

◎现代航空制导炸弹设计与工程

制导炸弹结构 总体分析与设计

樊富友 刘林海 陈 军 编 著
杜 冲 李 斌 陈 卫

ZHIDAO ZHADAN JIEGOU
ZONGTI FENXI YU SHEJI



西北工业大学出版社

现代航空制导炸弹设计与工程

ZHIDAO ZHADAN JIEGOU ZONGTI FENXI YU SHEJI

制导炸弹结构总体分析与设计

樊富友 刘林海 陈 军 编著
杜 冲 李 斌 陈 卫

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书从理论和实践结合的角度出发,结合工程实践对制导炸弹结构总体技术进行分析与设计,其基本原理和分析处理工程技术问题的方法具有普遍意义,对其他武器系统也具有一定的适用性和参考价值。主要内容包括制导炸弹结构总体设计;弹体结构设计;制导炸弹载荷分析与计算;制导炸弹结构强度分析与计算;制导炸弹结构“五性”及“三防”设计、制导炸弹水平测量技术等。

本书可供从事该专业的工程技术人员和管理人员阅读,也可供相关专业科技人员和高等院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

制导炸弹结构总体分析与设计 / 樊富友等编著. —西安:西北工业大学出版社, 2016.1
ISBN 978-7-5612-4708-2

I. ①制… II. ①樊… III. ①制导炸弹—结构分析②制导炸弹—结构设计 IV. ①TJ414

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 015003 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:<http://www.nwpup.com>

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm×960 mm 1/16

印 张:13

字 数:312 千字

版 次:2016 年 1 月第 1 版

2016 年 1 月第 1 次印刷

定 价:88.00 元

序

制导炸弹的开发发展始于第二次世界大战后期,经过数十年的改进和创新取得了长足发展,具有结构简单、使用方便、射程远、命中精度高、造价低、费效比高等优点,是世界各国机载高精度武器中数量最多的一款空地武器。因此,制导炸弹在武器系统中占有越来越重要的位置。未来信息化战争是敌对双方在陆、海、空战场的对抗,战争的持续性和武器装备的密集使用成为趋势,将使制导炸弹的需求数量显著增加。从近年历次局部战争来看,制导炸弹占弹药投放总数的比例呈直线上升的趋势,海湾战争中只占 6.8%,而伊拉克战争中接近 70%,使制导炸弹成为战争的“宠儿”。美国、英国、俄罗斯、以色列等军事强国装备了大量的不同类型的制导炸弹,而我国制导炸弹的研制起步较晚,经过 30 多年的不懈努力,依靠自己的力量,勇于开拓,坚韧不拔,缩小了与发达国家的差距,甚至在某些方面实现了超越。

自主创新是一个时代的主题,也是一个在历史经验的基础上不断自我超越的过程。制导炸弹的自主创新需要全面、系统地将新理论、新技术应用于工程实际,充实和丰富制导炸弹的知识体系,并对制导炸弹研制过程中的数据及工程经验进行不断积累、沉淀。如何将成熟的理论应用于工程实际,并且在应用过程中,发现问题,解决问题,不断革新,才能从根本上推动制导炸弹的发展,使我国制导炸弹水平达到和超过国际先进水平,需要广大从事制导炸弹设计的科技工作者、专家、教授等不断克服困难,勇于攀登,相互协调,密切配合地进行工作,也需要社会各界朋友的热情支持。

自主创新离不开理论的指导,《制导炸弹结构总体分析与设计》是一部较为系统、全面地介绍制导炸弹结构总体分析设计方法的著作。全书以工程应用为主,力求体现工程的系统性、先进性、完整性和实用性,是国营第八六一厂和作者多年心血凝结的结果,同时也借鉴了其他武器系统的先进的设计方法和理念。通过编写《制导炸弹结构总体分析与设计》一书,全面、系统地归纳、总结以往制导炸弹结构总体研制过程中建立和应用的设计理论,总结其工程经验,并结合制导炸弹当前的新技术、新理论,用以指导今后的工程研制,并传授给从事制导炸弹事业的新生力量,使他们能站在更高的起点上开展新一代制导炸弹的研发工作。

