

# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102466531 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 23

(21) 申请号 201010539421. 3

(22) 申请日 2010. 11. 10

(71) 申请人 三一电气有限责任公司

地址 102206 北京市昌平区回龙观北清路  
三一产业园

(72) 发明人 许仁萍 窦苏广 杨晶晶 郭健

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 李兆岭 逯长明

(51) Int. Cl.

G01L 1/04 (2006. 01)

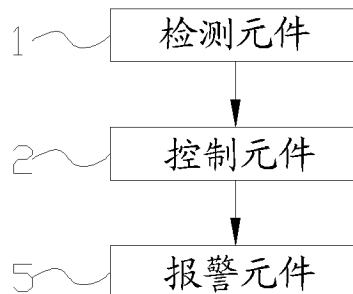
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 3 页

## (54) 发明名称

一种螺栓故障监测系统和监测方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种螺栓故障监测系统,包括检测元件(1)、控制元件(2)和报警元件(5):检测元件(1)用于检测通过螺栓(3)连接的被连接件(4)的载荷或者响应,并得到相应的载荷信号或者响应信号;控制元件(2)用于接收所述载荷信号或者所述响应信号,并将载荷或者响应与预定的阈值相比较,当载荷或者响应处于阈值范围以外时,控制元件(2)控制报警元件(5)发出预警信号;报警元件(5)用于根据控制元件(2)发出的指令发出预警信号。通过检测被连接件的载荷变化或者响应变化,监测螺栓是否出现故障,能够同时监测被连接件上的多个螺栓,实现了群组螺栓的故障监测。本发明还公开了一种螺栓故障监测方法。



1. 一种螺栓故障监测系统,其特征在于,包括检测元件(1)、控制元件(2)和报警元件(5):

所述检测元件(1)用于检测通过螺栓(3)连接的被连接件(4)的载荷或者响应,并得到相应的载荷信号或者响应信号;

所述控制元件(2)用于接收所述载荷信号或者所述响应信号,并将载荷或者响应与预定的阈值相比较,当所述载荷或者响应处于阈值范围以外时,所述控制元件(2)控制所述报警元件(5)发出预警信号;

所述报警元件(5)用于根据所述控制元件(2)发出的指令发出预警信号。

2. 根据权利要求1所述的螺栓故障监测系统,其特征在于,所述螺栓(3)包括危险螺栓(31),所述危险螺栓(31)在所述被连接件(4)上的位置通过载荷计算的方式确定。

3. 根据权利要求2所述的螺栓故障监测系统,其特征在于,所述被连接件(4)上具有主监测点,所述主监测点与所述危险螺栓(31)的最小距离小于预定距离,所述检测元件(1)检测所述主监测点的载荷或者响应。

4. 根据权利要求3所述的螺栓故障监测系统,其特征在于,所述被连接件(4)上还具有附加监测点,所述附加监测点与任一所述危险螺栓(31)的最小距离均大于所述预定距离,所述检测元件(1)检测所述附加监测点的载荷或者响应。

5. 根据权利要求3所述的螺栓故障监测系统,其特征在于,所述被连接件(4)上还具有附加监测点,所述附加监测点位于相邻两所述主监测点的中间位置。

6. 根据权利要求2至5任一项所述的螺栓故障监测系统,其特征在于,所述检测元件(1)为固定连接于所述被连接件(4)的应变片(7),所述应变片(7)检测所述被连接件(4)的应变,并将得到的应变信号传输至所述控制元件(2),所述预定载荷阈值为预定应变阈值。

7. 根据权利要求6所述的螺栓故障监测系统,其特征在于,所述应变片(7)的数目为四个,分别沿周向均匀分布于所述危险螺栓(31)的四周。

8. 根据权利要求6所述的螺栓故障监测系统,其特征在于,所述被连接件(4)包括呈预定角度的竖段(41)和横段(42),所述螺栓故障监测系统还包括应变片固定板(6),所述应变片固定板(6)的一端安装于所述竖段(41),其另一端安装于所述横段(42),所述应变片(7)固定于所述应变片固定板(6)上。

9. 一种螺栓故障监测方法,包括以下步骤:

11) 检测通过螺栓(3)连接的被连接件(4)的载荷或者响应,并得到相应的载荷信号或者响应信号;

12) 接收所述载荷信号或者所述响应信号,并比较载荷或者响应与预定阈值的关系,当所述载荷或者响应处于阈值范围以外时,转向步骤13),当所述载荷或者响应处于所述预定阈值范围以内时,返回步骤11);

13) 控制报警元件(5)发出预警信号。

10. 根据权利要求8所述的螺栓故障监测方法,其特征在于,在所述步骤11)之前还可以包括以下步骤:

01) 确定危险螺栓(31)在所述被连接件(4)上的位置,所述危险螺栓(31)在所述被连接件(4)上的位置通过载荷计算的方式确定。

11. 根据权利要求 9 所述的螺栓故障监测方法,其特征在于,所述检测元件(1)通过检测主监测点处的载荷或者响应,检测所述被连接件(4)的载荷或者响应,所述主监测点与所述危险螺栓(31)的最小距离小于预定距离。

