



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203773279 U

(45) 授权公告日 2014. 08. 13

(21) 申请号 201420137378. 1

(22) 申请日 2014. 03. 25

(73) 专利权人 南京农业大学

地址 210031 江苏省南京市浦口区点将台路  
40 号

(72) 发明人 汪小岳 狄娇 孙国祥 李永博  
陈满 施印炎 陈景波

(51) Int. Cl.

G05B 19/042(2006. 01)

A01C 23/04(2006. 01)

A01G 25/16(2006. 01)

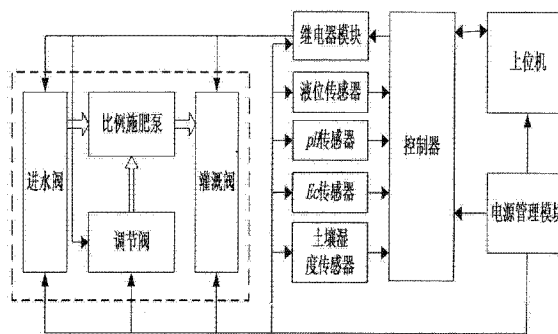
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 实用新型名称

基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统

(57) 摘要

本实用新型公开了基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统,包括液位传感器、pH 传感器、Ec 传感器、土壤湿度传感器、控制器、水泵、进水阀、流量计、比例施肥泵、吸肥管、营养液母液桶、第一过滤器、调节阀、第二过滤器和灌溉阀;还包括上位机;所述的上位机配置有人机交互单元;所述的控制器与所述的上位机通信。本实用新型解决了传统人工灌溉方式带来的劳动力成本高、水肥资源利用率低等问题,有效地减轻了土壤与环境污染,实现灌溉施肥智能化、自动化。



1. 基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统,其特征在於,包括液位传感器、pH 传感器、Ec 传感器、土壤湿度传感器、控制器、水泵、进水阀、流量计、比例施肥泵、吸肥管、营养液母液桶、第一过滤器、调节阀、第二过滤器和灌溉阀;

所述的水泵的出水口连接比例施肥泵的进水口,并且水泵的出水管路上设置有进水阀和流量计;

所述的吸肥管的一端位于营养液母液桶内,另一端连接比例施肥泵的营养液输入口,吸肥管上设置有第一过滤器和调节阀;

所述的比例施肥泵的出水口连接的管路中设置有第二过滤器和灌溉阀;

所述的土壤湿度传感器采集的信号输入到控制器;

所述的液位传感器设置于营养液母液桶中,液位传感器采集的信号输入到控制器;

所述的 pH 传感器和 Ec 传感器用于检测比例施肥泵出水口输出的灌溉液的 pH 和 Ec,并将采集到的信号输入到控制器;

所述的流量计采集的信号输入到控制器;

所述的控制器通过 IO 口控制进水阀、调节阀和灌溉阀的开与关;

还包括上位机;

所述的上位机配置有人机交互单元;

所述的控制器与所述的上位机通信。

2. 根据权利要求 1 所述的基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统,其特征在於,所述的控制器采用 STM32F103ZET6。

3. 根据权利要求 1 所述的基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统,其特征在於,所述的人机交互单元采用触摸屏实现。

4. 根据权利要求 1 所述的基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统,其特征在於,所述的控制器与所述的上位机采用串口通信。

5. 根据权利要求 1 所述的基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统,其特征在於,所述的控制器通过继电器模块控制进水阀、调节阀和灌溉阀的开与关。

6. 根据权利要求 1 所述的基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统,其特征在於,所述的比例施肥泵采用以色列泰芬 TEFEN-MixRite 美瑞比例施肥泵。

7. 根据权利要求 3 所述的基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统,其特征在於,所述的触摸屏采用广州微嵌公司的可编程 HMI 组态型工业触摸屏。

