

## 果园自动对靶喷雾机红外探测控制系统的研制

邹建军, 曾爱军, 何雄奎\*, 刘亚佳, 宋晓光, 郭宇波

(中国农业大学植保机械与施药技术研究中心, 北京 100094)

**摘要:** 针对目前果园自动对靶喷雾机红外探测控制系统易受环境影响、工作不稳定、探测距离近的缺陷, 研制了一种由集成电路构成的果园自动对靶喷雾机红外探测系统。结果表明: 系统的探测距离为 0~ 6.15 m, 最小识别间距小于 0.3 m; 系统工作稳定、灵敏度高、体积小、不受自然光的干扰。

**关键词:** 对靶喷雾; 光电探测; 集成电路

**中图分类号:** S123

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1002-6819(2007)1-0129-04

邹建军, 曾爱军, 何雄奎, 等. 果园自动对靶喷雾机红外探测控制系统的研制[J]. 农业工程学报, 2007, 23(1): 129-132.

Zou Jianjun, Zeng Aijun, He Xiongkui, et al. Research and development of infrared detection system for automatic target sprayer used in orchard[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(1): 129-132. (in Chinese with English abstract)

### 0 引言

果园中最主要的管理作业是病虫害防治, 据调查统计, 果树在一年中的生长期要喷施农药 8~ 15 次<sup>[1]</sup>。而目前在中国主要还是使用手动踏板式喷雾器和高压喷枪, 并且采用大容量淋洗式连续施药方法, 这种粗放落后的药械和施药方法使得农药利用率及作业效率都非常低, 果树枝叶上的农药沉积率只有 15%~ 20%, 80%~ 85%<sup>[1]</sup> 的农药流失至周围环境之中, 造成了农药的严重浪费和环境的严重污染; 同时农产品的农药残留量严重超标, 严重影响了中国的农产品的出口和农业的发展。

近年来为了促进中国农业的发展, 提升农产品在国际市场上的竞争力, 果园农药精准喷雾技术得到了发展。精确喷雾就是根据农作物或果树对象的不同特征信息即时的改变喷药量即变量喷施农药。目前这种技术主要分为两类, 一类是基于地图 (Map based), 另一类是基于实时传感器技术 (Real time sensor technology)。精确喷雾在果园中的应用主要是依据收集到的果树树冠图像、激光、超声波以及红外光信号, 判断果树形状、位置, 控制喷嘴位置和喷雾电磁阀开启的对靶喷雾 (Target-Activated spraying) 和基于树冠形状的仿形喷雾 (Profile modeling spraying)。精确喷雾不仅大幅度减少了农药用量, 同时也大大提高了农药有效利用率, 极大地减少或基本消除了农药喷到靶标以外的可能性, 降低了农药对环境的污染, 是农药使用技术的发展方向<sup>[3]</sup>。

目前在中国果园农药精准喷雾技术发展还不完善, 大多还停留在实验室研究阶段, 还没有产品形成产业化进入大规模的实际生产应用当中。红外线是一种不可见光, 可以有效地防止周围可见光的干扰, 进行无接触探测, 不损伤被测物体, 红外线自

动对靶喷雾技术的原理就是利用红外线光电探测器红外发射管发射出一种红外线照射到作物, 经过反射回来的红外线被光电探测系统的接收器接收, 确定目标位置, 发出信号给控制系统, 控制相应的喷头进行喷雾作业。

红外线自动对靶喷雾技术研制成本低、产品极易商品化, 适合中国国情, 缓解中国传统的施药作业中生产与环境污染的矛盾, 是促进中国农业可持续发展和提高水果产业化水平的有效手段之一。本文利用集成电路 BA5104、BA5204 及一体化红外接收头 HS0038B 设计了果园自动对靶喷雾机红外探测控制系统, 该系统外围器件少、电路简单、系统稳定、灵敏度高、体积小、不受自然光的干扰。其工作原理框图如图 1。

