

【引用格式】张严, 武志东, 张玉玲. 美英潜艇指控系统发展历程及启示[J]. 数字海洋与水下攻防, 2022, 5(6): 553-558.

美英潜艇指控系统发展历程及启示

张严, 武志东, 张玉玲

(海军潜艇学院, 山东 青岛 266199)

摘要 指控系统是潜艇作战的核心, 对潜艇的战斗力生成起着至关重要的作用。潜艇指控系统必须要满足潜艇作战的需要。通过研究美国和英国潜艇指控系统的发展, 分析美国和英国指控系统发展的技术特点, 在此基础上进行思考。从支持无人装备、系统结构、系统智能化和智能化显示方面得出潜艇指控系统未来发展的几点启示。这对潜艇指控系统未来的发展具有一定的参考价值。

关键词 潜艇; 指控系统; 启示

中图分类号 TJ768.4

文献标识码 A

文章编号 2096-5753(2022)06-0553-06

DOI 10.19838/j.issn.2096-5753.2022.06.010

Development of US and British Submarine Command Systems and Enlightenment

ZHANG Yan, WU Zhidong, ZHANG Yuling

(Naval Submarine Academy, Qingdao 266199, China)

Abstract The command and control system is the core of submarine combat and plays an important role in the generation of submarine combat effectiveness. The submarine command system must meet the needs of submarine operations. By studying the development of US and British submarine command and control systems, this paper has analyzed the technical characteristics of US and British command and control systems, and has made some reflections on this basis. Some enlightenment on the future development of submarine command and control system has been put forward from the aspects of supporting the unmanned equipment, system structure, system intelligence and intelligent display, etc. This has certain reference value for the future development of submarine command and control system.

Key words submarine; command and control; enlightenment

0 引言

潜艇指控系统被称作为潜艇作战系统的大脑。潜艇指控系统承担着潜艇各类型传感器, 例如: 声呐、雷达、潜望镜、导航等设备的信息综合处理任务, 潜射武器, 例如: 鱼雷、导弹以及水声对抗器材的发射控制任务, 以及辅助指挥员进行指挥决策。潜艇指控系统对潜艇作战能力起着至关重要的

作用, 由于潜艇其自身的隐蔽性和强大的攻击性特点, 使世界各国都非常重视潜艇的发展。因此, 对于潜艇作战能力至关重要的潜艇指控系统, 各国也开发出不同类型的系统。研究潜艇指控系统未来的发展对潜艇未来担负更多的作战任务和提高作战能力都是至关重要的。本文通过研究美国和英国潜艇指控系统的发展, 总结美国和英国指控系统技术特点, 分别从支持无人装备、系统结构、系统智能

化和智能化显示方面给潜艇指控系统未来发展得出几点启示。

1 潜艇指控系统发展

20世纪60年代前,潜艇指控系统主要控制鱼雷发射。这个时期的潜艇指控系统也称为鱼雷指挥仪。该系统通常只能对单个水面目标进行追踪和攻击,只能简单的控制鱼雷的发射,这个时期也只有C系统的功能即控制(control)。

20世纪80年代起,潜艇指控系统能够与导航、声呐、潜望镜、武器系统等设备进行连接组成一个完整的作战系统。该时期的指控系统已经能够使用多种类型武器对多个目标实施攻击。该时期系统已经具备了C²系统的功能即指挥(command)和控制(control)。

进入21世纪后,信息技术进入了飞速发展时期。情报综合处理和通信技术的发展,也带动了潜艇指控系统的快速发展。潜艇指控系统也由C²系统发展成了C³I系统即指挥(command)、控制(control)、通信(communication)、情报(information)的集合^[1-2]。目前世界上主流的潜艇指控系统例如美国的AN/BYG-1系统、德国的ISUS90系统、法国的SUBTICS系统、英国的ACMS系统、俄罗斯的Litviy系统等都是C³I系统^[3]。

