



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106438220 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(21)申请号 201611099697.8

(22)申请日 2016.12.01

(71)申请人 三一重型能源装备有限公司

地址 102200 北京市昌平区北清路三一产业园

(72)发明人 朱道升

(74)专利代理机构 北京超凡志成知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11371

代理人 金相允

(51) Int. Cl.

F03D 17/00(2016.01)

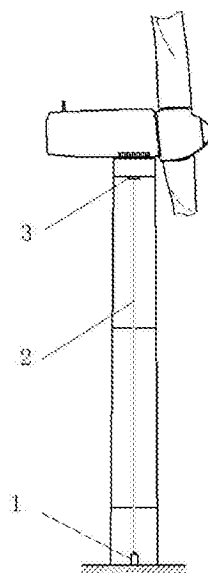
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

## (54)发明名称

监测风机塔筒危险挠变的系统及方法

## (57)摘要

本发明涉及风力发电机安全监测技术领域，尤其是涉及一种监测风机塔筒危险挠变的系统及方法。该系统包括塔筒、激光器和激光靶标；所述激光器和激光靶标以较大的距离高差分别固定于塔筒的上部平台和底部平台上，所述激光器发出的激光束在塔筒呈静立状态时指向靶标的中心。当风力发电机将风能载荷施于塔筒或塔筒基座受地基沉降发生倾斜等其它因素引起塔筒挠曲变形时，激光器光束就会偏离靶标的中心，监测系统即通过靶标上的光敏器件或激光器测距值的变化将激光束偏离量达到预警限值的情况作为系统监测信号送出并触发相关控制调整机制。本发明具有监控精度高，可靠性好，易于安装，方便设置，方便校准/维护的优点。



1. 一种监测风机塔筒危险挠变的系统,其特征在于,包括塔筒、激光器和激光靶标;所述塔筒内至少具有一组相对设置的基准位和测量位,所述激光器设置于所述基准位,所述激光靶标设置于所述测量位。

2. 根据权利要求1所述的监测风机塔筒危险挠变的系统,其特征在于,所述基准位、测量位中的其中一者位于所述塔筒的下部,另一者位于所述塔筒的上部,所述激光器的光束在风机塔筒处于无风静立姿态时照射在所述激光靶标的平衡中心。

3. 根据权利要求1或2所述的监测风机塔筒危险挠变的系统,其特征在于,所述激光靶标为光敏靶盘,所述光敏靶盘以距靶标中心按一定半径分区集成了光电感应器件,通过输出电信号识别受激光照射区域的变化,实现对塔筒挠变程度的预警监测,并与风机控制系统通讯连接。

4. 根据权利要求1或2所述的监测风机塔筒危险挠变的系统,其特征在于,所述激光靶标为具有反光涂层的平面结构,包括具有一定半径的反光圆面或具有一定内径和环宽的反光圆环面;所述激光器为激光测距仪,通过所述激光测距仪的激光束照射在所述激光靶标的反光区或非反光区所获探测距离的异常变化实现对塔筒挠变程度的预警监测,并与风机控制系统通讯连接。

5. 根据权利要求1或2所述的监测风机塔筒危险挠变的系统,其特征在于,所述激光靶标为具有反光涂层的立体结构,由包括中心圆和至少一个外围圆环以一定的层间距同轴套叠构成,所述立体结构朝向激光器方向的面涂有所述反光涂层,所述激光靶标的轴线与塔筒静立时激光束的投射方向同轴。

6. 根据权利要求4或5所述的监测风机塔筒危险挠变的系统,其特征在于,所述测量位除去所述激光靶标的反光涂层之外的区域涂覆有吸光涂层。

7. 根据权利要求3所述的监测风机塔筒危险挠变的系统,其特征在于,所述激光靶标的光感探测区域的形状为圆形或者至少一个圆环形或者为圆形和至少一个圆形环的组合。

8. 一种监测风机塔筒危险挠变的方法,其特征在于:在塔筒内以较大的纵向高差分别选定安装平台为基准位和测量位,

将激光器固定于基准位,将激光靶标固定于测量位;

激光器以固定投射方向照向激光靶标,

通过鉴别激光束在激光靶标的投射偏心程度获得对塔筒挠变危险值的监测。

9. 根据权利要求8所述的监测风机塔筒危险挠变的方法,其特征在于,当所述激光靶标为光敏靶盘时,所述光敏靶盘将所述投射偏心程度对应输出为光电信号与风机控制系统通讯连接,其中,所述投射偏心程度的鉴别包括:

