

# 起爆药 GTX 在基础雷管中的应用<sup>\*</sup>

余迅猛 韦争何

广西金建华民用爆破器材有限公司(广西百色,533000)

[摘 要] 文章介绍了起爆药 GTX 的基础性能,根据其性能特点结合公司基础雷管生产经验,对工业 8 号基础雷管的结构及生产工艺进行调整改进,提供 GTX 起爆药应用于基础雷管生产的合理工艺条件及最佳技术参数;装药量控制在 $(0.17 \pm 0.02)$  g 范围内,压药压力为 $(22 \pm 2)$  MPa,加强帽增加至 7.8 mm。

[关键词] GTX 起爆药 基础雷管 生产工艺 技术参数

[分类号] TQ563 TQ563<sup>+</sup>.9 TQ565<sup>+</sup>.2

## 引言

2008 年至 2010 年 4 月,我公司一直采用北京理工大学的专利成果 GTG 起爆药来装填基础雷管。GTG 起爆药具有生产过程无废水污染、起爆性能可靠、安全性能好等特点<sup>[1-4]</sup>,但随着《民爆行业技术进步指导意见》提出,鼓励工业雷管向高可靠性、高安全性、高精度、智能型、环保型方向发展,我公司进一步与北京理工大学深度合作,引进其在 GTG 起爆药基础上改良的 GTX 起爆药<sup>[5]</sup>。GTX 起爆药通过采用无毒金属锌元素代替了 GTG 起爆药中的镉元素,实现了《民爆行业技术进步指导意见》提出的产品爆炸后无重金属污染的要求。但 GTX 的假密度、火焰感度、极限药量等与 GTG 等其他起爆药有一定差异,为此,我公司结合多年雷管生产经验对 GTX 起爆药应用于基础雷管生产进行摸索,确定合理工艺条件及最佳技术参数,并希望以此为契机能和行业内专家共同探讨,用好 GTX 起爆药。

## 1 GTX 基础性能<sup>[6]</sup>

GTX 起爆药是一种高能钝感起爆药,它是由碳酰肼、高氯酸与氧化锌在一定条件下反应合成的一种配合物,其化学名称为高氯酸三碳酰肼合锌,其主要性能如下。

外观:白色多面体形结晶体,有良好的流散性,无目视可见的杂质存在<sup>[6]</sup>。假密度  $d_a = 0.8 \sim 0.9$  g/cm<sup>3</sup>。

撞击感度:按照 GJB772A—97 标准之 601.2《火炸药撞击感度》的测试方法,在锤质量 2 kg,落高 25 cm,药量 50 mg 条件下,发火率为 0;在锤质量 5 kg,落高 25 cm,药量 50 mg 条件下,发火率为 40%。

摩擦感度:按照 WJ1871—89《火工品药剂摩擦

感度测定法》的规定,选用摆锤质量 1.5 kg,摆角 70°,表压 1.23 MPa 的条件进行测试,得发火平均值为 34%<sup>[6]</sup>。按照 GJB5891.24—2006 标准在摆角 70°,表压 1.23 MPa 的条件下测试,得平均发火率为 32%。

火焰感度:按照 GJB5891.25—2006 标准装药量为 20 mg,做 50% 发火试验,得 50% 发火感度为 7.0 cm,标准差 0.6 cm。

静电火花感度:按照 GJB5891.17—2006 标准在电极间隙为 1.0 mm,电容为 0.22  $\mu$ F,样品量为 25 mg,串联电阻为 100 k $\Omega$  的试验条件下测试。测试结果:负极 50% 发火电压为 2.31 kV,发火能量为 0.59 J;正极 50% 发火电压为 2.29 kV,发火能量为 0.63 J。

爆发点:按照 GJB5891.20—2006 标准测试得 5 s 爆发点为 382℃。

爆炸性:按照 GJB5891.29—2006 标准测得爆热为 4400 kJ/kg;按照 GJB5891.30—2006 标准测得爆容为 461 L/kg;按照 GJB5891.21—2006 标准对爆速进行测试,测试结果表明:装药密度  $\rho = 1.50 \sim 1.55$  g/cm<sup>3</sup> 时,平均爆速  $D = 7297$  m/s。

