

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2016.02.010

一种用于电子雷管的电点火头的研究^{*}

王文斌^① 王兴平^① 张 阳^②

①贵州盘江民爆有限公司(贵州贵阳,551400)

②北京科技大学土木与环境工程学院(北京,100083)

[摘 要] 针对电点头发火一致性差而影响电子雷管精度的问题,设计了点头发火电压、发火时间的测试电路系统,研究了 LDNP(二硝基酚铅)系不同桥丝直径的点头发火电压和发火时间的一致性。结果表明:在一定范围内,该点头发火电压、发火时间及发火时间标准偏差随桥丝直径的减小而减小;当桥丝直径减小至 16 μm 时,发火电压波动较大,出现瞎火;18 μm 桥丝直径的点火头,其发火电压一致性较好,其发火时间标准偏差较小,能满足电子雷管性能的要求。

[关键词] 电子雷管;点火头;发火一致性

[分类号] TQ565

引言

随着微电子技术的发展,国内外对电子雷管进行了大量的研究^[1-3],因其具有优越的性能在越来越多的爆破工程中得到应用^[4-6]。电子雷管电子芯片取代了普通电雷管铅芯延期体,延期精度大大提高,其延期误差主体由铅芯延期体转换为点火头^[7]。目前电雷管使用的电点火头秒量漂移大^[7],无法满足电子雷管性能需求。本文采用 LDNP(二硝基酚铅)系点火药剂制作点火头,设计点头发火电路,测试发火电压和发火时间,研究其发火效果。

1 试验准备

1.1 点火头

点火头的药剂选用 LDNP、氧化剂和锆粉的混合物,用硝化棉溶液混合后备用。点火头为刚性,桥丝直径选择 22、20、18 μm 以及 16 μm 。不同时间点混制点火药剂多批,每批点火药剂配方相同,选用不同桥丝直径的刚性点火头沾药,烘干备用。

1.2 试验装置

点头发火时间测试装置如图 1 所示,点头发火时间检测电路如图 2 所示。图 1 中点火头的激发部分,断开 S_2 ,闭合 S_1 ,此时电源给电容器 C_1 充电;断开 S_1 ,闭合 S_2 ,此时电容器 C_1 的电能量释放,激发点火头;当开关 S_2 闭合时,电信号被示波器记录,从通电到桥丝断裂,电信号通过通道 1[#] 输入示波器。图 1 中点头发火过程中的信号处理电路是利用集成电路信号放大器将电信号放大,由通道 2[#] 输

入示波器。开关 S_2 闭合时刻为 t_1 ,点头发火时间为 t_2 , t_1 与 t_2 之差即为点火头的激火时间。调节电源电压,运用升降法记录点火头的发火电压。

2 试验结果分析

2.1 理论分析

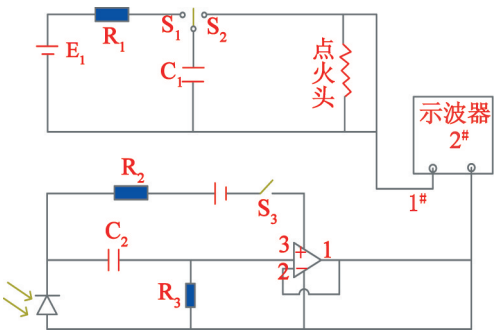


图 1 点头发火时间检测电路图

Fig. 1 Test circuit used for ignition time of the fuse head

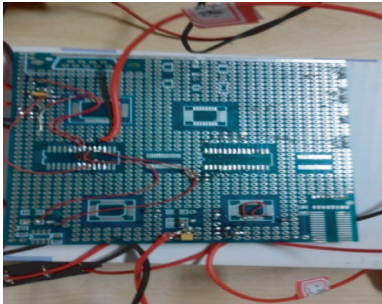


图 2 点头发火时间检测电路板

Fig. 2 Test circuit board used for ignition time of the fuse head

^{*} 收稿日期:2015-09-13
作者简介:王文斌(1988 ~),男,硕士研究生,主要从事民用爆破器材研究。E-mail:511175670@qq.com

根据比热容定义,桥丝吸收的热量 $Q_{吸} = mc\Delta T$,得出桥丝温升与桥丝直径关系,桥丝温升与桥丝直径平方成反比,如式(1)所示。当桥丝直径减小时,桥丝达到一定温度所需的能量减小。

$$\Delta T = \frac{4Q_{吸}}{L\rho c\pi d^2}。$$

(1)

式中: ΔT 为桥丝温升; $Q_{吸}$ 为桥丝吸收的热量; L 为桥丝长度; ρ 为桥丝密度; c 为桥丝比热容; d 为桥丝直径。

图 1 中,激发点火头的电容器 C_1 充电能量为 Q ,由焦耳楞次定律得 $Q = 1/2CU^2$,点火头发火则需满足 $Q_{吸} \geq Q$ 。桥丝直径减小,点火头发火电压减小。当桥丝直径减小到一定值时,桥丝温升过快,达到熔断时间极短,导致电容能量输出减小,点火药剂获得的热量低于其激发能,点火头瞎火。因此,电容、电压与点火头桥丝直径应有较好的匹配性。

