

引信系统概论

钱元庆 编著

国防工业出版社

知识
普及
出版社

PDG

内 容 简 介

本书全面讲述了引信的概念、基本原理、基本组成及一般试验方法，特别注意总结了近几年来从事引信基本概念研究所得的成果。全书共分七章。第一章到第三章介绍引信的一般知识和引信环境分析，着重讨论了引信定义及信息作用过程，探讨了环境热、静电、等离子体等引信环境。第四章到第六章分别介绍了传感装置、安全系统、引爆装置和引信电源等引信的基本组成。第七章阐述了引信的一般试验方法。书后附录介绍了与引信有关的弹药武器系统的术语和三种典型的美国引信。

本书内容比较全面，是高等院校引信和弹药武器系统各专业的教材，也可供从事引信技术工作的技术人员和管理人员学习和参考。

引信系统概论

钱元庆 编著

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

850×1168 1/32 印张 9⁷/₈ 258千字

1987年12月第一版 1987年12月第一次印刷 印数：001—6700册

ISBN7-118-00021-3/TJ5 定价：1.65元

新华书店
PDG

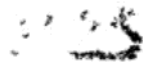
前 言

本书是为无线电引信专业编写的教材。多年的教学实践表明，无论培养何种引信专业人才，都应当深刻地理解和掌握引信的本质和特征，建立完整的引信概念，不能仅从某一类引信出发来认识引信而产生局限性，以便创造性地应用现代科学技术最新成果，不断地发展引信新原理。本着这一考虑，本书比较全面地论述了引信的基本概念、基本原理。

引信正处于飞速发展时期，引信的概念大大扩展了，现有的某些引信术语已与引信的发展不相适应。近几年来，作者对这些概念进行了认真的研究，特别是利用信息科学成果统一了各类引信的概念，给引信下了新的定义，并提出了新的引信的基本理论，这些内容都在本书中有所反映。

本书打破了以产品为体系讲述构造与作用的传统方法，而根据引信的各组成系统以横向结构体系来编写。这不仅避免了内容的重复，而且同类性质的内容集中，使读者容易深入理解概念涵义和掌握基本原理。

本书是按54学时教学要求编写的，内容大致分为四大部分。第一部分讲述引信的一些基本概念，包括一、二章，可安排8学时，重点是要求深入理解引信的本质和对引信的四大战术技术要求。第二部分论述引信环境的作用和影响，即第三章，可安排7学时，重点是环境力分析。第三部分介绍引信各组成系统的作用原理，典型结构，包括四、五、六章，重点是传感装置，可安排14学时，其余内容安排10学时。第四部分介绍引信一般试验，还简单介绍了美军引信试验标准的内容，即本书最后一章，可安排6学时。书后的附录一所载是学习引信专业所必需的武器弹药术语的浅释，附录二介绍几个型号的外国引信，旨在给读者提供引



信的完整的感性知识。

本书在编写过程中，曾得到本教研室和有关单位许多同志的大力帮助，最后经林国元和郑玉群两位老师的详细审阅，提出了宝贵的修改意见。张翔争同志为本书描绘了插图。在此对他们表示深切的谢意。

