

# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99108523. X

[45] 授权公告日 2002 年 10 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 1092598C

[22] 申请日 1999. 6. 21 [21] 申请号 99108523. X

[30] 优先权

[32] 1998. 8. 19 [33] US [31] 09/136195

[73] 专利权人 奥蒂斯电梯公司

地址 美国康涅狄格州

[72] 发明人 E·K·贾米森 T·赫 D·S·威廉斯

[56] 参考文献

US5439075 1995. 8. 8 B66B7/02

US5535853 1996. 7. 1 B66B7/04

US5617023 1997. 4. 4 G01B7/14

审查员 王雁琴

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

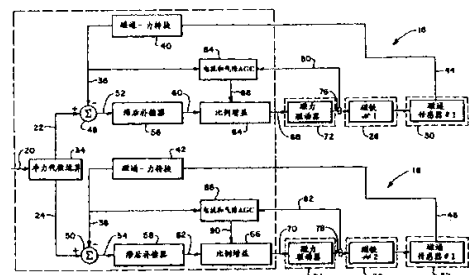
代理人 王勇 王忠忠

权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 7 页

[54] 发明名称 电梯有源悬挂系统中的磁力传动器的自动开环力增益控制

[57] 摘要

利用一种控制装置的自动增益控制来控制电梯水平有源悬挂系统的磁力传动器。增益是随着磁力传动器的电磁线圈中的驱动电流或是磁力传动器的气隙或是这两方面而变化的。



## 权 利 要 求 书

1. 用来控制电梯轿厢有源悬挂系统的磁力传动器的一种控制器，上述磁力传动器响应来自一个磁力驱动器根据上述控制器的磁通指令信号产生的驱动电流，其中的上述控制器响应一个力指令信号，检测到的代表着上述磁力传动器气隙中的磁通量的磁通信号，以及检测到的驱动电流信号，用来提供上述磁通指令信号，其中的上述控制器包括：

一个加法器，它响应用幅值指示磁力传动器所施加的力的力反馈信号和所述力指令信号，用来提供力误差信号；

10 一个补偿器，它响应上述误差信号和一个自动增益控制信号，用来提供上述磁通指令信号；

一个自动增益控制器，它响应上述力反馈信号或是上述检测到的磁通信号以及上述检测到的驱动电流信号，用来提供上述自动增益控制信号；以及

15 一个响应上述检测到的磁通信号的磁通-力转换器，用来提供上述力反馈信号。

2. 按照权利要求1的控制器，其特征是上述补偿器包括一个自适应比例增益，它随着上述检测到的驱动电流信号幅值的增大而下降。

20 3. 按照权利要求2的控制器，其特征是上述自动增益控制装置还要响应上述力反馈信号或是上述检测到的磁通信号，用来确定上述气隙的量值，其中的上述自适应比例增益随着上述气隙信号幅值的增大而增大。

# 说明书

## 电梯有源悬挂系统中的磁力传动器的自动开环力增益控制

5 本发明涉及到电梯有源悬挂系统,特别是涉及到磁力传动器的控制。

在美国专利 US5439075 中公开了一种利用有源悬挂系统对沿着竖井轨道被垂直引导的电梯轿厢在水平方向上的运动进行控制的技术。在轿厢的角上可以设置滚筒组合形式的导向装置,用来与相对的竖井壁上的竖井轨道啮合。检测出电梯轿厢的水平加速度和轿厢与轨道之间的水平位移,利用有源悬挂系统的传动器控制水平方向的运动。每个滚筒组合可以包括一或多个传动器和相关的弹簧,用一个控制器来控制滚筒组合传动器,相对于相应的竖井轨道在水平方向上驱动电梯轿厢。

在上述美国专利的图 20 中所示的控制器包括一个加法器,它响应一个力指令信号和一个力反馈信号,向一个比例-积分增益补偿器提供一个力误差信号。补偿器接着向一个电流驱动器提供电流指令信号,由驱动器向有源悬挂系统的电磁传动器线圈提供电流。用一个传感器来检测线圈中的电流,和检测到的磁通信号一起提供给一个信号处理器,从而提供一个代表着电磁铁和铁感应板之间的气隙大小的信号。用另一个信号处理器例如是一个磁通-力转换器响应检测到的磁通信号,向加法器提供力反馈信号(它与磁通的平方成正比)。

从上述美国专利的第 17 栏 63-66 行和图 20 中可见,补偿器 486 的比例增益是恒定的。遗憾的是,电磁传动器的输出力特性是电流和气隙的一种双重非线性函数。因此,这种力控制环的开环力增益在电流和气隙的整个工作范围内急剧地变化,并且会造成极度的不稳定。因此,力控制环的特性受到最差情况下的增益的限制。

本发明的目的是获得较高的系统增益,从而使电梯有源悬挂系统电磁传动器的控制环获得较好的特性。另一个目的是扩大有效的磁铁气隙范围,同时避免系统运行中的不稳定。

30 按照本发明的控制技术被用来控制电梯轿厢有源悬挂系统的磁力传动器,磁力传动器响应来自一个磁力驱动器根据控制器的磁通指令信号产生的驱动电流,其中的控制器响应一个力指令信号,检测到

