

射频识别技术应用于畜产品追溯系统研究进展

吕荫润¹, 郑丽敏^{1,2,*}

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 食品质量与安全北京实验室, 北京 100083)

摘要: 可追溯系统是保证畜产品质量安全的重要手段, 射频识别技术(RFID)应用于畜产品可追溯系统的个体标识已经成为一种趋势。本文阐述了利用RFID技术构建畜产品可追溯系统对于食品安全问题的重要性和必要性。文章介绍了RFID技术的基本原理和特点, RFID技术在可追溯系统中应用的主要技术指标, 回顾了发达国家和地区可追溯制度建设和可追溯系统的实施情况, 比较了国内可追溯系统的发展与应用现状, 归结出RFID技术与计算机、网络通信、自动化等技术在可追溯系统中的应用情况。最后结合我国追溯系统发展面临的RFID技术不成熟、制度不完善、自动化水平低等问题及当前的研究现状提出了改进的方向及发展的趋势, 为建立适合中国国情的基于RFID技术的家畜和畜产品可追溯系统提供参考。

关键词: 射频识别技术; 追溯系统; 畜产品

Recent Applications of RFID in Livestock Traceability System

LÜ Yin-run¹, ZHENG Li-min^{1,2,*}

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Food Quality and Safety Laboratory, Beijing 100083, China)

Abstract: Traceability system is an important approach to ensure the quality and safety of animal products. Radio Frequency Identification (RFID) technology being used as the individual identification in livestock traceability system has become a trend. This paper describes the importance and necessity of building livestock traceability system using RFID technology for food safety issues. Meanwhile, this paper outlines the basic principles and features of RFID technology and major technical indicators used in livestock traceability system, reviews the construction and implementation of livestock traceability system in developed countries and regions, compares the current development and applications in China and other countries and summarizes recent applications of computer, network communication, automation and other technologies in traceability system. In the light of problems facing the development of traceability system such as immature technologies, imperfect regulations, low automation and the current situation, directions for improvement and future trends in RFID development are put forward aiming at providing guidelines to construct RFID based traceability system for livestock and livestock product suitable for China's national conditions.

Key words: radio frequency identification (RFID); traceability system; livestock

中图分类号: TS251.41

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123(2013)05-0026-05

随着疯牛病、口蹄疫、禽流感等疫情的不断发生, 畜产品的安全与可追溯已成为政府、企业及消费者关注的焦点问题之一。我国2006年11月1日起施行的《农产品质量安全法》对农产品安全做了明确的规定。农业部同时发布了《畜禽标识和养殖档案管理办法》《牲畜耳标定购、生产、发放、使用规范》等相关规范确保畜产品追溯工作顺利进行。建立完善的畜产品可追溯系统对提高我国畜产品的安全性和国际竞争力具有重要意义。

对畜产品的个体标识是建立追溯系统的基础与核心环节。通常可用的标识手段有动物体标记、激光刺字、条形码耳标、射频识别(radio frequency identification, RFID)标签等, 其中二维条形码耳标在抗磨损性和可识读性都较高, 在我国得到较为广泛的应用^[1]。近年来, 随着RFID技术的快速发展, RFID标签由于其扫描快速简单、穿透性强、可重复利用、具有数据记录功能、安全性高等优点在农畜产品追溯领域得到了越来越多的关注与应

收稿日期: 2013-04-12

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAK17B09; 2012BAD28B02); 国家生猪产业体系北京市创新团队项目

作者简介: 吕荫润(1991—), 男, 本科生, 研究方向为计算机科学。E-mail: lvyinrun@cau.edu.cn

*通信作者: 郑丽敏(1962—), 女, 教授, 学士, 研究方向为计算机视觉与食品检测。E-mail: zhenglmin@cau.edu.cn

用。随着RFID技术与传感器、通信、计算机等技术的结合,可追溯系统在我国已得到了广泛的研究与发展,但在相关法律法规的完善、射频识别技术的发展与推广、信息的高效采集和系统自动化等方面还有待提高。