限于作者水平，书中一定还会存在一些缺点和不妥之处，热情地希望读者批评指正。

作 者

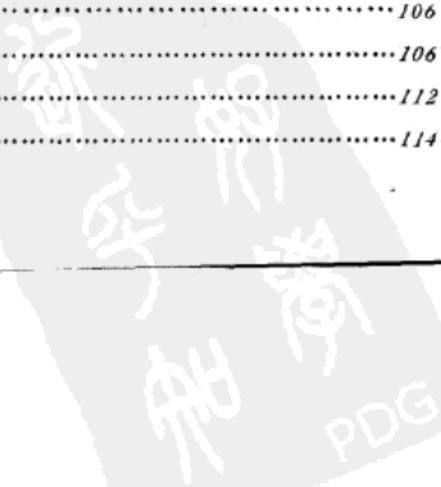
1986.3.于南京

蘇州大學
PDG

目 录

第一章 绪论	1
§ 1.1 引信在弹药武器系统中的地位	1
§ 1.2 历史回顾及其启示	2
§ 1.3 引信技术研究的对象	5
第二章 引信的一般知识	7
§ 2.1 引信的任务及其定义	7
2.1-1 引信的任务	7
2.1-2 引信定义	13
§ 2.2 引信的作用	15
2.2-1 引信的作用过程	15
2.2-2 引信的爆炸序列	21
2.2-3 引信作用示例	23
§ 2.3 引信的分类	26
2.3-1 按装配位置分类	26
2.3-2 按作用方式和原理分类	26
2.3-3 按弹种和战术使用分类	31
§ 2.4 对引信的一般要求	31
2.4-1 安全性要求	32
2.4-2 引爆特性要求	35
2.4-3 可靠性要求	36
2.4-4 抗干扰性要求	38
2.4-5 使用性能要求	40
2.4-6 长期贮存稳定性要求	40
2.4-7 环境气温适应性要求	40
2.4-8 经济性要求	41
2.4-9 引信标准化	41
§ 2.5 引信的基本组成	42

第三章 引信环境分析	46
§ 3.1 引信环境力分析	46
3.1-1 惯性力概念	50
3.1-2 勤务处理时引信零件所受的力	50
3.1-3 发射时引信零件所受的力	52
3.1-4 炮弹后效期时引信零件所受的力	67
3.1-5 炮弹和火箭弹在空中（或被动段）飞行时引信零件 所受的力	69
3.1-6 导弹在空中飞行时引信零件所受的力	78
§ 3.2 引信环境热分析	82
3.2-1 膛内热	83
3.2-2 空气动力热	83
§ 3.3 引信环境静电分析	88
3.3-1 静电的产生	89
3.3-2 静电放电	91
3.3-3 引信环境的静电	91
§ 3.4 引信环境等离子体分析	92
3.4-1 什么是等离子体	92
3.4-2 等离子体振荡与波	94
3.4-3 等离子体对空中电磁波传播的影响	96
第四章 传感装置	98
§ 4.1 概述	98
4.1-1 定义和组成	98
4.1-2 传感装置分类	100
§ 4.2 触感的基本原理	101
4.2-1 传递目标信息的力	101
4.2-2 机械力传递的信息	103
4.2-3 灵敏度和瞬发度	105
§ 4.3 机械式触感装置	106
4.3-1 触发机构	106
4.3-2 延期机构	112
4.3-3 防雨装置	114



4.3-4	保险机构	117
4.3-5	影响触感装置性能的因素	118
4.3-6	典型机械式触感装置示例	119
§ 4.4	压电式触感装置	126
4.4-1	概述	126
4.4-2	压电材料	127
4.4-3	电雷管	132
4.4-4	基本电路介绍	136
4.4-5	典型压电式触感装置示例	138
§ 4.5	近感的基本原理	142
4.5-1	概述	142
4.5-2	电磁波传递的信息	144
4.5-3	电磁波近感原理	146
§ 4.6	无线电近感装置	156
4.6-1	多普勒效应	157
4.6-2	定位原理	158
4.6-3	典型电路及其结构	160
§ 4.7	红外线近感装置	175
4.7-1	红外线辐射	175
4.7-2	目标和背景的辐射特性	176
4.7-3	光敏装置	180
4.7-4	双支路红外线近感装置的作用原理	185
§ 4.8	定时装置	188
4.8-1	概述	188
4.8-2	药盘定时装置	188
4.8-3	钟表定时装置	190
4.8-4	数字式电子定时装置	191
第五章	引信电源	194
§ 5.1	引信电源的战术技术要求和分类	194
5.1-1	战术技术要求	194
5.1-2	引信电源分类	196
§ 5.2	化学电源	198
5.2-1	化学电源的几个概念	198