利用光敏靶盘上光敏器件的配置半径分区识别塔筒挠变的危险程度,并实时反馈给风机控制系统。

10. 根据权利要求8所述的监测风机塔筒危险挠变的方法,其特征在于,当激光靶标为反光涂层结构时,所述激光器为激光测距仪,激光测距仪光束在靶标上投射的所述偏心程度会因靶标反光区的结构设置被激光测距仪鉴别为有差异的测距值反馈给风机控制系统,其中,所述有差异的测距值包括:

所述激光测距仪照射于有纵向高差的不同反光涂层区所获得的测距结果,或所述激光测距仪照射于反光涂层区和吸光涂层区的测量信号差。

## 监测风机塔筒危险挠变的系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电机安全监测技术领域,尤其是涉及一种监测风机塔筒危险挠变的系统及方法。

### 背景技术

[0002] 目前,风电机组塔筒安全已成为风电设备管理者重点关注的问题之一,以塔筒形态在线监测系统在监测到塔筒出现危险形变或危险应力时,适时调控风机运行姿态,减弱塔筒工作负载,避免出现风电机组倾覆的重大灾害事故,是目前广泛探索的运行安全模式。其中,所谓风机的危险挠变是指风机塔筒受到超出其设计允许负荷时对应的挠性变形。

[0003] 现有技术中已经实施的做法:在塔筒顶部或机舱架底部装设“倾角”传感器监测参考平面因塔筒受力挠曲引起的变形倾角。这种做法的问题:①风机工作,以及受风力引起的塔筒顶端参考平面倾斜并非静力稳定态;因而,通过重力探测方式工作的倾角传感器无法在实际测量中排除塔筒晃动、摇摆时的侧向“加速度”影响。②塔筒本身刚性极大,计算表明其在极限负载条件下的顶部挠变角仅有 $1\sim 2^\circ$ ,即便从静态看,倾角传感器也难以实现有效的鉴别精度;或曰,从控制目标衡量,无论是工程意义上的设置精度,还是实际控制中的偏差影响,都将很大程度影响监测控制的有效性。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种监测风机塔筒危险挠变的系统及方法,以解决现有技术中存在的监控精度低、可靠性差、安装不便的技术问题。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明提供的监测风机塔筒危险挠变的系统,其包括塔筒、激光器和激光靶标;所述塔筒内至少具有一组相对设置的基准位和测量位,所述激光器设置于所述基准位,所述激光靶标设置于所述测量位。

[0006] 其中,所述基准位、测量位中的其中一者位于所述塔筒的下部,另一者位于所述塔筒的上部,所述激光器的光束在风机塔筒处于无风静立姿态时照射在所述激光靶标的平衡中心。

[0007] 其中,所述激光靶标为光敏靶盘,所述光敏靶盘以距靶标中心按一定半径分区集成了光电感应器件,通过输出电信号识别受激光照射区域的变化,实现对塔筒挠变程度的预警监测,并与风机控制系统通讯连接。

[0008] 其中,所述激光靶标为具有反光涂层的平面结构,包括具有一定半径的反光圆面或具有一定内径和环宽的反光圆环面;所述激光器为激光测距仪,通过所述激光测距仪的激光束照射在所述激光靶标的反光区或非反光区所获探测距离的异常变化实现对塔筒挠变程度的预警监测,并与风机控制系统通讯连接。

[0009] 其中,所述激光靶标为具有反光涂层的立体结构,由包括中心圆和至少一个外围圆环以一定的层间距同轴套叠构成,所述立体结构朝向激光器方向的面涂有所述反光涂层,所述激光靶标的轴线与塔筒静立时激光束的投射方向同轴。

