

二维光学调整机构设计

翁明亮

(中国科学院上海光机所)

Design of a two dimensional adjusting mechanism for optical instruments

Weng Minliang

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Some principles that must be taken into account in the design of adjusting mechanisms for optical instruments are described based on tenets of kinematics. A two dimensional adjusting mechanism for optical instruments was designed and a brief analysis was made on this system. Facts show that this two dimensional adjusting mechanism for optical instruments has the advantages of not only simple structure, easy processing, but also convenient adjustment, stability and reliability.

各种光学调整机构的设计,同其它的光学仪器一样,应当符合运动学原理,这是从事光学仪器设计的人们所共知的。但是,在目前的光学实验室里的许许多多光学调整机构中,有的简单可靠,调整轻巧,有的笨重复杂,调节困难。这种差异原因是多方面的,但运动学原理应用不当是其中很重要的因素。

任何一种光学仪器在设计的过程中,首先要决定的是这个零件或组合件本身的运动。一般来说,这些零件或组合件总是可以抽象为一个刚体,因此我们要考虑的是刚体在空间任一瞬时的运动。

由理论力学得知,刚体在空间的任意运动可以分解为:

- 1) 在刚体内任取一点 O' (称为基点) 的移动。
- 2) 绕基点的转动(如图 1 所示)。

在刚体内取的基点 O' , 它的固定坐标系

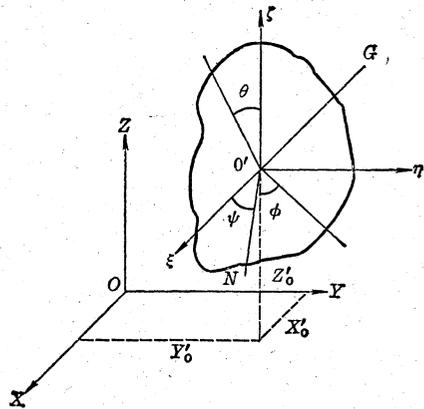


图 1

是 (O, x, y, z) , 它的位置可由 (x'_0, y'_0, z'_0) 表示。通过 O' 的动坐标系是 (O', ξ, η, ρ) , 则刚体的转动可由三个独立变化的欧拉角 (ψ, θ, ϕ) 决定。因此刚体在空间任一瞬间的位置可以由 6 个彼此之间没有任何关系的独立变

收稿日期: 1978 年 4 月 18 日。

量($\alpha_0, \gamma_0, z_0, \psi, \theta, \phi$)所决定。这6个变量也就是通常所说的刚体在空间的6个“自由度”。由此可见,某一刚体相对于另一运动着的刚体也有6个自由度。所以光学仪器的设计过程,就是要很好地解决某一零件或组合件相对于另一个零件或组合件的运动问题。

在实际的光学仪器机构中,具有6个自由度的零件是不存在的。当一个零件相对于另一个零件运动时,总是有一个或一个以上的自由度受到了限制,这种限制我们称之为“约束”。而所谓运动学原理就是:任何零件或组合件所受到的应有的约束,是由理论上最少的点接触所组成。

上述的运动学原理,是人们进行光学仪器机构设计的依据。但是在使用这个原理的过程中,也不能将其绝对化,而认为所有的机构都必须绝对符合运动学原理。例如,在外力很大或机构本身很重的时候,往往就不能完全使之符合运动学原理,在这种情况下,应该是根据实际可能的条件个别考虑。

因此,在设计光学仪器的机构时,必须注意下面几点:

- 1) 由于真正的点接触实际上是不存在的,因此设计时要尽可能做到接触面积很小。
- 2) 要避免任何的“多余约束”。
- 3) 如果由于外力的影响,而不得不增加“定位装置”时,要注意由“定位装置”而产生的作用力应该是可以控制的,这样才可避免不必要的变形。

在光学仪器设计过程中,具有两个自由度的机构,从理论上讲有下面三种组合,即两个移动,两个转动或一个移动及一个转动。

下面举一个应用运动学原理而设计的二维光学谐振腔调整机构的实例,如图2所示。

图中在固定板1上有中心线成 90° 角的球关节5和带球头的调整螺3、4。在调整板2上有中心线成 90° 角的锥孔B和V形槽C、平面D。由拉簧6的弹性拉力使1和2做紧密的弹性联结。球关节由圆锥孔定位,