本书既是一部介绍制导炸弹结构总体设计的学术专著,又是一部制导炸弹各专业间以及和其他有关人员间进行技术交流的平台。

最后,借此机会对参与编写本书工作的各位专家、学者所付出的辛勤劳动表示衷心的感谢。



2015.10.26

前 言

在制导炸弹设计与研制这一复杂的系统中,结构总体设计不仅保证优秀的总体技术方案,而且先进的结构总体设计对结构设计、结构性能、研制经费和进度往往起到决定性的作用,是制导炸弹总体设计思想的必要阶段和内容,是一项综合性很强的工作。因此,制导炸弹结构总体设计在制导炸弹的设计与研制过程中具有非常重要的地位和作用。由于制导炸弹独特的优点,广泛用于现代局部战争,是一支不可或缺的中坚武器装备,是战斗轰炸机、强击机等空中力量对地(海)面建筑物、桥梁、指挥所、机场跑道、雷达阵地、水面舰艇等多种军用目标实施精确打击的重要手段。随着制导炸弹在现代战争中地位越来越重要,迫切需要对制导炸弹结构总体设计进行全面的总结和介绍。由于国内尚没有专门介绍制导炸弹结构总体设计方面的书籍,本书的出版也许有助于弥补这方面的空缺,同时对其他空地武器的研制也有一定的参考价值。

本书是在总结多年型号研制经验及工程实践经验的基础上完成编写的,理论联系实际,结构紧凑,内容安排遵循工程型号研制流程,力突工程研制这一主线,利于制导炸弹结构总体设计人员入手。

本书共分7章,第1章介绍制导炸弹的定义与分类、研制程序和内容,制导炸弹结构总体设计特点及发展趋势;第2章介绍制导炸弹结构总体布局、结构总体方案、总体协调等内容;第3章介绍制导炸弹常见弹体结构、弹上机构等内容;第4章与第5章介绍制导炸弹载荷、强度与受力传力分析等内容;第6章介绍制导炸弹结构“五性”及“三防”设计内容;第7章介绍制导炸弹水平测量技术等内容。

本书第1,7章由樊富友编著,第2章由陈军、樊富友编著,第3章由湖南人文科技学院陈卫编著,第4章由杜冲编著,第5章由李斌编著,第6章由刘林海编著。全书由樊富友统稿和定稿。

编写本书曾参阅了相关文献资料。在此,对其作者表示衷心的感谢。

由于水平有限,书中难免有错误和不当之处,敬请读者和专家批评指正。

编著者
2015年10月

目 录

第 1 章 概述.....	1
1.1 制导炸弹的定义及分类	2
1.2 制导炸弹的研制程序和内容	9
1.3 制导炸弹结构总体设计特点	13
1.4 制导炸弹结构总体设计的发展趋势	14
第 2 章 制导炸弹结构总体设计	16
2.1 概述	16
2.2 制导炸弹结构总体设计原则与要求	17
2.3 制导炸弹结构总体设计的基本内容	21
2.4 制导炸弹结构总体方案布局	21
2.5 制导炸弹结构总体方案选取与设计	26
2.6 制导炸弹结构总体协调	37
2.7 制导炸弹结构物理参数	44
2.8 制导炸弹结构精度分配与计算	53
2.9 各种试验弹的结构总体设计思路	60
第 3 章 制导炸弹结构设计	63
3.1 概述	63
3.2 弹体结构设计的基本要求	64
3.3 弹体结构	66
3.4 弹体结构的连接与密封	79
3.5 弹上机构设计	86
3.6 翼面结构设计	92
3.7 弹体结构防腐蚀设计	94
第 4 章 制导炸弹载荷分析与计算	105
4.1 概述	105

4.2	过载系数与安全系数	105
4.3	制导炸弹载荷	108
4.4	制导炸弹载荷分析	109
4.5	制导炸弹支反力计算	114
4.6	制导炸弹载荷分析计算的步骤与要求	122
第 5 章	制导炸弹结构强度分析与计算	123
5.1	传力路径分析	123
5.2	结构受力计算	135
5.3	强度准则	149
5.4	结构承载能力	154
第 6 章	制导炸弹结构“五性”及“三防”设计	167
6.1	概述	167
6.2	制导炸弹结构“五性”设计	168
6.3	制导炸弹结构“三防”设计	181
第 7 章	制导炸弹水平测量技术	187
7.1	概述	187
7.2	水平测量原理	188
7.3	水平测量要求	189
7.4	水平测量仪器	190
7.5	水平测量内容	191
7.6	水平测量公差	196
参考文献		198

