

普通高等教育“十三五”规划教材
卓越工程师培养计划系列教材

Principles of Proximity Fuze
(4th Edition)

近感引信原理

(第4版)

崔占忠 宋世和 徐立新 陈 曦 编著



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

近感引信原理

(第4版)

Principles of Proximity Fuze

崔占忠 宋世和 徐立新 陈曦 编著

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是作者在数十年教学和科研工作的基础上,参考国内外有关文献资料,经总结、提炼加工而成的一本教材。

全书共 11 章,重点介绍近感引信的探测原理。其中包括:连续波多普勒、差频定距、调频多普勒、调频比相、脉冲定距、脉冲多普勒、噪声调制、毫米波(调频、比相)、光(激光、红外)、静电、磁、电容和复合体制的探测原理。书中有相当部分是作者及国内有关单位的研究成果,是其他同类教材中所没有的。

本书内容丰富新颖,可作为高等院校近感引信专业的教材,也可供近感引信专业的科研和工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

近感引信原理 / 崔占忠等编著. —4 版. —北京:北京理工大学出版社, 2018. 6

ISBN 978-7-5682-5708-4

I. ①近… II. ①崔… III. ①近炸引信 IV. ①TJ43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 119917 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 17.5

字 数 / 420 千字

版 次 / 2018 年 6 月第 4 版 2018 年 6 月第 1 次印刷

定 价 / 58.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

本书自 1998 年出版后，被几个学校引信专业选为本科生教材和硕士研究生主要参考书，相关研究所和工厂也有较多的研究人员将其作为科学研究工作的参考文献。应广大读者和使用单位的要求，2005 年和 2009 年分别进行了修订。

本书是作者在总结多年教学经验的基础上，并尽可能地把作者本人和有关部门的科研成果充实到教材中来，因此可以说，这本教材是引信技术专业广大教育工作者和科技工作者多年工作的总结。

本书以介绍各种体制近感引信的探测原理为主，着重讲述近感引信的一些基本概念。本次修订除对原书已发现的一些疏漏之处进行了改正外，还加强了调频引信分析，调整了几个具体实例分析，尽可能突出抗干扰的内容，并增加了静电引信一章。

全书共 11 章：第 2、6、8、10 由崔占忠执笔，第 9 章由陈曦执笔，第 4、5、7 章由宋世和执笔，第 1、3、11 章由宋世和与崔占忠共同执笔；徐立新教授对全书的数学公式进行了认真校对和推导；全书由崔占忠统稿。

感谢张龙山研究员、郑链教授对全书进行的认真审查和提出的宝贵修改意见。

尽管本次改版我们做了认真的修改，但书中错误和不妥之处仍在所难免，恳请读者不吝赐教。

作者

目 录

CONTENTS

第 1 章 概论	001
1.1 引信的发展及其在武器系统中的地位	001
1.2 引信的功能及作用	005
1.3 近感引信作用原理	011
1.4 对引信的基本要求	014
1.5 引信的分类	019
1.6 引信作用示例	021
第 2 章 多普勒无线电引信	023
2.1 多普勒无线电引信的探测原理	023
2.2 自差式多普勒无线电引信与目标的关系	028
2.3 外差式多普勒无线电引信与目标的关系	032
2.4 自差式多普勒无线电引信分析	034
2.5 外差式多普勒无线电引信分析	054
第 3 章 调频无线电引信	068
3.1 调频系统信号分析	068
3.2 调频测距方程	076
3.3 调频测距引信	081
3.4 调频多普勒引信	089
3.5 调频比相引信	090
第 4 章 脉冲无线电引信	093
4.1 脉冲测距引信	093
4.2 脉冲多普勒引信	100
第 5 章 噪声无线电引信	107
5.1 噪声信号的特征	108
5.2 相关噪声引信工作原理	114

5.3	反相关噪声引信的工作原理	115
5.4	伪随机码调制无线电引信工作原理	118
第6章	毫米波近感引信	123
6.1	毫米波近感技术基础	124
6.2	毫米波引信原理	130
6.3	毫米波调频测距引信	138
6.4	毫米波高频比相引信	140
6.5	毫米波目敏引信	143
第7章	光引信	148
7.1	概述	148
7.2	目标和背景的辐射特性	149
7.3	红外引信的基本原理	153
7.4	激光引信作用原理	167
第8章	电容近感引信	172
8.1	电容近感引信原理	173
8.2	电容近感引信的探测器	174
8.3	电容近感引信的电路分析	178
8.4	电容近感引信的点火电路	182
8.5	电容近感引信的特点	185
第9章	静电引信	186
9.1	静电引信概述	186
9.2	静电目标起电机理及其特点	187
9.3	静电探测原理与探测器设计	190
9.4	静电引信测向技术	199
9.5	静电引信抗干扰技术	202
9.6	静电与其他体制复合探测技术	205
第10章	其他探测体制的引信	207
10.1	磁引信	207
10.2	电子时间引信	215
10.3	声引信	218
10.4	复合引信	220
第11章	近感引信总体设计的有关问题	229
11.1	引言	229
11.2	目标和弹的坐标系及其转换	230
11.3	单发杀伤概率	236
11.4	引战配合	245
11.5	抗干扰技术	252
11.6	引信的可靠性	261
	参考文献	271

