

电视跟踪系统中目标角偏差获取方法的研究

陈占军^{1,2}, 葛文奇¹

(1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:针对由变焦电位计获取焦距电压的电视摄像机,介绍了三种求取目标角偏差的方法:首先介绍了传统查表法获取目标角偏差系数的方法,并指出了其精度不足之处;然后根据光学成像的原理,推导出了实时测量目标角偏差的计算公式,并指出了其实现的困难性;最后针对固定焦距电压下,目标的角偏差与电视脱靶量成线性关系这一特点,利用伺服系统中的编码器输出的真实高精度角度标定角偏差系数,通过曲线拟合的方法找到了易于实现的角偏差系数公式。利用编码器标定角偏差系数的方法,在长焦距高精度跟踪系统中获得了满意的效果。

关键词:电视跟踪;角偏差;变焦距;编码器

中图分类号:TH745.2 **文献标识码:**A

Study of Target Angle Deviation Method in the TV Tracking System

CHEN Zhan-jun^{1,2}, GE Wen-qi¹

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: In the TV camera system that zoom voltage is obtained by potentiometer, three access methods of deviation angle of the method are introduced. First, the traditional look-up table method introduced obtaining target coefficient of deviation angle, and pointed out the inadequacies of their accuracy. Then, according to the principle of optical imaging is derived from the goal of real-time measurement formula for calculating the deviation angle, and pointed out the difficulty of its realization; voltage at the end of a fixed focal length, with the goal of the angular deviation from the target of TV is a linear relation between the characteristics, the use of servo system encoder output of the true perspective of precision calibration coefficient of deviation angle through the curve to find an easy way to achieve the angular deviation coefficients formula. Use angle encoder calibration coefficient of deviation of the long focal length of high-precision tracking system was satisfactory results.

Key words: TV tracking; angle deviation; zoom; encoder

1 引言

电视跟踪器通过电视摄像机获得目标的图像,必须实时获得目标相对视场中心的角偏差。角偏差是随动系统驱动跟踪器转动、使目标进入视场中心的控制量,随动系统根据跟踪器测量的角偏差量不

断进行角位置调节,实现对目标的跟踪。图像目标

基金项目:长春光机所创新工程项目(No. ZJ99130B)资助。

作者简介:陈占军,工学博士,研究方向为伺服控制。E-mail: chzhj_6@163.com

收稿日期:2008-04-15

的角偏差获得过程即跟踪器识别目标对象和获得目标行列位置的过程,计算机检测出目标相对视场中心的行列位置,再根据测量的焦距的大小,计算出目标与跟踪器的真实角偏差。

2 查表法获取实际角偏差的方法

获得目标真实角偏差的前提是,首先获得电视监视器中目标相对于视场中心的横纵坐标,如图1所示。

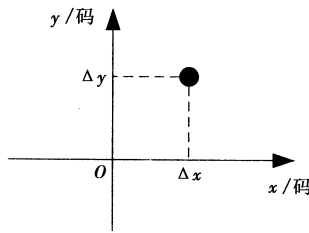


图1 目标在视场中的坐标

图1中,Δx,Δy以像素数表示电视脱靶量,单位为码。目标与跟踪器之间的真实角偏差即为:

$$\begin{cases} \partial_A = k_{ATV} \cdot \Delta x \\ \partial_E = k_{ETV} \cdot \Delta y \end{cases} \quad (1)$$

式中,∂_A为方位真实角偏差(°);∂_E为俯仰真实角偏差(°);k_{ATV}为电视跟踪方位角偏差系数(°/码);k_{ETV}为电视跟踪俯仰角偏差系数(°/码);Δx为像素表示方位脱靶量(码);Δy为像素表示俯仰脱靶量(码)。

得到了监视器中像素值,又已知角偏系数,就能够计算得到目标距离测量设备的真实角偏差。

实际上,角偏差系数的大小由跟踪器的焦距值来确定。而电视跟踪器是一个焦距可变的传感器。也就是说,欲求真实角偏差,就必须找到跟踪器的焦距与角偏差系数的对应关系。严格意义上说,他们之间是一个非线性关系,如图2所示。

