

引信与武器系统 交联理论及技术

Theory and Technology of Interaction
between Fuze and Weapon System

张合◎编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

引信与武器系统交联 理论及技术

Theory and Technology of Interaction between
Fuze and Weapon System

张合 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

引信与武器系统交联理论及技术 / 张合编著
—北京: 国防工业出版社, 2010. 7
ISBN 978-7-118-06839-9

I. ①引... II. ①张... III. ①引信—研究 IV.
①TJ43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 119039 号

※

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 18½ 字数 323 千字
2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 65.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

国防科技图书出版基金 第六届评审委员会组成人员

主任委员 刘成海

副主任委员 宋家树 蔡 镭 程洪彬

秘 书 长 程洪彬

副 秘 书 长 邢海鹰 贺 明

委 员 于景元 才鸿年 马伟明 王小谟 甘茂治
(按姓氏笔画排序)

甘晓华 卢秉恒 邬江兴 刘世参 芮筱亭

李言荣 李德仁 李德毅 杨 伟 肖志力

吴有生 吴宏鑫 何新贵 张信威 陈良惠

陈冀胜 周一宇 赵万生 赵凤起 崔尔杰

韩祖南 傅惠民 魏炳波

本书主审委员 周一宇

前 言

引信与武器系统之间的非接触信息传输是引信技术中新生的一门交叉学科,它是多学科交叉融合的武器系统信息化发展的基础学科。随着新军事变革和武器系统信息化的发展、无人值守武器系统等新型武器系统的出现,武器系统间的信息非接触(或无线)传输(或交联)备受关注。在引信技术范围内形成了以近程电磁感应方式、中远程光学方式、远程无线电射频方式为主的三个研究领域,旨在能够通过雷达探测到目标,并把目标信息传输给火控系统,经过火控系统综合各种信息快速解算目标信息,获得弹目交汇的最佳时间或距离点,经过引信信息交联系统(或称装定器)传输给引信。这将极大地提高武器系统的毁伤能力,减小射弹量。目前,在无人值守武器系统、防空反导高炮武器系统、火箭武器系统、单兵榴弹发射器等系统全面展开了对非接触信息交联的基础及应用研究。

本书是作者十几年来在引信技术科研工作研究成果的汇集,是作者带领的国防科技创新团队在多个项目中辛勤耕耘的成果体现,也是多名博士和硕士工作的结晶。本书内容广泛,分三部分论述。即电磁信息交联技术、光学信息交联技术和射频信息交联技术。

电磁信息交联技术部分介绍了引信能量和信息非接触传输系统的设计理论和引信电磁感应装定技术,并讨论了分离式变压器模型及装定系统设计方法,重点分析能量和信息传输的基本原理,研究并构建传输系统的设计理论、非接触传输通道的设计理论,采用分离式变压器的设计方法,对其进行结构设计,确定耦合系数,以及介绍对耦合系数的测量方法,以小口径火炮武器系统为例,进行交联系统的设计。

光学信息交联技术部分介绍了引信光学装定系统设计和光学装定系统数据传输理论,脉冲光信号发射与接收技术,以及引信激光能量装定技术,主要包括能量和信息的传输方式、光调制与检测、系统作用体制与原理、信源与

信道编码、脉冲光信号的发射与接收技术以及试验方法等。

射频信息交联技术部分介绍了射频装定信息传输和装定系统的电路设计,介绍了引信射频装定数据传输技术,弹载天线的设计以及信息传输的窗口设计。

本书使读者对引信与武器系统信息交联中的传输通道、基本设计理论与方法、试验方法有比较完整和详细的了解,可满足从事引信等相关学科和领域的科学工作者和工程技术人员的实际需要,也可供高等院校相关专业的研究生参考。

中国工程院朵英贤院士和兵器科学研究院胡国强研究员审阅了本书全稿,给予了热情指导、支持和帮助,参加本书编著的还有:李豪杰、江小华、周晓东、曹成茂、王莉等同志,在此一并表示感谢。

