

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2015.03.014

# 防破片飞散抗爆增强型引信焚毁炉的设计\*

王 东 马 强 赵耀军

西安机电信息技术研究所(陕西西安,710065)

[摘 要] 针对开放式炸毁法销毁废旧引信殉爆不彻底,存在危险品飞散、现有引信焚毁炉抗爆能力不足等实际问题,设计了新结构防破片飞散的抗爆增强型引信焚毁炉。该焚毁炉炉体一次铸造成型,能满足较大药量的引信销毁;焚毁炉的喷火管口与炉体内圆切线及水平线均向下形成一定角度,防止了爆炸破片对喷火管的损害,提高了销毁炉的实用效率和使用寿命;底板翻转式排渣,提高了销毁炉的可操作性和工作效率;自动控温自动点火的设计,提高了销毁炉的自动化水平,减少了人工操作的强度和误操作的机率。经销毁试验验证,这种焚毁炉能安全、可靠地将 200 g TNT 当量以下的废引信产品完全烧毁,满足废旧引信、火工品的销毁要求。

[关键词] 引信;安全;焚毁炉

[分类号] TJ430.89

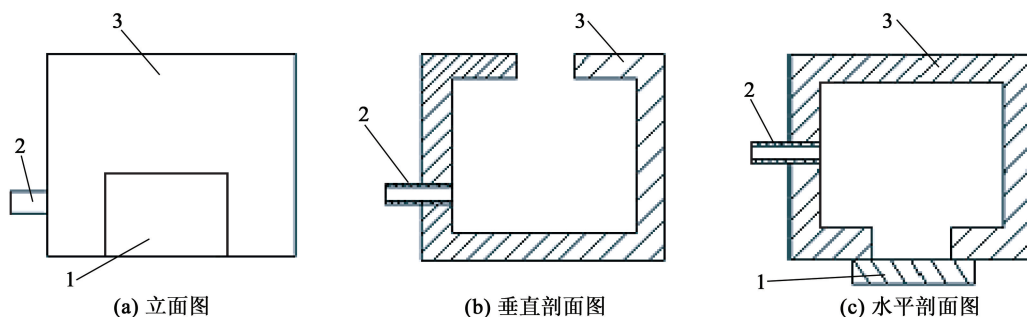
## 引言

在引信类爆炸品研制、生产和使用过程中,由于生产中产生不合格品、储存不合理或超过使用期限及各种例行试验等种种原因,必然有废、旧、残次品产生,而这些废、旧、残次品具有敏感度大、稳定性差、易发生爆炸、不宜长期积存和集中销毁的特点。以往在废旧引信销毁过程中,常常因对引信、火工品处理不当,而引起伤亡事故。因此对废旧引信、火工品应采用及时、安全、可靠的烧毁方法来处理。

爆炸物品的销毁主要有溶解法、焚烧法、爆炸法等几种方法。用溶解法和焚烧法销毁的主要是不带外壳(或外壳较薄),而且在溶解和焚烧过程中不易爆炸的爆炸物品,而对有较厚金属外壳的爆炸物品只能用爆炸法进行销毁<sup>[1-3]</sup>。焚烧处理方法是报废引信最安全、可靠的销毁方法。引信焚毁的方式

主要有笼式焚毁和炉式焚毁两种<sup>[4-5]</sup>。相对于笼式焚毁的安全操作技术要求高的特点,炉式焚毁更适合引信研制单位废、旧引信的安全销毁。

废、旧引信的销毁安全风险比较大,技术要求比较高,只有具有销毁资质的专业单位才能对外承接销毁任务。再加上火工品生产是一个特殊行业,而废旧火工品销毁市场是一个不开放的市场,因此,市场上成熟的火工品烧毁炉不多,一般用于烧毁药量较小的雷管、点火头等产品,真正满足大药量引信销毁的烧毁炉屈指可数。西北废旧弹药销毁中心为满足引信的烧毁,研制了某型号销毁炉,该销毁炉主要由烧毁炉炉体、送料机构、燃烧系统、控制系统 4 大部分组成。销毁炉炉体是整个销毁炉系统的核心部分,在喷火管和炉体结合部位的中心线上进行垂直剖切和水平剖切,如图 1。



