

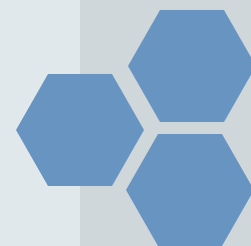


# 0.6米车载移动式望远镜 光学系统设计及装调检测

报告人：李利

单位：中科院南京天文仪器有限公司

2023.11.18





# 汇报内容

1

望远镜总体概述

2

系统指标

3

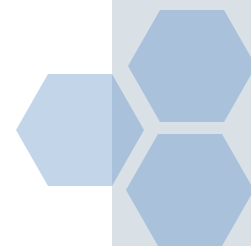
总体设计方案

4

光学系统装调检测

5

结论





# 望远镜总体概述

- **0.6米车载移动式望远镜光学系统具有激光发射和接收功能**，光学系统主要包括主望远镜光路和导星镜两部分。其中主望远镜光路由主望远镜扩束系统、库德光路及二级扩束系统组成，系统预留发射光路。
- 望远镜的光学调试检测是望远镜研制过程中非常重要的环节。报告重点介绍了望远镜设计、库德光路调试检测工作以及实现的最终指标。





# 系统指标

## 功能要求

- 1)具有激光发射和接收功能;
- 2)具有自动回零功能;
- 3)具备与导星镜闭环实现粗跟踪功能，具有根据轨道预报进行自动跟踪卫星及手动修正功能;
- 4)具有电动/手动开闭镜罩功能;
- 5)具有便捷的镜面清洁、清洗能力;
- 6)具备指向模型修正功能;
- 7)具有电限位、机械限位功能;
- 8)具有运输减振、轴承保护等公路安全运输保障能力;
- 9)系统具备可移动观测能力;
- 10)具备不同波长偏振保持功能;





# 系统指标

## 性能要求

### 1、光学指标

- 口径**600mm**离轴扩束系统
- 安装于机架后系统波像差优于 **$M/15 @632.8\text{nm}$**  (RMS)
- 具备调焦功能
- 波长范围：**450nm~1550nm**
- 接收视场：**4角分**
- 望远镜平均光学效率： **$\geq 80\% @532\text{nm} \sim 1550\text{nm}$**





# 系统指标

## 性能要求

### 2、跟踪机架及伺服控制系统指标

➤类型：地平式结构

➤转动范围：

俯仰轴跟踪范围： $-10^{\circ}\sim 95^{\circ}$

方位轴跟踪范围： $-360\sim +360$ （距中心参考点）

➤保精度最大跟踪速度：俯仰轴： $\geq 2^{\circ}/s$ ，方位轴： $\geq 8^{\circ}/s$

➤跟踪加速度：俯仰轴： $\geq 1^{\circ}/s^2$ ，方位轴： $\geq 1^{\circ}/s^2$

➤轴系偏差：俯仰轴和方位轴正交： $< 2''$ （3个方向x、y、z）

➤俯仰轴、方位轴静态指向精度（模型修正后）：高度角 $\geq 20^{\circ}$ 时，单轴 $\leq 5''$ （RMS $1\sigma$ ，）

➤俯仰、方位的开环跟踪精度：单轴 $\leq 5''$ （RMS $1\sigma$ ，保精度跟踪速度加速度范围内，正弦引导）

➤俯仰、方位的闭环跟踪精度： $\leq 2''$ （ $1\sigma$ RMS，最大跟踪速度及加速度范围内）

➤天顶盲区： $\leq 5^{\circ}$

➤转台置平范围及精度：置平调节范围： $\pm 2^{\circ}$ ，置平精度： $\leq 3$ 角秒



# 总体设计方案

## 总体布局

- 望远镜系统主要由激光转折光学系统，激光发射望远镜，激光接收望远镜、跟踪机架、伺服跟踪电控和激光接收终端所组成。
- 为运输及调试方便，光学和机械系统的设计要考虑尽量使望远镜有最紧凑的结构，减小望远镜的体积，使望远镜可安置于符合公路运输标准的方舱中。

