



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111121765 A

(43)申请公布日 2020.05.08

(21)申请号 201911294459.6

(22)申请日 2019.12.16

(71)申请人 上海航天控制技术研究所

地址 201109 上海市闵行区中春路1555号

(72)发明人 孙俊 谭龙玉 李兴隆 彭杨

韩飞 袁德虎

(74)专利代理机构 上海元好知识产权代理有限公司

公司 31323

代理人 徐雯琼 章丽娟

(51)Int.Cl.

G01C 21/16(2006.01)

G01C 21/24(2006.01)

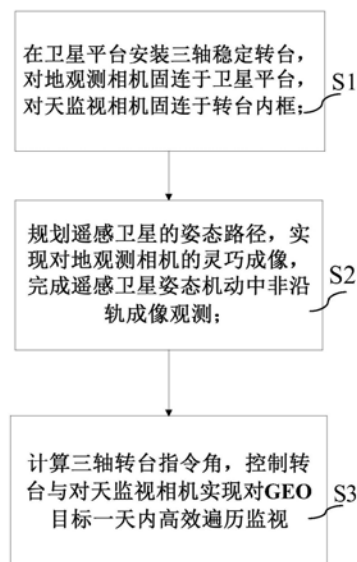
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

## (54)发明名称

共用遥感卫星平台的对地灵巧观测与对天GEO目标监视方法

## (57)摘要

本发明公开一种共用遥感卫星平台的对地灵巧观测与对天GEO目标监视方法,遥感卫星兼顾对地观测与对天监视的高效率、低成本应用,首先在遥感卫星平台安装三轴稳定转台,对地观测相机固连于卫星平台,对天监视相机固连于转台内框;然后规划遥感卫星平台的姿态路径,实现对地观测相机的灵巧成像,完成遥感卫星姿态机动中非沿轨成像观测;最后计算三轴稳定转台指令角,控制转台与对天监视相机实现对GEO目标一天内高效遍历监视。本发明的方法成本低、效率高、可靠性强。



1. 一种共用遥感卫星平台的对地灵巧观测与对天GEO目标监视方法,其特征在于,该方法包含:

S1、在遥感卫星平台安装三轴转台,将对地观测相机固连于卫星平台,将对天监视相机固连于三轴转台内框;

S2、计算所述对地观测相机对任意曲线目标灵巧成像的姿态路径,完成遥感卫星姿态机动中非沿轨成像观测;

S3、计算三轴转台指令角,控制转台与对天监视相机实现对GEO目标一天内高效遍历监视。

2. 如权利要求1所述的共用遥感卫星平台的对地灵巧观测与对天GEO目标监视方法,其特征在于,

所述步骤S2中,进一步包含:

确定遥感卫星平台的滚动角、俯仰角和偏航角,分别如下式(1)、(2)和(3):

$$\varphi_{i+1} = \varphi_i + \frac{\pm(n_o(R_e + h)\sin|\alpha_i| \pm \omega_{ei}(R_e + h)\cos L_i \sin(i \pm |\alpha_i|))}{(R_e + h)\cos L_i - \sqrt{R_e^2 - (R_e + H)^2 \sin^2|\alpha_i|}} \cos L_i \bullet \Delta t \quad (1)$$

式中, $\varphi_i$ 、 $\varphi_{i+1}$ 分别为第*i*、*i*+1时刻的滚动角; $n_o$ 为轨道角速度; $R_e$ 为地球半径; $h$ 为地物高度; $\alpha_i$ 为目标点弧段与卫星星下点轨迹的夹角; $\omega_{ei}$ 为地球自转角速度; $L_i$ 为地物的地理纬度; $i$ 为卫星轨道倾角; $H$ 为卫星高度; $\Delta t$ 为两时刻间隔时间;

$$\theta_{i+1} = \theta_i + \frac{H\omega_y}{(R_e + H)\cos(\cos\varphi_i \cos\theta_i) - \sqrt{R_e^2 - (R_e + H)^2 \sin^2(\arccos(\cos\varphi_i \cos\theta_i))}} \cos\theta_i \bullet \Delta t \quad (2)$$

