



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115826088 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 21

(21) 申请号 202211608587.5

(22) 申请日 2022.12.14

(71) 申请人 合肥学院

地址 230601 安徽省合肥市经济开发区锦绣大道99号

(72) 发明人 沈凤娇 张胜 卢军 石朝毅 高先和

(74) 专利代理机构 安徽新越诚途专利代理事务所(普通合伙) 34261

专利代理师 陈蒙蒙

(51) Int. Cl.

G01W 1/00 (2006.01)

G01N 21/31 (2006.01)

G06F 30/20 (2020.01)

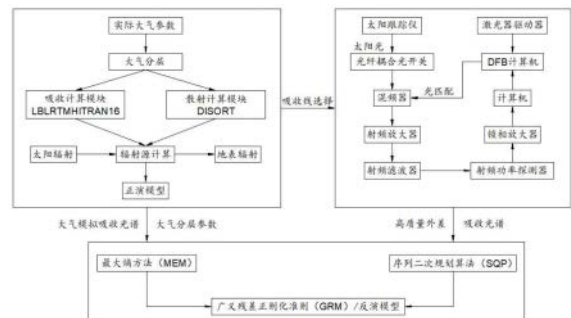
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

中高层大气垂直风廓线的激光外差光谱测量方法及系统

(57) 摘要

本发明涉及大气测量光学技术领域,公开了中高层大气垂直风廓线的激光外差光谱测量方法,包括:根据建立的正演模型获得大气模拟吸收光谱;利用激光外差方法获取高质量大气分子的吸收光谱数据;根据所述正演模型和所述吸收光谱数据建立大气垂直风廓线的反演模型;根据最小化所述反演模型的解的得到大气垂直风廓线,本发明实际测量的大气分子的高分辨CO2外差吸收光谱,研究适合于激光外差探测的前向模型及大气风场反演方法,实现中高层大气风廓线的反演,不但可以为大气风廓线的遥测及演化规律的研究提供必要的测量手段,而且也能为大气候模式研究提供更加全面、准确的基础数据,推动大气风场对全球气候的影响等的科学认知水平。



1. 中高层大气垂直风廓线的激光外差光谱测量方法,其特征在于,包括:
 根据建立的正演模型获得大气模拟吸收光谱;
 利用激光外差技术获取高质量大气分子的吸收光谱数据;
 根据所述正演模型和所述吸收光谱数据建立大气垂直风廓线的反演模型;
 根据最小化所述反演模型的解的得到大气垂直风廓线。

2. 根据权利要求1所述的中高层大气垂直风廓线的激光外差光谱测量方法,其特征在
 于,所述正演模型的建立方法包括:

利用FASCODE的大气分层方法对中高层大气层进行分层;
 根据所述实际大气参数确定大气模式;
 计算大气分子吸收的分子种类,确定的太阳传输路径;
 利用逐线积分算法LBLRTM进行大气分子吸收和连续吸收的计算;
 获得不同波数对应的光学厚度以及水平路径和斜路径上的大气透过率;
 利用已计算得到的光学厚度计算每层的总光学厚度,并计算得到DISORT所需的参数;
 调用DISORT计算单次散射和多次散射,得到大气热辐射的计算结果;
 根据所述大气热辐射获取斜路径上的散射辐射。

3. 根据权利要求1所述的中高层大气垂直风廓线的激光外差光谱测量方法,其特征在
 于,所述吸收光谱数据的获取方式包括:

获得穿过大气层到达地球表面的太阳光;
 通过分析所述太阳光的大气分子吸收光谱线型获得大气垂直风廓线;
 选定预设中心波长的近红外激光,获取外差光谱信号,得到所述吸收光谱数据。

4. 根据权利要求1所述的中高层大气垂直风廓线的激光外差光谱测量方法,其特征在
 于,所述建立大气垂直风廓线反演模型的方法包括:

根据所述吸收光谱数据和所述正演模型计算得到的所述大气模拟吸收光谱进行光谱
 线型的比较分析,获得大气垂直风廓线的反演;

