doi:10.11751/ISSN.1002 - 1280.2022.07.13

超高频 RFID 发光电子耳标测试方法研究

张 旭[1,2],张晶声[1],董 明[3],金闻名[1],杨 晶[1],于遵波[1],冯 哲[4],李保明[2*]

(1. 中国兽医药品监察所,北京 100081;2. 中国农业大学,北京 100083;
3. 涿州市农业农村局所,河北涿州 072750;4. 中国联通网络通信有限公司,北京 102200)

[收稿日期] 2022 - 03 - 18　[文献标识码] A　[文章编号] 1002 - 1280 (2022) 07 - 0075 - 06　[中图分类号] TP391.44

[摘　要]　为实现动物个体查找和定位,发光电子耳标应运而生。发光电子耳标是在超高频射频标签上增加指令进行设计的,在养殖领域有一定的应用前景。为应对此类产品的迅速推广,基于射频识别技术(RFID),搭建发光电子耳标测试平台,通过上位机发送发光指令,采集发光信号,实现了发光指令的控制与测试,对发光电子耳标在养殖领域的应用起到了推动作用。

[关键词]　电子耳标;发光标签;RFID;定位

Research on Test Method of UHF RFID Luminous Electronic Ear Tag

ZHANG Xu[1,2], ZHANG Jing - sheng[1], DONG Ming[3], JIN Wen - ming[1],
YANG Jing[1], YU Zun - bo[1], FENG Zhe[2], LI Bao - ming[2*]

(1. *China Institute of Veterinary Drug Control*, *Beijing* 100081, *China*; 2. *China Agricultural University*, *Beijing* 100083, *China*;
3. *Zhuozhou Agriculture and Rural Bureau*, *Zhuozhou*, *Hebei* 072750, *China*;
4. *China Unicom Network Communication Co.*, *Ltd.*, *Beijing* 102200, *China*)

Corresponding author: *LI Bao - ming*, *E - mail*: *libm@ cau. edu. cn*

Abstract: In order to find and locate animal individuals, luminescent electronic ear tag came into being. Luminescent electronic ear tag is designed by adding instructions on UHF radio frequency tags, and has certain application prospects in the field of aquaculture. In response to the rapid promotion of such products, based on radio frequency identification technology (RFID), a luminous electronic ear tag test platform was built. The luminous instructions were sent by the host computer, and the luminous signals were collected. The control and test of the luminous instructions were realized, which promoted the application of the luminous electronic ear tag in the field of aquaculture.

Key words: electronic ear tag; luminous label; RFID; location

---

作者简介: 张 旭,高级工程师,从事兽医器械检测研究及标准起草等工作。

通讯作者: 李保明。E - mail: libm@ cau. edu. cn

射频识别技术(RFID)是一种信息感知技术,通过无线传输方式对人、动物或其他物品进行信息采集,具有非接触、识别速度快、准确率高的特点,在现代畜禽养殖行业的溯源追踪、育种管理、动物行为收集等方面有着广泛的应用[1]。RFID 系统通常由标签、阅读器和主机三个部分组成。RFID 系统的基本工作过程是由阅读器内置的天线向四周发射一定频率的射频信号,带有标签的目标物体进入射频信号的可识别区域后,标签通过内置发送天线将自身编码等信息发送出去;阅读器内置的天线接收到从标签发来的载波信号,对载波信号进行解码,然后将信息送到主机系统处理;主机系统判断该射频信号的合理性并做出相应的处理和控制,发出指令信号,控制并执行相应的功能。按照阅读器及标签之间的通讯及能量感应方式可分为:电感耦合及后向散射耦合。一般低频、高频的标签大多采用第一种方式,而超高频标签采用第二种方式[2]。在电感耦合系统中,读写器和标签之间的射频信号的实现为变压器模型,通过空间高频交变磁场实现耦合,该系统依据的是电磁感应定律。电感耦合系统典型的工作频率为 125 kHz、134.2 kHz 和 13.56 MHz。该系统的识别距离小于 1 m,典型作用距离为 10 ~ 20 cm。在后向散射耦合系统中,读写器和标签之间的射频信号的实现为雷达原理模型,发射出去的电磁波,碰到目标后被反射,同时携带回目标信息,该系统依据的是电磁波的空间传输规律。后向散射耦合系统典型的工作频率为 800 ~ 900 MHz和 920 ~ 925 MHz。该系统的识别距离大于 1 m,典型作用距离为 2 ~ 3 m。