式中, $\theta_i$ 、 $\theta_{i+1}$ 分别为第*i*、*i*+1时刻的俯仰角; $H$ 为卫星高度; $\omega_y$ 为卫星俯仰角速度; $\Delta t$ 为两时刻间隔时间;

$$\psi_i = \alpha_i + \beta_i \quad (3)$$

式中, $\psi_i$ 为第*i*时刻的偏航角; $\alpha_i$ 为目标点弧段与卫星星下点轨迹的夹角, $\beta_i$ 为卫星偏流角。

3. 如权利要求2所述的共用遥感卫星平台的对地灵巧观测与对天GEO目标监视方法,其特征在于,

所述步骤S3中,根据对天相机的监视模式、卫星的惯性姿态以及转台的安装矩阵确定三轴转台的指令角,控制相机光轴指向GEO目标,并在一天内完成对GEO目标的遍历监视。

4. 如权利要求3所述的共用遥感卫星平台的对地灵巧观测与对天GEO目标监视方法,其特征在于,

所述步骤S3中,进一步包含:

三轴转台基底到台面的转换矩阵 $C_{tj}$ 为:

$$C_{tj} = C_{tc} \bullet C_{si} \bullet C_{ib} \bullet C_{bj} \quad (4)$$

式中, $C_{tc}$ 为相机坐标系到台面坐标系转换矩阵; $C_{si}$ 为惯性坐标系到视线坐标系转换矩阵; $C_{ib}$ 为卫星本体坐标系到惯性坐标系转换矩阵; $C_{bj}$ 为基底坐标系到卫星本体坐标系转换矩阵;

三轴转台内轴、中轴、外轴的指令角 $\theta_{内}$ 、 $\theta_{中}$ 、 $\theta_{外}$ 分别为:

$$\begin{cases} \theta_{\text{内}} = \arctan(-C_{\text{tj}}(1,3) / C_{\text{tj}}(3,3)) \\ \theta_{\text{中}} = \arcsin(-C_{\text{tj}}(2,3)) \\ \theta_{\text{外}} = \arctan(-C_{\text{tj}}(2,1) / C_{\text{tj}}(2,2)) \end{cases} \quad (5)$$

式中, $C_{\text{tj}}(1,3)$ 为基底到台面转换矩阵的第1行第3列元素; $C_{\text{tj}}(3,3)$ 为基底到台面转换矩阵的第3行第3列元素; $C_{\text{tj}}(2,3)$ 为基底到台面转换矩阵的第2行第3列元素; $C_{\text{tj}}(2,1)$ 为基底到台面转换矩阵的第2行第1列元素; $C_{\text{tj}}(2,2)$ 为基底到台面转换矩阵的第2行第2列元素。

## 共用遥感卫星平台的对地灵巧观测与对天GEO目标监视方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及卫星对地观测与对天监视技术,特别涉及一种共用遥感卫星平台的对地灵巧观测与对天GEO目标监视方法。

### 背景技术

[0002] 对地灵巧观测通过在遥感卫星姿态机动中非沿轨成像观测实现对地面任意曲线目标进行快速观测,克服了传统沿轨成像为对海岸线、铁路、公路、城市群等重要和敏感曲线形分布目标成像而采用多次推扫拼接方式的弊端,显著提高成像侦查的实时性和灵活性。对天GEO(地球同步轨道卫星)目标监视,通过采用高效的监视模式和大视场、高精度相机能够对具有极为重要价值的GEO目标进行高效监视和准确编目,有效提高空间态势感知能力和国家空间安全系数。将对地灵巧观测与对天GEO目标监视集中于同一个遥感卫星平台进行共用对于提高天地信息一体化获取能力、增强空间安全多方位感知协调度、缩短研制周期、降低研制成本均具有重要的意义。

### 发明内容

[0003] 本发明提供一种共用遥感卫星平台的对地灵巧观测与对天GEO目标监视方法,该方法能够完成在基于同一遥感卫星平台的对地灵巧观测与对天GEO目标监视。

[0004] 为了达到上述目的,本发明通过以下技术方案实现:

[0005] 一种共用遥感卫星平台的对地灵巧观测与对天GEO目标监视方法,该方法包含:  
S1、在遥感卫星平台安装三轴转台,将对地观测相机固连于卫星平台,将对天监视相机固连于三轴转台内框;  
S2、计算所述对地观测相机对任意曲线目标灵巧成像的姿态路径,完成遥感卫星姿态机动中非沿轨成像观测;  
S3、计算三轴转台指令角,控制转台与对天监视相机实现对GEO目标一天内高效遍历监视。

[0006] 优选地,所述步骤S2中,进一步包含:

[0007] 确定遥感卫星平台的滚动角、俯仰角和偏航角,分别如下式(1)、(2)和(3):

$$[0008] \quad \varphi_{i+1} = \varphi_i + \frac{\pm(n_o(R_e + h)\sin|\alpha_i| \pm \omega_{ei}(R_e + h)\cos L_i \sin(i \pm |\alpha_i|))}{(R_e + h)\cos L_i - \sqrt{R_e^2 - (R_e + H)^2 \sin^2|\alpha_i|}} \cos L_i \bullet \Delta t \quad (1)$$

[0009] 式中, $\varphi_i$ 、 $\varphi_{i+1}$ 分别为第*i*、*i+1*时刻的滚动角; $n_o$ 为轨道角速度; $R_e$ 为地球半径; $h$ 为地物高度; $\alpha_i$ 为目标点弧段与卫星星下点轨迹的夹角; $\omega_{ei}$ 为地球自转角速度; $L_i$ 为地物的地理纬度; $i$ 为卫星轨道倾角; $H$ 为卫星高度; $\Delta t$ 为两时刻间隔时间;

$$[0010] \quad \theta_{i+1} = \theta_i + \frac{H\omega_y}{(R_e + H)\cos(\cos\varphi_i \cos\theta_i) - \sqrt{R_e^2 - (R_e + H)^2 \sin^2(\arccos(\cos\varphi_i \cos\theta_i))}} \cos\theta_i \bullet \Delta t \quad (2)$$

[0011] 式中, $\theta_i$ 、 $\theta_{i+1}$ 分别为第*i*、*i+1*时刻的俯仰角; $H$ 为卫星高度; $\omega_y$ 为卫星俯仰角速度; $\Delta t$ 为两时刻间隔时间;

[0012]  $\psi_i = \alpha_i + \beta_i$  (3)

[0013] 式中,  $\psi_i$  为第  $i$  时刻的偏航角;  $\alpha_i$  为目标点弧段与卫星星下点轨迹的夹角,  $\beta_i$  为卫星偏流角。

[0014] 优选地, 所述步骤 S3 中, 根据对天相机的监视模式、卫星的惯性姿态以及转台的安装矩阵确定三轴转台的指令角, 控制相机光轴指向 GEO 目标, 并在一天内完成对 GEO 目标的遍历监视。

[0015] 优选地, 所述步骤 S3 中, 进一步包含:

[0016] 三轴转台基底到台面的转换矩阵  $C_{tj}$  为:

[0017]  $C_{tj} = C_{tc} \cdot C_{si} \cdot C_{ib} \cdot C_{bj}$  (4)

[0018] 式中,  $C_{tc}$  为相机坐标系到台面坐标系转换矩阵;  $C_{si}$  为惯性坐标系到视线坐标系转换矩阵;  $C_{ib}$  为卫星本体坐标系到惯性坐标系转换矩阵;  $C_{bj}$  为基底坐标系到卫星本体坐标系转换矩阵;

[0019] 三轴转台内轴、中轴、外轴的指令角  $\theta_{内}$ 、 $\theta_{中}$ 、 $\theta_{外}$  分别为:

$$[0020] \begin{cases} \theta_{内} = \arctan(-C_{ij}(1,3) / C_{ij}(3,3)) \\ \theta_{中} = \arcsin(-C_{ij}(2,3)) \\ \theta_{外} = \arctan(-C_{ij}(2,1) / C_{ij}(2,2)) \end{cases} \quad (5)$$

