

第1章 绪 论

1.1 防空导弹武器系统

1.1.1 分类

防空导弹武器系统是指从地面或者舰艇上发射,用来攻击各种空中飞行目标的导弹武器系统,也称为面对空导弹武器系统。它所对付的目标主要是各类作战飞机,有些防空导弹武器系统还能够射击巡航导弹、空地导弹、战术弹道导弹等导弹类目标和空漂气球等非空气动力目标。

防空导弹武器系统按照其作战使用方式、作战空域以及制导方式的不同有各种不同的分类方法,常见的分类有以下几种。

1. 按作战使用方式的不同分类

(1) 固定式: 需要固定的发射阵地, 作战设备不能机动。

(2) 机动式: 主要作战设备装载于机动车辆上, 可以在较短的时间内完成机动转移, 不需要固定的发射阵地。

(3) 便携式: 由单兵或轻型车辆携带, 不需要特定的发射阵地, 作战设备可随时机动转移。

2. 按作战空域的不同分类

(1) 高空、远程: 最大射程>100千米, 最大射高>25000米;

(2) 中空、中远程: 最大射程>40千米, 最大射高>20000米;

(3) 中低空、中近程: 最大射程10~40千米, 射高1000~10000米;

(4) 低空、近程: 最大射程5~10千米, 最小射高为100米以上;

(5) 超低空、超近程: 射程<5千米, 最小射高为数十米。

3. 按导弹制导方式的不同分类

(1) 雷达制导: 利用目标反射的雷达信号制导导弹。

(2) 光电制导: 利用光电系统制导导弹的武器系统。包括有红外制导、电视制导和激光制导等。

① 红外制导: 利用目标的红外辐射信号制导导弹。

② 电视制导: 利用电视跟踪手段制导导弹。

③ 激光制导: 利用激光测量制导导弹。

(3) 复合制导: 同时使用多种制导方式。

另外,国际上还习惯于按不同的发展时期来划分防空导弹,从20世纪40年代到目前为止,防空导弹武器系统大致经历了三个发展时期,装备研制了三代防空导弹武器系统。近年来,第四代防空导弹武器系统也陆续装备部队。

1.1.2 系统基本构成与工作原理

对于防空导弹武器来讲，导弹本身一般并不能构成一个完整的作战单元，它往往需要其他设备的支持与保障。以导弹为主体，由一系列设备所构成的具有完整对空作战能力的装备总成称为防空导弹武器系统。防空导弹武器系统一般由搜索与制导雷达分系统、发射分系统、指挥控制分系统和导弹构成，其典型的构成关系如图 1-1 所示。

搜索与制导雷达分系统包括搜索雷达和制导雷达两个独立的雷达设备，有些情况下，这两种雷达与指挥控制分系统可能会合为一体，甚至只是一种简单的光学瞄准设备（便携式导弹）。搜索雷达负责监视空域内的所有目标，进行较粗略的跟踪与测量，为制导雷达和指挥控制分系统提供较大范围内的空情信息。指挥控制分系统根据这些目标信息，按照预定的作战原则（威胁程度、杀伤空域、友邻支援）选择一个或多个目标进行射击。被射击目标的初始坐标送到制导雷达，制导雷达对目标进行精确的跟踪与测量，同时计算目标的射击诸元。当满足射击条件时，指挥控制分系统向发射分系统发出射击命令，发射导弹。制导雷达对目标的跟踪属于单目标跟踪，导弹升空后一般由制导雷达截获并跟踪，同时制导雷达根据目标、导弹坐标及相应的导引率计算对导弹的控制指令，并以无线电指令的形式发往导弹（指令制导）或导弹自身产生控制指令（导的制导），对导弹的飞行进行控制，直到导弹与目标遭遇为止。在雷达寻的或光学制导时，导弹根据目标反射的雷达信号或红外辐射完成对目标的瞄准，不需要地面雷达的控制。在许多情况下，一种导弹往往会综合使用多种制导方式，如初段采用雷达指令制导，中段采用惯性制导，末段采用主动雷达寻的或被动红外制导等。

