

doi: 10.7690/bgzdh.2021.09.020

无人机载精确制导炸弹技术发展趋势

殷希梅, 康焰清

(陆军炮兵防空兵学院合肥校区, 合肥 230071)

摘要: 为满足无人机载精确制导炸弹技术发展的需求, 对国内外无人机机载精确制导炸弹的发展现状进行分析, 介绍当前及未来可能装备的一些机载精确制导炸弹类型, 探讨无人机集成精确制导炸弹的技术发展趋势, 并对无人机机载精确制导炸弹的发展作出展望。结果表明: 无人机载精确制导炸弹能较好满足单兵远程精确火力打击的需求, 对提升作战能力具有重要意义。

关键词: 无人机; 精确制导; 制导炸弹; 关键技术; 发展趋势

中图分类号: TJ762.2 **文献标志码:** A

Development Trend of UAV-borne Precision Guided Bomb Technology

Yin Ximei, Kang Yanqing

(Hefei Campus, PLA Army Academy of Artillery & Air Defense, Hefei 230071, China)

Abstract: In order to meet the needs of the development of UAV-borne precision guided bombs technology, the development status of UAV-borne precision guided bombs at home and abroad is analyzed, and some types of airborne precision guided bombs that may be equipped at present and in the future are introduced, this paper discusses the development trend of UAV integrated precision guided bomb technology, and looks forward to the development of UAV airborne precision guided bomb. The results show that the UAV-borne precision guided bomb can better meet the needs of individual long-range precision fire attack, which is of great significance to enhance the combat capability.

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV); precision guidance; guided bomb; key technology; development trend

0 引言

随着无人机及人工智能技术的日趋成熟, 无人作战应用日益普及并趋于多元化, 主要承担低成本侦察打击、对地反辐射打击、网络化体系作战、反无人机蜂群、夺取空中优势、反导、反卫和反航母等任务^[1]。目前, 发展机载武器已成为无人机重要的发展方向, 而机载导弹及机载精确制导炸弹是主要研究内容。同机载导弹和普通炸弹相比, 机载精确制导炸弹因其成本较低、结构简单、命中率高、使用方便等特点成为各国争相研究装备的无人机机载武器弹药; 因此, 笔者对其进行了研究。

1 无人机载精确制导炸弹发展现状

集成到无人机上的制导炸弹包括 2 种: 1) 直接将原先机载制导炸弹挂载在无人机上, 比如联合直接攻击弹药 (joint direct attack munition, JADM) 类型制导炸弹及小直径制导炸弹 (small diameter bomb, SDB) 小口径炸弹等; 2) 根据无人机自身特点, 专门为其设计的制导弹药, 主要包括小型战术弹药及“短柄斧”微型精确制导弹药等。

1.1 国外无人机载精确制导炸弹

国外可供无人机挂载的制导炸弹主要有: 美国波音公司的“小直径制导炸弹”(SDB)、洛·马公司的“手术刀”“影子鹰”“蝎子”制导炸弹、诺·格公司的“蝰蛇打击”(viper strike)、雷神公司的“小型战术弹药”、ATK 公司的“短柄斧”制导炸弹、欧洲导弹集团的“军刀”制导炸弹、俄罗斯“雷霆”滑翔制导炸弹等。具体技战术指标见表 1。此外, 在研的无人机机载制导炸弹还有美国的 GBU-69/BSGM 滑翔航空炸弹等。其他国家也在无人机机载制导炸弹上投入了大量经费, 并不断有新型号制导炸弹出现。

1.2 国内无人机载精确制导炸弹

随着无人机技术不断发展, 我国在无人机机载精确制导炸弹上也呈现出了井喷式发展。尽管我国起步较晚, 但发展较快, 已研制出专门用于无人机的制导炸弹, 主要有中国航空工业集团“飞腾”“YZ”“雷石”, 以及中国北方工业集团“YZ”“天戈”系列制导炸弹^[10]。

收稿日期: 2021-05-26; 修回日期: 2021-06-25

作者简介: 殷希梅(1968—), 女, 河南人, 硕士, 教授, 从事智能化弹药设计研究。E-mail: 17775308563@163.com。

表1 国内外无人机载精确制导炸弹主要性能^[2-9]

