

QJ

中华人民共和国航天行业标准

FL 1310

QJ 20593—2016

地地导弹姿态控制系统性能试验方法

Performance test method for attitude control system of ground-to-ground missile

2016—12—14 发布

2017—03—01 实施

国家国防科技工业局 发布

前 言

本标准由中国航天科技集团公司提出。

本标准由中国航天标准化研究所归口。

本标准起草单位：中国航天科技集团公司第一研究院第十二研究所。

本标准主要起草人：张惠平、张 瑞、柳嘉润、李 冬、滕 鑫、宋轶姝、刘 涛。

地地导弹姿态控制系统性能试验方法

1 范围

本标准规定了地地导弹姿态控制系统性能试验的试验目的、试验要求、试验系统组成与功能、试验程序、试验结果分析与评估等内容。

本标准适用于地地导弹姿态控制系统数学仿真及半实物仿真性能试验。其他类型导弹及运载火箭的姿态控制系统性能试验可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包含勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GJB 668 导弹武器系统术语

GJB 3588 导弹控制系统术语

GJB/Z 25 电子设备和设施的接地、搭接和屏蔽设计指南

3 术语和定义

GJB 668 和 GJB 3588 确立的术语和定义适用于本标准。

4 试验目的

地地导弹姿态控制系统性能试验的试验目的如下：

- a) 验证姿态控制系统方案的正确性和系统设计的合理性；
- b) 验证飞行控制软件实现的正确性及与硬件的匹配性；
- c) 验证姿态控制系统的稳定性；
- d) 验证姿态控制系统抗干扰能力；
- e) 验证姿态控制系统各单机的适应性。

5 试验要求

5.1 试验文件

试验文件应齐全、有效、受控，并与试验技术状态保持一致。试验文件一般包括：

- a) 试验任务书；
- b) 试验大纲；
- c) 其他试验用技术文件。

5.2 试验设备

试验设备要求如下：

- a) 试验设备应具有产品证明书或准用证；

QJ 20593—2016

- b) 试验设备应在计量有效期内；
- c) 试验设备应满足试验任务书要求。

5.3 试验环境

试验环境要求如下：

- a) 试验室内温度、湿度和洁净度应保持在计算机和各种仿真设备和弹上设备要求的范围内，并保持清洁整齐；
- b) 专用设备、通用设备、电源、电缆、工具及辅助设备均应安装和安放得当，确保方便、安全，与试验无关的物品应远离试验现场停放；
- c) 仿真设备之间，仿真计算机与仿真设备之间的地线系统应合理、可靠，并有有效的抗干扰措施；
- d) 各种设备接地应符合 GJB/Z 25 的规定；
- e) 各试验室之间应有通畅的通讯、监视手段；
- f) 试验现场应减少人员流动，保持肃静，工作完毕及时断电，整理现场资料和仪表工具。

5.4 试验人员

试验人员要求如下：

- a) 试验人员应定岗定位；
- b) 试验人员应穿着工作服进行操作；
- c) 试验过程中，试验人员要严格按照操作规程操作。

5.5 试验软件

飞行控制软件等试验软件技术状态受控。

6 试验系统组成与功能

6.1 试验类别

姿态控制系统性能试验一般分为数学仿真试验和半实物仿真试验。通常先进行数学仿真试验，待验证充分后再进行半实物仿真试验。根据弹体运动学模型又可分为三自由度仿真和六自由度仿真，其中三自由度仿真的运动方程为绕质心运动的小偏差方程。

6.2 硬件

6.2.1 仿真计算机系统

仿真计算机系统一般包括数学仿真计算机系统和半实物仿真计算机系统，半实物仿真计算机系统的基本构成一般包括：

- a) 实时仿真主控计算机；
- b) 建模仿真环境；
- c) 实时 I/O 系统。

6.2.2 仿真设备

半实物仿真设备一般包括：

- a) 单轴、三轴转台等角运动仿真设备；
- b) 伺服机构负载模拟装置；
- c) 发动机喷管；
- d) 各种弹上控制设备等效器（惯性器件等效器、伺服机构等效器等），其中惯性器件等效器用来

