



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102508225 B

(45) 授权公告日 2014. 05. 07

(21) 申请号 201110334699. 1

(22) 申请日 2011. 10. 27

(73) 专利权人 西安理工大学  
地址 710048 陕西省西安市金花南路 5 号

王岚等. 脉冲式激光主动遥感器光校实时检测系统研制. 《激光与红外》. 2007, 第 37 卷 (第 9 期), 815-817, 823.

审查员 李苏宁

(72) 发明人 狄慧鸽 华灯鑫

(74) 专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214  
代理人 李娜

(51) Int. Cl.  
G01S 7/497(2006. 01)

(56) 对比文件  
US 7378626 B2, 2008. 05. 27, 全文.  
CN 101833089 A, 2010. 09. 15, 全文.  
刘君等. 小型米散射激光雷达系统设计. 《西安理工大学学报》. 2007, 第 23 卷 (第 1 期), 1-5.

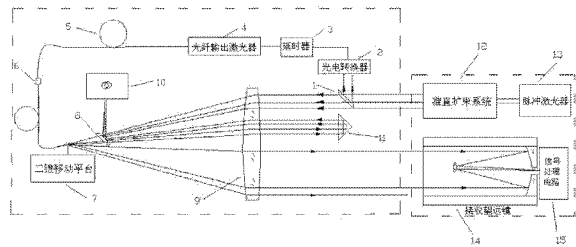
权利要求书3页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

双轴激光遥感仪器地面检测定标系统及检测定标方法

(57) 摘要

本发明提供一种双轴激光遥感仪器地面检测与定标系统, 包括模拟回波发生器、二维移动平台、大口径长焦距平行光管和光束质量分析仪; 大口径长焦距平行光管的一侧设置有分束镜和角锥棱镜, 另一侧设置有全反镜; 模拟回波发生器由光电转换器、延时器、光纤输出激光器、光纤和电控光纤衰减器组成; 光纤输出激光器与光纤的一端连接, 光纤的另一端位于大口径长焦距平行光管的另一侧, 光纤另一端的端口位于大口径长焦距平行光管的焦平面上, 并固定在二维移动平台上。本发明检测与定标系统能够获取被测主被动激光遥感仪器的远场光束质量分布和探测能力, 并且能够获取被测主被动激光遥感仪器的几何结构因子。



1. 双轴激光遥感仪器地面检测与定标系统,其特征在于:包括模拟回波发生器、二维移动平台(7)、大口径长焦距平行光管(9)和光束质量分析仪(10);大口径长焦距平行光管(9)的一侧设置有分束镜(1)和角锥棱镜(11),另一侧设置有全反镜(8);所述模拟回波发生器由光电转换器(2)、延时器(3)、光纤输出激光器(4)、光纤(5)和电控光纤衰减器(6)组成;光电转换器(2)和延时器(3)位于分束镜(1)与光纤输出激光器(4)之间,分束镜(1)用于将由被测激光遥感仪器发出的脉冲激光分为两部分,并将其中一部分脉冲激光反射给光电转换器(2);光电转换器(2)用于将由分束镜(1)反射的脉冲激光转换为电信号;延时器(3)用于电信号的延时;光纤输出激光器(4)用于将被延时后的电信号触发后输出脉冲激光,光纤输出激光器(4)与光纤(5)的一端连接,光纤(5)的另一端位于大口径长焦距平行光管(9)的另一侧,光纤(5)另一端的端口位于大口径长焦距平行光管(9)的焦平面上,并且固定在二维移动平台(7)上;电控光纤衰减器(6)设置在光纤(5)上;光束质量分析仪(10)的光敏面放置在大口径长焦距平行光管(9)被全反镜(8)反射的焦平面上。

2. 利用权利要求1所述的双轴激光遥感仪器地面检测与定标系统获得被测激光遥感仪器探测能力的方法,其特征在于:

该系统的结构为:包括模拟回波发生器、二维移动平台(7)、大口径长焦距平行光管(9)和光束质量分析仪(10);大口径长焦距平行光管(9)的一侧设置有分束镜(1)和角锥棱镜(11),大口径长焦距平行光管(9)的另一侧设置有全反镜(8);所述模拟回波发生器由光电转换器(2)、延时器(3)、光纤输出激光器(4)、光纤(5)和电控光纤衰减器(6)组成;光电转换器(2)和延时器(3)位于分束镜(1)与光纤输出激光器(4)之间,分束镜(1)用于将由被测激光遥感仪器发出的脉冲激光分为两部分,并将其中一部分脉冲激光反射给光电转换器(2);光电转换器(2)用于将由分束镜(1)反射的脉冲激光转换为电信号;延时器(3)用于电信号的延时;光纤输出激光器(4)用于将被延时后的电信号触发后输出脉冲激光,光纤输出激光器(4)与光纤(5)的一端连接,光纤(5)的另一端位于大口径长焦距平行光管(9)的另一侧,光纤(5)另一端的端口位于大口径长焦距平行光管(9)的焦平面上,并且固定在二维移动平台(7)上;电控光纤衰减器(6)设置在光纤(5)上;光束质量分析仪(10)的光敏面放置在大口径长焦距平行光管(9)被全反镜(8)反射的焦平面上;

