

# 变量穴施水穴播机设计\*

杨术明 杨青 杨成海 邢振 安云飞

**【摘要】** 设计了一种可根据田间的土壤含水率自动改变施水量的精密穴施水穴播机。系统集成应用微控制器、GIS、GPS以及VRA技术,采用快速型单片机W78E58作为控制中心,大容量U盘作为GIS数据传递的媒体,以基于OEM模块自主开发的GPS接收机作为定位装置。系统通过集中器内的光电传感器对种子的下落进行监测,然后控制施水播种机构,实现水、种同穴施播。研制的控制系统应用于玉米穴播机,静态校准试验结果显示,控制系统具有良好的线性特征,光电传感器对玉米种子的检出率为99.5%。

**关键词:** 穴播机 变量施水 控制系统 设计

**中图分类号:** TP273; S223.2<sup>+</sup>6 **文献标识码:** A

## Design of a Variable Rate Irrigating Hill-seeder

Yang Shuming<sup>1</sup> Yang Qing<sup>1</sup> Yang Chenghai<sup>2</sup> Xing Zhen<sup>1</sup> An Yunfei<sup>1</sup>

(1. Northwest A & F University

2. USDA-ARS Kika de la Garza Subtropical Agricultural Research Center)

### Abstract

A variable rate precision irrigating hill-seeder was designed, which could change the amount of irrigating water automatically according to the soil moisture content of the field. A control system integrating single-chip computer, global positioning system (GPS), geographic information system (GIS) and variable rate application (VRA) technologies was developed. The system employed a high speed single-chip W78E58 unit as the control center, a high capacity U-disk for GIS data transfer, and a self-developed GPS receiver as the locating device. The system could detect a falling seed through a photoelectric sensor installed insider the collector of the seeder, and then opened an electromagnetic valve to control water delivery so that the seed and water could fall at the same time and place. The amount of water was determined by the minimum soil moisture content required for seed germination. The control system was adapted to a maize hill seeder. A static calibration experiment showed that the controller had good linearity. The detection rate of the photoelectric sensor for the maize seeds reached 99.5%, which indicated that the control system had high control accuracy.

**Key words** Hill-seeder, Variable rate irrigating, Control system, Design

## 引言

我国西部地区拥有耕地面积0.38亿hm<sup>2</sup>,约占全国耕地总面积的32.6%,但农作物年均单产只有

全国平均水平的74%。这与西部地区有限的降水量有着直接的关系,尤其在黄土高原干旱半干旱地区,年平均降水量仅为全国平均水平的57%<sup>[1]</sup>,常出现因干旱而无法播种或播后无苗的问题。近年

收稿日期: 2007-01-29

\* 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(项目编号:20040712018)

杨术明 西北农林科技大学机械与电子工程学院 博士生 讲师(宁夏大学), 712100 陕西省杨凌

杨青 西北农林科技大学机械与电子工程学院 教授 博士生导师 通讯作者

杨成海 美国农业部亚热带农业研究中心 工程师, 78596 USA Weslaco Texas

邢振 西北农林科技大学机械与电子工程学院 硕士生

安云飞 西北农林科技大学机械与电子工程学院 硕士生

来,在施水播种技术方面,大部分研究都是通过机械式装置实现定量施水和水种同步,存在施水量改变自由度小且操作复杂的问题,不能实现变量作业。

本文基于精细农业变量作业技术,设计一种基于 GPS、GIS 的变量穴施水穴播机,可根据田间的土壤含水率,实现自动变量穴施水,采用光电检测技术实现水种同步。

## 1 总体结构和工作原理

变量穴施水穴播机主要由硬件和软件两部分组成,硬件部分由全球定位系统(GPS)、光电传感器、控制系统、施水决策载体(U 盘)及拖拉机-穴施水穴播机组组成;软件部分则分为上位机软件和下位机软件。变量穴施水穴播机的总体结构如图 1 所示。

