

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

世界科技全景百卷书 (47)

导弹

  
100 BOOKS  
百卷百书 中国版

## 地地战略核导弹

地地战略核导弹是三位一体战略核攻击力量中的主要组成部分。它具有投掷重量大、射程远、命中剪度高、反应时间短、戒备率高，以及指挥、控制和通信较为可靠等特点。但是，由于现役地地战略核导弹大都采用地下井固定发射方式，因而战时易遭摧毁，生存能力很低。地地战略核导弹主要是美苏两家在竞相发展，经过 40 多年的较量，目前已发展了五代。

第一代导弹是战后至 50 年代末期发展的美苏在纳粹德国 V-2 弹道导弹的基础上，利用从德国掠取的导弹专家和大批技术资料分别研制的“宇宙神”D、E、F，“大力神”、“雷神”、“丘比特”和 SS-4、SS-5、SS-6 型地地核导弹。这一代核导弹只是解决了有无问题，在技术性能方面还比较差，反应时间较长，均为单弹头，圆概率误差（CED）最大能达 8000 米。当时，导弹的最大射程已达 10000 公里，起飞重量最大为 122 吨，弹头威力最大为 500 万吨梯恩梯当量（“宇宙神”）。

第二代导弹是 50 年代末至 60 年代中期发展的，主要型号是美国的“大力神”、“民兵” A、B 和“民兵”，苏联的 SS-7 和 SS-8 等。这一代导弹主要是提高导弹的生存能力和作战性能，发动机改为固体推进剂，反应时间有所缩短，核弹头加装了突防装置，命中精度、威力和可靠性都有所提高。这一代导弹的最大起飞重量为 80 吨（SS-7），最大射程为 11000 公里（“民兵”和 SS-7），命中精度 CEP 最小已达 560 米（“民兵”），弹头威力最大 1000 万吨梯恩梯当量（“大力神”）。

第三代导弹是 60 年代中至 70 年代初期发展的，主要型号有：美国的“民兵” MK12 和“民兵” MK12A，前苏联的 SS-9、SS-10、SS-11、SS-12 和 SS-13。这一代导弹的突出特点是提高导弹的突防能力和打击硬目标的能力，开始采用分导式多弹头，命中精度也有进一步提高。在主要技术性能方面，起飞重量最大为 200 吨（SS-9），最大射程为 12000 公里（SS-9、SS-11），圆概率误差 CEP 最小为 185~220 米（“民兵”），弹头数量最多为 3 个（“民兵”、SS-11），导弹威力最大为 2500 万吨梯恩梯当量（SS-9）。

第四代导弹是 70 年代初至 70 年代末期发展的，主要型号有美国的“潘兴”和 MX 导弹，苏联的 SS-17、SS-18、SS-19、SS-20。这一代导弹的主要特点是提高导弹的生存能力和摧毁目标的能力，而且它投掷重量大，可携性能先进的分导式弹头，命中精度有所提高。在技术性能方面，起飞重量最大为 220 吨（SS-18），最大射程达 16000 公里（SS-18），圆概率误差 CEP 最小 90~120 米（MX），分导弹头数量最多为 10 个（MX 和 SS-18），导弹威力最大为 2400 万吨梯恩梯当量（SS-18）。

第五代导弹是 70 年代末期以后发展的，主要型号有：美国的“侏儒”，

苏联的 SS-24、SS-25、SS-X-26 和 SS-X-27。这一代导弹的突出特点是导弹向小型化、机动化、高突防、高精度方向发展，进一步提高了生存能力和打击硬目标的能力。在技术性能方面，最大起飞重量已从原来的 220 吨降到 80 吨（SS-24），像“侏儒”导弹只有 16.8 吨；最大射程已创历史最高记录，达 13000 公里（SS-24）；圆概率误差 CEP 降至 120 米（“侏儒”）；分导弹头数量最多仍为 10 个（SS-24）；导弹威力最大为  $10 \times 35$  万吨梯恩梯当量（SS-24）；发射方式由原来的地下井转为公路机动（“侏儒”和 SS-25）和地下井及铁路机动（SS-24）发射。

## 世界上命中精度最高的导弹

50年代美国研制的第一代中程弹道导弹，射程虽只有2400公里，圆概率误差竟然达8000米！

80年代初期美国研制的第四代中程弹道导弹“潘兴”号，射程1800公里，圆概率误差仅25米，成为世界弹道导弹中命中精度最高的一型导弹。

“潘兴”式导弹飞行顺序，以及雷达相关制导示意图

“潘兴”号导弹是怎样提高命中精度的呢？奥秘就在于末段的雷达区域相关制导装置。该导弹是2级固体火箭发动机推进的高超音速弹道导弹，弹道高度300公里，飞行马赫数12。在主动段和中段完成之后，末段开始带着再入飞行器进入大气层。在15公里高度上，再入器头部防护罩脱离，雷达天线以每秒两周的速度向目标区域进行扫描，并不断将目标区域的真实图像经模拟后输送入计算机，与预先存储的、经卫星侦察测定的目标参数进行对比和相关处理。如发现弹头偏离攻击轨迹并演算出偏差量并及时送入计算机，从而修正惯导指令，使弹头重新回到预定轨迹上来。如此往复四次，一次比一次精确，一次比一次具体，所以弹头就像长了眼睛一样照准目标冲击。

对于战术地地导弹来说，它不像远程或洲际弹道导弹那样以打击面状目标为主，硬目标为辅。相反，它主要以打击敌导弹基地、飞机场、指挥中心、桥梁等点状硬目标为主，所以误差过大将难以发挥作战效能，命中精度自然成为其主要的战术技术指标。“潘兴”号导弹不仅打得准，而且相当狠，摧毁能力非常强。它所携带的一枚核弹头威力虽只有1万吨TNT当量（世界最小当量），但能用3种方式爆炸：空中爆炸、地面爆炸和钻地爆炸。根据不同的攻击目标，可以选择不同的装药和爆炸方式（有时可装400公斤常规炸药），其中最厉害的是钻地爆炸方式。这种弹头装有高强度合金钢外壳，能以巨大的冲击力和超高速钻入土层或混凝土以下爆炸，以摧毁飞机地下掩体或指挥部等坚固目标。早期进行的样弹试验表明：钻地弹头以610米/秒高速钻入地下，弹头竟无任何变形。

## 短程弹道导弹

短程弹道导弹属于地地战术导弹范畴，射程一般在 1000 公里以下，可携带核弹头或常规弹头，主要用于攻击地面炮兵射程之外敌战役战术纵深内的固定及活动目标，如核武器发射阵地、前沿飞机场、坦克集群、部队集结地、固定防空阵地、交通枢纽等。

短程导弹的研制是从 40 年代末开始的，目前已发展了 20 多种类型，装备了 20 多个国家和地区。短导的研制和生产主要集中在美、苏、法三国，但武器扩散却相当严重，目前拥有此类导弹的有美国、英国、德国、意大利、荷兰、比利时、土耳其、希腊、法国、俄罗斯、波兰、罗马尼亚、捷克斯洛伐克、保加利亚、古巴、匈牙利、埃及、伊拉克、叙利亚、利比亚、科威特、伊朗、沙特阿拉伯、印度、以色列、北朝鲜、韩国、也门等。

短程地地战术导弹之所以受到广大第三世界国家的青睐，主要原因是：它可换装化学和常规弹头，能给对方以常规威慑，给其造成军事和心理压力；战争中能有效杀伤对方有生力量，并能攻击城市等面状目标；作为战场压制兵器，比火炮的射程远，威力大；和飞机相比，具有易于突防，不受气候影响和减少人员伤亡等显著特点。

目前，俄、美、法三国现役短程地地战术导弹有：前苏联的“蛙”7、SS-21、“飞毛腿”B、SS-23、“薄板”、SS-22；美国有“长矛”、“潘兴”A；法国有“哈得斯”（又译“冥王星”）。

## 战略弹道导弹怎样飞行

我们知道，飞机、巡航导弹和各种各样的飞航式导弹，它们之所以能够飞行，主要是借助于发动机的推力、机翼或弹翼的升力和尾翼的平衡力来保持正确的飞行姿态和所需要的平稳性。战略弹道导弹在助推火箭将其推出大气层后就全部脱落和分离了，光靠一个光溜溜圆柱状的弹头，在失去发动机的情况下是怎样飞往万里之外并击毁目标的呢？

实际上，弹道导弹的飞行原理和枪弹、炮弹的飞行原理是一样的，也就是说，只要炮弹或枪弹离开炮口或枪口时的初速大，只要所选择的射击高低角合适，炮弹或枪弹就会以初速赋予它的推力靠惯性按抛物线弹道飞行，最终击中目标。也就是说，初速越大，惯性就越大，炮弹或枪弹就飞得越高。飞得越高，抛物弹道就越高，射程自然就远了。弹道导弹看上去很复杂，实际飞行弹道就是这么个原理。它靠什么获得一个足够大的初速呢？这就是我们平时所见到的导弹升空时发动机点火、地面浓烟滚滚的景象。一般洲际导弹用固体火箭发动机推进时有三级就可以了，如选用液体发动机只要两级就行。发动机以巨大的推力，在克服地心吸引力之后将导弹垂直推上天空，约10秒钟后，发动机推进方向有所转变，开始控制导弹向目标方向缓慢转弯。1级火箭发动机燃料耗尽之后便自动分离，2级或3级火箭继续接力助推，到最后一级发动机熄火的时候，助推段（称为主动段）宣告结束。对中远程导弹来说，这一段约为100公里，对洲际导弹来说，可达200多公里（因为飞得越高，射程越远），飞行时间约为6~8分钟。

导弹在火箭发动机的推动下，穿越厚达100~200公里稠密的大气层之后，进入到一个几乎没有空气的真空世界中，在那里没有空气阻力，也没有任何力的作用，只有地心吸引力。这样，导弹弹头便可依仗最后一级发动机赋予它的最后推力和动能，靠惯性继续向上爬升。由于地心吸引力的作用，使弹头逐渐减速，导弹初速和初始动能消耗完之后，弹头不得不在地心吸引力的作用下按抛物线下降弹道下滑，这就是所谓的重返大气层飞行，也称再入段飞行，一般选在距地面80公里左右。

由于越接近地球地心吸引力越大，所以弹头再入大气层后下降速度越来越快，远程导弹可达7公里/秒。越接近地球，空气越稠密，阻力也就越大，所以气动加热现象非常严重，如果导弹不做防热处理，就很可能被烧毁。再入大气层后的弹头可以利用惯性、星光或雷达进行制导，最终精确命中目标。至此，一个按抛物线运行的完整的椭圆形导弹飞行弹道即告结束。

## 战略弹道导弹的固定与机动发射

弹道导弹和一般巡航导弹及战术导弹不同，它弹体极为庞大，外型尺寸也很大，目前世界上发射重量最大的导弹已达 220 吨，弹体最长达 37 米，弹径最大已达 3.4 米。如此庞大的武器要想利用一般的平台把它发射出去是很不容易的。目前，国外常用的发射方式有两种，即固定发射方式和机动发射方式。

固定发射方式是一种最早采用的发射方式，第一、二、三代地地战略导弹基本都是采用这类发射方式。固定发射方式又分为地上发射、半地下发射和地下发射三种形式。地上发射方式和航天飞机及卫星的发射差不多，将发射装置、检测和保障设备全部暴露在地面上。前苏联第一代 SS-6 和美国的第三代“宇宙神”、“雷神”、“丘比特”就是采用这种发射方式进行发射的。由于这种发射方式极易暴露目标，所以后来发展了半地下发射方式，就是把导弹配置在掩体或壕沟内，发射时打开掩体，竖起导弹便可发射。在山区和丘陵地带，还可将导弹置于坑道内，以增强防护能力。为了进一步提高导弹的生存能力，从第二代地地导弹开始，广泛利用地下井发射弹道导弹。地下井发射有两种方式：一是井口发射，即将地下储存的导弹通过提升设备将其升至井口再行发射，如“大力神”就是采取的这种发射方式。二是井下发射，即直接从井下的发射台上发射导弹，如“大力神”和“民兵”等都是采用的这种发射方式。井下发射导弹分为热发射和冷发射两种。所谓热发射就是指导弹发动机在井下点火，因井内要承受发动机排出的火焰和高温燃气的影响，故称之为热发射。所谓冷发射就是借助于压缩空气把导弹从井下或潜艇发射装置内弹射出去，直到导弹飞离井口或海面以后才开始点火，这就是冷发射。

在空间侦察技术日臻完善的情况下，固定式发射装置无论采取什么隐蔽方法，因它毕竟是固定发射阵位的一种发射，所以战时极易遭第一波打击。目前发展的炸弹和导弹，具有钻地十几米延时起爆的功能，所以仅靠加固地下井是一种消极防御、亡羊补牢的办法。从第四代地地导弹开始，就已经使用机动发射方式。由于战略导弹体积过于庞大，一般车辆难以携载，故在发展中遇到了不少麻烦。空中发射曾进行过不少探索，终因导弹体积太大而作罢。目前，机动发射方式只有两种形式，一是地面机动，一是水下机动。

地面机动发射主要采用越野机动、铁路机动和隐蔽机动方式。越野机动又称公路机动，即把整个导弹系统装在大型拖车——发射车上，进行射前准备并完成发射。这种发射方式过去只能发射中程导弹，80 年代以来，由于洲际导弹体积和重量的缩小，也可进行公路发射，如前苏联的 SS-20、SS-25 和美国的“侏儒”等。铁路机动方式和公路机动的道理一样，只不过是因弹体过于庞大，公路不便运载而转用轨道而已，这种发射方式有苏联的 SS-24 等。隐蔽机动又称浮动发射，是指导弹平时在专门构筑的掩体内，作规

律的运动，战时进行游动式发射。

水下机动发射是把导弹装到潜艇上，利用潜艇水下机动的特点来发射导弹，达到神不知鬼不觉，我能打击敌人，而敌人无法发现我的目的。核潜艇一昼夜可潜航 1000 公里以上，而且连续在水下航行 3 个月不用上浮，不用补给，隐蔽时可在 300 米以下潜航，发射时可以接近目标区水域，也可以远距发射，只要导弹射程能在 8000 公里以上，就能保证从海上攻击世界上任何一块陆地。射程超过 10000 公里时，基本不用远航，在领海内水下发射导弹就能摧毁目标，可见潜射导弹是一种非常好的发射方式。它不仅水下机动性好，生存能力也强，可达 90% 以上，而固定式发射只有 10%。所以，美苏英法都非常重视发展潜射导弹，美国准备把 60% 以上的战略导弹都移到水下发射。在载弹量方面，除美国的“俄亥俄”级载 24 枚、苏联的“台风”级载 20 枚外，其余潜艇一般都携 16 枚导弹，水下采用冷发射方法进行发射。

## 战略弹道导弹的突防

矛和盾历来是在对立中发展起来的，二者相辅相成，缺了谁都难以发展和完善。战略弹道导弹的发展也是这样，一型新导弹刚刚服役，一套新的反导防御措施便接踵而至。如何突破对方布设的天罗地网，使导弹快速准确地命中目标呢？这就是我们要讨论的导弹突防问题。

要提高导弹的突防能力，必须注意四个方面的问题。首先，要采取有源和无源干扰的方法，对敌反导雷达等预警和侦察设备实施电子干扰。常用的办法有两种：让弹头拖带或释放假目标、箔条、干扰丝等消极干扰物，在空中形成一个干扰云和干扰“走廊”，使雷达迷盲，无法辨认真假目标。除消极干扰外，有些弹头还带有有源积极干扰设备，向反导雷达发射功率强大的无线电、噪音等信号，进行主动式对抗干扰或欺骗干扰。其次，是发射假弹头，以假乱真，掩护真弹头突防；第三是采用集束式多弹头和机动式弹头等，把一个母弹头分成若干子弹头，让母、子弹头都具有机动能力和制导能力，而且相互间隔数十乃至数百公里，造成大区域散布，不规则俯冲，从而给敌造成饱和式袭击，以达突防之目的。