国家	系列	型号	重量/kg	导引方式	命中精 CEP/m
美国	小直径制导炸弹(SDBII)	GBU-53/B	113	激光/非制冷红外/毫米波三模导引头	/
美国	“手术刀”(SCALPEL)制导炸弹	/	5.5	半主动激光制导	<2
美国	“蝎子”滑翔制导炸弹	/	16	GPS/INS+导引头末制导,可根据打击目标选择半主动激光导引头、红外成像导引头、毫米波导引头、短波红外导引头	<1
美国	“蝰蛇打击”制导炸弹	GBU-44/B(基本型)	19.95	半主动激光导引	<1
美国	“蝰蛇打击”制导炸弹	GBU-44/E(改进型)	19.95	半主动激光导引+GPS/INS制导	/
美国	小型战术弹药(STM)	STMII	5.44	GPS/INS+半主动激光导引头	/
美国	“短柄斧”制导炸弹	/	2.7	GPS/INS+半主动激光制导	/
美国	“影子鹰”制导炸弹	/	4.9	半主动激光导引	<1
欧洲	“军刀”制导炸弹	滑翔型	4.9	GPS+惯性制导,半主动激光末制导,可选择电视制导/红外成像制导	<2
美国	“ADM”制导炸弹	/	3.6	GPS制导	/
俄罗斯	“雷霆”制导炸弹	/	/	惯性导航系统、GLONASS/GPS卫星复合制导	/
中国	“飞腾”制导炸弹	FT-5	/	GPS/INS/红外/可见光/反辐射	3~20
中国	YZ制导炸弹	YZ-200	50、100	/	/
中国	“云雷”制导炸弹	CS/BBM2	100	卫星制导	/
中国	“雷石”制导炸弹	LS-6/50NLS、LS-6/100NL	50、100	GPS/INS卫星与惯性组合制导	/
中国	“天戈”精确制导炸弹	GB250A型	250	惯性导航/卫星修正+末端激光导引	15±

“飞腾”系列精确制导炸弹采用了GPS/INS/红外/可见光/反辐射等不同的复合制导方式,射程为20~100 km,命中精度为3~20 m,既可打击地面固定目标,又可打击慢速移动目标。其中,FT-5精确制导炸弹是一种无人机专用的精确制导炸弹。

YZ精确制导炸弹主要有YZ-200、YZ-212型。YZ-200是一种精确制导炸弹,主要装备于攻击1型无人机,被外界称为“翼龙之爪”,其作战能力得到了很大提升。

“雷石”精确制导炸弹的LS-6/50NLS、LS-6/100NL 2款小直径炸弹分别为50 kg和100 kg级别,采用GPS/INS卫星与惯性组合制导方式,打击精度在15 m左右。该系列制导炸弹可在普通航空炸弹上改装,成本低、生产速度快,能在夜间和复杂气象条件下进行打击,具备发射后不管的能力,其制导部件可通用,在实战攻击中可同时打击多个目标。

“云雷”14型(CS/BBM2)100 kg滑翔卫星制导炸弹外形小巧,主要用于打击停机坪上的飞机、轻装甲车辆、武装人员等目标。该炸弹由弹体、制导控制系统、引战系统和电子系统组成。全弹具备模块化、通用化的特点,打击距离远、作战效费比高,可适用于各型有人作战飞机及无人机。

“天戈”精确制导炸弹比较典型的是GB250A型(GB3A型)250 kg滑翔增程航空制导炸弹,拥有

滑翔翼增程组件,采用惯性导航/卫星修正加末端激光导引的制导方式,主要用于中高空精确攻击地/水面固定点、面目标、坚固的指挥所、通讯枢纽、空军基地、海军基地、弹道导弹基地、各类大中型桥梁、发电站和仓库等高价目标,具有射程远、精度高和附带损伤小的特点。

1.3 小结

结合表1,总结国内外无人机载制导炸弹发展,主要有以下特点:

1) 在整体设计上,大多数机载制导炸弹均是在航空炸弹的基础上改制,大部分可满足有人/无人机携带,专门用于无人机的制导炸弹不多;

2) 在重量尺寸上,受无人机载重量限制,除适用于大型无人机外,机载制导炸弹逐渐朝着小型化、轻量化方向发展;

3) 在领先程度上,美国起步时间最早,无论在型号种类还是配套技术上都处于领先地位,值得各国学习借鉴;

