

图像信息在舰炮远程对岸精确打击中的应用探讨

董银文^a, 苑秉成^b, 王航宇^c, 石钊铭^a

(海军工程大学, a. 电子工程学院; b. 兵器工程系; c. 科研部, 武汉 430033)

摘要: 针对图像信息在舰炮远程对岸精确打击中的应用问题进行了研究, 提出了综合应用卫星、无人机、电视侦察弹和成像末制导炮弹等多源图像信息进行远程对岸精确打击的思路, 分析了目标战略侦察、定位跟踪、制导攻击和毁伤评估等精确打击环节中图像信息的应用情况及发展趋势, 并指出了在图像处理方面需解决的关键技术问题, 可为大口径舰炮武器系统的发展提供借鉴。

关键词: 图像; 舰炮; 精确打击; 卫星; 无人机; 电视侦察弹

中图分类号: V271.4; TN911.73 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2013)06-0024-05

Application of Image in Long-Range Precision Strike of Naval Gun to Seacoast

DONG Yinwen^a, YUAN Bingcheng^b, WANG Hangyu^c, SHI Zhaoming^a

(Naval University of Engineering, a. College of Electronic Engineering; b. Department of Weaponry Engineering; c. Office of Research & Development, Wuhan 430033, China)

Abstract: Application of image in long-range precision strike of naval gun to seacoast fire support was discussed, in which a new technical idea of using multi-source images from satellite, unmanned aerial vehicle, TV-reconnaissance bomb and imaging terminal guidance shell for long-range precision strike to seacoast fire support was presented. Applications and development tendency of image in target strategic reconnaissance, locating and tracking, directed attack and damage assessment were analyzed, and some key technical problems needing to be solved in image processing were pointed out, which is useful for the development of large caliber naval gun weapon system.

Key words: image; naval gun; precision strike; satellite; unmanned aerial vehicle; TV-reconnaissance bomb

0 引言

美国海军“前沿作战, 从海到陆”的战略思想特别强调水面火力支援(NSFS)的能力, 赋予舰炮武器的作战使命是支援登陆作战、压制敌防御炮火、阻断敌增援以及破坏敌永久性阵地。大口径舰炮由于具有反应时间短、效费比高、持续作战时间长、可全天候作战等特点, 能够长时期伴随水面舰艇持续执行作战任务^[1], 曾有外军指挥员评价:“舰炮是唯一能保持全天候、快速机动、持续打击、多样化作战的武器装备。”特别在对岸

作战中, 大口径舰炮能够根据登陆部队的召唤及时进行火力支援, 对岸上目标实施持续有效的压制、打击, 克服了导弹攻击和航空轰炸成本高、准备时间长等缺点, 是多兵种联合登陆作战的重要组成部分。而大口径舰炮武器系统必须着重解决远程岸上目标精确定位、射击效果修正与毁伤评估等问题^[2], 才能真正实现远程对岸上目标的精确打击。

随着卫星、无人机和电视侦察弹^[3-4]等天基、空基侦察平台与成像制导炮弹^[5]的发展和广泛应用, 图像信息已成为目标定位跟踪的重要信息源。为实现远程对岸精确打击, 大口径舰炮武器系统应能够在多源图像信息获取的基础上, 通过图像处理技术解决远程岸上目标的战略侦察、定位跟踪、制导攻击和毁伤评估^[5-9]等精确打击的关键技术问题。

收稿日期: 2012-06-11

修回日期: 2012-12-31

基金项目: 总装预研基金(9140A06040111JB11); 湖北省自然科学基金(2011CDC023)

作者简介: 董银文(1979—), 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 博士生, 讲师, 研究方向为图像处理与模式识别, 舰艇作战系统。

