



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112378564 B

(45) 授权公告日 2022. 05. 13

(21) 申请号 202011279453.4

(22) 申请日 2020.11.16

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112378564 A

(43) 申请公布日 2021.02.19

(73) 专利权人 北京航空航天大学
地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72) 发明人 杨丽曼 郭旭泽 李运华

(74) 专利代理机构 北京慕达星云知识产权代理
事务所(特殊普通合伙)
11465
专利代理师 姜海荣

(51) Int. Cl.
G01L 5/1627 (2020.01)
G01M 13/00 (2019.01)

(56) 对比文件

- CN 102677736 A, 2012.09.19
- CN 106103849 A, 2016.11.09
- CN 106968289 A, 2017.07.21
- CN 107389251 A, 2017.11.24
- CN 209486873 U, 2019.10.11
- CN 110793694 A, 2020.02.14
- CN 111395423 A, 2020.07.10
- EP 1403630 A2, 2004.03.31

李鹏波. 挖掘机工作装置载荷谱测试方法研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程技术II辑》.2017,
靳海军. 大型挖掘机斗齿定位监测系统研究.《工程机械》.2019,第50卷(第11期),
审查员 肖红霞

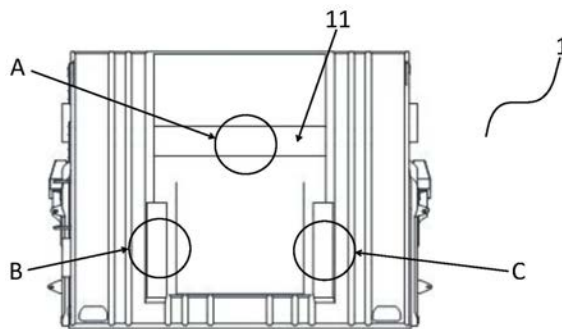
权利要求书1页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统及其识别方法

(57) 摘要

本发明公开了一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统及其识别方法,铲斗具有第一销轴和两个第一销孔;第一销轴与斗杆上的第二销孔连接;两个第一销孔分别通过两个第二销轴与两个驱动液压缸连接;第一销轴和第二销轴的表面均布置安装有双向销轴传感器,双向销轴传感器测量竖直作用力和水平作用力;通过第一销轴上的双向销轴传感器监测的作用力,判断是否有斗齿产生磨损或损坏,通过两个第二销轴上的双向销轴传感器监测的作用力进行对比,判断产生磨损或损坏的斗齿。本发明利用斗齿与铲斗的销轴之间的力矩传递关系和销轴载荷的空间分布模型构建空间斗齿实时故障监测系统,通过销轴上载荷分布异常信息的判断,实时进行故障的识别和定位。



1. 一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统,包括铲斗;所述铲斗(1)具有第一销轴(11)和对称布置的两个第一销孔(12);所述第一销轴(11)与斗杆(2)上的第二销孔(21)连接;两个所述第一销孔(12)分别通过两个第二销轴(3)与两个驱动液压缸连接;其特征在于:所述第一销轴(11)和第二销轴(3)的表面均布置安装有双向销轴传感器(4),所述双向销轴传感器(4)与相应的所述第一销孔(12)和第二销孔(21)的内壁接触感应,并测量所述铲斗(1)工作状态下竖直方向的作用力和所述铲斗(1)工作方向的水平作用力;所述第一销轴(11)上布置的所述双向销轴传感器(4)的数量为一个,且位于所述第一销轴(11)的轴向中点;两个所述第二销轴(3)上布置的所述双向销轴传感器(4)的数量均为两个,且在所述第二销轴(3)的轴向中点两侧对称布置;所述铲斗(1)的斗齿(13)数量为6个;所述双向销轴传感器(4)包括Y轴应变片组(41)和Z轴应变片组(42);所述Y轴应变片组(41)和Z轴应变片组(42)均为由四个应变片(43)组成的电阻桥结构;所述Y轴应变片组(41)用于测量所述铲斗(1)工作状态下竖直方向的作用力,所述Z轴应变片组(42)用于测量所述铲斗(1)工作方向的水平作用力;所述第一销轴(11)和第二销轴(3)的表面均周向开设有环形安装槽(5);单个所述环形安装槽(5)用于安装一套所述Y轴应变片组(41)和Z轴应变片组(42);所述Y轴应变片组(41)内的四个所述应变片(43)和所述Z轴应变片组(42)内的四个所述应变片(43)分别在垂直交叉的两个平面内布置;所述电阻桥结构中的四个所述应变片(43)平均分为两组,每组的两个所述应变片(43)沿所述第一销轴(11)或第二销轴(3)的轴向方向依次布置,且两组所述应变片(43)沿所述第一销轴(11)或第二销轴(3)的轴线对称布置;

S1、通过第一销轴(11)上的双向销轴传感器(4)监测的作用力,判断是否有斗齿(13)产生磨损或损坏,若产生磨损或损坏,则进行步骤S2,若无磨损或损坏,识别结束;

S2、以铲斗(1)的工作方向对称划分两组斗齿(13),通过两个第二销轴(3)上的双向销轴传感器(4)监测的作用力进行对比,判断两组斗齿(13)中哪一组产生磨损或损坏,并进行步骤S3;

S3、通过对第二销轴(3)上的双向销轴传感器(4)监测的作用力进行对比,判断产生磨损或损坏的斗齿(13),识别结束。

2. 根据权利要求1所述的一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统,其特征在于,在步骤S1中:第一销轴(11)上的双向销轴传感器(4)监测的作用力与斗齿(13)在未发生磨损状态下第一销轴(11)所受的载荷值进行对比,对斗齿(13)是否产生磨损或损坏进行判断。

3. 根据权利要求1所述的一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统,其特征在于,在步骤S2中:第二销轴(3)上的双向销轴传感器(4)监测的作用力与斗齿(13)正常作业状态的受力阈值进行对比。

4. 根据权利要求1所述的一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统,其特征在于,在步骤S3中:第二销轴(3)上的双向销轴传感器(4)监测的作用力与斗齿(13)正常作业状态的受力阈值进行对比。

矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统及其识别方法

技术领域

[0001] 本发明涉及挖掘机技术领域,具体说是关于特大型矿用正铲挖掘机对工作装置的斗齿发生磨损或断裂导致斗齿故障的监测和判断,更具体的说是涉及一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统及其识别方法。

