



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109374260 A

(43)申请公布日 2019. 02. 22

(21)申请号 201811365141.8

(22)申请日 2018.11.16

(71)申请人 中国科学院西安光学精密机械研究所

地址 710119 陕西省西安市高新区新型工业园信息大道17号

(72)发明人 潘亮 张婷 赵建科 周艳 聂申  
田留德 赵怀学 王涛 刘艺宁  
万伟 薛勋 李坤

(74)专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限公司 61211

代理人 唐沛

(51) Int. Cl.

G01M 11/02(2006.01)

G01B 5/24(2006.01)

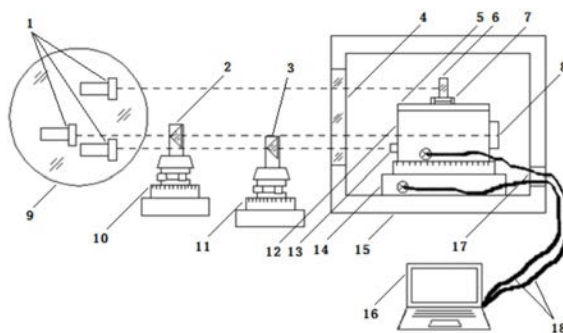
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

## (54)发明名称

光学传递装置双准直零位夹角的标定系统及标定方法

## (57)摘要

本发明涉及一种光学传递装置双准直零位夹角的标定系统及标定方法。该系统不仅结构简单且能够高效的在高低温条件下对光学传递装置的双准直零位夹角进行标定。该系统包括恒温试验箱内设置的电控转台、双面反射镜、二维调整台以及恒温试验箱外设置的第一普罗棱镜装置、第一多齿分度台、第二普罗棱镜装置、第二多齿分度台、自准直经纬仪以及平面反射镜。



1. 一种光学传递装置双准直零位夹角的标定系统,其特征在于:  
包括计算机、恒温试验箱、电控转台、双面反射镜、二维调整台、第一普罗棱镜装置、第一多齿分度台、第二普罗棱镜装置、第二多齿分度台、自准直经纬仪以及平面反射镜;  
恒温试验箱侧壁上设有光学窗口;  
恒温试验箱的内部安装电控转台,电控转台上放置待测光学传递装置,待测光学传递装置顶盖上安装二维调整台,二维调整台上安装双平面反射镜;  
计算机分别与恒温试验箱、待测光学传递装置电连接;  
恒温试验箱的外部设有自准直经纬仪,自准直经纬仪的侧方架设平面反射镜;平面反射镜口径应覆盖由待测光学传递装置的小自准直仪中心至双面反射镜的中心之间间距;  
第一普罗棱镜装置安装在第一多齿分度台上且第一普罗棱镜装置中棱镜的中心高度与待测光学传递装置中小自准直仪的中心高度一致;第一普罗棱镜装置位于自准直经纬仪和所述光学窗口之间;  
第二普罗棱镜装置安装在第二多齿分度台上且第二普罗棱镜装置中棱镜的中心高度与待测光学传递装置中大自准直仪的中心高度一致;第二普罗棱镜装置位于自准直经纬仪和所述光学窗口之间。
2. 根据权利要求1所述的光学传递装置双准直零位夹角的标定系统,其特征在于:光学窗口采用石英制作,口径不小于 $\Phi 200\text{mm}$ ,两面均镀有增透膜,可见积分透过率为90%以上;光学窗口外圈铺设有加温电阻丝,阻值为 $45\ \Omega \pm 10\ \Omega$ 。
3. 根据权利要求2所述的光学传递装置双准直零位夹角的标定系统,其特征在于:所述双面反射镜通过光学环氧胶粘接在二维调整台上。
4. 根据权利要求3所述的光学传递装置双准直零位夹角的标定系统,其特征在于:所述第一普罗棱镜装置和第二普罗棱镜装置均设置有三角基座和 $6'$ 的圆水准泡,棱镜均采用型号为K9的玻璃材料,有效面积为 $45\text{mm} \times 30\text{mm}$ ,棱镜的两直角面均镀有内反射膜,可见积分反射率均为96%以上;棱镜在圆水准泡调平状态下,其棱脊不平度不大于 $30''$ 。
5. 根据权利要求4所述的光学传递装置双准直零位夹角的标定系统,其特征在于:所述双面反射镜为采用型号为K9的玻璃材料,口径为 $\Phi 30\text{mm}$ ,双面均镀有外反射膜,可见积分反射率均为96%以上,两反射面的平行度 $< 2''$ 。
6. 根据权利要求5所述的光学传递装置双准直零位夹角的标定系统,其特征在于:所述第一多齿分度台和第二多齿分度台均带有细分鼓轮,分度精度优于 $0.2''$ ,承载能力 $\geq 10\text{kg}$ ;所述自准直经纬仪水平测回精度 $\leq 0.5''$ 。
7. 根据权利要求6所述的光学传递装置双准直零位夹角的标定系统,其特征在于:所述平面反射镜采用型号为K9的玻璃材料,口径为 $\Phi 300\text{mm}$ ,镀有内反射膜,可见积分反射率为96%以上,面形精度RMS值不低于 $\lambda/20$ 。
8. 根据权利要求7所述的光学传递装置双准直零位夹角的标定系统,其特征在于:所述恒温试验箱可调节的温度范围为 $-55^\circ\text{C} \sim +80^\circ\text{C}$ ,其温度稳定度是 $\pm 1^\circ\text{C}$ ;所述电控转台为步进电机转台,正常工作环境温度范围为 $-50^\circ\text{C} \sim +60^\circ\text{C}$ ,承载能力不低于 $10\text{kg}$ 。
9. 根据权利要求1-8任一权利要求所述的光学传递装置双准直零位夹角的标定系统,其特征在于:采用一个形状、尺寸、材料与待测光学传递装置顶盖相同的通用顶盖代替待测光学传递装置顶盖,在通用顶盖上固连二维调整台。

