



现代引信技术丛书

Modern Fuze Assembly Engineering

现代引信装配工程

娄文忠 张辉 熊永家 ◎ 著

- 立足安全生产与智能制造
- 探索基础与工程学科交叉
- 创新性驱动引信装配工程
- 首部兵器装配自动化图书



国防工业出版社

National Defense Industry Press

现代引信装配工程

娄文忠 张 辉 熊永家 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书以典型现代引信结构及装配要求为主线,介绍了引信基本装配方法、典型装配设备、装配的安全技术要求以及引信装配工厂设计的相关要求。全书共分8章,介绍的内容主要包括引信装配基本要求、手工装配及其布局方式、引信装配自动化的选择及分析、典型引信的自动化装配、引信的装配装药、引信中电子组件的装配、引信部件的微装配、引信装配的技术安全以及引信装配工厂设计的相关要求和知识。

本书可作为高等学校武器系统、引信与弹药、光电系统、导航与控制系统、火工品等兵工类专业的参考用书或教材,也可供从事武器系统、引信与弹药、光电系统、导航与控制系统工艺设计和工厂设计的技术人员和管理人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代引信装配工程/娄文忠,张辉,熊永家著. —北京:国防工业出版社,2016.3

(现代引信技术丛书)

ISBN 978-7-118-10458-5

I. ①现… II. ①娄… ②张… ③熊… III. ①引信—装配(机械) IV. ①TJ430.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第019877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 19 $\frac{3}{4}$ 字数 401千字

2016年3月第1版第1次印刷 印数 1—2000册 定价 109.00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。

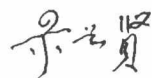
近 30 年来，随着人类社会进入以信息科技为主要特征的知识经济时代，作战方式发生了深刻的变化，目标环境也日趋复杂。为适应现代及未来作战需求，高新技术武器装备得到快速发展，弹药战斗部新原理、新技术层出不穷，促使现代引信技术在进一步提高使用安全性和作用可靠性的同时，朝着多功能、多选择，以及引爆—制导一体化、微小型化、灵巧化、智能化和网络化的方向快速发展。

“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 and 研究人员集体撰写的。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。



2016 年 1 月

引信装配是根据尺寸协调原则,在一定装配环境条件下,利用一定方式和方法,将引信零件或组件按照设计和技术要求进行组合,连接形成更高一级装配件或整机的过程。引信技术是国防工业关键基础技术,引信是武器系统有效发挥毁伤威力的核心,是提升武器系统效能的倍增器,涉及机械、电子、磁学、光学、声学、计算机、化学与力学等多学科。引信除要求确保生产、勤务处理和发射时高安全性外,还需在高过载、高旋转、高弹目交会等严酷弹道环境下,复杂自然环境以及电磁、光电对抗环境下,高可靠地完成目标探测与精确识别、终点效应控制等任务。引信作为弹药的“大脑”,不同于一般的机电产品,它包含机械、电子、光学系统、电源、火工品等复杂精密部件,其装配是一个复杂的生产过程,且具有一定的危险性,装配方式涵盖了手工装配、半自动装配和自动化装配。引信工程化过程中,不但考虑高质量、高效率和可检测性,而且考虑装配生产的安全性。随着作战需求及科学技术的发展,不断地推动引信信息化、灵巧化和微小型化发展,引信产品从简单的“安全与起爆控制装置”向“信息控制系统”发展,从而推动着引信装配工程技术向更高水平演进。引信装配工程技术是引信工程化的纽带,历来受到兵工企业和政府的高度重视,直接体现了一个国家的国防实力。

引信技术按生产装配特征划分历经四个发展阶段:第一阶段是黑火药火器时代的引信,以手工作坊生产为主,引信以定时功能满足对弹体装药的引燃功能;第二阶段始于工业革命时代,主要以机械引信、机电引信和时间引信为代表,进入大批量生产方式,装配方式主要是以手工装配为主、半自动化装配为辅;第三阶段始于第二次世界大战后期,以无线电、激光近炸引信为主,沿袭以手工装配为主、半自动化装配为辅的装配方式,检测手段大幅提升;第四阶段起源于21世纪信息工业革命时代,“工业4.0”所构建的智能制造、柔性生产、高性能的无人装配已在个别发达国家应用。

由于引信装配制造的行业特殊性,与其他行业快速发展的装配制造技术相比,国内引信装配工程技术发展较为缓慢,引信装配制造的研究主要集中在引信生产企业和专业工程设计院,引信工程化由引信生产企业和专业工程设计院共同完成,其主要依据是苏联的模式及本身积累的经验,国内缺乏相关的可供