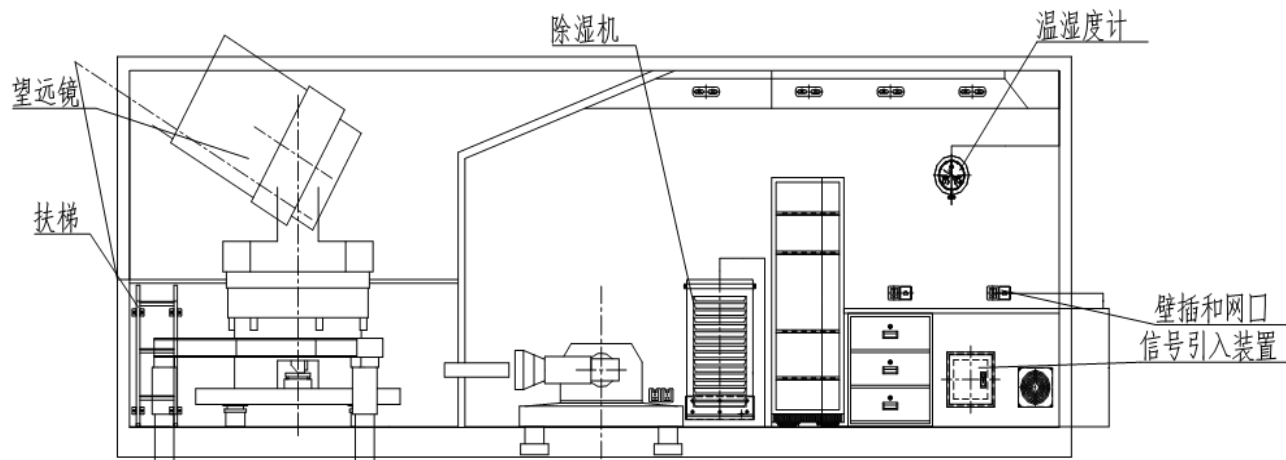


图 移动望远镜总体布局示意图

# 总体设计方案

## 光学系统设计

- 光学系统主要包括主望远镜光路和导星镜两部分。其中主望远镜光路由主望远镜扩束系统、库德光路及二级扩束系统组成。同时预留发射光路。

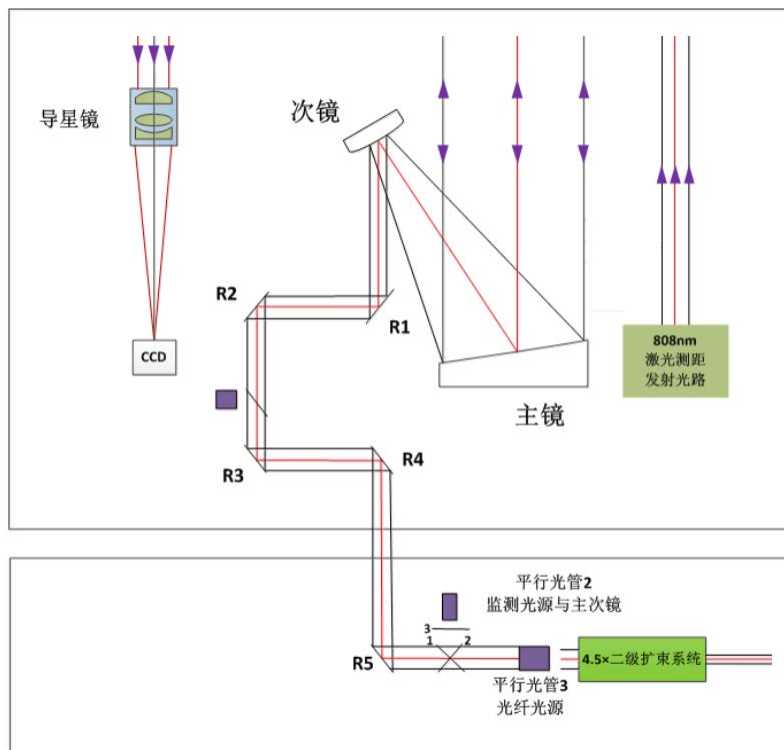


图 光学系统总图

# 总体设计方案

## 结构设计

- 望远镜整体重量约3吨，镜筒放平时总高约2200mm，高度轴中心高约1800mm。运输时由4个减震器与方舱底板相连。到达工作位置时，有三个电动置平支撑腿支撑望远镜进行工作，支撑腿调平范围 $\pm 2^\circ$ 。

