



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

现代引信技术丛书

Laser Fuze Technology

激光引信技术

陈慧敏 贾晓东 蔡克荣 ◎ 编著

- 激光引信典型器件及应用
- 激光引信探测体制及设计
- 激光引信测试方法及试验
- 激光引信总体技术及仿真



国防工业出版社
National Defense Industry Press

激光引信技术

陈慧敏 贾晓东 蔡克荣 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

全书介绍了与激光引信设计相关的器件(半导体激光器、光电探测器和光学系统)、探测体制(脉冲激光引信、偏振激光引信和调频连续波激光引信)及总体技术(测试技术、试验技术、仿真技术、抗干扰技术及引战配合技术),分析了不同探测体制的激光引信技术实现途径,给出了其总体设计方法。

本书可作为兵器科学与技术、弹药工程、引信技术、探测制导与控制技术等相关学科和领域的科学工作者和工程技术人员的参考书,也可作为弹药工程、引信技术、探测制导与控制技术等相关专业的研究生和本科生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

激光引信技术/陈慧敏,贾晓东,蔡克荣编著. —北京:国防工业出版社, 2016.3

(现代引信技术丛书)

ISBN 978-7-118-10783-8

I. ①激… II. ①陈… ②贾… ③蔡… III. ①激光引信

IV. ①TJ43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 111478 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公司印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 17¼ 字数 345 千字

2016 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 79.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717



《现代引信技术丛书》

编委会

名誉主任 马宝华

执行主任 范宁军 娄文忠

编委会委员 (按姓氏拼音排序)

陈慧敏 邓宏彬 冯 跃 何光林 李世中

李晓峰 牛兰杰 申 强 宋荣昌 隋 丽

王军波 吴炎烜 熊永家 杨 喆 张 亚

丛书策划 王京涛

秘 书 吴炎烜 冯 晨

审委会

主 任 朵英贤

副 主 任 黄 峥 秦光泉 谭惠民 游 宁

审委会委员 (按姓氏拼音排序)

蔡瑞娇 陈科山 崔占忠 冯顺山 傅调平

高春清 韩子鹏 胡景林 李长福 李世义

刘明杰 刘小虎 牛少华 齐杏林 施坤林

石 坚 石庚辰 宋道志 徐立文 徐立新

伊福廷 袁 正 张菁华 邹金龙

引信是利用目标、环境或指令信息，在预定的条件下解除保险，并在有利的时机或位置上起爆或引燃弹药战斗部装药的控制系统（或装置）。弹药是武器系统的核心部分，是完成既定战斗任务的最终手段。引信作为弹药战斗部对目标产生毁伤作用或终点效应的控制系统（或装置），始终处于武器弹药战场终端对抗的最前沿。大量实战案例表明：性能完善、质量可靠的引信能保证弹药战斗部对目标实施有效毁伤，发挥武器弹药作战效能“倍增器”的作用；性能不完善的引信则会导致弹药在勤务处理时、发射过程中或发射平台附近过早炸，遇到目标时发生早炸、迟炸或瞎火，不仅贻误战机，还可能对己方和友邻造成严重危害。

从严格的学科分类意义上讲，“引信技术”并不是一个具有相对独立的知识体系的学科或专业，而是一个跨学科、专业的工程应用综合技术领域。因此，现代引信及其系统是一类涉及多学科、专业知识的军事工程科技产品。纵观历史，为了获取战争对抗中的优势，人们总是将自己的智慧和最新科技成果优先应用于武器装备的研制和发展。引信也不例外，现代引信技术的发展一方面受到武器弹药战场对抗的需求牵引，另一方面受到当代科学技术进步的发展推动。

近30年来，随着人类社会进入以信息科技为主要特征的知识经济时代，作战方式发生了深刻的变化，目标环境也日趋复杂。为适应现代及未来作战需求，高新技术武器装备得到快速发展，弹药战斗部新原理、新技术层出不穷，促使现代引信技术在进一步提高使用安全性和作用可靠性的同时，朝着多功能、多选择，以及引爆-制导一体化、微小型化、灵巧化、智能化和网络化的方向快速发展。

