

# 一种智能 RFID 电子车牌的天线设计方案

卢海朋, 苏爱民, 王峻峰, 陈 明

(上海一芯智能科技有限公司, 上海 201206)

**摘 要:** 在目前的 RFID 汽车管理的应用中, 其管理方案基本都是在挡风玻璃上粘贴一个 RFID 标签。然而随着现在带有加热丝挡风玻璃的普及, 这种安装方式已经不能覆盖所有车型, 标签安装在部分汽车上之后根本读不到。基于这种现状, 给出了一种新型的天线设计方案, 依靠汽车车牌这一交管部门必管控的部件, 研发一种不拆卸车牌即可安装的新型 RFID 标签, 可以解决标签因汽车差异化而导致的标签读不到、读距参差不齐的问题, 极大地方便交管部门管理和监督社会车辆。

**关键词:** 智能化; RFID; 车牌标签; 车辆管理; 天线设计; 挡风玻璃; 电子车牌

中图分类号: TN99

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.200388

中文引用格式: 卢海朋, 苏爱民, 王峻峰, 等. 一种智能 RFID 电子车牌的天线设计方案[J]. 电子技术应用, 2021, 47(1): 61-63, 68.

英文引用格式: Lu Haipeng, Su Aimin, Wang Junfeng, et al. An antenna design scheme of intelligent RFID electronic license plate[J]. Application of Electronic Technique, 2021, 47(1): 61-63, 68.

## An antenna design scheme of intelligent RFID electronic license plate

Lu Haipeng, Su Aimin, Wang Junfeng, Chen Ming

(ESIM Technology Ltd., Shanghai 201206, China)

**Abstract:** In the current application of RFID vehicle management, its management scheme is basically to stick RFID label on the front windshield. However, with the popularity of heating wire windshields, this type of installation can no longer cover all models, and sometimes the labels can't be recognized after installing on some cars. Based on the present situation, this paper presents a new type of antenna design, and relying on the car license plate, which the traffic administration must control, develops a new kind of RFID label that doesn't remove the license plate and easy to install. It can solve the problems that the labels can't be recognized and the reading distance is uneven due to the differentiation of cars. It also provides great convenience for traffic administration supervision and management of social vehicles.

**Key words:** intelligentize; RFID; vehicle label; vehicle management; antenna design; windshield; electronic license plate

### 0 引言

随着机动车辆快速增长, 汽车保有的量逐年攀升, 与此同时涉车案件日益增多, 国家对于交通智能化管理的需求也越发迫切。目前, 公安机关对车辆管理主要依靠交通监控设备以及视频图像技术识别, 如监控摄像头。然而, 这种方式的识别精度易受环境、照明和天气等因素影响, 不能有效辨别假牌套牌, 也无法遏制像污损号牌和故意遮挡号牌等违法犯罪行为。因此, 公安联合公安部交通管理科学研究所等公司已经在无锡展开“汽车电子标识应用示范工程”, 在车辆内部署自主研发的电子标识。

虽然国家已强制要求 2018 年新出厂机动车需预留 RFID 标签微波窗口, 但根据抽查多种车辆的测试结果显示, 多数汽车由于玻璃内存在加热丝<sup>[1]</sup>、金属颗粒, 在

测试的时候, 标签会被屏蔽, 无法传出信号<sup>[2]</sup>。所以按照目前市面的这种标签来做车辆管理, 就会出现有的汽车可以粘贴标签, 有的车则不能, 不能粘贴且没有预留微波窗口的汽车就属于空白, 无法进行有效监管<sup>[3]</sup>。

本文的设计方案可以在不改动现有车牌的情况下维持原状, 只需在车牌侧边安装一枚小小的耦合芯片, 即可将其部署成智能电子车牌<sup>[4-5]</sup>。整个过程方便快捷, 如若在已经安好车牌的车辆上安装, 也只需一把螺丝刀即可轻松解决<sup>[6]</sup>。

