

# 变焦距镜头导向机构的类型

张治中 李晓惕

**要:** 本文对变焦距镜头的机构核心—变倍、补偿镜组的导向机构, 即直线运动导轨试作分类研究。

## 一、绪 言

设计变焦距镜头机械结构的重要部位是变倍、补偿镜组的导向机构。因此, 导向机构的方案选取, 导向精度, 结构工艺性一直是结构设计者研究的课题。

近二十年来, 国内变焦距镜头设计研制已取得进展, 许多较高性能的变焦距镜头已在电影、电视、照像等技术行业得到应用。然而, 与国外变焦距镜头相比, 结构性能还存在较大的距离。此外, 随着电子计算机应用的发展, 宽带增透膜工艺技术的突破, 大相对孔径、超视场角、高倍率小型化超近摄距离等变焦系统的出现, 为结构设计提出更高要求。因此, 研究变焦距镜头导向机构的发展趋势和机构的类型特征是必要的。

## 二、变焦距镜头导向机构

在变焦距镜头系统中, 沿光轴移动的镜组有调焦镜组, 变倍、补偿镜组。其中, 变倍、补偿镜组沿光轴作直线运动改变镜头的倍率, 它是变焦距镜头系统的核心。我们把保证变倍、补偿镜组往复作直线运动的机构称为变焦距镜头的导向机构(以下简称导向机构)。

导向机构主要由支承约束移动镜组作往复运动的承导件(导轨), 和移动镜架构件组成。导向机构不是通常讲的平面直线运动导轨副, 而是圆型空间直线运动导轨副。变焦距镜头导向机构在不断更新, 已有各式各样的机构典型。下面对导向机构作分类介绍。

## 三、导向机构分类

变焦距镜头导向机构的种类很多, 按接触摩擦性质可分成两大类: 滑动摩擦机构和滚动摩擦机构。

滑动摩擦机构是承导件(导轨)与运动镜架之间采用滑动接触方式, 滚动机构是承导件与运动镜架之间采用滚动方式。另外, 在一些变焦距镜头中已有滑动和滚动接触相结合的导向机构。

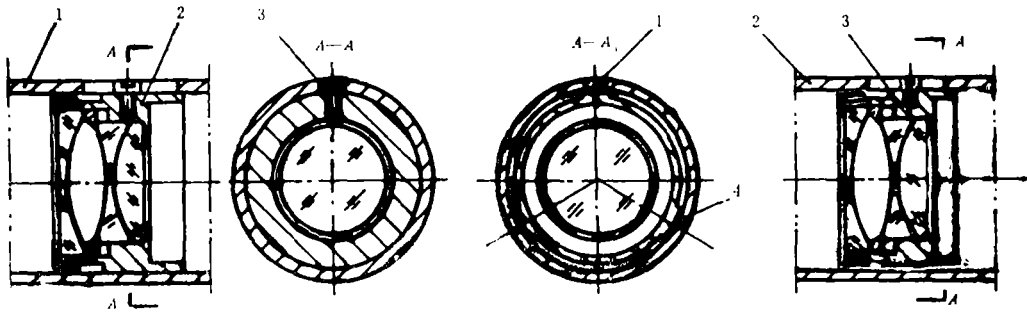
按导向机构的导轨形式可分为: 圆筒导轨、圆棒导轨、槽型导轨和方型导轨。下面以导轨形式对具体导向机构作分类讨论。

### (一) 圆筒导轨机构

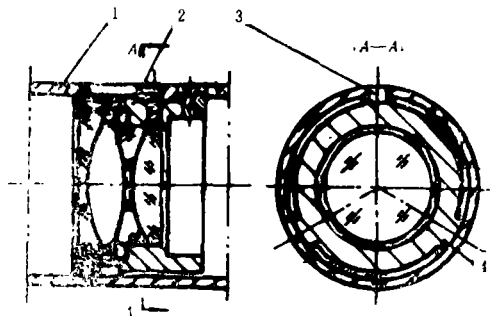
圆筒导轨机构是把主镜筒内圆柱面作为运动镜架的支承导轨面的直线运动导向机构。又根据运动镜架与导轨面的接触方式不同分为圆筒滑动导向机构和圆筒滚动导向机构。

#### 1. 圆筒滑动导向机构

这类机构是运动镜架的外圆柱面与圆筒承导面成滑动配合。一般选取配合精度与光学系统同轴度的精度有关，变倍镜组和补偿镜组要消除透镜滚边的偏心差，两组与系统的同轴度靠镜架的外圆柱面配合公差保证。此机构工艺简单，结构紧凑、装配方便。其中图1是这类机构的实例。



