



(21) 申请号 202410592509.3

(22) 申请日 2024.05.14

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118190836 A

(43) 申请公布日 2024.06.14

(73) 专利权人 生态环境部卫星环境应用中心

地址 100089 北京市海淀区中关村永丰产业基地丰德东路4号

(72) 发明人 刘思含 赵林博 谢宇浩 游代安

滕佳华 蔡明勇 任致华 张玉环

付卓 肖如林 李思远 李海巍

(74) 专利代理机构 北京慕达星云知识产权代理

事务所(特殊普通合伙)

11465

专利代理师 郭米琪

(51) Int.Cl.

G01N 21/25 (2006.01)

G01J 3/28 (2006.01)

G06T 5/77 (2024.01)

G06V 10/20 (2022.01)

G06V 10/56 (2022.01)

G06V 10/58 (2022.01)

G06V 10/60 (2022.01)

G06V 20/10 (2022.01)

(56) 对比文件

CN 103424189 A, 2013.12.04

CN 109269641 A, 2019.01.25

审查员 董娟

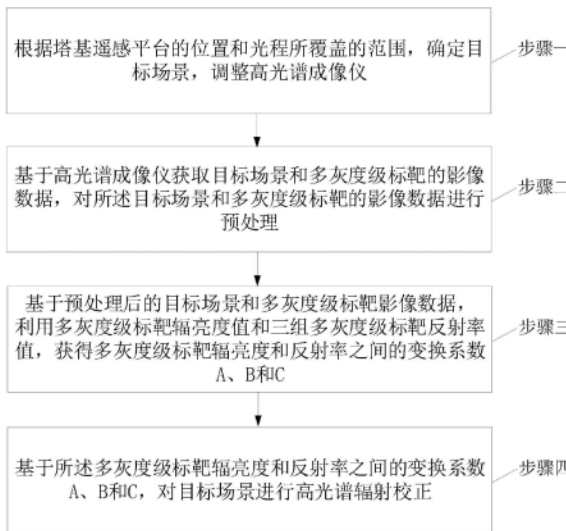
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种塔基长光程高光谱辐射校正方法、系统、设备及介质

(57) 摘要

本发明公开了一种塔基长光程高光谱辐射校正方法,包括:根据塔基遥感平台的位置和光程所覆盖的范围,确定目标场景,调整高光谱成像仪;基于高光谱成像仪获取目标场景和多灰度级标靶的影像数据,进行预处理;基于预处理后的目标场景和多灰度级标靶影像数据,利用多灰度级标靶辐亮度值和三组多灰度级标靶反射率值,获得多灰度级标靶辐亮度和反射率之间的变换系数A、B和C;对目标场景进行高光谱辐射校正。该方法基于搭载高光谱成像仪的塔基遥感平台,结合“动-静”多灰度级标靶,针对多天时-天候地物辐射不一致性问题,实现了目标场景的辐射校正,提高了高光谱成像的辐射校正效果和应用价值。



1. 一种塔基长光程高光谱辐射校正方法,其特征在于,包括:

步骤一:根据塔基遥感平台的位置和光程所覆盖的范围,确定目标场景,调整高光谱成像仪;

步骤二:基于高光谱成像仪获取目标场景和多灰度级标靶的影像数据,对所述目标场景和多灰度级标靶的影像数据进行预处理;

步骤三:基于预处理后的目标场景和多灰度级标靶影像数据,利用多灰度级标靶辐亮度值和三组多灰度级标靶反射率值,获得多灰度级标靶辐亮度和反射率之间的变换系数A、B和C;

所述步骤三中,获得多灰度级标靶反射率和辐亮度之间的变换系数A、B和C,采用公式:

$$L_b = \text{Gain} \times \text{DN} + \text{Bias} \quad (1)$$

式中, $L_b$ 为多灰度级标靶的辐亮度值,Gain为高光谱成像仪的增益,DN为高光谱成像仪每个探测元件输出的数字量化值,Bias为高光谱成像仪的偏差值;

$$L_b = A + \frac{\rho_b}{1-B \cdot \rho_b} \cdot C \quad (2)$$

式中,A、B和C为多灰度级标靶反射率和高光谱成像仪测得的辐亮度之间的变换系数,分别为路径辐射率、底部大气反照率、取决于大气和几何条件的附加参数, $\rho_b$ 为多灰度级标靶的表面反射率;

