



国家出版基金项目

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

现代兵器火力系统丛书

# 引信机构学

*The Fuze Mechanism*

张合 李豪杰 编著

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



国家出版基金项目

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

现代兵器火力系统丛书

# 引信机构学

张合 李豪杰 编著

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

## 内 容 简 介

本书以引信机构为主线介绍了用于各类弹药引信的主要机构及其组成、作用特点。全书共分十二章,分别讲述引信在武器系统中的任务、引信基本功能及组成、现代战争及武器系统的发展对引信提出的要求,引信在各种环境下的受力环境,引信爆炸序列、发火机构、隔爆机构、保险机构、延期机构、自毁机构、辅助机构,引信电源,引信的电子发火控制装置,最后选择几种典型引信进行了全引信的构造与作用介绍。本书从引信典型机构的构造与作用出发,系统地分析了对各类机构的特殊要求和它们的机构特点与设计规律,还补充了国内近几年部分科技研究成果和国外的引信机构发展趋势。本书可作为高等学校引信及弹药、火工品等武器类专业的教科书,也可供从事引信和弹药系统设计、试验、研究和生产的技术人员参考。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

引信机构学/张合,李豪杰编著. —北京:北京理工大学出版社,2014.2  
(现代兵器火力系统丛书)

国家出版基金项目及“十二五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-5640-8696-1

I. ①引… II. ①张… ②李… III. ①引信-机构学 IV. ①TJ430.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第020650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)

82562903(教材售后服务热线)

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/北京地大天成印务有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/17.5

字 数/325千字

版 次/2014年2月第1版 2014年2月第1次印刷

定 价/64.00元

责任编辑/徐春英

孟雯雯

文案编辑/徐春英

责任校对/周瑞红

责任印制/王美丽

---

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

# 现代兵器火力系统丛书

## 编 委 会

---

主 任 王兴治

副主任 王泽山 朵英贤

编 委 (按姓氏笔画排序)

王亚平 王志军 王保国 尹建平 冯顺山

吕春绪 刘吉平 肖忠良 张 合 张小兵

张相炎 陈国光 林 杰 欧育湘 金志明

周长省 胡双启 姜春兰 徐 诚 谈乐斌

董素荣 韩子鹏 韩 峰 蔡婷婷 樊红亮

# 总 序

---

国防科技工业是国家战略性产业，是先进制造业的重要组成部分，是国家创新体系的一支重要力量。为适应不同历史时期的国际形势对我国国防力量提出的要求，国防科技工业秉承自主创新、与时俱进的发展理念，建立了多学科交叉，多技术融合，科研、实验、生产等多部门协作的现代化国防科研生产体系。兵器科学与技术作为国防科学与技术的一个重要分支，直接关系到我国国防科技总体发展水平，并在很大程度上决定着国防科技诸多领域的成果向国防军事硬实力的转化。

进入 21 世纪以来，随着兵器发射技术、推进增程技术、精确制导技术、高效毁伤技术的不断发展，以及新概念、新原理兵器的出现，火力系统的射程、威力和命中精度均大幅提升。火力系统的技术进步将推动兵器系统的其他分支发生相应的革新，乃至促使军队的作战方式发生变化。然而，我国现有的国防科技类图书落后于相关领域的发展水平，难以适应信息时代科技人才的培养需求，更无法满足国防科技高层次人才的培养要求。因此，构建系统性、完整性和实用性兼备的国防科技类专业图书体系十分必要。

为了解决新形势下兵器科学所面临的理论、技术和工程应用等问题，王兴治院士、王泽山院士、朵英贤院士带领北京理工大学、南京理工大学、中北大学的学者编写了《现代兵器火力系统》丛书。本丛书以兵器火力系统相关学科为主线，运用系统工程的理论和方法，结合现代化战争对兵器科学技术的发展需求和科学技术进步对其发展的推动，在总结兵器火力系统相关学科专家学者取得主要成果的基础上，较全面地论述了现代兵器火力系统的学科内涵、技术领域、研制程序和运用工程，并按照兵器发射理论与技术的研究方法，分述了枪炮发射技术、火炮设计技术、弹药制造技术、引信技术、火炸药安全技术、火力控制技术等内容。