模拟惯性器件动态特性、接口特性；伺服机构等效器用来模拟伺服机构动态特性、静态特性、接口特性；

- e) 仿真试验控制台、系统电缆网、各种转接装置等。

6.2.3 弹上设备

半实物仿真弹上设备包括弹上仪器及其辅助设备，一般包括：

- a) 弹载计算机；
- b) 惯性测量装置；
- c) 伺服机构。

6.2.4 通用设备

半实物仿真通用设备一般包括：

- a) 交流稳压电源；
- b) 直流稳压电源；
- c) 信号测试仪表，如万用表、示波器等；
- d) 用于通讯、遥测和数据处理等的计算机；
- e) 其他需要的设备。

6.3 软件

软件一般包括：

- a) 飞行控制软件：为弹载计算机的配套软件，用于完成相应的导航、制导与控制功能；
- b) 仿真软件：完成导弹和目标的运动模型与控制数字仿真，与其他试验设备进行信息交换；
- c) 其他需要的通用或专用软件。

7 试验程序

7.1 仿真模型检查

在进行数学仿真和半实物仿真试验之前均应对弹体、惯性测量装置、执行机构等模型进行检查，满足仿真试验任务书要求。

7.2 数学仿真试验

7.2.1 试验流程

数学仿真试验流程见图 1。

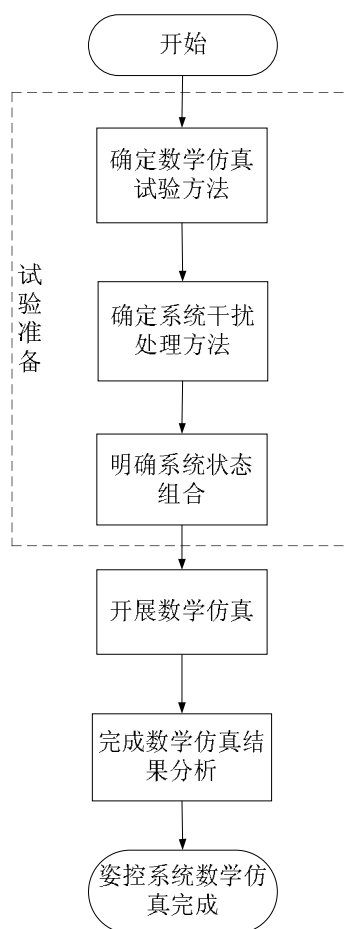


图 1 数学仿真试验流程图

7.2.2 试验准备

按照试验任务书和试验大纲的要求，确定数学仿真试验方法、系统干扰处理方法，明确系统状态组合。

7.2.3 试验内容

数学仿真试验的内容通常包括：

- 设置初始条件、结构干扰、分离干扰、风干扰等因素的姿态控制系统仿真试验；
- 针对起控、转级、转段等时刻的姿态控制系统仿真试验；
- 额定、上限、下限、上极限、下极限状态仿真试验；
- 存在导航修正情况下的姿态控制系统仿真试验；
- 研究在极限状态下的姿态控制系统适应能力仿真试验。

7.2.4 试验步骤

数学仿真试验步骤一般为：设置仿真初始条件、仿真状态后，即可开始运行仿真程序，仿真结束后保存数学仿真试验数据。

7.2.5 试验输出参数

计算结果绘图或打印的数字量一般包括：

- 三通道姿态角及偏差；
- 三通道角速度；

- c) 伺服机构舵偏角；
- d) 各通道等效舵偏角；
- e) 各箱晃动幅值；
- f) 各阶振型广义坐标；
- g) 各阶扭转广义坐标；
- h) 过载；
- i) 喷管控制开关指令、极限环周期、各喷管开关最长和最短时间、总冲；
- j) 其他参数。

