

# 微小型无人系统技术

## 在未来战争中的重要意义及发展动向

**摘要：**本文从微小型无人系统的内涵出发，阐述了包括微小型飞行器、微小型机器人、微小型水下无人航行器和微小型航天器等微小型无人系统的国内外发展现状，着重强调了发展微小型无人系统的战略地位、重要意义及微小型无人系统的重要作用，如侦察与战场评估、近距离电子干扰、直接作为攻击武器和特殊环境应用等作用。

**关键词：**微小型；无人系统；

中图分类号：TP242.6      文献标识码：A      文章编号：1006-883X(2004)01-0006-06

►► 李科杰 宋 萍

### 一、前言

国际上工业与军事部门的科学家、战略思想家和未来学家们认为：“五种常常重叠的技术最有可能在今后 15~20 年使军队发生革命性的变化。这五种技术为：机器人技术、先进的动力与推进技术、微型化技术、移动和自适应数字网络、飞速发展的生物科学。”

微小型无人系统就是二十世纪九十年代由美国等国家开始发展的融合了上述技术的新概念武器，它不但在基础理论、设计、制造与试验技术等方面是革命性创新，而且将对二十一世纪的战争模式带来革命性的影响。

### 二、微小型无人系统的研究重点

微小型无人系统技术的内涵是：根据无人系统的特殊功能和特性，应用微机电系统（MEMS）、机器人、传感器、控制等先进技术，综合集成为微小型无人系统的光机电一体化技术。目前研究的重点是：微型飞行器、微小型机器人、微小型水下无人航行器和微小型航天器等。下面将介绍国内外研究进展。

#### 1、微型飞行器技术

微型飞行器(MAV)的概念是由美国于二十世纪九十年代最先提出的，并进行了可行性论证，要求微型飞行器最大尺寸为 15cm，重量百克以下，航程大于 10km，最高时速达 80km/h，最高飞行高度可达 150m。同时还应有导航及通信能力，可用手掷、炮射或飞机部署，具有侦察成像、电磁干扰等作战效能，一次性使用的微型飞行器的价格计划在 1000 美元以下。

目前美国国防高级研究计划局 DARPA 有十余项微型飞行器研究计划正在进行，包括固定翼、旋翼和扑翼式微型飞行器，图 1 所示就是其中几种较典型的微型飞行器。



图 1 微型飞行器



图 2(a) 机器昆虫



图 2(b) 利用昆虫携带传感器

例如在阿富汗战场上，美军已开始使用一种名为“微星”的微型飞行器进行情报收集，海军陆战队士兵可以通过便携式电脑操纵“微星”，可侦察前方 5km 的情况。

“仿昆虫机器人”是微型飞行器的一个新概念，九十年代初被提出。它是基于对昆虫运动机理的

分析，按照一种新的设计思想去设计的（图 2a）。另外美国国防部还投资 10 亿美元研究如何利用昆虫进行侦察，在昆虫身上装上微型摄像机，然后用遥控器控制昆虫飞行（图 2b），这样不仅可实现侦察，也可对人无法进入的地区进行探测。

## 2、微小型机器人技术

我们对微小型机器人这个概念和内涵的看法是：基于微机电技术，有拟人功能，代替人完成任务的光机电一体化系统。尺寸一般为米级以下，可自主、半自主或人工遥控工作。

### (1)微小型固定机器人

所谓固定式微小型机器人，其实是一种固定不动的侦察机器人（或称侦察传感器系统），其外形可做成类似石头、树木、花草的模样，内部装有微型图像、红外、地震、磁场、音响等各种传感器，可以“东张西望”，探测出物体的图像、人体辐射、行走时地面的震动、金属移动物体磁场的变化等，并将各种信息传送给指挥部。敌方即使见到，也很难

