



(12)发明专利



(10)授权公告号 CN 106582402 B

(45)授权公告日 2019.04.19

(21)申请号 201710058168.1

B01F 13/06(2006.01)

(22)申请日 2017.01.23

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106582402 A

US 7188993 B1,2007.03.13,全文.

US 4619532 A,1986.10.28,全文.

WO 2008088321 A1,2008.07.24,全文.

US 5458416 A,1995.10.17,全文.

CN 205672841 U,2016.11.09,全文.

CN 205868132 U,2017.01.11,全文.

CN 106000198 A,2016.10.12,全文.

CN 104492328 A,2015.04.08,全文.

(43)申请公布日 2017.04.26

(73)专利权人 西安近代化学研究所

地址 710065 陕西省西安市雁塔区丈八东路168号

(72)发明人 张哲 陈松 马宁 孙晓朋 苏杨
蒋浩龙

审查员 郝振兴

(74)专利代理机构 中国兵器工业集团公司专利
中心 11011

代理人 蒋忠亮

(51)Int.Cl.

B01F 11/00(2006.01)

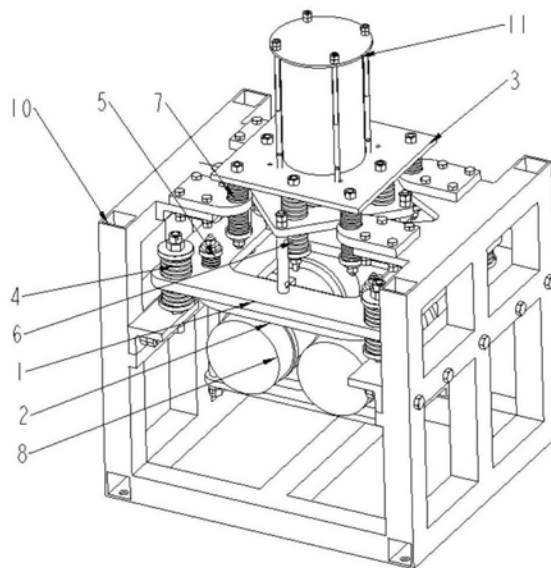
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

三自由度共振混合装置

(57)摘要

增大振动加速度可以提高物料混合的效率与均匀性,特别有利于粘度较高的液-固(液体与粉体)物料混合以及超细材料的分散。本发明利用共振原理提高被混物料的加速度,从而降低了驱动功率;利用系统振型的合理设计,抵消了设备传递给地基的力,同时对物料的加速度进行了放大。



1. 一种三自由度共振混合装置, 其特征在于, 包括振子一 (1)、振子二 (2)、振子三 (3)、弹性悬挂一 (4)、弹性悬挂二 (5)、弹性悬挂三 (6)、弹性悬挂四 (7)、激励组件 (8)、机架 (10)、混合容器 (11), 所述振子一 (1) 通过弹性悬挂一 (4) 连接在机架 (10) 上; 所述振子三 (3) 通过弹性悬挂三 (6) 连接振子一 (1) 上, 并且通过弹性悬挂四 (7) 同时连接在机架 (10) 上; 所述振子二 (2) 通过弹性悬挂二 (5) 连接在振子一 (1) 上; 所述激励组件 (8) 固定在振子二 (2) 上; 所述混合容器 (11) 固定在振子一 (1) 或者振子三 (3) 上; 第三阶共振频率在 50-70Hz, 模态振型振子一 (1) 与振子三 (3) 相位相差 180° ; 所述振子一 (1) 固定连接的所有参振质量为 m_1 , 与所述振子二 (2) 固定连接的所有参振质量为 m_2 , 与所述振子三 (3) 固定连接的所有参振质量为 m_3 , 所述弹性悬挂一 (4) 的刚度为 k_1 , 所述弹性悬挂二 (5) 的刚度为 k_2 , 所述弹性悬挂三 (6) 的刚度为 k_3 , 所述弹性悬挂四 (7) 的刚度为 k_4 , m_1 、 m_2 、 m_3 、 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 满足以下关系:

当混合容器 (11) 固定在振子一 (1) 上时,

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \leq m_2/m_1 \leq 12 \\ 0.6 \leq m_3/m_1 \leq 3.15 \\ 2.8 \leq 10^{-3} k_1/m_1 \leq 10 \\ 0.18 \leq k_2/k_1 \leq 2 \\ 0.05 \leq k_1/k_3 \leq 0.1 \\ 0.6 \leq k_4/k_1 \leq 2 \end{array} \right.$$

当混合容器 (11) 固定在振子三 (3) 上时,。

$$\left\{ \begin{array}{l} 0.6 \leq m_1/m_3 \leq 3.15 \\ 1 \leq m_2/m_3 \leq 12 \\ 2.8 \leq 10^{-3} k_1/m_3 \leq 10 \\ 0.18 \leq k_2/k_1 \leq 2 \\ 0.05 \leq k_1/k_3 \leq 0.1 \\ 0.6 \leq k_1/k_4 \leq 2 \end{array} \right.$$

2. 根据权利要求书1所述的三自由度共振混合装置, 其特征在于, 所述混合容器 (11) 的数量为2个, 一个固定在振子一 (1) 上, 一个固定在振子三 (3) 上。

3. 根据权利要求书1所述的三自由度共振混合装置, 其特征在于, 所述混合容器 (11) 设置有温度控制或者真空度控制, 或者同时设有温度控制和真空控制;

还包括振动传感器 (9), 采用位移传感器或者加速度传感器, 也可由包含线圈和永磁铁两者构成的电磁感应线圈组成, 其一固定在被测振子上, 另一固定在机架 (10) 上; 振动传感器 (9) 数量为两个, 其中一个固定在振子二 (2) 上, 另一个固定在与混合容器 (11) 固定的振子上;

所述弹性悬挂一 (4)、弹性悬挂二 (5)、弹性悬挂三 (6) 均由弹簧一 (111)、弹簧二 (112)、导向柱 (113)、调节螺母 (114)、紧固螺母 (115) 组成; 所述导向柱 (113) 两端设有螺纹, 用以安装连接件 (116); 所述导向柱 (113) 两端还安装两个调节螺母 (114), 并分别由两个紧固螺

