

固体火箭发动机安全保险装置设计综述

赵亚芹,马存立,肖承翊

(中国航天科工集团第六研究院四十一所,内蒙古呼和浩特,010010)

摘要:介绍了固体火箭发动机安全保险装置国内外发展现状,归纳了安全保险装置的工作原理,为设计新型安全保险装置提供了思路,并指出了以后的发展方向。

关键词:固体火箭发动机;安全保险装置;工作原理;设计思路

中图分类号:TJ71 **文献标识码:**A

随着电力工业和无线电技术的发展,电火工品早炸的问题不断出现。导弹、飞船上雷达系统的功率不断增加,很容易将一般电火工品引爆。美国海军武器实验室早在20世纪50年代就开始集中大量人力和物力对射频频问题进行研究,并于1961年召开了第一次会议,许多单位发表了不少关于防射频、防静电的新型电起爆装置设计和研究的论文。另外,其他国家也在这方面进行了大量工作。

固体火箭发动机的点火系统中大多使用具有防射频、防静电双防特性的电发火元件作为第一级发火元件,来达到一定的安全防护作用。但众所周知的是,现今电磁环境日益复杂,准确预估外界环境有了很大难度。双防电火工品仅适用于一定范围

的射频、静电干扰,无法避免敌方利用有效的电磁干扰手段破坏己方战斗力。因此,为了降低潜在隐患,一度不被重视的机械安全保险装置需要被赋予新的生命力,承担新的历史使命。

1 安全保险装置简介

点火系统安全保险装置是个可远距离控制的电动阀门,所以也称为保险栓。作用就是将隔离体置于固体火箭发动机点火系统的发火元件(一般是电发火管)与被点火元件(一般是点火药室)之间,起接通和隔断两者之间的燃气通道的作用。当发动机被点火工作后,隔离体便成为一个受内压的堵盖。所以安全保险装置要求有足够的热强度性能及热密封性能,以保证发动机

- [13] 官建成,王军霞.DEA灵敏度分析的进一步探讨与应用[J].系统工程理论与实践,2003(1):37-43.
- [14] 杨印生,谢鹏扬.增加决策单元的DEA—DA模型灵敏度分析[J].系统工程理论方法应用,2004(4):334-338.
- [15] 陶跃,苗广英,敖蓉蓉,等.含有L—R模糊数的DEA—DA模型灵敏度分析[J].吉林大学学报:理学版,2008(2):197-204.
- [16] 李树根.Banach空间的DEA模型[M].大连:大连理工大学出版社,1996:202-206.
- [17] 朱乔,盛照瀚,吴广谋.DEA模型中的有效性问题[J].东南大学学报,1994(2):78-82.
- [18] 马占新,唐焕文.DEA有效单元的特征及SEA方法[J].大连理工大学学报,1999(4):577-582.
- [19] 马占新.关于弱DEA有效性的本质特征[J].数学的实践与认识,2005(9):140-147.
- [20] 吴广谋,盛照瀚.指标特性与DEA有效性的关系[J].东南大学学报,1992(5):124-127.
- [21] 魏权龄,李宏余.决策单元的变更对DEA有效性的影响[J].北京航空航天大学学报,1991(1):85-97.
- [22] 魏权龄,卢刚,岳明.关于综合DEA模型中的DEA有效决

- 策单元集合的几个恒等式[J].系统科学与数学,1989(3):282-288.
- [23] 吴文江,袁仪方.有关寻求DEA有效的决策单元的方法[J].系统工程学报,1993(1):80-88.
- [24] 张福翔.判断决策单元DEA有效性的一种新方法[J].系统工程,2001(5):23-27.
- [25] 宋杰鲲,张宇.大规模决策单元的DEA有效性判别[J].现代软科学,2006(2):90-92.
- [26] 陈加良.决策单元的DEA有效性排序问题[J].福州大学学报:哲学社会科学版,2004(1):31-33.
- [27] 王应明,傅国伟.一种用于工业经济效益综合评价的模型与方法[J].系统工程与电子技术,1993(3):18-21.
- [28] 王宗军.综合评价的方法、问题及其研究趋势[J].管理科学学报,1998(1):74-79.

