

基于 ARM 和 DSP 的农田信息实时采集终端设计*

沈明霞¹ 丛静华² 张祥甫¹ 孙玉文¹ 熊迎军¹ 周良¹

(1. 南京农业大学工学院, 南京 210031; 2. 南京森林公安高等专科学校, 南京 210046)

【摘要】 提出了一种基于 ARM 和 DSP 的农田信息实时采集终端设计方案, 主处理器选用 S3C2440, 协处理器选用 TMS320C6713, 在设计的农田信息采集电路基础上设计了 HPI 驱动程序。利用 Multisim 对模拟信号采集电路进行放大倍数可调的仿真验证。并将采集到的农田经纬度、图像、土壤温度、土壤含水率、光照强度等信息进行编码。试验表明, 该系统能够实时可靠地采集和上传多个传感器信息。延时试验表明, 在 GPRS 网络延时比较严重的时间段容易出现图像显示不完全的现象。

关键词: 农田信息 实时采集 终端 设计 延时分析

中图分类号: S126 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2010)06-0147-06

Design and Implementation of Terminal for Agricultural Data Real-time Acquisition Based on ARM and DSP

Shen Mingxia¹ Cong Jinghua² Zhang Xiangfu¹ Sun Yuwen¹ Xiong Yingjun¹ Zhou Liang¹

(1. Engineering College, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China

2. Nanjing Forest Police College, Nanjing 210046, China)

Abstract

Based on ARM and DSP, a real-time agricultural information sampling terminal was designed. S3C2440 and TMS320C6713 was used as the main processor and the assistant processor, respectively. The principle of HPI interface was expounded. The HPI device driver and the collection of electric circuits for the farmland information were designed. By using Multisim, the emulation verification which could be amplified were made to the electric circuits. The collected latitude and the longitude of the farmland, image information, soil temperature, moisture, strength of illumination and other information were encoded. The experiment on the farm showed that various sensor information could be collected and uploaded reliably by this system. The time-lapse experiment showed that images were usually demonstrated incompletely when GPRS net delayed too much.

Key words Agricultural data, Real-time acquisition, Terminal, Design, Delay analysis

引言

目前, 农田信息采集大多使用计算机^[1]作为处理平台, 存在体积大、与通信硬件配合操作不便、实时性差等缺点; 也有基于单片机^[2-3]或掌上电脑^[4-5]开发的数据采集设备, 但存在功能单一、图像处理性能低等不足。采用无线传感器网络采集农田数据的方案^[6-7]优点是采集效率高, 成本低, 在网络

覆盖范围内可以随时进行农田信息的采集, 但由于其采集点是放置在固定位置, 不能获取采集点外的农田信息。

本文基于 ARM 和 DSP 设计农田信息实时采集终端, 提出一种定点和移动相结合的农田信息采集方案。

1 系统功能

农田信息主要有两类: 农田的位置信息和农田

属性信息。其中,农田的位置信息包括地块的边界信息、采样点的经纬度信息。农田属性信息包括土壤含水率、土壤 pH 值、土壤温度、光照强度以及氮、磷、钾含量等信息^[8]。

移动终端设计 ZigBee 无线传感器网络进行定点采集,配合自带的传感器进行补充式的移动采集。采集到的数据经过分类整理、编码后通过 GPRS 上传到上位机服务器进行发布。系统总体框架如图 1 所示。

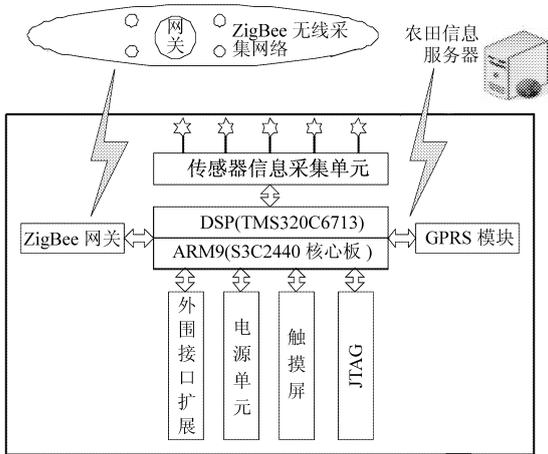


图 1 系统结构框图
Fig.1 System chart

2 关键部件设计

移动终端硬件的核心处理单元由 ARM9 (S3C2440)和 TMS320C6713^[9]组成,其中 ARM9 负责管理无线通信单元、存储单元、触摸屏模块;TMS320C6713 负责接收并处理传感器单元采集到的农田属性信息。GPS、GPRS 和 ZigBee 模块具有标准的 TTL 串行通信接口,U 盘和 CMOS 摄像头为 USB 接口。移动终端硬件总体框架如图 2 所示。

