

# 引信自调延期机构可靠性仿真技术研究\*

赵河明<sup>1</sup>,周春桂<sup>1</sup>,许爱国<sup>2</sup>,张 亚<sup>1</sup>

(1 中北大学,太原 030051;2 解放军军械工程学院军械技术研究所,石家庄 050000)

摘要:文中在分析引信自调延期机构工作原理的基础上,研究了其零部件结构参数服从分布规律,并建立了自调延期机构可靠性仿真模型,最后应用 Matlab 软件对自调延期机构的作用失效概率进行了仿真。

关键词:引信;可靠性仿真;失效概率

中图分类号:TJ430.62 文献标志码:A

## Simulation Technology Study on the Reliability of the Self-adjustable Delay Mechanism of the Fuze

ZHAO He-ming<sup>1</sup>,ZHOU Chun-gui<sup>1</sup>,XU Ai-guo<sup>2</sup>,ZHANG Ya<sup>1</sup>

(1 North University of China, Taiyuan 030051,China;

2 Ordnance Technology Institute, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050000,China)

Abstract:Based on the fact that the functional principle of the self-adjustable delay mechanism has been analyzed, this paper studies the distribution regulation on the mechanism parameters of parts and establishes a model of the simulation of reliability on he self-adjustable delay mechanism. At the last, a simulation experiment has been made with the software of Matlab.

Key words:fuze; simulation of reliability; failure probability

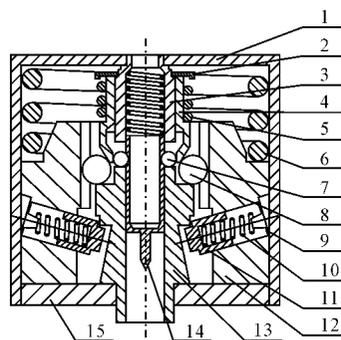
### 1 引言

随着现代战争的发展,引信系统结构更加复杂,功能更加完善,要求其可靠性更加提高,逐步暴露出传统可靠性分析技术和方法的某些不适应性,即较难解决复杂系统的相关性、多态性、非周期性和容错性等问题<sup>[1]</sup>。因此应用仿真对复杂的引信系统的可靠性仿真,可以降低设计和试验费用,缩短研制周期,更有效地提高引信设计水平和效费比。

### 2 引信自调延期机构工作原理

引信自调延期机构工作原理如图 1 所示<sup>[2]</sup>,在发射时,引信自调延期机构的离心子簧利用后坐力作用在离心子上,阻止离心子在离心力的作用下飞开,从而保证引信在膛内的安全性。当弹丸到达后效期以后,后坐力消失,离心子在离心力的作用下克服离心子簧向外运动释放活击体;

当弹丸与目标相碰时,活击体前冲,从而释放大钢珠,而此时击针仍有小钢珠保持在原位,而小钢珠则由于负加速度将滑套维持在原来的位置而不能运动,起自调延期的作用。



1-延期装置壳;2-滑套簧挡片;3-击针座;4-滑套;5-滑套簧;6-活击体簧;7-小钢珠;8-大钢珠;9-离心子簧座;10-离心子簧;11-离心子;12-活击体;13-击针座;14-击针;15-延期装置盖

图 1 自调延期机构的典型结构

当弹丸侵彻目标

时负加速度减小到一定值时,滑套则由滑套簧驱使向后运动,释放大钢珠,于是击针簧驱使击针向后运动一段距离,刺爆雷管,引爆引信的爆炸序列,完成弹丸对目标的毁伤。

根据自调延期机构工作原理,自调延期机构的可靠性框图主要由自调延期机构延期作用可

\* 收稿日期:2006-10-11; 修回日期:2006-12-11

作者简介:赵河明(1968-),男,山西稷山人,教授,研究方向:探测制导与控制技术。

靠性、滑套解除小钢珠可靠性和击针运动可靠性组成,它们之间呈串联关系<sup>[3]</sup>。

### 3 引信零部件结构参数服从分布规律研究

由于影响引信安全性和作用可靠性的随机因素很多,根据引信自调延期机构的特点,在众多的随机因素中,文中主要研究弹簧的倔强系数、零部件的结构参数和弹簧的折断服从分布规律。