10.一种光学传递装置双准直零位夹角的标定方法,其特征在于,采用如权利要求9所述的标定系统,具体执行步骤是:

**【1】**调节双面反射镜两个反射面的塔差;

**【1.1】**自准直经纬仪调平,并将自准直经纬仪调节到中心高度与双面反射镜的中心高度等高的位置;

**【1.2】**通过自准直经纬仪对双面反射镜一个反射面进行准直瞄准;

**【1.3】**再控制电控转台在对径方向进行转动,再使用二维调整台调节自准直经纬仪对双面反射镜另一个反射面进行准直瞄准,要求塔差至 $2'$ 以下;

**【2】**使第一普罗棱镜装置和第二普罗棱镜装置的中心高度分别与待测光学传递装置的小自准直仪和大自准直仪中心高度等高;然后将第一普罗棱镜装置和第二普罗棱镜装置进行调平;

**【3】**标定计算;

开启恒温试验箱,开始高温或低温试验,待温度达到要求并保持稳定;

**【3.1】**通过计算机采集待测光学传递装置的小自准直仪的小失准角,观察小失准角值,并转动第一多齿分度台的细分鼓轮使小失准角值为零,记为小零位;

**【3.2】**将第一多齿分度台转动 $180^\circ$ ,此时小零位被引出至第一普罗棱镜装置的棱镜法线;改变自准直经纬仪的中心高度至与第一普罗棱镜装置的中心高度等高,调平自准直经纬仪;

**【3.3】**旋转自准直经纬仪使其对平面反射镜进行准直瞄准并将方位值清零,再转动自准直经纬仪对第一普罗棱镜装置进行准直瞄准并读取方位值 $H_A$ ;

**【3.4】**改变自准直经纬仪的中心高度至与双面反射镜的中心高度等高,调平自准直经纬仪;

**【3.5】**旋转自准直经纬仪使其对平面反射镜进行准直瞄准并将方位值清零,再转动自准直经纬仪对双面反射镜此时的一个反射面进行准直瞄准并读取方位值 $H_{m1}$ ;

**【3.6】**通过控制电控转台转动至双面反射镜的对径方向,使用自准直经纬仪对双面反射镜的另一个反射面进行准直瞄准并读取方位值 $H_{m2}$ ;

**【3.7】**通过计算机采集待测光学传递装置的大自准直仪的大失准角,观察大失准角值,并转动第二多齿分度台的细分鼓轮使大失准角值为零,记为大零位;

**【3.8】**将第二多齿分度台转动 $180^\circ$ ,此时大零位被引出至第二普罗棱镜装置的棱镜法线;改变自准直经纬仪的中心高度至与第二普罗棱镜装置的中心高度等高,调平自准直经纬仪;

**【3.9】**旋转自准直经纬仪使其对平面反射镜进行准直瞄准并将方位值清零,再转动自准直经纬仪对第二普罗棱镜装置进行准直瞄准并读取方位值 $H_B$ ;

**【3.10】**根据公式  $\Delta = H_B - H_A - (H_{m1} - H_{m2})$  计算并标定出待测光学传递装置的双准直零位夹角。

## 光学传递装置双准直零位夹角的标定系统及标定方法

### 技术领域

[0001] 本发明属光学领域,具体涉及一种光学传递装置双准直零位夹角的标定系统及标定方法。

