

数控脉冲式X光同步机的研制和应用*

杨业敏 金辉

(中国科学院力学研究所)

【提要】 本文介绍一种控制多台脉冲X光机同步运行的新型同步机。它具有抗干扰能力强，精度高，使用方便等特点。本文还对干扰机制和抗干扰措施以及仪器使用中如何保证可控精度的问题进行了探讨，并给出了应用结果——雷管爆炸、聚能射流等动态过程不同瞬态的X光照片。

为拍摄高速流逝过程的X光分幅照片，须多台脉冲X光机按予置时间顺序出光。利用X光同步机即可达此目的，如图1所示。

由于脉冲X光机的运行是高压大电流脉冲放电，其产生的强电干扰讯号将严重影响同步机和其他测试仪器的正常工作；而对于传输同步讯号的各环节的延时及其分散性，如不给予适当的处理，亦会影响同步控制精度。所以，研制、应用同步机的关键是排除干扰和控制延时的问题。前者防止误控，而后者保证精度。

同步机采用了光电耦合器、TTL集成电路、快速高转折电压可控硅等新器件。以数字逻辑控制多路同步时间，以脉冲供电提供输出的功率。其主要性能指标：

同步通道数：5；

同步精度：1微秒；

同步范围：1~998微秒。

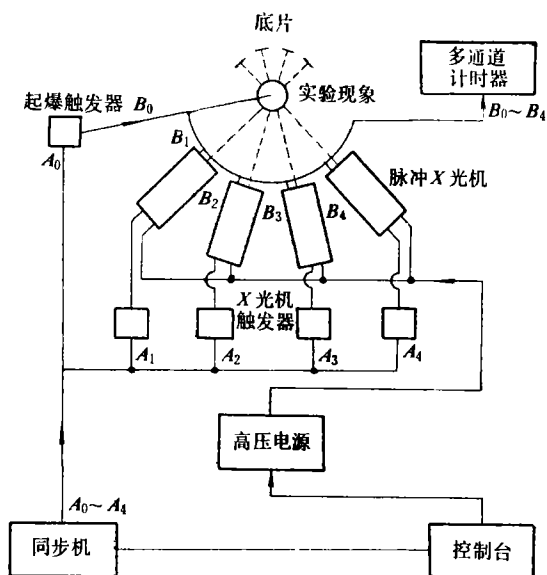


图1 脉冲X光机同步运行示意图

* 本文于1980年1月收到。

一、线路原理和特点