第 1 章

概 论

1.1 引信的发展及其在武器系统中的地位

进攻性武器系统的作用就是对预定的目标造成最大程度的损伤和破坏。在现代战争中，一般是海陆空诸兵种协同作战，遇到的目标种类很多，因而对武器系统提出了更高的要求。同时，随着现代科学技术的发展，出现了一些新式武器系统，作战威力不断提高，并使武器系统的概念大大扩展了。例如，激光、次声，甚至人工控制气象等，都可以作为一种武器来对付敌人，但是绝大多数武器仍是利用烈性炸药的爆炸所释放出的能量来毁伤目标。

早在古代，人们就认识到使用投射物作为战争工具要比徒手搏斗优越。任何一种投射工具都可以看成是延长使用者双手的手段，如使用弓可以把箭射到比用手直接投击更远的地方。弩则进一步利用人体的力量或畜力，把投射物射得更远。中国古代火药的发明则是技术上的一个飞跃，利用火药燃烧释放的能量可显著地增大投射物的射程，于是出现了火炮。与此同时，人们也想方设法使投射物的破坏作用超过它本身动能所起到的破坏作用，即提高其威力。例如，在箭头上涂上毒药，在箭杆上绑上燃烧物以引起敌营着火等。火药出现后，不仅用它作为推进剂以增大投射物的射程，同时还用它制造燃烧和爆炸性的武器来增大其破坏作用。我国宋代庆历四年（公元 1044 年）的《武经总要》已记载有制造火药的配方及用药和其他成分制造的毒药烟球、蒺藜火球、霹雳火球等兵器的构造、制造和使用方法。当时引燃这些兵器用的是铁锥，将铁锥烧红，用它把球壳烙热以引燃其内火药。以后改为用火药捻子引燃，明代永乐十年（公元 1412 年）出版的《火龙经》中称这种火药捻子为“信”或“药信”，引信这一术语就是由此产生的。在《天工开物》中，已将“信”与“引信”通用。可见，引信的出现是与中国古代火药的发明和使用直接相关的，它从最初引火的“信”发展到今天的“引信”，经历了深刻而巨大的变革。“引信”已被现代科学技术赋予了新的内容。

现代的武器系统主要包括炮弹、火箭弹、导弹、航空炸弹、原子弹、鱼雷、水雷、地雷、手榴弹等和它们的发射、运载、投放、布设装置。在上述各种弹中多装有炸药或其他装填物，在遇到目标时，利用它们产生爆炸来完成对目标的杀伤和摧毁的任务。但是炸药爆炸是有约束的：一是必须外加足够的起始能量去引爆；二是必须控制在特定的时机起爆，以保证给目标造成最大的毁伤，而在运输、储存、发射过程中都不允许爆炸。对充分发挥弹药的威力来说，如果将运载系统作为第一控制系统，则引信是第二控制系统，而且控制的是对目标作用的最后一个环节。

引信是随着目标、战斗部、作战方式和科学技术的发展而不断发展的,它的功能在不断完善和扩展,对引信的认识在不断深化,有关引信的概念也在不断发展。

为了更进一步认识引信在武器系统中的重要作用及地位,让我们回顾引信的发展历史,同时也可从中看出是什么在推动引信的发展。

在战争中,目标与战斗部处于直接对抗的状态。战斗部要摧毁目标,目标以各种方式抵抗或干扰战斗部的攻击。这种摧毁与反摧毁的对抗是目标与战斗部发展的一个动力。现代战争中有各种各样的目标,它们各自的存在条件(空中、地面、地下、水面、水下等)、物理特性(高速、低速、静止、热辐射、电磁波反射、磁性等)和防护性能(强装甲防护、钢筋混凝土防护、土木结构防护、无防护等)千差万别。为了有效摧毁目标,就必须发展各式各样的战斗部,例如杀伤的、爆破的、燃烧的、破甲的、穿甲的、碎甲的、生物的、化学的、心理的、核能的以及它们的组合等。这些战斗部都有各自的对目标起作用的最佳位置。那么就要求所配用的引信首先要根据目标特点来识别目标的存在,使战斗部在相对目标最佳位置时起爆以充分发挥作用。这个最佳位置随战斗部的类型和威力不同而不同,为满足这一要求,必须研制出各种不同原理的引信。

