DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.S0.009

自动灌溉施肥机工作状态监测系统*

姚舟华　魏新华　左志宇　邹　升　毛罕平

（江苏大学现代农业装备与技术省部共建教育部重点实验室，镇江 212013）

【摘要】 针对自动灌溉施肥机对工作状态稳定性要求高的需求，对自动灌溉施肥机供水、吸肥、营养液配制和灌溉/施肥等各个环节工作状态设计了相应的监测装置和监测方法。智能控制器根据各个环节工作状态的监测结果对自动灌溉施肥机进行决策控制。最后进行了样机试制和性能试验。结果表明：自动灌溉施肥系统工作状态稳定，能够满足温室精确灌溉和营养液精确配比、施肥的要求，解决了自动灌溉施肥机工作状态的监测问题。

关键词：施肥机　监测　灌溉　施肥

中图分类号：S625.3　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000-1298(2012)S0-0044-04

Development of Working Status Monitoring Device for Automatic Fertigation System

Yao Zhouhua　Wei Xinhua　Zuo Zhiyu　Zou Sheng　Mao Hanping

(*Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology*, *Ministry of Education & Jiangsu Province*, *Jiangsu University*, *Zhenjiang* 212013, *China*)

Abstract

According to requirement of stability on working status for the automatic fertigation system, the monitoring devices and monitoring methods of water supply status, fertilizer suction status, nutrient mix status and irrigation/fertilization status were designed. Intelligent controller controlled automatic fertigation systems based on the monitoring results of working status of all aspects. At last the prototype was trial-manufactured. The performance of the prototype was tested. The test results showed that the working status of automatic fertigation system was stable, and the system could satisfy the requirements of irrigation and fertilizer proportion in greenhouse. The problem of monitoring working status of automatic fertigation system was solved.

Key words　Fertigation system, Monitoring, Irrigation, Fertilization

引言

我国现代化温室、日光温室和塑料大棚等设施农业种植面积大，设施农业自动化作业装备技术也得到了长足发展，不仅微滴灌系统被广泛应用，能一次完成灌溉和施肥的自动灌溉施肥机也逐步得到了推广应用[1~2]。自动灌溉施肥机一般由供水装置、注肥装置、混肥装置、灌溉/施肥控制装置、电气控制系统、智能测控系统以及相应的管路和线路等组成，结构复杂、故障率较高，且一旦发生故障，就会给设施农业生产造成直接影响[3~5]。为此，自动灌溉施肥机一般都需要设置一定的状态监测装置，以便能

收稿日期：2012-07-07　修回日期：2012-07-16

* 国家自然科学基金资助项目(61075036)、江苏省高校自然科学研究资助项目(10KJA210010)、江苏省333高层次人才培养工程资助项目、江苏省农机三新工程资助项目(NJ2012-12)、江苏省科技支撑计划资助项目(BE2011338)、江苏省农业装备与智能化高技术研究重点实验室资助项目(BM2009703)和江苏高校优势学科建设工程资助项目(苏财教(2011)8号)