电子耳标是利用超高频 RFID 技术对动物进行个体标识的电子标签,具有非接触、远距离识别及测量等特点,它承载了动物个体信息,是动物可被识别的电子身份证,常应用于动物科研、饲养、管理、追溯等自动化、信息化管理领域。一旦发生动物疫情和畜产品质量等问题,即可快速追溯其来源,及时采取应对措施。目前,澳大利亚、美国、加拿大、日本等 40 多个国家已采用基于 RFID 技术的电子标签进行牲畜身份识别追溯管理。在澳大利亚,2006 年 1 月开始全面启动国家牲畜追溯体系,规定每头牛都必须佩戴 12 位数字编码的电子耳标[3]。在美国,每个电子耳标包含 15 位数字,以 840 开头,剩余 12 位作为个体动物的唯一性标识[4]。近年来,我国也逐步推行使用电子耳标。2012 年农业部印发《动物电子耳标试点方案》[5],在天津、内蒙古、湖南、新疆等地开展电子耳标试点工作。2019 年青海省全面启动牦牛、藏羊原产地可追溯工程[6],牦牛藏羊将全部佩戴电子耳标。

1　超高频电子耳标测试标准及测试规范

超高频标签的协议及测试规范是研究发光电子耳标测试的基础,发光指令通过在合适的存储区增加指令或读取合适的存储区来实现,与标签的射频指令不能发生冲突。目前国内常见的超高频 RFID 空口协议有国际标准、国家标准、行业标准、企业标准等。最为通用的标准为 6C 标准,即 ISO/IEC 18000 - 63,另外还有我国在 2014 年 5 月正式实施的中国国家标准 GB/T 29768。对应 ISO/IEC 18000 - 63 的测试规范为 ISO/IEC 18047 - 6,对应 GB/T 29768 的测试规范为 GB/T 35102。电子标签测试规范是用来通过标准读写器发出的指令,对标签进行测试的一种方法和规范。

与低频电子耳标相比,超高频电子耳标具有识读距离远、传输速度快、保存时间长、多标签防冲突等特点,在动物追溯领域的应用更加广泛。目前各检测机构均依据 ISO18000 - 63、ISO18047 等国际标准及 GB29768、GB35102 等国家标准对超高频电子耳标进行符合性测试,在检测技术和检测方法上基本成熟。

2　典型的发光电子耳标

发光标签是一种带有光提醒功能的超高频电子标签,能在物品管理中快速寻物,广泛应用于图书、档案、货品查找定位。超高频 RFID 发光标签在被盘点后,能根据收到的指令控制 LED 闪烁,方便盘点人找到标签编码对应的物品。目前市面上的两种典型发光电子耳标分别基于国际标准和国家标准进行设计,这类耳标除具有一般超高频电子耳标的功能外,同时具备发光标签的功能,可实现动

物个体的快速查找与定位,均具有良好的稳定性。

2.1　复旦微电子开发的有源发光电子耳标　复旦微电子公司开发的超高频 RFID 发光电子耳标是基于 GB/T 29768 – 2013 标准设计的[7],发光指令写在 GB/T 29768 标准预留的存储区域内,频率范围为 920 ~ 925 MHz,具有防冲突功能,支持群读和批量点亮功能,广泛应用于可应用在动物耳标、物资管理、档案管理等领域。

