有前固定组两组元变焦曲线计算

计算思路:

提供初始位置，经过计算求出物像共轭距离（既光学总长）。假设在变倍过程中变倍组移动一个距离 x，其垂轴放大率变为 β^*_2。补偿组移动 y 后新垂轴放大率 β^*_3 与 β^*_2 应满足一个方程组，这个方程组的根本原理基于运动过程中共轭距离为一个常数。这里 β^*_2 为一个给定的常数，因此只要知道 β^*_2， β^*_3 就可以求出。补偿组位移 y 只是 β^*_3 的一个简单函数：$y=f_3'(\beta^*_3-\beta_3)$。

知识准备:

在清楚了计算思路之后，我们还需要对一些不是很常用的知识做一些准备，主要公式如下:

$$l=f'(1/\beta-1) \qquad (1)$$

$$l'=f'(1-\beta) \qquad (2)$$

知识准备完成后，任何计算都离不开原理图，因此我们需要给出初始位置的示意图如图 1 所示:

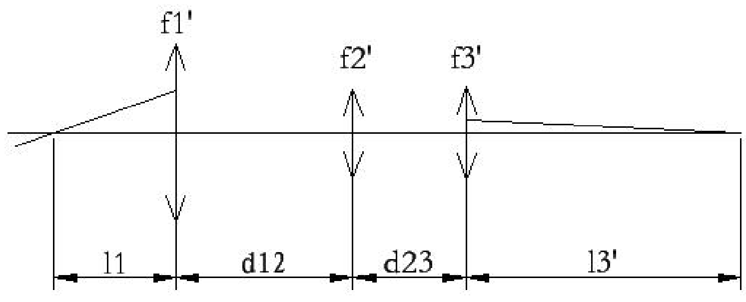

图 1 有前固定组两组元变焦系统模型图

由图 1 可知道如下初始条件：$l1$、$d12$、$d23$、$l3'$

根据简单几何光学公式推导可以得出:

$$\beta_1 = f_1' / (l_1 + f_1') \qquad (3)$$

$$\beta_2 = f_2' / (l_1' - d_{12} + f_2') \qquad (4)$$

$$\beta_3 = f_3' / (l_2' - d_{23} + f_3') \qquad (5)$$

上面式子中：$d_{12} = l_1' - l_2$、$d_{23} = l_2' - l_3$ ①

以上只是完成了初始条件的计算，现在我们考虑到变倍组产生了 x 位移后，补偿组与变倍组垂轴放大率的关系，为了有所区别所有变量后边均加*符号。

情况 1：现在我们假设 f_2' 为变倍组，f_3' 为补偿组。可以得出如下结论：

$$x = d_{12}^* - d_{12} \qquad (6)$$

又 $\because$ $d_{12}^* = l_1' - l_2^*$、$d_{12} = l_1' - l_2$

$$\therefore x = d_{12}^* - d_{12} = l_2 - l_2^* \qquad (7)$$

联系到（1)、(2）两式（7）式变为如下形式：

$$x = f_2'(1/\beta_2 - 1/\beta_2^*) \qquad (8)$$

利用（8）式推导出下面式子：

$$\beta_2^* = \frac{1}{(1/\beta_2 - x/f_2')} \qquad (9)$$

注意此处由于假设 x 变化量为线性关系，因此 x 在某些方面可以认为是常量。

由图 1 还可以看出：

$$y = l_3' - l_3^{*'} = f_3'(\beta_3^* - \beta_3) \qquad (10)$$

记住这个公式，我们求解补偿组位移时还要用到它。下面我们的任务转化为如何求出 β_3^*，这才是补偿曲线计算的关键。众所周知，在

变倍、补偿过程中要遵循一个原则：在任何位置共轭距离不会发生变化，表达成方程组如下所示：

$$l_1 + d_{12} + d_{23} + l_3^{'} = l_1 + d_{12}^{*} + d_{23}^{*} + l_3^{*'} \qquad (11)$$

结合（11）和 ①得出如下一元二次方程组：

$$\beta_3^{*2} + b\beta_3^{*} + 1 = 0 \qquad (12)$$

改写这个方程组：

$$\beta_3^{*2} + [\frac{f_2^{'}}{f_3^{'}}(\frac{1}{\beta_2^{*}} + \beta_2^{*} - \frac{1}{\beta_2} - \beta_2) - (\frac{1}{\beta_3} + \beta_3)]\beta_3^{*} + 1 = 0 \qquad (13)$$

其中：$b = \frac{f_2^{'}}{f_3^{'}}(\frac{1}{\beta_2^{*}} + \beta_2^{*} - \frac{1}{\beta_2} - \beta_2) - (\frac{1}{\beta_3} + \beta_3)$

于是 $\beta_3^{*} = \frac{b \pm \sqrt{b^2 - 4}}{2}$

利用公式（10）就可以求出补偿组位移 y。

情况 2：现在我们假设 f_3' 为变倍组，f_2' 为补偿组。为了保持变倍组位移任为 x，补偿组位移任为 y，将原来 x 变为 y，y 变为 x。得到下面公式：

$$x = l_3^{'} - l_3^{*'} = f_3^{'}(\beta_3^{*} - \beta_3) \qquad (14)$$

由公式（14）可以得到：

$$\beta_3^{*} = \beta_3 + x / f_3^{'} \qquad (15)$$

补偿组位移 y 由式（16）给出：

$$y = l_2 - l_2^{*} = f_2^{'}(1/\beta_2 - \beta_2^{*}) \qquad (16)$$

现在需要反过来将 β_2^{*} 表示成 β_3^{*}, β_3 的函数，根据公式（11）得出如下方程组：

$$\beta_2^{*2}+[\frac{f_3'}{f_2'}(\frac{1}{\beta_3^*}+\beta_3^*-\frac{1}{\beta_3}-\beta_3)-(\frac{1}{\beta_2}+\beta_2)]\beta_2^*+1=0 \qquad (17)$$

改写这个方程组:

$$\beta_2^{*2}+b\beta_2^*+1=0 \qquad (18)$$

其中: $b=\frac{f_3'}{f_2'}(\frac{1}{\beta_3^*}+\beta_3^*-\frac{1}{\beta_3}-\beta_3)-(\frac{1}{\beta_2}+\beta_2)$

于是 $\beta_2^*=\frac{b\pm\sqrt{b^2-4}}{2}$