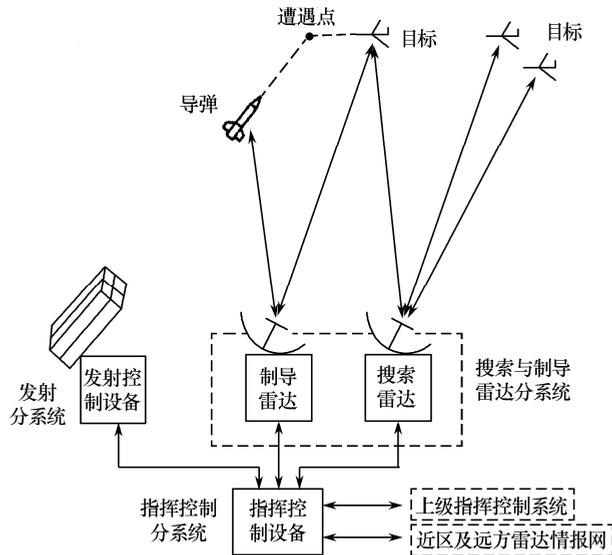


图 1-1 防空导弹武器系统的典型构成

当导弹与目标遭遇时，导弹战斗部起爆。由于导弹的射击精度有限，因此一般不能采用像炮弹那样的撞击起爆方式，而是由弹上引信控制导弹在一个最合适的时机（离目标最近的遭遇点）起爆战斗部，以达到最佳的杀伤效果。引信实际上是一个对目标的测量机构，根据不同的探测目标方式，有无线电引信、红外引信、激光引信等。

不管地面雷达是否参与对导弹的控制过程，指挥控制分系统都须要通过搜索与制导雷达对

导弹射击的全过程进行监控，根据射击效果决定是转移火力还是重复射击。指挥控制分系统还要负责与上级指挥控制系统、近区及远方雷达情报网进行联络，以获取作战指挥信息和目标情报。

1.2 防空导弹

1.2.1 防空导弹组成

防空导弹由弹体、动力系统、制导控制系统、引信与战斗部系统、导弹能源系统等几大部分组成。

弹体是用来连接和安装动力系统、制导控制系统、引信与战斗部系统、导弹能源系统，使它们成为一个完整的结构，并承受各种力，包括剪切力、热应力、气动力、控制力、重力等作用的承力壳体。弹体结构不仅要有良好的气动外形，以利于减少空气阻力和降低气动加热，而且，还要求弹体结构尽量轻，强度高，刚度好，能少受外界气象条件和环境的作用等因素的影响。弹体外表面通常要安装导引头和无线电天线罩、光学探测系统的视窗玻璃罩、舵面、翼面、各种电气接口和机械接口等部件。弹体按照舱段对接，有些导弹弹体舱段分为制导舱、控制舱、引信舱、战斗部舱、发动机舱等；有些导弹把制导舱和控制舱作为一个舱段，或者把制导舱与引信舱作为一个舱段；也有些导弹可能把主要电子设备安装在一个舱段，称为电子舱等。还有些导弹弹体舱段分为制导舱、飞行控制舱、战斗部舱、发动机舱和舵机舱，其中的制导舱中安装导引头整流罩、导引头、电子设备，飞行控制舱安装飞行控制组件、电源组件和引信组件等。

导弹舱段之间的连接有多种接口方式，如卡环连接方式、法兰盘螺栓连接方式和楔形块连接方式等。卡环连接方式是在两个舱段壳体端开槽，卡环定位在两槽间，连接好后再用螺钉固定，舱段之间还必须有圆周方向的定位销。法兰盘螺栓连接方式通常用于制导舱与引信舱，或者导弹前舱与发动机舱对接时，采用壳体法兰盘上数个孔并用专用螺钉固定的方式。由于此种方式中的数个螺钉连接突出在壳体外，比卡环连接方式的气动阻力大。楔形块连接方式是舱段之间为套接方式，用径向销钉进行周向定位，楔形件固定，密封圈密封。

