

# 基于 PLC 的农业智能灌溉系统设计

徐彤<sup>1</sup> 亓秀清<sup>1</sup>

1. 烟台南山学院 烟台 265713

DOI: 10.12238/ems.v7i11.16059

**[摘要]** 伴随全球气候变化以及水资源短缺情况越发严重, 针对农业智能灌溉系统的探究和应用变得格外关键。将居民生活污水处理后再循环用于灌溉, 是一种实现水资源循环利用的重要方式, 既能缓解水资源短缺压力, 又能为农作物生长提供一定养分。本文基于 S7-1200 PLC 作为主要的控制部件, 完成农业智能灌溉系统的设计。经过适当处理后的生活污水, 利用液位, 温度, 湿度, PH 值, 溶解氧和浊度等传感器即时检测水质, 调节灌溉期间的关键参数, 从而保证农作物得到最好的水量供应。

**[关键词]** 智能灌溉; PLC 控制; 污水处理

## 1. 引言

全球水资源日趋紧张, 传统灌溉手段难以符合高效又节水的农业生产需求, 水资源被大量浪费, 这对农业可持续发展产生不良影响, 特别在干旱与半干旱区域, 灌溉效率偏低成了限制农业发展的关键所在。

智能灌溉系统变成改善农业生产效率及水资源利用效率的关键技术手段。近些年, 国内有关依靠 PLC 控制的智能灌溉系统的研究取得明显进步, 陈浩等<sup>[1]</sup>剖析了农业智能节水灌溉系统的设计, 给出利用自动化技术改良水资源使用的办法, 论述怎样凭借恰当的灌溉策略削减水资源的浪费; 李国玄等<sup>[2]</sup>探究了依靠 PLC 的温室智能灌溉监控系统, 着重解决了温室环境里水资源精确控制和自动化管理的问题; 虞申网<sup>[3]</sup>对依靠 PLC 控制的智能节水灌溉系统展开了探究, 给出了不少控制方法, 从而达成高效灌溉和节约用水的目的; 就灌溉系统的水资源节约与效率改进而言, 王瑞<sup>[4]</sup>针对农业灌溉系统中的水资源节约策略做了研究, 给出了把 PLC 技术用于水资源调配的方案, 重视节水灌溉系统在农业上的应用意义, 李华等<sup>[5]</sup>人研发出农业灌区的智能节水灌溉系统, 并加以应用, 从实际操作来看, 凭借 PLC 的控制技术可有效地提升水资源的利用率。

生活污水经处理后, 可替代部分天然水用于农田灌溉, 尤其适合水资源紧张的地区。本文针对水资源短缺的问题, 利用处理后的农村生活污水进行灌溉, 实现水资源的循环利用。

## 2. 农业智能灌溉控制系统方案设计

### 2.1 系统框架设计

本文设计目标是实现农业灌溉过程的智能化与自动化, 主要依靠 PLC 控制技术以及各种传感器配合来完成精准控制和有效管理。系统总体框图如图 2.1 所示。

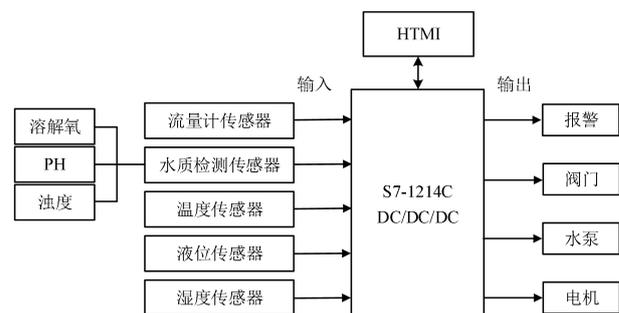


图 2.1 系统硬件设计

该系统通过流量计传感器实时监测灌溉水流量; 利用 PH 值传感器、溶氧值传感器及浊度传感器实时监测水质状况; 统过温度传感器和湿度传感器实时监测环境及土壤的温度。传感器所获取的数据被传送到 PLC, 依照收集到的数据, 控制相应阀门的开启及其电机的启动, 实现污水处理及智能灌溉功能。

### 2.2 技术要求和设计参数

根据系统设计目标, 基于 PLC 的农业智能灌溉系统主要实现以下功能:

(1) 水质监测与报警: 由于灌溉用水为生活污水处理后循环再利用, 要求该系统可以实时监测水质参数并报警提示异常。

(2) 液位监测与控制: 实时监测循环水池液位, 低于/高于设定值时启停补水, 超时触发满水报警。

(3) 温湿度监测、灌溉控制: 实时监测农田土壤温湿度值, 根据湿度控制灌溉阀门的开闭, 实现智能灌溉, 使用 PID 控制灌溉量, 超过阈值报警。

(4) 手动与自动控制模式: 系统能够实现手动/自动双模式切换。

(5) 数据记录与显示: HMI 实时显示液位、水质、温湿

度与设备状态并提供报警提示。

设计参数如下所示:

(1) 液位参数: 检测范围 0%~100%, 水位低于/高于设定值时启停补水, 超限报警满水。

(2) 温度参数: 检测范围 0~50° C, 温度达 32° C~45° C 时启动喷淋降温。

(3) 湿度参数: 检测范围为 0%~100%, 湿度处于 0%~65% 时启动喷淋, 超过 65%则停止。

(4) 水质参数: PH 值检测范围为 6.7~7.2; 溶解氧检测范围 ≥5mg/L; 浊度检测范围 ≤100mg/L, 超标则触发报警。

表 3.1 I/O 地址分配表

模块	输入	说明	输出	说明
S7-1214C	I0.0	手动	Q0.0	自动状态
	I0.1	自动	Q0.1	手动状态
	I0.2	启动按钮	Q0.2	粗清洗机线圈
	I0.3	停止按钮	Q0.3	细清洗机线圈
	I0.4	复位按钮	Q0.4	进污泵线圈
	I0.5	手动进污阀开关	Q0.5	进水泵线圈
	I0.6	手动进水阀开关	Q0.6	变频器线圈
	I0.7	手动溶氧阀开关	Q0.7	出水泵线圈
	I1.0	手动水质阀开关	Q2.0	水质阀线圈
	I1.1	手动出水阀开关	Q2.1	溶氧阀线圈
	I1.2	手动曝气机开关	Q2.2	报警指示灯
	I1.3	手动搅拌机开关	Q2.3	搅拌机线圈
	I1.4	手动刮泥机开关	Q2.4	刮泥机线圈
	I1.5	手动离心机开关	Q2.5	农田喷淋泵
	SM 1223	I2.0	手动粗清洗机开关	Q2.6
I2.1		手动细清洗机开关		
I2.2		沉淀池高水位		
I2.3		沉淀池低水位		
I2.4		溶氧池高水位		
I2.5		溶氧池低水位		
IW96		农田温度传感器		
IW98	农田湿度传感器			
IW100	菜园温度传感器			
IW102	菜园湿度传感器			
SM 1231	IW104	溶氧值		
	IW106	PH 值		
	IW108	浊度		
	IW110	流量计		
	IW104	溶氧值		

### 3. 农业智能灌溉系统的硬件设计

#### 3.1 PLC 硬件配置设计

本文选用西门子 S7-1200 型 PLC 作为控制核心, 该控制器具有很强的处理能力以及丰富的通信接口, 可以扩展很多不同的输入输出模块。CPU 选用 1214C DC/DC/DC 型, 并配置 1 个型号为 SM1223 数字量输入/输出模块及 1 个型号为 SM1231 模拟量输入模块。

#### 3.2 I/O 地址分配

本文设置了 20 个数字量输入地址, 9 个模拟量输入地址, 以实现灌溉系统的准确控制以及及时的响应。I/O 地址如表 3.1 所示。

#### 3.3 电气设计

基于 PLC 的农业智能灌溉控制系统包括生活污水处理及智能灌溉两部分组成。本系统的主要设备有粗清洗机、细清洗机、进水泵、爆气泵、出水泵、搅拌机、刮泥机、农田喷淋和菜园喷淋。每个设备均通过熔断器 (FU)、接触器 (KM) 和热继电器 (FR) 进行连接, 以确保设备正常工作并提供过载保护, 24V DC 电源对 PLC、TP1200 触摸屏供电。

PLC 与 HMI 通过 LAN 接口进行数据的传送和控制指令的交换, 根据实时采集到的数据来调整设备的运行状态, HMI 界面会将系统的状态显示给操作人员, 方便操作人员对系统的状态进行实时的监控并手动控制。

### 4. 农业智能灌溉控制软件设计

本系统的主程序流程包含系统初始化、模式选择、水处理流程、智能灌溉控制等多个部分。

(1) 系统初始化及系统状态显示。对 PLC 主控单元、各传感器及执行器的运行参数进行设定与检测, 确保设备和各模块处于正常待机状态; 同时 HMI 触摸屏实时展示系统运行模式、各设备工作情况及实时环境参数数据。

(2) 模式选择。依照 HMI 界面上操作人员的输入来模式判定, 手动模式时, 系统准许操作人员针对各个执行设备实施单独控制; 自动模式时, 系统依照预设的控制逻辑来自动执行水处理以及灌溉控制流程。

(3) 污水处理阶段。系统通过浊度传感器自动检测进水水质, 当浊度浓度超过预设阈值时, 自动开启粗清洗机, 进行初次过滤处理; 进水浊度降至粗滤达标值后, 系统按“细清洗机、曝气池、氧化池”的顺序逐一开启, 确保水流依次流经各单元, 进行二次过滤与生化反应; 经氧化池处理后的水体先流入沉淀池, 再进入溶氧池, 最后通过离心机完成深