12. 根据权利要求 10 所述的螺栓故障监测方法,其特征在于,所述检测元件(1)还通过检测附加监测点检测所述被连接件(4)的载荷或者响应,所述附加监测点与任一所述危险螺栓(31)的最小距离均大于所述预定距离。

13. 根据权利要求 10 所述的螺栓故障监测方法,其特征在于,所述检测元件(1)还通过检测附加监测点检测所述被连接件(4)的载荷或者响应,所述附加监测点位于相邻两所述主监测点的中间位置。

14. 根据权利要求 9 至 12 任一项所述的螺栓故障监测方法,其特征在于,所述检测元件(1)为固定连接于所述被连接件(4)的应变片(7),所述应变片(7)检测监测点的应变,并将得到的应变信号传输至所述控制元件(2),所述预定载荷阈值为预定应变阈值。

15. 根据权利要求 13 所述的螺栓故障监测方法,其特征在于,所述应变片(7)的数目为四个,分别沿周向均匀分布于所述危险螺栓(31)的四周。

16. 根据权利要求 13 所述的螺栓故障监测方法,其特征在于,所述被连接件(4)包括呈预定角度的竖段(41)和横段(42),所述螺栓故障监测系统还包括应变片固定板(6),所述应变片固定板(6)的一端安装于所述竖段(41),其另一端安装于所述横段(42),所述应变片(7)固定于所述应变片固定板(6)上。

## 一种螺栓故障监测系统 and 监测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及故障诊断技术领域,特别涉及一种螺栓故障监测系统。本发明还涉及一种使用上述故障监测系统的故障监测方法。

### 背景技术

[0002] 在各种机械设备中,均需要使用大量的螺栓实现相邻两部件之间的可靠连接。由于螺栓连接固定可靠,且能够实现方便地拆分,因此越来越广泛地应用于机械制造领域。

[0003] 以风力发电系统为例,其风力发电机组的柱状塔筒之间的连接、塔筒和机舱之间的连接,以及风轮叶片与轮毂之间的连接均采用螺栓连接的方式。用于上述这些场合的螺栓由于需要承受较大的作用力,甚至需要承受变化的载荷的作用,因此,这些螺栓都需要具有足够的使用强度,螺栓的强度应该保证能够承受工作中可能出现的极限载荷,确保风力发电机的正常运行。然而,在风力发电机的工作过程中,螺栓受到交变载荷和内部裂纹等情况的综合作用,可能会出现松动、断裂等故障,一旦连接关键部件的螺栓发生脱落或者断裂,会引发关键构件的分离,造成风机的严重破坏,因此,在风力发电机的工作过程中,应时刻监测螺栓的状态,当螺栓具有松动或者折断的趋势时,就要及时报警,并立刻检修,以避免造成更加严重的损失。

[0004] 目前,针对单个螺栓的故障监测系统包括安装在被检测螺栓上的角度传感器,角度传感器检测螺栓的瞬时角度值,并将检测到的螺栓的瞬时角度值传输至控制器,控制器中预先储存有角度范围值,当检测到的螺栓的瞬时角度值超过该预定角度范围时,控制器发出报警信号。

[0005] 但是,该方法结构较为复杂,角度传感器在螺栓上的安装过程较为复杂,且维护较为困难;同时,每个设备中可能包括数以百计的螺栓,在每个螺栓上安装角度传感器也存在较大的难度,不适合群组螺栓的检测。

[0006] 因此,如何简化螺栓故障监测系统的结构,使之适合于群组螺栓的故障监测,就成为本领域技术人员亟须解决的问题。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种螺栓故障监测系统,其具有较为简单的结构,且适合于群组螺栓的故障监测。本发明的另一目的是提供一种使用上述故障监测系统的故障监测方法。

[0008] 为解决上述技术问题,本发明提供一种螺栓故障监测系统,包括检测元件、控制元件和报警元件;所述检测元件用于检测通过螺栓连接的被连接件的载荷或者响应,并得到相应的载荷信号或者响应信号;

[0009] 所述控制元件用于接收所述载荷信号或者所述响应信号,并将载荷或者响应与预定的阈值相比较,当所述载荷或者响应处于阈值范围以外时,所述控制元件控制所述报警元件发出预警信号;

[0010] 所述报警元件用于根据所述控制元件发出的指令发出预警信号。

[0011] 优选地,所述螺栓包括危险螺栓,所述危险螺栓在所述被连接件上的位置通过载荷计算的方式确定。

[0012] 优选地,所述被连接件上具有主监测点,所述主监测点与所述危险螺栓的最小距离小于预定距离,所述检测元件检测所述主监测点的载荷或者响应。

[0013] 优选地,所述被连接件上还具有附加监测点,所述附加监测点与任一所述危险螺栓的最小距离均大于所述预定距离,所述检测元件检测所述附加监测点的载荷或者响应。

[0014] 优选地,所述被连接件上还具有附加监测点,所述附加监测点位于相邻两所述主监测点的中间位置。

[0015] 优选地,所述检测元件为固定连接于所述被连接件的应变片,所述应变片检测所述被连接件的应变,并将得到的应变信号传输至所述控制元件,所述预定载荷阈值为预定应变阈值。

