



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103968924 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 06

(21) 申请号 201410230888. 8

(22) 申请日 2014. 05. 28

(71) 申请人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙坪坝正街
174 号

(72) 发明人 林景栋 郑治迦 王珺珩 马宁
吴芳 韩冲 周宏波 徐大发

(74) 专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有
限公司 11275

代理人 廖曦

(51) Int. Cl.

G01G 19/38(2006. 01)

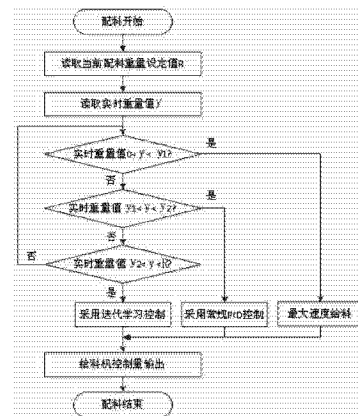
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于多阶段控制的配料称重控制方法

(57) 摘要

本发明提出了一种基于多阶段控制的配料称重控制方法,属于称重技术领域。该方法将配料称重过程划分为三个阶段,并采用不同的控制方式进行控制,具体过程如下:第一阶段:快速给料阶段,当实际下料量小于或等于第一阶段重量值时,对任何物料都以同一恒定最大速度进行快速配料;第二阶段:精确称量阶段,采用常规PID控制器进行控制;第三阶段:预测落差阶段,采用迭代学习控制方式进行控制,计算给出的关闭提前控制量,并相应地调节给料速度。本发明较好的解决了物料配料称重速度与精度相互矛盾的问题,同时本发明不依赖于料仓的料位变化和物料比重的随机变化等,具有物料配料称重速度快、精度高等优点。



1. 一种基于多阶段控制的配料称重控制方法,其特征在于,将配料称重过程划分为三个阶段,并采用不同的控制方式进行控制,具体过程如下:

第一阶段:快速给料阶段,即设定称重的总重量值和第一阶段重量阈值,当实际下料量小于或等于第一阶段重量值时,对任何物料都以同一恒定最大速度进行快速配料;

第二阶段:精确称量阶段,即设定第二阶段重量阈值,当实际下料量大于第一阶段重量阈值小于或等于第二阶段重量阈值时,采用常规 PID 控制器进行控制;

第三阶段:预测落差阶段,即当实际下料量大于第二阶段重量阈值小于总量值时,采用迭代学习控制方式进行控制,计算给出的关闭提前控制量,并相应地调节给料速度。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于多阶段控制的配料称重控制方法,其特征在于:第三阶段所述采用迭代学习控制方式计算关闭提前控制量的具体步骤为:

2-1) 设定第一次配料时的关闭提前控制量:

$$u_0 = u', u' \in (0, R) \quad (1)$$

其中 R 为设定的称重总重量值;在第一次配料时,称重仓内物料的实际重量值到达 $R-u_0$ 时就提前关闭螺旋给料机;

2-2) 当空中物料全部下落到称重仓之后,得到第一次配料的最终实际下料重量值 w_0 ;此时实际下料重量值与设定总重量值存在的误差 e_0 表示为:

$$e_0 = w_0 - R \quad (2)$$

2-3) 进行第二次配料,且第二次配料时的关闭提前控制量 u_1 :

$$u_1 = u_0 + qe_0 = u_0 + q(w_0 - R) \quad (3)$$

其中, q ($0 < q < 1$) 为加权学习因子;

2-4) 得到第二次配料误差:

$$e_1 = w_1 - R \quad (4)$$

其中, w_1 为第二次配料最终得到的实际配料重量值;

依次递推,得到第 $k+1$ ($k \rightarrow \infty$) 次配料时,给料机关闭提前控制量为 u_k ,实际配料值为 w_k ,则第 $k+1$ 次配料误差 e_k 为:

$$e_k = w_k - R \quad (5)$$

2-5) 采用迭代学习控制算法,给料机关闭提前量 u_{k+1} 为:

$$u_{k+1} = u_k + qe_k = u_k + q(w_k - R) \quad (6)。$$

一种基于多阶段控制的配料称重控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于称重技术领域,具体涉及一种基于多阶段控制的配料称重控制方法。