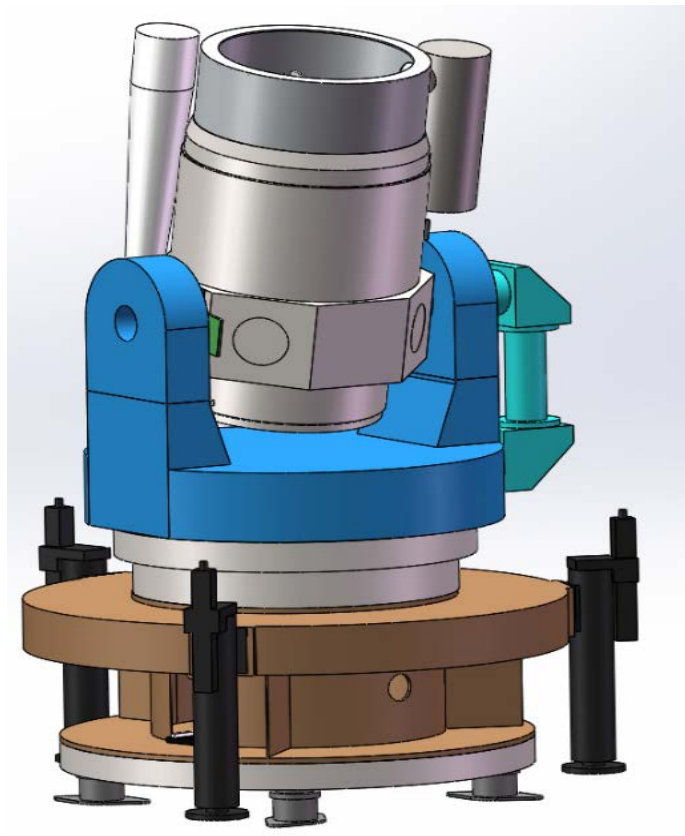


图 望远镜示意图



# 总体设计方案

## 结构设计

- 望远镜镜筒与方舱顶盖有互锁功能，只有在镜筒处于水平位置时，方舱顶盖才能开合或关闭。

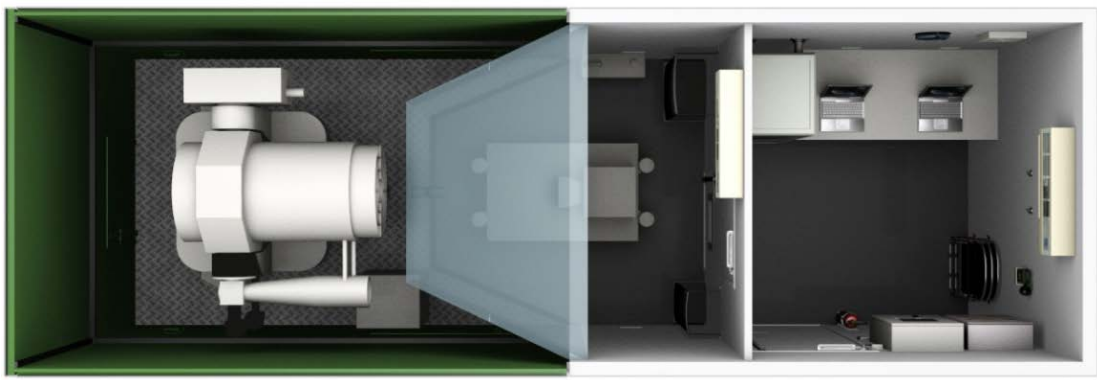
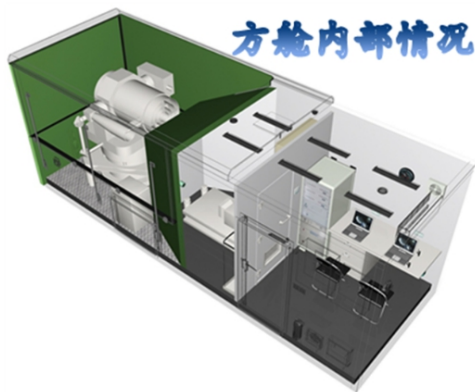