本丛书围绕“高初速、高射频、远程化、精确化和高效毁伤”的主题，梳理了近年来我国在兵器火力系统相关学科取得的重要学术理论、技术创新和工程转化等方面的成

## 2 引信机构学 ■

果。这些成果优化了弹药工程与爆炸技术、特种能源工程与烟火技术、武器系统与发射技术等专业体系，缩短了我国兵器火力系统与国外的差距，提升了我国在常规兵器装备研制领域的理论水平和技术水平，为我国兵器火力系统的研发提供了技术保障和智力支持。本丛书旨在总结该领域的先进成果和发展经验，适应现代化高层次国防科技人才的培养需求，助力国防科学技术研发，形成具有我国特色的“兵器火力系统”理论与实践相结合的知识体系。

本丛书入选“十二五”国家重点出版物出版规划项目，并得到国家出版基金资助，体现了国家对兵器科学与技术，以及对《现代兵器火力系统》出版项目的高度重视。本丛书凝结了兵器领域诸多专家、学者的智慧，承载了弘扬兵器科学技术领域技术成就、创新和发展兵工科技的历史使命，对于推进我国国防科技工业的发展具有举足轻重的作用。期望这套丛书能有益于兵器科学技术领域的人才培养，有益于国防科技工业的发展。同时，希望本丛书能吸引更多的读者关心兵器科学技术发展，并积极投身于中国国防建设。

丛书编委会

# 前 言

---

本书以引信的机构为立足点，在黄文良教授提出大纲的基础上系统地分析各机构的结构特点与设计规律。是在南京理工大学引信专业教师的共同努力下，经过三年多的努力完成。

本书编写的宗旨，首先是对引信的各机构做一较全面的介绍，使读者能学到有关组成引信各机构的构造与作用的一些基本知识，在此基础上，以发展的观点，帮助读者去认识构成引信的各组成部分中一些带规律性的东西，从而为学习引信设计理论打下比较好的基础，并有助于引信设计工作者进行设计构思与分析。

本书是从机构学的角度出发，对组成引信的各机构进行了系统的介绍，书中引用的一些新机构，对从事引信专业实际工作的同志将起到参考作用。希望本书能引起弹药及引信专业管理与使用人员的兴趣，使他们从中了解引信在武器系统中的重要地位及其与相关专业的关系，获得所需要的知识。

本书内容涉及面广，材料取自于国内外的相关期刊、报告及出版物，详见参考文献，如有遗漏，敬请谅解，在此一并向原作者表示感谢。

为本书提供材料并参加编写的有黄文良（第5章、第8章）、朱继南（第10章、第6章部分）、王炅（第2章、第6章部分）、马少杰（第3章、第6章部分）、程翔（第4章）、江小华（第7章）、丁立波（第11章）、李豪杰（第9章、第6章部分）和张合（第1章、第12章），由李豪杰和张合最后进行了全书的整理。本书原稿由北京理工大学石庚辰教授、南京理工大学潘庆生副教授进行了审阅并提出许多宝贵意见，在此深表感谢！

本书是集体劳动的产物，2004、2005级博士生和硕士生付出了许多辛勤的劳动。书中机构图由844厂设计二所郭淑玲所长组织描绘并提供底图，在此表示衷心的感谢。书中的一些观点，只是一家之言，谬误之处在所难免，企望引信界同行不吝赐教。

南京理工大学 张合  
2013年8月（南京）

# 目 录

---

第 1 章 绪论	1
1.1 引信在武器系统中的地位和作用	1
1.2 引信的功能和作用过程	4
1.2.1 引信的功能	4
1.2.2 引信的作用过程	5
1.2.3 引信功能的扩展	6
1.3 引信的基本组成	7
1.3.1 目标探测与发火控制系统	8
1.3.2 引信的爆炸序列	9
1.3.3 安全系统	10
1.3.4 引信能源	12
1.3.5 引信中其他功能模块	12
1.4 对引信的基本要求	12
1.4.1 安全性	12
1.4.2 作用可靠性	14
1.4.3 使用性能	14
1.4.4 经济性	14
1.4.5 长期储存稳定性	15
1.5 引信分类与命名	15
1.5.1 引信分类	15
1.5.2 引信命名	16
第 2 章 引信环境分析	18
2.1 引信环境力分析	18
2.1.1 引信受力分析的一般动力学方程	18



