

EXPERIMENTAL STUDIES OF SPALL-FRACTURE OF ALUMINUM ALLOY AND STAINLESS STEEL UNDER IMPULSIVE LOADINGS

Zhang Wanjia Zhang Yusong

U型电磁速度计测量爆轰参数时影 响结果的两个因素

王圣平 陈丕琪

(1982年4月21日收到)

用U型电磁速度计测量炸药爆轰参数与测量绝缘物质中冲击波参数的情况不同,爆轰产物本身的导电性和产物造成速度计内阻的增加,会影响测量结果的准确性。对此,我们通过实验进行了分析探讨,取得了下面的初步认识。

(一)用图1所示的实验装置^[1],测量了TNT炸药爆轰产物的导电性能,实测的产物电阻随时间的变化曲线如图2所示。从爆轰波接触探针的时刻起,经约 $0.4\mu\text{s}$,产物电阻 R_p 从

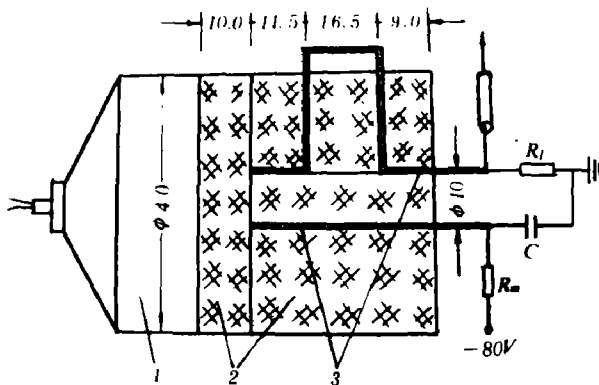


图1 测量产物电阻变化曲线的实验装置
(1)平面波发生器 (2)被测炸药TNT
(3)铜箔厚 0.03mm , 5mm 宽

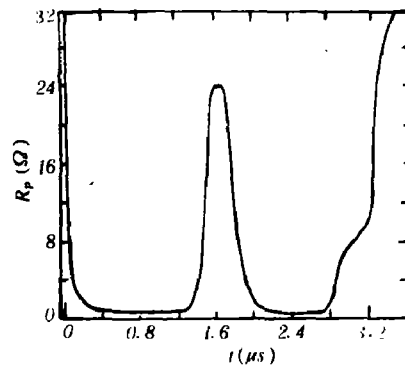


图2 TNT炸药产物电阻变化曲线

无穷降到 0.3Ω ,此后基本保持不变,由此算得导电性能比较好的产物层厚度约 3mm 、产物的平均电阻率约 $0.045\Omega\cdot\text{cm}$ 。结果说明,TNT炸药的爆轰产物具有较好的导电性能

(二)去掉U型计的工作臂,仅由导电的产物切割磁力线,得到了图3中用虚线表示的实验记录。图3中的实线是相同条件下带工作臂的U计的记录。用 ε 表示感应电动势, V 表示记录电压, u 表示产物或工作臂的运动速度,下标U表示通常U型计,P表示无工作臂时导电的产物速度计(简称产物计)。在同一时刻,一般有 $u_p \geq u_U$,则应有 $\varepsilon_p \geq \varepsilon_U$,而图3中的实验记录却是 $V_p < V_U$,且 $V_p \approx (1/2)V_U$,这说明产物计的实际有效内阻是较大的。在我们的测量

