

参 考 文 献

- (1) 杨业敏、金辉, 仪器仪表学报, 1(4)(1980), 104.
(2) 杨业敏等, 穿甲过程的脉冲 X 光照相技术, 中国科学院力学研究所报告(1983).

THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF THE VELOCITY-FOLLOW-UP SYNCHRONIZER

Yang Yemin

Abstract

A new multifunctional device to fulfil the synchronization requirement accurately is introduced. Its good anti-interference quality assures perfect performance under the condition of a very strong electro-magnetic field. The satisfactory result of the X-ray photography experiment verifies the possibility of its application in high speed photography and electrical measurements while the conventional synchronization methods become invalid.

管内爆轰产物压力测量

王德生 李延年 马松合 石功勋 姚静娟

(1983年12月30日收到)

本文叙述了利用 X-II 型脉冲 X 光机测量爆轰产物压力, 并给出了管壁某一位置处开始发生断裂时刻的爆轰产物压力值, 结果表明, G. I. Taylor 断裂条件基本上是正确的。

一、前 言

金属圆管在管内炸药爆轰作用下, 管壁发生变形和断裂。管壁贯穿断裂的条件最先由

G. I. Taylor 提出^[1]。基于径向断裂的假设,他认为,当壳体内壁的环向应力由压缩状态转变为拉伸状态时,壳体发生贯穿断裂。对于薄壁管导出如下的断裂条件:当 $P_e = Y$ 时,壳体发生贯穿断裂,这里, Y 为壳体材料的动态屈服强度, P_e 为作用在壳体内壁上的爆轰产物压力。

我们测量了管内爆轰产物压力,其目的在于从实验上直接验证G. I. Taylor断裂条件,以便在数值模拟计算中预估壳体的断裂时间。

本文采用脉冲X光诊断技术对爆轰产物压力进行测量,给出管壁某一位置开始断裂时刻的爆轰产物压力值。此实验结果表明G. I. Taylor断裂条件基本上是正确的。

二、实验方法

我们采用文献[2]的思想,根据目前现有条件,设计了如下实验。实验装置如图2-1所示。在45°钢圆管内装有药柱,它是由8个现有的 $\phi 20 \times 2.5$ 泰安传爆药柱叠加而成。每个传爆药柱之间放置厚度为 0.02mm 、面积是 $20 \times 5\text{mm}^2$ 的钽箔条,而没有采用 $\phi 20$ 的圆形钽箔片,这是因为防止钽箔片在爆轰作用下成“碟形”而影响钽箔间距的测量。 0.02mm 厚的钽箔条实际上相当于炸药中Lagrange质点,在爆轰过程中与爆轰产物一起运动,由于它很薄,质量很小,对流场的影响可忽略不计。炸药在一端中心由雷管引爆。

我们采用国内研制的X-II型脉冲X光机^[3],测量管壁和钽箔条的位置在炸药爆轰前后的变化,即直接测量炸药固定质量微元在爆轰前后的体积,然后根据公式

$$P_e = P_j \left(\frac{\rho}{\rho_j} \right)^\gamma \quad (2-1)$$

进而确定相应处的压力 P_e ,其中:

P_j —传爆药柱的正常爆轰压力。

ρ_j —传爆药柱正常爆轰产物密度。

γ —爆轰产物的多方指数。

ρ —传爆药柱的爆轰产物密度。

X-II型脉冲X光机主要性能是:脉冲高压为 1MV ,X射线束的脉冲宽度为 50ns ,焦点为 $\phi 3-6\text{mm}$,剂量 $I_0 = 800\text{mr}/1\text{M}$,在距X光源4米处可穿透钢 $40\sim 50\text{mm}$ 或者铅 $6\sim 8\text{mm}$ 。

在安装样品时,每个药柱务必互相平行且与金属圆管轴线垂直。在场外放置实验装置时,金属圆管端面保持水平位置,否则将严重影响钽箔间距的测量。

为了拍摄到更清晰的装置图象,我们还采取了如下措施:1.在能够保护住X光底片盒的前提下,使实验装置尽可能地靠近X光底片盒,减小放大比。2.在X光源前,增加一个特制的

