

# 自动跟踪式同步机在 高速摄影中的应用

杨业敏

(中国科学院力学研究所)

## 摘 要

自动跟踪式同步机是一种新型的多功能计时、延时仪器。它可以 $\mu\text{s}$ 精度测量和显示被测时间间隔,并根据测量值自动跟踪被测对象,以 $\pm 0.2\mu\text{s}$ 的精度输出多路延时讯号,解决各种高速摄影中的同步问题。它具有极强的抗干扰能力,可以在放电电压 $1\text{ mV}$ ,放电电流 $10\text{ kA}$ ,空间电磁场 $5\text{ kV/m}$ 的强电磁干扰的恶劣条件下正常工作。本文详细介绍了自动跟踪式同步机在脉冲X光摄影、可见光高速摄影、动光弹摄影中的应用及其结果。

关键词: 高速摄影, 控制系统, 自动跟踪同步机

## 一、自动跟踪式同步机在高速摄影中的作用

在脉冲X光摄影、可见光高速摄影和动光弹摄影时,均存在高压大电流放电产生的强电磁场。控制仪器和测量仪器很易受其干扰而无法正常工作。同步控制是高速摄影的关键环节之一,常规的同步方式已经不能满足某些摄影的要求。例如,拍摄穿甲弹着靶姿态的脉冲X光照片,要求在弹头着靶的瞬间拍照,同时要求测定着靶前子弹的速度。采用自动跟踪式同步机控制拍摄的方案如图1.1所示。

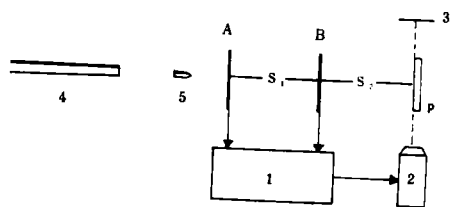


图1.1 自动跟踪穿甲X光摄影实验装置示意图

A、B—测速靶; P—实验靶;

1—自动跟踪式同步机;

2—MX-1000脉冲X光相机;

3—X光底片; 4—枪; 5—子弹;

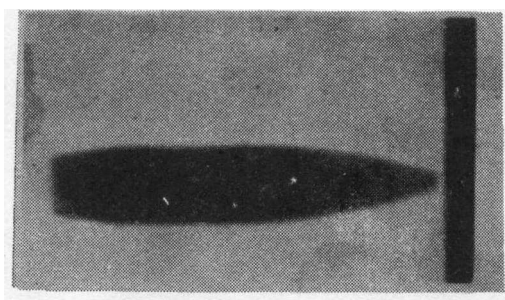


图1.2 标准弹着靶姿态

在实验靶P前设置测速靶A和靶B,并使靶A到靶B的距离 $S_1$ 和靶B到实验靶P的距离 $S_2$ 相等,则子弹飞过 $S_1$ 的时间与飞过 $S_2$ 的时间必相等,即 $T_1 = T_2$ 。测定 $T_1$ ,则能在 $T = 2T_1$ 时刻拍摄到子弹着靶瞬间的X光照片,拍摄的完成与子弹速度无关。

本文1988年9月收到

由于采取了光电隔离、一点接地、去耦滤波、反向积裂、多层屏蔽等多种抗干扰措施<sup>[1]</sup>，机器本身又具有计时功能和自动跟踪功能<sup>[2~3]</sup>，所以，实验可以稳定、可靠地进行。

图 1. 2 即是实验拍摄的子弹着靶姿态的 X 光照片。拍摄时，同步机同时测得弹速为 901 m/s。

## 二、自动跟踪式同步机在脉冲 X 光摄影中的应用

### 1. 生物创伤弹道脉冲 X 光摄影

图 2. 1 为实验装置示意图。

图 2. 2 照片为子弹射入狗下肢 750 μs 时刻所摄 X 光照片。同步机同时测定弹速为 702 m/s。

### 2. 爆炸复合脉冲 X 光摄影

图 2. 3 为实验装置示意图。

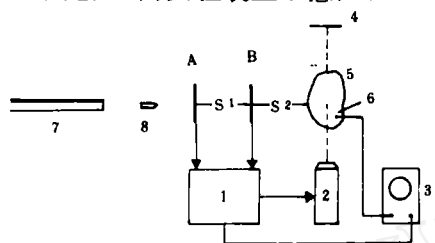


图 2. 1 生物创伤弹道实验装置示意图

A、B—测速靶； 1—自动跟踪式同步机；  
2—MX-400脉冲 X 光相机； 3—记忆示波器；  
4—X 光底片； 5—生物体（狗下肢）；  
6—压力探头； 7—枪； 8—子弹。

