

QJ

中华人民共和国航天行业标准

FL 1310

QJ 3289—2007

地空导弹射频寻的制导控制系统半实物 仿真试验要求与方法

Hardware-in-the-loop simulation requirement and method for control system of
ground-to-air radio frequency homing missiles

2007—05—22 发布

2007—11—01 实施

国防科学技术工业委员会 发布

前 言

本标准由中国航天科工集团公司提出。

本标准由中国航天标准化研究所归口。

本标准起草单位：中国航天科工集团公司二院二部。

本标准主要起草人：陶渝辉、王国红。

地空导弹射频寻的制导控制系统半实物 仿真试验要求与方法

1 范围

本标准规定了射频寻的地空导弹进行制导控制系统半实物仿真试验时的要求和方法。

本标准适用于地空导弹射频寻的制导控制系统半实物仿真试验。

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。

QJ 2281—1992 地（舰）空导弹半实物仿真试验规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

仿真模型 **simulation model**

由数学模型通过一定方式变换成的、能在计算机上运行的等价模型。

3.2

实时仿真 **real-time simulation**

仿真系统的时间历程与真实系统的时间历程相等并一一对应的仿真。

3.3

半实物仿真 **hardware-in-the-loop simulation**

在导弹制导控制回路中至少接入一个弹上控制系统实物的实时仿真。

3.4

参试产品 **hardware employed simulation**

接入仿真系统的参与半实物仿真试验的弹上控制系统实物。

3.5

射频寻的 **radio frequency homing**

利用射频导引头接收目标辐射或反射能量而获取导引信息。

4 试验要求

4.1 仿真试验目的

通过仿真试验检验和验证地空导弹射频寻的制导控制系统设计的正确性，改进和优化型号设计。

4.2 弹上制导控制设备实物参试原则及要求

弹上制导控制设备实物一般可分为：弹上控制信息处理装置、舵机、惯性测量装置和射频导引头。

根据不同的试验目的，弹上控制信息处理装置、舵机、惯性测量装置、射频导引头实物可以单独参试或以不同的组合形式参试，不参试的弹上制导控制设备实物功能由运行于仿真计算机上的仿真模型实现。

