



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113737634 B

(45) 授权公告日 2022.06.14

(21) 申请号 202111132918.8

审查员 施龙

(22) 申请日 2021.09.27

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113737634 A

(43) 申请公布日 2021.12.03

(73) 专利权人 长沙理工大学

地址 410114 湖南省长沙市天心区赤岭路
45号

(72) 发明人 刘汉云 韩艳 胡朋 毛娜 罗颖

王力东 毛莹玉 毛禹 陈柏翔

(74) 专利代理机构 长沙惟盛赞鼎知识产权代理

事务所(普通合伙) 43228

专利代理师 黄凯

(51) Int. Cl.

E01D 19/00 (2006.01)

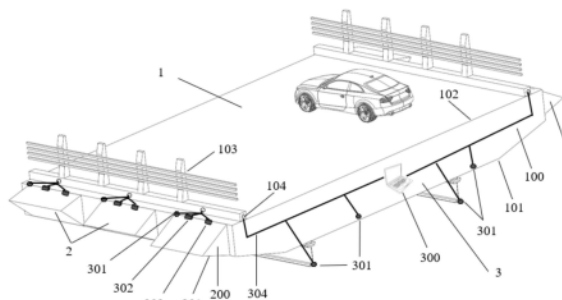
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

一种气囊型桥梁涡激振动智能控制装置及
控制方法

(57) 摘要

本发明涉及桥梁抗风控制技术领域,具体涉
及一种气囊型桥梁涡激振动智能控制装置及控
制方法。气囊型桥梁涡激振动智能控制装置包
括控制系统,包括监测装置和控制工作站;所述
监测装置监测桥梁附近风速、风向和桥梁振
动状态;所述控制工作站与监测装置连接,根
据所监测的风速、风向和桥梁振动状态确定
涡激振动阶次;气囊系统,其布置于桥梁两
侧;所述气囊系统与控制工作站相连,根据所
确定的涡激振动阶次确定气囊系统的断面形
状参数,变换相应断面形状的气囊系统。本
发明首次采用气囊结构进行桥梁涡振控制,
并根据实时风速、风向和桥梁振动状态调
节其形状可有效扰乱桥梁附近来流风场,
避免形成周期性旋涡脱落,从而抑制桥梁的
涡激振动。



1. 一种气囊型桥梁涡激振动智能控制装置的控制方法,其特征在于,所述气囊型桥梁涡激振动智能控制装置包括:

控制系统,包括监测装置和控制工作站(300);所述监测装置监测桥梁(1)附近风速、风向和桥梁(1)振动状态;所述控制工作站(300)与监测装置连接,根据所监测的风速、风向和桥梁(1)振动状态确定涡激振动阶次;

气囊系统(2),其布置于桥梁(1)两侧;所述气囊系统(2)与控制工作站(300)相连,根据所确定的涡激振动阶次确定气囊系统(2)的断面形状参数,变换相应断面形状的气囊系统(2);

所述气囊系统(2)包括气囊(200)、气囊壳体(201)、充气装置(202);所述气囊(200)与气囊壳体(201)连接形成充气腔体;所述充气装置(202)与气囊壳体(201)连接,向充气腔体内充气,所述充气腔体充气后膨胀形成相应断面形状的气囊系统(2);

所述气囊系统(2)的断面形状包括与桥梁(1)相连的矩形部、以及与矩形部相连的三角形部;所述气囊系统(2)的形状参数包括三角形部尖端的风嘴角 α 、三角形部尖端至矩形部底面的高度 h_1 、以及矩形部底面的长度 L_1 ;

所述控制方法包括:

S1:监测桥址处桥梁(1)展向不同位置的实时风速、风向和振动状态;

S2:判断实时风速是否超过桥梁(1)涡激振动临界风速? 如果否,装置不工作;如果是,则转入S3;

S3:控制系统(3)根据桥址处实时风速、风向、桥梁(1)实时振动状态、及桥梁(1)涡振有限元模型,确定桥梁(1)涡振阶次;

S4:确定抑制桥梁(1)当前涡振阶次所需气囊系统(2)的风嘴形状控制参数;

S5:气囊系统(2)充放气,并形成相应形状风嘴结构;

S6:传感器继续监测桥梁(1)振动状态,确定桥梁(1)是否回归正常工作状态? 如果否,则跳转至S3;如果是,则跳转至S1。

2. 根据权利要求1所述的一种气囊型桥梁涡激振动智能控制装置的控制方法,其特征在于,包括多个气囊系统(2);多个气囊系统(2)沿桥梁(1)的通长方向间隔布置。

3. 根据权利要求2所述的一种气囊型桥梁涡激振动智能控制装置的控制方法,其特征在于,每个气囊系统(2)分别对应一个监测装置。

4. 根据权利要求1所述的一种气囊型桥梁涡激振动智能控制装置的控制方法,其特征在于,所述监测装置包括风速风向传感器(302)和振动状态传感器(301);所述风速风向传感器(302)监测桥梁(1)附近风速和风向;所述振动状态传感器监测桥梁(1)的振动状态。

