

无人水下航行器的发展与展望

赵贺伟¹, 宋召青², 于华国³

(海军航空工程学院 1. 控制工程系; 2. 七系; 3. 中国人民解放军 92154 部队, 山东 烟台 264001)

摘要: 以无人水下航行器的发展趋势与功用为主题, 介绍了无人水下航行器的特点和使命, 阐述了无人水下航行器的发展历程和研究现状, 重点介绍了美国在无人水下航行器方面的发展过程和发展方向。最后展望了其未来发展重点及在军事方面的广泛应用。

关键词: 无人水下航行器; 发展; 功用; 展望

0 引言

无人水下航行器^[1](UUV, Unmanned Underwater Vehicle)是以潜艇和水面舰艇为载体, 具有长时间续航能力, 并且可回收的小型智能武器装备, 它的主要功能包括水下侦查、遥控猎雷和作战。

近几年, UUV 技术得到了快速发展, 总体可将其概括为应用于无人水下航行器, 并保障其能够顺利执行各种任务的技术。到目前为止, 基本上包括六项相关技术: 长续航力推进、水下通信、相关导航、任务管理与控制、传感器及信号处理和航行器的设计。

在现代战争中, 信息起着至关重要的作用。在新世纪, 信息战是现代战争的主导模式。与此同时, 信息战也在向反潜战中延伸, 水下信息战必定会出现在未来的反潜战场。在未来的水下信息作战中, UUV 的作用将逐渐凸显, 对未来战争将起着不可忽视的作用。如今, 世界上各国对如何掌控水下信息都十分的关注, 美国、俄罗斯、欧洲、日本等海军强国, 都在紧锣密鼓的研究 UUV 技术, 并用它们来搜索、控制和组建水下信息网络。

1 UUV 的特点、使命和功能

UUV 是一种新概念武器, 由于它的自主性、灵活性和多用途性, 决定了它在水下战场将起到至关重要的作用以及在多领域的广泛应用。

1.1 UUV 具有的特点^[2]

- 1) 作战用途广。可依据具体作战需要, 进行使命重构, 搭载相应的任务模块, 担负不同性质的任务。
- 2) 智能程度高。可以采用最新人工智能控制技术, 可自主进行航路规划、障碍物规避、目标运动要素解算及战术机动等, 自主完成各项作战任务。
- 3) 隐身性能好。水下物体本身就不容易被探测到, 再加上 UUV 自身的制作材料采用新的隐身材料, 采用隐身技术, 降低噪音技术等等, 使其很难被敌方探测并捕捉。
- 4) 机动能力强。能长时间远距离航行, 可在复杂海区或浅水区自由机动。
- 5) 性价比值高。与普通作战平台相比, UUV 造价相对便宜, 且无需人员参与, 可回收重复使用。

1.2 UUV 的使命

美国在 2004 年颁布的 UUV 发展总规划中提出了 UUV 的 7 种主要使命, 其它国家对 UUV 赋予的使命总体上也归纳为如下七种:

- 1) 情报/监视/侦查。能够收集和传递多种类型数据。
- 2) 反水雷措施。具有对秘密水雷的探测和绘图能力。
- 3) 气象学和海洋学的使命。收集海上水文、气象环境等信息。
- 4) 辅助通信和导航的使命。可作为紧急时刻下不同平台之间通信和导航的纽带。
- 5) 反潜战的使命。可作为舰船以外的传感器或者信息来源。

6) 自主式武器平台。它是一种有效的武器平台, 并且隐身性好, 攻击成功率高。

7) 后勤支援和补给。为其他海上平台和作战兵力提供支援和补给。

1.2.1 UUV 的主要功能

UUV 作为未来水下信息战的关键武器, 对于它所能起到的功能^[3]主要概括如下:

1) 海上侦查。UUV 通过平台发布, 在指定区域内巡航, 及时把搜集到的信息传回平台, 或者返回后进行下载。

2) 水下搜索和测量。提供实时的水下数据, 比如深度、波浪、风向、水雷的位置等信息, 从而能够及时准确的感知水下情况。

3) 辅助通信与导航。作为网络中心节点, UUV 可以捕获、处理、格式化侦查数据, 并将通过标准的通信链将它们传送到战斗群中的其它战舰。

4) 自主作战。自主式 UUV 是一种高度智能化的平台, 可以按照预先植入的程序进行自主管理, 能够在远离母舰的更宽广的海域进行巡航, 极大提高海底情况预警能力。

2 UUV 的发展历程与现状

2.1 UUV 的发展历程

水下航行器的研制大约起始于 20 世纪 40 到 50 年代。起初, 主要研制的是载人的水下航行器 (ROV)。那个时期, 此类装备的作用主要是代替潜水员进行深水探测、沉船打捞和水下工程作业。大部分都是民事上的应用, 并没有太多涉及到军事。美国高级计划局于 20 世纪 80 年代末制订了“快速样机”计划, 美国海军研究所于 1995 年制订了 UUV 全面研制计划。20 世纪 90 年代中期, UUV 才真正开始用于解决水下侦查、通信和反潜、反水雷作战中遇到的新问题, 这个时期此项技术才广泛地应用到了军事领域。

1999 年美国海军提出了第一个 UUV 发展计划。2002 年美国海军要求 UUV 与无人机具有通用性, 提高作战自主性水平并使信息融合的水平进一步提高。2004 年 5 月, 美国海军对 UUV 发展计划进行了修订, 强调提高 UUV 与潜艇、水面舰艇信息共享的能力, 这是在前一项计划的基础上进一步加强它的联合作战及多平台应用能力。2005 年 1 月, 美国海军又提出了新的《无人航行器 UUV 总体规划》明确了无人航行器的使命, 以及海军希望这种新兴的武器应具有的能力。美军在这一总体规划中, 明确提出发展大型、重型、中型和便携式 4 类 UUV, 重点提高续航、目标跟踪、引导和攻击 4 种能力, 这就把 UUV 的发展方向进行了明确的定位, 不仅是美国, 其它一些国家在此项技术上的研究也是朝着这个方向发展。

2.2 UUV 发展现状

自 20 世纪 80 年代以来, 无人水下航行器技术得到很大发展, 目前, 世界上已有十多个国家正在从事 UUV 的研究, 其中美国、英国、日本、和西欧等国处于领先地位。

美国海军 1994 年发布了一项新一代先进无人水下航行器的研制计划^[4], 旨在发展两种能遂行探雷和扫雷的自主式无人水下航行器, 一种是尺寸类似重型鱼雷的大型水下航行器, 直径 533mm, 可以从潜艇鱼雷发射管发射, 并可携带多种传感器, 能长时间自主执行情报、监视和侦查及猎雷任务。这种无人水下航行器可充分利用现役的平台, 特别是攻击型潜艇, 以期获得最大的作战效果。另一种是小型无人水下航行器, 主要用于水雷对抗, 直径 200mm, 长度大约 3m 左右。

美国海军水下作战中心、美国国防高级研究计划局和美国海军研究生院等单位主要负责 UUV 的研制工作, 经过二十多年的发展, 在 UUV 研究领域处于国际领先水平。在导航、控制、水声通信和推进等关键技术方面取得了很多的研究成果^[4]。

美国海军正在试验的一种智能型 UUV “海底滑翔者”^[4], 体长 1.8m, 直径 300mm, 翼展 1m, 重 52kg。体内配置电脑控制/传感器/GPS/卫星通信信号的桅杆。它可自主在海中航行 6 个月, 行程 5000 公里, 最大下潜深度 1000 米, 可由航空器投放, 也可由人工海面投放, “海底滑翔者”能担负探测水雷和水面目标的任务。若更换模块, 它也可成为水下通信网络的一个移动式自主中继的节点。

美国海军海上系统司令部主持研制的“飞行”1 型无人水下航行器已于 2007 年装备部队。它具有跟踪

潜艇、反水雷和海域监视、侦察等多种功能,靠潜艇鱼雷发射管发射和回收。“飞行”1型直径530mm,包括航行和任务两个系统,每个系统又分多个模块,配有信号接受桅杆。“飞行”2型已在2009年装备部队。它比“飞行”1型尺寸大,任务载荷多,航程280公里,续航时间200小时。

