(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102291534 A
(43)申请公布日 2011.12.21

(21)申请号 201110207228.4

(22)申请日 2011.07.22

(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 于涛 徐抒岩

(74)专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210
代理人 张伟

(51)Int.Cl.
H04N 5/232(2006.01)
G03B 13/36(2006.01)

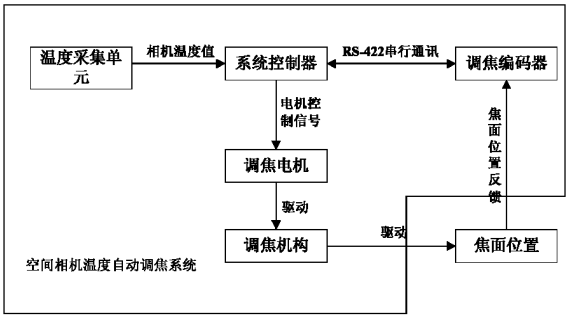
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54)发明名称

空间相机温度自动调焦系统

(57)摘要

空间相机温度自动调焦系统涉及航空航天相机调焦控制技术领域。本发明包括系统控制器、调焦执行单元、调焦编码器和温度采集单元，温度采集单元与系统控制器相连，温度采集单元将相机温度信号传递给系统控制器；系统控制器与调焦执行单元、调焦编码器相连，调焦编码器将焦面位置信号传递给系统控制器，系统控制器将接收的焦面位置信号和温度信号进行处理得到电机控制信号并传递给调焦执行单元；调焦执行单元包括调焦电机和调焦机构，系统控制器与调焦电机相连，系统控制器将电机控制信号传递给调焦电机；调焦电机与调焦机构相连，调焦电机根据电机控制信号驱动调焦机构对相机进行调焦。本发明实现了自动实时判断、实时补偿，能连续长期的离焦补偿。



CN 102291534 A

1. 空间相机温度自动调焦系统，其特征在于，包括系统控制器、调焦执行单元、调焦编码器和温度采集单元，所说的温度采集单元与系统控制器相连，温度采集单元将采集到的相机温度信号传递给系统控制器；所说的系统控制器与调焦执行单元、调焦编码器相连，调焦编码器将当前相机的焦面位置信号传递给系统控制器，系统控制器将接收的焦面位置信号和相机温度信号进行处理得到电机控制信号并传递给调焦执行单元。

2. 根据权利要求 1 所述的空间相机温度自动调焦系统，其特征在于，所说的调焦执行单元包括调焦电机和调焦机构，所说的系统控制器与调焦电机相连，系统控制器将电机控制信号传递给调焦电机；调焦电机与调焦机构相连，调焦电机根据电机控制信号驱动调焦机构对相机进行调焦。

空间相机温度自动调焦系统

技术领域

[0001] 本发明涉及航空航天相机调焦控制技术领域，特别是一种空间相机温度自动调焦系统。

背景技术

[0002] 空间相机在气象、测绘、军事、地球资源勘测等领域发挥着重要作用，保证空间相机的成像质量，使得相机焦面始终处在最佳摄像位置，是获得高清晰度图像的重要环节。空间相机在轨运行过程中，周围环境的温度变化，相机工作产生的热量，都会影响相机机构的相对位置，使相机的光学系统产生一定的离焦，影响相机的成像质量。

[0003] 对于目前的空间相机，由于温度影响造成的空间相机离焦，解决方法有两种：主动热控和焦面调整。

[0004] 主动热控是通过调整相机的温度，间接调整相机的焦面。缺点是所需时间长，相机在最佳摄像地点时，焦面可能无法调整到最佳焦面位置；对于周围环境温度变化大的情况，较难或无法实现对相机温度的有效控制。

[0005] 焦面调整是由地面人员判断相机是否离焦，并计算相机的离焦量，通过卫星有效载荷数据处理单元将相机的离焦量和调焦控制命令传输给相机调焦控制系统，由相机调焦控制系统将相机焦面调整到最佳的摄像位置。缺点是相机离焦的判断复杂，需要地面人员判读；光学系统离焦的补偿不及时，经过数据下传至地面、相机离焦判断、离焦量计算、调焦命令和离焦量传输、焦面调整，时间较长；光学系统离焦补偿不连续；光学系统离焦补偿后误差可能较大，由于离焦补偿不及时，最佳焦面位置可能变化，使焦面调整后也不在最佳位置。