母(115)紧固,弹簧一(111)、弹簧二(112)为压缩弹簧,套在导向柱(113)上,轴向位置上,弹簧一(111)、弹簧二(112)一端分别与导向柱(113)两端的调节螺母(114)上的定位结构定位,弹簧一(111)、弹簧二(112)另一端之间留有轴向间隙用来安装被连接件(117),间隙值小于被连接件(117)安装结构尺寸,以使弹簧一(111)、弹簧二(112)处于压缩状态且压缩量大于振动位移幅值,径向位置上,与导向柱(113)同心且弹簧内径大于导向柱外径;所述连接件(116)、被连接件(117)为振子一(1)或者振子二(2)或者振子三(3)或者机架(10);

所述激励组件(8)由2个平行放置的振动电机或者4个平行放置的伺服振动电机组成;

所述振子一(1)、振子二(2)、振子三(3)均为中空의 框形或者环形结构;弹性悬挂一(4)、弹性悬挂二(5)、弹性悬挂三(6)、弹性悬挂四(7)均可等效为多个弹性悬挂,均布在框形结构或者环形结构的边框上,满足等效后的悬挂刚度与被等效的悬挂刚度相等。

三自由度共振混合装置

技术领域

[0001] 本发明属于原材料混合技术领域,涉及用于混合原材料的一种三自由度共振混合装置。

背景技术

[0002] 振动混合器一般用于固-固(粉体和粉体)、液-液(液体和液体)的混合。目前市场上的振动混合机一般能达到的加速度有限,例如某款振动混合机的振幅为10mm,频率为20Hz,计算其加速度只有16g(g为重力加速度),对于具有一定粘度的液-固(液体和粉体),由于无法克服粘性阻力从而不能发生质量交换,产生混合作用,使振动混合器的应用受到局限。

[0003] 振动混合器的加速度在设计时是受到两方面限制的,一是加速度过大则驱动所需要的功率会随之增大,二是加速度过大后机体传递给地基的力也会过大,导致设备不能平稳运行,因此目前振动混合器的加速度一般小于20g。

[0004] 由此,常规振动混合器由于振动加速度较小而导致无法进行具有一定粘度的液-固混合的问题显得较为显著。

发明内容

[0005] 为了解决上述问题,本发明利用共振原理提高被混物料的加速度,从而降低了驱动功率;利用系统振型的合理设计,抵消了设备传递给地基的力,同时对物料的加速度进行了放大。具体内容为:

[0006] 一种三自由度共振混合装置,其特征在于,包括振子一1、振子二2、振子三3、弹性悬挂一4、弹性悬挂二5、弹性悬挂三6、弹性悬挂四7、激励组件8、机架10、混合容器11;所述振子一1通过弹性悬挂一4连接在机架10上;所述振子三3通过弹性悬挂三6连接振子一1上,并且通过弹性悬挂四7同时连接在机架10上;所述振子二2通过弹性悬挂二5连接在振子一1上;所述激励组件8固定在振子二2上;所述混合容器11固定在振子一1或者振子三3上。由于混合液-固原材料过程中,被混物料起初表现为粉体的混合特性,中段为大颗粒的混合特性,末端又为高粘稠态的混合特性,造成了系统阻尼以及系统质量参数的较大变化。经过大量的实验测试,本发明给出第三阶共振频率在50-70Hz,适用于混合全过程的参数取值范围:与所述振子一1固定连接的所有参振质量为 m_1 ,与所述振子二2固定连接的所有参振质量为 m_2 ,与所述振子三3固定连接的所有参振质量为 m_3 ,所述弹性悬挂一4的刚度为 k_1 ,所述弹性悬挂二5的刚度为 k_2 ,所述弹性悬挂三6的刚度为 k_3 ,所述弹性悬挂四7的刚度为 k_4 , m_1 、 m_2 、 m_3 、 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 满足以下关系:

[0007] 当混合容器11固定在振子一1上时,

$$[0008] \quad \left\{ \begin{array}{l} 1 \leq m_2/m_1 \leq 10 \\ 0.6 \leq m_3/m_1 \leq 3.15 \\ 2.8 \leq 10^{-3} k_1/m_1 \leq 10 \\ 0.18 \leq k_2/k_1 \leq 2 \\ 0.05 \leq k_1/k_3 \leq 0.1 \\ 0.6 \leq k_4/k_1 \leq 2 \end{array} \right.$$

[0009] 当混合容器11固定在振子三3上时，

$$[0010] \quad \left\{ \begin{array}{l} 0.6 \leq m_1/m_3 \leq 3.15 \\ 1 \leq m_2/m_3 \leq 10 \\ 2.8 \leq 10^{-3} k_1/m_3 \leq 10 \\ 0.18 \leq k_2/k_1 \leq 2 \\ 0.05 \leq k_1/k_3 \leq 0.1 \\ 0.6 \leq k_1/k_4 \leq 2 \end{array} \right.$$

[0011] 在以上参数范围内，系统振型得到优化：可使激励组件8的振动位移最小，以与系统大加速度共振进行隔离，减小系统对激励组件8的影响；使混合容器11的振动位移最大，将能量集中于混合物料，使加速度得到放大；工作在第三阶共振模态时，振子一1与振子三3的模态振型相位相差 180° ，以使传给地基的力互相抵消。图8给出了优化后加速度放大倍数（包含被混物料振子的加速度幅值与激励组件8加速度幅值之比）随负载质量（ m_1 或 m_2 与被混物料质量之和）变化的关系图，可看出放大倍数在15-140倍之间，具有优异的放大效果。

[0012] 优选地，所述混合容器11的数量为2个，一个固定在振子一1上，一个固定在振子三3上，可以增大设备处理量；所述混合容器11设置有温度控制或者真空度控制，或者同时设有温度控制和真空控制，可对混合过程的工艺条件进行控制。

[0013] 优选地，还包括振动传感器9，采用位移传感器或者加速度传感器，也可由包含线圈和永磁铁两者构成的电磁感应线圈组成，其一固定在被测振子上，另一固定在机架10上；振动传感器9数量为两个，其中一个固定在振子二2上，另一个固定在与混合容器11固定的振子上，用来检测激励组件8以及混合容器11的振动信号。

