

# 照相物镜近距离传递函数 测定及评价

韩晶元 吴长发 幸芦笙

**摘要:** 本文叙述一个照相物镜的传递函数随物距变化的研究结果。并建议照相物镜最近摄影距离的传递函数值也要作为一项物镜像质评价的指标。

## 一、引 言

光学传递函数作为照相物镜像质评价的重要指标已被普遍承认和应用。但目前采用的指标一般都用物距无穷远时的传递函数值,没有把近距离传递函数值也作为评价指标列上。而照相物镜的最近摄影距离是照相物镜的一个技术指标,近距离成像质量一般情况下都比物距无穷远时差,因此,测定照相物镜的近距离传递函数,探讨其评价指标是有必要的。

本文介绍长春光机所光学传递函数测定装置,给出用这台装置测定照相物镜近距离传递函数的结果及初步的评价。

## 二、装置概要

长春光机所光学传递函数测定装置是由引进英国的 EROS IV 型光学传递函数测定装置中的目标发生器、像分析器、电气柜和长春光机所自制平行光管、扇形导轨、物面导轨、焦距导轨、像面导轨及镜头夹持器等而建立起来的。可以测无穷远和近距离的光学传递函数。

主要技术指标如下:

### 1. 平行光管

离轴抛物面反射镜。

焦距 = 1m

口径 = 100mm

### 2. 扇形导轨

平行光管在扇形导轨上滑动,改变无穷远目标的视场角。

视场角 =  $\pm 45^\circ$  以内。

### 3. 空间频率

0 c/mm ~ 200 c/mm 连续

### 4. 轴上点精度

$MTF \quad \pm 0.01$

$PTF \quad \pm 10^\circ$

5. 物面导轨

长度 = 3m

直线性 =  $\pm 5''$

6. 焦距导轨

长度 = 6m

直线性 =  $\pm 10''$

7. 像面导轨

长度 = 1m

直线性 =  $\pm 3''$

8. 焦距导轨和物面导轨及像面导轨的垂直度 =  $\pm 5''$

### 三、照相物镜标准镜头的测试

为了考察装置的测定精度，测定了长春光机所研制的标准镜头。标准镜头的结构如图1所示。

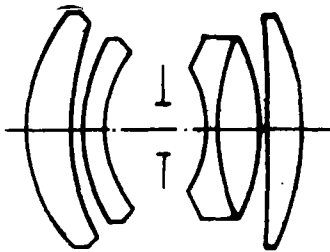


图1

表 1

$r$	$d$	$n_d$	$n_e$	牌号
32.4963	10.39	1.6127	1.6152	ZK7
81.778	0.285			
29.313	4.3	1.75545	1.7621	ZF6
21.2146	12.5			
光阑面	9.181			
-22.448	4	1.7178	1.7238	ZF3
351.513	7.368	1.6912	1.6943	LaK2
-32.6684	0.29			
-416.7511				
-58.35	7.51	1.7397	1.7461	ZF5

表1列出结构参数数据。

图2, 图3, 图4表示物距无穷远时半视场角分别为 $\omega = 0^\circ, \omega = 15^\circ, \omega = 21^\circ$ 时的实测结果和理论计算值。物镜焦距 $f = 103.4\text{mm}$ , 相对孔径 =  $1/7$ , 波长 $\lambda = 546.1\text{nm}$ , 计算值取离焦量 $\Delta = -0.025\text{mm}$ 时的值。

测定像面是轴上点空间频率 $50\text{c/mm}$ 的 $MTF$ 最大的像面。采用了 $\lambda = 546.1\text{nm}$ 的干涉滤

。图中 $T$ 表示子午,  $R$ 表示弧矢的 $MTF$ 。

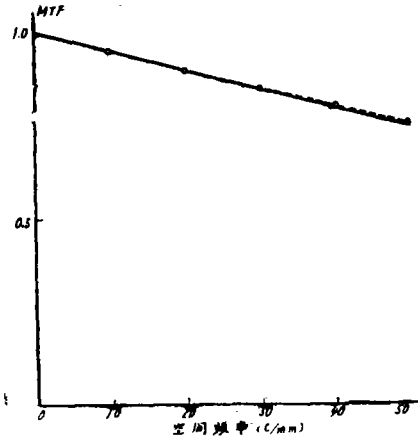


图2  $f = 103$   $l = -\infty$   $\omega = 0^\circ$   $f/7$   
 $\lambda = 546.1\text{nm}$   $\Delta = -0.025$   
 实线为实测值虚线为理论值