背景技术

[0002] 在建材、水泥、冶金、医药、化工等行业中,都需对原料进行称重配料,因此称重配料是以上行业生产过程的必不可少的一个环节。生产过程中原料是否严格按照规定的配料比(产品的各种原料重量值之比)进行称重,配料精度是否满足产品的生产指标(组成产品的各种原材料重量值之比)是衡量企业产品质量的关键。因此在配料过程中对所生产产品的每一种原料的重量值进行控制就显得尤为重要。如果在配料过程中称重的精度达不到产品规定的要求,轻则造成原料、能源的浪费,重则影响企业产品的质量和产量,更为严重的结果是因配料失误会给整个生产线酿成安全等事故。

[0003] 现有技术下的原料称重方法,其配料系统的给料速度与给料精度是相互矛盾的,加快给料的速度虽然可以缩短配料时间,但如果需要获得较高的配料精度,就必须延长给料的时间。再则,切断给料机电源,停止给料后,自给料机至称量料斗中间的空中落料(落差)的大小最终会影响配料精度,即在相同的误差率下,最终的落差值越大,给料的偏差就越大。落差值的大小受到给料机最后给料量的大小和给料机出料口到称量系统高度的影响,给料机出料口到称量系统的高度越高,落差值则越大,精度越不易控制。

[0004] 综上所述,现有的原料称重方法难以同时提高原料称重的速度精度,而且其最终精确度受到给料机停止后,自给料机至称量料斗中间的空中落料量的影响。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服上述不足,提供一种用于物料配料称重的多阶段控制的控制方法,将配料称重过程划分为三个阶段并采用不同控制方式的整体控制方法,提高称重过程中的速度和精度。

[0006] 一种基于多阶段控制的配料称重控制方法,将配料称重过程划分为三个阶段,并采用不同的控制方式进行控制,具体过程如下:

[0007] 第一阶段:快速给料阶段,即设定称重的总重量值和第一阶段重量阈值,当实际下料量小于或等于第一阶段重量值时,对任何物料都以同一恒定最大速度进行快速配料;

[0008] 第二阶段:精确称量阶段,即设定第二阶段重量阈值,当实际下料量大于第一阶段重量阈值小于或等于第二阶段重量阈值时,采用常规PID控制器进行控制;

[0009] 第三阶段:预测落差阶段,即当实际下料量大于第二阶段重量阈值小于总量值时,采用迭代学习控制方式进行控制,计算给出的关闭提前控制量,并相应地调节给料速度。

[0010] 进一步的,第三阶段所述采用迭代学习控制方式计算关闭提前控制量的具体步骤为:

[0011] 2-1) 设定第一次配料时的关闭提前控制量:

[0012] $u_0 = u', u' \in (0, R)$ (1)

[0013] 其中 R 为设定的称重总重量值；在第一次配料时，称重仓内物料的实际重量值到达 $R-u_0$ 时就提前关闭螺旋给料机；

[0014] 2-2) 当空中物料全部下落到称重仓之后，得到第一次配料的最终实际下料重量值 w_0 ；此时实际下料重量值与设定总重量值存在的误差 e_0 表示为：

$$[0015] \quad e_0 = w_0 - R \quad (2)$$

[0016] 2-3) 进行第二次配料，且第二次配料时的关闭提前控制量 u_1 ；

$$[0017] \quad u_1 = u_0 + qe_0 = u_0 + q(w_0 - R) \quad (3)$$

[0018] 其中， q ($0 < q < 1$) 为加权学习因子；

[0019] 2-4) 得到第二次配料误差：

$$[0020] \quad e_1 = w_1 - R \quad (4)$$

[0021] 其中， w_1 为第二次配料最终得到的实际配料重量值；

[0022] 依次递推，得到第 $k+1$ ($k \rightarrow \infty$) 次配料时，给料机关闭提前控制量为 u_k ，实际配料值为 w_k ，则第 $k+1$ 次配料误差 e_k 为：

$$[0023] \quad e_k = w_k - R \quad (5)$$

[0024] 2-5) 采用迭代学习控制算法，给料机关闭提前量 u_{k+1} 为：

$$[0025] \quad u_{k+1} = u_k + qe_k = u_k + q(w_k - R) \quad (6)$$

[0026] 由于采用了上述技术方案，本发明具有如下的优点：本发明通过将配料称重过程划分为三个阶段并采用不同的控制方法进行控制，较好的解决了物料配料称重速度与精度相互矛盾的问题，同时本发明不依赖于料仓的料位变化和物料比重的随机变化等，具有物料配料称重速度快、精度高等优点。