数控脉冲式 X 光同步机主要由光电耦合启动器、门控、晶振器、1000 计数器、时间选择器、光电耦合触发器和计时存储器等单元组成，如图 2 所示。

线路特点为：

- 1. 时间控制采用数字逻辑电路，保证时间调节简便、时间控制准确。如能保证同步系统

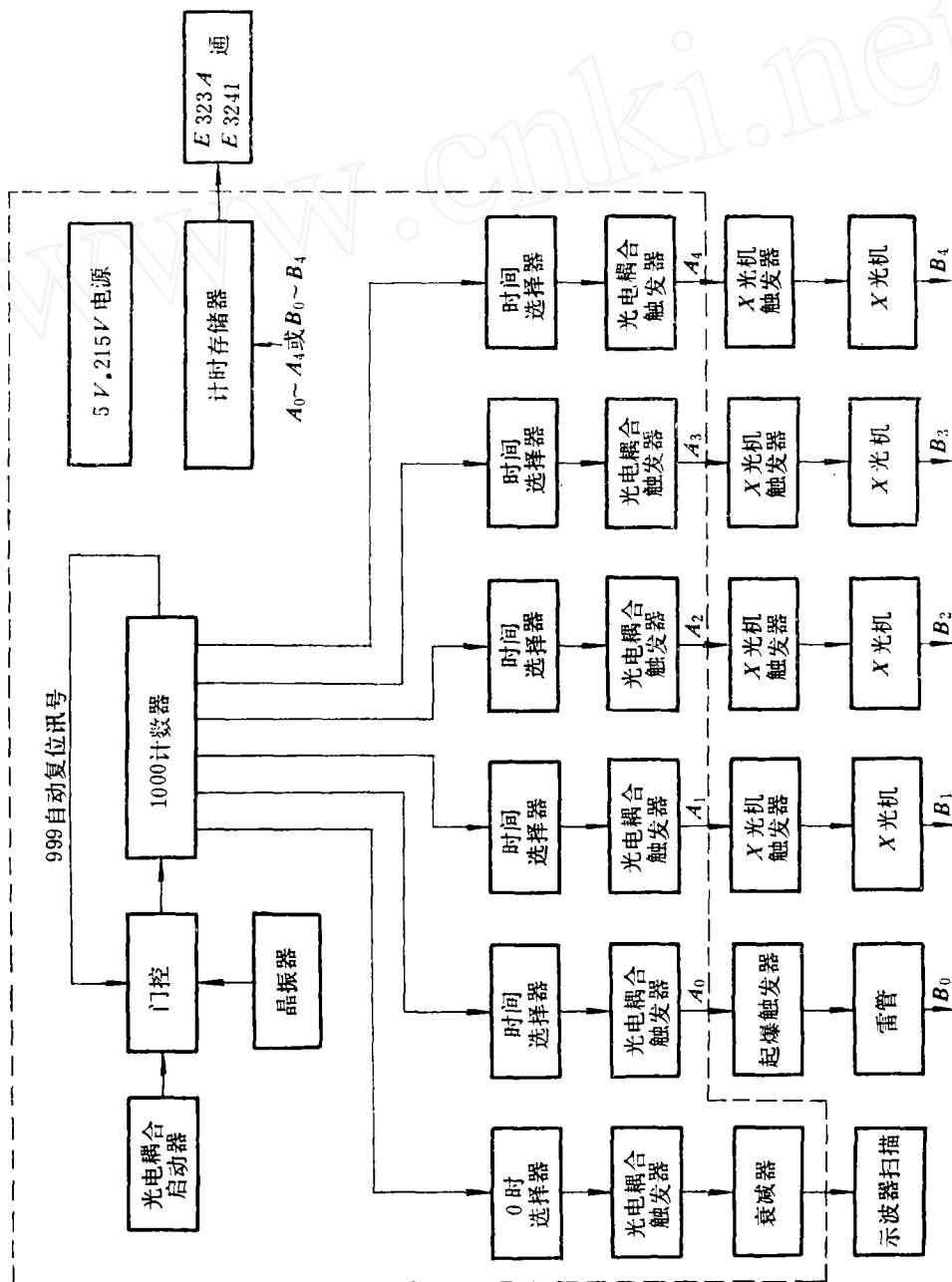


图 2 数控脉冲式 X 光同步机原理方框图 (虚线内为数控脉冲式 X 光同步机)

稳定运行,甚至可以免去实验中的测时步骤。

2. 同步输出采用脉冲供电形式,能以最小功耗($<1W$)获最大瞬态输出功率($>40W$)以满足起爆触发器或X光机触发器稳定运行需要。

二、干扰及其抑制

脉冲X光机运行时,在几十毫微秒时间内高压放电,电压峰值达数百千伏至一兆伏,电流峰值达数千安培,因而产生极强的辐射电磁场并引起地电位的突然升高,而且起爆触发器和X光机触发器返回到同步机一个上千伏瞬间高压干扰讯号。这些噪音干扰讯号将严重影响仪器正常工作。为此,采取如下各项抗干扰措施:

1. 光电隔离法

光电耦合器是一种光、电结合的新器件,其原边与付边只有光的单向传递,没有电的联系,因而具有极强的抗干扰能力。该仪器中,多处采用了光电耦合器,特别是利用它做集成数(时)控线路与脉冲供电触发线路间的接口元件,获得很好的隔离效果,如图3所示。