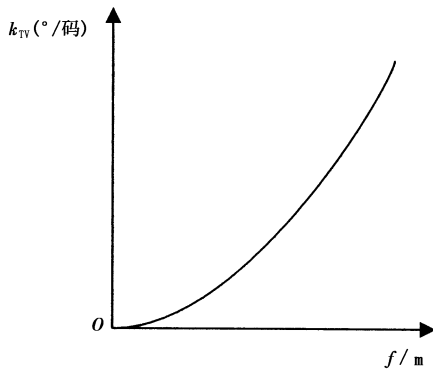


图2 角偏差系数曲线

在以往的电视跟踪系统中,求取角偏差系数的方法往往是查表法,由光学设计专家给出的数据表

来计算角偏差系数。数据表中每一个焦距值就对应一个角偏差系数,焦距值划分越细,计算得到的角偏差就越精确,缺点是数据表就越大;反之,焦距值划分越粗,计算得到的角偏差精度就越低,优点是数据表就越小。工程上,焦距值的划分要权衡跟踪精度与控制器的容量这两个因素。在要求精度不高的场合,可以近似认为角偏差系数与焦距值成线性关系或者分段线性关系。得到了角偏差系数,代入式(1)就得到了实际角偏差。

3 计算法获取真实偏差角的方法

一种实时获取角偏差系数的方法是计算法,是根据几何光学的理论推导出来的,将电视跟踪器的光学系统简化成一个透镜成像系统,其物AB通过透镜成像为A'B',物距为u,像距为v,焦距为f,其成像原理如图3所示。

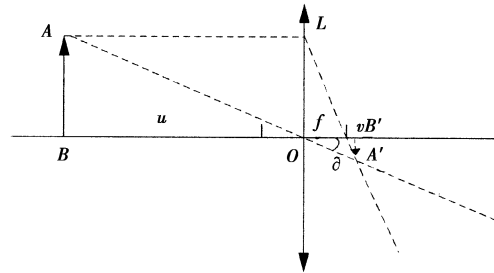


图3 光学系统成像原理

根据凸透镜成像原理可知物距、像距与焦距之间的关系为:

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \quad (2)$$

在实际的工作过程中,目标可视为无穷远处,即:物距u无穷大,此时由透镜成像原理可知,有下式成立:

$$v \doteq f \quad (3)$$

随着目标的变化,物距也随之变化,为了得到一个清晰的像,调节透镜的焦距f。要求取的真实角偏差即为像与光轴的角度∂,∂与物到光轴的夹角互为对角,大小相等。其表达式为:

$$\partial = \tan^{-1} \frac{A'B'}{f} \quad (4)$$

以σ表示像元尺寸,像元尺寸的大小等于CCD像面尺寸与像素值的比,即:

$$\begin{cases} \sigma_{ACCD} = \frac{\text{像面尺寸(横向)}}{\text{总像素值(横向)}} \\ \sigma_{ECCD} = \frac{\text{像面尺寸(纵向)}}{\text{总像素值(纵向)}} \end{cases} \quad (5)$$

式中,σ_{ACCD},σ_{ECCD}分别为横向、纵向像元尺寸。电视

跟踪器一旦选定后,像元尺寸就固定不变。

目标在像平面上成像大小等于电视输出的像素值与 CCD 像元尺寸的乘积,即:

$$\begin{cases} A'B'_A = \sigma_{ACCD} \cdot \Delta x \\ A'B'_E = \sigma_{ECCD} \cdot \Delta y \end{cases} \quad (6)$$

联立式(4)、式(6),则求得实际目标与跟踪器之间方位与俯仰上的真实夹角为:

$$\begin{cases} \partial_A = \tan^{-1} \frac{\sigma_{ACCD} \cdot \Delta x}{f} \\ \partial_E = \tan^{-1} \frac{\sigma_{ECCD} \cdot \Delta x}{f} \end{cases} \quad (7)$$

用算法得到的角偏差优点在于它的实时性比较强,同时焦距的变化是连续的,所取得的角偏差也是连续的,在这种意义上说比查表法精度更高一些。另一方面,算法每次都要计算反正切函数,无疑增加了控制器的计算量。计算函数的反正切对于拥有浮点运算能力的控制器来说,消耗的时钟周期不是很多,但是如果是定点控制器的话,计算三角函数需要消耗很多个时钟周期(实验表明,TMS320F2812 计算一个浮点乘法是一个定点乘法消耗指令周期的 5 倍)。严重的情况会影响控制器的采样周期。

4 利用编码器获取高精度电视跟踪角偏差的一种方法

以上两种方法都是假定焦距值可以直接获得的前提下,计算实际角偏差的方法。在工程中,变焦系统如果采用电位计作为变焦倍数的输出时,变焦距电压与焦距值呈现近似的线性关系,这样就不可避免地造成一些误差,特别是在高变焦比长焦距镜头中。简单地认为焦距值与焦距电压成比例关系,对于精度要求不高的跟踪一般不影响使用。但在高精度跟踪方式下,调节参数的选取难以兼顾整个焦距范围内的一致性,造成跟踪性能下降。找到变焦距电压与角偏差系数之间的直接关系,才能找到角偏差真实值。利用方位、俯仰轴上编码器的输出角度标定角偏差系数,是提高电视跟踪性能的一种有效方法。