1 射频识别技术的基本原理与特点

1.1 RFID定义

RFID是一种基于无线通讯的自动识别技术,通过射频信号识别特定目标并读写相关数据,无需与目标建立机械或光学接触。从1948年第1篇相关论文的发表^[2]、到沃尔玛超市的大规模商业应用至今,RFID技术已经具有了很长的发展历史^[3]。随着技术的逐渐成熟,RFID在仓库存储与物流、门票和运输、制造业、医疗、身份证和护照、追溯等领域都有了广泛的应用^[4]。

一个完整的RFID应用系统主要由读写器、应答器(标签)及应用软件系统3部分组成。读写器由天线、耦合元件等组成,是用来读写标签信息并与后台服务器交互的设备,可以分为固定式读写器和移动式读写器,固定式读写器通常体积较大,信号强,读写距离远,而移动式读写器携带方便,易于在经常移动的环境中工作。后台系统主要是对RFID读写器收集到的信息进行储存与处理。

1.2 标签分类及相关标准

1.2.1 有源与无源标签

根据是否有电源供应标签可以分为被动式(无源)标签和主动式标签(有源)。主动式标签有内部电源,可以主动向读写器发送射频信号,存储能力及读写距离均强于被动标签^[5]。被动式RFID标签(无电源供应)构造简单,成本低廉,易于生产。通过读写器产生的电磁场激发内部电流将标签中记录的信息反射给读写器^[6]。大部分射频识别系统中使用的都是被动式标签。

1.2.2 低频、高频和超高频标签

频率是区分各类标签的一个重要的因素,不同频段的RFID产品会有不同的特性。目前所使用的标签主要分为低频(LF, 125~134.2kHz)、高频(HF, 13.56MHz)和超高频(UHF, 860~960MHz)。RFID技术首先在低频得到广泛的应用和推广。该频率主要是通过电感耦合的方式进行工作,通常能穿过各种材料而不降低读取距离,工作在低频的读写器不受任何特殊的许可限制,但是其读写距离较近,一般不超过20cm并且数据传输速率较慢,并且低频标签只能读标签数据,不可写入。

高频的感应器一般通过负载调制的方式进行工作。读写距离通常为10cm,不超过1.5m,具有防冲撞特性可同时读取多个标签,并且可以存储数据,数据传输速率较快,价格便宜。在该频段中主要使用ISO 14443 Proximity cards和ISO 15963两个标准。ISO 14443近耦合

卡,依据载波的调制深度与位的编码方式可分为TYPE A和TYPE B两种,防冲撞原理分别为基于位冲撞检测协议和通信系统命令序列。ISO15693远耦合卡,识别效率高,通过较大功率的阅读器识别距离可达1m,采用轮询机制、分时查询的方式完成防冲突机制。

超高频系统通过电场来传输能量,读取距离较远,通常可达3~10m,主要通过电容耦合的方式实现,数据传输速率非常高。但是环境杂质对信号传输的影响很大,易造成信息的快速衰减。超高频中使用最多的国际标准为ISO18000-6,标准规定了空中接口协议,但对数据内容和数据结构并无限制。

在RFID的系列应用标准中,ISO11784和ISO11785主要应用于动物的个体标识,ISO11784标准规定了动物识别的代码结构,其由8个字节64为组成,其中第27~64位的编码方式由使用国自行规定。ISO11785标准规定了动物识别的技术准则,包括数据传输方法和读写器规范。工作频率为低频,数据传输方式有全双工和半双工两种,采用频移键控调制和反向不归零编码。标准没有对标签样品尺寸、封装模式加以规定,因此可以根据动物的实际情况设计成各种式样,比如耳标、项圈等。

1.3 标签设计

近年来,超高频RFID由于其良好的读写距离和传输速率在研究和应用领域得到了更多的关注。其标签设计中通常需要考虑的因素有芯片灵敏度、天线增益,天线极化,阻抗匹配等^[7]。芯片灵敏度主要由电压倍增器、功率匹配网络、反向散射调制器等因素影响^[8]。影响天线设计的主要因素包括天线的频率范围,尺寸,标识物体的移动性、成本等因素^[9]。在实际应用中,还需要考虑传播途径中由于湿度、障碍物等因素引起的信号损失^[10]。