### 背景技术

[0002] 光学传递装置作为一种光学仪器,目前广泛应用于航天器发射领域,是该领域中的自动瞄准平台的重要组成部分。光学传递装置具有利用自准直光学原理来进行小角度测量的功能,可实现方位信息的瞄准和传递,并最终协助完成航天器发射的位置定向。

[0003] 光学传递装置属于多光轴系统,主要由大、小两个准直仪组成。大、小两个准直仪的零位夹角即双准直零位夹角是光学传递装置最重要的性能指标,其标定准确与否会直接影响到最终的位置定向精度。

[0004] 由于光学传递装置应用于航天器发射领域,使用环境均在室外发射场,因此对其环境适应性也有着更高的要求。目前,光学传递装置的工作温度环境为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$ 。在这样的高低温条件下,各元器件的工作状态较常温时会有所差异,势必会导致高低温条件下的双准直零位夹角较常温时存在偏差。显然,在光学传递装置出厂时,仅提供常温条件下的双准直零位夹角标定值意义不大。由此可见,高低温条件下的双准直零位夹角的准确标定是至关重要的。

[0005] 常温条件下的双准直零位夹角的标定方法技术成熟,但在高低温条件下,尤其是 $-40^{\circ}\text{C}$ 的低温和 $+50^{\circ}\text{C}$ 的高温,现今没有任何测试仪器能够在这样极端的温度条件下满足该夹角标定的测试需求。换言之,目前高低温条件下的双准直零位夹角的准确标定是无法实现的,更没有一种合理可行的技术方案或标定系统能解决此问题。因此,高低温条件下的双准直零位夹角的标定是一大难题。

[0006] 鉴于以上原因,极其需要一种高低温条件下的光学传递装置双准直零位夹角的标定系统。

### 发明内容

[0007] 为了解决背景技术中存在的问题,本发明提供了一种结构简单且能够高效的在高低温条件下对光学传递装置双准直零位夹角进行标定的标定系统及标定方法。

[0008] 本发明的技术解决方案是:

[0009] 本发明提供了一种光学传递装置双准直零位夹角的标定系统,其特殊之处在于:

[0010] 包括计算机、恒温试验箱、电控转台、双面反射镜、二维调整台、第一普罗棱镜装置、第一多齿分度台、第二普罗棱镜装置、第二多齿分度台、自准直经纬仪以及平面反射镜;

[0011] 恒温试验箱侧壁上设有光学窗口;

[0012] 恒温试验箱的内部安装电控转台,电控转台上放置待测光学传递装置,待测光学传递装置顶盖上安装二维调整台,二维调整台上安装双平面反射镜;

[0013] 计算机分别与恒温试验箱、待测光学传递装置电连接;

[0014] 恒温试验箱的外部设有自准直经纬仪,自准直经纬仪的侧方架设平面反射镜;平面反射镜口径应覆盖由待测光学传递装置的小自准直仪中心至双面反射镜的中心之间间距;

[0015] 第一普罗棱镜装置安装在第一多齿分度台上且第一普罗棱镜装置中棱镜的中心高度与待测光学传递装置中小自准直仪的中心高度一致;第一普罗棱镜装置位于自准直经纬仪和所述光学窗口之间;

[0016] 第二普罗棱镜装置安装在第二多齿分度台上且第二普罗棱镜装置中棱镜的中心高度与待测光学传递装置中大自准直仪的中心高度一致;第二普罗棱镜装置位于自准直经纬仪和所述光学窗口之间。

