



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111538131 A

(43)申请公布日 2020.08.14

(21)申请号 202010498474.9

(22)申请日 2020.06.04

(71)申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路  
3888号

(72)发明人 董得义 杨利伟 鲍赫 杨会生  
庞新源 胡海飞

(74)专利代理机构 长春众邦菁华知识产权代理有限公司 22214

代理人 朱红玲

(51)Int.Cl.

G02B 7/00(2006.01)

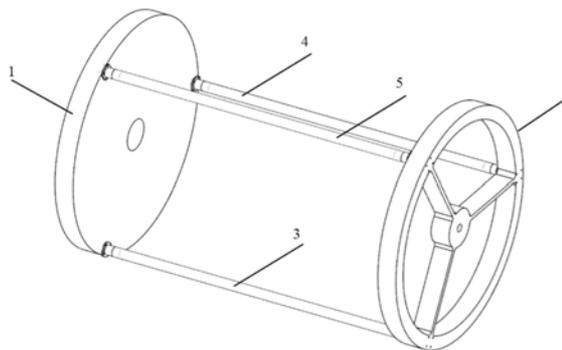
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

### (54)发明名称

用于空间光学相机的轴向消热桁架支撑机构

### (57)摘要

用于空间光学相机的轴向消热桁架支撑机构,涉及航天结构领域,用于实现对空间相机在轨运行期间,受外界温度波动影响下,主、次镜之间轴向间隔的消热支撑。包括主镜安装座和次镜安装座和至少三组消热支杆组件;每组消热支杆组件均由碳纤维复合材料支杆、第一支杆接头以及第二支杆接头组成;所述碳纤维复合材料支杆的一端通过第一支杆接头与主镜安装座连接,另一端通过第二支杆接头与次镜安装座连接;本发明利用了碳纤维复合材料的线胀系数在一定范围内可以定制的特点,通过与金属材料配合使用,发明了具有零膨胀特性的支杆结构,将该支杆结构用于空间相机的桁架中,实现可长焦距空间相机在轨成像期间对光学元件之间轴向间隔的消热设计。



1. 用于空间光学相机的轴向消热桁架支撑机构,包括主镜安装座(1)和次镜安装座(2);其特征是:还包括至少三组消热支杆组件;

每组消热支杆组件均由碳纤维复合材料支杆(6)、第一支杆接头(7)以及第二支杆接头(8)组成;

所述碳纤维复合材料支杆(6)的一端通过第一支杆接头(7)与主镜安装座(1)连接,另一端通过第二支杆接头(8)与次镜安装座(2)连接;

所述碳纤维复合材料支杆(6)的设计要求为:

设定第一支杆接头(7)或第二支杆接头(8)的长度均为 $l_1$ ;碳纤维复合材料支杆(6)的长度为 $l_2$ ,温度变化为 $\Delta t$ ;

则每组消热支杆组件的总长度变化为:

$$\Delta l_0 = 2 \Delta l_1 + \Delta l_2, \text{ 令 } \Delta l_0 = 0$$

$$\text{则 } 2 \Delta l_1 = -\Delta l_2$$

$$\text{其中 } \Delta l_1 = \alpha_1 \cdot l_1 \cdot \Delta t, \Delta l_2 = \alpha_2 \cdot l_2 \cdot \Delta t$$

$$\text{则 } 2\alpha_1 \cdot l_1 = -\alpha_2 \cdot l_2$$

$$\alpha_2 = -2\alpha_1 \cdot l_1 / l_2$$

式中, $\alpha_1$ 为第一支杆接头(7)或第二支杆接头(8)的线胀系数, $\alpha_2$ 为碳纤维复合材料支杆(6)的线胀系数;

通过碳纤维复合材料支杆(6)的线胀系数与复合材料铺层角度的关系,获得碳纤维复合材料支杆(6)的铺层角度,根据所述碳纤维复合材料支杆(6)的铺层角度种铺层角度设计制作满足线胀系数要求的碳纤维复合材料支杆(6)。

2. 根据权利要求1所述的用于空间光学相机的轴向消热桁架支撑机构,其特征在于:所述第一支杆接头(7)和第二支杆接头(8)均为金属材料。

3. 根据权利要求1所述的用于空间光学相机的轴向消热桁架支撑机构,其特征在于:所述第一支杆接头(7)和第二支杆接头(8)均通过螺接方式与主镜安装座(1)以及次镜安装座(2)连接。

4. 根据权利要求1所述的用于空间光学相机的轴向消热桁架支撑机构,其特征在于:第一支杆接头(7)和第二支杆接头(8)均通过胶粘方式与碳纤维复合材料支杆(6)连接。