[0016] 优选地,所述应变片的数目为四个,分别沿周向分布于所述危险螺栓的四周。

[0017] 优选地,所述被连接件包括呈预定角度的竖段和横段,所述螺栓故障监测系统还包括应变片固定板,所述应变片固定板的一端安装于所述竖段,其另一端安装于所述横段,所述应变片固定于所述应变片固定板上。

[0018] 本发明还提供了一种螺栓故障监测方法,包括以下步骤:

[0019] 11) 检测通过螺栓连接的被连接件的载荷或者响应,并得到相应的载荷信号或者响应信号;

[0020] 12) 接收所述载荷信号或者所述响应信号,并比较载荷或者响应与预定阈值的关系,当所述载荷或者响应处于阈值范围以外时,转向步骤 13),当所述载荷或者响应处于所述预定阈值范围以内时,返回步骤 11);

[0021] 13) 控制报警元件发出预警信号。

[0022] 进一步地,在所述步骤 11) 之前还可以包括以下步骤:

[0023] 01) 确定危险螺栓在所述被连接件上的位置,所述危险螺栓在所述被连接件上的位置通过载荷计算的方式确定。

[0024] 进一步地,所述检测元件通过检测主监测点处的载荷或者响应,检测所述被连接件的载荷或者响应,所述主监测点与所述危险螺栓的最小距离小于预定距离。

[0025] 进一步地,所述检测元件还通过检测附加监测点检测所述被连接件的载荷或者响应,所述附加监测点与任一所述危险螺栓的最小距离均大于所述预定距离。

[0026] 进一步地,所述检测元件还通过检测附加监测点检测所述被连接件的载荷或者响应,所述附加监测点位于相邻两所述主监测点的中间位置。

[0027] 进一步地,所述检测元件为固定连接于所述被连接件的应变片,所述应变片检测监测点的应变,并将得到的应变信号传输至所述控制元件,所述预定载荷阈值为预定应变阈值。

[0028] 进一步地,所述应变片的数目为四个,分别沿周向分布于所述危险螺栓的四周。

[0029] 进一步地,所述被连接件包括呈预定角度的竖段和横段,所述螺栓故障监测系统还包括应变片固定板,所述应变片固定板的一端安装于所述竖段,其另一端安装于所述横段,所述应变片固定于所述应变片固定板上。

[0030] 本发明所提供的一种螺栓故障监测系统,包括检测元件和控制元件,其中检测元件用于检测通过螺栓连接的被连接件的载荷或者响应,并得到相应的载荷信号或者响应信号,控制元件用于接收所述载荷信号或者所述响应信号,并将载荷或者响应与预定的阈值相比较,当载荷或者响应处于阈值范围以外时,控制元件控制报警元件发出预警信号;具体地,当检测元件检测被连接件的载荷并输出载荷信号时,控制元件接收该载荷信号,并将检测到的载荷与预定载荷阈值相比较,载荷处于所述预定载荷阈值范围以外时,控制元件发出预警信号;当检测元件检测被连接件的响应并输出响应信号时,控制元件接收该响应信号,并将检测到的响应与预定响应阈值相比较,当响应处于预定响应阈值以外时,控制元件发出预警信号。这样,通过检测被连接件的载荷变化或者响应变化,监测螺栓是否出现故障,能够同时监测被连接件上的多个螺栓,实现了群组螺栓的故障监测。

[0031] 在一种优选的实施方式中,本发明所提供的螺栓故障监测系统通过检测危险螺栓附近的载荷或者响应,得到危险螺栓的故障情况,具体地,被连接件上具有主监测点,主监测点与危险螺栓的最小距离小于预定距离,检测元件检测主监测点的载荷或者响应。由于危险螺栓是被连接件上众多螺栓中的薄弱环节,在工作中,危险螺栓发生故障的可能性最大,而相对来说其他位置的螺栓在危险螺栓还没有故障之前一般不会出现故障;只监测危险螺栓处的载荷变化或者响应变化,既能够实现工作目的,又能够简化故障监测系统的结构,降低生产成本。

[0032] 本发明还提供一种基于上述螺栓故障监测系统的监测方法,该监测方法能够得到与监测系统相同或相似的有益效果,在此不再赘述。

#### 附图说明

[0033] 图1为本发明所提供螺栓故障监测系统一种具体实施方式的原理框图;

[0034] 图2为本发明所提供螺栓故障监测系统的检测元件安装位置一种具体实施方式的结构示意图;

[0035] 图3为本发明所提供螺栓故障监测系统的检测元件安装位置另一种具体实施方式的结构示意图;

[0036] 图4为本发明所提供螺栓故障监测系统的检测元件安装位置另一种具体实施方式的结构示意图;

[0037] 图5为本发明所提供螺栓故障监测方法一种具体实施方式的结构示意图;

[0038] 图6为本发明所提供螺栓故障监测方法另一种具体实施方式的结构示意图。

#### 具体实施方式

[0039] 本发明的核心是提供一种螺栓故障监测系统,其具有较为简单的结构,且适合于群组螺栓的故障监测。本发明的另一核心是提供一种使用上述故障监测系统的故障监测方法。

