



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104181687 B

(45)授权公告日 2017.01.11

(21)申请号 201410385496.9

审查员 欧阳姣

(22)申请日 2014.08.06

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104181687 A

(43)申请公布日 2014.12.03

(73)专利权人 中国科学院国家天文台南京天文  
光学技术研究所

地址 210042 江苏省南京市板仓街188号

(72)发明人 寇松峰 顾伯忠 姜翔 任玉斌

(74)专利代理机构 江苏致邦律师事务所 32230

代理人 栗仲平

(51) Int. Cl.

G02B 23/02(2006.01)

G02B 23/06(2006.01)

G02B 23/12(2006.01)

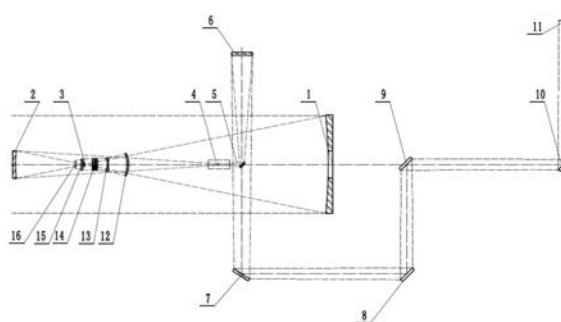
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

集太阳观测与恒星观测功能于一体的多功能天文望远镜

(57)摘要

集太阳观测与恒星观测功能于一体的多功能天文望远镜,采用格里高利光学系统作为三镜系统的基础,特征是,光学系统中设置有折轴反射镜,将主镜、副镜反射过来的光线转折到高度轴上,通过高度轴上的扁球镜进行系统焦比转换;系统设计有三个焦点:主焦点放置视场光阑,反射镜及其制冷装置,与恒星观测光路共用;系统焦点,放置磁分析仪标定装置;科学焦点,该焦点是全反射镜成像;在主镜焦点位置设置有转换装置,通过视场光阑和像场改正镜的切换实现太阳观测光路和恒星观测光路的切换。本发明解决了目前太阳观测和恒星观测难以在一个天文望远镜实现的难题,实现了太阳和恒星观测条件下宽光谱、大视场、高质量成像与高分辨率光谱测量功能的统一。



1. 一种集太阳观测与恒星观测功能于一体的多功能天文望远镜,采用格里高利光学系统作为主镜、副镜与扁球镜系统的基础,其特征在于,

太阳光路中设置有一个折轴反光镜,通过该折轴反光镜将主镜、副镜反射过来的光线转折到高度轴上,通过高度轴上的扁球镜进行系统焦比转换;

该主镜、副镜与扁球镜系统一共设计有三个焦点:主焦点、系统焦点与科学焦点;其中,主焦点为主镜焦点;系统焦点为格力高利光学系统的焦点;科学焦点为一种折轴焦点,位于扁球镜之后的光路中;

主焦点放置视场光阑,包括视场光阑上的反光镜及其制冷装置,太阳光路与恒星观测光路共用该主焦点;

系统焦点,放置磁分析仪定标装置;

科学焦点,该焦点是全反射镜成像焦点,恒星观测中的光谱分析在科学焦点完成;

在主镜焦点位置设置有转换装置,通过将视场光阑和由第一像场改正镜、第二像场改正镜、大气色散改正镜、第三像场改正镜所组成的光学系统之间的切换实现太阳观测光路和恒星观测光路之间的切换;

所述的恒星观测光路实现在 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 视场范围内成像;

恒星入射光线经由主镜、第一像场改正镜、第二像场改正镜、大气色散改正镜、第三像场改正镜,形成恒星观测焦点。

2. 根据权利要求1所述的集太阳观测与恒星观测功能于一体的多功能天文望远镜,其特征在于,在通过扁球镜实现系统焦比的转换后,加入缩焦镜,一方面进一步转换焦比,与成像CCD匹配,另一方面则对残余像差进行校正,使其满足太阳成像观测的需要。

