(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 114215707 A
(43)申请公布日 2022.03.22

(21)申请号 202111665132.2

(22)申请日 2021.12.31

(71)申请人 北京金风科创风电设备有限公司
地址 100176 北京市大兴区北京经济技术开发区康定街19号

(72)发明人 王雪涛 张敬祎

(74)专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司 11286
代理人 王春芝 刘奕晴

(51)Int.Cl.
F03D 80/00(2016.01)

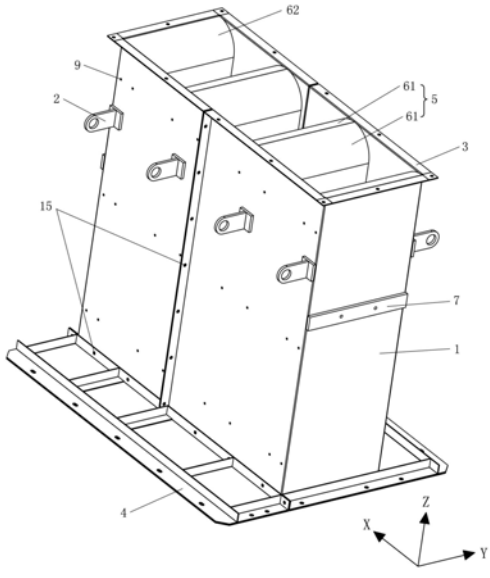
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

消声装置和风力发电机组

(57)摘要

提供一种消声装置和风力发电机组。所述消声装置包括:外壳,外壳为筒状并形成两端开口的通风道,且包括在第一方向上可拆卸拼接的至少两个瓣体,第一方向垂直于所述通风道的长度方向;多个消声片,每个消声片沿着通风道的长度方向布置在外壳内,并且多个消声片在所述第一方向上间隔布置;其中,相邻的两个瓣体的拼接处与消声片的布置位置错开设置。该消声装置体积小、重量轻;便于安装、更换及维修;而且,降噪量大。



CN 114215707 A

1.一种消声装置,其特征在于,所述消声装置包括:

外壳(1),所述外壳(1)为筒状并形成两端开口的通风道,且包括在第一方向上可拆卸拼接的至少两个瓣体,所述第一方向垂直于所述通风道的长度方向;

多个消声片(5),每个消声片(5)沿着所述通风道的长度方向布置在所述外壳(1)内,并且多个所述消声片(5)在所述第一方向上间隔布置;

其中,相邻的两个瓣体的拼接处(15)与所述消声片(5)的布置位置错开设置。

2.根据权利要求1所述的消声装置,其特征在于,所述至少两个瓣体中的每个瓣体包括至少一个所述消声片(5)。

3.根据权利要求1所述的消声装置,其特征在于,每个所述消声片(5)包括隔板(8)和分别位于所述隔板(8)两侧的两个第一消声半片(61),其中,所述第一消声半片(61)由吸音材料(12)制成。

4.根据权利要求3所述的消声装置,其特征在于,所述隔板(8)为带有穿孔的板,所述隔板(8)的穿孔率为1%-3%,并且所述隔板(8)的孔径小于等于1mm。

5.根据权利要求3所述的消声装置,其特征在于,所述两个第一消声半片(61)关于所述隔板(8)对称。

6.根据权利要求4所述的消声装置,其特征在于,每个所述消声片(5)还包括设置在所述吸音材料(12)外侧的第一壳板(11),所述第一壳板(11)为穿孔板,所述第一壳板(11)的孔径大于等于所述隔板(8)的孔径。

7.根据权利要求4所述的消声装置,其特征在于,所述外壳(1)内侧壁上还设置有第二消声半片(62),所述第二消声半片(62)包括第二壳板(21)和设置于所述第二壳板(21)与所述内侧壁之间的吸音材料(12),

其中,所述第二壳板(21)为穿孔板。

8.根据权利要求7所述的消声装置,其特征在于,所述第二消声半片(62)和所述内侧壁之间设有所述隔板(8),所述隔板(8)与所述内侧壁在所述第一方向上隔开布置,所述第二壳板(21)的孔径大于等于所述隔板(8)的孔径。

9.根据权利要求6或7所述的消声装置,其特征在于,所述第一壳板(11)和所述第二壳板(21)上的孔径大于等于1mm,且穿孔率为23%-32%。

10.根据权利要求6或7所述的消声装置,其特征在于,所述第一壳板(11)和所述第二壳板(21)在所述通风道的长度方向上的两端分别为入口导流端和出口导流端,所述入口导流端形成为尖角型或弧形并且为封闭端,所述出口导流端形成为尖角型或弧形并具有开口或穿孔。

11.根据权利要求6或7所述的消声装置,其特在于,所述第一壳板(11)和所述第二壳板(21)为一体成型的板。

12.根据权利要求9所述的消声装置,其特在于,所述消声装置还包括:

保护材料(13),分别设置在所述第一壳板(11)和所述第二壳板(21)的内侧或外侧,所述保护材料(13)上设置有穿孔,所述保护材料(13)为无纺布或防水玻璃布;和/或

所述第一壳板(11)和所述第二壳板(21)与所述外壳(1)通过塞焊安装到一起。

13.根据权利要求9所述的消声装置,其特在于,所述消声装置还包括密封材料(10),所述密封材料(10)设置在所述相邻的两个瓣体之间的拼接处(15),和/或,分别设置在所述第

一壳板(11)和所述第二壳板(21)与所述外壳(1)对应安装的位置处,所述密封材料(10)为密封条或密封胶。

14.根据权利要求1所述的消声装置,其特征在于,所述外壳(1)由厚度为2.5mm至6mm的碳素结构钢板制成,和/或,所述消声片(5)的厚度为150mm至230mm。

15.根据权利要求1-8、12-14中任一项所述的消声装置,其特征在于,所述消声装置还包括:

与所述通风道的所述两端中的一端可拆卸连接的法兰(4);

吊耳(2),所述吊耳(2)设置在所述外壳(1)的外侧壁上;以及,

设置在所述外壳(1)的外侧壁上的加强肋(7)。

16.一种风力发电机组,其特征在于,所述风力发电机组包括如权利要求1-15中任一项所述的消声装置。

17.根据权利要求16所述的风力发电机组,其特征在于,所述风力发电机组包括机舱以及设置在所述机舱中的风机,所述消声装置连接在所述风机的出风口处。

消声装置和风力发电机组

技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电机技术领域，更具体地，涉及一种消声装置以及具有该消声装置的风力发电机组。

背景技术

[0002] 当利用管道排气或进气时，气流自身振动以及气流冲撞管壁都容易产生噪声，需要采用消声设备进行噪声消除处理。例如，直驱式风力发电机组的发电机散热系统最经济可靠的方法就是空气冷却，但由于发电机定、转子之间空隙有限，背压大，需要在机舱内安装压头更大的离心式风机。离心式风机抽出发电机内的空气，热量随空气被带出，排放到机舱外，同时离心风机叶轮旋转产生的噪声，也随空气被排放到机舱外，对风力发电机组周围的居民、生物产生噪声干扰。所以在风机出风口需要安装消声装置。目前的消声装置存在如下不足：结构体积大、重量大、成本高，降噪量有限；压力损失大，降低了冷却性能；因为体积大，全生命周期内，无法进行维护更换。

发明内容

[0003] 为了解决上述技术问题中的至少一个，本发明提供一种消声装置。该消声装置体积小、重量轻；便于安装、更换及维修；而且，压力损失小、降噪量大。

[0004] 根据本发明的一方面，提供一种消声装置。该消声装置包括：外壳，外壳为筒状并形成两端开口的通风道，且包括在第一方向上可拆卸拼接的至少两个瓣体，第一方向垂直于通风道的长度方向；多个消声片，每个消声片沿着通风道的长度方向布置在外壳内，并且多个消声片在第一方向上间隔布置；其中，相邻的两个瓣体的拼接处与消声片的布置位置错开设置。该消声装置采用分瓣式设计，便于吊装且能够可拆卸地安装，并且压力损失小、降噪量大。

[0005] 根据本发明的示例性实施例，至少两个瓣体中的每个瓣体包括至少一个消声片。

[0006] 根据本发明的示例性实施例，每个消声片可包括隔板和分别位于隔板两侧的两个第一消声半片，其中，第一消声半片由吸音材料制成。

[0007] 根据本发明的示例性实施例，隔板为带有穿孔的板，隔板的穿孔率可为1％-3％，并且隔板的孔径可小于等于1mm。

[0008] 根据本发明的示例性实施例，两个第一消声半片关于隔板对称。

[0009] 根据本发明的示例性实施例，每个消声片还可包括设置在吸音材料外侧的第一壳板，第一壳板为穿孔板，第一壳板的孔径可大于等于隔板的孔径。

[0010] 根据本发明的示例性实施例，外壳的内侧壁上还可设置有第二消声半片，第二消声半片可包括第二壳板和设置于第二壳板与内侧壁之间的吸音材料，其中，第二壳板为穿孔板。

[0011] 根据本发明的示例性实施例，第二消声半片和内侧壁之间可设有隔板，隔板与内侧壁在第一方向上隔开布置，第二壳板的孔径可大于等于隔板的孔径。

[0012] 根据本发明的示例性实施例，第一壳板和第二壳板上的孔径可大于等于1mm，且穿孔率可为23%-32%。

[0013] 根据本发明的示例性实施例，第一壳板和第二壳板在通风道的长度方向上的两端分别为入口导流端和出口导流端，所述入口导流端形成为尖角型或弧形并且为封闭端，出口导流端形成为尖角型或弧形并具有开口或穿孔。