## 多弹头导弹

1945年8月6日，美国B-29轰炸机仅向日本广岛上空扔了一颗20000吨梯恩梯当量的原子弹，就摧毁了81%的市区建筑物，伤亡人数占全市人口的56.9%。1965年，前苏联研制的SS-9型洲际弹道导弹，弹头威力为2500万吨梯恩梯当量，比扔在广岛的那个“小男孩”核炸弹的当量大1250倍！如此大的摧毁威力如果用于摧毁城市等军政目标是否必要呢？计算表明：要想使一座人口集中的城市遭到中等规模，甚至更为严重的破坏，需要产生0.35公斤/平方厘米的超压。怎样才能达到这样一个超压呢？一个方案是造用一颗当量为100万吨梯恩梯的核弹头，它爆炸后能在156平方公里内产生这一超压；另一个方案是选用3颗当量分别为20万吨梯恩梯的核弹头，它们爆炸后每颗弹头能在53平方公里范围内产生这一超压，如果3颗核弹头在该城市内均匀分布，那么，它所发挥的破坏效能和100万吨梯恩梯当量单弹头所发挥的破坏效能相同。由此计算得出：如果1颗100万吨梯恩梯当量的单弹头对城市一类面状目标摧毁能力为1的话，那么，3颗20万吨梯恩梯当量多弹头的摧毁能力就为1.03。也就是说，用3颗20万吨当量的核弹头，虽然比1颗100万吨级的核弹头少40万吨梯恩梯当量，但摧毁效能反而更好一些。这就出现了一个问题：既然如此，为什么不发展多弹头导弹呢？

鉴于上述考虑，加上60年代初期以来美苏双方都加强了反导战略防范措施，使导弹突防越来越难。于是，人们开始考虑发展作战效能高、又能突防的多弹头导弹。20多年来，多弹头导弹的发展相当迅速，到目前已发展了三代，新研制的战略导弹大都采用这类弹头。20多年来，分导式多弹头共发展了三代：

第一代是集束式多弹头，1964~1965年首次出现，主要型号为美国的“北极星”A-3潜射弹道导弹和苏联的SS-9地地弹道导弹。前者弹头威力为3×20万吨，射程4600公里；后者弹头威力为3×500万吨梯恩梯当量，射程12000公里；命中精度分别为1500米和1000米。所谓集束式多弹头，实际上和我们熟悉的集束式手榴弹、子母炸弹等差不多，不管是子弹头还是母弹头，都没有制导，也不能机动，唯一的作用就是将单弹化零为整，在不同时间、不同高度向同一目标区投掷一个个子弹头，以期顺利突防，免遭对方拦截或干扰，最后给敌城市等面状目标造成最大损失和毁伤。

第二代是分导式多弹头，1970年首次装备，主要型号为美国的“民兵”MK12型地地导弹和“海神”C3型潜地导弹。前者导弹威力为3×17万吨梯恩梯当量，射程为11000公里；后者导弹威力为10×5万吨，射程为4600公里；命中精度分别为185米和560米。到目前为止，分导弹头数量最多的是美国的“三叉戟”型D-5潜地导弹和苏联的SS-N-20潜地导弹，前者为14个，后者为12个，射程分别为11000公里和8300公里，命中精度分别为120~210米和500~600米。分导式多弹头和集束式多弹头的主要区别是：

母弹头有动力、有制导，可以在不同高度，以不同弹道向不同目标发射子弹头，因而具有一定的机动发射能力；携载子弹头数量多，分布空域大，子弹头之间可以 60~90 公里以上的间距对目标实施攻击，因而突防能力较强。

第三代是机动式多弹头，目前还处于研制之中。分导式多弹头虽然解决了母弹头的机动和制导问题，子弹头仍不能机动，也不能制导，只能按惯性弹道飞向目标，这样命中精度和突伤能力就较差。机动式弹头的重点就是解决子弹头的机动和制导问题。子弹头机动的方案有四个：一是通过改变飞行弹道来实施机动，如在弹头装有顶帽、弹尾装有稳定装置或翼面，来调整子弹头的飞行弹道，实验证明：可在 20~30 秒内使弹头机动距离达 556 公里；二是通过加速滑翔弹头来实施机动；三是通过在子弹头上加装小发动机来使之加速突防；四是通过增高再入弹道倾角来缩短大气层中的飞行时间，以增强突防能力。解决子弹头制导问题主要是在子弹头上加装末寻的装置，自己能辨识和发现目标，进而控制弹头进行机动攻击。

## 飞机是否能发射洲际弹道导弹

我们知道，洲际弹道导弹因其结构复杂、弹体过于庞大和笨重，一般采用地面固定式发射和潜艇水下发射。随着航天和航空探测设备的逐步发展与完善，固定式洲际导弹地下发射井已无密可保，对它的方位坐标和部署情况对方知道得一清二楚。怎么办？用一种什么方法才能达到隐蔽攻击、提高生存力的目的呢？于是，在 80 年代初美国研制第四代洲际弹道导弹 MX 导弹的时候，引起一番争论。人们提出了许多种方案，如空中机动发射、地面游动式越野发射、公路与铁路机动发射、江河及深水池机动发射、乌龟爬行式的湖底机动发射、中心车库式机动发射、分散掩体式机动发射、坑道穿梭和掩蔽壕沟式机动发射以及跑道式机动发射等。其中，最耐人寻味的是空中机动发射方式，因为它是脱离陆地和海洋的唯一发射方式。

空中机动发射方案，就是把长 21.4 米、重量 87 吨的 MX 导弹装在 DC-10 和波音-747 这样的大型飞机里，当飞至预定空域后，在大约 6100 米高度将后舱门打开，电动抛出两个直径 10 米、能产生 30 多吨拉力的降落伞，将导弹及其安装座从后舱门拉出机外。4 秒钟后，用于稳固于机舱内的安装座自动分离并脱落，3 顶 10 米直径的巨型降落伞张开，控制导弹下降并将其处于空中稳定状态。48.5 秒后稳定伞与导弹分离，50.5 秒后导弹第 1 级固体火箭发动机点火，将导弹推向空中。至此，飞机完成发射任务返航，这种方案经试验后感到可行，但需投资 400 亿美元进行部署，加之飞机高速机动也影响导弹发射时初始方位坐标的测定，进而影响命中精度，所以后来被放弃了。因此，至今尚没有从空中发射的洲际弹道导弹。

## 潜地战略核导弹的发展

潜地战略核导弹和地地战略核导弹一样，也是三位一体战略核力量中的一个重要组成部分。潜地战略核导弹的主要特点是机动性好，生存力高，突袭性强。战后 50 多年来，世界上只有美、英、法及苏联研制了潜地核导弹，其中，英国基本沿用美国的产品，自己不专门研制。

法国 1964 年开始研制，1971 年研制成功射程为 2500 公里的 M-1 潜地导弹，1974 年研制成功射程 3000 公里的 M-2 潜地导弹，1976 年研制成功弹头威力达 100 万吨梯恩梯当量的 M-20，1985 年又研制成功性能最好的 M-4 潜地导弹。目前正在研究 M-5 导弹。

美国从 50 年代中期开始发展潜地弹道导弹，到目前为止，已研制成功“北极星” A1、A2、A3，“海神” C-3，“三叉戟” C4、D5 共三个系列六种型号的潜地弹道导弹。60 年代中期以前装备的“北极星”导弹现已退役，该型导弹最大射程 4600 公里，导弹威力  $3 \times 20$  万吨梯恩梯当量，圆概率误差 1500 米。1971 年开始装备的“海神”导弹主要装备“拉斐特”级核潜艇，它总长 10.36 米，总重 29.5 吨，射程 4600 公里，圆概率误差 560 米，分导弹头数量为 10 个，导弹威力为 50 万吨梯恩梯当量。“三叉戟” C 型导弹主要装备“俄亥俄”级核潜艇，每艇装 24 枚（在这之前，所有弹道导弹核潜艇均装 16 枚导弹）。1988 年 12 月 17 日，“三叉戟” D5 型导弹服役，首次装备“田纳西”号（SSBN-734）核潜艇，每艇装 24 枚。“三叉戟”型导弹是目前世界上射程最远（11000 公里），命中最高，圆概率误差仅 90~120 米，分导弹头最多（14 个）的一型性能十分先进的潜射弹道导弹。

苏联和美国一样，也是 50 年代中期开始研制潜地弹道导弹的。60 年代初期，苏联仅有 SS-N-4 和 SS-N-5 型导弹，当时还没解决水下发射导弹的问题，所以要浮出水面发射。SS-N-5 导弹长 13 米，起飞重量 18 吨，最大射程仅 1400 公里，圆概率误差高达 2800 米。60 年代末期发展的 SS-N-6 导弹，性能有很大提高，射程几乎增大一倍，为 2400 公里，圆概率误差减小到 900 米。70 年代开始注意提高导弹的射程，当时服役的 SS-N-8 系列导弹最大射程已达 9100 公里，圆概率误差只有 450 米（SS-N-8）。到 70 年代末期，开始注意分导式多弹头的 SS-N-18 型导弹。同时，也在 Y- 级潜艇上装备了第一枚固体燃料 SS-N-17 型导弹。SS-N-18 最大射程 6500 公里，已能够携带 7 个分导式弹头。80 年代中后期分别装备使用的 SS-N-20 和 SS-N-23 是苏联性能最为先进的潜地导弹，其中 SS-N-20 导弹全长达 15 米，起飞重量约 60 号，三级火箭助推，分导弹头数为 6~9 个，最大射程 8300 公里，圆概率误差 500~560 米。

## 潜艇如何从水下发射导弹

水下发射弹道导弹（潜地）时，潜艇一般在水下 30 米深度以 2 节左右的速度航行，导弹置于导弹发射筒之内，发射筒垂直装于潜艇中部，有俏在耐压壳体内部，有的则位于耐压壳体与非耐压壳体之间，一般每艇携 12~24 枚导弹。在 30 米水深对发射筒外承受约 3 个大气压的水压，要想打开筒盖十分费力。为此，必须先用高压气进行筒内增压，使筒内外压力大致相等后便可轻而易举地开启筒盖。为了防止开盖时大量海水涌入待发的导弹发射筒，特地在筒口安装了一层水密隔膜。

发射时，导弹发射筒上盖打开，由于发射管内是一种水密和气密结构，且经过充气和填注少量海水，所以与大海海水压力相等，不存在压力误差，海水也就灌不进来，筒内气体也不会溢出水面。接到发射指令后，电爆管起爆，点燃燃气发生器，使其产生的高温高压气体从发射筒底部喷入筒内，在反作用力的推动下，将导弹穿透水密隔膜后径直向上推出筒外。出筒后的导弹在第 1 级火箭的助推下直冲云霄，大约飞行二三十公里之后第 2 级火箭进行接力助推，第 1 级火箭的助推器脱落，如此继续，将导弹推向外层空间，按预定弹道飞行后再入大气层对目标实施攻击。

重达几十吨的导弹发射离艇后起码造成两个影响：一是潜艇稳性受到破坏，所以这时必须立即向发射筒内灌注海水，以弥补部分弹重。同时潜艇均衡水柜也抽水以弥补均衡保持稳性。二是发射瞬间的后坐力往往使潜艇略微下沉，例如“乔治·华盛顿”号潜艇在发射第一枚“北极星”A1 导弹时就下沉了 4 米，不过这对潜艇来说没有什么危险。最初美国采用出水后点火方式发射潜射弹道导弹，即导弹飞离水面 15~25 米高度时 1 级火箭开始点火。后来则改为水下点火，即导弹发射离艇后在一个安全距离上点火，这样可保证导弹在出水时有一个巨大的垂直向上运动的推力，不至于受水面复杂风浪的影响。

现代常规潜艇发射反舰或对地攻击导弹，有的也采用类似的垂直发射方式，如美苏潜艇（含攻击型核潜艇）大都如此。对其他国家来说，这种发射方式太复杂，且对潜艇要求也太高，所以一般仍采用利用鱼雷发射管进行发射的方法，例如法国的 SN-39“飞鱼”就是如此。导弹平时置于一个特制的鱼雷形容器中，该容器水密性很好，通常按 533 毫米标准口径设计。鱼雷形容器自带动力装置，其尾部装一台固体火箭发动机和一个燃气发生器。发射时，潜艇像发射鱼雷那样把它推出艇外，当容器航至一个安全距离时（不至于影响母艇），固体火箭发动机点火，容器在火箭发动机的推动下进行潜航，尾喷管中有一燃气航控制航向。容器在潜航 150~200 米后以 45°角跃出水面并升至 20 米高度时，顶部自动脱落，尾部燃气发生器所产生的燃气将导弹以 12°~15°倾角射出。这时，导弹自身的助推器点火，将其推向 32 米高度。随后，弹上主发动机点火，导弹降至巡航高度（15 米左右），其余飞行

程序与舰艇导弹相同。

## 弹道导弹的发射方法

我们知道，弹道导弹的发射一般采用陆射和潜射两种，陆射时主要靠深达数十米加固后的发射井，潜射则靠潜艇在水下 30 米左右进行垂直发射。除此之外，还有一种更为简便的发射方法，就是把导弹放到大海里，用海水水体本身作发射台，遥控发射。由于导弹发射时弹头向上处于漂浮状态，所以又称作漂浮式发射。

漂浮式发射并不是一项新技术，早在二战时期纳粹德国就用 V-2 弹道导弹做过试验。他们把导弹装在一个密封的浮筒里，里边装有压载物以使浮筒处于垂直位置，然后打算用舰艇把它拖往大西洋海域，在距美国 20 海里的海域发射导弹，因为是为攻击纽约而专门设计的，故命名为“纽约火箭”。由于反法西斯战争的胜利，“纽约火箭”没有来得及发射，但这种漂浮发射的原理却对战后导弹的发展产生了一定影响。

1962 年以后，美国制订了用于漂浮发射试验的“水中计划”，并在加利福尼亚木古角导弹试验中心进行了数十次试验，均获成功。试验证明：只要这种运载工具能先进行垂直漂浮，然后借助火箭本身的推力就能从海面发射升空。各种陆上发射井发射的导弹，经过适当改进，也可在水中漂浮发射。

除美国外，苏联从 60 年代初期开始也在使用这种漂浮发射方式。苏联 Y 级和 D 级潜艇上发射的弹道导弹，就是使用的这种方法：当导弹脱离潜艇之后，依靠自身浮力升至水面，然后火箭发动机点火，海水水体就成了它的发射装置。

漂浮发射不需要庞大的发射井和潜艇，结构简单，机动性又好，发射数量也不受限，军用或民用舰船均可携载，所以还是一种很有发展潜力的发射方式，有朝一日说不定人们会在海底“种导弹”，或建造能携数十、上百枚导弹的母船进行远洋发射呢！

## 法国潜地弹道导弹的发展

法国是 60 年代中期以后开始发展潜地弹道导弹的，1971 年第一代 M1 型潜地导弹正式装艇使用，使法国跻身于世界核大国行列。M1 导弹总长 10.4 米，弹径 1.5 米，射程 2500 公里，弹头 50 万吨梯恩梯当量。

继 M1 之后，法国又于 1974 年和 1976 年分别研制成功 M2 和 M20 潜射导弹，这两型导弹除弹头当量不同外（M2 为 50 万吨，M20 为 100 万吨梯恩梯当量），其他性能基本相同，所以同属第二代导弹。第二代和第一代相比只是射程由 2500 公里增加到 3000 公里，弹头威力由 50 万吨提高到 100 万吨，其余并无大的改进。