## 基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种轻筒式智能灌溉施肥控制系统,尤其适用于农业温室大棚作物滴灌系统中。

### 背景技术

[0002] 本实用新型创造前,设施农业的智能灌溉施肥主要采取两种方式:(1)采用微控制器对灌溉施肥时间、灌溉施肥量进行程序设定,实现灌溉施肥自动化;(2)灌溉施肥设备配置先进的计算机控制系统,能实现不同营养液浓度、不同灌溉模式的自动控制以及不同生长阶段作物灌溉施肥所需营养液的精确调配。前者摆脱了人工灌溉方式,降低了劳动强度,具有一定的节水节肥效果,实现灌溉施肥自动化,但是智能化水平不高,不能按照作物生长需求,进行全生育期水分和养分定量、定时、按比例供应,也不能对灌溉施肥系统进行实时监控,难以实现准确、有效的灌溉施肥。后者采用 Ec/pH 综合控制、时间控制及自动监控等技术,能够按作物所需灌溉水量、施肥量自动灌溉、施肥及按作物所需营养液浓度实现在线混肥、精确施肥。但是目前国内智能灌溉施肥装置自动化水平较低,处于研发阶段,主要依赖国外进口。

[0003] 水肥一体化精准灌溉施肥技术是将灌溉与施肥融为一体的精准灌溉施肥农业新技术,也是设施农业灌溉施肥的关键技术。该技术借助新型微灌系统,将可溶性固体肥料或液体肥料配兑而成的肥液与灌溉水一起,均匀、准确地输送到作物根部土壤,并可按照作物生长需求,进行全生育期水分和养分定量、定时,按比例供应。通过精确控制灌水量、施肥量、灌溉及施肥时间,不但可以有效提高水肥资源利用率,而且有助于提高产量、节省资源、减少环境污染。该技术充分考虑了作物的养分吸收规律,按照作物实际需求形成配方,精准提供养分。

### 发明内容

[0004] 本实用新型的目的是提供基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统,本实用新型解决的技术问题在于采用嵌入式技术和自动监控技术实现水肥一体化灌溉施肥,研制轻筒式农业智能灌溉施肥装置,改善传统设施农业灌溉施肥设备智能化水平不高,不能充分考虑作物不同生长期对养分需求等问题,以及国外进口的智能灌溉施肥设备存在的缺陷:成套引进系统成本较高,售后维护困难,且不完全适合于中国的水质和土壤特点。

[0005] 本实用新型的技术方案是:基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统,包括液位传感器、pH 传感器、Ec 传感器、土壤湿度传感器、控制器、水泵、进水阀、流量计、比例施肥泵、吸肥管、营养液母液桶、第一过滤器、调节阀、第二过滤器和灌溉阀;

[0006] 所述的水泵的出水口连接比例施肥泵的进水口,并且水泵的出水管路上设置有进水阀和流量计;

[0007] 所述的吸肥管的一端位于营养液母液桶内,另一端连接比例施肥泵的营养液输入口,吸肥管上设置有第一过滤器和调节阀;

- [0008] 所述的比例施肥泵的出水口连接的管路中设置有第二过滤器和灌溉阀；
- [0009] 所述的土壤湿度传感器采集的信号输入到控制器；
- [0010] 所述的液位传感器设置于营养液母液桶中，液位传感器采集的信号输入到控制器；
- [0011] 所述的 pH 传感器和 Ec 传感器用于检测比例施肥泵出水口输出的灌溉液的 pH 和 Ec，并将采集到的信号输入到控制器；
- [0012] 所述的流量计采集的信号输入到控制器；
- [0013] 所述的控制器通过 IO 口控制进水阀、调节阀和灌溉阀的开与关；
- [0014] 还包括上位机；
- [0015] 所述的上位机配置有人机交互单元；
- [0016] 所述的控制器与所述的上位机通信。
- [0017] 更加优选技术方案，所述的控制器采用 STM32F103ZET6。
- [0018] 更加优选技术方案，所述的人机交互单元采用触摸屏实现。
- [0019] 更加优选技术方案，所述的控制器与所述的上位机采用串口通信。
- [0020] 更加优选技术方案，所述的控制器通过继电器模块控制进水阀、调节阀和灌溉阀的开与关。
- [0021] 更加优选技术方案，所述的比例施肥泵采用以色列泰芬 TEFEN-MixRite 美瑞比例施肥泵。
- [0022] 更加优选技术方案，所述的触摸屏采用广州微嵌公司的可编程 HMI 组态型工业触摸屏。
- [0023] 本实用新型技术所提到的比例施肥泵属于本技术领域公知技术，不做详细描述。
- [0024] 与现有技术相比，本实用新型的有益效果是：(1) 本实用新型解决了传统人工灌溉方式带来的劳动力成本高、水肥资源利用率低等问题，有效地减轻了土壤与环境污染，实现灌溉施肥智能化、自动化。(2) 针对我国智能灌溉施肥装置主要依赖进口、自动化施肥装置与市场需要严重脱节的现状，本实用新型研制的轻筒式农业智能灌溉施肥装置可以代替进口产品，极大地降低了温室作物精准施肥成本，提高了设施农业的生产效率和产品品质，具有较强的推广性和适用性。(3) 本实用新型装置体积小，操作简单，可以自由移动，方便在多个温室内使用。(4) 本实用新型装置具有显著的节水作用，提高了肥料利用率和作物产量，降低了劳动强度，节约了劳动成本。(5) 本实用新型系统硬件配置高，性能稳定，价格低廉。系统关键设备 STM32F103ZET6 工控模块、微嵌 WQT 系列触摸屏 Ec/pH 监测仪实现国产化，降低系统造价。执行机构为进口的电磁阀、水泵，保证了系统的可靠性和稳定性。本实用新型特别适用于大型多栋温室无土栽培智能化灌溉施肥的场合。

