

566226

现代化信息丛书

V-49
06

微电子技术与现代武器

吴宝坤 编著

V-49
06

科学普及出版社

566226

V-49
06

HK46/09

现代化信息丛书

微电子技术与现代武器

吴宝坤 编著



科学普及出版社



C0317820

内 容 提 要

二十多年来,许多重大的技术成就都与微电子技术的发展密切有关。微电子器件从晶体管发展到大规模和超大规模集成电路,促使了电子计算机更新换代。在军事研究和开发上投入人力和物力最多的国家,在军事微电子技术方面的进展最为迅速,使得各种武器的制导和控制、军事通信、指挥和情报收集等方面发生了根本性的变化。本书适于广大读者,特别是广大指战员阅读。

现代化信息丛书

微 电 子 技 术 与 现 代 化 武 器

吴宝坤 编著

责任编辑:袁幼卿

封面设计:洪 涛

插 图:章振业

※

科学普及出版社出版(北京海淀区魏公村白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京密云县印刷厂印刷

※

开本:787×1092毫米1/32 印张:2 1/8: 字数:45千字

1984年8月第一版 1984年8月第一次印刷

印数:1—44,000册 定价:0.30元

统一书号:17051.1042 本社书号:1005

前 言

小小寰球，天涯咫尺。它每一处迸发的思想火花或实践着的变革行动，都在创造着全球居民们每日生活的信息需求。

现代的中国人，已经开始了“面向现代化，面向世界，面向未来”的新长征。面向现代化，需要现代化的知识；面向世界，需要了解世界潮流；面向未来，需要科学地预测未来，《现代化信息丛书》即为此目标而诞生。

《现代化信息丛书》将努力追踪世界科学技术和经济、社会发展的主导趋向，及时介绍有益于社会主义建设事业的新成就、新知识和新观念，为新型干部队伍的知识化和专业化服务，并兼顾社会各界的一般需要。

这套丛书着眼于加速知识更新，在世界科技前沿和国家需要的结合点上精选最新题材。它将打破学科的局限，注重自然科学与社会科学的结合，注重科学技术发展对社会发展的影响，注重为全社会普遍关注的重大的综合性问题。

“声如千骑疾，气卷万山来”。世界新技术革命的严峻挑战和振兴中华的伟大改革，在我们面前汇成了势不可挡的时代潮流。我们将努力在这一潮流中创一家风格，新万人耳目，让丛书置于社会主义事业家和青年朋友的案头，在他们的思考、拼搏、奋进中助上一臂之力。

现代化信息丛书编委会

目 录

前言

引子	(1)
1、战略核武器	(7)
1.1 陆基战略导弹	(7)
1.2 潜射弹道导弹	(9)
1.3 巡航导弹	(10)
2、精确制导战术武器	(14)
2.1 激光制导炸弹	(14)
2.2 精确制导战术导弹	(15)
2.3 制导鱼雷	(17)
3、现代化飞机	(21)
3.1 预警飞机	(21)
3.2 战时通信枢纽—空中指挥所	(22)
3.3 现代战斗机	(23)
3.4 微型遥控飞机	(25)
4、电子战	(28)
5、指挥、通信和情报	(33)
6、微电子技术的新信息	(39)
6.1 大规模集成电路生产过程简介	(41)
6.2 光刻术的进步	(49)
6.3 X射线光刻术和电子束光刻术	(53)
6.4 微电子存储器	(54)
6.5 电荷耦合器件	(55)
6.6 磁泡存储器	(59)
6.7 约瑟夫森存储器单元	(62)

引 子

近二十年来，坦克、飞机、导弹和战舰等一些主要武器系统的性能已经有了显著的改变，这种变化主要是由微电子技术的迅速发展造成的。军用微电子系统使武器的制导和控制、军事通信、指挥和情报收集发生了根本性的变化。

现阶段微电子技术的迅猛发展是电子元器件小型化运动的必然结果。各种导弹、卫星、飞机等航空航天飞行器中都有十分复杂的电子设备，在小巧的战术武器中，也正在装备各种微型制导装置，对它们来说电子设备的体积、重量和功耗受着十分严格的限制。各国的军事和航空航天部门极力赞助小型化，经过了一段摸索，现在终于找到了半导体集成电路这一较为完美的解决办法，但这并不意味着电子元件小型化运动就此结束了。

