

中央大學天文研究所
Graduate Institute of Astronomy, NCU

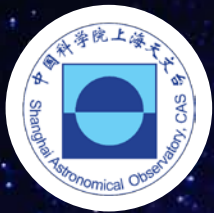
精勤司天
诚信修文

2米光学红外天文望远镜

报告人：周丹
中国科学院上海天文台

2023-11-21





中央大學天文研究所
Graduate Institute of Astronomy, NCU

精勤司天
诚信修文

报告内容

- **2米光学红外望远镜项目背景**
- **2米光学红外望远镜科学仪器**
- **2米光学红外望远镜升级改造**
- **2米光学红外望远镜未来规划**

2米光学红外望远镜背景介绍

- 地面光学和近红外观测是天文研究最基础的测量手段
- 由于建造成本/技术的限制，大型光学望远镜的数量十分有限，其观测时间远远无法满足全球天文学家对天文目标的观测需求。
- 目前，中小口径望远镜承担了大部分天文目标的选源/初步筛查工作，极大地节约了大型望远镜的宝贵时间，这种高低搭配的观测模式形成了良好的互补。
- 巡天观测，大量的巡天目标亟需后续的光谱/时域观测，以便进一步分析研究。
- 2-4米级望远镜依据其多元化的终端设备和灵活的观测策略，仍然是此类天文观测的主力，在天文研究和观测数据积累中扮演着不可或缺的角色。

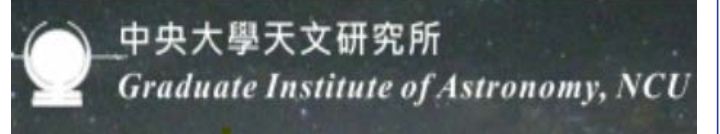
2米光学红外望远镜背景介绍



拍摄于日本



上海天文台（SHAO）着眼中国光学红外天文观测能力的提升，对观测设备的迫切需求，计划建造一架**2米级望远镜**



NCU天文研究所2006年委托日本西村研制一架口径**2米光学望远镜**，2010年底完成，因台址原因未能安装使用

契机：2017年第七届海峡两岸会议，双方达成共识，**开展合作**

目标：**共同建设**2米的光学红外望远镜

途径：**升级改造**NCU的望远镜将大大节省时间和减少经费需求

2米望远镜系统

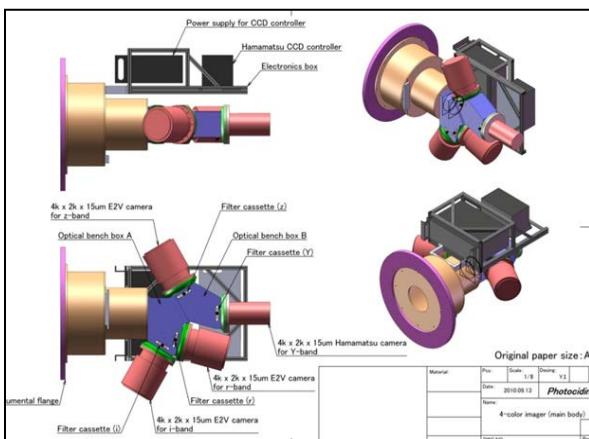


- ⑩ 光学系统：Ritchey-Chretien
- ⑩ 有效口径：2米
- ⑩ 焦比：主镜F2.2，系统焦比F8（16米）
- ⑩ 成像质量：80%能量在0.4角秒内（轴上）
- ⑩ 可用视场：12'
- ⑩ 观测波段：0.35 μm -2.5 μm
- ⑩ 最大摆位速度：4 deg/sec
- ⑩ 机架形式：地平式
- ⑩ 总高度：8664mm
- ⑩ 卡焦为工作焦点，无耐焦；结构设计配有两个耐焦平台
- ⑩ 伺服电机驱动形式
- ⑩ 另外有配套研制的4通道成像仪和近红外成像仪

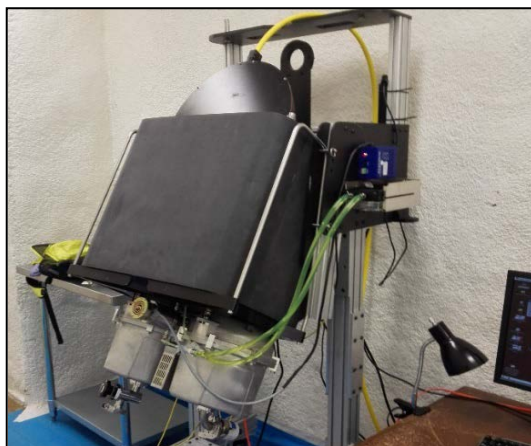
2米光学红外望远镜拟开展的科学研究

望远镜计划配置三台终端仪器

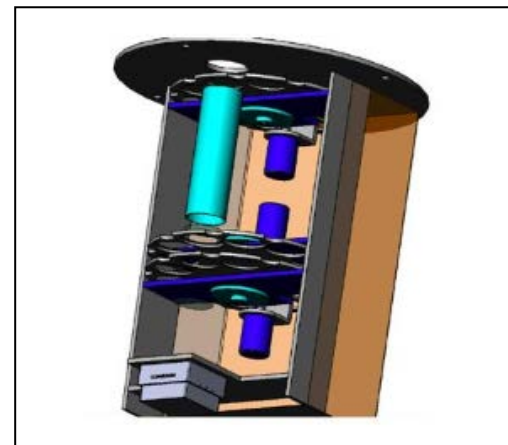
- 四通道成像仪
 - 低色散光谱仪
 - 积分视场光谱仪
- 宇宙中各类变源的认证和跟踪观测，重点研究对象包括引力波对应体、活动星系核、黑洞潮汐力撕裂恒星事件、超新星、及伽玛暴等
- 大样本的近邻星系的物理化学性质研究