第 1 章 概 述

制导炸弹的开发发展始于第二次世界大战后期,德国在二战后期率先发明并使用了制导炸弹。经过数十年的改进和创新,制导炸弹在种类和质量等方面均取得了长足的进步。美国、英国、俄罗斯、以色列等军事强国已经装备了数十种类型的制导炸弹,而一些军事实力相对较弱的国家也在积极研发并装备制导炸弹。制导炸弹作为介于普通炸弹和导弹之间的弹种,与导弹相比,主要区别在于制导炸弹自身无动力系统,需借助飞机或其他平台投掷,通过制导控制系统飞向目标,而导弹则是依靠自身的动力系统,通过制导、控制系统飞向目标的。与普通炸弹相比,它可以更精确地命中目标要害部位,可用于对人口稠密区内的军事目标实施精确打击,既可避免毁伤其他民用设施,又可控制战争规模。与导弹、普通炸弹相比具有以下优点:①与导弹相比,结构简单、成本低廉,适于大量装备、使用;战斗部比例大,有效载荷可达总质量的 80%,明显高于导弹,具有更大的毁伤威力;②与普通炸弹相比,命中率高,精度可达米级。

由于制导炸弹独特的优点,其广泛应用于现代战争,是一支不可或缺的中坚武器装备,是战斗轰炸机、强击机等空中力量对地(海)面建筑物、桥梁、指挥所、机场跑道、雷达阵地、水面舰艇等多种军用目标实施精确打击的重要手段,成为世界上装备规模最大、使用数量最多的精确制导武器。在近年历次局部战争中,制导炸弹占弹药投放总数的比例呈直线上升的趋势:海湾战争中只占 6.8%,科索沃战争中占 35%,阿富汗战争中占 60.4%,而伊拉克战争中接近 70%,使制导炸弹成为战争的“宠儿”。

制导炸弹具有下述特点。

1. 精度高

制导炸弹的精度比普通炸弹高得多,如美军“宝石路 I”型制导炸弹的圆概率误差为 3.5 m 左右;“宝石路 II”型制导炸弹的圆概率误差为 1~2 m,“宝石路 III”型制导炸弹的圆概率误差更精确到 1 m 左右。

2. 效费比高

制导炸弹与普通炸弹相比,虽然成本有所增加,但比导弹的价格要低得多(美军一枚“战斧巡航导弹”的价格是 75 万美元,而一枚 JDAM 制导炸弹的价格只有 1.8 万美元)。

在作战效果基本相同的条件下,使用机载制导炸弹更经济。据统计,完成同一作战任务,使用制导炸弹的效费比为普通炸弹的 30 倍左右。

3. 可实现防区外发射

普通炸弹的命中精度主要受载机飞行高度与速度、飞行姿态、战场气象条件等的影响。为了达到预期的命中精度,要求载机低空近距离投掷,载机安全受到严重威胁。制导炸弹可利用弹上探测系统提供的目标信息,控制或修正弹道误差,命中目标,对于增程型制导炸弹而言,射程更远,可在敌方防御火力圈之外实现远距离攻击目标,更利于保护载机安全。

4. 使用范围广

制导炸弹能使用多种战斗部,以满足打击不同性质目标的需要,既可摧毁硬目标,又可实现软杀伤。

目前,我国制导炸弹整体发展水平较低,常规炸弹品种少、系列不全,特种弹药发展滞后,打击大目标和地下深层目标的能力不足;精确制导炸弹刚起步,体系不完善。制导炸弹发展状况难以满足在未来作战中对地精确打击武器的迫切需求。随着我国从“陆地强国”向“海洋强国”的战略目标转变,制导炸弹适用于空海一体化作战,是将来发展的一大趋势,拓宽了制导炸弹的使用范围。但我国制导炸弹整体发展水平与国外主要军事强国,特别是与美国相比还有一定的差距。美国制导炸弹领域的前沿技术研究始终处于全球领先地位,并不断有新的概念提出,如网络协同作战、仿生技术、新型含能材料,引领弹药研究革命性发展,值得我们深入研究、分析和借鉴。

