

引信设计原理

陈庆生 主编

国防工业出版社

引信设计原理

陈庆生 主编

国防工业出版社

内 容 提 要

本书前三章为引信设计基本理论,其中包括引信设计总论、设计程序和引信受力分析。第四章至第八章为引信机构设计。第九章至第十三章为引信可靠性设计、抗力零件设计、压电引信设计、优化设计和引信试验。

本书在阐述基本的设计理论与方法的同时,着重反映引信设计的新进展、新成果。书中附有设计用图表和计算机程序集。

本书是为高等学校编写的教材,也可供有关专业的工程技术人员参考。

引信设计原理

陈庆生 主编

*

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

*

787×1092¹/₁₆ 印张17³/₄ 407千字

1986年6月第一版 1986年6月第一次印刷 印数:0,001—1,200册

统一书号:15034·3095 定价:2.90元

前 言

编写一本反映现代科学技术水平的引信设计原理献给引信技术界和未来的引信设计师、工程师，是我们多年来的愿望。现在，这一夙愿终于实现了。

近十年来引信设计理论有了很大发展。计算机辅助设计与数学规划在引信设计中的应用，导致引信设计方法的革新。应用冲击与振动理论，成功地解决了引信零件的强度设计、保险机构的安全性分析、火工元件安定性校核以及膛炸分析中的某些技术问题。以可靠性理论为基础的引信故障与危害分析，能预见引信故障概率，为设计方案的优选和改进提供科学的依据。着重反映我国和世界引信设计理论的新进展、新成果是本书的基本宗旨。根据国务院的规定，本书一律采用我国法定计量单位制。本书是为高等学校编写的教材，同时也可供有关专业工程技术人员参考。本书附有设计用图表和计算机程序集，这将有助于学生从事毕业设计和工程技术人员选用。

本书由陈庆生主编。参加本书编写的有：第一章 陈庆生，第二章 陈庆生、潘庆生，第三章 陈庆生，第四章 肖金光、潘庆生，第五章 陈庆生，第六章 潘庆生、陈庆生，第七章 孙永久，第八章 庄英，第九章 胡玉祥，第十章 赖百坛，第十一章 林桂卿，第十二章 李定铄、赖百坛，第十三章 林桂卿。各章初稿完成以后，全书由主编统一修改、补充、定稿。马宝华副教授在主审全稿中详细地审阅了手稿，提出了许多宝贵的意见和建议。在为本书修改定稿而紧张工作的日日夜夜，潘庆生、庄英、陈荷娟等同志协助主编校阅图稿，研究生张合、马维良、牟小云、刘勇、刘卫东、黄钉劲等同志参加了校对工作，高桂珍同志协助整理图稿。在本书编写过程中，北京工业学院、太原机械学院、沈阳工业学院、有关研究所和工厂等兄弟单位的领导和同志们给了我们许多帮助。正是由于他们的热情支持和合作使本书得以顺利出版。我愿借此机会向一切给予我们支持、关心和帮助的同志们表示深切的谢意！

由于我们水平所限，加之教学、科研任务繁重，书中缺点、错误在所难免。我们恳切地希望读者和各方面的专家、同志们指正。

陈庆生

1985年6月6日夜，于北京

目 录

| | | | |
|----------------------------------|----|------------------------------------|----|
| 第一章 引信设计总论 | 1 | 3-2.2 运输 | 16 |
| 1-1 引信的定义、用途与功能 | 1 | 3-2.3 空投 | 17 |
| 1-2 引信的作用 | 1 | 3-3 装填过程受力分析 | 18 |
| 1-3 引信的分类 | 2 | 3-4 引信受力分析的一般动力学 方程 | 18 |
| 1-4 对引信的要求 | 2 | 3-5 膛内过程受力分析 | 19 |
| 1-4.1 安全性 | 3 | 3-5.1 后坐力 F_s | 19 |
| 1-4.2 可靠性 | 3 | 3-5.2 离心力 F_c | 21 |
| 1-4.3 使用性能 | 3 | 3-5.3 切线惯性力 F_t | 21 |
| 1-4.4 经济性 | 3 | 3-5.4 哥氏力 F_g | 21 |
| 1-4.5 环境特性 | 3 | 3-5.5 发射过程引信——弹体系统 的振动 | 22 |
| 1-4.6 通用化、标准化、系列化 | 4 | 3-5.6 膛内压力波 | 22 |
| 1-5 引信安全设计指导 | 4 | 3-6 后效期受力分析 | 22 |
| 1-5.1 安全设计一般准则 | 4 | 3-6.1 后坐力 | 22 |
| 1-5.2 航空炸弹、子母弹引信设计安全 准则 | 5 | 3-6.2 章动力 | 24 |
| 参考文献 | 5 | 3-7 飞行过程受力分析 | 26 |
| 第二章 引信设计程序 | 6 | 3-7.1 爬行力 F_p | 26 |
| 2-1 引信设计任务和要求的 提出 | 6 | 3-7.2 迎面空气压力 | 26 |
| 2-2 引信设计一般程序 | 6 | 3-7.3 引信碰雨受力分析 | 27 |
| 2-2.1 方案设计 | 6 | 3-7.4 离心力 | 29 |
| 2-2.2 技术设计 | 7 | 3-8 碰目标过程受力分析 | 30 |
| 2-2.3 样品试验 | 8 | 3-8.1 侵彻土、木、砂、石介质 时的阻力 | 30 |
| 2-2.4 设计定型 | 9 | 3-8.2 侵彻土、木、砂、石介质 时的行程和时间 | 32 |
| 2-3 引信设计举例 | 9 | 3-8.3 侵彻混凝土结构时的阻力 | 35 |
| 2-3.1 战术技术要求 | 9 | 3-8.4 侵彻钢甲 | 35 |
| 2-3.2 方案设计 | 10 | 3-8.5 侵彻水时的阻力 | 38 |
| 2-3.3 技术设计 | 11 | 3-9 火箭弹主动段受力分析 | 38 |
| 2-3.4 样品试验 | 12 | 3-9.1 后坐力 | 38 |
| 2-3.5 设计定型 | 13 | 3-9.2 离心力 | 40 |
| 参考文献 | 13 | 3-9.3 切线惯性力 | 41 |
| 第三章 引信受力分析 | 14 | 3-9.4 空气阻力 | 41 |
| 3-1 概述 | 14 | 参考文献 | 42 |
| 3-2 勤务处理过程受力分析 | 14 | 第四章 发火机构与爆炸系列设计 | 43 |
| 3-2.1 跌落 | 14 | | |

