

DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.11.042

自走式奶牛精确饲喂机控制系统^{*}

高振江¹ 郭跃虎¹ 蒙贺伟² 李辉¹ 李寿波¹ 陈添明¹

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 石河子大学机械电气工程学院, 石河子 832003)

【摘要】 以计算机为信息管理平台,运用无线通信技术、射频识别技术及单片机等,设计了根据奶牛个体生理特征信息进行精确投料的控制系统。实现了奶牛精确饲喂技术中的智能识别、信息无线传输、双模行进及精确给料。该系统实现了奶牛养殖的自动化、精细化、智能化。实验表明:饲喂机的最佳行进速度为 0.6 m/s,系统响应时间 0.4 s,识别率 96%,计量误差小于 2%。

关键词: 奶牛 精确饲喂 自走式 控制系统

中图分类号: S818.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2012)11-0226-05

Design of Self-propelled Precise Feeding Machine Control System for Single Dairy Cow

Gao Zhenjiang¹ Guo Yuehu¹ Meng Hewei² Li Hui¹ Li Shoubo¹ Chen Tianming¹

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Shihezi University, Shihezi 832003, China)

Abstract

Based on the technology of personal computer and wireless transmission, a kind of self-propelled precise feeding machine control system for single dairy cow was designed. This kind of control system can realize the precise feeding of single dairy cow based on their physiological characteristics by using the technology of RFID and MCU. Using this system, the intelligent identification for single dairy cow and the information transmitted from personal computer to MCU by air were realized. The dual-mode moving and accurate feeding was achieved. The experimental results showed that the best rate of the precise feeding machine was 0.6 m/s. The response time of the machine was 0.4 s. The control system can identify 96% of the single dairy cow correctly. The feeding error was controlled at below 2%.

Key words Cow, Precise feeding, Self-propelled, Control system

引言

要实现奶牛养殖业的健康快速发展,实施奶牛精细饲养技术是必然趋势,也是现代奶牛养殖业的主要发展方向^[1-2]。

奶牛饲喂的精确控制技术与信息化管理技术是实现奶牛精细化养殖的重要环节。为此,相关学者^[3-9]研制了基于射频识别系统的奶牛精确饲喂设

备和系统,实现了个体奶牛精饲料的饲喂,但利用奶牛设备自动精准识别奶牛并实时补饲的研究未见报道。

本文设计一种基于无线通信技术与奶牛信息化管理技术的自走式奶牛精确饲喂控制系统,解决奶牛精确饲喂技术中信息无线传输、个体奶牛自动化精准识别和饲喂机双模行进等问题,实现识别到奶牛后在最佳位置停机、投料,保证奶牛所需精饲料的精确供给。

收稿日期: 2011-12-14 修回日期: 2012-02-13

^{*} 农业科技成果转化资金资助项目(2010GB2G410603)

作者简介: 高振江,教授,博士生导师,主要从事农产品加工及农业装备研究, E-mail: zjgao@cau.edu.cn

1 控制系统总体结构及工作原理

1.1 系统组成

控制系统的结构如图 1 所示,由单片机控制系统、射频识别系统、无线传输装置、信息管理系统、双模行进机构、料仓料位监控系统及精确投料系统组成。

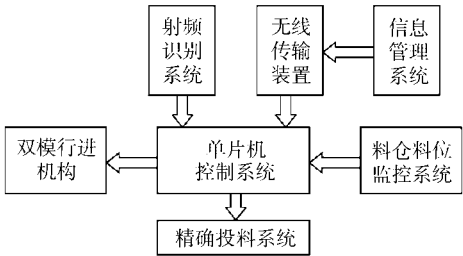


图 1 控制系统结构框图

Fig. 1 Schematic diagram of control system

1.2 系统的工作过程

系统以 PC 机作为饲喂管理平台运行信息管理软件,信息管理软件通过调用牛场数据库采集奶牛生理特征数据,并对这些数据进行分析、计算,将有效数据经过无线传输装置发送至单片机控制系统。单片机控制系统接收信息管理软件发送来的数据,将这些数据存储在外部存储器中。饲喂时,单片机控制系统控制双模行进机构前进,当饲喂机射频识别读卡器识别到安装在奶牛耳朵上的标签后,单片机控制系统接收读卡器发送过来的奶牛标签号并控制饲喂机停止行进。单片机控制系统对识别到的标签号进行分析确定是否投料,如果接收到的标签号为有效的标签号,则单片机控制系统通过步进电动机控制精确投料装置对奶牛进行饲喂。