[0014] 优选地，所述弹性悬挂一4、弹性悬挂二5、弹性悬挂三6、弹性悬挂四7均由弹簧一111、弹簧二112、导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115组成。所述导向柱113两端设有螺纹，用以安装连接件116；所述导向柱113两端还安装两个调节螺母114，并分别由两个紧固螺母115紧固，防止振动导致螺母松动，弹簧一111、弹簧二112为压缩弹簧，套在导向柱113上，轴向上位置上，弹簧一111、弹簧二112一端分别与导向柱113两端的调节螺母114上的定位结构定位，弹簧一111、弹簧二112另一端之间留有轴向间隙用来安装被连接件117，间隙值小于被连接件117安装结构尺寸，以使弹簧一111、弹簧二112处于压缩状态且压缩量大于振动位移幅值，以使弹性悬挂始终工作在线性范围；径向位置上，与导向柱113同心且弹簧

内径大于导向柱外径,防止弹簧磨损;所述连接件116、被连接件117为振子一1或者振子二2或者振子三3或者机架10,安装方式灵活多变,具有较好的适应性。

[0015] 优选地,所述激励组件8由2个平行放置的振动电机组成,转向相反,可产生沿振动方向的激振力;或者由四个平行放置的伺服振动电机组成,两两一组,每组的两个电机转向相反、偏心块相位相反,调节两组电机偏心块的相位差来调节激振力幅值大小,从而调节振动加速度大小。

[0016] 由于结构受力主要在振动方向上,所述振子一1、振子二2、振子三3在结构设计时均应保证振动方向上的刚度,因此可选择中空的框形或者环形结构。为了以方便结构连接,弹性悬挂一4、弹性悬挂二5、弹性悬挂三6、弹性悬挂四7均可等效为多个弹性悬挂,均布在框形结构或者环形结构的边框上,满足等效后的悬挂刚度与被等效的悬挂刚度相等,以使系统共振频率不受影响。

[0017] 与现有技术相比具有如下优点:

[0018] 1、利用共振原理有效放大了被混物料的加速度,降低功耗。

[0019] 2、抵消了设备对地基的作用力,设备运动稳定。

附图说明

[0020] 下面对实施例中描述所需要的附图进行简要介绍。

[0021] 图1为本发明实施例中所述三自由度共振混合装置三维示意图。

[0022] 图2为本发明实施例中所述三自由度共振混合装置正视图。

[0023] 图3为本发明实施例中所述三自由度共振混合装置弹性悬挂一4、弹性悬挂二5、弹性悬挂三6、弹性悬挂四7的结构示意图。

[0024] 图4为本发明实施例中所述三自由度共振混合装置振子一1的结构示意图。

[0025] 图5为本发明实施例中所述三自由度共振混合装置振子二2以及振动电机的安装示意图。

[0026] 图6为本发明实施例中所述三自由度共振混合装置振子三3的结构示意图。

[0027] 图7为本发明实施例中所述四个伺服振动电机调节振动力的原理示意图。

[0028] 图8为本发明实施例中所述三自由度共振混合装置加速度放大倍数与负载质量关系图。

[0029] 图中数字所表示的相应部件名称:

[0030] 1.振子一 2.振子二 3.振子三 4.弹性悬挂一 5.弹性悬挂二 6.弹性悬挂三 7.弹性悬挂四 8.激励组件 9.振动传感器 10.机架 11.混合容器 101.振子一下板 102.振子一连接柱 103.振子一上板 104.振子一紧固螺母 111.弹簧一 112.弹簧二 113.导向柱 114.调节螺母 115.紧固螺母 116.连接件 117.被连接件 211.振子二下板 212.振子二连接柱 213.振子二上板 214.振子二紧固螺母

[0031] A、B、C、D表示伺服振动电机

具体实施方式

[0032] 下面结合说明书附图和具体实施方式对本发明做进一步说明。

[0033] 实施例1:

[0034] 如图1,图2,一种三自由度共振混合装置,包括振子一1、振子二2、振子三3、弹性悬挂一4、弹性悬挂二5、弹性悬挂三6、弹性悬挂四7、激励组件8、机架10、混合容器11;所述振子一1通过弹性悬挂一4连接在机架10上;所述振子三3通过弹性悬挂三6连接振子一1上,并且通过弹性悬挂四7同时连接在机架10上;所述振子二2通过弹性悬挂二5连接在振子一1上;所述激励组件8固定在振子二2上;所述混合容器11固定在振子一1上。设计负载质量为5000kg,第三阶固有频率为50Hz,振子二2质量为 m_2 ,振子三3质量为 m_3 ,所述弹性悬挂一4的刚度为 k_1 ,所述弹性悬挂二5的刚度为 k_2 ,所述弹性悬挂三6的刚度为 k_3 ,所述弹性悬挂四7的刚度为 k_4 , m_1 、 m_2 、 m_3 、 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 满足以下关系: $m_2/m_1=1$, $m_3/m_1=0.6$, $10^{-3}k_1/m_1=2.8$, $k_2/k_1=0.18$, $k_1/k_3=0.05$, $k_4/k_1=0.6$;在以上参数范围内,系统振型得到优化:可使激励组件8的振动位移最小,以与系统大加速度共振进行隔离,减小系统对激励组件8的影响;可使混合容器11的振动位移最大,将能量集中用于混合物料,使加速度得到放大,放大倍数约为140倍;工作在第三阶共振模态时,模态振型振子一1与振子三3相位相差 180° ,以使传给地基的力互相抵消。

[0035] 所述混合容器11同时设有温度控制和真空控制,可对混合过程的工艺条件进行控制。可采用对混合容器11缠绕加热线圈或者对混合容器11设置水套利用热水进行加热,也可采用非接触方式如远红外加热,可采取对混合容器11进行密封并抽真空的方式进行真空度控制。混合容器11形状为圆筒形,为了不留死角,底部可做成为圆弧形,可采用不锈钢304制作或者铝合金制作。

[0036] 还包括振动传感器9,采用电容式位移传感器;数量为两个,其中一个固定在振子二2上,另一个固定在振子一1上,用来检测激励组件8以及混合容器11的振动信号

