



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101963815 B

(45) 授权公告日 2011. 10. 19

(21) 申请号 201010275921.0

JP 2000291723 A, 2000. 10. 20, 全文.

(22) 申请日 2010. 09. 07

JP 2004060397 A, 2004. 02. 26, 全文.

(73) 专利权人 东南大学

审查员 刘宏磊

地址 210009 江苏省南京市江宁开发区东南  
大学路 2 号

(72) 发明人 高丙团 黄学良

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所  
(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51) Int. Cl.

G05D 19/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101619971 A, 2010. 01. 06, 全文.

CN 1253623 A, 2000. 05. 17, 全文.

CN 200962274 Y, 2007. 10. 17, 全文.

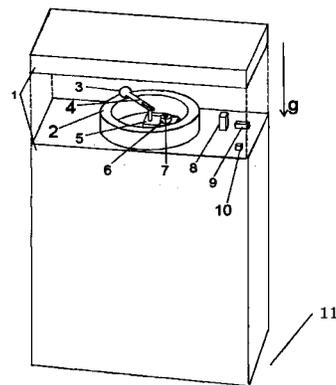
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种振动自动控制装置

(57) 摘要

本发明公开一种振动自动控制装置,其特征  
在于:包括固定基座、具有两个自由度的振动结  
构、具有一个自由度的旋转运动机构及其驱动单  
元和所述旋转运动机构的控制系统;所述旋转运  
动机构及其驱动单元固定安装在所述振动结构  
上;所述具有两个自由度的振动结构,其两个自  
由度的直线振动平行于所述固定基座平面,且两  
个自由度的振动方向相互垂直;所述具有一个自  
由度的旋转运动机构在无外部激励的情况下,其  
旋转平面也平行于所述固定基座平面。本发明振  
动自动控制装置具有结构简单、节能高效等特点,  
能更好的满足实际应用的需要,可广泛应用于高  
层建筑或高耸塔架结构抵抗强风和地震,以及实  
验平台的振动抑制等场合。



1. 一种振动自动控制装置,其特征在于:包括固定基座、具有两个自由度的振动结构、具有一个自由度的旋转运动机构及其驱动单元和所述旋转运动机构的控制系统;所述旋转运动机构及其驱动单元固定安装在所述振动结构上;

所述具有两个自由度的振动结构,其两个自由度的直线振动平行于所述固定基座平面,且两个自由度的振动方向相互垂直;

所述具有一个自由度的旋转运动机构在无外部激励的情况下,其旋转平面也平行于所述固定基座平面。

2. 根据权利要求1所述的振动自动控制装置,其特征在于:所述具有一个自由度的旋转运动机构及其驱动单元包括旋转激励输出装置、连杆和配置质量块,所述旋转激励输出装置的输出轴通过所述连杆与所述配置质量块连接。

3. 根据权利要求2所述的振动自动控制装置,其特征在于:所述旋转运动机构的控制系统包括检测所述配置质量块在圆周上的位置及沿圆周做旋转运动速度的传感器和控制器。

4. 根据权利要求2所述的振动自动控制装置,其特征在于:所述旋转激励输出装置为电力驱动装置或液压驱动装置。

5. 根据权利要求1、2、3或4所述的振动自动控制装置,其特征在于:所述具有两个自由度的振动结构上还设置有两个自由度加速度计,所述两个自由度加速度计与所述旋转运动机构的控制系统连接。

## 一种振动自动控制装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于振动控制领域,具体涉及一种振动自动控制装置。

### 背景技术

[0002] 振动可分为有害振动和有益振动。人们期望物体的有益的振动能够发生,因此设计了各种不同的振动发生装置用来使得物体自身产生振动或引起其它物体发生振动,如六自由度振动模拟平台;对于有害的物体的振动人们则尽量避免它的发生,并想办法抑制和消除可能或已经发生的有害振动,如防止建筑物在风载荷或地震的作用下发生振动或倒塌现象。我们所讨论的振动控制是指,对系统的动态响应及振动不稳定性加以控制,使系统的振动水平处在可以接受的范围,即抑制或消除有害振动。