3. 根据权利要求1所述的集太阳观测与恒星观测功能于一体的多功能天文望远镜,其特征在于,所述的恒星观测光路中的大气色散改正镜为双光楔大气色散改正镜,以消除大气色散对成像质量的影响。

4. 根据权利要求3所述的集太阳观测与恒星观测功能于一体的多功能天文望远镜,其特征在于,通过双光楔大气色散改正镜以及通过融石英的第一像场改正镜、第二像场改正镜、第三像场改正镜对像差进行校正,在 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 视场范围内,各波段像斑直径小于成像CCD像元尺寸。

5. 根据权利要求1-4之一所述的集太阳观测与恒星观测功能于一体的多功能天文望远镜,其特征在于,所述太阳观测光路中设置的折轴反光镜,其大小以不造成对恒星观测光路的光线遮挡为准。

## 集太阳观测与恒星观测功能于一体的多功能天文望远镜

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种集太阳观测与恒星观测功能于一体的多功能天文望远镜，属于光学系统设计领域。本发明受到2.5米多功能望远镜研制项目和国家自然科学基金(11273040)的资助。

### 背景技术

[0002] 太阳观测和恒星及星系观测是天文学研究的主要内容，科学家对两种望远镜有着很大的需求。经过不断的探索，人们总结出了一些较为通用的望远镜光学系统，适用于若干领域的天文观测，如施密特反射望远镜系统适用于恒星星系探测、天体光谱收集和巡天多功能运用，格里高利系统则普遍运用于太阳观测，格里高利系统的主镜焦点可以用于安装视场光阑和反射镜，不仅能够有效降热量对成像的影响，而且满足多种太阳观测的要求。

[0003] 建造更大口径的望远镜是天文学发展的趋势。考虑到大口径望远镜的建造成本高、建造周期长等原因，如果一台望远镜能够实现太阳观测与恒星观测的统一，将大大提高望远镜的费效比。由于太阳观测的特点是高热量、高照度、高精度，恒星星系观测的特点是低照度、大视场、宽波段，其技术参数的存在很大差异，两种功能合一存在很大的难度。目前2米以上的太阳望远镜和恒星及星系望远镜多为单一功能的望远镜，比如印度NLST(口径2米)，德国GREGOR(口径1.5米)都是比较著名的太阳望远镜，而多功能望远镜尚属空白。

[0004] 通过光学设计的创新，将两种功能合理地集中到一台望远镜中，不仅能够以较低的建造成本实现多个科研目标，而且可以让望远镜的选址、使用与维护变得简单，能够有效降低观测维护成本，对天文光学发展具有重要的意义。但是现有技术尚未有这类技术方案出现。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种集太阳观测与恒星观测功能为一体的大口径、反射式多功能望远镜的光学系统。本发明解决了目前太阳观测和恒星观测难以在一个天文望远镜实现的难题，实现了太阳和恒星观测条件下宽光谱、大视场、高质量成像与高分辨率光谱测量功能的统一。

[0006] 完成上述发明任务的技术方案是，一种集太阳观测与恒星观测功能于一体的多功能天文望远镜，采用格里高利光学系统作为主反射镜、副镜与目镜系统(三镜光学系统)的基础，其特征在于，

[0007] 太阳观测光路中设置有一个折轴反光镜，通过该折轴反光镜将主镜、副镜反射过来的光线转折到高度轴上，通过高度轴上的扁球镜进行系统焦比转换；

[0008] 该主反射镜、副镜与目镜系统一共设计有三个焦点：主焦点、系统焦点与科学焦点；其中，

[0009] 主焦点放置视场光阑，反光镜及其制冷装置，与恒星观测光路共用；

[0010] 系统焦点，放置磁分析仪标定装置；

[0011] 科学焦点,该焦点是全反光镜成像焦点(可以满足较宽的光谱工作范围。该焦点也可用于恒星观测中需要较小视场的光谱测量等科学目的);

[0012] 在主镜焦点位置设置有转换装置,通过视场光阑和像场改正镜的切换实现太阳观测光路和恒星观测光路的切换。

[0013] 太阳观测光路中设置的折轴反光镜,要选择较小折轴反光镜,其大小以不造成对恒星观测光路的光线遮挡为准。

[0014] 更具体和更优化地说,本发明的方案如下:

[0015] 设计一种光学系统方案,根据太阳观测光路、恒星观测光路和导星镜的设计,进行望远镜总体布局。下面就针对这些设计进行详细的描述并给出多功能望远镜的布局。

[0016] 一、太阳观测光路:

[0017] 大型太阳望远镜采用开放式结构。选用格里高利光学系统作为三镜系统的基础。太阳望远镜在高度轴附近提供一个小焦比系统焦点,在此处放置磁分析定标装置。通过折轴反光镜将扁球镜放置在高度轴上。像点引入到望远镜下方的光谱仪室加大焦比来保证足够长的后工作距。三镜系统一共设计了三个焦点:

[0018] 主焦点,焦比F2.5,放置视场光阑,反射镜及其制冷装置,与恒星观测光路共用;

[0019] 系统焦点,焦比F7.5,放置磁分析仪标定装置;

[0020] 科学焦点,焦比F46,可以提供 $3' \times 3'$ 的衍射极限成像,该焦点是全反射镜成像,可以满足较宽的光谱工作范围。该焦点也可用于恒星观测中需要较小视场的光谱测量等科学目的。

[0021] 借鉴2.16m望远镜的SYZ折轴光路设计,改进传统的三镜系统(格里高利+扁球镜的结构,其中扁球镜位于主镜下方,需要通过一个较大的折轴反光镜实现光路的转折,这样会产生对恒星观测光路的光线遮挡):通过一个较小的折轴反光镜将副镜反射过来的光线转折到高度轴上,通过高度轴上的扁球镜将系统焦比由F7.5转换至F46。太阳观测光路的三镜系统与恒星观测光路共用了主镜焦点。太阳观测光路需要在主焦点上放置视场光阑,包括视场光阑上的反光镜(需要制冷),恒星观测光路在主镜焦点上放置像场改正镜及大气色散改正镜,所以在主镜焦点位置需要一个转换装置,这样能够根据观测需要分别导入不同的仪器。这种设计的突出优点在于:

[0022] 1、在这个提供的小焦比焦点放置定标装置可以减小其口径;

[0023] 2、扁球镜放置在高度轴上,以缩短镜筒长度;

[0024] 3、科学焦点,焦比F46,可以提供 $3' \times 3'$ 的衍射极限成像,该焦点是全反射镜成像,可以满足较宽的光谱工作范围。该焦点也可用于恒星观测中需要较小视场的光谱测量等科学目的。

[0025] 4、三镜系统,本方案采用较小的折轴反光镜,不会遮挡恒星观测光路的光线,可以有效减少格里高利系统镜筒较长的缺点;

[0026] 5、可以有一个更大的焦比来保证足够长的后工作距以便像点引入到望远镜下方的光谱仪室;

[0027] 6、主镜焦点位置放置一个转换装置,这样能够根据观测需要分别导入不同的仪器。

[0028] 在F46焦点后加入了缩焦镜,一方面转换焦比到F10与成像CCD匹配,另一方面则对

三镜系统的残余像差进行校正,使其满足高精度太阳成像观测的需要。

[0029] 二、恒星观测光路:

[0030] 恒星观测光路采用主焦点+像场改正镜的方法,校正像差,转换焦比,并在像场改正镜中加入了双光楔大气色散改正镜,以消除大气色散对成像质量的影响。通过3片融石英像场改正镜改变焦比并对像差进行校正,在 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 视场范围内,各波段像斑直径小于CCD像元尺寸。

[0031] 该设计的优点在于:

[0032] 1、这种设计解决了大视场、宽光谱的难点;

[0033] 2、通过转换焦比,对应于CCD单个像素信息能力很高,进而降低了CCD费用;

[0034] 3、双光楔大气色散改正镜有效消除大气色散对成像质量的影响;

[0035] 4、采用主焦点作为恒星观测光路工作焦点可以满足恒星观测光路需要较小的焦比和较大的视场的要求;