[0037] 如图1,图2,图3,所述弹性悬挂一4由弹簧一111、弹簧二112、导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115组成。所述导向柱113两端设有螺纹,一端固定在机架10上;所述导向柱113两端还安装两个调节螺母114,并分别由两个紧固螺母115紧固,防止振动导致螺母松动,弹簧一111、弹簧二112为压缩弹簧,套在导向柱113上,轴向上位置上,弹簧一111、弹簧二112一端分别与导向柱113两端的调节螺母114上的定位结构定位,弹簧一111、弹簧二112另一端之间留有轴向间隙用来连接振子一1,间隙值小于振子一1安装位置处的结构厚度,以使弹簧一111、弹簧二112处于压缩状态且压缩量大于振动位移幅值,以使弹性悬挂一4始终工作在线性范围;径向位置上,与导向柱113同心且弹簧内径大于导向柱外径,防止弹簧磨损;弹簧一111、弹簧二112可选米思米SWF系列弹簧,导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115均采用不锈钢制作;

[0038] 如图1,图2,图3,所述弹性悬挂二5由弹簧一111、弹簧二112、导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115组成。所述导向柱113两端设有螺纹,一端安装在振子二2上板213上;所述导向柱113两端还安装两个调节螺母114,并分别由两个紧固螺母115紧固,防止振动导致螺母松动,弹簧一111、弹簧二112为压缩弹簧,套在导向柱113上,轴向上位置上,弹簧一111、弹簧二112一端分别与导向柱113两端的调节螺母114上的定位结构定位,弹簧一111、弹簧二112另一端之间留有轴向间隙用来连接振子一1,间隙值小于振子一1连接位置处的结构厚度,以使弹簧一111、弹簧二112处于压缩状态且压缩量大于振动位移幅值,以使弹性悬挂二5始终工作在线性范围;径向位置上,与导向柱113同心且弹簧内径大于导向柱外径,防止弹簧磨损;弹簧一111、弹簧二112可选米思米SWF系列弹簧,导向柱113、调节螺母114、紧固

螺母115均采用不锈钢制作；

[0039] 如图1,图2,图3,所述弹性悬挂三6由弹簧一111、弹簧二112、导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115组成。所述导向柱113两端设有螺纹,一端安装在振子三3上;所述导向柱113两端还安装两个调节螺母114,并分别由两个紧固螺母115紧固,防止振动导致螺母松动,弹簧一111、弹簧二112为压缩弹簧,套在导向柱113上,轴向上位置上,弹簧一111、弹簧二112一端分别与导向柱113两端的调节螺母114上的定位结构定位,弹簧一111、弹簧二112另一端之间留有轴向间隙用来安装振子一上板103,间隙值小于振子一上板103安装位置处厚度,以使弹簧一111、弹簧二112处于压缩状态且压缩量大于振动位移幅值,以使弹性悬挂三6始终工作在线性范围;径向位置上,与导向柱113同心且弹簧内径大于导向柱外径,防止弹簧磨损;弹簧一111、弹簧二112可选米思米SWF系列弹簧,导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115均采用不锈钢制作;

[0040] 如图1,图2,图3,所述弹性悬挂四7由弹簧一111、弹簧二112、导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115组成。所述导向柱113两端设有螺纹,一端安装在振子三3上;所述导向柱113两端还安装两个调节螺母114,并分别由两个紧固螺母115紧固,防止振动导致螺母松动,弹簧一111、弹簧二112为压缩弹簧,套在导向柱113上,轴向上位置上,弹簧一111、弹簧二112一端分别与导向柱113两端的调节螺母114上的定位结构定位,弹簧一111、弹簧二112另一端之间留有轴向间隙用来安装机架10,间隙值小于机架10安装位置处的结构厚度,以使弹簧一111、弹簧二112处于压缩状态且压缩量大于振动位移幅值,以使弹性悬挂四7始终工作在线性范围;径向位置上,与导向柱113同心且弹簧内径大于导向柱外径,防止弹簧磨损;弹簧一111、弹簧二112可选米思米SWF系列弹簧,导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115均采用不锈钢制作;

[0041] 所述激励组件8由2个平行放置的振动电机组成,转向相反,可产生沿振动方向的激振力;

[0042] 由于结构受力主要在振动方向上,所述振子一1、振子二2、振子三3在结构设计时均应保证振动方向上的刚度,因此可优选中空的双层框形或者环形结构,如图4,振子一1为中空的双层框形结构,包括振子一下板101、振子一连接柱102、振子一上板103、振子一紧固螺母104组成;如图5,振子二2也采用了中空的双层框形结构,包括振子二下板211、振子二连接柱212、振子二上板213、振子二紧固螺母214,其中振子二下板211用于固定激励组件8。如图6,振子三3为板形结构,其上设置多个安装孔,用于固定不同尺寸的混合容器11。振子一1、振子二2、振子三3可采用不锈钢304制作或者铝合金制作。为了以方便结构连接,弹性悬挂一4、弹性悬挂二5、弹性悬挂三6、弹性悬挂四7均可等效为16个弹性悬挂,均布在框形结构边框上,满足等效后的悬挂刚度不变,以使系统共振频率不受影响。

[0043] 为了增大设备一次处理量,可增加一个混合容器11固定在振子三3上。

[0044] 实施例2:

[0045] 如图1,图2,一种三自由度共振混合装置,包括振子一1、振子二2、振子三3、弹性悬挂一4、弹性悬挂二5、弹性悬挂三6、弹性悬挂四7、激励组件8、机架10、混合容器11;所述振子一1通过弹性悬挂一4连接在机架10上;所述振子三3通过弹性悬挂三6连接振子一1上,并且通过弹性悬挂四7同时连接在机架10上;所述振子二2通过弹性悬挂二5连接在振子一1上;所述激励组件8固定在振子二2上;所述混合容器11固定在振子一1上。设计负载质量为