[0003] 对于有害振动的控制技术按照是否需要外部能源和激励以及结构反应的信号,可分为被动控制 (Passive Control)、主动控制 (Active Control)、混合控制 (Hybrid Control) 和半主动控制 (Semi-active Control) 四种。其中被动控制是无外加能源的控制,其控制力是控制装置随结构一起振动变形,因控制装置本身的运动而被动产生的。它是现今实际运用较多的方法,应用较为广泛。主动控制是有外加能源的控制,其控制力是控制装置按某种控制策略,由外加能源主动施加的。其装置主要由传感器、控制器、驱动器三个部分组成,这种方法目前在建筑结构上应用较少。半主动控制是一种有少量外加能源的控制,其控制力也是因控制装置本身的运动而被动产生的,但在控制过程中控制机构能由外加能源主动调整本身的参数,从而起到调节控制力的作用。混合控制是主动控制和被动控制两者结合形成的控制方案,其发展依赖于被动控制和主动控制的协调发展程度,目前在理论与实践上还需加强研究。美日两国的研究工作居于世界领先地位,相对而言美国的理论研究较为突出,而日本则更侧重于实验及工程应用。我国的振动控制虽起步较晚,但已经在土木工程界得到了广泛的重视,现已就各种控制手段、控制机构进行了大量的理论和实验研究,并已有有一些成果用于工程实践。

[0004] 主动控制通常包括两类基本控制方式:开环控制和闭环控制。开环控制方法是直接对系统扰动输入进行量测,根据系统扰动输入的情况综合出控制律。开环控制的在线计算量较小,对系统元件的精度要求较高,抗干扰力差。主动闭环控制法是通过适当的系统状态反馈或输出反馈,产生一定的控制作用,从而控制结构的振动。闭环控制的在线计算量较大,但具有较高的抗干扰的能力,对控制元件的要求也不高,而且能保持连续地对较高控制效果进行监测。目前对主动控制的研究多集中在理论领域,提出了相当多的控制算法。

[0005] 图 4 是现有的典型主动振动控制技术示意图,外激励作用于结构,使得结构发生响应,通过传感器分别采集外激励和响应输送给控制器,控制器控制作动器进行结构的振动控制,这在实际实现过程中花费较大、难以维护,同时存在由于远程信号的采集存在信号延时从而影响控制质量等问题,有必要发明一种不需要进行远程检测振动信号就可以实现物体振动抑制的自动控制装置。

## 发明内容

[0006] 发明目的：本发明的目的在于克服现有主动振动控制技术中的不足，提供了一种不需要采集物体振动信号就可以实现物体振动的自动控制装置。

[0007] 技术方案：本发明所述的振动自动控制装置，包括固定基座、具有两个自由度的振动结构、具有一个自由度的旋转运动机构及其驱动单元和所述旋转运动机构的控制系统；所述旋转运动机构及其驱动单元固定安装在所述振动结构上；所述的固定基座可以指大地，例如建筑物的固定基座就是大地；所述固定基座也可以指相对于大地静止的其它固定载体，如实验平台的固定基座可以是一张结实的桌子；所述两个自由度的振动结构一般情况下是指一个在水平面内振动的物体，如水平振动的建筑物，该物体的振动可根据一定坐标表示成两个自由度的直线振动运动；所述两个自由度的振动结构也可以是特制的结构。

[0008] 所述具有两个自由度的振动结构，其两个自由度的直线振动平行于所述固定基座平面，且两个自由度的振动方向相互垂直；所述具有一个自由度的旋转运动机构在无外部激励的情况下，其旋转平面也平行于所述固定基座平面。

[0009] 所述具有一个自由度的旋转运动机构及其驱动单元包括旋转激励输出装置、连杆和配置质量块，所述旋转激励输出装置即为驱动质量块沿圆周运动的作动器，其输出轴通过所述连杆与所述配置质量块连接；所述旋转运动机构的控制系统包括检测所述配置质量块在圆周上的位置及沿圆周做旋转运动速度的传感器（如旋转编码器）和控制器，传感器对配置质量块的位置的实时检测可作为控制系统的唯一反馈信号，对于质量块沿圆周运动的速度可基于该检测信号和采样频率计算求得。