| | | | |
|-------------------------|----|----------------------------|-----|
| 4-1 发火机构 | 43 | 6-6 垂直转子 | 99 |
| 4-1.1 针刺发火机构 | 43 | 6-6.1 扭力簧驱动的垂直转子 | 100 |
| 4-1.2 碰击发火机构 | 49 | 6-6.2 离心力矩驱动的垂直转子 | 101 |
| 4-1.3 摩擦发火机构 | 49 | 6-7 球转子 | 107 |
| 4-1.4 绝热压缩发火机构 | 50 | 6-7.1 概述 | 107 |
| 4-1.5 化学发火机构 | 51 | 6-7.2 球转子运动的数学模型 | 108 |
| 4-2 爆炸系列设计 | 51 | 6-8 空间隔爆机构 | 112 |
| 4-2.1 概述 | 51 | 6-9 反恢复装置 | 113 |
| 4-2.2 起爆元件的选用 | 52 | 参考文献 | 114 |
| 4-2.3 导引传爆药柱 | 53 | 第七章 延时解除保险机构 | 115 |
| 4-2.4 传爆管 | 54 | 7-1 无返回力矩调速器延时 | |
| 第五章 保险机构 | 56 | 解除保险机构 | 115 |
| 5-1 概述 | 56 | 7-1.1 结构与分类 | 115 |
| 5-2 后坐保险机构 | 56 | 7-1.2 运动模式 | 116 |
| 5-2.1 直线运动后坐保险机构 | 56 | 7-1.3 无返回力矩擒纵调速器自激 | |
| 5-2.2 制动式后坐保险机构 | 60 | 振动理论 | 117 |
| 5-2.3 卡板式后坐保险机构 | 64 | 7-1.4 无返回力矩擒纵调速器简化 | |
| 5-2.4 后坐机构的通用电算方法 | 65 | 计算公式 | 124 |
| 5-3 离心保险机构 | 67 | 7-1.5 离心齿弧原动机质心位置 | |
| 5-3.1 螺旋簧保险的平移离心子 | | 的确定 | 126 |
| 保险机构 | 67 | 7-1.6 无返回力矩擒纵调速器作 | |
| 5-3.2 环状簧保险的平移离心子 | | 图法 | 128 |
| 保险机构 | 72 | 7-2 火药延时解除保险机构 | 130 |
| 5-3.3 离心板保险机构 | 74 | 7-3 准流体机构 | 130 |
| 5-3.4 保险带机构 | 76 | 7-4 液体延时解除保险机构 | 133 |
| 5-4 后坐离心综合保险机构 | 82 | 7-4.1 种类与结构 | 133 |
| 5-4.1 倾斜离心子 | 82 | 7-4.2 设计计算 | 134 |
| 5-4.2 啮合槽机构 | 83 | 7-4.3 工作液体 | 136 |
| 5-4.3 其他综合保险机构 | 84 | 7-5 利用易熔合金保险的延时 | |
| 参考文献 | 85 | 解除保险机构 | 136 |
| 第六章 隔爆机构 | 86 | 7-5.1 熔化时间的估算 | 136 |
| 6-1 概述 | 86 | 7-5.2 易熔合金及其性能 | 138 |
| 6-2 隔离火帽机构 | 86 | 7-6 气体阻尼延时解除保险 | |
| 6-3 隔离雷管机构 | 88 | 机构 | 138 |
| 6-4 滑块式隔爆机构 | 88 | 参考文献 | 139 |
| 6-4.1 结构设计 | 89 | 第八章 自炸机构与装定机构 | 140 |
| 6-4.2 离心滑块运动诸元计算 | 90 | 8-1 自炸机构 | 140 |
| 6-4.3 弹簧驱动的滑块 | 94 | 8-1.1 概述 | 140 |
| 6-5 水平转子 | 95 | 8-1.2 火药自炸机构 | 140 |
| 6-5.1 发条簧驱动的水平转子 | 96 | 8-1.3 钟表自炸机构 | 141 |
| 6-5.2 离心力驱动的水平转子 | 97 | 8-1.4 离心自炸机构 | 143 |