参考的书籍。

为此，我们组织相关高校、专业引信生产企业、专业工程设计院的相关教师和工程技术人员，根据其引信设计、生产，工艺设备设计及引信工厂设计相关工程知识和经验，对引信装配工程中的基本装配方法、典型装配设备、装配的安全技术要求以及引信装配工厂设计的相关要求进行系统的梳理和总结，形成本书。

中国兵器装备集团公司首席科技专家、重庆长安工业（集团）有限责任公司秦光泉研究员和中国兵器工业集团第 641 厂徐立文副总工程师为本书提出了许多宝贵的意见，在此表示诚挚的谢意。在编写过程中，著者参阅了国内现有相关书籍以及著者曾参与的部分工程案例。著者分工：北京理工大学娄文忠教授负责第 1 章、第 5 章和第 6 章；北京理工大学张辉副教授负责第 2 章、第 3 章；中国五洲工程设计集团有限公司熊永家研究员负责第 4 章、第 7 章和第 8 章。本书在北京理工大学机电学院智能微系统研究室的各位老师和同学的多年努力和支持下完成，在本书的撰写过程中，熊永家研究员牵头，博士生王辅辅、赵越、刘鹏、王大奎、付悦和王瑛等，给了我们有力的支持和帮助，特别是熊永家研究员以严谨、认真、细致的工作作风，克服了很多困难，在文献资料的搜集和文稿整理、校对等方面做了很多工作，在此一并致谢。限于篇幅及著者水平和经验，本书内容仍有局限和欠妥，竭诚希望同行前辈和使用本书的读者提出宝贵意见，以便著者改进和提高。

著者

2016 年 2 月

第1章 引信装配概述	1
1.1 引信概述	1
1.1.1 引信在武器系统中的地位与作用	1
1.1.2 引信的功能与基本组成	3
1.1.3 引信装配的基本要求	7
1.1.4 引信分类与命名	9
1.2 装配概述与典型引信构造	11
1.2.1 装配概述	11
1.2.2 引信装配的结构工艺性要求	12
1.2.3 典型引信构造	13
1.2.4 装配方法	22
1.3 现代引信及其自动化装配	27
1.3.1 现代引信的发展趋势	27
1.3.2 国外引信自动化装配系统现状	29
1.4 工业4.0与引信装配	30
1.4.1 工业4.0提出的背景	30
1.4.2 工业4.0战略	31
1.4.3 智能工厂与智能生产	34
1.4.4 智能工厂的体系架构	35
1.4.5 引信智能化制造之路	37
第2章 手工装配	40
2.1 手工装配概述	40
2.2 装配工艺流程	41
2.2.1 装配工艺流程概述	41
2.2.2 典型引信装配工艺流程	42
2.3 装配生产线布局	45

2.3.1	装配生产线布置概述	45
2.3.2	装配生产线布置的原则	46
2.3.3	装配生产线布置方式的选择	46
2.3.4	典型引信装配生产线布局	47
2.4	装配动作分析	51
2.4.1	制造方法分析	51
2.4.2	装配动作的经济原则	54
2.5	标准生产工艺	57
2.5.1	工艺标准	58
2.5.2	设备操作程序	58
2.5.3	标准维修程序	58
2.6	作业岗位和作业空间分析	59
2.6.1	作业岗位分析	59
2.6.2	作业空间分析	63
2.7	作业环境分析	69
2.7.1	环境照明	69
2.7.2	环境噪声	70
2.7.3	色彩环境	71
2.7.4	空气环境	72
2.7.5	振动环境	72
2.7.6	微气候环境	73

第3章 装配自动化基础

3.1	装配自动化概述	75
3.1.1	装配及自动装配的概念	75
3.1.2	自动装配的实现途径	76
3.1.3	自动装配的组织形式	77
3.2	装配自动化条件分析	79
3.2.1	装配任务分析	79
3.2.2	产品结构分析	85
3.2.3	装配流程分析	85
3.3	装配作业自动化	92
3.3.1	装配工序自动化	92
3.3.2	加工和装配的复合	93
3.3.3	装配过程中的自动检测	94