制导炸弹的小型化、系列化、模块化以及批量装备部队后互换性、可靠性、维修性、环境适应性等一系列问题,使结构总体设计技术在制导炸弹中占据越来越重要的地位。随着制导炸弹技术的发展,制导炸弹总体设计的内容也随之改变。创新是一个时代的主体,制导炸弹设计的革新关键在于创新思想的应用。如何将成熟的理论应用于工程实际,并且在应用过程中,发现问题,解决问题,不断革新,才能从根本上推动制导炸弹的发展,为我国制导炸弹水平达到和超越国际先进水平,做出应有的贡献。

1.1 制导炸弹的定义及分类

1.1.1 制导炸弹的定义

制导炸弹定义为带制导控制系统的炸弹,在飞行中利用控制执行机构产生气动控制

力改变炸弹的速度方向和大小,使其按预定的弹道或导引规律命中目标。

从国外制导炸弹的发展历程来看,一部分是利用普通炸弹战斗部和相对成熟、价格低廉的制导控制技术,改制成制导炸弹;另一部分是通过新研,根据需要研制高性能、低成本、抗干扰的制导炸弹。制导炸弹一般由弹头或导引头、弹身或战斗部、制导控制尾舱及弹翼组件(增程制导炸弹一般采用弹翼组件)等组成。

1.1.2 制导炸弹的分类

目前,制导炸弹已发展成一个大家族。根据不同的分类原则,制导炸弹可以有多种分类方法,不同制导原理之间,差异相当大。按其毁伤特性分为常规制导炸弹和非常规制导炸弹;按制导方式分为自寻的制导炸弹、自主制导炸弹、复合制导炸弹等,如图1-1所示。