极限起爆药量:在工程爆破用雷管中,根据不同的装配条件,极限起爆药量范围为 50 ~ 120 mg,正常装药量为 170 mg。

耐压性:根据不同的装配条件,GTX 起爆药装药量为 170 mg,最高耐压可以达到 60 MPa。

安定性:按照 GJB5891.13—2006 标准进行热质量损失试验,在 75℃ 条件下连续试验 48 h,质量损失为 0.09%;按照 GJB5891.9—2006 标准在 30℃ 的常温常压下,时间为 120 h,进行吸湿性试验,吸湿增

<sup>\*</sup> 收稿日期:2011-12-22

作者简介:余迅猛(1968 ~),男,工程师,主要从事民爆器材生产及技术管理工作。E-mail:13877688756@139.com

质量为 0.19% ; 按照 GJB5961.12—2006 标准在 100℃ 条件下进行真空安定性试验 40h, 结果得 GTX 产气量为 0.07 mL/g。

相容性: 利用动态真空安定性测试方法 (DVST), 按照 GJB5891.16—2006 对 GTX 与 PETN、RDX 进行相容性测试, 放气量分别为 1.940 mL/g 和 2.720 mL/g。通过埋药法和腐蚀试验可知 GTX 与铝、铝镁合金、镀锌铁、镍铜、发蓝铁具有良好的相容性, 与黄铜相容性较好, 与紫铜、覆铜钢、纯铁相容性差。

2 雷管结构

基础雷管生产采用“五装三压”的生产工艺方式。底部主装药剂紫胶造粒黑索今 (RDX) 分两次装入发蓝铁管壳并分别压药, 主装药与副装药之间采用太安 (PETN) 进行过渡。鉴于 GTX 起爆药本身火焰感度比较钝感, 在装入 GTX 起爆药后再覆盖药量为 0.04 ~ 0.07g 的 K<sub>1</sub>K 点火药以保证雷管发火的可靠性, 之后扣入加强帽进行压合。基础雷管结构示意图如图 1 所示。

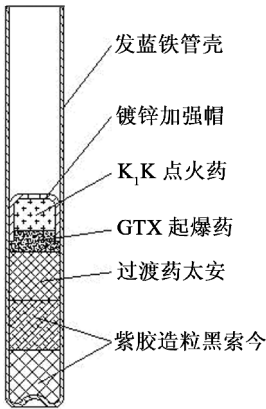


图 1 GTX 基础雷管  
产品结构示意图

各规格基础雷管的管壳尺寸、装药量等参数见表 1, 每种规格雷管加强帽均为 Ø6.21mm × 7.8mm。

3 工艺确定<sup>[7-8]</sup>

3.1 装药

根据 GTX 的假密度和装药量, 经理论计算及试验确定 GTX 起爆药装药采用厚度为 5 mm、孔径为 7.5 mm 的定量板进行装药。装药量控制在 (0.17 ± 0.02) g 范围内。

但生产初期出现产品起爆不完全现象, 经综合分析发现, 主要是由于 GTX 假密度相对于 GTG 偏

小, 晶体形状与 GTG 晶形有一定差异, 其流散性不如 GTG 起爆药, 而生产中仍采用 GTG 的装药方式, 造成大颗粒药剂盖住部分下药口, 导致少装、装药不均等现象, 特别是大批量连续生产时, 该问题更为严重, 从而引起产品起爆能力不足。

针对这一问题对装药工装进行技术改造, 措施如下:

1) 在装药器上方加装筛网漏斗, 过滤大颗粒 GTX 起爆药, 避免晶形不佳、大颗粒起爆药进入装药器中, 有效防止堵药。

2) 在装药器下方安装气动振动器, 定量板装药及下药入管壳时给予整个装药器一定振幅和频率的振动。振幅范围为 0.5 ~ 5mm, 频率为 40 ~ 62 Hz, 可通过输入振动器的气压进行调节, 以保证 GTX 起爆药装药量足够。