[0017] 进一步地,上述光学窗口采用石英制作,口径不小于 $\phi 200\text{mm}$ ,两面均镀有增透膜,可见积分透过率为90%以上;光学窗口外圈铺设有加温电阻丝,阻值为 $45\Omega \pm 10\Omega$ 。

[0018] 进一步地,上述双面反射镜通过光学环氧胶粘接在二维调整台上。

[0019] 为了使整个标定精度更高,本发明的系统中各个部件的优选参数为:

[0020] 1、第一普罗棱镜装置和第二普罗棱镜装置均设置有三角基座和 $6'$ 的圆水准泡,棱镜均采用型号为K9的玻璃材料,有效面积为 $45\text{mm} \times 30\text{mm}$ ,棱镜的两直角面均镀有内反射膜,可见积分反射率均为96%以上;棱镜在圆水准泡调平状态下,其棱脊不平度不大于 $30''$ 。

[0021] 2、双面反射镜为采用型号为K9的玻璃材料,口径为 $\phi 30\text{mm}$ ,双面均镀有外反射膜,可见积分反射率均为96%以上,两反射面的平行度 $< 2''$ 。

[0022] 3、第一多齿分度台和第二多齿分度台均带有细分鼓轮,分度精度优于 $0.2''$ ,承载能力 $\geq 10\text{kg}$ ;自准直经纬仪水平测回精度 $\leq 0.5''$ 。

[0023] 4、平面反射镜采用型号为K9的玻璃材料,口径为 $\phi 300\text{mm}$ ,镀有内反射膜,可见积分反射率为96%以上,面形精度RMS值不低于 $\lambda/20$ 。

[0024] 5、恒温试验箱可调节的温度范围为 $-55^\circ\text{C} \sim +80^\circ\text{C}$ ,其温度稳定度是 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

[0025] 6、电控转台为步进电机转台,正常工作环境温度范围为 $-50^\circ\text{C} \sim +60^\circ\text{C}$ ,承载能力不低于 $10\text{kg}$ 。

[0026] 进一步地,为了避免安装二维调整台时不会破坏待测光学传递装置的原有顶盖,因此,该系统采用一个形状、尺寸、材料与待测光学传递装置顶盖相同的通用顶盖代替待测光学传递装置顶盖,在通用顶盖上固连二维调整台。

[0027] 基于上述对标定系统结构的描述,现对采用该标定系统对进行标定的方法进行介绍:

[0028] **【1】**调节双面反射镜两个反射面的塔差;

[0029] **【1.1】**自准直经纬仪调平,并将自准直经纬仪调节到中心高度与双面反射镜的中心高度等高的位置;

[0030] **【1.2】**通过自准直经纬仪对双面反射镜一个反射面进行准直瞄准;

[0031] **【1.3】**再控制电控转台在对径方向进行转动,再使用二维调整台调节自准直经纬仪对双面反射镜另一个反射面进行准直瞄准,要求塔差至 $2'$ 以下;

[0032] **【2】**使第一普罗棱镜装置和第二普罗棱镜装置的中心高度分别与待测光学传递装置的小自准直仪和大自准直仪中心高度等高;然后将第一普罗棱镜装置和第二普罗棱镜装置进行调平;

[0033] 【3】标定计算；

[0034] 开启恒温试验箱，开始高温或低温试验，待温度达到要求并保持稳定；

[0035] 【3.1】通过计算机采集待测光学传递装置的小自准直仪的小失准角，观察小失准角值，并转动第一多齿分度台的细分鼓轮使小失准角值为零，记为小零位；

[0036] 【3.2】将第一多齿分度台转动 $180^\circ$ ，此时小零位被引出至第一普罗棱镜装置的棱镜法线；改变自准直经纬仪的中心高度至与第一普罗棱镜装置的中心高度等高，调平自准直经纬仪；

[0037] 【3.3】旋转自准直经纬仪使其对平面反射镜进行准直瞄准并将方位值清零，再转动自准直经纬仪对第一普罗棱镜装置进行准直瞄准并读取方位值 $H_A$ ；

[0038] 【3.4】改变自准直经纬仪的中心高度至与双面反射镜的中心高度等高，调平自准直经纬仪；

[0039] 【3.5】旋转自准直经纬仪使其对平面反射镜进行准直瞄准并将方位值清零，再转动自准直经纬仪对双面反射镜此时的一个反射面进行准直瞄准并读取方位值 $H_{m1}$ ；