动力系统是指在导弹上直接提供飞行动力，保证导弹获得与作战距离（射程）相适应的飞行速度的系统。导弹的动力装置是以火箭发动机为主体的推进系统，包括推进剂、输送系统、点火启动系统等。有些防空导弹在导弹初始飞行段上还采用控制主火箭发动机喷口喷流的方向和大小来控制导弹的倾斜转弯等。火箭发动机是指完全依靠自身携带的能源和工质，产生高温高压气体，经喷管膨胀加速为高速射流得到反作用推力的喷气发动机。其特点是，即使在大气层以外的真空环境里，火箭发动机仍能照常工作。火箭发动机有液体和固体两种类型。早期的防空导弹常采用液体火箭发动机，近年来的防空导弹一般均采用固体火箭发动机，未来将逐步发展固体冲压发动机。固体火箭发动机具有结构简单、维护方便等特点，但其燃速不易控制。火箭发动机通常在导弹的尾端。

制导控制系统具有形成制导指令、稳定和操纵导弹飞行、控制导弹状态转换等作用。按照制导方式不同，防空导弹可以分为指令制导方式，寻的制导方式和复合制导方式。TVM制导方式是一种介于指令制导和寻的制导之间的一种方式，它测量目标的信息依靠导弹和地面制导站共同完成，由地面产生指令后，发给导弹执行。

寻的制导方式是一种由弹上导引头（或称目标跟踪器）感受目标的辐射或散射能量自动跟踪目标，形成相应的制导指令控制导弹飞向目标的制导方式。寻的制导系统包括导引头（由探测系统、控制系统和信息处理系统组成）、自动驾驶仪、弹体及导弹和目标运动环节等组成。在寻的导弹中，导引头接收的目标辐射和散射能量，可以是光、电、热和声等多种形式。因此，导引头的类型也就多种多样，如雷达导引头、红外导引头和激光导引头等。按照有无照射目标的能量和能量源的地点，寻的制导可分为主动寻的制导，半主动寻的制导和被动寻的制导三种基本类型，防空导弹主要采用前两种。

指令制导方式是一种设在导弹以外的制导站控制导弹飞行的制导方式。弹上没有导引头，但是有指令接收与形成装置。对于防空导弹而言，制导站可以设在地面，采用固定、半固定或车载形式，也可以设在舰艇之上。弹上制导控制系统包括指令接收装置、自动驾驶仪、导弹应答器等。地面制导站设备有目标—导弹跟踪测量装置、制导控制指令计算装置、遥控指令发送装置等。

导弹飞行过程中在不同的阶段如果采用两种以上的制导方式就称为复合制导。目前，大部分防空导弹采用主动寻的、半主动寻的与其他制导方式（如惯性制导、无线指令制导）的复合寻的制导方式，一般采用的导引率为经典比例导引或修正比例导引等。

导弹的制导控制系统是以导弹满足设计所要求的值，为控制对象的一种自动控制系统，它是导弹的核心组成部分。为了使导弹能摧毁或杀伤空中目标，首要的问题是使导弹武器系统具有很高的导引精度，也就是说要使导弹脱靶量很小，甚至能直接与目标碰撞。其次是在导弹与目标的交会过程中，当战斗部杀伤单元能够有效杀伤目标的瞬间，适时起爆战斗部，将目标摧毁。前者是防空导弹制导控制系统要完成的任务，后者是引战系统要完成的任务。显然，把导弹导向目标，使其脱靶量在战斗部威力半径之内，使引信能正常工作，战斗部能杀伤目标的必要条件和前提，也是武器系统能够完成使命的必要条件和前提。所以，制导控制系统在防空导弹武器系统中起着十分重要的作用。

在防空导弹上，导弹制导系统构成统一的整体。通常情况下，制导系统又分为引导系统和控制系统。测量目标、截获目标、跟踪目标、实现制导律、形成控制指令的部分称为引导系统。其中，弹上控制系统的作用是根据指令信号操纵导弹飞行，同时稳定导弹飞行，其主要设备是自动驾驶仪。按照控制导弹的指令形成的位置，防空导弹的制导方式可以分为指令制导和寻的制导。

引信与战斗部系统简称引战系统。它是导弹控制起爆并直接毁伤目标的系统，主要由引信、安全执行装置和战斗部组成。在防空导弹上通常采用近炸引信，使用最多的是无线电引信，也有采用触发引信和时间引信的。触发引信和时间引信通常与近炸引信配合使用。防空导弹战斗部多采用破片杀伤式战斗部，也有采用聚焦杀伤式或者连续杆式杀伤战斗部的。从功能上，安全执行装置位于引信和战斗部之间，用于完成平时导弹的保险，导弹飞行过程中逐级解除保险，在弹目接近的适当位置和时机能够为引信起爆信号提供通路的装置。一般防空导弹上采用三级保险体制，其中需要有一级采用机械方式解除保险。

