

唐宇, 骆少明, 黄伟锋, 等. 无人驾驶农用拖拉机行驶状态信息远程采集系统[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(9): 168–172.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.09.046

# 无人驾驶农用拖拉机行驶状态信息远程采集系统

唐宇, 骆少明, 黄伟锋, 郭俊杰, 王克强, 朱立学

(仲恺农业工程学院自动化学院, 广东广州 510225)

**摘要:**针对因田间作业路况差异大及不确定因素多而导致无人驾驶拖拉机行驶稳定性差的问题, 提出 1 种基于通用分组无线服务 (general packet radio service, 简称 GPRS) 网络的行驶状态信息远程采集系统。该系统由处理器模块、GPRS 通信模块、传感器模块、远程数据中心 4 部分组成, 通过安装到拖拉机上的各个传感器模块检测行驶过程中的振动状态、倾斜角度和遭遇障碍物情况, 借助 GPRS 数据业务, 以用户数据报协议 (user datagram protocol, 简称 UDP) 将监测数据实时传送到远程监控中心。经测试, 系统的平均数据传输时间为 17.4 s, 可正常监测农用拖拉机的倾角超限、振动频率和遇障情况等。该系统使用灵活、信号覆盖面广, 为实现无人驾驶农用拖拉机的远程监控提供了技术参考。

**关键词:**无人驾驶; 农用拖拉机; GPRS; 单片机; 远程监测

**中图分类号:** S126      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2017)09-0168-04

拖拉机是重要的农业机械之一, 能显著提高田间作业的自动化程度和工作效率, 其应用越来越广泛, 智能化程度也越来越高<sup>[1-2]</sup>, 已有不少无人驾驶农用拖拉机试验及实际应用的报道<sup>[3-4]</sup>。无人驾驶拖拉机机组在行走作业过程中遇到恶劣条件和突发情况的概率较大, 作业方向和行距难以保证应有的精度, 易造成错误作业甚至损伤大片农作物和土地<sup>[5-6]</sup>。因此, 研制信号覆盖范围广、成本低廉且具有一定实用价值的远程多信息监测系统对于实现农用拖拉机全自动作业具有一定的现实意义。

目前, 我国农用拖拉机监测系统的数量还很少, 大部分监测系统还是以传统的方法采集数据<sup>[7]</sup>。在拖拉机作业监测领域, 采集数据大多是通过传感器, 采集精度可以根据选取的传感器而定, 而通信是监测过程中的重要环节<sup>[8]</sup>。由全球移动通信系统 (global system for mobile communication, 简称 GSM) 网络发展而来的通用分组无线服务 (general packet radio service, 简称 GPRS) 数据传输技术具有覆盖范围广、实时在线、费用低廉等特点, 已广泛应用于农业生产。本试验拟研制无人驾驶农用拖拉机行驶状态信息远程采集系统, 利用 GPRS 网络的数据承载能力, 通过相关传感器采集振动、倾斜和遇障情况信息并发送至远程数据中心, 实现对拖拉机行驶状态的监测。

## 1 系统方案设计

远程采集系统由处理器模块、GPRS 通信模块、传感器模块 (振动传感器、倾斜传感器与红外传感器) 和远程数据中心

等 4 部分组成 (图 1)。处理器模块以 AT89S52 单片机为核心, 通过异步串行口 (universal asynchronous receiver transmitter, 简称 UART) 与 GPRS 模块连接, 实现远程数据通信, 通过相应的输入输出 (input/output, 简称 I/O) 口与其他模块进行通信, 实现系统的全部软硬件功能。

拖拉机的行驶状态信息被传感器实时采集后, 通过 GPRS 分组数据包进行协议转换, 然后把这些分组数据包传送到远端的传输控制协议/因特网互联协议 (transmission control protocol/Internet protocol, 简称 TCP/IP) 网络。GPRS 服务支持节点 (serving GPRS support node, 简称 SGSN) 和网关 GPRS 支持节点 (gateway GPRS support node, 简称 GGSN) 利用 GPRS 隧道协议 (GPRS tunnelling protocol, 简称 GTP) 对网络协议 (internet protocol, 简称 IP) 分组进行封装, 并以端到端方式实现数据分组的发送和数据接收。

