

1.56 米天体测量望远镜主镜的 剪切干涉检验

徐 德 衍

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

提 要

本文简要给出了1.56米天体测量望远镜主镜镜面的剪切干涉检验原理、方法和结果,其峰谷值误差 $\lambda/4$,均方差 $\lambda/25$ 。

一、引 言

1.56米天体测量望远镜是中国科学院上海天文台负责研制的大型天文仪器,其光学件的制作全部由中国科学院上海光学精密机械研究所附属工厂承担。其中,主镜系统的加工质量是望远镜能否达到优良光学性能的关键。

为了客观的、全面的评价主镜镜面的质量,该镜面的最终评定采用阴影法、Hartmann法、不等臂泰曼-格林干涉法、计算全息法以及剪切干涉法等不同方法反复对比核查。

用剪切干涉法检验,主要包括两方面内容:其一,将剪切干涉仪置于主镜双曲面顶点曲率半径中心附近,直接拍摄存在球差的剪切干涉图形,与预先绘制的该镜面理论剪切干涉图形做定性比较;其二,在主镜补偿器后进行“正常”的剪切干涉检验,经计算给出定量结果。

二、直接检验与补偿检验

1. 直接检验

处于非球面顶点曲率中心附近某点光源,应该有相应的球差波形,因而也就应该有一定的理论剪切干涉图形,该图形由被检验镜面面形、剪切干涉仪参数以及干涉仪调整位置决定。剪切干涉图形理论计算公式已经给出^[1,2]。但是,为了能使零级条纹和正、负级次干涉条纹比较匀称地出现在干涉图中,可以先确定干涉仪的位置。为此,令零级闭合圆处于 $0.7H$ 带(H ——光瞳半孔径),我们用下式求出干涉仪的位置,

$$l < \frac{0.49H^2 + \frac{S^2}{4}}{R_0}, \quad (1)$$

式中: l 为从镜面顶点曲率中心到被剪开两波前光轴与原光轴交点之间距离,即与干涉仪调整位置有关; R_0 为被检验镜面的顶点曲率半径; S 为剪切宽度。

由(1)式计算的 l 值再代入剪切干涉图形的理论计算公式, 求得正、负干涉级次相应的座标值。

图1(a)是直径1.56米双曲面镜的理论剪切干涉图形。由图中可以看出, 处于 $0.7H$ 带的零级闭合圆, 其内是对称的正干涉级次, 其外是负干涉级次。说明由(1)式求得 l 值计算的理论剪切干涉条纹排布比起任意取值得到的图形(见文献[3]p. 168, 图84)更合理些。

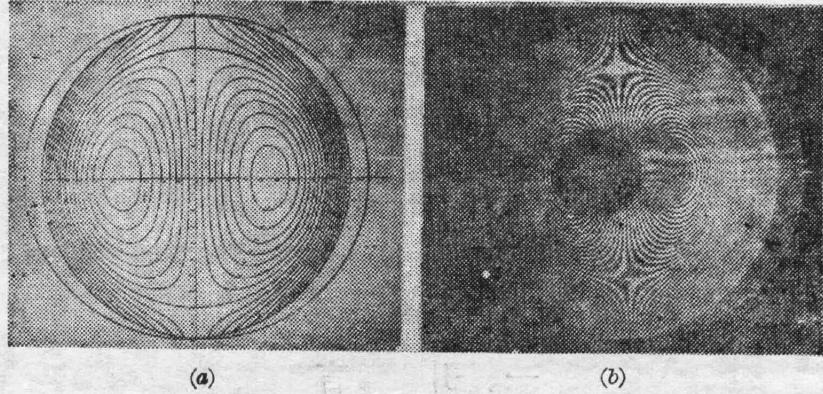


Fig. 1 Shearing interferograms of hyperboloid mirror of 1.56 m aperture

被检验镜面顶点曲率半径中心可以参照有关方法确定^[4], 即在用显微镜观察剪切干涉图形时, 零级干涉图形在光瞳中占有最大面积的干涉仪位置。然后再将干涉仪纵向远离至距此位置 l [由式(1)计算的 l 值] 处。这时, 通过显微镜观察的干涉图形中零级条纹位置基本上应处于 $0.7H$ 带, 可以用显微镜中测微目镜测量来检查。若零级闭合圆条纹处于 $0.7H$ 带之内, 干涉仪微量外移; 反之, 干涉仪微量内移。这样, 可以使零级闭合圆条纹准确地处于要求的位置。

图1(b)是实际拍摄的被检验镜面的剪切干涉图。由于零级闭合圆条纹之外的负级次较密集, 致使边缘清晰度较差, 但是, 从条纹中看不出明显带差和局部误差, 表明该镜面是比较光滑的, 与理论计算的剪切干涉条纹一致, 说明镜面质量较高。