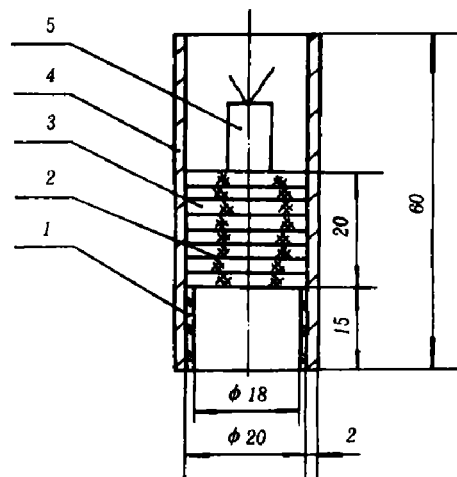


图2-1

1. 托管 2. 钽箔
3. 传爆药柱 4. 钢管 5. 雷管

铅狭缝，它由上、下两块铅砖和若干个垫片组成，狭缝高度可由垫片调节。在我们的实验中，狭缝高度约为 3 mm 。狭缝的作用相当于使焦点变小。

三、实验结果

我们进行了多发实验。现在仅举一发实验结果进行介绍。图 3-1、图 3-2 分别给出

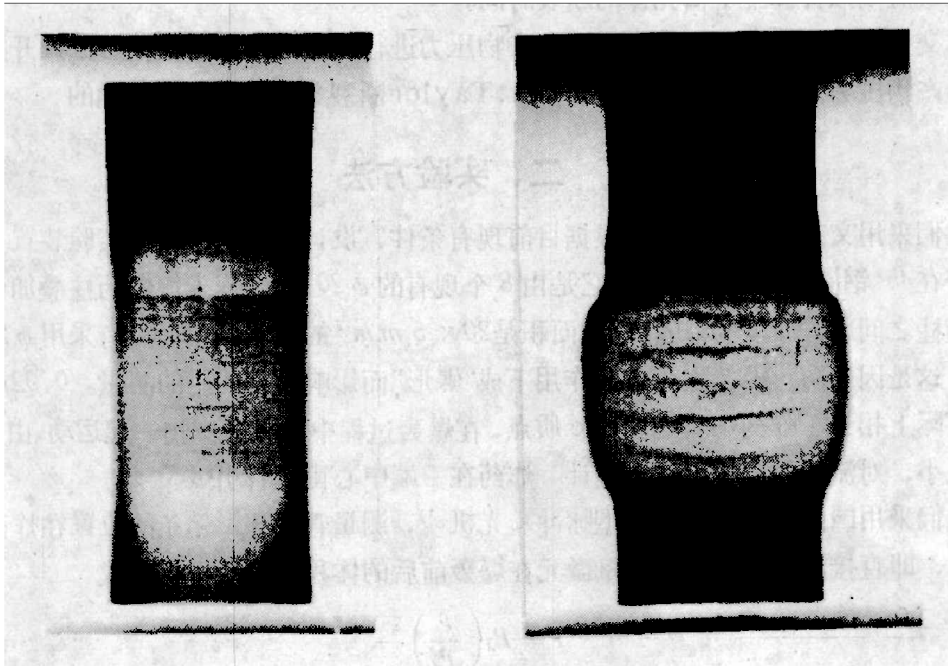


图 3-1

图 3-2

了典型的装置静止像 ($t=0$) 和 $t=6.1\mu\text{s}$ 时刻的动态像。它们的放大比是 1.04。图 3-2 展现了金属圆管在炸药爆轰作用下变形、断裂及钽箔条的位置。

