



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111765922 A

(43) 申请公布日 2020.10.13

(21) 申请号 202010651619.4

(22) 申请日 2020.07.08

(71) 申请人 昆明理工大学

地址 650093 云南省昆明市五华区学府路
253号

(72) 发明人 田凌峰 宫爱玲 贾炳文 宋雪艳

(74) 专利代理机构 天津煜博知识产权代理事务
所(普通合伙) 12246

代理人 朱维

(51) Int.Cl.

G01D 21/02 (2006.01)

A24B 5/10 (2006.01)

权利要求书3页 说明书6页 附图2页

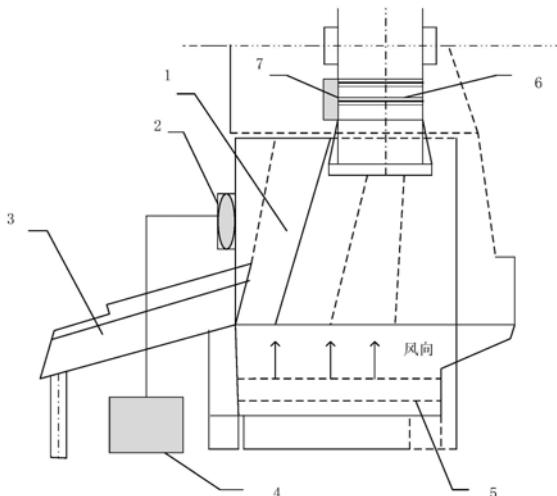
(54) 发明名称

一种基于打叶精细分风的叶片实时监测系
统及监测方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于打叶精细分风的叶片
实时监测系统及监测方法，属于烟草监测技术领
域。该叶片实时监测系统包括打叶精细分风装
置、光控波束系统、风控机和计算机，光控波束系
统包括可调激光器、光耦合器、电光调制器、光控
延时单元、光纤信号放大器、光电探测器阵列、射
频天线I、射频天线II和矢量网络分析仪。本发明
的风分过程中叶片实时监测装置可实现在线检
测，同时根据叶片轨道角动量计算出叶片的轨迹
和转速，可根据计算参数调整风分机的分速与大
小，提高监测的精度与效率，减小了非实时反馈
造成的损失。

A
CN 111765922



1. 一种基于打叶精细分风的叶片实时监测系统，其特征在于：包括打叶精细分风装置、光控波束系统(4)、风控机(7)、计算机，打叶精细分风装置包括分离仓(1)、烟叶传送带(3)、下仓体(5)和风机(6)，分离仓(1)固定设置在下仓体(5)顶端，风机(6)固定设置在分离仓(1)的顶部，烟叶传送带(3)倾斜设置在分离仓(1)的侧壁底部且与分离仓(1)内腔连通，远离分离仓(1)的烟叶传送带(3)端头为烟叶传送带I端，烟叶传送带(3)与分离仓(1)的接触端为烟叶传送带II端，烟叶传送带II端高于烟叶传送带I端；

风控机(7)设置在打叶精细分风装置的风机(6)外侧且与风机(6)电连接；

光控波束系统(4)包括可调激光器、光耦合器、电光调制器(9)、光控延时单元(11)、光纤信号放大器(10)、光电探测器阵列(12)、射频天线I(2)、射频天线II(13)和矢量网络分析仪(14)，可调激光器、光耦合器、电光调制器(9)、光控延时单元(11)、光纤信号放大器(10)、光电探测器阵列(12)、射频天线I(2)、射频天线II(13)和矢量网络分析仪(14)形成光学回路；

可调激光器的光源发射端与光耦合器的光源入口连通，光耦合器的光源输出端与波分复用器的光源入口光连通，波分复用器的光源输出端与电光调制器(9)的光源入口光连通，矢量网络分析仪(14)的扫频信号输出端与电光调制器(9)的射频信号接收端连通，电光调制器(9)的信号输出端依次与光纤信号放大器(10)、光延时单元(11)、光电探测器阵列(12)连通，光电探测器阵列(12)输出的监控射频电信号发送至射频天线I(2)和射频天线II(13)，射频天线I(2)和射频天线II(13)分别将监控射频电信号发射至风机叶片，经风机叶片反射后的反馈射频电信号由射频天线I(2)和射频天线II(13)接收再传输给矢量网络分析仪(14)；

可调激光器、风控机(7)、矢量网络分析仪(14)均与计算机电连接；

所述矢量网络分析仪(14)，用于产生设定扫频信号并接收和分析风机叶片反射的反馈射频电信号，并将风机叶片反射的反馈射频电信号的分析结果传输给计算机；

所述光纤信号放大器(10)，用于对双边带调制信号进行信号放大处理得到放大双边带调制信号；

所述光控延时单元(12)，用于对放大双边带调制信号进行延时处理得到放大光信号；

所述光电探测器，用于探测放大光信号并拍频得到射频电信号；

所述计算机，控制可调激光器发射连续可调光源(8)的波长与功率，控制风控机对风机进行精细化操作，处理矢量网络分析仪(14)采集的叶片位置和角速度信息数据，将角速度分析结果与叶片位置信息数据进行整合处理，控制风控机的电输出。

