

## 装备通用质量特性及寿命评估

## 弹上火工品报废处理技术研究

齐伟

(92941 部队, 辽宁 葫芦岛 125000)

**摘要:** 针对导弹弹上待报废火工品如何进行销毁处理问题, 通过对待报废火工品性能特点进行全面分析, 按照火工品销毁处理的原则, 研究针对弹上待报废火工品的处理方法, 同时对处理方法进行技术特点分析及实施方案介绍。提出对弹上火工品销毁按照分类采用分解销毁、爆炸销毁和燃烧销毁三种方法, 介绍了三种销毁方法的技术特点和实施方案, 同时较详细地研究了火工品销毁的技术安全要求。根据弹上火工品性能差异特点和火工品销毁处理安全性要求, 对弹上待报废火工品可采用分解、引爆和燃烧的销毁方法, 为有关部门进行火工品报废处理提供理论支持与技术参考。

**关键词:** 火工品; 报废处理; 爆炸销毁; 燃烧销毁; 安全

**DOI:** 10.7643/issn.1672-9242.2020.11.021

**中图分类号:** TJ510 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2020)11-0132-05

## Scrap Disposal Technology for Initiating Explosive Devices of Missile

QI Wei

(Unit 92941, PLA, Huludao 125000, China)

**ABSTRACT:** The work aims to overall analyze the properties and characteristics of various kinds of missile initiating explosive devices and study the treatment methods of initiating explosive devices according to the principles of disposal for initiating explosive devices, so as to solve the problem on destruction for missile initiating explosive devices. The technical characteristics were analyzed and the implementation schemes were introduced. Three methods of decomposition destruction, explosion destruction and combustion destruction were put forward according to the classification. The technical characteristics and implementation schemes of the three destruction methods were introduced and the technical safety requirements on destruction of initiating explosive devices were studied in detail. According to the characteristics of different properties and the safety requirements on destruction of explosive devices, decomposition destruction, explosion destruction and combustion destruction can be used for initiating explosive devices on missile. It provides theoretical support and technical reference on the disposal of scrapped initiating explosive devices for relevant departments.

**KEY WORDS:** initiating explosive devices; scrap disposal; explosion destruction; combustion destruction; safety

火工品作为一种敏感、易爆的危险品, 主要应用在航天航空、武器装备以及民用爆破等重要领域<sup>[1]</sup>。然而火工品并非能无限期保存及使用, 其都有一定的使用寿命, 寿命到期的火工品, 随着不稳定性 and 不安

全性的增大, 将不能继续使用而成为报废品<sup>[2]</sup>。待报废火工品如果不进行严格管控, 规范处理, 将会带来极大的安全隐患, 对人类和环境均会形成潜在危险, 成为不安全因素。曹宏安等<sup>[3]</sup>对报废弹药处理本质安

收稿日期: 2020-04-11; 修订日期: 2020-04-27

Received: 2020-04-11; Revised: 2020-04-27

作者简介: 齐伟(1992—), 男, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向为引战系统。

**Biography:** QI Wei (1992—), Male, Master, Assistant engineer, Research focus: fuze-warhead system.

全化进行了研究, 构建了报废弹药处理本质安全化模型。文献[4-7]对火工品及废旧弹药的处理销毁进行了分析探讨。张怀智等<sup>[8]</sup>提出了报废弹药冷冻处理法, 对关键技术进行了研究。孙霖等<sup>[9]</sup>研发出一种具有废气净化功能的危险品自动烧毁系统, 该系统可用于废弃火工品、爆破器材等危险品的烧毁处理。导弹火工品作为弹上点火或引爆控制系统的核心部件, 其安全性直接影响导弹系统的效能, 因此, 导弹火工品过期报废处理是导弹安全管理的一项重要工作, 必须对这些待报废火工品采取有效合理的方法进行彻底销毁。文中主要针对导弹火工品的性能特点, 进行弹上火工品过期报废处理技术的分析与研究。