### 1 RFID 设计方案选择

在 RFID 系统中, 不管是发射还是接收, 都离不开天线。而天线本身属于一种电磁辐射器件, 对金属最是敏感, 如果天线附近有别的金属, 其性能会大打折扣<sup>[7]</sup>。因此如果将 RFID 标签直接粘贴在含有金属丝的挡风

玻璃上,受金属丝的影响,RFID 天线无法发挥所设计的性能<sup>[8]</sup>。

RFID 的一个最重要指标是识别距离,无源 RFID 标签是一个半双工的工作系统<sup>[9]</sup>,利用电磁波的反射原理,RFID 天线在接收到电磁波后,将能量传给内部存储器(称之为芯片),当芯片达到激活阈值后,标签便开始工作,标签将内部存储的数据再通过标签的天线,将信号传给阅读器天线<sup>[10]</sup>。这才是 RFID 一个完整的传输链。

标签的识别距离与标签天线的方向性、标签附着材料的介电、极化方式和传播环境等有关。其读距  $d$  可以通过弗里斯(Friis)自由空间公式来计算:

$$d = (\lambda / 4\pi) \times \sqrt{P_t G_t G_r \eta / P_{th}} \quad (1)$$

其中,  $\lambda$  为波长,  $P_t$  为阅读器的发射功率,  $G_t$  为发射天线的增益,  $G_r$  为标签天线的增益,  $P_{th}$  为标签芯片的开启功率,  $\eta$  为有效功率系数。

假设标签贴在玻璃上,查阅相关资料得知,玻璃在制作的时候,根据需求不同,工艺也不同,其制作的材料也不太一样。因此玻璃的介电常数有很大的浮动空间,其介电常数波动范围为 2~12。通过粗略计算式计算:

$$\lambda_p = \frac{C}{f\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

其中,  $\lambda_p$  为等效波长,  $C$  为光速,  $f$  为工作频率,  $\epsilon_r$  为当前介电常数。

因此,其工作时的波长应为  $0.28\lambda \sim 0.7\lambda$ , 相对带宽计算公式为:

$$\Delta f = \frac{f_1 - f_2}{(f_1 + f_2)/2} \times 100\% \quad (3)$$

变换代入计算,可知其相对带宽约需要达到 2.5 的倍频程,因为在汽车玻璃上粘贴,需要越轻薄越好,只能使用陶瓷基片或 Inlay 来实现,而这种近乎二维平面的天线设计要想达到 2.5 倍频程的带宽,近乎不可能。

因此,本文将目标转换至车牌,考虑利用车牌突出的天然优势,将其作为辐射体。每辆汽车的车牌尺寸基本相近,且安装方式相同,无遮挡,无介电差异很大的介质存在,然后将车牌后的金属引擎盖以及防撞梁作为镜面反射板,充分利用其结构,发挥天线的辐射特性,那么就不需要在玻璃上粘贴标签了<sup>[11]</sup>。

下面针对车牌进行优化设计。

### 1.1 RFID 智能车牌标签设计计算

通常,功率有效系数的表达方式可以表示为:

$$\eta = 1 - \left| \frac{Z_{in} - Z_1}{Z_{in} + Z_1} \right| \quad (4)$$

其中,  $Z_{in} = R_{in} + jX_{in}$  为芯片阻抗,  $Z_1 = R_1 + jX_1$  为天线阻抗。

为了传输最大功率,标签天线的输入阻抗与芯片的阻抗必须共轭<sup>[12]</sup>,只有这样标签才能发挥其最大的读距效果。标签设计谐振频率为 920 MHz,本文选择 Alien H3 芯片为例,计算芯片的输入阻抗。