首先记录下移动转轴,使监视器中目标在视场的中心位置,记录此刻方位和俯仰轴上编码器的角度值即为无误差角度值。保持焦距电压不变,改变目标的位置,电视监视器中目标距离视场中心的像素偏差量就会发生变化,同时方位、俯仰

轴上编码器的角度值也会随之发生变化,即产生角度偏差。移动目标,使目标分别出现在监视器的左上、右上、左下、右下以及其他视场中的位置,就会得到一系列的像素偏差量以及编码器角度变化量。以像素偏差量作为横坐标,编码器角度变化量作为纵坐标,根据记录数据绘制于图,就会得到在此焦距电压下,像素偏差量与编码器角度变化量的对应关系为线性关系。线性关系与式(4)相同。求取线性曲线的比例系数记作 k_{fi} (°/码)。改变焦距电压从最小一直到最大,这样就能得到一系列焦距电压、像素偏差量以及编码器角度变化量。同时能够计算出每一个焦距电压对应的 k_{fi} 。如表 1 所示。

以角度作为横坐标,像素偏差量与编码器变化量的比作为纵坐标,绘制出方位和俯仰两者之间的关系如图 4 所示。使用 MATLAB 对数据进行拟合,得到了二次曲线方程,同样绘制在图 4 上,可以看出,拟合的曲线与测量的数据非常地相似。

