

文章编号: 1006-9941(2012)02-0210-04

逻辑网络起爆器等比压装药技术研究

袁启纯, 兰琼, 黄亨建, 邓晓明

(中国工程物理研究院化工材料研究所, 四川 绵阳 621900)

摘要: 针对逻辑网络起爆器直径小、长径比大、多拐角结构特点和太安(PETN)基腻子炸药粘度大的性能特征,研究了多流道等比压装药技术,确定了最佳的装药工艺条件为比压 80 MPa,保压时间 30 min。对等比压装药(0.3 mm×0.3 mm~2.0 mm×2.0 mm)不同沟槽截面尺寸和不同装药拐角(108°~160°)对爆速的影响规律,以及装药最小传爆沟槽尺寸和最大传爆拐角进行了考察,并对等比压装药的理化均匀性、波形同步性进行了试验研究。结果表明,逻辑网络起爆器的最小沟槽传爆尺寸为 0.3 mm×0.3 mm,最大传爆拐角为 150°,其装药密度范围为 1.504~1.507 g·cm⁻³,装药成分差为 0.34%~0.56%,波形同步分散性在 0.03~0.05 μs 之间。

关键词: 爆炸力学; 逻辑网络起爆器; 多流道装置; 等比压装药; 传爆拐角

中图分类号: TJ55; O389

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2012.02.016

1 引言

逻辑网络起爆器由沟槽、拐角、扩爆点组成,具有装药直径小(1 mm 左右)、长径比大(60~1000 倍)、拐角多、角度大的特点,主要应用于引信安全控制,火箭发动机和常规战斗部的多点起爆,并能调整最佳爆轰波形,提高爆轰能量利用率,增加战斗部威力。

逻辑网络起爆器的装药技术主要包括刮填法、注射法、丝网印刷法、气相沉积法等。1970 年代,美国 NSW 中心采用了注射模装法^[1-2],将 XTX-8003 炸药装入注射装置中,通过活塞对炸药施加压力,炸药受压后挤入管道中。1991 年,美国又公布了 Denis A, Silvia 等人研制的逻辑网络起爆器丝网漏印制作工艺^[3],由细颗粒的炸药和一定比例的有机油墨制成炸药油墨,根据战斗部的需要设计逻辑网络起爆器印刷图,进行炸药线路印刷。1986 年,由俄国圣彼得堡工学院 Viasov 教授和 Rudchenko 研制,后又于 1993 年由工程物理研究院化工材料研究所董海山等人开发了炸药气相沉积工艺技术^[4],研制出了可用于逻辑网络起爆器的薄层炸药。西安 213 所刘焕瑛等^[5]使用注射器灌注法用于逻辑网络起爆器。北京理工大学吉利国等^[6]也采用注射器挤注法将炸药注入沟槽内。

收稿日期: 2011-05-05; 修回日期: 2011-08-10

作者简介: 袁启纯(1953-),男,高级工程师,主要从事热固炸药和网络炸药配方研究和逻辑网络起爆器装药工艺研究。

本工作则研究了逻辑网络起爆器多流道等比压装药技术,确定了装药工艺条件。对等比压装药不同沟槽截面尺寸和不同装药拐角对爆速的影响规律,以及装药最小传爆沟槽尺寸和最大传爆拐角进行了考察,并对等比压装药的安全性、理化均匀性、波形同步性进行了试验研究。

2 多流道装置等比压装药工艺研究

2.1 工艺简述

针对 PETN 基挠性炸药混合后呈腻子状,稠度高,逻辑网络起爆器沟槽直径小、长度大、拐点多、结构复杂等特点,设计了装药多流道装置,其外形尺寸与逻辑网络起爆器相匹配(如图 1~图 5 所示)。

多流道等比压装药方法是:先用压片机将混合后的腻子炸药制成厚 5 mm 的药饼,贴在装药多流道装置上,再将贴药饼的多流道装置装配在逻辑网络起爆器上,置入等静压机中进行等比压(比压范围:15~80 MPa)装药。

多流道等比压装药工艺与注射装药工艺相比,进料距离短(≤8 mm),物料与沟槽摩擦力小,压力损失小,所需的比压较低且受压均匀,因此,具有装药理化均匀性好、工艺安全等优点。而且,多流道装置上每次贴 5 mm 厚的药饼,连续压制装药 4 次,可制备 4 发逻辑网络起爆器。

