

# 电视脱靶量的实时输出

刘艳滢 王延杰

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

**摘要** 本文对跟踪测量电视系统的实时输出部分的功能做了详细介绍并对时统采样脉冲与电视扫描的同步与锁相, 电视脱靶量的纯滞后校正和动态测量误差的修正做了详细的讨论。

**关键词:** 跟踪测量电视; 脱靶量; 纯滞后; 动态测量误差; 实时输出

## 1 引言

为了精确地测量导弹、人造卫星和宇宙飞船等飞行目标的轨道参数, 必须使用靶场大型光测设备。从70年代末期, 我国的靶场光测设备上就装配了电视跟踪测量系统, 实现了对高速运动目标的自动跟踪和对目标脱靶量的实时测量。从而提高了修正飞行弹道、实行安全控制和发现再入段目标的精度。

二十多年来, 电视跟踪和测量系统已经日益完善, 并且已被实践证明它是靶场光测设备必不可少的组成部分。“实时输出”已经是测量电视系统的一个专用名词, 它代表了测量电视系统的一个功能模场。其主要功能是实时输出与外时统的采样脉冲严格同步的电视脱靶量, 并且对脱靶量的系统误差和随机误差进行修正。本文就实时输出有关的锁相、纯滞后和动态误差修正问题进行讨论。

## 2 电视脱靶量的输出

电视脱靶量是指目标像点在靶面坐标系中相对坐标原点的偏差量, 如图1所示的 $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 。电视摄像机的靶面是由许多像元按二维阵列形式构成的光敏面。由于光电转换作用, 而存贮在靶面内的图像信息是以光栅扫描方式, 从上到下, 从左至右被逐个像元地读出。当时统的采样脉冲到来之后, 从场消隐脉冲的后沿开始电视扫描, 当

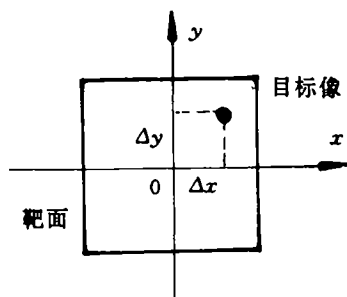


图1 电视脱靶显示意图

扫到目标像所在的地方时，才有目标信号输出。从采样脉冲到目标信号有一个时间差，设为  $T_d$ ，有了目标信号才能计算目标的脱靶量，通常计算出的脱靶量是在下一个消隐脉冲前沿到来之后才被送出。从时统采样开始，到脱靶量送出正好滞后一场时间（见图 2 所示）。

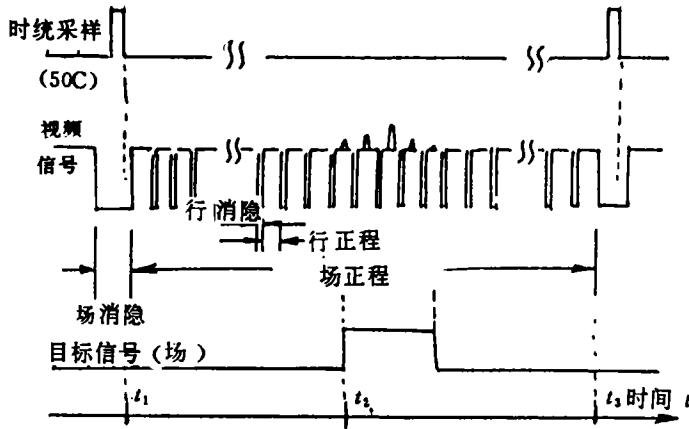


图 2 脱靶量输出时序图， $t_1$  时刻时统采样， $t_2$  时刻取出目标信号， $t_3$  时刻输出脱靶量  
从上述电视脱靶量的输出过程，可以看出实时输出单元必须解决以下三个问题：