[0027] 本发明的其他优点、目标和特征在某种程度上将在随后的说明书中进行阐述，并且在某种程度上，基于对下文的考察研究对本领域技术人员而言将是显而易见的，或者可以从本发明的实践中得到教导。本发明的目标和其他优点可以通过下面的说明书和权利要求书来实现和获得。

附图说明

[0028] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明作进一步的详细描述，其中：

[0029] 图 1 为物料配料称重系统的多阶段控制流程图；

[0030] 图 2 为物料配料称重系统结构示意图；

[0031] 图 3 为物料配料称重过程动态响应图；

[0032] 图 4 为第二阶段基于常规 PID 的配料称重控制结构图；

[0033] 图 5 为第三阶段基于迭代学习控制的配料称重控制结构图。

具体实施方式

[0034] 下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本发明的技术方案。

[0035] 图 2 为本发明的物料配料称重结构示意图，如图所示，从给料机到称重仓之间有一段落差距离，将会导致称重的精确度受到影响。

[0036] 本发明一种基于多阶段控制的配料称重控制方法，将配料称重过程划分为三个阶

段,并采用不同的控制方式进行控制,具体过程如下:

[0037] 第一阶段:快速给料阶段,即设定称重的总重量值和第一阶段重量阈值,当实际下料量小于或等于第一阶段重量值时,对任何物料都以同一恒定最大速度进行快速配料;

[0038] 第二阶段:精确称量阶段,即设定第二阶段重量阈值,当实际下料量大于第一阶段重量阈值小于或等于第二阶段重量阈值时,采用常规PID控制器进行控制;

[0039] 第三阶段:预测落差阶段,即当实际下料量大于第二阶段重量阈值小于总量值时,采用迭代学习控制方式进行控制,计算给出的关闭提前控制量,并相应地调节给料速度。

[0040] 图1为物料配料称重系统的多阶段控制流程图,图3为物料配料称重过程动态响应图,如图1和图3所示,设定此次称重的总量 R ,第一阶段重量阈值为 y_1 ,第二阶段重量阈值为 y_2 ,设实际下料量为 y 。当 $y \leq y_1$ 时,进入第一阶段,即快速给料阶段,对于任何物料都以同一恒定最大速度进行快速配料,以取得最大效率。用公式可表达为: $u = u_{\max}$, u 代表实际给料速度, u_{\max} 代表最大给料速度。

[0041] 当 $y_1 < y \leq y_2$,进入第二阶段,即精确称量阶段。在这一阶段如果实际给料速度过大则可能出现超调现象,直接导致下料失败也就不会出现第三阶段;若过小则影响效率,要求控制量在这一阶段初期不产生超调情况下尽可能较大,以满足效率。当实际下料量快要达到第二阶段阈值 y_2 时要减小控制量,以减小落料差,提高配料精度。因此,需要对每种物料都确定合适的实际给料速度。这一阶段通过常规PID控制器实现对物料的精确控制,用公式可表达为:即 $u = u_{\text{PID}}$, u_{PID} 代表PID控制器的控制速度。图4为基于常规PID控制的控制结构图。

[0042] 当 $y_2 < y < R$,进入第三阶段,预测落差阶段。此阶段采用基于迭代学习的控制方法实现预落差阶段的给料控制,图5为基于迭代学习的配料称重控制结构图,参照图3给定期望实际下料量轨迹 $y_d(t)$,再寻找输入控制量 $u_k(t)$,使得在该控制作用下,实际配料重量在 $[t_0, t_1]$ 上与 $y_d(t)$ 一致。

[0043] 每次配料过程中,输入控制量 $u_k(t)$ 选为给料机关闭提前控制量,当称重仓中的物料重量到达预先设定的重量时立即提前关闭,从而使空中余料完全落入称重仓后的最终实际配料重量值与设定重量值一致或在允许偏差范围之内。