想到它们竟会是对方的侦察兵。而一旦知道对方有这种装备，反而会疑神疑鬼，草木皆兵。

“智能尘埃”是微小型固定机器人的一种，美国正加紧研制并将其用于军事目的，利用无人机将“尘埃”布

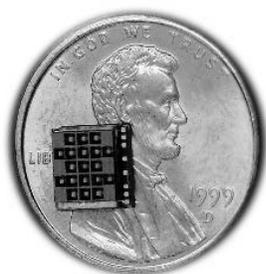


图 3 微型芯片火箭

撒到未来的战场中，构成分布式战场传感器网。当坦克等军用车辆驶过这些“尘粒”时，它们就会启动火箭并附于车身，从而将其精确位置发送回去，使军方能随时掌握敌情。它们还具有电子干扰能力，自主寻找敌方电子指挥系统的关键部位实施破坏。上述“智能尘埃”配合“微型火箭”能悬浮于空气之中，所以还可用于测量风速、气温，特别是灾害性天气的物理参数。图 3 是微型芯片火箭图，现已在  $6\text{mm} \times 4\text{mm}$  芯片上制造出 15 只火箭，并在  $10\text{cm}^2$  的芯片上设计了 1000 万只火箭。

### (2)微小型移动式机器人

微小型移动式机器人主要用来从事侦察和作战的。例如，美国麻省理工学院研制的“阿蒂拉”型机器人（图 4）重 1.6kg，有 32 台电机，10 个微处理器和 150 个传感器，并带有一台微型摄像机。6 条腿都具有关节，运动自如，还能跨越障碍。

美国桑地亚国家实验室正在研制的是一种只有几毫米大的微小型机器人，用来侦察生化武器。为了不引人注目，可以将其做成昆虫形状，也可以做的象垃圾一样。近期的研究目标是开发单芯片化学实验室，并将芯片嵌入微型机器人上。它可以由军方及情报部门使用，侦察核生化武器的试验及存储地。据该实验室机器人中心的主任帕特里克·艾克介绍，在未来的 5 年内，桑地亚国家实验室在此项目上每年将投入约 600 万美元资金，为军方及情报部门建立一支微型机器人部队。如能获得政府及军方的资助，只用 3 年就足够了。

美国海军陆战队正准备研制一种比人手还小的地面军用机器人，用于城市环境侦察作战。这种机器人可以步行而非轮式，它还有翅膀，可以跳跃或爬上楼梯，主要用作侦察。它可由无人机投到作战地区，一支远征部队可以装备 40~50 个。研制它的最大困难是动力问题，目前的电池技术在这么小的体积内无法提供足够的能量，正在考虑替代能源。

另外在微小型仿人机器人方面，日本和美国等发达国家已投入了大量的资金进行研制。图 5 所示



图 4 “阿蒂拉”型机器人

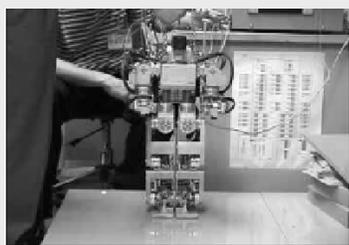


图5 50cm 仿人机器人

的即为日本东京大学等单位研制的50cm机器人。

3、微小型水下无人飞行器技术

微小型水下无人飞行器通常是指长度在米级范围，

重量在几十公斤以内的水下无人飞行器（潜器）。

微小型水下无人飞行器因其目标小、噪声低、易于接近目标而不易被敌方发现等特点，适于在近海、狭窄海域或浅水海区执行一些特种任务，如破坏敌人海上交通运输线、对敌岸基地或锚泊舰船、水雷进行侦察、袭击等。此外，它还具有造价低、便于大批量建造、运输方便等优点。图6所示为美国“曼塔”未来型无人潜器。

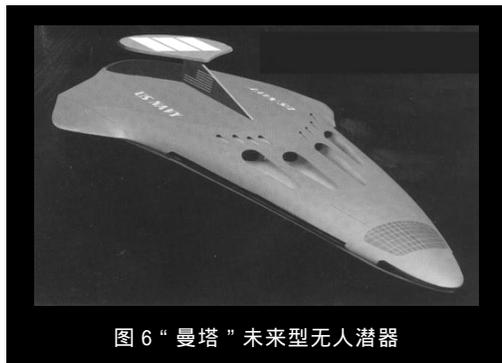


图6 “曼塔”未来型无人潜器

微小型水下无人飞行器可以选择由小型潜艇携带到战区释放，对海上活动目标实施战术侦察和突然攻击，或者自主航行到预定海区执行指定任务。单纯用于隐蔽侦察时，必须能回收；如不能回收，则可以进行自杀性攻击，也能取得一定的作战效果。所以如能实现有人操纵小型潜艇和微小型水下无人飞行器结合使用，无疑将大大提高作战效能。