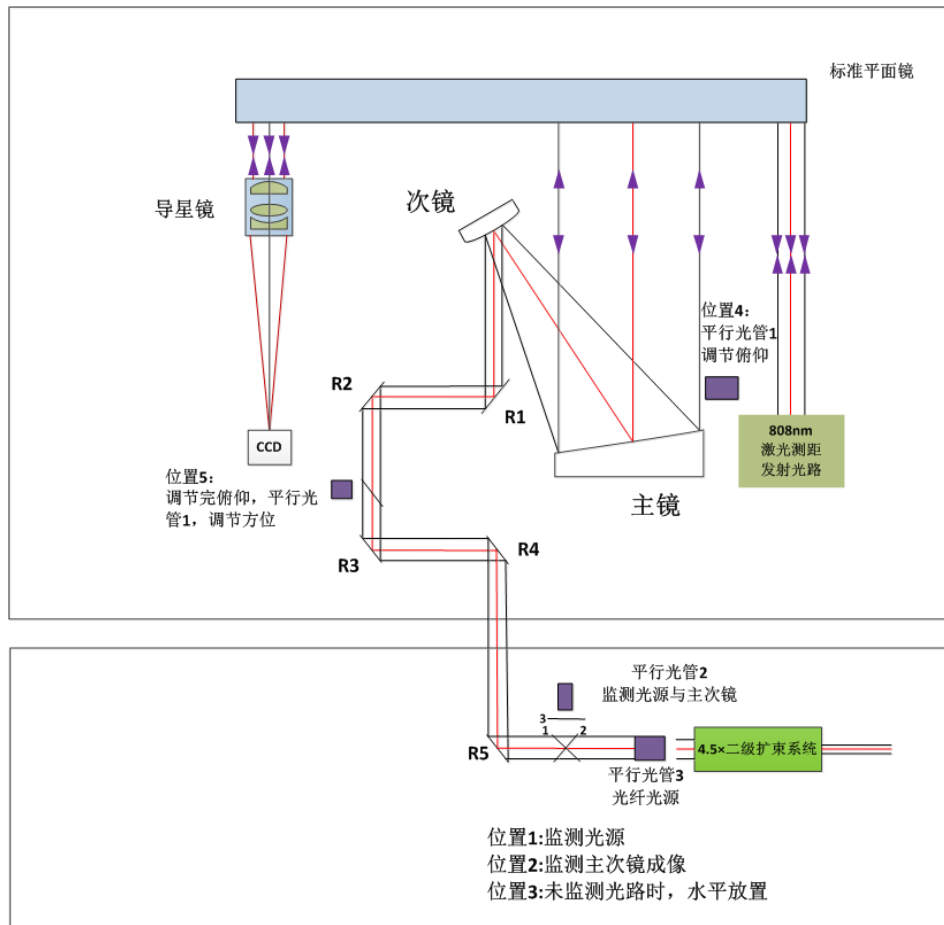
图 方舱内部三维示意图



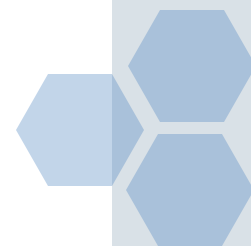


# 光学系统装调检测

## 光学系统装调检测原理



望远镜装调装调原理图





# 光学系统装调检测

## 主光学系统装调检测

- 第一步：标定机械轴。调整垂准仪，使得垂准仪穿主、次镜机械轴。调整标准平面镜，使得垂准仪发出的十字线与反射回来的光线重合，此时标定好平面镜；
- 第二步：主镜装调检测。调节检测主镜（补偿镜法），使得主镜光轴与标定的机械轴一致，调整激光干涉仪，将干涉仪发出的激光光轴与主、次镜机械轴一致，同时调节前后位置与主镜补偿法检测设计位置重合，干涉仪自准直检测主镜满足设计要求为主镜装调好；
- 第三步：次镜装调检测。装入次镜，调节次镜座，使得垂准仪十字及返回的十字重合；
- 第四步：采用**4D**平面干涉仪，自准直检测系统，反复微调次镜座，直至达到技术要求。