一种气囊型桥梁涡激振动智能控制装置及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及桥梁抗风控制技术领域,具体涉及一种气囊型桥梁涡激振动智能控制装置及控制方法。

背景技术

[0002] 现代桥梁的跨径不断增大,结构越来越轻柔化,导致桥梁结构的风致振动问题十分突出,主要包括颤振、抖振、驰振和涡振,其中涡振是气流流经钝体结构时产生漩涡脱落,使结构两侧表面受到交替变化的正负压力而激励起结构横风向限幅振动。涡激振动虽不影响桥梁结构安全,但由于涡振发生风速低、幅值大,会影响行车体验感、舒适性,易诱发交通安全事故,也会导致桥梁构件出现过早的疲劳破坏。

[0003] 桥梁风致振动控制措施主要有机械措施和气动措施两类。其中,气动措施主要是通过干扰来流风场达到抑振目的,主要有几种实现方式:通过改变结构表面气压分布进而提高结构临界风速的措施,如中央开槽、增设中央稳定板等;通过控制破坏尾流涡结构的装置,如导流板等;通过增加箱梁横截面流线型减弱边界层分离的装置,如风嘴、整流罩等。这些被动气动控制措施具有不需要能量输入,合理设计下能够很好的提高大跨桥梁箱梁气动稳定性的优点。

[0004] 其中,风嘴为常用的气动控制措施之一,多为钢结构形式,风嘴形状安装后不能调节。如公开号为“CN201910220022.1”的专利所公开的一种提高宽幅钢箱叠合梁涡激振动性能的气动构造,其风嘴形状固定,无法根据风速、风向、桥梁振动状态等灵活控制风嘴形状,高效扰乱来流风场。因此,需提供一种可根据风速、风向和桥梁振动状态调节风嘴形状的桥梁涡激振动的控制装置及控制方法,其能有效的扰乱桥梁表面来流风场,避免形成周期性旋涡脱落,从而抑制桥梁的涡激振动。

发明内容

[0005] 本发明第一个要解决的技术问题是提供一种可根据风速、风向和桥梁振动状态智能调节风嘴形状的桥梁涡激振动的智能控制装置,有效的扰乱桥梁表面来流风场,从而抑制桥梁的涡激振动;本发明第二个要解决的技术问题是提供抑制桥梁涡激振动的控制方法。

[0006] 一种气囊型桥梁涡激振动的智能控制装置,其包括

[0007] 控制系统,包括监测装置和控制工作站;所述监测装置监测桥梁附近风速、风向和桥梁振动状态;所述控制工作站与监测装置连接,根据所监测的风速、风向和桥梁振动状态确定涡激振动阶次;

[0008] 气囊系统,其布置于桥梁两侧;所述气囊系统与控制工作站相连,根据所确定的涡激振动阶次确定气囊系统的断面形状参数,变换相应断面形状的气囊系统。

[0009] 当桥梁附近的风速达到临界风速时,根据桥梁附近风速、风向和桥梁振动状态,通过桥梁涡激振动有限元模型确定能抑制桥梁涡激振动的涡激振动阶次,并由此确定抑制桥

梁涡振所需要的气囊系统形状参数,气囊控制系统可变换为相应的形状,从而可有效的扰乱桥梁表面的来流风场,抑制桥梁涡激振动,提高桥梁断面整体抗风稳定性。气囊系统变换为相应的形状,且具有一定的刚度,可避免因变形过大增加桥梁静风荷载而引起桥梁安全问题。而且,气囊系统相比于钢结构风嘴具有体积小、重量轻的优势。

[0010] 进一步的,所述气囊系统包括气囊、气囊壳体、充气装置;所述气囊与气囊壳体连接形成充气腔体;所述充气装置与气囊壳体连接,向充气腔体内充气,所述充气腔体充气后膨胀形成相应形状的气囊系统。此结构中,所述充气装置根据气囊系统形状参数向气囊腔体内充气或放气,使气囊膨胀形成相应断面形状的气囊系统。

[0011] 进一步的,所述气囊系统的断面形状包括与桥梁相连的矩形部、以及与矩形部相连的三角形部;所述气囊系统的形状参数包括三角形部尖端的风嘴角 α 、三角形部尖端至矩形部底面的高度 h_1 、以及矩形部底面的长度 L_1 。