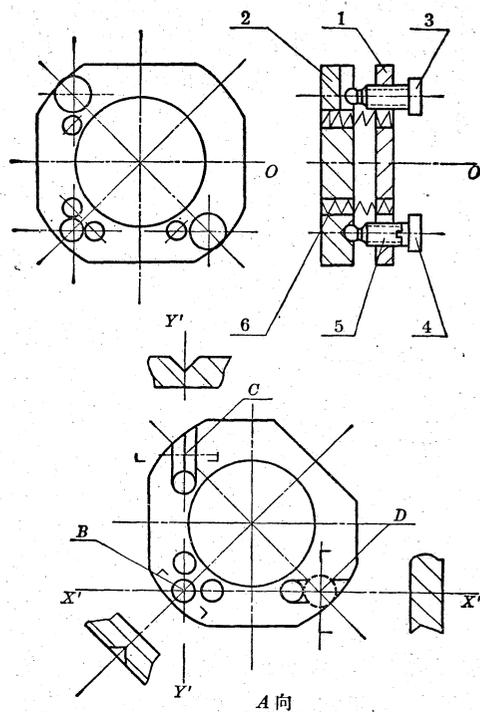


图 2

而调整螺3、4分别由V形槽C和平面D定位。

此时调整板2在空间的6个自由度已有4个自由度被约束(即3个移动和一个绕O-O轴线的转动),而只剩下绕 $x'-x'$ 轴线和 $y'-y'$ 轴线的两个转动。

调整方法是:转动调整螺4,改变D处1和2两板间的距离,则调整板2便绕 $y'-y'$ 轴线转动。转动调整螺3改变C处1和2两板间的距离则调整板2便绕 $x'-x'$ 轴线转动。

而调整板2有4个自由度被约束。B处是球与锥孔接触(这种接触可看作为3个点接触,因为球与三角锥孔的接触才是真正的三点接触),C处为球与V形槽的接触,D处为球与平面的接触,因此这种机构基本上实现了接触点少、接触面积小的要求。

在实际应用的过程中,有时外力大(如大气压力、待调件本身很重等等),还可以把调整板2上面D处球与平面接触也改为球与

V形槽接触,如图3所示。这种改变从理论上看来是增加了一个约束,但因加工误差与螺纹间隙相互补偿,所以使用时也达到了满意的效果。

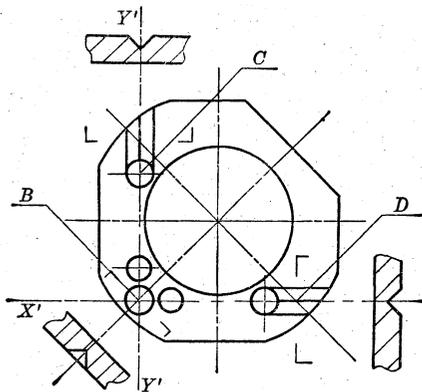


图 3

但是,这种“二维光学调整机构”绝不可将V形槽都改为平面,例如图4所示的机构。在这个机构中调螺与调整板接触点两处均为平面,因此,绕O-O轴线的转动这一约束就不能很好消除。所以,由固定板与拉螺之间有较大间隙,这就产生了调整板有绕O-O轴线转动的自由度。

下面介绍应用实例:

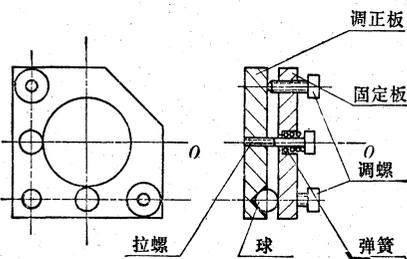


图 4

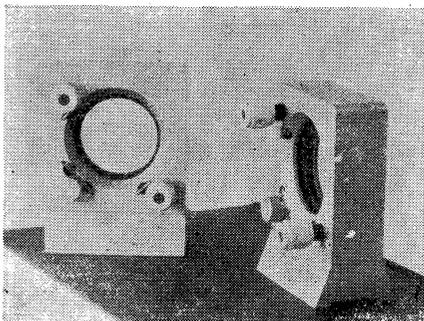


图 5

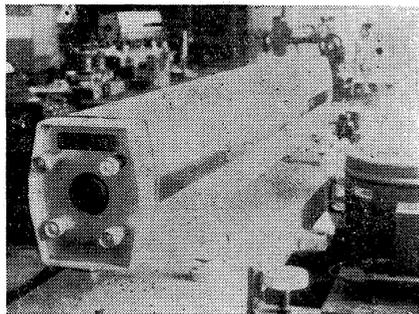


图 6

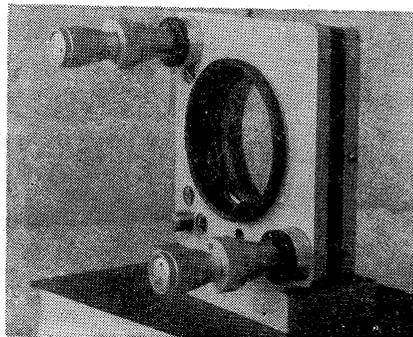


图 7

图5为一反射镜架的照片,是应用“二维光学调整机构”所设计的一组调整架($\phi 100$ 、 $\phi 50$ 、 $\phi 30$ 毫米)当中的一种($\phi 50$),可做俯仰和方位两个自由度的调整。

图6为一固体钎玻璃激光器的照片,其中激光器腔板的调整就是这种“二维光学调整机构”。

图7是一剪切干涉仪的照片。此干涉仪中有两块平板玻璃,其中一平板必须相对于另一平板做两个自由度的调整,以使光束达到相干涉。与图5和图6所示的机构不同之处是:这里使用的调整螺是精密的差动调整螺,它可以进行粗调和精调,调整格值是:粗调0.01毫米(10微米),精调0.001毫米(1微米)。

参 考 文 献

- [1] В. М. Брусков; *ОМЛ*, 1977, № 7, 63.
- [2] *Opt. Engineering*, 1976, 15, No. 5, SR-102.