[0014] 根据本发明的示例性实施例，第一壳板和第二壳板为一体成型的板。

[0015] 根据本发明的示例性实施例，消声装置还可包括：保护材料，分别设置在第一壳板和第二壳板的内侧或外侧，保护材料上设置有穿孔，保护材料为无纺布或防水玻璃布；和/或第一壳板和第二壳板与外壳通过塞焊安装到一起。

[0016] 根据本发明的示例性实施例，消声装置还可包括密封材料，密封材料设置在相邻的两个瓣体之间的拼接处，和/或，分别设置在第一壳板和第二壳板与外壳对应安装的位置处，密封材料为密封条或密封胶。

[0017] 根据本发明的示例性实施例，外壳可由厚度为2.5mm至6mm的碳素结构钢板制成，和/或，消声片的厚度可为150mm至230mm。

[0018] 根据本发明的示例性实施例，消声装置还可包括：与通风道的两端中的一端可拆卸连接的法兰；吊耳，吊耳设置在外壳的外侧壁上；以及，设置在外壳的外侧壁上的加强肋。

[0019] 根据本发明的消声装置具有体积小、重量轻；便于安装、更换及维修，压力损失小、降噪量大等优点。

[0020] 根据本发明的另一方面，还提供了一种风力发电机组，该风力发电机组包括上述消声装置。

[0021] 该风力发电机组包括机舱以及设置在机舱中的风机，上述消声装置连接在风机的出风口处。

[0022] 由于根据本发明的消音装置采用分瓣式结构，因此，能够通过机舱上的吊物孔进入机舱，从而可以应用于在役机组，也方便消音装置失效后的更换或维修。

附图说明

[0023] 下面结合附图对本发明的示例性实施例进行详细描述，本发明的以上和其它特点及优点将变得更加清楚，附图中：

[0024] 图1是根据本发明的示例性实施例的消声装置的立体示意图；

[0025] 图2是根据本发明的示例性实施例的消声装置的分解示意图；

[0026] 图3是根据本发明的示例性实施例的消声装置中的消声片的结构示意图；

[0027] 图4是根据本发明的示例性实施例的消声装置中的第二消声半片的结构示意图；

[0028] 图5是根据本发明示例和比较例的消声装置的降噪量曲线。

[0029] 附图标号说明：

[0030] 1：外壳；2：吊耳；4：法兰；5：消声片；7：加强肋；8：隔板；9：塞焊孔；10：密封材料；11：壳板；12：吸音材料；13：保护材料；14：螺栓；15：拼接处；61：第一消声半片；62：第二消声半片。

具体实施方式

[0031] 现在将参照附图更全面的描述本发明的实施例,在附图中示出了本发明的示例性实施例。

[0032] 根据本公开的示例性实施例,提供一种消声装置以及具有该消声装置的风力发电机组。

[0033] 参照图1和图2,根据本发明的示例性实施例的消声装置包括外壳1和多个消声片5。其中,外壳1为筒状并形成两端开口的通风道,且包括在第一方向(例如图中示出的X方向)上可拆卸拼接的至少两个瓣体,第一方向垂直于通风道的长度方向(例如图中示出的Z方向)。每个消声片5沿着通风道的长度方向布置在外壳1内,并且多个消声片5在第一方向上间隔布置。其中,相邻的两个瓣体的拼接处15与消声片5的布置位置错开设置。

[0034] 根据本发明的示例性实施例的消声装置采用分瓣式设计,便于吊装且能够可拆卸地安装,并且压力损失小、降噪量大。以本发明的实施例应用于风力发电机组为例,本发明提供的消声装置通过将外壳1拆分成带有消声片5的至少两个瓣体(参照图2),每个瓣体体积小,能够将单个瓣体分别通过机舱上的吊物孔而进入机舱,再进行拼接安装,从而能够满足在役机组的技改实施,同时也便于消声装置出现故障或失效后的更换及维修。该消声装置结构紧凑,不需要更大的空间布置更多的消声片5就能满足降噪要求;并且对于相同的降噪效果而言,根据本发明的消声装置相比于现有的消声装置而言,结构紧凑,能实现重量的降低。该消声装置对待降噪的设备(例如,风力发电机组)本身的安装尺寸需求降低。

[0035] 外壳1的连接至与待降噪的设备的出风口的部分可被设计为与待降噪的设备的出风口形状相对应,例如被设计为具有与待降噪的设备的出风口的形状相同的形状,如此,可便于消声装置的装配。如图1中所示,对于出风口呈长方形的待降噪的设备来说,外壳1的外观可大致呈长方体,外壳1在垂直于通风道的长度方向的截面上的形状为长方形,外壳1可被设计为沿着该长方形的长度方向(例如,X方向)分瓣。然而,根据本发明的示例性实施例的消声装置的外观不限于此,可根据待降噪的设备的出风口形状而灵活设计。