步骤四:基于所述多灰度级标靶辐亮度和反射率之间的变换系数A、B和C,对目标场景进行高光谱辐射校正;

所述步骤四中,对目标场景进行塔基长光程高光谱辐射校正,采用公式:

$$L_{tar} = \text{Gain} \times \text{DN} + \text{Bias} \quad (3)$$

$$L_{tar} = A + \frac{\rho_{tar}}{1-B \cdot \rho_{tar}} \cdot C \quad (4)$$

式中, $L_{tar}$ 为目标场景的辐亮度值, $\rho_{tar}$ 为目标场景的表面反射率。

2. 根据权利要求1所述的一种塔基长光程高光谱辐射校正方法,其特征在于,所述步骤一中,调整高光谱成像仪,包括:波段选择、确定频谱分辨率和确定空间分辨率。

3. 根据权利要求1所述的一种塔基长光程高光谱辐射校正方法,其特征在于,所述步骤二中,多灰度级标靶中标靶个数为F,且每个标靶具有不同的灰度等级,其中, $F \geq 3$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种塔基长光程高光谱辐射校正方法,其特征在于,所述步骤二中,基于高光谱成像仪获取目标场景和标靶影像数据,进行预处理,包括:噪声滤波、大气校正、纠正光谱偏移、数据配准和归一化处理。

5. 一种塔基长光程高光谱辐射校正系统,其特征在于,应用如权利要求1至4任一项所述的方法,包括:

调整模块:用于根据塔基遥感平台的位置和光程所覆盖的范围,确定目标场景,调整高光谱成像仪;

数据获取和预处理模块:用于基于高光谱成像仪获取目标场景和多灰度级标靶的影像数据,对所述目标场景和多灰度级标靶的影像数据进行预处理;

计算模块:用于基于预处理后的目标场景和多灰度级标靶影像数据,利用多灰度级标

靶辐亮度值和三组多灰度级标靶反射率值,获得多灰度级标靶辐亮度和反射率之间的变换系数A、B和C;

校正模块:用于基于所述多灰度级标靶辐亮度和反射率之间的变换系数A、B和C,对目标场景进行高光谱辐射校正。

6.一种电子设备,包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求1至4任一项所述的方法。

7.一种计算机可读存储介质,所述存储介质存储有计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至4任一项所述的方法。

## 一种塔基长光程高光谱辐射校正方法、系统、设备及介质

### 技术领域

[0001] 本发明涉及定量遥感高光谱辐射校正技术领域,更具体的说是涉及一种塔基长光程高光谱辐射校正方法、系统、设备及介质。

### 背景技术

[0002] 在定量遥感领域中,高光谱遥感在表征地物的光谱信息时有明显的优势。其中辐射校正是遥感定量化研究及应用的关键部分,很大程度影响着高光谱遥感的精度。当位于高空的遥感器对地采集影像时,由于大气中各种微粒、气溶胶、云层对太阳辐射的吸收与散射,以及拍摄地表类型特征等因素影响,从采集区域反射到传感器的地表辐射能量会产生很大的偏差,传感器接收的信息不仅包含目标区域的辐亮度信息,还存在大气中各种成分等非目标地物的成像信息。这就使得同一地物在不同高光谱影像上显示出不同的光谱信息,极大影响了拍摄地物光谱信息的准确性,增加了后期提取地物光谱信息的难度,且难以最大程度反映地物光谱特征。为了保证传感器获得的测量值与地物真实的光谱反射率具有较高的一致性,需要对高光谱成像仪采集生成的DN值(高光谱成像仪每个探测元件输出的数字量化值)进行辐射校正,以得到更精确的地表反射率值。辐射校正的准确性俨然已成为定量遥感中亟待提高的指标。