1985 年 4 月，第三代 M4 潜地导弹服役。M4 导弹总长 11.05 米，弹径 1.953 米，总重 35 吨，射程 4000 公里，圆概率误差 300 米，分导弹头数量 6 个，弹头威力为 15 万吨梯恩梯当量，采用 3 级固体火箭推进。第一级推力 70 吨，工作时间 60 秒，第 2 级推力 30 吨，工作时间 75 秒；第三级推力 7 吨，工作时间 45 秒。M4 导弹弹道最高点达 800 公里，总飞行时间 20 分钟。

从技术水平来看，M4 比第一、二代导弹有很大提高，导弹尺寸有所增大，射程有所提高，并增加了一级助推，特别值得一提的是第一次采用了 6 个分导多弹头。这样，到 80 年代末，法国潜射弹道导弹的弹头总数从原来的 176 个一下子增加到 496 个，提高近 3 倍。目前，法国正在研制 M5 潜地导弹和新一代 15000 吨级的导弹核潜艇。

## 地地战术导弹怎样携带分导式多弹头

海湾战争中，伊拉克在距前沿阵地 40~200 公里的纵深防线内部署了 5500 辆主战坦克、8000 辆装甲车和 800 多门大炮，形成了一个严密的火力。为了炸毁这些重火力点，多国部队连续出动 A-10、“阿帕奇”等反坦克飞机、战术攻击机和武装直升机等进行昼夜突击，有几架飞机被地面炮火击落。在现代战争条件下，坦克装甲车成为陆战的主力军，野战防空和空中掩护兵力也日益得到迅速发展，光靠反坦克飞机和战术攻击机等深入敌坦克阵地和炮兵阵地上空进行轰炸任务，风险是很大的，代价也是高昂的。为了突击远程大纵深范围内的坦克和装甲车集群，美国发展了一型新的地地战术导弹，它能对 200 公里以内的坦克集群、机场等目标进行远程攻击，命中精度可达 100 米，且能像洲际弹道导弹那样用一个母弹头带若干个子弹头，子弹头上还带有动力装置和制导装置，能自动寻的并给目标以致命打击，这就是美国“长矛”导弹的改进型——“长矛”型地地战术导弹，又称 T-22。

T-22 和“长矛”导弹的形状及大小基本相同，弹长 6.14 米，弹径 0.56 米。T-22 导弹的最大特点就是可以携带两种不同的子弹头。T-22 导弹采用“突击破坏者”作为母弹头，它所携带的第一种子弹头可带红外寻的器，每颗重 11 公斤，弹径 10 厘米，是一种空心装药型子弹头，主要用于攻击坦克的顶部装甲，一枚母弹头可携 24 个子弹头。作战时，导弹在飞机的引导下飞抵目标上空，按照机载雷达的指令将子弹头从母弹中弹出。4 秒钟后，子弹头自带的降落伞打开，开伞后 10 秒钟即在距地面约 500 米处，弹上红外寻的器开始搜索目标，一旦发现便实施攻击。子弹头抛撒方式可以是圆形（直径为 250 米和 350 米），也可以是椭圆形（长轴分布为 400 米和 800 米）。

第二种子弹头是带红外寻的器的末制导子弹头，称为“斯基特”子弹头。这种子弹头每颗重 2.7 公斤，弹径 9.5 厘米，按 4 组装在一圆柱形容器中，分别排列在母弹头内。作战时，母弹头在目标区上空约 3000 米高度将装有子弹头的容器弹出，并打开其尾翼。容器降至 200 米时，尾翼脱落，降落伞打开，减速降落。降至 30 米时，降落伞脱落，自带的小火发动机点火加速，容器以 54 转/秒的高速旋转，将子弹头沿水平方向甩出，弹上红外寻的器开始扫描，发现坦克目标后便打击其顶部装甲。模拟计算表明：T-22 攻击集群坦克时，一枚导弹可摧毁一个坦克连及其全部辅助车辆；攻击敌固定式炮兵阵地时，可毁伤其 50% 的火力；攻击敌纵深 200 公里以内的固定目标时，每天至少损失 80 架飞机。

## “飞毛腿”B 导弹

“飞毛腿”B 是苏联 1965 年装备部队的陆基机动发射单级液体地地战术型弹道导弹，属第二代地地战术导弹。导弹长 11.16 米，弹径 0.88 米，翼展 1.81 米，起飞重量 6300 公斤，弹头常规装药时重 1000 公斤，核装药时为 1 万~100 万吨 TNT 梯恩梯当量时，装有触发式电引信，射程 50~300 公里，命中精度 300 米，从预测阵地到发射时间为 45 分钟，从瞄准到发射为 7 分钟，采用惯性制导，发动机工作时间 62 秒，发射方式为车载地面发射。“飞毛腿”B 导弹为弹道式导弹，它的飞行轨道主要根据发射点的位置与目标的位置预先确定，飞行程序预先在弹上装定，导弹发射后，将按预编程序飞行。飞行中由弹上的惯导系统和燃气舵控制导弹按预定轨道飞行，直至击中目标。采用惯导的最大特点就是和目标与地面之间没有任何信息交换，所以很难用电子干扰和软杀伤的方法去防御它。这种制导方式的最大缺点有两个：一是导弹飞行轨道是射前确定并装入弹上控制系统的，惯导系统只能按照惯性弹道袭击固定目标，它无法进行空中机动，更无制导系统，所以比较容易拦截；二是惯导系统的累积误差大，它自身没有先进的雷达区域相关等制导方式，无法自动纠正已偏离的弹道，所以圆概率误差最大达 1000 米。

从上面的分析我们不难看出，“飞毛腿”B 导弹性能并不先进，在苏联已经淘汰，由更为先进的 SS-23 导弹取代。“飞毛腿”B 是第二代地地战术导弹，现在这种导弹已发展到第五代，命中精度最好的已达 25 米（射程 1800 公里），而“飞毛腿”B 射程仅 300 公里误差就达 1 公里，可见性能是很差的。海湾战争中，由于怕遭空袭，射击诸元计算不准确，加之人员训练有问题，有许多导弹误差竟达几公里、甚至数公里以上，目标原想攻击利雅得和海法，结果导弹一个劲地往荒无人烟的大沙漠和茫茫大海里落，令人哭笑不得。有的导弹因经伊拉克改装过，质量很差，结果在进入大气层之前就粉身碎骨了。

苏制“飞毛腿”B 地地战术导弹自 1973 年以来，先后在第四次中东战争、两伊战争和海湾战争中三次大出风头，声名显赫，身价百倍，每次战后，都有一大批第三世界国家争相抢购，似乎“飞毛腿”B 成了这些国家的“杀手锏”和“护身符”。“飞毛腿”B 导弹真有那么大魅力吗？它的战术技术性能真像人们所吹嘘的那么好吧？其实不然，“飞毛腿”B 性能欠佳，为何名声大振而又争相抢购呢？这有以下两点原因：

首先，是有胜于无的思想在作怪。像伊拉克、利比亚这样的国家手里并不是没钱，也不是不想买好的，像美国“潘兴”号那样的导弹射程又远（1800 公里），精度又高（25 米），它为什么不买呢？关键是武器控购问题，好的人家不卖，要买只有“飞毛腿”，只好引进这种装备。其他国家购买是因为看到它虽然性能不好，但打狗也要有个打狗棒啊，谁手里不想捏上一两张王牌呢？没有两个杀手锏，到真出事的时候一点表示也没有怎么能行？原因大

约如此。

其次，是虚虚实实，发挥了威慑效能。“飞毛腿”B在中东战争和两伊战争中发挥过不小的作用，海湾战争萨达姆旧戏重唱，让人们为之一振。再加上伊拉克拥有大量化学武器和弹头，人们害怕他打化学战。照说150~250公斤左右的战斗部如果是常规装药的话造不成多大破坏，但它打的是平民居住的城市，不是军事目标，所以给沙特、以色列及海湾沿岸国家造成了极为严重的心理压力。由于害怕发射化学弹头，所以人人身着防护服，警笛声响彻云霄，一个个惶惶不可终日。虽然“飞毛腿”B碰上了克星“爱国者”，但进攻型武器所发挥的作用仍是相当大的。

## 首次应用地地战术弹道导弹的战役

1991年历时42天的海湾战争中，伊拉克向以色列的特拉维夫、海法，沙特阿拉伯的利雅得、宰赫兰、达兰和巴林二国六市发射了近80枚前苏制的“飞毛腿”B改进型地地战术弹道导弹，此举使世界大为震惊。海湾战争中的“飞毛腿”B导弹是战术弹道导弹的第一个战例吗？不是，确切地说，这是它的第三个战例。

早在1973年第四次中东战争期间，交战双方准备展开一场数千辆坦克的沙漠大决战。为了有效地摧毁以色列坦克部队，埃、叙第一次使用了前苏制“蛙”7和“飞毛腿”B导弹，发射28枚便成功地摧毁了一个拥有上百辆坦克的装甲旅。于是，“飞毛腿”B第一次大出风头，顿时成了军贸市场上的抢手货。

1980~1988年的两伊战争期间，伊拉克于1982年10月27日向伊朗边境城市迪斯孚尔城发射了第一枚“飞毛腿”B导弹，死21人，伤100人。12月29日，又向该城发射了两枚，造成更大的伤亡。1985年3月12~14日，伊朗向巴格达发射导弹，从而使袭城战升级。为了回敬伊朗，萨达姆也准备以导弹袭击德黑兰，但“飞毛腿”B射程只有300公里，而距伊首都至少500公里以上，怎么办？萨达姆·侯赛因下令缩小战斗部，宁肯从1000公斤装药减少到135公斤也要提高射程，打到德黑兰，以报那一箭之仇。在西方导弹专家的指导下，1987年改装完成，试飞后称最大射程达650公里，外界哗然。为了表示重视，萨达姆还用自己的姓将其命名为“侯赛因”导弹。1988年2月29日“侯赛因”导弹初露锋芒，7枚导弹全部落入德黑兰市区，人们惊恐万状。继而，“侯赛因”再展雄风，到4月20日，在52天中就发射了189枚，其中135枚落入市区，成功率71%。“侯赛因”导弹虽报了伊朗的一箭之仇，但萨达姆并没有忘记他的宿敌以色列，这650公里射程要覆盖以色列各大中城市还显不够，因此再行改进。这次改装还是用“飞毛腿”B做母型，把1000公斤战斗部减为250公斤，让出空隙来加长发动机（增长1.3米），让它多装燃料，使助推段推得更高，弹道越高，射程自然越远。于是，射程达900公里的“阿巴斯”导弹又研制成功。海湾战争中使用的主要是“侯赛因”和“阿巴斯”两种导弹。

## 巡航导弹的发展

巡航导弹是在和弹道导弹竞争的过程中发展起来的。50年代，美国和苏联都非常重视发展巡航导弹，但由于这种有翼导弹存在许多难以克服的缺陷，为了满足核战争准备及核威慑的需要，美国和苏联从60年代起就转向发展弹道导弹，直到70年代中期以后，巡航导弹才得以迅速发展。目前，巡航导弹已成为美国三位一体核威慑力量的一根支柱，已作为核反击力量和常规攻击力量广泛布置于欧洲前沿防线、海军水面舰艇、潜艇和空军的轰炸机。40多年的竞争性发展表明：巡航导弹是一种用途广泛，成本低廉，通用性好，作战效能高的先进武器，海湾战争中首次实战应用的战果就充分证明这一点。巡航导弹到底有哪些特点呢？

首先，它体积小，重量轻，便于各种平台携载。海军攻击型核潜艇可垂直携载12枚，并可抵近敌沿海发射，因而可打击其纵深1300~2500公里的重要军政目标。水面舰艇一般每舰可携8~32枚，采用MK-41垂直发射装置后，一艘舰可携100余枚，由于它能在水面机动发射，所以不易被探测。轰炸机的携载量越来越大，B-52G经改进后可由12枚提高到20枚，B-1B可携30枚，改装后的DC-10能携50~60枚，改装后的“波音-747”则能推70~90枚。地面发射的“战斧”导弹装在机动的运输-起竖-发射式车上，每辆车载4枚，4台车为一个导弹连，即可发射165枚导弹。导弹发射连的重装备可由C-130或C-5等运输机空运至前沿阵地或发射场。

其次，它射程远，飞行高度低，攻击突然性大。“战斧”巡航导弹射程最远达2500公里，最近为450公里，均在敌火力网外发射，因此发射平台很难被对方发现。导弹在海面飞行高度7~15米，平坦陆地为50米以下，山区和丘陵地带为100米以下，基本是随地形的起伏而不断改变飞行高度，而这一高度又都在对方雷达盲区之内，所以也很难为对方的发现，极易造成攻击的突然性。另外，导弹采取有效隐身措施后，其雷达反射面积仅为0.02~0.1平方米，相当于一只小海鸥的反射能力。新一代巡航导弹在雷达荧光屏上只有针尖大小的一个目标光点，可见很难探测。

第三，它的命中精度高，摧毁能力强。射程2500~3000公里的巡航导弹，命中误差不大于60米，精度好的可达10~30米，基本具有打点状硬目标的能力。携常规弹头的巡航导弹可摧毁坚固的地面目标，也能用子母弹杀伤和摧毁面状目标。携20万吨梯恩梯当量核弹头的巡航导弹由于命中精度高，一般比弹道导弹的作战效能高3~4倍。

巡航导弹由于飞行时间长，速度低，飞行高度又恰好在轻武器火力网之内，所以很易遭枪弹等非制导常规兵器的拦击，海湾战争中有3枚“战斧”导弹就是这样被伊拉克击毁的。

## 巡航导弹如何导向目标

1991年1月17日凌晨3时，美国海军“洛杉矶”级攻击型核潜艇、“密苏里”和“威斯康星”号战列舰、“提康德罗加”级导弹巡洋舰，以及“斯普鲁恩斯”级驱逐舰从红海和波斯湾，连续向伊拉克首都巴格达和其他城市、桥梁、发电厂等重要军政目标发射了52枚BGM-109C“战斧”巡航导弹。导弹离舰后在距海面7~15米的高度巡航，进入伊境内后，又在距沙漠50米以下的高度飞行，都像长了眼睛一样各自寻找自己既定的攻击目标，因而取得了命中概率98%，命中误差不大于9米的良好战绩。从电视上看到，后一枚导弹准确地穿入前一枚导弹炸开的缺口内爆炸，可见其命中精度是相当高的。二战时期纳粹德国研制的V-1导弹，射程仅240公里，命中误差就高达4800米。“战斧”导弹飞行1300公里，沿途有海、有山、有沙漠、有丘陵，即在城市上空飞行，楼房和建筑物又大都相似，如何挑选既定攻击目标、而且又精确地命中的是相当困难的。它到底采用了哪些绝招呢？

巡航导弹能不能精确命中目标，关键取决于它的制导系统。“战斧”导弹使用的是“惯性导航+地形匹配+数字景像匹配区域相关器”制导，可见，这是一个相当复杂的制导系统。什么是惯性导航呢？惯性导航是各类导弹广泛运用的一种制导方式，它是利用惯性运动这一原理，通过装在弹上的各种敏感装置，自动测算导弹飞行中每一瞬间的位置，再与程序装置中预先确定好的飞行轨迹进行对照和比较，发现有偏差时立即计算出偏差量，然后控制自动驾驶仪将导弹移向预定飞行轨迹。惯性导航不依赖外界条件，载机、导弹和目标三者之间也不进行任何信息交换，所以一般很难干扰它。但这种制导有一大缺陷，就是积累误差问题，每小时能漂移750米，飞行距离越远，时间越长，误差越大，所以还要配备较高的导航系统，如地形匹配等。

