



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103868689 B

(45)授权公告日 2017.02.22

(21)申请号 201410057340.8

审查员 徐欣歌

(22)申请日 2014.02.20

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103868689 A

(43)申请公布日 2014.06.18

(73)专利权人 温州大学

地址 325000 浙江省温州市瓯海区东方南路38号温州市国家大学科技园孵化器

(72)发明人 周斯加 赵克刚 钱金贵

(74)专利代理机构 温州名创知识产权代理有限公司

公司 33258

代理人 陈加利

(51)Int.Cl.

G01M 13/02(2006.01)

G01H 17/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图5页

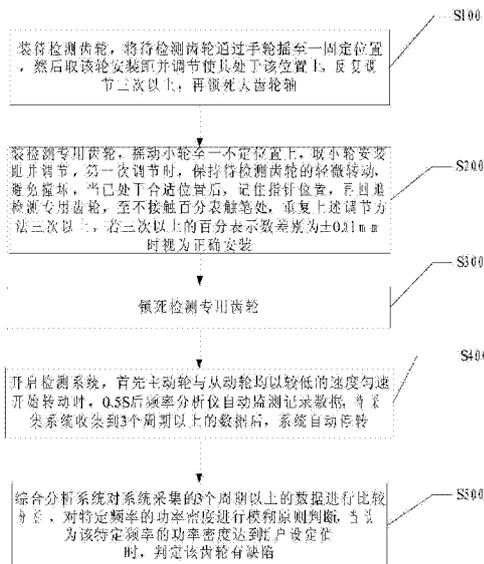
(54)发明名称

一种基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统及方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统及方法。所述方法包括步骤：装待检测齿轮，将待检测齿轮通过手轮摇至一固定位置，然后取该轮安装距并调节使其处于该位置上；装检测专用齿轮，摇动小轮至一不定位置上，取小轮安装距并调节，第一次调节时，保持待检测齿轮的轻微转动，避免撞坏，当已处于合适位置后，记住指针位置，再回退检测专用齿轮，至不接触百分表触笔处；锁死检测专用齿轮；开启检测系统，首先主动轮与从动轮均以较低的速度匀速开始转动时，0.5S后频率分析仪自动监测记录数据，待采集系统收集到3个周期以上的数据后，系统自动停转。检测齿轮缺陷效率高，精准度高检测标准一致性好，操作简单，检测齿轮类型广。

CN 103868689 B



1. 一种基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法,其特征在于,包括步骤:

A、装待检测齿轮,将待检测齿轮通过手轮摇至一固定位置,然后取待检测齿轮安装距并调节使其处于该位置上,反复调节三次以上,再锁死大齿轮轴;

B、装检测专用齿轮,摇动小轮至一不定位置上,取小轮安装距并调节,第一次调节时,保持待检测齿轮的轻微转动,避免撞坏,当已处于合适位置后,记住指针位置,再回退检测专用齿轮,至不接触百分表触笔处,重复上述调节方法三次以上,若三次以上的百分表示数差别为 $\pm 0.01\text{mm}$ 时视为正确安装;

C、锁死检测专用齿轮;

D、开启检测系统,首先主动轮与从动轮均以较低的速度匀速开始转动,0.5S后频率分析仪自动监测记录数据,待采集系统收集到3个周期以上的数据后,检测系统自动停转;

E、综合分析系统对采集系统采集的3个周期以上的数据进行比较分析,对特定频率的功率密度进行模糊原则判断,当认为该特定频率的功率密度达到用户设定值时,判定该齿轮有缺陷。

2. 根据权利要求1所述的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法,其特征在于,所述模糊原则判断指的是在现有的功率密度最高值与最小值之间建立至少一个模糊集合,再次分配每一个时域的功率密度值到相应的隶属集合,并规定采集到的齿轮缺陷处的功率密度集合里的最小值,当某处的功率密度不小于该最小值时,则判定该齿轮有缺陷。

3. 根据权利要求1所述的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法,其特征在于,所述的检测系统进一步包括用于采集信号的传感器。

4. 根据权利要求1所述的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法,其特征在于,所述的检测系统进一步包括总控制器、通讯总线、接口电路、显示器、电子控制单元、信号采集仪、DSP数字信号处理器、分析系统;所述的总控制器、通讯总线、接口电路、显示器、电子控制单元、信号采集仪、DSP数字信号处理器、分析系统通过接口电路与总控制器连接。

5. 根据权利要求1所述的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法,其特征在于,所述的综合分析系统进一步包括:用于显示所述频率分析仪的分析结果的PC显示器。

6. 根据权利要求3所述的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法,其特征在于,所述传感器为扭矩传感器或转速传感器。

7. 根据权利要求4所述的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法,其特征在于,所述的DSP数字信号处理器为KeyStone多核处理器C667x。

