

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102323671 A

(43) 申请公布日 2012.01.18

(21) 申请号 201110270195.8

(22) 申请日 2011.09.14

(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 刘晓梅 向阳

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 刘树清

(51) Int. Cl.

G02B 27/00(2006.01)

G02B 17/06(2006.01)

G01J 3/02(2006.01)

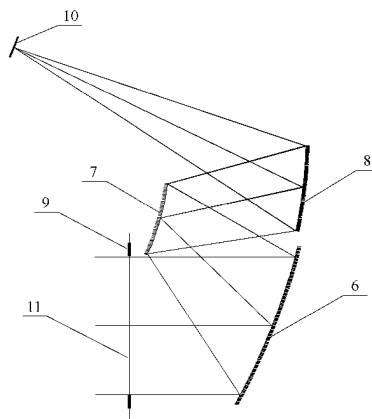
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种具有实入瞳的远心离轴三反镜光学成像系统

(57) 摘要

一种具有实入瞳的远心离轴三反镜光学成像系统,属于空间光学技术领域涉及的成像系统。解决的技术问题:提供一种具有实入瞳的远心离轴三反镜光学成像系统。技术方案:包括主镜、次镜、三镜、孔径光阑、像面和前焦面;次镜放置在主镜的反射光路上,三镜放置在次镜的反射光路上;前焦面到主镜的距离为负值;孔径光阑与前焦面重合;设该成像系统相关结构参数: f' 为像方焦距, R_1 、 R_2 和 R_3 分别为主镜、次镜和三镜反射面的顶点曲率半径, d_1 、 d_2 和 d_3 分别为主镜到次镜、次镜到三镜和三镜到像面的距离, l_f 为前焦面到主镜的距离, α_1 和 α_2 分别为次镜对主镜和三镜对次镜的遮拦比, R_1 、 R_2 、 R_3 、 d_1 、 d_2 、 d_3 和 l_f 分别满足相关公式,确定光学成像系统的结构尺寸。



1. 一种具有实入瞳的远心离轴三反镜光学成像系统,包括主镜(6)、次镜(7)、三镜(8)、孔径光阑(9),其特征在于还包括像面(10)和前焦面(11);次镜(7)放置在主镜(6)的反射光路上,三镜(8)放置在次镜(7)的反射光路上;前焦面(11)到主镜(6)的距离为负值,即前焦面(11)位于主镜(6)前;孔径光阑(9)放置在主镜(6)前与前焦面(11)重合,孔径光阑(9)即为系统入瞳;设该离轴三反镜光学成像系统的相关结构参数: f' 为远心离轴三反镜光学成像系统的像方焦距, R_1 、 R_2 和 R_3 分别为主镜(6)反射面、次镜(7)反射面和三镜(8)反射面的顶点曲率半径, d_1 、 d_2 和 d_3 分别为主镜(6)到次镜(7)、次镜(7)到三镜(8)和三镜(8)到像面(10)的距离, l_f 为前焦面(11)到主镜(6)的距离, α_1 和 α_2 分别为次镜(7)对主镜(6)和三镜(8)对次镜(7)的遮拦比,一般 α_1 在0.4~0.6的范围内取值,对应任一确定的 α_1 值, α_2 都有相应的取值范围,使离轴三反镜光学成像系统结构合理,则 R_1 、 R_2 和 R_3 分别满足公式:

$$R_1 = \frac{2[\alpha_1(1-\alpha_2)^2 + \alpha_2(1-\alpha_1)^2]}{1-\alpha_1} f' \dots\dots\dots (1)$$

$$R_2 = \frac{2\alpha_1[\alpha_1(1-\alpha_2)^2 + \alpha_2(1-\alpha_1)^2]}{\alpha_1(\alpha_2-2)+1} f' \dots\dots\dots (2)$$

$$R_3 = \frac{2\alpha_1[\alpha_1(1-\alpha_2)^2 + \alpha_2(1-\alpha_1)^2]}{\alpha_1(\alpha_1+\alpha_2-3)+1} f' \dots\dots\dots (3)$$

d_1 、 d_2 和 d_3 分别满足公式:

$$d_1 = [\alpha_1(1-\alpha_2)^2 + \alpha_2(1-\alpha_1)^2] f' \dots\dots\dots (4)$$

$$d_2 = -[\alpha_1(1-\alpha_2)^2 + \alpha_2(1-\alpha_1)^2] f' \dots\dots\dots (5)$$

$$d_3 = \alpha_1 \alpha_2 f' \dots\dots\dots (6)$$

l_f 满足公式:

$$l_f = \frac{\alpha_1 - (1 + \alpha_1 \alpha_2) [\alpha_1(1-\alpha_2)^2 + \alpha_2(1-\alpha_1)^2]}{\alpha_1^2 \alpha_2} f' \dots\dots\dots (7)。$$

