



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104503509 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 08

(21) 申请号 201410726528. 7

(22) 申请日 2014. 12. 04

(71) 申请人 中天科技光纤有限公司

地址 226000 江苏省南通市经济技术开发区
中天路 6 号

(72) 发明人 蒋小龙 张帆 朱刘盅 贾泽峰
江金金 苏海燕 薛驰 刘志忠
曹珊珊

(74) 专利代理机构 北京一格知识产权代理事务
所（普通合伙） 11316

代理人 滑春生

(51) Int. Cl.

G05D 23/22(2006. 01)

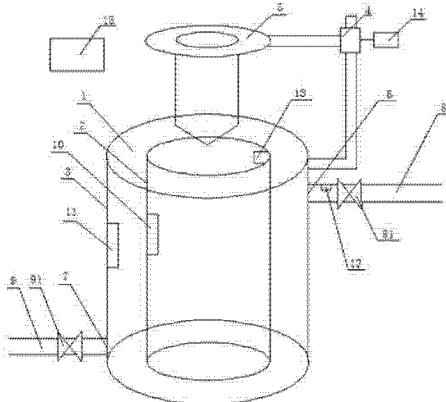
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种感应炉水温恒定自动控制系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种感应炉水温恒定自动控制系统，包括感应炉本体，感应炉本体为包括内筒和外筒的空心圆柱体结构。外筒侧面固定有一送棒器，送棒器上固定装有卡盘，卡盘位于感应炉本体正上方。外筒顶部侧面与进水管和出水管连通；进水管和出水管上分别安装有阀门 A 和阀门 B。系统还包括加热器、温度传感器、液体流量计、光敏传感器、阀门 A 和阀门 B 且均与 PLC 控制器相连。本发明还公开了感应炉水温恒定自动控制系统的控制方法，通过炉内加热器、温度控制器、PLC 控制器、温度传感器、液体流量计以及管道输送阀门的共同作用，实现了对感应炉水温恒定自动控制的目的，结构简单，工艺稳定，滞后减小，效果明显，利于光纤制造业大范围推广使用。



1. 一种感应炉水温恒定自动控制系统,所述系统包括感应炉本体(1),其特征在于:所述感应炉本体(1)包括外筒(3)和套嵌于外筒(3)内的内筒(2);

所述感应炉本体(1)正上方通过送棒器(4)连接固定有一卡盘(5),所述送棒器(4)一端与所述卡盘(5)固定连接,所述送棒器(4)另一端与所述外筒(3)的外壁固定连接;

所述外筒(3)顶部侧面开有冷却水进水口(6),所述外筒(3)底部侧面开有冷却水出水口(7),所述进水口(6)和出水口(7)分别与进水管(8)和出水管(9)连通;

所述进水管(8)和出水管(9)上分别安装有阀门A(81)和阀门B(91);

所述系统还包括加热器(10)、PLC控制器(15)、温度传感器(11)、液体流量计(12)、光敏传感器(13);

所述送棒器(4)还与一伺服电机(14)的驱动轴相连,所述伺服电机(14)与所述PLC控制器(15)相连;

所述加热器(10)紧贴于内筒(2)的外壁且与所述PLC控制器(15)相连;

所述温度传感器(11)紧贴于外筒(3)的内壁且与所述PLC控制器(15)相连;

所述液体流量计(12)安装在所述冷却水进水口(6)和阀门A(81)之间的进水管(8)上且与所述PLC控制器(15)相连;

所述光敏传感器(13)安装于内筒(2)顶部的内壁且与所述PLC控制器(15)相连;

所述阀门A(81)和阀门B(91)均与所述PLC控制器(15)相连。

2. 根据权利要求1所示的一种感应炉水温恒定自动控制系统,其特征在于:所述卡盘(5)与感应炉本体(1)上端的垂直距离为1.5米。

3. 根据权利要求1所示的一种感应炉水温恒定自动控制系统,其特征在于:所述PLC控制器(15)还连接有报警灯。

4. 根据权利要求1所示的一种感应炉水温恒定自动控制系统,其特征在于:所述温度传感器(11)的温度检测范围为-100℃-850℃。

5. 根据权利要求1所示的一种感应炉水温恒定自动控制系统,其特征在于:所述液体流量计(12)的量程为0-50L/min。

6. 根据权利要求1-5任意一项所述的感应炉水温恒定自动控制系统的控制方法,其特征在于:包括如下方法步骤:

a. PLC控制器启动,卡盘将光纤预制棒固定,伺服电机通过PLC控制器驱动送棒器将预制棒送入炉内,当炉口位置的光敏传感器检测到预制棒进入时,反馈至PLC控制器后,感应炉的水温恒定自动控制系统启动;

b. PLC控制器传送指令给内筒上的加热器,使加热器对炉内筒加热,预制棒慢慢熔化进入拉丝状态;

c. 同时PLC控制器控制阀门A打开,冷却水通过进水管进入内筒与外筒之间炉内筒进行冷却;

d. 随着加热器对炉内筒的加热,炉内筒温度渐渐升高,冷却水水温也逐渐升高,温度传感器实时检测炉内水温;

e. 当水温超过PLC控制器设定好的上限温度时,报警灯亮起,PLC控制器控制加热器停止对炉内筒加热,控制阀门B打开,将水温过高的水经出水管排出,此时,进水管继续对炉内注入冷却水;

- f. 当水温恢复正常时，报警灯熄灭，PLC 控制器控制加热器继续对炉内筒加热，控制阀门 B 关闭，然后返回步骤 d；
- g. 进行上述步骤的同时，液体流量计检测冷却水流量，并将结果反馈至 PLC 控制器，PLC 控制器通过与设定的冷却水流量对比，在水流量异常时，及时控制阀门 A 的开闭来控制流量大小，避免水流对炉壳的冲击压力过大；
- h. 生产结束后，延时关闭，确保感应炉内冷却完全。

一种感应炉水温恒定自动控制系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及自动化控制领域,具体涉及一种感应炉水温恒定自动控制系统及方法。

背景技术

[0002] 温度控制系统在工业制造领域应用非常广泛。在需要感应炉加热制造业中,感应炉的水温控制对工艺,对感应炉的使用寿命有着很大的影响,但由于感应炉的加热系统工艺复杂、参数多变、运行惯性大、控制滞后等特点,因此感应炉水温自动控制系统对温度控制调节器的要求极高。

[0003] 现有技术中一般采用 PID 控制来调节水循环系统温度。PID 控制有比例、积分和微分三种控制方式,每一种控制方式都有其独特的控制特点。比例控制是一种最基本的控制方式,其控制器的输出与输入误差信号成比例关系,具有反映速度快、控制及时的特点,但不能消除系统的稳态误差。积分控制的输出与输入误差信号的积分成正比关系,可以消除系统的稳态误差,积分项对误差取决于时间的积分,随着时间的增加,积分项会增大,从而推动控制器的输出增大使稳态误差进一步减小,直到稳态误差为零,但是积分控制存在滞后特点,不能快速的对误差进行有效的控制调节。微分控制的输出与输入误差信号的微分(即误差的变化率)成正比关系,自动控制系统在克服误差的调节过程中可能会出现振荡甚至失稳,其原因是由于存在有较大惯性组件或有滞后组件,具有抑制误差的作用,其变化总是落后于误差的变化。这时系统需要引入微分作用,来预测误差变化的趋势,避免被控量的严重超调。

[0004] 目前,感应炉在加热过程中的温度都达到上千度,加热炉炉壳内需通过冷却水进行冷却,为防止冷却水流量过大或过小(长时间流量过大,会导致炉壳承受压力过大,易发生变形,长时间流量过小,炉壳的冷却效果不好,影响加热炉使用寿命),一般是在冷却水水路中添加冷却水流量计,用于监控冷却水流量。但现一般仅仅只能控制水的流量,却不能够对水循环的水温系统进行自动控制,所以我们需要在保证工艺稳定且不存在控制滞后的条件下,对感应炉的水温进行恒定自动控制。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于针对现有技术的不足,提供一种有效的、稳定的感应炉水温恒定自动控制系统及方法。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案为:一种感应炉水温恒定自动控制系统,所述系统包括感应炉本体,所述感应炉本体包括外筒和套嵌于外筒内的内筒。