5.2-2	电源的结构计算	199
5.2-3	锌-酸系列和铅-酸系列电池	200
5.2-4	快激活电池	207
5.2-5	其它贮液式电池	208
5.2-6	热电池	209
§ 5.3	非化学电源	213
5.3-1	涡轮(或风翼)磁发电机	214
5.3-2	后坐磁发电机	218
5.3-3	射流磁发电机	219
5.3-1	半导体温差发电机(热电偶)	220
第六章	安全系统和引爆装置	222
§ 6.1	安全系统的概念	222
§ 6.2	隔爆机构	223
6.2-1	概述	223
6.2-2	隔离火帽型隔爆机构	225
6.2-3	隔离雷管型隔爆机构	228
§ 6.3	延期解除保险机构	239
6.3-1	易熔合金保险机构	240
6.3-2	保险带机构	241
6.3-3	阻尼活塞保险机构	242
6.3-4	准流体保险机构	243
6.3-5	无返回力矩钟表机构控制的保险机构	245
§ 6.4	自炸机构	249
6.4-1	概述	249
6.4-2	钢珠式离心自炸机构	251
6.4-3	离心板式离心自炸机构	252
§ 6.5	引爆装置	254
6.5-1	导爆药柱(管)	254
6.5-2	传爆管	255
第七章	引信的一般试验	258
§ 7.1	引信试验的类型	258
7.1-1	研制摸底试验	259
7.1-2	设计与生产定型试验	259

7.1-3	生产验收试验	260
7.1-4	贮存监察试验	260
§ 7.2	实验室试验	260
7.2-1	运输模拟试验	261
7.2-2	落下试验	263
7.2-3	锤击和空气击锤试验	266
7.2-4	旋转试验	269
7.2-5	高低温试验	271
7.2-6	加速环境试验	271
§ 7.3	外场试验	275
7.3-1	投奔安全性试验	276
7.3-2	向硬地面低空投掷试验	277
7.3-3	弹射起飞和拦截降落试验	277
7.3-4	拦截降落时导弹从飞机上冲脱试验	278
7.3-5	降落伞空投试验	279
§ 7.4	靶场试验	280
7.4-1	引信的弹道试验	280
7.4-2	零部件(或元器件)的强度试验	285
7.4-3	发射安全性试验	286
7.4-4	解除保险可靠性试验	286
7.4-5	炮口保险试验	287
7.4-6	发火性和引爆完全性试验	288
附录	290
附录一	武器弹药系统的术语	290
附1-1	火炮弹药系统术语	290
附1-2	火箭弹及导弹武器系统术语	295
附录二	典型引信介绍	298
附2-1	美国M758型引信	298
附2-2	美国M587/M724型电子时间引信	301
附2-3	美国M732型近感引信	302
主要参考文献	307

第一章 绪 论

§ 1.1 引信在弹药武器系统中的地位

现代战争中，一般是海陆空诸兵种协同作战，可能遇到的目标很多，因而对用于最终消灭敌人和完成各种战斗任务的武器系统，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不断地发展扩大。例如，六十年代问世的激光武器和七十年代在原子武器基础上发展起来的中子武器，甚至利用次声和人工控制气象等，都可以作为一种武器来对付敌人。为了便于分析研究，因而把利用战斗部完成战斗任务的武器系统，称为弹药武器系统。它主要包括炮弹、火箭弹、导弹（核的和非核的）、航空炸弹（下文简称航弹）、原子弹、中子弹、鱼雷、水雷、地雷、手榴弹等和它们的发射、投放、布设装置。这些武器弹药系统都需要引信。

弹药武器系统的作用是对预定目标造成最大程度的损伤或破坏，其简单的工作过程是：首先将战斗部和引信发射或投放至目标处，然后由引信控制战斗部爆炸而毁伤目标。由此可知，整个系统大致可分为三个子系统，即发射运载系统（如火炮、发射装置、飞机、军舰、坦克等）、战斗部和引信。发射运载系统用来控制发射或投放的位置；战斗部直接完成毁伤目标的任务；引信则直接控制战斗部爆炸时机，就是使战斗部处在相对于目标最佳位置爆炸，或者说在一定的发射或投放条件下，使战斗部的威力得到充分发挥。因此，对充分发挥战斗部威力来说，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。因此，引信在弹药武器系统中的作用是很重要的，通常将它比喻为人的大脑的作用。