#### 附图说明

- [0025] 图 1 作物营养液标定流程示意图；
- [0026] 图 2 本实用新型基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统的机械结构示意图；
- [0027] 其中 1 是触摸屏，2 是控制箱，3 是比例施肥泵，4 是吸肥管，5 是混肥阀，6 是进水阀，7 是流量计，8 是进水口，9 是滑轮，10 是液位传感器，11 是营养液母液桶，12 是整体支

架,13 是灌溉阀,14 是 Ec 电极,15 是 PH 电极,16 是出水口,17 是自吸泵。

[0028] 图 3 本实用新型基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统管路示意图;

[0029] 图 4 本实用新型基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统电路原理示意图;

[0030] 图 5 一个具体实施例软件控制程序流程图。

### 具体实施方式

[0031] 下面结合附图,对本实用新型进一步的描述。

[0032] 基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统,包括液位传感器、pH 传感器、Ec 传感器、土壤湿度传感器、控制器、水泵、进水阀、流量计、比例施肥泵、吸肥管、营养液母液桶、第一过滤器、调节阀、第二过滤器和灌溉阀;所述的水泵的出水口连接比例施肥泵的进水口,并且水泵的出水管路上设置有进水阀和流量计;所述的吸肥管的一端位于营养液母液桶内,另一端连接比例施肥泵的营养液输入口,吸肥管上设置有第一过滤器和调节阀;所述的比例施肥泵的出水口连接的管路中设置有第二过滤器和灌溉阀;所述的土壤湿度传感器采集的信号输入到控制器中;所述的液位传感器设置于营养液母液桶中,液位传感器采集的信号输入到控制器;所述的 pH 传感器和 Ec 传感器用于检测比例施肥泵出水口输出的灌溉液的 pH 和 Ec,并将采集到的信号输入到控制器;所述的流量计采集的信号输入到控制器;所述的控制器通过 IO 口控制进水阀、调节阀和灌溉阀的开与关;还包括上位机;所述的上位机配置有人机交互单元;所述的控制器与所述的上位机通信。其中,所述的控制器采用 STM32F103ZET6。其中,所述的人机交互单元采用触摸屏实现,并且该触摸屏采用广州微嵌公司的可编程 HMI 组态型工业触摸屏。所述的控制器与所述的上位机采用串口通信。所述的控制器通过继电器模块控制进水阀、调节阀和灌溉阀的开与关。所述的比例施肥泵采用以色列泰芬 TEFEN-MixRite 美瑞比例施肥泵。

[0033] 图 1,在设施农业无土栽培中,由于栽培基质所含有的营养元素甚微或几乎没有,因此必须完全依靠营养液提供。一般采用全溶性的肥料,先配制成营养液母液,灌溉时再稀释到一定的浓度供应植物。不同作物对各种营养成分的需求量及其各种营养成分之间的比例存在差异,所以先选定栽培作物,参考其成熟配方,选用相应的肥料配制营养液母液,再对营养液的 Ec 值、pH 值进行标定,最终确定适合作物不同生长阶段营养需求的稀释比例。

[0034] 图 2,该图是由计算机设计的轻筒式农业智能灌溉施肥装置的三维模拟图,该装置主要由触摸屏 1,控制箱 2,比例施肥泵 3,吸肥管 4,混肥阀 5,进水阀 6,流量计 7,进水口 8,滑轮 9,液位传感器 10,营养液母液桶 11,整体支架 12,灌溉阀 13, Ec 电极 14, PH 电极 15,出水口 16,自吸泵 17 组成。该装置可以在不同温室之间灵活移动使用,使用快速密封接头能快捷的与温室的管路连成一体,借助滴灌系统,实现灌溉施肥。控制箱采用防水防潮设计,能够适应温室的湿热环境,可在温室内长期放置,可以通过控制箱的面板按键灵活设定施肥程序,以适应不同作物需求。

