

基于模糊控制的灌溉施肥系统设计与应用

孔德志, 孙昌权 (江苏农林职业技术学院, 江苏句容 212400)

摘要 设计了一种基于模糊控制的灌溉施肥系统。运用物联网技术构建无线传感器网络, 采集作物生长区的温度、湿度和光照强度数据, 通过在线可溶性盐浓度(EC)/pH传感器实时监测灌溉施肥系统的主要参数, 经模糊决策后, 上位机发送控制指令给下位机, 由下位机控制灌溉施肥系统工作, 实现不同营养液浓度、不同灌溉模式的灌溉施肥所需营养液的精准调配。

关键词 模糊控制; 灌溉施肥; 可编程逻辑控制器

中图分类号 S27 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)36-0230-03

Design and Application of Irrigation and Fertilization System Based on Fuzzy Control

KONG De-zhi, SUN Chang-quan (Jiangsu Vocational College of Agriculture and Forestry, Jurong, Jiangsu 212400)

Abstract An irrigation and fertilization system based on fuzzy control was designed. Using Internet of things technology to construct wireless sensor network, collecting data of temperature, humidity and intensity of illumination in crops growth zone, the main parameters of irrigation and fertilization system were monitored through online EC/pH sensor. After fuzzy decision, the master computer sends control commands to the slave computer, the slave computer controls the irrigation and fertilization system to realize the precise allocation of nutrient solution for irrigation and fertilization with different nutrient concentrations and different irrigation modes.

Key words Fuzzy control; Irrigation and fertilization; PLC

我国每年的用水总量约 4 000 km³, 其中农业用水占总用水量的 70%^[1]。由于灌溉技术落后、灌溉设施不配套、管理不到位等原因导致我国用水浪费严重, 水资源利用率低下, 农业灌溉水的利用系数平均约为 0.45, 而发达国家达到 0.70~0.80^[2-3]。我国传统化肥当季利用率较低, 氮肥为 30%~35%, 磷肥为 10%~20%, 钾肥为 30%~50%。逐年递增的化肥用量以及较低的利用率导致化肥面源污染日益严重, 经济损失增加。同时由于化肥的大量和不合理施用, 导致土壤肥力退化, 土肥养分流失对地表水和地下水造成严重污染^[4]。因此, 迫切需要解决灌溉施肥中存在的上述问题。

水肥一体化技术是将灌溉和施肥有机结合的一项现代农业技术, 通过水、肥的精准供给实现节约资源、减少环境污染的目的。笔者介绍了一种具有多路母液的灌溉施肥系统, 通过在线传感检测系统、模糊控制器和自动控制系统实现精准配肥与灌溉, 以提高水肥利用率, 减少水资源浪费。

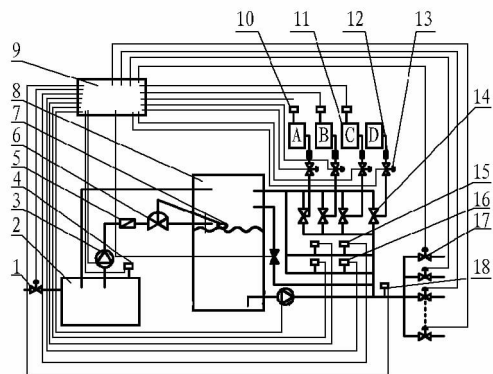
1 系统组成与工作原理

灌溉施肥系统主要由施肥机本体、控制装置、传感检测网络和模糊控制器 4 部分组成, 系统本体结构如图 1 所示, 实物如图 2 所示。

传感检测网络将温度、湿度和光照强度、可溶性盐浓度(EC)值、pH 和流量等参数传送给控制装置, 控制装置中的模糊控制器依据系统设定进行决策, 结果由上位机转换成相应的控制指令传送给下位机, 下位机依据控制指令对系统中的水泵、文丘里吸肥器和电磁阀等执行部件进行控制, 实现水肥供给的精确控制。

2 模糊控制器设计

灌溉施肥系统是一个多变量、大惯性、非线性和强耦合的控制对象^[5-6], 无法获得精确的数学模型, 因此采用模糊



注: 1. 补水阀; 2. 回水池; 3. 补水泵; 4. 液位传感器; 5. 过滤器; 6. 水动阀; 7. 浮球阀; 8. 混合罐; 9. 控制装置; 10. 液位传感器; 11. 母液罐; 12. 过滤器; 13. 球阀; 14. 文丘里吸肥器; 15. EC 值传感器; 16. pH 传感器; 17. 分区电磁阀; 18. 流量传感器。

Note: 1. Water supply valve; 2. Backwater pool; 3. Water supply pump; 4. Liquid level sensor; 5. Filter; 6. Water operated valve; 7. Float valve; 8. Mixing drum; 9. Control device; 10. Liquid level sensor; 11. Mother liquor tank; 12. Filter; 13. Ball valve; 14. Venturi fertilizer suction device; 15. EC value sensor; 16. pH value sensor; 17. Zone solenoid valve; 18. Flowtransducer.