“现代引信技术丛书”共12册，较系统和客观地反映了近30年来现代引信技术部分领域的理论研究和技術发展的现状、水平及趋势。丛书包括：《激光引信技术》《中小型智能弹药舵机系统设计与应用技术》《引信安全系统分析与设计》《引信环境及其应用》《引信可靠性技术》《高动态微系统与MEMS引信技术》《现代引信装配工程》《引信弹道修正技术》《高价值弹药引信小子样可靠性评估与验收》《弹目姿轨复合交会精准起爆控制》《侵彻弹药引信技

术》《引信 MEMS 微弹性元件设计基础》。

这套丛书是以北京理工大学教师为主，联合中北大学及相关科研单位的教师和研究集体撰写的。这套丛书的特色可以概括为：内容厚今薄古；取材内外兼收；突出设计思想；强调普适方法；注重科技创新；适应发展需求。这套丛书已列为 2015 年度国家出版基金项目，既可作为从事兵器科学与技术，特别是从事弹药工程和引信技术的科技工程专业技术人员和管理人员的使用工具，也可作为高等学校相关学科专业师生的教学参考。

这套丛书的出版，对进一步推动我国现代引信技术的发展，进而促进武器弹药技术的进步具有重要意义。值此丛书付梓之际，衷心祝贺“现代引信技术丛书”的出版面世。

宋书贤

2016 年 1 月

随着半导体技术和激光技术的飞速发展,激光引信已成为近炸引信的重要分支之一。由于激光引信具有定距精度高、抗电磁干扰能力强的特点,已广泛应用于空空导弹、地(舰)空导弹、反辐射导弹、反坦克导弹、反辐射无人机等多种平台上,并有多种型号产品装备部队。本书系统介绍了半导体激光器、光电探测器、光学系统、激光传输特性、脉冲激光引信技术、偏振激光引信技术、调频连续波激光引信技术、激光引信总体技术以及激光引信测试、试验和仿真技术等相关知识。本书作为国内专门针对激光引信的著作,从器件、探测体制到引信总体技术,由浅入深地进行了介绍,基本反映了国内外激光引信的最新研究成果及发展动态。

本书内容涉及激光引信技术的多个方面。首先,在器件方面,详细介绍了作为激光光源的激光器(边发射半导体激光器、垂直腔面发射激光器、微腔激光器)的工作原理、特性,对三种激光器器件进行性能比较,并介绍其在激光引信中的典型应用。详细介绍了光电探测器件(PIN 硅光电二极管、雪崩光电二极管、金属-半导体-金属光电探测器)的工作原理、特性,对三种高速光电探测器进行了性能比较。光学系统作为激光光束整形和光束接收的重要组成部分,是激光引信设计的核心内容设计之一,本书针对目前常用激光引信的小视场光学系统和周视光学系统进行了设计。其次,在激光引信探测体制方面,涉及脉冲激光引信、偏振激光引信及调频连续波激光引信。在阐述三种探测体制工作原理的基础上,对发射系统、接收系统及信号处理系统进行了典型设计及实现。最后,在激光引信总体技术方面,介绍了激光引信的总体设计要求、抗干扰技术及引战配合技术。作为激光引信的辅助手段,本书对激光引信测试、试验及仿真技术进行了探讨,对激光引信的参数测试、测试方法、试验手段,以及激光引信半实物仿真、全数字仿真进行了阐述。

本书在前人阐述的激光引信内容基础上进行了深化和完善,是一本更加系统、全面地论述激光引信技术的图书。同时对近年来出现的新体制新原理激光引信(如偏振激光引信、调频连续波激光引信)和激光引信采用的新型器件(如垂直腔面发射激光器、微腔激光器、金属-半导体-金属光电探测器)进行了探讨和补充。本书为读者更加深入地理解激光引信技术提供了有益的

参考。

本书的编写人员的单位为北京理工大学、天津津航技术物理研究所（航天三院 8358 所）、上海机电工程研究所（航天八院八部），均是从事激光引信的学校及科研院所，具有较强的理论知识和产品研制经验，本书的内容能够充分体现激光引信技术的发展水平。

本书可作为兵器科学与技术、弹药工程、引信技术、探测制导与控制技术等领域的科研人员和工程技术人员的参考书，也可作为弹药工程、引信技术、探测制导与控制技术等相关专业的研究生和本科生的教材。