2.2 工艺稳定性研究

为研究多流道等比压装药工艺的稳定性,对特定结构的网络板,采用同一药饼,连续装药3次,将得到的3发网络板作为平行子样,测试装药的成分均匀性和爆速,以装药成分的均匀性和爆速的稳定性反映装药工艺的稳定性。为了较全面地考察装药工艺的稳定性,共设计了3种结构的网络板及其装药装置:(1)传爆拐角板及相应的装药多流道装置,见图1、图2;(2)不同沟槽直径板及相应装药多流道装置,见图3、图4;(3)逻辑网络起爆器装药多流道装置,见图5。利用这3种结构的网络板,一方面可以研究多流道等比压装药工艺的稳定性,另一方面也可同时研究不同传爆拐角和不同沟槽截面尺寸与爆速的关系,以及多流道装置等比压装药对逻辑网络起爆器装药质量和波形的影响。

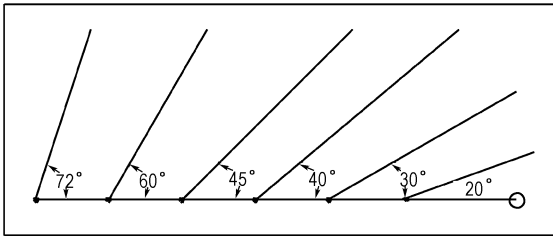


图1 传爆拐角板示意图

Fig.1 Explosion transfer corner board

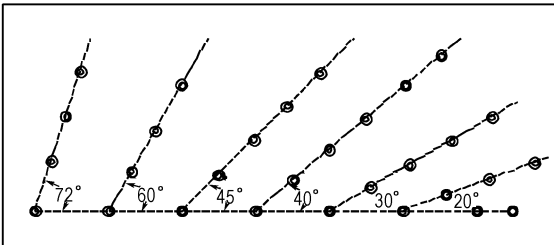


图2 拐角装药多流道装置示意图

Fig.2 Sketch of multi-runner device for corner charging

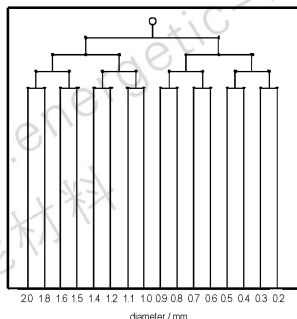


图3 不同沟槽直径网络板示意图

Fig.3 Network board with different groove dimensions

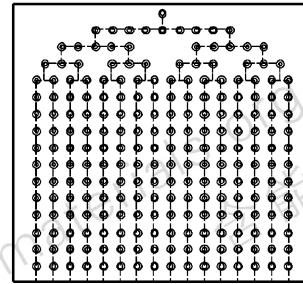


图4 不同直径装药多流道装置示意图

Fig.4 Multi-runner device with different charging dimensions

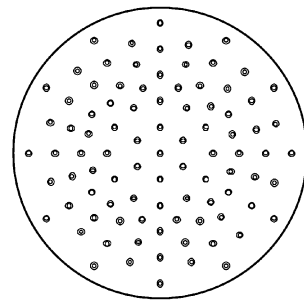


图5 逻辑网络起爆器装药多流道装置示意图

Fig.5 Sketch diagram of more flow device for logical network initiator

2.3 实验测试方法

2.3.1 爆速测试

采用高速转镜式扫描相机测定炸药爆轰波从各通道中心药池处传播50 mm距离所需的时间,计算爆速。

2.3.2 装药成分均匀性分析

测试网络板子样装药中主体炸药PETN的质量分数,以测试结果对配方中PETN的标称含量的偏差考察装药成分的均匀性。测试方法采用GJB772A-1997方法107.1混合炸药组分溶剂萃取法,即采用四氢呋喃浸泡溶液将粘结剂与PETN分离,称重,测出PETN的质量分数。

3 结果与讨论

3.1 不同传爆拐角与爆速的关系

采用图1、图2所示的传爆拐角板和装药多流道装置获得的装药子样的爆速测试结果见表1,其平均爆速与传爆拐角关系见图6。

表1及图6实验结果显示:(1)相同拐角下爆速值基本一致(在测试误差范围内)。表明同一药饼连续装药3次获得的子样本的传爆拐角和爆速基本稳定,装药工艺重复性较好;(2)传爆拐角越大,爆速越低。由于拐角效应,爆轰时拐角周边存在弱爆区,使拐

角处有效传爆直径比其它部位小,因此拐角传爆时爆速略有降低。当拐角处有效传爆直径小于炸药临界传爆直径时,就不能实现传爆;(3)对PETN基腻子炸药,采用多流道等比压装药工艺,其最大传爆拐角达150°。