1 - 清渣门;2 - 喷火管;3 - 炉体

图 1 某销毁炉炉体剖面图

Fig. 1 Furnace body profile of a destructor

\* 收稿日期:2014-07-21

作者简介:王东(1980~),男,工程师,研究方向为安全工程。E-mail:wangdong517@aliyun.com

该炉炉体是用钢板焊接而成的立方体,上方有泄爆口,正面有清渣门。该销毁炉焊接成型,只能满足 30 g TNT 当量以下的引信产品的销毁,不能满足研制单位大药量引信产品的销毁,而且喷火管采用直喷式设计,核心部件燃烧器经常被爆炸破片损坏,既增加了维修成本又影响销毁进度,炉体排渣机构采用推拉式清渣门的设计方式,清渣工序既不安全又费时费力,可操作性差,温度控制凭操作人员的经验,缺少自动控温自动点火的设计,设备自动化程度低,不能很好地满足引信研制单位报废引信、火工品销毁工作的需要。

针对目前火工品焚毁炉的抗爆能力低、单批销毁量不足,需要设计具有销毁当量大和防止破片飞散的抗爆增强型的引信焚毁炉。

## 1 防破片飞散抗爆增强型引信焚毁炉设计

### 1.1 设计原理

防破片飞散抗爆增强型引信焚毁炉的设计原理主要是通过外界加热,使其内部雷管、传爆管等火工品在热作用下燃烧或爆炸,消除危险性,完成销毁<sup>[6-8]</sup>,而爆炸过程产生的破片和冲击波被限制在抗爆焚烧炉内,达到安全销毁的目的。

焚毁炉的炉体是焚烧抗爆的主要载体。炉体的抗爆性设计主要依据炸药的爆轰冲量和炉体的抗压强度计算而来。通过对研制单位现有的常规引信进行分析,一般装药量不超过 200 g TNT 当量。因此,设计的焚毁炉炉体能抗 200 g TNT 当量炸药的冲击,就满足常规引信安全焚毁的需要。

炸药在有限空间爆炸的最大准静态压力可用

Carlson<sup>[9]</sup>提出的式(1)计算得到:

$$p_{qs} = 1.30 m/V. \quad (1)$$

式中: $p_{qs}$ 为准静态压力,MPa; $m$ 为炸药的质量(TNT 当量),kg; $V$ 为密闭空间的体积, $m^3$ 。

炉体的设计厚度可用式(2)计算得到:

$$\delta = pd/(2\sigma/s). \quad (2)$$

式中: $\delta$ 为罐体的壁厚; $p$ 为压力; $d$ 为罐体的外径; $\sigma$ 为材料的抗拉强度; $s$ 为安全系数。

### 1.2 系统组成及功能

防破片飞散抗爆增强型引信焚毁炉是由送料机构、烧毁炉炉体、排渣机构、燃烧系统、控制系统 5 大部分组成,见图 2。送料机构用来向炉体输送被烧毁品,实现远距离隔离操作;烧毁炉是系统的核心部分,也是被烧毁品烧毁的场地;燃烧系统为烧毁过程提供烧毁所需能源;控制系统控制各机构动作和炉体温度,监视燃烧器工作等情况;排渣机构用来排出烧毁后火工品残骸。