[0003] 搭载高光谱成像仪的塔基遥感平台一般固定在需要长期监测的目标区域处,光程范围覆盖整个目标场景。高度往往在云层以下,成像时会受到云层以及周围气溶胶条件影响。随着太阳辐照度变化,高光谱成像仪采集到的目标区域光谱影像难以反映真实的地表反射率值。需要从影像中去掉大气等其他干扰信息。通过辐射校正消除这些大气影响。塔基遥感平台需要固定,成像范围为千米级,目标场景较为复杂,需要在成像区域的不同位置处进行辐射校正。

[0004] 因此如何设计一种塔基长光程高光谱辐射校正方法,提高了高光谱成像的辐射校正效果和应用价值是本领域技术人员亟需解决的问题。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明提供了一种塔基长光程高光谱辐射校正方法,基于搭载高光谱成像仪的塔基遥感平台,结合“动-静”多灰度级标靶,针对多天时-天候地物辐射不一致性问题,实现了目标场景的辐射校正。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 第一方面,本发明提供一种塔基长光程高光谱辐射校正方法,包括:

[0008] 步骤一:根据塔基遥感平台的位置和光程所覆盖的范围,确定目标场景,调整高光谱成像仪;

[0009] 步骤二:基于高光谱成像仪获取目标场景和多灰度级标靶的影像数据,对所述目标场景和多灰度级标靶的影像数据进行预处理;

[0010] 步骤三:基于预处理后的目标场景和多灰度级标靶影像数据,利用多灰度级标靶

辐亮度值和三组多灰度级标靶反射率值,获得多灰度级标靶辐亮度和反射率之间的变换系数A、B和C;

[0011] 步骤四:基于所述多灰度级标靶辐亮度和反射率之间的变换系数A、B和C,对目标场景进行高光谱辐射校正。

[0012] 其中,所述步骤一中,调整高光谱成像仪,包括:波段选择、确定频谱分辨率和确定空间分辨率。

[0013] 所述步骤二中,多灰度级标靶中标靶个数为F,且每个标靶具有不同的灰度等级,其中, $F \geq 3$ 。

[0014] 所述步骤二中,基于高光谱成像仪获取目标场景和标靶影像数据,进行预处理,包括:噪声滤波、大气校正、纠正光谱偏移、数据配准和归一化处理。

[0015] 进一步的,所述步骤三中,获得多灰度级标靶反射率和辐亮度之间的变换系数A、B和C,采用公式:

$$[0016] \quad L_b = \text{Gain} \times \text{DN} + \text{Bias} \quad (1)$$

[0017] 式中, $L_b$ 为多灰度级标靶的辐亮度值,Gain为高光谱成像仪的增益,DN为高光谱成像仪每个探测元件输出的数字量化值,Bias为高光谱成像仪的偏差值;

$$[0018] \quad L_b = A + \frac{\rho_b}{1-B \cdot \rho_b} \cdot C \quad (2)$$

[0019] 式中,A、B和C为多灰度级标靶反射率和高光谱成像仪测得的辐亮度之间的变换系数,分别为路径辐射率、底部大气反照率、取决于大气和几何条件的附加参数, $\rho_b$ 为多灰度级标靶的表面反射率。

[0020] 进一步的,所述步骤四中,对目标场景进行塔基长光程高光谱辐射校正,采用公式:

$$[0021] \quad L_{tar} = \text{Gain} \times \text{DN} + \text{Bias} \quad (3)$$

$$[0022] \quad L_{tar} = A + \frac{\rho_{tar}}{1-B \cdot \rho_{tar}} \cdot C \quad (4)$$

[0023] 式中, $L_{tar}$ 为目标场景的辐亮度值, $\rho_{tar}$ 为目标场景的表面反射率。

[0024] 本发明中第二方面至第四方面的描述,可以参考第一方面的详细描述;并且,第二方面至第四方面的描述的有益效果,可以参考第一方面的有益效果分析,此处不再赘述。

[0025] 第二方面,本发明提供一种塔基长光程高光谱辐射校正系统,应用上述的方法,包括:

[0026] 调整模块:用于根据塔基遥感平台的位置和光程所覆盖的范围,确定目标场景,调整高光谱成像仪;

[0027] 数据获取和预处理模块:用于基于高光谱成像仪获取目标场景和多灰度级标靶的影像数据,对所述目标场景和多灰度级标靶的影像数据进行预处理;

[0028] 计算模块:用于基于预处理后的目标场景和多灰度级标靶影像数据,利用多灰度级标靶辐亮度值和三组多灰度级标靶反射率值,获得多灰度级标靶辐亮度和反射率之间的变换系数A、B和C;

[0029] 校正模块:用于基于所述多灰度级标靶辐亮度和反射率之间的变换系数A、B和C,

对目标场景进行高光谱辐射校正。

[0030] 第三方面,本发明提供一种电子设备,包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现上述的方法。

[0031] 第四方面,本发明提供一种计算机可读存储介质,所述存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现上述的方法。

[0032] 经由上述的技术方案可知,与现有技术相比,本发明提供的塔基长光程高光谱辐射校正方法存在以下有益效果:

[0033] 1、多灰度级标靶:通过使用多个具有不同灰度等级的标靶,可以获得更加准确和全面的辐亮度和反射率数据。多灰度级的标靶可以提供更多的数据点,从而提高校正的准确性和效果。

[0034] 2、考虑大气和几何条件:通过引入路径辐射率、底部大气反照率以及附加参数等变换系数,可以更加准确地反映大气和几何条件对辐亮度和反射率之间的影响。这样可以提高校正方法对大气和几何扰动的抑制能力。

[0035] 3、多步骤处理:该方法将校正过程分为多个步骤,包括目标场景确定、数据获取和预处理、反射率和辐亮度之间的变换系数计算以及目标场景的高光谱辐射校正。这样可以分析各个步骤的影响和问题,并逐步完善和优化校正结果。

[0036] 4、综合考虑光谱分辨率和空间分辨率:在选择高光谱成像仪的波段和确定频谱分辨率和空间分辨率时,综合考虑目标场景的特点和研究需求,可以提高数据的质量和和应用效果。

## 附图说明

[0037] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0038] 图1为本发明实施例提供的塔基长光程高光谱辐射校正方法流程图;

[0039] 图2为本发明实施例提供的塔基遥感平台的位置和光程所覆盖的范围示意图;

[0040] 图3为本发明实施例提供的塔基长光程高光谱辐射校正系统结构示意图;

[0041] 图4为本发明实施例提供电子设备结构示意图。

## 具体实施方式

[0042] 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。

[0043] 本申请实施例提供的校正方法,可以应用于校正服务器。上述校正服务器可以是硬件也可以是软件。当校正服务器为硬件时,可以实现成提供校正服务的分布式服务器集群,也可以实现成单个服务器。当校正服务器为软件时,可以安装在上述所列举的服务器

中。其可以实现成多个软件或软件模块,也可以实现成单个软件或软件模块,在此不做具体限定。

[0044] 实施例1:

[0045] 如图1所示,本实施例提供一种塔基长光程高光谱辐射校正方法,包括:

[0046] 步骤一:根据塔基遥感平台的位置和光程所覆盖的范围,确定目标场景,调整高光谱成像仪;如图2所示,本实施例中光程范围为10km。

[0047] 步骤二:移动多灰度级标靶至目标场景处,基于高光谱成像仪获取目标场景和多灰度级标靶影像数据,进行预处理;

[0048] 步骤三:基于预处理后的所述目标场景和多灰度级标靶影像数据,利用多灰度级标靶辐亮度值和三组多灰度级标靶反射率值,获得多灰度级标靶辐亮度和反射率之间的变换系数A、B和C;

[0049] 步骤四:基于所述多灰度级标靶辐亮度和反射率之间的变换系数A、B和C,对目标场景进行高光谱辐射校正。

[0050] 所述多灰度级标靶中标靶个数为F,且每个标靶具有不同的灰度等级,其中, $F \geq 3$ 。

[0051] 该方法基于搭载高光谱成像仪的塔基遥感平台,结合“动-静”多灰度级标靶,针对多天时-天候地物辐射不一致性问题,实现了目标场景的辐射校正,提高了高光谱成像的辐射校正效果和应用价值。