1 基于天基图像的目标战略侦察

卫星是最理想的天基侦察平台,主要用于战略侦察,一般不用于战术侦察,校正后的卫星图像数据可为其他应用提供基准定位数据。自从1957年,前苏联在拜科努尔发射场发射了世界上第一颗人造地球卫星以来,世界各国争相发展自己的人造地球卫星,数量达到几百颗,人造卫星在军事和国民经济等方面得到了广泛的应用。美国是发展侦察卫星最早的国家,拥有最先进的卫星侦察手段,特别是可见光、合成孔径雷达(SAR)、红外、多光谱和超光谱^[10]等成像侦察卫星的发展尤为迅速,1960年8月美国发射了第一颗实验性侦察卫星,1962年开始执行“锁眼”(KH)侦察卫星计划,其编号从KH-1到KH-12。近十几年来,欧洲、以色列、印度、日本和韩国等也在大力发展成像卫星侦察系统,但其传感器性能与美国相比还有一定差距。例如,美国军用卫星地面分辨率可达0.1 m,而其他国家的最高水平只有0.5 m,与美国商用卫星图像的分辨率相当。

综合应用可见光、红外和SAR等成像卫星可对感兴趣的目标进行全天候、全天时的监测,通过图像处理技术可以实现对伪装隐蔽目标的自动探测,大范围战场侦察、军事目标的自动识别定位^[11-13]等。目前国外从事卫星图像自动目标识别工作的研究机构很多,如华盛顿大学、斯坦福大学、佛罗里达大学、宾夕法尼亚州立大学等。特别是美国在SAR ATR研究中始终处于领先地位,其中,麻省理工学院(MIT)的林肯实验室是最早开展高分辨率SAR图像自动目标识别的机构之一,率先建立了基于模板的目标识别系统;美国空军研究室的MBV(Model Based Vision)实验室也一直从事SAR图像自动目标识别工作;加拿大遥感中心(Canada Center for Remote Sensing, CCRS)在SAR图像自动目标检测方面取得了较多成果。典型的军事SAR图像目标识别研究项目有:“北约”组织的RG-20项目、“北欧”资助的SAHARA项目、美国DAPRA组织研制的MSTAR(Moving and Stationary Target Acquisition Recognition)项目等。

天基卫星可以提供打击区域内标有精确地理坐标信息的高清晰度侦察图像,经过图像目标自动识别定位处理后,可为舰炮武器系统远程精确打击提供目标的火控级定位数据,使舰炮武器系统的远程侦察能力得到极大的提高。

基于多源图像的舰炮武器系统远程对岸精确打击的方案构想如图1所示,功能流程如图2所示。

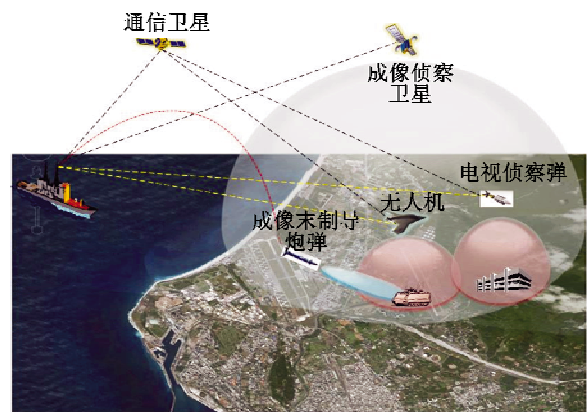


图1 舰炮远程对岸精确打击方案示意图

Fig.1 Schemes of long-range precision strike of naval gun to seacoast

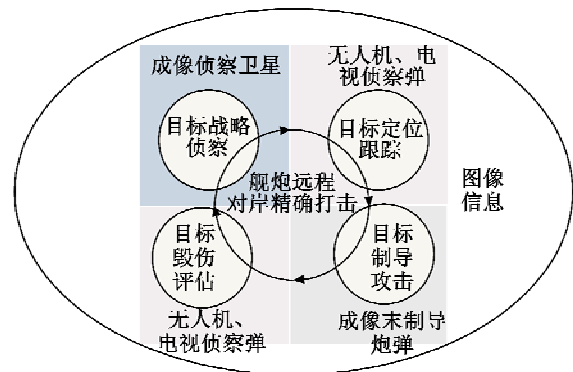


图2 舰炮远程对岸精确打击的功能流程示意图

Fig.2 Functional flow diagram of long-range precision strike of naval gun to seacoast