1.1 美国潜艇指控系统发展

1.1.1 C到C²系统发展阶段

美国的潜艇指控系统是从MK 113 6/8火控系统发展的,该系统也称为鱼雷射击指挥仪。美国的第一个集传感器、导航系统、武器发射控制于一体的综合作战系统为AN/BSY-1。AN/BSY-1最初装在“洛杉矶”级核潜艇。AN/BSY-1系统的作战控制部分为CCS MK1系统,该系统已经具备C²系统的功能。CCS MK1是在MK117火控系统的基础上发展而来的。CCS MK1系统已经支持MK36垂直发射系统发射导弹和MK48重型鱼雷的发射能力^[4]。该系统使用于常规动力潜艇和核动力潜艇,并融合了声呐、电子支持措施(ESM)、雷达、综合导航系统、潜望镜、通信系统、武器控制系统。

CCS MK2为AN/BSY-1的改进型,使用了更

为先进的声呐设备,已经能够实现声呐导航信息处理、目标运动要素分析和武器发射控制等功能^[4]。CCS MK2能够对作战数据进行综合处理,能对所有传感器、武器系统进行融合和操作控制。CCS MK2也取代了之前的系统,例如:AN/BSY-1、CCS MK1、DWS-118。该系统开发中最重要的特点是采用了COTS(commercial off-the-shelf)技术,这为以后潜艇指控系统在软件和硬件的快速升级奠定了基础。COTS技术为商用现成品或技术,COTS技术主要的优势是能够减少开发的成本,并能够减少开发的时间,采用通用的标准接口能够为硬件和软件的快速迭代升级提供基础。目前COTS技术已经广泛应用于国外海军潜艇指控系统软件和硬件中。传统的指控系统开发花费十几年的时间,而且最后研发的结果是这些指控系统都几乎互不相同。潜艇指控系统装备到潜艇后升级也比较困难。这也会影响潜艇新型战斗力的生成。目前使用了COTS技术开发指控系统后,几乎较短的时间就可以开发一个新的指控系统,并且只需要几年时间整个潜艇部队就可以接收新型的指控系统。这也很大程度上提高了武器装备的配备效率,为潜艇新式战法的应用提供了基础。

1.1.2 C²到C³I系统发展阶段

进入到21世纪后,CCS MK2系统不断升级,前后经历了几个阶段的发展,从CCS MK2 Block 1c到CCS MK2 Block 1c mod 6,完成了从C²到C³I系统的发展。CCS MK2 Block 1c mod 6最终被美国海军命名为AN/BYG-1^[5]。AN/BYG-1也是目前美国海军潜艇主流的作战系统,并装配在“洛杉矶”级、“海狼”级、“弗吉尼亚”级攻击性核潜艇以及“俄亥俄”级战略核潜艇上,同时也被装配在澳大利亚海军“柯林斯”级潜艇。AN/BYG-1系统作战软件如图1所示,由3部分构成,分别是艇载武器控制系统PCS(Payload Control System)、战术控制系统TCS(Tactical Control System)、信息保障应用IA(Information Assurance)。