1.4 RFID安全问题

随着RFID技术的广泛应用,它所带来的安全问题也逐渐显现出来。RFID安全问题主要包括隐私和认证。隐私问题包括标签跟踪和信息泄露,认证问题包括标签克隆、置换等影响对标签合法性判断的问题^[11]。由于RFID使用的是低成本芯片,构造简单,无法实现复杂的安全协议,这是导致RFID安全问题难以解决的关键因素。目前主要的解决办法分为物理安全机制和安全协议^[12]。前者包含Kill命令、阻塞标签和夹子标签等,后者包括Hash-Lock协议、Hash链协议、分布式RFID询问-应答认证协议等。

2 RFID在畜牧业中应用的国内外研究现状

无线射频技术已经在农业领域中的动物个体识别与跟踪、牲畜管理、精细农业、冷藏链管理等方面有了广泛的应用^[13]。近些年来,随着RFID技术的进一步发展以



及成本的不断下降,RFID在追溯系统中的应用也得到了广泛的关注与研究。

2.1 国外畜产品追溯系统的发展现状

目前可追溯系统已在发达国家的畜牧业中得到了广泛的应用。2002年,欧盟启动了食品追溯项目,主要应用在牛的生产和流通领域,在生产环节建立牛的验证和注册体系,采用统一的中央数据库对所有生产信息进行统一管理^[14]。以实现牛肉从牧场到餐桌的全过程质量控制。使牛肉从农场的养殖到运输、屠宰、分割、贮存、加工和市场销售的生产链中生产监管透明,个体信息记录详尽,相关检测报告及证书保存完整,可供消费者查询,并且在意外情况下可以顺利召回。

美国农业部建立了全国动物监测系统(national animal identification system, NAIS),用于监测家禽畜及其他饲养类动物,以预防死亡性疾病的传播^[15]。NAIS主要包括养殖场注册、动物标识和信息跟踪等环节。同时,在一些食品工业中制定了危害分析与关键控制点(hazard analysis critical control point, HACCP)安全标准来指导生产,除此之外,还建立了先进的食源性疾病监测系统,包括食源疾病实时监测网络、分子分型监测网等。

澳大利亚强制采用可追溯系统,建立了国家牲畜标识系统(national livestock identification scheme, NLIS),主要用于牛和羊的质量追溯。该系统中的牛即使用了电子耳标作为牲畜的永久身份标识,对动物个体从出生到屠宰的全过程进行跟踪。

在亚洲地区,2002年7月日本为应对疯牛病而制定法律对牛肉生产强制实行可追溯系统,规定牛饲养场必须每头牛佩戴具有个体识别号的耳标,以记录每头牛的基本信息,包括标识号、品种、性别和饲养历史等信息。同期,将可追溯系统推广到猪肉和肉鸡等肉食行业。韩国政府已颁布农畜产品追溯制度的相关法律,并且强制执行生产必须安装RFID自动追溯系统^[16]。

与此同时,国外许多企业也以RFID技术为基础研制了许多家畜精细饲养技术^[17]。例如,荷兰Nedap公司的Velos系统打破了定位栏养猪模式,美国奥斯本工业公司生产了全自动母猪饲喂站,利用电子控制的饲喂站管理群体饲养母猪中的人工采食并可以对母猪个体进行发情探测。

利用电子标签对动物个体进行标识在国外已经得到了普遍的应用。动物个体信息在国家领导建立的中央数据库保存。同时,RFID技术也已被广泛应用到动物个体的精确饲喂以及动物产品的销售供应链中。RFID的应用进一步保证了畜产品的可追溯性和安全性。

2.2 国内畜产品追溯系统的研究进展

构建畜产品可追溯系统对于我国的食品安全和国际贸易具有重要作用,在国内也已经得到了广泛的关注与研究^[18]。近些年来,随着技术的发展,RFID在我国追溯

系统的发展中得到了越来越广泛的应用了,目前在我国使用较广泛的是养牛及养猪行业。

施亮等^[19]采用B/S(浏览器/服务器)模式结构体系,基于RFID技术构建了肉牛养殖可追溯系统,实现了对每头肉牛的养殖信息的自动采集,为每头肉牛建立了详细的追溯档案,可在Internet上进行快速查询。系统解决了肉牛养殖环节中对肉牛个体的质量监控及追溯,使用RFID标签可快速获取牛身份编号,但是操作记录在手持机中,需要与计算机通过串口通信将数据导入数据库中。