背景技术

[0002] 特大型矿用正铲挖掘机的装机功率大,生产效率高,作业稳定,广泛应用于煤矿石露天开采作业。而随着露天采矿规模的日益扩大,挖掘机的安全有效地作业已成为露天开采作业关注的重点之一。根据对挖掘机故障情况统计,挖掘机工作装置的故障占总故障率的65%。工作装置的斗齿安装在铲斗的最前边,属于悬梁臂结构,在作业过程中直接与煤矿石接触,受到的载荷复杂多变,包含较大的冲击载荷、弯矩等,其发生故障的概率更大。因此,斗齿是挖掘作业的关键,其健康状态将直接决定矿用挖掘机能否长期、稳定地工作。

[0003] 由于特大型矿用正铲挖掘机工作装置较为庞大,且斗齿安装在铲斗的最前端,挖掘机操作人员视野受限,无法用肉眼直接观测到发生故障的斗齿;同时,特大型矿用挖掘机工作装置的作业环境极为恶劣,若工作人员站在工作装置前端检查斗齿是否发生故障,易造成安全隐患;若在铲斗的上部加装视觉传感器,虽然可以对各个斗齿直接进行监测,但挖掘过程中矿山的煤矿石滑落容易对传感器造成损坏。

[0004] 目前,针对特大型矿用挖掘机工作装置斗齿的故障类型,快速准确地找到故障源是挖掘机工作装置斗齿故障研究的研究重点之一。中国矿业大学的周凌威针对斗齿常发生磨损、断裂、脱落等故障,提出一种斗齿故障检测系统,选用合适的摄像头,结合深度学习的目标检测算法以及图像处理技术,对斗齿故障检测算法进行研究,但工程实际中摄像头的安装和防护存在限制,挖掘过程中煤矿石滑落容易对传感器造成损坏;靳海军等设计了一种电铲斗齿定位系统,以现有斗齿无线定位监测技术为基础,通过改变信号报警方式及射频信号发射装置固定安装方式,在斗齿工作部位的内部设计安装射频信号发射装置的内腔,当发生斗齿断裂时,射频信号发射装置会通过定位找到发生故障的斗齿的位置。但射频信号易受干扰,且信号强度偏弱,报警信息延迟,射频信号发射装置安装固定不牢;除此之外,大多数对斗齿故障的检测主要依靠人工实地检查,这样不仅费时费力,而且容易造成安全隐患。可见,目前对斗齿故障检测主要的视觉图像处理、视频信号定位和人工检测方式,都存在一定的局限性。

[0005] 因此,如何提供一种智能程度高、安全性强的斗齿实时故障监测系统及其识别方法,是本领域技术人员亟需解决的问题。

发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明提供了一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统及其识别方法,旨在解决上述技术问题。

[0007] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0008] 一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统,包括铲斗;所述铲斗具有第一销轴和对称布置的两个第一销孔;所述第一销轴与斗杆上的第二销孔连接;两个所述第一销孔分别通过两个第二销轴与两个驱动液压缸连接;其特征在于:所述第一销轴和第二销轴的表面均布置安装有双向销轴传感器,所述双向销轴传感器与相应的所述第一销孔和第二销孔的内壁接触感应,并测量所述铲斗工作状态下竖直方向的作用力和所述铲斗工作方向的水平作用力。

[0009] 通过上述技术方案,本发明的主要思路是在铲斗的销轴上布置一套能够检测双向力的多组销轴传感器,利用斗齿与铲斗的销轴之间的力矩传递关系和销轴载荷的空间分布模型构建一种特大型矿用挖掘机的空间斗齿实时故障监测系统,通过销轴上载荷分布异常信息的判断,实时进行故障的识别和定位,智能化程度高,安全性能高。

[0010] 优选的,在上述一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统中,所述第一销轴上布置的所述双向销轴传感器的数量为一个,且位于所述第一销轴的轴向中点;两个所述第二销轴上布置的所述双向销轴传感器的数量均为两个,且在所述第二销轴的轴向中点两侧对称布置。本发明提出的双向销轴传感器设置为五组,可以比较精确地确定故障斗齿的位置,帮助维修人员尽快对斗齿修复。

[0011] 优选的,在上述一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统中,所述铲斗的斗齿数量为6个。本发明利用五组双向销轴传感器能够对6个斗齿的故障进行精准识别,结构简单,使用效果好。

[0012] 优选的,在上述一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统中,所述双向销轴传感器包括Y轴应变片组和Z轴应变片组;所述Y轴应变片组和Z轴应变片组均为由四个应变片组成的电阻桥结构;所述Y轴应变片组用于测量所述铲斗工作状态下竖直方向的作用力,所述Z轴应变片组用于测量所述铲斗工作方向的水平作用力。本发明提出的双向销轴传感器只需加装五组,共计40个应变片,投入的成本较低。

[0013] 优选的,在上述一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统中,所述第一销轴和第二销轴的表面均周向开设有环形安装槽;单个所述环形安装槽用于安装一套所述Y轴应变片组和Z轴应变片组;所述Y轴应变片组内的四个所述应变片和所述Z轴应变片组内的四个所述应变片分别在垂直交叉的两个平面内布置。双向销轴传感器有效地利用了特大型矿用挖掘机铲斗销轴孔的空间,使工作装置更为智能化和高效化。

[0014] 优选的,在上述一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统中,所述电阻桥结构中的四个所述应变片平均分为两组,每组的两个所述应变片沿所述第一销轴或第二销轴的轴向方向依次布置,且两组所述应变片沿所述第一销轴或第二销轴的轴线对称布置。布置结构简单有效,使用效果好。

[0015] 本发明还提供了一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统的识别方法,包括以下步骤:

[0016] S1、通过第一销轴上的双向销轴传感器监测的作用力,判断是否有斗齿产生磨损或损坏,若产生磨损或损坏,则进行步骤S2,若无磨损或损坏,识别结束;

[0017] S2、以铲斗的工作方向对称划分两组斗齿,通过两个第二销轴上的双向销轴传感器监测的作用力进行对比,判断两组斗齿中哪一组产生磨损或损坏,并进行步骤S3;