2. 根据权利要求1所述基于打叶精细分风的叶片实时监测系统，其特征在于：可调激光器的光源发射端通过保偏光纤与光耦合器的光源入口连通，光耦合器的光源输出端通过保偏光纤与波分复用器的光源入口光连通，波分复用器的光源输出端通过保偏光纤与电光调制器(9)的光源入口光连通，矢量网络分析仪(14)的射频信号输出端通过保偏光纤与电光调制器(9)的射频信号接收端连通，电光调制器(9)的信号输出端依次通过保偏光纤与光纤信号放大器(10)、光延时单元(11)、光电探测器阵列(12)连通，光电探测器阵列(12)输出的监控射频电信号发送至射频天线I(2)和射频天线II(13)，射频天线I(2)和射频天线II(13)分别将监控射频电信号发射至风机叶片，经风机叶片反射后的反馈射频电信号由射频天线I(2)和射频天线II(13)接收再传输给矢量网络分析仪(14)；可调激光器发射多路预设连续

可调光源(8),多路预设连续可调光源(8)通过保偏光纤和光耦合器进入到波分复用器中形成多路光载信号(8),多路光载信号(8)输入电光调制器(9)中,矢量网络分析仪(14)产生的设定扫频信号输入电光调制器(9)中对多路光载信号(8)进行调制得到多组双边带调制信号,多组双边带调制信号经放大处理、延时处理得到放大光信号,放大光信号经光电探测器阵列(12)的光电探测器探测拍频得到监控射频电信号并发送给射频天线I(2)和射频天线II(13),射频天线I(2)和射频天线II(13)发射监控射频电信号扫描风机叶片,风机叶片反射的反馈射频电信号经射频天线I(2)和射频天线II(13)接收并传输给矢量网络分析仪(14)进行信号分析。

3. 根据权利要求2所述基于打叶精细分风的叶片实时监测系统,其特征在于:光控波束系统(4)还包括偏振控制器,偏振控制器与保偏光纤电连接。

4. 根据权利要求3所述基于打叶精细分风的叶片实时监测系统,其特征在于:可调激光器发射4路预设连续可调光源(8),线宽为1KHz;光电探测器的带宽为30GHz,射频天线的工作频率为17GHz、带宽为4GHz,光耦合器用以耦合多路光信号并一分四等等功率输出,偏振控制器用以调节光偏振方向,其调节偏振方向为 2π ,矢量网络分析仪(14)的频率范围0~40GHz;监控射频电信号为4路射频电信号形成双模反向叠加态的监测射频涡旋波,监测射频涡旋波的OAM模态为,4路射频电信号的相位信息分别为、、、。

5. 根据权利要求1所述基于打叶精细分风的叶片实时监测系统,其特征在于:光控波束系统(4)的外侧设置有保护箱体,光电探测器阵列(12)等距设置在保护箱体的内侧板上;射频天线(13)通过支撑支架设置在保护箱体的内侧壁。

6. 根据权利要求1所述基于打叶精细分风的叶片实时监测系统,其特征在于:可调激光器采用相干长度为1m、额定功率为5dBm且激光波长为1053nm的可调DFB激光器。

7. 根据权利要求1所述基于打叶精细分风的叶片实时监测系统,其特征在于:可调激光器通过数据线I与工业计算机的CAMLINK接口I连接,风控机(7)的CAMLINK接口通过数据线II与计算机的CAMLINK接口II连接,矢量网络分析仪(14)通过数据线III与计算机的CAMLINK接口III连接。

8. 基于打叶精细分风的叶片实时监测方法,其特征在于:采用权利要求1~7任一项所述基于打叶精细分风的叶片实时监测系统进行监测,具体步骤如下:

(1)螺旋相位面形成前的指向角度由图4延时光纤产生其表达式为:

其中,c为光在真空中的传播速度,延时差;

(2)为此时波束指向角化简为:

(3)通过射频天线发射具有螺旋相位面的涡旋电磁波,在检测叶片时,采用双重叠加的OAM模式,记为两个不同的OAM态和,双重叠加态涡旋波公式为:

其中,(ρ, φ)为以波轴为中心的柱状坐标系下的坐标值,为涡旋相位特性,D为和天线有关的电流密度矢量常数,和为OAM模式数,为该电磁波的幅度波前特性,而为该电磁波除了涡旋相位项以外的附加相位特性;

(4)对于步骤(3)的两个不同OAM模式,产生的多普勒频移差为:

其中,为多普勒频移差, Ω 为旋转叶片的旋转速度;

(5)涡旋波经旋转的叶片反射后发生相位差为,频谱的频移为

其中,为入射频率;