[0052] 以下针对上述各个步骤分别作进一步的详细说明:

[0053] 在步骤一中,调整高光谱成像仪,包括:波段选择、确定频谱分辨率和确定空间分辨率。

[0054] 波段选择:根据目标场景的特点和研究需求,选择合适的波段来获取目标场景的光谱特征。不同波段的选择可以提供不同的信息,例如红外波段可以用于探测热点区域或植被健康状况。

[0055] 确定频谱分辨率:确定高光谱成像仪的频谱分辨率,即每个波段的带宽。较高的频谱分辨率可以提供更详细的光谱信息,但也会增加数据处理和存储的复杂性和成本。

[0056] 确定空间分辨率:确定高光谱成像仪的空间分辨率,即图像中每个像素对应于目标场景的实际大小。较高的空间分辨率可以提供更精细的目标特征,但也需要考虑成像仪的像素数量、成像速度和数据处理需求等因素。

[0057] 在步骤二中,基于高光谱成像仪获取目标场景和标靶影像数据,进行预处理,包括:噪声滤波、大气校正、纠正光谱偏移、数据配准和归一化处理。

[0058] 高光谱成像仪在采集过程中可能会受到噪声的影响,如电子噪声、暗电流等。因此,首先需要对数据进行噪声滤波,以提高数据的质量。常用的滤波方法包括中值滤波、均值滤波、小波滤波等。

[0059] 高光谱成像仪在空间观测过程中,受到大气吸收、散射以及地物反射等因素的影响,引入了扰动信息。为了减少这些扰动,使用大气校正方法,通过建立大气传输模型,将大气吸收和散射的影响从数据中去除。同时,可以使用地物反射率归一化方法,通过对地物的光谱响应进行归一化,降低地物反射的影响。

[0060] 此外,由于高光谱成像仪的光谱响应不够精确或者由于仪器的漂移,可能会导致数据中存在光谱偏移。为了纠正光谱偏移,使用波数校正方法或者通过参考光谱进行校正。

[0061] 在高光谱成像中,由于航空或卫星的运动,以及地面目标的复杂变形等因素,可能会导致数据之间存在位置偏差。因此,需要进行数据配准,将不同通道的数据对齐,确保数据的一致性和准确性。

[0062] 为了消除数据间的比例差异,对数据进行归一化和标准化处理。归一化将数据限定在一定的范围内,如[0, 1]或[-1, 1];标准化则是将数据进行均值为0、方差为1的转换。

[0063] 在步骤三中,获得多灰度级标靶反射率和辐亮度之间的变换系数A、B和C,采用公式:

$$[0064] \quad L_b = \text{Gain} \times \text{DN} + \text{Bias} \quad (1)$$

[0065] 式中, $L_b$ 为多灰度级标靶的辐亮度值,Gain为高光谱成像仪的增益,DN为高光谱成像仪每个探测元件输出的数字量化值,Bias为高光谱成像仪的偏差值;

$$[0066] \quad L_b = A + \frac{\rho_b}{1-B \cdot \rho_b} \cdot C \quad (2)$$

[0067] 式中,A、B和C为多灰度级标靶反射率和高光谱成像仪测得的辐亮度之间的变换系数,分别为路径辐射率、底部大气反照率、取决于大气和几何条件的附加参数, $\rho_b$ 为多灰度级标靶的表面反射率。

[0068] 在步骤四中,对目标场景进行塔基长光程高光谱辐射校正,采用公式:

$$[0069] \quad L_{tar} = \text{Gain} \times \text{DN} + \text{Bias} \quad (3)$$

$$[0070] \quad L_{tar} = A + \frac{\rho_{tar}}{1-B \cdot \rho_{tar}} \cdot C \quad (4)$$

