

# 同频抗互扰低成本安检机双光障设计

庞晓东

(公安部第一研究所, 北京 102200)

**摘要:** 光障是 X 光安检设备的关键部件, 用量大且价格高。为了降低成本及增加性能, 减少对外购成品的依赖, 提出了一种光障设计方案。针对安检机的特定应用需求, 采用单一时钟源和固定相位差的发射和接收方式, 选用低成本元件, 实现了安检机内多光障的抗互扰可靠工作; 设计了自动增益功能及自检功能, 通过优化的互连接口, 简化了系统接线, 进一步完善了整机性能。批量应用后, 其价格仅为原系统的十分之一, 有效降低了安检机的生产成本。

**关键词:** 光障; 安检机; 低成本; 光电开关; X 光检测; 对射式; 抗互扰; 同频

中图分类号: TN702

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.200245

中文引用格式: 庞晓东. 同频抗互扰低成本安检机双光障设计[J]. 电子技术应用, 2021, 47(1): 57-60, 68.

英文引用格式: Pang Xiaodong. Design of anti co-channel interference, low cost twin light barriers for security inspection equipment[J]. Application of Electronic Technique, 2021, 47(1): 57-60, 68.

## Design of anti co-channel interference, low cost twin light barriers for security inspection equipment

Pang Xiaodong

(The First Research Institute of Ministry of Public Security, Beijing 102200, China)

**Abstract:** Light barriers are the key parts of X-ray security inspection equipment, which are used in large amount and cost a lot. In order to reduce the cost, increase the performance and reduce the dependence on the purchased products, a light barrier design scheme is proposed in this paper. According to the specific application requirements of the security inspection machine, a single clock source and a fixed phase difference transmitting and receiving mode are adopted, and low-cost components are selected to realize the reliable anti-interference of multiple light barriers in the security inspection machine; the automatic gain control function and self-test function are designed, and the system wiring is simplified through the optimized interconnection interface, so the performance of the whole machine is further improved. After batch application, the price is only one tenth of the original system, which effectively reduces the production cost of the security inspection machine.

**Key words:** light barrier; security inspection equipment; low-cost; photoelectric switch; X-ray inspection; opposite type; anti mutual interference; same frequency

### 0 引言

为了感知传送带上经过的行包, 进而对行包进行计数和 X 光检测, 目前的安检机行包入口处均安装有光障, 即光电开关传感器<sup>[1]</sup>。入口光障的数量至少为两个, 以可靠探测多种外形的行包。目前国内安检机所使用的光障均为外购的成品, 价格较高。为进一步普及安检机的应用, 必须降低生产成本, 改善安检机的性价比。因此, 迫切需要一种低成本、抗干扰的光障设计方案。

### 1 光障的原理及分类

光障即光电开关, 是光电接近开关的简称。光电开关包含发射器和接收器, 前者发出光信号, 后者根据接收到的对应光信号强弱判断光路间是否有遮挡, 从而感知接收器与发射器间的物体有无<sup>[2]</sup>。

根据光线的传播方向, 光电开关主要分为两种, 反

射式和对射式<sup>[3]</sup>。由于近些年, 国内外公共安全形势不容乐观, 关于安检机光障的要求亦日益严格<sup>[4-5]</sup>, 用户规定安检机应能感知到通道内通过的平板式被检物。反射式光电开关由于反射形成的光源为面光源, 不能被扁平物体完全遮蔽, 无法满足这一需求。而对射式光电开关一般光源直径仅为 3~5 mm, 扁平物体可完全遮蔽其对射光轴, 实现检测功能<sup>[6]</sup>。因此, 尽管其购买价格近反射式光障的两倍, 仍在高端产品中得到了普遍应用。

### 2 同频抗干扰双光障系统设计

根据用户规定, 光障必须可以检测到厚度为 6 mm 的扁平钢板。为此, 对射式光障的光轴必须低于安检机传送皮带上 6 mm。但这样的光轴高度, 对于进入通道的前端伸出的物体将不能及时响应, 可能造成物体的 X 光检测图像不完整。为此, 在此光障上方, 须再设置一个光

障,用于避免上述问题。因此,一台安检机的检测通道入口至少须安装两个光障。对于通道入口和出口可互换的安检机,其出入口均需要安装至少两个光障,即最少4个光障同时在安检机通道两端工作。

根据这一要求,设计了一种对射式双光障系统实现方案,在通道入口处,安装一套组件,即可满足双光障检测。它具有以下功能:

- (1)一套系统的两个光障光轴平行距离相距70 mm;
- (2)单一振荡源作为时钟,多套光障系统可共用;
- (3)采用非同相驱动,同一时钟各光障间互不干扰;
- (4)具有自动增益控制功能,系统安装后,无须人工调整检测灵敏度<sup>[7]</sup>;
- (5)具有自检功能,如对射光障发生偏移或长时间被遮挡,将发出报警提示。

图1是该方案的发射端设计框图,图2是接收端设计框图。其中,发射管D1和光电二极管B1构成对射光障1,D2和B2构成对射光障2。

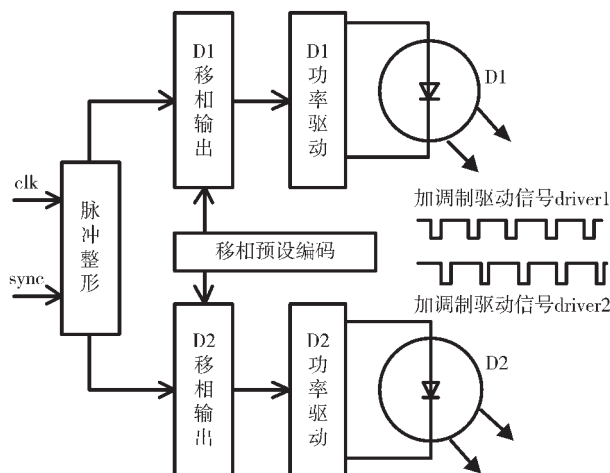


图1 发射端设计框图

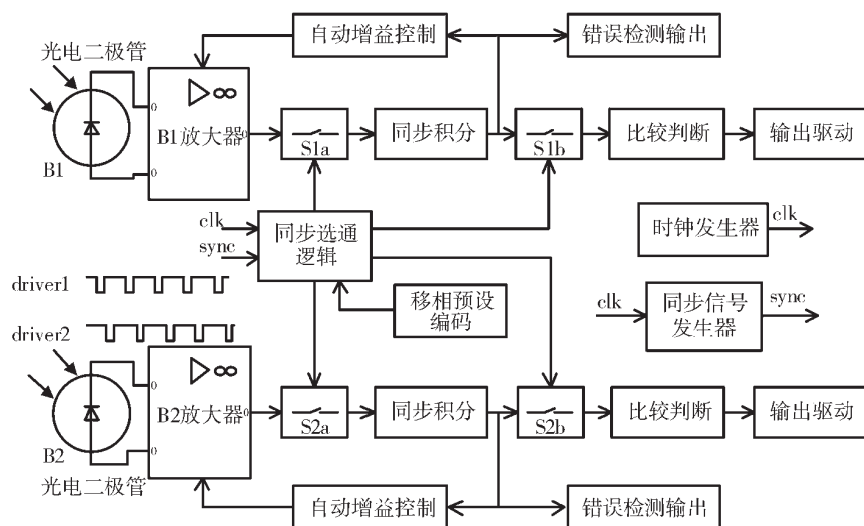


图2 接收端设计框图

## 2.1 发射器和接收器设计

为避免可见光干扰<sup>[8-9]</sup>,发射管D1和D2选用红外发光二极管,接收管B1和B2选用PIN硅光电二极管<sup>[10-11]</sup>。图3为红外发光二极管的功率驱动原理图。图中:V2对同步选通逻辑生成的脉冲driver1(驱动D2时为相位不同的driver2)进行缓冲;稳压二极管V1和三极管V3构成了恒流源输出电路,受V2的输出控制,向发射管提供脉冲恒流驱动。当V1稳压值 $U_Z=2.7\text{ V}$ 、 $R_5=2\ \Omega$ 时,V3导通时输出的恒流电流 $I$ 为:

$$I = \frac{U_Z - U_{be}}{R_5} = \frac{2.7 - 0.7}{2} = 1(\text{A}) \quad (1)$$

可见,D1在输出脉宽内的电流达1 A,可输出最大标称发光强度,实现长距离的对射检测。

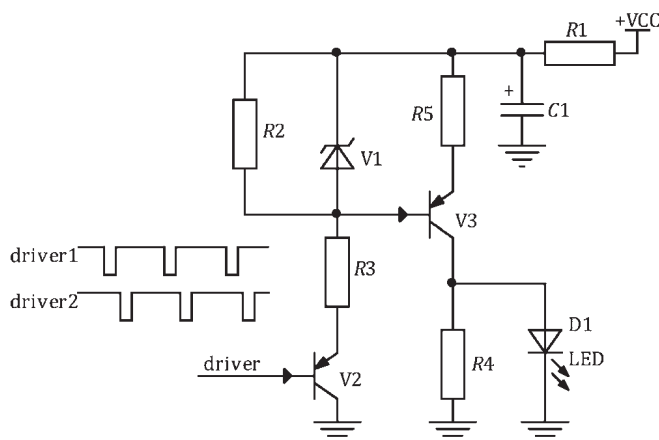


图3 发射器功率驱动原理图

图4为对应的接收器前端放大器。由运放N1A和 $R_8$ 、 $V_4$ 等构成的I/V转换器对B1生成的光电流进行电压转换输出,对应接收到的脉冲调制光,输出端signal信号波形为图中的signal1(B2对应输出为signal2);为消除硅光电二极管暗电流的影响,采用 $C_4$ 对N1A的输出进行直流隔离;由于B1受激输出的光电流很微弱( $\mu\text{A}$ 级),因此采用运放N1B对N1A的输出电平进行二级放大,输出信号sig\_out,提供给后级的解调及同步积分电路;MOS管 $V_4$ 为自动增益控制的执行元件, $V_{agc}$ 为自动增益控制电路根据检出信号的大小输出的调节电压,用于控制I/V转换器的转换系数,实现增益的自动调节。

2.2 同步选通逻辑设计

为避免同一系统内两个光障或其他同光谱光源的干扰,各光障的发射和接收光的调制状态应严格区别。本设计中为方便多光障系统的互连,不同的光障间采用了同频不同相的调制方式,如图5所示。