[0040] 【3.6】通过控制电控转台转动至双面反射镜的对径方向，使用自准直经纬仪对双面反射镜6的另一个反射面进行准直瞄准并读取方位值 $H_{m2}$ ；

[0041] 【3.7】通过计算机采集待测光学传递装置的大自准直仪8的大失准角，观察大失准角值，并转动第二多齿分度台的细分鼓轮使大失准角值为零，记为大零位；

[0042] 【3.8】将第二多齿分度台转动 $180^\circ$ ，此时大零位被引出至第二普罗棱镜装置的棱镜法线；改变自准直经纬仪的中心高度至与第二普罗棱镜装置的中心高度等高，调平自准直经纬仪；

[0043] 【3.9】旋转自准直经纬仪使其对平面反射镜进行准直瞄准并将方位值清零，再转动自准直经纬仪对第二普罗棱镜装置进行准直瞄准并读取方位值 $H_B$ ；

[0044] 【3.10】根据公式  $\Delta = H_B - H_A - (H_{m1} - H_{m2})$  计算并标定出待测光学传递装置的双准直零位夹角。

[0045] 本发明的优点是：

[0046] 1、开创性。本发明采用了成熟可靠的技术手段，通过恒温试验箱内提供标定的环境条件，以及恒温试验箱外提供标定的测试条件的方式来实现。试验设备与测试仪器分隔开，互不干涉，互不影响；再通过自准直光路建立两者间的联系，将环境试验与夹角标定相结合，提供了开创性的技术方案和标定系统，彻底解决了原先高低温条件下的光学传递装置双准直零位夹角无法标定的难题。

[0047] 2、结构简单。本发明分为试验分系统（包括恒温试验箱、电控转台、待测光学传递装置、计算机等）和测试分系统（包括普罗棱镜装置、自准直经纬仪、多齿分度台、平面反射镜等）两个部分，并通过自准直光路建立联系，结合为一套标定系统，结构简单，易于实现。

[0048] 3、高效率。本发明采用了恒温试验箱，提供了可靠的试验环境条件，同时恒温试验箱内采用了电控转台，实现了高低温条件下对被测光学传递装置的位置控制；恒温试验箱外采用了两套固定工位的普罗棱镜装置与多齿分度台的组合，并采用平面反射镜作为标定基准。由此可见，本发明采用的仪器设备工位固定，对被测光学传递装置的位置转动也由电控完成，标定过程中仅需改变自准直经纬仪的位置即可。因此，本发明的结构布局合理，标定程序清晰流畅，整个标定过程不超过15min，从根本上实现了高效率。

[0049] 4、高精度。本发明采用了测回精度优于 $0.5''$ 的自准直经纬仪、分度精度优于 $0.2''$ 的多齿分度台等测试仪器,且均设置在恒温试验箱外,试验环境温度对测试仪器无影响,保证了测试仪器的高精度优势;同时本发明还采用了面形精度RMS值不低于 $\lambda/20$ 的平面反射镜、两面平行度不大于 $2''$ 的双面反射镜以及可加温防止结霜的光学窗口等一系列的设备和措施,有力保证了整个标定过程的稳定性和精度。本发明最终的综合标定精度不大于 $3''$ ,完全满足了高低温条件下的光学传递装置双准直零位夹角标定的要求,从根本上实现了高精度。

## 附图说明

[0050] 图1为本发明所提供的自准直经纬仪双照准差标定系统的测试示意图。

[0051] 1-自准直经纬仪;2-第二普罗棱镜装置;3-第一普罗棱镜装置;4-光学窗口;5-通用顶盖;6-双面反射镜;7-二维调整台;8-大自准直仪;9-平面反射镜;10-第二多齿分度台;11-第一多齿分度台;12-待测光学传递装置;13-小自准直仪;14-电控转台;15-恒温试验箱;16-笔记本电脑;17-过线孔;18-电缆。

## 具体实施方式

[0052] 下面从系统的基本架构、系统组成以及标定方法对本发明的技术方案做进一步地阐述:

[0053] 基本架构

[0054] 一种光学传递装置双准直零位夹角的标定系统,包括设置在恒温试验箱内的电控转台、待测光学传递装置、二维调整台和双面反射镜以及设置在恒温试验箱外的第一普罗棱镜装置、第一多齿分度台、第二普罗棱镜装置、第二多齿分度台、自准直经纬仪以及平面反射镜;