2 基于空基图像的目标定位跟踪

天基卫星侦察可以提供作战区域的大范围高清晰图像,但难以做到实时和连续不断地提供侦察图像信息,因此单独使用卫星图像还不能应对战场突然出现目标或机动目标,更难以满足对岸目标实时毁伤评估的要求。另外,在我方卫星受到攻击或干扰而无法获取打击区域的卫星侦察图像,或遇到突发性的打击任务,而打击区域的地理信息库还未及时建立时,可以充分利用有人或无人侦察机、电视侦察弹等空基战术侦察平台,提供实时战场侦察图像信息。

无人机用途广泛,无人员伤亡风险,生存能力强,机动性好,使用灵活,效费比高,在现代战争中起着极其重要的作用^[6]。无人机不仅用于空中侦察,还可以直接作为攻击平台,已成为集侦察、打击、效果评估于一体的多功能、多用途的无人作战系统^[14-15]。美军“全球鹰”搭载的侦察监视系统配置了可见光电视、红外热像仪和合成孔径雷达(SAR)成像系统,能够对目

标区域进行全天时、全天候侦察监视。其可见光和红外成像系统的地面分辨率分别可达 0.1 m 和 0.23 m, SAR 图像分辨率也具有与光学成像相当的分辨率。

电视侦察弹^[4,16]是一种典型的多功能信息化弹药,具有突防能力强、实时侦察效果好、造价低、安全性高等特点。美军现已把电视侦察弹作为一种重要的战术侦察手段,列入装备研制计划。在 20 世纪 70 年代末,美军成功研制了 XM845 型 155 mm 电视侦察弹,80 年代初研制成功了 XM694E1 型 155 mm 远距离战场探测弹。由于这两种弹药或系统存在侦察时间短、区域小等缺点,因此,美国后来研究了 127 mm 舰炮发射的前沿空中支援弹药(FASM)、155 mm 榴弹炮发射的“快看”视频侦察校射弹、155 mm 榴弹炮或 127 mm 舰炮弹药投放的炮射广域侦察弹和“网火”先进火力支援系统用巡逻攻击弹药等。电视侦察弹可搭载电视、红外等成像设备,是一种可对战场目标实施快速图像侦察,并对射击效果进行快速评估的弹药,为远距离侦察增添了新手段,使舰炮武器系统的自主侦察能力得到极大提高。

鉴于图像侦察在军事上的重要性,西方各国在这方面进行了广泛深入的研究。这些研究主要是针对无人机进行的,其应用包括基于图像的岸上远程目标的精确定位、目标自动识别与提示、运动目标检测与跟踪等多个方面。主要的研究工作是由 BAE、Thales 和 Harris 等公司进行的。2000 年以后,相关技术逐步取得突破,目前这些公司都有了技术比较成熟的产品,如 BAE 网格锁定系统(Gridlock)、Thales 多传感器图像解译与分发系统(MINDS)和 Harris 自动战术瞄准系统(HATTS),并在伊拉克战争和阿富汗战争中得到了实战检验。

由于机载或弹载姿态测量传感器的精度有限,利用无人机或电视侦察弹测量信息对侦察图像进行定位的误差较大,可达数百米,不能适应精确打击的作战需要。要想将空基侦察图像用于精确打击作战,就必须为侦察图像标注精确的地理坐标,以便为精确打击武器提供精确的目标瞄准数据。利用天基卫星侦察图像与空基无人机或电视侦察弹的侦察图像进行图像配准^[2,9],可以较好地解决岸上远程目标的精确定位和射击偏差观测问题,同时,通过图像拼接技术^[17]可以扩大空基平台的侦察视场范围。

3 基于弹载图像的目标制导攻击

对远程运动目标的打击是舰炮对岸火力支援的难点,由于舰炮技术发展水平的限制,目前的大口径舰炮难以完成对远程运动目标打击的作战任务。在信息化

条件下,天基、空基等多种探测定位手段和多种增程制导炮弹^[5,8]的使用,使舰炮武器系统具有了打击运动目标的技术基础。与传统弹药相比,制导炮弹具有射程远、精度高、反应速度快等特点,与导弹相比,制导炮弹具有携弹量大、使用灵活、价格低廉等优点。制导炮弹可以弥补舰炮武器系统对运动目标攻击能力不足的弱点,并使水面舰艇拥有对岸上部队进行精确火力支援和精确打击水面目标的能力,发展舰炮制导炮弹是舰炮实现精确打击的最终手段^[18-19]。

