

灌溉施肥自动控制系统的研究与开发

魏正英, 葛令行, 赵万华, 卢秉恒

(西安交通大学机械制造系统工程国家重点实验室, 710049, 西安)

摘要: 为了实现滴灌系统中灌溉与施肥的精确控制和同步进行,应用单片机控制与变频调节技术设计、开发了高精度的灌溉施肥自动控制系统,并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和实时调节,利用单片机技术开发了自动施肥控制系统,降低了系统成本.该系统采用模块化设计,其结构紧凑,使用简单,有利于推广使用.

关键词: 灌溉施肥;电导率;酸碱度;单片机;变频调节

中图分类号: TM921.51;S224.22 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-987X(2008)03-0347-03

Development of Automatic Control System of Fertigation Technique

WEI Zhengying, GE Lingxing, ZHAO Wanhua, LU Bingheng

(State Key Laboratory for Manufacturing System Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: To accurately control and simultaneously conduct of irrigation and fertilization in drip irrigation system, a highly intelligent fertigation system is developed based on single chip microcomputer (SCM) control principles and variable frequency technique. Via the optimal combination of hardware and software, the equipment is fabricated, where the electric conductivity and pH value can be accurately controlled and real-time regulated to meet the various needs of different crops. Utilizing SCM technique reduces the costs of the system, while the structure becomes much compacted due to the modular design to efficiently promote.

Keywords: fertigation; electric conductivity; pH value; single chip microcomputer; variable frequency regulation

灌溉施肥是通过施肥装置将溶解好的肥液注入到灌溉系统中,使肥料随灌溉水一起输送到田间的一种先进施肥方式,是精确施肥与精确灌溉相结合的产物.灌溉施肥的主要优点是施肥均匀、准确,可以稳定且高精度地控制灌水量、施肥量、施肥时间等参数,从而提高了水和肥的利用效率,有效地减轻了土壤和环境污染^[1].在一些发达国家,如以色列、美国、加拿大等,自动化控制技术发展比较成熟,已开发了智能化程度和控制精度较高的智能灌溉施肥系统,而且得到了广泛的应用.我国与发达国家相比还有一定差距,一些研究所和高校进行了自动施肥控制系统的研究、开发,但大都局限在实验室研究阶

段,还未开发出可以推广应用的高精度自动施肥控制系统^[2-4].

本文介绍了自主研发的自动施肥控制系统,并对系统管道结构、混合装置、检测反馈装置、控制面板进行了优化设计,从而提高了自动施肥控制系统的控制精度,系统结构也更加紧凑灵巧.

1 自动施肥系统和装置

1.1 自动施肥控制系统

自动施肥控制系统(见图1)根据作物的实际需求,具有以下功能:①能够设定电导率(肥液浓度)、pH值、施肥时间和施肥时间间隔等参数;②能够对

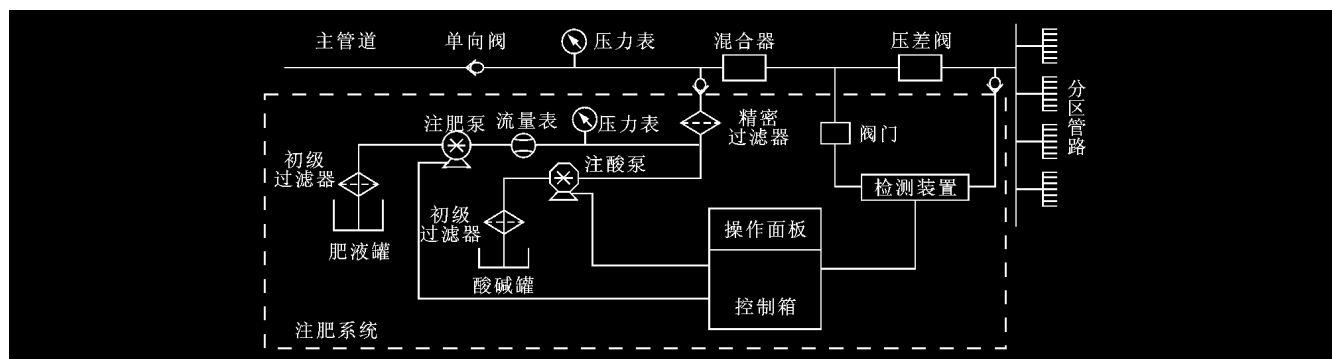


图1 自动控制施肥系统结构图

电导率和 pH 值实时检测,并观测水和肥的流量;③可以对施肥施酸定时控制;④根据作物所需对电导率和 pH 值进行实时调控;⑤能够显示电导率、pH 值、施肥的开始时间、已施肥时间和施肥时间间隔等参数。

