

火灾条件下弹药包装燃烧风险实验研究

吴雪艳, 姚 恺, 安振涛, 潘忠政

(军械工程学院, 石家庄 050003)

摘要: 为了研究火灾条件下弹药包装燃烧过程中, 包装内温度变化对弹药装药燃爆的影响, 分析讨论了弹药包装燃烧的过程与危害, 选择 2 种典型包装进行了模拟火灾弹药包装燃烧试验及等温环境包装燃烧仿真试验, 得出了火灾条件下弹药包装内部温度场变化的特点及规律。

关键词: 火灾; 弹药; 包装; 燃烧; 温度场

中图分类号: TB489; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)03-0021-04

Experimental Research on Burning Risk of Ammunition Package on Fire

WU Xue-yan, YAO Kai, AN Zhen-tao, PAN Zhong-zheng

(Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: In order to study the influence of temperature in ammunition package to ammunition explosion during the course of ammunition package burning in fire, the course and harm of ammunition package burning were analyzed. The simulated fire experimentation was tested on two typical ammunition packages and the simulation experimentation was tested in the same condition. The characteristic and rule of the temperature change in packages were educed.

Key words: fire; ammunition; package; burning; temperature

和平时期, 弹药装备在后方仓库储存量大, 一旦弹药发生自燃或自爆, 后果将不堪设想^[1]。我军及外军有诸多案例显示, 无论是周围森林建筑引起的燃烧, 还是弹药自身发生燃爆, 对于弹药仓库来说, 一旦失去控制就会演变为火灾, 而且几乎无法扑救, 必将酿成严重的后果。我军现存的弹药包装大多数是木质包装箱^[2], 箱内弹体表面用弹脂和涂油封存。在外部火源的引燃下, 首先是木包装箱燃烧, 然后弹体表面的油脂和油漆就会燃烧, 当温度达到装填物的燃点, 就会形成化学性燃烧, 进而有可能引发弹药的燃爆。测试表明, 在火灾条件下弹药元件在 5~10 min 内会发生燃爆^[3], 但对于弹药包装箱内温度场变化及包装箱对弹药的防护作用没有进行测试。

在恶劣的高温环境条件下, 甚至在火灾燃烧的烘烤条件下, 弹药包装内弹药所处的温度环境的变化情况, 以及包装箱燃烧对弹药燃爆的影响, 都需要通过测试来获得。由于弹药的价值较高, 尤其是对于一些新型高价值弹药, 仓库储存量少, 而且弹药一旦燃烧,

极易转化为爆炸, 不易控制, 因此不能用实弹来模拟真实的火灾情况。可以通过燃烧包装箱来评估包装箱燃烧的风险以及包装箱对于弹药的防护作用, 那么弹药包装内燃烧环境温度场仿真与实验测试, 就是衡量弹药中易燃元件(黑药、发射药)的燃烧条件与环境的重要问题与方向。对各种状态下易燃元件的燃烧条件、燃烧状态、燃烧过程等方面的判断与预测, 对弹药仓库火灾扑救及火势控制, 有着十分重要的意义。

1 测试对象的选择与分析

通过简单分析可知, 弹药中装药在高温环境条件下内部温度的变化情况, 由弹药包装、弹药自身结构、弹药装药的品种和数量、弹药储存的时间、火灾现场的实际情况等因素决定。一般来说, 弹药包装密封性越好, 包装材料耐火性能越好, 燃爆时限就越长; 弹药装药的火焰感度越低、弹药整体热容量越大, 燃爆时限就越长; 有包装的比无包装的弹药燃爆时限长, 密

收稿日期: 2010-11-07

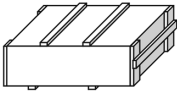
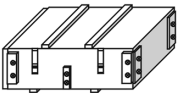
作者简介: 吴雪艳(1978—), 女, 河北栾城人, 硕士, 军械工程学院讲师, 主要从事弹药装备储运管理、安全防护及包装工程的研究。