查阅芯片手册,得知芯片的电参数特性为 0.85 pF

并联 1 500  $\Omega$ ,由下式计算阻抗。

$$\frac{1}{Z_{in}} = \frac{1}{Z_0} + jX_c \quad (5)$$

其中,  $Z_{in}$  为芯片的阻抗值,经计算得芯片阻抗为  $27.1 - j200 \Omega$ 。

设计结构如图 1 所示。该天线为一个 3 层微带结构,基材为 RF4。长 80 mm,宽 40 mm,在宽 20 mm 处有一阶梯,基材总厚度  $h = 2$  mm,阶梯部分  $h_1 = 1$  mm,微带底板覆铜。天线一端伸到车牌下方,通过耦合的方式,将车牌作为 RFID 天线的一部分,另一部分通过通孔延伸至 FR4 表面。

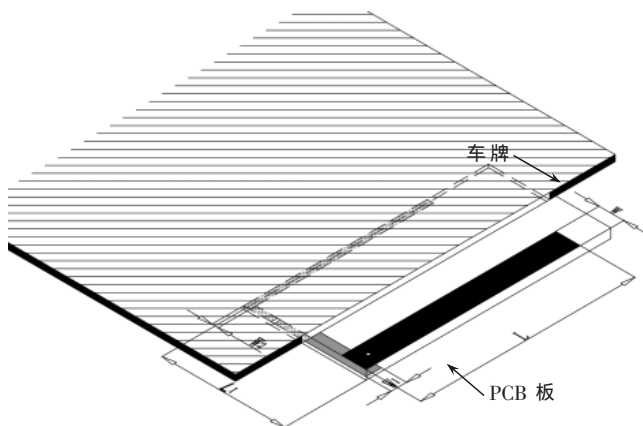


图 1 标签结构示意图

顶端振子长度为  $L$ ,宽度为  $W$ ,通过调整  $L$  和  $W$  的尺寸,可以改变天线的阻抗以及天线的谐振频率。

### 1.2 建模与仿真

#### (1) 优化长度 $L$

通过微带计算公式:

$$L = \frac{C}{2f\sqrt{\epsilon_{eff}}} - 0.824h \left( \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3)(W/h + 0.264)}{(\epsilon_{eff} - 0.258)(W/h + 0.8)} \right) \quad (6)$$

其中,  $f$  为天线的工作频点,  $\epsilon_{eff}$  为介质的有效介电常数。可以估算天线的长度应为 78 mm 左右。

仿真软件中按以上参数建模,并带入参数  $L$ ,观察  $L$  的变化与天线谐振的关系,如图 2 所示。可以看出,当  $L = 70$  mm 时,计算出天线谐振频率约为 930 MHz,符合 RFID 工作频率要求。

#### (2) 优化 $W$

通过改变  $W$  的宽度微调标签天线的谐振频率,可以得出当  $W = 6$  mm 时,天线的工作频点为 925 MHz。

图 2、图 3 为标签的频率随  $W$ 、 $L$  变化时的曲线图。从图中可以看出,当  $L = 70$  mm、 $W = 6$  mm 时,天线的各项参数满足设计所需求的各项指标,振点  $S_{11}$  达到 35 dB,此时天线的 10 dB 带宽为 80 MHz,增益可达 9.18 dB。图 4 为天线的辐射方向图。

根据仿真后的辐射方向图,其最大辐射方向是向汽车两侧辐射,不是正对前方,降低了标签多路径反射的风险<sup>[13]</sup>,也就是 RFID 串读的风险大大降低了。如果在汽