(责任编辑:张红)

第一作者简介:王惊涛,男,1976年8生,1998年毕业于安徽财经大学,现为安徽工程科技学院管理科学与工程专业2007级在读硕士研究生,讲师,安徽工程科技学院,安徽省芜湖市,241000.

Theoretical Summary and Prospect of Data Envelopment Analysis(DEA)

WANG Jing-tao, HAO Chun-hui

ABSTRACT: This paper expounds the basic principles and models of data envelopment analysis (DEA), reviews the research and development of the relevant theories of DEA, and based on these, looks forward to the development of DEA theory.

KEY WORDS: DEA; DMU; effectivity

内的燃气不会泄漏。

隔离体置于点火器和点火药盒之间。点火前(包括发动机在贮存、运输、安装、测试当中)呈保险状态,堵塞点火器燃气通道,起安全保险作用;点火时解除保险,提供点火器燃气通道,实现正常点火,同时在发动机工作期间要可靠密封,保障发动机正常工作。

2 国外研究情况

国外从早期的战术导弹上大量采用一种手动式机械安全机构(见图1)开始,就从未停止过产品的更新与发展。Special Devices 公司 1995 年前成功研制了一种低成本,完全符合 MIT-STD-1576,ERR 127-1 和 DOD-E83578A 要求的安全保险装置,最先应用到了 ATLAS IIAS 项目中,之后是用到了商业运载火箭上,并扩大应用到包括 Pegasus, Taurus, Titan IV and Delta II 的商业项目和几个军用项目中,例如 THAAD。

会议论文 AAA-1998-3627 中也介绍了 3 种性能比较可靠的安全保险装置。这 3 种安全保险装置已经大批量生产并应用到多个项目中,证明是非常成熟、可靠的产品。3 种产品中,第一种为通用型安全保险装置(简称 AFD,见图1),由 China Lake, California 和 Special Devices 3 个公司联合研制,是由旋转螺旋管、带弹片的旋转开关座(用途是将开关电路连接到连接器),提升销,双桥丝起爆器等组成;第二种是迷你型安全保险装置(见图2),继承了 AFD 的多种成熟技术,并在此基础上进行了小型化设计,直径约为 25.4 mm,101.6 mm,质量为 113.4 g;第三种是为“阿特拉斯”运载火箭研制的“Flight Termination”安全保险装置,由力矩电机驱动“保险”和“发火”两种状态转换,驱动命令中断,锁定机构将电机保持在当前状态(“保险”状态或“发火”状态)。还有些种类的安全保险装置使用了齿轮、蜗杆等传动机构。