[0036] 需要说明的是,参照图1所示,与长度方向(Z方向)垂直的第一方向包括图中的X方向和Y方向,在下面的实施例中,第一方向是以X方向为例进行描述的,然而,本发明的实施例不限于此,根据本发明的其他实施例中第一方向也可以是Y方向。

[0037] 如图2所示,外壳1包括在第一方向上可拆卸拼接的两个瓣体1a和1b,然而,本发明的实施例不限于此,这两个瓣体1a和1b之间还可增设其他瓣体。相邻瓣体通过可拆卸连接的敞口端彼此可拆卸地连接,相邻的消声片5之间存在空隙。

[0038] 至少两个瓣体中的每个瓣体包括至少一个消声片5。下面将参照图3描述消声片5的结构。

[0039] 结合图1和图3,消声片5可包括隔板8和分别位于隔板8两侧的两个第一消声半片61,其中,第一消声半片61由吸音材料12制成。作为示例,吸音材料12可以是玻璃棉、岩棉或其他NRC吸声系数大于0.6的吸音多孔材料。

[0040] 根据本发明的示例性实施例,隔板8可以设置为带有穿孔的板。隔板8的穿孔率可为1%-3%,并且隔板8的孔径可小于等于1mm。然而,本发明的实施例不限于此,隔板8也可以不带穿孔。

[0041] 两个第一消声半片61可关于隔板8对称。在整个消声片5中,采用两个第一消声半

片61的对称式布局，以控制消声装置本体振动辐射噪声。而且，对称式布局使得消声片5的结构也更稳定。

[0042] 消声片5还包括设置在吸音材料12外侧的第一壳板11，第一壳板11为穿孔板。第一壳板11在通风道的长度方向上的两端分别为入口导流端S001和出口导流端S003，其中，入口导流端S001形成为弧形并且为封闭端，即，入口导流端S001上不具有开口或穿孔，以对空气进行分流。出口导流端S003形成为弧形并具有开口或穿孔。第一壳板11相对于隔板8对称的第一部分S002和第二部分S004也具有开口或穿孔，以便空气通过出口导流端S003流出。作为示例，入口导流端S001和出口导流端S003均可实现为半圆形或半椭圆形。作为示例，第一壳板11的孔径可被设计为大于等于隔板8的孔径，优选地，第一壳板11的孔径可被设计为大于隔板8的孔径。

[0043] 为了进一步提高消声效果，外壳1在内侧壁上还设置有第二消声半片62，第二消声半片62可以与第一消声半片61的结构基本相同。如图1和图2中所示，外壳1在第一方向(X方向)上的内侧壁上设置有第二消声半片62，然而，本发明的实施例不限于此，外壳1在Y方向的内侧壁上也可以设置有第二消声半片62，可以理解的是在内侧壁的全部或部分上可设置有第二消声半片62，以提高消音效果。相邻的两个瓣体的拼接处15与第二消声半片62的布置位置错开设置，以避免拼接处15与消声片5和第二消声半片62相互干涉。

[0044] 参照图4，第二消声半片62可包括第二壳板21和设置于该第二壳板21与内侧壁之间的吸音材料12。其中，第二壳板21可设置为穿孔板。第二壳板21的结构可以与第一壳板11的结构基本相同。

[0045] 例如，第二壳板21在通风道的长度方向上的两端分别为入口导流端S001和出口导流端S003，其中，入口导流端S001形成为弧形并且为封闭端，即，入口导流端S001上不具有开口或穿孔，以对空气进行分流。第二壳板21在通风道的长度方向上的第一部分S002具有开口或穿孔，出口导流端S003形成为弧形并且也具有开口或穿孔。作为示例，入口导流端S001和出口导流端S003均实现为半圆形或半椭圆形。

[0046] 需要说明的是，图3中入口导流端S001和出口导流端S003均可实现为半圆形，但是应当理解的是，入口导流端S001和出口导流端S003也可以为尖角型，在此不做具体限定。

[0047] 第一壳板11和第二壳板21上的孔径大于等于1mm，且穿孔率为23％-32％。作为示例，第一壳板11和第二壳板21的孔径可为3mm或更大。

[0048] 优选地，第二消声半片62和内侧壁之间可设有隔板8，隔板8与内侧壁在第一方向上隔开布置，以形成消声通道或共振空间，从而提高消声效果。第二壳板21的孔径可设置为大于等于隔板8的孔径。