封包装的比非密封包装的燃爆时限长,包装材料隔热性强的比隔热性差的燃爆时限长;底火、弹丸装药比发射装药燃爆时限长,发射药比黑药燃爆时限长。

为了能够得出相对普遍的规律,同时满足结论可用性,选择 2 种非密封包装的弹药木包装箱作为试验对象,相关参数见表 1。

表 1 弹药包装燃烧实验用包装箱的参数

Tab. 1 Some package parameters of testing objects

包装参数	某枪弹箱	某加榴炮弹箱
包装材料	木制	木制
包装形式	包装箱(内有铁匣)	包装箱
包装尺寸 (长×宽×高)/cm	47×34×15	79×44×23
装箱数量/发	1 500	1
包装外形		

选择上述 2 种弹药包装箱为测试对象的原因:

1) 选择木质包装箱,主要是考虑木材比较容易点燃,而且燃烧时间比较长,燃烧过程比较简单、稳定,容易测试,而且目前我军 80% 以上弹药的外包装仍采用木材。

2) 选择箱式包装,主要是考虑到燃烧环境相对封闭,包装内温度场变化受外界影响小。

3) 2 种包装代表性均较强。该枪弹包装箱代表了大多数中小口径弹药包装^[4],该类型包装有内包装(铁匣),因此内部空间为六面体形状;该加榴炮弹包装箱代表了中大口径炮弹的包装,该类型包装内没有密封包装,仅依靠弹脂和涂油进行关键部位密封,而且内部空间被隔板、衬板等结构相对隔开。

4) 包装尺寸与包装重量代表了不同范围的 2 种情况^[5]。

2 弹药包装内弹药燃烧环境温度场仿真

2.1 建立模型

弹药包装箱尺寸差异小,因此选择纯木质包装作为仿真对象,考虑到包装结构一般为对称结构,为了减少计算过程及方便建模,对枪弹箱包装长度方向的一半进行建模,见图 1。

仿真前,为了能够准确测算包装箱内温度的变

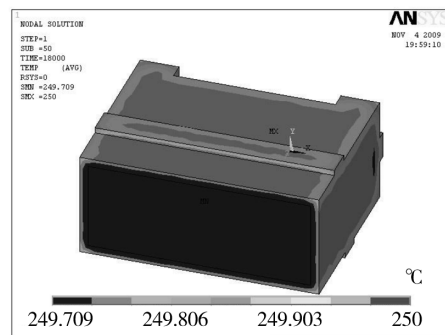


图 1 枪弹箱包装模型

Fig. 1 Ammunition package model

化,准确反映包装箱内各处的温度差异情况,选择在包装箱内 4 个点进行测算,并绘出温度变化曲线,确定的 A, B, C, D 4 个位置具有代表性,见图 2。

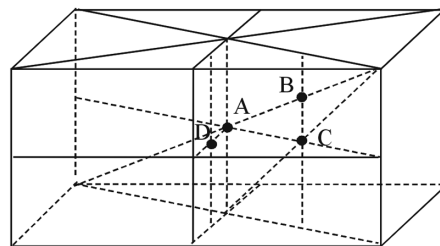


图 2 包装内部测温传感器的分布位置

Fig. 2 Locations of transducers in package

2.2 燃烧过程与数据分析

考虑到木材约在 220 °C 以上就会燃烧,而且弹药包装燃烧情况与外界环境温度有较大的相关性,因此,外界环境温度设定为 250 °C,测算弹药包装箱内各点温度随时间的变化。经过仿真计算,枪弹包装内温度变化见图 3。