图 1 灌溉施肥系统结构

Fig. 1 The structure of irrigation and fermentation system

控制。控制参数主要有 3 个, 分别为 EC 值、pH 和流量, 而 EC 值的控制重要性和控制复杂程度远高于其他被控参数, 所以模糊控制器以 EC 值为主要控制对象, 围绕 EC 值的控制进行模糊控制器设计。系统选择最常用的二维控制器, 具体结构框图如图 3 所示, 其控制精度能够满足灌溉施肥的控制要求^[7], 且可操作性强。

二维模糊控制器的 2 个输入变量分别为 EC 值偏差和偏差变化。EC 值偏差 e 是由传感检测系统实时采集的灌溉施肥系统的 EC 值 d_t 和作物的最适宜 EC 值 d_s 比较得到的, 具

基金项目 江苏省农业三新工程项目(SXGC[2016]306)。

作者简介 孔德志(1982-), 男, 陕西旬阳人, 讲师, 从事农业自动化研究。

收稿日期 2016-10-17



图2 灌溉施肥系统实物

Fig.2 The entity of irrigation and fermentation system

体如式(1)所示。用当前时刻的 EC 值偏差 $e(k)$ 和上一个 EC 值采样周期偏差 $e(k-1)$ 作差,得到 EC 值偏差变化 ec ,具体如式(2)所示。模糊控制器的输出变量为 u ,输出变量的控制对象为配肥电磁阀和系统压力调节电磁阀等。

$$e = d_s - d_r \tag{1}$$

$$ec = e(k) - e(k-1) \tag{2}$$

控制器采用双输入、单输出结构,EC 值偏差 e 用正大、正小、零、负小和负大 5 个模糊语言词汇描述,分别用 PB、PS、Z、NS、NB 表示,变量论域为 $(-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3)$;而偏差变化 ec 和控制量 u 用正大、正小、零、负小和负大 5 个模糊语言词汇描述,分别用 PB、PS、Z、NS、NB 表示, ec 的变量论域为 $(-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3)$, u 的变量论域为 $(-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4)$;依据项目实际情况确定 EC 值偏差 e 的基本论域为 $[-5, +5]$ (百分比),EC 值偏差变化 ec 的基本论域为 $[-2, +2]$ (百分比),控制量 u 的基本论域为输出时间 $[0, 5 \text{ min}]$,由此得出各比例因子, $K_1 = 3/10 = 0.3$, $K_2 = 3/2 = 1.5$, $K_u = 5/8 = 0.625$ 。

控制规则确定的依据是实践经验和专家的丰富知识,兼顾系统的误差控制和系统的稳定性,故以“if - and - then”条件语句形式来表达控制规则,全部控制规则共有 25 条语句,其中部分控制规则如下:

If (E is NB) and (EC is NB) then (U is PB)

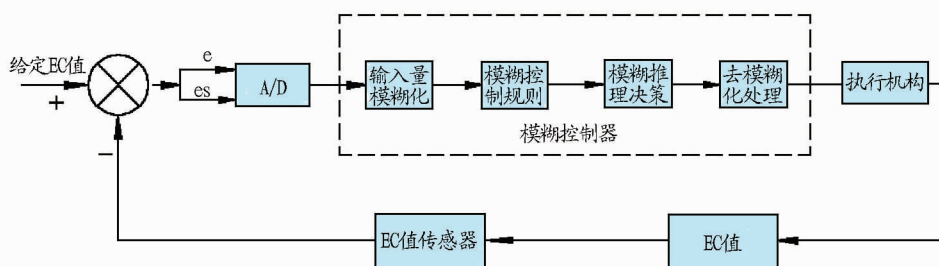


图3 EC 值模糊控制器结构框图

Fig.3 The structure diagram of EC value fuzzy controller

If (E is NB) and (EC is NS) then (U is PB)

If (E is NB) and (EC is Z) then (U is PB)

If (E is NB) and (EC is PS) then (U is PS)

