

遥控武器站研究现状与发展^①吴永亮^② 毛保全 高玉水 徐 礼 王传有

(装甲兵工程学院兵器工程系 北京 100072)

摘 要 介绍了遥控武器站(ROWS)的概念、特点与组成,在此基础上,从火力系统和火控系统两个方面综述了近年来国内外遥控武器站的研究进展,分析了未来遥控武器站的发展趋势。分析表明:研制具备遥控操作功能的武器站,以提高车载自动武器的射击精度、减小系统反应时间、解决操作手无装甲防护的问题,是世界各军事强国竞相发展的方向;如何进一步提高遥控武器站态势感知能力、射击精度和模块化水平将成为遥控武器站研究的重要课题。提出并讨论了先进光电技术、伺服控制技术、模块化技术、智能化技术及虚拟样机技术等发展遥控武器站的技术途径,以期为国内遥控武器站的论证分析、研制设计以及改进升级等提供理论借鉴和技术参考。

关键词 遥控武器站(ROWS),态势感知,射击精度,模块化,发展趋势

0 引 言

装甲战车发展至今,在火力、防护和机动性上都达到了极高的水平,但仍然存在两点不足:一是车载自动武器的观察、瞄准和射击均采用原始的手动操作,反应时间长、射击精度低、对乘员的要求高;二是操作手在操作这些武器时必须将上身探出车外,完全抛弃了装甲防护,大大降低了战场生存能力,这在城市巷战中表现得尤为突出^[1]。为解决这些问题,国外近年来竞相推出了遥控武器站——配备多种类型武器,具备目标搜索、识别、跟踪、瞄准、射击等遥控操作功能,可安装在多种军用平台上的相对独立的模块化武器系统^[2]。较之传统的车载自动武器,遥控武器站集成了先进态势感知技术和火控系统,采用模块化设计,具有可遥控操作、射击精度高、射界范围大等诸多优点^[3],现已成为世界各国积极研发和装备的对象,在装甲车、主战坦克、舰艇、无人地面车辆上都可以看到它的身影,美军和以色列国防军已将其投入实战应用^[4]。国内开展遥控武器站研究相对较晚,还没有定型产品,因此本文以国外遥控武器站为主进行分析。

遥控武器站通常由火力系统、火控系统和集成

套件组成^[5]。火力系统包括武器子系统、架座子系统,其中武器子系统可配置各种口径机枪、自动榴弹发射器、机关炮以及导弹等。火控系统主要用于实现武器的遥控操作、目标的昼夜观测、弹道解算、稳定控制等,它包括观瞄子系统、伺服控制子系统、火控计算机、操控终端,其中观瞄子系统可配置光学瞄准具、CCD 摄像机、热像仪、激光测距仪等。集成套件主要包括电源子系统、旋转连接器、接插件及线缆等。以下从火力系统和火控系统这两个主要组成部分来论述遥控武器站近年来的研究进展,探讨未来的发展趋势及其技术途径。

1 火力系统现状

1.1 武器子系统

为了满足城市、山地环境下高强度作战需求和反恐、防暴、维和等低强度需求,实现对不同目标的有效打击,要求武器系统必须具备多样化的火力打击能力。如在城市、山地环境下打击有生力量可使用大口径机枪、小口径自动炮,打击坦克装甲目标时可使用反坦克导弹,在执行防暴、维和任务时可使用小口径机枪、烟幕发射器等。

表 1 为国外典型遥控武器站的武器配置

① 军队科研计划项目(2011ZB09)。

② 男,1985年生,博士生;研究方向:车载武器系统集成与动态仿真;联系人,E-mail:liangyongwu@163.com
(收稿日期:2013-05-27)

表^[6-10],从中可知国外遥控武器站普遍采用多样化的武器配置,配备的武器类型包括各种口径机枪、榴弹发射器、小口径自动炮、反坦克导弹等。为了提高遥控武器站对简易爆炸装置的毁伤能力,以色列为其“RCWS-30”遥控武器站总装了“雷神”定向能武器。该武器是一种高能激光器,可以在安全距离范围内将未爆炸的弹药或简易爆炸装置烧毁或者降级爆炸,从而使之丧失攻击能力。瑞典则将防空导弹集成到“TRACKFIRE”遥控武器站上,实现对低空目

标如武装直升机、无人机、空降目标的打击,这为解决坦克、装甲车辆的低空防御问题提供了参考。为与武器相匹配,遥控武器站还配有一个大容量弹箱,其容弹量常为传统容弹具的数倍,它通常安装于车外架座上,可与武器站同步旋转和俯仰,只有少数遥控武器站采用弹箱内置的方案(如瑞典“TRACK-FIRE”遥控武器站),这有利于操作手在装甲防护下完成弹药装填,避免因车外补弹造成的人员暴露。