卡焦(NCU): r/i/z/y四通道成像仪



耐焦1：积分视场光谱仪



耐焦2：低色散光谱仪

2米光学红外望远镜升级改造内容

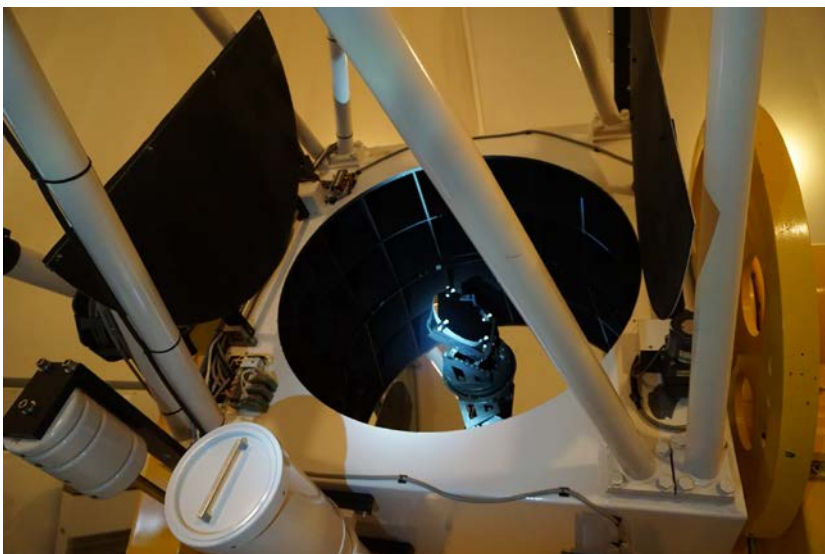
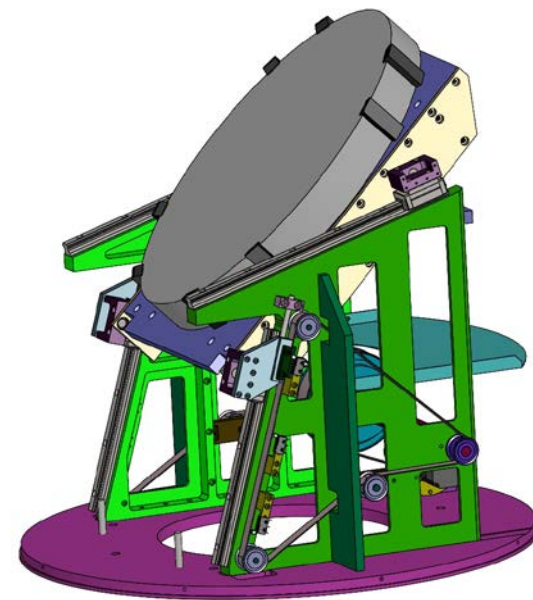
同时配置3台仪器
有效增加观测功能

耐焦第三镜加装：

- 望远镜工作焦点由1个卡焦焦点，扩展2个耐焦焦点

望远镜升级改造

- 电控系统和机械部件进行性能提升及功能增加



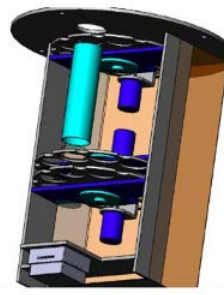
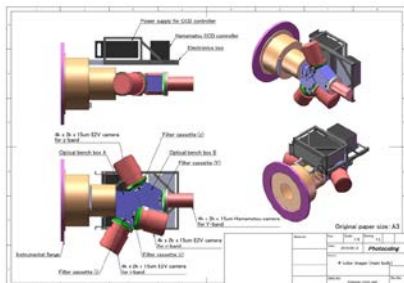
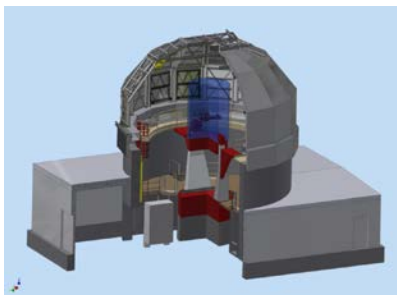
耐焦旋转平移机构功能：

该装置需具备旋转180°功能，以便获得两个耐焦工作焦点
该装置可实现平移功能，能够获得卡焦工作焦点
该装置两个旋转方向重复定位精度均需控制在1"--1.5"范围内

2米望远镜SHAO&NCU的合作分工

上海天文台 (SHAO) 和 NCU天文研究所

1. 望远镜主体：NCU
2. 望远镜功能增加、性能提升：SHAO
3. 望远镜圆顶：NCU+SHAO
4. 终端仪器：NCU+SHAO



2米光学红外望远镜主要合作进程



2017年12月在日本开展2米望远镜技术讨论



2018年5月21日在厦门召开了合作科学研讨会



2019年6月17日在上海召开项目合作研讨会



2020年1月14日在智利考察文特峰台址

- 2017年12月，上海天文台、NCU天文研究所在日本开展**2米望远镜技术细节讨论**
- 2018年2月，上海天文台、NCU天文研究所达成**科学目标合作共识**
- 2019年3月、7月，望远镜运到日本西村公司。7月赴日本对2米望远镜进行了**开箱检查评估**，确认后续望远镜更新内容
- 2020年1月，上海天文台和NCU天文研究所代表赴智利**考察了备选台址文特峰**，并初步讨论了望远镜建设位置。
- 2020年8月上海天文台和NCU达成共识，签署了**双边协议**，细化合作中的责权利事宜，明确双方工作范畴。
- **2020年11月**，开展望远镜耐焦研制加工，**2021年10月**，主体升级改造研制工作，**2023年5月**，2米望远镜完成升级改造
- 2023年5月，NCU考察了**墨西哥SPM备选台址**

2米望远镜性能提升过程

1. 望远镜耐焦平台改造（2019年度修购支持）

上海天文台于**2020年11月**，和日本西村公司**签订了耐焦平台合同**，改造内容包括45°转折第三镜、耐焦卡焦切换机械装置、耐焦卡焦切换控制系统。上海天文台确认设计方案的科学性和可行性。