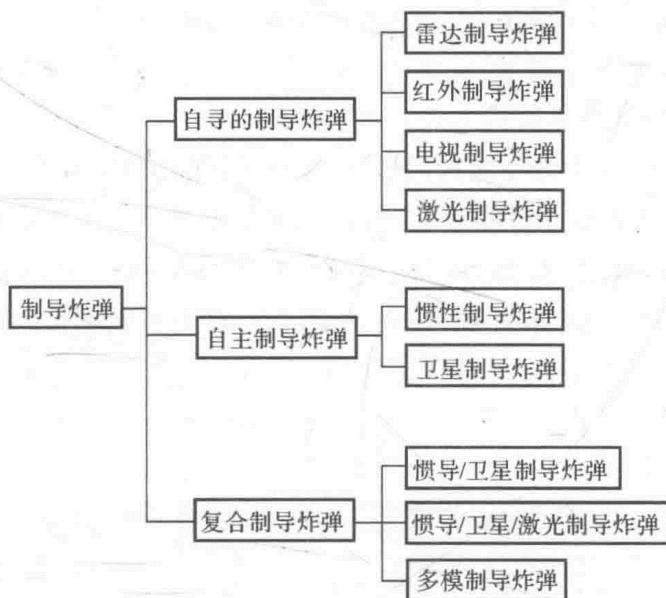


图 1-1 制导炸弹按制导方式分类

按其战斗部类型分为整体型制导炸弹、子母型制导炸弹、新型制导炸弹等,如图1-2所示。

现在对几种常见的制导炸弹:激光制导炸弹、惯性制导炸弹、电视制导炸弹、红外制导炸弹和新型制导炸弹进行简要介绍。

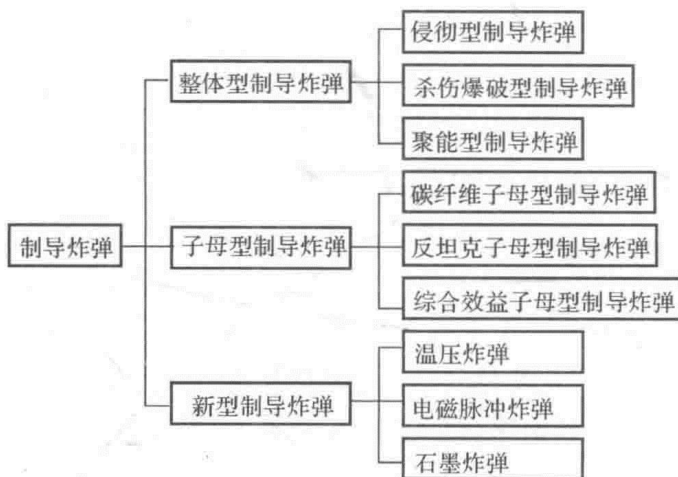


图 1-2 制导炸弹按战斗部类型分类

1.1.2.1 激光制导炸弹

激光制导炸弹是装有激光导引头、制导控制装置、能自动导向目标的炸弹。激光制导炸弹利用地面或飞机上的激光照射器照射目标，在激光制导炸弹投放后，制导炸弹上的激光导引头接收目标反射的激光束，经光电变换形成电信号，输入到控制系统，计算出制导炸弹在飞行中与目标的方向偏差，控制系统控制舵机做出相应调整，导引制导炸弹飞向照射的目标。这种激光制导的方式，就像给炸弹安装了“眼睛”和“大脑”，瞄准目标后，紧紧盯住目标，穷追不放，直到将目标摧毁。激光制导炸弹在载机投放出去之后，以制导方式飞行，能够以较高精度命中目标，CEP 值可控制在几米之内，具有结构简单、价格低廉、威力大、效费比高等优点，在现代空地作战中具有重要意义。激光制导炸弹的射程主要受炸弹气动力和投放高度的影响，目前国外装备的激光制导炸弹的射程通常为 10~20 km。相对于当前蓬勃发展的防空导弹系统而言，飞机投放激光制导炸弹时有可能遭到敌方防空火力的攻击。例如，美国“宝石路”系列激光制导炸弹的射程为 15 km 左右；俄罗斯 KAB-1500L 系列激光制导炸弹的射程可达到 20 km；据已经公布的资料显示，加装以色列“格里芬”制导组件组装而成的激光制导炸弹最大射程可达 30 km。

GBU-28 钻地炸弹是美国现役最重的激光制导炸弹，采用 BLU-109/B 侵彻战斗部，半主动激光制导炸弹质量约为 2 300 kg，弹长为 5 840 mm，弹径为 370 mm，翼展为 1 680 mm，战斗部装高爆炸药为 306 kg，结构如图 1-3 所示。

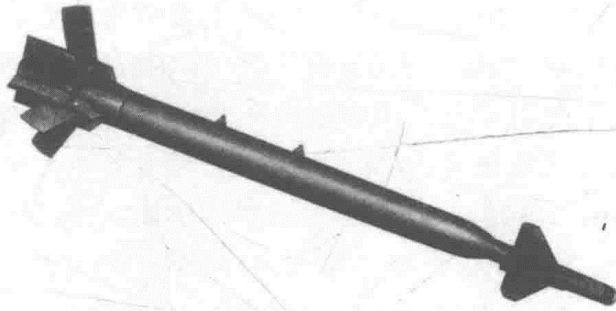


图 1-3 GBU-28 外形示意图

1.1.2.2 卫星制导炸弹

联合直接攻击弹药(JDAM)结构如图 1-4 所示,JDAM 是美国空军和海军联合研制的第四代制导炸弹,是在科索沃战争中攻击我国驻南联盟大使馆的“元凶”。JDAM 以现有美国 MK80 系列常规炸弹为基础,将库存的 74 000 余枚常规炸弹(包括 900 kg 级的 MK84/BLU-109/B 穿甲炸弹、450 kg 级的 MK83/BLU-110 穿甲炸弹)加装惯性制导/GPS 接收机,改制成制导炸弹。改装后的第一阶段产品分为通用型和专用侵彻型,编号分别为 GBU-31 和 GBU-32。与激光制导炸弹相比,JDAM 最大的优点在于不受气象条件的限制和影响,可全天候使用,具备投放后不管等能力,投射距离可达 24 km,命中精度高,其圆概率误差可达 6.5 m。波音公司于 1998 年 6 月交付了首枚 JDAM,1999 年 3 月空袭南联盟之前首批交付了约 937 枚,在作战中使用了约 656 枚。

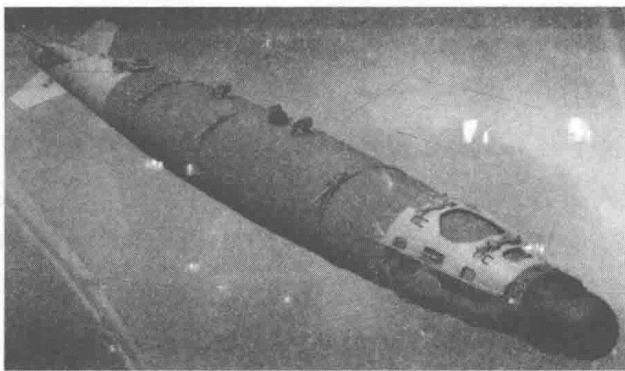


图 1-4 JDAM 外形示意图

1.1.2.3 电视制导炸弹

电视制导是由制导炸弹上的电视导引头利用目标反射的可见光信息实现对目标捕获跟踪、导引制导炸弹命中目标的被动寻的制导技术。由于利用可见光,所以系统的角分辨率高、精度高、抗电子干扰能力强,但其只能在白天或能见度较好的条件下使用。