应当特别指出，有些目标的速度和机动性不断提高，实战中弹目交会条件变化很大。面对这种情况，要想提高整个武器系统的威力，发射运载系统和战斗部所能作出的新贡献是极其有限的。可是，事实证明，引信的发展对提高弹药武器系统的威力却十分有效。例如，从触感引信发展到近感引信[●]，使整个庞大而复杂的武器弹药系统的毁伤效率提高了几倍或几十倍；又如，在毫米波寻的引信发展基础上出现的末端敏感弹，使常规反坦克武器系统的毁伤效率提高了将近20倍。这一切都充分显示出引信的突出作用。正因为如此，引信赢得了在整个系统中的重要地位。

§ 1.2 历史回顾及其启示

引信最早起源于我国。随着火药的发明，就出现了引信。那时，引燃火药所用的引火药捻，古时称之为“信”，这就是引信的始祖，也是最原始的时间引信。在文献上使用“引信”这个术语，在我国也有几百年的历史了。《天工开物》上描述一种守城兵器时，已经使用了“引信”一词。

随着战争的发展，引信发展经历了深刻而巨大的变化。“引信”这个古老的名词，也被现代科学技术赋予了新的意义，现代引信与古老引信的主要区别，在于前者与目标建立了联系，所利用的目标信息越来越多。

最早的弹丸是装黑火药的铸铁球，我国在13世纪就采用扁状的引火线作为铸铁球弹的引信。欧洲是在16世纪才出现芦苇管或木管状的引信，又称为“信管”如图 1-1 所示。这种类型的引信实质上是一种古老的时间引信。为了提高毁伤效率，必须提高作用时间精度和按不同射程装定时间，这是时间引信不断发展的核心问题。到19世纪30年代出现了药盘时间引信，50年代出现了旋转装定的时间引信，60~70年代

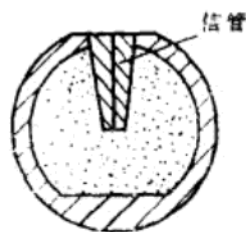


图1-1 信管结构示意图

● 通常分别称为触发引信和近炸引信。——国防工业出版社注

出现了针刺式发火机构引燃时间药剂的引信，这就形成了当今药盘时间引信的雏形。目标的发展促使弹药的发展，军用飞机的出现对引信提出了更高的要求，而火药时间引信存在时间散布大和高空灭火的缺陷。于是，1908年在德国出现了第一个用钟表计时的钟表时间引信；在第二次世界大战中研制了RC电力时间引信，但由于时间精度不高，使它的应用受到限制。在20世纪60年代末，出现了利用射流元件计时的射流时间引信。在集成电路技术发展的基础上，从60年代初开始大力发展电子时间引信。

为了对付地面有生力量和防御工事，在19世纪中制出直接碰击目标而起作用的触感引信。但是，滑膛炮发射的球形弹不能定向飞行，因而触感作用不可靠。直到19世纪50年代出现线膛炮和60年代采用卵形弹以后，弹丸可作定向飞行了，才使弹头触感引信得到成功应用。后来由于弹种与目标性质不同，所要求的引爆时间不同，进而出现了瞬发、惯性和延期三种触感引信。由于压电材料的发展，在20世纪50年代初出现了压电引信，其瞬发度高达数十微秒。

