

普通高等教育“十三五”规划教材

引信概论

李世中 主编

INTRODUCTION TO FUZE



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

策划编辑：张海丽

执行编辑：李丁一

封面设计：**水晶方**装帧设计

INTRODUCTION TO FUZE

引信概论

ISBN 978-7-5682-3808-3



定价：58.00元

普通高等教育“十三五”规划教材

引信概论

李世中 主编 ●

INTRODUCTION TO FUZE



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书以引信的基本组成为主线,系统介绍了引信的基本概念、典型结构和作用原理。本书内容包括:绪论、引信环境分析、引信爆炸序列、引信的触发发火机构、时间引信的发火控制系统、近炸引信的发火控制系统、引信安全系统概述、引信隔爆机构、引信保险机构、引信电源、引信辅助机构、典型引信示例、引信设计程序和试验、引信新技术等。

本书可作为高等学校引信、弹药、火工品等武器类专业的本科生、研究生教材或教师的教学参考书,也可供从事相关专业的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

引信概论 / 李世中主编. —北京:北京理工大学出版社, 2017.7
ISBN 978-7-5682-3808-3

I. ①引… II. ①李… III. ①引信-高等学校-教材 IV. ①TJ43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 047716 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 / 21.25

字 数 / 478 千字

版 次 / 2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 58.00 元

责任编辑 / 王玲玲

文案编辑 / 王玲玲

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

山西省优势学科攀升 计划建设成果

前言

引信是弹药武器系统的重要组成部分,它利用环境信息、目标信息、平台信息或网络信息,实现状态控制、目标探测与识别、炸点选择等功能,进而达到对目标高效毁伤的目的。因此,引信本质上是一个信息控制系统。现代战争条件下,随着武器系统性能的提高和高新技术的应用,引信系统也在不断进步,其概念和技术内涵得到了突飞猛进的发展,许多新的理论和方法相继出现。为了对这些理论和方法进行系统的总结,这本全面体现引信知识体系及发展的概论性教材应运而生。

本书以引信的4个基本组成部分,即引信爆炸序列、引信发火控制系统、引信安全系统和引信电源为主线,对引信的基本概念、典型结构、作用原理等进行了系统的概述和总结。本书内容全面,体系完整,同时兼顾了基础性、前沿性和新颖性,能够使学生建立对引信的整体认识,较好地满足专业教学的需求。全书共14章,第1章主要介绍了引信的定义、组成、分类等基本概念;第2章系统分析了引信在发射、飞行、碰击目标等过程中的力学环境;第3章介绍了引信爆炸序列的构成及设计原则;第4~6章主要介绍引信的发火控制系统,分别针对引信的触发、定时和近炸作用方式,分析了不同发火控制系统的组成和作用原理;第7~9章主要介绍引信安全系统,包括安全系统的基本概念,以及隔爆机构、保险机构的典型结构和作用原理;第10章介绍引信电源的类型和工作原理;第11章对装定装置、自毁装置、延期装置等引信辅助机构进行了介绍;第12章根据不同弹药对引信的要求,列举并分析了典型引信的构造与作用;第13章介绍了引信的设计程序和常用试验方法;第14章简要介绍了一些新技术在引信中的应用进展。

参加本书编写分工为:中北大学的李世中(第1章和第2章)、韩晶(第3章和第10章)、张艳岗(第4章)、彭志凌(第5章)、罗小林(第6章)、秦栋泽(第7章和第8章)、袁泽慧(第9章)、张冬梅(第11章),重庆长安

工业集团有限责任公司秦光泉研究员（第 12 章）、李小军研究员（第 13 章）、黄江研究员（第 14 章）。全书由李世中统稿。部分硕士研究生参与了资料整理和插图处理工作，感谢他们的辛勤付出。本书在编写过程中引用和参考了诸多文献资料，在此谨向原作者表示衷心感谢！