#### 3.1 弹簧的倔强系数服从分布规律

通过对弹簧检验抗力分布规律研究,在材料一定的情况下,弹簧的倔强系数只与尺寸有关,弹簧的倔强系数服从均匀分布<sup>[4]</sup>,则倔强系数的随机抽样公式为:

$$K_{\text{随}} = x \times (K_{\text{max}} - K_{\text{min}}) + K_{\text{min}} \quad (1)$$

式中: $K_{\text{max}}$  为弹簧的倔强系数最大值; $K_{\text{min}}$  为弹簧的倔强系数最小值; $x$  为产生的 0 ~ 1 之间的随机数。

#### 3.2 零部件的几何尺寸参数服从分布规律

由于零部件的几何尺寸不可能制造得绝对准确,总存在一定的偏差,零部件的几何尺寸总是在制造公差允许范围内随机取值,所以认为零部件的几何尺寸服从正态分布,零部件的几何尺寸一般表示为  $\mu_{-\delta_{\text{min}}}^{+\delta_{\text{max}}}$ , 则几何尺寸的随机抽样公式为:

$$L_{H\text{随}} = \sqrt{-2\ln x_1} \cdot \cos(2\pi x_2) \left( \frac{\delta_{\text{max}} + \delta_{\text{min}}}{2} \right) + \mu \quad (2)$$

式中: $\delta_{\text{max}}$ 、 $\delta_{\text{min}}$  为零部件几何尺寸的上、下偏差; $x_1$ 、 $x_2$  为产生的 0 ~ 1 之间的随机数; $\mu$  为零部件几何尺寸均值。

#### 3.3 弹簧折断服从分布规律

在引信中,贮能元件主要是弹簧,由于弹簧的折断可能导致引信安全性失效或作用可靠性失效,根据 GJB/z212 - 2002《引信故障树底事件数据手册》中关于簧类零件折断的失效概率值,即失效概率值一般小于  $1.0 \times 10^{-5}$ , 可以认为弹簧的折断服从均匀分布,随机抽取 0 ~ 1 之间的随机数,若该随机数小于  $1.0 \times 10^{-5}$ , 可以认为弹簧折断,否则弹簧没有折断。

## 4 自调延期机构可靠性仿真模型

### 4.1 滑套运动的仿真模型

活击体释放大钢珠后,当弹丸的加速度大于 300g 时,引信处于自调延期阶段,直到弹丸的加速度小于 300g 时,滑套才开始解除对小钢珠的保险。如果引信处于自调延期阶段,滑套释放了小钢珠,则认为引信失效,所以在引信处于自调延期阶段,要使引信具有自调延期作用,则主要依靠滑套的运动进行调节。引信处于自调延期阶段,滑套沿弹丸轴向主要受前冲力、滑套簧的抗力以及小钢珠对滑套的摩擦力。由于小钢珠质量很小,质心到弹轴的距离很小,且小钢珠对滑套的摩擦为滚动摩擦,所以小钢珠对滑套的摩擦力可以忽略不计。引信自调延期阶段主要考核滑套受到的前冲力是否大于滑套簧的抗力,因此要使引信自调延期可靠,则必须使:

$$F_{\text{滑前}} > R_{\text{滑簧}} \quad (3)$$

式中: $F_{\text{滑前}}$  为雷管受到的前冲力(N); $R_{\text{滑簧}}$  为滑套受到滑套簧的抗力(N)。

### 4.2 滑套解除击针保险可靠性仿真模型

引信自调延期阶段之后,当弹丸的加速度小于 300g 时,滑套在滑套簧的作用下,向下运动一段距离,使小钢珠在离心力的作用下,滚落到滑套的凹槽内,从而解除对击针的保险。