7.3 半实物仿真试验

7.3.1 试验流程

半实物仿真试验流程见图 2。

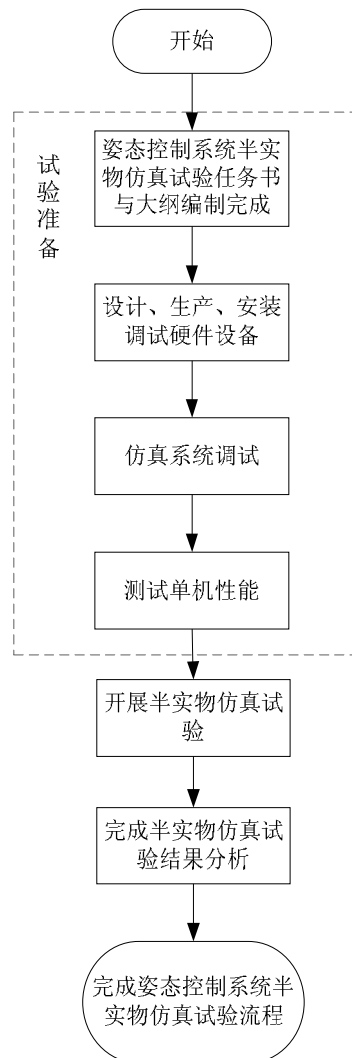


图 2 半实物仿真试验流程图

7.3.2 试验状态

根据半实物仿真试验过程中弹上试验设备的状态及实现方式,可以分为等效器状态和实物状态仿真试验。等效器状态仿真试验系统组成见图 3, 实物状态仿真试验系统组成见图 4。

