

doi: 10.7690/bgzdh.2025.06.002

## 一种极低过载引信一保组合保险

赵东亮<sup>1</sup>, 姚宝珍<sup>1</sup>, 魏峥嵘<sup>2</sup>, 朱四华<sup>3</sup>, 戴润泽<sup>1</sup>, 车小伟<sup>1</sup>

(1. 天水师范学院机电与汽车工程学院, 甘肃 天水 741001;

2. 陆装驻西安地区军事代表局驻西安第二军事代表室, 西安 710000;

3. 海军工程大学兵器工程学院, 武汉 430033)

**摘要:** 针对传统引信后坐保险无法满足低过载环境且结构复杂、体积大、成本高等问题, 提出基于惯性开关、解保控制电路和拔销器组合的保险方案。通过 3 维建模软件、电路仿真软件和动力学仿真软件平台, 联合设计一种引信一保惯性环境识别解保技术方案, 解决极低过载条件下引信利用发射过载实现一保解除的问题。仿真分析结果表明: 该方案能够适应低过载条件下的解保环境识别需求, 可以保证引信的勤务安全、发射安全, 解决了极低过载发射弹药使用惯性保险的适应性问题。

**关键词:** 引信; 极低过载; 环境识别技术; 一保解除; 发射安全

**中图分类号:** TJ43\*2.2 **文献标志码:** A

## A Low Overload Fuse Primary Protection Combination Insurance

Zhao Dongliang<sup>1</sup>, Yao Baozhen<sup>1</sup>, Wei Zhengrong<sup>2</sup>, Zhu Sihua<sup>3</sup>, Dai Runze<sup>1</sup>, Che Xiaowei<sup>1</sup>

(1. School of Electromechanical and Automotive Engineering, Tianshui Normal University, Tianshui 741001, China;

2. No. 2 Military Representative Office of Military Representative Bureau of Army Equipment in Xi'an District,

Xi'an 710000, China; 3. College of Ordnance Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of traditional fuse setback arming, such as complex structure, large volume and high cost, which can not meet the low overload environment, a new arming scheme based on inertia switch, arming control circuit and pin puller is proposed. Through the platform of three-dimensional modeling software, circuit simulation software and dynamics simulation software, a kind of fuse primary protection and release technology scheme of inertial environment identification is designed, which solves the problem that the fuse uses the launch overload to realize the protection and release under the condition of extremely low overload. The simulation results show that the scheme can adapt to the identification requirements of the arming environment under the condition of low overload, ensure the service safety and launch safety of the fuse, and solve the adaptability problem of the inertia safety of the ammunition launched under the condition of very low overload.

**Keywords:** fuse; extremely low overload; environmental identification technology; release primary protection; launch safety

### 0 引言

长期以来, 后坐保险机构在许多发射过载较大的弹药引信中广泛应用。现代军事武器及相应配备的弹药, 其发射过载多具有量值低、持续时间长的特点, 过载值甚至低至 10 g 以下。传统引信后坐保险机构性能已经无法满足这些低过载环境, 尤其在极低过载情况下很难区分和识别弹道环境与勤务处理、跌落等环境<sup>[1]</sup>。此外, 传统引信后坐保险结构复杂、体积大、成本高。当前, 对于利用极低主动段发射过载解除引信一级保险的需求极大。

笔者提出基于惯性开关、解保控制电路和拔销器组合的保险方案, 通过仿真和理论分析, 重点研究极低过载惯性开关和解保控制电路的关键技术。

### 1 低过载引信保险原理研究

#### 1.1 低过载后坐保险机构现状

为了解决上述问题, 国内外陆续研发出了多种能够区分跌落等过载和低发射过载的后坐保险机构。其中应用较为广泛的有曲折槽后坐保险机构、双自由度保险机和加速度积分器。这 3 种低发射过载后坐保险机构可以识别较大范围内的发射过载, 能够起到延期解保的作用。它们相较于传统的后坐保险机构来说, 解决了部分低发射过载和勤务处理安全性的矛盾。这些能够区分跌落等过载和低发射过载的后坐保险机构能够可靠解除保险所需最低过载均大于 20 g。艾志远等<sup>[2]</sup>研究设计了擒纵后坐保险机构。这种机构解保工作范围为 6~15 g, 解保时

