

表 1 不同厚度的炸药引爆结果

炸药厚度 (mm)	实验炸药个数	被引爆个数	引爆比例
2.5	7	2	1/3.5
5.0	3	2	2/3
10.0	3	1	1/3
15.0	3	1	1/3

爆。这是由于飞片很薄，脉冲持续时间很短，飞片背后来的稀疏波很快就会到达炸药的界面上，如果飞片撞击产生的刺激不能使炸药反应很快增长为爆轰，则在强稀疏波进入炸药后，很快降压，熄灭炸药的反应。因而可能出现的爆轰增长距离是很短的。因此，炸药的厚度对炸药的引爆没有显著的影响。在很短的脉冲作用下，炸药厚度对临界引爆条件影响不大。延迟起爆距离不能简单地用入射冲击压力或入射冲击波能量关联起来。

何智、张希林参加了实验，与卫玉章同志进行了有益的讨论，在此表示致谢。

参 考 文 献

- (1) Weingart, R. C., et al. 6th Symp. Detonation. (1973), 663.
- (2) Tucker, T. J., SAND-75-0244.
- (3) Stanton, P. L., SAND-75-0221.
- (4) Koch, Julius, 5th Symp. Detonation. (1970), 139.

THE INITIATION CHARACTERISTICS OF PETN UNDER THE ACTION OF VERY SHORT PRESSURE PULSE

He Fengqin

飞片雷管中飞片直径对飞片速度的影响*

王 治 平

在飞片雷管和电炮引爆炸药的实验研究中，飞片速度是一个非常重要的参量。只有知道飞片对靶炸药的撞击速度，才有可能确定炸药所受到的刺激的大小。但是，由于影响飞片速度的因素很多，难以从数学上推导出精确描述飞片速度的表达式。

T. J. Tucker和P. L. Stanton^[1]利用格尼分析方法，导出了一维条件下飞片末速度的表达式：

* 本文于1981年12月25日收到。

$$u_f = \left[\frac{2KJ_b^n}{R + \frac{1}{3}} \right]^{1/2} \quad (1)$$

式中, J_b 为桥箔的爆炸电流密度, R 是飞片与桥箔的质量比, u_f 是飞片的末速度, K 和 n 是仅与桥箔的材料有关的常数, 我们称之为电格尼常数。

当桥箔的面积很大时, 飞片剪切和飞行的边缘效应不太显著, 利用 (1) 式计算飞片的末速度是简便而有效的。但在桥箔的面积很小时, 边缘效应的影响破坏了飞片飞行的一维条件, (1) 式就不再适用了。

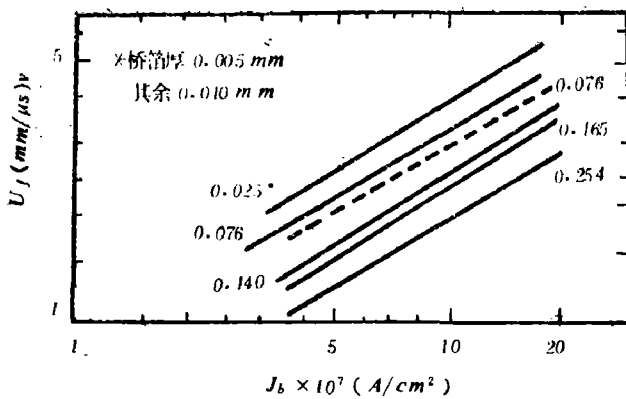


图1 一组 $u_f \sim J_b$ 实验曲线 (图中数字为飞片厚度)

不久前, A.C. Schwarz^[2] 公布了一组铜爆炸桥箔推动 Kapton 飞片运动的 $u_f \sim J_b$ 实验曲线 (见图一), 其中, 飞片直径大部份是 $\Phi 1.57$ mm (图中实线), 还有一条是直径为 $\Phi 1.02$ mm 的 (图中虚线)。由图一所示的曲线可以看出, 在小爆炸箔的条件下, $u_f \sim J_b$ 曲线在对数坐标系中仍然是直线关系, 只是随着飞片直径的增加, 直线的斜率也略有增加。由此, 我们假设 (1) 式中的电格尼常

数不仅与桥箔的材料有关, 而且与飞片的直径 d 有如下的关系:

$$K = \frac{A_1}{1 + B_1/d}, \quad n = \frac{A_2}{1 + B_2/d} \quad (2)$$

由图一的实验曲线确定出 (2) 式中的常数如下:

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= 1.213 \times 10^{-9}, & B_1 &= 0.618 \\ A_2 &= 1.285, & B_2 &= 0.108 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

这样, 我们就得到了一组小爆炸箔条件下, 飞片速度与飞片直径的经验关系式 (1)、(2) 和 (3)。图 2 给出了由 (2) 和 (3) 式计算的 K 和 n 随 d 的变化曲线。由图二可见, 当飞片直径大于 3 mm 左右时, K 和 n 值随飞片直径的变化很小, 基本上可以当做一维问题来处理。

