



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110201606 B

(45) 授权公告日 2022.02.18

(21) 申请号 201910470900.5

(22) 申请日 2019.05.31

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110201606 A

(43) 申请公布日 2019.09.06

(73) 专利权人 洛阳语音云创新研究院  
地址 471000 河南省洛阳市涧西区龙裕路1  
号洛阳国家大学科技园1号楼

(72) 发明人 闫润强 时勇强 邓柯珀 陈帅华  
张强

(74) 专利代理机构 北京维澳专利代理有限公司  
11252  
代理人 王立民 金海

(51) Int. Cl.  
B01J 3/06 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 203196604 U, 2013.09.18

CN 203196604 U, 2013.09.18

CN 106770675 A, 2017.05.31

CN 201921672 U, 2011.08.10

CN 2243081 Y, 1996.12.18

US 4072353 A, 1978.02.07

US 4175106 A, 1979.11.20

CN 206500125 U, 2017.09.19

CN 103674538 A, 2014.03.26

刘栋. 六面顶压机顶锤破裂的在线无损检测  
研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库工程  
科技I辑》.中国优秀硕士学位论文全文数据库工  
程科技I辑, 2016, (第01期), 第B015-100页.

审查员 刘慧娟

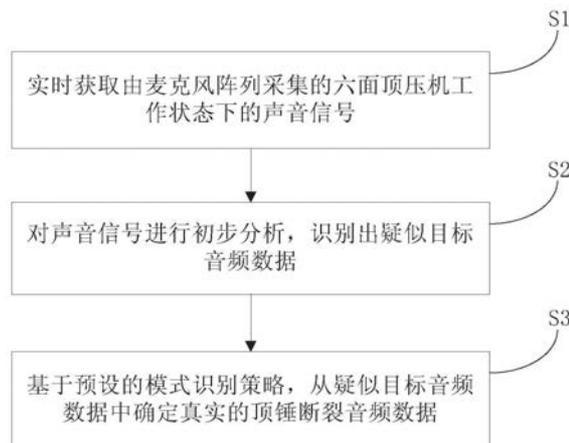
权利要求书2页 说明书12页 附图6页

(54) 发明名称

六面顶压机顶锤监测系统、方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了一种六面顶压机顶锤监测系统、方法及装置,系统包括:数据处理单元、音频信号处理单元以及设于六面顶压机的麦克风阵列;麦克风阵列与音频信号处理单元的输入端连接,数据处理单元与音频信号处理单元的输出端连接;麦克风阵列用于实时采集六面顶压机的顶锤发出的声音信号;音频信号处理单元用于处理声音信号并将处理后的声音信号发至数据处理单元;数据处理单元用于根据处理后的声音信号分析顶锤的状态。本发明利用麦克风阵列的特性和优势以及现有针对麦克风阵列信号的处理手段,能够及时监测顶锤是否出现断裂并精准定位到断裂的顶锤,既解决了传统人工巡检的诸多弊端,也克服了其他现有监测方式安装费时费力且受环境干扰较大的问题。



1. 一种六面顶压机顶锤监测系统,其特征在于,包括:数据处理单元、音频信号处理单元以及设于六面顶压机的麦克风阵列;

所述麦克风阵列与所述音频信号处理单元的输入端连接,所述数据处理单元与所述音频信号处理单元的输出端连接;

所述麦克风阵列具有三个麦克风单元,此三个麦克风单元设置在六面顶压机的活塞的大垫块上并构造出正三角形的麦克风阵列,以用于实时采集六面顶压机的顶锤发出的声音信号;

所述音频信号处理单元用于处理所述声音信号并将处理后的所述声音信号发至所述数据处理单元;

所述数据处理单元用于根据处理后的所述声音信号分析顶锤的状态。

2. 根据权利要求1所述的六面顶压机顶锤监测系统,其特征在于,三个所述麦克风单元分别安装在三个活动缸或三个固定缸的所述大垫块上。

3. 根据权利要求1~2任一项所述的六面顶压机顶锤监测系统,其特征在于,所述系统还包括:警示单元以及控制六面顶压机运行的主控单元;

所述主控单元与所述数据处理单元连接,用于根据所述数据处理单元发送的顶锤的状态,控制六面顶压机停机和/或触发所述警示单元输出报警信号。

4. 一种六面顶压机顶锤监测方法,其特征在于,包括:

实时获取由麦克风阵列采集的六面顶压机工作状态下的声音信号;所述麦克风阵列具有三个麦克风单元,此三个麦克风单元设置在六面顶压机的活塞的大垫块上并构造出正三角形的麦克风阵列;

对所述声音信号进行初步分析,识别出疑似目标音频数据;

基于预设的模式识别策略,从所述疑似目标音频数据中确定真实的顶锤断裂音频数据。

5. 根据权利要求4所述的六面顶压机顶锤监测方法,其特征在于,所述对所述声音信号进行初步分析,识别出疑似目标音频数据包括:

以设定时间段内的所述声音信号作为分析单位,计算所述声音信号的时域及频域值;

根据时域及频域计算结果与预设的判断阈值的关系,分析所述声音信号是否为疑似目标音频数据。

6. 根据权利要求5所述的六面顶压机顶锤监测方法,其特征在于,

所述计算所述声音信号的时域及频域值包括:

计算设定时间段内所述声音信号的时域最大值和时域最小值;

计算设定时间段内所述声音信号的预设频带范围内的能量总和;

所述根据时域及频域计算结果与预设的判断阈值的关系,分析所述声音信号是否为疑似目标音频数据包括:

当所述时域最大值大于预设的时域正向阈值、且所述时域最小值小于预设的时域负向阈值、且所述能量总和大于预设的能量阈值时,判定该设定时间段内的所述声音信号为疑似目标音频数据。

7. 根据权利要求4所述的六面顶压机顶锤监测方法,其特征在于,所述基于预设的模式识别策略,从所述疑似目标音频数据中确定真实的顶锤断裂音频数据包括:

从所述疑似目标音频数据的每一个数据帧中提取多维特征,所述多维特征由时域特征和/或频域特征组成;

根据所述多维特征以及预先构建的识别模型,确定出真实的顶锤断裂音频数据。

8. 根据权利要求4~7任一项所述的六面顶压机顶锤监测方法,其特征在于,所述方法还包括:

依次调用麦克风阵列的一个麦克风单元作为参考阵元;

利用所述参考阵元,定位所述顶锤断裂音频数据的来源位置。

9. 一种六面顶压机顶锤监测装置,其特征在于,包括:

声音采集模块,用于实时获取由麦克风阵列采集的六面顶压机工作状态下的声音信号;所述麦克风阵列具有三个麦克风单元,此三个麦克风单元设置在六面顶压机的活塞的大垫块上并构造出正三角形的麦克风阵列;

初步分析模块,用于对所述声音信号进行初步分析,识别出疑似目标音频数据;

模式识别模块,用于基于预设的模式识别策略,从所述疑似目标音频数据中确定真实的顶锤断裂音频数据。

10. 根据权利要求9所述的六面顶压机顶锤监测装置,其特征在于,所述初步分析模块具体包括:

音频分析单元,用于以设定时间段内的所述声音信号作为分析单位,计算所述声音信号的时域及频域值;

疑似数据判定单元,用于根据时域及频域计算结果与预设的判断阈值的关系,分析所述声音信号是否为疑似目标音频数据。

11. 根据权利要求10所述的六面顶压机顶锤监测装置,其特征在于,

所述音频分析单元具体包括:

时域值计算组件,用于计算设定时间段内所述声音信号的时域最大值和时域最小值;

频域值计算组件,用于计算设定时间段内所述声音信号的预设频带范围内的能量总和;

所述疑似数据判定单元具体用于,当满足所述时域最大值大于预设的时域正向阈值、且所述时域最小值小于预设的时域负向阈值、且所述能量总和大于预设的能量阈值时,判定该设定时间段内的所述声音信号为疑似目标音频数据。

12. 根据权利要求9所述的六面顶压机顶锤监测装置,其特征在于,所述模式识别模块具体包括:

多维特征提取单元,用于从所述疑似目标音频数据的每一个数据帧中提取多维特征,所述多维特征由时域特征和/或频域特征组成;

真实断裂数据识别单元,用于根据所述多维特征以及预先构建的识别模型,确定出真实的顶锤断裂音频数据。

13. 根据权利要求9~12任一项所述的六面顶压机顶锤监测装置,其特征在于,所述装置还包括:

参考阵元调用模块,用于依次调用麦克风阵列的一个麦克风单元作为参考阵元;