4) 在制导方式上,大部分均采用复合制导,中制导以卫星/惯性导航为主,末制导大部分主动/半主动激光制导或卫星制导,仅少部分采用红外/可见光/毫米波等制导方式。

2 典型无人机载精确制导炸弹技术特点

不同无人机载精确制导炸弹在整体设计、制导

方式上都有自身特点,体现了其采用的先进技术,下面对国外 3 类典型无人机载精确制导炸弹的技术特点进行详细分析。

如图 1 所示, SDB 是美国空军重点发展的小型精确制导武器之一,自 2001 年开始研制,已发展至第三代^[11-12]。



图 1 SDB 攻击目标

在制导方式上, SDB I 采用 GPS/INS 制导, SDB II 均采用激光/非制冷红外/毫米波三模导引头,具备全天候作战能力。在弹体外形上, SDB I 采用弹体折叠式“菱背翼”和尾部格栅翼设计,使其升阻比较高,经过滑翔增程,作战距离达 110 km; SDB II 则升级为“刀型翼”,气动性能更好,作战距离得到提升。在打击目标上, SDB I 主要打击地面固定目标, SDB II 除打击固定目标外还可打击地面移动目标, SDB II 还加装了双向数据链技术(UHF 和 Link-16 数据链)链接美军武器数据链(WDLN),使其可在发射后锁定或更改目标并完成命中评估。在重量尺寸上, SDB I、SDB II 均为 113 kg,弹长 1.8 m,弹径 0.19 m,小型化特征明显,大幅提高了美军飞机弹载能力。在杀伤威力上, SDB I 采用侵略和高爆破片战斗部、钢制壳体、硬目标引信等,攻击地面目标能力相当于 908 kg BLU-109 的水平, SDB II 通过优化战斗部设计,爆炸时产生金属射流,提升碎片杀伤效果。SDB III 在前两代基础上增加了动力装置,如小型喷气式发动机,升级为一种巡航弹药,可在大区域范围内自动进行目标搜索识别和定位攻击。

如图 2 所示,“短柄斧”(hatchet)微型弹药由美国原轨道 ATK 公司(现为诺斯罗普·格鲁曼创新系统公司)在 2012 年推出的可用于无人机和小型飞机的新型炸弹^[13-14]。



图 2 “短柄斧”炸弹攻击目标

在重量尺寸上,该弹全长为 60 cm,全重仅为 2.7 kg;在外形设计上,该弹弹翼和舵面均为高强度塑料制造,3 个弹翼和舵面呈 Y 型布置,有别于一般制导炸弹 X 型布置的 4 个弹翼和舵面。该炸弹采用 INI/GPS 制导,在使用军码 GPS 制导时,其命中精度可达 1~3 m。在杀伤威力上,其战斗部仅重 1.8 kg,但因其命中精度高,对常见战场软目标来讲,已足以使之失去战斗力。

“蝰蛇打击”制导炸弹如图 3 所示,由美国诺斯罗普·格鲁曼公司在“智能反坦克(brainpower antitank, BAT)”子弹药基础上改进并装备到“猎人”无人机(代号 GBU-44),用于无人机反恐作战,于 2002 年开始研制^[15-16]。



图 3 蝰蛇打击制导炸弹(GBU-44/E)

该弹有基本型(GBU-44/B)和改进型(GBU-44/E)2 种。重量尺寸上,均为 19.95 kg,弹长 0.9 m,弹径 0.14 m。制导方式上, GBU-44/B 炸弹采用半主动激光导引头,由“猎人”无人机提供照射源, GBU-44/E 炸弹增加了 GPS/INS 制导系统,具备 360°全向攻击能力,最大射程达到 10 km 以上。杀伤威力上均采用碰炸型高爆破甲式(HEAT)战斗部,重约 1.8 kg。弹体外形上,采用滑翔翼和稳定尾翼。打击目标上, GBU-44/E 炸弹可用于打击地

面固定或慢速移动目标($<40\text{ km/h}$)。该弹具有自毁功能,在使用时可避免在城市作战中留下未爆弹。目前 GBU-44/E 制导炸弹已装备美军部队。

3 无人机载精确制导炸弹技术发展趋势

结合国外典型无人机载制导炸弹技术特点,笔者提出设计无人机机载精确制导炸弹时需充分考虑的技术,也是今后一段时间内仍需大力提升的技术。

3.1 整体小型化,趋向微型化

无人机受自身结构特点所限,其有效载重比有人战机通常要小很多。弹体小、质量轻的制导炸弹在满足精度要求的同时,可增大载弹量,满足无人机内埋武器弹药的需要,提高无人机隐身性能,可实现用数量更少的无人机获得同样甚至更好的战斗力无人机系统关键技术研究^[17]。小型化还可将附带毁伤的风险最小化,制导精度越高,战斗部质量越小,则附带毁伤程度也越小。这在近距离空中支援作战中尤为重要。随着无人机向小型化、微型化发展,其执行作战任务范围不断拓展,微机电系统(MEMS)、纳机电系统(NEMS)等技术的发展为制导炸弹微型化提供了技术保障。