吴沧海等^[20]也将RFID与Zigbee技术进行了结合,提出了一种牛场的无线远程监控系统,方便进行牛只管理、产奶管理等。该系统的设计目的在于实现实时动态的牛群管理,其包括的硬件设备及功能模块过多,实现困难。

耿丽微等^[21]通过采用瘤胃式动物超高频电子标识为每头奶牛建立一个永久性的数据档案,实行一畜一标,通过RFID技术及单片机与PC通信技术对远处的电子标签进行识别与读写。系统实现了对每头奶牛电子标识的远距离识读,可以高效的对奶牛进行监控与管理,为精细养牛的重要依据,但系统对牛的养殖信息没有进行有效的记录与管理。

马红^[22]根据我国养牛业现代化管理程度不高,缺乏可追溯管理等发展现状建立了以RFID为基础的奶牛电子标识管理系统、奶牛肉牛精密喂养数据库并优化了牛场日常管理系统。通过精确饲喂提高奶料比,提高牧场经济效益,保证乳肉制品的安全性。

周仲芳等^[23]建立了基于无线射频技术的活猪检验检疫监督管理电子化系统,系统使用了低频耳标,实现了对活猪饲养、出栏检疫、运输及屠宰加工等全过程溯源追溯管理。该系统对养殖场、屠宰场通道设计提出了一定的要求,并对耳标回收利用情况进行了测试,为活猪检验检疫监督提供了参考。

马从国等^[24]为了控制养殖环境和提高养殖效益,提出了基于现场总线的生猪生长环境的小气候监控系统和模糊神经网络控制算法,实现对影响肉猪生长的温度、湿度进行有效控制。该环境监控系统为精细饲养提供了重要的参考,系统还需要对影响生长环境的其他因素例如氨气、硫化氢等有害气体进行综合控制,系统对不良环境的实时调节能力也亟待提高。

胡圣杰^[25]使用高频RFID技术实现母猪的标识与自动识别,并以此为基础建立了母猪自动饲喂控制系统。系统通过采集耳标编号、体质量、进食时间、进食量及接触公猪频次等数据,结合单片机控制饲喂装置,实现母猪的自动化饲喂、进食情况统计及生长管理。系统目前属于模拟阶段,其实现还需要良好的硬件支持与现场环境测试。

罗清尧等^[26]采用超高频RFID技术,设计了适合生猪胴体的RFID标签,开发了标签在线读写系统,实现了生猪屠宰流水线上猪只胴体的RFID标识和远距离自动识读。系统实现了生猪屠宰过程中溯源关键点的生猪屠宰标识信息的可靠采集、传输与处理等,同时解决了进入超市的胴体RFID标签与终端零售产品分割标签的标识转换问题。

白红武等^[27]结合软件构件技术的研究与应用现状,将地理信息系统(geographic information system, GIS)、物流管理和软构件技术引入农产品追溯领域,研究了设施定位、车辆路线、空间追溯、产品查询与召回等功能,提出了基于GIS的生猪及产品的可视化追溯框架结构。任守纲等^[28]结合物联网及电子产品代码(electronic product code, EPC)等技术,提出了基于RFID的肉品企业资源平台架构,设计了肉品销售跟踪及追溯体系。追溯系统通过对象名解析服务(object name service, ONS)服务器获得肉品的流通信息,将这些信息与节点的地理信息相结合,通过GIS进行直观展示。通过引入GIS使肉品在流通过销售领域的追溯更加直观与快捷,同时追溯功能的实现对RFID信息的采集、数据安全及可视化追溯平台的建立均提出了更高的要求。

随着RFID技术在国内畜产品可追溯系统中的应用,研究人员结合计算机、网络、GIS及物联网等技术,利用电子标签实现对动物个体的有效标识并重点关注了动物的精确饲喂及可追溯系统的自动化及智能化,建立的可追溯系统也在不同的范围内得到了应用。

3 RFID应用中存在的问题

3.1 法律法规及标准化问题

RFID应用中的法律法规标准建设尚不完备,我国食品安全法规的覆盖面、危害分析原则的应用以及与国际标准接轨方面等方面仍有很大差距^[29]。相关食品安全学科体系和人才培养体系有待提高,人民群众的食品安全意识信用和道德规范有待提高。农兽药残留检测方法和标准等新技术与国际先进水平差异较大。