无论是时间引信，还是触感引信，在高速目标迅速发展的形势面前，都显得无能为力，必须研制一种不碰击目标而在相对目标最有利的位罝引爆战斗部的引信，这就是近感引信。这种引信的发展是从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，主要以声、光、磁原理为基础。美国起步较晚，但发展速度很快。在雷达技术被发明和利用以后，美国在1940年动手，很快将雷达技术移植到近感引信上，1943年研制成功无线电引信（又称雷达引信），并投入使用，在第二次世界大战中发挥了很大作用。无线电引信与原子弹、雷达一起被誉为第二次世界大战期间的三大发明。无线电引信相对触感引信成倍甚至几十倍的提高毁伤效果，这一事实使各国受到很大的启示，因此投入了更多的人力、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40年代的电子

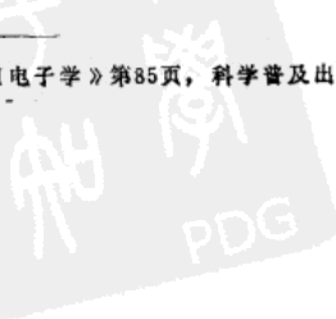
管型、50年代的晶体管型、60年代的固体线路型，发展为70年代的特制集成电路型。随着电子计算机、微电子技术、红外技术、激光技术、遥控（感）技术等在近感引信中得到应用，先后出现了各种原理的近感引信，如红外引信、激光引信、计算机引信、毫米波寻的引信和末制导引信等。

回顾引信发展史，可以得到极为重要的启示。“控制论”创立者N·维纳有句名言：“要有效地生活，就要有足够的信息”。[●]人类社会发展的速度，在一定程度上取决于人们对信息的利用水平。古代社会和现代社会的最大区别之一，就是前者利用的信息少，而后者大量地利用信息。古代引信和现代引信的最大区别也是如此。因此，引信发展史，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很低，它只能确定炸点，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，引信本身可以根据弹目交会条件自己选择炸点。目前，近感引信已发展到可在目标“要害”部位引爆战斗部的水平。这表明引信已从利用点目标信息发展到利用体目标信息。

历史事实充分说明，引信由较低的信息利用水平，发展到较高的信息利用水平。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；如果利用目标信息的水平不变，无论应用何种先进技术，引信的功能也不会有突破，而只能使性能得到提高和完善。例如，时间引信从古代的药捻发展到现代化的最先进的遥控装定电子时间引信，只在装定速度与时间精度上，也就是在性能上提高一大步而已，而引信本身还是不能选择炸点。

● 冯秉铨著《今日电子学》第85页，科学普及出版社出版。



还应当指出，现代战争中引信的工作处于恶劣的干扰环境。特别是在人工干扰的环境之中。因此，近代引信不仅在“最佳”炸点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，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；又如新发展的自适应引信，不仅能适应弹目交会条件的变化，而且能识别干扰信号，从而提高引信的识别能力。这意味着引信正向“智能化”方向发展。

综上所述，可将引信的发展归纳成以下三点：

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；
2. 引信发展的基础——现代科技成果的应用；
3. 引信发展的速度——在一定程度上取决于对目标信息的利用水平。

§ 1.3 引信技术研究的对象

1947年N·维纳所创立的“控制论”的基础在于两个基本概念，其中之一是：“一切有生命与无生命(机械)的系统都是信息系统”。[●]无论是触感引信还是近感引信或执行引信(时间引信和指令引信的总称)，它们的基本作用是探测目标获取信息或接收信号、指令，并经检测、放大、控制，进行空间或时间选择而确定“最佳”炸点。因此，完全可以确认引信是一个十分完整的小型(或微型)信息系统。与一般传感器相比较，其主要区别是引信中有爆炸序列，但其作用是能量放大，也是完成信号处理任务。因此，简单地说，引信就是一种引爆战斗部的传感器。

显然，引信技术研究的对象是信息传感技术。它所要解决的核心问题是对目标进行识别和定位，其主要研究内容包括环境影响、信号分析(目标特性研究)、抗干扰特性等三方面。引信的信