530kg,第三阶共振频率60Hz,振子二2质量为 m_2 ,振子三3质量为 m_3 ,所述弹性悬挂一4的刚度为 k_1 ,所述弹性悬挂二5的刚度为 k_2 ,所述弹性悬挂三6的刚度为 k_3 ,所述弹性悬挂四7的刚度为 k_4 , m_1 、 m_2 、 m_3 、 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 满足以下关系: $m_2/m_1=2$, $m_3/m_1=0.9$, $10^{-3}k_1/m_1=3.9$, $k_2/k_1=0.63$, $k_1/k_3=0.06$, $k_4/k_1=0.9$;在以上参数范围内,系统振型得到优化:可使激励组件8的振动位移最小,以与系统大加速度共振进行隔离,减小系统对激励组件8的影响;可使混合容器11的振动位移最大,将能量集中用于混合物料,使加速度得到放大,放大倍数约为82倍;工作在第三阶共振模态时,模态振型振子一1与振子三3相位相差 180° ,以使传给地基的力互相抵消。

[0046] 所述混合容器11设有温度控制,可对混合过程的工艺条件进行控制。可采用对混合容器11缠绕加热线圈或者对混合容器11设置水套利用热水进行加热,也可采用非接触方式如远红外加热,混合容器11形状为长方体形,为了不留死角,底部可做成为圆弧形,可采用不锈钢304制作或者铝合金制作。

[0047] 还包括振动传感器9,采用IEPE型单轴加速度传感器;数量为两个,其中一个固定在振子二2上,另一个固定在振子一1上,用来检测激励组件8以及混合容器11的振动信号。

[0048] 如图1,图2,图3,所述弹性悬挂一4由弹簧一111、弹簧二112、导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115组成。所述导向柱113两端设有螺纹,一端固定在机架10上;所述导向柱113两端还安装两个调节螺母114,并分别由两个紧固螺母115紧固,防止振动导致螺母松动,弹簧一111、弹簧二112为压缩弹簧,套在导向柱113上,轴向上位置上,弹簧一111、弹簧二112一端分别与导向柱113两端的调节螺母114上的定位结构定位,弹簧一111、弹簧二112另一端之间留有轴向间隙用来连接振子一1,间隙值小于振子一1安装位置处的结构厚度,以使弹簧一111、弹簧二112处于压缩状态且压缩量大于振动位移幅值,以使弹性悬挂一4始终工作在线性范围;径向位置上,与导向柱113同心且弹簧内径大于导向柱外径,防止弹簧磨损;弹簧一111、弹簧二112可选米思米SWF系列弹簧,导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115均采用不锈钢制作;

[0049] 如图1,图2,图3,所述弹性悬挂二5由弹簧一111、弹簧二112、导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115组成。所述导向柱113两端设有螺纹,一端安装在振子二2上板213上;所述导向柱113两端还安装两个调节螺母114,并分别由两个紧固螺母115紧固,防止振动导致螺母松动,弹簧一111、弹簧二112为压缩弹簧,套在导向柱113上,轴向上位置上,弹簧一111、弹簧二112一端分别与导向柱113两端的调节螺母114上的定位结构定位,弹簧一111、弹簧二112另一端之间留有轴向间隙用来连接振子一1,间隙值小于振子一1连接位置处的结构厚度,以使弹簧一111、弹簧二112处于压缩状态且压缩量大于振动位移幅值,以使弹性悬挂二5始终工作在线性范围;径向位置上,与导向柱113同心且弹簧内径大于导向柱外径,防止弹簧磨损;弹簧一111、弹簧二112可选米思米SWF系列弹簧,导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115均采用不锈钢制作;

[0050] 如图1,图2,图3,所述弹性悬挂三6由弹簧一111、弹簧二112、导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115组成。所述导向柱113两端设有螺纹,一端安装在振子三3上;所述导向柱113两端还安装两个调节螺母114,并分别由两个紧固螺母115紧固,防止振动导致螺母松动,弹簧一111、弹簧二112为压缩弹簧,套在导向柱113上,轴向上位置上,弹簧一111、弹簧二112一端分别与导向柱113两端的调节螺母114上的定位结构定位,弹簧一111、弹簧二112

另一端之间留有轴向间隙用来安装振子一上板103,间隙值小于振子一上板103安装位置处厚度,以使弹簧一111、弹簧二112处于压缩状态且压缩量大于振动位移幅值,以使弹性悬挂三6始终工作在线性范围;径向位置上,与导向柱113同心且弹簧内径大于导向柱外径,防止弹簧磨损;弹簧一111、弹簧二112可选米思米SWF系列弹簧,导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115均采用不锈钢制作;

[0051] 如图1,图2,图3,所述弹性悬挂四7由弹簧一111、弹簧二112、导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115组成。所述导向柱113两端设有螺纹,一端安装在振子三3上;所述导向柱113两端还安装两个调节螺母114,并分别由两个紧固螺母115紧固,防止振动导致螺母松动,弹簧一111、弹簧二112为压缩弹簧,套在导向柱113上,轴向上位置上,弹簧一111、弹簧二112一端分别与导向柱113两端的调节螺母114上的定位结构定位,弹簧一111、弹簧二112另一端之间留有轴向间隙用来安装机架10,间隙值小于机架10安装位置处的结构厚度,以使弹簧一111、弹簧二112处于压缩状态且压缩量大于振动位移幅值,以使弹性悬挂四7始终工作在线性范围;径向位置上,与导向柱113同心且弹簧内径大于导向柱外径,防止弹簧磨损;弹簧一111、弹簧二112可选米思米SWF系列弹簧,导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115均采用不锈钢制作;

[0052] 所述激励组件8由4个平行放置的伺服振动电机组成,如图7,B、C为一组,偏心块相位相反,转向相反;A、D为一组,偏心块相位相反,转向相反;通过调节B、C一组与A、D一组偏心块之间的相位差可调节合成力的幅值,从而调节加速度幅值;

[0053] 由于结构受力主要在振动方向上,所述振子一1、振子二2、振子三3在结构设计时均应保证振动方向上的刚度,因此可优选中空的框形或者环形结构,如图4,振子一1为中空的双层框形结构,包括振子一下板101、振子一连接柱102、振子一上板103、振子一紧固螺母104组成;如图5,振子二(3)也采用了中空的双层框形结构,包括振子二下板211、振子二连接柱212、振子二上板213、振子二紧固螺母214,其中振子二下板211用于固定激励组件8。如图6,振子三3为板形结构,其上设置多个安装孔,用于固定不同尺寸的混合容器11。振子一1、振子二2、振子三3可采用不锈钢304制作或者铝合金制作。为了以方便结构连接,弹性悬挂一4、弹性悬挂二5、弹性悬挂三6、弹性悬挂四7均可等效为8个弹性悬挂,均布在框形结构边框上,满足等效后的悬挂刚度不变,以使系统共振频率不受影响。

