



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104111663 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 22

(21) 申请号 201410317498. 4

(22) 申请日 2014. 07. 04

(71) 申请人 北京航天发射技术研究所  
地址 100076 北京市丰台区南大红门路 1 号  
申请人 中国运载火箭技术研究院

(72) 发明人 王岩 贺长水 高明杰 柳雨杉  
王健博 董彦维 王振兴

(74) 专利代理机构 北京双收知识产权代理有限公司 11241

代理人 李云鹏

(51) Int. Cl.  
G05D 3/12 (2006. 01)

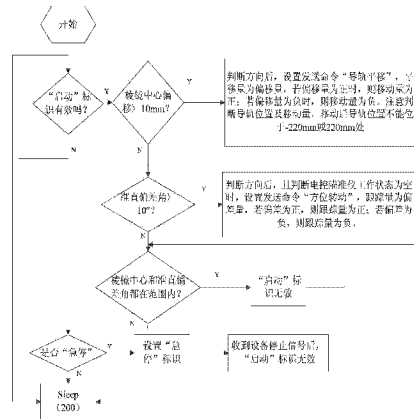
权利要求书3页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法

(57) 摘要

本发明提供了一种火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法,包括电控瞄准仪采用 CCD 摄像机捕获目标棱镜,瞄准控制器通过图像采集卡识别目标,控制电控瞄准仪和电控导轨实施全程扫描的步骤、电控瞄准仪获取目标棱镜在水平、俯仰两个方向上偏移及方位旋转信号的步骤、瞄准控制器对目标棱镜进行闭环反馈控制的步骤、瞄准控制器通过控制电控导轨和电控瞄准仪的运动对目标棱镜三维姿态变化进行跟踪,实施目标棱镜自动准直的步骤。其优点是:由于设置了光电传感器和 CCD 摄像机,采用双闭环控制方案,实现了实时检测、监视运载火箭的运动状态和保持自动准直状态,可以在丢失火箭目标状态下,10min 内自动完成与火箭惯组目标棱镜的准直。



1. 火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法,包括设置电控导轨、电控瞄准仪和瞄准控制器,其特征在于:所述电控瞄准仪包括光电传感器和 CCD 摄像机,所述瞄准控制器包括图像采集卡,所述 CCD 摄像机与所述图像采集卡相连,所述瞄准控制器与所述电控瞄准仪和电控导轨分别相连,该方法包括如下步骤:

步骤 1,所述电控瞄准仪采用 CCD 摄像机获得目标图像,所述瞄准控制器通过图像采集卡识别目标,控制电控瞄准仪和电控导轨实施全程扫描;

步骤 2,所述电控瞄准仪获取所述目标棱镜在水平、俯仰两个方向上偏移及方位旋转信号;

步骤 3,所述瞄准控制器对所述目标棱镜进行闭环反馈控制;

步骤 4,所述瞄准控制器通过控制所述电控导轨和电控瞄准仪的运动对所述目标棱镜三维姿态变化进行跟踪,实施所述目标棱镜的自动准直。

2. 根据权利要求 1 所述的控制方法,其特征在于:其中所述步骤 1 中,瞄准控制器全程扫描的步骤包括:

(1) 瞄准控制器判断“全程扫描”标识是否有效,若无效,则退出“全程扫描”过程,否则进入下一步;

(2) 瞄准控制器判断是否检测到目标棱镜,若检测到目标棱镜,则转入第(4)步,否则进入下一步;

(3) 瞄准控制器控制导轨移动到 -200mm 处,控制电控瞄准仪方位角转动  $-10^{\circ}$ ,然后方位角以  $1^{\circ}$  为步长,控制电控瞄准仪方位角向  $10^{\circ}$  转动,最大扫描次数为 50 次,若发现目标,则进入下一步,否则退出“全程扫描”过程;

(4) 瞄准控制器获取当前目标棱镜在高低方向上的偏移量,若该偏移量超过  $[-10, 10]$ ,则瞄准控制器控制电控瞄准仪俯仰转动,直至高低方向偏移量在范围内;瞄准控制器获取当前目标棱镜在水平方向上的偏移量,若该偏移量超过  $[-30, 30]$ ,则瞄准控制器控制电控瞄准仪方位转动,直至水平方向偏移量在范围内;

(5) 瞄准控制器判断接收到的电控瞄准仪 PSD 测角结果是否有效,若有效,则转入下一步;否则控制电控瞄准仪方位按照向左、回中心、向右、回中心的方式扫描,扫描步长为  $3'$ ,各向扫描次数不超过 20 次,或扫描后目标偏移量不超过 50mm,每次扫描一个步长后需要判断是否有 PSD 测角结果,若有,则转入下一步;若扫描结束后始终没有 PSD 测角结果则导轨向右平移 80mm,重复上述过程,直到找到 PSD 准直偏差角,则转入下一步,或导轨平移到最右端,则退出“全程扫描”;

(6) 启动“自动控制”,直到目标棱镜的水平方向、俯仰方向、方位转角都居中位置,退出“全程扫描”;

(7) 瞄准控制器在“全程扫描”中判断是否收到了“急停”指令,若收到,则退出“全程扫描”过程,否则继续执行步骤(2)至步骤(6)。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的控制方法,其特征在于:其中所述步骤 2 中,获取目标棱镜在水平、俯仰两个方向上偏移信号的步骤包括:以电控瞄准仪十字分划板为基准,同轴建立 CCD 摄像机系统,激光从电控瞄准仪望远镜出射后,通过目标棱镜反射返回,代表目标棱镜相对电控瞄准仪十字分划板在水平方位上的转角;以目标棱镜为中心,在周围设计环形字符标记,所有字符中心的连线汇聚点与目标棱镜中心重合,通过 CCD 摄像机识别字符、

计算字符中心、推导字符中心的连线汇聚点,从而得出目标棱镜中心,比较其与电控瞄准仪十字分划板中心的偏差,得到目标棱镜相对电控瞄准仪十字分划板在水平、俯仰两个方向上的偏移信号。

4. 根据权利要求 3 所述的控制方法,其特征在于:其中所述步骤 3 中,瞄准控制器进行闭环反馈控制的步骤包括:

(1) 瞄准控制器判断“自动控制”标识是否有效,若无效,则退出“自动控制”过程,否则进入下一步;

(2) 瞄准控制器取得当前目标棱镜在水平方向上的偏移量;

(3) 瞄准控制器判断该偏移量是否超过了设定值,若未超出,则转入第(5)步,否则进入下一步;

(4) 瞄准控制器判断目标棱镜在水平方向上偏移的方向和导轨偏移后是否超出导轨行程范围设定值,若未超出该设定值,则发送“导轨平移”命令,平移量为偏移量;若偏移量为正时,则移动量为正;若偏移量为负时,则移动量为负;否则退出“自动控制”过程;