- [0010] 其中,所述测量位除去所述激光靶标的反光涂层之外的区域涂覆有吸光涂层。
- [0011] 其中,所述激光靶标的光感探测区域的形状为圆形或者至少一个圆环形或者为圆形和至少一个圆形环的组合。
- [0012] 本发明还提供一种监测风机塔筒危险挠变的方法,其包括如下步骤:
- [0013] 在塔筒内以较大的纵向高差分别选定安装平台为基准位和测量位,
- [0014] 将激光器固定于基准位,将激光靶标固定于测量位;
- [0015] 激光器以固定投射方向照向激光靶标,
- [0016] 通过鉴别激光束在激光靶标的投射偏心程度获得对塔筒挠变危险值的监测。
- [0017] 其中,当所述激光靶标为光敏靶盘时,所述光敏靶盘将所述投射偏心程度对应输出为光电信号与风机控制系统通讯连接,其中,所述投射偏心程度的鉴别包括:
- [0018] 利用光敏靶盘上光敏器件的配置半径分区识别塔筒挠变的危险程度,并实时反馈给风机控制系统。
- [0019] 其中,当激光靶标为反光涂层结构时,所述激光器为激光测距仪,激光测距仪光束在靶标上投射的所述偏心程度会因靶标反光区的结构设置被激光测距仪鉴别为有差异的测距值反馈给风机控制系统,其中,所述有差异的测距值包括:
- [0020] 所述激光测距仪照射于有纵向高差的不同反光涂层区所获得的测距结果,或所述激光测距仪照射于反光涂层区和吸光涂层区的测量信号差。
- [0021] 采用上述技术方案,本发明具有如下有益效果:
- [0022] 本发明提供的监测风机塔筒危险挠变的系统及方法,采用激光探测技术监测塔筒因受风力载荷或基础沉降等所引起的挠度,具有监控精度高,可靠性好,易于安装,方便设置,方便校准/维护的优点,而且避免了现有技术中应用倾角传感器监测时所受的塔筒工作摆动的动态加速度影响的问题。

## 附图说明

- [0023] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式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,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,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,还可以根据这些附图获得其他的附图。
- [0024] 图1为本发明监测风机塔筒危险挠变的系统的结构示意图;
- [0025] 图2为本发明将激光器安装于塔筒底部的结构示意图;
- [0026] 图3为本发明将激光器安装于塔筒顶部的结构示意图;
- [0027] 图4为本发明单圆环式激光靶标的结构示意图;
- [0028] 图5为本发明圆形式激光靶标的结构示意图;
- [0029] 图6为本发明双圆环式激光靶标的结构示意图;
- [0030] 图7为本发明激光靶标的一种立体结构的主视图;
- [0031] 图8为图7的A-A剖视图;
- [0032] 图9为本发明激光靶标的另一种立体结构的主视图;
- [0033] 图10为图9的A-A剖视图。
- [0034] 附图标记:

[0035] 1-激光器；2-激光束；3-激光靶标。

### 具体实施方式

[0036] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例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。

[0037] 在本发明的描述中，需要说明的是，术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。此外，术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0038] 在本发明的描述中，需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0039] 下面通过具体的实施例子并结合附图对本发明做进一步的详细描述。

#### [0040] 实施例一

[0041] 结合图1至图6所示，本实施例提供一种监测风机塔筒危险挠变的系统，其包括塔筒、激光器1和激光靶标3；在塔筒内至少具有一组相对设置的基准位和测量位，激光器1设置于基准位，用于沿塔筒的轴线方向投射激光束2，激光靶标3设置于测量位，用于接收激光器1投射的激光束2。

[0042] 本实施例中的激光靶标3优选为光敏靶盘，光敏靶盘是由光敏元件制成。光敏靶盘以距靶标中心按一定半径分区集成了光电感应器件，通过输出电信号识别受激光照射区域的变化，实现对塔筒挠变程度的预警监测，并与风机控制系统通讯连接，在监测到预设的危险挠变时向风机控制系统输出信号启动响应。优选地，光敏靶盘按一定半径分别配置内圆区及多个外圆环带区，并分别输出电信号，方便监测系统据以识别激光束偏离靶标中心的程度，从而分级预警及触发与风机运行控制相关的规避调整动作。

[0043] 进一步的，激光靶标3的光感探测区域的形状可以为圆形或者圆环形。这种圆形或者圆环形激光靶标3是指其可以感受激光照射的光敏元件所组成的区域形态，其中半径 $r = a$ ， $a$ 是靶标要反映的危险挠度。

[0044] 安全工况中，采用圆形光敏靶盘的系统靶盘有受光信号；采用环形光敏靶盘的系统则应无受光信号。

[0045] 例如，激光靶标3为圆形光敏靶盘，其工作原理为：

[0046] 当激光束2在激光靶标3上处于着靶时，监测塔筒为安全工况状态；当激光束2在激光靶标3上处于脱靶时，监测塔筒为危险负载状态。

[0047] 例如，激光靶标3为圆环形光敏靶盘，其工作原理为：

[0048] 当激光束2在激光靶标3上处于脱靶时，监测塔筒为安全工况状态；当激光束2在激光靶标3上处于着靶时，监测塔筒为危险负载状态。

[0049] 更进一步的,激光靶标3的形状为单个圆环或者两个同心圆环。对于双环靶标而言,提出双环感光靶标的方案可丰富监测的控制表达;应用该方案,可将r半径设为启动一般预警和对风机采取运行态负荷抑制的控制点;而将R半径设为风机强制停机和做全面规避负荷调控的控制点。