[0012] 进一步的,气囊型桥梁涡激振动智能控制装置包括多个气囊系统;多个气囊系统沿桥梁的通长方向间隔布置。多个气囊系统协作,从而可有效扰乱桥梁表面来流风场。

[0013] 进一步的,每个气囊系统分别对应一个监测装置。大跨度桥梁不同位置的风速、风向不同,所需要的气囊风嘴的形状不同,设置一个控制系统单独控制一个气囊系统,气囊系统根据其所在位置的风速、风向变换为相应的形状;且该设置可为桥梁多阶涡振控制提供方便的控制手段。

[0014] 进一步的,所述监测装置包括风速风向传感器和振动状态传感器;所述风速风向传感器监测桥梁附近风速和风向;所述振动状态传感器监测桥梁的振动状态。

[0015] 一种桥梁涡激振动的控制方法,包括以下步骤:

[0016] S1:监测桥址处桥梁展向不同位置的实时风速风向;

[0017] S2:判断实时风速是否达到桥梁涡振临界风速?如果否,装置不工作;如果是,则转入S3;

[0018] S3:控制系统根据桥址处实时风速风向、桥梁实时振动状态、及桥梁涡振有限元模型,确定桥梁涡振阶次;

[0019] S4:确定抑制桥梁当前涡振阶次所需气囊系统的风嘴形状控制参数;

[0020] S5:气囊系统充放气形成相应形状风嘴结构;

[0021] S6:传感器继续监测桥梁振动状态,确定桥梁是否回归正常工作状态?如果否,则跳转至S3;如果是,则跳转至S1。

[0022] 有益效果:当桥梁附近的风速达到涡振临界风速时,可根据桥梁附近风速风向、桥梁振动状态和其有限元模型确定涡激振动阶次,并由此确定抑制桥梁涡振所需要的气囊系统形状参数,气囊控制系统可变换为相应的形状,从而可有效的扰乱桥梁表面的来流风场,抑制桥梁的涡激振动,提高桥梁断面整体抗风稳定性。气囊风嘴的体积小、重量轻,并且在实时风速未达到桥梁涡激振动的临界风速时,气囊系统处于未展开状态,避免桥梁造成干扰。当实时风速超过涡激振动的临界风速后,根据振动阶次确定气囊系统的断面形状,灵活应对不同的实时风速,更加准确有效的对桥梁涡激振动进行控制。并且单独气囊系统可以根据其附近的风速、风向、振动状态单独变换成对应的断面形状,从而达到抑制多阶涡振的目的。

附图说明

- [0023] 下面结合附图和具体实施例对本发明作出进一步详细说明。
- [0024] 图1为桥梁涡激振动控制装置整体结构示意图；
- [0025] 图2为桥梁涡激振动控制装置工作状态的断面示意图；
- [0026] 图3为桥梁涡激振动控制装置非工作状态的断面示意图；
- [0027] 图4为气囊系统工作状态的结构示意图；
- [0028] 图5为气囊系统非工作状态的结构示意图；
- [0029] 图6为气囊系统与桥梁梁体连接方式结构示意图；
- [0030] 图7为气囊系统形状参数说明图；
- [0031] 图8为桥梁涡激振动的控制流程图；
- [0032] 图9为桥梁不同阶次涡激振动波形图。
- [0033] 附图标记：
- [0034] 桥梁1；梁体100；底板101；顶板102；栏杆103；布线孔104；
- [0035] 气囊系统2；气囊200；气囊壳体201；充气装置202；充气管203；连接构件204；
- [0036] 控制系统3；控制工作站300；桥梁振动状态传感器301、风速风向传感器302；充气传感器303；数据传输线304。

具体实施方式

[0037] 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。

[0038] 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。

[0039] 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。此外，下面所描述的本发明不同实施方式中所涉及的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互结合。

[0040] 实施例一

[0041] 一种气囊型桥梁涡激振动智能控制装置，其包括控制系统3和气囊系统2。

[0042] 如图1、图2所示，所述控制系统3包括监测装置和控制工作站300；所述监测装置包括桥梁振动状态传感器301、风速风向传感器302和充气传感器303，所述风速风向传感器302监测桥梁1附近风速和风向；所述振动状态传感器301监测桥梁1的振动状态；所述控制工作站300与监测装置连接，根据所监测的风速、风向确定桥梁1是否达到涡激振动的临界风速，所述临界风速通过风洞试验或有限元数值模拟确定，其可为多阶临界风速；所述有限