- a. 时统采样脉冲与电视扫描的同步与锁相；
- b. 修正脱靶量输出的纯滞后；
- c. 修正目标像在靶面上运动时造成的动态测量误差。

只有解决了这三个问题，才能知道所输出的脱靶量来应该对应的准确时刻，也才能正确使用脱靶量来得到准确的目标角位置。下面详细讨论这三个问题。

### 3 与时统同步和锁相问题

测量电视系统内部有一个时钟发生器，它的时钟频率与摄像机靶面的像元数有关，一个时钟周期对应一个像元。同步、消隐脉冲及其它参考信号都是时钟分频或组合而成的，所以它们都有严格的同步关系。时钟脉冲就像一把精密的尺子，用它来精确地测出目标信号与消隐脉冲的时间间隔，从而得到目标的脱靶量（见图 3 所示）。

如果时统的采样脉冲与电视的消隐脉冲不同步或相互关系随机变化，那么在电视消隐期间输出的脱靶量相

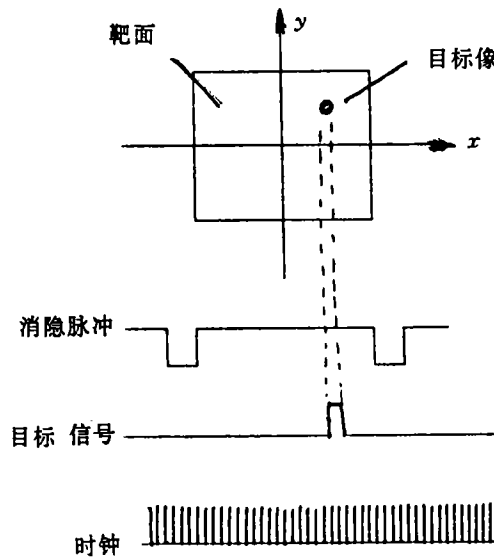


图 3 电视测量原理图

对于时统就失去了准确的时间基准而无法使用。解决这个问题有二个办法。一个是锁相，一个是查寻修正，下面分别介绍。

### 3.1 时钟锁相

测量电视的时钟频率高达 10MHz，甚至更高，而时统给电视的采样频率在 50Hz 以下，直接用 50Hz 信号去锁 10MHz 的振荡频率是非常困难的，通常是将电视时钟分频若干倍，使之接近时统信号中某个频率（比如 100KHz），让这两者锁相来达到 50Hz 与 10MHz 的锁相。具体的是采用一个锁相环电路来实现，其原理框图如图 4 所示。

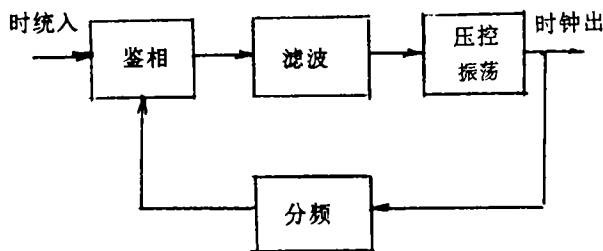


图 4 时钟锁相原理图

锁相环是个相位误差控制系统，它包括三个基本部件：鉴相器，环路滤波器和压控振荡器。鉴相器是相位比较装置，它把输入信号和压控振荡器的输出信号（或分频后的信号）的相位进行比较，产生对应于这两个信号之间相位差的误差电压。环路滤波器滤除误差电压中的高频成份和噪声以保证锁相系统的稳定性。环路滤波器的输出电压控制压控振荡器的振荡频率使之向输入信号的频率靠拢，使差拍频率越来越低，直至消除频差而锁定在输入信号的频率上。压控振荡器在未加控制电压时有个静态工作点，这时的振荡频率叫中心频率  $\omega_0$ ，也叫固有频率。它的振荡频率  $\omega_v$  与控制电压  $V_c$  的关系如图 5 所示，并且在线性段可以用下式来表达。

$$\omega_v(t) = \omega_0 + k * V_c(t) \quad (1)$$

$k$  叫压控振荡器的控制灵敏度或增益系数。它是  $\omega-V$  曲线中心段的斜率，单位是弧度/秒·伏。

NE-564 是一种多功能的锁相环集成电路，在测量电视系统中的实际应用电路如图 6 所示。在使用 NE-564 时，有个问题值得注意：输入的时统信号与压控振荡器输出的信号在送到 NE564 的 6 脚和 3 脚时，如果相位差为零，容易引起锁相不稳。可在调试时，有意附加一个相位差。