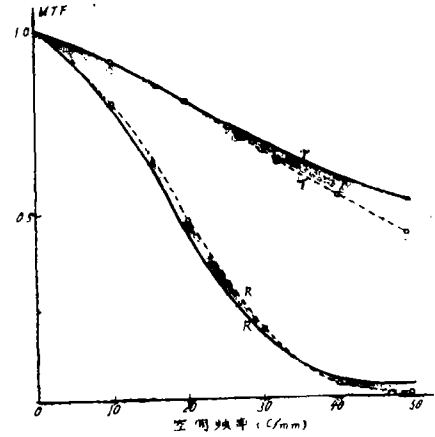


图3  $f = 103$   $l = -\infty$   $\omega = 15^\circ$   $f/7$   
 $\lambda = 546.1\text{nm}$   $\Delta = -0.025$   
 实线为实测值虚线为理论值

结果表明轴上点 $MTF$ 实测值和理论计算值的差小于0.01, 轴外点 $MTF$ 实测值和理论值的差小于0.1。

图5, 图6, 图7, 图8分别表示半视场角 $\omega = 0, \omega = 9^\circ, \omega = 15^\circ, \omega = 21^\circ$ , 时物距为0.5m的近距离传递函数的测定结果和理论计算值。计算值取了离焦量 $\Delta = -0.05$ 的值。

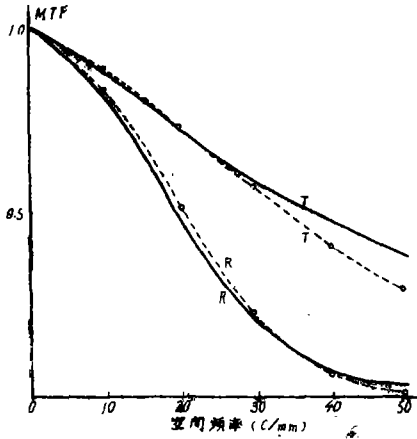


图4  $f = 103$   $l = -\infty$   $\omega = 21^\circ$   $f/7$   
 $\lambda = 546.1\text{nm}$   $\Delta = -0.025$   
 实线为实测值虚线为理论值

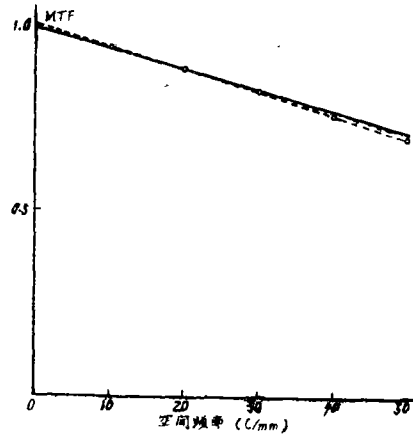


图5  $f = 103$   $l = -500$   $\omega = 0^\circ$   $f/7$   
 $\lambda = 546.1\text{nm}$   $\Delta = -0.05$   
 实线为实测值虚线为理论值

结果表明近距离传递函数比无穷远传递函数有明显下降。通过比较可知, 测定误差相当于无穷远时误差。

#### 四、照相物镜的测试

为了考察商品镜头的近距离传递函数, 测定了日本 Canon AE-1相机的镜头 ( $f = 50\text{mm}, f/1.8$ ) 和国产135相机镜头 ( $f = 58\text{mm}, f/2.0$ )

