

导弹机电引信水平转子隔爆机构故障诊断*

李朝阳, 张海涛, 黄惠东

(西安机电信息研究所, 西安 710065)

摘要: 机电引信水平转子隔爆机构发生故障时仍处于静态平衡, 因此常用的动态特性仿真方法并不适用。分析了转子的受力状况后, 指出产生故障的主要原因是簧片加载侧位销阻碍了转子的转动, 改进方法是通过转子结构改进而优化其受力状况。理论分析及实验证明, 改进后的转子能可靠的解除隔爆, 提高了引信的工作可靠性。

关键词: 机电引信; 水平转子; 故障; 解除隔爆

中图分类号: TJ432.2 **文献标志码:** A

Fault Diagnosis for Explosion Interruption Mechanism with Horizontal Rotor of Missile Mechanical-electrical Fuze

LI Zhaoyang, ZHANG Haitao, HUANG Huidong

(Xi'an Institute of Electromechanical Information Technology, Xi'an 710065, China)

Abstract: Explosion interruption mechanism with horizontal rotor is still in static balance when it is in malfunction, so common dynamic characteristic simulating method is not suitable for use. In this paper, after analyzing the loading conditions of rotor, it was pointed out that the primary reason of malfunction was that the spring-loaded side pin blocked the movement of rotor, herein the loading condition of rotor was improved by changing its structure. Theory analysis and experimental results show that the improved rotor can arm reliably, and the reliability of fuze is also improved.

Keywords: mechanical-electrical fuze; horizontal rotor; fault; explosion interruption arming

0 引言

一种导弹机电引信方案采用水平转子隔爆机构, 其转轴平行于弹轴, 平时隔爆机构与爆炸序列旋转错位, 当导弹飞行了一定距离后隔爆机构解除保险后转动, 使雷管与爆炸序列对正, 引信处于待发状态, 隔爆机构能否可靠转正是引信工作状态转换的关键^[1]。

引信机构在装配实验的过程中, 有时会发生解除隔爆故障, 即用手解除两道保险后转子却不能转正, 用手工再拨动一下转子才能转正。这种现象只是偶尔发生在一批产品中的某一发, 复现性较差, 呈现出不稳定状态, 给故障定位带来了困难。

文献[1]采用三维实体建模和仿真技术, 研究了炮弹引信垂直回转式隔爆机构在弹道上出现的转动故障。文献[2-3]对小口径炮弹引信常用球形转子的动力学进行了研究。上述研究方法无法解决文中的问题。首先, 引信搭载平台不同, 导弹引信不具备

炮弹引信的后座过载和高转速力学环境; 其次, 发生故障的时刻不同, 文中解除隔爆故障发生在装配实验过程中, 而不是发生的动态弹道环境中。

文中对转子在侧位销加载条件下的受力状况进行分析后, 提出故障的主要原因是簧片加载侧位销阻碍了转子的转动, 采取的方法是通过转子结构改进而优化其受力状况。

1 隔爆机构故障分析

该隔爆机构水平转子处于本体和下盖板之间, 如图1所示。与通常的水平转子隔爆机构不同的是, 为了给导弹引信器输出一个通断信号, 附加了一个侧位销。侧位销位于本体一侧的孔中, 一端顶住转子, 另一端顶住簧片, 簧片具有预压力, 以提供良好的接触电阻。侧位销与转子的相对位置如图2所示。

以转子为研究对象, 在没有侧位销的作用时, 作用于转子上的主动力矩主要是扭簧的驱动力矩

* 收稿日期: 2010-09-26

作者简介: 李朝阳(1972-), 男, 陕西人, 高级工程师, 研究方向: 引信技术。

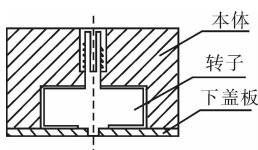


图 1 转子相对位置示意图

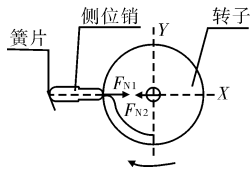


图 2 转子与侧位销
相对位置示意图

$M_y^{[4]}$:

$$M_y = M'_y(\beta_0 - \beta)$$

式中: M'_y 为扭簧输出力矩刚度; β_0 为弹簧的预扭角; β 为转子的工作角。

由于受到重力作用, 下盖板、转子孔壁对转子产生摩擦阻力, 其阻力矩之和为 M_1 , 于是转子运动方程为:

$$J_0 \frac{d^2\beta}{dt^2} = M'_y(\beta_0 - \beta) - M_1 \quad (1)$$

式中, J_0 为转子部件对转轴的转动惯量。

当隔爆机构中增加了侧位销之后, 侧位销给转子部件的正向压力为 F_{N1} , 根据力的平衡原理, 由 F_{N1} 引起的、由下盖板、转子孔壁对转子的约束反力之和为 $F_{N2} = F_{N1}$, 为了便于分析将 M_1 视为常数, 因此转子运动方程变为:

$$J_0 \frac{d^2\beta}{dt^2} = M'_y(\beta_0 - \beta) - f_1 F_{N1} R_1 - f_2 F_{N2} R_2 - M_1 = M'_y(\beta_0 - \beta) - F_{N1}(f_1 R_1 + f_2 R_2) - M_1 \quad (2)$$