什么叫地形匹配制导呢？我们知道，在一座大城市里要寻找某一个胡同、某一幢楼房或某一个人是相当难的，犹如大海捞针一样。但是，把每个区、每条街道、每幢楼房都给它编上号，就像邮政编码那样，再找起来可就方便多了。所谓地形匹配制导也是利用这样一个原理。首先，必须用侦察飞机、侦察卫星等对预定攻击目标进行照像，获取导弹预攻目标及沿途航线上的地形地貌情报，并据此制作专用的标准地貌图。例如，在一块10公里×2公里的长方形区域内，可以划成数千个小方格，在每个小方格内都标上该处地面的平均标高，如此计算，一幅数字地图便出现了。这幅预先测定的数字地图先存入弹体计算机。导弹飞行过程中，利用雷达高度计和气压高度计连续测量所飞经地区的实际地面海拔高度，并把这一数据输入计算机与预定弹道的相关数据进行比较，如发现已偏离预定飞行轨迹，计算机将需纠正的偏差修正量以指令形式传送给自动驾驶仪（类似于飞行员），便可及时回到预定轨道上来。一枚导弹射程1300公里以上，要把沿途地形全部做成数字地图输入计算机是不可能的，所以一般沿其飞行弹道确定三四个定位区予以修

正，其余由惯性制导系统进行制导。在接近目标区之后，还要用数字式景像匹配区域相关器进行更为精确的末制导。

什么是数字式景像匹配区域相关制导呢？它实际上和地形匹配的原理一样，地形匹配是通过测定飞行时的实际标高来修正航向的，区域相关制导则是通过测定各飞行区域内地面对反射电磁波的能力强弱及大小来修正航向的。至于区域景像比较相关制导，则是利用光学照像（含红外波段）的方式，把目标景象与弹体计算机存储的原摄图像进行比较，验明正身并确认目标无疑时再行攻击，因而是一种高精度末端制导方式。

80年代末以后，由于GPS导航星全球定位系统投入使用，巡航导弹开始装定位接收机，即利用18颗定位卫星来修正其飞行弹道，所以命中误差会进一步减小。

## 美苏两国的巡航导弹发展

我们知道，世界上最早的巡航导弹是二次大战中法西斯德国研制的 V-1 (Fi-103) 导弹。战争结束后，美苏两国竞相抢运德国的导弹研究资料、实验设备和样弹，同时都争取了相当数量的导弹专家，从而为战后两国巡航导弹的发展奠定了重要人才和技术基础。

战后至 50 年代末期，是美国发展巡航导弹的重要时期，当时曾先后研制了水面舰艇发射的射程为 960 公里的“天狮星”、地面发射的射程为 1040 公里的“斗牛士”和射程为 1012 公里的“马斯”，空中发射的射程为 965 公里的“大猎犬”和洲际攻击的射程为 8000 公里的“鲨蛇怪”等巡航导弹。此外，还研制了超音速飞行的“天狮星”（射程 1600 公里）和“小海神”（射程 2400 公里）巡航导弹，但均未装备。这一时期所研制的巡航导弹因存在飞行速度慢，体积大，命中精度低（有的圆概率误差达 9000 米）等缺点而停止发展，同时将发展重点移向弹道导弹。

70 年代初期，美国又重新开始研制第二代巡航导弹，其主要型号为 AGM-86B 战略空射巡航导弹和 BGM-109 “战斧”系列巡航导弹。AGM-86B 全长 6.32 米，总重 1360 公斤，战斗部为 20 万吨 TNT 当量核弹头，射程 2500 公里，巡航高度 15~100 米，圆概率误差 30~100 米，飞行马赫数 0.9。1982 年 12 月，第一次装备美国空军的 B-52 战略轰炸机中队，该中队有 16 架飞机，每机挂弹 12 枚，共计 192 枚。12 枚 AGM-86 巡航导弹分别挂于两个机翼下面。最近，经过改进之后，弹舱内可增挂 8 枚，这样，每架 B-52G 轰炸机便可挂 20 枚巡航导弹。

“战斧”系列巡航导弹共有多种改型：BGM-109A 是由潜艇从水下发射的对地攻击型巡航导弹，射程 2500 公里，主要携 20 万吨梯恩梯当量的核弹头；BGM-109B 是由水面舰艇或潜艇发的反舰型战术导弹，射程 450 公里，战斗部重 450 公斤；BGM-109C 是由水面舰艇或潜艇发射的对地攻击型战术导弹，可携 450 公斤常规弹头，也可携载 BLU-97B 型多用途子母弹，内装 166 个能全方向、多目标定时攻击起爆的子弹头，1991 年海湾战争中美国海军发射的 280 枚导弹都是 BGM-109C 型；BGM-109H 型和 L 型分别为空地或空舰导弹，后于 1984 年被取消；BGM-109G 为地面机动发射的巡航导弹，1983 年 12 月首批 96 枚部署在英国，1984 年 5 月又将 122 枚部署于意大利，还准备向其他欧洲国家部署。“战斧”导弹已部署在 140 余艘潜艇和水面舰艇上。

80 年代中期以来，美国开始研制“先进巡航导弹”和第三代巡航导弹，要求新型巡航导弹的战术技术性能要有质的飞跃，在射程方面要能达 4800~8000 公里；在飞行速度方面，虽可以马赫数 0.6~1 的速度巡航，但在特殊阶段必须能以马赫数 1~4 的超音速和 4~10 的高超音速实施攻击；在飞行高度方面，一方面把巡航高度降低到 30 米以下，一方面升高飞行弹道，最高可达 20 公里。此外，还要求进行隐形设计，以进一步减小雷达反射面积，提

高导弹的突防能力。

在发展巡航导弹方面，应该说前苏联和美国起点基本相同，在发展中又是并驾齐驱、互为对手，所不同的是前苏联巡航导弹型号繁多而杂乱，导弹体积庞大而笨重，命中精度低，命中误差大，比美国巡航导弹差不多落后 10 年以上。

前苏联也是通过掠取 V-1 导弹的有关人才和技术资料而发展起来的，到现在已经发展了三代，第三代正在研制和装备之中。第一代巡航导弹是战后至 60 年代中期所发展的 SS-N-1，SS-N-2A/B，SS-N-3“沙道克”等舰载型，以及 AS-1、AS-2、AS-3 和 AS-4 机载型。舰载型巡航导弹主要装备“肯达”级和“克列斯塔”级巡洋舰、“基尔丁”和“卡辛”级驱逐舰，以及护卫舰和导弹快艇。另外，还装备 J 级、E- 级、E- 级和 W 级潜艇。这一代舰载导弹总长最大为 10.8 米、总重最大为 4500 公斤，射程一般 40~50 公里，最大为 300 公里，最大飞行马赫数 1.3。水面舰艇发射时，需调到 15° 仰角发射，以赋予导弹爬升弹道。潜艇发射时，则需浮出水面进行发射。1967 年 10 月 21 日，埃及海军用前苏制 SS-N-2“冥河”导弹从“蚊子”级导弹艇上首次发射，便击沉以色列一艘 2500 吨级驱逐舰，创下了世界上第一个用巡航导弹击沉舰艇的战例。总重最大为 11.3 吨，全长 15 米，核弹头梯恩梯当量达 50 万吨，射程最大 650 公里，最大飞行马赫数为 2，一般由远程轰炸机携带。

第二代巡航导弹有 SS-N-2C，SS-N-7，SS-N-9，SS-N-12，SS-N-19) 和 SS-N-22 舰载型，以及 AS-4、5、6、7、8 等机载型。舰载型一般由“基洛夫”级核动力导弹巡洋舰、“基辅”级航空母舰、“光荣”级巡洋舰等携带，护卫舰、驱逐舰和导弹艇也可携带。潜射型一般由“奥斯卡”级巡航导弹核潜艇和 E- 级、P 级潜艇携带。每艘“基洛夫”级巡洋舰可携 20 枚射程为 550 公里的 SS-N-19 反舰巡航导弹，“奥斯卡”级潜艇则可携 24 枚 SS-N-19 导弹。第二代舰载巡航导弹的最大射程为 550 公里，总重 7000 公斤，弹长 11 米，飞行马赫数可达 2.5 左右。机载型巡航导弹一般由图-95B“熊”式远程轰炸机、图-16“獾”式中程轰炸机、图-22M“逆火”式轰炸机和图-126“眼罩”式中程轰炸机携带，由于导弹重量太大，每架一般只能装 1~2 枚。空射巡航导弹的射程为 200~700 公里，核弹头梯恩梯当量为 20 万吨，总重 4800 公斤左右。

第三代巡航导弹是 80 年代中期以后装备和发展的导弹，主要型号是 SS-N-21 和 AS-15 型。SS-N-21 是 1985 年服役的一种新型巡航导弹，它和美国的“战斧”导弹极为相似，射程可达 3000 公里以上，主要装备“阿库拉”、“萨拉”、“麦克”和 V- 级新型攻击型潜艇。AS-15 机载型空射巡航导弹也是 80 年代中期以后服役的，它主要由“熊”和新型“海盗旗”战略轰炸机携带，最大射程也在 3000 公里以上。另外，苏联还在研制新型舰载、机载和地面发射的巡航导弹，型号有 SS-NX-24、SSC-X-4 等。

## 地空导弹的分类与发展

地空导弹是由地面发射，攻击敌来袭飞机、导弹等空中目标的一种导弹武器，是现代防空武器系统中的一个重要组成部分。与高炮相比，它射程远，射高大，单发命中率高；与截击机相比，它反应速度快，火力猛，威力大，不受目标速度和高度限制，可以在高、中、低空及远、中近程构成一道道严密的防空火力网。

根据射程和射高，地空导弹一般分为四大类：

射程在 40 公里以上，射高在 20 公里以上的地空导弹，称为中高空、中远程导弹。这类导弹中，射程最远的是苏联的 AS-5 导弹，250 公里；射高最大的是苏联的 AS-2 导弹，34 公里；单发命中率最高的是美国的“爱国者”导弹，90% 以上；弹体最长的是苏联的 AS-5 导弹，16.5 米；发射重量最大的也是苏联的 AS-5 导弹，10000 公斤；飞行马赫数最大的是苏联的 AS-12 5~6（美国的“爱国者”导弹为 3.9）；战斗部最重的是美国“奈基”导弹，545 公斤。

射程为 15~40 公里，射高为 6~20 公里的导弹，称为中低空、中近程地空导弹。这类导弹中，射程最大的是美国的“改霍克”，40 公里；射高最大的也是“改霍克”导弹，18 公里；弹体最长的是苏联的 SA-3，5.95 米；发射重量最大的也是 SA-3，925 公斤；飞行马赫数最大的是苏联的 SA-11，2.9；战斗部最重的是苏联的 SA-1，3.84 公斤。

射程在 15 公里以下，射高在 6 公里以下的导弹，称为低空、近程地空导弹。这类导弹中，射程最远的是瑞士的“天空卫士—麻雀”，最大射程 13 公里；射程最小的是苏联的 SA-9，0.2 公里；射高最大的是苏联的 SA-9，6 公里；射高最小的是英国的“长剑”，0.01 公里；弹长最长的是瑞士的“防空卫士—麻雀”，3.66 米；发射重量最大的也是“防空卫士—座雀”，204 公斤；飞行马赫数最大的是意大利的“靛”，2.5；战斗部重量最大的是苏联的 SA-8，50 公斤。

射程在 5 公里以下，射高在 3 公里以上的地空导弹，称为单兵便携式防空导弹。这类导弹中，射程最大的是美国的“毒刺”（又译“针刺”）和瑞典的 RBS-70，均为 5 公里；射高最大的也是这两型导弹，均为 5 公里；弹长最长的是“毒刺”，1.52 米；发射重量最大的是瑞典 RBS-70，15 公斤；飞行速度最快的是美国的“红眼”和“毒刺”，马赫数均为 2；战斗部最重的是英国的“吹管”，2.2 公斤。

早在二次大战时期，纳粹德国为了对付盟国飞机的袭击，研制了“热风”、“飓风”、“暴风”等防空火箭，后来相继研制了“瀑布”、“龙胆”、“蝴蝶”及“莱茵之女”等地空导弹，这些导弹没有来得及批量生产和装备使用，战争就结束了。和地地战术导弹及战略弹道导弹的发展一样，美苏在战争结束后竞相争夺地空导弹的技术资料和设计图纸，争取了一部分地空导弹专

家，从而为战后地空导弹的发展奠定了一个良好的基础。

战后 40 多年来，地空导弹的发展主要还是美苏垄断，它们的技术水平基本代表了世界地空导弹的最高水平。从 60 年代以来，英国、法国、德国、意大利、瑞士、瑞典等近 10 个国家已能程度不同地研制和生产地空导弹。目前，世界上已有 40 多个型号服役，各型地空导弹的生产量已超过 40 万枚，有 30 多个国家通过不同的方式购买并装备了这种武器。战后地空导弹的发展主要可分为四代。

第一代地空导弹是战后至 50 年代末期研制的导弹，此间主要发展国是美、苏两家。他们在掠取德国实物的技术资料的基础上，研究、仿制和试验了一批导弹，同时也开始自行设计和制造第一代地空导弹。当时，由于喷气式飞机和战略轰炸机、战略侦察机的大量使用，使传统的高炮失去了作用，射高只有 10 公里左右的高炮面对以高亚音速、超音速在 12 公里以上高度飞行的飞机已显得无能为力。为了对付高空高速飞行的飞机，美、苏重点发展了中高空、中远程导弹，其主要代表型为美国的“波马克”和“奈基”型导弹，前苏联的 SA-1 和 SA-2。第一代地空导弹在射程上有了很大提高，一般射程可达 50 公里左右，个别达 140 公里，射高也能达 30 公里左右，因而对飞机形成了一定的威胁。但这一代导弹尺寸较大，机动性较差，只能固定发射，对付中高空目标，对低空、超低空飞行的空中目标则显得过于笨拙。

第二代地空导弹是 50 年代末至 60 年代末发展的。由于中高空、中远程导弹的发展，以往以高、中空突防的作战飞机开始采用低空、超低空突防的战术，空中目标的这一重大变化也引起地空导弹的相应变化，因此，一代机动性能好，反应速度快，能够对中高空、中远程和低空、近程目标进行攻击的导弹相继问世，最有代表性的型号有：在中高空、中近程地空导弹方面，有美国的“霍克”和前苏联的 SA-3、SA-6；在低空、近程导弹方面，有美国的“小槲树”、“红眼”，苏联的 SA-7 等。此外，中高空、中远程导弹也有重大发展，苏联研制成功 SA-4、SA-5 两型导弹，其中 SA-5 成为世界地空导弹发展中弹体最长（16.5 米）、弹径最大（1.07 米）、翼展最大（3.65 米）、发射重量最大（1000 公斤）、射程最远（250 公里）的一型地空导弹，该型导弹广泛装备于华约和中东各国。值得一提的是，此间英国还发展了一型中高、中远程地空导弹，其型号为“警犬”，射程 84 公里，射高 0.5~27 公里。第二代地空导弹的突出特点是：具有机动发射能力，反应速度较快，导弹自动化程度较高，制导体制多样化，已基本形成高中低空、远中近程的全空域火力覆盖。

第三代地空导弹是 60 年代末至 70 年代末发展的。此间，由于地空导弹初步形成了全空域防卫态势，所以目标飞行高度变化不大，但仍以低空和超低空突防为主，所以这一代导弹除苏联的 SA-11 中程导弹外，其余全是低空、近程防空导弹，其主要特点是不少国家参与了地空导弹的发展，同时一大批性能较好的单兵便携式导弹也得以迅速发展。这一代导弹的代表型有：