8. 一种采用权利要求1-7任一项所述的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,其特征在于,包括:包括主动轴(1)、手轮(2)、移动工作台(3)、传动箱(4)、连接轴(5)、百分表(8)、伸出轴(9)、皮带(10)、从动轴(11)的可调节安装距的齿轮检测平台,其中百分表(8)用于调整待检测齿轮(6)和检测专用齿轮(7)之间的中心距;可提供匀速或均匀变速转动的动力装置系统,用于给待检测齿轮(6)提供推动力;固定装置系统,用于降低所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统采集信号的干扰;包括频率分析仪(14)和PC显示器(15)的自动振动频率分析系统,用于采集待检测齿轮(6)测量数据及对所采集数据进行分析;自动检测模块,用于依据所述的自动振动频率分析系统分析数据对所述的待检测齿轮(6)进行缺陷自动检测;其中;待检测齿轮(6)安装于主动轴(1),检测专用齿轮(7)安装于从动轴(11)上,或者待检测齿轮(6)安装于从动轴上,检测专用齿轮(7)安装于主动轴(1)

上,传动箱(4)置于移动工作台(3)之上,主动轴(1)、传动箱(4)、连接轴(5)依次连接。

9. 根据权利要求8所述的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,其特征在于,所述手轮(2)为两个,分别用于固定所述的待检测齿轮(6)、检测专用齿轮(7)。

10. 根据权利要求8所述的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,其特征在于,所述的动力装置系统进一步由伺服电机、同步电机驱动系统构成。

11. 根据权利要求8所述的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,其特征在于,所述的固定装置系统进一步包括固定台(16)、伸出轴(9)、传感器(13),所述的固定台(16)跟随从动轴(11)转动,所述的固定台(16)将所述的传感器(13)固定于所述的检测专用齿轮(7)伸出轴(9)的末端。

12. 根据权利要求8所述的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,其特征在于,所述的自动振动频率分析系统进一步包括总控制器、通讯总线、接口电路、显示器、电子控制单元、信号采集仪、DSP数字信号处理器、分析系统;所述的总控制器、通讯总线、接口电路、显示器、电子控制单元、信号采集仪、DSP数字信号处理器、分析系统通过接口电路与总控制器连接。

13. 根据权利要求8所述的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,其特征在于,所述的自动检测模块检测所述的自动振动频率分析系统的数据,且对特定频率的功率密度依据模糊原则进行判断,当认为该特定频率的功率密度达到使用者所设定的标准时,所述的自动检测模块报警,判定所述的待检测齿轮(6)有缺陷。

14. 根据权利要求11所述的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,其特征在于,所述的传感器(13)为扭矩传感器或转速传感器。

15. 根据权利要求12所述的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,其特征在于,所述的DSP数字信号处理器为KeyStone多核处理器C667x。

## 一种基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及齿轮缺陷检测技术领域,尤其涉及的是一种基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统及方法。

### 背景技术

[0002] 由于制造业的快速发展,齿轮作为机械制造领域中的基本零件,在国内的生产量极具规模。在齿轮生产过程中由于工艺等原因,会产生各类的缺陷,诸如毛刺,裂纹等,然而标准齿轮的无损特征对于齿轮的啮合和传动性能而言至关重要,对于齿轮缺陷的检测目前主要停留在人工主观判断阶段,存在着效率低,准确率低等不足。虽然现今也存在光学等方式检测仪器,但这种方法操作复杂,仪器成本高,且检测具有不彻底性,这样便很难满足对齿轮日益增强的生产精度的要求。本发明的实现对齿轮的制造缺陷进行100%的高效率在线检测,将对齿轮生产行业产生深远而重要的影响。

[0003] 因此,现有技术还有待于改进和发展。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术的上述缺陷,提供一种基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统及方法,旨在提供一种结构合理,制造成本低,操作简单,检测精度高的齿轮检测系统和方法。

[0005] 为了实现上述的目的,本发明解决技术问题所采用的技术方案如下:

[0006] 一种基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法,包括步骤:

[0007] A、装待检测齿轮,将待检测齿轮通过手轮摇至一固定位置,然后取该

[0008] 轮安装距并调节使其处于该位置上,反复调节三次以上,再锁死大齿 轮轴;

[0009] B、装检测专用齿轮,摇动小轮至一不定位置上,取小轮安装距并调节,第一次调节时,保持待检测齿轮的轻微转动,避免撞坏,当已处于合适位置后,记住指针位置,再回退检测专用齿轮,至不接触百分表触笔处,重复上述调节方法三次以上,若三次以上的百分表示数差别为 $\pm 0.01\text{mm}$ 时视为正确安装;

[0010] C、锁死检测专用齿轮;

[0011] D、开启检测系统,首先主动轮与从动轮均以较低的速度匀速开始转动时,0.5S后频率分析仪自动监测记录数据,待采集系统收集到3个周期以上的数据后,系统自动停转;

[0012] E、综合分析系统对系统采集的3个周期以上的数据进行比较分析,对特定频率的功率密度进行模糊原则判断,当认为该特定频率的功率密度达到用户设定值时,判定该齿轮有缺陷。

[0013] 所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法,所述模糊原则判断指的是在现有的功率密度最高值与最小值之间建立至少一个模糊集合,再次分配每一个时域的功率密度值到相应的隶属集合,并规定采集到的齿轮缺陷处的功率密度集合里的最小值,当某处的功率密度不小于该最小值时,则判定该齿轮有缺陷。