元模型为预先建立好,并存储于控制系统3中,所述临界风速作为控制参数存储于控制系统3中。

[0043] 当桥梁1附近风速达到涡振临界风速时,控制系统3根据实时风速风向、桥梁1振动状态以及预先建好的桥梁1涡激振动有限元模型,计算出桥梁1涡激振动阶次,确定桥梁1涡激振动波形图,如图9所示。

[0044] 如图1、图2所示,所述气囊系统2布置于桥梁1两侧;气囊系统2与控制工作站300相连,控制工作站300根据所发生的涡激振动阶次确定相应的气囊系统2的断面形状参数,并形成相应断面形状气囊风嘴结构。

[0045] 如图4所示,所述气囊系统2包括气囊壳体200、充气装置203;所述气囊壳体200设有充放气管202;所述充气装置203通过充放气管202与气囊壳体200连接,所述充气装置203向气囊系统2内充气。

[0046] 具体来说,在本实施例中,气囊壳体200包括与桥梁1连接的矩形部、以及与矩形部连接的三角形部;其中三角形部由可折叠的气囊片连接而成。当充气装置203未向气囊壳体200内充气之前,三角形部收纳于矩形部内,不会对桥梁附近的气流造成干扰,保证行车的舒适性。当监测到实时风速超过桥梁1的涡激振动临界风速后,通过充气装置203向气囊壳体200内充气,使三角形部膨胀,从而有效扰乱桥梁表面来流风场,避免形成周期性旋涡脱落,从而抑制桥梁的涡激振动。

[0047] 具体来说,在本实施例中,通过监测装置所监测的风速、风向和桥梁的振动状态后确定涡激振动阶次,并根据涡激振动阶次确定气囊系统2的断面形状参数,并控制气囊系统2形成相应的断面形状。其中,参照图7所示,断面形状参数包括三角形部尖端的风嘴角 α 、三角形部尖端至矩形部底面的高度 h_1 、以及矩形部底面的长度 L_1 。在本实施例中,一方面可以根据控制充气装置203向气囊壳体200内充气,从而控制气囊壳体200内的压强来控制三角形部的膨胀程度,从而达到对断面形状参数的控制。另一方面,可以根据断面形状参数更换相应的气囊壳体200。

[0048] 在本实施例中,所述气囊系统2形状参数还需具体结合桥梁1断面形式、桥梁1断面形状、桥梁1断面尺寸等进行计算确定,本实施例中以整体式单箱钝体桥梁1断面为例,获得如下表1所示的涡振风速与气囊系统2形状参数取值示例表。在本实施例中根据不同的涡振风速,控制系统3通过控制充放气形成特定形状的气囊壳体201,从而实现桥梁涡振智能控制,进一步提高行车的舒适性。

[0049] 表1

[0050]

涡振风速 (m/s)	α (度)	h_1 (m)	L_1 (m)
0	0	0	0
5m/s-10m/s	25	$0.3h_0$	$0.01L_0$
10m/s-15m/s	30	$0.35h_0$	$0.015L_0$
15m/s-20m/s	35	$0.4h_0$	$0.02L_0$
20m/s-30m/s	40	$0.45h_0$	$0.025L_0$
>30m/s	45	$0.5h_0$	$0.03L_0$

[0051] 其中, h_0 为桥梁梁体高度, L_0 为桥梁宽度。

[0052] 当充气传感器201检测到气囊壳体200内压强达到相应值时,充气装置203停止充

气,气囊壳体200形成相应的形状。此时,气囊壳体200具有一定刚度,气囊壳体200不会因其变形过大增加桥梁1静风荷载引起桥梁1安全问题。

[0053] 此实施例中,当气囊壳体200处于工作状态时,监测到实时风速、实时风向、以及桥梁1的振动状态变化超过一定范围时,需重新确定气囊系统2的形状参数,充气装置203可进行充气或放气,使气囊系统2变换为相应的形状。

[0054] 因桥梁1的振动状态同样会影响涡激振动响应,为了准确高效地对桥梁1涡振进行控制,在梁体100的不同位置均布置有桥梁振动状态传感器301,本实例中,如图1、图2所示为了绘图美观仅在梁体100两侧以及底板101上侧进行了示例,但并不是桥梁振动状态传感器301布置的限制。此外,为了美观,桥梁涡激振动的控制装置的数据传输线304可以通过栏杆103基石下的布线孔102进行布线,并在适当位置引入到梁体100内部,同时,将整个智能控制系统3的控制工作站300也设置于梁体100内,可便于后续检修。

[0055] 桥梁1涡激振动的控制装置包括多个气囊系统2;多个气囊系统2沿桥梁1的通长方向间隔布置。每个气囊系统2分别对应一个监测装置;每个气囊系统2的风嘴形状由控制工作站300单独控制。气囊系统2根据其所在位置的风速、风向、桥梁1振动状态变换为相应形状,可最大限度的扰乱桥梁1附近来流风场;且该设置可为桥梁1多阶涡振控制提供方便的控制手段。