[0035] 图 3,肥料液和水混合均匀是施肥均匀的先决条件。本实用新型装置中比例施肥泵选用以色列泰芬 TEFEN-MixRite 美瑞比例施肥泵,该泵计量准确,具有很高的可靠性,其工作原理:吸肥管和比例施肥泵主体是通过一个连接到水流动力的活塞机心杆结合在一起,这个装有止倒流的活塞机杆在一个圆柱体内转动,将水压出去的同时,将装在底部容器里的肥料溶液通过管道均匀得吸入水流中。由于依靠水压驱动,溶液的吸入量与进入施肥泵

的水量成正比,不会随主水管道的流量和压力波动发生变化,即混合的肥水比例是恒定的。

[0036] 从节约成本、提高经济效益的角度出发,研究中选用固体肥料配置营养液母液。由于多种肥料之间的兼容性问题,混合后会产生沉淀,这会带来 2 个方面的问题:一方面,营养液母液产生沉淀,会导致稀释后灌溉液的  $E_c$  值和 pH 值不够准确;另一方面,由于灌溉管道较小,带有沉淀的灌溉液容易造成堵塞,影响系统运行的稳定性与准确性。针对以上问题,系统设定在肥水灌溉前,启动自吸泵循环混合营养液母液,为比例施肥泵提供充分混合的营养液母液。另外,系统采用两级过滤,营养液母液桶里的高浓度肥液经过初级过滤器由施肥泵注入到灌溉主水管道中,再经过二次过滤最后进入滴灌带。

[0037] 控制器通过流量计输出的脉冲个数计算出水量,通过程序判断实际的出水量是否达到设定量,当灌溉水量达到设定值时就自动切断电磁阀,从而实现自动控制灌溉水量。营养液母液桶底部安装有液位传感器,通过程序自动检测液位,当水位低于设定值时,调节阀关闭,施肥泵不再吸取营养液母液,并发出相应的报警提示。

[0038] 图 4,施肥控制系统是轻筒式精准比例施肥器的核心部分,包括控制器、触摸屏(包括了上位机和人机交互单元)、土壤湿度传感器、液位传感器、 $E_c$  传感器、pH 传感器、继电器模块和电源管理模块等。系统控制器选用基于 ARM Cortex-M3 内核的 STM32F103ZET6 工控模块,性价比高,功能强大,可以完整地实现数据采集、存储、报警、设备控制等通用功能,满足各种设施环境的智能控制与管理。触摸屏选用广州微嵌公司的可编程 HMI 组态型工业触摸屏,包括硬件(WQT 系列触摸屏)、软件(超级串口屏编辑软件 WQTDesigner)两个部分。硬件采用 ARM9 高速 CPU(400MHZ)、数字 TFTLCD(LED 背光显示)、高精度电阻式触摸屏。软件可以快速构造和生成嵌入式计算机监控系统运行程序,工程以窗口为单位,构造用户运行系统的图形界面。STM32F103ZET6 工控模块的 I/O 口实时读取各传感器采集的数据,经过 A/D 转换和相应的运算处理,利用串口与上位机(触摸屏)建立通信,实现上位机实时监测底层数据。通过控制器设定的程序和外设的执行机构驱动电路(继电器模块),实现对执行机构(电磁阀)的控制。

[0039] 图 5,系统软件设计具体包括:硬件、软件初始化、按钮指令输入、信息显示、信息存储、控制算法、采样处理、监控与报警。智能灌溉施肥控制可以对灌溉系统进行全程控制,实时监测灌溉液的  $E_c$ 、pH 值,营养液母液液位,回收液的  $E_c$  值以及土壤湿度,通过上位机实时显示,同时将数据存储,以便历史信息查询。用户可以选定系统的控制模式:手动控制和智能控制。在手动控制模式下,实现手动触控施肥,施肥时间和施肥量由操作者设置。智能控制模式下,控制器调用施肥策略,依据实时监测的土壤湿度和回收液的  $E_c$  值,在线确定施肥量和施肥时间,实现智能灌溉。