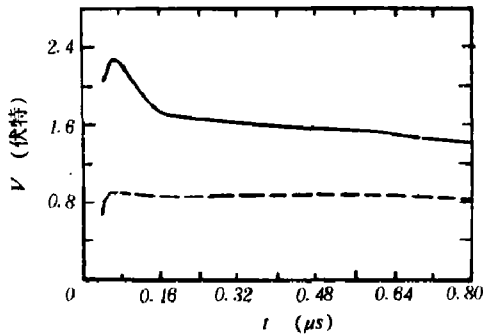


图3 U型计和产物计在示波器上的电压扫描记录。实线表示的是U型计,虚线表示的是产物计

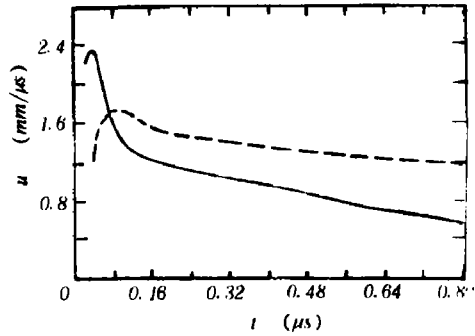


图4 薄计和厚计测量的粒子速度结果 薄计 0.02mm 厚,图中用实线表示 厚计 0.07mm 厚,图中用虚线表示

线路中,取电压的负载电阻 $R = 75\Omega$,假如 V_U 的记录是反应实际的,即 $V_U = \varepsilon_U$,则算得产物计的内阻 $r_p \approx 75\Omega$,这与(一)中测到的产物电阻 $R_p \approx 0.3\Omega$ 并不矛盾,因为 0.3Ω 是探针间全部导电层的体电阻,相当于多个薄层的产物电阻的并联值,而 V_p 的建立主要靠那些 U_p 大的导电产物层,其余的产生较小 ε_p 的薄层当它相并联而不提高 V_p ,所以,对 V_p 起决定作用的产物计元的内阻是较大的

(三)用 0.02mm 和 0.07mm 两种不同厚度的铜箔计在同样条件下进行测量,得到了图4的结果。当 $t < 0.08\mu\text{s}$ 时,薄计的测量结果高于厚计;而当 $t > 0.08\mu\text{s}$ 时,结果恰好相反;当 $t \geq 0.16\mu\text{s}$,薄计的结果比厚计低约30%。这个结果说明,计箔的厚度对测量结果有较大影响。

(四)U型计在工作过程中,工作臂和部分引出线被导电的爆轰产物所浸没,构成了图5所示的U型计和产物计并联向负载 R 输电的情形。根据这个线路,在忽略讯号的高频成分时则有

$$V = \frac{\varepsilon_U - \varepsilon_p \frac{r_U}{r_p}}{1 - \frac{r_U}{r_p} + \frac{r_U}{R}} \quad (1)$$

(1)一般 r_U 的初始值为 $10^{-4}\Omega$ 量级 $r_U/R \ll 1$,若 $r_p \rightarrow \infty$,则 $V = \varepsilon_U$ 。这正是绝缘介质中测量时的情形,测得的结果

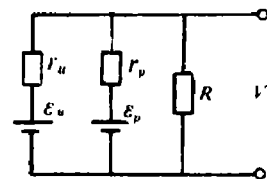


图5 两发电机并联输电等效线路

是可信的。

(2) 由于产物计的有效内阻 $r_p \approx 75\Omega$ ，则仍有 $V \approx \varepsilon_p$ 的结果。这说明，只要产物计的有效内阻足够大，则产物计的 ε_p 对 V 的贡献可以忽略。

(五) 但是，在忽略产物计的输电贡献时，必须考虑 U 型计引出线间的产物体电阻 R_p 的存在， R_p 与 R 相并联，构成了图 6 所示的等效线路，由此线路得到

$$V = \frac{\varepsilon_U}{1 + \frac{r_U}{R_p} + \frac{r_U}{R}} \quad (2)$$

(1) 在计刚开始工作的时刻，计的工作臂和引出线基本保持原状， r_U 无明显变化，这时由于 R_p 较大，故略去 (2) 式中的 r_U/R_p 和 r_U/R 项得到 $V \approx \varepsilon_U$ 。此时，因薄计具有较好的响应本领，所得的结果比较可信。而厚计因响应迟缓，测量结果偏低。