由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请同行和广大读者批评指正。

作者

目 录

CONTENTS

第1章 绪论	001
1.1 引信在武器系统中的地位	001
1.2 引信的定义	003
1.3 引信的发展	004
1.4 引信的组成和作用过程	006
1.4.1 引信的功能及组成	006
1.4.2 引信的作用过程	008
1.5 对引信的基本要求	011
1.6 引信分类与命名	013
1.6.1 引信分类	013
1.6.2 引信命名	015
第2章 引信环境分析	017
2.1 勤务处理中引信的力学环境	018
2.2 发射时引信的力学环境	020
2.2.1 后坐力	020
2.2.2 离心力	024
2.2.3 切线力	028
2.2.4 膛压简化	030
2.3 后效期引信的力学环境	031
2.3.1 后效期特点	031
2.3.2 哥氏力	032
2.3.3 章动力	032
2.4 飞行时引信的力学环境	034
2.4.1 离心力	034
2.4.2 爬行力	037
2.4.3 迎面空气压力	039
2.4.4 空气动力加热	041

5.3.2 辅助机构	113
5.4 电子时间引信的发火控制系统	116
5.4.1 模拟式电子定时器	116
5.4.2 数字式电子定时器	117
第6章 近炸引信的发火控制系统	127
6.1 近炸引信概述	127
6.2 近炸引信原理及分类	128
6.2.1 近炸引信发火控制系统的组成	128
6.2.2 近炸引信的作用原理	129
6.2.3 近炸引信的分类	130
6.3 对近炸引信的要求	132
6.3.1 引战配合	132
6.3.2 抗干扰技术	139
6.4 近炸引信常用探测体制	143
6.4.1 无线电引信	143
6.4.2 光引信	146
6.4.3 磁引信	148
6.4.4 声引信	150
6.4.5 电容近炸引信	151
第7章 引信安全系统概述	153
7.1 引信安全系统的基本概念	153
7.1.1 引信安全性与引信安全系统	153
7.1.2 引信安全系统的组成	154
7.2 对引信安全系统的要求	154
7.3 引信安全系统的类型	164
7.3.1 安全系统的基本类型	164
7.3.2 目标基安全系统	167
第8章 引信隔爆机构	172
8.1 滑块隔爆机构	172
8.2 水平转子隔爆机构	176
8.3 垂直转子隔爆机构	178
8.4 球转子隔爆机构	180
8.5 空间隔爆机构	183
8.6 隔爆机构设计的若干特点	184

第 9 章 引信保险机构	190
9.1 后坐保险机构	190
9.1.1 直线运动式后坐保险机构	191
9.1.2 曲折槽保险机构	192
9.1.3 惯性积分式保险机构	195
9.1.4 刚性后坐保险机构	197
9.2 离心保险机构	198
9.2.1 离心销保险机构	198
9.2.2 环状簧保险机构	201
9.2.3 离心板保险机构	202
9.2.4 离心爪保险机构	203
9.2.5 软带保险机构	203
9.3 火药保险机构	204
9.4 空气动力保险机构	205
9.5 爬行保险机构	211
9.6 压力保险机构	214
9.7 延期解除保险机构	216
9.7.1 钟表保险机构	217
9.7.2 流体保险机构	219
第 10 章 引信电源	222
10.1 引信电源的要求与分类	222
10.2 化学电源	223
10.2.1 液态储备式电池	223
10.2.2 储液瓶及激活机构	226
10.2.3 固态储备式电池	229
10.3 物理电源	232
10.3.1 旋转发电机	232
10.3.2 直线发电机	236
10.3.3 射流发电机	237
10.3.4 其他物理电源	238
第 11 章 引信辅助机构	240
11.1 装定装置	240
11.1.1 作用方式装定机构	240
11.1.2 机械时间引信装定机构	246
11.1.3 电子时间引信装定机构	250
11.2 自毁装置	254