本书由陈慧敏负责整体结构和内容设计。本书第 4 章的 4.1 节、4.3 节、4.5 节，第 6 章的 6.1 节、6.2 节、6.3 节、6.6 节、6.7 节，第 7 章的 7.2 节由贾晓东、吴环宝、穆斌编写。第 9 章的 9.1 节、9.2 节、9.3.2 节，第 10 章由蔡克荣、程大夯编写。其余章节由陈慧敏编写，并完成书稿的编排和整理工作。本书由北京理工大学崔占忠教授、高春清教授和中国空空导弹研究院袁正研究员主审，他们对本书进行了认真细致的审查，提出了许多宝贵的修改意见，在此表示衷心感谢！

感谢北京理工大学探测与控制工程系教师的大力支持，感谢张英文、王瑞斌、汪堃、张志军、朱雄伟、程合蛟、高志林、王凤杰等研究生在做论文期间完成了部分对本书有益的工作。

本书是在作者十余年的教学科研成果的基础上完成的，由于作者水平及经验有限，书中难免存在不当和待完善之处，敬请学术界前辈、同行和广大读者批评指正，不胜感激。

陈慧敏

2015 年 8 月 18 日于北京

第1章 绪论	1
1.1 激光的特性	1
1.2 引信的功能及组成	3
1.2.1 引信的功能及其定义	3
1.2.2 引信的组成及作用过程	4
1.3 激光引信发展现状	5
1.3.1 国外激光引信发展现状	5
1.3.2 国内激光引信发展现状	10
1.4 激光引信发展趋势	13
第2章 半导体激光器	14
2.1 激光器的类型	14
2.2 半导体激光器的特点	17
2.2.1 半导体激光器的发展历程	17
2.2.2 半导体激光器的特点	18
2.3 半导体激光器的特性	19
2.3.1 基本结构	19
2.3.2 输出波长	20
2.3.3 阈值电流	21
2.3.4 效率	23
2.3.5 模式	24
2.3.6 光谱特性	25
2.4 典型半导体激光器器件	26
2.4.1 塑料封装脉冲半导体激光器	26
2.4.2 高功率脉冲半导体激光器	26
2.4.3 集成驱动的脉冲半导体激光器	29
2.4.4 连续半导体激光器	30
2.4.5 半导体激光器的封装形式	31

2.5	半导体激光器的安全使用	33
2.6	垂直腔面发射激光器	35
2.6.1	垂直腔面发射激光器的结构和特点	35
2.6.2	垂直腔面发射激光器的典型应用	38
2.7	微腔激光器	40
2.7.1	微腔激光器的特点	40
2.7.2	微腔激光器工作原理	41
2.7.3	微腔激光器的典型应用	44
第3章	光电探测器	47
3.1	光电探测器的物理效应	47
3.2	光电探测器的特性	49
3.2.1	灵敏度	49
3.2.2	量子效率	51
3.2.3	响应时间	51
3.2.4	噪声等效功率和探测率	52
3.2.5	探测器噪声	53
3.3	光电二极管	56
3.3.1	硅光电二极管	56
3.3.2	PIN 硅光电二极管	61
3.3.3	雪崩光电二极管	65
3.4	MSM 光电探测器	75
3.4.1	MSM 光电探测器的器件结构	75
3.4.2	MSM 光电探测器的特点	75
第4章	光学系统设计	79
4.1	光学系统设计原理	79
4.1.1	几何光学的基本定律	79
4.1.2	近轴光学的基本公式	80
4.1.3	共轴系统的像差分类	82
4.2	光学材料	84
4.2.1	光学玻璃	84
4.2.2	光学塑料	86
4.3	导弹用脉冲激光引信光学系统设计	91
4.3.1	导弹用脉冲激光引信光学设计原则	91
4.3.2	小视场激光引信光学系统设计	92