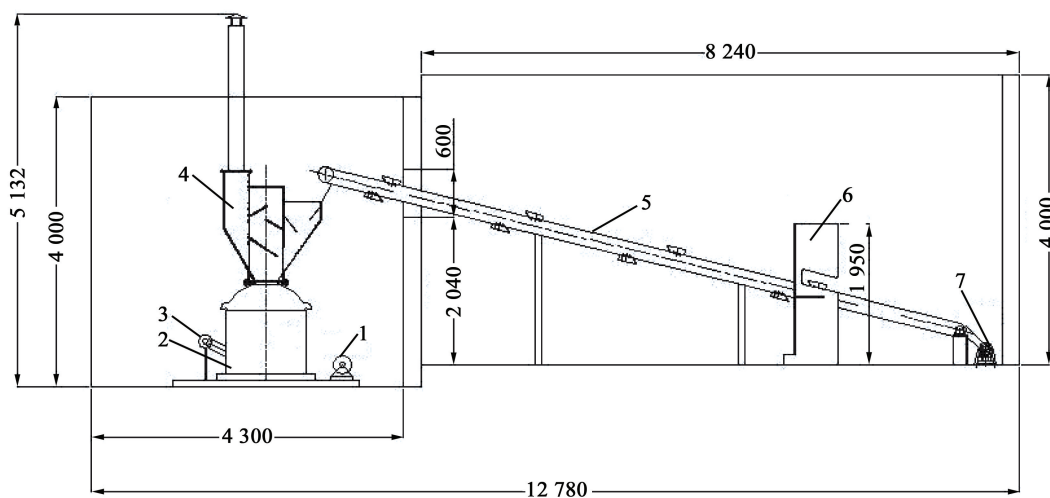
### 1.3 主要技术指标及设计依据

1) 炉体容积:0.8  $m^3$ ,以常规引信体积为基础,容纳 2 h 的投料量为设计依据;

2) 炉体抗爆能力:200 g TNT 当量,以研制单位现有的常规引信装药量一般不超过 200 g TNT 当量为设计依据;

3) 炉腔温度:400 ~ 700  $^{\circ}C$ (可调),以 TNT 为代表的普通炸药和以 RDX 为代表的猛炸药的热起爆温度为设计依据;

4) 输送距离:9 m,以焚毁炉和工作台的距离满足抗爆、隔离操作的工艺布局为设计依据;



1 - 卷扬机;2 - 炉体;3 - 燃烧器;4 - 接料器;5 - 传送带;6 - 工作台;7 - 减速机

图 2 防破片飞散抗爆增强型引信焚毁炉系统示意图

Fig. 2 Diagram of fragment-emission-proof anti-blast enhanced fuze destructor system

5) 输送速度:  $0.067 \sim 0.100$  m/s 可调, 以常规引信焚烧燃爆作用时间为设计依据;

6) 炉体外型尺寸:  $1\,500\text{ mm} \times 1\,500\text{ mm} \times 2\,000\text{ mm}$ , 以炉体容积、壁厚及铸造工艺为设计依据;

7) 炉体质量:  $8\text{ t}$ , 以炉体的体积和铸造材料为设计依据;

8) 用电总功率:  $15\text{ kW}$ , 以防爆电机、卷扬机、鼓风机、控制系统的综合能耗为设计依据。

## 1.4 焚毁炉结构

### 1.4.1 送料机构

由传送导轨及链条、防爆电机、进料小车等组成, 长  $9\text{ m}$ , 进料小车距离  $2\text{ m}$ , 运转速度可调。为方便操作人员监视进料传送过程, 在操作间的隔离墙上设有观察口。传送带由无极变速减速机、链条、导轨及进料小车组成。无极变速减速机驱动链条使料斗在导轨上实现送料机构的传送运动。对照销毁炉(图 1), 这种无极变速的设计, 可以根据销毁品的药量调节进料速度, 防止炉中未完全烧毁的火工品聚集而发生殉爆, 提高了销毁的安全性。

### 1.4.2 焚毁炉

由炉体、接料器、喷火管和基座组成。

1) 炉体。炉体的材料选用优质耐热钢一次铸成, 极大地提高了炉体的抗爆性。为提高炉体的保温隔热性能, 炉体外围用厚约  $20\text{ mm}$  保温材料包裹, 外套  $3\text{ mm}$  厚的钢筒。另外, 炉体下部向内收一定角度, 与喷火管口向下倾斜的角度相配合, 使火焰能在炉内烧毁区集中, 提高烧毁效率和完全性。

2) 接料器。接料器选用  $10\text{ mm}$  厚的均质钢板制作, 螺栓固定在炉体口部, 内部交叉安装与水平线向下成一定角度的挡板, 使得破片无论从哪个方向