[0007] 所述感应炉本体正上方通过送棒器连接固定有一卡盘,所述送棒器一端与所述卡盘固定连接,所述送棒器另一端与所述外筒的外壁固定连接。

[0008] 所述外筒顶部侧面开有冷却水进水口,所述外筒底部侧面开有冷却水出水口,所述进水口和出水口分别与进水管和出水管连通;

所述进水管和出水管上分别安装有阀门 A 和阀门 B。

[0009] 所述系统还包括加热器、PLC 控制器、温度传感器、液体流量计、光敏传感器。

[0010] 所述送棒器还与一伺服电机的驱动轴相连，所述伺服电机与所述 PLC 控制器相连。

[0011] 所述加热器紧贴于内筒的外壁且与所述 PLC 控制器相连。

[0012] 所述温度传感器紧贴于外筒的内壁且与所述 PLC 控制器相连。

[0013] 所述液体流量计安装在所述冷却水进水口和阀门 A 之间的进水管上且与所述 PLC 控制器相连。

[0014] 所述光敏传感器安装于内筒顶部的内壁且与所述 PLC 控制器相连。

[0015] 所述阀门 A 和阀门 B 均与所述 PLC 控制器相连。

[0016] 进一步的，所述卡盘与感应炉本体上端的垂直距离为 1.5 米。

[0017] 进一步的，所述 PLC 控制器还连接有报警灯。

[0018] 进一步的，所述温度传感器的温度检测范围为 -100°C ~850°C。

[0019] 进一步的，所述液体流量计的量程为 0~50L/min。

[0020] 本发明还公开了所述感应炉水温恒定自动控制系统的控制方法，包括如下方法步骤：

a. PLC 控制器启动，卡盘将光纤预制棒固定，伺服电机通过 PLC 控制器驱动送棒器将预制棒送入炉内，当炉口位置的光敏传感器检测到预制棒进入时，反馈至 PLC 控制器后，感应炉的水温恒定自动控制系统启动；

b. PLC 控制器传送指令给内筒上的加热器，使加热器对炉内筒加热，预制棒慢慢熔化进入拉丝状态；

c. 同时 PLC 控制器控制阀门 A 打开，冷却水通过进水管进入内筒与外筒之间炉内筒进行冷却；

d. 随着加热器对炉内筒的加热，炉内筒温度渐渐升高，冷却水水温也逐渐升高，温度传感器实时检测炉内水温；

e. 当水温超过 PLC 控制器设定好的上限温度时，报警灯亮起，PLC 控制器控制加热器停止对炉内筒加热，控制阀门 B 打开，将水温过高的水经出水管排出，此时，进水管继续对炉内注入冷却水；

f. 当水温恢复正常时，报警灯熄灭，PLC 控制器控制加热器继续对炉内筒加热，控制阀门 B 关闭，然后返回步骤 d；

g. 进行上述步骤的同时，液体流量计检测冷却水流量，并将结果反馈至 PLC 控制器，PLC 控制器通过与设定的冷却水流量对比，在水流量异常时，及时控制阀门 A 的开闭来控制流量大小，避免水流对炉壳的冲击压力过大；

h. 生产结束后，延时关闭，确保感应炉内冷却完全。本发明的有益效果如下：

1. 本发明将 PLC 控制器用于光纤制造中，通过炉内加热器、温度控制器、PLC 控制器、温度传感器、液体流量计以及管道输送阀门的共同作用，实现了对感应炉水温恒定自动控制的目的，减小了控制的滞后，结构简单，工艺稳定，效果明显，利于光纤制造业大范围推广使用。

[0021] 2. 本发明通过 PLC 控制器控制温度控制器和冷却水输送阀门的开闭，达到了自

动控制感应炉水温、减小控制滞后的目的。

[0022] 3. 本发明通过使用温度传感器和液体流量计来检测冷却水水温和流量，减轻了生产线工作人员的负担，减少了人为因素对光纤制造的影响。

[0023] 4. 本发明的 PLC 控制器还连接有报警灯，在系统出现运作异常时，能让生产线工作人员及时注意，一目了然，使用方便。

附图说明

[0024] 图 1 为本发明的结构示意图。

[0025] 图 2 为本发明的控制系统框图。

[0026] 图 3 为本发明的控制系统流程图。

具体实施方式

[0027] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式，熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效。