### 1.1 单片机与 GPRS 模块的接口设计

系统使用摩托罗拉公司生产的 G20 模块实现基于 GPRS 网络的数据传输, 单片机以自带的三线形式异步串行口与 G20 模块进行数据双向全双工通信<sup>[9-10]</sup>, 发送指令, 使 G20 模块完成联网挂接、注册登录和短消息收发等相应操作, 同时监听接口, 接收来自 G20 的回传数据。由于 AT89S52 与 G20 模块的 I/O 电平不一致, 须通过转换电路进行电平转换后方可进行电气连接, 实现数据交换, 该部分电路如图 2 所示。电路的核心是夏普公司生产的 PC817 高速光耦, 实现两端电气隔离与信息耦合传输。AT89S52 的发送数据 (transmit data, 简称 TXD) 口电流输出能力较弱, 须经过 7404 同相驱动器才能正常点亮光耦中的发光二极管。G20 开发板具有通信接口电平切换、通信接口选择、来电显示和信号显示等功能, TXD 口通过 1 个 9011 三极管实现逻辑反相和驱动电流增强。

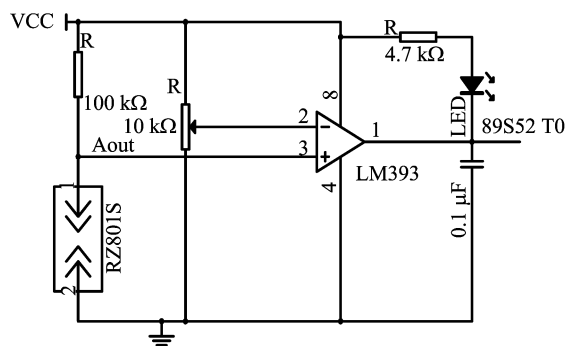
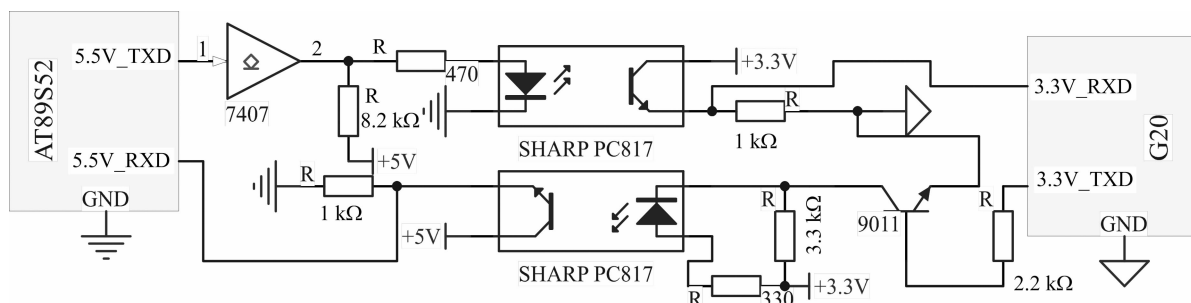
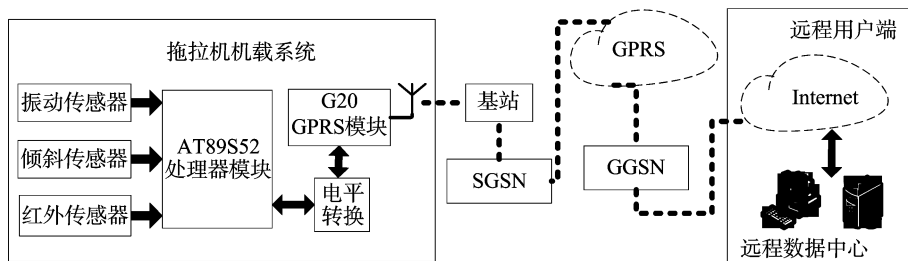
### 1.2 单片机与振动传感器的接口设计

系统通过 AT89S52 单片机的 T0 口接收由 LM393 组成的电压比较器的输出信号采集振动的频率信息, 接口如图 3 所示。振动传感电路以 RZ801S 机械弹性感应器件为核心, 拖拉机的机械振动经过 RZ801S 及应用电路后, 转变为振荡电

收稿日期: 2016-09-04

基金项目: 国家星火计划 (编号: 2015GA780054); 广东省科技计划 (编号: 2014A020208139); 广东省公益研究与能力建设专项 (编号: 2015A020209175、2015A020209179、2016B020202008); 广东省协同创新与平台环境建设专项 (编号: 2016A040402044)。