[0018] S3、通过对第二销轴上的双向销轴传感器监测的作用力进行对比,判断产生磨损

或损坏的斗齿,识别结束。

[0019] 通过上述技术方案,本发明提供的识别方法中各个斗齿的故障识别是双向销轴传感器测取载荷值的相对大小的原理,不涉及复杂的算法,根据简单的逻辑判断可确定斗齿是否发生故障以及故障斗齿的位置,简单易懂,应用性和推广性更强。

[0020] 优选的,在上述一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统的识别方法中,在步骤S1中:第一销轴上的双向销轴传感器监测的作用力与斗齿在未发生磨损状态下第一销轴所受的载荷值进行对比,对斗齿是否产生磨损或损坏进行判断;在步骤S2中:第二销轴上的双向销轴传感器监测的作用力与斗齿正常作业状态的受力阈值进行对比;在步骤S3中:第二销轴上的双向销轴传感器监测的作用力与斗齿正常作业状态的受力阈值进行对比。故障识别是双向销轴传感器测取载荷值的相对大小的原理,不涉及复杂的算法,判断简单有效。

[0021] 经由上述的技术方案可知,与现有技术相比,本发明公开提供了一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统及其识别方法,具有以下有益效果:

[0022] 1、具备斗齿故障监测的实时性:在特大型矿用正铲挖掘机工作装置的整个作业过程中,本发明可以实时的对铲斗的六个斗齿进行故障监测。监测斗齿故障后,及时停止作业,工作人员对斗齿检修,以减少挖掘机动力能源的浪费,提高矿用挖掘机的工作效率。

[0023] 2、能够精确地识别故障斗齿的位置:根据本发明提出的双向销轴传感器可以比较精确地确定故障斗齿的位置,帮助维修人员尽快对斗齿修复。

[0024] 3、需要耗费的财力较少且销轴空间有效的被利用:本发明提出的双向销轴传感器只需加装五组,共计40个应变片,投入的成本较低。同时,双向销轴传感器有效地利用了特大型矿用挖掘机铲斗销孔的空间,使工作装置更为智能化和高效化。

[0025] 4、故障识别的原理与流程简单易懂:在斗齿故障流程图中,各个斗齿的故障识别是双向销轴传感器测取载荷值的相对大小的原理,不涉及复杂的算法,根据简单的逻辑判断可确定斗齿是否发生故障以及故障斗齿的位置,简单易懂,应用性和推广性更强。

附图说明

[0026] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0027] 图1附图为现有的铲斗的结构分解图;

[0028] 图2附图为现有的铲斗的第一销轴和第二销轴受力的侧视图;

[0029] 图3附图为现有的铲斗的第一销轴和第二销轴受力的俯视图;

[0030] 图4附图为现有的铲斗的第一销轴和第二销轴受力简化到铲斗前侧的斗齿中心的示意图;

[0031] 图5附图为现有的铲斗斗齿磨损的各个级别的示意图;

[0032] 图6附图为利用EDEM模拟不同磨损等级的斗齿所受载荷的示意图;

[0033] 图7附图为不同磨损等级斗齿载荷的均值示意图;

[0034] 图8附图为不同磨损等级斗齿载荷的方差示意图;

- [0035] 图9附图为本发明提供的矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统的安装位置示意图；
- [0036] 图10附图为本发明提供的图9中局部A处第一销轴安装双向销轴传感器的示意图；
- [0037] 图11附图为本发明提供的图9中局部B和C处第二销轴安装双向销轴传感器的示意图；
- [0038] 图12附图为本发明提供的第一销轴或第二销轴安装双向销轴传感器的截面图；
- [0039] 图13附图为本发明提供的电阻桥结构的桥路示意图；
- [0040] 图14附图为本发明提供的矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统的识别方法的流程图。
- [0041] 其中：
- [0042] 1-铲斗；
- [0043] 11-第一销轴；12-第一销孔；13-斗齿；
- [0044] 2-斗杆；
- [0045] 21-第二销孔；
- [0046] 3-第二销轴；
- [0047] 4-双向销轴传感器；
- [0048] 41-Y轴应变片组；42-Z轴应变片组；43-应变片；
- [0049] 5-环形安装槽。

具体实施方式

[0050] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅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。

[0051] 参见附图1和附图9，本发明实施例公开了一种矿用正铲挖掘机空间斗齿实时故障监测系统，包括铲斗；铲斗1具有第一销轴11和对称布置的两个第一销孔12；第一销轴11与斗杆2上的第二销孔21连接；两个第一销孔12分别通过两个第二销轴3与两个驱动液压缸连接；其特征在于：第一销轴11和第二销轴3的表面均布置安装有双向销轴传感器4，双向销轴传感器4与相应的第一销孔12和第二销孔21的内壁接触感应，并测量铲斗1工作状态下竖直方向的作用力和铲斗1工作方向的水平作用力。

[0052] 特大型矿用挖掘机工作装置的斗齿发生磨损或断裂导致斗齿故障时，斗齿与煤矿石堆的正向接触面增大，导致故障斗齿受到的载荷增大。由于斗齿受到的载荷与铲斗上各个销轴之间存在一定的力矩传递关系，力矩转移矩阵为T，当斗齿受损后载荷增大，经过力矩传递矩阵后导致销轴受力和力矩发生相应的增加。正常的斗齿与由于磨损或断裂发生故障的斗齿，如图5所示。

[0053] 参见附图2至附图4，在侧视图中，下侧的两个第一销孔12中心的X向距离为l。左侧的第二销轴3各个方向的力分别为： F_{XL} 、 F_{YL} 和 F_{ZL} ；右侧的第二销轴3受力分别为： F_{XR} 、 F_{YR} 和 F_{ZR} ；上部的第一销轴11受力分别为： F_{X1} 和 F_{Y1} 。将各个销轴的受力简化到铲斗前侧的斗齿中心，简化方式是利用公式(1.1)中的力矩转移矩阵T，得到 F_X 、 F_Y 、 F_Z 、 M_Z 、 M_Y 。经过计算得到销轴

与斗齿之间的力关系如下：

[0054] $F_M = T \cdot F$ 公式(1.1)

