



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102059333 B

(45) 授权公告日 2012. 11. 14

(21) 申请号 201010547457. 6

CN 1613575 A, 2005. 05. 11,

(22) 申请日 2010. 11. 17

JP 特开 2001-138019 A, 2001. 05. 22,

(73) 专利权人 中冶南方工程技术有限公司

审查员 冯硕

地址 430223 湖北省武汉市东湖新技术开发区大学园路 33 号

(72) 发明人 陈泽望 苏瑞淼 邱习剑

(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限公司 42102

代理人 王守仁

(51) Int. Cl.

B22D 11/22(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101658913 A, 2010. 03. 03,

CN 101347822 A, 2009. 01. 21,

JP 特开 2004-243390 A, 2004. 09. 02,

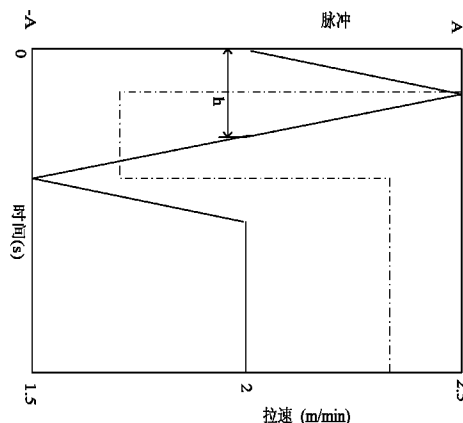
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

方坯连铸机二冷配水控制系统

(57) 摘要

本发明提供的方坯连铸机二冷配水先进控制系统,是一种基于中包连续测温的前馈二冷配水控制系统,该系统是一个拉速、过热度前馈的开环控制系统,其结构是:设有浇注温度液相线温度模块,其通过相关系数模块与比较器输入端相连;设有拉速相关系数模块,其通过二冷配水模型模块与比较器输入端相连;该比较器将浇注温度补偿水量和由有效拉速计算得到的补水量与现场流量检测得到的实际流量值之差作为 PID 控制器的输入;PID 控制器的输出控制现场调节阀的开度,以调节现场二冷区水流量,最终保证出坯温度在工艺设定的范围内。本发明可以防止铸坯表面温度出现过大波动,能够动态计算出二冷各段水量,从而为方坯连铸机稳定顺行高产低耗创造条件。



1. 一种方坯连铸机二冷配水控制系统,其特征是一种基于中包连续测温的前馈二冷配水控制系统,该系统是一个拉速、过热度前馈的开环控制系统,该系统的结构是:设有浇注温度液相线温度模块,其通过相关系数模块与比较器输入端相连;设有拉速相关系数模块,其通过二冷配水模型模块与比较器输入端相连;设有流量检测模块,其检测现场二冷区的实际水量,并且将检测到的实际水量反馈给比较器;该比较器将浇注温度补偿水量和由有效拉速计算得到的补水量与现场流量检测得到的实际流量值之差作为PID控制器的输入;PID控制器的输出控制现场调节阀的开度,以调节现场二冷区水流量,最终保证出坯温度在工艺专业设定的范围内。

2. 根据权利要求1所述的方坯连铸机二冷配水控制系统,其特征在于所述浇注温度液相线温度模块,是确定浇注的液相线温度,并且与现场铸机设备及生成的钢种有关。

3. 根据权利要求1所述的方坯连铸机二冷配水控制系统,其特征在于所述相关系数模块,是根据观测得到的数据经过线性回归处理,离线优化得到配水参数而设定的。

4. 根据权利要求1所述的方坯连铸机二冷配水控制系统,其特征在于所述二冷配水模型模块是根据工艺提供的配水参数而建立的。

5. 权利要求1至4中任一权利要求所述系统的用途,其特征是在实现方坯连铸机二冷配水过程的控制的应用。

6. 根据权利要求5所述的用途,其特征是:先由有效拉速经过二冷配水模型模块计算得到二冷区所需要的水量,再由浇注温度液相线温度模块及相关系数模块得到由于浇注温度的变化而引起的补水量,两者之和与流量检测模块检测到的二冷区实际水量进行比较,得到的偏差经过PID控制器的作用,控制现场调节阀的开度,进而调节二冷区水量,最终调节出坯温度;只要计算得到水量与实际检测得到水量的偏差超过了一定的范围,该过程将反复进行,直到偏差在一定的范围内,调节过程结束。