利用上述系统按照以下步骤实施:

步骤1:被测激光遥感仪器发出脉冲激光,脉冲激光经过分束镜(1)被分为两部分;

步骤2:其中一部分脉冲激光经过大口径长焦距平行光管(9)折射后进入全反镜(8),由全反镜(8)反射后进入光束质量分析仪(10)光敏面上,形成发射激光光斑,光束质量分析仪(10)采集该发射激光光斑获取被测激光遥感仪器的远场光束质量分布;

步骤3:另一部分脉冲激光经过分束镜(1)的反射进入光电转换器(2)转换为电信号,再经过延时器(3)的延时后触发光纤输出激光器(4),光纤输出激光器(4)通过光纤(5)由光纤(5)的另一端输出经过电控光纤衰减器(6)衰减后的脉冲激光,脉冲激光经过大口径长焦距平行光管(9)变为平行光,其中一部分平行光经过角锥棱镜(11)的 $180^\circ$ 反射后再通过大口径长焦距平行光管(9)的透射和全反镜(8)的反射后射向光束质量分析仪(10)的光敏面上,形成模拟回波光斑;而另一部分平行光作为远距离的模拟回波进入被测激光遥感仪器并给出输出信号;

步骤4:通过光束质量分析仪(10)比较发射激光光斑和模拟回波光斑位置,调整被测

激光遥感仪器和激光遥感仪器地面检测与定标系统的相对位置,使得发射激光光斑和模拟回波光斑在光束质量分析仪(10)上重合,实现激光遥感仪器与激光遥感仪器地面检测与定标系统的光路对接;

步骤5:待被测激光遥感仪器与激光遥感仪器地面检测与定标系统的光路对接好后,调整电控光纤衰减器(6)的衰减倍数,使被测激光遥感仪器的输出信号达到探测极限,利用能量计检测光纤输出激光器(4)输出能量值,并根据电控光纤衰减器(6)衰减倍数获取激光遥感仪器的最小可探测功率 $P_{rmin}$ ,根据公式(1),获取激光遥感仪器的探测能力:

$$R_{\max} = \left( \frac{KP_t \tau_0 \tau^2 A_r \sigma}{\pi^2 \theta_t^2 P_{rmin}} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (1)$$

式中, $R_{\max}$ 是激光遥感仪器可探测到的最远距离即探测能力, $K$ 是由光束质量分析仪(10)测得的光束质量分布, $P_t$ 是光纤输出激光器(4)输出功率, $\tau_0$ 是光学系统效率, $\tau$ 为被测激光遥感仪器到目标距离上激光大气透过率, $\sigma$ 为被探测目标的雷达截面, $A_r$ 是接收光学系统孔径面积, $\theta_t$ 是发射光束发散角, $P_{rmin}$ 是激光测距系统的最小可探测功率,也即系统探测灵敏度。

3. 利用权利要求1所述的双轴激光遥感仪器地面检测与定标系统获得被测激光遥感仪器几何结构因子的方法,其特征在于:

该系统的结构为:包括模拟回波发生器、二维移动平台(7)、大口径长焦距平行光管(9)和光束质量分析仪(10);大口径长焦距平行光管(9)的一侧设置有分束镜(1)和角锥棱镜(11),大口径长焦距平行光管(9)的另一侧设置有全反镜(8);所述模拟回波发生器由光电转换器(2)、延时器(3)、光纤输出激光器(4)、光纤(5)和电控光纤衰减器(6)组成;光电转换器(2)和延时器(3)位于分束镜(1)与光纤输出激光器(4)之间,分束镜(1)用于将由被测激光遥感仪器发出的脉冲激光分为两部分,并将其中一部分脉冲激光反射给光电转换器(2);光电转换器(2)用于将由分束镜(1)反射的脉冲激光转换为电信号;延时器(3)用于电信号的延时;光纤输出激光器(4)用于将被延时后的电信号触发后输出脉冲激光,光纤输出激光器(4)与光纤(5)的一端连接,光纤(5)的另一端位于大口径长焦距平行光管(9)的另一侧,光纤(5)另一端的端口位于大口径长焦距平行光管(9)的焦平面上,并且固定在二维移动平台(7)上;电控光纤衰减器(6)设置在光纤(5)上;光束质量分析仪(10)的光敏面放置在大口径长焦距平行光管(9)被全反镜(8)反射的焦平面上;