均不能从炉体顶部开口处飞出。进料口和各挡板之间的结构尺寸, 是按照烧毁最大爆炸物尺寸指标要求设计。

3) 喷火管。为适应高温工作需要, 喷火管选用耐热合金钢材料制成, 可在  $1\,300\text{ }^{\circ}\text{C}$  高温下长期工作。以工艺、燃烧器喷火口外径及抗爆强度为依据, 喷火管长  $60\text{ cm}$ , 内径  $15\text{ cm}$ , 壁厚  $6\text{ cm}$ 。为使火焰能在烧毁炉下部集中迅速提升烧毁区温度, 并最大限度地防止破片打坏喷火管, 喷火管口与炉体内圆切线及水平线均向下形成一定角度, 这样可使火焰在炉内与炉体下部锥度相配合形成螺旋向下的火焰, 覆盖整个烧毁区, 并在喷火管外露部分增加了泄爆口。

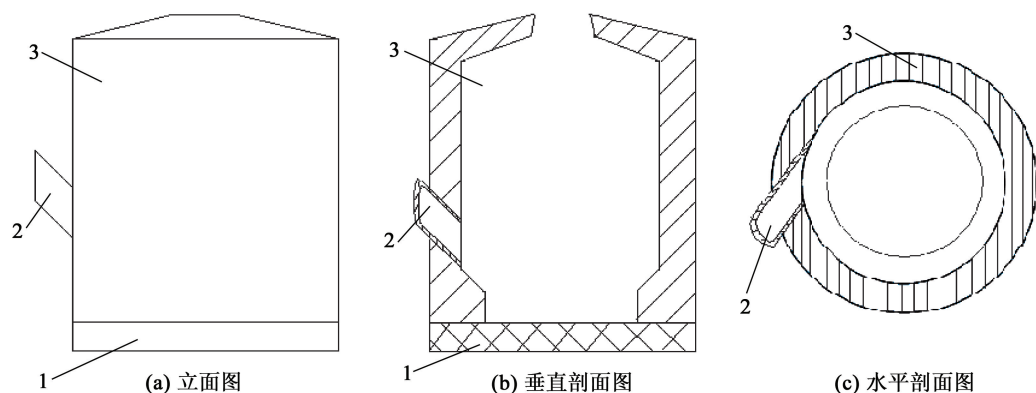
为了更直观地反映焚毁炉的结构, 在喷火管与焚毁炉炉体结合部位的中心线上进行垂直剖切和水平剖切, 见图 3。

通过图 1 和图 3 比较可知, 图 1 炉体焊接成型, 图 3 炉体是一次压铸成型, 从结构设计和制作工艺上, 防破片飞散抗爆增强型销毁炉的炉体抗爆能力优于图 1 描述的炉体。图 1 喷火管垂直于炉壁, 极易受到爆炸破片冲击, 打坏核心部件燃烧器。图 3 设计的喷火管口与炉体内圆切线及水平线均向下形成一定角度, 最大限度地防止了爆炸破片对燃烧器的损害, 提高了焚毁炉的使用寿命。

4) 基座。用来支撑和固定炉体, 并方便排渣。由钢筋混凝土浇筑而成, 通过地脚螺栓与炉体连接。

### 1.4.3 燃烧系统

由油箱、燃烧器及其附件组成。该焚毁炉选择进口燃油燃烧器, 火焰长度  $67.3 \sim 96.9\text{ cm}$ , 火焰直径  $50\text{ cm}$ , 且具备自动点火功能。图 1 销毁炉燃烧



1 - 排渣底板; 2 - 喷火管; 3 - 炉体

图 3 焚毁炉炉体剖面图

Fig. 3 Furnace body profile of the destructor



系统受到冲击波熄火后,需停炉重新点火,而该焚毁炉燃烧系统在熄火后能自动点火,不需停炉等待和重新点火,提高了销毁效率。

1.4.4 控制系统

由温控仪、监视器、控制台组成。控制台控制系统各机构动作。温控仪在 0~1 200 ℃ 范围内可调。当炉腔温度达到 600 ℃ 时,可自动停止燃烧器工作;当温度降到 400 ℃ 时,燃烧器自动开机点火工作。既可保证烧毁所需的热量,又极大地节约了燃油。

1.4.5 排渣机构

为了排渣轻巧方便,炉体底板设计为上下翻转式。确保了底板上下平稳安全。当需要排渣时,远距离操控卷扬机将底板放下,烧毁的引信残骸在自重作用下,从炉腔内排出,整个排渣过程既安全,又省时省力。而图 1 销毁炉的清渣门采用推拉式的设计,极易受爆炸冲击而变形,造成无法正常开启,而排渣时,又需要人工把烧毁的残骸掏出了,给排渣过程带来极大的不便。