方坯连铸机二冷配水控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及高炉自动控制技术领域,特别是涉及一种方坯连铸机二冷配水控制系统。主要涉及方坯连铸机二冷配水系统中各区配水量的准确、稳定的控制,消除浇注温度变化对铸坯质量的影响。

背景技术

[0002] 冶金工业是国民经济的支柱产业之一,连铸是其生产流程的重要环节。目前所采用的连铸设备的结构如图 1 所示:包括钢包 1、钢水连续测温器 2、浸入式水口 3、中间包 4、结晶器 5、弯月面 6、支撑辊 7、液相 8、二次冷却区 9、凝固壳 10、冶金长度 11、火焰切割点 12、铸坯 13、钢水 14。

[0003] 连铸铸坯质量一直是人们关注的重点问题,连铸二冷配水是影响连铸坯内部质量的主要因素之一,因此建立可靠的二冷配水模型,采用先进的控制策略是提高连铸坯内部质量的关键。目前的连铸二冷配水控制系统多采用相关拉速控制方式。由于拉速是影响二冷区配水量的一个决定性因素,因此当浇铸条件稳定时(中间包钢水温度处于稳定状态),对于二冷区各冷却水回路的控制考虑采用前置控制系统,使二冷区各冷却水回路的水量随拉速的变化而连续变化。该种方法是以离线数学模型为基础的,根据生产实际中多次合格铸坯的工艺参数及钢种、断面、拉速及冷却水量等数据归纳分类,并结合一定的数学模型的研究,确定出拉速和二冷配水水量的关系,并以配水表的形式存储到计算机中,此后由可编程序控制器 PLC 按照设定的关系随拉速的变化完成二冷配水量自动调节。该方式实际上由下述两种方法组成:

[0004] 比例控制:采用比水量的方法,即根据 $Q_i = k_i v$ ($i = 1, 2, 3, 4$ 表示第几区, Q_i 为第 i 区水量, v 为拉速, k_i 为第 i 区对应的系数,后同此) 确定各区冷却段水量;

[0005] 参数控制:根据钢种,按 $Q_i = A_i v^2 + B_i v + C_i$ 进行配水。预先设定好第 i 区的配水参数 A_i, B_i, C_i , 当拉速改变时,各区二冷配水量随之改变。

[0006] 上述两种方法,PLC 控制系统能够始终保持拉速和二冷配水量的变化一致。

[0007] 上述二冷配水 PLC 控制系统仅与水量和拉速有关,没有铸坯质量的反馈,因而属于开环控制系统。由于模型根据拉速离线计算所得的给定水量是以目标水量为基础而得到的,可以保证不同拉速下铸坯表面温度与目标温度较好的符合,因而浇铸过程在其他扰动因素作用较小的前提下,采用这种方法对各回路水量进行控制可以保证铸坯获得在目标温度附近波动较小的表面温度分布,从而有利于改善铸坯质量。但是这种控制方式存在明显的不足之处:对生产条件变化的应变能力较差,只能适用于浇注温度和拉速相对稳定的情况,即当拉速急剧变化时,水量也随之急剧变化,造成铸坯表面温度的显著波动,导致铸坯冷却不均匀;而且不适用于浇铸条件不稳定的情况,如中间包钢水温度波动较大、结晶器供水冷却及喷嘴工作状况不正常等。同时由于铸坯处于二冷区的过程中,表面温度无法直接测得,因此无法建立基于表面温度反馈的冷却控制系统,也无法设计温度闭环控制器。

[0008] 在拉速不变的前提下,当浇铸温度出现较大的波动时,过热度(即浇注温度与液相线温度之差)的波动使拉速和二冷水量与实际生产要求不匹配,导致了铸坯漏钢率的增加,影响了铸坯内外质量。由于浇铸温度是可以测量的(中包钢水连续测温),其测量作为控制配水,提高浇成率的一项重要检测指标,不仅可以监视中包的热状态和温降规律,而且可以参与中包温度相关的二冷水控制,改进铸坯质量。因此可以把连铸中间包钢水温度作为影响铸坯生产过程中的一个主要扰动因素来处理。因此在浇铸过程中,拉速、过热度和水量的最佳控制系统设计显得尤为重要,需要引入拉速和过热度控制。

发明内容

[0009] 本发明所要解决的技术问题是:针对拉坯速度和中包钢水温度波动对二冷配水量影响的问题,提供一种方坯连铸机二冷配水控制系统,从而为方坯连铸机稳定顺行高产低耗创造条件。