11.2.1 自毁装置的特点和要求	254
11.2.2 离心自毁装置	254
11.2.3 定时自毁装置	257
11.3 延期装置	260
11.3.1 火药延期装置	260
11.3.2 气动延期装置	261
11.3.3 自调延期装置	261
第 12 章 典型引信示例	266
12.1 弹药概述	266
12.1.1 弹药基本概念	266
12.1.2 常用弹药介绍	269
12.2 不同弹药对引信的特殊要求	275
12.3 典型引信的构造与作用	279
12.3.1 M758 小口径炮弹引信	279
12.3.2 M739A1 中大口径榴弹引信	281
12.3.3 M734 迫击炮弹引信	282
12.3.4 M577 机械时间引信	284
12.3.5 M762 电子时间引信	285
12.3.6 M732A1 无线电近炸引信	286
12.3.7 M223 子弹药引信	288
第 13 章 引信设计程序和试验	289
13.1 引信设计的一般程序	289
13.1.1 引信总体论证	289
13.1.2 引信方案设计	290
13.1.3 引信工程研制	291
13.1.4 引信设计定型	293
13.1.5 引信生产定型	294
13.2 引信试验	294
13.2.1 实验室试验	295
13.2.2 外场试验	302
第 14 章 引信新技术	305
14.1 引言	305
14.2 引信弹道修正技术	306
14.2.1 弹道修正的概念	306
14.2.2 弹道修正引信	308

14.3	引信侵彻炸点控制技术	311
14.3.1	硬目标侵彻引信的作用方式	311
14.3.2	硬目标侵彻引信关键技术	313
14.3.3	硬目标侵彻引信的发展和应用	315
14.4	引信 GPS 定位技术	317
14.5	引信 MEMS 技术	319
14.6	引信计转数定距起爆技术	323
参考文献		326

第1章

绪论

1.1 引信在武器系统中的地位

武器系统是由具有特定使命的各种装备或手段所构成的综合作战系统，武器系统的作用就是对规定的目标造成最大程度的毁伤和破坏。其中，最终需要以爆炸形式完成作战使命的武器系统，统称为弹药武器系统。引信是弹药武器系统的重要组成部分，也是武器系统发挥终端效应的最终执行装置，它直接决定了武器系统与目标对抗的成败。

现代技术条件下特别是高技术条件下的局部战争，是体系与体系的对抗，而不是单元武器之间的对抗。现代武器体系在实战对抗中的功能主要体现在五个环节上，即发现、运载推进、命中、毁伤和毁伤效果判定，如图 1-1 所示。

“发现”是武器体系与体系对抗的首要环节，它包括情报、侦察、探测、识别、定位等内容。为了实施对所发现的敌方目标的摧毁，需要通过飞机、车辆、舰船等运载平台及火炮、火箭等不同原理的推进技术将有效载荷送至目标区。为了充分发挥有效载荷的效能，应尽量使其直接命中目标，或使其在相距目标最佳的空间位置或最佳时机作用，从而对目标发挥最大的毁伤效能。实战的情况是十分复杂的，上述的一个攻击循环未必能对目标造成致命的毁伤。为了避免漏掉计划摧毁的目标，同时，也为了避免无谓地浪费弹药，还必须对毁伤效果进行核查与判定，从而决定是再次对该目标进行攻击，还是转向下一个攻击目标。

通常认为引信属于武器终端威力系统，其技术使命仅限于上述第四个环节，即毁伤环节。实际上，应从武器体系对抗的角度来重新认识引信的技术使命，即实现对目标的毁伤是引信的主要技术使命，但并不是全部使命。现代引信可以为上述全部五个环节做出直接或间接的贡献。

由于引信具有目标探测与识别功能，将这一功能从“起爆控制”向“命中控制”拓展，就可以为“发现”环节做出贡献。例如水雷、地雷（特别是反直升机地雷）这类“等待式”弹药，有预警引信（或称值更引信）和战斗引信之分。预警引信是为了“命中”，战斗引信是