[0006] 因此，研制出一种新型的能够根据温度状况自动调焦的空间相机控制系统势在必行。

发明内容

[0007] 针对上述情况，为了解决现有技术的缺陷，本发明的目的就在于提供一种空间相机温度自动调焦系统，可以有效解决控制时间长、控制效果有限、需要人工辅助、离焦补偿不连续、误差大的问题。

[0008] 本发明解决技术问题所采用的技术方案是，空间相机温度自动调焦系统，包括系统控制器、调焦执行单元、调焦编码器和温度采集单元，所说的温度采集单元与系统控制器相连，温度采集单元将采集到的相机温度信号传递给系统控制器；所说的系统控制器与调焦执行单元、调焦编码器相连，调焦编码器将当前相机的焦面位置信号传递给系统控制器，系统控制器将接收的焦面位置信号和相机温度信号进行处理得到电机控制信号并传递给调焦执行单元。

[0009] 本发明简化了对相机光学系统离焦的判断，实现了自动实时判断，避免了将图像数据、温度数据下传至地面，由地面人员判读相机光学系统是否离焦；光学系统离焦补偿及

时，实现了自动实时补偿，省去了对下传数据、判断相机离焦、计算离焦量、传输离焦量与调焦命令的处理，避免了由于离焦补偿不及时，焦面调整后不在最佳位置的错误调整；实现了光学系统连续长期的离焦补偿，优化了目前空间相机一次判断一次调整，控制不连续的缺点；光学系统离焦补偿精度高，相机光学系统离焦后可及时识别和补偿，实现温度与焦面、电机与编码器的闭环调整。

附图说明

[0010] 图 1 是本发明的空间相机温度自动调焦系统的结构框图。

[0011] 图 2 是本发明的相机焦面位置与相机温度的对应关系图。

[0012] 图 3 是本发明的空间相机温度自动调焦系统的流程图。

具体实施方式

[0013] 以下结合附图对本发明的具体实施方式作详细说明。

[0014] 由图 1 所示，本发明的空间相机温度自动调焦系统，其特征在于，包括系统控制器、调焦执行单元、调焦编码器和温度采集单元，所说的温度采集单元与系统控制器相连，温度采集单元将采集到的相机温度信号传递给系统控制器；所说的系统控制器与调焦执行单元、调焦编码器相连，调焦编码器将当前相机的焦面位置信号传递给系统控制器，系统控制器将接收的焦面位置信号和相机温度信号进行处理得到电机控制信号并传递给调焦执行单元。

[0015] 所说的调焦执行单元包括调焦电机和调焦机构，所说的系统控制器与调焦电机相连，系统控制器将电机控制信号传递给调焦电机；调焦电机与调焦机构相连，调焦电机根据电机控制信号驱动调焦机构对相机进行调焦。

[0016] 本发明中的系统控制器采用微处理器 SMJ320C30。

[0017] 由图 1 所示，本发明的空间相机温度自动调焦系统的组成如下：

[0018] (1) 系统组成包括：系统控制器、调焦编码器、调焦电机、调焦机构、温度采集单元。

[0019] (2) 系统控制器负责周期采集相机各个位置的温度，根据温度计算最佳焦面位置，控制调焦电机驱动调焦机构将焦面调整到最佳焦面位置，温度采集和最佳焦面计算周期为 T。

[0020] (3) 采用编码器作为焦面位置的测量器，系统控制器与编码器之间采用串行通讯协议，对串行通讯信号进行差分，提高串行通讯的抗干扰能力和可靠性。

[0021] (4) 采用电机作为调焦机构的驱动元件，运行频率固定为 P，电机运行步数见公式 (1)，编码器与最佳焦面位置对应关系见公式 (2)，离焦量见公式 (3)；

[0022] $N = (A-A_1) \times K_1 \times M \div \theta$ (1)

