



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111770880 B

(45) 授权公告日 2024. 12. 10

(21) 申请号 201880090148.5

(22) 申请日 2018.01.24

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111770880 A

(43) 申请公布日 2020.10.13

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.08.24

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2018/074000 2018.01.24

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/144317 EN 2019.08.01

(73) 专利权人 霍尼韦尔国际公司
地址 美国新泽西州

(72) 发明人 施·平·杰克·舒 李超

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

专利代理师 陈岚

(51) Int.Cl.
B64U 20/87 (2023.01)
G06Q 10/20 (2023.01)
G05D 1/221 (2024.01)
B64U 101/31 (2023.01)

(56) 对比文件
US 2017133983 A1, 2017.05.11
WO 2017099819 A2, 2017.06.15
审查员 夏俞扬

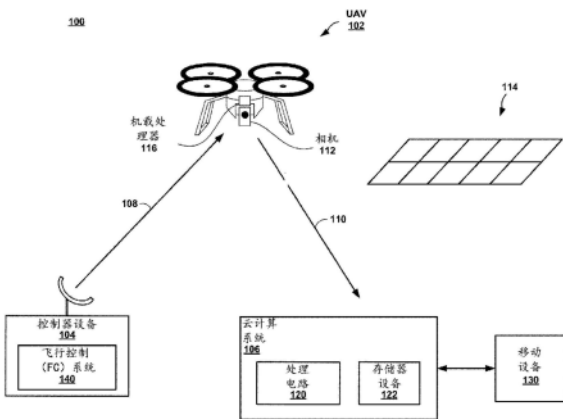
权利要求书3页 说明书24页 附图19页

(54) 发明名称

无人驾驶飞行器进行的太阳能电池板检查

(57) 摘要

本发明公开了一种用于检测太阳能农场中的太阳能电池板中的故障的方法。在一些示例中,该方法包括由计算系统(106)获取由无人驾驶飞行器(UAV)(102)在第一飞行期间捕获的太阳能电池板的第一图像以及由UAV(102)在第二飞行期间捕获的太阳能电池板的第二图像。在一些示例中,方法还包括由计算系统(106)基于第一图像来确定太阳能电池板的第一分数,并且基于第二图像来确定太阳能电池板的第二分数。在一些示例中,方法还包括由计算系统(106)基于第一分数和第二分数来确定太阳能电池板是否具有故障,并且响应于确定太阳能电池板包括故障而输出太阳能电池板具有故障的指示。



1. 一种用于检测太阳能发电场中的太阳能电池板中的故障的方法,所述方法包括:

由计算系统获取所述太阳能电池板的一组图像,包括由无人驾驶飞行器UAV在第一飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第一图像;

由所述计算系统获取由所述UAV在第二飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第二图像;

由所述计算系统至少通过基于所述一组图像中的每个相应图像来确定所述太阳能电池板的相应分数,来基于所述一组图像确定所述太阳能电池板的一组分数,所述一组分数包括基于所述第一图像的所述太阳能电池板的第一分数和基于所述第二图像的所述太阳能电池板的第二分数;

由所述计算系统确定所述一组分数中的至少阈值百分比的分数小于阈值分数;

由所述计算系统基于确定所述一组分数中的至少阈值百分比的分数小于阈值分数来确定所述太阳能电池板包括故障;

响应于确定所述太阳能电池板包括所述故障而由所述计算系统输出所述太阳能电池板包括所述故障的指示。

2. 根据权利要求1所述的方法,

其中所述第一图像为所述太阳能电池板的第一可见光图像,

其中所述第二图像为所述太阳能电池板的第二可见光图像,其中所述方法还包括:

由所述计算系统获取由所述UAV在所述第一飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第一红外图像;以及

由所述计算系统获取由所述UAV在所述第二飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第二红外图像,

其中确定所述太阳能电池板的所述第一分数进一步基于所述第一红外图像中的所述太阳能电池板的温度,并且

其中确定所述太阳能电池板的所述第二分数进一步基于所述第二红外图像中的所述太阳能电池板的所述温度。

3. 根据权利要求1所述的方法,

其中确定所述太阳能电池板的所述第一分数包括确定由所述第一图像中的所述太阳能电池板在第一电致发光测试期间发射的第一光强度,并且

其中确定所述太阳能电池板的所述第二分数包括确定由所述第二图像中的所述太阳能电池板在第二电致发光测试期间发射的第二光强度。

4. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

由所述计算系统接收来自第一用户的用户输入;

响应于接收到所述用户输入而由所述计算系统将所述太阳能电池板与第二用户相关联;

由所述计算系统确定移动设备与所述第二用户相关联;以及

响应于确定所述太阳能电池板包括所述故障并且响应于确定所述移动设备与所述第二用户相关联,经由所述移动设备呈现包括所述太阳能发电场的映射图和图形图标图形用户界面。

5. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

经由移动设备呈现包括所述太阳能发电场的映射图的图形用户界面;以及
确定用于确定所述太阳能电池板包括所述故障的置信度度量,

其中输出所述太阳能电池板包括所述故障的指示包括基于所述置信度度量并响应于
确定所述太阳能电池板包括所述故障而经由所述移动设备在所述图形用户界面上呈现所
述太阳能电池板的图形图标。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述故障为第一故障,所述方法还包括:

由所述计算系统并基于所述第一图像来确定包括所述太阳能电池板的太阳能电池板
组件的元件的第三分数,其中所述元件不是所述太阳能电池板;

由所述计算系统并基于所述第二图像来确定所述元件的第四分数;

由所述计算系统基于所述第三分数和所述第四分数来确定所述元件是否包括第二故
障;以及

响应于确定所述元件包括所述第二故障而由所述计算系统输出所述元件包括所述第
二故障的指示。

7. 一种计算系统,包括:

存储器设备,所述存储器设备被配置为:

存储太阳能电池板的一组图像,包括由无人驾驶飞行器UAV在第一飞行期间捕获的第
一图像以及由所述UAV在第二飞行期间捕获的第二图像;和

处理电路,所述处理电路被配置为:

至少通过基于所述一组图像中的每个相应图像来确定所述太阳能电池板的相应分数,
来基于所述一组图像确定所述太阳能电池板的一组分数,所述一组分数包括基于所述第
一图像的所述太阳能电池板的第一分数和基于所述第二图像的所述太阳能电池板的第二分
数;

确定所述一组分数中的至少阈值百分比的分数小于阈值分数;

基于确定所述一组分数中的至少阈值百分比的分数小于所述阈值分数来确定所述太
阳能电池板是否包括故障;以及

响应于确定所述太阳能电池板包括所述故障而输出所述太阳能电池板包括所述故障
的指示。

8. 根据权利要求7所述的计算系统,

其中所述第一图像为所述太阳能电池板的第一可见光图像,

其中所述第二图像为所述太阳能电池板的第二可见光图像,其中所述存储器设备被进
一步配置为:

存储由所述UAV在所述第一飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第一红外图像;以及

存储由所述UAV在所述第二飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第二红外图像,

其中所述处理电路被配置为进一步基于所述第一红外图像中的所述太阳能电池板的
温度来确定所述太阳能电池板的所述第一分数,并且

其中所述处理电路被配置为进一步基于所述第二红外图像中的所述太阳能电池板的
温度来确定所述太阳能电池板的所述第二分数。

9. 根据权利要求7所述的计算系统,

其中所述处理电路被配置为至少通过确定由所述第一图像中的所述太阳能电池板在

第一电致发光测试期间发射的第一光强度来确定所述太阳能电池板的所述第一分数,并且
其中所述处理电路被配置为至少通过确定由所述第二图像中的所述太阳能电池板在
第二电致发光测试期间发射的第二光强度来确定所述太阳能电池板的所述第二分数。

无人驾驶飞行器进行的太阳能电池板检查

技术领域

[0001] 本公开涉及用于太阳能电池板检查的系统。

背景技术

[0002] 太阳能农场可包括被配置为发电的许多太阳能电池板。为了将太阳能电池板保持在操作条件下,工人可手动检查太阳能电池板。手动检查可检测太阳能电池板上的可见缺陷。

[0003] 太阳能农场中的工人可使用具有相机的无人驾驶飞行器(UAV)来捕获太阳能电池板的图像以确定电池板是否有缺陷。相机可被配置为捕获显示太阳能电池板上的温度梯度的热成像图像。该温度梯度可指示太阳能电池板是否具有缺陷。

发明内容

[0004] 一般来讲,本公开涉及用于检测太阳能电池板中的故障的系统。检测过程可包括具有相机的一个或多个无人驾驶飞行器(UAV),该相机被配置为在不同时间捕获太阳能电池板的图像。云计算系统可从UAV获取图像并基于每个图像来确定分数。该分数可指示太阳能电池板在捕获每个图像时的状况。云服务器计算系统可被配置为基于图像的分数来确定太阳能电池板是否包括故障。

[0005] 在一个示例中,本公开描述了一种用于检测太阳能农场中的太阳能电池板中的故障的方法。所述方法包括由计算系统获取由UAV在第一飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第一图像以及由所述UAV在第二飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第二图像。所述方法还包括由所述计算系统基于所述第一图像来确定所述太阳能电池板的第一分数,并且基于所述第二图像来确定所述太阳能电池板的第二分数。所述方法还包括由所述云计算系统基于所述第一分数和所述第二分数来确定所述太阳能电池板包括故障。所述方法包括响应于确定所述太阳能电池板包括所述故障而由所述云计算系统输出所述太阳能电池板包括所述故障的指示。

[0006] 在另一示例中,本公开描述了一种包括存储器的云计算系统,所述存储器被配置为存储由UAV在第一飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第一图像,并且存储由所述UAV在第二飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第二图像。所述云计算系统还包括一个或多个处理电路,所述一个或多个处理电路被配置为基于所述第一图像来确定所述太阳能电池板的第一分数,并且基于所述第一图像来确定所述太阳能电池板的第二分数。所述一个或多个处理电路还被配置为基于所述第一分数和所述第二分数来确定所述太阳能电池板是否包括故障。所述一个或多个处理电路被进一步配置为响应于确定所述太阳能电池板包括所述故障而输出所述太阳能电池板包括所述故障的指示。

[0007] 在另一示例中,本公开描述了一种其上存储有指令的非暂态计算机可读存储介质,所述指令在被执行时引导云计算系统获取由UAV在第一飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第一图像以及由所述UAV在第二飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第二图像。所

述指令在被执行时还引导云计算系统基于所述第一图像来确定所述太阳能电池板的第一分数,并且基于所述第一图像来确定所述太阳能电池板的第二分数。所述指令在被执行时还引导云计算系统基于所述第一分数和所述第二分数来确定所述太阳能电池板是否包括故障。所述指令在被执行时引导云计算系统响应于确定所述太阳能电池板包括所述故障而输出所述太阳能电池板包括所述故障的指示。

[0008] 本公开的一个或多个示例的细节在以下附图和说明书中阐述。其他特征、目的和优点将从描述、附图以及权利要求书中显而易见。

附图说明

[0009] 图1示出了示例性无人驾驶飞行器 (UAV) 系统,该示例性UAV系统可被配置为实现本公开的技术。

[0010] 图2是示出了可用来实现本公开的技术的UAV的示例性部件的框图。

[0011] 图3是示出了根据本公开的技术的云计算系统的示例性部件的框图。

[0012] 图4是示出了根据本公开的技术的太阳能电池板检查技术的自主性的框图。

[0013] 图5A示出了根据本公开的技术的两个方向上的太阳能电池板检查图案。

[0014] 图5B示出了根据本公开的技术的用于太阳能电池板差异识别和标识的红外相机图像。

[0015] 图6是示出了根据本公开的技术的图像捕获角度的图。

[0016] 图7是示出了根据本公开的技术的用于检测太阳能电池板中的故障的示例性操作的流程图。

[0017] 图8是示出了根据本公开的技术的用于自动映射太阳能农场的技术的概念图。

[0018] 图9示出了根据本公开的技术的用于地面移动的决策图。

[0019] 图10是示出了根据本公开的技术的用于故障分类的可见光图像控制算法的流程图。

[0020] 图11是示出了根据本公开的技术的用于故障分类的红外图像控制算法的流程图。

[0021] 图12是示出了根据本公开的技术的用于故障检测的映射和组合可见光和红外图像的流程图。

[0022] 图13是示出了根据本公开的技术的用于修复、维护和追踪的任务管理的流程图。

[0023] 图14是示出了根据本公开的技术的用于二维/三维映射技术的验证控制算法的流程图。

[0024] 图15是示出了根据本公开的技术的用于电子修复的规程的流程图。

[0025] 图16是示出了根据本公开的技术的用于形成整个太阳能农场的模型的软件算法的流程图。

[0026] 图17示出了根据本公开的技术的故障检测和识别过程。

[0027] 图18示出了根据本公开的一些示例的包括指示具有故障的太阳能电池板的图形图标图形用户界面。

具体实施方式

[0028] 本公开描述了用于基于由无人驾驶飞行器 (UAV) 捕获的太阳能电池板的图像来检

测太阳能电池板中的故障的系统、设备、方法和技术。该技术可允许检测太阳能农场元件中的所有元件的故障,该元件包括太阳能电池板、电线、逆变器、断路器箱、变压器、塔架、支撑太阳能电池板的机械元件、围绕太阳能电池板的植被和地面状态(例如,侵蚀)。术语“太阳能电池板组件”可指这些元件中的任何一个或全部元件,包括此处未列出的太阳能农场的任何其他元件。本文所述的检测技术可手动(即,利用主动式操作人员)、半自主或完全自主地执行。与手动式检测相比,半自主式检测技术可包括更少的人为参与。

[0029] 可利用施加的全球定位系统(GPS)数据和UAV姿态信息从所捕获的图像中识别太阳能农场内的单个太阳能电池板位置。即使太阳能农场不提供其自身的位置和阵列号,本公开的计算机系统也可确定单个太阳能电池板(x,y,z)GPS位置。本公开的计算机系统可被称为“云计算系统”或“云服务器计算系统”,以将计算系统与飞行控制(FC)系统和UAV机载的计算系统区分开。然而,在一些示例中,云计算系统可与FC系统和/或UAV机载的处理器合并。

[0030] UAV机载的处理器可捕获、存储图像数据并将其发送到云计算系统。云计算系统可获取所捕获的图像并将其存储到存储器设备。云计算系统可存储具有由UAV机载的处理器收集的施加的GPS和UAV姿态信息的图像数据。所捕获的图像连同GPS和姿态信息可构成用于云应用程序执行分析的大数据数据库。该方法可包括使用每个图像的GPS位置和UAV姿态来生成整个太阳能电池板场的映射图,该映射图的尺寸减至与太阳能电池板组件的单个太阳能电池板单元或另一元件一样小。云应用程序可将每个图像集成到太阳能农场的模型中,使得用户可通过云应用程序访问与太阳能电池板相关的数据中的所有数据,包括图像。因此,云计算系统可非常准确地追踪单个太阳能电池板。

[0031] 一旦太阳能电池板故障状态、位置和分数由云计算系统确定,云服务器和智能电话应用技术就可被配置为管理整个太阳能农场或其部分。云应用程序可将太阳能场工人与太阳能电池板组件的一个或多个元件相关联,使得可将工人分配到所识别的太阳能电池板位置以在太阳能电池板组件上工作,从而维护、修复或更换该组件或其元件。云服务器计算系统还可在工作完成时帮助工人记录维护任务和任何细节。如果更换太阳能电池板,则工人可更新云应用程序中的原始太阳能电池板制造跟踪编号。

[0032] 云应用程序可被配置为保持来自整个太阳能农场的每个单个太阳能电池板上的记录,使得云应用程序将具有用于每个太阳能电池板的完全追踪能力。使用追踪能力,云应用程序可跟踪每个太阳能电池板的状态。云应用程序可基于每个新图像和工人报告来更新状态。云应用程序可基于新图像来确定分数,然后基于该新分数和一个或多个先前分数来确定太阳能电池板是否具有故障(参见例如图9)。

[0033] 该方法由云计算系统将整个太阳能电池板故障发现信息发布到云中。该云将所有数据放入云应用程序中,使得太阳能场工人和监管人可使用该云应用程序来找到有故障的太阳能电池板位置和故障状态。然后可使用该云应用程序执行维护和修复任务,以成为从UAV捕获的图像到太阳能电池板场映射图直到单个太阳能电池板的无缝连接。云应用程序还可被配置为基于分析所捕获的图像来检测太阳能故障,确定太阳能电池板上的故障位置,追踪太阳能电池板和太阳能电池板组件的其他元件上的故障,协助工人进行维护/修复/更换任务并且随后允许工人报告维护问题。

[0034] 该云应用程序可基于输入数据诸如图像来向工人提供任务分配。一旦云计算系统接收到输入数据,该云计算系统就可被配置为在没有人干预的情况下自主操作。例如,云

应用程序可评估图像故障、故障类别(主要、次要等),然后将修复和维护任务分配给工人。该云应用程序还可随时间推移追踪故障或故障的可能性,因为一个图像可能不足以最终显示或显示超过阈值置信度水平,即太阳能电池板具有故障。与人工手动浏览图像查找故障相比,云计算系统可具有更高的故障检测准确率。云计算系统还可处理的数据和图像是人工可查看和分析用于故障的数据和图像的数百倍或数千倍。此外,用于可见图像、红外图像和电致发光测试图像的云应用程序中的示出在图7、图10、图11、图12、图13和图14中的检测算法可改善太阳能农场和其他设施的故障检测和追踪过程。

[0035] 图1示出了无人驾驶飞行器(UAV)系统100的示例,该UAV系统可被配置为实现本公开的技术。UAV系统100包括UAV 102、控制器设备104和云计算系统106。在UAV系统100中,控制器设备104控制UAV 102的飞行路径和数据收集功能。云计算系统106处理由UAV 102收集的数据。尽管在图1中示出为单独的设备,但是在一些UAV系统中,控制器设备104和云计算设备106的功能可由公共设备来执行。UAV 102可以是一队UAV的一部分,其中多于一个UAV可捕获如本文所述的图像。

[0036] 虽然UAV 102在图1中被示出为四轴飞行器,但是UAV 102可以是任何类型的UAV,包括但不限于旋翼飞行器、固定翼飞机、复合飞机(诸如倾转旋翼飞机、X2和X3)、浮空器或任何其他这种类型的UAV,包括所有垂直起降(VTOL)飞机、立式起落飞机等。UAV 102可被配置为以不同程度的自主性飞行。在一些示例中,UAV 102可处于控制器设备104的用户的恒定或接近恒定的控制之下。在其他示例中,控制器设备104可向UAV102递送任务(包括飞行计划),并且UAV 102上的机载处理器116可被配置为在几乎没有或没有附加用户输入的情况下执行任务。机载处理器116可包括FC功能。在一些示例中,UAV 102可使用LIDAR来避免碰撞。机载处理器116可被配置为例如沿着通过太阳能农场的预定义路线自主导航UAV 102的飞行路径。机载处理器116还可被配置为从控制器设备104接收命令以控制UAV 102的移动。

[0037] 虽然本公开的技术不限于任何特定类型的UAV,但是UAV 102可以是例如相对小型的低空低速UAV,其中在这种情况下,小型对应于低于100磅,低空对应于地面上方低于3000英尺的操作高度,并且低空速对应于低于250节的空速。此外,设想UAV 102可具有悬停能力,意味着UAV 102可具有保持在空气中的大致恒定位置的能力。

[0038] UAV 102可具有以下功能:自动起飞和着陆、航点飞行计划、返航模式、航点启动和自动相机触发功能。UAV 102可包括弯折和/或弯曲的腿部结构以使着陆在倾斜或不平坦的表面上更容易。可通过以下事件之一自动地或手动地启动返航模式:用户输入、低电池电量、过热、天气变化、系统故障、用户与UAV之间视线丢失、障碍物碰撞避免和/或不可接受的不确定性或异常行为。

[0039] 在一些示例中,控制器设备104包括通用设备,诸如个人数字助理(PDA)、膝上型计算机或台式计算机、平板电脑、蜂窝或卫星无线电话、“智能电话”或其他此类设备。在控制器设备104是通用设备的示例中,控制器设备104可装载有并被配置为执行被设计用于控制UAV 102的软件。在其他示例中,控制器设备104是专门设计用于控制UAV 102的专用设备。控制器设备104包括用于控制UAV 102的移动的FC控制和导航系统140。控制器设备104可包括手持设备并且/或者是地面控制基站的一部分。