鉴于国内尚无引信与武器系统信息交联方面的著作,本书将填补这方面的空缺。由于书中的部分深层次技术细节涉及到已经装备的型号和正在预研的内容,不便给出,如需进一步探讨,可联系作者,敬请谅解。限于作者的水平,书中难免有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

张合

2009年10月于南京理工大学

目 录

第1章 绪论	1
1.1 引信与武器系统信息交联的定义与目的	1
1.2 引信与武器系统信息交联的基本原理与分类	2
1.3 引信与武器系统信息交联研究的历史与现状	4
1.4 引信与武器系统信息交联的系统构成	10

第一篇 电磁信息交联技术

第2章 引信能量和信息非接触传输系统设计理论	14
2.1 引信能量和信息非接触传输系统工作原理	14
2.2 能量和信息非接触传输系统组成	16
2.3 引信发射前感应装定系统	18
2.4 系统设计准则	19
2.5 系统设计程式	26
第3章 引信电磁感应装定技术	27
3.1 概述	27
3.2 能量非接触传输通道	27
3.3 信息非接触传输通道	40
3.4 关键技术	52
第4章 分离式变压器模型及装定系统设计方法	55
4.1 分离式变压器的数学模型	55
4.2 分离式变压器的结构设计	57
4.3 分离式变压器的有限元分析	61
4.4 耦合系数的测量	66
4.5 炮口感应装定系统电路设计方法	66

第二篇 光学信息联接技术

第5章 引信光学装定系统设计理论	78
5.1 引信光学装定概述	78
5.2 引信光学装定系统理论分析	80
5.3 引信光学装定系统组成	87
第6章 引信光学装定系统数据传输理论	90
6.1 航空弹药用引信工作体制	90
6.2 引信光学装定数据通信模型	91
6.3 光学装定系统信源编码	93
6.4 数据传输的信道编码	96
6.5 PUIM 调制	106
6.6 光学装定系统数据传输设计	112
第7章 脉冲光信号发射与接收技术	122
7.1 窄脉冲激光驱动电源技术	122
7.2 高信噪比引信脉冲激光接收技术	132
7.3 光学窗口设计	140
7.4 系统信息装定距离分析与计算	148
第8章 引信激光能量装定技术	152
8.1 通道模型和实现的技术难点	152
8.2 连续激光系统	153
8.3 光电池选择及其电路要求	155
8.4 光电池输出特性和温度效应	157
8.5 引信电源模块设计	164

第三篇 射频信息联接技术

第9章 射频装定信息传输和装定系统电路设计	168
9.1 数字通信系统模型	168
9.2 引信信息射频装定系统的通信质量指标	170
9.3 调制与解调方式的选择	171
9.4 二进制频移键控系统的抗噪性能分析	173

9.5	引信射频装定系统电路设计	181
9.6	采用无线收/发芯片的引信电路设计实例	193
第 10 章	弹载天线设计	199
10.1	天线基本知识简介	199
10.2	弹载天线技术要求和选择	203
10.3	环形天线设计	205
10.4	微带贴片天线设计	206
10.5	微带贴片天线设计示例	212
第 11 章	引信射频装定系统数据传输技术	218
11.1	引信信息射频装定系统的信道编码技术	218
11.2	信息传输同步技术	222
11.3	射频装定系统编码设计	223
第 12 章	电磁波在等离子体中的传播特性	229
12.1	等离子体的频率	229
12.2	等离子体的电参量	232
12.3	相关实验	234
第 13 章	装定窗口设计和相关实验	236
13.1	引信信息装定区的选择	236
13.2	系统精度和误码率分析与计算	240
13.3	引信信息射频装定实验	241
13.4	定时精度提高措施	246
第 14 章	火控系统与装定器的接口技术	249
14.1	1553B 总线	249
14.2	MIC 总线	255
14.3	CAN 总线	260
14.4	RS-232/422/485 接口	264
14.5	火控系统与装定器之间的接口选取与设计	270
参考文献	274

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Conception and objective of interaction between fuze and weapon system	1
1.2 Principle and classification of interaction between fuze and weapon system	2
1.3 History and status of research on interaction between fuze and weapon system	4
1.4 System structure of interaction between fuze and weapon system	10