美国人最初的一项办法是企图将常用的元件小型化。其中的一项计划是美国国家标准局的“*Tinkertoy*”计划，它的目标是想以标准化的形状来组装各种电子元件：矩形能够比圆柱形排列得更为紧密一些。另外一项办法是“分子工程”。这些办法均无成功，但它们宣扬了对小型化的迫切要求，说明了军事部门对电子元器件的小型化企求。

最成功的解决办法是半导体集成电路技术。围绕这一问题，先后解决了诸如光刻、腐蚀、隔离和互连等几个关键性技术问题之后，集成电路技术走向成熟阶段，产生了微处理器、微存储器、单片微计算机这样性能卓越的器件。

集成电路的发展速度是无与伦比的。每片芯片上有几十

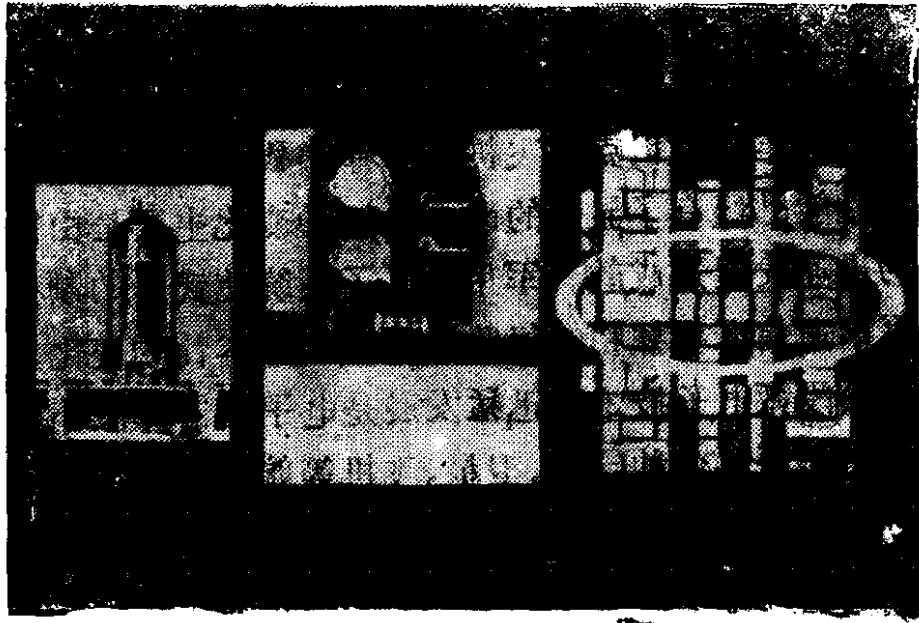


图 1 半导体技术的进步显著

左：五十年代中期， 真空管有源元件组	中：六十年代中期， 晶体管有源元件组	右：1978年，大规模集 成电路有源元件组
一只真空管占据 面积4平方英寸	两只晶体管占据 面积3/4平方英寸	面积为 $2\frac{1}{2} \times 10^{-6}$ 平方英寸 (图中照片已放大一千倍)

个功能元件的微电子电路叫小规模集成电路，中规模集成电路则有几百只元件，大规模、超大规模集成电路的元件更高，有几万只甚至几十万只之众。从小规模集成电路出现起，每块电路上所集成的元件数目几乎是以每年翻一番持续高速度发展。