2 使用效果验证

采用分类分批且待销毁品装药量递增的方法进行投料试烧对焚毁炉进行验证。对各类引信、复合推进剂残渣、传导炸药柱、底火、雷管等火工品共计 26 箱进行了试烧毁。首批投药量极小的火工品和含火工部件,其次投药量 20 g 以下的引信,再投药量 100 g 以下的引信,最后投药量 200 g 以下的引信。具体试验步骤是:1) 控制系统上电,给各系统操作指令,检查系统工作可靠性;2) 燃烧器点火预热;3) 温控指示达到 400 ℃ 时,投料试销毁;4) 最后一次爆炸声结束 15 min 后,开炉清渣,验证焚烧效果。投料情况及焚烧结果如表 1。

表 1 试验投料情况及焚烧结果

Tab.1 Feeding and burning results of the verification test

产品种类	含药量/g	焚毁数量	焚毁结果
LD14 电雷管	<0.1	5 100	可靠焚毁
某无线电近炸引信	14	1 080	可靠焚毁
某机电引信	68	420	可靠焚毁
某新型复合引信	170	57	可靠焚毁

这些火工品、引信的装药主要有两类:一类是以 TNT 为代表的普通炸药;另一类是以 RDX 为代表的猛炸药。TNT 的热起爆温度为 475 ℃/5 s,猛炸药的热起爆温度为 230 ℃/5 s,硝酸脂系炸药的热起爆温度为 225 ℃/5 s,复合推进剂热起爆温度为 344 ℃/5 s<sup>[10]</sup>。焚毁炉采用明火与火工品直接接触,点

火 3 min 后炉底烧毁温度就能达到 800 ℃ 左右。在烧毁中,任何火工品投入后均在 4 min 内燃爆。从已完成销毁的 26 箱近万枚引信、火工品烧毁情况看,没有发现一枚未可靠烧毁的引信、火工品,产品烧毁效果见图 4。验证结果表明:该防破片飞散抗爆增强型焚毁炉满足引信、火工品的销毁要求。



(a) 单发效果图



(b) 多发效果图

图 4 引信产品烧毁效果图

Fig. 4 The fuze burning effect chart

在销毁过程中,试销了装药量接近 200 g TNT 当量的新型引信产品,炉体完好无损,证明了该销毁炉优异的抗爆性能,而且冲击波未对燃烧器造成任何损害,表明优化的喷火管安装方式,防止了爆炸破片对燃烧器的损害,而底板翻转式的排渣机构操作过程省时省力,达到了设计的要求。在喷火管结构设计和材料选取中,为适应高温作业需要,选用耐热合金钢材料制成喷火管,可在 1 300 ℃ 高温下长期工作。采用传送带送料,满足人机隔离、远距离操作的安全要求。操作间设计采用防爆、防静电及安全操作规程等软、硬件安全措施,确保操作人员的投料安全。

防破片飞散抗爆增强型焚毁炉的设计满足了安全、可靠的要求,焚毁炉的投入使用,彻底解决了困扰科研试制单位多年的废、旧火工品储存的隐患。但在销毁过程发现,当炉内产品较少时,螺旋向下的火焰能覆盖整个烧毁区,焚毁效率比较高,随着投入炉内产品的增加,喷火管出火口受阻后,火焰分布不均匀,焚毁效率降低。因此,炉内的火焰分布对销毁效率的影响问题是将来焚毁炉改进、优化的方向。

### 3 结论

设计了防破片飞散抗爆增强型引信焚毁炉。该焚毁炉的炉体采用一次铸造成型,具有 200 g TNT 当量的抗爆能力,能满足大药量的引信销毁;喷火管口与炉体内圆切线及水平线均向下形成一定角度,防止了爆炸破片对喷火管的损害,提高了销毁炉的实用效率和使用寿命;底板翻转式排渣,提高了销毁炉的可操作性和工作效率;自动控温自动点火的设计,提高了销毁炉的自动化水平,减少了人工操作的强度和误操作的机率。