[0050] 对于基准位、测量位而言,其具体位置可以灵活设置。例如:基准位、测量位中的其中一者固定于塔筒的下部,另一者固定于塔筒的上部。或者,也就是说,激光器1安装在选定的塔筒底层平台上,则受光靶标就安装在靠近塔顶的平台上。或者采用反过来的安装型式。

[0051] 激光器1无论是位于塔筒的下部,还是位于塔筒的上部,其都需要保证激光器1的光束在风机塔筒处于无风静立姿态时照射在激光靶标3的平衡中心;或者更准确的说,在塔筒处于无风静立,只承受塔顶风机重量荷载时,风机360°全周偏航调整时,激光束在靶标的照点或者始终在靶标圆心上,或者落在绕靶标圆心划出的同心圆上。

[0052] 本实施例中,图1显示了在塔筒中基准位和测量位之间有维护平台的情况,为保证激光束2投射到靶标,各平台均在光路上开设了通光孔;且各层平台的通光孔直径要满足塔筒遭受允许的极限挠变时,激光束2不被遮挡,并留出一定的装置误差裕量。顺带指出,本发明的各种实施方案中均应避免激光束2被塔筒内的其它结构遮挡,包括在塔筒在许用工作变形中出现的遮挡。

[0053] 综上,本实施例包括塔筒、激光器和激光靶标;激光器和激光靶标以较大的距离高差分别固定于塔筒的上部平台和底部平台上,激光器发出的激光束在塔筒呈静立状态时指向靶标的中心。当风力发电机将风能载荷施于塔筒或塔筒基座受地基沉降发生倾斜等其它因素引起塔筒挠曲变形时,激光器光束就会偏离靶标的中心,监测系统即通过靶标上的光敏器件或激光器测距值的变化将激光束偏离量达到预警限值的情况作为系统监测信号送出并触发相关控制调整机制。本发明具有监控精度高,可靠性好,易于安装,方便设置,方便校准/维护的优点。

[0054] 实施例二

[0055] 结合图1至图6所示,本实施例二在实施例一的基础上进一步地变形,当然,本实施例二包括实施例一所公开的技术内容,本实施例二与实施例一相同的技术内容不再赘述,以下叙述本实施例二与实施例一的区别之处。

[0056] 本实施例的激光器1采用激光测距仪,激光靶标3为反光涂层。对于两者的安装位置详见上述描述,此处不再赘述。

[0057] 具体地,激光靶标3为具有反光涂层的平面结构,包括具有一定半径的反光圆面或具有一定内径和环宽的反光圆环面;激光器1为激光测距仪,通过激光测距仪的激光束照射在激光靶标3的反光区或非反光区所获探测距离的异常变化实现对塔筒挠变程度的预警监测,并与风机控制系统通讯连接。

[0058] 另外的变形方案是,激光靶标3为具有反光涂层的立体结构,由包括中心圆和至少一个外围圆环以一定的层间距同轴套叠构成,立体结构朝向激光器1方向的面涂有反光涂层,激光靶标3的轴线与塔筒静立时激光束的投射方向同轴。

[0059] 举例说明,结合图7至图10所示:

[0060] 激光靶标3分为中心圆31、第一圆环32、第二圆环33,其中的中心圆31、第一圆环32、第二圆环33以一定的层间距同轴套叠在一起,并安装于底部安装座4上构成立体结构。