超高频 RFID 发光标签芯片可提供一个对地的模拟开关,读写器可以通过管脚输出控制命令,控制被选中的标签中模拟开关的通断。发光控制的频率为 1.5 Hz,时间为 0 ~ 20 s。该发光电子耳标通过自定义命令实现点亮,这条点亮指令是在 GB/T 29768 标准的公开指令集以外增加的一条命令,指令的具体格式如表 1 所示。该指令用于打开关闭标签芯片控制管脚的 NMOS 管,从而控制 LED 灯亮灭,命令代码为 1011110000001110b,开关设置中的 X 表示标签的通断,当 X = 0 时,标签不被点亮,当 X = 1 时,标签被点亮。超高频 RFID 发光标签在被盘点后,根据收到的指令控制 LED 闪烁,方便盘点人找到标签编码对应的标签。标签收到开关指令后,如果命令句柄正确,CRC 校验通过,返回操作成功状态。如果句柄不正确,或者 CRC 校验失败,则标签不执行该命令。标签的响应见表 2。

表 1　复旦微电子发光标签的点亮指令

Tab 1　Lighting instructions of Fudan Microelectronics luminescent labels

数据域	命令代码	开关设置	句柄	校验
长度	16 位	2 位	16 位	16 位
描述	101111000000110b	2bX0:OFF 2bX1:ON	Handle	CRC – 16

表 2　复旦微电子发光标签的响应

Tab 2　Responses of Fudan Microelectronics Luminescent Labels

数据域	操作状态	句柄	校验
长度	8 位	16 位	16 位
描述	命令操作状态	Handle	CRC – 16

2.2　凯路威开发的电子耳标　凯路威有限公司开发的超高频 RFID 发光标签是基于 EPCgen2 及 ISO/IEC18000 – 63 标准设计的[8],频率范围为 840 ~ 960 MHz,能实现读写设备远距离点亮芯片 LED Pad 外连接的 LED 灯,该功能能够很好的适应多种应用需求,LED 功能连接方式如图 1 所示。

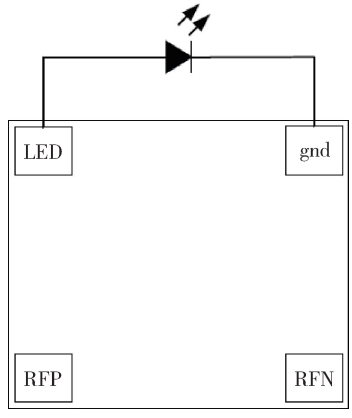

图 1　LED 功能连接方式

Fig 1　LED function connection

凯路威沿用了现有的读取命令,但定义了一个自定义参数即 RFU 区第 4 个 Word 来实现点亮,也就是说这条读命令是在 ISO18000 – 63 标准的公开指令集以内的,没有增加新的命令,读命令用于点亮时,其参数使用了一个不存在的地址。当发送特定指令时(读取地址为 RFU 区第 4 个 word),被选中的芯片会点亮与之连接的 LED 灯。指令的具体格式及响应如表 3、表 4 所示。

表 3　基于 ISO18000 – 63 标准的读指令

Tab 3　Read commands based on ISO18000 – 63 standard

数据域	命令代码	存储区	指针	长度	句柄	校验
长度	8 位	2 位	EBV	8 位	16 位	16 位
描述	11000010	00: Reserved 01: UII 10: TID 11: User	Starting address pointer	Number of words to read	Handle	CRC – 16

表 4　基于 ISO18000 – 63 标准的标签对成功读取的响应

Tab 4　Responses of tags based on ISO18000 – 63 standard to successful reads

数据域	操作状态	数据	句柄	校验
长度	1	Variable	16 位	16 位
描述	0	Data	handle	CRC – 16

3　测试系统设计

3.1　硬件选型

3.1.1　照度计的选型　照度计用于实现发光标签亮度的测试。通过测量放置于暗箱内的电子耳标的照度值,可显示标签是否被点亮。由奎斯特采样定理可知,照度计的采样频率需要为标签发光频率的 3 倍,已知发光频率为 1.5 Hz,所以照度计的采样频率应选用 $fc \geqslant 4.5$ Hz。选取型号为 TES – 1339 的照度计,如图 2 所示,其采样频率为 5 Hz,满足使用要求。