[0056] 本实施例中,气囊系统2在非工作状态下贴合布置于梁体100两侧,如图3、图5所示,其即不影响桥梁1工作也不影响桥梁1美观。其中充气装置202与桥梁1的底板101固定连接,气囊系统2与梁体100通过连接构件204连接,连接方式如图6所示,可为整体密切接触的焊接或化学连接、高强度铆钉连接或者高强度螺栓连接等。

[0057] 本实施例中,以整体式单箱钝体桥梁断面进行说明,气囊系统2中气囊壳体201的断面形状包括与桥梁1连接的矩形部、以及与矩形部连接的三角形部,如图7所示,共有三个控制参数,分别是三角形部尖端的风嘴角 α 、三角形部尖端至矩形部底面的高度 h_1 、以及矩形部底面的长度 L_1 。其中 L_1 影响桥梁断面宽高比,从而影响桥梁涡激振动;风嘴角 α 和风嘴高度 h_1 影响来流风场,进而影响桥梁涡激振动。

[0058] 实施例二

[0059] 一种桥梁涡激振动的控制方法,如图8所示,包括以下步骤:

[0060] S1:监测桥址处桥梁1展向不同位置的实时风速风向;

[0061] S2:判断实时风速是否超过桥梁1涡振临界风速?如果否,装置不工作;如果是,则转入S3;

[0062] S3:控制系统3根据桥址处实时风速风向、桥梁1实时振动状态、及桥梁1涡振有限元模型,确定桥梁1涡振阶次;

[0063] S4:确定抑制桥梁1当前涡振阶次所需气囊系统2的风嘴形状控制参数;

[0064] S5:气囊系统2充放气形成相应形状风嘴结构;

[0065] S6:传感器继续监测桥梁1振动状态如加速度、速度、位移、应力应变、振动模态等信息,确定桥梁1是否回归正常工作状态?若是,则回到步骤S1监测桥梁1附近的实时风速、实时风向、以及桥梁1的振动状态,进行下一循环;若否,则跳回至步骤S3重新确定桥梁1涡激振动阶次,再确定气囊系统2形状参数,使气囊系统2形成相应形状。

[0066] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对

于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引申出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