目前,美国海军研究计划局和步吕芬机器人技术研究所正合作研制一项新型UUV^[4]—自主式作战空间准备航行器(BPAUV)。

该种UUV由锂聚合物蓄电池驱动,可通过潜艇或小型渔船投放。BPAUV装备了多种传感器和测试声纳,用于大面积海底地图测绘以及变换测绘水道测量和水雷搜索任务。美国海军研究局在2007年进行无人水下航行器与无人水面小艇联合,可自主进行猎雷作业,以及利用无人水下航行器完成远程探测掩埋式水雷等能力的指标演示。

UUV是未来水下信息战的新型平台,因为各个国家都对UUV的研制抱有极大的兴趣,并努力地进行研究。北约在2000年4月制订了“MO2015无人水下航行器发展计划”,目的是研制出一批不同用途的个性无人水下航行器。1998年英国开始“Morlin”UUV的研制工作。2002年7月,英国国防部装备管理局制订了一份为期3年的无人水下航行器演示计划,旨在为将来制定近期、中期和远期无人水下航行器发展计划奠定基础。法国在ECA公司研制的Oilster新型无人水下航行器的基础上,正在探讨一种全新的UUV——REDERMOR。Oilster新型无人水下航行器能够携带各种传感器或其他负载,利用其携带的各种声纳,探测水雷目标并进行分类,然后返回母舰平台进行重新配置,执行灭雷任务。德国研制的“长尾蛟”一次性攻击性无人水下航行器,体长1.3m,直径0.2m,质量40kg,航行深度300m,在航母120m范围内活动,可对锚雷和沉底雷进行爆破处理。挪威的“水下排雷手”由两个驱动器驱动,最大攻击范围4公里,用于对水雷进行一次性自主攻击。此外,瑞典、意大利也在研制用于扫雷的无人水下航行器。

俄罗斯早在20世纪60年代就开始研制无人水下航行器,主要用于探雷、猎雷、搜索和探测下沉核潜艇等。但其研制水平落后于欧美国家。

日本为无人水下航行器的研制投入了数亿美元的资金,其无人水下航行器技术已达到世界领先水平,但日本研制的无人水下航行器主要用于民用的深水开发,极少用于军事领域。由日本三菱重工研制的AUV-EX1型无人水下航行器,潜航深度达到了3500米,能够进行各种深海科学活动。

3 UUV的发展重点与应用前景

无人水下航行器将会在各种领域得到广泛的应用,可以根据它的应用前景与范围来确定其未来发展重点。

3.1 UUV的发展重点

未来的无人水下航行器需要执行多种作战任务,并能适应复杂的水下环境,未来无人水下航行器技术发展的重点^[5]将主要集中在以下几个方面:

1) 开发新型电池,提高UUV的续航能力。无人水下航行器的续航能力主要是由所使用的电池决定的,电池性能的高低决定了无人水下航行器的续航时间的长短。为了配合水下作战需要,适应水下各种环境,未来的无人水下航行器必须具有远距离、长续航能力,电池的要求必然是非常重要的一个环节,世界各国正开展纳米材料的研究,在电化学能存储和转换中采用纳米材料。目前,一些国家正在开发一种新的动力源—放射性同位素电池。这种电池具有重量轻、寿命长、无需修理或补充等优点,可使无人水下航行器长期在水下航行。

2) 变革通信方式,增强UUV的远距离通信能力。目前,无人水下航行器远距离的水下通信主要依靠光纤进行,这样使无人水下航行器的作战范围受到了极大的限制,而且限制了无人水下航行器在复杂海域执行任务的能力。未来无人水下航行器通信方式的发展方向是大力发展高品质的通信。通信方式的革新,将使无人水下航行器承担更加复杂的通信任务,成为全球通信体系中的一部分。

3) 改进控制系统,重点发展自主式UUV。海洋下的环境是异常复杂的,这就要求无人水下航行器具有很强自主性,能够在复杂的水文情况下自主与环境进行交互,有效识别水下物体并自主做出相应的反应。