(5) 瞄准控制器采集电控瞄准仪 PSD 测角结果,取得当前目标棱镜在方位上的旋转量;

(6) 瞄准控制器判断该偏移量是否超过了设定值,若未超出该设定值,则转入第(8)步,否则进入下一步;

(7) 瞄准控制器循环判断电控瞄准仪工作状态,当为空时,向电控瞄准仪发送“方位转动”命令,跟踪量为偏差量,若偏差为正,则跟踪量为正;若偏差量为负,则跟踪量为负;

(8) 瞄准控制器判断目标棱镜在水平方向上的偏移量及在方位上的旋转量是否都在要求的范围内,若满足要求,则退出“自动控制”过程,否则进入下一步;

(9) 瞄准控制器判断是否收到了“急停”指令,若收到,则退出“自动控制”过程,否则转入第(1)步。

5. 根据权利要求 4 所述的控制方法,其特征在于:其中所述步骤 3 和步骤 4 中,对目标三维姿态变化进行反馈跟踪控制的步骤包括平移跟踪的步骤、方位跟踪的步骤和俯仰跟踪的步骤,其中:

a. 平移跟踪的步骤包括:

(1) 瞄准控制器判断“平移跟踪”标识是否有效,若无效,则退出“平移跟踪”过程,否则进入下一步;

(2) 瞄准控制器获取当前目标棱镜在水平方向上的偏移量;

(3) 瞄准控制器判断该偏移量是否超过了  $[-30, 30]$ ,若未超出,则退出“平移跟踪”过程,否则进入下一步;

(4) 瞄准控制器判断是否收到了“急停”指令,若收到,则退出“平移跟踪”过程,否则进入下一步;

(5) 瞄准控制器判断目标棱镜在水平方向上的偏移的方向及导轨平移后是否超出导轨行程范围  $[-220, 220]$ ,若未超出该导轨行程范围,则发送“导轨平移”命令,平移量为偏移量;若偏移量为正时,则移动量为正;若偏移量为负时,则移动量为负;否则退出“平移跟踪”过程;

b. 方位跟踪的步骤包括:

(1) 瞄准控制器判断“方位跟踪”标识是否有效,若无效,则退出“方位跟踪”过程,否则

进入下一步；

(2) 瞄准控制器通过串口采集电控瞄准仪 PSD 测角结果,取得当前目标棱镜在方位上的旋转量；

(3) 瞄准控制器判断是否超过了旋转量  $[-30, 30]$ ,若未超出该旋转量,则退出“方位跟踪”过程,否则进入下一步；

(4) 瞄准控制器判断是否收到了“急停”指令,若收到,则退出“方位跟踪”过程,否则进入下一步；

(5) 瞄准控制器循环判断电控瞄准仪工作状态,当为空时,向电控瞄准仪发送“方位转动”命令,跟踪量为偏差量;若偏差为正,则跟踪量为正;若偏差为负,则跟踪量为负。

c. 俯仰跟踪的步骤包括：

(1) 瞄准控制器判断“俯仰跟踪”标识是否有效,若无效,则退出“俯仰跟踪”过程,否则进入下一步；

(2) 瞄准控制器获取当前目标棱镜在高低方向上的偏移量；

(3) 瞄准控制器判断是否超过了偏移量  $[-10, 10]$ ,若未超出该偏移量,则退出“俯仰跟踪”过程,否则进入下一步；

(4) 瞄准控制器判断是否收到了“急停”指令,若收到,则退出“俯仰跟踪”过程,否则进入下一步；

(5) 瞄准控制器判断电控瞄准仪俯仰转动后是否达到限位位置  $[70^\circ, 110^\circ]$ ,若超过该限位位置,则退出;否则循环判断电控瞄准仪工作状态,当为空时,向电控瞄准仪发送“俯仰转动”命令,若偏移量为正时,俯仰角负向转动;若偏移量为负时,俯仰角正向转动。

## 火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及控制方法,特别涉及一种火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法。

### 背景技术

[0002] 相对于传统的运载火箭,新一代运载火箭采用捷联惯组+箭载计算机的制导方案,且火箭发射台无回转功能,对地面瞄准系统的要求发生了变化:由于地面瞄准系统需要为捷联惯组提供北向基准,所以需要与捷联惯组上的目标棱镜保持准直状态。然而,运载火箭在发射前需要长期竖立工作,此时由于风摆动、加注等影响,会导致运载火箭发生水平、俯仰两方向产生位移。由于地面瞄准系统距离捷联惯组较远(25m),运载火箭的位移会导致瞄准精度下降,甚至瞄准失败。

[0003] 因此,地面瞄准系统需要实时监控、自动跟踪运载火箭的运动,自动保持准直状态,对电控瞄准仪提出了较高的要求,传统技术已经无法满足需要。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是克服传统技术的缺陷,提供一种火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法,以实时检测、监视运载火箭运动,自动完成和保持电控瞄准仪与火箭惯组的准直状态。

[0005] 为达上述目的,本发明提供的火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法,包括设置电控导轨、电控瞄准仪和瞄准控制器,电控瞄准仪包括光电传感器和 CCD 摄像机,瞄准控制器包括图像采集卡,CCD 摄像机与图像采集卡相连,瞄准控制器与电控瞄准仪和电控导轨分别相连,该方法包括如下步骤:

[0006] 步骤 1,所述电控瞄准仪采用 CCD 摄像机获得目标图像,所述瞄准控制器通过图像采集卡识别目标,控制电控瞄准仪和电控导轨实施全程扫描;

[0007] 步骤 2,所述电控瞄准仪获取所述目标棱镜在水平、俯仰两个方向上偏移及方位旋转信号;

[0008] 步骤 3,所述瞄准控制器对所述目标棱镜进行闭环反馈控制;

[0009] 步骤 4,所述瞄准控制器通过控制所述电控导轨和电控瞄准仪的运动对所述目标棱镜三维姿态变化进行跟踪,实施所述目标棱镜的自动准直。

[0010] 本发明火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法,其中所述步骤 1 中,瞄准控制器全程扫描的步骤包括:

[0011] (1) 瞄准控制器判断“全程扫描”标识是否有效,若无效,则退出“全程扫描”过程,否则进入下一步;

[0012] (2) 瞄准控制器判断是否检测到目标棱镜,若检测到目标棱镜,则转入第(4)步,否则进入下一步;

[0013] (3) 瞄准控制器控制导轨移动到  $-200\text{mm}$  处,控制电控瞄准仪方位角转动  $-10^\circ$ ,

然后方位角以  $1^\circ$  为步长,控制电控瞄准仪方位角向  $10^\circ$  转动,最大扫描次数为 50 次,若发现目标,则进入下一步,否则退出“全程扫描”过程;