| | | | |
|-----------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| 8-2 装定机构 | 150 | 10-6.4 线状弹簧 | 204 |
| 8-2.1 概述 | 150 | 10-7 刚性抗力零件 | 204 |
| 8-2.2 装定机构的结构型式 | 151 | 第十一章 压电引信设计 | 206 |
| 参考文献 | 153 | 11-1 概述 | 206 |
| 第九章 引信可靠性设计概论 | 154 | 11-1.1 分类 | 206 |
| 9-1 概述 | 154 | 11-1.2 压电引信设计中的主要要求 | 206 |
| 9-1.1 可靠性的定义与尺度 | 154 | 11-2 压电材料 | 207 |
| 9-1.2 引信可靠度的定义与尺度 | 157 | 11-2.1 铁电陶瓷的性质 | 207 |
| 9-2 引信可靠性设计 | 158 | 11-2.2 引信用压电陶瓷 | 209 |
| 9-2.1 概述 | 158 | 11-3 压电引信的电路 | 209 |
| 9-2.2 引信系统可靠性模型与可靠度计算 | 159 | 11-3.1 碰击式压电引信电路及其安全性分析 | 210 |
| 9-2.3 系统可靠性预测(上下限法) | 164 | 11-3.2 膛内储电式引信电路及其安全性分析 | 211 |
| 9-2.4 系统可靠度分配 | 167 | 11-3.3 开关装置及其对引信安全性的影响 | 212 |
| 9-3 引信失效的分析方法 | 169 | 11-4 压电发火机构与着发开关 | 213 |
| 参考文献 | 175 | 11-5 降低灵敏度的途径 | 217 |
| 第十章 抗力零件设计 | 176 | 11-6 膛内安全性的校核 | 218 |
| 10-1 抗力零件及其选择 | 176 | 11-7 雷管的选择 | 221 |
| 10-1.1 抗力零件的分类与基本特性 | 176 | 第十二章 引信优化设计 | 222 |
| 10-1.2 抗力零件的原材料 | 177 | 12-1 概述 | 222 |
| 10-1.3 选择抗力零件的一般原则 | 178 | 12-2 一维寻查 | 223 |
| 10-2 圆柱螺旋压缩弹簧的设计 | 178 | 12-2.1 一维寻查的概念 | 223 |
| 10-2.1 主要公式 | 178 | 12-2.2 寻查步长和寻查区间的确定 | 224 |
| 10-2.2 参量的选取 | 181 | 12-2.3 一维寻查的0.618法 | 226 |
| 10-2.3 分析法 | 183 | 12-2.4 其他一维寻查方法 | 227 |
| 10-2.4 表格法 | 186 | 12-3 直接法寻优 | 228 |
| 10-2.5 优化设计 | 190 | 12-4 解析法寻优 | 231 |
| 10-3 锥形簧的设计 | 191 | 12-4.1 梯度法 | 231 |
| 10-3.1 计算公式 | 192 | 12-4.2 牛顿法 | 232 |
| 10-3.2 目标函数 | 193 | 12-4.3 共轭梯度法 | 232 |
| 10-3.3 建立数学规则 | 194 | 12-4.4 变尺度法 | 236 |
| 10-4 鼓形簧的计算 | 195 | 12-5 惩罚函数法 | 239 |
| 10-5 扭簧的设计 | 196 | 12-5.1 外点惩罚函数法 | 239 |
| 10-5.1 计算公式 | 196 | 12-5.2 内点惩罚函数法 | 240 |
| 10-5.2 设计方法 | 198 | 12-6 双行程后坐保险机构的优化设计 | 240 |
| 10-6 片簧与线状簧的设计与计算 | 201 | 参考文献 | 242 |
| 10-6.1 一端固定的矩形片簧 | 201 | 第十三章 引信试验 | 243 |
| 10-6.2 阶梯形片簧 | 203 | 13-1 概述 | 243 |
| 10-6.3 弯片弹簧 | 203 | | |

| | | | |
|-------------------------|-----|--|-----|
| 13-2 实验室试验 | 244 | 13-3.7 航空炸弹引信的射击模 拟试验 | 250 |
| 13-2.1 引信力学环境的模拟 | 244 | 13-4 结语 | 250 |
| 13-2.2 温度环境的模拟 | 246 | 附录 电子计算机程序 | 251 |
| 13-2.3 电磁环境的模拟 | 246 | 1. SU-01 销式无返回力矩擒纵调 速器程序 | 251 |
| 13-2.4 隔爆可靠性试验 | 246 | 2. SU-Q2 开摆力矩要求的离心齿弧 原动机偏心距离的计算 | 258 |
| 13-2.5 起爆完全性试验 | 247 | 3. LI-01 斯列斯金公式程序 | 260 |
| 13-3 靶场试验 | 247 | 4. CG-01 后坐保险机构通用电算 程序 | 266 |
| 13-3.1 灵敏度试验 | 248 | 5. CH-02 保险带程序 | 273 |
| 13-3.2 瞬发度试验 | 248 | | |
| 13-3.3 解除保险可靠性试验 | 248 | | |
| 13-3.4 安全距离试验 | 249 | | |
| 13-3.5 发火性和破甲效应试验 | 249 | | |
| 13-3.6 时间引信的试验 | 249 | | |