[0010] 所述旋转激励输出装置可以为电力驱动装置或液压驱动装置。

[0011] 本发明装置的工作过程为：在物体处于稳定状态时，振动控制装置的旋转质量块处于自由状态，控制系统的主要能源消耗单元作动器处于能源隔离状态，当物体产生水平振动时，在惯性作用，物体的水平振动必然引起旋转质量块偏移原先的位置，从而触发控制系统的驱动单元的能源接通，控制器根据旋转质量块相对于旋转圆周中心的位置及旋转速度决定作动器的输出力，开始对物体的振动进行主动控制，在实现对物体振动抑制并最终消除的同时将质量块控制到控制系统设定的位置，完成任务一定时间后且物体无振动的情况下，控制系统切除驱动单元的能源供给。本发明装置的工作原理可结合图 3 进行进一步说明，结构在外激励的作用下发生响应，本发明利用作动器和结构的动力学耦合，使得结构的响应能体现在作动器的状态变化上，从而通过传感器直接反馈作动器的状态给控制器组成闭环控制系统实现对结构的振动控制。

[0012] 由于物体的振动触发控制系统驱动单元的能源接通的触发器为振动控制装置的辅助设备，可采用在所述具有两个自由度的振动结构上设置两个自由度加速度计来监测物体自身的振动情况，并将振动信息实时传输给控制计算机，当监测到的物体振动超过系统所设置的安全阈值时，由控制系统发出接通系统作动器能源供给回路的指令并开始执行物体振动的自动控制，当控制任务完成一段时间后触发器所监测的物体振动信息在允许的阈值内时，控制系统发出切断作动器能源供给回路的命令。该触发器所采集的物体振动信息仅作为控制系统开启和关闭作动器能源供给回路的开关用，保证物体振动在允许范围内（该范围人为设定，储存在控制计算机中，且可实时改动）时控制系统的作动器不消耗能源，从而使得整个振动自动控制装置非常节能；同时由于控制系统的主动闭环控制系统不

依赖物体振动信号的反馈,可以有效提高控制系统的实时性。

[0013] 本发明装置中控制系统的控制器可以是一台配备多功能数据采集控制卡的工业控制计算机,也可以是基于需求开发的单片机系统如基于 DSP 开发的具有数据采集和控制输出功能的控制器。

[0014] 本发明装置具有如下的主要特征:1) 装置在稳定状态下(即系统无振动且控制装置未驱动的静止状态)质量块发生旋转运动的平面平行于水平面(垂直于重力方向);2) 装置中质量块围绕一圆心在一固定半径的圆周上作运动;3) 该振动控制装置只能抑制或消除物体平行于水平面的振动不能抑制振动方向(或与重力方向一致)的振动;4) 基于旋转运动的振动控制装置安装在物体发生振动振幅较大的高度位置控制效果好于安装在物体发生振动振幅较小的高度位置;5) 任何物体发生的垂直于重力方向上的振动都可根椐物体的结构分解成两个垂直方向上的直线振动,要求控制系统中配重质量块的最终运动位置不能定位在所分解的两个直线振动的方向上,且物体在两个垂直直线振动方向上的自然振动周期不能完全相同;6) 所采用控制系统只需要检测质量块在圆周上的运动状态(位置、速度)。

[0015] 本发明装置能够实现发明目的的技术原理在于:用于振动自动控制的质量块旋转运动与物体在水平面上分解的两个自由度的直线振动运动构成一个非线性控制系统,系统的控制输入为控制质量块旋转的作动器的输出力,控制系统的三个构型状态(输出)为作动器输出力直接控制的质量块的旋转运动、作动器输出力通过系统动力学耦合实现控制的两个方向上的直线振动运动,基于非线性控制理论可导出由旋转质量块位置和旋转速度组成的反馈控制器是能够实现整个非线性系统稳定控制,条件是旋转质量块的控制目标位置不能位于两个直线振动方向上且物体在两个垂直直线振动的方向的振动周期不能完全相同。

[0016] 本发明装置必须在同时满足以下两个条件的情况下才能有效运行:一、旋转质量块的控制目标点不能位于两个自由度振动方向上;二、两个自由度直线振动的自然周期不能完全相等。