作者简介: 唐宇 (1982—), 男, 江西萍乡人, 博士, 副教授, 主要从事农业电气化与自动化的教学与科研工作。E-mail: tangyu\_mycauc@163.com。



信号,在经过电压比较、电路整形放大后输出给单片机,单片机根据检测到的振荡信号频率可感知到拖拉机行驶过程中的实际振动特点。

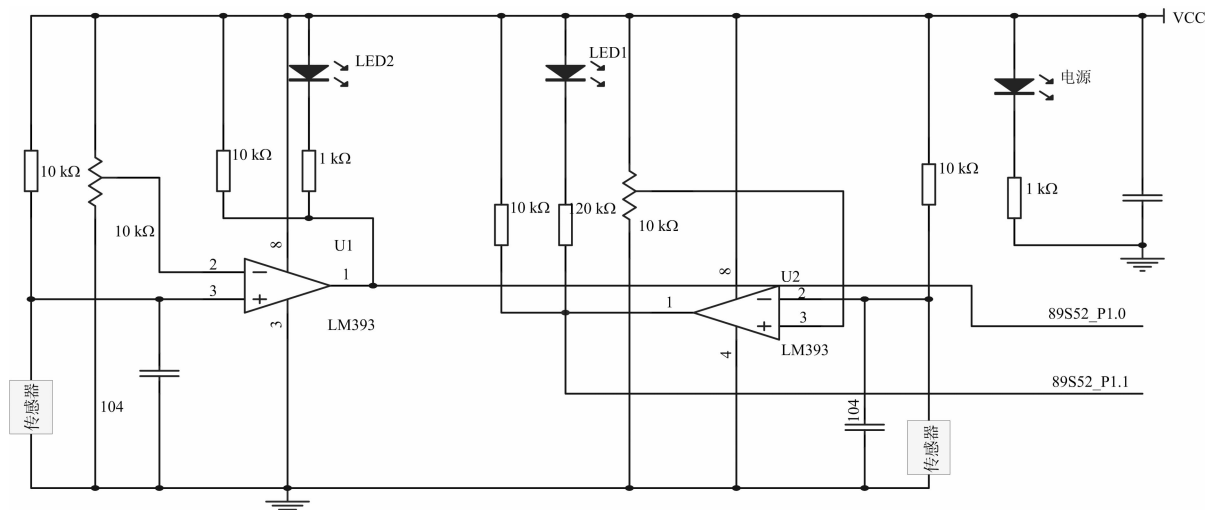
### 1.3 单片机与倾斜传感器的接口设计

倾斜传感器在垂直悬挂状态下受到外力作用且偏离垂直

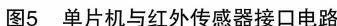
角度  $20^{\circ}$  以上时, 倾斜传感器内部的开关接点动作, 输出开/关的信号; 当外力消失后, 倾斜传感器内部的开关接点回复至初始状态 (图 4)。可通过调整 2 个传感器在拖拉机机架上的安装位置, 根据倾斜传感器内部接点断/合信号输出变化来判断拖拉机行驶过程中的倾斜情况, 以便及时采取相应的保护措施。当传感器模块的供电电压为直流电 (direct current, 简称 DC) + 5 V 时, 输出端可以与单片机直接相连, 通过单片机来检测高低电平, 由此感知拖拉机的倾斜角度变化。

### 1.4 单片机与红外传感器的接口设计

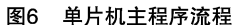
系统中的障碍物感测电路核心为红外光收发对管,发射部分由 40 kHz 振荡器、恒流发射发路、发射探头等组成,振荡器产生占空比很小的窄脉冲。恒流源提供 20 mA 左右的电流,可降低功耗,提高发射功率。红外线由发射探头聚焦,以散射角小于  $2^\circ$  发射。接收部分由红外线接收头、两级放大电路、整形和自动增益控制 (automatic gain control, 简称 AGC) 等电路组成。通过调整可变电阻的阻值可以改变检测距离,接



为高低电平的变化(图5)。



无人驾驶拖拉机行驶状态信息远程采集系统的机载端软件设计采用 C 语言编写,分为单片机主程序和子程序 2 大部分。主程序主要完成系统中各功能单元的初始化工作(图 6),并不断发出控制命令,采集各传感器模块输出的检测信息,实时地将数据通过 GPRS 网络传送到远程数据中心。子程序实现系统的各个子功能,主要包括振动、倾斜、红外信息采集程序和远程通信程序等模块。



