

# 某型飞机灭火瓶膜片自爆与环境温度变化关系研究

## Research on Relation Between Diaphragm Explosion and Temperature of Aircraft Fire Extinguisher

中国人民解放军驻陕飞公司军事代表室 周亮 王晓平 胡愈刚

为了准确分析灭火瓶安全阀非正常自爆的原因,为技术改进提供依据,对灭火瓶进行了温度-压力试验,检测灭火瓶在不同温度下的压力变化情况和灭火瓶安全阀在高温环境下的爆破压力。

某型运输机在我国国民经济建设、军事运输、空投、空降和重点专项任务中发挥着重要作用。近年来,该型飞机发动机内部灭火系统安装的灭火瓶在使用过程中多次出现安全阀膜片自爆压力泄漏故障,导致灭火功能失效,严重危及飞行安全。尤其是2007年以来,该型灭火瓶的故障率急剧上升,经统计2007年共发生故障17起共21件,2008年共发生故障22起共36件,2009年共发生故障26起共43件。甚至有的仅交付到主机厂进行出厂前的试飞时就发生故障。由于外场不具备修理条件,失效产品必须返厂返修。该故障的高频率发生,大量的返厂返修不但浪费了巨大的财力、物力、人力等各种资源,而且较长的返修周期,严重影响了使用部队正常飞行训练和任务的完成。

### 1 产品介绍

该型灭火瓶是某型飞机发动机

内部灭火系统的核心部件,安装在发动机短舱前部2~3框的左右两侧的支座上,单机数量8件(每台发动机配2件)。主要由锁机、瓶体、灭火剂等组成,锁机由锁机壳体、引火器、传爆管、起动杠杆、灭火活门组件、安全阀和压力表等组成。当飞行员按压灭火按钮(或由火警传感器传感而引起),引火器电路接通,传爆管通电而爆炸,这时传爆管爆炸产生的高压气体推动活塞,使起动杠杆转动,锁键轴就从摇臂的凹槽内滑出,于是灭火活门组件在弹簧和瓶内气体压力作用下打开,灭火剂(氟里昂1211)在压缩氮气的压力作用下,从灭火瓶上的灭火管嘴喷出,经灭火喷管进入发动机短舱,扑灭发动机中、后轴承滑油腔及附件腔内的明火。

### 2 原因分析

#### 2.1 设计结构分析

安全阀采用的是前苏联20世纪五六十年代的技术,其结构如图1所

示。其作用是当灭火瓶内的压力变化达到安全阀保险膜片所能承受的压力(技术要求为:17.64~21.56MPa)时,保险膜片会在压力作用下破裂,从而安全卸压,达到对灭火瓶其他零件保护的目的。安全阀由专业厂家研制生产,每批入厂的安全阀,均要进行入厂复试(抽取一定比例的安全阀进行压力爆破试验)。并且安全阀装灭火瓶后,每年抽取2件灭火瓶按现有技术条件进行了振动、冲击试验,这些试验结果均正常。因此,该灭火瓶装机后,安全阀发生非正常的

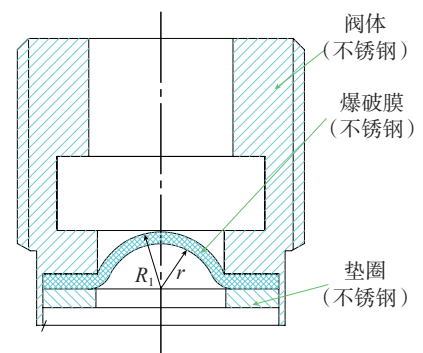


图1 安全阀结构

自爆故障,与灭火瓶内的压力升高有直接关系,而灭火瓶内的压力升高又与环境温度升高有必然的联系。在夏天,发动机短舱前部环境温度一般都在 65℃以上,与实际出厂验收的常温环境差异较大,灭火瓶在这样的高温环境中工作时,瓶内气压就要随之增大,当瓶内的气压达到规定要求时,安全阀保险膜片被涨破自爆,灭火剂排出,以防止瓶内压力过高造成危险。

可能与灭火瓶的实际承受压力及工作环境与其试验条件存在差异有关。

## 2.2 温度 - 压力试验分析

为了准确分析灭火瓶安全阀非正常自爆的原因,为技术改进提供依据,对灭火瓶进行了温度 - 压力试验,检测灭火瓶在不同温度下的压力变化情况和灭火瓶安全阀在高温环境下的爆破压力。试验过程中,在灭火瓶安装压力表的位置安装了压力传感器,对灭火瓶内的压力进行了准确测量。