[0040] 控制器设备104经由通信链路108与UAV 102通信。通信链路108可例如是通过无线

电通信协议诸如WiFi、射频无线、蓝牙、ZigBee、专有协议或任何其他合适的协议的直接链路。在其他示例中,通信链路108可以是基于网络的链路,其中控制器设备104通过一个或多个中间设备诸如网关、路由器、交换机、中继器或其他此类网络设备与UAV 102通信。通信链路108可包括有线连接或移动存储设备。该有线连接可包括通用串行总线(USB)或RS-232。移动存储设备可包括拇指驱动器、安全数字(SD)卡或外部存储设备(例如,固态存储器或硬盘驱动器)。

[0041] 云计算系统106包括一个或多个计算设备。云计算系统106可包括用于接收和处理数据的一个或多个服务器计算设备以及用于向用户呈现信息等的一个或多个移动设备。例如,云计算系统106可包括通用设备,诸如个人数字助理(PDA)、膝上型计算机或台式计算机、平板电脑、智能电话、服务器设备或另一此类设备。云计算系统106可装载有并被配置为执行设计用于处理由UAV 102收集的数据的软件。在一些示例中,UAV 102被配置为经由例如无线通信链路110实时或接近实时地将数据流传输到云计算系统106。在其他示例中,UAV 102FC处理器在飞行时存储数据,并且稍后诸如在飞行完成之后将数据传输到云计算系统106。

[0042] 一个或多个相机112安装在UAV 102上。根据本公开的技术,相机112可包括能够捕获红外辐射图像的一个或多个相机。该一个或多个相机112可包括热成像相机。另外,在本公开的一些示例中,相机112可包括能够捕获可见光图像的一个或多个相机。

[0043] 如图1的示例所示,相机112可被配置为捕获结构114的图像。尽管在图1中被示出为太阳能电池板,但结构114可包括建筑物、水坝、风力涡轮机、纪念碑、桥梁、堤坝、海堤、码头、天线、火山、泵站、天然气或石油管道、发电厂、制造厂、电力设施或其他类型的人造或天然结构。结构114可包括安装在地面上或安装在建筑物、结构或山上的单个太阳能电池板或多个太阳能电池板。在一些示例中,相机112可被配置为一次捕获多于一个的太阳能电池板的图像。结构114还可包括支撑太阳能电池板、电线、断路器箱、塔架和变压器的机械元件。检查过程还可包括分析结构114周围的地面和植被的状态,因为植被可遮挡阳光并且地面侵蚀可影响太阳能电池板的性能。

[0044] 根据本公开的技术,UAV 102飞行到太阳能农场内的预先确定的图像捕获位置。机载处理器116和/或控制器设备104可控制UAV 102的移动以使UAV 102飞往预先确定的位置。在图像捕获位置中的每个位置处,UAV102的相机112捕获结构114的第一组一个或多个红外图像和/或结构114的一个或多个可见光图像。机载处理器116可根据x、y和z坐标与UAV姿态信息来定义和保存图像捕获位置中的每个位置,使得云计算系统106可使用预定义公式来确定每个单个太阳能电池板的位置。在一些示例中,机载处理器116将所捕获的图像保存在安全数字(SD)卡或其他类型的存储卡上,并且也可使用3G、4G、5G、窄带物联网(NB-IoT)或其他无线类型的传输技术在线传输到基于云的web服务器。

[0045] 在一些示例中,UAV 102配备有一个或多个差分全球导航卫星系统(GNSS)设备,以协助UAV 102导航到图像捕获位置。例如,UAV 102和/或机载处理器116可配备用于实时动态定位(RTK),其是一种可为基站附近的UAV 102提供高定位性能的差分GNSS。在一些示例中,GNSS设备的准确度可以在1厘米内。控制器设备104可被配置为确定RTK并将其传输到UAV 102,或者机载处理器116可确定RTK以辅助UAV 102的飞行。

[0046] 第一组图像可包括红外图像和/或可见光图像,并且可示出结构114的状况,诸如

温度、颜色、外观、可见缺陷、碎屑等。机载处理器116存储第一组所捕获的红外图像以供稍后分析。机载处理器116可将图像传输到云计算系统106,并且机载处理器116和/或云计算系统106可被配置为基于在第一时间捕获的第一组图像来确定分数。

[0047] 在后续飞行期间,UAV 102返回到相同的预先确定的图像捕获位置并捕获结构114的第二组红外图像和/或可见光图像。在一些示例中,机队中的不同UAV可飞往相同的预先确定的图像捕获位置并捕获结构114的第二组红外图像和/或可见光图像。云计算系统106可存储第二组红外图像以供稍后分析。云计算系统106还可存储第二组所捕获的图像以供稍后分析。云计算系统106可被配置为基于在第二时间捕获的第二组图像来确定分数。在一些示例中,第二时间可以是至少第一时间之后的第二天。第一组图像和第二组图像中的每一者可具有单一图像。

[0048] 在各种示例中,UAV 102在经过了各种时间段之后或在发生了各种事件之后的第二飞行期间捕获第二组图像。例如,UAV 102可每天、每周、每月、每年或在经过了一些其他时间段之后捕获多组图像。在一些示例中,UAV 102在发生事件诸如由结构114生成的电力下降之后或在主要天气事件之后捕获一组图像。

[0049] 预定义图像捕获位置可与太阳能农场中的多行太阳能电池板对准。例如,太阳能农场可具有以高于水平六十度的角度朝南取向的太阳能电池板。例如,预定义图像捕获位置可位于每行太阳能电池板的南面几米处,以允许以所需角度捕获图像(参见图6)。

[0050] 对于第二组图像中的每个相应图像,云计算系统106可被配置为尝试识别第一组图像中的对应图像。可从与第二组红外图像中的图像相同的图像捕获位置捕获对应的图像。云计算系统106可以各种方式识别对应的图像。例如,云计算系统106可接收具有UAV姿态数据的每个图像的图像捕获位置坐标(例如,在x、y和z维度上的坐标)。当相机112捕获图像时,图像的图像捕获位置坐标指示UAV 102的坐标。在该示例中,云计算系统106可基于与相同的图像捕获位置坐标相关联的图像来确定一个图像对应于另一图像。

[0051] 云计算系统106可被配置为基于结构114的状况来确定图像中的结构114的分数,如图像中所示。分数越高可指示结构114中存在故障的可能性越大。例如,云计算系统106可被配置为通过确定结构114的温度和/或颜色以及红外图像的颜色而基于红外图像来确定分数。云计算系统106还可确定结构114的温度和/或颜色差异,其中温度越高并且/或者颜色差异越大可指示结构114中存在故障的可能性越大。结构114的温度差异可指结构114的表面上的最高温度与结构114的表面上的最低温度之间的差异。例如,在红外图像中,云计算系统106可使用图像上的温度差异和图像位置的颜色来确定结构114中的故障状态。

[0052] 云计算系统106可被配置为基于结构114上的可见缺陷并基于可见光图像来确定分数。可见光图像中的缺陷的示例包括结构元件的裂纹、剥落、翘曲或弯曲、碎屑积聚(例如,粉尘、金属屑、铁屑、鸟粪便)等。在一些示例中,云计算系统106可将可见光图像(其与(x,y,z)空间中的特定图像捕获位置相关联)映射到结构的2-D和/或3-D模型。因此,在一些示例中,云计算系统106可将结构的各个特征诸如拐角与可见光图像相关联。这可允许云计算系统106和/或用户识别并存储指示结构中需要维护或修复的位置的数据。

[0053] 除了太阳能电池板之外,云计算系统106可根据可见图像监测太阳能电池板周围的地面的状态以获得地面损失(例如,侵蚀)。太阳能电池板周围的地面侵蚀在丘陵和山岭地形中可尤其重要。在一些示例中,云计算系统106还可使用可见图像来确定太阳能电池板

上周围的草和其他植被是否过高,因为植被可遮挡太阳能电池板,从而降低太阳能农场的发电。在一些示例中,云计算系统106可使用可见图像来检查太阳能农场的有线连接的状态。例如,如果电线由于小型动物诸如小鼠的咬合或由于鸟巢而断裂,则云计算系统106可使用太阳能电池板和周围区域的可见图像来确定电线和太阳能组件的其他元件的状况,使得云应用程序可分配维护工人修复一个或多个故障状况。

[0054] 云计算系统106还可被配置为基于结构114的第一图像与第二图像之间的变化来确定分数。在一些示例中,云计算系统106响应于云计算系统106基于对红外图像的比较来确定结构的位置在时间间隔期间已改变而检索(例如,响应于用户输入等而自动地)对应于红外图像的可见光图像。用户可使用所检索的可见光图像来进一步执行对结构的检查并且识别检查目标。例如,在该结构包括一组太阳能电池板的情况下,用户可使用可见光图像来识别太阳能电池板的裂缝或卡塞。可见光图像的使用可有助于用户验证红外图像的分析结果,并且可有助于识别受损表面的位置以用于维护和修复的目的。在一些示例中,用户可使用可见光图像来确定材料、工艺、规程、进度估计和工单签发中的维护或修复要求。

[0055] 云计算系统106和/或机载处理器116可基于图像来确定结构114的总分数。机载处理器116可在相机112捕获图像之后处理图像。在一些示例中,机载处理器116可将图像存储到UAV 102机载的存储器设备,然后将图像传输到云计算系统106以进行处理和故障确定。

[0056] 总分数可用来评估结构114是否包括故障。在一些示例中,为了确定总分数,云计算系统106和/或机载处理器116可将结构的总分数确定为具有大于特定阈值的分数的图像在一组图像(例如,上述第二组红外图像)中的百分比。例如,在一个示例中,云计算系统106可根据其相应的分数(例如,以降序或升序)对一组图像中的图像进行排序。累积警报分数曲线是图表中的曲线,该图表将排序后的图像映射到它们的分数。在该示例中,在对图像进行排序之后,云计算系统106可确定具有落入最严重类别的分数的图像的百分比。在该示例中,该百分比可以是结构的总分数。具有最严重类别分数的图像被称为不合规格的图像。下文详细讨论的图9示出了如何确定是否已经到达触发点以对结构进行维护、对结构进行修复或者结构是否必须被撤出或报废的另一示例。

[0057] 在一些示例中,机载处理器116调节图像以校正图像和历史图像之间的偏航、姿态和倾斜差异。在一些示例中,UAV 102包括各种传感器以检测UAV 102的飞行取向。此类传感器可包括用于检测偏航的罗盘和/或陀螺仪、用于检测姿态和倾斜的陀螺仪等。机载处理器116可发送一组历史图像诸如上文讨论的第一组红外图像中的每个图像的取向数据。例如,当安装在UAV 102上的相机捕获图像时,该一组历史图像中的第一图像的取向数据可指示UAV 102倾斜 2° 。在该示例中,当安装在UAV 102上的相机捕获到第二图像时,该第二图像(例如,第二组红外图像中的图像)的取向数据可指示UAV 102倾斜 5° 。此外,在该示例中,机载处理器116可将第二图像旋转 -3° 以对准第一图像和第二图像。这样,该第一图像和第二图像可对齐。在其他示例中,机载处理器116可将倾斜效果应用于照片以补偿偏航和姿态差异。云计算系统106可从机载处理器116接收对红外光图像和可见光图像两者执行类似的过程。

[0058] 云计算系统106还可对图像执行各种其他类型的预处理。例如,云计算系统106可将各种滤波器应用于图像(例如,以增加对比度、降低噪声等)。在一些示例中,云计算系统106可放大或缩小图像以获得一致的视图。在一些示例中,云计算系统106可放大图像中的

其他特殊特征。例如,各种环境状况诸如天气晴朗、多云、雨、雾等可影响由UAV 102捕获的红外光图像和可见光图像的质量。另外,风可导致UAV 102振动,从而可能导致图像模糊。云计算系统106可将各种效果应用于图像以补偿环境状况。例如,云计算系统106可应用滤波器以去除模糊,并且可放大或缩小。对于红外图像,云计算系统106可添加对比度因子以强调激光线并且使该激光线明晰化。

[0059] 在一些示例中,机载处理器116将红外图像与同时发生的可见光图像叠加,其中GPS和UAV姿态信息嵌入该图像中。嵌入的信息可允许机载处理器116和/或云计算系统106将每个图像与太阳能电池板组件的元件相关联。例如,机载处理器116和/或云计算系统106可使用控制表面来将彩色层掩模施加到可见光图像以将对应的红外图像叠加在可见光图像上。控制表面可包括图像中的可识别标志,该可识别标志可用来匹配可见光图像和红外图像中的对应位置。例如,UAV 102可同时捕获红外图像和可见光图像。在该示例中,机载处理器116和/或云计算系统106可将红外图像叠加到可见光图像上,使得所得图像示出由附接到结构的激光器发射的激光束以及该结构的普通可见光图像。

[0060] 云计算系统106可被配置为基于每个图像的分数的输出指示结构114具有故障的警报。云计算系统106可例如对结构114的图像的分数的平均,并将该平均分数与阈值分数进行比较。云计算系统106还可查找具有超过阈值分数的单个分数的结构,然后分析该结构的分数以确定单个分数是否为像差。为像差的分数可能不准确,并且由于对应图像当天的天气状况而导致。云计算系统106可使用如图9所示的技术,其中结构114是否具有故障的确定基于不符合规格的可见光图像的百分比和不符合规格的红外图像的百分比。

[0061] 在一些示例中,云计算系统106可通过确定是否建议结构114进行维护、修复或更换来确定结构114具有故障。较高的分数可导致更换(例如,用于结构114中的裂缝),而较低的分数可导致维护或修复。最低分数范围可能不会导致建议。

[0062] 图2示出了UAV 102的示例性图示。UAV 102包括飞行设备200、处理器202、存储器204、收发器206、天线208、导航系统210、相机212、传感器214和电源216。通信信道218将飞行设备200、处理器202、存储器204、收发器206、天线208、导航系统210、相机212、传感器214和电源216中的每一者互连以用于部件间通信(物理地、通信地和/或可操作地)。在一些示例中,通信信道218包括系统总线、网络连接、进程间通信数据结构,或用于传送数据的任何其他方法,包括各种类型的无线通信技术。电源216可向UAV 102的其他部件中的每个部件提供电能。在一些示例中,电源216是电池。

[0063] 处理器202旨在表示UAV 102的所有处理电路和所有处理能力,包括机载处理器116的能力。例如,处理器202可包括一个或多个数字信号处理器(DSP)、通用微处理器、集成电路(IC)或一组IC(例如,芯片组)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程逻辑阵列(FPGA)或其他等效的集成或离散逻辑电路。因此,如本文所使用的术语“处理器”可以指任何前述结构或适用于实施本文所描述的技术的任何其他结构。处理器202还可包括FC功能,诸如GPS定位和姿态确定。

[0064] 存储器204旨在表示UAV 102内的各种存储器设备中的所有存储器设备。存储器204构成计算机可读存储介质,并且可采用一旦UAV 102关闭就不保持存储内容的易失性存储器的形式或将内容存储更长时间段(包括UAV 102处于未供电状态的时间段)的非易失性存储器的形式。易失性存储器的示例包括随机存取存储器(RAM)、动态随机存取存储器

(DRAM)、静态随机存取存储器 (SRAM)、集成随机存取存储器 (IRAM)、半导体闸流管随机存取存储器 (TRAM)、零电容随机存取存储器 (ZRAM) 或任何其他类型的合适易失性存储器。非易失性存储器的示例包括光盘驱动器、磁盘驱动器、闪存存储器、只读存储器 (ROM)、电可编程存储器 (EPROM) 或电可擦除可编程存储器 (EEPROM) 形式, 或任何其他这种类型的非易失性存储器。存储器204可被配置为存储太阳能农场的边界、通过太阳能农场的预定义路线以及太阳能农场内用于捕获图像的预定义飞行位置。

[0065] UAV 102的功能由硬件、软件、固件或其组合实现。存储器204可存储包括多组指令的软件和固件。处理器202和UAV 102的其他硬件部件可执行指令以执行本公开的技术。

[0066] 收发器206被配置为使用天线208发送和接收数据。收发器206可根据本公开中其他地方描述的任何无线通信协议来发送和接收数据。例如, 收发器206可被配置为接收导航指令。另外, 收发器206可被配置为将图像和其他数据发送到计算系统, 诸如控制器设备104 (图1) 或云计算系统 (图1)。收发器206可相对于导航、路线、位置等与控制器设备104 (例如, FC系统104) 通信。

[0067] 导航系统210控制UAV 102的飞行路径。例如, 导航系统210可向飞行设备200输出信号以指示UAV 102飞往预先确定的图像捕获位置、着陆或以其他方式导航到沿着UAV 102的飞行路径的位置。

[0068] 相机212被配置为捕获红外图像。另外, 在一些示例中, 相机212被配置为捕获可见光图像。在一些示例中, 用同一相机捕获红外图像和可见光图像。在其他示例中, UAV 102具有单独的相机来捕获红外图像和可见光图像。处理器202可被配置为控制相机212。

[0069] 传感器214旨在表示UAV 102中包括的所有各种传感器。UAV 102可例如包括用于飞行管理的一个或多个传感器, 诸如加速度计、陀螺仪、磁力计、气压计、GNSS传感器、倾斜传感器、惯性测量传感器、速度传感器等。

[0070] 图3是示出了根据本公开的一种或多种技术的云计算系统106的示例性部件的框图。在图3的示例中, 云计算系统106包括一个或多个处理电路300、电源302、用户界面303、存储器304、收发器306、显示器308。通信信道110与处理电路300、存储器304、收发器306和显示器308互连。电源302为处理电路300、存储器304、收发器306和显示器308提供电力。处理电路300、存储器304、收发器306和显示器308可以类似于上文相对于图2所述的处理电路202、存储器204和收发器206的方式来实现。显示器308可包括用于输出数据的各种类型的显示器, 诸如液晶显示器、等离子显示器、发光二极管 (LED) 显示器等。

[0071] 用户界面303可被配置为接收用户输入305。用户界面303可包括键盘、鼠标、触摸板、触摸屏等。用户输入305可包括用户将太阳能电池板或太阳能农场的某个区域分配给另一用户。用户输入305还可包括选择由显示器308上的处理电路300呈现的图形用户界面上的图标。

[0072] 在图3的示例中, 存储器304存储检查单元310和图像存档312。此外, 如图3的示例所示, 检查单元310包括图像修改单元314和图像分析单元316。检查单元310、图像修改单元314和图像分析单元316可包括指令, 该指令在由处理电路300执行时使得云计算系统106执行本公开中归属于检查单元310、图像修改单元314和图像分析单元316的动作。

[0073] 在图3的示例中, 检查单元310可将收发器306配置为从UAV 102 (例如, 图1和图2) 接收数据。因此, 检查单元310可从UAV 102接收各种类型的数据。例如, 检查单元310可从

UAV 102接收图像数据、取向数据、图像捕获位置坐标数据和其他类型的数据。因此,收发器306可被配置为接收由安装在UAV上的相机捕获的图像,其中该图像具有结构。

[0074] 在一些示例中,图像修改单元314对图像执行图像预处理功能。例如,图像修改单元314可旋转或倾斜从UAV 102接收的图像,使得该图像看起来是从与在相同的图像捕获位置捕获的历史图像相同的角度拍摄的。例如,如果历史图像都是相对于与重力矢量正交的平面倾斜 0° 拍摄的,但是当UAV 102捕获到新图像时,一阵风出现会导致以相对于该平面倾斜 5° 拍摄该新图像,然而图像修改单元314可将该新图像旋转 -5° ,以确保新图像来自与历史图像一致的角度。类似地,在特定图像捕获位置处拍摄的结构的历史图像可在结构轴承处笔直拍摄,但是当在相同的图像捕获位置处拍摄结构的新图像时,UAV 102的相机可偏航或俯仰 4° 。因此,在该示例中,图像修改单元314可将 -4° 的倾斜应用于新图像以校正该偏航或俯仰。图像修改单元314可基于在捕获图像时由UAV 102生成的取向数据来确定倾斜度、偏航或俯仰。

[0075] 图像分析单元316可分析结构的图像以确定结构是否已改变位置。例如,图像分析单元316可在相同的图像捕获位置处获取在不同时间拍摄的第一红外图像和第二红外图像。在该示例中,图像分析单元316可基于第一图像中所示的来自激光器的光束与第二图像中所示的来自激光器的光束之间的角度来确定第二红外图像的分数。另外,图像分析单元316可基于第二红外图像的分数来确定在捕获第一红外图像与捕获第二红外图像之间的时间间隔期间结构的位置是否已改变,其中激光器在该时间间隔期间保持附接到结构。此外,图像分析单元316可输出该结构的位置在该时间间隔期间是否已改变的指示。

