

doi: 10.7690/bgzdh.2023.05.003

# DNAN 基高品质药块制备研究

刘海青, 彭继武, 孙晓乐, 黎胜富, 徐培, 谌俊, 杨金想  
(重庆红宇精密工业集团有限公司二工厂, 重庆 402760)

**摘要:** 为提高 DNAN 基熔铸炸药药块品质, 以质量比 DNAN/RDX/Al/AP: 25/10/31/34 的熔铸炸药为研究对象, 采用 2 种不同制备工艺进行对比试验, 并对药块的内外缺陷、药块密度及其分布均匀性进行分析。结果表明, 与常规药块制备工艺相比, 采用改进工艺技术制备的药块, 制备产能提升了 5 倍, 工艺安全性得到了改进, 药块缺陷大幅减少, 药块密度分布均匀性得到明显改善。

**关键词:** 药块质量; 缺陷; 生产效率; 密度

**中图分类号:** TJ55 **文献标志码:** A

## Study on Preparation of High Quality DNAN-based Drug Block

Liu Haiqing, Peng Jiwu, Sun Xiaole, Li Shengfu, Xu Pei, Chen Jun, Yang Jinxiang  
(No. 2 Factory, Chongqing Hongyu Precision Industry Group Co., Ltd., Chongqing 402760, China)

**Abstract:** In order to improve the quality of DNAN-based melt-cast explosive, the melt-cast explosive with the mass ratio of DNAN/RDX/Al/AP: 25/10/31/34 was taken as the research object. 2 different preparation processes were used to carry out comparative tests, and the internal and external defects, density and distribution uniformity of the melt-cast explosive were analyzed. The results showed that compared with the conventional technology, the production capacity of the improved technology was increased by 5 times, the process safety was improved, the defects of the block were greatly reduced, and the density distribution uniformity of the block was obviously improved.

**Keywords:** quality of medicine block; defects; production efficiency; density

## 0 引言

块铸装药工艺因其工艺过程相对简单、装药质量提升效果明显, 在熔铸装药领域被广泛采用<sup>[1]</sup>。装药过程中, 将预先制备好的熔铸炸药药块与药浆交替浇注进装药壳体内, 并通过搅拌(或捣实)使二者混合均匀。对于块铸装药工艺而言, 预先制备药块的质量影响着战斗部装药的最终装药质量。传统的块铸装药工艺中, 药块制备大多采用自然降温冷却成型, 由于降温不同步, 药块质量难以保证, 裂纹、气孔、表面疏松等缺陷时常出现<sup>[2-3]</sup>, 从而降低装药质量及使用安全性<sup>[4-8]</sup>。

目前含能材料领域的研究学者, 围绕块铸装药工艺开展了大量研究, 但基本都是通过改善药浆质量来提高预制药块质量, 或者通过改善药块形貌来提高装药质量。董素荣等<sup>[9]</sup>研究振动装药机理, 认为振动有利于加快药浆中气泡的逸出, 提高装药质量; 金大勇等<sup>[10]</sup>研究 DNAN 基熔铸炸药的预整形同步块铸技术, 认为预整形后的药块可以有效减少或消除熔铸装药典型缺陷, 优化内外部装药质量。目前, 通过优化预制药块成型工艺, 从而提高块铸装

药质量的研究未见报道。

笔者在预制药块常规制备工艺的基础上, 以质量比 DNAN/RDX/特细球形铝粉/AP: 25/10/31/34 的熔铸炸药配方为载体, 开展一种熔铸炸药水冷预制药块制备工艺研究。与预制药块常规自然冷却制备相比, 预制药块水冷工艺制备药块成型质量好, 缺陷明显减少, 工艺用时短, 生产效率高。

## 1 试验部分

### 1.1 试验材料

试验样品: 黑索今(RDX), 密度 1.816 g/cm<sup>3</sup>; 2,4-二硝基苯甲醚(DNAN), 密度 1.550 g/cm<sup>3</sup>; 特细球形铝粉, 密度 2.700 g/cm<sup>3</sup>; 高氯酸铵(AP), 密度 1.950 g/cm<sup>3</sup>。