所述大气垂直风廓线的反演包括:
 考虑辐射传输模型以及吸收光谱的多普勒失真:

$$\int_0^H \sigma \left(\vartheta - \frac{\vartheta_0 \sin(\theta)}{c} U(z), z \right) \rho(z) dz = \tau(\vartheta)$$

其中,H为中高层大气层高度, $\tau(z) = -\ln(T(\vartheta)\cos(\theta))$ 为在波长 ϑ 处垂直路径的归
 一化光学深度, $T(\vartheta)$ 为实测大气透过率, θ 为太阳天顶角, $\rho(z)$ 为假设CO₂分子的密度,U(z)
 为假设大气风在视线上的垂直廓线,c为光速, ϑ_0 为吸收线中心波长, $\sigma(\vartheta, z)$ 为根据上述
 算法计算的每个分子在波长 ϑ 和高度z处的模型吸收截面;

根据最大熵方法构造如下函数:

$$\Omega_\varepsilon(U) = \int_0^H g(U(z)) \ln(U(z) + 1) dz \\ + \int_0^H g(\partial U_z(z)) \ln(\partial U_z(z) + 1) dz$$

其中,引入函数 $g(U)$ 来提供函数 $\Omega_\varepsilon(U)$ 的凸性, $g(U)$ 是一个光滑函数,形式为 $g(U) = \sqrt{U^2 + \varepsilon}$, $\varepsilon = 0.001$,且满足该近似性质 $|\Omega_\varepsilon(U) - \Omega(U)| < \varepsilon k$, k 为常数;

在紧致集 $M = \{\Omega(\bar{U}, \bar{\rho}) \leq \Omega_\delta\}$ 上搜索解;

根据广义残差正则化方法意味着引入一个稳定泛函数 $\Omega(U, \rho)$,该泛函数在物理上是合理的,并遵循特殊性质,例如凹性和半连续性,以提供收敛性方法。

约束最小化稳定函数:

$$\bar{U}' = \operatorname{argmin}\{\Omega_\varepsilon(\bar{U}): \|\hat{A}\bar{U} \cdot \rho - \bar{\tau}\| \leq \delta\}$$

选定正则化标准,利用序列二次规划算法进行迭代计算,得到所述最小化稳定函数的解,获得大气垂直风廓线的反演模型。

5. 中高层大气垂直风廓线的激光外差光谱测量系统,其特征在于,包括:

大气模拟吸收光谱获取模块,用于根据建立的正演模型获得大气模拟吸收光谱;

高质量吸收光谱数据获取模块,用于获取高质量大气分子的吸收光谱数据;

构建模块,用于根据所述正演模型和所述吸收光谱数据建立大气垂直风廓线的反演模型;

处理模块,用于根据最小化所述反演模型的解的得到大气垂直风廓线。

中高层大气垂直风廓线的激光外差光谱测量方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及大气测量光学技术领域,具体涉及中高层大气垂直风廓线的激光外差光谱测量方法。

背景技术

[0002] 中高层大气(20-100km)风廓线的精确探测对理解天气现象的形成机理、发生、发展及移动演变规律意义重大,对大气科学的理论研究、风电场性能评估、环境监测及提高全球气候变化的预测能力和全球数值天气预报(NWP)的精确度有着重要作用。要科学认知中高层大气风廓线产生的影响,首先需要解决如何获取大气风廓线的问题。

[0003] 在20世纪中期以前,由于条件限制,大气风廓线只能通过简单的直接探测手段获得,例如:杯状风速计、翼状风速计、卡他温度计和热球式电风速计、风向标等,它们与大气直接进行接触从而获取风速信息。但这些设备对大尺度大范围的风廓线探测能力是有限的。在20世纪中后期,随着激光技术、微波技术、信息处理技术的迅猛发展,遥感探测逐渐发展成为地球大气研究领域的重要探测手段。区别于大气风廓线直接探测,大气风廓线遥感探测是指大气风廓线探测仪与被测大气不直接接触,其发射的光波、电磁波或声波等辐射波在大气中进行传播,当发射的辐射波与携带风廓线信息的物质相互作用时,辐射波信号的频谱、相位等也会随之变化,最后通过回波信号的反演来获得风速和风向信息。