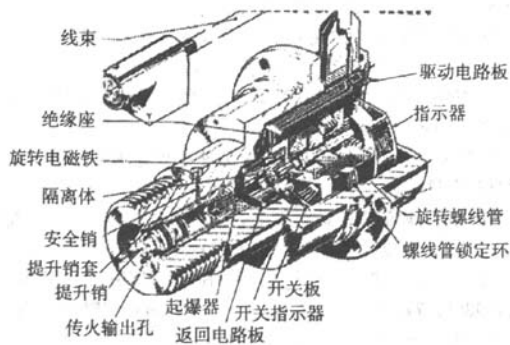


图1 通用型安全保险装置

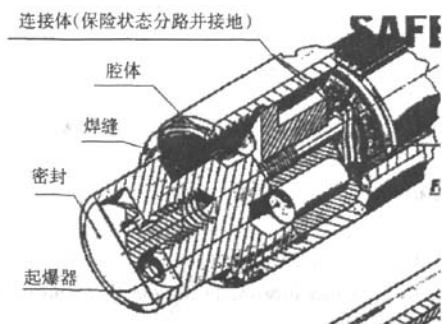


图2 迷你型安全保险装置

3 国内研究情况

国内也自主研发了几种安全保险装置,按驱动源可分为包括微电机式和电磁式,已应用到一些型号的发动机中。电磁式安全保险装置研制时间较早,是通过电磁驱动机构,沟通或堵塞电发火元件与点火药盒之间的燃气通道;主要由电发火管座、保险组件、锁紧组件、状态指示器、存气室和插座等部分组成。一种微电机式安全机构中(见图3),采用了冗余火路设计,钛合金安全机构壳体,由直流永磁伺服电机进行驱动。

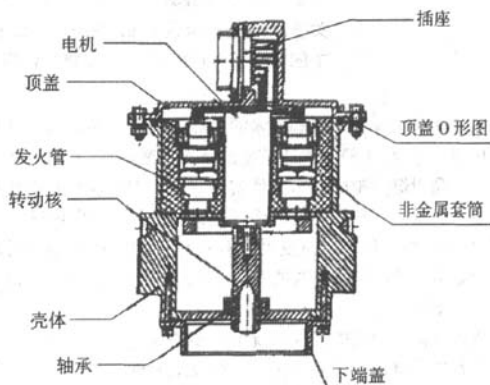


图3 一种微电机式安全机构图

我国目前应用较为广泛的一种安全保险装置体积和质量都相对较大,质量为 1.8 kg,外形尺寸为 134 mm×160 mm×137.5 mm(高),主要用在大型固体火箭发动机中。

4 原理分析

从国内外已知的产品可以发现,安全保险装置结构大致由以下几部分组成:隔离机构、状态锁定机构(可以没有)、状态指示装置、驱动源、起爆(发火)元器件。

隔离机构的作用是隔断或接通燃气通道,实现保险和工作两种状态的转换。

状态锁定机构的作用是在不需要进行状态转换时保持当前状态不受外界影响,防止意外事故发生。

状态指示装置的作用是显示当前安全保险装置的状态,以便于准确操作和控制安全保险装置。

驱动源为隔离机构提供动力。

起爆(发火)元器件是在固体火箭发动机需要工作时可靠点燃点火药盒。

5 设计思路

5.1 驱动源的选用

从现已有产品可以发现,国外研制的安全保险装置的驱动源主要选用了直流旋转电磁铁(螺线管)和直流量矩电机,国内的安全保险装置则使用了直流量矩电机和直流伺服电机两种。几种驱动源主要有以下特点:

电磁铁的工作原理是线圈通电后对铁磁物质产生吸力,引起铁磁物质机械运动,把电能转换为机械能的一种电磁器件。旋转式电磁铁的转动幅度一般不会太大,转角一般约为 60°~90°。电磁铁质量较大。

直流伺服电动机是以电磁感应定律和电磁力定律为原理工

热电偶检定管理系统的自动化升级

王远明, 靳 燕

(山西省自动化研究所, 山西太原, 030012)

摘 要:对某公司原有热电偶管理系统进行了自动化升级, 充分利用计算机的数据处理功能, 使热电偶管理和检定工作数据处理部分达到自动化运行水平。

关键词:热电偶; 温度检测; 检定管理系统

中图分类号: TQ15

文献标识码: A

金属热处理工艺中, 热处理工序是保证高质量产品生产的重要工序, 占有相当的规模, 对热电偶的需求量大、消耗大、要求高, 这些都会不可避免地加大热电偶检定人员的工作量。近几年来, 某公司平均每年入库新制电偶 300 余支, 加上周期检定约 500 根次, 靠检定人员人工控温、检定、手工计算结果和出具证

书, 工作量大, 运算繁琐, 难于管理, 已经远远不能适应该公司的迅速发展。

在金属热处理工艺中, 温度参数必须进行准确的测量, 作为测温手段的热电偶及温度仪表, 必须有足够的准确度, 热电偶及仪表必须进行周期检定, 保证温度量值传递的准确一致, 热电偶

