

# 校正像面倾斜的一种方法

王 立 昇

**摘要：**本文简要地说明了像面倾斜的主要原因及不利因素，论述了用物镜倾斜来校正像面倾斜的原理，给出了用单一物镜倾斜来校正像面倾斜的公式，并对所存在的问题进行了讨论。

## 一、引 言

一般摄像光学系统，不管是对近物目标还是远物目标成像其物面和像面都是垂直于光轴的。但有时由于某种原因（比如物面是倾斜的），则像面不垂直于光轴，而造成像的模糊。为了成像清晰，可以减小光学系统的相对孔径，使其景深增加，但是此种方法会使像面照度下降而不易应用。本文提出的方法是将镜组倾斜适当的角度，使倾斜的物面成像垂直于光轴。特别是对随机变化的物面要求实时校正像面倾斜，此方法更为适用。

## 二、用镜组倾斜来校正像面倾斜的原理

### （一）倾斜物面经过透镜组将成一倾斜的像面

如图 1 所示，设弯曲物面上任意一点  $A$  的切平面与垂直光轴面所成的二面角为  $\alpha$ ； $A$  点经过透镜组所成的理想像为  $A'$ ， $A'$  处的切面与垂直光轴平面所成的二面角为  $\alpha'$ ，则有

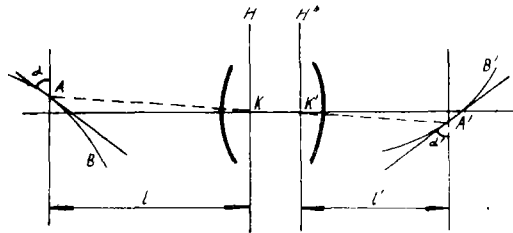


图 1

$$\operatorname{tg} \alpha' = M \operatorname{tg} \alpha \quad (1)$$

式中  $M$  为垂轴放大率； $l$ 、 $l'$  分别为过  $A$  和  $A'$  点作垂直于光轴的平面其交点到主点的距离。

现在我们来推导这一公式。对曲面在子午面内的曲线上任一点进行微分，即得该点切线的斜率为：

$$\frac{dx}{dy} = \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

同样在像方则有

$$\frac{dx'}{dy'} = \operatorname{tg} \alpha' \quad (3)$$

由纵、横放大率得:

$$dy' = Mdy$$

$$dx' = M^2dx$$

将 $dx'$ 、 $dy'$ 代入公式(3)中,得:

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{dx'}{dy'} = \frac{M^2dx}{Mdy} = M \frac{dx}{dy}$$

由公式(2)得:

$$\operatorname{tg} \alpha' = M \operatorname{tg} \alpha$$

## (二) 透镜组的主面与物面和像面之间的关系

1. 镜组直立情况。如图2所示,延长物面、像面分别交镜组前后主面镜组的子午面内于 $D$ 、 $D'$ 点,设二主点为 $K$ 、 $K'$ 。 $KD$ 、 $K'D'$ 分别为 $h$ 、 $h'$ 。在二个直角三角形中,故有

$$h = \frac{l}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (4)$$

$$h' = \frac{l'}{\operatorname{tg} \alpha'} \quad (5)$$

由公式(1)可得:

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{l'}{l} \operatorname{tg} \alpha$$

并代入公式(5)得:

$$h' = \frac{l}{\operatorname{tg} \alpha}$$

同公式(4)比较有

$$h = h' \quad (6)$$

如果将镜组的主面间隔看作是零(即可认为 $D$ 与 $D'$ 重合),那么物面、像面和成像镜组的主面就交于一条直线。

2. 镜组倾斜情况。如图3所示,作垂直主面的光轴交物面、像面的延长线分别为 $C$ 、 $C'$ 点;物、像的延长线交二主面于 $D$ 、 $D'$ 。这与镜组直立情况相同,即说明物面、像面和主面也交于垂直子午面的一条直线。

3. 物面垂直于光轴时,当然像面也垂直于光轴,此时相当于物面、像面和主面相交在无穷远的一条直线。

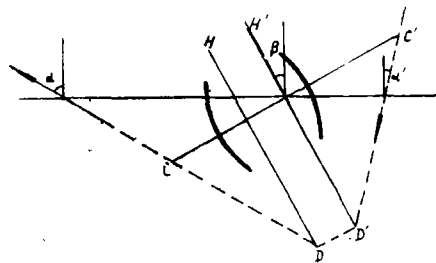


图 3

## 三、镜组倾斜校正像面倾斜的关系式

下面仅以单一镜组倾斜为例,来讨论像面倾斜的校正。

现在我们将镜组绕后节点(镜组在空气中,节点和主点重合)转动。设镜组偏离垂直情况的倾角为 $\beta$ ,如图4所示: $H$ 、 $H'$ 为光组的主面; $K'$ 为后节点; $A'B'$ 为物面 $AB$ 的像; $\alpha$ 、 $\alpha'$ 分别为物面和像面与垂直光轴面的夹角; $l_A$ 为镜组倾斜前物面 $A$ 点的物距; $l_B$ 、 $l_{B'}$ 分