[0076] 图4是示出了根据本公开的技术的太阳能电池板检查技术的自主性的框图。太阳能电池板检查技术可包括捕获红外图像和/或可见光图像的UAV (400)。该技术可包括按压一个按钮以完成整个检查任务的功能。该单按钮功能可基于UAV设备和要求以及飞行稳定性 (402) 以及飞行控制和飞行计划 (404)。UAV可包括存储器设备,该存储器设备被配置为存储通过太阳能农场的预定义路线以供UAV在检查任务期间沿其飞行。

[0077] 存储器设备还可被配置为存储沿着预定义路线的预定义飞行位置以用于捕获图像。预定义路线和预定义飞行位置可基于太阳能农场的二维和/或三维映射和勘测技术 (406)。UAV可在预定义飞行位置处自动捕获图像并将所捕获的图像自动传输到云计算设备。使用该映射技术,UAV可被配置为在捕获每个图像时确定UAV的位置。机载处理器116、FC计算系统和/或另一计算系统可被进一步配置为确定每个太阳能电池板在检查路线上的位置。

[0078] 云计算系统可被配置为基于可见光图像和/或红外图像来自动检测太阳能电池板中的故障 (408)。云计算系统还可被配置为执行电子维护和电子修复规程 (410)。电子维护和电子修复规程可包括将维护和修复任务自动分配给工人。电子维护和电子修复规程还可包括跟踪太阳能电池板的状况和维护状态。云计算系统可被进一步配置为自动分析太阳能农场的维护问题和发电 (412)。云计算系统可执行电子报告,云计算系统通过该电子报告为公司领导层或政府官员生成季度、半年度和年度报告。云计算系统可基于太阳能电池板的分数以及由太阳能电池板生成的所测量功率来生成报告。

[0079] 云计算系统106可被配置为在没有用户输入的情况下自动生成报告。云计算系统106可首先创建报告模板并将其放置在期望的网络目录中。模板文件可包括以下信息:检查

的时间和日期、执行检查的人或捕获图像的UAV、检查期间的温度和其他环境信息、总受检区域、检查日的发电速率以及检查日的任何其他值得注意的事件。云计算系统106可将该信息复制到模板文件以填充报告文档。云计算系统106可将当前报告与先前报告进行比较,并且突出显示两个报告之间的任何差异。云计算系统106可组合报告和数据以形成长期报告,诸如月度报告和年度报告。云计算系统106可为每个检查飞行创建单独的报告。

[0080] 云计算系统还可被配置为将图像和其他数据存储在云网络上,使得用户可访问来自多个设备的数据(414)。云计算系统还能够运行向用户显示相关数据的应用程序。该应用程序可向用户显示太阳能电池板的位置和状况以有助于检查、修复和维护。该应用程序可将故障区域显示为红色或粉红色。黄色可指示中等温度,并且绿色可指示较低或常规的操作温度。应用程序还可允许用户放大太阳能电池板的图像,以使得用户可验证和检查故障。应用程序可允许用户选择查看彩色图像还是黑白图像。

[0081] 图5A示出了根据本公开的技术的两个方向上的太阳能电池板检查图案。纵向检查飞行图案502可源自起始位置500并且沿东西方向行进通过太阳能农场520。横向检查飞行图案512可源自起始位置510并且沿南北方向行进通过太阳能农场520。沿着检查飞行模式502和512两者,UAV可经过太阳能农场520中的太阳能电池板中的所有太阳能电池板,包括太阳能电池板514。存储器设备可被配置为沿着检查飞行模式502和512存储预定义飞行位置540至548以供UAV捕获图像。

[0082] 预定义飞行位置540至548可与太阳能农场520中的一行太阳能电池板(包括太阳能电池板514)对准。当UAV沿着纵向飞行图案502飞行时,随着UAV飞过该行太阳能电池板,UAV可通过预定义飞行位置540至548。当UAV到达预定义飞行位置540至548中的每个预定义飞行位置时,UAV可自动捕获该行中的太阳能电池板的图像。在一些示例中,用户可超控UAV的移动和/或图像捕获。

[0083] 机载处理器116和/或FC系统140可将预定义飞行位置540至548存储为三维:纬度、经度和高度。机载处理器116和/或FC系统140还可将太阳能电池板的位置存储为三维(x,y,z),因为太阳能农场520可不在水平地面上。太阳能农场520的全部或部分太阳能农场可构建在山坡或斜坡上。因此,机载处理器116和/或FC系统140可使UAV 102在该UAV 102飞过太阳能农场520时上升或下降,以便在太阳能电池板上方保持期望的高度。机载处理器116和/或FC系统140可存储预定义飞行位置540至548中的每个预定义飞行位置的高度数据,以在UAV 102在预定义飞行位置540至548中的每个预定义飞行位置处捕获图像时控制UAV 102的竖直位置。

[0084] 机载处理器116和/或FC系统140可通过首先确定太阳能农场520周围的边界530来确定UAV的预定义路线。边界530可形成地理围栏,其中UAV的控制系统防止UAV行进到地理围栏之外。机载处理器116和/或FC系统140可被进一步配置为确定通过边界530内的太阳能农场520的预定义路线。预定义路线可沿循检查飞行模式502和512中的一者。机载处理器116和/或FC系统140还可被配置为确定沿着UAV的预定义路线的预定义飞行位置540至548以捕获太阳能电池板的图像。预定义飞行位置540至548中的一个预定义飞行位置可位于太阳能电池板514附近。然后,机载处理器116和/或FC系统140可被配置为通过有线连接(诸如USB)、存储设备(诸如拇指驱动器或SD卡)和/或无线连接(诸如3G、4G、5G、Wifi或蓝牙)将预定义路线和预定义飞行位置540至548传输到UAV。

[0085] UAV可被配置为手动地、半自动地或全自动地执行检查。对于手动检查,地面上的用户可将UAV引导到图像捕获位置。用户可控制图像的拍摄,或者可对UAV进行编程以在UAV处于合适位置时自动捕获图像。在半自动检查期间,UAV上的处理器可控制飞行路径,但是用户可通过使用遥控器超控UAV的自动控制。在自动检查期间,UAV上的处理器可命令UAV控制沿循飞行路径。自动或半自动检查可基于GNSS导航和/或视觉测距。导航可包括地面上方的某个高度(例如,十米、二十米或三十米),使用来自三维卡尔曼滤波的GNSS信号的地面速度以及/或者罗盘和GNSS航向角度。

[0086] 图5B示出了根据本公开的技术的用于太阳能电池板差异识别和标识的红外相机图像。太阳能电池板514包括被布置为六行和十三列的七十八个区段。该区段中的所有区段具有介于二十五摄氏度和三十摄氏度之间的温度,除了其中一个区段具有四十八摄氏度的温度。该区段的显著较高温度可指示故障。

[0087] 根据故障的严重性和程度,云计算系统106可建议对太阳能电池板514进行修复或维护。云计算系统106可被配置为基于太阳能电池板514的红外图像来确定高温区段中存在故障。云计算系统106可被配置为基于太阳能电池板514的温度和/或颜色或者仅太阳能电池板514的单个区段的温度和/或颜色来确定太阳能电池板514的图像的分值。云计算系统106可被配置为基于一个区段的温度和/或颜色超过阈值温度和/或阈值颜色来确定故障。如果云计算系统106确定太阳能电池板514的温度过高,则云计算系统106可引导UAV返回太阳能电池板514以捕获另一红外图像来确认故障。云计算系统106还可基于由包括太阳能电池板514的一串太阳能电池板产生的电功率量来验证故障的确定。

[0088] 云计算系统106可使用模板匹配和机器学习来基于图像中的温度和/或颜色差异来确定故障。云计算系统106可确定太阳能电池板的平均温度和图像颜色。红外可通过颜色示出温度差异,并且云计算系统106可基于来自所存储的红外图像的模板热图案来确定不规则温度模式。

[0089] 图6是示出了根据本公开的技术的图像捕获角度的图。由位于太阳能电池板正上方的UAV捕获的图像可能由于光反射而不具有太阳能电池板的良好分辨率。类似地,由处于低角度的UAV捕获的图像可能由于光反射而不具有太阳能电池板的良好分辨率。在水平上方四十度至水平上方八十度处捕获的图像可具有良好的分辨率。图6是期望的图像捕获角度的一个示例。在一些示例中,可能期望图像捕获角度在水平上方小于四十度或四十五度,或在水平上方大于八十或八十五度。一般来讲,北半球中的太阳能电池板可定位成从垂直方向朝南成二十至四十度的角度。

[0090] 图7是示出了根据本公开的技术的用于检测太阳能电池板中的故障的示例性操作的流程图。例如,图7的操作可用来检测结构114(图1)和太阳能电池板514(图5A和图5B)中的故障。

[0091] 在图7的示例中,计算系统106可获取由UAV(例如,图1和图2的UAV 102)在第一飞行期间捕获的结构114的第一图像,该结构可以是太阳能电池板(700)。云计算系统106还可获取由UAV在第二飞行期间捕获的结构114的第二图像(702)。结构114可包括太阳能电池板组件的一个或多个元件,包括机械元件、电线、变压器、断路器箱、塔架、地面和附近植被。云计算系统106可以各种方式获取图像。例如,云计算系统106可从本地或远程图像存档诸如图像存档312(图3)检索图像。在一些示例中,云计算系统106可直接从UAV获取图像。图像的

传输可通过有线或无线连接 (诸如SD卡、以太网、USB、Wifi、3G、4G、5G和/或蓝牙) 进行。

[0092] 另外,云计算系统106可基于第一图像来确定结构114的第一分数(704)。例如,云计算系统106可将第一图像的分数确定为等于结构114的最高温度。在一些示例中,云计算系统106可被配置为确定太阳能电池板组件的另一元件 (诸如电线连接) 的分数。云计算系统还可被配置为确定地面侵蚀和植被过度生长的分数。此外,在图7的示例中,云计算系统可基于第二图像来确定结构114的第二分数(706)。该分数可基于结构114的温度和/或颜色或结构114上的任何可见缺陷。此外,云计算系统106可基于在电致发光测试期间由结构114发射的光的强度来确定分数。

[0093] 云计算系统106可基于第一分数和第二分数来确定结构114包括故障(708)。云计算系统106还可输出太阳能电池板包括故障的指示(710)。该指示可包括图形用户界面上的图形图标,其中该图形图标可指示太阳能电池板的位置和状况。云计算系统106还可输出太阳能电池板组件的其他元件中的故障的指示作为图形图标。该图形图标可包括关于哪个元件具有故障的信息,使得工人可找到目标元件。

[0094] 图8是示出了根据本公开的技术的用于比较照片的技术的概念图。在图8的示例中,UAV在各种图像捕获位置处捕获多个图像。该图像捕获位置由(x、y和z)坐标识别。例如,UAV可在单个会话中在位置(1,1,1)、(2,1,1)等处捕获图像(即,拍照),如图8的示例所示。所捕获的图像可包括x方向图像、y方向图像和z方向图像。该x方向图像包括具有相同y和z坐标但具有不同x坐标的图像。该y方向图像包括具有相同x和z坐标但具有不同y坐标的图像。该z方向图像包括具有不同x和y坐标但具有不同z坐标的图像。然后将所捕获的图像存储在数据库中,如标记有加号的圆圈所示。在一些示例中,使用3G、4G、5G、NB-IoT或另一无线技术将所捕获的图像传输到预先确定的云服务器以用于评估。使用这两种存储技术可有助于保证所捕获的图像的安全存储。

[0095] 在图8的示例中,对于每个图像,云计算系统106可从数据库(例如,图像存档312(图3))检索具有与该图像相同坐标的图像,但该图像是在捕获对应于图8的“所拍摄的照片”框的图像的会话时间之前的时间拍摄的。在图8中由包含X标记的圆圈表示检索。例如,对于从具有坐标(2,1,1)的图像捕获位置拍摄的图像,计算系统106可从数据库(其可位于SD卡、云服务器或其他位置上)检索从具有坐标(2,1,1)的图像捕获位置拍摄的历史图像。然后云计算系统106可比较这两个对应图像。如果对应图像之间存在显著差异,则可执行结构的检查过程。否则,直到UAV的下一次飞行才采取进一步的动作来测试结构是否具有故障。该结构的检查过程可以各种方式执行。例如,结构的检查过程可离线、在线或半在线。当检查过程离线时,手动执行红外图像的检查 and 可见光图像的检查。当检查过程在线时,红外图像的检查 and 可见光图像的检查由云计算系统106自动执行。当检查过程半在线时,红外图像的检查 and 可见光图像的检查由云计算系统106自动执行,但是人工核查检查结果并提供用于固定或保持结构的任务的安排。在图8的示例中,云计算系统106可对x方向图像、y方向图像和z方向图像中的每一者执行该过程。

[0096] 云计算系统106可对太阳能农场区执行自动映射集成,以确定一组图像是否可覆盖整个太阳能农场。对于较大的太阳能农场,UAV可能无法在单次飞行任务期间捕获整个太阳能农场的图像。因此,云计算系统106可能需要将多组图像拼接在一起以形成太阳能农场的完整模型。

[0097] 图9示出了根据本公开的技术的用于检测太阳能电池板中的故障的分数决策图。云计算系统106可使用这种图来基于具有超过阈值的分数的可见光图像和红外图像的百分比来确定太阳能电池板是否具有故障。在图9的示例中,UAV可捕获结构的可见光照片(即,标准照片)和结构的红外图像两者。

[0098] 在一些示例中,云计算系统106可基于仅一种类型的图像(例如,可见光图像和红外图像)来确定太阳能电池板是否具有故障。云计算系统106可获取太阳能电池板的一组至少两个图像。然后云计算系统106可基于该组图像来确定太阳能电池板的一组分数。云计算系统106可被配置为通过例如确定每个红外图像中的太阳能电池板的一个或多个温度和/或一个或多个颜色或者确定每个可见光图像中的太阳能电池板上是否存在任何可见差异来为每个图像分配分数。然后,云计算系统106可被配置为确定每个分数是否超过阈值分数,该阈值分数可表示红外图像的温度和/或颜色或者可见光图像中的差异大小(例如,太阳能电池板上的碎屑的尺寸)。云计算系统106可被进一步配置为将超过阈值分数的分数百分比与阈值分数百分比进行比较。如图9所示,可存在多于一个阈值百分比,诸如百分之二、百分之五、百分之十、百分之二十等。如果云计算系统106确定分数百分比超过阈值百分比,则云计算系统106可确定太阳能电池板需要维护(例如,清洁、洗涤)、需要修复(例如,修理太阳能电池板的一部分中的机械缺陷)或需要更换。

[0099] 在一些示例中,云计算系统106可被配置为确定同时捕获的可见光图像和红外图像的单个分数。云计算系统106可被配置为基于在第一时间(例如,在第一天)捕获的太阳能电池板的第一可见光图像和第一红外图像来确定第一分数。云计算系统106可被配置为基于在第二时间捕获的第二可见光图像和第二红外图像来确定第二分数。

[0100] 云计算系统106可比较太阳能电池板的新一批图像中的图像以确定太阳能电池板是否具有故障,如本公开中的其他地方所述。对新一批图像的分析可表明,该新一批图像中的仅一些图像示出了太阳能电池板中的故障(即,图像不符合规格)。如果示出结构移动的图像的百分比足够小,则可能太阳能电池板实际上不具有故障,或者故障可能对太阳能电池板发电几乎没有影响。太阳能电池板中的故障可能并不总是显著到足以改变太阳能农场的发电。本公开的系统可有助于检测太阳能农场中的小故障。另选地,当示出太阳能电池板中的故障的图像的百分比在特定百分比范围内时,太阳能电池板可能很可能需要维护或修复。

[0101] 在图9的示例中,如果图像具有超出可接受范围的分数,则认为该图像“不符合规格”。例如,“不符合规格”的图像可示出太阳能电池板的特性与预期特性的足够大的差异。例如,如果红外图像示出太阳能电池板的一部分的温度和/或颜色超过可接受的温度阈值和/或可接受的颜色阈值,则该红外图像可被视为“不符合规格”。在另一示例中,如果标准可见光图像示出太阳能电池板的裂纹、剥落、翘曲或弯曲、碎屑积聚(例如,粉尘、金属屑、铁屑、鸟粪便)等,则该图像可被视为“不符合规格”。

[0102] 云计算系统106可基于太阳能电池板的“不符合规格”的标准图像的百分比以及太阳能电池板的“不符合规格”的红外照片的百分比来确定太阳能电池板是否处于良好状况、太阳能电池板是否需要维护、太阳能电池板是否需要修复或者太阳能电池板的接地电平是否不符合规格。例如,在图9的示例中,如果太阳能电池板的“不符合规格”的标准图像的数量小于2%并且太阳能电池板的“不符合规格”的红外图像的数量也小于2%,则云计算系统106可确定太

太阳能电池板处于良好状况。类似地,在图9的示例中,如果太阳能电池板的“不合格”的标准图像的数量小于2%而太阳能电池板的“不合格”的红外图像的数量为2%至5%,则云计算系统106可确定太阳能电池板需要维护。在其他示例中,可使用除图9的示例中所示的那些百分比之外的百分比。

[0103] 如果云计算系统106确定太阳能电池板处于良好状况,则云计算系统106可继续监测太阳能电池板的状态,这在本文中称为“追踪”。云计算系统106可被配置为通过保存与太阳能电池板相关联的图像和分数来追踪太阳能电池板的状态,以确定是否指示需要维护、修复或更换太阳能电池板。在一些示例中,云计算系统106可被配置为监测由一串太阳能电池板产生的电功率的量,以确定该串中的太阳能电池板中的任一个太阳能电池板是否具有故障。如果(日度、周度、月度、季度、半年度或年度)发电速率低于预定义比率诸如百分之六十或百分之五十,则云计算系统106可降低该串中太阳能电池板的一个或多个阈值。正常的发电速率可以是例如百分之八十,因此发电速率降低到预定义比率以下可指示该串中某处的故障。

[0104] 一个或多个阈值分数和一个或多个阈值百分比可基于太阳能电池板性能的估计值。例如,少量粉尘可能不会明显地影响太阳能电池板所产生的电能的量。因此,云计算系统106可被配置为将相对较小的权重分配给粉尘斑点并且将相对较大的权重分配给太阳能电池板上的鸟粪,如果没有快速移除,则鸟粪可对太阳能电池板造成损坏。客户能够改变图9所示的百分比,以实现更高的发电效率或更低的维护成本和更短的修复时间。

[0105] 图10是示出了根据本公开的技术的用于故障分类的可见光图像控制算法的流程图。云计算系统106可首先收集图像并使用模板匹配来创建太阳能农场的模型(1000, 1002)。云计算系统106可使用模板匹配来将图像与太阳能电池板匹配。如果图像显示太阳能电池板被碎屑遮挡(1004),则云计算系统106可立即安排清洁。

[0106] 然后云计算系统106可使用拐角检测来确定太阳能电池板中是否存在大裂缝(1006, 1008)。在太阳能电池板的拐角处可能更有可能出现大裂缝。拐角检测算法可将太阳能电池板的拐角或另一结构定义为具有低自相似性的点。通过考虑以像素为中心的贴片与附近的大部分重叠贴片的类似程度,对图像中的每个像素进行算法测试以查看是否存在裂缝拐角。因此,可利用来自图像的模板匹配方法来实现太阳能电池板上的细小问题、小问题和大问题。

[0107] 上述四组检查状态(良好、清洁、维护、更换)的任务将通过使用手动或自动过程和规程而被分配给各个太阳能电池板工人。太阳能电池板站监管人员或管理人员可充当管理器系统的第一级,以便为各个工人日常任务提供任务分配。高级管理人员可使用web门户技术监测整个维护和修复任务。整个工作过程可基于基于web的系统。用户可经由软件应用程序访问关于太阳能电池板的信息,以使得用户可在移动设备上在线观察到整个太阳能电池板维护和修复状态。该系统还可包括容易地生成月度、季度、半年度和年度状态报告的能力。

[0108] 图11是示出了根据本公开的技术的用于故障分类的红外图像控制算法的流程图。该系统将基于红外图像中所识别的温差和色差给出建议。例如,如果整个太阳能电池板模块比可指示互连问题的常见模块更暖。如果单个电池或一串电池显示为热点或更暖的“贴片图案”,则原因可能是旁路二极管有缺陷、内部短路或电池失配。电池中的阴影和裂缝可