具体控制规则如表 1 所示。

表 1 输出变量 u 的模糊控制规则

Table 1 Fuzzy control rules for output variable u

EC 值偏差 e EC value deviation	EC 值偏差变化 ec Change of EC value deviation				
	PB	PS	Z	NS	NB
NB	Z	PS	PB	PB	PB
NS	NS	Z	PS	PS	PB
Z	NB	NS	Z	PS	PB
PS	NB	NS	NS	Z	PS
PB	NB	NB	NB	NS	Z

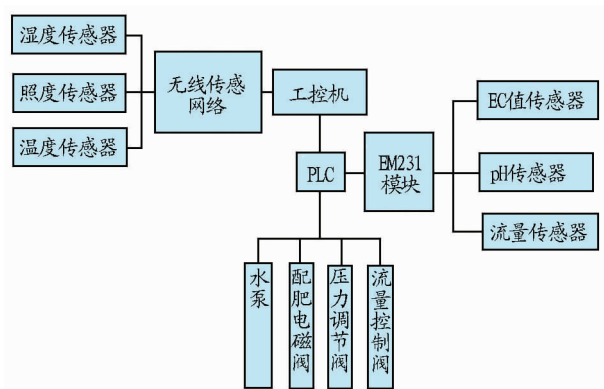


图4 控制装置硬件架构

Fig.4 Hardware architecture of control device

3 控制装置设计

3.1 硬件设计 控制装置的硬件分为上位机和下位机 2 个部分,上位机选择工控机,下位机选择可编程逻辑控制器(PLC),系统硬件架构如图 4 所示。上位机与下位机之间的通信方式采用串行通信,上位机完成与无线传感网络通信、控制决策、数据统计分析和网页发布等任务;下位机通过传感器完成 EC 值、pH 和流量等参数的采集、A/D 转换和执行机构的控制等任务。

由于作物种植区一般面积较大,参数采集点分散,为减少布线量,选用了无线传感器构建传感网络,实现温度、湿度和光照强度等环境参数的采集。传感器采集到的环境数据传送给无线网关,传输方式为基于 Zigbee 的无线网络传输;无线网关作为中间传输层,需要对传感器发送过来的信号进行过滤、分组、关联和聚合等操作,最终以 TCP/IP 数据包的形式,利用物联网技术发送到控制中心的主机上。EC 值、pH 和流量的监测实时性和可靠性要求高,且传感器安装在灌溉

施肥系统的本体上,适宜采用更为可靠的有线传输方式。

3.2 软件设计 该系统上位机软件基于 Visual Studio.net 平台开发,数据库基于 SQL Server 2005 开发。上位机软件集无线传感网络数据处理、历史数据存储、用户管理和网络发布等功能为一体,依托部署在生产现场的各种传感节点和无线通信网络实现作物生产环境的感知和控制等,从而实现生产过程的可视化、自动化管理。上位机管理软件界面如图 5 所示。

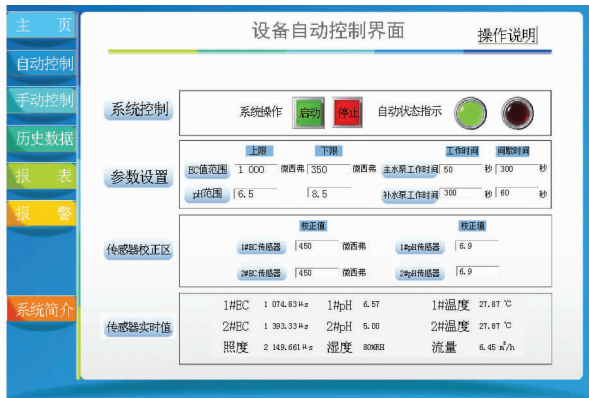


图 5 系统软件界面

Fig.5 System software interface

下位机软件采用西门子的 V 4.0 STEP 7 Micro WIN - SP 9 编程软件编写。程序主要功能包括灌溉施肥系统数据采集,执行机构控制、系统报警、上位机通信和工作模式控制等。

4 实例试验

系统经实地运行,系统的 EC 值响应曲线如图 6 所示 (EC 值传感器检测的周期为 6 s)。由结果可以看出,该系统控制具有调节时间短、响应速度快的特点,能够满足生产要求,且灌溉施肥系统参数波动范围小,控制品质好。