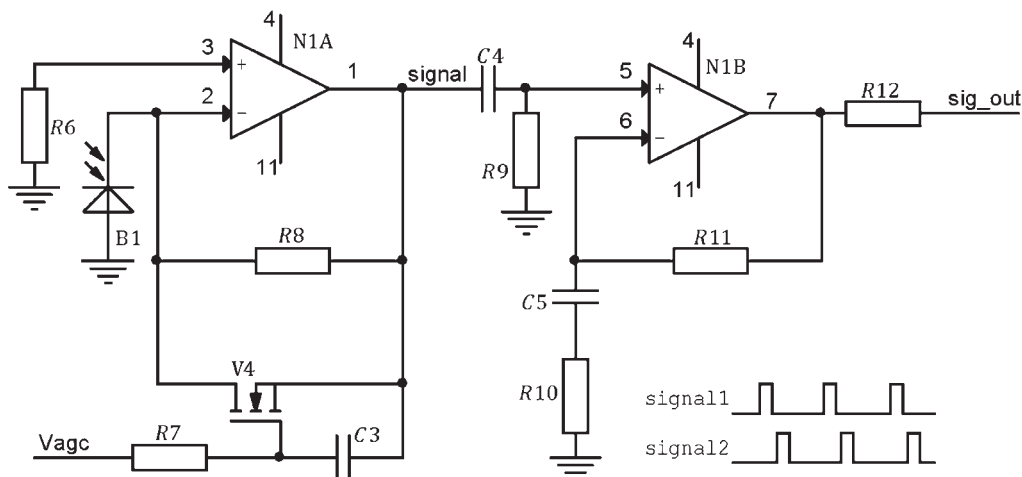


图4 接收器前端放大器原理图

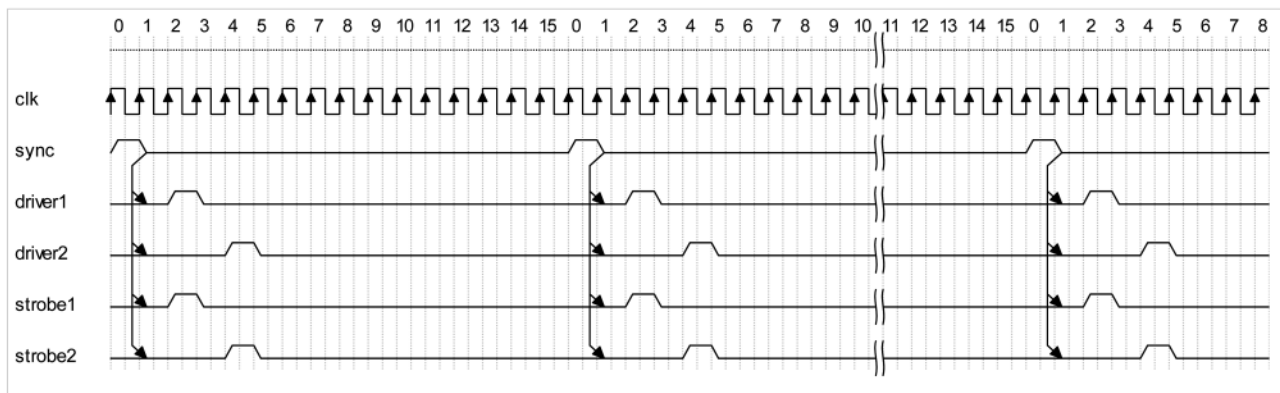


图5 驱动及选通逻辑时序

图5中的时钟信号clk,由光障系统接收端内设计的振荡源输出,作为光障系统的基准时钟;为实现发射端和接收端的同步,设计了sync信号,每隔16个时钟周期,同步信号发生器输出一个高电平的同步信号sync,作为系统内的相位基准;driver1和driver2分别用于驱动发射管D1和D2,两驱动信号频率相同,均为时钟频率的1/16,占空比亦为1/16(满足大电流驱动发射管的要求),均由同步信号sync触发,只是在相位上相差两个时钟周期。这样,发射管D1在driver1高电平期间发出高亮度红外光,在driver1低电平期间熄灭,同理,发射管D2在driver2的驱动下发光。两束光虽然光谱相同,但永远不会在同一时刻出现,从而可在接收端有效避免相互间的干扰。

同样地,在接收端,由同步信号sync触发,产生两个同步选通信号strobe1和strobe2,如图5所示,strobe1的频率和相位与driver1一致;strobe2的频率和相位与driver2一致。strobe1用于控制图2中的S1a和S1b, strobe2用于控制S2a和S2b。当strobe1、strobe2为高电平时,S1a、S2a导通,若对应的光轴未被遮挡,积分电路便对接收到的光电脉冲进行积分(增加检测灵敏度),积分8次后,strobe1、strobe2分别驱动S1b、S2b导通,将此积

分结果输出至后续处理电路,进行判断输出。

可见,采用这种同频非同相的设计,多个光障可采用同一时钟源(clk)和同步信号(sync),只要发射驱动和接收选通信号不同相,即可避免光障间的相互干扰,实现多光障的同时工作,完成各种复杂的检测功能。

### 2.3 自动增益控制设计

为了进一步增加检测灵敏度,在接收电路中设计了同步积分电路。如图6所示,由U3A、C11和图4中的R12构成了同步积分电路,其积分时间常数为 $R12C11$ 。在同步选通电路的控制下,由图4输出的交流信号sig\_out负半周被积分电路累加输出,经过8个选通周期积分后,其输出被导通至输出驱动模块进行判断输出。之后,在同步选通逻辑的作用下,图6中的a1和a2两端被短接,积分电路清零,重新开始下一周期的检测。

为了实现自动增益控制,图6中的U3B和U3C以及V11~V13、C12、R27等构成了峰值检测及保持电路,输出的电平Vagc可明确表征光电二极管的光电流强度及放大器增益变化。因此,将其作为图4中V4的控制电平,实现负反馈的放大器自动增益控制,确保光障接收回路自动适应接收光强度的动态波动,增加了各种工况下的检测灵敏度。

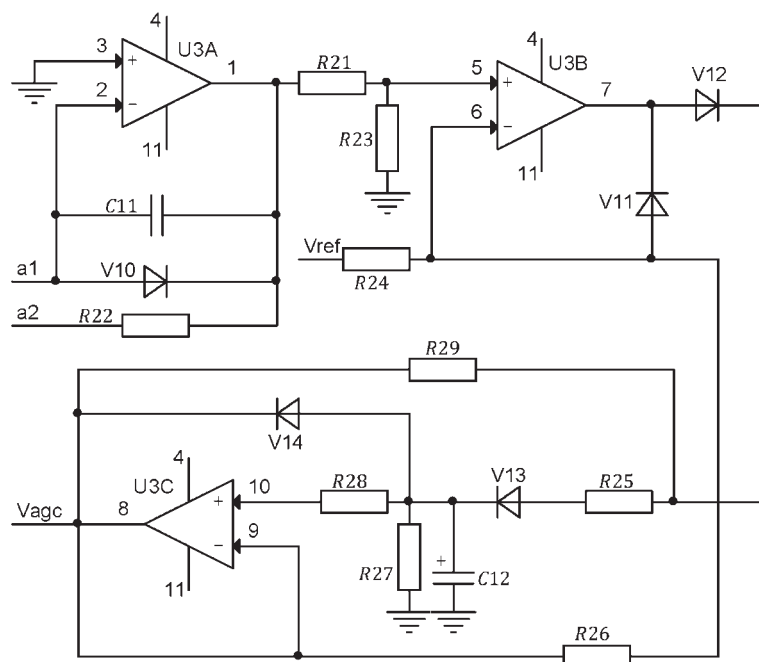


图6 积分及增益控制原理图

## 2.4 自检功能设计

由于安检机的X光检测过程是由光障输出信号触发启动的,为防止检测过程中出现漏包,在运行过程中,应实时确认光障处于良好工作状态。为此,在光障系统中设计了自检功能模块,用于检测光障是否存在异常。