[0036] 5、过3片融石英像场改正镜改变焦比并对像差进行校正,各波段像斑直径很小。

[0037] 四、望远镜的总体布局:

[0038] 根据相关计算结果,考虑到光机电三部分的精度及完成难度,综合望远镜的总体布局,采用主镜焦点作为恒星观测光路工作焦点,通过大气色散改正镜与像场改正镜视场的宽光谱成像功能。采用改进的三镜系统实现F46的coude焦点,该焦点全反射成像焦点,可用于太阳观测/恒星观测的自适应光学成像与IFU光谱分析。

[0039] 本发明的内容在于,本发明公布了一种以格里高利光学系统为基础,改变传统望远镜总体布局,在多个方面改进或者重新设计,能够实现太阳观测和恒星观测功能的统一的多功能望远镜的设计方案。

[0040] 本发明解决了目前太阳观测和恒星观测难以在一个天文望远镜实现的难题,实现了太阳和恒星观测条件下宽光谱、大视场、高质量成像与高分辨率光谱测量功能的统一。本发明的突出优点在于:充分考虑到光机电三部分的精度和完成难度,在制造工艺上较传统设计更容易实现,操作维护上也较为简单。

[0041] 附图说明:

[0042] 图1是多功能望远镜光学系统图。

[0043] 图2是太阳观测光路系统图。

[0044] 图3是恒星观测光路系统图。

[0045] 图4是太阳观测时导入视场光阑状态图。

[0046] 图5是恒星观测时导入像场改正镜与大气色散改正镜图。

[0047] 图6是多功能望远镜镜筒外形图。

[0048] 图7是望远镜总体布局图。

### 具体实施方式

[0049] 结合附图来说明本发明的具体实施方式。

[0050] 实施例1,太阳观测与恒心观测功能合一的望远镜。如图1所示,本发明所提出的多功能天文望远镜光学系统,由主镜1,副镜2,视场光阑3,磁分析定标装置4,折轴反光镜5,扁球镜6,折轴反光镜7~10,科学焦点(折轴焦点)11,像场改正镜12,13,15,大气色散改正镜

14, 恒星观测焦点16组成。其中由主镜1, 副镜2, 视场光阑3, 磁分析定标装置4, 折轴反光镜5, 扁球镜6, 折轴反光镜7~10, 科学焦点(折轴焦点)11为太阳观测光路(图2)。由主镜1, 像场改正镜12, 13, 15, 大气色散改正镜14, 恒星观测焦点16为恒星观测光路(图3)。

[0051] 如图2所示太阳观测光路, 太阳入射光线经主镜1汇聚到主镜焦点上, 放置在主镜焦点上的视场光阑3将视场外的光线反射出光路, 并通过视场光阑上的反射镜将视场内热量反射出望远镜。通过视场光阑3的光线经过副镜2汇聚到第二焦点(系统焦点)上, 通过放置在磁分析定标装置4、折轴反光镜5、扁球镜6, 折轴反光镜7~10, 形成折轴焦点(科学焦点)11。该光路是在格里高利光学系统基础上重新设计, 设计时考虑到恒星观测光路像差校正对于主镜焦比的需要, 以及格里高利光学系统较RC系统光路长等原因, 所以将扁球镜放置在高度轴上, 以缩短镜筒长度。设计一个更大的焦比来保证足够长的后工作距像点引入到望远镜下方的光谱仪室。

[0052] 本发明中的太阳光路一共设计了三个焦点:

[0053] 主焦点, 焦比F2.5, 放置视场光阑, 反射镜及其制冷装置, 与恒星观测光路共用;

[0054] 系统焦点, 焦比F7.5, 放置磁分析仪标定装置;

[0055] 科学焦点, 焦比F46, 可以提供 $3' \times 3'$ 的衍射极限成像, 该焦点是全反射镜成像, 可以满足较宽的光谱工作范围。该焦点也可用于恒星观测中需要较小视场的光谱测量等科学目的。