实际销毁表明,新型销毁炉能安全、可靠地将 200 g TNT 当量以下的废引信产品完全烧毁,满足废旧引信、火工品的销毁要求。

在今后的销毁炉设计制造中,还需进一步改进、优化炉内的火焰分布对焚毁效率的影响,并摸索、总结销毁炉安全操作规程,提高销毁效率和销毁过程的安全性。

### 参 考 文 献

- [1] 葛勇,付天光,杨智广,等. 聚能切割销毁废旧炮弹[J]. 工程爆破,2006,12(4):74-76.  
Ge Yong, Fu Tianguang, Yang Zhiguang, et al. Destruction of discarded mines and shells by cutting blasting with shaped charges[J]. Engineering Blasting, 2006, 12(4): 74-76.
- [2] 蒋跃飞,张正忠,杨雁,等. 废旧炮弹销毁设计与施工[J]. 工程爆破,2009,15(2):87-90.  
Jiang Yuefei, Zhang Zhengzhong, Yang Yan, et al. Design and construction of discarded bombs destruction[J]. Engineering Blasting, 2009, 15(2): 87-90.
- [3] 中国兵器工业标准化研究所. GJB5120—2002 废火药、炸药、弹药、引信及火工品处理、销毁与贮运安全技术要求[S]. 北京:兵器工业出版社,2002.
- [4] 刘鹏安,罗兴柏,李岩. 引信内部火工品烧毁机理分析[J]. 四川兵工学报,2007(4):43-45.
- [5] 罗同杰,王保玲,宁灵生. 废旧弹药销毁用爆炸罐设计及其应用[J]. 爆破器材,2012,41(3):38-40.  
Luo Tongjie, Wang Baoling, Ning Lingsheng. Design and application of explosion vessel for destruction of waste ammunition[J]. Explosive Materials, 2012, 41(3): 38-40.
- [6] 谷智国,张怀智,金昌根,等. 车载烧毁系统销毁火工品研究[J]. 火工品,2009(4):48-50.  
Gu Zhiguo, Zhang Huaizhi, Jin Changgen, et al. Study on disposal of initiating and explosive device by vehicular disposal system[J]. Initiators & Pyrotechnics, 2009(4): 48-50.
- [7] 刘鹏安,张怀智,何正文,等. 引信烧毁模式理论与实验研究[J]. 弹箭与制导学报,2010,30(4):92-94.  
Liu Peng'an, Zhang Huaizhi, He Zhengwen, et al. Aalysis about burning pattern of the fuze according experimental and theoretical[J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2010, 30(4): 92-94.
- [8] 邱进芬,谢筑湘. 废旧炮弹销毁研究[J]. 工程爆破,2004,10(1):82-86.  
Qiu Jinfen, Xie Zhuxiang. Research on the destruction of discarded shells and bombs[J]. Engineering Blasting, 2004, 10(1): 82-86.
- [9] Carlson R W. Confinement of explosion by a steel vessel[R]. Los Alamos:LANA,1945.
- [10] 李国新,程国元,焦清介. 火工品实验与测试技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,1998.

## Design of the Fragment-emission-proof Anti-blast Enhanced Fuze Destructor

WANG Dong, MA Qiang, ZHAO Yaojun

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

[ABSTRACT] A fragment-emission-proof anti-blast enhanced destructor was designed to resolve the following problems: incomplete induced detonation and hazardous objects emission in destroying waste fuzes by explosion, and insufficient blast resistant ability of existing fuze destructor. The body of the destructor was formed by one-time casting, and it could meet the need of destroying a large amount of fuzes. The fire nozzle was designed to form a certain downward angle with the inner circle tangent of the furnace body and the horizontal line, thus to prevent the explosion fragments from damaging the fire nozzle, and to improve the utility efficiency and service life of the destructor. The bottom tilting slagging improved the operability and working efficiency of the furnace. And the design of automatic temperature control and automatic ignition improved the automation level of the destructor, reducing the manual operation intensity and the probability of mistaken operations. In verification experiment, waste fuze below 200 g TNT equivalent could be completely burned by this destructor safely and reliably, which meets the destruction requirements of waste, old fuze and initiating explosive devices.

[KEY WORDS] fuze; safety; destructor