振动传感器模块输出的信号为脉冲信号,这里使用单片机的定时/计数器 0(T0)进行定时,采用定时/计数器 1(T1)进行计数,即通过设置使 T0 定时 1 s,满 1 s 时读取 T1 的计数值并进行换算,可得到拖拉机的机架振动频率数据,单片机采集振动信息的程序流程见图 7。

系统通过 AT89S52 单片机的 P1.0、P1.1 口读取倾斜传感器模块中的 2 个机械弹性开关的闭合状态,根据这 2 个普

图8 倾斜信息采集程序流程

拖拉机行驶过程中的障碍物检测通过红外传感器模块实现,通过 AT89S52 单片机的 P1.2、P1.3 口控制红外发光二极管的发光状态,使用单片机的外部中断 0 接口接收经过放大整形处理后的红外反射信号,即在设定距离内遇到障碍物时会触发单片机的 1 次外部中断,在中断服务程序中实现遇障状况的记录,该部分程序流程如图 9 所示。

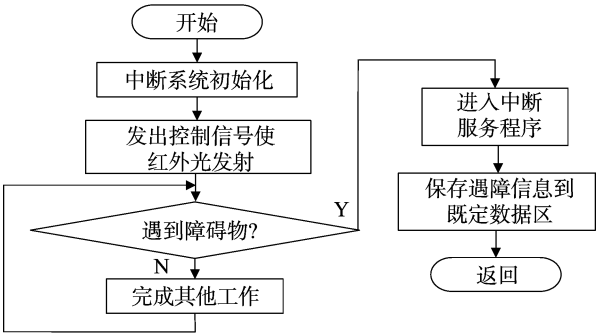


图9 红外信息采集程序流程

2.4 远程通信程序

采集系统的远程通信功能以发送 GPRS 远程数据信息<sup>[11]</sup>的方式实现,通过单片机向 G20 发送以 ASCⅡ 字符代码组成的标准格式的 AT(attention)指令实现,首先建立 GPRS 连接,然后打开 1 个通信端口,接着将数据压入发送栈以用户数据报协议进行发送,程序流程如图 10 所示。

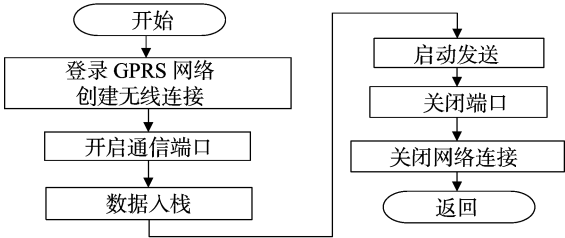


图10 远程通信程序流程

3 系统运行测试

将本系统安装到具有加装了自动导航功能的东方红 LX904 拖拉机上(图 11)。在广州市从化区街口镇的从化华隆果菜保鲜有限公司的试验田进行测试,远程数据中心放置在该公司连接了 Internet 的办公楼内。

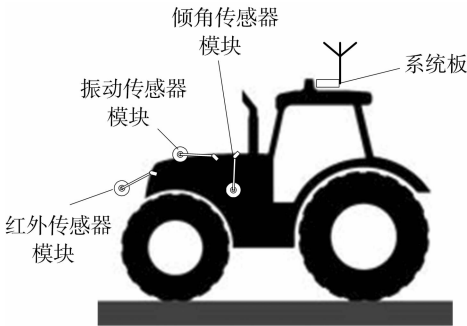


图11 采集系统安装情况

测试时,首先校准机载系统和远程数据中心的时间,然后让拖拉机沿直线路径以 2 m/s 的速度行驶约 500 m,其间随机统计了 12 个数据收发时间间隔。结果表明,发送接收时间间隔最大值为 19.3 s,最小值为 15.7 s,平均发送接收时间间隔 17.4 s(表 1)。倾角上限预设为 25°,遇障距离设为 70 cm,随机记录了数据中心保存的 15 组监测数据(表 2)。