美国的“毒刺”，苏联的 SA-8、SA-9，英国的“山猫”、“轻剑”、“吹管”，法国的“响尾蛇”，法德合研的“罗兰特”及瑞典的 RBS-70 等。

第四代地空导弹是 70 年代末以后发展的。此间，虽然作战飞机仍采用低空、超低空突防模式，但地地战术弹道导弹却构成了新的威胁，使地面防空变得日趋复杂。由于飞机大量采用隐形技术，加之飞行速度已提高到马赫数 2 左右，所以目标机动能力和低空突防能力较强。战术弹道导弹飞行弹道虽然较高，但目标小，飞行速度快，也较易突防。为了防空反导，第四代导弹在重点发展低空导弹的基础上，还十分注意发展各种类型的导弹，其代表型有：美国的“爱国者”、“改霍克”、“罗兰特”，苏联的 SA-12、SA-13，美国和瑞士联合研制的“阿达茨”，法国的“西北风”，英国的“轻剑”2000、“星光”、德国的“罗兰特”、法国的“夏安”，日本的 81 式和意大利的“防空卫士”等。这一代导弹由于采用了相控阵雷达和先进的微电子技术，使地空导弹系统能跟踪和攻击多目标，在命中精度和作战效能方面也有很大提高。

地空导弹和战斗机、高炮一起，构成国土区域防空、要地防空和野战防空的重要武器系统。地空导弹由于命中精度高，摧毁威力大，机动能力强，覆盖范围广，反应时间快，所以日益成为地面防空的主要武器。经过战后 40 多年的发展，地空导弹已装备了 30 多个国家和地区，计有 70 余种、100 多型在役，有 10 多个国家具有研制和生产能力。这些导弹在战后以来的历次战争和武装冲突中都发挥了非常重要的作用。

1959 年 10 月 7 日，我地空导弹部队用 SA-2 导弹击落了在北京上空进行侦察飞行的台湾空军侦察机 RB-57D，这成为世界上第一个用地空导弹击落飞机的战例。“萨姆”-2 (SA-2) 导弹是苏联研制的第一代地空导弹，1959 年刚刚服役，其射程 54 公里，射高 34 公里，在当时是打击中空飞机最理想的武器。继首次击落 RB-57D 之后，又陆续击落 U-2 型侦察机等 5 架，为地空导弹的战史书写了光彩的第一笔。

越南战争期间，美军出动 B-52 等作战飞机数万架次进行狂轰滥炸，为了打击美军飞机，越南装备了近 30 个营的前苏制“萨姆”第一、二代地空导弹。据不完全统计，在 1964 年 8 月至 1968 年 11 月间的 4 年时间里，美军就损失了 915 架飞机，其中 94.8% 是被 SA-2 等地空导弹击落的。1972 年 12 月 18 日~30 日，美军对越实施地毯式轰炸，结果有 32 架 B-52 轰炸机被击落，其中有 29 架又是 SA-2 所为！

第四次中东战争中，由于以色列开始采取低空、近程突防的空袭战术，迫使埃、叙等国采取弹炮结合、全空域拦截。仅埃及就在苏伊士运河西岸正面 90 公里、纵深 30 公里的地域中，配置了 62 个地空导弹营，200 具 SA-7 导弹和 3000 多门高炮，形成了一道防空火力网。在历时 18 天的战争中，以色列有 114 架飞机被击落，70% 是地面防空武器所为。其中，SA-6 击落 41 架，SA-6 和高炮一起击落 3 架，SA-7 击落 3 架，SA-7 和高炮一起共击落 3

架。这次战争中还发生了“一石三鸟”的奇闻：以色列在战争中共发射 22 枚“霍克”地空导弹，结果却击落了 25 架飞机！

在 1982 年的马岛海战中有 37 架阿根廷飞机被英国地空或舰空导弹击落，其中，被舰空导弹击落的 18 架，被“轻剑”和“吹管”击落的分别为 9 架和 10 架。

在苏联入侵阿富汗的战争中，1986 年～1987 年中，阿富汗游击队利用美国提供的 1000 枚“毒刺”（又译“针刺”、“尾刺”、“红眼睛”和“痛击”）单兵便携式地空导弹，先后击落 400～500 架飞机和直升机，成为战争史上用地空导弹击落飞机最多的一个战役。

1991 年海湾战争中，伊拉克向沙特、以色列和巴林先后发射了 80 枚“飞毛腿”B 地地战术弹道导弹，结果有 60 多枚被摧毁，“爱国者”地空导弹则以大战“飞毛腿”而闻名于世。最重要的一点，是它创下了一个世界之最：地空导弹第一次击落战术地地导弹。

## “爱国者”导弹与“飞毛腿”导弹

### 1. 爱国者导弹

“爱国者”地空导弹属美国第四代导弹，1980年服役，海湾战争中首次实战应用。该导弹弹长5.3米，弹径0.41米，翼展0.87米，弹重约1000公斤，最大飞行马赫数3~3.5，战斗部重68公斤，作战半径3~100公里，作战高度0.3~24公里。发射方式为四联装箱式倾斜发射，每个火力系统单元以连为单位，每连有5~8辆发射车和4部雷达车、指控车、电源车及天线车，以及20~32枚待发导弹。“爱国者”设计单发命中率为80%，实际使用时很多情况下都高达90%以上，大大高出设计和试验要求，这究竟是什么原因呢？问题还要从两方面来分析：首先，“飞毛腿”B是前苏联60年代研制的第二代出口型地地战术导弹，它技术水平比“爱国者”差了两代。该型弹没有抗干扰能力，弹道一经确定和发射，就无法改变，加之弹体过大，速度又低，飞完全程需5~9分钟，这对拥有先进预警能力的美国来说，是轻而易举的事，所以“飞毛腿”在“爱国者”面前权当靶标了。

其次，“爱国者”之所以成为“飞毛腿”的克星，本身也非平庸之辈，和其他地空导弹相比，它有三大优势：一是有一个先进的预警和引导系统。除DSP预警卫星外，它还首次采用了一部AW/MPQ-53型多功能相控阵雷达，其探测距离达150~160公里，可完成搜索、识别、跟踪、照射目标、制导导弹和电子对抗等多种任务，一部雷达相当于9部雷达的功能，它可在120°扇面内监视100个目标，同时跟踪8个目标和向3枚导弹传送中段制导指令，并对3枚导弹进行末制导，拦截3个来袭目标；二是制导体制先进。它采用了指令与半主动寻的复合制导的方式，提高了制导和抗干扰能力；三是组配紧凑，机动性好。“奈某”和“霍克”导弹的零部件达30000个之多，而“爱国者”还不到3000个，组成单元也很少，自动化程度相当高，作战时一个火力单位只需3人。

### 2. “爱国者”导弹怎样拦截“飞毛腿”

1991年1月21日10点，一枚改进型“飞毛腿”B式地地战术弹道导弹拖着长长的尾焰，从伊拉克中部地区发射长空，很快就穿过大气层，进入攻击沙特阿拉伯首都利雅得的飞行弹道。16秒钟以后，一颗运行于300多公里高空地球静止轨道的美国DSP导弹预警卫星紧急报警，带有高灵敏度红外扫描器的红外望远镜开始跟踪“飞毛腿”导弹的喷焰，同时用带望远镜的高分辨率可见光电视摄像机进行跟踪拍摄，并实时将导弹的飞行轨迹和飞行速度、方向、弹道倾角及位置等向地面站传送。设在澳大利亚的美国空间指挥基地和设在本土的美国航空航天司令部同时接收到DSP导弹预警卫星发送的“飞毛腿”导弹弹道参数，经地面站计算之后，迅速将“飞毛腿”导弹的飞行弹道和弹着点发往沙特的“爱国者”导弹发射阵地。阵地指挥控制中心立即命令多功能相控阵雷达开机，搜索、捕获、跟踪、识别来袭导弹，结果，

在 100 多公里处发现目标。根据相控阵雷达所测得的数据，经与卫星提供的数据进行相关比较和精确计算后，将拦截“飞毛腿”的最佳飞行弹道预置为操纵程序，输入“爱国者”导弹的制导装置（此时，“飞毛腿”导弹无法感知已被美军跟踪，也无法改变自己的弹道，只能按既定轨迹飞行）。

所有地面准备工作完成之后，指挥中心命令发射，“爱国者”导弹以 38° 倾角升空，并按预置程序改变飞行弹道。同时，地面相控阵雷达继续追踪飞行中的“爱国者”，并据实飞状况适时发出指令，修正飞行轨迹。当“爱国者”进入末段飞行时，其弹上半主动“自动寻的头”开始工作，并实时将它所捕捉到的“飞毛腿”弹道参数反馈给地面指控中心。指控中心根据接收到的相对角偏差数据，经精确计算后，速将修正指令反馈给“爱国者”。“爱国者”按照精确计算的拦截弹道接近“飞毛腿”，当“飞毛腿”闯入“爱国者”20 米杀伤半径之内时，弹上的无线电近炸引信即引爆破片杀伤式战斗部，最后来个空中开花，双双同归于尽。上述过程自始至终在 1 分钟之内完成，这一天，伊拉克发射了 10 枚“飞毛腿”，有 9 枚遭拦截，成功率达 90%。

## “萨姆”导弹

“萨姆”是英文缩写词“SAM”的音译名，意为“地对空导弹”。苏联每发展一型地空导弹，自己都进行命名和编号，但西方感觉使用俄语不便，遂用英文逐一给苏联地空导弹起绰号，并进行相应的编号。如苏联刚刚服役了一型最先进的地空导弹，西方赶紧给它起了个绰号，叫“斗士”，并规定“斗士”导弹的代号为SA-12。

二次大战以后，苏联十分重视地空导弹的发展，目前已研制成功十几个系列的“萨姆”导弹，装备有10000余部固定式和半固定式地空导弹发射器，9500多辆多联装地空导弹发射器，9000具SA-7和SA-14地空导弹发射筒。此外，还部署了与之配套的9000门高炮，32部反导弹发射架，7000多部防空雷达，10余架预警飞机，2500架防空战斗机。

在多达十几个系列的“萨姆”导弹大家族中，按其作战用途大致可分两类：一类是国土防空军装备和使用的，它们是SA-1、SA-2、SA-3、SA-5、SA-10，这些导弹大都是中高空、中远程地空导弹；另一类是野战防空使用的，主要装备前苏联陆军，分别以旅、团、营、连等为火力单位进行作战编成。这类导弹中，属中高空、中远程的有SA-4、SA-11、SA-12、SA-17；属中低空、中近程的有SA-6、SA-8、SA-9、SA-13、SA-15；属单兵便携式的有SA-7、SA-14、SA-16。

从苏联“萨姆”导弹家族的发展来看，有以下几个特点：首先是导弹体积大，弹体重，射程远，射高大，这些几乎都成为世界地空导弹之最，例如SA-5导弹长达16.5米，重约10吨，射程250公里，射高30公里。其次是具有开拓性和创造力，例如第一代SA-2导弹刚刚装备使用，就创下了击落RB-57D和U-2高空侦察机的世界上第一个战例，以后又在越南战场击落数百架B-52。又如，最近服役SA-12导弹，首次将多功能相控阵雷达、主动雷达寻的、地面机动垂直发射技术融为一体，使SA-12能与“爱国者”抗衡。最后一点，就是“萨姆”系列导弹的飞行速度快，一般马赫数都在2左右，像SA-5和SA-12则分别达3~5和5~6的高速度，因而又成为世界飞行速度最快的地空导弹。

## 前苏联最先进的地空导弹

苏联最先进的地空导弹是 1983 年开始服役的 SA-12“斗士”。该型导弹从 70 年代中期就开始研制，历经 10 载才装备服役，可见其技术难度是和当高的。SA-12 以旅为建制单位，配属于防空军和陆军的方面军及集团军，主要执行中高空、中远程防空任务，由于其设计先进，采用了多功能相控阵雷达、主动雷达寻的制导、地面机动式垂直发射等高技术，使该地弹具有机动能力强，可全天候、全空域攻击的特点。除截击中高空、中远程飞机目标外，还具有拦截战术弹道导弹和巡航导弹的能力，而且还能在中低空、中近程和低空范围进行有效的防空反导作战。应该说，SA-12 是“萨姆”系列导弹中最优秀的一型，其性能可与美国的“爱国者”相媲美。

SA-12 地空导弹长 7.5 米，弹径 0.5 米，最大翼展 1.35 米；两台固体火箭发动机推进，飞行马赫数高达 5~6；最大射程 100 公里，最小射程仅 5 公里；最大射高 30 公里，最小射高只有 100 米。导弹制导方式为无线电指令加半主动雷达寻的，在弹道的初段和中段，地面相控阵雷达可同时制导 3 枚导弹跟踪不同方向、不同高度的来袭目标。弹道末段，则依靠弹上半主动雷达导引头进行自动寻的。战斗部采用高能炸药爆破战斗部，并使用近炸引信起爆。

SA-12 是以导弹连为最基本的作战火力单元，每个连配有 1 辆指挥车、1 辆制导雷达车、1 辆备用导弹装填车和 2~3 辆导弹运输—起竖—发射车。多功能相控阵雷达作用距离达 270 公里，能同时跟踪多个目标，制导多枚导弹，并能实施有效的干扰。导弹运输—起竖—发射车是一种重型履带车，长 9.3 米，宽 4.5 米，高 3.4 米，总重 24 吨，公路时速 60 公里，最大行程可达 500 公里。每车装有一座四联装导弹发射装置和一部导弹制导雷达。战时，发射装置竖起进行垂直发射，制导雷达为避免顶部盲区也竖起直立工作。

SA-12 的最大特点就是克服了“萨姆”导弹那种傻大黑粗的缺点，而变得设计简单，组合紧凑，且技术性能先进。从作战效能指标来看，SA-12 大大优于 SA-5，但弹长比其少 9 米，弹径 0.57 米，翼展小 2.3 米。导弹的发射重量不详，但发射车仅 24 吨，估计导弹重量在 2 吨以下，这和 SA-5 导弹的 10 吨重量又形成了鲜明对比。

## 单兵便携式防空导弹

单兵便携式防空导弹是地空导弹系列中体积最小、重量最轻、射程最近、射高最小的一种轻型防空武器，主要配备于作战地域前沿或重要设施的防空区域，主要打击对象是低空、超低空飞行的战斗机、攻击机、轰炸机和武装直升机。

什么是低空、超低空飞行呢？低空飞行是指 1000 米以下，超低空飞行则指 10~100 米高度。低空和超低空多在雷达盲区之内，地形较为复杂，利于飞机、直升机隐蔽接敌。同时，由于地空导弹的最小射高和射程往往难以覆盖这一区域，从而为敌机突防留下了一块空白区域。70 年代以来，越南战争、中东战争、马岛战争和海湾战争中都成功地利用了低空、超低空突防的战术，有人将之称为“一树之高”的进攻战术。越南战争中，1972 年以前，平均每 10 枚地空导弹就能击落一架来袭的美军飞机；1972 年以后，由于采用了低空、超低空突防战术，平均每 130 枚地空导弹才能击落一架飞机。1967 年 6 月 5 日，以色列上百架飞机以掠海面 10 米的高度飞过地中海，又巧妙地利用地形地物在雷达盲区中飞行，直奔埃及的 9 个军用机场，结果 300 架战斗机被击毁于地面。海湾战争中，F-117A 战斗机以 50 米高度飞临目标上空投弹，从而大大提高了激光制导炸弹的命中精度。

空中目标在战术上采取的新的变化，必然影响武器发展的相应变化。飞机、直升机以 10~1000 米高度进行低空、超低空飞行，再用射程 250 公里、重达 10 吨有余、长约 17 米的大型中高空地空导弹攻击显然不妥。为此，从 70 年代以后，单兵便携式防空导弹便应运而生。