(6) 在t时刻,涡旋波发射时间为 t_0 ,涡旋波经旋转的叶片反射后再接收的时间为 t_1 ,涡旋波接收时间与发射时间的间隔为 $T=t_1-t_0$,则在t时刻,叶片与射频天线的距离为L为位置距离,为涡旋波速度;

(7) 通过步骤(5)频谱的频移和步骤(6)在t时刻,叶片与射频天线的距离定位打叶精细分风的叶片的位置实现实时监测。

一种基于打叶精细分风的叶片实时监测系统及监测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于打叶精细分风的叶片实时监测系统及监测方法，属于烟草监测技术领域。

背景技术

[0002] 烟草行业使用打叶风分机在风分过程中都是经过烟叶风分后出来效果而去调节风的方向和大小，这样严重影响了风分的质量和效率。为了满足各打叶复烤厂对生产线质量、效率和自动化的要求，解决现有打叶风分不足，进一步提高生产能力和风分效果。通过在整个风分管路前设计实时监测叶片动态信息采集，对采集的信息进行实时处理并快速优化风向和风量。通过获得更加理想的风选效果。这种不仅节约了成本，更能大大提高生产线的效率。

[0003] 目前风向风量的调节方法为人工检查烟叶风分出来的叶片分布情况，而后去调节风向风量，这样需要调节很多次才能达到预期效果，这样不仅效率非常低，工作强度大，而且抽检反馈具有滞后性，等调节到理想状态时，风分机已经出来大量的分布不规的叶片，从而造成严重的浪费。

发明内容

[0004] 本发明针对现有打叶风分机存在的问题，提供一种基于打叶精细分风的叶片实时监测系统及监测方法；本发明的基于打叶精细分风的叶片实时监测系统在风分过程中叶片实时监测装置可实现在线监测，同时测得叶片轨道角动量计算出叶片的轨迹和转速，可根据计算参数调整风分机的分速与大小，提高监测的精度与效率，减小了非实时反馈造成的损失。

[0005] 本发明为解决其技术问题而采用的技术方案是：

[0006] 一种基于打叶精细分风的叶片实时监测系统，包括打叶精细分风装置、光控波束系统4、风控机7、计算机，打叶精细分风装置包括分离仓1、烟叶传送带3、下仓体5和风机6，分离仓1固定设置在下仓体5顶端，风机6固定设置在分离仓1的顶部，烟叶传送带3倾斜设置在分离仓1的侧壁底部且与分离仓1内腔连通，远离分离仓1的烟叶传送带3端头为烟叶传送带I端，烟叶传送带3与分离仓1的接触端为烟叶传送带II端，烟叶传送带II端高于烟叶传送带I端；

[0007] 风控机7设置在打叶精细分风装置的风机6外侧且与风机6电连接；

[0008] 光控波束系统4包括可调激光器、光耦合器、电光调制器9、光控延时单元11、光纤信号放大器10、光电探测器阵列12、射频天线I2、射频天线II13和矢量网络分析仪14，可调激光器、光耦合器、电光调制器9、光控延时单元11、光纤信号放大器10、光电探测器阵列12、射频天线I2、射频天线II13和矢量网络分析仪14形成光学回路；

[0009] 可调激光器的光源发射端与光耦合器的光源入口连通，光耦合器的光源输出端与波分复用器的光源入口光连通，波分复用器的光源输出端与电光调制器9的光源入口光连

通,矢量网络分析仪14的扫频信号输出端与电光调制器9的射频信号接收端连通,电光调制器9的信号输出端依次与光纤信号放大器10、光延时单元11、光电探测器阵列12连通,光电探测器阵列12输出的监控射频电信号发送至射频天线I2和射频天线II13,射频天线I2和射频天线II13分别将监控射频电信号发射至风机叶片,经风机叶片反射后的反馈射频电信号由射频天线I2和射频天线II13接收再传输给矢量网络分析仪14;

[0010] 可调激光器、风控机7、矢量网络分析仪14均与计算机电连接;

[0011] 所述矢量网络分析仪14,用于产生设定扫频信号并接收和分析风机叶片反射的反馈射频电信号,并将风机叶片反射的反馈射频电信号的分析结果传输给计算机;

[0012] 所述光纤信号放大器10,用于对双边带调制信号进行信号放大处理得到放大双边带调制信号;

[0013] 所述光控延时单元12,用于对放大双边带调制信号进行延时处理得到放大光信号;

[0014] 所述光电探测器,用于探测放大光信号并拍频得到射频电信号;

[0015] 所述计算机,控制可调激光器发射连续可调光源8的波长与功率,控制风控机对风机进行精细化操作,处理矢量网络分析仪14采集的叶片位置和角速度信息数据,将角速度分析结果与叶片位置信息数据进行整合处理,控制风控机的电输出。