4 结论

无人驾驶农用拖拉机行驶状态信息远程采集系统实现了

表 1 系统通信时间间隔测试数据

| 统计序号 | 收发时间间隔(s) | 是否成功 |
|------|-----------|------|
| 1    | 16.2      | 是    |
| 2    | 15.7      | 是    |
| 3    | 16.2      | 是    |
| 4    | 19.3      | 是    |
| 5    | 18.9      | 是    |
| 6    | 17.4      | 是    |
| 7    | 17.1      | 是    |
| 8    | 19.1      | 是    |
| 9    | 16.6      | 是    |
| 10   | 18.2      | 是    |
| 11   | 16.5      | 是    |
| 12   | 17.7      | 是    |

表 2 系统运行测试数据

| 统计序号 | 倾角是否超限 | 振动频率(Hz) | 是否遇障 |
|------|--------|----------|------|
| 1    | 否      | 2.3      | 否    |
| 2    | 否      | 3.1      | 否    |
| 3    | 否      | 4.4      | 否    |
| 4    | 否      | 2.7      | 否    |
| 5    | 否      | 3.3      | 否    |
| 6    | 是      | 6.5      | 是    |
| 7    | 否      | 4.2      | 否    |
| 8    | 否      | 2.5      | 否    |
| 9    | 否      | 3.2      | 否    |
| 10   | 否      | 4.4      | 否    |
| 11   | 否      | 5.2      | 否    |
| 12   | 否      | 3.6      | 否    |
| 13   | 是      | 7.9      | 是    |
| 14   | 否      | 2.1      | 否    |
| 15   | 否      | 1.9      | 否    |

对田间作业拖拉机的振动、倾角和遇障情况的无线远程监测,克服了传统有线传输方式和普通射频电台数传方式的传输距离局限性。结果表明,该系统软硬件设计合理,具有良好的扩展性,在此基础上可以挂接更多的传感器模块,实现对农用拖拉机更多参数的检测,能较好地满足行驶过程中拖拉机多参数监测的需要。该系统使用灵活、安装简便、成本较低,不仅能应用在农用拖拉机远程监测领域,还可以推广到其他田间作业设备的运行状态检测领域,为实现无人驾驶农用拖拉机的远程监控提供了技术参考。

参考文献:

[1] 李逃昌,胡静涛,高雷. 基于模糊自适应纯追踪模型的农业机械路径跟踪方法[J]. 农业机械学报,2013,44(1):205-210.  
[2] 宁建,孙宜田,刘青,等. 智能化精准农业装备的发展趋势[J]. 机电产品开发与创新,2011,24(2):77-79.  
[3] 武尚君. 农用拖拉机无人驾驶自动直线行走控制方法研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版),2013,34(2):112-114.  
[4] Langer T H, Ebbesen M K, Kordestani A. Experimental analysis of occupational whole-body vibration exposure of agricultural tractor with large square baler[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2015, 47: 79-83.  
[5] Cuong D M, Zhu S, Zhu Y. Effects of tyre inflation pressure and forward speed on vibration of an unsuspended tractor[J]. Journal of

花元涛,喻彩丽,王兴鹏. 变频恒压灌溉控制系统设计[J]. 江苏农业科学,2017,45(9):172-176.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.09.047

# 变频恒压灌溉控制系统设计

花元涛<sup>1,2</sup>, 喻彩丽<sup>1,2</sup>, 王兴鹏<sup>2</sup>

(1. 塔里木大学信息工程学院, 新疆阿拉尔 843300; 2. 塔里木大学现代农业工程重点实验室, 新疆阿拉尔 843300)

**摘要:**以大田常规灌溉技术为依据,利用计算机技术、变频技术、传感器技术、信息采集技术、无线通信技术提出了一套大田变频恒压灌溉自动控制系统的方案。该系统以变频恒压供水控制器与变频器相结合的方式,采用“一拖三”的“变频循环”模式对电机进行变频调速,增加了友好的人机界面,实现了恒压灌溉,远程实时监控、操作、查询等功能。该系统不仅可以做到适时适量、节水节能的合理灌溉,而且自动化程度大幅度提高、稳定性能增强,还降低了劳动成本。

