

doi: 10.7690/bgzd.2024.01.005

# 导弹战斗部装药质量监督要点研究

张斌宏, 曾 焱, 王 保, 刘 影

(中国人民解放军 93147 部队重庆代表室, 重庆 402760)

**摘要:** 针对导弹战斗部装药质量监督的实际需求, 分析目前战斗部典型装药工艺方法(熔铸装药、压装药、PBX 浇注装药)的特点。经过对比分析, 结合导弹战斗部的发展需求, 提出装药质量监督要点, 为战斗部装药质量监督拟定较详细的控制措施。结果表明: 该质量监督要点及控制措施, 可有效指导相关人员把控战斗部装药质量, 提高监管效能。

**关键词:** 导弹战斗部; 质量; 战斗部装药; 监管

**中图分类号:** TJ410.3<sup>+4</sup> **文献标志码:** A

## Research on Main Points of Quality Supervision of Missile Warhead Charge

Zhang Binhong, Zeng Yi, Wang Bao, Liu Ying

(Representative Office in Chongqing District, No. 93147 Unit of PLA, Chongqing 402760, China)

**Abstract:** According to the actual demand of charge quality supervision of missile warhead, the characteristics of typical charge technologies (casting charge, pressing charge, PBX casting charge) of warhead at present are analyzed. Through comparative analysis, combined with the development needs of missile warhead, the key points of charge quality supervision are put forward, and more detailed control measures are drawn up for charge quality supervision of warhead. The results show that the quality supervision points and control measures can effectively guide the relevant personnel to control the warhead charge quality and improve the supervision efficiency.

**Keywords:** missile warhead; quality; warhead charge; supervision

### 0 引言

导弹作为一类精确制导武器, 以其精确化、信息化、智能化性能, 成为现代战争最具先进性的主战装备, 其发展水平是军事大国与强国的重要标志之一。导弹战斗部是武器系统的有效载荷, 是武器系统对预定目标起直接破坏作用的终端毁伤系统, 是武器系统有效作战效应的最终体现<sup>[1-2]</sup>。

战斗部装药是将单质或混合炸药采用特定的工艺方法装填至战斗部壳体内的工艺过程。不同的装药工艺方法因其实现过程不同, 质量管控各有侧重。

按照 GJB1405A 中对特殊过程的定义: 特殊过程亦称特种工艺, 是指直观不易发现、不易测量或不能经济地测量的产品内在质量特性的形成过程<sup>[3]</sup>。战斗部装药虽能通过后续的 CT 检测其内部装药质量, 但仅能实现装药局部抽样检测, 不能直观经济地全面测量; 因此, 战斗部装药属于特殊过程。

针对战斗部装药特殊过程, 为确保输出产品质量, 对战斗部装药各工艺方法进行深入辨析显得尤

为重要。

### 1 战斗部装药的几种类型及典型特点

战斗部装药按照战斗部本身对目标的作用和战术技术要求不同, 可选用不同的装药类型。常用战斗部装药类型有熔铸装药、压装药、PBX 浇注装药。

熔铸装药是首先将载体炸药加热融化, 然后加入高能炸药制备成悬浮药液, 注入弹体后物理凝固成型的一种装药工艺方法。优点是熔铸装药不受弹体药室形状的限制, 特别是对弧形大、形状复杂的壳体, 不受口径大小的限制, 更适用于装药量大的一些弹体的装药。缺点是载体炸药冷却凝固过程中会伴随体积收缩, 其中 TNT 的体积收缩率为 12.7%, DNTF 的体积收缩率为 11.6%<sup>[4]</sup>。

压装药是将颗粒状的松散炸药倒入模具或弹体, 在压机上通过冲头加压成一定形状和一定强度的药柱<sup>[5]</sup>。优点是压制成型的药柱密度较高, 可压密度通常能够达到理论密度的 98%以上。缺点是药柱通常为规则的圆柱体或椎体, 很难实现异型药柱

收稿日期: 2023-09-07; 修回日期: 2023-10-15

第一作者: 张斌宏(1986—), 男, 山西人。

的成型压制。

PBX 浇注装药是采用立式捏合机混制高能混合炸药，然后采用真空振动浇注工艺注入弹体，最后采用恒温或常温静置使混合炸药内部发生化学交联固化的一种装药工艺方法。优点是不受弹体药室形状的限制，特别是对弧形大、形状复杂的壳体，不受口径大小的限制，更适用于装药量大的一些弹体的装药。缺点是混合炸药内部通常含有 10% 左右的非含能粘接剂，降低了混合炸药的能量水平。