弹上制导控制设备实物参试的一般原则：

- a) 对制导控制系统有重大影响的弹上制导控制设备实物应参试；
- b) 对难于用数学模型精确描述的弹上制导控制设备实物应参试。

参试产品应符合半实物仿真试验大纲规定的产品技术要求，连接电缆有防电磁干扰措施。

4.3 射频寻的制导控制系统半实物仿真系统构成

射频寻的制导控制系统半实物仿真的系统构成如图 1 所示。

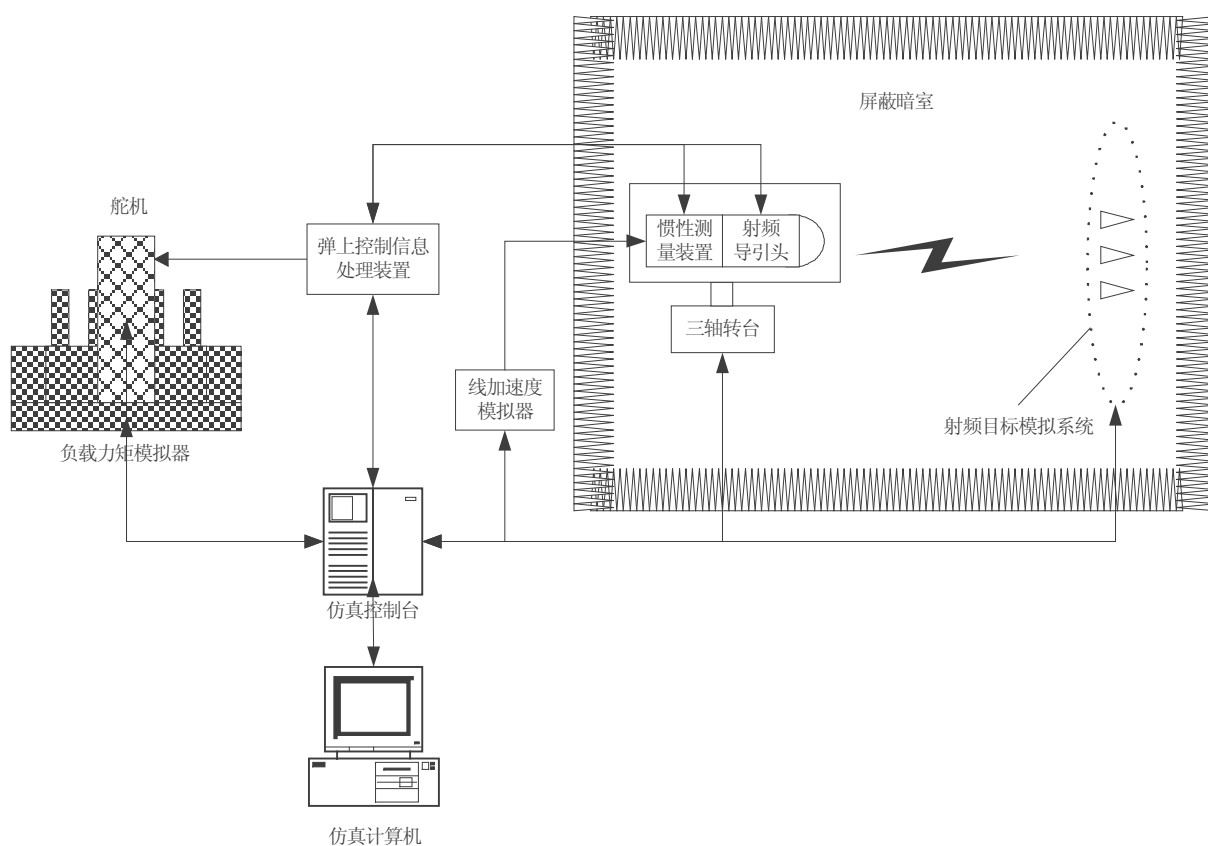


图1 射频寻的制导控制系统半实物仿真系统构成（组合四）

4.4 半实物仿真试验参试设备与要求

4.4.1 仿真计算机

仿真计算机的要求包括：

- a) 运算速度应满足实时仿真要求；
- b) 计算精度应满足仿真系统的精度要求；
- c) 数据通讯接口应满足实时仿真要求；
- d) 数据通讯接口传输数据精度应满足仿真系统的精度要求；
- e) 数据通讯接口应具有开放式的扩展能力；
- f) 应具有实时仿真运行环境。

4.4.2 射频目标模拟系统

4.4.2.1 射频目标模拟系统的组成

射频目标模拟系统主要由以下几个部分组成：

- a) 射频目标运动模拟系统；
- b) 射频信号发射系统；
- c) 射频信号源；
- d) 射频模拟目标校准系统。

4.4.2.2 射频目标模拟系统的要求

射频目标模拟系统的具体性能指标要求应根据仿真对象确定，其主要指标要求包括：

- a) 频率范围；
- b) 模拟目标数目；
- c) 视场角；
- d) 目标角位置精度；
- e) 目标最大角速度；
- f) 目标最大角加速度；
- g) 射频信号功率；
- h) 极化形式。

4.4.3 三轴转台

三轴转台应满足半实物仿真试验方案要求。三轴转台的负载（负载外形、负载质量及重心、负载转动惯量）直接影响三轴转台的性能。三轴转台的主要性能要求包括运动特性、结构特性和电磁干扰特性等要求。具体的要求如下：

- a) 结构特性要求包括：
 - 1) 转台结构形式；
 - 2) 负载安装空间；
 - 3) 负载安装基准；
 - 4) 各轴之间的相交度；
 - 5) 各轴之间的垂直度。
- b) 运动特性要求包括：
 - 1) 转角范围、角位置精度；
 - 2) 最大角速度、最小角速度、角速度精度；
 - 3) 最大角加速度；
 - 4) 频率特性；
 - 5) 重复性；
 - 6) 分辨率。
- c) 电磁干扰特性要求包括：
 - 1) 台体材质；
 - 2) 台体形式；
 - 3) 吸波处理的适宜度；

- 4) 负载安装区域的电磁场强度。

4.4.4 负载力矩模拟器

负载力矩模拟器的要求按 QJ 2281—1992 中 6.4 的要求。

4.4.5 线加速度模拟器

线加速度模拟器是弹上加速度表输出信号的模拟设备，其具体要求应根据仿真对象确定，主要要求包括：

- a) 输出端口形式；
- b) 输出信号形式及精度。

4.4.6 仿真控制台

仿真控制台的要求包括：

- a) 仿真的过程控制；
- b) 仿真设备的工作状态监控；
- c) 仿真系统信号的转接；
- d) 参试产品的监测；
- e) 参试产品的电源测控；
- f) 仿真过程的动态显示；
- g) 其它功能。

4.5 仿真实验室环境及供电要求

4.5.1 屏蔽暗室

屏蔽暗室的要求应按 QJ 2281—1992 中 7.2.1 的要求。

4.5.2 环境

仿真实验室环境应满足参试产品、仿真设备以及通用仪器对环境的要求。一般要求为：

- a) 温度：10℃～35℃；
- b) 相对湿度：小于 80%。

4.5.3 电源

仿真实验室所配备的电源应满足参试产品、仿真设备以及通用仪器用电要求，接地良好。

4.6 半实物仿真试验准备工作要求

半实物仿真试验准备工作要求：

- a) 仿真设备、参试产品经检查，确认其性能符合技术要求；
- b) 参试产品在仿真设备上的安装应满足安装精度要求；
- c) 仿真软件的校核、确认应满足半实物仿真试验大纲要求；
- d) 仿真设备间对接、测试，确认工作正常；
- e) 仿真设备与参试产品间对接、测试，确认工作正常。