[0061] 此外,激光靶标3也可分为第一圆环32和中心圆31,第一圆环32靠近底部安装座4,中心圆31与第一圆环32之间一定的层间距同轴套叠在一起。

[0062] 当然,上面两种形式也只是优选的方式,也可以采用其他方式,此处不做限制。

[0063] 本实施例的反光涂层可选择为逆反射涂层或者漫反射涂层,其中,逆反射涂层能够实现逆反射,漫反射涂层可选择为白漆等漫反射性优良的材料。

[0064] 而且,在测量位除去激光靶标的反光涂层之外的区域涂覆有吸光涂层。优选地,吸光涂层为黑色涂层。

[0065] 激光测距仪可以显示激光靶标3对应的高度值,激光测距仪与风机控制系统通讯连接。监控中,根据所测量高度值的变化来监测塔筒是否达到危险挠变,并实时反馈给风机控制系统。例如:针对圆形激光靶标3而言,当塔筒挠度超限时,激光测距仪显示高度“异常”;针对环形激光靶标3而言,则激光测距结果相反。利用激光测距仪的测量“正常”与“异常”的阶跃反映,可以有效完成对塔筒危险负载的监测和控制系统规避动作。再例如:对于带反光涂层的立体结构靶标,如图7、图8,激光束因塔筒挠变由中心圆31转到第一圆环32,或第二圆环33时,激光测距值将有明显的阶跃变化。风机控制系统可针对第一圆环32对应的测距值和第二圆环33对应的测距值采取由预警-限制负荷到报警强制收浆停机的差别性控制响应。又例如:对于如图9、图10的立体结构靶标,将靶标的安装背板涂上吸光涂层,对应激光束在中心圆31、第一圆环32和超出第一圆环32外径的区域的投射,激光测距仪将分别短距值、长距值、异常值。风机控制系统可以如前例采取分级的预警或报警控制。

[0066] 综上,本实施例采用了布置简便的激光测距仪同样也可实现实时监测塔筒的危险挠变,具有监控精度高,可靠性好,易于安装,方便设置,方便校准/维护的优点,而且避免了现有技术中应用倾角传感器监测时所受的塔筒工作摆动的动态加速度影响的问题。

[0067] 实施例三

[0068] 结合图1至图6所示,本实施例三在上述实施例一、实施例二的基础上,进一步地提出了一种监测风机塔筒危险挠变的方法,其包括如下步骤:

[0069] S1、在塔筒内以较大的纵向高差分别选定安装平台为基准位和测量位;

[0070] 值得说明的是,本实施例中术语“较大的”并非表达一种特定数值的含义,本领域普通技术人员可根据塔筒的实际情况灵活设置,例如:该“纵向高差”可以为大于塔筒长度的三分之二等等。由于本方法的目的是为了监测风机塔筒危险挠变,因此当塔筒发生危险挠变时,只要满足在该“纵向高差”的范围之内能够实现监测塔筒危险挠变即可。此外,由于安装平台是被限定在塔筒内的,因此可以理解的是,这里使用“较大的”仅仅是为了使得技术方案更加清楚、明了,对于技术方案实质的本身并不产生影响。

[0071] S2、将激光器固定于基准位,将激光靶标固定于测量位;

[0072] 本实施例中对于基准位、测量位而言,其具体位置可以灵活设置。例如:基准位、测量位中的其中一者固定于塔筒的下部,另一者固定于塔筒的上部。或者,也就是说,激光器1安装在选定的塔筒底层平台上,则受光靶标就安装在靠近塔顶的平台上。或者采用反过来的安装型式。

[0073] S3、激光器以固定投射方向照向激光靶标;

[0074] 本实施例中术语“固定投射方向”就是光束自“基准位”向“测量位”的方向。具体举例说明:“固定投射方向”包括:沿塔筒的轴心线方向,或者沿平行于轴心线的方向,或者沿

近于垂直也是可以的(虽然理论上稍有测量误差,但只要与塔筒轴线夹角不大,基本不影响监测)。

[0075] S4、通过鉴别激光束在激光靶标的投射偏心程度获得对塔筒挠变危险值的监测。

[0076] 在本实施例中,使用术语“投射偏心程度”来反映“塔筒挠变危险值”。具体介绍如下:

[0077] 第一种,当激光靶标为光敏靶盘时,光敏靶盘将投射偏心程度对应输出为光电信号与风机控制系统通讯连接,其中,投射偏心程度的鉴别包括:利用光敏靶盘上光敏器件的配置半径分区识别塔筒挠变的危险程度,并实时反馈给风机控制系统。

[0078] 具体地,光敏靶盘以距靶标中心按一定半径分区集成了光电感应器件,通过输出电信号识别受激光照射区域的变化,实现对塔筒挠变程度的预警监测,并与风机控制系统通讯连接,在监测到预设的危险挠变时向风机控制系统输出信号启动响应。优选地,光敏靶盘按一定半径分别配置内圆区及多个外圆环带区,并分别输出电信号,方便监测系统据以识别激光束偏离靶标中心的程度,从而分级预警及触发与风机运行控制相关的规避调整动作。