[0049] 隔板8的厚度为0.3mm-1.2mm。隔板8可采用铝板或塑料薄膜制作而成。然而，本发明的示例性实施例不限于此，具有抗腐蚀、抗高温和抗老化等特性的材料均可。根据本发明的示例性实施例的消声装置采用阻抗复合消声原理，采用隔板8和壳板结合的方式，提高低频吸声量的同时，对整体的吸声装置的质量影响较小，质量增加较小。作为示例，第一壳板11和第二壳板21采用相对于大的孔，通过减少反射，增加消声片5的体内阻性吸音材料的吸声量，从而提高消声装置中的中高频(例如，1KHZ～16kHZ)的消声量；同时，在消声片5中间设置的隔板8，隔板8具有相对小的孔(例如，小于等于1mm的微孔)，通过微孔共振的抗性作用吸声，提高低频(例如，小于1KHZ)的吸声量，从而提高消声装置低频的插入损失。

[0050] 隔板8的共振频率为：

[0051] $$f_0=\frac{c}{2\pi}\sqrt{\frac{P}{(t+0.8d)L}}$$

[0052] 式中，f_0为隔板8的共振频率，c为声速，P为隔板8的穿孔率，d为孔径；t为板厚，L为板后空气层厚度。

[0053] 根据本申请的示例性实施例，外壳1的通风道的长度小于等于1250mm时，质量小于等于220kg，且截面风速小于等于9m/s时，压力损失小于等于30Pa。

[0054] 图5是根据本申请示例和比较例的消声装置的降噪量曲线，其中，虚线表示本发明示例(隔板8的孔径为0.8mm且穿孔率为2.5％)的降噪量曲线，实线表示比较例(隔板没有穿孔)的降噪量曲线。在图5中，纵坐标表示插入损失，横坐标表示对应的噪声频率，插入损失指的是安装消声装置前后，出风口辐射噪声的声压级的差值。在本申请的比较例中，除了隔板没有穿孔外，消声装置的其他条件或参数与本申请示例相同，具体如下：消声装置如图2中所示包括两个瓣体，每个瓣体中包括一个消声片5和一个第二消声半片62，外壳1的通风道的长度等于1250mm，外壳1的截面长度为1196mm，外壳1的截面宽度为416mm，吸音材料为超细玻璃棉，消声片5的厚度为200mm，第二消声半片62的厚度为100mm，外壳1由4mm厚的钢板制成，第一壳板11和第二壳板21由2mm厚的镀锌板制成，第一壳板11和第二壳板21的孔径为3mm且穿孔率为30％，隔板8由1.2mm厚的铝板制成，质量等于220kg，且截面风速等于9m/s。

[0055] 通过图5可以看出，相对于隔板没有穿孔的比较例，隔板设有穿孔的发明示例的降噪效果在频率低于1KHz时，具有更明显的降噪效果。风力发电机组的排风噪声频率通常低于1KHz，因此，将根据本发明的消声装置应用于风力发电机组，能够获得更好的降噪效果。

[0056] 根据本发明的示例性实施例，第一壳板11和第二壳板21的厚度为0.8mm-3mm，第一壳板11和第二壳板21可采用诸如镀锌板的金属板制成，然而，本发明的示例性实施例不限于此，具有抗腐蚀、抗老化、抗高温和抗紫外线等特性的材料均可。

[0057] 第一壳板11和第二壳板21与外壳1通过塞焊安装到一起。具体地，在第一壳板11和第二壳板21与外壳1的内侧壁彼此面对的位置，可通过外壳1上预留的塞焊孔9将第一壳板11和第二壳板21焊接到外壳1的内侧壁，实现可靠的固定连接；而且可使得焊接处不会暴露到通风道中，不会引起气流扰动，辅助降低噪声。

[0058] 根据本发明的示例性实施例的消声装置还可包括保护材料13，保护材料13分别设置在第一壳板11和第二壳板21的内侧或外侧。优选地，保护材料13上设置有穿孔。作为示例，保护材料13可为无纺布或防水玻璃布。

[0059] 根据本发明的示例性实施例的消声装置还可包括密封材料10，密封材料10可设置在相邻的两个瓣体之间的拼接处15，以减小压力损失。密封材料10还可分别设置在第一壳板11和第二壳板21与外壳1对应安装的位置处，以减小压力损失。作为示例，密封材料10为密封条或密封胶，密封条或密封胶可采用聚四氟乙烯制成。设置在相邻的两个瓣体之间的拼接处15的密封条或密封胶可通过诸如螺丝等的紧固件压紧密封条或密封胶而实现密封。优选地，密封条或密封胶可以设置为垫的形式。

[0060] 外壳1可由厚度为2.5mm至6mm的碳素结构钢板制成，然而，本发明的示例性实施例不限于此，具有抗腐蚀、昂老化、抗高温和抗紫外线等特性的材料均可。作为示例，消声片的