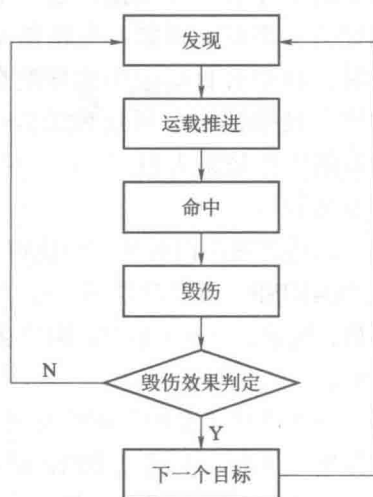


图 1-1 现代武器对抗的主要功能环节

为了起爆。“预警”实际上就是“发现”，它要求引信先于敌方发现并且尽量不被敌方发现，由此推动了引信被动探测体制的发展。

引信对“运载推进”环节的贡献，主要体现在对多级发动机点火控制上。由于引信安全系统具有对发射环境检测与识别的功能，它可以在对第一级发动机工作状况进行检测与识别的基础上控制第二级发动机的点火。在美国的“毒刺”(Stinger)肩射式防空导弹用 M934 引信、“不死鸟”(Phoenix)空射导弹用 FSU-10/A 引信及“标枪”(AAWS-M)反坦克导弹引信的安全系统中，续航发动机的点火控制功能都被赋予引信安全系统，与安全系统解除保险控制结合在一起进行设计，这可以从整体上提高武器系统的发射安全性。

现代引信对目标的探测与识别可以在数百米乃至上千米的距离上进行。当目标探测与信号处理系统输出的不是起爆信息而是指令信息时，引信就可以为“命中”环节做出贡献。例如，在炮弹引信上设置“鸭舌舵”，在航空子母式弹药上设置由引信控制点火的小型冲压发动机，在深水炸弹上设置由引信控制其运动的舵翼，均可起到对末端弹道进行修正的作用，从而提高弹药的命中概率。

引信对“毁伤”环节的贡献是显而易见的。引信对“毁伤效果判定”环节的贡献，不像前四个环节那样直接。它不能直接提供毁伤效果判定的信息，但它可以减少毁伤效果判定的工作量。例如，当精确制导炸弹可以保证直接命中目标而战斗部装药及其威力足够时，炸弹对目标毁伤的程度在很大程度上取决于引信的起爆控制。采用“侵彻炸点自适应”技术的引信所造成的毁伤效果要比在飞机起飞前即对延期时间进行装定的引信所造成的毁伤效果大得多，前者可以明显减少毁伤效果判定的工作量，乃至彻底实现“发射后不用管”。

上述思想在国外研究中也得到了体现。2001 年，美国国防高级研究计划局(DARPA)提出“C4KISR”及其功能图，首次将“毁伤(Kill)”融入 C4ISR(通信、指挥、控制、计算机、情报、监视、侦察)系统，构成从发现目标到毁伤效果评估的完整的 C4KISR 体系，如图 1-2 所示。

图 1-2 中，左侧是从地面到太空的各种侦察监视(即“发现”)手段，它们构成无处不在的传感器体系，不同功能的传感器被分配在不同的平台上。右侧是从直接火力到远程打击的各种武器和弹药(即“运载、发射”)手段。中间部分有四层：最上面的第一层为广域情报、监视；第二层为目标区的侦察和目标探测；第三层为执行任务的具体武器(弹药)系统的精确目标识别与毁伤(即“命中”与“毁伤”)，其中特别标出了“Fuze”；最下面的第四层是战斗损伤评估(BDA)，它实时获取目标毁伤状况，进行目标毁伤和战斗效果评估，以确定需要进一步打击的目标。

高效的信息基础设施和一体化 C4KISR 系统，能适时发现、跟踪、定位和攻击地球表面任何目标，在正确的时间、地点精确地使用武器、兵力。从图 1-2 可以看出，武器和弹药攻击目标最终依赖于引信，因此，引信在 C4KISR 系统中的地位是不言而喻的。