表 1 典型遥控武器站的武器配置表

典型武器站	美 国 CROWSII	以色列 RCWS-30	德 国 FLW200	瑞 典 TRACKFIRE
	从中任选其一: M249 5.56mm 轻机枪 M240 7.62mm 机枪 M2 12.7mm 大口径机枪 MK19 40mm 榴弹发射器	从中任选其一: MK44 30mm 自动炮 40mm 自动炮	从中任选其一: MG4 5.56mm 机枪 MG3 7.62mm 机枪 M2HB 12.7mm 机枪 HK 40mm 榴弹发射器	从中任选其一: 5.56 轻机枪 7.62mm 机枪 12.7mm 大口径机枪 40mm 榴弹发射器
备选武器	“标枪”反坦克导弹发射器	“雷神”定向能武器	-	防空导弹

1.2 架座子系统

架座子系统用于安装各种武器,一般由摇架、托架、座圈、缓冲器、平衡机等组成。为了实现火力的多样化配置和各种武器的快速更换,国外遥控武器站通常采用通用武器架。比利时最新设计的通用武器架能安装不同口径机枪或是 40mm 自动榴弹发射器,而且还能配合新型的软枪座进行使用^[11],使武器后坐力更小。以色列“RCWS-30”遥控武器站采用独特的升降式支座机构,可将武器升高增大俯仰角进入射击状态,亦可降低武器高度转入运输状态。此外,通用化座圈也被国外遥控武器站广泛采用,这十分有利于武器站在各型装甲车辆上的安装。

2 火控系统现状

2.1 观瞄子系统

未来战争中夜间或恶劣天气条件下的作战将更为频繁,巷战环境下的狙击手目标和简易爆炸物将更为普遍。为满足战场需求,国外遥控武器站的观瞄系统通常配备彩色摄像机、热像仪、激光测距仪及稳定系统,有些还可以选装狙击手探测系统和简易爆炸物探测系统,使其具备了全天候、全方位的快速观察和精确瞄准跟踪能力,表 2 为国外典型遥控武器站观瞄系统的配置表^[6-10]。

表 2 典型遥控武器站的观瞄系统配置表

典型武器站	美 国 CROWSII	以色列 RCWS-30	德 国 FLW200	比利时 ARROW-300
观瞄系统	昼用电视摄像机 非冷却式双视场热成像仪 激光测距仪	彩色 CCD 变焦摄像机 制冷式双视场热成像仪	彩色 CCD 摄像机 非冷却式热成像仪 护眼型激光测距仪	彩色 CCD 摄像机 冷却式热成像仪 激光测距仪

(1) 先进光学设备

从表 2 可看出,为了提高观瞄系统的精确度,各国在改进或研发遥控武器站时都采用光电设备最新

的研究成果。美国对 CROWSII 进行改进升级时,将冷却式热成像仪替换为更先进的 TIM1500 非冷却式双视场热成像仪^[12],使系统的功耗更低、重量更

轻、灵敏度更高,成像性能大幅提升,具备了全天候及不良条件下识别 1.5km 处目标的能力。德国 FLW200 遥控武器站配备了先进的 1 级 (CLASS 1) 护眼型激光测距仪,它是根据拉曼频移效应原理,将激光波长从对人眼有害的 $1.06\mu\text{m}$ 转移到对人眼安全的 $1.54\mu\text{m}$,有效解决了传统激光测距仪在军事训练时对人眼伤害大的问题,同时也大大提高了对战场烟雾的穿透能力^[13]。比利时 ARROW-300 遥控武器站配备的光电系统,还具备自动除冰、除雾和自稳定能力,提升了装备对恶劣天气的适应能力。

(2) 稳定系统

配备先进的稳定系统,是目前各国提高遥控武器站行进间射击能力和远距离精确打击能力的主要途径。美军在改进通用遥控武器站时,加装了 DSP-3000 高性能光纤陀螺系统^[14],它可为武器站提供精确的光学稳定和武器后坐力控制,无论车辆是静止还是运动都能够精确打击目标,它是稳定系统的核心部分。目前正在研发体积更小、成本更低、稳定性更优越的光纤陀螺,以适应未来的遥控武器站的要求^[15]。