[0044] 关闭提前控制量的初始值为:

$$[0045] \quad u_0 = u', u' \in (0, R) \quad (1)$$

[0046] 式(1)中, u_0 一般取 R 值的30%,第一次配料时,称重仓内物料的实际重量值到达 $R-u_0$ 时就提前关闭给料机。当空中物料全部下落到称重仓之后,得到最终的原料配料重量值 w_0 。此时利用实际配料重量值与设定原料称重量值存在的误差:

$$[0047] \quad e_0 = w_0 - R \quad (2)$$

[0048] 则生成新的关闭提前控制量为:

$$[0049] \quad u_1 = u_0 + qe_0 = u_0 + q(w_0 - R) \quad (3)$$

[0050] 式(3)中, q ($0 < q < 1$)为加权学习因子;则第二次配料过程中,按 u_1 作为给料机的提前关闭值,此时可以得到第二次配料误差:

$$[0051] \quad e_1 = w_1 - R \quad (4)$$

[0052] 式(4)中, w_1 为第二次配料最终得到的实际配料重量值;

[0053] 依次递推,可以得到第 $k+1$ 次配料时,实际配料值为 w_k ,则第 $k+1$ 次配料误差 e_k 为:

[0054] $e_k = w_k - R$ (5)

[0055] 采用迭代学习控制算法, 给料机关闭提前量 u_{k+1} 为:

[0056] $u_{k+1} = u_k + qe_k = u_k + q(w_k - R)$ (6)

[0057] 在迭代学习控制算法过程中, 当 $e_k < 0$ 时, 负向迭代, 迭代的结果是 u_k 变小; 而 $e_k > 0$ 时, 则正向迭代, 迭代的结果是 u_k 变大; 当 $R > w_k$ 时, $e_k < 0$, 可得到: $R - w_k \leq u_k$, 则:

[0058] $u_{k+1} = u_k + qe_k = u_k + q(w_k - R) \geq u_k - u_k = 0$ (7)

[0059] 由式 (7) 知, 负向迭代时, 控制量 u 都是大于零的, 但是会变小; 当 $R < w_k$ 时, $e_k > 0$, 可得到: $R - w_k \geq u_k$, 则正向迭代, 结果是 u_k 变大, 此时要进行限值控制, 边界控制需保证: $0 < u_k < R$ 。

[0060] 迭代学习控制方法证实, 设配料称重控制系统每次重复训练时都满足初始条件 $e_k(0) = 0$, 当 $k \rightarrow \infty$, 即当训练的次数足够多时, 可实现配料称重重量值的实际输出逼近期望输出, 即:

[0061] $|e_k| \rightarrow J_R$

[0062] J_R 为物料的配料精度百分比。从而, 每次配料时就可以用上次修正后的给料机提前关闭控制量来进行给料机的预测关闭。如此反复训练, 可以使给料机关闭提前量不断优化, 实现给料机关闭后称重仓内的物料重量值非常逼近配料重量给定值。

[0063] 本发明通过将物料配料称重过程划分为三个控制阶段, 其学习控制规律简单, 不但具有较好的实时性, 而且对干扰和系统模型的变化具有一定的鲁棒性, 较好的解决了在配料称重过程中因落差原因导致的称重精度不高。同时又通过不同的控制方法实现不同阶段的给料机控制, 从而很好的解决了因精度与速度相互矛盾的问题。

[0064] 最后说明的是, 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制, 尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明, 本领域的普通技术人员应当理解, 可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换, 而不脱离本技术方案的宗旨和范围, 其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

