

文章编号 1004-924X(2002)06-0588-04

# CCD 摄像机全自动调光系统

金龙旭,吕增明,熊经武

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,吉林 长春 130022)

**摘要:**在 CCD 摄像系统中,利用电子快门和可变光阑有机结合,在单片机控制下实现全自动调光,不仅扩大了调光的动态范围,而且可有效地控制对运动目标摄像时产生的像移,其最大像移控制在 0.0024mm。这些方法应用到使用空间受到限制的小型电视摄像系统中具有现实意义。

**关键词:**像移;可变光阑;电子快门

中图分类号:TB853 文献标识码:A

## 1 引言

CCD 电视摄像系统在空中侦察和测量时,由于季节、天气、太阳高角和景物特征的不同,入射光强度变化很大,为了得到清晰图像必须进行调光。同时由于 CCD 电视摄像系统相对地面始终处于运动状态,因而产生像移,为了得到清晰图像也必须进行像移补偿。新近研制的具有电子快门功能的 CCD 摄像机,通过改变 CCD 器件的积分时间,可减少像移,当与光学镜头的可变光阑结合在一起进行调光时,可扩大系统调光动态范围<sup>[1-5]</sup>。

## 2 CCD 摄像机电子快门

一般拍摄活动图像时用场积累方式工作,以提高活动图像清晰度。在无电子快门的摄像机中,收集时间是固定的<sup>[1]</sup>,如图 1(a)所示。在具有电子快门功能的摄像机中,控制每个像素的电荷积累时间,以控制入射光在 CCD 芯片上的有效作用时间,也即在一场内只将某一段时间产生的电荷作为图像输出,而将其余时间产生的电荷排放掉,不予使用。这样就等效于缩短存储电荷时间,相当于缩短光线照射在 CCD 芯片上的时间,如同加了快门一样,这即电子快门工作原理。如图 1(b)所示。

一组高压快门脉冲,加在 CCD 器件的 N - 衬底上,用来释放 MOS 电容上收集的多余电荷。因此, MOS 电容收集电荷的有效时间,是从最后一个快门脉冲到 CCD 器件转移脉冲来到时为止。这个时间称为快门时间(Shutter Time),改变最后一个快门脉冲位置,就改变了快门时间。快门时间就是 CCD 器件的有效积分时间(Integration Time)。

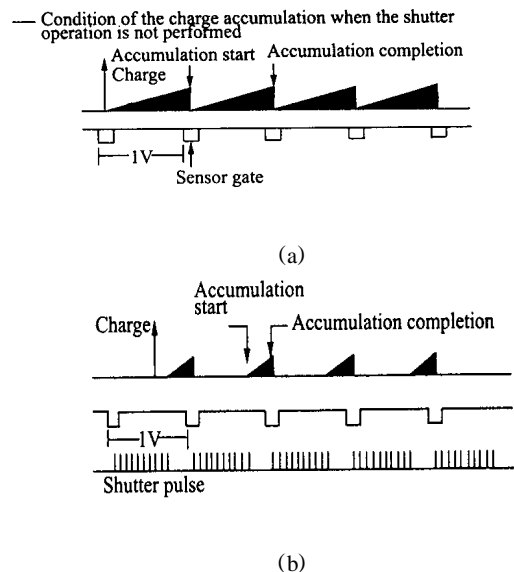


图 1 电子快门工作原理图

Fig. 1 Principle diagram of the electronic shutter.

### 3 像移控制

当飞机以速度  $V$  在空中飞行时,如图 2 所示,地面景物  $A$  点相对飞机向后移动到  $A'$ 。通过光学系统成象于  $a$  点,在 CCD 摄像机靶面上象点  $a$  变成一条短线  $aa'$ ,即产生像的移动。CCD 靶面上像移速度为:

$$V = \frac{V}{H} f_{\max}, \quad (1)$$

式中:  $V$  —飞机飞行速度;

$H$  —飞行高度;

$f_{\max}$  —光学系统最大焦距。

在 CCD 摄像机每场积分时间内像移量为  $l$

$$l = V \cdot t \text{ (mm)}$$

式中:  $t$  —CCD 摄像机一场积分时间。

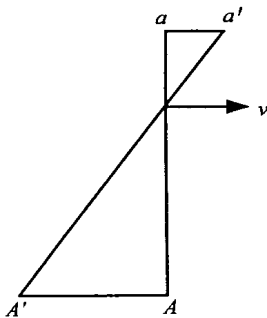


图 2 像移图形

Fig. 2 Schematic diagram of image displacements.