[0056] 如图3所示恒星观测光路, 恒星入射光线经由主镜1, 像场改正镜12, 13, 大气色散改正镜14, 像场改正镜15形成恒星观测焦点16。恒星观测光路的设计要求大视场、小焦比和宽光谱。考虑到主镜加工成本、望远镜镜筒长度、及CCD购买费用等因素, 恒星观测光路采用主焦点+像场改正镜的方法, 通过像场改正镜将主镜焦比由F2.5转换至F3.16, 对应 $9K \times 9K$ 规模CCD, 单个像素15 $\mu\text{m}$ 。恒星观测光路用于系外行星探测时, 其工作波段带宽较宽, 容易受到大气色散的影响, 为了消除大气色散对成像质量的影响, 在像场改正镜中加入了双光楔大气色散改正镜。

[0057] 如图4所示, 太阳观测光路与恒星观测光路共用主镜焦点, 所以在主镜焦点位置需要一个转换装置, 根据观测需要分别导入不同的仪器。在进行太阳观测时, 取下主焦点上的像场改正镜12, 13, 15, 大气色散改正镜14及其机械结构, 将视场光阑3及其机械结构安装在副镜前端, 实现小视场、高精度的太阳观测。

[0058] 如图5所示, 在进行恒星观测时, 取下视场光阑3及其机械结构, 将像场改正镜12, 13, 15, 大气色散改正镜14及其机械结构安装在副镜前端的机械接口上, 经过主镜1的恒星入射光线经过像场改正镜12, 13, 大气色散改正镜14, 像场改正镜15后成像在恒星观测焦点16上。

[0059] 如图6所示, 太阳观测光路与恒星观测光路安装在机械镜筒上。

[0060] 如图7所示, 多功能望远镜光学系统安装在圆顶内。

[0061] 以上所述仅为本发明的在2.5m多功能望远镜上的较佳实施案例而已, 并不用以限制本发明, 凡在本发明的精神和原则之内, 所做的任何修改, 等同、替换和改进等, 均应包含在本发明的保护范围内。