## 1 弹上火工品及其特点

火工品是装有一定量的火工药剂, 在预定刺激作用下激发, 产生燃烧或爆炸而完成规定功能的一次性作用器件或装置<sup>[10]</sup>。导弹火工品包括战斗部、固体发动机、引信以及弹上爆炸螺栓、电点火管、成对电嘴、燃气发生器、烟火点火器、曳光管等火工品器件<sup>[11-12]</sup>。弹上火工品种类多, 功能不同, 其结构、装药量、爆燃方式和毁伤威力也不同, 性能相差较大(见表 1), 因此, 弹上火工品的贮存、保管以及报废处理应根据火工品的性能特点分类进行。

表 1 导弹弹上火工品特性分析

Tab.1 Analysis on characteristics of initiating explosive device on missile

火工品种类	结构特点及作用	炸药种类	装药量级/g	化学反应形式
战斗部	导弹舱段, 爆炸杀伤威力大	猛炸药	$10^3 \sim 10^5$	爆轰
固体发动机	导弹舱段, 不爆炸	推进剂	$10^4 \sim 10^6$	爆燃或燃烧
燃气发生器	部件, 不爆炸	火药、烟火剂	$10^1 \sim 10^2$	爆燃或燃烧
引信、爆炸螺栓	部件, 爆炸, 有一定杀伤力	起爆药、中级炸药	$10^0 \sim 10^2$	起爆、引爆、爆炸
曳光管	部件, 不爆炸	烟火剂	$10^2 \sim 10^3$	燃烧
电点火管、成对电嘴、烟火点火器	配套件, 爆炸, 杀伤力较小	起爆药	$10^{-1} \sim 10^1$	起爆、引爆或引燃

## 2 火工品报废处理技术准备工作

### 2.1 处理原则

火工品因超过使用期限或因摔跌、破裂、变形、锈蚀、故障等原因会增加火炸药不稳定性, 其爆炸性能会发生较大改变, 不能继续使用而成为报废品。由于火炸药本身所具有的爆炸危险性和药物有害性, 加之报废火工品的不稳定性, 其储存保留存在较大的不安全因素, 形成潜在威胁, 必须及时进行报废处理工作。

导弹火工品的报废处理应遵循三项原则<sup>[13-14]</sup>: 一是集中处理原则, 小装药火工品可由负责单位分类集中销毁处理, 战斗部、固体发动机等大装药部件应返原厂统一销毁处理; 二是安全原则, 销毁处理应进行严密组织和技术论证, 既要保证人员、设备、环境的安全, 又要确保火炸药的完全销毁, 不能出现残留药物; 三是无污染原则, 火工品销毁处理的废物需妥善处理, 避免产生环境污染和潜在毒害。

### 2.2 待报废火工品当量估算

部分导弹火工品由于装填的火炸药量比较大, 在销毁过程中有时难以控制爆炸的威力, 所以要对其进行评估, 以确保销毁过程的安全。可根据式(1)进行估算。

$$Q = (\pi d^2 / 4)(L - L_r)\beta\gamma \quad (1)$$

式中:  $Q$  为等效 TNT 当量, g;  $d$  为弹径, cm;  $L$  为弹体长, cm;  $L_r$  为弹头长, cm;  $\beta$  为当量系数。

### 2.3 安全距离核验

报废火工品进行销毁时, 可参照式(2)计算爆炸冲击波的安全距离。

$$R_t = 25\sqrt[3]{Q} \quad (2)$$

式中:  $R_t$  为爆炸冲击波最小安全距离, m;  $Q$  为爆炸总药量, kg。

## 3 弹上火工品常用销毁技术分析

考虑弹上火工品装药特性和装药量的差异特点, 以及军工产品销毁处理安全性的特殊要求, 弹上报废火工品的销毁一般采用分解、引爆和燃烧等销毁方法。

### 3.1 分解销毁

分解销毁处理是先将火工品内的火炸药从壳体内分离出来, 再进行壳体与火炸药分别销毁处理。分解销毁的关键技术是“分解”与“取药”, 拆卸并把火炸药从壳体内取出的操作, 是具有一定危险性和一定难度的作业, 特别是整体结构的灌注装药, 其装药结合过于紧密而不容易拆卸, 研究掌握分离技术尤为突出。