20 世纪 80 年代中期,美国海军首先研制出了“神枪手”127 mm 激光半主动末制导炮弹,该炮弹由火箭增程,射程 36 km,首发命中率为 83%。采用激光半主动末制导方式的炮弹,具备攻击移动目标的能力。由于激光目标指示器的作用距离有限,作战时须用激光指示器在距离目标一定距离内对目标实施激光照射,激光照射器材和人员容易被敌方干扰和攻击,战场生存力差。因此,欧美各国在大力发展射程超过 100 km 的超远程火炮的同时,也开始了与其匹配的第二代制导炮弹的研制,采用多种增程手段和毫米波、电视成像、红外成像以及 GPS/INS 等多种制导或复合制导方式^[20-22]。其中,电视和红外成像制导具有全被动工作方式、隐蔽性好、不易受电子干扰、直观性好、能识别真假目标、精度高等特点,成为制导炮弹末制导方式发展的趋势和方向,受到各军事强国的高度重视。

制导炮弹在发射时通过膛线的导转作用使炮弹高速旋转,起到稳定的作用,而末制导炮弹要求其转速不能太高或要求滚转停止。为了减小炮弹的旋转,一般采用滑动弹带减旋技术,弹带环与弹体能相对滑动,弹带环高速转动,而弹体仅在摩擦力的作用下轻微转动,其转速明显下降。尽管采用弹带环可以使炮弹转速降低,但弹体仍然有明显旋转,因此,导引头摄取的图像处于连续的旋转之中,出现图像模糊退化现象,不利于操作手人工或自动识别目标,必须采取图像减旋和清晰化^[23-24]等图像处理措施提高图像质量,以保证对目标的可靠识别和稳定跟踪。

电视或红外成像末制导炮弹是采用图像制导技术对目标进行识别和跟踪的末端弹道制导炮弹,在弹道末端对目标进行可靠识别和稳定跟踪是决定炮弹命中精度的关键因素。但是,由于电视末制导炮弹的作战对象主要是陆地上的固定或者运动目标,图像背景比较复杂,目标特征相对较弱,而且由于环境光线、无线传输等因素的影响导致图像质量不高,这些苛刻条件都对低信噪比下图像目标识别和跟踪算法的自适应性、稳定性、鲁棒性^[24-27]提出了更高的要求。

4 基于空基图像的目标毁伤评估

打击效果评估是现代化战争中必不可少的一个重要环节,实时、准确的打击效果评估对决策后续战役行动、加速战役进程、节约战争成本具有十分重要的作用。传统的人工判图方法不但速度慢,而且评估结果受人的主观影响较大,利用计算机代替人对打击效果进行自动评估变得非常必要^[7,28]。

美国早期采用人工判图方法进行打击效果评估,科索沃战争结束以后,美国华盛顿战略与国际问题研究中心在总结空袭战役的经验教训时指出,“由于打击效果评估能力差,导致了很高的重复打击,严重降低了空战的有效性。据估计,平均每天至少有大约40次的重复打击,临近战争结束时这个数值达到顶峰,空袭第86天时重复打击达到将近160次”。为了吸取这一经验教训,提高打击效果评估的质量,美国已将“战场毁伤效果实时评估”作为优先发展项目,并由国家安全局、中央情报局、国家图像测绘局、国家侦察办公室及美国三军共同建立了一套严密的联合工作程序,用来确保打击效果评估环节畅通。在2001年2月的美英空军对伊拉克防空设施的空袭行动中,使用无人侦察机拍摄了目标被攻击前后的图像,然后采用图像分析的方法对目标打击效果进行了评估,得到的结果受到五角大楼官员的一致肯定。此后,目标打击效果评估更加受到重视,渐渐地发展成为一个方兴未艾的研究领域。2002年底至2003年初,在短短的两个多月的时间内,接连有两场关于目标打击效果评估的国际性会议分别在加拿大和英国召开。参加会议的有国家政府官员、军方的代表、图像领域的专家、工程界人士,会议就目标打击效果评估的诸多方面进行了深入探讨。美国等少数发达国家采用图像分析的方法对目标打击效果进行评估的技术已经远远领先于其他国家,而且有着相对成熟的评估系统。根据美国官方网站上的消息,美国国防部高级研究计划署所负责的“打击效果实时评估”项目将研发新的技术,通过对雷达图像分析,实现机动目标打击效果的自动评估。此项目的另一个目的是,实现战时目标摧毁可能性的评估,以决定是否立即进行后续攻击,或者停止进攻减少武器浪费^[29]。我国在利用侦察图像进行目标打击效果评估方面起步较晚,目前已开展了相关技术的研究工作,例如对港口^[30]、机场跑道^[29,31-32]、桥梁^[33]等目标的自动毁伤评估进行了研究,这些研究主要针对天基卫星图像,缺点是实时性不强。

