



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103646127 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 29

(21) 申请号 201310589853. 9

(22) 申请日 2013. 11. 20

(73) 专利权人 中国空间技术研究院
地址 100194 北京市海淀区友谊路 104 号

(72) 发明人 胡迪 徐东宇 王剑

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心
11009

代理人 陈鹏

(51) Int. Cl.
G06F 17/50(2006. 01)

(56) 对比文件
US 2011/0035463 A1, 2011. 02. 10,
CN 102494686 A, 2012. 06. 13,
胡义召等. 基于 OPENGL 的卫星轨道可视化
技术研究. 《微计算机信息》. 2008, 第 24 卷 (第

10-3 期), 第 251-253 页.

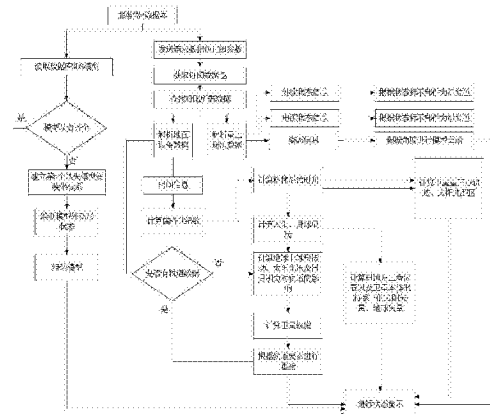
董家强等. 基于 OPENGL 的卫星在轨运行可
视化仿真系统设计与实现. 《计算机测量与控
制》. 2008, 第 16 卷 (第 6 期), 第 824-826 页.

审查员 薛杰

权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称
卫星轨道姿态可视化三维显示方法

(57) 摘要
卫星轨道姿态可视化三维显示方法, 步骤为:
(1) 建立三维模型, 读取数据库中的 3DS 模型, 查
看模型是否齐全, 如果模型齐全则送状态显示, 否
则建立相关的模型, 在模型建立的同时, 向服务器
发送数据请求数据包并接收;(2) 对数据包中数
据进行查找比对, 寻找出状态显示所需数据, 并
进行解析, 将数据划分为两个部分, 一部分是地面
设备数据, 一部分是星上遥测数据;(3) 对于地面
设备数据, 提取时间信息, 计算太阳、月球星历, 计
算日地月三者位置以及卫星轨道数据等送状态显
示;(4) 对于星上遥测数据划分成三类处理分别
显示, 一类是健康状态数据, 一类是部件电源状态
数据, 一类是姿态信息; 状态显示采用 OpenGL 进
行三维模型绘制及显示。



1. 卫星轨道姿态可视化三维显示方法,其特征在于步骤如下:

(1)收集卫星及卫星上安装的单机设备的二维外形图,并将所述二维外形图转换为3DS模型并存储在数据库中;同时,获取地面设备对卫星的遥测参数以及卫星上存储的遥测数据并存储在数据库中;

(2)将所述的数据库建立在服务器上,根据用户需要显示的内容,向服务器发送数据请求,获取相关的3DS模型或者遥测数据;所述的数据请求包括信息头和信息体两个部分,其中信息头标识了所要请求的信息类型,信息体用于获取请求的信息;

(3)从服务器接收数据信息并解析,获得3DS模型、地面设备遥测参数和星上遥测数据;

(31)对于3DS模型,首先判断是否包含了用户需要显示的全部模型,如果包含了则直接将获得的3DS模型采用OpenGL进行三维模型显示,如果不完全包含用户需要显示的全部模型,在将包含的3DS模型采用OpenGL进行三维模型显示,将不包含的3DS模型按照用户需要采用OpenGL进行三维模型绘制和显示;

(32)对于地面设备遥测参数,首先提取时间信息,然后分别计算儒略世纪数、格林尼治时角,计算太阳、月球星历,计算太阳、地球、月球三者的位置关系以及卫星本体坐标系下的太阳矢量、地球矢量、月球矢量,计算卫星的星下点轨迹、太阳光照区,将计算结果采用OpenGL进行三维模型显示;在此基础上判断地面设备遥测参数中是否包含卫星的轨道数据,如果有则直接将轨道数据采用OpenGL进行三维模型显示,如果没有则计算地球非球形摄动、太阳光压及太阳引力、月球引力对轨道的影响,由此间接确定出卫星的轨道数据后采用OpenGL进行三维模型显示;