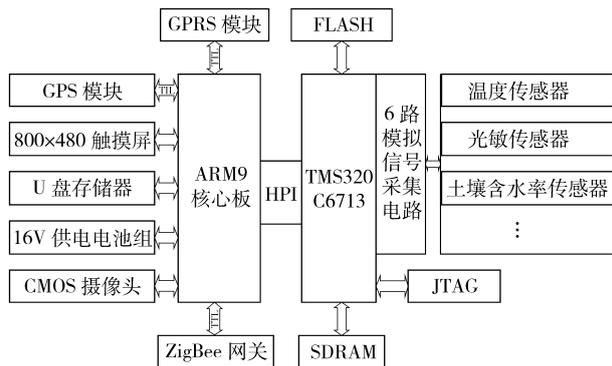


图 2 终端硬件总体框图
Fig.2 Framework of terminal hardware

2.1 双处理器结构设计

2.1.1 硬件结构设计

采用 RSIC 架构的 ARM 微处理器和 DSP 处理器是目前嵌入式系统中重要的两种处理器,其相互

配合才能发挥各自优势。DSP 的主机接口(HPI)是一种高效的并行口,主要用于两个处理器进行主从式通信。对于主处理器 ARM 来说,DSP 的 HPI 接口对应 16 位异步存储接口的 I/O 设备。ARM 通过寻址 HPI 接口中的 3 个寄存器(地址寄存器(HPIA)、数据寄存器(HPID)、控制寄存器(HPIC))访问 DSP 的整个存储空间,即与 DSP 进行握手通信。寄存器是通过 HPI 接口的 HCNTL0、HCNTL1 选择(表 1)。

表 1 HPI 寄存器设置
Tab.1 HPI register set

HCNTL0	HCNTL1	功能描述
0	0	HPIC 读写
0	1	读写 HPID,HPIA 自动增加
1	0	HPIA 的读写
1	1	读写 HPID,HPIA 不自动增加

HHWIL 决定读取的是第 1 个或第 2 个半字,当 LADDR1 为 0 时表示读写第 1 个半字,当 LADDR1 为 1 时表示读写第 2 个半字,HPIC 的 HWOB 决定哪个半字是高半字还是低半字。S3C2440 的 nGCS2 接到 HPI 的片选信号 HCS,而 I/O 接口 BANK2 的地址为 0x10000000 - 0x18000000。LADDR4 与 HPI 上的 HR/W 相连接,LADDR4 为 0/1 对于 HPI 是读状态/写状态。S3C22440 的中断 8 与 HPI 的 HINT 相连。HRDY 信号经过反相器后与 nWAIT 相连接,这样 DSP 没有准备好数据的时候可以延长 ARM 的读写周期,使 ARM 处于等待 DSP 就绪的状态。具体连接图如图 3 所示。

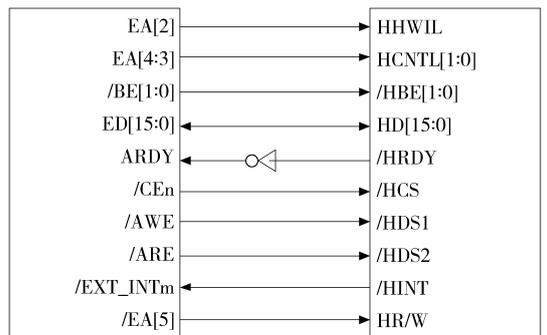


图 3 DSP HPI 与 host 连接

Fig.3 Connection of DSP HPI and host

由于 S3C2440 没有完全符合 HPI 接口时序的外部接口,因此选用外部 I/O 与 TMS320C6713 进行连接。为了提高驱动能力必须在 ARM 和 DSP 之间加隔离芯片 74LVCH162245。74LVCH162245 是由飞利浦生产的 32 位数据缓冲芯片,具有总线隔离,增强总线驱动能力的作用。连接图如图 4 所示。