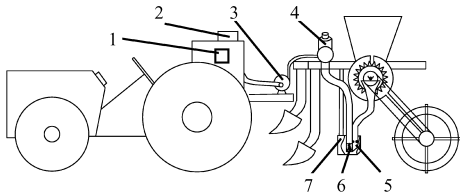


图 1 系统总体结构示意图

Fig. 1 Overall structure of the system

1. GPS 天线 2. 控制器 3. 水泵 4. 电磁阀 5. 光电传感器  
6. 出水阀 7. 集中器

在机组作业之前,首先采用自主研发的农田水分空间分布采集仪从农田获取其位置信息和水分信息,采集完成后采集仪将地理信息和水分信息融合并存储到 U 盘,然后由 PC 机上的 GIS 软件读取存储数据并生成施水决策文件。当拖拉机在田间行驶时,单片机通过 GPS 获取位置信息并进行操作单元识别,然后据此从 U 盘上读取当前操作单元的施水量。当位于集中器内的光电传感器检测到有种子落下时会产生一个下降沿的脉冲信号,单片机检测到此脉冲信号时,控制施水开关电磁阀,实现水种同穴施播。

## 2 硬件组成

### 2.1 GPS

GPS 有两个用途:①为穴播穴施水机提供实时田间位置信息。②在进行田间水分信息采集时,提供位置信息以便 GIS 软件对施水量数据的处理。考虑到目前大多 GPS 接收机价格高,不利于自动变量穴播穴施水机的推广,本文全部采用美国 Thales 公司的 AC12 专业型 GPS 模块进行自主开发。该模块具有 12 个通道和 1 Hz 的数据更新率。

### 2.2 光电传感器

光电传感器安装在集中器内,其主要作用是探测是否有种子落下,其工作可靠性和灵敏度直接决定能否实现水种同穴施播。光电传感器要求检测电路简单可靠、抗尘性能好,为此选用灵敏度高、对尘土穿透性好的红外光敏二极管和红外发射管作为受光器件和发光器件。鉴于红外光敏二极管探测范围较小(管径为 5 mm),采用 4 对红外管均匀排列在集中器管臂内组成传感器组,发光管与光敏管间距为 30 mm,光路与种子的下落方向垂直。

### 2.3 控制系统

控制系统电路结构如图 2 所示,系统采用快速型单片机 W78E58 作为控制中心,键盘和液晶显示器(LCD)是系统与用户间的交互部件,系统采用了 JHD192×64 型点阵液晶显示模块,最多可显示 48 个(4 行×12)汉字。由于 W78E58 内部具有 32 KB 的 Flash 存储器,所以可将控制系统的菜单所用汉字的点阵存储在 Flash 存储器里,而不需外扩存储器,单片机通过 U 盘读写模块 CH375 对 U 盘进行读取操作。在控制系统里需解决的关键问题主要有 2 个,即水种同步问题和施水量控制精度问题。前者要解决种子和水同穴施播,后者则要求控制系统具有较高的控制精度。

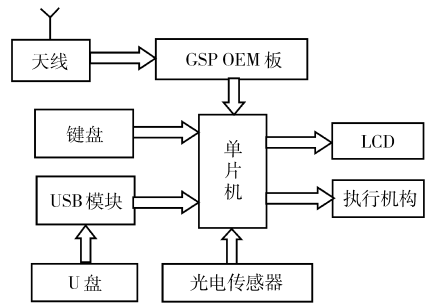


图 2 控制系统电路结构框图

Fig. 2 Electrical diagram of the control system

### 2.4 变量穴施水穴播机

变量穴施水穴播机由杨青、卢博友等研制的机械式集水覆膜点穴施灌播种机改制而成<sup>[2]</sup>。该机与拖拉机连接方式为全悬挂式,工作行数为 3 行,穴播条播两用式排种器。

## 3 软件组成

系统软件由上位机软件和下位机软件组成,软件结构框图如图 3 所示。

### 3.1 地理信息系统(GIS)

地理信息系统采用软件 Visual Basic 6.0 结合 MapX 控件进行编制。由于 MapX 控件不能生成电子地图,因此将采集仪采集到的农田边界数据使用

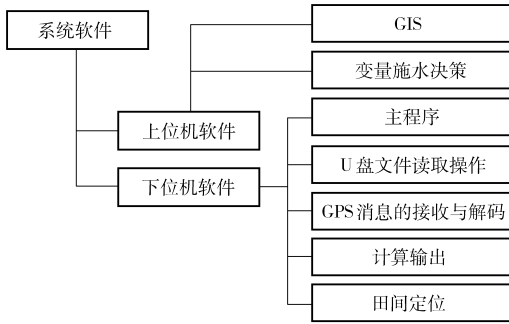


图3 软件结构框图

Fig. 3 Structure diagram of the software

软件 MapInfo Professional 7.0 生成农田的电子地图,并使用 MapInfo 的二次开发语言 MapBasic 编写程序,将农田按工作幅宽和操作单元大小进行划分和命名,生成网格图。GIS 软件可在网格图上绘出各种形式的专题图(即田间墒情图),并据此结合其他条件生成施水决策。