例如,最常见的地面有生目标的特点是:防护能力弱,分散面积大。摧毁这种目标的有效手段是用杀伤战斗部。要求战斗部的杀伤破片尽可能多地打到目标上。因此,采用装有瞬发作用的引信使炮弹落入敌阵地,在地面上爆炸,这就是具有瞬发作用的触发引信。这种引信简单可靠,但杀伤效果并不理想,因触发引信是靠碰地后引爆战斗部,即使其瞬发度再高,也会有一部分破片钻入土中而不能发挥作用。根据实验,76 mm口径的炮弹,当炸坑深度为33 cm时,杀伤效果将降低一半;当炸坑深度为45 cm时,杀伤效果基本上近于零。此外,即使炸坑较浅,对卧倒在地或在战壕里的人、马,杀伤效果也几乎为零。如果能使炮弹距地面一定高度爆炸,使杀伤破片自上而下地打击地面或坑内的敌人,杀伤效果就会显著提高。在近感引信未出现前,为了使炮弹配备触发引信也能实现空炸,人们采用跳弹射击的方法,即所谓跳弹空炸。当近程射击(3~5 km)、落角不大于 20° 时,炮弹落地时引信开始起作用,但不立即引爆弹丸,等炮弹从地面跳起,在离地面0.5~6 m的高度范围内引爆弹丸,其效果与空炸相同。这就要求触发引信具有短延期作用。跳弹射击受地形、地质和射程的限制,因此跳弹率不稳定,而且还会造成部分引信甚至弹壳损坏,杀伤效果仍不理想。于是,人们想到可以用时间引信实现空炸射击。在发射前,根据射程远近装定时间,使炮弹落地之前在目标区上空爆炸。这比跳弹射击的效果好。由于地形的影响以及火炮的弹道散布和时间引信本身的时间散布,势必造成一个较大的炸高散布,使得有的炮弹落到地面上没有炸,而有的炸点则过高。空炸高度过高将使目标处于威力范围之外,碰地后仍不炸相当于瞎火。为了使落到地面上的炮弹能够碰地炸,就出现了时间触发双用引信。

通过上述对地面目标射击的分析,说明需要这样一种新原理的引信,它既不直接与目标相碰,但又要与目标有密切的联系,它控制战斗部爆炸时机要与弹目相对位置有关,只有这种引信才能弥补上述触发引信与时间引信的不足之处。

空中目标如飞机、导弹,其特点是面积小、速度快、机动性好。对于低空飞行的敌机,一般用小口径高炮榴弹配用触发引信,要求弹丸直接命中目标,最好是钻进飞机蒙皮内再爆炸,这样才能对机内的仪器、仪表、弹药、燃油、发动机和乘员等给予最大的破坏和杀伤。小口径火炮系统射速高、反应快,短时间内可发射出很多弹丸。几门火炮同时射击,在空中

将形成一个拦截的弹幕，命中目标的可能性相对来讲要大一些，但要消耗大量的弹药。对付高空敌机，需采用中、大口径的火炮，其射速及反应速度均较慢，因此直接命中很困难。尤其是现代航空技术的迅速发展，飞机性能已远远超过过去的水平。现代战斗机的主要特点是航速大、机动性好、火力强，而且具有低空和超低空入侵的能力。就是对小口径高炮系统来说，其直接命中目标也越来越困难，效率显著降低。如果采用防空导弹来对付，虽然有制导系统，但也只能及时发现目标，正确跟踪目标，引导导弹按要求的精度接近目标。由于制导系统本身的误差，也不易直接命中目标。导弹成本高，威力大，要提高毁伤目标的概率只有使战斗部在目标进入其杀伤区域内时起爆，也就是采用近感引信。虽然也可以采用时间引信，即在发射前测出弹目间距离及有关弹目运动的参数等，对引信进行时间装定，这样，时间引信可以控制战斗部在目标附近爆炸。但由于时间引信本身的误差散布以及目标速度高、机动性好的特点，不容易控制战斗部在相对目标最佳位置起爆。对于导弹来说，因目标与弹道机动，采用时间引信更无意义。

由上述对地及对空目标的分析结果可见，无论是时间引信还是触发引信，在高速目标迅速发展的形势面前，都显得能力不够，从而限制了武器战斗性能的发挥。在这种情况下，迫使人们去寻求新原理的引信，能不碰击目标而在相对目标最佳位置引爆战斗部的引信，这就是近感引信。

近感引信的发展是从20世纪30年代开始的，德国最早，其次是英国、日本、苏联，它们曾先后设计了多种类型的近感引信。例如苏联在1935年制成了声学引信，在实验室和靶场试验时，得到令人满意的结果。用它来对付装有M-11或M-17发动机的飞机，可以保证在50~60 m的距离动作，并对炮弹发射的声音不起作用。近感引信的飞跃发展是在20世纪40年代以后，是由于第二次世界大战中特别令人瞩目的两大事件促成的。第一个事件是有很大活动半径的新式导弹的出现，它使近感引信变成极为必需的装置。因飞机上装载的航空导弹数量一般不多，它们的构造复杂而且昂贵，这就使它们不能像普通口径的航空炮弹那样大量地消耗。此外，导弹的遥控系统或是自动瞄准系统都存在着不可避免的误差而不能导引弹头直接命中目标。因此，对导弹来说，实现近感起爆比炮弹更加必要。第二个事件是雷达技术的发展，为实现新原理的近感引信创造了条件。如美国在1940年左右才开始研究，但很快就把雷达技术移植到近感引信上来，从而后来居上，处于领先地位。连续波多普勒无线电引信于1943年研制成功并装备部队。到第二次世界大战结束时，共生产可用的连续波多普勒无线电引信约两千多万发，这些引信在大战后期和朝鲜战争中都显示出强大威力。无线电引信相对触发引信成倍甚至几十倍地提高杀伤效果，这一事实使各国受到很大启示，投入了更多的人力、物力，而且把最先进的技术成就优先用于引信。由于广泛采用了各个科学领域中的最新成就，近感引信发展很快。无线电引信从20世纪40年代的电子管型、50年代的晶体管型、60年代的固体电路型，发展为70年代的特制集成电路型。例如美国将中、大口径地炮榴弹引信，用一种集成化通用无线电引信代替。在迫击炮弹上，也研制配用了集成化的多用途引信。随着电子计算机、微电子技术、红外技术、激光技术、遥控（感）技术等近感引信中得到应用，先后出现了各种原理的近感引信，如红外引信、激光引信、毫米波引信等。