如果要使滑套释放小钢珠,则滑套释放小钢珠时前冲力要小于滑套释放小钢珠时弹簧的抗力,即:

$$F_{\text{滑前1}} < R_{\text{滑簧1}} \quad (4)$$

式中: $F_{\text{滑前1}}$  为滑套释放小钢珠时,雷管受到的前

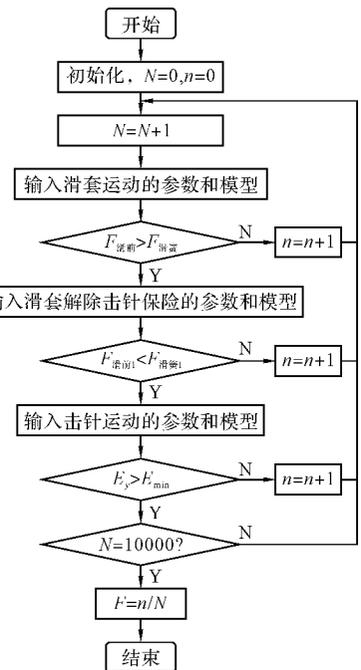


图 2 自调延期机构可靠性计算程序流程图

冲力(N); $R_{滑簧1}$  为滑套释放小钢珠时,滑套受到滑套簧的抗力(N)。

### 4.3 击针运动可靠性仿真

针刺发火机构可靠性计算,主要是计算击针戳击雷管时的动能,然后与雷管发火所需的最小能量进行比较,由于针刺发火机构配用在旋转弹上,击针发火机构与引信具有很好的同轴度,此时摩擦力可以忽略不计。在小钢珠解除对击针的保险之后,击针在击针簧的作用下,向雷管运动并戳击雷管,使雷管爆炸,此时应满足条件:

$$E_y > E_{min} \quad (5)$$

式中: $E_y$  为击针戳击雷管的能量(J); $E_{min}$  为雷管被戳击 100% 爆炸所需的最小能量,0.041 J。

## 5 引信的自调延期机构可靠性仿真

根据引信的自调延期机构的作用原理写出自调延期机构各模块的动力学方程,根据动力学方程中的参数服从分布规律采用随机抽样方式将参数代入方程,并求解,可得各模块的可靠与否。自调延期机构可靠度计算程序流程如图 2 所示,引信的自调延期机构可靠性仿真程序采用 Matlab 软件进行编制,根据引信的自调延期机构的工作原理和可靠性模型,自调延期机构各模块之间可靠性模型为串联关系,只要模块中有一个部件发生失效,则自调延期机构失效,所以以各模块是否失效作为判断机构是否失效的依据。如果在可靠度仿真计算中,只要有一个模块发生失效,其它模块无论失效与否则都认为自调延期机构发生失效。

应用蒙特卡洛方法抽取 0~1 之间的随机

数,与机构参数一起代入仿真程序中,经过 10000 次仿真,自调延期机构作用失效共计 16 次,仿真结果如表 1 所示,则引信的自调延期机构作用失效概率为:

$$F = n/N = 16/10000 = 1.6\%$$

表 1 引信自调延期机构可靠性仿真结果

失效阶段	滑套运动	滑套解除 击针保险	击针戳击 雷管过程
失效数	1	5	10

## 6 结论

通过对引信的自调延期机构可靠性仿真结果分析可得,自调延期机构作用失效的主要原因为滑套解除击针保险失效和击针戳击雷管能量不足,主要表现在滑套簧弹簧的刚度过大和击针簧的刚度过小。文中只根据结构参数的变化进行了可靠性仿真,没有考虑环境载荷、材料性能的变化对可靠性仿真结果的影响,可靠性仿真技术在引信中应用对提高我国引信的可靠性设计水平具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 张亚,徐建军,赵河明主编. 弹药可靠性技术与管理 [M]. 北京:兵器工业出版社,2001.
- [2] MIL-HDBK-757. MILITARY HANDBOOK,FUZES [Z]. 1994.
- [3] 赵河明,张亚,董少峰. 发射周期前引信解除保险故障树建模与定量计算研究[J]. 探测与控制学报,2002,24(4):39-42.
- [4] 李良巧,顾唯明主编. 机械可靠性设计与分析[M]. 北京:国防工业出版社,1998.