5 试验方法

5.1 仿真试验项目

根据不同的研制阶段、试验目的，半实物仿真系统的构成也不同。弹上制导控制设备实物参试组合，以及对应的仿真试验名称及系统构成如表 1 所示。

表1 仿真试验项目表

序号	仿真试验项目名称	系统构成图	参试产品			
			弹上控制信息处理装置	舵机	惯性测量装置	射频导引头
1	弹上控制信息处理装置半实物仿真试验	图 2	√	×	×	×
2	舵机半实物仿真试验	图 3	×	√	×	×
3	惯性测量装置半实物仿真试验	图 4	×	×	√	×
4	射频导引头半实物仿真试验	图 5	×	×	×	√
5	稳定控制系统半实物仿真试验	图 6	√	√	×	×
6		图 7	√	×	√	×
8		图 8	√	√	√	×
7	射频寻的制导控制系统半实物仿真试验	图 9	√	×	×	√
9		图 10	√	×	√	√
10		图 11	√	√	×	√
11		图 1	√	√	√	√

注：“√”表示该产品参试；“×”表示该产品不参试，用仿真模型代替。

5.2 弹上控制信息处理装置半实物仿真试验

5.2.1 仿真系统构成

弹上控制信息处理装置半实物仿真的系统构成如图 2 所示。

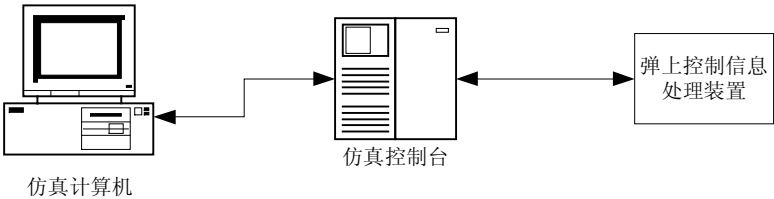


图2 弹上控制信息处理装置半实物仿真系统构成

5.2.2 仿真试验状态

仿真试验状态分为：

- a) 仿真模型中不计系统噪声、误差，无干扰状态下的典型飞行弹道仿真；
- b) 仿真模型中含系统噪声、误差，无干扰状态下的典型飞行弹道仿真；
- c) 仿真模型中某些参数在估计偏差值状态下的典型飞行弹道仿真，其中，估计偏差值状态分为：
 - 1) 气动参数的偏差状态；
 - 2) 发动机参数的偏差状态。
- d) 干扰状态下的典型飞行弹道仿真，其中，干扰状态分为：
 - 1) 风干扰状态；
 - 2) 目标探测干扰状态。

5.2.3 仿真试验次数

仿真试验次数按半实物仿真试验大纲要求。每种仿真试验状态下的半实物仿真试验重复次数一般不低于 10 次。

5.2.4 仿真试验步骤

仿真试验的一般步骤为：

- a) 仿真计算机运行实时仿真程序，进入等待发射命令状态；
- b) 弹上控制信息处理装置加电，自检，初始化；
- c) 仿真控制台发出发射命令，系统进入仿真飞行状态；
- d) 当实时仿真程序满足设定停机条件，弹上控制信息处理装置断电（根据实际情况，确定是否断电），一次仿真结束；
- e) 按半实物仿真试验大纲要求，录取并保存仿真试验数据。

5.3 舵机半实物仿真试验

5.3.1 仿真系统构成

舵机半实物仿真的系统构成如图 3 所示。

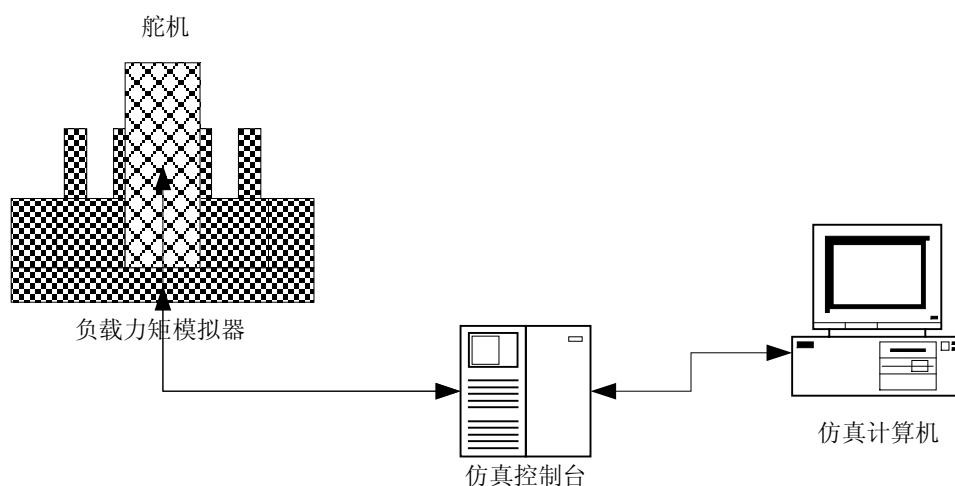


图3 舵机半实物仿真系统构成

5.3.2 仿真试验状态

仿真试验状态同 5.2.2。

5.3.3 仿真试验次数

仿真试验次数同 5.2.3。

5.3.4 仿真试验步骤

仿真试验的一般步骤为：

- a) 仿真计算机运行实时仿真程序，进入等待发射命令状态；
- b) 舵机加电；
- c) 负载力矩模拟器状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- d) 仿真控制台发出发射命令，系统进入仿真飞行状态；
- e) 当实时仿真程序满足设定停机条件，负载力矩模拟器恢复零位，舵机断电，一次仿真结束；
- f) 按半实物仿真试验大纲要求，录取并保存仿真试验数据。