[0014] (4) 瞄准控制器获取当前目标棱镜在高低方向上的偏移量,若该偏移量超过  $[-10, 10]$ ,则瞄准控制器控制电控瞄准仪俯仰转动,直至高低方向偏移量在范围内;瞄准控制器获取当前目标棱镜在水平方向上的偏移量,若该偏移量超过  $[-30, 30]$ ,则瞄准控制器控制电控瞄准仪方位转动,直至水平方向偏移量在范围内;

[0015] (5) 瞄准控制器判断接收到的电控瞄准仪 PSD 测角结果是否有效,若有效,则转入下一步;否则控制电控瞄准仪方位按照向左、回中心、向右、回中心的方式扫描,扫描步长为  $3'$ ,各向扫描次数不超过 20 次,或扫描后目标偏移量不超过 50mm,每次扫描一个步长后需要判断是否有 PSD 测角结果,若有,则转入下一步;若扫描结束后始终没有 PSD 测角结果则导轨向右平移 80mm,重复上述过程,直到找到 PSD 准直偏差角,则转入下一步,或导轨平移到最右端,则退出“全程扫描”;

[0016] (6) 启动“自动控制”,直到目标棱镜的水平方向、俯仰方向、方位转角都居中位置,退出“全程扫描”;

[0017] (7) 瞄准控制器在“全程扫描”中判断是否收到了“急停”指令,若收到,则退出“全程扫描”过程,否则继续执行步骤 (2) 至步骤 (6)。

[0018] 本发明火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法,其中所述步骤 2 中,获取目标棱镜在水平、俯仰两个方向上偏移及方位旋转信号的步骤包括:以电控瞄准仪十字分划板为基准,同轴建立 CCD 摄像机系统,激光从电控瞄准仪望远镜出射后,通过目标棱镜反射返回,代表目标棱镜相对电控瞄准仪十字分划板在水平方位上的转角;以目标棱镜为中心,在周围设计环形字符标记,所有字符中心的连线汇聚点与目标棱镜中心重合,通过 CCD 摄像机识别字符、计算字符中心、推导字符中心的连线汇聚点,从而得出目标棱镜中心,比较其与电控瞄准仪十字分划板中心的偏差,得到目标棱镜相对电控瞄准仪十字分划板在水平、俯仰两个方向上的偏移信号。

[0019] 本发明火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法,其中所述步骤 3 中,瞄准控制器进行闭环反馈控制的步骤包括:

[0020] (1) 瞄准控制器判断“自动控制”标识是否有效,若无效,则退出“自动控制”过程,否则进入下一步;

[0021] (2) 瞄准控制器取得当前目标棱镜在水平方向上的偏移量;

[0022] (3) 瞄准控制器判断该偏移量是否超过了设定值  $[-10, 10]$ ,若未超出,则转入第 (5) 步,否则进入下一步;

[0023] (4) 瞄准控制器判断目标棱镜在水平方向上偏移的方向和导轨偏移后是否超出导轨行程范围设定值  $[-220, 220]$ ,若未超出该设定值,则发送“导轨平移”命令,平移量为偏移量;若偏移量为正时,则移动量为正;若偏移量为负时,则移动量为负;否则退出“自动控制”过程;

[0024] (5) 瞄准控制器采集电控瞄准仪 PSD 测角结果,取得当前目标棱镜在方位上的旋转量;

[0025] (6) 瞄准控制器判断该偏移量是否超过了设定值  $[-10, 10]$ ,若未超出该设定值,则转入第 (8) 步,否则进入下一步;

[0026] (7) 瞄准控制器循环判断电控瞄准仪工作状态,当为空时,向电控瞄准仪发送“方位转动”命令,跟踪量为偏差量,若偏差为正,则跟踪量为正;若偏差量为负,则跟踪量为负;

[0027] (8) 瞄准控制器判断目标棱镜在水平方向上的偏移量及在方位上的旋转量是否都在要求的范围内,若满足要求,则退出“自动控制”过程,否则进入下一步;

[0028] (9) 瞄准控制器判断是否收到了“急停”指令,若收到,则退出“自动控制”过程,否则转入第(1)步。

[0029] 本发明火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法,其中所述步骤3和步骤4中,对目标三维姿态变化进行反馈跟踪控制的步骤包括平移跟踪的步骤、方位跟踪的步骤和俯仰跟踪的步骤,其中:

[0030] a. 平移跟踪的步骤包括:

[0031] (1) 瞄准控制器判断“平移跟踪”标识是否有效,若无效,则退出“平移跟踪”过程,否则进入下一步;

[0032] (2) 瞄准控制器获取当前目标棱镜在水平方向上的偏移量;

[0033] (3) 瞄准控制器判断该偏移量是否超过了 $[-30, 30]$ ,若未超出,则退出“平移跟踪”过程,否则进入下一步;

[0034] (4) 瞄准控制器判断是否收到了“急停”指令,若收到,则退出“平移跟踪”过程,否则进入下一步;

[0035] (5) 瞄准控制器判断目标棱镜在水平方向上的偏移的方向及导轨平移后是否超出导轨行程范围 $[-220, 220]$ ,若未超出该导轨行程范围,则发送“导轨平移”命令,平移量为偏移量;若偏移量为正时,则移动量为正;若偏移量为负时,则移动量为负;否则退出“平移跟踪”过程;

[0036] b. 方位跟踪的步骤包括:

[0037] (1) 瞄准控制器判断“方位跟踪”标识是否有效,若无效,则退出“方位跟踪”过程,否则进入下一步;

[0038] (2) 瞄准控制器通过串口采集电控瞄准仪 PSD 测角结果,取得当前目标棱镜在方位上的旋转量;

[0039] (3) 瞄准控制器判断是否超过了旋转量 $[-30, 30]$ ,若未超出该旋转量,则退出“方位跟踪”过程,否则进入下一步;

[0040] (4) 瞄准控制器判断是否收到了“急停”指令,若收到,则退出“方位跟踪”过程,否则进入下一步;

[0041] (5) 瞄准控制器循环判断电控瞄准仪工作状态,当为空时,向电控瞄准仪发送“方位转动”命令,跟踪量为偏差量;若偏差为正,则跟踪量为正;若偏差为负,则跟踪量为负。

[0042] c. 俯仰跟踪的步骤包括:

[0043] (1) 瞄准控制器判断“俯仰跟踪”标识是否有效,若无效,则退出“俯仰跟踪”过程,否则进入下一步;

[0044] (2) 瞄准控制器获取当前目标棱镜在高低方向上的偏移量;