[0028] 本发明公开的一种感应炉水温恒定自动控制系统，该系统包括感应炉本体 1，感应炉本体 1 包括外筒 3 和套嵌于外筒 3 内的内筒 2，其具体结构为：

感应炉本体 1 正上方通过送棒器 4 连接固定有一卡盘 5，送棒器 4 一端与卡盘 5 固定连接，送棒器 4 另一端与外筒 3 的外壁固定连接，送棒器 4 和卡盘 5 均为本技术领域内常规技术结构，在此不再对其进行赘述。卡盘 5 位于感应炉本体 1 正上方，外筒 3 顶部侧面开有冷却水进水口 6，外筒 3 底部侧面开有冷却水出水口 7，进水口 6 和出水口 7 分别与进水管 8 和出水管 9 连通，进水管 8 和出水管 9 上分别安装有阀门 A81 和阀门 B91。该系统还包括加热器 10、PLC 控制器 15、温度传感器 11、液体流量计 12、光敏传感器 13，送棒器 4 还与一伺服电机 14 的驱动轴相连，伺服电机 14 与 PLC 控制器 15 相连，加热器 10 紧贴于内筒 2 的外壁且与 PLC 控制器 15 相连，温度传感器 11 紧贴于外筒 3 的内壁且与 PLC 控制器 15 相连，液体流量计 12 安装在冷却水进水口 6 和阀门 A81 之间的进水管 8 上且与 PLC 控制器 15 相连，光敏传感器 13 安装于内筒 2 顶部的内壁且与 PLC 控制器 15 相连，阀门 A81 和阀门 B91 均与 PLC 控制器 15 相连。

[0029] 作为对本发明的进一步优化，卡盘 5 与感应炉本体 1 上端的垂直距离为 1.5 米，使送棒器 4 能顺利将预制棒通过卡盘 5 送入感应炉本体 1 内。PLC 控制器 15 还连接有报警灯，方便生产线人员对生产过程进行观察。温度传感器 11 的温度检测范围为 -100℃ -850℃，液体流量计 12 的量程为 0-50L/min，符合生产线实际要求。

[0030] 如图 3 所示，本发明还公开了一种感应炉水温恒定自动控制系统的控制方法步骤，如下：

a. PLC 控制器启动，卡盘将光纤预制棒固定，伺服电机通过 PLC 控制器驱动送棒器将预制棒送入炉内，当炉口位置的光敏传感器检测到预制棒进入时，反馈至 PLC 控制器后，感应炉的水温恒定自动控制系统启动；

b. PLC 控制器传送指令给内筒上的加热器，使加热器对炉内筒加热，预制棒慢慢熔化进入拉丝状态；

c. 同时 PLC 控制器控制阀门 A 打开，冷却水通过进水管进入内筒与外筒之间炉内筒进

行冷却；

d. 随着加热器对炉内筒的加热，炉内筒温度渐渐升高，冷却水水温也逐渐升高，温度传感器实时检测炉内水温；

e. 当水温超过 PLC 控制器设定好的上限温度时，报警灯亮起，PLC 控制器控制加热器停止对炉内筒加热，控制阀门 B 打开，将水温过高的水经出水管排出，此时，进水管继续对炉内注入冷却水；

f. 当水温恢复正常时，报警灯熄灭，PLC 控制器控制加热器继续对炉内筒加热，控制阀门 B 关闭，然后返回步骤 d；

g. 进行上述步骤的同时，液体流量计检测冷却水流量，并将结果反馈至 PLC 控制器，PLC 控制器通过与设定的冷却水流量对比，在水流量异常时，及时控制阀门 A 的开闭来控制流量大小，避免水流对炉壳的冲击压力过大；

h. 生产结束后，延时关闭，确保感应炉内冷却完全。

[0031] 本发明采用德国西门子公司的 S7-300 系列 PLC 作为 PLC 控制器，具体内部选用模块型号为：电源模块 PS-305-5A、CPU 模块 315-2PN/DP、数字量输入模块 SM321-DI16XDC24V、数字量输出模块 SM322-D016XDC24V/0.5A、模拟量输入模块 SM331-AI8x12Bit、模拟量输出模块 SM332-AO4x16Bit。