单兵便携式防空导弹已经发展了三代：第一代是美国的“红眼”和苏联的 SA-7；第二代是美国的“毒刺”、英国的“吹管”和瑞典的 RBS-70；第三代是美国的“毒刺”改进型、法国的“西北风”和英国的“标枪”、“星光”。单兵便携式防空导弹一般采用专门的发射器进行肩扛发射，发射器为一次使用型；导弹长约 1 米左右，最长达 1.5 米；弹重 10 公斤左右，最重 15 公斤；有效射程为 2~7 公里；有效射高也为 2~5 公里；飞行马赫数 2 左右，个别能达 4~6；动力装置多为固体火箭发动机，发射时用助推火箭发射，离发射筒数米后主航发动机启动。这种导弹具有小巧、轻便、隐蔽发射的特点，在历次战争中都发挥了重要作用，据说阿富汗游击队用它击落了 500 多架飞机和直升机。

单兵便携式防空导弹的最大特点就是小、轻、快、猛，不需专用电源车、指挥车和成套的保障设备，便可在敌前沿作战区域内进行隐蔽攻击，因此属单兵点防空装备。为了突出上述特点，发射和制导就要力求简便，决不能像“爱国者”那样复杂。发射方式大致可分为两种：一种是肩扛式发射，一种是依托式发射。

肩扛式发射就是发射者呈站立姿态，发射仰角选在 15°~65°之间，将

发射器置于肩上，用单目瞄准镜进行瞄准、像发射反坦克火筒那样扣动扳机便可。这类发射方式最典型的是美国的“毒刺”导弹，这种导弹全长 1.52 米，弹径 0.07 米，发射重量 10.12 公斤。发射筒重约 5.7 公斤，长约 183 米，口径 0.09 米，为玻璃纤维质材料制作，筒上备有便携背带。

依托式发射方式是指发射装置装在三角支架上、车辆上、舰船上或任何固定及移动的平台上进行发射，此类发射方式的典型型号是英国的第三代“星光”导弹。“星光”是便携式导弹中性能最好的一型，它可单兵肩射，也可用支架发射，还可用八联装发射车发射。这种导弹有两大特点，是所有便携式导弹所不及的。一是采用了一种新型火箭发动机，导弹发射 2 秒钟后，便可在 300 米之内将飞行马赫数加到 4，其飞行马赫数最大可达 6；二是采用了多弹头战斗部，一个战斗部内可分离出 3 个子弹头，它们不仅能以高速动能穿甲和高爆进行杀伤，还能从三个不同方向分进合击一个目标，这不能不让人拍案叫绝。“星光”有效射程 7 公里，单发命中精度高达 96%。

单兵便携式导弹是怎样制导的？

这种导弹的制导方式一般比较简单，因弹体太小，无法装设雷达和微处理器等复杂的制导设备，故多采用光学、红外和复合制导等方式。“毒刺”导弹采用的是光学瞄准和红外寻的，属主动式制导方式。导引头装在导弹最前端，用以探测飞机辐射出的高温热源，然后将目标信息传给电子组件，转变为指令制导，控制伺服系统动作，从而按比例导引法飞向目标。

“星光”导弹主要采用复合制导方式，在导弹飞行阶段，采用指令瞄准线制导，即半自动无线电指令制导，射手只需用眼睛跟踪目标，使之保持在瞄准镜的瞄准线上即可；3 个子弹头脱离母弹后，即由激光波束制导，在激光的导引下，3 个子弹头从不同方向分进合击，摧毁目标。

## 空地导弹

空地导弹是由轰炸机、战斗轰炸机、歼击机和武装直升机携带，从空中发射，用于攻击地面目标的一种航空导弹。据不完全统计，目前世界上正在服役和研制的有 50 多种型号，其中最主要的也有 20 多种。主要集中在美、苏、英、法、德等国。

空地导弹一般分两大类，即战略型和战术型。战略型空地导弹是专门为轰炸机设计的一种远程攻击型武器，主要有机载洲际导弹（如美国曾用 C-5 飞机试射“民兵”洲际导弹）、空射巡航导弹和一般战略导弹。1981 年 9 月 15 日，世界上第一批空射战略型巡航导弹正式装备美国空军使用，该导弹编号为 AGM-86B，发射重量 1450 公斤，射程 2500 公里，飞行速度 885 公里/小时，核弹头当量达 20 万吨梯恩梯，它主要由 B-52 轰炸机携带，每机装 12 枚。这种导弹射程远，采用惯导加地形匹配制导，命中精度较高。目前，美国正在研制新一代隐形巡航导弹，据称其射程为当代巡航导弹最大射程的 4 倍，即 9600 ~ 10000 公里，其雷达反射面积很小，在荧光屏上图像显示比针头还要小。前苏联也在研制空射型巡航导弹，射程预计可达 2700 公里以上。除空射巡航导弹外，一般的战略型空地导弹作战效能也相当高，而且大都能携核弹头，用于攻击较大型地面战略目标。这类导弹的发射重量一般为 4000 公斤左右，最重的可达 9500 公斤（前苏 AS-3）；飞行马赫数一般为 2 左右，最远可达 960 公里（美 AGM-28B）。

战术型空地导弹是种类最多、装备数量最大、在实战中应用最广的一种导弹。这类导弹主要指对地攻击型导弹，但也包括战术巡航导弹、反辐射导弹和反坦克导弹等。战术空地导弹的重量一般在 200 ~ 800 公斤之间，个别的达 966 公斤（美 AGM-53A），最重的则达 4077 公斤（前苏 AS-5）；射程一般为数十公里，最远可达 160 ~ 320 公里（前苏 AS-5）；飞行马赫数一般为 1 左右，最高可达 3（美 AGM-88A）。空地反坦克导弹有十多个型号，大都是地面反坦克导弹的改进型，这类导弹一般由武装直升机携带，有时也由反坦克飞机携带（如美国的 A-10）。反坦克导弹一般射程为 3 ~ 4 公里，最大破甲厚度为 400 ~ 600 毫米。空射战术型巡航导弹也是对地攻击的有效武器，像美国的“战斧”BGM-109H 射程可达 450 公里，A-6、F/A-18、F-16、F-111 等飞机均可携带，一架 B-52 架飞机可携 20 多枚。

## 海湾战争中使用的空地导弹

在 1991 年 1 月 17 日至 2 月 28 日爆发的海湾战争中，美军及多国部队首次使用了“斯拉姆”、“幼畜”、“跳跃者”和 AS-30 等空地导弹，其中，第一次用于实战、性能又最为先进的是美国海军研制的、用于装备舰载攻击机进行对陆攻击任务的“斯拉姆”。

“斯拉姆”是一种机载远程对地攻击导弹，由“鱼叉”导弹改进而成，同时吸取了“幼畜”（又译“小牛”）导弹在红外成像寻的和“白星眼”导弹在数据链方面的先进技术，并加装了 GPS 卫星导航全球定位接收，用以校正导弹的惯导系统。飞行员发射导弹后，能通过电视屏幕所显示的图像修正飞行中的导弹轨迹，以确保其误差精度不大于 10 米。“斯拉姆”导弹射程 90~180 公里，主要由 A-6、A-7 攻击机和 F/A-18 战斗/歼击机携带。1988 年海军订 60 枚，原来预计 1991 年 8 月能交付部队使用，海湾战争爆发前，美国海军才决定在战场上对其作战效能提前进行最终的鉴定试验。

1991 年 1 月 18 日，即海湾战争爆发后的第 2 天，2 架载有“斯拉姆”空地导弹的美国海军 A-6E“入侵者”舰载重型攻击机和 1 架 A-7“海盗”舰载轻型攻击机从部署在红海的“肯尼迪”号航空母舰上起飞，飞越沙特阿拉伯领空，直逼伊拉克境内。这 3 架飞机的主要任务是炸毁伊发电厂的主要控制设备，瘫痪其整个发电能力。A-6E 舰载攻击机发现目标后，通知 A-7 攻击机予以协同，于是便接近目标，进入导弹射程之内后首先发射了第一枚“斯拉姆”导弹把坚固的厂房炸开一个直径 10 米的大洞。2 分钟后，另一架 A-6E 向目标发射了第 2 枚“斯拉姆”导弹，于是出现了奇迹：第 2 枚导弹居然从第一枚导弹炸开的洞口穿入厂房内部，将电站彻底摧毁。美国人给“斯拉姆”的精采表演打了一个 A+ 分。

“斯拉姆”空地导弹的成功使用，说明最新一代空地导弹已具备指哪儿打哪儿、攻击高精度点状硬目标的能力，这种远战兵器不仅杀伤威力极大，而且可以免伤非军事目标，所以特别适合“外科手术式”作战。

## 反辐射导弹

我们知道，现代化武器装备区别于传统武器装备的一个最突出的特点就是电子化程度高。一艘舰艇、一架飞机、一枚导弹，都有许许多多复杂的电子设备进行探测、指挥和引导。在这些电子设备中，最好的是雷达，因为它是探测、跟踪、识别和引导武器进行攻击和反击的关键性装备。一型装备，一种武器，如果失去雷达的引导，就像一个身强力壮的健将失去了双眼一般，任凭你浑身是胆，力大无比，也很难找到你所要攻击的对象，更不用说进行攻击了。为了摧毁雷达系统，从 50 年代末开始，就研制第一代反辐射导弹，目前已发展了十多个型号，发展到第三代，它们主要集中在美、苏、英、法等几个国家。

反辐射导弹是一种利用敌方雷达辐射的电磁波发现、跟踪并摧毁目标的导弹，所以又叫反雷达导弹。世界上最早的反辐射导弹是美国 1964 年装备使用的“百舌鸟”导弹，它也是世界上第一次用于实战的反辐射导弹，60 年代中期在越南战场上发挥了重要作用。“百舌鸟”导弹代号为 AGM-45A，属空地导弹中的一种型号，主要装备攻击机和战斗机，先后共生产 2500 枚左右，现已停产并逐渐退役。作为第一代第一型反辐射导弹，“百舌鸟”的性能并不算好，它弹长 3.05 米，弹径 0.2 米，射程 12 公里，最大飞行马赫数 2，发射重量 177~181 公斤，发射高度 1500~10000 米，战斗部重 66.7 公斤，有效杀伤半径 15 米。除“百舌鸟”外，第一代反辐射导弹还有前苏联的“鲑鱼”AS-5，它于 1966 年服役，是一种较大型的导弹，弹长达 8.647 米，弹径 1 米，翼展 4.522 米，射程 50~170 公里，发射重量 3983 公斤，战斗部重达 150 公斤。

第二代反辐射导弹是 70 年代服役的导弹，主要型号有：美国的“标准”AGM-78A、B、C、D 和“百舌鸟”改进型、AGM-45A-9、ACN-45A-90，前苏联的“王鱼”AS-6 和英法联合研制的“玛特尔”AS-37。这几型导弹中，性能最好的是前苏联的“王鱼”AS-6 反辐射导弹，它长达 9 米，射程低弹道时为 250 公里，高弹道时可达 700~800 公里，最大飞行马赫数在高空飞行时能达 3，发射重量 4800 公斤，发射高度 10000~12000 米，制导方式为惯性加末段被动制导，战斗部重量达 1000 公斤，1972 年服役后主要装备图-16H 和图-22M 轰炸机。“王鱼”导弹在弹长、射程、速度、发射重量、发射高度和战斗部重量六项指标中居世界反辐射导弹之首位。

第三代反辐射导弹是 80 年代以后服役的导弹，主要型号有：美国的“哈姆”和“默虹”，代号分别为 AHM-88、AGM-136（此外还研制了一型“响尾蛇”AGM-122A，但尚未装备）；英国的“阿拉姆”；法国的“阿玛特”和苏联的 AS-9。除上述空射反辐射导弹外，以色列还于 1982 年研制成功地地型“狼”式反辐射导弹，并在黎巴嫩战场投入使用。

“哈姆”导弹历经 10 年研制才于 1983 年装备使用，几次实战中表现了

极好的作战性能，能用一枚取代 9 枚“百舌鸟”和 5 枚“标准”反辐射导弹。

“哈姆”导弹计划采购 2 万枚，主要装备海空军战斗机、攻击机和轰炸机。

“默虹”是一种可昼夜使用、用于摧毁地面雷达、机载雷达和干扰机的远程导弹，海湾战争首次使用，主要装备 A-6E、A-7 和 B-52 轰炸机。

“阿拉姆”机载反辐射导弹长 4 米，射程 20 公里，最大飞行马赫数 2，1987 年装备部队，海湾战争中首次实战应用。初步计划生产 750 枚，主装“旋风”攻击机，每机可挂 9 枚，预计需求量 15000 枚以上。“阿玛特”导弹是一种射程较远的导弹，最大射程可达 100 公里，战斗部重 150 公斤，两伊战争中，伊拉克飞机使用该型导弹攻击地空导弹雷达，取得 8 发 7 中的成绩。

除反辐射导弹外，美、英、德等国正在研制 203 毫米和 155 毫米口径的反辐射炮弹，典型型号为 ARP、DAD 和 AED 等。

一般战术导弹都是采用主动寻的方法导向目标，即开启弹体雷达或红外扫描装置，对拟攻击目标进行主动搜索和跟踪，最后将其摧毁。反辐射导弹则不同，它是一种利用对方地面、舰载或机载雷达的电磁辐射，来搜索、跟踪和摧毁目标的一种武器。也就是说，反辐射导弹攻击目标的手段是“顺藤摸瓜”，以被动探测方式来摄取目标的电磁频谱，然后进行攻击。用反辐射导弹攻击地面雷达目标的作战方法一般有两种：

一是中高空攻击法。载机在中高空飞行，获取敌地面雷达的工作频率和各种电磁辐射信息，在离雷达站一定距离处进入雷达波束，发射导弹，然后继续向前飞行。为防止敌雷达因发现有来袭导弹而关机，载机可掉转航向再次进入敌雷达波束之内，吸引其保持开机状态，掩护反辐射导弹攻击。反辐射导弹则以被动雷达寻的方式，以敌雷达辐射波为导向，对目标实施攻击。

二是低空攻击法。载机在低空飞行，并在敌雷达作用距离之外发射导弹。导弹先在低空水平飞行一段距离，然后进入雷达作用范围，按既定程序爬到弹道顶点，转入自导头制导，沿敌雷达辐射的电磁波导向目标。

反辐射导弹以它独有的特点，在近年来的战争中发挥了日益巨大的作用。

1991 年 1 月 17 日凌晨 3 时许，伊拉克首都巴格达灯火通明，市民们晨睡正酣。突然，数十枚巡航导弹接踵而至，数百架飞机临空轰炸，有的飞行高度只有五六十米。第一波轰炸持续 3 个多小时，继而进行了第二、第三波轰炸，开战第一天，多国部队就出动了 2000 多架次、十五六种类型的飞机。从电视画面上我们可以看到：多国部队飞机如入无人之境，想炸哪里就炸哪里，只见放烟火般的地面炮火，却不见伊空军的飞机和防空导弹。伊拉克空军飞机为什么不起飞拦截呢？巴格达地面防空部队的数千枚地空导弹为什么全成了哑巴？当时有的军事评论家认为，这是萨达姆的防御战略，保留实力，避免正面交锋，以达到后发制人之目的。事实果真如此吗？为什么 42 天的战争中始终未见空军飞机迎战？未见地空导弹反击？其中奥妙只有一个，那就是电子战发挥了极其重要的作用。

人们只看到 1 月 17 日凌晨 3 时火光冲天、机群轰炸的场面，却很少有人知道，在总攻开始前 5 个多小时，“沙漠风暴”行动的第一乐章——代号为“白雪行动”的规模电子战已经全面展开。数十架电子战飞机以强大的电磁功率对伊科战区实施了阻塞式电子干扰，开战前伊军通信已经中断、指挥已经瘫痪、雷达迷盲、荧光屏上一片雪花。携载“哈姆”、“阿拉姆”、“百舌鸟”、“默虹”反辐射导弹的数十架 EA-6B、F-4G、EF-111 和“海盗”等攻击机和电子战飞机乘虚而入，彻底摧毁了巴格达地区的机场雷达、防空导弹的火控雷达及用于指挥通信和电视、电台广播的各种无线，使伊军彻底丧失了反击能力，徒有一群飞机却无法进行机场调度和空中管制，徒有数千枚“萨姆”防空导弹却不知该往哪儿打。在 42 天的战争中，多国部队共发射了 1000 多枚反辐射导弹，摧毁了伊军 95% 以上的雷达和电子设备，使 50 多个地空导弹阵地无法工作，对确保己方空中兵力的生存能力和提高空袭作战效能上发挥了极为重要的作用。