[0045] (3) 瞄准控制器判断是否超过了偏移量 $[-10, 10]$ ,若未超出该偏移量,则退出“俯仰跟踪”过程,否则进入下一步;

[0046] (4) 瞄准控制器判断是否收到了“急停”指令,若收到,则退出“俯仰跟踪”过程,否则进入下一步;

[0047] (5) 瞄准控制器判断电控瞄准仪俯仰转动后是否达到限位位置  $[70^{\circ}, 110^{\circ}]$ ,若超过该限位位置,则退出;否则循环判断电控瞄准仪工作状态,当为空时,向电控瞄准仪发送“俯仰转动”命令,若偏移量为正时,俯仰角负向转动;若偏移量为负时,俯仰角正向转动。

[0048] 本发明火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法的优点是:由于设置了光电传感器和 CCD 摄像机,采用双闭环控制方案,实现了实时检测、监视运载火箭的运动状态和保持自动准直状态,可以在丢失火箭目标状态下,10min 内自动完成与火箭惯组的准直。

#### 附图说明

[0049] 图 1 是本发明中火箭惯组目标棱镜自动准直的结构示意图;

[0050] 图 2 是本发明控制方法中瞄准控制器全程扫描的流程图;

[0051] 图 3 是本发明控制方法中瞄准控制器闭环反馈控制的流程图;

[0052] 图 4 是本发明控制方法中瞄准控制器平移跟踪的流程图;

[0053] 图 5 是本发明控制方法中瞄准控制器方位跟踪的流程图;

[0054] 图 6 是本发明控制方法中瞄准控制器俯仰跟踪的流程图。

#### 具体实施方式

[0055] 下面结合附图详细说明本发明一种火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法的实施例。

[0056] 参见图 1,在本发明提供的火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法中,设置有电控导轨、电控瞄准仪和瞄准控制器,电控瞄准仪设置有光电传感器和 CCD 摄像机,瞄准控制器包括图像采集卡。CCD 摄像机与图像采集卡相连,瞄准控制器与电控瞄准仪和电控导轨分别相连。该方法分为 4 个步骤,具体包括:

[0057] 步骤 1,电控瞄准仪采用 CCD 摄像机获得目标图像,瞄准控制器通过图像采集卡识别目标,控制电控瞄准仪和电控导轨实施全程扫描;。

[0058] 参见图 2,瞄准控制器全程扫描的步骤包括:

[0059] (1) 瞄准控制器判断“全程扫描”标识是否有效,若无效,则退出“全程扫描”过程,否则进入下一步;

[0060] (2) 瞄准控制器判断是否检测到目标棱镜,若检测到目标棱镜,则转入第(4)步,否则进入下一步;

[0061] (3) 瞄准控制器控制导轨移动到  $-200\text{mm}$  处,控制电控瞄准仪方位角转动  $-10^{\circ}$ ,然后方位角以  $1^{\circ}$  为步长,控制电控瞄准仪方位角向  $10^{\circ}$  转动,最大扫描次数为 50 次,若发现目标,则进入下一步,否则退出“全程扫描”过程;

[0062] (4) 瞄准控制器获取当前目标棱镜在高低方向上的偏移量,若该偏移量超过  $[-10, 10]$ ,则瞄准控制器控制电控瞄准仪俯仰转动,直至高低方向偏移量在范围内;瞄准控制器获取当前目标棱镜在水平方向上的偏移量,若该偏移量超过  $[-30, 30]$ ,则瞄准控制器控制电控瞄准仪方位转动,直至水平方向偏移量在范围内;



[0063] (5) 瞄准控制器判断接收到的电控瞄准仪 PSD 测角结果是否有效,若有效,则转入下一步;否则控制电控瞄准仪方位按照向左、回中心、向右、回中心的方式扫描,扫描步长为 $3'$ ,各向扫描次数不超过 20 次,或扫描后目标偏移量不超过 50mm,每次扫描一个步长后需要判断是否有 PSD 测角结果,若有,则转入下一步;若扫描结束后始终没有 PSD 测角结果则导轨向右平移 80mm,重复上述过程,直到找到 PSD 准直偏差角,则转入下一步,或导轨平移至最右端,则退出“全程扫描”;

[0064] (6) 启动“自动控制”,直到目标棱镜的水平方向、俯仰方向、方位转角都居中位置,退出“全程扫描”;

[0065] (7) 瞄准控制器在“全程扫描”中判断是否收到了“急停”指令,若收到,则退出“全程扫描”过程,否则继续执行步骤(2)至步骤(6)。

[0066] 步骤 2,电控瞄准仪获取目标棱镜在水平、俯仰两个方向上偏移及方位旋转信号。

[0067] 获取目标棱镜在水平、俯仰两个方向上偏移及方位旋转信号的步骤包括:以电控瞄准仪十字分划板为基准,同轴建立 CCD 摄像机系统,激光从电控瞄准仪望远镜出射后,通过目标棱镜反射返回,代表目标棱镜相对电控瞄准仪十字分划板在水平方位上的转角;以目标棱镜为中心,在周围设计环形字符标记,所有字符中心的连线汇聚点与目标棱镜中心重合,通过 CCD 摄像机识别字符、计算字符中心、推导字符中心的连线汇聚点,从而得出目标棱镜中心,比较其与电控瞄准仪十字分划板中心的偏差,得到目标棱镜相对电控瞄准仪十字分划板在水平、俯仰两个方向上的偏移信号。

[0068] 步骤 3,瞄准控制器对目标棱镜进行闭环反馈控制。

[0069] 参见图 3,瞄准控制器进行闭环反馈控制的步骤包括:

[0070] (1) 瞄准控制器判断“自动控制”标识是否有效,若无效,则退出“自动控制”过程,否则进入下一步;

[0071] (2) 瞄准控制器取得当前目标棱镜在水平方向上的偏移量;

[0072] (3) 瞄准控制器判断该偏移量是否超过了设定值,若未超出,则转入第(5)步,否则进入下一步;

[0073] (4) 瞄准控制器判断目标棱镜在水平方向上偏移的方向和导轨偏移后是否超出导轨行程范围设定值,若未超出该设定值,则发送“导轨平移”命令,平移量为偏移量;若偏移量为正时,则移动量为正;若偏移量为负时,则移动量为负;否则退出“自动控制”过程;

[0074] (5) 瞄准控制器采集电控瞄准仪 PSD 测角结果,取得当前目标棱镜在方位上的旋转量;

[0075] (6) 瞄准控制器判断该偏移量是否超过了设定值,若未超出该设定值,则转入第(8)步,否则进入下一步;

[0076] (7) 瞄准控制器循环判断电控瞄准仪工作状态,当为空时,向电控瞄准仪发送“方位转动”命令,跟踪量为偏差量,若偏差为正,则跟踪量为正;若偏差量为负,则跟踪量为负;