[0021] 式中,  $C_{tj}(1,3)$  为基底到台面转换矩阵的第 1 行第 3 列元素;  $C_{tj}(3,3)$  为基底到台面转换矩阵的第 3 行第 3 列元素;  $C_{tj}(2,3)$  为基底到台面转换矩阵的第 2 行第 3 列元素;  $C_{tj}(2,1)$  为基底到台面转换矩阵的第 2 行第 1 列元素;

[0022]  $C_{tj}(2,2)$  为基底到台面转换矩阵的第 2 行第 2 列元素。

[0023] 与现有技术相比, 本发明的有益效果在于: (1) 本发明的对地灵巧成像观测能够在姿态机动中成像, 大幅提高了成像侦查的实时性; 对天 GEO 目标监视采用步进扫描监视方式, 大幅提高了 GEO 目标的监视效率; (2) 本发明将对地灵巧观测与对天 GEO 目标监视集中于同一遥感卫星平台, 减少了卫星平台数量, 研制成本更低, 研制周期更短; (3) 本发明共用遥感卫星平台的对地灵巧观测与对天 GEO 目标监视, 不需地面站干预, 能够同时、有效、系统性地获取空间和地面信息, 天地信息一体化获取能力更强。

## 附图说明

[0024] 图1为本发明的共用遥感卫星平台的对地灵巧观测与对天 GEO 目标监视系统示意图;

[0025] 图2为本发明的共用遥感卫星平台的对地灵巧观测与对天 GEO 目标监视方法的流程图;

[0026] 图3为本发明的对地灵巧观测与对天 GEO 目标监视方法图。

## 具体实施方式

[0027] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚, 下面将结合本发明实施例中的附图, 对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述, 显然, 所描述的实施例仅

仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0028] 如图1-图3结合所示,本发明提供了一种共用遥感卫星平台的对地灵巧观测与对天GEO目标监视方法,该方法包含以下步骤:

[0029] S1、在遥感卫星平台安装三轴稳定转台,并将对地观测相机固连于卫星平台,将对天监视相机固连于三轴转台内框;

[0030] S2、计算对地观测相机对任意曲线目标灵巧成像的姿态路径,完成遥感卫星姿态机动中非沿轨成像观测;

[0031] S3、计算三轴稳定转台指令角,控制转台与对天监视相机实现对GEO目标一天内高效遍历监视。

[0032] 所述步骤S2中,进一步包含:

[0033] 如图2所示,确定观测目标地物经纬度,由观测目标地理经纬度和偏流角计算模型等确定遥感卫星平台的滚动角、俯仰角和偏航角,分别如下式(1)、(2)和(3):

$$[0034] \quad \varphi_{i+1} = \varphi_i + \frac{\pm(n_o(R_e + h)\sin|\alpha_i| \pm \omega_{ei}(R_e + h)\cos L_i \sin(i \pm |\alpha_i|))}{(R_e + h)\cos L_i - \sqrt{R_e^2 - (R_e + H)^2 \sin^2|\alpha_i|}} \cos L_i \bullet \Delta t \quad (1)$$

[0035] 式中, $\varphi_i$ 、 $\varphi_{i+1}$ 分别为第*i*、*i+1*时刻的滚动角; $n_o$ 为轨道角速度; $R_e$ 为地球半径; $h$ 为地物高度; $\alpha_i$ 为目标点弧段与卫星星下点轨迹的夹角; $\omega_{ei}$ 为地球自转角速度; $L_i$ 为地物的地理纬度; $i$ 为卫星轨道倾角; $H$ 为卫星高度; $\Delta t$ 为两时刻间隔时间。

$$[0036] \quad \theta_{i+1} = \theta_i + \frac{H\omega_y}{(R_e + H)\cos(\cos\varphi_i \cos\theta_i) - \sqrt{R_e^2 - (R_e + H)^2 \sin^2(\arccos(\cos\varphi_i \cos\theta_i))}} \cos\theta_i \bullet \Delta t \quad (2)$$