断裂声源定位模块,用于利用所述参考阵元,定位所述顶锤断裂音频数据的来源位置。

## 六面顶压机顶锤监测系统、方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及工程设备监测领域,尤其涉及一种六面顶压机顶锤监测系统、方法及装置。

### 背景技术

[0002] 铰链式六面顶超高压高温金刚石合成压机(简称六面顶压机),主要由主机座和六个相同的工作缸及其活塞组成建立超高压的关键构件。如图1~图2所示,每个活塞端都装有大垫块10、小垫块20和顶锤30,六个方向上的部件基本相同,此处不做赘述。其中,顶锤30是六面顶压机赖以产生超高压力的关键零件,一般是由钨钴类硬质合金制造的。而顶锤断裂是人造金刚石合成过程中常见的一种生产事故,若未能及时发现更换而继续生产,不仅会引发“多米诺骨牌效应”——因受力不均匀而致使其它顶锤相继断裂,增加设备后期维护成本,还可能会引发塌锤甚至放炮事故,造成人员的受伤。因此,研究六面顶压机工作状态的实时监测及断裂的顶锤的位置判定,实现实时在线报警及停机等及时处置,则会给企业带来巨大的经济效益和社会效益。

[0003] 在现有技术中,六面顶压机顶锤断裂监测主要有以下三种方法:

[0004] 1) 人工现场巡检:例如手工划锤或凭经验通过人耳捕捉顶压机运转过程中顶锤断裂时发出的“咔嚓”声。

[0005] 2) 利用声发射传感器监测:例如将该声发射传感器安装在一个中空的信号传导管的内腔中以捕捉顶锤由于断裂产生的应力波信号,该信号传导管的前端开口必须与六面顶压机的顶锤中心相对。

[0006] 3) 利用超声波监测:例如在六面顶压机的六个顶锤的各自垫块上设置一个空腔体,腔内安装超声波换能器,将监测到的断裂信号转换为电信号进行处理。

[0007] 但上述现有技术均存在弊端:

[0008] 1) 人工巡检方法的手段相对落后且依赖主观较多,准确度和及时性难以保证,并且大大消耗人力成本,影响生产效率。

[0009] 2) 声发射传感器方法对中要求较为严格,高标准的安装工艺使得该方式在实际操作中既费时又费力,尤其,一旦对中发生偏移,则监测出的结果基本无效。

[0010] 3) 超声波监测过程中信号衰减严重、灵敏度低、测试范围小且易受到环境影响,例如设备本身的振动会使超声监测产生较大误差;尤其地,在对故障顶锤精准定位时需要逐点进行测量,同样费时费力。

### 发明内容

[0011] 本发明旨在提供一种六面顶压机顶锤监测系统、方法及装置,用以克服上述缺陷,弥补不足。

[0012] 本发明采用的技术方案如下:

[0013] 一种六面顶压机顶锤监测系统,包括:数据处理单元、音频信号处理单元以及设于

六面顶压机的麦克风阵列；

[0014] 所述麦克风阵列与所述音频信号处理单元的输入端连接,所述数据处理单元与所述音频信号处理单元的输出端连接；

[0015] 所述麦克风阵列用于实时采集六面顶压机的顶锤发出的声音信号；

[0016] 所述音频信号处理单元用于处理所述声音信号并将处理后的所述声音信号发至所述数据处理单元；

[0017] 所述数据处理单元用于根据处理后的所述声音信号分析顶锤的状态。

[0018] 可选地,所述麦克风阵列中的麦克风单元安装在六面顶压机的活塞的大垫块上。

[0019] 可选地,所述麦克风单元数量为三个,三个所述麦克风单元分别安装在三个活动缸或三个固定缸的所述大垫块上。

[0020] 可选地,三个所述麦克风单元两两间距相等,构成正三角形的麦克风阵列。

[0021] 可选地,所述系统还包括:警示单元以及控制六面顶压机运行的主控单元；

[0022] 所述主控单元与所述数据处理单元连接,用于根据所述数据处理单元发送的顶锤的状态,控制六面顶压机停机和/或触发所述警示单元输出报警信号。

[0023] 一种六面顶压机顶锤监测方法,包括:

[0024] 实时获取由麦克风阵列采集的六面顶压机工作状态下的声音信号；

[0025] 对所述声音信号进行初步分析,识别出疑似目标音频数据；

[0026] 基于预设的模式识别策略,从所述疑似目标音频数据中确定真实的顶锤断裂音频数据。

[0027] 可选地,所述对所述声音信号进行初步分析,识别出疑似目标音频数据包括:

[0028] 以设定时间段内的所述声音信号作为分析单位,计算所述声音信号的时域及频域值；

[0029] 根据时域及频域计算结果与预设的判断阈值的关系,分析所述声音信号是否为疑似目标音频数据。

[0030] 可选地,

[0031] 所述计算所述声音信号的时域及频域值包括:

[0032] 计算设定时间段内所述声音信号的时域最大值和时域最小值；

[0033] 计算设定时间段内所述声音信号的预设频带范围内的能量总和；

[0034] 所述根据时域及频域计算结果与预设的判断阈值的关系,分析所述声音信号是否为疑似目标音频数据包括:

[0035] 当所述时域最大值大于预设的时域正向阈值、且所述时域最小值小于预设的时域负向阈值、且所述能量总和大于预设的能量阈值时,判定该设定时间段内的所述声音信号为疑似目标音频数据。

[0036] 可选地,所述基于预设的模式识别策略,从所述疑似目标音频数据中确定真实的顶锤断裂音频数据包括:

[0037] 从所述疑似目标音频数据的每一个数据帧中提取多维特征,所述多维特征由时域特征和/或频域特征组成；

[0038] 根据所述多维特征以及预先构建的识别模型,确定出真实的顶锤断裂音频数据。

[0039] 可选地,所述方法还包括:

- [0040] 依次调用麦克风阵列的一个麦克风单元作为参考阵元；
- [0041] 利用所述参考阵元，定位所述顶锤断裂音频数据的来源位置。
- [0042] 一种六面顶压机顶锤监测装置，包括：
- [0043] 声音采集模块，用于实时获取由麦克风阵列采集的六面顶压机工作状态下的声音信号；
- [0044] 初步分析模块，用于对所述声音信号进行初步分析，识别出疑似目标音频数据；
- [0045] 模式识别模块，用于基于预设的模式识别策略，从所述疑似目标音频数据中确定真实的顶锤断裂音频数据。
- [0046] 可选地，所述初步分析模块具体包括：
- [0047] 音频分析单元，用于以设定时间段内的所述声音信号作为分析单位，计算所述声音信号的时域及频域值；
- [0048] 疑似数据判定单元，用于根据时域及频域计算结果与预设的判断阈值的关系，分析所述声音信号是否为疑似目标音频数据。
- [0049] 可选地，
- [0050] 所述音频分析单元具体包括：
- [0051] 时域值计算组件，用于计算设定时间段内所述声音信号的时域最大值和时域最小值；
- [0052] 频域值计算组件，用于计算设定时间段内所述声音信号的预设频带范围内的能量总和；
- [0053] 所述疑似数据判定单元具体用于，当满足所述时域最大值大于预设的时域正向阈值、且所述时域最小值小于预设的时域负向阈值、且所述能量总和大于预设的能量阈值时，判定该设定时间段内的所述声音信号为疑似目标音频数据。
- [0054] 可选地，所述模式识别模块具体包括：
- [0055] 多维特征提取单元，用于从所述疑似目标音频数据的每一个数据帧中提取多维特征，所述多维特征由时域特征和/或频域特征组成；
- [0056] 真实断裂数据识别单元，用于根据所述多维特征以及预先构建的识别模型，确定出真实的顶锤断裂音频数据。
- [0057] 可选地，所述装置还包括：
- [0058] 参考阵元调用模块，用于依次调用麦克风阵列的一个麦克风单元作为参考阵元；
- [0059] 断裂声源定位模块，用于利用所述参考阵元，定位所述顶锤断裂音频数据的来源位置。
- [0060] 综上所述，通过引入麦克风阵列技术，本发明实现了六面顶压机顶锤的实时在线监测，既解决了传统人工巡检的诸多弊端，也克服了其他现有监测方式安装费时费力且受环境干扰较大的问题。
- [0061] 进一步地，对实时采集的声音信号进行分析能够初步得到疑似数据，再通过模式识别技术，进一步得到真实的顶锤断裂音频数据；
- [0062] 进一步地，基于声源定位技术还可以确定出真实的顶锤断裂音频数据的来源，以便控制设备停机并警示检修。可见，本发明基于麦克风阵列的布局结构，采用数据预挑选以及模式识别的方式分析设备运行状态，并以声源定位技术锁定故障顶锤位置，以此综合实