4.3.3	周视激光引信光学系统设计	95
4.4	常规弹药用脉冲激光引信光学系统设计	100
4.4.1	发射光学系统	101
4.4.2	接收光学系统	102
4.5	光学系统调试、测试方法	102
4.5.1	焦距、视场测量	103
4.5.2	光学系统与器件的匹配调试	104
第5章	激光传输特性	107
5.1	大气中的激光传输理论	107
5.1.1	大气的结构和组成	107
5.1.2	激光辐射传输理论	108
5.1.3	米耶散射理论	110
5.2	雾的激光传输特性	114
5.2.1	雾的物理性质	115
5.2.2	雾的衰减模型	119
5.3	雨的激光传输特性	122
5.3.1	雨滴的物理特性	122
5.3.2	雨滴尺寸分布模型	123
5.3.3	激光在雨中传输特性	126
5.4	霾的激光传输特性	128
5.5	雪的激光传输特性	130
5.6	沙尘的激光传输特性	131
5.7	海浪的激光传输特性	134
5.7.1	PM 谱	134
5.7.2	海浪仿真模型	135
第6章	脉冲激光引信	138
6.1	导弹用脉冲激光引信的分类和设计原则	138
6.2	导弹用脉冲激光引信的系统组成	140
6.3	导弹用脉冲激光引信的设计方法	142
6.4	脉冲激光发射电路设计及实现	150
6.4.1	基准脉冲产生方式	150
6.4.2	驱动放大电路	152
6.5	脉冲激光接收电路设计及实现	157
6.5.1	前置放大电路设计	158

6.5.2	主放大电路设计	162
6.5.3	阈值比较电路设计	164
6.6	脉冲激光信号处理算法	165
6.6.1	信号处理算法	165
6.6.2	海浪环境下脉冲激光回波特性	167
6.6.3	海情识别算法	169
6.7	脉冲激光引信测距精度分析	171
6.7.1	系统误差	171
6.7.2	随机误差	172
第7章	偏振激光引信	174
7.1	偏振原理	174
7.1.1	琼斯矢量法	174
7.1.2	斯托克斯矢量法	175
7.1.3	琼斯矢量与斯托克斯矢量的关系	176
7.1.4	消偏振特性	177
7.2	脉冲偏振激光引信设计及试验	178
7.2.1	系统组成	178
7.2.2	脉冲偏振激光引信相关试验	180
7.2.3	偏振激光引信优势分析	182
第8章	调频连续波激光引信	183
8.1	调频连续波激光引信工作原理	184
8.1.1	工作原理	184
8.1.2	性能参数	186
8.1.3	测距误差分析	188
8.2	调频连续波激光引信系统设计	190
8.2.1	系统组成	190
8.2.2	激光发射子系统	190
8.2.3	激光接收子系统	196
8.2.4	信号处理子系统	199
8.3	调频连续波激光引信实验测试	213
第9章	激光引信测试、试验及仿真技术	218
9.1	激光引信测试技术	218
9.1.1	激光引信测试参数	218
9.1.2	激光引信参数测试方法	220

9.2	激光引信试验技术	222
9.2.1	内场试验	222
9.2.2	外场试验	223
9.2.3	专项试验	225
9.3	激光引信仿真技术	227
9.3.1	激光引信全数字仿真	227
9.3.2	激光引信半实物仿真	235
第10章	激光引信总体技术	242
10.1	激光引信总体设计	242
10.1.1	技术参数	242
10.1.2	其他要求	244
10.2	激光引信抗干扰设计	245
10.2.1	干扰源及抗干扰设计	245
10.2.2	其他抗干扰方法	253
10.3	激光引信引战配合设计	256
参考文献		258

第1章 绪论

引信是武器系统的重要组成部分，它的作用是探测、识别目标，适时引爆战斗部，最大限度发挥战斗部的威力。激光近炸引信是一种主动式近炸引信，它在预定距离内探测目标，并在最佳炸点位置处起爆战斗部。激光近炸引信探测脉冲窄、调制方便，能精确探测目标距离和位置，具有引战配合效率高和抗电磁干扰能力突出等优点，特别适应现代战争精确打击和光电对抗技术的发展。进入 21 世纪以来，激光近炸引信的应用领域、研究领域趋向广泛，从炮弹、导弹到无人机，从水下到天空，激光近炸引信在多种型号平台上均得到研究应用。

1.1 激光的特性

激光 (Light Amplification by Stimulation Emission of Radiation, Laser)，受激辐射的光放大。我国台湾地区习惯将 Laser 称为“镭射”，1964 年我国著名科学家钱学森建议将 Laser 称为“激光”，这一名字体现了光的本质，又描述了这类光和传统光的不同，即“激”体现了受激发生、激发态等意义。