信息化作战条件下,无人机、电视侦察弹以及侦察卫星等多种探测手段的综合使用,使大口径舰炮武器

系统具备了开展基于图像分析的目标自动毁伤效果评估的条件。无人机、电视侦察弹等传感器可以实时准确地提供作战区域中的高清晰图像和态势信息^[34]。武器系统通过接收电视侦察弹、无人机等传感器提供的目标态势,测定目标位置和机动参数,发射制导炮弹等信息化弹药对目标进行远程精确打击,并利用电视侦察弹、无人机下传的图像信息对攻击情况进行监视和目标实时毁伤效果评估。因此,大口径舰炮武器系统具备了开展基于图像分析的目标自动毁伤效果评估的条件,而自动目标识别和图像配准技术又是目标自动毁伤效果评估的技术基础。

5 结束语

综合应用卫星、无人机、电视侦察弹和成像末制导炮弹等平台提供的多源图像信息进行远程对岸精确打击,已成为大口径舰炮武器系统发展的必然趋势,并在图像信息的获取、处理和使用上向全天候、大纵深、多平台、高精度、高实时和智能化方向发展。舰炮武器系统远程对岸精确打击在图像处理方面需解决的关键技术包括图像预处理、图像匹配、图像目标识别、图像目标跟踪以及图像融合、图像加密传输等方面。本文主要针对图像信息在舰炮武器系统远程对岸精确打击中的应用问题进行了深入研究,分析了目标战略侦察、定位跟踪、制导攻击和毁伤评估等精确打击环节中图像信息的应用情况、发展趋势和存在问题。希望本文的研究能为我国大口径舰炮武器系统的发展提供一定的借鉴。

参考文献

- [1] 赵红艳,董汉辉,孟昭香. 大口径舰炮将重展雄风[J]. 指挥控制与仿真,2007,29(1):118-120.
- [2] 周建中,王海川,李敏. 图像匹配技术在对岸火力支援中的应用[J]. 火力与指挥控制,2006,31(9):1-3.
- [3] 李俊,邵显涛,刘玉文,等. 决定电视侦察弹射击诸元弹道模型的建立与仿真[J]. 火力与指挥控制,2009,34(4):121-123.
- [4] 李卉,邱志明,王航宇,等. 电视侦察弹与舰炮武器系统的优化匹配分析[J]. 兵工学报,2008,29(12):1462-1466.
- [5] 曲国文,吴杰,吴福初. 舰炮制导炮弹军事需求分析[J]. 兵工自动化,2009,28(12):7-8.
- [6] 赵书斌,王强. 侦察图像综合利用技术研究[J]. 指挥控制与仿真,2011,33(1):88-91.
- [7] 于天超. 基于多尺度融合的遥感图像变化检测及其毁伤评估应用[D]. 成都:电子科技大学,2010.