2. 补偿检验

应用上海天文台设计的双单片补偿器作补偿剪切干涉检验, 其参数及检验光路如图2所示。 S 为 He-Ne 激光刀口仪光源, P 为棱镜剪切干涉仪, A 为补偿器, T 为被检验镜面。

我们采用 He-Ne 激光刀口仪作为剪切干涉仪光源, 考虑到被检验镜面相对孔径及镜面非球面度都较大, 相应用较大型梯形棱镜剪切干涉仪(梯形底边长 42 mm)。这种检验方式获得的剪切干涉图形如图3所示。

用 Saunders 解析法^[5]计算得到镜面面形最大峰-谷值误差 $\lambda/4$, 其均方差优于 $\lambda/25$ 。这一结果与 Hartmann 法计算结果以及其它检验结果完全一致。

值得指出的是, 图3干涉条纹上下宽度有微量差异, 说明镜面存在一定量的不对称性。在四个方向的 Hartmann 检验数据处理结果中, 以及用 Zygo 扫描干涉仪处理由不等臂泰曼-格林干涉仪摄得的干涉图形时, 也都呈现类似的情况。不过, 其峰-谷误差及均方差并未超出上述结果。

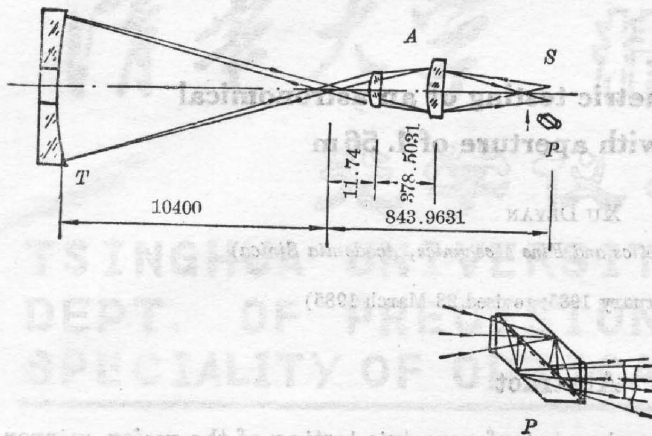


Fig. 2 Testing optical system
with compensator

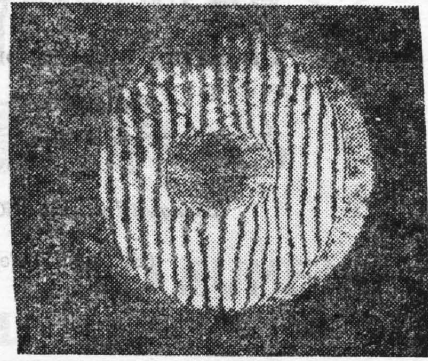


Fig. 3 Shearing interferogram
behind compensator

三、结 论

根据几种不同检验方法结果表明, 1.56 m 天体测量望远镜主镜镜面质量是良好的。剪切干涉法以最廉价的检验方式再次可靠地完成大镜面的检验任务^[6], 并给出定性和定量结果。

本工作得到上海天文台王兰娟同志、本所工厂马仁勇、肖德荣等同志的大力支持, 笔者谨向诸位致以衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] А. И. Харитонов и др.; *ОМП*, 1975, No. 8 (Aug), 31.
- [2] 徐德衍; 《长春光学精密机械学院学报》, 1981, No. 1, 59.
- [3] Г. В. 柯略帕洛娃, Д. Т. 浦连耶夫; 《光学系统的研究与检验》, (徐德衍, 路敦武译; 沃新能校, 机械工业出版社, 1983), 168.
- [4] 徐德衍, 王辉君; 《光学仪器》, 1984, Vol. 6, No. 4 (Dec), 39.
- [5] J. B. Saunders, *J. Res. NBS*, 1964, Vol. 68C, No. 3 (Jul-Sep), 155.
- [6] 徐德衍; 《光学与光谱技术》, 1982, Vol. 3, No. 1 (Mar), 48.

Shearing interferometric testing of an astronomical telescope with aperture of 1.56 m

XU DEYAN

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

(Received 17 February 1985; revised 28 March 1985)

Abstract

The principle and method of shearing interferometric testing of the major mirror of an astronomical telescope with aperture of 1.56 m are described in this paper. Measurement results with $1/4$ PV are obtained.

郑 重 启 事

为保障作者及本刊权益, 未经我编辑部同意, 任何报刊、出版社和其他单位不得转载、选收本刊所发表的文章。

《光学学报》编辑部