现了六面顶压机的顶锤状态的实时监测。

### 附图说明

[0063] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作进一步描述,其中:

[0064] 图1为六面顶压机的立体结构示意图;

[0065] 图2为六面顶压机的内部结构示意图;

[0066] 图3为本发明提供的六面顶压机顶锤监测系统的实施例的方框图;

[0067] 图4为本发明提供的六面顶压机顶锤监测系统的实施例的设置示意图;

[0068] 图5为本发明提供的六面顶压机顶锤监测系统的综合实施例的方框图;

[0069] 图6为本发明提供的六面顶压机顶锤监测系统的较佳实施例的示意图;

[0070] 图7为本发明提供的六面顶压机顶锤监测方法的实施例的流程图;

[0071] 图8为本发明提供的六面顶压机顶锤监测方法的综合实施例的流程图;

[0072] 图9为本发明提供的六面顶压机顶锤监测装置的实施例的方框图。

[0073] 附图标记说明:

[0074] 1麦克风阵列2音频信号处理单元3数据处理单元

[0075] 10大垫块20小垫块30顶锤101麦克风单元

[0076] 4警示单元5主控单元Mic1、Mic2、Mic3麦克风单元

[0077] S、X、Q、H、Z、Y顶锤100声音采集模块200初步分析模块

[0078] 300模式识别模块

### 具体实施方式

[0079] 下面详细描述本发明的实施例,实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能解释为对本发明的限制。

[0080] 首先为了便于理解下文内容,需做说明的是:六面顶压机的六个方向可以包括水平的前后左右四个方向以及垂直的上下两个方向(这里所述水平、垂直以及前后左右上下,均为便于理解的相对位置表述)。六面顶压机工作时一般是由三个缸作为活动缸(例如图1所示的上、前、右),由另外三个缸作为固定缸(相应的下、后、左),这里需指出的是,顶压过程是由三个活动缸同步地朝向与之对应的三个固定缸动作(例如上-下、前-后、左-右)以向位于中心的合成块施加六个方向的压力,因此,三个活动缸或三个固定缸的搭配具有一定的几何规律,也即是垂直方向的一个缸与水平方向的两个相邻缸构成了配套的三个活动缸,而另外的垂直方向的一个缸与水平方向的两个相邻缸则相应地构成了三个固定缸。

[0081] 基于六面顶压机的该结构特点,本发明提供了一种六面顶压机顶锤监测系统的实施例,如图3所示,包括:数据处理单元3、音频信号处理单元2以及设于六面顶压机的麦克风阵列1。其中电连接关系可以是,所述麦克风阵列1与所述音频信号处理单元2的输入端连接,所述数据处理单元3与所述音频信号处理单元2的输出端连接。本发明提出采用麦克风阵列(而非单一的麦克风)作为顶锤监测的主要手段,是考虑到虽然单麦克风可以在低噪声、无混响、距离声源很近的情况下满足基本的拾音需求,但是结合单麦克风产品的实际应

用场景来说,若真实环境存在大量的噪声、多径反射和混响时,例如在多台顶压机工作的厂房车间,环境噪音相对较大,容易导致拾取的音频信号的质量大幅下降,这会严重影响判定顶锤状态的准确性;再者,单麦克风接收的信号,是由多个声源和环境噪声叠加的,很难实现各个声源的分离,这样就无法实现声源定位和分离,难以提供针对性的断裂报警。为了避免单麦克风的这些局限,本实施例考虑到麦克风阵列是由一组按一定几何结构排列的麦克风单元组成,例如但不限于十字、环形、三角形或立体等多种阵列结构,其能够对采集的不同空间方向的声音信号进行空时处理,即利用麦克风阵列所具有的空域滤波特性,由此可以实现噪声抑制、混响去除、声源测向、声源跟踪、阵列增益等功能,进而提高后续音频信号处理质量,以此提升实际应用环境下的断裂识别准确率。本实施例的目的即是将麦克风阵列与六面顶压机相结合,在实施时,可以选用现已成熟的麦克风阵列方案,当然,本领域技术人员可以理解的是,单纯地以多个麦克风单元排成的阵列仅是一种音频采集物理接口,但在本领域中当提及麦克风阵列方案时,都是将与该物理接口匹配的处理手段视为整体而言的,也即是麦克风阵列1与音频信号处理单元2构成了完整的麦克风硬件解决方案,其中音频信号处理单元2配置有常规的阵列算法,后文将对音频信号处理单元2作具体说明,此处暂不赘述;由此可知,在实施阶段本领域技术人员无需对软件程序进行改进,只需根据顶压机工作现场的环境配置便于人员操作、适应实际需求的麦克风阵列方案。

[0082] 再结合图4来说,在实际操作中,因为该麦克风阵列1的主要作用是实时采集六面顶压机的顶锤发出的声音信号,所以麦克风阵列1的设置位置应尽量靠近顶锤30,根据六面顶压机的实际形状、结构及其尺寸,为了不影响生产中人员的正常操作并兼顾麦克风阵列安装走线便捷性以及考虑到现场工况等因素,优选将麦克风阵列中的各麦克风单元101安装在六面顶压机的活塞的大垫块10上,这是由于小垫块20与顶锤30会在生产过程中被活塞带动挤压中心物料,如果麦克风单元101随着活塞产生伸缩运动,也即是阵元随时处于运动状态,会导致麦克风阵列的声源定位精确度下降,因此不建议安装在六面顶压机的运动部件上,也由此可知大垫块10是相对更为靠近顶锤30的较佳位置,具体来说,麦克风单元101可以安装在大垫块10靠近顶锤的一端,例如在圆柱形的大垫块10上,麦克风单元101可以安装在靠近圆柱端面(该端面朝向顶锤)的外周上。在实际操作中,麦克风单元101的安装方式可以是多样的,例如在大垫块10上焊接或螺接有支架,麦克风单元101则可以通过扎带、螺接等方式固定安装在该支架上;此外,还可以考虑诸如贴设、吸附等固定安装方式,当然前提是保证麦克风单元101在大垫块10上安装相对稳定。

[0083] 需指出的是,可以不限定麦克风单元101的数量,基于六面顶压机的六个顶锤分布在一个正六面体的六个面上的原理,针对顶锤断裂情况,一台六面顶压机中声源位置只可能有六种情况(即声源分布已知且固定)。例如在六个(或五个、四个、三个)大垫块10上布置有麦克风单元101,根据阵列的声源定位算法求得断裂声源到某一个参考的麦克风单元101的距离,便可唯一确定出该断裂声源来自于六个顶锤中的哪个;当然,在其他实施例中还可以有其他数量的设置方式,后文将以一种三个麦克风单元101的实施方式作为示例。这里还需指出,为便于说明以及从实际经验出发(一台六面顶压机内两个或多个顶锤同时发生断裂的概率极小),本发明只以单声源为例,即认为同一时刻在一台六面顶压机内只有一个顶锤发生断裂。

[0084] 接续前文,在由麦克风单元101采集到顶锤所发出的声音信号后,经由信号线缆将

声音信号传至所述音频信号处理单元2进行处理,这里的处理可以是指模数转换、降噪处理、采样对齐等。在实施时,音频信号处理单元2可以选用具有多通道采集并具有模拟和/或数字信号处理配置的声卡,例如内置多通道ADC芯片和/或编解码芯片和/或DSP芯片等的适配器,当然,在其他实施例中对数字信号处理的部分诸如降噪处理等也可移至数据处理单元3,但无论何种配置方式皆为常规设置,本发明对此不作限定。

[0085] 数据处理单元3通过有线或无线的方式接收由音频信号处理单元2处理后的声音信号,并依据该声音信号对顶锤状态进行分析,具体的分析方法以一种现有方式举例,在数据处理单元3内存储有常态时的顶锤工作声音,在接收到来自当前麦克风阵列采集的实时声音信号后,将二者进行比对,便很容易比较出差异,由此便可以获知顶锤的工作状态,并且借由麦克风阵列1的技术特性同时也可以获知出现差异的声源位置,诸如此类常规分析方式本发明不作任何限定,在后文中本发明将提供一种更佳的监测方法,此处暂不赘述。在具体实施时,该数据处理单元3的硬件选取,则可以考虑是内置音频分析程序的服务器或者将常规的声音比对程序与整个生产的控制相关联,采用控制六面顶压机的中控下位机或上位机或现场电控柜作为数据处理单元3的硬件载体;基于前文提及的数字信号处理的部分转移至数据处理单元3的构思,相应地,在一种实施方式中,还可以将数据处理单元3与音频信号处理单元2集中设置,例如将用于分析声音数据的处理器通过嵌入式技术形成的PCBA与声卡集于一体。另需补充的是,在生产现场为了避免周边环境干扰或损坏信号处理单元2及数据处理单元3等部件,可以为上述单元等设置一个集中安置的独立电气箱,从箱壁可以引出相关线缆。