Part 1 Electromagnetic information interaction technology

Chapter 2 System design theory on contactless transmission of energy and information for fuze	14
2.1 Principle of fuze energy and information contactless transmission system	14
2.2 Composing of contactless transmission of energy and information	16
2.3 Fuze Pre-launching induction setting system	18
2.4 Criterion of system design	19
2.5 Pattern of system design	26
Chapter 3 Technology of fuze electromagnetic induction setting	27
3.1 Introduction	27
3.2 Contactless transmission channel for energy	27
3.3 Contactless transmission channel for information	40
3.4 Key technologies	52

Chapter 4	Model of separable transformer and design methodology of setting system	55
4.1	Mathematical model of separable transformer	55
4.2	Structure design of separable transformer	57
4.3	Finity analysis of separable tranformer	61
4.4	Measure of coupling coefficient	66
4.5	Circuit design method for muzzle induction setting system	66

Part 2 **Optical information interaction technology**

Chapter 5	Theory of fuze optical setting system design	78
5.1	Introduction of fuze optical setting	78
5.2	Theory analysis of fuze optical setting system	80
5.3	Composing of fuze optical setting system	87
Chapter 6	Data transmission theory of fuze optical setting system	90
6.1	Fuze operation system for aerial ammunition	90
6.2	Data communication model for fuze optical setting	91
6.3	Information source coding for fuze optical setting	93
6.4	Channel coding for data transmission	96
6.5	PUIM modulation	106
6.6	Design of data transmission for fuze optical setting	112
Chapter 7	Transmitting and receiving technology for pulsed optical signal	122
7.1	Driving power technology for narrow pulsed laser	122
7.2	High SNR pulsed laser receiving technology for fuze	132
7.3	Design of optical window	140
7.4	Analysis and calculation of information setting distance	148
Chapter 8	Laser energy setting technology for fuze	152
8.1	Channel model and key technology for implementation	152
8.2	Continuous laser system	153
8.3	Selection of photoelectric cell and circuit requirements	155
8.4	Output characteristic and temperature effect of photoelectric cell	157
8.5	Design of fuze power module	164

Part 3 RF information interaction technology

Chapter 9 RF Information transmission and circuit design of setting system	168
9.1 Model of numeric communication	168
9.2 Communication quality index of fuze RF setting system	170
9.3 Selection of modulation and demodulation methods	171
9.4 Anti-noise performance analysis of Binary FSK system	173
9.5 Circuit design of fuze RF setting system	181
9.6 Example of fuze circuit design	193
Chapter 10 Design of shell-borne Antenna	199
10.1 Introdcution of antenna	199
10.2 Requirements and selection of shell-borne antenna	203
10.3 Design of loop antenna	205
10.4 Design of microstrip patch antenna	206
10.5 Design example of a microstrip patch antenna	212
Chapter 11 Data transmission in RF setting system	218
11.1 Channel coding in fuze information RF setting system	218
11.2 Synchronization of information transmission	222
11.3 Coding design of RF setting system	223
Chapter 12 Propagation characteristic of electromagnetic wave in plasma	229
12.1 Frequency of plasma	229
12.2 Electric parameteres of plasma	232
12.3 Related experiment	234
Chapter 13 Design of setting window	236
13.1 Selection of fuze setting window	236
13.2 Analysis and calculation of system precision and error code	240
13.3 Fuze information RF setting test	241
13.4 Measures to improving timing precision	246
Chapter 14 Interface between setter and weapon system	249
14.1 1553B	249

14.2	MIC	255
14.3	CAN	260
14.4	RS-232/422/485	264
14.5	Selection of interface between setter and fire control system	270
References	274

第1章 绪论

新军事变革下的战争是信息战争,是具有高度信息化下的武器系统(或体系)的互为对抗。引信作为武器系统实施终端毁伤的控制核心,在武器系统(或体系)的对抗中具有十分重要的作用。针对目前网络信息化高速发展的时代,马宝华教授提出了网络技术时代的引信新概念,指出引信不再是一个独立的起爆控制单元,它应综合利用来自各武器平台的目标信息、环境信息,选择最佳的攻击点、起爆时机、起爆方式,按照预定策略完成起爆控制。