5.4 惯性测量装置半实物仿真试验

5.4.1 仿真系统构成

惯性测量装置半实物仿真的系统构成如图 4 所示。

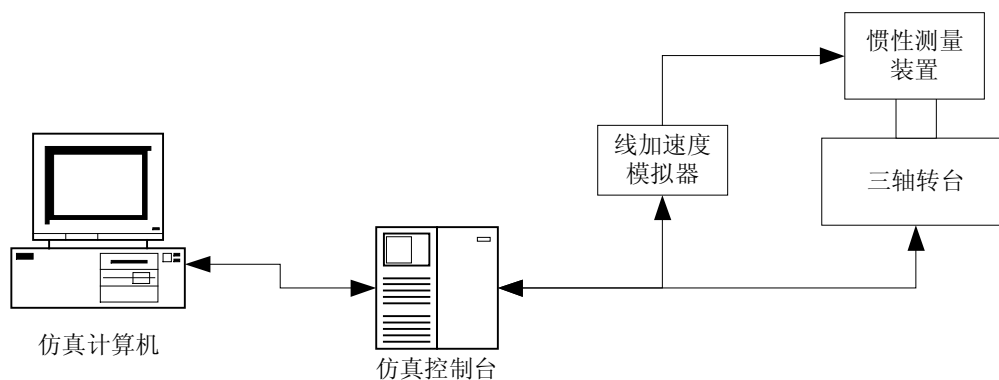


图4 惯性测量装置半实物仿真系统构成

5.4.2 仿真试验状态

仿真试验状态同 5.2.2。

5.4.3 仿真试验次数

仿真试验次数同 5.2.3。

5.4.4 仿真试验步骤

仿真试验的一般步骤为：

- a) 仿真计算机运行实时仿真程序，进入等待发射命令状态；
- b) 惯性测量装置加电，自检，初始化；
- c) 三轴转台状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- d) 线加速度模拟器加电，处于工作状态；
- e) 仿真控制台发出发射命令，系统进入仿真飞行状态；
- f) 当实时仿真程序满足设定停机条件，三轴转台恢复零位，线加速度模拟器输出端口清零，惯性测量装置断电（根据实际情况，确定是否断电），一次仿真结束；
- g) 按半实物仿真试验大纲要求，录取并保存仿真试验数据。