1900 年，普朗克用辐射量子化假设成功地解释了黑体辐射规律。1913 年，玻尔提出了原子中的电子运动状态的量子化假设并解释了氢原子光谱规律。在此基础上，爱因斯坦提出了光量子概念，他从量子论的观点出发，提出在辐射与物质相互作用的过程中包含以下三个过程：粒子的自发辐射跃迁、受激辐射跃迁和受激吸收跃迁。1917 年，爱因斯坦在《关于辐射的量子力学》一文中预言了原子受激辐射发光的可能性，即存在激光的可能性。40 年后，受激辐射概念在激光技术中得到了应用。

由于激光产生的机理与普通光源的发光不同，这就使激光具有不同于普通光的一系列性质。激光与普通光相比，最突出的特性是它具有高度的单色性、

方向性、高亮度和相干性。而这 4 个特性本质上可归结为一个特性，即激光具有很高的光子简并度。也就是说，激光可以在很大的相干体积内具有很高的相干光强。

1. 单色性

单色性是指光强按频率（波长）的分布情况。由于激光本身是一种受激辐射，再加上谐振腔的选模和限制频率宽度的作用，因而发出的是单一频率的光。但是，激光态总是有一定的能级宽度，加之温度、振动、抽运电源的波动等因素的影响，造成谐振腔腔长的变化和谱线频率的改变，光谱线总有一定的宽度。所以，激光单色性的好坏可以用频谱分布的宽度（线宽）来描述。频谱宽度越窄，说明光源的单色性越好。

激光的单色性远远好于普通光源，即激光的谱线宽度远小于普通光源的线宽。例如氦氖激光器输出的红色激光谱线宽度可达 10^{-9} nm，比普通光源中单色性最好的氪灯（谱线宽度 4.7×10^{-4} nm）单色性还要好 10^5 倍。激光单色性好，体现了激光能量在频域上的高度集中。一般来说：单模稳频气体激光器的单色性最好；固体激光器的单色性较差，主要因为工作介质的增益曲线很宽，很难在单模下工作；半导体激光器的单色性最差。

2. 方向性

激光不像普通光源那样向四面八方传播，而是几乎在一条直线上传播，即激光方向性好。激光之所以具有方向性好的特点，是由于激光器受激辐射的机理和光学谐振腔对激光光束的方向限制所决定。

激光束的方向性通常用光束发散角来衡量。由于激光所能达到的最小光束发散角还要受到衍射效应的限制，因而激光发散角不能小于激光通过输出孔径的衍射角 θ_m ， θ_m 称为衍射极限。设光腔的输出孔径为 D ，激光波长为 λ ，则

$$\theta_m \approx \frac{\lambda}{D} \quad (1-1)$$

式中： θ_m 的单位为弧度或毫弧度（rad 或 mrad）。由此得到激光束的立体发散角为

$$\Omega_m = \theta_m^2 \approx \left(\frac{\lambda}{D}\right)^2 \quad (1-2)$$

式中： Ω_m 为立体发散角（sr）。

不同类型激光器的方向性差别很大，它与工作介质类型和均匀性、光腔类型、腔长、激励方式，以及激光器的工作状态等都有关系。

3. 高亮度

光源的单色亮度是表征光源定向发光能力强弱的一个重要参数，定义为单位截面、单位频带宽度和单位立体角内产生的光功率，即

$$B_v = \frac{\Delta P}{\Delta S \Delta \Omega \Delta \nu} \quad (1-3)$$

式中: B_v 的单位为 $\text{W}/(\text{cm}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{Hz})$; ΔP 为光源在面积 ΔS 的发光表面上、 $\Delta \Omega$ 立体角范围内和频带宽度 $\Delta \nu$ 内发出的光功率。

对于激光器而言, ΔP 相当于输出激光功率, ΔS 为激光束截面积, $\Delta \Omega$ 为光束立体发散角, $\Delta \nu$ 为激光的谱线宽度。由于激光具有极好的方向性和单色性, 因此其单色亮度很高。

一般光源发光是在空间的各个方向以及极其宽广的光谱范围内辐射, 而激光的辐射范围可以在 0.06° 左右, 因此即使普通光源和激光光源的辐射功率相同, 激光亮度也是普通光源的上百万倍。例如太阳光在波长 500nm 附近的亮度约为 $2.6 \times 10^{-12} \text{W}/(\text{cm}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{Hz})$, 一台高功率调 Q 激光器的亮度为 $10^4 \sim 10^7 \text{W}/(\text{cm}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{Hz})$, 其亮度比太阳表面高出 $10^{16} \sim 10^{19}$ 倍。