[0071] 式中, $L_{tar}$ 为目标场景的辐亮度值, $\rho_{tar}$ 为目标场景的表面反射率。

[0072] 上述实施例中的基于多灰度级的塔基长光程高光谱辐射校正方法,基于搭载高光谱成像仪的塔基遥感平台,结合“动-静”多灰度级标靶,针对多天时-天候地物辐射不一致性问题,实现了目标场景的辐射校正,得到了更精确的地物反射率。此方法有效结合了长路径、长光程、大倾角、宽场景,塔基集成平台的优势。在设备方面,塔基观测范围广,获取影像路径丰富,可实时观测目标场景。多灰度级标靶便于移动,可为对光程范围内的目标场景辐射校正提供数据。数据采集方面,所采集到数据维度丰富,成像时间连贯,能在很大程度上实现长期自动化无人值守观测,满足分、时、日等各级时序的数据获取。

[0073] 实施例2:

[0074] 本实施例提供一种塔基长光程高光谱辐射校正系统,应用上述的方法,如图3所示,包括:

[0075] 调整模块:用于根据塔基遥感平台的位置和光程所覆盖的范围,确定目标场景,调整高光谱成像仪;

[0076] 数据获取和预处理模块:用于基于高光谱成像仪获取目标场景和多灰度级标靶的影像数据,对所述目标场景和多灰度级标靶的影像数据进行预处理;

[0077] 计算模块:用于基于预处理后的目标场景和多灰度级标靶影像数据,利用多灰度级标靶辐亮度值和三组多灰度级标靶反射率值,获得多灰度级标靶辐亮度和反射率之间的变换系数A、B和C;

[0078] 校正模块:用于基于所述多灰度级标靶辐亮度和反射率之间的变换系数A、B和C,

对目标场景进行高光谱辐射校正。

[0079] 实施例3:

[0080] 本实施例提供一种电子设备,如图4所示,包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现上述的方法。

[0081] 实施例4:

[0082] 本实施例提供一种计算机可读存储介质,所述存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现上述的方法。

[0083] 本领域普通技术人员可以意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

[0084] 在本申请所提供的实施例中,应该理解到,所揭露的装置/电子设备和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置/电子设备实施例仅仅是示意性的,例如,模块或单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通讯连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通讯连接,可以是电性,机械或其它的形式。

[0085] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同或相似部分互相参见即可。对于实施例公开的系统而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0086] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