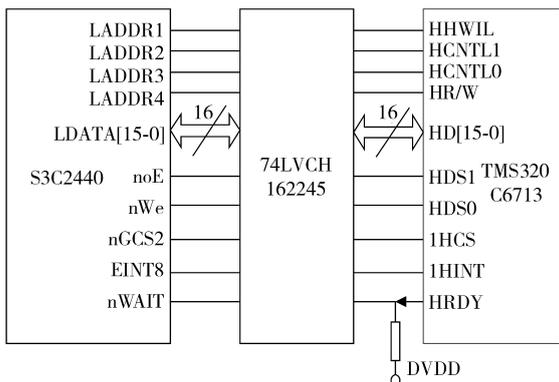


图 4 HPI 接口示意图

Fig. 4 HPI interface schematic

2.1.2 S3C2440 或 ARM 的 HPI 驱动设计

S3C2440 采用 Linux 操作系统。Linux 字符设备驱动主要是填写 file_operation 结构体,该结构体中的成员函数包括 open()、write()、read()、close() 等^[9],因此对 HPI 的操作就是数据读写的操作。

hpi_read 函数部分代码如下:

```
static ssize_t hpi_read(struct file * file, char *
buf, size_t count, loff_t * oppos)
{
    ...
    for (i = 0; i < count; i++) // 连续读取
count 个数据
    {
        read_buf[i] = HPID_READ;
    }
    ret = copy_to_user(buf, read_buf, count)?
EFAULT:ret; // 复制到用户空间
    ...
}
```

hpi_write 函数部分代码如下:

```
static ssize_t hpi_write(struct file * file, char *
buf, size_t count, loff_t * oppos)
{
    ...
    for (i = 0; i < count; i++)
    // 连续写 count 个数据到 read_buf
    {
        WRITE_HPID = WRITE_buf[i];
    }
    ...
}
```

2.2 模拟信号采集电路

2.2.1 硬件电路设计

使用的农田属性信息传感器主要有土壤含水率

传感器、土壤温度传感器和光照强度传感器。信号调理电路由 CD4051 和 AD620 组成(图 5),AD620 具有精度高、漂移小、噪声低、功耗低等优点,只需在第 1 和第 8 脚间跨接一个电阻 R_c 就可设置 1 ~ 1 000 的放大增益。其放大倍数计算公式为 $G = \frac{49.4}{R_c} + 1$ 。为了能够选择更多的放大倍数,选用 8 通道多路开关 CD4051 选择合适的 R_c 。CD4051 的 A、B、C 三端由 DSP 的 HD8、HD9、HD10 来控制,当 HD8、HD9、HD10 引脚为“100”时 0C7 端的电阻接入电路,同样通过 HD8、HD9、HD10 的不同组合,选择不同的电阻值来调节 R_c 的大小,即调节 AD620 的放大倍数,原理图如图 6 所示。

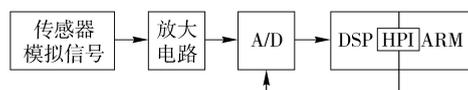


图 5 A/D 转换电路

Fig. 5 A/D conversion circuit

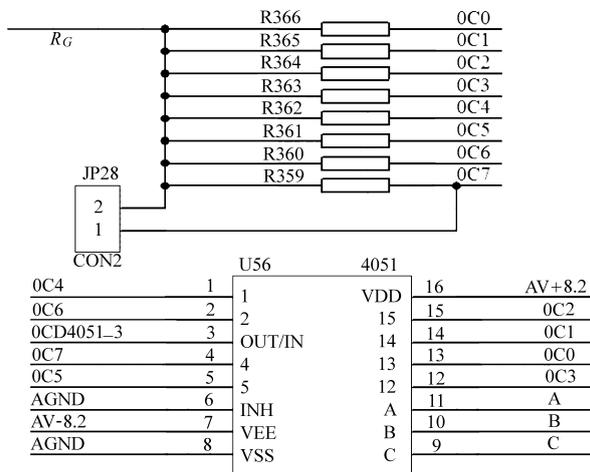


图 6 CD4051 控制电路

Fig. 6 CD4051 control circuit

2.2.2 仿真调试

由 CD4051 控制的可调倍数的放大电路中, R_{364} 取 4.94 k Ω , R_{366} 取 24.7 k Ω 。输入信号为 $V_m \sin(120\pi t)$, 其中 $V_m = 110$ mV。当 A、B、C 三端都为低电平,即 ABC 为 000 时,选通电阻 R_{366} ,放大倍数应为 $G = 49.4/49.4 + 1 = 2$,Multisim 仿真结果如图 7 所示,仿真显示任意时刻的数值都放大 3 倍;当 ABC 为 010 时,选通电阻 R_{364} ,放大倍数应为 $G = 49.4/4.94 + 1 = 11$,仿真结果如图 8 所示。