5 的代表着磁力传动器气隙中的磁通量的磁通信号, 以及检测到的驱动  
电流信号, 从而提供一个磁力指令信号, 该控制器包括: 一个加法器,  
它响应一个用幅值指示磁力传动器所施加的力的力反馈信号和一个  
力指令信号, 用来提供力误差信号; 一个补偿器, 它响应力误差信号和  
一个自动增益控制信号, 用来提供磁力指令信号; 一个自动增益控制  
器, 它响应力反馈信号和检测到的驱动电流信号, 用来提供自动增益  
控制信号; 以及一个响应检测到的磁通信号的磁通-力转换器, 用来提  
供力反馈信号。

10 按照本发明的进一步特征, 补偿器包括一个自适应比例增益, 它  
随着检测到的驱动电流信号幅值的增大而下降。

按照本发明的进一步特征, 自动增益控制装置还要响应力反馈信  
号或是检测到的磁通信号, 用来提供一个气隙信号, 其幅值代表着气  
隙的量值, 其中的自适应比例增益随着气隙信号幅值的增大而增大。

15 根据以下结合着附图对最佳实施例的详细说明就可以看出本发  
明的上述和其它目的, 特征和优点。

图1表示在有源滚筒导向水平悬浮系统的气隙按照1mm增量获得  
的一组特性磁场电流与力的关系曲线。

图2是有源滚筒导向水平悬浮系统的左右控制轴的一个原理性框  
示意图。

20 图3是按照本发明用来控制图2的悬浮系统的一个双重力控制环  
的示意性框图。

图4表示一个信号处理器, 可以用来执行图3的软件力控制环中的  
某些或是所有功能, 例如图5的流程图中所示。

25 图5是一个流程图, 用来说明可以在图4的信号处理器中执行的一  
系列步骤。

图6表示按照本发明的增益调节系数与气隙的关系。

图7表示按照本发明的增益调节系数与电磁线圈电流的关系。

30 图2表示被一对相对的有源滚筒导向器12, 14水平悬浮在左右轴  
上的一个电梯轿厢框架10。在图中没有表示出左侧的前-后和右侧的  
前-后控制轴, (从控制的观点来看) 它们具有相同的硬件结构。每个有  
源滚筒导向器包括一个用来与相应的竖井轨道啮合并且与弹簧固定  
在一起的滚筒, 该弹簧例如, 与一个数字线性磁力传动器(DLMA)串联,

并且与用来抑制振动的电磁铁相并联。本发明并不仅限于图2中所示的特定的有源滚筒导向结构，因为其它结构是公知的，并且本发明显然适用于这些结构。有源滚筒导向悬浮系统的功能是保持轿厢框架在竖井中(水平地)对中，并且抑制轿厢的水平振动。

5 图1表示了用于现有技术的电梯水平悬挂系统的有源滚筒导向器(ARG)中使用的电磁铁的非线性特性。如图中所示，电磁铁的输出力特性是电流和气隙的双重非线性函数。因此，用来控制有源滚筒导向器的任何一种力控制环的开环增益是由电磁铁的工作状态来决定的，这种力/电流特性的“斜率”随着气隙和电流而变化。

10 任何磁力控制装置都需要提供电磁线圈所需的有效控制电压。由控制电压所产生的电磁线圈电流是电磁感应和电阻的函数。图1中的曲线是按照850匝， $2\text{in}^2$ 铁心截面的磁铁根据以下的公式来计算的：

$$F_{\text{mag}} = K_f I^2 / g^2;$$

其中的*i*是以安培为单位的磁场电流

15 *g*是以米为单位的磁隙

常数“*K<sub>f</sub>*”是一个气隙转换系数，它是磁铁结构的一个固定的函数。

20 从图1的曲线中可以看出，在极端的工作气隙下，在达到10A的电流限制之前由最大磁隙所产生的最大的力大约是250N。在相反的极端情况下，假设磁铁的空载电流是1A(典型的恒定ARG值)，并且气隙是2mm，空载力就会超过250N。这样就会出现不利的工作状态，因为磁铁是彼此排斥的(它们是单极的力发生器)：这样就会形成“闭锁”结构，无法进行控制。

25 由于两个原因，仅仅是减少磁铁空载电流是不能解除这种闭锁状态的。首先，减少磁铁的空载电流会在激励磁铁时产生进一步的延迟，因为在产生明显的力之前必须在额定的气隙下将电流提升到几安培。第二，控制器在执行“对中”控制时要使用磁通反馈结合着电流反馈来计算轿厢的横向位置。因此，如果采用固定的低空载电流和大的气隙，磁通反馈就会变得太小而不能可靠地计算位置。

30 因此而放弃了空载电流的概念，在控制中采用了空载力的概念。如图3所示，这一概念需要使用各自用于一个磁铁的两个力控制环16, 18。根据线路20上的“Net\_Force”命令信号，线路22上的“Net\_Force\_1”信号，以及线路24上的“Net\_Force\_2”信号，将每一

个环设定到“MinimumForce Cmd”或是 $\text{abs}(\text{“Net\_Force”}) + \text{“Minimum Force Cmd”}$ 。因此,假设双重力控制环的闭环增益基本上等于1,从两个磁铁26,28的输出产生的净力加在一起就刚好是“Net\_Force”。

5 这种方案的一个效果就是不需要控制磁铁中的实际空载电流,因为力是受到控制的,但是不控制气隙。如果将空载力设定得过高,超过了最大气隙下所能产生的空载电流;如果空载力太低,则空载电流在小气隙时就会很低,这样就会增加将磁铁转化到高输出力所需要的时间。按照上述的本发明的实施例,根据交叉失真的迹象,通过试验已经确定了处在20到50N之间的空载力对于空载电流过大和转化速度问题  
10 之间的折衷是最佳的方案。