## 2 战斗部装药质量监督要点

### 2.1 熔铸装药

熔铸装药的缺陷主要是裂纹、气孔、粗结晶和缩孔等(见图 1)。

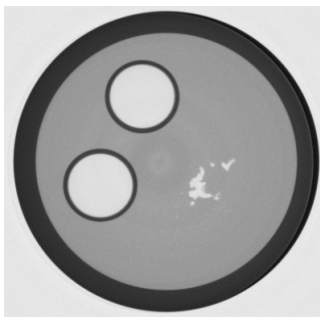


图 1 熔铸装药缺陷

裂纹缺陷主要分布在药面端面，是因为药面温度与环境温度温差太大造成；气孔缺陷主要分布在主装药内部，是因为装药过程中卷入空气，当药液凝固时，气体不能逸出而形成气孔；粗结晶和缩孔缺陷主要分布在装药端面及以下位置，是因为炸药冷却凝固过程中会伴随体积收缩，当护理不当、逐层凝固顺序被打乱而造成。

上述缺陷的存在可能导致战斗部装药量偏轻、侵彻战斗部着靶早炸(见图 2)等，无法满足作战性能。



图 2 侵彻战斗部着靶早炸

### 2.2 压装药

压装药的缺陷主要是裂纹、夹杂和崩落等(见

图 3)。

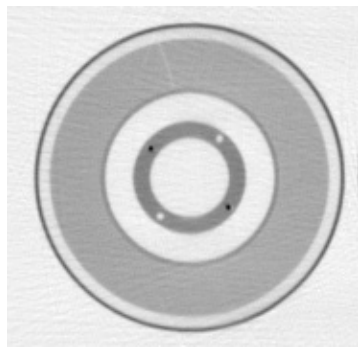


图 3 压装药缺陷

裂纹缺陷主要分布在压装后成型药柱的内部或端面，通常为贯穿性裂纹，是因为药柱温度与环境温度温差太大，以及药柱成型过程中抽真空不良造成；夹杂主要分布在压装后成型药柱的内部，是因为压装前原材料除杂不彻底造成；崩落主要分布在压装成型药柱的端面，是因为模具配合间隙设计不合理造成。

上述缺陷的存在对战斗部的爆轰性能有一定影响。

### 2.3 PBX 浇注装药

PBX 浇注装药的缺陷主要是装药未固化、气孔等(见图 4)。

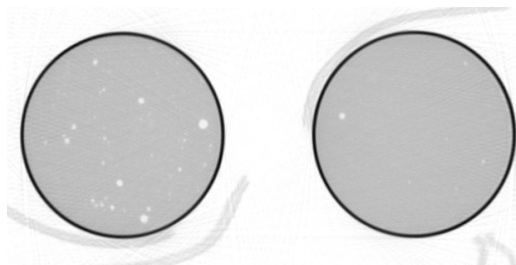


图 4 PBX 浇注装药缺陷

装药未固化主要分布在主装药内部与壳体接触部位，是因为装药前对壳体的烘干不彻底水份残留造成。通常的 PBX 浇注装药采用 TDI 为固化剂，其固化机理通常为：粘接剂与固化剂化学交联所产生 3 维立体网络结构，最终完成混合炸药的固化成型，并赋予了混合炸药优良的力学性能<sup>[6]</sup>。未烘干壳体内残留的水份将与固化剂发生反应，生成胺和二氧化碳，随着固化剂的分解，导致主装药无法固化，依然维持“浆状”状态。因此，PBX 浇注装药过程中对原材料、壳体的烘干状态应严格把控。

气孔缺陷主要分布在主装药内部，是因为装药过程中卷入空气，气体不能及时逸出，随主装药固化而形成气孔。

目前, PBX 浇注装药的固化天数通常为 5~7 d, 但随着弹体尺寸的增大, 弹体中心温度与壳体边缘温差逐步增加, 不均匀的热应力对固化质量将造成严重影响, 可能造成产品固化延迟; 因此, 如何准确地找到不同产品的 PBX 固化终点, 是今后质量把控的重点研究内容。