5.5 射频导引头半实物仿真试验

5.5.1 仿真系统构成

射频导引头半实物仿真的系统构成如图 5 所示。

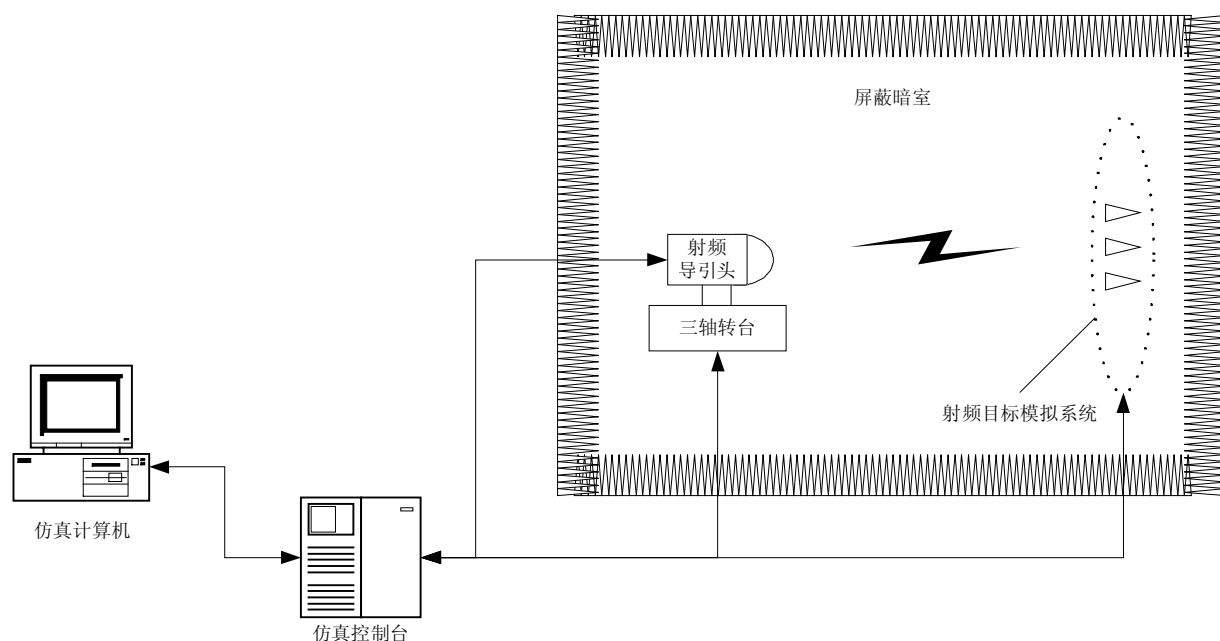


图5 射频导引头半实物仿真系统构成

5.5.2 仿真试验状态

仿真试验状态同 5.2.2。

5.5.3 仿真试验次数

仿真试验次数同 5.2.3。

5.5.4 仿真试验步骤

仿真试验的一般步骤为：

- a) 仿真计算机运行实时仿真程序，进入等待发射命令状态；
- b) 射频导引头加电，自检，初始化；
- c) 三轴转台状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- d) 射频目标模拟系统状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- e) 仿真控制台发出发射命令，系统进入仿真飞行状态；
- f) 当实时仿真程序满足设定停机条件，三轴转台恢复零位，射频目标模拟系统恢复零位，射频导引头断电（根据实际情况，确定是否断电），一次仿真结束；
- g) 按半实物仿真试验大纲要求，录取并保存仿真试验数据。