[0023] （式中，N：电机运行步数；A：最佳焦面位置对应的编码器值；A_1：焦面当前位置对应的编码器值；K_1：编码器码值变化量与编码器角度变化量的转换系数；M：电机与编码器速比；θ：电机每步转动角度；$A-A_1$ 的符号表示电机转动方向，具体依据系统设计）

[0024] $A = A_0+(S-S_0) \times K_2 \times K_3$ (2)

[0025] （式中，A：最佳焦面位置对应的编码器值；A_0：焦面零点位置对应编码器值；S：最

佳焦面位置（单位：um）；S_0：焦面零点位置（单位：um）；K_2：焦面位置变化量与编码器角度变化量的转换系数；K_3：编码器角度变化量与编码器码值变化量的转换系数；$S-S_0$ 的符号表示最佳焦面位置相对焦面零点的位置方向，具体依据系统设计）

[0026] $$\Delta S = \frac{A - A_1}{K_2 \times K_3} \qquad (3)$$

[0027] （式中，A、K_2、K_3 同公式（2）；A_1 同公式（1）；$A-A_1$ 的符号表示焦面调整方向，具体依据系统设计）。

[0028] (5) 调焦机构负责调焦镜的调整，从而实现光学系统的焦面位置的调整。

[0029] (6) 采用温度传感器作为相机的温度采集元件，负责反馈相机各个位置的温度。

[0030] 本发明的空间相机温度自动调焦系统的工作原理：系统控制器周期采集相机温度，根据温度计算相机的最佳焦面位置；系统控制器通过 RS-422 串行通讯协议与调焦编码器进行通讯，读取相机当前焦面位置；系统控制器根据当前焦面位置和最佳焦面位置计算调焦电机运行步数和运行方向，并控制调焦电机运行；调焦电机驱动调焦机构移动，完成焦面位置的调整；系统控制器通过调焦编码器值判断焦面调整后是否满足误差要求，形成调焦电机和调焦编码器的闭环控制；系统控制器根据相机温度周期计算最佳焦面位置，判断相机焦面是否离焦，形成相机温度与焦面位置的闭环控制。

[0031] 根据地面热控环境试验取得的测试数据，如图 2 所示，在（-5℃～ 20℃）温度范围内，相机焦面位置与相机平均温度趋于线性，经过数据拟合可将相机最佳焦面位置与相机温度的计算公式 (4) 转换为：

[0032] $$S = 9.3798 \times T - 6.639 \qquad (4)$$

[0033] 式中，S：最佳焦面位置（单位：um）；T：相机位置温度。

[0034] 本发明的空间相机温度自动调焦系统的控制流程如下：

[0035] (1) 系统控制器 (SMJ320C30) 以 512ms 为周期采集相机温度，并根据图 3 中提供的温度与最佳焦面位置转换公式计算相机最佳焦面位置，根据公式 (2) 计算相机最佳焦面位置对应的编码器值（公式 (2) 中，A_0 为 8000H，S_0 为 0，K_2 为 0.045，K_3 为 182）。

[0036] (2) 系统控制器通过串行通讯协议与调焦编码器进行通讯，读取当前焦面位置对应编码器值（采用 16 位光电轴角编码器作为焦面的侧量器，系统控制器与调焦编码器之间采用 RS422 串行通讯协议，波特率为 62500Bps，应用 DS26C31 和 DS26C32 元件将串行通讯信号进行差分，提高串行通讯的抗干扰能力和可靠性）。

[0037] (3) 根据公式 (3)，计算相机离焦量，依据系统设计中的技术指标要求（离焦量大于 20um 时，焦面需调整），如果相机离焦，执行步骤 (4)，如果相机未离焦，返回步骤 (1)（公式 (3) 中，K_2 为 0.045，K_3 为 182）。

[0038] (4) 根据公式 (1) 计算调焦电机运行方向和运行步数（采用步进电机作为调焦机构的驱动元件，控制方式为四相八拍，运行频率 P 为 1KHz；公式 (1) 中，M 为 40，θ 为 0.9°，K_1 为 0.0055）。