2 射频识别系统

2.1 射频识别系统组成

如图 2 所示,射频识别 (radio frequency identification,简称 RFID) 系统主要由 4 部分组成:单片机、读卡器、读卡器天线和动物标签。读卡器和单片机之间可以进行双向通信,每个标签具有全球唯一标识的电子编码,在标签出厂时存放在标签 ROM 中,无法修改。

RFID 设备为上海吉识电子识别科技有限公司生产的 ID-240,读卡器发射频率 134.2 kHz, RFID 卡通过耳标钳打在奶牛耳部,为无源、被动式 ID 卡。

2.2 射频识别的准确性控制

2.2.1 读卡器天线位置确定

读卡器天线位置的摆放对 RFID 系统的识别有重要影响。读卡器天线离牛头过远会造成奶牛的漏

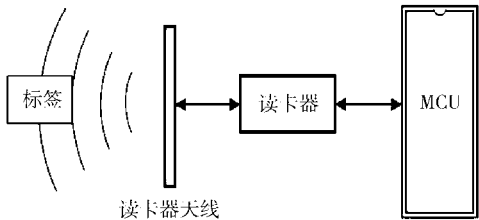


图 2 射频识别系统结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram of radio frequency identification system

识别,反之则会受到相邻奶牛标签的影响;读卡器天线的位置过高、过低都会造成奶牛的识别率下降;读卡器天线位置过前,会造成投料位置滞后,反之会造成投料位置超前,影响饲喂效率。经过牛场实验确定读卡器天线的最佳摆放位置如图 3 所示:读卡器天线与牛颈枷的水平距离 L 为 85 cm,天线中心高度 H 为 75 cm,天线中心和下料口中心的前后距离 W 为 15 cm。

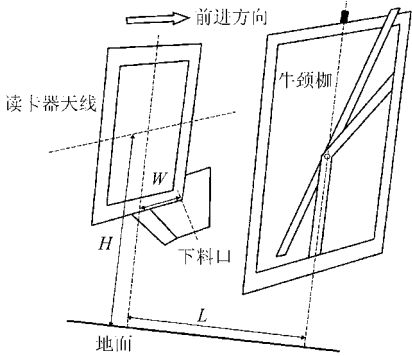


图 3 读卡器天线位置示意图

Fig. 3 Schematic diagram for position of reader's antenna

2.2.2 饲喂机行进速度设定

RFID 系统的识别准确率和饲喂机的移动速度有很大关系,饲喂机移动速度过快会造成标签识别滞后现象,反之则会识别超前。通过大量的观察实验表明,个体奶牛牛头左右移动的频率为 34 ~ 60 次/min。奶牛相邻牛颈枷之间的距离为 75 cm,所以要保证饲喂机在经过牛颈枷期间识别到奶牛,饲喂机的移动速度应当小于 0.75 m/s。经过实验证明,饲喂机的最佳行进速度为 0.6 m/s,此时标签识别率为 96%,正确率为 100%。

2.3 抗干扰设计

RFID 系统的识别距离对于奶牛识别来说是一个非常关键的参数。普通低频读卡器对奶牛标签的识别距离在 45 cm 左右,比奶牛识别的理想距离 65 cm 要小很多,无法保证奶牛自动识别的要求。研究中读卡器实验室识别距离为 75 cm,虽然满足要求,但在恶劣工作环境下识别距离会锐减。因此,如