机器鱼的概念研究在国外已经开始，如图7所示。与船舶的螺旋桨推进方式相比，仿鱼类游动的机器鱼有以下优点：

(1)推进效率较高，利用流体能量后，效率可接近90%；

(2)加速性好，可在瞬间达到巡航速度；

(3)机动性好，可在速度不减的情况下实现180°转弯，转弯半径小于体长；

(4)噪音极小。

由于以上原因，对鱼类的运动仿生研究在高效推进及军事应用领域有着深远意义。

4、微小型卫星

微小型卫星的概念是：100~500kg的卫星称为微小卫星（mini），10~100kg的卫星称为微型卫星（micro），10kg以下的卫星称为纳米卫星（nano）微小型卫星自身通常无法独立完成空间任务，需要依赖分布式卫星网络才能实现其功能。

美国军方目前正在资助一项导弹拦截系统计划——智能卵石计划，其目标是在2000年完成在轨部署800颗质量6kg的微小卫星作为拦截导弹的动能武器。

海湾战争的爆发使美国的防务重点开始转移到发生在世界某一地区的局部军事行动。军方需要灵活迅速地发射和配置低轨道卫星，以执行区域性军事监测和包括士兵通讯在内的近距离通讯任务。1990年5月美国发射了首颗重70kg的试验通信卫星，在1991年海湾战争中发挥了重要作用。1991年7月又一次性发射7颗重23kg的微型通讯卫星，并成功组网，其主要载荷为2W功率的UHF转发器，用于士兵与作战总部的通讯联系。

2002年2月，两颗绳系卫星对被从低地球轨道上的主星送入太空。这两颗皮卫星是世界上最早投入应用的、功能最全的超小型卫星，每颗星就象一副纸牌大小，重量不超过1.5kg。美军之所以挖空心思的研制皮卫星，主要是考虑能更有效的防止敌国反卫星武器攻击。皮卫星可以与主卫星组成网络，相互协同运行，当敌方反卫星武器进行攻击时，皮卫星可以为主卫星发送信息，使主卫星及时采取措施，免遭攻击；皮卫星还可以诱惑、吸引敌方反卫星武器，保护主星；皮卫星也可用做反反卫星武器，对敌方反卫星武器进行拦截。



图7 机器鱼(Robofish)

科索沃战争再次表明了“陆、海、空、天”一体化战场环境的特殊作用。由于微小卫星具有低轨道、信号损耗小、机动灵活、抗毁性能强等优点，很适合于战场环境的监视、侦察、目标定位、通信中继等。作为未来高技术战争的“杀手锏”，在建立以卫星为核心的C<sup>4</sup>I（指挥、控制、通信、计算机和

情报)一体化系统、提高战术武器的隐蔽性、突防能力等方面,微小卫星有极大的需求背景,而由微小卫星构成“卫星攻防系统”更是其可能独有的潜在军事应用。

### 三、微型无人系统的战略地位及重要意义

#### 1、战略地位及需求

信息化战争,是一种新的战争形态。它是以机械化战争的装备平台为载体,以大量使用信息化武器为支撑,以信息为主导,以能量为后盾,以网络为神经触角的战争形态。信息化战争时代,信息、指挥、精确打击突变为战争的主要要素,那么,信息、指挥、精确打击同样成为描绘信息化战争形态的基本构件。战争形态不是战争要素的静态的简单组合,而是一个动态的纵横交织、五维一体、紧密衔接的复杂网络,把陆、海、空、天、电,以及国内外的各种作战力量、侦察力量、保障力量和各种战略资源紧密联系在一起,使指挥员、指挥机关与部队之间具备了“实时反馈、实时控制”及实时了解“敌在哪里,我在哪里、友邻在哪里”的能力。作战向信息收集、分类、处理、决策、打击一体化方向发展,发现即意味着摧毁。而微型无人系统可以在信息化战争中大显神威。