导弹战斗部和固体发动机的销毁处理一般采用

返厂分解销毁。一是由于战斗部和发动机一般具有完整的独立舱段,壳体结构强度高,装药量大,直接引爆或烧毁时危险区大,场地环境和安保要求高,组织实施困难;二是战斗部装钝感炸药,发动机装燃烧药,这类低感度火工品适于分解作业的安全要求;三是生产厂具有反向工装作业的技术优势和场地条件,可为产品分解处理提供最大的安全保障。

进行返厂处理时,需要搬运火工品,所以要做好安全措施。一要避免居民区、人口密集地、加油站等,选择较好的天气、平坦的道路进行运输;二要遵循分类原则,不同种类分开搬运;三要注意装载方式,防止碰撞与翻滚,轻拿轻放,严禁推扔。

### 3.2 爆炸销毁

爆炸销毁是利用威力大的炸药来引爆或直接炸毁待销毁火工品。这种销毁方法在爆炸时会产生强劲的冲击波,形成破片和飞散物,易危及附近人员和设施设备,因此,爆炸销毁很少采用露天爆炸销毁,而常采取在建有地下坚固的掩体中进行,使飞散物限制在防体中,同时也可抑制爆炸烟尘引起的环境污染。

爆炸销毁的作用形式是火工品的瞬间爆炸,要求待销毁火工品能完全爆炸,因此导弹引信和弹上爆炸螺栓、电点火管、成对电嘴等小装药起爆类报废火工品适于爆炸销毁处理。引信传爆药柱可拆卸时宜将药柱与引信体分离后爆炸销毁。

起爆装置(如图1所示)是爆炸销毁技术的关键,必须可靠起爆并输出巨大的能量。因此起爆雷管宜采用并联冗余配置,并充分考虑引信、爆炸螺栓等火工品的外壳厚度、强度和引爆方式,配置足量的传爆药,以使待爆火工品可靠销毁。在组织销毁时,一般单次销毁不宜超过20 kg TNT当量的火工品(含起爆装置装药)。

在爆炸掩体坑中堆放弹药的方法包括立式装坑法和辐射状装坑法,如图2所示。对于烟火点火器、

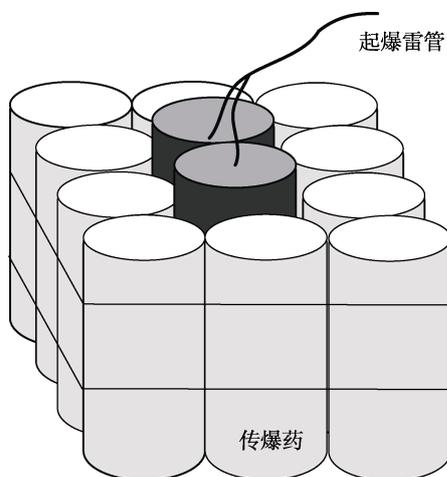


图1 起爆装置  
Fig.1 Detonating device

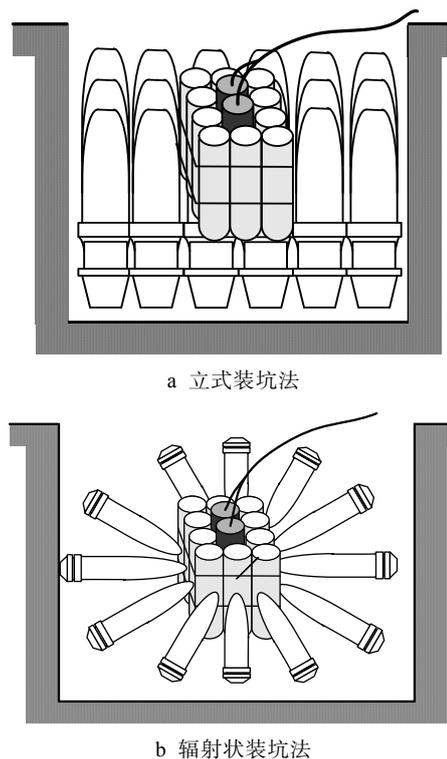


图2 爆炸销毁火工品装坑示意

Fig.2 Schematic diagram of filling into pit for initiating explosive device destruction: a) method of filling into pit of vertical type; b) method of filling into pit of radiation