何保证读卡器的识别距离成为其应用的关键。

影响 RFID 识别距离的因素主要有金属干扰和电磁干扰两种。本文采用非金属材料制作读卡器天线固定器,使读卡器远离金属,有效防止了金属对读卡器的干扰;采用屏蔽线作为读卡器和读卡器天线以及读卡器和单片机之间的通信线缆,有效防止了电磁干扰对读卡器识别距离的影响。

3 单片机控制系统

3.1 单片机工作过程

单片机控制系统的功能包括:接收信息管理系统发送的奶牛卡号和饲喂数据并存储在外扩存储器中;通过 LCD 模块显示单片机的工作状态;接收 RFID 识别到的卡号,并在存储器中查找相应的卡号;控制螺旋给料器进行投料;控制饲喂装备的行走。单片机程序流程图如图 4 所示。其中, Motor_flag = 0 为行进电动机停止标志位; Motor_flag = 1 为行进电动机启动标志位; Read_flag_I = 1 为上位机数据接收完成标志位; Read_flag_R = 1 为读卡器数据接收完成标志位。

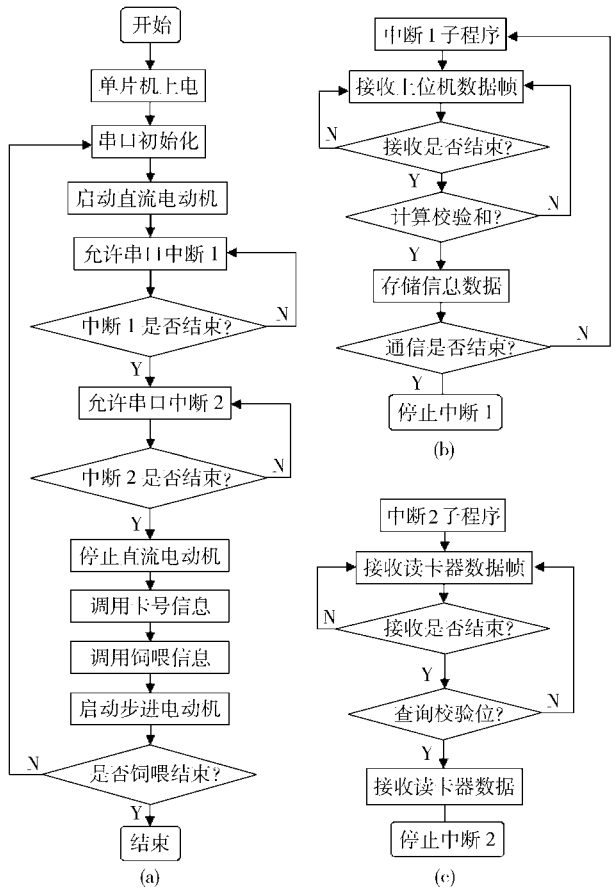


图 4 单片机程序流程图

Fig.4 Flow chart of MCU program

(a) 主程序 (b) 中断 1 子程序 (c) 中断 2 子程序

3.2 单片机执行装置控制

3.2.1 行进电动机控制

该饲喂行进机构采取双模行进方式,即饲喂装备在牛场行进、上料、停放时采用人工控制模式,在对奶牛进行饲喂时采用单片机控制模式,通过转换开关控制双模行进机构在两种模式之间切换。其中人工控制模式下速度范围为 0 ~ 6 m/s,单片机控制模式下速度范围为 0.4 ~ 1.2 m/s。行进电动机采用直流电动机,单片机控制模式下采用脉冲宽度调制控制。电动机带有制动装置,当饲喂机停机时,用单片机控制制动器的开关,使饲喂机迅速停留在识别位置。

3.2.2 投料装置控制

采用步进电动机控制三段螺旋输料器的方式进行投料^[10]。三段螺旋输料器由螺旋叶片和输送轴精密焊接制成,用设定的步进脉冲数控制螺旋输料器转过的角度,步进电动机控制的精度为 1.8°,投料系统的响应时间为 0.4 s。