(3) 狙击手和简易爆炸物探测系统

为提高遥控武器站探测狙击手的能力,美军在改进通用遥控武器站时加入了“尖兵”反狙击手系统。该系统通过接收并测量狙击步枪的枪口激波和弹丸飞行产生的冲击波来确定狙击手的位置^[16],原理如图 1 所示。弹丸击发后,形成以声速向外传播的枪口冲击波,弹丸在飞行过程中与空气摩擦产生的涡流、激波和飞行噪声也在空中传播,通过布置一系列声传感器精确测定冲击波到达各传感器的时间差,再采用广义相关时延估计方法和多元定位算法就可以精确计算出狙击手位置以及弹丸飞行速度、枪械口径等信息。加装“尖兵”系统的遥控武器站,反应迅速、打击精准,能有效对付巷战中的狙击手,在美伊战争和黎以战场上都有上佳表现。

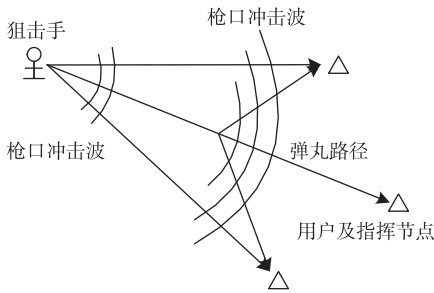


图 1 声探测定位系统原理图

随着战场态势的多样化,来自简易爆炸装置的威胁将不断增加。为此,英国和瑞典协力将简易爆炸装置远距离探测能力集成到了遥控武器站上。该探测技术基于拉曼散射原理,通过检测物体反射的光来确定其分子结构,将获得的分子结构特征与数据库中存储的资料相比较,就可以鉴别出相应的化学物质。但一般情况下,拉曼光谱的散射强度非常弱,如何增强其光谱强度是近年来拉曼光谱研究的关键问题之一^[17]。

2.2 伺服控制子系统

遥控武器站在研发过程中,大量移植了车载武器的先进技术,在继承先进的基础上不断进行改进,伺服控制子系统也不例外。文献[18]从动力系统和控制系统两个方面全面综述了国内外在炮控系统全电化及其数字控制方面的最新研究进展,本文主要结合遥控武器站的结构和性能特点,针对其中的不同之处进行阐述。图 2 为遥控武器站伺服控制子系统的工作原理图,其主要由传感器组、伺服驱动控制箱、功率放大装置、伺服电机、动力传动装置等组成。

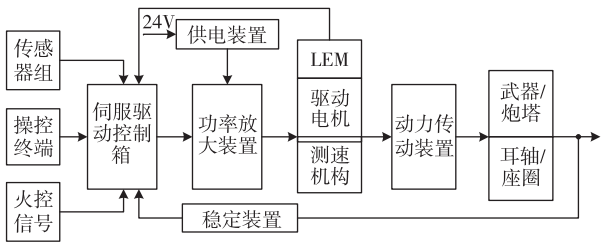


图 2 伺服控制子系统工作原理图

(1) 驱动电机

表 3 为典型遥控武器站伺服机构的技术参数,从表中可知,遥控武器站通常可以 360° 回转,而且高低俯仰的范围非常大。武器站通常在发现目标后以最大速度转向目标,在接近目标时迅速停下,然后以较低速度精确跟踪目标,这就要求电机及驱动装置具有优良的调速能力和平稳性,如调速范围宽、起/制动时间短、超低速运行时转矩脉动量小等。武器站射击时的高频强载荷也对电机的机械特性、抗过载能力、使用寿命等提出了较高要求。基于以上要求,无刷直流电机正被广泛用于遥控武器站的伺服控制^[19,20],FLW200 武器站、ARROW-300 武器站都采用了 24 ~ 28V 的无刷直流电机作为驱动电机^[21]。

表 3 典型遥控武器站伺服机构部分参数

典型 武器站	美 国 CROWSII	以色列 RCWS-30	德 国 FLW200	瑞 典 TRACKFIRE
方向回转	范围:360° 速度:≤90°/s	范围:360° 速度:≤85°/s	范围:360° 速度:≤65°/s	范围:360° 速度:≤575°/s
高低俯仰	范围: -20° ~ +60° 速度:≤60°/s	范围: -20° ~ +60° 速度:≤85°/s	范围: -15° ~ +75° 速度:≤65°/s	范围: -30° ~ +60° 速度:≤150°/s
伺服控制	全电数字式	数字式(手动备用)	数字式(手动备用)	全电数字式