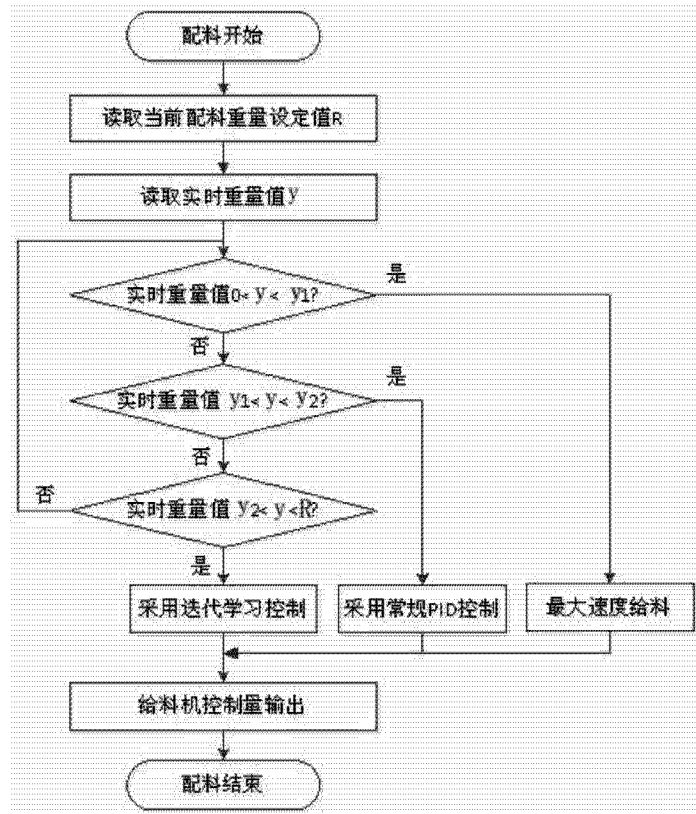


图 1

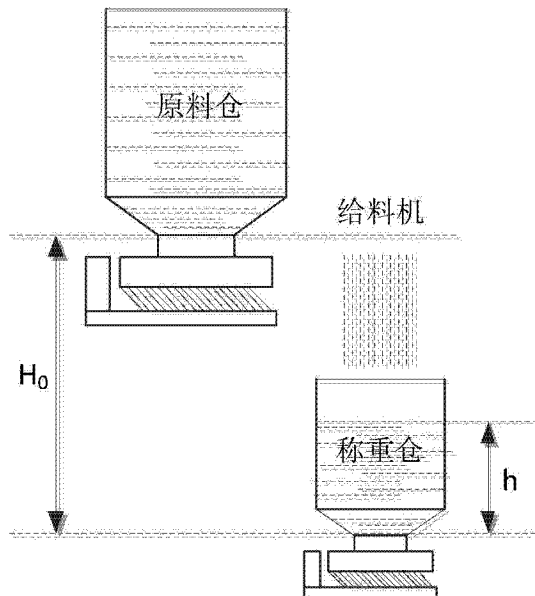


图 2

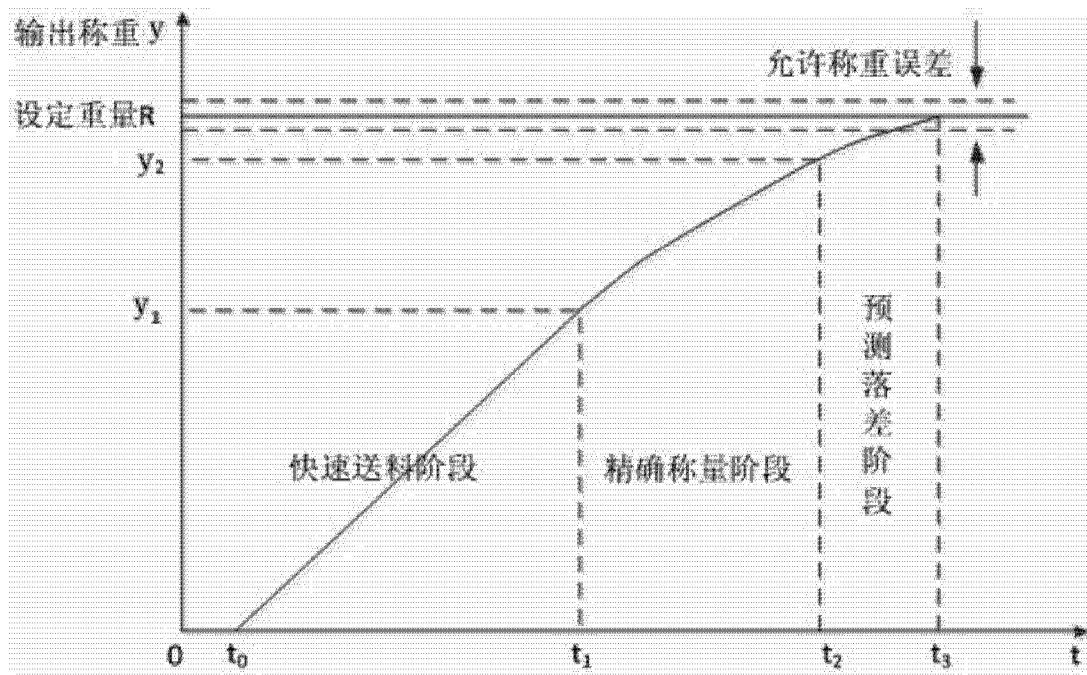