随着世界人口的城市化发展趋势,未来战场的主要形式将是城市作战,城市作战有利于发展中国家对抗发达国家的军事及技术优势。由于城市的地形特点,微型无人系统例如微型无人机、微型地面军用机器人,将成为城市作战中的有力武器,它们将在侦察、扫雷、排爆等许多方面发挥重要的作用,而且还可避免人员的伤亡。

以美国为例,在过去10年中,城市维和及城市作战已成为美军的家常便饭。美国海军陆战队在它以往的250次部署中,有237次都是在城市中作战的。看来21世纪城市作战将会成为未来战场的主要形式。能否有效地解决城市作战的问题,将决定能否在未来的战场中取得军事上的优势。

过去几年,美国国防部一直力图提高部队城市作战的能力,1997年,国防部将科学家和有城市作战经验的士兵召集在一起,总结了格林纳达、巴拿马、索马里及海地作战中的经验教训,得出32条用户需求,制定了一个城市地区军事作战的先进概念

技术演示计划(MOUT ACTD),该计划成功地找到了一些发挥美军技术优势的途径,其中很重要的一点就是在未来的城市作战中,将广泛采用微小型地面机器人、微小型无人机及微小型传感器系统,以便士兵不论白天还是黑夜都能了解周围的楼房里及街道上的敌情。

除侦察外,微型机器人等微型无人系统还可完成诸如扫雷、排除爆炸物、控制武器射击等各项任务,而且不会有人员伤亡,因而它们在今后的城市作战中,必然会成为一种有效的武器。

由于微型无人武器技术在提高信息作战、城市作战能力、改变未来战争模式等方面有重要应用,美国国防部2000年把微型无人系统列在“军用关键技术”清单中。美国国防部在2002财年选择的15个先期概念技术演示项目(有应用前景的技术可转化为采办项目),其中与微型无人作战武器有关的有四项:

(1)用于城区作战的一次性使用的无人机,低成本地秘密投送传感器并执行监视任务,可支持城区作战;

(2)“微型飞行器”,低成本的、士兵监控的、6~9英寸大小的飞行器,可以为地面作战单位提供敌方活动的环境感知能力;

(3)“路径发现者”,由地面车辆、无人机和移动的智能传感器组成的网络,可以为指挥官提供环境感知能力、指挥、控制和通信,并为城区作战的攻击部队提供监视能力;

(4)装备有传感器和武器系统的无人水中航行器,可以作为进行非对称作战的力量倍增器。

#### 2、重大意义和军事效益

二十一世纪的战场,战争的初期极可能是一场无人系统的较量。永不疲倦、无所畏惧的微型无人系统是最理想的士兵。它们已在战争中显示出的作战本领,可以证明他们在未来战场上的重要地位。微型无人系统由于体积小、隐蔽性好、快速反应、机动性好、生存能力强、成本低等特点,特别适用于城市和恶劣环境下(如核、生、化战场等)的局部战争和信息战争,具有重大意义和军事效益。

(1)减少人员伤亡,补充、加强和支援人员作战。

发展微型无人智能武器系统的重要作用是在保

护士兵的生命。由于今天的士兵往往不仅是为保卫祖国而战，还包括执行国际维和任务，所以不管这些任务多么受人尊敬，人们对自己士兵的伤亡比比以前更加难以接受。微型无人智能武器系统则能代替人侦察、作战、摧毁目标，这样既可保持战斗力又可减少人员伤亡。

#### (2) 能完成士兵难以进行的作战任务。

随着微型化技术的发展，科学家们预言，他们将会设计出肉眼看不到的象螨虫一样大小的微机器人，象昆虫一样大的微型飞行器，这样的微型无人系统能够进入间谍或侦察人员绝对无法进入的地方如作战指挥部、机要室和保险柜内执行各种侦察与破坏任务，也能对飞机或卫星系统无法发现的地方进行侦察。在恶劣环境下，尤其是在有核辐射和失能性、致命性毒剂时，可有效的进行工作，而士兵完成这些任务将有很大的危险。