3.4	装配机及装配设备	99
3.4.1	装配机的结构形式	99
3.4.2	装配机结构形式的选择	115
3.4.3	装配设备	116
3.5	火工品自动装配生产线典型结构	125
3.5.1	雷管自动装配生产线	125
3.5.2	导爆管自动装配生产线	150
3.5.3	传爆管自动装配生产线	155
第4章 引信装药装配		158
4.1	概述	158
4.1.1	火帽	159
4.1.2	雷管	161
4.1.3	延期元件和延期药	165
4.2	火药元件压制	167
4.2.1	火药元件概述	167
4.2.2	延期药压制	168
4.2.3	引燃药压制	169
4.2.4	扩焰药压制	169
4.2.5	影响压药质量的因素	170
4.3	传爆药元件压制	171
4.3.1	传爆药元件概述	171
4.3.2	导爆药柱压制	172
4.3.3	传爆药柱压制	173
4.3.4	典型药柱压制生产线	174
4.4	系统装配	175
4.4.1	系统装配概述	175
4.4.2	系统装配中可能出现的问题	175
4.4.3	系统总装配	176
第5章 引信电子组件装配		177
5.1	电子组件装配概述	177
5.2	典型封装体系结构	178
5.3	基本部件	180

5.3.1	芯片组件	180
5.3.2	电容器组件	184
5.3.3	微波和射频组件	184
5.3.4	应用说明	186
5.4	芯片载体部件	186
5.4.1	塑料芯片载体制造	186
5.4.2	陶瓷芯片载体设计与制造	188
5.4.3	针栅阵列封装	189
5.5	混合微电子部件	190
5.5.1	混合电路设计	190
5.5.2	混合电路工艺	193
5.5.3	混合封装	202
5.6	印制电路板部件	205
5.6.1	印制电路板组件概述	205
5.6.2	有机印制电路板组件	205
5.6.3	陶瓷印制电路板组件	221
5.6.4	连接器安装	222
5.7	系统集成	223

第6章 引信微装配技术 224

6.1	微装配概述	224
6.1.1	微装配的特点及功能	225
6.1.2	微装配的关键技术	226
6.1.3	微装配系统的理论基础及发展趋势	229
6.2	引信微装配的必要性	232
6.3	引信微装配的部件分类及其关键技术	235
6.3.1	引信发火控制电路板微装配及其关键技术	235
6.3.2	引信 MEMS 安全系统微装配及其关键技术	237
6.3.3	引信微传爆序列微装配及其关键技术	240
6.3.4	引信能源装置微装配及其关键技术	243
6.4	引信微装配研究现状及发展趋势	247
6.4.1	国外引信微装配技术	247
6.4.2	国内引信微装配技术	248
6.4.3	引信微装配发展趋势	250

第7章 引信装配的技术安全 251

7.1 装配区的选址 251

7.1.1 选址的意义 251

7.1.2 选址的要求 252

7.2 装配区的平面布置 252

7.2.1 外部平面布置 252

7.2.2 内部平面布置 253

7.3 建筑物的火灾爆炸危险性和内外部距离 253

7.3.1 建筑物的火灾危险性分类 253

7.3.2 建筑物危险等级 255

7.3.3 防火间距及安全距离 268

7.4 建筑结构防火、防爆 273

7.4.1 建筑物防火、防爆要求 273

7.4.2 建筑物防火、防爆措施 275

7.5 防火和消防 279

7.5.1 一般防火知识 279

7.5.2 消防基础 280

7.5.3 常用的消防设备 280

7.6 通风和采暖 281

7.6.1 通风 281

7.6.2 采暖 282

7.7 电气安全 283

7.7.1 供电 283

7.7.2 电气设备 284

7.7.3 电热设备、调压器和仪表 284

7.7.4 通信 284

7.8 防静电 284

7.8.1 静电的产生 284

7.8.2 防静电 285

7.9 防雷电 286

7.9.1 防直击雷的措施 286

7.9.2 防止雷电感应的措施 287

7.9.3 防止雷电波侵入的措施 288

7.10 运输安全 288

第8章 引信装配工厂设计 289

8.1 工艺初步设计 289

8.1.1 概述 289

8.1.2 工厂（车间）任务和生产纲领 290

8.1.3 协作关系 290

8.1.4 工厂（车间）工作制度和年时基数 291

8.1.5 工艺过程 292

8.1.6 设备选择及数量计算 293

8.1.7 工厂（车间）人员编制 294

8.1.8 工厂（车间）组成及面积 295

8.1.9 主要原材料消耗 296

8.1.10 能源消耗 296

8.1.11 节能、职业安全、工业卫生 and 环境保护 296

8.1.12 主要技术指标 298

8.2 工艺施工图设计 299

8.2.1 工艺施工图设计准备 299

8.2.2 设计步骤 299

参考文献 301

第 1 章 引信装配概述

1.1 引 信 概 述

1.1.1 引信在武器系统中的地位与作用

武器系统的作用是对预定目标造成最大程度的损伤和破坏。从 20 世纪 80 年代开始,随着世界经济和意识形态的转变,社会经济由工业经济形态逐步向知识经济形态转变,世界军事领域也开始兴起了一场新军事变革。这种变革使现代战争采用的武器系统正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。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,完成对目标毁伤的最佳时机选择、起爆控制以及相关信息的输出等。