厚度为150mm至230mm，第一消声半片61和第二消声半片62的厚度为75mm-115mm。

[0061] 根据本发明的示例性实施例的消声装置还可包括与通风道的所述两端中的一端可拆卸连接的法兰4，用于通过法兰4连接到风机出风口或安装平台。作为示例，可采用诸如螺栓14等的紧固件实现紧固连接。

[0062] 参照图1所示，根据本发明的示例性实施例的消声装置还可包括吊耳2，吊耳2设置在外壳1的外侧壁上。作为示例，每个瓣体的外壳1上均配备四个吊耳2，应当理解的是，本申请并不限定吊耳2的具体数量，具体根据消声装置的重量和起吊条件确定。在本实施例中，示出了吊耳2可拆卸地连接在外壳1上。

[0063] 参照图1所示，根据本发明的示例性实施例的消声装置还可包括设置在外壳1的外侧壁上的加强肋7，以加强外壳1的强度。采用本发明的以上技术方案，该消声装置体积小、重量轻；便于安装、更换及维修；而且，降噪量大。

[0064] 根据本发明的示例性实施例，第一壳板11和第二壳板21为一体成型的板，从而可减小压力损失。一体成型的板上不存在诸如焊缝之类的缝隙或连接缝隙，因而可降低气流扰动、降低再生噪声。消声装置的压损主要由两部分组成，分别是局部阻力和沿程阻力，对于一般的消声装置而言，其局部阻力远远大于沿程阻力。本发明通过采用整板制作的第一壳板11和第二壳板21，相比于第一壳板11和第二壳板21分开制造并通过铆接、咬口、焊接等方式连接的形式，消声通道更加平整、更加光滑，极大的减小了消声通道的表面阻力系数，减少了再生噪声，使得消声装置可以适用于更高的风速，同时消声装置的截面尺寸可以制作的更小，更有利于节省生产制造成本。同等条件下，采用本工艺制作的消声装置的压损只有传统工艺的1/3～1/4。

[0065] 根据本发明的实施例，还提供了一种风力发电机组，该风力发电机组应用于上述消音装置。具体地，该消音装置安装在风力发电机组的机舱中，与排风系统的出风口相连接，用于将循环风降噪后在排放到外界环境中，避免对周围居民造成噪声干扰。由于根据本发明的消音装置采用分瓣式结构，因此，能够通过机舱上的吊物孔进入机舱，从而可以应用于在役机组，也方便消音装置失效后的更换或维修。

[0066] 虽然已经参照本发明的示例性实施例具体示出和描述了本发明，但是本领域普通技术人员应该理解，在不脱离由权利要求限定的本发明的精神和范围的情况下，可以对其进行形式和细节的各种改变。