未来无人水下航行器应该具有很高的智能，能够自动判别海底态势，采取相应的措施和对策。针对外在情况的变化，自动进行适当的调整，完成指定的任务。这样就大大增强了无人水下航行器的作战范畴以及生存能力。

4) 采用组合导航系统，提升 UUV 的精确定位能力。最常用的导航方法是航位推断算法，即将无人水下航行器的速度对时间进行积分来获得位置的信息，但是这样做精度偏低。目前惯性导航、卡尔曼滤波器和多普勒声纳等精密导航装备已渐渐应用到无人水下航行器上。在惯性导航系统中，通过将加速度对时间两次积分来获得位置的信息，这种导航方法的优点是自主性和隐蔽性好。未来的无人水下航行器上可以将多种导航技术适当地组合起来，不仅可以取长补短，大大提高导航精度，从而可以降低导航系统的成本和技术难度。此外，组合导航系统还能提高系统的可靠性和容错性能。

5) 研制多种模块，增强 UUV 的多任务作战能力。未来的无人水下航行器将进行模块化设计，根据任务的不同，可以加载不同的任务模块，以及适应未来的多任务作战需求。这些模块包括扫雷模块、反潜模块、电子战模块、诱饵模块等，通过这些模块化设计，使无人水下航行器具备多种作战功能。还可以加载各种水下武器系统，比如导弹、鱼雷、水下炸弹等。这样无人水下航行器将在未来成为水下的多功能军事装备。

3.2 UUV 在军事上的应用前景

无人水下航行器在军事领域的应用是非常广泛的。世界上很多国家都在努力研究这方面的技术。目前，研究的主要领域有几个主要方面：

1) 情报搜集^[6]。UUV 可以探测舰艇以及潜艇的行进路线，侦查敌人港口和海岸区的军事活动，进行雷区监视和海上通道等情报搜集任务。在海军人员和潜艇无法进入的海域，进行情报搜集、监视和侦查。

2) 水雷对抗^[7]。美国正在研制的大型 UUV 直径 914 毫米，排水量 10 吨，该 UUV 可以携带大量的传感器，具有较长的续航能力。主要用于反潜战、水雷战和特种作战。UUV 的使用极大地提高了海军的水雷对抗能力。

3) 通信中继。海上环境是复杂的，在某些通信受到限制的海域，可以利用 UUV 作为通信接口，完成水面舰船和潜艇之间、指挥中心和水面舰船之间以及其它平台之间的通信。

4) 海洋环境监测。平时对特殊海域的海洋环境和影响战术活动的因素进行监视和数据统计，建立数据库供战时使用。

5) 其它应用领域。比如后勤支援和深水救难等。

4 结束语

作为未来水下信息战的重要成员，无人水下航行器必然会实现跨越式的发展，并将在未来水下战场中起着至关重要的作用，而无人水下航行器的控制系统起着决定性的作用，随着在导航、动力、制作材料等方面的技术日趋成熟，无论是从 UUV 的作战范围还是其生存能力来看，都需要有效的控制方法来实现，因此控制系统是 UUV 的关键因素。

参考文献：

- [1] 刘淮, 应用前景广阔的无人水下航行器[J]. 船舶工业技术经济信息, 2004, (12):23-27.
- [2] 许韦韦, 新兴的水下作战平台[J]. 指挥控制与仿真, 2006, (3): 16-19.
- [3] 蔡立勇, 韩恩权, 肖斌. 无人水下平台对潜艇网络中心战能力的影响[J], 船舶电子工程, 2004, (2):15-18.
- [4] 李汉青, 戴修亮. 美国海军正在发展的水下探测系统[J]. 情报指挥控制系统与仿真技术, 2004, (8): 37-38.
- [5] 李俊, 徐德民, 严卫生. 自主式水下潜器导航技术发展现状与展望[J]. 中国造船, 2004, (9):70-77.
- [6] 赵海东, 等. 军用无人水下航行器[J]. 国防技术基础. 2003, (2):10-11.
- [7] 任志良, 张刚. 无人水下航行器进展[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009:473-475