[0079] 第二种,当激光靶标为反光涂层结构时,激光器为激光测距仪,激光测距仪光束在靶标上投射的偏心程度会因靶标反光区的结构设置被激光测距仪鉴别为有差异的测距值反馈给风机控制系统,其中,有差异的测距值包括:激光测距仪照射于有纵向高差的不同反光涂层区所获得的测距结果,或激光测距仪照射于反光涂层区和吸光涂层区的测量信号差。

[0080] 具体地,激光测距仪可以显示激光靶标3对应的高度值,激光测距仪与风机控制系统通讯连接。监控中,根据所测量高度值的变化来监测塔筒是否达到危险挠变,并实时反馈给风机控制系统。例如:针对圆形激光靶标3而言,当塔筒挠度超限时,激光测距仪显示高度“异常”;针对环形激光靶标3而言,则激光测距结果相反。利用激光测距仪的测量“正常”与“异常”的阶跃反映,可以有效完成对塔筒危险负载的监测和控制系统规避动作。再例如:对于带反光涂层的立体结构靶标,如图7、图8,激光束因塔筒挠变由中心圆31转到第一圆环32,或第二圆环33时,激光测距值将有明显的阶跃变化。风机控制系统可针对第一圆环32对应的测距值和第二圆环33对应的测距值采取由预警-限制负荷到报警强制收浆停机的差别性控制响应。又例如:对于如图9、图10的立体结构靶标,将靶标的安装背板涂上吸光涂层,对应激光束在中心圆31、第一圆环32和超出第一圆环32外径的区域的投射,激光测距仪将分别短距值、长距值、异常值。风机控制系统可以如前例采取分级的预警或报警控制。

[0081] 综上,本发明将激光器和激光靶标以较大的距离高差分别固定于塔筒的上部平台和底部平台上,激光器发出的激光束在塔筒呈静立状态时指向靶标的中心。当风力发电机将风能载荷施于塔筒或塔筒基座受地基沉降发生倾斜等其它因素引起塔筒挠曲变形时,激光器光束就会偏离靶标的中心。本发明作为安全监测,激光器-靶标系统提出两种安全预警识别模式。第一种模式是靶标以中心划分为不同半径的光感探测区,当激光束偏离靶心超过一定半径范围时,系统即发出安全警示,提示塔筒负荷达到危险值。第二种模式是激光器为测距激光仪,靶标则为具有一定半径正反光涂层的圆盘或圆环带,并对圆盘以外区域涂黑或圆环带内部涂黑,以便激光测距仪的激光束偏离靶标中心达到一定半径时显示明显的距离跃变,并以此作为判断塔筒负荷挠变超限的报警点,(所述不同半径光感探测区的半径



值分别对应塔筒许用承载下对应激光器安装层和靶标安装层间的最大挠变量,或者根据塔筒的安全裕量设计增加的再外圈的分级超限警示半径)。

[0082] 本发明具有监控精度高,可靠性好,易于安装,方便设置,方便校准/维护的优点,而且避免了现有技术中应用倾角传感器监测时无法避免的受塔筒工作摆动的动态加速度影响的问题。