导弹能源系统是用于提供导弹在发射准备、飞行阶段能源的系统。弹上的能源包括了电源、气源和液压源，不是每种导弹都必须有这三种能源，但每种导弹必须有电源系统。

1.2.2 防空导弹的一般工作过程

防空导弹的工作过程或者工作阶段大体可以划分为发射前准备、初始飞行段、制导飞行段和导弹—目标交会段。

(1) 发射前准备阶段一般主要完成发射控制车(或发射车)对导弹初始参数的装订,导弹调谐,发射控制车确认导弹在位,弹上陀螺仪的快速启动,弹上电池的加温,供电转换,红外探测器制冷器工作,燃气发生器点火和主火箭发动机点火等内容,当然不是所有导弹在发射前准备阶段都要完成上述全部工作,具体工作与导弹本身的制导控制方式、供电方式、发射方式等有关。发射前准备阶段按照工作过程又分为可逆过程和不可逆过程。导弹主火箭发动机点火后,或者弹上燃气发生器点火后,就进入不可逆过程。发射前准备阶段按照导弹发射的远近状态,又分为近距工作状态和远距工作状态。在近距工作状态一般还需要完成导引头随动,对目标的截获等工作。一般防空导弹的发射前准备工作在数秒内完成,在近距工作状态下发射前准备要比远距时快很多。

(2) 初始飞行段一般完成导弹与发射装置分离,导弹出筒(箱),导弹倾斜转弯等工作。在初始飞行段上,有些导弹只做稳定控制飞行,有些导弹不受控。对于鸭式气动外形的导弹,此时不给导弹舵机加控制指令;对于正常式气动布局的导弹,此时导弹舵面处于受控阶段,横滚通道进行角度稳定控制;对于装有燃气舵的导弹,此时导弹受到燃气舵的控制完成倾斜转弯飞行。

(3) 制导飞行段是导弹飞行的主要阶段。对于复合制导的导弹分为中制导和末制导阶段,在复合制导系统中,寻的制导系统用于末制导飞行段,惯性制导或者指令制导用于中制导飞行段。对于全程采用同一制导方式的导弹则不加区分。全程采用同一制导方式时,导弹制导控制飞行按照选择的制导方式、制导律和制导参数,在该阶段完成导弹的控制和稳定,引导导弹飞向目标,实现要求的制导精度。

采用复合制导的导弹的中制导阶段是从初始飞行段结束起,到寻的制导的导引头截获目标为止的一段飞行阶段。中制导采用惯性制导时,惯性导航系统提供导弹有关位置、速度和加速度信息,地面向导弹提供目标位置和速度等信息。利用上述信息融合处理,形成中制导制导律指令控制导弹飞行,使其以一定的速度、位置和姿态精度到达要求的空域,以保证导弹导引头可靠截获目标,完成中末制导交接班。

在导引头截获目标后,就开始进入末制导阶段。这时,对于主动雷达导引头,自动跟踪目标,并不断为导弹制导系统提供有关信息。该信息经估计滤波器滤波处理后,得到导弹相对于目标的位置、速度、加速度和视线角速度以及目标机动加速度等参数的估值。制导系统利用这些状态变量估值信息按照末制导率产生导弹机动(加速度)控制指令,并与弹上传感器的角速度和线加速度等信息综合后,输入到制导放大器中。弹上自动驾驶仪通过舵机执行机构将该指令转换成舵偏角。导弹在此舵偏角的作用下产生控制力,控制导弹飞行,最终飞向脱靶点。

在制导飞行阶段,导弹除了控制和稳定导弹飞行外,通常还完成引信加电、引信解锁、解除引战系统保险、为弹目交会段的引信工作提供必要条件等工作。

弹目交会段是指导弹制导系统失控到导弹与目标最接近的遭遇点(脱靶点)之间的一段运动弹道阶段,也称遭遇点。通常,这段时间较短,一般大约是零点几秒。在这个阶段,主要完成引信起作用、引信启动、引信调整延迟时间、完成最佳引战配合、起爆战斗部等工作。如果导弹没有击中目标,需要完成导弹的自毁。