PCS主要功能是艇员控制潜艇所有当前或者未来配备的武器系统,例如:鱼雷、巡航导弹、水雷和模块化水下重型航行器(MUHV)、水下无人

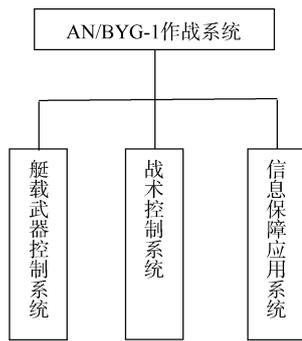


图1 AN/BYG-1系统作战软件构成

Fig. 1 Composition of AN/BYG-1 combat system software

飞行器(UUV)、水下无人机(UAV)等无人化装备以及水下对抗武器。TCS主要功能是传感器信息的传递管理和决策管理。TCS对声呐探测信息、电子支持措施、潜望镜、导航信息、雷达信息和通信系统的信息融合处理后进行信息显示,以及提供可人工操作的人机界面,拥有更强的态势感知能力。IA是网络基础设施能够保证信息存储安全。AN/BYG-1已经能够实现跟踪水下和水上目标,并对传感器跟踪目标获取的探测信息进行综合处理以及接收外部战术情报生成综合战术图像。该系统能够接收上级指挥所的打击命令并制定打击任务,使用重型鱼雷打击潜艇和水面船只,能够发射战斧巡航导弹。

1.2 英国潜艇指控系统发展

1.2.1 C到C²系统发展阶段

英国第一个数字鱼雷火控系统为TCSS 9,该系统也被装在英国的第一艘核潜艇上。随着时代发展和实际作战需要,核潜艇需要武器装备与传感器连接的新型指控系统。英国开发了DCA系统,该系统使用了单台FM1600B数字计算机。为了满足潜艇发射多种类型武器的需要,在DCA系统基础上开发了DCB系统。DCB的性能已经支持同时攻击2个目标。该系统装在英国“勇士”级攻击核潜艇。20世纪80年代中期,随着声呐、潜望镜等传感器的发展,DCB系统对传感器数据处理能力已经不能满足需求。为了提高数据处理能力,英国开发了DCG战术数据处理系统用于辅助DCB系统。DCG系统改进了目标运动的分析算法,提供更精

准的战术态势能力。DCB、DCG已经能够连接声呐、传感器等设备组成了一个完整的作战系统,也具备了C²的功能。英国潜艇指控系统也从C发展到了C²系统。

1.2.2 C²到C³I系统发展阶段

DCG(R)是DCG的改进型,设备的性能得到优化,并使用了CTOS技术,这为下一代的潜艇指控系统发展奠定了基础。下一代潜艇指控系统SMCS(Submarine Command System),被广泛装配在英国潜艇上。SMCS系统也已经具备了C³I系统的功能。英国潜艇指控系统也进入了C³I系统发展阶段。SMCS能够处理从传感器和武器输入的大量信息,能够实现武器管理和火力控制、战术图像编译、艇载训练、跟踪运动分析(TMA)、数据记录回放等。SMCS应用了COTS技术,商业标准使用能够更加广泛和长期使用,更有利于后期升级。SMCS软件使用Ada语言开发,并应用Occam语言与Transputer芯片一同进行设计开发,该设计实现了高度的模块化。该系统采用双冗余的光纤组成局域网,使得系统具有开放式、分布式的特点。局域网内部的处理节点相连接。局域网内部节点具有高可用性,一个处于正常工作状态,另一个处于待机状态,一旦某一节点出现故障可以自动切换备用节点,提高抗故障能力^[6]。

SMCS NG是在SMCS基础上应用了新的系统架构发展的,使用了PC机以及Windows 2000为操作系统。SMCS NG整个系统都是用COTS技术,处理器由原来SMCS使用的Intel 80386/486升级为Intel Pentium 4处理器。系统使用2个中央服务器用于跟踪运动分析和跟踪数据库。2个中央服务器使用主从配置,提供使用的可靠性。服务器与节点通过光纤电缆连接,其速率为100 Mb/s,并使用TCP/IP通信协议用于原有武器设备的控制。SMCS NG使用PC机后可以放入独立的系统机柜。SMCS NG使用通用商业标准后,后续升级成本降低,该系统同时还支持例如INSYTE'S NECTA海洋环境资料等第三方应用^[6]。

ACMS(Astute Combat Management System)是由SMCS发展来的,目前主要装配在英国“机敏”