(33)对于星上遥测数据,划分为三类数据,一类是健康状态数据,对故障情况下的部件标示为红颜色后采用OpenGL进行三维模型显示,对健康部件不处理;第二类是部件电源状态数据,对部件电源状态为开时标示为绿颜色后采用OpenGL进行三维模型显示;第三类是姿态信息,根据姿态测量部件的角度采用OpenGL进行三维模型显示。

卫星轨道姿态可视化三维显示方法

技术领域

[0001] 本发明属于航天器地面综合测试领域,涉及一种利用OpenGL、3DS导入技术的三维显示方法,适用于卫星轨道设计、卫星姿态仿真和动态仿真演示等应用。

背景技术

[0002] 综合测试是卫星总装完成后的一个试验验证手段,通过综合测试可以实现对卫星接口特性、功能特性和状态是否符合设计要求进行试验验证。目前对于卫星控制推进分系统的综合测试,均是通过遥测数据进行人工判读后再执行后续的测试指令。若通过三维显示技术,就能够直观地显示出卫星当前的姿态状态和轨道变化状态,同时能够细致地观察到卫星推力器的点火状态,这样将有效降低测试风险,减轻测试人员负担,避免测试人员在判读遥测状态时的不准确。

[0003] 目前三维显示技术在汽车、电子等领域已经逐步开展应用,辅助检测和维修。在作战训练方面,已将三维显示技术应用于虚拟战场环境,采用交互式仿真和虚拟现实技术可支持多武器的三维电子环境。将作战训练和攻防对抗演习以及现代作战行动纳入整个三维显示环境中,这对现代作战行动的决策与谋划发挥了重大作用。但是在卫星综合测试领域,三维显示技术仍没有发挥作用,没有突显出三维显示技术的优势。

发明内容

[0004] 本发明的技术解决问题是:克服现有技术的不足,提供了一种卫星轨道姿态可视化三维显示方法,利用OpenGL、3DS导入技术,可以有效实现卫星姿态与轨道参数的动态化和直观化显示。

[0005] 本发明的技术解决方案是:卫星轨道姿态可视化三维显示方法,步骤如下:

[0006] (1)收集卫星及卫星上安装的单机设备的二维外形图,并将所述二维外形图转换为3DS模型并存储在数据库中;同时,获取地面设备对卫星的遥测参数以及卫星上存储的遥测数据并存储在数据库中;

[0007] (2)将所述的数据库建立在服务器上,根据用户需要显示的内容,向服务器发送数据请求,获取相关的3DS模型或者遥测数据;所述的数据请求包括信息头和信息体两个部分,其中信息头标识了所要请求的信息类型,信息体用于获取请求的信息;

[0008] (3)从服务器接收数据信息并解析,获得3DS模型、地面设备遥测参数,和星上遥测数据;

[0009] (31)对于3DS模型,首先判断是否包含了用户需要显示的全部模型,如果包含了则直接将获得的3DS模型采用OpenGL进行三维模型显示,如果不完全包含用户需要显示的全部模型,在将包含的3DS模型采用OpenGL进行三维模型显示,将不包含的3DS模型按照用户需要采用OpenGL进行三维模型绘制和显示;

[0010] (32)对于地面设备遥测参数,首先提取时间信息,然后分别计算儒略世纪数、格林尼治时角,计算太阳、月球星历,计算太阳、地球、月球三者的位置关系以及卫星本体坐标系

下的太阳矢量、地球矢量、月球矢量,计算卫星的星下点轨迹、太阳光照区,将计算结果采用OpenGL进行三维模型显示;在此基础上判断地面设备遥测参数中是否包含卫星的轨道数据,如果有则直接将轨道数据采用OpenGL进行三维模型显示,如果没有则计算地球非球形摄动、太阳光压及太阳引力、月球引力对轨道的影响,由此间接确定出卫星的轨道数据后采用OpenGL进行三维模型显示;

[0011] (33)对于星上遥测数据,划分为三类数据,一类是健康状态数据,对故障情况下的部件标示为红颜色后采用OpenGL进行三维模型显示,对健康部件不处理;第二类是部件电源状态数据,对部件电源状态为开时标示为绿颜色后采用OpenGL进行三维模型显示;第三类是姿态信息,根据姿态测量部件的角度采用OpenGL进行三维模型显示。

[0012] 本发明与现有技术相比的优点在于:

[0013] (1)本发明方法能有效实现卫星姿态与轨道参数动态化和直观化显示,通过接收遥测数据能真实反映卫星状态,便于测试人员直观准确地了解控制推进测试工作和卫星在轨运行情况;针对综合测试三维显示需求,采用3DS模型化文件将真实设计卫星模型导入OpenGL进行演示验证,同时配合遥测数据计算出太阳、月球和地球三者位置关系,接收轨道和姿态遥测数据实时动态地实现三维数据重绘,让测试人员直观准确地了解卫星工作状态,同时在自演示模式下进行轨道和姿态规律计算,更加快速有效地实现测试人员对星上部件状态的了解和判别;

[0014] (2)本发明方法可以有效实现星下点轨迹计算和太阳光照区计算,可以帮助相关人员直观获取卫星在地球上的轨迹变化和光照情况。

附图说明

[0015] 图1为本发明方法的流程图。

具体实施方式

[0016] 如图1所示,为本发明卫星轨道姿态可视化三维显示方法的数据流图,主要步骤如下:

[0017] (1)设定好与数据库服务器的网络地址和端口;数据库服务器主要存储了整星状态下的各组成部件,包括卫星东/西/南/北板3DS模型、中心承力筒3DS模型、推力器3DS模型及安装位置坐标、陀螺3DS模型及安装位置、动量轮3DS模型及安装位置、太阳帆板驱动机构3DS模型及安装位置、490N发动机及安装位置。此处的3DS模型是将卫星三维机械模型直接通过Deep Exploration软件转换而成;

[0018] (2)建立三维模型,读取数据库中的3DS模型,查看模型是否齐全,如果模型齐全则送状态显示,否则建立相关的模型,建立模型时根据机械尺寸描绘相应的模型状态;

[0019] (3)在模型建立的同时,向服务器发送数据请求数据包,建立通信链路连接,建立连接后,发送请求数据包订阅参数;

[0020] (4)接收订阅数据包,数据包由整星测试系统提供,包含整星各种测试设备状态数据和整星各种遥测数据,订阅时一般需要提供由整星测试系统分配的参数代号;

[0021] (5)对数据包中数据进行查找比对,寻找出状态显示所需数据,并进行解析,将数据划分为两个部分,一部分是地面设备数据,一部分是星上遥测数据;根据整星测试系统分

配的原则,地面测试设备数据一般由ZBXXX表示,ZB表示整星地面测试设备数据参数,后面XXX表示地面设备数据中某个参数的代号,星上遥测数据一般采用与分系统相关的代号进行区别,如控制分系统可表示为ZKXXX,ZK表示为整星控制分系统参数,XXX表示参数代号;

[0022] (6)对于地面设备数据,提取时间信息,计算儒略世纪数,计算格林尼治时角,计算太阳、月球星历,计算日地月三者位置以及卫星本体坐标系下的太阳矢量、地球矢量、月球矢量,计算卫星星下点轨迹,太阳光照区,送状态显示,状态显示时只需显示日地月卫星四者关系、太阳矢量以及星下点轨迹和太阳光照区;

[0023] (7)在处理地面设备数据时,需查看是否有轨道数据,如果有则进入状态显示,如果没有,计算地球非球形摄动、太阳光压及日月引力对轨道的影响,则计算出当前轨道位置和速度,并根据轨道要求进行描点绘制,送状态显示;

[0024] (8)对于星上遥测数据,划分三类数据,一类是健康状态数据,对故障情况下的部件,将其标示为红颜色,送状态显示,如果部件健康,则不处理,一类是部件电源状态数据,对其电源状态进行标示,电源开时,标示为绿颜色,一类是姿态信息,根据读取的角度将组装好的卫星模型进行旋转,从而得到当前状态下的卫星姿态显示显示;

[0025] (9)状态显示采用OpenGL进行三维模型绘制及显示。

[0026] 下面对关键环节进行详细的说明。

[0027] ➤建立模型

[0028] 对于建立模型,一种是通过Deep Exploration软件将卫星机械设计时的三维模型转换成的3DS模型文件,一种是绘制模型。对于前一种采用软件转换即可。对于绘制模型来说,绘制完成的模型称之为自定义模型,首先从实际的卫星机械模型测量出需要自定义模型的实际机械模型的机械尺寸参数,即模型参数,包括该机械模型的安装坐标参数进行保存;其次,建立一个模型堆栈空间;第三,在这个空间中,根据需要绘制的模型参数,设定好相应的安装坐标系,在这个坐标系下绘制相应的图形;第四,建立好模型后,封装好模型堆栈空间,然后在整星状态下调用相应的自定义模型及其安装坐标参数,从而进行组装。