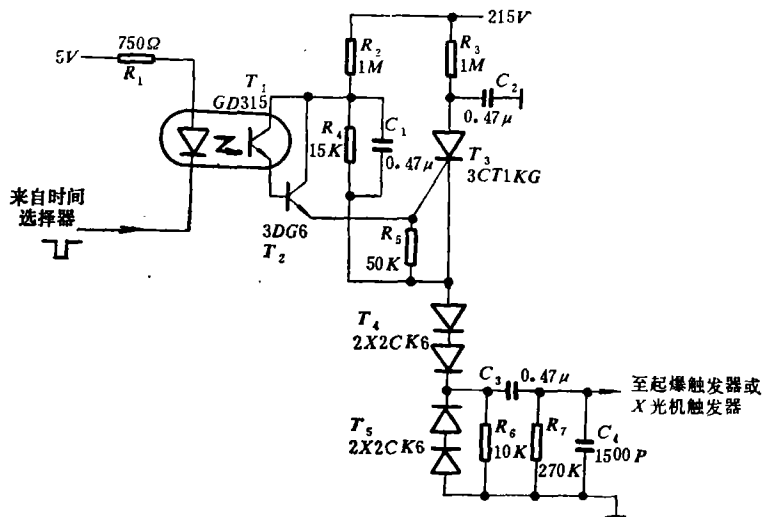


图3 光电耦合触发器

光电耦合器GD 315在此线路中有三个作用:

- (1) 完成电位隔离和电平匹配职能(脉冲变压器功能),
- (2) 防止干扰讯号从脉冲供电输出线路返回,串扰数控线路,
- (3) 抑制TTL集成电路延时(传输时间)造成的“毛刺”干扰,防止“毛刺”引起误控。

2. 反向积分滤波法

起爆触发器和X光机触发器运行时,有一个上千伏的瞬间高压干扰讯号返回同步机。如图4所示。此讯号将造成:

- (1) 同步机某些元、器件被击穿损坏。

(2) 干扰同步机正常工作。

为此, 采用反向积分滤波法抑制此强电干扰讯号, 如图 5 所示。图中, 串接在闸流管(ZQM 1-400/16) 栅极上的电阻 R 与传输电缆分布电容 C 组成对干扰讯号的积分线路, 此线路将有效抑制干扰讯号返回同步机, 如图 6 所示。