## 2 引信机构学 ■

2.1.2	勤务处理中作用于引信零件上的力	20
2.1.3	发射时作用于引信零件上的力	22
2.1.4	外弹道上作用于引信零件上的力	28
2.1.5	弹丸碰击目标时作用于引信零件上的力	30
2.2	引信环境热	31
2.2.1	膛内热	31
2.2.2	空气动力热	32
2.3	引信静电环境	34
2.3.1	静电的产生	34
2.3.2	静电放电	34
2.3.3	引信环境的静电	34
2.4	引信电磁环境	35
2.4.1	等离子体	35
2.4.2	等离子体振荡	36
2.4.3	等离子体对引信的影响	37
2.4.4	引信对电磁环境的适应性	38
第3章	引信爆炸序列	40
3.1	引言	40
3.2	爆炸元件	41
3.2.1	火帽	42
3.2.2	雷管	45
3.2.3	延期元件和延期药	50
3.2.4	导爆药柱和传爆管	52
3.2.5	做功爆炸元件	54
3.3	引信中的爆炸序列	55
3.3.1	典型引信中的爆炸序列的组成	55
3.3.2	引信中爆炸序列的形式	58
3.3.3	引信中的爆炸序列的发展	59
第4章	引信发火机构	61
4.1	引言	61
4.1.1	引信对目标的觉察	61
4.1.2	发火机构的分类	62
4.1.3	影响发火机构结构的因素	62

4.2	机械瞬发机构	62
4.2.1	机械瞬发机构的主要技术指标	63
4.2.2	无中间保险的机械瞬发机构	63
4.2.3	弹性中间保险的机械瞬发机构	65
4.2.4	刚性中间保险的机械瞬发机构	67
4.2.5	离心式弹道保险的机械瞬发机构	68
4.2.6	无击针型机械瞬发机构	70
4.3	机械惯性发火机构	72
4.3.1	惯性引信的惯性发火机构	72
4.3.2	延期引信的惯性发火机构	73
4.3.3	自动调整延期惯性发火机构	75
4.4	可装定作用时间的引信发火机构	76
4.4.1	单击针发火机构	77
4.4.2	双击针发火机构	79
4.5	可预先装定的非电发火机构	81
4.5.1	药盘时间引信发火机构	81
4.5.2	钟表时间引信发火机构	82
4.5.3	水压定深引信发火机构	85
4.6	机电发火机构	85
4.6.1	自发电式电发火机构	86
4.6.2	闭合开关式电发火机构	91
4.6.3	电子开关式电发火机构	94
4.7	改善引信发火机构性能的常用方法	95
4.7.1	提高引信灵敏度	95
4.7.2	降低引信灵敏度	99
4.7.3	提高引信瞬发度	99
4.7.4	降低引信瞬发度	99
<b>第5章</b>	<b>引信隔爆机构</b>	<b>100</b>
5.1	引言	100
5.2	滑块式隔爆机构	101
5.3	水平转子式隔爆机构	102
5.4	垂直转子式隔爆机构	104
5.5	球转子式隔爆机构	107
5.6	空间隔爆机构	110