作为弹药武器系统的一个关键子系统，引信性能的优劣直接关系到弹药威力能否充分发挥。正是认识到现代引信在武器系统中的重要作用，各国科学技术的最新成果竞相用于发展各类最现代化和性能优越的新型引信。引信被誉为弹药武器系统的“大脑”。

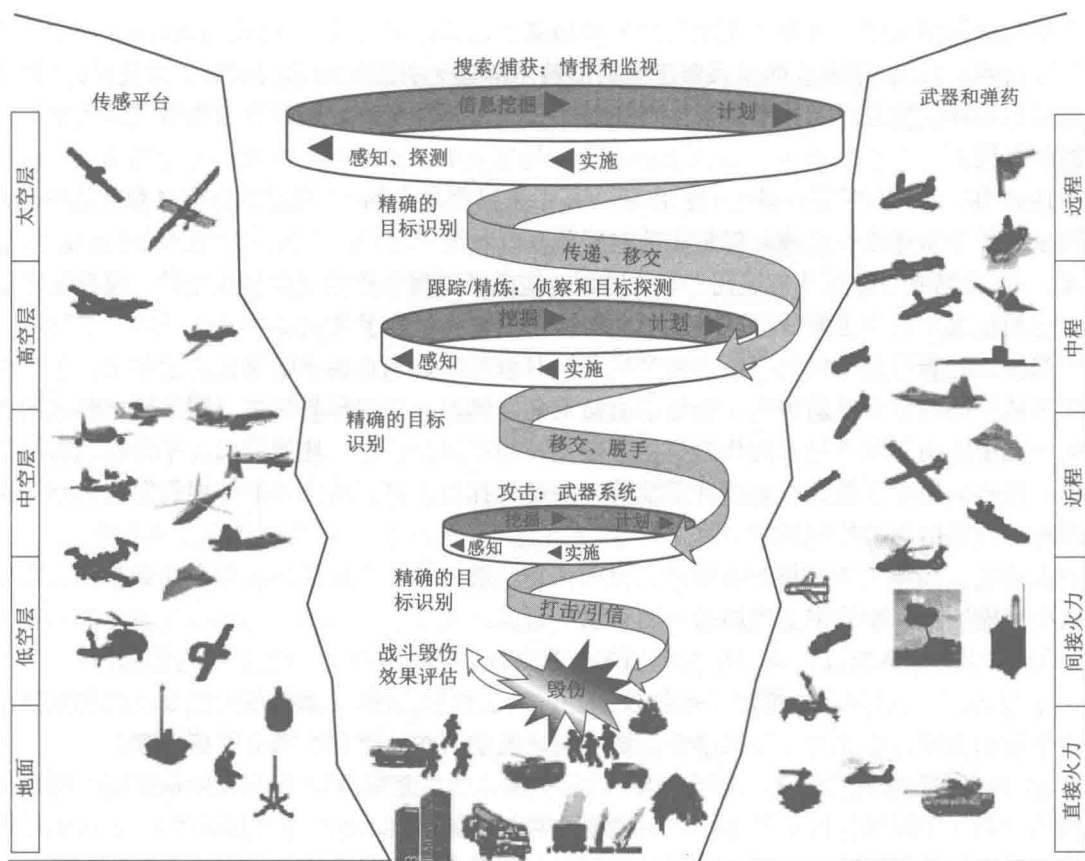


图 1-2 C4KISR 体系示意图

1.2 引信的定义

引信的定义不是一成不变的，从最初的“引爆装置”到后来的“控制系统”，有关引信的概念在不断发展中，这反映了引信在每个阶段所具有的时代特征。

仅就 20 世纪国际上对引信的定义而言，其内涵就有明显发展。20 世纪 40 年代，苏联将引信定义为“供弹丸在发射后在所要求的弹道某点（在碰击障碍物之前或在碰击障碍物之后）上爆炸之用的特殊机构”，这个定义指明引信是在所配弹丸的既定弹道上选择起爆弹丸的炸点，它是基于机械触发引信和钟表时间引信构建的，因此，它的“属”是“机构”。20 世纪 50 年代，美国将引信定义为：“发现目标并在最佳时机使弹头起爆的部件。”这一定义是在 40 年代无线电引信出现之后构建的。与前一定义相比，这一定义有两个主要发展：一是它明确指出引信具有“发现目标”的功能；二是引信具有选择最佳起爆时机的功能。这是引信定义的重大进展，也标志着引信功能的重要拓展。在其后的 30 多年里，引信的定义虽有不同描述，但均没有明显的变革。

从 20 世纪 80 年代开始，国内学者对引信的内涵开展了深入的研讨和论证，并尝试构建引信新的定义。1989 年出版的《中国大百科全书·军事》将引信定义为：“利用环境信息和目标信息，在预定条件下引爆或引燃战斗部装药的控制装置。”这一定义首次将“信息”和“控

制”引入引信定义中，并以“预定条件”来涵盖“最佳作用方式”“最佳起爆时机”“最佳炸点”等内容。1991年出版的《兵器工业科学技术辞典·引信》给出的引信的定义是：“利用目标信息和环境信息，或按预定条件（如时间、压力、指令等）适时引爆或引燃弹药主装药的控制系统。”