[0055] 其中,记 $F = [F_{ZL} \ F_{YL} \ F_{XL} \ F_{ZR} \ F_{YR} \ F_{XR} \ F_{Zl} \ F_{Yl}]^T$, $F_M = [F_Z \ F_Y \ F_X \ M_Z \ M_Y]$,

[0056] $T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0.5l & 0 & 0 & -0.5l & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & l & 0 & 0 & -0.5l & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ 。

[0057] 在上式中可以发现,斗齿受到的载荷增加时,销轴的力也相应地变大。故若其中某个斗齿发生故障,导致其所受载荷变大,反映在铲斗的销轴上,引起侧向力矩变大。利用EDEM对不同磨损程度的斗齿进行离散元颗粒仿真,发现随着斗齿磨损程度的加深,其所受的挖掘阻力逐渐增大。斗齿磨损的三维模型如图5所示。

[0058] 对斗齿的磨损机理进行分析发现,斗齿磨损后,由于其与物料堆的接触面积增加,导致其挖掘阻力增大。为此,利用EDEM模拟不同磨损等级的斗齿所受载荷,如图6所示。

[0059] 计算上述各个磨损等级斗齿载荷的均值和方差,得到图7和图8。

[0060] 从图7和图8中可以发现,磨损等级越高,斗齿所受载荷的均值和方差越大,磨损等级为IV级和V级的斗齿所受载荷的均值大约是未发生磨损或磨损等级较低的斗齿所受载荷均值的3~6倍,可根据斗齿载荷的这个特点对发生故障的斗齿进行识别。因对上述监测过程,利用斗齿与铲斗的销轴之间的力矩传递关系和销轴载荷的空间分布模型,实时识别斗齿故障状态。当斗齿发生严重磨损或断裂时,通过载荷分布异常信息的判断,实时进行故障识别和定位。若监测到斗齿发生故障,需要及时地停止挖掘作业,对斗齿进行维修。

[0061] 为了进一步优化上述技术方案,第一销轴11上布置的双向销轴传感器4的数量为一个,且位于第一销轴11的轴向中点;两个第二销轴3上布置的双向销轴传感器4的数量均为两个,且在第二销轴3的轴向中点两侧对称布置。

[0062] 为了进一步优化上述技术方案,铲斗1的斗齿13数量为6个。

[0063] 为了进一步优化上述技术方案,双向销轴传感器4包括Y轴应变片组41和Z轴应变片组42;Y轴应变片组41和Z轴应变片组42均为由四个应变片43组成的电阻桥结构;Y轴应变片组41用于测量铲斗1工作状态下竖直方向的作用力,Z轴应变片组42用于测量铲斗1工作方向的水平作用力。

[0064] 为了进一步优化上述技术方案,第一销轴11和第二销轴3的表面均周向开设有环形安装槽5;单个环形安装槽5用于安装一套Y轴应变片组41和Z轴应变片组42;Y轴应变片组41内的四个应变片43和Z轴应变片组42内的四个应变片43分别在垂直交叉的两个平面内布置。

[0065] 为了进一步优化上述技术方案,电阻桥结构中的四个应变片43平均分为两组,每组的两个应变片43沿第一销轴11或第二销轴3的轴向方向依次布置,且两组应变片43沿第一销轴11或第二销轴3的轴线对称布置。

[0066] 传统的三向销轴传感器应变片组桥来测某方向的力,其只能测取单个销轴中一组X,Y和Z方向受力,此种销轴传感器测取的关于斗齿与销轴之间的映射关系的信息较少,需要改进销轴传感器的应变片电阻布局方式,在相同销轴空间下尽可能多地测取多组销轴载

荷,利用各组载荷之间的差值阈值对故障斗齿的空间位置进一步识别。

[0067] 本发明提供的四个应变片组桥可以分别测得每个方向的应力载荷,组桥方式如图13所示。

[0068] 大型矿用挖掘机工作装置的铲斗一般由3个销轴来固定,即左、右的驱动液压缸与铲斗1的两个第一销孔12的铰接点,以及斗杆2与铲斗1的铰接点。故障斗齿的位置将影响销轴上的载荷,反之通过监测到的载荷分布可以识别斗齿故障及定位。

[0069] 本文设计了五组双向销轴传感器4,其中双向指的是传感器可以测出Y方向和Z方向的受力,五组指的是在3个销轴的相应位置布置了五组应变片,传感器布置方案如图9至图12所示。即测取空间五个点位的Y方向的受力载荷和Z方向的受力载荷,每组电阻桥结构如图13所示。

[0070] 由于斗齿13磨损或者断裂而发生故障时,斗齿13的正向的接触面积增加,由离散元仿真发现其在相同的挖掘速度和工况下,发生故障的斗齿13所受水平和竖直阻力载荷增加,引起铲斗1的单侧挖掘阻力增加。另外,特大型矿用挖掘机工作装置作业过程中铲斗1受到正载、偏载和侧载作用于动臂与铲斗1的两个铰接点处。本发明提出的双向五组销轴传感器系统是在挖掘机铲斗的是三个销轴上分别布置传感器,如图9所示。

[0071] 如图9所示,为了方便区分每组传感器以及下文的叙述,在此,以图9中的结构和方向进行定义:下方左侧的第二销轴3上,左侧的双向销轴传感器4为第一组,右侧的双向销轴传感器4为第二组;下方右侧的第二销轴3上,左侧的双向销轴传感器4为第三组,右侧的双向销轴传感器4为第四组;第一销轴11上的双向销轴传感器4为第五组。每组传感器均可以测出销孔Y方向和Z方向的受力载荷。通过实时监测和比较左右销孔的四组传感器、动臂与铲斗销轴孔的一组传感器的测量值,对各个斗齿进行故障监测,各个销孔测取的载荷如下表所示。

[0072] 表1各个销孔测取的载荷

五组传感器	测取载荷名称及符号	测取载荷名称及符号
第1组	F_{y1L} ,第1组测取Y方向载荷	F_{z1L} ,第1组测取Z方向载荷
第2组	F_{y1R} ,第2组测取Y方向载荷	F_{z1R} ,第2组测取Z方向载荷
第3组	F_{y2L} ,第3组测取Y方向载荷	F_{z2L} ,第3组测取Z方向载荷
第4组	F_{y2R} ,第4组测取Y方向载荷	F_{z2R} ,第4组测取Z方向载荷
第5组	F_{y3} ,第5组测取Y方向载荷	F_{z3} ,第5组测取Z方向载荷