利用上述系统按照以下步骤实施:

步骤1:被测激光遥感仪器发出脉冲激光,脉冲激光经过分束镜(1)被分为两部分;

步骤2:其中一部分脉冲激光经过大口径长焦距平行光管(9)折射后进入全反镜(8),由全反镜(8)反射后进入光束质量分析仪(10)光敏面上,形成发射激光光斑,光束质量分析仪(10)采集该发射激光光斑获取被测激光遥感仪器的远场光束质量分布;

步骤3:另一部分脉冲激光经过分束镜(1)的反射进入光电转换器(2)转换为电信号,再经过延时器(3)的延时后触发光纤输出激光器(4),光纤输出激光器(4)通过光纤(5)由光纤(5)的另一端输出经过电控光纤衰减器(6)衰减后的脉冲激光,脉冲激光经过大口径长焦距平行光管(9)变为平行光,其中一部分平行光经过角锥棱镜(11)的 $180^\circ$ 反射后再

通过大口径长焦距平行光管(9)的透射和全反镜(8)的反射后射向光束质量分析仪(10)的光敏面上,形成模拟回波光斑;而另一部分平行光作为远距离的模拟回波进入被测激光遥感仪器并给出输出信号;

步骤4:通过光束质量分析仪(10)比较发射激光光斑和模拟回波光斑位置,调整被测激光遥感仪器和激光遥感仪器地面检测与定标系统的相对位置,使得发射激光光斑和模拟回波光斑在光束质量分析仪(10)上重合,实现激光遥感仪器与激光遥感仪器地面检测与定标系统的光路对接;

步骤5:利用二维移动平台(7)记录被测激光遥感仪器和激光遥感仪器地面检测与定标系统实现对接时光纤(5)另一端端面的位置,记录为 $(L_0, 0)$ ;通过二维移动平台(7)控制光纤(5)另一端端面在长焦距大口径平行光管(9)焦平面上水平移动,同时监测被测激光遥感仪器输出信号情况,记录激光遥感仪器输出信号变为临界点时二维移动平台(7)的位置,二维移动平台(7)的移动位置相对于 $(L_0, 0)$ 其二维移动位置记为 $(L_L, 0)$ 和 $(L_R, 0)$ ;通过二维移动平台(7)控制光纤(5)另一端端面在长焦距大口径平行光管(9)焦平面上竖直移动,同时监测被测激光遥感仪器输出信号情况,记录激光遥感仪器输出信号变为临界点时二维移动平台的位置,二维移动平台(7)的移动位置相对于 $(L_0, 0)$ 其二维移动位置记为 $(L_U, 0)$ 和 $(L_D, 0)$ ;根据公式(2)得到激光遥感仪器几何结构因子,也称几何重叠因子:

$$\delta_1 = \frac{L_L + L_R}{2f} - \frac{L_0}{f} \quad \delta_2 = \frac{L_U + L_D}{2f} - \frac{L_0}{f} \quad (2)$$

式(2)中,  $f$  为大口径长焦距平行光管(9)的焦距,  $\delta_1$  为被测试激光遥感仪器在水平方向上的几何结构因子,  $\delta_2$  为被测试激光遥感仪器在竖直方向上的几何结构因子。

## 双轴激光遥感仪器地面检测定标系统及检测定标方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于激光主动遥感探测领域,涉及双轴激光遥感仪器地面检测定标系统,还涉及该系统对主被动激光遥感仪器的系统参数-探测能力、远场光束质量分布、系统几何结构因子进行检测与标定的方法。

### 背景技术

[0002] 自激光诞生以来,激光科学技术迅猛发展。激光遥感仪器作为一种主动遥感探测技术已广泛应用于星球测量、空中目标检测、激光大气传输、全球气候预测、气溶胶辐射效应及大气环境等研究领域。激光遥感系统的工作原理是由激光器发出的激光束脉冲进入大气,由望远镜接收激光束与大气或被照射物体作用后产生的散射回波信号,并经光学分光处理和光电检测系统转换后,输入信息处理设备(多为计算机)进行数据反演处理,以期获得距离、光谱、图像等信息。