[0054] 为了增大设备一次处理量,可增加一个混合容器11固定在振子三3上。

[0055] 实施例3:

[0056] 如图1,图2,一种三自由度共振混合装置,包括振子一1、振子二2、振子三3、弹性悬挂一4、弹性悬挂二5、弹性悬挂三6、弹性悬挂四7、激励组件8、机架10、混合容器11;所述振子一1通过弹性悬挂一4连接在机架10上;所述振子三3通过弹性悬挂三6连接振子一1上,并且通过弹性悬挂四7同时连接在机架10上;所述振子二2通过弹性悬挂二5连接在振子一1上;所述激励组件8固定在振子二2上;所述混合容器11固定在振子一1上。设计负载质量为10kg,第三阶共振频率为70Hz,振子二2质量为 m_2 ,振子三3质量为 m_3 ,所述弹性悬挂一4的刚度为 k_1 ,所述弹性悬挂二5的刚度为 k_2 ,所述弹性悬挂三6的刚度为 k_3 ,所述弹性悬挂四7的刚度为 k_4 , m_1 、 m_2 、 m_3 、 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 满足以下关系: $m_2/m_1=10$, $m_3/m_1=3.15$, $10^{-3}k_1/m_1=10$, $k_2/k_1=2$, $k_1/k_3=0.1$, $k_4/k_1=2$;在以上参数范围内,系统振型得到优化:可使激励组件8的振动位移最小,以与系统大加速度共振进行隔离,减小系统对激励组件8的影响;可使混合容器11

的振动位移最大,将能量集中用于混合物料,使加速度得到放大,放大倍数约为17倍;工作在第三阶共振模态时,模态振型振子一1与振子三3相位相差 180° ,以使传给地基的力互相抵消。

[0057] 所述混合容器11同时设有温度控制和真空控制,可对混合过程的工艺条件进行控制。可采用对混合容器11缠绕加热线圈或者对混合容器11设置水套利用热水进行加热,也可采用非接触方式如远红外加热,可采取对混合容器11进行密封并抽真空的方式进行真空度控制。混合容器11形状为圆筒形,为了不留死角,底部可做成为圆弧形,可采用不锈钢304制作或者铝合金制作。

[0058] 还包括振动传感器9,由包含线圈和永磁铁两者构成的电磁感应线圈组成,数量为两个,两个永磁铁固定在振子二2上、振子一1上,两个感应线圈都固定在机架10上;线圈和永磁铁的相对运动会在线圈中产生感应电流,经过标定后可用来对振动速度进行测试。

[0059] 如图1,图2,图3,所述弹性悬挂一4由弹簧一111、弹簧二112、导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115组成。所述导向柱113两端设有螺纹,一端固定在机架10上;所述导向柱113两端还安装两个调节螺母114,并分别由两个紧固螺母115紧固,防止振动导致螺母松动,弹簧一111、弹簧二112为压缩弹簧,套在导向柱113上,轴向上位置上,弹簧一111、弹簧二112一端分别与导向柱113两端的调节螺母114上的定位结构定位,弹簧一111、弹簧二112另一端之间留有轴向间隙用来连接振子一1,间隙值小于振子一1安装位置处的结构厚度,以使弹簧一111、弹簧二112处于压缩状态且压缩量大于振动位移幅值,以使弹性悬挂一4始终工作在线性范围;径向位置上,与导向柱113同心且弹簧内径大于导向柱外径,防止弹簧磨损;弹簧一111、弹簧二112可选米思米SWF系列弹簧,导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115均采用不锈钢制作;

[0060] 如图1,图2,图3,所述弹性悬挂二5由弹簧一111、弹簧二112、导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115组成。所述导向柱113两端设有螺纹,一端安装在振子二上板213上;所述导向柱113两端还安装两个调节螺母114,并分别由两个紧固螺母115紧固,防止振动导致螺母松动,弹簧一111、弹簧二112为压缩弹簧,套在导向柱113上,轴向上位置上,弹簧一111、弹簧二112一端分别与导向柱113两端的调节螺母114上的定位结构定位,弹簧一111、弹簧二112另一端之间留有轴向间隙用来连接振子一1,间隙值小于振子一1连接位置处的结构厚度,以使弹簧一111、弹簧二112处于压缩状态且压缩量大于振动位移幅值,以使弹性悬挂二5始终工作在线性范围;径向位置上,与导向柱113同心且弹簧内径大于导向柱外径,防止弹簧磨损;弹簧一111、弹簧二112可选米思米SWF系列弹簧,导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115均采用不锈钢制作;

[0061] 如图1,图2,图3,所述弹性悬挂三6由弹簧一111、弹簧二112、导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115组成。所述导向柱113两端设有螺纹,一端安装在振子三3上;所述导向柱113两端还安装两个调节螺母114,并分别由两个紧固螺母115紧固,防止振动导致螺母松动,弹簧一111、弹簧二112为压缩弹簧,套在导向柱113上,轴向上位置上,弹簧一111、弹簧二112一端分别与导向柱113两端的调节螺母114上的定位结构定位,弹簧一111、弹簧二112另一端之间留有轴向间隙用来安装振子一上板103,间隙值小于振子一上板103安装位置处厚度,以使弹簧一111、弹簧二112处于压缩状态且压缩量大于振动位移幅值,以使弹性悬挂三6始终工作在线性范围;径向位置上,与导向柱113同心且弹簧内径大于导向柱外径,防止

弹簧磨损;弹簧一111、弹簧二112可选米思米SWF系列弹簧,导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115均采用不锈钢制作;