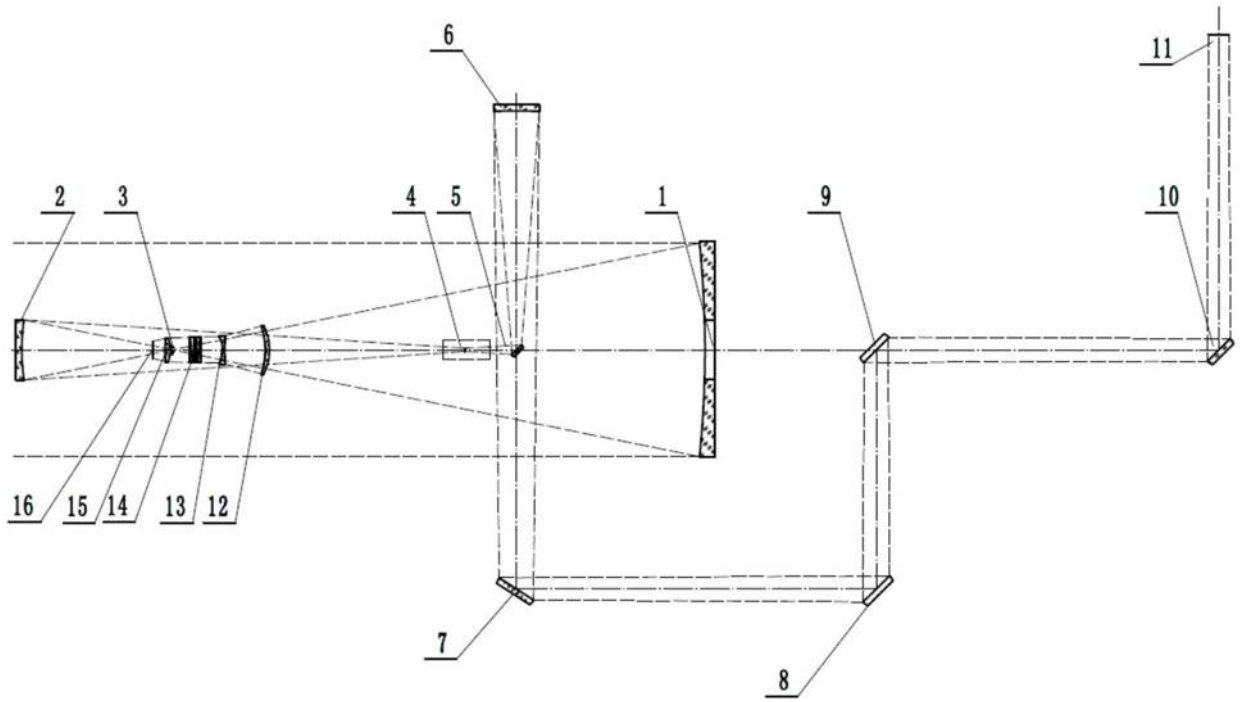


图1

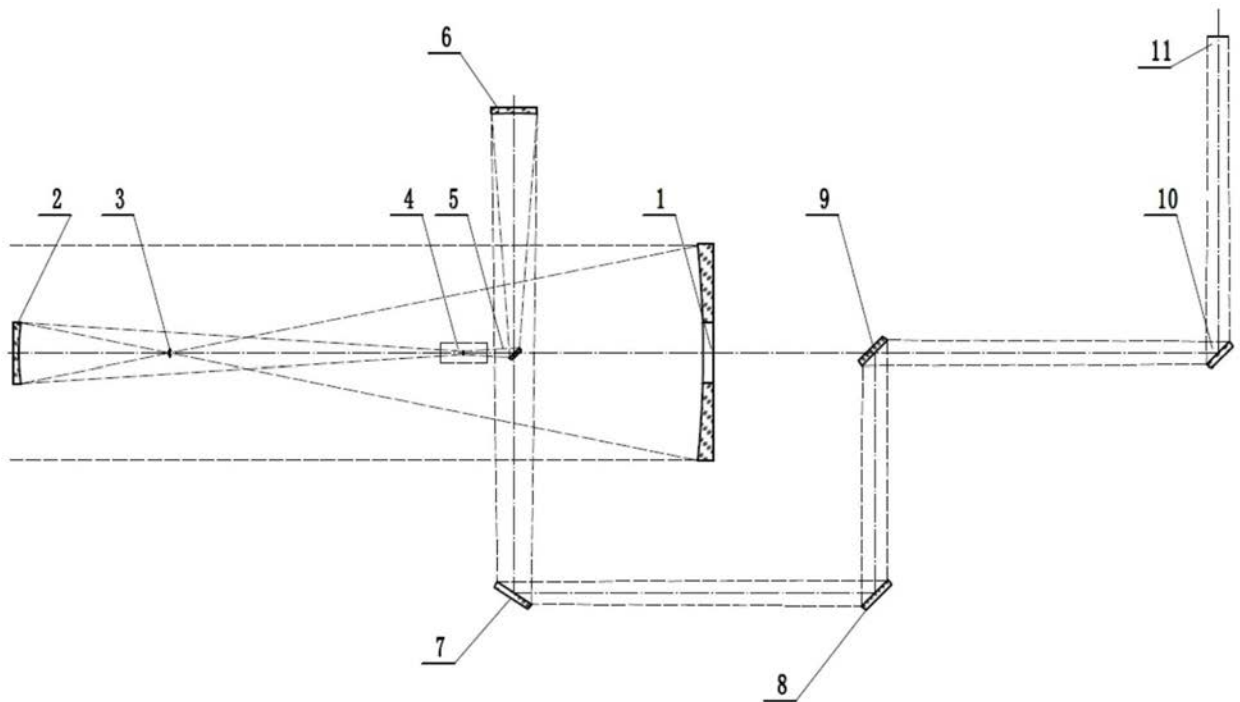


图2