[0004] 大气风廓线遥测技术可分为主动风廓线遥测和被动风廓线遥测。主动风廓线遥测技术主要包括多普勒声雷达、多普勒微波雷达、多普勒激光雷达。多普勒声雷达主要是对边界层的大气风廓线进行探测,可以测量从几十米到一公里范围内的风廓线。但是多普勒声雷达作用距离较短,现在基本不再应用于遥感测量。多普勒微波雷达已经被广泛应用于大气风廓线的遥测,它与大气中大尺寸粒子,如云、雨、冰或大气中的不均质体相互作用会产生回波,而与一些小尺寸大气分子和气溶胶相互作用时基本上不会产生回波信号。因此,多普勒微波雷达在云雨雪天气的条件下,遥感探测能力较强,而在晴空均匀大气或者气溶胶分布密度低的条件下,会形成探测盲区。此外,对于多普勒微波雷达,因其庞大的收发系统,不适合应用于机载和星载的遥测。

[0005] 多普勒激光雷达使用激光作为载波信号,可以与大气中的分子和气溶胶粒子相互作用产生回波信号,是目前实现全球、全天候风廓线遥测的最佳技术手段。相比多普勒声雷达和多普勒微波雷达,多普勒激光雷达具有高时空分辨率、晴空测量精度高、响应速度快、大探测范围(可延伸到低热层)并且可以同时获得三维廓线内的风速及风向分布等优点。多普勒激光雷达测风垂直有效区域从地面到海拔20km高度,垂直分辨率为1km。通常红外多普勒激光雷达被广泛应用在小范围领域的风廓线遥测。但是多普勒激光雷达是基于强大的光源(激光)对介质的主动探测,如果想获取更高层的风廓线,就意味着仪器本身的重量、体积以及功耗都会大大增加。

[0006] 被动风廓线遥测技术主要包括Fabry-pérot干涉仪(FPI)、迈克尔逊干涉仪和多普勒非对称空间外差仪(DASH),部署在地面或星载平台上。FPI风廓线检测技术通过精确测量

干涉条纹的中心和半径来获取风速。1991年URAS卫星携带的高分辨率多普勒成像仪(HRDI)实现了平流层、中间层和较低热层的风廓线探测。在随后的几年里,美国和日本使用小型地面FPI来研究热层风和温度。此外,Wang等人还报道了一种地面FPI,通过在标准具和伽利略望远镜系统后面使用带通滤波器,将实测数据与反演算法相结合获得高空大气风廓线。

[0007] 与FPI的原理不同,迈克尔逊干涉仪通过测量干涉条纹的相位变化来实现风廓线的检测。风成像干涉仪是首个利用迈克尔逊干涉仪技术实现被动廓线探测的星载仪器,成功探测到80-300km高度范围内的大气廓线。DASH技术是在空间外差光谱技术的基础上发展起来的,是针对中高层大气风廓线探测这一具体应用而开发的一项新技术。2013年,约克大学的Solheim和Shepherd开发了SWIFT-DASH原理原型,用于平流层风廓线和红外臭氧探测。最近,Shen等人分析了多普勒非对称空间外差测量数据的处理误差。

[0008] 大气廓线受多种因素(如:大气环境、经纬度、温度、压力等)影响,在不同地点、不同时间大气廓线变化很大。要科学准确的探测中高层大气风廓线,需要获取各种地理环境下的大气风廓线信息。这就要求测量仪器在保证性能的基础上必须具有体积小、重量轻、功耗小、成本低、易于移动等特点。上面所述的大气风廓线测量仪器已难于满足这些要求,需要发展新一代的大气风廓线遥测技术。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供中高层大气垂直风廓线的激光外差光谱测量方法,解决以下技术问题:

[0010] 如何提供一种基于激光外差法的中高层大气垂直风廓线测量方法。

[0011] 本发明的目的可以通过以下技术方案实现:

[0012] 中高层大气垂直风廓线的激光外差光谱测量方法,包括:

[0013] 根据建立的正演模型获得大气模拟吸收光谱;

[0014] 利用激光外差方法获取高质量大气分子的吸收光谱数据;

[0015] 根据所述正演模型和所述吸收光谱数据建立大气垂直风廓线的反演模型;

[0016] 根据最小化所述反演模型的解的得到大气垂直风廓线。

[0017] 作为本发明进一步的方案:所述正演模型的建立方法包括:

[0018] 利用FASCODE的大气分层方法对中高层大气层进行分层;

[0019] 根据所述实际大气参数确定大气模式;

[0020] 计算大气分子吸收的分子种类,确定的太阳传输路径;

[0021] 利用逐线积分算法LBLRTM进行大气分子吸收和连续吸收的计算;

[0022] 获得不同波长光线对应的光学厚度以及水平路径和斜路径上的大气透过率;

[0023] 利用已计算得到的光学厚度计算每层的总光学厚度,并计算得到DISORT所需的参数;

[0024] 调用DISORT计算单次散射和多次散射,得到大气热辐射的计算结果;

[0025] 根据所述大气热辐射获取斜路径上的散射辐射。

[0026] 作为本发明进一步的方案:所述吸收光谱数据的获取方式包括:

[0027] 获得穿过大气层到达地球表面的太阳光;

[0028] 通过分析所述太阳光的大气分子吸收光谱线型获得大气垂直风廓线;

[0029] 选定预设中心波长的近红外激光,获取外差光谱信号,得到所述吸收光谱数据。

[0030] 作为本发明进一步的方案:所述建立大气垂直风廓线反演模型的方法包括:

[0031] 根据所述吸收光谱数据和所述正演模型计算得到的所述大气模拟吸收光谱进行光谱线型的比较分析,获得大气垂直风廓线的反演;

[0032] 所述大气垂直风廓线的反演包括:

[0033] 考虑辐射传输模型以及吸收光谱的多普勒失真:

$$[0034] \int_0^H \sigma \left(\vartheta - \frac{\vartheta_0 \sin(\theta)}{c} U(z), z \right) \rho(z) dz = \tau(\vartheta)$$

[0035] 其中, $\tau(z) = -\ln(T(\vartheta)\cos(\theta))$ 为在波长 ϑ 处垂直路径的归一化光学深度, $T(\vartheta)$ 为实测大气透过率, θ 为太阳天顶角, $\rho(z)$ 为假设CO₂分子的密度, $U(z)$ 为假设大气风在视线上的垂直廓线, c 为光速, ϑ_0 为吸收线中心波长, $\sigma(\vartheta, z)$ 为根据上述算法计算的每个分子在波长 ϑ 和高度 z 处的模型吸收截面;

[0036] 根据最大熵方法 (MEM) 构造如下函数:

$$[0037] \Omega_\varepsilon(U) = \int_0^H g(U(z)) \ln(U(z) + 1) dz + \int_0^H g(\partial U_z(z)) \ln(\partial U_z(z) + 1) dz$$

[0038] 其中,引入函数 $g(U)$ 来提供函数 $\Omega_\varepsilon(U)$ 的凸性, $g(U)$ 是一个光滑函数,形式为 $g(U) = \sqrt{U^2 + \varepsilon}$, $\varepsilon = 0.001$, 且满足该近似性质 $|\Omega_\varepsilon(U) - \Omega(U)| < \varepsilon k$, k 为常数;

[0039] 在紧致集 $M = \{\Omega(\bar{U}, \bar{\rho}) \leq \Omega_\delta\}$ 上搜索解;

[0040] 根据广义残差正则化方法 (GRM) 意味着引入一个稳定泛函数 $\Omega(U, \rho)$, 该泛函数在物理上是合理的, 并遵循特殊性质, 例如凹性和半连续性, 以提供收敛性方法。

[0041] 约束最小化稳定函数:

$$[0042] \bar{U}' = \operatorname{argmin}\{\Omega_\varepsilon(\bar{U}): \|\hat{A}\bar{U} \cdot \rho - \bar{\tau}\| \leq \delta\}$$

