

基于通用测试平台的平流层 飞艇北斗安控测试

翟嘉琪, 张永栋, 王紫薇, 阴鹏, 刘鑫

(西北核技术研究所, 西安 710024)

摘要: 为保证平流层飞艇飞行试验安全, 放飞前需在地面试验场对飞艇各分系统与全系统进行集成测试, 北斗安控测试是试验场集成测试的重要内容; 在分析北斗安控分系统组成以及工作模式的基础上, 提出了基于通用测试平台的平流层飞艇北斗安控测试方法; 通用测试平台是基于高速信息交换架构、合成仪器、公共测试接口等测试资源的新一代自动测试, 在该通用测试平台的基础上设计了北斗安控系统的测试模式与测试流程, 编写了测试程序, 并且在某型平流层飞艇北斗安控测试中得到了应用, 在测试结束后给出测试成功率, 测试结果与人工监测记录结果一致, 表明该方法合理可行。

关键词: 平流层飞艇; 北斗安控系统; 通用测试平台

Test of The Stratospheric Airship Safety Control System with Beidou Terminal Based on the Universal Test Platform

Zhai Jiaqi, Zhang Yongdong, Wang Ziwei, Yin Peng, Liu Xin

(Northwest Institute of Nuclear Technology, Xi'an 710024, China)

Abstract: In order to ensure the safety of stratospheric airship flying test, the integration test of subsystems and full system of stratospheric airship on the proving ground should be finished before flight. The test of safety control system with Beidou terminal is an important part among integration test. the test methods of stratospheric airship safety control system with Beidou terminal based on universal test platform are presented, after the system composition and work mode are analyzed. The universal test platform include high speed information exchange architecture, the synthetic instrument, the common test interface and so on, which is new generation test system. the test pattern and flow are proposed, the testing program of safety control system is finished, which were used to test safety control system with Beidou terminal on some stratospheric airship. The universal test can platform provide testing results that agree with manual records. The results show that the test methods are reasonable and feasible.

Keywords: stratospheric airship; safety control system with Beidou terminal; universal test platform

0 引言

平流层飞艇是指在囊体内充入轻于空气的气体来产生上升所需要的浮力, 同时带有动力驱动, 可以进行飞行控制, 工作在平流层底部(海拔 18~25 km)的浮空飞行器^[1]。平流层稳定的气象条件和良好的电磁特性, 使平流层飞艇在通信、预警和侦查、电子对抗等军民领域有着广阔的应用前景。目前, 我国多个单位已开展了平流层飞艇的研制工作, 并成功完成了多次平流层飞艇飞行试验。

一般而言, 平流层飞艇主要由囊体分系统、能源分系统、推进分系统、测控通信分系统、飞控分系统、安控分系统等组成。飞艇平台系统复杂, 影响飞行试验安全的因素较多, 风险性较高。为保证平流层飞艇飞行试验安全, 放飞前需在地面试验场对飞艇各分系统与全系统进行集成测试, 获取关键测试数据, 以便评估飞艇系统状态。其中, 安控分系统是平流层飞艇飞行试验安全的重要保证。安控分系统主要通过视距链路或卫星通信链路来控制安控执行机构(氦气释放装置或囊体切割装置)的作动以实现飞艇突发情况下的应急降落。因此, 安控分

系统的工作可靠性测试是试验场集成测试的重要内容。

北斗卫星导航系统是我国自主研发、独立运行的全球卫星定位与通信系统, 性能稳定、使用方便, 具有覆盖范围广、组网灵活、不易受环境影响等优势^[2]。由于平流层飞艇的技术特点, 北斗卫星能为其提供全天候、全天时的高精度、高可靠的定位、导航和授时服务^[3]。而其北斗安控系统是安控分系统的重要组成部分, 其依托于北斗一代卫星通信系统, 通过发送、接收短报文的形式^[4], 实现飞艇地面测控站与艇载安控设备之间的通信。视距链路易受到通信距离与复杂地形环境的影响; 与之相比, 北斗链路可实现整个试验空域的有效覆盖, 从而有效控制安控执行机构的作动。

现代科学技术的发展迅猛, 武器、航空、航天系统的技术水平不断提高, 对测试技术提出了更高的要求^[5]。随着计算机技术与集成电路技术的不断发展^[6], 自动化测试通过减少测试过程中必要人工操作的步骤, 是的测试人员得以分配更多的时间用于提高产生设计工作核心价值^[7]。同时由于自动测试技术的快速可靠、机动灵活、高效低费等显著优势, 已成为国际航空和武器装备测试的主流技术途径^[8]。