目前，近感引信已由配用于导弹及大、中口径炮弹上发展到配用于小口径炮弹上。根据现代飞机和防空技术的发展水平，各国普遍认为中高空的防御可利用导弹，而低空防御则可用小

高炮和低空导弹。由于小高炮有反应快、射速高、数量多及初速大等许多特点,因而仍是现代战场上的一种有效的不可缺少的防空武器。如瑞典博福斯公司为提高 40 mm 高炮武器系统的效能,于 1974 年第一次在 40 mm 预制钨珠凸底榴弹上正式配用无线电近感引信,从而大大提高了杀伤概率。其他国家也都在研究、设计和制造各种小口径的近感引信弹药,有的已装备部队。

回顾引信发展史,可以得到极为重要的启示:引信的发展史,就是为提高引信利用目标或其环境信息水平的奋斗史。换句话说,引信一直为获取“最佳”炸点所需的目标信息而奋斗。初始的时间引信是靠使用者获取目标位置信息而作用的,炸点不能由引信本身来确定。触发引信的出现,是引信开始利用目标信息的标志,但只能利用与目标接触时的唯一的目標位置信息,因而利用目标信息的水平低,它只能确定炸点,而在碰击前不能选择炸点。近感引信的出现,使引信利用目标信息的水平达到一个新高度,即引信本身可以根据弹目交会条件自己选择炸点。历史事实充分说明,只有提高引信利用目标信息的水平,引信的功能才会有所突破。还应指出,现代引信不仅在选择的功能上有很大突破,而且在抗干扰性能方面也有较大的发展,其实质仍然是提高利用信息的水平。例如,保险机构采用双重环境力解除保险,提高了对环境力信息的利用水平;又如自适应引信不仅能适应弹目交会条件的变化,而且能识别干扰信号,从而提高引信对目标的识别能力。这意味着引信正向“信息化”“智能化”方向发展。

综上所述,引信的发展可以归纳为以下三点:

(1) 引信发展的动力。战争的发展,包括目标的发展和战术应用的发展,对引信提出各式各样且越来越高的要求,引信在不断满足这些要求中得到发展。所以说,战争对引信的需求是引信发展的源动力。

(2) 引信发展的基础。现代科学技术发展及其成果的应用,为引信满足战争要求提供了先进、完善和多样化的技术及物质基础。所以说,科学技术和生产力的发展水平是引信发展的基础。

(3) 引信发展的水平。取决于引信对目标信息的利用水平。

我国从 1958 年开始研制近感引信。1962 年以前主要是解剖分析外国产品。从 1962 年到 1966 年,主要是对美、苏等国的产品进行仿制。从 20 世纪 70 年代以来,近感引信的研制工作进入了一个新阶段,即改型和自行设计阶段,并形成了批量生产能力。

仔细分析国内外引信的发展历史和现状,可以认为国内外引信的发展趋势和主要特点有如下几点。

(1) 信息化。2001 年秋,美国国防研究计划局(DARPA)决定在 C4ISR 基础上增加终端毁伤(Kill),即提出 C4KISR。由此,引信作为 C4KISR 中的一个环节出现,意味着引信必须大幅度提高自身信息技术的含量。实现引信与武器体系其他子系统,特别是与信息平台、发射平台、运载平台和指控平台之间信息链路的联结。

引信信息化水平的提高,不仅意味着引信需要获取更多的环境信息和目标信息以满足作战需求,更重要的是为引信功能的扩展提供了更好的基础。

(2) 提高抗干扰能力。利用各种物理场、各种探测原理和先进的信号处理手段,提高引信对各类目标的准确识别能力,提高引信自身战场生存能力,确保引信工作的可靠性。

提高抗干扰能力是引信特别是近感引信发展的永恒主题。提高近感引信抗干扰能力主要

从两个方面着手：一是提高信号处理水平，这是每种引信都必须采用的办法，其基础是目标特性的准确性，因此，要加强目标特性的研究；二是在可能的情况下，利用物理场特性和新的工作原理提高抗干扰能力，这是最有效的办法。

(3) 提高炸点控制精度。进一步挖掘并更加充分利用各种目标信息和环境信息，使引信对目标准确识别，实现引信起爆模式和炸点的最优控制。

提高炸点控制精度是引信特别是近感引信发展的又一个永恒主题。有几层含义：① 是否所攻击的目标（是敌还是我，目标还是干扰，是否易损部位）；② 启用何种作用方式（近感，触发，延期）；③ 在最有利位置起爆。