试验用的熔铸炸药配方: DNAN 基熔铸炸药(DNAN:RDX:特细球形铝粉: AP 为 25:10:31:34), 理论密度 1.980 g/cm<sup>3</sup>。

### 1.2 样品制备

炸药配方的质量比 DNAN/RDX/特细球形铝粉/AP=25/10/31/34。采用以下 2 种工艺进行预制药块

收稿日期: 2023-01-10; 修回日期: 2023-02-12

作者简介: 刘海青(1977—), 男, 山西人, 硕士, 高级工程师, 从事含能材料配方设计、精密成型工艺、性能评估研究。

E-mail: 912984008@qq.com.

样品的制备。

1) 预制药块常规制备工艺。试验过程如下：将熔化好的熔铸炸药倒入自然冷却装置中，自然冷却至室温；采用木槌轻轻敲击自然冷却装置底部，使冷却完成的药块从铝盘内脱落，制备预制药块常规工艺样品。

2) 预制药块水冷制备工艺。试验过程：在水冷装置中通入流动冷水，检查水冷装置密封性；倒入熔化好的熔铸炸药，通过水冷装置冷却至室温；翻转水冷装置，并在水冷装置中通入高温蒸汽，使得装置中冷却完成的药块自然脱落，制备预制药块水冷工艺样品。

### 1.3 预制药块质量测试方法

外部质量测试：采用目视方法检测不同部位药块的外部质量。

密度均匀性检测：随机选取不同部位药块作为密度检测样品，按照《炸药试验方法》(GJB772A-1997)中的“方法 401.2 药柱(块)密度液体静力称量法”进行样品密度及密度均匀性测试。为保证试验数据的准确性与可靠性，每组样品重复测量 5 次取平均值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 DNAN 基药块不同制备工艺分析

如图 1 所示，2 种工艺条件下，由于高温液态炸药与冷却装置间存在较大温差，在冷却过程中二者间进行热量交换，包含对流换热和导热等过程。常规工艺条件下，高温液态炸药主要与内衬结构进行热量交换，内衬结构贴壁处的液态炸药由于直接和內衬壁接触，相对于其他部位热交换面积较大，热交换效率更高，因此温度降低更快，由內衬壁向內衬中心高温药液温度降低速率逐渐减缓。在水冷工艺条件下，与高温药液直接接触的金属內衬外充满流动的低温水，高温液态炸药与金属內衬间由于热交换产生的热量不断被带走，各部位高温药液与金属內衬的热交换均匀发生，高温药液温度整体快速均匀下降。

### 2.2 不同工艺条件的 DNAN 基炸药的冷却过程分析

由图 2、3 可以看出：2 种工艺条件下，炸药凝固过程温度随时间的变化都要经过强换热阶段、过渡阶段、炸药凝固阶段。在强换热阶段，炸药温度急速下降；过渡阶段炸药温度下降变缓，此阶段持续时间在整个凝固过程占比较小；炸药凝固阶段，

炸药温度基本保持恒定，此阶段炸药发生相变，由液态逐步转变为固态，该阶段结束时药液完全凝固成固态。常规工艺强换热阶段持续时间为 1 000 s，过渡阶段持续时间为 850 s，炸药凝固阶段持续 13 150 s；水冷工艺强换热阶段持续时间为 100 s，过渡阶段持续时间为 200 s，炸药凝固阶段持续时间为 1 500 s。与常规制备工艺相比，水冷制备工艺炸药凝固过程降温效率更高，炸药凝固过程各阶段所持续时间更短，整个凝固过程耗时仅 0.5 h，而常规工艺需要 4.3 h；因此，相对于常规工艺，水冷工艺制备预制药块生产效率提升近 9 倍。