表1 同一药饼不同装药次数下不同传爆拐角与爆速的关系
Table 1 Relationship between detonation velocity and different corner turning

corner turning / (°)	detonation velocity / km · s ⁻¹			
	sample 1	sample 2	sample 3	average
160	undetonated	undetonated	undetonated	undetonated
150	6.932	7.050	7.052	7.024
140	7.080	7.150	7.128	7.127
135	7.089	7.189	7.194	7.165
120	7.158	7.223	7.217	7.205
108	7.296	7.293	7.305	7.297

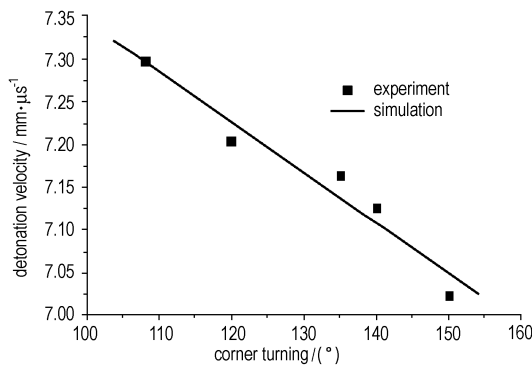


图6 不同传爆拐角与爆速的关系

Fig. 6 Relationship between detonation velocity and different corner turning

3.2 不同沟槽截面尺寸与爆速的关系

采用图3、图4所示的网络板和装药多流道装置获得的装药子样的爆速测试结果见表2,其平均爆速与沟槽截面尺寸关系见图7。

从表2可以看出,对图3所示的网络板采用多流道装置等比压装药制备的第1发至第3发样品爆速无明显差异,装药工艺重复性满足要求。从图7可以看出:PETN基腻子炸药采用多流道装置等比压压注装药的传爆最小沟槽尺寸为0.3 mm × 0.3 mm,爆速趋于稳定的传爆沟槽尺寸 ≥ 0.7 mm × 0.7 mm。

3.3 逻辑网络起爆器装药质量和波形

采用图5所示的装药多流道装置测试逻辑网络起爆器装药质量和波形,测试结果见表3。

PETN基腻子炸药混合后的物料粘度大,呈橡皮

腻子状,对沟槽截面尺寸为0.8 mm × 0.8 mm,大径径比(从雷管到扩爆点间距为127 mm)的装药沟槽,采用多流道装置(两装药孔间距 ≤ 8 mm)的等比压注装药工艺,从表3测试结果可以看出:同一药饼连续等比压注4发逻辑网络起爆器,其装药密度范围为1.504 ~ 1.507 g · cm⁻³,装药成分差为0.34% ~ 0.56%,总作用时间为16.09 ~ 16.14 μs,波形极差为0.20 ~ 0.26 μs,波形同步分散性为0.03 ~ 0.05 μs。以上结果表明:采用多流道装置等比压注装药技术制备的逻辑网络起爆器,其装药密度和成分均匀性好,总作用时间一致,波形同步分散性小。

表2 同一药饼不同装药次数下不同沟槽截面尺寸与爆速的关系
Table 2 Relationship between detonation velocity and different groove dimensions

groove dimensions / mm	detonation velocity / km · s ⁻¹			
	sample 1	sample 2	sample 3	average
0.2 × 0.2	undetonated	undetonated	undetonated	undetonated
0.3 × 0.3	7.086	7.130	7.088	7.101
0.4 × 0.4	7.171	7.239	7.163	7.191
0.5 × 0.5	7.224	7.234	7.193	7.217
0.6 × 0.6	7.239	7.228	7.243	7.237
0.7 × 0.7	7.248	7.244	7.244	7.245
0.8 × 0.8	7.236	7.249	7.260	7.248
0.9 × 0.9	7.248	7.247	7.263	7.253
1.0 × 1.0	7.254	7.262	7.270	7.262
1.1 × 1.1	7.251	7.274	7.262	7.262
1.2 × 1.2	7.260	7.258	7.272	7.263
1.4 × 1.4	7.255	7.251	7.273	7.259
1.5 × 1.5	7.240	7.255	7.278	7.258
1.6 × 1.6	7.251	7.255	7.272	7.259
1.8 × 1.8	7.258	7.268	7.291	7.272
2.0 × 2.0	7.251	7.269	7.302	7.274