# 光学系统装调检测

## 主光学系统装调检测

- 第一步：标定机械轴。调整垂准仪，使得垂准仪穿主、次镜机械轴。调整标准平面镜，使得垂准仪发出的十字线与反射回来的光线重合，此时标定好平面镜；
- 第二步：主镜装调检测。调节检测主镜（补偿镜法），使得主镜光轴与标定的机械轴一致，调整激光干涉仪，将干涉仪发出的激光光轴与主、次镜机械轴一致，同时调节前后位置与主镜补偿法检测设计位置重合，干涉仪自准直检测主镜满足设计要求为主镜装调好；
- 第三步：次镜装调检测。装入次镜，调节次镜座，使得垂准仪十字及返回的十字重合；
- 第四步：采用**4D**平面干涉仪，自准直检测系统，反复微调次镜座，直至达到技术要求。





# 光学系统装调检测

## 主光学系统装调检测



主系统望远镜光学装调

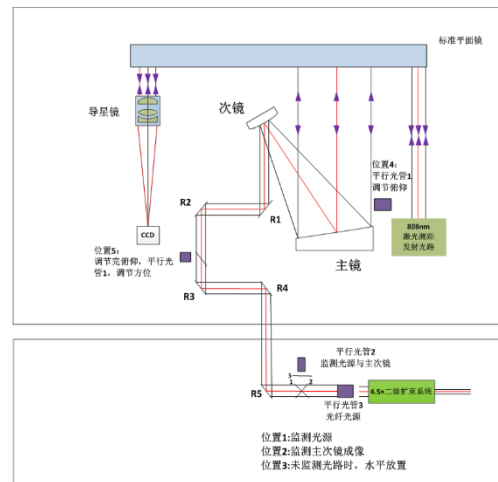


# 光学系统装调检测

## 库德光路装调检测

### 调试步骤：

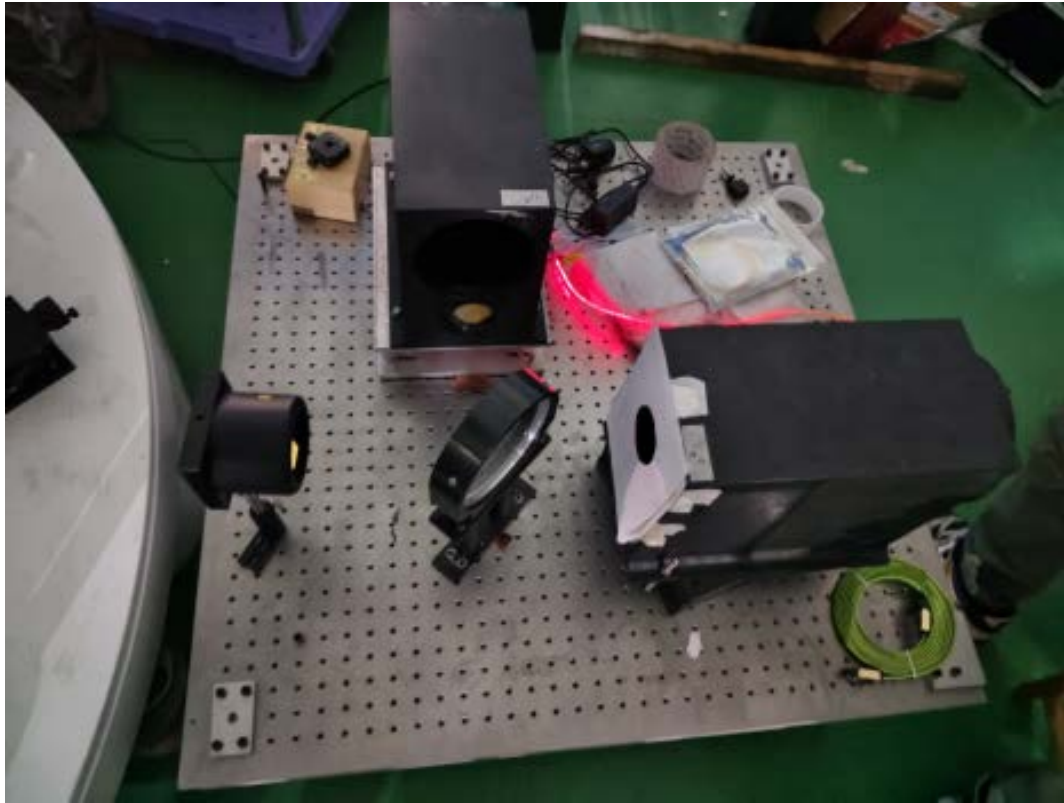
- 第一步：标定收发光源；
- 第二步：调平望远镜；
- 第三步：调平调试光源组件，与望远镜机械轴粗对准；
- 第四步：安装并调整库德反射镜**5**，同时微调调试光源角度使得光源通过反射镜中心，同时折转光束经过望远镜中心孔两端的中间位置；
- 第五步：安装并调整库德反射镜**4**，使得调试光源在平行光管**2**后端**CCD**中心位置形成汇聚光斑；
- 第六步：反复微调反射镜**5**、**4**，将望远镜绕方位轴旋转**360°**，直至望远镜绕其赤经轴转动**360°**时，平行光管**2**光斑质心变化量在**5**个像元以内；
- 第七步：将平行光管**2**放置在耳轴上；
- 第八步：反复微调反射镜**3**、**2**，将望远镜绕俯仰轴旋转**180°**，直至在平行光管**2**光斑质心变化量在**6**个像元以内。





