

文章编号: 1001-1455(2002)02-0184-04

# 静电火花法表征塑料导爆管起爆感度探索

刘大斌, 蒋荣光, 张兴明, 朱晓峰

(南京理工大学民用爆破器材检测实验室, 江苏 南京 210094)

摘要: 提出了塑料导爆管轴向静电火花感度的概念、测试原理。用标准的静电感度测试仪配以一定结构的起爆针, 建立了可用于导爆管感度测试的实验装置, 采用升降法测出导爆管起爆所需静电能量并用它来表征导爆管的感度。用三种导爆管进行了感度测试, 实验条件下其感度值  $E_{0.50}$  分别为 0.43、1.08、 $> 1.94$ J。

关键词: 塑料导爆管; 静电火花; 起爆感度; 测试\*

中图分类号: TJ45.7; TD235.22; TQ565 文献标识码: A

## 1 引言

塑料导爆管(以下简称导爆管)的感度是指导爆管受到外界激发冲量作用以后被起爆的敏感程度。导爆管的感度是其重要的性能指标之一, 感度过高, 不利于其生产和使用安全; 感度过低, 在爆破施工中容易产生“漏炮”事故, 同样不利于安全。

目前, 导爆管的感度表征方法主要有两种: 一种是连接块法<sup>[1]</sup>, 即将一发8号工业火雷管和20根导爆管用规定的塑料连接块连接起来, 起爆雷管后, 所有20根导爆管全部被起爆即视为感度合格, 否则为不合格; 第二种是标准管法<sup>[2]</sup>, 选择装药相对均匀的导爆管做基准管, 将待测导爆管与基准管管口同轴对准, 起爆基准管, 其爆轰输出可以起爆待测导爆管, 用使待测导爆管全部被起爆时两管口之间的最大距离来评定其起爆感度。前一种方法所测的是导爆管的侧向感度, 即外界激发冲量通过管壁传给管内药剂时的感度; 后一种方法所测为导爆管的轴向感度, 即外界激发冲量直接通过管口作用于管内药剂时的感度。

以上两种方法各有其特点, 前者简单方便, 在工业上广泛应用, 但定量性较差; 后者定量性比前者好一些, 可以衡量出不同配方导爆管的感度差别, 一般在科学研究中使用。但它们都存在一个共同的不足, 即二者的激发冲量源建立在雷管或导爆管的爆轰输出上, 而雷管、导爆管由于其在装药一致性上有很大的局限性, 故其爆轰输出的一致性无法精确保证, 建立在此基础上的导爆管感度的精确性便有很大的局限性。

要解决导爆管感度的定量测定问题, 关键是解决定量激发源的问题。我们采用可控能量的静电火花作为激发源, 让可控能量的静电火花在管内腔直接作用于导爆药, 观察导爆管是否被起爆, 利用升降法求出使导爆管50%起爆所需的能量, 用该能量的大小来表征导爆管的感度。在本文中, 将这种表征导爆管感度的方法定义为静电火花感度法, 所测感度称为导爆管的轴向静电火花感度。

## 2 实验原理、器材及结果

### 2.1 实验原理<sup>[3]</sup>

图1为实验原理图。E为直流高压电源; R为充电电阻; K为高压真空开关; C为标准储能电容器; V为静电伏特计; T为放电器(起爆针)。

其中除T以外的部分是测试含能材料静电火花感度的标准装置, 该设备是213所生产的制式设

\* 收稿日期: 2000-10-31; 修回日期: 2021-01-30

作者简介: 刘大斌(1963—)男, 高级工程师。



(4)采用勃罗西登法进行统计<sup>[4]</sup>,计算出导爆管 50%起爆的激发电压  $U_{0.50}$ ,再根据  $E = CU^2/2$ ,便可计算出 50%起爆的激发能量  $E_{0.50}$

实际发火情况纪录分别见表 1、表 2、表 3(发火记为 1,瞎火记为 0),三种导爆管的感度统计计算结果见表 4。

表 3 RAI 型导爆管发火情况记录<sup>1)</sup>  
Table 3 Data of ignition of RAI nonel tube

激发电压/kV	发 火 情 况																							
18																								
19																								
20	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
21																								

1)对 RAI 型导爆管由于试验条件限制只能测试其在 20kV 下放电的发火百分率。

表 4 待测导爆管给定条件下实测感度结果  
Table 4 Initiation sensitivity of determined nonel tube

导爆管类型	$U_{0.50}/kV$	$S/kV$	$E_{0.50}/J$
BS I	14.9	1.53	1.08
BS II	9.4	1.83	0.43
RAI	> 20.0		> 1.94

### 3 问题讨论

#### 3.1 关于起爆能量

当外界能量作用于导爆管内腔时,导爆管是否被起爆一方面决定于其本身的配方、结构等固有性质,同时还与激发冲量的作用性质有关。对激发冲量来讲,导爆管是否起爆不但决定于能量的大小,还与能量释放的时间长短以及该能量是否能在导爆管内腔形成一个超音速的激发冲击波有关<sup>[5]</sup>。因此,在确定本方法的测试条件时,必须严格规定静电火花的放电条件,包括能量大小,放电时间、起爆针结构等。本文的试验是在同一放电电路上、所有元件都固定的条件下进行的,测得了表征三种待测导爆管的起爆感度的定量值。但要使不同的测试设备条件下所得数据具有可比性,还需进一步对影响放电特性的诸因素进行全面的(如放电电容、分布参数、开关损耗等)。