4. 相干性

光的相干性是指在不同时刻、不同空间点上两个光波长的相关程度。相干性又可分为空间(横向)相干性和时间(纵向)相干性。空间相干性用来描述垂直于光束传播方向上各点之间的相位关系, 光束的空间相干性和它的方向性是紧密联系的。时间相干性用来描述沿光束传播方向上各点的相位关系, 光束的时间相干性 τ_c 和单色性 $\Delta \nu$ 存在紧密的联系, 即

$$\tau_c = \frac{1}{\Delta \nu} \quad (1-4)$$

即单色性越高, 相干时间越长。有时还用相干长度 L_c 来表示相干时间, 则有

$$L_c = \tau_c \cdot c = \frac{c}{\Delta \nu} \quad (1-5)$$

式中: c 为光速; L_c 为在相干时间 τ_c 内传播的最大光程, 其物理意义是指在小于或等于此值的空间延时范围内被延时的光波和后续的光波应当完全相干。

1.2 引信的功能及组成

1.2.1 引信的功能及其定义

当战斗部遇到目标时, 要想获得最大的毁伤效果, 引信起着关键的作用, 决不能简单地理解为只是“引爆”, 使战斗部爆炸。只有当战斗部在相对目标最有利位置被引爆时, 才能最大限度地发挥它的威力。但是, 安全性能不好的引信有可能导致战斗部的提前爆炸, 这样不但没有杀伤敌人, 反而会造成己方人员的伤亡或器材的损坏, 因此, 将“安全”与“可靠”引爆战斗部二者结合起来, 才构成现代引信的基本功能。

一般来说，现代引信应具有以下三个功能：

(1) 在引信生产、装配、运输、储存、装填、发射以及发射后的弹道起始段上，不能提前作用，以确保己方人员的安全；

(2) 感受目标的信息并加以处理，确定战斗部相对目标的最佳起爆位置；

(3) 向战斗部输出足够的起爆能量，完全可靠地引爆、引燃战斗部主装药。

第一个功能主要由引信的安全系统来完成；第二个功能由引信的发火控制系统来完成；第三个功能由爆炸序列来完成。

由以上引信的功能，可以给出引信的定义：引信是利用环境信息、目标信息或平台信息，在保证弹药勤务和发射时安全的前提下，按预定策略对弹药实施起爆控制的装置。

1.2.2 引信的组成及作用过程

引信的基本组成如图 1-1 所示。其中发火控制系统包括信息感受装置、信号处理装置和执行装置。它起着发现目标、抑制干扰、确定最佳起爆位置的作用。传爆炸序列是指各种火工元件按它们的敏感程度逐渐降低而输出能量逐渐增大的顺序排列而成的组合，其作用是引爆战斗部主装药。安全系统包括保险机构、隔爆机构等。保险机构使发火控制系统平时处于不敏感或不工作状态，使隔爆机构处于切断传爆炸序列通道的状态，这种状态称为安全状态或保险状态。能源装置包括环境能源（由战斗部运动所产生的后坐力、离心力、摩擦产生的热、气流的推力等）及引信自带的能源（内储能源），其作用是供给发火控制系统和安全系统正常工作所需的能量。

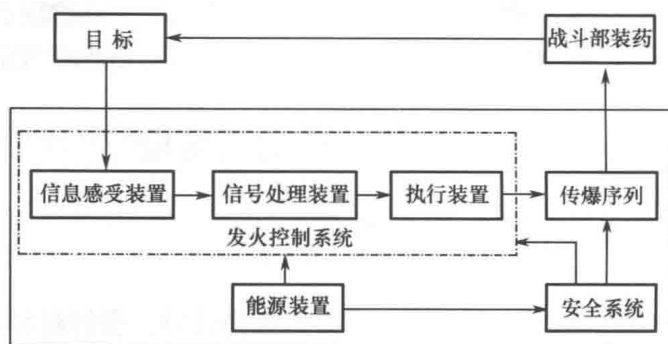


图 1-1 引信的基本组成

引信的作用过程是指引信从发射开始到引爆战斗部主装药的全过程。引信在勤务处理时的安全状态，一般来说就是出厂时的装配状态，即保险状态。战斗部发射或投放后，引信利用一定的环境能源或自带的能源完成引爆前预定的