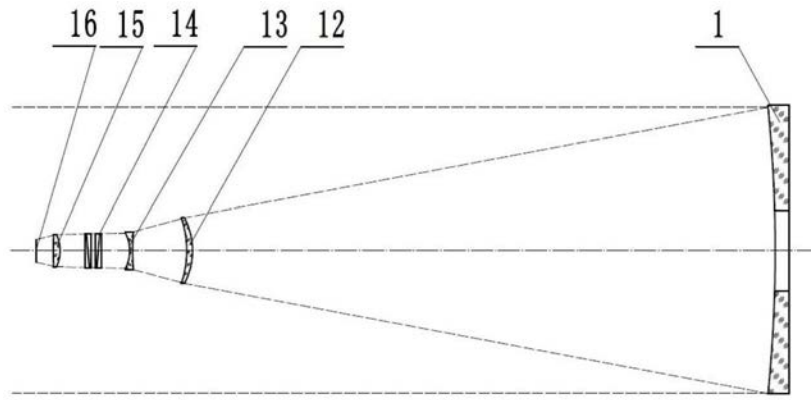


图3

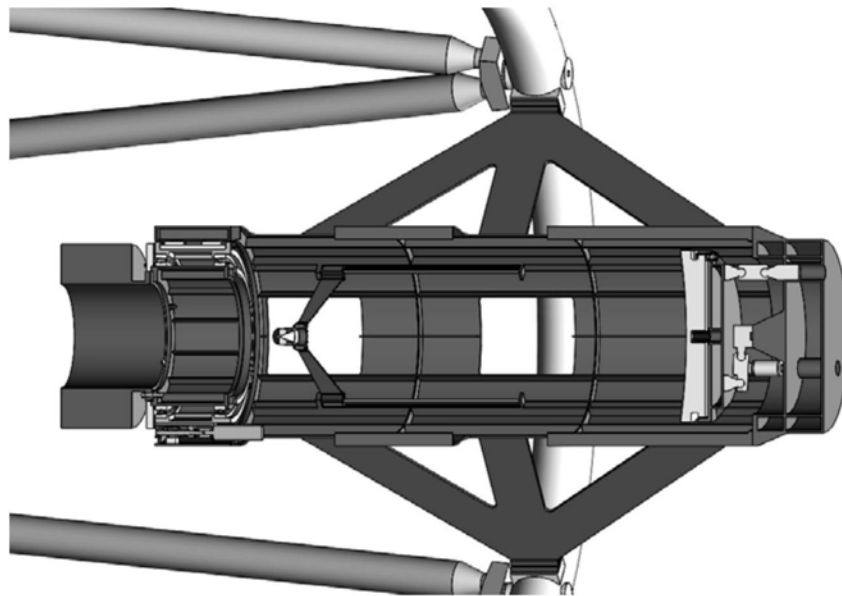


图4



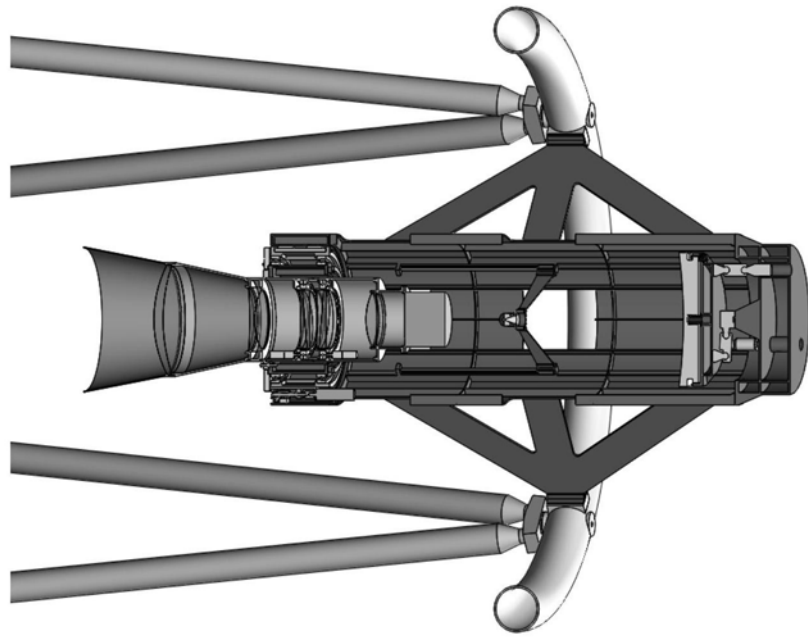