[0086] 关于前述有线或无线连接方式,这里以服务器举例,当数据处理单元3为本地服务器时,音频信号处理单元2可以通过网线、总线等数据线缆与该本地服务器有线连接。当数据处理单元3为远程服务器,音频信号处理单元2可以通过WIFI或4G、5G等传输方式,与远程服务器建立无线连接,实施时可选用IP6356S、CC1101、RTL8188或BK7231U等现有的无线通讯方案。当然,在另一个实施例中,数据处理单元3如果是本地且较近距离的设备或终端,还可以考虑以蓝牙方式使音频信号处理单元2与数据处理单元3建立无线连接,例如在实施时可选用支持WIFI标准及蓝牙4.0的WCN3680模块,对此本发明不作限定。

[0087] 基于上述实施例,考虑到生产现场的安全要求,如图5所示在一个综合实施例中,本发明提供的监测系统还可以包括警示单元4以及控制六面顶压机运行的主控单元5,其中警示单元4的作用是输出诸如灯光、声音、文字、图像等形式的报警信号,因此具备上述功能的硬件皆可以作为警示单元4;这里所称主控单元5同样可以选用生产现场的中控下位机或上位机等,其作用是接收前述数据处理单元3的分析结果,并据此做出针对六面顶压机运行状态的控制和/或触发警示单元4输出报警信号。举例来说,数据处理单元3向主控单元5报送某台六面顶压机的某个顶锤断裂的信号,主控单元5则按常规控制程序中止该六面顶压机继续运行或使其复位到未顶压状态,同时触发显示屏(警示单元4)以文字及语音形式输出该六面顶压机停机且其中哪一个顶锤需要检修的警示信息,这里补充说明两点,其一是各六面顶压机及其顶锤均可按需求预设编号,例如输出信息是“A号顶压机已停机,请相关人员检修A-6号顶锤”。其二是之所以可以定位到具体的故障顶锤正是利用了麦克风阵列的声源定位技术,对此可参考针对该技术的具体说明,不在此处赘述;在另一个实施例中,主控单元5也可以不使六面顶压机停机,而仅触发相应于该六面顶压机的某个顶锤的声光报

警装置输出警示信号,操作人员可以待本次生产流程结束后手动控制主控单元5以停止该六面顶压机,例如每个六面顶压机的附近均可设置对应的报警灯,且报警灯可选用多色的彩灯柱(或彩灯带等)用以示出不同位置的顶锤;在另一个实施例中,主控单元5也可以仅控制六面顶压机停机,而待中控管理人员由现场控制平台(如生产HMI)确定故障识别有效后,再触发警示单元4向现场的操作人员输出警示信息,该实施例的考虑是基于某些特定场合和条件,有可能出现报警信息冲突或误判误动作等特殊情形。

[0088] 本发明提供的顶锤监测系统是将麦克风阵列与六面顶压机结合,利用麦克风阵列的特性和优势,以及现有针对麦克风阵列信号的处理方案,能够及时监测顶锤是否出现断裂并精准定位到断裂的顶锤。进一步地,基于麦克风阵列的声源定位技术,在确定顶锤断裂后可控制六面顶压机停机,还可以向操作人员报警并示出故障顶锤的位置,以便及时开展针对性的维修与更换。综上所述,本发明实现六面顶压机顶锤的实时在线监测的方式是通过简单安装麦克风阵列的各麦克风单元以及配置相应的电连接装置,这样既解决了传统人工巡检的诸多弊端,也克服了其他现有监测方式安装费时费力且受环境干扰较大的问题。

[0089] 关于前文提及的麦克风阵列的设置方式,本发明结合图1、图2给出了一种既节省硬件成本又便于安装且能够确保监测准确有效的较佳实施例,如图6所示的简易图,在该较佳方案中,麦克风单元101的数量为三个,即选取只有三个阵元的麦克风阵列来定位出发生断裂的顶锤位置,该三个麦克风单元101可分别安装在三个活动缸(在其他实施例中也可以将三各麦克风单元101分别设置在三个固定缸)的大垫块10上。在图6示例中为了说明方便将三个麦克风单元101分别命名为Mic1、Mic2、Mic3,并且依照图1的立体结构以线条表示各工作缸,可清晰透视出六面顶压机的内部结构关系。其中,上-活动缸安放Mic1,前-活动缸安放Mic2,右-活动缸安放Mic3,具体在实际安装时可参考位于小垫块20上的螺栓头,可将麦克风单元安设在与大垫块10对应的小垫块20的外周两个螺栓头的垂直平分线上,这样的设置有两个优势,一个是具有统一的位置参考标准,便于安装操作;另一个优势是结合六面顶压机的内部结构特点,使麦克风单元能够处于相对顶锤居中的位置,如此安装后可以保证三个麦克风单元两两间距相等,即三者构成正三角形的麦克风阵列,阵元间距为正三角形的边长。

[0090] 设置在三个大垫块上的正三角形的麦克风阵列是本实施例的一个优选方案,其作用体现在,本发明需监测的六个声源正好位于该正三角阵列的同一侧,且由于声源位置分布在顶锤30上,而顶锤30到达麦克风单元的距离与麦克风单元之间的间距处于同一个量级上且二者较为接近,因而能够采用近场声源定位技术。再者,由于正三角阵列与该六个声源的特殊位置关系,当以其中一个麦克风单元作参考时,可定位出相对的两个顶锤的位置,因此只要将该三个麦克风单元依次作为参考麦克风,便可足以覆盖全部六个顶锤的监测,该麦克风阵列的布局结构可称为麦克风正三角循环面阵。

[0091] 麦克风阵列的声源定位技术为现有技术,此处仅结合上述麦克风正三角循环面阵的布局特点作简要说明:在监测时,当调用Mic1为参考麦克风时,因为从工程角度而言,顶锤Q和顶锤H到Mic1的距离视为相同,顶锤Z和顶锤Y到Mic1的距离同样视为相同,具有距离差的只有顶锤S和顶锤X,因此只需计算声源到Mic1的距离便能够定位出顶锤S和顶锤X所发出的声音信号,记顶锤S到Mic1的距离为 $d_{s1}$ ,顶锤X到Mic1的距离为 $d_{x1}$ 。同理,当调用Mic2为参考麦克风时,能够定位出顶锤Q和顶锤H所发出的声音信号,记顶锤Q到Mic2的距离为 $d_{q2}$ ,

顶锤H到Mic2的距离为 $d_{H2}$ ;同理,当调用Mic3为参考麦克风时,能够定位出顶锤Z和顶锤Y所发出的声音信号,记顶锤Z到Mic3的距离为 $d_{Z3}$ ,顶锤Y到Mic3的距离为 $d_{Y3}$ 。由实际测量可得 $d_{S1}=d_{Q2}=d_{Y3}=L_1$ , $d_{X1}=d_{H2}=d_{Z3}=L_2$ ,且由固有的结构特点必然满足 $L_2>L_1$ ,据此结构所体现出的距离关系便可以借由声源定位算法实现故障顶锤的准确定位。最后需指出,针对现有技术缺陷,本发明的目的是获得一种监测顶锤断裂的解决方案,因此通过麦克风阵列采集到的声音信号利用常规的比对分析,便可以获知顶锤的断裂情况,而上述定位技术则是麦克风阵列附带的额外技术效果,即不仅通过本发明监测出顶锤故障与否,还可以进一步由麦克风阵列的技术特性识别出具体发生断裂的顶锤位置。综上所述,本发明既解决了现有技术中的问题,也体现出更为显著的技术进步。

[0092] 在上述硬件结构布局的实施例及优选方案基础上,本发明还进一步提供了一种区别于常规比对的六面顶压机顶锤监测方法,如图7所示,可以包括如下步骤:

[0093] 步骤S1、实时获取由麦克风阵列采集的六面顶压机工作状态下的声音信号;

[0094] 步骤S2、对声音信号进行初步分析,识别出疑似目标音频数据;