[0077] (8) 瞄准控制器判断目标棱镜在水平方向上的偏移量及在方位上的旋转量是否都在要求的范围内,若满足要求,则退出“自动控制”过程,否则进入下一步;

[0078] (9) 瞄准控制器判断是否收到了“急停”指令,若收到,则退出“自动控制”过程,否则转入第(1)步。

[0079] 步骤 4, 瞄准控制器通过控制电控导轨和电控瞄准仪的运动对目标棱镜三维姿态变化进行跟踪, 实施目标棱镜自动准直。

[0080] 对目标三维姿态变化进行反馈跟踪控制的步骤包括平移跟踪的步骤、方位跟踪的步骤和俯仰跟踪的步骤, 其中:

[0081] a. 参见图 4, 平移跟踪的步骤包括:

[0082] (1) 瞄准控制器判断“平移跟踪”标识是否有效, 若无效, 则退出“平移跟踪”过程, 否则进入下一步;

[0083] (2) 瞄准控制器获取当前目标棱镜在水平方向上的偏移量;

[0084] (3) 瞄准控制器判断该偏移量是否超过了  $[-30, 30]$ , 若未超出, 则退出“平移跟踪”过程, 否则进入下一步;

[0085] (4) 瞄准控制器判断是否收到了“急停”指令, 若收到, 则退出“平移跟踪”过程, 否则进入下一步;

[0086] (5) 瞄准控制器判断目标棱镜在水平方向上的偏移的方向及导轨平移后是否超出导轨行程范围  $[-220, 220]$ , 若未超出该导轨行程范围, 则发送“导轨平移”命令, 平移量为偏移量; 若偏移量为正时, 则移动量为正; 若偏移量为负时, 则移动量为负; 否则退出“平移跟踪”过程;

[0087] b. 参见图 5, 方位跟踪的步骤包括:

[0088] (1) 瞄准控制器判断“方位跟踪”标识是否有效, 若无效, 则退出“方位跟踪”过程, 否则进入下一步;

[0089] (2) 瞄准控制器通过串口采集电控瞄准仪 PSD 测角结果, 取得当前目标棱镜在方位上的旋转量;

[0090] (3) 瞄准控制器判断是否超过了旋转量  $[-30, 30]$ , 若未超出该旋转量, 则退出“方位跟踪”过程, 否则进入下一步;

[0091] (4) 瞄准控制器判断是否收到了“急停”指令, 若收到, 则退出“方位跟踪”过程, 否则进入下一步;

[0092] (5) 瞄准控制器循环判断电控瞄准仪工作状态, 当为空时, 向电控瞄准仪发送“方位转动”命令, 跟踪量为偏差量; 若偏差为正, 则跟踪量为正; 若偏差为负, 则跟踪量为负。

[0093] c. 参见图 6, 俯仰跟踪的步骤包括:

[0094] (1) 瞄准控制器判断“俯仰跟踪”标识是否有效, 若无效, 则退出“俯仰跟踪”过程, 否则进入下一步;

[0095] (2) 瞄准控制器获取当前目标棱镜在高低方向上的偏移量;

[0096] (3) 瞄准控制器判断是否超过了偏移量  $[-10, 10]$ , 若未超出该偏移量, 则退出“俯仰跟踪”过程, 否则进入下一步;

[0097] (4) 瞄准控制器判断是否收到了“急停”指令, 若收到, 则退出“俯仰跟踪”过程, 否则进入下一步;

[0098] (5) 瞄准控制器判断电控瞄准仪俯仰转动后是否达到限位位置  $[70^\circ, 110^\circ]$ , 若超过该限位位置, 则退出; 否则循环判断电控瞄准仪工作状态, 当为空时, 向电控瞄准仪发送“俯仰转动”命令, 若偏移量为正时, 俯仰角负向转动; 若偏移量为负时, 俯仰角正向转动。

[0099] 在本发明火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法中, 电控导轨具有

水平方向平移功能,电控瞄准仪具有水平、俯仰两方向旋转功能,电控瞄准仪架设在电控导轨上,通过分别控制电控导轨和电控瞄准仪运动,实现对目标三维姿态变化的跟踪。闭环控制采用双闭环方案。内闭环为电控导轨和电控瞄准仪各自根据输入的运动要求,分别控制各自的平移和转动,与输入要求一致。外闭环为瞄准控制器根据图像检测的目标偏移量,计算电控导轨和电控瞄准仪的运动量,通过串口向电控导轨和电控瞄准仪发送运动要求,待其运动完毕,再检测目标偏移量,重复上述过程,直至目标与电控瞄准仪十字分划板中心的偏差在要求范围内。

[0100] 采用本发明火箭惯组目标棱镜自动准直的三维闭环反馈控制方法,具体工作过程是:

[0101] 瞄准控制器采集电控瞄准仪的数据、状态信息,包括:CCD 摄像机的视频信息、光电传感器的准直偏差角信息、方位角、俯仰角,采集电控导轨的位置。瞄准控制器将采集到的信息显示,并提示各设备状态是否正常。瞄准控制器将接收到的 CCD 摄像机视频信号采用图像处理技术识别目标的水平、高低位置,并显示,提示操作者火箭相对电控瞄准仪十字分划板的偏移量,当偏移量轻微超差时提示为黄色,当偏移量严重超差时,提示为红色,数据超差范围规定见下表:

[0102]

数据内容	数据轻微超差	数据严重超差
准直偏差角	$[-60, -30]$ or $[30, 60]$	$<-60$ or $>60$
图像 X 轴	$[-60, -30]$ or $[30, 60]$	$<-60$ or $>60$
图像 Y 轴	$[-20, -10]$ or $[10, 20]$	$<-20$ or $>20$

[0103] 瞄准控制器根据检测到的状态提示操作者操作的内容见下表:

[0104]