[0003] 随着激光遥感仪器应用范围的扩大和应用需求的提高,人们对系统的探测能力及系统稳定性要求也越来越高,这也对遥感系统的地面定标及测试性能提出了更高的要求。激光遥感仪器的探测能力指标主要包括系统探测精度、准确度、探测范围(最大测程、最小测程)、测距分辨率和探测概率(虚警率、漏警率)。除了探测能力,激光探测系统还有很多性能参数需要标定和测试,这些参数包括激光能量、激光脉宽、重复频率、激光发散角、激光远场分布、系统延迟常数、系统最小探测灵敏度、接收视场角、光轴配准度。在这些需要精确标定和测试的参数中,除了与激光特性相关的参数已有统一的测试方法之外,其它的系统参数目前尚无标准的商业器件或相关装置对其精确标定,这给仪器探测性能的标定带来了困扰。而且同一台仪器在经历不同状态变化后,其性能参数会发生变化,特别是系统的几何结构因子,几何结构因子的变化将直接影响到系统的探测能力。这就要求能有标准的仪器或设备能对其进行测试,并及时标定出变化情况。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种双轴激光遥感仪器地面检测与标定系统,以便于能对激光遥感仪器的系统性能和仪器参数进行系统化、量化的检测与标定。

[0005] 本发明的另一个目的是提供上述系统对主被动激光遥感仪器的探测能力、远场光束质量分布和系统几何结构因子进行高精度的检测与标定的方法。

[0006] 本发明所采用的技术方案为,双轴激光遥感仪器地面检测与定标系统,包括模拟回波发生器、二维移动平台、大口径长焦距平行光管和光束质量分析仪;大口径长焦距平行光管的一侧设置有分束镜和角锥棱镜,大口径长焦距平行光管的另一侧设置有全反镜;模拟回波发生器由光电转换器、延时器、光纤输出激光器、光纤和电控光纤衰减器组成;光电转换器和延时器位于分束镜与光纤输出激光器之间,分束镜用于将由被测激光遥感仪器发出的脉冲激光分为两部分,并将其中一部分脉冲激光反射给光电转换器;光电转换器用于将由分束镜反射的脉冲激光转换为电信号;延时器用于电信号的延时;光纤输出激光器用

于将被延时后的电信号触发后输出脉冲激光,光纤输出激光器与光纤的一端连接,光纤的另一端位于大口径长焦距平行光管的另一侧,光纤另一端的端口位于大口径长焦距平行光管的焦平面上,并且固定在二维移动平台上;电控光纤衰减器设置在光纤上;光束质量分析仪的光敏面放置在大口径长焦距平行光管被全反镜反射的焦平面上。

[0007] 本发明所采用的另一个技术方案为,利用上述双轴激光遥感仪器地面检测与定标系统获得被测激光遥感仪器探测能力的方法,包括以下操作步骤:

[0008] 步骤 1:被测激光遥感仪器发出脉冲激光,脉冲激光经过分束镜被分为两部分;

[0009] 步骤 2:其中一部分脉冲激光经过大口径长焦距平行光管折射后进入全反镜,由全反镜反射后进入光束质量分析仪光敏面上,形成发射激光光斑,光束质量分析仪采集该发射激光光斑获取被测激光遥感仪器的远场光束质量分布;

[0010] 步骤 3:另一部分脉冲激光经过分束镜的反射进入光电转换器转换为电信号,再经过延时器的延时后触发光纤输出激光器,光纤输出激光器通过光纤由光纤的另一端输出经过电控光纤衰减器衰减后的脉冲激光,脉冲激光经过大口径长焦距平行光管变为平行光,其中一部分平行光经过角锥棱镜的  $180^\circ$  反射后再通过大口径长焦距平行光管的透射和全反镜的反射后射向光束质量分析仪的光敏面上,形成模拟回波光斑;而另一部分平行光作为远距离的模拟回波进入被测激光遥感仪器并给出输出信号;

[0011] 步骤 4:通过光束质量分析仪比较发射激光光斑和模拟回波光斑的位置,调整被测激光遥感仪器和激光遥感仪器地面检测与定标系统的相对位置,使得发射激光光斑和模拟回波光斑在光束质量分析仪上重合,实现被测激光遥感仪器与激光遥感仪器地面检测与定标系统的光路对接;

[0012] 步骤 5:待被测激光遥感仪器与激光遥感仪器地面检测与定标系统的光路对接好后,调整电控光纤衰减器的衰减倍数,使被测激光遥感仪器的输出信号达到探测极限,利用能量计检测光纤输出激光器输出能量值,并根据电控光纤衰减器衰减倍数获取激光遥感仪器的最小可探测能量数值  $P_{rmin}$ ,根据公式 (1),得到被测激光遥感仪器的探测能力:

$$[0013] \quad R_{max} = \left( \frac{KP_t \tau_0 \tau^2 A_r \sigma}{\pi^2 \theta_t^2 P_{rmin}} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (1)$$