[0095] 步骤S3、基于预设的模式识别策略,从疑似目标音频数据中确定真实的顶锤断裂音频数据。

[0096] 由此可见,该实施例具有与传统比对方式不同的设计构思,即利用麦克风阵列技术,通过初筛和精筛两个主要步骤从实时监测的声音数据中辨识出真实的断裂音频数据。这样设计的考虑在于结合实际经验,六面顶压机在工作状态时由于现场环境(尤其是多台顶压机同时工作的场景),采集到声音信号往往会被一些无关杂音影响,因而采用了初筛和精筛的构思以便更为准确地捕捉真实的顶锤断裂音频。再结合前文内容,在具体实施本方法时还可以考虑在进行初步分析之前,利用针对麦克风阵列的降噪处理技术,先对采集到的声音信号进行干扰抑制处理,由此可以为后续的初筛和精筛提供更为可靠的待分析数据基础。

[0097] 由于顶锤断裂所发出的声音信号属于冲击信号,冲击信号具有显著的非高斯特性,因此信号的时域特征能够反映设备总体状态,可用于故障监测、趋势预报;而信号的频域特征则可用于确诊故障类型、原因和部位。基于此,在实际操作中对采集到的声音信号进行初步分析,可以利用声音信号的时域值和频域值作为衡量基础,例如以一个设定时间段内所采集到的声音信号作为分析单位,考察声音信号的时域及频域值与预设的时域频域阈值的关系,换言之,本发明提出数据预挑选的前提条件需从时域和频域角度同时满足一个预设条件,例如先计算设定时间段内所述声音信号的时域最大值(正向最大幅值)和时域最小值(负向最大幅值),以及设定时间段内所述声音信号的预设频带范围内的能量总和,再要求只有当所述时域最大值大于预设的时域正向阈值 $T_1$ 、且所述时域最小值小于预设的时域负向阈值 $T_2$ 、且所述能量总和大于预设的能量阈值 $E_f$ 这三个条件皆满足时,才可确定出该设定时间段内的声音信号为疑似目标音频数据。

[0098] 具体的实现过程可参考如下:

[0099] ①以一个设定时间段作为待分析数据的时间单位,并对该时间单位内的声音信号进行分帧、加窗、FFT变换等预处理。

[0100] 这里需要说明的是,前文所称设定时间段是由实际应用情况和/或大量实验、经验确定的。因为音频信号可看作短时平稳信号,假定声音信号的采样率为16kHz,每帧长度为

512点,则96ms为3帧音频信号的长度,而顶锤“咔嚓”一声的断裂声音信号的长度大约会持续3~5帧,所以所述设定时间段可以预设为160ms,即5帧的长度。

[0101] ②计算该单位时间内的声音信号时域最大值记为 $\max_T$ 、最小值 $\min_T$ ;以及频域在预设的一个或若干频带范围内的能量总和,记为 $\text{pow}$ ;

[0102] ③考察 $\max_T$ 、 $\min_T$ 、 $\text{pow}$ 与 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $E_f$ 的关系,本实施例提出若同时满足以下条件:时域—— $\max_T > T_1$ ,  $\min_T < T_2$ ;频域—— $\text{pow} > E_f$ ,则当前所分析的声音信号则可以被确定为疑似目标音频数据。

[0103] 接着,可基于已获得的疑似目标音频数据采用模式识别技术进行进一步分类得出疑似目标声音数据帧是否为真实的顶锤断裂音频数据的结论,这里可采用常规的模式识别算法,如K-NN(K-Nearest Neighbor)算法、HMM(Hidden Markov Model)算法、GMM(Gaussian Mixture Model)算法、SVM(Support Vector Machine)算法等。

[0104] 具体到一个较佳实施例中,则以支持向量机(SVM)算法为例,对前述疑似目标音频数据中的每一帧数据进行分类(两类:非顶锤断裂音频数据以及真实的顶锤断裂音频数据)。实现过程可以从所述疑似目标音频数据的每一个数据帧中提取多维特征,该多维特征则由时域特征和/或频域特征组成,之后根据所述多维特征以及预先构建的识别模型,确定出真实的顶锤断裂音频数据。

[0105] 举例而言,可提取以下特征参数:

[0106] 平均值(1维数据):是描述信号的稳定分量,又称直流分量,是机械振动的平衡点位置,是信号的一阶矩统计平均。

[0107] 均方根值(1维数据):用于描述振动信号的能量,又称有效值,是信号的二阶矩统计平均。

[0108] 峰值指标(1维数据):用来检测信号中是否存在冲击的统计指标。其中,峰值 $X_p$ 是指振动波形的单峰最大值。如在一帧信号长度中,找出绝对值最大的10个数,用这10个数的算术平均值作为峰值 $X_p$ 。

[0109] 脉冲指标(1维数据):用来检测信号中是否存在冲击的统计指标。

[0110] 裕度指标(1维数据):用于检测机械设备的磨损情况。

[0111] 歪度指标(1维数据):反映振动信号的非对称性,是信号的三阶矩统计平均。

[0112] 峭度指标(1维数据):反映振动信号中的冲击特征,是信号的四阶矩平均。对信号中的冲击特征非常敏感,正常值在3左右。若接近4或超过4,则说明机械的运动状况中存在冲击性振动。一般情况下是间隙过大、滑动副表面存在破碎等原因。

[0113] 基音频率(1维数据):利用小波变换后的近似部分系数计算得出每一帧的基音频率。

[0114] 奇异值分解(选取分解阶次为45阶,取前30个奇异值,即30维数据):反映信号中有用信号和噪声的能量分布情况。

[0115] 将上述所有特征提取出来后组成一个38维的向量作为识别模型的输入向量,而输出向量为2维,即可以是10(非顶锤断裂)和01(顶锤断裂)。这里需指出的是,上述示例中只有基音频率是频域特征,其他的37维均是时域特征,但在其他实施例中并无限定频域特征和时域特征的数量,例如奇异值分解可以有时域奇异值分解和频域奇异值分解,上述示例是时域奇异值分解,而其他示例中也可以采用频域奇异值分解。

[0116] 在上述系统、方法等实施例基础上,本发明还提供了一个综合的监测方案,如图8所示,可以包括如下步骤:

[0117] 步骤S1、实时获取由麦克风阵列采集的六面顶压机工作状态下的声音信号;

[0118] 步骤S2、对声音信号进行初步分析,识别出疑似目标音频数据;

[0119] 步骤S3、基于预设的模式识别策略,从疑似目标音频数据中确定真实的顶锤断裂音频数据;

[0120] 步骤S4、利用麦克风阵列的声源定位技术,确定发生断裂的故障顶锤位置;

[0121] 步骤S5、控制六面顶压机停机和/或警示出故障顶锤信息。

[0122] 具体的声源定位方式可以通过依次调用麦克风阵列的一个麦克风单元作为参考阵元,并利用所述参考阵元,定位所述顶锤断裂音频数据的来源位置。

[0123] 实际操作中可采用现有的声源定位算法实现上述过程,如基于能量的算法、可控波束形成算法、谱估计算法、基于TDOA/TDE算法等。其中,TDOA算法的计算量较小且适用于近场的单一声源,因此本发明的一个优选实施例是基于TDOA算法计算出所述顶锤断裂音频数据每一帧数据对应的声源位置信息(即声源到参考阵元的距离)。具体可结合前文中提及的麦克风正三角循环面阵(图6)实施例,执行如下操作:

[0124] ①首先,调用Mic1为参考麦克风的声源定位子函数,该声源定位子函数的返回值(即声源到参考阵元的距离)为 $L$ 。若 $L=L_1 \pm 0.1k$ ,则说明声源来自于顶锤S,即顶锤S发生断裂,转至④;若 $L=L_2 \pm 0.1k$ ,则说明声源来自于顶锤X,即顶锤X发生断裂,转至④;若非上述情形,则说明声源来自于其他四个顶锤中的一个。这里, $[-0.1k, +0.1k]$ 是误差范围, $k$ 为经实验获得的比例系数。

[0125] ②其次,调用Mic2为参考麦克风的声源定位子函数,该声源定位子函数的返回值(即声源到参考阵元的距离)为 $L$ 。若 $L=L_1 \pm 0.1k$ ,则说明声源来自于顶锤Q,即顶锤Q发生断裂,转至④;若 $L=L_2 \pm 0.1k$ ,则说明声源来自于顶锤H,即顶锤H发生断裂,转至④;若非上述情形,则说明声源来自于剩下的两个顶锤(Z、Y)中的一个。

[0126] ③接着,调用Mic3为参考麦克风的声源定位子函数,该声源定位子函数的返回值(即声源到参考阵元的距离)为 $L$ 。若 $L=L_1 \pm 0.1k$ ,则说明声源来自于顶锤Y,即顶锤Y发生断裂,执行④;若 $L=L_2 \pm 0.1k$ ,则说明声源来自于顶锤Z,即顶锤Z发生断裂,执行④。

