[控制系统]

一种水肥一体精细化滴灌控制系统

文/徐凯
辽宁建筑职业学院

介绍了一种以SIMATIC S7-200 SMART SR20型PLC为控制核心的水肥一体精细化滴灌控制系统。该系统由上位机（触摸屏）、压力变送器、变频器、液位传感器、电磁阀和灌溉管道泵组成。系统在操控过程中结合了物联网技术，可以完成远程灌溉及参数设置，最终实现经济作物灌溉的精准控制。

滴灌技术在农业灌溉过程中具有节约资源、用量可控的特点，将农业自动化技术应用于滴灌过程，在原有恒压供水理论的基础上进行技术升级，可以完成滴水量的精细化控制。再将液态肥料融入滴灌过程，便可在对种植成本控制的同时，实现经济作物的产量及品质的最优化选择。

文中阐述的内容是以丹东市某蓝莓种植基地为试验点，实地开发一套水肥一体精细化滴灌系统。蓝莓是一种浅根性植物，且根系非常发达，决定了蓝莓对土壤湿度尤为敏感，过于干燥会导致蓝莓缺水，过于湿润会导致土壤透气性下降，严重会导致植株死亡[1]。通过该系统的开发与应用，可以保证蓝莓所需的水肥高度均匀，完成科学化种植过程。

系统需求分析

丹东市某蓝莓种植基地有自建温室大棚13个，在前期种植过程中采用人工灌溉模式。蓝莓植株对需水频次有特殊要求，有时每间隔1～2 h则需浇水一次，并对用水量有着严格的控制要求，种植成本较高，灌溉效率有待提升。针对现实情况该系统在设计过程中可满足用户以下需求。

1）现场有两个灌溉蓄水池，分别为1#肥水池（用于加入水溶性肥料），2#清水池（用于清水灌溉），系统可实现两个灌溉蓄水池出水、补水及搅拌泵起停的实时操控。

2）两个灌溉蓄水池可全面覆盖13个自建温室大棚，能够完成任意大棚任意时刻的手动灌溉过程。

3）系统有定时自动灌溉功能，灌溉时间节点、灌溉时长均可实现参数预设，预设参数可存储，便于后续直接调用。

4）实时监控系统运行状态。在系统中可实现管道压力、泵运行频率和蓄水池液位等参数的实时反馈。

5）可实现数据记录。对灌溉过程进行记录，便于操作人员查看以往灌溉记录，为提升作物生长品质提供有力的数据支撑。

系统设计及硬件需求

水肥一体精细化滴灌系统采用SIMATIC S7-200 SMART SR20型可编程逻辑控制器（PLC）为控制核心，通过安装在用户大棚供水管道上的压力变送器实时抓取管网出水压力信号，将此信号转换为4～20 mA模拟电信号，并通过A/D转换模块转换成5530～27648的数字信号输入到PLC，完成信号采集过程。系统结构如图1所示。硬件清单见表1。

基金项目：2023年度辽宁省教育厅基本科研项目（JYTMS20231143）

图1　系统结构

表1　系统硬件清单

序号	名称	规格型号	数量	单位	品牌
1	断路器	NXB-63 3P D25	1	台	正泰
2	断路器	NXB-63 1P D10	1	台	正泰
3	两位选择开关	NP2-BD21	1	台	正泰
4	指示灯	NP16-22DS/4(绿色AC220V)	1	台	正泰
5	热继电器	NXR-25(17-25A)	1	台	正泰
6	接触器	NXC25	2	台	正泰
7	端子	TD1004	2	个	正泰
8	CPU模块	6ES7 288-1SR20-0AA1	1	台	西门子
9	模拟量混合模块	6ES7 288-3AM06-0AA0	1	台	西门子
10	数字量输出模块	6ES7 288-2QR16-0AA0	1	台	西门子
11	变频器	EM730-7R5-3B	1	台	正弦

PLC利用PID算法的要求对管网出水、水池蓄水高度等信息进行处理后，通过D/A转换模块转换成模拟信号作为变频器的输入信号，调节变频器的输出频率，从而控制灌溉管道泵的转速，进而控制实时供水流量，最终使用户供水管道上的压力恒定，实现精细化滴灌控制过程。参数设定见表2。