[0014] 所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法,所述的检测系统进一步包括用于采集信号的传感器。

[0015] 所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法,所述的检测系统进一步包括总控制器、通讯总线、接口电路、显示器、电子控制单元、信号采集仪、DSP数字信号处理器、分析系统;所述的总控制器、通讯总线、接口电路、显示器、电子控制单元、信号采集仪、DSP数字信号处理器、分析系统通过接口电路与总控制器连接。

[0016] 所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法,所述的综合分析系统进一步包括:用于显示所述频率分析仪的分析结果的PC显示器。

[0017] 所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法,所述传感器为扭矩传感器或转速传感器。

[0018] 所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法,所述的DSP数字信号处理器为KeyStone多核处理器C667x。

[0019] 一种如上所述的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,包括:

[0020] 包括主动轴1、手轮2、移动工作台3、传动箱4、连接轴5、百分表8、伸出轴9、皮带10、从动轴11的可调节安装距的齿轮检测平台,其中百分表8用于调整待检测齿轮6和检测专用齿轮7之间的中心距;

[0021] 可提供匀速或均匀变速转动的动力装置系统,用于给待检测齿轮6提供推动力;

[0022] 固定装置系统,用于降低所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统采集信号的干扰;

[0023] 包括频率分析仪14和PC显示器15的自动振动频率分析系统,用于采集待检测齿轮6测量数据及对所采集数据进行分析;

[0024] 自动检测模块,用于依据所述的自动振动频率分析系统分析数据对所述的待检测齿轮6进行缺陷自动检测;

[0025] 其中;待检测齿轮6安装于主动轴1,检测专用齿轮7安装于从动轴11上,或者待检测齿轮6安装于从动轴上,检测专用齿轮7安装于主动轴1上,传动箱4置于移动工作台3之上,主动轴1、传动箱4、连接轴5依次连接。

[0026] 所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,所述手轮2为两个,分别用于固定所述的待检测齿轮6、检测专用齿轮7。

[0027] 所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,所述的动力装置系统进一步由伺服电机、同步电机驱动系统构成。

[0028] 所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,所述的固定装置系统进一步包括固定台16、伸出轴9、传感器13,所述的固定台16跟随从动轴11转动,所述的固定台16将所述的传感器13固定于所述的检测专用齿轮7伸出轴9的末端。

[0029] 所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,所述的自动振动频率分析系统进一步包括总控制器、通讯总线、接口电路、显示器、电子控制单元、信号采集仪、DSP数字信号处理器、分析系统;所述的总控制器、通讯总线、接口电路、显示器、电子控制单元、信号采集仪、DSP数字信号处理器、分析系统通过接口电路与总控制器连接。

[0030] 所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,所述的自动检测模块检测所述的振动频率分析系统的数据,且对特定频率的功率密度依据模糊原则进行判断,当

认为该特定频率的功率密度达到使用者所设定的标准时,所述的自动检测模块报警,判定所述的待检测齿轮(6)有缺陷。

[0031] 所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,所述的传感器13为扭矩传感器或转速传感器。

[0032] 所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法的系统,所述的DSP数字信号处理器为KeyStone多核处理器C667x。

[0033] 本发明所提供的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统及方法,其有益效果是:检测齿轮缺陷效率高,精准度高检测标准一致性好,操作简单,检测齿轮类型广。

## 附图说明

[0034] 图1本发明的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法流程图;

[0035] 图2本发明的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法较佳应用实施例流程图;

[0036] 图3本发明的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法模糊集合的隶属度函数的图形;

[0037] 图4是本发明的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统结构示意图;

[0038] 图5是本发明的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统手轮式齿轮检测安装平台;

[0039] 图6是本发明的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统运动控制式齿轮检测安装平台。

[0040] 图中,1-主动轴;2-手轮;3-移动工作台;4-传动箱;5-连接轴;6-待检测齿轮;7-检测专用齿轮;8-百分表;9-伸出轴;10-皮带;11-从动轴;12-动力装置系统;13-传感器;14-频率分析仪;15-PC显示器;16-固定台。

## 具体实施方式

[0041] 为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚、明确,以下参照附图并举实施例对本发明进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0042] 请参阅图1,为本发明的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法流程图。在本发明的快速检测方法开始之前,需要用户自定义合格标准,并且选择评判标准。所述方法包括以下步骤:

[0043] S100、装待检测齿轮,将待检测齿轮通过手轮摇至一固定位置,然后取该轮安装距并调节使其处于该位置上,反复调节三次以上,再锁死大齿轮轴。

[0044] S200、装检测专用齿轮,摇动小轮至一不定位置上,取小轮安装距并调节,第一次调节时,保持待检测齿轮的轻微转动,避免撞坏,当已处于合适位置后,记住指针位置,再回退检测专用齿轮,至不接触百分表触笔处,重复上述调节方法三次以上,若三次以上的百分表示数差别为 $\pm 0.01\text{mm}$ 时视为正确安装。