(a) 1. 主镜筒; 2. 镜架; 3. 导向钉  
(b) 1-导向钉(滑块); 2-主镜筒; 3-镜架; 4-尼龙片



(c) 1-主镜筒; 2-镜架; 3-滑块; 4-凸台(配合面)。

图1 圆筒滑动导轨机构

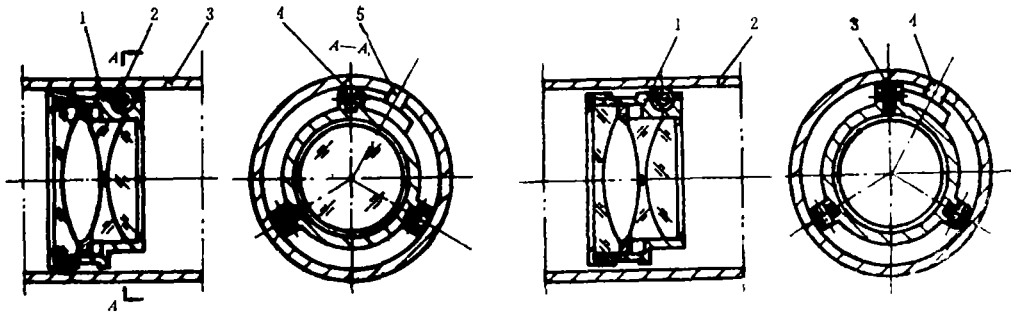
其中图1(a)是圆柱面配合，导向钉作导向的机构断面图1(b、c)二种机构是从改善滑动配合的接触条件、摩擦性质、提高导向性能和工艺性出发而创立的典型机构。

图1(c)是法国生产的16mm Sopelen  $f_{12\sim 120}D/f=1:3.3$  变焦距镜头变倍组导向机构的截面图图1(b)是瑞士生产的  $f=(16\sim 100)\text{mm } D/f=1:1.9$  变焦距镜头变倍组导向机构的截面图。图1中(b)、(c)变倍组镜架在主镜筒内轴向滑动灵活，摩擦面积减小，在镜架上 $120^\circ$ 等分加工出三个凸台。为提高镜头使用寿命，在凸台上采用贴尼龙片，或者镀硬铬等工艺措施。

#### 2. 圆筒滚动机构

在运动镜架上，安装三对滚轮（尼龙轮、钢轮、微型轴承），滚轮成 $120^\circ$ 分布，让滚轮在

主镜筒的内圆柱面上滚动，把这类导向机构称做圆筒滚动机构。如图 2 (a) 所示的导向机构是英国柯克35mm电影20×5变焦距镜头变倍组的截面图，尼龙轮与导轨面是弹性接触，滑块定向。图 2 (b) 是国内采用微型轴承的35mm电影5倍变焦距镜头的变倍组导向机构，每个轴承均能调节偏心。除此之外，国内运用此种机构曾设计工业电视镜头等多种倍率的变焦距镜头。