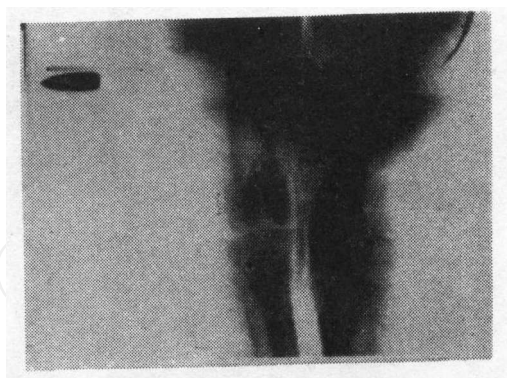


图 2. 2 子弹穿透狗下肢

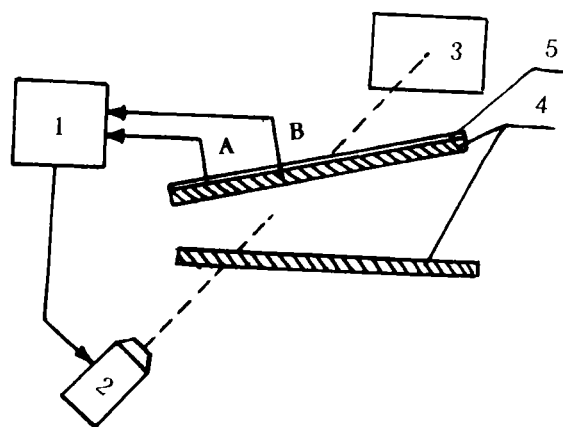


图 2. 3 爆炸复合实验装置示意图

A、B—电离探针测速靶；  
1—自动跟踪式同步机；  
2—MX-1000脉冲 X 光相机；  
3—X 光底片；  
4—复合板；  
5—炸药。

图 2. 4 为斜碰撞爆炸复合时所摄 X 光照片。同步机同时测定炸药的爆速为 6500 m/s。

### 3. 工业雷管爆炸过程脉冲X光摄影

图 2.5 为实验装置示意图。

图 2.6 和 2.7 分别为 8 号雷管起爆后  $4\ \mu\text{s}$  和  $7\ \mu\text{s}$  时刻拍摄的照片。

### 4. 聚能射流破甲脉冲X光摄影

图 2.8 为实验装置示意图

图 2.9 为高压微秒雷管点火后  $60\ \mu\text{s}$  和  $100\ \mu\text{s}$  时刻所摄射流破甲 X 光照片。

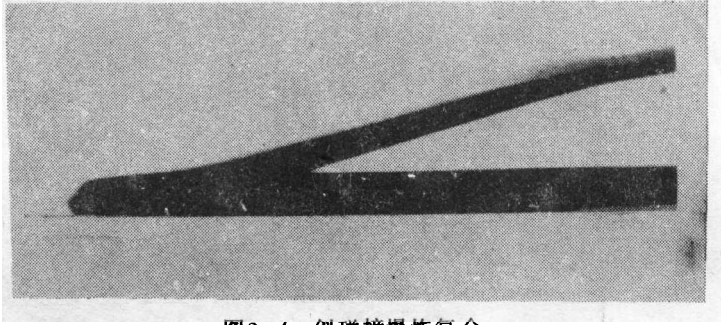


图2.4 斜碰撞爆炸复合

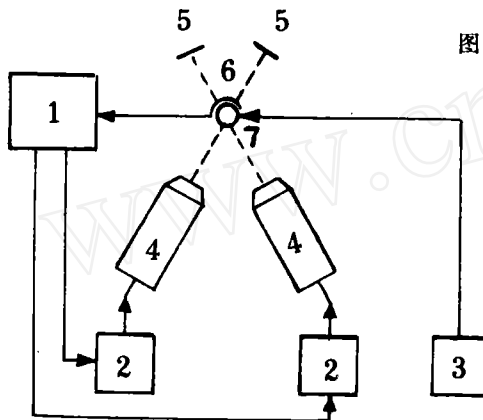