## 4 引信机构学 ■

5.7	火帽隔爆机构 .....	112
5.8	可恢复隔爆机构 .....	113
<b>第6章</b>	<b>引信保险机构</b> .....	<b>116</b>
6.1	引言 .....	116
6.2	后坐保险机构 .....	116
6.2.1	构成与作用原理简介 .....	116
6.2.2	直线运动式后坐保险机构 .....	117
6.2.3	惯性制动式保险机构 .....	117
6.2.4	后坐保险机构的特点 .....	121
6.2.5	后坐保险机构的发展 .....	122
6.3	离心保险机构 .....	123
6.3.1	离心子保险机构 .....	123
6.3.2	离心板保险机构 .....	124
6.3.3	离心爪保险机构 .....	125
6.3.4	软带保险机构 .....	126
6.3.5	离心保险机构的特点 .....	126
6.4	后坐-离心保险机构 .....	127
6.4.1	利用惯性筒的综合保险机构 .....	127
6.4.2	倾斜配置离心子的保险机构 .....	127
6.5	火药保险机构 .....	128
6.6	空气动力保险机构 .....	130
6.6.1	风翼式空气动力保险机构 .....	130
6.6.2	涡轮式空气动力保险机构 .....	131
6.6.3	空气动力保险机构的发展 .....	132
6.7	钟表保险机构 .....	133
6.7.1	无返回力矩钟表机构控制的保险机构 .....	133
6.7.2	带飞轮的钟表机构控制的保险机构 .....	135
6.7.3	有返回力矩钟表机构控制的保险机构 .....	135
6.8	准流体保险机构 .....	135
6.8.1	旋转式准流体保险机构 .....	136
6.8.2	非旋转式准流体保险机构 .....	136
6.9	热力保险机构 .....	137
6.9.1	利用气流摩擦热能的热力保险机构 .....	137
6.9.2	利用燃烧室热能的热力保险机构 .....	137

6.10	燃气动力保险机构	137
6.11	化学保险机构	138
6.12	磁流变保险机构	139
6.12.1	磁流变智能材料及其特性	139
6.12.2	磁流变技术在引信延期解除保险机构中的应用	140
6.13	MEMS 保险机构	142
6.13.1	电磁解保式 MEMS 引信保险机构	142
6.13.2	美军理想单兵战斗武器用引信安全保险机构	144
6.14	其他保险机构	147
6.14.1	引信指令保险机构	147
6.14.2	电保险机构	148
<b>第 7 章</b>	<b>引信延期机构</b>	<b>149</b>
7.1	引言	149
7.2	火药延期机构	149
7.2.1	延期管	150
7.2.2	延期组合件	150
7.2.3	延期雷管	151
7.3	小孔气动延期机构	152
7.4	火药自调延期机构	153
7.4.1	火药式自调延期机构	153
7.4.2	机械式自调延期机构	153
7.5	延期机构的发展	156
<b>第 8 章</b>	<b>引信自毁机构</b>	<b>157</b>
8.1	引言	157
8.1.1	确定自毁时间的基本原则	157
8.1.2	自毁机构的类型	157
8.2	火药定时自毁机构	158
8.2.1	结构与工作原理	158
8.2.2	典型引信火药式自毁机构	159
8.3	离心自毁机构	161
8.3.1	结构与工作原理	161
8.3.2	典型引信离心式自毁机构	163
8.4	钟表定时自毁机构	164

## 6 引信机构学 ■

8.4.1	结构与工作原理	164
8.4.2	典型引信钟表定时自毁机构	166
8.5	电子定时自毁机构	167
8.5.1	结构与工作原理	167
8.5.2	典型引信电子定时自毁机构	168
<b>第9章</b>	<b>引信辅助机构</b>	<b>171</b>
9.1	引言	171
9.2	引信装定机构	171
9.2.1	时间引信的装定机构	172
9.2.2	多选择引信的装定机构	176
9.2.3	装定机构的发展	180
9.3	引信防雨机构	181
9.3.1	防雨栅式防雨机构	181
9.3.2	防雨筒式防雨机构	182
9.4	引信闭锁机构	182
9.5	引信自失能与自失效	184
<b>第10章</b>	<b>引信电源</b>	<b>185</b>
10.1	引言	185
10.2	引信电源的分类及技术要求	185
10.2.1	分类	185
10.2.2	引信电源的战术技术要求	185
10.3	化学电源	186
10.3.1	液态储备式电池	186
10.3.2	固态储备式电池——热电池	189
10.3.3	储能电容	191
10.4	物理电源	192
10.4.1	物理电源的特点	192
10.4.2	连续发电式磁电源	192
10.4.3	单次储存式磁电源	197
<b>第11章</b>	<b>电子发火控制装置</b>	<b>200</b>
11.1	引言	200
11.2	电子发火控制装置的构成	200