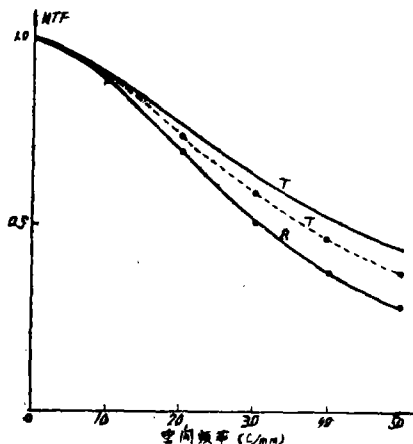


图6  $f=103$   $l=-500$   
 $\omega=9^\circ$   $f/7$   
 $\lambda=546.1\text{nm}$   $\Delta=-0.05$   
 实线为实测值虚线为理论值

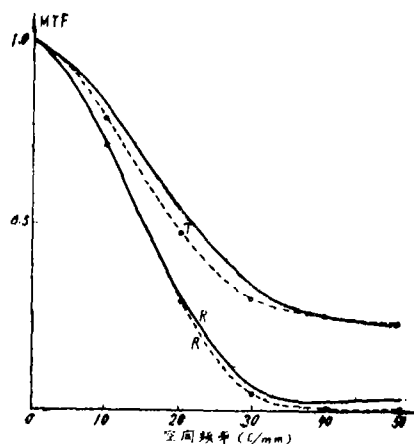


图7  $f=103$   $l=-500$   
 $\omega=15^\circ$   $f/7$   
 $\lambda=546.1\text{nm}$   $\Delta=-0.05$   
 实线为实测值虚线为理论值

图9, 图10表示Canon镜头物距分别为0.6m, 1.5m, 3.0m时传递函数随像高变化的曲线。图9表示弧矢R, 图10表示子午T。最佳像面取轴上点空间频率20c/mm传递函数最大位置。也用 $\lambda=546.1\text{nm}$ 干涉滤光片。

结果表明传递函数随物距变近而明显下降, 而最近摄影距离0.6m时更为突出。

图11, 图12表示两种镜头物距都为0.6m时对比测试结果。像面都取轴上空间频率20c/mm的MTF最大的位置。用 $\lambda=546.1\text{nm}$ 滤光片。R表示弧矢, T表示子午MTF。

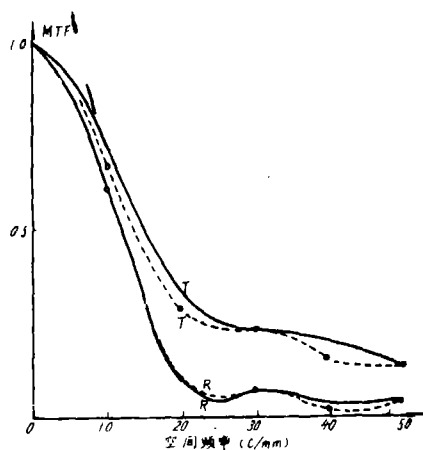


图8  $f=103$   $l=-500$   
 $\omega=21^\circ$   $f/7$   
 $\lambda=546.1\text{nm}$   $\Delta=-0.05$   
 实线为实测值虚线为理论值