[0017] 有益效果:本发明与现有技术相比,其有益效果为:本发明装置通过设计旋转机构的运动控制技术达到有效抑制或消除物体两个自由度的振动的目的,振动自动控制装置具有结构简单、节能高效等特点,能更好的满足实际应用的需要,可广泛应用于高层建筑或高耸塔架结构抵抗强风和地震,以及实验平台的振动抑制等场合。

#### 附图说明

[0018] 图 1 是本发明的实施例的自动振动控制装置的示意图;

[0019] 图 2 是用于本发明的实施例的模拟系统的示意图;

[0020] 图 3 是本发明的自动控制系统的示意图;

[0021] 图 4 是传统自动振动控制装置典型自动控制系统的示意图。

#### 具体实施方式

[0022] 下面结合附图,对最佳实施例进行详细说明,但是本发明的保护范围不局限于所述实施例。

[0023] 实施例 1 :如图 1 所示,一种安装在高层建筑上的振动自动控制装置,包括 :

[0024] 固定基座,即大地 11 ;具有两个自由度的振动结构,即需要进行振动控制的高层建筑 1 ;具有一个自由度的旋转运动机构,即质量块 3 ;质量块进行旋转运动的圆周导轨 2 ;用于驱动质量块运动的电机 6 ;电机减速箱 5 ;旋转编码器 7 ;用于连接质量块 7 和电机减速箱 5 输出轴的连接轴 4 ;用于电机驱动的电气控制柜 8 ;基于工业计算机的系统控制器 9 ;用于高层建筑 1 的振动监测的两轴加速度传感器 10 。

[0025] 具体安装实施的过程可以是这样进行的 :首先,选定振动自动控制装置在高层建筑 1 上的安装之处,如决定安装在某层或某几层之间 ;第二步,根据所采用质量块 3 的情况安装质量块的圆形支撑导轨 2 ;第三步,安装用于驱动质量块 3 运动的电机减速箱 5、电机 6、旋转编码器 7 ;第四步,将质量块 3 和电机减速箱 5 的输出用连接轴 4 连接,调整并保证质量块 2 的旋转运动发生在圆形导轨 2 上 ;第五步,安装固定电气控制柜 8、基于工业计算机的系统控制器 9、用于监测建筑物振动情况的两轴加速度计 10 ;最后,进行电气布线,并对整个控制系统进行联机调试。

[0026] 所述圆形导轨 2 在安装的过程中要注意保证在自然稳定状态下质量块 3 在其上的运动圆周与地表平面平行,即运动圆周所决定的面与重力方向  $g$  保持垂直 ;假若质量块 3 采用如图 1 中所示意的球形质量块,则导轨可设计成一个圆形槽,假若质量块 3 设计成圆柱形则导轨可采用一个凹形槽 ;其原则是保证质量块在导轨上的运动是滚动而非滑动,要保证这一点,质量块 3 和连接轴 4 的相对运动为转动,如可在质量块 3 中内嵌一滚动球轴承与连接轴 4 配合 ;这样的设计可降低对质量块 3 运动的驱动单元的功率要求,在实际的自动振动控制过程中也能降低对能源的消耗。

[0027] 结合图 1 和图 3 进行说明,当高层建筑 1 由于随机的外激励引起振动时,必然导致安装在建筑 1 中的自动振动控制装置中的质量块位置发生改变,则旋转编码器 7 将输出位置改变信号,控制器 8 获得编码器 7 的数据即可计算得到质量块 3 在导轨 2 上的位置的变化,同时可通过微分计算得到质量块 3 在导轨 2 上运动的速度,控制器 9 根据反馈信息计算出需要输出到电气控制柜 8 的信号,电气柜 8 根据该信号驱动电机 7 在减速器 5 的输出端输出需要的控制力。