[0014] 式中,  $R_{max}$  是激光遥感仪器可探测到的最远距离即探测能力,  $K$  是由光束质量分析仪测得的光束质量分布,  $P_t$  是光纤输出激光器输出功率,  $\tau_0$  是光学系统效率,  $\tau$  为被测激光遥感仪器到目标距离上激光大气透过率,  $\sigma$  为被探测目标的雷达截面,  $A_r$  是接收光学系统孔径面积,  $\theta_t$  是发射光束发散角,  $P_{rmin}$  是激光测距系统的最小可探测功率,也即系统探测灵敏度。

[0015] 本发明还采用的技术方案为,利用上述的双轴激光遥感仪器地面检测与定标系统获得被测激光遥感仪器几何结构因子的方法,包括以下操作步骤:

[0016] 步骤 1:被测激光遥感仪器发出脉冲激光,脉冲激光经过分束镜被分为两部分;

[0017] 步骤 2:其中一部分脉冲激光经过大口径长焦距平行光管折射后进入全反镜,由全反镜反射后进入光束质量分析仪光敏面上,形成发射激光光斑,光束质量分析仪采集该发射激光光斑获取被测激光遥感仪器的远场光束质量分布;

[0018] 步骤 3:另一部分脉冲激光经过分束镜的反射进入光电转换器转换为电信号,再

经过延时器的延时后触发光纤输出激光器,光纤输出激光器通过光纤由光纤的另一端输出经过电控光纤衰减器衰减后的脉冲激光,脉冲激光经过大口径长焦距平行光管变为平行光,其中一部分平行光经过角锥棱镜的 $180^\circ$ 反射后再通过大口径长焦距平行光管的透射和全反镜的反射后射向光束质量分析仪的光敏面上,形成模拟回波光斑;而另一部分平行光作为远距离的模拟回波进入被测激光遥感仪器并给出输出信号;

[0019] 步骤4:通过光束质量分析仪比较发射激光光斑和模拟回波光斑的位置,调整被测激光遥感仪器和激光遥感仪器地面检测与定标系统的相对位置,使得发射激光光斑和模拟回波光斑在光束质量分析仪上重合,实现激光遥感仪器与激光遥感仪器地面检测与定标系统的光路对接;

[0020] 步骤5:利用二维移动平台记录被测激光遥感仪器和激光遥感仪器地面检测与定标系统实现对接时光纤另一端端面的位置,记录为 $(L_0, 0)$ ;通过二维移动平台控制光纤另一端端面在长焦距大口径平行光管焦平面上水平移动,同时监测被测激光遥感仪器输出信号情况,记录激光遥感仪器输出信号变为临界点时二维移动平台的位置,二维移动平台的移动位置相对于 $(L_0, 0)$ 其二维移动位置记为 $(L_L, 0)$ 和 $(L_R, 0)$ ;通过二维移动平台控制光纤另一端端面在长焦距大口径平行光管焦平面上竖直移动,同时监测被测激光遥感仪器输出信号情况,记录激光遥感仪器输出信号变为临界点时二维移动平台的位置,二维移动平台的移动位置相对于 $(L_0, 0)$ 其二维移动位置记为 $(L_U, 0)$ 和 $(L_D, 0)$ ;根据公式(2)得到激光遥感仪器几何结构因子,也称几何重叠因子:

$$[0021] \quad \delta_1 = \frac{L_L + L_R}{2f} - \frac{L_0}{f} \quad \delta_2 = \frac{L_U + L_D}{2f} - \frac{L_0}{f} \quad (2)$$

[0022] 式中, $f$ 为大口径长焦距平行光管的焦距, $\delta_1$ 为被测试激光遥感仪器在水平方向上的几何结构因子, $\delta_2$ 为被测试激光遥感仪器在竖直方向上的几何结构因子。

[0023] 本发明的有益效果是,能够准确地获得被测主被动激光遥感仪器的远场光束质量分布和探测能力,并且能够准确地获得被测主被动激光遥感仪器的几何结构因子,以解决星载仪器在经历各种温度、热真空环境实验前后,几何结构因子发生变化而无法精确标定的难题。

## 附图说明

[0024] 图1为本发明的激光遥感仪器地面检测与标定系统的结构原理图。

[0025] 图中,1.分束镜,2.光电转换器,3.延时器,4.光纤输出激光器,5.光纤,6.电控光纤衰减器,7.二维移动平台,8.全反镜,9.大口径长焦距平行光管,10.光束质量分析仪,11.角锥棱镜,12.准直扩束系统,13.脉冲激光器,14.接收望远镜,15.信号处理电路。