[0032] 由于温度控制系统存在运行惯性大、控制滞后等特点，故需要解决控制滞后的问题，而该 PLC 自带的 FB41 模块是 S7-300PLC 自带的连续控制器，作为本发明的 PID 控制运算器，有效解决了控制滞后的问题。PID 控制运算器通过持续的输入和输出变量来控制工艺过程。该功能块在调用时有一点需要注意，只有在以固定时间间隔调用该块时，功能块中计算的值才是正确的，因此，调用该快时应该在周期中断 OB (OB30-OB38) 中调用，本系统采用的是周期中断 OB35，中断周期为 100ms，FB41 的采样周期设置为 100ms。在选定了 FB41 作为系统的 PID 控制运算器后，此温度控制系统已基本确认，在系统投入使用之前，还需对 PID 控制器的参数进行整定。

[0033] PID 控制运算器参数整定方法概括起来分为理论计算整定法和工程整定法两大类。理论计算整定法主要依据数学模型，经过理论计算确定出各参数，但误差太大，还必须通过工程实际进行调整和修改。工程整定法主要依赖工程经验，直接在控制系统的试验中进行，且方法简单、易于掌握，目前，应用最多的还是工程整定法，如经验法、衰减曲线法、临界比例法和反应曲线法等。经验整定法实际上是一种经验凑试法，它不需要进行事先的计算和实验，而是根据运行经验，利用一组经验参数进行调试，根据反应曲线的效果不断地改变参数。

[0034] 对于温度控制系统，工程上已经有大量的经验得出，PID 调节的表达式为：

$$c(t) = k_p \varepsilon(t) + \frac{k_p}{T_i} \int_0^t \varepsilon(t) dt + k_p \tau \frac{d\varepsilon(t)}{dt},$$

式中： k_p 为比例度； τ 为微分时间常数； T_i 为积分时间常数。调试 PID 参数时，先将积分时间 T_i 和微分时间 τ 预设为 0，控制系统投入闭环运行，调整比例度 k_p ，让扰动信号做阶跃变化，直到获得满意控制过程为止，记录此时的比例度 k_p 值。将系统的比例度 k_p 值设定为当前比例度数 k_p 值乘以 1.2，由小到大增加积分时间 T_i ，同样让扰动信号做阶跃变化，直

到获得满意控制过程为止,记录此时的积分时间 T_i 。系统保持当前的积分时间 T_i ,调节比例度 k_p ,观察控制过程有无改善,如有改善则继续调整,直至满意为止,否则将原比例度 k_p 减小一些,再调整积分系数 T_i ,力求改善控制过程,如此反复凑试,直至找出满意比例度 k_p 和积分时间 T_i 。最后再调节微分时间 τ ,适当减小已确定的比例度 k_p ,增加积分时间 T_i ,和前述步骤相同,微分时间 τ 也需反复调整凑试,直到控制过程满意为止。根据反复的凑试,本系统最终调试出的 PID 参数为,比例度 $k_p=9.2$,积分时间 $T_i=120s$,微分时间 $\tau=8s$ 。

[0035] 本发明温度传感器采用的是热电偶温度传感器,温度检测范围为 $-100^{\circ}\text{C} - 850^{\circ}\text{C}$,采用欧姆龙 E5CK 高精度温度控制器,将检测出的温度转化为 4-20mA 电流信号,工作电压为 DC24V。液体流量计采用的是日本 CKD 公司的液体流量计,量程为 0-50L/min,工作电压为 DC24V,对应的电流信号为 4-20mA。由于系统中所选用的温度传感器模拟量信号为 4-20mA,因此模拟量输入模块和模拟量输出模块信号类型均组态为 4-20mA,同时需将模拟量输入模块的侧面的量程卡设置为“C”电流信号。完成硬件组态后,对各模块的数据地址进行分配定义,并按照下表完成 PLC 控制器 I/O 点的分配。

I0.0	系统急停	Q0.3	冷却水温异常指示
I0.1	冷却系统启动	Q0.4	冷却水流量异常指示
I0.2	冷却系统急停	PIW256	炉温加热电源功率反馈
I0.3	感应炉加热电源开启反馈	PIW258	水温传感器温度反馈
Q0.0	急停报警指示灯	PQW256	炉温加热电源功率设定
Q0.1	系统正常运行指示灯	PQW258	水温传感器温度设定
Q0.2	系统停止运行指示灯		