1997年，《中国军事百科全书》出版，其中将引信定义为：“利用目标信息和环境信息，在预定条件下引爆或引燃战斗部装药的装置或系统。”至此，“信息”“控制”“系统”“预定条件”“引燃或引爆战斗部装药”等关键词，构成了现代引信定义的概念主体，也反映了现代引信的技术本质和主要特征，上述定义在国内引信界达成了共识。

当然，随着引信功能的不断完善和扩展，对引信的认识也在不断深化。近年来，不少专家学者从不同的角度重新审视和修订了引信定义，例如，马宝华教授在《网络技术时代的引信》一文中给出了网络技术时代的引信新定义：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及毁伤效果信息的控制系统。

上述定义涵盖了20世纪80年代以来引信定义的内涵，它是引信赖以存在的基础，是引信核心功能所在。新的定义增加的内涵有以下四点：

- ① 在引信输入方面，即引信所利用的信息方面，增加了平台信息、网络信息；
- ② 在引信输出方面，增加了选择攻击点。给出续航/增程发动机点火指令及毁伤效果信息三个新的功能，以“并可”二字作为连接词，表示这些功能并非每个引信都有；
- ③ 将“预定条件”改为“预定策略”，包括安全系统解除保险/恢复保险的策略、引爆战斗部的策略（如根据目标类型选择单点起爆、多点同步起爆、多点序贯起爆等）、多引信对付多目标的目标分配策略、攻击时机策略、对单个或多个攻击点的选择控制与更新策略等；
- ④ 将定义的“属”定位在“控制系统”上，因为现代引信的“控制系统”特征已远强于“控制装置”特征。

这些诠释是对引信传统核心功能的补充和提高，它们进一步丰富了引信定义的内涵。

1.3 引信的发展

关于引信的起源地与起源时间，国际上有不同的见解。20世纪80年代，在撰写《中国大百科全书》军事卷时，专家经过认真地考证，指出引信的起源在中国。引信是中国古代火药在军事上的应用，其雏形为类似爆竹的火药捻子。引信以这种形态在中国的出现不迟于公元12世纪。

既然中国是引信的诞生地，“引信”这一名词当然不会是外来语，明代成书的《火龙经》称火药捻子为“信”或“药信”；《武备志》详细记载有“信”的具体制造方法；明末宋应星所著《天工开物》则将“信”与“引信”通用，这是我国关于引信的最早记载。引信是古代兵器从冷兵器时代进入火器时代的一个典型表征。