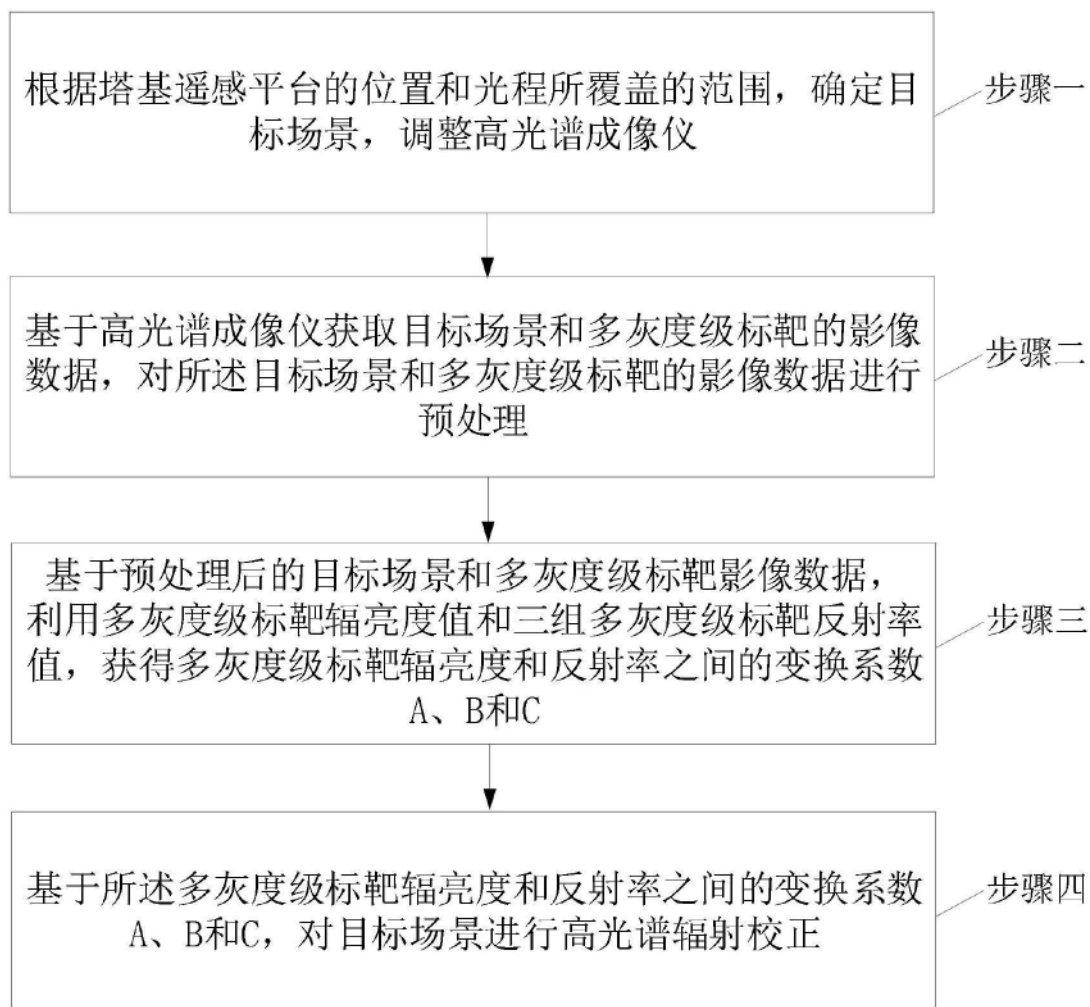


图 1

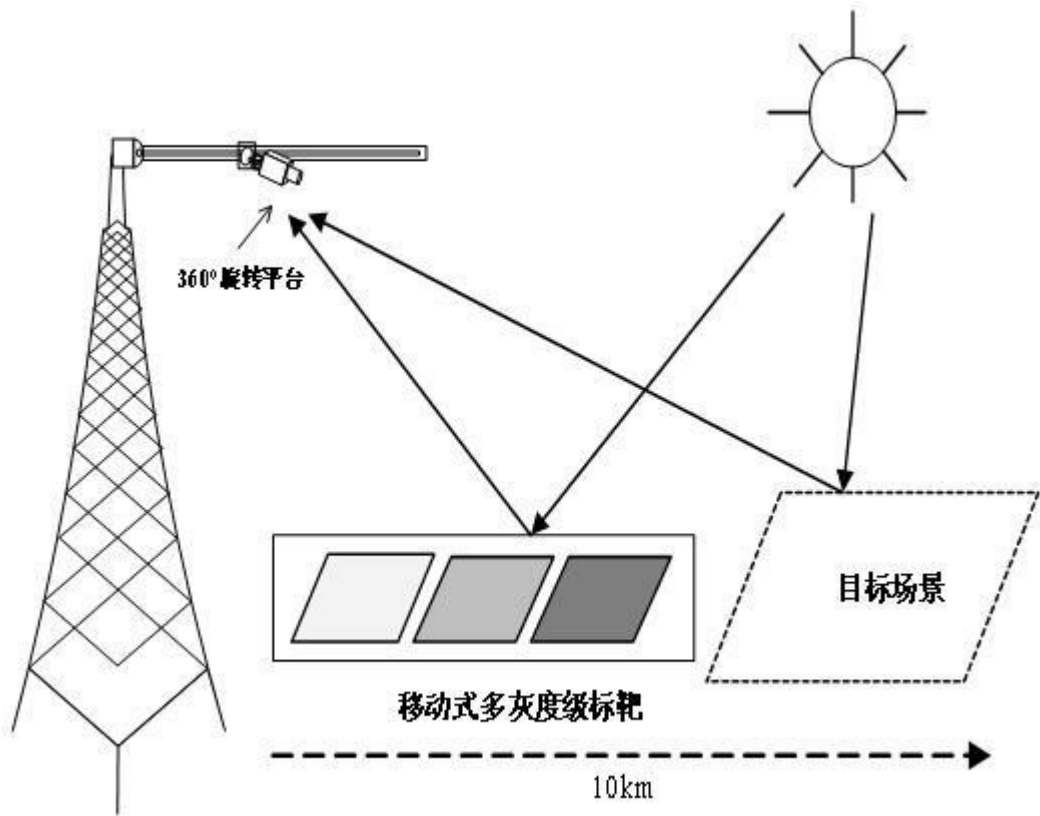


图 2