第一章 引信设计总论

1-1 引信的定义、用途与功能

引信是一种能感觉目标或其他预定的信息，如时间、气压、指令等、并适时起爆弹丸或战计部的一种装置。引信也能作为点火装置使用，例如用来点燃抛射药，打开战计部，抛出照明炬、燃烧炬、子母弹的子弹等等。引信配用于炮弹、火箭弹、迫击炮弹、航弹、地雷、水雷、枪榴弹、手榴弹、导弹战计部和原子弹等等。由于弹药种类很多，而且大小，重量、用途的差别很大，所以配用于不同弹药的引信在形状、尺寸和复杂程度上也有很大不同。引信可能是一个较简单的装置，例如手榴弹引信，也可能是一个由若干子系统组成的高度复杂的系统，例如弹道导弹的引信系统。引信的起爆作用对弹丸或战计部的精度和终点效能（杀伤、爆破、侵彻、燃烧等等）具有重要的，甚至是决定性的影响，其作用相当于弹药的大脑。许多国家在现代化武器设计中都采用了最先进的技术，而且还在不断发展新技术，对于引信来说，情况更是这样。

引信具有保险、解除保险、感觉目标、起爆（包括点燃，下同）四大功能。

1. 保险 必须保证引信在预定的起爆时间之前不起作用，保证弹药在储存、运输、处理和发射中安全。

2. 解除保险 引信必须在发射后的适当时机解除保险，进入待发状态。通常是利用发射过程和飞行过程中产生的环境力，也可以利用时间装置、无线电信号使引信解除保险。

3. 感觉目标 引信可以通过直接的或间接的方式感觉目标。凡引信直接从目标获得信息而起爆的属于直接感觉。直接感觉有

(1) 接触感觉 引信或弹体与目标直接接触而感觉目标；

(2) 感应感觉 引信或弹体与目标不直接接触，而利用感应目标导致的物理场变化的方法来感觉目标。

引信通过其他装置感觉目标信息，属于间接感觉。间接感觉有

(1) 预先装定 根据测得的从发射（包括投掷、布置）开始到预定起爆的时间或按目标位置的环境信息进行预先装定；

(2) 指令控制 引信根据其他装置感觉的目标信息而发出的指令而作用。

4. 起爆引信必须在产生最佳效果的条件下起爆弹丸装药或战计部。引信可以在接旋目标前、接触目标瞬时或接触目标后起爆，这取决于对引信的战术技术要求。所有引信，不管它们是用来起爆何种弹药都要履行上述四大功能。

1-2 引信的作用

引信的作用，是指从弹药发射、投掷、布置开始直至整个爆炸系列起爆，输出爆轰冲量（或火焰冲量）引爆弹丸或战计部的主装药（或抛射药）的整个过程。引信爆炸系列的第一火工元件（雷管或火帽）是非常敏感的，即使很弱的信号也能反应，所以对引

信还要保证弹药的安全。这一任务由包括保险机构、隔爆机构、各种开关和控制电路的引信安全系统来完成。弹药发射、投掷、布置一旦开始，引信安全系统将由保险状态向待发状态过渡，这称为解除保险过程。图 1-1 为一个典型的解除保险过程中各个阶段的情况。a 点表示发射开始，在 a 点左边，引信处于保险状态，因此在储存、运输、勤务处理过程中是安全的。由 a 点到 b 点，保险机构尚未启动。在 b 点，保险机构启动，引信从弹道环境或内储能源获得能量，解除保险过程开始。所以，b 点称为启动点。在 c 点，所得到的能量已经足够大，保险机构将继续自动完成解除保险过程。到 d 点，雷管对正，但解除保险过程尚未最终完成，例如某些开关尚未闭合。到 e 点时，解除保险过程终了，引信进入待发状态。在 b 点和 c 点之间，如果输入的能量终止，保险机构将自动恢复到保险状态。一旦越过 c 点，解除保险过程将不可逆转，因此，c 点称为转折点。

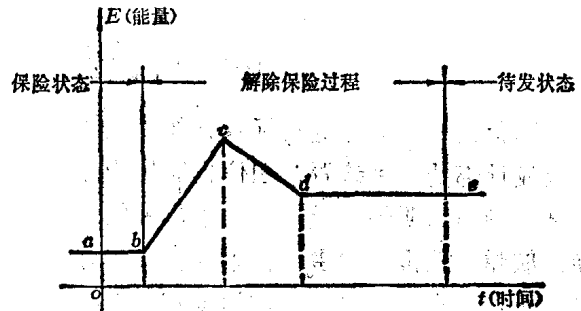


图 1-1 典型的引信解除保险过程

在 b 点和 c 点之间，如果输入的能量终止，保险机构将自动恢复到保险状态。一旦越过 c 点，解除保险过程将不可逆转，因此，c 点称为转折点。

1-3 引信的分类

引信有各种分类方法。它可以按配用的弹种来分，如炮弹引信、火箭弹引信、导弹引信等；按弹药用途来分，如榴弹引信，穿甲弹引信、教练弹引信等；按感觉方式来分，如着发引信、时间引信、近炸引信等；也可按装配部位和口径进行分类。表 1-1 列出了引信的一般分类。关于各类引信的构造与作用，请参阅有关著作^{[1]、[2]}。

表 1-1 引信分类

| | | | |
|---|--|---|---|
| 1. 按感觉方式分： (1) 触发引信： 瞬发引信 惯性引信 延期引信 多装定引信 (2) 时间引信： 钟表时间引信 药盘时间引信 电子时间引信 化学时间引信 射流时间引信 | (3) 近炸引信： 无线电引信 红外引信 光引信 声引信 磁引信 气压引信 (4) 指令引信 (5) 多用途引信 2. 按弹种分： 炮弹引信 迫击炮弹引信 | 火箭弹引信 导弹引信 枪榴弹引信 手榴弹引信 地雷引信 水雷引信 深水炸弹引信 3. 按弹药用途分： 杀伤爆破弹引信 爆破弹引信 破甲弹引信 穿甲弹引信 | 碎甲弹引信 混凝土破坏弹引信 化学弹引信 宣传弹引信 信号弹引信 演习弹引信 教练弹引信 4. 按装配部位分： 弹头引信 弹底引信 弹头—弹底引信 弹身引信 |
|---|--|---|---|