[0043] 选定正则化标准, 利用序列二次规划 (SQP) 算法进行迭代计算, 得到所述最小化稳定函数的解, 获得大气垂直风廓线的反演模型。

[0044] 作为本发明进一步的方案: 中高层大气垂直风廓线的激光外差光谱测量系统, 包括:

[0045] 大气模拟吸收光谱获取模块, 用于根据建立的正演模型获得大气模拟吸收光谱;

[0046] 高质量吸收光谱数据获取模块, 用于获取高质量大气分子的吸收光谱数据;

[0047] 构建模块, 用于根据所述正演模型和所述吸收光谱数据建立大气垂直风廓线的反演模型;

[0048] 处理模块, 用于根据最小化所述反演模型的解的得到大气垂直风廓线。

[0049] 本发明的有益效果: 本发明基于实验室建立的地基近红外激光外差实验系统, 实际测量的大气分子的高分辨CO₂外差吸收光谱, 研究适合于激光外差探测的前向模型及大

气风场反演方法,实现中高层大气风廓线的反演,以及其随时间地点演化特性的在线测量,从而为开展全球、全天候风场遥测奠定基础。本申请所采用的方案不但可以为大气风廓线的遥测及演化规律的研究提供必要的测量手段,而且也能为大气气候模式研究提供更加全面、准确的基础数据,推动大气风场对全球气候的影响等的科学认知水平。

附图说明

[0050] 下面结合附图对本发明作进一步的说明。

[0051] 图1为本发明中激光外差光谱测量方法示意图;

[0052] 图2为本发明中高质量吸收光谱数据获取模块的结构示意图。

具体实施方式

[0053] 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作出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0054] 请参阅图1所示,本发明为中高层大气垂直风廓线的激光外差光谱测量方法,包括:

[0055] 根据建立的正演模型获得大气模拟吸收光谱;

[0056] 利用激光外差方法获取高质量大气分子的吸收光谱数据;

[0057] 根据所述正演模型和所述吸收光谱数据建立大气垂直风廓线的反演模型;

[0058] 根据最小化所述反演模型的解的得到大气垂直风廓线。

[0059] 在本发明中,激光外差光谱技术的优点主要是通过较高功率的本地激光放大透过大气后的携带大气分子吸收光谱信息的微弱太阳光,从而高灵敏、高分辨地获取大气分子吸收谱。在理想情况下,本振激光功率足够高时,激光外差系统的信噪比接近于散粒噪声极限下的信噪比,系统的光谱分辨率由后续射频电路的电子带宽决定,可达到几MHz。此外,激光外差系统的光路系统相对简单稳固,可以在很小的空间内实现。

[0060] 因为不同高度处风场的风速风向不同,受多普勒加宽影响,不同高度的大气分子吸收谱线中心频率和吸收线型会发生改变,当大气风场,温度,压力以及其他大气参数已知时,某一高度大气分子吸收线型就可以确定。反之,通过地基激光外差系统测得中高层大气风场作用后的CO₂吸收谱,基于该CO₂吸收谱线型就可以反演出中高层不同高度大气风廓线。

[0061] 作为本发明进一步的方案:所述正演模型的建立方法包括:

[0062] 利用FASCODE的大气分层方法对中高层大气层进行分层;

[0063] 根据所述实际大气参数确定大气模式;或者利用手动录入真实条件下的大气参数廓线(详细气体组成、先验估计垂直浓度廓线、压强、温度、风场等);

[0064] 然后结合最新版的HITRAN2016数据库计算大气分子吸收的分子种类,确定的太阳传输路径;

[0065] 利用逐线积分算法LBLRTM进行大气分子吸收和连续吸收的计算;选择气溶胶计算模式进行气溶胶衰减计算;