反辐射导弹不仅在海湾战争中发挥了重要作用，在越南战争和美利冲突中作用也十分明显。1986 年 3 月 24 日晚 10 时 6 分，美国海军两架 A-6E 攻击机从位于地中海的“萨拉托加”号航空母舰上起飞，直抵利比亚锡德拉海岸的“萨姆”5 地空导弹发射阵地，连发两枚“哈姆”导弹即将其火控制导雷达全部摧毁，消除了对美海军航空兵的威胁，为下一步袭击作战奠定了重要基础。1986 年 4 月 15 日凌晨，美国又出动 250 多架飞机对位于的黎波里和班加西的 5 个利比亚境内目标进行了“外科手术式”空袭和轰炸。在开战前 90 分钟也进行了类似于“白雪行动”那样的电子干扰，在 17 架 EF-111 和 EA-6B 电子战飞机成功地对预定目标实施有效的电子压制之后，18 架 A-7 舰载攻击机和 F/A-18 舰载战斗/攻击机，于空袭开始前 6 分钟进入电子战飞机所形成的干扰走廊，首先以 60 米高度在敌雷达盲区内超低空飞行，进入反辐射导弹的有效射程之后，突然爬升到 150 米高度，摄取敌雷达波束和工作频谱，一经锁定后立即发射导弹。这次冲突中共发射 340 枚反辐射导弹（其中“哈姆”30 枚），摧毁利 6 个雷达站和若干个机场观察通信设备和指挥塔台，为后续部队大规模空袭扫除了障碍，消除了威胁。

## 诱惑导弹

在现代飞机和导弹的设计中，减小雷达反射面积，提高隐身效能，是一项极其重要的战术技术指标。但是，有一种导弹却恰恰相反，它善于表现自己，生怕敌方的雷达发现不了自己，还特意将外形做成矩形，以最大程度地反射雷达回波，它就是用于诱惑、干扰和摧毁敌重要目标的诱惑导弹。

从 50 年代中期起美国就开始研制这种导弹，到目前仅发展了两型，一型是“鹤鹑”导弹，一型是亚音速飞航式武装诱惑导弹。“鹤鹑”导弹长 3.91 米，发射重量 545 公斤，飞行马赫数 0.9，实用高度 16000 米，最大射程 639 公里。其外形为飞机式，头部呈球形，弹体为矩形，用玻璃钢制成，使用涡轮喷气发动机推进。一架 B-52 飞机可携两枚，装在机舱内，发射后弹上发动机便点火，弹翼和尾翼自动张开，然后按预定航线航行，在敌空域上空实施干扰或掩护 B-52 飞机突防。

亚音速飞航式武装诱惑导弹，弹长 4.26 米，发射重量 771 公斤，飞行马赫数 0.8 以上，最大射程 1600 公里。导弹弹体采用铝合金结构，弹翼可折叠，每架 B-52 飞机可外挂 20 枚。导弹仍采用涡轮喷气发动机推进，弹上装有惯性制导系统、探测设备、电子干扰设备和假目标发生器等。武装型诱惑导弹还装有末制导设备和 5 万吨梯恩梯当量的核战斗部。作战时，B-52 飞机进入敌防空区域后即发射诱惑导弹，导弹在惯导系统制导下，以与 B-52 差不多的速度飞行，并模拟 B-52 的飞行航迹，在遇有威胁时可进行规避，并能主动发射与 B-52 飞机上电子设备相同的信号和干扰信号。装有战斗部的诱惑导弹还可压制敌机场、预警和地面引导雷达站等。

诱惑导弹因其本身的雷达反射面积大，基本上和 B-52 飞机差不多，所以能起到鱼目混珠的效果，使敌人真假难辨，从而达到掩护 B-52 飞机突防的目的。诱惑导弹由于装有回波增强器、杂波干扰机、欺骗式干扰机等电子战设备，所以还能在敌空域上空实施主动而有效的电子干扰和压制，以掩护载机对目标实施袭击和轰炸。

## 空空导弹

空空导弹是从空中发射、用于攻击空中目标的导弹，是现代作战飞机的主要武器。战后以来，空空导弹经过 40 多年的发展，目前已发展了四代，有 45 个型号曾经或正在服役，另外，还有 6 种新型导弹正处于研制之中。

第一代空空导弹是 50 年代中期开始装备部队的，当时的主要攻击目标是轰炸机，一般采用尾追攻击的战术进行空战。第一代空空导弹的射程较近，只有 1.1~12 公里，都是近距攻击导弹；最大使用高度多为 15 公里；最大飞行马赫数为 1.7~2.5，战斗部重一般为 9~30 公斤。当时的制导系统虽为红外型和雷达型，但性能较差，目标稍作空中机动，便无法进行咬尾攻击。

第二代空空导弹是 60 年代中期服役的，是为对付超音速轰炸机而设计的。多数战术飞机既可执行截击任务，又可执行轰炸任务，所以，出现了可迎头攻击和全天候使用的空空导弹。第二代导弹的特点是最大发射距离增加到 8~22 公里，最大使用高度增加到 25 公里，战斗部重量也增至 11~70 公斤，导弹的命中率有所提高。在制导方式上，虽仍使用红外和雷达制导，但性能已有很大提高，在战术使用上已能进行全向攻击及全天候作战，导弹战斗部也开始使用近炸引信。

第三代空空导弹是 70 年代中期开始服役的，它主要分三种类型：一是远距截击空空导弹。这种导弹射程一般达 40~50 公里以上，最远的可达 110~160 公里，因此可以对付从超高空几十公里到超低空几十米的空中目标，可以用于战区防空和遮断任务。既能尾追，又有迎击；既能向上发射，又能向下发射；既能单枚发射攻击单个目标，又能多枚齐射攻击多个不同的目标。二是中距空空导弹。这种导弹射程一般在 10~50 公里之间，用于对付超低空入侵的战斗机和巡航导弹，其最大特点是射程大、机动性好、具有下射能力，有的还具有全方向、全高度和全天候能力。这一代中距空空导弹的主要型号有：美国的“麻雀”AIM-7M，苏联的 AA-7 和 AA-9，英国的“天空闪光”，法国的“玛特拉”超 530 和 F、D 型等。三是近距格斗空空导弹。这种导弹射程在 10 公里以内，主要是在空中近距交战中攻击对方的战斗机，其主要特点是机动性能好，导引头截获目标区域大且十分灵敏，载机不必作大的机动飞行便可攻击前方 120° 内的目标。近距导弹的主要型号有：美国的“响尾蛇”AIM-9G、H、E、J、N、P 型，南非的“短刀”等。近距格斗型导弹主要有美国的“响尾蛇”AIM-9C、9M，苏联的 AA-8、法国的“魔术”R-550 型，以及以色列的“怪蛇”3 型。

第四代空空导弹是 80 年代中期以后研制和服役的导弹。美国的 AIM-120A 先进中距空空导弹（AMRAAM）具有发射后不管、复合制导、多目标攻击、全天候作战和下视下射、上视上射的特点，发射距离在 100 公里以上，同时还具备攻击巡航导弹等小目标的能力，以及近距攻击的特性。英德合研的 AIM-132 先进近距空空导弹（ARAAM）则具有离轴发射能力、分辨能力强、机

动能力大、能全向攻击多目标的能力。

## 反坦克导弹

战后以来，反坦克导弹的发展受到各军事大国的重视，从 50 年代中期开始有所发展。世界上最先装备使用的反坦克导弹是法国于 1952 年研制成功、1956 年装备使用的 SS-10 导弹。从那时起到现在，反坦克导弹已发展了三代，生产了 40 多个型号，装备了 30 多个国家，并在历次战争和冲突中发挥了重要作用。

第一代反坦克导弹是指 60 年代末之前服役的导弹，其代表型有：法国的 SS-10、SS-11、SS-12，西德的“眼镜蛇”，日本的“马特”，英国的“摆火”，苏联的 AT-1、AT-2 和 AT-3。从这一代导弹的发展来看，法国居领先地位，它研制的 SS-12 导弹（1962 年装备）的各项指标在当时都属最好水平，该型导弹射程 500~6000 米，导弹飞行速度 190 米/秒，弹径 210 毫米，弹长 1870 毫米，翼展 650 毫米，弹重 75 公斤。第一代反坦克导弹的研制成功对坦克形成了较大威胁，对后来二、三代导弹发展发挥了重要作用。但第一代导弹大都采用手控有线制导，反坦克导弹射手易遭对方攻击，导弹飞行速度较低，机动能力也较差。

第二代反坦克导弹是 70 年代初至 70 年代末服役的导弹，其代表型有：苏联的 AT-4、AT-5、AT-6，美国的“陶”、“龙”，法国的“哈嘭”、“阿克拉”，西德的“毒蛇”，法德联合研制的“米兰”、“霍特”及日本的 KAM-9 等。这一代导弹中，各项性能最好的是“陶”，其次是“霍特”、“米兰”和“龙”式反坦克导弹。“陶”式导弹在射程、飞行速度、弹径、弹长和翼展 5 项指标中属第二代中最好的，分别为 65~3750 米，350 米/秒，152 毫米，1178 毫米和 340 毫米。弹重最重的是“霍特”导弹，21.48 公斤；破甲能力最强的也是“霍特”，达 800 毫米。第二代导弹的突出特点是采用了管式发射、光学跟踪、红外半自动有线制导，飞行速度提高了 1 倍，机动能力由于可以车载和机载从而大大提高，命中概率已达 80%~90%，破甲厚度也有所提高。这一代导弹还可分为轻型、重型两类：“米兰”和“龙”即为轻型，其射程在 1000~2000 米以内，弹重在 7 公斤左右；“陶”和“霍特”即为重型，其射程在 4000 米左右，弹重在 20 公斤上下。

第三代反坦克导弹是指 80 年代初以后服役的导弹和正处于研制阶段的导弹。这一代反坦克导弹性能明显提高，其代表型为：美国的“陶”2“陶”3、“狱火”（又译“海尔法”），“坦克破坏者”等。这一代反坦克导弹的特点是通过车载和机载提高了机动能力，进一步增大了射程，提高了飞行速度和命中率，在制导方式上开始采用激光、红外、毫米波等新体制。最有代表性的是由“阿帕奇”反坦克直升机携带的“狱火”，它能超音速飞行，最大飞行马赫数能达 1.17，最大射程可达 7.5 公里，采用半主动激光制导，弹重约 50 公斤。

现代反坦克导弹采用了激光、红外、毫米波等先进的制导方式，彻底抛

弃了那根用以制导的导线，从而使导弹有了发射后不管、自动导向目标的能力。激光制导反坦克导弹实际上多为半自动导引型，其发射方式和航空激光制导炸弹是一样的，即瞄准手必须在导弹命中坦克之前始终用激光器发射出的激光束瞄准坦克，坦克接受照射后必然产生一种激光辐射，反坦克导弹所需要的就是这种辐射，于是，它便径直向坦克飞去，只要这种辐射不中断，它就能命中目标。这种制导方式实际还要射手保持瞄准，虽然发射导弹的飞机或车辆发射后不管了，可瞄准手还得管，所以也有很大危险。

毫米波自动导引是一种真正的发射后不管的导弹。毫米波是指波长相当于 10~1 毫米，频率 30~300 千兆赫的一种电磁波。这种毫米波段有一种很奇特的现象：大地自然地形有比较低的反射性和比较高的放射率，而金属目标则恰恰相反，它却具有较高的反射性和较低的放射率。也就是说，当一辆坦克在野外隆隆开进的时候，坦克与背景（大地）毫米波的反射性就有明显差异，即坦克的反射性较高。利用这一原理，把导弹寻的头做成毫米波被动导引式，让它自己去感受这种变化，去追踪反射性较高的目标，当达到真正的发射后就不管了。

除毫米波制导外，红外成像制导也具有发射后不管的功能。它所采用的红外辐射原理与毫米波反射原理相同，也就是说，一辆开进的坦克所辐射出来的热量与大地背景是明显不同的，根据这样的差异，让导弹进行被动探测和跟踪，也同样达到摧毁目标的目的。

## 反坦克导弹的发射

反坦克导弹和其他导弹的发展一样，也经历了一个由简单到复杂、由单一制导到多体制制导和复合制导、由人工干预到发射后不管，进行自动寻的的复杂过程。

第一代反坦克导弹基本上是手控制导，即有线制导反坦克导弹。这种制导方式非常简单，它是根据步枪射击中“三点成一线”的瞄准、跟踪和击发原理而设计的，导弹尾巴上拖着一根制导导线，射手通过望远镜观察，眼睛、目标和飞行中的导弹是否在同一条直线上，如有偏离，则扳动控制盒中的四个手柄，使之向上、向下、向左、向右改变弹道，很像我们现在电子游戏机的操纵程序。由于人工干预太多，就有点像步枪射击，虽然枪是一样的，可射手不同成绩就相差很大，所以手控线导反坦克导弹的命中概率很低，不到 60%，而且仅适用于单兵，机动发射很困难。

第二代反坦克导弹主要采用红外测角仪半自动有线制导，管式发射。这种发射方式原理其实和第一代发射原理是相同的，也是通过望远镜把十字线对准目标，用手工干预的方式使之进入正确飞行弹道，所不同的是由纯目视瞄准转为红外光学瞄准，把导弹飞行时尾部的曳光管改为红外发光装置。此外，只要用红外测角仪瞄准目标，不必老担心三点是否成一直线，测角仪就会自动发出修正指令使导弹进入正确的弹道，大大简化了射手的操纵过程。但最根本的一点没有任何改变，即导弹尾部仍然拖着那根长达几公里的导线。红外制导虽然提高了命中概率，但射手的训练和经验等人工干预因素仍起主导作用，由于采用线导，导弹发射后射手还要原地不动地进行制导，这在战场上相当危险，极易被敌杀伤。

反坦克导弹种类繁多，发展也十分迅速。导弹射程远近相差极大，“挫败进攻者”最远可达 200 公里，而一般的轻型反坦克导弹都只有 1 公里；弹重也是如此，有的重达 200 多公斤，有的却只有 6 公斤。导弹差异这么大，它们是怎样发射的呢？一般来说，反坦克导弹的发射方式有以下几种：

一是简易发射方式。第一代反坦克导弹多采用这种方式，弹翼做得很大，用来支撑在地面上发射，发射动力采用火箭发动机。

二是管式发射方式。从第二代反坦克导弹开始，就广泛采用管式发射方式。在管式发射方式中，有单兵便携式，三脚架式；也有以吉普车、履带式装甲车为运载和发射平台，将发射管装于其上的发射方式；还有用火炮、无坐力炮和火箭进行发射和助推的方式。对于管射式反坦克导弹来说，其发射动力可用火箭发动机，也可用无坐力炮、甚至用普通火炮。美国第三代反坦克导弹“萨达姆”和“铜斑蛇”就是分别用 203 毫米榴弹炮和 155 毫米榴弹炮发射的，其射程分别达 30 公里和 20 公里。一般来说，用固体火箭发动机助推，是给导弹一个足够大的初速，之后，它会自然点燃续航发动机进行飞行。炮射导弹则可依靠巨大的初速靠惯性飞行。