图2中没有表示图3的磁通传感器30,32,但是它们是安装在磁铁26和28的磁隙内侧的。磁通传感器30,32是一种霍尔效应器件,用来检测振荡磁铁的气隙内部的磁通密度。由磁铁施加在其反应棒上的力与磁通传感器检测到的磁通密度的平方成正比。这样就确定了软件力控制环的磁通检测方式,并且将其用于双重力控制环的磁通力反馈信号。  
15 如图2中所示,利用弹簧悬挂装置使轿厢框架横向悬浮在轨道上。控制器使用DLMA对弹簧悬挂装置进行偏置,使轿厢相对于轨道实现的上述“对中”。利用这种控制方式使磁铁的操作行程达到最大。使对中控制要求合理化的另一种方法是假定轿厢应该稳定在惯性状态:对中控制即使是在轿厢框架上出现不平衡负载时仍然允许最大的轨道  
20 偏差。位置信息是通过检测磁铁中的电流,磁铁中的磁通,并且按照上述的公式推导出磁铁的气隙而获得的,其中的磁通力等于 $F_{\text{mag}}$ :

$$F_{\text{mag}} \sim B^2$$

这一比例常数是磁铁结构的函数:

$$25 \quad F_{\text{mag}} = (B^2 / 2 \mu_0) A;$$

其中的B是磁铁的气隙中的磁通密度,

$\mu_0$ 是自由空间的磁导率( $4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ ),而A是磁通的磁极面上的总面积。

对于固定的磁通结构来说,常数 $(A / 2 \mu_0)$ 被称为“Flux\_Force\_Factor”。对磁通进行采样,转化成力( $F_{\text{mag}}$ ),并且代  
30 入第一公式

$$F_{\text{mag}} = K_r I^2 / g^2$$

以求解气隙 $g$ 。

在图3中表示了按照本发明的双重自动增益控制(AGC)力环的控制框图。线路20上的“Net\_Force”指示指令信号被一个“Net Force Algebra”框34用代数方法分成上述的线路22上的“Net\_Force\_1”信号和线路24上的“Net\_Force\_2”信号。线路36上的“Flux\_Force\_1”反馈信号和线路38上的“Flux\_Force\_2”反馈信号是分别由磁通-力转换框40, 42利用磁通传感器30, 32检测到的磁通信号而获得的。线路36, 38上的信号作为负反馈被提供给两个加法器48, 50。加法器48, 50各自在线路52, 54上的误差输出信号“Force\_Error\_1”和“Force\_Error\_2”作为输入被提供给各自的包括一个积分器的补偿滤波器56, 58。各个补偿器分别在线路60, 62上的输出(滤波的力误差)信号在各自的框64, 66中与一个比例增益系数相乘, 按照本发明, 这一比例增益系数是有关磁铁的电流和气隙状态的函数(以下还要详细说明)。线路68, 70上的各个磁通指令信号是力控制环调节器的输出, 它们作为PWM信号被提供给各自的磁铁驱动器功率电子电路72, 74。磁铁线圈中在线路76, 78上产生的电流受到检测, 并且作为检测到的线圈电流信号在线路80, 82上反馈到各自的“Current & Gap AGC”框84, 86, 用来按照图示的情况根据检测到的线圈电流电平信号80, 82和磁通反馈信号36, 38或者是直接根据检测到的磁通信号44, 46从线路88, 90上向方框64, 66提供AGC(比例)增益调节信号。当检测到的各个驱动电流信号的幅值增大时, 方框84, 86利用AGC增益调节信号使比例增益下降。这些方框还要根据检测到的电流和力信号来确定各个磁铁中的气隙的量值(也就是求出后一个公式中的“ $g$ ”), 并且随着各自的气隙量值的增大而增加各自的比例增益。如上文所述, 磁场电流在磁铁气隙中产生的磁通是由磁通传感器30, 32来检测的, 并且反馈给用于磁通-力计算器40, 42的软件控制器。应该注意到在方框84, 86中确定各自的气隙量值的工作可以直接根据线路44, 46上的检测到的磁通密度(结合着检测到的电流信号80, 82)来完成, 不需要图示的力反馈信号36, 38。

AGC\_Gain的计算实际上不能使力控制环的开环增益线性化, 但是有助于在电流气隙状态的很宽范围内使环路达到稳定。首先, 可以将各个力控制环中使用的比例增益项按工作电流的线性函数下降。随着

电流从最小值逐渐增大,增益被逐渐减小。其次,随着磁铁气隙分别变成8mm以下或是以上,使用的比例增益项作为磁铁气隙的线性函数而减少或是增强。8mm是一个预定的系数,它仅仅是针对本例而依经验确定的。在各个力控制环中根据以下的公式来计算AGC增益电平:

5  $AGC\_Gain\ 1 = Gain(1A)/Imag;$

并且

$$AGC\_Gain\ 2 = AGC\_Gain1(\text{气隙}(\text{mm}))/8\text{mm}.$$

图6表示变化气隙的增益调节系数。图7表示变化电流的增益调节。用其它方式也可以获得类似的结果,以上仅仅是一个例子。

10 图4提供了双重力控制环的控制器硬件框图。用 $\mu P$ 对输入采样并且通过执行EPROM的指令将输入采样存储在RAM中。滤波器参数被存储在EEPROM或是EPROM中,用于延迟的补偿滤波器和AGC逻辑。所得的磁通PWM指令被提供给磁铁驱动器电路。