另外,螺旋输料器的投料稳定性和步进电动机的转速有重要关系,步进电动机转速通过脉冲的精确延时来实现。采用单片机定时器 0 工作于方式 1 进行精确延时,定时器计数初值 X 的计算公式为

$$X = 2^M - \frac{tf_{osc}}{12}$$

式中 M——定时器的位数
t——计时的时间,s
f_{osc}——单片机晶振频率,mHz

3.3 单片机存储器模块设计

单片机存储器模块主要用来存储上位机发送过来的奶牛信息。本研究存储模块采用铁电存储器 FM1808,外扩存储容量为 32 KB。单片机地址锁存信号引脚(ALE)和三态输出锁存器 74HC373N 锁存允许端相连。存储器模块硬件原理图如图 5 所示。

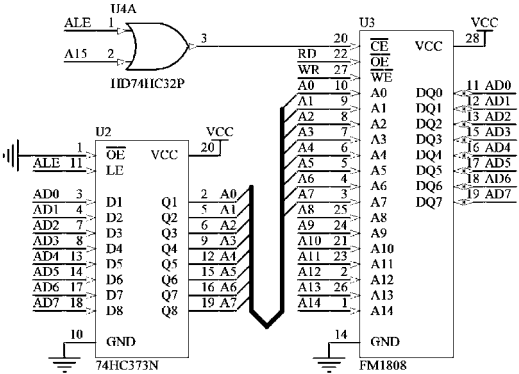


图 5 存储器模块原理图

Fig.5 Schematic diagram of memory

3.4 料位监测系统设计

料位监测系统实时监测料仓内料位状况,当料仓内精饲料不足时及时报警,提示进行加料。该系统主要由超声波料位测量模块、报警电路及指示灯组成,其中料位测量模块采用型号为 URM37V3.2 的超声波传感器,该模块最大测量距离 500 cm,最小测量距离 4 cm,分辨率 1 cm,误差 1%。超声波传感器采用自动测量模式,即模块每隔 25 ms 自动测量,将测量值与设定值作比较,如果小于等于设定值,超声波传感模块的 COMP/TRIG 引脚输出低电平,大于则输出高电平,当料仓料位低于设定值时,超声波传感器发出高电平信号并引发报警器报警。

4 信息管理系统设计

4.1 计算机信息管理软件设计

采用 VB.net 编写上位机信息管理软件,实现了奶牛信息的数据采集、加工及传输。软件首先调用奶牛生理特征信息,经计算后将奶牛生理特征信息转换为奶牛精饲料需求量的数据信息,最后通过无线传输装置将数据信息及奶牛 ID 号发送至单片机。信息管理软件采集的奶牛信息包括奶牛 ID、体重、胎次、产奶量、产奶峰值及泌乳周期。软件界面包括 4 个区域:个体奶牛信息编辑区、数据传输状态显示区、数据更新时间区、工作引导区,软件界面如图 6 所示。



图 6 奶牛信息管理软件界面

Fig.6 Interface of dairy information software

4.2 计算机发送串口设计

计算机通过串口和无线传输装置相连,将信息发送到单片机。计算机与无线传输装置的通信协议为:采用异步方式传送数据,无奇偶校验,8 位数据位,1 位结束位,数据传输速率为 9 600 b/s。