电视制导在国外已是成熟技术,电视制导武器已在战争中多次使用。20 世纪 60 年代,美国首先研制并使用了电视制导炸弹,典型的产品是“白星眼”系列电视制导炸弹。“白星眼”Ⅰ于 1967 年装备美国海军,并在越南战场使用。因其战斗部威力有限,继而研发了“白星眼”Ⅱ制导炸弹,战斗部使用 MK84 炸弹。“白星眼”系列制导炸弹的精度一般在 3~4.5 m,在越南战场曾代替“小斗犬”空地导弹大量使用,当时被认为是最精确、有效的空一地常规武器。以色列拉法尔公司在引进美国电视制导炸弹基础上研制了“金字塔”电视制导炸弹,并于 1989 年开始进入以色列空军服役,其制导精度达到了 1 m 以内。

俄罗斯在电视制导炸弹方面的发展较为活跃,KAB-500kr 型电视制导炸弹于 1982 年研制成功,随后投入生产并装备部队,该型制导炸弹装有常规杀爆战斗部,制导精度达到 4~7 m。KAB-500kr-E 型电视制导炸弹结构外形如图 1-5 所示。



图 1-5 KAB-500Kr-E 电视制导炸弹外形图

1.1.2.4 红外制导炸弹

红外成像制导系统的成像质量通常比电视成像质量差,但能够在能见度低或电视制导难以工作的夜间环境下工作,依靠制导炸弹安装的红外扫描成像导引头捕获、跟踪目标,并导引制导炸弹飞向目标。红外成像制导炸弹对目标的依赖性较强,要求目标有不同于背景的热辐射特征(无法识别冷目标),易受云、雨、雾、烟等情况的影响,全天候作战能力差。

总体而言,国外现在装备的红外成像制导炸弹相对较少,包括美国 GBU-15、以色列“奥佛”(Opher)、日本 91 式制导炸弹等。就美国方面而言,红外成像制导炸弹的装备量较少,且在近年来战争中的使用量明显少于激光制导炸弹和卫星制导炸弹。以色列研制的

“奥佛”制导炸弹采用红外成像制导,可配装 MK82、MK83 战斗部,1988 年开始生产,现已装备部队。“奥佛”红外制导炸弹结构外形如图 1-6 所示。

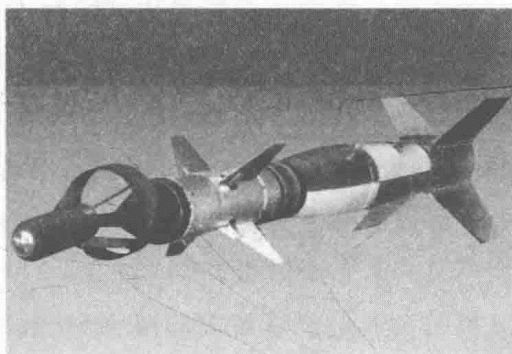


图 1-6 以色列“奥佛”红外制导炸弹外形图

1.1.2.5 新型制导炸弹

随着现代武器技术的发展以及制导炸弹打击目标种类的增加,逐渐出现了新型的战斗部。这些新型战斗部不是利用炸药爆炸或燃料燃烧的方式直接作用于目标,而是利用电磁脉冲、导电材料或超细粉尘等对特定目标实施干扰或进行有限的破坏,进而衍生出新型制导炸弹。

1. 电磁脉冲炸弹

电磁脉冲炸弹(electromagnetic bomb)是一种研制中的新概念高功率微波武器。这种武器有可能改变 21 世纪武器系统的概念,并控制 21 世纪的战场,对未来战争的作战方式将产生重要的影响。高功率微波武器将是信息化时代电子战及常规战不可或缺的杀手锏。电磁脉冲武器由高功率微波源、微波器件、高增益定向天线、发射装置、控制系统及其他辅助设备构成。高功率微波武器就是把高功率微波源产生的微波经过高增益天线定向辐射出去,射向目标,干扰或损毁敌方武器系统的电子器件、控制装置及计算机系统,使通信指挥系统瘫痪。电磁脉冲炸弹产生的强电磁脉冲从“前门”或“后门”耦合敌方电子设备中实施干扰、破坏。“前门”是指电子设备的天线,假如设法获得敌方接收设备的工作频率,就可以通过巧妙的设计,使电磁脉冲武器对敌方电子设备造成更大的破坏。“后门”是指电子设备的导线、通信线、失效的屏蔽部件等,电磁脉冲炸弹的能量通过它们耦合到电子设备中,造成破坏。

