

变焦距镜头调焦机构和光栏机构的设计

李 鹤 玲

摘要 介绍变焦距镜头的两个重要组成部分——调焦机构和光栏机构的设计。

调焦机构常用的有两种形式：一种是多头螺纹旋转调焦；另一种是螺旋槽移动调焦。文章对这两种调焦机构作了详细论述，并对两种机构的特点做了对比。在介绍光栏机构的同时，提出一种查表与作图相结合的设计单圆弧光栏片的方法。

一、前 言

焦距在一定范围内可以连续变化的镜头称作变焦距镜头。变焦距镜头一般是由调焦组、变倍组、补偿组、后固定组及光栏机构组成。

调焦组的作用是通过调焦机构，使调焦组沿光轴方向移动，以保证在远近不同距离上的物体，都能清晰地成像在像面上。因此，它的精度及机构优劣直接影响到变焦距镜头的成像质量。

二、调焦距离的计算

从图1的光路图中可以看出，当被摄物体在无穷远处即 $l = \infty$ 时，物体成像在调焦组的焦面上，即 $l' = f'$ ，而被摄物体在近距离时，要保持被摄物体的像仍在原像面上，必须向前移动调焦组 δ 距离，这个距离就叫调焦量。

根据高斯公式： $\frac{1}{l'} - \frac{1}{l} = \frac{1}{f'}$ 可以推出调焦量的计算公式为：

$$\delta = \frac{1}{2} [- (l + f') \pm \sqrt{(l - f')^2 + 4f'^2}] \quad (1)$$

式中： f' 为调焦组焦距

l 为被摄物体的距离

δ 为对应某距离的调焦量

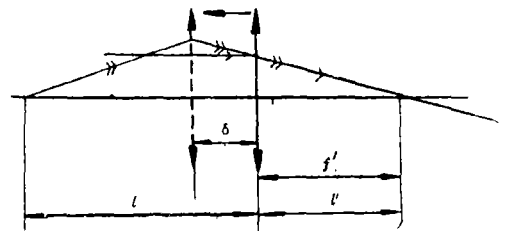


图1

三、调焦机构的设计

变焦距镜头的调焦机构常用的有转动调焦机构和移动调焦机构两种形式，这里只介绍

多头螺纹转动调焦机构和螺旋槽移动调焦机构。一般调焦机构又由两部分组成：一部份是使调焦组移动的机构；一部份是使调焦组从无穷远到近距离的限位机构。

(一) 多头螺纹转动调焦机构

具体结构如图 2。调焦时，转动调焦手轮 1，止螺带动调焦多头螺母 3 与调焦手轮一起转动，完成调焦运动。调焦多头螺母带动调焦限位钉 5 及调焦停档滑块 6，在主体螺旋槽内一起转动，主体螺旋槽起限位作用。

细牙螺纹一般采用 (0.5~0.75) mm 螺距，通过它改变调焦组与变倍组的空气间隔，从而确定无穷远点距离成像的位置，即确定调焦刻度环的起始位置。

多头螺纹现在一般采用“中华人民共和国专业标准”所规定的光学镜头调焦螺纹 ZBN 04。调焦螺纹的导程及螺纹头数的确定根据调焦量和调焦转角（调焦转角一般选在 180°~250°）等参数决定。

调焦移动量 δ 与调焦螺母的转角 α 有如下关系：

$$\delta = n \cdot t \frac{\alpha}{360^\circ}$$

式中：n 是多头螺纹头数
t 是螺距

为了保证调焦组与整个系统的光轴同心，调焦组镜框与多头螺母除细牙螺纹联接以外，必须有足够的圆柱面配合，配合面在加工时，采取配车的方法，以便控制间隙，一般采用 $\frac{H7}{h6}$ 滑配合。为了防止变形和提高配合精度，多头螺母与主体多头螺纹要染黑后精车；三个主要件：调焦组镜框，多头螺母及主体（多头螺纹）粗加工后要进行充分时效处理，精加工后再次时效处理。以消除切削加工的内应力。

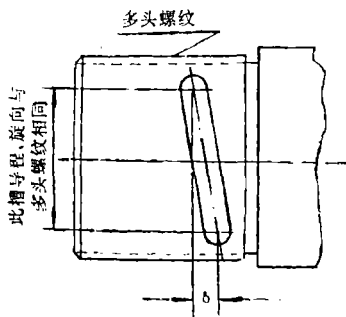


图 3

调焦距离刻度环上同时用两种颜色表示。

(二) 螺旋槽移动调焦机构

具体结构如图 4。调焦带动钉 4 即在调焦手轮的螺旋槽内，又在主镜筒 2 的直线槽内，因此，当转动调焦手轮 5 调焦时，调焦带动钉只能沿主镜筒直线槽前后移动，进而带动调