[0028] 用于监测高层建筑 1 振动情况的两轴加速度计 10 为一辅助单元,它不构成自动振动控制系统的必须单元,这一点由自动振动装置的实质工作过程体现 ;但两轴加速度计 10 的增加可以帮助系统节省能源,即在自然稳定状态下电气柜 8 的供电电源是断开的,两轴加速度 10 将检测到建筑 1 的振动情况实时提供给控制器 9,控制器 9 根据设定的程序决定有必要开启自动控制装置时候首先发出接通电气控制柜 8 供电电源的命令,而当自动控制任务结束后,控制器 9 则发出命令断开电气控制柜 8 的供电电源 ;由于系统的能源消耗主要体现在动力电源上,而信号用电源能源消耗极低,这样可达到节约能源的目的 ;可在实时采集加速度计 10 的信号的同时采集编码器 7 的信号,提供给控制器 10 以供判断,从而提高这一环节的可靠性。

[0029] 实施例 2 :如图 2 所示,一种振动自动控制装置的模拟系统,包含基座 11,具有两个自由度的振动结构装置、具有一个自由度的旋转运动机构及其驱动单元和所述旋转运动机构的控制系统 ;

[0030] 所述具有两个自由度的振动结构装置包括与固定基座 11 相连接的第一直线振动

机构和建立在第一直线振动机构之上的第二直线振动机构；第一直线振动机构由第一振动载体 14、第一振动导轨 12 和第一振动弹性装置 13 组成；第一振动载体 14 只能沿着固定在固定基座 11 上的第一振动导轨 12 进行直线运动，第一振动弹性装置 13 的两端分别固定在第一振动载体 14 和固定基座 11 上；第二直线振动机构由第二振动载体 17、第二振动导轨 15 和第二振动弹性装置 16 组成，其中第二振动载体 17 只能沿着固定在第一振动载体 14 上的第二振动导轨 15 进行直线运动，第二振动弹性装置 16 的两端分别固定在第二振动载体 17 和第一振动载体 14 上；

[0031] 所述具有一个自由度的旋转运动机构及其驱动单元包括质量块 3，用于驱动质量块运动的电机 6，电机减速箱 5，旋转编码器 7，用于连接质量块 3 和电机减速箱 5 输出轴的连接轴 4。

[0032] 本例中安装在基座上的载体 14 和 17、导轨 12 和 15、弹簧 13 和 16 可实现两个相互垂直自由度的直线振动，两个自由度的振动周期可通过选择不同的弹簧进行调节；质量块 3、连接轴 4、电机减速器 5、电机 6、旋转编码器 7、电机驱动系统 8、控制器 9 和供电电源 25 组成自动振动控制装置；本例中的整个模拟系统的控制器 9 可采用基于 DSP 的单片机系统实现，在电机 6 为一直流电机的情况下供电电源 25 可以采用直流蓄电池，并将控制器 9、电机驱动系统 8 和供电电源 25 安装在载体 17 上，以保证模拟系统一体化，便于移动。

[0033] 熟知本领域的人士将理解，虽然这里为了便于解释已描述了具体实施例，但是可在不背离本发明精神和范围的情况下做出各种改变。因此，除了所附权利要求之外，不能用于限制本发明。