3.2 导引头模块化,趋向智能化

现代战争战场环境复杂,单一制导体制具有很大局限性,比如抗干扰能力不强、命中误差大等,而无论采用串联复合制导还是并联复合制导都能极大增强制导炸弹的抗干扰能力,使制导炸弹能在夜间、不良气象条件及各种主、被动干扰等复杂的战场环境下精确地攻击目标,提高打击精度和任务可靠性^[18]。从美国国防部的6个无人机系统发展路线图可看出:未来无人机的作战不仅是单平台和单系统的作战,而是由多个系统组成的体系作战。随着人工智能技术和网络技术的飞速发展,无人机成为战场众多节点之一,其携带的制导炸弹也将成为节点一部分,适应智能化、网络化要求,自身具备数据通信和信息获取、处理能力,能够自主发现、识别、跟踪目标,并能实现目标信息网络共享,甚至实现自主选择目标进行攻击,是无人机机载制导炸弹今后发展的重要方向。

3.3 战斗部模块化,趋向多样化

随着无人机战场运用越来越广泛,执行任务范围越来越广,除了具备对常规目标如坦克、碉堡等的打击能力外,还具备打击隐蔽、隐藏、伪装目标

能力,打击坚硬目标、深埋目标能力,打击时敏目标能力,有效攻击地面重要电子装备能力等^[19]。采用新材料和新结构等高新技术改进战斗部的类型、构造、装药和新的引战配合技术是提高战斗部小型化设计能力和杀伤威力的重要途径;在整体小型化的基础上,发展针对不同目标的模块化战斗部,能极大拓展同一型号机载精确制导炸弹作战范围,节省成本;在模块化基础上,发展多功能战斗部,实现一种战斗部打击多种目标,则能根据战场情况灵活选择打击目标,进一步降低弹药勤务保障。

3.4 投放自主化,趋向远程化

无人机通过数据链与地面控制站实时通信,并接受控制站指令实施预定攻击任务,但指令有延迟及战时数据链可能会受到干扰或破坏,此时无人机的攻击会受到很大限制。自主投弹技术则是无人机在自主控制投弹的计算机系统控制下,综合地面控制站及自身探测识别信息,决定在最佳时刻投弹,以减少对数据链的过度依赖,在数据链受到干扰等情况下,依然可完成既定作战任务,实现制导炸弹从防区外发射,极大提高无人机战场生存能力,降低被敌发现和摧毁概率,充分发挥制导炸弹突防能力强的优势。

3.5 打击精确化,趋向可控化

在实现弹体小型化的同时,提高其命中精度才能使制导炸弹真正发挥作用。要求无人机机载制导炸弹既能准确命中大型目标,又能命中中小型目标;既能整体毁伤目标,又能对目标不同部位实施精确毁伤;既要求制导炸弹对目标定位精度要高,又能精确控制战斗部起爆时间、高度及炸弹落角,以获得最佳毁伤效果。

4 结束语

随着无人机向高机动速度、强挂载能力、大机动范围方向发展,加之未来全球局部战争仍将持续,进一步催生对机载精确制导炸弹的需求。机载精确制导炸弹不仅使无人机/直升机等小型作战平台载弹量增加,提升作战能力,而且便携式机载精确制导炸弹也越来越多地应用于地面作战部队,满足单兵远程精确火力打击的需求。2020年10月爆发的纳卡军事冲突^[20]中,无人机的成功运用已进一步推动机载制导炸弹的发展,使其在未来作战中的地位更加突出。

参考文献:

[1] 杜泽弘, 楼俏, 贺敏, 等. 无人机机载武器发展现状及展望[J]. 军事文摘, 2020(5): 28-32.

[2] 石涛. 无人机机载滑翔制导炸弹制导控制技术[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2016: 1-2.

[3] 刘箴, 李沛, 吴馨远. 微型精确制导弹药发展现状分析[J]. 飞航导弹, 2020(7): 1-6, 22.

[4] 新华网. 美军测试微型滑翔制导炸弹将用于装备无人机[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2019, 37(S1): 217.

[5] TAYLOR D. Scalpel can be deployed off F/A-18, AV-8B: PRECISION BOMB MEANT FOR URBAN AREAS UNDERGOES FIRST FLIGHT TEST[J]. Inside the Navy, 2008, 21(24): 7.

[6] 佚名. 俄研制出首批无人机专用弹药[J]. 现代军事, 2017(10): 21.