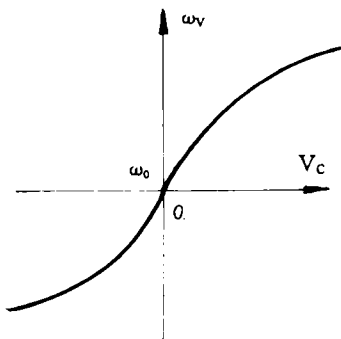


图 5 压控振荡器  $\omega-V$  曲线

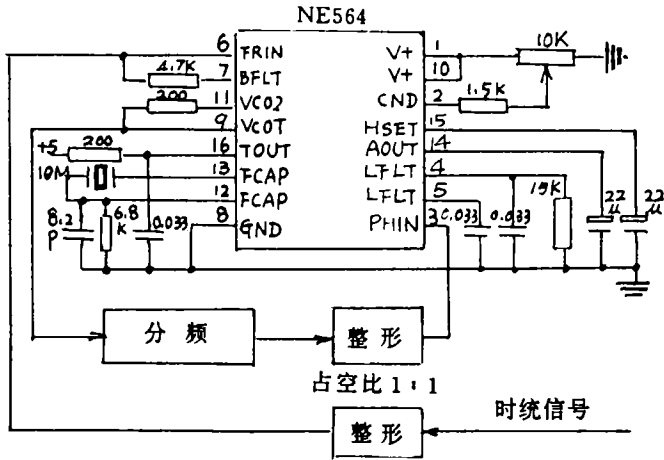
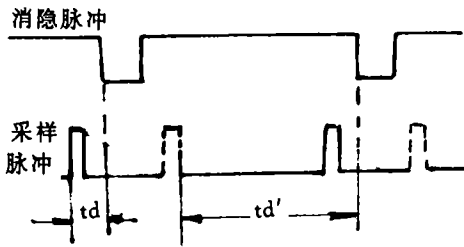


图 6 由 NE564 构成的时统锁相电路

### 3.2 查询修正

解决时统采样与输出脱靶量的时间对准问题也可以不用锁相的办法，而用单片机对采样脉冲查询，然后修正时间的办法。当发现采样脉冲到来后，用计数器记下从采样脉冲前沿到离它最近的消隐脉冲的前沿的时间间隔 ( $t_d$  或  $t_d'$ )，如图 7 所示。当采样在消隐前沿过后才到来时，就得等下一个消隐到来，多延迟将近一场时间。



锁相是保证采样脉冲与消隐脉冲的时间间隔是个常数。这个办法是随时测出采样脉冲与消隐脉冲的时间间隔，然后，对脱靶量的输出时间实时加以修正，效果一样。如果用 5MHz 的时钟计数，这种查寻修正的精度可以达到万分之一以上。

图 7 没有锁相的采样脉冲与消隐脉冲之间的时间间隔

### 4 脱靶量纯滞后的修正

由于电视摄像机的扫描作用，使电视脱靶量的输出特性可以等效成一个有纯滞后的零阶采样保持电路的特性（见图 8）。图中正弦波为目标运动的引导信号，输出的脱靶量滞后约一

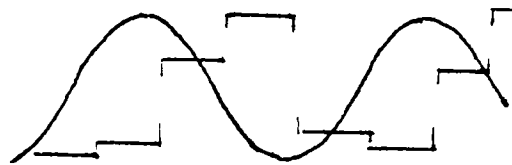


图 8 目标做圆周运动时，输出的电视脱靶量

场时间（一个采样周期）。对于脱靶量的纯滞后是比较容易修正的。只要将输出的脱靶量在时间上推前一场就行了，图 9 是修正了纯滞后的脱靶量。需要说明的是，脱靶量滞后时间并不是在任何时候都是一场时间，如果有其它滞后环节存在，比如，电视摄像机本身若有隋性，由

隋性产生的滞后也必须考虑,再有若计算脱靶量的算法不能在当场完成就可能使脱靶量滞后 2 场。所以实际滞后时间要仔细测量后再修正。

## 5 动态测量误差的修正

如果目标相对靶面是运动的,那么只修正脱靶量的纯滞后还不行,对由采样时刻到扫到目标的时间里,由于目标运动而引入的测量误差也必须修正。如果采样时刻,目标像在靶面的  $P_1$  处(见图 10),经过  $t_d$  时间扫到目标时,目标已运动到  $P_2$  处。用  $P_2$  处的目标信号算出的脱靶量当然不是采