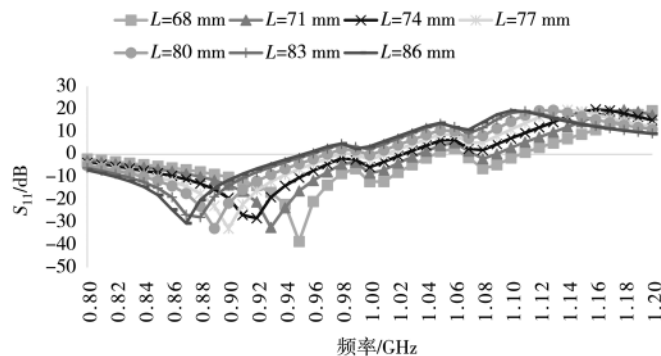
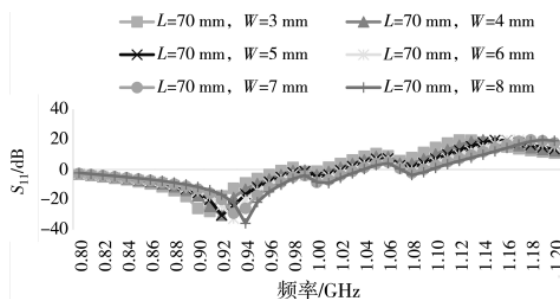
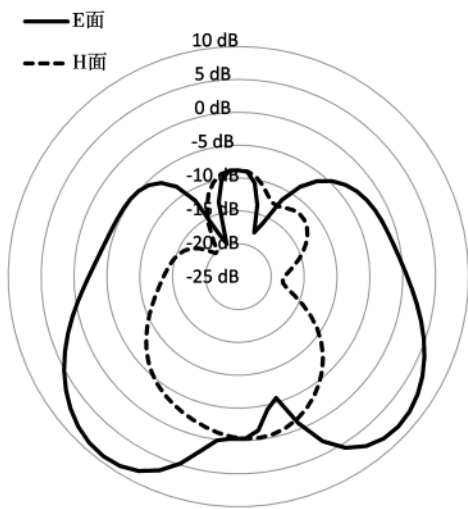
图2 不同  $L$  值与标签谐振点曲线图图3 不同  $W$  值与标签谐振点曲线图

图4 标签辐射方向图

车侧面安装读写器天线,当汽车通过闸机口时,读写器的识别效果就非常良好,如图5、图6所示。

## 2 实际测试

按照本文设计加工成实物后测试,粘贴于  $400\text{ mm} \times 140\text{ mm}$  金属板上,使用  $1\text{ W}$  发射功率、 $6\text{ dB}$  固定式读写器天线,测得标签读距最远可达  $15\text{ m}$ ,这比以往粘贴在玻璃上(9654 标签) $6\sim 8\text{ m}$  的读距效果好很多。表1为天线的各项尺寸参数。

本方案因特殊的结构,可以通过一些简单的物理手段(如增加V槽等)将这种RFID设计做成一拆即毁的防拆型标签,从而做到一车一牌,不可复制和转移。这种方式可以有效遏制和打击套牌、遮挡牌号等非法犯罪活动。

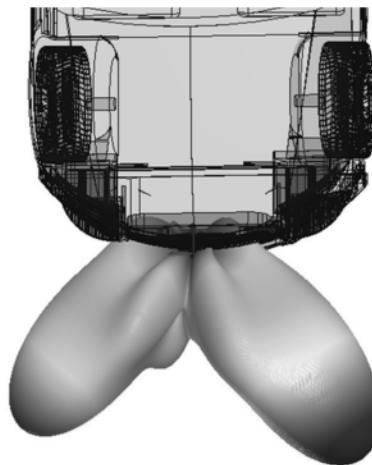


图5 标签在汽车上辐射方向图-俯视

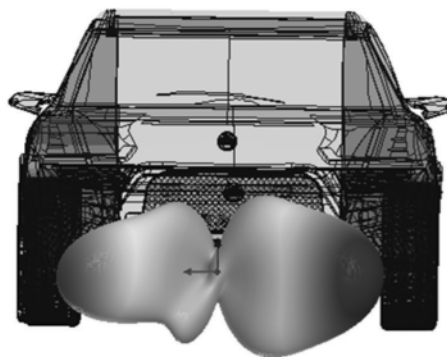


图6 标签在汽车上辐射方向图-前视

## 3 结论

本文设计方案避开了介电常数变化较大且部分情况下含有金属丝的汽车挡风玻璃,在应用中完全不受车辆种类的限制,安装方便,可直接将标签塞于汽车车牌之下,拆卸即毁,有很好的使用前景。