如此细微而可靠的微电子元件正是现代武器的核心部件，它们一与武器相结合，便使武器的面貌翻然改观。微电子技术给予投资者的报答是浩大的，可是各个先进国家在军

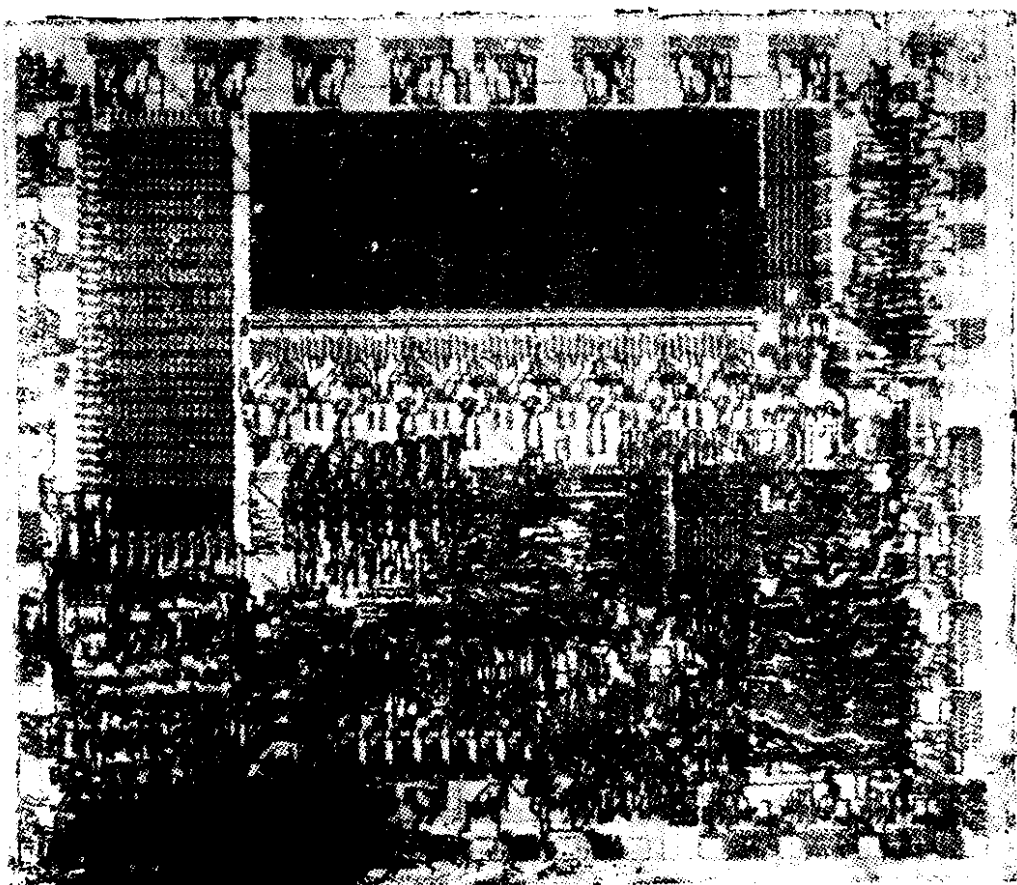


图 2

单片微型计算机是一块大规模集成电路上一个完整的通用数字处理和控制系统。该系统由微处理器（在通常的情况下它往往是独占整块大规模集成电路芯片的）加上各种辅助功能电路构成的，如程序存储器、数据存储器、多个输入输出接口和定时电路等。照片上的器件是Intel公司的8784，尺寸为5.6毫米×6.6毫米。程序存在一个可擦的且可重排程序的只读存储器（ROM）中，它的容量为1千字节或8,192位（二进制数字）。将这块电路在紫外辐射下曝光，在只读存储器中存储的电荷就会消失，然后可以写入一个新程序。