2. 望远镜机电系统改造（2021年度修购支持）

望远镜主体于2019年7月运至日本西村公司，开箱检查评估。各零部件系统已存放多年，需对电控系统和机械部件进行维修和更换。上海天文台**负责控制系统购置内容及方案确认**，**2021年11月签订合同**，开展望远镜的设计改造

2017年12月在日本进行望远镜技术细节沟通

2021年-2022年初耐焦研制加工

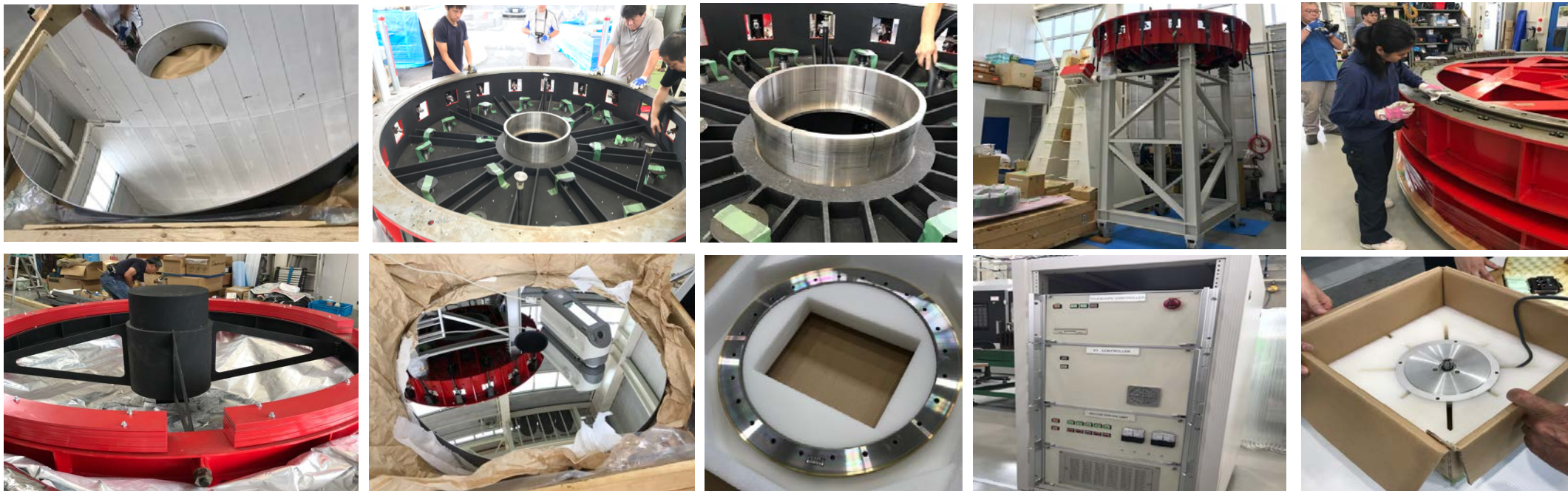
2021年-2022年，望远镜控制系统升级改造

2019年7月在日本开箱，对望远镜各系统进行性能评估

2021年，在上海对四通道成像仪进行测试

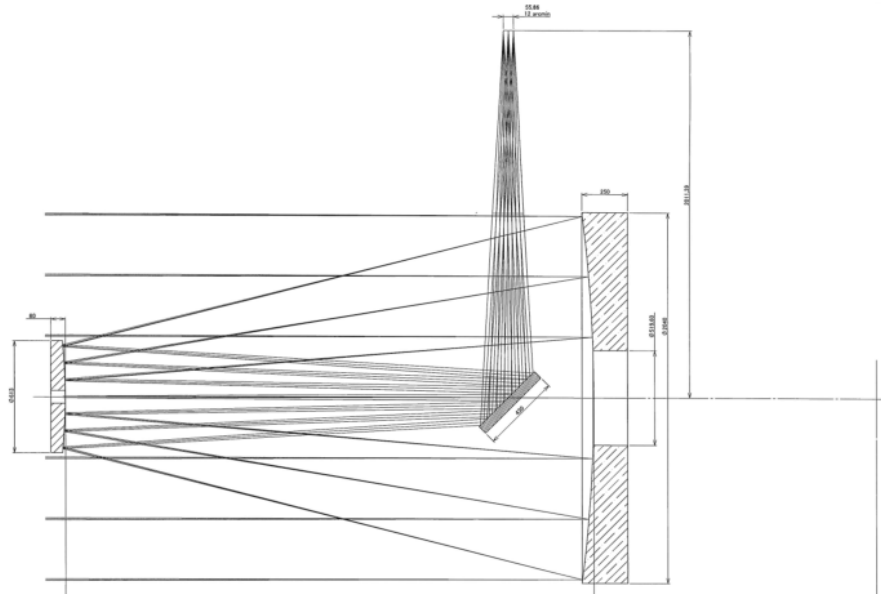
2023年5月在日本完成望远镜设备部分验收

2米望远镜原始情况（2019年7月）

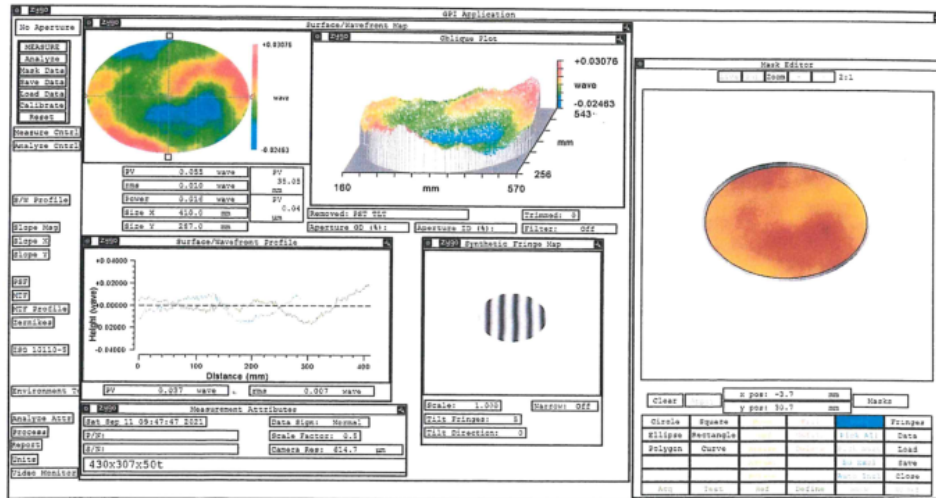


- 光学系统：主镜镀膜有磨损，副镜保存完好
- 机械系统：大部分零件保存完好，部分零部件有生锈现象
- 电控系统：驱动器和编码器保存完好。部分器件停产和产品升级，更换全部电机，驱动器和方位轴编码器

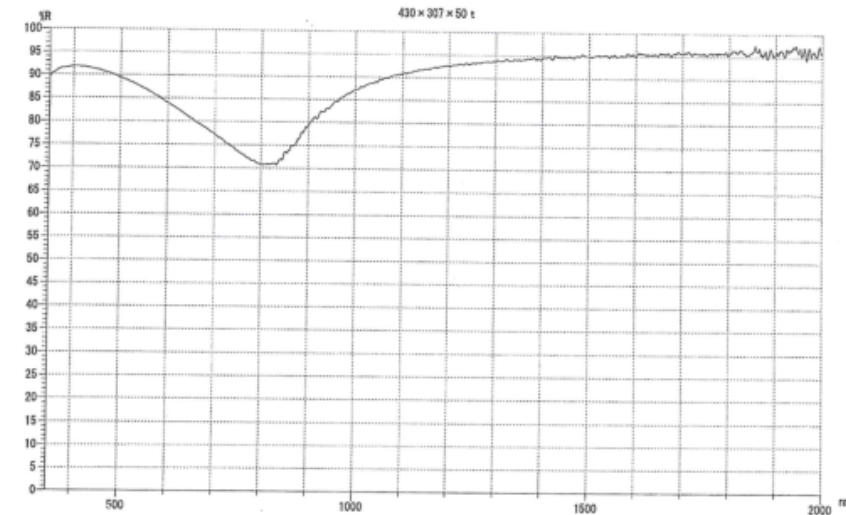
2米望远镜耐焦第三镜研制 (2021-2022)



- 采用零膨胀玻璃
- 能够实现耐焦180度旋转
- 耐焦与卡焦的切换
- 精度1-1.5"
- 第三镜面型RMS约1/100λ



西村製作所製



2米望远镜性能提升 (2021-2022)

1. 硬件更换：能够实现两个轴系精密运动，卡焦具备消旋器，能够实现电动调焦、主镜盖电动开合的功能。硬件包括方位轴及高度轴电机、方位轴及高度编码器、副镜调焦电机、卡焦消旋电机、主镜盖电机、高度轴倾角计、限位开关、感应器及变压器等。