仿真结果表明:通过 CD4051 控制的放大电路完全能满足对不同信号量的微弱信号进行放大的要求。

2.3 数据编码与系统流程图

移动终端和 ZigBee 网络采集到的信息经过分类处理后通过 GPRS 发往服务器。其数据格式统一

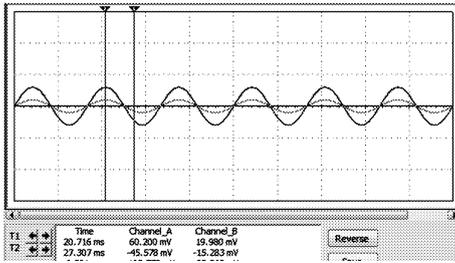


图7 放大3倍波形图

Fig.7 Oscillogram enlarged three times

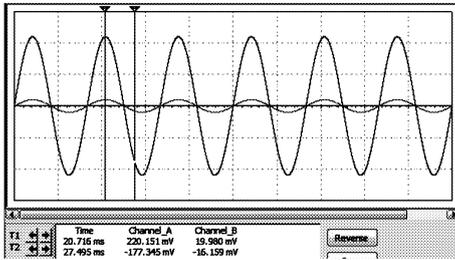


图8 放大11倍波形图

Fig.8 Oscillogram enlarged eleven times

为: #DataIn#, GPS: <1>, Img: <2>, Route: <3>/End: <4>, TP: <5>, HM: <6>, MS: <7>, pH: <8>, GM<9>, #END#. 其中, #DataIn#为数据起始符; GPS: <1>表示经纬度值; Img: <2>表示采集到的图像解码后的数字信息值; Route: <3>/End: <4>为 ZigBee 无线传感器网络中路由/节点采集到的数据, 若进行移动采集则此项数据为空; TP: <5>, HM: <6>, MS: <7>, pH: <8>, GM<9>表示当前节点采集到的温度值、湿度值、土壤含水率、pH 值、光敏值, 若没有挂载传感器, 则其数据用“-”表示, 如只挂载温度传感器, 数据格式为 TP: <5>, HM: -, MS: -, pH: -, GM: -; #END#为结束符。

系统采集流程图如图9所示。

3 终端实地试验与延时分析

3.1 试验

在江苏省洪泽湖农场(坐标 33°27'43.09"N 118°22'29.36"E), 用终端实地采集农田图像、土壤含水率、温度、光照强度。选择一块比较空旷的农田地块为试验对象, 在农田中放置传感器, 插入摄像头, 开启终端电源, 等待 GPS 定位后, 终端 GPRS 模块自动连接到上位机服务器。手动点击采集按钮, 将采集到的土壤含水率、温度、光照强度经过编码后发往上位机服务器, 编码信息如图 10 所示, 采集到的信息如表 2 所示。图 11 为终端图像采集界面, 服务器端接收到的数据如图 12 所示。试验结果表明: 终端能够稳定地采集和上传农田信息数据。

3.2 GPRS 延时对图像信息上传的影响

由于终端采集到的数据中图像信息的数据量比

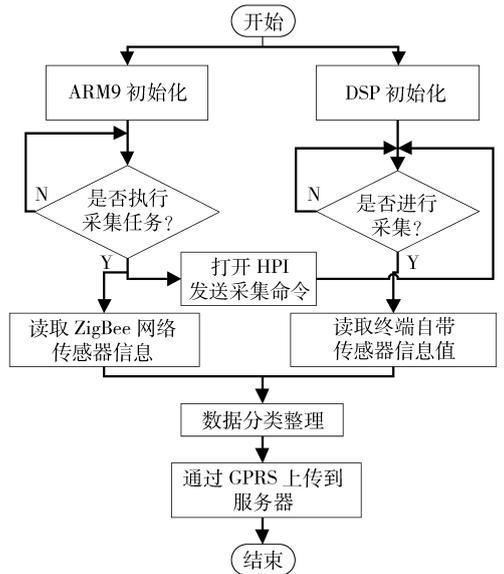


图9 数据采集流程图

Fig.9 Flow chart of data acquisition

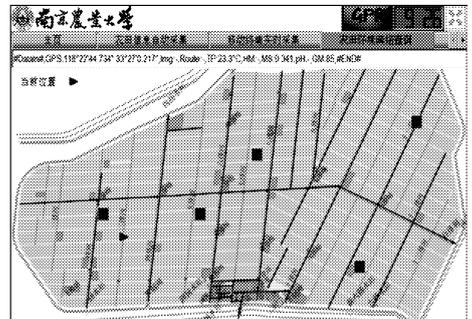


图10 实地测试结果

Fig.10 In situ field testing



图11 图像采集

Fig.11 Image acquisition



图12 数据接收(服务器端)