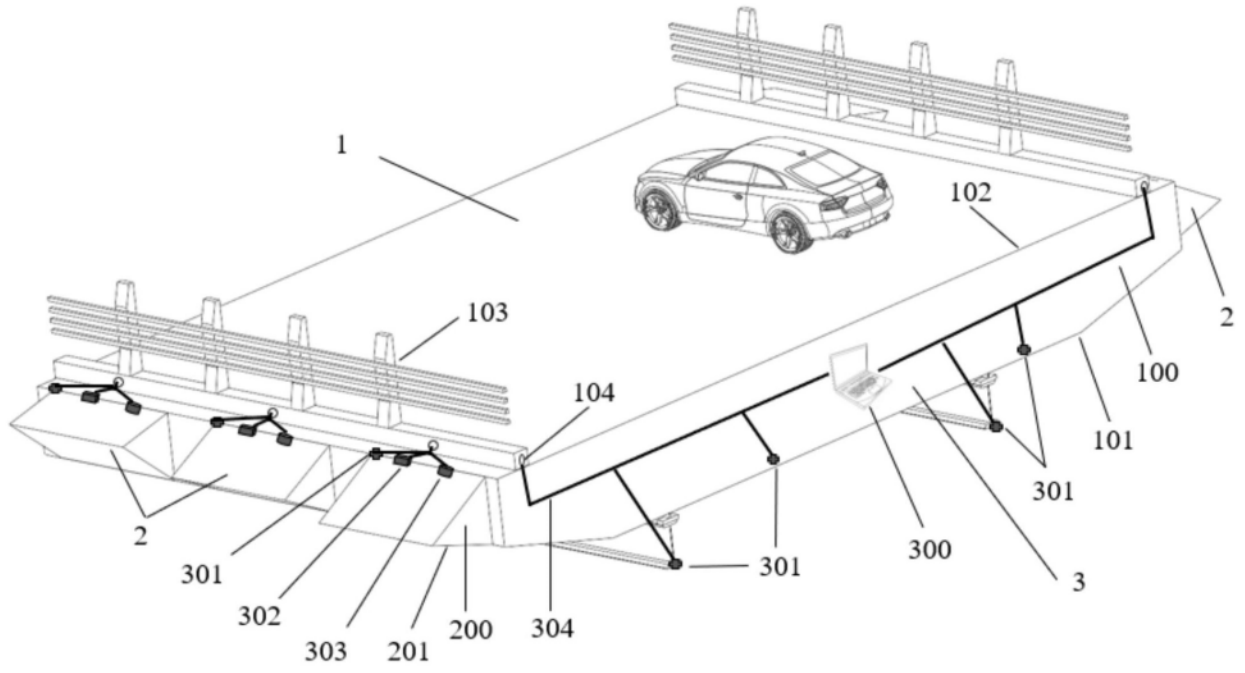


图1

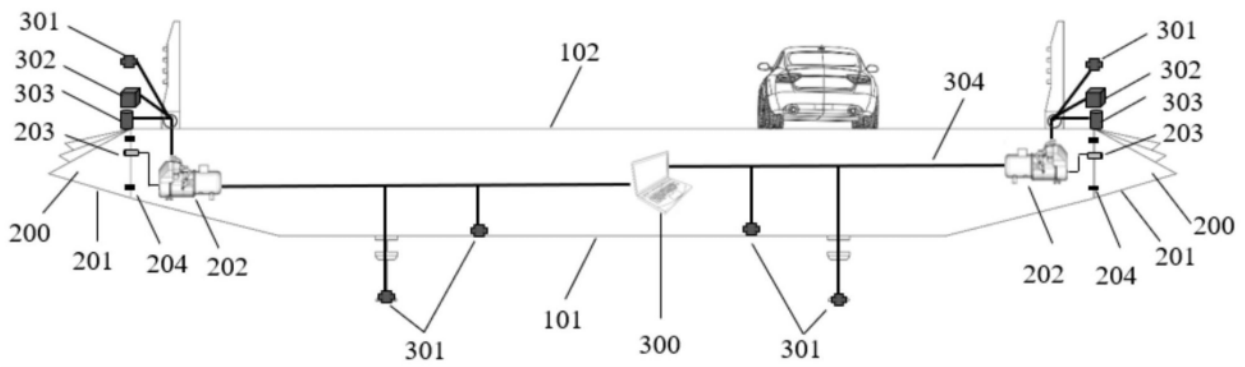


图2



图3

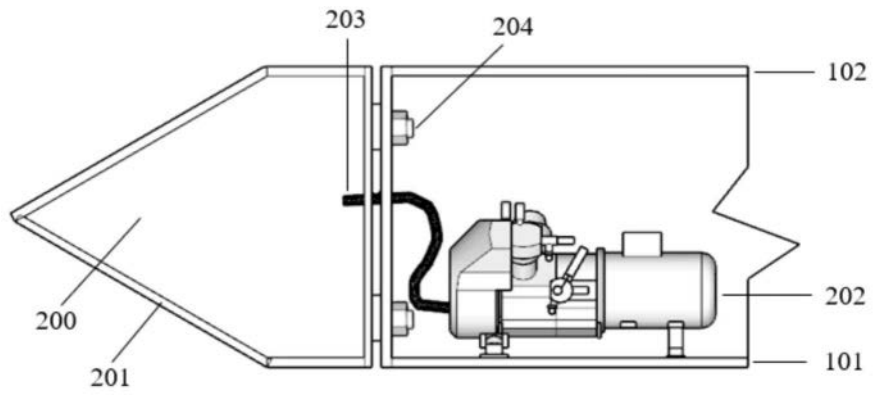