5. 根据权利要求1所述的用于空间光学相机的轴向消热桁架支撑机构,其特征在于:第一消热支杆组件(3)、第二消热支杆组件(4)和第三消热支杆组件(5)沿主镜安装座(1)或次镜安装座(2)的周向均布安装,且轴线平行。

## 用于空间光学相机的轴向消热桁架支撑机构

### 技术领域

[0001] 本发明涉及航天器机构领域,具体涉及一种用于空间光学相机的支撑桁架结构,用于保证大型空间相机在轨运行期间受外界温度波动影响下光学元件之间轴向间隔的精确保持,以满足空间相机对支撑结构的轻质、高刚度且在轨成像期间具有高尺寸稳定性的苛刻要求。

### 背景技术

[0002] 随着空间光学遥感器的不断发展,对大视场和高分辨力需求的不断提高,空间光学遥感器的口径和焦距越来越大,其光学元件的在轨稳定性公差也越来越苛刻。同时对于大口径空间光学遥感器由于卫星整体重量和热控功率的限制,热控设计很难保证相机整体的温度恒定,其在轨热环境的变化对空间相机成像质量有很大的影响。以哈勃空间望远镜为例,其在轨运行过程中,每隔93分钟就会环绕地球一周,在每周运行中都要经历一个“白天”和“黑夜”,每绕地球一周,可以产生30°C的温度波动,在这种环境下,必须要考虑结构的热变形对空间望远镜光学元件产生的影响,尤其是主、次镜间隔的变化,若相机结构不考虑消热设计,很难保证在轨运行过程中主、次镜之间的精确的轴向间隔,从而会对相机的成像质量产生致命的影响。

[0003] 消热设计是指通过设计光学零件、镜座和结构来补偿温度变化,从而保证一台光学仪器在一定的温变环境下仍能具有稳定的光学性能的过程。通常有两种方法,一种方法是通过被动的选择材料来实现,例如采用同一种材料或线胀系数接近的两种材料制成的光学仪器,比如E0-1空间相机。由于要求支撑材料的线胀系数与光学元件的线胀系数接近,那么支撑结构可选择材料范围很小,因此,这种消热方式只适合于小口径空间相机的研制;另一种方法是利用对温度变化有响应的机械装置来完成,这种方法是通过合理选择支撑结构材料的线胀系数匹配以及结构尺寸,来达到消热设计的目的。相对于第一种方法,这种方法在大口径、长焦距的空间相机的结构设计中被更多的采用。

[0004] 碳纤维复合材料是20世纪60年代中期崛起的一种新型结构材料,一经问世就显示了强大的生命力。目前,碳纤维复合材料以其密度小,比强度、比模量高,抗疲劳性能好,抗振性能好等优点在空间结构上已经有了广泛的研究和应用。碳纤维复合材料除了具有高比强度、高比模量等显著优点外,另一个突出的优点是其线胀系数可在一定范围内定制,且可以设计成接近于“零”或负的线胀系数,这一特点为大型空间相机轴向消热桁架结构的设计提供了可能。

[0005] 碳纤维复合材料是由两种线胀系数不同的材料复合而成,其线胀系数是随复合材料的铺层结构和铺层方向而变的一系列数值。利用碳纤维复合材料的线胀系数可以定制的特点,本发明提出了一种通过碳纤维复合材料与其他材料配合使用,实现轴向消热设计的空间相机用桁架支撑结构。

## 发明内容

[0006] 本发明为解决现有空间相机支撑结构的材料可选择范围小,不适于大口径长焦距的空间相机的应用等问题,提供一种用于空间光学相机的轴向消热桁架支撑机构。

[0007] 用于空间光学相机的轴向消热桁架支撑机构,包括主镜安装座和次镜安装座和至少三组消热支杆组件;每组消热支杆组件均由碳纤维复合材料支杆、第一支杆接头以及第二支杆接头组成;所述碳纤维复合材料支杆的一端通过第一支杆接头与主镜安装座连接,另一端通过第二支杆接头与次镜安装座连接;

[0008] 所述碳纤维复合材料支杆的设计要求为:

[0009] 设定第一支杆接头或第二支杆接头的长度均为 $l_1$ ;碳纤维复合材料支杆的长度为 $l_2$ ,温度变化为 $\Delta t$ ;

[0010] 则每组消热支杆组件的总长度变化为:

[0011]  $\Delta l_0 = 2 \Delta l_1 + \Delta l_2$ , 令  $\Delta l_0 = 0$

[0012] 则  $2 \Delta l_1 = -\Delta l_2$

[0013] 其中  $\Delta l_1 = \alpha_1 \cdot l_1 \cdot \Delta t$ ,  $\Delta l_2 = \alpha_2 \cdot l_2 \cdot \Delta t$