[0010] 本发明解决其技术问题采用以下的技术方案:

[0011] 本发明提供的方坯连铸机二冷配水控制系统,是一种基于中包连续测温的前馈二冷配水控制系统,该系统是一个拉速、过热度前馈的开环控制系统,该系统的结构是:设有浇注温度液相线温度模块,其通过相关系数模块与比较器输入端相连;设有拉速相关系数模块,其通过二冷配水模型模块与比较器输入端相连;该比较器将浇注温度补偿水量和由有效拉速计算得到的补水量与现场流量检测得到的实际流量值之差作为PID控制器的输入;PID控制器的输出控制现场调节阀的开度,以调节现场二冷区水流量,最终保证出坯温度在工艺设定的范围内。

[0012] 所述浇注温度液相线温度模块,是确定浇注的液相线温度,并且与现场铸机设备及生成的钢种有关。

[0013] 所述相关系数模块,是根据观测得到的数据经过线性回归处理,离线优化得到配水参数而设定的。

[0014] 所述二冷配水模型模块是根据工艺提供的配水参数而建立的。

[0015] 本发明设有流量检测模块,其用于检测现场二冷区的实际水量,并且将检测到的实际水量反馈给比较器。

[0016] 本发明提供的上述系统,其在实现方坯连铸机二冷配水过程的控制的应用。

[0017] 本系统应用时,先由有效拉速经过二冷配水模型模块计算得到二冷区所需要的水量,再由浇注温度液相线温度模块及相关系数模块得到由于浇注温度的变化而引起的补水量,两者之和与流量检测模块检测到的二冷区实际水量进行比较,得到的偏差经过PID控制器的作用,控制现场调节阀的开度,进而调节二冷区水量,最终调节出坯温度;只要计算得到水量与实际检测得到水量的偏差超过了一定的范围,该过程将反复进行,直到偏差在一定的范围内,调节过程结束。

[0018] 本发明与现有技术相比,具有以下的主要有益效果:

[0019] 其一. 为了防止铸坯表面温度出现过大波动,对于拉速这个参数选取在合适的时间间隔内采用有效拉速的方法进行处理,并且当拉速的波动超过给定范围时再改变给定水量,从而使冷却回路水量的变化与拉速的变化之间有一个合适的延迟。

[0020] 其二. 针对浇注温度可能出现波动较大的状况,以过热度作为前馈信号,实现对

二冷各区给定水量的修正,动态计算出二冷各段水量。使系统能迅速通过改变水量设定值来补偿拉速和过热度的波动,从而克服了传统的冷却水量-拉速设定方法的不足。

[0021] 表 2 列出了断面尺寸为 150mmX150mm 低碳钢在拉速为 2.0m/min 的条件下不同过热度下的目标水量。从表 2 中可以看出,随着过热度的增加,各段的目标水量均有所增加。这部分水量将消除由于浇注温度变化所引起铸坯温度变化,其中液相线温度为 1520℃。

附图说明

[0022] 图 1 为目前方坯连铸机简易生成流程图。

[0023] 图 2 为本发明基于中包连续测温的前馈二冷配水控制系统方框图。

[0024] 图 3 为脉冲形式。

[0025] 图中:1. 钢包; 2. 钢水连续测温器; 3. 浸入式水口; 4. 中间包; 5. 结晶器; 6. 弯月面; 7. 支撑辊; 8. 液相; 9. 二次冷却区; 10. 凝固壳; 11. 冶金长度; 12. 火焰切割点; 13. 铸坯; 14. 钢水。

具体实施方式

[0026] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步说明。

[0027] 一般认为拉坯速度与二冷配水水量有一定的函数关系,实际运行中,我们发现由于现场钢水温度波动大、中间包温度在浇注过程中温降大及拉坯速度有干扰等状况。因此,对于同时考虑拉坯速度和中间包钢水温度与二冷配水水量的关系,很难获得精确的数学模型,且用传统的 PID 控制方式控制效果不佳。

[0028] 针对以上问题,我们总结现场实际运行经验,从以下两个方面进行改善和控制:

[0029] 1. 为了防止铸坯表面温度出现过大波动,对于拉速这个参数应选取在合适的时间间隔内采用有效拉速的方法进行处理,并且当拉速的波动超过给定范围时再改变给定水量,从而保证使冷却回路水量的变化与拉速的变化之间有一个合适的延迟;