### 3 战斗部装药质量监督控制措施

战斗部装药质量监督应严格按照 GJB5708 装备质量监督通用要求、GJB5710 装备生产过程质量监督要求、GJB467 工序质量控制要求, 监督承制单位的基本生产条件(人、机、料、法、环)处于受控状态。

此外, 结合战斗部装药自身特点, 在生产前对准备状态检查、生产过程质量监督、产品检验验收(产品验收、例行试验、环境试验)、装备出厂检查等方面有其特殊要求。

生产前准备状态检查应对承担特种作业的装药人员的技能水平进行确认, 确保其通过了定期的考评且符合对应工序的技能需求, 满足持续输出合格产品的能力。现场作业环境的温湿度直接对战斗部装药产品质量有较大且不可逆的影响, 因此要确认作业工房的温湿度满足工艺文件要求。混合炸药制备生产线作为混合炸药制备的主体装备, 设备的转速、温度控制情况直接关系着混合炸药的药浆均匀性, 直接表现在产品静爆毁伤效果。

生产过程质量监督应按照 GJB1330 军工产品批次管理的质量控制要求, 同一批产品加工期间, 要保持加工人员、设备及加工工艺的稳定性。此外, 装药工艺中明确的工艺参数、控制方法、环境条件等应与现场操作一致, 工艺参数的变更需充分试验验证后方可实施。

产品检验验收应按照 GJB3677A 装备检验验收程序要求开展产品检验验收工作, 由于战斗部本身结构的特殊性, 承制单位自制了一定数量的检验仪器和非标设备; 因此, 在产品验收时需特别注意自制的检验仪器和设备鉴定合格且在有效期内。装药后的产品, 为证实装药内部质量, 需进行 CT 检查, 但 CT 检查作为一种事后检测手段, 仅能进行特定工艺位置扫描, 实际工作中, 军代表可结合产品加工实际, 对指定的装药位置增加 CT 检测切面, 保证产品装药质量。

装备出厂检查应按照 GJB3916A 出厂检查、交接与发运质量要求开展检查工作, 特别针对保管过

程中的产品质量, 在发运前应进行必要的检查。目前, 大部分战斗部装药采用“一代”TNT 为基础的熔铸装药, 实验结果表明, 该炸药在 65°左右长期仓储存在渗油现象, 装备出厂前需加强对装药口等关键密封部位加强检查, 实际工作中也发现部分产品出现了渗油(见图 5)。



图 5 TNT 熔铸装药长期仓储渗油

### 4 结束语

战斗部装药作为战斗部生产的特殊过程, 装药过程把控的细致程度直接关乎着战斗部的产品质量, 对武器系统作战效应有决定性影响。

随着武器装备的迅猛发展, 新型导弹战斗部对装药提出了更高的技术要求, 为满足大当量、高过载和高爆速毁伤需求, 结合各型装药工艺优缺点, 近年来开发了“熔铸-压装复合”“熔铸-熔铸复合”“压装-压装复合”“压装-PBX 浇注复合”等多项新型复合装药技术, 满足了新形势下的高效毁伤需求。如何对新型复合装药过程进行有效的质量监督将是后续研究的重点。

### 参考文献:

- [1] 周兰庭, 张庆明, 龙仁荣. 新型战斗部原理与设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 2018: 1-2.
- [2] 万大奎, 张明明, 焦云多, 等. 大长径比小口径战斗部熔铸装药工艺研究[J]. 兵工自动化, 2023, 42(6): 16-19.
- [3] 中国人民解放军总装备部. 装备质量管理术语: GB1405A-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006: 10.
- [4] 罗一鸣, 赵凯, 蒋秋黎. DNTF 与 TNT 凝固行为的差异性分析[J]. 含能材料, 2016, 24(1): 74-77.
- [5] 董素荣, 陈国光. 弹药制造工艺学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2014: 338-339.
- [6] 彭鸿铮, 杨丰友, 黄开书. HTPB 基 PBX 炸药固化工艺研究[C]// 2014 年含能材料与顿感弹药技术学术研讨会论文集. 北京: 中国兵工学会爆炸与安全技术专业委员会, 2014: 65-68.