11.2.1	电子元件	201
11.2.2	电开关装置	201
11.3	模拟定时电路	201
11.3.1	基本 RC 电路	202
11.3.2	电平检测电路	203
11.3.3	模拟定时误差因素	204
11.4	数字定时电路	205
11.4.1	时基电路	205
11.4.2	时基精度	206
11.4.3	计数器	207
11.5	定距电路	208
11.5.1	弹丸飞行距离与转数的关系	208
11.5.2	计转数原理	208
11.5.3	计转数的实现方法	209
11.5.4	影响定距精度的因素	209
11.6	执行电路	210
11.6.1	基本电路结构	210
11.6.2	开关器件的选择	211
11.6.3	电路元件参数选择	211
11.7	碰炸电路与自毁电路	212
11.7.1	碰炸电路	212
11.7.2	自毁电路	214
11.8	微处理器的应用	214
11.8.1	单片机	214
11.8.2	可编程逻辑器件	215
11.8.3	数字信号处理器	217
11.8.4	微控制器的比较与选择	217
11.9	可靠性与微功耗设计	217
11.9.1	可靠性设计	217
11.9.2	微功耗设计	218
<b>第 12 章</b>	<b>典型引信的构造与作用</b>	<b>219</b>
12.1	引言	219
12.2	小口径弹头机械触发引信	219
12.2.1	Б-37 引信构成	219

12.2.2	Б-37 引信作用过程 .....	221
12.3	苏联中大口径榴弹机械触发引信 .....	222
12.3.1	Б-429 引信构成 .....	222
12.3.2	Б-429 引信作用过程 .....	224
12.4	美国中大口径榴弹机械触发引信 .....	226
12.4.1	引信构成 .....	226
12.4.2	M739 及 M739A1 引信作用过程 .....	227
12.5	迫击炮弹机械触发引信 .....	228
12.5.1	M-6 (迫-1 甲) 引信构成 .....	228
12.5.2	M-6 (迫-1 甲) 引信作用过程 .....	229
12.6	机械时间引信 .....	231
12.6.1	M577 机械时间引信构成 .....	232
12.6.2	M577 机械时间引信作用过程 .....	233
12.7	电子时间引信 .....	233
12.7.1	M762 电子时间引信构成 .....	233
12.7.2	M762 电子时间引信作用过程 .....	234
12.8	近炸引信 .....	235
12.8.1	M732A1 近炸引信构成 .....	235
12.8.2	M732A1 近炸引信作用过程 .....	236
12.9	反坦克破甲弹引信 .....	236
12.9.1	电-2 引信构成 .....	237
12.9.2	电-2 引信作用过程 .....	238
12.10	硬目标侵彻引信 .....	239
12.10.1	固定延时引信 .....	239
12.10.2	可调延时引信 .....	240
12.10.3	硬目标灵巧引信 (HTSF) .....	241
12.10.4	多效应硬目标引信 .....	242
参考文献 .....		246
索引 .....		248

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 引信在武器系统中的地位和作用

从 20 世纪八九十年代开始，世界军事领域兴起了一场新军事变革，这场军事变革依赖于经济和意识形态的转变。当前，社会经济由工业经济形态向知识经济形态转变，产生了由机械化时代向信息化时代发展的突变。在军事领域方面表现的是军事装备由机械化向信息化时代转变的新军事变革。这种变革迫使我军从完成半机械化装备及系统的改造到全面提升我军装备的机械化程度，加快我军信息化的建设，从而实现我军装备从“半机械化”到“信息化”的跨越式发展。作为武器系统中弹药毁伤的关键子系统——引信，已经不再是一个独立的单元，它不仅需要获取目标信息、环境信息，还需要与武器系统平台、网络中心平台构成信息交联，完成对目标攻击的最佳时机选择和起爆控制以及相关信息的输出等。

武器系统的作用是对规定的目标造成最大程度的毁伤或破坏。现代战争采用的武器系统正随着新军事变革由机械化朝着信息化、智能化、一体化的方向发展，并能适应网络中心战的要求。如美国研制的 XM982 式“神箭”155 mm 精确制导炮弹，如图 1-1 所示。

