

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2019.04.13

毁伤测控与评估传感器在引信中的应用需求研究

孙发鱼, 白瑞青

(西安机电信息技术研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 毁伤测控与评估传感器是实现引信智能化和引信功能拓展的关键技术之一。本文在介绍新型作战武器对弹药引信需求的基础上, 分析了引信对传感器的应用需求, 论述了应用毁伤与评估传感器技术可极大地拓展引信的功能, 提高引信的性能。

关键词: 引信; 毁伤测控传感器; MEMS 传感器; 环境感知传感器

中图分类号: TB9

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2019)04-0100-04

Research on Application Requirements of Damage Measurement, Control and Evaluation Sensors in Fuze

SUN Fayu, BAI Ruiqing

(Xi'an Institute of Electromechanical Information Technology, Xi'an 710065, China)

Abstract: Damage measurement, control and evaluation sensor is one of the key elements to realize fuze intelligentization and fuze function expansion. On the basis of introducing the requirement of new combat weapons for ammunition fuze, this paper analyzes the application requirements of fuzes for sensors and discusses the application of damage and evaluation sensor technology, which can greatly expands the function of the fuze and improves the performance of the fuze.

Key words: fuze; damage measurement and control sensor; MEMS sensor; environment sensing sensor

0 引言

引信是弹药中最核心的控制单元, 面向信息化战争的军事需求, 引信目前实现了从传统机电技术领域向信息化发展的巨大跨越, 并向智能化方向加速迈进^[1-2]。智能化就是要求引信能对所接收的各种信息进行辨别、筛选等处理后才作用。这种新型引信有自己的信息接收系统和信息处理系统, 可以对目标和环境信息进行处理, 然后自行确定引信的作用方式。所谓智能引信就是自主地探测敏感目标、环境、指令信息, 并自动地处理和识别这些信息, 最终利用这些信息控制安全系统工作、弹药引炸和发动机点火等使命任务。智能化引信不但具有常规引信的基本功能, 而且还将具有敌我识别、自动抗干扰、自动控制选择攻击目标要害部位等新功能。智能引信是以获取更多信息为目的的多传感器探测系统, 它是以多信息为控制及处理对象, 以适应多任务需求的选择和决策控制系统。为了适应弹药在复杂/变化环境下的应用需求, 引

信必须具有智能感知、智能安全控制与智能起爆控制等功能, 而毁伤测控与评估传感器是实现引信更安全、更可靠及更灵活的核心关键技术。通过毁伤测控与评估传感器可进一步提高引信在“高效毁伤”、“精确毁伤”和“智能毁伤”方面的作用和效能, 促进常规弹药智能化发展, 全面满足装备发展需求。

1 新型作战对弹药引信的新需求

弹药几乎所有的特性都由引信提供, 如终点效应通过优化弹头对目标的起爆时间、位置、作用模式来实现, 安全性和可靠性通过引信保障, 通过相应的引信可适应作战任务的灵活性。因此, 现代战争的新发展趋势使新作战需求变得更为突出, 即需要引信功能的改进和引信新技术的研发。

1.1 新型作战对引信安全性的要求

传统战争对引信安全性的要求是保证弹药储存、运输、发射时的安全, 直到规定的安全距离(一般为几米到几百米)时才解除保险。

现代战争对智能化弹药引信的安全性提出了更高、更新的要求，不仅要保证弹药储存、运输、发射、过顶/飞越本方人员区域、作战使命中止时的安全，还要保证军事任务完成后交战区域的安全。

1.2 新型作战对引信灵活性的要求

传统战争要求引信可手动选择 1 至 2 个基本作战模式；现代战争要求引信必须具备多功能，引信的全部参数可自动装定，引信必须具备飞行控制、任务终止及终点效应控制等功能。