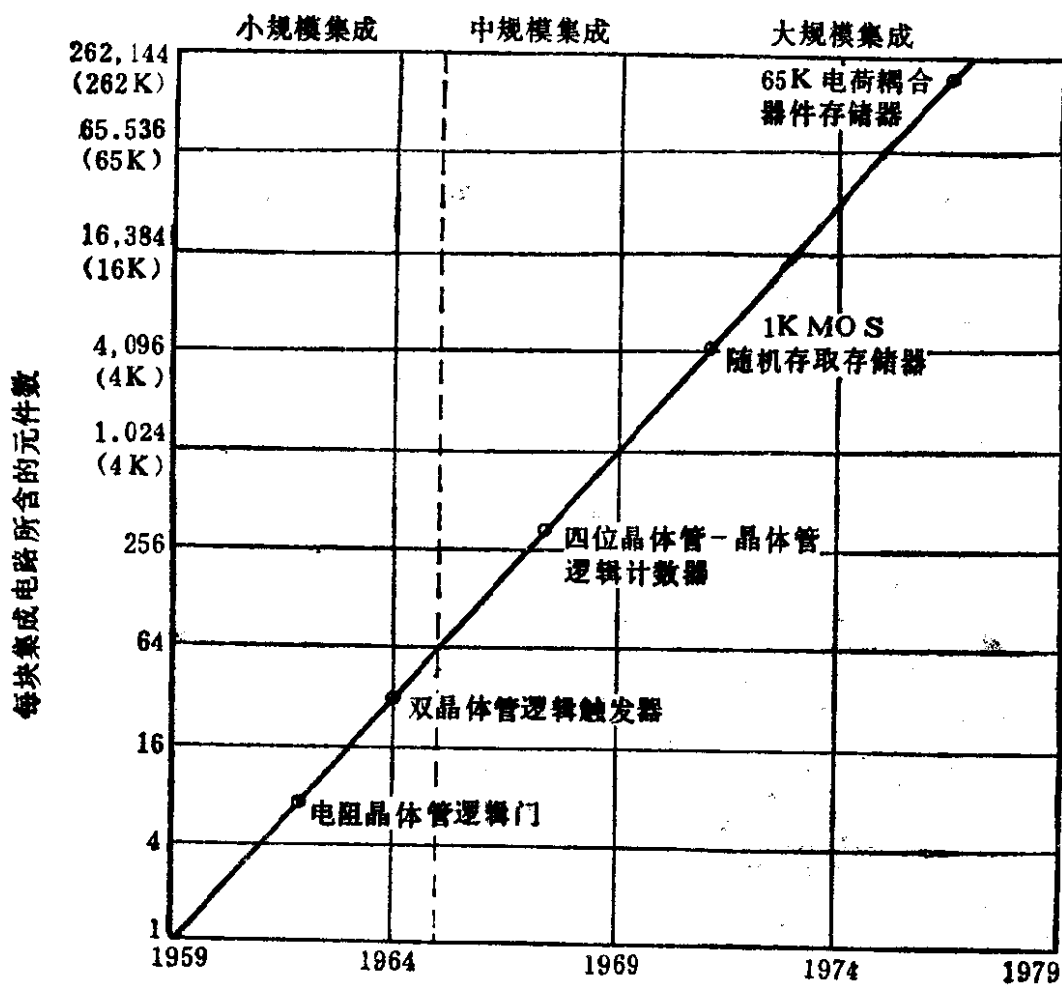


图3 在最先进的集成电路中，每块电路中所含元件数目从1959年发明平面晶体管以来一直是每年翻一番。

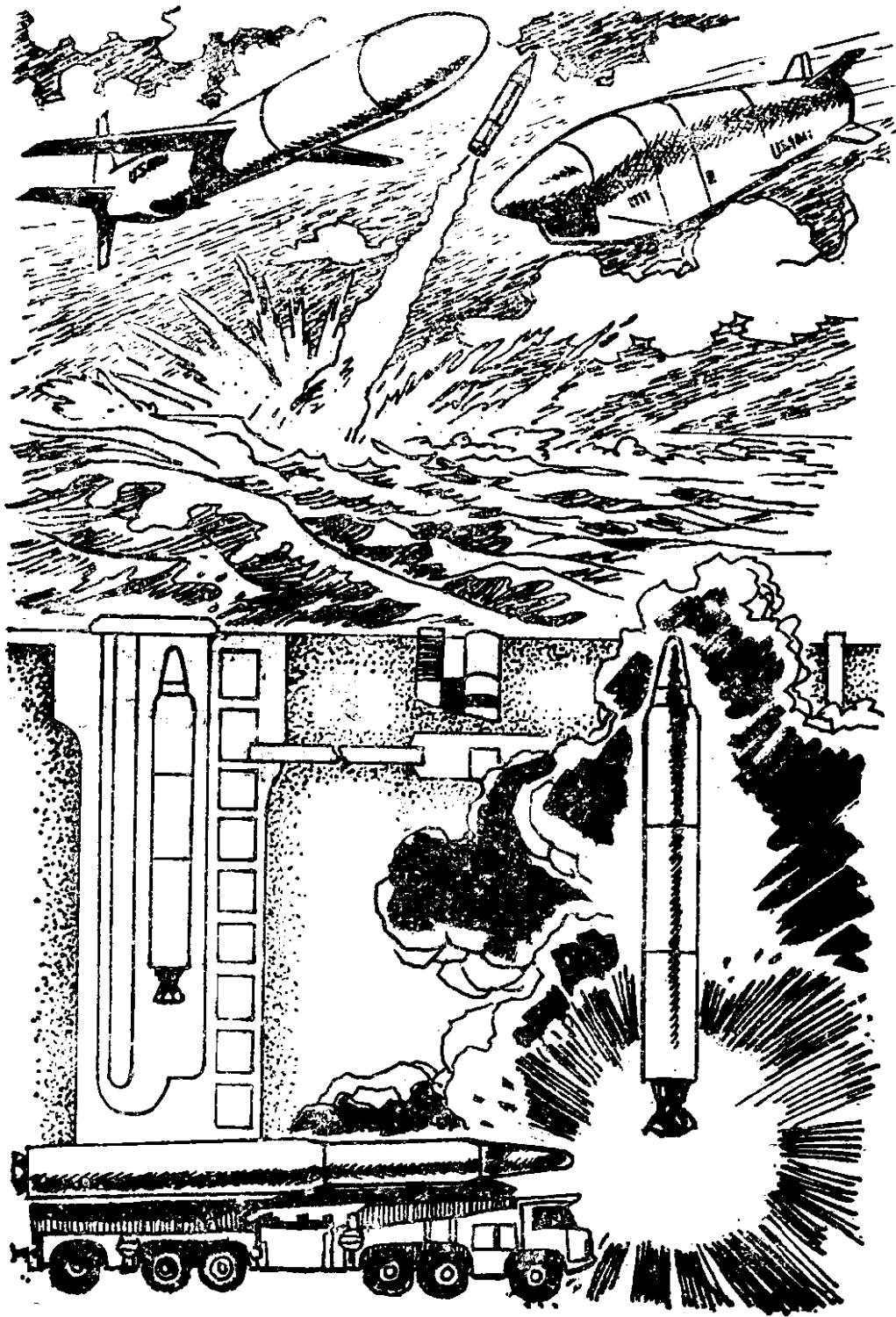
事研究与开发、微电子工业等方面下的投资也是相当惊人的。全世界大约有四十万资历很深的物理学家和工程师投入了军事研究与开发工作，占全世界从事研究的科学家和工程师总人数的50%。

如果没有军事研究和开发，也就没有新武器的生产，现有武器的性能也不会有重大的改进。世界上的发达国家，特别是美、苏两国，在军事研究和开发上投资最多。今天，大

部分钱是用来开发武器中的电子设备。在六十年代，平均每年十六亿美元用于军事研究和开发，占全世界军费的10%。现在，花在军事研究和开发的费用大约为一年五十亿美元，也占全世界军费的10%。在军事研究和开发上投入人力、物力最多的国家，一般来说，在军事电子技术方面的进展也最为迅速。

可以毫不夸张地说，当代许多重大的技术成就都与微电子技术休戚相关。微电子技术的不断突破促使电子计算机迅速更新换代；电子计算机的迅猛发展对微电子器件的数量与质量也提出了更高的要求。微电子技术计算机技术相结合的产物——微电脑，已经改变或正在改变着各种武器系统的面貌。

由于军事武器的保密属性，我们当然只能借助于若干公开的资料来进行分析，力图通过一些主要的武器系统来揭示微电子技术在现代武器系统中的重大作用。



1. 战略核武器

当前，战略核武器包括陆基战略导弹、潜艇发射弹道导弹以及携带核弹和巡航导弹的战略轰炸机，通常称为三位一体的战略进攻力量。四十多年来，在多种学科的综合发展的促进下，战略武器的性能得到了迅速的提高。但仅就其精确度和可靠性这两项指标的长足进步而言，则主要借助于微电子学的飞速发展。

1.1 陆基战略导弹

陆基战略导弹是以陆地为基地的战略导弹，是战略武器体系中的主力。它的始祖当推第二次世界大战后期德国法西斯使用的V-2导弹。由于受四十年代初科技水平的限制，V-2导弹的性能很低。第二次世界大战以后，美苏两国都在V-2导弹的基础上开始了陆基战略导弹的研制。时至五十年代末，苏美才先后研制成功它们的第一种洲际弹道导弹“SS-6”和“宇宙神”。它们的射程均在8000公里以上，单弹头，几百万吨级；精度不算高，圆概率误差都在1000米以上。