[0016] 进一步的,所述可调激光器的光源发射端通过保偏光纤与光耦合器的光源入口连通,光耦合器的光源输出端通过保偏光纤与波分复用器的光源入口光连通,波分复用器的光源输出端通过保偏光纤与电光调制器9的光源入口光连通,矢量网络分析仪14的射频信号输出端通过保偏光纤与电光调制器9的射频信号接收端连通,电光调制器9的信号输出端依次通过保偏光纤与光纤信号放大器10、光延时单元11、光电探测器阵列12连通,光电探测器阵列12输出的监控射频电信号发送至射频天线I2和射频天线II13,射频天线I2和射频天线II13分别将监控射频电信号发射至风机叶片,经风机叶片反射后的反馈射频电信号由射频天线I2和射频天线II13接收再传输给矢量网络分析仪14;可调激光器发射多路预设连续可调光源8,多路预设连续可调光源8通过保偏光纤和光耦合器进入到波分复用器中形成多路光载信号8,多路光载信号8输入电光调制器9中,矢量网络分析仪14产生的设定扫频信号输入电光调制器9中对多路光载信号8进行调制得到多组双边带调制信号,多组双边带调制信号经放大处理、延时处理得到放大光信号,放大光信号经光电探测器阵列12的光电探测器探测拍频得到监控射频电信号并发送给射频天线I2和射频天线II13,射频天线I2和射频天线II13发射监控射频电信号扫描风机叶片,风机叶片反射的反馈射频电信号经射频天线I2和射频天线II13接收并传输给矢量网络分析仪14进行信号分析。

[0017] 更进一步的,所述光控波束系统4还包括偏振控制器,偏振控制器与保偏光纤电连接。

[0018] 更进一步的,所述可调激光器发射4路预设连续可调光源8,线宽为1KHz;光电探测器的带宽为30GHz,射频天线的工作频率为17GHz、带宽为4GHz,光耦合器用以耦合多路光信号并一分四等等功率输出,偏振控制器用以调节光偏振方向,其调节偏振方向为 2π ,矢量网络分析仪14的频率范围0~40GHz;监控射频电信号为4路射频电信号形成双模反向叠加态的监测射频涡旋波,监测射频涡旋波的OAM模态为,4路射频电信号的相位信息分别为、、、。

[0019] 所述光控波束系统4的外侧设置有保护箱体,光电探测器阵列12等距设置在保护

箱体的内侧板上;射频天线13通过支撑支架设置在保护箱体的内侧壁。

[0020] 所述可调激光器采用相干长度为1m、额定功率为5dBm且激光波长为1053nm的可调DFB激光器。

[0021] 所述可调激光器通过数据线I与工业计算机的CAMLINK接口I连接,风控机7的CAMLINK接口通过数据线II与计算机的CAMLINK接口II连接,矢量网络分析仪14通过数据线III与计算机的CAMLINK接口III连接。

[0022] 优选的,可调激光器为DBF激光器,电光调制器9为马赫曾德调制器MZM,矢量网络分析仪14向电光调制器9发射的扫频信号为1GHz~20GHz的扫频信号,光纤信号放大器为掺铒光纤信号放大器EDFA,多组双边带调制信号经放大处理得到13.7dBm的光信号;

[0023] 优选的,光控延时单元11由固定距离差的保偏光纤组成;

[0024] 基于打叶精细分风的叶片实时监测方法,采用基于打叶精细分风的叶片实时监测系统进行监测,具体步骤如下:

[0025] (1)螺旋相位面形成前的指向角度由图4延时光纤产生其表达式为:

[0026] 其中,c为光在真空中的传播速度,延时差;

[0027] (2)此时螺旋波束指向角化简为:

[0028] (3)通过射频天线发射具有螺旋相位面的涡旋电磁波,在检测叶片时,采用双重叠加的OAM模式,记为两个不同的OAM态和,双重叠加态涡旋波公式为:

[0029] 其中,(ρ, φ)为以波轴为中心的柱状坐标系下的坐标值,为涡旋相位特性,D为和天线有关的电流密度矢量常数,和为OAM模式数,为该电磁波的幅度波前特性,而为该电磁波除了涡旋相位项以外的附加相位特性;

[0030] (4)对于步骤(3)的两个不同OAM模式,产生的多普勒频移差为:

[0031] 其中,为多普勒频移差,Ω为旋转叶片的旋转速度;

[0032] (5)涡旋波经旋转的叶片反射后发生相位差为,频谱的频移为

[0033] 其中,为入射频率;

[0034] (6)在t时刻,涡旋波发射时间为 t_0 ,涡旋波经旋转的叶片反射后再接收的时间为 t_1 ,涡旋波接收时间与发射时间的间隔为 $T = t_1 - t_0$,则在t时刻,叶片与射频天线的距离为

[0035] L为位置距离,为涡旋波速度;

[0036] (7)通过步骤(5)频谱的频移和步骤(6)在t时刻,叶片与射频天线的距离定位打叶精细分风的叶片的位置实现实时监测。

[0037] 本发明的有益效果:

[0038] (1)本发明的光束传输采用光纤传输,既可以减少光学元件的使用量,又降低了出现误差或不稳定因素对风机叶片方位和旋转状态测量的影响;同时风分机里面只放测量组件的发射天线,其余组件全部放在外部不与风分机结合在一起,可以起到减震效果,更进一步产生稳定可靠的信号,更进一步地风分机振动带来的影响;

[0039] (2)本发明的风机叶片实时监测及装置能够快速检测到叶片的全部信息,解决了传统检测采用相机拍摄,只能得到固定的照片信息,没有风机叶片的动态信息,不能实时反馈控制风机方向与风量的技术问题;

[0040] (3)本发明方法通过光控波束系统能够完整的得到风机叶片的动态信息,具有高分辨、高效率等特点;光控波束系统接收到叶片的动态三维信息,可以完全还原叶片轨迹;

通过计算机进行实时叶片的监控,通过涡旋波的监测得到叶片的位置与角速度,使叶片探测更加精准。再将得到的参数发送给计算机,分析计算后得到新的风机行参数,然后将参数发送给风控装置控制分机方向与大小;

[0041] (4) 本发明方法可大幅提高监测的精度与效率,减小物料的浪费;并且可以在显示屏上显示叶片的三维全貌,方便工作人员进行查验和分析判定风分机中叶片的状态,然后进行打叶风分机的改进。

附图说明

[0042] 图1为打叶分风工艺流程图;

[0043] 图2为基于打叶精细分风的叶片实时监测系统的结构示意图;

[0044] 图3为打叶风分监测系统的布置图;

[0045] 图4为光延时系统示意图;

[0046] 其中:1-分离仓、2-射频天线I、3-烟叶传送带、4-光控波束系统、5-下仓体、6-风机、7-风控机、8-可调激光器光源、9-电光调制器、10-光纤信号放大器、11-光控延时单元、12-光电探测器阵列、13-射频天线II、14-矢量网络分析仪、15-延迟线。

具体实施方式

[0047] 下面结合具体实施方式,对本发明作进一步说明。

[0048] 实施例1:打叶分风工艺流程见图1,烟叶通过打叶器打成叶片后输送到四级风分单元,进行逐级的精细分风,每个风分单元都设有游离叶片实时监测系统;

[0049] 一种基于打叶精细分风的叶片实时监测系统(见图2和图3),包括打叶精细分风装置、光控波束系统4、风控机7、计算机,打叶精细分风装置包括分离仓1、烟叶传送带3、下仓体5和风机6,分离仓1固定设置在下仓体5顶端,风机6固定设置在分离仓1的顶部,烟叶传送带3倾斜设置在分离仓1的侧壁底部且与分离仓1内腔连通,远离分离仓1的烟叶传送带3端头为烟叶传送带I端,烟叶传送带3与分离仓1的接触端为烟叶传送带II端,烟叶传送带II端高于烟叶传送带I端;

[0050] 风控机7设置在打叶精细分风装置的风机6外侧且与风机6电连接;

[0051] 光控波束系统4包括可调激光器、光耦合器、电光调制器9、光控延时单元11、光纤信号放大器10、光电探测器阵列12、射频天线I2、射频天线II13和矢量网络分析仪14,可调激光器、光耦合器、电光调制器9、光控延时单元11、光纤信号放大器10、光电探测器阵列12、射频天线I2、射频天线II13和矢量网络分析仪14形成光学回路;

[0052] 可调激光器的光源发射端与光耦合器的光源入口连通,光耦合器的光源输出端与波分复用器的光源入口光连通,波分复用器的光源输出端与电光调制器9的光源入口光连通,矢量网络分析仪14的扫频信号输出端与电光调制器9的射频信号接收端连通,电光调制器9的信号输出端依次与光纤信号放大器10、光延时单元11、光电探测器阵列12连通,光电探测器阵列12输出的监控射频电信号发送至射频天线I2和射频天线II13,射频天线I2和射频天线II13分别将监控射频电信号发射至风机叶片,经风机叶片反射后的反馈射频电信号由射频天线I2和射频天线II13接收再传输给矢量网络分析仪14;

[0053] 可调激光器、风控机7、矢量网络分析仪14均与计算机电连接;

[0054] 所述矢量网络分析仪14，用于产生设定扫频信号并接收和分析风机叶片反射的反馈射频电信号，并将风机叶片反射的反馈射频电信号的分析结果传输给计算机；

[0055] 所述光纤信号放大器10，用于对双边带调制信号进行信号放大处理得到放大双边带调制信号；

[0056] 所述光控延时单元12，用于对放大双边带调制信号进行延时处理得到放大光信号；

[0057] 所述光电探测器，用于探测放大光信号并拍频得到射频电信号；

[0058] 所述计算机，控制可调激光器发射连续可调光源8的波长与功率，控制风控机对风机进行精细化操作，处理矢量网络分析仪14采集的叶片位置和角速度信息数据，将角速度分析结果与叶片位置信息数据进行整合处理，控制风控机的电输出。