#### (3) 提高武器效费比，降低军费开支。

目前载人武器系统的价格非常高，有的已达到成百上千万美元。由于微型无人武器系统不需要使人员舒服和安全的措施和装置，也无需在核、生、化环境下保护人员的设备，以及支付训练人员的费用，因此微型无人武器系统的造价、使用费用相对较低，如有的军用机器人仅数千美元，微型飞行器仅一千美元。

#### (4) 提高作战能力，倍增军事力量。

如目前扫雷机器人一次作业能开辟一条 8m 宽、100m 长的通道，比战士扫雷能力要提高许多倍。

(5) 用微型无人系统对付传统武器，导致未来战场出现“尺度不均衡战争”。

目前，战场上攻防两方的武器，就其尺度而言是“均衡”的，如地空导弹的长度与飞机翼展的尺度均以米计。作战双方的坦克也均在同一尺度上，而微型飞机和微型攻击型机器人的尺度则是以“厘米”计，若以高射炮攻击它，就真的成了“高射炮打蚊子”和“坦克打昆虫”，使传统武器的作战效能显著降低。许多国家正加紧开展微型无人武器的研制，这将使那些依赖传统武器的国家所面临的“尺度不均衡战争”的威胁日趋严重。为了在未来“尺度不均衡战争”中能敌实施有效抗衡，尽早开展微型无人系统技术的研究成为当务之急。

#### (6) 微型无人系统对军队系统的深远影响。

国外专家预测，从长远角度，微小型无人系统可能引起军队组织机构、体制及战术的变化。如军队的规模将缩小，不再划分为陆海空三军；在战术上无人系统可以直接通过与传感器相连的系统，同机器智能共用情报，使攻防作战更机动灵活。它可能使战术作战与战略作战之间、防御和进攻之间不再有明显的差别，士兵也不一定必须年青力壮。

#### 四、微小型无人系统的作用

未来用纳米技术制造的微型无人系统，将形成一批如“蚊蝇飞行器”、“蚂蚁机器士兵”、“智能尘埃”、“纳米卫星”等微型武器，其运用将十分方便。微型无人系统在战场上将可发挥重大作用：

##### 1、侦察与战场评估

近距离针对目标的细节侦察，特别适合于敌后侦察和谍报侦察；对战场目标（如军舰、坦克、军队）作空中或地面监视、毁伤效果评估（实时图像传回），并难于被发现；

超近距离或附着目标体发出信号，便于侦察定位或引导导弹攻击。用一架无人驾驶飞机就可以将数以万计的“智能尘埃”空投到敌军可能部署的地域或散布在天空中，十分容易地掌握敌人目标动向。“蚊蝇飞行器”、“蚂蚁机器士兵”等，能对侦察卫星和军用飞机监视不到的死角，或人员无法到达的危险地区进行侦察，它们可潜入敌军司令部、机密柜中，来搜集情报，能实时准确地把侦察到的信息传送回来。

##### 2、近距离电子干扰

大型电子干扰飞机功率大，可以实行较远距离的干扰，缺点是目标大，易被攻击，且成本高、数量少。微型飞行器作为电子干扰机将会给电子对抗带来一种新形式，见图 8。微型飞行器可实行近距离的、针对性地干扰防空武器(导弹、火炮)的导

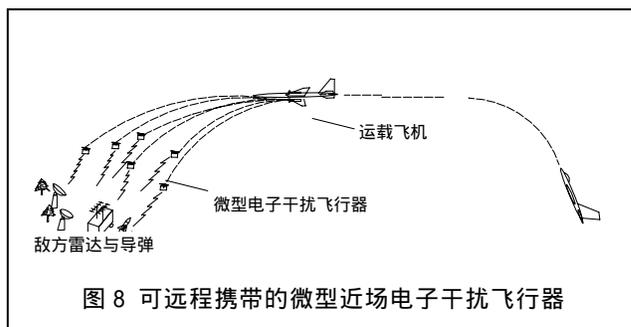


图 8 可远程携带的微型近场电子干扰飞行器

引雷达、炮瞄雷达、探测雷达和警戒雷达。微型电子干扰飞行器可以用警戒飞机或战斗机携带(可一次携带多达数十个微型飞行器)。当飞机飞到与战场或敌方阵地一定的距离时,探明敌方雷达的位置,然后放飞微型飞行器,对敌方阵地雷达实施干扰。如果干扰效果不理想,可增加微型飞行器的数量,实行“集群干扰”的战术。