**关键词:**恒压灌溉;变频循环;智能控制;人机界面

**中图分类号:** TP273 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)09-0172-05

水资源的短缺,已经成为制约我国农业生产的关键因素<sup>[1]</sup>。与其他发达国家相比,中国现代化农业建设起步晚,传统的供水、灌溉方式相对比较落后。目前,我国田间灌溉几乎都是根据田间农作物需水量进行人工控制阀门开度,操作中频繁地启停水泵电机,往往会因为电机启动时电流过大,而导致启动时电流过大对电网造成较大的冲击,以及水泵电机长时间高速运转加重磨损,降低电机寿命,电能损耗大<sup>[2-4]</sup>。同时,田间灌溉主要依据用户经验,自动化程度比较低,不利于资源的优化配置。在此情况下,提高灌水利用率、实现精确灌溉尤为重要。

## 1 变频调整及恒压灌溉系统原理

灌水系统的控制对象一般是供水流量,转速控制法和阀门控制法是其常见的 2 种控制方法。阀门控制法就是通过保持电机转速的恒定,改变阀门开度的大小来控制灌溉。本研究的变频恒压调速也采用转速控制法,通过保持阀门开度不

变,调节水泵电机转速来控制流量。

### 1.1 变频调速原理

三相交流异步电动机的转差率、转速、电源频率、磁极对数之间具有如公式(1)的关系<sup>[5-6]</sup>:

$$n = n_1(1-s) = \frac{60f}{p}(1-s) \quad (1)$$

式中: $n$  为同步转速, $n_1$  为转子转速, $f$  为频率, $p$  为磁极对数, $s$  为转差率。

从公式(1)中可知,由于交流电机磁极对数  $p$  和交流电机转差率  $s$  一般出厂时已经确定,不容易改变,此时交流电机转子转速  $n$  与电源频率  $f$  成正比例关系,即可以连续调节供电电源的频率从而实现连续、平滑地调节电机的同步转速,继而实现电机转子的平滑调速,实现调节交流电机调速的目的<sup>[6]</sup>。

### 1.2 变频恒压的节能原理

水泵电机变速运行的相似原理如公式(2)所示:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{H_2}{H_1}\right)^3 = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^3 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3 \quad (2)$$

式中: $P_1$ 、 $H_1$ 、 $Q_1$ 、 $N_1$  分别为变速前的输出功率、扬程、流量、转速; $P_2$ 、 $H_2$ 、 $Q_2$ 、 $N_2$  分别为变速后的输出功率、扬程、流量、转速。

从公式(2)可以看出,电机消耗的功率与流量以及水泵电机转速的立方成正比,由于田间种植作物种类不同,需水量、灌水时间等都有所不同,灌水量大时和灌水量少时的需水量差异大,如果一直保持水泵电机高频运行,就会导致大量的能源浪费<sup>[7-8]</sup>。

### 2.3 变频恒压灌溉方案分析

变频恒压灌溉有 2 种方案,一种是 1 台变频器带动 1 台电

收稿日期:2016-11-16

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFC0400208);兵团中青年科技创新领军人才计划(编号:2016BC001);塔里木大学重大专项培育项目(编号:TDZKPY201501)。

作者简介:花元涛(1988—),男,河南夏邑人,硕士,讲师,研究方向为控制理论、控制技术应用与信息技术。E-mail:1054814082@qq.com。

通信作者:王兴鹏,副教授,研究方向为节水灌溉理论与技术。E-mail:139990684354@163.com。

Terramechanics, 2013, 50(3):185-198.

- [6] 丁启朔,潘根兴,丁为民. 稻田耕后土壤结构的描述方法与指标——以南京江浦农场为例[J]. 土壤通报,2011(1):1-6.
- [7] 徐保岩,宋月鹏,陈苗苗,等. 基于 ZigBee 和 GPRS/GSMDUT 的果园信息远程化决策系统设计[J]. 农业装备与车辆工程,2015,53(12):20-24.
- [8] 任肖丽,陈佳喜,王 骥,等. 基于 GPRS 技术在线环境监测系统的研究[J]. 现代电子技术,2015,38(4):60-62.

- [9] Cubero S, Aleixos N, Albert F, et al. Optimized computer vision system for automatic pre-grading of citrus fruit in the field using a mobile platform[J]. Precision Agriculture, 2014, 15(1):80-94.
- [10] 潘鹤立,景 林,钟凤林,等. 基于 ZigBee 和 3G/4G 技术的分布式果园远程环境监控系统的设计[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2014,43(6):661-667.
- [11] 邢丽丽. 基于 3G 技术的远程辐射应急监测系统研究[J]. 核电子学与探测技术,2010,30(3):446-450.