[0039] (5) 系统控制器根据步骤 (4) 计算的结果，控制调焦电机运行。

[0040] (6) 调焦电机运行结束后，再次读取当前焦面位置对应编码器值，并与最佳焦面位置对应编码器值进行比较，判断焦面调整误差是否满足系统要求（编码器码值不大于 10），如果误差不满足系统要求，返回步骤 (4)，如果误差满足系统要求，返回步骤 (1)。

[0041] 表 1 温度自动调焦的实验数据

[0042]

序号	时间	相机平均温度 T (单位：℃)	相机最佳焦面位置 S (单位：um)	最佳焦面位置对应的编码器值 A	当前焦面对应编码器值 A1	当前焦面位置 S1 (单位：um)	编码器码值误差 A- A1 (单位：无)
1	14：26：9.726	2	12.1206	32867	32867	12.0852	0
2	14：26：10.236	3	21.5004	32944	32867	12.0852	77
3	14：26：10.751	4	30.8802	33020	32867	12.0852	153
4	14：26：11.263	5	40.26	33097	33093	39.6735	4
5	14：26：11.774	6	49.6398	33174	33093	39.6735	81
6	14：26：12.289	7	59.0196	33251	33093	39.6735	158
7	14：26：12.800	8	68.3994	33328	33322	67.628	6
8	14：26：13.313	9	77.7792	33405	33322	67.628	83
9	14：26：13.825	10	87.159	33481	33322	67.628	159
10	14：26：14.337	11	96.5388	33558	33556	96.1929	2
11	14：26：14.849	12	105.9186	33635	33556	96.1929	79
12	14：26：15.360	13	115.2984	33712	33556	96.1929	156
13	14：26：15.874	14	124.6782	33789	33787	124.3915	2
14	14：26：16.386	15	134.058	33865	33787	124.3915	78
15	14：26：16.898	16	143.4378	33942	33787	124.3915	155
16	14：26：17.410	17	152.8176	34019	34013	151.9799	6
17	14：26：17.920	18	162.1974	34096	34013	151.9799	83
18	14：26：18.433	19	171.5772	34173	34013	151.9799	160
19	14：26：18.945	20	180.957	34250	34244	180.1785	6

[0043] 由表 1 可知，通过地面地检设备模拟相机各个位置温度，使相机平均温度每 512ms 增加 1℃，相机离焦量大于 20um 时开始焦面调整，调整时间不大于 512ms，调整结束的误差满足系统设计指标中规定的编码器码值不大于 10。表 1 中，编码器值相同，最佳焦面位置和当前焦面位置不同，是由于焦面位置与编码器值计算误差和舍入误差造成的。

[0044] 本发明简化了对相机光学系统离焦的判断，实现了自动实时判断，避免了将图像数据、温度数据下传至地面，由地面人员判读相机光学系统是否离焦；光学系统离焦补偿及时，实现了自动实时补偿，省去了对下传数据、判断相机离焦、计算离焦量、传输离焦量与调焦命令的处理，避免了由于离焦补偿不及时，焦面调整后不在最佳位置的错误调整；实现了光学系统连续长期的离焦补偿，优化了目前空间相机一次判断一次调整，控制不连续的缺点；光学系统离焦补偿精度高，相机光学系统离焦后可及时识别和补偿，实现温度与焦面、步进电机与编码器的闭环调整。