[0040] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明的技术方案,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步的详细说明。

[0041] 请参考图1,图1为本发明所提供螺栓故障监测系统一种具体实施方式的原理框图。

[0042] 在一种具体实施方式中,本发明所提供的螺栓故障监测系统包括检测元件 1、控制元件 2 和报警元件 5;其中,检测元件 1 用于检测被连接件 4 的载荷或者响应,并得到相应的载荷信号或者响应信号,该被连接件 4 为通过螺栓 3 连接的构件;控制元件 2 用于接收载荷信号或者所述响应信号,并将载荷或者响应与预定阈值相比较,当载荷或者响应处于阈值范围以外时,控制元件 2 控制报警元件 5 发出预警信号,具体地,当上述检测元件 1 检测的是载荷信号,则检测元件 1 传输给控制元件 2 的信号是载荷信号,控制元件 2 将接收到的载荷与预定载荷阈值相比较,当载荷处于预定载荷阈值范围以外时,控制元件 2 控制报警元件 5 发出预警信号;而当上述检测元件 1 检测到的是响应信号时,则检测元件 1 传输给控制元件 2 的信号是响应信号,控制元件 2 将响应与预定响应阈值相比较,当响应处于预定响应阈值范围以外时,控制元件 2 控制报警元件 5 发出预警信号;报警元件 5 用于根据控制元件 2 的指令发出预警信号。

[0043] 需要指出的是,文中所述载荷处于预定载荷阈值范围以外是指,检测到的载荷大于载荷阈值的最大值或者小于载荷阈值的最小值,而载荷处于预定载荷阈值范围以内是指,检测到的载荷小于载荷阈值的最大值且大于载荷阈值的最小值;同样地,响应处于预定响应阈值范围以外是指,检测到的响应大于响应阈值的最大值或者小于响应阈值的最小值,而响应处于预定响应阈值范围以内是指,检测到的响应大于响应阈值的最小值且小于响应阈值的最大值。

[0044] 当螺栓 3 和被连接件 4 处于不同的工作状况时,预定载荷阈值和预定响应阈值不同。以风机上的螺栓 3 为例,风机在一个工作周期中会出现待机阶段、启动阶段、稳定工作阶段和停机阶段等多个工作阶段,在各不同的工作阶段中,由于螺栓 3 和被连接件 4 的受力状况不同,需要在各阶段分别设定与其相符的预定载荷阈值或者预定响应阈值,将多个预定载荷阈值或者预定响应阈值均实现输入至控制元件 2 中,并由风机的总控系统控制控制元件 2 参考的预定载荷阈值。例如,当风机处于启动阶段时,风机的总控系统发出启动指令,同时向控制元件 2 发出启动指令,控制元件 2 调出与风机的启动状态相匹配的预定载荷阈值或者预定响应阈值,并将该预定载荷阈值或者预定相应阈值作为判断基准。

[0045] 从理论上讲,通过检测被连接件 4 的载荷参数或者响应参数中的任一者实现故障监测,也可以在同一套系统中对不同工况下的故障监测分别使用载荷检测方式和响应检测方式;仍以风机为例,控制元件 2 中储存的与启动阶段相匹配的是预定载荷阈值,当风机处于启动阶段时,检测元件 1 检测的是载荷信号;而控制元件 2 中储存的与正常工作阶段相匹配的是响应载荷阈值,当风机处于正常工作阶段时,检测元件 1 检测的是响应信号。

[0046] 当检测载荷时,检测元件 1 可以为固定连接于被连接件 4 的应变片,应变片检测被连接件 4 的应变,并将得到的应变信号传输至控制元件 2,控制元件 2 接收应变信号并与预定应变阈值相比较,当应变大于预定应变阈值的最大值或者小于预定应变阈值的最小值时,控制元件 2 控制报警元件 5 发出预警信号。应变片的结构简单,成本较为低廉,从而进一步简化了故障监测系统的结构,节约了生产成本。

[0047] 检测元件 1 也不局限于应变片,当检测的参数是响应时,检测元件 1 为振动响应传感器。

[0048] 当一个或多个螺栓 3 出现故障时,局部应力的统计值会上升超过某个阈值,或者下降超过某个阈值。该阈值可以通过理论或者实验得到;实验方法是指,先测试螺栓 3 正常

时法兰的局部应力,然后松动单个螺栓 3,再测量法兰局部应力的变化,总结出故障特征。该阈值也可以通过仿真计算得到。这样检测法兰应力的变化就可以识别出螺栓故障。

[0049] 这样,通过检测被连接件 4 的载荷变化或者响应变化,监测螺栓 3 是否出现故障,能够同时监测被连接件 4 上的多个螺栓 3,实现了群组螺栓的故障监测。

[0050] 请参考图 2 和图 3,图 2 为本发明所提供螺栓故障监测系统的检测元件安装位置一种具体实施方式的结构示意图;图 3 为本发明所提供螺栓故障监测系统的检测元件安装位置另一种具体实施方式的结构示意图。