图 3

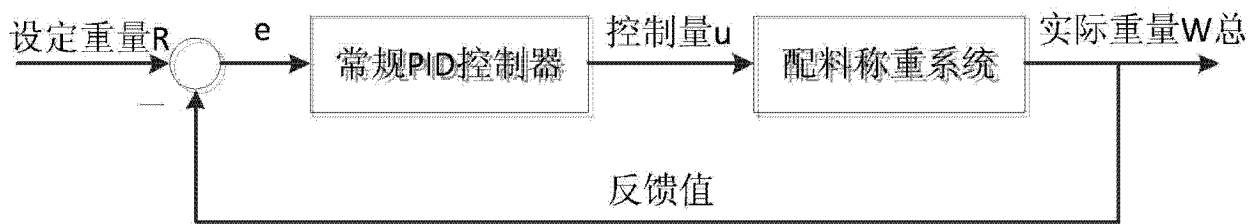


图 4

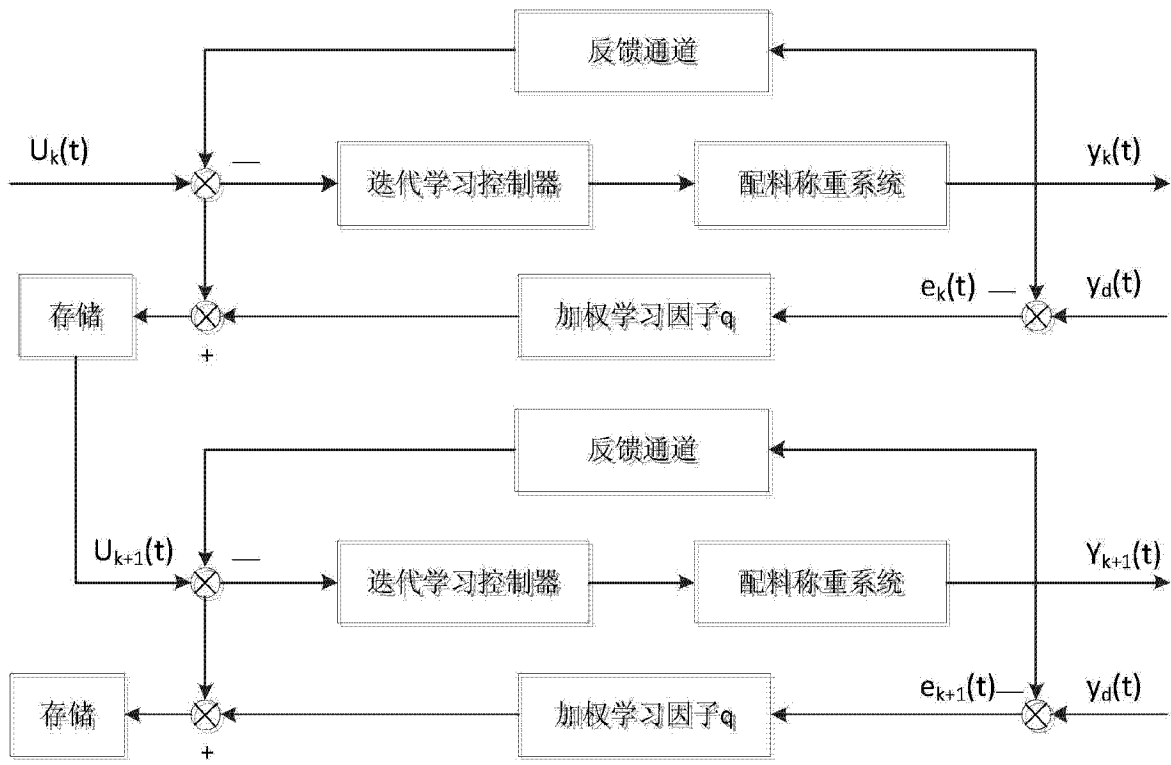


图 5