### 3、直接作为攻击武器

大批量的微小型攻击型飞行器能以群布性对飞机目标实施难于防备的攻击;皮球形状的攻击用机器人武器,会又蹦又跳自动寻找目标,可击毁坦克或洞中机场的飞机;潜艇警惕敌人发射的鱼雷,却意想不到会受到海湾内游弋的“鱼”的攻击,搭载在这种机器鱼上的炸药的数量很少,根本无法同鱼雷相比,但是,无需击沉军舰,只要能够对声纳等重要部位进行一发必中的攻击,破坏其部分零部件,就足以推迟其参加作战的时间。

与传统的武器不同,微型武器以敌方的“神经系统”为主要打击目标,这是现代战争的特点和微型武器的优势所决定的。微型武器由于具有微型化和智能化的明显优势,打击敌方的“神经系统”必然是微型武器的首选目标,“蚊蝇飞行器”、“蚂蚁机器士兵”、“智能尘埃”等,可潜入敌军司令部,炸毁电脑网络和通信线路。通过微型武器所焕发出来的巨大战争威力而使敌方宏观作战体系“突然瘫痪”,以致不得不屈服于微型武器所造成的战争压力。

微型武器如果装上一些高效能炸药或者一些失能剂,就能实施各种突袭和打击任务。例如,成千上万的“蚊蝇飞行器”形成“云团”,可攻击载人的飞行器和士兵(“火蚁战争”),敌司令官可能被识别他的“蚊蝇飞行器”叮咬后精神失控,不能指挥战斗。

### 4.特殊环境应用

可遥控探雷、扫雷,避免人员近距离操作的危险;对特殊环境(化学战、生物战、核爆炸等)的战场信息获取,及有害物质的提取。

## 四、展望

随着国防科技的迅速发展,智能化武器、数字化战场、信息化战争、威慑化战略,已成为21世纪军事发展的基本趋势。未来的高技术战争将是核、生、化等大规模杀伤性武器威慑下的信息化战争,

发展微小型武器系统,正视现实,迎接挑战,面对未来,抓住机遇,必将创造我国国防科技的辉煌,开辟世界国防科技新的纪元!

### 参考文献

- [1] 总装备部情报研究所.未来20年美军建设的指导纲领—《2020联合作战设想》评介[Z].2000年8月
- [2] 科文,二十一世纪国防科学技术的大展望[N].解放军报,2001年1月

## The Development and Importance of Unmanned Microminiature System Technology

**Abstract:** This paper expatiates the development of the unmanned microminiature systems on home and aboard, including microminiature aerospace, microminiature robot, microminiature underwater unmanned vehicle, microminiature spacecraft and so on. The thesis puts emphasis on the tactic role, importance and effect of the micro unmanned system, such as the scout and field estimation, the close quarters electronics interference, the attacking weapon and the dedicated application in special environment.

**Keywords:** microminiature; unmanned system

### 作者简介:

李科杰,北京理工大学机械电子工程国家重点学科首席教授,“十五”“211工程”重点学科建设项目“微小型系统”负责人,博士生导师,机电工程系主任,微小型系统研究中心首席专家,全国优秀教师,科技工业有突出贡献的中青年专家,兼任科技部创新基金光机电一体化领域评审组长、国防基础研究专家组专家、国家自然科学基金委员会信息学部评审专家等十八个学术职务。主要研究方向为传感与测控技术。

邮编:100081 电话:010-68912278

E-mail:likj@bit.edu.cn

宋萍,北京理工大学教师,博士,主要研究方向为传感与测控技术。

电话:010-68947260 E-mail:sping2002@bit.edu.cn

本文编辑:黎辉 读者服务卡编号001