在 2003 年的伊拉克战争中,美军使用电磁脉冲炸弹袭击了伊拉克的电视台,造成了伊拉克的电视信号中断了数小时。这种新型制导炸弹利用高强度的电磁脉冲能够破坏半

径数十千米内的电子设备,使其难以发挥作用。这也标志着高功率微波武器正式登上了历史舞台。

电磁脉冲效应是在许多年前进行高空核武器爆炸试验时首次观察到的,核爆炸产生出脉冲宽度极窄(几百纳秒)而又非常强烈的电磁脉冲,由中心源向外传播,强度逐渐衰减,如图 1-7 所示。电磁脉冲炸弹是利用炸药爆炸迅速压缩磁场,瞬间强电磁脉冲达到干扰破坏敌方电子作战系统的目的。其主要毁坏对象包括电视台、政府办公室、生产设施、军事基地、雷达站等的电子器件。

美国战术级电磁脉冲炸弹结构示意图如图 1-8 所示。

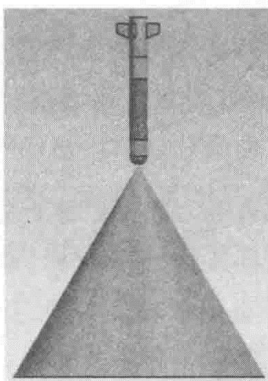


图 1-7 电磁脉冲炸弹爆炸高度与杀伤范围示意图

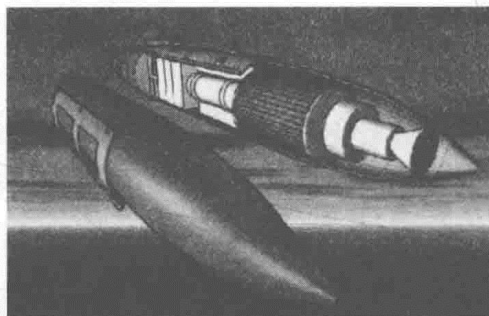


图 1-8 电磁脉冲炸弹结构示意图

2. 温压炸弹

温压炸弹使用一种富氧组分的炸药,比普通炸药释放能量的时间长,在密闭空间内爆炸时能够产生持续的压力脉冲。美国空军装填了 10 枚这种战斗部于 GBU-15, GBU-24 和 AGM-130 上,并由 F-15E 飞机携带。温压炸弹在清理隧道、掩体、洞穴和下水道系统方面比常规高爆炸药更加有效。美国希望开发一种能够用于一种或多种现役战斗部的具有较大能力的单一填料。近年来,美国研发了一种 PBXIH-135 温压填料,它被用在现有反掩体之类的项目上。

温压炸弹的原理:采用固体炸药,而且爆炸物中含有氧化剂,固体炸药以气雾剂形式散开,形成爆炸粒子云后引爆。由于微小炸药颗粒的爆炸力极强,因此,温压炸弹的爆炸效果比任何常规爆炸物更强劲、更持久。据有关资料显示,温压炸弹在有限空间中爆炸时

的杀伤效应比开放区域高出 50%~100%。代表产品为美国的 BLU-118B 温压炸弹,波音公司生产的 F-15E 战斗机被指定为投掷温压炸弹的主要载机。BLU-118B 温压炸弹弹长为 2 500 mm,弹径为 370 mm,内部填充爆炸物质量为 250 kg,其战斗部使用 FMU-143J/B 引信来起爆。

3. 石墨炸弹

石墨炸弹俗称“电力杀手”,因其不以杀伤敌方兵员为目的而得名,又因其对供电系统的强大破坏而被称为“断电炸弹”。石墨炸弹是选用经过特殊处理的碳丝制成的,每根碳丝的直径仅为 10 μm ,因此,可在高空长时间漂浮。由于碳丝经过流体能量研磨加工制成,且又经过化学清洗,因此,极大地提高了石墨碳纤维的传导性能,石墨碳纤维没有黏性,却能附着在一切物体表面上。