5.6 稳定控制系统半实物仿真试验

5.6.1 仿真系统构成

稳定控制系统半实物仿真的系统构成如图 6、图 7、图 8 所示。

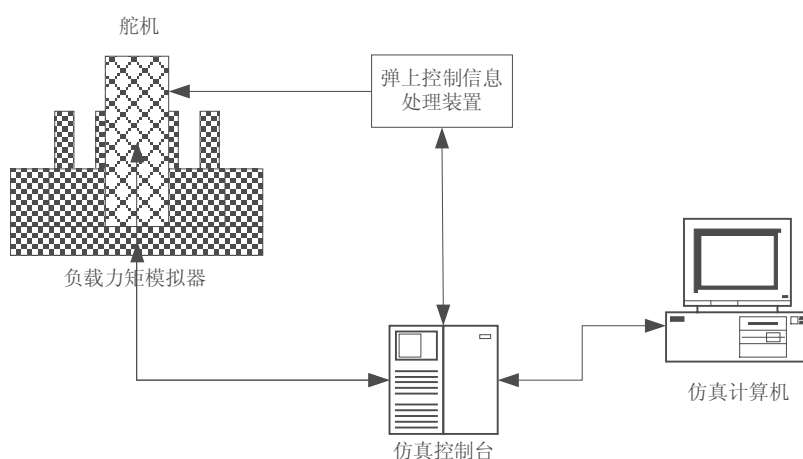


图6 稳定控制系统半实物仿真系统构成（组合一）

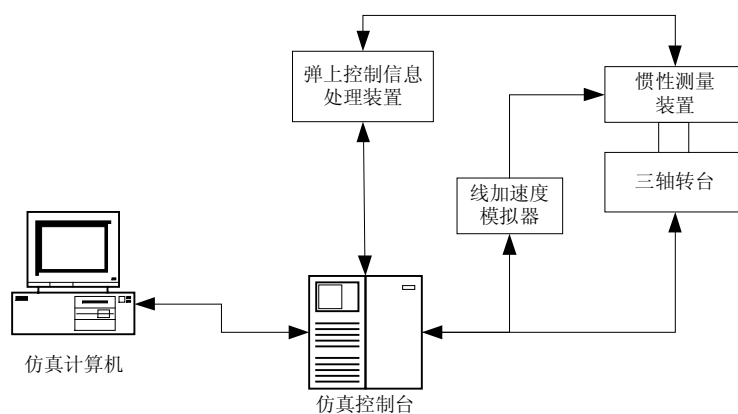


图7 稳定控制系统半实物仿真系统构成（组合二）

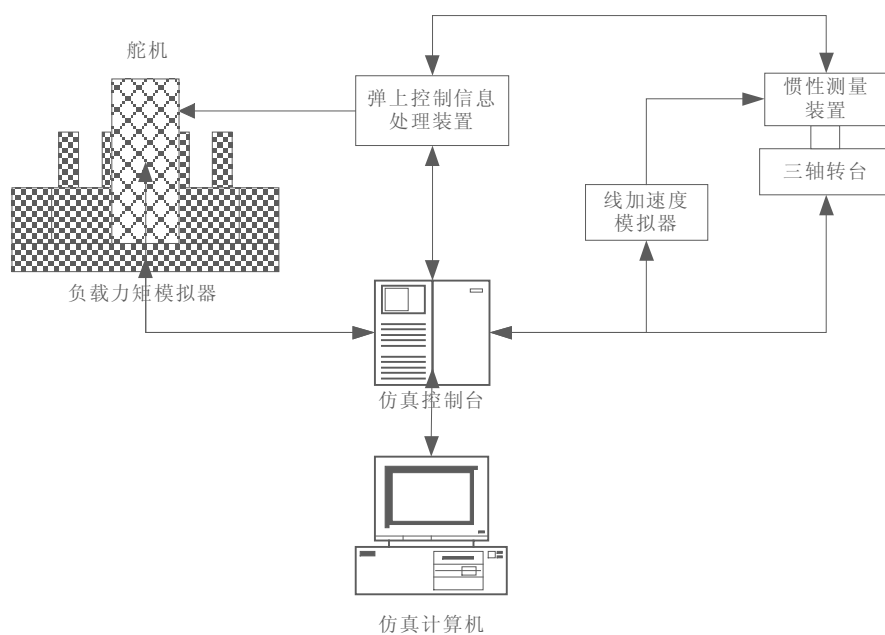


图8 稳定控制系统半实物仿真系统构成（组合三）

5.6.2 仿真试验状态

仿真试验状态同 5.2.2。

5.6.3 仿真试验次数

仿真试验次数同 5.2.3。

5.6.4 仿真试验步骤

5.6.4.1 按图 6 进行仿真试验的一般步骤为：

- a) 仿真计算机运行实时仿真程序，进入等待发射命令状态；
- b) 弹上控制信息处理装置加电，自检，初始化；
- c) 舵机加电；
- d) 负载力矩模拟器状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- e) 仿真控制台发出发射命令，系统进入仿真飞行状态；
- f) 当实时仿真程序满足设定停机条件，负载力矩模拟器恢复零位，弹上控制信息处理装置断电（根据实际情况，确定是否断电），舵机断电，一次仿真结束；
- g) 按半实物仿真试验大纲要求，录取并保存仿真试验数据。

5.6.4.2 按图 7 进行仿真试验的一般步骤为：

- a) 仿真计算机运行实时仿真程序，进入等待发射命令状态；
- b) 弹上控制信息处理装置加电，自检，初始化；
- c) 惯性测量装置加电，自检，初始化；
- d) 三轴转台状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- e) 线加速度模拟器加电，处于工作状态；
- f) 弹上控制信息处理装置与惯性测量装置的通信自检；
- g) 仿真控制台发出发射命令，系统进入仿真飞行状态；
- h) 当实时仿真程序满足设定停机条件，三轴转台恢复零位，线加速度模拟器输出端口清零，弹上控制信息处理装置、惯性测量装置断电（根据实际情况，确定是否断电），一次仿真结束；
- i) 按半实物仿真试验大纲要求，录取并保存仿真试验数据。

5.6.4.3 按图 8 进行仿真试验的一般步骤为：

- a) 仿真计算机运行实时仿真程序，进入等待发射命令状态；
- b) 弹上控制信息处理装置加电，自检，初始化；
- c) 惯性测量装置加电，自检，初始化；
- d) 三轴转台状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- e) 线加速度模拟器加电，处于工作状态；
- f) 舵机加电；
- g) 负载力矩模拟器状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- h) 弹上控制信息处理装置与惯性测量装置的通信自检；
- i) 仿真控制台发出发射命令，系统进入仿真飞行状态；
- j) 当实时仿真程序满足设定停机条件，三轴转台、负载力矩模拟器恢复零位，线加速度模拟器输出端口清零，弹上控制信息处理装置、惯性测量装置断电（根据实际情况，确定是否断电），舵机断电，一次仿真结束；