一种具有实入瞳的远心离轴三反镜光学成像系统

技术领域

[0001] 本发明属于空间光学技术领域涉及的一种用于多光谱成像仪、成像光谱仪和光纤传像类仪器前置光学成像系统的远心离轴三反镜光学成像系统。

背景技术

[0002] 离轴三反镜光学成像系统具有结构简单、无遮拦、宽视场、无色差、像质好、结构紧凑等特点,可实现高分辨率和高能量利用率,被越来越多地应用于空间相机、成像光谱仪等空间对地成像观测领域,取得了快速的发展。

[0003] 后置光谱分光系统为远心光学系统的成像光谱仪和采用光纤传像的成像仪器都要求前置光学成像系统为远心系统;对于成像系统前具有光学窗口(太空观景窗)和扫描型成像仪器前具有指向反射镜等情况的应用,为保证成像系统视场和能量需要,还要求系统具有实入瞳并与其前的窗口或反射镜位置和尺寸一致。因此,采用具有实入瞳的远心离轴三反镜光学成像系统。

[0004] 与本发明最为接近的已有技术,是中国科学院长春光学精密机械与物理研究所在先申请的国防发明专利,申请号为 200910125577.4,发明名称为“视场角为 10° 的远心离轴三反镜成像系统”,如图 1 所示,包括主镜 1、次镜 2、三镜 3 和孔径光阑 4,其主镜 1 为凹双曲面镜,次镜 2 为凸球面镜,三镜 3 为凹椭球面镜,孔径光阑 4 放置在次镜 2 上,孔径光阑 4 到三镜 3 的距离是三镜 3 顶点曲率半径长度的一半,5 为成像系统的像面。该系统存在的主要问题是:系统前焦点为虚焦点,即系统入瞳为虚入瞳,无法满足具有实入瞳和远心要求的空间光学成像系统的应用需要。

发明内容

[0005] 为了克服已有技术存在的缺陷,本发明的目的在于:在保证远心、平像场和衍射极限调制传递函数的前提下,使系统前焦点为实焦点,特设计一种具有实入瞳的远心离轴三反镜光学成像系统。

[0006] 本发明要解决的技术问题是:提供一种具有实入瞳的远心离轴三反镜光学成像系统。解决技术问题的技术方案如图 2 所示:包括主镜 6、次镜 7、三镜 8、孔径光阑 9、像面 10 和前焦面 11;次镜 7 放置在主镜 6 的反射光路上,三镜 8 放置在次镜 7 的反射光路上;为了实现前焦点为实焦点,前焦面 11 到主镜 6 的距离为负值,即前焦面 11 位于主镜 6 前;为了实现像方远心,孔径光阑 9 放置在主镜 6 前与前焦面 11 重合,孔径光阑 9 即为系统入瞳;为了实现所需的视场宽度,主镜 6、次镜 7 和三镜 8 需采用能够满足成像质量要求的最低次非球面镜,系统离轴后通过各反射镜相对于系统主轴的偏心和倾斜来平衡系统像差;设该离轴三反镜光学成像系统的相关结构参数: f' 为远心离轴三反镜光学成像系统的像方焦距, R_1 、 R_2 和 R_3 分别为主镜 6 反射面、次镜 7 反射面和三镜 8 反射面的顶点曲率半径, d_1 、 d_2 和 d_3 分别为主镜 6 到次镜 7、次镜 7 到三镜 8 和三镜 8 到像面 10 的距离, l_f 为前焦面 11 到主镜 6 的距离, α_1 和 α_2 分别为次镜 7 对主镜 6 和三镜 8 对次镜 7 的遮拦比,遮拦比的定义

为后反射镜离前反射镜焦点的距离,与《光学非球面的设计、加工与检验》(潘君骅著,苏州大学出版社,2004.12)一书中的定义相同;一般 α_1 在 0.4 ~ 0.6 的范围内取值,对应任一确定的 α_1 值, α_2 都有相应的取值范围,使离轴三反镜光学成像系统结构合理。则 R_1 、 R_2 和 R_3 分别满足公式:

[0007]

$$R_1 = \frac{2[\alpha_1(1-\alpha_2)^2 + \alpha_2(1-\alpha_1)^2]}{1-\alpha_1} f' \dots\dots\dots (1)$$

[0008]

$$R_2 = \frac{2\alpha_1[\alpha_1(1-\alpha_2)^2 + \alpha_2(1-\alpha_1)^2]}{\alpha_1(\alpha_2-2)+1} f' \dots\dots\dots (2)$$