[0045] S300、锁死检测专用齿轮。

[0046] S400、开启检测系统,首先主动轮与从动轮均以较低的速度匀速开始转动时,0.5S

后频率分析仪自动监测记录数据,待采集系统收集到3个周期以上的数据后,系统自动停转。

[0047] S500、综合分析系统对系统采集的3个周期以上的数据进行比较分析,对特定频率的功率密度进行模糊原则判断,当认为该特定频率的功率密度达到用户设定值时,判定该齿轮有缺陷。

[0048] 请参阅图2,为本发明的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法较佳应用实施例流程图;如图2所示,包括以下步骤:

[0049] 自动检测程序开始;模糊判定初始化;等待输入信号,准备进入下一阶段;自动分配隶属函数;对合格性进行判断;如果系统不是处于六个递增模糊集合之一T、N、S、M、B、VB,则系统报警,否则结果传输主程序,自动检测程序结束。再输入判定结果,输出判定结果并指出不合格齿轮的缺陷的相位,然后进入下一个齿轮检测,自动返回循环检测。进入下一个检测过程,系统启动,系统匀速转动三周以上,采集三个周期医生的时频转扭波动数据,在对时频信号进行转化,对特定频率信号进行搜索。如果没有搜索到符合条件的信号,则系统匀速转动三周以上;如果搜到了符合条件的信号,则准备进入信号功率密度模糊判断程序,输出结果并指出不合格齿轮的相位。

[0050] 请参阅图3,为本发明的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测方法模糊集合的隶属度函数的图形。初始化规定T、N、S、M、B、VB六个依次递增的模糊集合,针对不同的齿轮用途和检测严格程度,本自动检测程序可以根据要求建立不同的齿轮缺陷评判标准,即可在符合实际情况定义任意初始化的模糊集合为齿轮缺陷处的最小功率密度集合,该集合里的最小功率密度值为齿轮缺陷与完好的临界值;假设使用者实际检测时根据自身要求设定X(X指代初始化的5个模糊集合中的任意一个)为齿轮缺陷处的最小功率密度集合,若检测到的功率密度隶属于X或X之后的递增模糊集合,则其所对应的被检测齿轮,判断其为不合格齿轮,即该齿轮有缺陷,若检测到的功率密度隶属于X之前的递减模糊集合,则其所对应的被检测齿轮,判断其为合格齿轮,即该齿轮无缺陷。

[0051] 请参阅图4,为本发明的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统结构示意图。如图4所示,在本发明提供的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统中,至少包括:

[0052] 包括主动轴1、手轮2、移动工作台3、传动箱4、连接轴5、百分表8、伸出轴9、皮带10、从动轴11的可调节安装距的齿轮检测平台,其中百分表8用于调整待检测齿轮6和检测专用齿轮7之间的中心距;

[0053] 可提供匀速或均匀变速转动的动力装置系统,用于给待检测齿轮6提供推动力;

[0054] 固定装置系统,用于降低所述基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统采集信号的干扰;

[0055] 包括频率分析仪14和PC显示器15的自动振动频率分析系统,用于采集待检测齿轮6测量数据及对所采集数据进行分析;

[0056] 自动检测模块,用于依据所述的自动振动频率分析系统分析数据对所述的待检测齿轮6进行缺陷自动检测;

[0057] 其中;待检测齿轮6安装于主动轴1,检测专用齿轮7安装于从动轴(11)上,或者待检测齿轮6安装于从动轴上,检测专用齿轮7安装于主动轴1上,传动箱4置于移动工作台3之

上,主动轴1、传动箱4、连接轴5依次连接。

[0058] 优选地,所述手轮2为两个,分别用于固定所述的待检测齿轮6、检测专用齿轮7。

[0059] 优选地,所述的动力装置系统进一步由伺服电机、同步电机驱动系统构成。

[0060] 优选地,所述的固定装置系统进一步包括固定台16、伸出轴9、传感器13,所述的固定台16跟随从动轴11转动,所述的固定台16将所述的传感器13固定于所述的检测专用齿轮7伸出轴的末端。

[0061] 优选地,所述的自动振动频率分析系统进一步包括总控制器、通讯总线、接口电路、显示器、电子控制单元、信号采集仪、DSP数字信号处理器、分析系统;所述的总控制器、通讯总线、接口电路、显示器、电子控制单元、信号采集仪、DSP数字信号处理器、分析系统通过接口电路与总控制器连接。

[0062] 优选地,所述的自动检测模块检测所述的振动频率分析系统的数据,且对特定频率的功率密度依据模糊原则进行判断,当认为该特定频率的功率密度达到使用者所设定的标准时,所述的自动检测模块报警,判定所述的待检测齿轮6有缺陷。

[0063] 优选地,所述的传感器13为扭矩传感器或转速传感器。

[0064] 优选地,所述的DSP数字信号处理器为KeyStone多核处理器C667x。

[0065] 请参阅图5,为本发明的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统手轮式齿轮检测安装平台。如图5所示,为了能准确判断安装距是否符合要求,设计了一个配合好齿轮安装的百分表8,处于该系统另一端,一般表头接触移动工作台端面时调零;当用于快速安装同类齿轮时,可将手轮2替换成运动控制自动定位系统。