5 通信系统设计

5.1 上位机与单片机通信设计

上位机和单片机的通信是通过无线传输装置实现的,本设计中的无线传输装置为 RFD5800 多通道

微功率嵌入式无线传输模块,传输距离为 1 000 m。无线传输装置和上位机以及无线传输装置与单片机的连接分别如图 7、图 8 所示。

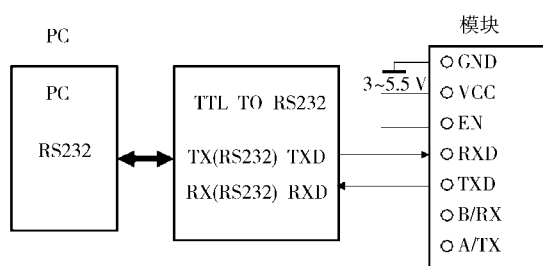


图7 无线传输装置与上位机的连接示意图

Fig.7 Connection of wireless transmission device and computer

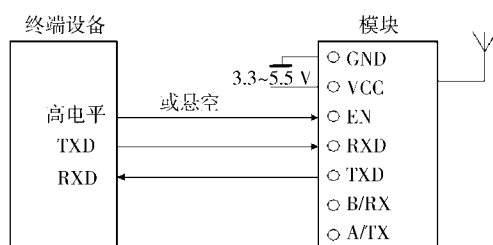


图 8 无线传输装置与单片机的连接示意图

Fig. 8 Connection of wireless transmission device and MCU

5.2 RFID 与单片机通信程序设计

本研究中 RFID 和单片机通信与无线传输装置共用一个串口。采用 CD4052 芯片对单片机串口进行分时复用,实现单片机与上位机和读卡器的通信。原理图如图 9 所示。

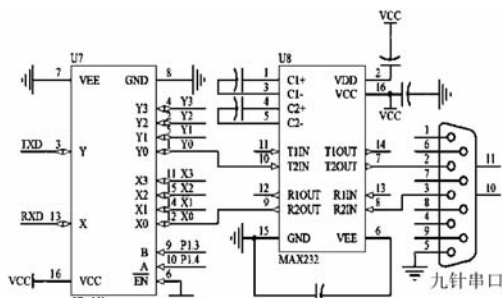


图 9 串口模块原理图

Fig.9 Schematic diagram of serial port

6 工作性能实验

6.1 实验设定

系统安装调试完成后,在实验室进行了样机性能实验,实验中投料质量用电子天平计量,时间用秒表记录,计量误差通过实际下料量与理论下料量对比计算得出。实验用精饲料为新疆泉牲牧业有限责任公司生产的 561-H 型泌乳期奶牛精料补充料。测得主轴转速分别在 40、60、80、100、120 r/min 下,

螺旋输料装置转动 4、5、6、7、8、9、10 r 所投出精饲料质量,每组重复 10 次。经测定螺旋输料装置在 60 r/min 转速下投料稳定性最好。

6.2 投料模型拟合

实验结果显示:投料量和螺旋输料装置转动的角度呈一元线性关系,由最小二乘法计算得出的一元线性回归方程为

$$m = 0.524n - 0.004 \tag{2}$$

表 1 不同量程下投料量测量值

Tab.1 Weight value under different measure ranges											kg
目标值	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	平均值
1.0	1.004	0.998	0.986	0.986	0.984	0.986	1.000	0.990	1.018	1.012	0.996 4
1.5	1.496	1.516	1.516	1.502	1.470	1.480	1.486	1.484	1.502	1.506	1.495 8
2.0	2.036	2.014	1.966	1.980	1.974	1.980	2.032	1.986	1.982	1.994	1.994 4
2.5	2.480	2.478	2.498	2.510	2.464	2.492	2.520	2.464	2.500	2.512	2.491 8
3.0	3.018	2.986	2.974	3.014	2.988	3.012	3.014	2.976	2.984	3.028	2.999 4

经计算可知,在不同量程条件下均值对目标值的相对误差均小于 2%,符合精度要求。

7 结论

(1) 控制系统以 PC 机为信息管理平台,综合运用无线传输技术、射频识别技术和单片机,解决了奶牛精确饲喂技术中的智能识别、无线通信及双模

式中 m ——投料量,kg
 n ——输料装置转动的圈数,r

6.3 精度验证

在精度验证实验中,螺旋输料装置主轴转速采用 60 r/min,饲喂装备实际投料范围为 1~3 kg,因此设定饲喂装备分别在 1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 kg/次下进行精度验证,得到实验数据如表 1 所示,每个目标值进行了 10 次实验(M1~M10 为实验序号)。