三是空射式。空射式反坦克是从第二代开始使用、到第三代大幅度提高作战性能的。用武装直升机或反坦克飞机发射反坦克导弹有许多独到的优点，如平台机动性高，可充分发挥反坦克导弹的威力；射程远，A-10 攻击机携带的“小牛”导弹最大射程能达 40 公里；携载量大，一般车载型多为四联或八联装，但用武装直升机却可携载 16 枚反坦克导弹（“阿帕奇”），作战效能明显增强。机载型导弹主要有“小牛”、“狱火”、“陶”、“沃斯普”和“挫败进攻者”。

战术导弹一般在对流层内飞行，正是风、雨、雷、电相互作用、气流上下湍动，空气最稠密的一层大气层，所以雷雨天发射导弹，有时碰巧在空中遇雷电时则会发生雷击导弹的事件。不过，此类事件很少发生，有记载的只有过一次，即 1984 年 6 月上旬某日“马特”反坦克导弹遭雷击事件。

当时，天降小雨，云层较低，只有 250 米，在日本香川县境内，陆上自卫队正在进行“马特”反坦克导弹的实弹射击训练。“马特”导弹是日本研制的一种线导反坦克导弹，1967 年开始装备部队。该弹长 1 米，直径 120 毫米，重 15.7 公斤，射程 1500 米，每个发射装置有 5 名操作手操纵。事件发生时，导弹已接近目标靶板，恰巧遇到一个落地雷，先是一道强烈的闪光，继而发出一阵轰鸣，导弹被击落在地，超高压电流沿制导导线传到操纵台，5 名操作手受到强烈冲击，手脚麻木而倒地，分别造成不同程度的烧伤。

## 海军导弹

世界上有 110 多个国家和地区拥有海军或海上力量，其中能够自行设计和生产导弹的国家屈指可数，只有美、苏、法、英、意、日、挪威、瑞典、德国、以色列等十几个国家，而能够生产各种各样的海军导弹（包括战略导弹）的国家则只有美苏两家。前苏联海军因舰载航空兵较落后，所以在舰载机所携空空、空地、空舰和反辐射导弹等方面又落后于美国，在舰空导弹等方面水平也较差，所以，世界上只有美国海军导弹的数量最多、种类最全、技术最为先进。

海军是一个综合性战略军种，所以在导弹发展方面一向讲究大而全，其他军种拥有的主要导弹它几乎都有，人家没有的（如用于海上和水下发射的）它也应应有尽有，因而是一个导弹武器的“小联合国”。

美国海军的导弹研制是从 1944 年开始的，目前已拥有 30 多种，生产数万枚之多，装备海军数百艘舰艇和数千架飞机。

目前，世界上共有 300 多种导弹，仅海军导弹就有 120 种之多。海军导弹一般分为舰对舰、舰对空、空对舰、潜对舰、潜对空、潜对潜、空对潜和岸对舰等多种形式。海洋不像陆地，一般水面舰艇在水面上没有任何地形地物可供依托，面临来自空中、水面、水下和陆地的多维威胁，所以，对海军导弹来说，有许多特殊的要求：如必须具有一定的射程、较高的命中概率、较快的反应速度、抗盐雾和不良气候的侵袭、能在摇摆不定的舰上发射、能在水下隐蔽攻击等等。概括来看，现代海军导弹主要有以下四个特点：

第一，射程远目前反舰导弹射程一般在 30~200 公里左右，有的可达 450~550 公里（如美国的“战斧”和苏联的 SS-N-19）；舰空导弹射程一般达 20~120 公里，射高达 30 公里；舰载机发射的空对空导弹一般为 15~30 公里，个别达 110~140 公里（如美国的“不死鸟”）反潜导弹（火箭助飞鱼雷）一般达 40~60 公里；潜地巡航导弹可达 2500~3000 公里（如美国的“战斧”和苏联的 SS-N-21）；潜地弹道导弹可达 8000~11000 公里（如美国的“三叉戟”- 型 D-5 导弹）。

### 第二，精度高

海军导弹的命中概率一般都在 60% 以上，个别可达 90% 以上。例如 1991 年海湾战争中美国海军向伊拉克发射的第一批“战斧”导弹，其命中概率就高达 98% 以上。潜地弹道导弹的圆概率误差已由 60 年代的 2~3 公里下降到现在的 100~300 米，个别可达 90 米左右。一般来讲，反舰导弹的单发命中概率可达 70~90%：舰空导弹多为 60~70%，2 发齐射时能达 90%；舰载机所携空空导弹多为 65~75%，2 发齐射可达 90% 以上。

### 第三，速度快

飞机和导弹是对水面舰艇威胁最大的高速运动目标，所以防空反导导弹速度应为目标速度的 1.5~2 倍左右。通常航空导弹的飞行马赫数为 2.5~

3.5。反舰导弹一般飞行弹道较低，有的还掠海3~4米飞行，空气阻力较大，所以现役反舰导弹一般没有超音速飞行的（有些报道认为前苏联的SS-N-22等飞行马赫数已达1.3以上）。不过，正在研制的新一代反舰导弹预计飞行马赫数将超过2（如法国的“安斯”）。

#### 第四，威力大

导弹的杀伤威力与命中精度和战斗部装药量有关，如果命中精度高，装药量就不一定很多。现代水面舰艇一般没有厚装甲防护，所以中、近程导弹的装药量都不大，多在120~250公斤左右，只有前苏制反舰导弹例外，大都在500公斤以上。用于打中小型舰艇的导弹装药量就更少，例如海湾战争中多次击沉伊拉克导弹艇的英国“海上大鸥”空舰导弹的战斗部只有20公斤。

## 反舰导弹

反舰导弹是专门用于攻击水面舰艇的一种导弹，根据发射平台和远载工具的不同，可分为舰对舰导弹、岸对舰导弹、空对舰导弹、潜对舰导弹等多种类型。

世界上最早研制反舰导弹的国家是苏联，世界上第一枚反舰导弹是 1959 年装备使用的有苏制 SS-N-1 和 AS-1 反舰导弹，世界上第一个用反舰导弹击沉水面舰艇的战例是 1967 年埃及用苏制“冥河” SS-N-2 导弹击沉以色列的“艾拉特”号驱逐舰。

50 年代至 60 年代，为了从岸上、空中和海洋沉重打击美国海军的航空母舰、战列舰和巡洋舰等大中型水面舰艇，苏联研制了第一代反舰导弹。1967 年“冥河”导弹击沉驱逐舰的事件发生后，开始引起世界各国的高度关注，于是兴起了一股发展反舰导弹的热潮。

70 年代是反舰导弹发展的一个高峰，美、苏、法、意和挪威等国相继研制了一批性能较高的第二代反舰导弹，其主要型号有“鱼叉”、SS-N-12、“飞鱼”、“奥托马特”等。80 年代以来，随着高新技术的不断发展和运用，反舰导弹的战术技术性能有了很大提高，这一时期发展的第三代反舰导弹主要有：美国的“战斧”、苏联的 SS-N-22、法国的 SM-39 潜射型“飞鱼”、英国的“海鹰”、“海上大鸥”、瑞典的 RBS-15 等。

第一代反舰导弹的主要特点是战斗部装药量大，穿甲能力强，但飞行弹道高，体积大，抗干扰能力差，反应时间长，不太适宜攻击小型舰艇，且只能用于岸、舰发射。

第二代反舰导弹的特点是体积小，可掠海飞行，反应时间短，能用飞机、舰艇、潜艇发射，但射程较近，一般都不到 100 公里，抗干扰能力也较差。

第三代反舰导弹的特点是反应时间短，射程增大到 500 公里以上，一般也能进行中距攻击；除了多种平台均可发射，还能在水面舰艇和潜艇上垂直发射；并且还能够进行重复攻击，抗干扰能力也普遍增强。

## 超音速反舰导弹

反舰导弹一般都在距海平面 300 ~ 400 米以下的对流层中飞行，空气阻力很大，一般很难进行超音速飞行。目前在役的反舰导弹中，只有前苏联的 SS-N-2B / C、SS-N-3、SS-N-7、SS-N-12 和 SS-N-19 等达到了超音速，西方各国反舰导弹还没有实现超音速。这是为什么呢？原因是多方面的，主要还是武器的设计存在很大差异，苏联反舰导弹一般长达 6 ~ 11 米，总重达 2300 ~ 7000 公斤，巡航高度为 20 ~ 400 米；西方恰恰相反，追求的是轻巧、耐用、可靠、通用化和作战效能，不是一味贪大、求重、图快。

70 年代以来，西方也开始研制超音速反舰导弹，主要型号是法德合研的“安斯”（ANS）、英国的“海鹰”和瑞典的 RBS-15 等。为什么要研制超音速导弹呢？问题很简单，是一个矛与盾的关系。近年来水面舰艇防空系统日益发展，对导弹形成软硬杀伤等多种威胁，作为“矛”的导弹只能求助于飞得更快、更远，抗干扰能力更好、更强，否则是无法攻克舰艇的防御“盾”的。

一般讲，导弹导引头不变的情况下，飞行速度提高了，在同一时间内飞行的距离也就增大了，所以超音速反舰导弹的射程都比较远。射程远又带来了一系列问题，例如怎样才能发现远方的目标？即使能发现还有个识别问题，是友军的还是敌军的？是军舰还是商船？凡此种种，都需要进行论证。由此可以看出，探测设备对导弹射程的影响是相当大的，如果利用舰载雷达探测和制导，导弹射程仅为 35 ~ 40 公里，如果利用在前方部署雷达哨舰的办法可将射程提高 70 公里，如果利用直升机搜索和中继制导则可将射程提高到 120 ~ 200 公里，当然，要是用飞机、预警机或卫星制导射程会更远。

“安斯”超音速反舰导弹是一种全天候导弹，它比较小巧精干，弹长仅 5.5 米，弹重只有 90 公斤，飞行速度可达 2 倍音速，最大射程 180 ~ 200 公里，可由舰艇、潜艇、飞机等任何平台携载，还可岸基发射。“安斯”实现超音速的奥秘主要在于采用了一固体燃料冲压发动机（与同等重量火箭发动机相比，射程增加 40%）作主发动机，一台固体火箭发动机作助推器，二者串联布局，装于弹体后部。其外缘环弹体装有 4 个空气进气管道，以供固体冲压发动机燃烧用氧。

## 美国海军号弹的发展

美国海军反舰导弹的发展一直坚持精简型号、通用化的原则，所以多年来只有两型，仅发展了两代，即“鱼叉”（又译“捕鲸叉”）和“战斧”。“鱼叉”射程 110 公里，“战斧”则达 450~500 公里，两型导弹分别于 70 年代和 80 年代中期服役。

反潜导弹（即火箭助飞鱼雷）的发展较为缓慢，基本上是 40 年一贯制，只有“阿斯洛克”舰潜和“萨布洛克”舰潜两种。近几年正在研究第二代“海矛”反潜导弹的发展方案，预计射程达 160 公里。

空地导弹和反辐射导弹也是美国海军发展的重点，它主要由舰载机携载攻击敌陆地目标，到目前为止发展了四代，即“小斗犬”、“秃鹰”、“幼畜”（又译“小牛”）和“斯拉姆”，其中，“幼畜”目前正在改空舰导弹，“斯拉姆”射程达 90~180 公里，圆概率误差不大于 10 米，在海湾战争中首次使用，发挥了很重要的作用。反辐射导弹是一种由飞机携载、通过摄取敌雷达波束和电磁频谱，予以摧毁的导弹，海军共发展了两代：即“百舌鸟”和“哈姆”，它们在越南战争、美利冲突和海湾战争中发挥了重要作用。

潜射弹道导弹的发展最为活跃，技术水平也处于各个时期的最高点。到目前为止，已发展了三代：“北极星”、“海神”、“三叉戟”C4 和 D5 型。其中，“三叉戟”导弹每艘潜艇可装 24 枚，射程 9000~11000 公里，也就是说能从美国沿海打到前苏联和中国的任何一块陆地。这种导弹装有 10~20 个 3 万吨级 TNT 当量的分导式核弹头，圆概率误差为 90~120 米。

## “飞鱼”导弹

1982年4月2日~6月14日,英国和阿根廷在南大西洋的马尔维纳斯群岛展开了一场前所未有的现代海战。战争中,阿根廷使用仅有的几枚法制“飞鱼”导弹先后击沉英国海军最现代化的4200吨级导弹驱逐舰“谢菲尔德”号和1万多吨的辅助船“大西洋运送者”号,并重创“格洛摩根”号驱逐舰。1983年11月21日,伊拉克飞机发射“飞鱼”导弹击沉正在波斯湾航行的希腊12550吨级的货轮“安提哥那”号。1987年5月17日晚10时10分,伊拉克空军的一架“幻影”F-1战斗机携两枚AM-39“飞鱼”导弹对航行于波斯湾的美国海军舰艇发动攻击,结果一枚导弹命中“斯塔克”号导弹护卫舰左舷首部,开一个3米×4.6米的大洞,舰上浓烟滚滚,舰艇遭重创,37人被炸死炸伤。继而,第2枚“飞鱼”命中该舰,因伊军未装引信,才没将舰艇炸沉。不到5年,一型导弹便屡立战功,接连击沉和重创海军舰船,甚至连最现代化的美英海军舰艇也难逃厄运,这不能不说是奇迹。“飞鱼”导弹因此而声名大振,身价百倍。售价由原来的每枚20万美元长到了100万,到1987年以后干脆就又长到130~150万美元。用户由原来的不足10个,一下子扩展到21个,到1987年以后达27个之多。“飞鱼”真的享誉世界了。它究竟有什么绝招呢?

其实,“飞鱼”导弹在现代反舰导弹中性能并不算最先进,只是使用武器的人在战术运用上比较得当,加之有时是对方完全没有防备(如后两个战例)所至。“飞鱼”导弹是70年代中期以后服役的,到现在已发展了四个系列:MM-38舰对舰型、AM-39空对舰型、MM-40岸对舰型和SM-39潜对舰型。其中,SM-39为最新型号,不对外销售,目前外售最多的是MM-38和AM-39型。

从几次实战应用来看,“飞鱼”导弹虽然射程不远,只有40~70公里;战斗部也不大,只有165公斤;航速也不高,飞行马赫数只有0.93,但的确有自己的一些特色,有几样“绝活”:

一是掠海飞行。反舰导弹的弹道一般都比较高,像前苏制“冥河”导弹就更高,达150~300米,体积又大,极易被发现和击毁。“飞鱼”导弹首次将飞行弹道降到10~15米(巡航),在接近目标时的飞行高度只有2~3米。由于地球曲率的影响,一般驱逐舰和护卫舰在海上的雷达视距也就是20多公里,再加上雷达搜索盲区较大,“飞鱼”巡航弹道10~15米已经在其舰载雷达盲区之内了,更不用说掠海2~3米6行了。“飞鱼”弹体本来就很小,再加上海浪杂波对雷达波束的反射,所以舰载雷达很难发现它。

二是采用半穿甲型战斗部。现代舰船一般仅在战斗情报中心、机舱、弹药库等核心舱室用18~25毫米厚的合金材料或克夫拉装甲防护,其他部位没有装甲。“飞鱼”接触舰艇后先以动能穿透舷部薄钢板,穿入舰内舱室数秒后战斗部再引爆,所以虽装药不多,但破坏效能很大。

三是抗干扰能力较强。“飞鱼”采用巡航段惯导、在距目标 10 公里左右时转入末段主动式雷达自动寻的，寻的雷达抗干扰能力很强，且具有抗海杂波和恶劣环境的能力，它能以  $\pm 30^\circ$  扇面在两秒钟内捕捉到目标，并立即转入跟踪。惯导段弹上雷达不开机，无法干扰；自导段弹上雷达开机可施放干扰，但掠海飞行又发现不了，所以让它钻空子的机会很多。