表2　变频器基本参数设定表

序号	参数组	详细设置	功能描述
1	F16.00	1	恒压供水模式
2	F00.02	1	端子启停
3	F00.14	8～10	加速时间秒
4	F00.15	8～10	减速时间秒
5	F1.05	2 900	电动机转速
6	F02.62	0	AI1模拟量选择0～10 V
7	F03.00	0	Y1输出功能选择无输出
8	F0.3.02	7	R1输出功能选择变频器故障
9	F07.06	11	母线电压控制瞬间掉电不报警
10	F07.14	5	保护重试次数
11	F07.16	30	保护重试间隔秒
12	F09.00	6	PID给定源通信给定
13	F09.02	1	PID反馈源AI1
14	F09.03	100	PID给定反馈量程
15	F9.05	1	P值

组态设计及功能说明

1. 触摸屏组态设计

系统上位机触摸屏采用PI3102Ig维控物联网触摸屏为开发对象，利用PIStudio软件完成程序设计编写。

（1）手动操作流程

系统监控画面如图2所示。将模式转换开关切换为手动模式，可以点击手动操作按钮进入手动画面，如图3所示。点击1#棚阀门按钮则1#棚阀开启，按钮左侧指示灯变为绿色表示阀门开启，点击灌溉泵启动按钮灌溉泵启动，按钮右侧指示灯变绿表示灌溉泵正在运行。

图2　系统监控主界面

图3　手动操作界面

（2）自动操作流程

在图3中可点击灌溉计划按钮进入画面如图4所示。点击1#棚灌溉计划进入画面如图5所示，设定开始时间和结束时间，点击监控画面按钮可回到系统监控画面，设定灌溉设定压力，将模式转换旋钮切换为自动模式，点击图2中自动启动按钮，当到达1#棚灌溉计划里面设定的开始时间时，1#棚所对应阀门开启，灌溉泵开始运行，当到达设定结束时间时对应阀门自动关闭，灌溉泵停止运行，1#～13#棚灌溉计划操作流程相同。

图4　大棚选择界面

图5　时间参数设定界面

（3）井泵自动补水

进入系统监控画面（见图2），将模式转换开关按钮切换为自动，点击井泵模式按钮进入画面如图6所示。设定1#蓄水池井泵起动液位、井泵停止液位，点击1#蓄水池井泵自动按钮，当1#蓄水池液位低于井泵启动液位时井泵起动开始补水，当1#蓄水池液位高于井泵停止液位时井泵停止补水（2#蓄水池操作流程相同，这里不再阐述）。

图6　井泵控制界面

2. 手机APP远程操控设计

采用物联网技术，依托V-NET Client平台开发

一套适用于手机操作系统的APP软件，从而实现远程操控。

点击V-NET手机APP进入登陆界面，输入用户名密码点击登录如图7所示。个人账号下可关联多套系统，登录完成后可以进行自主选择如图8所示。完成设备选择后进入画面如图9所示。进入操控画面，操作流程与触摸屏操控一致，这里不再阐述。

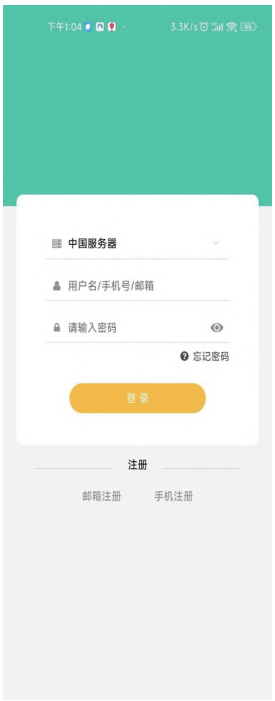

图7　登录界面

图8　账号管理界面

图9　操控界面

结束语

PLC是促进农业自动化技术进一步丰富的有效手段，将PLC技术应用到滴灌过程控制中，不仅可以大大提高节水效率，还能够实现用机器代替人进行灌溉操作，提高工作效率。同时，实现水肥一体化滴灌，可以降低肥料的使用量，有效提升作物品质，降低污染量，充分彰显了绿色环保理念，具有很好的应用价值。

随着国内自动化技术的不断发展，农业自动化技术也在不断普及。在目前的农业生产过程中，耕种、施肥、播种、灌溉和采摘等各个环节都有着自动化技术的身影。农业自动化程度的提高使得农业生产效率得到保障，作物的品质标准也得到大幅度提升。综上所述，科研工作者要不断创新技术手段，开拓产学研相结合的研究渠道，才能推动农业自动化技术向更先进、更科学的层面发展。**EA**

（收稿日期：2024-06-13）