提示信息		条件 ( $\alpha_1$ -准直偏差角( $^{\circ}$ ), 11-目标棱镜方位偏移(mm), 12-目标棱镜俯仰偏移(mm))
下一步操作	系统当前状态	
保持状态	瞄准目标状态良好	$(\alpha_1 \in [-30, 30]) \&\& (11 \in [-30, 30]) \&\& (12 \in [-10, 10])$
请减小电控瞄准仪俯仰角	俯仰稍微超差	$12 \in [-20, -10]$
请增大电控瞄准仪俯仰角	俯仰稍微超差	$12 \in [10, 20]$
请控制导轨向左平移	方位稍微超差	$11 \in [-60, -30]$
请控制导轨向右平移	方位稍微超差	$11 \in [30, 60]$
请控制电控瞄准仪向负向转动	准直偏差角稍微超差	$\alpha_1 \in [-60, -30]$
请控制电控瞄准仪向正向转动	准直偏差角稍微超差	$\alpha_1 \in [30, 60]$
请减小电控瞄准仪俯仰角	俯仰严重超差	$(12 < -20) \&\& (12 \neq 0 \times 7fff)$
请增大电控瞄准仪俯仰角	俯仰严重超差	$(12 > 20) \&\& (12 \neq 0 \times 7fff)$
请控制导轨向左平移	方位严重超差	$(11 < -60) \&\& (11 \neq 0 \times 7fff)$
请控制导轨向右平移	方位严重超差	$(11 > 60) \&\& (11 \neq 0 \times 7fff)$
请控制电控瞄准仪向负向转动	准直偏差角严重超差	$(\alpha_1 < -60) \&\& (\alpha_1 \neq 0 \times 7f)$
请控制电控瞄准仪向正向转动	准直偏差角严重超差	$(\alpha_1 > 60) \&\& (\alpha_1 \neq 0 \times 7f)$
请搜索目标, 目标不在视场内	目标不在视场内	$(\alpha_1 == 0 \times 7f) \&\& (11 == 0 \times 7fff) \&\& (12 == 0 \times 7fff)$
请检查图像处理设备	图像处理设备工作不正常	图像设备没有自检
请点击电控导轨自检	电控导轨工作不正常	电控导轨没有自检
请检查电控瞄准仪	电控瞄准仪工作不正常	电控瞄准仪没有开机

[0105] 操作者根据显示状态,通过按键启动不同控制流程,控制设备工作,直至目标居中:

[0106] a. 若目标水平偏移超差,则点击“平移跟踪”,瞄准控制软件控制电控导轨水平移动,直到目标水平方向居中;

[0107] b. 若目标俯仰偏移超差,则点击“俯仰跟踪”,瞄准控制软件控制电控瞄准仪俯仰角转动,直到目标俯仰方向居中;

[0108] c. 若目标方位转角超差,则点击“方位跟踪”,瞄准控制软件控制电控瞄准仪方位角转动,直到目标返回的准直偏差角近似为零;

[0109] d. 若能够监测到准直偏差角、目标的水平偏差量、目标的俯仰偏差量,则点击“自动控制”,瞄准控制软件控制电控导轨水平移动,控制电控瞄准仪俯仰角转动,控制电控瞄准仪方位角转动,直到目标的准直偏差角、水平偏差量、俯仰偏差量近似为零;

[0110] e. 若没有检测到目标,则点击“全程扫描”,瞄准控制软件控制电控导轨水平移动,控制电控瞄准仪俯仰角转动,控制电控瞄准仪方位角转动,直到目标的准直偏差角、水平偏差量、俯仰偏差量近似为零。

[0111] 上面所述的实施例仅仅是对本发明的优选实施方式进行描述,并非对本发明的构思和范围进行限定。在不脱离本发明设计构思的前提下,本领域普通人员对本发明的技术方案做出的各种变型和改进,均应落入到本发明的保护范围,本发明请求保护的技术内容,已经全部记载在权利要求书中。