(4) 微小型化。采用 MEMS（微机电）技术、MMIC（单片微波集成路）技术、专用单片集成电路、高能电池等手段，实现引信微小型化。

引信小型化，进而微型化，可以带来一系列好处。微小型化的引信可以在小口径弹药上使用，或者在所占体积不变的情况下可以使用更多的元件、器件、部件，使引信功能更加完善。更吸引人的好处是可以节省出空间用于装药。

(5) 发展多功能引信。一种引信具有多种功能，可具有触发、近感、时间等。触发又可具有瞬发、长延期、短延期等；近感可以具有炸高分档功能。

如果一种引信具有多种功能，就意味着一种引信可以配多个弹种。这将会给生产、勤务、保障、使用等诸多环节带来一系列好处。

(6) 功能扩展。现代引信除了具备起爆控制的基本功能外，还可以为续航发动机点火，为弹道修正机构动作提供控制信号，可以实现战场效果评估，还可与各类平台交流信息（实现与信息平台、指控平台、武器其他子系统和引信之间）。引信信息化水平的提高是引信功能扩展的重要内容。

(7) 高能量小体积电源。现代引信用电源（原电池加管理电路）主要是化学电源和物理电源。化学电源原电池主要有热电池和铅酸电池，物理电源原电池主要是发电机发电。这两种电源虽然可以满足现代引信的需要，但如果不能在小体积高能量方面获得突破，引信的微小型化会受到严重影响。

1.2 引信的功能及作用

1.2.1 引信的功能及定义

战斗部是武器系统中直接对目标起毁伤作用的部分，即指炮弹、炸弹、导弹、鱼雷、水雷、地雷、手榴弹等起爆炸作用的部分，也包括不起爆炸作用的各种特种弹，如宣传弹、燃烧弹、照明弹、烟幕弹等。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。因为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会导致战斗部的提前爆炸，这样不但没有杀伤敌人，反而会造成我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，要求现代引信具有三个功能：

(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, 以确保我方人员的安全。

(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, 完全地引爆战斗部。

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, 可以给出引信定义: 引信是利用环境信息、目标信息或平台信息, 在保证勤务和发射安全的前提下, 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

图 1-1 给出了引信基本组成各部分、各部分间的联系及引信与目标、战斗部等的关系示意图。

发火控制系统包括敏感装置、信号处理器和执行装置。它起着发现目标、抑制干扰、确定最佳起爆位置的作用。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。

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一系列动作而处于这样一种状态: 一旦接受目标直接传给或由感应得来的起爆信息, 或从外部得到起爆指令, 或达到预先装定的时间, 就能引爆战斗部。这种状态称为待发状态, 又称待爆状态。从引信功能的分析和定义可知, 引信的作用过程主要包括解除保险过程、发火控制过程和引爆过程, 如图 1-2 所示。

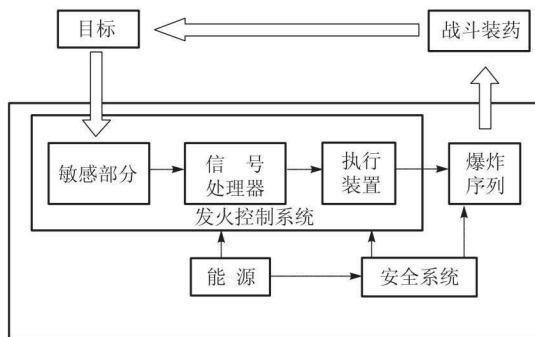


图 1-1 引信的基本组成

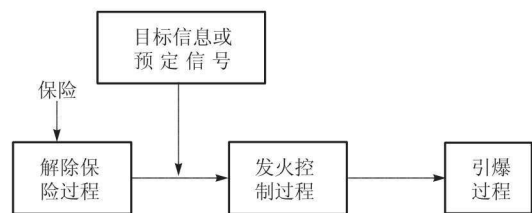


图 1-2 引信作用过程框图

引信首先由保险状态过渡到待发状态, 此过程称为解除保险过程。已进入待发状态的引信, 从获取目标信息开始到输出火焰或爆轰能的过程称为发火控制过程。将火焰或爆轰能逐级放大, 最后输出足够强的爆轰能使战斗部主装药完全爆炸, 此过程称为引爆过程。

一、解除保险过程

为完成引爆战斗部主装药的任务，在引信中必须使用爆炸元件。由于爆炸元件是一次性使用元件，如果提前发火将造成引信失效，这不仅影响引信作用的可靠性，甚至还会造成危及我方安全的严重后果。因此，必须采取技术措施，保证在平时（即从装配出厂开始到战斗使用发射瞬间为止的整个期间）使引信完全处于抑制或不工作状态。这些技术措施统称为保险，为此而设置的机构和（或）电路，统称为保险机构和（或）电路。所以，引信平时所处的状态通常称为保险状态。