[0066] 获得不同波长光线对应的光学厚度以及水平路径和斜路径上的大气透过率；
 [0067] 利用已计算得到的光学厚度计算每层的总光学厚度，并计算得到DISORT所需的参数；调用DISORT计算单次散射和多次散射，得到大气热辐射的计算结果；根据所述大气热辐射获取斜路径上的散射辐射。在使用逐线积分算法 (lblrtm) 建立正演模型的过程中，加入DISORT散射算法可以进一步提高温室气体垂直廓线的反演准确度。

[0068] 作为本发明进一步的方案：所述吸收光谱数据的获取方式包括：

[0069] 获得穿过大气层到达地球表面的太阳光；

[0070] 通过分析所述太阳光的大气分子吸收光谱线型获得大气垂直风廓线；

[0071] 选定预设中心波长的近红外激光，获取外差光谱信号，得到所述吸收光谱数据。

[0072] 作为本发明进一步的方案：所述建立大气垂直风廓线反演模型的方法包括：

[0073] 根据所述吸收光谱数据和所述正演模型计算得到的所述大气模拟吸收光谱进行光谱线型的比较分析，获得大气垂直风廓线的反演；

[0074] 所述大气垂直风廓线的反演包括：

[0075] 考虑辐射传输模型以及吸收光谱的多普勒失真：

$$[0076] \quad \int_0^H \sigma \left(\vartheta - \frac{\vartheta_0 \sin(\theta)}{c} U(z), z \right) \rho(z) dz = \tau(\vartheta)$$

[0077] 其中， $\tau(z) = -\ln(T(\vartheta)\cos(\theta))$ 为在波长 ϑ 处垂直路径的归一化光学深度， $T(\vartheta)$ 为实测大气透过率， θ 为太阳天顶角， $\rho(z)$ 为假设CO₂分子的密度， $U(z)$ 为假设大气风在视线上的垂直廓线， c 为光速， ϑ_0 为吸收线中心波长， $\sigma(\vartheta, z)$ 为根据上述算法计算的每个分子在波长 ϑ 和高度 z 处的模型吸收截面；

[0078] 根据最大熵方法 (MEM) 构造如下函数：

$$[0079] \quad \Omega_\varepsilon(U) = \int_0^H g(U(z)) \ln(U(z) + 1) dz \\ + \int_0^H g(\partial U_z(z)) \ln(\partial U_z(z) + 1) dz$$

[0080] 其中，引入函数 $g(U)$ 来提供函数 $\Omega_\varepsilon(U)$ 的凸性， $g(U)$ 是一个光滑函数，形式为 $g(U) = \sqrt{U^2 + \varepsilon}$ ， $\varepsilon = 0.001$ ，且满足该近似性质 $|\Omega_\varepsilon(U) - \Omega(U)| < \varepsilon k$ ， k 为常数；

[0081] 在紧致集 $M = \{\Omega(\bar{U}, \bar{\rho}) \leq \Omega_\delta\}$ 上搜索解；

[0082] 根据广义残差正则化方法 (GRM) 意味着引入一个稳定泛函数 $\Omega(U, \rho)$ ，该泛函数在物理上是合理的，并遵循特殊性质，例如凹性和半连续性，以提供收敛性方法。

[0083] 约束最小化稳定函数：

$$[0084] \quad \bar{U}' = \operatorname{argmin}\{\Omega_\varepsilon(\bar{U}): \|\hat{A}\bar{U} \cdot \rho - \bar{\tau}\| \leq \delta\}$$

[0085] 选定正则化标准，利用序列二次规划 (SQP) 算法进行迭代计算，得到所述最小化稳定函数的解，获得大气垂直风廓线的反演模型。通过结合激光外差方法获得整层实际大气分子高质量光谱数据，利用广义残差正则化准则 (GRM) 实现中高层大气垂直风廓线的精确

测量。

[0086] 如图2所示,中高层大气垂直风廓线的激光外差光谱测量系统,包括:

[0087] 大气模拟吸收光谱获取模块,用于根据建立的正演模型获得大气模拟吸收光谱;

[0088] 高质量吸收光谱数据获取模块,用于获取高质量大气分子的吸收光谱数据;