图 2　TES – 1339 照度计

Fig 2　TES – 1339 Light Meter

3.1.2　暗箱的选型　电波暗箱用于屏蔽环境中的干扰信号。电波暗箱由屏蔽箱体、屏蔽门、信号接口板、吸波材料、天线、被测件平台等构成(图 3),用于实现发光电子耳标的射频性能测试和发光性能测试。电波暗箱的具体技术参数见表 5。

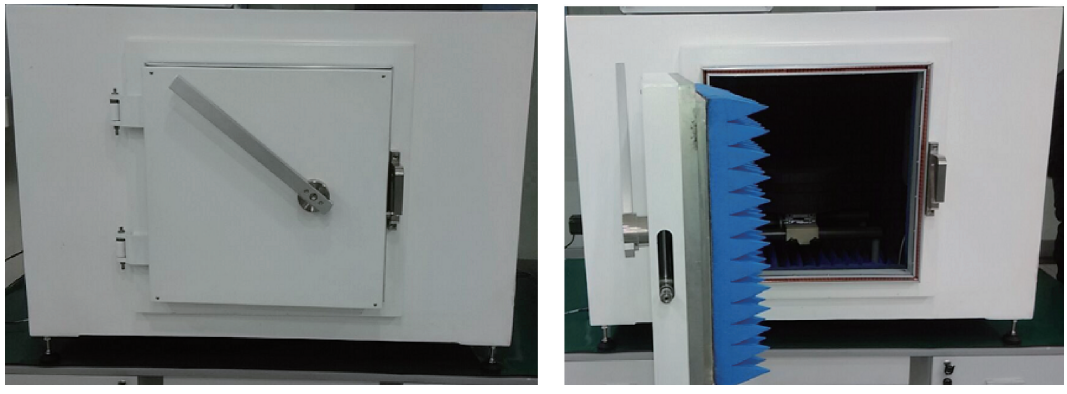

图 3　电波暗箱

Fig 3　Radio obscura

表 5　电波暗箱技术参数

Tab 5　Technical parameters of radio obscura

名称	技术参数
箱体外尺寸	1.2 米 * 0.8 米 * 0.8 米
测试净空间	0.8 米 * 0.6 米 * 0.6 米
工作频段	800MHz ~ 1GHz
屏蔽效能	80 dB

3.2　硬件的搭建　测试系统主体包括 FPGA 及上频、下频处理器和收发天线,实现对发光标签进行盘存。除测试系统主体以外,主要电子配件及调试工具包括电波暗箱和照度计。

将发光标签、接收天线、照度计安装于电波暗箱内,如图 4 所示。照度计主机与传感探头相连,传感探头输出信号与主机 com 口相连。接收天线通过环形器与上、下变频器相连。

3.3　测试流程　根据发光标签说明书,基于 labview 平台,编写发光标签测试软件。基于国家标准设计的有源发光标签的具体测试流程为:向发光标签发出盘存指令,标签返回信号后,向发光标签发出发光指令,标签按一定频率闪烁,照度计传感探头采集标签闪烁的频率及照度,通过 com 口将采集信息传