图4

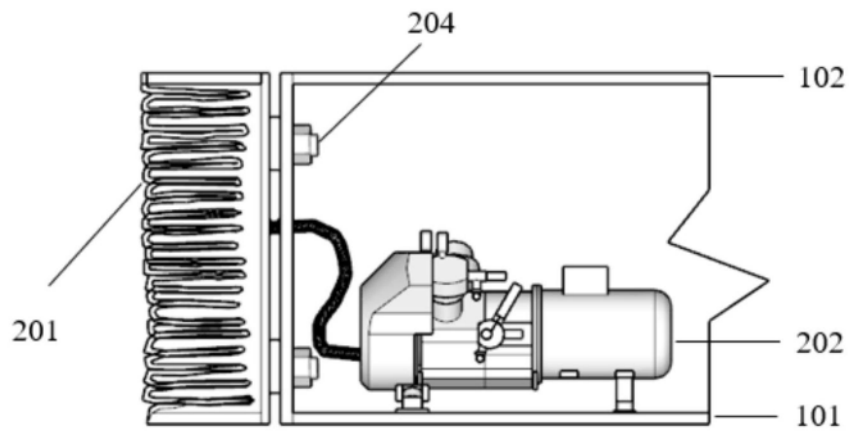


图5

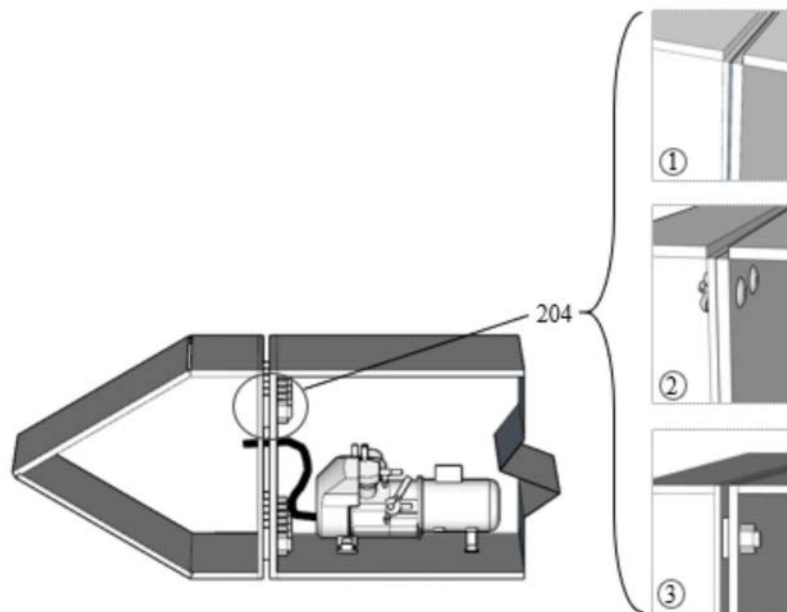


图6