1.2.3 防空导弹的特点

随着防空导弹作战环境的日益复杂和担负任务的日益多样性,使得防空导弹和其他导弹相比,有一些显著的特点。

1. 攻击目标种类多

防空导弹所攻击的目标包括歼击机、直升机、无人飞行器、巡航导弹、掠海导弹、空地导弹、空飘飞行器等。近几年来，防空导弹除了防空外，还承担防空反导的任务，攻击的目标除了上述之外，还承担反导的末段低层防御、末段高层拦截以及弹道导弹中段拦截的任务。除了拦截普通飞行器外，还承担反隐身目标的任务。拦截目标既有高速、高机动目标，也有低速、低空目标，也有低可探测性的目标。

2. 作战空域大

防空导弹的作战空域逐步向远程和低空、超低空空域拓展。射程由原先的几十千米向 200 多千米，甚至向 400 千米拓展，达到防区外发射的目的。为了拦截低空、超低空突防目标，导弹的低空、超低空、性能进一步拓展，在海面上能够拦截 5 米以下的目标，在地面能够拦截几十米甚至 10 米左右的超低空目标。

3. 反应时间快

由于目标飞行速度高和搜索跟踪系统的有限作用距离，要求防空导弹从接到发射准备命令到发动机点火的准备时间尽量短。如某型导弹的反应时间为 5s。

4. 高加速性

由于拦截高速目标和保证杀伤区近界作战的需要，要求防空导弹具有高加速性。目前防空导弹最大加速度可达 50~100g。

5. 高机动性

考虑到目标的机动能力越来越强，飞机的机动过载可达 9g，要求防空导弹具有更高的机动能力。目前防空导弹的最大机动过载已达到 25~50g。

6. 制导精度高

考虑到防空导弹小型化要求和战斗部的有效杀伤半径，要求导弹具有很高的制导精度，因而要求导弹具有良好的操纵性和稳定性。目前防空导弹的制导精度一般在 10 米左右，有些情况下可达到直接碰撞。

7. 引战配合效率高

由于防空导弹所拦截的目标的几何尺寸和要害面积小，要求战斗部具有很高的摧毁能力并和引信能保证良好的配合效率。对于防空反导导弹，要求能够毁伤来袭目标的战斗部，因此具有识别目标易损部位的能力。

8. 具有反突防能力

空中目标具有愈来愈强的干扰能力和采用隐身技术，防空导弹必须具有一定的反突防能力。因此在导弹的制导系统、引信等技术措施上，普遍考虑了各种抗干扰措施和具备对付小目标的能力。

9. 具有在各种环境条件下的作战能力

环境条件包括自然环境和诱发环境条件。自然环境条件包括温度、湿度、雨、雪、风、盐、雾、霉菌等，诱发环境条件包括温度、力学、电磁环境等。因此防空导弹在设计和试验过程中，普遍考虑了适应各种复杂环境作战的需要。

10. 具有机动作战能力

考虑到防空任务的多变性，尤其是野战防空的需要，防空导弹必须具有一定的机动作战能力。防空导弹进一步小型化，发射准备时间进一步缩短，使用维护和保障进一步简化。

1.3 防空导弹武器系统的全寿命过程

防空导弹武器系统的全寿命包括三个阶段：研制阶段、生产阶段和使用阶段。

对于研制阶段，通常包括了从提出任务开始到设计定型的研制过程，大致可分为：军事需求论证、战术技术指标论证、方案论证与预研、技术设计、试制与试验、设计定型等6个阶段。其中的研制阶段又可分为可行性论证阶段、工程研制阶段、设计定型阶段等。研制阶段的程序不是固定的。如新型号的设计与研制和仿制、改型设计研制程序是不同的；不同的国家、不同的条件和体制，其研制过程也是大不相同的。因此，这里只就研制一种新产品的大致过程和各阶段主要工作进行简要地分析。

1. 军事需求论证

发展一种新的武器系统，首先提出设想，常常开始于两种情况：一是由军事部门提出，另一种是由武器装备的研制或者生产部门提出。不管是哪个部门提出，首先要进行武器装备需求论证。