[0059] 实施例2：本实施例基于打叶精细分风的叶片实时监测系统与实施例1基于打叶精细分风的叶片实时监测系统的结构基本一致，不同之处在于：

[0060] 可调激光器的光源发射端通过保偏光纤与光耦合器的光源入口连通，光耦合器的光源输出端通过保偏光纤与波分复用器的光源入口光连通，波分复用器的光源输出端通过保偏光纤与电光调制器9的光源入口光连通，矢量网络分析仪14的射频信号输出端通过保偏光纤与电光调制器9的射频信号接收端连通，电光调制器9的信号输出端依次通过保偏光纤与光纤信号放大器10、光延时单元11、光电探测器阵列12连通，光电探测器阵列12输出的监控射频电信号发送至射频天线I2和射频天线II13，射频天线I2和射频天线II13分别将监控射频电信号发射至风机叶片，经风机叶片反射后的反馈射频电信号由射频天线I2和射频天线II13接收再传输给矢量网络分析仪14；可调激光器发射多路预设连续可调光源8，多路预设连续可调光源8通过保偏光纤和光耦合器进入到波分复用器中形成多路光载信号8，多路光载信号8输入电光调制器9中，矢量网络分析仪14产生的设定扫频信号输入电光调制器9中对多路光载信号8进行调制得到多组双边带调制信号，多组双边带调制信号经放大处理、延时处理得到放大光信号，放大光信号经光电探测器阵列12的光电探测器探测拍频得到监控射频电信号并发送给射频天线I2和射频天线II13，射频天线I2和射频天线II13发射监控射频电信号扫描风机叶片，风机叶片反射的反馈射频电信号经射频天线I2和射频天线II13接收并传输给矢量网络分析仪14进行信号分析；

[0061] 光控波束系统4还包括偏振控制器，偏振控制器与保偏光纤电连接；

[0062] 可调激光器发射4路预设连续可调光源8，线宽为1KHz；光电探测器的带宽为30GHz，射频天线的工作频率为17GHz、带宽为4GHz，光耦合器用以耦合多路光信号并一分四等功率输出，偏振控制器用以调节光偏振方向，其调节偏振方向为 2π ，矢量网络分析仪14的频率范围0~40GHz；监控射频电信号为4路射频电信号形成双模反向叠加态的监测射频涡旋波，监测射频涡旋波的OAM模态为，4路射频电信号的相位信息分别为、、、；

[0063] 光控波束系统4的外侧设置有保护箱体，光电探测器阵列12等距设置在保护箱体的内侧板上；射频天线13通过支撑支架设置在保护箱体的内侧壁；

[0064] 可调激光器采用相干长度为1m、额定功率为5dBm且激光波长为1053nm的可调DFB激光器；

[0065] 可调激光器通过数据线I与工业计算机的CAMLINK接口I连接，风控机7的CAMLINK接口通过数据线II与计算机的CAMLINK接口II连接，矢量网络分析仪14通过数据线III与计

算机的CAMLINK接口III连接；

[0066] 本实施例优选的，可调激光器为DBF激光器，电光调制器9为马赫曾德调制器MZM，矢量网络分析仪14向电光调制器9发射的扫频信号为1GHz～20GHz的扫频信号，光纤信号放大器为掺饵光纤信号放大器EDFA，多组双边带调制信号经放大处理得到13.7dBm的光信号；优选的，光控延时单元11由固定距离差的保偏光纤组成。

[0067] 实施例3：采用实施例2基于打叶精细分风的叶片实时监测系统对叶片实时监测的方法（见图4），具体步骤如下：

[0068] （1）螺旋相位面形成前的指向角度由图4延时光纤产生其表达式为：

[0069] 其中， c 为光在真空中的传播速度，延时差；

[0070] （2）此时螺旋波束指向角化简为：

[0071] （3）通过射频天线发射具有螺旋相位面的涡旋电磁波，在检测叶片时，采用双重叠加的OAM模式，记为两个不同的OAM态和，双重叠加态涡旋波公式为：

[0072] 其中， (ρ, φ) 为以波轴为中心的柱状坐标系下的坐标值，为涡旋相位特性， D 为和天线有关的电流密度矢量常数， α 为OAM模式数，为该电磁波的幅度波前特性，而为该电磁波除了涡旋相位项以外的附加相位特性；

[0073] （4）对于步骤（3）的两个不同OAM模式，产生的多普勒频移差为：

[0074] 其中， Δf 为多普勒频移差， Ω 为旋转叶片的旋转速度；

[0075] （5）涡旋波经旋转的叶片反射后发生相位差为，频谱的频移为

[0076] 其中， f_0 为入射频率；

[0077] （6）在 t 时刻，涡旋波发射时间为 t_0 ，涡旋波经旋转的叶片反射后再接收的时间为 t_1 ，涡旋波接收时间与发射时间的间隔为 $T = t_1 - t_0$ ，则在 t 时刻，叶片与射频天线的距离为