行进等问题,实现了奶牛养殖的自动化、精细化、智能化。

(2) 双模自走式奶牛精确饲喂系统的最佳行进速度为 0.6 m/s;在加入防干扰措施下读卡器识别距离为 65 cm;从识别到停车、投料,系统响应时间 0.4 s;个体奶牛识别率 96%,识别正确率 100%;螺旋输料装置计量误差小于 2%。

参 考 文 献

1 谭春林,坎杂,曾明军,等. 奶牛饲喂技术与设备的现状分析[J]. 农机化研究,2007(12):240~245.
Tan Chunlin, Kan Za, Zeng Mingjun, et al. Analysis of thesituation about cow-feeding technique and euipment[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007(12):240~245. (in Chinese)

2 熊本海,钱平,罗清尧,等. 基于奶牛个体体况的精细饲养方案的设计与实践[J]. 农业工程学报,2005,21(10):118~120.
Xiong Benhai, Qian Ping, Luo Qingyao, et al. Design and realization of solution to precision feeding of dairy cattle based on single body status[J]. Transactions of the CSAE,2005, 21(10): 118~120. (in Chinese)

3 倪志江,高振江,蒙贺伟,等. 智能化个体奶牛精确饲喂机设计与实验[J]. 农业机械学报,2009,40(12):205~209.
Ni Zhijiang, Gao Zhenjiang, Meng Hewei, et al. Design and experiment on intelligent precising feeding machine for single dairy cow [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(12): 205~209. (in Chinese)

4 范永存,张长利,董守田,等. 奶牛精量饲喂系统研究[J]. 农业机械学报,2009,40(增刊):65~68.
Fan Yongcun, Zhang Changli,Dong Shoutian, et al. Research on precise feeding system of dairy cattle[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2009,40(Supp.): 65~68. (in Chiense)

5 颜世涛,闫银发,宋占华,等. 奶牛个体智能化精料变量补饲系统设计与试验[J]. 农业机械学报,2011,42(2):168~172.
Yan Shitao, Yan Yinfa, Song Zhanhua, et al. Design and experiment on intelligent variable concentrate feeding system for individual dairy cow [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(2): 168~172. (in Chinese)

6 李继成,高振江,肖红伟,等. 基于单片机的奶牛精确饲喂装备设计与试验[J]. 农业机械学报,2011,42(1):101~105.
Li Jicheng, Gao Zhenjiang, Xiao Hongwei. Design and experiment on dairy cow precise feeding equipment based on MCU [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(1): 101~105. (in Chinese)

7 方小明. 智能化移动式奶牛装置的设计及试验研究[D]. 北京:中国农业大学,2008.
Fang Xiaoming. Design and experimental investigation on the movable intelligent feeding machine for dairy cow[D]. Beijing: China Agricultural University, 2008. (in Chinese)