对于军事需求尚无统一的概念，从军方研制武器系统的角度，可以认为军事需求是指“在特定的环境中，用户要求军事系统应具备的条件或能力”。军事需求的最终结果是军事需求论证文档。军事需求论证是以军方未来作战的军事思想、作战样式、作战背景以及指挥理论等为依据，综合考虑作战对象、作战环境、武器装备性能、技术发展及人员素质等因素，对将要研制的武器系统提出一系列功能、性能和其他需求进行论证。军事需求论证是一个多目标优化的过程，通常采用优化决策理论获得结果。军事需求论证是以军事人员为主导，技术人员全程参与。

武器装备军事需求是指为达到战略或作战胜利目的，对武器装备的发展、结构、作战能力和配置等方面提出的要求。根据军事需求的层次分类，武器装备需求分为装备战略需求、装备体系需求和装备型号需求。根据军事需求提出者的角度，装备需求可以分为装备能力需求、装备系统需求和装备技术需求。

武器装备需求论证是武器装备的前导和源头。其主要步骤包括：需求分析、方案生成和方案评估和优化。

为研制某一型号，须要进行武器装备型号论证。它主要根据未来装备体系建设和担负作战任务的需要，对发展新型装备型号的需求或现有型号的改进需求进行分析，阐述发展新型装备型号和型号改进的必要性，对装备的要求进行综合分析，并确定发展目标与要求，为后续的型

号系统提出总体构想。研究内容包括:装备体系建设需求分析、作战任务分析、装备需求分析等。装备型号需求论证的结果是得到该型号的概念模型。

2. 战术技术指标论证

战术技术指标论证阶段主要解决两个方面的问题,一方面是从作战使用要求考虑,研制一个新武器系统应该满足哪些技术指标要求,系统主要技术指标应该是多少;另一方面是从技术、经济等方面考虑,研制该类武器系统可能达到哪些要求和技术指标。当然,这两方面是互相联系的。

战术技术论证是将提出的任务设想具体化,这个阶段的工作应该由军队装备使用部门和工业生产部门共同承担,工作过程中应对该武器系统的先进性、装备使用的迫切性、军方采购的可能性、技术上的复杂性、生产制造的现实性,以及部队装备编制、生产研制周期、技术经济效益等,作深入的调查研究和全面的分析论证。弄清楚提出发展该武器系统的必要性、武器系统的优越性、装备后的生命力,在此基础上,再进一步研究如何规定战术技术要求指标更合理、更现实。在分析论证过程中,应进行系统分析与系统预测工作,以便最后能为发展新武器系统提出一整套比较确切的、合理的战术指标和技术要求。

3. 方案论证与预研

方案论证或方案设计又称为初步设计或草图设计,其基本任务就是在发展新武器系统的任务设想和战术技术要求初步确定的基础上,全面设计整个导弹武器系统的总体方案。包括各子系统和各组成部分的选择和初步确定。通过系统分析,方案评比,确定导弹系统的总体性能和主要参数,并对各子系统的特点、性能参数等进行初步计算分析,提出指标和技术要求。

预研阶段的任务是对关键技术问题进行分析研究和试验研究,根据总体方案设计或战术技术要求论证过程中提出的重要技术问题、或对方案确定列为关键性的技术问题开展专题研究,通过研究取得的结果和结论,为总体方案和战术技术要求的确定提供依据。

方案论证(或方案设计)、预研工作和战术技术要求的分析论证,彼此之间是互相联系的。它们之间的阶段划分并不是截然分开的,常常需要互相交错,反复进行,为了研究问题方便,大致划分的这种研制程序,并非绝对不变的。例如,预研阶段往往也与每个国家的技术储备、工业技术基础等均有一定关系。这个阶段或长或短、或先或后都要根据具体情况决定。但是,方案论证阶段是很重要的,必须有充分的时间,对总体方案进行充分的论证。很多经验都已经证明,一个武器系统发展研制工作的好坏与成败,很大程度上取决于总体方案的正确性与合理性及其论证工作的充分程度。

4. 技术设计

技术设计是设计工作全面深入开展的阶段。在这一阶段,承担设计研究的各单位要根据总体方案的要求,对各分系统、各部件及组件进行具体设计和试验、试制及实验研究,以保证实现战术技术要求和总体方案。