1.3 新型作战对终点效应的要求

传统战争要求引信控制弹药的起爆时机或方位。引信平时处于安全保险状态，发射后、进入攻击前转换为战斗状态，在弹目交会过程中适时起爆战斗部，对目标进行有效毁伤。

新型作战要求引信根据战斗部种类、目标特征、目标环境条件、弹目交会参数(或预测参数)，自适应选择或调整炸点或起爆方式，发挥战斗部最大毁伤效果，并将附带毁伤降到最低。新的作战需求对引信的目标探测和环境感知传感器提出了新的需求，通过目标探测传感器可得到更多目标信息，进而可提高精度；且在干扰环境下更容易识别目标。新的作战需求对引信及环境感知传感器的需求如图 1 和图 2 所示。

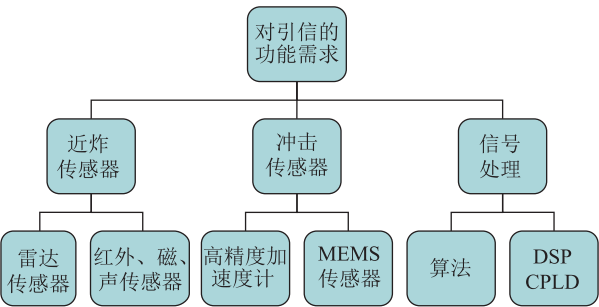


图 1 新的作战需求对引信的功能需求

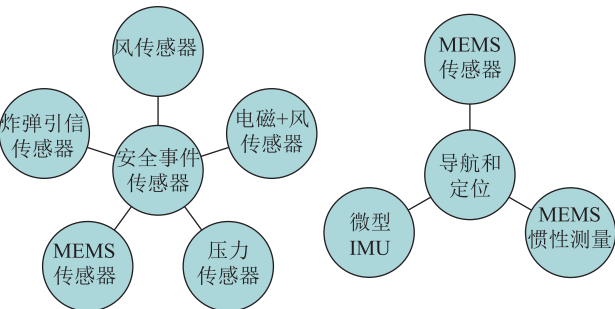


图 2 新的作战需求对环境感知传感器需求

2 引信对毁伤测控与评估传感器的应用需求分析

国内外针对不同种类信息研制了相应的基于微机电的毁伤测控与评估传感器，诸如加速度传感器、压力传感器、温度传感器、地磁传感器、声传感器、微型陀螺、微型惯性测量组合等^[3]，用于引信的识别系统，可实现引信对环境 and 目标的探测、识别、分类的精细化，以及对安全状态转换、炸点控制和起爆控制的精确化。下面主要从引信的毁伤控制、安全控制、命中控制和毁伤评估 4 个方面对传感器的应用需求进行分析。

2.1 引信毁伤控制对传感器的应用需求分析

硬目标侵彻弹药中，定深起爆是一种常用的对地下特定深度目标的起爆控制方式。如反机场跑道弹药，在掌握敌方机场跑道特性的基础上，往往要求战斗部侵彻到特定的深度起爆，以发挥对跑道的最大破坏效果；对付地下工事弹药，在掌握敌方核心部位深度情报的基础上，也要求引信实现定深起爆。目前常用的定深起爆引信均采用加速度两次积分的途径，而侵彻速度是计算的初始条件，通过传感器可以获得侵彻目标的初始速度和角度，配合侵彻引信三维加速度传感器测得的实时加速度，通过一定的算法可以获得侵彻深度，实现定深起爆。MEMS 单轴加速度传感器主要用于硬目标侵彻引信中的空穴敏感起爆控制、计层起爆控制、介质识别起爆控制。MEMS 三轴加速度传感器通过测量彼此正交的三轴侵彻加速度信号，解决斜侵彻定炸深引信中的定深起爆控制问题，例如美国 HTSF 灵巧引信利用三轴加速度传感器检测弹丸侵彻目标过程中的过载，获取目标信息并进行炸点控制，与控制电路一起实现跳弹起爆、折弹起爆、计空穴起爆、计侵彻起爆模式，解决了以前引信必须要求小着角和均匀材质目标才可以有效定深的局限，实现了侵彻战斗部引信的可编程功能。