2. 软件更新：控制架构采用数字脉冲控制方式，通过提供以太网通信协议与控制计算机进行通信，具备标准望远镜功能、指向模型修正、恒星行星等目标天体的观测位置计算、图像闭环跟踪接口等功能。
3. 望远镜性能：望远镜经过指向模型修正后，指向精度RMS优于3"（仰角高于15°）；
跟踪精度：开环 0.5"（10分钟） 1.5"（30分钟） 2"（60分钟） 闭环0.5"



2米望远镜整体功能性测试 (2023/5)

测试内容	测试结果
1.1 一套耐焦系统	包括45°转折第三镜、耐焦卡焦切换机械装置、耐焦卡焦切换控制系统
1.2 该装置需具备旋转180°功能，以便获得两个耐焦工作焦点；该装置可实现摆动功能，能够获得卡焦工作焦点，并尽量控制挡光比小于30%	具备该项功能
1.3 该装置两个旋转方向重复定位精度均需控制在1"--1.5"范围内	现场安装完成后，进行测试
1.4 该装置卡焦与耐焦的切换中，需保证耐焦转折第三镜的摆动复位精度控制在1"--1.5"范围内	根据加工及调试视频测试，能够实现
1.5 第三镜及支撑结构的尺寸需要满足2米望远镜在耐焦焦点成像视场≥12'	根据图纸，已完成评审
1.6 第三镜材料为Ohara低膨胀系数玻璃材料Clearceram	根据图纸，已完成评审
1.7 第三镜面型PV值优于1/10波长，需提供RMS数据@632.8nm	根据图纸，已完成评审
1.8 第三镜表面镀膜波长范围300nm-2000nm，反射率高于90%	根据测试内容，已完成评审
1.9 耐焦卡焦切换系统能够保证工作焦点切换时间小于1分钟	已测试，运动时间约为35秒内
1.10 卖方提供耐焦卡焦切换机械装置的组装图纸、耐焦卡焦切换控制系统的软件及输入控制指令和输出数据通信方式及数据格式，提供TCP通信协议，便于后续买方对望远镜开展运行与维护	通信协议已沟通，西村公司会针对ASCOM协议进行确认