15 图5表示双重力控制器的一种简化的软件程序流程。计算是按照指定的速度按顺序执行的。

尽管本发明是按照其最佳实施例来说明的,本领域的技术人员在不脱离本发明的实质和范围的情况下仍然可以对上文中所述的细节进行各种各样的变更和增删。



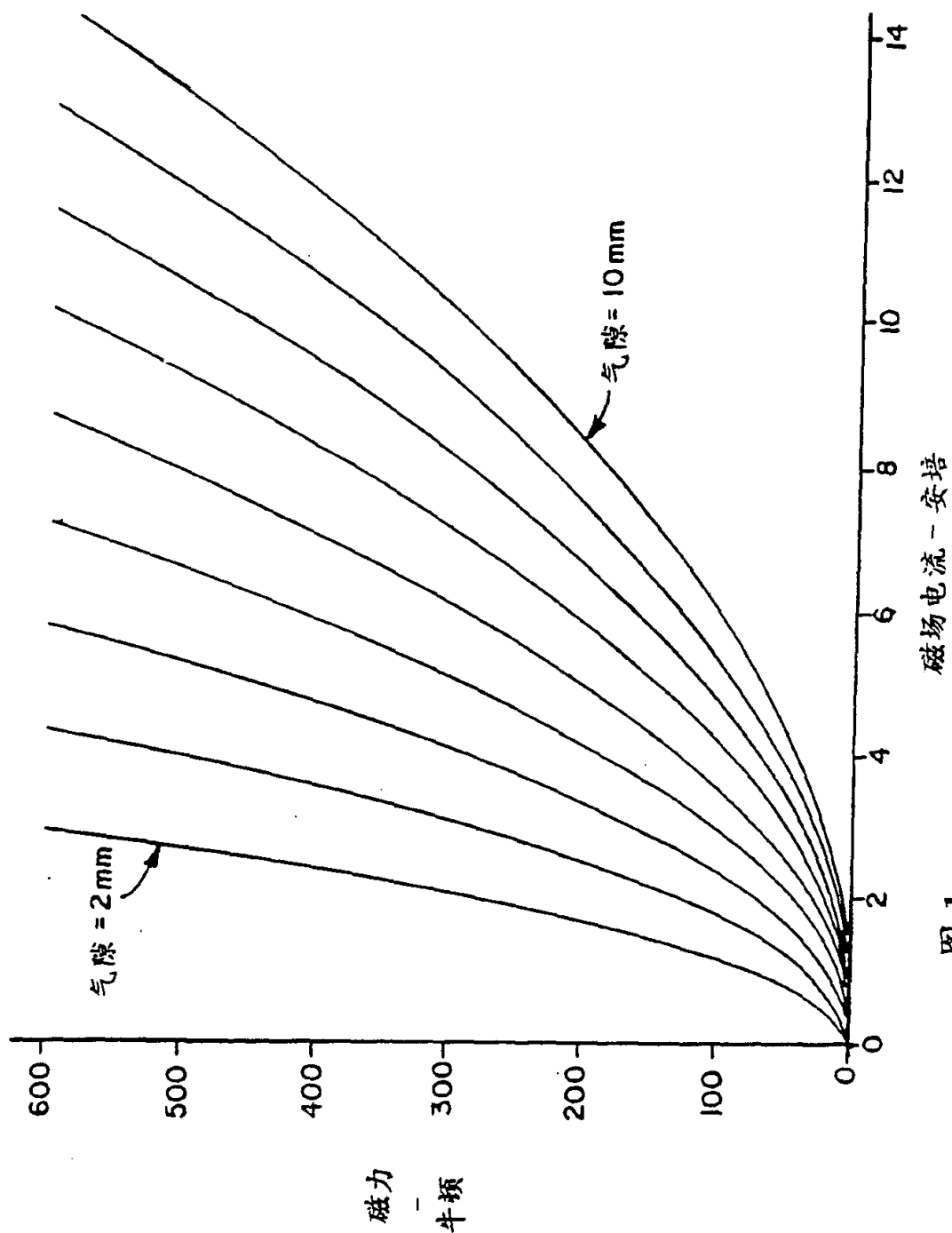


图 1