## 具体实施方式

[0026] 如图1所示,本发明提供一种双轴激光遥感仪器地面检测与定标系统,包括模拟回波发生器、二维移动平台7、大口径长焦距平行光管9和光束质量分析仪10;大口径长焦距平行光管9的一侧设置有分束镜1和角锥棱镜11,大口径长焦距平行光管9的另一侧设置有全反镜8;模拟回波发生器由光电转换器2、延时器3、光纤输出激光器4、光纤5和电控

光纤衰减器 6 组成 ;光电转换器 2 和延时器 3 位于分束镜 1 与光纤输出激光器 4 之间,分束镜 1 用于将由被测激光遥感仪器发出的脉冲激光分为两部分,并将其中一部分脉冲激光反射给光电转换器 2 ;光电转换器 2 用于将由分束镜 1 反射的脉冲激光转换为电信号 ;延时器 3 用于电信号的延时 ;光纤输出激光器 4 用于将被延时后的电信号触发后输出脉冲激光,光纤输出激光器 4 与光纤 5 的一端连接,光纤 5 的另一端位于大口径长焦距平行光管 9 的另一侧,光纤 5 另一端的端口位于大口径长焦距平行光管 9 的焦平面上,并且固定在二维移动平台 7 上 ;电控光纤衰减器 6 设置在光纤 5 上 ;光束质量分析仪 10 的光敏面放置在大口径长焦距平行光管 9 被全反镜 8 反射的焦平面上。

[0027] 上述系统中,光纤输出激光器 4 的输出波长为 1064nm,脉冲频率在 1hz ~ 1000hz 可调 ;光纤 5 为单模光纤,芯径为 9um ;电控光纤衰减器 6 采用型号为 SUN-FVA-T 的台式衰减器 ;大口径长焦距平行光管 9 采用透射式系统,焦距为 4 米,口径为 500mm,采用大口径长焦距平行光管 9 产生大口径的平行光束,该平行光束的指向和能量都可以精确控制和标定的,该大口径光束用以模拟被大气、物体等反射或散射产生的回波光束,利用该回波光束可以对激光遥感仪器进行模拟探测,对探测结果进行分析和计算就可以得到激光遥感仪器全方位的性能参数指标 ;角锥棱镜 11 作用为将模拟回波光束 180 度反射回大口径长焦距平行光管 9 ;光束质量分析仪 10 采用相干公司的 Beammaster 刀口式光束分析仪。

[0028] 其中,被测激光遥感仪器包括脉冲激光器 13、准直扩束系统 12、接收望远镜 14 和信号处理电路 15。

[0029] 利用本发明提供的双轴激光遥感仪器地面检测与定标系统获得被测激光遥感仪器探测能力的方法,包括以下步骤 :

[0030] 步骤 1 :被测激光遥感仪器的脉冲激光器 13 发出脉冲激光,脉冲激光被准直扩束系统 12 准直扩束后,经过分束镜 1 被分为两部分 ;

[0031] 步骤 2 :其中一部分脉冲激光经过大口径长焦距平行光管 9 折射后进入全反镜 8,由全反镜 8 反射后进入光束质量分析仪 10 光敏面上,形成发射激光光斑,光束质量分析仪 10 采集该发射激光光斑获取被测激光遥感仪器的远场光束质量分布 ;

[0032] 步骤 3 :另一部分脉冲激光经过分束镜 1 的反射进入光电转换器 2 转换为电信号,再经过延时器 3 的延时后触发光纤输出激光器 4,光纤输出激光器 4 通过光纤 5 由光纤 5 的另一端输出经过电控光纤衰减器 6 衰减后的脉冲激光,脉冲激光经过大口径长焦距平行光管 9 变为平行光,其中一部分平行光经过角锥棱镜 11 的 180° 反射后再通过大口径长焦距平行光管 9 的透射和全反镜 8 的反射后射向光束质量分析仪 10 的光敏面上,形成模拟回波光斑 ;而另一部分平行光作为远距离的模拟回波进入被测激光遥感仪器由接收望远镜 14 接收,经过信号处理电路 15 处理后并给出输出信号 ;

[0033] 步骤 4 :通过光束质量分析仪 10 比较发射激光光斑和模拟回波光斑的位置,调整被测激光遥感仪器和激光遥感仪器地面检测与定标系统的相对位置,使得发射激光光斑和模拟回波光斑在光束质量分析仪 10 上重合,实现被测激光遥感仪器与激光遥感仪器地面检测与定标系统的光路对接 ;