[0014] 则  $2\alpha_1 \cdot l_1 = -\alpha_2 \cdot l_2$

[0015]  $\alpha_2 = -2\alpha_1 \cdot l_1 / l_2$

[0016] 式中, $\alpha_1$ 为第一支杆接头或第二支杆接头的线胀系数, $\alpha_2$ 为碳纤维复合材料支杆的线胀系数;

[0017] 通过碳纤维复合材料支杆的线胀系数与铺层角度的关系,获得碳纤维复合材料支杆的铺层角度,根据所述碳纤维复合材料支杆的铺层角度种铺层角度设计制作满足线胀系数要求的碳纤维复合材料支杆。

[0018] 本发明的有益效果:本发明所述的桁架支撑用于实现对空间相机在轨运行期间,受外界温度波动影响下,主、次镜之间轴向间隔的消热支撑。具有以下优点:

[0019] 1) 采用碳纤维复合材料作为空间相机的主体支撑结构,具有轻质、高刚度以及很好的力热稳定性等优点;

[0020] 2) 采用碳纤维复合材料具有负的且可定制的线胀系数的优点,通过与金属材料配合使用,得到了具有零膨胀特性的支杆结构,将这种支杆结构应用到相机的主体框架设计中,达到了对支撑系统进行消热设计的目的。

## 附图说明

[0021] 图1为本发明所述的用于空间光学相机的轴向消热桁架支撑机构示意图;

[0022] 图2为本发明所述的用于空间光学相机的轴向消热桁架支撑机构中零膨胀支杆示意图;

[0023] 图3为本发明所述的用于空间光学相机的轴向消热桁架支撑机构中碳纤维支杆结构示意图;

[0024] 图4为本发明所述的用于空间光学相机的轴向消热桁架支撑机构中金属材料支杆接头示意图。

## 具体实施方式

[0025] 结合图1至图4说明本实施方式,用于空间光学相机的轴向消热桁架支撑机构,如图1所示,一种空间相机用轴向消热桁架支撑结构,主要由:主镜安装座1、次镜安装座2、第一消热支杆组件3、第二消热支杆组件4和第三消热支杆组件5组成,每个消热支杆组件均由碳纤维复合材料支杆6) 第一支杆接头7及第二支杆接头8组成,如图2所示。

[0026] 所述第一支杆接头7与第二支杆接头8通过胶结实现与碳纤维复合材料支杆6的连接。第一消热支杆组件3、第二消热支杆组件4以及第三消热支杆组件5分别通过12个螺钉实现与主镜安装座1以及次镜安装座2的连接。

[0027] 本实施方式的实现原理为:利用碳纤维复合材料线胀系数可以为负值且在一定范围内可定制的特点,通过与其他金属材料的配合使用,设计了一种在温变载荷作用下具有零膨胀特性的支杆结构,再通过支杆结构将主镜安装座及次镜安装座进行连接,从而实现了主、次镜轴向间隔的消热设计。

[0028] 具有零膨特性的支杆结构本实施方式的核心结构,其主要由两端为金属材料的支杆接头及碳纤维复合材料支杆组成。由于两端的金属结构具有正的线胀系数 $\alpha_1$ ,将碳纤维复合材料支杆设计为具有负的线胀系数 $\alpha_2$ ,假设支杆接头的长度为 $l_1$ ,支杆的长度为 $l_2$ ,在温度变化 $\Delta t$ 的作用下,支杆的总长度变化为: $\Delta l_0 = 2 \Delta l_1 + \Delta l_2$ ,令 $\Delta l_0 = 0$ ,则 $2 \Delta l_1 = -\Delta l_2$ ,其中 $\Delta l_1 = \alpha_1 \cdot l_1 \cdot \Delta t$ , $\Delta l_2 = \alpha_2 \cdot l_2 \cdot \Delta t$ ,所以, $2\alpha_1 \cdot l_1 = -\alpha_2 \cdot l_2$ ,所以有 $\alpha_2 = -2\alpha_1 \cdot l_1/l_2$ ,这样就得到了需要的碳纤维支杆的线胀系数,通过碳纤维线胀系数与铺层角度的关系,可以得到碳纤维支杆的铺层角度,根据这种铺层角度进行碳纤维支杆的制作,就可以获得满足线胀系数要求的碳纤维支杆。

[0029] 本实施方式中,碳纤维支杆通过调整铺层角度可以实现支杆在轴向的负线胀系数且其值随铺层角度的变化在一定范围内可进行调整,金属支杆接头的线胀系数为正值,通过调整二者的长度比例,可保证桁架结构在一定的温度变化范围内主、次镜镜面的轴向间隔在温度变化作用下的变化量接近于0。