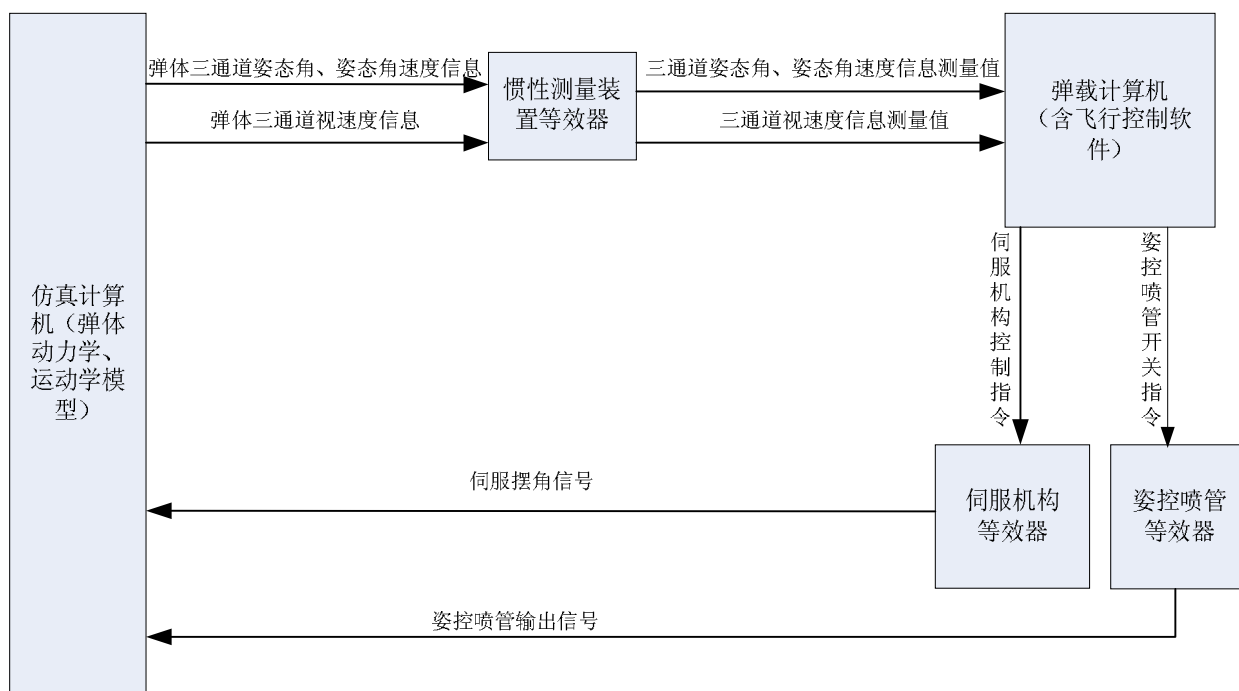


图 3 等效器状态仿真试验系统组成示意图

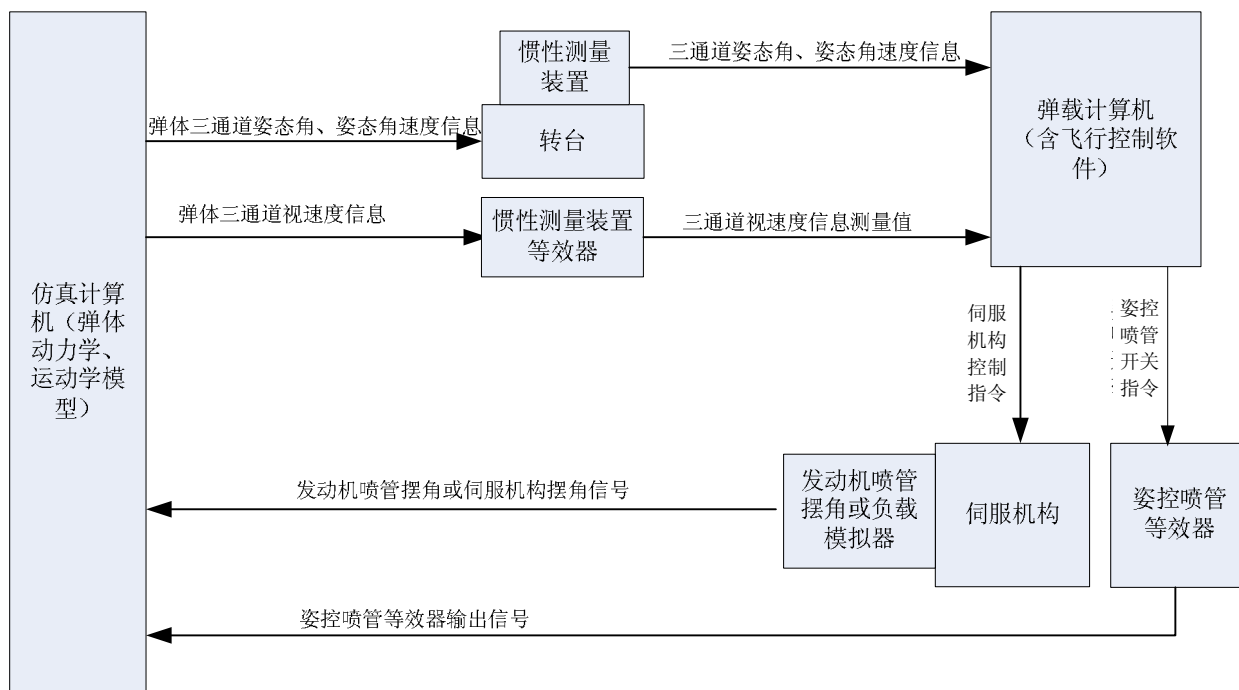


图 4 实物状态仿真试验系统组成示意图

7.3.3 试验准备

在进行半实物仿真试验前，应按照试验任务书及试验大纲要求连接硬件设备并进行调试，对仿真系统进行调试，对单机进行性能测试。其中单机性能测试包含如下几个部分：

- a) 平台、惯性测量组合系统静态增益及相对增益、零位输出、动态特性；

- b) 速率陀螺静态增益及相对增益、不灵敏区、零位输出、动态特性；
- c) 伺服机构最大摆角、动态特性、零位输出及零位漂移；
- d) 中间装置（包括检波器、前置滤波器、变换放大器、功率放大器等）的静态增益及相对增益、线性工作范围及最大工作范围零位输出、动态特性；
- e) 开关放大器的开启电压及相对偏差、零位输出及漂移；
- f) 计算机中 A/D 和 D/A 零位及精度、计算延时特性、时域动态特性；
- g) 总线控制器（BC）及总线终端（RT）的传输延时特性；
- h) 综合控制器、安全控制器计算延时特性。

7.3.4 试验内容

半实物仿真试验内容同 7.2.3。

7.3.5 试验步骤

半实物仿真试验步骤如下：

- a) 仿真计算机运行仿真软件，进入等待仿真开始命令状态；
- b) 弹载计算机加电，自检，初始化，运行飞行控制软件，进入等待仿真开始命令状态；
- c) 各种数据记录和观测设备加电，初始化，进入等待仿真开始命令状态；
- d) 若为等效器状态，惯性测量装置等效器和伺服机构等效器加电，自检，初始化，进入等待仿真开始命令状态，跳转至步骤 i)；
- e) 惯性测量装置加电，自检，初始化；
- f) 单轴、三轴转台状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- g) 伺服机构加电；
- h) 伺服机构负载模拟装置状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- i) 仿真计算机发出仿真开始命令，仿真软件和飞行控制软件同时运行，系统进入实时飞行仿真状态；