使用二次曲线方程取代传统计算真实角偏差的方法,不仅提高了计算精度,而且在数字控制器的处理速度上得到了大幅度提高。

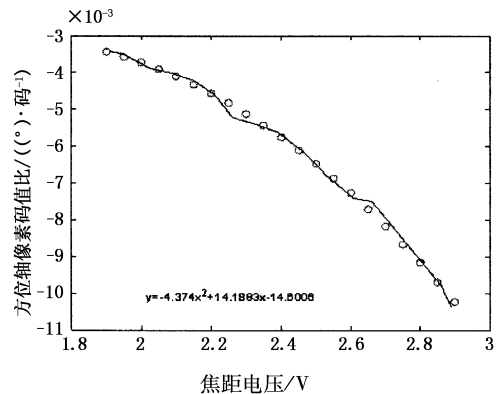


图4 方位轴像素码值比与焦距之间的关系

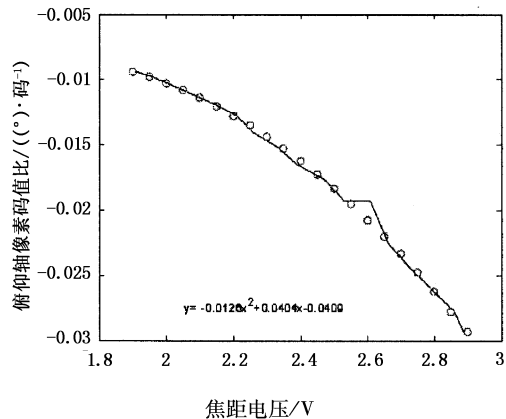


图5 俯仰轴像素码值比与焦距之间的关系

表1 电视像素、角度与编码器对应关系

焦距电压/V	位置/(°)	像素/码	位置/(°)	像素/码	位置/(°)	像素/码	位置/(°)	像素/码
1.911	24.102, -7.108	-351,105	23.691, -6.749	-241,72	23.231, -6.356	-92,30	22.836, -5.942	25, -15
	22.0, -5.532	143, -60	21.983, -5.289	234, -85	21.772, -5.045	337, -112		
1.950	23.900, -7.055	-332,101	23.767, -6.845	-245,80	23.291, -6.406	-107,33	22.654, -5.528	39, -16
	22.20, -5.527	159, -58	22.027, -5.232	208, -89	21.824, -5.045	318, -108		
2.03	24.100, -7.286	-342,111	23.377, -6.98	-256,83	23.136, -6.388	-62,26	22.204, -5.915	69, -19
	22.31, -5.604	166, -47	21.941, -5.216	260, -85	21.431, -4.964	251, -108		
2.08	24.167, -7.259	-335,100	23.51, -6.886	-198,67	23.297, -6.491	-124,30	22.692, -6.264	-36,10
	22.484, -5.795	79, -31	21.444, -5.219	242, -83	21.42, -4.896	351, -112		
2.13	24.174, -7.178	-344,109	23.711, -7.044	-202,74	23.103, -6.491	-59,28	22.527, -5.950	77, -17
	21.665, -5.595	213, -47	21.506, -5.183	308, -82	21.393, -4.859	351, -107		
2.211	23.836, -7.276	-242,87	23.655, -7.008	-178,66	23.287, -6.619	-91,36	22.768, -6.233	8,6
	21.869, -5.689	115, -37	21.562, -5.222	240, -72	21.286, -4.732	345, -113		
2.26	24.482, -7.732	-340,112	24.078, -7.447	-242,90	23.193, -6.934	-85,53	22.131, -6.345	62,11
	21.962, -5.745	197, -32	21.274, -5.134	301, -76	20.757, -4.537	351, -114		
2.33	24.344, -7.549	-266,88	24.085, -7.246	-218,67	23.227, -6.702	-73,32	22.67, -6.281	49,3
	22.01, -5.728	150, -34	21.640, -5.202	244, -69	21.035, -4.505	351, -114		
2.394	24.653, -8.105	-340,107	24.338, -7.589	-260,81	23.439, -6.926	-89,40	22.834, -6.150	14, -7
	22.082, -5.659	135, -37	21.224, -5.159	278, -68	20.920, -4.459	345, -112		
2.466	24.820, -7.874	-304,88	24.186, -7.513	-221,68	23.604, -6.921	-116,34	22.676, -6.277	30, -2
	22.117, -5.744	129, -32	21.302, -5.034	263,72	20.597, -4.360	347, -112		
2.54	24.704, -8.400	-342,105	24.618, -7.879	-261,78	23.090, -7.110	-97,38	22.748, -6.266	26, -6
	21.876, -5.657	155, -36	20.875, -4.958	299, -72	20.446, -4.301	351, -108		
2.61	25.322, -8.605	-339,105	24.884, -7.783	-264,65	23.855, -7.139	-151,34	22.473, -6.112	44, -15
	21.406, -5.497	169, -44	20.667, -4.733	282, -81	20.404, -4.138	344, -110		
2.663	25.217, -8.933	-332,109	24.357, -8.297	-220,81	23.518, -7.484	-76,45	22.717, -6.394	27, -4
	21.640, -5.635	163, -37	20.758, -5.049	266, -63	20.139, -4.213	340, -101		
2.732	25.557, -9.285	-349,114	24.995, -8.171	-265,67	24.212, -7.398	-149,36	23.141, -6.744	-35,10
	22.098, -5.63	93, -35	20.962, -4.566	227, -79	19.790, -3.978	349, -103		
2.798	26.009, -9.533	-345,114	25.177, -8.847	-258,87	24.118, -7.883	-129,50	22.717, -6.687	12,5
	21.643, -5.605	137, -36	19.916, -4.693	274, -71	19.723, -3.624	345, -112		
2.86	25.694, -9.597	-336,110	25.197, -8.448	-241,65	23.986, -7.596	-128,34	22.446, -5.519	17, -4
	21.555, -5.168	130, -51	20.389, -4.334	240, -81	19.372, -3.662	348, -105		
2.89	26.309, -9.797	-346,112	25.405, -8.896	-244,80	24.032, -8.100	-121,53	22.357, -6.880	8,12
	21.493, -5.565	138, -32	20.167, -4.530	224, -67	19.520, -3.555	329, -101		

这样就分别得到了方位与俯仰方向的曲线方程:

$$k_{ATV} = -0.004374\Delta x^2 + 0.0141883\Delta x - 0.0146006 \quad (8)$$

$$k_{ETV} = -0.0126\Delta y^2 + 0.0404\Delta y - 0.0409 \quad (9)$$

这样通过编码器标定出了任意焦距电压对应的角偏差系数。然后根据式(4),就会得到电视跟踪器的实际角偏差。编码器标定的方法计算电视跟踪器的实际角偏差,应用在长焦距高精度跟踪系统中取得了比较满意的跟踪效果。

5 结论

以往的电视跟踪系统中,查表法应用得比较多,但是其角偏差系数求取的精度与控制器的容量互为矛盾,不能兼顾。使用计算法,虽然能够实时地计算

角偏差,但是反正切运算往往难以实现,对控制器的要求严格。利用编码器标定角偏差系数的方法即保持了较高的求取精度,又兼顾了控制器的运算,因此取得了较好的跟踪效果。

参考文献:

- [1] 颜昌翔,王家骥. 航相机像移补偿计算的坐标变换方法[J]. 光学精密工程,2000,8(3):203-204.
- [2] 吴锴,张志明,周建军. 长焦距连续变焦电视跟踪系统角偏差的精确测量与处理[J]. 电视技术,2006,12:12-15.
- [3] 张志明,邬昌明. 获取高变比电视跟踪系统角偏差的新方法[J]. 舰船光学,2004,40(4):2-4.
- [4] 张静. Matlab 在控制系统中的应用[M]. 北京:电子工业出版社,2007(1):20-50.