1-4 对引信的要求

引信不仅在储存、运输、勤务处理时要经受严寒酷暑、日晒雨淋、颠簸振动的考验，能在各种条件下发射，而且还必须在接收到适当的激发冲量时能可靠起爆。从工厂装配线到战场使用的整个过程中，引信必须安全。从必须满足如此多的严格要求这一点来说，可以和弹药用引信相比的民用或军用机械装置是很少的。对引信的基本要求有安全性、

可靠性、使用性能、经济性、环境特性、通用化、标准化、系列化。

1-4.1 安全性

安全性是对引信的最重要的要求之一。引信在预定发火的时间或地点之外的任何情况下不发火的性能称为安全性。武器弹药系统不安全，不仅不能消灭敌人，反而造成我方兵器损坏、人员伤亡，这当然是不允许的。先进的设计思想和设计理论指导下的引信设计，对于保证引信的安全性是至关重要的。大量的调查资料表明，由于安全系统失效而造成的数以百万计的引信返修、停用、销毁，其原因几乎都与设计指导思想和设计理论的失误有关。引信的安全性包括：勤务处理安全性、发射（或投掷、布置）时的安全性、炮口安全性。

1-4.2 可靠性

引信必须按预定方式作用的性能称为可靠性。可靠性与安全性是不可分的，因为它是以安全性为前提条件的。从广义上说，安全性这一概念可以包括在可靠性之中。可靠性具体地表现在引信必须可靠地履行它的四大功能——保险、解除保险、感觉目标、起爆。

1-4.3 使用性能

为了提高引信的使用性能，设计者必须熟悉弹药系统由仓库储存到被送到目标的全过程，特别是引信在什么环境条件下使用，怎样使用。战场情况瞬息万变，战斗进展迅速、突然，因此要求射击前的引信操作要简单、可靠、易行，对于快速齐射的弹药尤其如此。例如，凡是具有装定机构的引信，在保证引信性能的基础上应尽量降低装定力矩，装定要确实可靠，装定到位后有反馈信息。时间引信分划刻度要清晰，最小单位刻度对应的作用时间愈长，装定精度愈高。如果引信带有显示装置，例如解除保险指示器、装定位置标记、分划指示数字等，则文字、数字和颜色要易于分辨。在可能的条件下，尽量不使用运输保险销。凡有多个运输保险销的引信，应能一次拔除，在保证安全性的基础上，拉出力要尽量小。

1-4.4 经济性

经济性是对引信的重要要求之一。战时，常规弹药消耗量十分巨大。非常规弹药从数量上说其消耗量比常规弹药要少得多，但其造价十分昂贵。在保证引信战术技术性能的基础上尽量降低引信成本，属于引信的经济性的问题。采用先进的加工工艺，实现加工、检验装配的机械化、自动化，选用廉价、国产、不稀有的原材料，是降低引信成本的有效途径。因此，设计者必须十分重视引信的结构工艺性和原材料的选用。

1-4.5 环境特性

每种引信从装配到使用都要经受各种环境的考验。虽然具体的引信所经历的环境条件不尽相同，但是根据弹药、引信在储存、运输和勤务处理中可能遇到的环境条件，制定环境标准是可行的和必要的。现将常见的环境条件列举如下：

1. 温度 引信的工作温度和储存温度一般规定为 $-40\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。对于空军弹药用引信的温度要求还要严格，将由设计任务书规定。

2. 湿度 引信要能经得住 100% 相对湿度的考验。
3. 雨 即使在暴雨中发射时, 引信仍能正常作用。
4. 霉菌 引信应能抵抗霉菌的生长。
5. 长期储存 引信在密封条件下应能储存 15~20 年, 在此期间其工作性能正常。

1-4.6 通用化、标准化、系列化

引信的弹口螺纹、外形尺寸、螺钉、击针、火帽座、转换栓、滑块、转子、销钉等都可以实现标准化。通用化是指一种引信通用于多种口径、重量、用途的弹药。引信的通用化, 引信零件、部件的标准化不仅使后勤供应大为简化, 减少使用中的差错, 而且使新品种的研制周期缩短, 有利于提高质量和降低成本。所谓系列化是指一种引信在研制、生产、使用的长期发展过程中形成系列。例如美 M48→M51→M557→M572→M739 引信系列, 苏 ПГМ→ПГМ2→ПГМ6→B 429 引信系列。引信系列化体现了引信技术的继承、改进、发展的过程, 它有利于缩短研制周期、降低生产成本、提高引信性能。

1-5 引信安全设计指导〔4〕

1-5.1 安全设计一般准则

1. 多道保险 引信安全系统中至少应有两个独立的保险装置, 其中每一个都能防止引信发生意外解除保险和因引信原因使弹药意外爆炸。这两个保险装置应从不同的具体环境获得启动力(能)。这些保险机构中, 至少有一个应依靠感觉发射周期内的环境而工作, 或应依靠发射周期后的环境而使被隔爆的爆炸系列元件解除保险。