云爆战斗部是一种常规高能毁伤战斗部，其工作原理是云爆剂和空气中的氧气充分混合到一定浓度时形成可爆云雾，再对其实施云雾爆轰。第一次起爆使弹体解体并抛洒出云爆剂，待云爆剂和空气混合到一定浓度时实施第二次起爆。对于落角较小的云爆弹，希望云爆剂沿水平方向抛洒，获得较大的云爆剂扩散区，实现对目标的最大毁伤。这就要求引信能够探测

到战斗部的滚转姿态,配合特定的战斗部设计,实现云爆剂的定向抛撒。新型云爆弹要发挥最大毁伤效果,就要求云爆剂和空气混合到最佳比例,因此要求引信能够感知云爆剂的浓度。

2.2 引信安全控制对传感器的应用需求分析

传统引信保证在弹药发射安全距离前弹药储存、运输、发射时的安全,一般是采用“门限控制”方法,使用能够承受刚性过载的惯性保险机构,如中大口径榴弹引信保险机构。现在要解决的问题是为弹道环境力弱的或不规则的弹药如:大口径火箭弹、某些导弹、航弹、攻击型无人机及某些非旋转弹药等,提供满足“独立”的双环境解除保险。

针对解除保险环境的第二环境传感器,过去采用的主要是机械传感器,如迫弹和航弹引信的涡轮传感器。现在采用的电子传感器主要有风力传感器、压力传感器、磁传感器、加速度计等,这些传感器广泛采用了 MEMS 技术,组成传感器阵列,并通过各个“窗口”信息“复杂周期过程”或历程的辨识,完成“独立”的第二环境解除保险任务。如:北约采用德国容汉斯公司的这种弹道环境过程智能辨识技术,较好地解决了简易制导航弹“独立”的第二环境保险问题,提高了航弹和载机的安全性。

对于解决传统的安全距离后的过顶/飞越(保证友军安全)、遇到特殊情况(内部测试检测到工作故障,武器系统内部检测到制导或目标识别问题)、作战使命中止时防止引信作用的安全问题等,一般是采用信息技术,由提供飞行环境和弹药内部监测的传感器,结合引信的可编程或遥控装定功能,把解除保险时间、距离等,装定到引信控制电路中,由引信完成解除保险距离自适应的任务,满足弹道安全要求。例如反鱼雷引信利用微机电加速度传感器和霍尼威尔公司的微流体压力差传感器实现了对发射环境中的不同环境信息获取,从而控制安全系统的解保功能,实现了冗余保险功能。

2.3 引信命中控制对传感器的应用需求分析

信息技术、微机电技术(MEMS)和 GPS/BD 技术的发展,带动了弹道修正引信技术的发展。弹道修正引信主要包括射程修正引信和二维弹道修正引信,在弹道修正引信中,主要应用的微机电部件是惯性测量单元、GPS/BD 接收机和 MEMS 执行器件。通过自主

初速、加速度测量或接收定位卫星信号判断弹道误差,再通过减速板、减旋板或固定舵完成气动修正。

2000 年后,各国大力发展二维弹道修正引信技术^[4],包括美国海军 GIF,BAE 的 CCF 和 ATK 的 PGK 等项目。2007 年,美国陆军提出二维弹道修正引信采购需求,经过多个方案的对比,由于 ATK 的 PGK 构思巧妙,具有自发电、可动部件少、精度还有提升空间、能适用于高旋和微旋弹等技术优点,2008 年 ATK 的 PGK 精确制导组件被美国陆军批准小批量生产,这标志着弹道修正引信的成熟和实用化。除了弹道修正引信方面的研究项目,洛克韦尔-科林斯公司还专门为引信研制了一款集成有多种功能的 GPS 接收机,该接收机除了具有定位功能外,还集成了内建的测试功能、融合磁传感器的“向上方向”确定功能。且预留了引信控制和飞行控制的接口,未来还可开发与惯性器件及遥测模块的接口。该模块将为下一代智能引信的研制提供极大的支持。