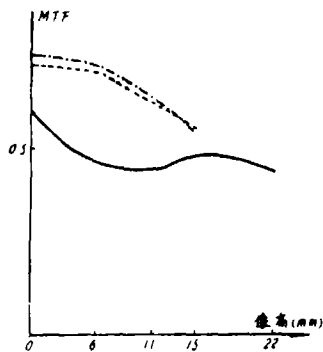


图9  $f=50$   $f/1.8$   
 20c/mm R  
 实线为0.6m 虚线为1.5m  
 点划线为3.0m

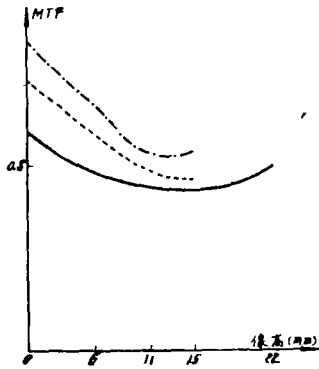


图10  $f = 50 \quad f/1.8$   
 20c/mm T  
 实线为0.6m 虚线为1.5m  
 点划线为3.0m

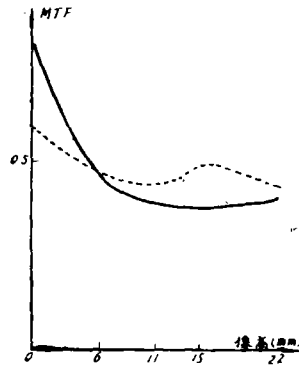


图11 实线为  $f = 58 \quad f/2.0$   
 虚线为  $f = 50 \quad f/1.8$   
 20c/mm R  
 $l = -600$

图13, 图14表示同样两种镜头的比对测试结果。这时相对孔径都取1/5.6。

这两种镜头的比对测试结果明显看出, 国产镜头的MTF测定值明显低于日本镜头。主要是轴外和轴上像质不匹配。国产镜头轴上质量与日本镜头相当或稍高一些, 但轴外质量太差。这是国产镜头设计时必须改善的主要问题之一。

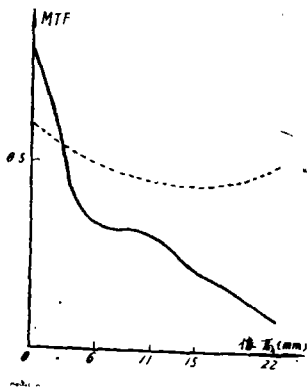


图12 实线为  $f = 58 \quad f/2.0$   
 虚线为  $f = 50 \quad f/1.8$   
 20c/mm T  
 $l = -600$

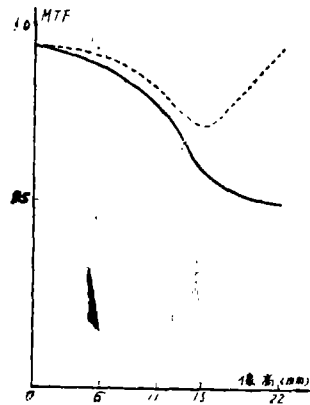


图13 实线为  $f = 58$  虚线为  $f = 50$   
 $f/5.6 \quad 20c/mm \quad R$   
 $l = -600$

## 五、评价讨论

通过以上实验结果可知, 长春光机所近距离传递函数测定装置其测定精度相当于物距无穷远时的测定精度, 完全可以用来评价近距离传递函数。

照相物镜的近距离传递函数明显低于物距无穷远时的传递函数，尤其是最近摄影距离时更为突出。

因此，有必要指定照相物镜最近摄影距离时传递函数应有的最低限。以此保证在最坏情况下可以使用的条件。

为了保证最近摄影距离时像质，照相物镜设计时应考虑采取适当措施，如近距离调焦时改变镜片间距可以补偿物距变化引起的像差变坏。国外已经出现这类镜头。为了评价这类镜头，也需要作近距离传递函数测定。

轴外点近距离传递函数比轴上点近距离传递函数变坏得更显著。因此最近摄影距离的轴外点传递函数应具有最低限值作为评价指标似乎有一定道理。

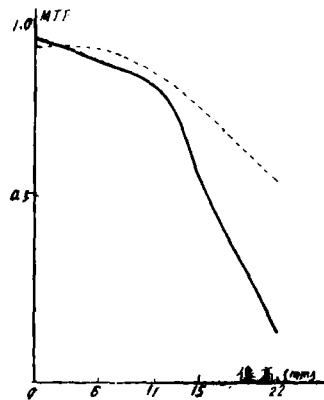


图14 实线为 $f = 58$   
虚线为 $f = 50$   
 $f/5.6$  20c/mm T  
 $l = -600$

## MTF Measurement and Assessment for a Camera Lens in the Case of Finite Object Conjugates

Han Changyuan Wu Changfa Xing Lusheng

### Abstract

This paper describes the researched results about the MTF variances of a camera lens by virtue of the object distances, and recommends to use the MTF values of the lens under closest focusing distance also as an evaluating index of the lens image quality.