[0127] ④声源定位结束。

[0128] 最后关于步骤S5,当监测结果确定后则可以发送停机指令控制六面顶压机停机,同时,六面顶压机的编号及其顶锤的编号均有预先设定,因此还可以同步报警并示出断裂的顶锤编号,以便故障能够得到及时、有效的处理。具体的控制六面顶压机运行和警示方式已在前文说明,此处不再赘述。

[0129] 综上所述,通过引入麦克风阵列技术,本发明实现了六面顶压机顶锤的实时在线监测,既解决了传统人工巡检的诸多弊端,也克服了其他现有监测方式安装费时费力且受环境干扰较大的问题。

[0130] 进一步地,对实时采集的声音信号进行分析能够初步得到疑似数据,再通过模式识别技术,进一步得到真实的顶锤断裂音频数据;

[0131] 进一步地,基于声源定位技术还可以确定出真实的顶锤断裂音频数据的来源,以便控制设备停机并警示检修。可见,本发明基于麦克风阵列的布局结构,采用数据预挑选以

及模式识别的方式分析设备运行状态,并以声源定位技术锁定故障顶锤位置,以此综合实现了六面顶压机的顶锤状态的实时监测。

[0132] 相应于上述方法实施例及其优选方案,本发明还提供了一种六面顶压机顶锤监测装置的实施例,如图9所示,包括:

[0133] 声音采集模块100,用于实时获取由麦克风阵列采集的六面顶压机工作状态下的声音信号;

[0134] 初步分析模块200,用于对所述声音信号进行初步分析,识别出疑似目标音频数据;

[0135] 模式识别模块300,用于基于预设的模式识别策略,从所述疑似目标音频数据中确定真实的顶锤断裂音频数据。

[0136] 进一步地,所述初步分析模块具体包括:

[0137] 音频分析单元,用于以设定时间段内的所述声音信号作为分析单位,计算所述声音信号的时域及频域值;

[0138] 疑似数据判定单元,用于根据时域及频域计算结果与预设的判断阈值的关系,分析所述声音信号是否为疑似目标音频数据。

[0139] 进一步地,

[0140] 所述音频分析单元具体包括:

[0141] 时域值计算组件,用于计算设定时间段内所述声音信号的时域最大值和时域最小值;

[0142] 频域值计算组件,用于计算设定时间段内所述声音信号的预设频带范围内的能量总和;

[0143] 所述疑似数据判定单元具体用于,当满足所述时域最大值大于预设的时域正向阈值、且所述时域最小值小于预设的时域负向阈值、且所述能量总和大于预设的能量阈值时,判定该设定时间段内的所述声音信号为疑似目标音频数据。

[0144] 进一步地,所述模式识别模块具体包括:

[0145] 多维特征提取单元,用于从所述疑似目标音频数据的每一个数据帧中提取多维特征,所述多维特征由时域特征和/或频域特征组成;

[0146] 真实断裂数据识别单元,用于根据所述多维特征以及预先构建的识别模型,确定出真实的顶锤断裂音频数据。

[0147] 进一步地,所述装置还包括:

[0148] 参考阵元调用模块,用于依次调用麦克风阵列的一个麦克风单元作为参考阵元;

[0149] 断裂声源定位模块,用于利用所述参考阵元,定位所述顶锤断裂音频数据的来源位置。

[0150] 最后需说明,虽然上述装置实施例及优选方案的工作方式以及技术原理皆记载于前文,但仍需强调的是,该装置中各个部件实施例仍可以以硬件实现,或者以在一个或者多个处理器上运行的软件模块实现,或者以它们的组合实现。可以把装置实施例中的模块或单元或组件等组合成一个模块或单元或组件,也可以把它们分成多个子模块或子单元或子组件予以实施。

[0151] 以及,本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述,各个实施例之间相同相

似的部分互相参见即可,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其,对于系统实施例而言,由于其基本相似于方法实施例,所以描述得比较简单,相关之处参见方法实施例的部分说明即可。以上所描述的系统实施例仅仅是示意性的,其中作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0152] 以上依据图式所示的实施例详细说明了本发明的构造、特征及作用效果,但以上仅为本发明的较佳实施例,需要言明的是,上述实施例及其优选方式所涉及的技术特征,本领域技术人员可以在不脱离、不改变本发明的设计思路以及技术效果的前提下,合理地组合搭配成多种等效方案;因此,本发明不以图面所示限定实施范围,凡是依照本发明的构想所作的改变,或修改为等同变化的等效实施例,仍未超出说明书与图示所涵盖的精神时,均应在本发明的保护范围内。