图 4 从触发器返回同步机的干扰讯号
扫描全程 10 微秒

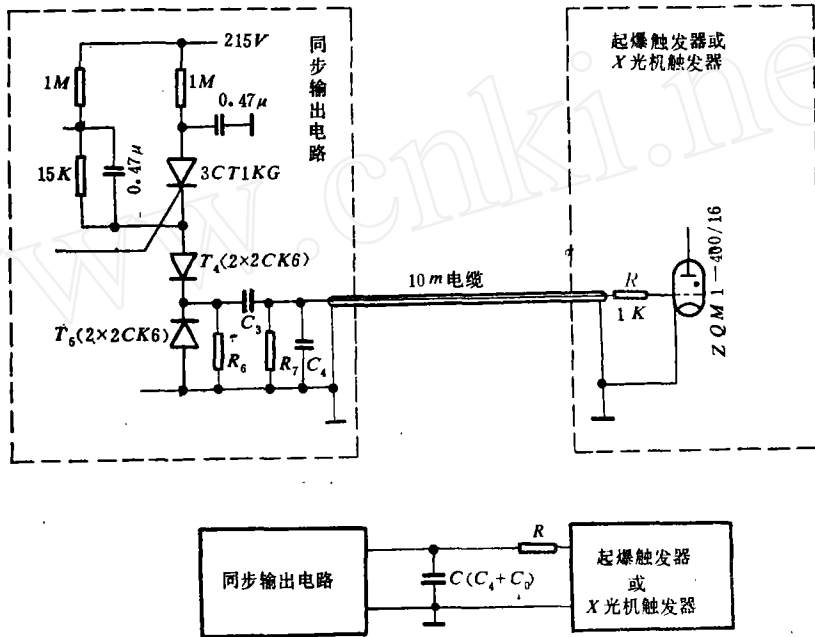


图 5

3. 正确接地法

良好的接地对消除干扰十分重要。为使地电位不致在脉冲 X 光机运行时升得过高, 应保证地线电阻足够小 (< 1 欧姆)。起爆触发器、X 光机触发器和脉冲 X 光机就近接地, 接地线短而可靠, 为防止地环流的干扰, 同步机内采用一点接地方式。

4. 双层屏蔽法

受本同步机控制运行的同轴型脉冲 X 光机, 尽管有外钢筒的密闭屏蔽作用, 但孔洞、缝隙必不可免, 泄漏出的空间电磁场仍可达每米数百伏。除设置屏蔽控制室外, 还需用铁铜复合板做同步机机壳, 其屏蔽效果可达 120 分贝以上。

5. 电网噪音抑制法

起爆触发器、X 光机触发器和脉冲 X 光机运行时, 电网受强电磁场辐射及高压放电回路的反串, 形成电网干扰。同步机电源采用隔离变压器和高频滤波器, 可有效抑制电网噪音干扰。

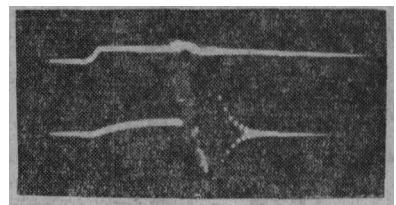


图 6 上、同步机输出端电位变化波形
下、闸流管(ZQM 1-400/16) 栅极电位变化波形

扫描全程 10 微秒

三、同步传输环节的延时(传输时间)的标定和处理

从同步机给出讯号到冷阴极 X 光管闪光, 其间讯号经过传输电缆、高压闸流管、脉冲变压器、点火球隙、Marx 发生器等多个环节。每一环节的延时及其分散性都将导致同步机指令出光时间与脉冲 X 光机实际出光时间产生偏差, 直接影响到时间的可控精度。

为此, 应合理选择元、器件, 标定由同步机给出讯号到 X 光管出光的延迟时间, 并调整五个通道延迟时间稳定一致, 以消除延时和分散性给仪器使用带来的偏差。

四、数控脉冲式 X 光同步机的应用

用本同步机控制四台脉冲 X 光机(两台为 1 MV 型, 两台为 400 kV 型)同步运行, 拍摄雷管爆炸、聚能射流、爆炸复合、土中爆炸空腔膨胀等动态过程的 X 光照片, 均获得了令人满意的实验结果。现举例如下:

图 7 为雷管的爆炸过程。从左至右分别为雷管点火后 1、2、3、4 微秒拍摄, 四个图象一次拍成。

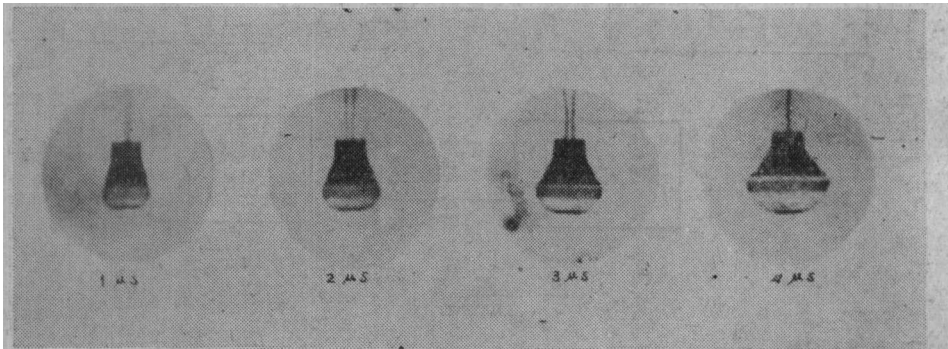


图 7 雷管的爆炸过程

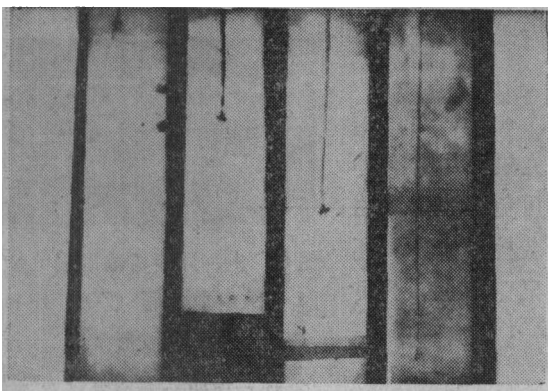


图 8 聚能射流过程

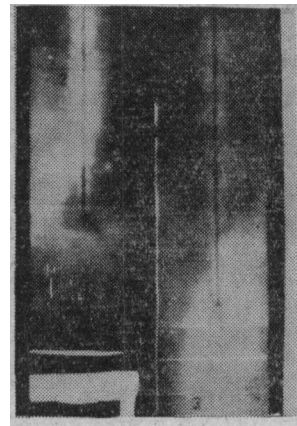


图 9 聚能射流在低密度介质中的侵彻过程

图 8 为聚能射流在空气介质中的形态。从左至右分别为点火后 55、65、75、90 微秒拍摄，四个图象一次拍成。

图 9、10、11、12 为其他典型实验结果。

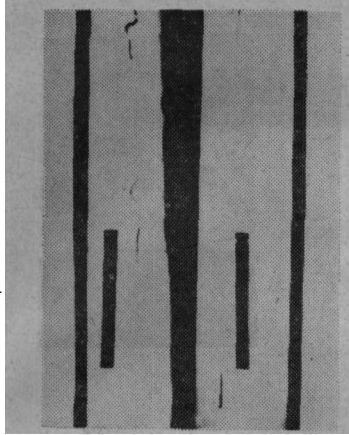


图10 聚能射流穿透低密度介质后的形态

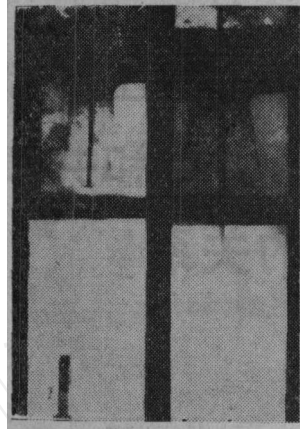


图11 聚能射流穿过钢靶时的形态

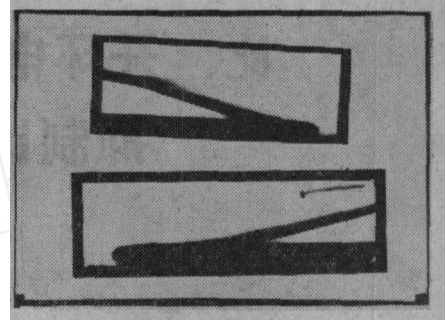


图12 爆炸复合过程

The Development Manufacture and Application of the Digital Controlled Flash X-Ray Synchronizer

Yang, Yeh-min Ching, Hui
(*Institute of Mechanics Academia Sinica*)

ABSTRACT: This paper introduces a new synchronizer, which can control several flash X-ray devices. It is high quality anti-interference, high accuracy and convenient to operate. This paper discusses the method of anti-interference and how to insure the accuracy in operation. This paper gives the breakdown process of a detonator, and the developing process of a shaped charge jet in X-ray photographs.