[0074] 假设上述表格中的载荷数据在双向销轴传感器4测试下已经获得,即 F_{y1L} 、 F_{z1L} 、 F_{y1R} 、 F_{z1R} 、 F_{y2L} 、 F_{z2L} 、 F_{y2R} 、 F_{z2R} 、 F_{y3} 、 F_{z3} 为已知量,则双向销轴传感器4测取上述载荷间接计算得到以下变量:

$$[0075] \quad F_{y1} = \frac{1}{2}(F_{y1L} + F_{y1R})$$

$$[0076] \quad F_{z1} = \frac{1}{2}(F_{z1L} + F_{z1R})$$

$$[0077] \quad F_{y2} = \frac{1}{2}(F_{y2L} + F_{y2R})$$

$$[0078] \quad F_{z2} = \frac{1}{2}(F_{z2L} + F_{z2R})$$

[0079] 铲斗1各个斗齿13的故障状态的具体识别流程如下图14所示。

[0080] 第一步,首先判断第5组传感器测得的 F_{y3} 和 F_{z3} 相较于以往作业的 \bar{F}_{y3} 和 \bar{F}_{z3} 。 \bar{F}_{y3} 和 \bar{F}_{z3} 分别代表了斗齿13在没有发生磨损状态下第一销轴11所受的Y方向和Z方向的载荷值。各自的差值 $F_{y3} - \bar{F}_{y3} = \Delta F_{y3}$ 和 $F_{z3} - \bar{F}_{z3} = \Delta F_{z3}$ 是否一直高于各自的阈值 δ_{y3} 和 δ_{z3} 。若 $\Delta F_{y3} > \delta_{y3}$ 或 $\Delta F_{z3} > \delta_{z3}$,则可初步判定铲斗1的六个斗齿13中至少有一个发生故障,进入第二步;若否,则退出判定流程,斗齿13均为未发生故障。

[0081] 第二步,第一组和第二组传感器测取Y与Z方向的受力载荷计算得到的 F_{y1} 和 F_{z1} ,双第三组和第四组传感器测取Y与Z方向的受力载荷计算得到的 F_{y2} 和 F_{z2} ,判断 F_{y1} 是否与 F_{y2} 差值 $F_{y1} - F_{y2} = \Delta F_{y12}$ 高于正常作业的阈值 δ_{y12} ,或判断 F_{z1} 是否与 F_{z2} 差值 $F_{z1} - F_{z2} = \Delta F_{z12}$ 高于正常作业的阈值 δ_{z12} 。若 $\Delta F_{y12} > \delta_{y12}$,或 $\Delta F_{z12} > \delta_{z12}$,则铲斗1左侧3个斗齿13中至少有一个发生故障,进入第三步;若 $\Delta F_{y12} < \delta_{y12}$,或 $\Delta F_{z12} < \delta_{z12}$,则铲斗1右侧3个斗齿13中至少有一个发生故障,进入第四步。

[0082] 第三步, $\Delta F_{y12} > \delta_{y12}$,或 $\Delta F_{z12} > \delta_{z12}$,铲斗1左侧三个斗齿13中至少有一个发生故障。若 F_{y1L} 与 F_{y1R} 之间的差值 $F_{y1L} - F_{y1R} = \Delta F_{y1}$ 大于正常作业的阈值 δ_{y1} ,或 F_{z1L} 与 F_{z1R} 之间的差值 $F_{z1L} - F_{z1R} = \Delta F_{z1}$ 大于正常作业的阈值 δ_{z1} ,则铲斗1左侧的第6号斗齿发生故障,进入第五步;若 $\Delta F_{y1} < \delta_{y1}$,或 $\Delta F_{z1} < \delta_{z1}$,则铲斗1左侧的第4号斗齿发生故障,进入第五步;若 $\Delta F_{y1} \in (0, \delta_{ay}]$ 和 $\Delta F_{z1} \in (0, \delta_{az}]$,即 ΔF_{y1} 和 ΔF_{z1} 在一个很小的范围内,则铲斗1左侧的第5号斗齿故障,进入第五步。

[0083] 第四步, $\Delta F_{y12} < \delta_{y12}$,或 $\Delta F_{z12} < \delta_{z12}$,铲斗1右侧三个斗齿13中至少有一个发生故障。若 F_{y2L} 与 F_{y2R} 之间的差值 $|F_{y2L} - F_{y2R}| = \Delta F_{y2}$ 大于正常作业的阈值 δ_{y2} ,或 F_{z2L} 与 F_{z2R} 之间的差值 $|F_{z2L} - F_{z2R}| = \Delta F_{z2}$ 大于正常作业的阈值 δ_{z2} ,则铲斗1右侧的第3号斗齿发生故障,进入第五步;若 $\Delta F_{y2} < \delta_{y2}$,或 $\Delta F_{z2} < \delta_{z2}$,则铲斗1右侧的第1号斗齿发生故障,进入第五步;若 $\Delta F_{y2} \in (0, \delta_{by}]$ 和 $\Delta F_{z2} \in (0, \delta_{bz}]$,即 ΔF_{y2} 和 ΔF_{z2} 在一个很小的范围内,则铲斗1右侧的第2号斗齿故障,进入第五步。

[0084] 第五步,斗齿故障识别结束。

[0085] 为了便于区分,以图9中的结构图定义从右向左的斗齿13依次为1-6号。

[0086] 上述中阈值 δ_{y3} 、 δ_{z3} 、 δ_{y12} 、 δ_{z12} 、 δ_{y1} 、 δ_{z1} 、 δ_{y2} 、 δ_{z2} 、 δ_{ay} 、 δ_{az} 、 δ_{by} 、 δ_{bz} 需要在仿真初始标定,然后在挖掘机的实际挖掘作业实验中进一步修改和确定。

[0087] (1) 仿真初始标定:

[0088] 在EDEM离散元仿真中直接获得各个斗齿的载荷数据,包括各个斗齿未发生故障和发生故障时斗齿的受力载荷,将载荷输入到上述模型中,根据力矩传递矩阵T计算斗齿故障与未发生的阈值 δ_{y3} 、 δ_{z3} 、 δ_{y12} 、 δ_{z12} 、 δ_{y1} 、 δ_{z1} 、 δ_{y2} 、 δ_{z2} 、 δ_{ay} 、 δ_{az} 、 δ_{by} 、 δ_{bz} 。