我们利用这组经验公式, 对图一所示的六条曲线进行了计算, 结果基本符合。我们还对 A.C. Schwarz^[3] 在以前所做的、飞片直径为 0.76 mm 的两条 $u_f \sim J_b$ 曲线做了计算, 符合的程度也很好。表一列出了用上述经验公式的计算结果与文献 [3] 的实验结果的对比 (飞片直径为 0.76 mm, 桥箔厚为 0.0089 mm)。偏差一般不超过 $\pm 5\%$ 。

我们还对我们自己利用高速扫描相机测量的飞片速度进行了计算, 结果列在表二中。由于我们的

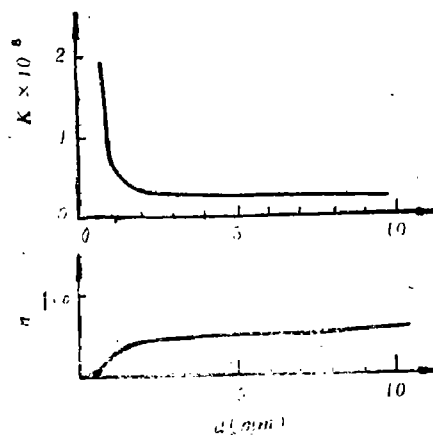


图2 K, n 与飞片直径的关系

安装和测试精度较低, 实验数据的散度较大。但计算的偏差也在±10%以内。

表1 对A.C.Schwarz^[3]实验结果的计算

飞片厚度 (mm)	爆炸电流密度 $J_b \times 10^7$ (A/cm ²)	u_f (计) (mm/ μ s)	u_f (实) (mm/ μ s)	计算偏差 (%)
0.076	4.06	1.67	1.70	-1.1
0.076	3.45	1.52	1.45	4.8
0.076	7.55	2.36	2.42	-2.5
0.076	9.10	2.63	2.73	-3.7
0.076	7.10	2.28	2.37	-3.8
0.076	6.60	2.19	2.26	-1.4
0.127*	7.60	1.91	2.05	-6.7
0.076	6.40	2.15	2.22	-1.4

* 原文没给飞片厚度, 此值为推算结果。

表2 对我们实验结果的计算

d (mm)	$2K \times 10^{-9}$	n	桥箔厚 (mm)	飞片厚 (mm)	$J_b \times 10^7$ (A/cm ²)	u_f (计) (mm/ μ s)	u_f (实) (mm/ μ s)	差 偏 (%)
1.0	6.35	1.160	0.02	0.05	6.0	3.02	3.30	-8.5
				0.05	5.3	2.81	3.08	-8.8
				0.05	4.64	2.60	2.52	3.2
				0.07	6.0	2.74	2.83	-3.2
				0.07	5.3	2.55	2.67	-4.5
				0.07	4.81	2.41	2.43	
				0.07	4.7	2.38	2.55	-6.7
				0.07	4.25	2.24	2.13	5.2
				0.07	3.80	2.10	2.14	-1.9
				0.10	6.0	2.43	2.41	0.8
				0.10	5.3	2.26	2.20	2.7
1.50	4.12	1.200	0.01	0.05	4.89	2.46	2.38	4.2
				0.05	2.35	1.60	1.63	-1.8
				0.07	4.14	1.98	2.00	-1.0
				0.07	3.85	1.90	1.82	4.4
				0.07	3.78	1.88	1.97	-4.6

值得注意的是, 这组经验公式不仅适用于小爆炸箔, 而且对大爆炸箔似乎也比较适用。表三列出了我们自己的一发实验 ($d = 3 \text{ mm}$) 和 P. L. Stanton¹⁴ 两发实验结果的计算, 符合的程度也很好。

表3 对大箔实验的计算

d (mm)	$2K \times 10^{-9}$	n	桥箔厚 (mm)	飞片厚 (mm)	$J_0 \times 10^7$ (A/cm ²)	u_f (计) (mm/ μ s)	u_f (实) (mm/ μ s)	偏差 (%)
3	3.05	1.240	0.015	0.15	3.2	1.79	1.93*	-7.3
6.35	2.69	1.284	0.036	0.127	10.10	6.27	6.2	1.1
9.53	2.59	1.271	0.036	0.127	7.6	5.48	5.5	-0.4

* 此为最大速度, 如按文献【3】取最大速度的90%, 则计算偏差为2.9%。

综上所述, 经验公式(1)、(2)和(3)可以在一定范围内做为电炮和飞片雷管设计的工程计算工具。

参加实验的有张希林、彭德志、贺凤琴同志。

参 考 文 献

- (1) Tucker, T. J. and Stanton, P. L., SAND 75-0244.
- (2) Schwarz, A. C., 7th Symposium on Detonation (1981), 420-424.
- (3) Schwarz, A. C., SAND 77-0416C.
- (4) Stanton, P. L., SAND 75-0221

THE EFFECT OF THE DIAMETER ON THE FLYER VELOCITY OF A SLAPPER DETONATOR

Wang Zhiping