[0055] 恒温试验箱内的各部件通过恒温试验箱上的光学窗口与恒温试验箱外建立光学通路,并与计算机相连建立电学通路,从而构成了试验分系统;在恒温试验箱外的各个部件组合在一起构成了测试分系统;两分系统通过自准直光路建立联系,结合为一套标定系统。

[0056] 系统组成

[0057] 该系统的详细组成参见图1,包括计算机16、恒温试验箱15、电控转台14、双面反射镜6、二维调整台7、第一普罗棱镜装置3、第一多齿分度台11、第二普罗棱镜装置2、第二多齿分度台10、自准直经纬仪1以及平面反射镜9;

[0058] 恒温试验箱15侧壁上设有光学窗口4和过线孔;

[0059] 恒温试验箱15的内部安装电控转台14,电控转台14上放置待测光学传递装置12,待测光学传递装置12顶盖上安装二维调整台7,二维调整台7上安装双平面反射镜6;

[0060] 计算机16分别与恒温试验箱15、待测光学传递装置12电连接;

[0061] 恒温试验箱15的外部设有自准直经纬仪1,自准直经纬仪1的侧方架设平面反射镜9;平面反射镜9口径应覆盖由待测光学传递装置的小自准直仪13中心至双面反射镜6的中心之间间距;

[0062] 第一普罗棱镜装置3安装在第一多齿分度台11上且第一普罗棱镜装置3中棱镜的中心高度与待测光学传递装置中小自准直仪13的中心高度一致;第一普罗棱镜装置3位于

自准直经纬仪1和所述光学窗口4之间；

[0063] 第二普罗棱镜装置2安装在第二多齿分度台10上且第二普罗棱镜装置2中棱镜的中心高度与待测光学传递装置中大自准直仪8的中心高度一致；第二普罗棱镜装置2位于自准直经纬仪和所述光学窗口4之间。

[0064] 其中，待测光学传递装置12是待测设备，其双准直零位夹角是待标定项。待测光学传递装置的大自准直仪8和小自准直仪13是待测光学传递装置12的内部组件，其零位是待测项的一部分。

[0065] 自准直经纬仪1是应用于一等三角测量及精密工程测量领域的I级经纬仪，其水平测回精度优于 $0.5''$ 。

[0066] 光学窗口4设置在恒温试验箱15的侧壁上，玻璃材料为石英，口径不小于 $\phi 200\text{mm}$ ，两面均镀有增透膜，可见积分透过率为90%以上；光学窗口4外圈铺设有加温电阻丝，阻值为 $45\ \Omega \pm 10\ \Omega$ ，并在恒温试验箱15上设置有开关，以防止光学窗口4在低温条件下结霜。

[0067] 另外，该系统中采用一个形状、尺寸、材料与待测光学传递装置顶盖相同的通用顶盖5代替待测光学传递装置顶盖，其上固连有二维调整台7并安装有双面反射镜6（双面反射镜6通过光学环氧胶固连在二维调整台7上）；通用顶盖5在试验中为安装二维调整台7和双面反射镜6提供平台，目的是不会破坏待测光学传递装置12顶盖的结构和漆面。

[0068] 参数说明

[0069] 第二普罗棱镜装置2带有三角基座和 $6'$ 的圆水准泡，棱镜中心高度与待测光学传递装置12的大自准直仪8的中心高度一致；第二普罗棱镜装置2是大自准直仪8的失准角信息采集和准直零位确定的合作目标；棱镜的玻璃材料为K9，有效面积为 $45\text{mm} \times 30\text{mm}$ ，两直角面均镀有内反射膜，可见积分反射率均为96%以上；棱镜在圆水准泡调平状态下，其棱脊不平度不大于 $30''$ 。

[0070] 第一普罗棱镜装置3带有三角基座和 $6'$ 的圆水准泡，棱镜中心高度与待测光学传递装置12的小自准直仪13的中心高度一致；第一普罗棱镜装置3是小自准直仪13的失准角信息采集和准直零位确定的合作目标；棱镜的玻璃材料为K9，有效面积为 $45\text{mm} \times 30\text{mm}$ ，两直角面均镀有内反射膜，可见积分反射率均为96%以上；棱镜在圆水准泡调平状态下，其棱脊不平度不大于 $30''$ 。