[0029] ➤发送请求数据包订阅参数

[0030] 请求数据包遵循以下格式,包括两个部分,一部分是信息头,由同步字,长度版本号,扩展字节号,航天器编号,时间,数据标识,信息标识,辅助标识,信息来源,信息目的组成,其中除长度,航天器编号可进行修改外,其他均为固定信息。另一部分是信息体,信息体包含一个内容,即ALL,即订阅所有数据。

[0031] 信息头格式如下:

[0032]

地址范围	0~3	4~5	6	7	8~15	16~24	25	26~29	30	31~33	34~36
字段名称	同步字	长度	版本号	扩展字节	航天器编号	时间	数据标识	信息标识	辅助标识	信息来源	信息目的
字段内容	0XXXXXXXX	31+信息体长度	1	0	XXXXXXXX	发送时间	1:有效	前端设备	:	前端设备	服务器

[0033] 信息头中的同步字表示数据发送时需要同步的内容,长度表示整个数据长度,版本号表示当前数据的版本,扩展字节表示保留字节,航天器编号表示当前的航天器在整星测试系统中的编号,时间为当前的系统时间,数据标识,表示当前发送数据是否有效,信息标识表示当前订阅数据的设备是属于哪种设备,比如直接与卫星连接的表示为前端设备,辅助标识表示信息标识与信息来源的区分标志,信息来源表示当前数据包源头是什么设备输出,信息目的表示该数据包需要发送到哪,比如说向服务器订阅,目的地就是服务器。

[0034] 信息体如下:

[0035]

字段名称	地址范围	字段内容	说明
信息体		ALL	

[0036] 其中信息体表示订阅时需要订阅哪些参数,一般情况下选择“ALL”表示订阅所有参数信息。

[0037] ➤获取订阅数据包

[0038] 获取订阅数据包时需根据所需参数进行数所匹配,获取其解码后数据,如服务器向客户端发送的数据格式包含信息头和信息体,信息头与前述一致,有区别的地方为信息来源为服务器,信息目的为前端设备,信息体中的字段内容格式为ZB001:0.5,ZB002:0.223,……其中ZB001为参数代号,0.5为该参数的数据内容,“:”为辅助标识。在获取这些订阅数据后,需根据参数代号进行数据区分,分成地面设备数据和星上状态遥测数据。

[0039] ➤解析星上遥测数据

[0040] 将获取的数据进行区分后,将这部分数据根据参数代号,将相应的变量进行状态转化,划分为健康状态信息、电源状态信息和姿态信息,分配完成后送状态显示。

[0041] ➤解析地面设备数据

[0042] 在解析地面设备数据时,提取时间信息,获得当前仿真的时间信息,根据以下公式计算儒略世纪数。

[0043] 已知公历时间Y年M月D日h时m分s秒,计算儒略日,计算中间变量A和B,即 $A = \text{floor}(Y/100)$, $B = 2 - A + \text{floor}(A/4)$, floor 表示取整。

[0044] 儒略日 $JD = \text{floor}(365.25 * (Y + 4716)) + \text{floor}(30.6001 * (M + 1)) + D + B - 1524.5$;

[0045] 再通过上述公式计算2000年1月1.5(也就是2000年1月1日12点)日的儒略日 JD_{2000} ,从而可计算出自 JD_{2000} 起的儒略世纪数为 $T = (JD - JD_{2000} - 0.5) / 36525$ 。

[0046] 计算格林尼治时角 a ,是指格林尼治子午线与春分点的方向在赤道平面内的夹角,计算公式如下:

[0047]
$$a = (50.54841/60 + 41)/60 + 6 + 8640184.812866/3600 * T + 0.093104/3600 * T^2 - 6.2/3600 * T^3$$

[0048] 计算太阳位置,采用地心惯性坐标系内的平轨道根数半长轴 A_s 、偏心率 E_s 、轨道倾角 i 、升交点赤经 Ω 、近地点幅角 w 、平近点角 M 描述, T 是儒略世纪数