k) 按半实物仿真试验大纲要求，录取并保存仿真试验数据。

5.7 射频寻的制导控制系统半实物仿真试验

5.7.1 仿真系统构成

射频寻的制导控制系统半实物仿真的系统构成如图 9、图 10、图 11、图 1 所示。

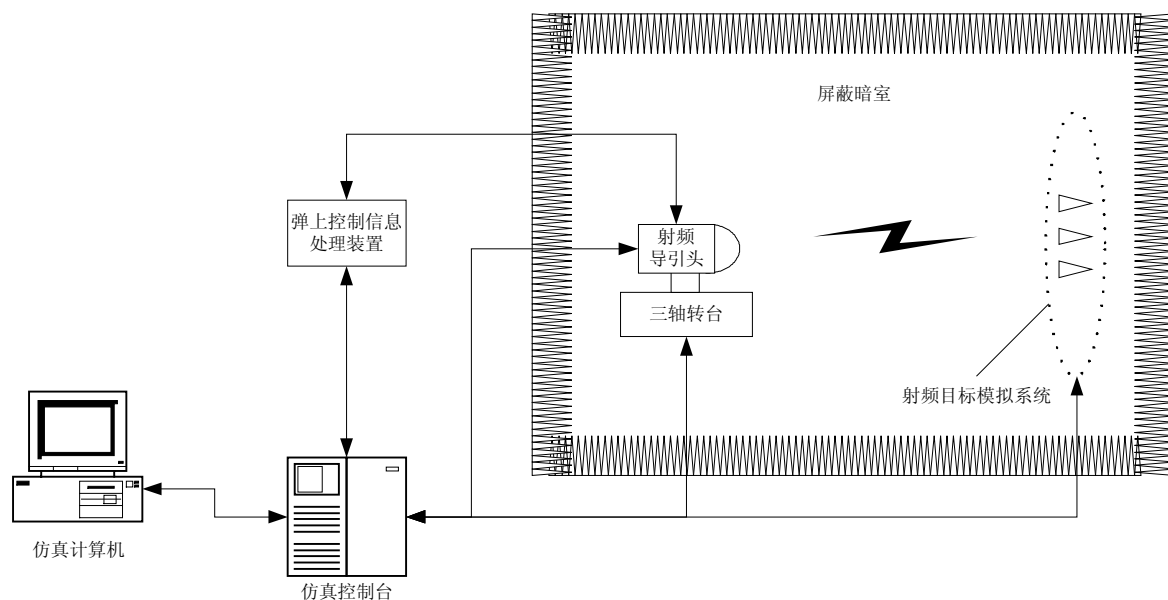


图9 射频寻的制导控制系统半实物仿真系统构成（组合一）

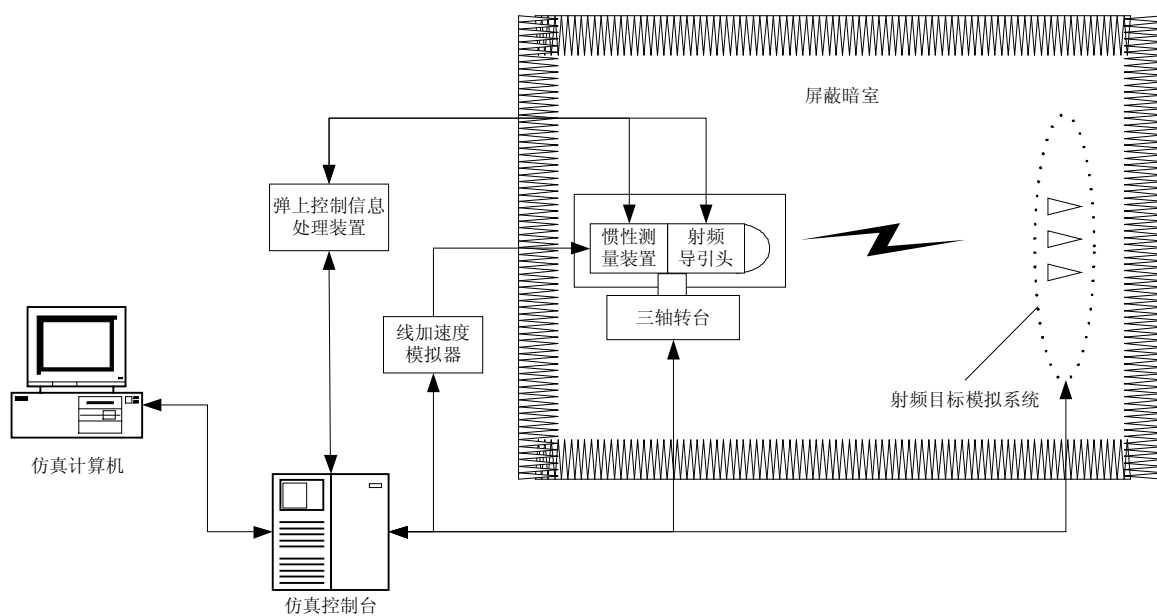


图10 射频寻的制导控制系统半实物仿真系统构成（组合二）

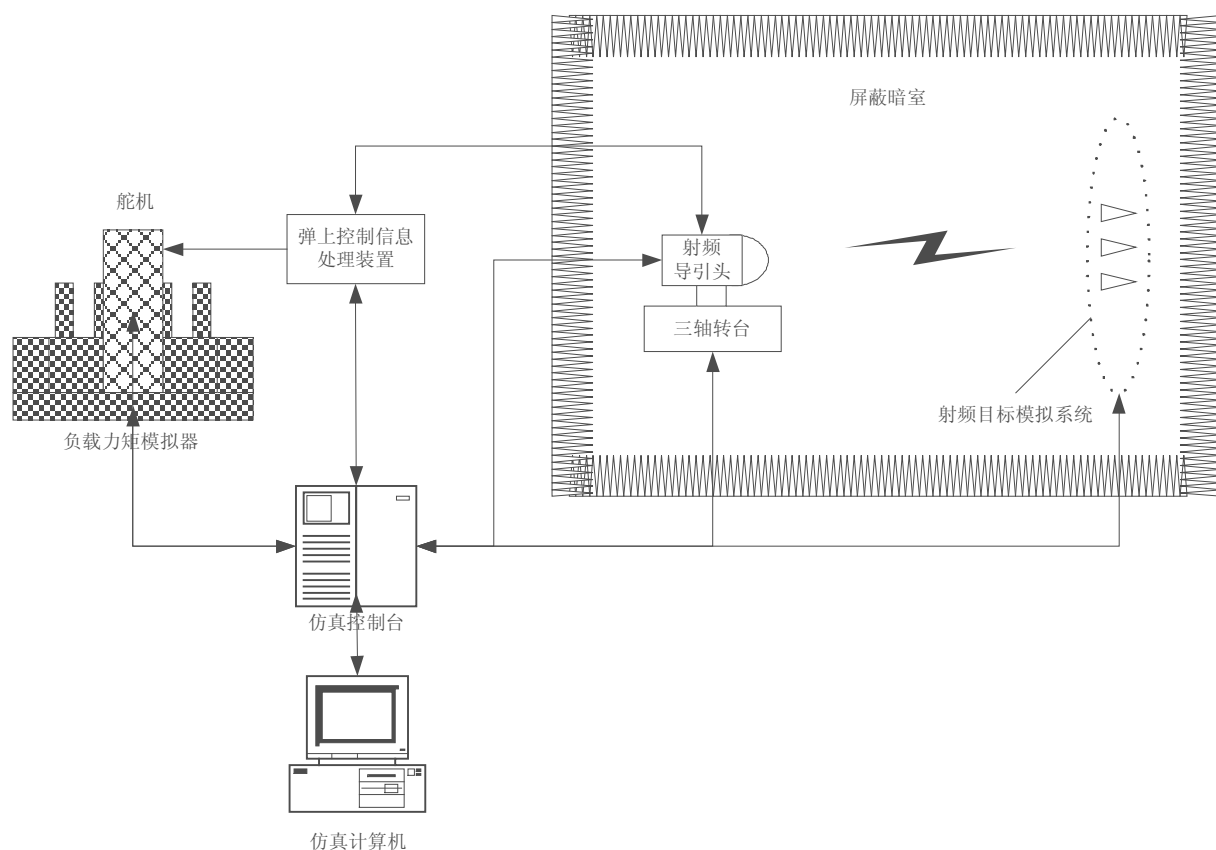


图11 射频寻的制导控制系统半实物仿真系统构成（组合三）

5.7.2 仿真试验状态

仿真试验状态同 5.2.2。

5.7.3 仿真试验次数

仿真试验次数同 5.2.3。

5.7.4 仿真试验步骤

5.7.4.1 按图 9 进行仿真试验的一般步骤为：

- 仿真计算机运行实时仿真程序，进入等待发射命令状态；
- 弹上控制信息处理装置加电，自检，初始化；
- 射频导引头加电，自检，初始化；
- 三轴转台状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- 射频目标模拟系统状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- 弹上控制信息处理装置与射频导引头的通信自检；
- 仿真控制台发出发射命令，系统进入仿真飞行状态；
- 当实时仿真程序满足设定停机条件，三轴转台、射频目标模拟系统恢复零位，弹上控制信息处理装置、射频导引头断电（根据实际情况，确定是否断电），一次仿真结束；
- 按半实物仿真试验大纲要求，录取并保存仿真试验数据。

5.7.4.2 按图 10 进行仿真试验的一般步骤为：

- 仿真计算机运行实时仿真程序，进入等待发射命令状态；

- b) 弹上控制信息处理装置加电，自检，初始化；
- c) 惯性测量装置加电，自检，初始化；
- d) 射频导引头加电，自检，初始化；
- e) 三轴转台状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- f) 线加速度模拟器加电，处于工作状态；
- g) 射频目标模拟系统状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- h) 弹上控制信息处理装置与惯性测量装置、射频导引头的通信自检；
- i) 仿真控制台发出发射命令，系统进入仿真飞行状态；
- j) 当实时仿真程序满足设定停机条件，三轴转台、射频目标模拟系统恢复零位，线加速度模拟器输出端口清零，弹上控制信息处理装置、惯性测量装置、射频导引头断电（根据实际情况，确定是否断电），一次仿真结束；