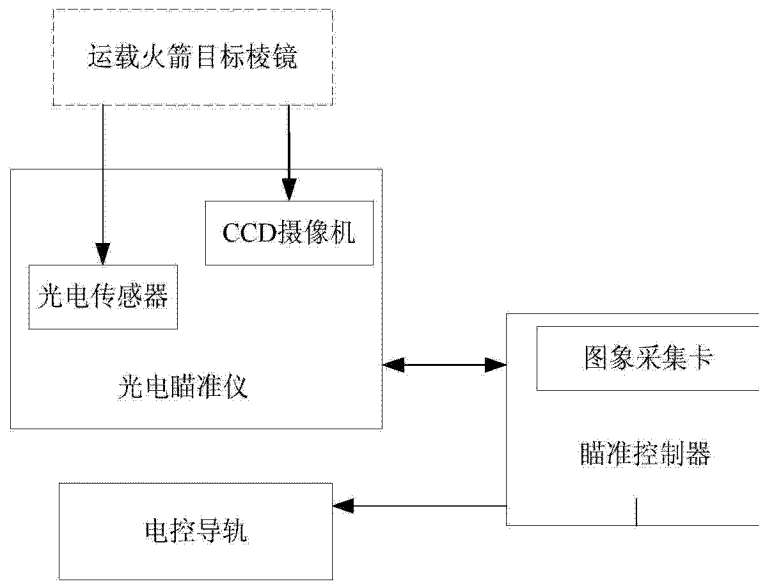


图 1

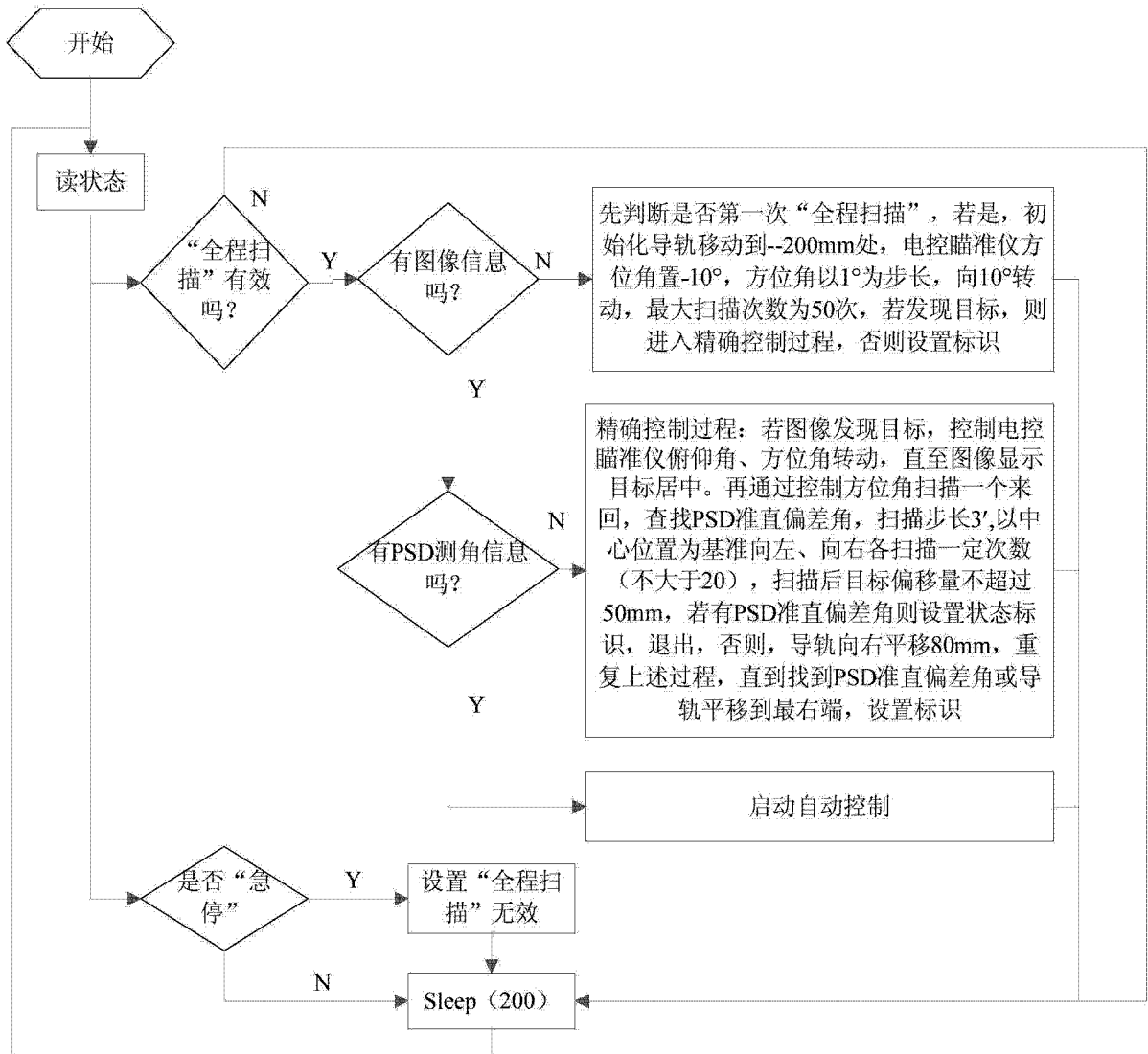


图 2

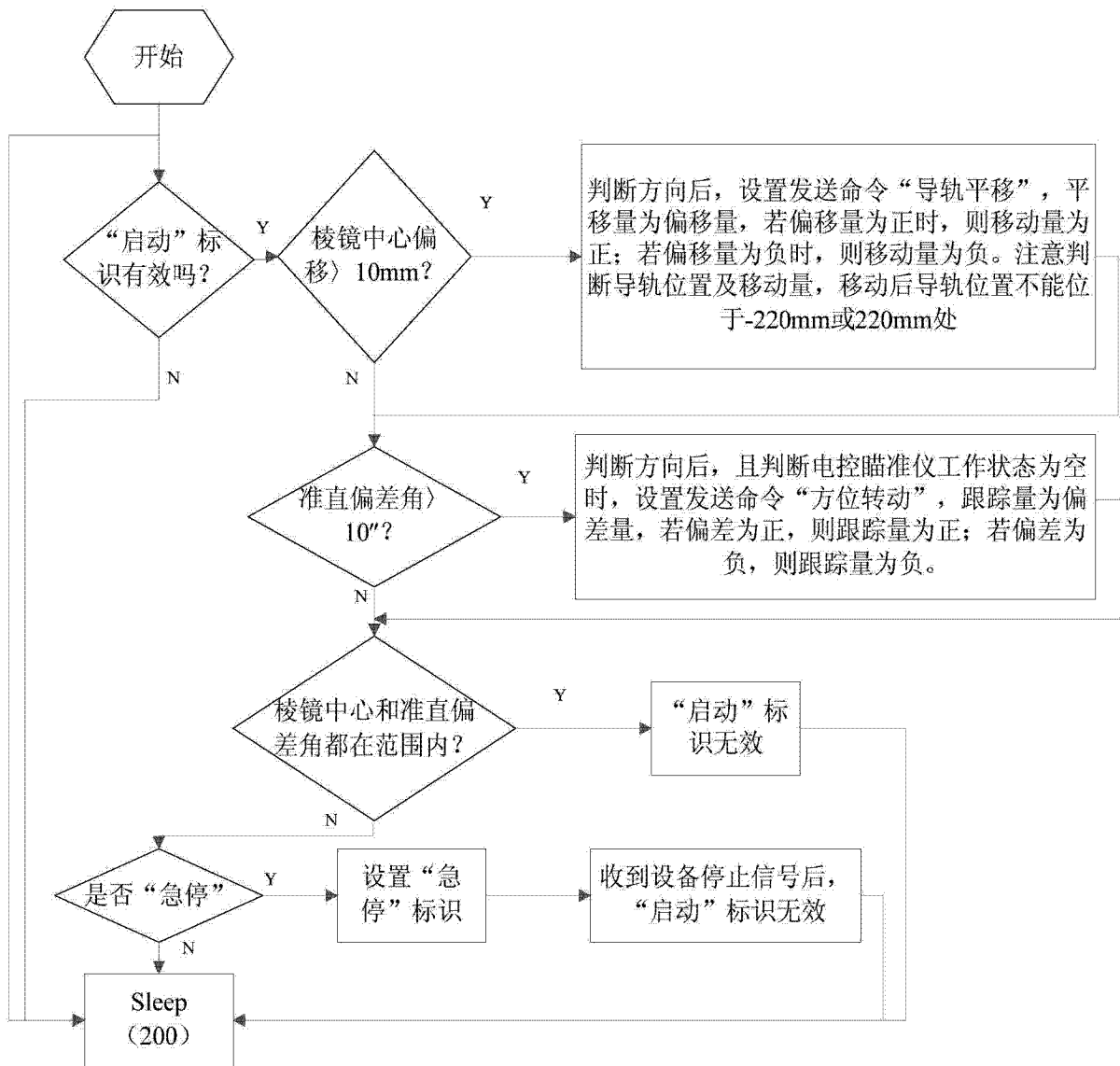