● 郑春瑞编著《系统工程学概述》第23页，科学技术文献出版社出版。

息传感技术按其传感作用的方式，主要包括触感技术和近感技术两大类。

由于引信所应用的原理很多，涉及到机械、声、光、电、磁等大部分物理学的内容，还包括化学和电化学方面的内容，所涉及的学科如此之广，实属罕见。因此，引信技术是技术密集性很高的多种学科应用技术。正因为如此，各种现代科学技术发展的最新成就通常都会很快地应用于引信之中。在一定程度上，引信技术水平可以综合反应出国防现代化的技术水平，因而引信技术是最保密的技术领域之一。

在引信的传感技术中，触感技术与一般的力传感器技术领域的关系十分密切，因为触感引信的信息系统实质上是一个力传感器。近感技术与雷达技术、导弹的制导技术有许多相似之处，它们都需要获取目标信息（如测定目标坐标及其运动参数）。最大的区别在于利用目标信息所控制的对象不同：雷达是观察目标，制导是控制导弹的运动，引信是控制战斗部爆炸。由于它们之间的关系十分密切，因而不仅在技术上互相借鉴和渗透，而且在作用上有时也不能截然分开，末制导引信的出现就是一个最好的证明。



第二章 引信的一般知识

§ 2.1 引信的任务及其定义

大多数弹药的战斗部内部都装有爆炸装药或其它装填物。在平时，战斗部是不会自动爆炸的。可是，在战斗使用中遇到目标时，战斗部就会爆炸而毁伤目标或完成特殊战斗任务。为什么战斗部遇到目标会爆炸呢？这正是本课程所要研究的对象——“引信”所起的作用。

2.1-1 引信的任务

在现代战争的战场上，可能遇到各种类型的目标：有地面目标，如人员、马匹等有生力量，火炮、机枪、器材等技术兵器，各种车辆、坦克、自行火炮，以及各种建筑物、工事、火力点、铁丝网、布雷场等；有空中目标，如各种飞机、巡航式导弹等；还有水中目标，如各种舰艇等。这些目标，有的在地面上，有的在地下；有的在水上，有的在水下；有的是固定的，有的是运动的；有的比较脆弱，有的则十分坚固。为了有效地毁伤各种目标，需要使用各种类型的战斗部，如榴弹、穿甲弹、破甲弹、碎甲弹、混凝土破坏弹和核弹等；有时还需要配合使用特种弹，如照明弹、宣传弹、燃烧弹和发烟弹等。但是，当战斗部遇到目标时，要想充分发挥其威力，以获得最大的毁伤效果，则最终的关键是决定于引信的“引爆作用”。

应当注意，所谓“引爆作用”，决不能简单的理解为只是“引爆”而使战斗部爆炸，而应该深刻地认识到是使战斗部发挥最大威力的“作用”。

因此，引信的根本任务可以概括为：引爆弹药并最终使其充

分发挥威力。

战斗部遇到目标时，怎样才能充分发挥其威力呢？现以常见的几种目标为例，进行分析和说明。

一、对付地面有生力量

杀伤敌人的有生力量，主要靠对地榴弹的杀伤作用来完成。因此，这里所谓充分发挥战斗部的威力，其主要标志是：在一定的弹目交会条件下，战斗部爆炸时可能击中目标的杀伤破片应尽可能多，也就是说，对杀伤破片的利用率应尽可能高。

如果目标是暴露的有生力量，当战斗部以一定落角 θ 碰地，并在碰地瞬间爆炸（图2-1）时，两侧的破片能有效利用，而上



图2-1 战斗部碰地炸

下方的破片则飞向天空和钻入土中而失效。若爆炸的时间稍有延迟，战斗部会侵入地面，许多杀伤破片就会埋入土中，炸坑也随之加深。据实验得知：当中大口径炮弹的炸坑深度为40~50cm时，杀伤效果要降低一半；当炸坑深度为70cm时，杀伤效果就接近于零。当战斗部距地面一定高度空炸时，两侧与下方的破片都能有效地利用，如图2-2所示，杀伤效果比碰地瞬间爆炸要高3~20倍。同时，爆炸的声音很响，对敌人的震撼作用也大。

如果目标为壕沟、弹坑内或掩体后面或反斜面上的敌人，则