这种设计方案相较前设计方案而言,带宽相对较小,只有  $80\text{ MHz}$ ,但其被贴物场景单一,对于窄带的RFID频段而言,这个带宽足够使用了。

## 参考文献

- [1] 袁金苹,王辉,赵辈,等.基于RFID的智能制造技术在汽车工业中的应用[J].汽车实用技术,2020(4):160-162.
- [2] 梁庆中,曾德泽,童恒建,等.基于翻转课堂思想的《RFID原理及应用》课程改革与实践[J].软件工程,2017,20(8):59-62.
- [3] 陈轩.基于物联网技术的典型常减压装置腐蚀监控系统研究及应用[D].北京:北京化工大学,2016.
- [4] 方小祥.物联网与人工智能关键技术[J].电子技术与软件工程,2017(4):258-259.

(下转第68页)

表1 标签尺寸  
示例尺寸

参数	数值
$W$	8
$L$	60
$L_1$	30
$W_1$	5
$W_2$	2

(收稿日期:2020-07-14)

### 作者简介：

迟文升(1981-),男,博士,讲师,主要研究方向:无线电频谱预测。

袁 亓(1998-),男,本科,主要研究方向:无线电通信。

肖宗豪(1995-),男,硕士,主要研究方向:无人机集群控制。

(上接第 60 页)

- [5] 曾学,唐野,姚正亚.机场旅客随身行李智能安检系统研究[J].科技创新与生产力,2018(4):46-48,52.
- [6] 刘美娟.基于光电传感器的农业大棚监控技术研究[J].西南师范大学学报(自然科学版),2018,43(7):19-24.
- [7] 王绍清,叶春晖,胡养聪.K类音频功放的防破音控制系统[J].电子技术应用,2016,42(1):22-24.
- [8] 刘劲松,朱纯午,杨莉.一种基于STM32和PPG技术的腕戴式心率计设计[J].电子技术应用,2016,42(10):62-64,68.

(上接第 63 页)

- [5] 吴小芳.物联网与大数据的新思考[J].通讯世界,2017(1): 1-2.
- [6] 王兰,陆春吉.物联网行业现状和发展前景的分析[J].通讯世界,2017(2):25-26.
- [7] 张蓉.基于RFID的离散制造过程智能感知技术研究[D].南京:南京航空航天大学,2019.
- [8] 贺彩玲,张翠花.RFID国内外发展现状与趋势探究[J].电子测试,2013(8):217-218.
- [9] 李成勇.基于RFID技术的高速移动多目标车辆识别方法研究[D].重庆:重庆理工大学,2013.
- [10] 陈建飞,王华永,郑会军.基于物联网和RFID技术的施工安全管理系统研究[J].中华建设,2018(10):66-67.

- [9] 张书博,王昌建.具有抗干扰功能的激光测距电路的设计与实现[J].激光杂志,2017,38(2):105-109.
- [10] 陈可,季超,蔡占秀,等.基于脉冲占空比调节灵敏度的光电开关传感器[J].传感技术学报,2017,30(1):77-81.
- [11] 张晓霞.谈光电传感器的原理及应用[J].电子测试,2017(8):79-80.

(收稿日期:2020-03-28)

### 作者简介：

庞晓东(1973-),男,硕士,副研究员,主要研究方向:智能嵌入式系统及精密分析仪器。

(上接第 63 页)

- [11] 卢勇.适用于实时盘存的有源 RFID 设计与实现[D].成都:电子科技大学,2018.
- [12] 王海龙.基于软件无线电的国家自主标准 RFID 验证系统实现[D].西安:西安电子科技大学,2017.
- [13] 耿乙喆.基于 RFID 技术电子车牌应用研究[J].云南警官学院学报,2018(6):125-128.

(收稿日期:2020-05-15)

### 作者简介：

卢海朋(1990-),男,本科,工程师,主要研究方向:RFID  
天线设计以及方案应用。

苏爱民(1980-),男,硕士,工程师,主要研究方向:RFID技术的研发与应用。

王峻峰(1973-),男,本科,工程师,主要研究方向:RFID电子标签制备方向的研发。



## 版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所