(2) 动力传动装置

遥控武器站大都采用由多级齿轮组成的动力传动装置将驱动电机的转速从每分钟几千转降至驱动炮塔运动所需的速度。齿轮传动必然会将齿圈间隙引入传动链中,它的存在对炮控系统有两方面的影响:一是由于齿隙期间相对运动造成的驱动延时;二是相对运动结束时驱动部分和从动部分速度差异造成的冲击振荡^[22]。这种振荡会造成炮控系统输出误差,严重时会使系统因极限环振荡或冲击而降低性能或失稳。因此,如何减小齿隙、提高传动精度成为近年来传动装置研究的一个重要课题。有学者提出采用多电机驱动消除齿隙的方法,即通过 2 个驱动电机对同一从动轴施加大小相等、方向相反的偏置力矩抑制齿隙的影响^[23,24]。这种驱动模式克服了传统单电机驱动时齿隙期间存在的不可控性,但系统运行过程中,实际参与的驱动轴数往往呈现出波动状态,致使其难以完全消除齿隙影响。解决这一问题,可采用 Backstepping 方法,通过逐步选择控制 Lyapunov 函数,设计一个基于双电机驱动系统状态反馈的自适应控制器来抑制齿隙影响,同时保证系统的渐进稳定^[25]。

除了提高传动精度,强度设计也是传动装置亟需解决的问题。遥控武器站射击时,由于武器身管轴线与摇架旋转耳轴中心线往往不重合,存在一个很强的翻转力矩,会对高低向传动装置形成强烈的短时冲击,严重影响传动装置的寿命和武器的连发射击精度。这种现象在配备大口径机枪和小口径自动炮的武器站上表现尤为明显,在研制中也有被冲击损坏的实例。为避免冲击对传动装置的损伤,一方面要提高装置本身强度,如增大齿轮-齿弧接触面和强度;另一方面要在传动装置中设计缓冲环节,减小冲击力。

(3) 控制策略

遥控武器站是典型的非线性时变系统。如武器系统发射时受到的后座冲击力,耳轴与架座以及架

座与车体之间存在的摩擦力矩,动力传动装置存在的齿圈间隙、弹性形变,车体振动对武器的影响等都具有非线性、时变性的特点,另外,当武器处于不同射频、射角时,平台转动机构的转动惯量也各不相同^[26]。在此情况下,应用传统的 PID 控制算法对其进行稳定控制难以补偿各种非线性因素的影响,通常只能以牺牲响应频带、降低开环放大倍数来换取系统的稳定性,从而造成系统动态响应慢、低速稳定性差等问题,这已成为制约系统性能进一步提升的瓶颈之一。

随着现代控制理论的发展,自抗扰控制、模糊神经网络控制、滑模变结构控制等现代控制方法正不断被用于系统的非线性补偿控制^[27]。部分学者提出将 PID 控制与模糊神经网络结合,利用多层神经网络提取模糊控制规则,构建模糊神经网络控制器,根据偏差 E 和偏差变化 EC 在线调整 PID 控制器的三个参数,则能克服传统 PID 控制常出现的超调量大、动态响应慢、系统鲁棒性差等缺点,而且用试验证明了系统能满足遥控武器站伺服控制反应速度快、定位精度高以及抗冲击、抗干扰能力强的要求^[28,29]。

(4) 数字化与网络化控制系统

基于分立元件的传统炮控系统存在器件离散性大、温漂严重、信息传输困难、难以实现复杂控制算法等问题,因此,数字控制成了控制系统的主要发展方向。国外典型的数字全电式伺服控制系统的结构如图 3 所示,系统在将各部件数字化的基础上,构建高速总线网络^[30],完成部件之间的信息传输,实现实时网络化控制,克服了传统控制系统内部线缆繁杂、易受电磁干扰等问题。此外,该系统还通过总线实现了与电子综合系统(或战场管理系统)的信息交互和共享,从而提高了系统综合效能和信息化程度。以色列国防军在其边界上安装的无人值守遥控武器站,就是通过光纤互联在一起,由后方的指挥中心统一控制^[31]。但整体而言,目前控制系统的数字

化还主要集中在硬件设计与实现方面,一些理论研究和工程实践问题还有待解决,如控制算法与数字控制器及其外围部件的匹配性设计,总线网络的实时性、可靠性和冗余设计等都有待于深入研究。