肥液罐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,但进入主水管道之前须通过精密过滤器进行二级过滤。采用电导率测量仪检测主水管道中的肥液浓度,将检测得到的浓度值输入到单片机与设定值进行比较,根据差值信号通过变频器控制施肥电机的转速来调节施肥量,使管道中的肥液浓度值与设定值保持一致。酸碱度的调节与肥液浓度调节类似。在主水管道上安装了自主设计的混肥器,使肥液与灌溉水充分混合。自动施肥控制系统是独立于灌溉系统之外的一个模块,安装、维修比较方便,图 1 中虚线框的部分为可拆卸的自动施肥控制系统。

1.2 施肥装置

自动施肥控制系统通过控制肥液浓度和施肥时间来控制施肥量,其肥液浓度是由电导率来反映的。作物一般要求灌溉液的 pH 值为 6~6.5 且呈弱酸性,但肥料溶于水后,则或呈碱性,或虽呈酸性但其酸度往往达不到要求。为了适应作物在不同生长期的需求,需单独专门向土壤中加入 pH 调节液,即酸液或碱液^[5]。

施肥施酸装置是自动施肥控制系统的动力设备。常用的注入方式有自压注入、文丘里注入、机械驱动注入和压差式注入。通过分析各种施肥装置的优缺点,本文选用可精确控制施肥量的机械驱动施肥装置^[6],该装置利用电机驱动隔膜泵或柱塞泵把肥液注入到主水管道中,优点是能均匀准确地向灌溉管道注入肥液,从而使得灌溉水中的肥液浓度保持稳定。经综合考虑及性能比较,施肥泵选用具有良好防腐性能的电隔膜泵,考虑了压力损失及工

作余量后,选取的隔膜泵的流量范围为 $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$,吸程为 5 m,扬程为 30 m。

2 过滤装置和混肥装置

肥液中所含的杂质主要是肥料溶解性不好产生的一些固体颗粒,本系统采用两级过滤。由于肥液罐中未溶解的颗粒会沉积在罐体底部,因此在肥液入口处选用粗过滤器(100 目)。在灌溉主水管道中,固体颗粒会影响整个灌溉系统的工作,在肥液进入主水管道前需选用 200 目的过滤器,再进行一次过滤。

肥液在灌溉主水管道中与水混合不均匀会使检测系统的准确性降低,因此需要设计混肥装置,在此利用液体流动中遇到管道截面的突变时容易产生漩涡,且漩涡对液体有一定的混合作用的原理设计了漩涡混肥器,并安装在检测装置前,使肥液通过漩涡能够得到充分的混合,因此测得的电导率、pH 值将会更加准确、稳定(见图 2 和图 3)。

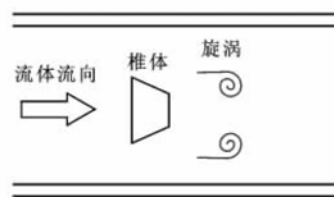


图2 漩涡发生原理

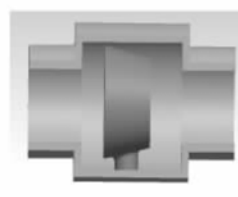


图3 混肥装置内部结构示意图

3 检测装置及控制箱与操作面板

自动施肥控制系统是一个闭环控制系统,稳定的肥液浓度是通过不断检测和实时调节实现的,检测调节原理如图 4 所示。根据作物所需要的肥量,在控制面板上设定肥液浓度或酸碱度及施入时间等参数,系统就会稳定地给灌溉主水管道注入肥液,实现灌溉与精确施肥同步进行。

自动施肥控制系统的控制模块如图 5 所示,它

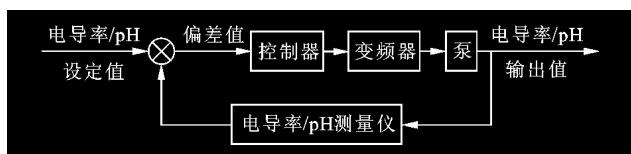


图4 电导率/pH值检测反馈系统

可以很好地控制肥液酸液的注入量,并能够进行实时监测。当电导率、pH值发生偏离且超出许可范围时,单片机控制系统能够自动纠偏,判断故障,提供声、光报警并停止系统工作,其操作面板具有良好的人机界面,工作参数可在操作面板上动态地显示出来。为了使用方便,将操作面板设计成折叠式,如图6所示。