到了六十年代后期，由于微电子技术的进展和它在导弹上的应用，使陆基战略导弹的命中精度产生了飞跃，例如：

美国目前装备部队的主力陆基战略导弹——“民兵Ⅲ”，是一种三级固体弹道导弹，射程可达14,000公里，采用三个17万吨TNT当量的多目标分导弹头。由于该导弹制导系统中采用的微计算机的改进，提高了导弹制导系统的性能，使

得“民兵Ⅲ”导弹的命中精度大为提高，圆概率误差可达200米左右，单发命中概率为78%，两发命中概率可达95%，

美国研制中的MX导弹，预计在1986年到1989年将部署在现有的“民兵”导弹地下井内，成为美国陆基战略导弹的主力。该导弹是一种四级固液混合型战略导弹，装有十个32万吨TNT当量分导式子弹头，射程14,000公里。由于该弹装有先进的高精度制导系统，其圆概率误差约为120米，若弹头配以激光或雷达等末制导，表达命中精度的圆概率误差可能达到几十米范围之内。因为MX导弹原定是机动发射的，现改为地下井固定发射，仍未解决提高美国陆基弹道导弹的生存能力问题。为此，美国现计划着手研制可机动发射的侏儒式单弹头小型战略导弹，以便在九十年代初逐步取代MX导弹，从而成为美国陆基战略导弹的主力。

苏联目前部署的主力陆基战略导弹SS—18是其最大的弹道导弹，从1975年起开始装备部队。该弹长37米，直径3.05米，发射时全重220吨。该弹有四种型号，共计308枚。其中两种采用约2,000万吨TNT当量的单弹头，两种采用有10—14个子弹头的分导式多弹头。由于微电子技术的改进，从SS—18开始，苏联战略导弹命中精度得到了大幅度的提高，该弹的圆概率误差已达180米。而在这以前，苏联弹道导弹的圆概率误差一直是在1,852—4,800米之间。

苏联的另一种战略导弹SS—19，于1973年4月首次发射试验，从1974年起开始装备部队，和SS—17一起取代SS—11，由地下井发射。该弹最大特点是，除惯性制导外，弹上备有引导用电子计算机，可接受无线电控制指令。由弹上计算机测出导弹航线偏差量，然后修订，按指定航向飞向目

标。

1.2 潜射弹道导弹

潜射弹道导弹是一种以海洋为基地，对大陆纵深战略目标 and 航空母舰实施核打击的重要战略武器。由于潜艇隐蔽性、机动性好，致使潜射弹道导弹具有较高的生存能力，引得美苏两国竞相发展。苏联和美国海军目前总共拥有113艘战略弹道导弹核潜艇，苏联有72艘，美国有41艘。

六十年代的早期潜射弹道导弹命中精度较低，例如美国早期的“北极星”式导弹，圆概率误差仅达3200米。随着微电子技术的发展和应用，潜艇的定位精度和潜射导弹导航精度都有很大提高，使得潜射导弹命中精度也大为提高。如美国的第二代潜射导弹——“海神”的圆概率误差达540米。目前美国正在装备部队的最先进的潜射导弹是“三叉戟Ⅰ”型，它属于第三代潜射弹道导弹。这种导弹装在“俄亥俄”号三叉戟核潜艇上，每艘可载24枚。每枚导弹可带8个分导式子弹头，射程为7,400公里，命中精度可达230米圆概率误差。正在研制中的“三叉戟Ⅱ型潜射导弹，射程可达11,000公里，圆概率误差可提高到150—180米。

由于苏联的微电子技术不如美国，所以其潜射导弹的精度也比美国的差。如SS—N—8潜射导弹的圆概率误差为1,300米；目前装备部队的SS—N—18分导式多弹头潜对地导弹，每艘“D—Ⅲ”型核潜艇可载12枚，射程7,600公里，圆概率误差只达1,000米左右。苏联最新的潜射导弹SS—N—20将以每艘20枚的数量装在“台风”级核潜艇上，每枚带12个分导式子弹头，射程8,300公里，精度也有所提高。