[0040] 影响灌溉量的因素很多,作物的生长时期,作物长势以及一些气候及环境因素,如不同季节、光照强度、室内温度、空气相对湿度等,都会影响灌溉量。灌溉既要满足作物对水分和养分的需求,又不致于造成肥水的浪费。国内外专家推荐固体基质栽培的灌溉原则如下:作物根系的土壤湿度维持在 60% -80% 范围内为宜;灌溉液和回收液  $E_c$  值相差不超过 0.4-0.5ms/cm;回收水量占总灌溉量的 15% -30% 为宜;回收液的 pH 应该在 5.0-6.0;灌溉应少量多次。本实用新型设定土壤湿度 65% 为灌溉下限值,土壤湿度 80% 为灌溉上限值。当土壤湿度低于 65% 时,对作物进行灌溉;当土壤湿度高于 80% 时,停止灌溉。系统根据灌溉前检测的灌溉液  $E_c$  值与上一次灌溉后回收液的  $E_c$  值的差值来判断作物是否需要施肥,

本实用新型选定  $E_c$  差值等于  $0.5\text{mS/cm}$  作为判断基准,当  $E_c$  差值超过  $0.5\text{mS/cm}$  时,对作物进行施肥;反之,不施肥。若检测到的土壤湿度低于  $70\%$ ,同时  $E_c$  差值超过  $0.5\text{mS/cm}$ ,优先考虑作物对养分的需求,对作物进行施肥;当  $E_c$  差值小于  $0.5\text{mS/cm}$ 、土壤湿度高于  $70\%$  时,停止施肥。

[0041] 本实用新型将嵌入式技术和自动监控技术应用于水肥一体化精准灌溉施肥,设计基于 ARM 的轻筒式农业智能灌溉施肥控制系统装置,以 STM32F103ZET6 工控模块为控制核心,配以相关的传感器模块和上位机系统,形成自动灌溉、自动施肥及营养液浓度精确控制的微灌系统。通过硬件和软件的优化组合,进行了灌溉施肥自动控制系统的自主设计和制造。根据不同作物的不同需要,对灌溉液的电导率和酸碱度进行精确控制。系统人机界面友好、功能强大、实用性强。该装置性能优异,具有操作简单、水肥利用率高及节约劳动力成本等显著特点。本实用新型包括 STM32F103ZET6 工控模块、 $E_c$  传感器、pH 传感器、土壤湿度传感器、液位传感器、流量计、触摸屏、施肥泵、执行机构、执行机构驱动电路、上位机监控系统。本方案中各传感器模块实时采集相应数据,STM32F103ZET6 工控模块的 I/O 口先将读取到的数据进行 A/D 转换,对数据进行相应的运算处理,再通过串口发送给上位机,并实时显示与存储。利用触摸屏建立友好的人机界面,可以通过用户界面输入控制指令、监控系统工作状态、查询历史信息等。系统具有 2 种控制方式:手动控制和智能控制。按下界面上手动控制按钮,控制相应的执行机构,实现手动触控灌溉施肥,灌溉施肥时间和灌溉施肥量由操作者控制;按下界面上智能控制按钮,系统调用智能施肥程序,依据实时监测的土壤湿度和回收液的  $E_c$  值,在线确定施肥量和施肥时间,实现智能灌溉。

[0042] 针对作物不同生长阶段对肥料浓度的要求,将可溶性固体肥料配兑成不同浓度的母液与灌溉水一起,按照一定比例适时、适量、准确地输送到作物根部,达到以肥调水,以水促肥,实现精确灌溉施肥。在轻筒式农业智能灌溉施肥装置的设计中,包括移动式比例施肥器的本体设计,施肥器在线监测系统设计及智能灌溉施肥控制系统设计。在线监测系统的设计实现包括灌溉液的  $E_c$ 、pH 的在线监测,营养液母液液位在线监测,基质土壤湿度的在线监测。控制系统包括两种灌溉施肥方式,一是通过触碰触摸屏上相应按钮,实现手动灌溉施肥,灌溉施肥时间人为设定。另一种则是根据控制器里制定的智能灌溉施肥策略及在线监测系统实时监测的相关数据(土壤湿度、回收液液位、回收液  $E_c$  值),实现智能灌溉与施肥。比例施肥泵以流动压力水为动力,不需要其他任何动力设置,比例在  $0.4\% \sim 4\%$  范围内可调。 $E_c$ 、pH、液位、土壤湿度等传感器对相关参数实时采集并送入下位机(控制器)中,经过 A/D 转换和相应的运算处理,利用串口通信传入上位机,实现数据的实时显示,人机交互。