本文在研究平流层飞艇北斗安控系统组成以及功能构成的基础上, 给出了基于通用测试平台的北斗安控系统测试模式和流程, 编制了测试流程, 并完成了对某型飞艇北斗安控系统的

收稿日期: 2018-01-16; 修回日期: 2018-01-26。

作者简介: 翟嘉琪(1993-), 女, 河南焦作市人, 助理工程师, 主要从事平流层飞艇测试方向的研究。

北斗安控测试流程如图 3 所示。在具体测试实施中, 出现以下情况需要重新发送测试指令: 地面北斗终端发送短报文不成功; 转发软件判断接收超时或校验错误; 连续两次接收到错误的遥测状态信息。第一种情况是由于地面北斗终端问题导致重新发送指令, 北斗指令发送次数会累加; 第二种情况是由转发软件与通用测试平台之间的通信问题引起的, 与地面北斗终端无关, 此时重发, 测试指令发送次数不会累加; 第三种情况是由于艇载北斗终端以一定频次将安控执行机构状态自动下传并不依赖于测试指令, 因短报文传输延迟可能出现安控执行机构已经完成作动而状态信息显示未作动情况, 此时通用测试平台接收到的遥测状态信息为执行机构未执行之前的状态, 与设定的判据不一致, 此时, 飞艇通用测试平台继续接收一条状态信息。若接收到的两条状态信息都为错, 重新发送指令, 北斗指令发送次数会累加。

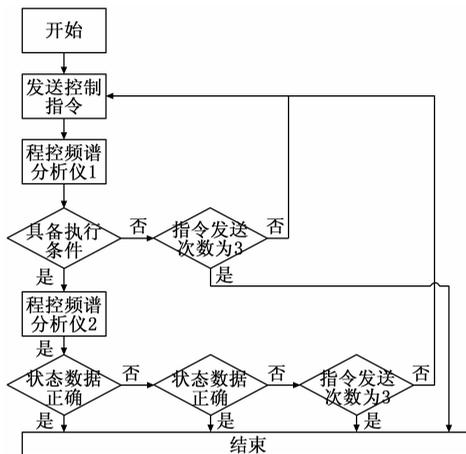


图 3 北斗安控测试流程

本次测试指令发送次数定为最多 3 次, 可根据实际情况增加或者减少。

测试指令成功的标准为地面北斗终端发送短报文成功, 执行机构正常作动且艇载北斗终端反馈状态数据短报文成功。通过统计测试成功次数与测试指令发送次数给出北斗安控测试的成功率。

3 试验结果与分析

3.1 试验布局

平流层飞艇北斗安控测试在平流层飞艇航电系统集成完成后开展。艇载飞控计算机/安控计算机安装集成于飞艇系统航电设备吊舱内。试验时, 转发软件布设于北斗地面站。北斗地面站、地面北斗终端、艇载北斗终端、安控执行机构布置于室外空旷环境, 保证北斗终端能正常接收北斗卫星信号。艇载北斗终端与地面北斗终端距离 1 km 左右。由频谱分析仪以及天线组成的监测系统分别置于两套北斗终端附近, 通用测试平台通过试验网络程控频谱分析仪采集北斗终端发送短报文时发射的微波信号并与转发软件进行测试指令发送等信息交互。

3.2 测试步骤

针对某型平流层飞艇的北斗安控系统开展测试。该北斗安控系统的执行机构主要包括囊体切割装置和阀门, 通过囊体切割装置撕裂囊体和阀门开启来释放囊体内的氦气。囊体切割装置利用火工品产生的爆破冲击力推动切割装置来撕裂囊体, 为

易损件, 因此实际测试时并没有直接控制囊体切割装置, 而是通过监测其供电电压的形式来开展测试。

正式开展测试前需通过北斗地面站发送指令, 确保整个测试链路状态正常、执行机构作动及反馈正常, 具备测试条件。通过网线连接通用测试平台与转发软件实现通信, 确认两者之间能正常发送、接受数据帧。网线连接通用测试平台与频谱分析仪, 程控频谱分析仪确认具备测试条件。

此种型号的北斗安控系统遥控指令分为解锁、阀门开启/关闭、囊体切割装置开启/关闭以及解锁复位等几种, 因此通用测试平台发送的测试指令亦包含上述几种类型。根据安控执行机构的数量, 以及实际安控逻辑, 同时考虑到测试过程中可能遇到的各种问题, 完成测试程序编写, 如图 4 所示。