随着射程的增加，命中精度的提高，生存能力的加强，未来的潜射导弹有可能取代陆基战略导弹的地位，跃居进攻性战略武器的第一把交椅。

鉴于潜射导弹威力的提高和核威慑作用的加强，迫使美苏两国都投入很大的人力、物力来发展和改进反潜技术，以便能及时地探测和摧毁对方的潜艇。在反潜作战中，探测敌潜艇位置是最关键的。所用探测器可以是雷达、红外、激光、光学、声学 and 电磁等多种类型。这些探测系统可以装在飞机、舰艇和卫星上，也有的置于海中。目前，摧毁敌潜艇的主要武器是导弹助飞鱼雷，它是导弹与自导鱼雷相结合的产物，可由飞机和舰艇运载实施攻击。不论是探测还是攻击，要想提高精度达到预期效果，也得借助于微电子学的一臂之力。

1.3 巡航导弹

巡航导弹实际上是一种喷气推进的带有战斗部的无人驾驶飞行器。进入七十年代以后，由于以微电子学为主的科学技术新成就，出现了高精度制导系统，小型高效率涡轮风扇发动机和小型核弹头，使得巡航导弹的体积缩小，重量减轻，精度提高，射程加大。目前，巡航导弹已发展成海、陆、空均能发射的高精度战略武器系统。

其实巡航导弹并不是什么新式武器，早在第二次世界大战期间，法西斯德国就制造了近万枚最早的巡航导弹V-1。由于当时制导技术还比较落后，在射程仅有240公里的情况下，圆概率误差竟高达4,800米。战后，苏联和美国都曾研制了一批多种型式的战术与战略巡航导弹。总的来讲，这些

导弹射程都不太远，精度都不高，战略价值不大。所以在六十年代巡航导弹的战略作用未能显露。

时至七十年代，巡航导弹东山再起，在战略武器谱系中争得一席之地，靠的也是计算机微型化的作用。以高性能微计算机为基础，研制出一系列小型高精度的制导系统。例如，美国麦克唐纳-道格拉斯公司研制的地形匹配制导系统，只有37公斤重，却能辅助惯性导航系统，引导巡航导弹攻击目标，圆概率误差可达几十米。总之，由于新型巡航导弹采用了以微计算机为主体的惯性制导、地形匹配制导和景象相关识别末制导等新技术，使其命中精度大大提高，在射程为2,500—3,000公里时，圆概率误差通常不大于60米，高的可达10—30米。

由于巡航导弹体积小，重量轻，所以单机载弹量高；如B—52G型战略轰炸机可带20枚，B—1B型能带30枚，改装后的DC—10飞机可带50—60枚，波音747能带70—90枚。虽然每枚巡航导弹只携带一个20万吨TNT当量的核弹头，但由于其高精度加上单机高载弹量，其攻击与摧毁能力是很强的。而巡航导弹另一特点是造价便宜，约每枚75—100万美元，比弹道导弹便宜得多，还不到B—1B战略轰炸机的二百分之一，仅相当于一辆坦克的价钱。

由于巡航导弹能超低空、长时间、远距离隐蔽飞行，使其具有很高的突防能力和战斗威力，使对于这种导弹的防御十分困难，代价极其昂贵。据美国国防部估计，如果美国装备3,000枚巡航导弹，苏联为了防御这些导弹的进攻，至少要部署300—1,000个正在研制的SAM—10地空导弹系统，50—100架高级预警飞机和1,000架以上的先进截击机，

还需研制一种高性能的新型雷达系统。苏联要完成这一现代化防御体系总共约需花费2—3千亿美元。所以，部署巡航导弹将引起军备竞赛的再次升级。

美国计划供九十年代使用的下一代巡航导弹正在研制之中。它将把惯性导航和自主式末寻的制导结合起来，寻找、识别和攻击目标，获得更高的精度；将采用新型的发动机和燃料，以便高超音速巡航，并达到11,000公里以上的射程；将采用隐形技术，使隐蔽性更好；这样将足以用非核弹头去击毁非常重要的战略目标。

与弹道导弹相比，巡航导弹的简单性、精确性和造价上的低廉性大大增加了更多国家试图拥有这种武器的欲望。