[0089] 构建模块,用于根据所述正演模型和所述吸收光谱数据建立大气垂直风廓线的反演模型;

[0090] 处理模块,用于根据最小化所述反演模型的解的得到大气垂直风廓线。

[0091] 在本发明中,全光纤便携式近红外激光外差风廓线检测系统,以太阳光为信号光的被动遥测获取大气风场信息,以小体积、低功耗的形式快速实时实地获取更大空间尺度范围的大气风场信息,克服现有中高层大气风场探测技术设备体积庞大、移动困难的不足,具有更高的实用性和便捷性。

[0092] 激光外差探测方法对大气组分的探测是以太阳光为信号光的被动探测方法。太阳光穿过大气层到达地球表面,其携带了大气层中各种分子的吸收信息,通过多普勒分析高分辨大气分子吸收光谱线型就可以获得大气垂直风廓线。拟采用1.605mm中心波长的近红外激光外差系统对大气CO₂分子进行探测,在该波段CO₂分子较少受到其他大气分子吸收的干扰,因而可以获得较为准确的CO₂分子吸收线型信息。

[0093] 设计的实验系统原理图如图2所示。利用高指向精度的太阳跟踪仪对太阳位置进行实时跟踪,安装在太阳跟踪仪上的光纤耦合准直透镜用来收集太阳光,并收集进一根较长的单模光纤中。从光纤出射的太阳光通过1×2光纤耦合光开关进行强度调制,从光开关出射的一部分太阳光直接进入光功率探测器中,用来对太阳光功率变化进行标定。本振激光器出射的激光光束通过光纤分束器分为两束,其中一部分激光光束通过光纤耦合器与经光开关强度调制的太阳光进行合束,在混频器光敏面上进行光混频,混频后产生的直流信号和差频信号通过射频滤波器、射频放大器,并通过射频功率探测器进行功率探测,最后送由锁相放大器结合光开关输出的同步参考信号进行相关性解调,并输出最终的外差信号,利用函数发生器产生锯齿波信号驱动激光器进行波长扫描,从而得到完整的外差光谱信号;经光纤分束器分出的另外一部分激光光束经光纤准直器后通过光学标准具和吸收池后进入光电探测器用于频率标定。数据采集卡对这些信号进行采集,并通过Labview模拟仿真软件显示在笔记本电脑上。其中,对系统进行参数优化时,黑体光路将被用来代替太阳光光路。

[0094] 以上对本发明的一个实施例进行了详细说明,但所述内容仅为本发明的较佳实施例,不能被认为用于限定本发明的实施范围。凡依本发明申请范围所作的均等变化与改进等,均应仍归属于本发明的专利涵盖范围之内。