像移量的存在将使图像模糊,为得到清晰图像,必须要对像移进行控制。为保证足够的动态分辨率一般选定残余像移量为 CCD 像元尺寸的  $1/3$  左右。CCD 摄像机每场积分时间内的像移量与场积分时间成正比关系。控制像移需要的场积分时间,按下式计算。

$$t = \frac{1}{3} \frac{H}{V f_{\max}} \cdot a \text{ (s)}, \quad (2)$$

式中:  $a$  —CCD 像元尺寸。

CCD 输出信号的幅值与入射光强和场积分时间的乘积成正比例。场积分时间减小后,需要保证 CCD 摄像机所需的照度值。此时 CCD 摄像机所需地面照度值为:

$$E_{\text{地}} = E_{\min} \times \left(\frac{F_{\text{系}}}{F_{\text{摄}}}\right)^2 \times \frac{t_{\text{摄}}}{t_{\text{系}}} \times \frac{\tau_{\text{摄}}}{\tau_{\text{系}}} \times \frac{\rho_{\text{摄}}}{\rho_{\text{系}}}, \quad (3)$$

式中:  $E_{\min}$  —CCD 摄像机最小灵敏度 ( $t_{\text{摄}}$ 、 $F_{\text{摄}}$ );

$F_{\text{系}}$  —光学系统光圈数;

$F_{\text{摄}}$  —CCD 摄像机测试时,光学镜头的光圈;

$t_{\text{摄}}$  — $1/50$  CCD 摄像机测试时所选用的积分时间;

$t_{\text{系}}$  —为控制像移,设定的电子快门积分时间,  $s$ ;

$\tau_{\text{摄}}$  —CCD 摄像机原配光学系统透过率;

$\rho_{\text{摄}}$  —大气透过率;

$\tau_{\text{系}}$  —CCD 摄像机测试时反射率;

$\rho_{\text{系}}$  —地面平均反射率。

采用减少 CCD 场积分时间控制像移的先决条件是在实际工作环境下最小地面照度值要大于  $E_{\text{地}}$ 。

机载摄像系统选用 SSC-50AP CCD 摄像机<sup>[3]</sup>,其像元尺寸为  $8\mu\text{m} \times 8\mu\text{m}$ ,电子快门  $1/50 \sim 1/10000$  共分 8 档,变化 200 倍。飞机飞行速度  $150 \text{ km/h}$ ,飞行高度  $1.6 \text{ km}$ ,光学系统焦距  $f_{\max} = 200\text{mm}$ ,控制像移量小于  $1/3$  像元尺寸,即  $0.0036\text{mm}$ ,积分时间需小于  $\frac{1}{1160} \text{ s}$ ,取电子快门工作在  $\frac{1}{2000} \text{ s}$  档,像移量为  $0.0024\text{mm}$ ,保证图像清晰,达到所需分辨力。

### 4 自动调光

根据不同景物亮度,如何自动选择电子快门积分时间的档次及确定可变光阑孔径的大小,以及两者之间如何配合协调一致工作是 CCD 摄像机实现全自动调光的关键问题。CCD 摄像机全自动调光系统工作原理框图如图 3 所示。

#### 4.1 可变光阑孔径调整

可变光阑是用于控制通光孔径大小的装置,通过改变通光孔径改变入射到 CCD 靶面上的照度,调节它可以得到合适的照度。

被摄景物的入射光,经过光学镜头,可变光阑,成象在 CCD 靶面上。摄像机输出的视频信号可以直接送至监视器实时显示或经无线电传输至地面站供指挥员决策。同时视频信号作为被检和被控信号,通过视频放大,直流电平恢复,射随器,经积分器输出与 CCD 靶面照度成比例的直流电平,输出的直流电平与调光基准电压进行比较后,单片机

输出控制信号<sup>[6]</sup>,经功率放大控制调光电机运动,调光电机带动可变光阑改变光阑孔径,从而改变入

射到 CCD 摄像机靶面上照度,使其达到期望值。

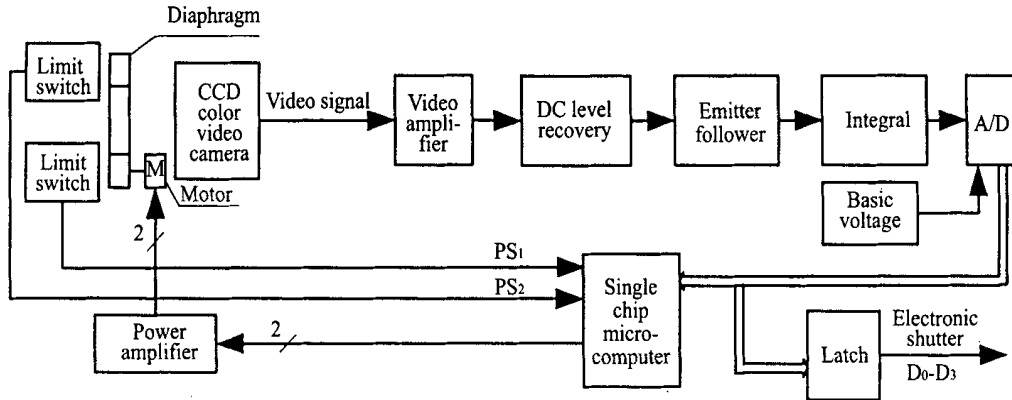


图 3 CCD 摄像机全自动调光系统工作原理框图

Fig. 3 Schematic diagram of the automatic light - adjusting system of CCD video camera.