图5

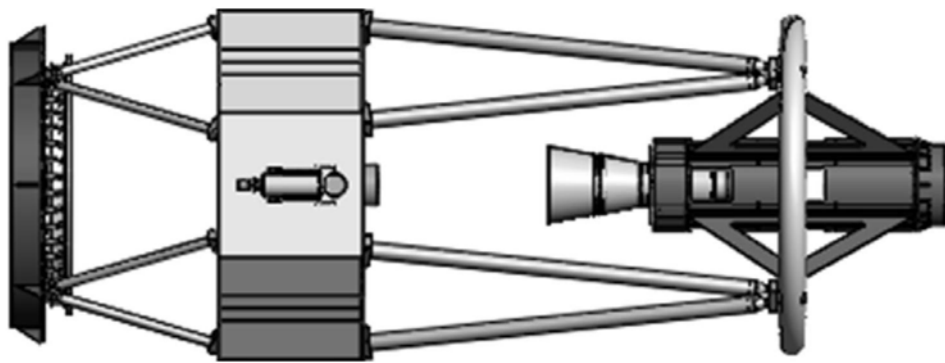


图6

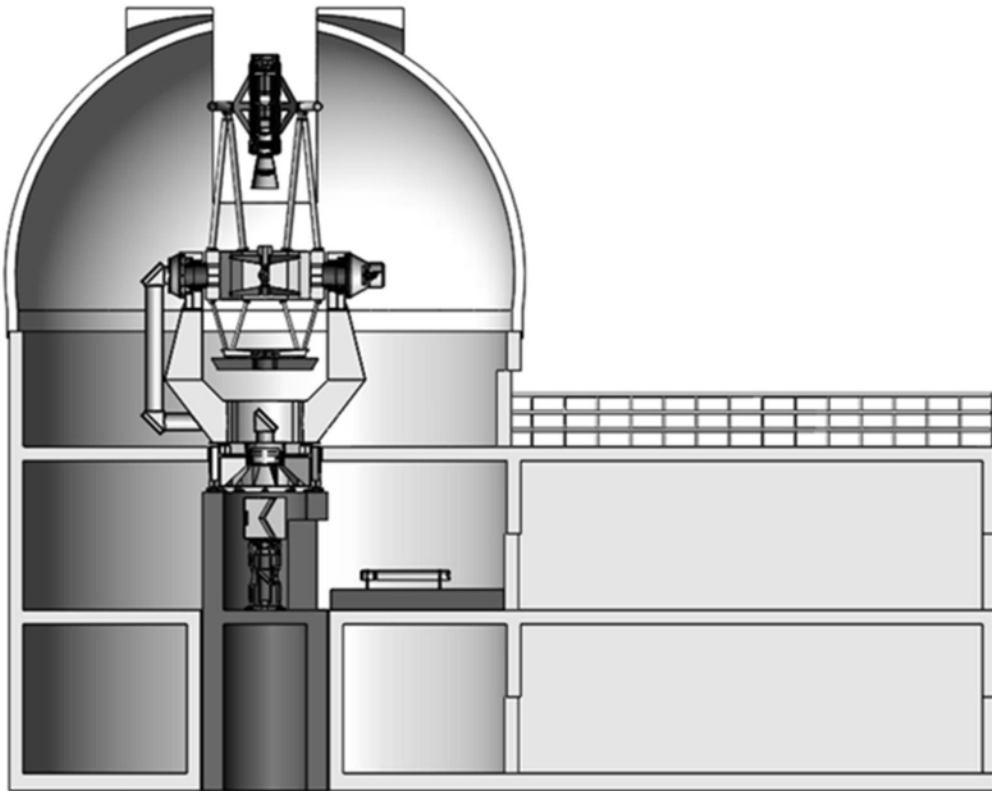


图7