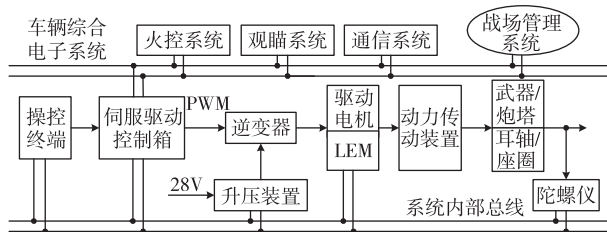


图3 数字式伺服控制结构

2.3 操控终端

遥控武器站的操控终端通常由显示器、控制面板、操纵手柄组成(如图4所示),它是乘员与武器

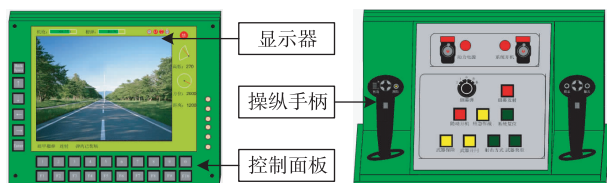


图4 操控终端示意图

系统之间实现双向信息交流的接口,也称为人机界面。随着人机工程学的发展,人机界面将更加直观、准确地向乘员传递武器系统的工作状态,乘员能随着战场态势的变化,适情、迅速地做出决策,通过操控终端发送指令至执行机构,完成作战任务。遥控武器站除了能通过平板显示器和操纵手柄来完成目标的瞄准和射击外,有些还可以使用头盔式瞄准系统来实现瞄准^[32],该系统能随同乘员头部的转动搜索、跟踪和瞄准目标,全过程不需要乘员的手动操纵,这样既简化了瞄准过程,缩短了瞄准时间,又减轻了乘员负担。当乘员处于炮塔外面时,同样能保持对武器系统的指挥和控制。

除以上所述,遥控武器站的配套系统也在不断地改进和发展。如作战软件的升级使武器站具有了自动识别、自动跟踪等自动化功能,防护装甲的加装使武器站的防护能力得到加强,通用直流电源的采用使武器站的“即插即用”能力进一步提升等。

3 遥控武器站的发展趋势与技术途径

随着未来战场背景的复杂化和战场目标的多样

化,遥控武器站要继续保持对目标的精确观察、瞄准以及快速、准确打击,需要采用多种先进技术来进一步提高系统的态势感知能力、高精度打击能力、多用途作战能力以及智能化水平。概括地说,随着各种高新技术在遥控武器站的广泛应用,它将呈现出信息化、精确化、模块化、智能化以及无人化等发展趋势。

3.1 采用先进光电技术,提高态势感知能力

信息化条件下作战的关键在于提高战场态势感知能力,态势感知能力的核心是敌我识别,如何从各类光电传感器提供的数据中感知环境和目标状况,如何识别敌我都变得日益迫切。然而未来战场背景复杂化的趋势越发明显,电磁干扰以及烟、雾、遮蔽物的大量存在,严重制约了遥控武器站态势感知能力的发挥;除此之外,战场目标的多样化,也对武器站的态势感知能力提出了更高要求。文献[1]认为国外第一代遥控武器站的视场相对狭窄,降低了车内操作手对周围环境的态势感知能力,尤其在城市中作战,现有武器站还不具备360°的近距离监视能力,无法应付敌狙击手和简易爆炸装置等构成的近距离威胁。基于此,越来越多的先进光电系统,如新型热像仪、反狙击手声学系统、直升机探测系统等,将被集成到遥控武器站及其作战平台上。如美国最新的Voyager热成像仪,其内置2只红外线热成像镜头和1只高倍率低照度可见光摄像机,在全黑、烟雾和薄雾条件下均可提供清晰图像,在防震、防冲击及防沙/尘/冰方面,均符合MIL-STD-810(E)的军工标准。Voyager采用精密的云台系统和陀螺稳定仪,很容易跟踪快速运动目标,且陀螺稳定仪补偿了武器平台的晃动,使用户在行进中仍然能看到稳定的图像。法国则将研制的PILAR反狙击手声学系统集成到了武器站上,系统由1个麦克风阵列、1个声学处理单元以及1个显示器组成,系统能够在城市、森林、山区以及沙漠环境下全天候实时观测、记录子弹的飞行弹道,准确探测、定位、分类和报告枪支的开火位置,行进间探测精度为 $\pm 5^\circ$,静止状态为 $\pm 2^\circ$,该方案为打击城市环境中的狙击手目标提供了一种可行的技术途径。

3.2 采用先进伺服控制技术,实现高精度打击

在未来战争中,遥控武器站需要具备在各种复杂路面和高机动条件下对运动目标实施准确打击的能力。这对系统的稳定精度、反应速度和抗扰能力等提出了更高的要求。采用先进的伺服控制技术是满足这些要求的技术手段之一,目前研究的方向主要集中在高精度动力传动机构和先进控制结构、控