2. 延期解除保险 引信应有一个保险装置提供延期解除保险。延期解除保险时间应满足使用的武器在各种发射(投掷)状态下的安全距离要求。

3. 故障保险特性 引信系统或其部件应具有的一种特性, 即当引信保险装置发生故障时, 引信只能瞎火而不能引起弹药爆炸或作用的性能。

4. 解除保险能源的选用 在设计的引信安全系统中, 用来移开爆炸系列隔爆元件的能源, 不应采用内贮能源。但当无合适的环境力(能)可供利用时除外。

5. 引信安全系统失效率 引信安全系统失效率, 是评定引信安全性的重要指标, 它是通过安全失效的分析方法进行计算的。在预计解除保险程序开始前, 引信安全系统失效率, 一般不应大于百万分之一。至于正常延时解除保险前总的引信安全系统失效率, 取决于具体武器及武器的使用情况, 故不提出统一要求的数值指标。在正常延时解除保险后, 引信发生的安全故障不包括在引信安全系统失效率之内。

6. 爆炸系统的隔爆 在解除保险程序开始前, 爆炸系列中的每一个起爆元件(含起爆药)必须用隔爆元件(滑块、隔爆销、隔爆板、转子等)将其与导爆管、传爆管隔离。隔爆元件中必须有一个要用不少于两个独立保险装置将它可靠地锁定在保险位置。引信设计应有防止漏装隔爆元件的可靠措施。在引信设计鉴定中, 隔爆元件的隔爆可靠性应通过隔爆试验来确定。

7. 保险或解除保险状态的判断 在引信设计中, 根据配用武器的战术技术要求, 导弹、航空炸弹和其它特定弹种用引信可选择下列中的一项或几项结合的判断方法:

(1) 在引信往弹上安装时, 保证有一种能判断引信是否处于保险状态的可靠方法。例如: 目视、耳听、触摸或用简易设备、仪表检测等。

(2) 引信具有能防止将已解除保险的引信装到弹上去的装置。

8. 时间引信的最小装定时间 时间引信(包括钟表时间引信、火药时间引信和电子时间引信)装定装置的设计, 必须具有可靠的保证最小装定时间大于其安全距离所需的相应时间的保险装置或电路设计。

9. 保险、自炸用火药定时装置 在设计的引信中, 如采用火药定时装置(如火药保险、自炸装置), 则应采用耐潮性好, 长期贮存安定的药剂, 并且在解除保险前, 应有防止其发火元件或延期元件发生意外引爆雷管的可靠措施。

1-5.2 航空炸弹、子母弹引信设计安全准则

1. 航空炸弹、母弹引信

(1) 至少要有两个保险装置。其中一个应从弹药脱离载机后在预定安全脱离距离内感觉到预定信息(如利用机上的设备、电源及其它电信号或投掷的附加装置、保险件的作用等)后再作用; 而另一个则应感觉到特定的飞行环境或自由落下环境的信息后再作用, 并且在达到安全距离后, 引信才完全解除保险。

(2) 如果采用气流速度感应器解除保险, 则使其作用的最小气流速度应远大于非飞行状态下(如运输时)所能遇到的最大相对速度(不包括违章操作时可能出现的最大相对速度)。

(3) 如果采用螺杆旋翼机构保险, 则旋翼和螺杆应有足够的强度, 并且连接要可靠。该机构或旋翼在空投前的飞行状态下不许旋转, 在解除保险后不许从弹上脱离。

(4) 所设计的引信必须满足安全投弃的要求。

(5) 空投母弹(弹箱)引信作用系统, 通常包括母弹引信和各单个子弹药引信, 在评定其安全性时, 必须将每个子弹药引信与整个引信作用系统一起考虑。

2. 子弹药引信

(1) 子弹药从母弹(弹箱)或集束弹中散开后, 至少要有有一个保险装置直到感觉到特定的环境时才作用。

(2) 必须达到安全分离距离后, 引信才解除保险。

(3) 如果采用气流速度感应器解除保险, 则使其作用的最小气流速度应远大于非飞行状态下(如运输时)能遇到的最大相对速度(不包括违章操作时可能出现的最大相对速度)。

(4) 装入母弹(弹箱)或集束弹内的子弹药组件, 应设置一个防止子弹药引信解除保险的附加锁定装置, 该锁定装置应在子弹药分开或撒布时释放。

参 考 文 献

- [1] 马宝华主编 《引信构造与作用》, 国防工业出版社, 1985。
- [2] 华东工学院 《着发引信》(第一册), 1974。
- [3] 叶英、孟庆渠 《引信技术政策中“三化”发展规定的探讨》, 《兵工学报引信分册》, 1982, 第3期。
- [4] MIL-STD-1316B《MILITARY STANDARD FUZE DESIGN, SAFETY CRITERIA FOR》。

第二章 引信设计程序

2-1 引信设计任务和要求的提出

引信是一种现代化的复杂装置。设计者研制一种引信的能力取决于他对引信预期的工作和经历的各种环境的熟悉程度，取决于他对引信设计思想与设计理论的掌握水平和实践经验。设计者必须通晓对引信的基本要求、引信设计安全准则，熟练地掌握爆炸系列设计、各种机构与装置的设计计算方法、试验与验收的基本内容与规则，以及必要的工艺知识。