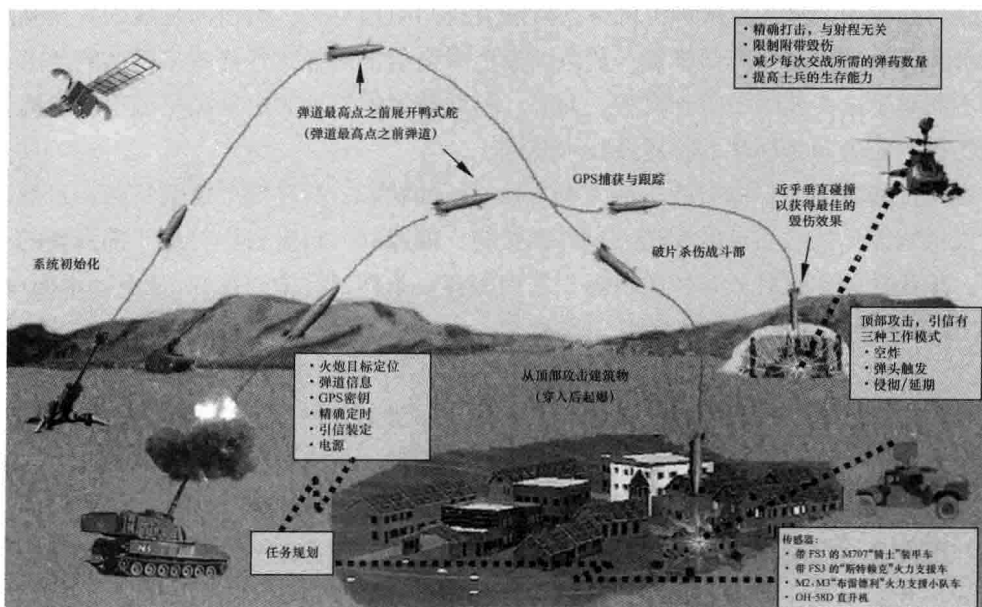


图 1-1 XM982 式“神箭”155 mm 精确制导炮弹



## 2 引信机构学 ■

该武器系统由卫星或武装直升机先期锁定要攻击的目标，通过无线方式把目标的信息传递给网络中心指挥部，指挥部把信息初始化并传递给火炮武器系统进行发射，在弹道上完成弹道修正和信息装定。从发现目标到毁伤目标这一环路主要由网络中心的计算机适时控制武器系统中弹药的准备和由引信控制弹药的起爆。

为提高引信炸点的精度，武器系统采用各种不同的弹道修正方法。瑞士双 35 火炮及 AHEAD 弹药，如图 1-2 所示，由雷达完成对目标的探测和跟踪，目标信息下传给火控系统发射弹丸，炮载计算机完成炮口初速测量、炸点时间计算和对引信起爆时间的快速装定，引信通过精确计时实现对目标的毁伤。

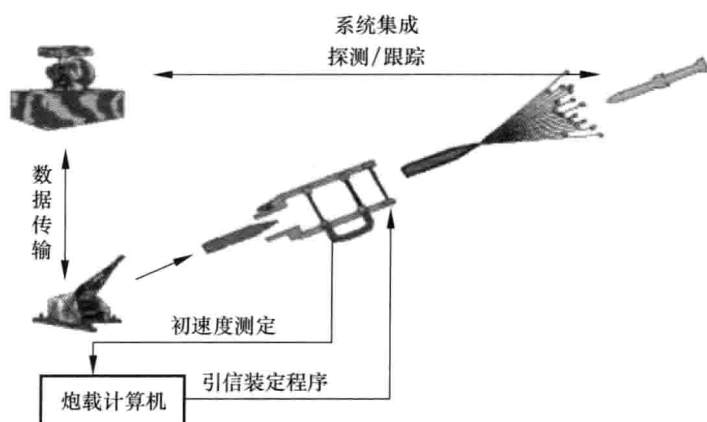


图 1-2 瑞士双 35 火炮及 AHEAD 弹药

武器系统中的战斗部或弹丸的毁伤效能直接与引信有关。引信的发展则直接受战争的需求和科学技术的发展而推动。战争的发展对引信提出各式各样越来越高的要求，引信在不断满足这些要求中得到发展。此外，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及技术基础。

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，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、核裂变的以及它们的组合等。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不同而异。为满足这一要求，研究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