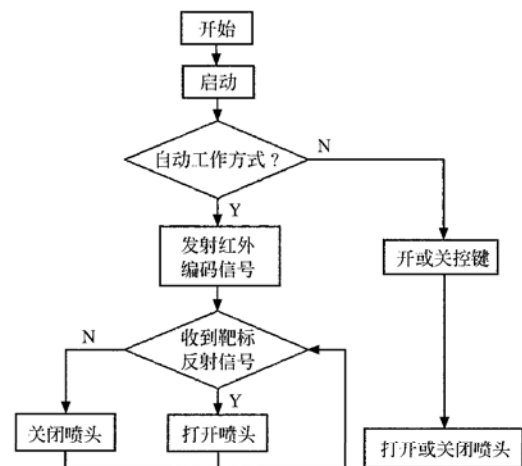


图 1 红外探测控制系统工作原理框图

Fig. 1 Theoretical diagram of infrared detection control system

### 1 果园自动对靶喷雾机红外探测控制系统的电路设计

该红外探测控制系统采用漫反射型红外光电探测方法, 采用了八通道红外线编码和解码专用集成电路 BA5104 和 BA5204。BA5104/BA5204 均采用 CMOS 工艺制成, 静态功耗极低。载波频率设计为 38 kHz, 工作电压范围为 2.5V~5V, 其中

收稿日期: 2006-04-01 修订日期: 2006-07-12

基金项目: 国家 863 计划(2003AA209040)

作者简介: 邹建军(1976-), 男, 安徽省怀宁县人, 北京 中国农业大学农业与生物技术学院, 100094。Email: yunjun999@126.com

\*通讯作者: 何雄奎, 教授, 博士生导师, 北京市海淀区圆明园西路 2 号 中国农业大学植保机械与施药技术研究中心, 100094。

Email: xiongkui@cau.edu.cn

BA5104 为编码发射专用集成电路,如图 2a,它能发射 6 个持续信号及 2 个单次信号,故具有 8 个独立通道的编码控制功能,其中 C1、C2 为用户编码端(与 BA5104 的 C1、C2 相对应且设置应一致);OSC 为外接 RC 振荡元件端。本红外探测控制系统由 BA5104 构成红外线编码发射电路、BA5204 及一体化红外接收头 HS0038B 构成红外线接收解码电路和由继电器构成输出电路三部分组成。果园自动对靶喷雾机红外探测控制系统电路原理图如图 3 所示。

的 K7、K8 相对应);C1、C2 为用户编码端(与 BA5104 的 C1、C2 相对应且设置应一致);OSC 为外接 RC 振荡元件端。本红外探测控制系统由 BA5104 构成红外线编码发射电路、BA5204 及一体化红外接收头 HS0038B 构成红外线接收解码电路和由继电器构成输出电路三部分组成。果园自动对靶喷雾机红外探测控制系统电路原理图如图 3 所示。