2.2 点火头发火电压

对不同桥丝直径的点火头发火电压进行检测,处理试验结果,计算不同批次点火头的标准偏差 S 、50% 发火电压 $X(0.5)$ 、不发火电压 $X(0.000\ 1)$ 、百分之百发火电压 $X(0.999\ 9)$,并作图。

图 3 ~ 图 6 为不同直径点火头的发火电压。可以看出,同种直径、不同批次的点火头的发火参数有所差异,虽然桥丝直径和药剂配方相同,但不同批次药剂混药均匀性、温度以及沾药工艺等方面有所差异,导致相同直径点火头的发火电压有所差异。

22 μm 和 20 μm 桥丝直径点火头的发火电压参数有明显波动,如图 3、图 4 所示;18 μm 桥丝直径点火头的发火电压参数最为稳定,发火一致性好,发火电压标准偏差较小,如图 5 所示;16 μm 桥丝直径点火头的发火电压参数波动最大,发火电压标准偏差大,如图 6 所示。

随着桥丝直径减小,点火头感度增加,发火电压减小。当桥丝直径减小至 16 μm 时,桥丝熔断时间

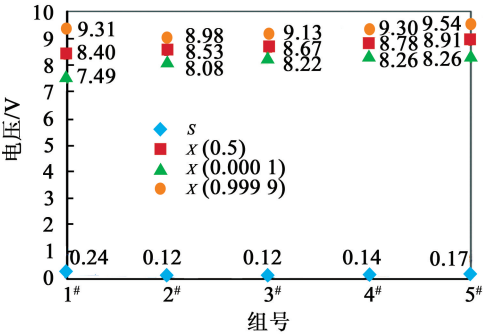


图 3 22 μm 桥丝直径点火头发火电压
Fig. 3 Ignition voltage of the fuse head with a bridge wire diameter of 22 μm

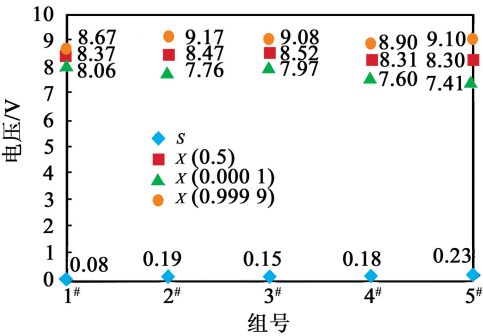


图 4 20 μm 桥丝直径点火头发火电压
Fig. 4 Ignition voltage of the fuse head with a bridge wire diameter of 20 μm

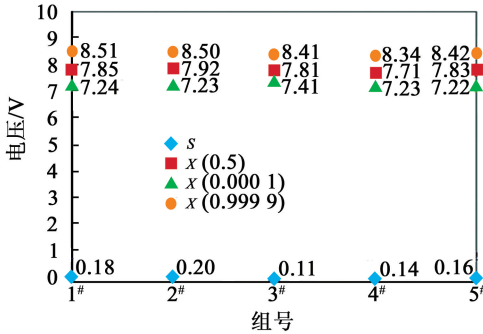


图 5 18 μm 桥丝直径点火头发火电压
Fig. 5 Ignition voltage of the fuse head with a bridge wire diameter of 18 μm

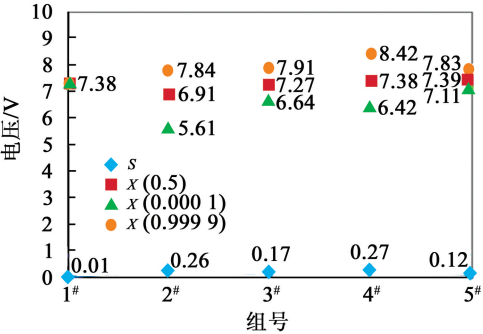


图 6 16 μm 桥丝直径点火头发火电压
Fig. 6 Ignition voltage of the fuse head with a bridge wire diameter of 16 μm

很短,此时输入到桥丝的能量有限,并不能保证点火药剂正常发火。且桥丝直径减小,其生产工艺要求高,桥丝直径和电阻率一致性变差,导致其发火电压波动较大,发火一致性不理想。

2.3 点火头发火时间

点火头的电容为 C_1 ,发火电压为 10 V,测得不同桥丝直径点火头的发火时间如图 7 所示。图 7 中,随着桥丝直径的减小,点火头的平均发火时间减小,发火时间标准差减小。当桥丝直径减小到 16 μm 时,出现瞎火。当桥丝直径为 18 μm 时,点火头发火时间最小,为 2.24 ms,标准差小于 1 ms。