自唐末宋初中国发明引信以来，引信及其技术的发展已有1000多年的历史，其间经历了四个技术发展时代，即黑火药技术时代、工业化技术时代、电子技术时代和微电子技术时代。自公元10世纪末11世纪初到公元19世纪初的持续800多年的黑火药技术时代，至少前500年一直由中国引领引信及其技术的发展。自机械触发引信于1846年在法国问世开始，引

信及其技术进入以机械工业为主要标志的工业化技术时代；1943年，美国研制成功无线电近炸引信，引信进入电子技术时代；1958年，美国研制成功半导体三极管和集成电路；1963年，集成电路首次用于导弹制导计算机，由此推动引信进入微电子技术时代，采用半导体元件和集成电路的各种原理的近炸引信和电子时间引信相继出现；1994年3月，美国的“导航星”全球定位系统（Navstar Global Positioning System）的第24颗定位卫星入轨，构成定位卫星网络，GPS正式投入使用；90年代后期，美国及欧洲国家相继研制基于卫星定位技术的弹道修正引信，标志着引信及其技术进入了网络技术时代。

纵观1000多年来引信及其技术的发展历程，可以看出两个基本规律：一是战争的需求和相关技术的发展对引信提出了各式各样越来越高的要求，引信在不断满足这些要求的过程中，性能得到不断提高，且功能也在不断拓展，引信的概念及其内涵从来没有固化和停滞在某个阶段和水平上，这是最基本的；二是由于引信处于战争“生与死”对抗的最前沿，因此每个时代的先进技术总是优先用于引信，科学技术的发展为引信满足战争要求提供了更加先进、完善和多样化的物质基础。“需求牵引、技术推动”是引信及其技术千年发展的不竭源泉。

在现代战争中，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。现代战争中有各式各样的目标，它们的存在条件（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、钢筋水泥防护、土木结构防护、无防护等）千差万别。为了有效地摧毁目标，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、核裂变的及它们的组合等。这些战斗部都有各自对相对目标起作用的最佳位置。这就要求引信首先要根据目标的特点来识别目标的存在，使战斗部在相对目标最有利的位置充分发挥作用。这个位置随战斗部的类型和威力的不同而异。为满足这一要求，需要研究和设计出各种作用原理的引信。

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杀伤战斗部。100多年前，欧洲步兵的进攻是排成方阵，以军鼓为前导集体前进，这时目标密集并且全部暴露在地面上，用装有瞬发作用的引信使炮弹落入敌阵在地面上爆炸，就能够有效地杀伤敌人。战争使人变得聪明起来，人们很快学会利用土丘、沟壕等地物，以分散的方式迅速前进。对付分散开的、利用地物掩护的敌人，炸弹落在地面上才爆炸，杀伤效果就不够好，炸弹的威力不能充分发挥。特别是对于战壕里的敌人，着地炸的杀伤效果更差。如果能使炮弹距地面一定高度爆炸，杀伤效果就会显著提高。为了使炮弹配备触发引信后也能实现空炸，人们采用跳弹射击的方法。炮弹第一次落地时引信开始起作用，但不立即引爆弹丸，当炮弹从地面重新跳起后才引爆弹丸。这就要求触发引信具有短延时作用。跳弹射击受地形和射程的限制，而且炮弹经常在弹头朝天跳起时爆炸，导致相当一部分破片飞向天空，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。根据火炮与目标的距离计算炮弹的飞行时间，然后对时间引信进行装定，使炮弹在落地之前在目标上空爆炸。这比跳弹射击的效果更好。最初的时间引信是利用火药的燃烧来计时的。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，炮弹的炸点散布很大，有的炮弹落到地面上还没有炸，有的则炸点过高。为了使落到地面上的炮弹能够碰地就炸，时间触发双用引信出现了。

战争中严酷的对抗，促使各国都将自己的智慧和最新的技术成就优先用于武器的发展与