[0049] $A_s = 1.00000102A$

[0050] $(A = 1.49597870691 * 10^{11} \text{m})$

[0051] $E_s = 0.01670862 - 0.00004204T - 0.00000124T^2$

[0052] $i = 23^\circ 26' 21''.448 - 46''.815T - 0''.00059T^2 + 0''.00181T^3$

[0053] $\Omega = 0.0^\circ$

[0054] $w = 282^\circ 56' 14'' .45 + 6190'' .32T + 1'' .655T^2 + 0'' .012T^3$

[0055] $M = 357^\circ 31' 44.76'' + 129596581''T - 0'' .562T^2 - 0'' .012T^3$

[0056] 计算月球位置,采用五个基本参数描述, L_0 是月球的平黄经, l 是平近地点黄经, l' 是太阳的平近点角, F 是月球相对于升交点的幅角, D 是日、月平经度之差, T 是儒略世纪数,

$$[0057] \begin{cases} L_0 = 218^\circ .31617 + 481267^\circ T - 4'' .06T^2 \\ l = 134^\circ .96292 + 477198^\circ .86753 + 33'' .25T^2 \\ l' = 357^\circ .52543 + 35999^\circ .04944T - 0'' .58T^2 \\ F = 93^\circ .27283 + 483202^\circ .01873T - 11'' .56T^2 \\ D = 297^\circ .85027 + 445267^\circ .11135T - 5'' .15T^2 \end{cases}$$

[0058] 计算太阳矢量 t ,设太阳的赤纬为 δ , θ 为赤经, i, j, k 表示矢量的三个方向则

[0059] $t = \cos\delta \sin\theta i + \sin\delta j + \cos\delta \cos\theta k$

[0060] 计算地球矢量 t_E ,式中 R_s 为卫星在惯性坐标系下的位置,计算完成后需对矢量进行归一化, $t_E = -R_s$ 。

[0061] 计算地球非球形摄动 U_E ,取二阶摄动,计算公式如下,式中 λ_{22} 为二阶田谐项主轴的地理经度, J_2 和 J_{22} 是田谐项系数, R_E 为地球平均赤道半径, r, λ, φ 分别是卫星在球坐标系的位置地心距、地心经度和地心纬度, μ 为地球引力常数。

$$[0062] U_E = \frac{\mu}{r} \left[1 - \frac{J_2 R_E^2}{2r^2} (3\sin^2 \varphi - 1) + \frac{3J_{22} R_E^2}{r^2} \cos^2 \varphi \cos 2(\lambda - \lambda_{22}) \right]$$

[0063] 计算太阳光压 P ,计算公式如下,式中 $k = 4.5 \times 10^{-6} \text{N/m}^2$ 为垂直太阳光单位面积上入射光光压力, β 面元法向量和太阳光方向之间的夹角, ρ 为反射系数, A, B 为法向、切向的调节系数,全为1时漫反射,全为0时镜反射, κ 为温度调节系数, $0 < \kappa < 1$ 。

[0064] $P = -k \cos\beta \{ 2\rho A / 3 + \cos\beta [1 + (1-A)\rho] + 2(1-\rho)\kappa / 3 \}$

[0065] 计算太阳引力 F_{1s} ,式中 l 表示卫星, s 表示太阳, m_l, m_s 分别表示卫星与太阳的质量, r_{1s} 表示卫星与太阳的距离, G 表示引力常数。

$$[0066] F_{1s} = G \frac{m_l m_s}{r_{1s}^2}$$

[0067] 与太阳引力计算相同,可计算月球引力 F_{1m} , m 表示月球, m_m 为月球的质量, r_{1m} 表示月球与卫星的距离。

$$[0068] F_{1m} = G \frac{m_l m_m}{r_{1m}^2}$$

[0069] 计算地球引力 U , μ 为地球引力常数,值为 $3.986005 \times 10^{14} \text{m}^3/\text{s}^2$, R_E 为地球平均赤道半径,其值为 6378.140km , r 为地心距, λ 为经度, θ 为地心纬度, C_{1m} 和 S_{1m} 是球谐系统, P_{1m} 为1阶 m 次Legendre函数,一般取 L 和 m 为4, $1 < L, m < 1$ 。

$$[0070] U = \frac{\mu}{r} + \frac{\mu}{r} \sum_{l=2}^L \sum_{m=0}^l \left(\frac{R_E}{r} \right)^l P_{lm}(\sin\theta) [C_{lm} \cos(m\lambda) + S_{lm} \sin(m\lambda)]$$

[0071] 计算星下点轨迹 (α, δ) ,分别为赤经赤纬,根据卫星的位置坐标 (x, y, z) 可计算如

下

$$[0072] \quad \alpha = \arctan\left(\frac{y}{x}\right)$$

$$[0073] \quad \delta = \arctan\left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}\right)$$