[0051] 在同一群组(同一被连接件 4 上的若干螺栓)的螺栓 3 中,由于受力状况的影响,总有一些位置的螺栓 3 更容易损坏,这些螺栓 3 称为危险螺栓 31。以风机塔筒的连接螺栓 3 和法兰为例,虽然螺栓 3 在法兰上呈圆周分布,但是螺栓 3 和法兰承受的载荷并不是圆周均匀分布。由于各个螺栓 3 承受的静态载荷不一致,某些螺栓 3 承受的载荷较大。另一方面,风场多选在风向稳定的地区,也就是主导风向频率在 30%以上。典型的如近海风场,白昼时,海洋上的气流吹向大陆,称为海风;夜间时,情况相反,风从大陆吹向海洋,称为陆风。由于主导风向的作用,法兰联结处的动态载荷也不是圆周均匀分布的。综合以上两点,某些螺栓 3 比其余螺栓更频繁的承受较大的工作载荷,因而出现松动和断裂等故障的可能性更高,这些螺栓就是上述危险螺栓 31。监测危险螺栓 31 非常必要。而且,当危险螺栓 31 正常工作时,其余螺栓出现故障的可能性较小,因而监测危险螺栓 31 就能充分准确地预警螺栓的损伤故障。危险螺栓 31 的判定有理论方法和测试方法。在设计风机时,载荷计算是必要的步骤,有限元分析和动力学分析被广泛地应用,利用设计模型和设计载荷等可以方便地分析出受力较大的螺栓。通过测试确定危险螺栓 31 是指,在样机测试时,测量充分多个螺栓的载荷,识别出频繁承受较大载荷的螺栓。监测危险螺栓 31 附近的局部法兰应力能够优化监测点位置,进一步简化了监测系统的结构。

[0052] 被连接件 4 上具有主监测点,主监测点与危险螺栓 31 的最小距离小于预定距离,检测元件 1 检测主监测点的载荷或者响应,也即,主监测点用于检测危险螺栓 31 附近的载荷或者响应,主监测点处于图 2 中阴影 A 范围之内。由于危险螺栓 31 是被连接件 4 上众多螺栓 3 中的薄弱环节,在工作中,危险螺栓 31 发生故障的可能性最大,而相对来说其他位置的非危险螺栓在危险螺栓 31 还没有故障之前一般不会出现故障;只监测危险螺栓 31 处的载荷变化或者响应变化,通过检测危险螺栓 31 附近的载荷或者响应,得到危险螺栓 31 的故障情况,既能够实现工作目的,又能够简化故障监测系统的结构,降低生产成本。

[0053] 被连接件 4 上还可以具有附加监测点,附加监测点与任一危险螺栓 31 的最小距离均大于所述预定距离,检测元件 1 检测附加监测点的载荷或者响应,也即附加监测点用于检测非危险螺栓附近的载荷或者响应,附加监测点处于图 2 中阴影 A 范围之外。这样,不仅仅检测危险螺栓 31 附近的载荷或者响应,还可选择地检测非危险螺栓附近的载荷或者响应,从而提高了监测系统的工作可靠性。

[0054] 附加监测点可以位于相邻两主监测点的中间位置,该位置是距离相邻主监测点的最远位置,能够避免重复监测,提高了检测元件 1 的利用率。显然地,附加监测点可以为阴影 A 外的任何位置,不局限于上述两主监测点的中间位置。

[0055] 当检测元件 1 是应变片时,应变片的数目可以为四个,分别沿周向分布于所述危险螺栓 31 的四周。应变片的个数和分布位置均可以有若干种,例如可以分别位于危险螺栓



31 的两侧,也可以位于危险螺栓 31 的上方或者下方,其具体安装位置不受本说明书具体实施方式的限制。

[0056] 螺栓故障监测系统的检测元件安装位置并不局限于上述具体形式,检测元件也可以安装于其他能够实现检测的位置。

[0057] 请参考图 4,图 4 为本发明所提供螺栓故障监测系统的检测元件安装位置另一种具体实施方式的结构示意图。

[0058] 在另一种具体实施方式中,以风机塔筒上的法兰螺栓的检测为例,被连接件 4 包括呈预定角度的横段 42 和竖段 41,在该实施例中,被连接件为法兰,则横段 42 为法兰固定有螺栓的一段,竖段 41 为大体与横段 42 垂直的一段,螺栓故障监测系统包括应变片固定板 6,应变片固定板 6 的一端安装于所述法兰的横段 42 上,其另一端安装于法兰的竖段 41 上,应变片 7 固定于应变片固定板 6 上。在工作过程中,塔筒和法兰之间的夹角的变化会引起应变片 7 的伸缩变化,当位于应变片 7 附近的螺栓发生故障时,故障螺栓承受的载荷减小,附近的塔筒和法兰外表面之间夹角的变化幅值降低,附近监测点所测的应力下降至预定阈值以下,此时,正常工作的螺栓承受的载荷加大,其附近的塔筒和法兰外表面之间夹角的变化幅值变大,附近监测点所测应力上升至预定阈值以上;这样,通过监测应变片所检测到的应力的上升或者下降,从而能够检测出故障螺栓的位置。