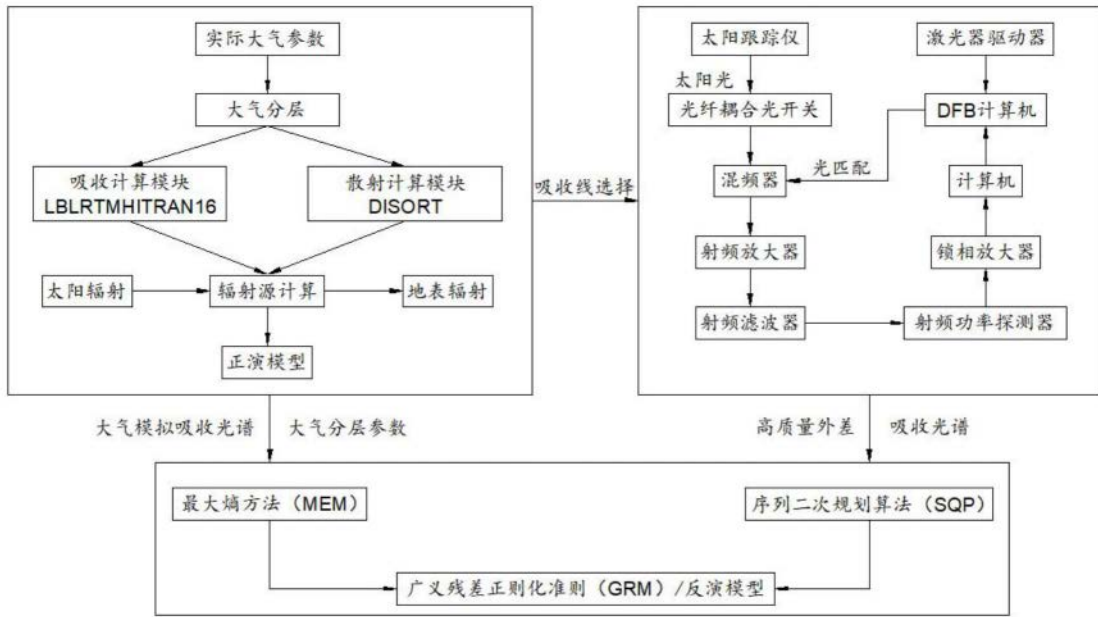


图1

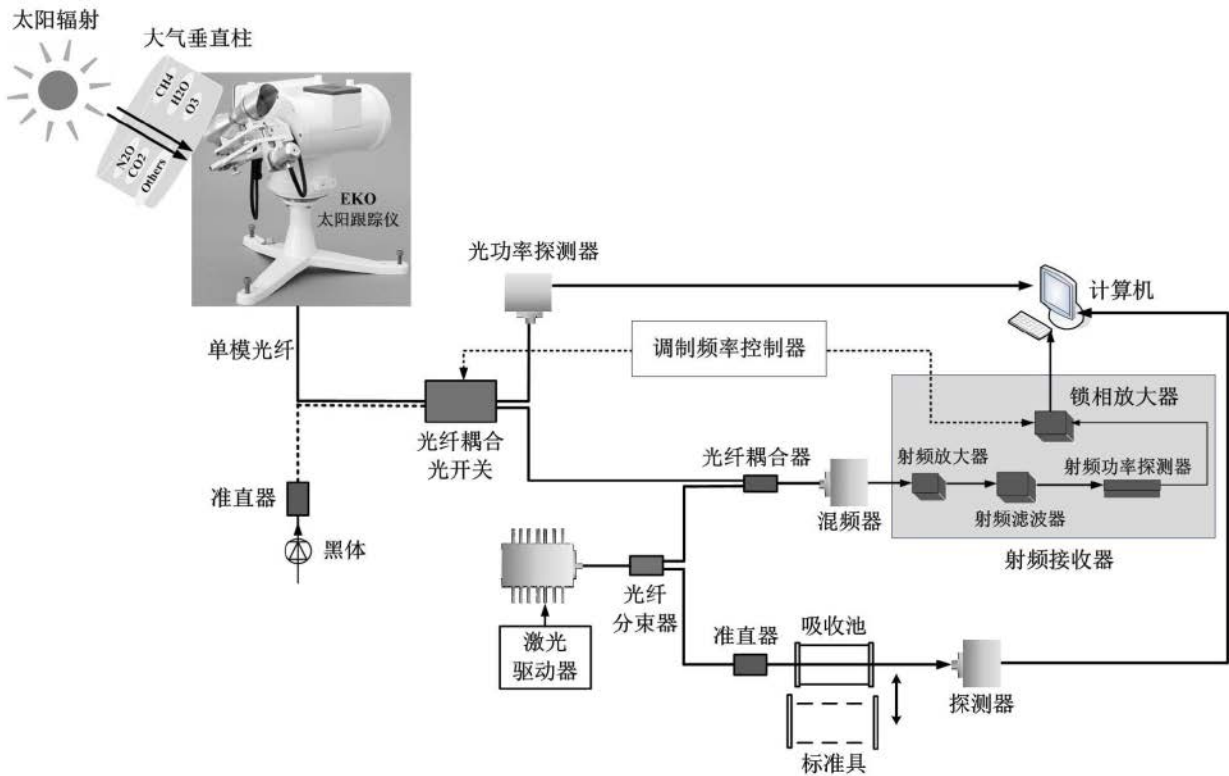


图2