(2) 随着时间的增加，爆轰波阵面向前推移，由于化学反应的激烈进行，计的工作臂和部分引出线处于高温、高压和计箔由固态变成液态或气态，使计箔的有效导电层厚度减薄，再加上温升电阻，使计的内阻急剧增大。与此同时，引线间导电层厚度随着波阵面的向前推移而增厚，使 R_p 迅速下降。这两方面作用的结果，使 (2) 式中的 r_U/R_p 和 r_U/R 迅速增加，当两者，特别是 r_U/R_p 不能忽略时，则得 $V < \varepsilon_U$ ，使测量结果出现负偏差。根据图 4 的实验结果 $V_n \approx 0.7V_c$ （脚标 n 表示薄计， c 表示厚计），并假定 $V_c = \varepsilon_U$ ，则由 (2) 式得到 $r_n \approx 0.13\Omega$ ，即薄计的内阻比初始值增长了约 10^7 倍。所以，在图 4 中 $t > 0.08\mu s$ 时，薄计的结果明显的低于厚计是由计的内阻增大和计间产物电阻的降低造成的，这时薄计的结果是不可信的。

(3) 对于厚计，上述的影响要小得多。在相同的产物环境中，两种计的被蚀深度应是相等的。如用 H 表示计箔的厚度， ΔH 表示箔的被蚀深度，则有

$$r_n/r_c = (H_c - \Delta H)/(H_n - \Delta H) \quad (3)$$

在初始时刻，有 $(H_c)_0 > (H_n)_0$ ，所以， ΔH 的增加造成了 r_n/r_c 的增加，而且 r_n/r_c 的增长速度大于 ΔH 的增长速度。由于 R_p 的降低速度对两计是相同的，因此，在较后的时刻，将有 $r_n/R_p \gg r_c/R_p$ 。由 (2) 中的分析结果，当 $t > 0.16\mu s$ 时， $r_n \approx 0.13\Omega$ ，若假定此时的 $r_c = 0.1r_n$ （这是容易达到的），在 $R_p = 0.3\Omega$ 的情况下，由 (2) 式得 $V_c = 0.96\varepsilon_U$ ， $V_n = 0.70\varepsilon_U$ ，由此可见，厚计受这两种因素的影响程度比薄计要小得多。这时，只要粒子速度变化比较缓慢，则厚计的结果较薄计可靠得多。

(六) 综上所述，当 U 型电磁速度计用于测量炸药的爆轰参数时，由于计间存在较小的产物电阻，并由于产物作用于计箔，使计箔受到浸蚀而造成计内阻的增大，使测量结果出现负偏差。在量计工作的初期，这两种因素的影响可以忽略，因薄计有较好的响应本领，所以薄计的结果较为可靠；而在较后的时刻，因厚计受这两种因素的影响远低于薄计，所以厚计的结果较为可靠。作为比较合理的测量方法可采用薄计和厚计组合的方法，分别取两计的可靠部分，而后拟合合成完整的速度—时间曲线。这样得到的结果将比用一种计得到的结果更可

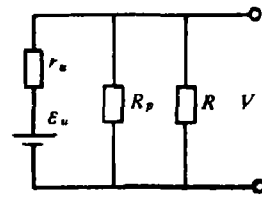


图 6 一个发电机向并联负载输电的等效线路

靠更真实。

在完成本文的工作中,得到了张寿齐同志的热情指导,王翠连、姚炳玲、韩俊玉和夏素云等同志给了有力的帮助,在此一并表示谢意。

参 考 文 献

[1] Allison, F. E., *3rd Symp. Detonation* 1 (1960), 112.

TWO FACTORS EFFECTING DETONATION PARAMETERS MEASURED BY THE ELECTROMAGNETIC GAUGE OF U-TYPE

Wang Shengping Cheng Piqi

利用锰铜压力计确定材料的层裂厚 度和累积损伤判据

吴国栋 李 印
刘洪清 池家春 赵玉华

(1981年12月30日收到)

我们知道,材料产生层裂不仅和拉伸应力有关,而且也和时间有关。最早Rinehart等提出动态断裂强度的判据,Skidmore又引出了应变率影响或应力梯度,Tuler^[1]提出累积损伤判据。我们利用锰铜压力计研究了铝(LY—12)的层裂,确定了它的断裂判据,其实实验装置见图1。在图1中,试验样品上的被发药是由铝飞片撞击引爆。被发药为TNT/RDX =