技术设计阶段,各分系统需要进行大量的试验研究。例如,动力系统进行地面实验,测量内弹道特性参数,并进行调整;制导系统进行室内模拟试验,各制导部件进行联合实验,协调制导系统的输入输出特性;导弹弹体通过风洞模拟试验,测量气动力和力矩特性参数,为最佳

外形设计提供依据；通过结构强度试验，合理确定结构尺寸等。通过大量的试验和模拟，考核各子系统及各部件的性能，并对设计进行修改与完善，最后完成各分系统及各部件的图纸设计与样品试制。

技术设计阶段的后期即可进行全系统和各子系统的仿真试验，为飞行试验做好准备。

5. 试制与试验

经过技术设计，各部件、零组件的工艺设计即可进行。各部件可同时投入生产试制，并组装供试验用的样机。试制过程中可以考核设计的合理性与工艺性。同时，应对设计中采用的新材料和新工艺方法进行试验研究。

样机试制过程中，应严格控制质量，保证提供符合要求的高质量试验样机。

制造的样机，首先应在地面进行联合试验，弹上各分系统在发动机不点火的情况下进行通电联试，整个制导系统在地面进行实物联合试验，通过联试考核全系统的工作可靠性。

导弹系统经过全系统的仿真和地面联试之后，即可进行飞行试验。

飞行试验是综合检查全武器系统设计和加工质量的最后一个环节，也是最重要、最真实和最有效的检验环节。飞行试验中可以考核设计的成功率，同时也可以测得大量的数据，取得很多在地面试验中不可能取得的数据资料，因此，飞行试验也是个很重要的研究阶段。

因为许多大气中的飞行条件无法真实模拟，仿真也不可能准确到接近真实飞行试验的程度，因此，飞行试验中发生故障和失败是正常的，飞行试验不可能一次成功。但是，每次试验的成败都应当深入分析研究，要发现矛盾，寻找规律，总结经验，指导试验；另一方面要尽量做好地面联试及分析研究，为飞行试验打好基础，以减少飞行试验中的失败率。

无论飞行试验进行的情况顺利与否，研制一个新的导弹系统都需要进行多次不同条件下的飞行试验，必须对飞行试验很好地计划安排，加强科学性，合理地组织管理。每次试验不可能测得所需要的全部数据，也不可能对全部分系统和零部件进行考核。因此，每次试验之前应确定明确的目标和预期的目的，并制订详细的试验大纲，按照一定的要求，有计划、有步骤地进行。飞行试验与样弹试制工作应同时交错进行，通过试验以便随时进行修改，所以，试验与试制阶段也不是截然分开的。

6. 设计定型

通过飞行试验，需要根据发现的问题对设计进行审查、修正，并按照修改后的设计再进行试制与试验。这样，经过若干次反复之后，就可以比较完满地达到战术技术要求，实现总体方案，在这种情况下即可进行设计定型。

设计定型之前，应根据军队装备要求，在模拟各种实战环境条件下，进行装运和实弹射击试验，按照试验、验收技术规范进行抽样试验，全面综合地考核与鉴定导弹系统的战术技术性能。

经过全面的试验与鉴定之后，即可整理和总结全部设计、试验、生产过程中的图纸及有关技术资料，制订各种技术文件，形成一整套供定型的技术文献。

定型试验成功地通过之后，在资料整理也已完备的条件下，即可提出申请，并上报有关文件资料，召开定型会议，经有关领导部门批准定型后，即可转入试生产。

通过设计定型之后，武器系统即可转入工业生产部门，进入生产阶段。一般生产阶段分为两个阶段。在生产阶段初期，应先经过小批量的试生产，待产品的生产质量稳定之后，通过生

产（工艺）定型，才能转入大批量生产，最后，由军方向工业生产部门订购，并装备投入使用。军方按批订购武器，同一批的武器系统的性能指标是固化的和相同的。

使用阶段是武器系统装备到部队后，按照武器系统作战和使用维护要求，武器装备担负战备任务。在猎装前部队要熟悉装备、学习装备的作战及使用维护方法，这一过程通常是在工业部门和军事院校中进行。装备部队后，通过战备训练、演习作战等进一步检验装备的性能，完善操作程序、对研制中的装备使用及维护不足提出改进意见等。