正常充填压力下的温度 - 压力试验。按现行设计图纸和技术条件要求对 4 件灭火瓶在常温下进行充填,充填压力为  $9.8 \pm 0.5\text{MPa}$ 。然后将充填好的灭火瓶放置在高温试验箱内,对其进行升温 and 保温试验,升温至灭火瓶安全阀保险膜片爆破为止。超常充填压力下的温度 - 压力试验。对 2 件灭火瓶按超出技术条件 ( $9.8 \pm 0.5\text{MPa}$ ) 上限 1MPa 的充填压力在常温下进行充填,不装安全阀 (将安装安全阀的孔口用工艺堵帽堵死)。将充填好的灭火瓶放置在高温试验箱内,对灭火瓶进行升温 and 保温试验,并测试灭火瓶内的压力。

经过以上的设计结构分析和温度 - 压力试验,分析认为:

(1) 随着环境温度的升高,安全阀保险膜片的爆破压力会降低。灭火瓶试验件正常充填后,随着环境温度的升高,其安全阀的爆破压

力将低于技术要求规定破坏压力 (17.64~21.56MPa)。也就是说,随着环境温度的升高,灭火瓶的内压也在升高,安全阀保险膜片所承受的压力在还没有达到规定的要求时,就提前会爆破,使灭火瓶内的灭火剂泄漏,导致灭火瓶灭火功能失效。

(2) 灭火瓶在常温下的初始充填压力需要严格控制,若充填压力超出允许的压力范围,则可能导致高温环境下灭火瓶内的压力接近或超出安全阀的爆破压力。从试验可以得出常温下不同充填压力的灭火瓶,在 70℃ 和 75℃ 环境下瓶内的压力值,如图 2 所示。从图 2 可以看出,

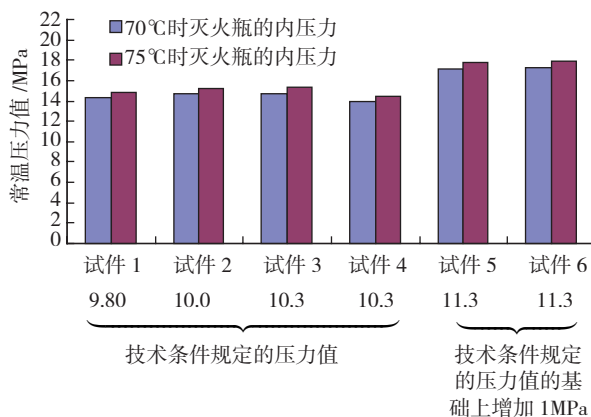


图2 不同充填状态灭火瓶高温压力柱状图

试验件 5 和试验件 6 在 70℃ 下的压力就会非常接近或超出安全阀的爆破压力。而在实际操作中,为了延缓因泄漏而导致灭火瓶压力降低的时间,操作者往往将充填压力控制在设计允许值的上限,甚至超出上限值少许,再加上压力表误差因素,实际充填压力很可能超出规定值 1MPa 左右。这样灭火瓶在高温状态下工作时,瓶内压力很容易达到安全阀保险膜片的爆破压力,从而导致安全阀保险膜片自爆,使灭火瓶内的灭火剂泄漏,导致灭火瓶灭火功能失效。

## 3 技术改进

通过以上分析,针对故障原因,对该型灭火瓶进行以下技术改进:

(1) 结合灭火瓶的高温工作环

境状况,重新确定安全阀保险膜爆片的设计爆破压力。将安全阀的爆破压力上限改为 22MPa,与灭火瓶锁机和瓶体的设计试验压力一致。从灭火瓶的温度 - 压力试验结果可知,当环境温度低于 70℃ 时,灭火瓶内的压力最高只能达到 17.3MPa,因此认为,将安全阀在 70℃ 时的爆破压力改为 19~22MPa,对灭火瓶的强度是安全可靠的。

(2) 严格控制灭火瓶的初始充填压力,以确保灭火瓶在高温环境下工作时,其压力值低于安全阀保险膜爆片的爆破压力值,且有一定的安全余量。在保证灭火瓶原技术条件规

定的在不同温度下的充填压力的前提下,只对其充填压力公差进行控制,改进前后灭火瓶的充填温度与充填压力对应情况。

(3) 结合灭火瓶的实际工作环境,参照国军标要求,对灭火瓶的试验技术条件进行完善,加强产品验收试验过程的质量控制。

## 4 改进效果

按改进方案制造的 20 件 (每架机 8 件,共 2 架机 16 件;4 件备件) 灭火瓶经厂内验收试验合格后装机试用。1 架机灭火瓶装机 12 个月共 885 个飞行小时,另 1 架机灭火瓶装机 9 个月共 646 个飞行小时,产品质量稳定,满足飞机使用要求。

(责编 夏宛)