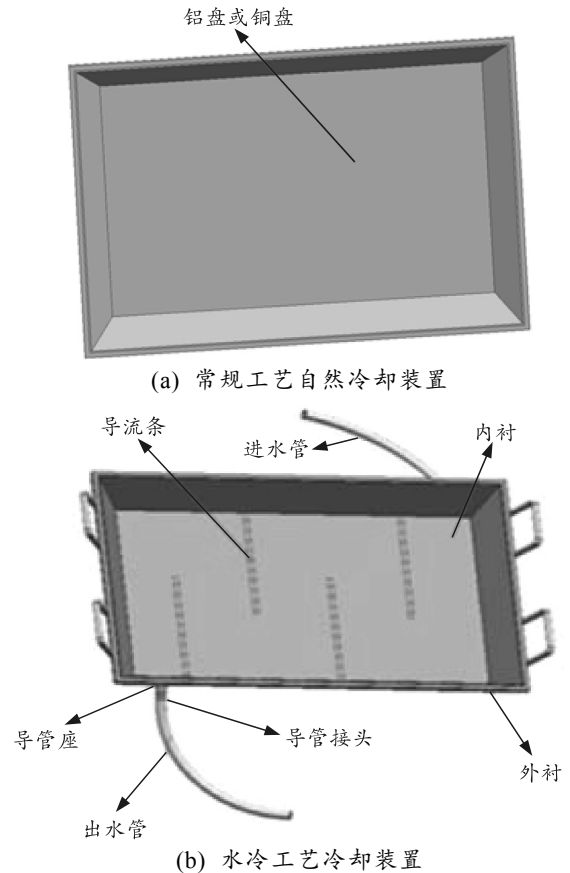


图 1 预制药块制备冷却装置

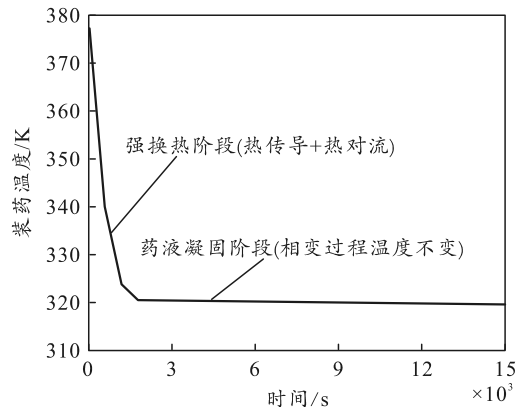


图 2 常规工艺炸药温度随时间变化曲线

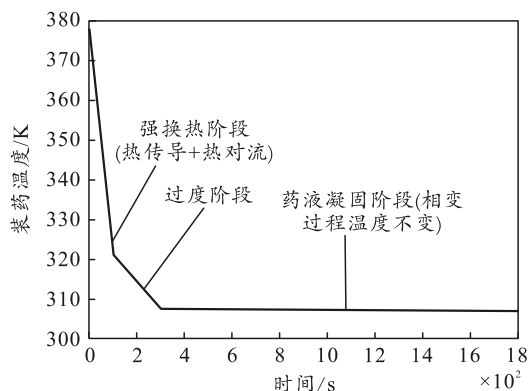
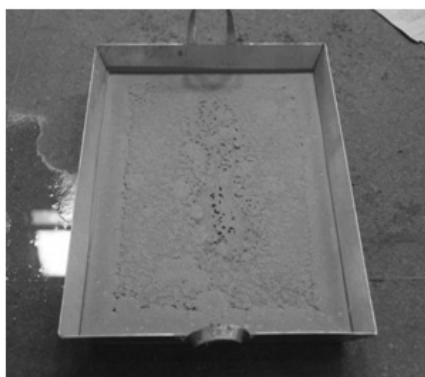


