

本文的实验工作是在黄福等同志的参加下完成的。本文又经谭显祥、唐阳纯同志的校阅。为此,深表感谢。

A METHOD OF OBSERVING BOTH THE MOTION OF THE FREE SURFACE AND THE FRONT OF THE MASS-EJECTION OF SHOCKED LEAD

Wen Dianying

Abstract

Tracks of the free surface movement of shocked lead and the front boundary of its material rejection are observed successfully by means of high-speed streak shadow technique with a magnification system. The observed velocity of the free surface and the velocity of ejected material are both increased with the pressure and in well accord with those reported by other authors. The traces on the record are quite distinct. These show that the technique is reliable.

弹丸入水空穴的试验研究

陈先富

(1984年9月14日收到)

本文主要阐述三种不同形状不同速度的弹头,在相同条件下,以每秒几百米速度平行射入水中以后,伴随出现的各种值得研究的空穴生存的现象。

弹丸以发射速度从空气进入水中时,出现一系列复杂现象。弹丸入水形成空穴,其特性由弹头的形状及发射速度决定,如弹头的外形、细长比、质量、入水速度及入水姿态等。通过几十次试验,我们对该现象的产生、发展及衰减过程有了初步的了解,获得了一定的结果。

试 验 装 置

试验是在室内靶场进行的,所用水箱为敞开式,长100厘米、宽80厘米、高100厘米,水箱容积 0.72米^3 。水箱底面和后面用4毫米厚铝板,其它各侧面均为10毫米厚有机玻璃板。箱内装有密度为 0.995×10^3 公斤/米³的透明水约700公斤,水深为90厘米,温度为室温。为了消除起始扰动对水中弹道特性的影响,在弹丸入口面水箱的中央开有 $\phi 60$ 毫米圆孔,用X光胶片堵封。

试验用弹丸的参数有三种:1. 锥头园柱体,直径7.62毫米,重7.9克,射击距离19米,碰撞速度720~730米/秒,能量209~215公斤米。2. 锥头园柱体,直径5.56毫米,重3.52克,距

离 1.5 米, 速度 960 ~ 970 米/秒, 能量 165 ~ 169 公斤米。3. 园钢珠, 直径 6.35 毫米, 重 1.03 克, 距离 6 米, 速度 1360 ~ 1370 米/秒, 能量 97.2 ~ 98.6 公斤米。

为获得射弹及其在水中瞬间空穴的清晰照片, 我们采用 8kW 卤钨灯光作主光源, 照射白色墙面, 造成均匀的逆光射向水箱, 使水中空穴轮廓清晰。而用 16kW 卤钨灯光作辅光源, 灯光的入射角及反射罩都经过一定的试验, 以增加空穴的立体感。