- 5 王晓亮,谭峰,曹洪军. 基于 GSM 的信息服务系统的通信模块设计与实现[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2009,21(6):74~75.
Wang Xiaoliang, Tan Feng, Cao Hongjun. Design and implementation of information service system's communication module based on GSM[J]. Journal of Heilongjiang Bayi Agricultural University, 2009, 21(6):74~75. (in Chinese)
- 6 李连营,李清泉. 基于 MapX 的 GIS 应用开发[M]. 武汉:武汉大学出版社,2003:4~7.
- 7 巫细波,胡伟平. Google Maps 运行机制以及应用研究[J]. 华南师范大学学报:自然科学版,2009(2):106~110.
Wu Xibo, Hu Weiping. Research of Google Maps' operation mechanism and application[J]. Journal of South China Normal University: Natural Science Edition, 2009(2):106~110. (in Chinese)
- 8 孙燎原,石川,张杨. 基于 GoogleMaps 的车辆跟踪态势显示系统研究与实现[C]//第十六届全国青年通信学术会议论文集(上). 北京:国防工业出版社,2011:50~52.
Sun Liaoyuan, Shi Chuan, Zhang Yang. Design and implementation of vehicle tracking system based on googleMaps[C]//Proceedings of the 16th NCYC. Beijing:National Defense Industry Press, 2011:50~52. (in Chinese)
- 9 张加龙,岳彩荣,马俊华. 基于 Google Maps 与 PDA 的在线跟踪系统的实现与应用[C]//Proceedings of 2010 International Conference on Broadcast Technology and Multimedia Communication,重庆,2010,2:311~314.
Zhang Jialong, Yue Cairong, Ma Junhua. Realization and application of online tracking system based on Google Maps and PDA [C] // Proceedings of 2010 International Conference on Broadcast Technology and Multimedia Communication, Chongqing, 2010, 2:311~314. (in Chinese)
- 10 何成万,万明. AJAX 在 Google Maps 中的应用[J]. 电脑知识与技术,2008,4(4):974~975.
He Chengwan, Wan Ming. The application and research on google maps based on AJAX[J]. Computer Knowledge and Technology, 2008, 4(4):974~975. (in Chinese)
- 11 李涛,张波,张晓鹏,等. 基于 Ajax 技术的 WebGIS 研究及实现[J]. 计算机工程与设计,2008,29(8):2 099~2 104.
Li Tao, Zhang Bo, Zhang Xiaopeng, et al. Study on WebGIS and its implementation based on Ajax technology[J]. Computer Engineering and Design, 2008, 29(8):2 099~2 104. (in Chinese)
- 12 赵娜. 基于 AJAX 技术的 WebGIS 系统应用研究与实现[D]. 上海:华东师范大学,2009.
Zhao Na. Research and implementation of WebGIS system application based on AJAX[D]. Shanghai: East China Normal University, 2009. (in Chinese)
- 13 栾绍鹏,朱长青. AJAX 在 WebGIS 中的应用研究[J]. 测绘科学,2007,32(5):158~160.
Luan Shaopeng, Zhu Changqing. Research on AJAX applications in WebGIS[J]. Science of Surveying and Mapping, 2007, 32(5):158~160. (in Chinese)
- 14 汪延彬,张献州. 基于 Google 地图服务的京沪高铁沉降信息管理系统[J]. 地理信息世界,2010(3):69~73.
Wang Yanbin, Zhang Xianzhou. Subsidence information management system of Beijing-Shanghai high-speed railway based on google Map Service[J]. Geomatics World, 2010(3):69~73. (in Chinese)
- 15 孙晓茹,赵军. Google Map API 在 WebGIS 中的应用[J]. 微计算机信息,2006,22(7):224~226.
Sun Xiaoru, Zhao Jun. Applying Google Maps API in Web GIS[J]. Microcomputer Information, 2006, 22(7):224~226. (in Chinese)
- 16 江宽,龚小鹏. Google API 开发详解:Google Maps 与 Google Earth 双剑合璧[M]. 北京:电子工业出版社,2008:77~87.

(上接第 230 页)

- 8 高雪. 奶牛精确饲喂控制系统的设计研究[D]. 北京:中国农业大学,2008.
Gao Xue. Study on an auto-control system of dairy cows precision-feeding[D]. Beijing: China Agricultural University, 2008. (in Chinese)
- 9 谭春林. 奶牛饲喂装置的设计研究[D]. 石河子:石河子大学,2007.
Tan Chunlin. Design and study of cow-feeding equipment[D]. Shihezi: Shihezi University, 2007. (in Chinese)
- 10 蒙贺伟,高振江,坎杂,等. 等径变螺距奶牛精确饲喂给料装置设计与试验[J]. 农业工程学报,2011,27(3):103~107.
Meng Hewei, Gao Zhenjiang, Kan Za. Design and experiment on dairy cow precision-feeding device based on equal-diameter and variable-pitch[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3):103~107. (in Chinese)