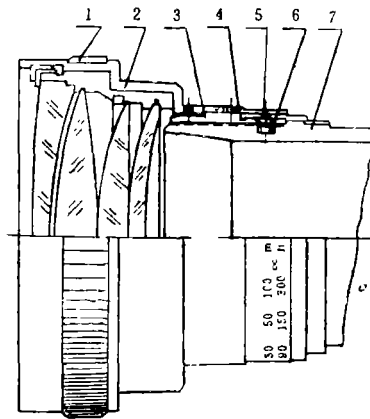


图 2

1—调焦手轮； 2—调焦镜框； 3—多头螺母； 4—调焦刻度环； 5—调焦限位钉； 6—调焦停档滑块； 7—主体

(2)

调焦组的限位机构是由主体上的螺旋槽控制。螺旋槽的导程和旋向与多头螺纹相同。它的旋转角度 α 与完成调焦移动量所要旋转的角度相同。螺旋槽就是调焦限位停档，如图 3。

调焦距离的刻度，在有的国家已经标准化，距离的刻度按照规定系列选取，然后，代入公式 (1)，计算出不同距离的调焦量，进而算出不同调焦量调焦刻度环所要转动的角度，并按其角度在调焦刻度环上，刻出不同的距离。一般同时标出 m 和 ft 两种数值，在

焦移动环 6 及调焦镜框 1 做前后移动, 完成调焦运动。

这种机构其同心度靠圆柱面配合, 一般采用 $\frac{H_7}{h_6}$ 配合公差, 这种配合间隙容易控制, 偏心很小 (一般在 0.03~0.05 之间), 所以同心度比多头螺纹联接精度高。在调焦时, 调焦镜组只作前后移动, 而无转动, 不易产生像点漂移和由于调焦组的偏心而造成的彗差。这对跟踪测量用的镜头是最可取的。

这种机构调焦时需将调焦镜框移出镜筒, 即使没进行外表面装饰的配合摩擦面也露在外边, 这一点对比较考究外观的电影摄影和电视摄像镜头就不十分合适, 而对一般放在设有外罩里的跟踪, 测量用变焦距镜头来讲, 恰恰很合适。

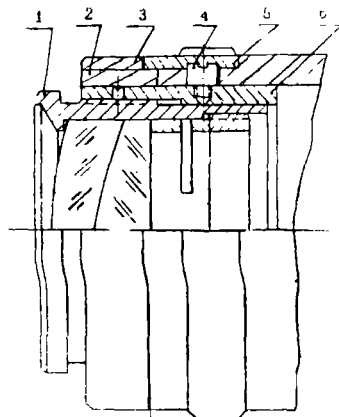


图 4

- 1—调焦组镜框; 2—主镜筒; 3—档圈;
4—调焦带动钉; 5—调焦手轮 (直齿轮);
6—调焦移动环

四、可变光栏机构的设计

可变光栏也是变焦距镜头的一个重要机构, 它主要用来控制通过光学系统的光通量, 改变像面的照度, 控制曝光时间, 适应于各种亮度的情况下拍摄, 从而获得更好的清晰度。

具体结构见图 5。光栏片 1 的一端铆有光栏铆钉 2, 它插在光栏固定环的 3 孔内, 光栏片另一端的背面也铆有光栏铆钉, 它在光栏转环 4 的槽内移动, 当转动光栏手轮 7 时,

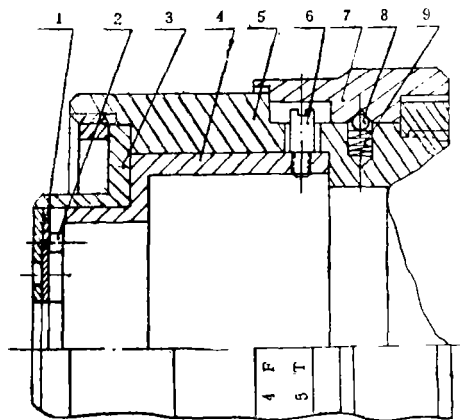


图 5

- 1—光栏片; 2—光栏铆钉; 3—光栏固定环; 4—光栏转环; 5—后主体; 6—光栏拨钉; 7—光栏手轮; 8—钢球; 9—弹簧;
装配都很不方便。

实际上, 一般镜头结构允许光栏片有较大的外径。在这种情况下, 加宽光栏片, 就可以减少光栏片片数。因此, 必须修正选取的光栏片, 用查表和作图相结合的办法, 很快就会求出减少后的光栏片的片数。

具体作法如图 6 (以最大光孔 $2\rho_n = 20\text{mm}$ 为例)。

光栏片 1 的另一端也铆有光栏铆钉, 它在光栏转环 4 的槽内移动, 当转动光栏手轮 7 时, 通过光栏拨钉 6, 使光栏转环转动时, 就推动光栏片上的铆钉, 光栏片则以装入固定环的铆钉为旋转轴摆动, 光栏孔随着光栏手轮转动而改变其直径, 由大到小, 反之由小到大。