在热图像中显示为热点或多边形贴片。电池或电池的一部分的温度上升指示电池有缺陷或存在阴影。

[0109] 基于红外图像中的温度和/或颜色的故障识别可包括阈值逻辑。例如,如果所测量的电池板温度超过预定义值二十摄氏度,则云计算系统106可确定电池板过热并生成通知用户更换该电池板的消息。如果所测量的温度与预定义阈值相差五摄氏度,则云计算系统106可确定电池板处于良好或正常状况,并且不需要维护。如果所测量的温度超过预定义阈值十摄氏度,则云计算系统106可将电池板分配给技术人员进行进一步检查。技术人员可离线作出维护决策。可存在四个状态:修复、维护、故障估计百分比和追踪。云计算系统106可将小裂缝分配给维护和追踪状态类别。

[0110] 一种检测太阳能电池板的方法包括用于详细诊断目的的电致发光测试。太阳能电池板电致发光测试依赖于与测试发光二极管(LED)相同的原理。为了使太阳能农场执行电致发光测试,可首先将低功率反馈开关设计安装在太阳能电池板站中。该开关将被设计成允许单个太阳能电池板区打开或关闭以用于电致发光测试。在该电致发光测试期间,太阳能电池板从发电转移至消耗电能。由于这种反向设计,太阳能电池板充当LED并且发射可利用可见光图像进行检测的光。

[0111] 通过特殊的电致发光相机使用太阳能电池板上的亮度和暗度,云计算系统106可确定太阳能电池板的质量状态。在电致发光测试中,太阳能电池板的峰值亮度可以是高斯分布图形式的大约一百毫微安的电流,但各个太阳能电池板制造商可具有不同的设计方法和电流水平。因此,太阳能农场中的电致发光测试的期望电流可以是五百毫安、一安、二安或四安。电压可以是十二、二十四或四十八伏直流电。

[0112] 用高达 6000×4000 像素的较高分辨率相机进行电致发光测试可能效果最好,但低分辨率红外相机也可用于电致发光测试。因此,如果测试使用具有低功率注入的各个太阳能电池板的较大视点,则具有 640×480 像素的标准红外相机可用于热电致发光检查。对于电致发光测试而言,夜间检查,尤其是在没有月光的情况下,是最好的。电致发光测试是良好的太阳能电池板故障检测方法,以检测故障诸如太阳能电池板的裂缝和故障部分。当太阳能电池已老化时,电致发光测试对于光伏模块在太阳能转换方面变得更有效而言可能是良好的方式。电致发光测试可检测结构缺陷、晶格质量和总体封装物质量。

[0113] 当在一组太阳能电池板中感应出反馈电流时,太阳能电池板将产生电致发光(即,光)。太阳能电池板的电致发光将导致这些结果之一:标准发射实现无故障;近红外(NIR)中的弱发射以检测分流;结晶缺陷;以及在电池制造过程中可能已发生的断裂指状电极。

[0114] 环境亮度将干扰电致发光测试,因此可能期望在几乎没有或没有月光的情况下进行夜间的电致发光测试。也可能期望在无雨或低湿度条件下进行电致发光测试。电力储存系统可提供电流以将太阳能电池板驱动到电致发光模式。太阳能电池基本上为大型二极管,并且载流子的辐射复合引起光发射。使用红外相机可捕获太阳能电池板状态。云计算系统106可使用红外图像来确定由于老化或制造误差而导致的各个太阳能电池板故障和/或缺陷。云计算系统106可使用软件模板匹配技术来向用户自动提供正确的修复或维护建议。

[0115] 作为间接带隙半导体,硅中的大部分复合经由缺陷或俄歇复合而发生。产生辐射发射的带间复合的量可相对较低。然而,即使在硅中也可发生少量的辐射复合,并且可使用外部检测器来感测该信号。该技术需要电接触,因此只有在施加金属化并且电池基本上完

成后才能使用。电致发光测试可提供关于太阳能电池和模块的面积相关均匀度的大量数据。

[0116] 如果太阳能电池板电站具有用于电致发光测试的电源反馈开关设备,则云计算系统106可使用标准UAV飞行计划和热相机触发/扫描系统。云计算系统106还可使用整个太阳能场和三维映射技术来执行电致发光测试。为了将每片数据完全集成在一起,可用特殊按钮将太阳能电池板电致发光测试设定在无线电控制器中和/或接地控制站上。一旦该太阳能电池板站电致发光按钮被接通,云计算系统106就可利用UAV飞行计划自动执行电致发光测试,并且可启动相机触发功能。可设计单独测试步骤的间隙清单,使得云计算系统106可自动完成整个测试。基于电致发光测试,云计算系统106可确定内部故障、结构故障、使用故障和/或制造缺陷故障。

[0117] 云计算系统106可被配置为通过至少确定由第一图像中的太阳能电池板在第一电致发光测试期间发射的光强度来确定太阳能电池板的分数。低光强度可指示故障诸如裂缝、断开的电连接或另一故障。云计算系统106可基于较低光强度来分配较高分数以指示可能的故障。然后,云计算系统106可被配置为通过至少确定第二图像中的太阳能电池板在第二电致发光测试期间发出的第二光强度来确定太阳能电池板的第二分数。第二电致发光测试可在与第一电致发光测试进行的不同的日期进行。电致发光测试可在夜间在具有较少月光的时间(例如,多云的夜晚和/或新月期)期间发生。

[0118] 图12是示出了根据本公开的技术的用于故障检测的映射和组合可见光和红外图像的流程图。在红外图像上,可使用两种比较算法。第一算法基于红外图像光增强和密度。第二算法基于红外图像温度。在第一算法中,云计算系统106确定太阳能电池板的每个图像的颜色范围(1200)。然后,云计算系统106可被配置为应用自学过程或机器学习算法来检测太阳能电池板的两个或更多个图像上的太阳能电池板故障(1202)。云计算系统106可基于指示温度差异的颜色来确定故障(1204)。云计算系统106可分析红外图像中的温度和/或颜色以确定太阳能电池板的状况。

[0119] 在第二算法中,红外图像相机将基于红外图像来生成两种数据:位置数据和各个分布式温度(1206)。由于红外图像温度是分布的,因此可计算各个太阳能电池板的平均温度(1208)。然后,云计算系统106可自动计算整个太阳能电池板农场的温度,其中外部天气温度用作单个太阳能电池板组的正常温度。云计算系统106可使用太阳能电池板中的所有太阳能电池板的平均温度和正常温度作为识别不规则温度的基础。

[0120] 如果太阳能电池板的部件比其他部件更热,则温热区域将在红外图像中清晰地显示(1210)。根据形状和位置,热点和区域可指示若干不同的故障。云计算系统106可使用算法来提供状况诊断,以确定太阳能电池板的温度是正常的还是异常的。云计算系统106可被配置为向用户提供所识别的“异常”太阳能电池板是否需要进一步筛选或维护的指示。云计算系统106可对两种算法的结果求和,并将故障位置发布到云网络以分配给用户。云计算系统106可通过向用户呈现图形用户界面来使移动设备向用户呈现故障位置的指示(1212)。图形用户界面可包括用于整个太阳能农场的网格线,其中每个图像位置定位在网格线上(1214)。

[0121] 云计算系统106可基于所识别的温度差值给出建议。例如,如果整个模块比通常更暖,则这种状况可能指示模块的互连问题。如果云计算系统106确定各个电池或电池串具有

热点或更暖的“贴片图案”，则原因可能是旁路二极管有缺陷、内部短路或电池失配。云计算系统106可基于热图像中的热点或多边形贴片来确定太阳能电池板在电池中具有阴影和裂缝。电池或电池的一部分的温度上升可指示电池有缺陷或存在阴影。

[0122] 基于温度的故障识别可基于阈值逻辑。例如，如果所测量的电池板温度超过预定义值二十摄氏度，则云计算系统106可确定电池板为过热电池板并生成通知用户更换该电池板的消息。如果所测量的温度与预定义阈值相差五摄氏度，则云计算系统106可将电池板分类为正常电池板并且不建议维护。如果所测量的温度超过预定义阈值十摄氏度，则云计算系统106可建议由能够决定适当类型的离线维护的技术人员对太阳能电池板进行进一步检查。

[0123] 图13是示出了根据本公开的技术的用于修复、维护和追踪的任务管理的流程图。云计算系统106可被配置为基于分配给图像的分数来确定太阳能电池板是否应具有修复(1300)或维护(1308) (参见例如图9)。如果云计算系统106确定太阳能电池板需要修复，则云计算系统106可被配置为通过分析电致发光视觉或电致发光测试来进行双重核查(1302)。如果云计算系统106验证需要修复(1304)，则云计算系统106将会将太阳能电池板移动到修复列表(1306)。因此，由于损坏、超过阈值分数和/或内部断连，太阳能电池板将保持在修复组中。

[0124] 如果云计算系统106确定不需要修复，则云计算系统106可被配置为将太阳能电池板移动到维护列表(1308)，并且基于红外图像来计算太阳能电池板的平均正常温度(1310)。图5B示出了太阳能电池板的一部分上的温度差异的示例。如果云计算系统106验证维护标准(1312)，则云计算系统106可将太阳能电池板移动到追踪列表以用于进一步监测。验证维护标准可包括核查太阳能电池板以确定是否需要维护。例如，用户可查看图像以确定可见缺陷是叶片还是可能不再在太阳能电池板上的另一物体。如果用户确定可见缺陷是粘附到太阳能电池板上的物体诸如鸟粪或泥点，则用户可标记太阳能电池板以进行清洁。

[0125] 用于确定是否将太阳能电池板放置在追踪列表中的因素包括太阳能电池板中的部分太阳能电池板受损的百分比、太阳能电池板将降低太阳能电池板的整个区域的性能的可能性、以及太阳能电池板发生火灾、冒烟、突发事件或爆炸的可能性。如果云计算系统106未验证维护标准，则云计算系统106可将太阳能电池板保持在维护组中(1316)并且移动到下一个修复项目(1318)。然后云计算系统106可继续考虑下一个飞行重点项目(例如，后续太阳能电池板)。

[0126] 图14是示出了根据本公开的技术的用于二维/三维映射技术的验证控制算法的流程图。云计算系统106可基于起始点的三维坐标(1400,1402,1404)使UAV飞往太阳能农场中的起始点。云计算系统106还可使UAV以预定义扫描速度并在太阳能农场中的预定义飞行位置处捕获图像(1406)。该UAV可将图像存储到SD卡并且/或者将图像数据无线传输到云计算系统106(1408)。如果云计算系统106确定所捕获的图像不覆盖期望的扫描区域，则云计算系统106可使UAV重复飞行计划以捕获缺失图像(1410,1412)。否则，云计算系统106可将指示每个图像的位置的图像和网格线存储到云网络(1414)。

[0127] 图15是示出了根据本公开的技术的用于电子修复的规程的流程图。太阳能农场可包括监测太阳能农场的总发电的中央控制处理站。该控制站可监测和管理的太阳能农场的最小件可限于一组断路器部分或小型变压器部分。该控制站可考虑环境条件，诸如一年中

的时间、一天中的时间、云量、降水量以及可影响所生成的功率量的其他条件。此外,各个太阳能电池板状态诸如受影响的太阳能电池板的百分比也可包括在分析流程图内。

[0128] 可存在四组太阳能电池板:建议修复、建议维护、受影响区域的百分比、历史追踪数据。在一些示例中,云计算系统106可将四个组压缩成两个组:建议的修复和建议的维护。云计算系统106可将建议维护的组、受影响区域的百分比的组和历史追踪数据的组再次移动到维护核查组中。

[0129] 云计算系统106可将修复列表发送到站管理人员,该管理人员可将任务分配给现场工人(1500)。修复工人还可使用移动设备诸如智能电话或平板电脑来了解每个太阳能电池板的位置,识别需要修复哪个太阳能电池板,并且确保受损太阳能电池板具有由云计算系统106基于来自UAV检查的图像来确定的状况。每个现场工人可经由移动设备接收修复列表(1502)。

[0130] 云计算系统106可被配置为通过使计算设备向站管理人员显示太阳能电池板的位置和状况来生成并输出指示太阳能电池板具有故障的警报。云计算系统106还可被配置为使移动设备向现场工人显示位置和状况,使得现场工人可找到太阳能电池板。根据太阳能电池板的状况,现场工人可从仓库获取更换太阳能电池板和/或修复工具(1504)。移动设备还可向现场工人呈现修复规程和修复执行表或清单。

[0131] 为了执行修复,移动设备可将太阳能电池板的位置呈现给现场工人以帮助该现场工人识别太阳能电池板(1506)。现场工人可验证云计算系统106准确地确定太阳能电池板的状况。移动设备还可被配置为向现场工人呈现检查规程和签字表(1508)。移动设备还可向现场工人呈现检查工具列表。在修复和检查完成之后,移动设备可将现场工人引导至下一个修复任务(1510)。

[0132] 在准备、修复和检查过程期间,云计算系统106可被配置为向用户呈现图形用户界面。图形用户界面可包括太阳能农场的映射图和指示太阳能电池板在太阳能农场中的位置的图形图标。该图形图标在图形用户界面上的位置可帮助用户(例如,现场工人)定位太阳能农场内的太阳能电池板。云计算系统106可响应于确定太阳能电池板存在故障而呈现太阳能电池板的图形图标。这样,图形用户界面可仅示出具有故障的太阳能电池板以减少图形用户界面上的杂乱。在一些示例中,图形用户界面可包括允许用户访问太阳能电池板(包括无故障的太阳能电池板)的细节的功能。

[0133] 云计算系统106可被配置为经由移动设备呈现图形用户界面,该移动设备可远离云计算系统106。云计算系统106和移动设备可经由云网络诸如虚拟专用网络进行通信。云网络可连接移动设备、台式设备和服务器计算机。太阳能农场中的所有参与方诸如管理人员、工人、股东等可访问云网络。用于将图像自动保存在web服务器上的云技术不限于本地或全局互联网云。云技术可以是受用户识别和密码保护的私有和/或公共云。云网络可生成软件应用程序以供移动设备向用户呈现太阳能电池板故障的映射图和指示。

[0134] 云计算系统106可被配置为接收来自第一用户诸如管理人员的用户输入。该用户输入可指示管理人员正将太阳能电池板分配给第二用户诸如现场工人。响应于接收到该用户输入,云计算系统106可被配置为将太阳能电池板与该第二用户相关联。然后,云计算系统106可被配置为确定移动设备与第二用户相关联,并且响应于确定移动设备与第二用户相关联而经由该移动设备呈现图形用户界面。如果移动设备是第二用户的公司分配的智能

电话或平板电脑,则移动设备可与第二用户相关联。

[0135] 云计算系统106还可被配置为确定用于确定太阳能电池板包括故障的置信度度量。置信度度量可指示太阳能电池板受损的严重性。在一些示例中,图形图标的颜色或尺寸可指示太阳能电池板的问题的严重性。例如,红色图形图标可指示更严重或更紧急的问题,并且绿色图形图标可指示不太严重或不太紧急的问题。

[0136] 云应用程序可包括以下功能。首先,云应用程序可包括UAV的自动飞行计划和用于触发相机捕获图像的预定义飞行位置。云应用程序可经由无线传输自动接收来自UAV的图像,并生成具有图像的太阳能农场的映射模型。然后云应用程序可自动分析图像以检测太阳能电池板的故障。云应用程序可将每个故障分类到组或类别(良好、维护或修复)中并将维护和修复任务分配给用户。云应用程序还可生成包括用户的相关数据的报告。云计算系统可链接到发电监测计算系统以进行电力高效核查。

[0137] 图16是示出了根据本公开的技术的用于形成整个太阳能农场的模型的软件算法的流程图。太阳能农场的模型可基于在一个或多个UAV飞行上捕获的一组或多组图像。太阳能农场可包括若干区,其中每个区可包括太阳能电池板、塔架、变压器、逆变器、断路器箱和/或电线。例如,在区1和区2之间,太阳能农场可包括塔架和电线。在映射区1和映射区2一起形成连接时,云计算系统106可包括每个区的映射图以及塔架和导线的映射图。云计算系统106可存储太阳能农场的映射图并且使用该映射图来生成太阳能农场的二维或三维模型。该模型可允许用户放大或缩小特定太阳能电池板进行以查看整个太阳能农场或太阳能电池板组。

[0138] 云计算系统106可被配置为构建太阳能农场的模型并且基于该模型来确定第一图像示出太阳能农场内的特定太阳能电池板。云计算系统106可响应于确定第一图像示出太阳能电池板而将该第一图像与该太阳能电池板相关联。第一图像与太阳能电池板之间的关联可以是在用户搜索太阳能电池板时使第一图像显示出来的软件对象。云计算系统106可接收第二图像并且基于该模型来确定第二图像示出太阳能电池板。云计算系统106可响应于确定第二图像示出太阳能电池板而将该第二图像与该太阳能电池板相关联。

[0139] 图17示出了根据本公开的技术的故障检测和识别过程。图17示出了太阳能电池板的三个组:良好状况、维护和修复。对于需要维护和修复的太阳能电池板,云计算系统106可被配置为通过将该太阳能电池板分配给现场工人并且提醒工人该太阳能电池板的位置和状况来布置维护或修复。云计算系统106可追踪太阳能电池板的状况以评估故障进程(例如,维护是否解决了故障)。追踪可包括评估太阳能电池板的未来图像的分数,以确定状况是否已改善。对于已修复过的太阳能电池板,云计算系统106可将该太阳能电池板保持在修理列表上,直到云计算系统106确定新图像显示故障已被清除(例如,太阳能电池板处于良好状况)。

[0140] 图18示出了根据本公开的一些示例的图形用户界面1800,该图形用户界面包括指示具有故障的太阳能电池板的图形图标1820和1830。图形用户界面1800包括具有多行太阳能电池板1810至1813的太阳能农场的映射图。云计算系统106可向用户呈现图形用户界面1800,或者可使移动设备向用户呈现图形用户界面1800。图形图标1820和1830表示具有故障的太阳能电池板。

[0141] 用户可通过提供用户输入来与图形用户界面1800进行交互。例如,用户可选择图

形图标1820或图形图标1830来访问关于太阳能电池板和故障的信息,包括太阳能电池板的图像。用户可放大或缩小太阳能农场的视图,或者用户可在不改变视图的情况下横向移动该视图。随着用户放大,图形用户界面1800可呈现每个太阳能电池板(包括不具有故障的太阳能电池板)的图形图标。图形用户界面1800可基于指示用户已选择与特定太阳能电池板相关联的图形图标的用户输入来呈现特定太阳能电池板(甚至是无故障的太阳能电池板)的信息。图形用户界面1800中所示的太阳能农场的视图可以是整个太阳能农场或该太阳能农场的仅一小部分。

[0142] 在一个或多个示例中,所描述的功能可以通过硬件、软件、固件或其任何组合来实现。如果以软件实施,则可将功能作为一个或多个指令或代码存储在计算机可读介质上或经由计算机可读介质传输,并且由基于硬件的处理单元执行。计算机可读介质可包括对应于有形介质诸如数据存储介质的计算机可读存储介质,或者包括例如根据通信协议促进计算机程序从一个地方传输到另一个地方的任何介质的通信介质。这样,计算机可读介质通常可对应于:(1) 非暂态的有形计算机可读存储介质,或者(2) 通信介质诸如信号或载波。数据存储介质可以是可由一个或多个计算机或一个或多个处理器访问以检索用于实现本公开中描述的技术的指令、代码和/或数据结构的任何可用介质。计算机程序产品可以包括计算机可读介质。

[0143] 以举例而非限制的方式,此类计算机可读存储介质可包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其他光盘存储设备、磁盘存储设备或其他磁存储设备、闪存,或者可用于存储指令或数据结构形式的所需程序代码并且可由计算机访问的任何其他介质。而且,任何连接都被适当地称为计算机可读介质。例如,如果使用同轴电缆、光纤电缆、双绞线、数字用户线路(DSL)或无线技术诸如红外线、无线电和微波从网站、服务器或其他远程源传输指令,则同轴电缆、光纤电缆、双绞线、DSL或无线技术诸如红外线、无线电和微波都包含在介质的定义中。然而,应该理解,计算机可读存储介质和数据存储介质不包括连接、载波、信号或其他暂态介质,而是针对非暂态有形存储介质。如本文所用,磁盘和光盘包括压缩光盘(CD)、激光盘、光学光盘、数字通用光盘(DVD)、软磁盘及Blu-ray光盘,其中磁盘通常以磁性方式复制数据,而光盘则利用激光以光学方式复制数据。上述的组合也应该包括在计算机可读介质的范围内。