[0009]

$$R_3 = \frac{2\alpha_1[\alpha_1(1-\alpha_2)^2 + \alpha_2(1-\alpha_1)^2]}{\alpha_1(\alpha_1+\alpha_2-3)+1} f' \dots\dots\dots (3)$$

[0010] d_1 、 d_2 和 d_3 分别满足公式:

$$[0011] \quad d_1 = [\alpha_1(1-\alpha_2)^2 + \alpha_2(1-\alpha_1)^2] f' \dots\dots\dots (4)$$

$$[0012] \quad d_2 = -[\alpha_1(1-\alpha_2)^2 + \alpha_2(1-\alpha_1)^2] f' \dots\dots\dots (5)$$

$$[0013] \quad d_3 = \alpha_1 \alpha_2 f' \dots\dots\dots (6)$$

[0014] l_f 满足公式:

[0015]

$$l_f = \frac{\alpha_1 - (1 + \alpha_1 \alpha_2) [\alpha_1(1-\alpha_2)^2 + \alpha_2(1-\alpha_1)^2]}{\alpha_1^2 \alpha_2} f' \dots\dots\dots (7)。$$

[0016] 公式(1)~(6)是根据《工程光学》(郁道银、谈恒英主编,机械工业出版社)一书中光学成像系统基本公式在满足 $|d_1| = |d_2|$ 和平像场的特殊限定条件下导出,用于确定系统结构尺寸;公式(7)是根据主镜6反射面、次镜7反射面和三镜8反射面的几何光学高斯公式推得,用于确定前焦面11到主镜6的距离 l_f ,通过限定 l_f 使系统具有前实焦点。因此,公式(1)~(7)是解决实际技术问题的公式,具备实际实用价值,而不是智力活动原则的公式。

[0017] 工作原理说明:视场角内的辐射经孔径光阑9被主镜6接收并反射到次镜7上,再依次经次镜7和三镜8的反射,在像面10上形成视场内地面景物的远心影像。相同成像质量要求下,成像系统的视场宽度、系统焦距及各反射镜非球面面型三者相互制约。反射镜采用的非球面次数一定时,系统焦距越长,视场宽度越小;系统焦距一定时,反射镜采用的非球面次数越高,视场宽度越大。

[0018] 本发明的积极效果:本发明提供的具有实入瞳的远心离轴三反镜光学成像系统视场角能够满足一般空间光学应用中 $< 5^\circ$ 的视场范围要求,保证了多光谱成像仪、成像光谱仪对地观测的画幅宽度,可获得丰富的地面资源信息量;成像系统具有实入瞳,能够满足系统前具有光学窗口(太空观景窗)和指向反射镜等入射光束限制装置时的应用;选择合适的次镜7对主镜6和三镜8对次镜7的遮拦比 α_1 和 α_2 ,可使孔径光阑9(系统入瞳)位

于指定的位置；系统筒长略大于焦长的四分之一，结构紧凑；主镜 6 和三镜 8 的位置重合，使远心离轴三反镜光学成像系统的装调更加容易。

附图说明

[0019] 图 1 是已有技术的结构示意图；

[0020] 图 2 是本发明的远心离轴三反镜光学成像系统结构示意图。

具体实施方式

[0021] 本发明按图 2 所示的结构实施。其中，选取像方焦距 $f' = -720\text{mm}$ ，相对孔径 $D/F = 1/4$ ，主镜 6 反射面的顶点曲率半径 $R_1 = -720\text{mm}$ ，次镜 7 反射面的顶点曲率半径 $R_2 = -295.92252\text{mm}$ ，三镜 8 反射面的顶点曲率半径 $R_3 = -611.20908\text{mm}$ ，前焦面 11 到主镜 6 的距离 $l_f = 231.8451\text{mm}$ ，主镜 6 到次镜 7 的距离 $d_1 = -180\text{mm}$ ，次镜 7 到三镜 8 的距离 $d_2 = 180\text{mm}$ ，三镜 8 到像面 10 的距离 $d_3 = -382.76315\text{mm}$ ，主镜 6 反射面的非球面系数 $e_1^2 = -1.33744$ 、 $e_1^4 = 1.87674\text{e-}010$ ，次镜 7 反射面的非球面系数 $e_2^2 = -1.99425$ ，三镜 8 反射面的非球面系数 $e_3^2 = -4.09369$ 、 $e_3^4 = -1.24029\text{e-}009$ ，主镜 6 反射面的偏心量 $D_1 = 0$ ，次镜 7 反射面的偏心量 $D_2 = 42.17403\text{mm}$ ，三镜 8 反射面的偏心量 $D_3 = 60.46779\text{mm}$ ，主镜 6 反射面的倾斜量 $t_1 = -10^\circ$ ，次镜 7 反射面的倾斜量 $t_2 = -6.01998^\circ$ ，三镜 8 反射面的倾斜量 $t_3 = -4.02797^\circ$ ，这样可以得到较理想的视场角 4° 具有实入瞳的远心离轴三反镜光学成像系统。