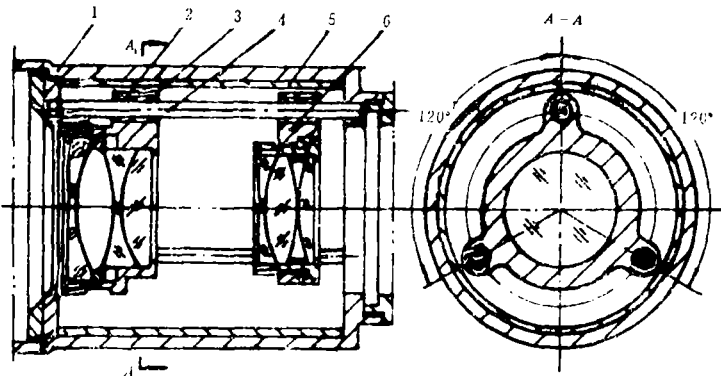


(a) 1-镜架； 2-滚轮； 3-主镜筒； 4-弹簧片； 5-滑块。  
 (b) 1-镜架； 2-主镜筒； 3-轴承； 4-滑块。

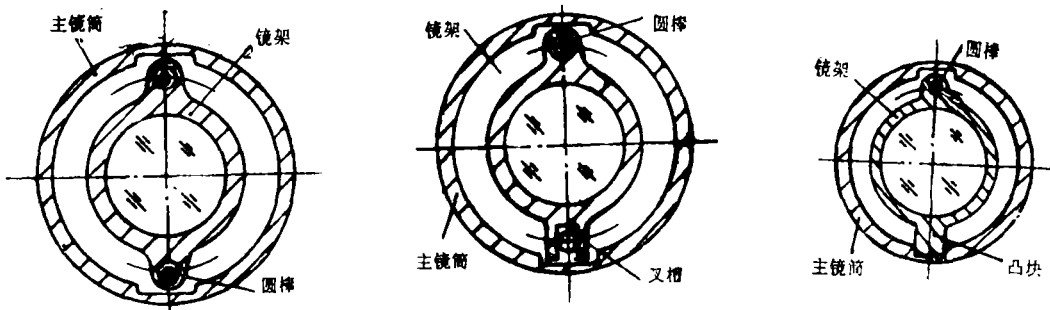
图2 圆筒滚动机构

(二) 圆棒导轨机构

我们把圆棒作为运动镜架的导轨，运动镜架套在圆棒上，实现往复变倍的导向机构称作



(a) 1-主镜筒； 2-变倍组镜架； 3-圆棒； 4-圆棒； 5-凸轮； 6-补偿组镜架



(b) Canon TV200  
f12.5mm-75mm

(c) 菲尔岗  
f80mm-240mm

(d) Carl Zeiss  
f10mm-100mm

图3 圆棒导轨机构

圆棒导轨机构。这类机构又可分滑动和滚动摩擦两类，在电影、电视摄像等变焦距镜头中使用普遍。若按圆棒的数量又分为三棒、二棒、单棒式导向机构。

早在六十年代国外一种 8 mm 电影摄影镜头，光学系统是三组元光学补偿式，其结构就采用了单棒式。

三根导向圆棒成 120° 分布，如图 3 (a) 所示。近二十年来，这种圆棒机构大为简化用于机械补偿式变焦距镜头中。如图 3 (b) 的二棒机构，它是 Canon TV200  $f$  12.5mm-75 mm  $D/f = 1:1.8$  变焦摄像镜头的导向机构。

图 3 (a) 所示，为保证变倍，补偿镜组的同轴度，在主镜筒左端加固定支承法兰与主镜筒右端一次镗孔，保证两孔的同轴。使三根圆棒导轨平行光轴，使二镜架同轴，圆棒导轨的形位公差保持一定精度，在此不作精度分析。

在镜架与导轨的配合孔紧压摩擦套，提高耐磨性。

图 3 (c) 是菲尔岗， $f = 80\text{mm} \sim 240\text{mm}$ ， $D/f = 1:4$  变焦距镜头，也采用二棒导向机构，图 3 (d) 是从西德引进的 Carl Zeiss 16mm  $f = 10\text{mm} \sim 100\text{mm}$   $D/f = 1:1.8$  变焦距摄影镜头，导向机构就采用了一根圆棒。图 3 中的 (b)、(c)、(d) 均是从三棒导轨发展而来的，从工艺性能和同轴度保证上都优于三棒导向机构，在变焦距镜头结构设计中优先选取一棒和二棒导向机构，具有独道之处，发展很快。

圆棒滚动导向机构是在一根圆棒上套一隔离层，层上有很多安装滚珠的孔。当把滚珠安装在孔内后，让运动镜架套筒直接与圆棒上的滚珠接触，改变了接触摩擦性质。这种导向机构曾多数用于长焦距伺服系统电视变焦距镜头中，如图 4 所示。

### 三) 槽形导轨机构

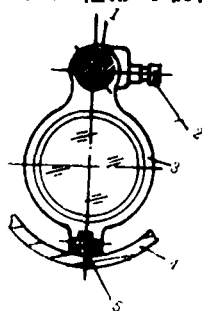


图 4

- 1-圆棒； 2-凸轮钉；  
3-运动镜架； 4-主镜筒；  
5-滚轮。

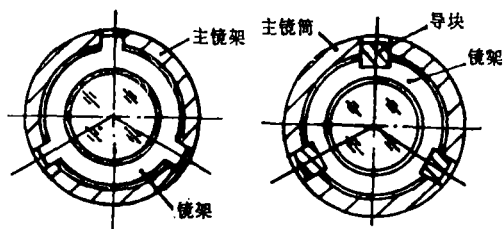
在主镜筒上加工出方形的通槽或不通槽，以槽的侧面作为运动件的滑动、滚动承导面。显然，导轨面的直线性、平面度、光洁度、槽的宽度精度决定这类导向机构的精度。由于导轨是在主体镜筒上，机构紧凑，易于结构小型化，受到极大重视。这种导轨机构按摩擦性质分成槽形滑动机构和槽型滚动机构。