现通过工程设计软件 Solidworks 对改造前后装药工装进行三维建模, 如图 2 和图 3 所示。

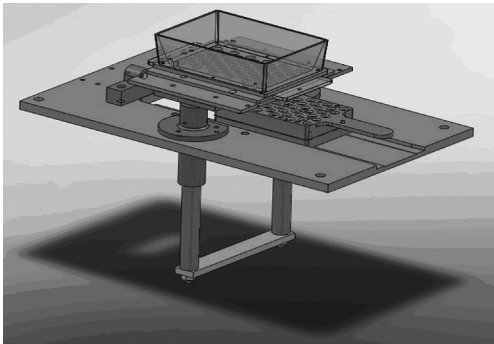


图 2 改造前 GTX 装药工序工装图

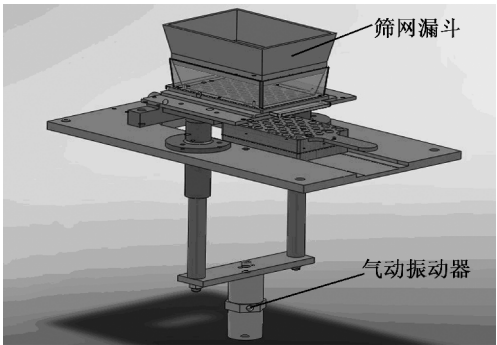


图 3 改造后 GTX 装药工序工装图

表 1 各规格基础雷管技术参数

规 格	管壳尺寸/ (Ømm × mm)	一装药量/ g	二装药量/ g	过渡药量/ g	起爆药药量/ g	点火药药量/ g
62 普通	6.88 × 62	0.25 ± 0.02	0.22 ± 0.02	0.20 ± 0.02	0.17 ± 0.02	0.05 ± 0.01
68 普通	6.88 × 68	0.25 ± 0.02	0.22 ± 0.02	0.20 ± 0.02	0.17 ± 0.02	0.05 ± 0.01
62 消焰	6.88 × 62	0.35 ± 0.02	0.20 ± 0.02	0.15 ± 0.02	0.17 ± 0.02	0.06 ± 0.01
68 消焰	6.88 × 68	0.35 ± 0.02	0.20 ± 0.02	0.15 ± 0.02	0.17 ± 0.02	0.06 ± 0.01

3.2 压合

雷管起爆药的装药密度、压合压力应随所用起爆药的品种而异,在保证振动不洒药粉、管体不变形、有足够起爆威力的前提下,以低为宜,以安全为宜。GTX 基础雷管的压合不进行加压,沿用了 GTG 雷管的压合压力(22±2)MPa 在油压机下进行定压压合。

3.3 管壳与加强帽

雷管管壳、加强帽的强度及两者之间的配合严重影响着雷管的输出威力。GTX 起爆药假密度为 0.8~0.9g/cm<sup>3</sup>,相对 GTG(其假密度为 1.0~1.3 g/cm<sup>3</sup>)偏小,相同压合压力下成型药高度必然偏高,可能会使管壳与加强帽配合不佳,造成振动移帽、起爆威力不足等质量问题。

我公司采用壁厚约为 0.50 mm 发蓝管壳及壁厚为 0.55 mm 的镀锌铁帽进行基础雷管生产,以确保 GTX 引燃后迅速燃烧转爆轰且爆轰波能有效地向过渡药及主装药传播<sup>[9]</sup>。管壳的长度(62mm 和 68mm)并未重新设计,在能满足与已有电引火头、导爆管卡口塞及各段别延期体配合的前提下,将加强帽长度由 7.5 mm 加长至 7.8 mm,并在压合完毕后进行点漆,保证加强帽与发蓝管壳的有效配合。