图 3





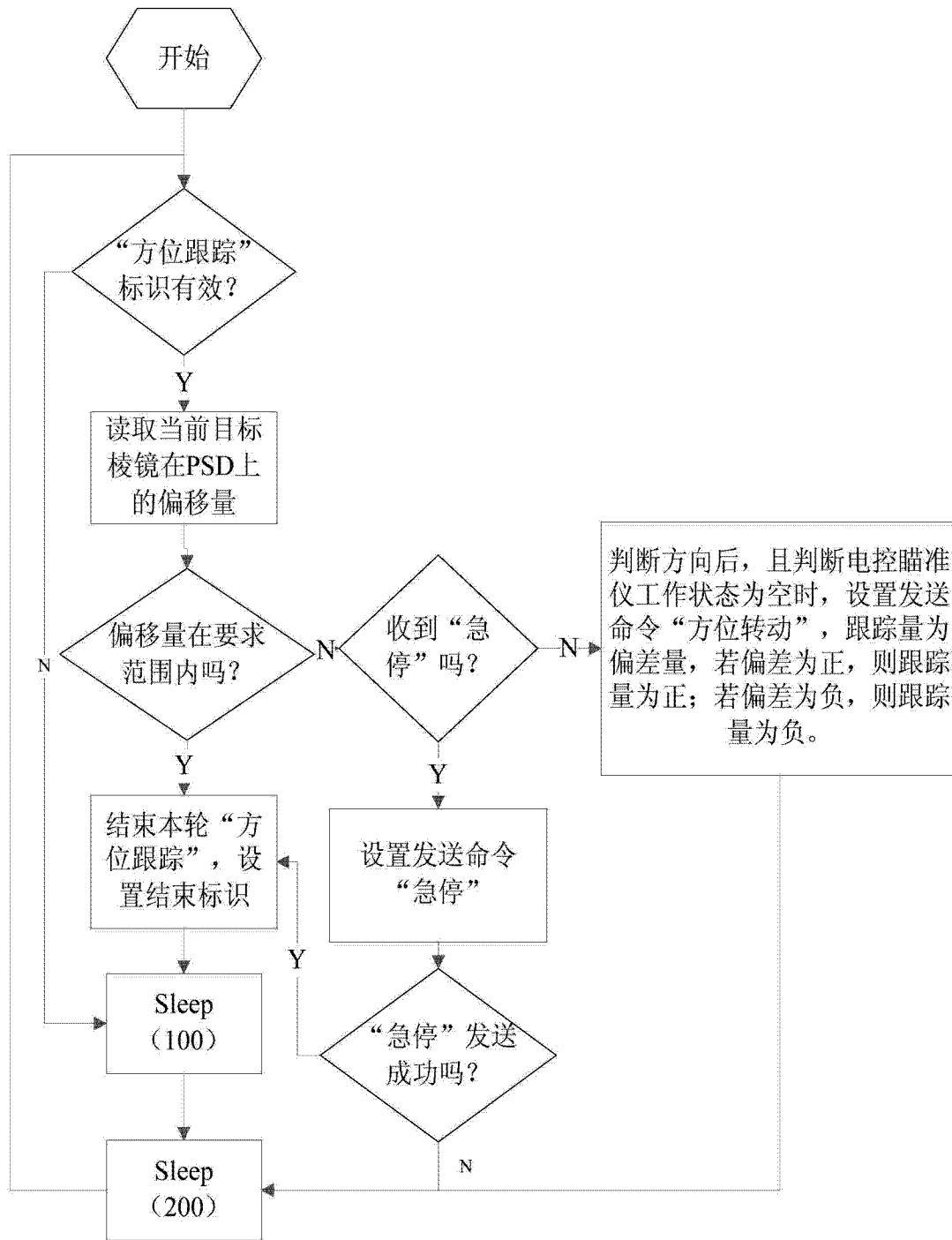


图 5

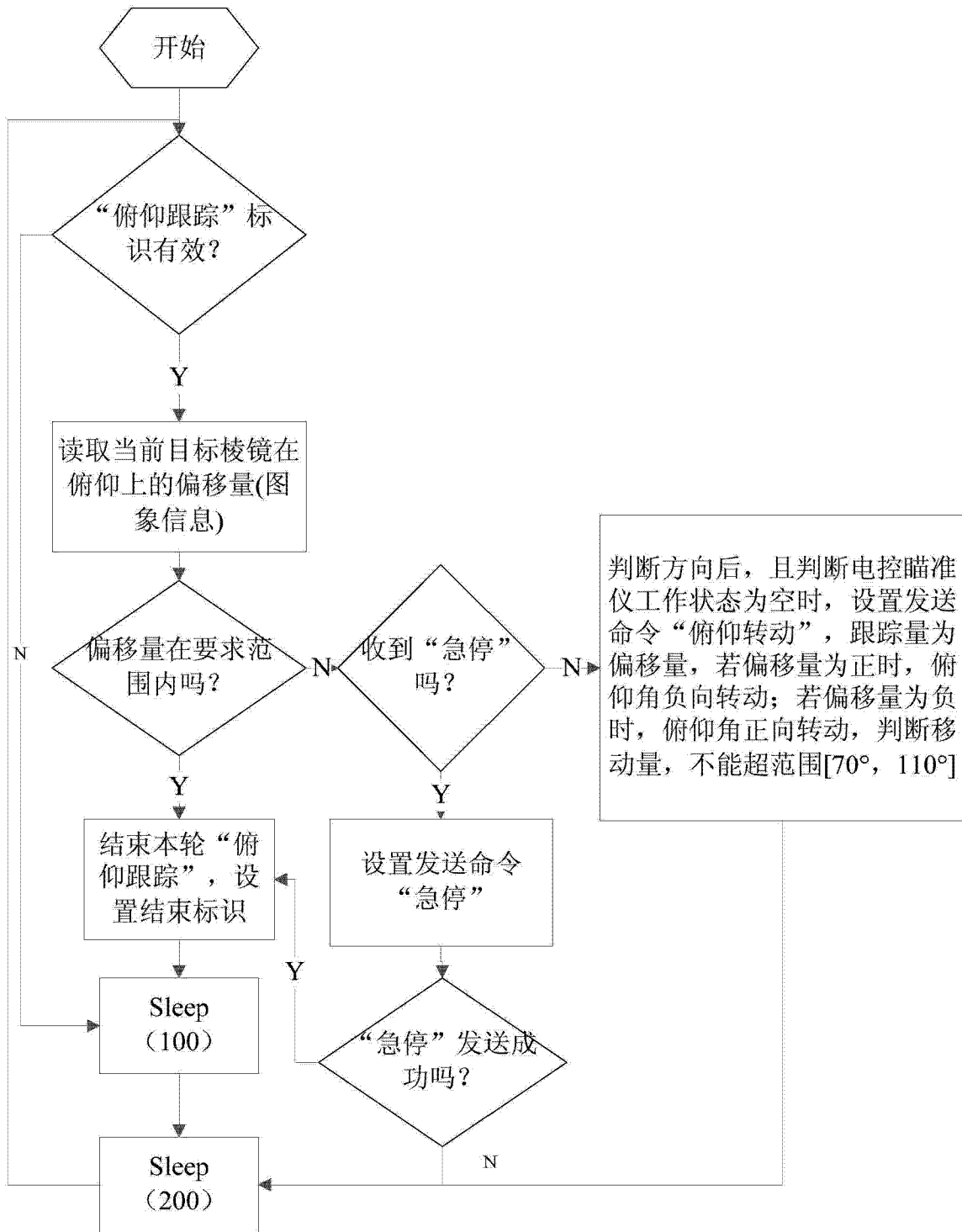


图 6