对某种引信的要求，通常由有关军兵种提出，然后由有关领导机关以设计任务书的形式下达给设计单位。个人或集体也可以提出新装置、新原理应用于引信的构思或设计方案。这时应将这一新的方案向有关领导机关汇报，并取得他们的支持。事实上，许多新式武器、弹药、引信都是根据出色的设想而研制出来的。随着科学技术的发展，武器系统在不断更新，对引信也提出了更高的要求。新原理、新工艺、新材料的应用，将使引信性能提高，成本降低。

2-2 引信设计一般程序

引信设计包括以下两种情况：一是为新的武器系统设计新的引信，二是对现役武器系统的引信进行改进，以扩大武器的使用范围或提高某一方面的性能。无论属于哪一种情况，整个设计过程大致可以分为以下四个阶段：（1）方案设计；（2）技术设计；（3）模型试验；（4）设计定型。

2-2.1 方案设计

方案设计包括从战术技术要求的分析到初步确定设计方案为止的全部工作，其中有：

1. 战术技术要求分析

战术技术要求是设计任务书的主要部分，通常都是在武器系统分析与费用-效能分析的基础上提出的。要求包括：引信配用于何种弹药，何种武器系统；弹丸或战斗部的口径、弹形系数、外形尺寸、重量、口螺尺寸；武器的最大射程、有效射高、高低射界、最大膛压、初速、膛线缠度（如果是线膛炮的话），武器的 $P-L$ 、 $V-L$ 或 $P-t$ 、 $V-t$ （速度-时间）函数；引信类型（着发、近炸、时间、指令等）、重量、外形尺寸等。所设计的引信可能要配用于特定的航弹、导弹或某一口径的火炮弹丸，也可能通用于某一类型的弹药。战术技术要求中也包括引信使用的环境条件。设计者必须对战术技术要求进行全面、细致的分析，以便对引信设计的难易程度和可行性进行估计。对于那些难以达到、太费时间或者成本太高的要求，可以提出请求放宽的建议。例如，某追击炮弹引信的设计任务书中规定不准使用运输保险销。通过战术技术要求分析发现，要达

到这一目标将使结构复杂、成本提高、研制周期太长。使用运输保险销虽然使射速有所降低，密封性能下降，但是引信安全性明显提高，结构得以简化。何况密封性还可以采取其他措施加以解决。在这种情况下可提出使用运输保险销的请求。通过战术技术要求分析设计者对设计任务的重点、难点、主攻方向可做到心中有数，以便分清轻重缓急，逐步加以解决。

2. 提出初步设计方案

根据设计引信所要完成的作用，先画出爆炸系列、保险机构、隔爆机构的草图。一般是提出几个设计方案，以便对比和优选。还应注意以下两个基本要求：（1）必须尽可能采用标准的火工品；（2）所有互相接触的材料和装药应当相容。即使在初步设计阶段，也必须充分注意结构和零件的工艺性。最好是把引信设计成具有防止漏装、错装重要零件的性能，或者可以通过简便的手段就能发现漏装、错装零件和已解除保险的情况。

3. 方案的优选

在初步设计提出的几个方案中，用分析对比、模型试验等方法选取一个较优的方案。在优选过程中，首先应着眼于引信的安全性与可靠性这一主要性能。其次是经济性和使用性能等等。这可以从以下几个方面着手：

（1）根据机构受力分析，看其在原理上是否可行。如果所设计的机构采用了新原理，还要进行必要的模型试验。

（2）根据引信系统安全程序进行初步危害分析。初步危害分析是在系统设计的最初阶段对每个设计方案进行的危害分析。其目的在于发现所设计的引信在整个寿命期中可能出现的异常环境、条件，以及人员操作失误时可能产生的危害，并对危害的严重性进行估计，考虑排除或控制危害的措施或替换方案。初步危害分析主要应考虑方面有：危险元件——火帽、雷管以至整个爆炸系列；材料的相容性，零件、部件的相对位移，子系统之间的电磁干扰等；环境因素——温度、湿度、跌落、撞击、雷电等；操作时的人为误差分析，试验设备误差分析，环境对操作、试验的影响等。

（3）对各方案的生产成本进行估计并加以对比。结构简单，工艺性好，材料来源丰富并立足于国内等等，以利于降低成本。

2-2.2 技术设计

初步选定方案以后，就可以对各机构进行全面的性能计算，并校核主要零件的强度，绘制样品试制用的图纸。与初步设计阶段一样，对引信所有的战术技术要求、环境条件、安全性与可靠性都要进行严格的复查。要调查已生产的同类引信，查找可以通用的零件、部件。这一阶段可以分为三步：

1. 机构计算

机构计算的一般步骤是，首先参照方案草图确定出零件的形状、尺寸及材料，并算出它们的重量、转动惯量等，进而根据对机构的要求进行性能计算。对于保险机构、隔爆机构等要进行安全与可靠解除保险验算，满足要求以后再进行机构动态性能分析。通过解算有关的运动方程，求出机构启动时间、到达转折点时间、进入待发状态时间。这时应广泛采用电子计算机和优化设计方法。本书附录提供了各种机构的电算方法与程

序,至于优化设计请参阅本书第十二章。在动态分析的基础上进行抗力零件设计,最后确定其抗力和尺寸。引信零件的强度并不都要进行校核。需要校核强度的零件一般有:抗力零件(如弹簧),主要连结零件(如引信体的弹口螺纹),运动时间较长而受力较大的零件(如航弹引信的风翼、钟表引信的齿轮),经过一次冲击之后尚须进行正常运动的零件(如空投定时炸弹引信中的运动零件),以及弹头着发引信的引信体等。