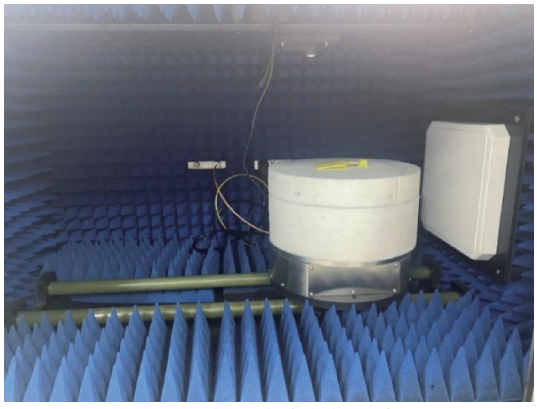

图 4　电波暗箱内部构造

Fig 4　Internal structure of radio obscura

输到软件终端。基于国际标准设计的发光标签的具体测试流程为:向发光标签发出盘存指令,标签返回信号后,向发光标签发出读指令,读取 RFU 区第 4 个 word,若返回错误代码,则激活发光功能,标签按一定频率闪烁,照度计传感探头采集标签闪烁的频率及照度,通过 com 口将采集信息传输到软件终端。

4　采集结果分析

4.1　基于国家标准设计的有源发光标签的采集及分析结果

4.1.1　盘存指令及信号响应　设置发射功率为 15 dbm,接收功率为 -5 dbm,选择“盘存标签”,得到标签的时域响应,此时标签点亮灯为“暗”,如图 5 所示。

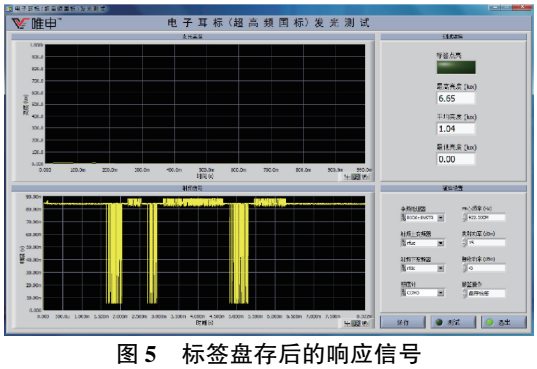

图 5　标签盘存后的响应信号

Fig 5　Response signal after label inventory

4.1.2　发光指令及发光显示　接上一步,立刻发送“点亮标签”指令,可得到标签的时域响应,此时标签点亮灯为“亮”,如图 6 所示。经过盘存指令和点亮指令后,标签得到正确的相应并显示点亮,则判断点亮性能符合要求。

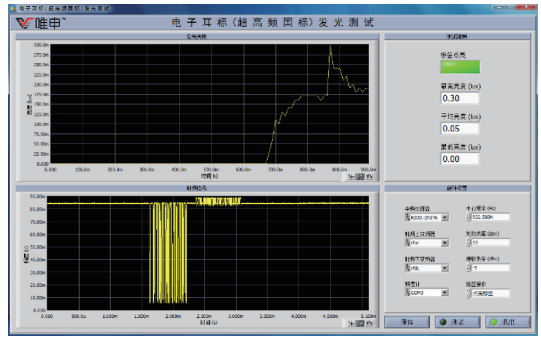

图 6　标签点亮后的响应信号

Fig 6　Response signal after the label is illuminated

4.2　基于国际标准设计的发光标签的采集及分析结果

4.2.1　盘存指令及信号响应　发送 Select 指令,得到标签的响应,如图 7 所示。

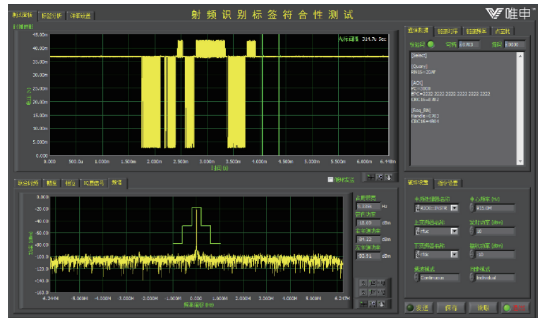

图 7　标签盘存后的响应信号

Fig 7　Response signal after label inventory

4.2.2 发光指令及发光显示　接上一步,立刻发送 Read 指令,当相应显示为 Error code = 03 时,说明点亮指令使用了一个不存在的地址,标签点亮符合要求,如图 8 所示。