[0059] 除了上述螺栓故障监测系统,本发明还提供一种螺栓故障监测方法。

[0060] 请参考图 5,图 5 为本发明所提供螺栓故障监测方法一种具体实施方式的结构示意图。

[0061] 在一种具体实施方式中,本发明所提供的螺栓故障监测方法,可以包括以下步骤:

[0062] S11:检测通过螺栓 3 连接的被连接件 4 的载荷或者响应,并得到相应的载荷信号或者响应信号;

[0063] S12:接收所述载荷信号或者所述响应信号,并比较载荷或者响应与预定阈值的关系,当所述载荷或者响应处于阈值范围以外时,转向步骤 13),当所述载荷或者响应处于所述预定阈值范围以内时,返回步骤 11);

[0064] S13:控制报警元件 5 发出预警信号。

[0065] 需要指出的是,文中所述载荷处于预定载荷阈值范围以外是指,检测到的载荷大于载荷阈值的最大值或者小于载荷阈值的最小值,而载荷处于预定载荷阈值范围以内是指,检测到的载荷小于载荷阈值的最大值且大于载荷阈值的最小值;同样地,响应处于预定响应阈值范围以外是指,检测到的响应大于响应阈值的最大值或者小于响应阈值的最小值,而响应处于预定响应阈值范围以内是指,检测到的响应大于响应阈值的最小值且小于响应阈值的最大值。

[0066] 当螺栓 3 和被连接件 4 处于不同的工作状况时,预定载荷阈值和预定响应阈值不同。以风机上的螺栓 3 为例,风机在一个工作周期中会出现待机阶段、启动阶段、稳定工作阶段和停机阶段等多个工作阶段,在各不同的工作阶段中,由于螺栓 3 和被连接件 4 的受力状况不同,需要在各阶段分别设定与其相符的预定载荷阈值或者预定响应阈值,将多个预定载荷阈值或者预定响应阈值均实现输入至控制元件 2 中,并由风机的总控系统控制控制元件 2 参考的预定载荷阈值。例如,当风机处于启动阶段时,风机的总控系统发出启动指

令,同时向控制元件 2 发出启动指令,控制元件 2 调出与风机的启动状态相匹配的预定载荷阈值或者预定响应阈值,并将该预定载荷阈值或者预定相应阈值作为判断基准。

[0067] 从理论上讲,通过检测被连接件 4 的载荷参数或者响应参数中的任一者实现故障监测,也可以在同一套系统中对不同工况下的故障监测分别使用载荷检测方式和响应检测方式;仍以风机为例,控制元件 2 中储存的与启动阶段相匹配的是预定载荷阈值,当风机处于启动阶段时,检测元件 1 检测的是载荷信号;而控制元件 2 中储存的与正常工作阶段相匹配的是响应载荷阈值,当风机处于正常工作阶段时,检测元件 1 检测的是响应信号。

[0068] 当检测载荷时,检测元件 1 可以为固定连接于被连接件 4 的应变片,应变片检测被连接件 4 的应变,并将得到的应变信号传输至控制元件 2,控制元件 2 接收应变信号并与预定应变阈值相比较,当应变大于预定应变阈值的最大值或者小于预定应变阈值的最小值时,控制元件 2 控制报警元件 5 发出预警信号。应变片的结构简单,成本较为低廉,从而进一步简化了故障监测系统的结构,节约了生产成本。

[0069] 检测元件 1 也不局限于应变片,当检测的参数是响应时,检测元件 1 为振动响应传感器。

[0070] 请参考图 6,图 6 为本发明所提供螺栓故障监测方法另一种具体实施方式的结构示意图。

[0071] 在另一种具体实施方式中,本发明所提供的螺栓故障监测方法包括以下步骤:

[0072] S21:确定危险螺栓 31 在所述被连接件 4 上的位置,所述危险螺栓 31 在所述被连接件 4 上的位置通过载荷计算的方式确定;

[0073] S22:检测通过螺栓 3 连接的被连接件 4 的载荷或者响应,并得到相应的载荷信号或者响应信号;

[0074] S23:接收所述载荷信号或者所述响应信号,并比较载荷或者响应与预定阈值的关系,当所述载荷或者响应处于阈值范围以外时,转向步骤 13),当所述载荷或者响应处于所述预定阈值范围以内时,返回步骤 11);

[0075] S24:控制报警元件 5 发出预警信号。

[0076] 由于危险螺栓 31 是被连接件 4 上众多螺栓中的薄弱环节,在工作中,危险螺栓 31 发生故障的可能性最大,而相对来说其他位置的非危险螺栓在危险螺栓 31 还没有故障之前一般不会出现故障;只监测危险螺栓 31 处的载荷变化或者响应变化,通过检测危险螺栓 31 附近的载荷或者响应,得到危险螺栓 31 的故障情况,既能够实现工作目的,又能够简化故障监测系统的结构,降低生产成本。