从图 3-2 中的照片上可以看到，金属圆管在对应药柱上端处出现断裂，在刚出现断裂缝的对应第四个传爆药柱处，钽箔的平面度较好。

我们在第四个传爆药柱处，沿管子轴向测出钽箔条的间距 ΔX 和该钽箔条处管壁内径 $\phi_{\text{内}}$ ，其值列于表 3-1 中。

表 3-1

| t (μs) | ΔX (mm) | $\phi_{\text{内}}$ (mm) | $\left(\frac{3}{4} \frac{V_0}{V}\right)^3$ | P_s (万巴) |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--|---------------|
| 0 | 2.6 | 20.8 | | |
| 6.1 | 3.9 | 29.7 | 0.0147 | 0.39 |

显然，图 2-1 实验装置中，爆轰产物流场是二维不定常问题。我们在确定上述位置处爆轰产物压力时，作如下假定：1. 两相邻平行钽箔和管壁间的流场为均匀流场。2. 该体积内爆轰产物的膨胀过程为等熵过程，产物的多方指数 γ 为 3^{[4][5]}。

这样2-1式可以写成

$$P_0 = \frac{\rho_0 D_1^2}{4} \left(\frac{3}{4} \frac{V_0}{V} \right)^3 \quad (3-1)$$

其中 ρ_0 , D_1 是泰安传爆药柱的初始密度和正常爆轰速度; V_0 , V 是所测位置处一个传爆药柱的初始体积和爆轰产物体积。泰安传爆药柱的参数是: $\rho_0 = 1.67 \text{ g/cm}^3$, $D_1 = 7.98 \text{ m}/\mu\text{s}$ 。求得正常爆轰压力 $P_0 = 26.58$ 万巴。由公式3-1求得的 P_0 值也列于表3-1中。

从表3-1中看到,在破坏刚开始的位置处测得的爆轰产物压力约为 $P_0 = 0.39$ 万巴,它接近于钢的动态 Y 值 0.398 万巴⁽⁶⁾,可见, G.I. Taylor 断裂条件基本上是正确的。

四、结 束 语

本文采用脉冲X光诊断技术,在测管内爆轰产物压力方面做了初步尝试。实验结果表明, G.I. Taylor 断裂条件基本上是正确的。

我们要指出的是,实验结果较为粗糙。尽管实验中获得的底片较为清晰,但在目前使用的测量工具条件下,有较大的测量偏差,照片上管壁内径和钽箔间差的测量可能有 0.2 mm 的偏差,就这方面的偏差引起的压力误差不大于 10% 。

本文的X光实验工作是在韩长生、李同春、陈浩、丁宝贤、郜玉栋、王华岑等同志协同下完成的,余月明、赵延安同志印制了照片,在此谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] Taylor, G.I., The Fragmentation of tubular bombs. *Science paper of sir G.I. Taylor*, 3 (44) (1963), 387-290.
- [2] Rivard, W.C. et al., Flash x-ray observation of marked mass points in explosive products, in "Symposium on Detonation (5th) Held at Huntington-sheraton hotel, pasadena, California on 18-21 August 1970".
- [3] 李延年、丁宝贤等, 爆炸与冲击, 3 (2) (1983), 57-62.
- [4] AL-Hassani, S.T.C. et al., *I.J.M.S.*, 11 (1969), 811.
- [5] Hoggatt, C.R. and Recht, R.F., *J. Appl. Phys.*, 39 (3) (1968), 1856.
- [6] 陆景德、张万甲、张玉松, "2*阿姆科铁、不锈钢和钨合金的动力学弹性常数和屈服强度的测量", 1983年第二届全国高压学术讨论会 (日程及缩编文集), P. 60.

MEASUREMENT OF THE PRESSURE OF DETONATION PRODUCTS IN A TUBE

Wang Desheng Li Yannian Ma Songhe

Shi Gongxun Yao Jingjuan

Abstract

This paper describes the measurement of the pressure of detonation products by use of X-11 Flash X-Ray Machine and presents the pressure values of detonation products when fracture begins to occur somewhere on the wall of the tube. The results show that the G.I. Taylor's fragmentation criterion is approximately correct.