Fig.12 Data receive (Server)

表2 数据采集记录表
Tab.2 Data collection record form

测试序号	坐标		温度/°C	土壤含水率/%	光照强度/lx
	北纬	东经			
1	33°27'2.453"	118°22'45.124"	23.5	0.342	92
2	33°27'1.539"	118°22'45.350"	23.3	0.344	85
3	33°27'0.217"	118°22'44.734"	23.4	0.341	87
4	33°27'0.124"	118°22'44.436"	23.3	0.342	35
5	33°27'1.287"	118°22'45.089"	23.4	0.343	76
6	33°27'1.340"	118°22'45.390"	23.4	0.344	80
7	33°27'1.620"	118°22'43.430"	23.3	0.343	31
8	33°27'2.803"	118°22'43.711"	23.4	0.343	82
9	33°27'2.321"	118°22'43.441"	23.3	0.344	85
10	33°27'1.623"	118°22'43.935"	23.4	0.342	78

较大,实地采集到的图像经过压缩后为7 kB,而GPRS网络能否流畅传输数据直接影响上位机服务器对数据的操作和发布。试验中选择两个比较典型的时间段对GPRS数据延时时间进行测试。通常在1:00到7:30为GPRS网络阻塞比较小的时间段,18:00到24:00为网络阻塞比较大的时间段,本次试验测试时间为7:00和19:00。调整终端时刻 t_t 和服务器时刻 t_s ,终端和服务器的起始时间差为(单位:s) $V_s = t_t - t_s$ 。每次向上位机服务器发送包含终端发送时刻 t_{t1} 的1000个字符,服务器接收完1000个字符后记录当前系统时刻 t_{s1} ,则延时时间 $t_d = t_{s1} - t_{t1} - V_s$ 。分别在两个时间段连续测试20次,延时时间曲线如图13所示。试验结果表明,7:00时GPRS网络延时较小,图像数据接收比较流畅。19:00时GPRS网络延时较严重,对上位机接收农田信息有一定影响,尤其是图像信息,容易出现图像显示不完整等现象。

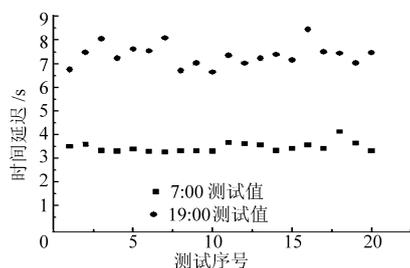


图13 两个时间段的延时曲线

Fig.13 Delay curve in two time periods

4 结束语

有效利用各模块的特性,设计了基于ARM和DSP的农田信息实时采集终端。该终端能够通过ZigBee协议接收ZigBee传感器网络采集的农田信息数据,又能依靠自带的传感器移动采集感兴趣的农田信息,并通过GPRS发往上位机进行存储和发布。试验表明,该系统能够稳定可靠地运行,基本满足数据上传的实时性要求。

参 考 文 献

- 孙景荣. 基础农田信息获取、表达方法与应用研究[D]. 北京:中国农业大学,2002.
Sun Jingrong. Study on obtaining and expressing methods for application of basic field information [D]. Beijing: China Agricultural University,2002. (in Chinese)
- 王凤花,裴正军,介邓飞,等. 农田土壤pH值和电导率采集仪设计与试验[J]. 农业机械学报,2009,40(6):164~168.
Wang Fenghua, Qiu Zhengjun, Jie Dengfei, et al. Design and experiment on the field information pH value and electrical conductivity acquisition instrument[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2009,40(6):164~168. (in Chinese)
- 李志伟. 基于3S技术的农田信息采集系统的研究与开发[D]. 南京:南京农业大学,2005.
Li Zhiwei. Study and exploitation on farmland information acquisition based on 3S technology [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University,2005. (in Chinese)
- 方慧,何勇. 基于掌上电脑的农田信息快速采集与处理系统的研究[J]. 农业工程学报,2004,20(6):124~128.
Fang Hui, He Yong. Field information collection and processing system based on palm-sized personal computer [J].

- Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(6):124~128. (in Chinese)
- 5 张淑娟,赵飞,王凤花,等. 基于 PDA/GPS/GIS 的田间信息采集方法与精度分析[J]. 农业机械学报, 2007, 38(8): 202~204.
- 6 刘卉,汪懋华,王跃宣,等. 基于无线传感器网络的农田土壤温湿度监测系统的设计与开发[J]. 吉林大学学报工学版, 2008(3):604~608.
Liu Hui, Wang Maohua, Wang Yuexuan, et al. Development of farmland soil moisture and temperature monitoring system based on wireless sensor network[J]. Journal of Jilin University Engineering and Technology Edition, 2008(3):604~608. (in Chinese)
- 7 蔡义华,刘刚,李莉,等. 基于无线传感器网络的农田信息采集节点设计与试验[J]. 农业工程学报, 2009, 25(4):176~178.
Cai Yihua, Liu Gang, Li Li, et al. Design and test of nodes for farmland data acquisition based on wireless sensor network[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(4):176~178. (in Chinese)
- 8 杨玮,李民赞,王秀. 农田信息传输方式现状及研究进展[J]. 农业工程学报, 2008, 24(5):297~301.
Yang Wei, Li Minzan, Wang Xiu. Status quo and progress of data transmission and communication technology in field information acquisition[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(5):297~301. (in Chinese)
- 9 Jonathan Corbet, Alessandro Rubini, Greg Kroah-Hartman. Linux 设备驱动程序[M]. 第三版. 魏永明,译. 北京:中国电力出版社, 2006.
- 10 Jonathan Corbet, Alessandro Rubin, Greeg Kroach-Hartman. Linux device drivers[M]. Sebastopol, CA: O'reilly & Associates Inc., 2005.
- 11 王凤花,张淑娟. 精细农业田间信息采集关键技术的研究进展[J]. 农业机械学报, 2008, 39(5):112~121, 111.
Wang Fenghua, Zhang Shujuan. Research progress of the farming information collections key technologies on precision agriculture[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(5):112~121, 111. (in Chinese)

(上接第 136 页)

参 考 文 献

- 1 李莉,廖洪波,李景辉,等. 蔬菜纸的研究进展[J]. 粮食与食品工业, 2003(4): 22~24.
Li Li, Liao Hongbo, Li Jinghui, et al. Advances in research of vegetable paper[J]. Cereal and Food Industry, 2003(4): 22~24. (in Chinese)
- 2 李应彪,徐小琳,唐凤仙. 蔬菜纸的研制[J]. 粮油加工与食品机械, 2001(5): 33~34.
- 3 姚晓敏,殷立红. 蔬菜纸加工工艺的研究[J]. 食品科技, 2000(6): 20~23.
Yao Xiaomin, Yin Lihong. Study on the processing technology of vegetable papers[J]. Food Science and Technology, 2000(6): 20~23. (in Chinese)
- 4 徐凯,蔡召冲,张裕中. 蔬菜纸加工工艺与关键问题研究[J]. 包装与食品机械, 2003, 21(1): 8~10.
Xu Kai, Cai Zhaochong, Zhang Yuzhong. The study on the processing method of vegetable paper and key factors[J]. Packaging and Food Machinery, 2003, 21(1): 8~10. (in Chinese)
- 5 陆宁,高恒景,段道富,等. 蔬菜纸加工技术参数的研究[J]. 食品研究与开发, 2004, 25(1): 43~45.
- 6 郑洁,欧仕益,李爱军,等. 蔬菜纸制备技术的研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(2): 44~46.
Zheng Jie, Ou Shiyi, Li Aijun, et al. Preparation of vegetable papers[J]. Food & Machinery, 2006, 22(2): 44~46. (in Chinese)
- 7 郑洁,欧仕益,李祖佑,等. 采用成膜技术制备蔬菜纸的研究[J]. 食品工业科技, 2006, 27(5): 109~111.
Zheng Jie, Ou Shiyi, Li Zuyou, et al. Vegetable paper production by edible film formation technology[J]. Science and Technology of Food Industry, 2006, 27(5): 109~111. (in Chinese)
- 8 汪建明,赵婷. 蔬菜纸形包材的工艺初探[J]. 食品工业, 2004(4): 34~36.
Wang Jianming, Zhao Ting. Primarily study on the technology of vegetable paper packaging material[J]. Food Industry, 2004(4): 34~36. (in Chinese)