# 光学系统装调检测

## 库德光路装调检测



调试光源

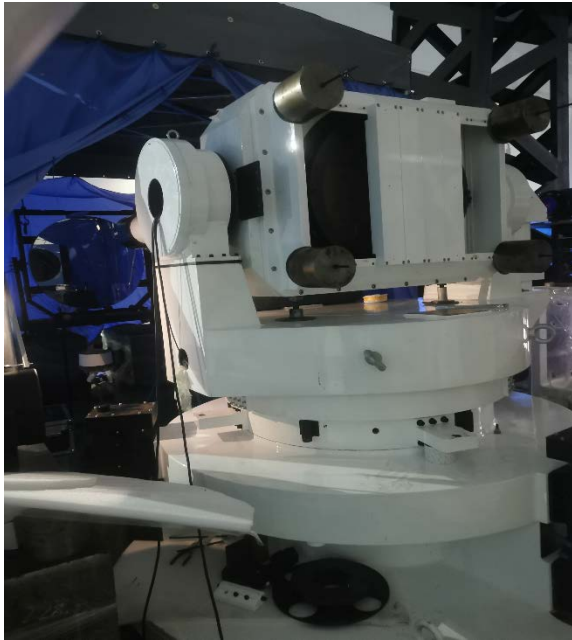




# 光学系统装调检测

## 库德光路装调检测

### ➤ 方位光轴调试现场



库德镜 4

平行光管 2

库德镜 3

方位光轴调试





# 光学系统装调检测

## 库德光路装调检测

### 方位光轴调试结果



图 赤经轴零位时焦点位置

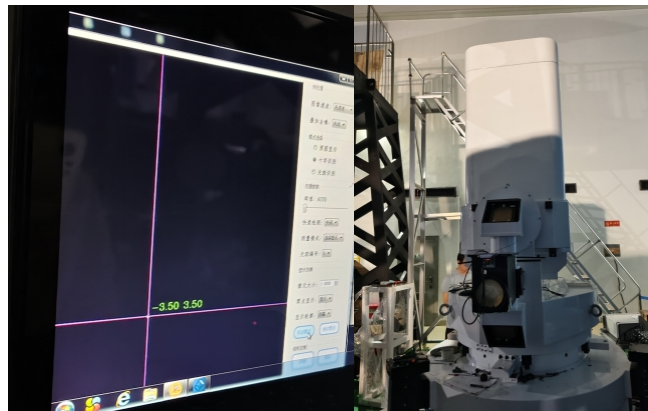


图 赤经轴90°时焦点及望远镜位置

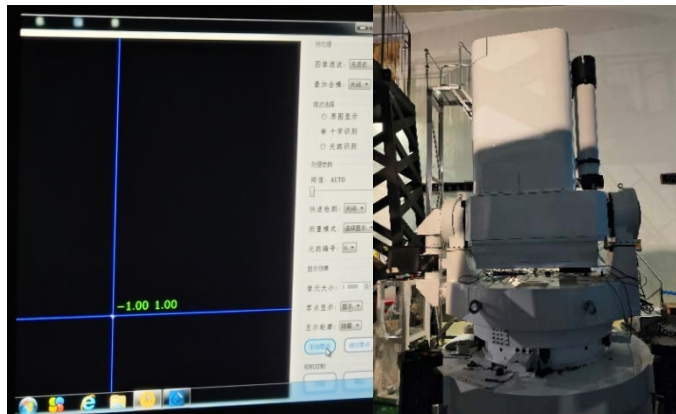


图 赤经轴180°时焦点及望远镜位置

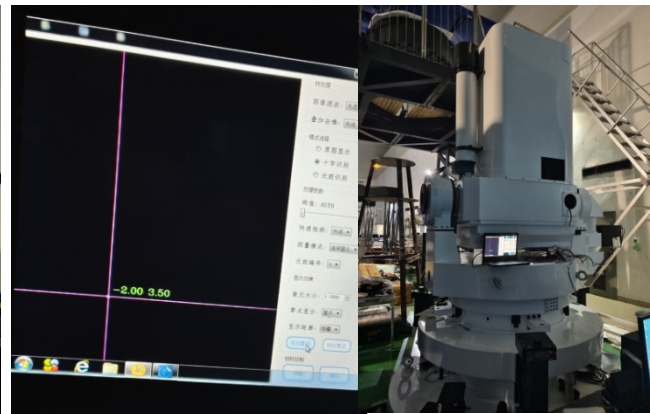


图 赤经轴270°时焦点及望远镜位置