[0083] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

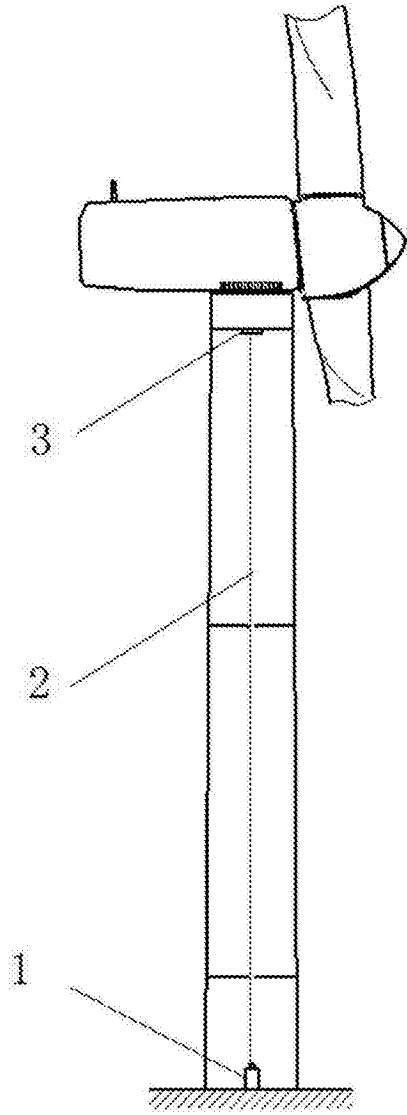


图1

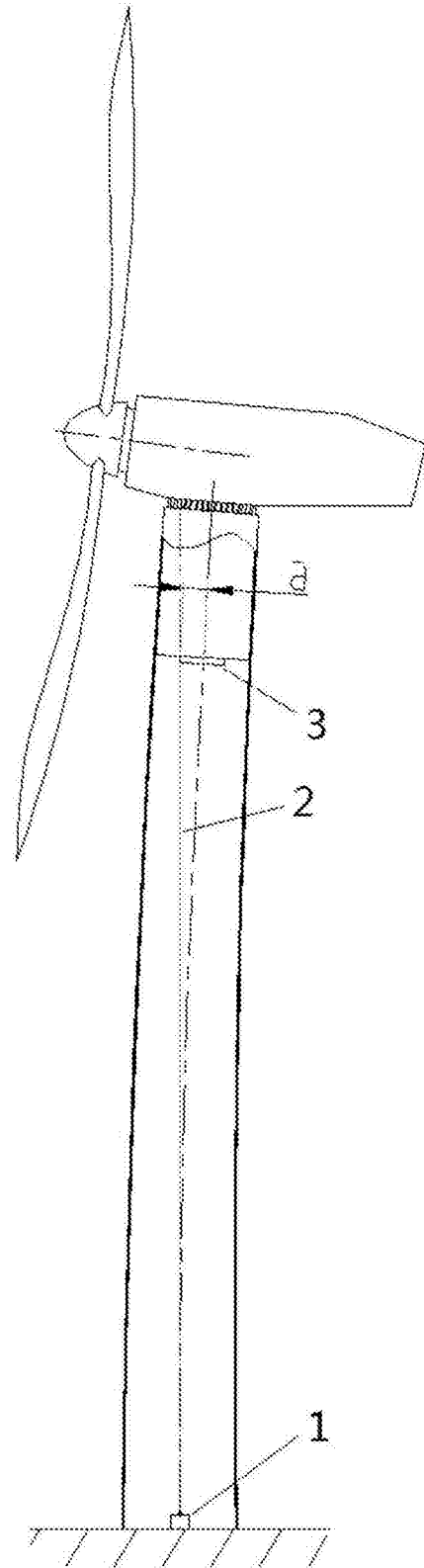


图2

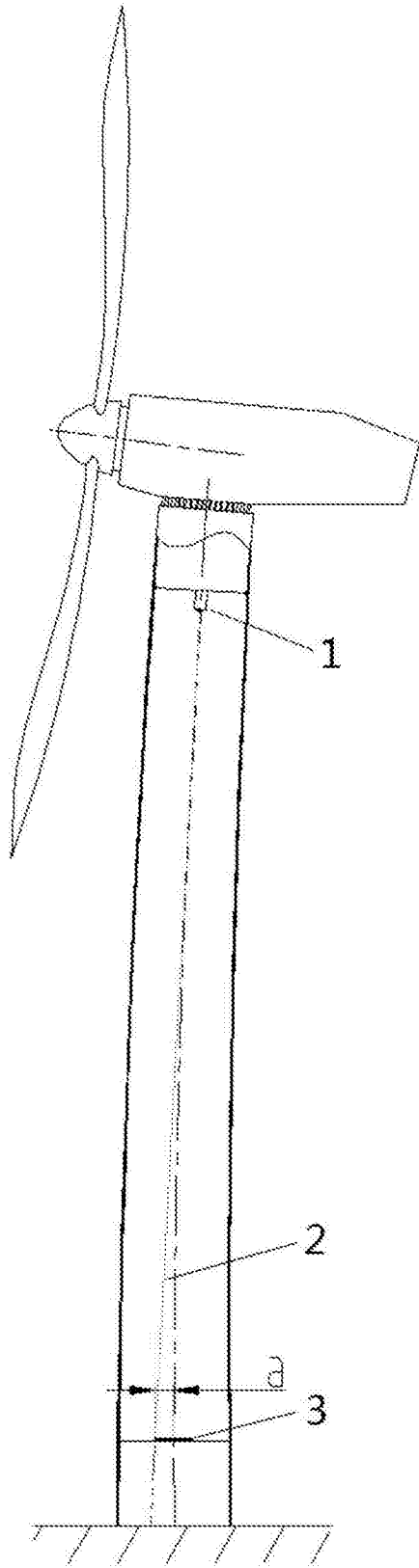


图3

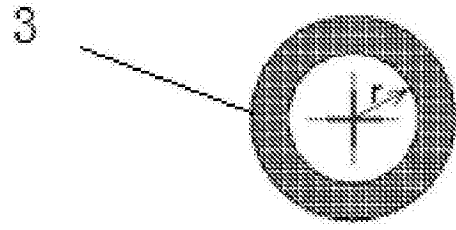


图4