[0036] 本发明应用于光纤预制棒加热系统,对感应炉的水温进行恒定控制,达到工艺稳定,水温恒定的目的。预制棒加热系统温度控制要求是光纤制造的基本操作工艺流程,将已制备好的预制棒安装在感应炉正上方的送棒器卡盘上,送棒器由伺服电机驱动将预制棒缓慢送入炉中加热。当预制棒进入炉内时,水温自动控制系统开启,通过设定所需炉内冷却水的温度,PLC 控制器进行冷却水流量和加热器的自动控制,达到控制炉内水温恒定的目的,解决了控制滞后的问题,结构简单,工艺稳定,效果明显,利于光纤制造业大范围推广使用。

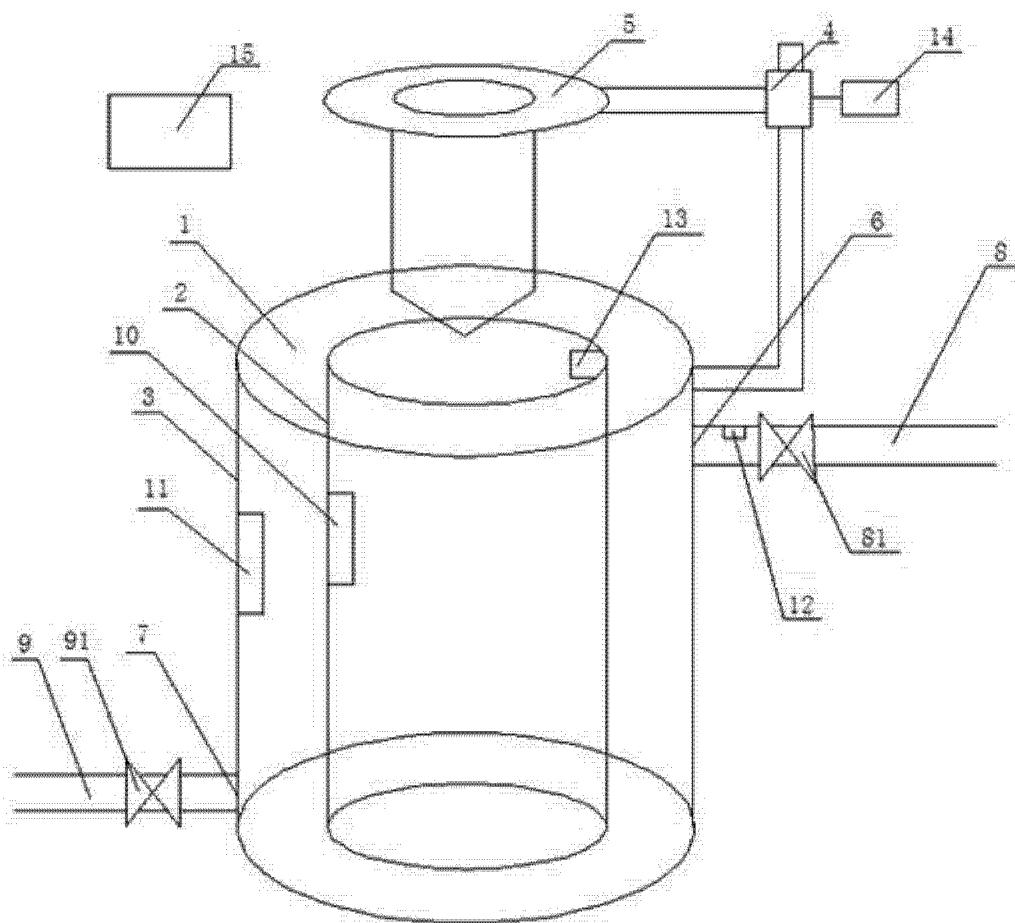


图 1

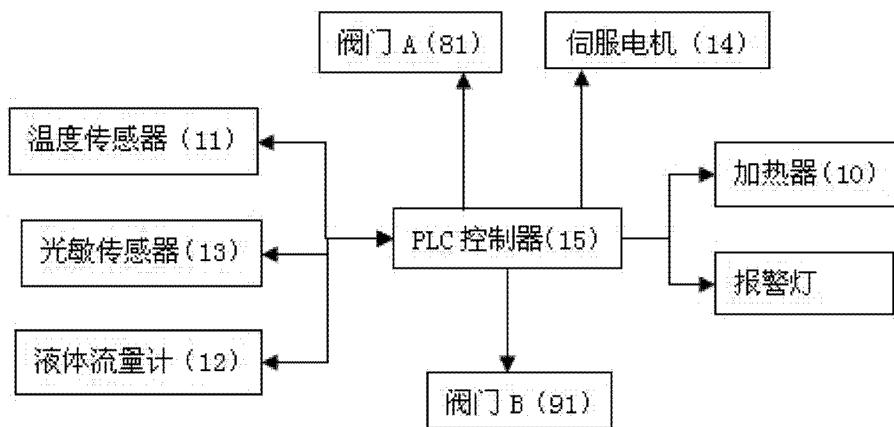


图 2

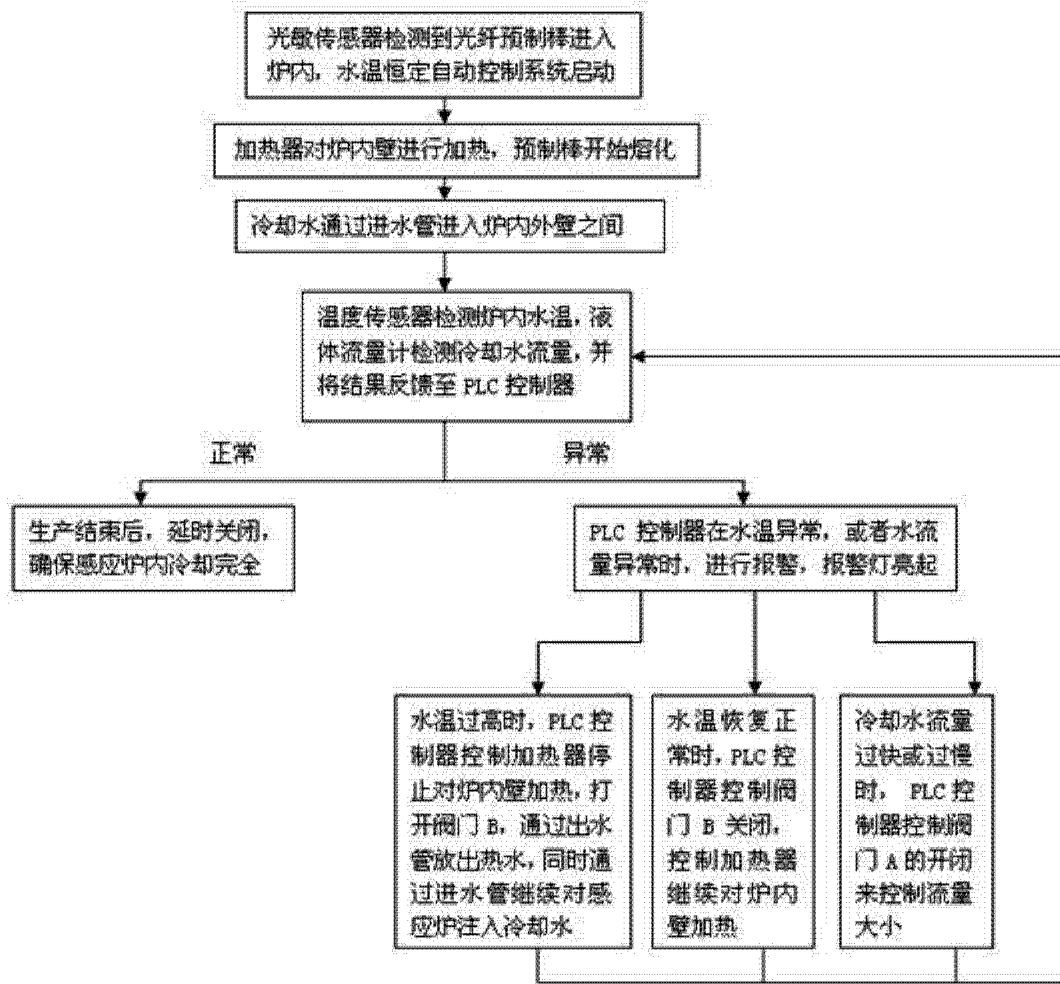


图 3