2米望远镜整体功能性测试（2023/5）

测试内容	测试结果
2.1望远镜采用摩擦驱动方式	采用摩擦驱动方式
2.2望远镜控制系统一套	能够实现两个轴系精密运动，卡焦具备消旋器，能够实现电动调焦、主镜盖电动开合的功能。硬件包括方位轴及高度轴电机、方位轴及高度编码器、副镜调焦电机、卡焦消旋电机、主镜盖电机、高度轴倾角计、限位开关、感应器及变压器等。
2.3望远镜控制软件一套	控制架构采用数字脉冲控制方式，与控制计算机进行通信，具备标准望远镜功能指向模型通过提供以太网线通信协议与控制计算机进行通信，具备标准望远镜功能、指向模型
2.4望远镜控制软件通过友好的用户界面	实时星图和硬件状态指示灯等控件使得操作员了解望远镜工作状态，界面设计原则简单明晰，控制程序稳定可靠，能够在 Windows 或更多的操作系统下运行。
2.5望远镜具备电动调焦的模式	精度可以实现0.01mm
2.6望远镜经过指向模型修正后，指向精度 RMS 优于 3"（仰角高于 15°）	安装完成后现场测试
2.7跟踪精度：开环 0.5"（10 分钟）1.5"（30 分钟）2"（60 分钟） 闭环 0.5"	开环初步测试 30 分钟方位轴1.5"；高度轴优于0.5"；具体数据现场安装后测试
2.8望远镜最大摆位速度不低于 6 度/秒	不低于 6 度/秒
2.9望远镜控制系统能够与耐焦系统实现兼容，整体进行安装及调试，实现耐焦系统的精密控制。	控制软件及硬件具备该项功能
2.10望远镜所有运动机构具备限位保护功能。	高度轴
2.11提供控制系统方案设计报告；控制系统硬件设备清单，标明型号及产品规格；控制系统软件使用说明书。	需提供设计方案、产品规格、软件说明书
2.12望远镜控制系统与光学及机械系统进行整体安装及调试。	现场安装调试