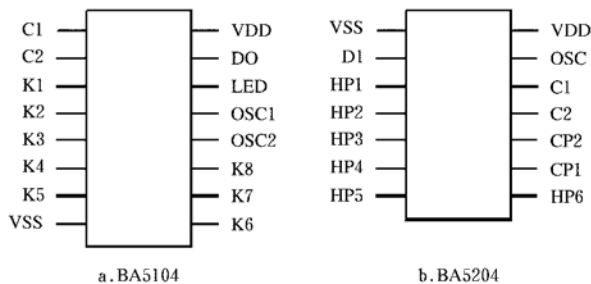


图 2 集成电路引脚排列图

Fig. 2 Pin configuration of IC

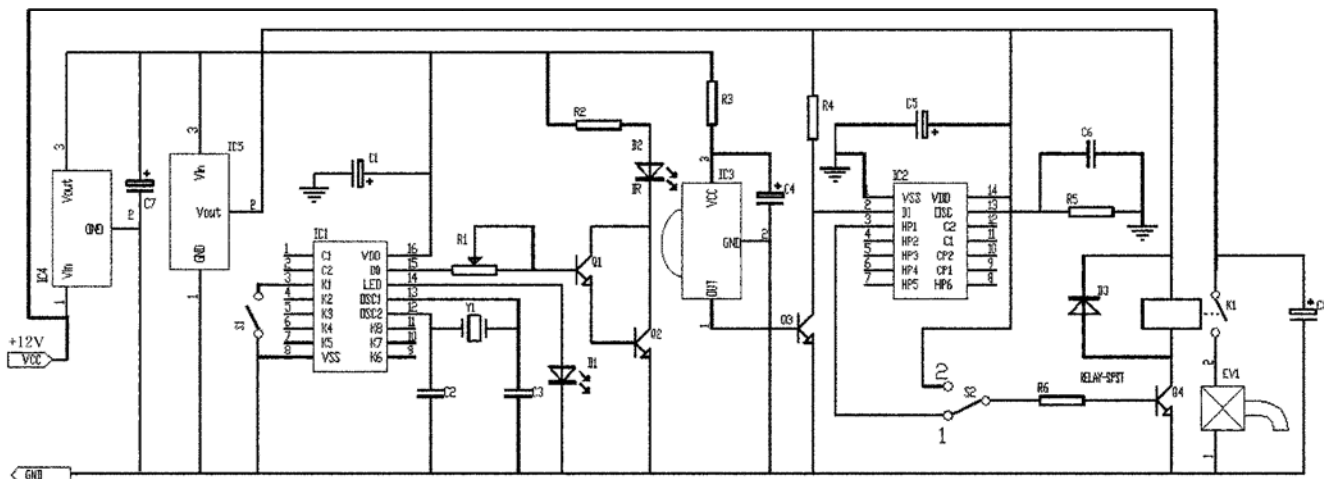


图 3 果园自动对靶喷雾机红外探测控制系统电路原理图

Fig. 3 Theoretical diagram of control system for infrared photoelectric automatic target spraying

发射电路如图 3 左半部所示。图中编码集成电路 IC1 为 BA5104。当按下 K1 的控制键开关 S1,由 BA5104 的 ②、③脚所接内部时钟电路与外接 455 kHz 晶振、电容 C2、C3 组成的振荡电路起振工作,经电路内部整形分频产生 38 kHz 载频。IC1 将 K1 及 IC1 的用户编码输入端 ①脚 C1、②脚 C2 输入的数据进行编码。由 IC1 ⑩脚 DO 端串行输出,经三极管 Q1、Q2 复合放大后驱动红外发射管 IR 发送出调制载波红外线脉冲信号。⑨脚为发射状态显示输出端,当红外发射管 IR 向外发射红外信号时有高电平输出。LED1 亮。反之不亮。⑧脚 VDD 接 IC4 的 ③脚输出的 5V。⑦脚 VSS 接地。

接收解码电路如图 3 中 IC3 及外围电路所示采用的是一体化红外接收头 HS0038B,其特点是体积小、抗光和电的干扰性强,输出信号没有突变以及上电初始化时间短等。另外 HS0038B 内部已经集成了光电转换、放大装置和解调电路。当红外发射管 IR 发射出的红外线脉冲信号经过靶标反射被一体化红外接收头

HS0038B 接收,红外信号由其完成前置放大、载波选频、脉冲解调,并以 IC3 的 ①脚输出低电平。经 Q3 反相后,作用于解码电路图 3 中 IC2(BA5204)的 ②脚 DI 端,⑨脚 VDD 接 IC5 的 ②脚输出的 +3.3V,①脚 VSS 接地。输入信号经 BA5204 内部进行比较、解码后,由 IC2 的 ③脚(HP1)输出相应的控制信号即输出持续高电平信号,当 IC3 没有接收到红外脉冲信号,则 HP1 输出低电平。

输出电路如图 3。开关 S2 接在 ①脚上,此时当 HP1 输出高电平则通过 Q4 使输出电路的继电器 K1 吸合,此时电磁阀被接通打开喷头开始喷雾,当 HP1 输出低电平,则继电器断开,电磁阀被关闭喷头停止喷雾。当关闭开关 S1,红外发射电路停止发射红外脉冲信号,此时将开关 S2 接在 2 脚上,则 Q4 的基极一直输入的是 IC5 的 ②脚输出的 +3.3V 高电平,继电器吸合,电磁阀被打开喷头喷雾,即在开关 S1 断开系统停止发射光信号进行自动探测的情况下,可以通过开关 S2 的开合来实现人为手动操

作控制是否喷雾。

本探测电路的红外发射管和接收头均分别加装上凸透镜。因为红外线具有可见光相似的特性<sup>[6]</sup>, 如反射、折射、干涉、衍射等。红外光学系统就是用来重新改善光束的分布, 更有效地利用光能, 如图 4 所示。S1 凸透镜用于红外光发射管, 聚集红外光辐射能量, 形成有确定方向的辐射光束; S2 凸透镜用于会聚反射回来的红外光能量到接收头的灵敏面上。由于加装了凸透镜光学系统所以大大提高了接收头受光面上的照度, 增大了系统的探测能力。