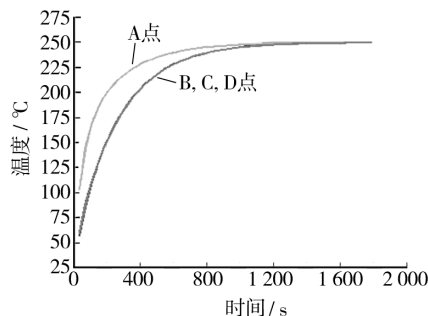


图 3 某枪弹箱包装内燃烧过程的温度变化

Fig. 3 Temperature variation in ammunition package model during on fire

图 3 显示,用 Ansys 进行分析后,弹药包装箱内

温度变化主要有:经过约 3 min 后,箱内温度达到 250 °C(与外界设定温度一样),仿真停止,此时弹药包装将开始自行燃烧,这主要是由于包装箱为纯木制包装,而且包装箱比较小,因此在短时间内包装箱即会迅速升温,达到木箱燃烧的温度;弹药包装箱内各测试点温度相近,尤其是 B、C 和 D 点几乎重合,主要是由于弹药包装箱比较小,箱内空间不大,且温度上升速度快。

表 2 高温环境温度(场)测量方法对比

Tab.2 Some methods of high temperature testing

测量方法	测量原理	测量仪器	使用特点
接触式	直接将测量仪器(或传感器)置于温度场内(即将待测物与测量物 2 个物体接触),在足够长的时间内达到热平衡,2 个互为热平衡的物体温度相等,就可对待测物实现温度测量	热电偶、热电阻等	简单而且直观;干扰影响介质的温度场,测量误差较大,实时测量难以实现,不能进行场测量
非接触式	使数码摄像机、数码照相机对温度场进行实时监测,并输出视频信号,借助计算机处理成数字化图像,并进行定量分析	光纤高温计、红外高温计等	响应速度快,灵敏度高,分辨率强,能够较好地实现对不可接触目标的温度测量;测量时需开设光学窗口,而且受运算软件限制较大
声波	利用声波在气体介质中传播时与气体温度作用引起的速率或频率变化,来求解温度或温度场	声波传感器	不受辐射影响,测量精度高,可实时监测;传感器设置较多,受运算软件限制较大

得了不少的研究成果。各种测量方法都有各自的特点,测量的适用条件也各有不同,传统的接触式测量实施起来比较容易,但误差较大,不适于高精度测量,主要测量温度变化较慢的点温度测量,本实验选择直接测量法,利用热电偶直接测量箱内温度。

3.2 实验方案

选择空旷便于测量的场地,见图 4,首先用土石

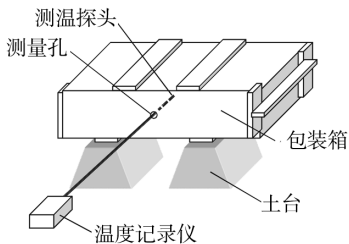


图 4 弹药包装燃烧现场示意图

Fig.4 Sketch map of package combustion scene

堆起 2 个 10 cm 高类似枕木的土台,以方便放置引燃

3 弹药包装内燃烧温度场实验测试

3.1 测试原理与方法

目前,高温环境温度(场)测量方法有很多^[6-7],从传感器与被测物的关系来看,大致可分为 2 类:接触式测温方法和非接触式测温方法^[8],见表 2。目前,非接触式温度测量的运用与研究比较活跃,也取

物,然后将包装箱放置于土台上,这样既可以模拟弹药包装实际堆放的情况,也便于增大包装箱与地面之间的间隙,便于供氧,以加快木质包装箱的燃烧速度。将一些浸有少许柴油的木柴作为引燃物放置在包装箱的下方。点燃引燃物,模拟火灾现场包装箱周围火场的情况,同步开始测试包装箱温度的变化情况。考虑到仿真模拟中,弹药包装箱内不同位置处温度变化不大,因此只在包装箱正面中心处钻孔,将测量传感器放置于包装箱中心位置处即可。

3.3 实验数据与结果分析

烧毁前,提前在木包装上打孔,将温度传感器的探头插入包装内,连接好后,进行测试。包装上的孔应进行适当密封。温度记录仪应尽量布置在远离燃烧位置,并用石棉布进行必要的防护,防止因高温而损坏。包装箱燃烧过程中箱内温度变化情况,见图 5。

从图 5 中可以总结出:

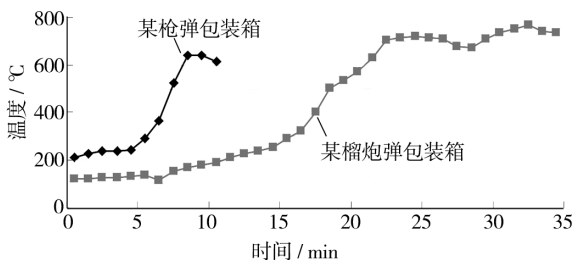


图5 包装箱燃烧情况

Fig. 5 Combustion complexion of ammunition package

1) 弹药包装箱在火灾或高温烘烤条件下,短时间内就会燃烧,通常时间2~3 min。如果包装箱尺寸小,外表面不涂漆,燃烧时间短;反之,包装箱尺寸大,外表面涂漆,则燃烧时间长。

2) 弹药包装箱燃烧的具体情况与外界环境温度有较大的相关性,外界环境温度高,通风情况良好,则弹药包装箱在较短的时间内就会引燃,而且单个包装箱燃烧完全的时间也较短。

3) 弹药包装箱燃烧的具体情况与包装箱自身情况有较大的关系,弹药包装箱尺寸越大,包装箱面燃烧差异越大,箱内温度峰值越高。如某加榴炮弹箱包装箱内温度最高值约768 °C,弹药包装箱外涂有油漆时,弹药包装箱燃烧缓慢,而且燃烧过程中有爆裂声。

4) 包装箱燃烧前,包装箱内温度不高,一般约几十度,持续时间约几分钟,这种情况下,弹药装填物在短时间内不会发生自燃或自爆,但当包装箱全面燃烧后,包装箱内温度迅速上升到几百度,这种情况下,包装箱燃烧就可能会影响到弹药装药。

4 结论

选择纯木制弹药包装作为研究对象,用ANSYS软件进行理论建模,并设定环境温度为250 °C,进行理论计算,发现弹药包装箱内温度差异较小,包装箱内温度变化受包装材料影响较大;在理论建模分析的基础上,对弹药包装箱进行实地火灾条件(或高温烘烤条件)弹药包装箱内温度变化实验,得出包装箱内温度变化与外界环境、包装箱自身的影响比较大,弹药包装箱短时间内(约2~3 min)温度不会太高,当包装箱全面燃烧后,弹药包装箱内温度较高。

火灾条件下,弹药包装对于弹药有一定的防护作用。弹药包装箱尺寸越大,外表面涂漆,燃烧的时间

就会比较长,包装箱内温度上升较慢。从开始加热到包装箱燃烧,最短也需要5 min,也就是说从包装箱着火到弹药燃爆还是有一段时间,而且包装的防护性能越好,这段时间会越长。那么在真实的火灾现场,弹药包装起火,仍有时间进行扑救,但如果耽误时间较长,应视情况撤离。

参考文献:

- [1] 李德鹏,戴祥军. 弹药储运安全[M]. 石家庄:机械工程学院,2004.
- [2] 杨健,陆军,宋广涛,等. 我军弹药包装现状分析及发展趋势探讨[J]. 包装工程,2006,27(5):265-267.
- [3] 姚恺,安振涛,吴雪艳,等. 火灾条件下弹药仓库储存安全性研究[J]. 装备环境工程,2007,12(4):34-37.
- [4] 李秉旗,李中麟. 大口径炮弹包装现状与发展趋势[J]. 包装工程,2009,30(9):48-49.
- [5] 金荣久. 弹药包装系列化方案研究[J]. 包装工程,2004,25(2):71-73.
- [6] 杨立中,徐志斌. 考虑暴露表面积情况的火灾载荷的确定方法[J]. 消防科技 2003,22(5):360-362.
- [7] 朱伟,廖光焯,卢平,等. 利用木垛火研究隧道纵向通风条件下的燃烧过程[J]. 燃烧科学与技术,2006,12(1):71-75.
- [8] 袁镇福,李彬彬,浦兴国,等. 应用组合热电偶测量火焰温度的研究[J]. 计量学报,2004(1):31-35.