度固液分离。被处理过的水经检测合格后通过出水泵送至灌溉区, 进入智能灌溉环节。

(4) 智能灌溉控制阶段。传感器实时监测观察农田的土壤及环境温湿度以及灌溉用水质的数据情况, 当环境湿度小于设定阈值且水质参数满足灌溉条件时, 系统自动开启农田或菜园喷淋泵进行灌溉。

运行过程中, 系统不断循环监测环境及水质参数, 动态调整水处理和灌溉设备工作状态, 实现智能化闭环控制。

## 5. 仿真测试

以MCCS作为组态设计软件, 在PLC组态的设备地址分配上, 各个输入输出设备被分配到了不同的内存区域, 保证系统可以准确地读取和控制设备的状态, 便于读取相应的数据进行处理。

基于PLC的农业智能灌溉控制系统采用手动/自动双模式。组态界面如图5.1所示。

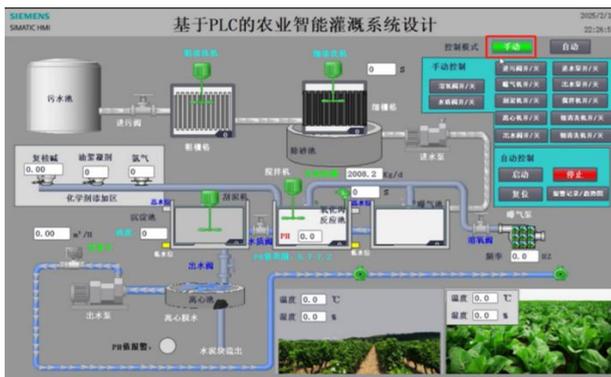


图 5.1 组态界面

### (1) 人机交互功能

PLC通过PN/IE\_1同HMITP1200展开通信, 网络连接保证了PLC和HMI之间可以传送控制数据以及监测信息。

手动模式下, 用户可以通过操作面板直接设置并控制各项设备的运行状态, 实时查看参数变化并加以调整, 以确保作物所需的环境条件得到满足。

自动模式下, 系统根据用户设定好的参数自动运行, 对各种设备进行调节与控制, 从而高效完成水质检测、污水处理、灌溉等工作, 保证作物生长环境的稳定。

### (2) 污水处理功能

排放的生活污水主要集中存放于与污水池中, 打开污水池进污阀, 污水经过粗清洗机, 达成水体的初次过滤处理; 再逐一进入细清洗机和曝气池, 该系统按照自动控制逻辑加入化学剂并开启搅拌, 并结合氧化池反应进程, 进行二次净

化; 之后, 借助离心机, 实现最后的水处理步骤。传感器实时监测水中PH值、含氧量、浊度等参数的变化情况, 保证水体质量达到农业灌溉所要求的水准。

### (3) 喷淋灌溉功能

系统可根据环境温湿度条件自动控制喷淋系统。当土壤湿度和温度满足设定要求时, 喷淋系统开始工作进行灌溉, 确保作物得到充分的水分。当湿度达到设定值或环境条件变化时, 喷淋会自动停止。

仿真测试结果表明, 在手动与自动模式下, 系统都能准确地控制各项设备的运行情况, 对PH值、溶解氧、浊度等重要水质参数进行实时监测并加以调整, 从而高效完成水质检测、污水处理、灌溉等工作, 保证作物生长环境的稳定。

## 6. 结论

本文设计并达成了一种依靠PLC的农业智能灌溉系统, 以应对传统农业灌溉时出现的水资源浪费情况, 借助西门子S7-1200PLC当作核心控制元件, 利用液位、温湿度、PH值、溶解氧以及浊度等传感器, 可以做到对灌溉期间的重要参数实施即时监测并加以调整, 并通过组态仿真测试验证了系统的运行情况。结果表明, 该系统可完成对灌溉量的动态调节, 改进农业灌溉效率, 削减水资源损耗, 给农业可持续发展赋予了技术支持。

### [参考文献]

[1]陈浩, 丁晓卫, 卢曦, 等. 农业智能节水灌溉系统设计分析[J]. 乡村科技, 2021, 12(18): 2-3.

[2]李国玄, 马凯凯, 王文博. 基于PLC的温室智能灌溉监控系统研究[J]. 传感器世界, 2023, 29(11): 15-20.

[3]虞申网. 基于PLC控制的智能节水灌溉系统设计[J]. 现代制造技术与装备, 2024, 60(6): 213-215.

[4]王瑞. 农业灌溉系统中的水资源节约与利用效率提升策略研究[J]. 河北农机, 2024, 14(13): 112-114.

[5]李华, 刘斌, 陈亮, 杨世梅. 农业灌区智能节水灌溉系统设计与应用[J]. 农业与技术, 2024, 44(2): 20-22.

作者简介: 第一作者: 徐彤(1998.04), 女, 汉族, 籍贯(辽宁省沈阳市), 助教, 硕士研究生, 电气工程及其自动化, Email: 1401047627@qq.com;

第二作者: 元秀清(1996.12), 女, 汉族, 籍贯(山东省济南市), 助教, 硕士研究生, 控制工程, Email: 1441384967@qq.com。