Pentazet35 型高速摄影机置于射弹入射的垂直方向, 距被摄物 2~3 米, 距地平面 1.2 米。

试验现场布置如图 1

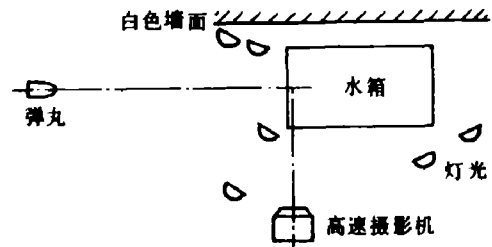


图 1 试验布置图

结果和讨论

我们从几十次试验中选出三种入水空穴图象进行分析比较。图 2、3、4 为弹丸入水空穴生存连续变化的典型图例。

图 2 为 7.62 毫米锥头园柱体弹丸, 以 730 米/秒速度平行入射水中, 用 4000 幅/秒速度拍摄的空穴变化过程。

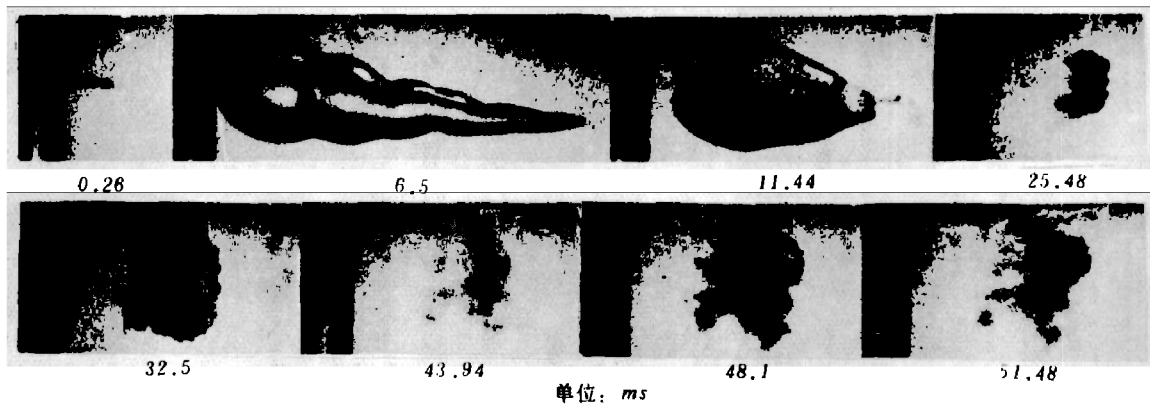


图 2 7.62 毫米弹丸的空穴照片, 图中数字为毫秒

将摄取的底片, 在测图显微镜上测量, 得到不同时刻数据。

由弹丸入水形成水流腔的轨迹, 可以计算出该弹丸的初速为 746.6 米/秒, 弹丸入水 2.86 毫秒后能量基本消失, 速度降为 51.73 米/秒, 弹丸在水中走了约 600 毫米, 这与弹丸在水箱底部的位置大致相符。

图 2 中弹丸空腔形状变化的结果为: 弹丸入水 11.44 毫秒后即形成最大空腔, 最大径向直径 252.09 毫米; 25.48 毫秒后腔体缩至最小, 直径为 123.52 毫米; 32.5 毫秒后又第二次形成最大空腔, 径向直径为 267.22 毫米; 43.94 毫秒后又缩至最小, 径向直径为 155.46 毫米; 经 48.1 毫秒后又第三次形成最大空腔, 最大径向直径 237.8 毫米; 51.48 毫秒后第三空腔逐渐缩小至消失。

经过八九次试验, 该种弹丸入水形成的空穴基本都相类似。

图3为5.56毫米锥头圆柱体弹丸以970米/秒速度平行入射水中, 用8000幅/秒速度拍摄的空穴变化过程。

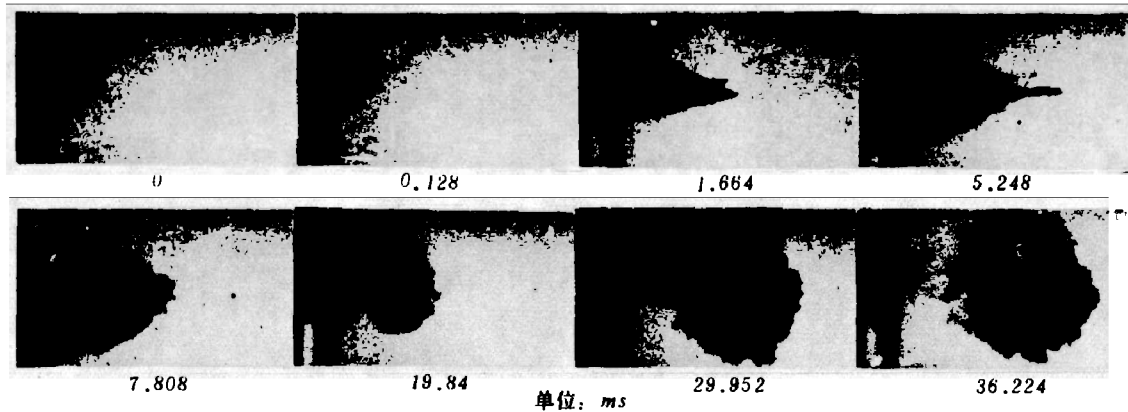


图3 5.56毫米弹丸入水空穴照片, 图中数字为毫秒

经分析得知: 弹丸入水7.81毫秒即形成最大空腔, 最大径向直径为316.15毫米。19.84毫秒后腔体缩至最小, 径向直径为173.60毫米。29.95毫秒后腔体第二次形成最大空腔, 径向直径为209.35毫米。36.22毫秒后腔体逐渐趋于消失。