[0066] 请参阅图6,为本发明的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统运动控制式齿轮检测安装平台。如图6所示,运动控制自动定位系统包括电机和电机控制装置,电机控制装置用于实现设定不同安装距情况下对电机的实时控制,满足自动找位的需要,快速装夹一对配合齿轮。动力装置系统12可由伺服电机代替,该动力装置提供给主动轴转动动力;为了使传感器13能达到一个较好的采集效果,一般要求动力源提供一个低速且均匀的转动。为了让伸出轴避免其他信号的干扰,特别设计了起到降低外界干扰作用的跟随从动轴转动的固定台16;为了满足在齿轮啮合传动过程中每一个齿啮合状态时的信号都能采集的要求,传感器13必须是高精度度,采集效率高的扭矩传感器或转速传感器。

[0067] 本发明所提供的基于振动频率分析的齿轮缺陷快速检测系统及方法,检测齿轮缺陷效率高,精准度高检测标准一致性好,操作简单,检测齿轮类型广。

[0068] 应当理解的是,本发明的应用不限于上述的举例,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

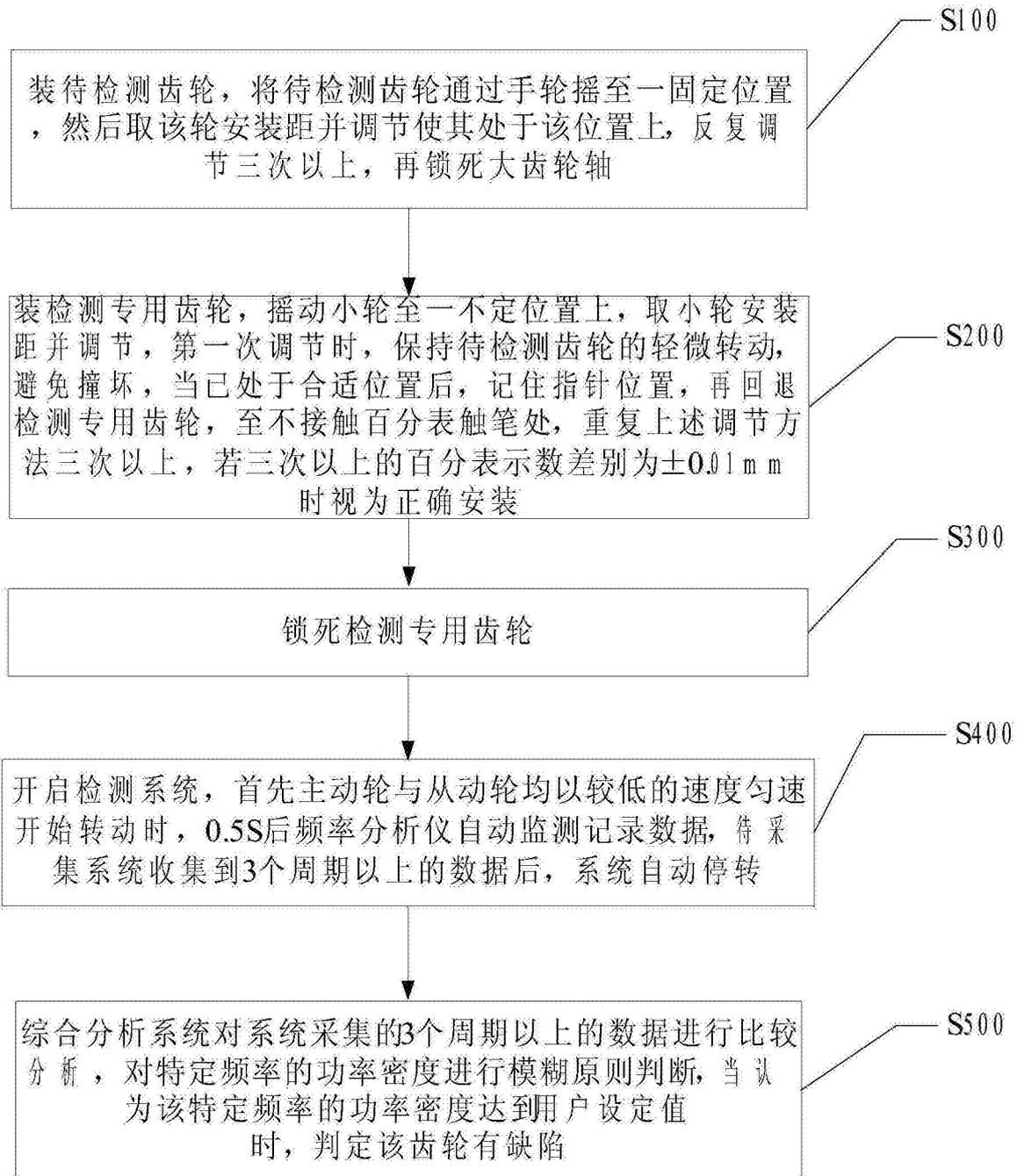


图1

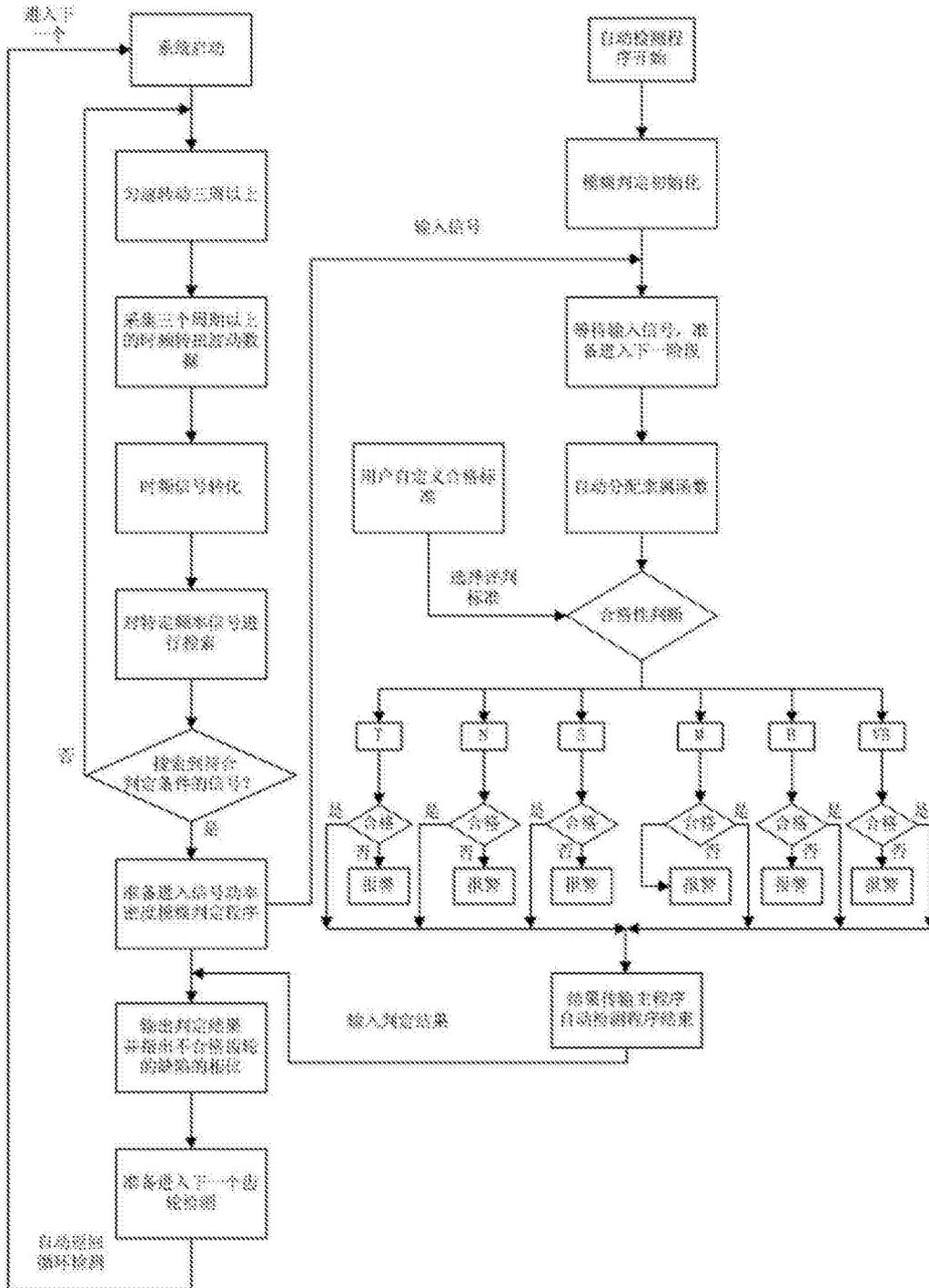