[0077] 被连接件 4 上具有主监测点,主监测点与危险螺栓 31 的最小距离小于预定距离,检测元件 1 检测主监测点的载荷或者响应,也即,主监测点用于检测危险螺栓 31 附近的载荷或者响应,主监测点处于图 2 中阴影 A 范围之内。由于危险螺栓 31 是被连接件 4 上众多螺栓中的薄弱环节,在工作中,危险螺栓 31 发生故障的可能性最大,而相对来说其他位置的非危险螺栓在危险螺栓 31 还没有故障之前一般不会出现故障;只监测危险螺栓 31 处的载荷变化或者响应变化,通过检测危险螺栓 31 附近的载荷或者响应,得到危险螺栓 31 的故障情况,既能够实现工作目的,又能够简化故障监测系统的结构,降低生产成本。

[0078] 被连接件 4 上还可以具有附加监测点,附加监测点与任一危险螺栓 31 的最小距离均大于所述预定距离,检测元件 1 检测附加监测点的载荷或者响应,也即附加监测点用于

检测非危险螺栓附近的载荷或者响应,附加监测点处于图 2 中阴影 A 范围之外。这样,不仅仅检测危险螺栓 31 附近的载荷或者响应,还可选择地检测非危险螺栓附近的载荷或者响应,从而提高了监测系统的工作可靠性。

[0079] 附加监测点可以位于相邻两主监测点的中间位置,该位置是距离相邻主监测点的最远位置,能够避免重复监测,提高了检测元件 1 的利用率。显然地,附加监测点可以为阴影 A 外的任何位置,不局限于上述两主监测点的中间位置。

[0080] 当检测元件 1 是应变片时,应变片的数目可以为四个,分别沿周向分布于所述危险螺栓 31 的四周。应变片的个数和分布位置均可以有若干种,例如可以分别位于危险螺栓 31 的两侧,也可以位于危险螺栓 31 的上方或者下方,其具体安装位置不受本说明书具体实施方式的限制。

[0081] 以上对本发明所提供的一种螺栓故障监测系统和监测方法进行了详细介绍。本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以对本发明进行若干改进和修饰,这些改进和修饰也落入本发明权利要求的保护范围内。