[0030] 2. 针对浇注温度可能出现波动较大的状况,以中包钢水温度(或过热度)作为前馈信号,实现对二冷各区给定水量的修正,动态计算出二冷各段水量。

[0031] 图 2 所示为基于中包连续测温的前馈二冷配水控制系统方框图,其中二冷配水模型参数由传热模型离线计算获得,这些参数由于钢种、断面和拉速条件的不同而不同,存入到计算机二级系统中。控制模型以标准浇铸温度情况下的前置控制为基础,通过铸坯凝固传热数学模型获得过热度关于不同钢种和断面尺寸的铸坯对各冷却水回路的修正系数,以中包钢水温度(或过热度)作为前馈信号,实现对各回路给定水量的修正,动态计算出二冷各段水量。这种控制方式通过前置前馈方式,解决了中包钢水温度波动较大而引发的问题。

[0032] 本发明提供的方坯连铸机二冷配水先进控制系统,是一种基于中包连续测温的前馈二冷配水控制系统,该系统将拉速波动和过热度的变化作为一种可测的扰动来看待,可以通过前馈的方式加以消除。本质上该系统是一个拉速、过热度前馈的开环控制系统;而通过分段线性回归得到过热度补偿系数,在一定程度上增强了配水量对拉速和过热度变化的响应速度,使系统能迅速通过改变水量设定值来补偿拉速和过热度的波动,克服了传统的冷却水量-拉速设定方法的不足。

[0033] 所述基于中包连续测温的前馈二冷配水控制系统,该系统如图 2 所示:设有浇注

温度液相线温度模块,其通过相关系数模块与比较器输入端相连;设有拉速相关系数模块,其通过二冷配水模型模块与比较器输入端相连;由浇注温度补偿水量和有效拉速计算得到的水量与现场流量检测得到的实际流量值之差作为PID控制器的输入;PID控制器的输出控制现场调节阀的开度,以调节现场二冷区水流量,最终保证出坯温度在一定正常的范围内。

[0034] 所述浇注温度液相线温度模块,其作用是确定浇注的液相线温度,一般与现场铸机设备及生成的钢种有关。

[0035] 所述相关系数模块,是根据观测得到的数据经过线性回归处理,离线优化得到配水参数。

[0036] 所述比较器,其作用是将浇注温度得到的补偿水量和由有效拉速计算得到的补水量与现场流量检测到的实际水量进行比较。

[0037] 所述拉速相关系数模块,其作用是对检测得到的拉速进行有效化处理,得到有效拉速。

[0038] 所述二冷配水模型模块,是根据工艺专业提供的配水参数得建立的。

[0039] 所述PID控制器,其作用是对整个控制系统进行偏差调节,从而使二冷区所需水量的实际值与工艺要求的预定值一致。

[0040] 所述调节阀,其作用是对现场二冷区水量进行直接调节。

[0041] 所述流量调节对象模块,是根据工艺要求设定的被调节水量。

[0042] 所述温度调节对象模块,是根据工艺要求设定的被调节出坯温度。

[0043] 所述流量检测模块,其作用是检测现场二冷区实际水量,并且反馈给比较器。

[0044] 本发明提供的基于中包连续测温的前馈二冷配水控制系统,其工作过程是:先由有效拉速经过二冷配水模型计算得到二冷区所需要的水量,再由浇注液相线温度及相关系数得到由于浇注温度的变化而引起的补水量,两者之和与现场检测得到的二冷区实际水量进行比较,得到的偏差经过PID控制器的作用,控制现场调节阀的开度,进而调节二冷区水量,最终调节出坯温度;只要计算得到水量与实际检测得到水量的偏差超过了一定的范围,该过程就反复进行,直到偏差在一定的范围内,调节过程结束,系统保持动态的稳定。

[0045] 本发明提供的方坯连铸机二冷配水先进控制系统,可以为实现方坯连铸机二冷配水先进控制方法作出贡献。

[0046] 下面将方坯连铸机二冷配水先进控制方法加以介绍。

[0047] 1. 有效拉速模型:

[0048] 有效拉速方法:在正常工况下,当拉速变化幅度超过一定数值(现场设定为0.1m/min)则认为出现大幅波动,在该时刻产生一个脉宽为 k ,幅度为 A 的脉冲信号。拉速减小对应正脉冲,拉速增大对应负脉冲。如图3,拉速的一个扰动过程(从开始变化到恢复原值或到达另一个稳定值)将产生一对正负脉冲。