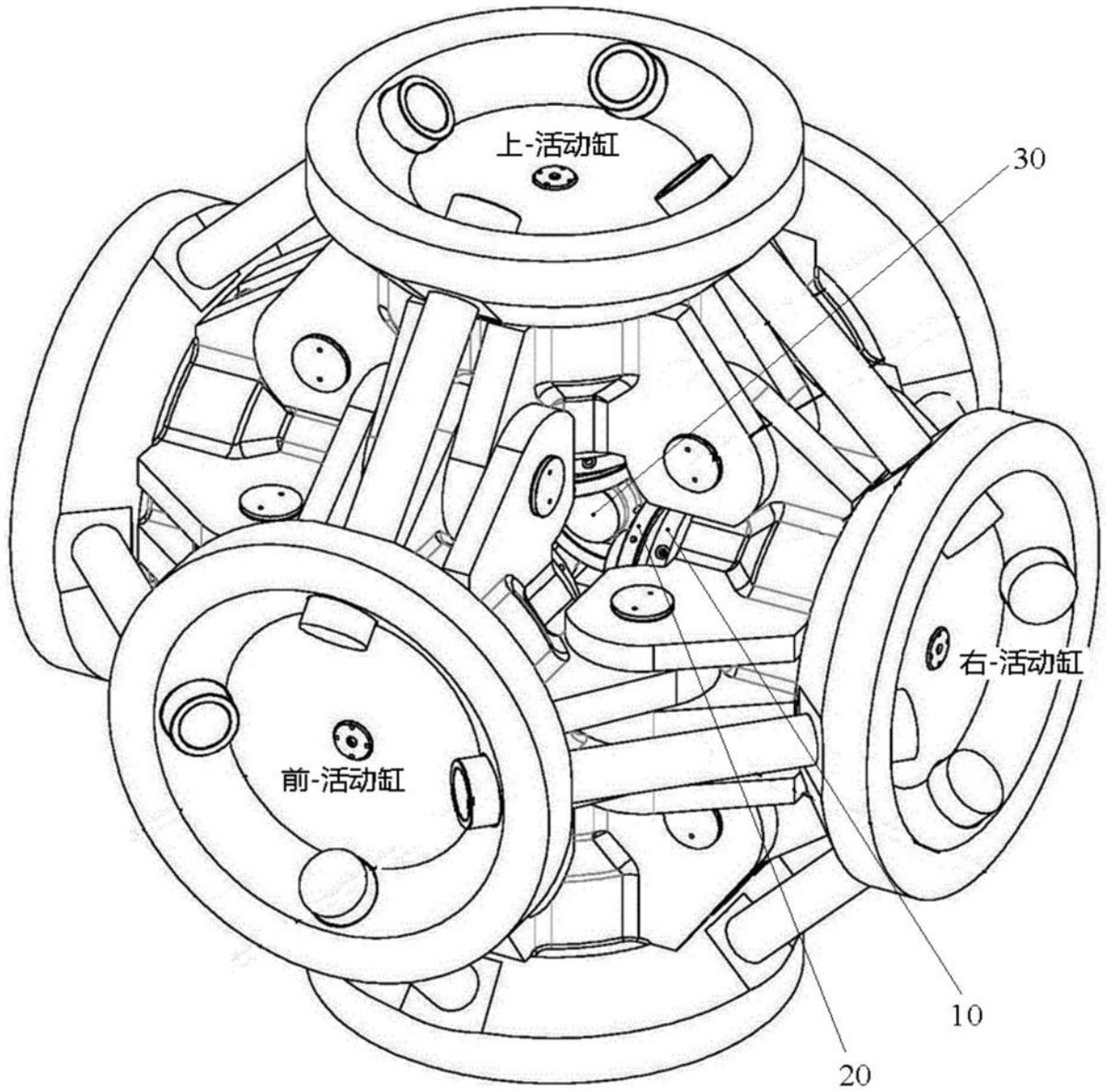


图1

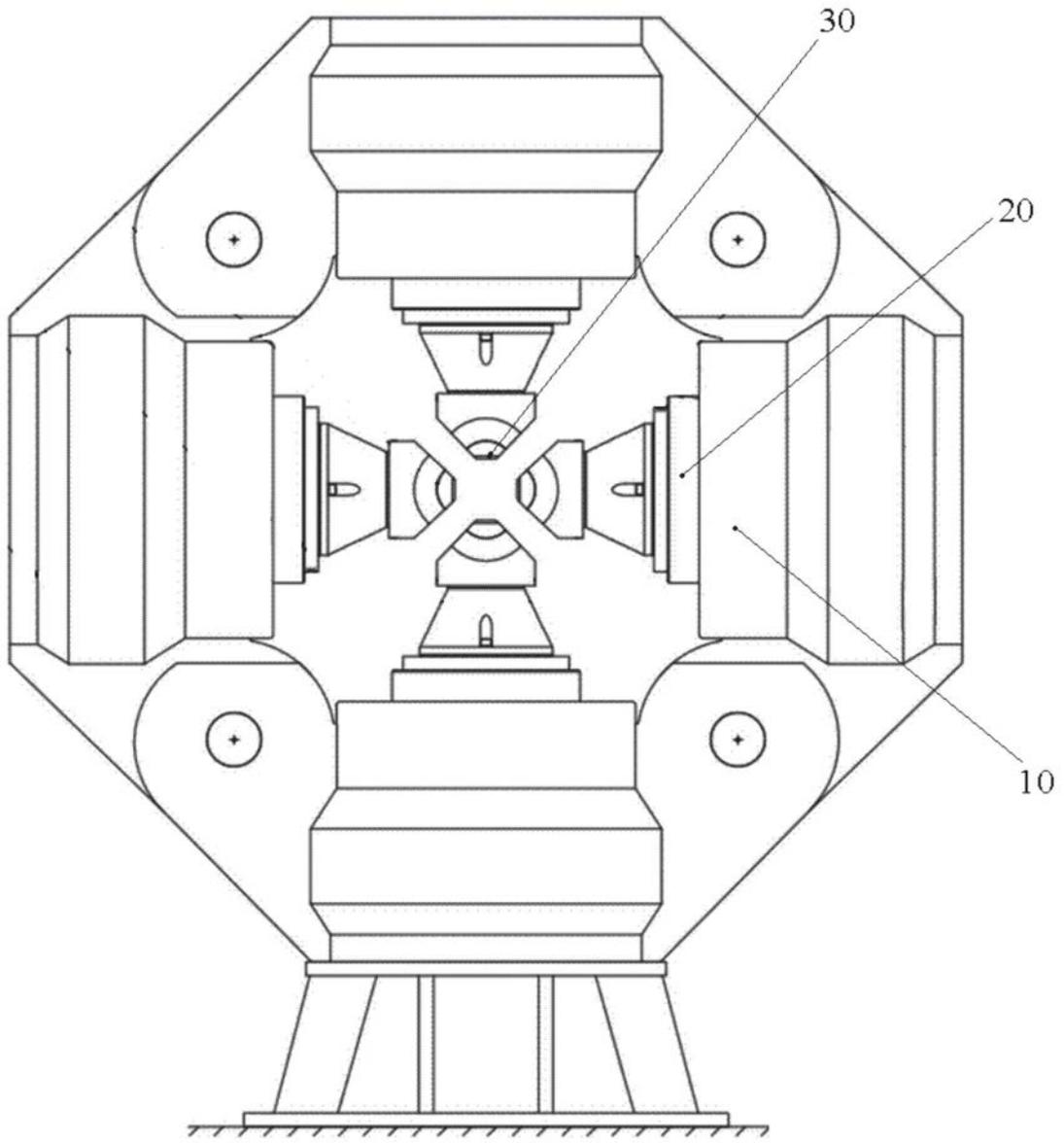


图2



图3

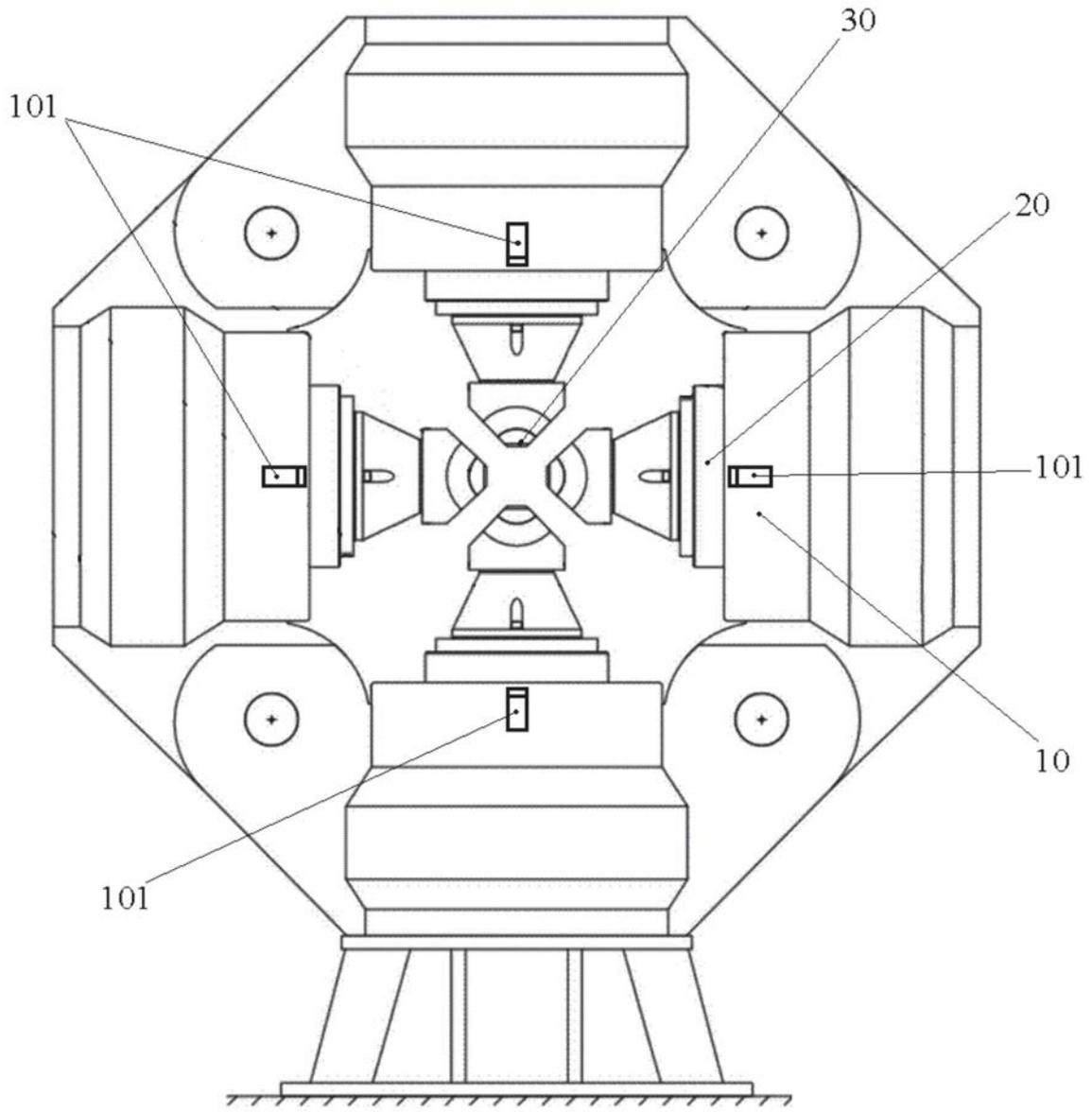


图4

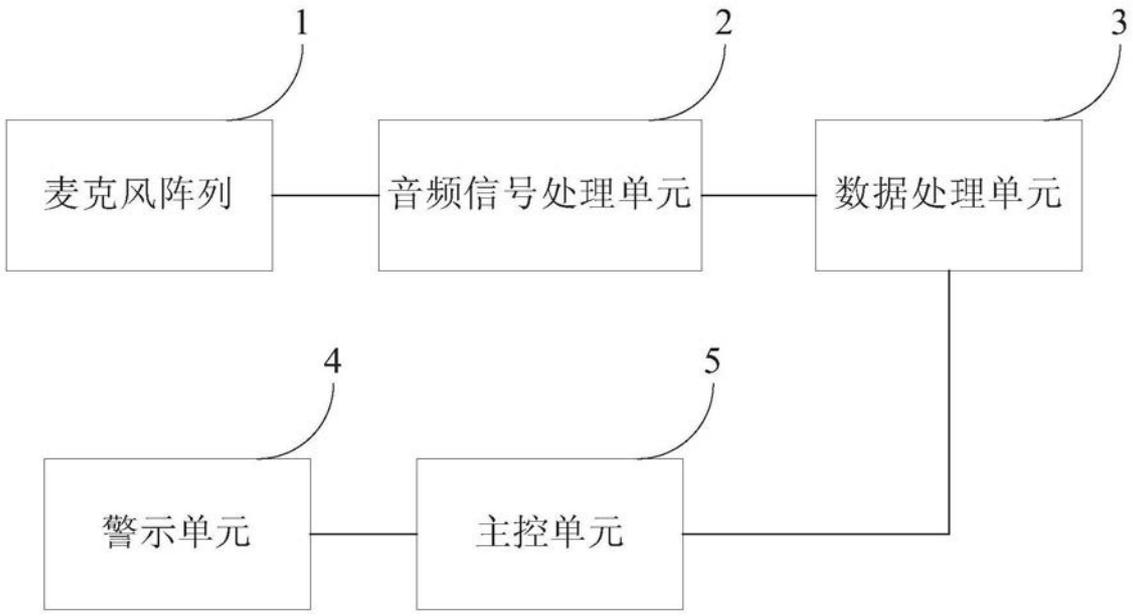