### 3.2 变量穴施水决策

一般种子要吸收其干质量 25%~50% 的水分才开始萌发,如玉米种子萌发时要求吸收水分占干质量的 37.3%~40%<sup>[3]</sup>。本文根据前期机械式穴播穴施水机的统一施水量试验结果,采用加权系数法来确定施水量。具体方法是对决定施水量的 2 个主要因素(操作单元的土壤含水率和环境温度变化趋势)分别对应一权重系数矩阵,与统一施水量的乘积即为本操作单元的施水量。

### 3.3 GPS 消息的接收与解码

AC12 模块输出的 GPS 消息数据为 NMEA-0183 格式,它有多种数据句型,本文采用 \$GPGGA 语句格式。\$GPGGA 语句中包含了常用的 GPS 定位信息,如时间、纬度、经度、接收机状态、使用卫星数等。该语句共由 74 个字符组成,各个数据段在语句中的位置是固定的。单片机串口参数设置为波特率 9 600,8 位数据位,1 位停止位,无校验位。读取第 18~27 字节的字符串可得到纬度数据,第 31~41 字节可得到经度数据。

## 4 试验与结果分析

### (1) 水种同步试验

为实现水种同穴施播,在出水口处安装出水阀,在电磁阀处于关闭状态时,出水阀和电磁阀间的输水管路中仍保持一定的水压。当单片机发出施水命令时,电磁阀在打开的瞬间致使这段管路压力骤然升高,出水阀打开,出水口便立即开始施水。田间试验时,以种子落入施水湿润区域的概率作为评价水

种同步的衡量指标。试验结果表明,水种同步率可达 98%。

### (2) GPS 接收机精度试验

由于卫星、信号传播和接收电路等因素的影响, GPS 在某一点的静态绝对定位存在着误差,其单点定位精度常用圆概率误差(circular error probable,简称 CEP)表示。CEP 是通过在一点上长时间对 GPS 信号进行观测,用包含 50% 数据点的最小圆半径来表示。本文通过 MapInfo 软件对采集的 145 个数据绘制了平面散点图,如图 4 所示。其 CEP 为 3 m,说明自主开发的 GPS 接收机其单点定位精度为  $\pm 3$  m,完全可以满足精细农业对定位精度的要求。

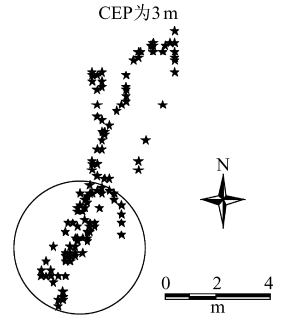


图4 GPS接收机圆概率误差散点图

Fig. 4 The CEP of GPS receiver

3 m,说明自主开发的 GPS 接收机其单点定位精度为  $\pm 3$  m,完全可以满足精细农业对定位精度的要求。

### (3) 电磁阀控制精度试验

在试验台架上对电磁阀控制精度进行试验,试验条件为电磁阀采用直流电压 12 V。调节水泵出水口压力为 0.06~0.1 MPa 进行试验,试验结果表明电磁阀开启时间与施水量呈现很好的线性关系,拟合曲线与实测数据的相关系数  $r$  分别为 0.984 9、0.989 8、0.993 3 和 0.992 7。在压力 0.08 MPa 下,电磁阀开启时间为 100 ms 时连续测量 30 次,所得样本均方差仅为 2.7 mL,可见控制系统具有很高控制精度。

### (4) 光电传感器检出率试验

试验室内采用人工投种和排种器投种,各投玉米种子 100 粒对光电传感器检出率进行试验。试验结果表明,光电传感器对人工投种的检出率达 100%,对机器投种的检出率达 99.5%。

## 5 结束语

设计了一种可根据田间土壤含水率,自动改变施水量的精密穴施水穴播机。集成应用微控制器、GIS、GPS 以及 VRA 技术,完成了系统的软硬件设计,克服了机械式穴施水穴播机不能随意更改施水量和水种不易同步的问题。前期室内模拟试验结果表明,系统可实现水种同穴施播,并具有很高的控制精度和可靠的工作稳定性。

(*Actinomycetales*) 第 VIII 科小单胞菌科 (*Micromonosporaceae*), 再对照小单胞菌科 (*Micromonosporaceae*) 的各属检索表, 可定其为第 VI 属小多胞菌属 (*Micropolyspora*)<sup>[13~14]</sup>。