[0074] ➤ 状态显示

[0075] 第一,将计算好的卫星位置与各天体的位置,采用OpenGL对卫星、地球、月球和太阳进行位置描绘,确定好四者的位置几何关系,第二,对卫星轨道信息进行描点显示,表明卫星运行轨道轨迹,第三,对卫星姿态信息进行状态显示,第四,对卫星星下点运行轨迹进行描绘。

[0076] 本发明说明书中未作详细描述的内容属本领域技术人员的公知技术。

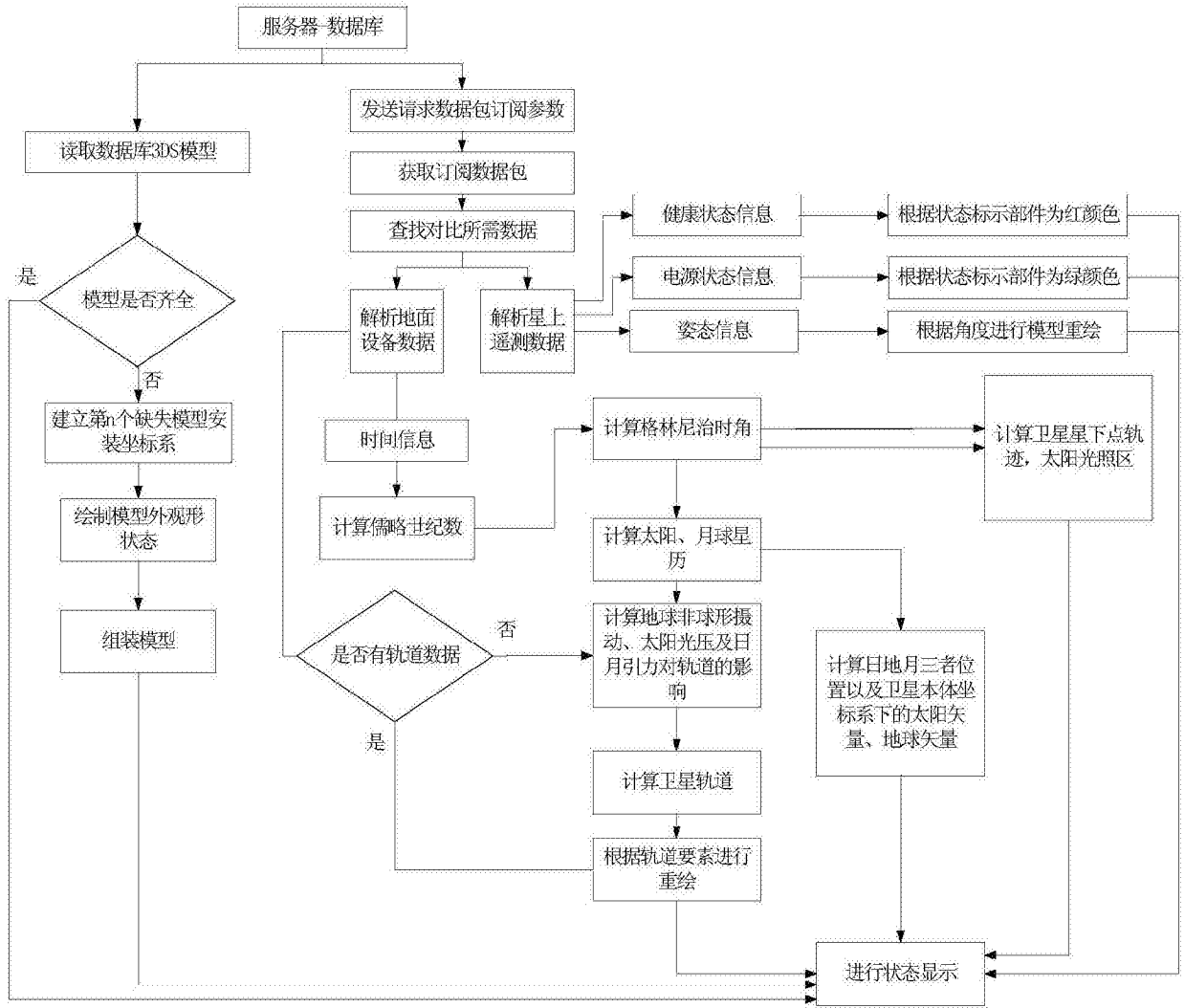


图1