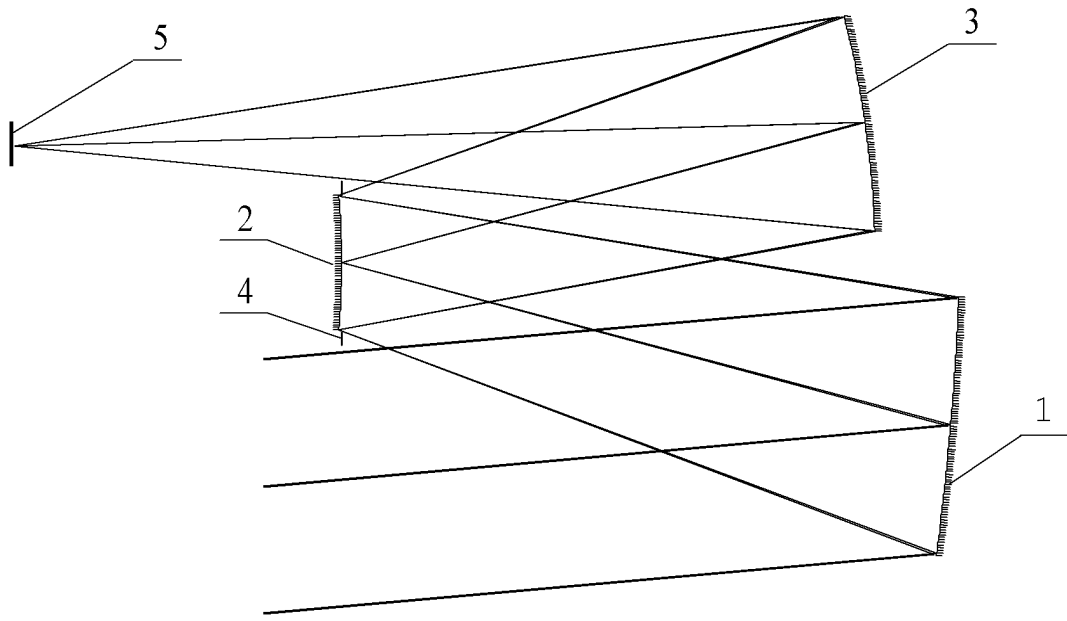


图 1

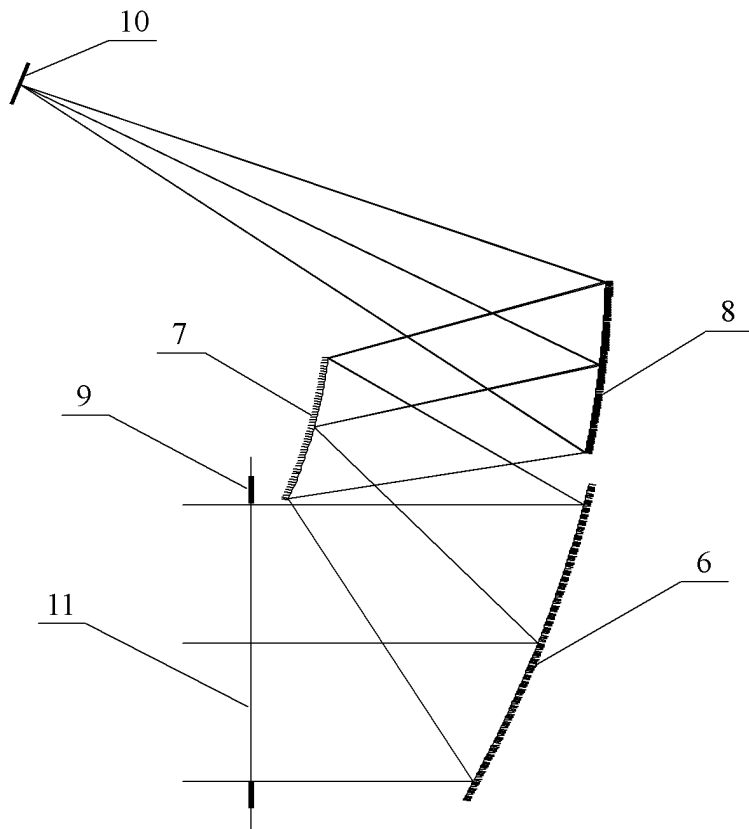


图 2