

# 红外成像制导武器仿真系统的发展

杨晓段 陈鸿林

(指挥技术学院物理教研室 北京 101407)

由于红外成像制导比点源目标制导具有突出的优点,世界各国纷纷展开对红外成像制导导弹的研究. 导弹仿真技术应该先于制导技术的研究,二者至少应该是并行发展的,美法等国都在致力于通过红外成像仿真的研究发展红外制导技术. 据国外资料的不完全统计,采用仿真技术可以使导弹飞行试验的次数减少30%—60%,研制经费节省10%—40%,研制周期缩短30%—40%.

在国外,战术导弹半实物仿真系统的开发研究工作已有30多年的历史. 早期仿真都局限于控制系统的动力学仿真. 主要由模拟计算机、三轴飞行转台及导弹舵面空气动力学负载力矩仿真器组成. 后来,为了提高仿真的逼真度,要求进一步对目标环境的物理效应(电磁效应和光电效应)进行逼真的仿真. 因此,相继发展了射频半实物仿真系统和光学半实物仿真系



统(包括红外半实物仿真系统和激光半实物仿真系统). 其中重点发展的是目标环境的仿真系统又称为目标仿真器. 半实物仿真系统的关键是逼真度问题,而逼真度主要取决于模型的质量.

人们习惯地把制导的半实物仿真系统分为三大块:计算机、飞行转台和目标仿真器. 其中目标仿真器的规模、成本以及研制周期居三者之首. 如美国马丁公司的导弹仿真实验室投资2200万美元,其中非标准设备及测试设备(目标仿真器之类)占1300万美元. 由此可见,半实物仿真的发展重点在于发展目标仿真器. 美国休斯公司研制了许多目标仿真器和专用测试设备. 从很复杂的全弹飞行目标仿真器到很简单的模拟点目标或线目标的平行光管,都有产品问世.

在导弹制导系统半实物仿真方面,美国陆军的高级仿真中心(ASC)代表着世界最先进水平

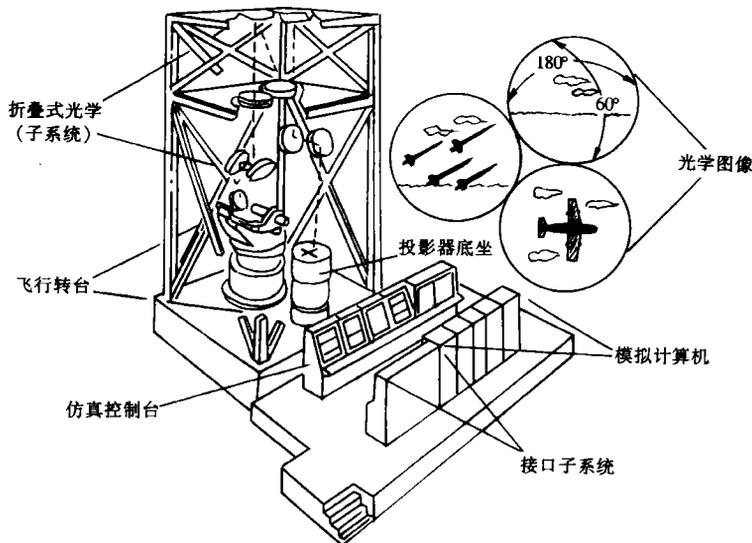


图1 美国陆军高级仿真中心的红外仿真系统

平。近几年,随着战术导弹对仿真的需求增多,ASC的仿真实验室又有所扩充和改进,其重点是增加毫米波仿真能力和红外成像制导仿真能力。目前,有两个毫米波仿真实验室,一个红外成像制导仿真实验室。

图1给出美国陆军高级仿真中心的红外仿真系统;图2给出美国波音宇航公司的红外寻的制导半实物仿真试验图。加拿大国防研究院(DREV)建成的红外目标产生装置仿真设备如图3所示,它由计算机控制的反射镜系统和能够复现红外景象的红外源组成。这种红外源通过寻找导引头的观察使导弹锁定具有干扰的目标飞机。用景像和监视设备来确定已经捕获目标的导引头是否仍然锁定目标机或已被干扰所诱惑。干扰的影响程度可通过飞行模拟器来定量,并确定随后的飞行轨迹和导弹的脱靶距离。