[0144] 可以由一个或多个处理器诸如一个或多个DSP、通用微处理器、ASIC、FPGA或其他等效集成或离散逻辑电路执行指令。因此,如本文所使用的术语“处理器”可以指任何前述结构或适用于实施本文所描述的技术的任何其他结构。此外,在一些方面中,可以在被配置用于编码和解码的专用硬件和/或软件模块内提供本文描述的功能,或者将其结合到组合编解码器中。而且,这些技术可以完全在一个或多个电路或逻辑元件中实现。

[0145] 本公开的技术可以在各种设备或装置包括无线手机、集成电路(IC)或一组IC(例如,芯片组)中实现。在本公开中描述了各种部件、模块或单元,以强调被配置为执行所公开的技术的设备的功能方面,但是不一定需要通过不同的硬件单元来实现。相反,如上所述,各种单元可组合在编解码硬件单元中或者由结合合适的软件和/或固件的互操作硬件单元(包括如上所述的一个或多个处理器)的集合提供。

[0146] 实施例1。一种用于检测太阳能农场中的太阳能电池板中的故障的方法,所述方法包括由计算系统获取由UAV在第一飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第一图像以及由所

述UAV在第二飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第二图像。所述方法还包括由所述计算系统基于所述第一图像来确定所述太阳能电池板的第一分数,并且基于所述第二图像来确定所述太阳能电池板的第二分数。所述方法还包括由所述计算系统基于所述第一分数和所述第二分数来确定所述太阳能电池板包括故障。所述方法包括响应于确定所述太阳能电池板包括所述故障而由所述计算系统输出所述太阳能电池板包括所述故障的指示。

[0147] 实施例2。根据实施例1所述的方法,还包括由所述计算系统获取所述太阳能电池板的一组图像,所述一组图像包括由所述UAV在包括所述第一飞行和所述第二飞行的一组飞行期间捕获的所述第一图像和所述第二图像。所述方法还包括由所述计算系统通过至少基于所述一组图像中的每个相应图像来确定所述太阳能电池板的相应分数而基于所述一组图像来确定所述太阳能电池板的一组分数。所述方法包括由所述计算系统确定所述一组分数中的至少阈值分数百分比小于阈值分数,其中确定所述太阳能电池板包括所述故障进一步基于确定所述一组分数中的至少所述阈值分数百分比小于所述阈值分数。

[0148] 实施例3。根据实施例1至2或它们的任何组合所述的方法,其中所述第一图像为所述太阳能电池板的第一可见光图像,并且所述第二图像为所述太阳能电池板的第二可见光图像。所述方法还包括由所述计算系统获取由所述UAV在所述第一飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第一红外图像。所述方法还包括由所述计算系统获取由所述UAV在所述第二飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第二红外图像。确定所述太阳能电池板的所述第一分数进一步基于所述第一红外图像,并且确定所述太阳能电池板的所述第二分数进一步基于所述第二红外图像。

[0149] 实施例4。根据实施例1至3或它们的任何组合所述的方法,其中基于所述第一红外图像来确定所述太阳能电池板的所述第一分数包括基于所述第一红外图像中的所述太阳能电池板的温度来确定所述太阳能电池板的所述第一分数。此外,基于所述第二红外图像来确定所述太阳能电池板的所述第二分数包括基于所述第二红外图像中的所述太阳能电池板的温度来确定所述太阳能电池板的所述第二分数。所述太阳能电池板的颜色可作为所述太阳能电池板的温度的补充或替代来使用。

[0150] 实施例5。根据实施例1至4或它们的任何组合所述的方法,其中确定所述太阳能电池板的所述第一分数包括确定由所述第一图像中的所述太阳能电池板在第一电致发光测试期间发射的第一光强度。此外,确定所述太阳能电池板的所述第二分数包括确定由所述第二图像中的所述太阳能电池板在第二电致发光测试期间发射的第二光强度。

[0151] 实施例6。根据实施例1至5或它们的任何组合所述的方法,还包括经由移动设备呈现包括所述太阳能农场的映射图的图形用户界面。

[0152] 实施例7。根据实施例1至6或它们的任何组合所述的方法,其中输出所述太阳能电池板包括所述故障的所述指示包括响应于确定所述太阳能电池板包括所述故障而经由所述移动设备在所述图形用户界面上呈现太阳能电池板的图形图标。

[0153] 实施例8。根据实施例1至7或它们的任何组合所述的方法,还包括由所述计算系统接收来自第一用户的用户输入,并且响应于接收到所述用户输入而由所述计算系统将所述太阳能电池板与第二用户相关联。所述方法还包括由所述计算系统确定所述移动设备与所述第二用户相关联。所述方法还包括响应于确定所述太阳能电池板包括所述故障并且响应于确定所述移动设备与所述第二用户相关联而经由所述移动设备呈现包括所述图形图标

的所述图形用户界面。

[0154] 实施例9。根据实施例1至8或它们的任何组合所述的方法,还包括确定用于确定所述太阳能电池板包括所述故障的置信度量,其中呈现所述图形图标包括基于所述置信度量经由所述移动设备来在所述图形用户界面上呈现所述太阳能电池板的所述图形图标。

[0155] 实施例10。根据实施例1至9或它们的任何组合所述的方法,其中所述故障为第一故障,所述方法还包括由所述计算系统并基于所述第一图像来确定包括所述太阳能电池板的太阳能电池板组件的元件的第三分数,其中所述元件不是太阳能电池板。所述方法还包括由所述计算系统并基于所述第二图像来确定所述元件的第四分数,并且由所述计算系统基于所述第三分数和所述第四分数来确定所述元件包括第二故障。所述方法包括响应于确定所述元件包括所述故障而由所述计算系统输出所述元件包括所述第二故障的指示。

[0156] 实施例11。根据实施例1至10或它们的任何组合所述的方法,还包括构建所述太阳能农场的模型并且基于所述太阳能农场的所述模型来确定所述第一图像示出所述太阳能电池板。所述方法还包括响应于确定所述第一图像示出所述太阳能电池板而将所述第一图像与所述太阳能电池板相关联。所述方法还包括基于所述太阳能农场的所述模型来确定所述第二图像示出所述太阳能电池板。所述方法包括响应于确定所述第二图像示出所述太阳能电池板而将所述第二图像与所述太阳能电池板相关联。

[0157] 实施例12。一种包括存储器的计算系统,该存储器被配置为存储由UAV在第一飞行期间捕获的太阳能电池板的第一图像,并且存储由UAV在第二飞行期间捕获的太阳能电池板的第二图像。所述计算系统还包括一个或多个处理电路,所述一个或多个处理电路被配置为基于所述第一图像来确定所述太阳能电池板的第一分数,并且基于所述第一图像确定所述太阳能电池板的第二分数。所述一个或多个处理电路还被配置为基于所述第一分数和所述第二分数来确定所述太阳能电池板是否包括故障。所述一个或多个处理电路被进一步配置为响应于确定所述太阳能电池板包括所述故障而输出所述太阳能电池板包括所述故障的指示。

[0158] 实施例13。根据实施例12所述的计算系统,其中所述存储器设备被配置为存储所述太阳能电池板的一组图像,所述一组图像包括由所述UAV在包括所述第一飞行和所述第二飞行的一组飞行期间捕获的所述第一图像和所述第二图像。所述处理电路被进一步配置为通过至少基于所述一组图像中的每个相应图像来确定所述太阳能电池板的相应分数而基于所述一组图像来确定所述太阳能电池板的一组分数。所述处理电路还被配置为确定所述一组分数中的至少阈值分数百分比小于阈值分数。所述处理电路被配置为进一步基于确定所述一组分数中的至少所述阈值分数百分比小于所述阈值分数来确定所述太阳能电池板包括所述故障。

[0159] 实施例14。根据实施例12至13或它们的任何组合所述的计算系统,其中所述第一图像为所述太阳能电池板的第一可见光图像,并且所述第二图像为所述太阳能电池板的第二可见光图像。所述存储器设备被进一步配置为存储由所述UAV在所述第一飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第一红外图像,并且存储由所述UAV在所述第二飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第二红外图像。所述处理电路被配置为进一步基于所述第一红外图像中的所述太阳能电池板的温度来确定所述太阳能电池板的所述第一分数。此外,所述处理电路被配置为进一步基于所述第二红外图像中的所述太阳能电池板的温度来确定所述太阳

能电池板的所述第二分数。

[0160] 实施例15。根据实施例12至14或它们的任何组合所述的计算系统,其中所述处理电路被配置为通过至少确定由所述第一图像中的所述太阳能电池板在第一电致发光测试期间发射的第一光强度来确定所述太阳能电池板的所述第一分数。所述处理电路被配置为通过至少确定由所述第二图像中的所述太阳能电池板在第二电致发光测试期间发射的第二光强度来确定所述太阳能电池板的所述第二分数。

[0161] 实施例16。根据实施例12至15或它们的任何组合所述的计算系统,其中所述处理电路被进一步配置为经由移动设备呈现包括所述太阳能农场的映射图的图形用户界面。所述处理电路被配置为通过以下方式输出所述太阳能电池板包括所述故障的所述指示:响应于确定所述太阳能电池板包括所述故障而至少经由所述移动设备在所述图形用户界面上呈现所述太阳能电池板的图形图标。

[0162] 实施例17。根据实施例12至16或它们的任何组合所述的计算系统,其中所述处理电路被进一步配置为接收来自第一用户的用户输入,并且响应于接收到所述用户输入而将所述太阳能电池板与第二用户相关联。所述处理电路还被配置为确定所述移动设备与所述第二用户相关联,并且响应于确定所述太阳能电池板包括所述故障并且响应于确定所述移动设备与所述第二用户相关联而经由所述移动设备呈现包括所述图形图标的所述图形用户界面。

[0163] 实施例18。根据实施例12至17或它们的任何组合所述的计算系统,还包括确定用于确定所述太阳能电池板包括所述故障的置信度度量,其中呈现所述图形图标包括基于所述置信度度量经由所述移动设备来在所述图形用户界面上呈现所述太阳能电池板的所述图形图标。

[0164] 实施例19。根据实施例12至18或它们的任何组合所述的计算系统,其中所述处理电路被进一步配置为构建所述太阳能农场的模型并且基于所述太阳能农场的所述模型来确定所述第一图像示出所述太阳能电池板。所述处理电路还被配置为响应于基于所述太阳能农场的所述模型来确定所述第一图像示出所述太阳能电池板而关联所述第一图像。所述处理电路被进一步配置为基于所述太阳能农场的所述模型来确定所述第二图像示出所述太阳能电池板,并且响应于基于所述太阳能农场的所述模型来确定所述第二图像示出所述太阳能电池板而关联所述第二图像。

[0165] 实施例20。一种其上存储有指令的非暂态计算机可读存储介质,所述指令在被执行时使计算系统获取由UAV在第一飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第一图像以及由所述UAV在第二飞行期间捕获的所述太阳能电池板的第二图像。所述指令在被执行时还使计算系统基于所述第一图像来确定所述太阳能电池板的第一分数,并且基于所述第一图像来确定所述太阳能电池板的第二分数。所述指令在被执行时还使计算系统基于所述第一分数和所述第二分数来确定所述太阳能电池板是否包括故障。所述指令在被执行时使计算系统响应于确定所述太阳能电池板包括所述故障而输出所述太阳能电池板包括所述故障的指示。