作者简介：姚舟华，硕士生，主要从事农业装备智能化控制系统研究，E-mail：fever123123@126.com

通讯作者：毛罕平，教授，博士生导师，主要从事现代农业装备和设施农业环境控制技术研究，E-mail：maohp@ujs.edu.cn

及时发现系统故障并作出紧急处理。

本文设计能实现自动灌溉施肥机全工作过程状态监测的监测装置和监测方法。利用该系统对自动灌溉施肥机的供水、吸肥、营养液配制和灌溉/施肥等各个环节的工作状态进行监测。

1　监测系统设计

自动灌溉施肥机监测系统主要由供水环节的状态监测、吸肥环节的状态监测、营养液配制环节的状态监测、灌溉/施肥环节的状态监测 4 部分组成。

监测系统总体结构包括混肥罐液位检测装置、压力调节装置、吸肥监测装置、营养液配制监测装置、流量计等，如图 1 所示。

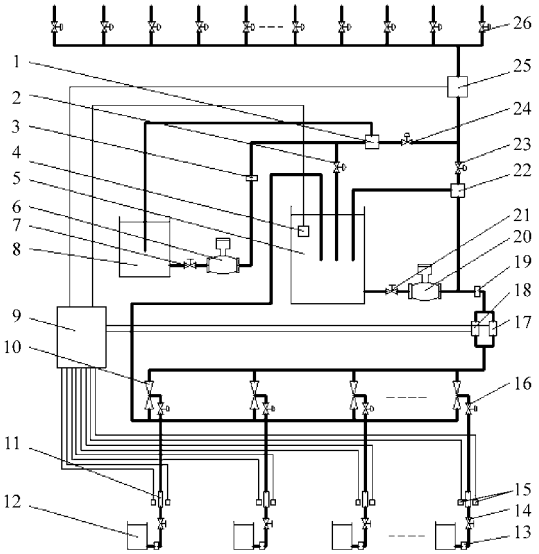

图 1　监测系统总体结构图

Fig. 1　Overall structure of monitoring devices

1. 灌溉压力调节装置　2. 施肥控制电磁阀　3. 过滤器　4. 混肥罐液位检测装置　5. 混肥罐　6. 供水泵　7. 手动阀　8. 水池　9. 智能控制器　10. 文丘里注肥器　11. 吸肥速度指示装置　12. 肥料罐　13. 过滤器　14. 手动调节阀　15. 吸肥状态监测装置　16. 吸肥控制电磁阀　17. EC 传感器　18. pH 值传感器　19. 过滤器　20. 施肥泵　21. 手动阀　22. 施肥压力调节装置　23. 混肥控制电磁阀　24. 灌溉控制电磁阀　25. 流量计　26. 灌区控制电磁阀

1.1　混肥罐液位检测装置

混肥罐液位检测装置由液位传感器、混肥罐最低液位控制开关和混肥罐最高液位控制开关组成。当混肥罐液位低于最低液位下限时，混肥罐最低液位控制开关产生报警信号，并停止灌溉；当混肥罐液位高于最高液位上限时，混肥罐最高液位控制开关产生报警信号，并停止灌溉。液位传感器实时监测混肥罐的液位。

1.2　压力调节装置

压力调节装置包括灌溉压力调节装置和施肥压力调节装置。灌溉压力调节装置安装在灌溉管路上，并与灌溉控制电磁阀、流量计和灌区控制电磁阀相连。施肥压力调节装置安装在施肥管路上，并与混肥控制电磁阀、流量计和灌区控制电磁阀相连；施肥压力调节装置的回流管路连接混肥罐。

1.3　吸肥监测装置

吸肥监测装置可采用带有状态信号输出功能的流量传感器或流量检测仪表。此时，该装置本身就具有状态输出功能，不再需要吸肥状态监测装置。

鉴于检测流量变化较快的流量传感器或流量检测仪表价格高的情况，采用吸肥监测装置包含吸肥速度指示装置和吸肥状态监测装置。吸肥速度指示装置采用玻璃转子流量计；吸肥状态监测装置采用光电传感器。吸肥监测装置安装在吸肥管路上。

1.4　营养液配制监测装置

营养液配制监测装置包括 EC 传感器、pH 值传感器和肥料罐称量传感器。为提高可靠性，在装置中采用了并联双级 pH 值、EC 检测回路，即 pH/EC 检测部分包括 2 个独立的 pH 值、EC 检测通道，每个通道各由一个 EC 变送器、pH 值变送器组成，一路检测，一路校正。肥料罐称量传感器采用悬挂的方式安装在称量支架上。实物安装如图 2 所示。

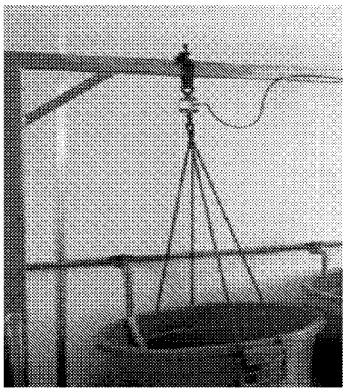

图 2　肥料罐称量传感器安装图

Fig. 2　Installation of fertilizer tank weighing sensor

2　监测方法设计

设计的监测方法能实现自动灌溉施肥机从供水、吸肥、营养液配制到灌溉/施肥全工作过程的状态监测，确保自动灌溉施肥系统稳定工作以及营养液的实际肥料配比符合预先设定的配比要求。

2.1　供水环节的状态监测

自动灌溉施肥机施肥工作过程供水环节的状态监测主要依靠混肥罐液位检测装置实现。智能控制器首先根据当前的施肥工作状态来选择决策方法，如果是只注水不施肥，则智能控制器通过将混肥罐液位检测装置检测到的混肥罐实际液位的变化趋

势,从而判定当前供水环节工作状态是否正常,再作出相应的处理;如果是边注水边施肥,则通过正常供水流量和理论施肥流量可推算出混肥罐液位的理论变化趋势,智能控制器通过混肥罐液位检测装置检测混肥罐实际液位并计算混肥罐液位的实际变化趋势,如果与理论变化趋势相符,则表示供水环节正常,否则表示已出现故障。具体的监测流程如图 3 所示。