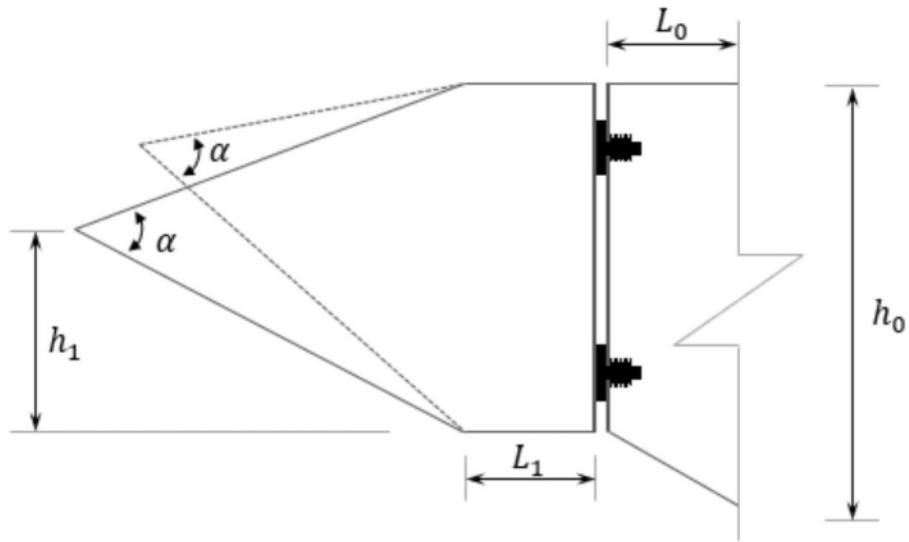


图7

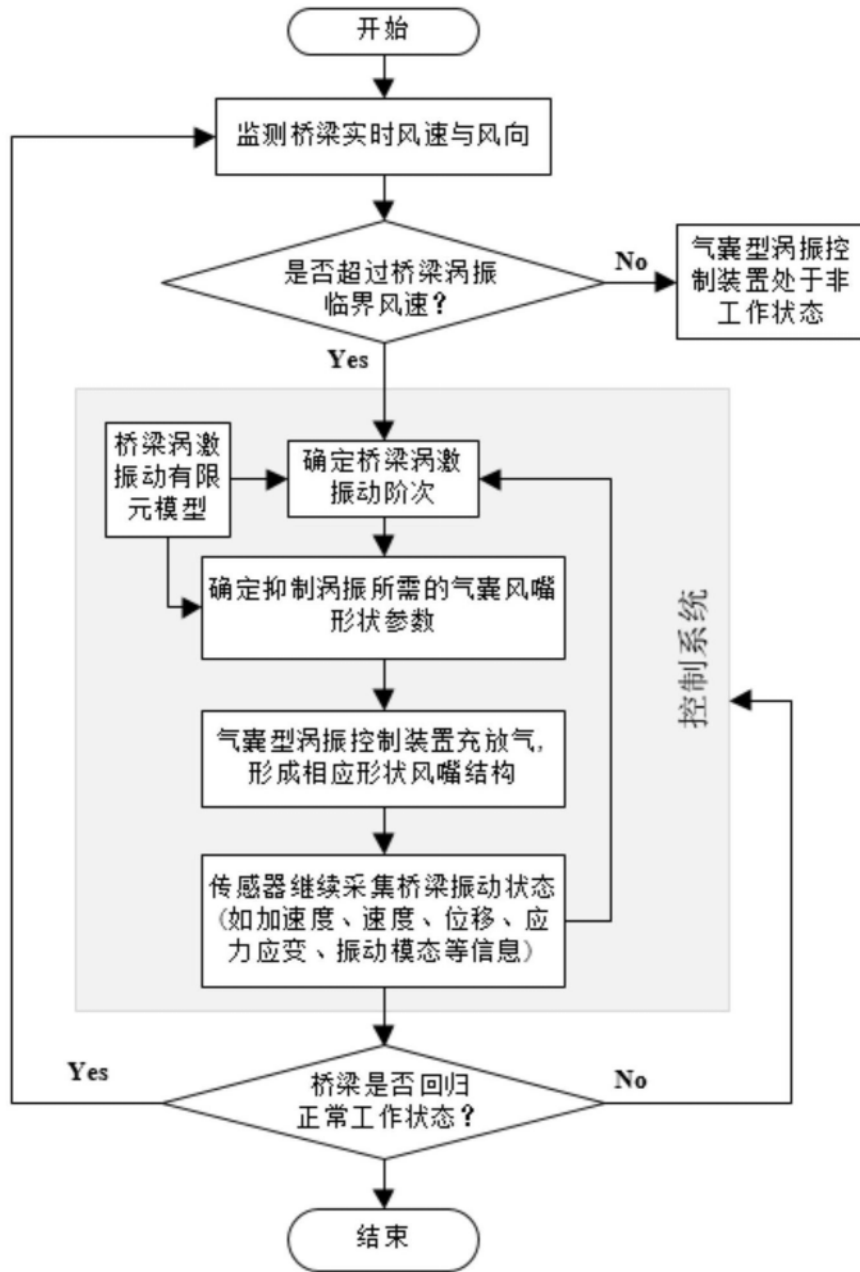


图8

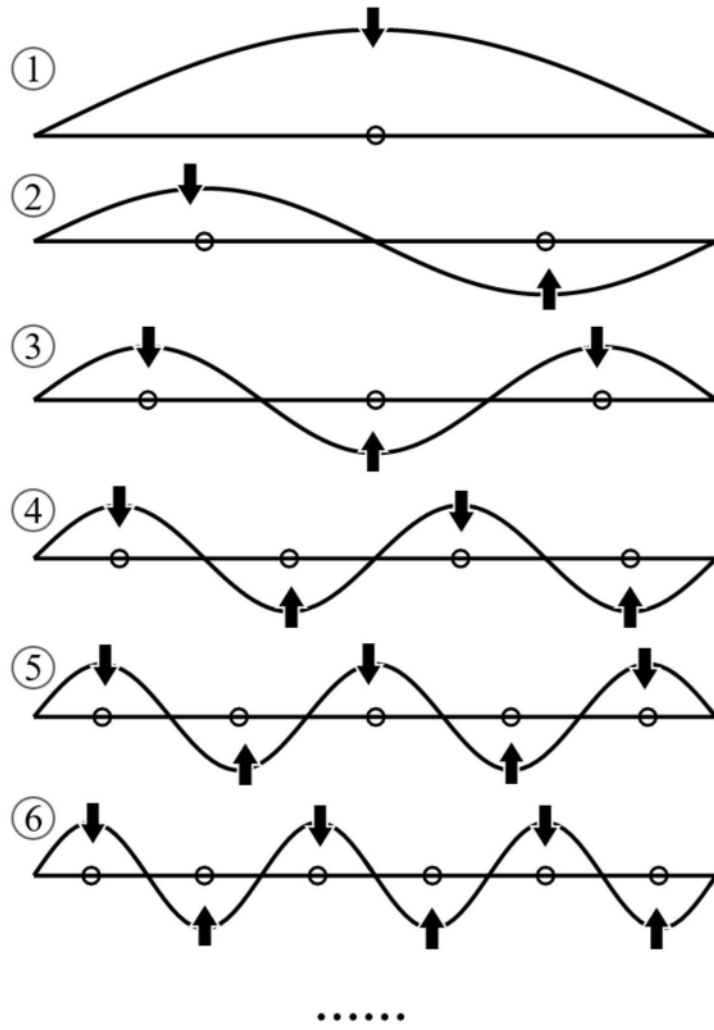


图9