[0037] 式中, $\theta_i$ 、 $\theta_{i+1}$ 分别为第*i*、*i+1*时刻的俯仰角; $H$ 为卫星高度; $\omega_y$ 为卫星俯仰角速度; $\Delta t$ 为两时刻间隔时间。

$$[0038] \quad \psi_i = \alpha_i + \beta_i \quad (3)$$

[0039] 式中, $\psi_i$ 为第*i*时刻的偏航角; $\alpha_i$ 为目标点弧段与卫星星下点轨迹的夹角, $\beta_i$ 为卫星偏流角。

[0040] 所述步骤S3中,根据对天相机的监视模式、卫星的惯性姿态(即卫星相对惯性坐标系的姿态矩阵,其是星上测量得到,当作已知)以及转台的安装矩阵(即转台安装在卫星上时转台本身相对卫星的矩阵,该矩阵是可测量得到,当作已知)等确定三轴转台的指令角,控制相机光轴指向目标,并在一天内完成对GEO目标的遍历监视;具体如下:

[0041] (1) 首先建立相关坐标系(例如相机坐标系、视线坐标系等),再确定监视模式,其中,确定监视模式为在监视轨道每轨的南极弧段16分钟对地球同步轨道25°弧段进行步进扫描监视,这样确保一天内对目标进行遍历监视。

[0042] (2) 然后计算三轴转台基底到台面(是指转台的内框面上)的转换矩阵以及每时刻三轴转台的三轴指令角,控制三轴转台保证相机光轴指向目标并且稳定成像;其中,相机光轴指向目标等价于相机镜头对准目标,即可以对目标拍照,本发明的三轴转台根据指令角的指引做相应的转动,达到让转台上的相机光轴指向目标的目的。

[0043] 其中,三轴转台基底到台面的转换矩阵 $C_{tj}$ 为:

[0044]  $C_{tj} = C_{tc} \cdot C_{si} \cdot C_{ib} \cdot C_{bj}$  (4)

[0045] 式中,  $C_{tc}$  为相机坐标系到台面坐标系转换矩阵, 台面坐标系是指在转台内框上面建立的坐标系;  $C_{si}$  为惯性坐标系到视线坐标系转换矩阵;  $C_{ib}$  为卫星本体坐标系到惯性坐标系转换矩阵;  $C_{bj}$  为基底坐标系到卫星本体坐标系转换矩阵, 基底坐标系就是在转台底部建立的坐标系。

[0046] 三轴转台内轴、中轴、外轴的指令角  $\theta_{内}$ 、 $\theta_{中}$ 、 $\theta_{外}$  分别为:

[0047] 
$$\begin{cases} \theta_{内} = \arctan(-C_{ij}(1,3) / C_{ij}(3,3)) \\ \theta_{中} = \arcsin(-C_{ij}(2,3)) \\ \theta_{外} = \arctan(-C_{ij}(2,1) / C_{ij}(2,2)) \end{cases} \quad (5)$$

[0048] 式中,  $C_{tj}(1,3)$  为基底到台面转换矩阵的第1行第3列元素;  $C_{tj}(3,3)$  为基底到台面转换矩阵的第3行第3列元素;  $C_{tj}(2,3)$  为基底到台面转换矩阵的第2行第3列元素;  $C_{tj}(2,1)$  为基底到台面转换矩阵的第2行第1列元素;  $C_{tj}(2,2)$  为基底到台面转换矩阵的第2行第2列元素。

[0049] 综上所述, 本发明的遥感卫星平台安装有对地观测相机、对天监视相机、三轴转台等, 运行于太阳同步轨道; 对地观测相机固连于卫星平台, 对天监视相机固连于三轴转台内框; 本发明通过规划遥感卫星平台的姿态路径, 实现对地观测相机的灵巧成像, 完成遥感卫星姿态机动中非沿轨成像观测, 并计算三轴稳定转台指令角, 控制转台与对天监视相机实现对GEO目标一天内高效遍历监视。

[0050] 尽管本发明的内容已经通过上述优选实施例作了详细介绍, 但应当认识到上述的描述不应被认为是对本发明的限制。在本领域技术人员阅读了上述内容后, 对于本发明的多种修改和替代都将是显而易见的。因此, 本发明的保护范围应由所附的权利要求来限定。