#### 3.2 关于起爆针

客观上,每起爆一次,起爆针铜质内芯放电端都要产生一定的氧化作用,会使下一次的放电状态发生改变。本文的试验过程中是采用每放电一次,用 10<sup>#</sup>细砂纸轻轻打磨一次起爆针端部的办法来去掉氧化层的。严格地讲,这种方法容易带来误差。为了确保起爆针端部放电状态的一致性,可考虑将铜质内芯电极换成铂金丝,由于铂在放电过程中不易被氧化,更有利于保证放电状态的一致性,该工作有待进一步研究。

除此之外,内外两极的几何尺寸,绝缘层材料也都对放电有直接影响。要建立标准方法,须对之做明确规定。

#### 3.3 导爆管内径与感度的关系

文献[6]的研究结果表明,对相同的导爆药,相同的管壁材料,导爆管内径越小,其起爆感度越大。这是由于内径越小,对管内冲击波的束缚越大,越容易形成管道效应,便于在导爆管内腔建立稳定传播的爆轰波。本文的试验结果进一步证实了该结论。BS I 型导爆管和 BS II 型导爆管相比,二者的药剂成分是一样的,区别在于内径尺寸不同,BS II 型导爆管内径比 BS I 型小 0.20.3mm,测试结果表明其起爆感度明显提高。

### 3.4 导爆管的静电火花感度和导爆管静电安全性的关系

既然利用静电火花能使导爆管起爆而测试导爆管的感度,它与导爆管日常使用过程中的静电安全性是否矛盾呢?必须指出,导爆管是一种对静电十分安全的起爆、传爆器材<sup>[2]</sup>,其安全性体现在管壁材料高压聚乙烯是介电常数很大的材料,日常生产、贮运过程中产生的静电积累,只要导爆管两端封口完整,绝不会发生导爆管内腔产生静电火花而引起导爆管误爆的情况,这也是导爆管雷管在雷雨和有强电场环境下可以安全使用的原因。而本文的研究是利用起爆针使放电在管腔内进行,直接作用于导爆药而使导爆管起爆(目前广泛使用的导爆管静电火花起爆器也是利用这一原理),二者从概念到作用方式都是完全不同的。

### 3.5 继续要做的工作

我们的工作是用能量可控的静电火花定量表征导爆管感度方面的一些探索,从以上的试验可以看出,该技术途径可以走通。事实上,起爆针间隙、电容量、串联放电电阻等是影响和决定放电状态的重要参量,作为测试方法确定测试条件时,需要在今后对其开展细致研究。

## 4 结 论

(1)用能量可控的静电火花和升降法可望建立导爆管感度的定量表征方法——静电火花轴向感度法。

(2)用静电感度测试仪和起爆针所组成的感度测试装置能用于导爆管静电火花感度的测试。

(3)对国内几种导爆管感度测试的结果为 BS II型>BS I型>RAI型导爆管,在试验条件下其起爆能量  $E_{0.50}$  分别为:0.43, 1.08 和 > 1.94J。

### 参考文献:

- [1] WJ2019-91, 塑料导爆管标准[S].
- [2] 陈嘉琨, 范钦文, 高耀林. 塑料导爆管[M]. 北京: 国防工业出版社, 1987. 14-15.
- [3] 王泽山, 贺晓军, 罗运军. 火药实验方法[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1996. 197.
- [4] 李国新, 程国元, 焦清介. 火工品实验与测试技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1998. 21-29.
- [5] 阳世清, 王荪源, 杨权中, 等. 塑料导爆管在燃烧转爆轰过程中的火焰结构及爆轰波生成机理[J]. 爆炸与冲击, 1990, 10(1): 14-20.
- [6] 高耀林, 范钦文, 黄人骏. 塑料导爆管起爆性能研究[J]. 爆破器材, 1990, 19(1): 1-4.

## Evaluation of Sensitivity of Nonel Tube through Electrostatic Spark

LIU Da-bin, JIANG Rong-guang, ZHAN Xing-ming, ZHU Xiao-feng

(IEM Testing Laboratory of Nanjing University of Science and  
Technology, Nanjing 210094, Jiangsu, China)

**Abstract:** A new method based on Bruceton method to determine the initiation sensitivity of nonel tube is introduced. The testing instrument is composed of standard electrostatic sensitivity instrument and a needle-like discharge device. The data were processed by Bruceton method and the initiation sensitivity of nonel tube can be indicated by 50% responsive point of the detonation of nonel tube to initiation energy  $E_{0.50}$ . Three types of nonel tube were determined at the experimental condition. Their  $E_{0.50}$  were 0.43, 1.08 and more than 1.94J respectively.

**Key words:** nonel tube; electrostatic spark; sensitivity; determination