收稿日期: 2024-08-09; 修回日期: 2024-09-15

第一作者: 赵东亮(2002—), 男, 河南人, 硕士。

间 1~2 s, 能有效解决引信在持续时间长、极低过载条件下的可靠解保。

目前国内外对低于 10 g, 持续时间较短的极低过载情况研究较少。笔者设计的低过载引信保险能够识别发射过载值低至 10 g 以下、持续时间短的过载环境, 能有效区分和识别弹道环境与勤务处理、跌落等环境。

### 1.2 低过载引信保险结构组成及原理

如图 1 所示, 本文中的引信一级保险采用“纯硬件电路+极低过载开关+拔销器”组合保险方式实现, 极低过载开关为目标敏感装置, 纯硬件电路为低过载环境判断识别模块, 拔销器为引信隔爆件的锁定执行单元<sup>[3]</sup>。

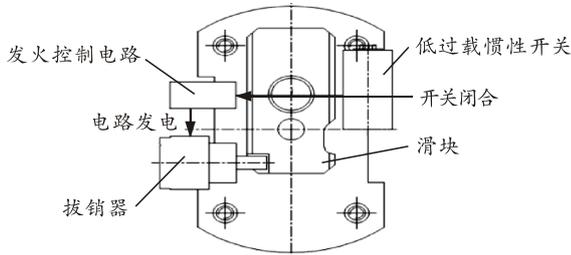


图 1 组合保险结构组成

图 1 方案中, 引信解保需具备的条件为:

- 1) 导弹发射, 收到弹上“解一保供电”时间窗口;
- 2) 低过载惯性开关感受低过载环境闭合, 并且闭合时间达到解保控制电路的触发时间;
- 3) 解保发火电容给电拔销器放电作用。

引信一保工作原理如图 2 所示<sup>[4]</sup>。

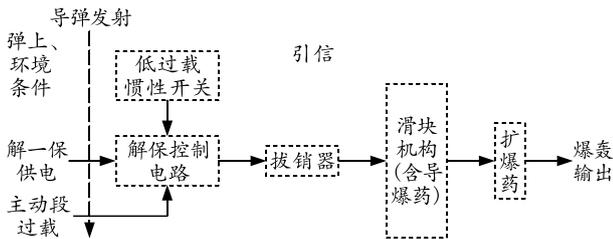


图 2 引信一保工作原理

图 2 中, 导弹发射, 弹上给引信解一保供电, 同时引信低过载惯性开关感受主动段过载闭合, 闭合时间达到电路的触发时间, 解保发火电容给电拔销器放电, 继而拔销器解除对滑块的锁定, 引信一保解除。

## 2 极低过载惯性开关设计及仿真

### 2.1 极低过载惯性开关设计

笔者设计了一种极低过载惯性开关, 低过载惯

性开关由惯性体、弹簧、触头部件、壳体、盖板等组成, 如图 3 所示<sup>[5]</sup>。基于惯性开关的组合保险方案, 低过载惯性开关仅作为保险机构控制电路里感受过载环境的开关使用, 不直接作为保险机构使用。

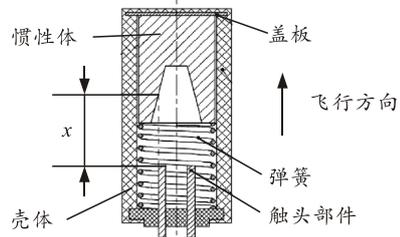


图 3 极低过载惯性开关

图 3 中, 惯性体运动 3 mm, 极低过载惯性开关可以闭合。设低过载惯性开关闭合时间为  $t$ , 对惯性体的运动过程进行简化, 不计摩擦力<sup>[6]</sup>。