[0049] 该脉冲通过一个一阶惯性环节: $\Phi(S) = \frac{1}{TS+1}$ 。

[0050] 所产生的脉冲响应输出 $c(t)$ 与实际拉速 $v(t)$ 的和作为有效拉速值 $v_e(t)$,即: $v_e(t) = v(t) + c(t)$ 。其中 T 是时间常数,它决定充放电过程的快慢。 T 越大,过渡过程的时间

越长;反之过渡过程的时间越短。S 为一阶惯性环节。

[0051] 一般为了得到近似精度较高的脉冲过渡函数,要求 $h < 0.1T$, 相应的一阶系统脉冲

响应函数为: $c(t) = \frac{Ah}{T} e^{-\frac{t}{T}}$ 。式中, h 为脉宽, A 为幅度, T 是时间常数。

[0052] 综合上面的分析,参数的确定须遵循以下几条原则:

[0053] (1) $Ah/T = k, k > 0.1m/min$, 为拉速变化幅度;

[0054] (2) $h < 0.1T, A > 1$;

[0055] (3) $5 < T < 40$ 。

[0056] 通过观察历史数据,对多组数据进行试验后,确定了一组如表 1 所示优化的参数值。

[0057] 采用本实例所述的有效拉速方式在有效消除尖峰波动的同时,对于这样一个扰动过程,除了使温度变化更趋于平稳,还大大减小了铸坯表面温度波动的幅度,即通过有效拉速进行配水计算能够在较大程度上补偿由于拉速扰动造成的铸坯表面温度异常波动,二冷区各段温度的变化幅度得到不同程度减少。

[0058] 2. 基于中包连续测温的前馈控制方法:

[0059] 当连铸生产条件一定时,拉速对凝固过程有着决定性的影响,高拉速意味着高生产率,而同时又增加了拉漏的危险性。所以为了保证铸坯质量同时兼顾产量和安全性,根据拉速变化实时得改变水量成为水量控制的主要内容。此外,对于不同的过热度,水量的适时调整也是不同的,这就需要考虑过热度变化对配水量的影响。基于以上分析,应用工艺所建立的凝固传热数学模型,以冶金准则和目标温度分布为约束,离线建立最优配水量与拉速和过热度之间的关系,通过分段线性回归得到最优补偿系数。同时考虑开浇时中包壁吸热,在开浇一段时间后,根据钢水温度的下降速率以及中包连续测温装置的工作现状,规定在开浇一段时间后,钢水温度的下降速率低于某一值,并且连续测温值在浇注钢种要求的液相线温度以上,才可将过热度引入控制系统。

[0060] 相应控制回路的冷却水量给定值按下式计算:

[0061] 总配水量: $Q_j(v, \Delta T) = Q_j(v) + \Delta Q_j(\Delta T), i = 1, 2, \dots, p, j = 1, 2, \dots, q$, 下同。

[0062] 根据有效拉速计算得到的实时水量: $Q_i(v) = A_i v^2 + B_i v + C_i$

[0063] 浇注温度变化所引起的铸坯温度所需的补偿水量:

$$\Delta Q_j(\Delta T) = \begin{cases} \alpha_j \Delta T + b_j, \alpha = \frac{T_m - T_n}{t_m - t_n} < \alpha_0, T > T_0 \text{ 时} \\ 0, \text{ 其他} \end{cases}$$

[0064] 式中, ΔT 为钢水过热度,即 $\Delta T = T - T_0$, T 为浇注温度, T_0 为液相线温度; A_i, B_i, C_i 为离线优化得到的第 i 区的配水参数; α_j, b_j 为补偿系数; i 为二冷区数; j 为线性回归分段数; α, α_0 为中包温度下降速率, T_m, T_n 分别为 t_m, t_n 时刻对应的中包温度。

[0065] 其中线性回归分段数、钢水温度的范围及 α_0 主要是根据铸坯的质量要求和所

浇铸钢种来确定。

[0066] 图 2 中,为了使该图简洁,省去了“模块”文字,例如:“浇注温度液相线温度模块”只写成“浇注温度液相线温度”。

[0067] 附表

[0068] 表 1 优化后的参数

[0069]