级攻击型核潜艇。ACMS 集成了指挥与控制系统、指挥支持系统和指挥工作站系统。指挥与控制系统是在“特拉法尔加”级攻击核潜艇基础上,进行了应用程序和图形显示页面的升级。ACMS 系统集成了海事地图,指挥支持系统功能是让所有的显控台能够显示海事地图,加强了信息共享能力。指挥工作站系统能支持光电桅杆探测的图像和其他视频源图像显示在显控台中。ACMS 系统硬件 95%以上使用了商用产品,这样保证了从设备的供电、散热、重量和成本方面都有所降低。ACMS 系统支持第三方的应用程序,可以提供持续的功能升级。ACMS 采用分布式结构设计能够处理各种传感器、情报数据等信息,还可以支持扩展。该系统由 7 个多功能显控台组成,每个显控台装有 2 个 18 英寸的显示屏并配有键盘和鼠标。2 个用于声呐功能,另外 5 个多功能显控台用于指挥和战术决策。在电子作战室配备了只有一个显示屏的多功能显控台用于情报处理^[2, 7]。

2 美英潜艇指控系统发展的特点

通过分析美国和英国典型潜艇指控系统的发展,其发展特点主要有以下几点。

2.1 具有多系统协同的分布体系结构

潜艇指控由最初只有控制鱼雷发射的功能发展到现在可以连接导航、声呐、潜望镜、武器控制等多个系统的协同处理的分布结构。指控系统将潜艇的多个系统进行协同处理,相比之前没有多系统协同的鱼雷指挥仪,其作战效能有了很大提高。多系统协同的分布结构也能够为潜艇指控系统未来接入更多的系统提供了开放的接口。例如,美国“弗吉尼亚”级核潜艇的指控系统连接了多达二十几个子系统^[1],因此指控系统从整体上必须具备多系统协同的分布结构。多系统协同的分布结构已经成为趋势,未来会根据作战需求指控系统融合更多的系统。

2.2 COTS 技术广泛应用于潜艇指控

国外的潜艇指控系统广泛采用 COTS 技术,例如英国“机敏”级核潜艇指控系统硬件部分 COTS 产品使用率达到了 95%,美国的“弗吉尼亚”级核

潜艇指控系统硬件部分 COTS 产品使用率达到了 78%^[3]。采用 COTS 技术后,能够缩短研发周期。例如美国的 CCS MK2 系统研发几乎每 2 年就可以研发一个新的系统,相比之前没有使用 COTS 技术研发一个新的系统大约可以减少十几年的时间。而且原有的技术开发出的系统标准不一,型号也各有不同,后续升级能力困难。因此,引入 COTS 技术可以实现缩短研发周期,提高研发的效率,降低研发成本。

2.3 潜艇指控更强的信息处理能力

随着科技发展,新型的武器装备和水下探测设备发展迅速,潜艇未来会搭载除传统的声呐、雷达、潜望镜等探测设备以及鱼雷导弹等传统武器外,还会搭载更多的新型探测设备和武器装备,例如水下无人航行器。潜艇装载越来越多的装备,这对指控系统的信息处理和管理提出更高的要求。同时,潜艇进行协同作战需要接收外部指挥所或其他舰艇发送的信息,潜艇指控需要处理的信息量会越来越大,未来信息处理能力和处理效率需求会逐渐增大。指控系统的硬件配置和软件处理能力都在不断增强,拥有更强的信息处理能力。

2.4 支持第三方的应用程序

美国和英国的指控系统支持第三方的应用程序例如海事地图、海洋水文数据等,这有利于后期的功能拓展和升级,提高设计开发的效率。支持第三方应用程序能够减少自身的研发成本,第三方产品有升级可以跟随同步进行升级。第三方的新技术被研发出后,也可以快速集成于系统中,能够尽快使用新技术,对整个系统的能力持续增强非常关键。通过支持第三方的应用程序,可以快速集成新的功能。指控系统需要根据作战需要增加新的功能时,也可单独通过开发第三方的应用程序来实现功能。这样不用对整个系统再进行升级。因此通过支持第三方的应用程序可以快速实现功能的升级,这为新的功能快速的应用提高了整体效率。