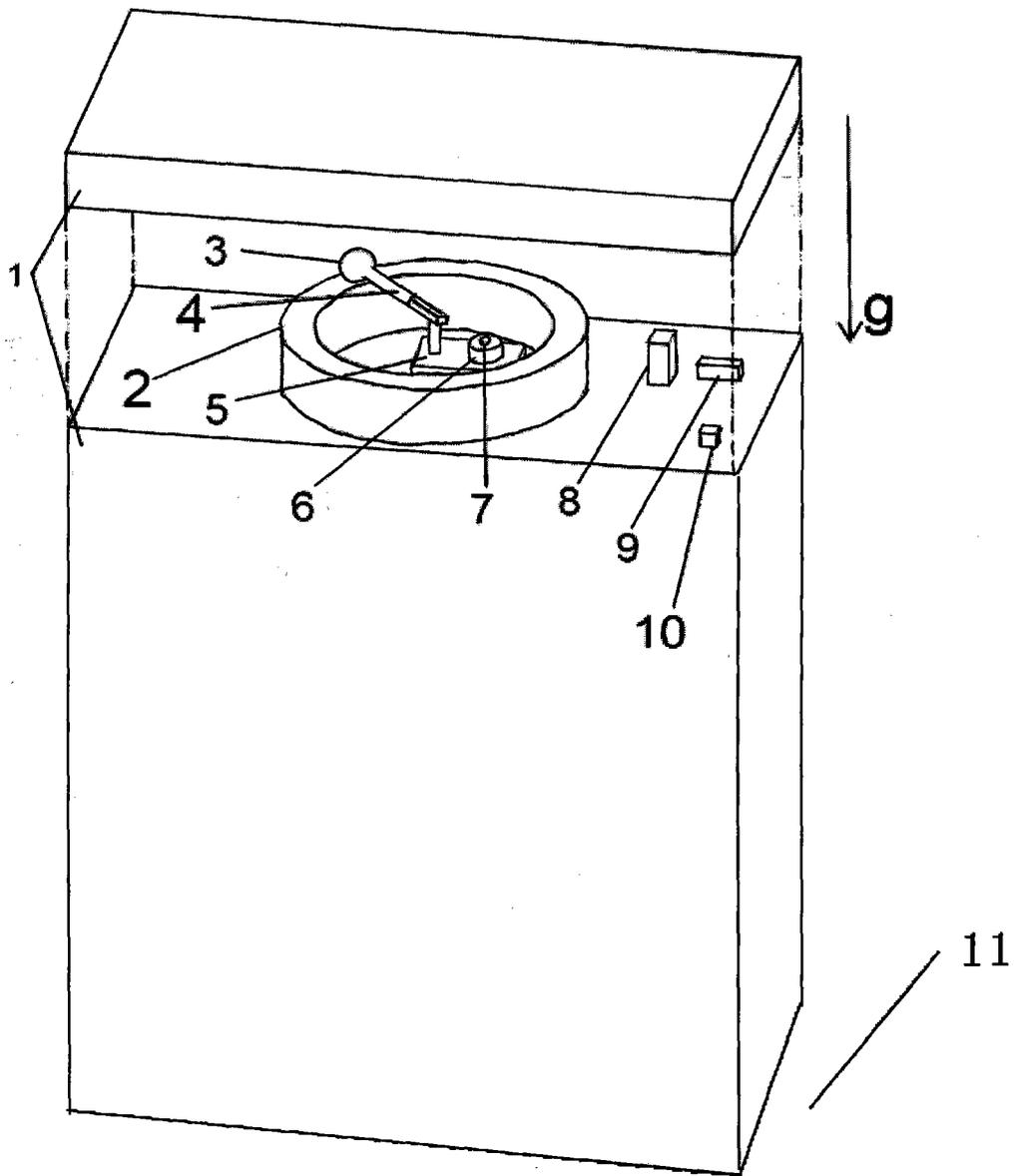


图 1

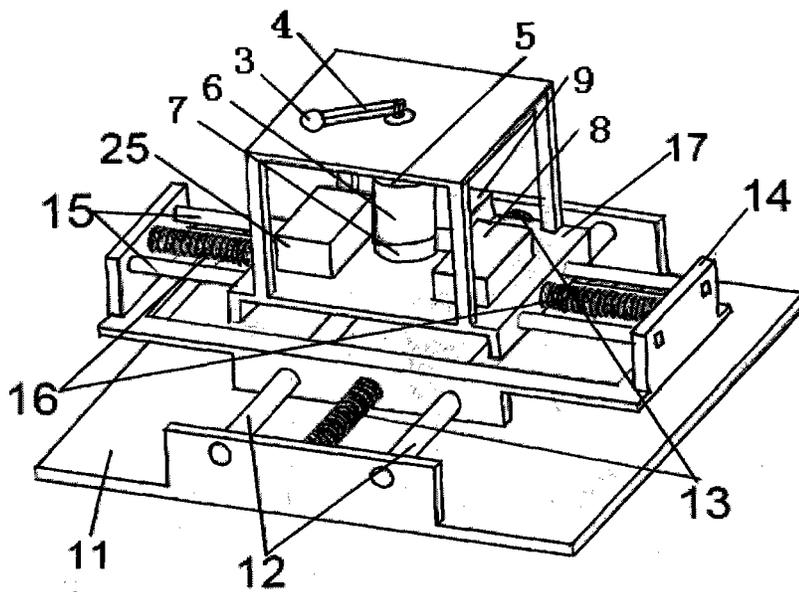


图 2