作的, 由定子、转子组成, 定子和转子之间是气隙。它在自动控制系统中作执行电动机, 对系统起到“伺服”作用, 能够连续旋转, 具有线性的机械特性, 质量轻、体积小, 对控制信号能作出快速响应, 电机输出轴的转角由输入指令控制。因此, 使用此种电机可以不设计状态锁定机构。

直流力矩电动机是一种能够长期处于堵转或低速状态下工作的、大转矩的直流伺服电动机, 可以直接带动负载, 反应速度快, 转矩和转速波动小, 能在低转速下稳定运行, 适用于位置伺服系统和速度伺服系统中作执行元件。直流力矩电动机的工作原理与普通的直流伺服电动机工作原理相同, 只是在结构和外形尺寸的比例上有所不同。一般直流伺服电动机为了减小电动机的转动惯量, 大部分做成细长圆柱形, 力矩电动机做成扁环形。

还有一种驱动源目前还没有发现有产品使用, 就是推拉式电磁铁。目前也属于成熟产品, 在民品中大量应用。推拉式电磁铁是属于吸入式电磁铁, 能够提供直线位移和推拉力。

5.2 机构的确定和结构布局

选用何种驱动源决定了隔离机构的设计方向。机构按运动方式分为旋转式和直线位移式。旋转式隔离机构实现的方式有驱动源直接驱动隔离装置, 或通过齿轮、蜗杆等机构带动隔离装置实现状态转换等形式。直线位移式还可以分为端部堵塞传火通道、杆部(与端部垂直的面)堵塞传火通道两种形式。

实现隔离的方式影响着机构的布局, 可以分为轴向布局和径向布局两种(相对于传火通道而言)。设计出合理的结构布局能够最大限度地减小安全保险装置的质量和尺寸, 降低发动机的整体消极质量和消极尺寸。

5.3 起爆(发火)元器件的选用

当然, 具体采用何种机构来实现隔离, 起到保险和工作两种状态的转换, 还要考虑起爆元器件(或发火元器件)的能量传递形式和密封形式。起爆元件输出能量一般为爆轰波, 方向传递性强, 不易扩散, 在隔爆与传火之间可以不采用密封。发火元器件输出能量形式为火焰, 容易扩散, 隔爆与传火孔之间必须采用密封, 否则隔爆不可靠。

总之, 这 3 种部件是相互影响的, 如何确定一种最优方案, 设计出性价比最高的产品将是以后安全保险装置的发展方向。

6 结语

安全保险装置的设计涉及火工、机构、电机、密封等方面的专业知识。轻质量、小体积、高性能是其发展目标。如何采用有效的现代设计和优化手段, 寻求一种最优方案, 设计出满足使用要求, 适应现代复杂环境的产品是设计安全保险装置努力的方向。

参考文献

- [1] 蔡瑞娇. 火工品设计原理[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1999.
- [2] 国家机械工业局西安微电机研究所. 实用微电机手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2000.

(本文其他参考文献因著录项目不全被删除)

(责任编辑: 张 红)

第一作者简介: 赵亚芹, 女, 1979 年 6 月生, 2002 年毕业于重庆工学院机械设计专业, 工程师, 中国航天科工集团第六研究院四十一所, 内蒙古自治区呼和浩特市, 010010.

Review of Designing the Safe-and-arm Device for Solid Rocket Motor

ZHAO Ya-qin, MA Cun-li, XIAO Cheng-pian

ABSTRACT: This paper describes the current situation of safe-and-arm device for solid rocket motor in foreign countries and China, sums up the working principles of safe-and-arm device, provides some mentalities for designing new safe-and-arm device, and points out the future development direction.

KEY WORDS: solid rocket motor; safe-and-arm device; working principle; design mentality