2.5 采用冗余设计提高可靠性

英国指控系统中的中央处理器采用主从设计,一旦主服务器出现故障可快速切换从服务器。系统

也采用多节点设计,一旦某一节点出现故障,其他节点继续提供服务。整个作战系统各设备间采用双冗余通信电缆提高其设备间通信的稳定性。装备可靠性的提高对于战斗力生成也是至关重要的。除了传统的增加装备本身的可靠性以外,从系统的结构设计方面采用冗余的设计提高整体作战系统的可靠性。采用多节点设计,不依赖于单一节点,也能够提高系统的可靠性。从整体系统设计方面提高系统运行的可靠性也成为指控系统设计的重要方面。

3 美英潜艇指控发展的启示

通过研究国外潜艇指控的发展,在此基础上进行技术特点的总结,也给我们带来一些启示和思考,对未来潜艇指控系统发展提出以下几点启示。

3.1 更加便捷的水下无人装备控制

随着科技发展,新型的水下无人装备^[8-10]例如水下无人飞行器^[11]、水下无人机、水下无人预置平台^[12]等种类会逐渐增多,应用范围也会更加广泛。水下无人装备体积小、更加灵活以及更好的隐蔽性,可以进入潜艇无法到达的区域执行任务,对潜艇作战有着更多的辅助优势。潜艇作为水下作战的平台,搭载更多类型的水下无人装备成为趋势。指控系统作为作战系统的中心,控制着艇载武器,因此也必然能够指挥和控制水下无人装备。指控系统的操作效率非常重要,尤其是在实际训练和作战中,快速准确的操作指控系统也对提高战斗力起到了至关重要的作用。指控系统更为便捷和高效的控制水下无人装备,对水下无人装备完成作战任务起到更重要的作用。除利用键盘、鼠标常用的输入设备外还可以利用屏幕触控、操纵杆等方式进行操控。也可通过定义简单的手势功能,通过智能识别手势方式^[13]来控制,提高双手的操作效率。

3.2 易于维护和升级的设计结构

指控系统设计采用分模块化设计,将模块可分为外部传感器信息处理模块、武器管理及火力控制模块、水下对抗模块、情报处理模块等。采用模块化设计可根据外来的需求实现各自模块的升级,有

利于功能快速升级。系统不但要支持各个模块的升级,而且也要支持新增模块的集成。这样的设计有利于未来新的功能需求可以实现单独的集成,实现较低的成本和升级的效率。在各模块中装入自检程序,可实现系统开机自检,方便后续的维护保养和故障的定位。一旦系统出现故障,可通过系统自检来帮助维修人员定位到某一模块的故障,方便故障的快速定位和维修。单个模块出现故障也更容易进行更换。

3.3 支持大数据的智能化战术辅助决策

随着智能科技的发展,人工智能技术已经逐渐应用于各个领域。未来水下作战中,新型武器或新型探测设备例如水下无人潜航器等大量应用,以及空中、水面、水下更为先进的反潜技术和水下武器装备应用,势必造成未来水下作战局势更加复杂。因此指控系统需要配备更为智能化的战术辅助决策系统。该系统将各种训练数据和海洋水文数据结合组成大数据,指控系统在进行辅助指挥决策时基于大数据采用智能化的算法结合海事地图对攻击的目标做出图像化的机动路线和攻击方法推荐。采用这种方式指控系统的智能辅助指挥决策更加贴合平时训练的战法,具有实用性和可操作性。