2.4 引信毁伤评估对传感器的应用需求

毁伤评估是弹药作战使命的最后一个环节^[5]。早期的毁伤评估一般通过侦察手段(侦察兵、侦察飞机、侦察卫星)直接评估被打击目标的可视化毁伤情况。其结论非常直接,即毁伤有效或无效,但无法获得弹药或引信的作用信息,在毁伤无效的情况下不能指导指挥员如何调整后续攻击。如打击地面目标时,如果不知道弹药作用点位置或近炸引信作用信息,就无法调整下一波攻击时的射击诸元及引信参数。如打击地下目标时,不知道引信在侵彻过程中获知的目标信息及起爆点位置,就无法判断攻击的有效性。

为此,近年来,国外大力发展引信集成毁伤评估技术^[6],如美国空军研究实验室启动了引信集成炸弹毁伤信息验证项目(Fuze Integrated Bomb Damage Information Demonstration, FIBDID)。在制导航弹侵彻战斗部引信中集成了毁伤评估无线发射机,炸弹在侵彻深埋目标时,首先抛出一个用于接收引信无线信号的中继站,滞留在地下目标上方的空中,引信在起爆前的瞬间,将在侵彻过程中获得的信息(如加速度值、侵彻深度、穿过的层数及空穴数)及起爆点的位置信息发出,通过停留在地面上空的中继站及空中的飞机传送给指挥中心,指挥中心根据这些信息综合预先掌握的情报做出毁伤评估及下一波攻击的决策。因此引信毁

伤评估对高过载加速度计和起爆位置感知传感器提出了更高需求。

3 结论

通过毁伤与评估传感器技术的应用,可大大提高引信的信息利用水平,推动引信向精细化和精确化方向发展。同时由于基于微机电的毁伤与评估传感器体积小、重量较轻,在相同的体积限制内,可以将多传感器融合或设计成传感器阵列。因此,充分发挥微机电传感器的特点,可提高引信的安全性和作用可靠性。

参考文献

- [1] 曹成茂,张河,丁立波. MEMS 技术在引信中的应用研究[J]. 测控技术, 2004, 23(10): 14-16.
- [2] 陈荷娟,黄学功. 智能化引信越来越“聪明”的引信[J]. 现代军事, 2005(8): 49-50.
- [3] 石庚辰. 引信用微机电传感器[J]. 探测与控制学报, 2000, 22(4): 31-35.
- [4] 施坤林,黄峥,马宝华,等. 国外引信技术发展趋势分析与加速发展我国引信技术的必要性[J]. 探测与控制学报, 2005, 27(3): 1-5.
- [5] 计冬奎. 机场跑道在动能侵彻型弹药爆破作用下的毁伤机理研究[C]//中国宇航学会第九届年会论文集. 北京:中国宇航学会, 2005: 97-100.
- [6] Forrestal M L, Frew D J, Hickerson J P, et al. Penetration of Concrete Targets With Deceleration-time Measurements[J]. International Journal of Impact Engineering, 2003, 28(5): 479-497.

作者简介



孙发鱼(1965-),男,研究员,博士,研究领域主要包括遥测遥控技术,兵器试验测试技术等。

西安机电信息技术研究所副总工程师,中国兵器工业集团有限公司科技带头人,中国计算机测量与控制学会常务理事,中国兵工学会测试技术专业委员会副主任委员。

主持承担国家级、省部级、国防基础科研等10余项科研项目,获得省部级科技奖10项,享受国务院政府特殊津贴、曾获国防科技工业有突出贡献中青年专家。授权及受理发明专利10余项,发表学术论文10余篇。