引信处于武器系统终端毁伤“生与死”对抗的第一线,它与武器系统的信息交联是信息战争下急需发展的关键技术。正是在这种背景下,经过十多年科研与成果的积累,本书作者以创新性的科研成果为主形成了该书的主要内容,希望能为我国在新军事变革下的武器系统的信息化发展作出贡献。

1.1 引信与武器系统信息交联的定义与目的

引信是利用目标信息、环境信息、平台信息和网络信息,按预定策略引爆或引燃战斗部装药,并可选择攻击点,给出续航或增程发动机点火指令以及毁伤效果信息的控制系统。引信这一定义反映了引信要使弹药达到最大的毁伤效果,与载体或外界信息的交联功能是必不可少的。这里的载体指运载平台,如弹丸、火箭、导弹等;外界指发射平台、指控平台、飞行平台、空间飞行器平台,如火炮、火箭发射车、军舰、潜艇、飞机、航天飞机、卫星等。这些平台针对引信来讲,为不失一般性,在本书中统称为武器系统。这一定义是基于目前的大量研究成果,并针对运载平台、发射平台、飞行平台与引信的信息交联。网络信息平台与引信的信息交联正在研究中。

信息交联指从系统 A 把要求的信息 H 通过接触式或非接触式传递给系统 B,系统 B 接收到信息后,经过确认返回给系统 A,告知信息 H 传递成功。在本书中,系统 A 为武器系统,系统 B 为引信。所要求的信息 H 指引信作用时间、飞行距离、起爆方位、目标坐标、作用方式、气象诸元、发动机分离、子弹抛散信息等。信息交联过程如图 1.1 所示。

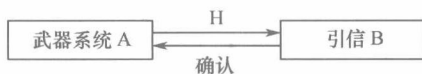


图 1.1 信息交联示意图

引信与武器系统信息交联的目的是在引信被发射前、发射过程中或发射后,为使弹药或战斗部达到最大毁伤效果或实现最佳作战模式,将所需要的信息或参数由武器系统适时通过有线或无线传输的方式传输给引信,以便引信在最佳的距离、时间、方位处起爆弹药或控制战斗部以最佳方式作用。

1.2 引信与武器系统信息交联的基本原理与分类

引信与武器系统信息交联的基本原理是:由武器系统从各种探测设备获取目标信息,通过处理变成引信所需的信息,经过特定的装置调理发送给引信;引信端有相应的接收模块,处理并存储武器系统给出的信息,必要时以某种方式反馈到武器系统端,以确认信息交联成功。

探测设备为各种雷达、红外瞄准仪和激光测距仪等。目标信息包括目标的方位、距离、速度等。引信所需的信息为起爆时间、起爆距离、作用方式等。在引信与武器系统信息交联过程中,将信息传输给引信的过程称为对引信的装定过程。联系引信与武器系统之间的装置常称为引信装定装置或装定器。

引信与武器系统信息交联的种类,按自动化程度分为接触式装定和非接触式装定(包括人工接触式、人工非接触式或自动非接触式)。在不同的信息交联方式下,相继出现了不同的装定器,目前已经装备的主要有发射前的手工接触式装定器和手工非接触式装定器。适用于发射过程中或发射后装定的非接触式自动装定器已经在研究发展中。

(1)接触式装定。接触式装定指引信装定器与引信之间存在物理接触的装定方式,包括使用装定器的接触式装定和直接手工装定。使用装定器的接触式装定主要应用于机械时间引信和早期的电子时间引信。如 M36E1 引信装定器是一种典型的接触式电子引信装定器,它适用于美军 M587/M724 电子时间引信。接触式装定存在装定时间长,在雨雪天气、沙尘环境等恶劣条件下装定器和引信电接触可靠性差等缺点。直接手工装定则是操作人员直接用手操作引信上的装定器(装定按钮或装定环等)进行装定,如美国 M904E2 弹头引信。手工装定通常只能作为一种备用的装定方式。接触式装定本书不作详