RFID技术的应用虽然开始将畜产品追溯带入便捷的物联网时代,但是目前,我国该技术在实际的应用过程中缺乏完善的技术标准,各个国家之间所用标准也不同,完善相关标准并与国际接轨对RFID技术在追溯系统中的推广具有重要作用。

3.2 RFID技术发展水平较低

目前我国RFID技术的发展水平不高,生产效率较低,生产成本低,在我国畜产品追溯的应用仍属于起步阶段。除了部分发达城市外使用较少,并且绝大多数应用均处于示范阶段。在标签的选择上要考虑多种问题。

当前,标签经过封装制成动物耳标的生产成本仍然很高,标签的读写距离受封装材料和环境的影响会产生大幅度的下降,在一些动物(例如猪)的使用中容易被动物之间相互破坏,耳标在恶劣环境下的使用寿命和坚固性都亟需提高,尽快找到更好的封装材料对耳标的推广有重要作用。部分学者正在研究有机RFID标签在动物食品溯源中的应用前景^[30]。有机RFID标签的使用可以有效的降低成本。在养殖环境中,通过手持读写器记录信息,然而用来读写标签的读写器普遍成本很高,需要使用多个,并且读写器通常搭载WinCE系统,设备性能较差,难以开发复杂的应用。读写器一般工作于多标签的环境下,当同时读到多个标签时难以将标签编号与个体进行对应。

3.3 信息采集复杂,可靠性低

在我国畜产品的养殖方式受地区环境的影响复杂多变,难以形成统一的标准在全国推广。大部分养殖场的现代化水平较低,硬件设施落后,使用的软件系统的智能化程度不高,需要饲养的配合,给饲养员增加了部分工作负担。农业部在生猪饲养中开发了二维码耳标并配戴在猪身上,进行免疫操作进行详细的信息记录时,饲养员需要扫描每头猪所配带的耳标,但是由于猪活动性较强、扫描时需要对准耳标、需要扫描的耳标数量巨大,极大地增加了饲养员的工作负担。当前,饲养员在牲畜的饲养中仍占有极大的作用,然而饲养员招聘困难,文化水平较低,对于现代化的养殖设备和系统的使用有一定的困难,需要进行必要的培训,对于部分比较先进的饲喂管理系统的推广有较大的阻力。同时,由于需要人工参与数据记录,实现信息在传递和流通过程中不被篡改也是亟待解决的问题^[31]。

安全追溯系统的建立涉及到养殖、屠宰、运输和销售等多个环节。目前的研究多针对其中某个方面,系统缺少有效的集成。研发的系统主要用于动物生产信息、流通信息等的收集与保存,未对数据进行有效的挖掘与处理。系统机械化程度不高,尤其在生产领域,实现系统自动控制难度较大。

4 结 语

本文介绍了RFID技术的基本原理和特点,回顾了发达国家和地区可追溯制度建设和可追溯系统的实施情况,归纳了RFID技术与计算机、网络通信、自动化等技术在可追溯系统的发展与应用现状,并结合我国追溯系统发展面临的RFID技术不成熟、制度不完善等现状提出了RFID技术在可追溯系统中应用的发展趋势。

受技术和经济发展水平的限制,建设全国性的畜产品追溯系统还有相当长的路要走,RFID技术由于其众多



的优点在追溯中的应用已经成为一种不可逆转的趋势。随着传感器、测控、通信、网络、计算机等技术的不断发展完善,RFID作为农业物联网的核心技术之一,将在畜牧业中得到越来越广泛的应用,为有效推动与提升现代畜牧业发展、增收及农村繁荣提供强大的信息手段。

参考文献:

- [1] 孟鹤,刘娟,张立伟,等.动物标识发展趋势及其应用于畜禽管理的对策[J].中国农学通报,2010(4): 6-10.
- [2] STOCKMAN H. Communication by means of reflected power[J]. Proceedings of the IRE, 1948, 36(10): 1196-1204.
- [3] LANDT J. The history of RFID[J]. IEEE Potentials, 2005, 24(4): 8-11.
- [4] FENNANI B, HAMAM H, DAHMANE A O. RFID overview[C]//2011 23rd International conference on microelectronics. Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2011.
- [5] ADAMCOVA P, TOBES Z. UHF RFID Technology and its applications[C]//2007 17th International conference radioelektronika. Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers Computer Society, 2007.
- [6] CHAWLA V, DONG S H. An overview of passive RFID[J]. Communications Magazine IEEE, 2007, 45(9): 11-17.
- [7] NIKITIN P V, RAO K V S. Performance limitations of passive UHF RFID systems[C]//IEEE Antennas and propagation society international symposium APS 2006. Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2006: 1011-1014.
- [8] DE V G, IANNACCONE G. Design criteria for the RF section of UHF and microwave passive RFID transponders[C]//IEEE transactions on microwave theory and techniques. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2005: 2978-2990.
- [9] RAO K V S, NIKITIN P V, LAM S F. Antenna design for UHF RFID tags: a review and a practical application[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2005, 53(12): 3870-3876.
- [10] KIM D, INGRAM M A, SMITH J WW. Measurements of small-scale fading and path loss for long range RF tags[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2003, 51(8): 1740-1749.
- [11] JUELS A. RFID security and privacy: a research survey[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2006, 24(2): 381-394.
- [12] 李莉,刘建伟. RFID安全保密技术研究进展[J]. 信息安全与通信保密, 2007(8): 165-167.
- [13] RUIZ-GARCIA L, LUNADEI L. The role of RFID in agriculture: applications, limitations and challenges[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2011, 79(1): 42-50.
- [14] 邹晓文. 法国的牛肉全程跟踪管理[J]. 当代畜牧, 2003(1): 45-45.
- [15] 邢文英. 美国的农产品质量安全可追溯制度[J]. 世界农业, 2006(4): 39-41.
- [16] 臧明伍,张迎阳,韩凯,等. RFID技术在畜产品可追溯系统中的应用[J]. 肉类研究, 2007, 21(9): 32-35.
- [17] 熊本海,罗清尧,杨亮. 家畜精细饲养物联网关键技术的研究[J]. 中国农业科技导报, 2011(5): 19-25.
- [18] 王立方,陆昌华,谢菊芳,等. 家畜和畜产品可追溯系统研究进展[J]. 农业工程学报, 2005(7): 168-174.
- [19] 施亮,傅泽田,张领先. 基于RFID技术的肉牛养殖质量安全可追溯系统研究[J]. 计算机应用与软件, 2010(1): 40-43.
- [20] 吴沧海,何火娇,熊焕亮,等. 基于RFID与Zigbee的牛场远程监测系统[J]. 农机化研究, 2013(2): 163-166.
- [21] 耿丽微,钱东平,赵春辉. 基于射频技术的奶牛身份识别系统[J]. 农业工程学报, 2009(5): 137-141.
- [22] 马红. RFID技术在现代养牛及乳肉产品管理中的建立与应用[J]. 黑龙江农业科学, 2009(1): 113-114.
- [23] 周仲芳,游洪,王彭军,等. RFID技术在活猪检验检疫监督管理中的应用研究[J]. 农业工程学报, 2008(2): 241-245.
- [24] 马从国,赵德安,刘叶飞,等. 猪肉工厂化生产的全程监控与可溯源系统研制[J]. 农业工程学报, 2008(9): 121-125.
- [25] 胡圣杰. 基于RFID的母猪自动饲喂控制系统的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- [26] 罗清尧,熊本海,杨亮,等. 基于超高频RFID的生猪屠宰数据采集方案[J]. 农业工程学报, 2011(2): 370-375.
- [27] 白红武,胡肆农,王立方,等. 基于GIS的生猪及产品物流与追溯平台构件化设计[J]. 江苏农业学报, 2008(5): 711-715.
- [28] 任守纲,徐焕良,黎安,等. 基于RFID/GIS物联网的肉品跟踪及追溯系统设计与实现[J]. 农业工程学报, 2010(10): 229-235.
- [29] 郑火国. 食品安全可追溯系统研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
- [30] 赵秋艳,汪洋,乔明武,等. 有机RFID标签在动物食品溯源中的应用前景[J]. 农业工程学报, 2012(8): 154-158.
- [31] 曹霆,王燕兴. 基于可信计算的食品安全可追溯系统软件体系结构的研究[J]. 电脑知识与技术, 2010(10): 2398-2400.