[0071] 双面反射镜6的玻璃材料为K9，口径为 $\phi 30\text{mm}$ ，双面均镀有外反射膜，可见积分反射率均为96%以上，两面平行度不大于 $2''$ 。

[0072] 平面反射镜9的玻璃材料为K9，口径为 $\phi 300\text{mm}$ ，镀有内反射膜，可见积分反射率为96%以上，面形精度RMS值不低于 $\lambda/20$ ；平面反射镜9为整个测试标定过程提供基准。

[0073] 第二多齿分度台10带有细分鼓轮，分度精度优于 $0.2''$ ，承载能力不低于10kg。

[0074] 第一多齿分度台11带有细分鼓轮，分度精度优于 $0.2''$ ，承载能力不低于10kg。

[0075] 电控转台14为步进电机转台，固连在恒温试验箱内部，正常工作环境温度范围为 $-50^\circ\text{C} \sim +60^\circ\text{C}$ ，承载能力不低于10kg；电控转台14的台面上由下至上依次设置有待测光学传递装置12、通用顶盖5、二维调整台7和双面反射镜6，实现试验中对径方向的转动。

[0076] 恒温试验箱15可模拟所需的高低温条件，可控温度范围为 $-55^\circ\text{C} \sim +80^\circ\text{C}$ ，满足待测装置光学传递装置低温 $-40^\circ\text{C}$ 和高温 $+50^\circ\text{C}$ 的条件要求，其温度稳定度是 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

[0077] 计算机16安装有控制软件，可控制电控转台转动，采集待测光学传递装置大、小自



准直仪失准角信息并确定准直零位;计算机16通过电缆18穿过恒温试验箱15的过线孔17,与待测光学传递装置12及电控转台14相连接。

[0078] 装配过程及标定过程

[0079] 系统装配

[0080] 将电控转台14固连在恒温试验箱15内部,再将待测光学传递装置12固连在电控转台14的台面上,待测光学传递装置的小自准直仪13的出光口方向应对准恒温试验箱15的光学窗口4;通过恒温试验箱15侧壁上的过线孔17,用电缆18将电控转台14、待测光学传递装置12与笔记本电脑16相连接;拆卸待测光学传递装置12的顶盖,安装通用顶盖5,固连二维调整台7于通用顶盖5之上;将双面反射镜6通过光学环氧胶固连在二维调整台7上,双面反射镜6的法线方向应与待测光学传递装置的大自准直仪8或待测光学传递装置的小自准直仪13的光轴方向大致平行。

[0081] 在恒温试验箱15的外部,即光学窗口4和自准直经纬仪1之间,设置第二多齿分度台10和第一多齿分度台11,再将第二普罗棱镜装置2和第一普罗棱镜装置3分别架设在第二多齿分度台10和第一多齿分度台11上。

[0082] 标定过程

[0083] 1、在恒温试验箱15的外部架设自准直经纬仪1并调平,自准直经纬仪1的中心高度与双面反射镜6的中心高度等高;通过自准直经纬仪1对双面反射镜6进行准直瞄准,再由计算机16控制电控转台14在对径方向进行转动,观察自准直经纬仪1的自准像,结合其俯仰值,使用二维调整台7调节塔差至 $2'$ 以下;

[0084] 2、使第二普罗棱镜装置2的中心高度与待测光学传递装置的大自准直仪8的中心高度等高,第一普罗棱镜装置3的中心高度与待测光学传递装置的小自准直仪13的中心高度等高,通过普罗棱镜装置的三角基座和圆水准泡将其调平;

[0085] 3、开启恒温试验箱15的电源,设置好试验程序后,开始高温或低温试验,待温度达到要求值并保持稳定后,进行待测光学传递装置12双准直零位夹角的标定;当进行低温试验时,应全程开启光学窗口4的加温,以防光学窗口4结霜;

[0086] 4、通过计算机16采集待测光学传递装置的小自准直仪13的小失准角,观察小失准角值,并转动多齿分度台A11的细分鼓轮使小失准角值为零,记为小零位;

[0087] 5、将第一多齿分度台11转动 $180^\circ$ ,此时小零位被引出至第一普罗棱镜装置3的棱镜法线;改变自准直经纬仪1的中心高度至与第一普罗棱镜装置3的中心高度等高,调平自准直经纬仪1;