[0062] 如图1,图2,图3,所述弹性悬挂四7由弹簧一111、弹簧二112、导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115组成。所述导向柱113两端设有螺纹,一端安装在振子三3上;所述导向柱113两端还安装两个调节螺母114,并分别由两个紧固螺母115紧固,防止振动导致螺母松动,弹簧一111、弹簧二112为压缩弹簧,套在导向柱113上,轴向上位置上,弹簧一111、弹簧二112一端分别与导向柱113两端的调节螺母114上的定位结构定位,弹簧一111、弹簧二112另一端之间留有轴向间隙用来安装机架10,间隙值小于机架10安装位置处的结构厚度,以使弹簧一111、弹簧二112处于压缩状态且压缩量大于振动位移幅值,以使弹性悬挂四7始终工作在线性范围;径向位置上,与导向柱113同心且弹簧内径大于导向柱外径,防止弹簧磨损;弹簧一111、弹簧二112可选米思米SWF系列弹簧,导向柱113、调节螺母114、紧固螺母115均采用不锈钢制作;

[0063] 所述激励组件8由2个平行放置的振动电机组成,转向相反,可产生沿振动方向的激振力;

[0064] 由于结构受力主要在振动方向上,所述振子一1、振子二2、振子三3在结构设计时均应保证振动方向上的刚度,因此可优选中空的框形或者环形结构,如图4,振子一1为中空的双层框形结构,包括振子一下板101、振子一连接柱102、振子一上板103、振子一紧固螺母104组成;如图5,振子二(3)也采用了中空的双层框形结构,包括振子二下板211、振子二连接柱212、振子二上板213、振子二紧固螺母214,其中振子二下板211用于固定激励组件8。如图6,振子三3为板形结构,其上设置多个安装孔,用于固定不同尺寸的混合容器11。振子一1、振子二2、振子二(3)可采用不锈钢304制作或者铝合金制作。为了以方便结构连接,弹性悬挂一4、弹性悬挂二5、弹性悬挂三6、弹性悬挂三(7)均可等效为4个弹性悬挂,均布在框形结构或者环形结构的边框上,满足等效后的悬挂刚度不变,以使系统共振频率不受影响。

[0065] 为了增大设备一次处理量,可增加一个混合容器11固定在振子三3上。

[0066] 实施例4:

[0067] 将实施例1中所述混合容器11固定在振子三3上。设计负载质量为5000kg,第三阶固有频率为50Hz,振子一1质量为 m_1 ,振子二2质量为 m_2 ,所述弹性悬挂一4的刚度为 k_1 ,所述弹性悬挂二5的刚度为 k_2 ,所述弹性悬挂三6的刚度为 k_3 ,所述弹性悬挂四7的刚度为 k_4 , m_1 、 m_2 、 m_3 、 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 满足以下关系: $m_1/m_3=0.6$, $m_2/m_3=1$, $10^{-3}k_1/m_3=2.8$, $k_2/k_1=0.18$, $k_1/k_3=0.05$, $k_1/k_4=0.6$;

[0068] 为了增大设备一次处理量,可增加一个混合容器11固定在振子一1上。

[0069] 实施例5:

[0070] 将实施例2中所述混合容器11固定在振子三3上。设计负载质量为530kg,第三阶共振频率60Hz,振子一1质量为 m_1 ,振子二2质量为 m_2 ,所述弹性悬挂一4的刚度为 k_1 ,所述弹性悬挂二5的刚度为 k_2 ,所述弹性悬挂三6的刚度为 k_3 ,所述弹性悬挂四7的刚度为 k_4 , m_1 、 m_2 、 m_3 、 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 满足以下关系: $m_1/m_3=0.9$, $m_2/m_3=2$, $10^{-3}k_1/m_3=3.9$, $k_2/k_1=0.63$, $k_1/k_3=0.06$, $k_1/k_4=0.9$ 。

[0071] 为了增大设备一次处理量,可增加一个混合容器11固定在振子一1上。

[0072] 实施例6:

[0073] 将实施例3中所述混合容器11固定在振子三3上。设计负载质量为10kg,第三阶共振频率为70Hz,振子一1质量为 m_1 ,振子二2质量为 m_2 ,所述弹性悬挂一4的刚度为 k_1 ,所述弹性悬挂二5的刚度为 k_2 ,所述弹性悬挂三6的刚度为 k_3 ,所述弹性悬挂四7的刚度为 k_4 , m_1 、 m_2 、 m_3 、 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 满足以下关系: $m_1/m_3=3.15$, $m_2/m_3=10$, $10^{-3}k_1/m_3=10$, $k_2/k_1=2$, $k_1/k_3=0.1$, $k_1/k_4=2$ 。