根据光学系统的最大光孔直径和相对孔径系列可设计可变光栏形状和尺寸及光栏手轮相对各级光孔的刻度标志。

光栏片一般可以设计成单圆弧、双圆弧和等转角可变光栏。在有些情况下, 也可以通过作图法设计或直接查表。

但是, 按查表画出的光栏片是一种最窄的极限状态, 这种光栏片数量多, 加工和装配

(1) 首先按最大光孔查表, 确定 $r_m = 10\text{mm}$; $\omega = 135^\circ$; 如图 6 (a), ($D_o = 28\text{mm}$, $\gamma = 30^\circ$; $N = 12$ 为参考)。

(2) 按镜头实际尺寸确定最大外径, $D_o = 40\text{mm}$, r_m 不变, ω 不变, 画一光栏片, 光栏钉在两圆中心圆上。如图 6 (b)。

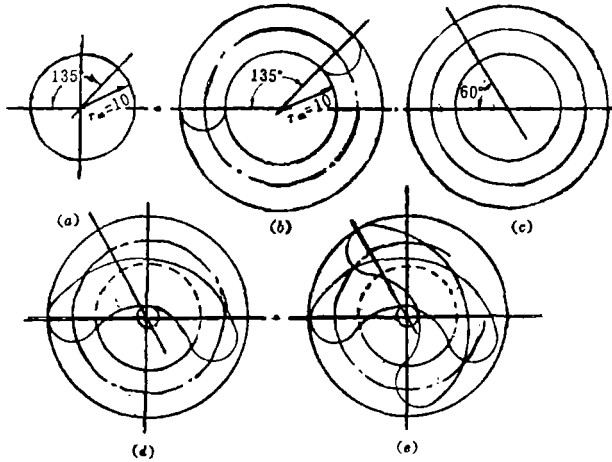


图 6

(3) 再画一固定环, 外径与 D_o 相同, 内径与 r_m 相同, 光栏钉在两圆中心圆上。假设取 $\gamma = 60^\circ$, 先画出两光栏钉的位置, 如图 6 (c)

(4) 在固定环中心画一最小光孔, 让光栏片绕第一个固定钉转动至最小光孔位置, 画出其位置轮廓线。再把光栏片放在 $\gamma = 60^\circ$ 的位置上, 绕第二个固定钉转动至最小光孔位置上, 再画出光栏片的轮廓线, 如图 (e), 比较光栏片的两个位置。如果在最大光孔内没有漏光, 即为成功。根据 $\gamma = 60^\circ N$ 取 6 片即可。

(5) 若有漏光, 如图 7 (黑色处), 就重新选取或缩小 γ 角, 或增大光栏片宽度。

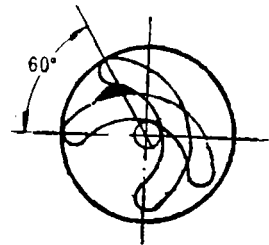


图 7

相对孔径系列是以 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 为公比的等比级数关系变化 (如表

1)。

表 1

$\frac{1}{0.7}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1.4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2.8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5.6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{22}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{45}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{90}$	$\frac{1}{128}$
-----------------	---------------	-----------------	---------------	-----------------	---------------	-----------------	---------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------

由相对孔径系列及最大光孔直径可按下列式求出各级光孔直径:

$$D_n = \frac{F_o \cdot D_o}{F_n}$$

式中: D_o 为最大光孔直径

F_o 为最大光孔直径的 F 数

D_n 为各级光孔直径

F_n 为各级光孔所对应 F 数

相对孔径数值的分母，刻制在光栏手轮 7 上，光栏手轮内孔按不同相对孔径的不同转角刻出相应定位槽，由钢球 8 和弹簧 9 定位。(见图 5)。

相对孔径数值一般标注两种：一种是“ F ”制，一种是“ T ”制。“ T ”制光圈考虑了光线通过光学系统的损失，像面实际得到的光能量，因此，“ T ”制较之“ F ”制更准确、可靠。

$$T_{\text{值}} = \frac{F_{\text{值}}}{\sqrt{\text{透过率 } t}}$$

参 考 文 献

- [1] 《光学仪器设计手册》编辑组编；《光学仪器设计手册》，国防工业出版社，1972年
- [2] 荆工、史尔编；《应用光学》，国防工业出版社，1973年

The Zoom and Stop Structure Design of the Zoom Lens

Li Heling

Abstract

This paper presents the design methods of the zoom and stop structure that are two important parts in a zoom lens. There are usually two types of the zoom structures in which one works by rotating a screw with multi-threads and the other works by the movement of a screw slot. The paper describes these structures in detail and also make a comparison between their characteristics. Finally the paper presents a method for designing a single-are stop by look-up table and drafting.