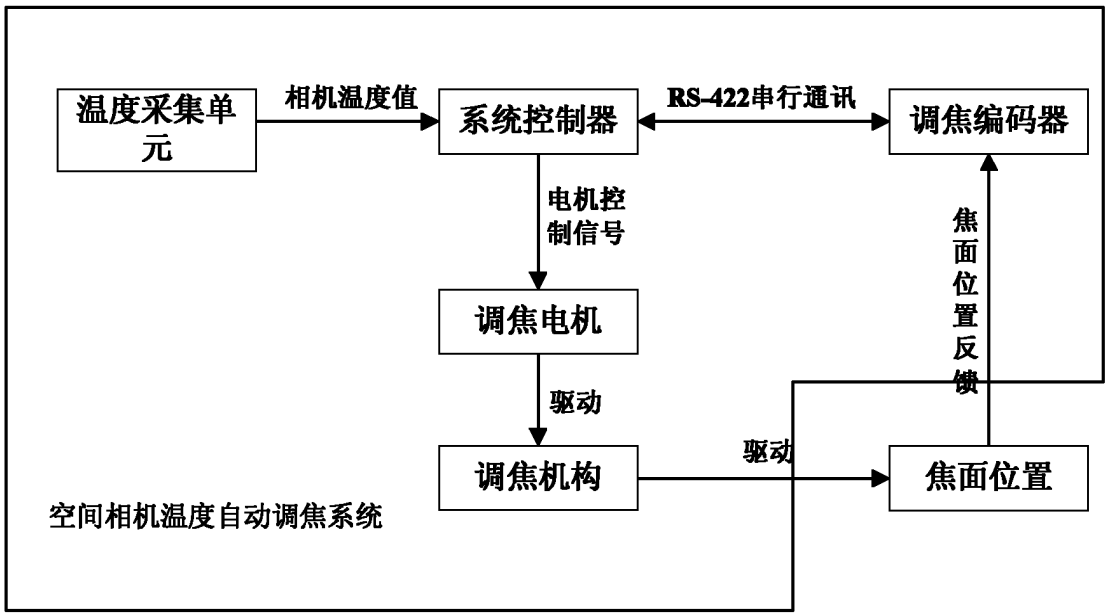

温度采集单元
相机温度值
系统控制器
RS-422串行通讯
调焦编码器
电机控制信号
焦面位置反馈
调焦电机
驱动
调焦机构
驱动
焦面位置
空间相机温度自动调焦系统

图 1

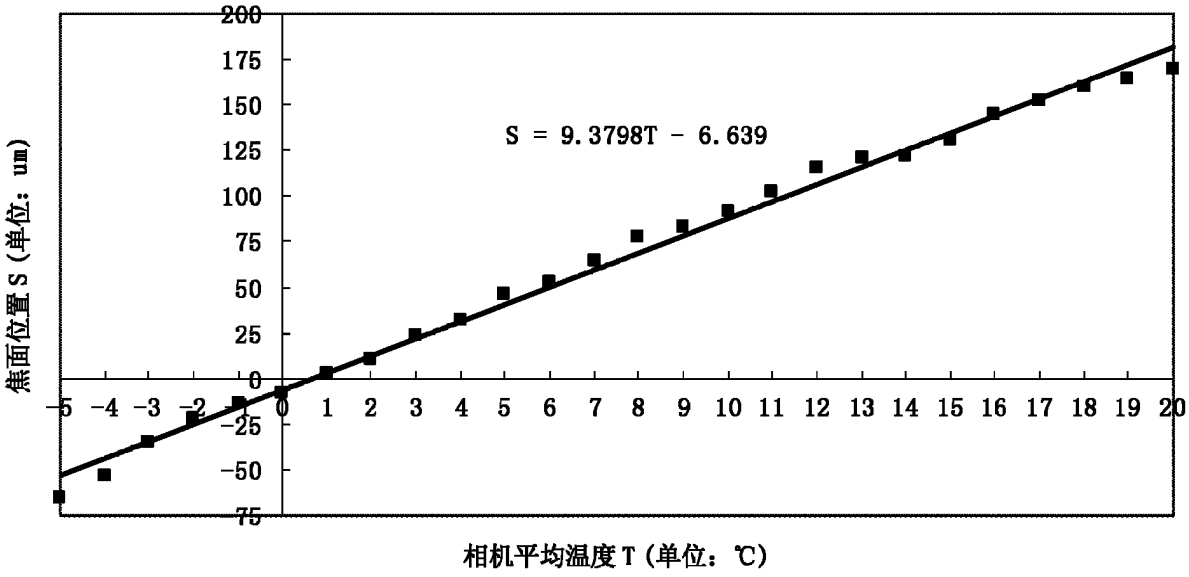

S = 9.3798T - 6.639
焦面位置 S (单位：um)
相机平均温度 T (单位：℃)
200
175
150
125
100
75
50
25
0
-25
-50
-75
-5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