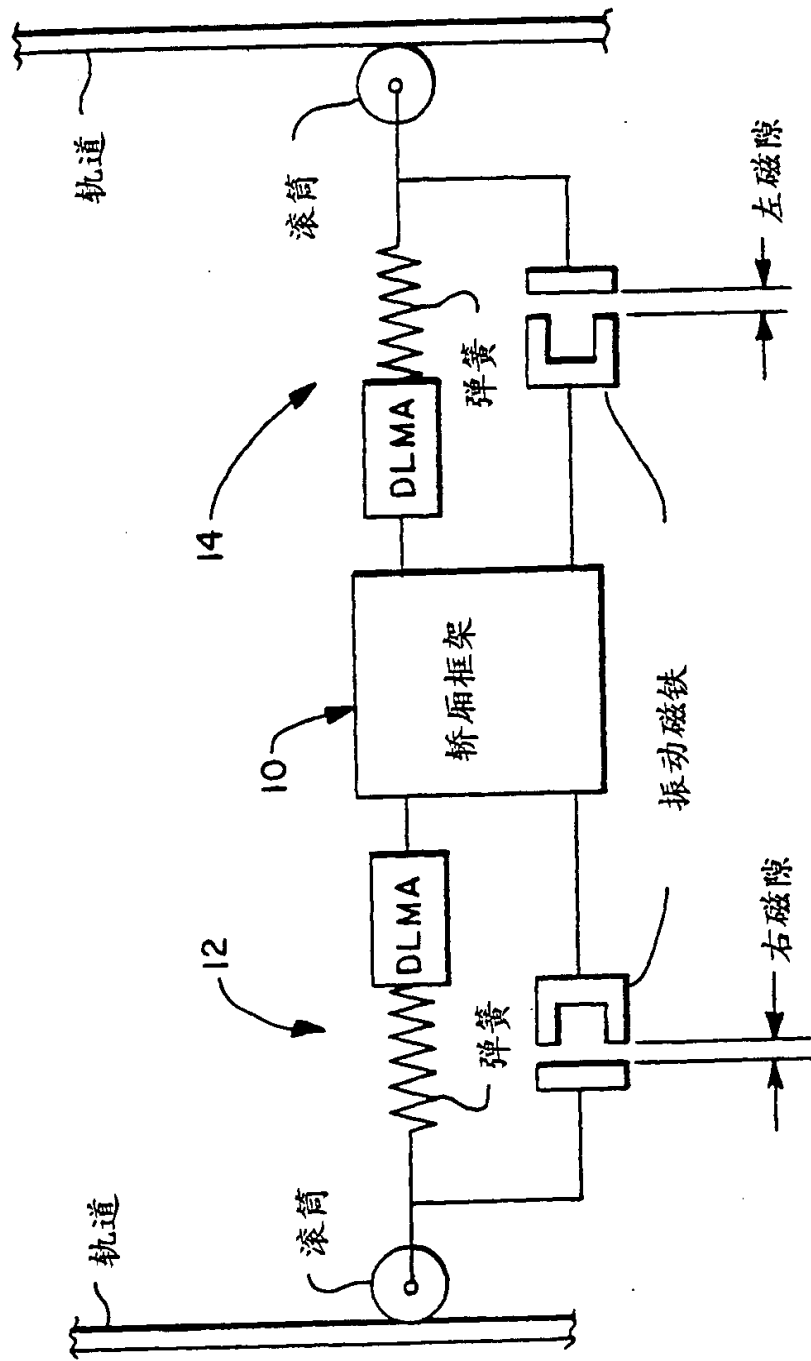


图 2

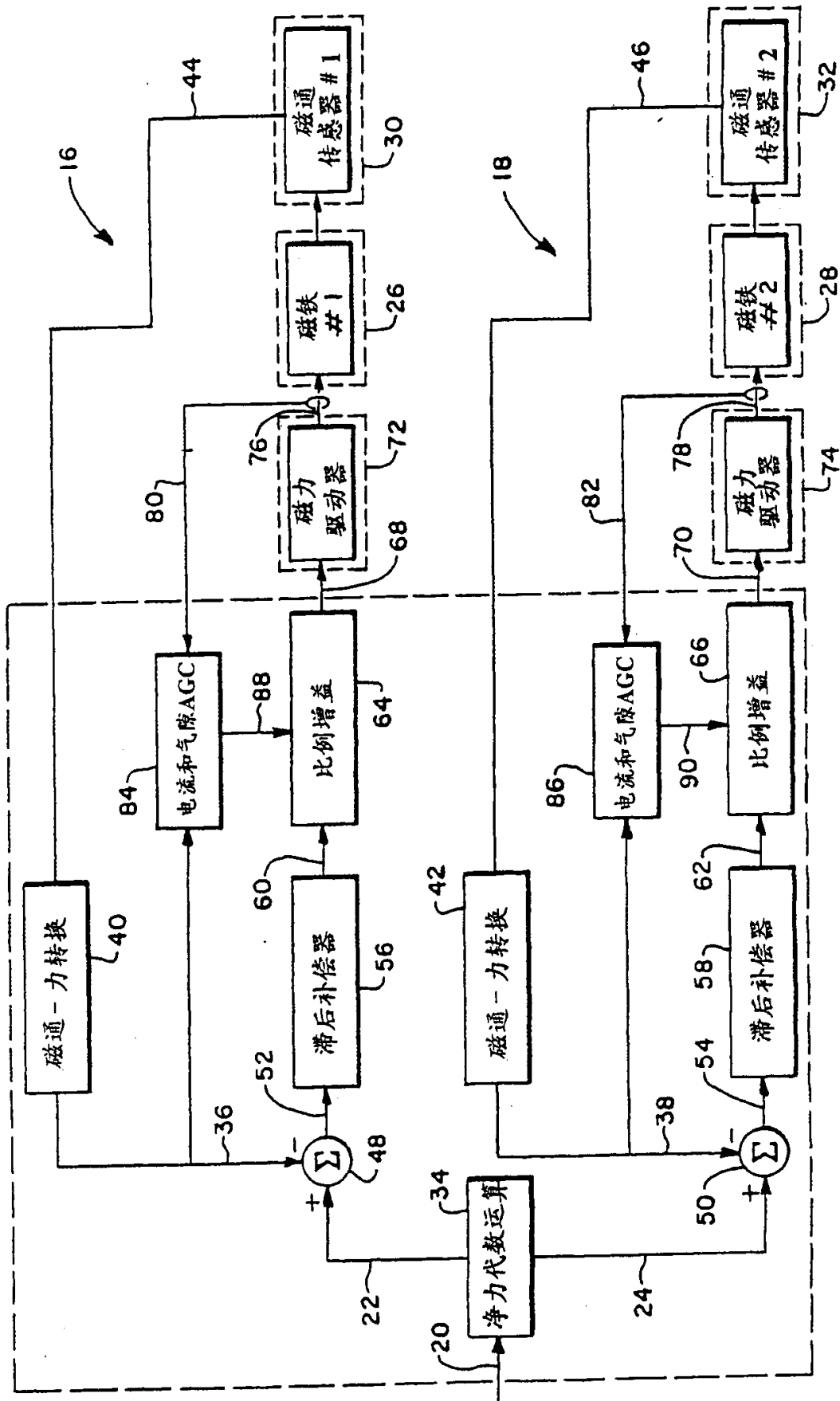


图 3