图5

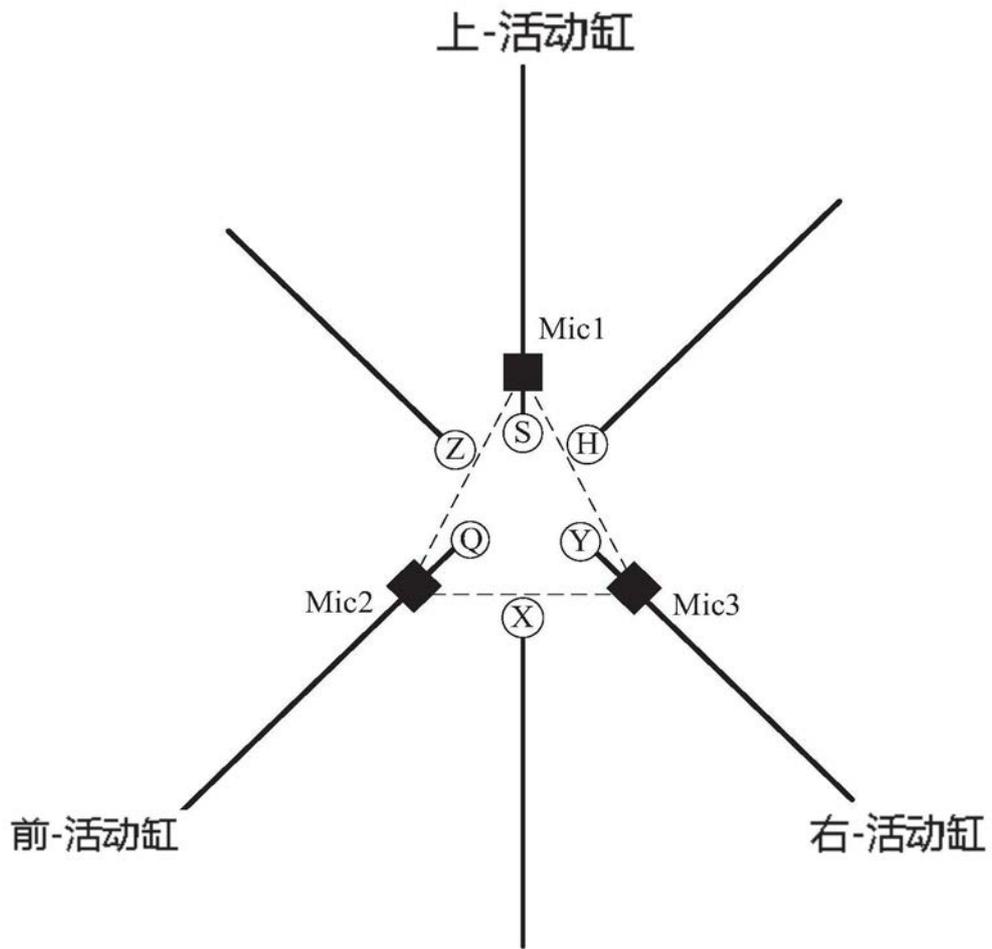


图6

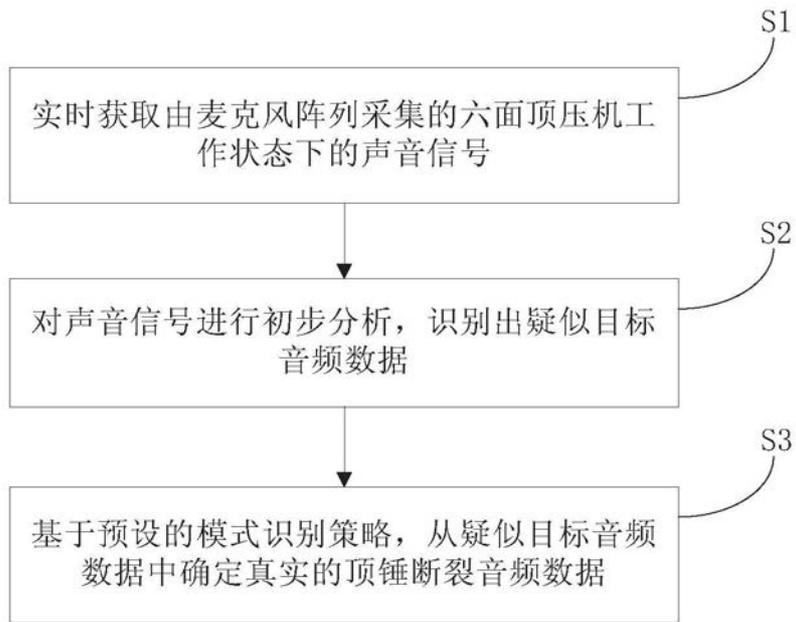


图7

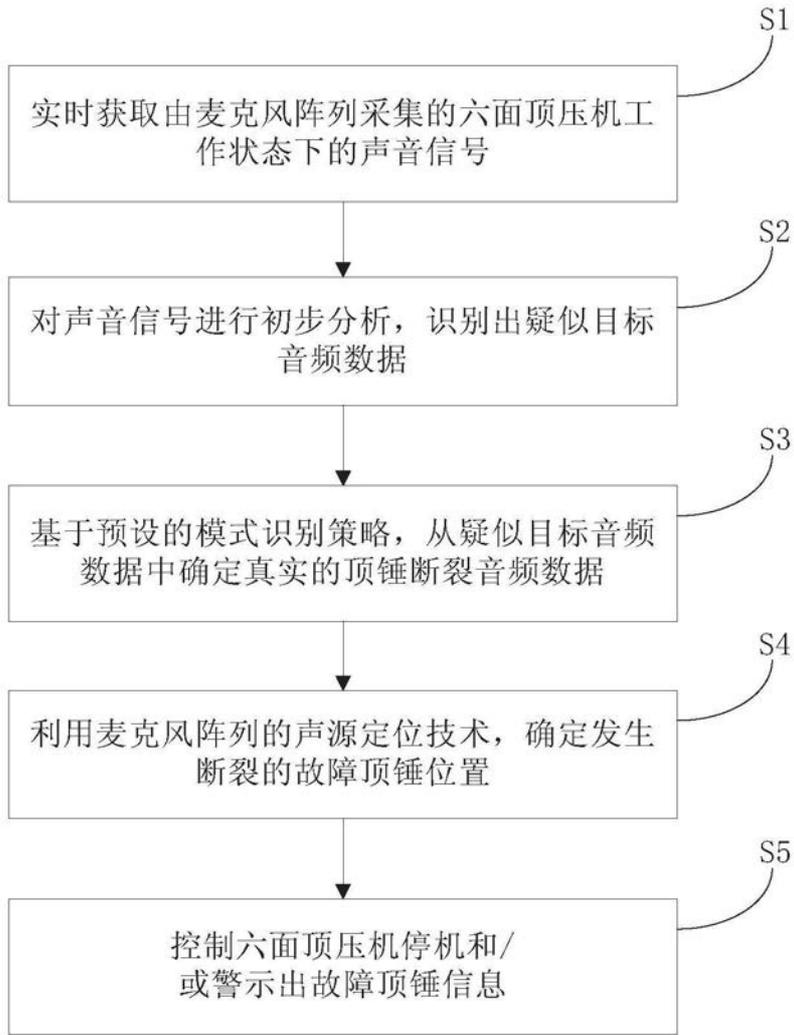


图8



图9