石墨制导炸弹在目标上空炸开后,旋转并释放 100~200 个小的罐体。每个罐体均带有一个小降落伞,打开后使得小罐减速并保持垂直下降。罐内小型的爆炸装置起爆,使小罐底部弹开,释放出石墨纤维线团。石墨纤维在空中散开,相互交织,形成网状。由于石墨纤维有强导电性,当其搭在供电线路上时即产生短路,造成供电设施瘫痪。

海湾战争时,石墨炸弹在“沙漠风暴”行动中首次登场。当时,美国海军发射舰载战斧式巡航导弹,向伊拉克投掷石墨炸弹,攻击其供电设施,使伊拉克全国供电系统 85% 瘫痪。以美国为首的北约对南斯拉夫的空袭中,美国空军使用的石墨炸弹型号为 BLU-114B,由 F117A 隐形战斗机于 1999 年 5 月 2 日首次对南斯拉夫电网进行攻击,造成南斯拉夫全国 70% 的地区断电。

1.2 制导炸弹的研制程序和内容

制导炸弹的研制是一个多学科、多专业技术,是一项综合性强的系统工程。要研制出合格的制导炸弹,必须要有一套工程研制技术程序,用以指导制导炸弹研制工作。对于制导炸弹型号的研制阶段、研制过程、研制情况都应有明确的规定。各个系统严格按照制导炸弹型号研制程序办事,是促进制导炸弹技术发展的重要保证。同时,在研制前成立总设计师系统、质量师系统和行政指挥系统很重要,建立责任制、质量管理体系、标准化管理体系等,确保型号研制顺利进行。

制导炸弹设计是一项复杂的技术,一般分为可行性论证阶段、方案阶段、初样阶段、正样阶段和设计定型阶段,其中初样阶段、正样阶段又统称工程研制阶段。

1.2.1 可行性论证阶段

制导炸弹项目开始研制之前必须进行可行性论证,也就是通常所说的指标论证。制导炸弹研制单位应根据使用方的要求,对准备研制的制导炸弹进行全面的综合论证分析,并根据各分系统前期的预研成果、技术方案的可行性分析报告、关键技术解决情况的报告和研制技术进度,提出可供选择的制导炸弹研制技术方案。

可行性论证阶段是对使用方提出的技术指标进行论证,主要有下述内容。

(1)配合使用单位对制导炸弹作战效能进行分析,就指标合理性及指标之间匹配性提出分析意见。

(2)进行技术可行性分析。设想总体方案和可能采取的主要技术途径并计算总体参数,通过分析和计算向各个分系统提出指标论证要求,综合总体计算结果和分系统论证结果,提出可能达到的指标、主要技术途径和关键技术,必要时,可针对可行性方案中的技术难点提出关键技术研究项目,并组织实施研究。此外,还要对研制经费进行分析。

(3)拟采用的新技术、新材料、新工艺和解决措施。

1.2.2 方案阶段

总体方案阶段是型号研制最重要的阶段,主要开展制导炸弹武器系统方案的论证、设计、气动吹风、仿真分析和验证,确定整体技术方案,是型号研制的决策阶段。方案阶段时间是指从上级机关批准型号研制立项至总体技术方案评审通过之日。

方案设计是完成型号研制方案论证与总体初步设计,并形成方案设计报告,具体内容主要包括以下几方面。

(1)选择和确定主要方案。为进行总体参数选择和计算,首先要选择和确定的主要方案有有效载荷类型和方案、弹道方案、结构总体布局方案、气动外形与部位安排方案、制导控制系统和惯性器件方案等。除了对总体进行论证外还要对分系统提出论证要求,分系统经过论证提出分系统方案,经过多轮协调,最后确定主要方案。

(2)总体设计参数。根据给定射程、载荷等,选取最佳的总体设计参数,来确定制导炸弹的质量、质心和外形尺寸等。

(3)参数计算和分配。根据已确定的制导炸弹技术指标、总体方案和总体设计参数,通过设计和分析计算确定分系统初样设计所需的指标。参数计算和分配主要包括总体原始数据计算、气动设计与计算、弹道设计与计算、制导炸弹固有特性计算、载荷计算、强度