现代各种武器系统的弹种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毁伤等预定任务。但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,同时在运输、存储、发射过程中都不允许爆炸。因此,武器系统中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需求中得到发展。另外,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和技术基础。

在现代战争中,目标与战斗部处于直接对抗状态,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,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的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罝充分发挥作用。这个位置随战斗部的类型和威力的不同而不同。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段是杀伤战斗部。对付分散开的、利用地物掩护的敌人,炮弹落在地面才爆炸,杀伤效果就不够好,炮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。如果能使炮弹距离地面一定高度爆炸,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作用,但不立即引爆弹丸,等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期作用。跳弹射击受地形和射程的限制,而且经常在弹头朝天跳起时爆炸,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,使炮弹在目标区上空爆炸,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,有的炮弹会落在地面上还没有炸,有的则炸点过高。为了使落在地面上的炮弹能够着地就炸,就出现了时间触发双用引信。

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和研制中。19世纪末,飞机的出现更加激励人们去研究计时更准的引信。20世纪初就研制出钟表时间引信,它不仅广泛用于对空拦截射击,也用于对地空炸射击,杀伤效果比火药时间引信好。但是引信是按预定的装定时间进行对空射击的,炮弹离飞机最近时,钟表机构很可能还没有走完预先装定的时间,而当引信起爆弹丸时,飞机早已飞远。人们很希望引信能够在没有碰击目标的情况下自动觉察到目标的存在,而且在相对目标最有利的位罝引爆弹丸。第二次世界大战后期才研制出这种“非触发引信”。当时,无线电电子学、电子器件和雷达技术的发展,为引信中安装由超小型电子管等电子元件构成的微型米波雷达接收机提供了技术可能性,于是出现了无线电近炸引信。尽管这种引信已完全不是时间引信,但最初人们仍把它叫作可变时间(Variable Time, VT)引信。无线电近炸引信与原子弹、雷达称为第二次世界大战期间

三大军事发明。喷气式飞机发动机喷管喷出的高温气流为引信提供一个新的觉察目标的途径，于是在对空导弹上配用了红外线近炸引信。触发引信、时间引信与利用各种物理场作用的近炸引信，是现代引信的三种基本类型。如果一个引信同时具备这三种引信的功能，自然会使战斗部的作用更为完善，威力也得到最大程度的发挥，20世纪60年代就有人提出这种“多用途引信”的概念。70年代固体组件与微电子学和计算机技术的发展，使得这种想法得到实现。80年代微机电系统（MEMS）的出现并不断地成熟，使单兵武器配用的弹药能够具有空炸的能力，引信能够在直径为20mm的有限空间内实现定时或定距空炸。

由此可见，引信是随目标、战斗部以及作战方式和科学技术发展而不断发展进步的。为了使战斗部发挥最大效力，人们把科学技术中的最新成果应用于引信设计中，使引信的功能不断完善。人们对引信认识的不断深化以及有关引信概念的不断发 展，都是为了实现使战斗部在相对目标最有利的位 置或时间起作用这个目的。

1.1.2 引信的功能与基本组成

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，如炮弹、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。由于战斗部是毁伤目标的直接单元，作战中只有当战斗部相对目标最有利位置或时机起作用时，才能最大限度地发挥其威力，它要靠引信按预定功能正常作用。然而，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。引信必须首先确保我方人员的安全。将“安全”与“可靠引爆战斗部”二者结合起来，就构成了现代引信的基本功能。

一般来说，要求现代引信具有四个功能：①在引信生产、装配、运输、存储、装填、发射以及发射后的弹道起始阶段上，不能提前作用，以确保我方人员的安全；②感受发射、飞行等使用环境信息，控制引信由保险状态转变为可作用的待发状态；③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；④向战斗部输出足够的起爆能量，完全地引爆战斗部。

前两个功能主要由引信的安全系统来完成，具体在引信中涉及隔爆机构、保险机构、电源控制系统、发火控制系统等；第三个功能由引信的目标探测与发火控制系统来完成，还涉及装定机构、自毁机构等；第四个功能由爆炸序列来完成。