4 产品性能测试

确定工艺条件及各技术参数后,采用 50 发一模的群模装配工装生产 GTX 基础雷管,并按 5 万发组一批进行性能测试,以验证产品的安全性和可靠性。

4.1 振动试验

将经过外观、尺寸检验合格的雷管,口部向上、向下各半,装入专用的防静电橡胶盒中。橡胶盒放入振动试验机(振动试验机应符合 WJ231 的规定)木箱底部中央、橡胶盒内外空隙用纸板填塞。压紧箱盖后,在落高(150±2)mm,频率 1Hz 的条件下连续振动 10min。要求不允许爆炸、洒药粉和目视加强帽移动<sup>[6]</sup>。

4.2 铅板试验

将装配成为瞬发电雷管的产品直立于规格为 Ø40mm×5mm 厚的铅板中央引爆。要求能炸穿铅板,其穿孔直径不应小于雷管外径<sup>[10]</sup>。并对铅板穿孔直径进行测量。

4.3 沼气安全性试验

消焰基础雷管装配成电雷管后,将受试雷管置于充有可燃气体—空气混合气体(甲烷浓度为 8.7%~9.3%)的特定装置内引爆,以引爆混合气的频数表示电雷管对可燃气体的安全度<sup>[11]</sup>。

4.4 测试结果

经过一年多的生产及产品性能测试,综合统计各规格基础雷管性能,见表 2。

表 2 各规格基础雷管性能测试

基础雷管规格	振动试验	铅板孔径/mm		沼气安全性
		平均值	标准偏差	
62 普通	合格	10.42	0.27	—
68 普通	合格	10.40	0.36	—
62 消焰	合格	10.03	0.30	0/25
68 消焰	合格	10.42	0.33	0/25

5 结论

GTX 起爆药是一种配合物类高能钝感起爆药,具有安全性能好、起爆威力大、对环境友好、无污染等特点。我公司通过在 GTG 基础雷管生产线的基础上进行工艺调整优化,严格控制技术参数,成功将 GTX 起爆药应用于基础雷管生产,且生产一年多以来产品性能稳定、安全性高,各项性能均符合行业标准要求,完全可以代替 DDNP、GTG 等起爆药应用于工程雷管生产。

参 考 文 献

[1] 郑礼化. 新型起爆药 GTG 在工业电雷管中的应用[J]. 煤矿爆破,2001(4):30-31.

[2] 撒光,曹文俊,叔宝源. GTG 起爆药在工业雷管中的应用[J]. 爆破器材,2001,30(1):15-19.

[3] 张同来,魏昭荣,吕春华,等. GTG 起爆药性能研究[J]. 爆破器材,1999,28(3):16-19.

[4] 李联盟,杨爱民,张同来,等. GTG 型火雷管技术研究[J]. 爆破器材,2004,33(4):16-19.

[5] 工业和信息化部. 工信部关于民用爆炸物品行业技术进步的指导意见[R]. 北京:工信部安[2010]227号,2010.

[6] 张志刚,张建国,张同来,等. 新型起爆药 GTX 的制备工艺与性能研究[J]. 含能材料,2001,9(6):49-52.

[7] 尹志宏,邹洪晖,李利村. 硝酸胍镍应用于工业纸火雷管的研究[J]. 火工品,2006(6):35-38.

[8] 江道友,白青,隋湘宾,等. 半秒延期导爆管雷管的研制[J]. 爆破器材,2008,37(6):27-29.

[9] 刘自铎,蒋荣光. 工业火工品[M]. 北京:兵器工业出版社,2003.

[10] 郑文霞. GB13230—1991 工业火雷管[S]. 北京:中国标准出版社,1991.

[11] 夏斌,李建湘,宋家良,等. GB18096—2000 煤矿许用电雷管可燃气体安全度试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2000.