爆炸螺栓等口径相近、销毁数量较少的火工品,可采用立式装坑法。弹药种类和口径比较杂、一次销毁数量较多的情况,可采用辐射状装坑法。在装坑时,弹药上面中心位置安放起爆装置,将1~3枚威力较大且容易起爆的火工品贴近起爆装置放置,引信、爆炸螺栓等火工品的装药尾部指向中心,周围紧挨着放置其他火工品,外围可用泥沙固定。经验证明,将弹药摆放成宝塔形有利于殉爆,销毁比较彻底。

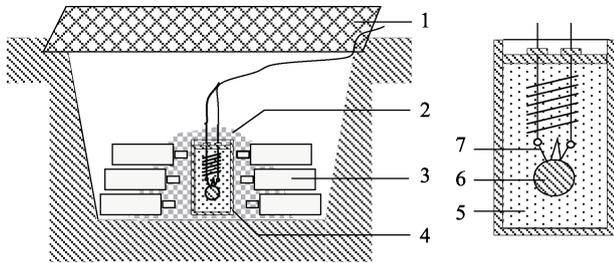
### 3.3 燃烧销毁

燃烧销毁是通过引燃或起爆的点火形式使待报废火工品装药发生燃烧,其销毁过程中不出现爆轰现象,因此安全性易于控制,实施操作简单。燃烧技术可实现火药完全燃烧,也是目前销毁火工品并减少潜在污染的最有效的方法之一。

由于燃烧的反应时间较长并相对较慢地释放能量,该方法适用于爆燃类装药火工品的销毁处理,如弹上燃气发生器、烟火点火器、曳光管和发动机的推进剂药柱等。使用爆炸方法后,未完全销毁的残存药物也可进行二次燃烧销毁。

燃烧销毁可进行露天焚烧和焚烧炉焚烧。露天焚烧投资和运营成本较低,一般为了安全控制,应采用坑烧法。同时为防止未燃尽物的飞散,有时需在焚烧物的上方设置铁丝网,如图3所示。用于销毁火炸药的焚烧炉的种类很多,有简易式、气幕式、多膛式、

转窑式、流化床式等十多种焚烧炉,是火工品销毁专用装置,其设备、维修及燃料消耗都需要较多经费支持。文献[15-16]中较为详细地介绍了各类焚烧炉的技术特点和使用要求。



1-铁丝网; 2-填充火药或燃料; 3-待销毁火工品; 4-点火药包 (放大见右图); 5-传火药; 6-引火药; 7-电阻丝

图 3 废弃火工品的露天燃烧法

Fig.3 Open burning of waste initiating explosive device

采用露天焚烧法时,因为在开阔条件下引燃火炸药,要求点火药量相对较大,点火药包内包装黑火药等传火药应不少于 100 g。点火药包的点火用导火索或电点火装置要与药包中的火药密实接触,并捆牢防脱落或移位。使用时,无论哪种点火方法,都要在点火药包周围再紧密放置足够的易燃火药或燃料,以增加引燃待销毁火工品的可靠性,但不宜叠层太多或堆放过于密实。

## 4 火工品销毁处理安全要求

### 4.1 场地设置要求

销毁场地一般选择在具有天然屏障或开阔的场地,要远离生活区、交通要道、输电线路及难以实行管制的地方。场地专用基础设施要满足最大销毁弹药量的防御要求,作业人员掩体与销毁中心相距不少于 150 m。

销毁坑深度和口径视一次销毁量而定,一般坑深和口径在 1 m 以上,爆炸坑深度视单个火工品威力适当增加。如销毁 200 g 装药引信时,坑深可在 1.5~2 m。

销毁场所警戒范围可视地形确定,无天然屏障时,一般爆炸销毁火工品时警戒范围不小于火工品口径的 10 000 倍。燃烧销毁时警戒距离可酌情缩小,但销毁场所最小安全警戒半径不得少于 150 m,且在销毁中心 50 m 范围内清理易燃物及杂草。