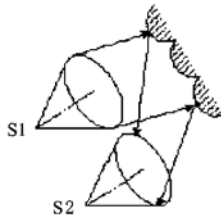


图 4 红外发光与受光示意图

Fig. 4 Diagram of infrared luminescence and photoreception

## 2 电路调试及试验结果

果园自动对靶喷雾机红外光电控制探测系统在实际应用中最为重要的性能参数就是其探测距离、靶标识别间距和系统的抗干扰性。探测的有效距离可以通过电位计 R1 来调节。改变 R1 的阻值也就是调节红外发射管 IR (型号为 TSAL6200) 的发射功率。发射功率越大, 探测距离越远; 发射功率越小, 探测距离越近。另外探测距离还与探测靶标的反射面积、探测角度、颜色、形状、表面状况等因素有关。

1) 探测距离测试方法: 如图 5a、b 所示, 在试验室的室外分别用一张普通白纸贴于纸板上做成一个面积为  $40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$  的靶标样本和一棵由塑料制作而成的仿真桃树 (如图 5d 所示) 进行实际探测试验。该仿真桃树从树干底部到树的枝头最高处是  $1.8\text{ m}$  树冠最宽处是  $1.35\text{ m}$ 。先将电位计 R1 阻值调到最小, 即此时红外发射管发出的红外光功率为最大, 然后将红外探测控制系统的探测头装在同一个可移动小车上的同一个位置, 保证探头离地高度均为  $1.2\text{ m}$ , 然后推动小车以  $1\text{ m/s}$  的速度按直线行走, 分别将普通打印白纸做成的靶标和仿真果树放置于行走直线中间的同一个定点位置垂线上由近到远以每次  $10\text{ cm}$  移动, 并保证仿真果树以同一侧面对探头。最后记录其所能探测到的最远距离  $L$ 。该试验进行了 6 次重复, 结果见表 1。

2) 靶标识别间距试验方法: 如图 5c 所示, 用普通的 A4 打印白纸粘在纸板上, 制作两块  $297\text{ mm} \times 210\text{ mm}$  的靶标样本。将红外探测系统探头的电位计 R1 阻值调到最小并装在可移动的小车上, 并保证探头的中轴线处于试样的中间位置且探头到试样靶标距离为  $2.5\text{ m}$ , 首先将两个试样并排放在一起, 然后依次向两边移动各  $1\text{ cm}$ , 推动小车以  $1\text{ m/s}$  的速度按直线行走从一端走到另一端依次经过两个靶标, 记录探测头的探测结果次数由 1 次变为 2 次 (打开电磁阀由一次变为两次) 的最小距离  $X$ 。

即为探测器的最小靶标识别间距。该试验重复 6 次, 数据见表 1。

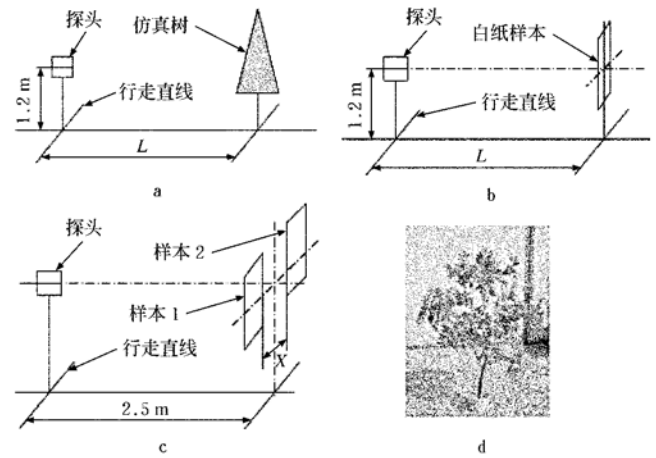


图 5 试验方案

Fig. 5 Program of experiment

表 1 试验结果数据表

Table 1 Date of experimental results

编号	仿真桃树探测 距离 $L/\text{m}$	白纸样本探测 距离 $L/\text{m}$	识别间距 $X$ / $\text{m}$
1	4.2	6.2	0.24
2	4.3	6.1	0.18
3	4.0	6.2	0.22
4	4.3	6.1	0.24
5	4.7	6.3	0.22
6	4.5	6.0	0.20
平均值	4.33	6.15	0.216