从发射（或投放）开始，引信即进入作用过程，它利用环境信息和（或）电信号控制保险机构和（或）电路依次解除保险，使引信转换为待发状态。这个过程，即称为解除保险过程。此后，引信一旦获取目标（或目标环境）信息或预定信号将会发火。这时，当引信遇到目标或获取预定信号时，即进入发火控制过程。但应说明，在发射（或投放）前获取预定信号而作用的引信（如时间引信），则在引信解除保险前即进入发火控制过程。

二、发火控制过程

一般信息系统的的作用过程大致分为四个步骤：信息获取、信息传输、信号处理和结果输出。对于引信来说，信息传输很简单，而处理结果输出的形式是火焰或爆轰能。所以可将引信的发火控制过程归并为信息获取、信号处理和发火输出三个步骤，如图 1-3 所示。

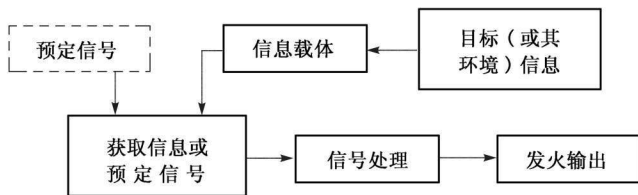


图 1-3 信息作用过程

1. 信息获取及目标信息获取方式

所谓信息获取，是指探测（或接收）目标（或其环境）信息或预定信号，并转换为适于引信内部传输的信号如位移信号、电信号等。因此信息获取主要包括信息（或信号）传递和转换。

（1）信息传递。引信探测或接收目标信息其实质就是将目标信息传至引信。传递信息必须要有能量做功，而目标信息是“状态量”，它本身不具有能量。因此，目标信息的传递必须伴随着能量的传输，它可以利用各种形式的能量进行传递，如力、机械波（应力波、声波等）、电磁波和其他物理场（电、磁和热等）。传递目标信息的能量可以来自引信本身，也可以来自目标或其他装置。

信息一般是以信号的形式进行传递。所谓信号，广义地说，一切运动或状态的变化都是一种信号，它是随时间变化的某种物理量。也就是说，物理量的变化可以代表一定的“状态”，也就含有一定的信息，因而信号可以作为信息的表现形式。那么，目标信息是如何以信号的形式进行传递的呢？由于目标的存在，传递信息的能量就会发生变化，即表征能量的物理量发生变化。这些变化与目标的各种状态和特征有对应关系，即一定的信号就代表着一

定的目标信息。因此,目标信息就可以用信号的表现形式传至引信,并被引信所接收。

信息和信号这两个概念必须严格地区别。信息是物理状态量,“信息就是信息,既不是物质,也不是能量”,信息可以进行传输、变换等;信号是具有能量特性的物理量,可以进行传输,并可以作为信息的运载工具。但必须明确,通常所说的信号,它可以含有目标信息,也可以不含有目标信息。例如,用于传递目标信息的能量在空间运动,也是一种信号,但在目标出现以前,并不含有目标信息,只有在目标出现后,从目标返回的信号中才含有目标信息。

(2) 信息转换。引信接收到载有目标信息的信号后,再转换为适合于引信内部传输的信号,这种信号就是引信内部传输的语言。例如,利用光波运载的目标信息,通常在引信中转换为电信号,以便输给后面的电路进行工作。显然光信号是不适宜在电路中传输的。

引信获取目标信息有以下三种方式:

(1) 触感方式。指引信(或弹药)直接与目标接触,利用引信与目标相互间的作用力、惯性力和应力波传递目标信息的方式。

(2) 近感方式。指引信在目标附近时,利用某种物理场将目标信息传至引信的方式。

(3) 接收指令方式。指由引信以外的专门仪器设备,如观察站的雷达、指挥仪或其他设备,自动完成获取目标信息的任务后对引信直接发出引爆弹药的信号。由于引信获取的是执行引爆任务的信号,故又称这种信号为执行信号。获取执行信号的方式又分为预置指令信号和实时指令信号两种。例如时间装定信号就是预置指令信号中的一种。时间装定信号指的是在发射前引信接收时间装定信号,其接收过程为:在发射前由专门的仪器设备测定目标距离和方位,以此计算确定引信发射后的引爆时间,并对引信进行时间装定。发射后引信按所装定的时间引爆战斗部主装药。实时指令信号指的是发射后引信所接收的外来引爆指令,通常由观察站跟踪目标,当目标进入战斗部威力范围时,它就发出一个无线电信号,也就是实时指令。引信接收到指令后立即引爆战斗部主装药。

上述(1)(2)两种方式是由引信本身直接完成获取目标信息的任务,故称为直接获取目标信息方式。第三种方式由于引信获取的执行信号是由目标信息转换得到的,故称为间接获取目标信息方式。将引信获取目标(或环境)信息或执行信号的装置,统称为敏感装置。

2. 信号处理

敏感装置获取的信息是初始信息,其中混杂有各种干扰信号和无用的信息,这就需要进行处理,即通过去粗取精、去伪存真,提取主要的和有用的信息,并加工成引信引爆所需的发火控制信号。这种处理应是实时的,而不是事后处理。由于敏感装置所获取的信息是用转换为信号的形式传输的,因此这种处理称为信号处理。