制算法上。

在高精度动力传动方面,主要研究消除机构或者无间隙传动。如采用扭簧加载双片齿轮进行齿轮消除,它是利用扭簧张力,使一薄片齿轮的左侧和另一片齿轮的右侧分别紧贴在主动齿轮的齿槽左右两侧,通过错齿来达到消除目的,其结构如图 5 所示。

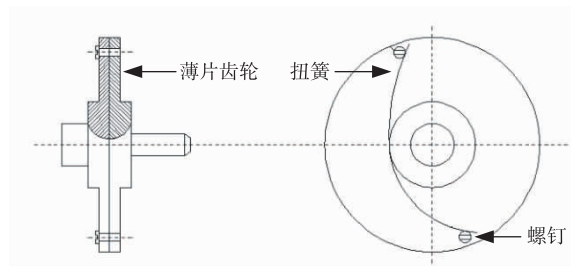


图 5 扭簧加载双片齿轮

这类齿轮在理论上可以消除自身引起的间隙,但不能完全消除轴承及其他因素引起的齿隙,所以传动间隙还会存在。要实现无间隙传动,可采用新型的特种结构电机,如具有直接驱动负载功能、低速性能好、调节特性和机械特性线性度好的直流力矩电机。将电机定子与遥控武器站托架装成一体,其转子与摇架固定,不需动力传动机构,可实现高低向控制;将定子与车体固定,转子与炮塔固定,就可实现水平向控制。由于没有动力传动机构,就不存在齿隙和齿轮弹性变形引起的误差,很好地提高了传动精度,又增强了机械耦合刚度,同时系统的响应速度也将大幅提高。

在控制结构和控制算法方面,主要研究精度高、实时性好的信息检测装置、状态估计方法以及先进的补偿算法。光纤陀螺已用于信息检测,它具有成本低、可靠性高、灵敏度高的特点,在技术指标和环境适应性上相比微机电式陀螺仪都具有较大优势。通过信息检测和估计,实时获取系统的状态变量和参数,并以此为基础开展补偿算法研究,实现对各种非线性影响因素的补偿。

3.3 采用模块化技术,提升多用途作战能力

随着战场需求的不断变化,遥控武器站在火力、观瞄、控制、通信及防护等方面将更加注重模块化设计,它主要包括系统结构的模块化和软硬件的模块化。系统结构的模块化要求系统具备开放式结构,保证系统易于增加功能模块、易于升级改造、易于维修保障,它是火力配置多样化的基础,也是武器站具备多用途作战能力的保证,如采用 CAN 总线连接各火控单元,不仅可以增加导航、雷达等设备,还可以

与平台的主火控系统相连。软硬件的模块化则注重功能的集中体现,常采用通用任务模块来覆盖各分系统或子系统的功能,其中火力配置多样化是目前遥控武器站模块化设计思想最显著的体现。早期的遥控武器站是通过一个武器站同时配装两种甚至是三种不同口径的武器来实现火力配置多样化,而目前遥控武器站多火力配置趋势是通过火力系统模块化来实现,根据作战需要换装不同的模块,如瑞典“TRACKFIRE”遥控武器站就是典型的采用模块化设计的武器系统。图 6 为其模块化配置简图,用户可根据不同的作战需求,选择合适的武器、观瞄、弹箱模块和通用架座进行快速装配。



图 6 “跟踪射击”遥控武器站模块化配置简图

3.4 遥控武器站的智能化

武器装备智能化是未来发展的必然趋势。遥控武器站智能化是由有人作战平台向无人作战平台逐步发展的过程,其关键在于采用自主控制技术,发展能自动识别、自主打击目标并自动进行毁伤评估的“会思考”的武器系统。目前,遥控武器站智能化研究,一方面是积极开展智能化遥控武器站的体系结构、系统模式、模型辨识、信号处理、控制与优化等方面的理论研究,不断推进装备的智能化进程;另一方面是通过装备新型光电传感器、战场管理系统(BMS)等,不断提高操作智能化和指控一体化水平,同时对纳入战场管理系统的遥控武器站,实现网络化信息共享,使其成为一个网络节点,具备网络战能力,全面提升系统的作战效能。发展自动跟踪型遥控武器站是近年来的重要趋势之一,这类武器站的作战顺序被描述为是直截了当的,它减少了传感器和射手之间的信息循环,目标一经确定即对其进行严密跟踪,目标距离通过激光测距仪获得,方位角和高低角数据由火控计算机自动增加,不需要人工