这种模拟器包括两个红外源,一个仿真飞机,另一个仿真干扰。这些源辐射的红外光束被准直成平行光束,使得它们像是远处出现的目标一样。飞机和干扰源的运动是通过反射镜和/或波束分光器同步转动而产生的。红外源由一组工作在1500K的黑体组成,以提供与飞机和干扰相符合的红外频谱特性和辐射强度。这两种红外源组合都装有伺服控制的光栏、伺服控制的可变中性密度滤光片和参考滤光片。

另外,干扰源组合还装有快门机构。模拟器的性能如下,相对于导引头轴的总视场角为 $15^\circ$ ,分辨率为0.2毫弧,仿真目标的最大角速度为 $30^\circ/\text{秒}$ ,角加速度为 $300^\circ/\text{秒}^2$ ,飞机和干扰之间的最大动态间隔为 $6^\circ$ 。

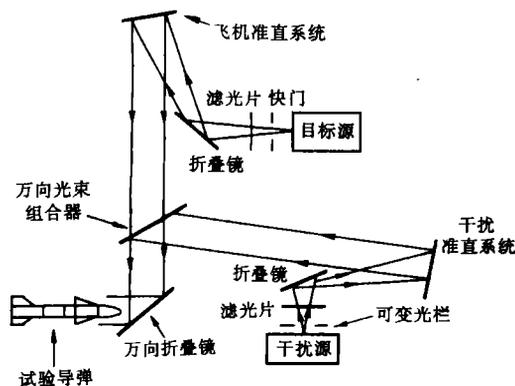


图3 红外目标产生装置

我国航空工业总公司第〇一四中心也建成了和图3类似的仿真实物装置,目标和干扰源均采用黑体,半透半反镜用透红外的多晶 $\text{MgF}_2$ 作基体,在表面交替蒸镀低折射率的 $\text{MgF}_2$ 和高折射率的 $\text{ZnS}$ 薄膜,使其透反比达1:1。这一装置将应用于抗红外干扰产品的性能评估。

法国军事电子技术中心(CELAR),已经研制成功黑体薄膜式动态红外图像调制器,应用于红外成像制导的仿真。美国休斯公司将红外

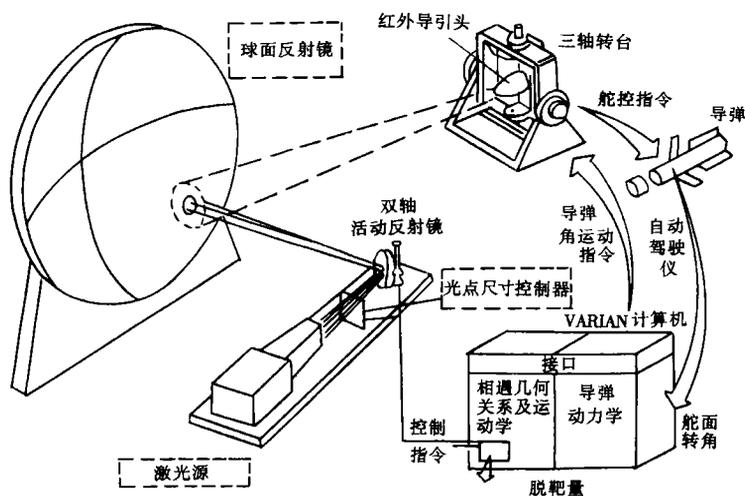


图2 美国波音宇航公司的红外寻的制导半实物仿真试验图

液晶光阀成功地应用于中长波红外成像仿真。据报道,它还为法国研制了一套同样的设备,已用于红外成像系统半实物仿真。

以色列 Eibit 计算机公司已于 1987 年研制成功一种用于鉴定前视红外跟踪器的动态图像仿真器,其背景和目标的仿真分别通过独立的细网状晶体来实现,并能仿真真实的或合成的(计算机生成)红外图像。这种仿真器可通过目标在红外波段呈现半透明的特性来仿真目标相对于背景的两自由度运动,也可以仿真独立跟踪器运动。该系统用于测试前视红外跟踪器的性能与杂波、背景温度、目标对比度、目标运动、目标区域、运动振荡摆动视线等因素之间的依赖关系。