当像面垂直时， $\alpha'$  为零。如果忽略主面间距  $t$  的作用，则得到简化的公式

$$\sin\beta = -\frac{f' \operatorname{tg}\alpha}{l_A} \quad (13)$$

式中

- $f'$  —— 镜组焦距
- $\alpha$  —— 物面偏离垂直光轴面的角度
- $l_A$  —— 物面和光轴的交点到镜组主点之距离
- $\beta$  —— 使像面垂直时，镜组需转的角度

#### 四、用单一镜组倾斜来校正像面倾斜所存在的问题

##### (一) 产生像位移

如图 5 所示， $\beta$  为镜组倾角； $l_A$  为物点  $A$  到镜组未倾斜时主点  $K$  之距离； $AE$  垂直于倾斜后的光轴， $E$  为垂足； $E'$  为  $E$  经倾斜镜组所成的像。过  $E'$  点作  $EE'$  的垂线  $E'F$ ，则  $A$

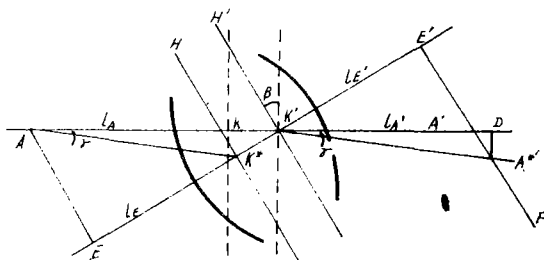


图 5

点经过倾斜镜组所成的像  $A^{*}$  必然在此直线上。再连接  $AK^*$ ，并由  $K'$  引  $AK^*$  的平行线，则  $A^{*}$  也必将在此直线上，这条直线与  $E'F$  相交，其交点即为物点  $A$  经过倾斜镜组所成的像点  $A^{*}$ 。过  $A^{*}$  作未倾斜时光轴的垂线，垂足为  $D$ ，则线段

$\overline{A^{*}D}$  为垂轴位移

$\overline{A'D}$  为轴向位移

由图 5 中的三角、几何关系并应用高斯光学公式，在给定  $l_A$ （原物距）、 $f$ （焦距）、 $t$ （主面间隔  $KK'$ ）、 $\beta$ （镜组倾角）时，可求出角度  $\gamma$ 、线段  $l'_A$ 、 $l_E$ 、 $l_{E'}$ 、 $l_{K'A}$ ，最后得出像的位移量  $\overline{A^{*}D}$  和  $\overline{A'D}$ 。

由图 5 还可看出，当  $\gamma$  为零时， $\overline{A'D}$  等于零，也就是说在下面三种情况下不产生垂轴像移。

1. 当镜组二主面间隔可以认为等于零时。
2. 物在无穷远时（此时可认为  $\gamma$  为零）。
3. 镜组倾斜角度为零时。

只有  $\beta$  等于零时，才不产生像的轴向位移。

要想消除像移，当然有不同方法，仅从镜组倾斜方面讲需用双组对称式的倾斜镜组来校正像面倾斜。由于篇幅所限，这里不作介绍。

## (二) 增大视场角

原物方视场角为  $2\omega$ ，则镜组倾斜后变为  $2(\omega + \beta)$ 。

## 五、结 束 语

目前我国研制和进口的飞行模拟机其视景模拟器都没有校正像面的倾斜。由于物距近、俯角变化大而使物面倾角也很大，因此造成视野内有很大一部分图像模糊。这对训练飞行员是不利的，尤其是对驾驶高速飞行器的驾驶员来说是更不利的。如果将倾斜的像面校正成垂直像面，则整个视野内有清晰的画面。

镜组倾斜和像面倾斜的某些问题也可用光学仪器装校、稳像装置和像面补偿等方面。

## A Method for Correcting Inclination of Image Plane

Wang Lisheng

### Abstract

This paper briefly explains main reasons and unfavourable factors for inclination of image plane. A principle for correcting the inclination of image plane by using inclination of objective lens is described. Related formulae are given and existential problems are discussed.