### 4.2 规范作业要求

弹上火工品的报废销毁应在完成技术方案论证并经主管部门批准后组织实施,过期火工品销毁处理的基本程序和要求如图 4 所示。在组织火工品销毁作业中,必须注意以下几点。

1) 安全比速度优先。追求速度和捷径是火工品销毁工作的大忌,必须确保安全第一。

2) 确保销毁完全。使用爆炸法销毁时,必须是能够完全起爆的火工品;使用燃烧法销毁时,要防止叠层密实引起火药燃烧高温转为爆炸而出现火药飞散。

3) 警戒督管到位。现场所有人员必须明确且遵守指挥指令,严格执行作业细则。在一切准备工作就绪、销毁作业的人员全部进入安全掩体后,才可实施点火加电。爆炸或燃烧完成 20 min 后,作业人员才能进入现场进行检查和清理。

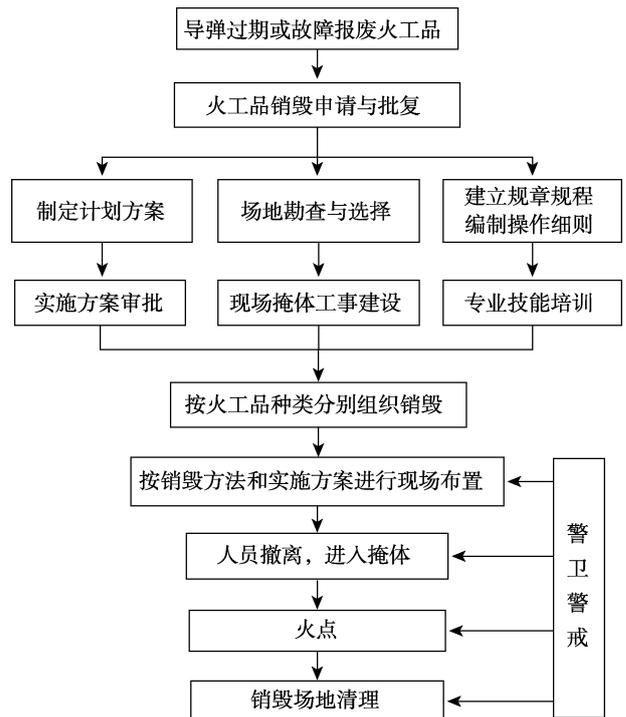


图 4 弹上火工品销毁处理流程

Fig.4 Destruction process of initiating explosive device on missile

### 4.3 废物处理要求

火工品销毁引起的废物危害不容忽视。在组织实施时,应选择风向不使爆燃烟尘流向人口稠密区的地方,防止有毒有害气体和粉尘引起人员伤害。销毁工作结束后,要对现场进行认真检查清理,不准留有未爆未燃尽的火工品部件和药物,不准留有未熄的明火;要及时清除销毁地点的所有危险物和污染物。当发现有残存爆炸物品时,必须组织进行再次销毁。

## 5 结语

导弹报废火工品的销毁处理是一项技术复杂的工程,也是具有相当危险性的工程,专业知识的缺乏,安全观念淡薄,操作不规范,极易酿成事故。一些对报废火工品盲目的非专业的切割、敲打、分解、引爆、焚烧中发生的爆炸,以及销毁处理方法不完善引起的

严重污染等,导致人员伤亡和财产损失已不为鲜见。因此,加强组织管理、培训专业技能、制定计划方案、建立规章制度、督管作业实施是火工品销毁处理工作的基本要求,也是顺利完成火工品销毁工作的可靠保障。文中通过对弹上火工品特性分析,按照过期报废火工品销毁处理原则,研究了弹上火工品销毁的技术方法,能有效地保障火工品销毁工作的安全,为组织处理废弃火工品部门提供技术参考。