式中: R_1 为转子半径; R_2 为转子轴半径; f_1 为侧位销与转子间的摩擦系数; f_2 为下盖板、转子孔壁与转子间的摩擦系数。

影响摩擦系数的因素很复杂, 如果需用比较准确的数值时, 必须在具体的条件下进行实验测定。它与接触物体的材料和表面情况, 如粗糙度、温度和湿度有关, 而与接触面积的大小无关^[5]。因此, 精确计算转子的受力状况十分困难, 下面仅就此问题进行定性分析。

转子转动的初始条件为: $t = 0$ 时, $\beta = 0, \dot{\beta} = 0$, 即主动力矩与诸阻力矩平衡。

则式(2)变成:

$$M'_y \beta_0 = F_{N1}(f_1 R_1 + f_2 R_2) + M_1 \quad (3)$$

当解除两道保险后, 如果转子仍然没有转动, 则式(3)在 $t > 0$ 时也成立, 即扭簧驱动力矩与诸阻力矩之和一直处于平衡状态。

一般情况下, 由于簧片的压力不大, 加压到转子上的约束反力 F_{N1} 和 F_{N2} 也不大, 从而阻力矩之和也

不大, 式(3)在 $t > 0$ 时不能成立。但是也可能在某些极端不利情况下, 如侧位销与转子接触点的表面光洁度不好, 而使摩擦系数 f_1 和 f_2 异常增大, 同时由于压力 F_{N1} 和 F_{N2} 的存在, 引起阻力矩之和的异常增大, 这样才使方程(3)得以成立。可见引入侧位销之后增加了阻力矩, 它是转子解除隔爆故障的主要原因。

2 改进方法

首先, 想到的方法是增大 M_y , 但由于原先设计的扭簧力矩已经较大, 如果再增大的话可能会引起两级保险拔销力的再设计; 其次, 可以从减少摩擦系数 f 入手, 但目前表面粗糙度精度已较高, 再增大会带来加工难度及费用增加, 也难于评估效果; 还有, 可以减少转子受到的正向压力 F_{N1} 。但不能靠减小簧片的预压力来实现, 因为侧位销的主要功能是提供良好的低电阻触点, 簧片必须有一定的预压力, 否则接触电阻的阻值在振动环境试验时可能会有变化, 触点可靠性得不到保证。

因此, 最终采用的方法是保持上述若干参数不变, 而仅对转子的结构进行改进, 如图 3 所示, 从而达到增加主动力矩, 减小阻力矩的目的, 促使转子可靠解除隔爆。

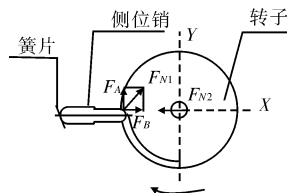


图 3 转子结构改进后
受力分析示意图

3 理论分析与实验验证

转子结构改进的要点是在转子一侧增加一个斜面, 侧位销直接压住斜面。此时 F_{N1} 垂直于斜面, 并与 x 轴成 50° 夹角。将 F_{N1} 分解为两个分力 F_A 和 F_B , 此时有 $F_{N2} = F_B$, 因此两个分力的大小为:

$$F_A = F_{N1} \sin 50^\circ \approx 0.77 F_{N1}$$

$$F_B = F_{N1} \cos 50^\circ \approx 0.64 F_{N1}$$

从而转子的运动方程变为:

$$J_0 \frac{d^2\beta}{dt^2} = M'_y(\beta_0 - \beta) + F_A R_1 - f_1 F_B R_1 - f_2 F_{N2} R_2 - M_1 = M'_y(\beta_0 - \beta) + 0.77 F_{N1} R_1 - 0.64 F_{N1}(f_1 R_1 + f_2 R_2) - M_1 \quad (4)$$

由式(4)可见, 对转子进行改进设计后, 主动力矩增加了一部分, 即增加了附加力矩 $0.77 F_{N1} R_1$ 。同时侧位销引起的阻力矩减小为式(2)的 $2/3$ 左右, 即优化了转子所受诸力矩, 提高了解除隔爆的可靠性。