由图6可知,自动增益控制输出的 $V_{agc}$ 表征了接收器接收到的光电流强度,当 $V_{agc}$ 输出小于某一参考电平时,则表明未接收到调制光或光强十分微弱(或前端放大器出现故障)。因此,本设计中即采用 $V_{agc}$ 来实现自检功能,具体方法如下。

图6中的 $V13$ 、 $C12$ 和 $R25$ 、 $R27$ 构成了取样保持电路,取样时间常数 $\tau_1$ 和保持时间常数 $\tau_2$ 分别为:

$$\tau_1 = R25 \times C12 \quad (2)$$

$$\tau_2 = R27 \times C12 \quad (3)$$

为实现快速峰值取样,设计 $\tau_1$ 不大于2s;为辨别行包的正常通过和光障故障,实现可靠自检,设计 $\tau_2 > 900$ s。一般地,多个行包通过时遮挡光轴的时间不会超过60s, $\tau_2$ 远大于这一时间。因此,行包通过时, $V_{agc}$ 不会产生波动。但当出现以下情况时, $V_{agc}$ 将会低于参考电平,自检模块将输出报警信号:

(1)系统刚上电,而光障接收端未接收到对应的调制光时,由于 $C12$ 电压为零,因此 $V_{agc}$ 将会输出低电平;

(2)系统工作过程中,长时间内未接收到调制光或接收器件出现异常时, $V_{agc}$ 将会以时间常数 $\tau_2$ 指数衰减,最终低于参考电平。

第一种情况用于测试上电时的光障功能,第二种情况用于工作时的实时监测,以及时发现光障潜在的故障,从而全面实现光障的功能自检。

## 2.5 多光障系统互连设计

前已述及,安检机通道出入口可能需要各安装两个光障,采用本设计方案,出入口各安装一套光障即可。由于设计中采用了同频不同相的同步方式,系统的连接将非常简便。两套光障可共用一组 $clk$ 和 $sync$ 信号,如图7所示,由光障系统1接收端输出的 $clk$ 和 $sync$ 信号,同时作为光障系统2接收端(其内部振荡源及同步信号发生器停用)的 $clk$ 和 $sync$ 信号。为避免两套光障的同相干扰,可对两个接收端的“移相预设编码”进行设定(参见图2),使各光障的相位相互错开,实现行包的可靠检测。

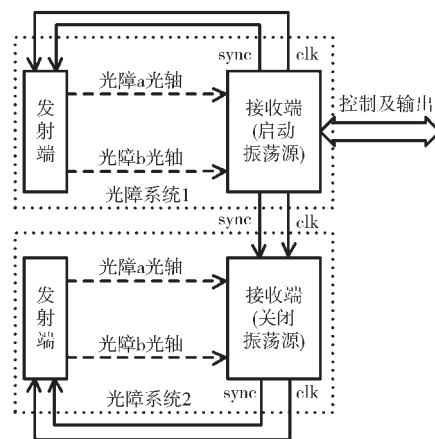


图7 多光障系统互连框图

采用这种统一控制的方式,两套光障系统的控制及输出线可仅从一个光障系统引出(图7中由光障系统1引出),减化了系统的接线,改善了电磁兼容环境。

## 3 结论

综上所述,采用同频非同相的抗干扰设计方案,可充分满足安检机所需的光障检测需求。这种光障系统具有自动增益控制功能、自检功能及抗干扰功能,可实现多个光障系统的统一控制,方便了安装与运行维护。经测算,该光障系统的实现成本不足外购产品价格的十分之一。采用其替代现有外购成品光障,量产的安检机生产成本将显著降低,从而有效提高产品的性价比和市场竞争力。

## 参考文献

- [1] 何山.传统双通道X射线安全检查设备的拓展应用[J].警察技术,2019(3):87-90.
- [2] 王庆有.光电传感器应用技术(第2版)[M].北京:机械工业出版社,2017.
- [3] 胡训博.光电开关原理浅析及应用[J].数字化用户,2018,24(51):29,120.
- [4] 曾学.机场不安全行李“跑包”问题研究[J].科技展望,2017,27(7):265-266.

(下转第68页)



(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技术的腕带式心率计设计[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。

- [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