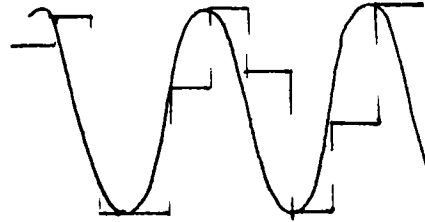


图 9 修正了纯滞后的脱靶量

样时刻的脱靶量。这个由于目标运动而引入的误差虽然与扫描有关,但不能像修正纯滞后那样在时间上推前来修正。这个误差的修正要考虑到目标相对靶面运动的速度和加速度。由于  $t_d$  很小,最大值为 20ms,在这么短的时间里,可以认为像点在靶面上的运动是匀加速运动。将运动分解成  $x, y$  两个方向的运动,这里只考虑  $x$  方向运动, $y$  方向同理可求。

设当第  $n$  场目标脱靶量为  $x_n$ ,前一场的脱靶量为  $x_{n-1}$ ,前二场的脱靶量为  $x_{n-2}$ ,前三场的脱靶量为  $x_{n-3}$ ... ,那么在  $t_d$  时间里目标像的位移是

$$\Delta x_n = V_{n-1} \cdot t_d + \frac{1}{2} a_{n-1} \cdot t_d^2 \quad (2)$$

其中  $V_{n-1} = x_{n-1} - x_{n-2}$ ,  $V_{n-2} = x_{n-2} - x_{n-3}$ ,  $a_{n-1} = V_{n-1} - V_{n-2}$ , 这样,第  $n$  场采样时刻目标的脱靶量应该是:

$$x_n + \Delta x_n \quad (3)$$

这里  $\Delta x_n$  的值可能正,可能负,也就是说当目标运动方向是朝向  $x$  减少方向  $\Delta x_n > 0$ ,当运动方向朝向  $x$  增加的方向  $\Delta x_n < 0$ 。

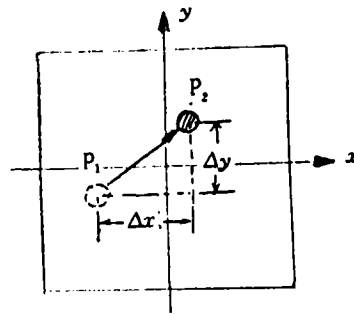


图 10 由目标运动而产生的动态测量误差

## 6 结束语

通过上述讨论,可以将实时输出单元的功能概括如下:实时输出担负着跟踪测量电视系统与指控中心的数据通讯任务和修正电视脱靶量的静态误差和动态误差的任务。

为了实现上述功能,实时输出部分必须解决以下三个问题:

- 用锁相环对时统采样信号和电视系统的时钟的分频信号进行锁相,或者用计算机对采样脉冲进行查询,实时修正采样脉冲与电视消隐脉冲的时间差;
- 测出脱靶量输出的纯滞后时间,将脱靶量在输出时间上向前推同样的时间。

c. 对目标相对靶面的运动所产生的动态测量误差进行实时修正。

本文对解决这三个问题进行了详细地讨论并给出了切实可行的解决办法。

#### 参 考 文 献

- [1] 宋建中、王毅、魏忠和, 电视跟踪. 全国仪器仪表会议, 1979  
[2] 郑继禹、万心平, 张厥盛, 锁相环路原理与应用. 人民邮电出版社, 1980

## Real-Time Output Unit of Tracking and Measuring Television System

Liu Yanging Wang Yanjie

(*Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences,  
Changchun130021*)

#### Abstract

The real-time output unit (RTOU) of a tracking and measuring television (TMTV) system is described in this paper, with the emphasis on the following problems: Synchronizing and phase-locking between the time base of the TMTV system and a sample pulses from a command system; correcting the delay of the output data from the RTUO; and Compensating the dynamic error caused by the movement of a measured object.

**Key words:** Tracking and measuring television, Quantity of missing a target, Dynamic error measuring, Real-time output, Delay