- j) 当仿真软件满足设定的停机条件时，仿真计算机和弹载计算机终止仿真运行，若为等效器状态，跳转至步骤 n)；
- k) 伺服机构负载模拟装置恢复零位，伺服机构断电；
- l) 单轴、三轴转台恢复零位；
- m) 惯性测量装置断电；
- n) 仿真计算机和弹载计算机复位，一次仿真结束；
- o) 按半实物仿真试验大纲要求，记录并保存仿真试验数据。

7.3.6 试验输出参数

半实物仿真试验输出参数一般包括：

- a) 惯性测量装置输入输出信号；
- b) 伺服机构输入输出信号；
- c) 发动机喷管摆角信号；
- d) 伺服机构负载模拟装置加载力矩；
- e) 转台输入输出信号；
- f) 其他参数同 7.2.5。

8 试验结果分析与评估

地地导弹姿态控制系统性能试验结果分析与评估内容一般包括：

- a) 稳定性评估：根据仿真过程中姿态角偏差、姿态角速度、伺服机构摆角、晃动幅值、弹性振动幅值等参数对稳定性进行综合评估；
 - b) 抗干扰能力评估：根据初始条件、结构干扰、分离干扰、风干扰等因素仿真试验的稳定控制情况对抗干扰能力进行综合评估；
 - c) 姿态控制系统方案的正确性和系统设计的合理性评估：根据综合姿态控制稳定性、抗干扰能力、功能性能满足指标情况对姿态控制系统方案的正确性和系统设计的合理性进行评估；
 - d) 飞行控制软件实现正确性检验：通过仿真软件中的伺服机构（姿控喷管）指令结果与飞行控制软件的伺服机构（姿控喷管）指令结果比对一致，检验飞行控制软件实现的正确性；
 - e) 时序检验：按照时序文件的要求确认每个时序发出的正确性；
 - f) 姿态控制系统单机适应性检验：根据仿真过程中惯性测量装置、伺服机构输入输出信号比对、以及仿真过程中的稳定情况对姿态控制系统单机适应性进行检验。
-

中华人民共和国航天行业标准

地地导弹姿态控制系统性能
试验方法

QJ 20593—2016

*

中国航天标准化研究所出版

北京市丰台区小屯路 89 号

邮政编码：100071

中国航天标准化研究所

印务发行部印刷、发行

版权专有 不得翻印

*

2017 年 2 月出版

定价：22 元