图2

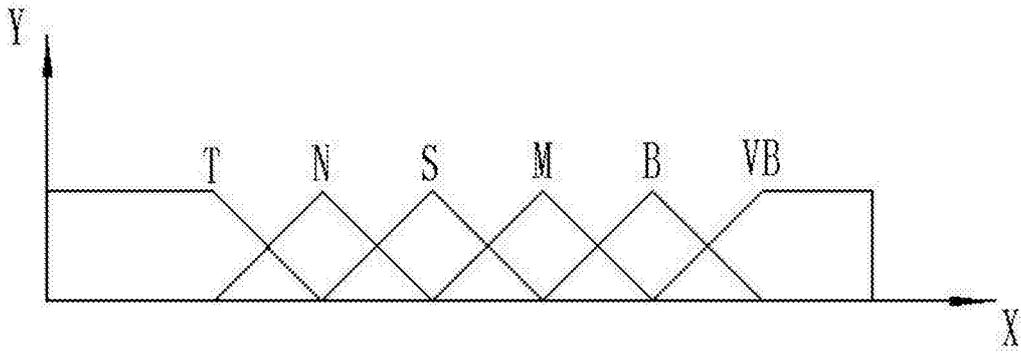


图3

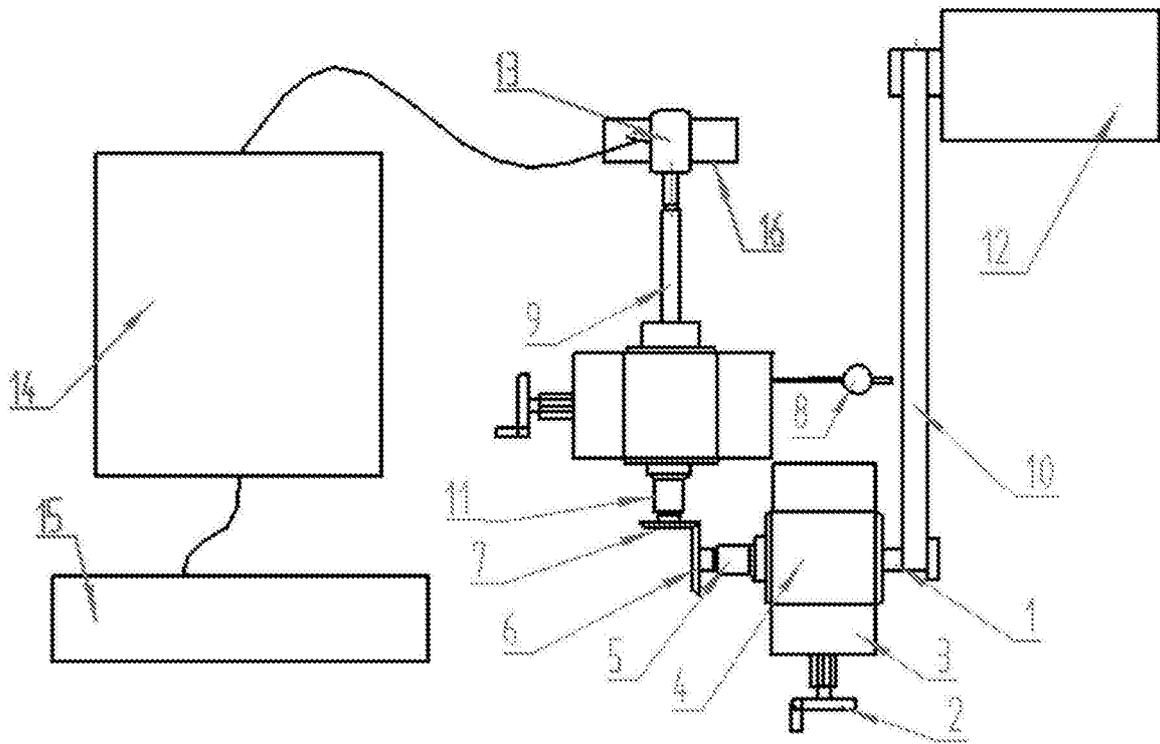


图4

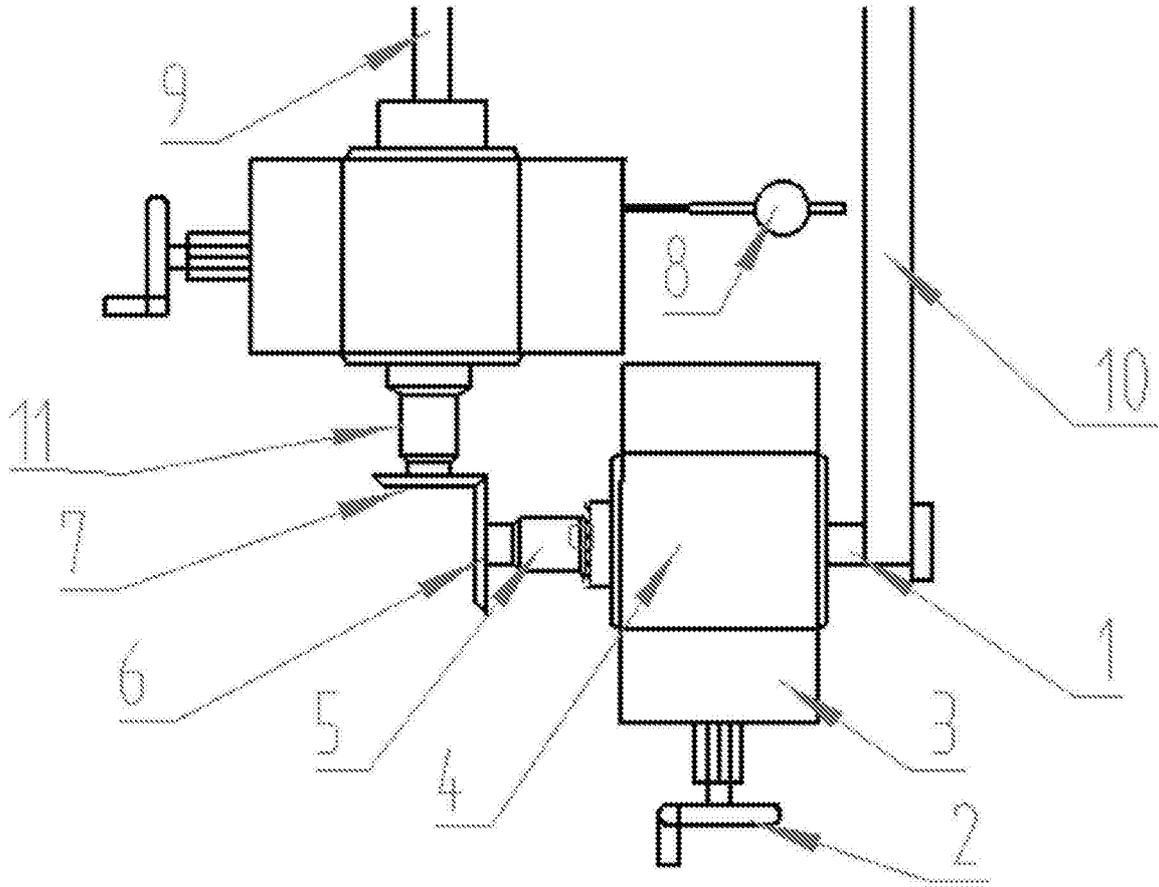


图5

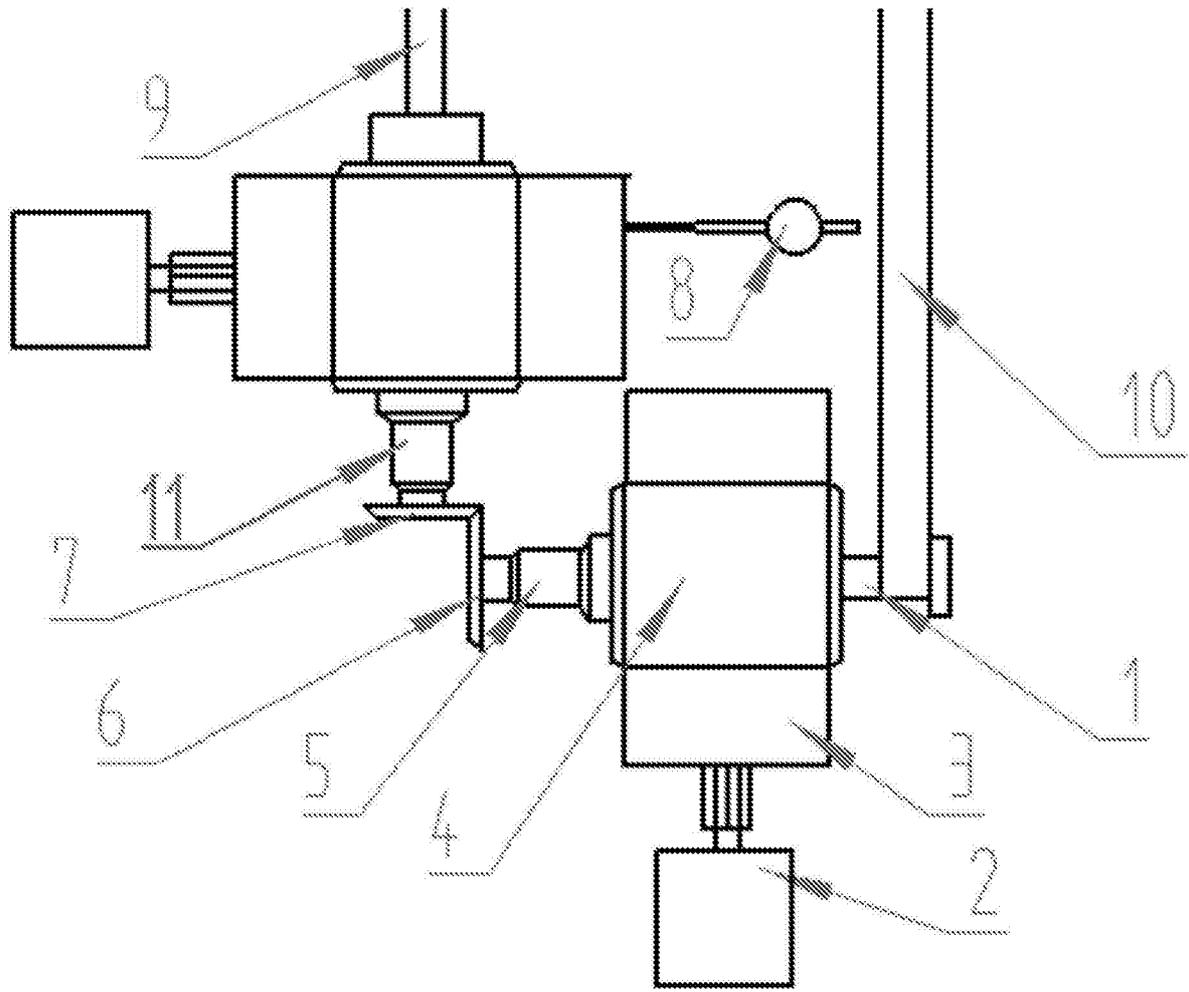


图6