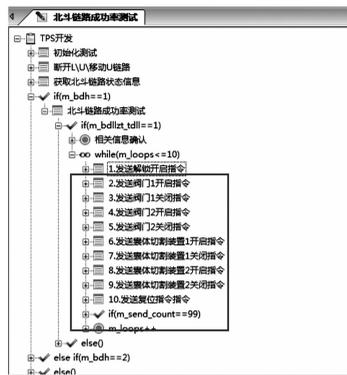


图 4 北斗安控测试程序

图 4 为北斗安控测试程序的主要流程, 包括状态信息确认、指令发送等, 由图 4 可知, 每 10 条指令为一个循环, 共执行 10 个循环, 即发送 100 条指令, 一个循环中包括解锁、阀门开启/关闭、囊体切割装置开启/关闭以及解锁复位等 10 条指令; 同时, 该循环严格按实际安控逻辑执行流程进行, 只有解锁完成之后囊体切割装置开启指令才有效。

完成试验布局后在通用测试平台的软件平台上运行北斗安控测试程序。在测试程序运行过程中, 通用测试平台会实时显示每条测试指令发送状态、测试指令回读状态以及安控执行机构的实际执行状态, 并给出通过与否的判断。若判断通过, 如图所示, 显示正常, 若判断不通过, 则这条结果就会显示为红色, 能帮助测试人员快速做出应对措施。

由于主体的运行界面有限, 显示的内容是一些能表示测试过程成功与否的指令状态, 但是在变量监视区则可以对所有测试过程中的变量进行监视, 其中就包括北斗指令发送成功次数以及北斗测试成功次数等关键变量。具体测试程序执行界面以及执行结果如图 5 所示。

3.3 测试结果分析

针对某型平流层飞艇的北斗安控测试, 测试结果如图 5 所示, 图中测试指令发送成功次数为 100, 测试成功次数为 98, 北斗安控测试的成功率为 98%, 每条指令均能正常发出, 安控执行机构作动正常, 状态信息反馈正常, 且北斗监测系统也能准确采集到艇载/地面北斗终端的微波信号信息。

在测试过程中出现以下情况:

3.3.1 测试指令回读状态为 4

转发软件判断测试指令回读状态为 4, 表示飞艇平台目前状态无法执行测试指令, 该指令执行超时, 通用测试平台会重复发送该条测试指令, 第二次发送指令正常, 超时的第一次指

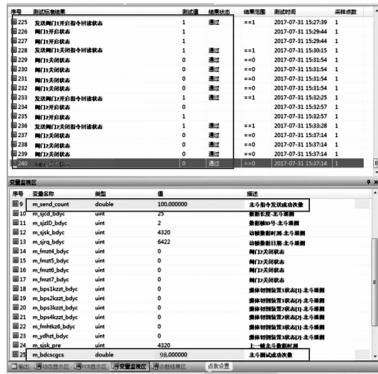


图 5 北斗安控测试程序执行界面

令不计入指令发送成功次数, 第二条正常发出的测试指令计入到指令发送成功次数中。

3.3.2 飞艇状态数据全部为 0

飞艇状态数据包括飞艇系统的所有设备状态, 不可能全部为 0。通用测试平台在一段时间内未收到飞艇状态数据, 则会将测试过程中的所有变量都置为 0。检查地面北斗终端监测系统没有收到微波信号, 且转发软件与北斗地面站、通用测试平台通信正常, 且安控执行机构已正常执行该条测试指令, 通用测试系统表示未收到此测试指令下行数据, 再次接收一次飞艇状态数据, 数据显示正常, 由于北斗链路状态不佳下行丢失导致, 但是一般来说, 不可能连续两次下行都丢失, 第二次接收正常, 判断该测试指令成功。

3.3.3 接收到的飞艇状态数据与安控执行机构状态不一致

测试指令发送成功且安控执行机构动作及反馈正常, 但是飞艇状态数据中安控执行机构的状态为未执行, 再次接收飞艇状态数据, 一致, 判断该测试指令成功。第一次状态不正常是由于北斗链路可能存在延时, 导致接收到的是前一条的状态; 不一致, 检查地面北斗终端监测系统接收到微波信号, 且转发

软件与北斗地面站、通用测试平台通信正常, 表示虽收到下行数据, 但不是该测试指令相对应的状态数据, 判断为该指令失败。

4 结论

本文分析了北斗安控分系统的组成、工作模式, 提出了基于通用测试平台的平流层飞艇的北斗安控测试方法, 确定了测试模式, 编写了北斗安控测试程序, 并利用测试程序完成了某型飞艇北斗安控系统测试, 按照测试要求完成了北斗安控测试, 通用测试平台的测试结果与人工监测记录的结果一致, 具有实用价值。

参考文献:

[1] 杨秋萍, 席德科. 飞艇技术发展现状与趋势 [J]. 航空制造技术, 2010 (19): 78-81.

