

关于望远镜望远机理的讨论

石凤良 李敬林

(唐山师范学院物理系 河北唐山 063000)

(收稿日期:2018-06-24)

摘要:讨论了望远镜的工作原理,指出了望远镜的作用并非把远处物体“放大”了,而是把远处物体“拉近”了,从而增大了观察的视角.同时,给出了视角放大率的定量公式.

关键词:望远镜 视角 放大本领

为了看清楚遥远处的物体,通常采用开普勒望远镜进行观察.有些学生会错误地认为这是由于远处物体经望远镜后,成一放大的虚像.而实际上,望远镜最终得到的却是一个缩小的虚像.那我们仍能看清楚该物体呢?

如图1所示,开普勒望远镜由物镜 L_1 和目镜 L_2 组成^[1].

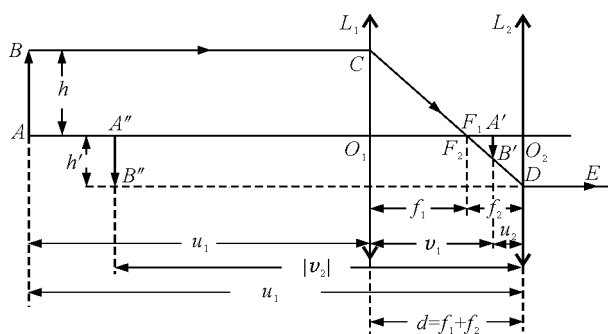


图1 成像光路图

L_1, L_2 的焦点 F_1, F_2 重合在一点.物镜焦距为 f_1 ,目镜焦距为 f_2 ,且必须始终满足 $f_1 > f_2$.望远镜筒长为 $d = f_1 + f_2$.设很远处物体 AB 的长度为 h ,且其到 L_1 的距离为 u_1 .由于望远镜在实际使用时总满足 $u_1 \gg d$,故很远处物体 AB 到 L_2 的距离也近似为 u_1 (望远镜的光路图无法按实际比例画出).设远处物体 AB 经 L_1 成实像为 $A'B'$ (严格的位置难于画出,这里只是一个示意的位置),且像距为

v_1 ,此时 u_1, v_1 满足透镜成像公式

$$\frac{1}{u_1} + \frac{1}{v_1} = \frac{1}{f_1}$$

由此可得

$$v_1 = \frac{u_1 f_1}{u_1 - f_1} \quad (1)$$

目镜 L_2 将对处于其焦点之内的实像 $A'B'$ 最终成一虚像 $A''B''$,显然 B'' 点必在光线 DE 的反向延长线上.设虚像 $A''B''$ 长度为 h' ,由图中几何关系很容易得到最终虚像 $A''B''$ 与物 AB 的长度之比

$$M = \frac{h'}{h} = \frac{DO_2}{CO_1} = \frac{f_2}{f_1} < 1 \quad (2)$$

式(2)表明:远物 AB 经望远镜后最终得到的虚像确实是一个缩小的虚像(清楚起见, $A''B''$ 位置仍是一个示意的位置).

设人眼处在 L_2 的中心 O_2 点,则直接观察(不借助望远镜)物体 AB 的视角为

$$A = \frac{AB}{u_1} = \frac{h}{u_1} \quad (3)$$

设 $A'B'$ 及 $A''B''$ 到 L_2 的距离分别为 u_2 及 $|v_2|$,则通过望远镜观察时的视角为

$$A' = \frac{A''B''}{|v_2|} = \frac{h'}{|v_2|} \quad (4)$$

式中 u_2 与 v_2 满足关系式

$$\frac{1}{u_2} + \frac{1}{v_2} = \frac{1}{f_2}$$

其中

$$u_2 = f_1 + f_2 - v_1$$

于是得

$$v_2 = \frac{u_2 f_2}{u_2 - f_2} = \frac{(f_1 + f_2 - v_1) f_2}{f_1 - v_1} \quad (5)$$

将式(1)代入式(5)得

$$v_2 = \frac{\left(f_1 + f_2 - \frac{u_1 f_1}{u_1 - f_1}\right) f_2}{f_1 - \frac{u_1 f_1}{u_1 - f_1}} = -\frac{(-f_1^2 + u_1 f_2 - f_1 f_2) f_2}{f_1^2}$$

由于

$$u_1 \gg f_1 \quad u_1 \gg f_2$$

则上式可化简为

$$v_2 \approx -\frac{u_1 f_2^2}{f_1^2}$$

式中负号表示最终虚像在 L_2 的左侧位置. 因此

$$\begin{aligned} |v_2| &= \frac{u_1 f_2^2}{f_1^2} \\ \frac{|v_2|}{u_1} &= \frac{f_2^2}{f_1^2} < 1 \end{aligned} \quad (6)$$

式(6)清楚地表明:望远镜的作用是相当于把远处

物体“拉近”了.

下面再看视角 A' 与视角 A 的比值 K . 由(3)、(4)两式得

$$K = \frac{A'}{A} = \frac{h'}{|v_2|} \frac{u_1}{h}$$

将(2)、(6)两式代入上式得

$$K = \frac{f_2}{f_1} \frac{f_1^2}{f_2^2} = \frac{f_1}{f_2} > 1 \quad (7)$$

由上述分析可见:定性而言,望远镜的作用并非把物体“放大”了,而是把远物“拉近”了,从而增大了观察视角,而视角的大小直接关系到人眼视网膜上成像的大小. 视角越大,视网膜上的像就越大;视角越小,视网膜上的像就越小. 还可知,物镜的焦距 f_1 越长,目镜的焦距 f_2 越短,则 K 值就越大,即望远镜的放大本领就越大^[2]. 定量而言,假设物镜的焦距 f_1 是目镜焦距 f_2 的10倍,则由式(2)、(6)、(7)可知:最终虚像的大小是远处物体大小的十分之一,但虚像到观察者的距离是远处物体到观察者距离的百分之一,从而导致通过望远镜观察远处物体的视角是用肉眼直接观察该物体视角的10倍.

参考文献

- 1 姚启钧. 光学教程. 北京:高等教育出版社,2014. 175 ~

176

Discussion on the Mechanism of Telescope

Shi Fengliang Li Jinglin

(Department of Physics, Tangshan Normal University, Tangshan, Hebei 063000)

Abstract: In this paper, the working mechanism of the telescope is discussed. It is pointed out that the function of the telescope is not "Magnifying" the distant object, but is "drawing near" the distant object, thus increasing the observation angle of view. At the same time, a quantitative formula for viewing angle magnification is given.

Key words: telescope; viewing angle; amplifying power