[7] 张道驰. 小型无人机载制导炸弹最优轨迹与精确制导技术研究[D]. 北京: 北京理工大学, 2016: 2-6.

[8] 袁宴波, 张科, 薛晓东. 美军微小型精确制导武器发展现状及特点分析[J]. 飞航导弹, 2014(1): 34-38.

[9] 朱爱平, 马凌. 雷锡恩公司小型战术弹药将采用新型小尺寸战斗部[J]. 飞航导弹, 2011(9): 37.

[10] 樊晨霄, 姚跃民, 薛普, 等. 小型低成本精确制导弹药

技术现状及发展趋势[J]. 战术导弹技术, 2020(1): 39-46.

[11] 李嘉良, 祝晶华. 美军“小直径炸弹”发展及破坏效应探析[J]. 防护工程, 2018, 40(2): 61-66.

[12] 周晓峰, 杨建军, 王志勇. 美国小直径炸弹的发展概述和作战运用研究[J]. 飞航导弹, 2015(2): 47-50

[13] 刘颖, 李双. “短柄斧”航空制导炸弹[J]. 航空兵器, 2014(3): 54.

[14] 陈勇. 美国小型精确制导武器的研制进展[J]. 飞航导弹, 2013(10): 31-35.

[15] 臧晓京, 朱爱平. GPS 制导的蝰蛇打击弹药即将具备作战能力[J]. 飞航导弹, 2010(1): 69.

[16] 丛敏, 张婵. 国外微小型导弹发展现状[J]. 飞航导弹, 2011(10): 1-8.

[17] 朱永伟. 无人机系统关键技术研究[D]. 北京: 北京理工大学, 2016: 61.

[18] 宋飞跃, 周晓光, 石俊娇. 无人机弹药发展现状与方向分析[J]. 中国军转民, 2016(9): 74-76.

[19] 谢汉桥, 郭青松, 陈军, 等. 中小型无人机作战用途及其弹药关键技术研究[J]. 飞航导弹, 2016(8): 23-27.

[20] “纳卡”冲突制胜关键: 无人机[J]. 航天电子对抗, 2020, 36(5): 50.

(上接第 91 页)

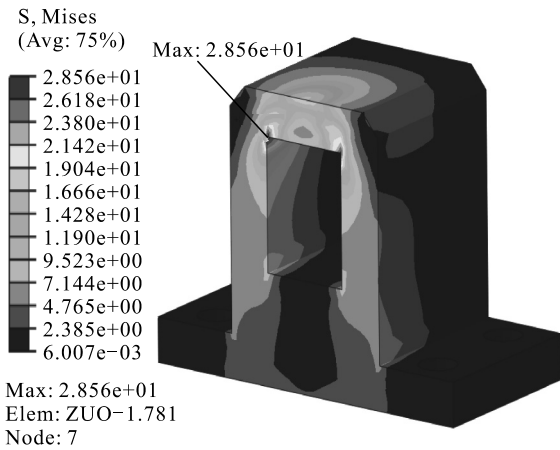


图 7 锁紧座有限元应力

机械零部件安全系数经验值取 2, 通过上述仿真计算, 锁紧装置的锁紧销与锁紧座的安全系数均远大于经验值, 其设计强度满足要求。

3 结论

笔者采用理论计算与数值仿真的方法分析了锁

紧装置的锁紧力和强度, 得出结论如下:

- 1) 检测仓材质为铜, 锁紧装置材质为钢, 按照密封性检测时充气压力 0.05 MPa 作为检测压力, 设计的锁紧机构夹持力大于检测箱检测气压产生的向上的力, 锁紧装置锁紧力和强度满足要求;
- 2) 仿真验证计算表明, 锁紧装置的强度满足设计要求, 能够稳定可靠地工作。

参考文献:

[1] 焦宗平, 张永泽, 张之明, 等. GJB1733A—2009 炮用双基药发射药通用规范[S]. 北京: 总装备部军标出版发行部, 2010: 8.

[2] 国营第四七五厂. GJB1529A—2001 三爪发射药通用规范[S]. 北京: 中国兵器工业标准化研究所, 2002: 9.

[3] 毛长勇, 刘强, 代久双, 等. 新型发射药包装物设计与性能研究[J]. 包装工程, 2020, 41(1): 190-196.

[4] SAEED M. 有限元分析-ANSYS 理论与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008: 385-390.

[5] 宋洪震. ANSYS 在包装工程中的应用[J]. 湖南包装, 2009(1): 13-14.