### 3 结束语

从苹果园和菜园土壤中分离得到 4 株对展青霉

素产生菌有显著抑制作用的放线菌。通过复筛, 菌株 C16 抑制效果最好, 其对 3 种展青霉素产生菌的平均抑菌直径达到  $2.33 \pm 0.066$  cm。对培养特性、生理生化特征等几个方面进行初步分类和鉴定结果表明, 其为放线菌目 (*Actinomycetales*) 小单胞菌科 (*Micromonosporaceae*) 小多胞菌属 (*Micropolyspora*)。

### 参 考 文 献

- 1 贺玉梅, 贾珍珍, 齐祖桐. 展青霉素产生菌产毒性能研究[J]. 中国卫生检疫杂志, 2001, 11(3): 302~303.
- 2 Mahfoud R, Maresca M. The mycotoxin patulin alter the barrier function of the intestinal epithelium; mechanism action of the toxin and protective effects of glutathione[J]. Toxicology and Applied Pharmacology, 2002, 181(3): 209~218.
- 3 Paucod J C, Krivobok S, Vidal D. Immunotoxicity testing of mycotoxins T-2 and patulin on Balb/C mice[J]. Acta Microbiologica Hungarica, 1990, 37(4): 331~339.
- 4 Sharma R P. Immunotoxicity of mycotoxins[J]. Journal of Dairy Science, 1993, 76(3): 892~897.
- 5 张小平, 李元瑞. 苹果汁中棒曲霉素控制技术研究进展[J]. 中国农业科学, 2004, 37(11): 1 672~1 676.
- 6 Vural Gokmen, Nevzat Artik, Jale Acar, et al. Effects of various clarification treatments on patulin, phenolic compound and organic acid composition of apple juice [J]. European Food Research and Technology, 2001, 213: 194~199.
- 7 耿建暖, 仇农学. 果汁中农药残留和棒曲霉素及其去除方法的研究进展[J]. 饮料工业, 2004, 7(1): 12~15.
- 8 刘志恒, 姜成林. 放线菌现代生物学与生物技术[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 242~250.
- 9 安德荣, 幕小情, 赵文军. 土壤放线菌分离中抑菌剂的应用研究[J]. 西北农业学报, 2002, 11(1): 106~108.
- 10 周德庆. 微生物学实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986: 164~194.
- 11 阎逊初. 放线菌分类和鉴定[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- 12 张致平. 微生物药理学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 10~16.
- 13 Buchanan R E. 伯杰氏细菌鉴定手册[M]. 8 版. 北京: 科学出版社, 1984.
- 14 Lechevalier A, Solotorovsky M. A new genus of the *Actinomycetales*: *Micropolyspora* gen. nov.[J]. Journal of General Microbiology, 1961, 26(1): 11~18.

(上接第 48 页)

### 参 考 文 献

- 1 陈昌春. 灌区农业节水与土地可持续利用研究[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(4): 135~142.
- 2 西北农业科技大学. 一种集水覆膜点穴施灌播种机: 中国专利, ZL200510041897.3[P]. 2007-12-05.
- 3 山东省农业科学院. 中国玉米栽培学[M]. 上海: 上海科技出版社, 1986.
- 4 高昌珍, 郑德聪, 张文焕, 等. 施水播种条件下土壤灌溉水入渗模型研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 35(2): 48~50.
- 5 朱瑞祥, 张秀琴, 薛少平, 等. 对玉米施水硬茬播种机的试验研究[J]. 西北农业大学学报, 2000, 6(3): 57~60.
- 6 孙骊, 吕新民. 旱地节水型播种机施水问题研究[J]. 干旱地区农业研究, 1997(2): 94~98.
- 7 陈礼德, 鄂卓茂, 王继成, 等. 2BSL-1 型垄作施水播种机的开发研究[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(6): 43~46.
- 8 Yang C. A variable rate applicator for controlling rates of two liquid fertilizers[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2001, 17(3): 409~417.
- 9 张书慧, 马成林. 精确农业自动变量施肥机控制系统设计与实现[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 113~116.
- 10 杨青, 庞树杰, 李勇军, 等. 基于 GPS 和 GIS 的变量施水控制系统设计[J]. 农业机械学报, 2006, 37(12): 126~129.
- 11 任文涛, 黄毅, 杨懿, 等. 玉米精量施水播种机的研制[J]. 沈阳农业大学学报, 2005, 36(1): 71~74.