[0166] 已经描述了各种实施例。这些实施例和其他实施例在以下权利要求的范围内。

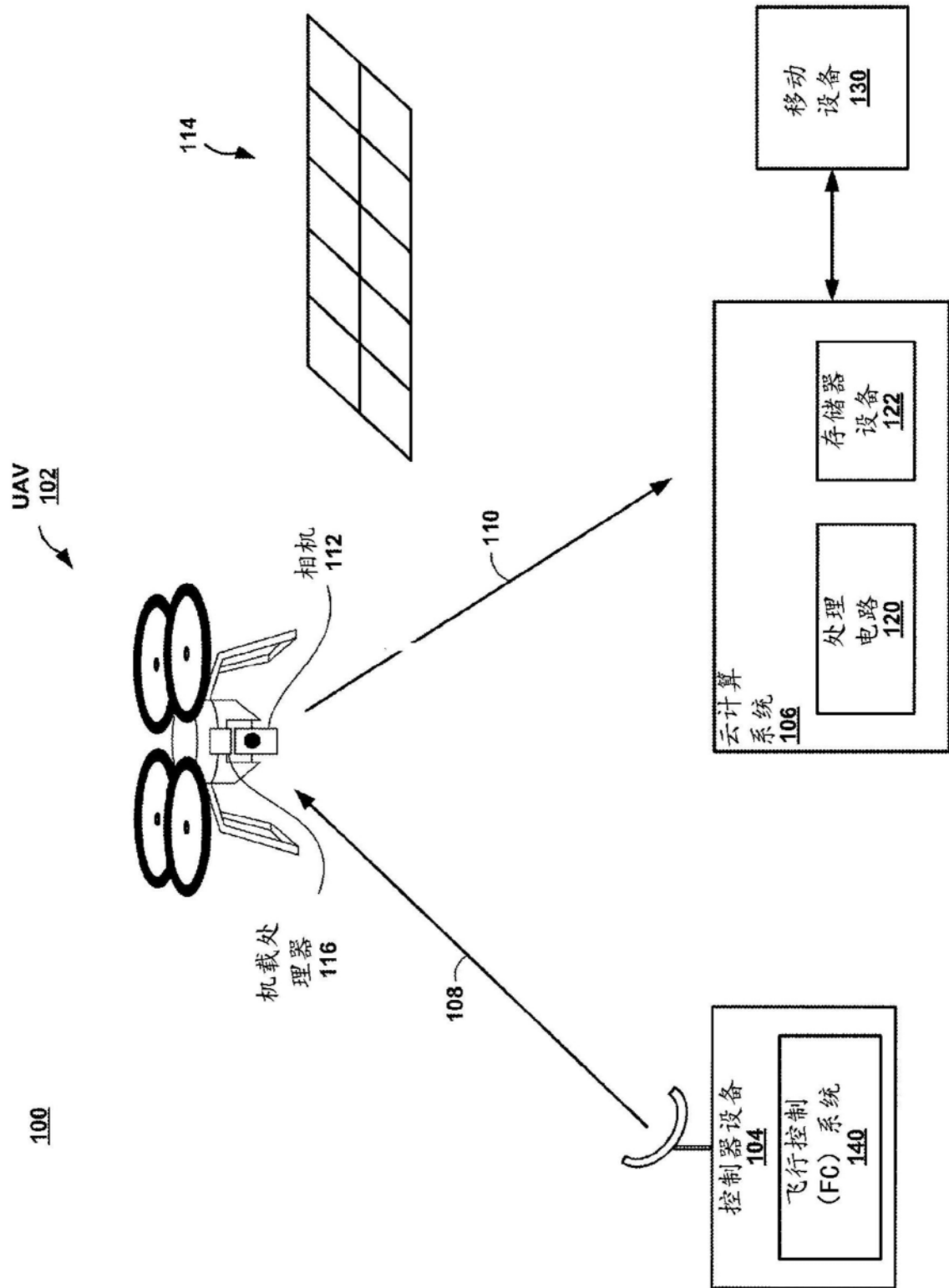


图1

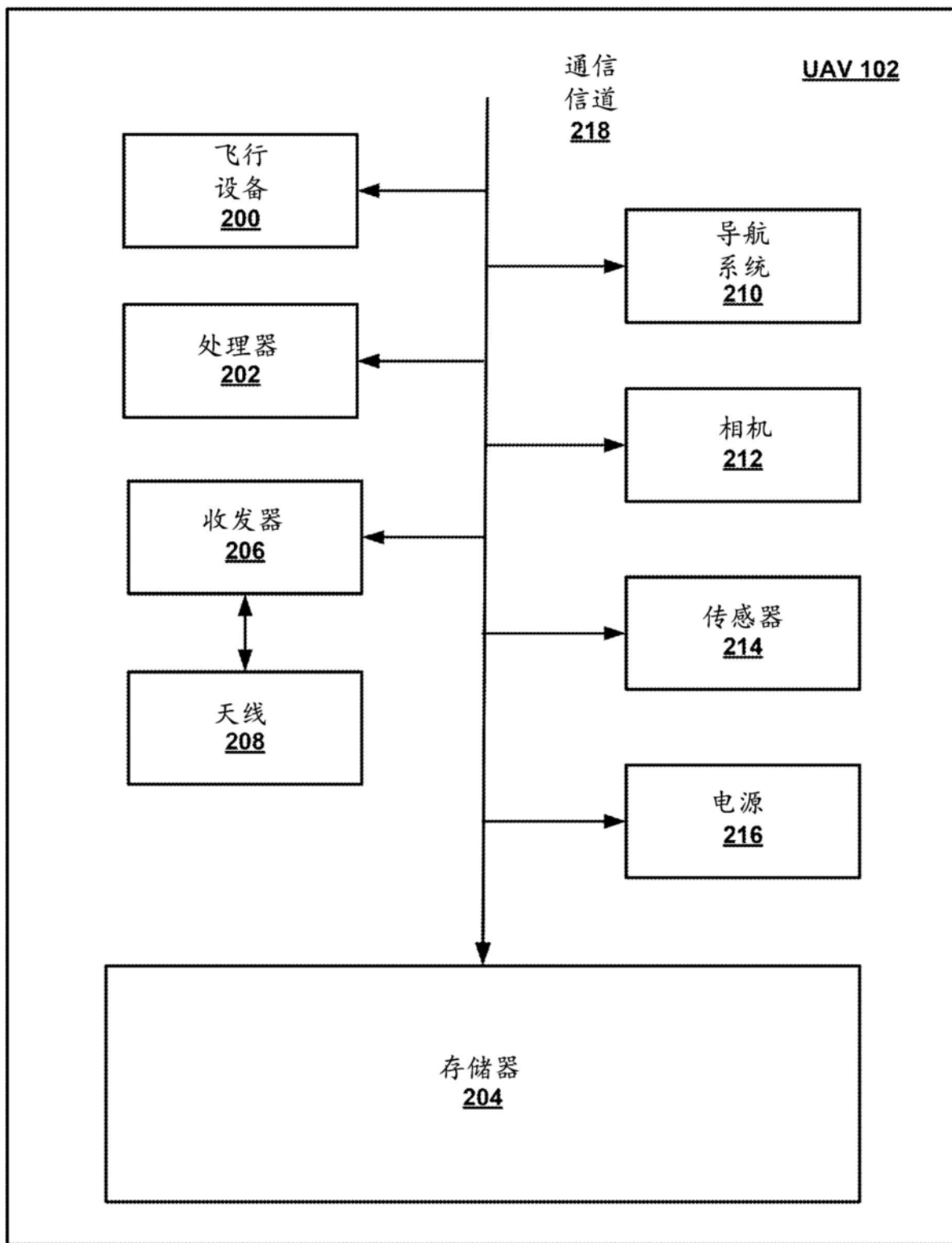


图2

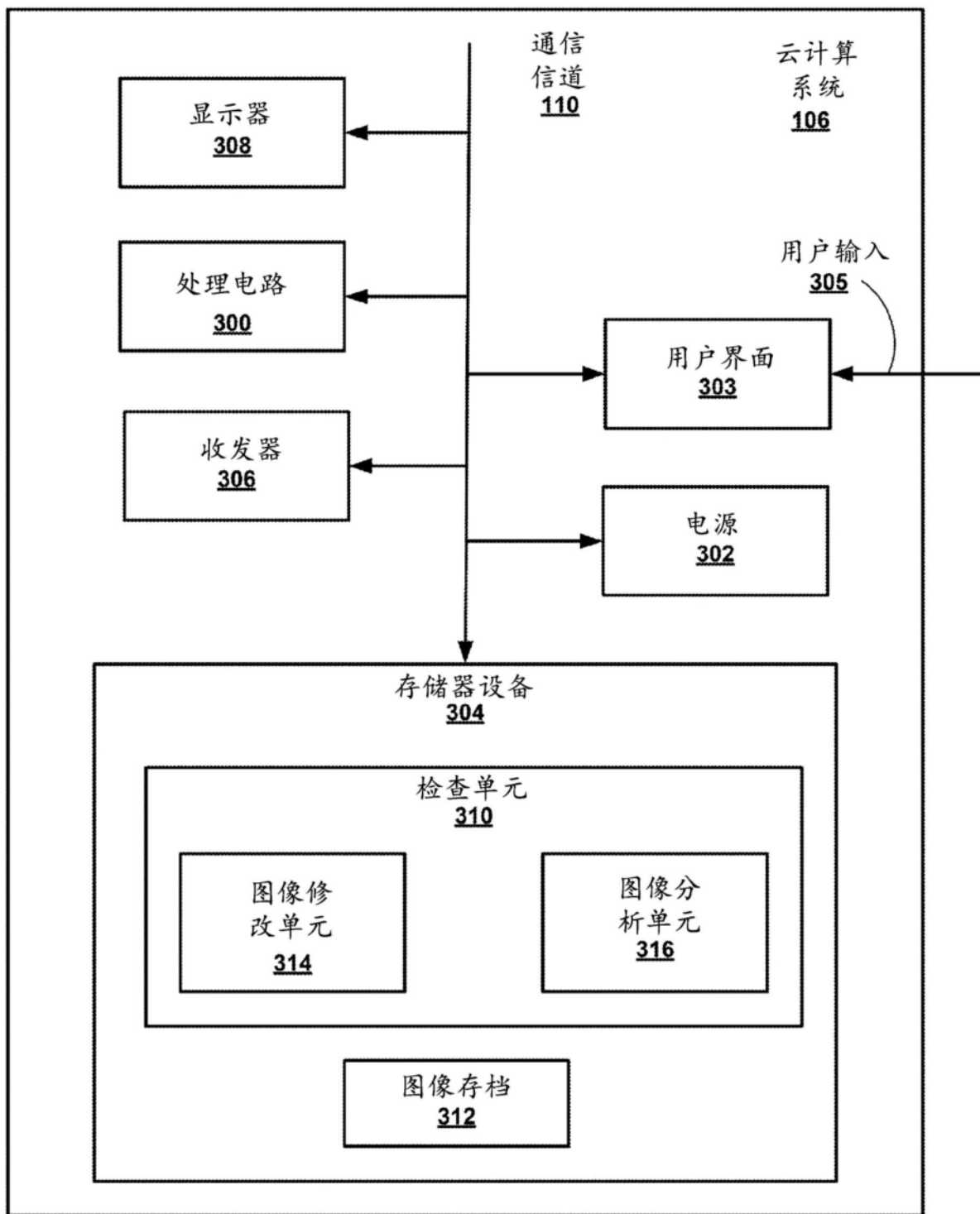


图3

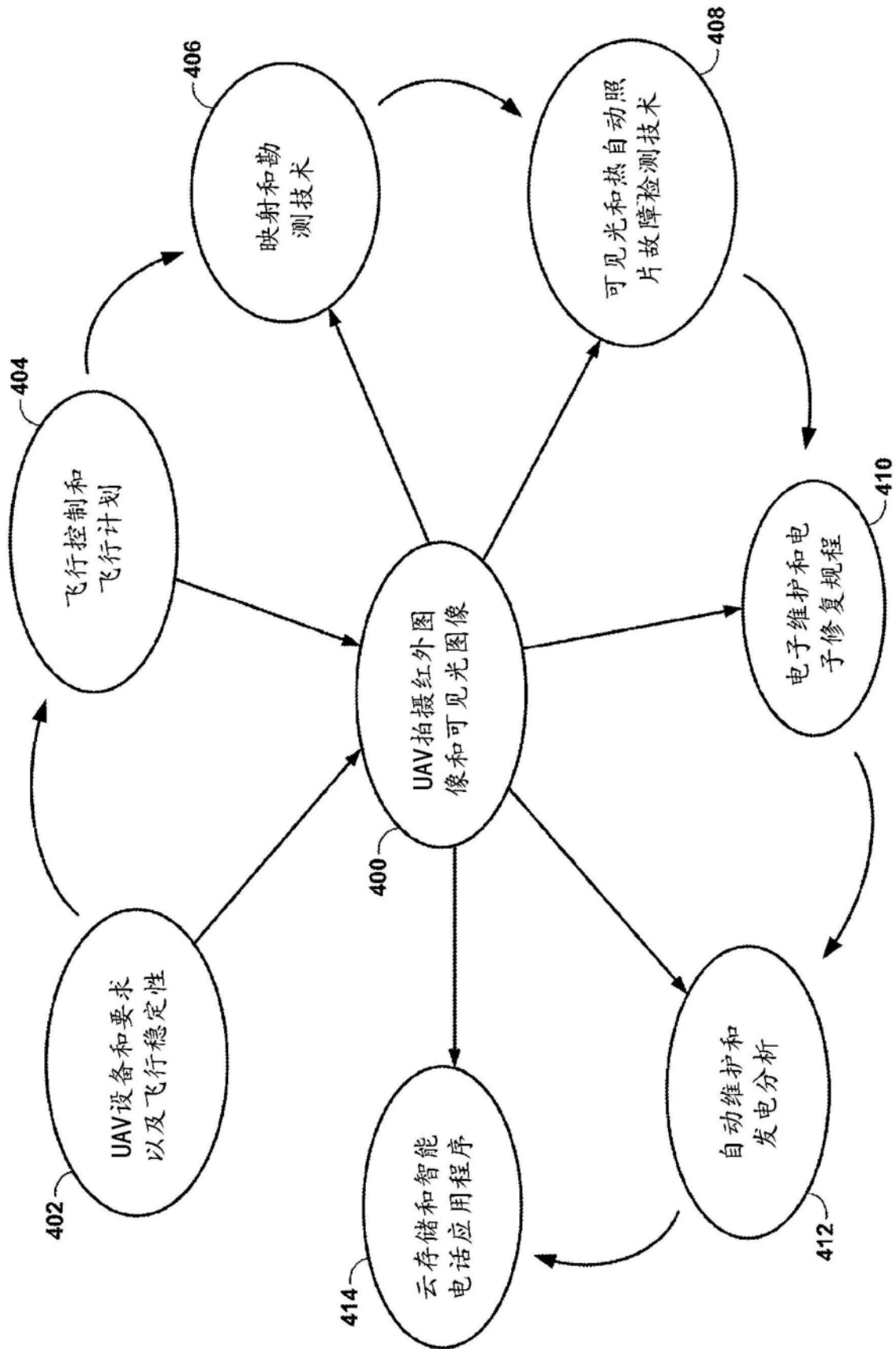


图4

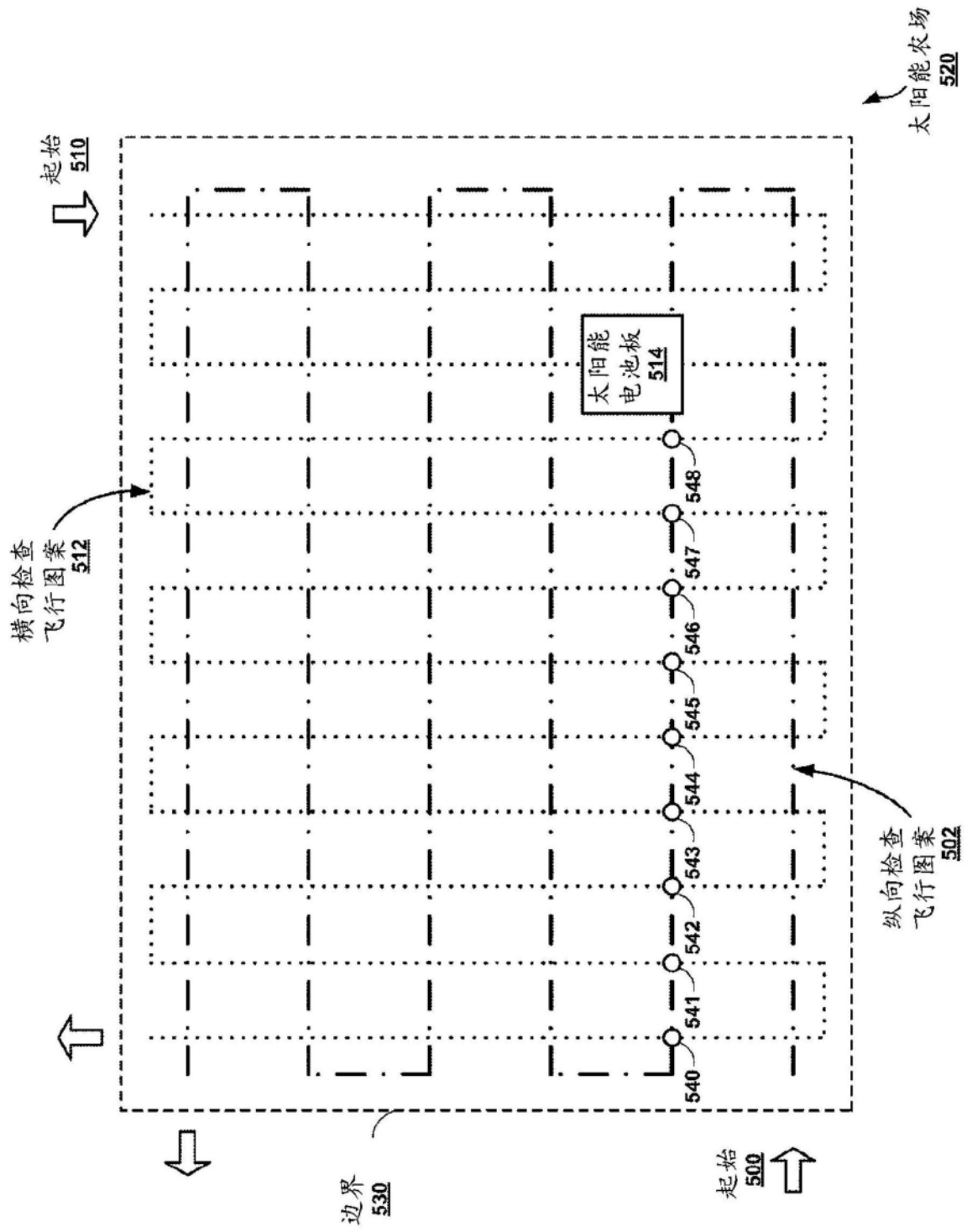


图5A

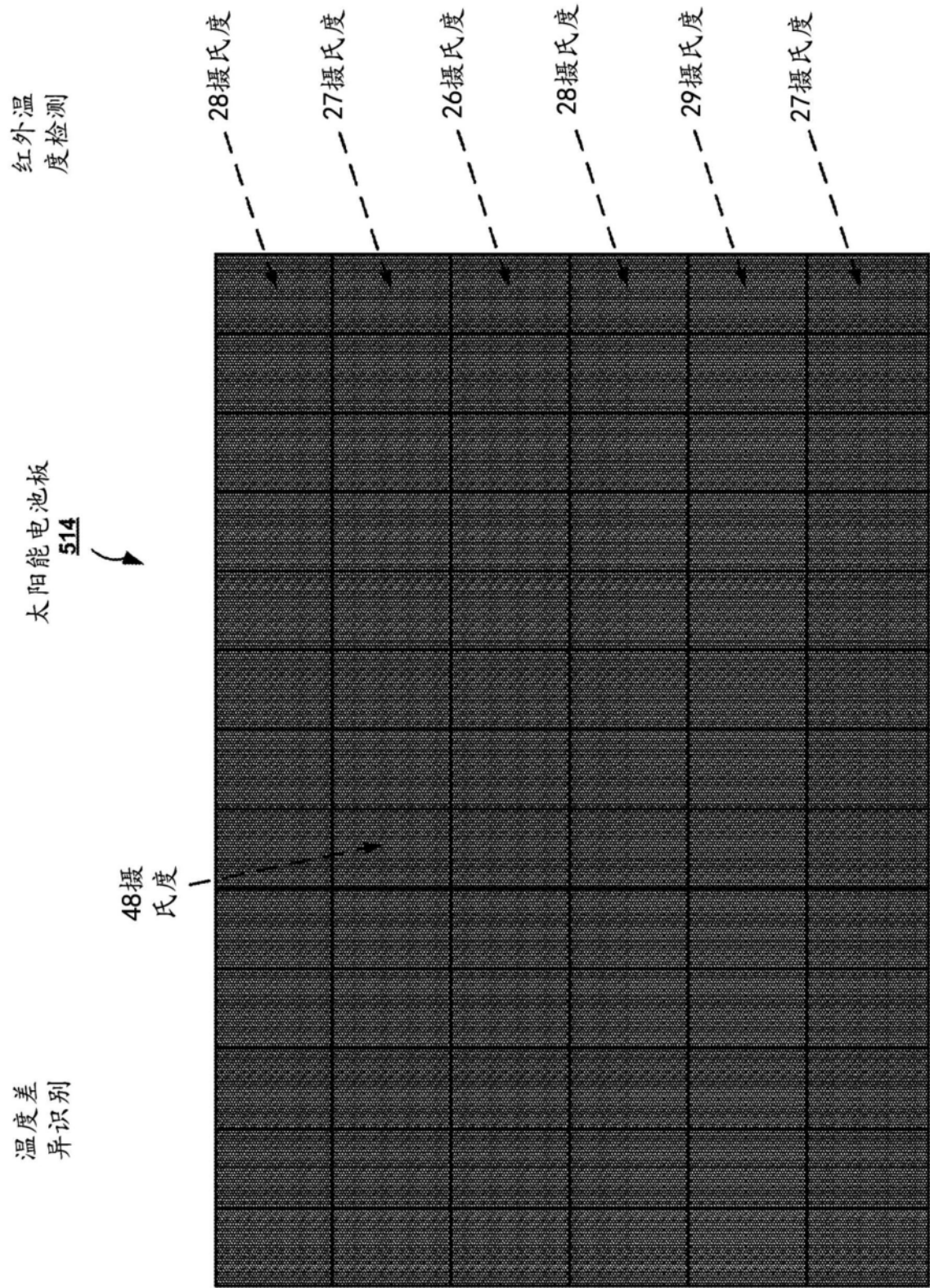