[0088] 6、旋转自准直经纬仪1使其对平面反射镜9进行准直瞄准并将方位值清零,再转动自准直经纬仪1对第一普罗棱镜装置3进行准直瞄准并读取方位值 $H_A$ ;

[0089] 7、改变自准直经纬仪1的中心高度至与双面反射镜6的中心高度等高,调平自准直经纬仪1;

[0090] 8、旋转自准直经纬仪1使其对平面反射镜9进行准直瞄准并将方位值清零,再转动自准直经纬仪1对双面反射镜6的一个反射面进行准直瞄准并读取方位值 $H_{m1}$ ;

[0091] 9、通过计算机16控制电控转台14转动至双面反射镜6的对径方向,使用自准直经纬仪1对双面反射镜6另一个反射面进行准直瞄准并读取方位值 $H_{m2}$ ;

[0092] 10、通过计算机16采集待测光学传递装置的大自准直仪8的大失准角,观察大失准

角值,并转动第二多齿分度台10的细分鼓轮使大失准角值为零,记为大零位;

[0093] 11、将第二多齿分度台10转动 $180^\circ$ ,此时大零位被引出至第二普罗棱镜装置2的棱镜法线;改变自准直经纬仪1的中心高度至与第二普罗棱镜装置2的中心高度等高,调平自准直经纬仪1;

[0094] 12、旋转自准直经纬仪1使其对平面反射镜9进行准直瞄准并将方位值清零,再转动自准直经纬仪1对第二普罗棱镜装置2进行准直瞄准并读取方位值 $H_B$ ;

[0095] 13、根据公式  $\Delta = H_B - H_A - (H_{m1} - H_{m2})$  计算并标定出待测光学传递装置的双准直零位夹角。

[0096] 本发明提供的一种技术方案彻底解决了高低温条件下的光学传递装置双准直零位夹角的标定难题,且整个标定过程不超过15min,综合标定精度不大于 $3''$ 。

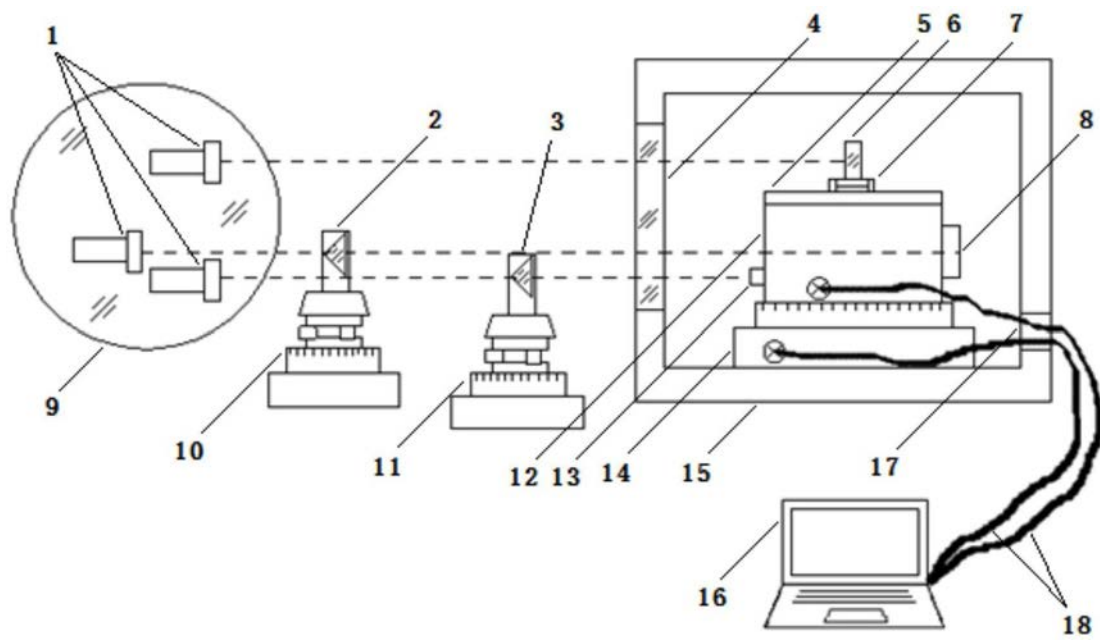


图1