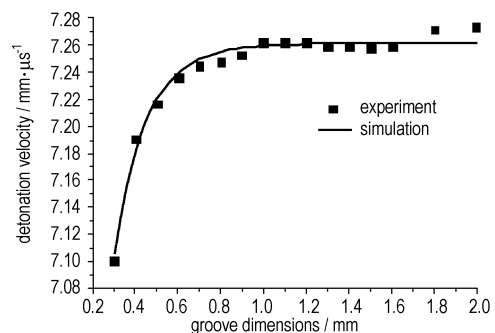


图7 不同沟槽截面尺寸与爆速的关系

Fig. 7 Relationship between detonation velocity and different groove dimensions

表3 逻辑网络起爆器等比压装药质量和波形测试结果

Table 3 Results of isopressing charging quality and wave synchronization for logical network initiator

samples	ρ /g · cm ⁻³	$\Delta\rho$ /g · cm ⁻³	ΔC /%	t /μs	Δt /μs	$\bar{\sigma}$ /μs
sample 1	1.504	0.007	0.41	16.11	0.26	0.05
sample 2	1.507	0.007	0.34	16.09	0.22	0.04
sample 3	1.506	0.008	0.56	16.13	0.20	0.04
sample 4	1.507	0.008	0.47	16.14	0.21	0.03

Note: ρ is density, $\Delta\rho$ is density difference, ΔC is the charge composition deviation, t is total action time, Δt is time range, $\bar{\sigma}$ is the dispersion of the wave synchronization.

4 结论

(1) PETN 基腻子炸药采用多流道装置等比压装药工艺,其最小传爆沟槽截面尺寸为 0.3 mm × 0.3 mm,爆速趋于稳定的传爆沟槽截面尺寸 ≥ 0.7 mm × 0.7 mm,而 1.0 mm × 1.0 mm 沟槽爆速为 7.262 km · s⁻¹ ($\rho = 1.506 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$),其最大传爆拐角约为 150°。

(2) 多流道装置上贴 5 mm 厚的药饼,可连续等比压压注四发逻辑网络起爆器,经 30 余发样品试验结果统计,其装药密度范围为 1.504 ~ 1.507 g · cm⁻³,

装药成分差为 0.34% ~ 0.56%,波形同步分散性在 0.03 ~ 0.05 μs 之间,表明其装药理化均匀性好,波形同步分散性小。

参考文献:

- [1] Lind C D. Techniques for injection loading of PBXC-303(1) explosive. ADA-001678[R], 1974.
- [2] Jackson Sherman, Ronald R Vireault. Method for injection molding of explosive and pyrotechnic material; USP 387954[P]. 1975.
- [3] Gibbons G Jr, Silvia D A. Manufacture of explosive circuits using silk screening techniques and explosive inks; USP 5046425[P]. 1991.
- [4] Vlasov D A, Rudchenko E A, 朱祖良, 等. 临界厚度为 30 μm 的薄层炸药[J]. 含能材料, 1993, 1(3): 1-3.
Vlasov D A, Rudchenko E A, ZHU Zu-liang, et al. Thin-layer explosive tape with detonating critical thickness of 30 micro meter[J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 1993, 1(3): 1-3.
- [5] 刘焕瑛, 卢斌, 胡继图. 用于爆炸逻辑网络的微型浇注炸药研究[J]. 火工品, 1995(1): 47-49.
LIU Huan-ying, LU Bing, HU Ji-tu. Research on the cast miniature explosive for ELN[J]. *Initiators & Pyrotechnics*, 1995(1): 47-49.
- [6] 吉利国, 焦清介, 蔡瑞娇. 沟槽通道挤注装药技术研究[J]. 火工品, 1996(3): 26-28.
JI Li-guo, JIAO Qing-jie, CAI Rui-jiao. Technique for injection molding of explosives in small diameter[J]. *Initiators & Pyrotechnics*, 1996(3): 26-28.

Isopressing Charging Technology for Logical Network Initiator

YUAN Qi-chun, LAN Qiong, HUANG Heng-jian, DENG Xiao-ming

(Institute of Chemical Materials, CAEP, Mianyang 621900, China)

Abstract: The isopressing charging technology with multi-runner device of logical network initiator was studied according to the structural features of small diameter, large aspect ratio, multi-corners of the high viscosity of PETN based putty explosives. The charging process conditions were determined accordingly i. e., pressure is 80 MPa and dwell time is 30 min. The influences of different groove dimensions (0.3 mm × 0.3 mm ~ 2.0 mm × 2.0 mm) and different corner turning (108° ~ 160°) on detonation velocity were investigated. The minimum groove size and the maximum cokner for propagation of explosion were investigated. The physical and chemical uniformity and wave synchronization for isopressing charging were also studied by experiments. The results show that the least groove dimension is 0.3 mm × 0.3 mm, and the biggest degree of corner turning is 150°. The range of charge density is 1.504 ~ 1.507 g · cm⁻³, and the charge composition deviation is 0.34% ~ 0.56%, and the dispersion of the wave synchronization is between the 0.03 ~ 0.05 μs.

Key words: explosion mechanic; logical network initiator; multi-runner device; isopressing charging; corner turning

CLC number: TJ55; O389

Document code: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2012.02.016