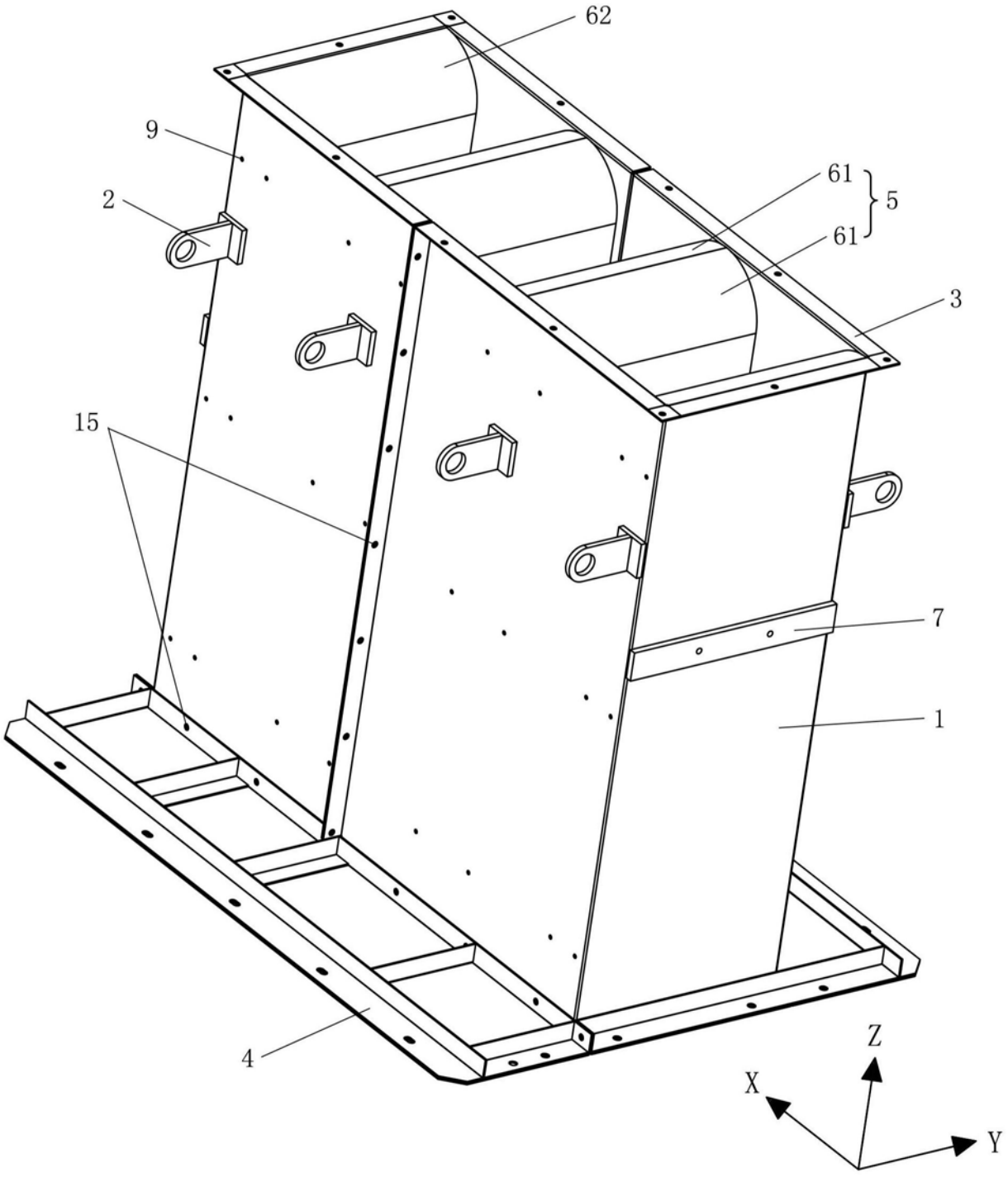


图1

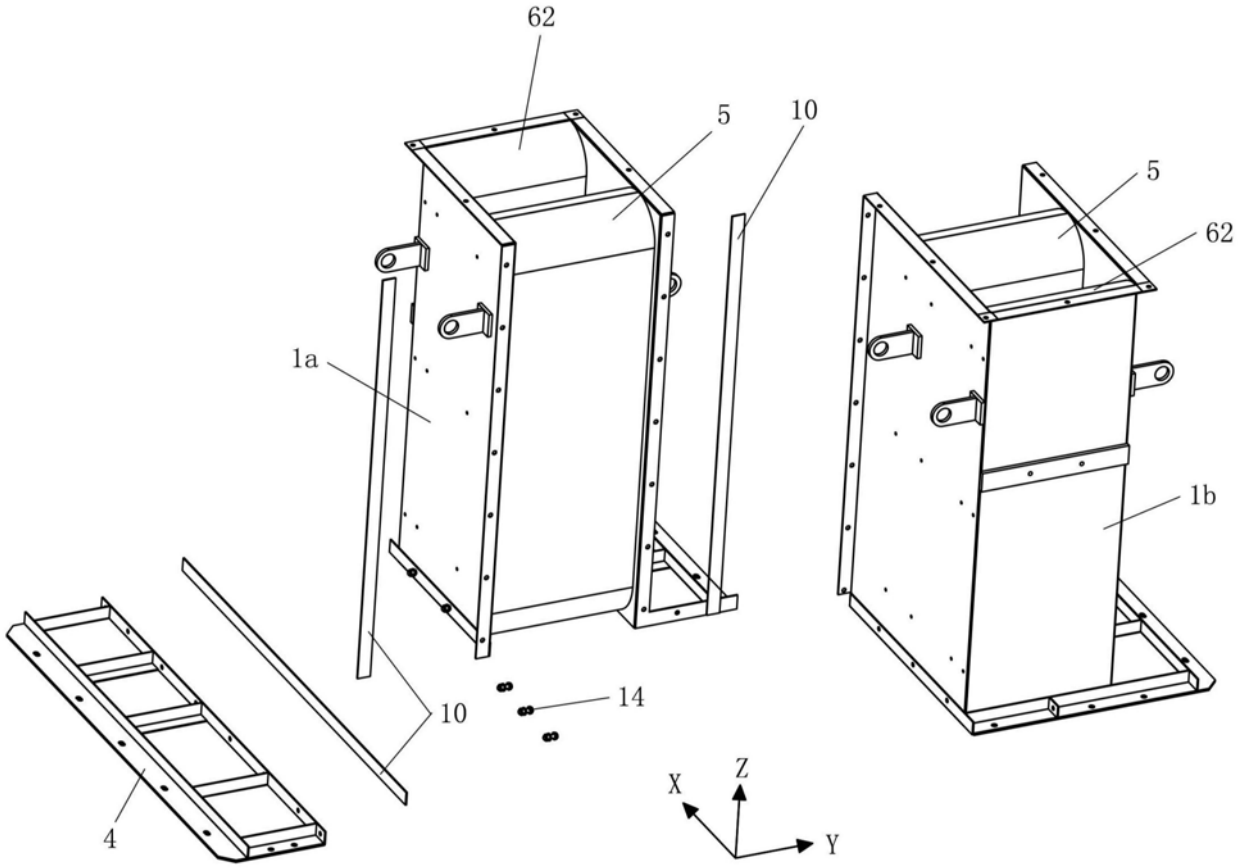


图2

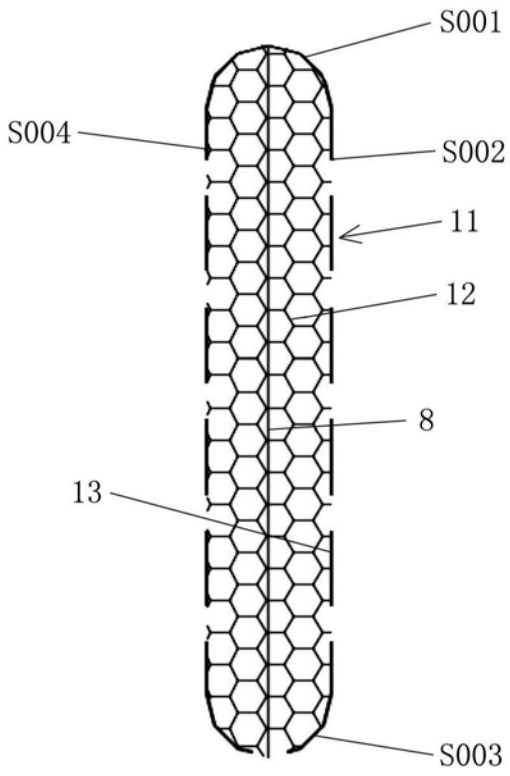


图3

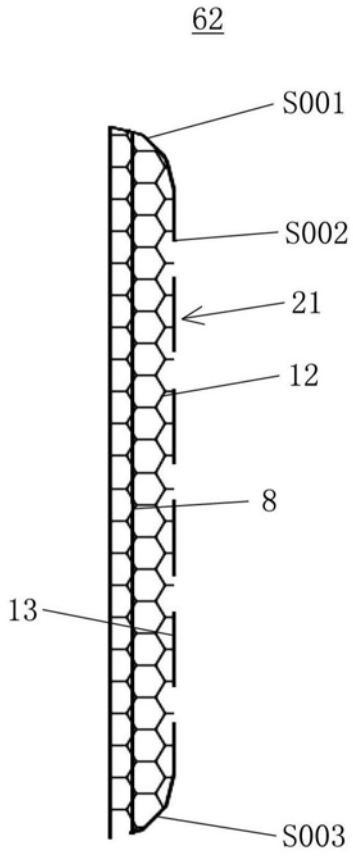

62