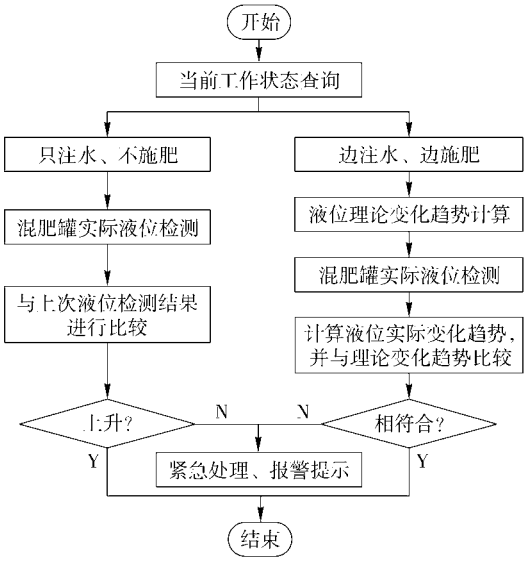

图 3 供水环节的状态监测流程图

Fig. 3 Monitoring process of water supply status

2.2 吸肥环节的状态监测

自动灌溉施肥机施肥工作过程吸肥环节的状态监测主要依靠吸肥监测装置实现。吸肥时,肥料母液经吸肥管路被文丘里注肥器吸入混肥管路,吸肥速度指示装置(玻璃转子流量计)的浮子就会浮起来,从而引起透光率的变化,吸肥状态监测装置(光电传感器)输出到智能控制器的信号就会发生变化。如果营养液配比中包含某一肥料组份,而对应吸肥状态监测装置没有检测到状态变化,则必定是该路吸肥或吸肥状态监测环节出现了故障。

2.3 营养液配制环节的状态监测

营养液配制环节的状态监测包括营养液 EC/pH 状态监测和营养液配比状态监测 2 个方面。

营养液 EC/pH 状态监测主要依靠 EC 传感器和 pH 值传感器实现。智能控制器通过 EC 传感器和 pH 值传感器对营养液的 EC/pH 值进行实时检测,并与设定值进行比较,智能控制器根据实测值与设定值的比较来调节吸肥控制电磁阀的占空比以调节吸肥速度,从而调节吸肥速度,使营养液 EC/pH 值更接近于设定值。具体的监测流程如图 4 所示。

营养液配比状态监测依靠肥料罐称重传感器来实现。智能控制器实时采集各路肥料罐的质量,间接地得到各路肥料流入混肥罐的流量,从而由各路

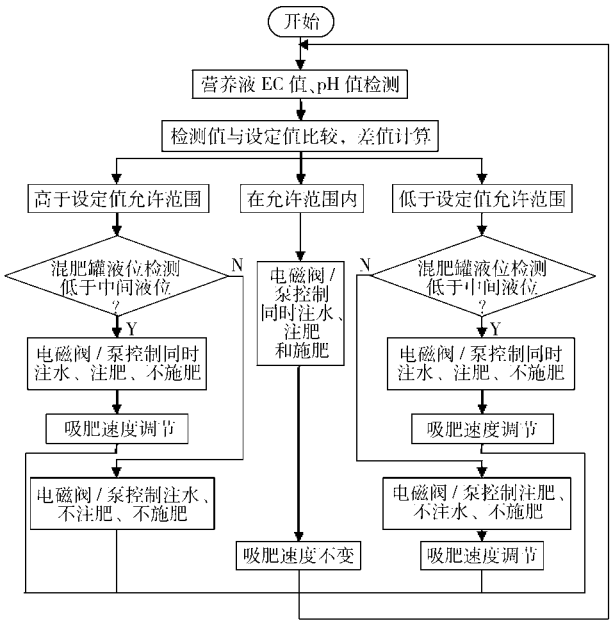

图 4 营养液配制环节的状态监测流程图

Fig. 4 Monitoring process of nutrient mix status

肥料实际流量比与设定营养液配比的关系来修正各路电磁阀的占空比,实现营养液的精确配比。

2.4 灌溉/施肥环节的状态监测

自动灌溉施肥机灌溉/施肥工作过程施肥环节的状态监测主要依靠流量计和压力调节装置实现。

根据灌区控制的当前设置状态,可以知道当前的施肥区域及其大小,从而推算出理论施肥流量。通过流量计检测出实际施肥流量,与理论施肥流量进行比较,如果差值超过了预定限度,则必定是施肥环节出现了故障,立即进行紧急处理,并给出报警提示;如果差值在预定限度之内,则认为施肥环节工作正常。具体监测流程如图 5 所示。