2米望远镜整体功能性测试

望远镜能够实现高度轴方位轴系运动、第三镜耐焦及卡焦运动、主镜盖控制开合、备有控制系统软件一套



2米望远镜部件功能性测试

第三镜耐焦卡焦旋转及切换运动



第三镜卡焦耐焦切换时间测试



2米望远镜部件功能性测试

主镜盖开合

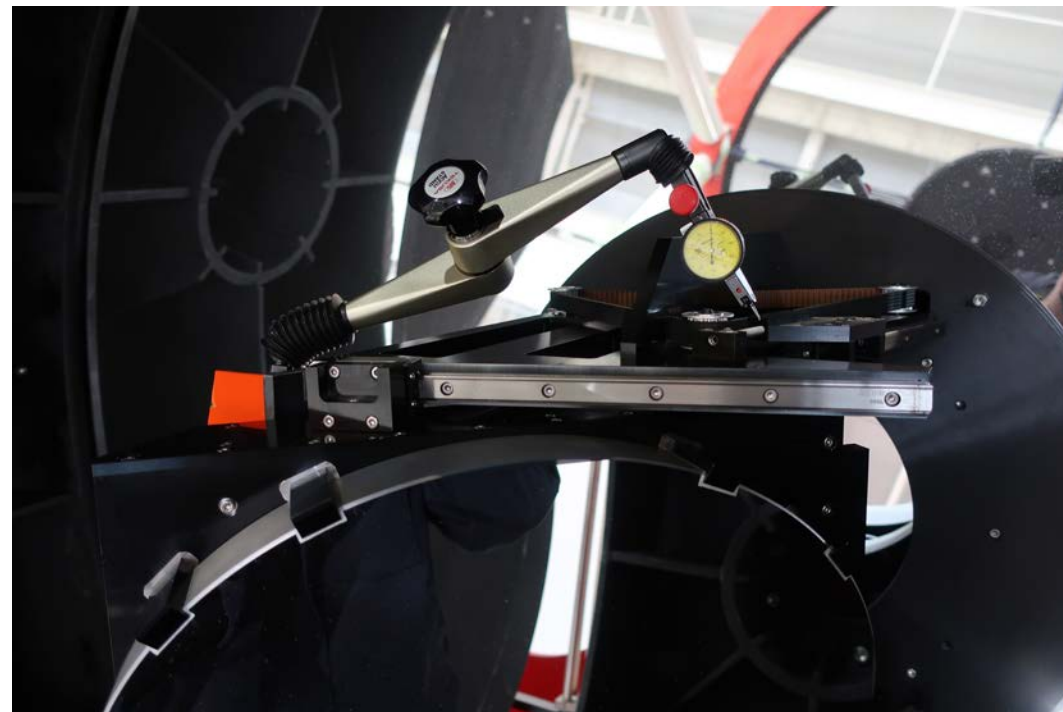


卡焦消旋机构运动



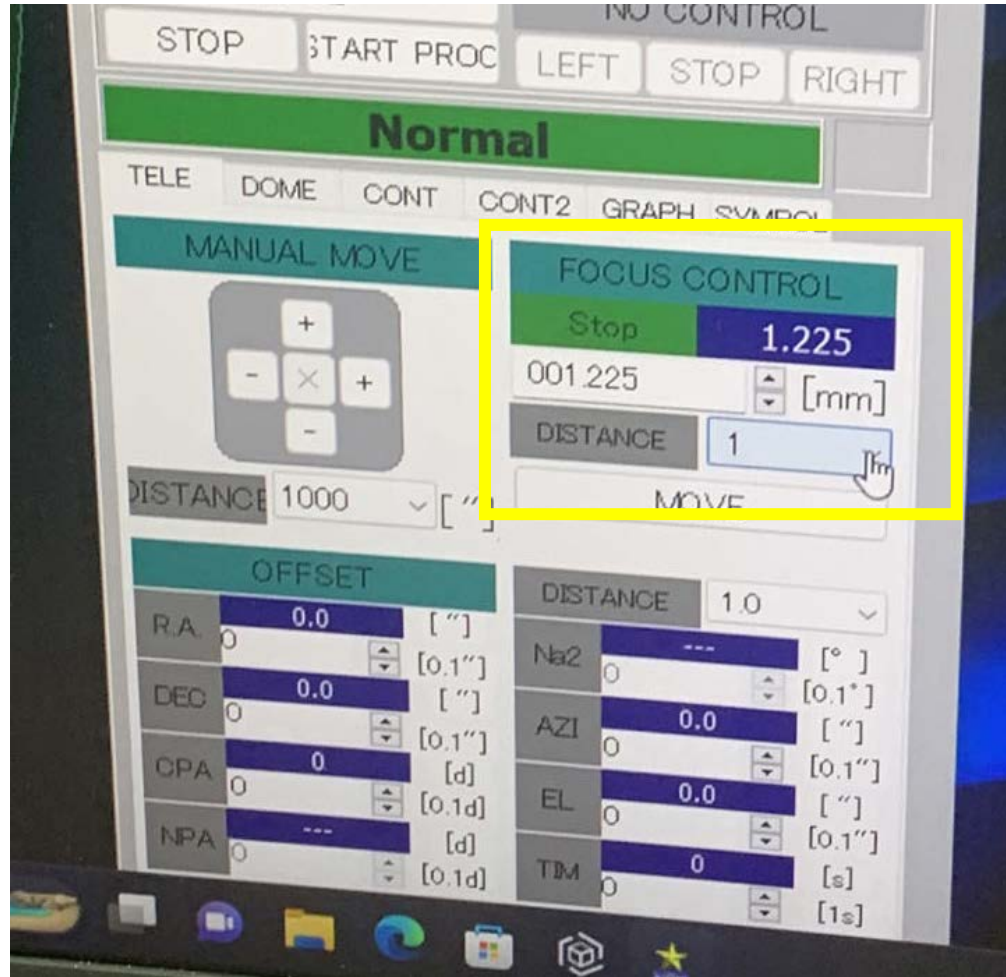
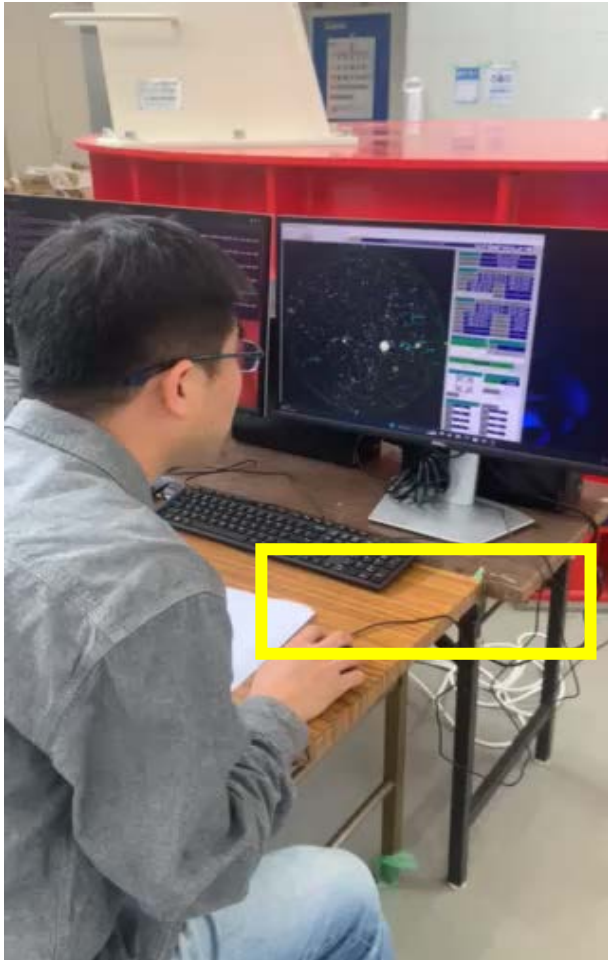
2米望远镜部件技术指标测试