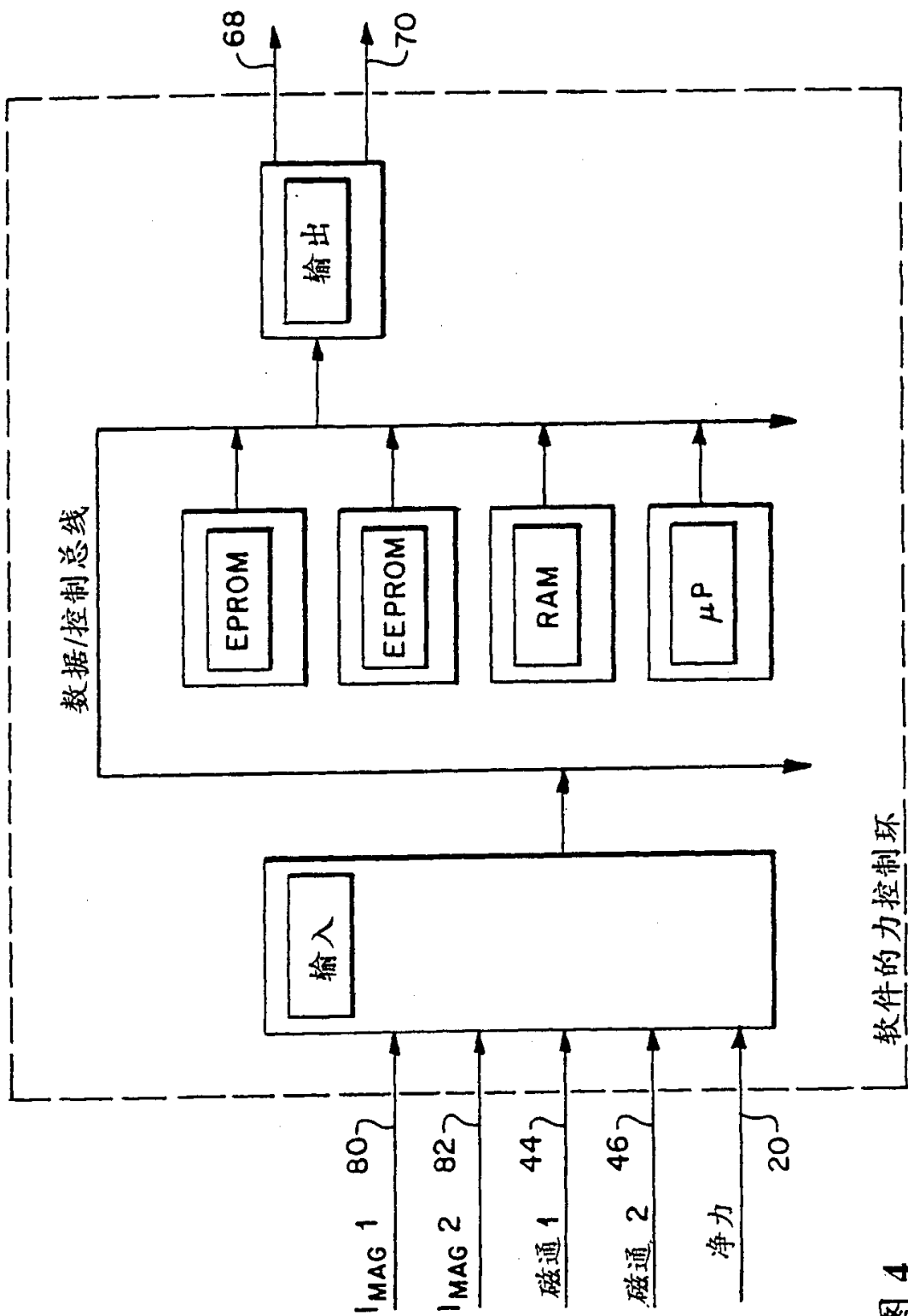


图 4

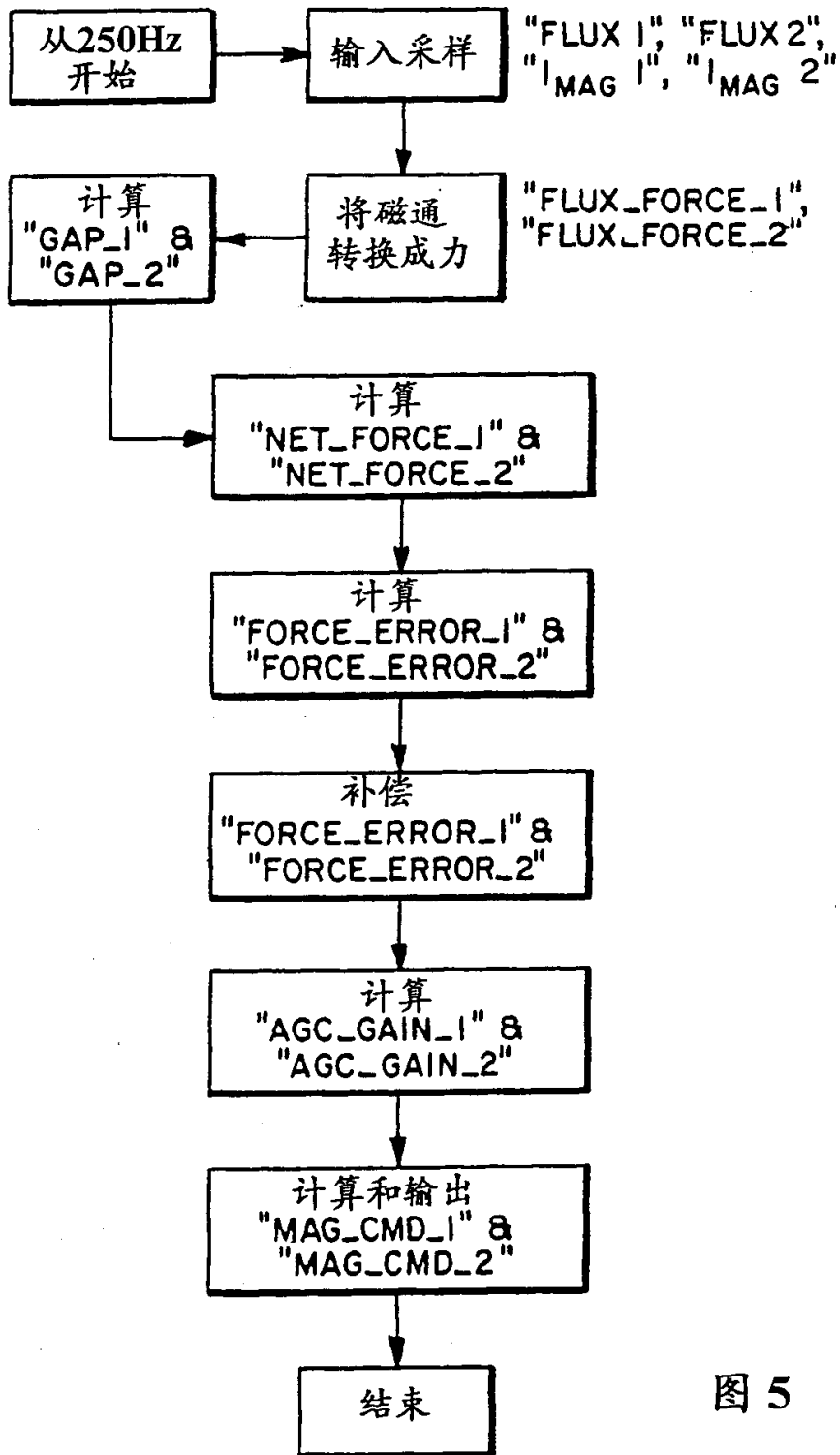


图 5