干预,操作手只需要打开武器的保险并执行发射操作即可,极大地提高了系统的操作智能化水平。

3.5 遥控武器站虚拟样机技术与联合仿真技术

遥控武器站是光、机、电、信息一体化的系统,采用传统的数值仿真难以准确地反映系统各环节的运行情况,也制约了遥控武器站研制前期的分析论证和研制阶段的技术方案评估。要解决这一难题,可采用三维建模软件 Pro/E 和多体动力学仿真软件 Adams 建立遥控武器站的虚拟样机,并与 Matlab/Simulink 协同仿真,以精确、形象地反映系统的工作过程和性能指标^[33]。同时,对影响系统性能的关键因素,如影响射击密集度的射击载荷和齿圈间隙等非线性因素影响武器/炮塔的关键零部件的刚强度、路面谱等,开展运动学和动力学研究。此外,针对传统仿真数据通信采用人工操作,实时性差、分析效率低等问题,可建立基于多学科协同集成优化软件 ModelCenter 的联合仿真平台,运用多种 CAE 软件的二次开发语言和 C++ 编程语言,实现遥控武器站从 CAD 参数化建模、动力学分析、射击密集度计算、刚强度计算、控制算法研究等各类分析过程的全自动化^[34],这也是复杂机电混合系统仿真的重要趋势。

4 结 论

综上所述,本文从火力系统和火控系统两个方面综述了近年来国内外遥控武器站的研究进展,包括武器子系统、架座子系统、观瞄子系统、伺服控制子系统、操控终端等。在此基础上,探讨了未来遥控武器站的发展趋势以及几种可行的技术途径,为新型遥控武器站的论证分析、研制设计以及改进升级等研究提供理论借鉴和技术参考。

我国遥控武器站的研制起步较晚,技术水平还落后于其他军事强国。在此背景下,应紧盯国内外遥控武器站的发展前沿,加强系统的顶层设计,使各项技术协调发展,以此牵引我国遥控武器站的加速研发。

参考文献

- [1] 李补莲,叶晓彤.渐行渐进的二代遥控武器站.国外坦克,2011,12:25-35
- [2] 毛保全,于子平,邵毅.车载武器技术概论.北京:国防工业出版社,2009.22-23
- [3] 李辉.某车载遥控武器站的初步研究.南京:南京理工

大学机电工程学院,2009.1-2

- [4] Krista M. Is the Common Remotely Operated Weapons Station an Improvement over a Traditionally Manned Weapon [Ph. D dissertation]. New York: West Point Press,2007.5-11
- [5] 徐振辉,毛保全,赵俊严等.遥控武器站功能融合设计思想.装甲兵工程学院学报,2010,24(1):53-57
- [6] Jane's Information Group. Kongsberg M153 Protector (CROWS II) (Jane's armour and artillery upgrades 2010-2011). http://articles.janes.com/articles/jaau/afv_turrets_and_cupolas.html,2012
- [7] Jane's Information Group. RAFAEL Remote Controlled Weapon Station for 30 mm cannon (RCWS 30) (Jane's armour and artillery upgrades 2005-2006). http://articles.janes.com/articles/jaau/afv_turrets_and_cupolas.html,2012
- [8] Robin H. RCWS-30 undergoes successful field trials in Finland and Israel. *Jane's Defence Weekly*,2005,09(7):2-3
- [9] Jane's Information Group. Krauss-Maffei Wegmann FLW200 Remote Controlled Light Weapon (Jane's armour and artillery upgrades 2009-2010). http://articles.janes.com/articles/jaau/afv_turrets_and_cupolas.html,2012
- [10] Jane's Information Group. Saab Trackfire Remote Weapon Station (RWS) (Jane's armour and artillery upgrades 2009-2010). http://articles.janes.com/articles/jaau/afv_turrets_and_cupolas.html,2012
- [11] Jane's Information Group. FN Herstal deFNder Light Weapon Station (Jane's armour and artillery upgrades 2011-2012). http://articles.janes.com/articles/jaau/afv_turrets_and_cupolas.html,2012
- [12] Jane's Information Group. BAE Systems clinches TIM1500 deal with KDA (Jane's defence industry). http://articles.janes.com/articles/jaau/afv_turrets_and_cupolas.html,2012
- [13] 卢常勇,王小兵,郭延龙等.1.5x μm 波长人眼安全的军用激光测距机及其进展.激光与光电子学进展,2005,42(3):32-35
- [14] Jane's Information Group. DSP-3000 (Jane's underwater warfare systems 2006-2007). http://articles.janes.com/articles/jaau/afv_turrets_and_cupolas.html,2012
- [15] Jane's Information Group. KVH DSP-4000 series mil-Spec fibre-optic gyro (Jane's armour and artillery upgrades 2010-2011). http://articles.janes.com/articles/jaau/afv_turrets_and_cupolas.html,2012
- [16] 吴新捷,郗晓田.声探测技术在反狙击系统中的应用.现代电子技术,2009(1):4-10