5 结语

该研究设计的灌溉施肥系统在实地运行半年后也发现了有待进一步探索的问题:一是蒸发作用对 EC 值的影响较

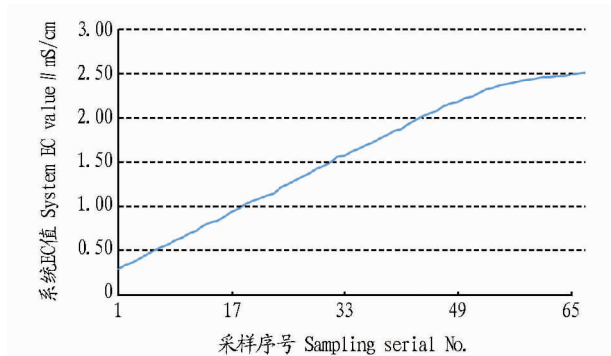


图 6 系统 EC 值响应曲线

Fig.6 Response curve of system EC value

大,特别是夏日温度较高时,栽培系统的水分蒸发速度很快,对系统 EC 值的影响大;二是营养液流经作物根部后,作物需要的营养成分被吸收,由于营养液是循环使用的,导致被其他作物吸收较少的元素在营养液中的浓度大幅度提高,虽然总的 EC 值浓度可控制在设定值范围内,但有效营养元素的浓度低于检测值,且作物吸收较少的元素富集会 对作物产生毒害作用。因此,今后仍需对该灌溉施肥系统进行进一步的改进优化,以更好地应用于实地生产中。

参考文献

[1] 胡继连,武华光. 灌溉水资源利用管理研究[M]. 北京: 中国农业出版社,2007.
[2] 成自勇,张芮,魏巍,等. 中国水资源存在的问题及对策[J]. 水利经济, 2007,25(1):66-69.
[3] 宫强. 中国水资源现状调查及可持续发展研究[J]. 理科爱好者(教育教学版), 2014, 6(2):119-120.
[4] 马达文.“双水”耦合技术的实践与探索[J]. 中国水产, 2013(2): 32-34.
[5] 崔天时,杨广林,刘磊,等. 基于模糊控制的温室灌溉控制系统研究[J]. 农机化研究,2010,32(3): 84-86.
[6] 周亮亮. 温室 PLC 模糊灌溉施肥控制系统研究[D]. 昆明:昆明理工大学, 2013.
[7] 何青海,孙宜田,李青龙,等. 基于模糊控制的水肥药一体化系统研究[J]. 农机化研究, 2015(8):203-207.

(上接第 229 页)

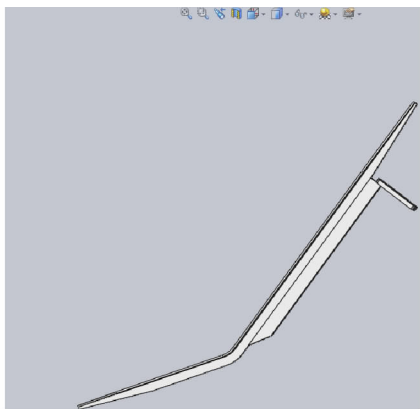


图 8 梳齿三维模型

Fig.8 The three dimensional figure of the stripper finger

目前,随着科技的进步与社会需求的不断增加,人们对农业机械的精度、质量、功能等各方面有了更高的要求。因

此,常被应用在高、精、尖行业当中的 RE 技术,也逐步在农业机械领域中得到广泛使用。该研究以采棉部件梳齿的逆向设计为例进行了深入的研究,希望研究成果将对采棉机械化有重要的参考应用价值。

参考文献

[1] 张鲁云,刘晓丽,郑炫,等. 逆向工程在农业机械中的实例应用[J]. 江苏农业科学,2015,43(5):379-381.
[2] 易军,张睿. 基于逆向工程的汽车后保险杠建模[J]. 时代报告, 2013(1):463.
[3] 李硕,肖书浩,管维龙. 基于逆向工程的空调遥控器面板设计与模具型腔加工[J]. 制造业自动化,2013,35(2):96-99.
[4] 贾林玲. 汽车发动机缸盖排气道的逆向设计[J]. 中国科技纵横, 2013(2):161.
[5] 张兴. 基于逆向工程的汽车座椅设计[J]. 科技资讯,2012(36):94.
[6] 胡影峰. Geomagic Studio 软件在逆向工程后处理中的应用[J]. 制造业自动化,2009,31(9):135-137.
[7] 刘薇娜,陈韬,杨立峰. 薄壁复杂零件的逆向设计研究[J]. 长春大学学报,2012(12):1447-1448.
[8] 成思源,谢韶旺. Geomagic Studio 逆向工程技术及应用[M]. 北京:清华大学出版社,2010.