方法的对比,试验数据分析表明倒谱编辑预白化方法不仅能够有效进行轴承严重故障的定性诊断,而且可以进行微弱故障的定性诊断,因此通过大样本数据验证后将很好地应用前景。

参考文献:

[1] Antoni J, Randall R B. The spectral kurtosis: application to vibratory surveillance and diagnostics of rotating machines. Mechanical system and signal processing, 2006 (20): 308-331.

[2] Antoni J. Fast computation of the kurtogram for the detection of transient faults. Mechanical system and signal processing, 2007

(21): 108-124.

[3] 刘 霄, 师 蔚, 方 宇, 等. 一种城市轨道车辆轴箱轴承故障特征提取方法 [J]. 测控技术, 2015 (34): 30-33.

[4] 孙晓涛, 高军伟, 毛云龙, 等. 基于小波包变换与神经网络的滚动轴承故障诊断 [J]. 工业控制计算机, 2017, 30 (8): 115-116.

[5] 何广坚, 邢宗义, 左 成, 等. 基于 EMD 与 SVM 的城轨列车滚动轴承故障诊断方法研究 [J]. 铁路计算机应用, 2015, 24 (8): 1-4.

[6] 唐贵基, 邓飞跃, 何玉灵. 基于自适应多尺度互互补 Top-Hat 变换的轴承故障增强检测 [J]. 机械工程学报, 2015, 51 (19): 93-100.

[7] 樊 薇, 李 双, 蔡改改, 等. 瞬态成分 Laplace 小波稀疏表示及其轴承故障特征提取应用 [J]. 机械工程学报, 2015, 51 (15): 110-118.

[8] 关贞珍, 郑海起, 叶明慧. 基于振动图像纹理特征识别的轴承故障程度诊断方法研究 [J]. 振动与冲击, 2013, 32 (5): 127-131.

[9] 柯燕亮, 王华庆, 唐 刚, 等. 基于 Teager 峰值能量的低转速轴承故障特征提取方法 [J]. 振动与冲击, 2017, 36 (11): 124-128.

[10] 程卫东, 赵德尊, 刘东东. 基于故障特征系数模板的变转速滚动轴承故障诊断 [J]. 振动与冲击, 2017, 36 (7): 123-129.