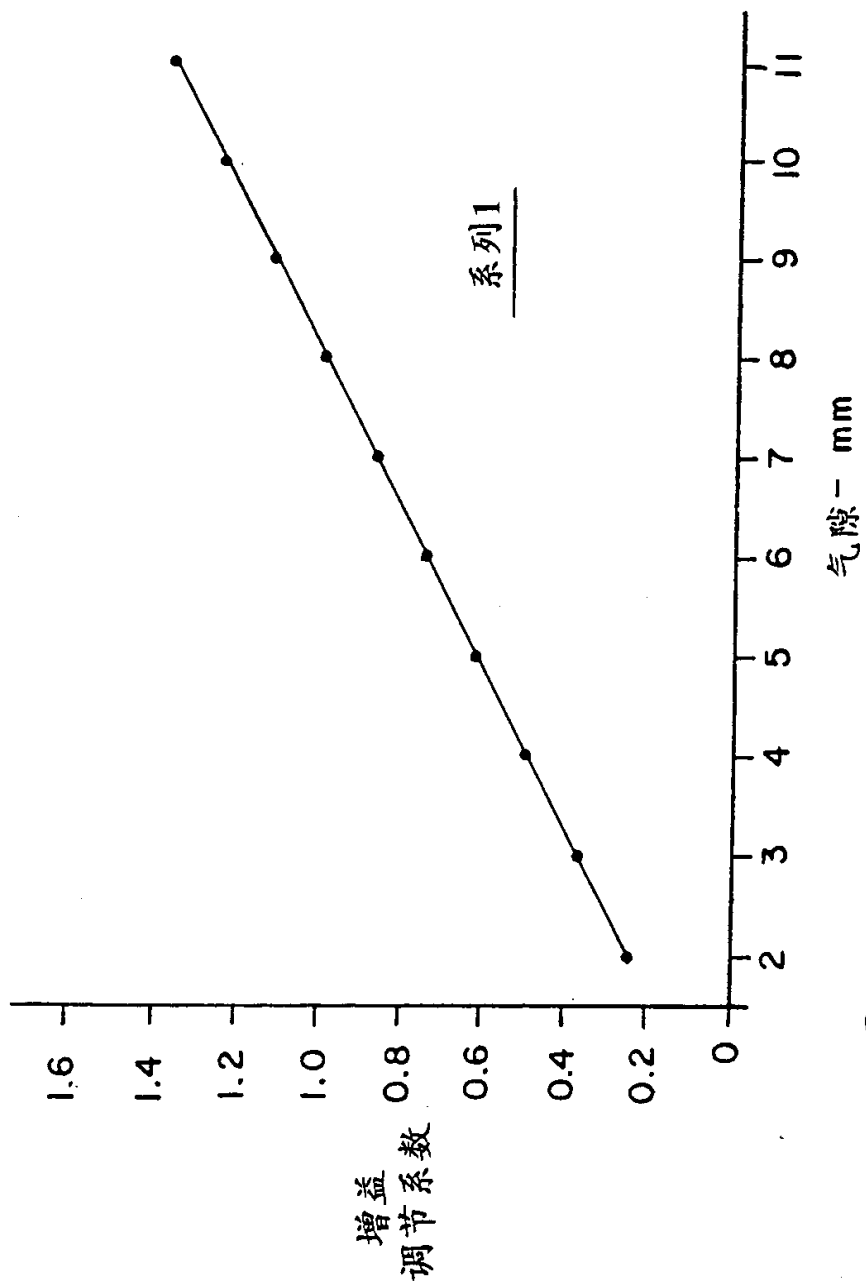


图6

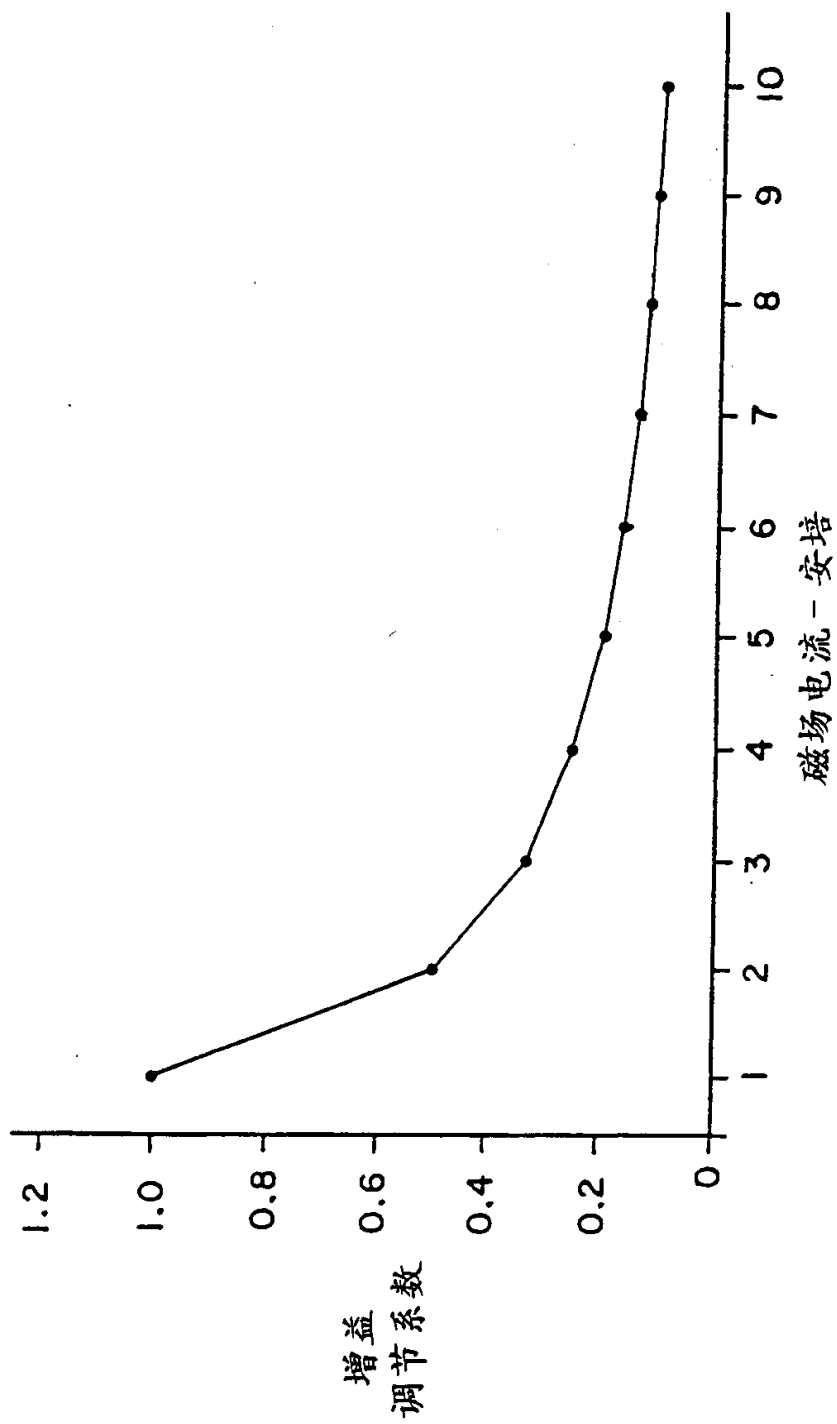


图7