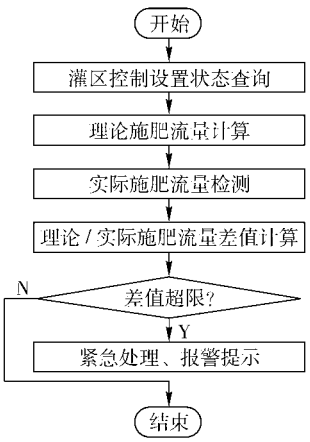

图 5 灌溉/施肥环节的状态监测流程图

Fig. 5 Monitoring process of irrigation/fertilization status

压力调节装置可以将管路压力调节到某一设定压力,且当灌区控制发生变化时维持管路压力基本不变,从而维持恒定的灌溉速度和吸肥速度,保证灌

溉/施肥流量与灌溉/施肥区域的大小近似呈正比，吸肥量与吸肥时间近似呈正比。

3　样机试验

根据自动灌溉施肥系统工作状态监测装置和方法设计的 WGF－6－12 型温室自动灌溉施肥机样机在江苏大学的 Venlo 型连栋玻璃温室内进行了试验。在试验过程中，自动灌溉施肥机样机一直处于稳定的工作状态。自动灌溉施肥机样机经江苏省农业机械试验鉴定站检测，EC 控制精度误差为 0.05 ms/cm，pH 值控制精度误差为 0.01，灌溉量控制精度误差为 0.6%，各路营养液配比精度误差小于等于 2.6%，均满足要求。

4　结束语

设计了能够实现自动灌溉施肥机供水、吸肥、营养液配制到灌溉/施肥全工作过程的状态监测装置和监测方法，确保自动灌溉施肥机工作稳定。自动灌溉施肥机工作状态监测装置和监测方法，主要应用于现代化温室、规模化日光温室和塑料大棚等农业设施中微滴灌系统的自动灌溉施肥机，解决自动灌溉施肥机的工作状态监测问题。

参　考　文　献

1　Gieling T H, Janssen H J J, Suurmond M, et al. Identification and simulated control of greenhouse closed water supply systems [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2000, 26(3):361 ~ 374.

2　高峰，俞立，卢尚琼，等. 国外设施农业的现状及发展趋势[J]. 浙江林学院学报，2009，26(2)：279 ~ 285.
Gao Feng, Yu Li, Lu Shangqiong, et al. Status quo and development trend of facility agriculture in foreign countries[J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2009, 26(2): 279 ~ 285. (in Chinese)

3　程月华，毛罕平. 设施农业灌溉量控制模型和营养液供给自动控制系统[J]. 计算机测量与控制，2002，10(3)：172 ~ 174.
Cheng Yuehua, Mao Hanping. Control model of irrigation and development of the nutrient solution control system in greenhouse farming[J]. Computer Measurement & Control, 2002, 10(3):172 ~ 174. (in Chinese)

4　Zhang Qiong, Zhao Chunjiang. Data acquisition control system based on ARM processor for automatic fertigation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(Supp. 2):44 ~ 49.

5　Klaring H P. Strategies to control water and nutrient supplies to greenhouse crops[J]. Agronomie, 2001, 21(4): 311 ~ 321.

6　张兵，袁寿其，成立. 节水灌溉自动化技术的发展及趋势[J]. 排灌机械，2003，21(2)：37 ~ 41.
Zhang Bing, Yuan Shouqi, Cheng Li. Present stuation and prospect of automatic control technology in water saving irrigation at home and abroad[J]. Drainage and Irrigation Machinery, 2003, 21(2):37 ~ 41. (in Chinese)

7　Gieling T H, Straten G, Wouters H, et al. ISE and chemfet sensors in greenhouse cultivation[J]. Sensors and Actuators B, 2005, 105(1):74 ~ 80.

8　李晓光，王秀，李民赞. 基于单片机 PID 和 PWM 液体流量控制系统研究[J]. 微计算机信息，2008，24(2)：69 ~ 71.
Li Xiaoguang, Wang Xiu, Li Minzan. PID & PWM liquid flow control based on AVR microcontroller[J]. Microcomputer Information, 2008, 24(2):69 ~ 71. (in Chinese)

9　李树珍，张亮，马淑英，等. 温室营养液调控系统的构建研究[J]. 农机化研究，2009(3)：115 ~ 116.
Li Shuzhen, Zhang Liang, Ma Shuying, et al. Study on construction of greenhouse nutrition solution regulating system[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009(3):115 ~ 116. (in Chinese)

10　Samsuri S F M. Development of nutrient solution mixing process on time-based drip fertigation system[C]// Proceedings of Fourth International Conference on Mathematical Modelling and Computer Simulation, Kota Kinabalu, 2010:615 ~ 619.