转子改进设计后,进行了多批产品的装配实验,共计 30 发,每发试装配 5 遍,相当于进行了 150 次试验,转子均正常动作,没有发生 1 次故障。由文献 [6-7] 并查表^[8]可知,在 0.9 的置信度下,可靠度为 0.985,两发并联使用后的可靠度为 0.9998,可以满足指标要求。证明故障定位准确,改进措施有效。

4 结论

通过分析表明簧片加载侧位销是水平转子发生解除隔爆故障的主要原因。对转子结构改进而优化了转子的受力状况。理论分析及装配实验证明,转子再没有发生解除隔爆故障,提高了引信工作的可靠性。不过与炮弹引信相比导弹引信的试验样本量仍显不足,今后仍将继续在试验中累积子样。

参考文献:

[1] 刘明杰,刘东. 引信机构动态特性仿真与结构设计[J].

探测与控制学报,2002,24(2):10-13.

[2] 闻泉,王雨时. 引信球转子动力学分析[J]. 探测与控制学报,2007,29(1):23-27.
 [3] 闻泉,王雨时. 引信球转子起动时刻判定[J]. 探测与控制学报,2007,29(2):58-62.
 [4] 彭长清. 引信机构动力学[M]. 北京:兵器工业出版社,1994.
 [5] 哈尔滨工业大学理论力学教研组. 理论力学[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
 [6] 中国人民解放军总装备部军事训练教材编辑工作委员会. 电子装备靶场可靠性试验[M]. 北京:国防工业出版社,2001.
 [7] 高社生,张零霞. 可靠性理论与工程应用[M]. 北京:国防工业出版社,2002.
 [8] 张龙山. 引信技术概论[D]. 中国兵器工业第二二研究所,2003.

(上接第 125 页)

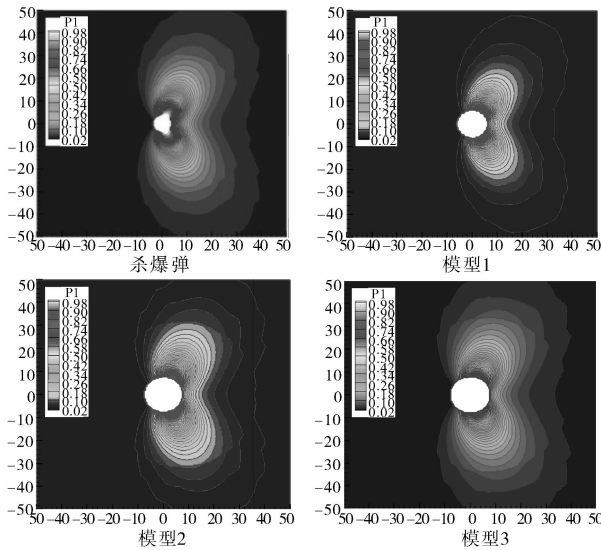


图 7 四种弹药的杀伤概率等值云图

超压威力的同时,也能保证较高的破片威力。研究结果可为炮射温压弹的优化设计和毁伤效能分析提供参考。

文中讨论炮射温压弹对人员目标的毁伤效能,但具体量化分析主要考虑了超压效应和破片效应,对热毁伤效应和窒息毁伤效应未做详细计算;该项工作仅限于某口径弹药模型的分析,尚未对更多的模型和装药情况进行更广泛的研究;研究结论与温压弹药的应

用条件相关,不一定适用于其它情况如在密闭空间内作用等;该项工作目前主要基于理论分析和工程计算,尚需试验验证。

参考文献:

[1] 董素荣. 云爆效应的毁伤效能研究[J]. 华北工学院学报,2003,24(3):174-176.
 [2] 李其祥,马永忠,赵陕冬,等. 云爆弹威力研究[J]. 弹箭与制导学报,2004,24(4):309-310.
 [3] 余勇. 温压弹超压冲击波传播特性分析及杀伤效能研究[D]. 南京:南京理工大学,2007.
 [4] 王儒策,赵国志. 弹丸终点效应[M]. 北京:北京理工大学出版社,1993.
 [5] 魏惠之,朱鹤松,汪东辉,等. 弹丸设计理论[M]. 北京:国防工业出版社,1985.
 [6] Hennequin E. Influence of edge effects on the initial velocity of fragments from a warhead[C]//Proceedings of 9th Int. Symposium on Ballistics,1986.
 [7] Waggner S. The performance of axially initiated warhead [C]//Proceedings of 4th Int. Symposium on Ballistics, 1978.
 [8] Randers-Pehrson G. An improved equation for calculating fragment projection angle[C]//Proceedings of 2th Int. Symposium on Ballistics,1976.