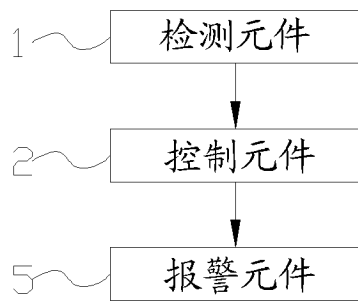


图 1

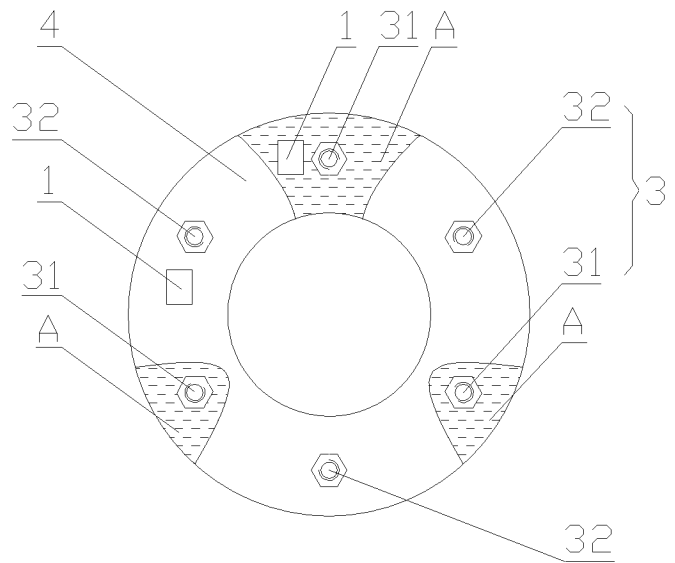


图 2

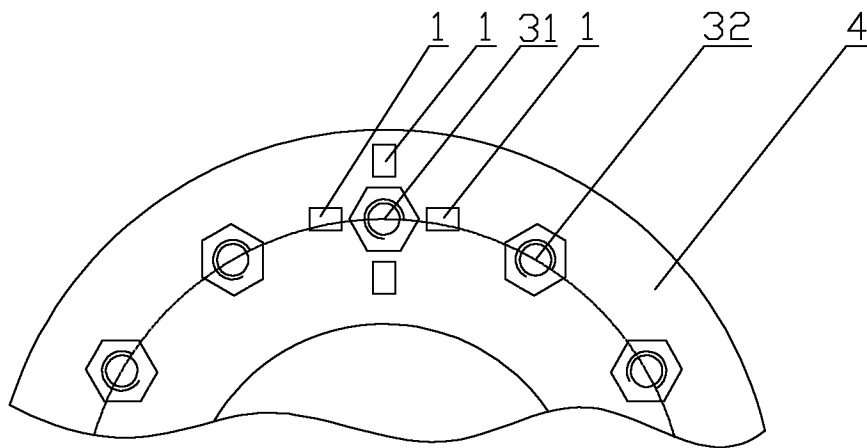


图 3

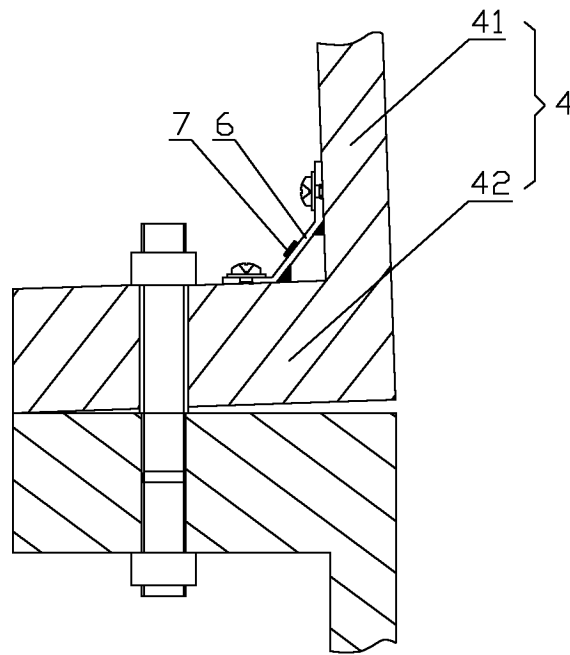


图 4

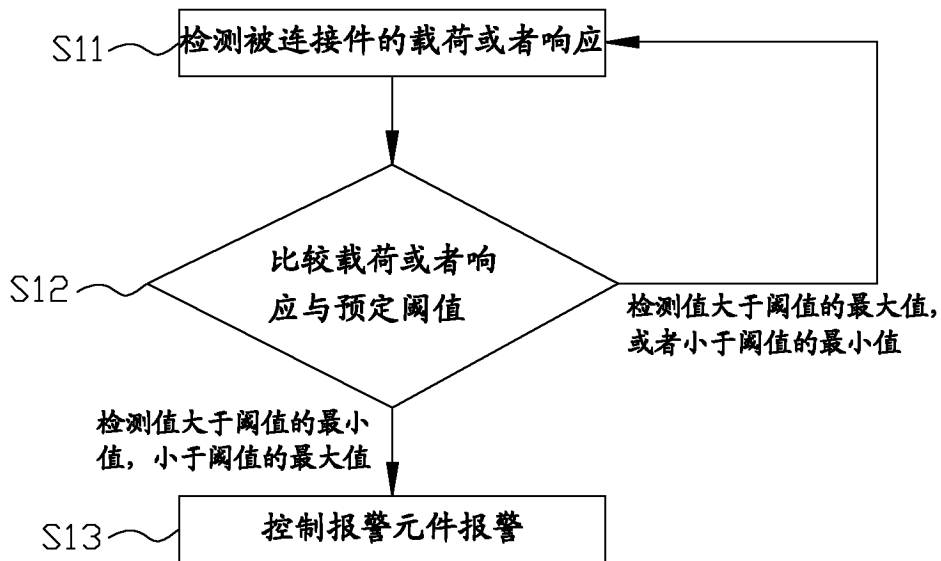


图 5

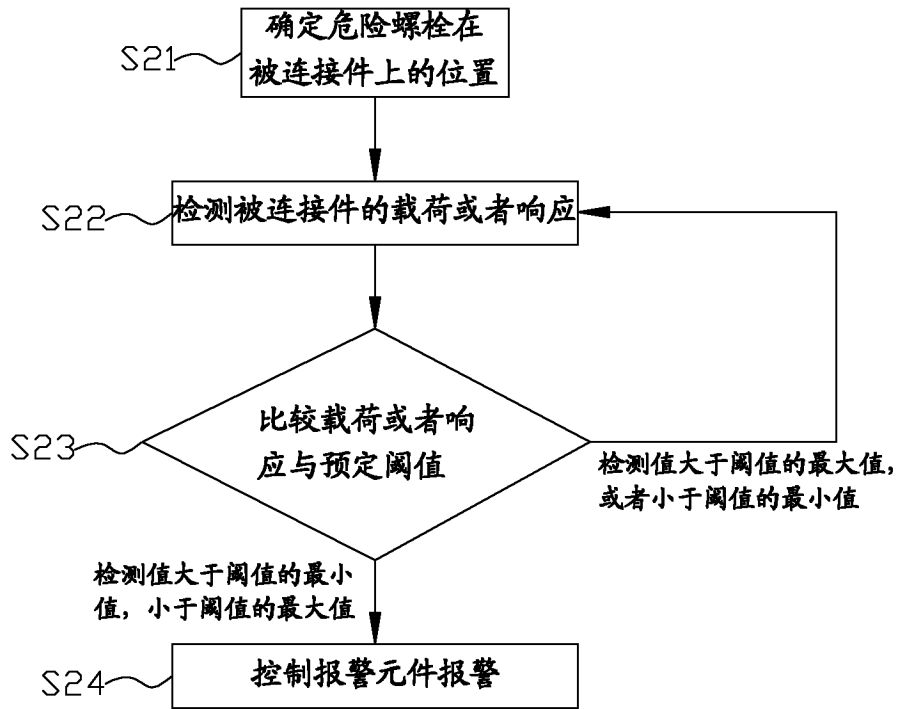


图 6