# 光学系统装调检测

## 库德光路装调检测

### ➤ 俯仰光轴调试现场



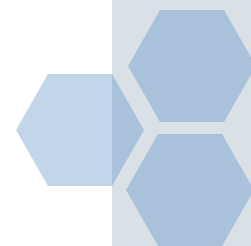
库德镜 4

库德镜 3



平行光管 2

俯仰光轴调试





# 光学系统装调检测

## 库德光路装调检测

### ➤ 俯仰光轴调试结果

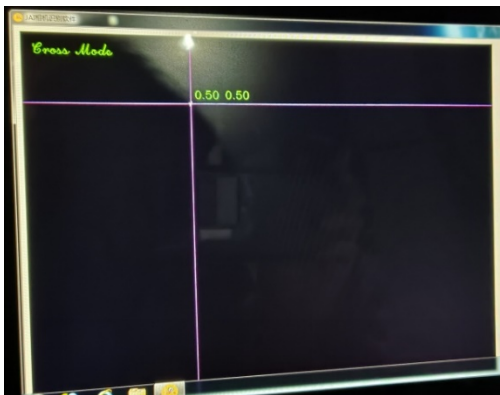


图 赤纬轴零位时焦点位置

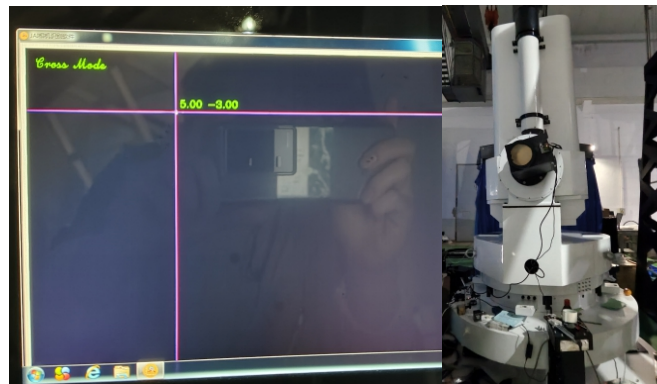


图 赤纬轴 $90^\circ$ 时焦点及望远镜位置

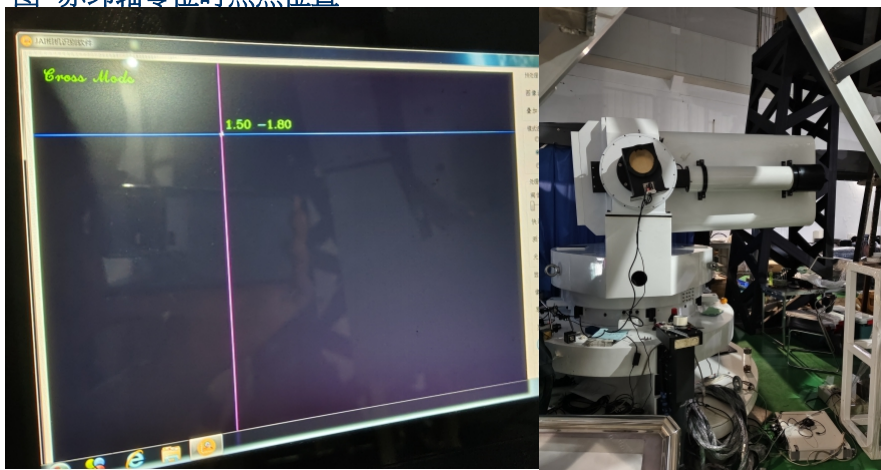


图 赤纬轴 $180^\circ$ 时焦点及望远镜位置



# 光学系统装调检测

## 库德光路与主系统装对接装调检测

调节好的主系统和库德光路需通过调整折转镜（即为次镜后的折转反射镜）对接。对接步骤如下：