[0034] 步骤 5 :待被测激光遥感仪器与激光遥感仪器地面检测与定标系统的光路对接好后,调整电控光纤衰减器 6 的衰减倍数,使被测激光遥感仪器的输出信号达到探测极限,利用能量计检测光纤输出激光器 4 输出能量值,并根据电控光纤衰减器 6 衰减倍数值获取激



光遥感仪器的最小可探测能量数值  $P_{rmin}$ , 根据公式 1, 得到被测激光遥感仪器的探测能力:

$$[0035] \quad R_{max} = \left( \frac{KP_t \tau_0 \tau^2 A_r \sigma}{\pi^2 \theta_t^2 P_{rmin}} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (1)$$

[0036] 式中,  $R_{max}$  是激光遥感仪器可探测到的最远距离即探测能力,  $K$  是由光束质量分析仪 10 测得的光束质量分布,  $P_t$  是光纤输出激光器 4 输出功率,  $\tau_0$  是光学系统效率,  $\tau$  为被测激光遥感仪器到目标距离上激光大气透过率,  $\sigma$  为被探测目标的雷达截面,  $A_r$  是接收光学系统孔径面积,  $\theta_t$  是发射光束发散角,  $P_{rmin}$  是激光测距系统的最小可探测功率, 也即系统探测灵敏度。

[0037] 利用本发明提供的双轴激光遥感仪器地面检测与定标系统获得被测激光遥感仪器几何结构因子的方法, 包括以下操作步骤:

[0038] 步骤 1: 被测激光遥感仪器的脉冲激光器 13 发出脉冲激光, 脉冲激光被准直扩束系统 12 准直扩束后, 经过分束镜 1 被分为两部分;

[0039] 步骤 2: 其中一部分脉冲激光经过大口径长焦距平行光管 9 折射后进入全反镜 8, 由全反镜 8 反射后进入光束质量分析仪 10 光敏面上, 形成发射激光光斑, 光束质量分析仪 10 采集该发射激光光斑获取被测激光遥感仪器的远场光束质量分布;

[0040] 步骤 3: 另一部分脉冲激光经过分束镜 1 的反射进入光电转换器 2 转换为电信号, 再经过延时器 3 的延时后触发光纤输出激光器 4, 光纤输出激光器 4 通过光纤 5 由光纤 5 的另一端输出经过电控光纤衰减器 6 衰减后的脉冲激光, 脉冲激光经过大口径长焦距平行光管 9 变为平行光, 其中一部分平行光经过角锥棱镜 11 的  $180^\circ$  反射后再通过大口径长焦距平行光管 9 的透射和全反镜 8 的反射后射向光束质量分析仪 10 的光敏面上, 形成模拟回波光斑; 而另一部分平行光作为远距离的模拟回波进入被测激光遥感仪器由接收望远镜 14 接收, 经过信号处理电路 15 处理后并给出输出信号;

[0041] 步骤 4: 通过光束质量分析仪 10 比较发射激光光斑和模拟回波光斑的位置, 调整被测激光遥感仪器和激光遥感仪器地面检测与定标系统的相对位置, 使得发射激光光斑和模拟回波光斑在光束质量分析仪 10 上重合, 实现激光遥感仪器与激光遥感仪器地面检测与定标系统的光路对接;

[0042] 步骤 5: 利用二维移动平台 7 记录被测激光遥感仪器和激光遥感仪器地面检测与定标系统实现对接时光纤 5 另一端端面的位置, 记录为  $(L_0, 0)$ ; 通过二维移动平台 7 控制光纤 5 另一端端面在长焦距大口径平行光管 9 焦平面上水平移动, 同时监测被测激光遥感仪器输出信号情况, 记录激光遥感仪器输出信号变为临界点时二维移动平台 7 的位置, 二维移动平台 7 的移动位置相对于  $(L_0, 0)$  其二维移动位置记为  $(L_L, 0)$  和  $(L_R, 0)$ ; 通过二维移动平台 7 控制光纤 5 另一端端面在长焦距大口径平行光管 9 焦平面上竖直移动, 同时监测被测激光遥感仪器输出信号情况, 记录激光遥感仪器输出信号变为临界点时二维移动平台 7 的位置, 二维移动平台 7 的移动位置相对于  $(L_0, 0)$  其二维移动位置记为  $(L_U, 0)$  和  $(L_D, 0)$ ; 根据公式 (2) 得到被测激光遥感仪器几何结构因子, 也称几何重叠因子:

$$[0043] \quad \delta_1 = \frac{L_L + L_R}{2f} - \frac{L_0}{f} \quad \delta_2 = \frac{L_U + L_D}{2f} - \frac{L_0}{f} \quad (2)$$