通常可变光阑孔径由  $F_2 \sim F_{22}$ ,像面亮度变化 120 多倍。

### 4.2 全自动调光

当入射光强度变化很大时,单纯改变可变光阑孔径无法满足调光范围要求,必须改变电子快门积分时间。改变电子快门积分时间使用遥控方式,对于 SSC-50AP CCD 摄像机<sup>[3]</sup>,电子快门有手动和自动两种工作模式,此时电子快门工作在自动模式。电子快门积分时间与其控制信号关系见表 1。为控制像移,电子快门工作范围仅  $\frac{1}{2000} s$ 、 $\frac{1}{4000} s$  和  $\frac{1}{10000} s$  三档。

表 1 电子快门积分时间与控制信号关系表

Table 1 Integration time and control signals of the electronic shutter

Integration Time ( s )	D <sub>3</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>0</sub>
1/2000	1	0	1	0
1/4000	1	0	0	1
1/10000	1	0	0	0

在可变光阑孔径最大和最小处分别设置光弱限位开关  $PS_1$  和光强限位开关  $PS_2$ 。若电子快门起始设置在  $1/4000 s$  档,对应某景物,输出视频信号经放大,直流电平恢复,积分后与调光基准电压不等,则出现下面三种工作方式。

a)  $PS_1 = PS_2 = 0$ ,电子快门不换档,单片机控制可变光阑改变孔径,把 CCD 摄像机靶面上照度调节到与调光基准值相等,调光电机停止运动。

b)  $PS_1 = 1, PS_2 = 0$ ,视频信号弱,可变光阑处于最大孔径,单片机控制电子快门工作在  $1/2000 s$  档。单片机控制可变光阑向减少光圈方向运动,把 CCD 摄像机靶面上照度值调整到与调光基准值相等,调光电机停止运动。

c)  $PS_1 = 0, PS_2 = 1$ ,视频信号强,可变光阑处于最小孔径。单片机控制电子快门工作在  $1/10000 s$  档。单片机控制可变光阑向增加光圈方向运动,把 CCD 摄像机靶面照度调节到与调光基准值相等,调光电机停止运动。

本系统中电子快门可变 3 档,积分时间从  $1/2000 s$  档至  $1/10000 s$  档,相差 5 倍,可变光阑光圈从  $F_2 \sim F_{22}$ ,可调 120 多倍,自动调光范围 1:600 倍。调光范围比单纯用可变光阑增加 5 倍。

## 5 结束语

用于空中侦察和测量的 CCD 电视摄像系统一般都提出小型化要求,同时要求可靠性高。利用 CCD 摄像机上的电子快门控制积分时间来减少一场时间内 CCD 靶面上像移量实现像移控制的方法与按给定  $V/H$  进行被动像移补偿的方法及自动跟踪地物的主动像移补偿等一些方法相比较,其方法简单,无需添加机械结构,不增加摄像系统重量和体积,电路简单,可靠性高,并且利用 CCD 摄像机的电子快门与光学镜头、可变光阑组

合的全自动调光比单纯用可变光阑自动调光或者单纯利用电子快门调光其调光动态范围大、结构紧凑、体积小,重量轻。

在小型电视摄像系统中利用减少 CCD 积分

时间来控制像移;利用电子快门和可变光阑结合的自动调光方法,已得到实际应用并取得了较好效果。

#### 参考文献:

- [1] 王庆有. CCD 应用技术[M]. 天津:天津大学出版社,2000.
- [2] 刘迎春. 传感器原理设计与应用[M]. 北京:国防科技大学出版社,1999.
- [3] SONY. SSC-DC50AP Color Video Camera [M]. Japen, SONY I. C,1998.
- [4] 赵红颖,金宏,熊经武. 电子稳像技术概述[J]. 光学 精密工程,2001,4:353-359.
- [5] 蔡文贵,李永远,贺鹏令. CCD 技术及应用[D]. 陕西省兵工学会光电专业委员会,1991.
- [6] 鄢定明. 单片计算机应用技术[M]. 北京:人民邮电出版社,1988.

### Automatic light-adjusting system of CCD video camera

JIN Long-xu, LU Zeng-ming, XIONG Jing-wu

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,  
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China)

**Abstract:** With the combination of an electronic shutter and a variable diaphragm in a CCD video camera system, light is adjusted automatically under the control of a single chip microcomputer. In this way, not only is the dynamic scope extended, but also the effective control is made on image displacements produced by dynamic goal. Its maximum image displacement is controlled within 0.0024mm. The methods brought out in this paper have practical use for small television video camera systems.

**Key words:** image displacement; variable diaphragm; electronic shutter

**作者简介:**金龙旭(1965-)男,吉林省龙井市人,硕士学位,副研究员,现中国科学院长春光学精密机械与物理研究所在读博士,主要从事空间光学工程光电技术应用研究工作。