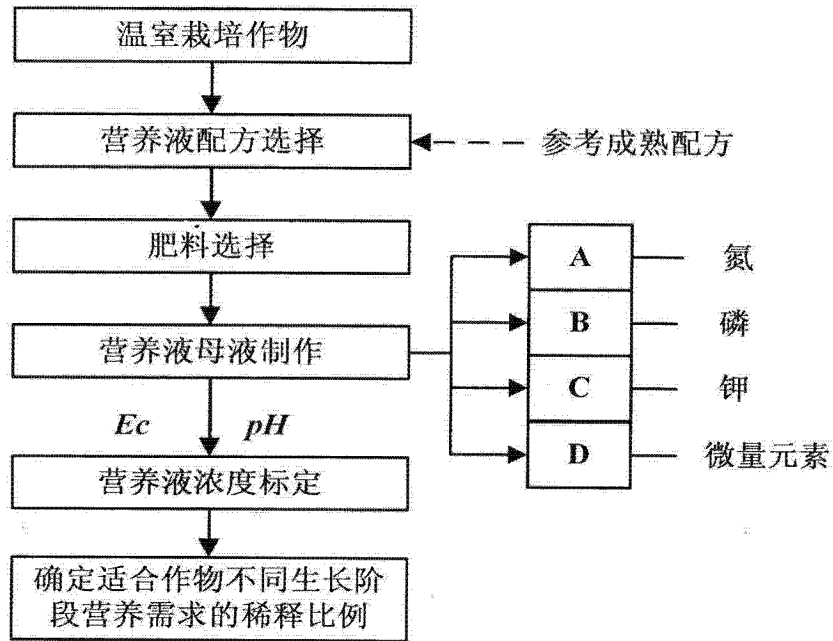


图 1

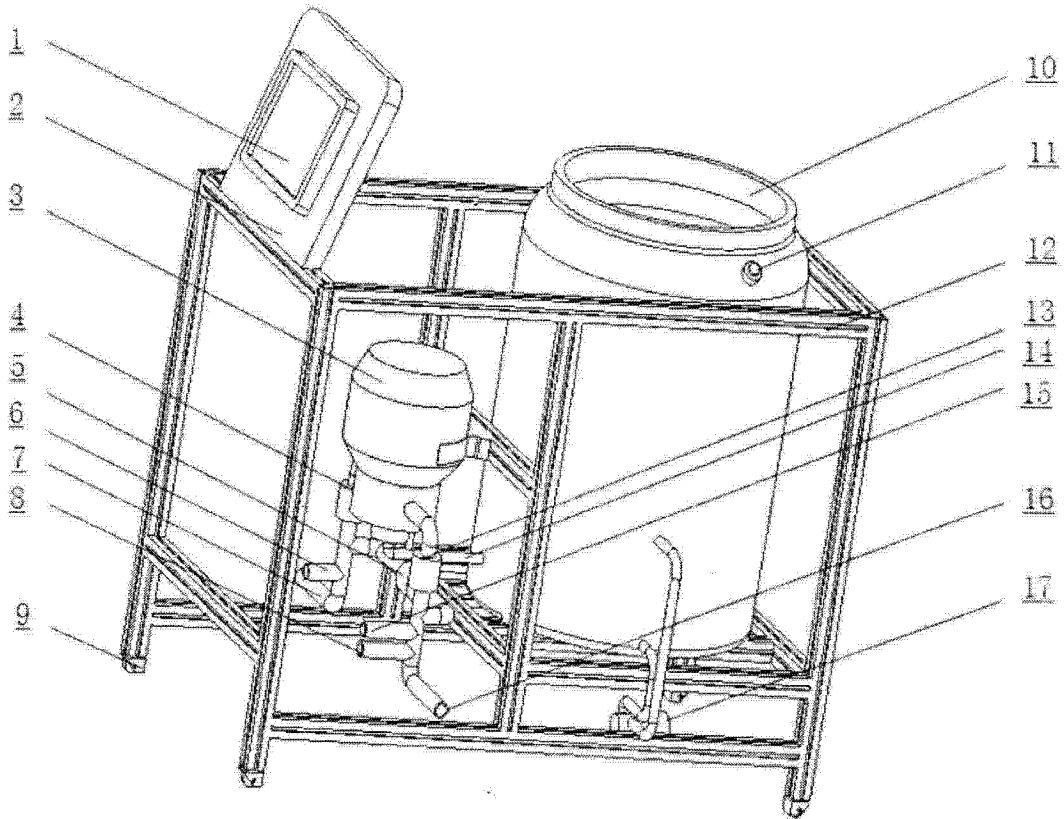