机构计算之后,若发现草图上的机构不能满足要求,则应修改草图再进行计算,直到满足要求为止。应当指出,机构选择和计算不能够截然分开。选择机构时,常常需要进行必要的计算;在设计计算过程中,发现已选定的机构有问题时,又要回过头来修改结构。

2. 子系统和系统故障与危害分析

子系统故障与危害分析的目的是发现子系统的所有部件可能发生的故障,以及与部件间功能有关的故障。系统故障与危害分析是子系统故障与危害分析的继续,它能确定子系统的故障对系统安全性的影响和影响最大的子系统。故障模式及效果分析和故障树分析是这一分析的主要方法,前者更适用于子系统,后者更适用于系统。两种分析方法都可以给出定性的或定量的结果,详细内容参见本书第九章。通过子系统和系统故障与危害分析可以提出排除或控制危害的措施或修改设计方案。

3. 绘制图纸

机构计算和子系统和系统危害分析证明所选定的方案基本可行时,即可进行产品图的绘制,其内容包括:零件设计、部件划分、尺寸链计算及试验技术条件的制定。

(1) 零件设计 确定零件的材料、尺寸、配合性质及精度等级、相对位置精度以及表面光洁度等。不能以符号表示的技术要求,须在图纸上用文字说明,如表面处理方法,允许代用的材料,以及其他特殊要求等。

(2) 部件划分 部件主要应根据装配的方便与否来划分。在部件图上应写明对部件装配的技术要求、需要保证的尺寸、必要的试验项目和验收条件。装配部件所需用的主要辅助材料也要明确填写在图纸上相应的栏目内。

(3) 尺寸链计算 应当指出,机构计算是根据零件的名义尺寸进行的,这时机构的性能可能没有问题。但是,当零件给出了公差之后,一系列最不利的尺寸凑在一起,就可能使性能出问题,也可能使装配中出现零件之间间隙太小,甚至互相干涉无法装配,或者间隙太大,影响零件间的联接或相互运动。因此,确定公差之后,必须进行尺寸链计算。

(4) 试验技术条件的制定 根据战术技术要求,制定实验室试验和靶场试验的项目、数量、条件、所用的设备或器材、试验简要方法及评定引信是否合格的准则等。最后的设计图纸应当经过各方面的审查,以便及时发现存在的问题。否则,就可能拖延样品试验以至整个研制计划并造成浪费。

2-2.3 样品试验

通过样品试验回答这样的问题:零件、部件是否按设计的要求作用?所设计的引信能否满足战术技术要求?样品试验的程序是:首先,按照设计的图纸加工并装配少量的样品。在加工和装配中,如果发现图纸有不恰当的地方,则应进行必要的修改。然后,

利用装配出的少量样品,进行主要项目的摸底试验。如果发现问题,则应对有关的零件进行修改,再以少量样品进行试验,直到基本满足要求为止。接着按规定的数量和项目进行全面试验直至达到预定指标为止。试验可能反复多次才能最后通过。

样品试验阶段,试验要求不一定局限于给定的指标。有时为了获得有用的设计数据,可以将某些零部件一直试验到使其破坏的程度,或者试验到某一更严格的限度。例如,按照要求,安全距离大于25m即为合格,而设计者可能希望知道实际安全距离的上下限、平均值和标准偏差,以便为以后的设计积累必要的数据。必须注意,只有当基本的安全有保障之后,才允许进行射击试验。

经过反复试验和修改,得出满足原定战术技术要求的设计方案之后,应提出下列资料:产品图、设计计算说明书、尺寸链计算书、产品验收技术条件和样品试验总结等。

2-2.4 设计定型

设计定型一般分为两个步骤:首先是工厂鉴定,在工厂鉴定通过以后,再申请国家鉴定。有时这两步可合并进行。

1. 工厂鉴定

按样品试验以后修改审定的图纸投入一定数量的试验批生产。然后从中抽出足够数量的引信进行全面的鉴定试验:实验室试验和靶场试验。工厂鉴定后,应写出工厂鉴定试验总结,并申请进行国家鉴定。

2. 国家鉴定

当国家定型委员会认为条件成熟时,即可指定有关单位主持国家鉴定试验。国家鉴定一般在国家靶场进行,经过国家定型委员会批准,也可在工厂进行。

国家靶场根据战术技术要求和产品验收技术条件,提出试验项目。试验后,由鉴定单位提出报告,上报国家定型委员会及有关单位。国家定型委员会对鉴定报告进行审查,同意定型后即下达批准定型文件。

工厂根据批准设计定型的文件,整理上报最后的产品图纸和有关资料,再由国家定型委员会在产品图上加盖设计定型的印章,至此研制任务即告完成。

应当指出,已经经过设计定型的引信,在交付生产时,还要进行生产定型。生产定型中仍然可能发现一些问题,需要进行修改。即使经过生产定型,甚至经过大量生产考验的引信,通过运输、贮存,特别是实际使用,还有可能暴露出一些问题,需要进一步修改完善。

总之,引信设计单位不仅对整个研制阶段负责,而且要对从引信投产到战场使用负责。

2-3 引信设计举例

上节介绍了引信设计的一般程序。在具体设计任务中这一程序是怎样执行的呢?本节将以某迫击炮弹引信进行改进设计的研制过程为例予以说明。

2-3.1 战术技术要求

原引信具有结构简单、发火率高、工艺性好、重装安全等优点。但是由于没有延期