耐焦及卡焦切换运动重复定位精度， $1\mu\text{m}=1.2''$



2米望远镜部件技术指标测试

副镜电动调焦精度测试，15次测试，均实现0.01mm调焦精度

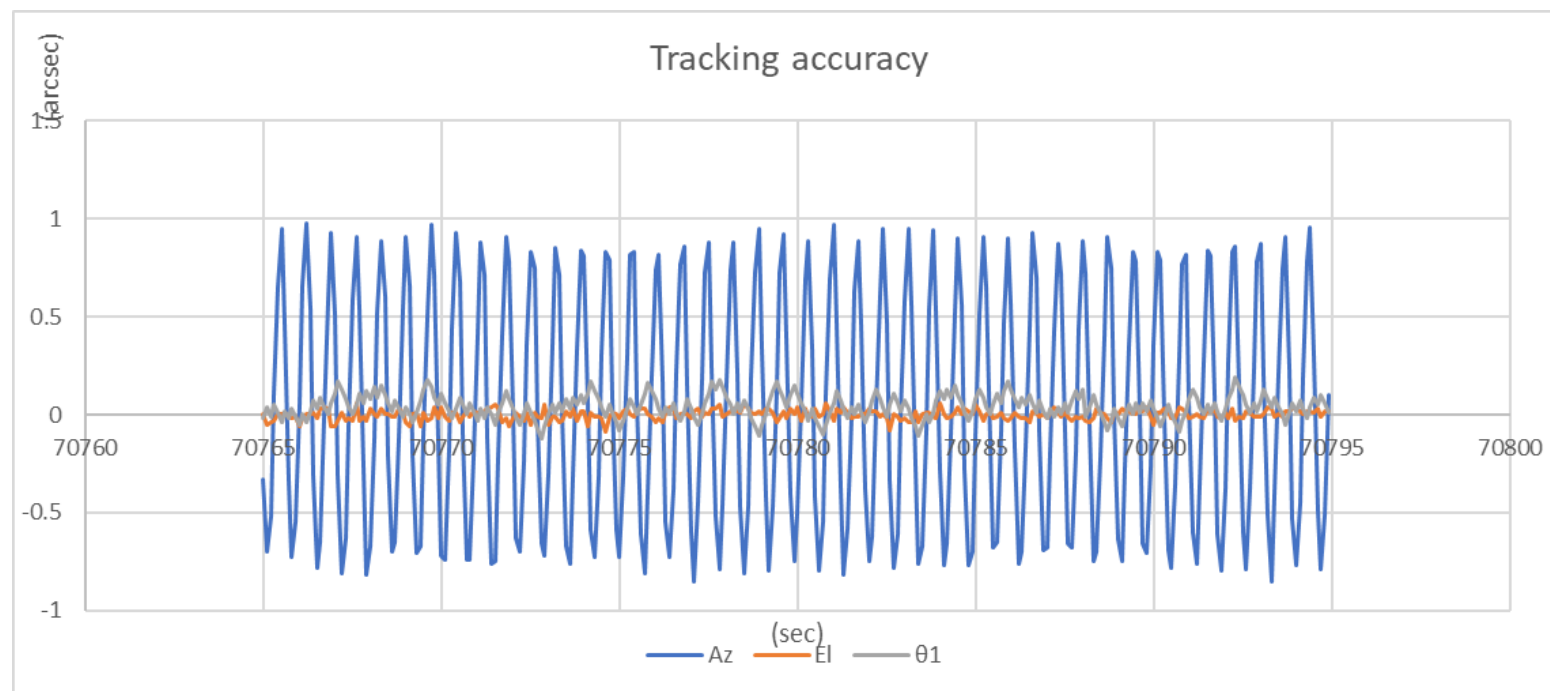


2米望远镜部件技术指标测试

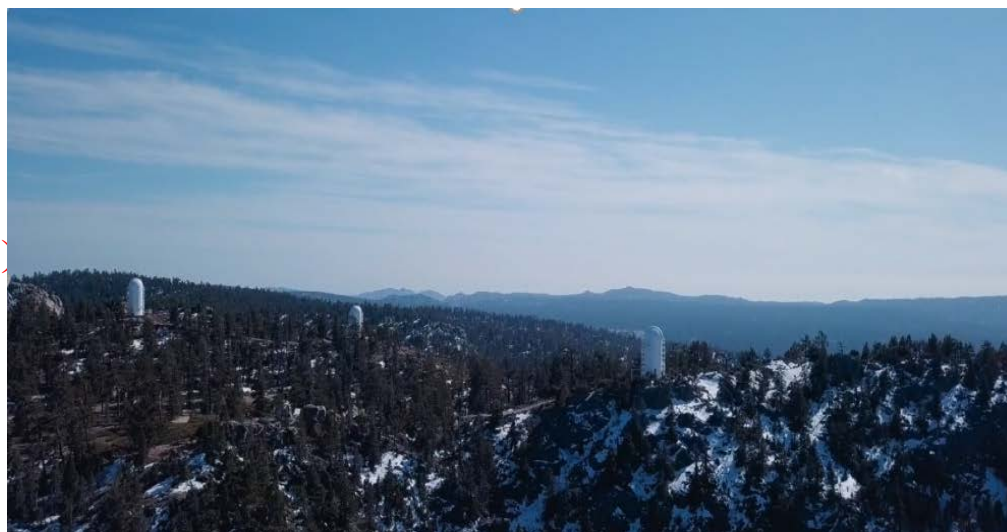
跟踪精度测试，30分钟方位轴优于1.5"，高度轴优于0.5"