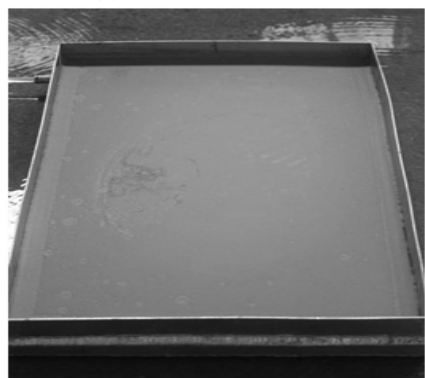
图3 水冷工艺炸药温度随时间变化曲线

### 2.3 DNAN 基预制药块质量测试结果分析

对2种制备工艺预制药块的外部质量和密度分布均匀性进行检测,结果如图4、5所示。



(a) 常规工艺预制药块



(b) 水冷工艺预制药块

图4 预制药块外部质量检测结果对比

由上图可知,采用常规预制药块制备工艺,由于药块凝固过程中降温不均匀,引起药块凝固过程不同步;因此,常规工艺药块成型后表面裂纹、疏松、气孔等疵病较多,药板出现分界现象。与常规预制药块相比,水冷工艺药块凝固过程中通过流动的低温水辅助降温,凝固过程降温均匀一致性良好,整个药液同步凝固成型;因此,采用水冷工艺制备的药块表面基本不存在裂纹、疏松和气孔等疵病,药板均匀无分界现象存在。

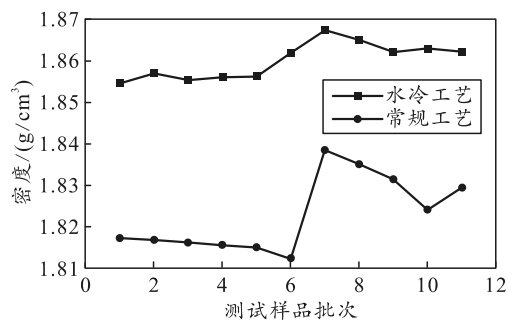


图5 2种工艺药块密度分布测试结果

由上图可知,采用常规预制药块制备工艺的药块,由于成型过程中存在裂纹、气孔、疏松等疵病,预制药块的密度波动范围大( $1.780\sim 1.850\text{ g/cm}^3$ ),上下限相差 $0.070\text{ g/cm}^3$ ;采用水冷预制药块制备工艺的药块,由于成型过程中药块内部裂纹、气孔、疏松等疵病较少,预制药块的密度波动范围相对较小( $1.855\sim 1.875\text{ g/cm}^3$ ),上下限相差 $0.020\text{ g/cm}^3$ 。对比2种工艺条件下药块密度及密度分布均匀性,常规工艺预制药块密度上下限差值大于水冷工艺预制药块密度上下限差值,这是因为常规工艺制备的预制药块内部裂纹、气孔、缩孔等疵病较多,药块的成型质量影响了药块的密度分布,说明水冷工艺有利于提升预制药块的密度及密度分布均匀性。

### 3 结论

针对熔铸炸药手工药块易出现裂纹、气孔、缩孔等疵病,以及制备过程的安全性问题,设计熔铸炸药药块制备水冷工艺,分析不同冷却工艺对药块凝固质量的影响规律。所得结论如下:

1) 采用水冷工艺制备的手工药块表面不存在裂纹、疏松气孔等疵病,成型质量相对常规制备工艺更加优良,制备过程中凝固后的药板可自然脱落,减少了危险工序,提高了预制药块制备工艺安全性。

2) 水冷工艺制备的药块密度波动范围小,药块密度和密度分布均匀性优于常规工艺预制药块。

3) 采用水冷制备工艺,炸药凝固过程仅需 $0.5\text{ h}$ ,相比常规制备工艺,生产效率提高近9倍。

4) 为获得高质量的手工药块,提高生产效率,在块铸装药工艺中可采用水冷工艺进行高质量手工药块的制备,以提高块铸装药工艺的最终装药质量。

### 参考文献:

- [1] 王儒策. 弹药工程[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2002: 15-36.