从表 2 可以看出,在 2% 误码率条件下,加入纠错编码后,最大遥控距离增加了近 50%。

在测试过程中,使用的是低增益天线,遥控距离有限。在实际使用中,可以使用高增益天线以增加遥控距离。

4 结语

本文根据遥控起爆器广泛采用 8 位单片机,以及遥控起爆数据量小,但可靠性要求高的特点,提出在遥控起爆器中采用(8,4)汉明码,以牺牲码长为代价,保证数据的可靠性。

本文研究了(8,4)汉明码的编译码实现,并进行了测试。测试结果表明,在 433MHz 波段,(8,4)汉明码能有效降低误码率,增加遥控距离。说明这种方式实现纠错功能简单,减少了对硬件电路的依赖,充分发挥了系统的灵活性,具有良好的实用性,在遥控起爆器中具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

[1] 杨静,陈钟荣,叶晶晶. 纠错编码技术在无线模块中的应用[J]. 自动化仪表,2009,30(12):19-21.

[2] 郭天天,杜耀志,尹江建. 纠错编码在遥控起爆器中的应用[J]. 爆破器材,2010,39(6):14-16.

[3] 王新梅,肖国镇. 纠错码——原理与方法[M]. 西安:

西安电子科技大学出版社,1996:56-98.

[4] Isaka M. High-rate Serially Concatenated Codes Using Hamming Code[C]. Proc of IEEE International Conference on Communications, Seoul, IEEE Communications Society, 2005:637-641.

[5] 付瑜. 军事演习中炸点显示系统的设计研究——炸点遥控系统的研究[D]. 成都:成都理工大学,2008.

[6] 孙琮琮,余学军. 远程多路遥控起爆器材的设计[J]. 爆破器材,2011,40(6):29-31.

[7] 辛英. 汉明码纠错检错能力分析与应用[J]. 盐城工学院学报(自然科学版),2008,21(1):34-36.

[8] 孙丽华,丁杰,肖化. 单片机与 PC 机通信中的纠错编码[J]. 华南师范大学学报(自然科学版),2005(4):50-54.

[9] 张玲,李磊民,刘刚. 海明码纠错在无线遥控中的应用[J]. 通信技术,2007,40(11):17-19.

[10] 段美霞,郭勇,鲁长江. 远程多路遥控起爆器的设计与实现[J]. 电子器件,2005,28(2):387-389.

[11] 孙琮琮,余学军. 远程多路遥控起爆器的设计[J]. 爆破器材,2011,40(6):29-31.

[12] 王俊荷,高飞,吴节林. 基于 CC1100 点对点无线数据采集[J]. 计算机科学,2011,38(10A):212-214.

[13] 李娟,唐小超,葛立峰. 基于 CC1101 射频技术的室内超声定位系统[J]. 自动化与仪表,2009,24(6):1-4.

Study on the Application of Hamming Code Error Correction in Remote Detonator

GUO Tianian, DU Yaozhi, YIN Jiangjian, SHEN Qing

School of Basic Education for Commanding Officers, NUDT (Hunan Changsha, 410072)

[ABSTRACT] The (8,4) Hamming code can be easily achieved on regular remote detonator. The encoding and decoding algorithm are introduced in this paper, and its performance is tested by CC1100 wireless module. The test result shows that the (8,4) Hamming code can reduce the BER by 80% maximally, increase the remote control distance by nearly 50% maximally, and have very important practical value for remote detonator.

[KEY WORDS] remote detonator, Hamming code, BER

(上接第 28 页)

Application of Primary Explosive GTX in Plain Detonator

YU Xunmeng, WEI Zhenghe

Guangxi Jinjianhua Industrial Explosive Materials Co., Ltd. (Guangxi Baise, 533000)

[ABSTRACT] The paper introduces the basic property of a primary explosive, zinc carbohydrazide perchlorate (GTX). Based on its property in combination with our company's experience in production of detonators, construction and production technology of No.8 plain detonator is adjusted and improved by application of the new primary explosive GTX in the plain detonator. The suitable production technology and the best technical parameters are provided. When the range of charge amount is within 0.17±0.02 g and the pressing pressure is 22±2 MPa, the strong cap will increase to 7.8mm.

[KEY WORDS] zinc carbohydrazide perchlorate (GTX), plain detonator, production technology, technical parameters