图 2

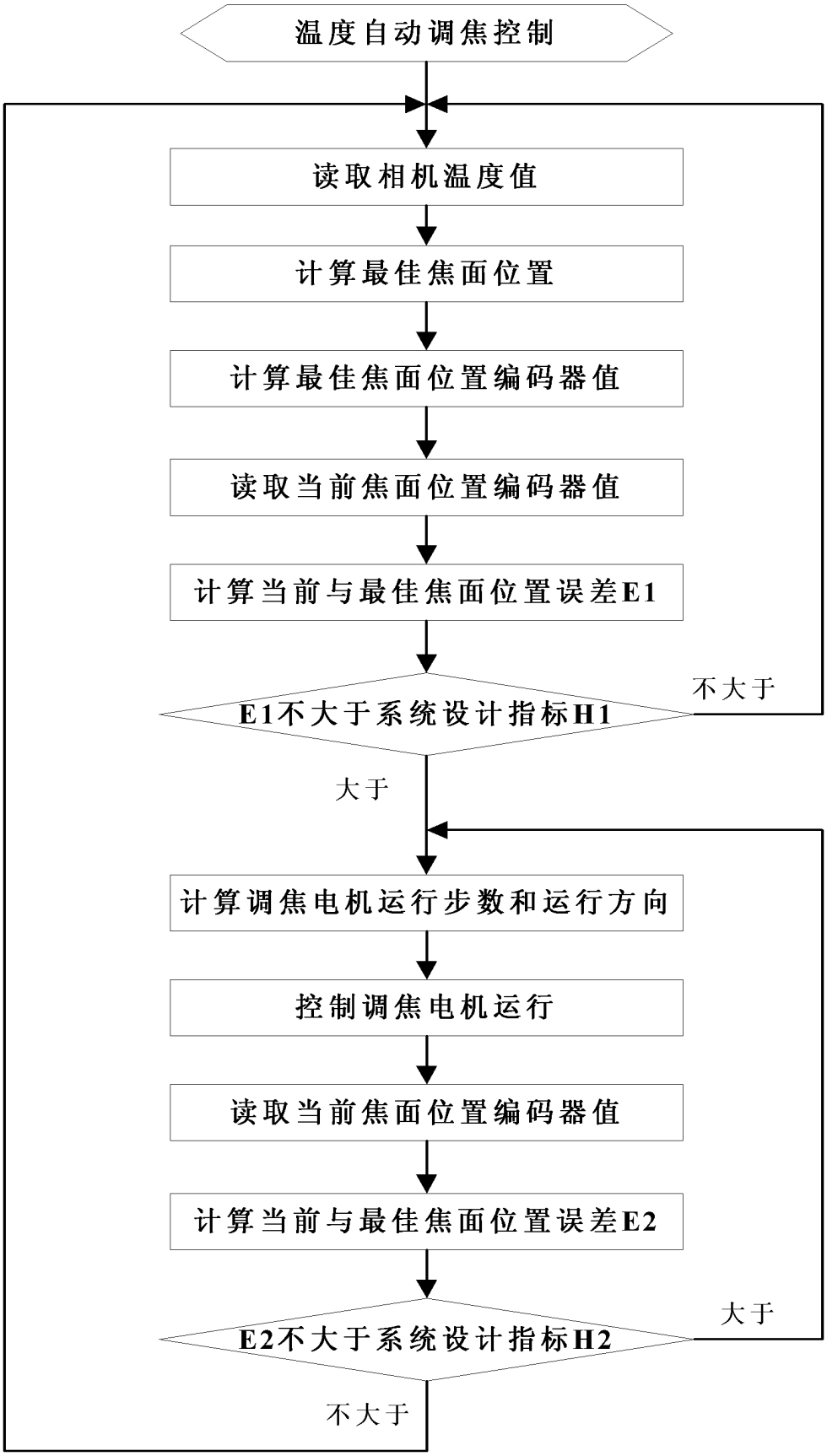

温度自动调焦控制
读取相机温度值
计算最佳焦面位置
计算最佳焦面位置编码器值
读取当前焦面位置编码器值
计算当前与最佳焦面位置误差E1
E1不大于系统设计指标H1
不大于
大于
计算调焦电机运行步数和运行方向
控制调焦电机运行
读取当前焦面位置编码器值
计算当前与最佳焦面位置误差E2
E2不大于系统设计指标H2
大于
不大于

图 3