从表 1 可以看出该红外探测系统用于仿真桃树的探测其最大探测距离  $L$  平均值为  $4.33\text{ m}$ , 最大值为  $4.7\text{ m}$ , 最小值为  $4.0\text{ m}$ , 很明显该系统用于探测仿真桃树工作基本稳定。当该红外探测系统用于白纸样本的探测其最大探测距离  $L$  平均值为  $6.15\text{ m}$ , 最大值为  $6.3\text{ m}$ , 最小值为  $6.0\text{ m}$ , 显然系统用于探测白纸样本时工作更稳定。这主要是因为白纸制作成的样本靶标与仿真桃树相比能够保持一个非常稳定的反射面, 而仿真桃树的反射面是与仿真桃树枝叶的角度、稀疏等因素密切相关, 所以在不同的重复试验当中其反射面有所不同。该系统的靶标识别间距  $X$  的平均值为  $0.216\text{ m}$ , 最大值为  $0.24\text{ m}$ , 最小值为  $0.18\text{ m}$ 。

## 3 结论

基于红外光电技术开发的红外自动对靶喷雾控制电路的最大特点是运用集成电路 BA5104/5204 实现红外光信号脉冲的编码与解码, 即红外发射部分不设专门的脉冲发生电路, 而是直接由集成电路来完成, 既简化了电路调试工作, 又防止了周围环境的干扰, 使电路稳定性和抗干扰能力大大增强, 同时也降低了其生产成本。

该红外探测控制系统在试验室中进行了试验并得到以下结论:

- 1) 系统工作稳定, 不受室外自然光的影响;
- 2) 可以实现根据探测结果的自动控制和人为的手动操作控

制喷雾机是否喷雾作业;

3) 系统在探测白纸样本靶标时最远探测距离为 6.15 m, 在探测仿真桃树时其最远探测距离为 4.33 m, 系统的靶标识别间距小于 0.3 m。

#### [参 考 文 献]

- [1] 何雄奎, 严苛荣, 储金字, 等. 果园自动对靶静电喷雾机设计与试验研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 78-80.
- [2] 孙宏祥, 吴春笃, 储金字, 等. 植株探测器的设计与应用[J]. 农机化研究, 2003, (1): 149-151.
- [3] 王万章, 洪添胜, 李捷, 等. 果树农药精确喷雾技术[J]. 农业工程学报, 2004, (6): 78-80.
- [4] 杨邦文. 新型集成器件实用电路[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [5] 陈永甫. 红外探测与控制电路[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [6] 陈永甫. 红外辐射红外器件与典型应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [7] 戴奋奋, 袁会珠, 何雄奎, 等. 植保机械与施药技术规范[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002.
- [8] 何雄奎. 改变中国植保机械和施药技术严重落后的现状[J]. 农业工程学报, 2002, 20(1): 13-15.
- [9] 何雄奎. 植保机械与施药技术[J]. 植保机械与清洗机动态, 2002, (4): 5-8.
- [10] Molto E, Martin B, Gutierrez A. Design and testing of an automatic machine for spraying at a constant distance from the tree canopy[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 2000, 77(4): 379-384.
- [11] Molto E, Martin B, Gutierrez A. Pesticide loss reduction automatic spraying on globular tree[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 2001, 78(1): 35-41.
- [12] Rietz S, Palyi B, Ganzelmeier H, et al. Performance of electronic control for field sprayers[J]. J Agric Engng Res, 1997, (68): 399-40??.

## Research and development of infrared detection system for automatic target sprayer used in orchard

Zou Jianjun, Zeng Aijun, He Xiongkui<sup>\*</sup>, Liu Yajia, Song Xiaoguang, Guo Yubo

(Institute of Chemicals Application and Machinery, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract:** The operation of infrared detecting system for automatic target orchard sprayer was hard to work well in rough environment interference resulted from crucial designed defects, including short detectable distance, complex circuit, and high cost of the automatic target detector. An infrared detecting system consisting of integrated circuit for orchard automatic target sprayer was developed. Test results showed that this system satisfied in detail the design requirements of stability, sensibility, compact volume and anti-interference from environmental ray, and the detectable distance between the detector and the targets was variable from 0 to 6.15 meters, and the space between two spraying targets was no more than 0.3 meter.

**Key words:** target spray; photoelectric detection; integrated circuit