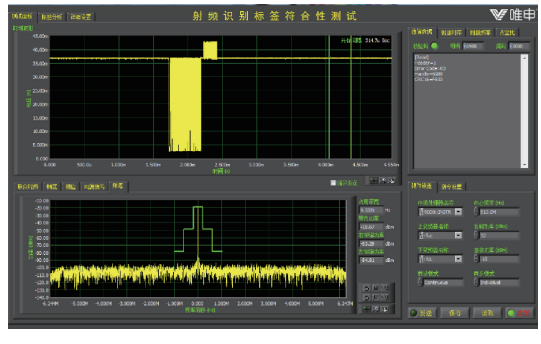

图 8　标签点亮后的响应信号

Fig 8　Response signal after the label is illuminated

5 小　结

本文基于市面上已有的两种电子耳标,搭建了发光电子耳标测试平台,通过发送相应的盘存指令和发光指令,得到电子耳标的响应信号,判断出标签是否被点亮,实现了电子耳标发光性能的测试,为发光电子耳标在养殖领域的应用做出了探索性的研究。

参考文献:

[1] 王嘉厚. 射频识别技术及其在动物生产中的应用[J]. 中国畜禽种业, 2013, 9(12): 28 - 29.
Wang J H. Radio frequency identification technology and its application in animal production [J]. China Livestock and Poultry Seed Industry, 2013, 9(12): 28 - 29.

[2] Jun Zhang, Gui Yun Tian. Review of passive RFID tag antenna - based sensors and systems for structural health monitoring applications [J]. Sensors, 2017, 17: 265.

[3] 邵剑挺. 澳大利亚兽医制度对新疆动物卫生监督工作的启示[J]. 新疆畜牧业, 2013, 3: 58 - 60.
Shao J T. Enlightenment of Australian veterinary system on animal health supervision in Xinjiang [J]. Xinjiang Animal Husbandry, 2013, 3:58 - 60.

[4] 王 凯, 吴 丹, 蔡更元. 浅谈电子耳标在养猪业的应用概况[J]. 猪业科学, 2019, 36(7): 88 - 91.
Wang K, Wu D, CAI G Y. Introduction to the application of electronic ear tags in pig industry [J]. Pig Industry Science, 2019, 36(7): 88 - 91.

[5] 农办医[2011]75 号 农业部办公厅关于印发《动物电子耳标试点方案》的通知[EB/OL]. http://www.moa.gov.cn/gk/tzgg_1/tfw/201201/t20120104_2450910.htm.
[2011] No. 75 Circular of the General Office of the Ministry of Agriculture on printing and distributing the Pilot Program of Electronic Ear Tags for Animals [EB/OL]. http://www.moa.gov.cn/gk/tzgg_1/tfw/201201/t20120104_2450910.htm.

[6] 青海省牦牛藏羊原产地可追溯工程试点建设实施方案(2019 年)和工作分工方案的通知[EB/OL]. http://www.moa.gov.cn/xw/qg/202001/t20200123_6336473.htm. 2020.
Notification of Implementation Plan of Pilot Construction of Origin Traceability Project of Yak and Tibetan Sheep in Qinghai Province (2019) and Division of Work Plan [EB/OL]. http://www.moa.gov.cn/xw/qg/202001/t20200123_6336473.htm. 2020.

[7] 复旦微电子超高频 RFID 有源发光标签[M]. 复旦微电子有限公司, 2018.
Fudan Microelectronics UHF RFID Active Light Emitting Tag [M]. Fudan Microelectronics Co., LTD., 2018.

[8] KX2005XMP EPC Class1 Gen2 RFID 标签数据表[M]. 四川: 四川凯路威科技有限公司, 2019.
KX2005XMP EPC Class1 Gen2 RFID Tag Data Table [M]. Sichuan: Sichuan Keluwei Technology Co., LTD., 2019.

(编 辑:李文平)