图 2



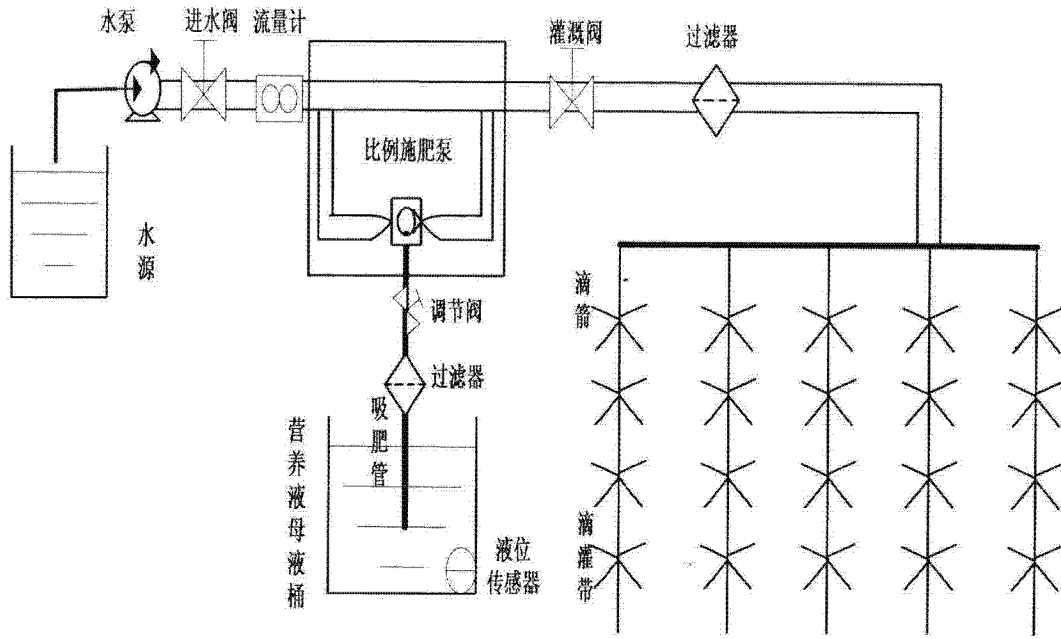


图 3