- 第一步：通过干涉仪，调试好标准平面镜与主系统的像质，作为光轴的基准，
- 第二步：微调折转反射镜（即为次镜后的反射镜），使得底部调试光源经过望远镜系统后，被自准直平面镜反射回的光束汇聚质心位置与标定好的ccd位置重合。

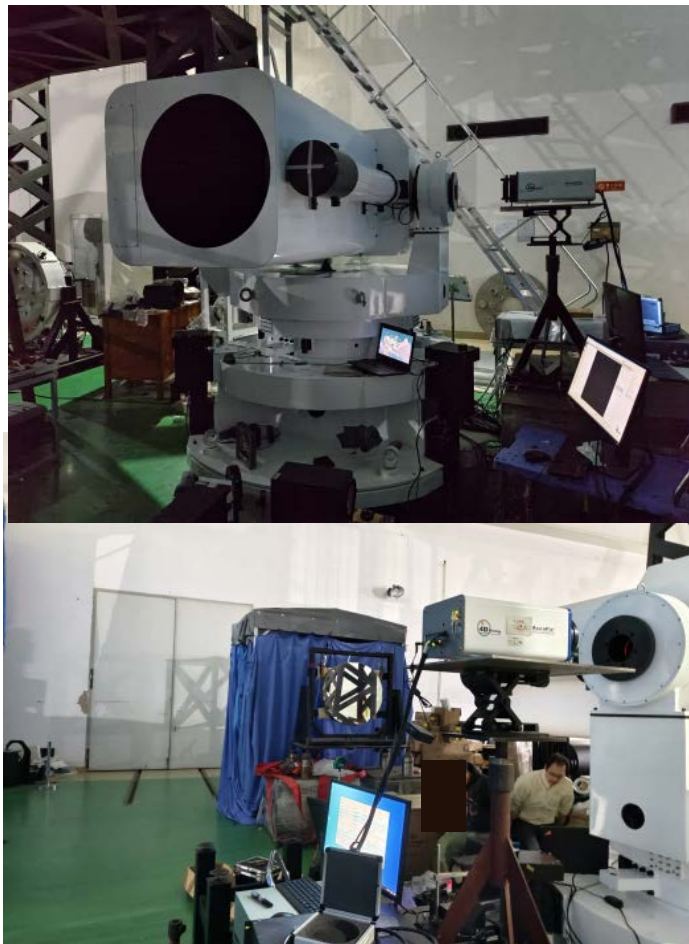


图 干涉仪及平面镜位置图



# 总结

光轴调试误差如下表：

表 光轴调试误差

分类	质心晃动量	光轴误差
方位	5.3像素	18.55urad
俯仰	5.7像素	19.95urad

- 望远镜绕其方位轴转动 $360^\circ$ ，光轴调试误差为**5.3**个像素；
- 将望远镜绕俯仰轴旋转 $180^\circ$ ，光轴调试误差**5.7**个像素。





# 总结

使用现场：



谢谢!