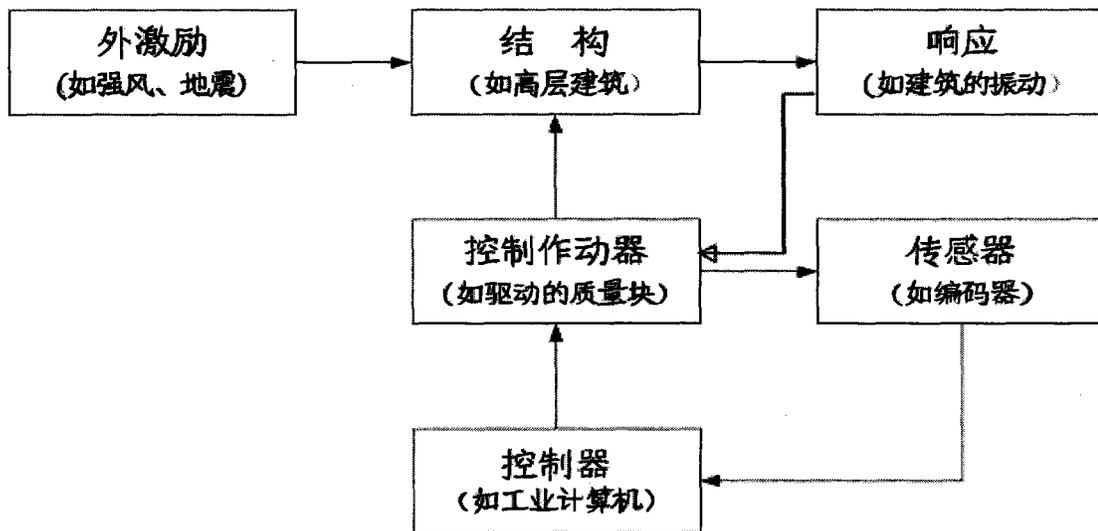


图 3

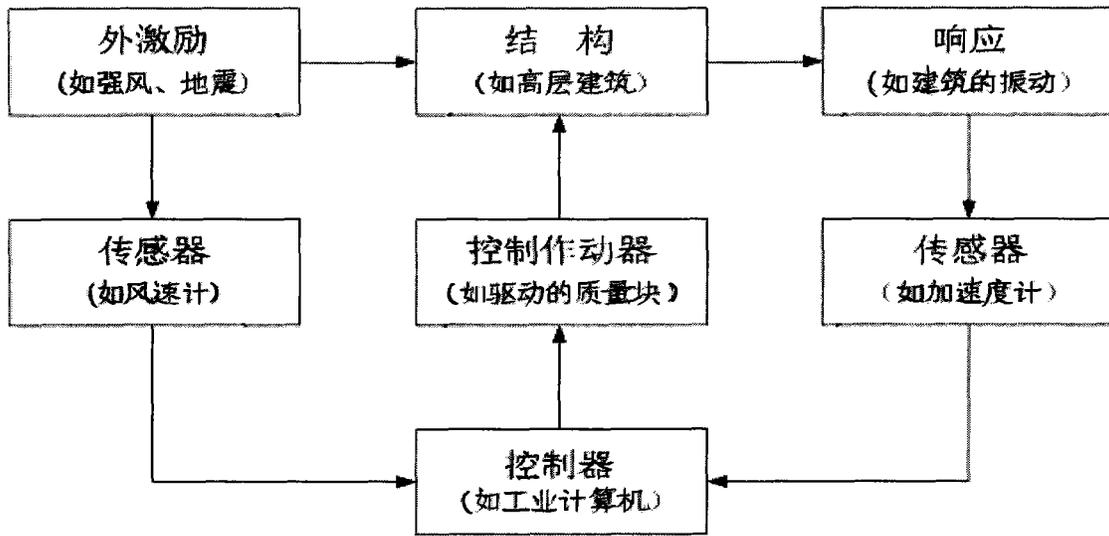


图 4