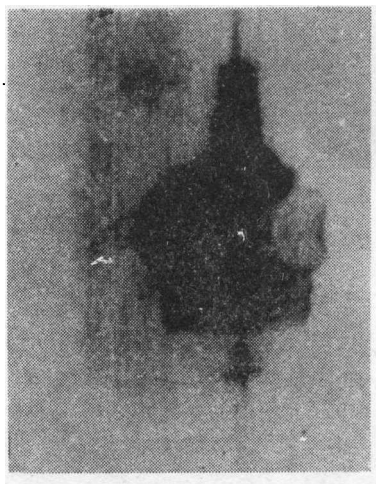


图2.5 雷管爆炸 X 光实验装置示意图

- 1—自动跟踪式同步机;
- 2—X 光机触发器;
- 3—点火器;
- 4—MX-400 脉冲 X 光相机;
- 5—X 光底片;
- 6—电离探针;
- 7—工业用 8 号雷管。



雷管爆炸 (起爆后  $4\ \mu\text{s}$  拍摄)



图2.7 雷管爆炸 (起爆后  $7\ \mu\text{s}$  拍摄)

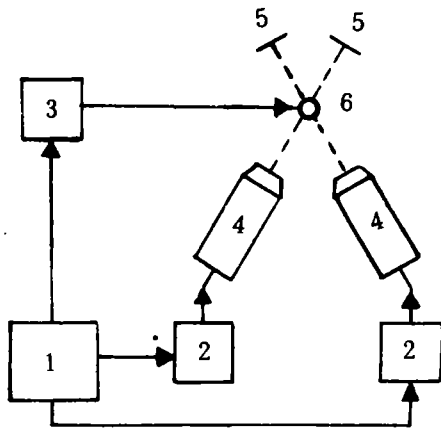


图2.8 破甲X光实验装置示意图

- 1—自动跟踪式同步机； 2—X光机触发器；
- 3—点火器； 4—MX-1000脉冲X光相机；
- 5—X光底片； 6—高压雷管和聚能药罩。

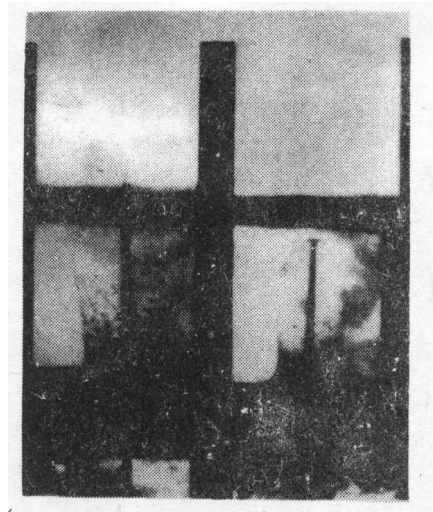


图2.9 射流穿透钢靶的形态

### 三、自动跟踪式同步机在可见光高速摄影中的应用

图 3.1 为自动跟踪式同步机控制ZDF-50高速摄影机拍摄穿甲过程的实验装置示意图。由于使用了自动跟踪式同步机，一次实验可以得到尽可能多幅数的有效照片，减少了“无效照片”和消除了“重复曝光”现象