[0044] 式 (2) 中,  $f$  为大口径长焦距平行光管 9 的焦距,  $\delta_1$  为被测试激光遥感仪器在水平方向上的几何结构因子,  $\delta_2$  为被测试激光遥感仪器在竖直方向上的几何结构因子。

[0045] 本发明采用模拟回波发生器和大口径长焦距平行光管 9 产生了具有方位能精确控制和标定、能量可精确调节、大口径的远距离模拟回波。该模拟回波的方位可以由二维移动平台 7 精密控制和标定, 该模拟回波的能量由电控光纤衰减器 6 控制。利用该远距离模拟回波可以模拟激光雷达的实际探测状态, 能够准确地获取被测激光遥感仪器的远场光束质量分布和探测能力, 并且能够准确地获取被测激光遥感仪器的几何结构因子, 以解决星载仪器在经历各种温度、热真空环境实验前后, 几何结构因子发生变化而无法精确标定的难题。利用本发明的激光遥感仪器地面检测与定标系统对被测激光雷达进行探测, 得出被测激光雷达的探测能力为 18.9km。本发明对探测能力的定标不确定度  $< 5\%$ , 对几何结构因子的定标不确定度  $< 20\mu\text{rad}$ 。

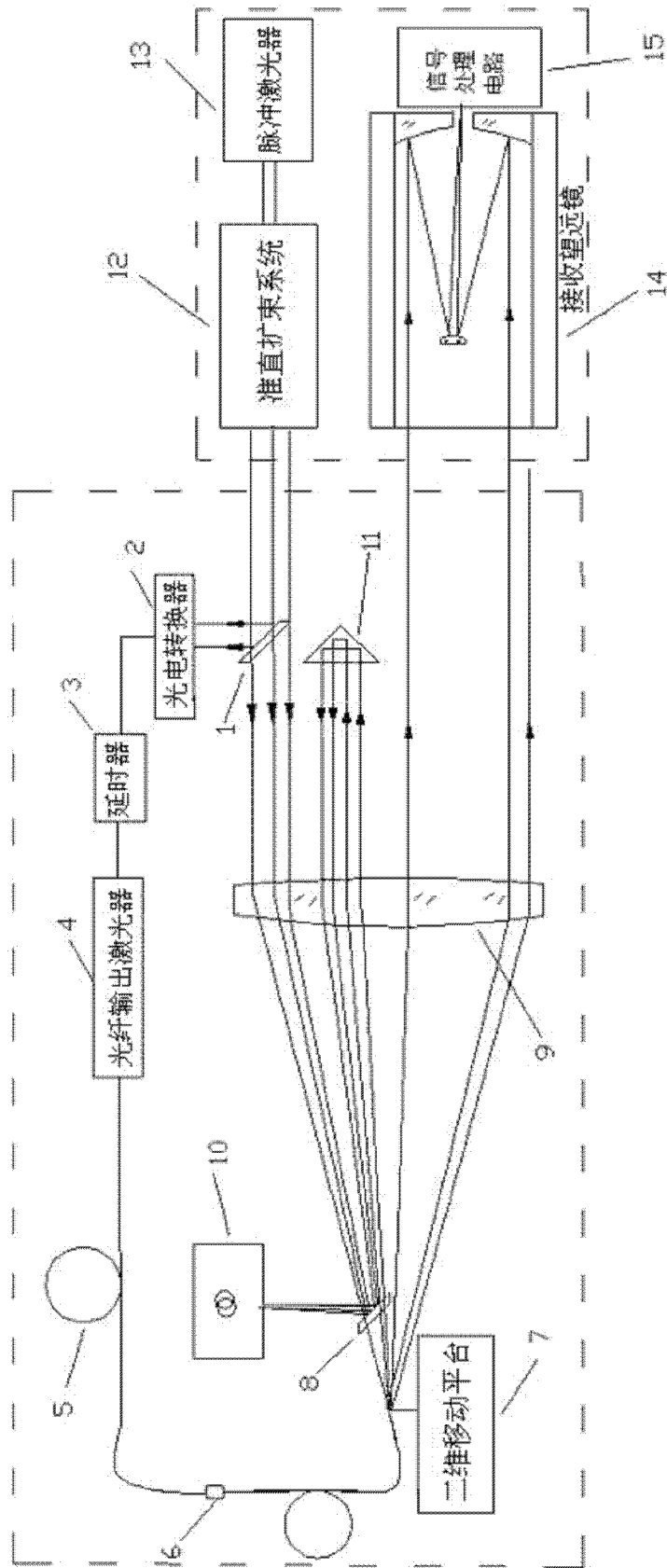


图 1