图5B

热/STD相机相对于UAV主体的安装角度

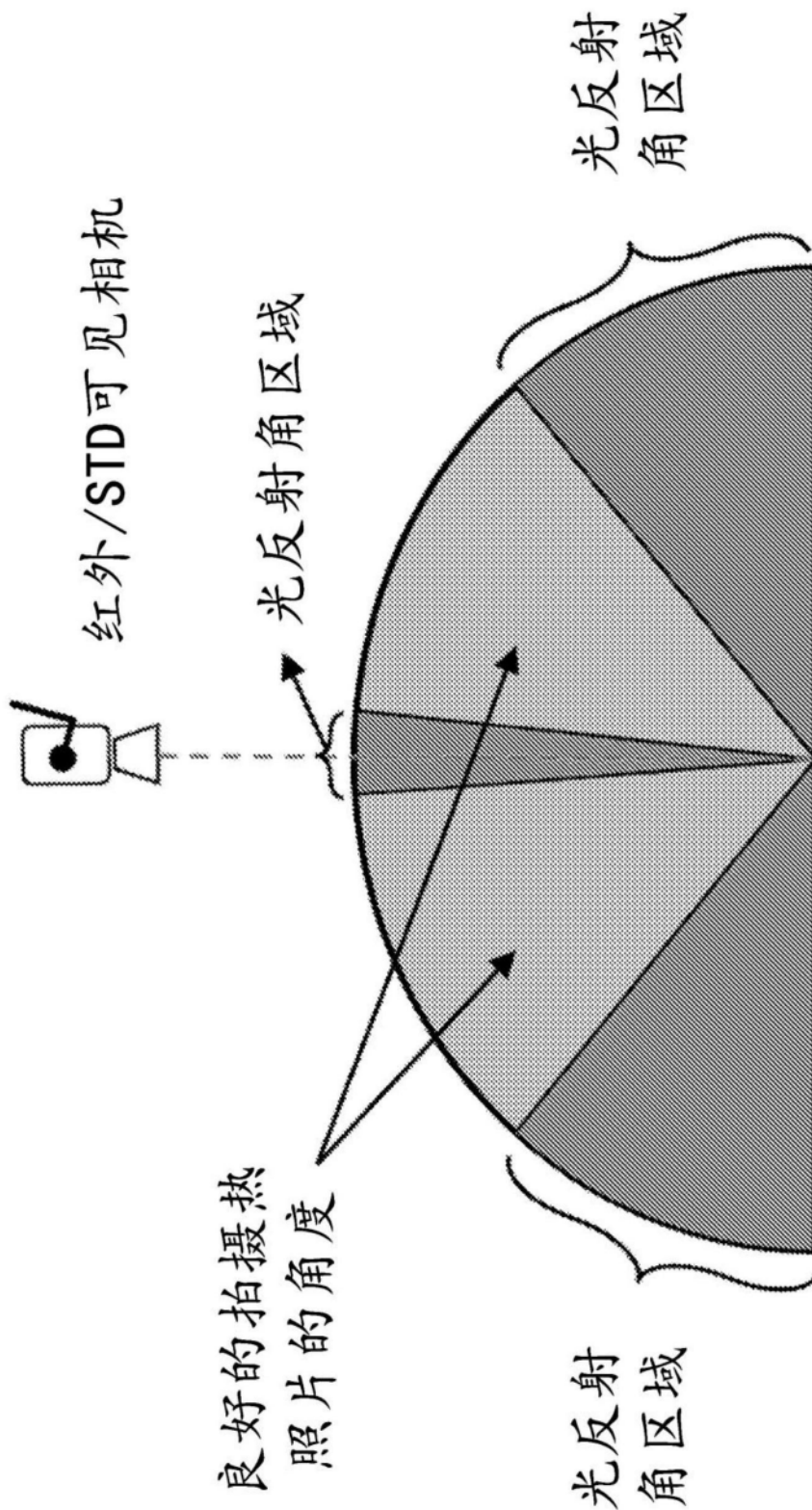


图6

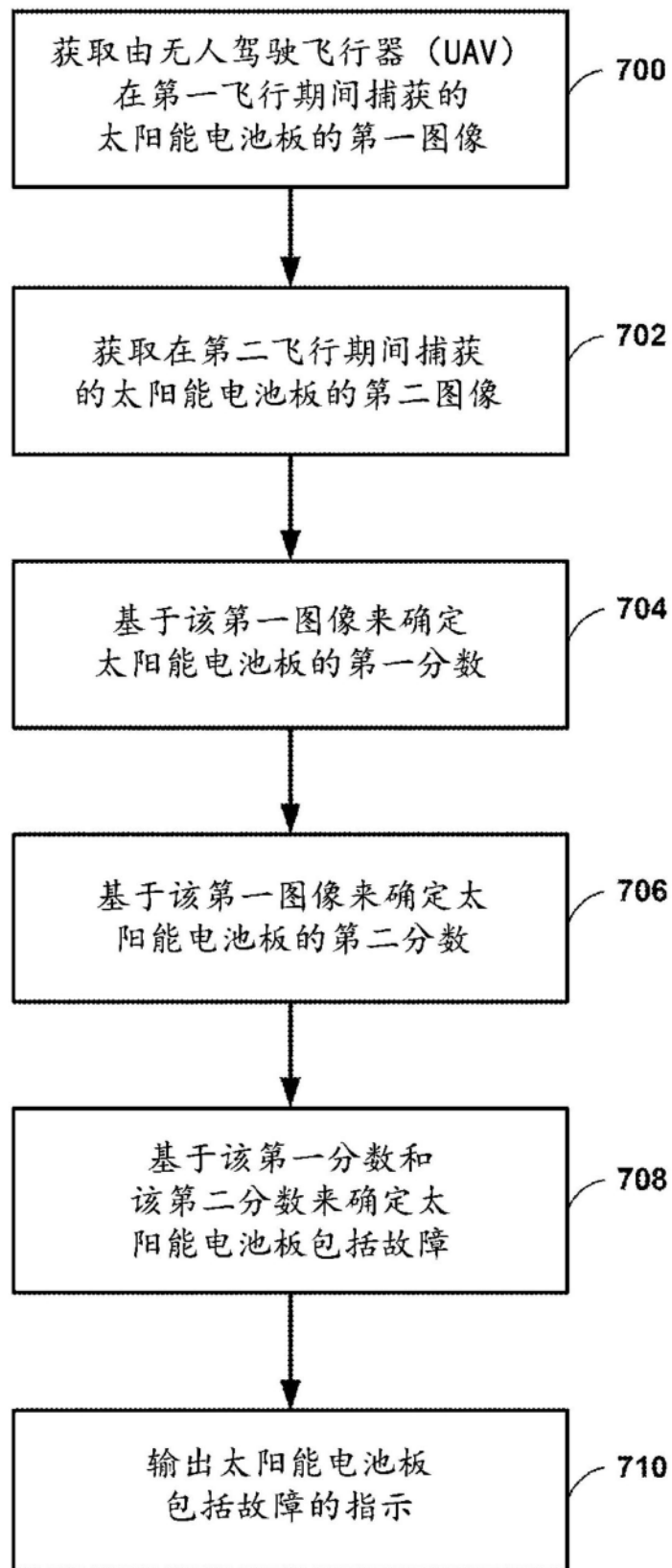


图7

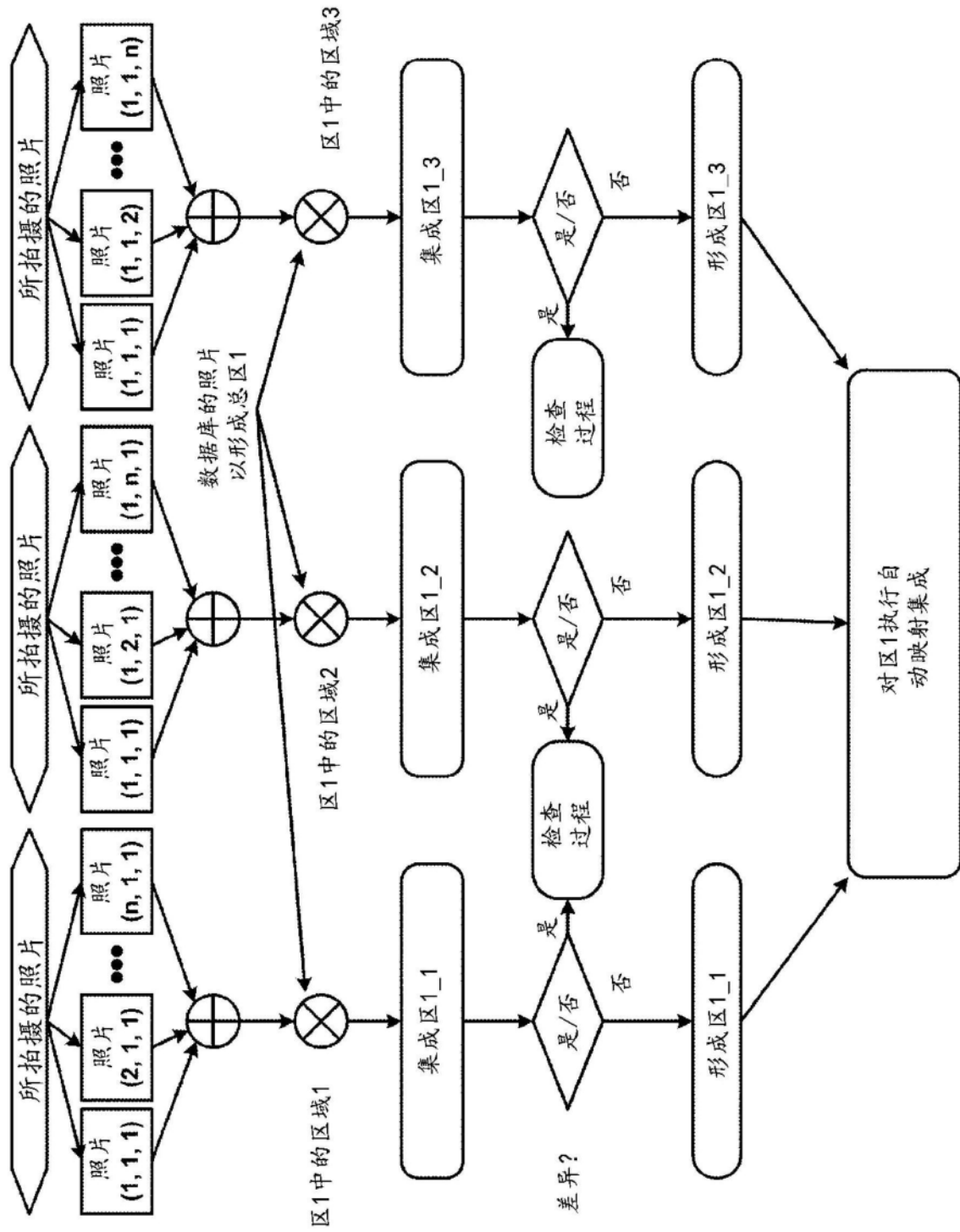


图8

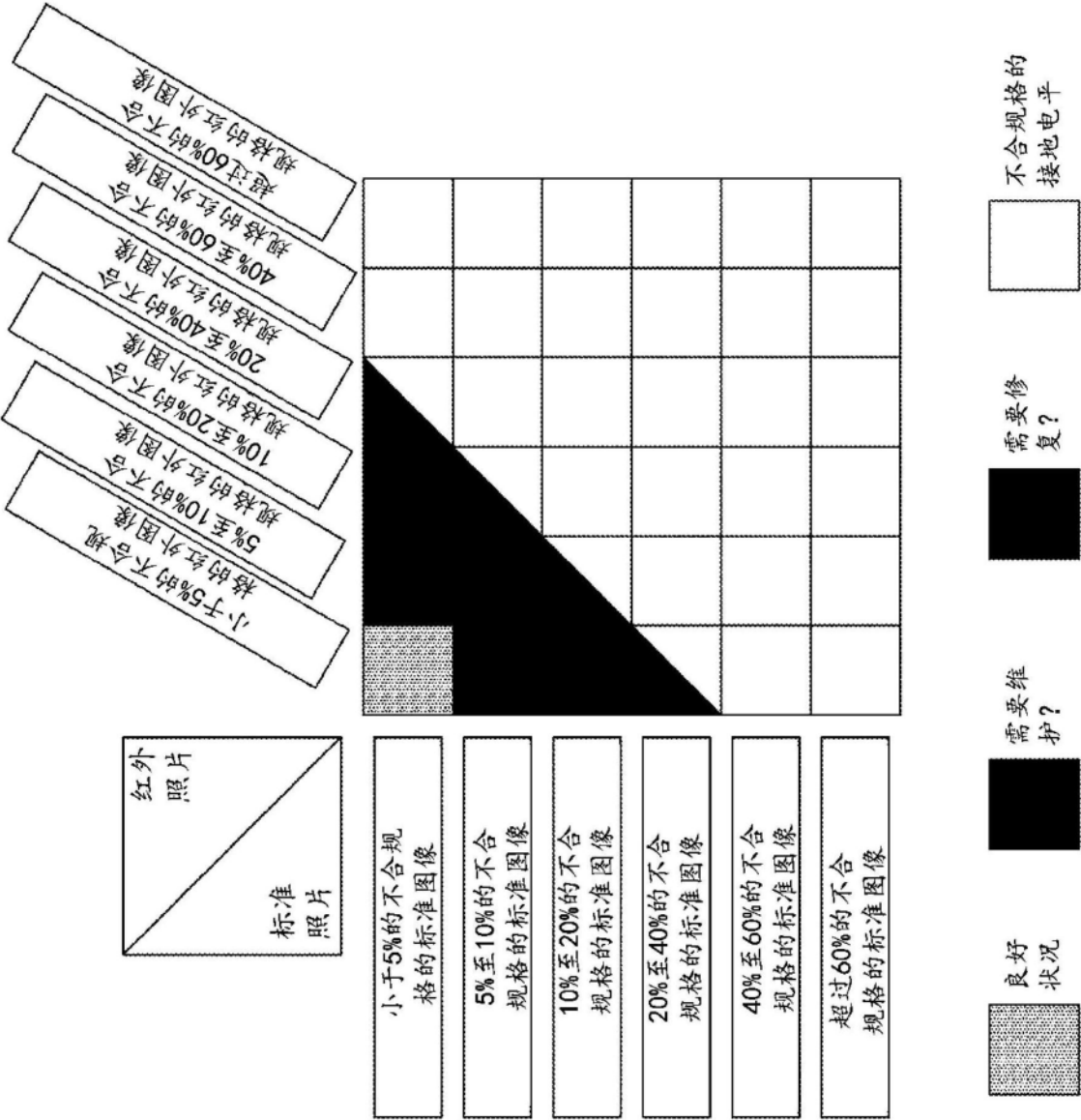


图9

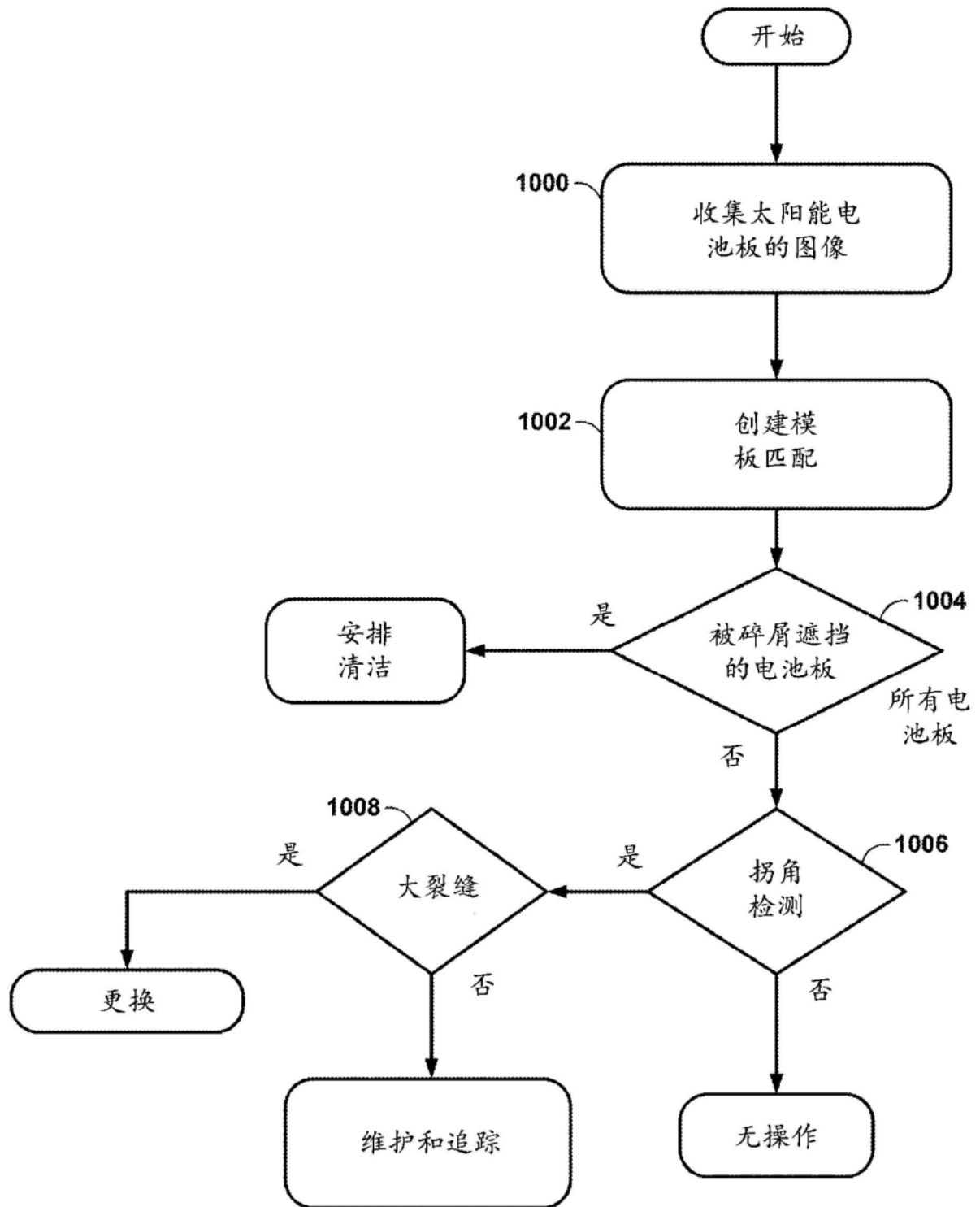


图10

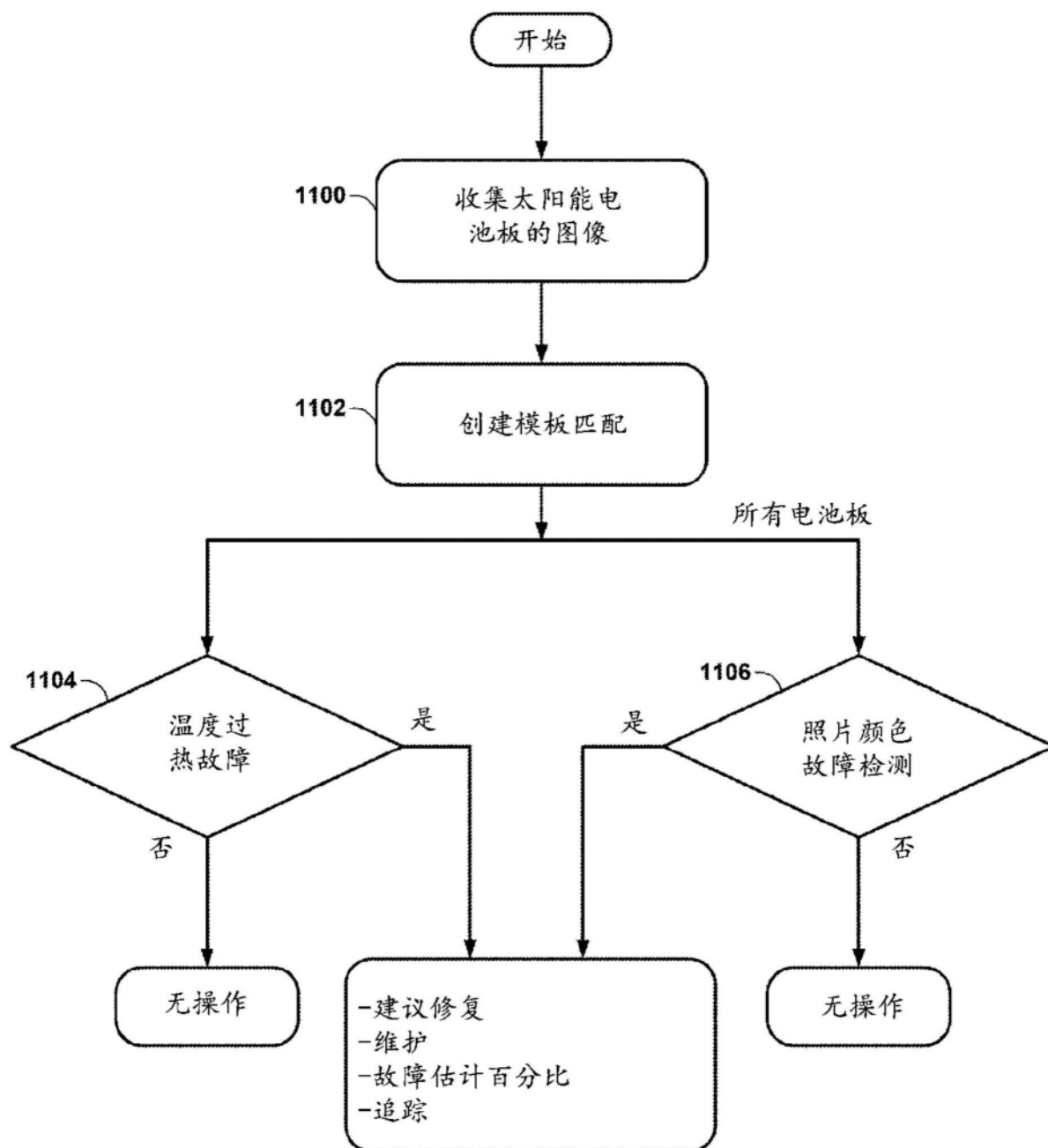


图11