[0078] L 为位置距离， v 为涡旋波速度；

[0079] （7）通过步骤（5）频谱的频移和步骤（6）在 t 时刻，叶片与射频天线的距离定位打叶精细分风的叶片的位置实现实时监测。

[0080] 上面结合附图对本发明的具体实施例作了详细说明，但是本发明并不限于上述实施例，在本领域普通技术人员所具备的知识范围内，还可以在不脱离本发明宗旨的前提下作出各种变化。

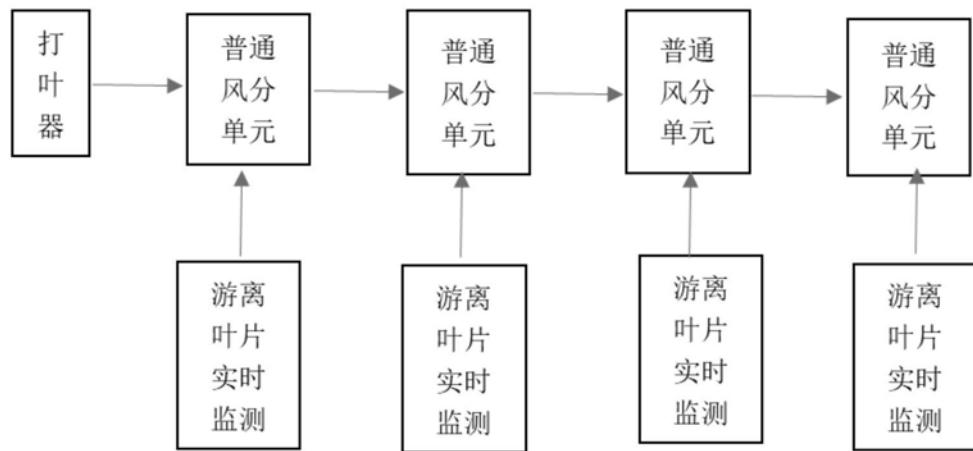


图1

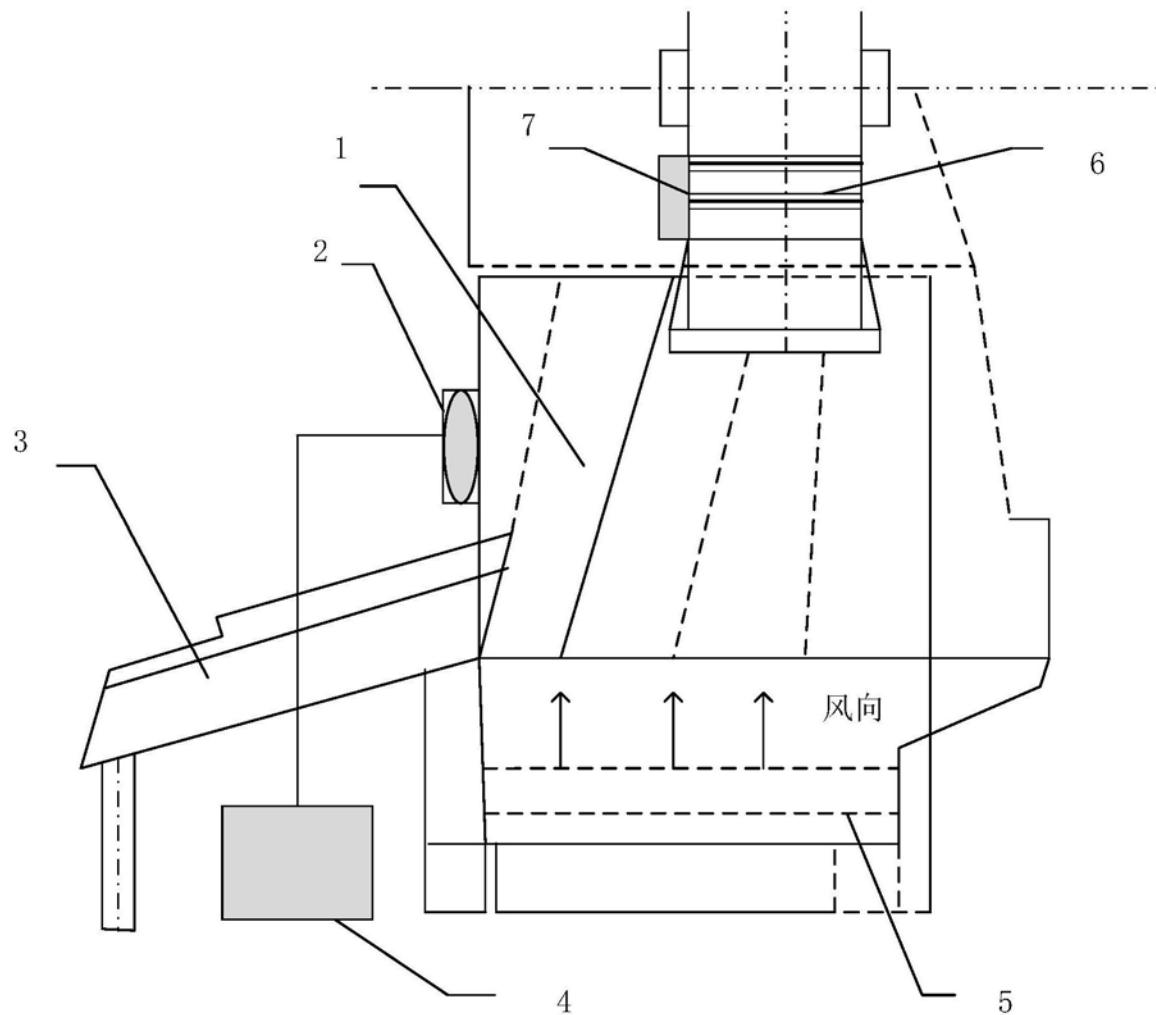


图2

14

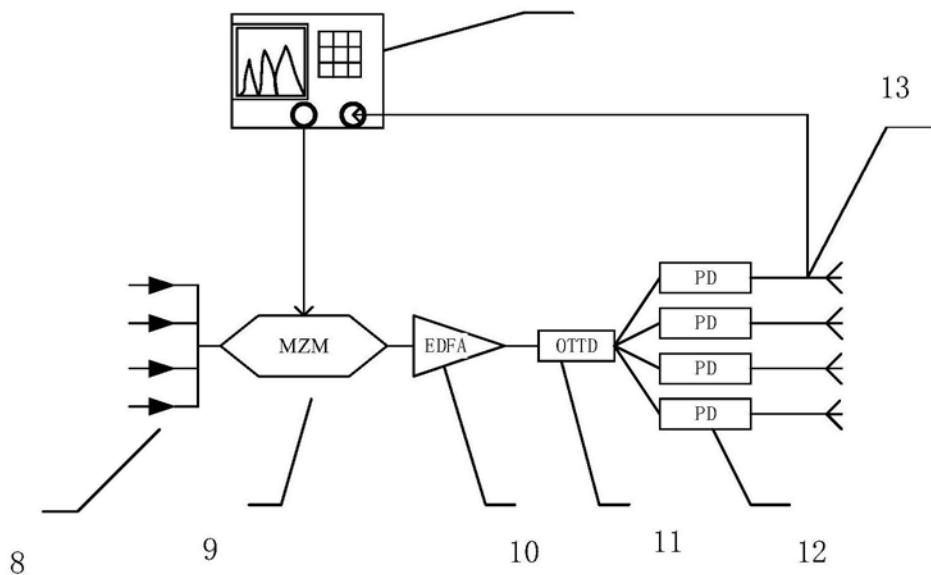
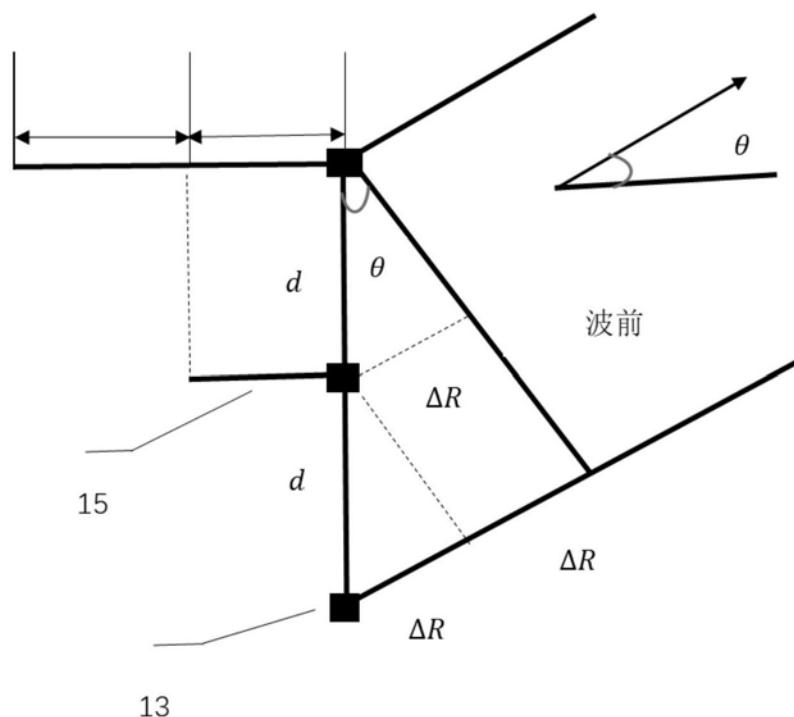


图3



13

图4

12