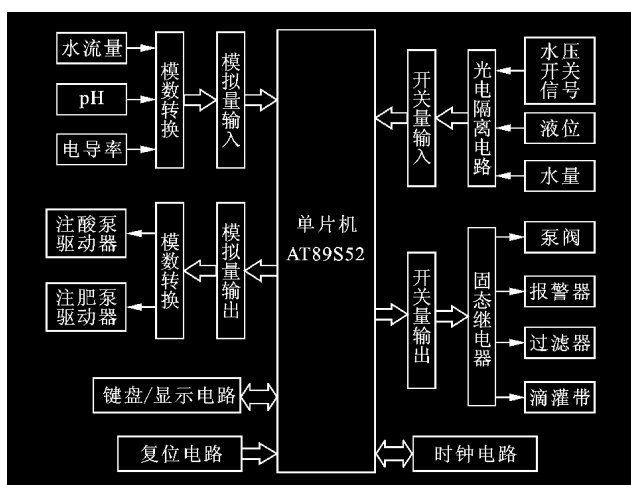


图5 单片机控制系统总体框图

4 自动施肥控制系统的管路布置

图6所示为自动施肥控制系统装置的结构优化图。在一般工作条件下,施肥泵的流量为300 L/h,流速 $V=0.06$ m/s。取管道直径 $D=40$ mm,计算出管道的总长度 $l=1.5$ m,水的动力黏性系数 $\nu=0.1 \times 10^{-5}$ m/s, $Re=2400$ 。根据莫迪图,可知管道沿程损失阻力为0.03,管道沿程压力损失为0.037 kPa。

在自动施肥控制系统中,管路系统有出、入口直径相同的5个90°弯头,2个三通,一个单向阀,根据管道局部压力和损失诺模图,可知90°弯头的局部压力损失为3.2 kPa,三通的局部压力损失为0.69 kPa,单向阀的压力损失为2.838 kPa,因此局部压力损失为0.28 kPa。在自动施肥控制系统中,其管道系统的总体压力损失为4.28 kPa,由此可知,整个施肥装置管道的压力损失较小,优化后的结构比较合理。

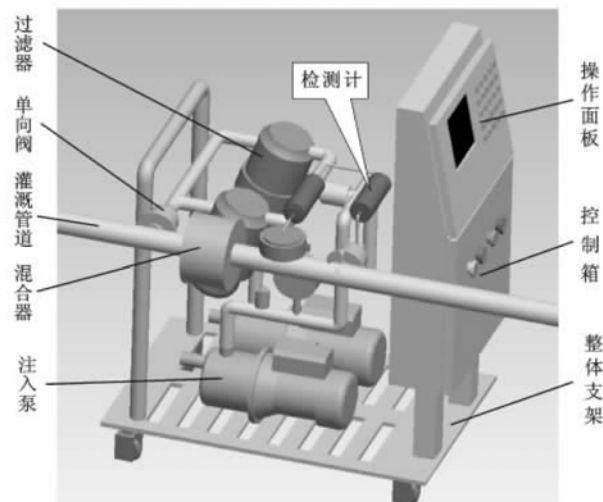


图6 优化设计的自动控制施肥系统

5 结论

本文介绍了自动施肥控制系统,对系统管道的结构、混肥装置、检测反馈装置和控制面板进行的优化设计如下。

(1)通过对流体力学性能的计算,得到了合理优化的管道结构。

(2)混肥器使肥液与灌溉水能够更加充分地混合,因此改善了整个检测系统的准确性。

(3)开发了单片机控制系统,降低了施肥装置材料的成本。

(4)设计制作了更加人性化、可视化的控制面板,将整个施肥装置做成一个模块,不仅便于管理和维修,而且提高了设备的使用寿命。

参考文献:

- [1] 朱志坚,卢秉恒,赵万华,等. 机械注入式施肥装置研制与应用[J]. 节水灌溉,2003,21(2):21-22.
ZHU Zhijian, LU Bingheng, ZHAO Wanhua, et al. Development and application of mechanical injecting fertigation device[J]. Water Saving Irrigation, 2003, 21(2):21-22.
- [2] SILBER A, XU G. High fertigation frequency: the effects on uptake of nutrients, water and plant growth[J]. Plant and Soil, 2003, 253(3):467-477.
- [3] 杨仁全,王纲,周增产,等. 精密施肥机的研究与应用[J]. 农业工程学报,2005,21(12):197-199.
YANG Renquan, WANG Gang, ZHOU Zengchan, et al. Research and application of precise fertilizer applicator[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(12):197-199.
- [4] 鲁燕,何晓娥. 我国精确农业发展现状及前景展望

- [J]. 农业装备技术, 2004, 30(3): 22-24.
- LU Yan, HE Xiao'e. The current development and a prospect about precision agriculture in China [J]. Equipment and Technology of Agriculture, 2004, 30(3): 22-24.
- [5] 李凯, 毛罕平, 李百军. 实时施肥灌溉自动控制系统的研制 [J]. 江苏理工大学学报, 2001, 22(1): 12-16.
- LI Kai, MAO Hanping, LI Baijun. An automatic real-time control system of fertilization and irrigation [J]. Journal of Jiangsu University of Science and Technology, 2001, 22(1): 12-16.
- [6] 李凯, 毛罕平, 李百军. 混药混肥装置控制性能分析 [J]. 农业机械学报, 2003, 34(1): 50-53.
- LI Kai, MAO Hanping, LI Baijun. Analysis on control performance of various pesticide or fertilizer mixers [J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Machinery, 2003, 34(1): 50-53.

(编辑 管咏梅)