图 3.2 为自动跟踪式同步机控制ZDF-50高速摄影机所摄穿甲过程照片中的四幅。实验中同步机同时测定弹速为720m/s

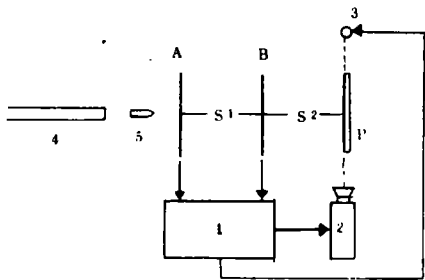


图3.1 自动跟踪穿甲高速摄影实验装置示意图

- A、B—测速靶； 1—自动跟踪式同步机；
- 2—ZDE-50高速摄影机； 3—闪光光源；
- 4—枪； 5—子弹； P—实验靶。

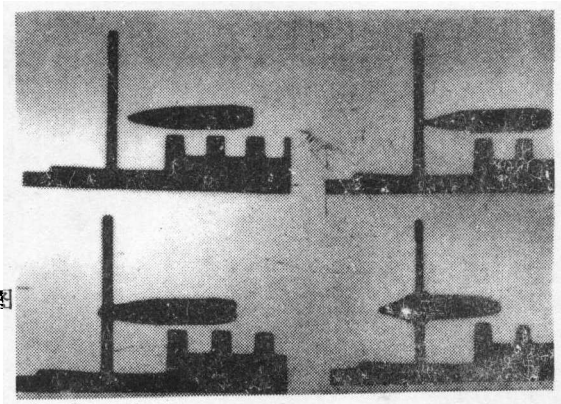


图3.2 标准弹穿甲过程

### 四、自动跟踪式同步机在动光弹摄影中的应用

图4.1 为自动跟踪式同步机控制WZDD-1型多火花动态光测弹性仪所做“光面爆破不同时差起爆对爆破效果的影响”的实验装置示意图。

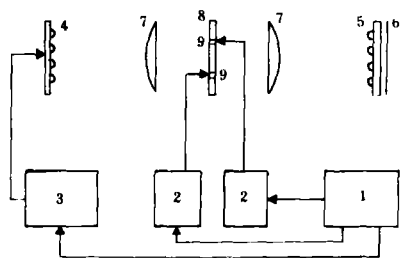


图4.1 时差起爆动光弹实验装置示意图

- 1—自动跟踪同步机； 2—点火器；  
3—闪光光源控制仪； 4—闪光光源(16个)；  
5—镜头(16个)； 6—底片； 7—透镜；  
8—试件； 9—瞬间药柱

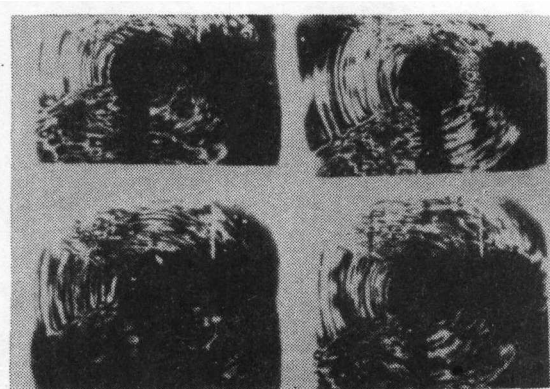


图4.2 时差起爆动光弹照片

图 4.2 为自动跟踪式同步机控制WZDD—1型动光弹仪所拍摄的时差起爆应力波传播照片中的四幅。其中，左爆点比右爆点延迟 $80\mu\text{s}$ 起爆。

### 参 考 文 献

- [1] 杨业敏、金辉：《仪器仪表学报》，1980，1，No.4。  
[2] 杨业敏：《爆炸与冲击》，1984，4，No.3。  
[3] 杨业敏：《中国兵工学会测试技术学会第三届年会论文集》，1986，2。

## THE APPLICATIONS OF AUTO-TRACING SYNCHRONIZER IN HIGH SPEED PHOTOGRAPHY

Yang Yemin

*Institute of Mechanics Chinese Academy of Sciences*

### Abstract

The Auto-tracing-Synchronizer is a new type of electronic instrument with multifunctions of time-count and time-delay. It may count and display a time interval with an accuracy of micro-second. It may trace the measured object automatically and output delayed signals in multi-channels with an accuracy of  $\pm 0.2 \mu\text{s}$  so that various synchronization problems in high speed photography can be solved. This instrument has a very strong ability of anti-interference and may work well under serious conditions, such as a strong electro-magnetic interference with a discharge electric voltage of 1 MV, discharge current of 10 KA and a spatial electro-magnetic field of 5KV/m. The present paper describes experimental results with this instrument in pulse x-ray photography, high speed photography with visible light and dynamic photoelasticity.

**Keywords:** high speed photography, control systems, auto-tracing synchronizer.