#### 1. 槽形滑动导向机构

这类机构若按槽的角度分，有 120° 分布和 90° 分布的机构。按内运动件的形状分有方型导块机构（凸块机构）、V 型导块机构、半圆型导柱机构等。

##### (1) 方型导块机构

早先这类机构单从稳定性出发，用方块或在运动镜架上加工出三个凸块与槽面精密配研而成一定精度的导向机构。图 5 (a) 所示的机构是主镜筒上加工



(a) 三爪导块机构

(b) 导块机构

图 5 方型导块机构

三条通槽（或不通槽），并在镜架上加工出三个120°分布的凸块与槽精密配研而成。

图 5 (b) 这种导向机构是在运动镜架上安装三条方形导块，与主镜筒上的方槽精密配研而成。如蔡司生产的变形摄影镜头，头部镜组移动就采用了这种导块机构。

(2) V型导块机构

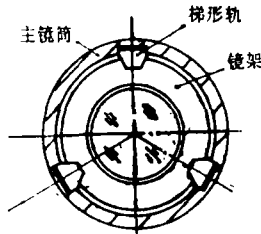


图 6 V型导块机构

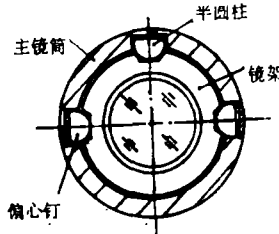
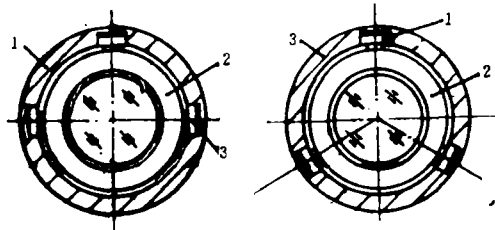


图 7 半圆型导柱机构

图 6 所示的导向机构是从改善接触条件出发，把面接触近似改成一定宽度的线接触，即把方块加工成V型导块与槽精密配研而成。国内研制的35mm10×、20×电影变焦距镜头就采用了这种V型导块机构。

(3) 半圆型导柱机构

从机械原理方面考虑，把面接触换成线接触的半圆柱导向机构是槽形导轨机构的佼佼者。法国安琴生产的35mm10×电影变焦距镜头采用的就是这种半圆型导柱机构。国内也设计不少不同倍率的电影变焦距镜头同样采用的是半圆型导柱机构，如图 7 所示。



(a) 1-主镜筒， 2-镜架， 3-滚轮。 (b) 1-微型轴承， 2-镜架， 3-主镜筒。

图 8 槽型滚动导向机构

(4) 槽型滚动导向机构

这种机构是从改善摩擦性质寻求机构的灵敏性、耐久性出发，采用滚轮和微型轴承实槽式滚动方式的机构，在高性能、高倍率、带伺服控制的变焦距镜头中得到广泛应用。

图 8 (a) 就是35mm电影10×18变焦距镜头中的槽式滚轮机构。按槽的角度分布有90°、120°分布的两种导向机构。120°分布的机构中运动镜架上安装七个微型轴承，90°分布的机构中只安装六个滚轮。法国16mm变焦距镜头其导向机构就是这种槽式滚轮机构。不过其中有两槽内放置了四个可调偏心的滚轮，另一槽内放置二个滚轮，共10个滚轮。(滚轮的数量依变倍、补偿镜组的移动量长短成正比变化)。

(四) 方轨形导向机构

在彩色电视变焦距镜头中，为使主体镜筒强度不受影响，在主镜筒内壁镶嵌方形导轨，

以导轨的两侧面为滚轮运动导轨面。根据安装导轨的条数又分为三轨、单轨导向机构。日本卡依生产的  $f = 16\text{mm} \sim 1600\text{mm}$  彩色电视变焦距镜头的导轨就采用三轨型滚动机构。七十年代国内生产彩色电视变焦距镜头也有仿上两种导向机构。

随着变焦距镜头的发展，导向机构也出现了滑动和滚动摩擦性质相结合的机构。在设计变焦距镜头中，根据光学系统精度、使用要求和加工工艺，选择合理的导向机构，是保证变焦距镜头像质优劣的关键。

## Types of Guide Devices of the Zoom Lenses

Zhang Zhizhong Li Xiaoti

### Abstract

This paper classifies and studies the guide devices of the zoom lenses as the important part of the zoom lens.