惯性体接触到触头部件时惯性开关闭合, 此时惯性体运动位移为  $x$ 。令  $m$  为惯性体质量,  $k$  为弹簧的弹性系数,  $\lambda$  为弹簧的原始压缩量。

对惯性体进行受力分析, 弹簧总压缩量为  $(\lambda+x)$ , 根据牛顿第二定律可得下式:

$$m d^2x/dt^2 = -k(\lambda+x) \tag{1}$$

得到惯性体从后座位置运动到惯性开关闭合时的运动时间:

$$t = [\arccos(1 - x/\lambda)] / \sqrt{k/m} \tag{2}$$

将引信保险设计参数代入式(2)可以计算出引信保险运动至引信保险解保时间的  $t$ 。

### 2.2 极低过载惯性开关仿真<sup>[7]</sup>

将 3 维模型导入动力学仿真软件。已知惯性体质量为  $3.4 \times 10^{-3}$  kg, 初始速度为 0, 惯性体运动到解保状态的运动距离为 3 mm。简化模型和受力状况, 通过仿真模拟持续时间短、有效加速度分别为 6 和 10 g 的 2 种工况。在工况 1 仿真模拟关于引信从 0.1 到 0.3 s 获得 6 g 有效加速度, 对惯性体施加一个 0.1 到 0.3 s 大小为 0.2 N 的惯性力; 在工况 2 仿真模拟关于引信从 0.1 到 0.5 s 获得 10 g 有效加速度, 对惯性体施加一个 0.1 到 0.5 s 大小为 0.333 2 N 的惯性力。

工况 1: 过载曲线如图 4 所示。

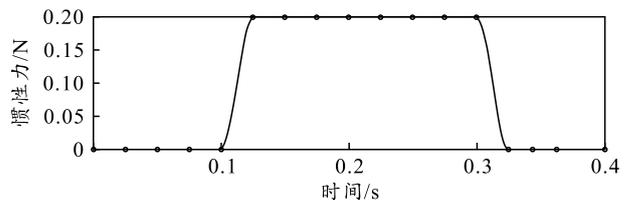


图 4 过载

位移曲线如图 5 所示。

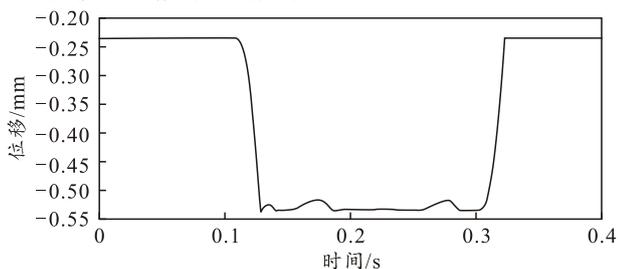


图 5 6 g 有效加速度惯性体位移

当有效加速度为 6 g，时间为 0.128 2 s 时，惯性开关可靠闭合。0.2 s 过载结束后，惯性体于 0.3 s 离开撞针，此时惯性开关断开，开关闭合持续时间为 0.171 8 s。

工况 2：过载曲线如图 6 所示。

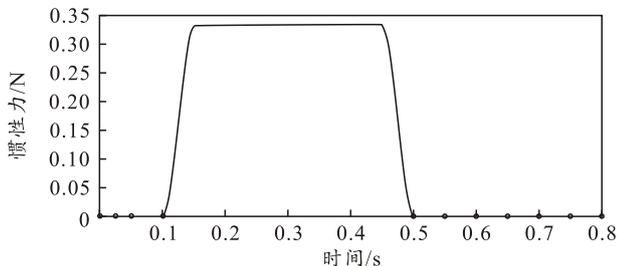


图 6 过载

位移曲线如图 7 所示。

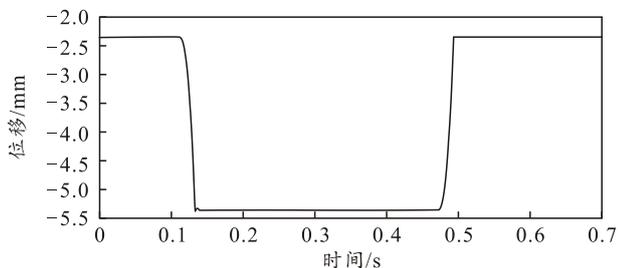


图 7 10 g 有效加速度惯性体位移

当有效加速度为 10 g，时间为 0.013 3 s 时，惯性开关可靠闭合。0.4 s 过载结束后，惯性体于 0.47 s 离开撞针，此时惯性开关断开，开关闭合持续时间为 0.456 7 s。