#### 参考文献:

- [1] 周铭锐. 常用火工品危险性等级分类及包装运输方案研究[J]. 航天工业管理, 2018(11): 36-39.  
ZHOU Ming-ru. Study on Classification and Packaging and Transportation of Common Explosives[J]. Aerospace Industry Management, 2018(11): 36-39.
- [2] 叶迎华. 火工品技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2007: 8-12.  
YE Ying-hua. Initiating Explosive Devices Technology[M]. Beijing: Beijing Institute of Press, 2007: 8-12.
- [3] 曹宏安, 张怀智, 郭胜强, 等. 报废弹药处理本质安全化研究[J]. 四川兵工学报, 2011, 32(4): 44-46.  
CAO Hong-an, ZHANG Huai-zhi, GUO Sheng-qiang, et al. Study on Essential Safety in Disposal of Abandoned Ammunition[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2011, 32(4): 44-46.
- [4] 李静海. 废弃导弹火工品中火炸药的处理与回收再利用探讨[J]. 国防技术基础, 2007(6): 49-52.  
LI Jing-hai. Discussion on Disposal and Recovery and Reuse of Explosive in Waste Missile Ignites[J]. Technology Foundation of National Defence, 2007(6): 49-52.
- [5] 张比升, 尚雅玲, 但波. 导弹到期火工品处理方法[J]. 海军航空工程学院学报, 2011, 26(1): 86-88.  
ZHANG Bi-sheng, SHANG Ya-ling, DAN Bo. Method of Disposal of Missiles with Expired Explosives[J]. Journal of Naval Aeronautical and Astronautical University, 2011, 26(1): 86-88.
- [6] 谷智国, 张怀智, 杜润生. 废旧弹药销毁方法探讨[J]. 工程爆破, 2012(18): 97-99.  
GU Zhi-guo, ZHANG Huai-zhi, DU Run-sheng. Destruction Methods of Waste Ammunition[J]. Engineering Blasting, 2012(18): 97-99.
- [7] 黄鹏波, 张怀智, 谢全民. 废弃常规弹药销毁技术综述[J]. 工程爆破, 2013(19): 53-56.  
HUANG Peng-bo, ZHANG Huai-zhi, XIE Quan-min. Review on Destruction Technology of Rejected Conventional Ammunition[J]. Engineering Blasting, 2013(19): 53-56.
- [8] 张怀智, 徐建国, 刘鹏, 等. 报废弹药冷冻处理法及关键技术[J]. 四川兵工学报, 2009, 30(3): 103-104.  
ZHANG Huai-zhi, XU Jian-guo, LIU Peng, et al. Disposal Method and Key Technology of Scrapped Ammunition[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2009, 30(3): 103-104.
- [9] 孙霖, 王杨, 张扬, 等. 一种具有废气净化功能的危险品自动烧毁系统[J]. 火工品, 2019(4): 57-60.  
SUN Lin, WANG Yang, ZHANG Yang, et al. An Automatic Destruction System for Dangerous Cargoes with Waste Gas Purification Capability[J]. Initiators & Pyrotechnics, 2019(4): 57-60.
- [10] 鲁培耿, 隋景辉. 海军装备试验常用词典[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007: 421.  
LU Pei-geng, SUI Jing-hui. Navy Equipment Testing Dictionary[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2007: 421.
- [11] 张福光. 导弹火工品贮存寿命的影响因素分析[J]. 装备环境工程, 2011, 8(6): 24-28.  
ZHANG Fu-guang. Influencing Factor Analysis of Storage Life of Missile Initiating Explosive Devices[J]. Equipment Environmental Engineering, 2011, 8(6): 24-28.
- [12] 李陵, 但波, 倪保航, 等. 火工品安全性影响因素分析[J]. 海军航空工程学院学报, 2010, 25(5): 545-548.  
LI Ling, DAN Bo, NI Bao-hang, et al. Analysis on the Factors Affecting the Safety of Explosive Devices[J]. Journal of Naval Aeronautical and Astronautical University, 2010, 25(5): 545-548.
- [13] 李向东. 弹药理论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.  
LI Xiang-dong. Theory of Ammunition[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2004.
- [14] 王泽山. 废弃含能材料的处理与再利用[J]. 化工时刊, 1996, 10(6): 3-5.  
WANG Ze-shan. Disposal and Reuse of Waste Energy-containing Materials[J]. Chemical Industry Times, 1996, 10(6): 3-5.
- [15] 娄建武, 龙源. 废弃火炸药和常规弹药的处置与销毁技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.  
LOU Jian-wu, LONG Yuan. Disposal and Destruction Techniques for Waste Explosives and Conventional Munitions[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2007.
- [16] 廖静林, 江劲勇. 废弃火炸药的处理与再利用研究[J]. 装备环境工程, 2010, 7(4): 108-110.  
LIAO Jing-lin, JIANG Jin-yong. Research of Obsolete Explosive and Propellant Utilization and Recycle[J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(4): 108-110.