[0074] 为了增大设备一次处理量,可增加一个混合容器11固定在振子一1上。

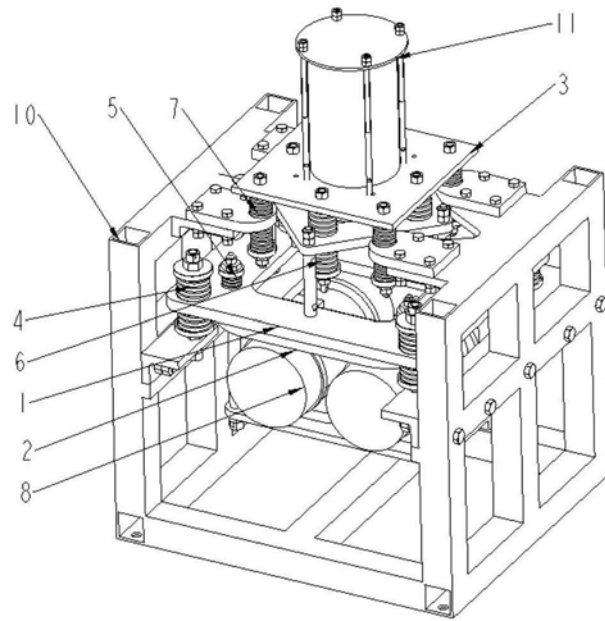


图1

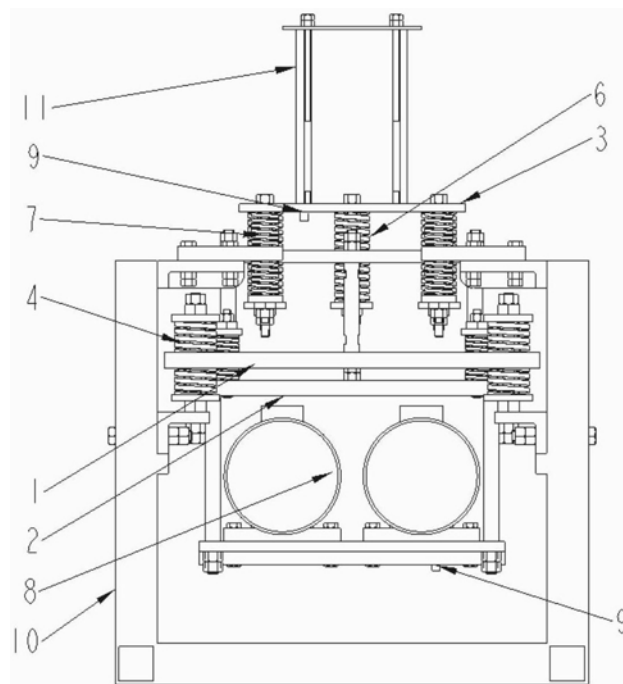


图2

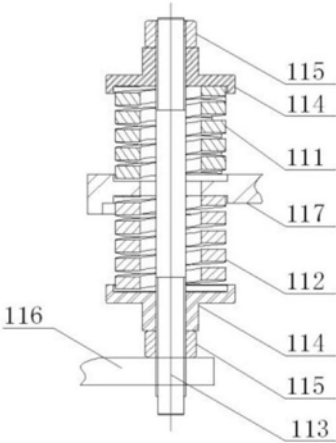


图3

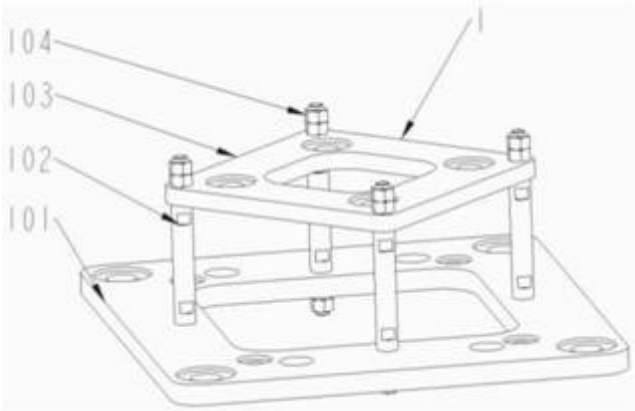


图4

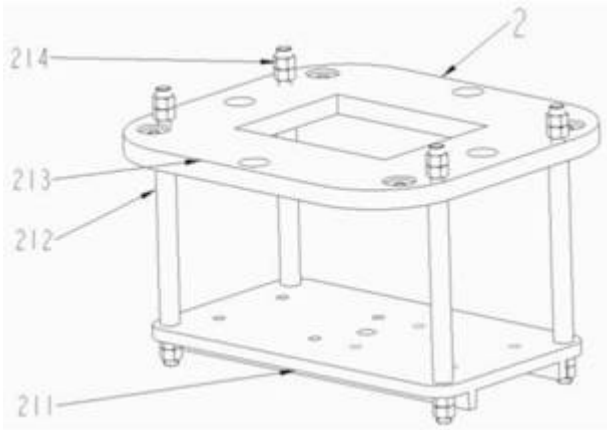


图5

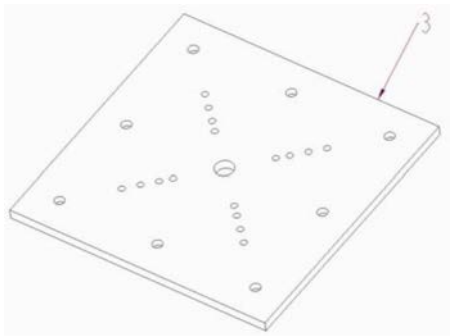


图6

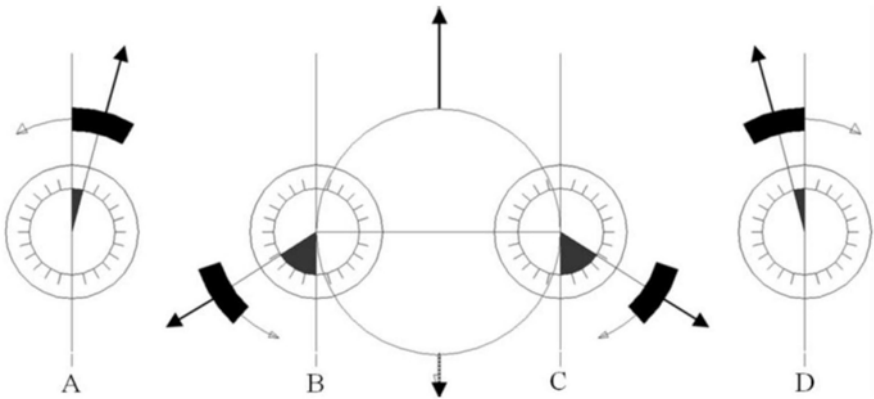


图7

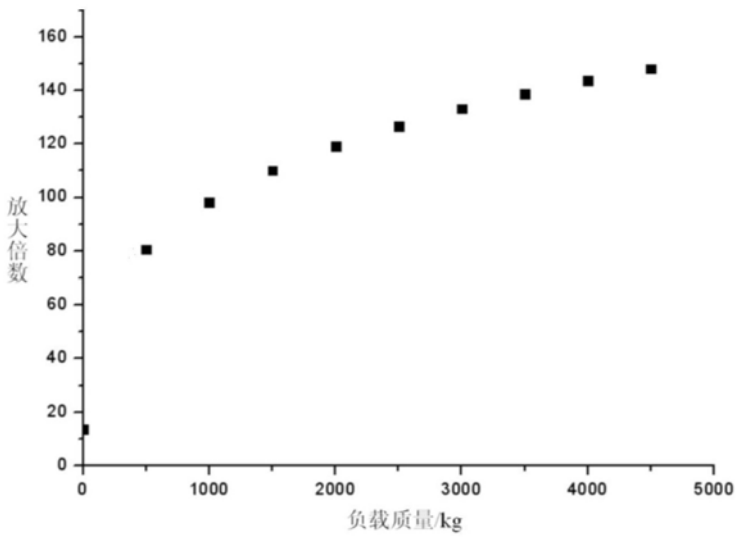


图8