通过对引信在有效加速度分别为 6 和 10 g 的 2 种不同工况下进行极低过载惯性开关闭合情况仿真，得出结论：在 2 种工况下开关均能在 0.02 s 内可靠闭合，闭合时间均大于 0.1 s<sup>[8]</sup>。

### 3 低过载环境识别技术研究

#### 3.1 解保控制电路原理研究

解保控制电路模块采用纯硬件电路方式对低过载环境进行识别，电路模块通过判断低过载惯性开关闭合积累达到一定持续时间时，电路控制电容给

拔销器放电作用，继而拔销器解除对滑块的锁定。

解保控制电路原理如图 8 所示<sup>[9]</sup>。

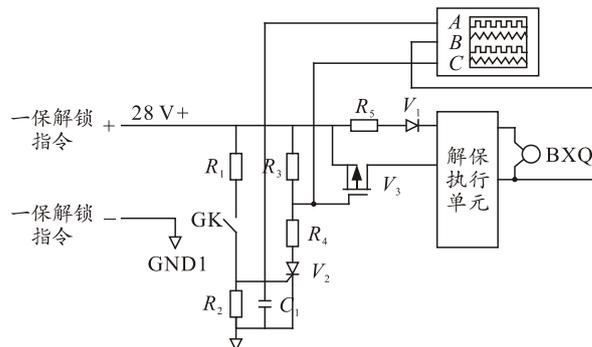


图 8 解保控制电路原理

图 8 中，GK 为低过载惯性开关；BXQ 为拔销器；GND1 为电线接地端； $V_2$  为单向晶闸管； $V_3$  为耗尽型 MOS 管。 $R_1$  和  $C_1$  构成 RC 延时电路的核心器件。 $C_1$  的充电过程为一阶电路的零状态响应。

当充电时间为 0.154 倍的  $\tau$  时，电容器  $C_1$  两端的电压  $u$  已达  $V_2$  的平均导通电压，此时可有效导通  $V_2$ 。

#### 3.2 电路仿真计算<sup>[10]</sup>

使用仿真软件对电路进行仿真计算。通过电路仿真，得到仿真结果如图 9 所示。

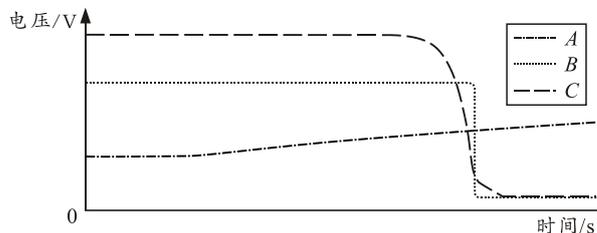


图 9 电路仿真结果

图 9 中各项数据如表 1 所示。

表 1 电路仿真数据

检测点	电压/V	补偿/V	时间/s
A	0.50	-4.40	$2 \times 10^{-4}$
B	22.50	-9.00	$7.6 \times 10^{-4}$
C	0.65	0.26	$6 \times 10^{-4}$

根据仿真结果， $2 \times 10^{-4}$  s 时低过载惯性开关闭合，A 处电压开始持续升高；B 处电压在  $7.6 \times 10^{-4}$  s 开始迅速降低，开关断开。解保电路的触发时间为  $5.6 \times 10^{-4}$  s。低过载惯性开关闭合持续时间达到解保电路的触发时间时，引信才可以解除第一级保险，在一定程度上提高了保险的安全性。解保电路的触发时间远小于前文中运动学仿真得到的惯性开关可靠闭合时间，所以电路能够适应引信解保要求。