从多次拍摄得知: 这种弹丸入水形成的空穴都不大相似。

图4为6.35毫米圆钢珠以1370米/秒速度平行入射水中, 用8000幅/秒速度拍摄的空穴变化过程。

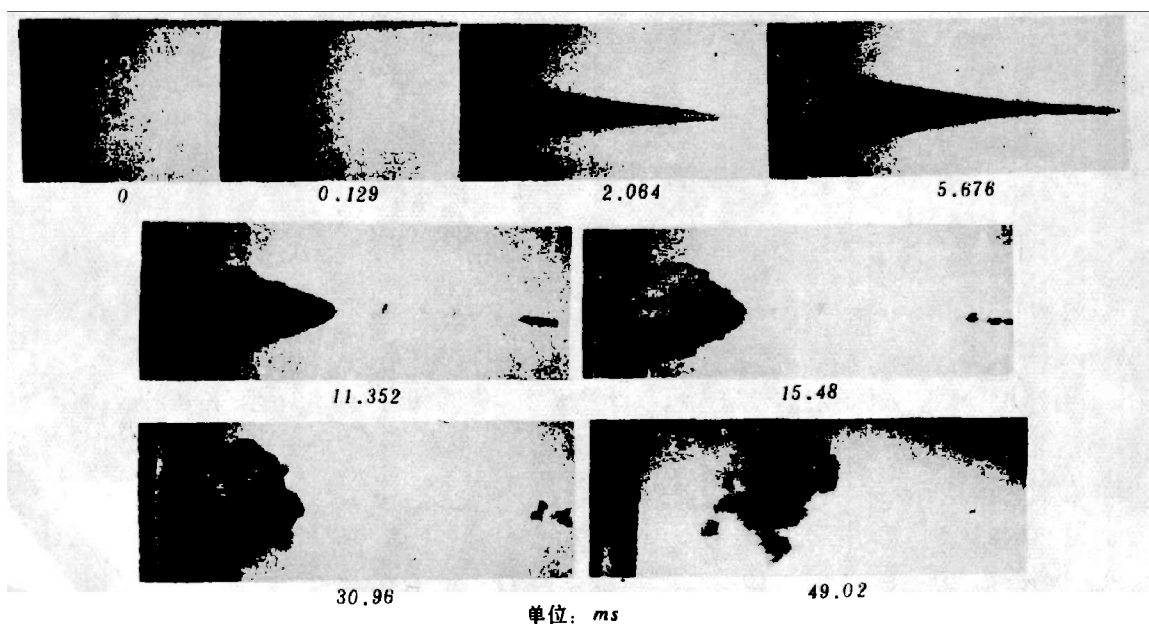


图4 圆钢珠入水空穴照片, 图中数字为毫秒

钢珠入水11.35毫秒即形成最大空腔, 以后腔体逐渐缩小至消失。

图5、图6为弹丸入水空穴曲线图。从图可以看出,7.62毫米弹丸形成的空穴变化很明显,而5.56毫米弹丸形成的空穴变化只有第一空穴明显,其它就分辨不出来了。

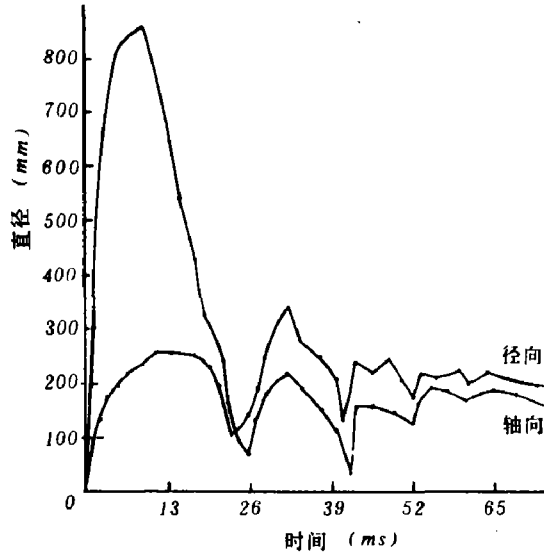


图5 7.62毫米弹丸入水空穴曲线

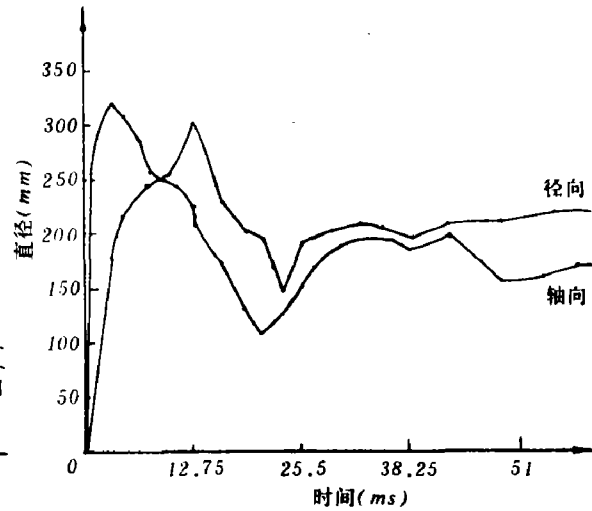


图6 5.56毫米弹丸入水空穴曲线

从试验可以得出如下结论:

1.同种射弹以相同的入水角和相同的速度射入水中时,随之出现的空穴基本上相同,弹丸入水速度越高,空穴增大的速度越快。

2.三种弹丸中,5.56毫米弹丸的结构脆弱,入水后立即破碎,空穴增长过程不稳定,规律不明显。弹丸破碎后动能随即消失,空穴增长的比较大,其边缘还存在明显的破裂波纹。

以上是我们对弹丸平行射入水中形成空穴的初步试验,希望与同行共同探讨以促进它。

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE CAVITATION PHENOMENA AS A PELLET ENTERING WATER

Chen Xianfu

Abstract

This paper describes our experimental studies on the cavitation phenomena when a pellet enters water. Three different configurations of pellet with different velocities are used. Their velocities are about several hundred meters per second. The other conditions preserve the same in all experiments.