在日本安装调试过程中，发现方位轴编码器无法读出原点，仪器测试编码器数据波动有一定的异常，初步判断方位轴编码器存在风险，将更换新的编码器
现场安装完成后再次测试

注：原来方位轴安装的是相对编码器，电源断电后不会记录方位轴位置，所以方位轴增加了一个绝对编码器，便于记录位置。望远镜跟踪及指向均采用方位轴相对编码器数据。



2米光学红外望远镜展望



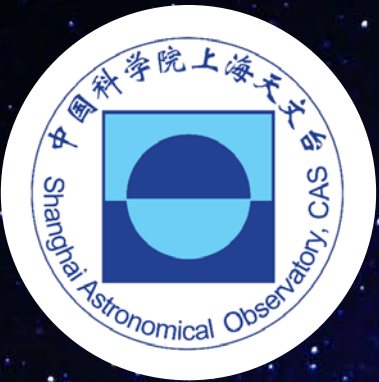
快速：增强国内光学红外观测能力，获取大量第一手观测资料，满足基本观测需求。

位置：中国本土望远镜互补，为空间望远镜（如HXMT、SVOM、空间站2米巡天望远镜等）提供全球的地面支持。

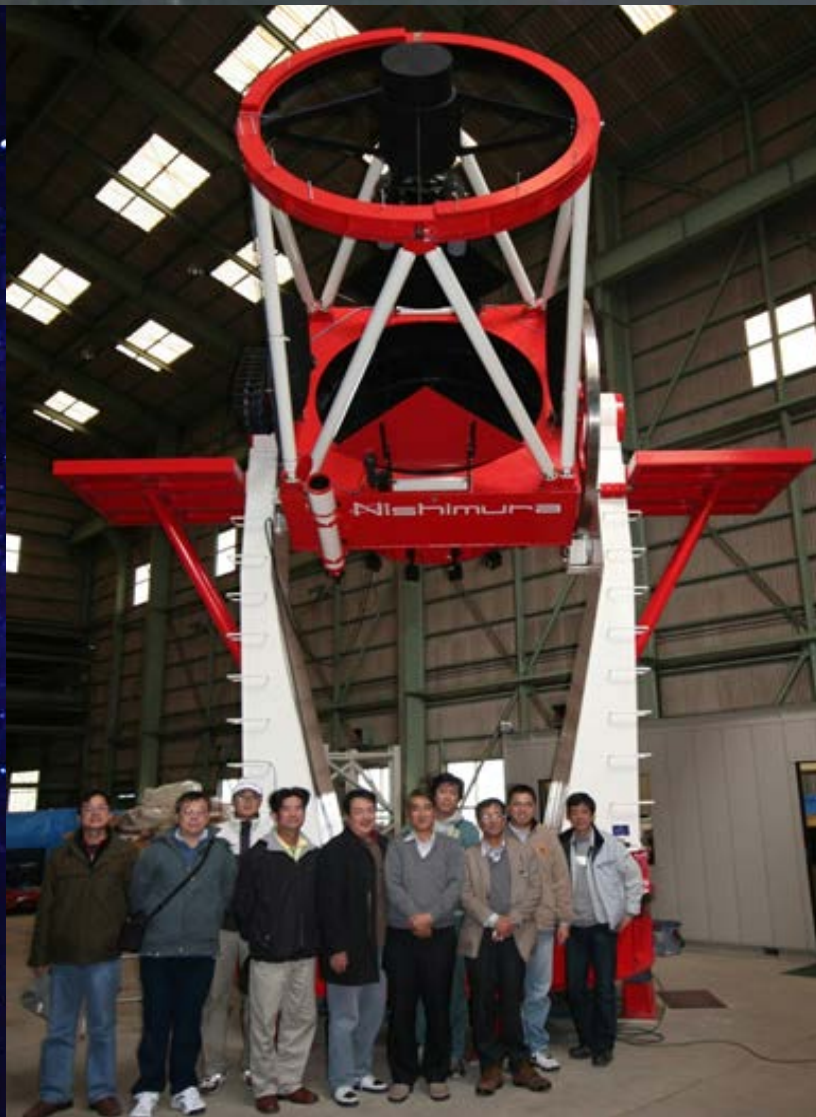
红外：弥补我国在红外天文观测领域的空白，拓展红外天文研究课题。

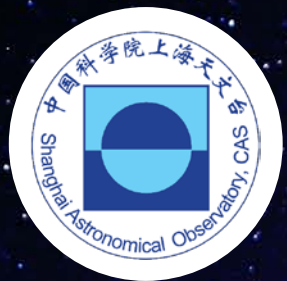
多信使：参与多信使时代国际合作研究，做出重要工作成绩。

多方合作：促进多方面国内、国际合作，成为两岸合作的典范。



中央大學天文研究所
Graduate Institute of Astronomy, NCU





中央大學天文研究所

Graduate Institute of Astronomy, NCU

精勤司天
诚信修文

谢谢！
请各位老师批评指正！

望远镜-耐焦-仪器1

仪器1：光谱仪外形尺寸大致为：400mmx800mm，重量约为80kg

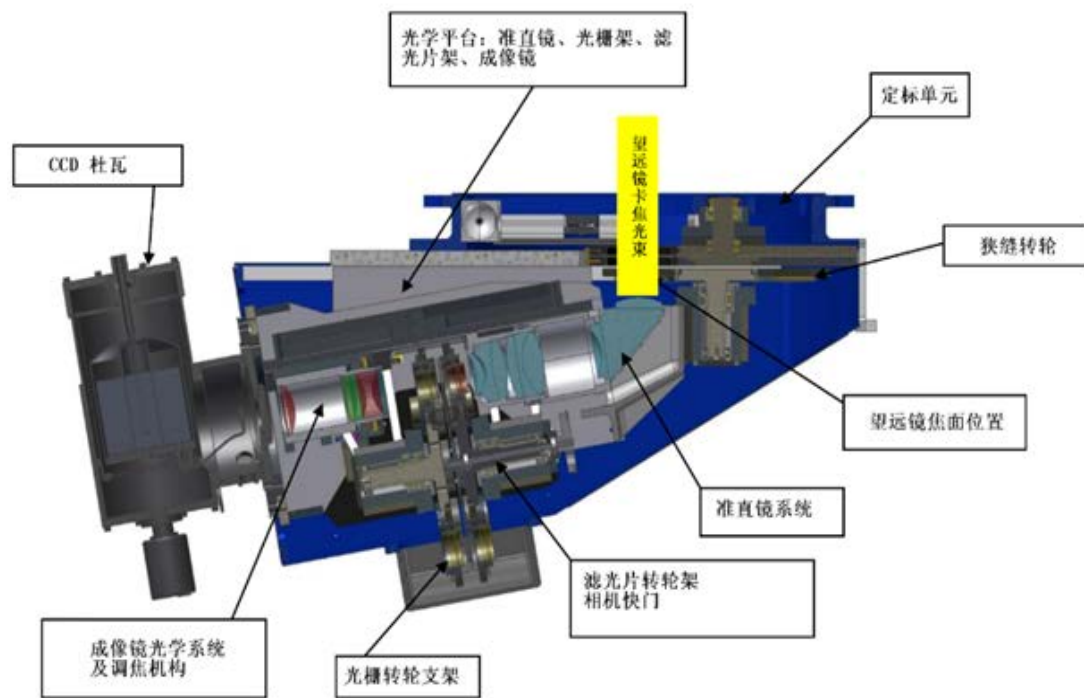
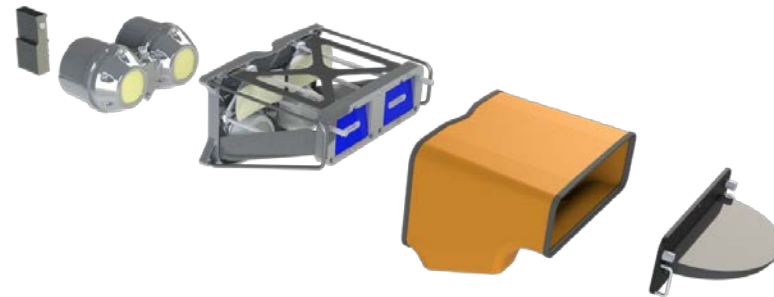


图 1.1 YFOSC 结构图

望远镜-耐焦-仪器2

仪器2：IFU

光谱仪大概是800x700x300mm
光谱仪后面两个照相机安装在圆筒内
每个筒直径大约为300mm，长250mm
总体重量约为100kg。



望远镜-卡焦仪器

四通道成像仪，由台湾中央大学研制完成。可在4个波段：552-689 nm (r), 691-815 nm (i), 815-915 nm (z) , 967-1024 nm (y) , 同时成像。