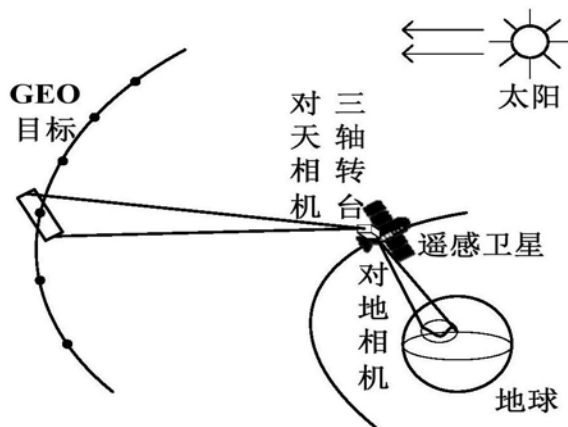


图1

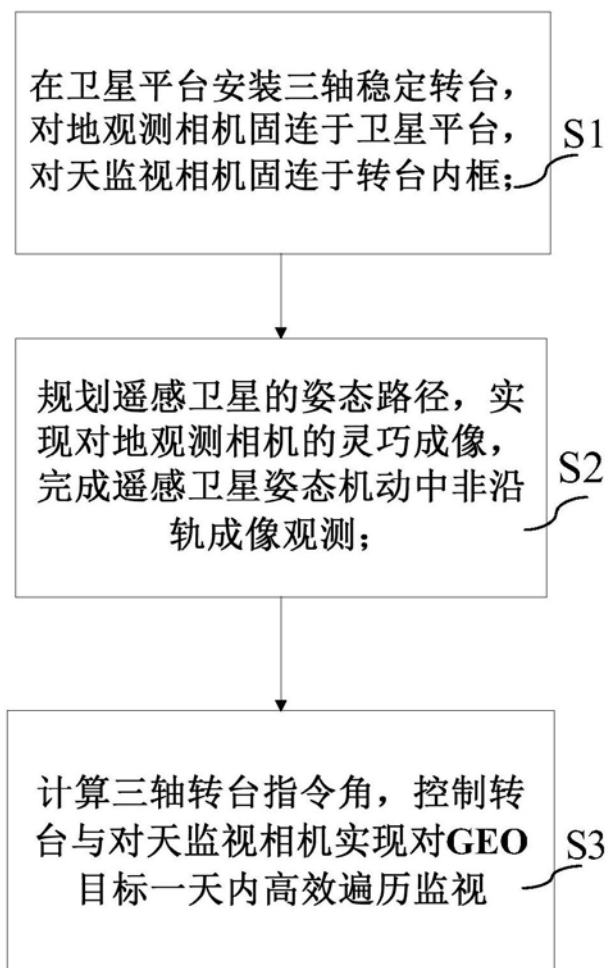


图2

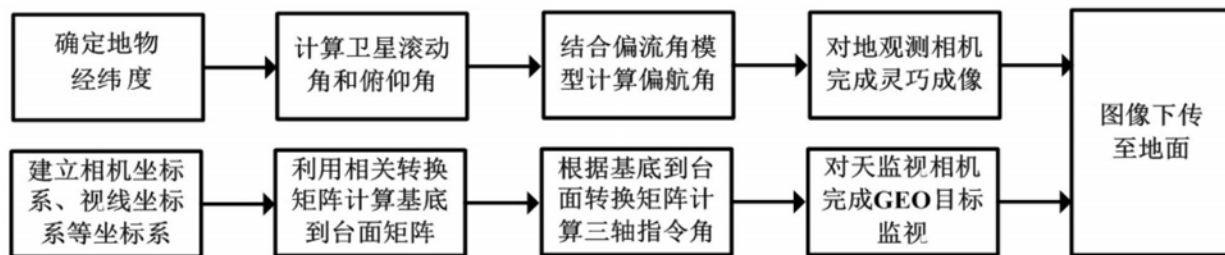


图3