- k) 按半实物仿真试验大纲要求，录取并保存仿真试验数据。

5.7.4.3 按图 11 进行仿真试验的一般步骤为：

- a) 仿真计算机运行实时仿真程序，进入等待发射命令状态；
- b) 弹上控制信息处理装置加电，自检，初始化；
- c) 射频导引头加电，自检，初始化；
- d) 三轴转台状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- e) 射频目标模拟系统状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- f) 舵机加电；
- g) 负载力矩模拟器状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- h) 弹上控制信息处理装置与射频导引头的通信自检；
- i) 仿真控制台发出发射命令，系统进入仿真飞行状态；
- j) 当实时仿真程序满足设定停机条件，三轴转台、负载力矩模拟器、射频目标模拟系统恢复零位，弹上控制信息处理装置、射频导引头断电（根据实际情况，确定是否断电），舵机断电，一次仿真结束；
- k) 按半实物仿真试验大纲要求，录取并保存仿真试验数据。

5.7.4.4 按图 1 进行仿真试验的一般步骤为：

- a) 仿真计算机运行实时仿真程序，进入等待发射命令状态；
- b) 弹上控制信息处理装置加电，自检，初始化；
- c) 惯性测量装置加电，自检，初始化；
- d) 射频导引头加电，自检，初始化；
- e) 三轴转台状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- f) 线加速度模拟器加电，处于工作状态；
- g) 射频目标模拟系统状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- h) 舵机加电；
- i) 负载力矩模拟器状态初始化，并进入等待控制命令状态；
- j) 弹上控制信息处理装置与惯性测量装置、射频导引头的通信自检；
- k) 仿真控制台发出发射命令，系统进入仿真飞行状态；

- l) 当实时仿真程序满足设定停机条件，三轴转台、负载力矩模拟器、射频目标模拟系统恢复零位，线加速度模拟器输出端口清零，弹上控制信息处理装置、惯性测量装置、射频导引头断电（根据实际情况，确定是否断电），舵机断电，一次仿真结束；
 - m) 按半实物仿真试验大纲要求，录取并保存仿真试验数据。
-

中华人民共和国航天行业标准
**地空导弹射频寻的制导控制系统
半实物仿真试验要求与方法**
QJ 3289—2007

*

中国航天标准化研究所出版
北京西城区月坛北小街2号
邮政编码：100830

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

*

2007年11月出版
定价：17.00元