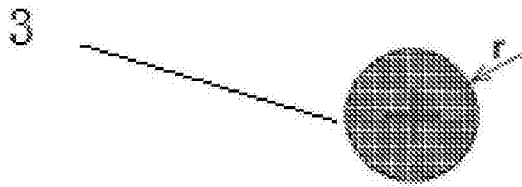


图5

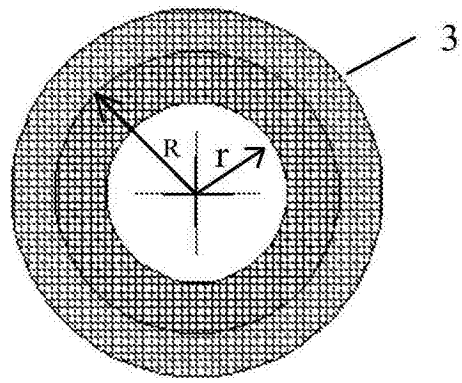


图6

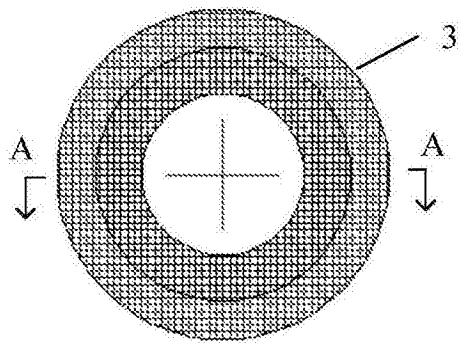


图7

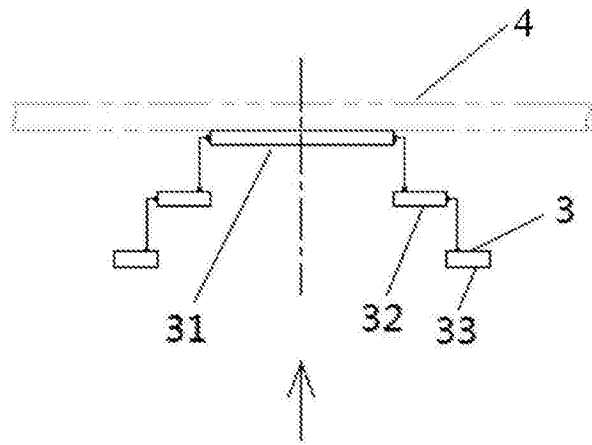


图8

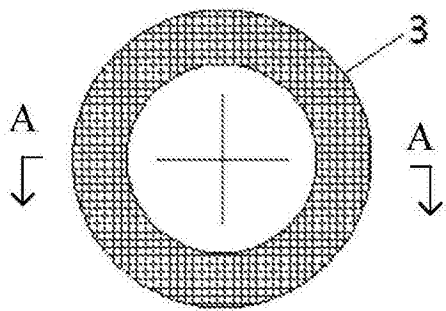


图9

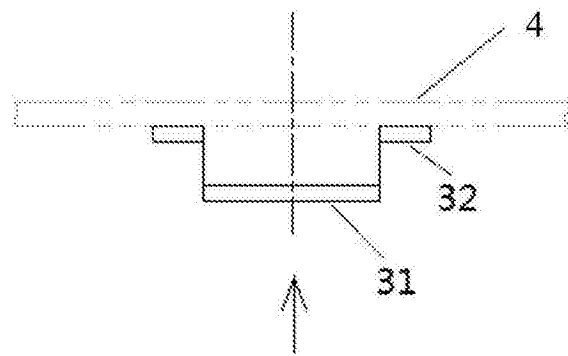


图10