3.4 更加智能的态势显示能力

未来作战中,潜艇面临着空中、水面和水下立体化的反潜力量。潜艇通过传感器探测或外部通信获取的信息也会更加复杂,信息量会更大,加上复杂海洋环境势必对潜艇水下作战提出新的挑战。因此,正所谓“知己知彼,百战不殆”,只有指挥员清晰知道对方反潜兵力配置和态势,才能在作战中更有把握打赢。面对未来的作战需要,指控系统具备更加智能的态势显示能力尤为重要。态势显示要根据当前海域的海洋环境数据显示对方的兵力配置和位置标记,还可以根据对方的兵力配置进行实时计算,预测对方探测的范围或移动路线。通过虚拟技术从空中到水下显示三维立体化的兵力配置,也可使用AR、VR^[14]技术使指挥员对整个态势拥有更加直观沉浸式感受,更有利于指挥员做出作战决策。

4 结束语

未来潜艇战法的发展也对潜艇指控系统提出新的要求。未来指控系统的发展能够满足复杂多变环境下的潜艇作战需求是至关重要的。潜艇作战未来将呈现出更复杂的作战样式,未来将集成更多的武器装备,也担负更多样式的作战任务。潜艇指控系统未来发展也将要满足多样的作战需求。潜艇指控系统关系到潜艇作战能力的生成,指控系统的易用性、智能化和后续的可持续升级性以及潜艇指控对整个作战装备的融合,都是设计研制过程中的重点内容。装备具有良好的可靠性和多样化的功能来满足不同的作战需求。因此指控系统未来的发展必定是更强的智能化、更高的可靠性、更广的集成性。通过研究国外潜艇指控系统的发展,总结潜艇指控系统发展的特点。在研究国外潜艇指控系统发展的技术特点基础上,围绕支持无人装备、系统结构、系统智能化和智能化显示得出潜艇指控系统未来发展的几点启示,这对未来潜艇指控的研制有一定的参考意义。

参考文献

- [1] 司广宇. 潜艇指控系统理论与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2018: 1-17.
- [2] 吴坚, 黄牛, 刘巍. 潜艇指控系统的发展[J]. 舰船科学技术, 2011, 33(1): 21-24.
- [3] 陈义平. 国外潜艇指控系统的发展趋势及启示[J]. 宇航总体技术, 2018, 2(5): 57-70.
- [4] 尤晓航. 国外海军典型 C4I 及武器系统[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008: 148-173.
- [5] 赵祖铭. 潜艇指控系统技术和发展分析[J]. 指挥控制与仿真, 2007, 29(2): 1-8.
- [6] Jane's Group UK Limited. Jane's C4ISR&Mission Systems: Maritime-Submarine Command System (SMCS) SMCS Next Generation (SMCS NG) [M]. UK: Jane's Group UK Limited, 2021: 1-4.
- [7] Jane's Group UK Limited. Jane's C4ISR&Mission Systems: Maritime-ACMS[M]. UK: Jane's Group UK Limited, 2015: 1-3.
- [8] 刘大庆, 赵云飞, 吴超, 等. 美军水下无人作战力量发展趋势及启示[J]. 数字海洋与水下攻防, 2021, 4(4): 257-263.
- [9] 苏金涛. 水下无人作战系统武器控制研究[J]. 舰船科学技术, 2017, 39(12): 118-121.
- [10] 冯景祥, 姚尧, 潘峰, 等. 国外水下无人装备研究现状及发展趋势[J]. 舰船科学技术, 2021, 43(12): 1-8.
- [11] 刘洋, 陈练, 苏强, 等. 水下无人航行器装备技术发展与应用研究[J]. 舰船科学技术, 2020, 42(12): 1-7.
- [12] 张弛, 蔡帆. 水下无人预置平台的发展现状和启示[J]. 现代防御技术, 2019, 47(5): 14-21.
- [13] 易靖国, 程江华, 库锡树. 视觉手势识别综述[J]. 计算机科学, 2016, 43(6A): 103-108.
- [14] 张凤军, 戴国忠, 彭晓兰. 虚拟现实的人机交互综述[J]. 中国科学: 信息科学, 2016, 46(12): 1711-1736.

(责任编辑: 肖楚楚)