[0030] 本实施方式利用了碳纤维复合材料的线胀系数在一定范围内可以定制的特点,通过与金属材料配合使用,发明了具有零膨胀特性的支杆结构,将该支杆结构用于空间相机的桁架中,实现可长焦距空间相机在轨成像期间对光学元件之间轴向间隔的消热设计。

[0031] 上述说明,仅为本发明的实施例,而非限定本发明的实施例;凡熟悉该领域的工程人员,所做出的其它等效变化,如尺寸大小、材料选择、形状变化等,皆应涵盖在本发明所申请专利范围内。

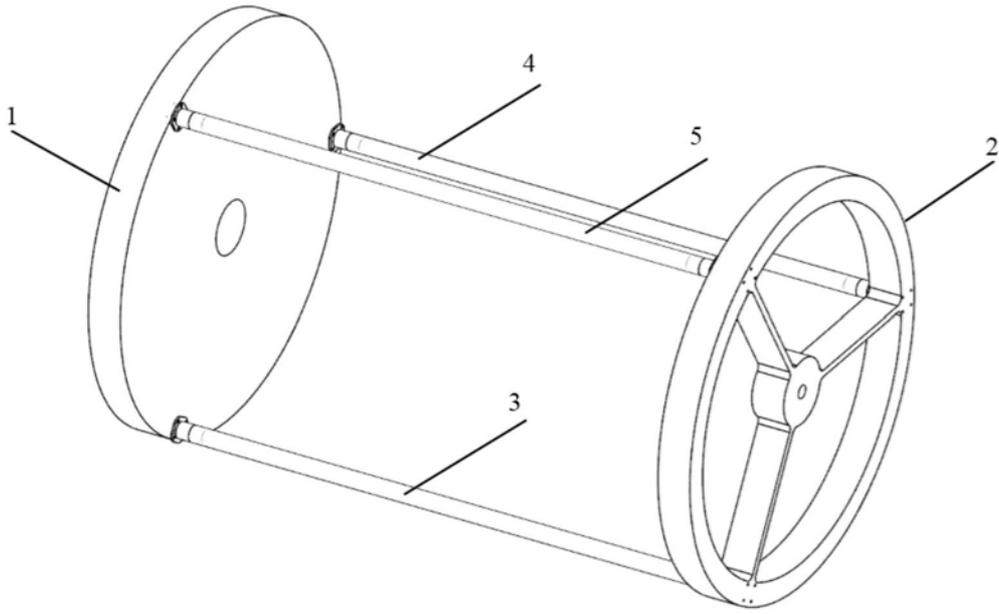


图1

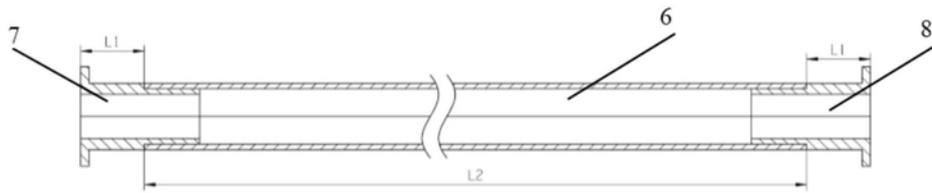


图2

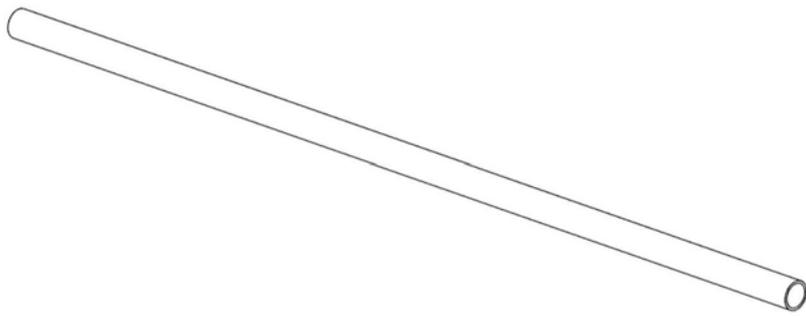


图3

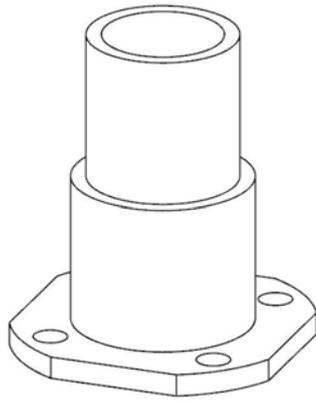


图4