[0089] (2) 挖掘作业试验修改:

[0090] 与EDEM不同之处,在实际作业中采用双向销轴传感器4采集铲斗三个销轴的受力载荷,包括各个斗齿未发生故障和发生故障时斗齿的受力载荷,直接计算出 δ_{y3} 、 δ_{z3} 、 δ_{y12} 、 δ_{z12} 、 δ_{y1} 、 δ_{z1} 、 δ_{y2} 、 δ_{z2} 、 δ_{ay} 、 δ_{az} 、 δ_{by} 、 δ_{bz} 。

[0091] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的装置

而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0092] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

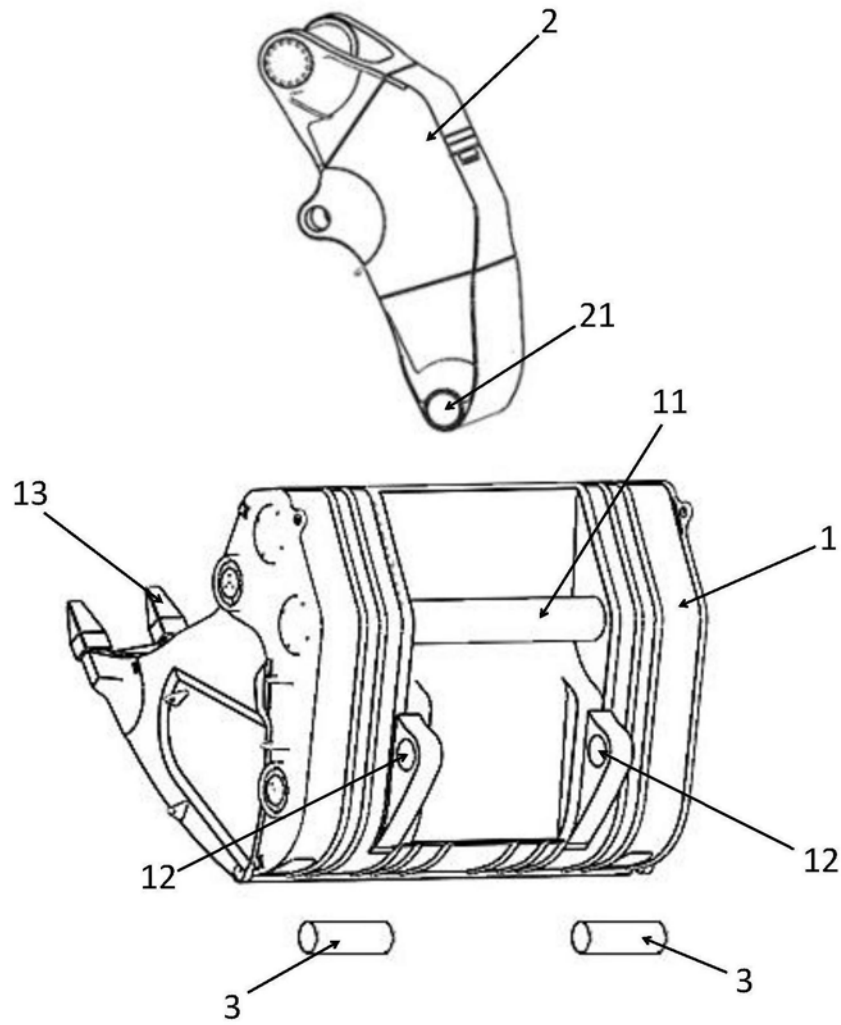


图1

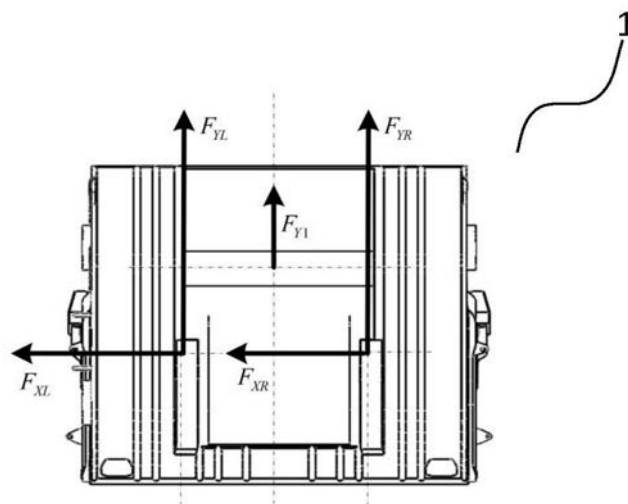


图2

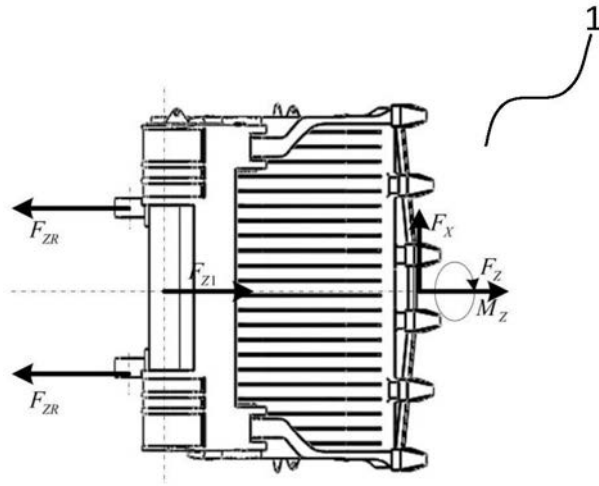


图3

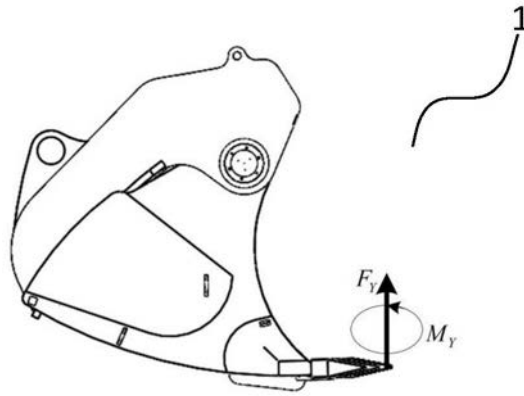


图4

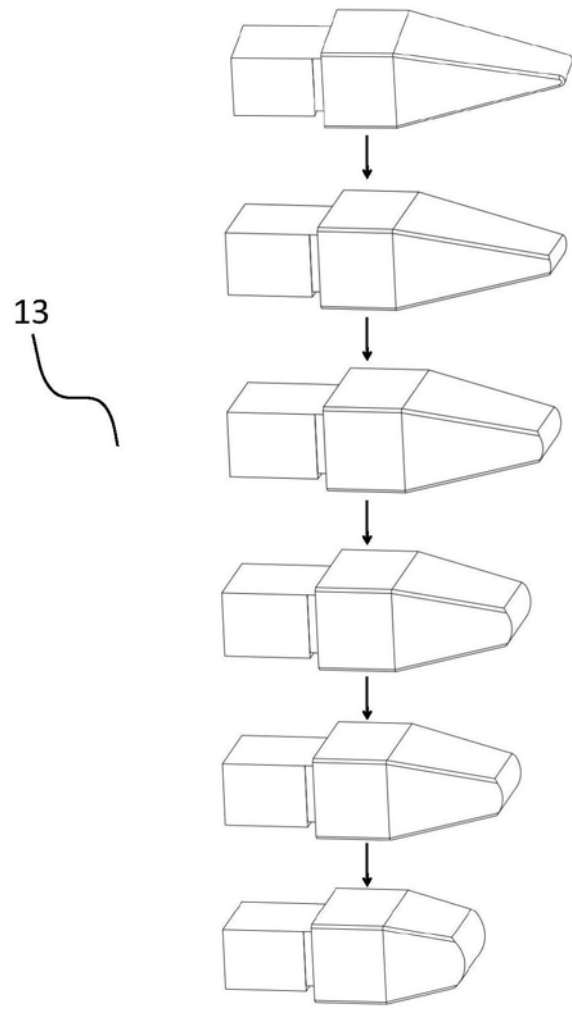


图5

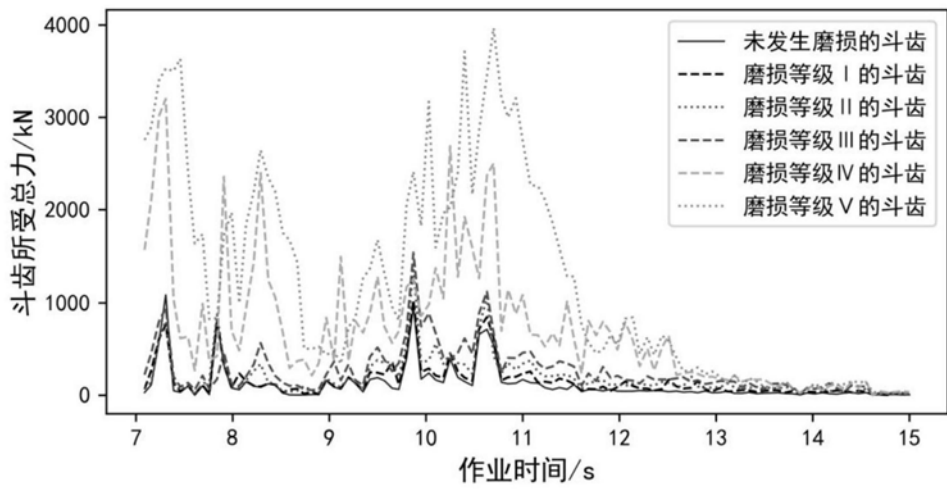


图6

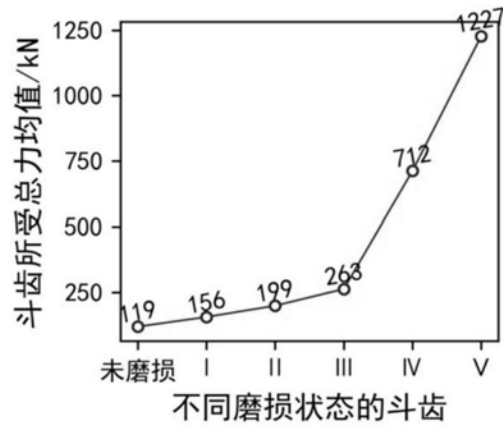