通常,引信的信号处理应完成以下任务:

(1) 识别真假信号。真信号是指含有目标信息的信号或预定信号,假信号是指非目标信号,即各种干扰信号(自然的和人工的)。所谓识别真假信号,实质上就是要解决识别真假目标并抑制干扰信号的问题。

(2) 信号放大。引信敏感装置获取的含有目标信息的信号是微弱信号,为方便处理,一般需要放大。

(3) 提供发火控制信号。引信起爆通常又称为发火,控制起爆的信号就称为发火控制信号。在初始信息中取出所需目标信息,经加工后,判断弹目相对位置,在最佳起爆位置

(时机) 提供起爆信号。即为信号处理最后得到的处理结果。

完成上述作用的机构，一般称为信号处理装置。该装置的设置与所要完成的具体任务根据引信类型和战术技术要求而异，名称也各不相同。例如，机械触发引信中的延期机构及近感引信中的放大电路、目标识别电路等。

3. 发火输出

在引信中，获取目标信息的基本目的，是利用它控制引爆战斗部主装药。因此，引信处理结果输出的形式与一般系统不同，要求输出能够引起起爆元件发火的能量，因而将引信的处理结果输出定名为“发火输出”。完成发火输出的相应装置称为执行装置。

三、起爆过程

当发火输出后，信息作用过程结束而转入起爆过程。它的作用是使发火输出能量引爆起爆元件并逐级放大，最后输出引爆战斗部主装药的爆炸能，完成起爆过程的装置称为爆炸序列。

当引信输出爆炸能后，战斗部主装药就会立即爆炸，引信的整个作用过程到此结束。

1.2.3 引信的爆炸序列

引爆战斗部主装药的任务是由引信中爆炸序列直接完成的。为保证弹药的安全，战斗部主装药都是钝感炸药，要使它爆炸，必须使用敏感度高的引爆炸药，但使用的量不能多，否则不安全。可是少量敏感度高的引爆炸药只有较小的爆炸能量输出，还是不能引爆钝感的炸药，因此在高敏感度引爆炸药和钝感炸药之间，需要设置一些敏感度逐渐降低而能量增大的爆炸元件。

组成爆炸序列的爆炸元件主要有：火帽、电点火管、雷管、电雷管、导爆药、传爆药。其中前四种爆炸元件都装有敏感药剂——起爆药。由于它的敏感度高，所以可作为爆炸序列的第一个元件，此时称为起爆元件。后两种爆炸元件起放大作用，向战斗部主装药提供爆炸能量。

爆炸序列分为两种：传爆序列和传火序列。

一、传爆序列

最后一个爆炸元件输出爆轰能的爆炸序列称为传爆序列。它的组成随着战斗部的类型、主装药的药量和引信作用方式的不同而异。

图 1-4 为小口径榴弹引信的传爆序列。由于战斗部主装药的药量少，所需引爆能量也小，因而能量放大的爆炸元件可以少用，同时引信结构体积又小，也不允许多用。相反，中大口径榴弹引信组成传爆序列的爆炸元件就可能需要多些。如图 1-5 所示。上述传爆序列均是用于触发作用方式的引信中，第一级爆炸元件是火帽或雷管。

图 1-6 所示为近感作用方式的引信

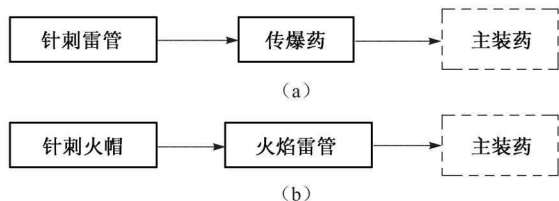


图 1-4 小口径榴弹引信传爆序列

(a) 针刺雷管传爆序列；(b) 火焰雷管传爆序列

传爆序列。其第一级爆炸元件为电火工元件，如电点火管或电雷管。

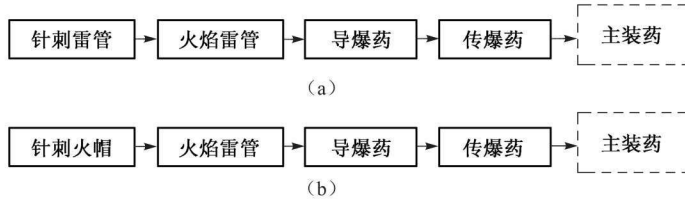


图 1-5 中大口径榴弹引信传爆序列
(a) 针刺雷管传爆序列; (b) 针刺火帽传爆序列

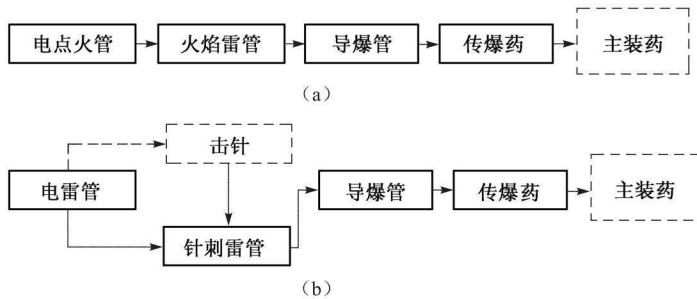


图 1-6 近感作用方式引信的传爆序列
(a) 火焰雷管传爆序列; (b) 针刺雷管传爆序列

传爆序列是引信中十分重要的组成部分，对引信的性能和结构都有重要影响。例如，传爆序列发火所经历的时间直接影响战斗部对目标的杀伤效果。引信中的一些机构如保险机构等，都是围绕传爆序列而设置的。所以，传爆序列的发展对引信技术会产生重大影响。如目前新发展了无起爆药雷管组成的传爆序列，如图 1-7 所示。因爆炸元件不含有敏感药剂起爆药，本身的安全性大大提高。