我国航天工业总公司二部研制的长波红外成像仿真系统由视频(可见光)投影写入系统,红外液晶光阀、锗-硅正交偏振分束系统,红外照明光学系统、红外光源,红外显示系统、红外望远镜和红外前视仪组成。其光学原理图如图 4 所示。其功能原理为:由 CO<sub>2</sub> 激光器发出的光束经准直扩束系统,进入正交偏振系统,光束起偏后反射而照明液晶光阀,经液晶光阀调制后的光,透过偏振系统、经红外显示系统,投射至无穷远。平行光束(红外)经红外

望远镜将原来  $\pm 1.5^\circ$  变成  $\pm 4^\circ$  视场,进入红外前视仪  $7^\circ \times 5^\circ$  的视场,可以在监视器上观察转换后的热图像。同时,利用该系统完成响应时间,空间分辨率,灰度等级及温度分辨率的定量测量。系统性能测试结果优于 1984 年休斯公司的测试结果。由于试验系统使用的是 CO<sub>2</sub> 激光相干光源,给系统引入相干噪声,在图像背景中有些相干牛顿环,若使用面源黑体将不存在这种噪声。

红外成像导引头安装在三自由度转台上,当导弹做飞行运动时,其目标寻的图像可显示在监视器上,相对于目标的跟踪误差信号通过一套接口送至计算机,由此控制转台带着导引头运动。当加入干扰后,导引头获取的目标图像及其有关参数将发生变化,这时由模拟软件与图像处理软、硬件共同判别变异了的目标图像是否还是预先存入的攻击目标的图像。如果判定是,则导引头继续做向目标寻的运动;如果判定不是,则模拟软件计算出导引头下一时刻的运动轨迹,计算出的偏航数据通过计算机送至转台,带动导引头偏航。模拟软件一直可以算出导弹偏航后的落点误差(一般称脱靶量),由此判定干扰效果。

仿真系统建立的意义深远,因为在我国光电武器的发展还较为落后,而研制出来的光电对抗装备性能较为先进的情况下,在一定程度上可以通过仿真实验来缓解实弹演习难于进行的实际困难;仿真系统的建立还将从根本上改善现有的光电对抗论证和科研手段,为国内进一步发展光电制导武器抗干扰技术提供一个比较逼真的对抗环境。

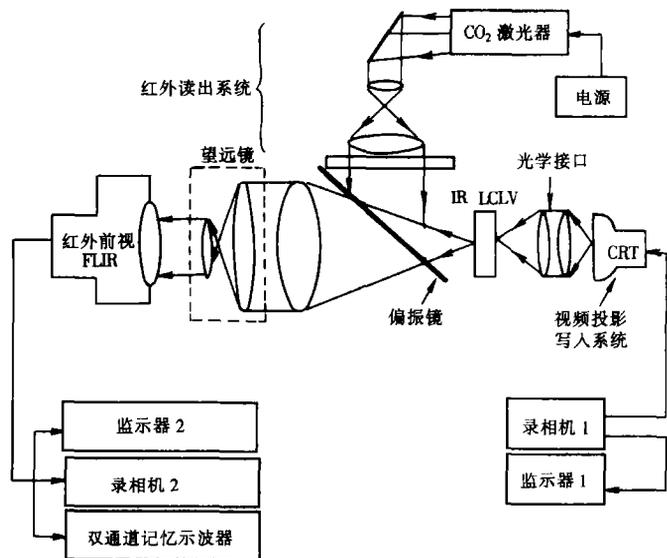


图4 长波红外成像制导仿真光学原理图