S001
S002
21
12
8
13
S003

图4

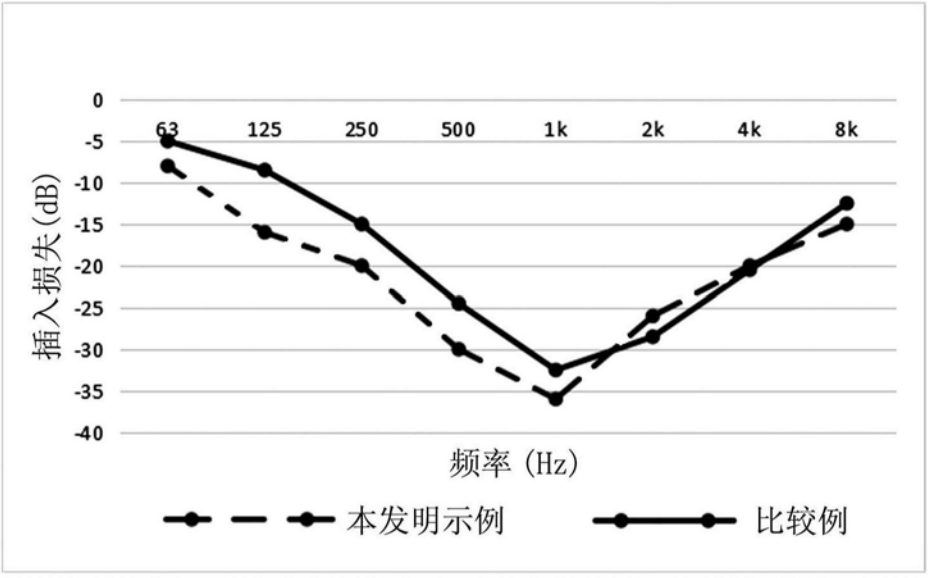

0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
63
125
250
500
1k
2k
4k
8k
插入损失(dB)
频率 (Hz)
本发明示例
比较例

图5