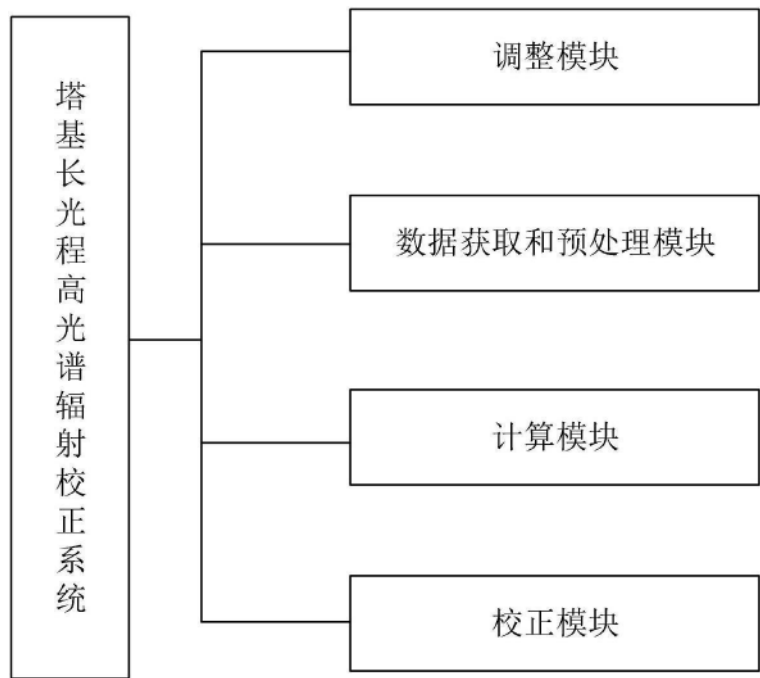


图 3

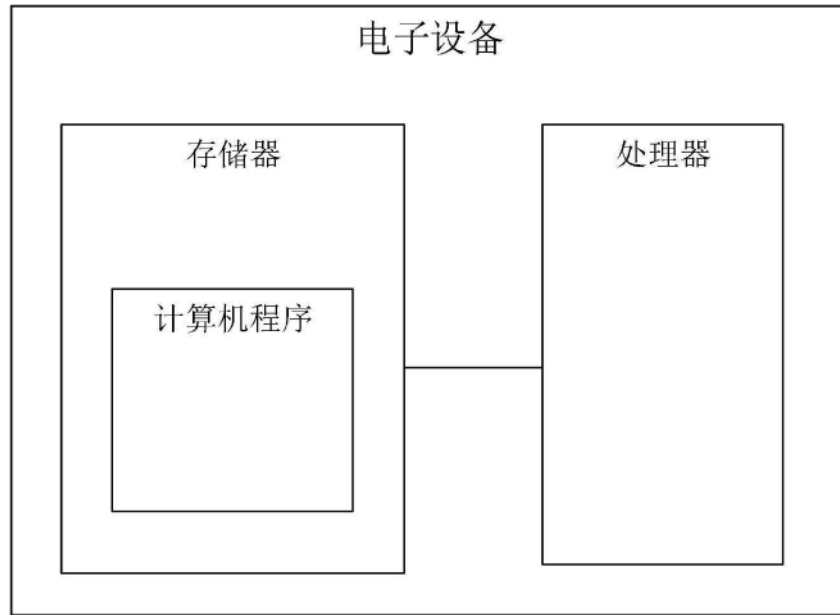


图 4