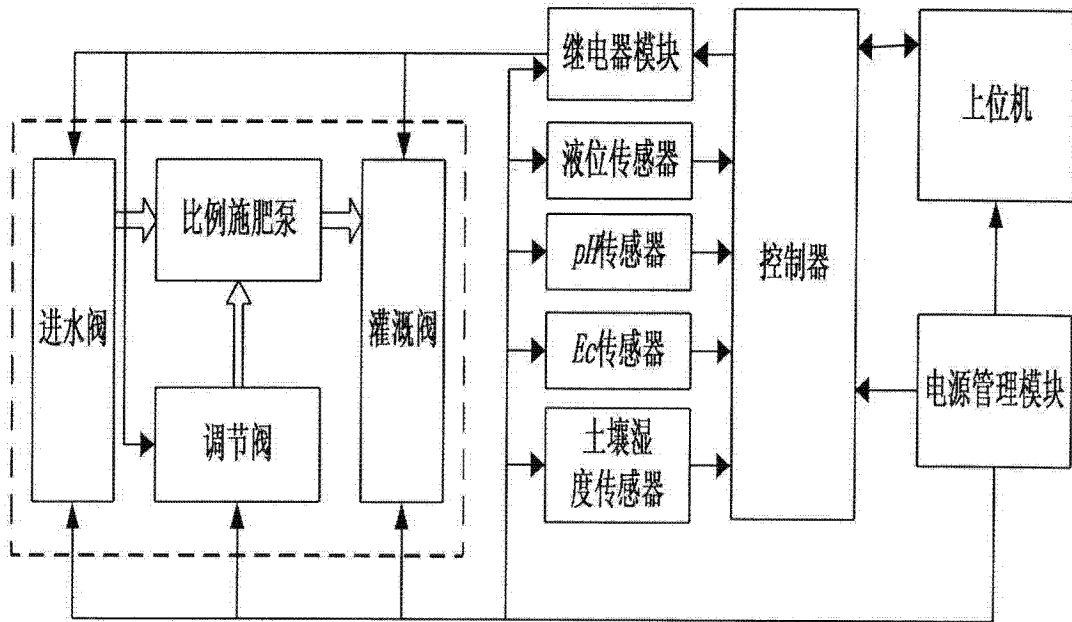


图 4

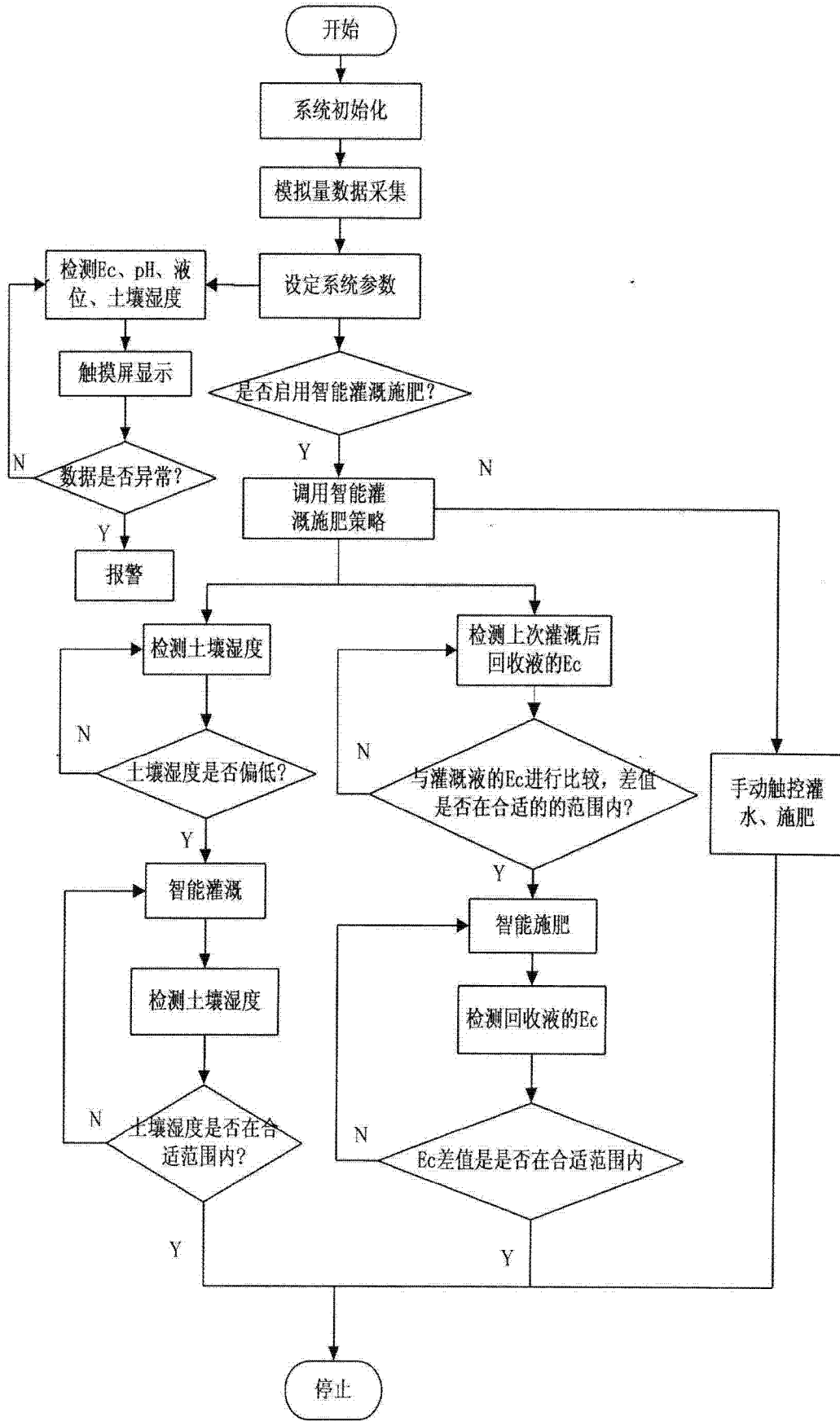


图 5