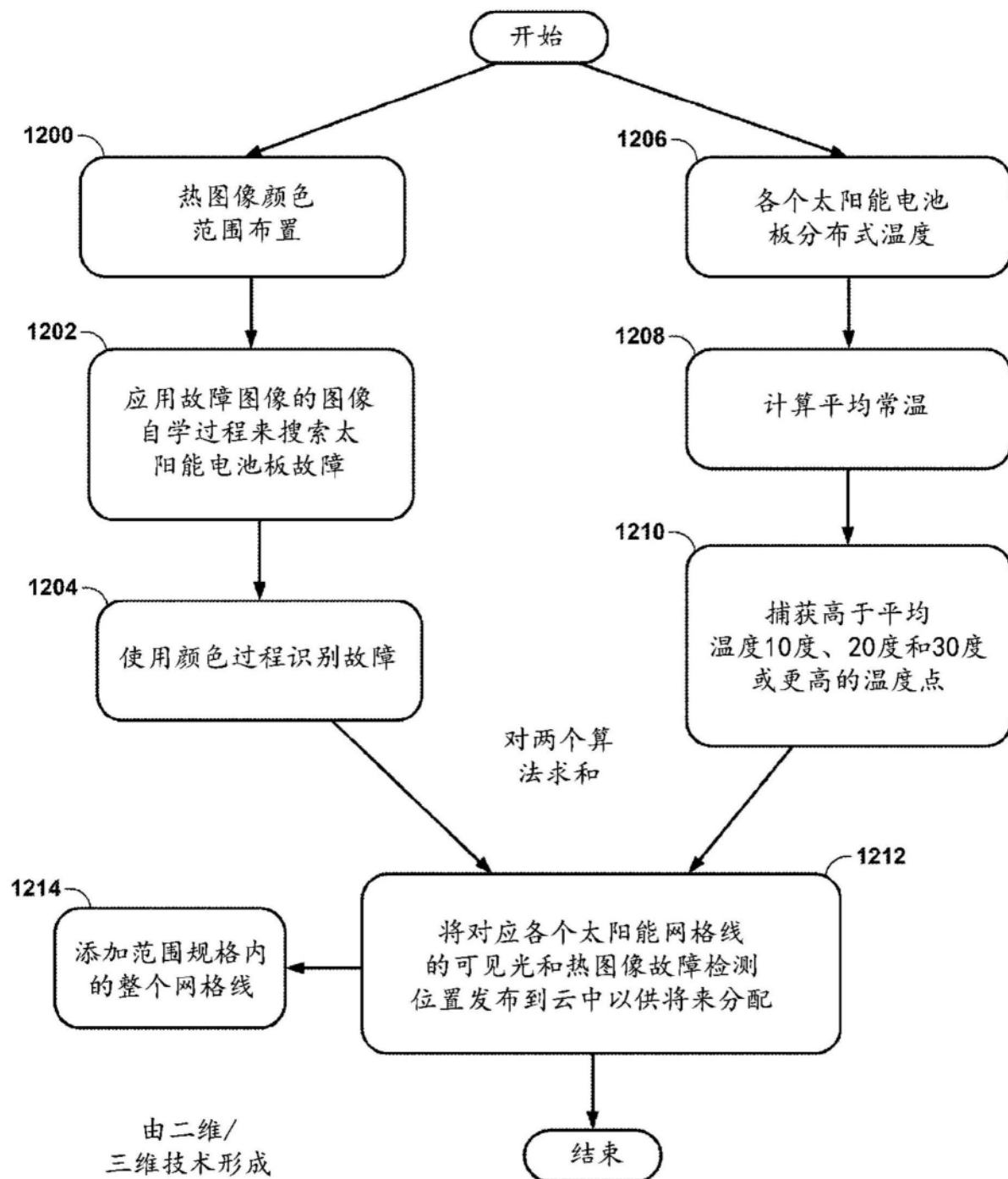


图12

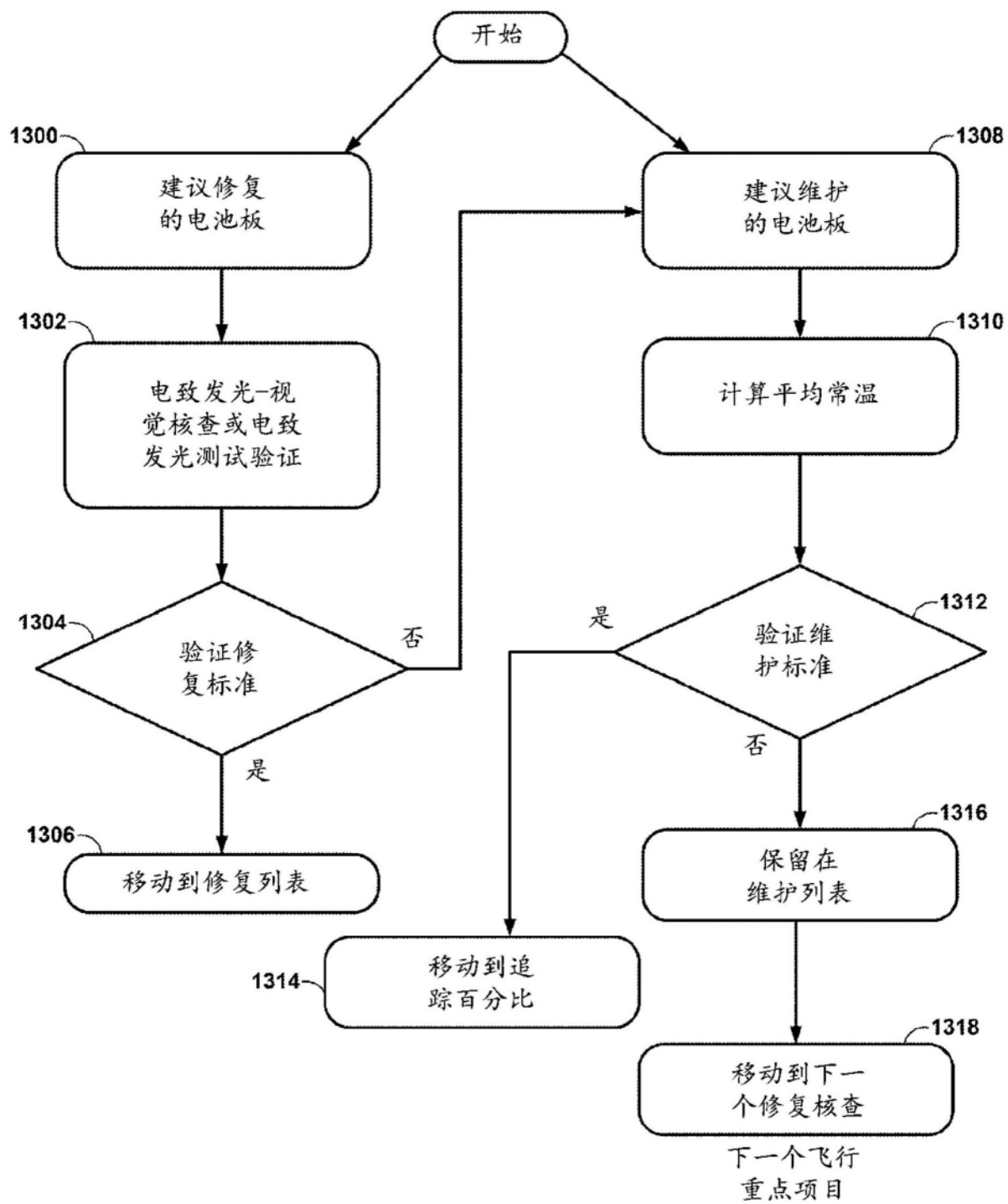


图13

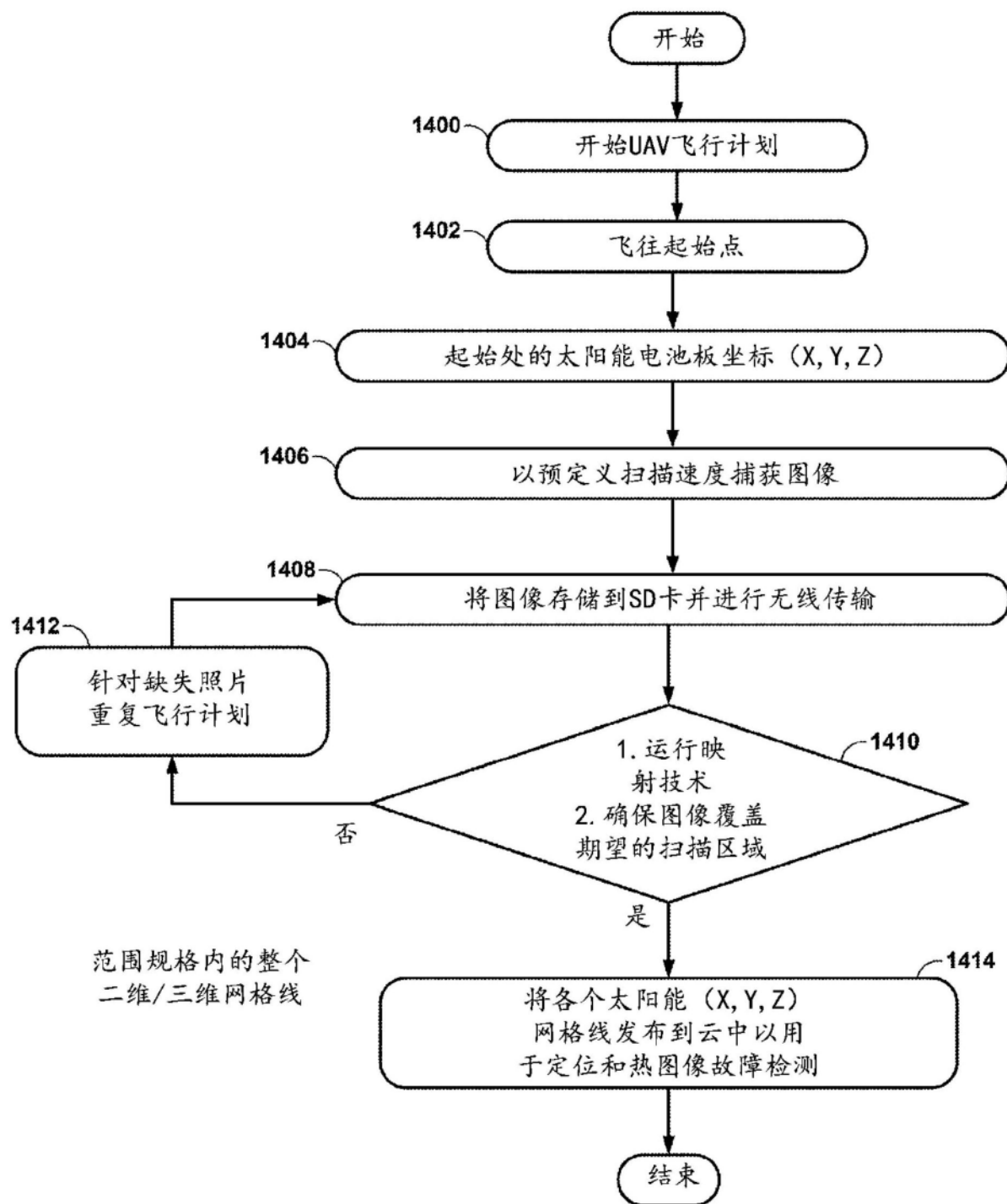


图14

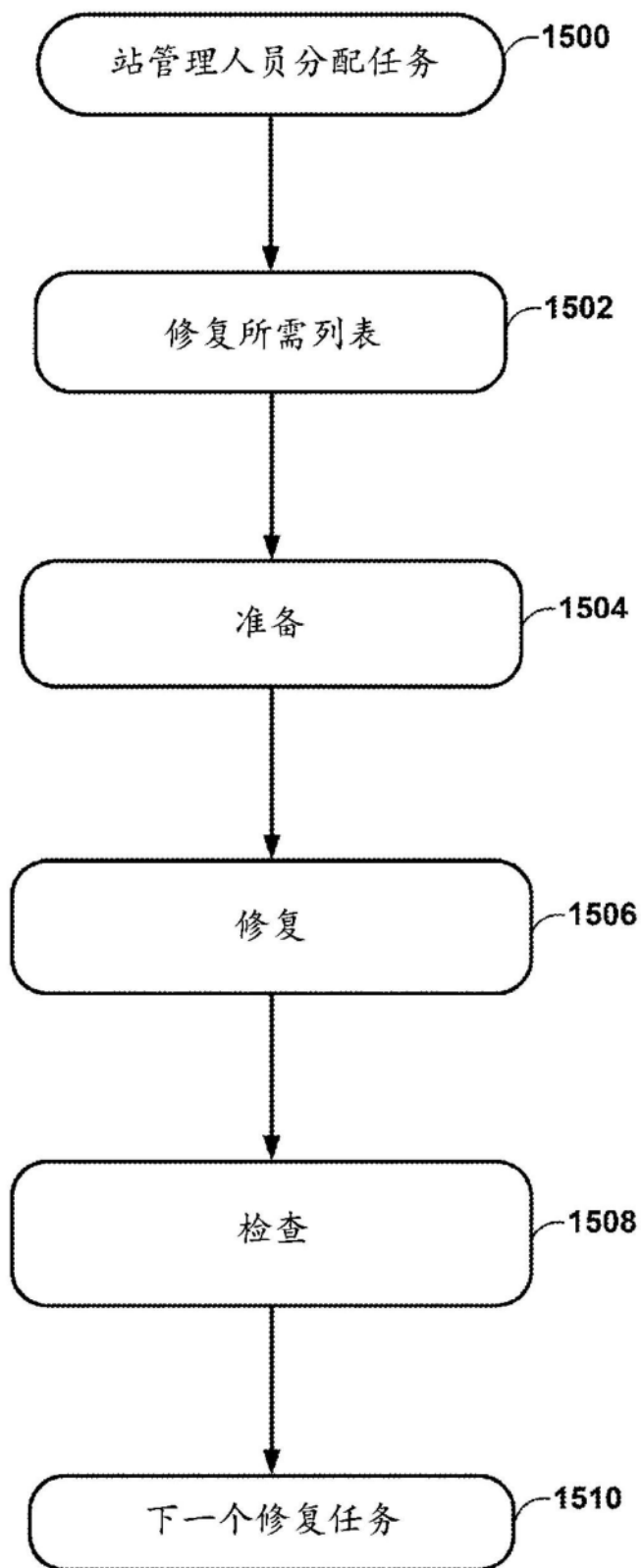


图15

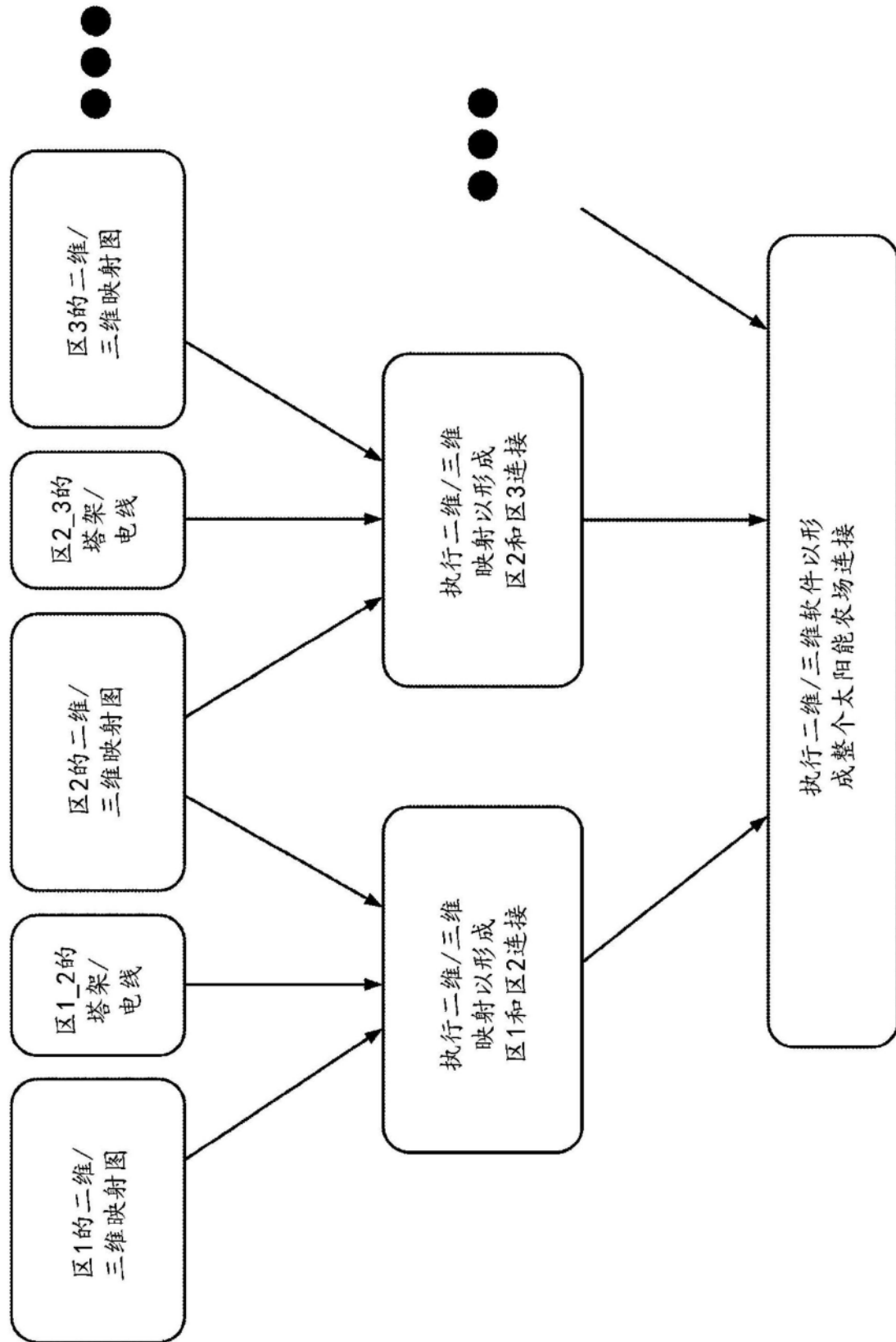


图16

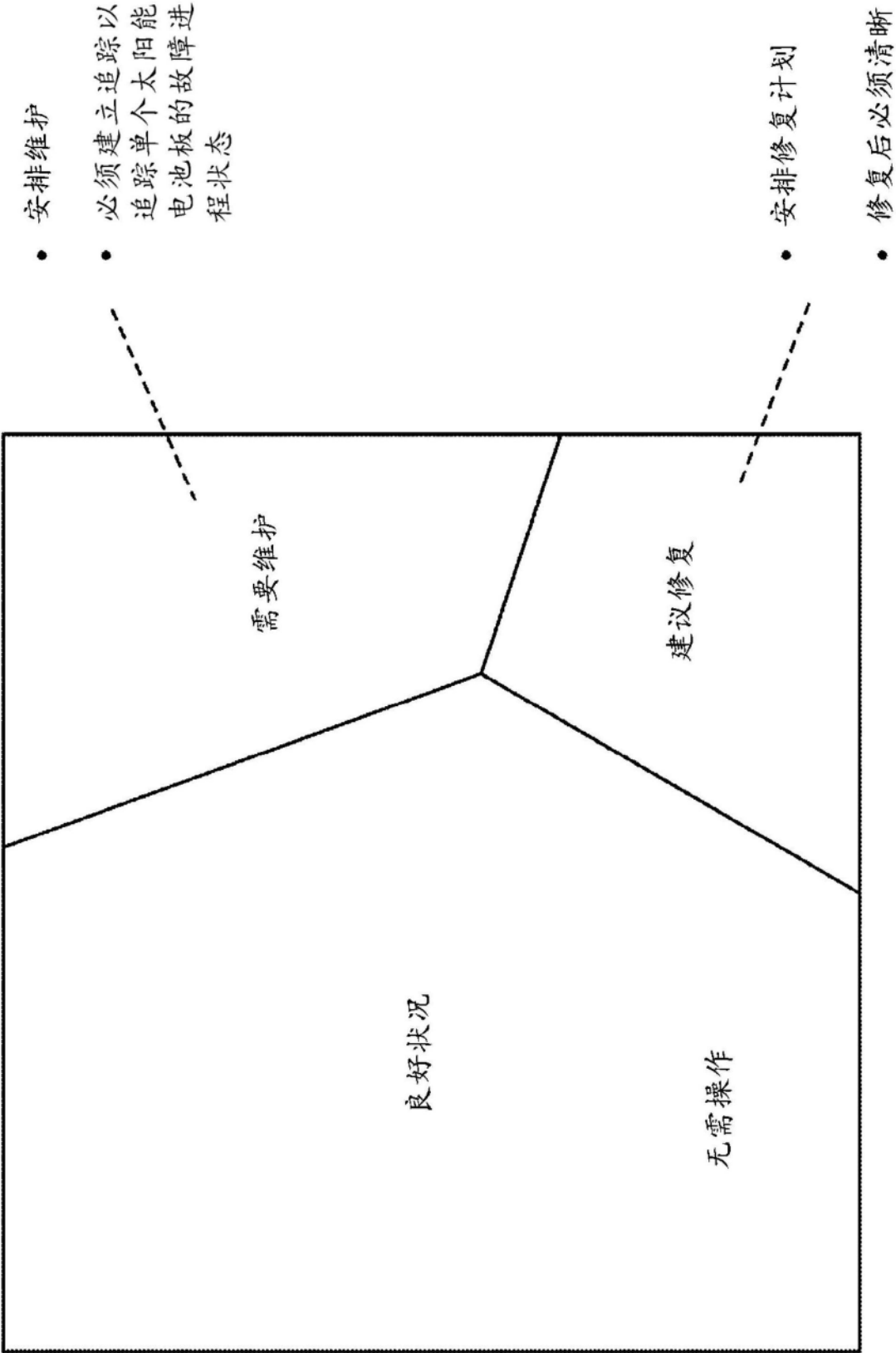


图17

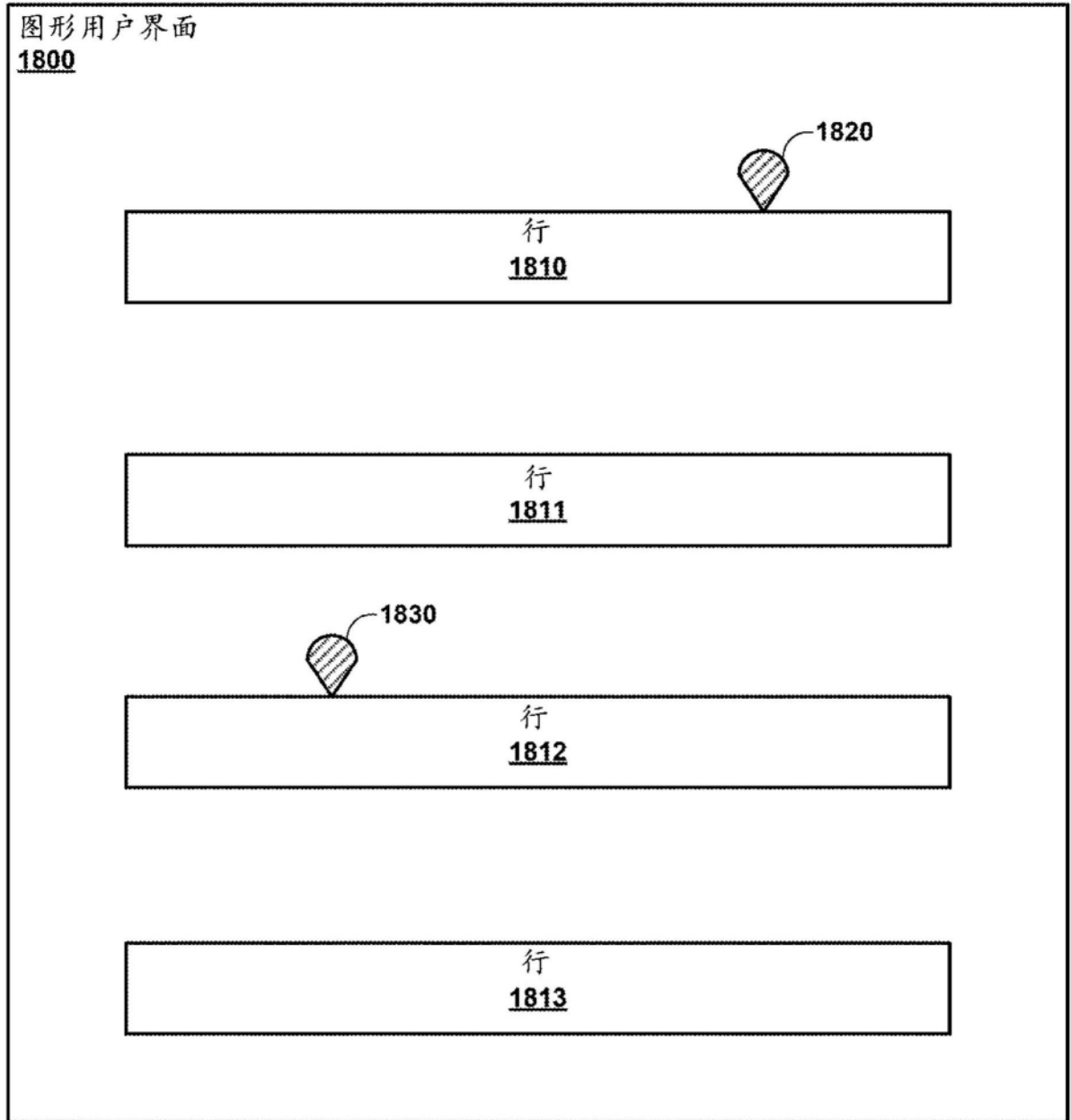


图18