- [8] 吴杰,陈继祥,陈邓安,等. 舰炮制导炮弹的关键技术研究[J]. 兵工自动化,2011,30(3):8-10.
- [9] 桂秋阳,邱志明. 大口径舰炮图像配准方式射击精度仿真[J]. 系统仿真学报,2006,18(s2):989-991.
- [10] 沈岩. 美国光电侦察系统的发展动向与分析[J]. 舰船电子工程,2011,31(7):14-18,22.
- [11] 邢坤. 基于可见光遥感图像的典型目标识别关键技术研究及其系统实现[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2010.
- [12] 高贵,计科峰,匡纲要,等. 一种 SAR 图像机动目标检测与分析方法[J]. 中国图象图形学报,2005,10(12):1517-1522.
- [13] 陈旭光. 卫星遥感图像中机场区域的识别方法研究[D]. 南京:南京理工大学,2006.
- [14] 张恒. 无人机平台运动目标检测与跟踪及其视觉辅助着陆系统研究[D]. 长沙:国防科技大学,2008.
- [15] 贺英政,曹延杰,吴杰,等. 无人机辅助照射下舰炮制导炮弹对岸攻击效能评估[J]. 兵工自动化,2008,27(11):13-14,28.
- [16] 胡献君,王航宇,李卉,等. 电视侦察效力的演化仿真优化研究[J]. 火力与指挥控制,2011,36(9):93-95.
- [17] 程远航. 无人机航空遥感图像动态拼接技术的研究[D]. 沈阳:东北大学,2008.
- [18] 曾国强. 舰炮制导炮弹发展趋势研究[J]. 机械管理开发,2009,24(6):44-46.
- [19] 王冬梅,代文让,张永涛. 信息化弹药的研究现状及发展趋势[J]. 兵工自动化,2010,31(s2):144-148.
- [20] 汪德虎,黄义,孙续文. 舰炮对岸信息化制导弹药及作战运用[J]. 飞航导弹,2011(2):37-40.
- [21] 吴杰. 外军舰炮制导炮弹发展现状及对我军的启示[J]. 国防技术基础,2010(1):51-53.
- [22] 黄义,汪德虎,王连柱,等. 红外制导技术在舰炮制导炮弹中的应用分析[J]. 红外技术,2010,32(7):424-427.
- [23] 骆克猛,钱立志,陶声详,等. 基于 Linux 的图像制导弹药视频采集处理系统[J]. 火力与指挥控制,2009,34(3):105-108.
- [24] 王虎帮,钱立志,陶声祥,等. Linux 下某型制导弹目标跟踪并行算法[J]. 火力与指挥控制,2009,34(4):60-62.
- [25] 沈晔青. 精确制导中的图像匹配和跟踪算法研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2007.
- [26] 罗寰,冯国强. 遗传算法在电视制导导弹目标图像处理研究中的应用[J]. 火箭与制导学报,2006,26(s1):294-296.
- [27] 秦大云. 电视制导目标跟踪系统的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2007.
- [28] 任炜,王溢之,赵磊. 海军编队作战岸上目标毁伤效果评估研究[J]. 舰船电子工程,2008,28(5):59-61.
- [29] 马波,周成平,姜联堂,等. 基于图像分析的机场打击效果自动评估研究[J]. 华中科技大学学报:自然科学版,2004,32(6):13-15.
- [30] 吴建华. 遥感图像中港口识别与毁伤分析研究[D]. 南京:南京理工大学,2005.
- [31] 孙曼利. 基于高分辨率图像的机场区域检测和毁伤识别研究[D]. 南京:南京理工大学,2007.
- [32] 费智婷,周朝阳,岑小峰,等. 机场跑道毁伤效果评估系统研究[J]. 指挥控制与仿真,2012,34(1):66-69.
- [33] 曹海梅. 遥感图像中水上桥梁目标识别与毁伤分析研究[D]. 南京:南京理工大学,2005.
- [34] 陈和彬,许腾,陈敏. 基于舰载无人机的舰船毁伤评估信息获取问题研究[J]. 舰船电子工程,2010,30(3):33-35.

(上接第 15 页)

- [5] 刘国琴,陈谋,姜长生. 基于神经网络的导弹变结构制导律[J]. 电光与控制,2009,16(4):42-46.
- [6] ZHOU Di, MU Chundi, LING Qiang, et al. Optimal sliding-mode guidance of a homing-missile [C]//Proceeding of the 38th Conference on Decision and Control, Phoenix, USA, 19-99, 12:5131-5136.
- [7] 李士勇,章钱. 基于 RBF 网络增益自适应调节的滑模制导律[J]. 测试技术学报,2009,23(6):471-476.
- [8] 周荻. 寻的导弹新型导引律[M]. 北京:国防工业出版社,2002.
- [9] 高为炳. 变结构控制理论基础[M]. 北京:科学出版社,1990.
- [10] 刘金琨. 滑模变结构控制 MATLAB 仿真[M]. 北京:清华大学出版社,2005.