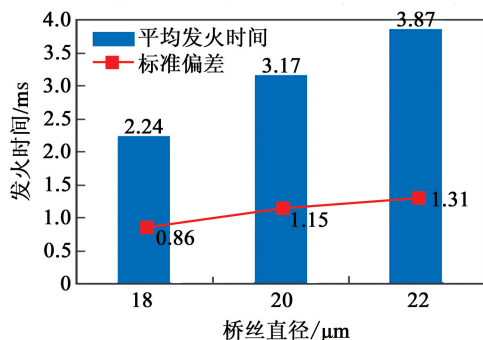


图 7 不同桥丝直径点头发火时间

Fig. 7 Ignition time of the fuse head with different bridge wire diameters

3 结论

用设计的电路系统对 22、20、18 μm 和 16 μm 桥径的 LDNP 系电点火头进行发火电压和发火时间测试,并进行分析,得到以下结论:

1) 18 μm 桥丝直径的点头的发火时间标准差小,发火电压一致性好,满足电子雷管性能要求。

2) 一定范围内,发火电压、发火时间及发火时间标准差随桥丝直径的减小而减小。当桥丝直径减小至 16 μm 时,桥丝熔断时间很短,输入点火头能量减少,且桥丝直径减小,其直径和电阻率一致性变差,发火电压和发火时间波动偏大。

3) 点头发火电压一致性与发火时间一致性相对应,均能反映电子雷管用电引头发火一致性。

参 考 文 献

- [1] 玉团英,吕国栋,张梅红,等. 电子雷管引火元件专用点焊机的工艺参数与工装设计[J]. 爆破器材,2014,43(5):45-50.
YU T Y, LÜ G D, ZHANG M H, et al. Technological parameters and design of spot welding machine dedicated for electronic detonator flash components production[J]. Explosive Materials, 2014, 43(5):45-50.

- [2] 潘涛,陈辉峻,赵明生,等. 数码电子雷管延时精度误差影响因素及改进措施研究[J]. 爆破,2014,31(2):135-138.
PAN T, CHEN H J, ZHAO M S, et al. Study of influencing factor and improving measures of accuracy error of digital electronic detonator[J]. Blasting, 2014, 31(2):135-138.
- [3] EWICK D W, WALSH B M. Initiator with loosely packed ignition charge and method of assembly: US6408759B1[P]. 2002-06-25.
- [4] 杨仁树,车玉龙,孙强,等. 城市地铁电子雷管爆破降振技术试验研究[J]. 岩石力学与工程学报,2014,33(增刊2):3741-3749.
YANG R S, CHE Y L, SUN Q, et al. Experimental study of decreasing blasting vibration technology with digital detonator in urban subway[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2014, 33(Suppl. 2):3741-3749.
- [5] 李东涛,颜景龙,姚浩辉,等. 电子雷管在山体松动爆破工程中的应用[J]. 工程爆破,2012,18(3):100-102.
LI D T, YAN J L, YAO H H, et al. Application of electronic detonator in mountain loose blasting engineering[J]. Engineering Blasting, 2012, 18(3):100-102.
- [6] 傅洪贤,沈周,赵勇,等. 隧道电子雷管爆破降振技术试验研究[J]. 岩石力学与工程学报,2012,31(3):597-603.
FU H X, SHEN Z, ZHAO Y, et al. Experimental study of decreasing vibration technology of tunnel blasting with digital detonator[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2012, 31(3):597-603.
- [7] 王文斌. 电子雷管用电引火元件研究[D]. 淮南:安徽理工大学,2015.
WANG W B. Study on fuse head of electronic detonator[D]. Huainan: Anhui University of Science and Technology, 2015.

Research of a Fuse Head Used for the Electronic Detonator

WANG Wenbin^①, WANG Xingping^①, ZHANG Yang^②

^①Guizhou Panjiang Industrial Explosive Co., Ltd. (Guizhou Guiyang, 551400)

^②School of Civil and Environmental Engineering, University of Science and Technology Beijing (Beijing, 100083)

[ABSTRACT] To solve the problems that the poor igniting consistency of fuse head affect the accuracy of the electronic detonator, a circuit testing ignition voltage and ignition time of fuse head was designed. Igniting consistency of ignition voltage and ignition time of fuse head based on LDNP with different bridge wire diameters was tested. Results show that ignition voltage, ignition time and standard deviation of ignition time decrease with the decreasing of the bridge wire diameter to a certain range. When bridge wire diameter is reduced to 16 μm , there is a large fluctuation for ignition voltage, and blind fire appears. Fuse head with a bridge wire diameter of 18 μm has a better consistency of ignition voltage and smaller standard deviation of ignition time, which meets the performance requirements of the electronic detonator.

[KEY WORDS] electronic detonator; fuse head; igniting consistency