- [17] Chinese Industry & Control Web. New sensors extended the application of Raman scattering techniques. <http://www.gkong.com/item/news/2011/04/56883.html>, 2013
- [18] 马晓军,袁东,臧克茂等. 数字全电式坦克炮控系统研究现状与发展. 兵工学报, 2012, 33(1): 69-76
- [19] 贡俊,陆国林. 无刷直流电机在工业中的应用和发展. 微特电机, 2000(5): 16-19
- [20] 冯楠,方卫,郗珂庆等. 正弦波直流无刷电机数字控制系统研究. 微电机, 2011, 44(8): 72-75
- [21] Jane's Information Group. Oto Melara HITROLE 12. 7 mm remote overhead light electrical(Jane's armour and artillery upgrades 2008-2009). http://articles.janes.com/articles/jaau/afv_turrets_and_cupolas.html, 2013
- [22] 马晓军,王福兴,袁东. 全电式炮控系统非线性特性及其控制策略. 装甲兵工程学院学报, 2011, 25(1): 63-68
- [23] Gawronski W, Beech-Brandt J J, Ahlstrom H G, et al. Torquebias profile for improved tracking of the deep space network antennas. *IEEE on Antennas & Propagation*, 2000, 42(6): 35-45
- [24] 薛汉杰. 双电机驱动消隙技术及其在数控设备中的应用. 航空制造技术, 2009(17): 84-89
- [25] 赵国峰,陈庆伟,胡维礼. 双电机驱动伺服系统齿隙非线性自适应控制. 南京理工大学学报, 2007, 31(2): 187-192
- [26] 张鹏军,薄玉成. 模糊控制在轻武器遥控架座伺服系统中的应用. 中北大学学报(自然科学版), 2007, 28(12): 19-22
- [27] 张伟,陈宇中,胡永明. 遥控武器站的自抗扰控制. 国防科技大学学报, 2011, 33(1): 44-46
- [28] 汪凡. 双枪遥控武器站伺服系统动态特性仿真研究[硕士学位论文]. 北京:装甲兵工程学院兵器工程系, 2010. 22-27
- [29] Chang H C, Shih T M. Visual servo control of a three degree of freedom robotic arm system. In: International Conference on Advanced Robotics and its Social Impacts. Taipei, China, 2008. 9-14
- [30] 陈占峰,毛保全,邵毅等. CAN 总线在遥控武器站数据传输中的应用. 火炮发射与控制, 2008(3): 41-44
- [31] 刘宇. 光电技术在轻武器中的新应用. 应用光学, 2006, 27(4): 289-292
- [32] Denise H. French army FELIN good for future soldier systems. *Jane's defence weekly*, 2008(45), 19-20
- [33] Mao B Q, Wu Y L, Wang C Y. Dynamic simulation of remote control weapon station servo system based on virtual prototype technique. *Applied Mechanics and Materials*, 2012, 105: 571-575
- [34] 徐礼,毛保全,徐振辉等. 遥控武器站射击密集度分析平台开发. 火炮发射与控制, 2012(3): 18-22

The present situation and development of ROWS research

Wu Yongliang, Mao Baoquan, Gao Yushui, Xu Li, Wang Chuanyou

(Department of Arms Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072)

Abstract

The concept, characteristics and composition of remotely-operated weapon stations (ROWSs) are introduced, and then their research (domestic and abroad) in recent years is reviewed from their fire system and control system. On the basis of these, the development trends are analyzed. The results show that development of weapon stations with remotely-operated function to improve the firing accuracy of vehicle automatic weapons, reduce the system response time and solve the problem of operator protection, now becomes an important trend in the world's military powers; how to further enhance ROWS's situational awareness capabilities, firing accuracy and modularity, now becomes an important research subject. Finally, several technological measures for ROWS research, such as advanced photovoltaic technology, servo control technology, modular technology, intelligent technology and virtual prototype technology, are proposed and discussed to provide theoretic and technological reference for domestic ROWS system development.

Key words: remotely-operated weapon stations (ROWS), situation awareness, firing accuracy, modularization, development trend