图 1-7 无起爆药雷管的传爆序列

美国和苏联引信的传爆序列所用的第一级爆炸元件是不相同的。苏联一般采用火帽或电点火管的火焰能输出，通过爆炸元件本身保证引信安全。而美国则采用雷管或电雷管的爆轰能输出，注意引信对目标的作用效果，同时考虑引信安全。这反映出两种不同的引信设计思想。

二、传火序列

最后一个爆炸元件输出火焰能的爆炸序列叫传火序列，如图 1-8 所示。传火序列一般用于宣传、燃烧、照明等特种弹的引信中。因特种弹的战斗部内主要装抛射药和点火药，只需要火焰能量引爆。

爆炸序列中，通常导爆药柱和传爆药柱是采用与主装药感度基本相同的炸药制成，而火帽、电点火管、雷管、电雷管等起爆元件则装有较敏感的起爆药，在某些环境条件下可能产生自燃或自炸，而导致引信早炸。针对这些不安全因素，在现代引信中普遍采用“隔离”安全技术措施。所谓隔离，是指将爆炸序列的一个爆炸元件与下一级爆炸元件相隔离，以隔

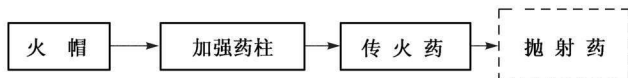


图 1-8 传火序列

断爆炸冲量的传递通道。实施爆轰冲量隔离的零件称为隔爆件。

在火帽（或电点火管）与雷管中间设置隔爆件，称为半保险型引信。当火帽（或电点火管）意外发火时，不会引爆雷管，保证引信不作用。但是这种隔离方式仍不能解决雷管意外发火而引起引信爆炸的危险性。在雷管（或电雷管）与导爆药柱（管）中间设置隔爆件，称为全保险型引信。当火帽（或电点火管）和雷管（或电雷管）意外发火时，都不会使引信爆炸。没有上述隔离措施的引信，称为非保险型引信。在现代引信设计中，一定要将引信设计成全保险型的，有些国家已将此定为必须遵循的一条设计准则。在我国已明确必须采用隔离雷管（或电雷管）型，以充分保证引信安全。

爆炸序列的起爆由位于发火装置中的第一个火工元件开始，发火方式主要有下列三种。

机械发火：用针刺、撞击、碰击等机械方法使火帽或雷管发火；

电发火：利用电能使电点火管或电雷管发火；

化学发火：利用两种或两种以上的化学物质接触时发生的强烈氧化-还原反应所产生的热量使火工元件发火。

1.3 近感引信作用原理

触发引信的作用原理比较容易理解，它直接利用弹丸与目标相接触的一瞬间，由目标给引信的反作用力或由于弹丸减速引起引信运动状态发生急剧变化而使引信动作，引爆弹丸。引信与目标之间的关系是直接而简单的。而近感引信与目标的关系是既不直接相接触，但又与目标有密切的联系。当有目标存在时，它将通过本身的物理性质、几何形状、运动状态及其周围的环境等，反映出各种信息。近感引信通过探测目标的各种信息来确定目标的存在与方位，以控制引信适时作用。引信与目标之间靠什么来传递信息呢？这就要利用“中间媒介”物来牵线搭桥了。如图 1-9 所示。

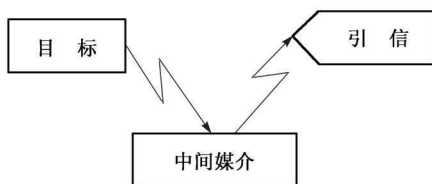


图 1-9 引信与目标之间的关系

一般来说，近感引信与目标之间的“中间媒介”物是各种物理场，如电、磁、声、光等。场是一种特殊形式的物质，但它与实物之间有一个显著的区别：所有实物都占有一定的空间，这一空间是不能与其他实物共同占有的。但在同一空间里却可同时存在着许多场，不仅场与场可以共处同一空间，而且实物与场也可彼此渗透占有同一空间。此时，场将改变实物的状态，而实物也将对场有所影响。近感引信与目标之间的相互作用正是利用了场的这个特点。

当空间存在物理场时，由于目标的出现引起物理场的变化被称为对比性。如果在近感引信中装上对这种对比性有反应的敏感装置，那么，场的变化必然会引起该装置的状态发生变化。这样，就通过场的作用将目标的信息传给了引信，引信接收此信息后经过处理，控制引信适时