图7

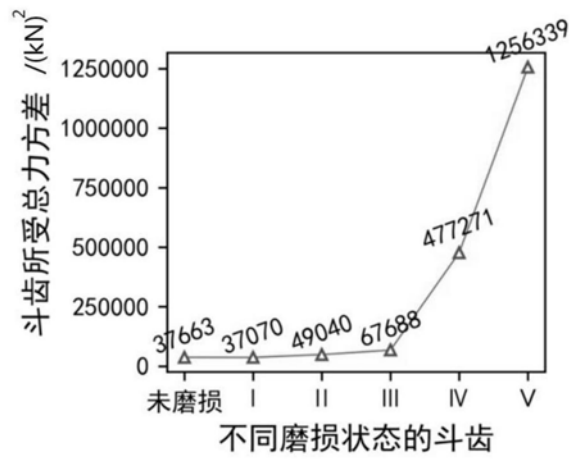


图8

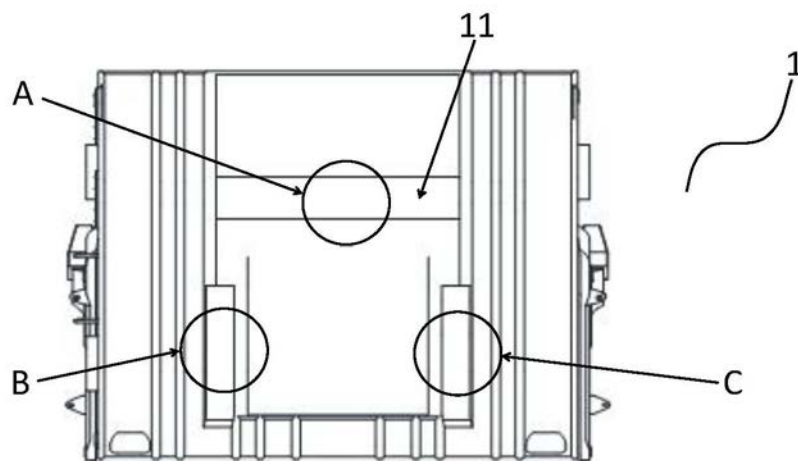


图9

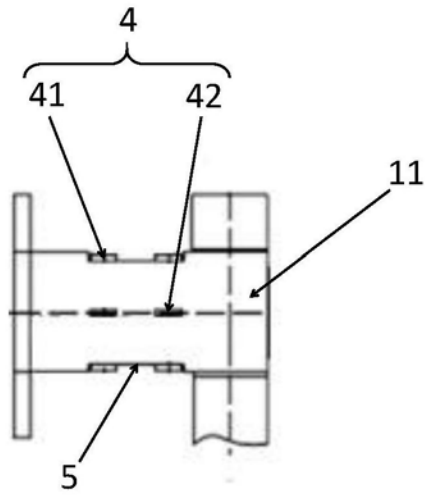


图10

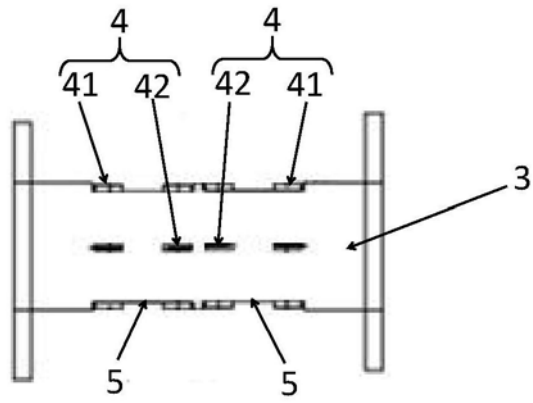


图11

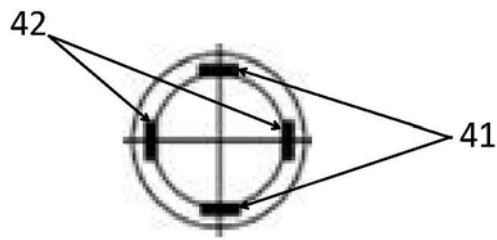


图12

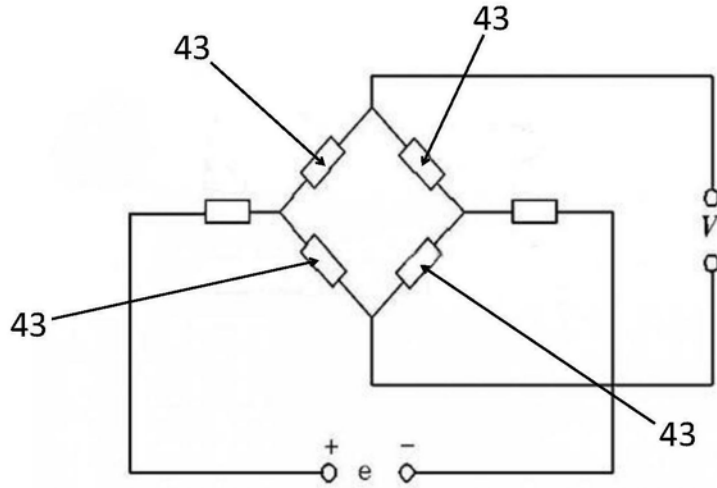


图13

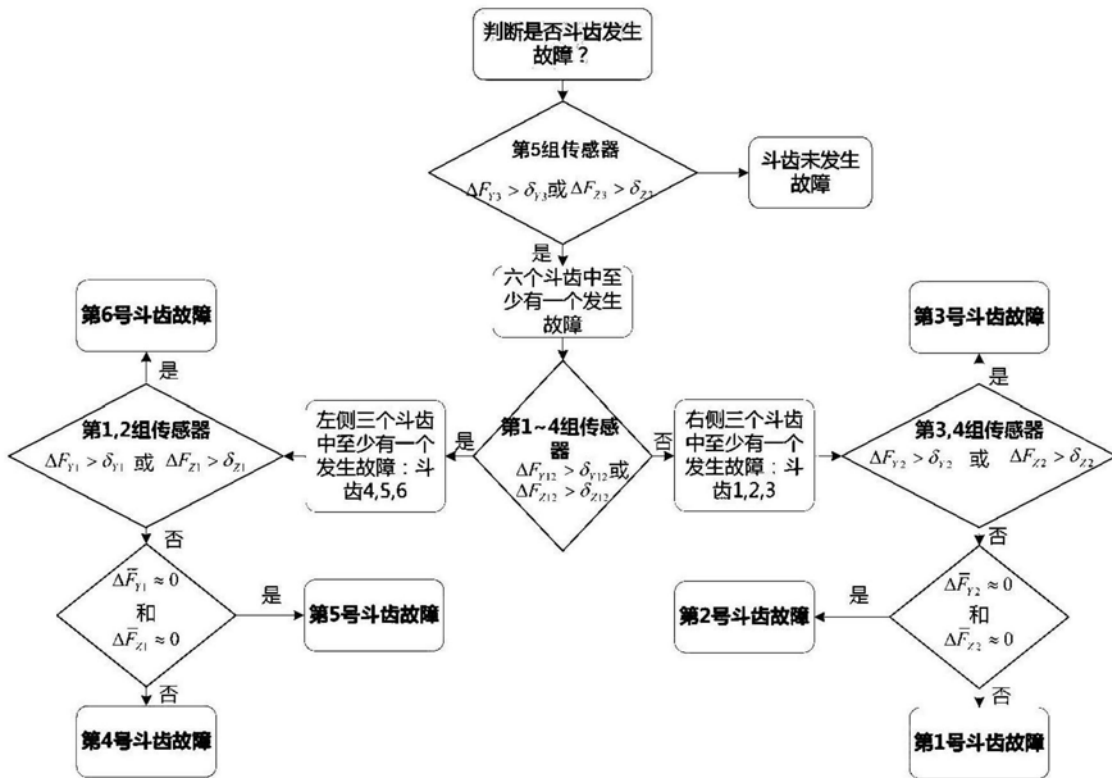


图14