变化幅度 (m / \min)	0.1~0.2	0.2~0.3	>0.3
$T_1(s)$	34	37	40
$h(s)$	0.3	0.3	0.3

[0070] 表 2 先进控制策略投入前后各区水流量 (L/min)

[0071]

冷却区	0 (过热度 / $^{\circ}\text{C}$)	30 (过热度 / $^{\circ}\text{C}$)	50 (过热度 / $^{\circ}\text{C}$)
一区	189.54	190.65	190.94
二区	252.72	253.67	254.23
三区	126.36	126.86	127.45
四区	63.18	63.87	64.36

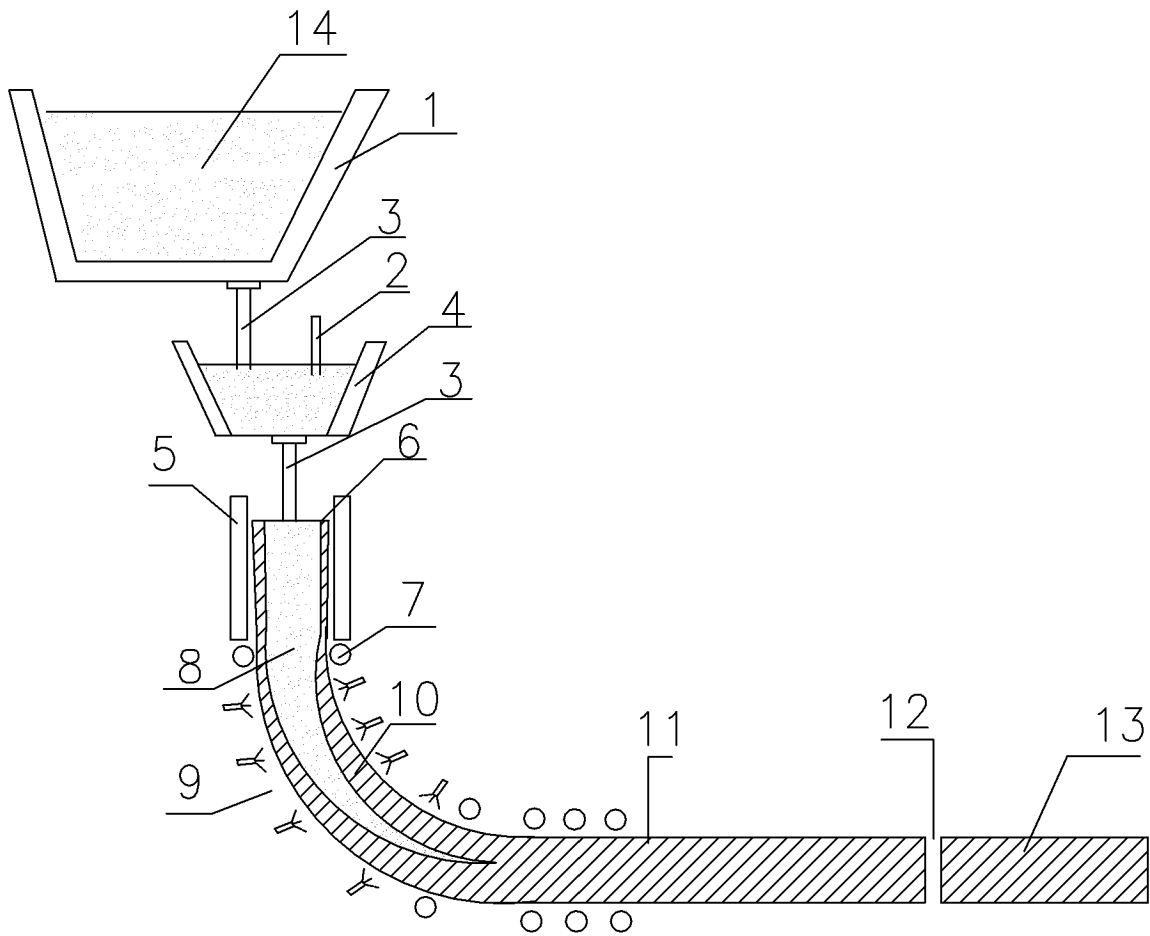


图 1

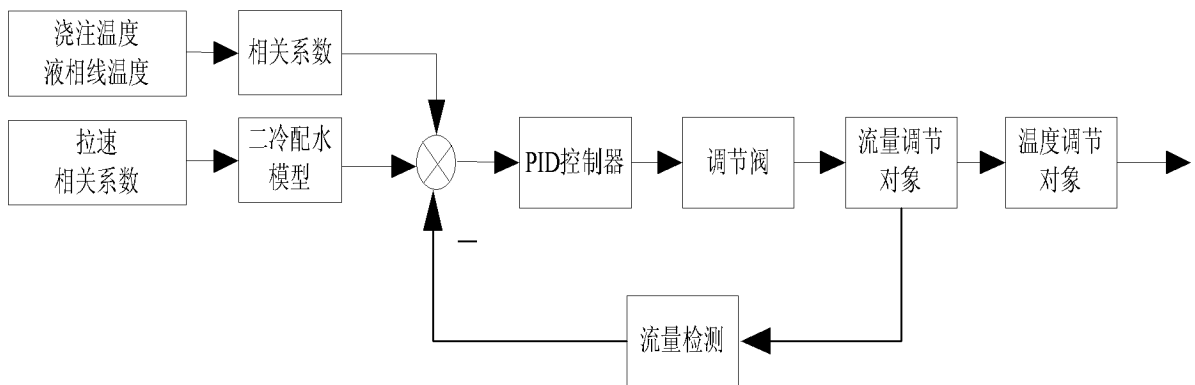


图 2

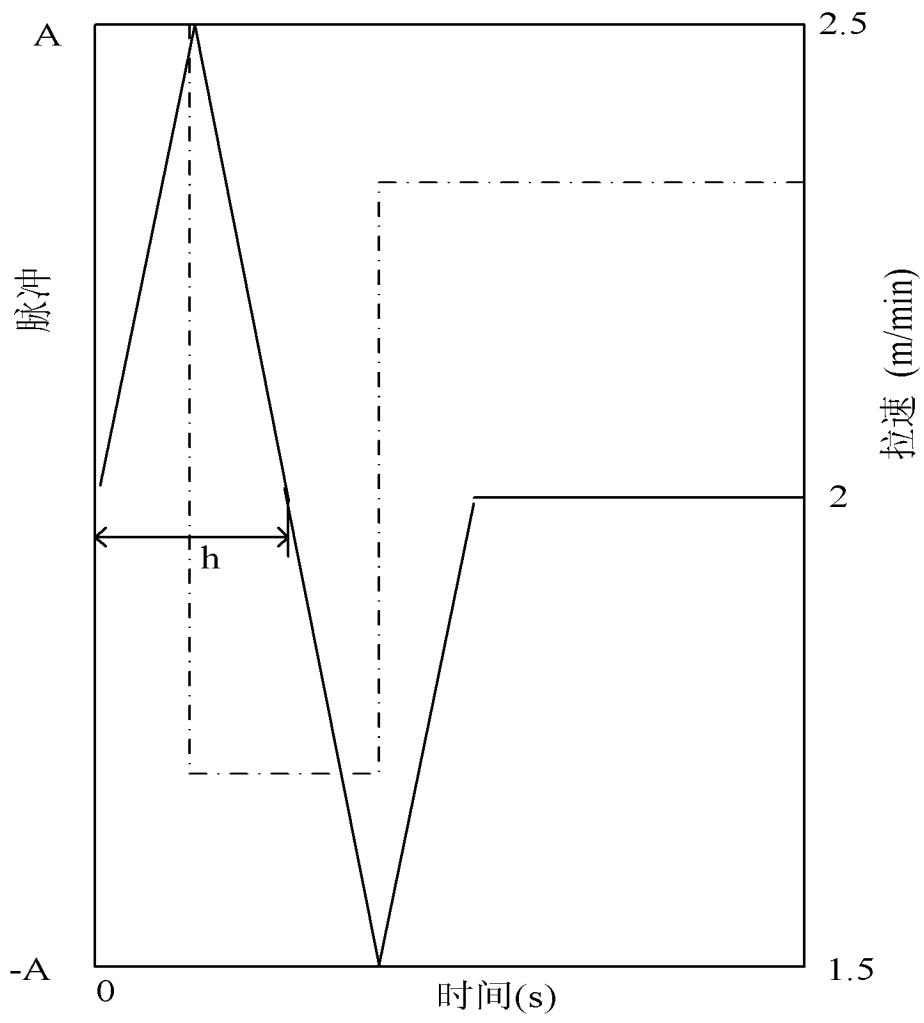


图 3