[2] 刘 艳. 北斗短报文电网状态监测及应急通信系统 [J]. 总线与网络, 2015 (1): 43-47.

[3] 刘艳丽. 北斗卫星短报文技术在输电线在线监测系统中的应用 [J]. 电力信息与通信技术, 2016, 14 (11): 28-32.

[4] 刘基余. GPS 卫星导航定位原理与方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.

[5] 丁 宁. 基于测试管理软件的测试平台软件架构技术研究 [D]. 太原: 中北大学, 2014, 5.

[6] 吴良波. 基于 ATML 的平台管理模块开发测试系统设计与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2016, 3.

[7] 张进星. 航天电子设备的地面测试系统自动化测试软件设计与实现 [M]. 中国科学院国家空间科学中心, 2016, 4.

[8] 蔡小斌. 法国通用自动测试平台 ATE 发展综述 [J]. 测控技术, 2000, 19 (6): 1-4.

[9] 刘 收. 平流层飞艇地面通用测试原型系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2016, 24 (7): 82-89.

[10] 商 锋, 赵 薇. 北斗一代 S 频段低噪声放大器的设计 [J]. 西安邮电大学学报, 2016, 21 (4): 76-82.

(上接第 23 页)

[3] Muruganatham B, Sanjith M A, Krishnakumar B, et al. Roller element bearing fault diagnosis using singular spectrum analysis [J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2013, 35 (1/2): 150-166.

[4] Hao R, Chu F. Morphological undecimated wavelet decomposition for fault diagnostics of rolling element bearings [J]. Journal of Sound and Vibration, 2009, 320 (4/5): 1164-1177.

[5] Cheng J, Yu D, Yang Y. Application of all impulse response wavelet to fault diagnosis of rolling bearings [J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2007, 21 (2): 920-929.

[6] Tang B, Liu W, Song T. Wind turbine fault diagnosis based on Morlet wavelet transformation and Wigner-Ville distribution [J]. Renewable Energy, 2010, 35 (12): 2862-2866.

[7] 左 来. 基于小波包分析和 LS-SVM 的柴油机故障诊断方法 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (11): 2150-2152.

[8] 蔡艳平, 李艾华, 石林锁, 等. 基于 EMD 与谱峭度的滚动轴承故障检测改进包络谱分析 [J]. 振动与冲击, 2011, 30 (2): 167-172.

[9] 胥永刚, 孟志鹏, 陆 明, 等. 基于双树复小波包和 AR 谱的滚动

轴承复合故障诊断方法 [J]. 北京工业大学学报, 2014, 40 (3): 335-340.

[10] 张 军, 陆森林, 和卫星, 等. 基于小波包能量法的滚动轴承故障诊断 [J]. 农业机械学报, 2007, 38 (10): 178-181.

[11] 赵庆恩, 黄宏伟, 冯 坤, 等. 基于小波包能量-决策树的滚动轴承混合故障诊断 [J]. 轴承, 2016 (06): 43-46.

[12] Chelly Z, Elouedi Z. Hybridization schemes of the fuzzy dendritic cell immune binary classifier based on different fuzzy clustering techniques [J]. New Generation Computing, 2015, 33 (1): 1-31.

[13] Khedr A, Gulak G, Vaikuntanathan V. Scalable homomorphic implementation of encrypted data classifiers [J]. IEEE Transactions on Computers, 2016, 65 (9): 2848-2858.

[14] Fredman J S, Calvet L E, Bessiere P. Bayesian inference with Muller C-elements [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems I-regular Papers, 2016, 63 (6): 895-903.

[15] 张金萍, 白广彬. 基于主元分析与 KNN 算法的旋转机械故障识别方法 [J]. 机械设计与制造, 2017 (6): 23-25.

[16] 程正兴. 小波分析算法与应用 [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1998.